

VAS "LATVIJAS VALSTS MEŽI" LVM SĒKLAS UN STĀDI

**KONTEINERSTĀDU AUDZĒŠANAI PAREDZĒTĀ KŪDRAS  
SUBSTRĀTA BIOĻĢISKĀ PĀRBAUDE – MIKORIZĀS  
INFEKCIJAS POTENCIĀLA UN MIKROFLORAS SASTĀVA  
NOVĒRTĒJUMS**

**P Ā R S K A T S**

**Izpildītājs:** Latvijas Valsts Mežzinātnes institūts "Silava"

**Projekta vadītājs:** Tālis Gaitnieks, vadošais pētnieks, mežzinātņu doktors

---

T.Gaitnieks

2004.

## SATURS

1. Ievads	3.
2. Nozīmīgākie kūdras substrātu ražotāji Latvijā	3.
3. Substrāta īpašības raksturojošie nozīmīgākie bioloģiskie parametri	4.
4. Substrātu bioloģiskās pārbaudes metodes	4.
5. Materiāls un metodika	5.
6. Rezultāti un to analīze	7.
7. Secinājumi	23.
Literatūra	24.

## 1. IEVADS

Turpmākajos gados būtiski palielināsies konteinerstādu īpatsvars meža atjaunošanā. Konteinerstādi ir īpaši piemēroti nemeža zemju apmežošanai (piemēram, bijušās lauksaimniecības zemes). Šādās platībās ir svarīgi stādīt labi mikorizētus stādus. Mikoriza nodrošina kokaugu apgādi ar minerālajām barības vielām, palielina sakņu uzsūcošo virsmu, kā arī veicina sakņu aizsardzību pret patogēnajām sēnēm [7]. Tādēļ konteinerstādu mikorizācija ir viens no nozīmīgākajiem stādu kvalitātes rādītājiem.

Konteinerstādu audzēšanai kā substrāts parasti tiek izmantota kūdra, taču rūpnieciski sagatavota kūdra nenodrošina labvēlīgu vidi mikorizas sēņu attīstībai. Tāpēc, lai izvēlētos piemērotāko substrātu konteinerstādu audzēšanai, svarīgi ir noskaidrot, kā šis substrāts ietekmē stādu mikorizāciju un mikorizas sēņu micēlija attīstību. Nepieciešams analizēt arī kūdras substrāta mikrofloru, jo mikroorganismi sekmē rizosfēras veidošanos. Rizosfēra ir bioloģiski aktīva, līdz 3 mm bieza augsnes kārtiņa ap kokaugu saknēm būtiski ietekmē mikorizu. Tādēļ svarīgi ir novērtēt konteinerstādu audzēšanai izmantotā kūdras substrāta bioloģiskos rādītājus – mikorizās infekcijas potenciālu un mikrofloru.

## 2. NOZĪMĪGĀKIE KŪDRAS SUBSTRĀTU RAŽOTĀJI LATVIJĀ

Latvijā ir vairāk nekā 30 kūdras ieguves uzņēmumu. 10 firmu kūdras ieguves apjoms pārsniedz 30 tūkst. t gadā. Lielākās firmas ir:

- § SIA “Laflora”: ieguves apjoms 2002. gadā 105 tūkst.t;
- § A/S “Seda”: 101 tūkst.t;
- § SIA Kūdras enerģija”: 74 tūkst.t;
- § PAS “Misas kūdra”: 59 tūkst.t;
- § A/S “Olaines kūdra”: 58 tūkst.t;
- § SIA “Panbalt”: 46 tūkst.t.

Lielākais apgrozījums (Ls) raksturo 3 firmas: SIA “Laflora”, A/S “Seda”, un A/S “Olaines kūdra”. Substrātu liela iepakojuma maisos (150-300 l) piegādā SIA “Laflora”, SIA “Kūdras enerģija”, A/S “Seda”, Līvānu kūdras fabrika un A/S “Olaines kūdra”. Ar barības vielām bagātinātu kūdras substrātu piedāvā SIA “Laflora” un A/S “Seda”, tāpēc no šī viedokļa lielāku interesi izraisa tieši minēto firmu produkcija.

### **3. SUBSTRĀTA ĪPAŠĪBAS RAKSTUROJOŠIE NOZĪMĪGĀKIE BIOLOĢISKIE PARAMETRI**

Substrāta īpašības nosaka baktēriju un mikroskopisko sēņu daudzums, kas lielā mērā raksturo tā bioloģisko aktivitāti. Īpaši svarīgi novērtēt celulozi noārdošās mikrofloras sastāvu, jo celulozi noārdošā mikroflora ir viens no nozīmīgākajiem bioloģiskās aktivitātes rādītājiem [12]. Substrāta īpašības lielā mērā nosaka arī slāpekļa (N) mineralizētājas baktērijas, kas nodrošina kūdrā akumulētā N atbrīvošanu augiem pieejamā formā. Sevišķi svarīgi tas ir tad, ja konteinerstādi tiks izstādīti ar N nabadzīgās augsnēs, un tad pirmajā etapā šīs baktērijas veicinās sakņu apgādi ar N. Šī bioloģiskā N priekšrocība ir tā, ka baktērijas to atbrīvo pakāpeniski.

Substrāta īpašības raksturo arī mikorizās infekcijas potenciāls, respektīvi, mikorizas sēņu sastopamība analizējamā substrātā [1].

### **4. SUBSTRĀTA BIOLOĢISKĀS PĀRBAUDES METODES**

Pirms ektomikorizas sēņu micēlija pielietošanas kokaudzētavās ir svarīgi novērtēt mikorizas sēņu micēlija attīstību konkrētajā substrātā. Jāatzīmē, ka ir sastopams samērā maz darbu, kur būtu izklāstīta šādu eksperimentu metodika. Zviedrijā veiktajos pētījumos mikorizas sēņu micēlijs ir pavairots uz kūdras, kas 7mm biezā slānī iebērta Petri platēs, bet konkrētajā darbā nav izvirzīts mērķis salīdzināt atsevišķus substrātus [3]. Austrijā veiktajos pētījumos F.Gebla ir analizējusi sēņu micēlija attīstību kūdrā un skuju nobirās pēc līdzīgas metodikas – micēliju ar agaru (5×5mm) no kolonijas aktīvās zonas, pārnesot uz analizējamo substrātu Petri platē [6]. F.Gebla iesaka arī izmantot ar micēliju cauraugušus kviešu graudus. Šādi “inficēti” kviešu graudi tiek ievietoti Erlenmeijera kolbās vai Petri platēs uz attiecīgā substrāta un pēc tam tiek fiksēta micēlija attīstības dinamika [4,5]. Lietojot šādas samērā vienkāršas metodes, var novērtēt micēlija attīstību limitējošus faktorus – pH, barības vielu saturu, komposta piejaukumu utt.

## 5. MATERIĀLS UN METODIKA

Tika analizēti 5 atšķirīgi substrāti:

- § Olaine – tīra kūdra;
- § Seda - tīra kūdra;
- § “Laflora” – tīra kūdra;
- § Seda – kūdra ar barības vielām;
- § “Laflora” – kūdra ar barības vielām.

Baktēriju un mikroskopisko sēņu daudzuma noteikšanai tika sagatavotas kūdras paraugu suspensijas un atšķaidījumu sērijas. Noteikts baktēriju un sēņu koloniju veidojošo vienību (KVV) daudzums gramā mitras kūdras [8,9].

Baktēriju KVV noteikšanai izmantota peptona-rauga ekstrakta barotne (g/l): 5g peptona, 3g rauga ekstrakta, 15g agara. Sēņu KVV noteikšanai izmantota iesala barotne: iesala ekstrakts (d=1.028), agars 18 g/l. Eksperiments veikts 2 atkārtojumos. Inkubācijas laiks 3 diennaktis, inkubācija veikta istabas temperatūrā ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ). Petri platēs veikta izaugušo mikroorganismu koloniju uzskaitē [2].

Paralēli mikroskopisko sēņu konstatēšanai tika izmantota nospiedumu metode. Izmantojot joda kociņu (ar vati) tika izdarīts nospiedums analizējamā kūdrā, kas iepriekš samitrināta ar destilētu ūdeni, un pēc tam ar šo pašu kociņu izdarīts nospiedums uz agara Petri platē.

Uz 1 Petri plates izdarīti 10 nospiedumi. Atkārtojumu skaits - 5 Petri plates katram paraugam. Petri plates inkubē 1 nedēļu pie  $27^{\circ}\text{C}$ .

Šajā gadījumā izmantota Čapeka barotne(g/l):

Saharoze –	30.0
NaNO <sub>3</sub> –	2.0
K H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> –	1.0
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O –	0.5
KCl –	0.5
FeSO <sub>4</sub> –	0.01
Agars -	15.0-20.0

Pēc līdzīgas metodikas tika analizēts slāpekli (N) mineralizējošo baktēriju daudzums. Šajā gadījumā arī tika izmantota iesala ekstrakta barotne. Nospiedumi ar joda kociņu tiek izdarīti tad, kad barotne ir nožuvusi. Inkubācijas laiks - 1 nedēļa pie  $27^{\circ}\text{C}$ . Atšķirībā no atšķaidījumu metodes, strādājot pēc šīs metodikas ir iespējams analizēt lielāku daudzumu kūdras, kas ir ļoti svarīgi, lai izslēgtu substrāta heterogenitātes ietekmi uz eksperimenta rezultātiem.

Celulozi noārdošās mikrofloras raksturošanai arī ar nospiedumu metodi tika izmantota Hetčinsona-Kleitona barotne ar šādu sastāvu (g/l):

K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> –	1
CaCL <sub>2</sub> –	0.1
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O –	0.3
NaCL –	0.1
FeCl <sub>2</sub> (vai 3) –	0.01
NaNO <sub>3</sub> –	2.5
Peptons –	100 mg
Agars -	10-20

Tikai šajā gadījumā uz sacietējušās barotnes uzliek sterilus filtrpapīra gabalus (ø 7 cm) un nospiedumus izdara uz filtrpapīra. Petri plates mitrajā kamerā istabas temperatūrā inkubē 2 nedēļas.

Celulozi noārdošās mikrofloras kvantitatīvā sastāva raksturošanai izmantota arī augsnes piciņu apauguma metode. Kā barotne tiek izmantota cietes-amonija agara minerālā daļa: (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 1g, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> – 1g, NaCl – 1g, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O – 1g, agars – 20g, destilēts H<sub>2</sub>O – 1l. Kūdra tiek vienmērīgi izklāta plānā slānī (to iepriekš samitrinot ar sterilizētu H<sub>2</sub>O) un ar stikla caurulīti kūdras piciņas tiek pārnestas Petri platē. Uz barotnes iepriekš tiek uzlikti sterilizēti filtrpapīra gabali (ø 7 cm). Petri plates tiek inkubētas 8 dienas pie 26-28°C.

Kūdras mikorizās infekcijas potenciāla novērtēšanai eksperiments tika ierīkots Strenču kokaudzētavā 2004.g. maijā, izmantojot kasetes Hiko-V-93. Eksperimentos tika izmantotas Kraupes sēklu plantācijā ievāktās priežu sēklas un Daugavpils VM Mežciema mežniecībā ievāktās egļu sēklas. Sēklas iepriekš tika apstrādātas (20s) ar 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> šķīdumu. Konteinerstādi tika audzēti saskaņā ar kokaudzētavas praksi. 2004.g. rudenī 6 mēnešus veciem konteinerstādiem tika novērtēti morfoloģiskie rādītāji. Pēc žāvēšanas (48st. 75°C) noteikta sakņu un virszemes daļas masa. Sakņu mikorizācija tika analizēta, izmantojot Leica MZ-7.5 mikroskopu 6.5-50× palielinājumā. No katra varianta 10 stādiem tika novērtēti sakņu morfoloģiskie rādītāji. Morfoloģisko rādītāju analīzei izmantota datorprogramma Win RHIZO 2002 C (Regent instrument<sup>R</sup>) un kalibrētu skeneri STD-1600+. Skenēšana 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. Datu apstrāde veikta, izmantojot dispersijas analīzi, t-kritēriju.

Augsnes agroķīmiskie rādītāji noteikti LVMI “Silava” augsnes laboratorijā un BO VSIA Agroķīmisko pētījumu centrā. Kūdras botāniskais sastāvs noteikts laboratorijā “Balt-Ost-Geo”.

Mikorizas sēņu micēlija attīstības novērtējums veikts, izmantojot LVMI “Silava” izstrādātu metodiku: ar stikla caurulīti transformējot micēlija-agara gabaliņus no kolonijas aktīvās zonas Petri platē ar sterilizētu analizējamo kūdras substrātu.

## 6. REZULTĀTI UN TO ANALĪZE

**Kūdras agroķīmiskie rādītāji** atspoguļoti 1.tabulā. “Lafloras” kūdra satur vairāk  $\text{NH}_4$  – 72.6 mg/100g, turpretī Olaines un Sedas kūdra attiecīgi 33.4 un 41.3 mg/100g. Kālija saturs ir gandrīz 2× lielāks Olaines un Sedas kūdrā salīdzinot ar “Lafloras” kūdru. pH vērtība 3 dažādu firmu piedāvātajos substrātos praktiski neatšķiras: 2.2 ...2,5.

Savukārt, salīdzinot ar barības vielām bagātinātās Sedas un “Lafloras” kūdras, konstatēts, ka Sedas kūdrā N daudzums ir gandrīz 2× lielāks nekā “Lafloras” kūdrā. Augsnes skābuma pH vērtība ir zemāka Sedas piedāvātajā kūdrā: 3.3, bet “Lafloras” kūdrā: 4.9.

1.tabula

Augsnes agroķīmisko rādītāju salīdzinājums (2004.g. pavasarī)

Paraugi	Pelni, %	$\text{NH}_4$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$	CaO	MgO	pH
		mg/100g					
Olaine – tīra kūdra	2.7	33.4	3.3	17.5	222.8	213.8	2.3
Seda – tīra kūdra	1.2	41.3	3.8	18.0	252.4	252.4	2.2
“Laflora”- tīra kūdra	1.9	72.6	1.4	7.6	235.7	235.7	2.5
Seda – ar barības vielām	4.4	144.6	34.2	40.8	332.4	332.4	3.3
“Laflora”- ar barības vielām	5.9	88.1	33.3	65.1	650.4	650.4	4.9

2004. gada rudenī atkārtoti tika veikts barības vielu daudzuma novērtējums ar barības vielām bagātinātajās kūdrās (2.tabula).

2.tabula

Augšnes agroķīmisko rādītāju salīdzinājums 2004. gada rudenī

Paraugs	Pelni, %	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	pH
		mg/kg						
Seda – ar barības vielām	5.9	339	690	2390	3152	6872	1624	3.7
“Laflora”- ar barības vielām	6.4	343	115	2230	7060	10760	3008	5.1

Mikroelementi (mg/kg)

Paraugs	B	Zn	Cu	Mn	Fe	S
Seda – ar barības vielām	9.00	17.8	18.2	40.0	490	450.4
“Laflora”- ar barības vielām	14.50	14.2	47.4	70.0	500	657.6

Šos agroķīmiskos rādītājus nevar tieši salīdzināt ar 2004. gada pavasara datiem, jo barības elementu daudzums noteikts pēc citas metodikas, taču pH vērtība arī šajās analīzēs ir augstāka “Lafloras” substrātā: 5.1 pret 3.7 Sedas substrātā. Kālija daudzums, līdzīgi kā pavasarī veiktajās analīzēs, lielāku vērtību uzrāda “Lafloras” piegādātajā kūdrā. Salīdzinot mikroelementu daudzumu, konstatēts, ka B, Cu un Mn lielākas vērtības uzrāda “Lafloras” kūdrā.

**Kūdras botāniskais sastāvs un sadalīšanās pakāpe** atspoguļoti 3.tabulā. Redzam, ka visu trīs analizējamo kūdru botāniskais sastāvs ir praktiski vienāds. Sadalīšanās pakāpe “Lafloras” kūdrā ir 13%, Sedas kūdrā – 18%.



3.tabula

## Kūdras botāniskā sastāva un sadalīšanās pakāpes novērtējums

Paraugs	Kūdras botāniskais sastāvs, %	Sadalīšanās pakāpe, %
Olaine	<i>Sph. fuscum</i> 65	13
	<i>Sph. magellanicum</i> 5	
	<i>Sph. angustifolium</i> 10	
Seda	<i>Sph. fuscum</i> 50	18
	<i>Sph. magellanicum</i> 10	
	<i>Sph. angustifolium</i> 15	
"Laflora"	<i>Sph. fuscum</i> 50	14
	<i>Sph. magellanicum</i> 10	
	<i>Sph. angustifolium</i> 20	

Salīdzinot kūdras **mikrobioloģiskos rādītājus** izmantojot **uzsējumu metodi**, redzam, ka rūpnieciski izstrādātā "Lafloras" kūdra raksturojas ar lielāku baktēriju un mikroskopisko sēņu skaitu (4.tabula) (att.1.1. un 1.2.). Atšķirības īpaši iezīmējas, salīdzinot ar barības vielām bagātinātos kūdras substrātus. Baktēriju skaits "Lafloras" kūdrā 9× pārsniedz baktēriju skaitu Sedas kūdrā, bet mikroskopisko sēņu skaits ir attiecīgi 14 reīzu lielāks:  $122.5 \pm 8.5 \cdot 10^4$  "Lafloras" kūdrā pret  $8.6 \pm 0.3 \cdot 10^4$  Sedas kūdrā (att.1.3. un 1.4.). Atkārtoti veicot analīzes 2004. gada rudenī, konstatēts, ka bagātinātajā "Lafloras" kūdras substrātā baktēriju daudzums ir  $\approx 4$  reizes lielāks nekā Sedas kūdrā, bet mikroskopisko sēņu daudzums "Lafloras" kūdrā ir  $8 \times$  lielāks:  $165.0 \pm 45.0 \cdot 10^4$  "Lafloras" kūdrā pret  $20.5 \pm 0.5 \cdot 10^4$  Sedas kūdrā (5.tabula). "Lafloras" kūdrā ar barības vielām konstatēts lielāks daudzums *Trichoderma sp.* mikroskopisko sēņu (att.1.5.).

4.tabula

## Kūdras mikrobioloģiskais novērtējums, izmantojot uzsējumu metodi (2004.g. pavasarī)

Paraugs	Baktērijas	Mikroskopiskās sēnes
Seda – tīra kūdra	$10.1 \pm 3.2 \cdot 10^6$	$3.1 \pm 1.8 \cdot 10^4$
"Laflora"- tīra kūdra	$13.5 \pm 1.5 \cdot 10^6$	$8.4 \pm 0.4 \cdot 10^4$
Seda – ar barības vielām	$3.7 \pm 1.5 \cdot 10^6$	$8.6 \pm 0.3 \cdot 10^4$
"Laflora"- ar barības vielām	$34.4 \pm 0.8 \cdot 10^6$	$122.5 \pm 8.5 \cdot 10^4$

1.attēls

5.tabula

Kūdras mikrobioloģiskais novērtējums, izmantojot uzsējumu metodi (2004.g. rudenī)

Paraugs	Baktērijas	Mikroskopiskās sēnes	Trihodermas sēnes
Seda – tīra kūdra	$4.3 \pm 0.6 \cdot 10^6$	$2.7 \pm 0.3 \cdot 10^4$	$10^5$
“Laflora”- tīra kūdra	$13.0 \pm 1.0 \cdot 10^6$	$20.5 \pm 0.5 \cdot 10^4$	$10^4$
Seda – ar barības vielām	$5.9 \pm 0.5 \cdot 10^6$	$10.0 \pm 0.5 \cdot 10^4$	$10^4$
“Laflora”- ar barības vielām	$22.5 \pm 0.5 \cdot 10^6$	$165.0 \pm 45.0 \cdot 10^4$	$10^5$

Novērtējot **N mineralizētāju baktēriju** daudzumu ar nospiedumu metodi, secināts, ka analizētajos substrātos visās nospiedumu vietās 100% aug baktērijas (att.2.1.). Tomēr “Lafloras” kūdrā (tīra kūdra) konstatētas arī baltas mikroskopisko sēņu kolonijas (att.2.2.). Šo sēņu identifikācija paredzēta turpmākajā darbā. Nosakot **mikroskopisko sēņu** daudzumu ar nospiedumu metodi, konstatēts, ka arī šajā gadījumā “Lafloras” kūdrā (tīra kūdra) sastopamas baltas mikroskopisko sēņu kolonijas (att.2.3.). Salīdzinot Sedas un “Lafloras” substrātus ar barības vielām, abos gadījumos konstatētas *Trichoderma sp.* mikroskopiskās sēnes ar dzeltenīgu micēliju (att.2.4.-2.5.).

Novērtējot celulozi noārdošās mikrofloras daudzumu, izmantojot augsnes piciņu apauguma metodi, secināts, ka Sedas tīrā kūdra raksturojas ar lielāku mikroskopisko sēņu daudzumu kā “Lafloras” tīra kūdra (6.tabula). Substrātā Seda – tīra kūdra mikroskopisko sēņu kolonijas konstatētas uz 4 no 16 kūdras piciņām jeb 25%, bet substrātā “Laflora” – tīra kūdra 6.2% no kūdras piciņām bija apaugušas ar mikroskopisko sēņu kolonijām. Savukārt ar barības vielām bagātinātā “Lafloras” substrātā 77.5% piciņu ir apaugušas ar mikroskopisko sēņu kolonijām, bet substrātā Seda - barības vielas - tikai 20%. Substrātā “Laflora”- tīra kūdra - arī, izmantojot šo metodi, konstatētas *Trichoderma sp.* mikroskopiskās sēnes (att.3.).

2.attēls

3.att. Celulozi noārdošās mikrofloras daudzuma novērtējums, izmantojot augsnes piciņu  
 apauguma metodi: S – substrāts: Seda – barības vielas;  
 L – substrāts: “Laflora” barības vielas.

6.tabula

Celulozi noārdošo mikroskopisko sēņu daudzuma novērtējums, izmantojot kūdras piciņu  
 apauguma metodi

Paraugs	Petri plates					Vidēji	%
	1	2	3	4	5		
Seda – tīra kūdra	4*	4	5	4	3	4.0	25.0
“Laflora”- tīra kūdra	1	1	1	0	2	1.0	6.2
Seda – ar barības vielām	1	4	3	2	6	3.2	20.0
“Laflora”- ar barības vielām	9(9**)	16(16)	11(8)	15(15)	11(5)	12.4(8.6)	77.5(53.7)

\* augsnes piciņas, ap kurām izaugušas sēņu kolonijas

\*\* *Trichoderma sp.*

Darbā tika salīdzināta **mikorizas sēņu micēlija** attīstība analizējamajos substrātos. Pārbaudīti tika Sedas un “Lafloras” substrāti ar barības vielām. No analizētajiem mikorizas sēņu celmiem *Cenococcum sp.* micēlija attīstība bija kavēta kā “Lafloras”, tā Sedas piedāvātajās kūdrās ar barības vielām. Analizējot *Laccaria laccata* micēlija attīstību, konstatēts, ka micēlijs labi attīstās Sedas kūdras substrātā, bet tā attīstība ir kavēta “Lafloras” substrātā (att.4.1. un 4.2.). Savukārt mikorizas sēņu *Piceirhiza bicolorata* micēlijs ļoti labi attīstās “Lafloras” kūdras substrātā, bet micēlija attīstība nav konstatēta Sedas kūdras substrātā (att.4.3. un 4.4.). Turklāt Sedas kūdras substrātā konstatēta mikroskopisko sēņu infekcija. Turpmākajā darbā tiks analizēta *Amanita pantherina*, *A.muscaria*, *A.rubescens* un *Hebeloma crustuliniforme* sēņu micēlija attīstība.

Minētās atšķirības varētu būt saistītas ar pH vērtībām, kas raksturo abus analizējamajos substrātos. Literatūrā sastopamas norādes, ka vairumam ektomikorizas sēņu optimāls ir pH 4.0-5.5 [10]. Atzīmēts, ka *Laccaria laccata* vislabāk aug pie pH 6.5, bet zemākā vērtība šīs sēnes augšanā ir pH 3.5 [11]. Tātad pH vērtība  $\approx 5.0$  nevar būt par iemeslu, kāpēc *Laccaria laccata* micēlijs neaug “Lafloras” kūdras substrātā. Iespējams, ka sēnes attīstību nomāc *Trichoderma sp.* Šo iespējamo antagonismu paredzēts noskaidrot turpmākajos laboratorijas eksperimentos.

Salīdzinot konteinerstādu morfoloģiskos rādītājus substrātos, kuros nav pievienotas barības vielas pamatmēslojuma veidā, secināts, ka **egļu stādu** virszemes daļas svars lielākas vērtības uzrāda “Lafloras” kūdras substrātā  $0.18 \pm 0.07$ g, bet vismazākās vērtības Sedas kūdras substrātā  $0.08 \pm 0.007$ g (7.tabula). Novērtējot atšķirību būtiskumu 95% ticamības līmenī, secināts, ka atšķirības ir būtiskas starp visiem analizētajiem variantiem.

7.tabula

6-mēnešus vecu egļu konteinerstādu morfoloģisko rādītāju salīdzinājums

Variants	Virszemes daļas svars, g	Sakņu svars, g	Sakņu svars % no kopējā svara
Olaine – tīra kūdra	$0.14 \pm 0.008$	$0.06 \pm 0.004$	$30.5 \pm 1.30$
Seda – tīra kūdra	$0.08 \pm 0.0007$	$0.04 \pm 0.004$	$33.9 \pm 1.30$
“Laflora”- tīra kūdra	$0.18 \pm 0.017$	$0.07 \pm 0.008$	$28.5 \pm 1.24$
Seda – ar barības vielām	$0.50 \pm 0.029$	$0.22 \pm 0.015$	$30.6 \pm 0.97$
“Laflora”- ar barības vielām	$0.45 \pm 0.020$	$0.19 \pm 0.011$	$29.0 \pm 0.65$

4.attēls

Arī sakņu svars substrātos bez barības vielām vislielāko vērtību uzrāda “Lafloras” kūdrā, taču būtiskas atšķirības ir tikai ar Sedas kūdru ( $P < 0.0001$ ). “Lafloras” kūdras substrātā ar barības vielām egļu sējeņu virszemes daļas svars ir mazāks, salīdzinot ar virszemes daļas svaru Sedas substrātā, taču atšķirības nav būtiskas ( $P = 0.14$ ). Sedas kūdras substrātā ar barības vielām vidējais sakņu svars ir  $0.22 \pm 0.015$ g, bet “Lafloras” substrātā  $0.19 \pm 0.011$ g. Tomēr atšķirības nav būtiskas ( $P = 0,058$ ). Novērtējot sakņu svara proporciju pret kopējo stāda svaru, redzam, ka abos analizētajos substrātos tā praktiski neatšķiras: attiecīgi  $30.65 \pm 0.97\%$  un  $29.08 \pm 0.65\%$ . Analizējamajos substrātos ar barības vielām praktiski neatšķiras arī egļu virszemes daļas garums :  $11.89 \pm 0.44$ cm (Sedas kūdra) un  $11.57 \pm 0.29$ cm (“Lafloras” kūdra).

**Sakņu morfoloģisko rādītāju** salīdzinājums uzrādīts 8. tabulā. Konstatēts, ka, salīdzinot substrātus bez barības vielām, attiecībā uz visiem analizējamiem parametriem : sakņu garumu, sakņu virszemes laukumu, sakņu tilpumu un sakņu galu skaitu iezīmējas “Lafloras” substrāta priekšrocības.

Salīdzinot minētos rādītājus substrātos ar barības vielām, secināts, ka attiecībā uz visiem analizētajiem parametriem Sedas kūdras substrāts “pārspēj” “Lafloras” substrātu. Tomēr sakņu garuma atšķirības nav būtiskas pie  $\alpha = 0.05$ , jo  $P = 0.26$ .

8.tabula

½-gadīgu egļu konteinerstādu sakņu morfoloģisko rādītāju salīdzinājums

Variants	Sakņu garums, cm	Sakņu virsmas laukums, cm <sup>2</sup>	Sakņu tilpums, cm <sup>3</sup>	Sakņu galiņu skaits, gab
Olaine – tīra kūdra	180.6±15.0	24.2±1.7	0.25±0.01	808±62
Seda – tīra kūdra	143.1±14.0	20.5±1.5	0.23±0.01	628±75
“Laflora”- tīra kūdra	287.7±27.8	40.1±4.2	0.44±0.05	1696±154
Seda – ar barības vielām	651.1±31.4	86.5±5.0	0.92±0.07	2916±154
“Laflora”- ar barības vielām	580.6±52.4	72.8±6.0	0.72±0.05	2573±304

Dispersijas analīzes rezultāti liecina, ka analizējamais faktors – substrāts, ļauj izskaidrot tikai 6,9% no sakņu garuma izkliedes. Tātad neizskaidrota paliek liela dispersijas daļa. Iespējams, ka to nosaka substrāta heterogenitāte. Arī sakņu virsmas laukuma atšķirības starp



Sedas un “Lafloras” substrātiem nav būtiskas ( $P=0.09$ ). Būtiskas atšķirības uzrāda sakņu tilpums:  $0.92\pm 0.07\text{cm}^3$  Sedas substrātā un  $0.72\pm 0.05\text{cm}^3$  “Lafloras” substrātā ( $P=0.04$ ).

Sakņu galiņu skaits, kas lielā mērā raksturo arī mikorizu skaitu, ir lielāks egļu konteinerstādiem, kas raksturo Sedas kūdras substrātu:  $2916\pm 154$  gab., turpretī “Lafloras” substrātā  $2573\pm 304$  gab., taču atšķirības nav būtiskas ( $P=0.32$ ). Novērtējot sakņu garuma sadalījumu dažādās gradācijas klasēs, konstatēts, ka gradācijas klasē ar diametru 0.20-0.30mm, kas atbilst mikorizu vidējam diametram, nav būtiskas atšķirības starp Sedas un “Lafloras” substrātiem:  $179.0\pm 14.2\text{cm}$  pret  $173.3\pm 16.4\text{cm}$ .

Novērtējot **egļu konteinerstādu mikorizāciju** (att.5.1), konstatēts, ka Sedas substrātā stādiem raksturīgas samēra tievas un īsas mikorizas (att.5.2.), bet dažiem stādiem konstatētas garas, izlocītas mikorizas (att.5.3.). “Lafloras” kūdras substrātā egļu stādiem raksturīgas mikorizas ar uzbiezinātu sēņu mantiju, kā arī konstatēti mikorizu jaunveidojumi (att.5.4. un 5.5.).

Izvērtējot **priežu konteinerstādu morfoloģiskos rādītājus** (9.tabula) substrātos bez barības vielām, redzam, ka gan virszemes daļas svars, gan sakņu svars lielākās vērtības uzrāda “Lafloras” kūdras substrātā, turklāt atšķirības no abiem pārējiem analizējamiem variantiem ir augsti būtiskas ( $P<0.0001$ ).

9.tabula

## 6-mēnešus vecu priežu konteinerstādu morfoloģisko rādītāju salīdzinājums

Variants	Virszemes daļas svars, g	Sakņu svars, g	Sakņu svars % no kopējā svara
Olaine – tīra kūdra	$0.31\pm 0.017$	$0.15\pm 0.01$	$32.6\pm 0.77$
Seda – tīra kūdra	$0.20\pm 0.010$	$0.09\pm 0.01$	$31.6\pm 1.06$
“Laflora”- tīra kūdra	$0.46\pm 0.035$	$0.19\pm 0.01$	$29.9\pm 1.38$
Seda – ar barības vielām	$1.06\pm 0.037$	$0.38\pm 0.02$	$25.8\pm 1.08$
“Laflora”- ar barības vielām	$0.97\pm 0.041$	$0.36\pm 0.03$	$26.2\pm 1.09$

Salīdzinot priežu konteinerstādu morfoloģiskos rādītājus substrātos ar barības vielām, konstatēts, ka stādu virszemes daļas svars ir lielāks stādiem, kas raksturo Sedas kūdras:  $1.06\pm 0.037\text{g}$ , turpretī “Lafloras” substrātā  $0.97\pm 0.041\text{g}$ , taču pie  $\alpha=0.05$  atšķirība nav būtiska, jo  $P=0.10$ .

5.attēls

Dispersijas analīzes rezultāti liecina, ka izskaidrotās dispersijas daļa ir tikai 4.1%, bet, piemēram, salīdzinot kūdras substrātus bez barības vielām, attiecībā uz virszemes daļas svaru izskaidrotās dispersijas daļa ir 42.2%. Tas liecina, kā jau iepriekš minēts, par analizējamo substrātu nehomogenitāti. Sakņu svars, kā arī sakņu svars procentuāli no kopējā stādu svara ar barības vielām bagātinātajos substrātos būtiski neatšķiras. Priežu stādu virszemes daļas garums ir lielāks Sedas kūdrā, salīdzinot ar “Lafloras” kūdru:  $33.91 \pm 0.31$  cm pret  $10.76 \pm 0.26$  cm, taču atšķirība nav būtiska.

Tika salīdzināti arī **priežu sakņu morfoloģiskie rādītāji** (10.tabula).

10.tabula

½-gadīgu priežu konteinerstādu sakņu morfoloģisko rādītāju salīdzinājums

Variants	Sakņu garums, cm	Sakņu virsmas laukums, cm <sup>2</sup>	Sakņu tilpums, cm <sup>3</sup>	Sakņu galiņu skaits, gab
Olaine – tīra kūdra	$458.5 \pm 44.6$	$66.9 \pm 7.3$	$0.78 \pm 0.10$	$1823 \pm 244$
Seda – tīra kūdra	$199.0 \pm 17.8$	$31.8 \pm 2.4$	$0.40 \pm 0.03$	$731 \pm 96$
“Laflora”- tīra kūdra	$504.5 \pm 34.4$	$77.0 \pm 4.3$	$0.93 \pm 0.43$	$2230 \pm 205$
Seda – ar barības vielām	$555.7^* \pm 27.3$	$82.2 \pm 4.9$	$0.97 \pm 0.06$	$1662 \pm 128$
“Laflora”- ar barības vielām	$583.5 \pm 39.8$	$82.4 \pm 4.2$	$0.92 \pm 0.05$	$1601 \pm 134$

\* variantos ar barības vielām tika analizēta ½ no katra stāda sakņu masas.

Sakņu garums vismazāko vērtību uzrāda Sedas kūdras substrātā bez barības vielām:  $199.0 \pm 17.8$  cm. Atšķirības no stādu sakņu garuma “Lafloras” un Olaines substrātos ir augsti būtiskas. Savukārt būtiskas atšķirības starp sakņu garumiem Sedas un “Lafloras” substrātos nav konstatētas ( $P=0.57$ ). Līdzīgi arī sakņu tilpums un sakņu galiņu skaits lielākas vērtības uzrāda “Lafloras” substrātā, salīdzinot ar Olaines substrātu, taču atšķirības nav būtiskas. Sakņu morfoloģiskie rādītāji substrātos ar barības vielām uzrāda ļoti līdzīgas vērtības.

Sakņu garums diametra klasēs 0.20-0.30mm, 0.30-0.40mm, 0.40-0.50mm un 0.50-0.60mm ir lielāks “Lafloras” kūdru (ar barības vielām) reprezentējošiem stādiem, salīdzinot ar Sedas kūdru (ar barības vielām), taču atšķirības 95% ticamības līmenī nav būtiskas.

Novērtējot **priežu sakņu mikorizāciju** substrātos bez barības vielām, konstatēts, ka Sedas kūdras substrātā stādiem raksturīgas garas, izlocītas nemikorizētas īssaknītes (att.6.1.).

Olaines kūdru reprezentējošā substrātā stādiem konstatētas vienkāršas (att.6.2.), kā arī dalītas mikorizas ar uzbiezinātu sēņu apvalku (att.6.3.), bet sastopamas arī nemikorizētas īssaknītes (att.6.4.). Priežu sējeņiem “Lafloras” kūdrā atzīmētas mikorizas ar atejošām hifām (att.6.5.).

Novērtējot **priežu konteinerstādu mikorizāciju substrātos ar barības vielām**, konstatēts, ka Sedas substrātā stādu mikorizācija ir sliktāka kā “Lafloras” kūdrā. Sedas substrātu reprezentējošiem stādiem raksturīgas spēcīgas sānsaknes, bet mikorizas ir īsākas, ar plānu mantiju, mazāk ir dalīto mikorizu (att.7.1. un 7.2.). Atzīmēts arī daudz nemikorizēto īssaknīšu. “Lafloras” substrātā konstatēts procentuāli vairāk stādu, kas veido mikorizas ar ārējo micēliju, kā arī gaišās mikorizas ar uzbiezinātu sēņu mantiju (att.7.3. un 7.4.). Stādiem konstatēts arī vairāk dalīto mikorizu, kā arī tumšo dalīto mikorizu (att.7.5. un 7.6.).

Sedas substrātā kopumā raksturīgas spēcīgas sānsaknes, bet tās ir mazāk mikorizētas. Sedas kūdrā gaišās mikorizas ar uzbiezinātu sēņu mantiju konstatētas 9% analizēto stādu, bet “Lafloras” kūdrā 17% stādu. Sedas kūdrā tikai 20% stādu uz saknēm konstatēts ārējais micēlijs, bet “Lafloras” kūdrā attiecīgi 51% stādu (att.7.7.).

Rezumējot iepriekšminētās atziņas, varam secināt, ka “Lafloras” kūdras substrāts nodrošina labāku priežu konteinerstādu mikorizāciju. Domājams, ka to lielā mērā nosaka baktēriju daudzums substrātā, kas veicina sakņu rizosfēras attīstību. Turpmākajos pētījumos nepieciešams izvērtēt atsevišķu mikorizas sēņu sastopamību saistībā ar skuju koku morfoloģiskajiem rādītājiem.

6.attēls

7.attēls

## 7. SECINĀJUMI

1. Sedas kūdras substrātu raksturo zemākas pH vērtības, salīdzinot ar “Lafloras” kūdras substrātu.
2. “Lafloras” kūdrā ar barības vielām baktēriju skaits  $9\times$  pārsniedz baktēriju skaitu Sedas kūdrā, bet mikroskopisko sēņu skaits “Lafloras” kūdrā ir 14 reizes lielāks.
3. “Lafloras” kūdras substrāts raksturojas ar augstāku bioloģisko aktivitāti, salīdzinot ar Sedas kūdru, par ko liecina gan slāpekļa mineralizētāju baktēriju, gan celulozi noārdošo mikroskopisko sēņu daudzuma novērtējums.
4. Salīdzinot skujkoku morfoloģiskos rādītājus substrātos bez barības vielām, iezīmējas “Lafloras” kūdras substrāta priekšrocības, un atšķirības no Sedas un Olaines kūdras substrātiem 95% ticamības līmenī ir statistiski būtiskas.
5. Novērtējot skujkoku konteinerstādu virszemes daļas svaru, sakņu svaru, sakņu tilpumu, sakņu galiņu skaitu substrātos ar barības vielām, konstatēts, ka šie morfoloģiskie rādītāji augstākas vērtības uzrāda Sedas piedāvātajā kūdras substrātā, taču, salīdzinot ar “Lafloras” substrātu, pie  $\alpha=0.05$  atšķirības nav būtiskas.
6. “Lafloras” piedāvātajā kūdras substrātā egļu un īpaši priežu konteinerstādi raksturojas ar augstāku mikorizācijas pakāpi un mikorizu vitalitāti, salīdzinot ar Sedas kūdras substrātu.
7. Turpmākajos pētījumos būtu nepieciešams analizēt stādu morfoloģisko rādītāju izmaiņas pēc izstādīšanas saistībā ar sakņu mikorizāciju.

## LITERATŪRA

1. Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., Malajczuk, N. 1996. Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. ACIAR Monograph. 32. p.374.
2. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. C. Vanderzant, D.F. Splittstoesser (eds.). Third ed. American Public Health Association, 1992.
3. Erland, S., Söderström, B. 1990. Effects of liming on actomycorrhizal funi infecting *Pinus sylvestris* L. 2. Growth rates in pure culture at different pH values compared to growth rates in symbiosis with the host plant. New Phytol. 115, 683-688.
4. Göbl, F. 1980. Ein test für die Auswahl von mycorrhizapilzen bestimmte böden und substrate. Allg. Forstzeitschr., Juli.
5. Göbl, F. 1993. Biologische Eignungsprüfung für Containersubstrate. Österreichische Forstzeitung 2, 16-17.
6. Göbl, F. 1995. Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.). Zum Waldsterben im Gleinalmgebiet. Nr. 5, 11-19. Der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien.
7. Kropp, B.R., Langlois, C.-G. 1990. Ectomycorrhizae in reforestation. Can.J.For.Res. Vol. 20, 438-451.
8. Methods in applied soil microbiology and biochemistry. K.Alef, P.Nannipiri (eds.) Acad.Press, 1988.
9. Pepper I.L., Gerba C.P., Bredecke J.M. 1982. Environmental microbiology. A laboratory manual. Williams, Wellington.
10. Slanskis, V. 1974. Soil factors influencing formation of mycorrhizae. Annu.Rev. Phytopatol. 12: 437-457.
11. Еремеева, Л.В. 1980. Влияние рН среды на рост микоризных и сапротрофных грибов. В сб.: Микоризные грибы и микоризы лесобразующих пород Севера. Петрозаводск, с. 70-81.
12. Сэги И. 1983. Методы почвенной микробиологии. Москва, «Колос».