

Nr. 5.1.1.2.i.0/1/22/A/CFLA/007 pētniecības virziena  
"Meža kapitālvērtības palielināšana un mežsaimniecība"  
pētniecības projekts P11  
"Dižskābarža stādmateriāla ražošanas tehnoloģijas  
izstrāde"

# DIŽSKĀBARŽA PAVAIROŠANA

Dr.sc.ing. Mudrīte Daugaviete  
LVMI "Silava" vadošā pētniece

Populārzinātnisks pārskats



## levads

Eiropas dižskābardis (*Fagus sylvatica* L.) ir izplatīta 28 Eiropas valstu mežos – no dienvidu Zviedrijas līdz Spānijas vidienei. Šobrīd tā areāls ziemeļos plešas līdz Vācijas ziemeļdaļai, Dānijai, Zviedrijas dienviddaļai, Polijai. Austrumu robeža sasniedz Ukrainu, Moldāviju, Bulgāriju. Areāla dienvidu daļa ietver Balkānu pussalu, Apenīnu kalnus, Sicīliju, Spāniju (Leugnerová, 2007). Eiropas dižskābarža dabisko areālu ierobežo klimata nosacījumi. Sausais klimats un augšanas sezonas saīsināšanās (mazāk nekā piecus mēnešus), kavē šīs sugas izplatību. Turklāt augs neizdzīvo ziemās, kad vidējai gaisa temperatūrai ilgstoši samazinās zem  $-5^{\circ}\text{C}$ , lai gan ar dažiem izņēmumiem Eiropas dižskābardis var izturēt īslaicīgu salu  $-25$  līdz  $-35^{\circ}\text{C}$  (Bonner and Leak, 2008; Gömöry et al., 2010; Sułkowska et al., 2012, Postolache Gh. And Postolache D., 2010; Postolache and Lozan, 2011). Eiropas dižskābardis ir samērā izturīga pret sausuma periodiem (Roloff and Grundmann, 2008). Tomēr, ja tas ilgst vairāk nekā 2 mēnešus (10 nedēļas un vairāk), koka saglabāšanās ir ievērojami apdraudēta (Geßler et al., 2007; Milad et al., 2011; Pflug et al., 2018).

Klimatam mainoties, Eiropas teritorijā sagaidāma šīs sugas areāla paplašināšanās ziemeļu virzienā (Walther et al., 2002; Kullman, 2008). Prognozes liecina, ka līdz gadsimta vidum Eiropas dižskābarža augšanai piemērotās teritorijas ietvers arī Latvijas un Igauniju (Kramer et al., 2010). Pašlaik Latvija atrodas ārpus dižskābarža dabiskā izplatības areāla, un valstī šī koku suga sastopama tikai atsevišķās platībās (Hickler et al., 2012). Koku sugas faktisko izplatību noteiks arī saimnieciskās darbības tendences. Ir zināms, ka Eiropas dižskābardis sāk ražot sēklas apmēram 20 līdz 80 gadu vecumā. Šo procesu spēj ietekmēt dažādi aspekti – augšanas apstākļi, kā arī tas, vai koki aug atsevišķi vai mežaudzē. Zied maijā, tūlīt pēc lapu plaukšanas. Bagātīga sēklu ražas var atzīmēt aptuveni reizi 3–10 gados vai pat reizi 15–20 gados (Bonner and Leak, 2008). Dabiski dižskābardis izplatās lēni. Dižskābarža sēkla jeb auglis ir trīssšķautņains riekstiņš. Tās ienākas no septembra līdz oktobrim un ir salīdzinoši smagas. 1000 sēklu-riekstiņu svars var sasniegt 100 līdz 300 g. Sēklas izplata putni un peļveidīgie grauzēji. Pētījumi liecina, ka vidējais sēklu izplatīšanās attālums ir aptuveni 30 m no sēklu koka, tālākā distancē izplatās nenozīmīga daļa (Dobrovolný and Tesar, 2010).

Latvijas rietumu daļā veikts pētījums liecina, ka dižskābarža dabiskās izplatīšanās ātrums varētu būt 3,4 m gadā (Sabule, 2009). Latvijā sēklu ražas gadi dižskābardim ir reti un neregulāri, literatūras avotos norādīti dažādi intervāli. Izteikti bagātīga raža sagaidāma apmēram ik pēc 4 līdz 6 gadiem (Peña et al., 2010), pēc citu autoru datiem – ik pēc 6 līdz 9 gadiem (Vanders, 1960a; Giesecke et al., 2007).

Latvijas zinātnieki konstatējuši, ka dižskābardis labi apputeksnējas tikai svešapputes ceļā. Tā putekšņi ir salīdzinoši smagi un spēj nolidot nelielus attālumus, tāpēc gados ar mazāk bagātīgu ziedēšanu svešappute ir apgrūtināta, tapēc šajos periodos lielākā daļa sēklu ir tukšas (Vanders, 1960a; Jansone, 2019). Pēc bagātīga sēklu ražas gada paaugā sastopami pat 350 000 un vairāk dižskābaržu sējeņi uz hektāra, no kuriem pēc gada ir izdzīvojusi aptuveni puse (Vanders, 1957; Jansone, 2019). Dižskābarža izplatīšanos ap sēklu avotiem ietekmē arī intensīva jaunaudžu kopšana – ja nogabalā kā mērķa suga nav noteikts dižskābardis, tad, veicot jaunaudzes kopšanu, tiks atstāti tikai atsevišķi eksemplāri, nevis saglabāti visi dzīvotspējīgie dižskābarži.

Dižskābarža stādījumi Latvijas teritorijā ierīkoti jau ap 18. gadsimtā, izmantojot tos muižu un pilsētu parkos un apstādījumos (Freibe, 1805). Pirmās zināmās mežaudzes ierīkotas 18. gadsimta beigās (Vanders, 1960b). Lai gan dižskābardis Latvijā ir introducēta suga, tomēr jau 20. gadsimta vidū K. Vanders uzskatījis, ka dižskābardis ir pilnīgi naturalizējies Kurzemē

(Vanders, 1957). Par to liecina dižskābarža sastopamība pat trīs stāvos un dažādos vecumos stādītajās mežaudzēs, kā arī parkos.

Dižskābardis Latvijā atjaunojas dabiski gan zem koku vainagu klāja, gan apkārtējās teritorijās (Bolte et al., 2007; Laiviņš, 2010; Jansone, 2019). Par veiksmīgu sugas adaptēšanos liecina arī tas, ka šīs sugas audzēs koksnes krāja neatpaliek no vietējām koku sugām (Dreimanis, 2005, 2006). Pagaidām Latvijas centrālā un austrumu daļa tiek uzskatīta par nepiemērotām dižskābarža audzēšanai, jo tām raksturīga izteikti zema temperatūra ziemā, kas ir viens no limitējošajiem faktoriem dižskābardim (Bolte et al., 2007). Ņemot vērā jau līdz šim novēroto un arī prognozēto vidējās temperatūras pieaugumu, ko daļēji izraisa temperatūras palielināšanās ziemas periodā (Lizuma et al., 2007), augšanas apstākļi šajā teritorijā kļūst piemērotāki dižskābardim. Šī iemesla dēļ ir lietderīgi ierīkot eksperimentālos stādījumus un atlasīt šiem apstākļiem piemērotākās ģimenes (Jansone, 2019).

Šobrīd svarīgākie jautājumi, kas saistīti ar dižskābarža mežu atražošanu ir dižskābarža stādmateriāla pavairošana, ko veic gan ar sēklām, gan koksnainajiem sprauņiem, gan ar mikroklonālās pavairošanas metodi.

#### **Pavairošana ar sēklām:**

- sēklu savākšana,
- sēklu uzglabāšanas problēmu risināšana pēc sēklu savākšanas,
- stratifikācija-sēklu miera perioda pārtraukšana,
- sēklu dīgtspējas uzlabošana,
- dīgstu saglabāšana,
- sējeņu un stādu izaudzēšana.

#### **Pavairošana ar koksnainajiem sprauņiem:**

- sprauņu sagatavošana,
- sprauņu apstrāde ar augsniem,
- substrāta sagatavošana,
- piemērota mikroklimata sagatavošana sprauņu apsākšanas periodam.

#### **Dižskābarža sēklu ievākšana mežaudzēs**

Dižskābaržu riekstņus savāc zem kokiem ar rokām vai grābekļiem un atdala no piemaisījumiem. Zem kokiem var paklāt audumu vai polietilēna plēvi, no kuras regulāri savāc riekstņus (Krečetova et al., 1978; Dreimanis, 2016).

#### **Dižskābarža sēklu uzglabāšana**

Atkarībā no koku sugas sēklu ražošanas periodiskuma, sēklas parasti jāuzglabā ilgāku vai īsāku laiku. Sēklas ir dzīvi organismi, kas atrodas miera stāvoklī – tām ir stipri palēninātas dzīvības funkcijas. Sēklu dīdzību ietekmē to mitrums, temperatūra, gāzu apmaiņa glabāšanas laikā, sēklu nogatavošanās pakāpe, kā arī inficētība ar slimībām un kaitēkļiem. Galvenie faktori, kas ietekmē sēklu dīdzību un uzglabāšanas ilgumu, ir to mitrums un glabāšanas vietas temperatūra. Katrai koku sugai ir optimāls sēklu glabāšanas mitrums. Dižskābarža sēklām tas ir 9–15% (Pukacka et al., 2003); 15–16% (Krečetova et al., 1978).

Dižskābarža sēklas var uzglabāt sniegā vietās ar dziļiem gruntsūdeņiem, necaursalstošās tranšejās, kur tās līdz ar sala iestāšanos ievieto starp smilšu kārtām. Tāpat arī kastēs vai polietilēna

plēves maisos ledus pagrabos virs ledus (Dreimanis, 2016). Dižskābarža sēklas ļoti labi var uzglabāt papīra maisiņos vēsā, sausā vietā (no 5 līdz 15°C). Ieliekot kopā ar sēklām silikagela paciņas, var izsūkties nevajadzīgais papildus mitrums. Sēklu vēlams uzglabāt tieši papīra nevis plastmasas maisiņos, lai palīdzētu atbrīvoties no liekā mitruma. Dižskābarža sēklām ir jābūt sausām un bez insektu klātbūtnes, kā arī slimības pazīmēm (<https://www.fao.org/3/ad226e/AD226E01.htm>; WAKATIPU Beech Seeding PROJECT <https://wbsp.org.nz/04-seed-collection-processing-and-storage.php#:~:text=Beech%20seed>).

### **Dizskābarža sēklu stratifikācija**

Dižskābarža sēklām raksturīga spēcīga eksogēna un dziļa fizioloģiska miera stāvoklis, kurām nepieciešams ilgs stratifikācijas periods. Tajā pašā laikā sēklas dīgtspēju stratifikācijas laikā iespējams ievērojami uzlabot, tāpēc tiek izmantotas dažādas metodes kā veicināt šo procesu (Pawłowski, 2007; Procházková and Bezděčková, 2008; Bezděčková et al., 2013).

Zinātnieki šobrīd ir veikuši pētījumus, kā paātrināt dižskābarža sēklu miera stāvokļa uzlaušanu un sēklu dīgtspējas uzlabošanu. Moldovas zinātnieki veikuši pētījumus par *Fagus sylvatica* sēklu dīgtspēju pēc aukstā stratifikācijas perioda mitros apstākļos un dīgstu parādīšanos pēc dziedētu sēklu sēšanas (Elitovetcaja et al., 2020). Pētījuma mērķis bija izpētīt dīgtspēju *F. sylvatica* sēklām pēc aukstās stratifikācijas pēc sekojošām īpašībām: dīgtspēja; kopējā dīgtspēja; dīgtspējas ātruma koeficients; vidējā dienas dīgtspēja; vidējais dīgtspējas laiks. Dižskābarža sēklas tika pakļautas stratifikācijai  $+4 \pm 1^\circ\text{C}$  temperatūrā un 30% mitrumā. Dīgšana sākās desmitajā dienā un turpinājās trīs mēnešu garumā. Maksimālā dīgtspēja (aprēķināta 30. dienā) un kopējā dīgtspēja bija attiecīgi 27,0 un 72,3%. Vidējais dīgšanas laiks bija  $55,48 \pm 5,72$  dienas, un dīgšanas ātruma koeficients sastādīja  $1,72 \pm 0,24$ . Dīgstošās sēklas tika iesētas, bet dižskābaržu dēstu biomorfoloģiskās īpatnības pētītas stādaudzētavā. Sējas periods pēc dīgstu sēklu sēšanas bija vismaz 10 dienas, bet ne vairāk kā 29 dienas. No dziedētām sēklām izaugušo stādu īpatsvars bija aptuveni 69,2%. Nekonstatēja skaidru dīgstu skaita atkarību no dižskābarža sēklu noslāņošanās laika. Dīgļlapu hlorofila indeksu pēc 45 dienu augšanas noteikca un salīdzināja ar līdzīgu lapu indeksu pieaugušiem Eiropas dižskābarža augiem (Elisovetsaia et al., 2020).

### **Dīgtspējas novērtējums**

Sēklu miera periods tiek pārtraukts sekojoši: sēklas atrodas ūdenī, līdz mitruma saturs sasniedz 30% (svaiga svara), un tiek pakļautas aukstajai stratifikācijai  $+4 \pm 1^\circ\text{C}$  temperatūrā līdz 95 dienām. Dīgtspējas testu (četri 50 sēklu atkārtējumi katrs) veic saskaņā ar Starptautiskās sēklas ieteikumiem – Testēšanas asociācija (ISTA, 2006).

Dīgšanu definē kā pirmās dīgļlapas parādīšanās. Ikdienas dīgtspējīgo sēklu uzskaitē tiek veikta, līdz vairs nenotiek dīgšana. Sekojoši novērojumi: kopējais dīgtspējas procents (TGP), vidējā dienas dīgtspēja (MDG), vidējais dīgtspējas laiks (MDT), dīgtspējas indekss (GRI) aprēķināts pēc metodikas, kas aprakstīta Al-Ansari un Ksiksi (2016) publikācijā.

Stādu dīgšanas pētījumi tiek veikti laboratorijas apstākļos (pastāvīga temperatūra  $+18...+20^\circ\text{C}$ ) un siltumnīcā (temperatūra atkarīga no laikapstākļiem, temperatūra pirmajā stādu augšanas mēnesī bija no  $21^\circ\text{C}$  līdz  $30^\circ\text{C}$  un otrajā mēnesī no  $22^\circ\text{C}$  līdz  $38^\circ\text{C}$ ). Kā substrātu izmantoja kūdru ar pH 5,5. Substrātā iesētas uzdīgušās sēklas, kam seko ikdienas stādu augšanas un augu attīstības monitorings.

Stādu dīgšanu novērtē pēc hipodīgļlapu parādīšanās vai dīgļlapu parādīšanās virs augsnes. Tam seko topošo stādu kopējās proporcijas un attīstības novērtējums, kas turpinājās līdz pirmā un otrā dīgstu lapu pāra parādīšanās. Dati parādīti kā četru bioloģisko atkārtējumu vidējās vērtības un

standarta novirze. Attiecības starp konkrētiem parametriem pārbaudītas, izmantojot Pīrsona korelācijas koeficienta analīzi. Relatīvais hlorofila saturs noteikts kā hlorofila satura indekss (CCI), izmērīts ar FIELD SCOUT CM1000TM hlorofila mērītāju (Spectrum Technologies, Inc., ASV). Gan pieauguša koka, gan jauno stādu lapām tika mērīts hlorofila satura indekss. Mērījumus veic jauniem dīgstiem – pirmajam un otrajam dīgstu lapu pārim, savukārt, pieaugušiem augiem – uz jaunajām kārtējām lapām. Par katru lapu tiek veikti desmit mērījumi dažādās vietās, izvairoties no vidus dzīslas (Van Wittenberghe, 2012).

Tika izmērīts dižskābarža sēklu svars ar mitruma saturu 8–10%. Vidējais svars no 100 dižskābarža sēklām bija  $29,17 \pm 0,33$  g. Iegūtie dati labi korelēja ar citu zinātnieku datiem. Saskaņā ar dažādiem dokumentiem, 1000 sēklu svars (ar mitruma saturu 8–10%) svārstās no 100 līdz 350 g, un vienas sēklas vidējais svars ir 0,215 līdz 0,250 g (Bonner and Leak, 2008; Drvodelic et al., 2011).

Sēklu īpatsvars ar redzamiem kukaiņu bojājumiem bija 8% no visām iegūtajām sēklām. Sēklas ar mehāniskiem bojājumiem sastādīja aptuveni 4%. Izmantojot tetrazolija testu, tika noteikts, ka tikai  $36,0 \pm 3,7\%$  dižskābarža sēklu bija absolūti dzīvotspējīgas. Kopējais dzīvotspējīgo un nosacīti dzīvotspējīgo sēklu skaits (saskaņā ar metodiku – daļēji krāsotas sēklas) sasniedza 69,5%. Tādējādi šajā pētījumā Eiropas dižskābarža sēklām dzīvotnespējīgo sēklu īpatsvars bija 30,5%. Salīdzinot ar citiem autoriem, sēklu dzīvotspēja var atšķirties no aptuveni 34,8–39,3% (Drvodelic et al., 2011) līdz 66–85% (Procházková and Bezděčková, 2008; Novotný and Frýdl, 2010), un tas ir atkarīgs no daudziem faktoriem (konkrētā sēklu partija, kā arī uzglabāšanas rekomendāciju ievērošana un ilgums).

### **Dīgtspējas tests**

Novērojumu rezultātā identificētas pirmās uzdīgušās sēklas 10-ajā aukstās stratifikācijas dienā. Eiropas dižskābarža sēklu dīgtspējas īpašības aprēķinātas pēc 95 dienu stratifikācijas. Jāpiemin, ka sēklu dīgtspējas rezultāti stratifikācijas laikā un sēklu dzīvotspēja, ko nosaka tetrazolija metode bija pozitīvi korelēta (Pīrsona korelācijas koeficients  $r = 0,989$ ).

### **Dīgstu parādīšanās**

Tika konstatēts, ka pirmie stādi laboratorijas apstākļos parādījās 10-tajā dienā pēc diedzētu sēklu sēšanas, kamēr siltumnīcā 7-tajā dienā. Maksimālais dīgtspējīgo stādu īpatsvars sasniedza attiecīgi 50,6 un 32,8%.

Tādējādi daļa no stratifikācijas laikā uzdīgušām sēklām pēc sēšanas neizdzīvoja. Kritiskais stādu dīgšanas periods ir no sēklu dīgšanas brīža līdz stādu apsākšanai. Dīgšanu negatīvi ietekmēja straujās temperatūras izmaiņas siltumnīcā un mitruma trūkums, kad augšējais augsnes slānis izžūst 5 līdz 10 cm dziļumā, līdz ar to 11,5 līdz 90,9% dižskābarža stādu gāja bojā. Stādu samazināšanās siltumnīcā ir saistīta ar augstāku gaisa temperatūru (par 4–10°C) dienas laikā, salīdzinot ar laboratoriju. Tajā pat laikā zemāka un nemainīga diennakts vidējā temperatūra laboratorijas apstākļos veicināja lielāku izdzīvojušo stādu procentuālo daļu. Jāpiebilst viena interesanta detaļa – laboratorijas apstākļos visi stādi nesazaroja un monitoringa laikā bija novērojams viens stublājs (līdz ceturtajam lapu pārim). Siltumnīcā, 5,6% augu tūlīt pēc pirmā pāra parādīšanās sazaroja divos vai trijos stublājos.

Relatīvais hlorofila indekss bija  $146,0 \pm 12,5$  un  $154,7 \pm 7,7$  g/m<sup>2</sup>, attiecīgi stādi ar lapām un pieaugušo dīgstu lapas. Tika konstatēts, ka pieaugušiem dižskābarža stādiem, salīdzinot ar augstākiem stādiem, ir augstāka hlorofila koncentrācija lapās. Secināts, ka hlorofila indekss lapās palielinās, pieaugot stādu vecumam.

Eiropas dižskābarža sēklu kopējā dīgospēja stratifikācijas rezultātā 30% mitrumā un temperatūrā  $+4 \pm 1^\circ\text{C}$ , bija  $69,42 \pm 3,57$ , kas pozitīvi korelēja ( $r=0,989$ ) ar dzīvotspējīgo sēklu procentuālo daudzumu, kas noteikts, izmantojot tetrazolija testu. Maksimālā dīgstu dīgšana ( $50,6\%$ ) pēc sēklu sēšanas bija augstāka laboratorijas apstākļos, salīdzinot ar siltumnīcu ( $32,8\%$ ). Temperatūras un ūdens režīmi arī būtiski ietekmēja iesēto sēklu parādīšanos. Temperatūrā virs  $30 \pm 2^\circ\text{C}$  dīgstošo stādu skaits ievērojami samazinājās, un mitruma trūkums izraisīja stādu bojā eju, tā kā tika novērotas nepilnvērtīgi attīstījušās saknes (Elisovetcaia et al., 2020).

Serbijas zinātnieki veikuši plašus pētījumus par dižskābarža sēklu kvalitātes testēšanu un to sagatavošanu stādu audzēšanai. Kā zināms, stādaudzētavā ir ļoti svarīga sēklu kvalitātes nodrošināšana un uzglabāšanas apstākļu optimizēšana, kas ir viens no galvenajiem ražotāju uzdevumiem. Eiropas dižskābarža sēklām ir dziļš fizioloģiskā miega periods, kas izraisa milzīgu sēklu zudumu un sliktu stādu ražošanu stādaudzētavās (Muller and Bonnet-Masimbert, 1982). Šī miegainība kavē dzīvotspējību, dīgšanu pat tad, ja tiek nodrošināti dīgšanai piemēroti apstākļi. Miega stāvokli ietekmē vide, fizioloģiskie un ģenētiskie faktori (Milošević et al., 1996). Visizplatītākais veids dižskābarža sēklu uzglabāšanas veids ir ledusskapī (apmēram  $5^\circ\text{C}$  temperatūrā) papīra/plastmasas maisiņos (Suszka, 1974; Suška un Zieta, 1977; Muller and Bonnet-Masimbert, 1982; Mullers, 1993; Zoslings, 1991; Soltani, 2003). Sēklu stratifikācijas procesus kontrolē temperatūra un mitruma apstākļi, un tas var būt saistīts ar ķīmiskām reakcijām un vielmaiņas izmaiņām iekš sēklām (Vertucci and Ross, 1990; Walters, 1998). Reaktīvo skābekļa molekulu (ROS) uzkrāšanās bieži tiek norādīts kā galvenais sēklu bojāšanās cēlonis, jo tā ierosina reakcijas ar polinepiesātinātajām taukskābēm, skābēm, kas izraisa lipīdu peroksidāciju un šūnu membrānu iznīcināšanu (Poter et al., 1947; Senaratna et al., 1988; Pukacka, 1991; Copeland and McDonald, 2001; Pukacka and Ratajczak, 2004; Ivetić and Milovanovic, 2005). Membrānas struktūru var uzlabot pēc sēklu mērcēšanas ūdenī (Ivetić and Milovanovic, 2005). Šī metode prasa ilgāku laiku, proti, ārkārtējā gadījumā līdz pat 24 nedēļām (Edwards and Vans, 1995). Arī dažas dzīvotspējīgas sēklas nedīgst spēcīgā miera stāvokļa dēļ. Tāpēc dažreiz jāpieliek pūles, lai atrastu ātrāku un efektīvāku metodi. Viens no risinājumiem bija novērtēt sēklu dzīvotspēju, kas ir sēklu spējas rādītājs dīgt un radīt normālus stādu augšanas rādītājus piemērotos apstākļos (Copeland and McDonald, 2001; Ivetić, 2013).

Tika prezentētas trīs dažādas sēklu kvalitātes noteikšanas metodes. Šī pētījuma mērķis bija noteikt korelāciju starp sekojošām metodēm: elektriskās vadītspējas tests, tetrazolija tests un apstrāde ar ūdeņraža peroksīdu.

Muller & Bonnet-Masimbert (1982) pētījumā sēklas ievāktas no 12 dižskābarža sēklu audzēm Serbijā. Sēklas uzglabātas ledusskapī (apmēram  $5^\circ\text{C}$  temperatūrā), papīra maisiņos 2 gadus. Absolūtais sēklu svars izmērīts katrai populācijai ar simtdaļas gramu precizitāti, uz 100 sēklu parauga četros atkārtojumos. Sēklu mitruma saturs noteikts saskaņā ar SRPS un ISTA noteikumiem, stundu žāvējot sēklas  $130^\circ\text{C}$  temperatūrā. Sēklu pārbaude veikta ar elektriskās vadītspējas testu. Sēklām veikts arī tetrazolija tests un apstrāde ar ūdeņraža peroksīdu – nejausi izvēlētam sēklām no kopējā savākto apjoma.

Elektriskās vadītspējas tests norisinājies, izmantojot Ivetić (2013) aprakstīto metodi. To veica 10 sēklām trīs atkārtojumos, kopā 30 sēklas populācijai. Sēklas iemērc 20 ml dejonizētā ūdenī, kuram elektrovadītspēja iepriekš noteikta. Slēgtie plastmasas konteineri atstāti uz 24 stundām  $20\text{--}25^\circ\text{C}$  temperatūrā. Pēc šī perioda elektriskā vadītspēja noteikta ar Mettler Toledo FiveEasy Plus™ pH galda mērītāju (ar mērījumu diapazonu  $-1999\text{--}1999\text{ mV}$  un precizitāti  $\pm 1\text{ mV}$ ). Konkrētā elektrovadītspēja uz gramu sausu sēklu aprēķināta saskaņā ar 1. formulu, kur SEC ir īpatnējā elektriskā vadītspēja [ $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}/\text{mL}$ ] un SWDC – sēklu svars sausā stāvoklī [g].

Tetrazolija tests veikts ar tiem pašiem sēklu paraugiem, izmantojot metodi, kas ieteikta Draper et al. (1985), Ivetić (2013), Vērma un Majē (2013) darbos. Uz diennakti sēklas iemērc plastmasas traukos, kas papildīti ar 25 ml dejonizēta ūdens. Pēc šī perioda sēklas apvalks tika noņemts. Sēklu krāsojums veikts 20–25°C temperatūrā 25 ml 1% šķīduma 2,3–5 trifiltetrazolija hlorīda šķīdumā un atstāts uz 24 stundām tumšā vietā. Sēklas tika izņemtas no plastmasas traukiem ar pinceti un sagrieztas gareniski pie dīgļlapas, lai atklātu dīgļlapu iekšējo pusi. Atkarībā no sēklas krāsojuma, sēklas novērtētas no 1 (pilnīgi mirušas sēklas) līdz 5 (vitālas sēklas).

Kā norāda Verma un Majee (2013), starp krāsotajām sēklām koši sarkans krāsojums norāda pilnīgi dzīvotspējīgas sēklas, kas spēs attīstīties augstvērtīgos stādos, bet daļēji krāsotas sēklas var radīt normālus vai bojātus stādus. Rozā vai pelēcīgi krāsotas sēklas identificē mirušu audu klātbūtni sēklās, bet pilnībā nekrāsotas sēklas nav dzīvotspējīgas. Vidējā sēklu novērtēšanas kategorija izmantota kā ievade katras populācijas korelācijas analīzei.

Sēklu paraugs apstrādei ar ūdeņraža peroksīdu bija tāds pats kā iepriekšējie testi (10 sēklas trīs atkārtojumos, kopā 30 sēklas populācijai). Testu veica divos atkārtojumos, kā aprakstījis Ivetić (2002, 2013). Paraugi mērcēti 100 ml 1% ūdeņraža peroksīda šķīdumā Temperatūra 20–25°C. Nākamajā dienā sēklas apvalks tika nogriezts radiālā virzienā, un vēl trīs dienas mērcēts 150 ml 1% ūdeņraža peroksīda šķīdumā. Pēc 3 dienām šķīdumu atsvaidzina. Uzdīgušas sēklas skaitītas pēc trīs un septiņām dienām, un noteica uzdīgušo sēklu procentuālais daudzums katrai populācijai.

Pētījumos secināts:

- Elektrovadītspējas testu var komerciāli izmantot sēklām kvalitātes novērtēšanai kā ātru, vienkāršu metodi. Pētījumi parādīja, ka elektrovadītspējas tests, izmantojot tetrazolija testu un ūdeņraža peroksīdu varētu veicināt kvalitatīvāku un visaptverošāku sēklu kvalitātes noteikšanu komerciālos nolūkos.
- Sēklu miera režīms ir adaptīvs mehānisms, kas ļauj sēklām dīgt piemērotos vides apstākļos. Uzglabāto neaktīvo sēklu dīgtspēja notiek tikai pēc miera perioda pārtraukšanas, ko izraisa stratifikācija. Lai uzlabotu izpratni par dižriekstu miera pārtraukumiem, tika pētīta mitruma satura un temperatūras ietekme uz sēklām uzglabāšanas laikā; analizēts abscīnskābes, abscīnskābes metabolītu un indola-3-etiķskābes saturs embrionālajās asīs; un histoķīmiski lokalizēti uzglabāšanas proteīni dižriekstu embriju embriogēnajās asīs un dīgļlapās. Rezultāti liecina, ka uzglabāšanas apstākļi var ietekmēt riekstu abscīnskābes saturu, bet ne stratifikācijas procesu. Turklāt miegainības pārrāvums ir saistīts ar abscīnskābes satura samazināšanos, un miera stāvokļa dziļumu neietekmē neviens no šiem uzglabāšanas faktoriem. Konstatētas izmaiņas, kas visspēcīgāk korelē ar miera pārtraukšanu, liecina par lielu abscīnskābes-glikozilestera līmeņa pieaugumu un ar to saistīto abscīnskābes-glikozilestera un abscīnskābes attiecības samazinājumu. Tika atklātas ārkārtīgi zemas citu abscīnskābes metabolītu – neofāziskās, fāziskās un dihidrofāzes skābes – koncentrācijas neaktīvā stāvoklī uzglabātos dižskābaržu riekstos, bet nedaudz augstākas koncentrācijas miera stāvoklī. Nekonstatēja saistības starp indola-3-etiķskābes līmeņa izmaiņām ne uzglabāšanas apstākļos, ne miega perioda pārtraukumos. Uzglabāšanas un stratifikācijas laikā olbaltumvielu sadalījuma izmaiņas bija saistītas ar sēklu mitruma saturu, nevis sēklu miera stāvokli. Secināts, ka endogēnās abscīnskābes-glikozilestera līmeņu un abscīnskābes-glikozilestera un abscīnskābes attiecību palielināšanās ir labi marķieri, kas norāda uz dižriekstu miegainības dziļumu un/vai stratifikācijas efektivitāti (Vondrakova et al., 2019).

Veikti pētījumi ar mērķi noteikt precīzāku Eiropas dižskābarža (*Fagus sylvatica*) sēklu apstrādi pirms sēšanas. Pašreizējā dižriekstu pirmssējas apstrāde ir balstīta uz dīgtspējas pārbaudi, kur pirmssējas apstrādes ilgums ir laiks no dīgtspējas pārbaudes sākuma līdz 10% dzīvotspējīgo dižriekstu dīgtspējas noteikšanai. Tā kā sēklu partiju sēklu miera periods ir mainīgs, pirmssējas apstrādes ilgums tiek pagarināts vēl par divām nedēļām. Mūsu pētījumā pagarinājām apstrādes laiku, līdz bija uzdīguši 30, 50 un 80% dzīvotspējīgo dižriekstu. Pētījumā tika izmantotas divas dažādas metodes. Pirmajā dižriekstu vidē nodrošināja augstu mitruma saturu (14–38%). Otrajā dižrieksti izžāvēti līdz zemam mitruma saturam (8–10 %). Svaigu sēklu vidējais dīgtspējas laiks (MGT) bija augstāks žāvētiem dižriekstiem. Tomēr dižriekstu parādīšanās abās apstrādēs bija līdzīga. Abos gadījumos dažādu pirmssējas apstrādes ietekme uz dižriekstu dīgtspēju bija nenozīmīga. Rezultāti liecina, ka iespējams pagarināt dižriekstu pirmssējas apstrādi, neradot negatīvu ietekmi uz dīgšanu un mirstības līmeni neatkarīgi no izmantotajām sēklu partijām (Bezdeckova and Reznickova, 2013).

Embriju miera perioda pārtraukšana tiek panākta ar aukstu mitru noslāņošanu vai iepriekšēju atdzesēšanu, tas ir, riekstu pakļaušana temperatūrai no +2 līdz +5°C (El-Antably, 1976; Suszka et al., 1996). Laiks, kas nepieciešams, lai pabeigtu atbrīvošanu no miega režīma, parasti ir diezgan ilgs, sākot no 5 līdz 8 nedēļām, dažos gadījumos pat līdz 12 nedēļām (Muller and Bonnet-Masimbert, 1982).

Suszka (1974) izstrādāta procedūra, lai palielinātu efektivitāti un samazinātu nevienmērīgumu miera stāvoklī ir saistīts ar kontrolētu un ierobežotu hidratāciju riekstiem līdz iepriekš noteiktam mitruma saturam (m.c.). Pilnībā iegremdētie rieksti bija pakļauti +3°C un laiks nedēļās, "X", kas nepieciešams, lai sasniegtu 10% dīgtspēju tika fiksēts. "X" apzīmē partijas miera indeksu. Miega perioda skaidrošanai visa partija tiek sadalīta, iepriekš atdzesējot riekstus kontrolētā un ierobežotā m.c. 30–34% bez barotnes X+2 nedēļas (X+4 nedēļas, ja miegainība ir ļoti dziļa) +2 līdz +5°C temperatūrā. Ierobežotais mitruma saturs un zemā temperatūra novērš priekšlaicīgu dīgtspēju. Šo metodi var veikt gan pirms, gan pēc uzglabāšana (Muller, 1993).

Lai gan šī metode ir izrādījusies ļoti efektīva, lai samazinātu stratificēto dižriekstu nevienmērīgumu, joprojām ir pretrunīgi rezultāti no dažādiem pētījumiem ar dažādām sēklām, par mitruma saturu un priekšdzesēšanas temperatūru (Gosling, 1991; Derkx and Joustra, 1997). Pētījumi liecina, ka periodu, kas nepieciešams, lai atbrīvotos no miega režīma, nevar sasniegt bez fungicīdu pievienošanas (Muller et al., 1999). Pieredze arī liecina, ka daži fungicīdi var būt kaitīgi dižskābaržu riekstu dzīvotspējai (Suszka et al., 1996). Veiksmīgi rezultāti, samazinot priekšdzesēšanas vai aukstā mitruma laika periodu, ir iegūti miega režīma pārtraukšanas efektivitātes palielināšanā, izmantojot eksogēnos giberelīnus (Nicolás et al., 1996; Fernandez et al., 1997) un etefons (Falleri et al., 1997).

Daži autori abscisīnskābi (ABA) uzskata par augu hormonu, kurš atbildīgs par miera izraisīšanu un uzturēšanu Eiropas dižskābaržu riekstiem (Nicolás et al., 1996; Lorenzo et al., 2000, 2001). Ir pierādīts, ka ABA maina priekšdzesēšanas ietekmi uz no miera perioda pārtraukšanu, novēršot dīgtspējai raksturīgu RNS un proteīnu sintēzi (Nicolás et al., 1996, 1997), kā arī samazinās ABA saturs embrionālajās asīs (Le Page-Degivry et al., 1997b).

Attiecībā uz Eiropas dižskābaržiem (Nicolás et al., 1996, 1997; Thomsen, 1997; Shen and Odén, 2002) parādīja, ka dīgtspēja un mieraperioda iestāšanās ātrums tika pastiprināti, noņemot vai mehāniski skarificējot endokarpu. Šie rezultāti liecina par iespējamo endokarpa lomu miega stāvokļa izmaiņās dižskābardim. To var izskaidrot ar cietā endokarpa ietekmi, kas ir mehāniska barjera, ierobežojošā ūdens iekļūšanu, eksudātu noplūdi un dīgstu parādīšanos. Sēklu



apvalka/perikarpa nozīme sēklu dīgtspējas ierobežošanā ir plaši izplatīta koku un krūmu sugām un bieži tiek saukta par fizisko miera stāvokli (Baskins and Baskins, 1998). Sēklu apvalks vai perikarps var kavēt sēklu dīgtspēju ar dažādiem mehānismiem, piemēram, novēršot gāzu apmaiņu, ūdens uzņemšanu, gaismu inhibitoru iekļūšanu vai izkļūšanu no embrija (Taylorson and Hendricks, 1977; Bewley and Black, 1994). Viena galvenā grupa no inhibitoriem eksudātos ir raksturoti un saukti par oksidētiem fenoliem (Marbach and Mayer, 1975; Werker et al., 1979). Histokīmiskie pētījumi (Thompson et al., 2001) un praktiskās metodes (Bhattacharyya et al., 1999) atklāja arī fenolu klātbūtni sēklu apvalkā un to lomu sēklu kavēšanā dīgtspējas nodrošināšanā.

### **Sēklu dzīvotspēja un sēklu bojāšanās**

Sēklu dzīvotspēja norāda uz sēklu spēju dīgt un ražot augstvērtīgus stādus piemērotos apkārtējās vides apstākļos (Copeland and McDonald, 2001). Jau sen zināms, ka pastāv trīs svarīgi faktori, kas nodrošina augstus sēklu dzīvotspējas rādītājus un sēklu ilgmūžību – temperatūra, sēklu mitrums saturs un skābekļa saturs. Kopumā, jo zemāka temperatūra un mitruma saturs, jo ilgāks dzīvotspējas periods.

Pamatojoties uz uzglabāšanas paradumiem un spēju saglabāt dzīvotspēju, Roberts (1973) definēja divas sēklu klases – nepaklausīgās un ortodoksālās sēklas. Nepaklausīgām sēklām jā saglabā relatīvi augsts mitruma saturs, parasti vairāk nekā 30%, lai saglabātu maksimālu dzīvotspēju. Pie sugām ar nepaklausīgām sēklām pieder ozoli, saldie kaņņi, daudzas lietus mežu koku sugas un daži ūdensaugi. Pat tad, ja šīs nepaklausīgās sēklas tiek uzglabātas mitros apstākļos, to ilgmūžība bieži vien ir īsa un tikai reizēm pārsniedzot vairākus mēnešus.

Zinātnieki izstrādājuši dīgtspējas testu, kas precīzi var prognozēt koku sēklu dīdības procentus, kas jau sen ir audzētāju aprobēts. Dižskābardim tika izstrādāta jauna testēšanas metode – kritiskā sakņu garuma (CRL) tests (Jensen, 2002). Dīgušām sēklām, pamatojoties uz primāro sakņu garumu, var precīzi prognozēt to turpmāko attīstību jau kā stādiem.

Iepriekš apstrādātas sēklas 20 dienas 15°C temperatūrā ievieto vertikāli novietotā mitrā papīra rullītī 12 stundu apgaismojumā katru dienu. Parasti dziedēto dēstu sakņu garums tika reģistrēts un korelēts ar turpmāko augšanas gaitu un aprēķināts sakņu rašanās procents, lai rezultātā iegūtu kritisko saknes garumu spējai efektīvi augt turpmāk. Kritiskais saknes garums *Fagus sylvatica* ir 45 mm. Rezultāti divos testos ar 5 un 10 sēklu partijām kopumā konstatēja labu korelāciju starp CRL prognozēto parādīšanos un faktiski iegūto lauka sējeņu parādīšanos. Starp sēklām iekš vienas partijas, kā arī dažādu sēklu partijām tika konstatētas lielas sakņu garuma atšķirības, tādējādi uzrādot lielas sēklu dīgtspējas atšķirības. Jaunais tests ir lietīšķa, viegla un lēta dīgtspējas pārbaudes metode, kas izstrādāta stādaudzētājiem un zinātniekiem, lai prognozētu sējeņu turpmāko augšanas gaitu.

Plašus pētījumus par dižskābarža sēklu miera perioda laušanu ir veikusi virkne zinātnieku: (Vondrakova et al., 2019). Sēklu miera periods ir adaptīvs mehānisms, kas ļauj dīgt sēklām piemērotos vides apstākļos. Uzglabātu snaudošu sēklu dīgšana notiek pēc miega perioda pārtraukšanas, ko izraisa stratificēšana. Uzlabot izpratni par to, kā ielaužas snaudošā dižskābarža riekstā, tika veikti pētījumi: izpētīti mitruma satura un temperatūras efekti uzglabāšanas laikā; analizēts abscisskābes, abscisskābes metabolītu un indola-3-etīlkskābes saturs embriju asīs uzglabāšanas un stratificēšanas laikā un histokīmiski lokalizētas uzglabāšanas olbaltumvielas embriogēnajās asīs un embriju šūnās. Rezultāti liecina, ka uzglabāšanas apstākļi var ietekmēt riekstu abscisskābes saturu, bet ne stratificēšanas procesu. Turklāt miega pārrāvums ir saistīts ar abscisskābes satura un dziļuma samazināšanos un miegainību neinficē neviens no šiem uzglabāšanas faktoriem. Atklātās izmaiņas, kas visspēcīgāk korelējas ar miega pārrāvumu, bija

liels abscizskābes glikozola pieaugums un ar to saistītā abscisīnskābes glikozola estera reducēšana līdz abscisīnskābei attiecība. Tika konstatāta ārkārtīgi zema citu abscisīnskābes metabolītu – neofāzisko, fāzeisko un dihidrofāzeisko skābju – koncentrācija nesnaudošās uzglabātās šūnās, bet nedaudz lielāka koncentrācija miega laikā. Indola-3-etiķskābes līmeņa izmaiņu saistība ar uzglabāšanas apstākļiem vai miega pārrāvumu netika konstatēta. Izmaiņas uzglabāšanas laikā proteīnu izplatīšanās ātrumā bija saistīta ar sēklu mitruma saturu uzglabāšanas un stratificēšanas laikā, nevis sēklu miegainību. Secinām, ka endogēno abscisīnskābes-glikozola estera līmenis un abscisīnskābes-glikozola estera-abscisīnskābes attiecība ir labi miegainības dziļuma un/vai stratificēšanas efektivitātes rādītāji šūnās.

Ir plaši izplatīta vēlme uzlabot Centrāleiropas mežu kvalitāti, izmantojot dažādus pasākumus, tostarp palielinot dižskābaržu skaitu. Tomēr to kavē grūtības, kas saistītas ar sēklas materiāla uzglabāšanu un dīgšanu. Tā kvalitāte tika pārbaudīta attiecībā uz uzglabāšanas apstākļiem (temperatūru, mitruma saturu) un uzglabāšanas laika ilgumu (Leon-Lobos and Ellis, 2002; Ratajczak et al., 2015). Pētījumi liecina, ka dīgtspējīgas sēklas pat uzglabāšanas laikā ir mainīgas, un gan to dīgtspēja, gan dzīvotspēja ir stipri atkarīgas no sēklu sākotnējās kvalitātes (Bezdeckova et al., 2014). Riekstiem raksturīga ir dziļi snaudošs stāvoklis (LePageDegivry et al., 1997; Barthe et al., 2000), kas jāsalauž, veicot stratificēšanas procesu, kas ietver spēcīgu mitruma satura pieaugumu, pirms dīgšanas. Tādējādi papildus stratēģijām uzglabāto sēklu sākotnējās kvalitātes uzlabošanai ir jāoptimizē stratifikācijas apstākļi, lai palielinātu to dīgtspēju.

Pētījumi liecina, ka stratificēšanas process nav līdz galam izprasts, bet regulatīvie mehānismi un vides faktori (dabiskās ekosistēmās vai uzglabāšanas laikā), kas saistīti ar miega indukciju, uzturēšanu un salauzšanu ir intensīvi pētīti. Ir secināts, ka sēklu miera periodam ir liela nozīme augu attīstībā un evolūcijā. Šie pētījumi liecina, ka snaudošā stāvokļa laušanu regulē mijiedarbības starp vidi un endogēnā signāliem (Finkelstein et al., 2008). Turklāt ir izstrādāti snaudošie modeļi, detalizēti izmeklējot funkcionālās attiecības starp bioloģisko procesu ātrumu snaudošās sēklās un vides faktoriem, kas var sniegt prognozes par miera perioda pārtraukšanas un dīgšanas laiku un apjomu (Batlla and Benech-Arnold, 2010). Programmā papildinājums, Pukacka et al. (2003) pierādīja, ka riekstu kvalitāte un dzīvotspēja uzglabāšanas laikā ir ļoti atkarīga no temperatūras un to mitruma satura, un optimālais mitruma saturs uzglabāšanas laikā ir atkarīgs no temperatūras. Tomēr ilgstoša riekstu uzglabāšana, t.i., vairākus gadus, mitruma saturs korelē spēcīgāk nekā uzglabāšanas temperatūra ar to dīgtspēju (Pročazkova and Bezdeckova, 2008). Turklāt visos pārbaudītajos apstākļos riekstu dzīvotspēja un dīgtspējas samazināšanās ilgā laikā ir saistīta ar izmaiņām to brīvajā aminoskābju saturā un samazinājumiem proteolītisko enzīmu aktivitātēs (Ratajczak et al., 2015).

Arī dižskābarža sēklu dzīvotspēja, enerģiskums un dīgtspēja ir atkarīga no uzkrāšanās ilguma un organisko savienojumu (ciete, uzglabāšanas proteīni, eļļas un kalcija oksidāts) izmaiņām nogatavināšanas laikā, kā arī to izmantošana un/vai mobilizēšana sēklu uzglabāšanas laikā, miega pārrāvums un dīgtspēja. Zinātniski pierādīts, ka uzglabāšanas laikā olbaltumvielu mobilizācijas izmaiņās sākas stratificēšana, un to, iespējams, izraisa sēklu imbibicionēšana (Eliasova et al., 2015). Šie proteīni, jo īpaši 11S legumīna tipa un 7S vicilīna tipa globulīni (Collada et al., 1993), nogulsnējas proteīnu uzglabāšanas vakuolā (PSV). Tomēr pētītajās sēklās PSV izmaiņas nebija vienveidīgas, un šķiet, ka tās ir atkarīgas no mitruma satura dažādās sēklu daļās (Eliasova et al., 2015).

Endogēnās iekārtas galvenie elementi, kas regulē sēklu organiku, ir fitohormoni un to mijiedarbība. Fitohormonu, galvenokārt ABA un GA, loma sēklu dīgtspējas regulēšanā tika pētīta dažādu augu sēklās, piemēram, Laurus (Sari et al., 2006), Calocedrus (Zhang et al., 2019) un

Cotinus (Deng et al., 2016), saskaņā ar Kucera et al. (2005) integrēta molekulārā ģenētiskā, fizioloģiskā un bioķīmiskā sēklu miega kontroles pārbaudēm. Konstatēts, ka abscizskābe (ABA) veicina miega indukciju un nomāc dīgšanu, bet gibberelīni (GA) pretaktīvi veicina miega atbrīvošanos un dīgtspēju.

Miega regulēšanā piedalās arī citi fitohormoni. Etilēnam ir svarīga nozīme fitohormonālajā stāvoklī un līdz ar to arī citu augu hormonu modulācijai sēklās (Chiwocha et al., 2005), un otrādi – ABA var ierobežot etilēna darbību, samazinot tā biosintēzes regulēšanu (ARC et al., 2013; Corbineau et al., 2014). Arī Zhao un Jiang (2014) ir pierādījuši un pārskatījuši auksīnu (IAA) iespējamo lomu ABA/GA biosintēzē un līdz ar to arī dīgtspējas regulēšanu (Shu et al., 2016). Līdzsvars starp ABA un GA, kas izriet no dinamiskā līdzsvara starp šo hormonu sintēzi un metabolismu, šķiet, ir galvenais endogēnais faktors, kas kontrolē miera periodu un dīgtspēju (Rodriguez-Gacio et al., 2009). Pateicotes ABA/GA līdzsvaru regulējošo molekulāro mehānismu sekmīgai noskaidrošanai, šobrīd tika pārskatīts miera periods un dīgtspēja dažādu graudaugu sēklās (Tuan et al., 2018). Ģenētiskās analīzes ir atklājušas citus procesus, kas saistīti ar miega regulēšanu, jo īpaši epiģenētikas mehānismus, un pavērušas jaunas iespējas sēklu miera perioda izpētei (Nonogaki, 2014).

Tomēr ABA metabolisma un signalizēšanas regulēšana vides apstākļu ietekmē un tās mijiedarbība ar citiem fitohormoniem nepārprotami ir galvenie elementi miera perioda plīsuma un dīgtspējas kontrolē (Nambara and MarionPoll, 2003; Nambara et al., 2010). Šajā pētījumā galvenokārt pievērsušies ABA kā galvenajam sēklu veidošanās un snaudošuma regulētājam (Kermode, 2005). Šos procesus kontrolē sarežģīta regulatīvā sistēma t.sk. ABA homeostāze. ABA saturu sēklās modulē ar tās ražošanas, inaktivācijas un transporta ceļiem (Ma et al., 2018). Biosintēze un/vai metabolismu turpina ar 7-hidroksilāciju, iegūstot 7-OH ABA, 8-hidroksilāciju, iegūstot fāzi (PA) un (pēc tam samazinot) dihidrofāzi (DPA) skābes, un 9-hidroksilācija, kas izraisa neofāzskābes (NeoPA) un/vai glikozes estera veidošanos (Jadhav et al., 2008). ABA-glikozilesteru (ABA-GE) uzskata par neaktīvu uzglabāšanas formu ABA, bet no tā var atbrīvot aktīvo ABA (Ondzighi-Assoume et al., 2016).

Pētījumā uzsvars likts uzglabāšanās apstākļu ietekmei uz riekstiem īslaicīgas uzglabāšanas laikā. Riekstus parasti uzglabā 3°C temperatūrā, nodrošinot mitrumā saturu 22% līmenī vai –5°C temperatūru un mitruma saturs 9%. Tika salīdzināts miegainības dziļums un sekojošo miegainības pārraušanas procesu uzglabāto sēklu ABA saturs stratificēšanas laikā

Pētīšanai bija vairāki mērķi:

- noskaidrot sakarības starp dižskābarža sēklu miegainības dziļumu un glabāšanas apstākļiem;
- noskaidrot mehānismus, kas saistīti ar endogēnā ABA līmeņa izmaiņām miegainos riekstos glabāšanas un miegainības pārrāvuma laikā;
- novērtēt ABA un tā metabolītu līmeni embrijos no sēklām laikā, kad 16 nedēļas pēc uzglabāšanas un stratificēšanas tika mērīts IAA līmenis (kopā ar ABA);
- pārbaudīta šo fitohormonu mijiedarbību miega laikā, lai histoloģiski raksturotu embriju mijiedarbību uzglabāšanas un stratificēšanas laikā (jo īpaši PSV sadalījuma un satura izmaiņas).

Zinātnieki secinājuši, ka sēklu uzglabāšanas apstākļi ietekmē ABA saturu sēklās. ABA līmenis sēklās palielinās vairāk nodrošinot 22% mitruma saturu 3°C temperatūrā, nekā sēklās ar mazāku mitruma saturu (9%) uzglabājot –5°C temperatūrā. Sēklu uzglabāšanas apstākļi, kas atspoguļo ABA saturu, ne vienmēr raksturo stratifikācijas procesu. Miera periods ir saistīts ar apmēram 50% ABA līmeņa samazinājuma salīdzinājumā ar stratificēšanas pirmo nedēļu. Tomēr

zinātnieki uzskata, ka lai to pārbaudītu, jāveic turpmāka citos apstākļos uzglabāto sēklu analīze. Miega pārrāvums ir saistīts ar intensīvu ABA-GE veidošanos, tādējādi ABA/ABA-GE attiecība var būt stabils miegainības dziļuma marķieris un sekmīga riekstu stratificēšana. Gluži pretēji, netika atrasta saikne starp IAA līmeni un miega pārrāvumu.

Proteīnu uzglabāšanās šūnās būtiski mainījās kodoldīgļos un embrijos uzglabāšanas laikā augstākā temperatūrā un sēklu mitruma saturā, salīdzinājumā ar sēklām, kuras uzglabā zemākā (< 0°C) temperatūrā un mitruma saturā. Sēklu imbibīcija un turpmākā stratificēšana izraisa ievērojamas izmaiņas olbaltumvielu uzglabāšanas šūnu izplatīšanās un to saturu sēklu grupās.

Kopumā veiksmīgas dīgšanas prognozes piemērošana, izmantojot novērtējumu ABA/ABA-GE attiecību riekstos sniedza jaunu iespēju, kā novērtēt miegainības dziļumu, kā arī stratifikācijas efektivitāti. Tas savukārt dod iespēju sekmīgi audzēt stādus stādaudzētavās vai nodrošina stādu rašanos un veidošanos pēc sēšanas.

Čehu zinātnieki secinājuši, ka gan endogēnā ABA satura samazināšanās, gan fumarāzes aktivitātes palielināšanās embrionālajās asīs var tikt izmantota kā dižskābarža riekstu miega dziļuma indikatori. (Elisarova et al., 2020). Galvenie uzglabāšanas savienojumi (ciete, proteīni un CaO) tika atrasti arī dižskābarža embrijos, kā arī stratificētās sēklās. Ar stratifikāciju saistītas cietes graudu un/vai CaO kristālu lieluma un atrašanās vietas atšķirības netika konstatētas. Pēc iesūkšanās lielas centrālās vakuolas virzīja citoplazmu uz šūnas garozu. Noslāņošanās procesā tika izsmelti vakuolās lokalizētie uzglabāšanas proteīni. Pirmās histoloģiskās izmaiņas bija acīmredzamas pēc imbibīcijas. Pētījuma mērķis: miega pārtraukšana, kas saistīta ar endogēnā ABA, uzglabāšanas savienojumu un fumarāzes aktivitātes izmaiņām dižriekstos. Pieejams: [https://www.researchgate.net/publication/270879650\\_Dormancy\\_breaking\\_linked\\_with\\_the\\_changes\\_of\\_endogenous\\_ABA\\_storage\\_compounds\\_and\\_fumarase\\_activity\\_in\\_beechnuts](https://www.researchgate.net/publication/270879650_Dormancy_breaking_linked_with_the_changes_of_endogenous_ABA_storage_compounds_and_fumarase_activity_in_beechnuts) (aplūkots 14.11.2023.).

Pētījumos secināts, ka sēklu ievākšanas laikā dižriekstiem ir ļoti dziļš miera periods, kas atrodas gan embriju aptverošajās struktūrās, gan pašā embrijā (Barthe et al., 2000). Apvalka konstrukcijas novērš embriju dīgšanu, traucējot ūdens uzņemšanu un gāzu apmaiņu. Lai izprastu pārklājuma struktūru un skābekļa pieejamības lomu ABA katabolismā, (+)-[3H], ABA metabolisms pētīts izolētos embrijos, kā arī neskartās sēklās. ABA noārdīšanās rezultātā galvenokārt veidojās oksidatīvi produkti (PA, DPA). Šie produkti bija vairāk izolēti embrijos nekā neskartās sēklās. Tie galvenokārt uzkrājās kā sārnu-nehidrolizējami DPA konjugāti. Bieži novērots neliels daudzums brīvu andesterificētu formu. Izolētos embrijos oksidatīvo produktu samazināšanos novēroja vai nu samazinot skābekļa pieejamību, vai arī barojot embrijus ar teciklāzi (monooksigenāzes inhibitoru). Pārklājošo struktūru klātbūtnē šie oksidatīvie produkti tika reducēti tādā pašā veidā, norādot, ka pārklājošās struktūras, iespējams, ir atbildīgas par skābekļa piegādes ierobežošanu embrijam un par zemu dīgtspēju, kas novērota neskartu sēklu gadījumā.

Čehu zinātnieku veikusi pētījumus, kā noteikt precīzāku Eiropas dižskābarža (*Fagus sylvatica*) sēklu apstrādi pirms sēšanas (Bezdeckova et al., 2013). Pašreizējā dižriekstu pirmssējas apstrāde ir balstīta uz dīgtspējas pārbaudi, kur pirmssējas apstrādes ilgums ir laiks no dīgtspējas pārbaudes sākuma līdz 10% dzīvotspējīgo dižriekstu dīgtspējas. Tā kā sēklu partiju sēklu miera periods ir mainīgs, pirms sēšanas apstrādes ilgums tiek pagarināts vēl par divām nedēļām. Mūsu pētījumā tika pagarināts apstrādes laiks, līdz bija uzdīguši 30, 50 un 80% dzīvotspējīgo dižriekstu. Pētījumā izmantotas divas dažādas metodes. Pirmajā dižriekstiem nodrošināja augstu mitruma līmeni (14–38%), nekā iesēti pēc dažādām pirmssējas apstrādēm (10, 30, 50 un 80% dīgstu, dzīvotspējīgu sēklu). Otrajā dižrieksti tika izžāvēti līdz zemam mitruma saturam (8–10%), nekā iesēti pēc dažādām pirmssējas apstrādēm (10, 30, 50 un 80% dīgstu, dzīvotspējīgu sēklu). Svaigu

sēklu vidējais dīgtspējas laiks (MGT) bija augstāks žāvētiem dižriekstiem. Dižriekstu parādīšanās abās apstrādēs bija līdzīga. Abos gadījumos dažādu pirmssējas apstrādes ietekme uz dižriekstu dīgtspēju un dīgšanu bija nenozīmīga. Rezultāti liecina, ka ir iespējams pagarināt dižriekstu pirmssējas apstrādi, neradot negatīvu ietekmi uz dīgšanu un mirstības līmeni neatkarīgi no izmantotajām sēklu partijām.

Čehijā secinājuši, ka uzglabāto Eiropas dižskābarža sēklu dīgtspēja un dzīvotspēja var atšķirties atkarībā no izvēlēta brīža, kad veiktas pārbaudes sēklu uzglabāšanas periodā (Bezdeckova et al., 2014). Lai noteiktu iespējamās šādu izmaiņu avotus, sešu dižriekstu partiju (trīs partijas no diviem ražas gadiem) dīgtspēja (GERM), dīgtspēja, kas izteikta kā vidējais dīgtspējas laiks (MGT) un dzīvotspēja (VIAB) tika noteikta katru mēnesi viena gada garumā, izmantojot kontrolētu laboratoriju noteikumus un standarta testus. Dažām partijām augstāks DIZS konstatēts tad, kad uzglabāto sēklu pārbaudes veiktas pavasarī un agrā rudenī, bet citas partijas labāk dīgst vasaras testos. Līdzīgi dažādām partijām dažādos mēnešos novērots atšķirīgs dīgtspējas ātrums (izdalīšanās miera stāvoklī) un dzīvotspēja. Tomēr pārbaudēs netika novērotas konsekvantas sezonālas svārstības dižriekstu GERM, MGT vai VIAB vērtībās. Šķiet, ka šo svārstību iemesls ir dižriekstu partiju sākotnējā kvalitāte (dīgtspēja un miera stāvoklis), nevis endogēnie faktori (Combineau et al., 2014).

Augsnē sēklas pakļauj dažādiem vides faktoriem, tostarp svarīga ir temperatūra, mitrums, skābeklis un gaiss, kas regulē sēklu dīgšanu un sekojošo sējeņu augšanu.

Fāze I dīgšanas procesu uzsāk ar imbibīciju, kas ir nepieciešama, lai aktivizētu elpošanas vielmaiņu, kā arī transkripcijas un translācijas darbības.

II fāzē, ko sauc par dīgtspēju *sensu stricto*, ūdens uzņemšana beidzas un sākas rezerves mobilizācija.

III fāzei raksturīga radikāļu izvīzījums (Bulijs and Melns, 1994; Bulijs, 1997; Nonogaki et al., 2010; Veitbrehts et al., 2011). Dīgšanai nepieciešamas īpašas temperatūras, skābekļa līmenis un gaiss precīzās proporcijās, kas ir raksturīgas attiecīgai sugai.

Tomēr, ja dažādu sugu sēklām (vai pat sugas ietvaros) nav dīgtspējas vai tā norit ar grūtībām, arī inkubējot šķietami labvēlīgos apstākļos, tad tos uzskata par snaudošiem (t.i., ūdens, gaiss, temperatūra) (Bulijs and Melns, 1994; Corbineau and Kome, 1995; Bewley, 1997).

### **Dižskābarža stādu izaudzēšana**

Kokaudzētavas izveidošanas vietu izvēlas atbilstoši stādu audzēšanas tehnoloģijai un tās ekonomiskajiem risinājumiem. Ierīkojot kailsakņu tipa stādu audzēšanas kokaudzētavas, tām jānodrošina 7 piemērotas vāji podzolētās damakšņa un vēra tipa augsnes ar dziļu gruntsūdens līmeni. Ja piemērotu platību nepietiek, pieļaujamas arī auglīgākās mētrāja tipa augsnes. Viegla mehāniska sastāva augsnes pavasarī ātri stabilizē temperatūru un mitruma režīmu, tādēļ savlaicīgi iespējams uzsākt agrotehniskos darbus. Kokaudzētavas var ierīkot arī lauksaimniecības zemēs. Trūdvielu saturam viegla mehāniska sastāva augsnēs jābūt 2–3% (optimāli 4–5%). Ja trūdvielu saturs zemāks, nepieciešamas maksimālās organiskā mēslojuma devas pamatmēslojumā, lai pakāpeniski trūdvielu saturu paaugstinātu. Optimālais gruntsūdens dziļums kokaudzētavā – 1 m. Tas labvēlīgi ietekmē stādāmā materiāla augšanas procesu, lai laicīgi var sākt pavasara darbus un veģetācijas periodā tiek nodrošināts augiem nepieciešamais mitruma režīms. Līdzena platība ir viens no piekšnosacījumiem, ierīkojot kokaudzētavu, jo tad nebūs jāpatērē papildus resursi planēšanas darbiem. Pieļaujams neliels slīpums 2 līdz 3° dienvidu, dienvidaustrumu un dienvidrietumu virzienā. Pēc vietas izvēles kokaudzētavai, jānoskaidro augsnes galvenās īpašības un augiem nepieciešamo barības vielu daudzums augsnē. Šī iemesla dēļ visā teritorijā veic augsnes

analīzes. Lielākajai daļai skuju koku optimāla reakcija ir pHKCl 4,5–5,5, lapu kokiem – pHKCl 5–6. Ja augsnes reakcija ir par skābu – augsne ir jākaļķo, izmantojot pieejamos kaļķošanas materiālus. Kaļķojamā materiāla devas skatīt 1. tabulā.

1. tabula. Aptuvenās kaļķojamā materiāla devas augsnēm meža kokaudzētavām (I. Mangaļa dati)

Augsnes raksturojums	Deva (t ha <sup>-1</sup> ) atkarībā no augsnes reakcijas			
	pH līdz 4,5	pH 4,6–5,0	pH 5,1–5,5	pH > 5,6
Smilts un mālsmilts	4–6	3–4	2–3	1–1,5
Māls un smilšmāls	6–9	5–6	4–5	1–1,5
Auglīga, organiskām vielām bagāta augsne	5–7	4–5	3–4	1–1,5

Precīzu kaļķošanas materiāla devu aprēķina pēc 1. formulas:

$$D = (a \times 104) / (s \times \text{CaCO}_3) \times (1 + r / 100), \text{ kur} \quad (1)$$

D – kaļķošanas materiāla deva, t/ha;

a – CaCO<sub>3</sub> deva, t/ha;

s – sausnes saturs kaļķošanas materiālā, %;

CaCO<sub>3</sub> – kalcija karbonāta saturs sausā kaļķošanas materiālā, %;

r – rupjo daļiņu daudzums kaļķošanas materiālā, %.

Kaļķošanas materiālu vislabāk iestrādā papuvē mēnesi pirms stādmateriāla sēšanas vai stādīšanas un tā devas atkarīgas no audzējamās koku sugas.

### Augu maiņa

Augu maiņa nepieciešama, lai nodrošinātu augsnes barības vielu vispusīgu izmantošanu. Šis process uzlabo augsnes fizikālās īpašības, ierobežo kaitēkļu un slimību izplatīšanos, atvieglo nezāļu ierobežošanu. Augu maiņu nosaka katrai kokaudzētavas nodaļai atsevišķi. Parasti kokaudzētavās stādu audzēšanas ilgums nepārsniedz 3 līdz 4 gadus, tāpēc kokaudzētavās augu maiņu ir paredzēti 3–4 lauki. Viens no laukiem paredzēts papuvei. Melnā papuve ir efektīvākā, jo ar tās palīdzību var vislabāk attīrīt augsni no nezālēm, kaitēkļiem, slimībām, kā arī izveidot optimāla biezuma un struktūras aramkārtu. Organisko vielu paaugstināšanai kokaudzētavu laukos izmanto arī zaļo papuvi.

### Augsnes apstrāde

Sējeņu un stādu normālai attīstībai nepieciešams 30–60 cm biezs augsnes slānis, ko iegūst ilgstošākā laika periodā, pakāpeniski padziļinot un ielabojot aramkārtu. Iespējams rudens vai pavasara arums. Rudens arums ir efektīvāks, jo rudens aršana labāk iznīcina nezāles, tās ziemā jau daļēji sadalās. Nezāļu sēklas un kaitēkļi tiek iestrādāti dziļākos augsnes slāņos. Jau rudenī platību atbrīvo no esošajiem stādiem vai sējeņiem, tos pierokot. Ja to neizdara, tad pavasara aršana aizkavējas – kamēr izrok esošo stādāmo materiālu, pie tam nezāles netiek efektīvi iznīcinātas un augsne tik labi “neatpūšas” kā tas notiek rudens arumā. Kad nezāles pavasarī masveidīgi sadīgst, lauku kultivē 4 līdz 6 cm dziļumā, pakāpeniski palielinot to līdz 14–16 cm dziļumam, tā iznīcinot nezāļu dīgļus un izvēršot virspusē nesadīgušās sēklas. Kultivēšanu veic 4 līdz 6 reizes, ja nepieciešams, lieto arī herbicīdus. Ja lauks nezāļains, lieto kultivatoru ar C-veida zariem, ja mazāk

nezāļains – ar S-veida zariem. Ecēšana tiek veikta, lai nolīdzinātu aruma virsmu īsi pirms platības apsēšanas vai apstādīšanas. Platības apstrādei izmanto speciālās konstrukcijas šļūces jeb ecēšas. Augsne vispirms tiek irdināta un pēc tam nolīdzināta. Ecējot darba dziļums ir 6–7 cm. Lai samazinātu augsnes sablīvēšanu un celtu darba ražīgumu, ieteicams izmantot kombinētos augsnes apstrādes agregātus.

### Mēslošana

Tā kā mežu augsnēs ir samērā maz augiem nepieciešamo barības vielu, tad, lai izaudzētu labu stādāmo materiālu, mēslošana kokaudzētavās ir nepieciešama. Augsnē jāiestrādā gan tādi makroelementi kā slāpekļis, kālijs, fosfors, gan arī mikroelementi – bors, varš, mangāns, cinks u.c.

Fosforu pamatmēslojumā iestrādā vēlu rudenī vai agri pavasarī – sējeņu nodaļā – 100 kg/ha, stādu nodaļā – 120 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tīrvielas, kas dod aktīvā fosfora daudzuma palielinājumu augsnē par 2 līdz 2,5 mg/100 g. Tā kā augi fosforu no minerālmēsliem, organiskajiem mēsliem un augsnes izmanto ne vairāk kā 20%, fosfora tīrvielas devām jābūt vairākkārt lielākām par tā iznesi. Svarīgi, lai fosfors augsnē būtu pietiekamā daudzumā jau pirms sējas, jo tas ir sēklu dīgšanu stimulējošs elements.

Kālija devas pamatmēslojumā sējeņu nodaļā – 80 kg/ha, stādu nodaļā – 100 kg/ha K<sub>2</sub>O tīrvielas. Mazākas kālija devas paredzētas priežu audzēšanai, jo palielinātas kālija devas pat pamatmēslojumā var izraisīt augšanas pasliktināšanos.

Minerālmēslus iestrādā papuves kultivēšanas laikā 2–3 nedēļas pirms sēšanas vai stādīšanas. Nepieciešamo minerālmēslu devu aprēķina pēc 2. formulas:

$$D = (m_0 \times 100\%) / w\% , \text{ kur} \quad (2)$$

D – minerālmēslu deva, kg/ha;

m<sub>0</sub> – elementa tīrvielas deva, kg/ha;

w% – tīrvielas saturs minerālmēslos, w%.

Kā organiskais mēslojums kokaudzētavā tiek izmantota zāļu kūdra – sējeņu nodaļā 120 t/ha, stādu nodaļā – 140 t/ha. Kūdras iestrādā rudenī (no augusta vidus līdz oktobra sākumam), jo tad tā labāk sajaucas ar augsni un ir vieglāka arī nezāļu ierobežošana. Kūdras iestrādā pakāpeniski 10–15 cm dziļumā kultivēšanas laikā.

Iestrādājot augsnē organiskos mēslus, panāk:

- 1) uzņemamā slāpekļa daudzuma palielināšanos;
- 2) erozijas samazināšanos;
- 3) derīgo baktēriju un sēņu vairošanos un to darbības aktivizēšanos;
- 4) augsnes mitruma un aerācijas režīma uzlabošanos;
- 5) augsnes struktūras un apstrādes uzlabošanos.

Lai precīzi noteiktu minerālmēslu devas, jāveic detalizētas augšņu analīzes, sastādot vairāku gadu sabalansētu mēslošanas programmu katrai koku sugai, ņemot vērā tās īpatnības. Augsnes agroķīmiskās īpašības samērā ātri izmainās, tādēļ analīzes jāatkārto ik pēc 3(4) gadiem. Papildmēslojuma devas nosaka aptuveni, vadoties pēc principa, ka tām jākompensē barības vielu iznese. Sējeņu nodaļā 2–3 nedēļas pēc masveida dīgstu parādīšanās slāpekļa mēslojums 40 kg tīrvielas uz ha. Pirmā gada rudenī iestrādā kālija un fosfora papildmēslojumu, attiecīgi 40 un

80 kg/ha. Otrajā gadā dod pamatelementu NPK un mikroelementu mēslojumus augsnes analīžu datiem.

Stādu nodaļā papildmēslošanu uzsāk, kad stādi iesakņojušies. Papildmēslojumu iestrādā sausā veidā rindstarpās ar kultivatoriem – augu barotājiem.

### **Dižskābarža reproduktīvā materiāla veidi**

Meža likuma izpratnē, meža reproduktīvais materiāls ir mežsaimniecībai nozīmīgu koku sugu un to hibrīdu sēkļu vienība (čiekuri, augļi un no tiem iegūtas sēklas stādāmā materiāla audzēšanai), augu daļas vai stādāmais materiāls (no sēkļu vienībām, augu daļām vai mežēniem izaudzēti augi), ko paredzēts izmantot meža atjaunošanai vai ieaudzēšanai (Meža likums, 17.03.2000., grozījumi 01.07.2023.).

Pēc dižskābarža sēkļu sertificēšanas un to kvalitātes novērtējuma atbilstoši standartam LVS EN ISO/IEC 17025 “Testēšanas un kalibrēšanas laboratoriju kompetences vispārīgās prasības” meža koku un krūmu sēkļu bioloģiskās un bioķīmiskās testēšanas jomā akreditētā sēkļu kontroles laboratorijā pēc Starptautiskās Sēkļu kontroles asociācijas (ISTA) izstrādātiem noteikumiem un prasībām, kādas noteiktas Ministru kabineta noteikumos Nr. 159 (26.03.2013.) var izaudzēt sekojošu stādmateriālu:

**Kailsakņi** – stādi ar vaļēju sakņu sistēmu – iegūstami gan no sēklām, gan veģetatīvi pavairojot.

**Kailsakņi ar uzlabotu sakņu sistēmu** – stādi ar vaļēju, kompaktu sakņu sistēmu (sakņu kamolu), kas orientēts vertikāli, sākotnēji audzēti neliela izmēra ietvaros – konteineros substrātā, vēlāk izstādīti uz lauka spēcīgākas sakņu sistēmas veidošanai. Kvalitatīvu kailsakņu, stādu ar uzlabotu sakņu sistēmu un ietvarstādiem jābūt ar veselīgu, taisnu centrālo dzinumumu bez redzamām stumbra un sakņu sistēmas slimību, sala vai mehānisku bojājumu pazīmēm. Ietvarstādu substrātam jābūt mitram, kailsakņu saknes nedrīkst būt iežuvušas. Vēlamās virszemes daļas un sakņu sistēmas garuma attiecības ir no 2 : 1 līdz 3 : 1. Meža atjaunošanai izmantojamo stādu minimālie izmēri pārbaudīti praksē a/s “Latvijas valsts meži”, un to virszemes daļas stumbra garums nedrīkst būt mazāks par 30 cm, un sakņu kakla caurmērs, ne mazāks par 6 mm.

**Spraudeņi** – kokaugu viengadīga, divgadīga virszemes (stumbrs, zars) vai pazemes (sakne, piesaknes) daļa, kas izmantojama veģetatīvajai pavairošanai. Izmantojami koksnainie spraudeņi. Koksnainos spraudeņus sagatavo auga miera periodā no pilnīgi pārkoksnētiem līdz 2 gadus veciem dzinumiem, kam ir vismaz 2 labi izveidoti pumpuri.

### **Dižskābarža pavairošana ar koksnainajiem spraudeņiem**

Meža koku sugu veģetatīvā pavairošana ir ļoti nozīmīga ne tikai selekcijas programmās, bet arī koku sugu vērtīgu populāciju saglabāšanai. Svarīga ir arī iespēja uzlabot ģenētisko izveidoto audžu kvalitāti. Dižskābardis ir koku suga, kas var būtiski palielināt meža ekosistēmu stabilitāti un daudzveidību.

Eksperiments, kas pakāpeniski izveidoti kopš 1993. gada, ir iegūti pirmie nozīmīgie rezultāti par šo kokaugu veselības stāvokli, fenoloģiskajām parādībām un augšanu. Zinātnieku atklājumi liecina, ka jaunu mežaudžu ierīkošanai izmantojot apsakņotus spraudeņus, tie kalpo kā elements, kas stabilizē antropoloģiski radītās mežaudzes, ieskaitot pārnesto ģenētisko kvalitāti. Pozitīvus rezultātus sniedz arī dižskābarža otrās paaudzes sakņoto spraudeņu novērtējums.

Zinātnieki paredz, ka nākotnē meža koku sugu pavairošana pēc autoveģetatīvās tehnikas tiks izmantota plašākā mērogā. Šīs metodes var arī veicināt vērtīgu koku sugu populāciju ātru atjaunošanos, kamēr viņu ģenētiskā identitāte ir garantēta, un ir pilnvērtīgs meža atražošanas



aizstājējs, ja pietiekams daudzums labas kvalitātes sēklu nav pieejamas (Jurásek et al., 1997). Svarīgi ir arī klonu atlasē iespēja saistībā ar mežaudžu antropogēno slodzi un potenciālajām klimata pārmaiņām. Augi, ko pavairo veģetatīvi, var ievērojami palielināt stabilitāti meža ekosistēmās.

Daļa zinātnieku tomēr uzskata, ka saistībā ar veģetatīvām pavairošanas metodēm pastāv risks sašaurināt ģenētisko mainīgumu populācijās, kas izveidota ilgtermiņa evolūcijas laikā. Kā liecina ārzemju pieredze, šo problēmu var atrisināt, lai gan tiek ražots salīdzinoši liels daudzums apsakņotu spraudēnu (Kleinschmit, 1989). Spraudēnu tehnika ir piemērojama no selekcijas aspektiem, un to izmanto vērtīgu koku sugu populāciju pavairošanai (Chalupa, 1987; Šindelář, 1987). Literatūras avoti, kas attiecas uz dižskābaržu pavairošanas tehnoloģijām ar spraudēniem ir salīdzinoši nedaudz. Acīmredzams iemesls, kāpēc ievērojami mazāka uzmanība tiek pievērsta metodēm ar autoveģetatīvo pavairošanu ir tas, ka šai sugai ir grūti sekmīgi pabeigt iesakņojušos spraudēnu augšanu (Cornu et al., 1977; Spethmann, 1982a,b; Schachler et al., 1987). Tieši tāpēc Eiropas dižskābarža pavairošanai ar spraudēniem mežā jāturpina veikt pētījumus Faktiski visi pieejamie literatūra avoti, kas saistīti ar Eiropas dižskābarža (*Fagus sylvatica* L.) pavairošanu ar spraudēniem ir publicēti no Eiropas zinātniskajiem institūtiem. ASV literatūras avoti sniedz informāciju tikai par spraudēnu apsakņošanu Amerikas dižskābardim (*Fagus grandifolia* Ehrh.) (Bārns, 2003; Simpsons, 2005).

Jurásek (1990a,b) pētījumā risināja apsakņošanās problēmas, piemēram, spraudēnu vākšanu, stimulatoru izmantošanu, mikroklīmu, pavairošanas iekārtas un daudzus citus aspektus. Tāpat uzmanību pievērta sarežģītībām saistībā ar dižskābarža spraudēnu apsakņošanu. Kļuva iespējams lielos apjomos ražot apsakņotus spraudēnus stādaudzētavās, sniedzot iespēju veikt plašākas ilgtermiņa pārbaudes, kas sekmēja šo augu populācijas pieaugumu.

Dati par sakņu augšanu dižskābarža spraudēniem piecus gadus pēc stādīšanas salīdzināti līdz pat veciem ģeneratīvas izcelsmes stādiem (Mauer and Palátová, 1996). Konstatēts, ka no apsakņotajiem spraudēniem iegūti perspektīvi stādi ar teicamām iespējām turpmākai attīstībai un visu dižskābarža audžu funkciju nodrošināšanai tāpat kā ģeneratīvas izcelsmes augiem.

Labas kvalitātes dižskābarža sēklu trūkums ir ļoti nozīmīga problēma, kas saistīta ar platlapju sugu īpatsvara pieaugumu meža ekosistēmās. Šo iemeslu dēļ ir nepieciešams detalizētāk pārbaudīt iespējas izmantot apsakņotus dižskābarža spraudēnus meža ekosistēmu atražošanai. Sakarā ar pašreizējo tendenci, steidzami nepieciešams augstas kvalitātes platlapju sugu stādāmais materiāls, ko var izmantot, lai ierīkotu perspektīvus stādījumus ar mazāku augu skaitu uz platības vienību. Pētījumu gaitā ir unikāla iespēja pārbaudīt šo augu lietojamību meža atražošanai un meža labiekārtošanai ekosistēmas stabilitātei.

Spraudēnu sagatavošana (<https://www.torontomastergardeners.ca/askagardener/rooting-beech-tree/>):

- izmantojot tīras un asas grieznes, no zara gala jānoņem 15 līdz 25 cm garš nogrieznis no zara, kas nav vecākas par gadu. Vislabāk šie darbi veicami rudens periodā;
- jānoņem apakšējās lapas un iemērc nogriezto galu ūdens traukā. Kamēr zars mērcējas, jāgatavo kūdras un koksnes komposta maisījums;
- nogriezto zara galu jāiemērc sakņu hormonā un jāievieto sagatavotajā kūdras-komposta maisījumā;
- jāsamitrina sagatavotais kūdras-komposta maisījums un koksainais spraudenis, kas jāpārklāj ar caurspīdīgu plastmasas aizsargplēvi. Viss jānovieto gaišā vietā un jāturpina audzēt, līdz sāk attīstīties saknes un dīgt jaunas lapas;

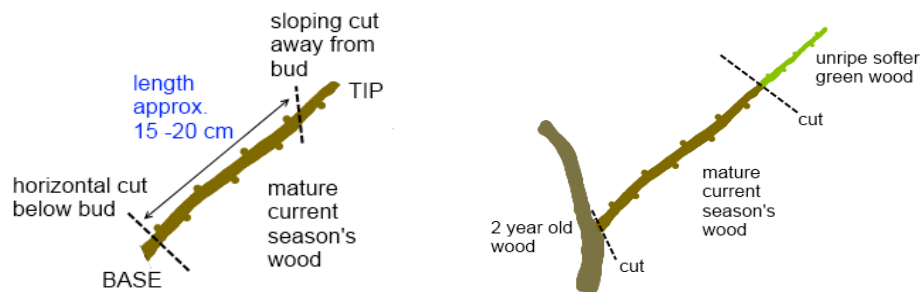
- kad spraudēni iesakņojušies, jānoņem plastmasas aizsargplēve un ziemas periodā jāturpina tos audzēt iekštelpās. Iestājoties pavasarim, spraudēni ir gatavi pārstādīšanai vēlamajā teritorijā (piemēram, plantācijā).

### Koksnaino spraudēņu sagatavošana

Tiek izvēlēti tikai veselīgi mātes koki. Pretējā gadījumā māteskoka slimības pāriet uz jaunajiem stādiem. Optimālākais laiks koksnaino spraudēņu ievākšanai ir no februāra līdz martam.

Avotā (<https://deepgreenpermaculture.com/diy-instructions/propagating-hardwood-cuttings/>) aprakstīts, kā pavairot augus no neaktīviem cietkoksnes spraudēņiem (1. attēls):

1. Izvēlieties piemērotus spraudēņus. Tos ievāc no kokiem miera periodā, kad nav lapu. Vislabākais laiks koksnaino spraudēņu ievākšanai ir, sākot no agra rudens līdz februārim, martam. Ieteicams izvēlēties 1-gadīgus spraudēņus, apmēram zīmuļa resnumā.
2. Sagriezti spraudēņus pēc izmēra. Koksnainajiem spraudēņiem jābūt daudz lielākiem, nekā lapainajiem spraudēņiem, jo tiem ir nepieciešamas koksnes rezerves, lai pakāpeniski attīstītu sakņu sistēmu:
  - veikt horizontālu griezumumu 6 mm ( $\frac{1}{4}$  collas) zem zemākā pumpura pie pamatnes;
  - atrod pumpuru aptuveni 15–20 cm (6–10 collu) attālumā no pamatnes augšējā griezumam;
  - veic slīpu griezumumu (virzienā no pumpura), 6 mm ( $\frac{1}{4}$  collas) virs augšējā pumpura.
3. Spraudēņu “ievainošana”. Sugas, kuras ir grūti iesakņot, nepieciešams “ievainot”, jo tas veicina sakņu veidošanos. Tas ietver papildu vieglu griezumumu veikšanu abās nogrieztā kāta pusēs pie pamatnes, lai atklātu vairāk kambiju. Var arī noņemt mizu pie spraudēņa pamatnes.
4. Apsakņošanās veicināšanai, iemērc spraudēņa pamatni sakņu hormonā (pēc izvēles). Spraudēņu apstrāde ar sakņu hormonu var palielināt sakņu augšanas stimulēšanas iespējas. Tas svarīgi augiem, kurus ir grūti apsakņot.
5. Sagatavo pavairošanas barotni un ievieto griezumumu substrātā. Spraudēņus var ievietot iepriekš sagatavotā tranšējā augsnē vai apsakņot mākslīgos apstākļos substrātā.



1. attēls Koksnaino spraudēņu sagatavošanas shēma

(<https://deepgreenpermaculture.com/diy-instructions/propagating-hardwood-cuttings/>)

Spraudēni joprojām var zaudēt mitrumu un izzūt pat bez lapām, tāpēc jācenšas pēc iespējas vairāk spraudēņu novietot zem substrāta vai augsnes virsmas, vienlaikus ļaujot 3 augšējiem pumpuriem atrasties virs tā līmeņa. To panāk, atstājot  $\frac{1}{4}$  līdz  $\frac{1}{3}$  no spraudēņa garuma virs substrāta vai augsnes.

### **Stādu audzēšana soli pa solim**

Stādu audzēšana aizņem samērā daudz laika, taču rezultāts ne vienmēr ir veiksmīgs. Delfi.lv “Māja un dārzs” apkopojā ārvalstu specializēto mediju ieteikumus, kā pareizi, soli pa solim, izaudzēt stādu no mazas sēklas (<https://www.delfi.lv/life/56017216/majas/38278655/stadu-audzšana-soli-pa-solim>):

1. Stādam paredzēto augsnes maisījumu ber spainī un aplej ar ūdeni, taču jāseko tam, lai augsne nebūtu pārmitrināta. Stādu kastes nodalījumus jeb šūnas piepilda ar mitru zemi, kurās ieliek līdz divām sēklām. Tās pārber ar augsnes maisījumu. Lai saglabātu vienmērīgu mitrumu kastē, tā jānoklāj ar plastmasas vāku vai plēvi. Kastī novieto siltā vietā (20–22°C). Pēc nedēļas var novērot, kā attīstās jaunie dīgli.
2. Kad redzami pirmie augļa dīgli, plēve nekavējoties jānoņem un kaste jānovieto dienas lampas gaismā (10–12 cm attālumā). Šādi dīgli jāizgaismo ik dienas līdz pat 14(16) stundām. Augsni šajā laikā bieži jāmitrina – ūdens jālej tik daudz, lai dīglis nenovīst, taču jāseko arī tam, lai augsne nesāk pelēt no pārlietu liela mitruma.
3. Jaunajiem stādiem ir divas apaļas lapas, kas liecina par īsto auga lapu augšanu. Kad kastes nodalījumos ir izauguši abi stādi, vājāko no tiem izņem. Tas jā dara uzmanīgi, nogriežot līdz augsnei, nevis izraujot ar sakni. Katrā šūnā paliek tikai viens stāds. Augsni bagātina ar atšķaidītu komposta “tēju”.
4. Stādiem augot arvien lielākiem, jāuzmana, lai dienas lampa tiem neatrastos pārāk tuvu. Blakus kastei ar stādiem var novietot nelielu ventilatoru, kas nodrošinātu pastāvīgu gaisa cirkulāciju un oglekļa dioksīda pieplūdumu, kas stādus padara spēcīgākus. Šajā laika stādi retāk, taču bagātīgāk jālaista. Jācenšas apliet tieši stāda sakne. Reizi nedēļā jāturpina augsni bagātināt ar atšķaidītu komposta “tēju”.
5. Pēc piecām nedēļām var sākt stādu pārstādīšanu lielākos traukos jeb podiņos. Vispirms podiņa apakšā ieber augsnes maisījumu, kam seko uzmanīga stāda izcelšana no šūnas ar visu augsni un jāieliek jaunajā podā. Augsnes mēslojumu pieber podiņa brīvajās vietās.
6. Pēc 6 līdz 7 nedēļām stādu var sākt gatavot pārstādīšanai laukā vai siltumnīcā. Pirms tam stādu vēlams iznest ārā, lai tas pakāpeniski adaptējas lauka apstākļiem – aprod ar saules gaismu, gaisu un temperatūras izmaiņām. Kad zeme un gaiss iesīlušī līdz 15–16°C, stādu var atstāt ārā visas dienas garumā, tomēr, ja temperatūra pazeminās līdz 6°C, stādu vēlams nest atpakaļ iekštelpās.

### **Spraudeņu apsākņošana**

Spraudeņu apsākņošanas veicināšanai ieteicams lietot augšanas stimulatorus, piemēram, lignosilīciju, sviestskābi. Spraudeņu pamatni iegremdē augšanas stimulatorā (piemēram, β-indolilsviestskābes šķīdumā 25 mg/L) apmēram 2 cm dziļi, lai stimulētu sakņu augšanu, un vidēji 12 stundas tur šķīdumā. Var lietot arī pulverveida apsākņošanās līdzekļus, ar kuriem apstrādā spraudeņa apakšējā griezuma vietu (sviestskābes un talka maisījums) vai izkaisa, apmēram 3–4 gramus uz spraudeņiem (lignosilīcijs, mikorizas preparāti).

Spraudeņus izstāda vai nu īpaši sagatavotās dobēs vai atbilstošos apstākļos miglas siltumnīcā, vai lecektīs. Audzēšanai izmanto kūdras un perlīta maisījumu (apmēram 10:1 attiecībā, virspusi noklāj ar plānu perlīta kārtiņu, lai pasargātu substrātu no sakaršanas saulē) vai 2-slāņu substrātu, kur apakšējā kārtā ir auglīgs substrāts ar neitrālu pH, bet virskārtā smilts.

Spraudeņus stāda 2 cm dziļi un uztur optimālu gaisa un substrāta mitrumu. Gan stādīšanas, gan audzēšanas laikā substrātām jābūt mitram, bet ne tik slapjam, ka var izspiest ūdeni.

Gaisu un lapas bieži mitrina ar ūdeni, uzmana substrāta mitrumu. Lai uzturētu augstu gaisa mitrumu, nepieciešams apsakņošanu veikt īpaši apriņķotās siltumnīcās (miglas siltumnīcas) vai lecektīs. Nedrīkst augsni iežāvēt vai pārļautīt, pretējā gadījumā apakšējā daļa sāks pūt, un sakņu veidošanās process apstāsies. Ūdenim jāveic atkaļķošana vai skābināšana, lai neveidotos kaļķa nogulsnes miglas sprauslās un uz spraudeņu lapām. Tāpat spraudeņi jāsaugā no tiešiem saules stariem.

Spraudeņu sakņu veidošanās process ilgst līdz pat 6 nedēļām. Nepieciešams uzturēt temperatūru: substrātā optimāli dienā un naktī no +25 līdz +30°C, gaisa temperatūra var svārstīties no +20 (naktī, agri no rīta) līdz +30°C (pēcpusdienā). Karstākajās dienās gaisa temperatūra plēves siltumnīcā mēdz sasniegt pat +35°C, arī izmantojot ēnošanas tīklu. Spraudeņiem šādā temperatūrā neparādās nekādi augšanas traucējumi (augšanas stress), ja tiek nodrošināts pietiekami augsts gaisa mitrums. Bez ēnošanas karstās dienās siltumnīcā temperatūra kāpj ļoti strauji, to var apturēt, laistot ar aukstu ūdeni siltumnīcas grīdu un sienas.

Ja spraudeņi sākotnēji stādīti kasetēs, tad pēc 6 nedēļām tos pārstāda lielākos podos vai dobēs. Lielus kallusus bez saknēm vēlreiz apstrādā ar sviestskābi. Podos vai dobēs stādi tiek atstāti līdz nākamajam pavasarim, ziemā tos viegli piesedzot. Šajā laikā viņi gūst spēku veidot augstvērtīgu sakņu sistēmu. Pārziemojušus stādus piebaro, ar apmēram 2,2 g superfosfāta uz 1 kvadrātmetru. Piebarošanu veic 2 līdz 3 reizes visas sezonas laikā.

### **Kailsakņu stādu audzēšana**

Audzējot kailsakņus, pastāv divi pavairošanas veidi: ģeneratīvais (ar sēklām) un veģetatīvais (ar spraudeņiem, noliekšņiem un meristēmām). Dižskābarža stādus audzē ar seklām, koksnainajiem spraudeņiem un ar mikropavairošanas metodi.

Stratificētos dižskābarža riekstus sēj pavasarī. Pavasara sējas termiņi atkarīgi no laikapstākļiem un augsnes sagatavošanas iespējām. Nedrīkst sēt pārāk agri, jo slikta aerācija un mitrums, kā arī zema temperatūra dīgšanu aizkavē un sēklas var sākt bojāties vai pat vispār aiziet bojā. Pārāk vēla sēja, savukārt, var izraisīt mitruma trūkumu un ar to saistīto dīgšanas aizkavēšanos. Vēlu sēto sēklu dīgsti vairāk cieš no sakņu kakla apdegumiem, jo, iestājoties karstam laikam, nav paspējuši pietiekami izaugt. Saistīgas smilts augsnēs sēju uzsāk aprīļa beigās, vēlākais – maija sākumā.

Izsējas normas nosaka visizdevīgāko sēklu daudzumu uz 1 metru, kas nodrošina vislielāko standartam atbilstošu sējeņu iznākumu. Kokaudzētavās sēj tikai pirmās šķiras sēklas, jo sējeņu un stādu iznākums no zemāku šķiru sēklām ir mazāks, darba ieguldījums – lielāks. Katrai sugai izsējas normu aprēķina pēc 3. formulas:

$$N = (D \times B \times 10) / (T \times k \times t), \text{ kur} \quad (3)$$

N – izsējas norma, g/m;

D – optimālais sējeņu skaits, gab./m;

B – 1000 sēklu masa, g;

T – sēklu tehniskā dīgtspēja, %;

t – sēklu tīrība, %;

k – labojuma koeficients sēklu dīgtspējai augsnē.

Izsējas norma dižskābarža riekstiem, ozolam – 85 g/m. Sēklu iestrādes dziļums dižskābarža riekstiem, kā arī ozolzīlēm 5 līdz 8 cm.

Dižskābarža rieksti tiek sēti laukā pavasarī un audzēti kā sējeņi divus gadus un kā jau divgadīgi sējeņi pārskoloti rudenī vai nākamā gada pavasarī. Stādu stadijā tiek audzēti 2 līdz 3 gadi. Realizēti tiek gan kā divgadīgi sējeņi, gan kā stādi dažādās stādu vecumu stadijās atkarībā no pieprasījuma.

### **Kailsakņu stādu ar uzlaboto sakņu sistēmu audzēšana**

Lai izveidotu kompaktu sakņu kamolu, kailsakņu stādu audzēšanai izmanto kasetes. Kad stādiem izveidojusies laba sakņu sistēma, tos izstāda, jeb pārskolo uz lauka. Pārskološana norisinās no jūlija vidus līdz oktobra sākumam. Uz lauka stādi tiek audzēti nākamā sezonu un nākamā gada rudenī ir gatavi turpmākajai realizācijai.

Salīdzinot ar kailsakņu stādu audzēšanu, šai audzēšanas metodei priekšrocība ir salīdzinoši zemākas izmaksas un augstvērtīgu augu iegūšana. Pārskolotie augi neizjūt spēcīgu pārstādīšanas stresu un strauji iesakņojas. Audzējot kailsakņu stādus, stādīšanas un tirdzniecības laiks ir ļoti ierobežots, tāpēc daudzas kokaudzētavas arvien vairāk praktizē stādu audzēšanu konteineros (tiek sagatavoti konteinerstādi). Šī metode, salīdzinājumā ar kailsakņu stādu audzēšanu, sākotnēji prasa lielākus finansiālos ieguldījumus. Augus konteineros parasti audzē priedei, eglei, bērzam melnalksnim, retāk liepai un ozolam, dižskābardim. Stādus konteineros var audzēt gan no sēklām, gan no spraudeņiem. Kasetes piepilda ar substrātu (mitrums ne augstāks par 55–60%), kurā iesēj vēlamās sugas sēklas, virsējais slānis tiek pārklāts ar mulču un apliets. Parasti tas notiek ar speciālu podojamo mašīnu vai automatizētu pildīšanas sēšanas līniju palīdzību.

Pamatā sēklas tiek diedzētas siltumnīcās un pēc sadīgšanas stādi audzēti speciāli ierīkotos lauka poligonos kokaudzētavas teritorijā. Siltumnīcās normālos apstākļos sēj 2 līdz 3 aprites gadā atkarībā no paredzētajiem audzēšanas apjomiem.

Pēc iesēšanas kasetes tiek turētas uz speciāliem paliktņiem aptuveni 20 cm augstumā no zemes, kas nodrošina vienmērīgu gaisa cirkulāciju un sakņu “gaisa atzarošana”. Ietvarstādi ir gatavi realizācijai pēc 1 vai 2 augšanas gadiem, atkarībā no pieprasījuma un sēšanas aprites termiņa.

Ja kasetēs paredzēts spraut spraudeņus, tās tiek iepildītas tikai ar substrātu, kas sajaukts ar perlītu. Spraudeņu spraušanu parasti veic no marta līdz augustam. Speciālā substrāta sagatavošanai, kuru izmanto stādu diedzēšanai kasetēs, vēlams izmantot kūdru ar sadalīšanās pakāpi 2-H3 pēc Posta skalas. Ar mazāku vai ar lielāku sadalīšanās pakāpi kūdra nav tik noderīga kvalitatīvu stādu izaudzēšanai kasetēs. Apsakņošanu veic siltumnīcās ar vai bez apsildes. Kad stādi jau ir apsakņojušies, tos pārstāda no kasetēm lielākos podiņos un pārziemina siltumnīcās. Nākamajā pavasarī stādus izvieto laukā, un rudenī tie ir gatavi realizācijai.

Ietvarstādu galvenā priekšrocība ir neierobežotais stādīšanas laiks un to uzglabāšana saldētavās līdz jūnijai beigām, nodrošinot stādu vitalitāti.

### **Integrētā augu aizsardzība**

Slimību un kaitēkļu ierobežošana kokaudzētavās vispirms ir jānodrošina ar agrotehnikajiem pasākumiem. Tie nosaka, ka:

- stādījumiem jābūt tīriem no nezālēm, jo tās noņem stādiem barības vielas un aizēno saules gaismu;
- lai saknes saņemtu pietiekoši daudz gaisa, substrāts vai augsne ap augu nedrīkst būt pārāk sablīvēta, tai jābūt irdenai;

- siltumnīcās, poligonos un laukos jānodrošina brīva gaisa cirkulācija;
- brīvajām platībām (poligonu ceļi, ceļmalas, grāvji) jābūt izplautām, nezāles kalpo par starpsaimniekiem un to klātbūtne veicina slimību un kukaiņu izplatību, kā arī nomāc kulūraugu augšanu un izplata sēklas;
- laukus ieteicams regulāri kultivēt, frēzēt, lai ierobežotu nezāļu izplatību;
- audzēšanas gaitā nedrīkst pieļaut stādu iekalšanu (parādās dzeltējošas skujas vai lapas), tāpat nedrīkst pārliet. Iekalšana rada papildus stresu un samazina vitalitāti, bet pārlišana palielina iespēju izplatīties dažādām puvi izraisošām slimībām.

Profilaktiskie pasākumi kokaudzētavās un to apkārtnē tiek veikti, lai pasargātu stādus no bīstamu slimību ierosinātājiem un kaitēkļiem, kā arī samazinātu to izplatīšanās iespējamību. Sēņu infekciju izplatību kokaudzētavās samazina, iznīcinot saslimušos stādus un ražošanā neizmantojamus materiālus, kuri var veicināt slimību izraisītāju attīstību vai saglabāšanos. Bojātos stādus nekavējoši sadedzina speciāli ierīkotās vietās, kompostē vai izved ārpus kokaudzētavas teritorijas, kur tos pārklāj ar augsnes kārtu. Kompostētā augsne turpmākai lietošanai kā stādu substrāts nav izmantojama, jo bieži starp izbrāķētajiem stādiem atrodas ar sakņu puvi inficējusies stādi, kas ar kompostēšanu nav iznīcināma. Ja kādā laukā konstatētas slimības, kuras izplatās augsnē, nav pieļaujama augsnes pārvešana uz citu kokaudzētavas lauku.

Dižskābaržu audzēšanā nozīmīgākās ir mizas slimības *Neonectria*, *Cryptococcus fagisuga* (Myers et al., 2023).

## Literatūra

1. Available as an electronic, downloadable, printable PDF copy only. ISBN: 978-3-906549-02-6. Price 199.00 CHF. URL: <http://www.treeseedhandbook.info/>
2. Al-Ansari F., Ksiksi T. (2016). A quantitative assessment of germination parameters: the case of *Crotalaria persica* and *Tephrosia apollinea*. *The Open Ecology Journal*, 9: 13–21. <https://doi.org/10.2174/1874213001609010013>
3. Barthe P., Garello G., Bianco-Trinchant J., le Page-Degivry M.T. (2000). Oxygen availability and ABA metabolism in *Fagus sylvatica* seeds. *Plant Growth Regul*, 30(2): 185–191. <https://doi.org/10.1023/a:1006327532275>
4. Baumhauer H., Madsen P., Stanturf J. (2005). Regeneration by direct seeding – a way to reduce costs of conversion. In: Stanturf J., Madsen P. (Eds.) *Restoration of Boreal and Temperate Forests*. Florida: CRC Press, Boca Raton, p. 349–354.
5. Bezdeckova L., Prochazkova Z., Matejka K. (2014). Practical implications of inconsistent germination and viability results in testing stored *Fagus sylvatica* seeds. *Dendrobiology*, 71: 35–47. <https://doi.org/10.12657/denbio.071.004>
6. Bezdeckova L., Reznickova J. (2013). Harvest, storage and pre-sowing treatment of *Fagus sylvatica* seeds Certifikovaná metodika. *Lesnický průvodce*. <https://doi.org/10.12657/denbio.071.004>
7. Bezdeckova L., Reznickova J. (2013) Harvest, storage and pre-sowing treatment of *Fagus sylvatica* seeds Certifikovaná metodika. *Lesnický průvodce*.
8. Bezděčková L., Procházková Z., Matějka K. (2013). Practical implications of inconsistent germination and viability results in testing stored *Fagus sylvatica* seeds. *Dendrobiology*, 71: 35–47. <https://10.12657/denbio.071.004>
9. Bonner F.T., Leak W.B. (2008). Fagaceae – Beech family. *Fagus L.* beech. In: *The Woody Plant Seed Manual*. In: Bonner F.T., Karrfalt R.P. (Ed.), Nisley R.G. (editorial coordinator) United States Department of Agriculture, Forest Service, *Agriculture Handbook No. 727*. Washington: USDA Forest Service, p. 520–524.
10. Corbineau F., Xia Q., Bailly C., El-Maarouf-Bouteau H. (2014). Ethylene, a key factor in the regulation of seed dormancy. *Front Plant Sci* 5. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00539>
11. Dreimanis A. (2005). *Mežsaimniecības vēsturiskā mantojuma zinātniska izpēte un izvērtējums Šķēdes mežu novadā*. Atskaite. Jelgava: 87 lpp.
12. Dreimanis A. (2006). *Dižskābaržu audžu ražība Šķēdes mežu novadā* [Productivity of European beech stands in Skede forest district]. *LLU Raksti*, 16(311): 97–100 (in Latvian).
13. Drvodelic D., Orsanic M., Paulic V., Rozman M. (2011). Morphological-biological properties of fruit and seed of beech (*Fagus sylvatica* L.) growing at different altitudes. *Glasnik za mšumske pokuse*, 44: 1–18.
14. Eliasova K., Pesek B., Vondrakova Z. (2015). Storage compounds, ABA and fumarase in *Fagus sylvatica* embryos during stratification. *Dendrobiology*, 74: 25–33. <https://doi.org/10.12657/denbio.074.003>
15. Eliášová K., Pešek B., Vondráková Z. (2020). Dormancy breaking linked with the changes of endogenous ABA, storage compounds and fumarase activity in beechnuts. Institute of Experimental Botany v.v.i. Academy of the Czech Republic. Available online at: [https://www.researchgate.net/publication/270879650\\_Dormancy\\_breaking\\_linked\\_with\\_the\\_changes\\_of\\_endogenous\\_ABA\\_storage\\_compounds\\_and\\_fumarase\\_activity\\_in\\_beechnuts](https://www.researchgate.net/publication/270879650_Dormancy_breaking_linked_with_the_changes_of_endogenous_ABA_storage_compounds_and_fumarase_activity_in_beechnuts) (accessed 14.11.2023.).

16. Elisovetcaia D., Shubina V., Ivanova R. (2020). Effect of stratification on seeds germination and seedling growth of *Fagus sylvatica* L. In: Proceedings of the XI International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2020", p. 1068–1074.
17. Finkelstein R., Reeves W., Ariizumi T., Steber C. (2008). Molecular aspects of seed dormancy. *Annu Rev Plant Biol*, 59: 387–415. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092740>
18. Gömöry D., Paule L., Longauer R. (2010). European beech (*Fagus sylvatica* L.) genetic resources in Slovakia. *Communicationes Instituti Forestalis Bohemicae*, 25: 220–224.
19. Gosling P. (2007). Practice Guide. Raising trees and shrubs from seed. First published in 2007 by the Forestry Commission 231 Corstorphine Road, Edinburgh EH12 7AT. ISBN 978-0-85538-736-5, p. 28.
20. Gosling P.G. (1991). Beech nut storage: A review and practical interpretation of the scientific literature. *Forestry*, 64(1): 51–59.
21. Graeber K., Nakabayashi K., Miatton E., Leubner-Metzger G., Soppe W.J.J. (2012). Molecular mechanisms of seed dormancy. *Plant Cell Environ*, 35(10): 1769–1786.
22. Guidelines for the establishment and management of seed testing laboratories.
23. Hamilton L.S. (1955). Silvicultural characteristics of American beech. USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn., Beech Util. Ser. No. 13, 39 pp.
24. Handbook on Seed Sampling (2022), 3rd Edition.
25. Houston D.R. (1975). Beech bark disease: The aftermath forests are structured for a new outbreak. *J. For.* 73: 660–663.
26. ISTA (International Seed Testing Association) (2003). Working Sheets on Tetrazolium Testing.
27. ISTA (International Seed Testing Association) (2006). International Rules for Seed Testing, Edition 2006/1, Bassersdorf, Switzerland.
28. Jansone L. 2019. Eiropas dižskābarža (*Fagus sylvatica* L.) kokaudzū atjaunošanās un augšana Latvijā [Regeneration and growth of European beech (*Fagus sylvatica* L.) stands in Latvia]. Promocijas darba kopsavilkums. Salaspils: 45 lpp.
29. Jensen M. (2002). Seed vigour testing for predicting field seedling emergence in *Fagus sylvatica* L. *Dendrobiology*, 47: 47–54.
30. Kerkez I., Pavlovic S., Lucic A., Devetakovic J., Sijacic/Nikolic M., Popovic V. (2018). Different methods for beech seed quality testing. *Sustainable forestry. Collection*, 77/78: 1–10.
31. Kermode A.R. (2005). Role of abscisic acid in seed dormancy. *J Plant Growth Regul*, 24(4): 319–344. <https://doi.org/10.1007/s00344-005-0110-2>
32. Laiviņš M. (2010). Svešzemju platlapu sugu (*Fagus sylvatica*, *Quercus rubra*, *Juglans ailanthifolia*) augu sabiedrības Latvijā. *Latvijas Veģetācija*, 21: 41–71.
33. Latvijā audzējamu kultūraugu audzēšanas vadlīnijas – stādaudzētavās audzējamais meža stādāmais materiāls (egles, priedes, lapegles, lapu koki). (2015). 9. pielikums Zemkopības ministrijas 12.11.2015. rīkojumam Nr. 167, 39 lpp.
34. Lepper P., Pitzen H., Heyder J., Schmitt H.P. (1994). Influence of selected storage conditions on viability and metabolism of beech nuts. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 113(5): 302–318. <https://doi.org/10.1007/bf02936706>
35. Leugnerová G. (2007). *Fagus sylvatica* L. – European beech. Pieejams: <https://botany.cz/en/fagussylvatica/htt p://botany.cz/en/fagus-sylvatica/>



36. Liepiņš K. (2023). Dižskābaržu audzēšanas iespējas Latvijā. *AgroTops*, marts 2023, 68–70.
37. Löf M. (2000). Establishment and growth in seedlings of *Fagus sylvatica* and *Quercus robur*: influence of interference from herbaceous vegetation. *Can. J. For. Res.*, 30: 855–864.
38. Löf M., Bolte A., Welander T. (2005). Interacting effects of irradiance and water stress on dry weight and biomass partitioning in *Fagus sylvatica* seedlings. *Scand. J. For. Res.*, 20: 322–328.
39. Löf M., Thomsen A., Madsen P. (2004). Sowing and transplanting of broadleaves (*Fagus sylvatica* L., *Quercus robur* L., *Prunus avium* L. and *Crataegus monogyna* Jacq.) for afforestation of farmland. *For. Ecol. Manage.*, 188: 113–123.
40. Mangalis I. Meža sēklkopība.
41. Matisons R., Puriņa L., Adamovičs A., Robalte L., Jansons Ā. (2017). European beech in its northeasternmost stands in Europe: Varying climate-growth relationships among generations and diameter classes. *Dendrochronologia*, 45: 123–131. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2017.08.004>
42. Myers A.L., Storer A.J., Dickinson Y.L., Bal T.L. (2023). A Review of Propagation and Restoration Techniques for American Beech and Their Current and Future Application in Mitigation of Beech Bark Disease. *Sustainability*, 15: 7490. <https://doi.org/10.3390/su15097490>
43. Nambara E., Marion-Poll A. (2003). ABA action and interactions in seeds. *Trends Plant Sci*, 8(5): 213–217. [https://doi.org/10.1016/s1360-1385\(03\)00060-8](https://doi.org/10.1016/s1360-1385(03)00060-8)
44. Novotný P., Frýdl J. (2010). Current state of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) genetic resources conservation in the Czech Republic. *Communicationes Instituti Forestalis Bohemicae. Forestry and Game Management Research Institute Strnady*, 25: 78–87.
45. Pawłowski T.A. (2007). Proteomics of European beech (*Fagus sylvatica* L.) seed dormancy breaking: Influence of abscisic and gibberellic acids. *Proteomics*, 7: 2246–22.
46. Prochazkova Z., Bezdeckova L. (2008). Effects of moisture content, storage temperature and type of storage bag on the germination and viability of stored European beech (*Fagus sylvatica* L.) seeds. *J For Sci*, 54(7): 287–293.
47. Pukacka S., Ratajczak E. (2005). Production and scavenging of reactive oxygen species in *Fagus sylvatica* seeds during storage at varied temperature and humidity. *J Plant Physiol*, 162(8): 873–885. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2004.10.012>
48. Pukacka S., Ratajczak E. (2007). Age-related biochemical changes during storage of beech (*Fagus sylvatica* L.) seeds. *Seed Science Research*, 17: 45–53. <https://doi.org/10.1017/S0960258507629432>
49. Pukacka S., Hoffman S., Goslar J., Pukacki P.M., Woikiewicz E. (2003). Water and lipid relations in beech (*Fagus sylvatica* L.) seeds and its effect on storage behaviour. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1621(1): 48–56. [https://doi.org/10.1016/S0304-4165\(03\)00046-1](https://doi.org/10.1016/S0304-4165(03)00046-1)
50. Puriņa L., Neimane U., Džeriņa B., Jansons Ā. (2013). Eiropas dižskābarža (*Fagus sylvatica* L.) atjaunošanas ietekmējošie faktori. *Mežzinātne*, 27: 67–76.
51. Rajjou L., Debeaujon I. (2008). Seed longevity: survival and maintenance of high germination ability of dry seeds. *CR Biol*, 331(10): 796–805. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2008.07.021>
52. Ratajczak E., Kalemba E.M., Pukacka S. (2015). Age-related changes in protein metabolism of beech (*Fagus sylvatica* L.) seeds during alleviation of dormancy and in the early stage of germination. *Plant Physiol Biochem*, 94: 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2015.06.003>

53. Soltani A. (2003). Improvement of Seed Germination of *Fagus orientalis* Lipsky. Doctoral thesis. Umeå: Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Silvestria, 275.
54. Spethmann W. (1982). Propagation of deciduous trees by cuttings. I. Experiments with sycamore, ash, oak, beech, cherry, linden, birch. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 153(1/2): 13–24, ref. 48.
55. Sułkowska M., Gömöry D., Paule L. (2012). Genetic diversity of European beech in Poland estimated on the basis of isoenzyme analyses. Folia Forestalia Polonica, series A, 54(1): 48–55.
56. Tree & Shrub Species. Volume II. Bassersdorf, Switzerland.
57. Vandera K. (1957). Dižskabārža dabiskā atjaunošanās Latvijas PSR mežos [Natural regeneration of European beech in Latvian forests]. Latvijas Lauksaimniecības Akadēmijas Raksti, 7: 421–434.
58. Vandera K. (1960a). Dižskabārža sēkļu raža LLA Mācību un pētījumu mežsaimniecībā [Seed harvest of European beech in Research forests in Latvia]. Latvijas Lauksaimniecības Akadēmijas Raksti, 9: 511–525.
59. Vandera K. (1960b). Eiropas dižskabāržu (*Fagus sylvatica* L.) introdukcijas sākums un gaita Latvijas PSR [Beginning and process of European beech (*Fagus sylvatica* L.) introduction in Latvia]. Latvijas Lauksaimniecības Akadēmijas Raksti, 10: 503–512.
60. Verma P., Majee M. (2013). Seed germination and viability test in tetrazolium (TZ) assay. Bioprotocol, 3(17): e884. <https://doi.org/10.21769/BioProtoc.884>
61. Vondráková Z., Pešek B., Malbeck J., Bezděčková L., Vondrák T., Fischerová L., Eliášová K. (2019). Dormancy breaking in *Fagus sylvatica* seeds is linked to formation of abscisic acid-glucosyl ester. New Forests, 51: 671–688. <https://doi.org/10.1007/s11056-019-09751-8>
62. Wittig R. (1986). Acidification phenomena in beech (*Fagus sylvatica*) forests of Europe. Water, Air, and Soil Pollution, 31: 317–323.
63. Кречетова Н.В., Крестова О.Ф., Любич Е.С., Новосельцева А.И., Сбинов А.М., Шахалова Е.А. (1978). Справочник по лесосеменному делу. М.: Лесн. Пром-сть, 336 с.