

Atšķirīga nokrišņu režīma ietekme uz parastās egles stādu augšanu

Oskars Krišāns¹, Juris Kalniņš², Mārtiņš Puriņš² un Āris Jansons^{1*}

Krišāns, O., Kalniņš, J., Puriņš, M., un Jansons, Ā., 2015. Atšķirīga nokrišņu režīma ietekme uz parastās egles stādu augšanu. *Mežzinātne* 29, 84–98.

Kopsavilkums. Nākotnē prognozējamās klimata izmaiņas Baltijas jūras reģionā radīs ne tikai vidējās gaisa temperatūras paaugstināšanos, bet arī izmaiņas vasaras nokrišņu sadalījumā, resp. garākus laika periodus bez nokrišņiem. Biežāks sausums var mazināt jaunaudzū, it īpaši parastās egles (*Picea abies* (L.) H. Karst.) stādījumu, produktivitāti. Mūsu pētījuma mērķis – noskaidrot Latvijas mežu atjaunošanā izmantotā egļu stādmateriāla piemērotību nākotnē paredzamajām vasaras nokrišņu sadalījuma izmaiņām.

Pētījums izstrādāts 2013. un 2014. gadā, izmantojot egļu ietvarstādu un kailsakņu stādmateriālu, kas randomizēti izvietots trim meža tipiem – silam, damaksnim un šaurlapju kūdreņim – atbilstošās augsnēs. Stādi audzēti izmainītā mitruma režīmā, aizturot nokrišņus ar gaismas caurlaidīgu, automatizētu nojumi un reizi nedēļā laistot ar ūdens daudzumu, kas vienāds ar attiecīgā perioda nokrišņu summu. Katras veģetācijas sezonas noslēgumā stādi izrakti, un tiem noteikta virszemes un sakņu biomasas.

Abu novērojumu gadu vasaras mēnešos evapotranspirācija pārsniedza nokrišņu apjomu, vismazāk nokrišņu bija 2014. gada vasarā. Savukārt 2013. un 2014. gada jūlijā bija visvairāk dienu bez nokrišņiem – attiecīgi 17 un 24 dienas.

Nevienā no novērojumu periodiem netika konstatētas būtiskas ($p > 0,05$) augstuma pieauguma un virszemes biomasas atšķirības starp abiem mitruma režīmiem vienam un tam pašam stādmateriāla veidam vienam meža tipam atbilstošā augsnē. Ietvarstādiem bija lielāks augstuma pieaugums attiecībā pret sākotnējo stāda augstumu, nekā kailsakņu stādiem, un abos gados ietvarstādiem neizmainītā mitruma režīmā tika konstatēta cieša un būtiska korelācija starp sakņu/dzinumu biomasas attiecību un stādu augstumu pirms stādīšanas.

Raksturvārdi: sausums, evapotranspirācija, stādmateriāla veids, stādu biomasas sadalījums, augstuma pieaugums.

•••

¹ Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava", Rīgas iela 111, Salaspils, LV-2169, Latvija;

* e-pasts: aris.jansons@silava.lv

² SIA "Meža nozares kompetences centrs", Dzērbenes iela 27, Rīga, LV-1006, Latvija

Krisans, O.³, Kalnins, J.⁴, Purins, M.⁴, and Jansons, A.^{3*} **Influence of various precipitation regime on growth of Norway spruce plants.**

Abstract. Changes in distribution of summer precipitation are forecasted for Baltic Sea region, thus mortality of saplings used in forest regeneration might increase. Norway spruce (*Picea abies* (L.) H.Karst.) plays important role in forestry of Latvia and it is drought intolerant species. Therefore, appropriate planting material should be used to mitigate drought hazard to development of saplings in new stands. The aim of this study is to assess drought adaptation of Norway spruce saplings commonly used in forest regeneration in Latvia.

In this study height increment and biomass allocation of saplings subjected to altered distribution of summer precipitation was compared. Study was carried out in year 2013 and 2014. Container and bare root saplings obtained from commercial nurseries were planted in three different soil types brought from forest. The half of saplings was left for control but other half was sheltered and weekly irrigated with amount of water corresponding to the sum of weekly precipitation. In the end of vegetation period, saplings were harvested to determine root and shoot biomass. In both studied periods, July was driest month when evapotranspiration exceeded precipitation and most days without rain – 17 and 24 in 2013 and 2014, respectively.

Height increment and shoot biomass did not differ significantly among same planting material in same watering regime and soil type. Container saplings had larger height increment compared with height before planting. Shoot/root ratio of container saplings tightly correlated with the height of saplings before planting. In altered moisture regime, bare root saplings had larger root biomass compared with container saplings, thus showing increased reaction to prolonged period without precipitation. Therefore, forecasted longer drought periods might reduce growth of bare root saplings of Norway spruce in future.

Key words: drought, evapotranspiration, planting material, biomass allocation, height increment.

•••

Кришанс, О.⁵, Калныньш, Ю.⁶, Пуриньш, М.⁶, и Янсонс, А.^{5*} **Влияние различного режима осадков на рост саженцев ели обыкновенной.**

Резюме. Прогнозы изменений климата в регионе Балтийского моря в будущем прочит не только повышение средней температуры воздуха, но также и изменения в

³ Latvian State Forest Research Institute "Silava", 111 Riga str., Salaspils, LV-2169, Latvia;

* e-mail: aris.jansons@silava.lv

⁴ Forest Sector Competence Center Ltd., 27 Dzerbenes str., Riga, LV-1006, Latvia

⁵ Латвийский государственный институт лесоведения «Силава», ул. Ригас 111, Саласпилс, LV-2169, Латвия; * эл. почта: aris.jansons@silava.lv

⁶ ООО «Meža nozares kompetences centrs», ул. Дзербенес 27, Рига, LV-1006, Латвия

распределении летних осадков – более длинных периодов без осадков. Более частые периоды засухи могут снизить продуктивность молодняков, особенно это относится к посадкам ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) Н. Karst.). Цель данного исследования – выяснить пригодность посадочного материала ели, применяемого для лесовосстановления в Латвии, к прогнозам распределения летних осадков в будущем.

Исследование разработано в 2013 и 2014 г.г., используя контейнерные и обыкновенные саженцы ели, которые рандомизировано размещены в трёх типах леса с подходящими почвами – в брусничнике, в зеленомошнике и в осушенном торфяном черничнике. Саженцы подверглись изменённому режиму влажности, посредством задерживания осадков со светопроницаемым, автоматизированным навесом, а также поливая саженцев раз в неделю с определённым количеством воды, соответствующим сумме осадков данного периода. В конце каждого вегетационного периода саженцы были вырыты и им была определена надземная и корневая биомассы.

В летние месяцы обоих годов наблюдений эвапотранспирация превышала объём осадков, а самое сухое лето было в 2014 году: наибольшее число дней без осадков в 2013 и 2014 годах констатируется в июле месяце – соответственно 17 и 24 дней.

Ни в одном из периодов наблюдений не установлены существенные ($p < 0,05$) различия между обоими режимами влажности в отношении прироста по высоте и надземной биомассы у одного и того же вида посадочного материала в определенном типе леса. Прирост по высоте, по сравнению с изначальным, наибольшим был у контейнерных саженцев; в обоих годах наблюдений, при неизменном режиме влажности контейнерные саженцы имели плотную и существенную корреляцию между соотношением корней\побегов и высотой саженцев перед посадкой.

Ключевые слова: засуха, эвапотранспирация, вид саженцев, распределение биомассы саженцев, прирост по высоте.

Ievads

Prognozēto globālo klimata izmaiņu rezultātā Eiropā ir sagaidāma klimatisko zonu pārbīde par 272–645 km uz ziemeļiem (Ohlemüller *et al.*, 2006), ar tai sekojošu pakāpenisku meža ekosistēmas transformāciju no hemiboreālas uz nemorālu (Hickler *et al.*, 2012). Saskaņā ar prognozēm (IPCC, 2013) līdz 21. gadsimta beigām Eiropas ziemeļu daļā un Baltijas jūras reģionā vidējā gaisa temperatūra paaugstināsies vidēji par 3,2°C,

un vasarās biežāk sagaidāmi par 10 dienām ilgāki periodi bez nokrišņiem (Palmer, 1965). Izmainoties gada nokrišņu sadalījumam, līdz 21. gadsimta beigām tie būs retāki, bet spēcīgāki: nokrišņu intensitāte palielināsies vidēji par 0,5 mm diennaktī (Jansons, 2010).

Garāku un siltāku beznokrišņu (meteoroloģiskā sausuma) periodu iestāšanās veģetācijas sezonas aktīvās augšanas fāzē (Vegis, 1964) var mazināt jaunaudžu, īpaši pirmā gada stādījumu, saglabāšanos, jo paaugstinātas evapotranspirācijas dēļ

var palielināties augiem pieejamā ūdens deficīts (Xu *et al.*, 2010). Augsnes mitruma pieejamība ir viens no svarīgākajiem vides faktoriem, kas nodrošina stādmateriāla saglabāšanos un augšanu, it īpaši pirmajā sezonā pēc iestādīšanas (Dinger, Rose, 2009; Haase, Rose, 1993; Rolando, Little, 2008; Thomas, 2009). Izmainīts nokrišņu sadalījums veģetācijas sezonā var būt nozīmīgs Latvijas mežsaimniecībai, jo vairāku pētījumu dati liecina, ka ar ūdens deficītu saistāmie klimatiskie faktori ietekmē koku augšanu gan Latvijā (Jansons *et al.*, 2013; Matisons *et al.*, 2012), gan visā Ziemeļaustrumeiropas reģionā (Latva-Karjanmaa *et al.*, 2003; Possen *et al.*, 2011).

Ūdens deficīts izraisa gan koksnes šūnu dalīšanās, gan augšanas hormonu un ogļhidrātu sintēzes un pārvietošanās palēnināšanos vai pat izbeigšanos (Hall, Milburn, 1972; Jyske *et al.*, 2009). Iestājoties piespiedu miera periodam, augu meristēmas ilgu laiku var saglabāt dalīšanās īpašības, tomēr ekstrēma sausuma apstākļos veidotājaudu šūnas var iet bojā (Mäkinen *et al.*, 2003). Parastā egles (*Picea abies* (L.) H. Karst.), kas Latvijai ekonomiski ir nozīmīga koku suga un saskaņā ar Meža statistiskās inventarizācijas datiem aizņem 17 % no mūsu mežu platības, ir pret ūdens deficītu nenoturīga (Mäkinen *et al.*, 2003). Sausumā eglei izbeidzas virszemes daļu un lielo sakņu augšana, bet tajā pašā laikā, lai palielinātu uzsūcošās virsmas laukumu, aktivizējas smalko, mikorizālo sakņu veidošanās (Puhe, 2003).

Fenoskandijā un Centrāleiropā veiktie parastās egles sausuma noturības pētījumi (Ditmarová *et al.*, 2009; Jyske *et*

al., 2009; Mäkinen *et al.*, 2003) liecina, ka nākotnē sagaidāmo klimatisko apstākļu ietekmē var samazināties parastās egles audžu produktivitāte un saglabāšanās. Mūsu pētījuma mērķis ir noskaidrot Latvijas mežu atjaunošanai izmantotā egļu stādmateriāla (ietvarstādi un kailsakņu stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu) piemērotību nākotnē prognozētajām vasaras nokrišņu sadalījuma izmaiņām.

Materiāls un metodes

Pētījuma vieta

Kontinentalitāte Latvijā pieaug virzienā no dienvidrietumiem uz ziemeļaustrumiem, nosakot reģionālas veģetācijas perioda garuma atšķirības (Draveniece, 2007; Klavins, Rodinov, 2010), kam ilgstoša laika periodā pielāgojušies arī koki. Ievērojot eksperimentāli konstatētās atšķirības starp proveniencēm no dažādām Latvijas daļām, izdalīti provenienču reģioni, kas jāņem vērā, izvēloties konkrētam reģionam piemērotu meža atjaunošanai pielietojamu stādmateriālu. Pētījuma vieta ir izvēlēta Latvijas centrālajā daļā – Vecumniekos (56°37'Z p., 24°29'A g.), kur gada vidējā gaisa temperatūra un nokrišņu summa tuva Latvijā vidēji konstatētajai: attiecīgi +6,2°C un 595 mm (LVGMC).

Eksperimentālais dizains

Pētījumā izmantots stādmateriāls no a/s "Latvijas valsts meži" Strenču kokaudzētavas (egļu ietvarstādi un kailsakņu stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu), kas randomizēti izvietots sešos pēc augšnes substrāta (pārvests no atbilstoša meža tipa) un nokrišņu režīma (kontrolē un eksperiments)

atšķirīgos, 10 m² lielos blokos: auglīga minerālaugsne no damakšņa, nabadzīga minerālaugsne no sila, kūdras augsne no šaurlapju kūdreņa. Lai novērstu sakņu bojājumus, stādus rudenī izrokot, stādīšana veikta 10 l tilpuma polipropilēna ģeotekstila maisos; attālums starp stādiem katrā blokā – 30 cm. Bloki atrodas 0,5 m attālumā viens no otra, un ūdens horizontālās pārvietošanās novēršanai katra bloka perimetram izveidota hidroizolācija. Izmainīts nokrišņu režīms nodrošināts, izmantojot 8 mm bieza polikarbonāta seguma nojumi ar 81 % gaismas caurlaidību, kas aizturēja nokrišņus un nemainīja temperatūru. Nojume aprīkota ar nokrišņu sensoru, un, sākoties nokrišņiem, to pārvilkta stādījumam, bet tiem beidzoties, atkal atvilka nost.

Laika apstākļu monitoringam izmantota automātiska meteoroloģisko novērojumu stacija Wireless Vantage Pro2 (*Davis Instruments*). Automātiskus augsnes ūdens potenciāla (AUP) un temperatūras mērījumus 0,4 un 0,6 m dziļumā nodrošināja tensiometri T8 (*UMS GmbH*), kuru mērījumu dati uzkrājās reģistratorā DL6 (*Delta – T Devices*). Gruntsūdens līmeņa mērījumiem pielietots sensors ar automātisku datu ielasišanu Mini-Diver (*Schlumberger Ltd.*). Izmainītā nokrišņu režīma blokos, vidēji reizi 10 dienās, veikta laistīšana, ar attiecīgā perioda nokrišņu summai identisku ūdens daudzumu (1. att.). Laistīts vakarā, laikā no 18:00 līdz 20:00, lai novērstu pastiprinātu pievadāmā ūdens iztvaikošanu no augsnes virskārtas un nodrošinātu tā maksimālu infiltrāciju. Lai kompleksi raksturotu temperatūras un mitruma ietekmi uz augiem, noteikta diennakts vidējā evapotranspirācija

(ET_o, mm). Tās aprēķināšanai izmantota Pasaules pārtikas un lauksaimniecības organizācijas (FAO) izstrādātā “ET_o Calculator” programmatūra (Monteith, 1965).

Stādmateriāla morfometrisko parametru mērījumi

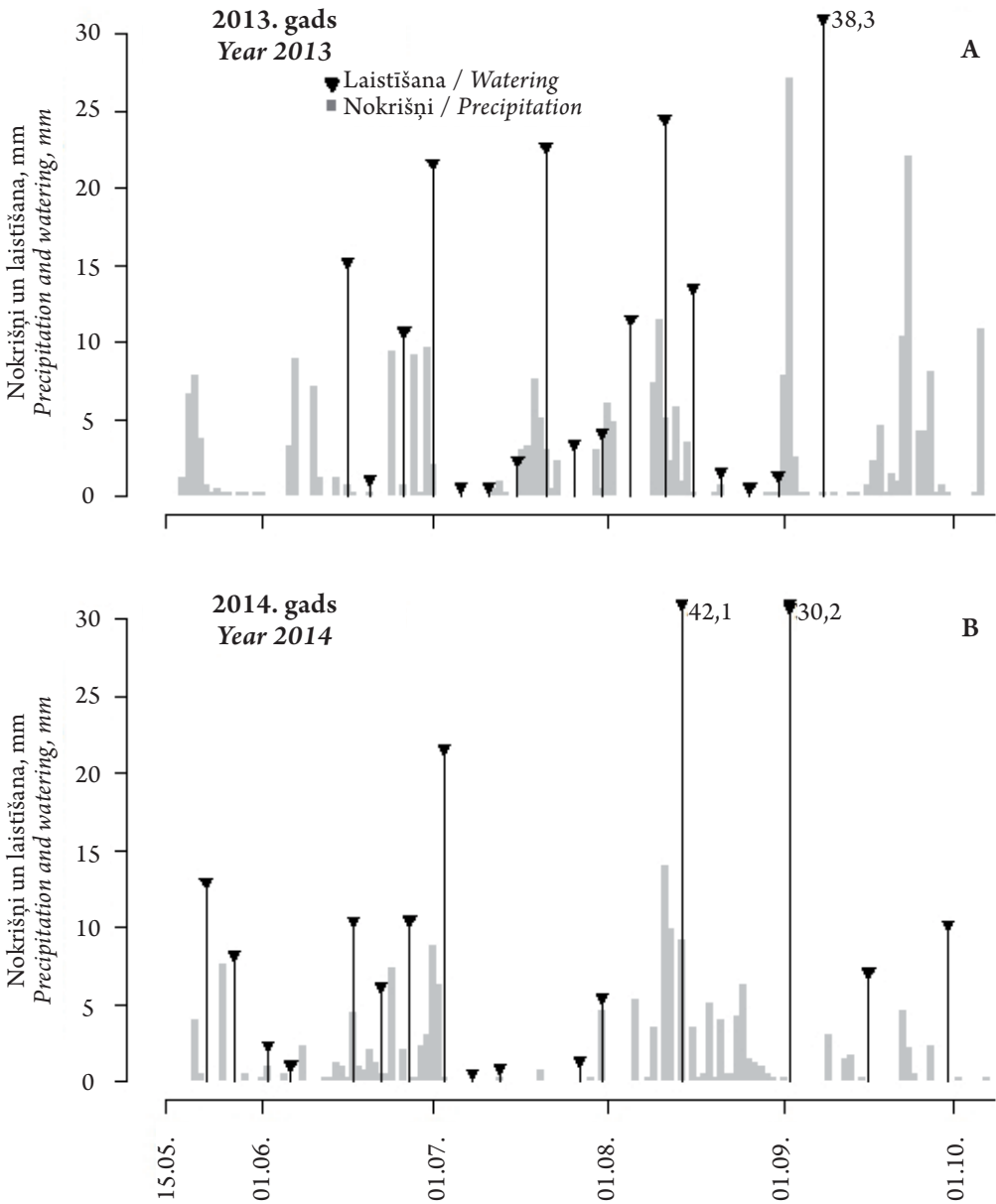
Katram stādam reizi nedēļā izmērīts augstuma pieaugums, sākot no stādīšanas dienas aprīļa beigās līdz izrakšanai oktobra beigās. Laboratorijā tiem atdalītas virszemes un sakņu daļas; sakņu daļa izskalota un skenēta garuma (pa dažādām diametra grupām) aprēķināšanai ar programmu WinRHIZO (*Regent Instruments Inc.*). Virszemes un sakņu biomasa noteikta pēc 48 stundu žāvēšanas 105°C temperatūrā, un šo daļu biomasas attiecību (SRR) atšķirības vērtētas, izmantojot dispersijas analīzi.

Rezultāti

Vides parametru novērojumi

Abos novērojumu periodos augstākās mēneša vidējās gaisa temperatūras (attiecīgi 17,9 un 19,4°C 2013. un 2014. gadā) un mazākās nokrišņu summas (attiecīgi 32,2 un 21,3 mm 2013. un 2014. gadā) ir fiksētas jūlijā (2. att). 2014. gada vasaras mēnešos laiks bija sausāks nekā 2013. gadā; ET_o pārsniedza mēneša vidējo nokrišņu summu attiecīgi par 1,8 mm un 1,5 mm. Abos novērojumu periodos visvairāk dienu bez nokrišņiem bija jūlijā (17 un 24 attiecīgi 2013. un 2014. gadā.), savukārt garākie nepārtrauktie periodi bez nokrišņiem abos gados bija līdzīgi – 10 un 9 dienas.

2014. gadā, pēc sausuma perioda jūlijā, AUP kontrolē nokritās līdz sezonas zemākajam līmenim. Šajā laikā AUP 0,4 m



1. attēls. Dienpakts nokrišņu summas un laistīšanas apjomi 2013. (A) un 2014. (B) gadā.
Figure 1. Sums of daily precipitation and watering in 2013 (A) and 2014 (B).

dziļumā bija ciešāka saikne ar nokrišņu režīmu nekā 0,6 m dziļumā, piemēram, eksperimentā jūlija AUP 0,4 m un 0,6 m dziļumā korelācija ar iepriekšējā dienā veikto laistīšanu bija attiecīgi $r = 0,53$ un $r = 0,44$ ($p < 0,01$; būtiskums pārbaudīts ar *Bootstrap* metodi). Jūlija beigās ir vienīgais novērojumu sezonas periods, kad AUP 0,6 m dziļumā bija zemāks nekā 0,4 m dziļumā. Gruntsūdens līmenis novērojumu perioda sākumā (līdz jūlija sākumam) pazeminājās, savukārt pēc nokrišņiem bagātā jūnija paaugstinājās (2. att), bet vasaras vidus beznokrišņu periodā atkal pazeminājās, sasniedzot 360 cm dziļumu novērojumu perioda beigās.

Konstatēts, ka diennakts vidējās gaisa temperatūras paaugstināšanās negatīvi ietekmējusi nākamās dienas AUP (1. att.) abos mitruma režīmos un dziļumos (izmainītā nokrišņu režīmā 0,4 m un 0,6 m dziļumā attiecīgi $r = -0,36$ un $r = -0,46$, bet dabisku nokrišņu režīmā $r = -0,30$ un $-0,41$, $p < 0,01$) visas 2014. gada novērojumu sezonas laikā.

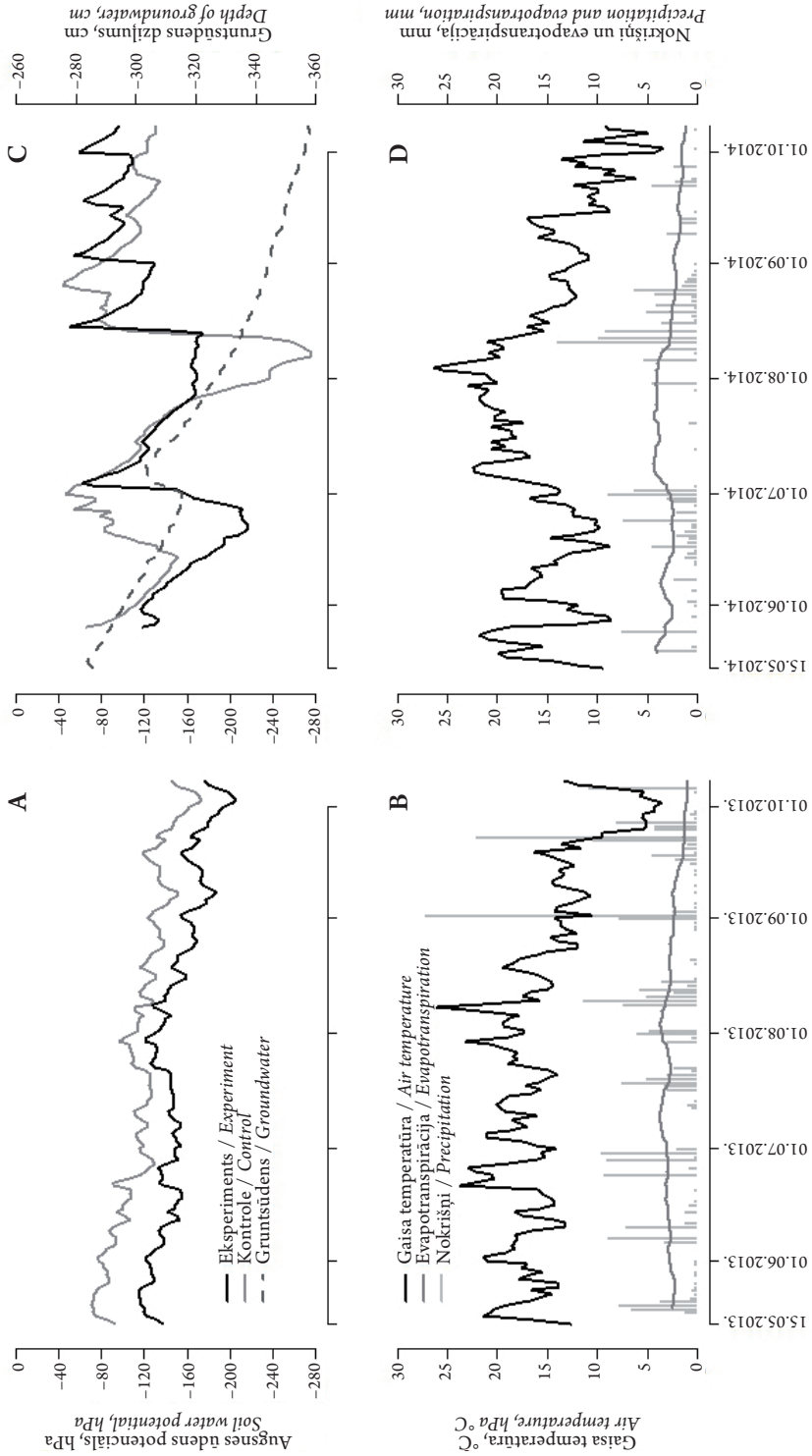
Stādu morfometriskie parametri

Nevienā no novērojumu periodiem nav konstatētas būtiskas ($p > 0,05$) augstuma pieaugumu un virszemes biomasu atšķirības starp abiem mitruma režīmiem vienam un tam pašam stādmateriāla veidam vienam meža tipam atbilstošā augsnē (3. un 4. att.). Lielākā virszemes biomasu un augstuma pieaugums abiem stādmateriāla veidiem 2013. gadā fiksēts damaksnim un 2014. gadā šaurlapju kūdrenim atbilstošās augsnēs, bet mazākās šo parametru vērtības abās sezonās

un abiem stādmateriāla veidiem novērotas silam atbilstošā augsnē.

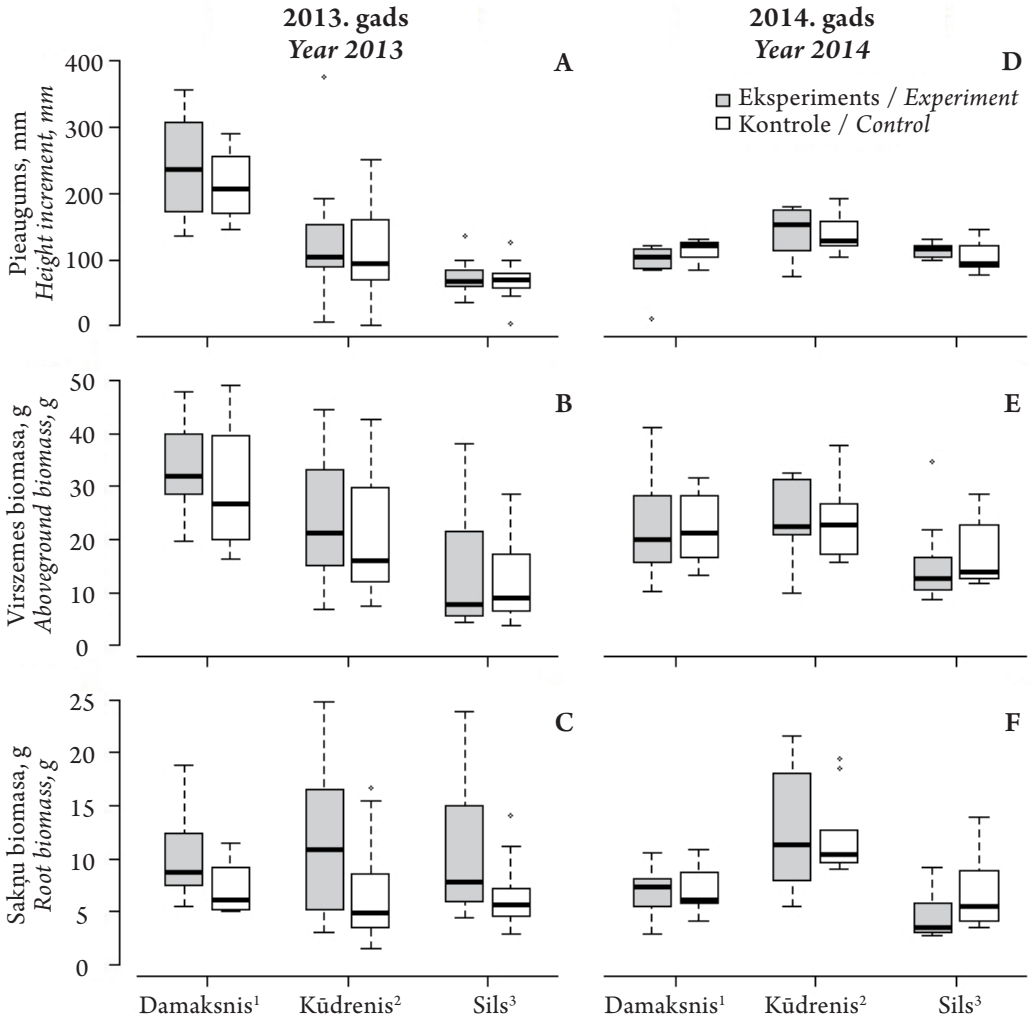
Gan 2013., gan 2014. gadā augstuma pieauguma attiecība pret sākotnējo stāda augstumu ietvarstādiem bija lielāka (attiecīgi 38 % un 30 % 2013. un 2014. gadā) nekā kailsakņiem (18,5 % un 29 %), lai gan kailsakņu stādu virszemes biomasu abos novērojumu periodos bija lielāka (2013. gadā būtiski: $p < 0,01$) nekā ietvarstādiem (4. att.). Sakņu biomasu izmainīta mitruma režīmā viena meža tipa un stādmateriāla veida ietvaros 2013. gadā bija lielāka nekā kontroles variantā; kailsakņu stādiem šī atšķirība bija statistiski būtiska ($p < 0,05$). Pretēja tendence novērota 2014. gadā, kad, piemēram, silam atbilstošā augsnē abiem stādmateriāla veidiem lielāka sakņu biomasu bija nemainītā mitruma režīmā.

Abos novērojumu periodos lielākās vidējās virszemes/sakņu biomasas attiecības (SRR) vērtības bija ietvarstādiem: 2013. gadā 2,8 un 2014. gadā 2,9, bet mazākās kailsakņu stādiem – attiecīgi 2 un 2,6 (5. att.). Ciešākā būtiskā korelācija starp SRR un stādu augstumu pirms iestādīšanas bija ietvarstādiem kontroles variantā gan 2013. ($R^2 = 0,54$, $p < 0,001$), gan 2014. gadā ($R^2 = 0,31$, $p < 0,05$). Kailsakņu SRR cieša un būtiska korelācija ($R^2 = 0,64$, $p < 0,01$) ar stādu augstumu pirms iestādīšanas bija tikai 2014. gadā izmainītā mitruma režīmā. Ciešas un būtiskas korelācijas starp SRR un augstuma pieaugumu bija tikai ietvarstādiem 2013. gadā – $R^2 = 0,58$ ($p < 0,001$) kontrolē un $R^2 = 0,40$ ($p < 0,001$) eksperimentā.



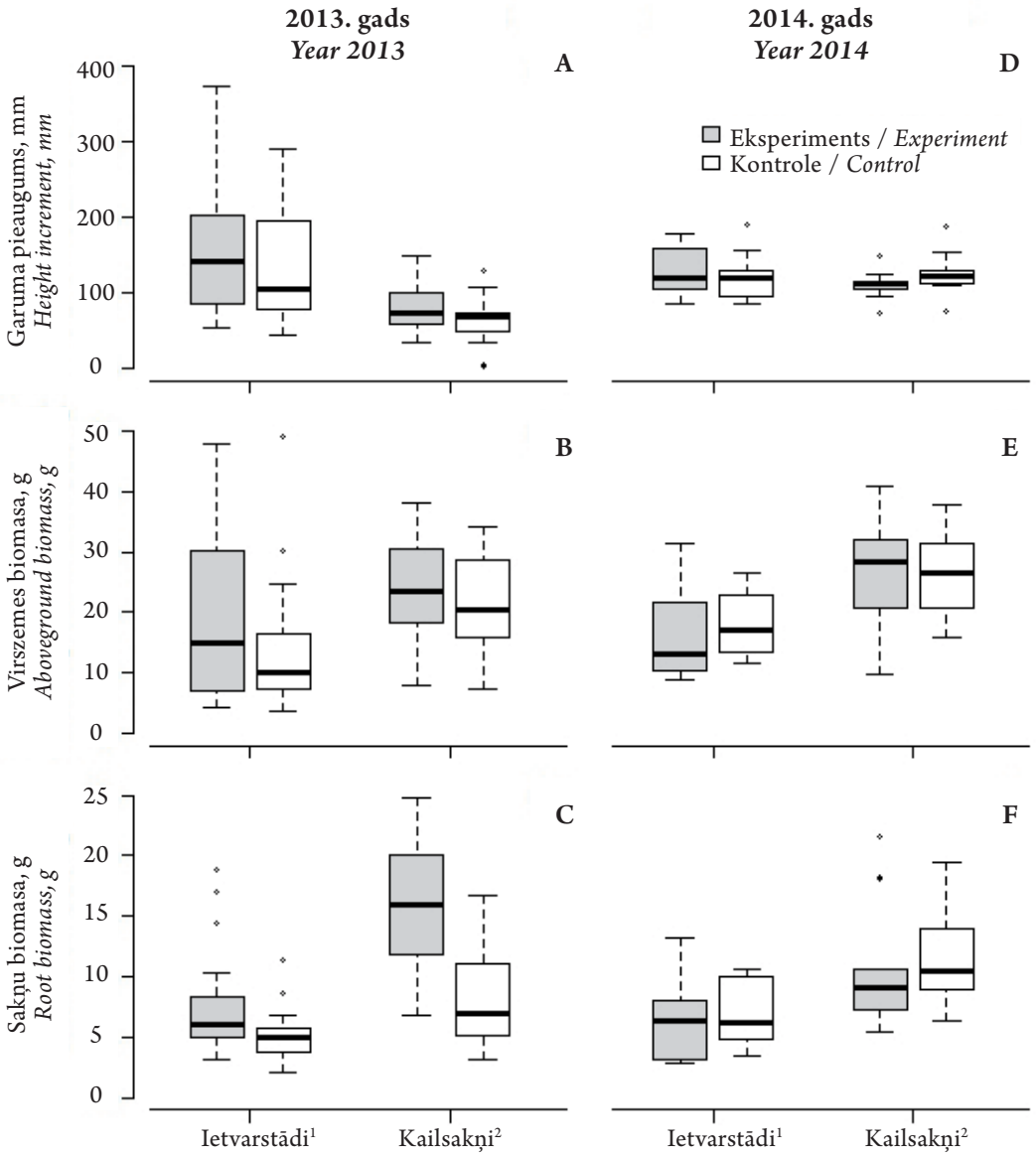
2. attēls. Dienakts vidējais augšnes ūdens potenciāls (vidējais starp 0,6 un 0,4 m dziļumiem) (A, C), gruntsūdens līmenis (C), diennakts vidējā gaisa temperatūra, evapotranspirācija un diennakts nokrišņu summa (B, D) 2013. un 2014. gadā.

Figure 2. Daily average soil water potential (mean between depth of 0,6 and 0,4 m) (A, C), depth of groundwater (C), daily average air temperature, evapotranspiration and daily sum of precipitation (B, D) in 2013 and 2014.



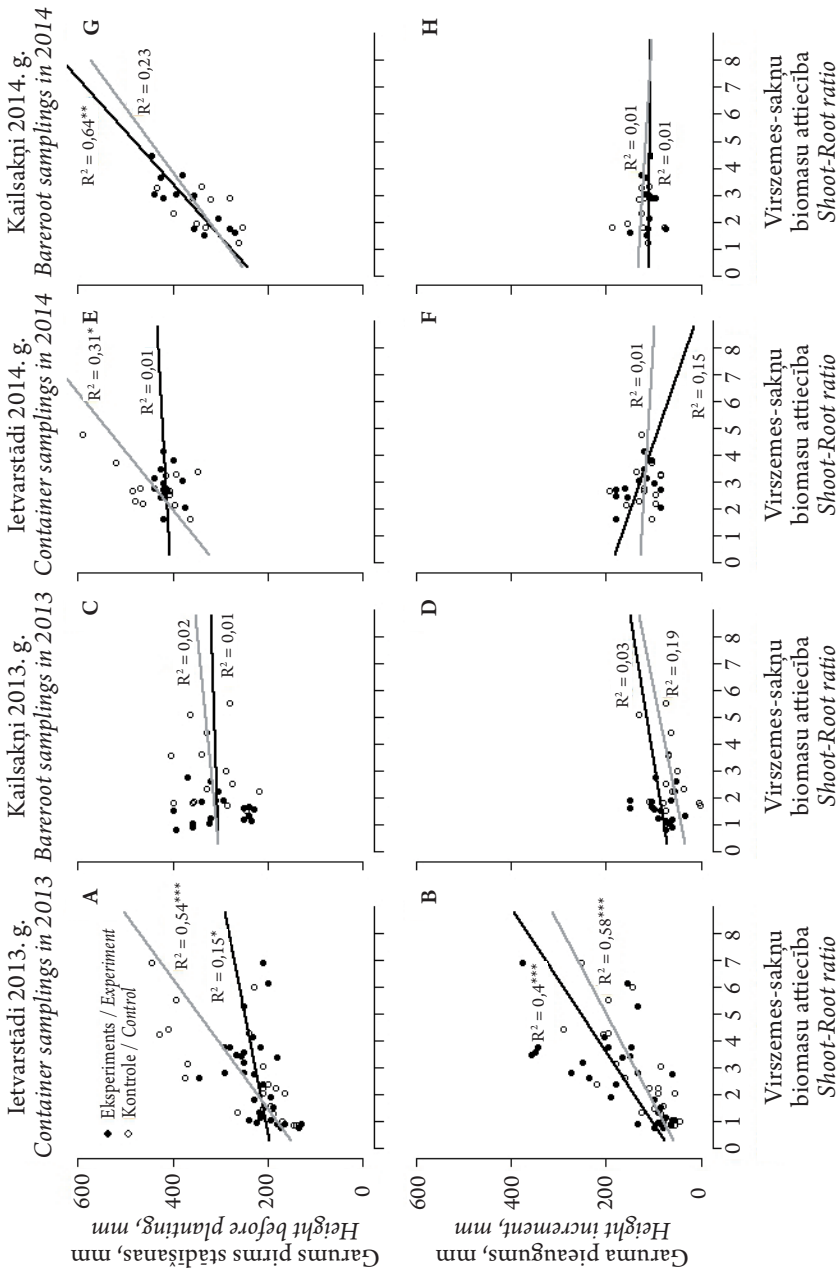
3. attēls. Stādu augstuma pieaugums (A, D), virszemes (B, E) un sakņu biomasa (C, F) izmainītā (eksperiments) un dabiskā (kontrolē) nokrišņu režīmā atšķirīgiem meža tipiem atbilstošā augsnē 2013. un 2014. gadā.

Figure 3. Height increment (A, D), aboveground (B, E) and belowground biomass (C, F) of saplings from both moisture regimes (experiment and control) grown in different soil types in 2013 and 2014 (1 – *Hylocomiosa*, 2 – *Myrtillosa turf. mel.*, 3 – *Cladinoso-callunosa*).



4. attēls. Ietvarstādu un kailsakņu augstuma pieaugums (A, D), virszemes (B, E), un sakņu biomasa (C, F) izmainītā (eksperiments) un dabiskā (kontrole) nokrišņu režīmā 2013. un 2014. gadā.

Figure 4. Height increment (A, D), aboveground (B, E) and belowground biomass (C, F) of both sapling types from both moisture regimes (experiment and control) in 2013 and 2014 (1 – Container saplings, 2 – Bareroot saplings).



5. attēls. Egļu ietvarstādu (A, B, E, F) un kailsakņu stādū (C, D, G, H) virszemes/sakņu biomasas attiecība pret to augstumu pirms iestādīšanas un augstuma pieaugumu izmaiņā (eksperiment) un dabiskā (kontrolē) nokrišņu režīmā 2013. un 2014. gadā (korelācijas koeficientu būtiskumi – p-vērt. <0,05 (*), <0,01 (**), <0,001 (***)).
 Figure 5. Relation between shoot-root ratio of saplings (container – A, B, E, F; bare root – C, D, G, H) and height of the saplings before planting and height increment from both moisture regimes (experiment and control) in 2013 and 2014 (significance of correlation coefficients – p-value <0,05 (*), <0,01 (**), <0,001 (***)).

Diskusija

Pētījumā pielietotais izmainītais mitruma režīms neradīja ūdens deficītu, kas būtiski ietekmētu stādu augšanu vai pat saglabāšanos, jo AUP nenokritās zemāk par literatūrā minēto augsnes kapilārā ūdens ietilpību – ūdens daudzumu, kas paliek augsnē pēc brīvā ūdens aizplūšanas (Lambers *et al.*, 2008; Parr, Bertrand, 1960). Eksperimentā izmantotajām minerālajām un kūdras augsnēm augsnes kapilārā ūdens ietilpības AUP bija no –100 līdz –330 hPa (Ritchie, 1981).

Visas 2013. gada sezonas laikā, kad novēroti regulāri nokrišņi un fiksēta lielāka to summa vasaras vidū, salīdzinājumā ar 2014. gadu, AUP kontrolē bija augstāks nekā izmainītā mitruma režīmā. Savukārt 2014. gadā AUP abos mitruma režīmos bijis svārstīgs, lielākos kritumus uzrādot jūlijā – siltākajā un sausākajā periodā. Šī perioda zemais AUP kontrolē, salīdzinājumā ar izmainītā mitruma režīmu, skaidrojams ar dabisko nokrišņu iztvaikošanu infiltrācijas laikā. Regulārā laistīšana, ar nedēļas nokrišņu summai atbilstošu ūdens daudzumu, samazināja iztvaikošanu no augsnes virsējiem horizontiem, nodrošinot dziļāku infiltrāciju (Beven, Germann, 1982; Monteith *et al.*, 1989; Parr, Bertrand, 1960). Par to liecināja arī fakts, ka abos mitruma režīmos 0,4 m dziļumā AUP bija augstāks nekā 0,6 m dziļumā. Eksperimenta laikā netika kontrolēta veģetācija, kas konkurēja ar stādiem par nepieciešamo ūdens daudzumu.

Ūdens deficīta apstākļos, lai palielinātu uzsūcošo sakņu virsmas laukumu efektīvākai augsnes mitruma absorbcijai, augi samazina

virszemes biomasas veidošanu, pārvietojot augšanas resursus uz saknēm (Lambers *et al.*, 2008). Saskaņā ar literatūras datiem (Grossnickle, Blake, 1987), egļu kailsakņu stādi uz sausumu reaģē izteiktāk nekā ietvarstādi un garāku beznokrišņu periodu apstākļos šāds stādmateriāls meža atjaunošanai nav piemērots. Tas izskaidro 2013. gadā novērotās stādu sakņu biomasas atšķirības starp mitruma režīmiem, kas izteiktākas bija kailsakņu stādiem (4. att.).

Stādmateriāla jutību pret sausumu var ietekmēt sakņu izžūšana stādīšanas brīdī, tādēļ kokaudzētāvās sagatavotā stādmateriāla pārstādīšana mežā var būt kritiska jaunā koka turpmākai attīstībai. Saknēm atrodies ārpus augsnes, iestājas oksidatīvais stress, bojājot smalkās uzsūcošās saknes (Pallardy, 2008). Stādmateriāla sausuma adaptācijas potenciālu raksturo tā virszemes orgānu transpirējošo un sakņu uzsūcošo virsmu laukumu atšķirības, kas izsakāmas kā virszemes un sakņu biomasas attiecība (SRR). Šī rādītāja salīdzināšana ar stāda augstumu pirms iestādīšanas un augstuma pieaugumu ļauj novērtēt stāda biomasas sadalījuma „stratēģiju” (Bernier *et al.*, 1995).

Potenciāli sausumizturīgāki ir stādi ar zemu SRR (Maass *et al.*, 1989; Bernier *et al.*, 1995), kuriem ūdeni absorbējošā daļa apjomā ir vismaz līdzvērtīga ar transpirējošo, nodrošinot transpirācijas procesa nepārtrauktību. Savukārt augsts SRR var izraisīt ūdens deficītu auga virszemes orgānos, jo mazs sakņu virsmas laukums, iespējams, nenodrošinās pietiekamu ūdens absorbciju. Sausuma stresa izraisīto fizioloģisko bojājumu ietekmes mazināšana ir tieši saistīta ar stāda spēju apkārtējā augsnē ātri attīstīt

jaunas saknes; augsta SRR gadījumā, pirmajā augšanas sezonā uz lauka, stādi var tikt pakļauti sausuma stresam arī relatīvi mitros apstākļos. Sakņu bojājumu rezultātā var palielināties SRR, ietekmējot kārtējā gada augšanu, un šādi bojājumi ir potenciāli bīstamāki stādiem ar lielu sākotnējo virszemes biomasu. Pietiekams augsnes mitrums un labi attīstīta sakņu sistēma var mazināt pārstādīšanas negatīvo ietekmi (Bernier *et al.*, 1995).

Kontroles ietvarstādu SRR abos novērojumu gados bija cieša un būtiska korelācija ar stādu augstumu pirms iestādīšanas (5. att.). Tas nozīmē, ka dabiskā nokrišņu režīmā lielāka virszemes biomasas attiecībā pret saknēm sezonas beigās bija sākotnēji lielākiem ietvarstādiem; izmainīta mitruma režīma apstākļos vērojama līdzīga tendence, tomēr, stādu sākotnējam garumam pieaugot, virszemes/sakņu biomasas attiecības palielināšanās nenotika tik strauji kā kontroles variantā. Savukārt kailsakņu stādiem šajā aspektā atšķirības starp izmainītiem un kontroles apstākļiem praktiski netika konstatētas. Ietvarstādiem izmainītā

režīmā aktīvāk veidojās sakņu biomasas un garāku beznokrišņu periodu ietekmē samazinājās garuma pieaugums.

Pētījumā secināts, ka:

- eksperimentā pielietotajam izmainītajam vasaras nokrišņu sadalījumam, kas atbilst mērenu klimatisko izmaiņu scenārijam tālā nākotnē (Jansons, 2010), nav būtiskas ietekmes uz pētījumā pārbaudītā stādmateriāla saglabāšanos pirmajā sezonā pēc iestādīšanas;
- garāku beznokrišņu periodu atkārtosānās, saglabājoties pašreizējam gaisa temperatūru režīmam, nākotnē var negatīvi ietekmēt egļu kailsakņu virszemes biomasas attīstību, iespējams, būtiski kavējot stādu augšanu pirmajā sezonā pēc iestādīšanas.

Pētījumu būtu lietderīgi turpināt tikai gadījumā, ja pieejamas precīzākas prognozes par ekstrēmām mitruma deficīta vērtībām un to biežumu, kā arī temperatūras režīma nodrošināšanai nepieciešamā infrastruktūra, lai izvērtētu minēto apstākļu ietekmi uz meža atjaunošanās sekmēm.

Pateicība: pētījums veikts SIA “Meža nozares kompetences centrs” Eiropas Reģionālās Attīstības fonda projekta “Metodes un tehnoloģijas meža kapitālvērtības palielināšanai” (Nr. L-KC-11-0004) ietvaros.

Literatūra

1. Bernier, P. Y., Lamhamedi, M. S., and Simpson, D., 1995. Shoot: Root ratio is of limited use in evaluating the quality of container conifer stock. *Tree Planter's Notes* 46(3), 102–106.
2. Beven, K., and Germann, P., 1982. Macropores and water flow in soils. *Water Resources Research* 18(5), 1311–1325.
3. Ditmarová, L., Kurjak, D., Palmroth, S., Kmet, J., and Střelcová, K., 2009. Physiological responses of Norway spruce (*Picea abies*) seedlings to drought stress. *Tree Physiology* 30(2), 205–213.

4. Dinger, E. J., and Rose, R., 2009. Integration of soil moisture, xylem water potential, and fall–spring herbicide treatments to achieve the maximum growth response in newly planted Douglas-fir seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 39(7), 1401–1414.
5. Draveniece, A., 2007. Oceanic and continental air masses over Latvia. *Latvijas Veģetācija* 14, 1–135.
6. Grossnickle, S. C., and Blake, T. J., 1987. Water relation patterns of bare-root and container jack pine and black spruce seedlings planted on boreal cut-over sites. *New Forests* 1(2), 101–116.
7. Haase, D. L., and Rose, R., 1993. Soil moisture stress induces transplant shock in stored and unstored 2+ 0 Douglas-fir seedlings of varying root volumes. *Forest Science* 39(2), 275–294.
8. Hall, S. M., and Milburn, J. A., 1972. Phloem transport in *Ricinus*: Its dependence on the water balance of the tissues. *Planta* 109(1), 1–10.
9. Hickler, T., Vohland, K., Feehan, J., Miller, P. A., Smith, B., Costa, L., Giesecke, T., Fronzek, S., Carter, T. R., Cramer, W., Kühn, I., and Sykes, M. T., 2012. Projecting the future distribution of European potential natural vegetation zones with a generalized, tree species-based dynamic vegetation model. *Global Ecology and Biogeography* 21(1), 50–63.
10. IPCC, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 1535 p.
11. Jansons, Ā., 2010. Mežsaimniecības pielāgošana klimata izmaiņām – zinātniskā pētījuma atskaite. [WWW dokuments]. – URL http://www.lvm.lv/lat/lvm/zinatniskie_petijumi/jaunumi/?doc=12872 [skatīts 2015. gada 2. februārī].
12. Jansons, Ā., Matisons, R., Baumanis, I., and Puriņa, L., 2013. Effect of climatic factors on height increment of Scots pine in experimental plantation in Kalsnava, Latvia. *Forest Ecology and Management* 306, 185–191.
13. Jyske, T., Hölttä, T., Mäkinen, H., Nöjd, P., Lumme, I., and Spiecker, H., 2009. The effect of artificially induced drought on radial increment and wood properties of Norway spruce. *Tree Physiology* 30(1), 103–115.
14. Klavins, M., and Rodinov, V., 2010. Influence of large-scale atmospheric circulation on climate in Latvia. *Boreal Environment Research* 15, 533–543.
15. Lambers, H., Chapin III, F. S., and Pons, T. L., 2008. *Plant Physiological Ecology. Plant water relations*. New York: Springer, pp. 163–223.
16. Latva-Karjanmaa, T., Suvanto, L., Leinonen, K., and Rita, H., 2003. Emergence and survival of *Populus tremula* seedlings under varying moisture conditions. *Canadian Journal of Forest Research* 33(11), 2081–2088.
17. Maass, D. I., Colgan, A. N., Cochran, N. L., Haag, C. L., and Hatch, J. A., 1989. Field

- performance of five species in four different containers in Maine. *Northern Journal of Applied Forestry* 6(4), 183–185.
18. Mäkinen, H., Nöjd, P., and Saranpää, P., 2003. Seasonal changes in stem radius and production of new tracheids in Norway spruce. *Tree Physiology* 23(14), 959–968.
 19. Matisons, R., Elferts, D., and Brūmelis, G. 2012. Changes in climatic signals of English oak tree-ring width and cross-section area of earlywood vessels in Latvia during the period 1900–2009. *Forest Ecology and Management* 279, 34–44.
 20. Monteith, J. L., 1965. Evaporation and environment. *Symposia of the Society for Experimental Biology* 19, 205–234.
 21. Ohlemüller, R., Gritti, E. S., Sykes, M. T., and Thomas, C. D., 2006. Towards European climate risk surfaces: the extent and distribution of analogous and non-analogous climates 1931–2100. *Global Ecology and Biogeography* 15(4), 395–405.
 22. Pallardy, S. G., 2008. *Physiology of Woody Plants (Third Edition)*. San Diego: Academic Press, 454 p.
 23. Palmer, W. C., 1965. *Meteorological drought*. U.S. Department of Commerce, Weather Bureau, Washington DC, 58 p.
 24. Parr, J. F., and Bertrand, A. R., 1960. Water infiltration into soils. *Advances in Agronomy* 12, 311–363.
 25. Possen, B. J. H. M., Oksanen, E., Rousi, M., Ruhanen, H., Ahonen, V., Tervahauta, A., Heinonen, J., Heiskanen, J., Kärenlampi, S., and Vapaavuori, E., 2011. Adaptability of birch (*Betula pendula* Roth) and aspen (*Populus tremula* L.) genotypes to different soil moisture conditions. *Forest Ecology and Management* 262, 1387–1399.
 26. Puhe, J., 2003. Growth and development of the root system of Norway spruce (*Picea abies*) in forest stands—a review. *Forest Ecology and Management* 175(1), 253–273.
 27. Ritchie, J. T., 1981. Soil water availability. *Plant and Soil* 58(1), 327–338.
 28. Rolando, C. A., and Little, K. M., 2008. Measuring water stress in *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden seedlings planted into pots. *South African Journal of Botany* 74, 133–138.
 29. Thomas, D. S., 2009. Survival and growth of drought hardened *Eucalyptus pilularis* Sm. seedlings and vegetative cuttings. *New Forests* 38, 245–259.
 30. Vegis, A., 1964. Dormancy in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology* 15, 185–224.
 31. Xu, Z., Zhou, G., and Shimizu, H., 2010. Plant responses to drought and rewatering. *Plant Signaling & Behavior* 5(6), 649–654.