

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, Dr. silv.

T. Gaitnieks

2006

IZPILDĪTĀJI

Tālis Gaitnieks

Dārta Kļaviņa

Natālija Arhipova

Brigita Javoīša

Alīna Mihailova

KOPSAVILKUMS

Mikorizas nozīme konteinerstādu vitalitātes nodrošināšanā

Darba uzdevumi:

- Apkopot informāciju par sūnas *Marchantia polymorpha* bioloģiju un ierobežošanas metodēm.
- Izvērtēt laboratorijas eksperimentā iegūtos rezultātus par dažādu kaļķojamo materiālu ietekmi uz sūnas *Marchantia polymorpha* augšanu un mikorizas sēņu micēlija attīstību.
- Dažādu kaļķojamo materiālu ietekmes novērtējums uz ietvarstādu sakņu attīstību un mikorizāciju.
- Noteikt izdalīto mikorizas sēņu sugas
- Ietvarstādu sakņu morfoloģisko un mikorizācijas rādītāju novērtējums Strenču, Mazsilu un Podiņu kokaudzētavās (2005.-2006. gada sējumi) saistībā ar līģumdarbu „Ietvarstādu un kailsakņu stādmateriāla minerālās barošanās monitorings pēc substrāta, skuju vai lapu un laistāmā ūdens analīzēm”.
- Izvērtēt stādmateriāla audzēšanai izmantotos kvalitātes rādītājus un sadarbībā ar LU Bioloģijas institūta Augu minerālās barošanās laboratorijas speciālistiem sagatavot priekšlikumus stādmateriāla kvalitātes kontroles rādītājiem, lai nodrošinātu optimālu stādu sakņu attīstību un mikorizāciju.

Iegūtie rezultāti:

Sūnas *Marchantia polymorpha* attīstību veicina augsts barības vielu (N un P) saturs substrātā, apēnojums, kā arī paaugstināts gaisa un substrāta mitrums. Lai ierobežotu maršancijas izplatību, ieteicams izmantot rupju substrātu (tas veicina ātrāku substrāta virsmas izžūšanu un labāku aerāciju), kā arī jāizmanto mulča. Labi rezultāti maršancijas ierobežošanā iegūti, izmantojot preparātus Mogeton, Diuron, AlbaGro, Broadstar, Ronstar.

Salīdzinot dažādu kaļķojamo materiālu ietekmi uz maršancijas attīstību, konstatēts, ka kaļķojamais materiāls dolomītmilti veicina maršancijas attīstību salīdzinājumā ar kaļķojamo materiālu dolomītmilti un kaļķakmens milti, taču atšķirības nav statistiski būtiskas pie $\alpha=0,05$. Kaļķojamais materiāls dolomītmilti stimulē ietvarstādu virszemes daļas attīstību, taču negatīvi ietekmē sakņu sistēmas attīstību, īpaši inhibējot sakņu zarošanos.

Egļu ietvarstādus, kas audzēti siltumnīcā ar apkuri, raksturo būtiski lielāki ($p<0,05$) stādu morfoloģiskie rādītāji, kā arī augstāka mikorizācijas pakāpe $33,5\pm 3,2\%$, salīdzinājumā ar stādiem, kas audzēti siltumnīcā bez apkures $19,8\pm 2,7\%$ ($p<0,05$). Savukārt egļu ietvarstādiem ar uzlaboto sakņu sistēmu, kas sākumā audzēti apkurināmā siltumnīcā, konstatēta būtiski lielāka virszemes daļas masa ($p<0,05$). Pastāv cieša korelācija starp egļu ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu sakņu/virszemes daļu masas attiecību un sakņu garumu, tilpumu, kā arī mikorizācijas pakāpi ($R^2 = 0,95\dots 0,97$). Konstatēts, ka pastāv korelācija starp priežu ietvarstādu sakņu kakla diametru raksturojošām vērtībām un mikorizācijas pakāpi, sakņu tilpumu, sakņu galiņu skaitu, kā arī sakņu garumu. $R^2 = 0,93\dots 0,97$. Sakņu / virszemes daļas masas attiecība korelē ar sakņu mikorizāciju un sakņu tilpumu $R^2 = 0,87\dots 0,88$.

Priežu ietvarstādiem veģetācijas perioda beigās konstatēta ļoti augsta mikorizācijas pakāpe 92–97%. Kopumā no egļu un priežu ietvarstādu īssaknītēm izdalītas 7 mikorizas sēņu sugas. Kā dominējošā mikorizu veidojošā suga atzīmēta *Teleophora terrestris*.

Konstatēts, ka egļu ietvarstādu un egļu ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu mikorizāciju negatīvi ietekmē palielinātas elektrovadāmības EC vērtības substrātā.

Kā stādu kvalitātes indikatoru ieteicams izmantot arī sakņu/ virszemes daļas masas attiecību, jo šis parametrs cieši korelē ar sakņu vitalitātes rādītājiem.

SATURS

	<i>Lpp.</i>
1. Ievads	5.
2. Literatūras apskats	6.
3. Metodika	11.
4. Rezultāti	15.
4.1. Ietvarstādu morfoloģisko rādītāju novērtējums	15.
4.1.1. Egļu ietvarstādu morfoloģisko rādītāju novērtējums	15.
4.1.2. Egļu ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu morfoloģisko rādītāju novērtējums	19.
4.1.3. Priežu ietvarstādu morfoloģisko rādītāju novērtējums	28.
4.2. Eksperimentālo substrātu pārbaude	35.
4.2.1. Maršancijas attīstība eksperimentālajos substrātos	35.
4.2.2. Priežu un egļu ietvarstādu attīstība eksperimentālajos substrātos	37.
4.2.3. Mikorizas sēņu micēlija attīstība eksperimentālajos substrātos	40.
4.3. Skujkoku ietvarstādu morfoloģisko rādītāju novērtējums (2005.g. sējumi)	41.
4.4. Dominējošie skujkoku mikorizu tipi	49.
5. Secinājumi	51.
6. Literatūra	52.
Pielikumi	54.

1. IEVADS

Mikorizai ir būtiska nozīme stādu minerālās barošanās procesā – eksperimentos konstatēts, ka mikorizēti stādi spēj uzņemt lielāku daudzumu N, P un K (Eltrop & Marshner 1996), kā arī var tikt stimulēti Ca un Mg uzņemšana (Andersson *et al.* 1996). Pierādīts, ka egļu sējeņiem mikorizācija ar atsevišķām mikorizas sēnēm palielina N un P koncentrāciju, bet samazina Mn koncentrāciju skujās. Analizējot stādu morfoloģiskos parametrus, konstatēts, ka mikorizācija palielina biomasu, bet samazina sakņu/virszemes daļu attiecību (Brunner & Brodbeck 2001).

Barības elementu saturs substrātā ir svarīgs sakņu mikorizāciju un stādu morfoloģiskos rādītājus ietekmējošs faktors. Visvairāk ir analizēta slāpekļa ietekme uz stādu morfoloģiskajiem parametriem. Ir pierādīts, ka N palielina egļu un priežu sējeņu biomasu, bet samazina īssaknīšu skaitu un mikorizācijas pakāpi (Seith *et al.* 1996; Wallenda *et al.* 1996; Haug & Feger 1990).

Kā otrs mikorizu visvairāk ietekmējošais faktors tiek minēts augsnes pH un ar augsnes pH pastarpināti ir saistīta pareiza kalņojamā materiāla izvēle.

Pēdējos gados, izmantojot intensīvās stādu audzēšanas tehnoloģijas, būtiska problēma kokaudzētavās kļuvusi masveidīga parastās maršancijas savairošanās. Šī sūna ar savu laponi pāraugot kasetes virsmu mehāniski kavē stādu augšanu, kā arī pavājina ūdens un barības vielu piekļuvi substrātam. Tāpēc svarīgi noskaidrot - vai izmainot ietvarstādu audzēšanai izmantotā substrāta sastāvu, piemēram, lietojot dažādus kalņojamos materiālus, var samazināt maršancijas izplatību un augšanu. Tāpat jāanalizē stādmateriāla un mikorizas sēņu attīstība šādos substrātos.

2. LITERATŪRAS APSKATS

Parastās maršancijas (*Marchantia polymorpha*) bioloģija, ekoloģija un ierobežošanas metodes

Marchantiopsida = *Hepaticae* =
Hepaticopsida – aknu sūnu klase

Marchantiidae – Maršanciju apakšklase

Marchantiales - maršanciju rinda

Marchantiaceae- maršanciju dzimta

Marchantia – Maršanciju ģints

Marchantia polymorpha L. emend.

Burgeff - parastā maršancija.



1. attēls. Maršancijas laponis uz kasetes virsmas.

Parastā maršancija (*Marchantia polymorpha*) ir viena no izplatītākajām aknu sūnu klases sugām, kā arī vienīgā Latvijā sastopamā maršanciju suga. Tā bieži sastopama lapu koku mežos, mitrās ieplakās, pie avotiem, degumu vietās, uz mitrām, karbonātiem bagātām minerālaugsnēm, kā arī kokaudzētavās (Āboliņa 2003). Parastā maršancija ir viena no postošākajām nezālēm kokaudzētavās. Klājeniski aknu sūnas laponi veido paklāju uz stādu audzēšanai izmantoto kasešu substrāta virsmas un būtiski kavē ūdens un minerālvielu transportu auga sakņu zonā.

Marchantia polymorpha dīgst no sporām, izveidojot nelielas zaļas protonēmas - vienu vai dažas šūnas garus pavedienus. No protonēmas gala attīstās gametofīts (plātnītes veida laponis). Maršancijas laponis ir dihotomiski zarots, 1-10 cm centimetrus garš, līdz 2 cm plats, bet kopumā tā izskats var būt ļoti variabls (1. attēls). Maršancijas lapoņa virsējā epiderma ir klāta ar gandrīz ūdens necaurlaidīgu kutikulu, tāpēc tā nav spējīga absorbēt atmosfēras ūdeni (ūdens tiek uzņemts ar rizoīdiem). Līdz ar to, ja maršancijas ir apaugusi visu kasetes virsmu, tā var stipri kavēt ūdens pieejamību stādam. Uz lapoņa augšējās virsmas atrodas gaisa (asimilācijas) dobumi, no kuru apakšas paceļas daudzi īsi, no ieapaļām šūnām veidoti, zaroti asimilatori. To šūnas satur hloroplastus un veido asimilācijas audus. Ja ir sauss, apakšējā vainaga šūnas spēj pat mazliet sakļauties, kam, neskatoties uz samērā primitīvo uzbūvi, ir liela nozīme ūdens daudzuma regulēšanā.

Maršancijas vairojas gan dzimumiski ar sporām, gan bezdzimumiski ar vairgroziņu producētajiem lēcveidīgiem vairķermeņiem (2. attēls). Dzimumšūnas veidojas sievišķajos un vīrišķajos dzimumšūnu nesējos - arhegonijos un anterīdijos, kas lokalizēti īpašos lietussargveida sastatos (Āboliņa 2003). Maršancijas producē lielu daudzumu sporu (līdz 7 miljoni), kas ir mikroskopiskas un labi izplatās ar vēja starpniecību, tāpēc nav iespējams efektīvi ierobežot to izplatību. Turpretim vairgroziņi producē lielu skaitu vairķermeņu, kas veicina strauju vairošanos lokālā teritorijā (Altland 2003). Piemēram, A. Āboliņa vienā dm^2 maršancijas lapaņa konstatējusi 200 vairgroziņu ar aptuveni 50 vairķermeņiem katrā no tiem - tātad kopumā ap 10000 vairķermeņu vienā kvadrātdecimetrā. Aktīvās veģetatīvās un ģeneratīvās vairošanās dēļ maršanciju mehāniska apkarošana nav efektīva (Āboliņa 2003). Mūsu iegūtie dati darbā ar maršanciju liecina, ka vienā vairgroziņā vidēji ir 70-80 vairķermeņi, bet to skaits var sasniegt pat 130.



2. attēls. Vairgroziņš ar vairķermeņiem.

Apgaismojums ir būtisks maršancijas augšanu ietekmējošs faktors. Maršancijas maksimālais augšanas ātrums un fotosintēzes intensitāte ir pie vāja ($2\text{-}3 \times 10^3 \text{ lx}$) apgaismojuma. Augšana apstājas pārmērīga apgaismojuma ietekmē, kas var izsaukt hloroplastu struktūras izmaiņas (Mache & Loiseaux 1973).

Aknu sūnai *Lunularia cruciata*, kas pēc morfoloģiskām pazīmēm ir līdzīga maršancijai, 8 stundu gaismas periods ir optimāls attīstībai. Tumsā nenotiek augšana, bet pie ilgstoša apgaismojuma ātri iestājas miera periods. Apgaismojuma ciklu maiņa, kas iespējama pie mākslīga apgaismojuma, veicina šo sūnu attīstību (Schwabe & Valio 1970).

Vairķermeņu veidošanās mākslīgi var tikt stimulēta, videi pievienojot kinetīnu (Kozo 1965; Chopra & Gupta 1967) vai heteroauksīnu zemās koncentrācijās (Taren 1958). Turpretim Allsopp u.c. (1968) pētījumos indoliletiķskābe inhibē vairķermeņu attīstību sterilā kultūrā uz Knopa barības šķīduma bāzes. Lielas fitohormonu koncentrācijas nomāc normālu aknu sūnu lapaņa augšanu, kā arī vairķermeņu veidošanos (Narayanaswami 1957).

Saharoze veicina aknu sūnu sporu dīgšanu un lapaņa veidošanos (Chopra & Gupta 1967), turpretim indoliletiķskābe pavājina šo procesu (Kozo 1965). Savukārt Ca^{2+} jonu trūkums vai arī augsta CaCl_2 koncentrācija vidē nedaudz palēnina protonēmas augšanu un ievērojami nomāc vairgroziņu veidošanos (Kozo 1965).

Lai labāk parādītu pieaugumu pēc 15 dienu kultivēšanas kā reprezentatīvākie parametri Hedges Doreen u.c (1972) pētījumā izvēlēti lapoņa svars (arī izžāvētā veidā), lapoņa garums un platums. Par aknu sūnu vairķermeņu miera perioda pārtraukšanu liecina rizoīdu veidošanās. Rizoīdu veidošanās vairķermeņiem ir atkarīga no temperatūras un gaismas apstākļiem (Valio & Schwabe 1969).

Labvēlīgi augšanas apstākļi maršancijai ir maz kaļķota augsne (pH 6) un saulaina augšanas vieta (maršancija labi pārcieš arī sausuma periodus). Literatūrā sastopamas norādes, ka aknu sūnas ir relatīvi prasīgas pret makroelementu saturu substrātā (Hoffman 1966), bet maršancijas attīstību nekavē kokaudzētavām raksturīgā augstā minerālelementu, it īpaši slāpekļa un fosfora, koncentrācija augsnē (Altland 2003).

Oregonas universitātes veiktajā pētījumā netika konstatēta augsnes apstrādes ietekme uz maršancijas augšanu. Salīdzinot ar cūku ekskrementiem uzlabotu augsni un parastu augsni, zema maršancijas augšanas intensitāte tika konstatēta uzlabotajā substrātā. Tas tika saistīts ar maršancijas jutību pret smagajiem metāliem, it īpaši cinku un varu. Augsta cinka un vara koncentrācija uzlabotajā augsnē var palīdzēt nomākt maršancijas augšanu uz augsnes virsmas (Svenson *et al.* 2001).

Jaunu maršanciju lapoņus iespējams iznīcināt ar Zero Tol (hidrogēndioksīdu), TerraCyte (nātrija perokarbonātu) vai Physan 20 (ceturtdaļu amonija hlorīda sāls). Šīs vielas darbojas kā biocīds, kas apdedzina jaunus sūnu audus, bet neiznīcina sūnu daļas, kas saistītas ar augsni. Nātrijs, kas ir TerraCyte sastāvā, aknu sūnas izkaltē un 70 % sūnu iet bojā. TerraCyte ir granulū materiāls, tāpēc to nevar izmantot ietvarstādiem. (Gill *et al.* 2004)

Altland (2003) pētījumos, apstrādājot maršanciju ar dažādiem herbicīdiem (Mogeton, TerraCyte, Broadstar u.c.), efekts tika konstatēts, bet tas nebija simtprocentīgs, kā arī pats autors pieļāva domu, ka citos apstākļos tas varētu būt vēl mazāks. Kopumā sūnu augšanu nevar ierobežot tikai ar herbicīdiem, tie var būt tikai kā papildinājums kādai citai ierobežošanas metodei.

Arī pašās maršancijās atklātas vairķermeņu augšanu kavējošas vielas. Viena no šīm vielām ir izplatīta lapoņa audos, savukārt otra tiek producēta tikai vairģroziņos, it īpaši to apakšējā daļā. Šīs vielas funkcionē, aizkavējot vairķermeņu augšanu un rizoīdu attīstību (Taren 1958). Nogriežot augšējo lapoņa virsmu ar vairģroziņiem, tiek iniciēta vairķermeņu dīgšana. Bet, ja ievaino tikai laponi kādā punktā, tas neietekmē vairķermeņu augšanu (La Rue & Narayanaswami 1957).

Maršancijas ierobežošanai ASV ir ieteikts preparāts AlbaGro, kas iegūts no *Limnanthes alba* (savvaļas augs Oregonā). No šī auga sēklām iegūst eļļu, savukārt no pāri palikušās sausnes, to samaļot, iegūst blakusproduktu, ko sākotnēji izmantoja maršancijas ierobežošanai, audzējot ietvarstādus. Rupjā maluma miltiem no izspiestajām *Limnanthes*

alba sēklām tika konstatēti vairāki trūkumi – sarežģītā lietošanas metode, specifiskais aromāts un liela sēklu materiāla izplatība. Tāpēc tika izveidots produkts AlbaGro, kura sastāvā ir *Limnanthes alba* sēklu milti un granulveida sulfāti. AlbaGro sastāvā ir 4% N, P₂O₅ un K₂O, kā arī 5% Ca un 1,5% Mg. Šī produkta efektivitāte pārbaudīta uz rododendru ietvarstādiem, kuri audzēti duglāziju mizās, kas kaļķotas ar dolomītmiltiem. Substrāta pH pirms stādīšanas bija 6,6. Pēc stādīšanas substrātam pievienoja barības vielas un pēc 30 dienām kasetes virsmu inokulēja ar maršanciju lapoņu un vairgroziņu maisījumu paniņās un ūdenī. Pēc 2,5 mēnešiem, kad maršancijas lapoņi bija pilnībā pārņēmuši visu kasetes virsmu, daļu stādu apstrādāja ar AlbaGro. Maršancijas noklātā laukuma izmaiņas novērtēja pēc 15, 30 un 60 dienām. Pētījumā tika pierādīta šī preparāta efektivitāte. (Svenson & Deuel 2001)

ASV veiktajos pētījumos konstatēts, ka maršancijas attīstību veicina augsta barības vielu koncentrācija substrātā, it īpaši šķidrā mēslojuma pielietojums, kā arī paaugstināts augsnes un gaisa mitrums. Tātad principā tie ir apstākļi, kādos tiek audzēti ietvarstādi. Lai ierobežotu maršancijas attīstību, jāveicina substrāta aerācija, bet, lai novērstu maršancijas attīstību uz substrāta virsmas, jāpielieto mulča vai arī jānodrošina substrāta virsmas vēdināšana (Svenson 1998).

Pasaulē maršancijas ierobežošanai tiek pielietoti vairāki herbicīdi. ASV tika salīdzināta dažādu herbicīdu efektivitāte: „Broadstar”, „Kansel Plus”, „OH2”, „Pendulum 2G”, „Regal 0-0”, „Regal Kade”, „Regal Star”, „Ronstar”, „Rout” un „Snapshot”. Substrāts tika apstrādāts ar vienu no iepriekšminētajiem herbicīdiem (apstrāde tika veikta ar rokas smidzinātāju). Tad katra apstrādātā substrāta paraugi tika nolikti apkārt kasetei ar maršancijas tīrkultūru, lai novērotu dabiskās inokulācijas gaitu eksperimentālajos substrātos. Pētījums tika veikts pie 47% apēnojuma. Papildu laistīšana tika veikta divreiz dienā. Pētījuma rezultāti liecina, ka „Broadstar” un „Ronstar”, salīdzinot ar citiem herbicīdiem, nodrošina vislabāko aizsardzību pret maršancijas attīstību kasetēs (Newby *et al.*, 2005 a).

Japānas pētnieku pieredze liecina, ka maršancijas kontrolei var tikt pielietots preparāts „Quinoclamine” („Mogeton”), ko gadu desmitiem lieto Japānā kā algaecīdu. Tas tiek producēts 25% samitrināta pulvera veidā. Ir pierādīts, ka „Quinoclamine” var veiksmīgi pielietot maršancijas kontrolē un tas nav kaitīgs dekoratīvajiem stādiem (Newby *et al.*, 2005 b).

Stādaudzētavās Vācijā maršancijas ierobežošanai izmanto preparātu „Diuron”, kas ir ļoti iedarbīgs un nav dārgs (Newby *et al.*, 2005 b).

Auburnas Universitātē tika salīdzināta preparātu „Quinoclamine” un „Diuron” efektivitāte. Maršancija tika audzēta kasetēs, kas saturēja priežu mizu un smilts substrātu attiecībā 6:1, kā arī dolomīta kaļķus. Apstrāde tika veikta, kad sūna aizņēma vismaz 60% no kasetes virsmas. Rezultāti liecināja, ka maršancijas ierobežošanas efektivitāte bija

proporcionāla preparāta koncentrācijai un izmantotās suspensijas tilpumam. „Quinoclamine” nodrošināja labāku aizsardzību pie lielāka izmantotā tilpuma, bet zemākām koncentrācijām. Un otrādi - mazāks suspensijas tilpums nodrošināja efektīvu kontroli pie lielākām koncentrācijām. „Diuron” apliecināja samērā augstu sūnas ierobežošanas efektivitāti (Newby *et al.*, 2005 b).

Citā ASV zinātnieku pētījumā tika salīdzināta „Quinoclamine” („Mogeton”), „TerraCyte” un „Flumioxazin” („Broadstar”) herbicīdu efektivitāte 2., 14. un 45. dienā pēc apstrādes. Kasetēs, kur sūna aizņēma ne vairāk par 25% no virsmas, „Mogeton” efektivitāte bija 99-100% gan 2 dienas, gan 14 dienas pēc apstrādes, tomēr pēc 45 dienām kasetēs, kur tika pielietota vismazākā herbicīda koncentrācija, konstatēta maršancijas rekolonizācija. „TerraCyte” un „Flumioxazin” nodrošināja maršancijas kontroli eksperimenta sākuma, bet ar laiku efektivitāte būtiski samazinājās. Kasetēs, kur maršancijas aizņemtā platība bija lielāka par 60%, „Mogeton” efektivitāte bija 89-96% atkarībā no koncentrācijas (Altland, 2003).

Kokaudzētavās Skandināvijā (īpaši Somijā) arī izmanto „Mogeton WP” preparātus.

Kopumā maršancijas kontrole kokaudzētavās ir samērā jauna problēma.

Bez pesticīdu lietošanas maršanciju būtiski var kontrolēt, ievērojot laistīšanas režīmu, kā arī sabalansējot minerālvielu daudzumu augsnē.

3. METODIKA

Lai novērtētu priežu un egļu ietvarstādu, kā arī egļu ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu attīstības dinamiku saistībā ar sēšanas laiku un barības elementu saturu skujās un substrātā, tika izvēlēti vairāki ietvarstādu varianti trijās LVM „Sēklas un stādi” kokaudzētavās – Strenčos, Mazsilos un Podiņos. Pētījumā ietverti 17 dažādi ietvarstādu varianti (1. tabula), kuriem periodā no 20.jūnija līdz 4.oktobrim kopumā veikti 59 novērtējumi.

1. tabula.

Empīriskā materiāla raksturojums.

Varianta apzīmējums	Novērtējumu skaits	Aprite; Kokaudzētava	Silt. Nr.	Variants	Sēšanas datums
Sp3	4	I Strenči	3	P 1/0 I	19.04.-20.04.
Sp4	4		4	P 1/0 I	20.04.-21.04.
Se5	4		5	E 1/0 I	22.04.-24.04.
Se7s	5		7	E 1/0 IS*	20.03.-23.03.
Se8	5		8	E 1/0 I*	27.03.-30.03.
Sp7II	3	II Strenči	7	P 1/0 I	29.05.-02.06.
Sp8II	3		8	P 1/0 I	08.06.-14.06.
Mp6	4	I Mazsili	6	P 1/0 I	19.04.-20.04.
Me7s	4		7	E 1/0 IS	10.04.-13.04.
Mp8	4		8	P 1/0 I	14.04.-17.04.
Me5sII	2	II Mazsili	5	E 1/0 IS	29.05.
Me7II	2		7	E1/0 I	07.06.-09.06.
Mp8II	3		8	P 1/0 I	01.06.-06.06.
Pe3s	3	I Podiņi	3	E 1/0 IS	02.05.-03.05.
Pe4s	4		4	E 1/0 IS	24.04.-25.04.
Pe5s	3		5	E 1/0 IS	30.04.-01.05.
Pe2sII	2	II Podiņi	2	E 1/0 IS	20.06.-21.06.

*- apkure; I – ietvarstādi; IS (s – varianta apzīmējumos) – ietvarstādi ar uzlaboto sakņu sistēmu; S, M, P – kokaudzētavu apzīmējumi; p, e – priede/egle.

Variantu apzīmēšanai lietoti saīsinājumi, kas veidoti no kokaudzētavas pirmā burta, kam seko koku sugas apzīmējums (e vai p), siltumnīcas numurs un papildrādītāji (s – ietvarstādi ar uzlaboto sakņu sistēmu; II – otrā aprite). Atsevišķu novērtējumu identifikācijai varianta apzīmējumam pievienoti atbilstoši cipari (piemēram, Sp3-1 – Strenču kokaudzētava, priede, 3. silt. - pirmais novērtējums). Stādu novērtējums veģetācijas perioda beigās ir identisks varianta apzīmējumam (piemēram, Sp3). Priežu ietvarstādiem pirmais novērtējums tika veikts 2,5 mēnešu vecumā, savukārt egļu ietvarstādiem - trīs mēnešu vecumā. Tālākie

novērtējumi plānoti secīgi ik pēc mēneša. Veģetācijas perioda beigās (03.-05. oktobris) ievākti paraugi no visiem analizētajiem variantiem.

Empīriskais materiāls tika ievākts no 2-4 kokaudzētavā randomizēti izvēlētām kasetēm. Laboratorijā visi stādi tika attīrīti no substrāta, mazgāti, tad izvēlēti 60 vidējie stādi. Stādiem noteikti dažādi sakņu sistēmu un virszemes daļu attīstību raksturojoši parametri (2. tabula).

2. tabula.

Ietvarstādus raksturojošie parametri un analizētā materiāla apjoms.

Parametrs	n = analizēto stādu skaits
Virszemes daļu garums	$n_1 = 60; n_2=30$
Sakņu kakla diametrs	$n_1 = 60; n_2=30$
Virszemes daļu masa	$n_1 = 60; n_2=30$
Sakņu masa	$n_1 = 60; n_2=30$
Sakņu un virszemes daļas masas attiecība	$n_1 = 60; n_2=30$
Apikālo sakņu meristēmu skaits	$n_{1,2} = 30$
Mikorizācijas %	$n_{1,2} = 30$
Konkrētu mikorizas tipu sastopamība	$n_{1,2} = 30$
Sakņu morfoloģiskie rādītāji (skenētie dati)	$n_1 = 20; n_2^*= 12$

n_1 – analizētā materiāla apjoms kokaudzētavu stādmateriāla novērtēšanai

n_2 – analizētā materiāla apjoms kaļķojamo materiālu pārbaudes eksperimentā

* - analizētā materiāla apjoms ietvarstādu novērtēšanai veģetācijas perioda beigās.

Sakņu mikorizācija un apikālo galu skaits novērtēts, izmantojot stereomikroskopu Leica MZ-7,5 (palielinājums 8-30×). Lai novērtētu sakņu morfoloģiskos rādītājus, paraugi tika skenēti, izmantojot datorprogrammu Win RHIZO 2002 C (Regent instrument^R) 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 paraugi tika žāvēti 48 stundas pie 40°C. Pēc žāvēšanas tika noteikta stādu virszemes daļas un sakņu masa. Visu ievākto stādu virszemes daļas tika žāvētas vidējā skuju parauga ieguvei ķīmiskajām analīzēm.

Lai pārbaudītu kaļķojamā materiāla un barības vielu ietekmi uz ietvarstādu attīstību Strenču kokaudzētavā 21. jūnijā tika ierīkots lauka eksperiments. Eksperimentam izmantoto

substrātu raksturojošie parametri apkopoti 3. tabulā. Ietvarstādu attīstība analizēta divas reizes - 28. augustā un 28. septembrī, novērtējot 2. tabulā uzskaitītos morfoloģiskos rādītājus.

Eksperiments mikorizas sēņu attīstība novērtēšanai substrātos ar dažādiem kaļķojamajiem materiāliem un barības vielu devām (3. tabula) tika ierīkots 15. oktobrī. Visi eksperimentālā substrāta varianti iepildīti Petri traukos (pa trim katrā sēnei) un katrā traukā ievietoti pieci sēnes micēlija gabaliņi. Sēnes micēlija gabaliņi ar stikla caurulīti izgriezti no sēnes tīrkultūras, kas audzēta uz agara barotnes. Micēlija attīstība kopumā 10 mikorizas sēnēm (*Amanita muscaria*, *A. pantherina*, *Boletus edulis*, *Cenococcum geophilum*, *Laccaria bicolor*, *Lactarius rufus*, *Piloderma byssinum*, *Paxillus involutus*, *Russula delica*, *Suillus luteus*) tika novērtēta mēnesi pēc eksperimenta ierīkošanas.

Dominējošie skujkoku mikorizas sēņu tipi izdalīti no priežu (1/0 I) un egļu (2/0 I) ietvarstādiem Mazsilu un Strenču kokaudzētavās, kā arī no Strenču kokaudzētavas priežu (2/0) un egļu (4/0) kailsakņiem un Mazsilu kokaudzētavas ietvarstādiem ar uzlaboto sakņu sistēmu. Kopumā no katra varianta apskatīti 20-30 stādi, kuru sakņu paraugiem aprakstīta mikorizas tipu sastopamība un atsevišķas īssaknītes no visiem tiem uzglabātas DNS analīzēm. Mikorizu eksemplāri DNS analīzēm glabāti -16°C temperatūrā plastmasas stobriņos. Izdalītos mikorizu morfoloģiskos tipus līdz sugai noteica Zviedrijas Lauksaimniecības universitātes speciālists Dr. Audrius Menkis.

Sūnas *Marchantia polymorpha* (parastā maršancija) attīstības novērtējumam laboratorijas eksperimentā tika izmantoti četri dažādi substrāti, kas atšķīrās ar kaļķojamo materiālu un minerālvielu devām (3. tabula).

3. tabula

Eksperimentālo substrātu parametri

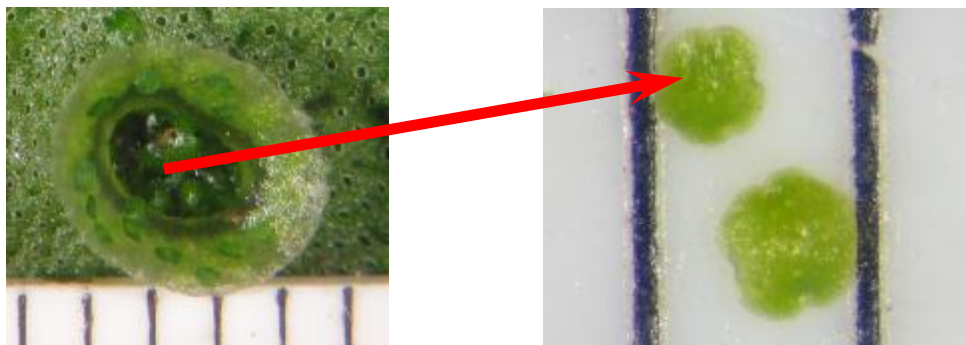
Varianti	Kaļķojamo mat. devas (g) uz 1 kūdras			Substrātu vid. pH		
	a	b	c	a	b.	c
1 (dolomītmilti)	3,4g	3,0g	3,6g	4,57	4,53	4,33
2 (dolomītmilti + 0,8g PG-Mix)	3,4g	2,8g	3,5g	4,63	4,54	3,93
3 (dolomītmilti-kaļķakmens)	3,4g	3,1g	3,6g	4,62	4,51	3,78
4 (dolomītmilti-kaļķakmens + 0,8g PG-Mix)	3,6g	3,0g	3,5g	4,68	4,56	3,79

a) Maršanciju audzēšanas eksperimentam laboratorijā.

b) Mikorizas sēņu audzēšanas eksperimentam laboratorijā.

c) Ietvarstādu audzēšanas eksperimentam kokaudzētavā.

Maršancijas attīstība katrā substrātā tika pārbaudīta, izmantojot divas metodes – ar metāla caurulīti ņemot vienāda izmēra lapaņa fragmentus un ņemot atsevišķus līdzīga izmēra vairķermeņus (3. attēls).



3. attēls. Maršancijas vairgroziņš un vairķermeņi (Iedaļas vērtība 1mm).

Eksperimentam tika izmantoti Petri trauki, kuros katrā tika audzēti pa septiņiem vairķermeņiem vai lapaņa fragmentiem (4. attēls). Maršancijas lapaņi un vairķermeņi eksperimentam tika ievākti Strenču un Mazsilu kokaudzētavās.



4. attēls. Maršancijas lapaņa fragmenti Petri traukā eksperimenta sākumā.

Substrāta un skuju agroķīmiskās analīzes tika veiktas LU Bioloģijas institūta Augu minerālās barošanās laboratorijā.

Datu statistiskai apstrādei tika izmantotas dispersijas (ANOVA), korelācijas un regresijas analīzes, kas veiktas izmantojot datorprogrammu Microsoft Excel.

4. REZULTĀTI

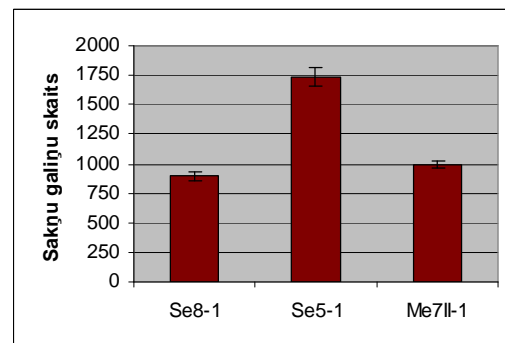
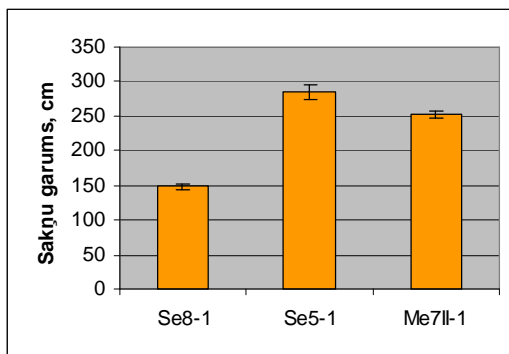
4.1. Ietvarstādu morfoloģisko rādītāju novērtējums

Ietvarstādu novērtējumu tabulas ar vidējām morfoloģisko rādītāju vērtībām katram variantam apkopotas 1.-3. pielikumā. Dati par barības elementu saturu analizēto ietvarstādu variantu substrātos un skujās apkopoti 4.-6. pielikumā.

4.1.1. Egļu ietvarstādu morfoloģisko rādītāju novērtējums

Novērtējumi veikti trijiem egļu ietvarstādu variantiem – diviem I aprites Strenču kokaudzētavas variantiem un vienas II aprites Mazsilu ietvarstādu variantam. Strenču kokaudzētavas varianti savstarpēji atšķīrās pēc sēšanas laika (marta beigas - 8. siltumnīcas variantam un aprīļa otrā pusē – 5. siltumnīcas variantam), kā arī 8. siltumnīcā sākotnēji lietota apkure. Kopējo datu tabulu par egļu ietvarstādu morfoloģiskajiem rādītājiem skatīt 1. pielikumā, savukārt barības elementu sastopamība egļu ietvarstādu skujās un substrātā apkopota 4. pielikumā.

Trīs mēnešu vecumā būtiski zemāki ($p < 0,05$) sakņu morfoloģiskie rādītāji (garums, laukums un tilpums) bija agrāk sētajam variantam – Strenču 8. siltumnīcas ietvarstādiem (5.,6. attēli). Salīdzinot Strenču ietvarstādu sakņu skenētos parametrus (sakņu galiņu skaitu, sakņu garumu, sakņu virsmas laukumu un sakņu tilpumu) četrus un piecus mēnešu vecumā, konstatēts, ka pēc četriem mēnešiem būtiski lielāki šie parametri bija 8. siltumnīcas ietvarstādiem, bet pēc pieciem mēnešiem - 5. siltumnīcas ietvarstādiem.



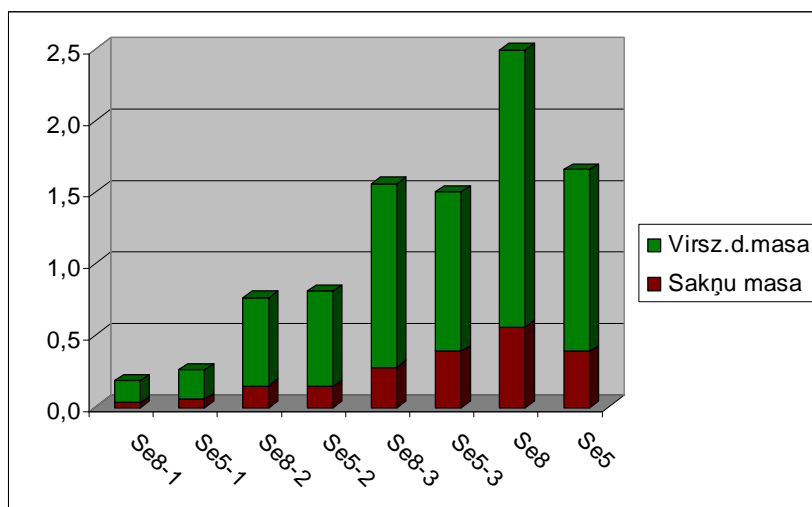
5. attēls. Sakņu garums (cm) egļu ietvarstādiem (stādu vecums - trīs mēneši).

6. attēls. Sakņu galiņu skaits egļu ietvarstādiem (stādu vecums - trīs mēneši).

Virszemes daļu garums trīs mēnešu vecumā arī parādīja būtiskas atšķirības atkarībā no sēšanas laika. Būtiski ($p < 0,05$) mazāks virszemes daļu garums bija 8. siltumnīcas stādiem ($8,2 \pm 0,1 \text{ cm}$), salīdzinājumā ar lielāks 5. siltumnīcas stādiem ($9,7 \pm 0,1 \text{ cm}$). Būtiski lielāks sakņu kakla diametrs četru mēnešu vecumā bija 5. siltumnīcas stādiem, salīdzinot ar 8. siltumnīcas stādiem ($2,45 \pm 0,03 \text{ mm}$ un $2,14 \pm 0,03 \text{ mm}$) ($P < 0,05$), savukārt piecu mēnešu vecumā būtiskas atšķirības netika konstatētas.

Trīs mēnešu vecumā egļu ietvarstādu saknes praktiski nav mikorizētas (vidējā sakņu mikorizācija zem 1%). Četru mēnešu vecumā 8. siltumnīcas ietvarstādi arī praktiski nebija mikorizēti (vidējā mikorizācija zem 1%). Arī 5. siltumnīcas stādiem četru mēnešu vecumā mikorizācija bija zema, kaut gan salīdzinoši augstāka - vidēji 5%.

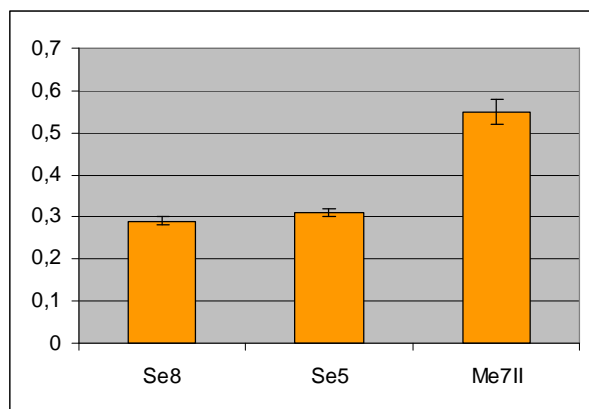
Atšķirības starp apritēm trīs mēnešu vecumā iezīmējās sakņu kakla diametra rādītājos, kas būtiski lielāki bija otrās aprites ietvarstādiem ($1,65 \pm 0,02 \text{ mm}$), salīdzinājumā ar agrāk sētajiem pirmās aprites ietvarstādiem ($1,27 \pm 0,02 \text{ mm}$). Analizējot citus parametrus būtiskas atšķirības starp apritēm neiezīmējās.



7. attēls. Egļu ietvarstādu virszemes daļu un sakņu masas dinamika Strenču kokaudzētavas 5. un 8. siltumnīcas variantiem.

Trīs mēnešu vecumā sakņu un virszemes daļu masa būtiski atšķīrās visiem egļu ietvarstādu variantiem. Būtiski mazāka tā ir agrāk sētajam variantam 8. siltumnīcā, salīdzinot ar vēlāk sētajiem variantiem ($p < 0,05$). Četru mēnešu vecumā sakņu un virszemes daļu masa starp variantiem neatšķīrās, savukārt piecu mēnešu vecumā sakņu masa būtiski lielāka bija 5. siltumnīcas variantam, turpretim virszemes daļu masa – 8. siltumnīcas variantam (7. attēls). 8. siltumnīcas variantam piecu mēnešu vecumā arī virszemes daļu garums bija būtiski ($p < 0,05$) lielāks ($25,6 \pm 0,4 \text{ cm}$), salīdzinot ar 5. siltumnīcas variantu ($18,6 \pm 0,3 \text{ cm}$).

Sakņu un virszemes daļu masa, virszemes daļas garums un sakņu kakla diametrs veģetācijas perioda beigās starp variantiem uzrādīja būtiskas atšķirības. Augstāki šie parametri bija agrāk sētajam variantam no 8. siltumnīcas un zemāki – vēlāk sētajiem. Veģetācijas perioda beigās sakņu un virszemes daļas masu attiecība būtiski atšķīrās starp apritēm - būtiski zemāka - pirmās aprites ($0,29\pm 0,01$ un $0,31\pm 0,01$), salīdzinājumā ar otrās aprites ietvarstādiem - $0,55\pm 0,03$ (8. attēls).



8. attēls. Sakņu un virszemes daļu attiecība egļu ietvarstādiem veģetācijas perioda beigās.

Skenētie parametri veģetācijas perioda beigās būtiski neatšķīrās starp I aprites ietvarstādiem, taču bija būtiski lielāki, salīdzinot ar otrās aprites ietvarstādiem. Piemēram, I aprites ietvarstādu sakņu garums svārstījās no 1241 ± 115 cm līdz 1268 ± 95 cm, taču II aprites stādiem tas bija vidēji 513 ± 20 cm. Oktobra sākumā visu apskatīto variantu vidējā mikorizācija bija no 20-30%. 5. siltumnīcas ietvarstādu variantam mikorizācija bija būtiski ($p<0,05$) zemāka kā 8. siltumnīcas variantam ($19,8\pm 2,7\%$ un $33,5\pm 3,2\%$).

Sakņu morfoloģiskie rādītāji tika analizēti saistībā ar barības elementu daudzuma novērtējumu (4. tabula).

Pāru korelācijas koeficientu salīdzinājums egļu I aprites variantiem (n=7).

	<i>Sakņu gar.</i>	<i>Sakņu tilp.</i>	<i>Sakņu galiņu sk.</i>	<i>Mikoriz.%</i>	<i>Sakņu masa</i>	<i>Virsz.d. masa</i>	<i>Sak/virs</i>	<i>Virsz.d. gar.</i>	<i>Sakņu kakla diam.</i>
P	-0,81*	-0,78*	-0,75	-0,87*	-0,85*	-0,81*	-0,47	-0,65	-0,59
K	-0,80*	-0,76*	-0,75	-0,79*	-0,78*	-0,75	-0,77*	-0,66	-0,55
Ca	-0,89**	-0,89**	-0,90**	-0,84*	-0,87*	-0,82*	-0,65	-0,69	-0,87*
Mg	-0,90**	-0,88**	-0,84*	-0,90**	-0,92**	-0,90**	-0,63	-0,80*	-0,92**
Fe	-0,57	-0,57	-0,64	-0,78*	-0,59	-0,46	-0,66	-0,22	-0,28
Mn	-0,91**	-0,91**	-0,86*	-0,98**	-0,96**	-0,90**	-0,71	-0,72	-0,77*
Cu	-0,74	-0,74	-0,73	-0,97**	-0,81*	-0,71	-0,67	-0,47	-0,57
Mo	-0,90**	-0,87*	-0,87*	-0,90**	-0,90**	-0,84*	-0,71	-0,67	-0,63
pH	-0,75	-0,71	-0,87*	-0,67	-0,66	-0,55	-0,65	-0,35	-0,50
EC	-0,85*	-0,83*	-0,75	-0,95**	-0,90**	-0,89**	-0,52	-0,79*	-0,68
N skujās	-0,59	-0,53	-0,68	-0,49	-0,49	-0,40	-0,94**	-0,27	-0,40
K skujās	-0,77*	-0,73	-0,74	-0,66	-0,69	-0,70	-0,72	-0,69	-0,75
Mg skujās	-0,93**	-0,91**	-0,82*	-0,95**	-0,93**	-0,95**	-0,58	-0,91**	-0,92**
S skujās	-0,73	-0,70	-0,63	-0,92**	-0,85*	-0,79*	-0,67	-0,61	-0,56

* $\alpha=0,1$

** $\alpha=0,05$

Iegūtie dati liecina, ka pastāv negatīva korelācija starp egļu stādu virszemes daļu garumu, kā arī mikorizāciju un Mn, Mo, Ca, Mg, P un K daudzumu substrātā. Arī literatūras dati liecina, ka mēslojums var samazināt stādu mikorizāciju (Brunner & Brodbeck 2001). 8. siltumnīcā Strenču kokaudzētavā, kā jau minēts, atzīmēta būtiski augstāka stādu mikorizācijas pakāpe, salīdzinājumā ar 5. siltumnīcu. Minētās atšķirības iespējams izskaidrot ar to, ka 8. siltumnīcā stādi sākumā tika audzēti apkures režīmā. Stādu virszemes daļu garums veģetācijas perioda beigās Strenču kokaudzētavas 8. siltumnīcā vidēji ir $27,1 \pm 0,4$ cm, bet sakņu kakla diametrs $3,03 \pm 0,05$ mm. Savukārt 5. siltumnīcā šie rādītāji ir attiecīgi $19,2 \pm 0,4$ cm un $2,74 \pm 0,05$ mm (5. tabula).

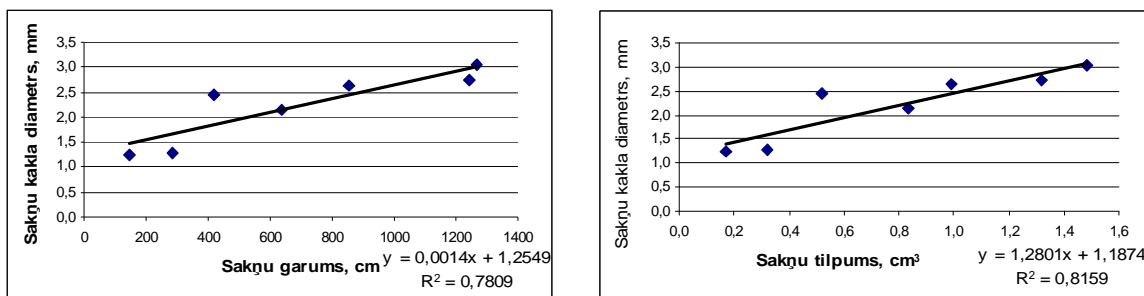
5. tabula.

Virszemes daļu garums un sakņu kakla diametrs egļu ietvarstādiem veģetācijas perioda beigās.

Variants	Virszemes daļu garums, cm	Sakņu kakla diametrs, mm
Se8	$27,1 \pm 0,4$	$3,03 \pm 0,05$
Se5	$19,2 \pm 0,4$	$2,74 \pm 0,05$
Me7II	$9,4 \pm 0,2$	$1,95 \pm 0,03$

Sakņu/virszemes daļas masas attiecība 8. un 5. siltumnīcā veģetācijas perioda beigās ir attiecīgi $0,29 \pm 0,01$ un $0,31 \pm 0,01$. Lai stādu sakņu masa būtu $1/3$ no stāda kopējās masas šai attiecībai jābūt vismaz $0,45$. Jāsecina, ka egļu ietvarstādiem ir nesabalansēta sakņu un virszemes daļu attiecība, par ko liecina arī mikorizācija pakāpe.

Novērtējot stādmateriāla kvalitāti, kā indikatori tiek izmantoti stādu virszemes daļas garums un sakņu kakla diametrs. Konstatēts, ka pastāv cieša korelācija starp sakņu kakla diametru un sakņu tilpumu (regresijas vienādojums $y = 0,0014x + 1,2549$, $R^2 = 0,7809$), kā arī sakņu garumu (regresijas vienādojums $y = 1,2801x + 1,1874$, $R^2 = 0,8159$) (9. attēls).



9.attēls. Sakņu kakla diametra izmaiņas saistībā ar sakņu garumu un sakņu tilpumu.

Arī sakņu/virszemes daļu masas attiecība korelē ar sakņu galiņu skaitu, taču korelācija ir zemāka - $R^2 = 0,64$.

4.1.2. Egļu ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu morfoloģisko rādītāju novērtējums

Novērtējumi veikti septiņiem egļu ietvarstādu variantiem – pieciem I aprites un diviem II aprites variantiem. No pirmās aprites stādiem apskatīti trīs Podiņu kokaudzētavas varianti, kā arī agrāk sētie varianti no Mazsilu un Strenču kokaudzētavām. Strenču kokaudzētavas variants tika sēts aptuveni trīs nedēļas agrāk kā Mazsilu variants, un Strenčos stādi sākotnēji audzēti apkurinātā siltumnīcā. Otrās aprites varianti tika ņemti no Mazsilu un Podiņu kokaudzētavām. Mazsilos II aprites stādu sēšana veikta aptuveni trīs nedēļas agrāk nekā Podiņu kokaudzētavā. Kopējo datu tabulu par egļu ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu morfoloģiskajiem rādītājiem skatīt 2. pielikumā. Dati par barības elementu daudzumu egļu ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu skujās un substrātā atspoguļoti 5. pielikumā.

Savstarpēji salīdzinot trīs mēnešus vecus I aprites egļu ietvarstādus ar uzlaboto sakņu sistēmu, konstatēts, ka visaugstākie sakņu kopējā garuma, virsmas laukuma, tilpuma un sakņu galiņu skaita rādītāji bija Podiņu kokaudzētavas 5. siltumnīcas ietvarstādiem, savukārt salīdzinoši zemākie Strenču kokaudzētavas 7. siltumnīcas ietvarstādiem (6. tabula). Abos gadījumos $p < 0,05$.

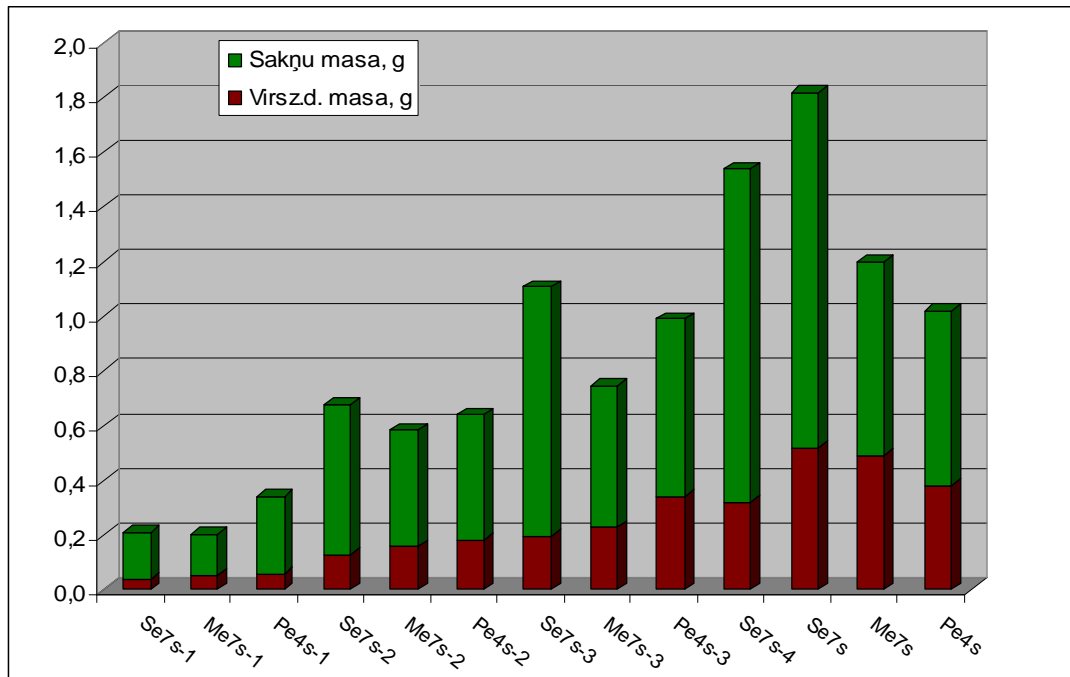
6. tabula.

Trīs mēnešus vecu egļu ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu vidējo morfoloģisko rādītāju salīdzinājums.

Variants	Sakņu garums, cm	Sakņu tilpums, cm ³	Sakņu galiņu sk.	Sakņu kakla Ø, mm	Virsz.daļu garums, cm	Virsz.daļu masa, g	Sakņu masa, g
Se7s-1	152±6	0,18±0,01	741±53	1,12±0,03	8,9±0,1	0,17	0,04±0,001
Me7s-1	247±8	0,28±0,01	1388±73	1,21±0,03	6,1±0,1	0,15	0,06±0,002
Pe5s-1	397±11	0,44±0,02	2705±141	1,43±0,03	13,8±0,2	0,29±0,01	0,09±0,003
Pe4s-1	278±12	0,3±0,01	1758±74	1,47±0,02	13±0,1	0,28±0,01	0,09±0,004
Pe3s-1	295±9	0,32±0,01	1842±111	1,28±0,03	12,1±0,1	0,25	0,06±0,002
Me5sII-1	229±7	0,26±0,01	893±61	1,46±0,02	12,5±0,2	0,3±0,01	0,05±0,001
Pe2sII-1	175±7	0,19±0,01	723±43	1,33±0,02	8,8±0,1	0,19	0,06±0,002

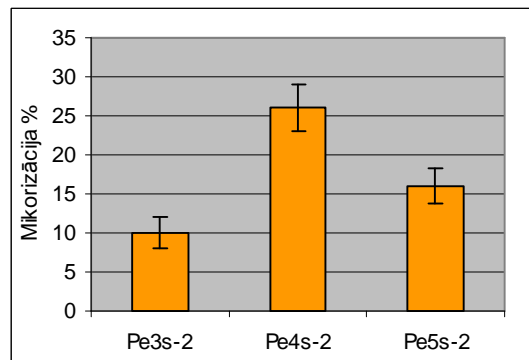
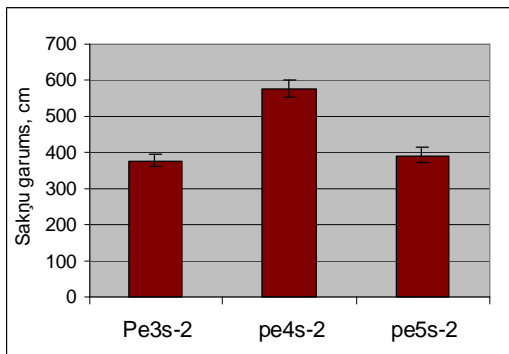
Būtiski ($p < 0,05$) lielāks virszemes daļu garums un masa bija visiem analizētajiem Podiņu kokaudzētavas I aprites un Mazsilu II aprites variantiem, salīdzinot ar pārējiem variantiem. Sēšanas laiks, domājams, visvairāk iespaidojis atšķirības starp pirmās aprites agrāk sētajiem variantiem Strenču un Mazsilu kokaudzētavās un vēlāk sētajiem variantiem Podiņu un Mazsilu kokaudzētavās. Ļoti zemi skenētie sakņu morfoloģiskie rādītāji atzīmēti 3 mēnešus veciem Strenču 7. siltumnīcas stādiem ko varētu skaidrot ar samērā augsto elektrovadāmības EC vērtību (1,22ms/cm).

Četru mēnešu vecumā sakņu skenētie parametri Strenču un Mazsilu 7. siltumnīcas ietvarstādiem būtiski neatšķirās ($p > 0,05$). Strenču kokaudzētavas ietvarstādiem virszemes daļu masa (0,55±0,01g) un garums (16,4±0,4cm) bija būtiski ($p < 0,05$) lielāka par Mazsilu stādu masu (0,43±0,01g) un garumu (12,2±0,2cm). Savukārt Mazsilu ietvarstādu sakņu masa un mikorizācijas % uzrādīja augstākas ($p < 0,05$) vērtības - attiecīgi 0,16±0,01g un 14,8±1,7%, salīdzinot ar Strenču kokaudzētavas stādiem, kuru masa bija vidēji 0,13±0,01g un mikorizācija 5,5±1,1% (10.attēls). Vēlāk sētajam Podiņu 4. siltumnīcas variantam sakņu masa (0,18±0,01g) četru mēnešu vecumā bija būtiski lielāka par abiem iepriekš apskatītajiem variantiem. Savukārt virszemes daļu masa (0,46±0,01g) šim variantam būtiski neatšķirās no Mazsilu kokaudzētavas ietvarstādu masas, bet bija būtiski mazāka, salīdzinot ar Strenču kokaudzētavas ietvarstādiem ($p < 0,05$).



10. attēls. Sakņu un virszemes daļu vidējās masas dinamika I aprites egļu ietvarstādiem ar uzlaboto sakņu sistēmu.

Savstarpēji salīdzinot Podiņu kokaudzētavas variantus četru mēnešu vecumā, būtiski ($p < 0,05$) augstāki sakņu morfoloģiskie rādītāji, kā arī masa un mikorizācija ir 4. siltumnīcas stādiem (11. attēls).



11. attēls. Podiņu ietvarstādu sakņu garums (cm) un mikorizācija % četru mēnešu vecumā.

Piecu mēnešu vecumā atkārtoti parādās sakarība, ka vēlāk sētajiem variantiem ir spēcīgāk attīstīta sakņu sistēma (būtiskas atšķirības arī starp skenētajiem parametriem),

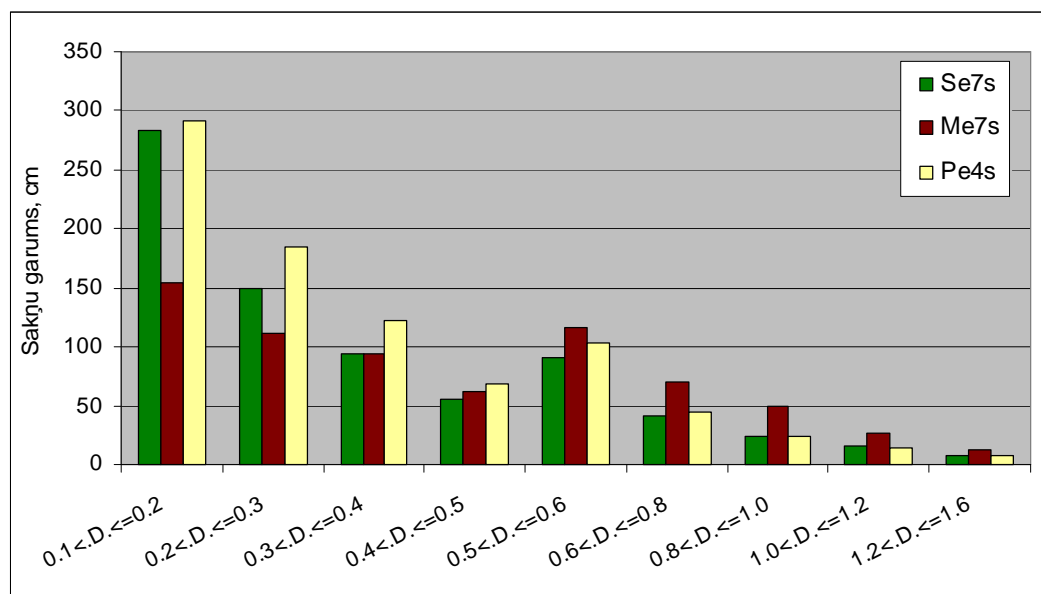
turpretim agrāk sētajam Strenču kokaudzētavas variantam ir lielāka virszemes daļu masa un garums (7. tabula).

7. tabula.

Egļu ietvartādu ar uzlaboto sakņu sistēmu morfoloģiskie parametri piecu mēnešu vecumā.

Morf. rād./ Var.nr.	Sakņu garums, cm	Sakņu tilpums, cm ³	Mikorizācija %	Sakņu masa, g	Virsz. daļu masa, g	Sakņu/ virsz. daļu masas att.	Virsz. daļu gar., cm
Se7s-3	487±16	0,68±0,03	13,3±1,5	0,20±0,01	0,91±0,02	0,23±0,01	23,5±0,3
Me7s-3	621±26	0,93±0,04	35,7±3,2	0,23±0,01	0,52±0,02	0,47±0,02	12,3±0,3
Pe4s-3	811±26	1,02±0,04	81,7±2,1	0,34±0,01	0,65±0,02	0,53±0,02	15,8±0,2

Veģetācijas sezonas beigās Strenču un Podiņu kokaudzētavu stādiem bija būtiski ($p < 0,05$) lielāks sakņu garums un galiņu skaits nekā Mazsilu stādiem, savukārt Mazsilu kokaudzētavas stādiem būtiski lielāks bija sakņu tilpums. Šo tendenci izskaidro sakņu sadalījums diametra klasēs, jo, kā redzams 12. attēlā, Strenču un Podiņu variantiem ievērojami vairāk sakņu atzīmēts mazākās diametra klasēs, savukārt Mazsilu stādiem, salīdzinot ar citiem variantiem, ir vairāk saknes ar lielāku diametru.

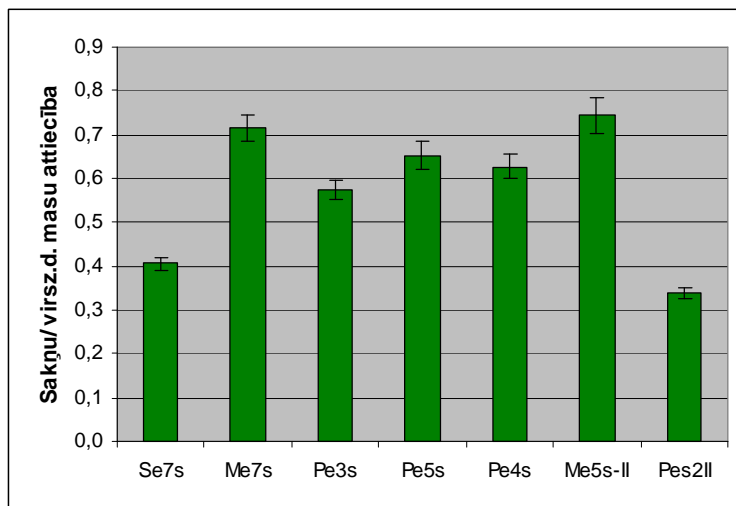


12. attēls. Egļu ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu sakņu garuma sadalījums diametra klasēs.

Veģetācijas perioda beigās Strenču kokaudzētavas stādi ir ar būtiski lielāku virszemes daļu masu $1,30 \pm 0,04$ g, salīdzinot ar citiem variantiem, kuru masa vidēji ir 0,6-

0,7g. Savukārt sakņu masa Strenču kokaudzētavas variantam būtiski neatšķiras no Mazsilu kokaudzētavas varianta rādītājiem (vidēji 0,5g). Sakņu mikorizācija Strenču kokaudzētavas variantam veģetācijas perioda beigās ir būtiski zemāka ($52,2 \pm 2,6\%$), salīdzinot ar citiem pirmās aprites variantiem, kuru mikorizācija vidēji bija 75-85%. Tātad ar agrāku un uz apkures bāzes sākotnēji balstītu stādu audzēšanu var iegūt gandrīz divas reizes lielāku virszemes daļu masas produkciju. Domājams, ka stādu sakņu mikorizācija saistīta ar samērā augsto EC vērtību, kas atzīmēta arī veģetācijas perioda laikā (5. pielikums).

Arī sakņu/virszemes daļas masas attiecību novērtējums analizētajiem stādiem liecina, ka Mazsilu kokaudzētavā sakņu masa ir lielāka nekā Strenču kokaudzētavā, rēķinot no stāda kopējās masas (13. attēls).



13. attēls. Sakņu un virszemes daļu masas attiecība egļu ietvarstādiem ar uzlaboto sakņu sistēmu veģetācijas sezonas beigās.

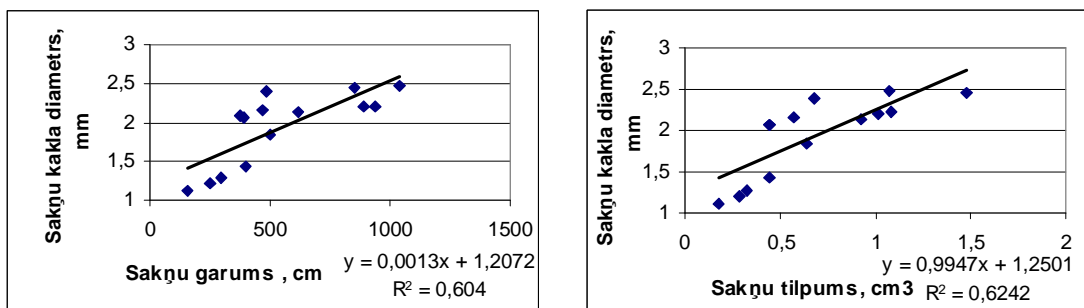
Redzams, ka Strenču kokaudzētavā 7. siltumnīcā sakņu/virszemes daļas masas attiecības ir mazāka salīdzinājumā ar citiem I aprites variantiem.

Stādu novērtējums veģetācijas sezonas beigās parādīja būtiskas virszemes daļu un sakņu morfoloģisko rādītāju atšķirības starp I un II aprites stādiem. Podiņu II aprites 2. siltumnīcas ietvarstādu sakņu skenētie parametri - sakņu masa, kā arī mikorizācija bija zemāka kā citiem stādu variantiem (8. tabula).

Stādu morfoloģisko rādītāju salīdzinājums

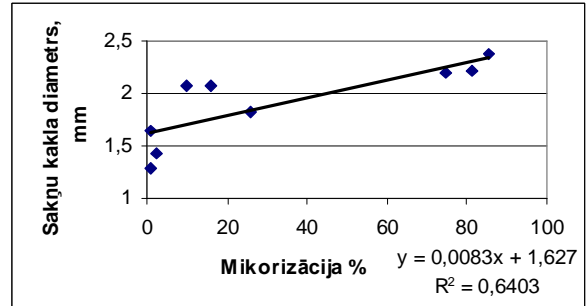
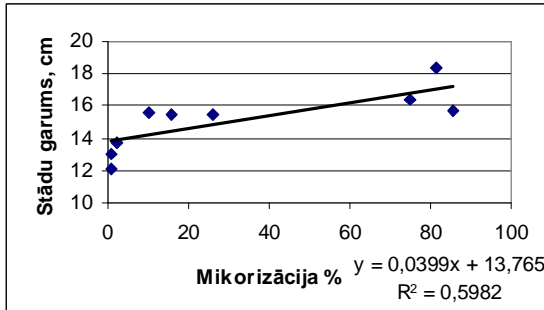
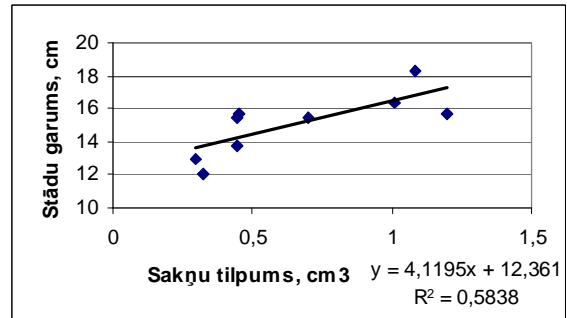
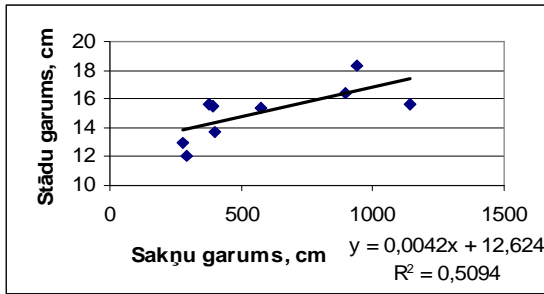
Parametri	Se7s	Me7s	Pe5s	Pe4s	Pe3s	Me5sII	Pe2sII
Virszemes daļu garums, cm	-	13,1±0,2	-	15,7±0,3	16,4±0,3	-	9,4±0,2
Sakņu kakla diametrs, mm	-	2,45±0,03	2,22±0,04	2,38±0,04	2,2±0,03	1,91±0,02	1,48±0,02
Sakņu garums, cm	1037±67	849±54	937±32	1147±72	893±46	678±34	238±15
Sakņu tilpums, cm ³	1,07±0,07	1,48±0,11	1,08±0,04	1,2±0,07	1,01±0,05	0,77±0,04	0,29±0,02
Sakņu galiņu skaits	6636±517	4003±331	7154±412	7728±754	4345±310	3585±265	1047±85
Mikorizācija %	52,2±2,6	82,3±1,5	81,3±1,7	85,5±1,3	74,8±1,4	42,3±3,0	14,3±3,1

Konstatēts, ka pastāv korelācija starp stādu kvalitātes indikatoriem un sakņu vitalitāti raksturojošiem parametriem. Piemēram, sakņu kakla diametra izmaiņas korelē ar sakņu garumu (regresijas vienādojums ir $y = 0,0013x + 1,2072$, $R^2 = 0,604$) un sakņu tilpumu (regresijas vienādojums $y = 0,9947x + 1,2501$, $R^2 = 0,6242$) (14. attēls).



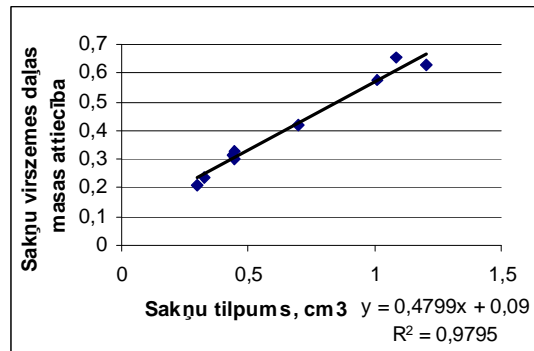
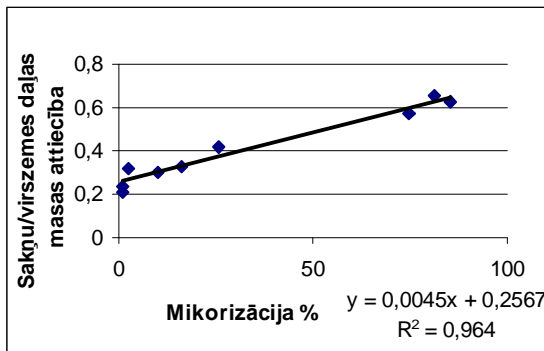
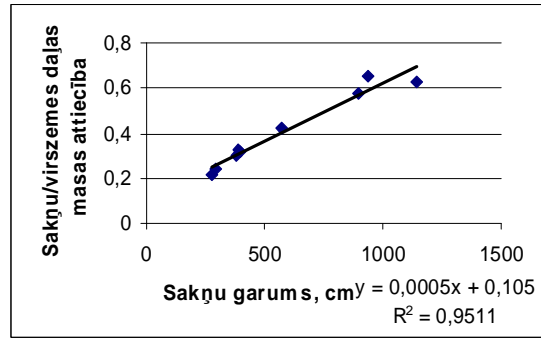
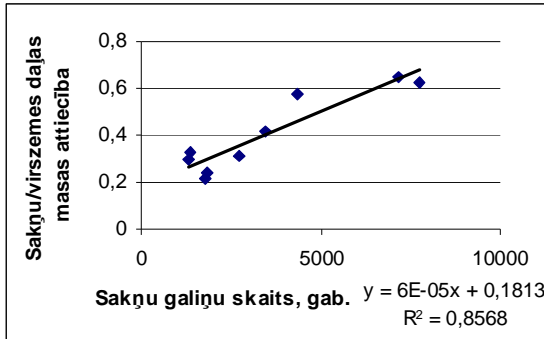
14.attēls. Sakņu kakla diametra izmaiņas saistībā ar sakņu garumu un sakņu tilpumu.

Novērtējot stādu kvalitātes indikatorus saistībā ar sakņu vitalitātes rādītājiem Podiņu kokaudzētavā, konstatēta korelācija (lineārās regresijas analīzes dati) starp stādu garumu un sakņu garumu, stādu garumu un sakņu tilpumu, kā arī stādu garumu un mikorizācijas pakāpi ($R^2 = 0,5094... 0,5982$), kā arī starp sakņu kakla diametru un mikorizācijas pakāpi (15. attēls).



15. attēls. Stādu kvalitātes indikatoru izmaiņas saistībā ar sakņu vitalitātes rādītājiem.

Analizējot Podiņu kokaudzētavas datus, konstatēts, ka pastāv cieša korelācija starp stādu sakņu / virszemes daļu masas attiecību un sakņu vitalitāti raksturojošiem parametriem. Konstatēta korelācija ar stādu mikorizāciju (regresijas vienādojums $y=0,0045x+0,2567$, $R^2 = 0,964$), sakņu tilpumu (regresijas vienādojums $y=0,4799x+0,09$, $R^2 = 0,9795$), sakņu galiņu skaitu (regresijas vienādojums $y=6E-05x+0,1813$, $R^2 = 0,8568$) un sakņu garumu (regresijas vienādojums $y=0,0005x+0,105$, $R^2 = 0,9511$). (16. attēls)



16. attēls. Sakņu/virszemes daļas masas attiecības izmaiņas atkarībā no sakņu galiņu skaita, sakņu garuma, sakņu mikorizācijas un sakņu tilpuma.

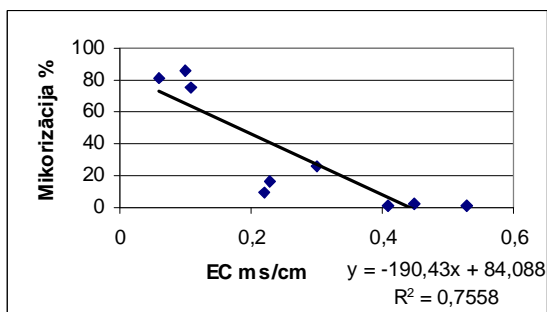
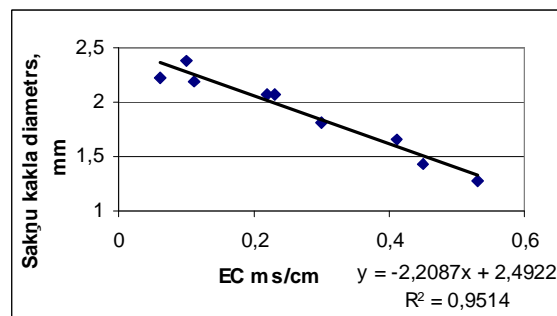
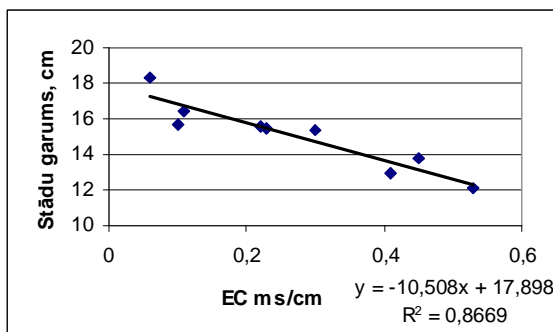
Analizējot stādu morfoloģiskos rādītājus (arī sakņu skenētos datus) saistībā ar barības elementu saturu (9. tabula), konstatēts, ka atsevišķu barības elementu saturs pozitīvi korelē ar sakņu morfoloģiskajiem rādītājiem (arī ar stādu mikorizāciju). Barības elementu pozitīvā ietekme uz mikorizas attīstību skaidrojama ar to, ka analizē iekļauti arī dati, kas raksturo substrātu jau pēc ietvarstādu izstādīšanas uz lauka. Taču, līdzīgi kā egļu ietvarstādiem, arī egļu ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu mikorizācija samazinās, palielinoties EC vērtībām. Piemēram, Podiņu kokaudzētavā konstatēts, ka stādu garums, sakņu kakla diametrs, kā arī sakņu mikorizācija samazinās, palielinoties EC vērtībām ($R^2=0,7558..0,9514$) (17. attēls).

Pāru korelācijas koeficientu salīdzinājums I aprites egļu ietvarstādiem ar uzlaboto sakņu sistēmu (n=17).

	Sakņu gar.	Sakņu tilp.	Sakņu galiņu sk.	Mikoriz. %	Sakņu masa	Virsz.d. masa	Sak/virs	Virsz.d. gar.	Sakņu kakla diam.
P	0,67**	0,52*	0,72**	0,69**	0,43	0,32	0,37	0,44	0,48
K	-0,71**	-0,63**	-0,71**	-0,72**	-0,60*	-0,16	-0,62**	-0,06	-0,39
Ca.	-0,69**	-0,49*	-0,75**	-0,68**	-0,32	-0,32	-0,11	-0,43	-0,41
Mg	-0,78**	-0,74**	-0,72**	-0,85**	-0,64**	-0,33	-0,62**	-0,22	-0,56*
S	0,50*	0,74**	0,36	0,69**	0,61**	0,34	0,51*	0,06	0,44
Fe	0,60*	0,49*	0,54*	0,67**	0,41	0,26	0,36	0,39	0,51*
Mn	0,31	0,50*	0,20	0,52*	0,57*	0,05	0,80**	0,03	0,42
Zn	-0,42	-0,46	-0,32	-0,46	-0,48*	-0,21	-0,45	0,07	-0,35
Cu	-0,54*	-0,58*	-0,50*	-0,61**	-0,64**	-0,30	-0,59*	0,08	-0,24
B	-0,48*	-0,46	-0,46	-0,58*	-0,46	-0,08	-0,53*	-0,01	-0,26
EC	-0,66**	-0,58*	-0,61**	-0,60*	-0,55*	-0,30	-0,53*	-0,27	-0,51*
N skujās	-0,54*	-0,61**	-0,45	-0,57*	-0,50*	-0,35	-0,39	-0,31	-0,54*
P skujās	-0,49*	-0,54*	-0,40	-0,48*	-0,55*	-0,37	-0,59*	-0,26	-0,42
K skujās	-0,74**	-0,70**	-0,63**	-0,61**	-0,67**	-0,64**	-0,52*	-0,61**	-0,75**
Mg skujās	-0,55*	-0,57*	-0,47	-0,40	-0,54*	-0,59*	-0,35	-0,51*	-0,57*
Zn skujās	-0,53*	-0,53*	-0,42	-0,46	-0,56*	-0,46	-0,49*	-0,30	-0,52*

* $\alpha=0,1$

** $\alpha=0,05$



17. attēls. Stādu garuma, sakņu kakla diametra un sakņu mikorizācijas sakarības ar EC vērtībām.

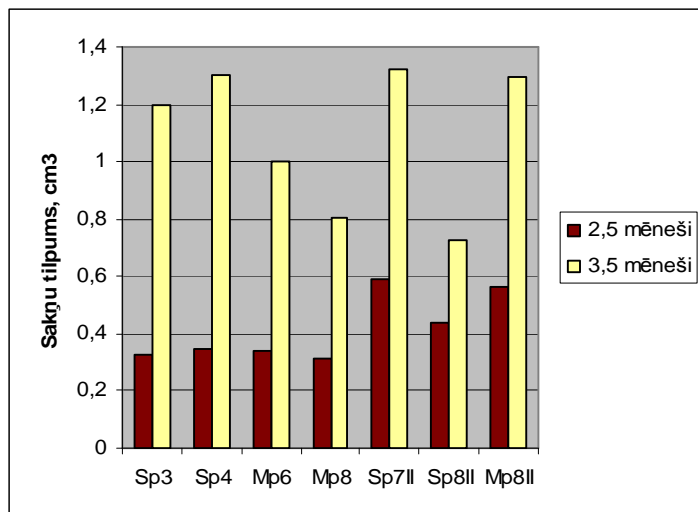
4.1.3. Priežu ietvarstādu morfoloģisko rādītāju novērtējums

Novērtējumi veikti septiņiem priežu ietvarstādu variantiem – četriem pirmās aprites un trim otrās aprites variantiem. Pirmās aprites varianti bija no Strenču kokaudzētavas 3. un 4. siltumnīcas un no Mazsilu kokaudzētavas 6. un 8. siltumnīcas. Sēšanas laiks šiem variantiem bija līdzīgs, izņemot Mazsilu 8. siltumnīcas variantu, kas sēts aptuveni nedēļu agrāk kā citi varianti. No otrās aprites stādiem novērtējumi veikti diviem Strenču kokaudzētavas variantiem un vienam Mazsilu kokaudzētavas variantam. Strenču 8. siltumnīcā sēšana veikta nedēļu līdz divas vēlāk nekā pārējos variantos, kuru sēšanas laiki bija līdzīgi. Kopējā datu tabula par priežu ietvarstādu morfoloģiskajiem rādītājiem atspoguļota 3. pielikumā, savukārt dati par barības elementu sastopamību priežu ietvarstādu skujās un substrātā skatāmi 6. pielikumā.

2,5 mēnešu vecumā pirmās aprites priežu ietvarstādiem lielākā daļa analizēto parametru būtiski neatšķīrās. Strenču kokaudzētavas variantiem bija būtiski ($p < 0,01$) lielāks virszemes daļu garums: vidēji $7,9 \pm 0,1$ cm... $8,2 \pm 0,1$ cm, salīdzinot ar Mazsilu kokaudzētavas pirmās aprites ietvarstādiem, kuru garums svārstījās no $6,0 \pm 0,1$... $6,1 \pm 0,1$ cm.

Mikorizācija pakāpe 2,5 mēnešus veciem priežu ietvarstādiem ir ļoti zema (vidējais mikorizācijas % no 0,5 līdz 3,5).

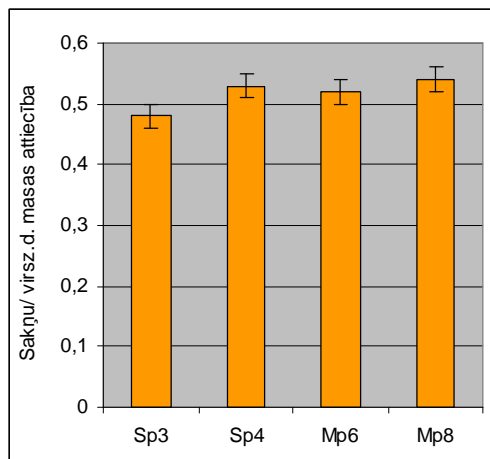
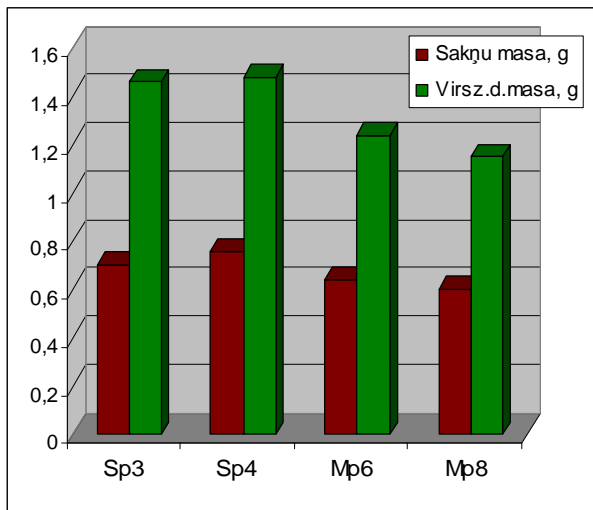
2,5 mēnešus veciem otrās aprites priežu ietvarstādiem bija būtiski ($p < 0,001$) lielāki sakņu skenētie parametri, piemēram, tilpums (18. attēls), kā arī virszemes daļu un sakņu masa un masu attiecības rādītāji, salīdzinot ar pirmās aprites stādu parametriem tādā pašā vecumā. Turpretim sakņu galiņu skaits neuzrādīja tik krasas atšķirības starp pirmās un otrās aprites ietvarstādiem. Šīs konstatētās atšķirības ļauj secināt, ka vēlāka sēšana, kas interpretējama ar labvēlīgākiem klimata apstākļiem, stimulē sakņu augšanu garumā, bet neveicina straujāku sakņu zarošanos. Augstāki masas un sakņu kakla diametra rādītāji otrās aprites sējeņiem parāda saistību starp vēlāku sēšanu laiku (jūnija sākums) un straujāku biomasas attīstību.



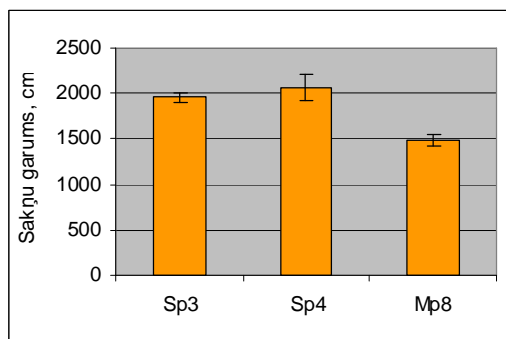
18. attēls. Sakņu tilpums priežu ietvarstādiem 2,5 un 3,5 mēnešu vecumā.

Salīdzinot 3,5 mēnešus vecus priežu ietvarstādus, konstatēts, ka būtiski ($p < 0,05$) mazāks sakņu garums un virsmas laukums bija Mazsilu kokaudzētavas 8. siltumnīcas ietvarstādiem. Sakņu tilpums (18. attēls), virszemes daļu garums būtiski ($p < 0,001$) lielāks bija abiem Strenču kokaudzētavas variantiem, salīdzinot ar Mazsilu kokaudzētavas variantiem. Sakņu mikorizācijas % savstarpēji atšķīrās gan Strenču 3. un 4. siltumnīcas ietvarstādiem (26% un 12%), gan Mazsilu 6. un 8. siltumnīcas ietvarstādiem (38% un 15%). Baltais mikorizu tips (iespējams, *Suillus* sp.) būtiski ($p < 0,001$) vairāk bija sastopams Mazsilu 6. siltumnīcas ietvarstādiem (5,8%, citiem variantiem vidēji 1%).

Veģetācijas perioda beigās Strenču I aprites ietvarstādu sakņu garums un virsmas laukums, kā arī virszemes daļu masa bija būtiski lielāka kā Mazsilu I aprites variantiem (19., 20. attēls). Strenču 4. siltumnīcas ietvarstādiem ir būtiski ($p < 0,05$) lielāks sakņu galiņu skaits un sakņu kakla diametrs, salīdzinot ar citiem variantiem.



19. attēls. Sakņu un virszemes daļu masa, kā arī to attiecība I aprites priežu ietvarstādiem veģetācijas sezonas beigās.

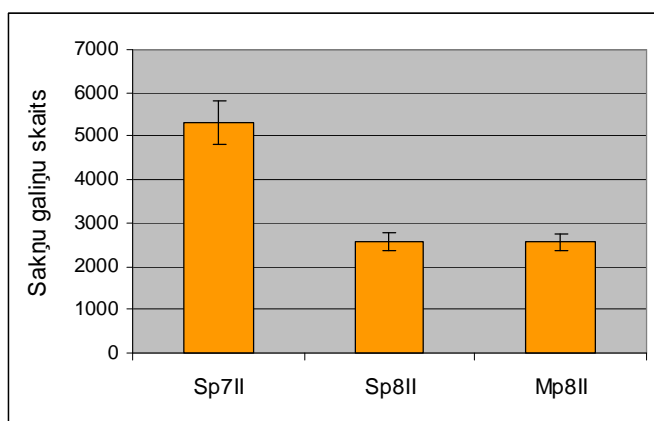


20. attēls. Sakņu garums (cm) pirmās aprites priežu ietvarstādiem veģetācijas sezonas beigās.

Priežu ietvarstādiem veģetācijas perioda beigās mikorizēti vidēji bija no 92 līdz 97% īssaknīšu. Mazsilu kokaudzētavas variantiem konstatēta būtiski ($p < 0,05$) augstāka mikorizācija 97%, salīdzinot ar Strenču 4. siltumnīcas ietvarstādiem ($92,5 \pm 0,7\%$), bet, neskatoties uz to, atšķirība ir salīdzinoši neliela. Priežu ietvarstādiem veģetācijas perioda beigās konstatētas arī baltās (iespējams, *Suillus* sp.) un melnās (*Cenococcum geophilum*) mikorizas. No I aprites stādiem būtiski ($p < 0,05$) vairāk baltās mikorizas bija Mazsilu 6. siltumnīcas stādiem ($18 \pm 2\%$), salīdzinot ar citiem variantiem (vidēji 11%).

Kopumā priežu ietvarstādu mikorizācija sezonas beigās ir ļoti augsta, jo, piemēram, pētījumos Zviedrijas kokaudzētavās divreiz vecākiem stādiem (12 mēneši) bija tikai $45 \pm 4\%$ mikorizēto īssaknīšu (Dahlberg 1990).

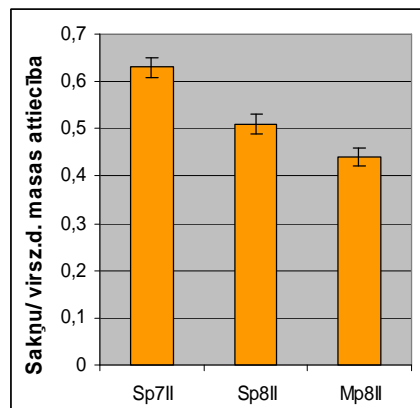
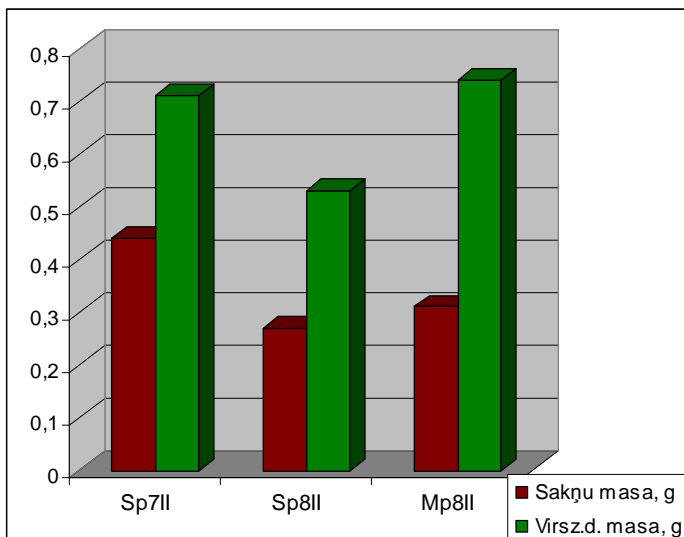
Otrās aprites ietvarstādiem no Mazsilu un Strenču 8. siltumnīcas paraugiem sakņu skenētie parametri (piemēram, galiņu skaits (21. attēls)), savstarpēji salīdzinot būtiski neatšķirās, bet bija būtiski zemāki salīdzinot ar Strenču 7. siltumnīcas ietvarstādu parametriem. Otrās aprites Strenču 7. siltumnīcas ietvarstādu sakņu tilpums un galiņu skaits būtiski neatšķirās no atsevišķu pirmās aprites stādu parametriem. Tā, piemēram, Strenču 7. siltumnīcas ietvarstādu sakņu galiņu vidējais skaits bija 5317 ± 519 gab., savukārt Mazsilu I aprites stādiem sakņu galiņu skaits bija 5263 ± 292 gab. (6. siltumnīcas stādiem) un 5640 ± 219 gab. (8. siltumnīcas stādiem).



21. attēls. Sakņu galiņu skaits otrās aprites priežu ietvarstādiem veģetācijas sezonas beigās.

Sakņu masa, līdzīgi kā skenētie parametri, būtiski ($p < 0,05$) augstāka bija Strenču kokaudzētavas 7. siltumnīcas ietvarstādiem nekā abiem pārējiem variantiem (21. attēls). Arī Strenču 7. siltumnīcas ietvarstādu sakņu un virszemes daļu masu attiecība bija būtiski ($p < 0,05$) augstāka ($0,63 \pm 0,02$) kā citiem variantiem (Sp8II – $0,51 \pm 0,02$ un Mp8II – $0,44 \pm 0,02$) (22. attēls).

Savukārt virszemes daļu masa būtiski mazāka bija Strenču 8. siltumnīcas ietvarstādiem ($0,53 \pm 0,02$ g), bet starp pārējiem variantiem būtiskas atšķirības netika konstatētas (0,71 un 0,74 g) (22 attēls). Virszemes daļu masas atšķirības skaidrojams ar sēšanas laiku, jo Strenču 8. siltumnīcas ietvarstādi sēti vienu līdz divas nedēļas vēlāk par pārējiem variantiem (1. tabula). Strenču 8. siltumnīcas variantam bija būtiski lielāks virszemes daļu garums - $10,4 \pm 0,2$ cm (citiem variantiem vidēji 9,1cm) un mazāks sakņu kakla diametrs - 2,1mm (citiem variantiem vidēji 2,5mm). Šos parametrus skatot kompleksi secinām, ka šī varianta stādu virszemes daļas bija salīdzinoši vājāk attīstītas (tievākas, garākas, ar mazāku masu).



22. attēls. Sakņu un virszemes daļu masa, kā arī to attiecība II aprites priežu ietvarstādiem veģetācijas perioda beigās.

Sakņu mikorizācija būtiski ($p < 0,05$) augstāka bija Mazsilu otrās aprites ietvarstādiem ($93,5 \pm 1,2\%$), salīdzinot ar Strenču 7. siltumnīcas ($87,8 \pm 1,1\%$) un 8. siltumnīcas ($73,7 \pm 2,1\%$) ietvarstādiem. Abās aprītēs priežu ietvarstādu mikorizācija veģetācijas sezonas beigās Strenču stādiem bija salīdzinoši zemāka, Mazsilu stādiem - augstāka.

Atšķirības konstatētas, arī salīdzinot sakņu kakla diametru raksturojošās vērtības (10 tabula).

10. tabula.

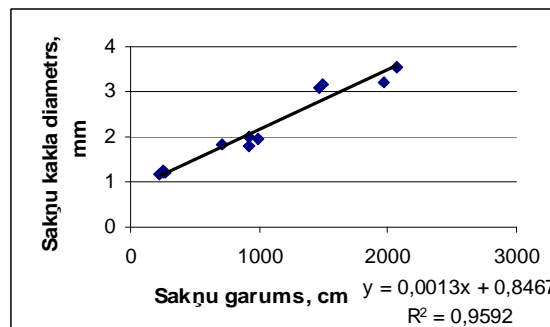
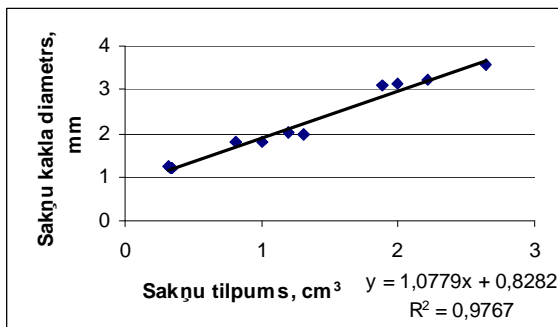
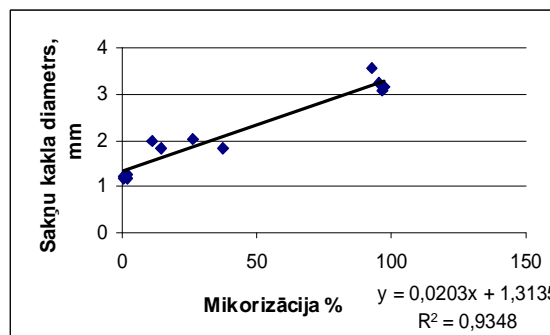
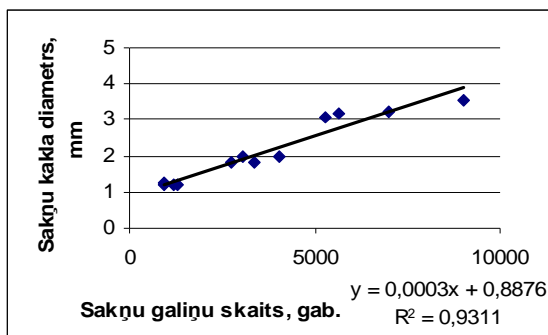
Priežu ietvarstādu morfoloģisko rādītāju novērtējums veģetācijas perioda beigās.

Parametri	Sp3	Sp4	Mp8	Sp7II	Sp8II	Mp8II
Sakņu kakla diametrs, mm	3,23±0,05	3,55±0,07	3,16±0,05	2,5±0,05	2,12±0,03	2,49±0,05
Sakņu garums, cm	1958±52	2065±143	1494±73	1123±63	794±43	804±48
Sakņu tilpums, cm ³	2,22±0,07	2,64±0,14	2,00±0,09	1,54±0,06	0,80±0,04	1,06±0,05
Mikorizācija %	95,7±0,6	92,5±0,7	97,5±0,5	87,8±1,1	73,7±2,1	93,5±1,2

Mazsilu kokaudzētavas stādus, kā jau minēts, raksturo augstāka mikorizācijas pakāpe, turklāt sakņu/virszemes daļas attiecība vidēji arī bija augstāka Mazsilu kokaudzētavā.

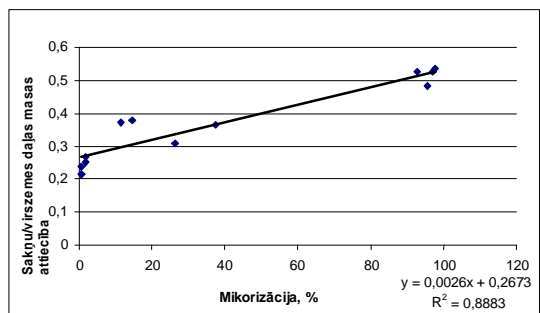
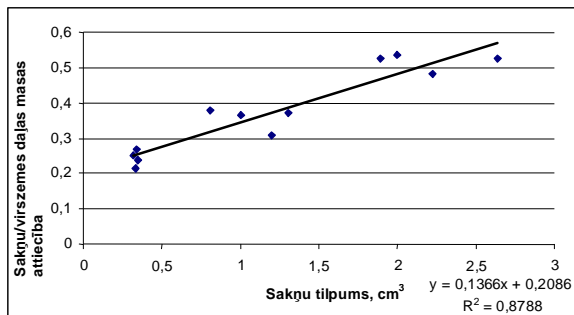
Analizējot stādu kvalitātes indikatorus saistībā ar sakņu vitalitātes rādītājiem, atzīmēta korelācija starp stādu sakņu kakla diametru un sakņu galiņu skaitu (regresijas vienādojums $y = 0,0003x + 0,8876$, $R^2 = 0,9311$), mikorizāciju (regresijas vienādojums $y = 0,0203x + 1,3135$, $R^2 = 0,9348$), sakņu garumu (regresijas vienādojums $y = 1,0779x + 0,8282$,

$R^2 = 0,9767$) un sakņu tilpumu (regresijas vienādojums $y=0,0013x+0,8467$, $R^2 = 0,9592$) (23. attēls).



23. attēls. Sakņu kakla diametra izmaiņas atkarībā no sakņu galiņu skaita, mikorizācijas, sakņu tilpuma un sakņu garuma.

Atzīmēta arī ļoti cieša korelācija starp stādu sakņu / virszemes daļu masas attiecību un mikorizācijas pakāpi, kā arī sakņu tilpumu: $R^2 = 0,87... 0,88$ (skat. 24. attēls).



24. attēls. Sakņu / virszemes daļas masas attiecības izmaiņas atkarībā no sakņu tilpuma un mikorizācijas.

Novērtējot morfoloģisko rādītāju, kā arī mikorizācijas saistību ar barības elementu daudzumu, secināts, ka mikorizācija negatīvi korelē ar Mo, Mn, Cu un Ca daudzumu substrātā (11. tabula). Turpmākajos pētījumos būtu jāakcentē EC vērtību novērtējums substrātā saistībā ar stādu vitalitātes rādītājiem.

11. tabula.

Pāru korelācijas koeficientu salīdzinājums priežu I aprites variantiem (n=12).

	<i>Sakņu gar.</i>	<i>Sakņu tilp.</i>	<i>Sakņu galiņu sk.</i>	<i>Mikoriz. %</i>	<i>Sakņu masa</i>	<i>Virsz.d. masa</i>	<i>Sak/virs</i>	<i>Virsz.d. gar.</i>	<i>Sakņu kakla diam.</i>
Ca	-0,91**	-0,94**	-0,89**	-0,92**	-0,93**	-0,92**	-0,93**	-0,84**	-0,95**
Mg	-0,38	-0,42	-0,39	-0,62*	-0,53	-0,42	-0,62*	-0,21	-0,51
S	-0,70*	-0,71**	-0,67*	-0,70*	-0,71*	-0,71**	-0,80**	-0,52	-0,73**
Mn	-0,69*	-0,66*	-0,61*	-0,85**	-0,76**	-0,72**	-0,80**	-0,52	-0,74**
Cu	-0,54	-0,54	-0,50	-0,73**	-0,64*	-0,57	-0,76**	-0,32	-0,63*
Mo	-0,85**	-0,84**	-0,81**	-0,94**	-0,88**	-0,86**	-0,89**	-0,70*	-0,87**
pH	0,54	0,55	0,46	0,61*	0,58*	0,57	0,69*	0,39	0,61*
EC	-0,52	-0,51	-0,48	-0,45	-0,47	-0,50	-0,61*	-0,32	-0,51
N skujās	-0,56	-0,54	-0,56	-0,50	-0,48	-0,50	-0,62*	-0,39	-0,54
K skujās	-0,67*	-0,67*	-0,63*	-0,66*	-0,64*	-0,67*	-0,63*	-0,63*	-0,64*
Ca skujās	0,66*	0,65*	0,58*	0,69*	0,71**	0,73**	0,58*	0,74**	0,69*
Fe skujās	0,69*	0,68*	0,63*	0,64*	0,70*	0,73**	0,55*	0,79**	0,67*
Mo skujās	0,67*	0,69*	0,62*	0,55	0,62*	0,69*	0,55	0,72**	0,64*

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

4.2. Eksperimentālo substrātu pārbaude

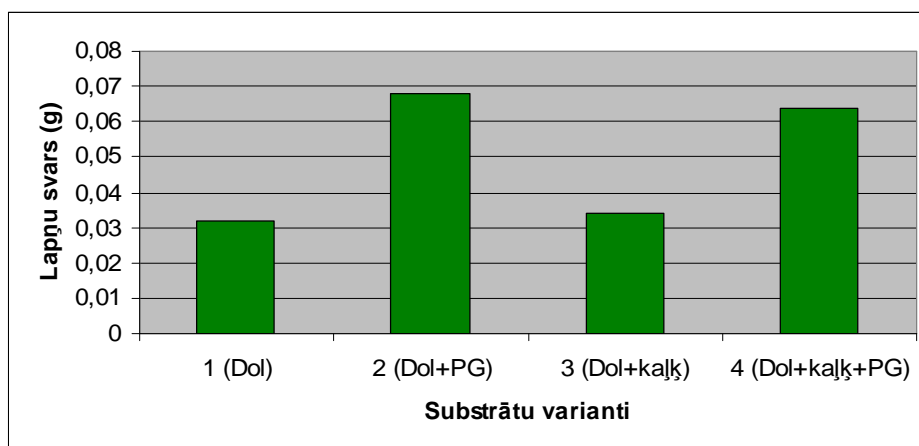
4.2.1. Maršancijas attīstība eksperimentālajos substrātos

Novērtējot maršancijas attīstību no lapaņa gabaliņiem, pārsvarā atšķirības tika konstatētas starp variantiem ar un bez barības vielām, neatkarīgi no kalļojamā materiāla. 25 dienas augušas maršancijas mērījumi (izveidojušos lapaņu skaits ($p < 0,01$) un lapaņa vidējais diametrs ($p < 0,001$)) uzrādīja būtiski augstākas vērtības variantos ar PG-Mix (2. un 4.) salīdzinājumā ar variantiem bez PG-Mix (1. un 3.) (25. att.).



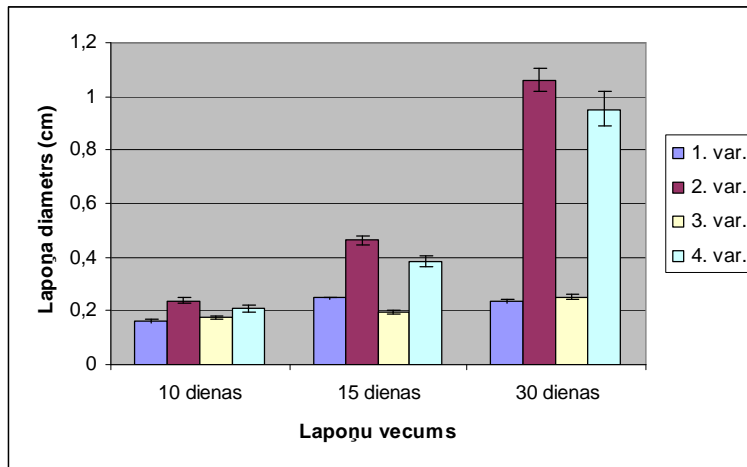
25. attēls. Maršancijas attīstība eksperimentālajos substrātos.

Arī salīdzinot lapaņu sauso masu 30 dienas pēc eksperimenta ierīkošanas, tika konstatētas būtiskas ($p < 0,01$) maršancijas augšanas atšķirības variantos ar barības vielām vai bez tām. (26. attēls)



26. attēls. Eksperimentālajos substrātos augušu maršancijas lapaņu saussais svars.

Līdzīgas tendences tika konstatētas arī novērtējot lapaņa attīstību no atsevišķiem vairķermeņiem dažādos substrātos. Izmantojot šo metodi, atšķirības starp substrātu variantiem izteiktāk parādījās gan pēc 15, gan pēc 30 dienām. 10 dienas pēc eksperimenta ierīkošanas būtiskas atšķirības konstatētas tikai starp variantiem ar dolomītmiltiem un ar dolomītmiltiem + PG-Mix, respektīvi, starp 1. un 2. variantu (27. attēls). 15 dienas pēc eksperimenta ierīkošanas konstatētas būtiskas ($p < 0,05$) atšķirības starp visiem substrāta variantiem, savukārt pēc 30 dienām kaļķojamā materiāla radītās atšķirības ir izlīdzinājušās, bet barības vielu ietekme ir saglabājusies un būtiski ietekmē lapaņu attīstību (27. attēls).



27. attēls. Maršancijas lapaņa attīstības dinamika dažādos substrāta variantos.

Atšķirības maršancijas attīstībā no vairķermeņiem dažādos substrātos redzamas 28. attēlā.



1. var. (dolomītmilti)



2. var. (dolomītmilti+PG-Mix)



3. var. (kaļķakmens milti+dolomītmilti)



4. var. (kaļķakmens+dolomītmilti+PG-Mix)

28. attēls. No vairķermeņiem audzēti maršancijas lapoņi eksperimentālajos substrātos 15 dienas pēc eksperimenta ierīkošanas. (Iedaļas vērtība – 1mm)

Iegūtie dati ļauj secināt, ka kaļķojamais materiāls – dolomītmilti vairāk stimulē maršancijas attīstību salīdzinājumā ar kaļķojamo materiālu dolomītmilti +kaļķakmens milti, taču atšķirības nav būtiskas.

Darba gaitā par labāko metodi maršancijas attīstības novērtēšanai laboratorijas apstākļos atdzīta atsevišķu vairķermeņu audzēšana un par labāko pieaugumu raksturojošo parametru – lapoņa diametrs.

4.2.2. Priežu un egļu ietvarstādu attīstība eksperimentālajos substrātos

Novērtējot egļu un priežu ietvarstādu attīstību eksperimentālajos substrātos pirmkārt jāmin krāsas atšķirības starp variantiem ar un bez barības vielām (29. attēls).

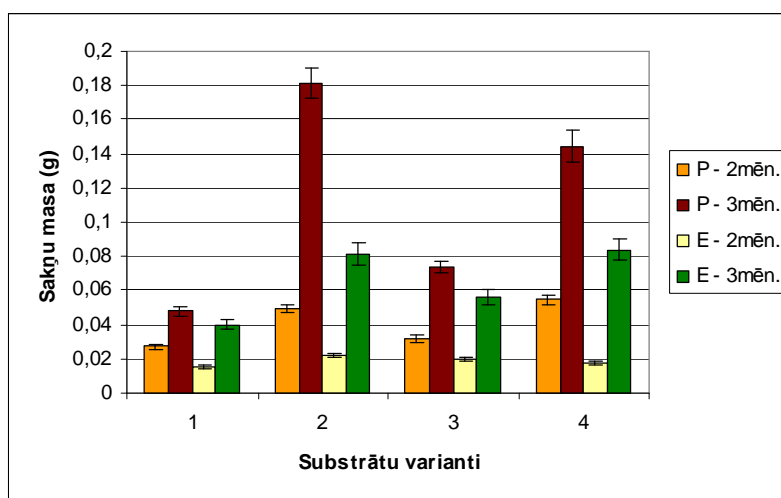
Novērtējot priežu un egļu ietvarstādu morfoloģiskos parametrus substrātos ar dažādiem kaļķojamajiem materiāliem konstatēts, ka divu mēnešu vecumā priežu

ietvarstādiem sakņu masa būtiski atšķirās variantiem ar un bez barības vielām (30. attēls), savukārt trīs mēnešu vecumā būtiskas atšķirības konstatētas jau starp visiem variantiem.



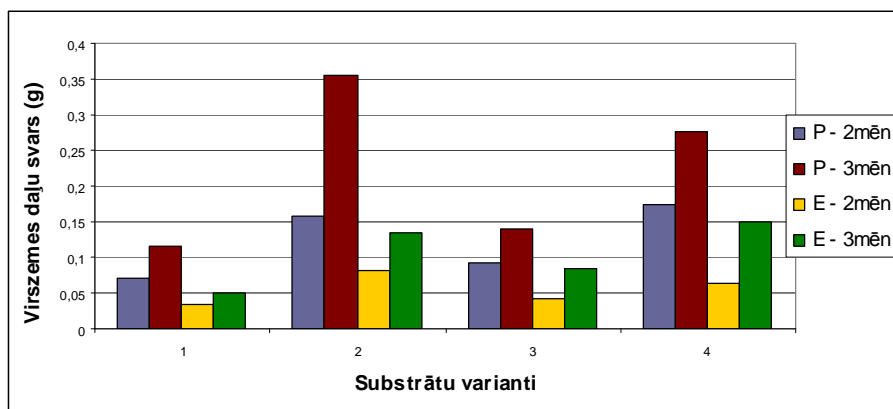
29. attēls. Egļu ietvarstādu attīstība substrātos bez (1.) un ar PG-Mix (kaļķojamais materiāls – dolomīts).

Egļu ietvarstādiem būtiskas sakņu masas atšķirības starp variantiem konstatētas tikai trīs mēnešu vecumā, kad iezīmējās gan atšķirības starp variantiem ar un bez barības vielām, gan būtiska ($p < 0,05$) arī kaļķojamā materiāla ietekme variantos bez barības vielām (1.,3. variants) (30. attēls).



30. attēls. Priežu un egļu ietvarstādu sakņu masas salīdzinājums dažādos substrātos.

Virszemes daļu masa divus mēnešus veciem ietvarstādiem analizētajos substrātos atšķirās būtiski ($p < 0,05$), un arī trīs mēnešu vecumā saglabājās līdzīgas tendences, kaut gan starp atsevišķiem variantiem kaļķojamā materiāla radīto augšanas atšķirību ietekme vairs nebija būtiska (31. attēls). Tā, piemēram, trīs mēnešu vecumā egļu ietvarstādu masa būtiski atšķirās starp variantiem bez PG – Mix (1. un 3.) respektīvi 0,05g un 0,08g, taču variantos ar PG – Mix kaļķojamā materiāla ietekme nebija būtiska. Savukārt priežu ietvarstādiem trīs mēnešu vecumā vērojama pretēja tendence – būtiski atšķirās varianti ar PG – Mix (2. un 4.) respektīvi $0,36 \pm 0,01g$ un $0,27 \pm 0,01g$, taču variantos bez barības vielām kaļķojamā materiāla ietekme nebija būtiska (31. attēls).



31. attēls. Priežu un egļu ietvarstādu virszemes daļu masas salīdzinājums dažādos substrātos.

Salīdzinot stādu morfoloģiskos rādītājus 3 mēnešus no eksperimenta ierīkošanas, konstatēts, ka substrāts: kaļķojamais materiāls dolomīts +PG-Mix (nr 2) visvairāk ietekmē priežu ietvarstādu virszemes daļu garumu $7,1 \pm 0,1cm$ un salīdzinājumā ar substrātu: dolomīts + kaļķakmens +PG-Mix (nr. 4) – $6,0 \pm 0,1cm$ atšķirības ir būtiskas pie $\alpha = 0,05$. Arī lielākais sakņu garums atzīmēts substrātā nr. 2 ($627,5 \pm 25cm$) taču atšķirības no substrāta nr. 4 ($547,6 \pm 43cm$) nav būtiskas. Tomēr, minētājā substrātā nr. 2 atzīmēta zemāka stādu mikorizācijas pakāpe, kā arī mazāks sakņu galiņu skaits (12. tabula).

Minētais substrāts nr. 4 veicina arī egļu stādu sakņu attīstību, piemēram, vidējais stādu sakņu garums ir $360,6 \pm 14cm$, bet substrātā nr. 2 – $278,3 \pm 13cm$ un atšķirības ir būtiskas ($p < 0,05$). Savukārt sakņu galiņu skaits substrātā nr. 4 vidēji sastāda $2195 \pm 113gab$, bet substrātā nr. 2 – $2139 \pm 107gab$ un pie $\alpha = 0,05$ atšķirības ir būtiskas. Tātad, līdzīgi, kā attiecībā uz priežu ietvarstādiem kaļķojamais materiāls dolomīts veicina stādu virszemes daļas pieaugumu, bet nomāc sakņu sistēmas attīstību. Savukārt kaļķojamais materiāls dolomīts + kaļķakmens stimulē sakņu sistēmas attīstību. Variantiem ar PG-Mix konstatēts

arī būtiski lielāks sakņu apikālo meristēmu skaits, kas drīzāk ir sekundāras atšķirības, kas izriet no straujākas kopējās sakņu attīstība variantiem ar PG-Mix. Gan priežu, gan egļu ietvarstādiem tika konstatēts kā baltais (*Suillus* sp.), ta melnais (*Cenococcum* sp) mikorizu tips. To sastopamība dažādos substrātos augušiemi stādiem būtiski neatšķīrās.

12. tabula.

Priežu un egļu ietvarstādu morfoloģisko rādītāju salīdzinājums dažādos substrātos trīs mēnešu vecumā.

Morf. rād./ Var.nr.	Sakņu kakla diam., mm	Virsz. Daļu gar., cm	Mikori-zācija %	Sakņu masa./ virsz.d. masu	Sakņu garums, cm	Sakņu laukums, cm ²	Sakņu galiņu skaits
Priede							
1.	1,23±0,02	4,7±0,1	1,1±0,1	0,42±0,02	218,6±16	25,2±1,6	627±54
2.	1,7±0,03	7,1±0,1	0,5±0,1	0,52±0,02	627,5±25	73,3±2,9	2069±126
3.	1,33±0,03	5,4±0,1	1,2±0,1	0,54±0,02	296±13,6	35,2±1,7	935±64
4.	1,61±0,03	6,0±0,1	0,9±0,1	0,53±0,03	547,6±43	61,9±4,7	2249±210
Egļe							
1.	1,15±0,03	3,7±0,1	0,3±0,1	0,79±0,05	144,8±6,9	16,5±0,8	884±63
2.	1,53±0,02	6,6±0,2	0,4±0,1	0,61±0,04	278,3±13	31±1,5	1391±107
3.	1,28±0,03	4,7±0,2	0,2±0,1	0,72±0,06	166,5±7	21±1	975±55
4.	1,45±0,04	6,6±0,3	0,3±0,1	0,60±0,04	350,6±14	39,8±1,4	2195±113

4.2.3. Mikorizas sēņu attīstība eksperimentālajos substrātos

No laboratorijas eksperimentā pārbaudītajām mikorizas sēnēm micēlija attīstība netika konstatēta divām sugām – *Amanita pantherina* un *Laccaria bicolor*. Sugām *Amanita muscaria* un *Boletus edulis* tikai vienam no uzliktajiem sēnes gabaliņiem tika konstatēta micēlija attīstība. No sugām *Cenococcum geophilum*, *Lactarius rufus*, *Piloderma byssinum*, *Paxillus involutus*, *Russula delica*, *Suillus luteus* visintensīvākā micēlija augšana konstatēta *P. involutus*, kā arī *R. delica* un *C. geophilum* (32. attēls) (13. tabula).

a)



b)



32. attēls. *Paxillus involutus* (a) un *Cenococcum geophilum* (b) augšana uz kūdras.

Mikorizas sēņu attīstība eksperimentālajos substrātos.

Var.	<i>S. luteus</i>	<i>R. delica</i>	<i>P. involutus</i>	<i>L. rufus</i>	<i>P. byssinum</i>	<i>C. geophilum</i>
Augšanas frekvence %						
1	0	26,67	100	0	6,67	20
2	20	6,67	100	20	0	0
3	0	80	100	13,33	33,33	13,33
4	6,67	0	26,67	0	0	0
Vidējais micēlija pieaugums (cm)						
1	0	0,03	0,1	0	0,01	0,02
2	0,027	<0,01	0,1	0,03	0	0
3	0	0,04	0,08	0,01	0,01	0,03
4	0,001	0	<0,01	0	0	0

Zemi augšanas rādītāji skaidrojami ar to, ka visas apskatītās sēnes ir mikorizas sēnes un to attīstība augsnē bez simbiotiskā partnera ir apgrūtināta. Piemēram, analizējot *Piloderma croceum* attīstību, konstatēts, ka laboratorijas apstākļos sēnes var augt 2-5 × sliktāk nekā, ja sēnes attīstība tiek analizēta simbiozē ar kokaugiem (Erland *et al.* 1990).

Kopumā jāatzīmē samērā sliktu mikorizas sēnes micēlija attīstību uz visiem substrātiem, kas varētu būt saistīta ar substrāta īpašībām. Eksperimentālā substrāta pH vidēji bija 4,5 (.. tabula), kas, kā liecina literatūras dati, ektomikorizas sēņu augšanai ir piemērota vide (kopumā laboratorijas apstākļos mikorizas sēņu augšanas optimums ir pie pH vērtībām no 3 līdz 5 (Семехова 1985)). Literatūrā atzīmēts, ka sēņu micēlija attīstība substrātā var ievērojami atšķirties no micēlija attīstības uz agara Petri traukos (Семехова 1985) – tādejādi, iespējams, ka izvēlētās sēnes, kas pārsvarā uz agara barotnes aug labi, nespēj augt substrātā bez saimniekauga.

Mikorizas sēņu sugām *Russula delica*, *Cenococcum geophilum* un *Piloderma byssinum* vērojama tendence aktīvāk micēliju veidot substrātos bez barības vielām. Vismazākā sēņu micēlija augšanas frekvence, kā arī vidējais pieaugums ir substrātā ar dolomītmiltiem un kaļķakmens miltiem + PG-Mix.

4.3. Skujkoku ietvarstādu morfoloģisko rādītāju novērtējums (2005. g.)

sējumi

Novērtējot egļu ietvarstādu morfoloģiskos rādītājus, redzams, ka Strenču kokaudzētavas stādu vidējais garums ir 16,2±1,66 cm, bet Mazsilu kokaudzētavā 7,2±0,81 cm. Atšķirības ir augsti būtiskas P< 0,0001 (14. tabula).

Egļu ietvarstādu morfoloģisko radītāju salīdzinājums (n=30).

Variants	Virsz.d. garums, cm	Virsz.d. masa, g	Sakņu masa, g	Sakņu garums, cm	Sakņu virsmas laukums, cm ²	Sakņu tilpums, cm ³
Strenču kokaudzētava	16,2±0,3	1,29±0,04	0,52±0,02	1240±50	142±15	1,31±0,06
Mazsilu kokaudzētava	7,2±0,1	0,28±0,01	0,14±0,01	477±16	56±12	0,53±0,02

Arī citi analizēti parametri: virszemes daļas masa, sakņu masa, sakņu garums, sakņu virsmas laukums un sakņu tilpums augstākas vērtības uzrāda Strenču kokaudzētavas stādiem. Atšķirības izskaidrojamas ar to, ka Strenču kokaudzētavā 2005. gadā sēšana veikta 29. aprīlī, bet Mazsilu kokaudzētavā 7. jūnijā.

Salīdzinot priežu ietvarstādu morfoloģiskos radītājus redzam, ka stādu virszemes daļas garums praktiski neatšķiras: 20,4±2,0 cm Strenču kokaudzētavas stādiem un 20,01±1,98 Mazsilu kokaudzētavas stādiem (15. tabula).

Priežu ietvarstādu morfoloģiskie radītāji (n=30).

Variants	Virsz.d. garums, cm	Sakņu kakla diametrs, mm	Virsz.d. masa, g	Sakņu masa, g
Strenču kokaudzētava	20,4±0,4	3,25±0,08	1,65±0,06	0,74±0,03
Mazsilu kokaudzētava	20,0±0,4	3,19±0,07	1,78±0,05	0,75±0,02

Virszemes daļas masa ir lielāka Mazsilu kokaudzētavas stādiem: 1,78±0,30 g salīdzinot ar Strenču kokaudzētavas stādiem: 1,65±0,34 g. Tomēr atšķirības 95 % ticamības līmenī nav būtiskas (P=0,10).

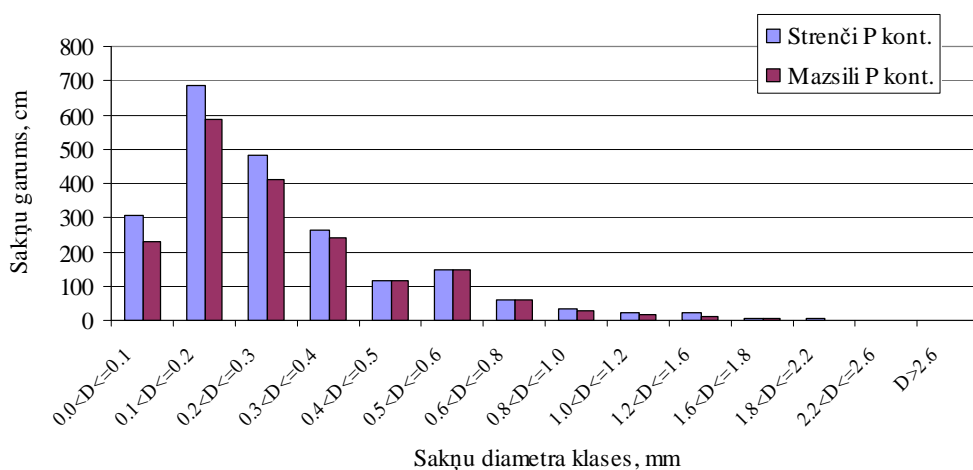
Sakņu masa vidēji vienam stādam abās kokaudzētavās praktiski neatšķiras. Salīdzinot iegūtas datus ar iepriekšēja gada rezultātiem, varam atzīmēt, ka 2005.g. rudenī Strenču kokaudzētavas stādiem virszemes daļas, kā arī sakņu masa bija būtiski lielākā nekā Mazsilu kokaudzētavas stādiem. Novērtējot sakņu morfoloģiskos radītājus, kā arī sakņu mikorizāciju, secinām, ka vidējais sakņu garums Strenču kokaudzētavas stādiem ir 2144±341 cm, bet Mazsilu kokaudzētavas stādiem 1870±214 cm. Atšķirības 95 % ticamības līmenī ir būtiskas: P=0,02 (16. tabula).

Priežu ietvarstādu sakņu morfoloģiskie rādītāji (n=12).

Variants	Sakņu garums, cm	Sakņu virsmas laukums, cm ²	Sakņu tilpums, cm ³	Sakņu galiņu skaits, gab.	Sakņu mikorizācija, %
Strenču kokaudzētava	2144±98	238±9	2,11±0,07	7380±570	96,0±1,41
Mazsilu kokaudzētava	1870±62	215±6	1,97±0,07	5165±262	95,5±0,9

Sakņu virsmas laukums ir lielāks Strenču kokaudzētavas stādiem (238±29 cm²) salīdzinot ar Mazsilu kokaudzētavas stādiem (215±22 cm). Atšķirības ir būtiskas (P=0,03). Arī vidējais sakņu tilpums ir lielāks Strenču kokaudzētavas stādiem, taču atšķirība nav būtiska (P=0,18). Kopējais sakņu galiņu skaits vidēji vienam Strenču kokaudzētavas stādam ir 7380±1974 gab., bet Mazsilu kokaudzētavas stādam – 5165±907 gab. Atšķirības ir būtiskas (P=0,001). Sakņu vidējā mikorizācijas pakāpe abās kokaudzētavās praktiski neatšķiras: 96,0±5,8 % pret 95,3±5,1 %. Novērtējot 6 mēnešu vecu ietvarstādu sakņu attīstību un mikorizāciju 2005. g. rudenī tika konstatēts, ka vidējais sakņu galiņu skaits vienam stādiņam Strenču kokaudzētavā ir 5278±271 gab., bet Mazsilu kokaudzētavā 3567 gab. Tātad sakņu galiņu skaits vidēji vienam stādam Strenču kokaudzētavā ir palielinājies par 2102 gab., bet Mazsilu kokaudzētavā par 1598 gab.

Novērtējot sakņu sadalījumu dažādās caurmēra klasēs (33. attēls), konstatēts, ka caurmēra klasē 0,2...0,3 mm sakņu daudzums Strenču kokaudzētavas stādiem ir būtiski lielāks salīdzinot ar Mazsilu kokaudzētavas stādiem (P=0,005). Atzīmēts, ka Mazsilu kokaudzētavā dominē mikorizas ar tumšu mantiju, bet balto mikorizu tips (*Suillus* sp.) vairāk ir pārstāvēts Strenču kokaudzētavā (P=0,002).



33. attēls. Priežu ietvarstādu sakņu sadalījums dažādās caurmēra klasēs.

Egļu ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu morfoloģiskie rādītāji atspoguļoti 17. tabulā. Konstatēts, ka Mazsili kokaudzētavas stādu virszemes daļas garums $16,0 \pm 1,0$ cm būtiski atšķiras no Strenču kokaudzētavas stādiem ($P=0,03$). Salīdzinot ar Podiņu kokaudzētavas stādiem atšķirības nav būtiskas. Vislielākā virszemes daļas masa atzīmēta Mazsili kokaudzētavas stādiem, taču starp Mazsili un Strenču kokaudzētavas stādiem atšķirības nav būtiskas. Mazsili kokaudzētavas stādiem atzīmētas visspēcīgāk attīstītās saknes.

17. tabula.

Egļu ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu morfoloģiskie rādītāji ($N=30$).

Variants	Virsz. d. garums, cm	Sakņu kakla diametrs, mm	Virsz.d. masa, g	Sakņu masa, g	Sakņu skaits*, gab.	Sakņu garums*, cm	Sakņu masa*, g
Strenču kokaudzētava	$13,4 \pm 0,4$	$2,59 \pm 0,05$	$0,92 \pm 0,05$	$0,40 \pm 0,02$	$25 \pm 2,3$	$6,7 \pm 0,3$	$0,16 \pm 0,01$
Podiņu kokaudzētava	$14,5 \pm 0,3$	$1,97 \pm 0,04$	$0,75 \pm 0,02$	$0,45 \pm 0,02$	$21,6 \pm 1,2$	$12,0 \pm 0,6$	$0,31 \pm 0,02$
Mazsili kokaudzētava	$16,0 \pm 1,0$	$2,68 \pm 0,04$	$1,03 \pm 0,03$	$0,74 \pm 0,05$	$32,7 \pm 1,4$	$12,5 \pm 0,3$	$0,49 \pm 0,03$

*) no kūdras ietvarsubstrāta izaugušās saknes

Analizējot no kūdras ietvarstāda izaugušo sakņu skaitu, garumu, kā arī masu, konstatēts, ka tieši šo sakņu daļu Mazsili kokaudzētavas stādiem ir būtiski lielāka

salīdzinājumā ar Strenču un Podiņu kokaudzētavu stādiem. Izņēmums ir vienīgi sakņu garums Podiņu kokaudzētavas stādiem: $12,0 \pm 0,6$ cm, bet Mazsilu kokaudzētavā $12,5 \pm 0,3$ cm.

Salīdzinot sakņu morfoloģiskos rādītājus, redzam, ka visi analizētie rādītāji, izņemot apikālo meristēmu skaitu, vislielākās vērtības uzrāda tieši Mazsilu kokaudzētavas stādiem, piemēram, sakņu galiņu skaits ir 6758 ± 302 gab., turpretī Strenču un Podiņu kokaudzētavas stādiem attiecīgi 3485 ± 366 un 5499 ± 348 gab. (18. tabula).

18. tabula.

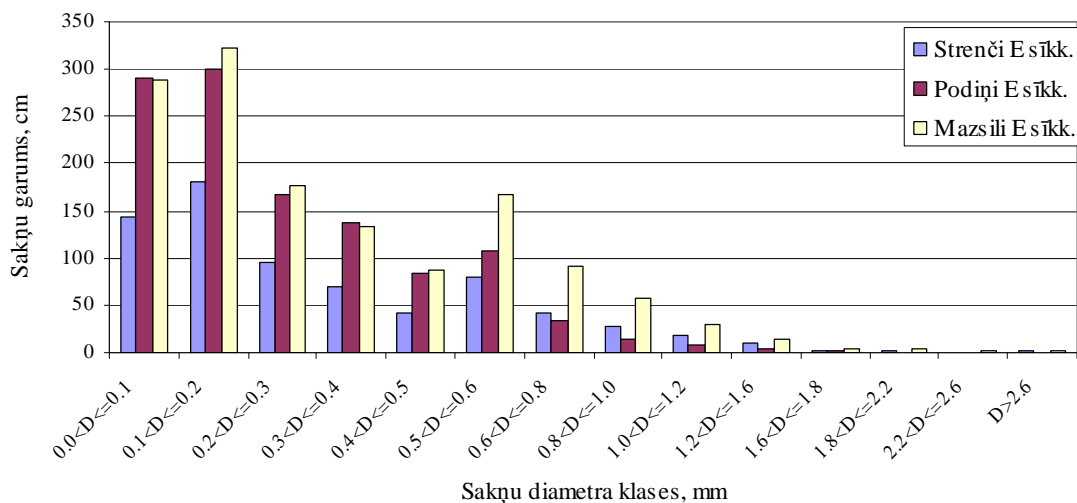
Egļu ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu sakņu morfoloģiskie rādītāji.

Variants	Sakņu garums, cm	Sakņu virsmas laukums, cm^2	Sakņu tilpums, cm^3	Sakņu galiņu skaits, gab.	Sakņu apikālās meristēmas	Mikorizācijas pakāpe, %
Strenču kokaudzētava	717 ± 42	95 ± 4	$1,0 \pm 0,04$	3485 ± 366	$13,2 \pm 1,0$	70 ± 1
Podiņu kokaudzētava	1152 ± 47	118 ± 4	$0,97 \pm 0,04$	5499 ± 348	$5,0 \pm 0,4$	89 ± 1
Mazsilu kokaudzētava	1385 ± 41	182 ± 7	$1,90 \pm 0,11$	6758 ± 302	$8,4 \pm 0,7$	94 ± 2

Iepriekšējā gada rudenī iegūtie dati liecināja, ka sakņu tilpums Strenču kokaudzētavas stādiem vidēji bija $0,73 \pm 0,04$ cm^3 , Podiņu kokaudzētavā $0,83 \pm 0,04$ cm^3 , bet Mazsilu kokaudzētavā $1,79 \pm 0,09$ cm^3 . Salīdzinot ar šī gada datiem, redzam, ka sakņu tilpums visvairāk ir palielinājies Strenču kokaudzētavā. Tomēr, līdzīgi kā pagājušajā gadā šajā kokaudzētavā, stādiem konstatēts procentuali mazāk mikorizēto īssaknīšu.

Novērtējot sīksakņu sadalījumu dažādās caurmēra klasēs, redzam, ka Podiņu un Mazsilu kokaudzētavās mazākajās diametra klasēs sakņu daudzums būtiski neatšķiras (34. attēls). Atšķirības iezīmējas diametra klasēs 0,5 ... 1,2 mm.

Novērtējot barības elementu saturu egļu ietvarstādu audzēšanai paredzētajā kūdras substrātā, redzam, ka Zn saturs Mazsilu kokaudzētavā ir zemāks, salīdzinot ar Strenču kokaudzētavu (19. tabula). Mazāks ir arī P saturs: 2 mg/l pret 11 mg/l. Salīdzinot ar Strenču kokaudzētavu, Mazsilu kokaudzētavā ir arī mazāks Cu un B daudzums. Arī iepriekšējā gadā tika konstatēts, ka Zn daudzums Strenču kokaudzētavas substrātā ir lielāks, salīdzinot ar Mazsilu kokaudzētavu. Novērtējot barības elementu saturu skujās (20. tabula), varam secināt, ka N un P saturs egļu stādu skujās Mazsilu kokaudzētavā ir zemāks, salīdzinot ar Strenču kokaudzētavu. Mazsilu kokaudzētavas stādiem atzīmēts arī zemāks Cu saturs. Taču Mazsilu kokaudzētavas stādiem atzīmēta Mn pārbaugātība, kas var negatīvi ietekmēt stādu minerālo barošanos.



34. attēls. Egļu ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu sakņu sadalījums dažādās caurmēra klasēs.

19. tabula.

Barības elementu saturs (mg/l) egļu ietvarstādu audzēšanai izmantotajā substrātā.

Variants	Elementi												pH
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo	B	
Strenči	27	11	125	1750	463	11	50	1,85	14	2,35	0,11	0,5	5,52
Mazsili	24	2	150	1000	238	7	60	2,35	6	0,40	0,14	0,1	3,86

20. tabula.

Barības elementu saturs egļu ietvarstādu skujās.

Variants	Elementi											
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo	B
	%						mg/kg					
Strenči	1,85	0,30	0,96	0,55	0,17	0,08	212	240	37	11	4,8	15
Mazsili	0,93	0,18	0,84	0,36	0,11	0,08	162	420	28	2,8	3,9	15

Salīdzinot barības elementu saturu priežu ietvarstādu audzēšanai izmantotajā substrātā, redzam, ka Strenču kokaudzētavas substrātā ir lielāks visu aktīvo barības elementu saturs (21. tabula). Piemēram, B saturs ir vairāk kā 5× lielāks. Kā jau atzīmēts, stādu virszemes daļas morfoloģiskie rādītāji abās kokaudzētavās būtiskas atšķirības neuzrāda, taču sakņu garums un sakņu galiņu skaits Strenču kokaudzētavās stādiem ir būtiski lielāks. Iemesls varētu būt tieši B deficīts. Ca saturs Strenču kokaudzētavas substrātā ir 1875 mg/l, bet Mazsili kokaudzētavas substrātā 1100 mg/l. Arī pH Mazsili kokaudzētavas substrātā ir zemāks: 3,89 pret 5,04 Strenču kokaudzētavā. Domājams, ka tieši pH un Ca saturs nosaka to, ka Strenču kokaudzētavas stādiem labāk attīstīta sakņu sistēma. Salīdzinot barības elementu saturu skujās, abās kokaudzētavās, redzam, ka Mazsili kokaudzētavā iezīmējas Mn pārbagātība un Cu deficīts (22. tabula).

21. tabula

Barības elementu saturs (mg/l) priežu ietvarstādu audzēšanai izmantotajā substrātā.

Variants	Elementi												pH
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo	B	
Strenči	38	11	165	1875	488	11	85	3,25	15	2,10	0,11	0,5	5,04
Mazsili	22	6	59	1100	263	8	60	2,10	13	1,85	0,21	<0,1	3,89

22. tabula.

Barības elementu saturs priežu ietvarstādu skujās.

Variants	Elementi											
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo	B
	%						mg/kg					
Strenči	1,4	0,24	0,78	0,50	0,23	0,09	294	280	58	22	4,2	20
Mazsili	2,03	0,15	0,72	0,39	0,17	0,08	96	400	70	3,6	1,8	15

Novērtējot barības elementu saturu substrātā, kurā tiek audzēti egļu stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu, redzam, ka Strenču kokaudzētavas substrātā ir mazāks Cu un Ca saturs, bet lielāks Mn saturs, salīdzinot ar Podiņu un Mazsili kokaudzētavām (23. tabula).

23. tabula.

Barības elementu saturs (mg/l) egļu ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu audzēšanai izmantotajā augsnē.

Variants	Elementi												pH
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo	B	
Strenči	58	289	76	210	70	7	890	62	1,55	0,5	0,06	<0,1	3,64
Mazsili	50	354	24	280	60	18	1040	30	2,15	1,5	0,09	<0,1	3,87
Podiņi	43	294	38	370	65	11	775	18	3,60	1,9	0,11	<0,1	3,71

Barības elementu satura analīze skujās liecina, ka piem., Mn saturs Strenču kokaudzētavas stādiem ir gandrīz 4× mazāks nekā Podiņu kokaudzētavas stādiem un 3× mazāks nekā Mazsili kokaudzētavas stādiem (24. tabula). Kā jau minēts, Strenču kokaudzētavas stādiem atzīmēta vissliktākā sakņu attīstība. Zn saturs egļu stādu skujās Strenču kokaudzētavā ir 26 mg/kg, turpretī Mazsili kokaudzētavā 48 mg/kg. bet Podiņu kokaudzētavā 58 mg/kg. Domājam, ka Zn saturs stādos arī negatīvi ietekmē sakņu attīstību – Strenču kokaudzētavas stādiem arī atzīmēta viszemākā mikorizācijas pakāpe ($\approx 70\%$).

24. tabula.

Barības elementu saturs egļu ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu skujās.

Variants	Elementi											
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo	B
	%						mg/kg					
Strenči	1,40	0,17	0,66	0,40	0,13	0,07	146	260	26	3,0	1,4	26
Mazsili	0,95	0,17	0,94	0,45	0,15	0,08	144	740	48	2,8	1,6	14
Podiņi	1,45	0,23	0,86	0,50	0,14	0,09	192	920	58	4,2	1,0	17

Apkopojot iegūtos datus secinām, ka Strenču kokaudzētavas priežu ietvarstādi raksturojas ar labāk attīstītu sakņu sistēmu (sakņu garums, sakņu galiņu skaits) salīdzinājumā ar Mazsili kokaudzētavu. Strenču kokaudzētavas substrātā konstatēta augstāka pH vērtība, kā arī Ca saturs.

Egļu ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu saknes vislabāk ir attīstītas Mazsili kokaudzētavas stādiem. Šajā kokaudzētavā atzīmēta arī visaugstākā stādu mikorizācijas

pakāpe, salīdzinot ar Podiņu un Strenču kokaudzētavām. Ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu audzēšanai izmantotajā augsnē Strenču un Podiņu kokaudzētavās atzīmētas zemākas pH vērtības.

4.4. Dominējošie skujkoku mikorizu tipi

DNS analīzēs iegūtie dati par mikorizu veidojošajām sēņu sugām Strenču un Mazsili kokaudzētavās apkopoti 25. tabulā. Gan egļu, gan priežu ietvarstādiem kā vienas no galvenajām mikorizu veidojošajām sugām konstatētas *Hebeloma longicaudum* un *Thelephora terrestris*. Analizētajiem priežu sakņu paraugiem (gan kailsakņu, gan ietvarstādu) tika konstatētas *Suillus* ģints sugas, kā arī augstāk minētā *T. terrestris* (35. attēls). Salīdzinot mikorizas sēņu sugu sastāvu egļu ietvarstādu un kailsakņu sakņu paraugos, abiem variantiem tika konstatēta mikorizas sēne *Hebeloma populinum*.

Laccaria un *Tricholoma* ģints sugas tika konstatētas tikai priežu kailsakņiem, savukārt *Amphinema byssoides* konstatēta tikai egļu kailsakņiem.

25. tabula.

Mikorizu veidojošās sēnes kokaudzētavu stādiem.

Stādmateriāls	Kokaudzētava	Sēņu suga
Egļu ietvarstādi	Mazsili	<i>Hebeloma longicaudum</i>
	Strenči	<i>Hebeloma populinum</i>
	Strenči	<i>Thelephora terrestris</i>
Egļu kailsakņu	Strenči	<i>Amphinema byssoides</i>
	Strenči	<i>Hebeloma populinum</i>
Egļu sīkkonteineru stādi	Mazsili	<i>Wilcoxina</i> sp.
Priežu ietvarstādi	Mazsili	<i>Hebeloma longicaudum</i>
	Mazsili	<i>Suillus luteus</i>
	Mazsili, Strenči	<i>Suillus variegatus</i>
	Strenči	<i>Thelephora terrestris</i>
	Strenči	<i>Suillus bovinus</i>
	Strenči	<i>Suillus flavidus</i>
Priežu kailsakņi	Strenči	<i>Suillus luteus</i>
	Strenči	<i>Thelephora terrestris</i>
	Strenči	<i>Laccaria laccata</i>
	Strenči	<i>Suillus bovinus</i>
	Strenči	<i>Laccaria amethystina</i>
	Strenči	<i>Tricholoma cingulatum</i>

Iegūtie dati par mikorizu veidojošo sēņu sugu sastāvu tiks izmantoti turpmākā darbā, analizējot mikorizu dinamiku pēc stādu izstādīšanas.

	
<p><i>Telephora terrestris</i></p>	<p><i>Hebeloma</i> sp.</p>
	
<p><i>Suillus</i> sp.</p>	<p><i>Amphinema byssoides</i></p>
	<p>35. attēls. Izdalīto sēņu veidotās mikorizas kokaudzētavu stādiem.</p>
<p><i>Suillus luteus</i></p>	

5. SECINĀJUMI

1. Sūnas *Marchantia polymorpha* attīstību veicina augsts barības vielu (N un P) saturs substrātā, apēnojums, kā arī paaugstināts gaisa un substrāta mitrums. Lai ierobežotu maršancijas izplatību, ieteicams izmantot rupju substrātu (tas veicina ātrāku substrāta virsmas izžūšanu un labāku aerāciju), kā arī jāizmanto mulča. Labi rezultāti maršancijas ierobežošanā iegūti, izmantojot preparātus Mogeton, Diuron, AlbaGro, Broadstar, Ronstar.
2. Laboratorijas eksperimenta dati liecina, ka kaļķojamais materiāls dolomītmilti veicina maršancijas attīstību salīdzinājumā ar kaļķojamo materiālu dolomītmilti un kaļķakmens milti, taču atšķirības nav statistiski būtiskas pie $\alpha=0,05$.
3. Kaļķojamais materiāls dolomītmilti stimulē ietvarstādu virszemes daļas attīstību, taču negatīvi ietekmē sakņu sistēmas attīstību, īpaši inhibējot sakņu zarošanos.
4. Egļu ietvarstādus, kas audzēti siltumnīcā ar apkuri, raksturo būtiski lielāki ($p<0,05$) stādu morfoloģiskie rādītāji, kā arī augstāka mikorizācijas pakāpe $33,5\pm 3,2\%$, salīdzinājumā ar stādiem, kas audzēti siltumnīcā bez apkures $19,8\pm 2,7\%$ ($p<0,05$).
5. Pastāv cieša korelācija starp egļu ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu sakņu/virszemes daļu masas attiecību un sakņu garumu, tilpumu, kā arī mikorizācijas pakāpi ($R^2 = 0,95\dots 0,97$).
6. Konstatēts, ka pastāv korelācija starp priežu ietvarstādu sakņu kakla diametru raksturojošām vērtībām un mikorizācijas pakāpi, sakņu tilpumu, sakņu galiņu skaitu, kā arī sakņu garumu. $R^2 = 0,93\dots 0,97$. Sakņu / virszemes daļas masas attiecība korelē ar sakņu mikorizāciju un sakņu tilpumu $R^2 = 0,87\dots 0,88$.
7. Priežu ietvarstādus veģetācijas perioda beigās raksturo ļoti augsta mikorizācijas pakāpe 92–97%.
8. No egļu un priežu ietvarstādiem tika izdalītas 7 mikorizas sēņu sugas. Kā dominējošā sēņu suga jāatzīmē *Teleophora terrestris*.
9. Egļu ietvarstādu un egļu ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu mikorizāciju negatīvi ietekmē palielinātas elektrovadāmības EC vērtības substrātā.
10. Kā stādu kvalitātes indikatoru ieteicams izmantot arī sakņu/ virszemes daļas masas attiecību, jo šis parametrs cieši korelē ar sakņu vitalitātes rādītājiem.

6. LITERATŪRA

- Āboliņa A. 2003.** Meža enciklopēdija. Red. Broks J. Maršancija. Apgāds „Zelta grauds”. 174-175.
- Allsopp A., Pearman C., Rao A.N. 1968.** The effects of some growth substances and inhibitors on the development of *Marchantia gemmae*. Phytomorphology 18(1): 84-94.
- Altland J. 2003.** Postemergence Liverwort Control in Greenhouse and Nursery Crops. http://oregonstate.edu/dept/nursery-weeds/research/mogeton/main_page.htm
- 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.
- Brunner I. and Brodbeck S. 2001.** Response of mycorrhizal Norway spruce seedlings to various nitrogen loads and sources. Environmental Pollution 114, 223 – 233.
- Chopra R.N., Gupta U. 1967.** Dark – induction of buds in *Funaria hygrometrica* Hedw.. Bryologist 70 (1): 102-104.
- 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.
- 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.
- Erland S., Söderström B. and Andersson S. 1990.** Effects of liming on ectomycorrhizal fungi infecting *Pinus sylvestris* L. New Phytol. 115, 683 – 688.
- Gill S., Shrewsbury P., Dutky E., Schuster C., Rosenkranz G., Klick S. 2004.** TPM/IPM Weekly Report for Arborists, Landscape Managers & Nursery Managers University of Maryland Cooperative Extension Central Maryland Cooperative Extension Central Maryland Research and Education Center.
- Haug I. and Feger K.H. 1990.** Effects of fertilization with Mg SO₄ and (NH)₄SO₄ on soil solution, chemistry, mycorrhiza and nutrient content of fine roots in a Norway spruce stand. Water Air Soil Pollut. 54, 453 – 467.
- Hedges Doreen K., Montague M.J., Schindler Bozenna V. 1972.** The relationship between some environmental parameters and the growth of *Marchantia gemmalings*. Bryologist. 75(1): 81-84.
- Hoffman G.R. 1966.** Observations on the mineral nutrition of *Funaria hygrometrica* Hedw. Bryologist 69(2): 182-192.
- Kozo I. 1965.** Chemical control of morphogenesis in moss protonema. Plant and Cell physiology 6(3): 421-429.
- La Rue C. D., Narayanaswami I. 1957.** Auxin inhibition in the liverwort *Lunularia*. New Phytologist 56(1): 61-70.
- Mache R., Loiseaux S. 1973.** Light saturation of growth and photosynthesis of the shade plant *Marchantia polymorpha*. Journal of Cell Science 12(2): 391-401.

Narayanaswami I. 1957. The morphogenetic effects of various synthetic hormones on the liverwort *Lunularia*. Journal of Indian Botany Society 36(2): 180-190.

Newby A., Altland J., Gilliam C., Fare D. and Wehtje G. 2005 a - SNA Student Paper: PREEMERGENCE CONTROL OF *Marchantia polymorpha*. Vol. 50, pp. 444-445.

Newby A., Altland J., Gilliam C., Fare D. and Wehtje G. 2005 b - SNA Student Paper: CONTROLLING LIVERWORT INFESTATIONS, Vol.50, pp. 468-471.

Schwabe W.W., Valio I. F. M. 1970. Growth and dormancy in *Lunularia cruciata* (L.) Dum. VI. Growth regulation by daylength, by red far – red and blue light, and by applied growth regulators and chelating agents. Journal of Experimental Botany. 21(66): 122-137.

Seith B., George E., Marschner H., Wallenda T., Schaeffer C., Einig W., Wingler A. and Hampp R. 1996. Effects of variet soil nitrogen supply on Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). I. Shoot and root growth and nitrogen uptake. Plant Soil 184, 291 – 298.

Svenson S. 1998. Suppression of liverwort growth in container using irrigation, mulches, fertilizers and herbicides. Proc. South. Assc. Res. Conf. 43: 396-402.

Svenson S., Deuel W. 2001. Using AlbaGro for *Marchantia* Control. SNA Research conference – Vol. 46.

Svenson S., Paxson J., Sanford K. 2001. Composts and Shading Influence *Marchantia* Infestations In Container Grown Nursery Crops SNA Research conference Vol. 46.

Taren N. 1958. Factors regulating the initial development of gemmae in *Marchantia polymorpha*. Bryologist 61(3): 191-204.

Wallenda T., Schaeffer C., Einig W., Wingler A., Hampp R., Seith B., George E. and Marschner H. 1996. . Effects of variet soil nitrogen supply on Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.).II. Carbon metabolism in needles and mycorrhizal roots. Plant Soil 186, 361 – 369.

Valio L.F., Schwabe W.W. 1969. Growth and dormancy in *Lunularia cruciata* (L.) Dum. IV Light and temperature control of rhizoid formation in gemmae. Journal of Experimental Botany. 20 (64): 615-628.

Семенова Л. А. 1985. Влияние известкования почвы на микоризообразование у семян сосны и ели. В кн.: - Микосимбиотрофизм и другие консортивные отношения в лесах севера. Петрозаводск, стр. 72 – 82.

Pielikumi

1. pielikums. Egļu ietvarstādu morfoloģiskie rādītāji

Morf. rād./ Var.nr.	Sakņu garums, cm	Sakņu laukums, cm ²	Sakņu tilpums, cm ³	Sakņu galiņu skaits	Mikorizācija %	Apikālo meristēmu skaits	Sakņu masa, g	Virszemes daļu masa, g	Sakņu ./ virsz.d. masas attiecība	Virsz. Daļu gar., cm	Sakņu kakla diam., mm
Trīs mēnešu vecumā											
Se8-1	148±5	17,7±0,6	0,17±0,01	894±35	0,3±0,2	2,4±0,3	0,03	0,16	0,20±0,01	8,2±0,1	1,26±0,02
Se5-1	284±10	33,9±1,1	0,32±0,01	1733±75	0,3±0,2	4,0±0,2	0,06	0,21±0,01	0,28±0,01	9,7±0,1	1,28±0,02
Me7II-1	252±5	30±0,7	0,28±0,01	996±32	0,3±0,2	3,2±0,3	0,07	0,23±0,01	0,30±0,02	9,2±0,1	1,65±0,02
Četru mēnešu vecumā											
Se8-2	639±31	81,6±3,3	0,83±0,04	3974±246	0,3±0,2	4,5±0,3	0,15	0,62±0,02	0,25±0,01	16,4±0,2	2,14±0,03
Se5-2	417±45	52,1±1,9	0,52±0,02	1800±76	5,8±1,3	3,8±0,2	0,15±0,01	0,66±0,02	0,23±0,01	16,3±0,2	2,45±0,03
Piecu mēnešu vecumā											
Se8-3	857±30	103,3±3,1	0,99±0,03	3857±165	-	-	0,28±0,01	1,27±0,04	0,23±0,01	25,6±0,4	2,64±0,04
Se5-3	1013±23	116,5±5,1	1,07±0,05	6835±552	29,0±2,8	2,7±0,2	0,39±0,02	1,11±0,04	0,36±0,02	18,6±0,3	2,72±0,04
Sešu mēnešu vecumā											
Se8-4	1341±65	161,5±6,2	1,56±0,07	8002±750	36,7±2,7	2,7±0,2	0,45±0,02	1,91±0,07	0,26±0,02	28,9±0,4	3,07±0,05
Veģetācijas perioda beigas											
Se8	1268±95	153,7±12	1,48±0,12	6164±522	33,5±3,2	3,0±0,2	0,56±0,03	1,93±0,08	0,29±0,01	27,1±0,4	3,03±0,05
Se5	1241±115	143±13,5	1,32±0,13	7925±1112	19,8±2,7	3,3±0,3	0,39±0,02	1,27±0,05	0,31±0,01	19,2±0,4	2,74±0,05
Me7II	513±20	58,6±2,1	0,53±0,02	2319±129	28,2±3,3	3,1±0,2	0,20±0,01	0,38±0,01	0,55±0,03	9,4±0,2	1,95±0,03

2. pielikums. Egļu ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu morfoloģiskie rādītāji

Morf. rād./ Var.nr.	Sakņu garums, cm	Sakņu laukums, cm ²	Sakņu tilpums, cm ³	Sakņu galiņu skaits	Mikorizācija %	Apikālo meristēmu skaits	Sakņu masa, g	Virszemes daļu masa, g	Sakņu ./ virsz.d. masas attiecība	Virsz. Daļu gar., cm	Sakņu kakla diam., mm
Trīs mēnešu vecumā											
Se7s-1	152±6	18,5±0,6	0,18±0,01	741±53	8,7±1,2	2,4±0,2	0,04	0,17	0,22±0,01	8,9±0,1	1,12±0,03
Me7s-1	247±8	29,6±0,8	0,28±0,01	1388±73	1,2±0,5	4,9±0,3	0,06	0,15	0,33±0,01	6,1±0,1	1,21±0,03
Pe5s-1	397±11	46,9±1,5	0,44±0,02	2705±141	2,5±0,8	3,3±0,3	0,09	0,29±0,01	0,32±0,01	13,8±0,2	1,43±0,03
Pe4s-1	278±12	32,2±1,1	0,3±0,01	1758±74	0,8±0,4	3,7±0,4	0,09	0,28±0,01	0,21±0,01	13±0,1	1,47±0,02
Pe3s-1	295±9	34,6±1,1	0,32±0,01	1842±111	0,9±0,4	4,1±0,3	0,06	0,25	0,24±0,01	12,1±0,1	1,28±0,03
Me5sII-1	229±7	28,1±1,2	0,26±0,01	893±61	14,8±1,7	4,1±0,2	0,05	0,3±0,01	0,26±0,01	12,5±0,2	1,46±0,02
Pe2sII-1	175±7	20,6±0,7	0,19±0,01	723±43	1,5±0,8	3,1±0,3	0,06	0,20±0,01	0,31±0,01	8,8±0,1	1,33±0,02
Četrus mēnešu vecumā											
Se7s-2	466±14	57,7±1,8	0,57±0,02	2340±107	5,5±1,1	4,0±0,3	0,13	0,55±0,01	0,23±0,01	16,4±0,1	2,08±0,03
Me7s-2	496±19	62,9±2,3	0,64±0,03	2100±101	14,8±1,7	4,1±0,2	0,16±0,01	0,43±0,01	0,37±0,01	12,2±0,2	1,82±0,03
Pe5s-2	393±20	46,7±2,4	0,44±0,02	1384±75	16,0±2,3	3,5±0,3	0,15±0,01	0,45±0,01	0,33±0,01	15,5±0,2	2,16±0,03
Pe4s-2	575±24	71,0±2,8	0,70±0,03	3435±183	26,0±2,9	6,5±0,4	0,18±0,01	0,46±0,01	0,42±0,02	15,6±0,2	2,06±0,02
Pe3s-2	379±15	46,0±1,3	0,45±0,01	1292±52	10,0±1,9	4,0±0,3	0,13±0,01	0,46±0,01	0,30±0,01	15,4±0,2	1,85±0,03
Piecu mēnešu vecumā											
Se7s-3	487±16	64,2±2,3	0,68±0,03	2073±80	13,3±1,5	2,3±0,7	0,20±0,01	0,91±0,02	0,23±0,01	23,5±0,3	2,39±0,03

2. pielikuma turpinājums

Morf. rād./ Var.nr.	Sakņu garums, cm	Sakņu laukums, cm ²	Sakņu tilpums, cm ³	Sakņu galiņu skaits	Mikorizācija %	Apikālo meristēmu skaits	Sakņu masa, g	Virszemes daļu masa, g	Sakņu virsz.d. masas attiecība	Virsz. Daļu gar., cm	Sakņu kakla diam., mm
Me7s-3	621±26	84,9±3,2	0,93±0,04	2979±190	35,7±3,2	4,1±0,3	0,23±0,01	0,52±0,02	0,47±0,02	12,3±0,3	2,13±0,04
Pe4s-3	811±26	101,7±3,1	1,02±0,04	3589±220	81,7±2,1	2,4±0,2	0,34±0,01	0,65±0,02	0,53±0,02	15,8±0,2	2,36±0,03
Sešu mēnešu vecumā											
Se7s-4	798±33	86,5±3,5	0,75±0,03	3488±152	80,2±1,8	1,8±0,2	0,32±0,01	1,22±0,04	0,26±0,01	21,2±0,4	2,55±0,04
Veģetācijas perioda beigās											
Se7s	1037±67	117,9±7,1	1,07±0,07	6636±517	52,2±2,6	5,0±0,3	0,52±0,02	1,30±0,04	0,41±0,01	-	-
Me7s	849±54	125,4±8,4	1,48±0,11	4003±331	82,3±1,5	3,7±0,3	0,49±0,02	0,71±0,02	0,72±0,03	13,1±0,2	2,45±0,03
Pe5s	937±32	112,7±3,2	1,08±0,04	7154±412	81,3±1,7	3,7±0,2	0,36±0,01	0,58±0,02	0,65±0,03	-	2,22±0,04
Pe4s	1147±72	131,3±7,4	1,20±0,07	7728±754	85,5±1,3	3,3±0,3	0,38±0,02	0,64±0,03	0,63±0,03	15,7±0,3	2,38±0,04
Pe3s	893±46	106,3±5,2	1,01±0,05	4345±310	74,8±1,4	2,6±0,2	0,32±0,01	0,58±0,02	0,58±0,02	16,4±0,3	2,2±0,03
Me5sII	678±34	81,0±3,8	0,77±0,04	3585±265	42,3±3,0	5,3±0,2	0,28±0,01	0,39±0,01	0,74±0,04	11,8±0,1	1,91±0,02
Pe2sII	238±15	29,4±1,8	0,29±0,02	1047±85	14,3±3,1	4,6±0,4	0,08	0,23±0,01	0,34±0,01	9,4±0,2	1,48±0,02

3. pielikums. Priežu ietvarstādu morfoloģiskie rādītāji

Morf. rād./ Var.nr.	Sakņu garums, cm	Sakņu laukums, cm ²	Sakņu tilpums, cm ³	Sakņu galiņu skaits	Mikorizācija %	Baltās mikorizas %	Apikālo meristēmu skaits	Sakņu masa, g	Virszemes daļu masa, g	Sakņu virsz.d. masas attiecība	Virsz. Daļu gar., cm	Sakņu kakla diam., mm
2,5 mēnešu vecumā												
Sp3-1	225±7	30±1	0,33±0,01	956±74	0,5±0,3	-	5,8±0,3	0,05±0,001	0,23±0,01	0,22	8,2±0,1	1,19±0,02
Sp4-1	257±6	33±1	0,35±0,01	1174±53	0,7±0,3	-	3,7±0,3	0,06±0,002	0,25±0,01	0,24±0,01	7,9±0,1	1,20±0,02
Mp6-1	273±9	34±1	0,34±0,01	1293±92	1,7±1,1	-	3,5±0,3	0,06±0,002	0,24±0,01	0,27±0,01	6,1±0,1	1,19±0,02
Mp8-1	256±9	32±1	0,32±0,01	915±53	1,8±0,7	-	3,7±0,3	0,06±0,002	0,24±0,01	0,25±0,01	6,0±0,1	1,25±0,02
Sp7II-1	451±22	58±2	0,59±0,02	1499±103	3,7±0,9	-	5,5±0,3	0,12±0,004	0,36±0,01	0,35±0,01	6,9±0,1	1,42±0,03
Sp8II-1	407±10	47±1	0,44±0,01	1221±70	6±1,1	-	3,7±0,3	0,09±0,001	0,30±0,01	0,31±0,01	7,2±0,1	1,28±0,02
Mp8II-1	449±14	56±1	0,56±0,02	1169±58	1,3±0,5	-	4,6±0,3	0,11±0,003	0,37±0,01	0,30±0,01	7,5±0,1	1,56±0,03
3,5 mēnešu vecumā												
Sp3-2	914±28	117±3	1,20±0,03	3047±195	26,2±2,7	1,7±0,7	5,2±0,3	0,23±0,01	0,75±0,02	0,31±0,01	12,8±0,1	2,01±0,03
Sp4-2	991±32	127±3	1,30±0,03	4019±277	11,5±2,3	0,8±0,2	4,9±0,3	0,25±0,01	0,67±0,02	0,37±0,01	10,3±0,2	1,97±0,03
Mp6-2	920±32	107±3	1,00±0,03	3362±205	37,5±2,5	5,8±1,3	6±0,4	0,22±0,01	0,60±0,02	0,37±0,01	8,3±0,1	1,80±0,03
Mp8-2	704±16	84±2	0,81±0,03	2739±125	14,5±2,2	0,7±0,1	4,8±0,3	0,19±0,01	0,52±0,01	0,38±0,01	8,2±0,1	1,82±0,03
Sp7II-2	992±28	128±3	1,32±0,03	4257±200	77,3±2,3	0,7±0,5	4,8±0,3	0,32±0,01	0,70±0,01	0,47±0,01	9,3±0,1	2,39±0,04
Sp8II-2	735±26	82±3	0,73±0,02	3003±170	73,3±2,7	2±0,8	6±0,4	0,20±0,01	0,51±0,01	0,39±0,01	10,5±0,2	2,00±0,03

3. pielikuma turpinājums

Morf. rād./ Var.nr.	Sakņu garums, cm	Sakņu laukums, cm ²	Sakņu tilpums, cm ³	Sakņu galiņu skaits	Mikorizācija %	Baltās mikorizas %	Apikālo meristēmu skaits	Sakņu masa, g	Virszemes daļu masa, g	Sakņu./ virsz.d. masas attiecība	Virsz. Daļu gar., cm	Sakņu kakla diam., mm
Mp8II-2	1115±43	134±5	1,30±0,05	4910±217	75,3±1,7	2,7±1,1	5,2±0,3	0,33±0,01	0,73±0,02	0,45±0,01	9,4±0,1	2,57±0,05
4,5 mēnešu vecumā												
Sp3-3	821±20	101±2	0,99±0,03	1828±86	38±3,2	3,3±1,1	4,2±0,3	0,28±0,01	1,13±0,02	0,25±0,01	19,0±0,2	3,03±0,04
Sp4-3	955±25	118±2	1,17±0,03	2755±186	30±2,2	5±1,1	5,1±0,4	0,31±0,01	1,22±0,02	0,26±0,01	17,4±0,1	3,12±0,04
Mp6-3	1496±59	186±7	1,85±0,07	5491±266	71,7±2,4	24,8±3,1	3,7±0,2	0,46±0,01	1,15±0,02	0,41±0,01	13,4±0,2	2,95±0,04
Mp8-3	765±22	98±3	0,99±0,04	2415±99	-	-	-	0,25±0,01	0,79±0,02	0,32±0,01	12,5±0,2	2,74±0,04
Veģetācijas perioda beigas												
Sp3	1958±52	234±6	2,22±0,07	7003±387	95,7±0,6	10,9±2,3	2,6±0,3	0,70±0,02	1,46±0,03	0,48±0,02	-	3,23±0,05
Sp4	2065±143	261±15	2,64±0,14	9015±1043	92,5±0,7	11,1±3,2	4±0,3	0,76±0,03	1,48±0,04	0,53±0,02	-	3,55±0,07
Mp6	-	-	-	-	97±0,7	17,7±2,4	2,8±0,3	0,64±0,03	1,24±0,03	0,52±0,02	-	3,08±0,05
Mp8	1494±73	193±8	2,00±0,09	5640±219	97,5±0,5	10,4±1,9	2,8±0,3	0,60±0,02	1,15±0,03	0,54±0,02	13,4±0,2	3,16±0,05
Sp7II	1123±63	147±6	1,54±0,06	5317±519	87,8±1,1	3,9±1,6	4±0,3	0,44±0,01	0,71±0,02	0,63±0,02	9,1±0,2	2,5±0,05
Sp8II	794±43	89±4	0,80±0,04	2566±200	73,7±2,1	2,8±1,4	4,6±0,4	0,27±0,01	0,53±0,02	0,51±0,02	-	2,12±0,03
Mp8II	804±48	103±5	1,06±0,05	2560±183	93,5±1,2	4,4±1,3	3,9±0,3	0,31±0,01	0,74±0,02	0,44±0,02	9,2±0,2	2,49±0,05

4. pielikums. Barības vielu saturs egļu ietvarstādu substrātā (A) un skujās (B).

A

	N mg/l	P mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	S mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	Zn mg/l	Cu mg/l	Mo mg/l	B mg/l	pH _{KCl}	EC mS/cm
Se8-1	63	76	330	1950	500	14	90	6,5	5	3	0,16	0,8	4,02	2,03
Se8-2	80	95	305	1650	463	14	80	5,5	7,5	2,9	0,16	0,9	3,95	2,31
Se8-3	50	70	200	1775	363	8	110	5,5	4,7	3,25	0,14	0,4	4,15	0,98
Se8	30	29	165	1315	260	9	60	0,95	2,7	2,1	0,1	0,6	3,8	0,33
Se5-1	65	107	225	2050	500	26	90	6,5	3,7	3,1	0,16	0,7	4,23	2,18
Se5-2	90	113	330	1650	363	28	105	6	4,45	3,05	0,18	0,5	4,2	2,5
Se5	55	50	180	1265	255	18	73	2,85	5,9	2,5	0,11	0,7	3,55	1,01
Me5sII	29	68	100	2275	313	33	195	11,5	3,25	2,75	0,13	0,1	4,75	0,36

B

	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg	Cu mg/kg	Mo mg/kg	B mg/kg
Se8-1	2,2	0,35	1,64	0,5	0,24	0,15	374,8	256	60	11,2	0,95	30
Se8-2	2	0,42	1,42	0,56	0,22	0,16	280	260	42	10	1,56	38
Se8-3	1,95	0,29	1,08	0,58	0,14	0,14	368	214	38	9,2	0,55	36
Se8	1,8	0,27	1,16	0,61	0,12	0,11	378	260	34	11	1,2	26
Se5-1	1,7	0,37	1,28	0,59	0,23	0,14	220	214	42	12,2	1,6	16
Se5-2	1,9	0,28	1,22	0,57	0,19	0,15	304	216	36	8,4	0,65	38
Se5	1,5	0,25	0,94	0,58	0,13	0,13	324	228	33	11	0,84	23
Me5sII	0,75	0,20	1,20	0,62	0,15	0,23	126	420	32	3,60	2,40	14

5. pielikums. Barības vielu saturs egļu ietvarstādu ar uzlaboto sakņu sistēmu substrātā (A) un skujās (B).

A

	N mg/l	P mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	S mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	Zn mg/l	Cu mg/l	Mo mg/l	B mg/l	pH _{KCl}	EC mS/cm
Se7s-1	38	83	235	2700	850	14	105	6,5	5	3,45	0,2	0,7	4,63	1,22
Pe5s-1	24	31	110	1950	750	13	85	6	3,8	4,4	0,15	0,4	4,73	0,45
Pe3s-1	29	44	180	1950	750	13	85	6,5	7,5	2	0,16	0,4	4,81	0,53
Me7s-1	21	37	160	2650	600	14	60	6,5	2	2,25	0,14	0,5	5,29	0,7
Pe4s-1	23	36	135	1900	750	10	70	5,25	2,25	3,75	0,11	0,4	4,97	0,41
Se7s-2	36	61	190	2400	900	12	110	6	4,5	3,9	0,15	1	4,84	0,88
Pe5s-2	39	262	95	1525	338	14	615	23,5	4,4	3,2	0,14	0,1	4,71	0,23
Pe3s-2	55	147	150	1775	413	12	925	17,5	2,25	4,95	0,16	0,1	5,07	0,22
Me7s-2	19	49	130	2775	525	11	75	6	3,7	2,45	0,09	0,7	5,9	0,38
Pe4s-2	40	322	90	1400	288	15	685	11	3,4	3,65	0,14	0,1	4,6	0,3
Se7s-3	40	94	265	2650	813	15	120	7	5,5	3,9	0,11	0,9	5,3	0,87
Me7s-3	32	122	95	3150	425	17	315	34	2,65	1,6	0,09	0,2	6,65	0,27
Se7s	21	191	105	1100	380	17	406	2,45	2,3	1,4	0,06	0,3	4,46	0,23
Pe5s	53	447	35	275	39	20	940	24	2,95	1,15	0,03	0,1	4,11	0,06
Pe3s	32	234	60	500	105	21	1030	12	1,15	1,25	0,04	0,1	4,46	0,11
Me7s	21	94	90	1900	238	40	370	27	1,6	1,4	0,11	0,1	5,91	0,33
Pe4s	40	371	36	575	80	15	770	15	3,5	3,1	0,28	0,1	4,06	0,1

B

	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg	Cu mg/kg	Mo mg/kg	B mg/kg
Se7s-1	2	0,36	1,72	0,56	0,26	0,15	136	220,4	56,8	8,8	1,9	19
Pe5s-1	1,15	0,21	1,18	0,45	0,18	0,13	84	144	30	4	2,6	11
Pe3s-1	1,35	0,25	1,34	0,46	0,19	0,14	80	194	56	4,2	1,5	16
Me7s-1	1,45	0,27	1,62	0,6	0,26	0,15	89,2	153,6	38,4	5,2	1,8	19
Pe4s-1	1	0,26	1,42	0,46	0,2	0,13	72	148	30	4,2	1,9	14
Se7s-2	1,65	0,41	1,52	0,56	0,25	0,13	320	280	56	16,6	0,84	28
Pe5s-2	0,95	0,2	1	0,57	0,18	0,12	116	202	28	3,2	2,25	12

5. pielikuma B tabulas turpinājums.												
	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg	Cu mg/kg	Mo mg/kg	B mg/kg
Pe3s-2	1	0,2	0,98	0,57	0,18	0,1	190	154	30	4,2	2,55	12
Me7s-2	1,23	0,24	1,18	0,62	0,18	0,16	138	126	28	4,2	6,25	15
Pe4s-2	1,15	0,2	1,02	0,57	0,17	0,11	138	216	30	3,6	2,25	15
Se7s-3	1,4	0,24	1,16	0,57	0,19	0,15	132	126	38	8	3,15	20
Me7s-3	1,25	0,15	1	0,67	0,18	0,15	176	98	24	2,8	4,35	17
Se7s	1	0,17	0,84	0,44	0,14	0,11	120	63	16	4	3,12	11
Pe5s	0,7	0,18	0,94	0,46	0,18	0,12	88	198	24	1,8	1,8	13
Pe3s	0,95	0,17	1	0,46	0,2	0,11	222	144	18	2	2,72	15
Me7s	0,5	0,17	1,04	0,72	0,16	0,15	190	146	26	3,2	2,55	15
Pe4s	1,25	0,25	0,98	0,56	0,19	0,13	98	280	40	2,8	2,4	13

6. pielikums. Barības vielu saturs priežu ietvarstādu substrātā (A) un skujās (B).

A

	N mg/l	P mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	S mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	Zn mg/l	Cu mg/l	Mo mg/l	B mg/l	pH _{KCl}	EC mS/cm
Sp3-1	59	59	280	2200	550	14	90	5,5	4,55	2,8	0,16	0,5	4,54	1,42
Sp4-1	50	59	255	2250	550	15	85	5,5	4,2	2,85	0,18	0,7	4,44	1,49
Mp6-1	28	24	135	2400	450	11	100	4,9	3	2,1	0,15	0,2	4,42	0,46
Mp8-1	22	21	110	2200	500	9	50	4,8	1,7	2,05	0,15	0,2	5,06	0,44
Sp7II-1	30	50	210	2900	600	9	210	11	4,1	2,6	0,16	0,7	5,65	0,5
Sp8II-1	28	39	250	2900	625	5	130	6,5	0,6	2,55	0,13	0,5	5,78	0,46
Mp8II-1	28	35	135	2775	500	15	155	6,5	2,9	2,3	0,11	0,8	5,63	0,38
Sp3-2	21	44	130	2050	650	9	100	5,5	6,5	2,8	0,15	0,5	4,84	0,37
Sp4-2	20	43	120	1900	550	9	85	5,5	3,7	2,5	0,15	0,4	4,93	0,37
Mp6-2	19	49	95	2050	500	9	70	4,1	3,2	2,1	0,11	0,3	4,78	0,39
Mp8-2	20	26	60	2150	550	9	60	4,55	4	2,2	0,16	0,4	5,08	0,3
Sp3	21	44	160	1750	545	9	76	2,85	5,15	1,95	0,1	0,6	5,12	0,41
Sp4	20	38	90	1630	435	7	135	4,5	3,75	2,1	0,1	0,8	4,74	0,42
Mp6	29	32	130	1650	300	5	75	3,1	4,5	1,4	0,09	0,2	5,2	0,39
Mp8	20	26	110	1525	325	8	51	2,9	4,7	1,35	0,09	0,1	5,38	0,26
Sp7II	25	49	220	2052	570	13	100	1,4	2,05	1,9	0,1	0,7	5,21	0,57
Sp8II	25	40	125	1800	520	8	114	0,95	6,15	2,5	0,11	0,8	5,14	0,28
Mp8II	20	36	185	1525	375	14	95	3,5	4,05	2	0,14	0,1	4,64	0,33

B

	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg	Cu mg/kg	Mo mg/kg	B mg/kg
Sp3-1	1,5	0,27	1,4	0,34	0,24	0,14	123,4	138	51,8	5,2	1,7	19
Sp4-1	1,5	0,26	1,12	0,32	0,2	0,15	160,8	165,6	64,6	6,2	0,7	23
Mp6-1	1,45	0,2	1,34	0,26	0,2	0,15	59,8	186,8	52,4	4,6	0,9	20
Mp8-1	1,3	0,2	1,8	0,32	0,24	0,14	58,2	146,4	49,2	3,8	0,7	18
Sp7II-1	1,35	0,25	1,3	0,42	0,19	0,15	208	158	58	5	2,1	15
Sp8II-1	1,35	0,24	1,52	0,36	0,22	0,14	84	158	50	5	3,75	15

6. pielikuma B tabulas turpinājums.												
	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg	Cu mg/kg	Mo mg/kg	B mg/kg
Mp8II-1	0,55	0,28	1,46	0,32	0,17	0,23	88	176	48	4,4	2,7	12
Sp3-2	1,2	0,25	1,18	0,39	0,25	0,15	174	188	60	5,6	5,2	16
Sp4-2	1,3	0,22	1,08	0,33	0,23	0,13	176	182	52	5,8	3,98	15
Mp6-2	0,93	0,14	1,08	0,23	0,16	0,1	62	198	46	3,4	1,56	12
Mp8-2	1	0,21	1,46	0,33	0,21	0,14	80	194	56	4,2	1,5	16
Sp3	1,25	0,2	0,96	0,53	0,22	0,14	292	152	40	8	3,8	18
Sp4	1	0,21	1,14	0,36	0,2	0,14	165	146	51	5	3,8	14
Mp6	1,3	0,24	1	0,45	0,18	0,14	214	240	50	5,6	4,95	20
Mp8	1	0,23	0,98	0,4	0,18	0,15	160	260	66	4,4	1,95	19
Sp7II	1	0,21	1,26	0,46	0,26	0,15	190	168	62	5	1,2	13
Sp8II	1,1	0,21	1,12	0,43	0,23	0,15	185	155	51	6	5	12
Mp8II	1,05	0,29	1,06	0,26	0,19	0,13	110	162	42	3,2	3,2	13