

A/S “LATVIJAS VALSTS MEŽI” LVM SĒKLAS UN STĀDI

# MIKORIZAS NOZĪME KONTEINERSTĀDU VITALITĀTES NODROŠINĀŠANĀ

## P Ā R S K A T S

**IZPILDĪTĀJS:** Latvijas Valsts Mežzinātnes institūts “Silava”

**PROJEKTA VADĪTĀJS:** Tālis Gaitnieks, vadošais pētnieks, mežzinātņu doktors

---

*T.Gaitnieks*

2005.

## SATURS

	<i>Lpp.</i>
Ievads	3.
Literatūras apskats	3.
Metodika	5.
Rezultāti	8.
Secinājumi	32
Literatūra	34

## IEVADS

2004. gadā ietvarstādi sastādīja 25% no visiem A/S “Latvijas valsts meži” realizētajiem stādiem. Paredzams, ka turpmāko gadu laikā ietvarstādu īpatsvars palielināsies līdz 50%. Izmantojot intensīvās mēslošanas tehnoloģijas, iespējams izaudzēt lielus, no pircēja viedokļa ļoti “pievilcīgus” stādus. Taču lielas mēslojuma devas parasti nomāc sakņu sistēmas attīstību, un šādi stādi pēc izstādīšanas nespēs adaptēties meža vidē [23, 27]. Tāpēc sabalansēta stādu virszemes daļas un sakņu sistēmas attīstība ir viens no stādu vitalitātes rādītājiem. Turklāt, svarīgi ir, lai stādiem būtu ne tikai spēcīgi attīstītas laterālās saknes, bet arī sīksaknes – turklāt lai tās būtu mikorizētas (simbioze ar sēnēm). Mikorizētas saknītes nodrošina stādu apgādi ar minerālajām barības vielām pēc izstādīšanas mežā, bet no saknītes sēņu apvalka jeb mantijas augsnē atejošās hifas daudzkārt palielina sakņu uzsūcošo virsmu. Mikoriza veicina arī stādu aizsardzību pret patogēnajām sēnēm [23, 38, 50, 51]. Iepriekšminētais attiecas ne tikai uz ietvarstādiem, kas tiek audzēti kūdras substrātā - pēc daudzu autoru domām kūdra neveicina mikorizas sēņu attīstību [44], bet arī kailsakņiem.

Mūsu darba mērķis bija novērtēt skujkoku kailsakņu un ietvarstādu sakņu attīstību un mikorizāciju A/S “Latvijas valsts meži” LVM Sēklas un stādi kokaudzētavās, pārbaudīt mikorizas sēņu micēlija attīstību konteinerstādu audzēšanai paredzētajā kūdras substrātā, kā arī sadarbībā ar Bioloģijas institūta Augu minerālās barošanās laboratoriju analizēt minerālo barības elementu ietekmi uz konteinerstādu sakņu sistēmas attīstību.

## LITERATŪRAS APSKATS

Sakņu mikorizācija ir būtisks stādu kvalitātes rādītājs, tāpēc svarīgi ir analizēt mikorizu ietekmējošos faktoros. Zviedrijā veiktajos pētījumos konstatēts, ka 3 mēnešus veciem priežu konteinerstādiem ir mikorizēts  $9\pm 2\%$  īssaknīšu (mēslojums Superba S). Savukārt 12 mēnešus veciem konteinerstādiem mikorizēts ir  $45\pm 4\%$  saknīšu priedei un  $65\pm 6\%$  saknīšu eglei. Jāatzīmē, ka šajā eksperimentā ir izmantotas 50 ml kasetes (Kopparfors, Zviedrija) [6]. Citā pētījumā, veicot priežu stādu mākslīgo mikorizāciju, atzīmēts, ka 1 gadīgiem konteinerstādiem ir mikorizēts 10-40% sakņu [43]. Somijā, apsekojot 49 kokaudzētavas, atzīmēts, ka 1-gadīgu konteinerstādu mikorizācija bija 54%. Pārbaudot dažādu mikorizas sēņu *Amanita muscaria*, *Lactarius rufus* un *Suillus variegatus* ietekmi, konstatēts, ka kokaudzētavā mikorizēti priežu stādi ir mazāki nekā kontroles stādi, tomēr pēc izstādīšanas mežā pēc 2,5 gadiem mikorizētie stādi, novērtējot augstuma pieaugumu, “apsteidza” nemikorizētos.

Vislielāko augstuma pieaugumu uzrādīja stādi, kas bija inficēti ar *A. muscaria*, pēc tam *L. rufus* un *S. variegatus*. Turklāt pirms izstādīšanas šo sēņu sugu īpatsvars (stādiem) bija tikai 5-15% [41]. Arī citu autoru darbos atzīmēts, ka mikorizētie stādi var būt mazāki, salīdzinot ar nemikorizētiem, jo sintezētos ogļhidrātus izmanto mikorizas sēnes [32]. Konstatēts, ka *Laccaria laccata*, *Hebeloma crustuliniforme* un *S. variegatus* samazina priežu sējeņu pieaugumu [37]. Citos pētījumos atzīmēts, ka mikorizācijas procentam jābūt vairāk kā 50% un tikai tad var gaidīt pozitīvu ietekmi uz stādu pieaugumu [40].

Neraugoties uz iepriekšminēto, autori secina, ka mikorizai ir būtiska nozīme stādu minerālās barošanās procesā – salīdzinot mikorizētus un nemikorizētus stādus, mikorizētos stādos konstatēts lielāks daudzums N, P un K [9]. Konstatēts, ka stādu mikorizācija ar *Paxillus involutus* palielina P, Ca, Mg un K saturu egļu un bērzu stādos [1].

Atzīmēts, ka egļu sējeņu mikorizācija ar *H. crustuliniforme* un *L. bicolorata* palielina N un P koncentrāciju, bet samazina Mn koncentrāciju. Autori secina, ka mikorizācija palielina biomasu, bet samazina sakņu / virszemes daļu attiecību [5].

Runājot par faktoriem, kas ietekmē mikorizu, visvairāk ir analizēts slāpekļis. Atzīmēts, ka N palielina egļu sējeņu biomasu, bet samazina sakņu / virszemes daļu attiecību. turklāt samazinās arī īssaknīšu skaits un mikorizācijas pakāpe [5, 24]. Līdzīgi secinājumi tikai attiecībā gan uz egļu, gan priežu stādiem (biomasas palielināšanās, bet mikorizācijas un sakņu/virszemes daļas attiecības samazināšanās N mēslojuma ietekmē) sastopami arī citos darbos [41.47]. Konstatēta korelācija starp N saturu skujās un mikorizu sastopamību  $r^2=0,73$ . Taču minētajā darbā nav konstatēta korelācija starp N saturu saknēs un mikorizāciju [2]. Šajā darbā atzīmēts arī, ka N samazina mikorizu ārējo micēliju, taču ārējā micēlija nozīmi barības vielu uzņemšanā savukārt uzsver citi autori [5]. Arī zviedru zinātnieku darbos konstatēts, ka sakņu mikorizācijas procents samazinās ( $r=0,82$ ), ja palielinās N saturs [11]. Dati liecina, ka N saturs skujās (zemākā vērtība 1,88 ... 2,04) limitē mikorizas attīstību [8, 13, 33], kā arī samazina īssaknīšu skaitu [3]. Pierādīta arī N ietekme uz dažādu mikorizas tipu sastopamību [3, 26].

Kā otrs mikorizu visvairāk ietekmējošais faktors tiek minēts augsnes pH. Laboratorijas apstākļos analizējot priedes sējeņu mikorizāciju, konstatēts, ka mikorizēto saknīšu % pieaug no 70 līdz 100, ja pH izmainās no 4-5 [10]. Secināts, ka vairums ektomikorizas sēņu laboratorijas apstākļos attīstās pie pH 3-5. Tomēr autori atzīmē, ka sēņu micēlija attīstība substrātā atšķiras no micēlija attīstības uz agara Petri platēs [49]. Analizējot *Piloderma croceum* attīstību, konstatēts, ka laboratorijas apstākļos sēnes var augt 2-5 × sliktāk nekā, ja sēnes attīstība tiek analizēta simbiozē ar kokaugiem, turklāt šajā gadījumā sēne var augt pie

daudz augstāka pH (7,3) [12]. Tātad, lai nodrošinātu mikorizas sēnes micēlija attīstību pie dažādām pH vērtībām, nepieciešams analizēt micēlija attīstību konkrētā substrātā.

## METODIKA

Darbā tika novērtēti egļu un priežu sējeņu (siltumnīcas un lauka sējeņi), kā arī konteinerstādu morfoloģiskie rādītāji un mikorizācija visās A/S “Latvijas valsts meži” LVM Sēklas un stādi kokaudzētavās (1. tabula).

1. tabula

### Empīriskā materiāla raksturojums

Kokaudzētava	Variants	Sēšanas laiks
Pope	egle_kailsakņi	03.05.2005
	egle_kailsakņi (siltumnīca)	14.04.2005
	priede_kailsakņi	11.05.2005
Mazsili	priede_kailsakņi	13.05.2005
	egle_sīkkonteineri	12.04.2005
	egle_konteineri	07.06.2005
	priede_konteineri	18.04.2005
Jelgava	egle_kailsakņi	24.05.2005
	egle_kailsakņi (siltumnīca)	16.04.2005
	priede_kailsakņi	24.05.2005
Valmiera	egle_kailsakņi	08.06.2005
	egle_kailsakņi (siltumnīca)	12.05.2005
Smiltene	egle_kailsakņi	23.05.2005
	egle_kailsakņi (siltumnīca)	26.05.2005
	priede_kailsakņi	24.05.2005
Strenči	egle_kailsakņi	04.05.2005
	egle_kailsakņi (siltumnīca)	26.04.2005
	priede_kailsakņi	08.05.2005
	egle_sīkkonteineri	30.05.2005
	egle_konteineri	29.04.2005
	priede_konteineri	26.04.2005
Podiņi	egle_kailsakņi (siltumnīca)	10.05.2005
	priede_kailsakņi	26.05.2005
	egle_sīkkonteineri	02.05.2005
Pļaviņas	egle_kailsakņi	27.05.2005
	egle_kailsakņi (siltumnīca)	16.05.2005
	priede_kailsakņi	14.05.2005

Stādi tika randomizēti ievākti katrā kokaudzētavā 2× veģetācijas perioda laikā no 18.-20. jūlijam un 24.-26. oktobrī. Tika ievākti 30-40 stādi. Pēc tam no katra varianta tika izdalīti 12 vidējie stādi. Šāda metodika, analizējot 12 stādus, ir lietota Somijā [30] un Šveicē [5].

Zviedrijā veiktajos eksperimentos paraugkopas apjoms  $n=12$  [11, 43]. Literatūrā sastopamas norādes, ka mikorizācijas raksturošanai ir analizēti arī 4 un 5 stādi [43, 46]. Somijā veiktajā pētījumā stādi analizēti  $1 \times$  veģetācijas periodā [30]. Mēs uzskatījām, ka nepieciešami 2 atkārtojumi, lai varētu novērtēt sakņu attīstības dinamiku. Stādi laboratorijā tika mazgāti (materiāls uzglabāts aukstajā kamerā pie  $+4^{\circ}\text{C}$ ), pēc tam mikroskopēti, izmantojot stereomikroskopu Leica MZ-7,5 palielinājumā  $8-30\times$ . Katram stādam tika saskaitītas izņemot priežu konteinerstādus) mikorizētās un nemikorizētās saknītes. Aprēķināts mikorizēto saknīšu  $\% = \text{mikorizētās saknītes} / (\text{mikorizētās} + \text{nemikorizētās saknītes})$  [4, 43, 45]. Tika izdalītas arī mikorizas ar uzbiezinātu sēņu mantiju, bet priežu stādiem dalītās jeb dakšveida mikorizas [30, 4]. Tika aprēķināts mikorizu skaits uz 1 cm sakņu garuma [42]. un mikorizu relatīvā sastopamība  $= \text{mikorizu skaits} / \text{sakņu masa}$  [45].

Priežu konteinerstādiem mikorizas netika skaitītas, bet kā sakņu mikorizāciju raksturojošs parametrs tika izmantots sakņu galiņu skaits. Mikorizas tipu sastopamības raksturošanai mikorizu skaits tika izteikts ballēs no 1 ... 6. Mikorizu skaits:

1	< 10
2	10-50
3	50-250
4	250-500
5	500-750
6	> 750

Līdzīga metodika ir izmantota Vācijā un Austrijā [22, 48]. Lai raksturotu 1-gadīgu un 2-gadīgu stādu mikorizāciju, tika izmantota Zviedrijā izmantotā metodika: aprēķināts stādu skaits %, kuriem dominē noteikts mikorizas tips [7]. Šādos pētījumos mikorizas tipus parasti raksturo pēc krāsas, piemēram, baltās, dzeltenās, gaiši brūnās utt. [11, 7], jo mikorizu identifikācija līdz sugu līmenim ir ilgstošs un darbietilpīgs process, un ir tikai dažas mikorizas sugas, kurām vizuāli var diezgan droši noteikt taksonomisko piederību.

Lai novērtētu sakņu morfoloģiskos rādītājus, paraugi tika skenēti, izmantojot datorprogrammu Win RHIZO 2002 C (Regent instrument<sup>R</sup>) un kalibrētu skeneri STD-1600+. Skenēšana tika veikta ar 500 dpi izšķirtspēju (standarta 8 bit; pelēkie toņi (256)). Izdalītas 14 gradācijas klases (sakņu caurmēra salīdzināšanai): 0-0,1 mm; 0,1-0,2 mm; 0,2-0,3 mm; 0,3-0,4 mm; 0,4-0,5 mm; 0,5-0,6 mm; 0,6-0,8 mm; 0,8-1,0 mm; 1,0-1,2 mm; 1,2-1,6 mm; 1,6-1,8 mm; 1,8-2,2 mm; 2,2-2,6 mm un  $>2,6$  mm. Skenēto attēlu matemātiskā apstrāde veikta ar Win RHIZO 2002 C. Tālākai datu apstrādei tie eksportēti uz MS Excel, izmantojot XL RHIZO V2003a.

Pēc tam sakņu paraugi tika žāvēti 48 stundas pie  $70^{\circ}\text{C}$ . Žāvēšanas  $t^{\circ}$  un ilgums šādos pētījumos ir diezgan atšķirīgi. Piemēram, Šveicē veiktajos pētījumos stādu žāvēšana veikta

pie 60°C 3 diennaktis. Pēc žāvēšanas tika noteikta stādu virszemes daļas un sakņu masa, kā arī aprēķināta sakņu/virszemes daļas attiecība. Šis rādītājs ļoti plaši tiek izmantots, lai raksturotu dažādu faktoru ietekmi uz stādu attīstību [5, 30]. Sakņu masa, virszemes daļas masa tika noteikta ne tikai skenētājiem, bet arī visiem pārējiem ievāktajiem stādiem.

Lai raksturotu sēņu micēlija attīstību, izmantota Zviedrijā un Austrijā izmantotā metodika. Petri platē ar kūdras substrātu tiek pārnesti 5 agara gabaliņi – šim nolūkam izmantota stikla caurulīte Ø 4 mm, ar kuras palīdzību no sēnes kolonijas aktīvās augšanas zonas tiek izgriezts agara gabaliņš ar sēnes micēliju un pārnesti Petri platē ar kūdru. Iepriekš pārbaudot micēlija attīstību nesterilizētā un sterilizētā kūdrā (1 atmosfēra, 20 min.), mēs eksperimentiem izmantojām nesterilizētu kūdru, lai sēņu attīstība raksturotu konkrēto substrātu. Zviedrijā veiktajos eksperimentos, lai noteiktu sēnes micēlija attīstību pie dažādiem pH, Petri platē tika pārnesti 1 agara gabaliņš; atkārtojumu skaits n=3 [12]. Austrijā veiktajos eksperimentos Petri platēs tika pārbaudīti 5 agara gabaliņi [18]. Pēc 3 nedēļām (sēnes inkubētas termostatā pie 20°C ) tiek izmērīts sēnes kolonijas diametrs [20]. Šāda metodika, novērtējot micēlija attīstību ļauj novērtēt substrāta piemērotību stādu audzēšanai [16, 18, 21].

Tika pārbaudīta mikorizas sēņu *Paxillus involutus*, *Boletus edulis*, *Leccinum versipelle*, *Amanita muscaria*, *Suillus variegatus*, *Amanita pantherina*, *Cenococcum geophilum* micēlija attīstība.

Sēņu micēlijs tika iegūts laboratorijas apstākļos pēc vispārpieņemtas metodikas [4]. No sēņu auglķermeņiem tika iegūts audu gabaliņš un pārnesti Petri Platē ar agarizētu ½ MNN (Modified Melin Norkans) barotni, tāpēc šo eksperimentu bija iespējams veikt tikai rudenī, kad mežā bija izaugušas sēnes, kuras varēja salasīt.

Izmantotās barotnes sastāvs: KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> – 0,5g; (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> – 0,25g; MgSO<sub>4</sub>\*7H<sub>2</sub>O – 0,15 g; CaCl<sub>2</sub>\*2H<sub>2</sub>O – 0,05 g; NaCl – 0,025 g; FeCl<sub>3</sub>\*6H<sub>2</sub>O – 1,2 ml; tiamīns (HCl 0,1% šķīdumā) – 1 ml; glikoze – 1,25 g; iesala ekstrakts – 5 g; agars – 12 g; destilēts H<sub>2</sub>O – 1000 ml.

Lai raksturotu barības elementu ietekmi uz konteinerstādu sakņu attīstību, mikorizāciju raksturojošie parametri tika izvērtēti saistībā ar minerālās barības elementu saturu skujās un kūdras substrātā. Datu analīzei izmantota dispersijas analīze, pāru korelācijas analīze, t-kritērijs.

## REZULTĀTI

Novērtējot egļu kailsakņu morfoloģiskos rādītājus, redzam, ka veģetācijas perioda beigās sējeņu virszemes daļas masa augstāko vērtību uzrāda Popes kokaudzētavā –  $0,088 \pm 0,007$  g. (2. tab.) Dispersijas analīzes dati liecina, ka atšķirība starp analizētajiem variantiem ir augsti būtiska ( $P < 0,0001$ ). Salīdzinot virszemes daļas masas vērtības dažādās kokaudzētavās, konstatēts, ka nav būtisku atšķirību starp Strenču, Smiltenes un Popes kokaudzētavām. Sējeņu sakņu masa minētājis trīs kokaudzētavās uzrāda ļoti līdzīgas vērtības:  $0,035 \pm 0,0039$  –  $0,037 \pm 0,002$  g. Savukārt sakņu/virszemes daļas attiecība 2005. gada rudenī augstāko vērtību uzrāda Smiltenes kokaudzētavā:  $0,58 \pm 0,03$ . Atšķirība no Popes kokaudzētavas ir būtiska ( $P < 0,001$ ) Arī Strenču kokaudzētavā konstatētā sakņu/virszemes daļas attiecība:  $0,50 \pm 0,03$  ir lielāka kā Popes kokaudzētavā:  $0,42 \pm 0,04$ , tomēr 95% ticamības līmeni nav būtiska ( $P = 0,09$ ) Sakņu garums arī vislielāko vērtību uzrāda Popes kokaudzētavā ( $116 \pm 4$  cm). Salīdzinot ar Strenču kokaudzētavu ( $92 \pm 4$  cm) un Smiltenes kokaudzētavu ( $90 \pm 4$  cm), atšķirības ir būtiskas ( $P < 0,001$ ). Stādu vidējais sakņu tilpums Smiltenes kokaudzētavā ir  $0,127 \pm 0,007$  cm<sup>3</sup> un salīdzinot ar Strenču kokaudzētavu ( $0,116 \pm 0,005$  cm<sup>3</sup>) atšķirības nav būtiskas ( $P = 0,21$ ). Popes kokaudzētavā vidējais sējeņu sakņu tilpums ir  $0,103 \pm 0,06$  cm<sup>3</sup>. Salīdzinot ar Smiltenes kokaudzētavu, atšķirības ir būtiskas pie  $\alpha = 0,05$  ( $P = 0,02$ ).

2. tabula

Egļu kailsakņu (lauka sējeņi) vidējo morfoloģisko rādītāju salīdzinājums

Nr.	Variants	Vasara/ rudens	Virszemes daļas masa, g	Sakņu masa, g	Saknes/ virszem. daļa	Sakņu garums, cm	Sakņu tilpums, cm <sup>3</sup>
1	Jelgava	v	$0,011 \pm 0,001$	*	-	$9,5 \pm 0,7$	$0,015 \pm 0,002$
		r	$0,029 \pm 0,001$	$0,018 \pm 0,001$	$0,66 \pm 0,05$	$49 \pm 2$	$0,051 \pm 0,0013$
2	Pļaviņas	v	$0,013 \pm 0,001$	*	-	$16,6 \pm 2,4$	$0,024 \pm 0,003$
		r	$0,046 \pm 0,003$	$0,027 \pm 0,002$	$0,60 \pm 0,04$	$70 \pm 4$	$0,086 \pm 0,006$
3	Strenči	v	$0,017 \pm 0,001$	*	-	$32,9 \pm 9,3$	$0,049 \pm 0,014$
		r	$0,075 \pm 0,004$	$0,036 \pm 0,002$	$0,50 \pm 0,03$	$92 \pm 4$	$0,116 \pm 0,005$
4	Valmiera	v	$0,010 \pm 0,002$	*	-	$10,0 \pm 0,8$	$0,017 \pm 0,001$
		r	$0,039 \pm 0,003$	$0,025 \pm 0,002$	$0,66 \pm 0,04$	$53 \pm 2$	$0,07 \pm 0,004$
5	Pope	v	$0,023 \pm 0,001$	*	-	$33,1 \pm 1,5$	$0,04 \pm 0,003$
		r	$0,088 \pm 0,007$	$0,035 \pm 0,003$	$0,42 \pm 0,04$	$116 \pm 4$	$0,103 \pm 0,006$
6	Smiltene	v	$0,017 \pm 0,002$	$0,014 \pm 0,002$	-	$16,0 \pm 0,8$	$0,025 \pm 0,002$
		r	$0,066 \pm 0,004$	$0,037 \pm 0,002$	$0,58 \pm 0,03$	$90 \pm 4$	$0,127 \pm 0,007$

v – vasara, r – rudens, \* - sakņu masa  $< 0,01$ .



Salīdzinot iegūtos rezultātus ar jūlijā iegūtajiem datiem, secinām, ka virszemes daļas masa visvairāk palielinājusies Strenču kokaudzētavā. Savukārt lielākas sakņu garuma un tilpuma izmaiņas atzīmētas Smiltenes kokaudzētavā.

Novērtējot sējeņu mikorizācijas % (3. tab.), redzam, ka visās kokaudzētavās, izņemot Popi (šeit egļu sējeņi uz lauka auga kūdras substrātā), veģetācijas perioda beigās mikorizētu saknīšu % ir ļoti līdzīgs;  $93,7 \pm 1,4$  .....  $99,9 \pm 0,1$ %. Novērtējot mikorizu relatīvo sastopamību, redzam, ka Strenču kokaudzētavā tā ir augstāka ( $7025 \pm 682$ ), salīdzinot ar Valmieras kokaudzētavu ( $5769 \pm 634$ ), lai gan mikorizācijas pakāpe un mikorizu daudzums uz 1 cm lielākas vērtības uzrāda tieši Valmieras kokaudzētavā. Salīdzinot iegūtos datus ar jūlijā iegūtajiem datiem, secināts, ka attiecībā uz sakņu mikorizāciju vislielākās izmaiņas atzīmētas tieši Valmieras kokaudzētavā.

3. tabula

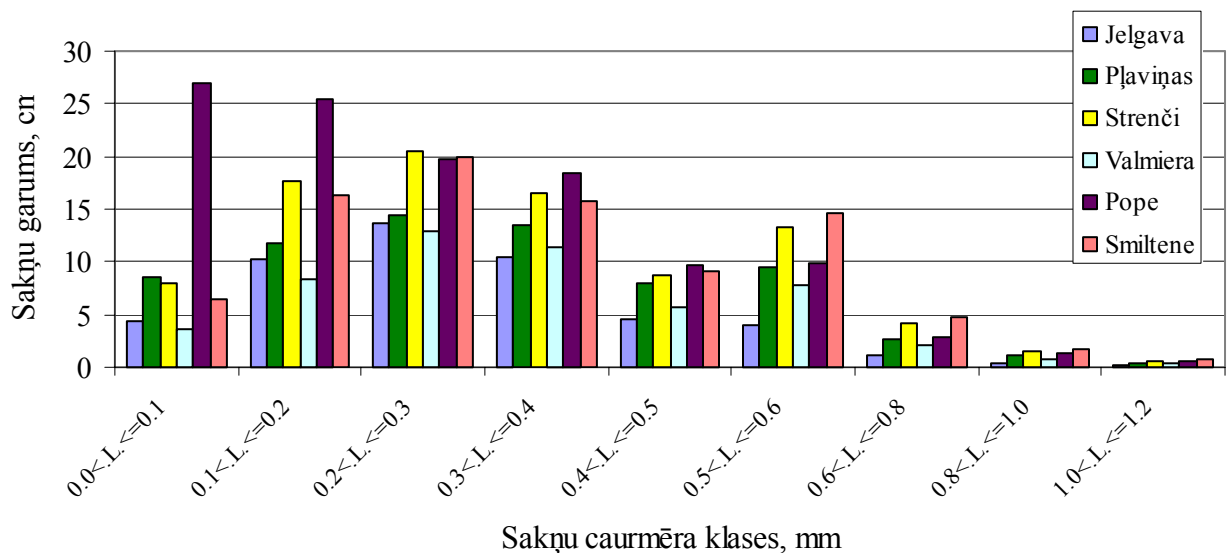
Egļu kailsakņu (lauka sējeņi) mikorizācijas pakāpes salīdzinājums.

Nr.	Kokaudzētava	Vasara/ rudens	Nemikorizētas saknītes, gab.	Mikorizētas saknītes, gab.	Mikori- zācija, %	Mikorizu daudzums uz 1 cm sakņu garuma	Mikorizu relatīvā sastopa- mība
1	Jelgava	v	$4 \pm 1$	$11 \pm 1$	73	1,2	1100
		r	0,2	$162 \pm 7$	$99,9 \pm 0,1$	$3,3 \pm 0,2$	11863
2	Pļaviņas	v	$15 \pm 1$	$14 \pm 3$	48	0,9	1402
		r	$10,2 \pm 2,0$	$158 \pm 10$	$93,7 \pm 0,4$	$2,4 \pm 0,2$	7412
3	Strenči	v	$6 \pm 2$	$60 \pm 4$	92	2,2	7380
		r	$8,9 \pm 1,5$	$217 \pm 17$	$95,8 \pm 0,8$	$2,4 \pm 0,1$	7025
4	Valmiera	v	$18,8 \pm 0,9$	$1,5 \pm 0,6$	7	0,2	150
		r	$2,2 \pm 0,8$	$160 \pm 12$	$98,6 \pm 0,5$	$2,8 \pm 0,2$	5769
5	Pope	v	$33 \pm 3$	$3 \pm 1$	8	0,1	300
		r	$108 \pm 13$	$68 \pm 5$	$40,7 \pm 4,5$	$0,6 \pm 0,1$	4729
6	Smiltene	v	$40 \pm 2$	$28 \pm 5$	41	1,8	2800
		r	$0,4 \pm 0,2$	$277 \pm 21$	$99,8 \pm 0,1$	$3,1 \pm 0,2$	7956

Lai novērtētu egļu kailsakņu morfoloģisko rādītāju izmaiņas saistībā ar sakņu mikorizāciju, tika analizēti dati par Jelgavas, Pļaviņu un Strenču kokaudzētavām (stādīšana veikta aptuveni vienā laikā). Augsta korelācija ( $r=0,96$  pie  $\alpha=0,01$ ,  $n=6$ ) atzīmēta starp virszemes daļas masu un mikorizu skaitu., taču korelācija starp mikorizāciju % un virszemes daļas masu statistiski būtiska ir tikai pie  $\alpha =0,1$  (pielietojamos pētījumos, šāda kļūda ir pieļaujama). Arī sakņu masa uzrāda ciešu korelāciju  $r=0,95$  pie  $\alpha =0,1$  ar mikorizēto saknīšu skaitu, bet korelācija starp sakņu masu un mikorizācijas % nav statistiski būtiska ( $r=0,71$ ). Mikorizēto īssaknīšu skaits Jelgavas kokaudzētavā ir  $162 \pm 7$ , bet Smiltenes kokaudzētavā -  $277 \pm 21$ . Salīdzinot augsnes pH 2005. gada rudenī, konstatēts, ka Jelgavas kokaudzētavā tas ir

5,88, bet Smiltenes kokaudzētavā – 5,04. Domājams, ka augstais pH arī ir stādu virszemes daļas masas un mikorizēto īssaknīšu skaita samazināšanās cēlonis.

Salīdzinot mikorizu morfoloģiskos rādītājus, konstatēts, ka Jelgavas kokaudzētavā dominē tumšas uzbiezinātas mikorizas, tomēr mikorizu mantija ir nevienmērīgi uzbiezināta (att.2.1.). Smiltenes kokaudzētavā atsevišķiem stādiem konstatētas gaiši brūnas mikorizas. Arī Pļaviņu kokaudzētavā, kur stādu virszemes daļas masa ( $0,046 \pm 0,003$  g) ir mazākā nekā Smiltenes kokaudzētavā ( $0,066 \pm 0,004$  g), konstatētas nevienmērīgi uzbiezinātas mikorizas, kā arī nemikorizētas īssaknītas. Pārsvārā Pļaviņu kokaudzētavā dominē gaišas mikorizas ar neuzbiezinātu sēņu mantiju. Izvērtējot sakņu sadalījumu dažādās caurmēra klasēs, redzam, ka caurmēra klasēs 0,2 – 0,4 mm visvairāk saknīšu raksturo Popes, Strenču un Smiltenes kokaudzētavu stādus. (1. attēls). Attiecībā uz Popes kokaudzētavu tas skaidrojams ar kūdras substrātu, kurā audzēti stādi.



1. attēls. Sakņu sadalījums dažādās caurmēra klasēs (egles kailsakņi rudenī).

Salīdzinot priežu kailsakņu morfoloģiskos rādītājus, konstatēts, ka Mazsilu, Podiņu, Strenču un Popes kokaudzētavās stādu virszemes daļas masa rudenī ir  $0,229 \pm 0,02 \dots 0,36 \pm 0,002$  g (4. tabula). No minētajām kokaudzētavām sakņu/virszemes daļas attiecība Mazsilu kokaudzētavā ir  $0,40 \pm 0,02$ , turpretī Podiņu, Strenču un Popes kokaudzētavās  $0,27 \pm 0,01 \dots 0,33 \pm 0,07$ . Sakņu garums augstāko vērtību uzrāda Mazsilu kokaudzētavā:  $234 \pm 8$  cm. Salīdzinot ar Podiņu kokaudzētavu ( $205 \pm 11$  cm), atšķirības 95% ticamības līmenī nav būtiskas ( $P=0,07$ ), bet, salīdzinot ar Popes kokaudzētavu ( $172 \pm 7$  cm), atšķirības ir būtiskas ( $P=0,02$ ). Arī sakņu tilpums Mazsilu kokaudzētavā ( $0,372 \pm 0,019$  cm<sup>3</sup>) ir lielāks, salīdzinot ar citām kokaudzētavām.

## 4. tabula

Priežu kailsakņu (lauka sējeņi) vidējo morfoloģisko rādītāju salīdzinājums. (n=12)

Nr.	Variants	Vasara/ rudens	Virszemes daļas masa, g	Sakņu masa, g	Saknes/ virsz. daļa	Sakņu garums, cm	Sakņu tilpums, cm <sup>3</sup>
1	Jelgava	v	0,029±0,001	*	-	27,4±0,8	0,032±0,001
		r	0,12±0,001	0,054±0,002	0,45±0,02	132±4	0,173±0,009
2	Mazsili	v	0,059±0,003	0,013±0,003	-	24,8±2,0	0,04±0,003
		r	0,36±0,002	0,140±0,009	0,40±0,02	232±8	0,372±0,019
3	Pļaviņas	v	0,023±0,001	*	-	18,5±1,2	0,024±0,001
		r	0,11±0,01	0,051±0,003	0,52±0,07	133±11	0,194±0,019
4	Podiņi	v	0,033±0,002	0,014±0,002	-	14,8±1,1	0,025±0,002
		r	0,34±0,02	0,112± 0,0009	0,33±0,07	205±11	0,311±0,014
5	Smiltene	v	0,024±0,001	*	-	18,6±0,9	0,034±0,001
		r	0,17±0,01	0,046±0,004	0,28±0,02	117±6	0,242±0,014
6	Strenči	v	0,044±0,003	0,014±0,001	-	51,8±3,0	0,073±0,004
		r	0,29±0,02	0,071±0,003	0,27±0,01	131±8	0,174±0,10
7	Pope	v	0,03±0,002	0,011±0,001	-	16,7±1,1	0,039±0,003
		r	0,29±0,02	0,093±0,008	0,32±0,01	172±7	0,33±0,015

v – vasara, r – rudens, \* - sakņu masa mazāka par 0,01 g.

Novērtējot priežu kailsakņu mikorizāciju (5. tabula), secināts, ka rudenī visās kokaudzētavās, izņemot Podiņu kokaudzētavu, stādu mikorizācijas procents ir 96±1...100%. Podiņu kokaudzētavā ir mikorizēti 60±8% īssaknīšu. Šeit atzīmēts arī vismazāk dalīto mikorizu. Iespējams, sliktā sējeņu mikorizācija saistīta ar zemo pH (rudeni paraugu izvērtēšanas laikā augsnes pH bija 3,29). Turpretī pH Popes kokaudzētavā ir 3,71, Mazsilu kokaudzētavā – 4,13, Smiltene kokaudzētavā – 4,81. Strenču un Jelgavas kokaudzētavās rudenī atzīmētas augstākas pH vērtības – attiecīgi 5,24 un 6,25.

Lai izvērtētu sējeņu morfoloģisko rādītāju saistību ar sakņu mikorizāciju, tika izvēlētas kokaudzētavas, kur sēšana tika veikta aptuveni vienā laikā – Jelgava, Podiņi, Smiltene. Korelācijas analīzes dati liecina, ka sējeņu virszemes daļas masa ir atkarīga no sakņu masas ( $r=0,98$ ,  $\alpha=0,01$ ,  $n=6$ ) un sakņu garuma ( $r=0,95$ ,  $\alpha=0,01$ ). Cieša korelācija atzīmēta arī starp virszemes daļas masu un gaišo mikorizu ar uzbiezinātu sēņu mantiju skaitu ( $r=0,98$ ,  $\alpha=0,01$ ). Arī citu autoru pētījumos atzīmēts, ka gaišās mikorizas ar uzbiezinātu sēņu mantiju ir “efektīvākas” stādu apgādē ar minerālajām barības vielām [14, 15, 50]. Starp sakņu masu un mikorizu skaitu atzīmēta ļoti cieša korelācija ( $r=0,92$ ,  $\alpha=0,01$ ). Korelācija netika konstatēta starp sējeņu morfoloģiskajiem rādītājiem un dakšveida (dalīto) mikorizu skaitu. Arī Somijā veiktajos pētījumos secināts, ka tikai dalīto mikorizu īpatsvars nevar tikt izmantots mikorizācijas raksturošanai [30].

5. tabula

## Priežu kailsakņi – mikorizācija

Nr.	Kokaudzētava	Vasara/ rudens	Nemikorizētas īssaknītes, gab.	Mikorizētas īssaknītes, gab.	Mikorizas ar uzbiezinātu mantiju	Dalītās mikorizas	Baltās mikorizas	Mikori- zācija, %	Mikorizu daudzums uz 1 cm sakņu garuma	Mikorizu relatīvā sastopamība
1	Jelgava	v	17,3 $\pm$ 1,8	44,2 $\pm$ 2,1	1,3 $\pm$ 0,5	0,3 $\pm$ 0,1	-	72	1,7	4580
		r	1,4 $\pm$ 0,9	246 $\pm$ 9	-	101 $\pm$ 11	7,3 $\pm$ 2,3	99 $\pm$ 0,3	1,9 $\pm$ 0,1	5007 $\pm$ 378
2	Mazsili	v	1,1 $\pm$ 0,4	33,3 $\pm$ 1,6	5,4 $\pm$ 1,0	0,7 $\pm$ 0,3	-	97	1,6	3030
		r	14,3 $\pm$ 3,9	312 $\pm$ 6	-	67 $\pm$ 12	2,1 $\pm$ 1,0	96 $\pm$ 1	1,4 $\pm$ 0,1	2541 $\pm$ 251
3	Pļaviņas	v	1,5 $\pm$ 0,5	33,6 $\pm$ 1,9	5,8 $\pm$ 0,8	2,5 $\pm$ 1,1	-	96	2,3	4130
		r	0,8 $\pm$ 0,4	160 $\pm$ 16	-	139 $\pm$ 70	1,8 $\pm$ 0,9	100 $\pm$ 0,2	1,2 $\pm$ 0,1	3312 $\pm$ 240
4	Podiņi	v	2,9 $\pm$ 0,7	17,3 $\pm$ 2,1	5,2 $\pm$ 1,1	3,3 $\pm$ 1,1	-	89	1,7	1842
		r	74,3 $\pm$ 15,5	111 $\pm$ 16	-	12 $\pm$ 3	-	60 $\pm$ 8	0,6 $\pm$ 0,1	1291 $\pm$ 199
5	Smiltene	v	26,5 $\pm$ 2,4	26,1 $\pm$ 1,7	0,7 $\pm$ 0,4	4,8 $\pm$ 1,1	-	54	1,7	3160
		r	-	158 $\pm$ 8	-	46 $\pm$ 8	2,1 $\pm$ 0,8	100 $\pm$ 0	1,4 $\pm$ 0,1	7349 $\pm$ 837
6	Strenči	v	2,0 $\pm$ 0,6	61,3 $\pm$ 8,0	52,3 $\pm$ 6,4	23,8 $\pm$ 3,2	-	98	2,7	9814
		r	-	137 $\pm$ 12	-	47 $\pm$ 5	12,7 $\pm$ 2,6	100 $\pm$ 0	1,0 $\pm$ 0,1	2276 $\pm$ 278
7	Pope	v	1,8 $\pm$ 0,7	15,7 $\pm$ 1,1	10,6 $\pm$ 1,4	0,4 $\pm$ 0,2	-	93	1,6	2427
		r	5,3 $\pm$ 1,2	176 $\pm$ 10	-	21 $\pm$ 3	-	97 $\pm$ 1	1,0 $\pm$ 0,1	2351 $\pm$ 262

Jelgavas kokaudzētavā dominē gaišas mikorizas ar uzbiezinātu mantiju. Konstatētas arī baltās mikorizas ar atejošām hifām (att.2.2.).

Mazsilu kokaudzētavā 85 % stādu sastopamas mikorizas ar atejošām hifām (mikorizā infekcija pamatā skārusi tikai saknīšu galus).

Podiņu kokaudzētavā dominē tumšas mikorizas ar uzbiezinātu mantiju.

Popes kokaudzētavā dominē gaišas mikorizas ar gludu sēņu mantiju. Tomēr ir daudz izlocītu un nevienmērīgi uzbiezinātu mikorizu (att.2.3.).

Strenču kokaudzētavā konstatēts daudz mikorizu ar atejošām hifām, bet līdzīgi kā Mazsilu kokaudzētavā mikorizā infekcija ir skārusi tikai saknītes galu.

Salīdzinot eglu siltumnīcas sējeņu morfoloģiskos rādītājus (6. tabula), redzam, ka sējeņu virszemes daļas masa Jelgavas kokaudzētavā ir  $0,38 \pm 0,02$  g. Atšķirības ir būtiskas (pie  $\alpha=0,05$ ) ar visām kokaudzētavām izņemot Podiņu kokaudzētavu: sējeņu virszemes daļas masa šet ir  $0,32 \pm 0,02$  g ( $P=0,07$ )

6. tabula

Eglu kailsakņu (siltumnīcas sējeņi) vidējo morfoloģisko rādītāju salīdzinājums.

Nr.	Variants	Vasara/ rudens	Virszemes daļas masa, g	Sakņu masa, g	Saknes/ virszemes daļas	Sakņu garums, cm	Sakņu tilpums, cm <sup>3</sup>
1	Jelgava	v	$0,117 \pm 0,006$	$0,017 \pm 0,001$	-	$72,2 \pm 5,4$	$0,071 \pm 0,007$
		r	$0,38 \pm 0,03$	$0,07 \pm 0,01$	$0,18 \pm 0,01$	$131 \pm 7$	$0,162 \pm 0,013$
2	Pļaviņas	v	$0,04 \pm 0,002$	$0,01 \pm 0,001$	-	$35,4 \pm 18$	$0,052 \pm 0,003$
		r	$0,16 \pm 0,01$	$0,03 \pm 0,001$	$0,17 \pm 0,01$	$87 \pm 6$	$0,095 \pm 0,006$
3	Podiņi	v	$0,042 \pm 0,008$	$0,011 \pm 0,0007$	-	$35,7 \pm 2,2$	$0,044 \pm 0,003$
		r	$0,32 \pm 0,02$	$0,12 \pm 0,01$	$0,36 \pm 0,01$	$264 \pm 14$	$0,200 \pm 0,015$
4	Smiltene	v	$0,018 \pm 0,001$	$0,01 \pm 0,001$	-	$32,9 \pm 2,3$	$0,041 \pm 0,004$
		r	$0,15 \pm 0,01$	$0,05 \pm 0,001$	$0,35 \pm 0,02$	$160 \pm 10$	$0,141 \pm 0,009$
5	Strenči	v	$0,078 \pm 0,004$	$0,012 \pm 0,001$	-	$42,6 \pm 4,0$	$0,053 \pm 0,004$
		r	$0,25 \pm 0,02$	$0,04 \pm 0,01$	$0,17 \pm 0,01$	$65 \pm 3$	$0,084 \pm 0,007$
6	Valmiera	v	$0,032 \pm 0,001$	$0,01 \pm 0,001$	-	$35,6 \pm 2,1$	$0,072 \pm 0,003$
		r	$0,08 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,001$	$0,21 \pm 0,01$	$78 \pm 4$	$0,073 \pm 0,004$
7	Pope	v	$0,084 \pm 0,004$	$0,015 \pm 0,001$	-	$51,2 \pm 3,0$	$0,065 \pm 0,005$
		r	$0,27 \pm 0,01$	$0,05 \pm 0,001$	$0,20 \pm 0,01$	$161 \pm 7$	$0,153 \pm 0,009$

Tomēr salīdzinot sakņu/virszemes daļu masu attiecību rādītājus, konstatēts, ka augstāka vērtība raksturo Podiņu kokaudzētavu:  $0,36 \pm 0,01$ , salīdzinot ar Jelgavas kokaudzētavu:  $0,18 \pm 0,01$ . Arī sakņu garums un sakņu tilpums lielākas vērtības uzrāda Podiņu kokaudzētavā.

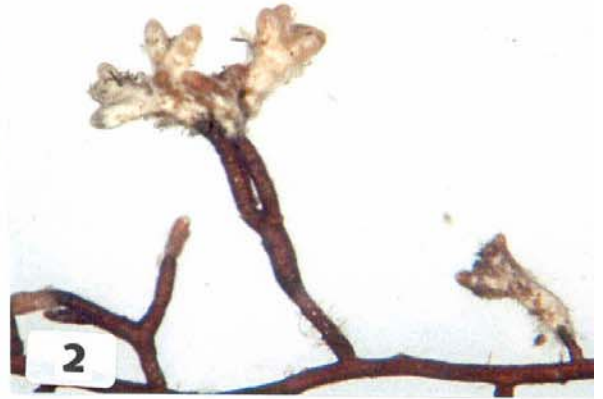
Egļu sējeņu mikorizācija Pļaviņu un Podiņu kokaudzētavās veģetācijas perioda beigās ir attiecīgi  $93\pm 2\%$  un  $94\pm 1\%$  (7. tabula) (att.2.4.) Tomēr jāatzīmē, ka šos datus grūti salīdzināt, jo atsevišķās kokaudzētavās siltumnīcas sējeņi jau bija izstādīti uz lauka, kas, protams, ietekmēja sakņu attīstību. Tomēr, pamatojoties uz vasaras datiem, nepieciešami papildus pētījumi, lai noskaidrotu sakņu mikorizācijas pakāpes samazināšanās cēloņus Smiltenes kokaudzētavā (att.2.5.). Paraugu ievākšanas laikā Smiltenes kokaudzētavā stādi nebija izstādīti uz lauka.

Egļu sīkkonteineru morfoloģisko rādītāju salīdzinājums veģetācijas perioda beigās liecina, ka Mazsilu kokaudzētavas stādu virszemes daļas masa un sakņu masa, kā arī sakņu tilpums uzrāda divreiz lielākas vērtības, salīdzinot ar Podiņu kokaudzētavu (8. tabula). Strenču kokaudzētavā stādīšana veikta citā laikā, tāpēc salīdzināti tikai Mazsilu un Podiņu kokaudzētavu stādi. Stādu vidējais sakņu garums Podiņu kokaudzētavā ir  $760\pm 30$  cm, bet Mazsilu kokaudzētavā –  $1105\pm 56$  cm. Atšķirība ir būtiska ( $P<0,001$ ).

7. tabula

Egļu kailsakņu (siltumnīcas sējeņi) mikorizācijas pakāpes salīdzinājums.

Nr.	Kokaudzētava	Vasara/ rudens	Nemikori- zētas saknītes, gab.	Mikoriz- zētas saknītes, gab	Mikori- zas ar uzbiezi- nātu mantiju, gab.	Mikori- zācija, %	Mikori- zu dau- dzums uz 1 cm sakņu garuma	Mikori- zu relatīvā sastopa- mība
1	Jelgava	v	$34,3\pm 5,9$	$121,4\pm 6,8$	0,58	78	1,7	7170
		r	$49\pm 3$	$69\pm 8$		$57\pm 4$	$0,5\pm 0,1$	$881\pm 114$
2	Pļaviņas	v	$26,7\pm 2,3$	$45,2\pm 3,7$	0,33	62	1,3	4550
		r	$9\pm 2$	$124\pm 8$		$93\pm 2$	$1,5\pm 0,1$	$8946\pm 1494$
3	Podiņi	v	$21,2\pm 4,5$	$53,3\pm 6,1$	1,25	71	1,5	4954
		r	$19\pm 3$	$292\pm 15$		$94\pm 1$	$1,1\pm 0,1$	$4007\pm 444$
4	Smiltene	v	$30,3\pm 4,2$	-	-	-	-	-
		r	$198\pm 14$	$23\pm 4$		$10\pm 1$	$0,2\pm 0,01$	$475\pm 58$
5	Strenči	v	$59,3\pm 10,6$	$20,8\pm 3,1$	-	25	0,5	1733
		r	$20\pm 5$	$70\pm 9$		$78\pm 4$	$1,1\pm 0,1$	$3393\pm 946$
6	Valmiera	v	$48,8\pm 5,3$	$46,1\pm 6,2$	0,25	48	0,9	4209
		r	$116\pm 7$	$20\pm 3$		$15\pm 3$	$0,3\pm 0,1$	$1390\pm 312$
7	Pope	v	$98,3\pm 7,2$	$38,1\pm 4,9$	-	27	0,7	4209
		r	$111\pm 6$	$116\pm 10$		$50\pm 2$	$0,7\pm 0,1$	$2484\pm 309$



2. att. Skujkoku kailsakņu mikorizācija

- 2.1. Nevienmērīgi uzbiezinātas mikorizas (Jelgavas kokaudzētava – egļu sējeņi)
- 2.2. Mikorizas ar atejošām hifām (Jelgavas kokaudzētava – priežu sējeņi)
- 2.3. Nevienmērīgi uzbiezinātas, izlocītas mikorizas (Popes kokaudzētava – priežu sējeņi)
- 2.4. Mikorizētas egļu saknītes (Pļaviņu kokaudzētava – siltumnīca)
- 2.5. Nemikorizētas egļu saknītes (Smiltenes kokaudzētava – siltumnīca)

8. tabula

Egļu sīkkonteinerstādu vidējo morfoloģisko rādītāju salīdzinājums.

Nr.	Variants	Vasara/ rudens	Virszemes daļas masa, g	Sakņu masa, g	Saknes/ virszemes daļa	Sakņu garums, cm	Sakņu tilpums, cm <sup>3</sup>
1	Podiņi	v	0,10±0,01	0,034± 0,002	-	167±12,9	0,26±0,02
		r	0,45±0,02	0,24± 0,01	0,55±0,02	760±30	0,83±0,04
2	Mazsili	v	0,21±0,01	0,046± 0,002	-	194,1± 11,2	0,25±0,01
		r	0,80±0,03	0,55± 0,04	0,69±0,03	1105±56	1,79±0,09
3	Strenči	v	-	-	-	-	-
		r	0,59±0,03	0,024± 0,2	0,41±0,03	371±21	0,73±0,04

Novērtējot stādu mikorizāciju (9. tabula), redzam, ka mikorizācijas procents abās kokaudzētavās ir 88% un 90%. Mazsilu kokaudzētavā vienam stādam konstatētas vidēji 845±67 gab. mikorizētas īssaknītes, bet Podiņu kokaudzētavā 604±17 gab. Atšķirības ir būtiskas pie  $\alpha=0,05$  ( $P=0,001$ ).

9. tabula

Egļu sīkkonteinerstādu mikorizācijas pakāpes salīdzinājums.

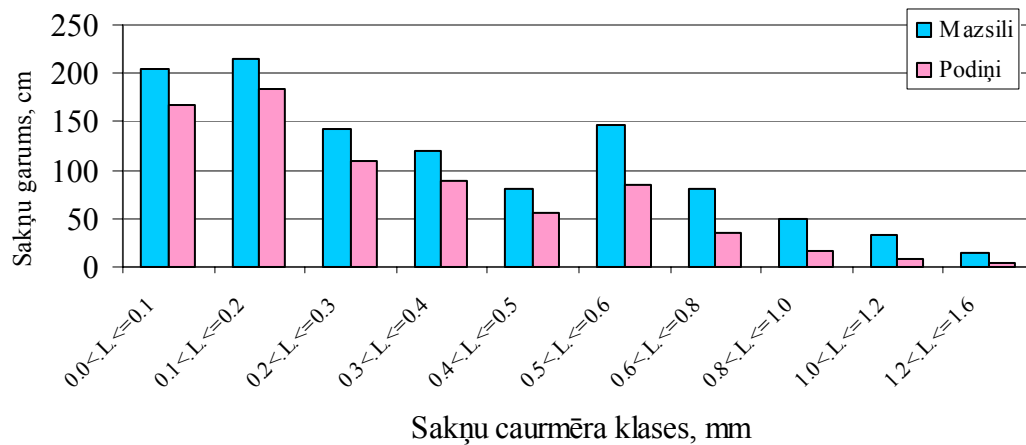
Nr.	Kokaudzē- tava	Vasara/ rudens	Nemikorizē- tas īssaknītes, gab.	Mikorizētas īssaknītes, gab.	Mikori- zācija, %	Mikorizu daudzums uz 1 cm sakņu garuma	Mikorizu relatīvā sastopa- mība
1	Mazsili	v	226 ± 18	11,7 ± 2,0	4	0,06	254
		r	113 ± 16	845 ± 67	88	0,76	1536
2	Podiņi	v	150 ± 8	2,7 ± 0,4	1	0,01	79
		r	64 ± 12	604 ± 17	90	0,79	2516
3	Strenči	v	-	-	-	-	-
		r	306 ± 19	64 ± 11	17	0,17	2666

Sīkkonteineru sakņu apikālo galu skaits (aktīvās meristēmas) Mazsilu kokaudzētavā ir 16.8±18 gab. un Podiņu kokaudzētavā – 13.6±12 gab.; atšķirības nav būtiskas pie  $\alpha=0,05$ .

Konstatēts, ka Mazsilu kokaudzētavā sastopamas *Cennococum* sp., kas pilnīgi vai daļēji (mikorizēts tikai sakņu galiņš) kolonizējušas īssaknītes. Šīs mikorizas sastopamas 75%



analizēto stādu, kaut gan to īpatsvars ir neliels – 2 – 15 gab. vienam stādam. Podiņu kokaudzētavā dominē gaiši brūnas mikorizas. Novērtējot sakņu sadalījumu dažādās caurmēra klases, redzam, ka Mazsili kokaudzētavā visās mūsu izdalītās caurmēra klasēs sakņu garumi ir lielāki, salīdzinot ar Podiņu kokaudzētavu. (3. attēls)



3. attēls. Sakņu sadalījums dažādās caurmēra klasēs (egles sīkkonteineri rudenī).

Mazsili kokaudzētavā sēšana veikta 12.04., bet Podiņu kokaudzētavā 02.05. Tomēr domājams, ka atšķirības stādu attīstībā varētu būt saistītas ar to, ka Mazsili kokaudzētavā stādi pēc diviem mēnešiem no siltumnīcas tika pārvietoti uz poligonu, bet Podiņu kokaudzētavā līdz izstādīšanai uz lauka stādi atradās siltumnīcā.

Izvērtējot saistību starp stādu virszemes daļas un sakņu attīstību, konstatēts, ka pastāv korelācija starp virszemes daļas masu un sakņu garumu. ( $r=0,98$ ,  $\alpha=0,05$ ,  $n=4$ ). Cieša korelācija konstatēta arī starp virszemes daļas masu un mikorizu skaitu ( $r=0,96$ ,  $\alpha=0,05$ )

Egļu konteinerstādu morfoloģiski rādītāji Strenču kokaudzētavā uzrada augstākas vērtības, salīdzinot ar Mazsili kokaudzētavas stādiem. (10. tab.).

10. tabula

Egļu konteinerstādu vidējo morfoloģisko rādītāju salīdzinājums

Nr.	Variants	Vasara/ rudens	Virszemes daļas masa, g	Sakņu masa, g	Saknes/ virszeme s daļa	Sakņu garums, cm	Sakņu tilpums, cm <sup>3</sup>
1	Mazsili	v	0,02±0,001	0,01±0,001	-	26,3±1,9	0,036± 0,002
		r	0,24±0,01	0,10±0,01	0,43±0,02	399±20	0,43±0,03
2	Strenči	v	0,09±0,004	0,03±0,001	-	142,5±6,7	0,204±0,011
		r	0,87±0,04	0,37±0,02	0,43±0,01	1005±45	1,10±0,07

Arī sakņu mikorizācijas rādītāji uzrāda augstākas vērtības Strenču kokaudzētavas stādiem, piemēram, Strenču kokaudzētavā stādu mikorizācijas pakāpe ir 83%, bet Mazsili kokaudzētavā tikai 20% (11. tabula). Protams, šie rādītāji atšķiras tāpēc, ka Mazsili kokaudzētavā sēšana veikta 07.06.2005., bet Strenču kokaudzētavā – 29.04.2005.

11. tabula

Egļu konteinerstādu mikorizācijas pakāpes salīdzinājums.

Nr.	Kokaudzētava	Vasara/ rudens	Nemikorizētas saknītes, gab.	Mikorizētas saknītes, gab.	Mikorizācija, %	Mikorizu daudzums uz 1 cm sakņu garuma	Mikorizu relatīvā sastopamība
1	Mazsili	v	27 + 4	0,8 + 0,4	2	0,03	80
		r	289 + 25	76 + 19	20	0,19	760
2	Strenči	v	183 + 13	18,5 + 2,6	9	0,13	616
		r	147 + 19	747 + 44	83	0,74	2018

Analizējot sakņu mikorizācijas ietekmi uz egļu konteinerstādu virszemes daļas attīstību, redzam, ka pastāv cieša korelācija starp virszemes daļas masu un mikorizēto saknīšu skaitu ( $r=0,97$ ,  $\alpha=0,05$ ), kā arī sakņu mikorizācijas procentu ( $r=1,00$ ) (12. tabula). Novērtējot minerālās barības elementu ietekmi uz sakņu mikorizāciju, redzam, ka mikorizu skaitu, sakņu mikorizācijas %, mikorizu relatīvo sastopamību, kā arī sakņu garumu ietekmē Zn saturs skujās ( $r=0,96$ ;  $r=0,99$ ;  $r=0,96$  un  $r=0,99$  pie  $\alpha=0,05$ ). Korelācija atzīmēta arī starp mikorizācijas %, mikorizu relatīvo sastopamību un sakņu garumu ( $r=0,92 \dots 0,98$  pie  $\alpha=0,05$ ).

Izvērtējot kūdras substrāta barības elementu ietekmi uz sakņu mikorizāciju, secināts, ka līdzīgi kā attiecībā uz minerālvielu saturu skujās, sakņu attīstību ietekmē Zn daudzums kūdrā (13. tabula).

Mikorizu skaitu ietekmē arī Cu un Mo saturs substrātā ( $r=0,95$ ,  $\alpha=0,05$ ).

Korelācija netika konstatēta starp mikorizu sastopamību un citu minerālās barības elementu saturu. Somijā veiktajos pētījumos ir atzīmēta vāja korelācija starp N, P, Mg, K, Cu saturu un sakņu mikorizācijas % [30].

12. tabula

Pāru korelācijas koeficientu salīdzinājums (barības elementu saturs skujās)

	<i>V.d. (g)</i>	<i>S(g)</i>	<i>Mikoriz.</i>	<i>Mikoriz.%</i>	<i>Relat. sast.</i>	<i>Sakņu gar.</i>
<i>V.d. (g)</i>	1					
<i>S(g)</i>	1,00	1				
<i>Mikoriz.</i>	0,97**	0,97	1			
<i>Mikoriz.%</i>	1,00**	1,00	0,98	1		
<i>Relat. sast.</i>	0,98**	0,98	0,94	0,98	1	
<i>Sakņu gar.</i>	1,00**	1,00	0,96	1,00	0,99	1
N	0,51	0,50	0,31	0,48	0,61	0,56
P	-0,30	-0,32	-0,33	-0,29	-0,11	-0,27
K	-0,49	-0,51	-0,43	-0,47	-0,34	-0,48
Ca	0,92*	0,91*	0,85	0,92*	0,98**	0,94**
Mg	-0,05	-0,07	0,02	-0,03	0,11	-0,04
S	-0,40	-0,42	-0,37	-0,38	-0,22	-0,38
Fe	0,24	0,24	0,45	0,28	0,24	0,20
Mn	0,14	0,14	-0,08	0,10	0,11	0,18
Zn	1,00**	1,00**	0,96**	0,99**	0,96**	0,99**
Cu	-0,78	-0,79	-0,63	-0,76	-0,75	-0,81
Mo	-0,50	-0,48	-0,35	-0,49	-0,64	-0,55
B	0,49	0,47	0,35	0,48	0,64	0,54

\*  $\alpha=0,1$ \*\*  $\alpha=0,05$ 

13. tabula

Atsevišķu minerālās barības elementu ietekme uz egļu konteinerstādu sakņu mikorizāciju (pāru korelācijas koeficientu salīdzinājums- barības elementu saturs kūdrā)

	Mikorizu skaits	Mikorizācijas %	Mikorizu relatīvā satipamība	Sakņu garums, cm	Sakņu svars, g
Zn	1,00**	0,99**	0,96**	0,98**	0,99**
Cu	0,95**	0,93**	0,45	0,91*	0,91*
Mo	0,95**	0,87	0,78	0,82	0,86

\*  $\alpha=0,1$ \*\*  $\alpha=0,05$ 

Novērtējot priedes konteinerstādu morfoloģiskus rādītājus Strenču un Mazsilu kokaudzētavās redzam, ka vidējā stāda virszemes daļas masa Strenču kokaudzētavā

veģetācijas perioda beigās ir  $1,20 \pm 0,04$  g, bet Mazsili kokaudzētavā –  $0,73 \pm 0,01$  g. (14.tab.)(att. 5.1.). Atšķirība ir būtiska ( $p < 0,0001$ ). Sakņu masa Strenču kokaudzētavā ir  $0,49 \pm 0,02$  g, bet Mazsili kokaudzētavā –  $0,37 \pm 0,01$  g. Arī šajā gadījumā atšķirības ir augsti būtiskas. Tomēr sakņu/virszemes daļas attiecība ir augstāka Mazsili kokaudzētavas stādiem –  $0,52 \pm 0,01$ , bet Strenču kokaudzētavas stādiem –  $0,41 \pm 0,01$ . Atšķirība arī šajā gadījumā ir būtiska pie  $\alpha = 0,05$ . Salīdzinot sakņu morfoloģiskus rādītājus, konstatēts, ka stāda vidējais sakņu tilpums Strenču kokaudzētavas stādiem ir  $1,86 \pm 0,7$  cm<sup>3</sup>, bet Mazsili kokaudzētavas stādiem –  $1,29 \pm 0,04$  cm<sup>3</sup>. Kopējais sakņu garums attiecīgi  $1531 \pm 57$  cm, un  $981 \pm 32$  cm. Atšķirības abos gadījumos ir būtiskas 95% ticamības līmenī ( $P < 0,0001$ ). Tā kā kopējais mikorizu skaits stādiem bija ļoti liels, tad, lai novērtētu sakņu mikorizāciju, tika salīdzināts sakņu galiņu skaits, kas lielā mērā raksturo arī mikorizu kopējo skaitu (15. tabula). Strenču kokaudzētavas stādiem vidējais sakņu galiņu skaits ir  $5278 \pm 271$  gab., bet Mazsili kokaudzētavas stādiem -  $3567 \pm 200$  gab.

14. tabula

Priedes konteinerstādu vidējo morfoloģisko rādītāju salīdzinājums

Nr.	Variants	Vasara/ rudens	Virszemes daļas masa, g	Sakņu masa, g	Saknes/ virszemes daļa	Sakņu garums, cm	Sakņu tilpums, cm <sup>3</sup>
1	Mazsili	v	$0,28 \pm 0,02$	$0,066 \pm 0,005$	-	$220,4 \pm 14,6$	$0,32 \pm 0,02$
		r	$0,73 \pm 0,02$	$0,37 \pm 0,01$	$0,52 \pm 0,01$	$981 \pm 32$	$1,29 \pm 0,04$
2	Strenči	v	$0,32 \pm 0,01$	$0,071 \pm 0,003$	-	$357,2 \pm 20,3$	$0,51 \pm 0,02$
		r	$1,20 \pm 0,04$	$0,49 \pm 0,02$	$0,41 \pm 0,01$	$1531 \pm 57$	$1,86 \pm 0,07$

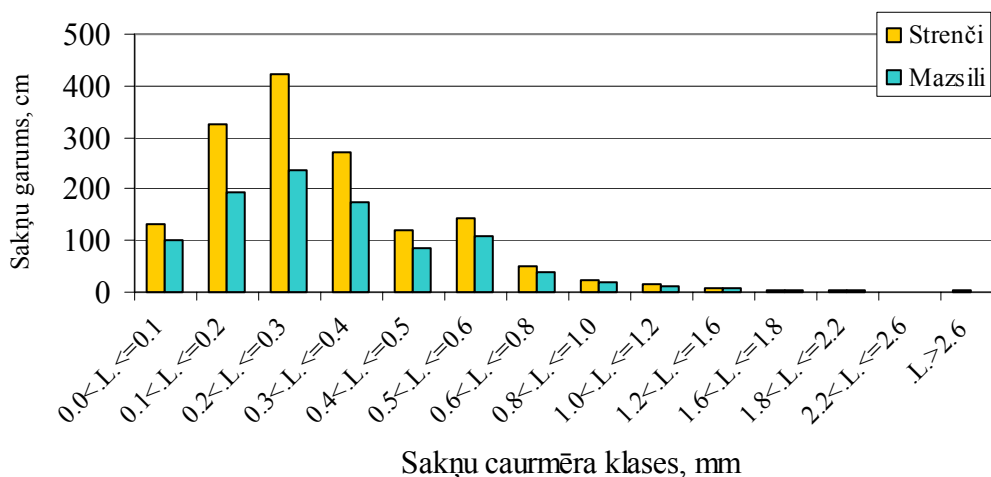
15. tabula

Priedes konteinerstādu mikorizācijas pakāpes salīdzinājums

Nr.	Kokau- dzētava	Vasara/ rudens	Nemikorizē- tas saknītes, gab.	Mikori- zētas sak- nītes, gab	Sakņu galiņu skaits	Mikori- zācija, %	Mikori- zu daudzum s uz 1 cm sakņu garuma	Miko- rizu relatīvā sastopa- mība
1	Mazsili	v	$183 \pm 10$	$17 \pm 4$	$401 \pm 32$	9	0,08	257
		r	*	*	$3567 \pm 200$	*		
2	Strenči	v	$290 \pm 32$	$71 \pm 11$	$428 \pm 26$	20	0,20	1029
		r	*	*	$5278 \pm 271$	*		

\* Mikorizācijas pakāpes novērtēšanai izmantota 6 ballu skala (skat. met.)

Sakņu salīdzinājums caurmēra klasēs (4. attēls) arī liecina, ka Strenču kokaudzētavas stādiem īpaši atšķiras sakņu daudzums caurmēra klasēs 0,2 – 0,4 mm. (šajā caurmērā klasē sastopams arī vairums mikorizu).



4. att. Sakņu sadalījums dažādās caurmēra klasēs (priedes konteinerstādi rudenī).

Novērtējot dažādu mikorizas tipu procentuālo sadalījumu mūsu izdalītajās mikorizas sastopamību raksturojošajās klasēs (16. tab.), redzam, ka procentuāli vairāk gaiši dzelteno mikorizu ar gludu mantiju, kā arī dalīto mikorizu ar micēliju ir pārstāvētas Strenču kokaudzētavas paraugos, bet vairāk balto mikorizu ar atejošām rizomorfām, kā arī tumši brūno dalīto mikorizu raksturo Mazsili kokaudzētavas stādus (att.5.2. – 5.5.). Literatūrā sastopamas norādes, ka baltās mikorizas (*Suillus sp.*) ir mazāk „efektīvas” [35]. Analizējot kūdras substrāta (bez papildus mēslošanas) ietekmi uz konteinerstādu mikorizāciju, secināts, ka Sedas substrātā stādu morfoloģiskie rādītāji uzrādīja augstākas vērtības, salīdzinot ar Lafloras substrātā audzētajiem ietvarstādiem. Lafloras substrātā balto mikorizu īpatsvars bija 90-100%, turpretī Sedas substrātā 10-15%. Tas liecina, ka baltās mikorizas ar atejošām hifām nenodrošina stādu apgādi ar minerālajām barības vielām.



**5. att. Priedžu konteinerstādu mikorizācija**

**5.1. Priedes konteinerstādi (S – Strenču kokaudzētava, M – Mazsilu kokaudzētava)**

**5.2. Tumši dzeltenās mikorizas ar gludu sēņu mantiju (Strenču kokaudzētava)**

**5.3. Dalītās mikorizas ar micēliju (Strenču kokaudzētava)**

**5.4. Baltās mikorizas ar rizomorfām (Mazsilu kokaudzētava)**

**5.5. Tumši brūnās mikorizas ar rizomorfām (Mazsilu kokaudzētava)**

16. tabula

## Mikorizas tipu sastopamība (priedes konteinerstādi)

Variants Klases	Tumši dzeltenās		Daļītās		Baltās		Tumšās	
	Strenči	Mazsili	Strenči	Mazsili	Strenči	Mazsili	Strenči	Mazsili
0					8%	11%	73%	14%
1					41%	8%	3%	3%
2			46%	81%	3%	70%	3%	57%
3		30%	41%	19%	5%	11%		27%
4	8%	65%	14%		3%			
5	35%	5%						
6	57%							

Izvērtējot sakņu attīstību raksturojušo parametru ietekmi uz stādu morfoloģiskajiem rādītājiem (17. tabula), redzam, ka sakņu virszemes daļas masa ir atkarīga no sakņu garuma ( $r=1$ ,  $\alpha=0,05$ ). Virszemes daļas masu ietekmē arī sakņu galiņu skaits ( $r=0,98$ ,  $\alpha=0,05$ ) un mikorizu relatīvā sastopamība (nosacīti, jo mikorizu skaita vietā aprēķinots izmantots sakņu galiņu skaits)  $r=0,93$ ,  $\alpha=0,1$ .

17. tabula

## Pāru korelācijas koeficientu salīdzinājums (barības elementu saturs skujās)

	V.d.(g)	S(g)	Relatīvā sastop.	S.galiņu skaits	Sakņu gar., cm
V.d.(g)	1				
S(g)	0,97**	1			
Relat.sast.	0,93*	0,99**	1		
S.galiņu sk.	0,98**	1,00**	0,98**	1	
Sakņu gar., cm	1,00**	0,99**	0,96**	0,99**	1
N	-0,29	-0,51	-0,62	-0,45	-0,37
P	-0,19	-0,38	-0,45	-0,34	-0,22
K	-0,72	-0,81	-0,80	-0,79	-0,72
Ca	0,73	0,61	0,55	0,64	0,73
Mg	0,79	0,64	0,55	0,68	0,76
S	-0,74	-0,83	-0,82	-0,82	-0,74
Fe	0,34	0,13	0,03	0,18	0,30
Mn	0,28	0,49	0,62	0,43	0,36
Zn	0,99**	0,97**	0,92**	0,98**	0,98**
Cu	0,86	0,72	0,61	0,76	0,81
Mo	0,99**	0,96**	0,92**	0,97**	0,99**
B	0,71	0,58	0,52	0,61	0,70

\*  $\alpha=0,1$ \*\*  $\alpha=0,05$

Konstatēts, ka pastāv korelācija starp konteinerstādu virszemes daļas masu, sakņu masu, mikorizu relatīvo sastopamību, sakņu galiņu skaitu, kā arī Zn un Mo daudzumu skujās. Šie minerālās barības elementi Strenču kokaudzētavas stādos uzrāda augstākas vērtības, salīdzinot ar Mazsilu kokaudzētavas stādiem.

Izvērtējot barību elementu saturu kūdras substrātā saistībā ar stādu morfoloģiskajiem rādītājiem (18 tab.), redzam, ka stādu virszemes daļas masas vērtības ietekmē B daudzums kūdras substrātā ( $r=0,93$ ,  $\alpha=0,1$ ). Atzīmēta korelācija arī starp B saturu un sakņu galiņu skaitu ( $r=0,86$ ), taču paraugkopas apjoms šo korelāciju neļauj uzskatīt par statistiski būtisku. Ir pētījumi, ka B kavē mikorizas attīstību [36]. Tomēr citos pētījumos atzīmēts, ka B dubulto egles stādu īssaknīšu skaitu [29].

Līdzīgi kā attiecībā uz Zn daudzumu skujās, arī Zn daudzums substrātā ietekmē gan stādu virszemes daļas masu, gan sakņu galiņu skaitu, gan sakņu garumu. ( $r=0,98$ ;  $r=1$  un  $r=0,99$ ).

18. tabula

Pāru korelācijas koeficientu salīdzinājums (barības elementu saturs substrātā)

	V.d.(g)	S(g)	Relatīvā sastop.	S.galiņu skaits	Sakņu gar., cm
V.d.(g)	1				
S(g)	0,97**	1			
Relatīvā sastop.	0,93*	0,99**	1		
S. galiņu skaits	0,98**	1,00**	0,98**	1	
Sakņu gar., cm	1,00**	0,99**	0,96**	0,99**	1
N	-0,51	-0,69	-0,79	-0,65	-0,58
P	-0,43	-0,58	-0,68	-0,53	-0,52
K	-0,39	-0,59	-0,69	-0,54	-0,45
Ca	0,72	0,54	0,41	0,59	0,65
Mg	-0,12	-0,34	-0,48	-0,28	-0,20
S	-0,72	-0,82	-0,83	-0,80	-0,72
Fe	-0,12	-0,17	-0,26	-0,14	-0,20
Mn	-0,28	-0,49	-0,61	-0,43	-0,37
Zn	0,98**	1,00**	0,97**	1,00**	0,99**
Cu	0,80	0,65	0,53	0,70	0,75
Mo	0,34	0,52	0,65	0,47	0,42
B	0,93*	0,82	0,73	0,86	0,89
pH	0,47	0,27	0,15	0,32	0,43
EC	-0,52	-0,70	-0,79	-0,66	-0,58

\*  $\alpha=0,1$

\*\*  $\alpha=0,05$



Pārskata periodā tika analizēti 1-gadīgu egļu un priežu ietvarstādu morfoloģiskie rādītāji SIA Laflora un A/S Seda piedāvātajos kūdras substrātos.

Novērtējot 1-gadīgu egļu ietvarstādu morfoloģiskos rādītājus (19. tabula), konstatēts, ka A/S Seda piedāvātajā substrātā stādu virszemes daļas garums un virszemes daļas masa uzrāda lielākas vērtības nekā SIA Laflora piedāvātajā substrātā. Tomēr 95% ticamības līmenī atšķirības nav būtiskas.

19. tabula

## 1-gadīgu ietvarstādu morfoloģisko rādītāju salīdzinājums

Variants	Virszemes daļas garums, cm	Virszemes daļas masa, g	Sakņu masa, g	Sakņu masa (%) no stāda kopējās masas
<b>Egle</b>				
Seda	13,1±0,4	0,71±0,04	0,23±0,01	24,7±0,6
Laflora	12,3±0,4	0,63±0,04	0,25±0,02	28,3±0,6
<b>Priede</b>				
Seda	14,4±0,4	1,37±0,05	0,42±0,02	23,2±0,6
Laflora	13,6±0,4	1,31±0,05	0,43±0,02	25,0±0,6

Sakņu masa Lafloras substrātā sastāda 0,25±0,02 g, savukārt Sedas substrātā 0,23±0,01. Atšķirības arī šajā gadījumā nav būtiskas. Sakņu masas attiecība pret kopējo stāda masu ir lielāka Lafloras substrātā: 28,3±0,6 %, salīdzinot ar Sedas substrātu - 24,7±0,6 %. Pie  $\alpha=0,05$  atšķirības ir būtiskas ( $P=0,0001$ ).

Līdzīgi arī priežu ietvarstādu virszemes daļas garums un masa Sedas substrātā uzrāda augstākas vērtības, salīdzinot ar Lafloras substrātu. Atšķirības arī šajā gadījumā nav būtiskas. Sakņu masa Lafloras substrātā ir 0,43±0,02 g, bet Sedas substrātā 0,42±0,02 g ( $P=0,28$ ). Sakņu masas attiecība pret stāda kopējo masu Lafloras substrātā ir 25,0±0,6 %, bet Sedas substrātā 23,2±0,6 %. 95% ticamības līmenī atšķirības ir būtiskas ( $P=0,04$ ).

Konstatēts, ka vidējais egļu sakņu garums Lafloras substrātā ir 597,0±25,8 cm, bet Sedas substrātā 483,6±29,8 cm (20. tabula). Dispersijas analīze liecina, ka atšķirības ir būtiskas ( $P=0,01$ ). Faktora ietekmes īpatsvars  $\mu=31,5\%$ . Tas nozīmē, ka analizējamais faktors – substrāts – ļauj izskaidrot samērā lielu daļu no kopējām sakņu garuma svārstībām.

## Sakņu morfoloģisko rādītāju salīdzinājums

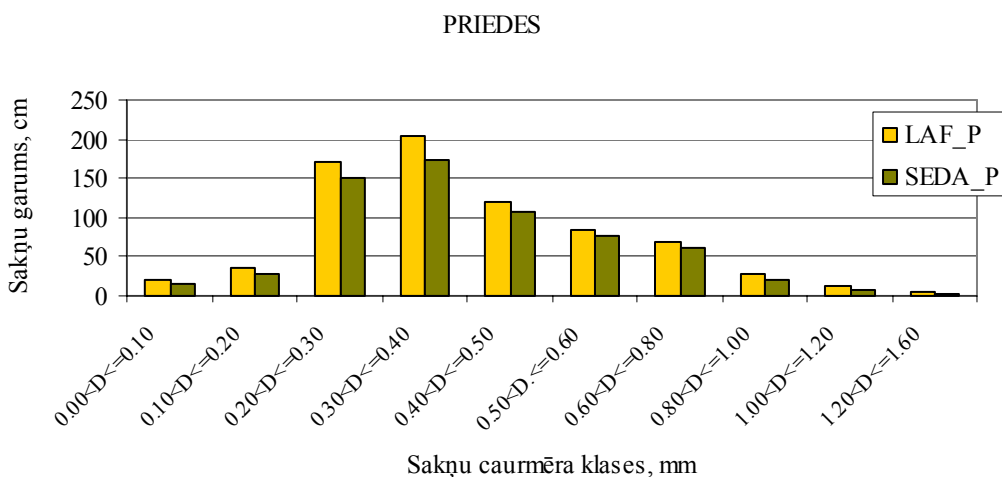
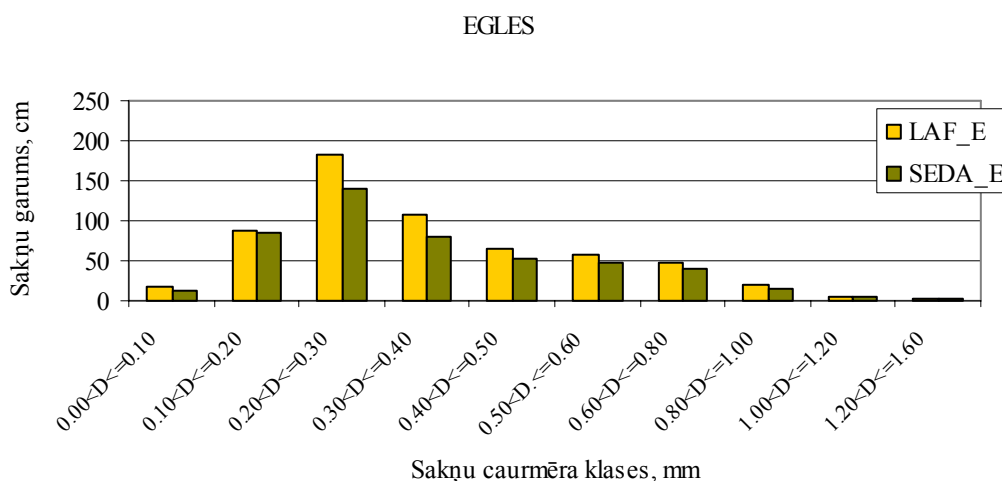
Variants	Sakņu garums, cm	Sakņu tilpums, cm <sup>3</sup>	Sakņu galiņu skaits, gab
<b>Egle</b>			
Seda	483,6±29,8	0,58±0,04	1150±72
Laflora	597,0±25,8	0,74±0,04	1483±92
<b>Priede</b>			
Seda	634,7±22,0	0,97±0,05	1216±60
Laflora	747,5±28,1	1,16±0,05	1411±131

Sakņu tilpums Lafloras substrātā ir  $0,74\pm 0,04$  cm<sup>3</sup>, bet Sedas substrātā  $0,58\pm 0,04$  cm<sup>3</sup>. 95% ticamības līmenī atšķirības ir būtiskas ( $P=0,01$ ). Vidējais sakņu galiņu skaits, kas lielā mērā raksturo arī mikorizu kopējo skaitu egļu stādiem Sedas substrātā  $1150\pm 72$  gab., bet Lafloras substrātā  $1483\pm 92$  gab. Atšķirības ir būtiskas ( $P=0,01$ ).

Līdzīgi arī priežu ietvarstādiem gan sakņu garums, gan tilpums Lafloras substrātā uzrāda lielākas vērtības, salīdzinot ar Sedas substrātu. Vidējais sakņu garums vienam stādam Lafloras substrātā ir  $747,5\pm 28,1$  cm, bet Sedas substrātā  $634,7\pm 22,0$  cm ( $P=0,009$ ). Sakņu tilpums Lafloras substrātā  $1,16\pm 0,05$  cm<sup>3</sup>, Sedas substrātā:  $0,97\pm 0,05$  cm<sup>3</sup> ( $P=0,01$ ). Vidējais sakņu galiņu skaits vienam priežu ietvarstādam Sedas substrātā ir  $1216\pm 60$  gab., bet Lafloras substrātā  $1411\pm 131$  gab. Šajā gadījumā atšķirības nav būtiskas.

Novērtējot egļu sakņu garuma sadalījumu dažādās gradācijas klasēs, konstatēts, ka visās mūsu izvēlētajās gradācijas klasēs sakņu garums Lafloras substrātā uzrāda lielākas vērtības salīdzinot ar Sedas substrātu. Gradācijas klasēs 0,00-0,10 mm, 0,10-0,20 mm, 0,20-0,30 mm, 0,30-0,40 mm, 0,40-0,50 mm atšķirības ir būtiskas pie  $\alpha=0,05$  (6. attēls). Salīdzinot priežu stādu sakņu garumu dažādās gradācijas klasēs, konstatēts, ka gradācijas klasēs 0,3-0,4 mm un 1,0-1,2 mm sakņu garums Lafloras substrātā ir būtiski lielāks, salīdzinot ar Sedas substrātu.

Konstatēts, ka priežu ietvarstādiem, kas audzēti Lafloras substrātā, dominē *Suillus sp.* mikorizas sēnes ar atejošām hifām. Procentuāli vairāk konstatēts arī gaišo mikorizu ar uzbiezinātu sēņu mantiju.



6. attēls. Ietvarstādu sakņu garuma sadalījums dažādās caurmēra klasēs.

Egļu konteinerstādiem attiecībā uz stādu mikorizāciju abos substrātos atšķirības netika konstatētas – dominē gaiši brūnās mikorizas. Lafloras substrātā, salīdzinot ar Sedas substrātu bija augstāks pH: 5,1 pret 3,7, turklāt K, Ca, Mg B un Cu saturs Lafloras substrātā bija augstāks nekā Sedas substrātā. Domājams, minēto elementu paaugstināts saturs arī nosaka sakņu labāku attīstību Lafloras substrātā.

Novērtējot 1-gadīgu un 2-gadīgu egļu konteinerstādu mikorizāciju, papildus tika novērtēta 600 1-gadīgu stādu (15 kasetes katrā kokaudzētavā) mikorizācija Strenču un Mazsilu kokaudzētavās un 800 2-gadīgu stādu katrā kokaudzētavā (20 kasetes). Konstatēts, ka abās kokaudzētavās stādiem ir mikorizēti  $\approx 90-95\%$  īssaknīšu. Pamatā dominē gaiši brūnās

vālišveida mikorizas (*Piceirhiza sp.*), bet 20% stādu konstatētas gaišās mikorizas ar atejošām hifām (*Hebeloma sp.*). Attiecībā uz 2-gadīgiem egļu konteinerstādiem konstatēts, ka sakņu mikorizācija ir 98%. Bez minētajām *Piceirhiza sp.* un *Hebeloma sp.* konstatētas arī *Cenococcum geophilum*, *Lactarius sp.* un atsevišķiem stādiem *Dermocybe sp.*

Līdzīgi raksturojot priežu konteinerstādu mikorizāciju, konstatēts, ka 1-gadīgu priežu konteinerstādiem Mazsilu un Strenču kokaudzētavā ir mikorizēti 95 - 100% no īssaknītēm, Mazsilu kokaudzētavā baltā mikorizas tipa īpatsvars ir 6%, Strenču kokaudzētavā – 10%. Gaiši brūno mikorizu Mazsilu kokaudzētavā ir 40%, Strenču kokaudzētavā – 7%. 2-gadīgiem priežu stādiem konstatēti *Rhizopogon sp.* mikorizu kompleksi, kā arī tumši brūnās dalītās mikorizas. Strenču kokaudzētavā, salīdzinot ar Mazsilu kokaudzētavu, bija mazāks gaiši brūno mikorizu īpatsvars: 27% pret 52%.

Darba gaitā tika izdalīti dominējošie mikorizu tipi. Sēņu micēliju pagaidām izdevās iegūt no priedes saknēm *Cenococcum sp.* un gaiši brūnā mikorizas tipa; no egļu saknēm: gaiši brūnā mikorizas tipa, no baltā mikorizas tipa, kā arī no diviem tumšās mikorizas tipiem. Šo sēņu identifikācija, kā arī to sēņu identifikācija, no kurām pagaidām nav izdevies iegūt micēliju, tiks veikta nākamajā gadā kopā ar Zviedrijas kolēģiem.

Stādu sākotnējā mikorizācija nenoliedzami ir priekšrocība ieaugšanai pēc izstādīšanas. Gebla (Göbl) atzīmē, ka stādu audzēšanai izmantotais substrāts var būt mikorizas attīstību veicinošs faktors. Tāpēc sēņu micēlija attīstība dažādos substrātos ļauj spriest par eventuālo mikorizāciju [18]. Arī citi autori atzīmē, ka svarīgi novērtēt sēņu micēlija attīstību [39]. Protams, sēnes micēlija attīstība kūdras substrātā nedod 100% atbildi par stādu mikorizāciju. Literatūrā atzīmēts, ka stādu mikorizācija nevar būt optimāla pie tāda pat pH kā micēlija attīstība, bet to nosaka substrāta pH ietekme uz stādu. Mikorizācija, arī micēlija attīstība ir jūtīgāka pret pH nekā stādu attīstība [34].

Līdzšinējie laboratorijas eksperimenti liecināja, ka SIA Laflora ražotajā kūdras substrātā atsevišķas mikorizas sēnes auga labāk nekā A/S Seda piegādātajā substrātā. Dati liecināja, ka minētajos substrātos pamatā atšķīrās tieši pH. Piemēram, analizējot rūpnieciski piegādāto substrātus, Lafloras substrātā P daudzums bija 41,2 mg/100 g, Sedas substrātā 31,5 mg/100 g. K saturs Lafloras substrātā 96,3 mg/100 g, bet Sedas substrātā 81,2 mg/100 g. Ca saturs Lafloras substrātā 1339,1 mg/100 g, bet Sedas substrātā 1005,8 mg/100 g. Kūdras pH Lafloras substrātā 4,5, Sedas – 3,3. Tas arī nosaka to, ka, piemēram, *P. involutus*, kā arī *A. pantherina* pie minētajiem pH ļoti labi aug Lafloras substrātā, bet to attīstība ir inhibēta Sedas substrātā. Analizēts tika 2005. gadā piegādātais kūdras substrāts. Tāpēc, novērtējot mikorizas sēņu micēlija attīstību A/S Seda substrātā, paralēli tika analizēts arī SIA Laflora piedāvātais

substrāts (21. tabula). Pārbaudot mikorizas sēnes *P. involutus* attīstību, secinām, ka šī sēne vislabāk attīstās Sedas kūdrā (pH=3,84): kolonijas diametrs  $0,67\pm 0,28$  cm. Sēnes micēlija attīstība netika konstatēta Lafloras substrātā pie pH=5,12. *P. involutus* ir ļoti bieži sastopama mikorizas sēne [28]. Literatūrā atzīmēts, ka *P. involutus* ļoti labi attīstās kūdrā [51]. Zviedrijā veiktajos pētījumos secināts, ka *P. involutus* labi aug pie pH=4,6 (pH 5,8 ... 7 ļoti slikti), bet simbiozē ar saknēm labi attīstās pie pH=4,1 ... 5,2, tātad pH intervāls palielinās.

21. tabula

Mikorizas sēņu micēlija attīstība (20 diena) kūdras substrātā pie dažādiem pH (kolonijas Ø cm)

Mikorizas sēne	Kūdras pH					
	Laflora			Seda		
	4,47	4,72	5,12	3,53	3,84	4,36
<i>Paxillus involutus</i>	$0,55\pm 0,25$	$0,64\pm 0,17$	n	$0,57\pm 0,09$	$0,67\pm 0,28$	$0,65\pm 0,10$
<i>Boletus edulis</i>	$0,45\pm 0,05$	$0,45\pm 0,06$	$0,48\pm 0,04$	$0,51\pm 0,08$	$0,51\pm 0,12$	$0,47\pm 0,06$
<i>Leccinum versipelle</i>	$0,60\pm 0,25$	$0,69\pm 0,24$	$0,47\pm 0,10$	$0,51\pm 0,14$	$0,71\pm 0,32$	$0,54\pm 0,18$
<i>Amanita muscaria</i>	$0,41\pm 0,03$	$0,46\pm 0,15$	$0,45\pm 0,08$	$0,43\pm 0,07$	$0,51\pm 0,18$	$0,43\pm 0,05$
<i>Suillus luteus</i>	-	-	$0,45\pm 0,10$	$0,43\pm 0,05$	-	$0,48\pm 0,09$
<i>Amanita pantherina</i>	$0,41\pm 0,03$	n	-	-	n	-
<i>Cenococcum geophilum</i>	n	n	-	-	n	-

"n" - sēņu micēlija attīstība netika konstatēta

"-" - sēņu micēlija attīstība netika pārbaudīta konkrētajā substrātā

Lafloras kūdras substrātā *P. involutus* tiešām labi aug pie pH=4,72, bet vērtība 3,84 Sedas kūdrā ir zemāka nekā atzīmēts Zviedrijā veiktajos pētījumos. *B. edulis* labāk attīstās Sedas kūdrā pie zemākām pH vērtībām, salīdzinot ar Lafloras kūdru, tomēr atšķirības nav būtiskas pie  $\alpha=0,05$ . *L. versipelle* visaugstāko vērtību uzrāda Sedas substrātā pie pH=3,84. Kolonijas diametrs  $0,71\pm 0,32$  cm un, salīdzinot ar Sedas substrātu, pH=3,53 (Ø  $0,51\pm 0,14$  cm) atšķirības ir būtiskas ( $P=0,05$ ). Arī *A. muscaria* micēlijs vislabāk aug Sedas substrātā pie pH=3,84:  $0,51\pm 0,18$  cm. Būtiskas atšķirības konstatētas, salīdzinot ar Lafloras kūdru, pH=4,47 ( $0,41\pm 0,03$  cm),  $P=0,04$ . Interesanti, ka *A. pantherina* un *C. geophilum* micēlija attīstība pie pH=3,84 analizējamajā substrātā netika konstatēta. Literatūrā sastopamas norādes, ka *C. Geophilum* mikorizas nav „efektīvas” stādu apgādē ar barības vielām [51]. Tomēr šī sēne ir ļoti plaši izplatīta meža augsnēs, tāpēc turpmākajos pētījumos būtu jānoskaidro *C. geophilum* micēlija attīstību ietekmējošie faktori.

Lai noskaidrotu barības elementu ietekmi uz mikorizas sēņu attīstību, tika izmantoti Lafloras un Sedas substrāti ar un bez barības vielām. Kūdras tika sajauktas ar kaļķojamiem materiāliem (samazinātā tilpumā) tādās proporcijās, kā tas paredzēts substrāta ražošanas

tehnoloģijā. Konstatēts, ka, pievienojot barības vielas, kūdras pH pieauga par 0,22 Lafloras substrātā un par 0,18 Sedas substrātā. Rezultāti apkopoti 22. tabulā.

22. tabula

Minerālo barības vielu ietekme uz mikorizas sēņu micēlija attīstību (20 dienas) kūdras substrātos

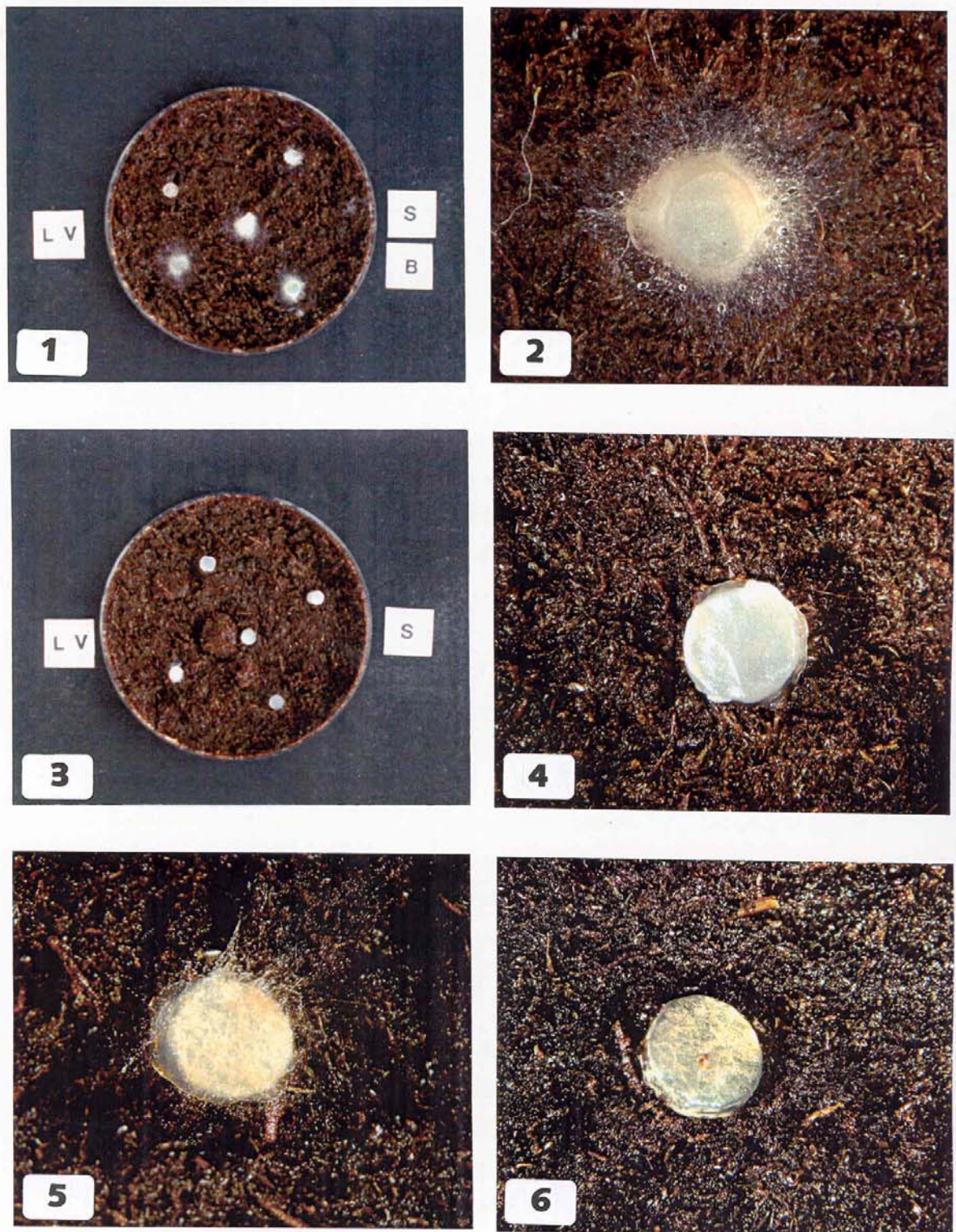
Mikorizas sēne	Kūdra			
	Laflora		Seda	
	-	+	-	+
<i>Paxillus involutus</i>	0,45±0,08	0,64±0,17	0,53±0,20	0,67±0,28
<i>Boletus edulis</i>	0,50±1,0	0,45±0,06	0,50±0,08	0,51±0,12
<i>Leccinum versipelle</i>	0,43±0,09	0,69±0,24	0,59±0,40	0,71±0,32
<i>Amanita muscaria</i>	0,43±0,06	0,46±0,15	0,41±0,04	0,51±0,18
<i>Suillus variegatus</i>	n	0,44±0,06	0,47±0,21	0,49±0,23
<i>Amanita pantherina</i>	n	n	n	n
<i>Cenococcum geophilum</i>	n	n	n	n

"n" - sēņu micēlija attīstība netika konstatēta

– bez barības vielām (pH: Seda – 3,66; Laflora – 4,50)  
+ ar barības vielām (pH: Seda – 3,84; Laflora – 4,72)

Redzam, ka minerālās barības vielas veicina *P. involutus*, *L. versipelle* un *A. muscaria* micēlija attīstību (att.7.1.-7.6.). Attiecībā uz *P. involutus* un *L. versipelle* Lafloras substrātā secināts, ka atšķirības ir būtiskas (t-kritērijs, n=15). Sedas kūdras substrātā statistiski būtiskas atšķirības uzrāda *A. muscaria* (P=0,05). Minerālo barības vielu ietekme uz *B. edulis* un *S. Variegatus* micēlija attīstību bija nenozīmīga. Tātad mikorizas sēņu attīstībai optimālais bija Sedas kūdras substrāts ar pH=3,84. Novērtējot Strenču kokaudzētavā piegādātā substrāta pH, konstatēts, ka tas bija 3,3. Šī starpība 0,5 var negatīvi ietekmēt stādu attīstību. Laboratorijas eksperimentos turpinās pētījumi, lai pārbaudītu atšķirīgu minerālmēslojuma devu ietekmi uz ektomikorizas sēņu micēlija attīstību.





5. att. Mikorizas sēņu micēlija attīstība

5.1.-5.2. *Leccinium versipelle* micēlija attīstība Sedas kūdras substrātā ar barības vielām

5.3.-5.4. *L. versipelle* micēlija attīstība Sedas kūdras substrātā bez barības vielām

5.5. *Paxillus involutus* micēlija attīstība Sedas kūdras substrātā ar barības vielām

5.6. *P. involutus* micēlija attīstība Sedas kūdras substrātā bez barības vielām

## SECINĀJUMI

1. Egļu kailsakņu mikorizācija A/S “Latvijas valsts meži” LVM Sēklas un stādi kokaudzētavās veģetācijas perioda beigās ir  $93,7 \pm 0,4 \dots 99,9 \pm 0,1$  %. Kūdras substrātā sējeņu mikorizācija ir  $40,7 \pm 4,5$  %. Atzīmēta augsta korelācija ( $r=0,96$ ,  $\alpha=0,05$ ) starp virszemes daļas masu un mikorizu skaitu.
2. Priežu kailsakņu mikorizācija 2005. gada rudenī bija  $60 \pm 8 \dots 100\%$ . Vismazākā sējeņu mikorizācijas pakāpe atzīmēta pie augsnes pH=3,29. Mikorizu skaits, kā arī virszemes daļas masa samazinās pie pH=5,24 un 6,25. Mazsilu kokaudzētavā (augšnes pH=4,13) atzīmēta lielākā sējeņu virszemes daļas masa  $0,26 \pm 0,02$  g, kā arī lielākais mikorizu skaits 1 sējenim ( $312 \pm 6$  gab.). Iegūtie dati liecina, ka tikai mikorizācijas procents nevar raksturot stādu vitalitāti, nepieciešams novērtēt mikorizu skaitu.
3. Konstatēts, ka pastāv cieša korelācija ( $r=0,98$ ,  $\alpha=0,01$ ) starp priežu sējeņu virszemes daļas masu un mikorizu skaitu. Virszemes daļas masu ietekmē gaišo (ar uzbiezinātu sēņu mantiju) mikorizu īpatsvars ( $r=0,92$ ,  $\alpha=0,01$ ).
4. Egļu sīkkonteineru morfoloģiskie rādītāji Mazsilu kokaudzētavā uzrāda augstākas vērtības, salīdzinot ar Podiņu kokaudzētavu. Stādu vidējais sakņu garums Podiņu kokaudzētavā ir  $760 \pm 30$  cm, bet Mazsilu kokaudzētavā  $1105 \pm 56$  cm ( $P < 0,001$ ). Sakņu tilpums Podiņu kokaudzētavas stādiem vidēji ir  $0,83 \pm 0,04$  cm<sup>3</sup>, bet Mazsilu kokaudzētavas stādiem  $1,79 \pm 0,09$  cm<sup>3</sup>. Arī sakņu/virszemes daļas attiecība ir augstāka Mazsilu kokaudzētavā, salīdzinot ar Podiņu kokaudzētavu:  $0,69 \pm 0,03$  pret  $0,55 \pm 0,02$ . Mikorizēto saknīšu skaits 1 stādam Podiņu kokaudzētavā ir  $604 \pm 17$ ; Mazsilu kokaudzētavā  $845 \pm 67$  ( $P=0,001$ ). Konstatēta cieša korelācija starp stādu virszemes daļas masu un mikorizu skaitu ( $r=0,96$ ,  $\alpha=0,05$ ).
5. Egļu konteinerstādu virszemes daļas masu ietekmē mikorizēto saknīšu skaits ( $r=0,95$ ,  $\alpha=0,05$ ). Mikorizu skaits korelē ar Zn daudzumu skujās ( $r=0,96$ ,  $\alpha=0,05$ ) un Zn daudzumu kūdras substrātā ( $r=1$ ,  $\alpha=0,05$ ). Konstatēta korelācija arī starp mikorizu skaitu un Cu, kā arī Mo saturu kūdrā ( $r=0,95$ ,  $\alpha=0,05$ ).
6. Priežu konteinerstādu morfoloģiskie rādītāji Strenču kokaudzētavā uzrāda augstākas vērtības, salīdzinot ar Mazsilu kokaudzētavu. Vidējais stāda sakņu garums Strenču kokaudzētavā ir  $1531 \pm 57$  cm, bet Mazsilu kokaudzētavā  $981 \pm 32$  cm ( $P < 0,0001$ ). Sakņu galiņu skaits vidēji vienam stādam Strenču kokaudzētavā ir  $5278 \pm 271$  gab., bet Mazsilu kokaudzētavā  $3567 \pm 200$  gab.



7. Strenču kokaudzētavas priežu konteinerstādiem dominē tumši dzeltenās mikorizas ar gludu sēņu mantiju, bet Mazsilu kokaudzētavas stādiem baltās mikorizas ar atejošām hifām (*Suillus sp.*). Pastāv cieša korelācija starp stādu virszemes daļas masu un sakņu galiņu skaitu ( $r=0,98$ ,  $\alpha=0,05$ ).
8. Priedes konteinerstādu sakņu garumu un sakņu galiņu skaitu ietekmē Zn un Mo daudzums skujās ( $r=0,97 \dots 0,99$ ,  $\alpha=0,05$ ). Cieša korelācija pastāv arī starp sakņu garumu, sakņu galiņu skaitu un Zn daudzumu kūdras substrātā ( $r=0,98$ ,  $\dots 1$ ,  $\alpha=0,05$ ). Atzīmēta korelācija starp sakņu garumu un B daudzumu kūdras substrātā ( $r=0,93$ ,  $\alpha=0,1$ ).
9. 1-gadīgi un 2-gadīgi egles un priedes konteinerstādi Strenču un Mazsilu kokaudzētavās raksturojas ar augstu mikorizācijas pakāpi 90-100%. No egļu un priežu konteinerstādu saknēm izdalīti 6 mikorizas tipi (laboratorijas apstākļos iegūts mikorizas sēņu micēlijs).
10. Mikorizas sēņu *Paxillus involutus*, *Leccinum versipelle* un *Amanita muscaria* micēlijs vislabāk attīstījās Sedas kūdras substrātā pie pH=3,84. Novērtējot minerālo barības elementu ietekmi uz mikorizas sēņu micēlija attīstību, konstatēts, ka pamatmēslojuma iestrāde kūdras substrātā veicina *P. involutus*, *L. versipelle* un *A. muscaria* micēlija attīstību, bet ietekme netika konstatēta attiecībā uz *Boletus edulis* un *Suillus variegatus* micēlija attīstību.

## LITERATŪRA

1. Andersson S., Jensen P. and Söderstrom B. 1996. Effects of mycorrhizal colonization by *Paxillus involutus* on uptake of Ca and P by *Picea abies* and *Betula pendula* grown in unlimed and limed peat. *New Phytol.* 133, 695 – 704.
2. Arnebrand. K. 1994. Nitrogen amendments reduce the growth of extramatrical ectomycorrhizal mycelium. *Mycorrhiza* 5, 7 – 15.
3. Brandrud T.T. 1995. The effects of experimental nitrogen addition on the ectomycorrhizal fungus flora in in oligotrophic spruce forest at Gardsjön, Sweden. *For. Ecol. Manage.* 71, 111 – 122.
4. Brundrett M., Bougher N., Dell B., Grove T. and Malajczuk N. 1996. Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. ACIAR Monograph 32.
5. Brunner I. and Brodbeck S. 2001. Response of mycorrhizal Norway spruce seedlings to various nitrogen loads and sources. *Environmental Pollution* 114, 223 – 233.
6. Dahlberg A. 1990. Effect of Soil Humus on the Establishment and Development of Mycorrhiza on Containerised *Pinus sylvestris* L. and *Pinus contorta* ssp. *latifolia* Engelm. after Outplanting. *Scand. J. For. Res.* 5: 103 – 112.
7. Dahlberg A. and Stenström E. 1991. Dynamic changes in nursery and indigenous mycorrhiza of *Pinus sylvestris* seedlings planted out in forest and clearcuts. *Plant and Soil* 136: 73 – 86.
8. Ekwebelam S. A. and Reid C.P.P. 1983. Effect of light, nitrogen fertilization, and mycorrhizal fungi on growth and photosynthesis of lodgepole pine seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 13, 1099 – 1106.
9. Eltrop L. and Marschner H. 1996. Growth and mineral nutrition of non-mycorrhizal and mycorrhizal Norway spruce (*Picea abies*) seedlings grown in semi-hydroponic sand culture. I. Growth and mineral nutrient uptake in plants supplied with different forms of nitrogen. *New Phytol.* 133, 469 – 478.
10. Erland S. 1990. Effects of liming on pine ectomycorrhiza. Doctoral Thesis. Lund University.
11. Erland S. and Söderström B. 1990. Effects of liming on ectomycorrhizal fungi infecting *Pinus sylvestris* L. *New Phytol.* 115, 675 – 682.
12. Erland S., Söderström B. and Andersson S. 1990. Effects of liming on ectomycorrhizal fungi infecting *Pinus sylvestris* L. *New Phytol.* 115, 683 – 688.
13. Gagnon J., Langlois C. G. and Fortin J.A. 1987. Growth of containerized jack pine seedlings inoculated with different ectomycorrhizal fungi under a controlled fertilization Schedule. *Canadian Journal of Forest Research* 17, 840 – 845.
14. Göbl F. 1963. Die Zirbenmykorrhiza in Pflanzengarten. *Cbl. f. d. ges Forstwesen*, 80 (1): 20 – 30.
15. Göbl F. 1967. Das Mykorrhiza-Problem bei der Nachzucht verschiedener Holzarten. *Sweiz. Z. Forstwesen*, 118.5.
16. Göbl F. 1975. Erfahrungen bei der Anzucht von Mycorrhiza-Impfmaterial. *Cbl. f. d. ges. Forstwesen*, 92, 227 - 237.
17. Göbl F. 1980. Ein Test für die Auswahl von Mykorrhizapilzen für bestimmte Böden und Substrate. *Allgemeine Forstzeitung*, 194., 191 – 192.

18. Göbl F. 1993. Biologosche Eignungsprüfung für Containersubstrate. Österreichische Forestzeitung, 2, 16 – 17.
19. Göbl F. 1995. Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen in einem Wald- und Weidegebiet. FBVA-Berichte, 87, 201 – 212.
20. Göbl F. 1995. Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe. V. Mitt. d. Forstl. Bundesversuchsanstalt, 163/5, 11 – 18.
21. Göbl F. und Mutsch F. 1985. Schwermetallbelastung von Wäldern in der Umgebung eines Hüttenwerkes in Brixlegg/Tirol. Erste Untersuchung der Mykorrhiza und Humusaufgabe. Cbl. f. ges. Forstwesen, 102, 28 – 40.
22. Göbl F. und Thurner S. 1995. Bewertung von Waldstandorten durch eine Zustandserhebung von Mykorrhizen und Feinwurzeln. FBVA-Berichte, 87, 105 – 112.
23. Harley J.L. and Smith S. E. 1983. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, London.
24. Haug I. and Feger K.H. 1990. effects of fertilization with Mg SO<sub>4</sub> and (NH)<sub>4</sub>SO<sub>4</sub> on soil solution, chemistry, mycorrhiza and nutrient content of fine roots in a Norway spruce stand. Water Air Soil Pollut. 54, 453 – 467.
25. Hung L. and Trappe J.M. 1983. Growth variation between and within species of ectomycorrhizal fungi in response to pH *in vitro*. Mycologia 75, 234 – 241.
26. Karen O. and Nylund J.E. 1997. Effects of ammonium sulphate on the community structure and biomass of ectomycorrhizal fungi in a Norway spruce stand in southwestern Sweden. Can. J. Bot. 75, 1628 – 1642.
27. Kropp B. R. 1982. Formation of mycorrhizae on nonmycorrhizal western hemlock outplanted on rotten wood and mineral soil. For. Sci. 28: 706 – 710.
28. Laiho O. 1970. *Paxillus involutus* as a mycorrhizal symbiont of forest trees. Acta Forestalia Fennica 106, 1 – 71.
29. Lehto T. 1994. Effects of liming and boron fertilization on mycorrhizas of *Picea abies*. Plant and Soil, 163, 1: 65 – 68.
30. Lehto T. 1989. Männynntaimien mykorritsat keskustaimitarhoilla. (Mycorrhizal status of Scots pine nursery stock in Finland.) Folia Forestalia 726, 1 – 15.
31. Lehto T. 1986. Mycorrhiza formation of scots pine seedlings on peaty and mineral soil. INRA, Paris, 757 – 760.
32. Lewis D.H. 1987. Inter-relation between carbon nutrition and morphogenesis in mycorrhizas. In: Mycorrhizae in the Next Decade: Practical applications and research priorities. Seventh North American Conference on Mycorrhizae, May 3 – 8, Gainesville, Fl. Ed. by D. M. Sylvia etc. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville.
33. Marx D. H., Hatch A. B. and Mendincino J.F. 1977. High soil fertility decreases sucrose content and susceptibility of loblolly pine roots to ectomycorrhizal infection by *Pisolithus tinctorius*. Canadian Journal of Botany 55, 1569 – 1573.
34. Metzler B. and Oberwinkler F. 1987. The *in-vitro* mycorrhization of *Pinus sylvestris* L. and its dependence of the pH-value. Eur. J. For Pathol. 17: 385 – 397.
35. Mikola P. 1966. Studies on the ectendotrophic mycorrhiza of pine. Acta Forest. Fennica, 79, 2.

36. Nylund J-E. and Unestam T. 1987. Ectomycorrhiza in semi-hydroponic Scots pine: increased photosynthesis but reduced growth. In: D. M. Sylvia, L.L. Hung and J. H. Graham (eds.). Mycorrhizae in the next decade. Proc. 7<sup>th</sup> North American Conference on Mycorrhizae, 3 – 8 May, 1987, University of Florida, Gainesville, p. 256.
37. Nylund J-E. and Wallander H. 1989. Effects of ectomycorrhiza on host growth and carbon balance in a semi-hydroponic cultivation system. *New Phytol.*, 112, 389 – 398.
38. Read D. J. 1998. Mycorrhiza-state of the art. In: Varma A., Hock B. (Eds.), *Mycorrhiza: Structure, Function, Molecular Biology and biotechnology*, 2nd Edition. Springer, Berlin, pp. 3- 34.
39. Ruehle J. L. and Marx D. H. 1977. Developing Ectomycorrhizae on containerized Pine seedlings. USDA Forest Research Note SE – 242.
40. Ruehle J. L. and Wells C. G. 1984. Development of *Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizae on container-grown pine seedlings as affected by fertility. *Forest Science* 30, 1010 – 1016.
41. Seith B., George E., Marschner H., Wallenda T., Schaeffer C., Einig W., Wingler A. and Hampp R. 1996. Effects of variety soil nitrogen supply on Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). I. Shoot and root growth and nitrogen uptake. *Plant Soil* 184, 291 – 298.
42. Schinner Fr., Öhlinger R., Kandeler E., Margesin R. (Hrsg.) 1993. *Bodenbiologische Arbeitsmethoden*; 2. Auf., Springer, Berlin, u. a, s.389.
43. Stenström E. 1990. Ecology of Mycorrhizal *Pinus sylvestris* Seedlings – Aspects of Colonization and Growth. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Upsala.
44. Väre H. 1990. Effects of soil fertility on root colonization and plants growth of *Pinus sylvestris* nursery seedlings inoculated with different ectomycorrhizal fungi. *Scand. J. For. Res.*, 5: 51 – 58.
45. Vincent J-M. 1989. Quantitative Untersuchungen am Feinwurzelsystem von Altbuchen unterschiedlicher Schadstufen. *AFZ* 29 – 30., 793 – 794.
46. Wallander H. and Nyland J-E. 1991. Effects of excess nitrogen on carbohydrate concentration and mycorrhizal development of *Pinus sylvestris* L. seedlings. *New Phytol.* 119, 405 – 411.
47. Wallenda T., Schaeffer C., Einig W., Wingler A., Hampp R., Seith B., George E. and Marschner H. 1996. . Effects of variety soil nitrogen supply on Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.).II. Carbon metabolism in needles and mycorrhizal roots. *Plant Soil* 186, 361 – 369.
48. Willenborg A., Schmitz D. und Lalley J. 1989. Die Entwicklung der Mykorrhiza bei Buchensämlingen nach Impfung mit verschiedenen Mykorrhizapilzen. *AFZ* 29 – 30, 791 - 792.
49. Семенова Л. А. 1985. Влияние известкования почвы на микоризообразование у сеянцев сосны и ели. В кн.: - Микосимбиотрофизм и другие консортивные отношения в лесах севера. Петрозаводск, стр. 72 – 82.
50. Шемеханова Н. М. 1962. Микотрофия древесных пород. Москва, 375 стр.
51. Шубин В. И. 1973. Микотрофность древесных пород.” Наука „ Ленинград, 3 - 247.