

LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE  
LATVIA UNIVERSITY OF AGRICULTURE

MEŽA FAKULTĀTE  
FACULTY OF FORESTRY

*Mg. silv. KASPARS LIEPIŅŠ*

**IETVARSTĀDU MORFOLOĢISKO PARAMETRU UN  
STĀDĪJUMU IERĪKOŠANAS TEHNOLOĢIJU IETEKME UZ  
KĀRPAINĀ BĒRZA (*BETULA PENDULA* ROTH.)  
AUGŠANAS RĀDĪTĀJIEM BIJUŠAJĀS  
LAUKSAIMNIECĪBAS ZEMĒS**

**EFFECT OF CONTAINER SEEDLINGS MORPHOLOGICAL  
PARAMETERS AND ESTABLISHMENT METHODS ON  
GROWTH OF SILVER BIRCH (*BETULA PENDULA* ROTH.)  
IN PLANTATIONS ON FORMER FARMLANDS**

PROMOCIJA DARBA  
k o p s a v i l k u m s  
Dr. silv. zinātniskā grāda iegūšanai

Summary of academic dissertation for acquiring the Doctor's  
degree of Forest sciences

Jelgava 2007

Promocijas darba zinātniskais vadītājs:  
Supervisor:

**Pēteris Zālītis**  
prof. *Dr. habil. silv.*

Oficiālie recenzenti / Official reviewers

- prof. *Dr. habil. biol.* **Imants Liepa** - Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Meža fakultāte, Mežkopības katedra, Latvija. / Professor of Department of Forestry, Forest Faculty, Latvia University of Agriculture, Latvia.
- *Dr. sc. ing.* **Mudrīte Daugaviete** – Latvijas Valsts Mežzinātnes institūts “Silava”, vadošais pētnieks, Latvija. / Latvian State Forest Research Institute “Silava”, senior research scientist, Latvia.
- *Dr.* **Vytautas Suchockas** – Lietuvas Meža pētniecības institūts, Vadošais pētnieks, Lietuva. / Lithuanian Forest Research Institute, senior research scientist, Lithuania.

Darba izstrāde un noformēšana veikta ar ESF grantu atbalstu.  
Doctoral thesis has been worked out by financial support of ESF.



Promocijas darba aizstāvēšana notiks LLU Mežzinātņu un Materiālzinātņu nozares promocijas padomes atklātā sēdē 2007. gada 28. septembrī plkst. 14:30 Jelgavā, Dobeles ielā 41, sēžu zālē.

To be presented for public criticism in an open session of the Promotion Council of Forest Sciences of Latvia University of Agriculture held on September 28<sup>th</sup>, 2007 at 14:30 o'clock p.m. in LUA Department of Wood Processing, Jelgava, Dobeles street 41.

Ar promocijas darbu un kopsavilkumu var iepazīties LLU Fundamentālajā bibliotēkā Lielā iela 2, Jelgava LV-3001 vai <http://llufb.llu.lv/llu-theses.htm>  
Atsauksmes sūtīt LLU Mežzinātņu un Materiālzinātņu nozares promocijas padomes sekretāram LLU Meža fakultātes profesoram *Dr. sc. ing. A. Drēskam* Akadēmijas iela 11, Jelgava, LV-3001, Latvija vai [mfdek@llu.lv](mailto:mfdek@llu.lv)

The thesis is available at the Fundamental Library of Latvia University of Agriculture Lielā iela 2, Jelgava LV-3001 or <http://llufb.llu.lv/llu-theses.htm>  
References are welcome to be send to professor *Dr. sc. ing. A. Drēska*, the Secretary of the Promotion Council of Forest Sciences of Latvia University of Agriculture Akadēmijas iela 11, Jelgava, LV-3001, Latvia or [mfdek@llu.lv](mailto:mfdek@llu.lv)

## SATURS CONTENT

1. Darba vispārējs raksturojums .....	4
Tēmas aktualitāte .....	4
Pētījuma mērķis.....	4
Galvenie uzdevumi .....	5
Zinātniskā novitāte.....	5
Darba praktiskā nozīme.....	5
Zinātniskā darba aprobācija .....	6
Promocijas darba struktūra un apjoms .....	7
2. Pētījuma materiāls un metodika .....	8
3. Rezultāti.....	9
3.1. Audzēšanai izmantoto konteineru ietekme uz bērzu ietvarstādu morfoloģiskajiem parametriem un produkcijas apjomu kokaudzētavā.....	9
3.2. Bērzu ietvarstādu morfoloģisko parametru ietekme uz stādījumu augšanas rādītājiem bijušajās lauksaimniecības platībās.....	12
3.3. Plantāciju ierīkošanas ar bērzu ietvarstādiem sezonas ilgums.....	22
Secinājumi un ieteikumi praksei.....	27
1. General .....	29
Background.....	29
Aim of the thesis .....	29
Major objectives.....	30
Scientific novelty .....	30
Practical significance .....	30
Approbation of research results .....	31
Structure and coverage of thesis.....	31
2. Material and methods .....	32
3. Results .....	33
3.1. Impact of container type on the morphological traits of birch container seedlings and the volume of nursery production .....	33
3.2. The field performance of birch container seedlings on former farmlands regarding their morphological parameters and the containers used .....	34
3.3. Duration of the planting season using birch container seedlings.....	40
Conclusions and proposals .....	43

# **1. DARBA VISPĀRĒJS RAKSTUROJUMS**

## **Tēmas aktualitāte**

Lauksaimnieciskās ražošanas apjoma straujas samazināšanās dēļ pēc valsts neatkarības atgūšanas ievērojamas agrāk lauksaimniecībā izmantoto zemju platības Latvijā vairs netiek apsaimniekotas jau gandrīz divdesmit gadus. Pēdējā laikā vairākas sabiedriskās un valsts organizācijas izteikušas priekšlikumus šo zemju turpmākai izmantošanai, piemēram, ierīkot enerģētisko lauksaimniecības kultūru un īsirtmeta koksnes (kārķļu, apšu hibrīdu) plantācijas, tomēr būtiskas izmaiņas līdz šim nav notikušas.

Viens no reālākajiem, bet daudzviet vienīgajiem, risinājumiem produktīvai bijušo lauksaimniecības zemju platību izmantošanai ir apmežošana. Līdz ar Latvijas iestāšanos ES, lauksaimniecības zemju apmežošanu stimulē ES struktūrfondu finansējums, kā arī mūsu valsts nodokļu politika (nekustamā īpašuma nodokļa atlaide jaunaudzēm).

Pēdējos gados Latvijā tiek pētīti lauksaimniecības zemju apmežošanas tehnoloģiskie un ekoloģiskie aspekti, kā arī ik gadus veikta mežaudžu ierīkošana šajās platībās vairāku simtu hektāru apmērā, tomēr prakse liecina, ka joprojām pastāv virkne problēmu, kuru racionāla risināšana ļautu optimizēt stādījumu ierīkošanas tehnoloģijas un sekmētu apmežošanas procesu kopumā.

Jautājums, kuram līdz šim veltīta nepietiekama uzmanība, ir stādmateriāla kvalitātes ietekme uz stādījumu augšanas rādītājiem bijušajās lauksaimniecības zemēs. Viens no galvenajiem pētījuma uzdevumiem - izvērtēt salīdzinoši nesenu Latvijā ieviesto bērzu ietvarstādu audzēšanas tehnoloģiju un iegūtā reproduktīvā materiāla atbilstību un piemērotību lauksaimniecības zemju apmežošanai. Promocijas darbā izvērtētas arī iespējas ieviest praksē bērzu stādījumu ierīkošanu vasaras un rudens periodā ar ietvarstādiem, kas ļaus optimizēt darbaspēka un tehnoloģiju izmantošanu stādījumu ierīkošanai, kā arī stādmateriāla ražošanu kokaudzētavā.

## **Pētījuma mērķis**

Izvērtēt Latvijā audzēto bērzu ietvarstādu piemērotību lauksaimniecības zemju apmežošanā un to izmantošanas iespējas vasaras un rudens stādījumu ierīkošanai bijušajās lauksaimniecības augsnēs.

## Galvenie uzdevumi

1. Noskaidrot konteineru *Rootrainers Sherwood* un *Lannen Plantek 35 F* ietekmi uz bērzu ietvarstādu morfoloģiskajiem parametriem un produkcijas apjomu kokaudzētavā „Zābaki”.
2. Noteikt bērzu ietvarstādu audzēšanai izmantotā konteineru veida un stādmateriāla izmēru ietekmi uz stādījumu augšanas rādītājiem bijušajās lauksaimniecības zemēs – koku augstuma pieaugumu un to saglabāšanos pirmajās sezonās pēc stādījumu ierīkošanas.
3. Definēt bērzu ietvarstādu kvalitātes parametrus stādījumu ierīkošanai bijušajās lauksaimniecības platībās.
4. Pamatot bērzu ietvarstādu pielietošanas iespējas vasaras un rudens stādījumu ierīkošanai, izvērtējot bijušajā lauksaimniecības platībā ierīkotā eksperimentālā stādījuma augšanas rādītājus.

## Zinātniskā novitāte

Bērzu ietvarstādu kvalitātes ietekme uz stādījumu augšanu bijušajās lauksaimniecības zemēs pētīta Norvēģijā (Brunvatne 1997). Savukārt Somijā veikts pētījums par bērzu ietvarstādu audzēšanas tehnoloģiju un stādmateriāla morfoloģisko parametru ietekmi uz koku augšanas rādītājiem pēc stādījumu ierīkošanas (Aphalo & Rikala 2003, 2006). Latvijā lielākā daļa bērzu ietvarstādu tiek audzēta konteineros, kādus neizmanto Skandināvijas valstīs (*Rootrainers Sherwood*). Minētā konteineru veida ietekme uz bērzu ietvarstādu kvalitāti līdz šim nav izvērtēta, kā arī nav izstrādāti stādmateriāla kvalitātes kritēriji bērzu ietvarstādiem, kas paredzēti lauksaimniecības zemju apmežošanai.

Izmēģinājumi bērzu ietvarstādu izmantošanas iespēju izpētei, ierīkojot vasaras stādījumus, veikti Somijā (Luoranen *et al.* 2003). Latvijā uzsākti pētījumi par priežu un egļu ietvarstādu izmantošanu sezonas stādījumu ierīkošanai (Broks *et al.* 2004, 2005). Mūsu 2002.gadā uzsāktie pētījumi par bērzu ietvarstādu izmantošanu vasaras un rudens stādījumu ierīkošanai ir pirmie šāda veida izmēģinājumi Latvijā.

## Darba praktiskā nozīme

Pētījums par Latvijā bērzu ietvarstādu audzēšanai izmantoto konteineru veidu piemērotību kvalitatīva bērzu stādmateriāla izaudzēšanai sniedz jaunas atziņas, kas izmantojamas esošo kokaudzētavu tehnoloģiju uzlabošanai un jauno kokaudzētavu tehnoloģiju izvēlei. Promocijas darbā aprakstīto pētījumu rosinātājs ir A/S „Latvijas Finieris” - uzņēmums, kas, balstoties uz mūsu

pētījumu pozitīvajiem rezultātiem, savā kokaudzētavā jau veic līdz šim bērzu ietvarstādu audzēšanai izmantoto *Rootainers Sherwood* konteineru nomaiņu ar *Lannen Plantek 35 F* konteineriem.

Vasaras un rudens stādījumu ierīkošana, izmantojot bērzu ietvarstādas, Latvijā līdz šim nav plaši praktizēta, jo tradicionāli meža stādījumus ierīko pavasarī. Pētījumā pierādīts, ka bērzu stādījumu ierīkošanu bijušajās lauksaimniecības platībās iespējams sekmīgi veikt visas veģetācijas sezonas garumā. Paredzams, ka mūsu eksperimentā iegūtās atziņas praksē plašāk tiks ieviestas līdz ar mehanizētās stādīšanas apjomu pieaugumu. Par to liecina arī vairāku lielu meža nozares uzņēmumu – A/S „Latvijas Finieris”, SIA „Metsaliitto Latvija”, A/S "Latvijas Valsts meži" interese par ierīkoto izmēģinājumu rezultātiem, kuros veikta lapu un skuju koku sugu ietvarstādu vasaras stādīšana.

## Zinātniskā darba aprobācija

Promocijas darbā veikto pētījumu rezultāti referēti četrās starptautiskās konferencēs.

1. 22.05.2002. LLU organizētā starptautiskā konference “Research for Rural Development” Jelgava, Latvija.  
Referāta tēma: “Quality of Silver birch (*Betula pendula*) stands in Latvia”.
2. 21 - 24.05.2003. LLU organizētā starptautiskā konference „Research for rural development” Jelgava, Latvija.  
Referāta tēma: „Duration of Planting Season Using Silver Birch Container Seedlings”.
3. 16 - 18.06.2003. SNS starptautiskā konference „Artificial Forest Regeneration” Finish Forest research Institute Metla / Suonenjoki, Somija.  
Referāta tēma: „Forest artificial regeneration in Latvia- trends and research activities”
4. 19 - 21.05.2004. LLU organizētā starptautiskā konference “Research for Rural Development” Jelgava, Latvija.  
Referāta tēma: „Impact of Container Size and Seedlings Morphological Traits on Field Performance of Silver Birch (*Betula pendula* Roth.) On Agricultural Land”.

Par pētījumu tematiku sagatavotas piecas zinātniskās publikācijas, no kurām četras ievietotas starptautiskos un viena vietējā izdevumā.

1. Liepiņš, K. Quality of Silver birch (*Betula pendula*) stands in Latvia // Proceedings of International Scientific Conference “Research for Rural Development”. Jelgava, Latvia. - 2002. - P. 177-181.

2. Zālītis, P., Špalte, E., Liepiņš, K. Augstvērtīgu bērza audžu diagnostika, ģenētisko un ekoloģisko faktoru, kā arī mežsaimniecisko pasākumu ietekmes noteikšana uz bērza stumbru kvalitātes rādītājiem // *Mežzinātne*. - 2002. - 12 (45).- lpp. 17-46.
3. Liepiņš, K. Impact of Container Size and Seedlings Morphological Traits on Field Performance of Silver Birch (*Betula pendula* Roth.) on Agricultural Land // *Proceedings of International Scientific Conference "Research for Rural Development"*. Jelgava, Latvia. - 2004. - P. 192-197.
4. Liepiņš, K. Duration of Planting Season Using Silver Birch Container seedlings // *Proceedings of International Scientific Conference "Research for Rural Development"*. Jelgava, Latvia. 21-24 May – 2003. – P. 193-197.
5. Liepiņš, K. First-year height growth of silver birch in farmland depending on container stock morphological traits // *Baltic Forestry*. - 2007. - 13 (1) – P. 54-60. (apstiprināts publicēšanai).

Pētījumu apraksti un rezultāti apkopoti trīs zinātnisko projektu pārskatos.

### **Promocijas darba struktūra un apjoms**

Promocijas darba **pirmajā** nodaļā veikta Latvijā pašreiz praktizētās bērzu saimniecības analīze un, balstoties uz literatūras apskatu, sniegts bērzu ietvarstādu audzēšanā mūsu valstī un ārzemēs pielietoto tehnoloģiju izvērtējums. Pirmās nodaļas pirmajā apakšnodaļā aprakstīta bērzu resursu situācija Latvijā un prognozēti iespējamie tās attīstības scenāriji nākotnē, kā arī analizētas bērzu resursu palielināšanas iespējas, veicot neizmantoto lauksaimniecības zemju apmežošanu. Otrajā apakšnodaļā analizētas Latvijā un ārvalstīs pielietotās bērzu ietvarstādu audzēšanas tehnoloģijas. Balstoties uz bērza mežsaimnieciskajām un fizioloģiskajām īpatnībām, izvērtēta dažādu tehnoloģiju piemērotība stādmateriāla ražošanai. Trešajā apakšnodaļā plašāk analizēti meža stādmateriāla kvalitāti un parametrus ietekmējošie faktori, iegūtās atziņas attiecinot uz bērzu stādmateriāla kvalitātes uzlabošanu un novērtēšanu.

**Otrās** promocijas darba nodaļas pirmajā un otrajā apakšnodaļā veikts detalizēts pētījuma materiāla apraksts un pamatota datu apstrādei izmantoto statistisko metožu izvēle. Trešajā apakšnodaļā izklāstīti pētījuma rezultāti un izvērtēts pētāmo pazīmju ietekmes statistiskais būtiskums. Ceturtajā apakšnodaļā izvērstā diskusija par pētījumā iegūto atziņu praktisko nozīmīgumu, kā arī veikts salīdzinājums ar citās valstīs analogos pētījumos iegūtajiem rezultātiem.

Promocijas darba apjoms ir 104 lappuses; informācija apkopota 15 tabulās un 34 attēlos; izmantoti 276 literatūras avoti.

## 2. PĒTĪJUMA MATERIĀLS UN METODIKA

Lai noskaidrotu bērzu ietvarstādu morfoloģisko parametru variēšanu saistībā ar pielietoto audzēšanas tehnoloģiju, A/S „Latvijas Finieris” kokaudzētavā „Zābaki” 2003. gadā tika veikta divu veidu konteineros – *Rootainers Sherwood un Lannen Plantek 35 F* - audzētu bērzu ietvarstādu uzmērīšana. Ietvarstādu virszemes daļas garums uzmērīts ar precizitāti 1 cm un sakņu kakla diametrs - ar precizitāti 0.1 mm. Pētījumā skaidrota arī audzēšanai izmantotā konteineru veida ietekme uz produkcijas apjomu kokaudzētavā.

Konteineru veida un stādu morfoloģisko parametru ietekmes noteikšanai uz koku augšanu pēc iestādīšanas, ierīkoti trīs izmēģinājumu stādījumi bijušajās lauksaimniecības zemju platībās Dobeles rajona Ukru pagastā. Stādījumi ierīkoti laika posmā no 2002. līdz 2004. gadam un tajos novērtēti koku augšanas rādītāji un saglabāšanās pirmajos gados pēc ierīkošanas.

Pirmais stādījums zemes īpašumā „Kukuri” ierīkots 2002. gadā ar trīs veidu konteineros (*Rootainers Sherwood, Lannen Plantek 35 F un Lannen Plantek 25*) audzētiem ietvarstādiem, kas šķiroti grupās pēc to virszemes daļas garuma un sakņu kakla diametra (SKD) (pavisam 12 varianti). Otrais stādījums zemes īpašumā „Raupšas” (stādījums „Raupšas”-1) ierīkots 2004. gadā, pielietojot divos konteineros (*Rootainers Sherwood, Lannen Plantek 35 F*) audzētu un pēc izmēriem (garums, diametrs) šķirotu bērzu stādmateriālu (pavisam 18 varianti). Pirmais stādījums ierīkots 4 atkārtojumos (48 koki parcelē, stādīšanas attālums 2 x 2 m), otrs - 6 atkārtojumos (9 koki parcelē, stādīšanas attālums 2 x 2 koki).

Vairāku nozīmīgu bērzu ietvarstādu morfoloģisko parametru – virszemes daļas garuma, SKD, sakņu masas/dzinumu masas attiecības, D/H attiecības (H – stāda virszemes daļas garums, cm; D – stāda sakņu kakla diametrs, mm) ietekmes noteikšanai uz kociņu augstuma pieaugumiem pirmajā gadā pēc iestādīšanas, 2004. gada pavasarī ierīkots trešais izmēģinājuma stādījums ar *Rootainers Sherwood* konteineros audzētiem ietvarstādiem (stādījums „Raupšas”-2). Eksperiments ierīkots randomizēti, stādīšanas biežums - 2500 stādi ha<sup>-1</sup>. Stādījuma ierīkošanai izmantotajiem tās pašas stādmateriāla partijas 200 stādiem laboratorijā noteikta dzinumu un sakņu masa gaissausā stāvoklī, žāvējot stādus 105 °C temperatūrā līdz nemainīgas masas sasniegšanai. Iegūtie dati izmantoti regresijas vienādojumu sastādīšanai, lai aprēķinātu bērzu ietvarstādu sakņu un virszemes daļas masu.

Bērzu ietvarstādu izmantošanas iespēju pārbaudei stādījumu ierīkošanai veģetācijas sezonas dažādos termiņos, 2002. gadā ierīkots izmēģinājuma stādījums Dobeles rajona Ukru pagastā, kur stādīšana izdarīta ik pēc divām nedēļām – no 11. jūlija līdz 2. novembrim. Pavisam sezonas laikā veiktas deviņas stādīšanas. Augsne izmēģinājuma platībā sagatavota vienreiz stādījuma ierīkošanas gadā, pielietojot miglošanu ar herbicīdu (20. jūnijā) un vagu veidošanā - vienkorpasa arklu (21. jūnijā). Eksperiments ierīkots sešos



atkārtojums: katrā parcelē 25 (5 x 5) stādi, ierīkošanas biežums 2500 stādi ha<sup>-1</sup> (stādīšanas attālums 2 x 2 m). Stādījums ierīkots izmantojot 2001. gadā audzētus *Rootrainers Sherwood* ietvarstādus, kuri līdz stādīšanas brīdim atradās kokaudzētavas pieaudzēšanas poligonā.

Darbā ar pētījumu materiālu izmantotas parametriskās un neparametriskās datu apstrādes metodes. Empīriskā materiāla apstrāde veikta ar datorprogrammu *SPSS for Windows 12*.

Empīriskā un normālā sadalījuma atbilstības pārbaudei izmantots *Kalmogorova–Smirnova* tests, savukārt datu homogenitātes pārbaudei - *Levena* tests (Field 2005). Būtisku atšķirību konstatēšanai starp faktoru gradācijas klasēm, pielietots *Post Hoc* tests izmantojot *Tjūkija* kritēriju. Koku saglabāšanās salīdzināšanai stādījumā pētāmo faktoru (konteineru veids, virszemes dzinuma garums, sakņu koka diametrs) ietekmē lietots *Kruskala–Valisa* tests, kas uzskatāms kā alternatīva vienfaktora dispersijas analīzei un tiek izmantots intervālās un dihotomiskās skalas datiem (Paura, Arhipova 2002). Faktoru ietekme uz koku augstumiem noteikta, veicot dispersijas analīzi (SPSS GLM procedūra).

Izmantojot laboratorijā iegūtos *Rootrainers Sherwood* konteineros audzēto bērzu ietvarstādu morfoloģiskos parametrus, izveidoti multiplās regresijas modeļi ietvarstādu dzinuma un sakņu sausās masas (SM) noteikšanai. Ietvarstādu virszemes daļas dzinuma un sakņu sausā masa izmantota kā rādītājs stāda veģetatīvo daļu proporcijas noteikšanai. Tālākajā datu apstrādē, nosakot *Rootrainers Sherwood* ietvarstādu morfoloģisko parametru ietekmi uz koku pirmā gada augstuma pieaugumiem stādījumā „Raupšas” – 2, pielietota lineārā regresijas analīze.

Datu apstrādei eksperimentā, kur izvērtēta stādīšanas termiņa ietekme uz stādījuma augšanas rādītājiem, izmantota divfaktoru (stādīšanas termiņi un augšnes sagatavošanas veids) regresijas analīze.

### 3. REZULTĀTI

#### 3.1. Audzēšanai izmantoto konteineru ietekme uz bērzu ietvarstādu morfoloģiskajiem parametriem un produkcijas apjomu kokaudzētavā

*Rootrainers Sherwood* un *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzēto ietvarstādu virszemes daļas garuma, SKD un D/H vidējās vērtības ir būtiski atšķirīgas ( $p=0.000$ ). *Rootrainers Sherwood* konteineros audzēto ietvarstādu garums ir nedaudz lielāks nekā stādmateriālam, kas audzēts *Lannen Plantek 35 F* konteineros (3.1. tabula). Procentuāli atšķirība ir visai neliela – tikai 3.8 %. *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzēto stādu SKD turpretī ir par 9.6 %

Bērzu ietvarstādu morfoloģisko parametru vidējās vērtības ( $\bar{x} \pm s_x$ )

## kokaudzētavā „Zābaki”

Mean parameters ( $\bar{x} \pm s_x$ ) of birch container seedlings at „Zābaki” nursery

Parametri / Parameters	Konteineri / Containers	
	Roottrainers Sherwood	Lannen Plantek 35 F
Virszemes daļas garums Seedling height (cm)	54.7 ± 0.34	52.6 ± 0.31
Sakņu kakla diametrs Root collar diameter (mm)	4.7 ± 0.02	5.2 ± 0.02
Stādu druknuma indekss Index of sturdiness D/H	0.88 ± 0.005	1.02 ± 0.006

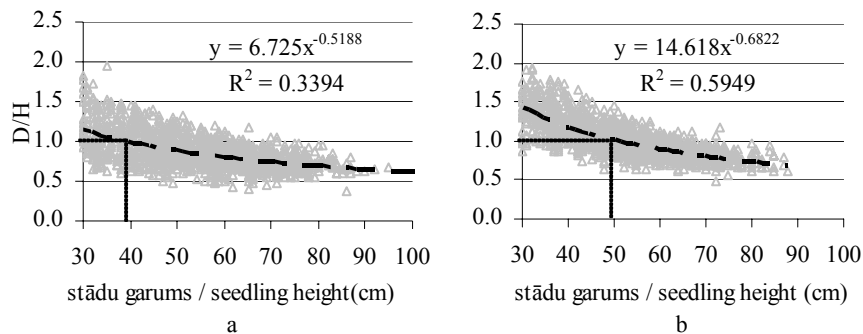
lielāks nekā *Roottrainers Sherwood* ietvarstādiem. Līdz ar to arī stādu druknuma indekss (D/H) *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzētajiem ietvarstādiem ir par 13.3 % lielāks.

Ietvarstādu morfoloģisko parametru analīze kokaudzētavā „Zābaki” uzrāda likumsakarības, kas konstatētas arī citu valstu zinātnieku pētījumos – palielinoties audzēšanas biežumam, pasliktinās apgaismojums un bērzu stādi izstīdz. Audzēšanas biežība *Roottrainers Sherwood* konteineros ir ievērojami lielāka nekā *Lannen Plantek 35 F* konteineros. Sānu apēnojuma dēļ ietvarstādi pastiprināti aug garumā, un tādēļ *Roottrainers Sherwood* konteineros audzētajiem stādiem virszemes daļas garums ir nedaudz lielāks, lai arī konteinerā šūnas tilpums (un līdz ar to arī audzēšanas substrāta tilpums) šiem ietvarstādiem ir mazāks.

Pieaugot stādu garumam, abos konteineru veidos audzētajiem ietvarstādiem samazinās D/H attiecība (3.1. att.). Īpaši izteikti tas novērojams *Roottrainers Sherwood* konteineros audzētajiem ietvarstādiem. Ja pieņem, ka D/H attiecība vēlama ne mazāka par 1, kā ieteikts literatūras apskatā analizētajos pētījumos, stādu garums *Roottrainers Sherwood* konteineros būtu pieļaujams ne lielāks par 40 cm; savukārt *Lannen Plantek 35 F* konteineros stādu izstīdzēšana zem kritiskās vērtības novērota tikai ietvarstādu garumam pārsniedzot 50 cm. Tas liecina, ka *Lannen Plantek 35 F* konteineros iespējams izaudzēt ievērojami garākus stādus, vienlaicīgi saglabājot stādu SKD un garuma sabalansētību, kas īpaši nozīmīgi ir strauji aizzeļošās platībās, kur nepieciešama stādmateriāla pastiprināta konkurētspēja.

Stādmateriāla uzmērīšanas rezultāti A/S „Latvijas Finieris” kokaudzētavā „Zābaki” rāda, ka ietvarstādu iznākums (realizācijai derīgo stādu skaits pret kopējo konteineršūnu skaitu) *Roottrainers Sherwood* konteineros ir 71.3 %, bet *Lannen Plantek 35 F* konteineros - 85.4 %. Veicot aprēķinus uz platības vienību, secināts, ka, pielietojot *Roottrainers Sherwood* konteinerus, tiek iegūti

302 stādi m<sup>-2</sup>, bet *Lannen Plantek 35 F* konteinerus – 248 stādi m<sup>-2</sup>. Kaut arī stādmateriāla iznākums *Lannen Plantek 35 F* konteineros procentuāli ir augstāks, tomēr praktiski, intensīvākas audzēšanas biežības dēļ, stādu iznākums uz platības vienību lielāks ir *Rootrainers Sherwood* konteineros audzētajiem stādiem.



**3.1. attēls. Bērzu ietvarstādu D/H atkarībā no stāda garuma;**  
**a – Rootrainers Sherwood konteineros, b – Lannen Plantek 35 F konteineros**  
**Fig. 3.1. Index of sturdiness D/H of birch seedlings grown in Rootrainers**  
**Sherwood (a) and Lannen Plantek 35 F (b) containers depending**  
**on seedling height**

Pēc eksperimentā iegūtajiem datiem, konstatēts, ka bērzu ietvarstādu ražošanā izmantojot *Rootrainers Sherwood* konteinerus, iespējams iegūt par 17.9 % vairāk stādu. Aprēķināts, ka kokaudzētavā „Zābaki” (ražojošā platība 800 m<sup>2</sup>), pielietojot *Rootrainers Sherwood* konteinerus, vienā stādmateriāla audzēšanas aprītē iegūstami 241 600 stādi, bet ar *Lannen Plantek 35 F* konteineriem - par 43 tūkst. stādu mazāk (198 400 stādus). Aplēšot pēc pašreizējās stādmateriāla realizācijas cenas (100 Ls par vienu tūkstoti stādu), *Rootrainers Sherwood* konteineru izmantošana ļautu minētās kokaudzētavas gada apgrozījumu palielināt par 4 300 Ls.

Abos izmēģinājuma stādījumos, kuros salīdzināti atšķirīgos konteineros audzētu ietvarstādu augšanas rādītāji pirmajās sezonās pēc iestādīšanas *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzēto ietvarstādu saglabāšanās ir par 5% lielāka nekā *Rootrainers Sherwood* ietvarstādiem. Tātad 1 ha apmežošanai (mērķis - stādījuma biežums 2000 koki ha<sup>-1</sup>) izmantojot *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzētus bērza ietvarstādus, tiks ietaupīti Ls 13 (stādmateriāla izmaksas – Ls 200 + stādīšana – Ls 0.03 par stādu). Turklāt *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzētie ietvarstādi pirmajā sezonā pēc iestādīšanas dod lielākus augstuma

pieaugumus (3.4. att.), kas ļauj neveikt vienu agrotehniskās kopšanas pasākumu (ietaupījums – Ls 60), kā rezultātā kopējais ekonomiskais ieguvums sasniedz Ls 73 uz vienu ierīkotā apmežojuma hektāru.

A/S „Latvijas Finieris”, kurai pieder kokaudzētava „Zābaki”, ik gadu apmežo aptuveni 50 ha lauksaimniecības zemju. Līdz ar to lielākajos *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzēto bērzu ietvarstādu izmantošana gadā samazinātu plantāciju ierīkošanas izmaksas par Ls 3 650. Šī summa uzņēmumam atsvērtu nedaudz lielākos ieņēmumus, kas tiek iegūti, intensificējot kokaudzētavā stādmateriāla ražošanu mazākajos *Rootrainers Sherwood* konteineros.

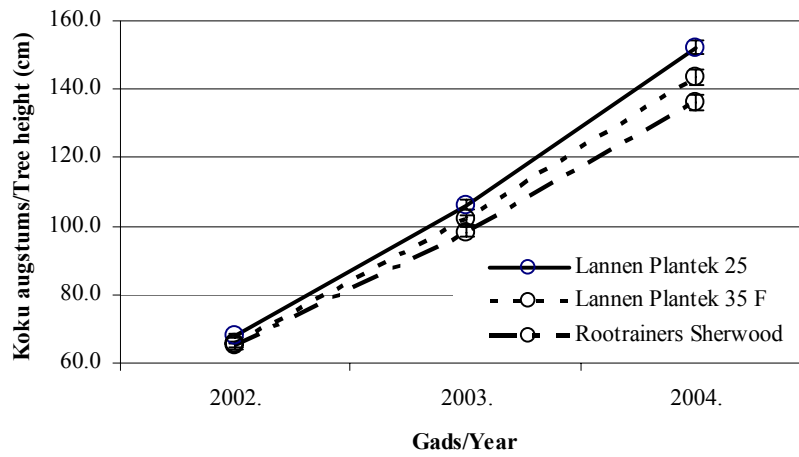
Jāatzīmē, ka kvalitatīvāka stādmateriāla priekšrocības pilnībā realizēsies tikai tad, ja tiks ievēroti citi bērzu stādījumu ierīkošanas nosacījumi – izvēlēti piemēroti augšanas apstākļi un veikta tiem atbilstoša augsnes sagatavošana.

### **3.2. Bērzu ietvarstādu morfoloģisko parametru ietekme uz stādījumu augšanas rādītājiem bijušajās lauksaimniecības platībās**

*Izmēģinājuma stādījumā „Kukuri”* trīs sezonas pēc ierīkošanas konstatēta statistiski būtiska ( $p=0.000$ ) stādu audzēšanai izmantotā konteineru veida ietekme uz koku augstumiem - trīs gadu augstumu pieaugumi liecina, ka atšķirībām starp izmēģinājuma variantiem ir tendence palielināties (3.2. att.). Ievērojamākus augstuma pieaugumus veidojuši koki, kas audzēti lielākajos konteineros – *Lannen Plantek 25*; salīdzinoši vismazākos pieaugumus uzrādījuši *Rootrainers Sherwood* konteineros audzētie koki.

Būtiski lielāks vidējais augstums 2002. gadā bija *Lannen Plantek 25* konteineros audzētajiem kokiem, bet *Lannen Plantek 35 F* un *Rootrainers Sherwood* konteineros audzēto koku augstumu atšķirības bija nebūtiskas (3.2. tabula). 2003. un 2004. gadā statistiski būtiskas atšķirības konstatētas starp visiem trim izmēģinājuma variantiem, pie kam atšķirības pieaugušas arī skaitliski – ja 2002. gadā *Lannen Plantek 25* konteineros audzēto koku augstums pārsniedza *Lannen Plantek 35 F* un *Rootrainers Sherwood* konteineros audzēto koku augstumu attiecīgi par 3.2 un 3.9 cm, tad 2004. gadā šī atšķirība jau bija 8.8 un 16.9 cm.

Salīdzinājumā pa konteineru veidiem arī koku saglabāšanās stādījumā ir atšķirīga ( $p=0.002$ ) - trīs gadus pēc iestādīšanas labāk saglabājušies *Lannen Plantek 25* konteineros audzētie stādi, bet *Lannen Plantek 35 F* un *Rootrainers Sherwood* stādi -attiecīgi par 3.4 un 8.7 % mazāk. Stādu saglabāšanās analīze liecina, ka atšķirības starp izmēģinājuma variantiem palielinājušās pirmajos divos gados pēc iestādīšanas (3.3. att.). Trešajā gadā konteineru veida ietekme



3.2. attēls. Koku augstumi stādījumā “Kukuri” ( $\bar{x} \pm s_x$ ) trīs sezonas pēc ierīkošanas dalījumā pa konteineru veidiem.

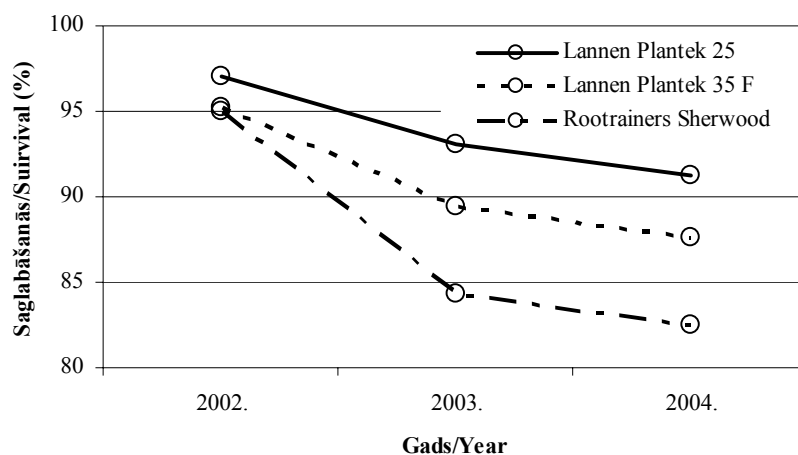
Fig. 3.2. Tree height ( $\bar{x} \pm s_x$ ) in experiment “Kukuri” tree years after planting grouped by container types.

3.2. tabula / Table 3.2

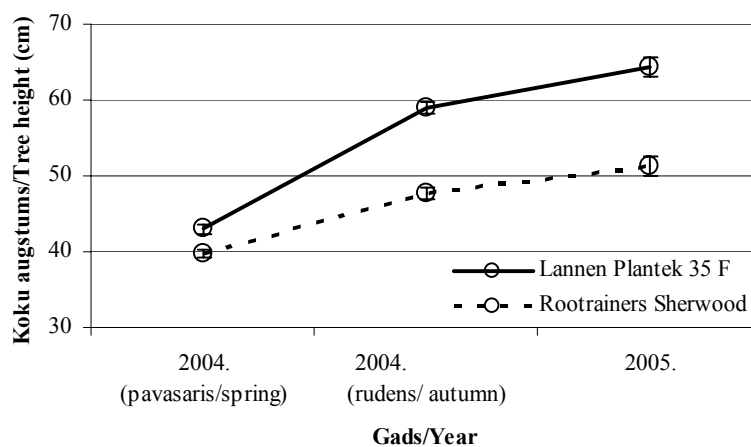
Koku vidējie augstumi, cm ( $\bar{x} \pm s_x$ ), dalījumā pa eksperimentā izmantotajiem konteineru veidiem  
Tree height ( $\bar{x} \pm s_x$ ) grouped by container types

Konteineri / Containers	2002.	2003.	2004.
	Gads / Year		
Lannen Plantek 25	67.8±0.73 A	106.3±1.28 A	152.1±2.20 A
Lannen Plantek 35 F	64.6±0.73 B	101.4±1.31 B	143.3±2.25 B
Roottrainers Sherwood	63.9±0.73 B	96.9±1.34 C	135.2±2.30 C

Vidējās vērtības, kuras atzīmētas ar vienu un to pašu burtu, būtiski neatšķiras ( $p < 0.05$ ).  
Significant differences at  $p < 0.05$  shown by different letters



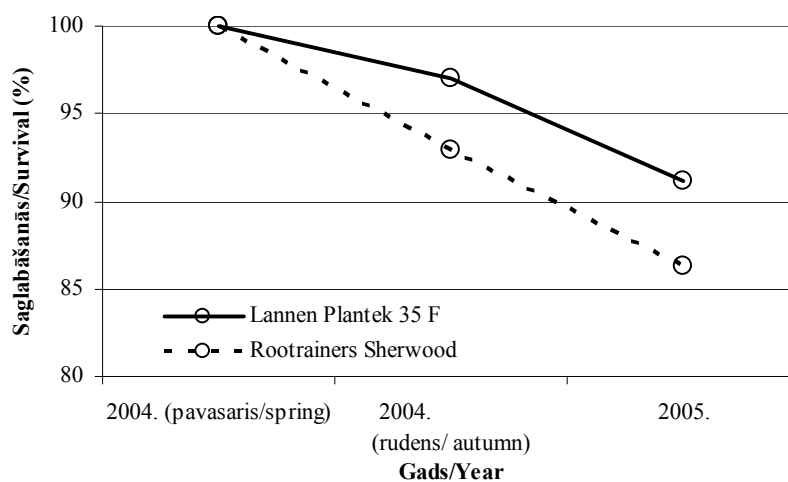
3.3. attēls. Koku saglabāšanas stādījumā “Kukuri” trīs sezonas pēc ierīkošanas dalījumā pa konteineru veidiem.  
 Fig. 3.3. Tree survival in “Kukuri” experiment three years after planting grouped by container types.



3.4. attēls. Koku augstumi ( $\bar{x} \pm s_x$ ) stādījumā „Raupšas” – 1 dalījumā pa konteineru grupām.  
 Fig. 3.4. Tree height ( $\bar{x} \pm s_x$ ) in “Raupšas”-1 experiment three years after planting grouped by container types.

uz koku saglabāšanos vairs nav tik izteikta – procentuāli atšķirības starp izmēģinājuma variantiem ir līdzīgas iepriekšējā gadā novērotajām. Koku saglabāšanās stādījumā *Lannen Plantek 25* konteineros 2002. gadā bijusi 93.1 %, bet *Lannen Plantek 35 F* un *Rootrainers Sherwood* konteineros - attiecīgi par 3.70 un 8.75 % mazāka; 2003. gadā starpība starp variantiem bijusi gandrīz nemainīga, kaut arī kopējā koku saglabāšanās stādījumā turpinājusi samazināties: *Lannen Plantek 25* konteineros - 91.3 %, bet *Lannen Plantek 35 F* un *Rootrainers Sherwood* konteineros attiecīgi par 3.70 % un 8.72 % mazāka.

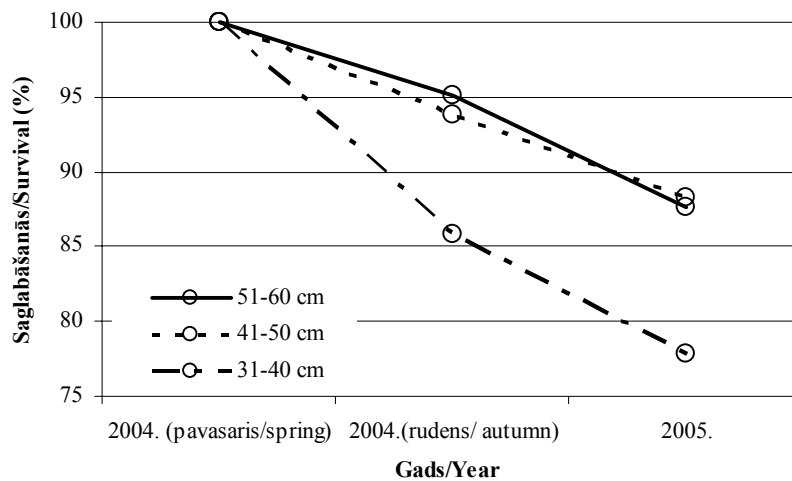
**Izmēģinājuma stādījumā „Raupšas”-1** *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzēto bērzu ietvarstādu augstuma pieaugumi divas sezonas pēc iestādīšanas ir lielāki ( $p=0.000$ ) nekā *Rootrainers Sherwood* konteineros audzētajiem tāda paša izmēra stādiem – koku vidējie augstumi atšķiras par 13.4 cm (3.4. att.).



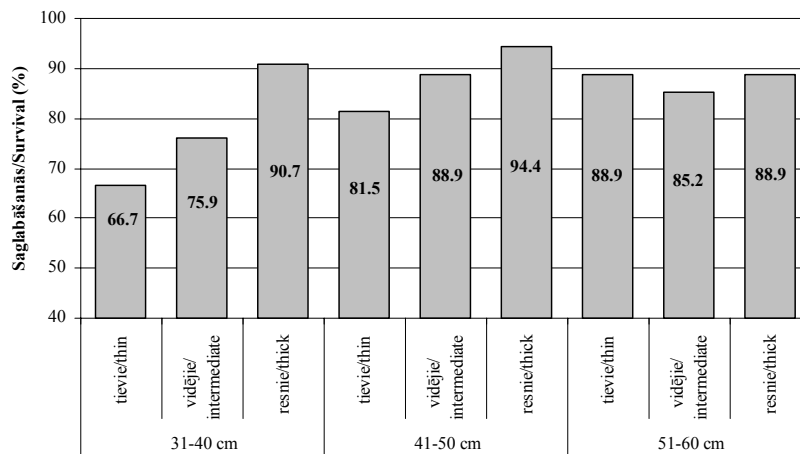
### 3.5. attēls. Koku saglabāšanās stādījumā „Raupšas” – 1 daļījumā pa konteineru grupām.

Fig. 3.5. Tree survival in experiment “Raupšas”-1 grouped by container types.

Arī koku saglabāšanās stādījumā *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzētajiem stādiem ir nedaudz - par 4.8 % - augstāka, bet statistiski atšķirības nav būtiskas ( $p=0.077$ ) (3.5. att.). Analizējot koku saglabāšanos stādījumā pa *Rootrainers Sherwood* stādu sākotnējā garuma grupām, konstatētas statistiski būtiskas atšķirības ( $p=0.014$ ): jau pirmajā sezonā pēc iestādīšanas īsāko stādu iznīkšana bijusi ievērojami augstāka nekā pārējo grupu stādiem (3.6. att.). Otrajā sezonā pēc iestādīšanas šī attiecība palikusi praktiski nemainīga - 31–40 cm garo bērzu



**3.6. attēls. Rootrainers Sherwood konteineros audzēto ietvarstādu saglabāšanās stādījumā dalījumā pa sākotnējā garuma grupām.**  
**Fig. 3.6. Tree survival in "Raupšas"-1 experiment after Sherwood Rootrainers seedlings initial height.**



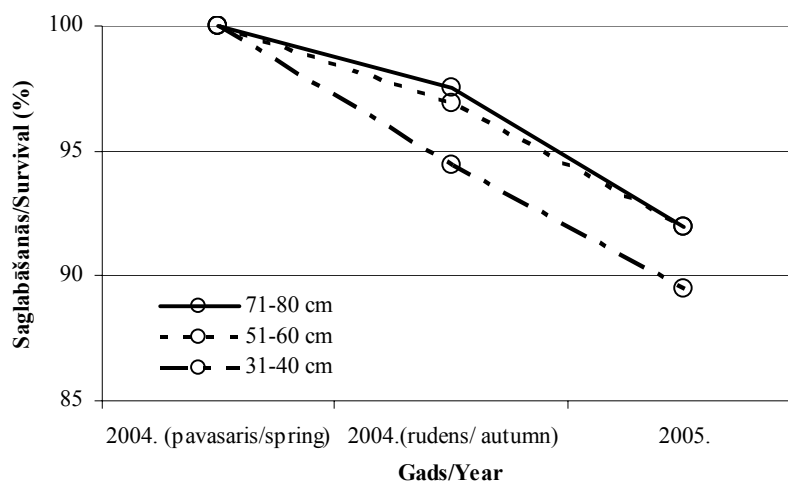
**3.7. attēls. Rootrainers Sherwood audzēto koku saglabāšanās stādījumā "Raupšas"-1 divas sezonas pēc iestādīšanas dalījumā pa izmēģinājuma faktoru grupām.**  
**Fig. 3.7. Survival in experiment "Raupšas"-1 grouped by Rootrainers Sherwood seedlings initial height and root collar diameter**



ietvarstādu saglabāšanās ir attiecīgi par 10.5 un 9.9 % mazāka nekā stādiem, kuru sākotnējais garums bijis 41–50 cm un 51–60 cm.

Stādu saglabāšanās stādījumā ir būtiski atšķirīga salīdzinājumā pa *Rootainers Sherwood* konteineros audzēto ietvarstādu sākotnējā SKD grupām ( $p=0.008$ ). Stādu SKD ietekme uz koku saglabāšanos izteiktāka ir pirmajā sezonā pēc iestādīšanas, bet nākamajā gadā - būtiski nemainās. Divas sezonas pēc stādījuma ierīkošanas tievākie stādi saglabājušies attiecīgi par 12.4% un 8.1 % mazāk nekā vidējie un resnie.

Salīdzinot *Rootainers Sherwood* konteineros audzēto bērzu ietvarstādu saglabāšanos pa stādu garuma un SKD grupām (3.7. att.), redzams, ka 31–40 cm garo stādu saglabāšanās tievākajā un vidējā SKD grupā ir ievērojami zemāka nekā pārējos izmēģinājuma variantos – attiecīgi 66.7% un 75.9% . Turpretī tā paša garuma grupas stādiem ar lielāko SKD saglabāšanās ir ļoti augsta (90.7%) un daudz neatšķiras no garāko stādu rādītājiem. Arī garuma grupā 41–50 cm vērojama SKD nosacīta stādu saglabāšanās diferencēšanās, bet garuma grupā 51–60 cm stādu saglabāšanās ir līdzīga un nav atkarīga no SKD.



3.8. attēls. *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzēto ietvarstādu saglabāšanās stādījumā dalījumā pa sākotnējā garuma grupām.

Fig. 3.8. Survival in “Raupšas”-1 experiment grouped by *Lannen Plantek 35 F* seedlings initial height.

Analizējot *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzēto bērzu ietvarstādu garumu divas sezonas pēc iestādīšanas, konstatēts, ka statistiski būtiska ietekme uz pētāmo pazīmi ir ietvarstādu sākotnējam garumam ( $p=0.000$ ), bet stādu SKD koku augšanu ietekmējis nebūtiski ( $p=0.383$ ). Pēc divu sezonu augšanas koku

augstumu stādījumā būtiski ietekmējusi abu šo faktoru mijiedarbība ( $p=0.030$ ): stādi ar sākotnējo garumu 31-40 cm augšanā ir panākuši tos, kuru sākotnējais garums bijis 51-60 cm un, pēc diviem gadiem izdarot koku augstumu salīdzināšanu, būtiskas atšķirības starp šo grupu stādiem nav konstatētas. Stādījumā lielāki augstumi ir stādiem, kuru sākotnējais garums bijis 71-80 cm, tomēr šo stādu pieaugumi divu gadu laikā bijuši mazi.

Vērtējot stādu saglabāšanos stādījumā daļījumā pa sākotnējā garuma grupām (3.8. att.), būtiskas atšķirības nav konstatētas ( $p=0.665$ ). Pirmajā gadā pēc iestādīšanas īsāko stādu iznīkšana bijusi nedaudz lielāka, bet otrajā gadā šī starpība saglabājusies aptuveni tāda pati.

*Lannen Plantek 35 F* konteineros audzēto ietvarstādu saglabāšanās stādījumā pēc divām sezonām svārstās no 87 % līdz 96.3 %. Garāko stādu saglabāšanās bijusi nedaudz zemāka, bet visaugstākā saglabāšanās konstatēta īsākās grupas (31–40 cm) stādiem ar lielāko SKD.

### ***Izmēģinājuma stādījums „Raupšas”-2***

Ietvarstādu dzinumu SM aprēķināšanai izveidotā modeļa determinācijas koeficienta vērtība ir augstāka nekā sakņu SM aprēķināšanas modelim – attiecīgi 0.934 un 0.415. Ietvarstādu sakņu sistēmas veidošanos ierobežo konteinerā šūnas tilpums, līdz ar to stāda sakņu–virszemes daļas attiecība nav tik proporcionāla kā kailsakņu stādiem, tādēļ arī determinācijas koeficienta vērtība ir zemāka. Visu modeļos ietvertu parametru ietekme uz rezultātīvo pazīmi statistiski ir būtiska (3.3. tabula).

*Rootainers Sherwood* konteineros audzēto bērzu ietvarstādu morfoloģisko parametru ietekmi uz pirmās sezonas augstuma pieaugumiem pēc iestādīšanas raksturojošo determinācijas koeficientu vērtības (3.4. tabula) svārstās robežās no 0.033 līdz 0.147. Koku augstuma pieaugumi stādījumā samazinās, palielinoties stāda dzinuma–saknes attiecībai, stāda virszemes daļas garumam un dzinuma SM. Pozitīva ietekme uz koku augšanu pirmajā sezonā pēc iestādīšanas ir D/H attiecībai.

Abos izmēģinājuma stādījumos, kur izmantoti dažādos konteineros audzēti bērzu ietvarstādi, noskaidrots, ka stādmateriāla ražošanai izmantotā konteinerā veidam ir būtiska ietekme uz kociņu augšanas rādītājiem pēc iestādīšanas: *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzētajiem ietvarstādiem raksturīgi labāki augšanas rādītāji pēc iestādīšanas. Abos stādījumos konteinerā veida efekts uz koku augšanu vērojams vismaz divus līdz trīs gadus pēc iestādīšanas, iespējams arī ilgāk, kas būtu noskaidrojams turpmākajos pētījumos. Ierīkoto stādījumu turpmāka uzmērīšana nākotnē sniegs atzinumus par koku diferencēšanos audzes attīstības gaitā.

Stādījumā „*Kukuri*” vislabākie augšanas rādītāji ir stādiem, kas audzēti *Lannen Plantek 25* konteineros. Lai arī šajos konteineros audzētā stādmateriāla augstā kvalitāte ir vispārārtīta, šo modeli bērzu ietvarstādu ražošanā izmanto arvien retāk, jo kokaudzētavām ekonomiski izdevīgāka ir jaunāka veida

konteineru pielietošana. Iepriekš minēto konteineru modeli vairs nepiedāvā arī ražotājs, kas to aizstājis ar modernākajiem *Lannen Plantek 35 F* un *Lannen Plantek 36 F* konteineriem. Līdz ar to, plānojot turpmāko kokaudzētavu ražošanas attīstību, *Lannen Plantek 25* konteineru izmantošana nav perspektīva.

Stādu sekmīgas augšanas nodrošināšanā liela nozīme ir ietvarstādu ražošanā izmantotajam konteineru veidam, ko raksturo vairāki faktori – konteineru šūnas tilpums, dimensijas un forma, audzēšanas biežība (stādu skaits uz platības vienību), konteineru īpašības, kas nosaka sakņu attīstību (gaisa spraugas un ribas), substrāta mitrumu un temperatūru. Visi eksperimentā izmantotie konteineru veidi ir modelēti tā, lai novērstu sakņu savērpšanos un nepieļautu to augšanu ārpus konteineru. Līdz ar to atzīmējami divi nozīmīgākie faktori, kas ietekmē bērzu ietvarstādu augšanu – konteineru šūnas tilpums un audzēšanas biežība (stādi m<sup>-2</sup>).

3.3. tabula / Table 3.3

**Multiplās lineārās regresijas koeficienti vienādojumiem ietvarstādu dzinuma SM un sakņu SM aprēķināšanai**  
***Parameters of multiple linear regression models for prediction of birch seedlings shoot and root dry mass***

<i>Parameters Parameter</i>	<i>Koeficients Coefficients</i>	<i>Standartklūda Standard error</i>	<i>p</i>
<i>Dzinuma SM / Shoot dry mass</i>			
Konstante Constant	-1.463	0.081	0.000
SKD Root collar diameter	0.337	0.024	0.000
Dzinuma garums Seedling height	0.0324	0.001	0.000
<i>Sakņu SM / Root dry mass</i>			
Konstante Constant	0.582	0.253	0.022
Dzinuma SM Shoot dry mass	0.516	0.108	0.000
SKD Root collar diameter	0.255	0.067	0.000
Dzinuma garums Seedling height	0.0176	0.004	0.000

Promocijas darba izpildes gaitā ierīkoto eksperimentu sērija neļauj precīzi noteikt, kura no konteineru raksturojošām īpašībām nodrošina bērzu ietvarstādu labāku augšanu pēc iestādīšanas, jo visi trīs eksperimentā pielietotie konteineru veidi atšķiras gan pēc šūnu tilpuma, gan audzēšanas biežības. Sliktākie augšanas rādītāji abos izmēģinājumos ir mazākajos *Roottrainers*

*Sherwood* konteineros audzētajiem ietvarstādiem. Šo konteineru tipu raksturo arī lielāka audzēšanas biežība.

Abos izmēģinājuma stādījumos, kur salīdzināta dažādos konteineru veidos audzētu un izmēra grupās dalītu bērzu ietvarstādu augšana bijušajās lauksaimniecības zemju platībās, konstatēts, ka sekmīgai stādījumu ierīkošanai piemērotāki ir lielāka izmēra stādi. Būtiska ietekme uz koku augstuma pieaugumiem un saglabāšanos stādījumā bijusi gan stādmateriāla sākotnējam garumam, gan SKD. Raksturīgi, ka SKD pozitīvā ietekme izteiktāka ir īsākajiem ietvarstādiem.

3.4. tabula / Table 3.4

**Pirmā gada augstuma pieaugumu un bērzu ietvarstādu morfoloģisko pazīmju kopsakarības raksturojošie determinācijas koeficienti**  
*Coefficients of regression of silver birch container stock morphological parameters for predicting the first-year height growth*

<i>Morf. pazīme</i> <i>Morphological parameter</i>	$R^2$	$p$
Dzinuma garums	0.139	0.000
SKD	0.036	0.000
Dzinuma SM	0.101	0.000
Sakņu SM	0.033	0.000
D/H	0.107	0.000
dzinuma SM-sakņu SM attiecība	0.145	0.000

Norvēģijā veiktā pētījumā par bērzu stādmateriāla ietekmi uz koku turpmāko attīstību stādījumos bijušajās lauksaimniecības augsnēs secināts, ka apmežošanai piemērotāki ir ietvarstādi ar sabalansētu D/H; ieteicamā kvalitatīvu bērzu ietvarstādu D/H attiecība - ne mazāka par 1 (Brunvatne 1997). To daļēji apstiprina arī promocijas darbā iegūtie rezultāti, tomēr minētais ieteikums kvalitatīva stādmateriāla raksturošanai nav universāls. Abos stādījumos apstiprinājies, ka lielāks D/H vairāk ietekmē īsāko stādu augšanu, bet garākiem stādiem šī rādītāja ietekme uz koku augstuma pieaugumiem un saglabāšanos stādījumos nav vairs tik būtiska.

Lauksaimniecības zemju apmežošanu, salīdzinājumā ar meža atjaunošanu, uzskata par diezgan komplicētu un riskantu pasākumu ar augstāku neizdošanās risku. Noskaidrots, ka bērzu augšanu lauksaimniecības augsnēs lielā mērā nosaka stādījumam pieejamais apgaismojums (Brunvatne 1997). Platībās, kur ierīkošanas stadijā augšanu limitējošs faktors ir konkurence ar zālaugiem apgaismojuma dēļ, priekšrocības ir lielākiem stādiem (Grossnickle 2005). Atziņu par lielāka stādmateriāla priekšrocībām stādījumos bijušajās lauksaimniecības augsnēs apstiprina arī mūsu eksperimenta rezultāti. Promocijas darbā dažāda izmēra bērzu ietvarstādu augšanas rādītāji noteikti divus un trīs gadus vecos stādījumos, tomēr arī šis empīriskais materiāls rāda,

ka lielāka izmēra stādmateriāla pozitīvais efekts ir ilglaicīgs un koku augstumu atšķirības starp faktoru grupām palielinās.

Tomēr pastāv vairāki faktori, kas ierobežo pārlietu liela izmēra meža stādmateriāla izmantošanu apmežošanai un ieaudzēšanai, jo lielu stādu audzēšana ir ekonomiski neizdevīga un dārgāka ir arī stādu transportēšana. Liela izmēra stādmateriāla proporcijām jābūt attiecīgi sabalansētām – lielākiem stādiem nepieciešama atbilstošu izmēru sakņu sistēma.

Par piemērotāko kvalitatīva stādmateriāla ražošanai bijušo lauksaimniecības platību apmežošanai no izmēģinājumā pārbaudītajiem konteineru veidiem atzīstams *Lannen Plantek 35 F*. Salīdzinot ar *Rootainers Sherwood* stādiem, *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzētie bērzu ietvarstādi uzrāda lielākus augstuma pieaugumus stādījumos un par 5 % labāku saglabāšanos. Šo stādu augšana pēc iestādīšanas noris vienmērīgāk un ir mazāk atkarīga no to sākotnējiem izmēriem.

Pētījuma materiāla izvērtēšanas rezultātā iespējams definēt bijušo lauksaimniecības zemju apmežošanai lietojamo bērzu ietvarstādu kvalitāti raksturojošos parametrus. Par piemērotākajiem minēto platību apmežošanai atzīstami *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzētie bērzu ietvarstādi, kuru virszemes daļas garums ir 40 – 70 cm. Īsāki stādi nav pietiekami konkurētspējīgi augtēnēs ar stipru lakstaugu aizzēlumu, savukārt garākiem stādiem nesabalansētās sakņu un dzinuma masas dēļ ir raksturīgi sliktāki augšanas rādītāji.

Vislielākā ietekme uz koku augstuma pieaugumiem pirmajā sezonā ir ietvarstādu virszemes daļas un sakņu SM attiecībai – pieaugot stāda virszemes daļas proporcijai pret sakņu masu par 1 vienību, augstuma pieaugumi samazinās par 15 cm. Šis morfoloģiskais parametrs izskaidro 14% no bērzu augstuma pieaugumu izkliedes pirmajā sezonā pēc iestādīšanas.

Būtisks stādmateriāla kvalitāti raksturojošs rādītājs, kura nozīmīgumu apliecinājuši arī citu pētījumu rezultāti, ir dzinuma-sakņu attiecība. Lai arī vairāk lietots kailsakņu stādu kvalitātes novērtēšanai (*e.g.* Andersen & Bentsen 2003), tā nozīme apstiprinājusies arī pētījumos par ietvarstādu kvalitāti. Zviedrijā veiktais eksperiments pierādījis, ka dzinuma-sakņu attiecība ir svarīgs kvalitāti raksturojošs parametrs bērzu un egļu ietvarstādiem, kuram ir būtiska loma koku tālākajā augšanā pēc iestādīšanas (Ryter *et al.* 2003). Atsevišķās publikācijās apšaubīta šī parametra nozīme skuju koku ietvarstādu kvalitātes raksturošanai un kā galvenais rādītājs izvirzīta sakņu sistēmas spēja ģenerēt jaunas saknes jaunajos augšanas apstākļos pēc pārstādīšanas (Bernier *et al.* 1995, Salonijs 2002).

Viens no iemesliem liela izmēra ietvarstādu sliktākai augšanai pēc iestādīšanas ir sakņu savērpšanās (*root-bound*) - slikti attīstīta sakņu sistēma, kas veidojās vecā tipa konteineros, kuros netika iestrādātas ribas un gaisa spraugas sakņu augšanas regulēšanai. Sakņu savērpšanās, kas rodas mazos konteineros audzējot pārāk liela izmēra ietvarstādus, izraisa sakņu augšanas un attīstības traucējumus pēc izstādīšanas uz lauka (South & Mitchel 2005).

Eksperimenti liecina, ka labāki augšanas rādītāji ir ietvarstādiem ar juvenilu sakņu sistēmu (Salonius *et al.* 2002), kas vairāk pētīta skuju koku stādmateriālam. Šī atziņa būtu aprobējama arī turpmākajos pētījumos par bērzu ietvarstādu kvalitāti.

Mūsu izmēģinājuma stādījumā *Roottrainer Sherwood* konteineros audzēto bērzu ietvarstādu sākotnējam SKD bijusi nenozīmīga ietekme uz koku augstuma pieaugumu veidošanos pirmajā sezonā pēc iestādīšanas. Turpretī Somijā veiktajā pētījumā par dažādos konteineru veidos audzētu bērzu ietvarstādu augšanu pēc iestādīšanas konstatēta tieši SKD vislielākā ietekme uz koku augšanu stādījumā (Aphalo & Rikala). Mūsu pētījumā iegūtie atšķirīgie rezultāti varētu būt skaidrojami ar to, ka *Roottrainers Sherwood* konteineri ir ievērojami mazāki par tiem, kas izmantoti stādu audzēšanai Somijas zinātnieku veiktajā eksperimentā. Acīmredzot šādos nelielos konteineros audzētam stādmateriālam tieši stādu morfoloģisko parametru proporcijas ir tas limitējošais faktors, kas nosaka koku tālāko augšanu.

Pētījumi par stādmateriāla kvalitāti būtu paplašināmi, tās noteikšanā pielietojot pārbaudes testus, kas ļautu novērtēt stādu fizioloģisko stāvokli un konstatēt vizuāli nenosakāmus bojājumus. Perspektīva metode ir sakņu elektrolīta noplūdes tests, ar kuru iespējams identificēt sala izraisītus sakņu bojājumus. Zinātniskajā literatūrā atzīmēts, ka salcietība sakņu sistēmai var veidoties stipri vēlāk nekā stādu virszemes daļai, līdz ar to saknes ir vairāk pakļautas sala bojājumu riskam (Bigras & Dumais 2005). Mūsu kokaudzētāvās stādmateriāls ziemā parasti tiek uzglabāts uz lauka. Šādas uzglabāšanas ietekme uz bērzu ietvarstādu vitalitāti līdz šim nav pētīta.

### **3.3. Plantāciju ierīkošanas ar bērzu ietvarstādiem sezonas ilgums**

Koku augstums divas sezonas pēc izmēģinājuma ierīkošanas statistiski būtiski atšķiras gan salīdzinot pa stādīšanas termiņiem ( $p=0.000$ ), gan pēc augsnes sagatavošanas veida ( $p=0.015$ ). Koku augstumu būtiski ietekmējusi arī šo abu faktoru mijiedarbība ( $p=0.000$ ). Gradācijas klašu salīdzināšana ar *Post Hoc* analīzi uzrāda, ka būtiski lielāki augstumi ir kokiem, kas iestādīti 11. un 25. jūlijā – attiecīgi 65.7 un 57.5 cm (3.5. tabula).

Konstatēta būtiska stādījuma ierīkošanas termiņa un augsnes sagatavošanas veida ietekme arī uz koku saglabāšanos ( $p=0.000$ ), kas labāka bijusi sezonas beigu stādījumos, bet vissliktākā - augusta stādījumos (3.9. att.). Oktobra un novembra stādījumos koku saglabāšanās divas sezonas pēc iestādīšanas bijusi lielāka par 80 %.

Salīdzinot koku saglabāšanos stādījumā pēc augsnes sagatavošanas veida, arī iegūti atšķirīgi rezultāti. Koku saglabāšanās ar herbicīdu apstrādātajā lauka daļā

labāka bijusi līdz oktobra sākumam veiktajos stādījumos. Ja stādīšana notikusi vēlāk, koku saglabāšanās labāka bijusi stādījumos, kas ierīkoti vagās. Ļoti zema koku saglabāšanās konstatēta stādījumos vagās, kas izdarīti jūlija beigās un augusta sākumā – 25. jūlijā un 8. augustā – attiecīgi tikai 42.7% un 2%.

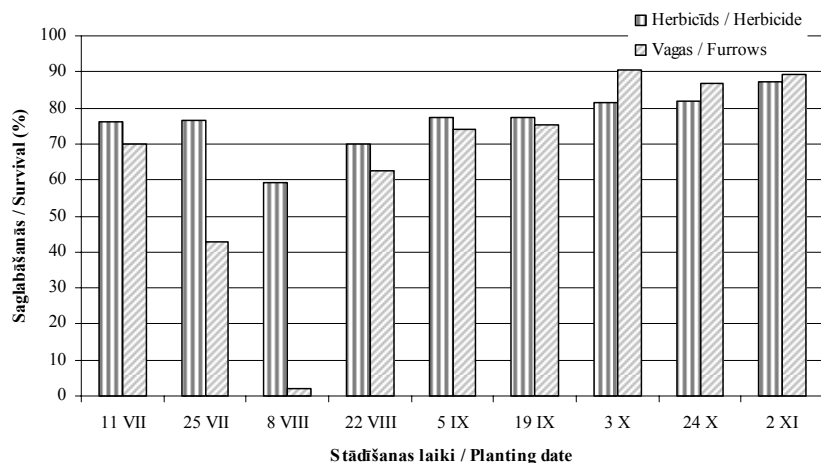
3.1. tabula / Table 3.5

**Koku vidējo augstumu (cm) gradācijas klašu dalījums grupās pēc statistiskā būtiskuma (*Post Hoc* analīze)**  
*Comparison of seedlings height with Post Hoc analysis*

<i>Stādīšanas laiki</i> <i>Planting date</i>	<i>Grupas</i> <i>Groups</i>			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
19 IX	41.1	-	-	-
24 X	42.5	42.5	-	-
5 IX	44.7	44.7	-	-
2 XI	44.9	44.9	-	-
22 VIII	47.2	47.2	-	-
8 VIII	47.2	47.2	-	-
3X	-	47.9	-	-
25 VII	-	-	57.5	-
11 VII	-	-	-	65.7
p	0.098	0.229	1.000	1.000

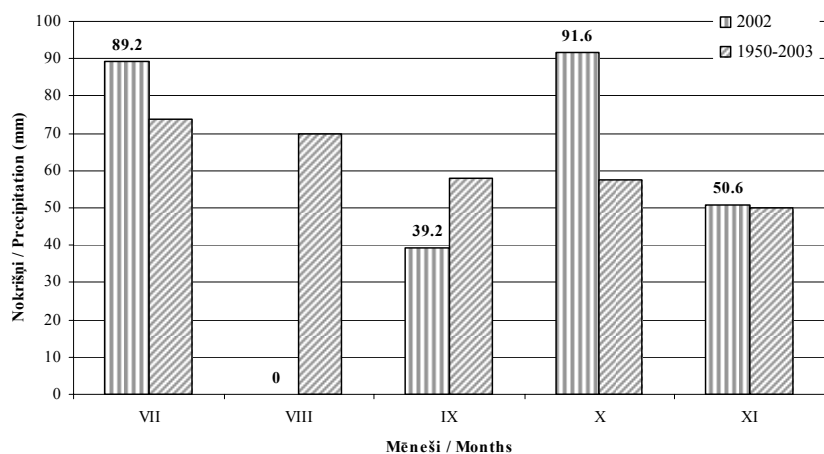
Koku vidējie augstumi divas sezonas pēc stādījuma ierīkošanas pa izmēģinājuma variantiem variē no 33.8 cm līdz 66.3 cm. Bērzi, kas iestādīti eksperimenta ierīkošanas sākuma termiņos - 11. un 25. jūlijā - ir garāki nekā pārējos variantos. Augsne visā izmēģinājuma stādījuma platībā tika sagatavota vienā paņēmienā. Sākumā iestādīto koku lielākais augstums varētu būt skaidrojams ar augsnes sagatavošanas pozitīvo efektu, kura ietekme zūd, atjaunojoties nezāļu konkurencei - vasaras vidū apstrādātajā augsnē lakstaugi sazēlušī ļoti ātri. Arī pēc apstrādes ar herbicīdu nezāļu atjaunošanās norisinājusies samērā strauji – pēc zāles novīšanas un sadalīšanās sākusies strauja lakstaugu seguma atjaunošanās ar augsnē esošām sēklām. Līdz ar to, neatkarīgi no apstrādes veida, tikusi aizkavēta koku augstuma pieaugumu veidošanās.

Koku saglabāšanās stādījumā ir ļoti atšķirīga gan salīdzinot pa stādīšanas termiņiem, gan augsnes sagatavošanas variantiem, un to ietekmējis nokrišņu daudzums stādīšanas gada vasaras mēnešos. Vissliktāk saglabājušies stādījumi, kas ierīkoti jūlija beigās un augusta sākumā (3.9. att.). Dobeles meteoroloģisko novērojumu stacijas 2002. gadā reģistrēto nokrišņu daudzuma grafikā redzams,



**3.9. attēls. Koku saglabāšanās stādījumā divas sezonas pēc ierīkošanas daļījumā pa stādīšanas laikiem un augsnes sagatavošanas variantiem.**

*Fig. 3.9. Survival of seedlings after two growing season grouped by planting date and soil treatment.*



**3.10. attēls. Dobeles meteoroloģisko novērojumu stacijā reģistrētais nokrišņu daudzums 2002. gada vasarā salīdzinājumā ar ilggadējo novērojumu normu.**

*Fig. 3.10. Precipitation in year 2002 at Dobele meteorological station and the average of long-term observations.*



ka jūlijā nokrišņi nav reģistrēti (3.10. att.). Tādēļ sliktā koku saglabāšanās šajā laikā veiktajos stādījumos skaidrojama ar ilgstošo sausumu. Koku saglabāšanās stādījumos sausuma periodā samazinājusies abos augsnes sagatavošanas variantos, tomēr stādījumā vagās tā bijusi vēl zemāka: ja stādījumā, kas ierīkots 11. jūlijā, saglabāšanās ar herbicīdu miglotajā un vagās uzartajā laukā bijusi attiecīgi 76 % un 70 %, bet 25. jūlijā ierīkotajā stādījumā - 76.6 % un 42.7 %, tad 8. augustā ierīkotajā stādījumā saglabāšanās miglotajā platībā -59.3 %, bet vagās iestādītie bērzi gandrīz pilnībā iznīkuši un to saglabāšanās pēc divām sezonām sastāda tikai 2 %.

Atšķirīgā saglabāšanās izmēģinājuma stādījumā atkarībā no augsnes sagatavošanas veida skaidrojama ar katra apstrādes paņēmiena ietekmi uz augsnes īpašībām. Apstrāde ar herbicīdu iedarbojas tikai uz veģetāciju un augsni neizmaina, savukārt vagu veidošanas gaitā augsne tiek atsegta joslās. Tas acīmredzot veicinājis ātrāku augsnes izžūšanu, kamēr ar herbicīdu apstrādātajā platībā mitrums augsnē saglabājies ilgstošāk.

Koku saglabāšanās 5. un 19. septembrī ierīkotajos stādījumos bijusi nedaudz augstāka ar herbicīdu apstrādātajā platībā, kaut arī abu augsnes sagatavošanas veidu atšķirības ir nelielas - 2 ... 3 %. Pēdējos rudens sezonas stādījumos koku saglabāšanās vagās bijusi augstāka - 86.7 ... 90.7 % , bet miglotajā platībā - attiecīgi 81.3 ... 87.3 %. Tas skaidrojams ar to, ka vagās apstrādātajā platībā augsnes sagatavošanas efekts bijis ilglaicīgāks, kamēr miglotajā platībā nezāļu atjaunošanās notikusi straujāk - divu, trīs mēnešu laikā, un līdz ar to koku iznīkšana šajā stādījuma daļā bijusi nedaudz palielināta. Kopumā jāatzīmē, ka koku saglabāšanās ar herbicīdu apstrādātajā platībā visas sezonas garumā bijusi vienmērīgāka nekā saglabāšanās vagās. Abos augsnes sagatavošanas variantos koki labāk saglabājušie rudens stādījumā. Vasaras vidū ierīkotajos stādījumos koku saglabāšanās miglotajā platībā bijusi 76 % ...76.7 % , savukārt rudens stādījumos (septembris - novembris) - 77.3 % ... 87.3 %. Neskaitot sausuma periodā veiktos stādījumus, iznīkušo koku skaits miglotajā platībā divu sezonu garumā nav pārsniedzis 15 %.

2001.gada vasaras sezonā tika veikts izmēģinājuma stādījums, izmantojot bērzu ietvarstādus aktīvās augšanas stadijā. Vairāku iemeslu dēļ stādījums gandrīz pilnībā iznīka, jo kokaudzētavā stādi bija inficēti ar bērzu lapu rūsu, savlaicīgi netika veikta arī stādījuma agrotehniskā kopšana, turklāt nenobriedušie stādi nereti tika mehāniski bojāti transportēšanas un izstādīšanas laikā.

Jāatzīmē, ka vasaras sākumā un vidū ietvarstādi vēl nav pilnīgi pārkoksnējušies un to virszemes daļas dzinumi ir ļoti jutīgi pret mehāniskiem bojājumiem. Arī vāji attīstītā sakņu sistēma vēl slikti notur substrātu, tādēļ daļēji atkailinātās saknes pakļautas iespējamiem bojājumiem transportēšanas un izstādīšanas laikā. Salapojušu ietvarstādu transportēšana aktīvās augšanas fāzē pieļaujama tikai slēgtā transportā - pretējā gadījumā lapu un stumbru bojājumi ir nenovēršami. Jauno stādu iestādīšana ir diezgan apgrūtināta, jo sakņu kamols viegli irst un saknes var gūt savainojumus; savukārt ļoti rūpīgi izdarāma stādu

nogādāšana stādīšanas vietā, kā arī pati stādīšana, lai pasargātu jutīgos stādus no bojājumiem. Lai izvairītos no stādmateriāla savainošanas, stādi uz lauka pārvietojami konteineros, no kuriem izņemami tikai pirms pašas izstādīšanas. Līdz ar to stādījumu ierīkošana vasaras sākumā un vidū ir stipri sarežģīta un mazefektīva salīdzinājumā ar tradicionālo stādīšanas laiku pavasarī vai rudenī.

Arī citos pētījumos uzsvērtas problēmas, kas rodas, ja vasaras stādījumu veidošanā izmantoti aktīvi augoši, vēl nepārkoksnējušies stādi. LVMI "Silava" zinātnieku veiktajā izmēģinājumā, stādījumu ierīkošanā pielietojot priežu un egļu ietvarstādus visas veģetācija sezonas garumā, secināts, ka nav vēlama ietvarsējeņu izstādīšana jūnija otrajā–jūlija pirmajā pusē, t.i. jauno dzinumu intensīvas augšanas fāzē, kad kociņi patērē ievērojami daudz ūdens transpirācijai un tādēļ sevišķi jutīgi reaģē uz augsnes un gaisa sausumu. Jaunie dzinumi ir neizturīgi un viegli savainojami gan transportēšanas, gan izstādīšanas laikā (Broks 2004). Pētījumā par stādīšanas sezonas pagarināšanu, pielietojot egļu ietvarstādus, somu zinātnieki konstatējuši, ka stādīšana veiksmīgi izdarāma līdz pat jūnija sākumam, bet ja tā notiek vasaras vidū, pieaug stādu mehānisko bojājumu risks (Luoranen *et al.* 2005). Izmēģinājumos ar egli konstatēts, ka paaugstinātas stādu iznīkšanas risks vasaras stādījumos iespējams tikai tādā gadījumā, ja sausums ildzis vairāk nekā trīs nedēļas un ar nosacījumu, ka ietvarstādi pirms laistīšanas ir labi samitrināti (Helenius *et al.* 2002, Helenius *et al.* 2005). Savukārt ASV zinātnieki iesaka aktīvi augošu skuju koku stādmateriālu izstādīt ne agrāk kā jūlija sākumā, kad stādmateriāls atrodas stādīšanai pierētotā fenoloģija fāzē (Kiiskila 2005).

Somu zinātnieki atzīst, ka bērzu ietvarstādu stādīšana sekmīgi izdarāma līdz pat augusta sākumam, bet stādījumos rupjas smilts (grants) augsnēs pieaug izžūšanas risks (Luoranen *et al.* 2003). Šajā sakarā atzīmējams, ka Latvijā ekstrēma sausuma apstākļos palielināts risks vasaras stādījumu ierīkošanai pastāv arī nosusinātajās kūdras augsnēs. Mūsu izmēģinājuma stādījums ierīkots smagā smilšmāla augsnē, tādēļ izdarītie secinājumi ar zināmu piesardzību attiecināmi uz augšņu tipi ar nestabilu mitruma režīmu.

Neskatoties uz to, ka mūsu eksperiments ierīkots smilšmāla augsnē, sala izraisītā bērzu ietvarstādu „izcilāšana” ziemas laikā nav notikusi, par ko liecina augstā koku saglabāšanās rudenī veiktajos stādījumos. Eksperiments apliecina, ka bērzu ietvarstādu izstādīšana gan vasarā, gan rudenī ir iespējama un rekomendējama ieviešanai mežsaimnieciskajā ražošanā. Stādījumu ierīkošana pārtraucama, ja iestājies ilgstošs sausums (3...4 nedēļas). Platības apstrāde ar herbicīdu ir piemērotākais veids vasaras stādījumu ierīkošanai. Apstrāde veicama īsi pirms stādīšanas. Herbicīda patēriņa samazināšanai platību var marķēt un apstrādāt joslās. Stādīšana uzsākama tad, kad herbicīda iedarbības rezultātā sākusies zāles atmiršana un sadalīšanās. Glifosātu saturošie herbicīdi iznīcina ne tikai augu virszemes daļas, bet arī sakņu sistēmu, kas ievērojami atvieglo stādīšanu. Platības apstrādi ar herbicīdu ieteicams izdarīt vasaras sākumā - augu aktīvās augšanas laikā. Herbicīds vājāk iedarbojas uz nobriedušu

zāli, īpaši graudzālēm (kamolzāle), tādēļ apstrādes rezultāts var būt mazāk efektīvs. Vasaras otrajā pusē sekmīga ir atāla apstrāde ar herbicīdu. Rudenī herbicīda pielietošana ir apgrūtināta, jo apstrādes laikā zāle ne vienmēr ir sausa un arī nokrišņi (ja tie sākas 2 ... 4 stundas pēc miglošanas) ievērojami pasliktina herbicīda iedarbību.

Aktīvi augošu bērzu ietvarstādu izmantošana stādījumu ierīkošanai vasaras stādījumos saistīta ar ievērojamu risku savainot stādus transportēšanas un izstādīšanas laikā, tādēļ praksei nav ieteicama. Stādījumu ierīkošana ar tajā pašā sezonā izaudzētiem bērzu ietvarstādiem uzsākama pēc stādu nobriešanas un kompakas, blīvas sakņu sistēmas izveidošanās – sākot ar jūlija otro pusi.

Nepieciešami pētījumi par saldētavās miera stāvoklī uzglabāta stādmateriāla izstādīšanu vasaras sākumā. Somijā veiktie pētījumi apstiprinājuši, ka šādi uzglabāti egļu stādi ir veiksmīgi izmantojami stādījumu ierīkošanai vasaras sākumā (Luoranen *et al.* 2005). Bērzu stādmateriāla uzglabāšana saldētavās Latvijā vēl netiek praktizēta: pagaidām vienīgi A/S "Latvijas Valsts meži" pielieto šo tehnoloģiju skuju koku stādmateriāla uzglabāšanai.

## SECINĀJUMI UN IETEIKUMI PRAKSEI

1. Bērzu ietvarstādu ražošanai kokaudzētavā izmantojot *Rootrainers Sherwood* konteinerus, iespējams iegūt par 17.9 % vairāk stādu nekā stādmateriālu audzējot *Lannen Plantek 35 F* konteineros. Tomēr *Rootrainers Sherwood* konteineros audzētie stādi ir vairāk izstīdzējuši un to virszemes daļas garums ir neproporcionāls attiecībā pret sakņu sistēmu, kā rezultātā šo stādu augšanas rādītāji pēc iestādīšanas ir sliktāki.
2. Pamatojoties uz labākiem augšanas rādītājiem pēc stādījuma ierīkošanas, *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzēto ietvarstādu cena objektīvi varētu būt par 10...20 % augstāka nekā *Rootrainers Sherwood* ietvarstādiem, kas ļautu izlīdzināt kokaudzētavas apgrozījuma starpību, kāda rodas, stādmateriālu audzējot lielākajos *Lannen Plantek 35 F* konteineros.
3. Konteineros ar lielāku šūnu tilpumu un mazāku audzēšanas biežību audzēto bērzu ietvarstādu augstuma pieaugumi un saglabāšanās stādījumos bijušajās lauksaimniecības platībās trīs gadus pēc iestādīšanas ir labāki nekā mazākos konteineros audzētajiem stādiem. *Lannen Plantek 25* konteineros audzētajiem stādiem saglabāšanās stādījumā bijušajās lauksaimniecības platībās trīs gadus pēc stādījuma ierīkošanas ir par 8.7 % , bet *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzētajiem stādiem par 5 % augstāka nekā *Rootrainers Sherwood* konteineros audzētajiem stādiem.
4. Pozitīva ietekme uz bērzu ietvarstādu augšanu pēc iestādīšanas ir stādmateriāla lielākai sakņu/virszemes daļas masas attiecībai un stādu sakņu kakla diametra/virszemes daļas garuma attiecībai. Mazajos

konteineros audzētie garie stādi ar neproporcionāli sīku sakņu sistēmu pirmajā gadā pēc iestādīšanas pakļauti lielākam pārstādīšanas stresam, tādēļ tie veido mazākus augstuma pieaugumus, kas savukārt pazemina to konkurētspēju pēc iestādīšanas.

5. Bērzu ietvarstādi ar lielāku virszemes daļas garumu un sakņu kakla diametru veido lielākus augstuma pieaugumus pēc iestādīšanas un to saglabāšanās stādījumos bijušajās lauksaimniecības augsnēs ir augstāka. Īsāko stādu labu augšanas rādītāju nodrošināšanai stādījumos īpaši nozīmīgs ir lielāks sakņu kakla diametrs; garākiem stādiem šī parametra nozīme ir mazāk būtiska.
6. No pētījumā izvērtētajiem ietvarstādu veidiem par piemērotāko bijušo lauksaimniecības augšņu apmežošanai uzskatāmi *Lannen Plantek 35 F* konteineros audzētie bērzu ietvarstādi ar virszemes daļas garumu 40 – 70 cm. Īsāki stādi nav pietiekami konkurētspējīgi augtenēs ar spēcīgu lakstaugu aizzēlumu, bet garākiem stādiem raksturīgi sliktāki augšanas rādītāji un lielāks pārstādīšanas stress nesabalansētās sakņu un dzinuma masas dēļ. Stādījumu ierīkošanai piemēroti arī 30 – 40 cm gari ietvarstādi, ja to sakņu kakla diametrs ir vismaz 4...5 mm.
7. Vasaras un rudens stādījumu ierīkošana ar bērzu ietvarstādiem ir sekmīgi pielietojama kā sava veida pasākums stādīšanas sezonas pagarināšanai un darbaspēka un tehnikas izmantošanas optimizēšanai. Stādi pirms izstādīšanas rūpīgi samitrināmi; salapojoši stādi pārvietojami tikai slēgtā transporta līdzeklī. Iestājoties ilgstošam sausuma periodam (3...4 nedēļas), stādījumu ierīkošana būtu pārtraucama.
8. Vasaras stādījumu ierīkošanai nav ieteicama aktīvi augošu, nepārkoksnējušos, tajā pašā sezonā izaudzētu ietvarstādu izmantošana, jo to dzinumi un sakņu sistēma ir viegli savainojami transportēšanas un stādīšanas laikā. Nepieciešamības gadījumā stādījumu ierīkošanai pielietot viengadīgus stādus pieļaujams tikai pēc to pārkoksnēšanās – sākot no jūlija beigām vai augusta sākumā. Obligāts priekšnoteikums stādmateriāla izmantošanai vasaras stādījumu ierīkošanai – stādu sakņu sistēmai jābūt labi attīstītai, stingrai un kompaktai.
9. Vasaras stādījumi, kas ierīkoti vagās sagatavotā platībā, ir pakļauti lielākam izžūšanas riskam. Labāka metode platības sagatavošanai, ierīkojot stādījumus bijušajās lauksaimniecības zemēs, ir tās apstrāde ar herbicīdu. Mīglošanai izmantotā herbicīda daudzumu samazināšanai, lauka apstrāde izdarāma joslās. Stādīšana ar herbicīdu apstrādātā laukā uzsākama tikai pēc tam, kad apmīglotās nezāles jau sākušas sadalīties – divas līdz trīs nedēļas pēc apstrādes. Rudens stādījumos, kad zāle ir nobriedusi un pārkoksnējusies, platības apstrāde ar herbicīdu ir mazāk efektīva.

# 1. GENERAL

## *Background*

The land reform after Latvia regained sovereignty and the decline of food production have in recent decades reduced the area of cultivated farmlands. As a result a considerable amount of lands have not been managed for almost 20 years. A public debate about the use of these lands for energy crops and short rotation plantation cultivation of forest crops have been initiated, however, notable shift toward active management of abandoned farmlands has not been reached yet.

An afforestation of abandoned agricultural lands is one of the options (in many cases the only one) for economically sound management of these lands both from the forest owner's and the government point of view. Since the accession of Latvia to the European Union, the promotion of afforestation of former farmlands has been implemented with the help of EU structural funds. The tax policies of the state also encourage the forest-owners to afforest surplus lands as there is no real estate tax imposed on young forest stands.

A number of studies are carried out in Latvia to find the most suitable methods for soil cultivation and weed control when establishing forest plantations on former agricultural lands. Hundreds of hectares of new plantations are established every year. However, numerous failures indicate problems to be solved to improve the establishment technologies and achieve better results in afforestation.

One of the issues that have been neglected so far is the quality of planting stock and its impact on afforestation success. The technologies for production of birch container seedlings are implemented in Latvia recently. The field performance and suitability of this planting stock for afforestation purposes has not as yet been tested. This objective is one of the topics in this research. Other objective of thesis is to evaluate the possibilities of using birch container stock for summer and autumn plantings in former agricultural lands. The implementation of this technology could optimise the use of labour force and techniques in establishing plantations and in planting stock cultivation at forest nurseries.

## **Aim of the thesis**

The aim of the thesis is to evaluate the field performance of birch container stock produced in Latvia and its suitability for afforestation purposes and to justify the use of birch container stock for summer and autumn plantings in former agricultural fields.

## **Major objectives**

1. To evaluate the impact of two container types – Roottrainers Sherwood and Lannen Plantek 35 F on morphological parameters of planting stock and the volume of production at forest nursery.
2. To assess the importance of morphological parameters of birch container seedlings and containers used for production on the field performance – height growth and survival in the first seasons on former agricultural land.
3. To define the target parameters for birch container seedlings for afforestation purposes.
4. To estimate the possibilities to use the birch container seedlings for establishment of plantations on former agricultural lands in summer and autumn seasons.

## **Scientific novelty**

Studies about the significance of silver birch container seedling quality for uses on former agricultural lands have been performed in Norway (Brunvatne 1997). The impact of seedling cultivation technologies and morphological traits of birch container stock on field performance has been assessed in Finland (Aphalo & Rikala 2003, 2006). In Latvia the bulk of birch container stock is produced in containers of different types (Roottrainers Sherwood) than commonly are applied in Scandinavian countries. The quality of birch planting stock produced in Roottrainers Sherwood containers have not been evaluated so far. The quality parameters of birch container stock have not been developed for Latvian conditions.

Experiments about summer planting of birch container stock have been set up and evaluated in Finland (Luoranen *et al.* 2003). In Latvia, a research project has been launched to assess the use of Scots pine and Norway spruce container stock in summer planting in forest sites (Broks *et al.* 2004, 2005). The given study about summer and autumn planting of birch container seedlings on former agricultural lands is the first experiment of this kind performed in Latvia.

## **Practical significance**

Research on the applicability of container technologies in Latvia for quality birch container seedling production will generate new knowledge that can be applied for optimizing the production in existing forest nurseries and develop guidelines for the nurseries that will be arranged in future. The JSC

Latvijas Finieris initiated this research effort. This company, following the results of this research, has changed the Roottrainer Sherwood containers used earlier in their own forest nursery for those of Lannen Plantek 35 F in order to improve the quality of seedlings.

The establishment of forest plantations in summer and autumn is not widely applied in our country so far – traditionally forest planting season is spring. Our research has approved the opportunity of establishing birch plantations on former agricultural land during whole vegetation season. The wider application of summer and autumn planting is forecast in the near future when mechanical planting will have greater part in forest planting process in Latvia. The initiation of several research projects by forestry companies in field of summer planting of broadleaved and coniferous container planting stock can serve as an approval to this assumption.

### **Approbation of research results**

The results of research have been presented in four international and two national conferences. Three articles have been published in proceedings of international conferences and one in national scientific journal. A paper has been processed and submitted to international scientific journal “Baltic Forestry”. The research work has been compiled in three projects reports.

### **Structure and coverage of thesis**

**Chapter 1** of the thesis analyses the current status of birch in Latvian forestry and forest industry and describes the technologies used for birch container seedling production in Latvia and abroad proceeding from literature studies. The evaluation of present volume of domestic birchwood resources and predictions about the future developments are given in first subdivision of Chapter 1. This subdivision evaluates the possibilities to increase the volume of birch resources through afforestation efforts. Second subdivision deals with the technologies for birch container seedling production. The container technologies are evaluated in terms of the physiological and silvicultural properties of silver birch. In the third subdivision attention is given to the theoretical aspects of forest seedling quality and the factors and parameters, which are decisive for the planting stock quality. The literature study in this chapter is with a focus on the quality of birch container seedlings and the ways of improving birch planting stock.

The first and second subdivisions of **Chapter 2** accordingly describe the experimental material and the methods of data analysis. The evaluation of statistical significance and the presentation of results are given in third

subdivision of this chapter. The comparison of the results obtained with similar studies in other countries and discussion about practical significance of our research is presented in the fourth subdivision of Chapter 2.

This thesis contains 104 pages, 15 tables, 34 figures and pictures and 276 references.

## **2. MATERIAL AND METHODS**

To evaluate the impact of container technologies on the variations of morphological traits of birch container seedlings, in 2003 the assessment of seedlings grown in two container types, Sherwood and Lannen Plantek 35 F, was performed in the forest nursery "Zābaki". The seedling height was measured within accuracy of 1 cm and seedlings root collar diameter within accuracy of 0.1 millimetre. The effect of containers used for rearing seedlings on the volume of production was also estimated.

Three outplanting experiments were established in former agricultural fields in the Ukri rural municipality of the Dobele district to evaluate the impact of container type used for rearing birch seedlings and the morphological parameters of planting stock on the field performance of seedlings. Experiments were laid on in 2002 and 2004, and the height growth and survival were evaluated in the first two – three years after outplanting.

The first experiment at "Kukuri" was staged in 2002, using birch container seedlings reared in three types of containers (Rootainers Sherwood, Lannen Plantek 35 F and Lannen Plantek 25) that were divided into groups according to seedling height and root collar diameter (12 variants altogether). The second experiment at the locality "Raupšas" (outplanting experiment "Raupšas" -1) was arranged in 2004, using birch container stock grown in two types of containers (Rootainers Sherwood, Lannen Plantek 35 F) and divided in groups in a similar way as described above (18 variants altogether). The first outplanting experiment was staged in four replications (48 seedlings in a parcel) and the second one in six replications (9 trees in a parcel). Both plantations had a density of 2,500 trees per hectare at planting distance 2 meters both between the rows and within a row.

To assess the impact of several key morphological parameters (seedlings height, root collar diameter, root/shoot ratio and index of sturdiness) on the first-year height growth of birch container seedlings out in the field, the outplanting experiment was done by using birch container seedlings reared in the Rootainers Sherwood containers (outplanting experiment "Raupšas"-2). Outplanting was done randomly with planting density of 2,500 trees per hectare at planting pattern 2 x 2 meters. Two hundred of seedlings from the same batch of seedlings were analysed in laboratory to determine the dry



weight of root and shoot part of seedlings. Seedlings were dried in an oven at 105° C till the constant weight was reached. The laboratory data were used to create the regression models for calculating the seedling root and shoot dry mass.

To prove that it is possible to plant out birch container seedlings during summer and autumn an outplanting experiment was staged in 2002 in the Ukri rural municipality of the Dobele district. The planting was done in every second week from July 11 to November 2, 2002, on nine occasions altogether. The soil treatment was done in one case before planting, using two methods – herbicide treatment (June 20) and furrowing (June 20). The experiment was arranged in six replications by 25 seedlings per parcel. The planting density is 2,500 trees per hectare at planting pattern 2 x 2 meters.

Both parametrical and non-parametrical statistical methods were used in data analysis. The computer software SPSS for Windows 12 was applied.

The Kolmogorov-Smirnov and Levanie's tests were performed on the data to test the normality and homogeneity of the variances (Field 2005). To identify statistically significant differences between the treatment groups the *Post Hoc* procedure were performed using the Tukey's test. Survival of seedlings in plantations as an effect of examined factors (type of container, seedlings height and root collar diameter) was assessed using the Kruskal-Wallis test, which is considered an alternative to one-way ANOVA for the data of dichotomous and interval scales (Paura, Arhipova 2002). Factor analysis was performed by ANOVA using the SPSS GLM procedure.

Multiple regression models were developed to predict the birch container seedlings root and shoot dry weight (DW). The birch seedlings shoot and root DW were used as parameters that characterise the proportions of seedlings' vegetative parts. In the next steps of analysis the impact of morphological parameters of Sherwood Roottrainer seedlings in the experiment "Raupšas"-2 was assessed using linear regression.

In the data analysis of summer and autumn planting experiment the two-way ANOVA was performed; tested factors – planting date and the soil treatment.

### **3. RESULTS**

#### **3.1. Impact of container type on the morphological traits of birch container seedlings and the volume of nursery production**

The mean values of Roottrainers Sherwood and Lannen Plantek 35 F seedlings height, root collar diameter and D/H values significantly differ at the level of  $p=0.000$ . The birch seedlings grown in Sherwood containers are slightly higher than those in Lannen Plantek 35 F containers (Table 3.1). The

height of Sherwood Roottrainer seedlings is by 3.8 % bigger but root collar diameter by 9.6 % less than that of Lannen Plantek 35 F seedlings, while the index of sturdiness (D/H) of Lannen Plantek 35 F seedlings is by 13.3 % bigger than that of Sherwood Roottrainer seedlings.

The evaluation of morphological parameters of birch container seedlings in forest nursery reveals the same effect as described in others studies – high growing densities of birch container seedlings provoke their spindling due to insufficient light intensity. The growing density of Lannen Plantek 35 F container system is considerably smaller than that of Roottrainers Sherwood containers – 291 and 423 seedlings per square meter. Because of more intensive self-shading, the Sherwood Roottrainer seedlings are slightly higher even if the volume of container cell (and the volume of substrate as well) in this container system is smaller. With the seedling height getting higher the index of sturdiness is diminishing for seedlings of both container systems (Fig. 3.1). More markedly it happens with seedlings grown in Roottrainers Sherwood containers. If it is assumed that index of sturdiness should be greater than 1, as recommended in literature, the height of Roottrainer Sherwood seedlings should be no less than 40 centimetres with that of Lannen Plantek 35 F seedlings little more than 50 centimetres. It suggests that in Lannen Plantek 35 F containers seedlings may grow taller than in Roottrainer Sherwood to keep the favourable balance of height and diameter. That is of great importance when the seedlings are planted in sites with heavy weed competition.

For Roottrainer Sherwood and Lannen Plantek 35 F containers the amount of salable birch seedlings is 71.3 % and 85.4 %, respectively. The production of birch container planting stock at nursery is 302 and 248 seedlings per square meter respectively, when Roottrainer Sherwood and Lannen Plantek 35 F containers are involved. According to our results, the use of Roottrainer Sherwood containers for birch seedling cultivation allows to increase the output by 17.9 %. Calculated on the productive area of forest nursery “Zābaki” (800 m<sup>2</sup>) the gain of use of these containers is 43,000 seedlings within one production cycle. If the calculation is made using the present price of birch seedlings, the financial turnover is increasing by 4,300 LVL.

### **3.2. The field performance of birch container seedlings on former farmlands regarding their morphological parameters and the containers used**

In the *outplanting experiment at “Kukuri”* three years after establishment the seedlings height showed statistically significant ( $p=0.000$ ) effect of containers used for seedling cultivation. The height growth of seedlings demonstrated that differences between the variants have increased during three years of growth out in the field (Fig. 3.2). A superior growth in

height is demonstrated by birch seedlings reared in Lannen Plantek 25 containers whereas the Roottrainers Sherwood seedlings showed the worst performance.

In 2002, the mean height of Lannen Plantek 25 seedlings is significantly bigger than that of Lannen Plantek 35 F while the Roottrainers Sherwood seedlings showed no difference between each other. In 2003 and 2004, significant differences are detected between all variants and the advantages of bigger containers are even more pronounced. If after the first year of growth out in the field the Lannen Plantek 25 seedlings outperform the Lannen Plantek 35 F and Roottrainer Sherwood seedlings by 3.2 and 3.9 centimetres, respectively, then after three years the differences between the plants reached 8.8 and 16.9 centimetres, respectively.

The significant effect of container type used for birch seedlings production on seedling survival is demonstrated by seedling performance three years after planting out ( $p=0.002$ ). Seedlings reared in Lannen Plantek 25 containers showed markedly higher survival as compared to Lannen Plantek 35 F and Roottrainers Sherwood seedlings and outperformed them by 3.4 and 8.7 %, respectively. Analysis of seedling mortality in a plantation reveal that the differentiation between experimental variants is more pronounced within first two years after outplanting and later become negligible (Fig. 3.3).

In the *experiment at "Raupšas"-1*, the height growth of Lannen Plantek 35 F seedlings two years after planting out is significantly ( $p=0.000$ ) superior than that of Roottrainer Sherwood seedlings of the same initial size being 13.4 cm taller on the average (Fig. 3.4.). The seedling survival reared in Lannen Plantek 35 F is higher than for Roottrainers Sherwood seedlings though the differences are not statistically significant ( $p=0.007$ ) (Fig. 3.5).

The statistically significant differences are detected when comparing the survival between groups of initial Roottrainers Sherwood seedling height ( $p=0.014$ ). After the first season out in the field the mortality of shortest seedlings is markedly higher than in other groups (Fig. 3.6). After second growing season the differences between the groups has remained almost the same – the survival of seedlings of initial height of 31-40 centimetres is by 10.5 % and 9.9 % less than for seedlings of initial height of 41-50 cm and 51-60 cm, correspondingly.

The survival of Roottrainer Sherwood seedlings in experimental plantings has significant ( $p=0.008$ ) variation regarding their initial root collar diameter (RCD) as well. The impact of seedling root collar diameter of on the survival of seedlings is more pronounced in the first year after planting out. After the second season in the field the differences between the groups of initial root collar diameter remain similar – the survival of thinnest seedlings is less by 12.4 % and 8.1 % - for medium thickness and thick seedlings.

The comparison of the survival of Roottrainer Sherwood seedlings among all the experimental groups (Fig. 3.7) show that the thinnest birch seedlings and seedlings in the intermediate group of RCD of initial height of

31-40 cm has markedly higher mortality after two seasons in field than in other groups – 66.7 % and 75.9 %, respectively. On the contrary, the thickest seedlings of the same initial height group show high survival rate (90.7 %), which is comparable with that of the seedlings of greater initial height. The differentiation of seedling survival according to their initial RCD is observed for seedlings of the initial height 41-50 cm but not for seedlings of the initial height 51-60 that have shown similar survival in all the groups of initial RCD.

The initial height of Lannen Plantek 35 F seedlings affected two-year height growth in field ( $p=0.000$ ) but no significant differences are detected among the groups of initial RCD ( $p=0.383$ ). Significant impact on height growth is caused by interaction of both above factors ( $p=0.030$ ). Seedlings of initial height 31-40 cm after two seasons in the field have reached the same height as the seedlings of initial height 51-60 cm. After two-year growth the height of seedlings of greater initial height (71-80 cm) remains superior although showing poor height increment during this period.

The Lannen Plantek 35 F seedling survival after two year growth in field vary from 87 % to 96.3 %, being higher for seedlings of greater initial height (Fig. 3.8) though the differences among the groups lack statistical approval ( $p=0.665$ ). As with the figures analysed before, typical is the differentiation in survival rates of seedlings between experimental groups in first season after planting out, later maintaining similar differences between the groups.

#### *Outplanting experiment "Raupšas"-2*

The regression coefficients for models for predicting the shoot DW of birch container seedlings has a greater value than that for root DW prediction model – 0.934 and 0.415, respectively. The development and amount of container seedlings root system is limited by the volume of container cell where the root system and the shoot of container seedlings have different proportions than for bareroot planting stock. This could be an explanation for less accuracy of regression model for root DW prediction. All coefficients included in the above-mentioned models have statistically significant impact on predicted parameters (Table 3.3).

The values of regression coefficients characterizing the impact of Roottrainer Sherwood birch container seedling morphological parameters on the first-year growth in field vary from 0.033 to 0.147 (Table 3.4). Greater D/H values have positive impact on seedlings height increment out in the field. Seedlings of greater initial height and greater shoot/root ratio have produced smaller height increments after planting in former agricultural lands.

The significance of container type used for cultivating birch seedlings is demonstrated in both outplanting experiments where seedlings grown in different containers were planted out. Seedlings grown in Lannen Plantek 35 F containers showed better field performance than the Roottrainers Sherwood seedlings. The permanent effect of containers used for seedlings production has

been observed during two and three years after planting out – the period when the evaluation of the experiment was made. Further evaluation of seedling performance will give additional information about the differentiation of trees in the stand depending on their production technology.

In the “Kukuri” experiment the best field performance was demonstrated by the birch seedlings produced in Lannen Plantek 25 containers. Although seedlings reared in these containers are known to be of superior quality, this type has become unpopular for birch container stock production due to greater economical efficiency of newly developed container systems, which yield more seedlings per productive area in the nursery. The Lannen Plantek 25 containers are not available with the producing company and are constantly substituted with ever new products - Lannen Plantek 35 F and Lannen Plantek 36 F. Thereof the old-fashioned Lannen Plantek 25 containers cannot be considered as a perspective choice in planning birch seedling production in nurseries.

The shape of containers used for seedling has great importance for ensuring the growth in the field and is affected by a number of key features – the volume, shape and dimensions of the container cell, growing density (cells per square metre) and the features influencing the root formation, humidity and temperature of growing substrate – air slits etc. All containers used in the experiment are made to promote proper development of root system and prevent the root-bound. Therefore the greater proportion of variations in seedling field performance in experiments is explained by two factors – the volume of the cell and growing density.

In this study we cannot clearly detect exactly what container features are responsible for better field performance of birch seedling in outplanting experiments since all three containers included in experiment have both different cell volume and growing densities. In both the experimental plantations the worst field performance was shown by the seedlings grown in the smallest Roottrainers Sherwood containers. This container type is distinguished by greater growing density compared to two others containers.

In both experiments Lannen Plantek 35 F seedlings have better survival than Roottrainers Sherwood seedlings, gain the advantage by 5 %. According to our results, when Lannen Plantek 35 F seedlings are used for afforestation and the target density of plantation is 2,000 trees per hectare, the financial gain (costs of planting material 100 LVL per thousand seedlings and 0.03 LVL for planting of each seedling) is 13 LVL per hectare compared to the Roottrainer Sherwood seedlings. If it is assumed that the use of Lannen Plantek 35 F seedlings allows avoiding one occasion of weed control owing to better height growth of seedlings compared to the Roottrainer Sherwood seedlings (Fig. 3.4), the total financial gain of this kind of planting stock is 73 LVL per hectare.

It should be pointed out that better field performance of better quality planting stock will manifest itself only in case when the attention is paid also to other significant factors of forest establishment in farmlands – selection of

appropriate site and sufficient pre-planting soil treatment and post-planting weed control.

The advantage of bigger seedling size was proved in both experiments where the performance of birch seedlings sorted in groups according to initial height and RCD were tested. Both greater height and RCD have significant impact on height growth and survival of seedlings in the field. It was found that greater RCD is more crucial for the performance of shortest seedlings and less important for the survival and height growth of tallest seedlings.

In the study about the significance of birch container stock quality for afforestation success performed in Norway the role of balanced D/H ratio is emphasized. The birch container seedlings with index of sturdiness (D/H) above 1 are recommended for afforestation purposes (Brunvatne 1997). Partly it is in agreement with our results where the positive role of balanced seedlings height and RCD is revealed in all outplanting experiments but our research has discovered that the D/H ratio is more important for field performance of smaller seedlings whereas for taller seedlings this feature is not critical.

The afforestation of former farmlands, where failures are quite common, is far more difficult than forest regeneration on a cutover. The field growth of birch seedlings is to a great extent is limited by light availability (Brunvatne 1997). In the sites where the extensive weed competition in the establishment phase is crucial the use of larger seedlings is advisable (Grossnickle 2005). The results of our experiments, too, support this assumption. In our study the field performance of birch seedlings has been followed up for two or three years only. However, the lasting effect of seedling size has been observed and the differentiation between experimental groups is continuing.

Although the advantages of bigger seedlings for afforestation are obvious, there are some factors limiting seedling size. The production costs of larger-size planting stock can be inadequate to the effect gained. The balance between seedling root volume and shoot height should be achieved, which requires bigger container cavities, thus reducing the cost efficiency of planting stock production.

In our study the preference of Lannen Plantek 35 F container is recommended for quality birch container stock production for the needs of afforestation. Compared to the Roottrainer Sherwood containers widely used for birch seedling production in Latvia, the seedlings produced in Lannen Plantek 35 F containers have demonstrated better field performance. Birch planting stock produced in Lannen Plantek 35 F containers is more uniform, ensures predictably good afforestation results, and is less dependent on the initial morphological traits of seedlings.

As the experiment with Roottrainer Sherwood container seedlings teaches, the most significant effect on the first-year height growth is made by the shoot/root ratio. If the value of shoot DW over the root DW is increasing by one unit, the first-year height increment gets reduced by 15 centimetres. The

shoot/root ratio accounts for 14% of the total variation in first-year height growth for birch seedlings.

The shoot/root ratio of forests planting stock is the feature whose significance is proved by a number of studies abroad. Although this parameter is commonly applied for describing bare-root planting stock quality (e.g. Andersen & Bentsen 2003), its importance for container planting stock is acknowledged as well. The study performed in Sweden proves that the shoot/root ratio is parameter of high importance for the field performance of container planting stock of silver birch and Norway spruce (Ryter *et al.* 2003).

Some researchers doubt the significance of shoot/root ratio for ensuring the field performance of forest planting stock and advance the ability of generating new roots after planting out as a more important feature (Bernier *et al.* 1995, Saloniuss 2002). As another factor influencing the field performance of seedlings grown in small containers is root-bound. Earlier this term was attributed to the phenomenon of spiralled, badly developed root system caused by old-fashioned containers with no possibilities of root growth control. Today the root-bound means another problem – the disturbance of root growth for large seedlings reared in small container cavities (South & Mitchel 2005). This phenomenon occurs due to several reasons but one of them is the development of over-aged, matured root system that is preventing development of new roots after planting out - the advantages of planting stock with juvenile root system are reported (Saloniuss *et al.* 2002). This problem has so far been investigated for conifer planting stock but obviously similar research concerning the field performance of birch container seedlings is needed as well.

The evaluation of outplanting experiment with Roottrainer Sherwood seedlings (“Raupšas”-2) reveals only a minor impact of RCD on the first-year height growth in the field (Table 3.4) contrary to a study in Finland where the RCD of birch container seedlings has demonstrated the most significant impact on the field performance (Aphalo & Rikala 2003). The disagreement of our results with this finding is probably due to different containers used for cultivating seedlings – containers used in Finnish experiments had greater cell volumes and growing densities than Roottrainers Sherwood containers used in the given study. Obviously, the strongest limiting factor for field performance of seedlings reared in such small containers as Roottrainers Sherwood is balanced ratio of morphological proportions as demonstrated in our study.

According to our research results the target features of birch container stock for afforestation are defined. The most appropriate birch planting stock for afforestation of former farmlands is birch container seedlings grown in Lannen Plantek 35 F containers of the height 40-70 centimetres. The seedlings not fitted in the defined target interval cannot compete on sites with heavy weed competition in case they are too short or lack a balanced shoot/root ratio if too tall.

The further research efforts for improving the quality of broadleaved planting stock should be aimed at improving knowledge about the role of

physiological quality of planting stock. The promising methods for diagnosing the defects of planting stock are physiological tests like the root electrolyte leakage method. The cold hardiness of seedlings root system usually is taking place later than for shoots so the root damages by frost are more likely (Bigras & Dumais 2005). In Latvian conditions the seedlings at winter storage are placed outdoors. The impact of storing conditions on vitality of birch planting stock has not as yet been investigated in this country.

### **3.3. Duration of the planting season using birch container seedlings**

The planting date (timing of the planting) and the site preparation method (soil treatment) have a significant impact on tree height in the outplanting experiment after two years of growth with the p values correspondingly 0.000 and 0.015. The field performance of seedlings is affected also by the two factors studied ( $p=0.000$ ). As the *Post Hoc* analysis revealed the greater growth in height produced by seedlings planted during 11 and 25 July – 65.7 and 57.5 cm, respectively (Table 3.5).

Both factors included in factor analysis have demonstrated highly significant impact on the survival of trees in the field ( $p=0.000$ ). The best survival of trees is in the plantations performed in the autumn while the highest mortality of seedlings is in the plantation established in August (Fig. 3.9). The survival of seedlings after two-year field growth in the plantations established in October and November is above 80%.

The comparison of seedlings survival following soil treatment methods also revealed different behaviour. The survival of seedlings planted in an herbicide-treated site is superior to that on furrow ploughed area. However, the survival of seedlings is higher in the plantings done in furrows late in the season. The highest mortality of seedlings is in the plantations established in furrows in the middle of summer between July 25 and 8 August, with the survival of seedlings only 42.7 and 2%, respectively.

The variations of seedlings average height between experimental variants is from 33.8 to 66.3 centimetres after two years of growth in the field the highest being for plantations established in the first case – July 11 and 25. The soil treatment in the experimental area was performed for the whole experimental area shortly before the first planting. The superior height growth of seedlings planted in the beginning of experiment could be explained by more favourable conditions caused by soil treatment shortly before planting, which for subsequent plantings is gradually diminishing with the weed competition increasing in the experimental area. Vascular plants recover very quickly in the soil treated in the middle of summer. Even after herbicide treatment the weeds re-emerge quite fast. After the grasses wither away and decompose, the



dormant seeds become active and the cover of vascular plants is back in place very soon. Prompt recovery of weeds and the weed competition thus increased slowdown the seedling growth in height regardless of the method of site preparation.

The survival of trees in the experiment varies strongly depending on the planting date and the soil treatment method applied. The mortality of seedlings is to a great extent influenced by precipitation in planting the season. The highest mortality of seedlings is observed in the plantations laid out in the end of July and the beginning of August (Fig. 3.9). The data obtained from the nearest weather station in Dobeles in the planting season shows no precipitation registered in August (Fig. 3.10). The high mortality of seedlings in this period is caused by long-lasting drought.

Although the survival of seedlings planted in the drought period is lower in both soil treatment variants, the seedlings planted in furrows have by far suffered more. If the survival of seedlings planted on July 11 is 76 and 70% for herbicide treated and furrowed areas, respectively, then in the plantations of July 25 it is 76.6 and 42.7%, respectively. In the plantations established on August 8 the survival of seedlings dropped to 59.3 % in herbicide treated site, while the seedlings in furrows have died almost completely with the survival after two seasons only 2 %.

The variations in birch seedlings survival in the experiment are influenced by the effect of soil treatment on the soil properties. Unlike furrowing, the herbicide, killing the weeds, has no effect on soil physical properties and structure. Obviously, the furrows have promoted drying of soil surface due to increased water transpiration, whereas herbicide treatment proved to be more suitable method for trees planting in the conditions of insufficient soil moisture.

The survival of seedlings in the plantations established in September 5 and 19 is slightly higher in the herbicide-treated site. Still, the differences between variants of soil treatments are negligible, some 2 ... 3% only. In the last planting occasion in autumn the survival of seedlings planted in furrows is higher, 86.7 ... 90.7 % compared to herbicide treated site where 81.3 ... 87.3% of seedlings survived. The longer-lasting effect of furrows on weed control in the treated site could account for the better performance of seedlings planted at the end of planting season. The weeds in the herbicide-treated site, usually recovering during two - three months, are believed to be the reason for slightly higher mortality for seedlings planted in late autumn in this area.

The birch container seedlings survived better in the autumn plantings in both soil treatments alternatives. In the herbicide-treated site the survival of the seedlings planted in the middle of summer is 76 ... 76.7 %, while in the autumn plantings (September – November) 77.3 ... 87.3 %. If the drought period is disregarded, the mortality of seedlings did not exceed 15%.

The container seedlings lifted in summer are still immature and prone to mechanical injuries. The root system of "hot-lifted" birch container seedlings is

often insufficiently developed and the root ball is fragile. The management of such seedlings during transportation and planting should be very accurate to avoid damaging. The transportation of seedlings to planting site in the containers that are removed shortly before planting is often the only option that guarantees success. Such pre-planting management of seedlings reduced the efficiency of summer planting compared to traditional planting in spring and late autumn.

The problems about the summer planting of hot-lifted insufficiently mature forest seedlings are reported in also other studies. The researchers from Latvian Forest Research Institute "Silava" do not recommend the planting of hot-lifted Scots pine and Norway spruce container seedlings in the end of June and beginning of July during the active growth of seedlings. The water transpiration rate of seedlings in the phase of active growth is high and they are very sensitive to post-planting drought. The young shoots of seedlings are very fragile and sensitive to damage during transportation and planting (Broks *et al.* 2004).

Consequent research work to verify the possibility of summer planting of spruce and birch container seedlings is done in Finland. The Finnish researchers prove that it is possible to extend the planting window of birch seedlings to July and early August by using actively growing container seedlings. The risk of drought stress increased when seedlings were planted on easy drying, coarse sandy soils (Luoraninen *et al.* 2003). The results of another research indicate that no risk of excessive mortality and growth restrictions occur when actively growing seedlings of Norway spruces are planted in summer, provided that seedlings are well watered before planting and the drought period is no longer than 3 weeks (Helenius *et al.* 2002). The planting of Norway spruce container seedlings till the beginning of June is advised. However, the high probability of mechanical damages to seedlings during summer planting is pointed out (Luoranen *et al.* 2005).

The researchers in United States advise not to plant coniferous seedlings before the beginning of July since they have not reached the proper phenophase for outplanting (Kiiskila 2005).

Our experiment proved the possibility of birch container seedlings' planting outside the conventional planting window and the introduction of summer and autumn planting of birch container stock can be done without substantial risk of failure. The planting should be suspended in case of extended drought period (3 ...4 weeks). The pre-planting herbicide treatment is recommended as the most effective method for weed control in former agricultural lands. To reduce the amount of herbicide required for treatment, the application in rows considering the distance between planting rows can be done. The planting of seedlings can be started when the treatment effect is obvious – the withering and decomposing of weeds have started. The foliar-acting herbicides are destroying both the above and below-ground parts of

weeds, which facilitates the planting. The treatment should be done in early summer because later the herbicide may be less effective on mature grasses.

The planting of actively growing birch container seedlings is not recommended as it involves a risk of mechanical injuries during transporting and planting. The use of “hot-lifted” seedlings can be started after the seedlings have built compact and tight root balls and partly maturing of shoots has occurred, which is not earlier than the end of July.

Further research is necessary to test the possibility of summer planting of dormant seedlings kept in the refrigerators. The Finnish experience of summer planting of dormant Norway spruce seedlings have is positive (Luoranen *et al.* 2005). The winter storage of birch container seedlings in refrigerators is so far not practiced in Latvia but the JSC “Latvijas valsts meži” has tested this storage method to spruce seedlings.

The present summer and autumn planting experiment is established on loamy soil and the results of this research should be applied cautiously if the planting is performed on easy drying soils with inconsistent groundwater level. The Finnish researchers have observed the high water stress risk on coarse sandy soils. Drained peat soils represent the sites of high risk of water stress for summer planted seedlings in case of prolonged drought.

## CONCLUSIONS AND PROPOSALS

1. By using the Roottrainers Sherwood containers the output of nursery stock is by 17.9% higher compared to those of Lannen Plantek 25 F. However, the field performance of Roottrainers Sherwood seedlings is worse due to unbalanced shoot/root and height/diameter ratio.
2. Better field performance of Lannen Plantek 35 F seedlings could justify a higher price for this planting stock compared to the Roottrainers Sherwood, which would balance out the difference caused when larger size Lannen Plantek 35 F containers are used.
3. The birch container seedlings reared in containers having smaller growing densities and bigger cell cavities have shown better field performance on former agricultural lands during three years of the experiment. The survival of seedlings reared in Lannen Plantek 25 containers exceeded by 8.7 %, and Lannen Plantek 35 F containers - by 5 %, the same indicator for the Roottrainers Sherwood seedlings.
4. The most significant impact on field performance of birch container seedlings is demonstrated by the shoot/root ratio and index of sturdiness (D/H). The seedlings reared in small containers, which often have a relatively small root system, are subjected to higher transplanting stress

and show smaller growth in height in the field thus being less suitable for the sites with heavy weed competition.

5. The birch seedlings of greater height and root collar diameter are more suitable for establishing forest on former agricultural lands, showing greater growth in height and demonstrating higher survival. Greater root collar diameter is especially important for shorter seedlings.
6. The results of study approved the Lannen Plantek 35 F seedlings of initial height 40 -70 centimetres to be the most suitable planting stock for afforestation purposes. Shorter seedlings have worst competing ability in the sites with heavy weed competition while taller seedlings often demonstrate stunted growth caused by high transplanting stress. The shorter seedlings (30 – 40 cm) can also be successfully used for afforestation unless their root collar diameter is at least 4 ... 5 millimetres.
7. To optimize the use of labour force and equipment, the summer and autumn planting of birch container seedlings can be done without substantial risk of failure. The watering of seedlings is to be made before planting and careful transportation of properly packed is a must. The planting should be suspended in case of prolonged drought (3 ...4 weeks).
8. The planting of actively growing birch container seedlings is not recommended due to high risk of damages to seedling shoots and root systems during transportation and planting. Compact and tight root ball is a compulsory demand for container seedlings to be planted out.
9. The summer planting of birch container seedlings in furrows may result in the plants exposed to drought stress. The pre-planting herbicide treatment is recommended as the most effective method for weed control in former agricultural lands. To reduce the amount of herbicide required for treatment, the application in rows, considering the distance between planting rows, can be done. The planting of seedlings can be started when the treatment effect is obvious – the withering and decomposing of weeds have started. The treatment should be applied in beginning of summer for belated application of herbicide can be less effective on mature grasses.