



Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests



Projekta numurs: 23-00-A01612-000008

*Projekta nosaukums: Bezatlikuma mežizstrādes biomasas izmantošana
videi draudzīgo augu aizsardzības līdzekļu un augsnes piedevu ieguvei*

**Projekta gala atskaite
par atbalsta saņēmēja projekta īstenošanas darbības rādītājiem Eiropas
Lauksaimniecības fonda lauku attīstībai (ELFLA) pasākumā "Sadarbība"**

1. VISPĀRĪGĀ INFORMĀCIJA

Atbalsta saņēmējs – nosaukums	APP Latvijas Valsts Koksnes Ķīmijas institūts Sadarbības partneri: • Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte -Zemkopības zinātniskais institūts • Latvijas Universitāte, Bioloģijas fakultāte • SIA Sijāti • SIA BRUwell • SIA EkoKompozit • SIA Lidums mežs • Privātpersona Indulis Līdacis • Privātpersona Kārlis Šternbergs
Projekta numurs, nosaukums	23-00-A01612-000008, “Bezatlikuma mežizstrādes biomasas izmantošana videi draudzīgo augu aizsardzības līdzekļu un augsnes piedevu ieguvei”

PROJEKTA KOPSAVILKUMS

NPK	Aktivitātes kods	Aktivitātes nosaukums	Attiecināmās izmaksas	Aktivitātei piesaistītais finansējums
1.	A016.12	Atbalsts EIP lauksaimniecības ražīguma un ilgtspējas darba grupu projekta īstenošanai	480 000.00	431 999.99

PROJEKTA KONTAKTINFORMĀCIJA

Vadošais partneris:

APP LATVIJAS VALSTS KOKSNES ĶĪMIJAS INSTITŪTS (reģ.nr. 90002128378)

- Sarmīte Janceva, e-pasts: sarmite.janceva@kki.lv ; mob.tel.nr.: +37125148850

Sadarbības partneri:

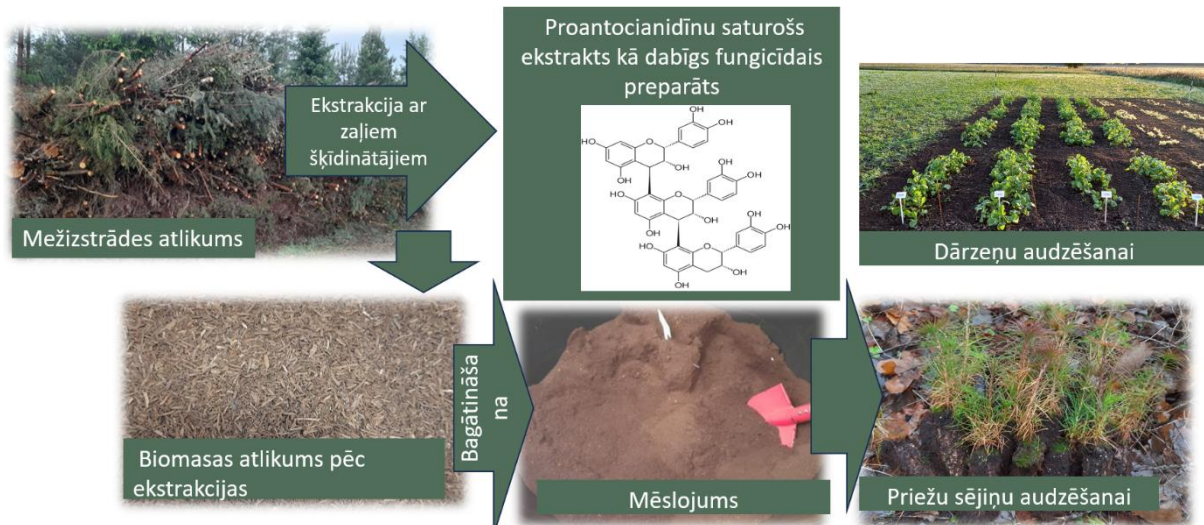
- **LATVIJAS BIOZINĀTŅU UN TEHNOLOĢIJU UNIVERSITĀTES ZEMKOPIBAS INSTITŪTS (reģistrācijas Nr.90000041898)**
 - Agrita Švarta, e-pasts: agrita.svarta@lbtu.lv ; mob.tel.nr.:+371 28353634)
- **LATVIJAS UNIVERSITĀTE (reģistrācijas Nr.90000076669)**
 - Vizma Nikolajeva, e-pasts: vizma.nikolajeva@lu.lv ; mob.tel.nr.:+371 25985560
- **SIA SIJĀTI (reģistrācijas Nr.44103147223)**
 - Viesturs Sijāts, e-pasts: viesturs.sijats@inbox.lv ; ; mob.tel.nr.:+371 26473808
- **SIA BRUWELL (reģistrācijas Nr.40203000128)**
 - Andrejs Bruvelis e-pasts: andrejsbruvelis@gmail.com ; mob.tel.nr.:+371 26463438
- **SIA EKOKOMPOZIT (reģistrācijas Nr.40103341654)**
 - Laura Rieksta e-pasts: ekokompozit@inbox.lv ; mob.tel.nr.:+371 24409090
- **SIA LIDUMS MEŽS (reģistrācijas Nr.40003560241)**
 - Armands Znotiņš e-pasts: armands@lidumsmezs.lv ; mob.tel.nr.:+371 29128404
- **INDULIS LĪDACIS**
 - Indulis Līdacis, e-pasts: indulismaurini@inbox.lv ; mob.tel.nr.:+371 29199638
- **KĀRLIS ŠTERNBERGS**
 - Kārlis Šternbergs, e-pasts: karlis.sternbergs@gmail.com ;
mob.tel.nr.:+37129474931

Projekta numurs: 23-00-A01612-000008

B.3. Darbības un to ieguldījums LAP mērķa virzienos
<i>Zināšanu pārnese un inovāciju veicināšana lauksaimniecībā, mežsaimniecībā un lauku apvidos [1]</i>
<i>Lauku saimniecību dzīvotspējas un visu lauksaimniecības veidu konkurētspējas uzlabošana visos reģionos un inovatīvas saimniecību tehnoloģijas un ilgtspējīgu meža apsaimniekošanu veicināšana, īpaši uzlabojot visu lauku saimniecību ekonomiskos rādītājus un veicinot lauku saimniecību pārstrukturēšanu un modernizēšanu, jo īpaši, lai pastiprinātu dalību tirgū un virzību uz tirgu, kā arī lai veicinātu lauksaimnieciskās darbības dažādošanu [2A]</i>
<i>Ar lauksaimniecību un mežsaimniecību saistītas ekosistēmas atjaunošana, saglabāšana un uzlabošana [4]</i>
<i>sekmējot atjaunojamo energoresursu, blakusproduktu, atkritumu, atlieku un citu nepārtikas izejvielu piegādi un izmantošanu bioekonomikas vajadzībām [5C]</i>
<i>samazinot siltumnīcefekta gāzu un amonjaka emisijas lauksaimniecībā [5D]</i>
<i>veicinot oglekļa uzglabāšanu un piesaisti lauksaimniecībā un mežsaimniecībā [5E]</i>

Projekta mērķis bija izstrādāt tirgū pieprasītus, videi draudzīgus produktus - augu aizsardzības līdzekļus un multifunkcionālas augsnes piedevas, kā izejvielu šiem produktiem izmantojot meža kopšanas rezultātā iegūtos mežizstrādes atlikumus. Projekta mērķis sasniegts.

Racionālā mežizstrādes atlikumu izmantošanas shēma:



- ❖ Mežizstrādes atlikumi ir potenciāla izejviela proantocianidīnus (PAC) saturošu ekstraktu ieguvei. Izstrādāti polifenolu ekstrakti un proantocianidīni izmantojot videi draudzīgus šķīdinātajus un pielāgotus ekstrakcijas režīmus.
- ❖ Mežizstrādes ekstrakti un PAC uzrādīja fungicīdo aktivitāti laboratorijas apstākos (*in vitro*), ar MIC/MFC rādītājiem no 12,5 līdz 50 mg/mL pret vairākiem nozīmīgiem patogēniem, tostarp *Botrytis cinerea*, *Mycosphaerella sp.*, *Heterobasidion annosum*, *Heterobasidion parviporum*. Tas liecina par preparāta potenciālu kā dabīgas izcelsmes fungicīdu. Tomēr laika apstākos, apsmidzinot vasaras kviešus no karoglapas veidošanos līdz pilngatavībai, preparāts neuzrādīja būtisku efektivitāti pret galvenajām lapu slimībām-brūnā rūsa, lapu dzeltenplankumainība un miltrasa. Preparāta lietošanas tehniskā efektivitāte nepārsniedz 0-5 %, kas liecina paz zemu aizsargojošo iedarbību dabīgās infekcijas apstākļos. Līdzīgi arī testos ar priežu sējeņiem, kas tika apsmidzināti reizi mēnesī veģetācijas periodā, netika novērotas atšķirības starp apstrādātajiem un kontroles augiem. Visi augu saglabājās veseli un bez redzamām slimības vai kaitēkļu pazīmēm. Līdz ar to šajā posmā efektivitātes novērtējums nebija iespējams.
- ❖ Pēc ekstrakcijas iegūtais mežizstrādes atlikums ir lielisks organisko vielu avots. To bagātinot ar dabiskām barības vielām, tiek iegūtas augsnes piedevas. Efektīvākā augsnes piedeva bija tā, kas tika enzimatiski apstrādāta un bagātināta ar smiltsērskšķu ogu izspiedām un Si-saturošo kompleksu (15% uz kopējo masu). Šī augsnes piedeva, devā 40 kg/ha, pozitīvi ietekmēja diļļu, redīsu, kartupeļu, kviešu un priežu sējeņu augšanu. Tas apliecina piedevas potenciālu kā efektīvu, videi draudzīgu līdzekli bioloģiskajā lauksaimniecībā un mežsaimniecībā.
- ❖ Veikta Latvijas augšņu analīze, kas liecina par to vāji skābo reakciju. Izstrādātā augsnes piedeva, kas varēs samazināt augsnes skābumu. Atšķirībā no ķīmiski sintezētajiem

preparātiem, iegūtās videi draudzīgās piedevas nodrošina gan augu barošanu, gan uzlabo augsnes kvalitāti, nepārmēslojot to un neradot negatīvu ietekmi uz vidi.

- ❖ Mežizstrādes atlikumu racionāla izmantošana vienlaikus veicina siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanu un oglekļa dioksīda piesaisti Latvijā, kā arī ļauj atgriezt dabas apritē no tās paņemto organisko daļu, kas nepieciešama augsnes biotiskā kompleksa labvēlīgai darbībai.

2. PROJEKTA DARBĪBAS REZULTĀTA SASNIEGŠANAI

Laikposms, par kuru tiek iesniegts pārskats	01.07.2023-30.06.2025
---	-----------------------

Sadarbības partneri, kas iesaistījušies rezultāta sasniegšanā	Izmantotie resursi	Projekta darbība
SIA Lidums mežs	SIA "Lidums mežs" mežs. Iesaistītais personāls – mežsaimnieks. Iekārtas – meža traktors ar meža piekabi, motorzāģis, šķeldotājs utt.	Darbība nr. 1. Mežizstrādes atlikumu (zari, sīkkoki, krūmi) sagatavošana, tos sasmalcinot līdz 2-5 cm daļiņu izmēram. Darbība nr. 12. Pētāmo meža un bioloģisko lauku augsnes agroķīmiskā izpēte. Darbība nr. 19. Augsnes piedevas efektivitātes noteikšana sertificēto priežu sējiņu audzēšanā mežā, sagatavotā augsnē; Sējiņu augšanas dinamikas novērtēšana, izmantojot RhizoScan iekārtu. Darbība nr. 21. Polifenolu kompleksa un proantociānīdu testēšana priežu sējiņu aizsardzībā no patogēniem mikroorganismiem un kaitēkļiem sējiņu augšanas laikā (vizuāli). Paraugu koncentrācija tiks izvēlēta, pamatojoties uz antimikrobiālās aktivitātes testu rezultātiem.
Latvijas Valsts Koksnes Ķīmijas institūts	Zinātniskais personāls – projekta vadītājs – vadošais pētnieks, pētnieki, inženieri. Scopus un Web of Science resursu zinātniskās publikācijas. Iekārtas: smalcinātājs Retsch SM100, analītiskie svāri, kolbas, vārglāzes u.c. trauki, liofilizācijas iekārta, elektriska plītiņa u.c.	Darbība nr. 3. Polifenolu kompleksa ekstrakcija no biomasas, izmantojot ekoloģiski drošus "zaļus" šķīdinātājus. Darbība nr. 4. Proantociānīdu izdalīšana no ekstrakta. Darbība nr. 6. Pēcekstrakcijas mežizstrādes atlikuma, kā augsnes piedevas substrāta, ķīmiskā raksturošana (nosakot tam mitrumu, pelnu saturu, organisko vielu, lignīna, humīnskābes, barības elementu un smago metālu (galvenokārt - Pb, Hg, As, Ni, Cd) saturu. Darbība nr. 8. Enzimātiski apstrādātas un neapstrādātas biomasas modificēšana, to bagātinot ar mikro un makro elementiem no smiltsērķšķu ogu izspiedām. Darbība nr. 9. Iegūto modificēto preparātu (turpmāk tekstā - augsnes piedevas) agroķīmiskā raksturošana.

		Darbība nr. 17. Augsnes piedevas efektivitātes noteikšana sertificēto priežu sēklu dīgšanas intensitātes uzlabošanā; Darbība nr. 18. Augsnes piedevas efektivitātes noteikšana sertificēto priežu sējiņu audzēšanā substrāta podiņos; Sējiņu augšanas dinamikas novērtēšana, izmantojot RhizoScan iekārtu. Darbība nr. 19. Augsnes piedevas efektivitātes noteikšana sertificēto priežu sējiņu audzēšanā mežā, sagatavotā augsnē; Sējiņu augšanas dinamikas novērtēšana, izmantojot RhizoScan iekārtu. Darbība nr. 23. Augsnes piedevu un augu aizsardzības līdzekļu lietošanas rekomendācijas izstrāde.
SIA EkoKompozit	Uzņēmuma personāls. Scopus un Web of Science resursu zinātniskās publikācijas, zinātniskā literatūra un konferenču krājumi. Analītiskie svāri, laboratorijas trauki u.c.	Darbība nr. 2. Mežizstrādes atlikumu papildus sagatavošana ekstrakcijai - sagatavošana (žāvēšana, smalcināšana) bioloģiski aktīvo vielu - polifenolu izdalīšanai no biomasas. Darbība nr. 7. Saudzējoša biomasas atlikuma enzimatiskā apstrāde. Darbība nr. 8. Enzimātiski apstrādātas un neapstrādātas biomasas modificēšana, to bagātinot ar mikro un makro elementiem no smiltsērķšķu ogu izspiedām. Darbība nr. 11. Augsnes piedevas testēšana uz augsnes mikroorganismiem (augsnes elpošanas testi), izmantojot Oxi-Top iekārtu; Darbība nr. 12. Pētāmo meža un bioloģisko lauku augsnes agroķīmiskā izpēte. Darbība nr. 23. Augsnes piedevu un augu aizsardzības līdzekļu lietošanas rekomendācijas izstrāde.
Latvijas Universitāte	Iesaistītais personāls – vadošais pētnieks, pētnieki. Scopus un Web of Science resursu zinātniskās publikācijas, zinātniskā literatūra	Darbība nr. 5. Antimikrobiālās aktivitātes noteikšana, preparātu minimālās inhibējošās koncentrācijas (MIC) un minimālās baktericīdās/fungicīdās koncentrācijas (MBC/MFC) noteikšana.

	un konferenču krājumi.	
Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte Zemkopības zinātniskais institūts	Iesaistītas personāls – pētnieki. Scopus un Web of Science resursu zinātniskās publikācijas, zinātniskā literatūra un konferenču krājumi.	Darbība nr. 12. Pētāmo meža un bioloģisko lauku augsnes agroķīmiskā izpēte. Darbība nr. 13. Augsnes piedevas efektivitātes noteikšana kartupeļu un vasaras kviešu sējumos bioloģiskajā lauksaimniecībā (lauka izmēģinājumi). Darbība nr. 14. Kviešu ražas kvalitātes rādītāju noteikšana (produktīvo stiebru skaits, vienas vārpas svars, graudu skaits vienā vārpā, 1000 graudu masa, kopproteīna saturs, lipekļa un cietes saturs, Zeleny indekss, tilpummasa). Darbība nr. 15. Kartupeļu ražas novērtējums (ražas starpība starp variantiem, cietes saturs %, preču produkcijas iznākums, bumbuļu sadalījums pa frakcijām, viena bumbuļa svars). Darbība nr. 22. Polifenolu kompleksa un proantociānīdīnu testēšana kviešu aizsardzībā no patogēniem mikroorganismiem un kaitēkļiem to augšanas laikā (vizuāli); Paraugu koncentrācija tiks izvēlēta, pamatojoties uz antimikrobiālās aktivitātes testu rezultātiem.
SIA Sijāti	Uzņēmuma darbinieks. Dārzkopības un meža inventārs.	Darbība nr. 12. Pētāmo meža un bioloģisko lauku augsnes agroķīmiskā izpēte. Darbība nr. 18. Augsnes piedevas efektivitātes noteikšana sertificēto priežu sējiņu audzēšanā substrāta podiņos; Sējiņu augšanas dinamikas novērtēšana, izmantojot RhizoScan iekārtu.
SIA BRUwell	Uzņēmuma darbinieks. Zinātniskā literatūra. Dārzkopības inventārs.	Darbība nr. 8. Enzimātiski apstrādātas un neapstrādātas biomasas modificēšana, to bagātinot ar mikro un makro elementiem no smiltsērķšķu ogu izspiedām.

Privātpersona Indulis Līdācis	Dārzkopības un meža inventārs.	Darbība nr. 18. Augsnes piedevas efektivitātes noteikšana sertificēto priežu sējiņu audzēšanā substrāta podiņos; Sējiņu augšanas dinamikas novērtēšana, izmantojot RhizoScan iekārtu.
Privātpersona Kārlis Šternbergs	Dārzkopības un meža inventārs.	Darbība nr. 19. Augsnes piedevas efektivitātes noteikšana sertificēto priežu sējiņu audzēšanā mežā, sagatavotā augsnē; Sējiņu augšanas dinamikas novērtēšana, izmantojot RhizoScan iekārtu. Darbība nr. 20. Augsnes piedevas efektivitātes novērtēšana uz nonīkušiem mežā augošiem priežu stādiņiem. Darbība nr. 21. Polifenolu kompleksa un proantociānīdīnu testēšana priežu sējiņu aizsardzībā no patogēniem; mikroorganismiem un kaitēkļiem sējiņu augšanas laikā (vizuāli). Paraugu koncentrācija tiks izvēlēta, pamatojoties uz antimikrobiālās aktivitātes testu rezultātiem.

3. SASNIEDZAMO MĒRĶU IZPILDES REZULTĀTI

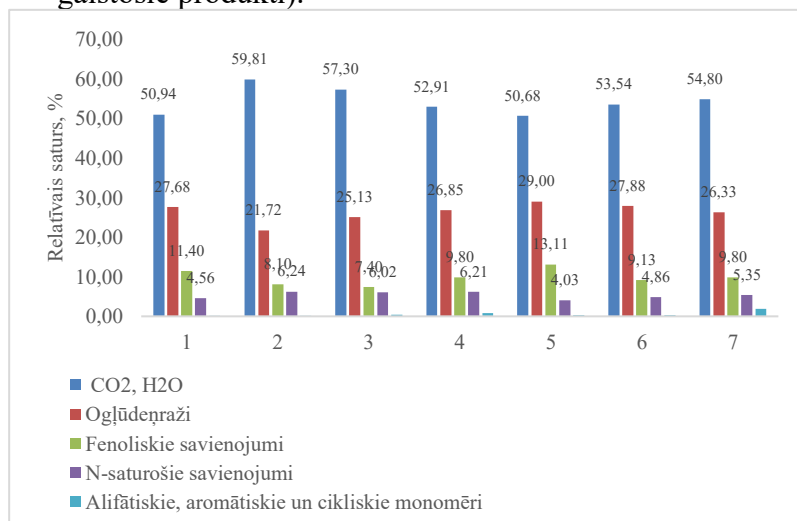
Projekta darbības rezultāts	Mērvienība	Vērtība/skaits	Atkāpes no plānotā (ja ir radušās)																								
Rezultāts: sagatavotas septiņas partijas mežizstrādes atlikumu šķeldas/mizas veidā ar daļiņu izmēru 2-5 cm. Darbība nr. 1. Mežizstrādes atlikumu (zari, sīkkoki, krūmi) sagatavošana, tos sasmalcinot līdz 2-5 cm daļiņu izmēram. Izpildītājs: SIA Lidums mežs. Projekta periodā meža kopšanas rezultātā, īpašumos “Danči” un “Jaunzemj”, Olaines pagastā, Olaines novadā, no dažādu kopšanas ciršu materiāla dažādās sezonās tika sagatavotas septiņas mežizstrādes atlikumu partijas S1-S7 (zari, sīkkoki, krūmi). Katra mežizstrādes atlikumu partija tika šķeldota līdz šķeldas daļiņu izmēram 2-5 cm. Vidējais katras biomasas partijas apjoms bija 100-200 kg. 1. tabula. Sagatavoto šķeldas paraugu saraksts	partijas	7																									
<table><tr><th>Parauga apzīmējums</th><th>Paraugs</th><th>Parauga ievākšanas gads / mēnešu periods</th></tr><tr><td>S1</td><td>lapkoku šķelda</td><td>2023, jūlijs-septembris</td></tr><tr><td>S2</td><td>lapkoku šķelda</td><td>2023, oktobris-decembris</td></tr><tr><td>S3</td><td>lapkoku šķelda</td><td>2024, janvāris-marts</td></tr><tr><td>S4</td><td>lapkoku šķelda</td><td>2024, aprīlis-jūnijs</td></tr><tr><td>S5</td><td>skujkoku šķelda</td><td>2024, jūlijs-septembris</td></tr><tr><td>S6</td><td>priežu miza</td><td>2024, oktobris-decembris</td></tr><tr><td>S7</td><td>lapkoku šķelda</td><td>2025, janvāris-marts</td></tr></table>	Parauga apzīmējums	Paraugs	Parauga ievākšanas gads / mēnešu periods	S1	lapkoku šķelda	2023, jūlijs-septembris	S2	lapkoku šķelda	2023, oktobris-decembris	S3	lapkoku šķelda	2024, janvāris-marts	S4	lapkoku šķelda	2024, aprīlis-jūnijs	S5	skujkoku šķelda	2024, jūlijs-septembris	S6	priežu miza	2024, oktobris-decembris	S7	lapkoku šķelda	2025, janvāris-marts			
Parauga apzīmējums	Paraugs	Parauga ievākšanas gads / mēnešu periods																									
S1	lapkoku šķelda	2023, jūlijs-septembris																									
S2	lapkoku šķelda	2023, oktobris-decembris																									
S3	lapkoku šķelda	2024, janvāris-marts																									
S4	lapkoku šķelda	2024, aprīlis-jūnijs																									
S5	skujkoku šķelda	2024, jūlijs-septembris																									
S6	priežu miza	2024, oktobris-decembris																									
S7	lapkoku šķelda	2025, janvāris-marts																									
Rezultāts: veikta mežizstrādes atlikumu sagatavošana ekstrakcijai. Darbība nr. 2. Mežizstrādes atlikumu papildus sagatavošana ekstrakcijai - sagatavošana (žāvēšana, smalcināšana) bioloģiski aktīvo vielu - polifenolu izdalīšanai no biomasas. Izpildītājs: SIA EkoKompozit. Pēc vidējā parauga paņemšanas no katras partijas mežizstrādes atlikumi tiek žāvēti 20-25 °C temperatūrā līdz mitruma saturam, kas nepārsniedz 10%. Pēc žāvēšanas atlikumi tika papildus sasmalcināti, izmantojot naža tipa smalcinātāju Retsch SM 100, pakāpeniski mainot sieta izmēru no 10 mm līdz 1 mm. Fracionētā un izsijāta šķelda/miza ar daļiņu izmēru 1 mm tika izmantota ekstrakcijai, lai iegūtu mērķsavienojumus- dabiskos polifenolus.	partijas	7	-																								

Rezultāts: ķīmiski raksturoti mežizstrādes atlikumi ar analītiskās pirolīzes metodi; izanalizēti jauni literatūras dati par polifenolu ekstrakcijas paņēmieniem no lignocelulozes biomasas; pielāgoti apstākļi PAC izdalīšanai; iegūti septiņi ekstrakti no katras mežizstrādes atlikumu partijas un septiņi atlikumi pēc ekstrakcijas.

Darbība nr. 3. Polifenolu kompleksa ekstrakcija no biomasas, izmantojot ekoloģiski drošus “zaļus” šķīdinātājus.

Izpildītājs: Latvijas Valsts Koksnes Ķīmijas institūts.

- 1) Projekta laikā veikts mežizstrādes atlikumu ķīmiskais raksturojums izmantojot analītiskās pirolīzes metodi. Analītiskā pirolīze balstās uz ātrās pirolīzes procesu, kurā biomasas paraugs tiek uzkarsēts ar ātrumu: 500°C/sec., ar sekojošo gaistošo produktu gāzes hromatogrāfijas analīzi. Pirolīzei izmantoja Fontier Lab Micro Doble shot Pirolīzes ierīci (Py- 2020iD, Japana). Produktu identifikācija notika ar masu spektrometrisko detektoru. 1. attēlā ir parādīts identificējamo savienojumu relatīvais saturs mežizstrādes atlikumu (S1-S7) sastāvā. Mežizstrādes atlikumi raksturojas ar lielu oghidrātu saturu (celuloze un hemicelulozes degradācijas procesa gaistošie produkti), fenolisko savienojumu līgnīna un ekstraktvielu degradācijas procesa gaistošie produkti).



1. attēls. Mežizstrādes atlikumu analītiskās pirolīzes dati.

- 2) Izanalizēti jauni literatūras dati par polifenolu ekstrakcijas paņēmieniem no lignocelulozes biomasas, dodot priekšroku "zaļiem" šķīdinātājiem. Etanols ir bioloģiski noārdāms, iegūstams no atjaunojamiem resursiem (piemēram, graudiem, augļiem) un mazāk toksisks nekā metanols vai acetonitrils. 50-80% etanolaūdens maisījumi ir plaši pielietoti polifenolu ekstrakcijā no mizas, šķeldas un augiem. Vairāki pētījumi rāda, ka 70-80% etanols-ūdens skidumi nodrošina labi sabalansētu polāro/nepolāro savienojumu ekstrakciju. Balstoties uz literatūras analīzi:
 - a) šķīdinātāja koncentrācija: 70-80 % (etanola-ūdens šķīdums)

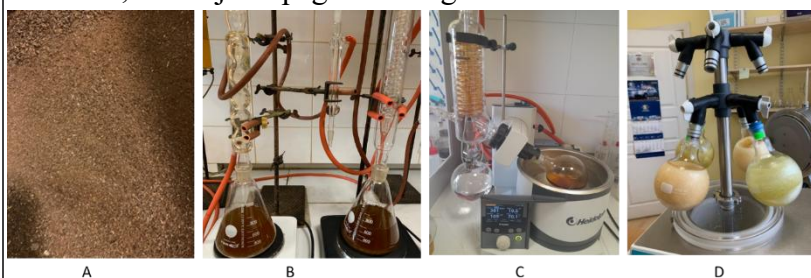
Liofilizēti ekstrakti (partijas)

7

b) temperatūra 50-60 °C, līdz 2-4 h. c) biomasas:šķīdinātāja attiecība: 1:10-1:20 (g:mL). 3) Pilnvērtīgai ekstrakcijai, proantocianidīnu izdalīšanai no biomasas ir pielāgoti apstākļi. Efektīvākai PAC izdalīšanai no biomasas tika pielāgoti PAC izdalīšanas režīmi. Vispārzināms ir fakts, ka augsta ekstrakcijas temperatūra palielina ekstrakcijas efektivitāti. Lai noteiktu <u>piemērotāko ekstrakcijas temperatūru</u>, paraugu ekstrakcija tika veikta 20 °C, 40 °C, 60 °C, un 80 °C temperatūrā ar 80 % EtOH pie noteiktā optimālā hidromoduļa (1:8), ekstrakciju veicot 30 minūtes. Iegūtie rezultāti parādīja, ka visaugstākais PAC iznākums tiek sasniegts, ja ekstrakcijas temperatūra ir 60 °C. Paaugstinot ekstrakcijas temperatūru līdz 80 °C, PAC saturs ekstrakta sastāvā samazinājās, kas liecina par daļēju PAC termisko destrukciju paaugstinātā temperatūrā. <u>Ekstrakcijas laika pielāgošanai</u>, paraugu ekstrakcija tika veikta pie noteiktās piemērotākās ekstrakcijas temperatūras – 60 °C, optimālā hidromoduļa – 8, kā ekstrahentu izmantojot 80 % EtOH. Ekstrakcijas laiks tika mainīts no 5 līdz 60 min., nosakot maksimālo PAC saturošo ekstraktu. Iegūtie rezultāti parāda, ka optimālais ekstrakcijas laiks PAC izdalīšanai ir 60 minūtes, iegūstot 24,2% ekstrakta ar PAC saturu 36,2%/SM. Atkārtojot vienpakāpes parauga ekstrakciju trīs reizes (trīs ciklu ekstrakciju) ar katra cikla ilgumu 30 minūtes (80% EtOH, 60 °C, hidromoduli – 8, 3 x 30 min.), tika noskaidrots, ka visaugstākais PAC ekstrakta iznākums tiek sasniegts ekstrakcijas pirmā cikla laikā, un tas ir 86 % no kopējā izdalītā PAC daudzuma. Otrā un trešā cikla laikā PAC ekstrakta iznākums bija attiecīgi 9 % un 5 %, pārrēķinot uz a. s. paraugu. Savstarpēji salīdzinot PAC saturu ekstraktos, ar katru nākamo ekstrakcijas ciklu, PAC saturs ekstraktā pieaug. Ņemot vērā, ka, veicot trīs ciklu biomasas ekstrakciju, elektroenerģijas patēriņš palielinās trīskārtīgi, kas ir ekonomiski neizdevīgi no PAC saturoša ekstrakta iegūšanas viedokļa, bet izdalītā ekstraktā PAC pieaug minimāli, ir nolemts, ka racionālākais risinājums PAC izdalīšanai no mežizstrādes atlikumiem ir viena ekstrakcijas cikla izmantošana ar ekstrakcijas laiku 60 minūtes. Ņemot vērā eksperimentu rezultātus, PAC efektīvai izdalīšanai no mežizstrādes atlikumiem ir pielāgoti šādi ekstrakcijas parametri: 1. ekstrahents – 80 % EtOH; 2. hidromodulis – 8; 3. temperatūra – 60 °C; 4. ekstrakcijas laiks – 60 min. Balstoties uz šiem datiem, vairāku mēnešu periodā tiek veikta polifenolu saturošo ekstraktu sagatavošana pulvera veidā			
---	--	--	--

turpmākām analīzēm un dominējoša polifenola savienojuma PAC izdalīšanai.

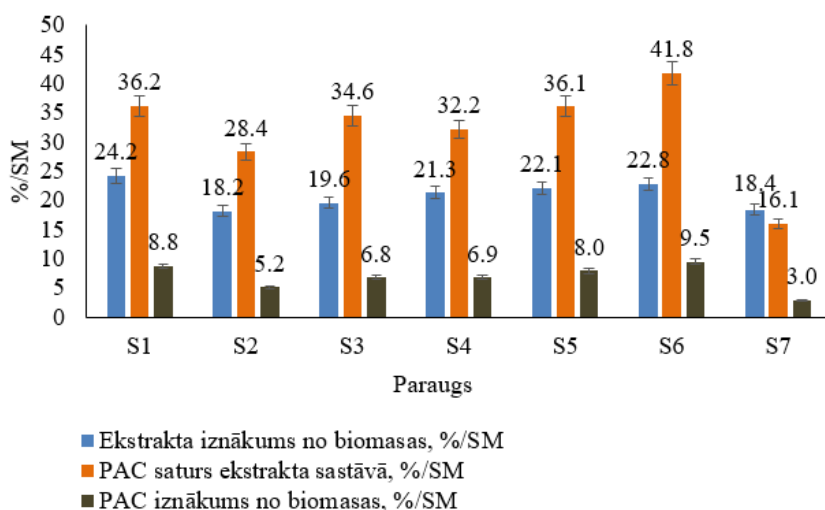
Sagatavotie biomasas (S1-S7) paraugi tiek ekstrahēti ar etanola-ūdens maisījumu (8:2, v/v). Ekstrakcijas tiek veiktas kolbā 1 stundu, uzturot 60 °C. Ekstrakcijas beigās etanols tiek ietvaicēts un iegūtie ūdens maisījumi tiek sasaldēti līdz $25 \pm 2^\circ\text{C}$ un ievietoti liofilizācijas kamerā, kur vakuuma (1,2-1,5 hPa) un zemas temperatūras (-50°C) ietekmē, sublimācijas rezultātā, tika iegūti viendabīgi pulverveida preparāti, nezaudējot ta strukturālo integritāti un bioloģisko aktivitāti, ievērojami pagarinot uzglabāšanas laiku.



2. attēls. Ekstraktu iegūšanas process: A-sasmalcināta biomasas; B-ekstrakcija kolbā; C-etanola ietvaicēšana; D-paraugu liofilizācija.

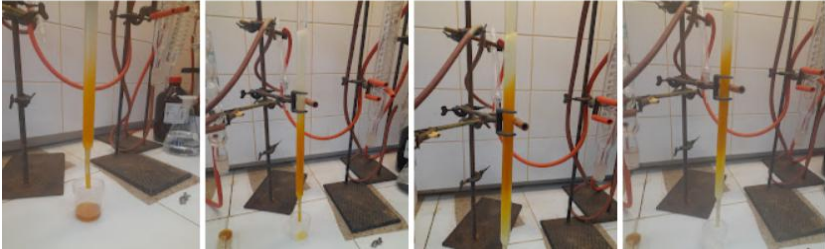
Balstoties uz iegūtiem rezultātiem, lapkoku un skujkoku šķeldai hidrofilo ekstraktvielu saturs bija robežās no 15 līdz 24 %/SM.

Priežu mizas hidrofilo ekstraktvielu saturs bija 23%/SM (3. attēls).



3. attēls. Mežizstrādes atlikumu potenciāls proantociānīdu ieguvei.

Proantociānīda saturs ekstraktā noteikts izmantojot Portera metodi jeb tā saucamo butanol-HCl analīzi. Proantociānīdu saturs ekstrakta sastāvā bija no 16 līdz 42%/SM, pārrēķinot uz biomasu 3-10%/SM. Augstākais PAC saturs bija mizai (S6). Paraugs S7 saturēja mazāk PAC, kas saistīts ar zemo mizas īpatsvaru biomasā. Balstoties uz iegūtajiem rezultātiem, zarus var uzskatīt par

potenciālo izejvielu PAC saturošo ekstraktu ieguvei, īpaši sīkos zarus ar augstu mizas īpatsvaru.			
Rezultāts: pielāgota metode PAC izdalīšanai no ekstraktiem; izdalīti 7 frakcijas (3 atkārtojumos) no biomasas ekstraktiem; sagatavoti PAC turpmākām analīzēm. Darbība nr. 4. Proantocianidīnu izdalīšana no ekstrakta. Izpildītājs: Latvijas Valsts Koksnes Ķīmijas institūts. Projektā tika veikta proantocianidīnu izdalīšanas metodes pielāgošana no sagatavotiem ekstraktiem, izmantojot Sephadex LH-20 sorbentu. Kā eluenti tika izmantoti 96% EtOH, 80% EtOH un 50 % EtOH. No šiem eluentiem tikai 96% EtOH bija piemērots PAC selektīvai izdalīšanai, jo 80% un 50% etanola šķīdumi vienlaikus izdalīja arī cukurus un polifenolu glikozīdus, kas būtiski samazina iegūto frakciju tīrību. Izmantojot pielāgoto metodi, no sagatavotiem ekstraktiem tiek izdalīti 7 PAC frakcijas, kuras pēc šķīdinātāja ietvaicēšanas un ūdens suspensijas liofilizācijas tiek testētas nosakot tīrības pakāpi pēc Porter metodes, kā standartu izmantojot Procianidin B2. Pēc Porter metodes, visiem izdalītiem PAC tīrība pakāpe bija augstāka par 92%.  4. attēls. PAC izdalīšanas process izmantojot Sephadex LH-20.	Izdalīti un liofilizēti PAC (partijas)	7	-
Rezultāts: veikta jaunāko literatūras datu analīze attiecībā uz PAC fungicīdo aktivitāti; veikta mikroorganismu izvēle no Mikroorganismu kultūru kolekcijas; noteikta vidēja ekstrakta un proantocianidīnu minimālā inhibējošā koncentrācija (MIC) un minimālā baktericīdā/ fungicīdā koncentrācija; veikta datu apstrāde zinātniskiem rakstiem un zinātībai. Darbība nr. 5. Antimikrobiālās aktivitātes noteikšana, preparātu minimālās inhibējošās koncentrācijas (MIC) un minimālās baktericīdās/fungicīdās koncentrācijas (MBC/MFC) noteikšana. Izpildītājs: Latvijas Universitāte, Bioloģijas fakultāte. Projektā ir veikta literatūras analīze par proantocianidīnu (PAC) fungicīdo aktivitāti attiecībā pret augu patogēnām sēnēm. Autori	Augu aizsardzības līdzekļi	14	-

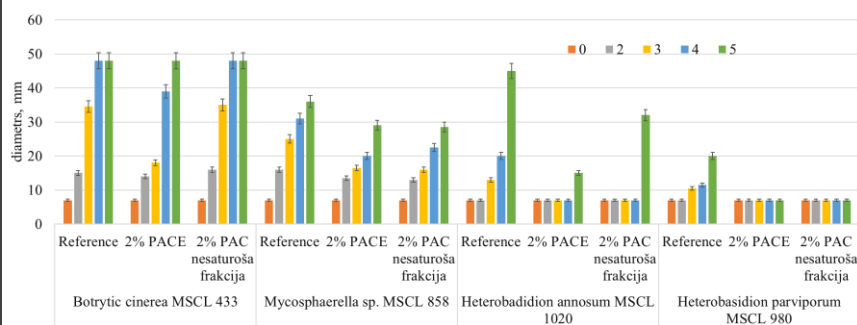
liecina, ka ekstrakti, kas bagātināti ar PAC demonstrē spēcīgu <i>in vitro</i> fungicīdo aktivitāti attiecībā pret <i>B. cinerea</i> gan uz micēlija augšanas, gan sēņu augšanas inhibēšanu (Liu H.M., 2010). Liu HM, Guo JH, Cheng YJ, Liu P, Long CA, Deng BX. Inhibitory activity of tea polyphenol and <i>Hanseniaspora uvarum</i> against <i>Botrytis cinerea</i> infections. <i>Lett Appl Microbiol.</i> 2010 Sep;51(3):258-63. doi: 10.1111/j.1472-765X.2010.02888.x. Epub 2010 Jun 16. PMID: 20633212. Literatūras dati attiecībā pret augu patogēnām sēnēm ir ierobežota. Ir dati par zemmmolekulāro fenolu savienojumu (piemēram ferulīnskābes vai kvercetīna) sinerģisko darbību, kas efektīvi palielina PAC fungicīdo aktivitāti, ņemot vērā to spēju ietekmēt šūnu sienu sintēzi un membrānu integritāti. Literatūrā norādīts, ka PAC svārstības ekstraktā var kompensēt zemmmolekulāros polifenolus, radot sinerģisku fungicīdo aktivitāti (Nechita A.; Caruso F.2011;David Taillis 2023). NECHITA, A., FILIMON, R. V., FILIMON, R. M., COLIBABA, L.-C., GHERGHEL, D., DAMIAN, D., PAȘA, R., & COTEA, V. V. (2018). <i>In vitro</i> Antifungal Activity of a New Bioproduct Obtained from Grape Seed Proanthocyanidins on <i>Botrytis cinerea</i> Mycelium and Spores. <i>Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca</i>, 47(2), 418–425. https://doi.org/10.15835/nbha47111367. Caruso F, Mendoza L, Castro P, Cotoras M, Aguirre M, Matsuhira B, Isaacs M, Rossi M, Viglianti A, Antonioletti R. Antifungal activity of resveratrol against <i>Botrytis cinerea</i> is improved using 2-furyl derivatives. <i>PLoS One.</i> 2011;6(10):e25421. doi: 10.1371/journal.pone.0025421. Epub 2011 Oct 11. PMID: 22022392; PMCID: PMC3191159. David Taillis, Oussama Becissa, Anthony Pébarthé-Courrouilh, Elodie Renouf, Antonio Palos-Pinto, Tristan Richard, and Stéphanie Cluzet. Antifungal Activities of a Grapevine Byproduct Extract Enriched in Complex Stilbenes and Stilbenes Metabolization by <i>Botrytis cinerea</i>. <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i> 2023 71 (11), 4488-4497. DOI: 10.1021/acs.jafc.2c07843 Mikroorganismu izvēle no Latvijas Mikroorganismu kultūru kolekcijas tiek veikta atbilstoši nozīmīgākajām augu slimībām, kas rada būtisku apdraudējumu komerciālajai mežsaimniecībai un lauksaimniecībai. Starp šiem patogēniem ir <i>Botrytis cinerea</i>, <i>Mycosphaerella sp.</i>, <i>Heterobasidion annosum</i>, un <i>Heterobasidion parviporum</i>. Lai novērtētu PAC saturošo preparātu potenciālu kā augu aizsardzības līdzekļus, projekta ietvaros tiek testēti septiņi ekstrakti un septiņi izdalīti PAC dažādās koncentrācijās šo četrus patogēnos			
---	--	--	--

sēņu augšanas inhibēšanā, vienlaikus nosakot arī minimālo fungicīdo aktivitāti.

Botrytis cinerea inficē vairāk nekā 200 augu sugas, izraisot pelēko puvi, kas raksturojas ar pelēku, pūkainu micēliju uz augu virsmām. Ekstrakti un PAC koncentrācijā mazāk par 2 % neuzrādīja fungicīdo aktivitāti. Sagatavojot 2 % preparātus, tos izšķīdinot destilētā ūdenī, tiek no jauna testēti fungicīdo sēņu inhibēšanā. Pētījuma rezultāti parādīja, ka tikai PAC saturošie preparāti uzrādīja fungicīdu aktivitāti pret *B. cinerea*. Frakcijām, no kuras PAC tiek atdalīti, šāda aktivitāte netika novērota, frakciju iedarbība bija līdzīga kontroles paraugam. Pie 2% ekstraktu koncentrācijas sēņu koloniju skaits pēc trim dienām bija 1.8-1.9 reizes mazāks nekā kontrole.

Septorijas (*Septoria tritici*) lapu plankumainību, ko izraisa šī *Mycosphaerella* sugas sēne, uzskata par vienu no nozīmīgākajām kviešu slimībām pasaulē, un daudzos reģionos tā ik gadu var izraisīt līdz pat 50% ražas zudumu. Visi ekstraktu paraugi, kas saturēja oligomērus un zem molekulārus polifenolus, kā arī to glikozīdus, uzrādīja pretsēnīšu aktivitāti pret *Mycosphaerella*. Pie 2% koncentrācijas sēņu koloniju skaits sešu dienu laikā samazinājās 1,2-1,5 reizes. PAC darbība bija līdzīga ekstraktu aktivitātei.

Skujkoku sakņu un stumbra pamatnes trupi izraisa bazīdijāsēne *Heterobasidion annosum* (*H. Annosum*), kas ir nopietna slimība, ietekmējot daudzas skujkoku sugas un radot būtisku apdraudējumu komerciālajai mežsaimniecībai. Tā inficē saknes, stumbra pamatni un pašu stumbru. Kontinentālajā Eiropā infekcijas izplatība ir augsta, savukārt Apvienotajā Karalistē-mazāk izteikta. Skandināvijā šī slimība ietekmē līdz pat 25% Norvēģijas egles (*Picea abies*) koku, radot ikgadējus zaudējumus, kas mērami simtos miljonu eiro. PAC saturoši preparāti uzrādīja fungicīdu aktivitāti pret šo sēni, taču efektīvāki bija ekstrakti. Līdzīga pretsēnīšu iedarbība tika novērota arī pret *Heterobasidion parviporum*, nozīmīgu koksnes sadalītāju, kas izraisa baltās trapes veidošanos sakņu un stumbra pamatnes zonā.



5. attēls. Paraugu fungicīdā aktivitāte

Visiem ekstraktiem un PAC paraugiem tiek noteikts MIC un MBC/MFC, aprēķinot vidējo vērtību.

2. tabula. Septiņu ekstraktu un septiņu PAC minimālā inhibējošā koncentrācija (MIC) un minimālā fungicīdā koncentrācija (MFC), mg/mL

Paraugi	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Mycosphaerella sp.</i>	<i>Heterobasidium annosum</i>	<i>Heterobasidium parviporum</i>
	MIC/MFC, mg/mL			
Ekstrakti	25/50	25/50	12,5/12,5	12,5/12,5
PAC	12,5/25	25/50	6,25/12,5	6,25/12,5

Apkopojot datus, novērots, ka ekstraktos mainīgs proantociandīnu saturs neietekmē MIC un MFC. To var izskaidrot ar augstu zem molekulāro polifenolu saturu, kas pierada to, ka tiem arī piemīt fungicīda aktivitāte un tie var strādāt sinerģiski, kompensējot PAC trūkumu ekstrakta sastāvā.

B. cereus ir grampozitīva, sporveidojoša baktērija, kas dabiski sastopama augsnē, uz augu virsmām un saknēm. Šo sēņu ietekme dabā ir pretrunīga, tā var veidot toksīnus, kas izraisa cilvēka slimības, bet tikai no produktu lietošanas uzturā, kas ir piesārņoti ar šo baktēriju. Pašiem augiem tā nav kaitīga, pat dažkārt otrādi, var pozitīvi ietekmēt augšanu, nutrientu uzņemšanu un veicināt piesārņotas augsnes bioremediāciju. PAC saturošie preparāti inhibē *B. cereus* baktērijas augšanu. PAC un ekstraktu vidēja minimālā baktericīdā koncentrācija (MBC) bija 50 mg/mL, neuzrādot spēcīgu antibakteriālo aktivitāti, kas varētu negatīvi ietekmēt *B. cereus* celmi, spējīgu uzlabot augu noturību pret stresu.

Apkopojot datus tiek sagatavoti 3 raksti un viena zinātība.

Rezultāts: veikta pēc ekstrakcijas mežizstrādes atlikumu, kā augsnes piedevas substrātu ķīmiskā raksturošana.

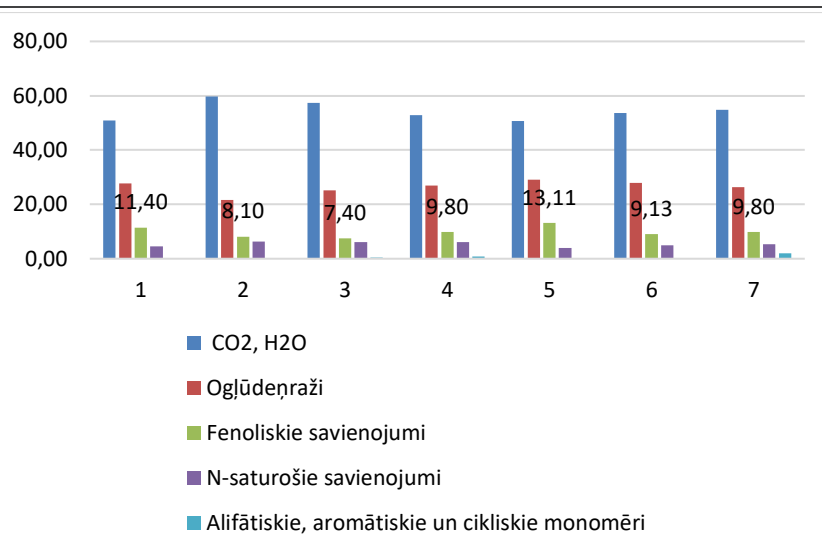
Darbība nr.6. Pēc ekstrakcijas mežizstrādes atlikuma, kā augsnes piedevas substrāta, ķīmiskā raksturošana (nosakot tam mitrumu, pelnu saturu, organisko vielu, lignīna, humīnskābes, barības elementu un smago metālu (galvenokārt - Pb, Hg, As, Ni, Cd) saturu.

Izpildītājs: Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūts.

Visi biomasas atlikumi pēc ekstrakcijas tika žāvēti un pakļauti ķīmiskai raksturošanai, sākot ar analītisko pirolīzi.

sagatavot
ie
atlikumi
pēc
ekstrakcij
as

7



6. attēls. Pēc ekstrakcijas mežizstrādes atlikumu analītiskās pirolīzes dati, relatīvais savienojumu saturs % biomasā

Veikts savstarpējs ķīmiskā raksturojuma salīdzinājums biomasai pirms ekstrakcijas (2. attēls, pirolīzes dati) un pēc ekstrakcijas (6. attēls, pirolīzes dati). Balstoties uz to, ka ekstrakcijas procesā tiek izdalītas PAC saturošas ekstraktvielas, analītiskās pirolīzes dati apliecina fenolisko savienojumu samazinājumu pirolīzes produktu sastāvā. Augsts oghidrātu saturs pirolīzes produktu sastāvā norāda uz augstu organisko vielu saturu atlikumu sastāvā.

Kā nākamais solis, lai novērtētu biomasas atlikumu kā augsnes piedevas substrātu, visiem biomasas atlikumiem pēc ekstrakcijas tiek noteikts mitrums, pelnu, organiskās vielas, lignīna, humīnskābju, barības elementu un smago metālu saturs (galvenokārt - Pb, Hg, As, Ni, Cd). 3. tabulā tiek atspoguļotas noteikto rādītāju vidējās vērtības.

3. tabula. Mežizstrādes atlikumu ķīmiskais raksturojums.

Nosakāmais rādītājs	Rezultāts (S1-S7)	Metode
Kopējais slāpeklis dabīgi mitra parauga masā, %	1,1-1,4 (±0,1)	LVS EN 13654-1:2003
Kopējais fosfors (P ₂ O ₅) dabīgi mitra parauga masa, %	0,02-0,06 (±0,02)	LVS 398:2002
Kopējais kālijs (K ₂ O) dabīgi mitra parauga masa, %	0,04-0,06 (±0,02)	LVS ISO 11466:1995 LVS ISO 9964-3:2000
Sausna, %	91,4-92,6 (±0.1)	LVS EN 13040:2008

Organisko vielu saturs saussnā, %	97,2-96,7 (±0,1)	LVS EN 13039:2012			
Mitrums, %	7,4-8,3% (±0,3)	LVS EN 13040:2008			
Dzīvsudrabs, Hg, saussnā parauga masa, mg/kg	<0,1	LVS 346:2005			
Kadmijs, Cd, saussnā parauga masa, mg/kg	<0,5	LVS ISO 11047:1998 A			
Arsēns, As, saussnā parauga masa, mg/kg	<1,2	LVS ISO 11466:1995 LVS EN ISO 15586:2003			
Svins, Pb, saussnā parauga masa, mg/kg	<0,1	LVS ISO 11047:1998 A			
Vides reakcija, pH (KCl), pH vien.	5,2-5,6 (±0,1)	ISO 10390:2021			
Balstoties uz iegūtiem datiem, var secināt, ka substrāts ir ar augstu organisko vielu saturu. Kālija, slāpeks, fosfora un sēra saturs bija zems, kas norāda uz nepieciešamību modificēt biomasas atlikumu, to bagātinot ar barības vielām. Smago metālu saturs bija zems un atbilda MK noteikumos noteiktajām normām.					
Rezultāts: veikta pēc ekstrakcijas mežizstrādes atlikumu enzimatiskā hidrolīze; pielāgota enzimatiskās apstrāde. Darbība nr. 7. Saudzējoša biomasas atlikuma enzimatiskā apstrāde. Izpildītājs: SIA EkoKompozit Projektā veikta enzimatiskās apstrādes pielāgošana biomasas atlikumam pirms un pēc ekstrakcijas. Mežizstrādes atlikumi ir bagāti ar lignocelulozes materiālu, kurā ietilpst celuloze, hemiceluloze, lignīns un ekstraktvielas. Dabiskā veidā biomasas sadalās ļoti lēni, tādēļ tās tieša izmantošana augsnē bieži vien ir neefektīva un var pat nelabvēlīgi ietekmēt augsnes mikrobioloģisko līdzsvaru, piesaistot augsnes slāpekli humificēšanas procesā un veicinot patogēno sēņu attīstību. Enzimātiskā biomasas hidrolīze bija efektīva un videi draudzīga metode, kas ļauj mērķtiecīgi noārdīt celulozes un hemicelulozes polimērus biomasas sastāvā, pārveidojot tos par vienkāršiem cukuriem un bioloģiski aktīviem savienojumiem, uzlabojot substrāta bioloģisko vērtību un veicinot augsnes mikrobioloģisko aktivitāti.			Enzimāti ski apstrādāti /neapstrā dāti substrāti	9	

Lai pielāgotu enzimatisko apstrādi biomasas atlikumam pirms un pēc ekstrakcijas, tiek izmantots sējmateriāls bez papildu sārmainas hidrolīzes. Atšķirība starp paraugiem netika novērota, vienīgi visiem paraugiem reakcijas ilgums bija 30 dienas, kas ir salīdzināms ar ilgu augsnes piedevas ieguves procesu. Lai paātrinātu enzimatiskās hidrolīzes procesu un padarītu to par efektīvāku katra mežistrādes atlikumu partija pēc ekstrakcijas tiek pakļauta priekšapstrādei ar sārmaino šķīdumu, lai substrāts kļūst poraināks un vieglāk šķelams ar enzīmiem. Pēc sārmainās hidrolīzes, biomasas atlikums skalots ar destilēto ūdeni, līdz neitrālās vides pH vērtībai, kam sekoja sagatavota sējmateriāla un humīnskābju saturošas frakcijas pievienošana. Reakcijas ilgums ilgst ap 72 stundām. Sagatavoti substrāti tālāk tiek bagātināti ar smiltsērskšķu ogu izspiedām un Si-saturošo kompleksu.			
Rezultāts: substrāta bagātināšana ar smiltsērskšķu ogu izspiedām. Darbība nr. 8. Enzimātiski apstrādātas un neapstrādātas biomasas modificēšana, to bagātinot ar mikro un makro elementiem no smiltsērskšķu ogu izspiedām. Izpildītāji: SIA EkoKompozit, Koksnes ķīmijas institūts, SIA Bruwell Projektā tiek veikta smiltsērskšķu ogu izspiedu, graudzāles un papardes, kā mikro- un makro elementu avotu sagatavošana (žāvēšana, sasmalcināšana) un to izmantošana dažādās proporcijās enzimatiski apstrādātās un neapstrādātas biomasas modificēšanai, to bagātinot ar mikro un makro elementiem. Pēc literatūras datiem gan kviešu stieбри gan papardes, kas aug mežā kā nezāle, satur silīciju SiO_2 veidā. Pieejamība augiem ir salīdzinoši laba, jo veidojas amorfs silīcijs vai daļēji šķīstošs. Kviešu stiebru pelni satur apmēram 20-25 % SiO_2, savukart papardes pelni līdz pat 96% SiO_2. 1. Ma, J.F. and Takahashi, E. (2002) <i>Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan</i>. Elsevier, Amsterdam. 2. Hodson MJ, White PJ, Mead A, Broadley MR. <i>Phylogenetic variation in the silicon composition of plants</i>. <i>Ann Bot</i>. 2005 Nov;96(6):1027-46. doi: 10.1093/aob/mci255. Epub 2005 Sep 21. PMID: 16176944; PMCID: PMC4247092. Pēc rūpīgas žāvēšanas Si saturošie paraugi tiek pakļauti dedzināšanai, lai iegūtu ar Si bagātus pelnus. Turpmākajos pētījumos Si saturošie pelni tiks apzīmēti kā "Si saturošais komplekss". Šis komplekss tiek pētīts daudzumā 5, 10 un 15% attiecībā pret biomasu (gan enzimatiski apstrādātu, gan neapstrādātu). Smiltsērskšķu ogu izspiedas visu pārskata periodu tiek	Bagātinātie ar smiltsērskšķu ogu izspiedām un Si substrāti	9	

lioofilizētas, lai nodrošinātu nepieciešamu daudzumu biomasas (substrāta) bagātināšanai. Liofilizētas smiltsērķšķu ogu izspiedas saturēja: N: 2,1-2,4 %; P: 1,1-1,3 %; K: 1,9-2,2 %, organisko vielu saturs: 89-94%/SM. Enzimātiski apstrādāti un neapstrādāti substrāti tiek bagātināti ar smiltsērķšķu ogu izspiedām, pievienot tās 10% apjomā uz sausu masu. Smiltsērķšķu ogu izspiedas kā sastāvdau koncentrācija (10%) izvēlēta, pamatojoties uz to mikro un makroelementu sastāvu, kā arī pH. Bagātinātajiem substrātiem tiek veikta pH un temperatūras kontrole, lai nodrošinātu piemērotus apstākus turpmākai bagātināšanai ar Si saturošo kompleksu. Pēc pH un temperatūras stabilizācijas, tiek pievienots Si 5, 10, un 15 % koncentrācijā (S1/M1=15% Si; S1/M2=10% Si; S1/M3=5% Si). Modificējot substrātu ar smiltsērķšķu ogu izspiedām (10%) un Si (15-5%), tiek iegūtas augsnes piedevas, novērtējot to ietekmi meža reproduktīva materiāla audzēšanai.																					
Rezultāts: veikta augsnes piedevu agroķīmiskā raksturošana. Darbība nr.9. Iegūto modificēto preparātu (turpmāk tekstā - augsnes piedevas) agroķīmiskā raksturošana. Izpildītājs: Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūts. Veikta enzimatiski modificēta substrāta, kā augsnes piedevu analīze. 4. tabula. Iegūto augsnes piedevu agroķīmiskā raksturošana. <table><tr><th>Nosakāmais rādītājs</th><th>Rezultāts (S1-S7) + S1/M2, S1/M3</th></tr><tr><td>Kopējais slāpeklis dabīgi mitra parauga masa, %</td><td>1,4-1,7 (±0,1)</td></tr><tr><td>Kopējais fosfors (P₂O₅) dabīgi mitra parauga masa, %</td><td>0,02-0,06 (±0,02)</td></tr><tr><td>Kopējais kālijs (K₂O) dabīgi mitra parauga masa, %</td><td>0,04-0,06 (±0,02)</td></tr><tr><td>Lignīna saturs, %</td><td>29,2-34,6 (±0,4)</td></tr><tr><td>Organisko vielu saturs sausnā, %</td><td>97,2-96,7 (±0,1)</td></tr><tr><td>Mitrums, %</td><td>6,7-7,2% (±0,4)</td></tr><tr><td>Dzīvsudrabs, Hg, sausā parauga masa, mg/kg</td><td><0,1</td></tr><tr><td>Kadmījs, Cd sausā parauga masa, mg/kg</td><td><0,5</td></tr></table>	Nosakāmais rādītājs	Rezultāts (S1-S7) + S1/M2, S1/M3	Kopējais slāpeklis dabīgi mitra parauga masa, %	1,4-1,7 (±0,1)	Kopējais fosfors (P ₂ O ₅) dabīgi mitra parauga masa, %	0,02-0,06 (±0,02)	Kopējais kālijs (K ₂ O) dabīgi mitra parauga masa, %	0,04-0,06 (±0,02)	Lignīna saturs, %	29,2-34,6 (±0,4)	Organisko vielu saturs sausnā, %	97,2-96,7 (±0,1)	Mitrums, %	6,7-7,2% (±0,4)	Dzīvsudrabs, Hg, sausā parauga masa, mg/kg	<0,1	Kadmījs, Cd sausā parauga masa, mg/kg	<0,5	Raksturotas augsnes piedevas	9	
Nosakāmais rādītājs	Rezultāts (S1-S7) + S1/M2, S1/M3																				
Kopējais slāpeklis dabīgi mitra parauga masa, %	1,4-1,7 (±0,1)																				
Kopējais fosfors (P ₂ O ₅) dabīgi mitra parauga masa, %	0,02-0,06 (±0,02)																				
Kopējais kālijs (K ₂ O) dabīgi mitra parauga masa, %	0,04-0,06 (±0,02)																				
Lignīna saturs, %	29,2-34,6 (±0,4)																				
Organisko vielu saturs sausnā, %	97,2-96,7 (±0,1)																				
Mitrums, %	6,7-7,2% (±0,4)																				
Dzīvsudrabs, Hg, sausā parauga masa, mg/kg	<0,1																				
Kadmījs, Cd sausā parauga masa, mg/kg	<0,5																				

Arsēns, As sausā parauga masā, mg/kg	<1,2			
Svins, Pb sausā parauga masa, mg/kg	<0,1			
Vides reakcija, pH (KCl), pH vien.	7,9-8,7			
Projekta ietvaros veicot augsnes agroķīmisko analīzi, t.sk. nosakot pH, konstatējām ka augsnes ir vāji skābas. Saskaņā ar statistikas datiem, skābo augšņu īpatsvars Latvijā sastāda 50-70% no lauksaimniecībā izmantojamām zemēm. Ir zināms, ka skāba augsne samazinās pieejamību fosfora, kālija, kalcija un magnija augiem, bet palielinās toksisku elementu, piemēram mangāna, šķīdība. Tāpēc mēslojums ar pH 7,9-8,7 ir piemērots Latvijas augsnei. Balstoties uz virsmas laukumu, kas bija robežās no 0.66 līdz 0.91 m² g⁻¹ un poru tilpumu 1.66 - 2.48 mm³ g⁻¹, augsnes piedevām ir mēreni poraina struktūra, kas veicina mitruma aizturi un aerāciju, sekmējot sakņu augšanu un mikroorganismu aktivitāti.				
Rezultāts: novērtēta augsnes piedevas ietekme uz meža reproduktīvā materiāla un darzkopības stādu augšanu laboratorijas apstākļos klimatiskajā kamerā.				
Darbība nr.10. Augsnes piedevas testēšana, pārbaudot to ietekmi uz augu attīstības biodinamiku, izmantojot Rhizoscan iekārtu.				
Izpildītājs: Koksnes ķīmijas institūts Projektā veikts augsnes piedevas ietekmes novērtējums meža reproduktīvā materiāla (priežu sējeņu) un diļļu augšanu laboratorijas apstākļos klimatiskajā kamerā. Augsne darzkopības stādu audzēšanai tiek ņemta no bioloģiska lauka Skrīveros (agroķīmiski raksturots), kur vienlaikus tiek veikti arī lauka izmēģinājumi. Savukārt priežu sējeņu audzēšanai izmantota augsne no meža “Danči” (agroķīmiski raksturota). Priežu sējeņu audzēšanai klimatiskajā kamerā tika noteikti sekojoši režīmi: temperatūra 18-22 °C (dienas režīms), 12-16 °C (nakts režīms), relatīvais mitrums 60±2%, apgaismojums atbilstoši diena/nakts režīmam. Dillu audzēšanai tiek piemēroti līdzīgi klimatiskie apstākļi, ar temperatūru 18-22 °C (dienas režīms), 12-16 °C (nakts režīms), relatīvo mitrumu 70±2% un atbilstošu apgaismojuma (diena/nakts) režīmu. Augu audzēšanai, tiek testētas divas augsnes piedevas devas: 20 kg/ha un 40 kg/ha. Priežu sējiņi tiek audzēti 24 nedēļas, savukārt dilles – 8 nedēļas. Augu attīstības biodinamika tiek analizēta izmantojot Rhizoscan iekārtu. Iegūtie dati ir sistematizēti un atspoguļoti 6. un 7. tabulā.		Augsnes piedevu testi	2	

6. tabula. Diļļu audzēšana klimatiskajā kamerā

Ilgums	Vidējais diļļu virszemes daļas garums, cm	Diļļu sakņu garums, cm	Vidējais diļļu virszemes daļas garums, cm	Diļļu sakņu garums, cm	Vidējais diļļu virszemes daļas garums, cm	Diļļu sakņu garums, cm
	Kontrole		Augsnes piedeva, 20 kg/ha		Augsnes piedeva 40 kg/ha	
2 nedēļas	diģšana	diģšana	diģšana	diģšana	diģšana	Dģšana
4 nedēļas	14±3	8±3	17±2	12±2	24±3	15±2
8 nedēļas	34±4	21±3	36±4	24±3	52±4	28±3

7. tabula. Priežu sējeņu audzēšana klimatiskajā kamerā

Ilgums	Vidējais PS virszemes daļas garums, cm	PS sakņu garums, cm	Vidējais PS virszemes daļas garums, cm	Vidējais PS sakņu garums, cm	Vidējais PS virszemes daļas garums, cm	PS sakņu garums, cm
	Kontrole		Augsnes piedeva 20 kg/ha		Augsnes piedeva 40 kg/ha	
6 nedēļas	2±1	5±1	4±1	6±1	4±1	6±2
12 nedēļas	4±1	10±1	6±2	12±1	6±1	13±1
18 nedēļas	8±1	12±2	8±1	17±2	12±1	22±2
24 nedēļas	12±2	18±2	14±2	22±3	18±2	30±2



7. attēls. 12 nedēļu un 24 nedēļu veci priežu sējeņi (audzēti klimatiskajā kamerā)



8.attēls. Priežu sējiņu audzēšana bez/ar augsnes piedevu (40 kg/ha): četri pa kreisi-kontrole; četri pa labi – audzēti ar augsnes piedevu.

Balstoties uz abu augu sugu augšanas apstākļiem, par piemērotāko augsnes piedevas koncentrāciju tika atzīta 40 kg/ha.

Rezultāts: novērtēta augsnes piedevu toksicitāte uz augsnes mikroorganismiem.

Darbība nr. 11. Augsnes piedevas testēšana uz augsnes mikroorganismiem (augsnas elpošanas testi), izmantojot Oxi-Top iekārtu.

Izpildītājs: SIA Ekokompozit.

Projektā veikta augsnes piedevu testēšana izmantojot OxiTop sistēmu, lai novērtētu augsnes piedevas toksicitāti attiecībā uz augsnes mikroorganismiem. Noteikta augsnes piedevas deva pamatojoties uz Oxi-Top rezultātiem. Veikta iegūto datu apkope.

Augsnes piedevu (devā 20 un 40 kg/ha) iedarbība uz mikroorganismu darbību tiek mērīta izmantojot OxiTop sistēmu, kas mēra skābekļa patēriņu, ko izraisa mikroorganismu darbība. Tas ļauj novertēt, cik aktīvi mikroorganismi elpo. Intensīvākā mikroorganismu elpošana (augstākais O_2 patēriņš) novērota S1/M3 paraugā, sasniedzot ~1300-1400 mg O_2 /L ap 20. dienu – tas norāda uz visaugstāko bioloģisko aktivitāti un labvēlīgu ietekmi uz augsnes mikroorganismiem.

S1/M1, S1/M2 devā 20-40 kg/ha arī uzrāda augstu mikroorganismu aktivitāti (virs 1000 mg O_2 /L), tas liecina par ilgtspējīgu un stabilu mikroorganismu darbību.

S2/M1-S7 M1 u.c. piedevas uzrāda zemāku skābekļa patēriņu (~300-400 mg O_2 /L), kas var liecināt par vājāku mikroorganismu aktivāciju. Augsnei bija zems organisko vielu saturs.

Mērījumi
augsnas
paraugiem

18

Iegūtie emisijas dati norāda, ka visas augsnes piedevas nav toksiskas augsnes mikroorganismiem un var tikt izmantotas devā līdz 40 kg/ha. Ņemot vērā gan emisijas rezultātus, gan augsnes piedevas ietekmi uz augu augšanu laboratorijas apstākļos, piemērotākā deva ir 40 kg/ha, kas nodrošina augstu mikroorganismu aktivitāti.			
Rezultāts: augsnes paraugiem noteikts pH, organisko vielu un smago metālu saturs. Darbība nr. 12. Pētāmo meža un bioloģisko lauku augsnes agroķīmiskā izpēte. Izpildītāji: SIA EkoKompozit, Koksnes ķīmijas institūts, SIA Sijāti, SIA Lidums Mežs, Kārlis Šternbergs, Indulis Līdācis. Projekta laikā tiek veikta augsnes paraugu ņemšana no dažādām meža un bioloģiska lauka vietām, pavasarī, vasarā un rudenī. Kopumā tiek izanalizēti 36 augsnes paraugi. Augsnes paraugiem tiek noteikts N, P, K, organisko vielu saturs, smago metālu saturs un pH. Augsnes parauga ņemšanai tika pielietota “aploksnes” metode. Šīs metodes pamatā ir augsnes paraugu ņemšana 5 vietās, centrā un četros stūra punktos no 300 m² zemes platības. Paraugu ņemšana tika veikta izmantojot dārzkopības instrumentu ar notīrītu asmeni, kas nesaturēja koroziju un rūsu. Tālāk laboratorijas apstākļos augsnes paraugs, kas tika ievākts no pieciem punktiem, labi sajaukts un frakcionēts izmantojot sietus, akmeņu, koka gabaliņu, lapu u.c. piemaisījumu atdalīšanai. Pēc piemaisījumu atdalīšanas, augsnei veikta sasmalcināšana, kas ļāva iegūt smalkās frakcijas homogēno masu. Nobeigumā, šī biomasa tika izklāta vienmērīgā plānā kārtā (0,5 cm) kvadrāta formā, sadalīta četros sektoros, divu pretējo sektoru saturs tiek izmests, bet pārējie divi savienoti kopā un atkal sajaukti. Smago metālu — kadmija (Cd), vara (Cu), svina (Pb), cinka (Zn) — koncentrācijas noteikšanai saussnā paraugus sagatavo atbilstoši standartā LVS ISO 11466:1995 “Augsnes kvalitāte — Karaļūdenī šķīstošo elementu mineralizācija” minētajām metodēm un testē atbilstoši standartā LVS ISO 11047:2003 “Augsnes kvalitāte — Kadmija, hroma, kobalta, vara, svina, mangāna, niķeļa un cinka satura noteikšana augsnē, ekstrahējot ar karaļūdeni (slāpekļskābes maisījums ar sāļsskābi attiecībā 1:3). Dzīvsudraba (Hg) koncentrācijas noteikšanai paraugus sagatavo un testē atbilstoši standartā LVS 346:2005 “Augsnes kvalitāte — Dzīvsudraba noteikšana ar aukstā tvaika atomabsorbcijas spektrofotometriju” minētajām metodēm; Arsēna (As) koncentrācijas noteikšanai izmanto paraugu sagatavošanas un testēšanas metodes, kuras lietojot mazākā kvantitatīvi nosakāmā koncentrācija ir 1,0 mg/kg.	Augsnes paraugi	36	-

8. tabula. Augsnes paraugu agroķīmiskais raksturojums.

Parametrs	Augsne nr. 1	Augsne nr. 2	Augsne nr. 3	Augsne nr. 4	Augsne nr. 5	Augsne nr. 6
Zn, mg/kg	38,4±3,5 18,2±2,4 16,8±3,2 13,7±2,8 14,2±2,1 16,3±2,6	21,2±3,5 11,4±2,2 14,1±3,9 18,6±1,7 16,4±2,1 16,8±1,9	12,6±1,1 10,2±1,6 11,1±2,1 10,5±1,2 12,4±1,5 11,8±1,3	17,2±1,5 15,4±1,8 16,3±2,7 14,1±1,1 15,2±2,3 13,9±1,8	14,4±1,3 12,2±1,2 13,1±1,7 14,5±1,9 13,4±1,1 14,8±1,2	10,6±1,1 10,1±1,4 11,7±2,2 9,6±0,8 10,6±1,0 10,4±1,9
Cu, mg/kg	12,1±1,1 11,4±1,2 10,6±1,4 12,2±1,2 12,9±2,2 12,6±1,7	4,56* 3,7±1,2 3,6±1,4 3,2±1,5 3,9±1,1 4,6±1,3	3,77* 3,4±1,1 3,1±1,9 3,0±1,2 4,2±1,2 3,9±1,1	10,1* 10,4±1,2 13,1±2,9 12,3±1,4 9,7±1,1 11,4±1,2	<3,75 4,1±6,2 4,2 ±1,2 <3,75 <3,75 3,9±1,1	<4,6 4,7±1,2 5,6±1,2 5,1±1,1 5,9±1,6 4,9±1,2
Cd, mg/kg	<0,6 (visiem paraugiem)					
Pb, mg/kg	<8,2 (visiem paraugiem)					
As, mg/kg	4,2±1,1 3,8±1,2 3,1±1,1 3,4±1,2 3,2±1,4 4,1±1,2	2,3±1,1 2,1±1,2 2,1±1,2 2,4±1,3 2,1±1,1 2,4±1,4	1,51* 1,54±0, 2 3,1±1,1 3,4±1,2 3,2±0,4 4,1±1,2	1,48* 1,4±0,1 1,6±0,2 2,4±1,6 1,8±1,2 1,3±1,1	1,42* 1,4±0,3 1,2±0,3 1,7±0,6 1,5±0,2 1,6±0,4	<1,50* 1,1±0,2 1,6±0,2 1,5±0,3 1,7±0,3 1,4±0,2
Hg, mg/kg	<0,2 (visiem paraugiem)					

Rezultāts atrodas intervālā starp metodes noteikšanas robežu (MDL) un mazāko kvantitatīvi nosakāmo koncentrāciju (LQ).

Organisko vielu saturs noteikts atbilstoši standartam LVS EN 13039:2012, kopējais slāpeklis atbilstoši standartam LVS EN 13654-1:2003 /NAC:2004, fosfors atbilstoši standartam LVS 398:2002. Kopējais kālija saturs bija noteikts atbilstoši standartam LVS ISO 11466:1995 LVS ISO 9964-3:2000.

9. tabula Augsnes paraugu agroķīmiskais raksturojums (turpinājums)

Parametrs	Augsne nr. 1	Augsne nr. 2	Augsne nr. 3	Augsne nr. 4	Augsne nr. 5	Augsne nr. 6
Organisko vielu saturs, %	No 18,2±1,6 līdz 3,4±1,2	No 2,7±0,1 līdz 4,2±0,8	No 8,6±0,4 līdz 11,6±1,7	No 4,0±0,2 līdz 8,9±1,5	No 4,6±0,2 līdz 7,4±0,4	No 4,9±0,5 līdz 8,01±0,6
Kopējais N, %	No 0,04±0,01 līdz 0,63±0,07	No 0,08±0,02 līdz 0,12±0,01	No 0,04±0,01 līdz 0,30±0,03	No 0,12±0,01 līdz 0,21±0,06	No 0,06±0,01 līdz 0,11±0,04	No 0,08±0,01 līdz 0,14±0,04

Kopējais P, %	No 0,05 ±0,01 līdz 0,06 ±0,01	No 0,08±0,01 līdz 0,12±0,01	No 0,06±0,01 līdz 0,07±0,01	No 0,08±0,01 līdz 0,09±0,01	No 0,04±0,01 līdz 0,06±0,01	No 0,05±0,01 līdz 0,08±0,01
Kopējais K, %	No 0,03±0,01 līdz 0,247±0,0022	No 0,08±0,01 līdz 0,14±0,01	No 0,02±0,01 līdz 0,06±0,01	No 0,08±0,01 līdz 0,13±0,01	No 0,06±0,01 līdz 0,10±0,01	No 0,04±0,01 līdz 0,09±0,01
pH	No 4,2±0,2 līdz 4,8±0,3	No 5,5±0,2 līdz 5,8±0,1	No 4,7±0,2 līdz 5,9±0,4	No 5,8±0,2 līdz 6,0±0,2	No 4,6±0,2 līdz 6,3±0,3	No 5,2±0,3 līdz 6,1±0,2
Savstarpēji salīdzinot augsnes agroķīmiskus rādītājus, meža augsnēs ir konstatēts augstāks organisko vielu saturs nekā lauksaimniecības augsnē. Augsnes pH rādītāji ir tuvu vāji skābai reakcijai, kas nozīmē, ka augsnes piedevas ar pH 8 var palīdzēt samazināt skābumu, tādējādi uzlabojot barības vielu pieejamību augiem. Smago metālu saturs visos paraugos nepārsniedza pieļaujamās koncentrācijas.						
Rezultāts: novērtēta dažādu augsnes piedevu devu efektivitātes ietekme uz ražu un kviešu kvalitātes rādītājiem, kā arī pielāgots piedevas iestrādes paņēmieni. Darbība nr.13. Augsnes piedevas efektivitātes noteikšana kartupeļu un vasaras kviešu sējumos bioloģiskajā lauksaimniecībā (lauka izmēģinājumi). Izpildītājs: Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte Zemkopības zinātniskais institūts Lauka izmēģinājumā audzētā ziemas kviešu šķirne ‘Edvins’ izveidota AREI Stendes pētniecības centrā, reģistrēta 2014. gadā un vasaras kviešu šķirne ‘Robijs’. ‘Edvins’ šķirne ir agrīna, raksturojas ar ļoti labi ziemciētību, labi cero, vidēji veldres izturīga (5-7 balles). Šķirnes piemērotas audzēšanai gan bioloģiskajā, gan konvencionālajā lauksaimniecības sistēmā. Pielāgojot augsnes piedevas iestrādes paņēmieni augsnē, vispiemērotākais bija tāds, kad augsnes piedeva (40 kg/ha) tiek pievienota kviešu sēklām un visa masa tika izsēta laukā. Bioloģiskās lauksaimniecības sistēmā kultūraugu ražas parasti ir zemākas nekā konvencionālās lauksaimniecības apstākļos. 2024. gada meteoroloģiskajos apstākļos ziemas kviešu raža bija vidēja: 2.97-3.21 t ha⁻¹ un vasaras kviešu raža: 2,82 -3,43 t ha⁻¹. Sēklas						
Augsnes piedevas 3						

materiāla apstrāde ar augsnes piedevu (S1/M1, S1/M2, S1/M3) palielināja graudu ražu, tomēr statistiski nozīmīgs ražas pieaugums ($p < 0.001$) salīdzinājumā ar kontroli novērots tikai variantā S1/M1.

10. tabula. Augsnes piedevu ietekme kviešu audzēšanā.

Varianti	Ziemas kviešu graudu raža, t ha ⁻¹	Vasaras kviešu graudu raža, t ha ⁻¹
Kontrole	2.97 ⁿ	2.82 ^b
S1/M1 (+15 % Si)	3.21 ⁿ	3.43 ^a
S1/M2 (+10 % Si)	3.09 ⁿ	3.24 ^{ab}
S1/M3 (+5 % Si)	3.01 ⁿ	3.21 ^{ab}

ⁿ – statistiski būtiskas atšķirības nav konstatētas ($p > 0.05$)

Kviešu kvalitātes rādītāju dati tiek parādīti Darbībā Nr. 14.

Rezultāts: noteikti ziemas un vasaras kviešu kvalitātes rādītāji (produktīvo stiebru skaits, vienas vārpas svars, graudu skaits vienā vārpā, 1000 graudu masa, kopproteīna saturs, lipekļa un cietes saturs, Zeleny indekss, tilpummasa). Novērtētas sezonālās izmaiņas kviešu analīzē. Sagatavots raksts, iekaujot iegūtos datus.

Darbība nr.14. Kviešu ražas kvalitātes rādītāju noteikšana (produktīvo stiebru skaits, vienas vārpas svars, graudu skaits vienā vārpā, 1000 graudu masa, kopproteīna saturs, lipekļa un cietes saturs, Zeleny indekss, tilpummasa).

Izpildītājs: Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte, Zemkopības zinātniskais institūts.

Produktīvo stiebru skaitu ziemas un vasaras kviešu izmēģinājumos noteica pirms ziemas un vasaras kviešu novākšanas kviešu dzeltengatavības fāzē. Uzskaiti veica katrā lauciņā divās vietās 0.1 m² platībā saskaitot produktīvus stiebrus. Produktīvie stieбри ir stieбри, kam vārpās ir vismaz viens grauds, tiem ir dobs vidus. Graudu skaitu vārpā noteica, paraugkūļa kopējo graudu skaitu, izdalot ar produktīvo stiebru skaitu. 1000 graudu masu noteica atbilstoši LVS EN ISO 520:2011 “Graudaugi un pākšaugi”. Rādītāju noteica, izmantojot sēklu skaitītāju “Pfeuffer CONTADOR” un elektroniskos svarus ar precizitāti 0.01 g. Analizējot graudu rupjumu jeb 1000 graudu masu (11. tabula), būtiskas atšķirības starp variantiem netika konstatētas.

11. tabula. Augsnes piedevas ietekme uz kviešu rādītājiem.

Augsnes
piedevas

3

-

Varianti	Produktīvo stiebru skaits, gab. m ⁻²	Graudu skaits vārpā, gab.	1000 graudu masa, g	Viena vārpa svars, g
Ziemas kvieši				
Kontrole	308.8 ⁿ	28.8 ⁿ	33.5 ⁿ	0.52
S1/M1 (15% Si)	322.1 ⁿ	29.8 ⁿ	33.6 ⁿ	0.54
S1/M2 (10% Si)	317.0 ⁿ	29.3 ⁿ	33.4 ⁿ	0.56
S1/M3 (5 % Si)	309.9 ⁿ	28.8 ⁿ	33.7 ⁿ	0.52
Vasaras kvieši				
Kontrole	338.9 ^b	26.8 ^{ab}	31.1 ⁿ	0.51
S1/M1 (15% Si)	433.8 ^a	25.3 ^b	31.4 ⁿ	0.53
S1/M2 (10% Si)	396.1 ^{ab}	26.3 ^{ab}	31.2 ⁿ	0.52
S1/M3 (5 % Si)	367.8 ^{ab}	27.5 ^a	31.7 ⁿ	0.51

^{a,b} – statistiski būtiskas atšķirības starp sēkļu apstrādes variantiem

(p<0.05)

12. tabula. Augsnes piedevas ietekme uz vasaras kviešu rādītājiem (turpinājums)

Varianti	Koproteīnu saturs, %	Lipekļa saturs, %	Cietes saturs , %	Zeleny indekss, mL	Tilpumsvars, gL ⁻¹
Kontrole	13,5	25,7	65,9	51,86	726,6
S1/M1 (15% Si)	12,4	23,1	67,0	43,11	729,0
S1/M2 (10% Si)	13,0	24,7	66,7	47,38	724,7
S1/M3 (5 % Si)	13,5	25,8	65,6	52,11	717,8

Analizējot kopproteīna saturu, lipekļa, cietes saturu, Zeleny indekss un tilpumsvaru, būtiskas atšķirības starp variantiem netika konstatētas.

Rezultāts: veikta kartupeļu stādīšana bioloģiskajā laukā un novērtēta augsnes piedevas ietekme uz kartupeļu ražu, cietes saturu,

Augsnes
piedevas

3

preču produkcijas iznākumu. Dati sagatavoti publicātai un iesniegts zinātniskais raksts.

Darbība Nr. 15. Kartupeļu ražas novērtējums (ražas starpība starp variantiem, cietes saturs %, preču produkcijas iznākums, bumbuļu sadalījums pa frakcijām, viena bumbuļa svars).

Izpildītājs: Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte Zemkopības zinātniskais institūts.

Lauka izmēģinājumā audzētā kartupeļu šķirne 'Monta' selekcionēta Agroresursu un ekonomikas institūta Priekuļu pētniecības centrā 2003. gadā. Kopējā kartupeļu raža variēja no 13.93-20.01 t ha⁻¹ un raksturojama kā vidēja, preču produkcijas iznākums bija 84.9-88.5%. Sēklas materiāla apstrāde ar S1/M1 būtiski palielinājusi gan kopražu, gan preču produkcijas iznākumu.

Augstākā preču bumbuļa masa, iegūta variantā S1/M1 – 76.8 g (12. tabula).

12. tabula. Augsnes piedevu ietekme kartupelu audzēšanā.

Variant s	Kopraž a, t ha ⁻¹	Preču produkc ija, t ha ⁻¹	Preču produkc ija, %	Preču bumbuļ a svars, g	<35 mm (sīkie un nestandar ta kartupeļi , %)	35 - 55 mm (sēklas kartupeļi, , %)	> 55 mm (pārti kas kartup eļi), %
Kontr ole	13.93 ^b	11.83 ^b	84.9	73.5	2.10	10.24	1.59
S1/M1 (15% Si)	20.01 ^a	17.20 ^a	86.0	76.8	2.81	13.60	3.60
S1/M2 (10% Si)	16.98 ^{ab}	14.71 ^{ab}	86.6	73.9	2.27	11.99	2.72
S1/M3 (5 % Si)	17.57 ^{ab}	15.55 ^{ab}	88.5	72.4	2.03	12.52	3.02

^{a,b} – statistiski būtiskas atšķirības starp sēklu apstrādes variantiem (p<0.05).

Veikta datu analīze zinātniska raksta un zinātnības sagatavošanai.

Projekta pirmajā pusē nebija iespējams iestādīt kartupeļus, jo projekts sākās jūlijā. Tomēr lai būtu vairāk informācijas par augsnes piedevu ietekmi dārzena audzēšanā, lauku eksperimenti bija veikti redīsu audzēšanā un diļļu audzēšanā.



9. attēls. Redīsu audzēšanabiloģiskajā laukā.

14. tabula. Augsnes piedevas ietekme redīsu audzēšanā.

Variants	Kopējā raža, kg m ⁻²	Standartraž a, kg m ⁻²	Standartražs % no kopējās ražas	Vidējais svars, g
Kontrole—bez sēklu apstrādes	1.99 ^a	1.62 ^a	81	10.6 ^a
S1/M1 (15% Si)	2.67 ^b	2.25 ^b	84	13.4 ^b
S1/M2 (10% Si)	2.27 ^{a,b}	1.83 ^{a,b}	81	13.1 ^b
S1/M3 (5 % Si)	2.27 ^{a,b}	1.91 ^{a,b}	85	12.3 ^{a,b}

^{a,b} – statistiski būtiskas atšķirības starp sēklu apstrādes variantiem ($p < 0.05$).

Sēklu apstrāde ar augsne piedevu palielināja redīsu kopējo ražu, taču būtiskais pieaugums bija izmantojot augsnes piedevu ar 15 % Si. Sēklu apstrāde palielināja arī standartražas (t.i redīsi bez plaisām, tukšumiem un kukaiņu bojājumiem) iznākumu no kopējās ražas.



Dilles, 07.09.2023

Pirms novākšanas, 03.10.2023

10. attēls Diļļu audzēšana

15. tabula. Augsnes piedevas ietekme diļļu audzēšanā					
Variants	Kopējā zaļās masas raža, kg m ⁻²	Lapu virsma no kopējās auga masas, %			
Kontrole–bez sēklu apstrādes	0.93	86.3			
S1/M1 (15 % Si)	1.32 ^a	88.2			
S1/M2 (10% Si)	0.96	87.2			
S1/M3 (5% Si)	0.90	86.4			
^{a,b} – statistiski būtiskas atšķirības starp sēklu apstrādes variantiem (p<0.05) Sēklu apstrāde ar augsn es piedevu būtiski paaugstināja ne tikai dilles kop ejo zaļās masas ražu, lapu virsmas kop ejo masu, kā arī kop ejo polifenolu, t.sk. flavonoīdu saturu biomasā. Polifenolu saturs diļļu ekstraktā pieauga no 60,12 līdz 65,03 mgGAS/SM. Flavonoīdu saturs ekstraktā pieauga no 42,7 līdz 46,8 mg RU/SM.					
Rezultāts: noteikta augsn es piedevas efektivitāte dažādās devās smiltsērks ķ šu spraud e ņu apsak ņo šani un stādu audz ēšanai. Apkopoti dati, sagatavota zinātība.					
Aktivitāte Nr. 16. Augsn es piedevas efektivitātes noteikšana smiltsērks ķ šu spraud e ņu apsak ņo šanā un stādu audz ēšanā (lauka izm ēginājumi); spraud e ņu apsak ņo šanas dinamikas nov ērt ēšana, izmantojot RhizoScan iekārtu.					
Izpildītājs: LV Koksnes ķīmijas institūts, SIA BRUwell					
Projekta laikā tiek test ētas augsn es piedevas (S1/M1; S1/M2 un S1/M3) smiltsērks ķ šu spraud e ņu audz ēšanai (apsak ņo šanai) ar devu 20 kg/ha un 40 kg/ha. Visi SME stādi ņi tiek analiz ēti gan m ērot ar lineāli, gan izmantojot Rhizoscan iekārtu. Iegūtie dati tiek atspogu loti 16. tabulā.			Augsnes paraugi 2 devās	3	
					
11. att ēls. Lauku izm ēginājumi (SME) audz ēšanā					

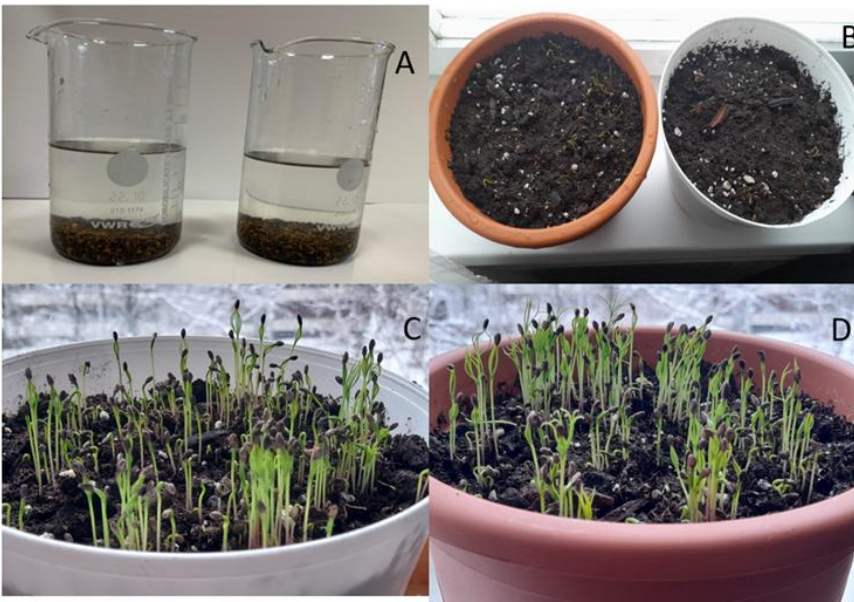


12. attēls. SME divgadīgo stādu sagatavošana testēšanai

Veikti paraugu mērījumi un savstarpēji salīdzināti. Rezultāti sagatavoti zinātniskajam pārskatam.

16. tabula. SME mērījumi saknēm un virszemes daļai

Augšanas periods	Paraugi	Sakņu garums, cm	Virszemes daļas garums, cm
01.03.24-31.05.24	Kontrole	32±8	34±6
01.03.24-31.05.24	S1/M1 ar 15% Si; deva 40 kg/ha	34±5	36±9
01.03.24-31.05.24	S1/M1 ar 15% Si; deva 20 kg/ha	34±6	34±3
01.06.24-31.08.24	Kontrole	52±11	42±13
01.06.24-31.08.24	S1/M1 ar 15% Si; deva 40 kg/ha	55±14	44±12
01.09.24-30.11.24	Kontrole	72±11	46±11
01.09.24-30.11.24	S1/M1 ar 15% Si; deva 40 kg/ha	79±9	47±16
01.01.25-31.03.25	Kontrole	82±15	65±12
01.01.25-31.03.25	S1/M1 ar 15% Si; deva 40 kg/ha	81±13	64±16
01.04.25-30.06.25	Kontrole	94±12	83±11
01.04.25-30.06.25	S1/M1 ar 15% Si; deva 40 kg/ha	96±18	81±16
01.04.25-30.06.25	S1/M1 ar 15% Si; deva 20 kg/ha	96±12	83±9

Datu lielās izkliedes dēļ, augsnes piedevas efektivitāte smiltsērķšķu audzēšanā nebija statistiski nozīmīga.			
Rezultāts: veikti augsnes piedevu efektivitātes pētījumi priežu sēklu dīgšanai optimālos apstākļos klimatiskajā kamerā. Darbība nr. 17.- Augsnes piedevas efektivitātes noteikšana sertificēto priežu sēklu dīgšanas intensitātes uzlabošana. Izpildītājs: Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūts. Pētījumos tiek izmantotas visas augsnes piedevas 40 kg/ha, veicot sertificēto priežu sēklu dīgšanas eksperimentus klimatiskajā kamerā pie sekojošiem režīmiem: temperatūra 18-22 °C (dienas režīms), 12-16 °C (nakts režīms), relatīvais mitrums 60±2%, apgaismojums atbilstoši diena/nakts režīmam. Būtiska augsnes piedevu efektivitāte sēklu dīgšanā netika novērota.  13. attēls. Priežu sēklu dīgšanas pētījumi: sēklu mērcēšana 5 dienas (A), 4 dienu sēklu dīgšana augsnē (B), 20 dienā priežu dīgsti bez piedevas (C), priežu dīgsti ar piedevu (D).	Augsnes piedevas	9	-
Rezultāts: veikts augsnes piedevas novērtējums sertificēto priežu sējiņu audzēšanā substrāta podiņos, laboratorijas apstākļos, klimatiskajā kamerā. Pielāgoti augšanas apstākļi, parbaudītās divas augsnes piedevas, kā substrātu izmantojot agroķīmiski raksturotu augsni. turpināta priežu sējiņu audzēšana. Darbība nr. 18. Augsnes piedevas efektivitātes noteikšana sertificēto priežu sējiņu audzēšanā substrāta podiņos; Sējiņu augšanas dinamikas novērtēšana, izmantojot RhizoScan iekārtu. Izpildītāji: Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūts, SIA Sijāti, privātpersona Indulis Līdācis. Veicot sertificēto priežu sējiņu audzēšanu klimatiskajā kamerā, tiek izmantoti:	PS audzēšanas veidi	2	-

- 1) Iegādātie sertificētie priežu sējiņi;
- 2) Augsnes piedeva S1/M1 devā 20 kg/ha
- 3) Augsnes piedeva S1/M1 devā 40 kg/ha.
- 4) Pielāgotie priežu sējiņu augšanas apstākļi: temperatūra 18-22 °C (dienas režīms), 12-16 °C (nakts režīms), relatīvais mitrums 60±2%, apgaismojums atbilstoši diena/nakts režīmam.

17. tabula. Priežu sējeņu audzēšana klimatiskajā kamerā.

Ilgums	Vidējais PS virszemes daļas garums, cm	PS sakņu garums, cm	Vidējais PS virszemes daļas garums, cm	Vidējais PS sakņu garums, cm	Vidējais PS virszemes daļas garums, cm	PS sakņu garums, cm
	Kontrole		Augsnes piedeva 20 kg/ha		Augsnes piedeva 40 kg/ha	
3 mēneši	11±2	16±4	14±2	17±4	18±2	30±2
6 mēneši	23±3	28±5	26±4	29±3	28±3	34±3
9 mēneši	26±4	30±6	28±2	31±4	34±4	37±6
12 mēneši	35±3	32±2	37±4	39±2	42±6	48±3
18 mēneši	42±4	36±2	46±3	48±7	51±5	52±4



15. attēls. Sertificēto priežu sējiņu audzēšana laukā (ziemā apsildamā siltumnīcā).

18. tabula. Priežu sējeņu audzēšana siltumnīcā

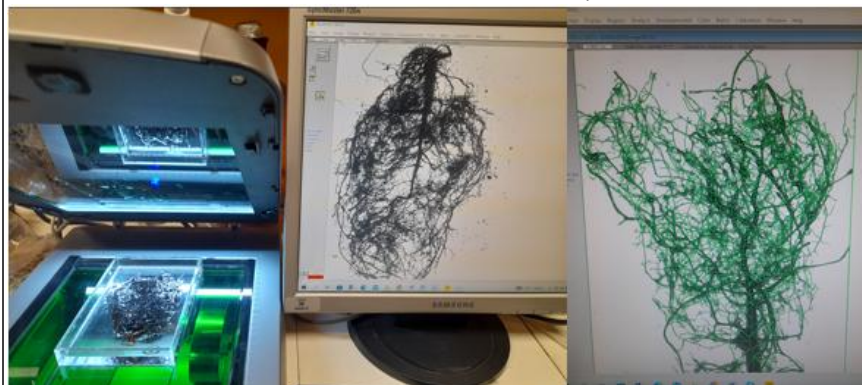
Ilgums	Vidējais PS virszemes daļas garums, cm	PS sakņu garums, cm	Vidējais PS virszemes daļas garums, cm	Vidējais PS sakņu garums, cm	Vidējais PS virszemes daļas garums, cm	PS sakņu garums, cm
	Kontrole		Augsnes piedeva 20 kg/ha		Augsnes piedeva 40 kg/ha	

Sākuma parametri	11±2	14±3	11±2	14±3	11±2	14±3			
6 mēneši	12±3	18±5	16±4	19±4	18±3	21±4			
12 mēneši	18±3	22±4	27±4	29±5	32±5	38±6			
18 mēneši	31±4	33±5	34±4	35±7	41±2	43±3			
Savstarpēji salīdzinot priežu sējeņu augšanas dinamiku klimatiskajā kamerā un siltumnīcā, labākus rezultātus parādīja sējeņu audzēšana klimatiskajā kamērā pie optimāliem režīmiem augsnes piedevas klātbūtnē. Izaudzētie 200 priežu sējiņi tiek pārstādīti mežā 120 m² platībā.									
									
16. attēls. Pārstādītie priežu sējiņi mežā, bez papildus augsnes piedevas.									
Rezultāts: izvērtēta augsnes piedevu ietekme priežu sējeņu audzēšanā. Veikta sējiņu augšanas dinamikas novērtēšana, izmantojot RhizoScan iekārtu. Darbība nr.19 Augsnes piedevas efektivitātes noteikšana sertificēto priežu sējiņu audzēšanā mežā, sagatavotā augsnē; Sējiņu augšanas dinamikas novērtēšana, izmantojot RhizoScan iekārtu. Izpildītāji: Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūts, SIA Lidums mežs, privātpersona Kārlis Šternbergs. Augsnes piedeva S1/M1 ar 15%Si koncentrāciju tika testēta devā 40 kg/ha, izmantojot viengadīgus sertificētus priežu sējeņus (kopā 600 sējeņi) stādīšanā partneriem piederošajos meža nogabalos.							Iestādīti priežu sējeņi	600	-



17. attēls. Priežu sējeņu stādīšanas process izmantojot augsnes piedevu.

Augsnes piedevas efektivitātes novērtēšanai priežu sējeņu audzēšanā katru trešo mēnesi no katras meža plantācijas tika nejauši atlasīti 30 sējeņi. Sakņu sistēmas morfoloģiskā analīze veikta, izmantojot RhizoScan iekārtu, kas ļauj precīzi noteikt sakņu garumu, laukumu un sazarojumu skaitu (18. attēls). Vienlaikus sējeņiem tika mērīts arī virszemes daļas garums, izmantojot standarta mērīšanas metodes ar mērlenti. Iegūtie dati tiek izmantoti, lai izvērtētu augsnes piedevas ietekmi uz sējeņu attīstības dinamiku.



18. attēls. Priežu sējeņu sakņu analīze izmantojot RhizoScan iekārtu.

Iegūtie priežu sējeņu vidējie rādītāji tiek atspoguoti tabulā. Eksperimenta sākumā abiem variantiem tiek izmantoti priežu sējeņi ar virszemes daļas garumu 12 ± 4 cm, sakņu garumu 15 ± 3 un sakņu laukumu 63 ± 4 cm². Pēc 3 mēnešiem, janvārī nebija iespējams izmērīt sakņu garumu, tomēr virszemes daļas pieaugums bija novērojams kontrolē 14 ± 4 cm, bet ar piedevu 16 ± 5 cm, kas liecina par agrīnu pozitīvu ietekmi uz virszemes daļas attīstību. No 6 mēneša sāk izpausties izteiktākas atšķirības starp variantiem. Ar augsnes piedevu apstrādātajiem sējeņiem: sakņu garums palielinājās līdz 29 ± 5 cm, salīdzinot ar 26 ± 4 cm kontrolē. Sakņu

laukums sasniedz $164 \pm 29 \text{ cm}^2$, kas gan bija zemaks nekā kontrolē $182 \pm 26 \text{ cm}^2$, bet vēlākajos mērījumos šī tendence mainījās. No 9 mēneša un īpaši 12 un 18 mēnesī redzama būtiska atšķirība starp apstrādāto un neapstrādāto variantu: 12 mēnesī sakņu garums ar piedevu sasniedza $52 \pm 7 \text{ cm}$, kontrolē tikai $36 \pm 3 \text{ cm}$. 18 mēnesī sakņu laukums ar piedevu bija $558 \pm 31 \text{ cm}^2$, kontrolē $433 \pm 20 \text{ cm}^2$, kas ir par 29 lielāks pieaugums ar piedevu. Arī virszemes daļas garums 18. mēnesī bija lielāks piedevas variantā $43 \pm 6 \text{ cm}$, salīdzinot ar 34 ± 6 kontrolē.

19. tabula. Priežu sējeņu analīze (SIA Līdums mežs)

Ilgums	PS virszemes daļas garums , cm	Sakņu garums , cm	Sakņu laukums, cm^2	PS virszemes daļas garums , cm	Sakņu garums , cm^2	Sakņu laukums , cm^2
	Kontrole			Augsnes piedeva, S1/M1, 40 kg/ha		
Sākuma parametri	12 ± 4	15 ± 3	63 ± 4	12 ± 4	15 ± 3	63 ± 4
3 mēneši	14 ± 4	-	-	16 ± 5	-	-
6 mēneši	22 ± 3	26 ± 4	182 ± 26	24 ± 5	29 ± 5	164 ± 29
9 mēneši	26 ± 3	29 ± 6	218 ± 24	32 ± 3	33 ± 4	227 ± 21
12 mēneši	32 ± 4	36 ± 3	237 ± 19	39 ± 3	52 ± 7	326 ± 32
15 mēneši	33 ± 8	-	-	41 ± 3	-	-
18 mēneši	34 ± 6	35 ± 7	433 ± 20	43 ± 6	61 ± 5	558 ± 31

Līdzīga tendence tiek novērota arī priežu sējeņu audzēšanā Kārļa Šternberga piederošā mežā. Rezultāti tiek redzami 20 tabulā.

20. tabula. Priežu sējiņu analīze (Kārlis Šternbergs)

Ilgums	PS virsze mes daļas garums , cm	Sakņu garums , cm	Sakņu laukum s, cm ²	PS virsze mes daļas garums , cm	Sakņu garums , cm ²	Sakņu laikums , cm ²			
	Kontrole			Augsnes piedeva, S1/M1, 40 kg/ha					
Sākum a parame tri	13±2	14±2	58±3	13±2	14±2	58±3			
3 mēneši	14±3	-	-	15±3	-	-			
6 mēneši	19±4	21±3	144±12	22±4	26±3	151±23			
9 mēneši	22±3	24±4	198±26	25±4	28±5	217±21			
12 mēneši	26±4	29±5	216±21	32±3	45±6	245±26			
15 mēneši	31±2	-	-	34±3	-	-			
18 mēneši	33±4	35±3	237±22	40±3	47±4	332±18			
Šie rezultāti parāda, ka augsnes piedeva 40 kg/ha devā pozitīvi ietekmē priežu sējeņu attīstību mežā. Salīdzinājumā ar kontroli, sējeņi ar piedevu uzrāda lielāku sakņu garumu un laukumu, īpaši no 9 līdz 18. mēnesim un nozīmīgu virszemes daļas pieaugumu, kas norāda uz uzlabotu augšanas dinamiku. Šie rezultāti apliecina, ka izvēlēta augsnes piedeva un izvēlēta deva veicina labāku sakņu sistēmas attīstību un vispārēju auga vitalitāti, kas ir būtiski priežu sējeņu kvalitatīvai audzēšanai. Piedeva var tikt rekomendēta kā efektīvs līdzeklis priežu sējeņu audzēšanai.									
Rezultāts: vērtēta augsnes piedevas (M1) ietekme nonīkušām priedītēm. Darbība nr. 20.- Augsnes piedevas efektivitātes novērtēšana uz nonīkušiem mežā augošiem priežu stādīņiem. Izpildītājs: privātpersona Kārlis Šternbergs. Augsnes piedeva devā 40-60 kg/ha neuzrādīja pozitīvo efektivitāti nonīkušām priedītēm. Priežu sējeņi saglabājās brūnā krāsā, liecinot par iespējamu dzinumu bojājumu vai augšanas pārtraukumu. Neskatoties uz augsnes piedevas pielietošanu, netika novērotas atveseļošanās pazīmes vai jaunu dzinumu veidošanās. Tas norāda,							Augsnes piedevas S1/M1 devas	2	-

ka piedevas efektivitāte var būt ierobežota gadījumos, kad augi jau ir stipri novājināti vai bojāti. Tādēļ būtiski ir nodrošināt piemērotus augšanas apstākus jau sējeņu attīstības sākumposmā.			
Rezultāts: veikts polifenola kompleksa un procianidīnu maisījuma efektivitātes novērtējums priežu sējeņu aizsardzībā augšanas laikā. Darbība nr. 21. Polifenolu kompleksa un proantocianidīnu testēšana priežu sējiņu aizsardzībā no patogēniem mikroorganismiem un kaitēkļiem sējiņu augšanas laikā (vizuāli); Paraugu koncentrācija tiks izvēlēta, pamatojoties uz antimikrobiālās aktivitātes testu rezultātiem. Izpildītājs: privātpersona Kārlis Šternbergs, SIA Līdums mežs. Tika veikts polifenola kompleksa un procianidīnu maisījuma efektivitātes novērtējums priežu sējeņu aizsardzībā augšanas laikā. Pētījumā izmantotā preparāta koncentrācija (2%) noteikta, pamatojoties uz iepriekš veiktiem fungicīdās aktivitātes testiem <i>in vitro</i>, kuros tika konstatēta minimālā fungicīdā aktivitāte pret <i>B. cinerea</i>, <i>Heterobasidion</i> spp., un <i>Mycosphaerella</i> spp. Priežu sējeņi tika apsmidzināti reizi mēnesī, sākot no veģetācijas perioda sākuma. Vizuāli tika novērots sējeņu veselības stāvoklis, īpašu uzmanību pievēršot slimības pazīmēm vai kaitēkļu bojājumiem. Tomēr pārbaudes periodā netika konstatētas atšķirības starp apstrādātajiem un kontroles augiem – visas sējeņu grupas saglabājās veselīgas un bez redzamām infekcijas vai kaitēkļu pazīmēm. Līdz ar to efektivitātes novērojums šajā posmā nebija iespējams. Šie rezultāti norāda, ka turpmākajos testos būtu lietderīgi veikt izmēģinājumus apstākļos ar paaugstinātu infekcijas fonu vai maksimāli inficēt augus, lai pilnvērtīgi novērtētu preparātu aizsargājošo efektu.	Augu aizsardzības līdzeklis	2	-
Rezultāts: notestēts augu aizsardzības līdzeklis kviešu aizsardzībā no patogēniem mikroorganismiem un kaitēkļiem to augšanas laikā. Darbība nr. 22. Polifenolu kompleksa un proantocianidīnu testēšana kviešu aizsardzībā no patogēniem mikroorganismiem un kaitēkļiem to augšanas laikā (vizuāli); Paraugu koncentrācija tiks izvēlēta, pamatojoties uz antimikrobiālās aktivitātes testu rezultātiem. Izpildītājs: LBTU, Zemkopības institūts Veikta lapu slimību uzskaitē vasaras kviešu lauka izmēģinājumā, lai testētu PAC kompleksa efektivitāti vasaras kviešu aizsardzībā no patogēniem mikroorganismiem un kaitēkļiem to augšanas laikā. Tiek iekārtots divfaktoru izmēģinājums, kas ļauj pētīt Preparāta efektivitāti dažādās kombinācijās ar sēklu apstrādes preparātiem	augu aizsardzības līdzeklis	1	

(S1/M1, S1/M2 un S1/M3). Preparāts tiek izsmidzināts vasaras kviešu karoglapas parādīšanās līdz attīstītas karoglapas fāzē (37.–39. AE) 15.06.2024. Izmēģinājumā vērtēta inficēšanos ar lapu slimībām: kviešu lapu dzeltenplankumainību (ieros. <i>Pyrenophora tritici-repentis</i>), brūno rūsu (ieros. <i>Puccinia recondita</i>) un graudzāļu miltrasu (ieros. <i>Blumeria graminis</i>). Lapu slimību attīstība vērtēta dabīgās infekcijas fonā piecas reizes veģetācijas laikā, vizuāli nosakot slimības attīstības pakāpi visā izmēģinājumu lauciņā katrā atkārtojumā. Slimības attīstības pakāpe parāda slimību bojāto lapas virsmu procentos no kopējās lapas virsmas, kur: 0% – nav redzamu slimības simptomu; 1% – slimību izraisītie bojājumi sasniedz 1% no kopējās lapas virsmas; 5% – slimību izraisītie bojājumi sasniedz 5% no kopējās lapas virsmas; 10% – slimību izraisītie bojājumi sasniedz 10% no kopējās lapas virsmas; 25% – slimību izraisītie bojājumi sasniedz 25% no kopējās lapas virsmas; 50% – slimību izraisītie bojājumi sasniedz 50% no kopējās lapas virsmas; 75% – slimību izraisītie bojājumi sasniedz 75% no kopējās lapas virsmas; 100% – lapa ir atmirusi. Lapu slimības uzskaita 1. līdz 2. mezgla attīstības fāzē (31.–32. AE), karoglapas parādīšanās līdz attīstītas karoglapas fāzē (37.–39. AE), ziedēšanas fāzes vidū (63.–65. AE), piengatavības fāzes sākumā (71.–73. AE) un piengatavības fāzes vidū (75.–77. AE). Pirmajā uzskaites reizē vērtē 50 augus lauciņā. Tālākās uzskaitēs vērtē 50 lapas no katra lauciņa, proporcionāli ņemot karoglapas, pirmās un otrās lapas. Meteoroloģiskie apstākļi veģetācijas periodā nebija labvēlīgi vasaras kviešu augšanai un attīstībai. Vasaras kviešu sējas laikā (02.05.2024.) augsnes apstākļi sēklu dīģšanai bija labi, taču maijā sākās sausuma periods, kurš ilga līdz augusta vidum. Vienīgi jūnija I. dekādē nokrišņu daudzums sasniedza normu (96% no normas). Sausais un karstais laiks paātrināja vasaras kviešu nogatavošanos un kviešus nokūla jau 5. augustā. Par sausuma stresu liecina arī kviešu īsais augums (50-55 cm). Kviešu lapu slimības attīstībai labvēlīgos apstākļos rada ievērojamus ražas zudumus un samazina graudu kvalitāti. Lapu slimību attīstību būtiski ietekmē meteoroloģiskie apstākļi kā gaisa vidējā temperatūra un nokrišņu daudzums. Šī gada meteoroloģiskajos apstākļos vasaras kviešos novēroja kviešu lapu dzeltenplankumainību (ieros. <i>Pyrenophora tritici-repentis</i>), brūno rūsu (ieros. <i>Puccinia recondita</i>) un graudzāļu miltrasu (ieros. <i>Blumeria graminis</i>). Kviešu lapu dzeltenplankumainība pēdējos gados ir Latvijā dominējošā kviešu lapu slimība (Bankina et al., 2022). Galvenais infekcijas avots ir asku sporas, kuras veidojas pseudotēcijās kviešu salmos pēc ražas novākšanas un tur arī pārziemo. 21. tabula. Lapu slimību attīstības pakāpe vasaras kviešoss, %			
--	--	--	--

Variants	31.–32. AE 20.05.		37.–39. AE 10.06.		63.–65. AE 25.06.		71.–73. AE 15.07.		75.–77. AE 20.07.	
	ko ntr ole	Pre par āts	ko ntr ole	Pre par āts	ko ntr ole	Pre par āts	ko ntr ole	Pre par āts	Ko ntr ole	Pre par āts
Kviešu lapu dzeltenplankumainības (ieros. <i>Pyrenophora tritici-repentis</i>)										
M0	0.1	0.1	1.5	1.5 8	3.2	3.1	16. 5	16. 5	19. 6	18. 5
M1	0.1	0.1	1.6	2.1	3.1	3.0	18. 2	17. 6	20. 2	19. 2
M2	0.1	0.1	2.6	1.9	3.1	2.9	16. 5	15. 6	18. 6	19. 2
M3	0.1	0.1	2.5	2.4	3.5	3.4	17. 5	17. 6	19. 2	18. 6
Brūnā rūsa (ieros. <i>Puccinia recondita</i>)										
M0	0	0	0.1	0.1	5.8	5.6	33. 4	32. 5	35. 6	36. 9
M1	0	0	0.1	0.1	6.2	5.8	35. 6	33. 6	38. 6	37. 2
M2	0	0	0.1	0.1	8.2	7.5	32. 5	31. 2	37. 4	35. 5
M3	0	0	0.1	0.1	6.9	7.2	36. 5	34. 8	37. 5	36. 4
Graudzāļu miltresa (ieros. <i>Blumeria graminis</i>)										
M0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
M1	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
M2	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
M3	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Lai gan pirmās kviešu lapu dzeltenplankumainības pazīmes (kontroles variantos – 0.1%) uz augiem novēroja jau kviešu stiebrošanas fāzes sākumā (21. tabula), strauja slimības attīstība sākās piengatavības sākumā. Šajā veģetācijas periodā vasaras kviešos dominējošā slimība bija <i>brūnā rūsa</i>. Slimības ietekmē samazinās fotosintēzējošā virsma, līdz ar to samazinās auga garums un graudu raža (Chen et al., 2014). Latvijā līdz šim nav veikti pētījumi par brūnās rūsas ierosinātāja bioloģiju un attīstību, bet pētīta slimības attīstība kompleksi kopā ar citām kviešu lapu slimībām. Brūnās rūsas simptomi parādījās karoglapas plaukšanas laikā (21. tabula), turpmākajās kviešu attīstības fāzes slimības attīstības pakāpe strauji pieauga. Piengatavības laikā brūnās rūsas simptomi (19. attēls) bija sastopami pat uz karoglapas, atsevišķām lapām pārklājot virsmu līdz pat 75%. Slimības netipiski augstā attīstības pakāpe varētu būt izskaidrojama ar siltajām ziemām, jo patogēns ziemo micēlija veidā inficētos ziemajos, pabiru asnos, augu atliekās un starpsaimniekos										

(Boltonn, Kolmer, Garvin, 2008). Brūnās rūsas attīstību ietekmē arī gaisa relatīvais mitrums, gaisa temperatūra un nokrišņi (Rodríguez-Moreno et al., 2020). Brūnā rūsā attīstās no +10... +30 °C (Wagar et al., 2018), bet optimālā temperatūra +20... +25 °C ar nakts temperatūru no +15... +20 °C (Rodríguez-Moreno et al., 2020), šādas temperatūras bija raksturīgas veģetācijas periodam.

Graudzāļu miltrasu kviešu sējumos Latvijā konstatē katru gadu, taču tās attīstības pakāpe sējumos nepārsniedz 2% (Bankina et al., 2018; 2022) un būtiski ražu neietekmē. Optimālā temperatūra konīdiju dīgšanai ir +10...+20 °C, taču tās dīgst daudz plašākā temperatūras amplitūdā – no +5...+30 °C. Patogēna attīstībai svarīgs ir gaisa mitrums, jo konīdijas dīgst bez brīva ūdens – optimālais gaisa relatīvais mitrums ir 95% (Savary et al., 2017; Gao, Niu, Li, 2018). Vasaras kviešos graudzāļu miltrasa konstatēta karoglapas plaukšanas laikā uz apakšējām lapām (visos variantos 0.1%). Arī vēlākās uzskaitēs konstatēta slimības izplatība, taču tās attīstības pakāpe nepieauga un slimības simptomi bija sastopami tikai uz apakšējām lapām.



19.attēls. Brūnā rūsā (ieros. *Puccinia recondita*) un kviešu lapu dzeltenplankumainība (ieros. *Pyrenophora tritici-repentis*) uz vasaras kviešu lapām piengatavības laikā, 18.07.2024.)

Variantos, kur lietoti PAC preparāti, nenovērojām preparāta ietekmi uz lapu slimību attīstības pakāpi, līdz ar to Preparāta lietošanas tehniskā efektivitāte bija zema (0-5%).

Vasaras kviešu graudu raža variēja no 2.82–3.85 t ha⁻¹, kas vērtējama kā vidēja. Sēklas materiāla apstrāde ar augsnes piedevām palielināja graudu ražu, tomēr būtisku ražas pieaugumu ($p < 0.001$)

un produktīvo stiebru skaitu, salīdzinot ar kontroli, ieguva tikai variantā S1/M1 (22. tabula)

22. tabula. Produktīvo stiebru skaits vasaras kviešiem, gab. m⁻²

Varianti	Kontrole (bez preparāta)	Ar preparātu
Bez augsnes piedevas	338.9 ^b	354.2 ^b
S1/M1 (15% Si)	433.8 ^a	428.1 ^a

* a,b – statistiski būtiskas atšķirības starp sēklu apstrādes variantiem (p<0.05)

Būtiski lielāks graudu skaits vārpā konstatēts variantos, kur lietots polifenolu komplekss un proantocianidīni slimību ierobežošanai - vidēji 28.3 graudi vārpā (23. tabula). Sēklas materiāla apstrādei bija nozīme kontroles variantā – būtiski lielāks graudu skaits vārpā konstatēts variantā S1/M1. Lietojot polifenolu kompleksu un proantocianidīnus, graudu skaits variantos bija līdzīgs (p>0.05).

23. tabula. Graudu skaits vārpā vasaras kviešiem, gab

Variants	Smidzināšana uz lapām	
	Kontrole	Ar Preparātu
Bez augsnes piedevas	26.8 ^{ab}	27.5 ⁿ
S1/M1 (15% Si)	25.3 ^b	28.3 ⁿ

a,b – statistiski būtiskas atšķirības starp sēklu apstrādes variantiem (p<0.05) ⁿ – statistiski būtiskas atšķirības nav konstatētas (p>0.05)

Izmantotās literatūras saraksts:

1. Bankina B., Bimšteine G., Arhipova I., Kaņeps J., Darguža M. (2021). Impact of crop rotation and soil tillage on the severity of winter wheat leaf blotches. *Rural sustainability research*, Vol. 45 (340), p. 21–27.
2. Bankina B., Bimšteine G., Arhipova I., Kaņeps J., Stanka T. (2018). Importance of agronomic practice on the control of wheat leaf diseases. *Agriculture*, Vol. 8, article 56.
3. Bankina B., Gaile Z., Balodis O., Bimšteine G., Katamadze M., Kreita Dz., Paura L., Priekule I. (2014). Harmful winter wheat diseases and possibilities for integrated control of Latvia. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant*, Vol. 64 (7), p. 615– 622.
4. Bankina B., Kaņeps J., Darguža M., Bimšteine G. (2022). Development of wheat leaf blotches depending on soil tillage system. IOP Conference: Earth and Environmental Science, Volume 1096, article No. 1096.

5. Bolton M. D., Kolmer J. A., Garvin D. F. (2008). Wheat leaf rust caused by <i>Puccinia triticina</i>. <i>Molecular Plant Pathology</i>, Vol. 9 (5), p. 563–575. 6. Chen W., Wellings C., Chen X., Kang Z., Liu T. (2014). Wheat stripe (yellow) rust caused by <i>Puccinia striiformis</i> f.sp. <i>tritici</i>. <i>Molecular Plant Pathology</i>, Vol. 15 (5), p. 433–446. 7. De Wolf E. D., Effertz R. J., Ali S., Franc L. J. (1998). Vistas of tan spot research. <i>Canadian Journal of Plant Pathology</i>, Vol. 20 (4), p. 349–444. 8. Gao H., Niu J., Li S. (2018). Impacts of wheat powdery mildew on grain yield and quality and its prevention and control methods. <i>American Journal of Agriculture and Forestry</i>, Vol. 6 (5), p. 141–147. 9. Hosford R. M., Larez C. R., Hammond J. J. (1987). Interaction of wet period and temperature on <i>Pyrenophora tritici-repentis</i> infection and development in wheats of different resistance. <i>Phytopathology</i>, Vol. 77, p. 1021–1027. 10. Rodrigues-Algaba J., Sørensen C. K., Labouriau R., Justesen A. F., Hovmøller M. S. (2020). Susceptibility of winter wheat and triticale to yellow rust influenced by complex interaction between vernalisation, temperature, plant growth stage and pathogen race. <i>Agronomy</i>, Vol. 10, article 13. 11. Ronis A., J., Jørgensen L. N., Semaškienė R., Gaurilčikienė I., Ramanauskienė J. (2014). Sensitivity of <i>Mycosphaerella graminicola</i> isolates to demethylation-inhibiting (DMI) fungicides. <i>Zemdirbyste-Agriculture</i>, Vol. 101 (2), p. 177–184. 12. Wright K. H., Sutton J. C. (1990). Inoculum of <i>Pyrenophora tritici-repentis</i> in relation to epidemics of tan spot of winter wheat in Ontario. <i>Canadian Journal of Plant Pathology</i>, Vol. 12 (2), p. 149–157.			
Rezultāts: Augsnes piedevu un augu aizsardzības līdzekļu lietošanas rekomendācijas izstrāde. Darbība nr. 23. Augsnes piedevu un augu aizsardzības līdzekļu lietošanas rekomendācijas izstrāde. Izpildītājs: Koksnes ķīmijas institūts. Sagatavota augsnes piedevu un augu aizsardzības līdzekļu lietošanas rekomendācija. Īss apraksts: 1) Lai nodrošinātu labāku ražu, ieteicams lietot augsnes piedevu ar 15 % Si devā 40 kg/ha. Augsnes piedevu var izmantot	augsnes piedevu un augu aizsardzīb as līdzekļu lietošanas rekomend ācija	1	-

divos veidos: to sajaucot ar sēklām pirms sēšanas vai rūpīgi iestrādājot augsnē pirms sējas/stādīšanas. Šāda lietošana veicina substrāta uzlabošanu, nodrošina labvēlīgus augšanas apstākļus un veicina sēklu dīģšanu un sējeņu attīstību. Lai sasniegtu optimālus rezultātus, piedevas pielietošana jāveic vienmērīgi un saskaņā ar augsnes un kultūrauga/mežauga prasībām.			
2) Lai efektīvi aizsargātu kultūraugus, ieteicams izmantot 2% ekstraktu, iegūto no lapkoku un skujuoku šķeldas vai mizas kā augu aizsardzības līdzekli. Ekstraktu smidzināšanai var lietot gan uz priežu skujām, gan kviešu u.c. kultūru lapām, nodrošinot vienmērīgu pārklājumu. Šāda koncentrācija ir pieteikama, lai veicinātu aizsardzību pret patogēniem un kaitēkļiem, vienlaikus neradot bojājumus augiem. Smidzināšanu ieteicams veikt agri no rīta vai vakarā, lai samazinātu iztvaikošanu un uzlabotu līdzekļa iedarbību. Regulāra lietošana saskaņā ar norādījumiem veicina augu veselību un ražas kvalitāti.			
Sagatavota projekta gala atskaite	gab	1	-

4. INFORMĀCIJA PAR REZULTĀTIEM

Aprakstīt turpmāk plānotās darbības mērķa sasniegšanai, darbības, kas īstenotas papildus vai sākotnēji nav plānotas, kā arī aprakstīt iemeslu, ja kāda no sākotnēji ielānotajām darbībām mērķa sasniegšanai nav īstenota

Papildus darbības:

- 1) dalība Latvijas Valsts Meži rīkotajā pasākumā "Meža dienās, 23.-24.05.2025.
- 2) izmēģinājumi uz redīsiem- kartupeļu vietā. Redīsi izvēlēti kā piemērotākais stādīšanas materiāls jūlijā mēnesī (projekta sākums).
- 3) eksperimentu gaitā atklājās divas jaunas parādības:
 - a) eksperimentā ar proantociānīdu iedarbību uz bakterijām, atbilstoši pieņemtai metodoloģijai, tika lietots agars, un proantociānīni ar agaru izveidoja emulsiju, neveidojās gēls, atbilstoši nevarēja pabeigt eksperimentu. Iesaistītiem zinātniekiem nācās atkārtoti tīrīt proantociānīdus, pilnveidot metodoloģiju, lai būtu iespēja veikt šo eksperimentu;
 - b) proantociānīdu, lapkoku un skujkoku ekstraktu analīze fungicīdās aktivitātes noteikšanai attiecībā pret mežam kaitīgām sēnēm *Botrytis cinerea*, *Heterobasidion annosum* un *Heterobasidion parviporum*, bija jāatkārto vairākas reizes, jo sākumā aktivitāte nebija novērota, kas bija pretrunā ar zinātnieku iepriekšējo, gūto ar cilvēkam kaitīgām sēnēm, pieredzi. Eksperimenti tika atkārtoti vairākas reizes, pārskatīta visa metodoloģija un atklāts, ka negatīvi rezultāti bija saistīti ar pārdestilēta spirta izmantosānu proantociānīdu attīrīšanai. Pārdestilēta spirta tīrība nesasniedza pirmreizēja spirta tīrību 96%, tā sastādīja maksimāli 88%. Pēc papildus veiktām cukuru analīzēm atklājās, ka proantociānīni šajā gadījumā saturēja glikozīdus, kas, acīmredzot, vienlaikus ar neglikozīdo formu ietekmi uz sēnēm, veicināja sēņu augšanu, dodot tām barības vielascukuru formā. Pārdestilēts spirts arasti proantociānīdu attīrīšanai netika izmantots; bet šī projekta gadījumā, sakarā ar to, ka bija vajadzīgi lieli ekstraktu un proantociānīdu daudzumi, bija pieņemts lēmums par ekonomiski lietderīgāku eksperimentu veikšanu ar pārdestilēto spirtu. Bet izradījās, ka laboratorijas apstākļos pārdestilēta spirta tīrība nevar sasniegt tīrības pakāpi, kas neļauj glikozīdu pārēju proantociānīdu frakcijā. Tāpēc eksperimenti bija jāatkārto, izmantojot tīro spirtu bez ārdistilācijas. Pēc eksperimenta veikšanas ar tīro 96% spirtu proantociānīdu iedarbība uz patogenām apstiprinājās un eksperimenti tiem turpināti.

5. INFORMĀCIJA PAR PROJEKTA REZULTĀTU SNIEGUMU LATVIJAS VIEDĀS SPECIALIZĀCIJAS STRATĒGIJAS (RIS3) ĪSTENOŠANĀ (ja attiecināms)

RIS3 mikrolīmeņa rādītājs ¹	Vērtība/skaits
Projektā nopublicētie zinātniskie raksti, kas publicēti <i>Web of Science</i> vai SCOPUS (A vai B) datubāzēs iekļautos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos.	3
iesniegti publicēšanai	1
publicēti	2

Vairāk informācijas par projektu skatīt APP Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūta tīmekļa vietnē:

<https://kki.lv/zinatniska-darbiba/projekti/bezatlikuma-mezistrades-biomasas-izmantosana>

Vairāk informācijas par Eiropas Lauksaimniecības fondu lauku attīstībai pieejams Eiropas Komisijas tīmekļa vietnē:

http://ec.europa.eu/agriculture/rural-development-2014-2020/index_lv.htm

PROJEKTA GALA ATSKAITES PIELIKUMI

Natural Soil Amendment Application in Agriculture

Agrita Švarta
LPTF Institute of Agronomy
University of Life sciences and
technologies
Jelgava, Latvia
agrita.svarta@lbtu.lv

Sarmite Janceva
Lignin Chemistry laboratory
Latvian State Institute of Wood
Chemistry
Riga, Latvia
sarmite.janceva@kki.lv

Anna Andersone
Lignin Chemistry laboratory
Latvian State Institute of Wood
Chemistry
Riga, Latvia
anna.andersone@kki.lv

Natalija Zaharova
Lignin Chemistry laboratory
Latvian State Institute of Wood
Chemistry
Rīga, Latvia
natalija.zaharova@gmail.com

Abstract—The aim of research was to evaluate the impact of low rates of application of environmentally friendly organo-mineral soil amendments on yields components (number of productive tillers m², 1000 grain weight, grain number per ear), grain yield and yield quality of spring and winter wheat under organic farming conditions. Soil amendments were obtained based of forest logging residues - lignocellulosic biomass, after isolation of polyphenols by water extraction and enrichment with silicon (Si), included the content of polyphenolic compounds. The soil amendments were used for seed material treatment. Field experiments were carried out in the certified organic farming field. The control variant and organo-mineral soil amendments, containing inorganic oligomer in various mass ratios (three variants) were tested. The varieties (spring wheat 'Robijs', winter wheat 'Edvins'), certified for growing under organic farming conditions, were used in trial. It was shown that the treatment of seed material with organo-mineral soil amendments increased the number of productive tillers as well as have a beneficial effect on the yield (the increase till 21.6% compared to the control) but decreased the number of grains per ear of spring wheat, depending on concentration of inorganic oligomers). In variant with the highest tested concentration of inorganic oligomer, a trend towards yield growth for winter wheat can be observed. The obtained results show that the treatment of seed material with promotes plant growth and development, researches should be continued.

Keywords— organo-mineral soil amendments, organic farming, wheat, quality, polyphenols

I. INTRODUCTION

Wheat is the most widely cultivated cereal grain worldwide and plays a vital role in agriculture. Internationally, wheat provides approximately 55% of carbohydrates and 21% of the dietary calories consumed worldwide. Wheat also contains other beneficial components such as minerals (Cu, Mg, Zn, Fe, and P), protein, vitamins (riboflavin, thiamine, niacin, and alpha-tocopherol), also provides significant amounts of biologically active components that are essential or beneficial to human health. These include not only protein, vitamins, and dietary fiber, but also phytochemicals, such as polyphenols, which are primarily composed of flavonoids, phenolic acid, proanthocyanidins, and other compounds with powerful antioxidant, bacteriostatic, anti-infective, and preventive properties against numerous health problems [1-4]. In the previous study, the authors indicated that soil amendments increase yield and improve cereals' target composition [5]. Therefore, it is necessary to evaluate the effects of the resulting soil amendments on wheat yield and grain chemical composition, focusing on polyphenols, which could be done using the analytical pyrolysis method.

II. MATERIALS AND METHODS

A. Field experiments

Field experiments were carried out in 2023/2024 growing season (winter wheat) and in 2024 (spring wheat)

Online ISSN 2256-070X

<https://doi.org/10.17770/etr2025vol1.8670>

© 2025 The Author(s). Published by RTU PRESS.

This is an open-access article under the [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

at the certified organic farming field (N 56° 69.275', E 25° 14.173'). The soil at the site was sod-podsolic sandy loam. The soil is characterized by the following: pH_{KCl} 5.6, organic matter content 27 g kg⁻¹, P₂O₅ content 105 mg kg⁻¹ and K₂O content 201 mg kg⁻¹ of the soil. The cultivars 'Edvins' and 'Robijs', characterised by good productivity and winterhardiness (for winter wheat) under organic farming conditions, were used in the field trials. For winter wheat plot size was 0.9 m² (2 m x 0.45 m (3 rows)), four replicates, seed rate – 500 seed per m². For spring wheat plot size 13.5 m² (1.5 m x 9 m), sown with seeding machine Hege 80, four replications, seed rate – 550 seed per m².

The control variant and three variants of organo-mineral soil amendments, containing inorganic oligomer in various mass ratio, were tested: S1 – without soil additive; S2 – soil additive with 5% of Si; S3 – soil additive with 10% of Si and S4 – soil additive with 15% of Si.

Soil amendments were obtained based of forest logging residues-lignocellulosic biomass, after isolation of polyphenols by water extraction and enrichment with silicon (Si), included the content of polyphenolic compounds. The soil amendments were used for seed material treatment.

Organic or some other type of fertilizer have not been used in the previous 5 years, except for plant residues after harvest.

The grain yield of winter wheat obtained by indirect method – using a plant samples, in turn the grain yield of spring wheat obtained by harvester “Wintersteiger”. After harvesting, grain was weighed, grain purity and moisture content detected and yield data were recalculated to standard moisture (14%) and 100% purity.

B. Yield-forming components

Yield-forming components were determined at growth stage (GS) 87-89 of wheat according to BBCH scale (the phenological growth stages of cereals according to the 'Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie' (BBCH) scale). The plant samples collected in each plot at two locations from 0.5 m²: number of productive tillers per 1 m², grain number per ear calculated as the total number of grains in the plant samples divided by the number of productive tillers. Weight of 1000 grains determined according to standard EN ISO 520:2011 “Cereals and Pulses”, using a “Pfeuffer CONTADOR” seed counter and an electronic balance.

C. Grain quality analyses

The quality indicators: protein content (%), gluten (%), Zeleny index, volume weight for the crops studied using near-infrared spectroscopy (NIRS) with analyzers Infratec TM NOVA. Falling number (s) for winter wheat was determined by the Hagberg-Perten method (ISO 3093: 2009).

D. Meteorological conditions

Meteorological conditions were characterised by measurements of air temperature (Fig.1) and precipitation (Fig. 2.), compared with long-term values. Data were obtained from the Skriversi Observation Station of the

Latvian Environment, Geology, and Meteorology Centre (www.meteo.lv).

During the sowing of winter wheat (27.09.2024.), soil conditions for seed germination were favourable. October were very rainy, with warm air temperature. Vegetation ended on November 17, 2024, but renewed on March 15, 2025. The winter was warmer than long-term observations. The vegetation period of 2024 was characterized as dry and hot, and were not favourable for the growth and development of both winter and spring wheat. For several years now, the average daily air temperature had exceeded the long-term average air temperature, and this year it was also significantly higher.

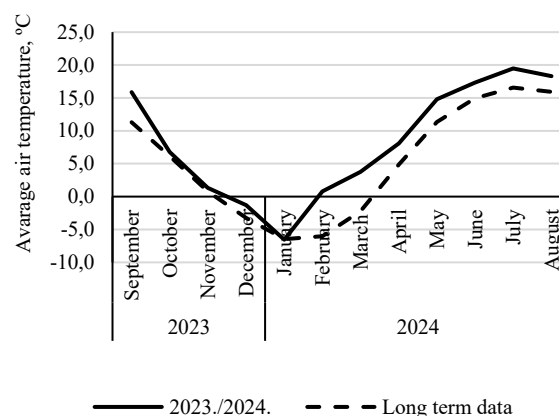


Fig. 1. Average air temperature in 2023/2024 growing season (Skriversi Observation station), °C.

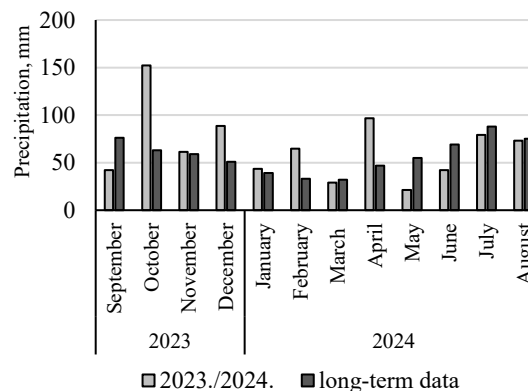


Fig. 2. Amount of precipitations in 2023/2024 growing season (Skriversi Observation station), mm.

During the sowing of spring wheat (02.05.2025.), soil conditions for seed germination were good, but a drought period began in May, which lasted until mid-august. Only in the first decade of June the amount of precipitation reached a norm (96% of the norm). Dry and hot weather promoted the ripening of wheat, winter wheat was harvested already on July 25, but spring wheat – on August 5, 2025. Drought stress is also evidenced by the short height of wheat (spring wheat only 50-55 cm).

D. Chemical characterization of grain

Analytical pyrolysis of wheat samples was performed using Frontier Lab Micro Double-shot Pyrolyser Py-

2020iD directly coupled with gas chromatography-mass spectrometer Shimadzu GC/MS/FID-QP ULTRA 2010 (Shimadzu, Kyoto, Japan). The individual compounds were identified based on GC/MS using Library MS NIST 11 and NIST 11s. The relative area of the peak of individual compounds was calculated using Shimadzu software based on GC/FID data. The variation coefficient of the measurement was $\leq 3\%$.

E. Statistical analyses of data

The analysis of variance by R-studio was used for statistical analysis of the experimental data (yield forming compounds, yields). Bonferroni test was used for the comparison of means at $p < 0.05$. Significantly different values were labelled with different letters in superscript (^{a,b}). If effect of studied factor was not significant ($p > 0.05$), used symbol "n".

III. RESULTS AND DISCUSSION

A. Yield components

Yield of any crop is mathematical function of separate yield components such as the number of plants per unit area and productivity of an individual plant. For cereals the number of productive tillers per 1 m², number of grain per ear, and 1.000 kernel weight is measured.

Yield components formed sequentially throughout the plant development. The yield-forming elements of the crops affect the yield by interacting each other [6].

Analysing the yield-forming components for winter wheat, no significant ($p > 0.05$) differences among the variants were found (Table 1).

TABLE 1 YIELD-FORMING COMPONENTS OF WINTER WHEAT

Variants	Number of productive tillers per 1 m ² , pieces	Number of grains per ear, pieces	Weight of 1000 grains, g
S1	308.8 ⁿ	28.8 ⁿ	33.5 ⁿ
S2	309.9 ⁿ	28.8 ⁿ	33.7 ⁿ
S3	317.0 ⁿ	29.3 ⁿ	33.4 ⁿ
S4	322.1 ⁿ	29.8 ⁿ	33.6 ⁿ

S1 – without soil additive; S2 – soil additive with 5% of Si, S3 – soil additive with 10% of Si; S4 – soil additive with 15% of Si; ⁿ - effect of studied factors was not significant ($p > 0.05$).

The treatment of seed material with organo-mineral soil amendments increased the number of productive tillers of spring wheat. A significant increase ($p < 0.001$) of productive tillers compared to the S1 (without soil additive) was obtained only in variant S4 with the largest concentration of Si (15%) (Table 2.).

However, in that variant (S4) were obtained significantly lower ($p < 0.001$) grain number in ears. The weight of 1000 grains was similar in all tested variants, which can be explained by the dry period during the maturation of the grain.

TABLE 2. YIELD-FORMING COMPONENTS OF SPRING WHEAT

Variants	Number of productive tillers per 1 m ² , pieces	Number of grains per ear, pieces	Weight of 1000 grains, g
S1	338.9 ^b	26.8 ^{ab}	31.1 ⁿ
S2	367.8 ^{ab}	27.5 ^a	31.7 ⁿ
S3	396.1 ^{ab}	26.3 ^{ab}	31.2 ⁿ
S4	433.8 ^a	25.3 ^b	31.4 ⁿ

S1 – without soil additive; S2 – soil additive with 5% of Si, S3 – soil additive with 10% of Si; S4 – soil additive with 15% of Si; ⁿ - effect of studied factors was not significant ($p > 0.05$), ^{a,b} - effect of studied factors was significant ($p < 0.05$)

B. Grain yield

The obtained yields correspond to the average yields in trials conducted under organic farming conditions in the Baltic region [7-9]. Treatment of seed material with organo-mineral soil amendments, containing inorganic oligomer, increased the grain yield both spring and winter wheat. However, a significant yield increase ($p < 0.001$) compared to the S1 (without soil additive) was obtained only in variant S4 (soil additive with 15% of Si) for spring wheat (Fig. 3.).

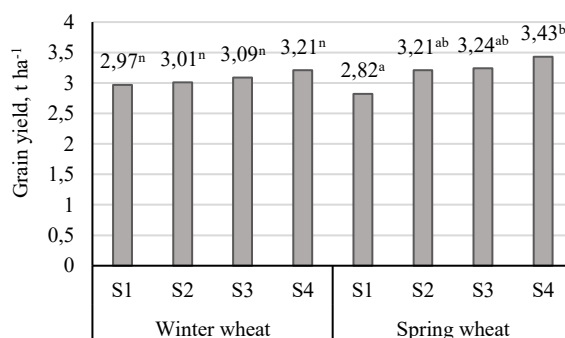


Fig. 3. The grain yield of wheat, t ha⁻¹.
 S1 – without soil additive; S2 – soil additive with 5% of Si, S3 – soil additive with 10% of Si; S4 – soil additive with 15% of Si; ⁿ - effect of studied factors was not significant ($p > 0.05$) for winter wheat, ^{a,b} - effect of studied factors was significant ($p < 0.05$) for spring wheat.

C. Grain quality

The grain quality indicators were analysed using near-infrared spectroscopy only for spring wheat. The dry and hot weather also significantly affected the grain quality of spring wheat. Unfortunately, the grain quality indicators do not meet the requirements of food wheat. The grain has a good protein content (12.4-13.5%) and gluten content (23.1-26.4%) as well as gluten quality (Table 3).

However, the grain obtained in the trial has a low volume weight (< 730 g L⁻¹) (Table 3).

D. Chemical characterization of grain

The Py-GC/MS/FID data represent volatiles formed from cellulose, hemicellulose, lignin, and extractives. Carbohydrates-derived volatiles represented 98-99% of

the total wheat biomass volatile organic products. When comparing wheat samples with and without soil additive, the relative content of phenyl- and benzyl derivatives in wheat samples grown on treated soil (S2-S4) was higher, thereby demonstrating the beneficial effect of soil additives on target compounds content (Fig. 4.).

TABLE 3. PROTEIN CONTENTS AND QUALITY FOR SPRING WHEAT

Variants	Protein content, %	Gluten, %	Zeleny index, ml
S1	13.5	25.7	51.86
S2	13.5	25.8	52.11
S3	13.0	24.7	47.38
S4	12.4	23.1	43.11

S1 – without soil additive; S2 – soil additive with 5% of Si, S3 – soil additive with 10% of Si; S4 - soil additive with 15% of Si

TABLE 4. VOLUME WEIGHT AND FALLING NUMBER FOR SPRING WHEAT

Variants	Volume weight, g L ⁻¹	Falling number, sec
S1	726.6	300
S2	717.8	307
S3	724.7	289
S4	729.0	292

S1 – without soil additive; S2 – soil additive with 5% of Si, S3 – soil additive with 10% of Si; S4 - soil additive with 15% of Si

The target compound tended to grow with the content of Si in the soil additive. However, this increase was within the variation coefficient.

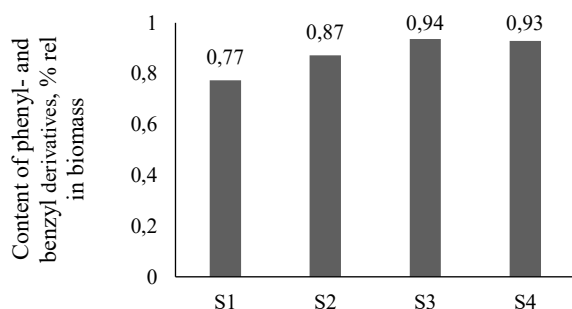


Fig. 4. Soil additive effect on the content of phenyl- and benzyl-derivatives in wheat based on analytical pyrolysis data of wheat samples: S1 – without soil additive; S2 – soil additive with 5% of Si, S3 – soil additive with 10% of Si; S4 - soil additive with 15% of Si.

The content of total phenyl and benzyl derivatives formed from extractives ranged from 0.77 to 0.93 rel% in biomass. Among the phenyl and benzyl-derived volatiles, the predominant one is phenyl, 3 and 4 methyl-derived volatiles as methoxy-substituted benzoquinone, which has been proven to have potential antitumor and immunostimulating activity (Fig.5).

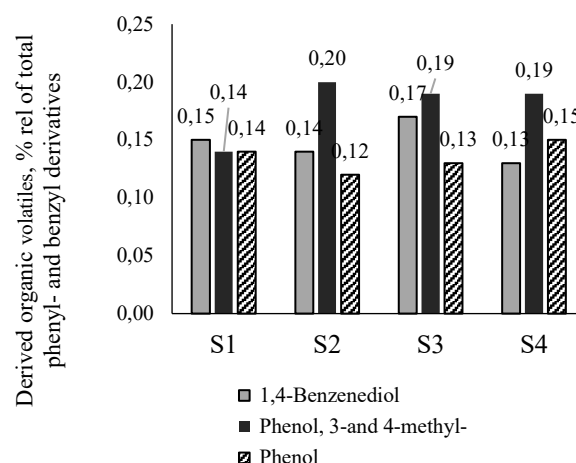


Fig. 5. Analytical pyrolysis data of phenyl and benzyl-derived volatiles of wheat samples: S1 – without soil additive; S2 – soil additive with 5% of Si, S3 – soil additive with 10% of Si; S4 - soil additive with 15% of Si

IV. CONCLUSIONS

In variant with the highest tested concentration of inorganic oligomer, a trend towards yield growth for wheat can be observed (increase of productive tillers).

The study's results showed a positive effect of the soil additive (S2-S4) on the content of biologically active compounds in wheat samples. The higher content of phenyl and benzyl derivatives in wheat grains may indicate an increased content of phenolic acid, flavonoids, benzoquinone compounds, etc., – compounds with documented antitumor and immunostimulating properties.

The obtained results show that the treatment of seed material with promotes plant growth and development, researches should be continued.

V. ACKNOWLEDGMENTS

Rural Support Service of the Republic of Latvia, European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD), Measure “Cooperation”, project No. 23-00-A01612-000008 “Wasteless application of residual logging biomass for obtaining of environmentally friendly plant protection products and soil additives”.

REFERENCES

- [1] W. Tian, Y. Zheng, W. Wang, D. Wang, M. Tilley, G. Zhang, A. He and Y. Li, “A comprehensive review of wheat phytochemicals: From farm to fork and beyond”, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 21, Issue 3, pp. 2274–2308, May 2022. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12960> [Accessed March 2, 2025].
- [2] Q. Li, X. Wang, J. Chen, C. Liu, T. Li, D.J. McClements, T. Dai and J. Liu, “Antioxidant activity of proanthocyanidins-rich fractions from *Choerospondias axillaris* peels using a combination of chemical-based methods and cellular-based assay”, *Food Chem.*, vol 208, pp. 309–317, October 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.012>
- [3] S. Janceva, A. Andersone, L. Lauberte, N. Zaharova, V. and Nikolajeva, Fruit shrubs’ twigs as a source of valuable oligomeric polyphenolic compounds with antibacterial and antifungal potential: 15th International Scientific and Practical Conference

- "Environment. Technology. Resources", June 27–28, 2024, Rezekne, Latvia. Rezekne: Rezekne Academy of Technologies, 2024.
- [4] S. Janceva, L. Lauberte, T. Dizhbite, J. Krasilnikova, G. Telysheva and M. Dzenis, "Protective effects of proanthocyanidins extracts from the bark of deciduous trees in lipid systems", *Holzforschung*, vol. 71, pp. 675–680, March 2017. <https://doi.org/10.1515/hf-2016-0185>
- [5] A. Andersone, S. Janceva, A. Svarta, N. Zaharova, G. Rieksts and G. Telysheva, Lignin and lignocellulose-based organomineral complex for organic agriculture: Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2023, July 3-9, 2023, Albena, Bulgaria. STEF92 Technology, 2023.
- [6] Z. Gaile, A. Ruza, D. Kreita and L. Paura, "Yield components and quality parameters of winter wheat depending on tillering coefficient", *Agronomy Research*, vol. 15, no. 1, pp. 79–93, Jan. 2017.
- [7] B. Feledyn-Szewczyk, J. Kuś, K. Jończyk and J. Stalenga, "The suitability of different winter and spring varieties for cultivation in organic farming," in *Organic Agriculture Towards Sustainability*. Intechopen, 2014. <http://dx.doi.org/10.5772/58351>
- [8] V. Strazdiņa, V. Fetere and L. Legzdiņa, Evaluation of spring wheat heterogeneous population and variety mixtures under organic farming system: Zinātniski praktiskā konference "Līdzsvarota lauksaimniecība", February 20, 2020, Jelgava, Latvija. Jelgava: Latvia University of Life Sciences and technologies, 2020.
- [9] B. Tein, Effect of organic and conventional production system on the quality of spring wheat: 18th International Scientific conference Research for Rural Development 2012, May 16-18, 2012, Jelgava, Latvia. Jelgava: Latvia University of Life Sciences and technologies, 2012.

Soil amendments based on forest logging residues on dill (*Anethum graveolens* L.) productivity and composition

Sarmite Janceva

Lignin Chemistry laboratory
Latvian State Institute of Wood
Chemistry
Riga, Latvia
sarmite.janceva@kki.lv

Anna Andersone

Lignin Chemistry laboratory
Latvian State Institute of Wood
Chemistry
Riga, Latvia
anna.andersone@kki.lv

Natalija Zaharova

Lignin Chemistry laboratory
Latvian State Institute of Wood
Chemistry
Riga, Latvia
natalija.zaharova@gmail.com

Vizma Nikolajeva

Faculty of Biology
University of Latvia
Riga, Latvia
vizma.nikolajeva@lu.lv

Agrita Svarta

Research Institute of
Agriculture/Latvia University of Life
Sciences and Technologies
Jelgava, Latvia
agrita.svarta@llu.lv

Abstract. The purpose of this work was to evaluate the impact of low rates of application of environmentally friendly organo-mineral soil amendments on grown under organic farming conditions dill's green mass yield and its composition, including the content of polyphenolic compounds. Soil amendments were obtained based on forest logging residues – lignocellulosic biomass, after isolation of polyphenols by water-ethanol extraction and enrichment with silicon (Si)-containing inorganic oligomer in various mass ratios. Lignocellulosic biomass is rich in polyphenols which can damage the functionality of the bacterial cell membranes thus inhibiting the growth of soil microorganisms. Polyphenols can be isolated from the lignocellulosic substrate and evaluated in further studies for their potential to protect plants from pathogenic microorganisms. The influence of the prepared soil amendments on soil microorganisms was tested. Field experiments were carried out in a certified biological field intended for scientific purposes. It was shown that soil amendments have a beneficial effect on the yield (42%) and a slight influence on the composition of dill at low amendment application rates. The addition of soil amendments also contributed to insignificant changes in the amount of polyphenols. The soil amendments didn't influence the soil microorganisms under study. The results confirmed the ability of the soil amendments based on the forest logging residues to activate dill growth.

Keywords: Forest logging residues, growth activation, organo-mineral soil amendments, silicon

I. INTRODUCTION

In 2021, the EU had an estimated 160 million hectares of forests which on average covered 39% of the EU land area; whereas in Latvia, forest area amounts to 53% of the total area [1]. According to the European Commission terminology, forest logging residues that formed after forestry logging operations include branches with needles or leaves, tops, stumps, roots, and bark left in the forest, as well as small trees from thinning and clearing operations, and un-merchantable stem wood [2]. Forest logging residues comprise at least 11% of the total mass of wood [3], in Europe, they amount to an average of 32% [4].

Large quantities of forest logging residues result in forest degradation, pollution of the environment, and loss of potentially valuable raw material [5]. Until recently, the logging residues were mostly burned, which harmed the environment. Removal of the residuals from the forest, on one side, improves its sanitary condition, but on the other side, leads to the loss of nitrogen (about 40%), phosphorus (55%), and minerals [6]. It was estimated that around 30% of the residues on average should be left in the forest to minimize the depletion of soil fertility, especially in the areas, where the carbon content of the soil is small [7], [8].

Forest residues – lignocellulosic biomass – consist of lignocellulose (cellulose, lignin, hemicellulose), and extractives. Lignocellulose is the major renewable source of organic matter in soil [9]. It was proven that lignin

Print ISSN 1691-5402

Online ISSN 2256-070X

<https://doi.org/10.17770/etr2024vol1.7983>

© 2024 Sarmite Janceva, Anna Andersone, Natalija Zaharova, Vizma Nikolajeva, Agrita Svarta.

Published by Rezekne Academy of Technologies.

This is an open access article under the [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

contributes substantially to the formation of humic substances [10]. One of the possible alternative ways to increase the soil fertility is to return part of the logging residues back to the forest, but with a more easily accessible form of their organic part, and either enriched with largely missing mineral part or modified for increased uptake of the minerals by the plants. Moreover, lignocellulosic biomass is rich in polyphenols which can damage the functionality of the bacterial cell membranes thus inhibiting the growth of soil microorganisms. Therefore, for preparation of the soil additives, the polyphenols should preferably be preliminary extracted, for further use as antimicrobial agents in agriculture, veterinary or human health care.

In our studies, it was proven that organo-mineral fertilizers on the basis of lignin or lignocellulosic biomass of sea buckthorn, after extraction of the polyphenols, and enriched with silicon, had a positive effect on the plants growth and development [11]. It was shown that silicon increased the plant-available part of phosphorus in the soil, affected the uptake and accumulation of several mineral nutrients in various plants, and it's effect needs further investigation [12].

Thus, this work aimed to prepare, characterize, and test the soil amendments on the basis of forest logging residues. For this purpose the following tasks were set: to modify the forest logging residues after extraction of polyphenols with silicon-containing inorganic oligomer; to test antimicrobial activity of the obtained soil amendments against four pathogenic soil bacteria; and to evaluate the effect of the obtained soil amendments on dill (*Anethum graveolens* L.) productivity and composition.

II. MATERIALS AND METHODS

A. Plant Material

Forest logging residues were collected in summer 2023, from Jelgava county of Latvia, Cenu parish. The residues were dried at room temperature and ground in a mill (Cutting Mill SM100, Retsch, Haan, Germany) until the particle size of < 2mm.

B. Preparation of Soil Additives

Soil additives were obtained on the basis of hardwood chip biomass after extraction of polyphenols, by modifying the biomass after extraction with a Si-containing component (further in the text – Si) in various mass ratios.

C. Field Experiments

The field experiments were carried out in 2023 at a certified biological field (56° 69.275' Z, E 25° 14.173') intended for scientific purposes. The test crop was the dill "Thalia". The field experiments with soil additives were carried out in 4 options in 4 repetitions:

1. Reference plot (without soil additive);
2. Soil amendment SA1 (biomass after extraction + 15% Si on DM);
3. Soil amendment SA2 (biomass after extraction + 10% Si on DM);

4. Soil amendment SA3 (biomass after extraction + 5% Si on DM).

The green mass of dill was harvested 63 days after sowing, according to the regulations of MK no. 461 "Requirements for food quality schemes, their implementation, operation, monitoring and control procedure" [13]. Total yield of green mass was calculated as kg m⁻² (Fig. 1).



Fig. 1. Field experiments a certified biological field.

D. Dill Green Biomass Characterization. Py-GC/MS/FID Analysis

Analytical pyrolysis of dill samples was performed on Frontier Lab Micro Double-shot Pyrolyser Py-2020iD directly coupled with gas chromatography-mass spectrometry Shimadzu GC/MS/FID-QP ULTRA 2010 (Shimadzu, Kyoto, Japan), as described in [14]. Identification of the individual compounds was performed based on GC/MS using Library MS NIST 11 and NIST 11s, whereas the relative area of the peak of individual compounds was calculated using Shimadzu software based on GC/FID data.

E. Preparation and Yield of the Extracts

Hydrophilic extracts of dill green mass were isolated in two ways: 1) at 50 °C, 30 min using ethanol-water solution (1:1, v/v) or 50% EtOH; 2) at 50 °C, 30 min using distilled water. The ethanol-containing extracts after ethanol evaporation and water extracts were freeze-dried to yield dry extracts. The yield of the dry extract is presented as a percentage based on the dry mass (DM) of biomass. The CI for the results did not exceed 3% at $\alpha=0.05$.

F. Chemical Characterization of the Extracts

The total content of polyphenols in the hydrophilic dry extracts was quantified by the Folin-Ciocalteu method using gallic acid as a reference compound according to Janceva et al. [15]. The total content of flavonoids was measured by a colorimetric assay using rutin as a reference compound according to Andersone et al. [16]. The total content of condensed tannins in the hydrophilic extracts was measured by the butanol-HCl assay using procyanidin dimer B2 as a reference compound as described in Andersone et al. [16].

G. Determination of the Number of Functional Groups in the Biomass

The functional groups: aliphatic hydroxyl groups OH (aliphatic), phenolic hydroxyl groups OH (phenol), and carboxyl groups (COOH) were determined using the potentiometric and conductometric titration (InoLab level 3, Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH & Co. KG, Weilheim, Germany), according to Zakis [17], [18].

H. Antimicrobial Properties

Minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal/fungicidal concentration (MBC/MFC) of the soil amendments, mg mL⁻¹, were tested on the pathogenic soil bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* MSCL 894, *Erwinia raphanici* MSCL 651, and fungi *Fusarium culmorum* MSCL 1628, and *Verticillium dahliae* MSCL 863.

I. Statistics

All measurements were conducted in triplicate, except for field trials where four replicates were done. The results are presented as the mean value. Statistical analysis was made using Microsoft Excel 2016. Confidence intervals for a mean using Student's T distribution were calculated at a significance level of 5% ($\alpha = 0.05$).

The analysis of variance by R-studio was used for statistical analysis of the experimental data. Bonferroni test was used for the comparison of means at $p < 0.05$. Significantly different values were labelled with different letters in superscript (^a).

III. RESULTS AND DISCUSSION

A. The Yield of Dill Green Mass

The yield of dill green mass was 0.90 – 1.32 kg m⁻²

(Table 1).

TABLE 1 DILL GREEN MASS YIELD DEPENDING ON SEED TREATMENT SUBSTRATE, KG M⁻²

Sample	Total yield of green mass, kg m ⁻²	The above-ground part of dill green mass from the total mass of the plant, %
Control without soil additives	0.93	86.3
SA1 (biomass after extraction + 15% Si on DM)	1.32 ^a	88.2
SA2 (biomass after extraction + 10% Si on DM)	0.96	87.2
SA3 (biomass after extraction + 5% Si on DM)	0.90	86.4

Compared to the control variant (without treatment), the yield of green mass increased significantly only after soil treatment with SA1 ($RS_{0.05} = 0.27 \text{ kg m}^{-2}$) the yield of green mass at other treatment options (SA2 and SA3) was within the confidence interval.

To determine the soil amendments effect on dill chemical composition, the following studies were further carried out for all dill samples: analytical pyrolysis (Py-GC/MS/FID); quantitative analysis of functional groups of biomasses; extraction to isolate hydrophilic extractives to determine the content of total polyphenols, flavonoids, and condensed tannins.

B. Analytical Pyrolysis (Py-GC/MS/FID) of Dill Biomass

The Py-GC/MS/FID data represent volatiles formed from cellulose, hemicellulose, lignin, proteins, and extractives. Aliphatic acids and esters, aliphatic alcohols, aliphatic aldehydes, ketones, furan and pyran derivatives, cyclopentane derivatives, and sugars attributed to carbohydrates-derived volatiles represented 50.5-59.6% of the total dill biomass volatile organic products (Fig. 2).

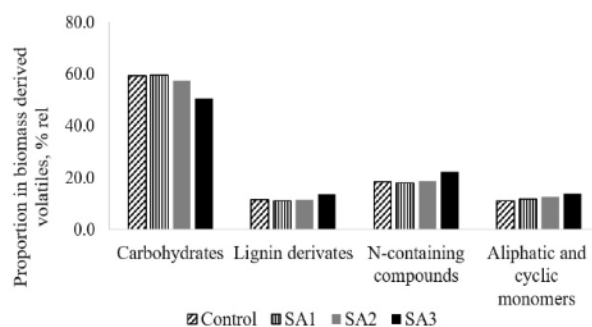


Fig. 2. Py-GC/MS/FID data of dill biomass-derived organic volatiles.

Besides the carbohydrates-derived, dill samples also contained N-containing volatiles, showing the presence of proteins and other nitrogen-containing compounds. According to Py-GC/MS/FID, nitrogen-containing compounds in dill were 17.8-22.1% of the total organic volatiles (TOV). The content of aliphatic and cyclic monomer derivatives ranged from 11.0 to 13.9%/TOV. Relative proportion of guaiacyl-type derivatives attributed to lignin-derived volatiles was 0.9-1.1 %/TOV (Fig. 3).

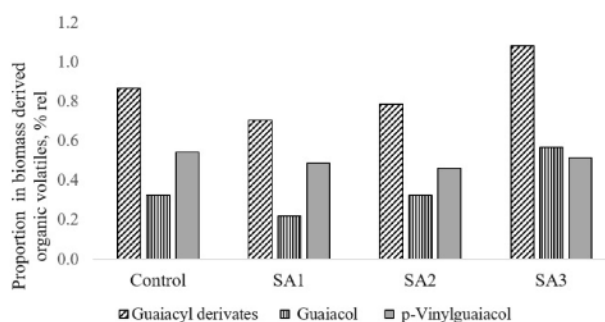


Fig. 3. Py-GC/MS/FID data of dill biomass-derived lignin-derived volatiles.

The total polyphenol-derived volatiles content in dill biomass composition ranged from 11 to 14 %/TOV.

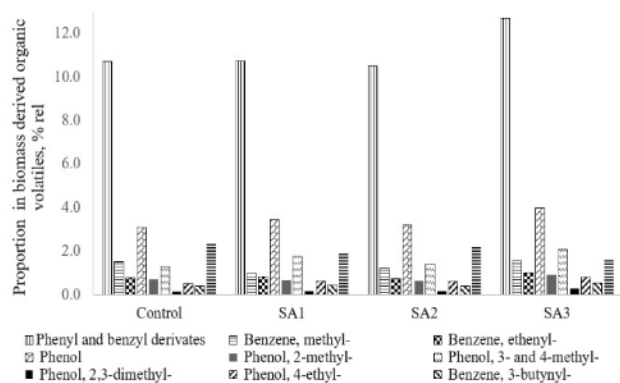


Fig. 4. Py-GC/MS/FID data of dill biomass-derived phenyl and benzyl-derived volatiles.

The content of phenolic and benzyl derivatives formed from various phenolic extractives had similar content and proportions of chemical compounds between the treated and control dill samples within the confidence interval.

C. Total Content of Polyphenols and Functional OH Groups in Dill Biomass

Previous studies have shown that plant secondary metabolites, polyphenolic compounds, have a range of biological activities, such as antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory, antidiabetic and other [19], [20], [21], and, thus, are important compounds to be evaluated. The total polyphenol content in 50% EtOH extracts ranged from 60.1 to 65.0 mg GAE per gram of dry extract. The total polyphenol content in water extracts was slightly lower comparing to the extracts isolated by 50% EtOH (42.3 – 52.8 mg GAE/g extract). The total flavonoid content in 50% EtOH extracts ranged from 42.7 to 46.8 mg RU per gram of dry extract. The condensed tannins in the dill extracts were not found.

When comparing dill samples with each other, the composition of functional groups differed slightly. The effect of fertilizers on the content of total hydroxyl groups (OH) in the composition of dill was similar to their influence on the amount of total polyphenols. The total content of OH groups was slightly lower in the control sample. An increased content of acetyl groups and aliphatic OH groups in dill grown on treated soil (SA1-SA3) could indicate to an increased content of fatty acids and aliphatic compounds in dill composition (Fig. 5).

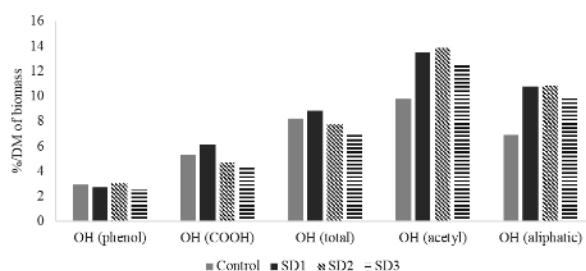


Fig. 5. Soil additive effect on dill functional group composition.

These results are consistent with the Py-GC/MS/FID data.

D. Antimicrobial Properties of Soil Amendments

The analysis of the anti-microbial properties of soil amendments obtained from forest logging biomass after extraction of polyphenolic compounds showed that they do not have detected antimicrobial activity (or MIC >50 mg mL⁻¹) against the pathogenic soil bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* MSCL 894, *Erwinia rhapontici* MSCL 651, and fungi *Fusarium culmorum* MSCL 1628, and *Verticillium dahliae* MSCL 863.

IV. CONCLUSIONS

The results of the study showed the positive influence of the soil amendment with higher Si concentration (15% of Si on DM of biomass after extraction) on the yield of dill green mass, the green mass total yield increased 1.4 times in comparison with the control. The soil amendments with less Si concentrations (5% and 10% on DM) didn't influence the yield within the confidence interval.

The content of polyphenolic compounds in dill samples with or without treatments was similar; slight differences in the content of functional OH groups could indicate a bigger amount of fatty acids and aliphatic compounds in the composition of dill.

The antimicrobial activity of the studied soil amendments against four pathogenic bacteria and fungi was not detected (MIC >50 mg mL⁻¹). This may be indirect confirmation that polyphenols, which had proven antimicrobial activity in our previous studies, and which were separated from the forest biomass residues before preparation of the soil amendments, have a key role in antimicrobial effect. At the same time, such absence of antimicrobial activity of the studied soil additives could be considered positive for the beneficial soil microorganisms. The investigations of the effect on soil microbiota will be continued.

It can be concluded that the soil amendments based of the forest logging residues could be used for the creation of organo-mineral fertilizers and have positive effect on the yield of dill. Slight changes in the content of polyphenolic compounds of dill could be connected with the less stress of the plants growing on the enriched soil. Since the work with plants demands many repetitions, and depends also on the environmental changes, the studies have to be further continued in order to collect statistically significant amount of plants for making conclusions of the stable effect of the soil amendments in different weather conditions.

ACKNOWLEDGEMENT

Rural Support Service of the Republic of Latvia, European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD), Measure "Cooperation", project No. 23-00-A01612-000008 "Wasteless application of residual logging biomass for obtaining of environmentally friendly plant protection products and soil additives". Authors acknowledge Mg.Sc. V.Jurkane for performing Analytical Pyrolysis analysis.

REFERENCES

- [1] "Eurostat. Statistics explained. Forests, forestry and logging." Dec. 2023. Accessed: Feb. 25, 2024. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Forests,_forestry_and_logging
- [2] "Supporting policy with scientific evidence. Logging residues." Accessed: Feb. 24, 2024. [Online]. Available: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/glossary-item/logging-residues_en
- [3] T. Moskalik and A. Gendek, "Production of Chips from Logging Residues and Their Quality for Energy: A Review of European Literature," *Forests*, vol. 10, no. 3, p. 262, Mar. 2019, doi: 10.3390/f10030262.
- [4] European Commission. Joint Research Centre., *Biomass production, supply, uses and flows in the European Union: first results from an integrated assessment*. LU: Publications Office, 2018. Accessed: Feb. 25, 2024. [Online]. Available: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/539520>
- [5] C. Sánchez, "Lignocellulosic residues: Biodegradation and bioconversion by fungi," *Biotechnology Advances*, vol. 27, no. 2, pp. 185–194, Mar. 2009, doi: 10.1016/j.biotechadv.2008.11.001.
- [6] Tomasz Gałęzia, "Uwarunkowania ekonomiczne utylizacji pozostałości zřębowychEconomic methods for the utilisation of logging residues", doi: 10.48538/FRP-2016-0006.
- [7] M. T. Pergola *et al.*, "Towards sustainable management of forest residues in the southern Apennine Mediterranean mountain forests: a scenario-based approach," *Annals of Forest Science*, vol. 79, no. 1, p. 14, Dec. 2022, doi: 10.1186/s13595-022-01128-w.
- [8] R. Pokharel, R. K. Grala, D. L. Grebner, and S. C. Grado, "Factors affecting utilization of woody residues for bioenergy production in the southern United States," *Biomass and Bioenergy*, vol. 105, pp. 278–287, Oct. 2017, doi: 10.1016/j.biombioe.2017.07.002.
- [9] R. L. Howard, E. Abotsi, V. R. E. L. Jansen, and S. Howard, "Lignocellulose biotechnology: issues of bioconversion and enzyme production," *Afr. J. Biotechnol.*, vol. 2, no. 12, pp. 602–619, Dec. 2003, doi: 10.5897/AJB2003.000-1115.
- [10] S. Khatami, "Lignin; a Likely Precursor of a Significant Fraction of Humic Substances Via Oxidative Transformations," Old Dominion University Libraries, 2020. doi: 10.25777/0AZG-8172.
- [11] A. Andersone, S. Janceva, N. Zaharova, A. Svarta, and G. Telysheva, "LIGNIN AND LIGNOCELLULOSE-BASED ORGANOMINERAL COMPLEX FOR ORGANIC AGRICULTURE," presented at the 23rd SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference 2023, Albena, Bulgaria, Oct. 2023, pp. 247–256. doi: 10.5593/sgem2023/3.1/s13.30.
- [12] M. Greger, T. Landberg, and M. Vaculik, "Silicon Influences Soil Availability and Accumulation of Mineral Nutrients in Various Plant Species," *Plants*, vol. 7, no. 2, p. 41, May 2018, doi: 10.3390/plants7020041.
- [13] "Republic of Latvia, Cabinet Regulation No. 461. Requirements for Food Quality Schemes, Procedures for the Implementation, Operation, Monitoring, and Control Thereof." Aug. 12, 2014.
- [14] A. Andersone *et al.*, "Granulated Animal Feed and Fuel Based on Sea Buckthorn Agro-Waste Biomass for Sustainable Berry Production," *Sustainability*, vol. 15, no. 14, p. 11152, Jul. 2023, doi: 10.3390/su151411152.
- [15] S. Janceva, T. Dižbite, G. Teliševa, L. Vēvere, J. Krasilņikova, and M. Dzenis, "Assessment of Alder Tree Bark Potential as a Renewable Source of Proanthocyanidins in Latvia," *Materials Science and Applied Chemistry*, vol. 33, no. 1, Jan. 2016, doi: 10.1515/msac-2016-0005.
- [16] A. Andersone *et al.*, "Lignocellulosic Waste Compounds for Pancreatic Lipase Inhibition: Preliminary Extraction by Freon, Obtaining of Proanthocyanidins and Testing on Lipase Activity," *Metabolites*, vol. 13, no. 8, p. 922, Aug. 2023, doi: 10.3390/metabo13080922.
- [17] Zakis, G., "Application of high-frequency conductometry in chemical analysis of wood (in Latvian). Secion 14.5.," in *Fundamentals of Wood Chemistry*, Institute of Wood Chemistry, 2008, pp. 180–183.
- [18] "Conductometric titration," in *Functional Analysis of Lignins and Their Derivatives*, TAPPI PRESS, Atlanta, GA, 1994, p. 36.
- [19] H. Debelo, M. Li, and M. G. Ferruzzi, "Processing influences on food polyphenol profiles and biological activity," *Current Opinion in Food Science*, vol. 32, pp. 90–102, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.cofs.2020.03.001.
- [20] L. Bouarab Chibane, P. Degraeve, H. Ferhout, J. Bouajila, and N. Oulahal, "Plant antimicrobial polyphenols as potential natural food preservatives," *J Sci Food Agric*, vol. 99, no. 4, pp. 1457–1474, Mar. 2019, doi: 10.1002/jsfa.9357.
- [21] K. B. Pandey and S. I. Rizvi, "Role of red grape polyphenols as antidiabetic agents," *Integrative Medicine Research*, vol. 3, no. 3, pp. 119–125, Sep. 2014, doi: 10.1016/j.imr.2014.06.001.

Forest logging residues valorisation into valuable products according to circular bioeconomy

Sarmite Janceva ¹, Agrita Svarta ², Vizma Nikolajeva ³, Natalija Zaharova ¹, Gints Rieksts ¹ and Anna Andersone ^{1,4,*}

¹ Latvian State Institute of Wood Chemistry, Laboratory of Lignin Chemistry, Dzerbenes Street 27, LV-1006, Riga, Latvia; jancevasarmite@gmail.com

² Latvia University of Life Sciences and Technologies, Zemkopibas Institute Street 7, LV-5125, Skriveri, Latvia

³ University of Latvia, Faculty of Biology, Jelgavas Street 1, LV-1004, Riga, Latvia; vizma.nikolajeva@lu.lv

⁴ Ekokompozit Ltd; aandersone@gmail.com

* Correspondence: anna.andersone@kki.lv; Tel.: +37129104319

Abstract: This study aimed to evaluate forest logging residues, obtained as a result of forest management activities, as a raw material for new valuable products production, serving as an alternative to pesticides and chemically synthesized fertilizers for use in forestry and agriculture. Seven batches of biomass, collected during different seasonal periods over two years, were extracted using an ethanol-water solution. The yield of hydrophilic extract containing proanthocyanidins (PACs) ranged from 18 to 25% per dry biomass. The highest concentration of PACs in the extract was found in small branches with a high bark content. The extracts with varying PAC concentrations were analyzed and demonstrated fungicidal activity against several pathogenic fungi, including *Botrytis cinerea*, *Mycosphaerella* sp., *Heterobasidion annosum*, and *Heterobasidion parviporum*. The residual biomass, both before and after modification—including enrichment with sea buckthorn berry residue and a siliceous complex was characterized and evaluated for its impact on the growth of pine seedling and agricultural crops. Forest and field experiments, conducted on a certified organic research field, showed that the fertilizer had a favorable effect on both yield volume and product quality, even at low application rates of 40 kg ha⁻¹.

Keywords: forest logging waste; lignocellulosic biomass; extract; proanthocyanidins; fungicidal activity; organo-mineral fertilizer.

Academic Editor: Firstname Last-name

Received: date

Revised: date

Accepted: date

Published: date

Citation: Janceva, S.; Andersone, A.; Nikolajeva, V.; Zaharova N.; Rieksts, G. Forest logging residues valorization into valuable products according to circular bioeconomy. *Forests* **2025**, *16*

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Currently, forest logging residues (tree branches generated during stem delimbing, small-diameter trees harvested as a result of deforestation, debarking biomass, and similar materials) are primarily utilized as a renewable source of thermal energy. However, their potential for the production of high-value bioproducts remains largely underexploited.

The efficient and rational utilization of local logging residues is a key priority within the European Union's circular and cascading bioeconomy strategy. Since Latvia is on the 5th place in Europe for its share of forest in the total area [1], this approach not only decreases reliance on external resources but also fosters economic growth in Latvia by boosting the productivity of renewable resources and ensuring their consistent, residue-free application in industrial processes. Furthermore, it helps protect the environment and creates job opportunities in Latvia's rural areas. Forest biomass, known to be rich in

biologically active compounds, especially bark, can contain up to 25% extractives depending on the wood species [2]. Wood extractives are composed mainly of a complex mixture of phenolic compounds. Some of these polyphenolics have antioxidant and antimicrobial properties, making their extraction particularly attractive [3]. These polyphenols, accumulated in significant amounts within wood tissues, often exhibit antifungal activity, making them suitable as natural antimicrobial agents [4]. Among the various classes of polyphenolic compounds in wood biomass, proanthocyanidins are notable due to their high reactivity and broad spectrum of bioactive effects. Proanthocyanidins can form complexes with proteins and metal ions, and they possess strong antioxidant, antifungal, and antibacterial properties [5], [6], [7]. These traits make proanthocyanidins appealing for use in pharmaceuticals, agriculture, food preservation, and the development of sustainable bioproducts. The fungicidal activity of proanthocyanidins presents promising opportunities in agriculture and forestry, especially as a natural alternative to chemically synthesized pesticides. Incorporating PACs-based formulations into plant protection strategies can reduce the environmental impact of conventional agrochemicals and lessen the risk of resistance development among pathogens. Forest logging residues, as lignocellulosic biomass, serve as a valuable source of organic matter [8]. Developing organo-mineral fertilizers from lignocellulosic biomass residues after extraction allows for the return of organic components to the soil, which is essential for maintaining the proper functioning of the soil-biotic complex. Previous studies by the authors have shown that organo-mineral fertilizers based on lignin and silicon (Si) have a lasting positive effect on plant growth and development [9], [10]. After one year, soil analysis revealed increased levels of organic matter and nitrogen. The residual biomass remaining after extraction, characterized by high porosity and moisture content, makes an effective structural additive and a promising raw material for fertilizer production. This cascading use of biomass supports the principles of the circular bioeconomy by maximizing the production of high-value products from a single cycle. Residues from sea buckthorn berries, including pomace (the pulp and seeds left after juice extraction) and prunings, can be effectively used as fertilizers due to their rich nutrient content. These residues help improve soil fertility, increase organic matter, and may positively influence the yield and quality of subsequent crops. Sea buckthorn berries are rich in essential nutrients like nitrogen, phosphorus, potassium, and various micronutrients [11]. Si is one of the most abundant macronutrients (the eighth most common element in nature and the second most abundant in soil after oxygen), and it plays a critical role in enhancing plant resistance to environmental stress, diseases, and pathogens [12]. Additionally, Si can improve the health of soils contaminated with toxic levels of heavy metals [13]. It minimizes the toxicity of Fe, Al, and Mn, increases the availability of P, and strengthens plant resistance to drought, salt, high temperatures, and frost by forming silicified tissues within plants. Not all of Si forms are directly available for plant uptake. A deficiency in available Si forms can cause growth, development, and reproductive issues in many plants [14]. Currently, discovering eco-friendly products that promote plant productivity, enhance quality, and increase resistance to biological and abiotic stresses without harming the environment is an urgent priority. Growing organic products requires extra care, but the effort results in healthier, higher-quality produce.

The aim of this study was to evaluate logging residues, obtained as a result of forest management activities, as a raw material for the production of new value-added products, serving as an alternative to pesticides and chemically synthesized fertilizers for use in forestry and agriculture.

2. Materials and Methods

2.1. Material collection and preparation

The forest logging waste used in the study was obtained from a forest cleaning in the Olaine Parish, Olaine District, Latvia, between the summer of 2023 and the spring of 2025. The branches were chipped directly at the harvesting site using a mobile chipper, as shown in Figure 1. The resulting chips were transported to a chip storage site, where an average sample was formed by taking 10 samples of 10 kg each from 10 different locations. The size of the deciduous chip fractions did not exceed 5 cm. The chip samples included bark. To prepare for further analysis, the chips were dried at 40 °C and ground using a Retsch SM100 rotor mill (RETSCH, Haan, Germany). The grounded chip sample (further in the text - biomass) was stored at −8 °C.



Figure 1. Biomass collected and chipped in the Olaine Parish

Table 1. Abbreviation of biomass samples

Sample abbreviation	Material type	Collection year, month period
S1	deciduous trees	2023, July-September
S2	deciduous trees	2023, October-December
S3	deciduous trees	2024, January-March
S4	deciduous trees	2024, April-June
S5	conifers	2024, July-September
S6	pine bark	2024, October-December
S7	deciduous trees	2025, January-March

2.2. Biomass extraction

The milled and sieved fraction of biomass (S1-S7) with a 1-2 mm size was used for extraction. Biomass extraction was done with an aqueous ethanol solution (2:8, v/v). The dry biomass mass and solvent ratio was 1:8. Extraction was carried out in a flask for 1 hour using heating and stirring with a magnetic stirrer while maintaining a temperature of 60–70 °C. At the end of the extraction, the ethanol was distilled off at a temperature of 60 °C in a vacuum, and the resulting aqueous mixture was cooled to 25 ± 2 °C. After cooling, the aqueous mixture was deep frozen, with subsequent placement in a lyophilic chamber, in which, under the influence of a vacuum (1.2-1.5 hPa) and low temperature (−50 °C), the frozen solvent is removed. As a result of sublimation, a dry, homogeneous, powdery preparation was obtained without losing its structural integrity and biological activity, significantly increasing the shelf life.

2.3. PACs isolation

For PACs isolation from extracts by column chromatography, the obtained extracts were applied to a Sephadex LH-20 column (2.5 cm × 120 cm) and eluted successively with ethanol and aqueous acetone (70%, v/v) at room temperature. Each sample was lyophilized by Heto PowerDry PL 300 (Thermo Scientific, Waltham, MA, USA) after the evaporation of organic solvents.

2.4. Fungicidal activity determination

The fungicidal activity tests of the samples were performed at the Faculty of Biology, University of Latvia. To determine fungicidal activity, several reference fungi strains, received from the Microbial Strain Collection of Latvia (MSCL), University of Latvia, were used: *Botrytis cinerea*, *Mycosphaerella* sp., *Heterobasidion annosum*, and *Heterobasidion parviporum*. The fungicidal activity was studied in plates, which allowed the determination of the minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum fungicidal concentration (MFC). The MIC was determined as the lowest concentration of the studied material, which showed no visible growth, and MFC – as the lowest concentration of the studied material that kills 99.9% of a fungal population.

2.5. Biomass residue modification

The biomass after extraction (further in the text - substrate) was hydrolyzed using a dilute alkaline solution. After alkaline hydrolysis, the substrate was washed with distilled water to a neutral pH value and enriched with sea buckthorn berry residue and a Si-containing composition in mass ratios (8:1:1, w/w/w). The fertilizer preparation took 30 days.

2.6. Fertilizer characterization

The chemical characterization of the fertilizers was carried out according to the following European standards specified in Table 2.

Table 2. Methods according to the standard

Characteristics	Testing method standard
Humidity, %	LVS EN 13040:2008
Dry matter, %	LVS EN 13040:2008
Organic matter content, %	LVS EN 13039:2012
Ph	LVS ISO 10390:2006

2.6.1. FTIR analysis

FTIR spectra were recorded in KBr pellets (1.6 mg of the sample in 200 mg of KBr (IR grade, Sigma Aldrich), in the range of 4400–400 cm^{−1} (resolution of 4 cm^{−1}, 32 scans), using a Nicolet iS50 FT-IR spectrometer (Thermo Scientific, Waltham, MA, USA). The Spectrum v5.0.1 program was used for processing the spectrum.

2.6.2. Elemental analysis

Carbon, nitrogen, and hydrogen content was determined using the Vario MACRO CHNS elemental analysis equipment with a heat conduction detector (Elementar Analysensysteme GmbH, Langenselbold, Germany). The oxygen content was calculated from the difference of 100%. The dry sample was weighed in a foil (weight of sample: 50 mg DM). The WO₂ powder was used as a combustion catalyst in a ratio of 1:1 (w/w). The obtained sample/catalyst mixture was pressed into a tablet and placed in the automatic sample feeder (carousel). The equipment was controlled in a computerized mode, and VARIOEL V5.16.10 software was used for data processing. The results were expressed as percentages of DM. Three repetitive analyses were performed for each sample. CI 0.2% at =0.05.

2.6.3. Macroelements and heavy metals determination

The contents of the K, Ca and heavy metals (Cd, Pb, and Hg) were determined by ICP-MS analysis using a Thermo Fisher Scientific iCAP TQe (Bremen, Germany) fitted with a nebulizer, a quartz spray chamber, with a sampling cone made of nickel, and a skimmer cone with platinum tip, as described in Naccarato et al. [15]. A peristaltic pump and an autosampler ASX-560 (both from Thermo Fisher Scientific, GmbH, Bremen, Germany) were used to pump the solutions from the tubes. Following a 20 to 30 min period

of ICP MS stabilization, the working capacity was adjusted before the analyses to maximize the signal and minimize interference effects by applying a tuning solution based on the torch's horizontal and vertical location, the extraction lens, and the CCT (collision cell technology) focus lens. The highest purity argon and helium gas (99.99%) was employed as the carrier gas at 0.8 mL/min in auxiliary flow, at 1.0 mL/min, and 5.3 mL/min in nebulizer flow. Nitric acid (65%), Suprapur® for the trace analysis (Supelco), and hydrogen peroxide (30%) were all used in the sample digestion process. Calibration curves for quantitative analysis were elaborated with the dilution of multielement solutions (10 mg/L); Cd, Ca, Pb, K (10 mg/L, Merck, Germany); and Hg element solution (1000 mg/L, Merck, Germany). The calibration standards, the procedure blanks, and the samples made up each analysis batch. The weight of each sample was 100 mg. Most of the elements under investigation were examined in kinetic energy discrimination mode (KED-mode) at the operational helium gas collision cell. Each experiment was performed in triplicate. CI for crude fat: CI 0.6% at $\alpha=0.05$; for ash and organic matter: $CI \leq 0.9\%$ at $\alpha=0.05$.

2.6.4. Humic substances and lignin determination

Humic substances were determined according to the recommendations of agricultural chemical analysis. A 10 g dry fertilizer sample was weighed, and 200 mL of 0.5 M NaOH was added, then shaken for 24 hours. Centrifugation was used to sediment the insoluble humin, and all of the supernatant was transferred to a clean centrifuge tube. To the supernatant, 6 M HCl was added to adjust the pH to 2.0. Centrifugation was then used to sediment the humic acid.

Lignin was determined by the Klason method (ISO/DIS 21436) [16].

2.6.5. Evaluation of the porous structure of fertilizer

The porous structure (specific surface area, total volumes of micro- and mesopores, and pore size distribution) was determined from isotherms of low-temperature adsorption-desorption of nitrogen at 77 K on a Nova 4200e device (Quantachrome, Boynton Beach, FL, USA).

2.7. Field experiments with winter wheat and spring wheat growing

Field experiments were carried out in the 2023/2024 growing season (winter wheat "Edvin") and in 2024 (spring wheat "Robijs") at the certified organic farming field (N 56° 69.275', E 25° 14.173'). Meteorological conditions were characterised by measurements of air temperature and rainfall compared with long-term values. Data were obtained from the Skriveri Observation Station of the Latvian Environment, Geology, and Meteorology Cent. The fertilizers were used for seed material treatment. The field experiments with fertilizers were carried out in 2 options: F0—plot without fertilizer; F1—plot with fertilizer. After harvesting, the grain was weighed, and grain purity and moisture content were detected.

2.8. Characterization of wheat yield and grain quality

Yield-forming components were assessed at GS 87-89 of wheat. Plant samples collected from each plot at two locations within 0.5 m² included the number of productive tillers per 1 m² and the grain number per spike, calculated as the total number of grains in the plant samples divided by the number of productive tillers. The weight of 1000 grains was measured following standard EN ISO 520:2011 "Cereals and Pulses," using a "Pfeuffer CONTADOR" seed counter and an electronic balance.

The quality indicators: protein content (%), gluten (%), Zeleny index, starch content (%), volume weight for the crops studied using near-infrared spectroscopy (NIRS) with analyzers Infratec TM NOVA. The falling number for winter wheat was determined by the Hagberg-Perten method (ISO 3093: 2009).

2.9. Field experiments with radish growing

The field experiments were conducted in 2023 at a certified biological field (56° 69.275' N, E 25° 14.173') designated for scientific research. The test crop was the radish variety "Rosso Tondo," suitable for autumn cultivation. The fertilizer experiments were carried out with 2 treatments in four replications: F0–control plot without fertilizer; F1–plot with fertilizer. Total yield, standard yield (healthy, uniform pulp, free of cracks, empty or woody areas, ungrown sections, insect damage, and microbiological contamination), the proportion of standard yield in total yield, and average weight were measured. To evaluate the effect of seed treatment substrates on radish yield, a one-way ANOVA was performed. Differences between treatments were tested with the Bonferroni method at a 95% confidence level ($p < 0.05$). Data were analyzed using the free software "R," version 4.0.2.

2.10. Field experiments with dill growing

The field experiments were carried out in 2023 on a certified organic field (56° 69.275' Z, E 25° 14.173') designated for scientific research. The test crop was dill cultivar "Thalia". The field experiments included four fertilizer treatments, each with four replications: F0–control plot without fertilizer; F1–plot with fertilizer. The green mass of dill was harvested 63 days after sowing, according to Cabinet Regulation No. 461 "Requirements for Food Quality Schemes, Their Implementation, Operation, Monitoring and Control Procedure" [17]. The total yield of green mass was calculated in kg m^{-2} .

2.10.1. Dill green mass extraction

Hydrophilic extracts of dill green mass were obtained using two ways: 1) extraction at 50°C, 30 min with ethanol-water solution (1:1, v/v). The ethanol-containing extracts, after ethanol evaporation, water extracts were freeze-dried to obtain dry extracts. The yield of the dry extract is presented as a percentage of the dry mass (DM) of the biomass. The results' confidence interval (CI) did not exceed 3% at $\alpha = 0.05$.

2.10.2. Dill extract characterization

The total polyphenol content of the extracts was quantified using the Folin-Ciocalteu method with gallic acid as the reference compound [18]. An aliquot (1 mL) of the extract was transferred into a test tube, followed by the additional 0f 5 mL of Folin-Ciocalteu reagent and 4 mL of 7% aqueous sodium carbonate solution. The tube was vortexed and placed in a water bath at 30°C for 1 hour. The absorbance of the mixture was recorded at 760 nm using a UV/VIS spectrometer (Lambda 650, Perkin Elmer, Inc., Waltham, USA) against a blank containing 1 mL of the extraction solvent. The total phenolic content was calculated as gallic acid equivalents (GAE) from a standard curve and expressed as mg GAE/g extract. The final values were expressed as GAE, and the CI of the results did not exceed 3% at $\alpha = 0.05$.

The total flavonoid content was determined according to the method described by Shay et al. [19] with slight modifications, as follows. An amount of 10 mg of the extract was dissolved in 25 mL of 50 % ethanol. Then, 0.4 mL of the extract solution was transferred to a 10 mL test tube containing 2 mL of distilled water. Subsequently, 0.12 mL of 5% sodium nitrite solution was added, and the mixture was incubated for 5 minutes at room temperature. Next, 0.24 mL of 10% aluminum nitrate solution was added. After 6 minutes, 0.8 mL of 1 mol/L sodium hydroxide was added to the mixture. The absorbance was measured at 420 nm. The absorbance of the mixture was recorded at 760 nm using a UV/VIS spectrometer (Lambda 650, Perkin Elmer, Inc., Waltham, USA) against a blank containing 1 mL of the extraction solvent. Results were expressed as milligrams of quercetin equivalents (mg QE) per gram of dry weight (DW).

The total content of PACs in the hydrophilic extracts was measured using the butanol-HCl assay, with procyanidin dimer B2 as a reference compound, also following Andersone et al. [7].

2.11. Field experiments with potato growing

The field experiments were conducted in 2024 on a certified organic field designed for scientific research. Potato seed material was treated with the fertilizer at the time of planting at a rate of 40 kg ha⁻¹. The agrochemical characteristics of the soil were as follows: pH 6.0, organic matter content 2.7 %, plant-available phosphorus 51 mg kg⁻¹ (low), and potassium 67 mg kg⁻¹ (low). The field trials were arranged in four replicates. In 2024, the potatoes were planted on May 15 and harvested on September 3.

2.11.1. Potatoes yield and quality

Potato tubers were sorted into three size fractions: small tubers (<35 mm), medium tubers (35–55 mm), and large tubers (> 55 mm). Each fraction was weighed separately with an accuracy of 0.1 kg. Tubers with visible external damage, including rotten ones, were collected separately and weighed with the same accuracy. These were included in the substandard yield (small tubers). Mechanically damaged tubers were included in the corresponding size fraction, in the total yield was calculated as a percentage. Medium and large tubers were combined to form the commercial tuber fraction. Tuber yield at the end of the growing season was calculated using the following formula:

$$R = (S + N)/L \times 10, \text{ where}$$

R – tuber yield at the end of the growing season (t ha⁻¹);

S – mass of commercial tubers at the end of the growing season (kg);

N – mass of small tubers at the end of the growing season (kg);

L – area of the plot (m²).

2.12. Field experiments with pine seedlings growing

Pine seedlings were grown in a forest on a prepared plantation, with fertilizer applied to each seedling. Their growth dynamics were assessed, measured by the length of the aboveground part.

2.13. Statistical analyses of data

The analysis of variance by R-studio was used for statistical analysis of the experimental data (yield forming compounds, yields). The Bonferroni test was used to compare means at p<0.05. Significantly different values were labeled with different letters in superscript (^{a,b}). If the effect of the studied factor was not significant (p>0.05), use the symbol “n”.

3. Results and Discussion

3.1. Assessment of biomass as a potential source for PAC-rich extract isolation.

To evaluate the potential of forest waste as a raw material for PAC extraction, branches were collected during forest felling. These were chopped into chips and subsequently crushed to a size of 1–2 mm. Due to its high selectivity towards polyphenolic compounds, ethanol–water solution was used as the extractant.

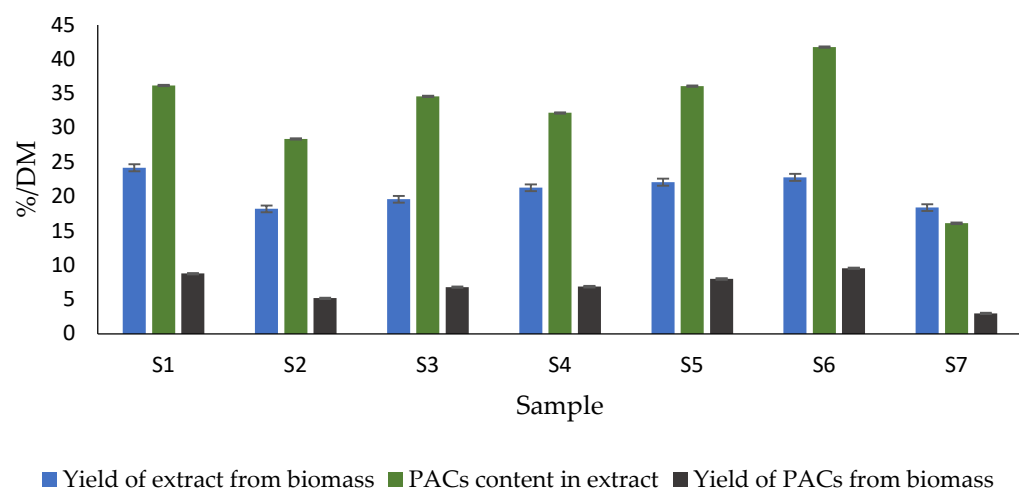


Figure 2. Biomass characterization as PAC and extract source. For yield of extract $CI \leq 0.5\%$, and for other experiments $CI \leq 0.1\%$, at $\alpha = 0.05$.

The extract yield from all studied biomasses ranged from 18% to 25%/DM. The content of the extract's main target compound, PACs, was not lower than 28%/DM in six samples, except for one with a PACs content of 16%/DM (S7 sample). The highest PACs content (41.8 %/DM) was found in pine bark collected in 2024 autumn. Sample S7 had a lower PAC content, which is linked to the low bark proportion in the biomass. The many authors show that the bark contains the highest PACs levels, which relate to their accumulation under various stresses, such as low temperature, drought, injury, high light intensity, and pathogen attack [20]. Several studies have reported that the bark of *Pinus caribaea*, *Alnus glutinosa*, *Alnus incana*, *Quercus robur* L., and *Pinus sylvestris* L. are valuable raw materials for producing PAC-rich extracts [21], [22], [23].

3.2. Fungicidal activity of the extracts

Our preliminary studies indicate that PACs are powerful antioxidants. In addition, PACs have antimicrobial effect properties, inhibiting bacteria (*E. coli*, *B. cereus*, *S. aureus*, et al.) and fungi (*C. albicans*) [24], and anti-inflammatory properties [25]. Potential anti-tumor effects have also been reported [26]. However, despite their fungicidal properties, PACs do not always inhibit all fungal growth which could be connected with the presence of polyphenolic glucosides. To evaluate the potential of PACs-rich extracts isolated from forest waste biomass as antifungal agents, studies were conducted on the inhibition of fungi such as *Botrytis cinerea*, *Mycosphaerella* sp., *Heterobasidion annosum*, and *Heterobasidion parviporum*.

Botrytis cinerea infects over 200 plant species, causing gray mold with a fuzzy gray mycelium on surfaces. Globally, it causes annual economic losses ranging from 10 to 100 billion dollars [27]. Results showed that only the PACs-rich extract had fungicidal activity against *B. cinerea*. The fraction from which PACs was isolated (PACs free fraction) showed no such activity comparing to the control. At a 2% concentration of PAC-rich extract, fungal colonies after three days were 1.9 times fewer. Other studies have also shown that PACs, especially those from grape seeds, have notable antifungal activity against *B.*

cinerea. Polyphenol-rich extracts reduce the fungal mycelial growth and spore germination. For example, a bioproduct based on polymeric PACs from grape seeds exhibited a moderate inhibition of *B. cinerea* with an IC_{50} in the range of 11.2–12.2 mg mL⁻¹ [28].

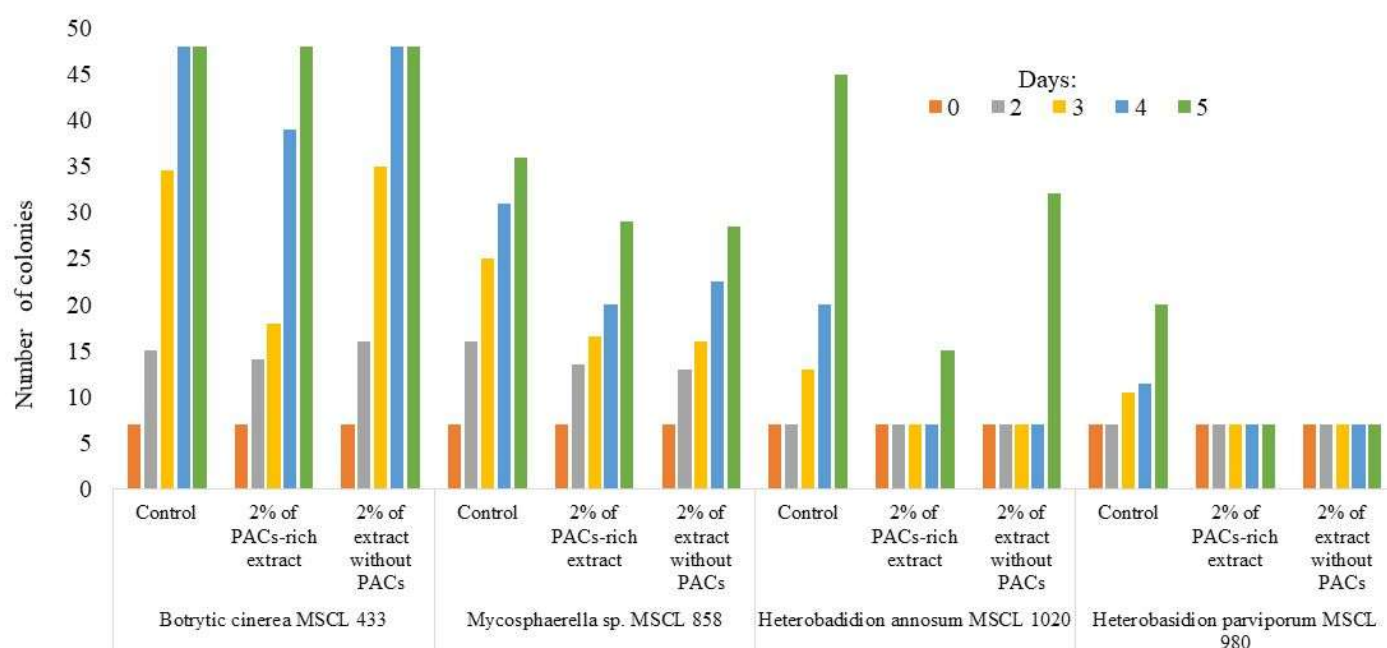


Figure 3. Fungicidal activity of extract samples.

Septoria tritici leaf blotch, caused by *Mycosphaerella* sp., is a major wheat disease worldwide, causing up to 50% yield loss annually in many regions [29]. All samples containing oligomeric and low molecular weight polyphenols and their glycosides showed antifungal effects against *Mycosphaerella*. At a 2% concentration, they reduced fungal colonies by 1.2–1.5 times over six days.

Conifer root and butt rot, caused by the basidiomycete *Heterobasidion annosum* (*H. annosum*), is a serious disease affecting many conifer species and representing a major threat to commercial forestry. It attacks roots, butts, and stems (trunk). Infection levels are high in continental Europe. It affects up to 25% of Norway spruce (*Picea abies*) in Scandinavia, causing annual losses in the hundreds of millions of euros [30]. Both samples showed fungicidal activity against the fungus, with the PAC-containing sample being more effective. Similar activity was observed against *Heterobasidion parviporum*, a significant wood decayer causing white rot at the roots and base [31].

The minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum fungicidal concentration (MFC) were determined for three samples: 1) isolated PACs from the extract; 2) extract with PACs content 36% PACs/DM; 3) the fraction remaining after PACs isolation, consisting predominantly of low molecular weight polyphenols. The results showed that in the experiment of MIC/MFC (Table 3) all samples exhibited fungicidal activity. Compared to isolated PACs, the PACs-rich extract was more effective against *Botrytis cinerea*, *Heterobasidion annosum*, and *Heterobasidion parviporum*. The enhanced activity is associated with the presence of other polyphenols, such as flavonoids, in the extract. The fraction lacking PACs was less active, indicating the significant role of PACs in the fungicidal activity against pathogenic fungi.

Table 3. Minimum inhibitory and fungicidal concentration of samples

Sample	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Mycosphaerella sp.</i>	<i>Heterobasidion annosum</i>	<i>Heterobasidion parviporum</i>
	MIC/MFC, mg/ml			
PACs	25/50	25/50	12.5/12.5	12.5/12.5
PACs-rich extract	12.5/25	25/50	6.25/12.5	6.25/12.5
Fraction without PACs	12.5/25	25/50	25/50	25/50

3.2. Raw material and fertilizer composition characteristics.

An analysis of raw materials was conducted to prepare the fertilizer. Elemental analysis shows that the biomass is rich in carbon (56%/DM) and low in nitrogen (1-3 %/DM). Sea buckthorn berry squeezing remainders is high in vitamins, micro- and macro-elements, with 2.4%/DM nitrogen, 1.1%/DM phosphorus, and 2.2%/DM potassium. It also contains 89%/DM organic matter, making it a valuable organo-mineral component for natural fertilizers. While the extract statistics on sea buckthorn berry squeezing remainders amount in Latvia are unavailable, estimates suggest an annual range of 1440 to 1920 tons [29]. This represents a significant resource for agriculture and industry. Sapropel was used as a humic substances-containing component, with an organic content of about 94%, including 26% humic acids and 8% fulvic acids. Latvia’s sapropel reserves are estimated at approximately 190 million tons. This is a rich, organic-rich sediment with high nutrient levels. The obtained fertilizer was characterized using infrared spectroscopy (FTIR) (Fig. 4.).

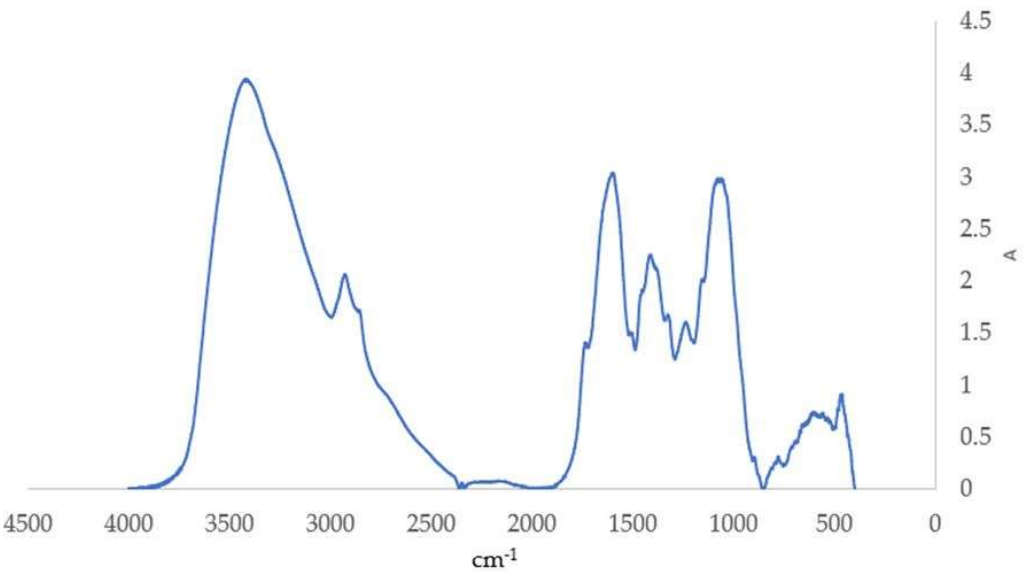


Figure 4. FTIR spectra of fertilizer

The FTIR spectrum of the obtained fertilizer shows complex functional groups characteristic of lignocellulosic and mineral-organic matrices: a broad band from 3200-3600 cm⁻¹ indicating hydroxyl groups; peaks at 2920 cm⁻¹ and 2850 cm⁻¹ related to C-H vibrations; a band near 1700 cm⁻¹ for C=O groups; signals around 1600-1650 cm⁻¹ indicating aromatic C=C or phenolic OH; an absorption near 1000-1100 cm⁻¹ correspond to C-O-C and Si-O vibrations, confirming silicon incorporation. Signals in the 800-500 cm⁻¹ range relate to are associated with Si-O deformation and aromatic ring bending. Overall, FTIR confirms the fertilizer has a complex structure of organic and inorganic components that support soil stabilization and nutrient retention. Moisture content was low (6.4±0.1), ensuring good storage stability. Dry matter was 94.0±0.1%, with a high organic matter

content of $92.8 \pm 1.4\%$, reflecting the organic nature of the materials. Lignin was significant at $38.5 \pm 0.5\%$ (Klason lignin), aiding structural stability and soil conditioning. Humic acids were $4.3 \pm 0.1\%$, adding to the potential for improving soil fertility, nutrient retention, and biological activity. The fertilizer contained $2.35 \pm 0.02\%$ total nitrogen, essential for plant growth. Levels of phosphorus ($0.6 \pm 0.1\%$) and potassium ($0.4 \pm 0.1\%$) were low, so it may primarily serve as an organic amendment or be combined with mineral P and K sources for balanced fertilization. Heavy metal analysis showed low contamination: mercury was below detection ($<0.2 \text{ mg kg}^{-1}$), arsenic measured at $0.17 \pm 0.02 \text{ mg/kg}$, and cadmium at $1.13 \pm 0.09 \text{ mg/kg}$, within regulatory limits ($<0.2 \text{ mg kg}^{-1}$). The pH was moderately alkaline at 8.7, beneficial for neutralizing acidic soils. The product complies with Cabinet of Ministers Regulation No. 506 on fertilizer standards, with no detected lead Pb. The fertilizer is rich in organic and lignocellulosic matter, with moderate N and Si and low contaminants, making it an eco-friendly soil conditioner within a circular bioeconomy.

BET surface area was $0.87 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ with a pore volume of $2.48 \text{ mm}^3 \text{ g}^{-1}$ (Fig. 5), indicating a moderately porous structure that supports moisture retention and aeration, aiding root growth and microbial activity. These properties facilitate nutrient release and improve fertilizer efficiency in the field.

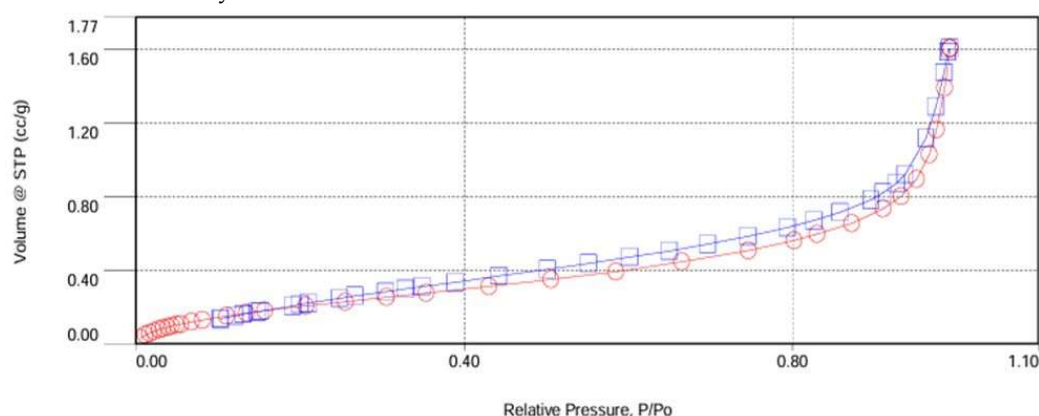


Figure 5. Total Pore Volume data of fertilizer

3.3. Impact of Fertilizer on Radish Growth

Radish was harvested 36 days after sowing. The yield ranged from 1.99 – 2.67 kg m^{-2} , significantly influenced by the seed treatment. Seed treatment with fertilizer increased the radish yield.

Table 4. Fertilizer effect on radish crop

Plot variant	Total yield of radish, kg m^{-2}	Standard yield of radish, kg m^{-2}	Standard yield, % of total radish yield	Average weight of radish, g
F0	1.99a	1.62a	81	10.6a
F1	2.67b	2.25b	84	13.4b

3.4. Impact of Fertilizer on Dill Growth

The dill green mass yield ranged from 0.90 to 1.32 kg m^{-2} (Table 5). Compared to the control (untreated soil), the yield increased significantly only after soil treatment with fertilizer ($RS_{0.05} = 0.27 \text{ kg m}^{-2}$).

Table 5. Fertilizer effect on dill green mass yield

Plot variant	Total yield of dill green mass, kg m ⁻²	The above-ground part of the dill green mass from the total mass of the plant, %
F0	0.93	86.3
F1	1.32a	88.2

The total polyphenol content in 50% EtOH extracts from dill grown in the F0 plot was 60.1 mg GAE per gram of dry extract, while in the F1 plot it was 65.0 mg GAE per gram of dry extract. The total flavonoid content in the same extracts was 42.7 mg RU g⁻¹ and 46.8 mg RU g⁻¹ of dry extract, respectively. The 50% EtOH extracts ranged from 42,7 to 46,8 mg RU per gram of dry extract. The presence of condensed tannins in the extracts was not detected. Since polyphenols are known antioxidants, an increase in their content in the extract- and consequently in the biomass-demonstrates that the fertilizer affects not only the yield, but also enhances the quality of dill and its potential health benefits as a natural antioxidant source.

3.4. Impact of Fertilizer on Potato Growth

The total potato yield ranged from 13.93 to 20.01 t ha⁻¹, considered average for the local conditions. The proportion of commercial tubers was high, between 84.9% and 88.5%. Pre-treating seed potatoes with the fertilizer increased total yield and the part of commercial tubers. The heaviest commercial tubers averaged 76.8 g, indicating improved tuber size. These results suggest that fertilizer use can enhance the economic return of potato farming by increasing high-quality produce.

Table 6. Fertilizer effect on potato yield and quality

Plot variant	Total yield, t ha ⁻¹	Commercial production		Fraction yield, t ha ⁻¹		
		t ha ⁻¹	%	Tubers, <35 mm in diameter	Tubers, 35-55 mm in diameter	Tubers, > 55 mm in diameter
F0	13.93b	11.83b	84.9	2.10	10.24	1.59
F1	20.01a	17.20a	86.0	2.81	13.60	3.60

3.5. Impact of Fertilizer on Wheat Growth

Spring wheat yield ranged from 2.82 to 3.85 t ha⁻¹ (Table 7), considered average. Seed treatment with fertilizer increased yield. Hot and dry weather also affected grain quality. Despite good protein (12.4–13.5%) and gluten (23.1–26.4%) content, the bulk density of the harvested grain was low (< 730 g L⁻¹).

Table 7. Fertilizer effect on spring wheat yield and quality

Plot variant	Yield of wheat, t ha ⁻¹	Protein content in grain, %	Gluten content, %	Starch content, %	Zeleny index, mL	Volume weight, g L ⁻¹	Falling number, s
--------------	------------------------------------	-----------------------------	-------------------	-------------------	------------------	----------------------------------	-------------------

F0	2.82b	13.5	25.7	65.9	51.86	726.6	300
F1	3.43a	12.4	23.1	67.0	43.11	729.0	292

3.6. Impact of Fertilizer on Pine Seedling Growth

The effect of the fertilizer on the growth of pine seedlings was assessed 18 months after planting one-year-old pine seedlings. The results show that soil treatment with the fertilizer significantly enhanced pine seedling growth (Fig. 6).

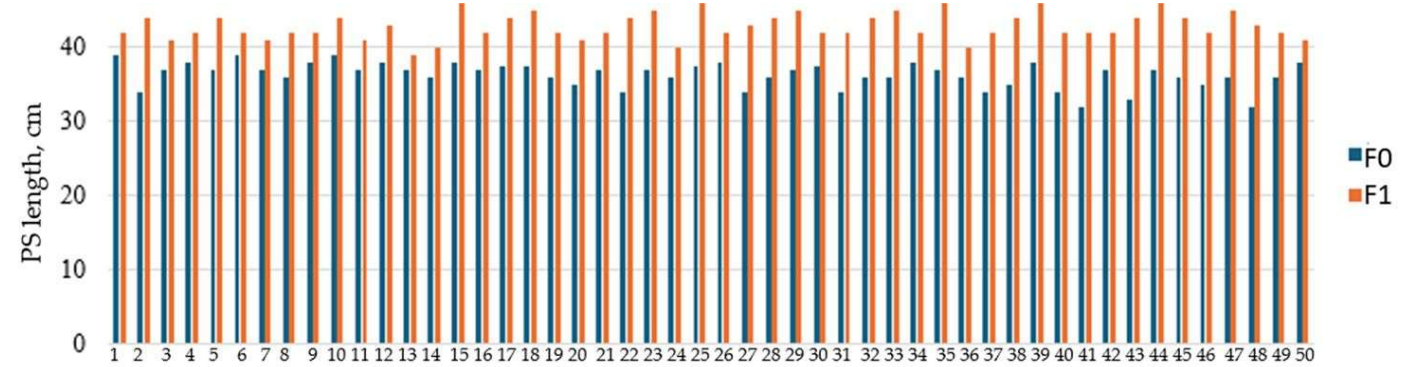


Figure 6. Fertilizer effect on pine seedlings (PS) growth: F0 – forest plot without fertilizer; F1 – forest plot with fertilizer

4. Conclusions

The study shows that forest biomass and agricultural residues can be effectively used to produce PACs-rich extracts and eco-friendly fungicides and fertilizers within a circular bioeconomy. Bark, in particular, shows strong potential as a source of PACs, with notable antifungal activity against *Botrytis cinerea*, *Mycosphaerella* sp., *Heterobasidion annosum*, and *Heterobasidion parviporum*. PACs-rich extracts inhibited fungal growth, confirming their value as natural antifungal agents. The remaining forest waste biomass after extraction was successfully combined with sea buckthorn berry squeezing remainders and sapropel to create a fertilizer with high organic content. Characterization revealed favorable physical and chemical properties, including good porosity, organic matter, important for nutrient retention. Application of this fertilizer improved the growth and yield of radish, dill, potatoes, and wheat in field trials, demonstrating its agronomic effectiveness. The results support the feasibility of integrated biomass valorization for producing bioactive extracts and sustainable fertilizers, contributing to resource-efficient agriculture and plant protection.

Supplementary Materials: Supporting information is available by demand.

Author Contributions: Conceptualization, S.J. and A.A.; methodology, S.J., A.A., V.N., A.S.; software, A.S.; validation, S.J., A.A., V.N. and A.S.; formal analysis, S.J., A.A., V.N. and A.S.; investigation, S.J., A.A., V.N., N.Z, A.S. and G.R.; resources, S.J., A.A., and G.R.; data curation, S.J., A.A., V.N. and A.S.; writing—original draft preparation, S.J.; writing—review and editing, S.J., A.A., and N.Z.; visualization, S.J., A.A., and N.Z.; supervision, S.J. and A.A.; project administration, A.A. and G.R.; funding acquisition, S.J., A.A. and G.R. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was funded by Rural Support Service of the Republic of Latvia, European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD), Measure “Cooperation”, project No. 23-00-A01612-000008 “Wasteless application of residual logging biomass for obtaining of environmentally friendly plant protection products and soil additives”.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available on request from the corresponding author.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest. Anna Andersone is employed by Ekokompozit Ltd., her employer's company is involved in this study only in frames of the above-mentioned acknowledged project (Rural Support Service of the Republic of Latvia, European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD), Measure “Cooperation”, project No. 23-00-A01612-000008), which is non-commercial project, not connected to the business of Ekokompozit Ltd., and there is no relevance between this research and the company.

Abbreviations

The following abbreviations are used in this manuscript:

PACs	Proanthocyanidins
F0	Plot without fertilizer
F1	Plot with fertilizer
CI	Confidence interval

References

- [1] ‘Eurostat for Forests, Forestry and logging’. Accessed: Jun. 01, 2025. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Forests,_forestry_and_logging
- [2] N. Francezon and T. Stevanovic, ‘Integrated process for the production of natural extracts from black spruce bark’, *Industrial Crops and Products*, vol. 108, pp. 348–354, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.indcrop.2017.06.052.
- [3] M. B. Santos, L. Sillero, D. A. Gatto, and J. Labidi, ‘Bioactive molecules in wood extractives: Methods of extraction and separation, a review’, *Industrial Crops and Products*, vol. 186, p. 115231, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.indcrop.2022.115231.
- [4] S. Davidova, A. S. Galabov, and G. Satchanska, ‘Antibacterial, Antifungal, Antiviral Activity, and Mechanisms of Action of Plant Polyphenols’, *Microorganisms*, vol. 12, no. 12, p. 2502, Dec. 2024, doi: 10.3390/microorganisms12122502.
- [5] A. Smeriglio, D. Barreca, E. Bellocchio, and D. Trombetta, ‘Proanthocyanidins and hydrolysable tannins: occurrence, dietary intake and pharmacological effects’, *British J Pharmacology*, vol. 174, no. 11, pp. 1244–1262, Jun. 2017, doi: 10.1111/bph.13630.
- [6] S. Janceva, A. Andersone, L. Lauberte, N. Zaharova, and V. Nikolajeva, ‘FRUIT SHRUBS’ TWIGS AS A SOURCE OF VALUABLE OLIGOMERIC POLYPHENOLIC COMPOUNDS WITH ANTIBACTERIAL AND ANTIFUNGAL POTENTIAL’, *ETR*, vol. 1, pp. 173–176, Jun. 2024, doi: 10.17770/etr2024vol1.7982.
- [7] A. Andersone *et al.*, ‘Lignocellulosic Waste Compounds for Pancreatic Lipase Inhibition: Preliminary Extraction by Freon, Obtaining of Proanthocyanidins and Testing on Lipase Activity’, *Metabolites*, vol. 13, no. 8, p. 922, Aug. 2023, doi: 10.3390/metabo13080922.
- [8] M. Mujtaba *et al.*, ‘Lignocellulosic biomass from agricultural waste to the circular economy: a review with focus on biofuels, biocomposites and bioplastics’, *Journal of Cleaner Production*, vol. 402, p. 136815, May 2023, doi: 10.1016/j.jclepro.2023.136815.
- [9] M. Greger, T. Landberg, and M. Vaculík, ‘Silicon Influences Soil Availability and Accumulation of Mineral Nutrients in Various Plant Species’, *Plants*, vol. 7, no. 2, p. 41, May 2018, doi: 10.3390/plants7020041.
- [10] A. Andersone, S. Janceva, N. Zaharova, A. Svarta, and G. Telysheva, ‘LIGNIN AND LIGNOCELLULOSE-BASED ORGANOMINERAL COMPLEX FOR ORGANIC AGRICULTURE’, presented at the 23rd SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference 2023, Albena, Bulgaria, Oct. 2023, pp. 247–256. doi: 10.5593/sgem2023/3.1/s13.30.
- [11] A. Chen, X. Feng, B. Dorjsuren, C. Chimedtseren, T.-A. Damda, and C. Zhang, ‘Traditional food, modern food and nutritional value of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): a review’, *Journal of Future Foods*, vol. 3, no. 3, pp. 191–205, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.jfutfo.2023.02.001.
- [12] A. Kumar *et al.*, ‘Exploring the role of silicon in enhancing sustainable plant growth, defense system, environmental stress mitigation and management’, *Discov Appl Sci*, vol. 7, no. 5, p. 406, Apr. 2025, doi: 10.1007/s42452-025-06866-w.

- [13] I. Khan *et al.*, 'Effects of silicon on heavy metal uptake at the soil-plant interphase: A review', *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 222, p. 112510, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.ecoenv.2021.112510. 524
525
- [14] V. Thakral *et al.*, 'Silicon, a quasi-essential element: Availability in soil, fertilizer regime, optimum dosage, and uptake in plants', *Plant Physiology and Biochemistry*, vol. 208, p. 108459, Mar. 2024, doi: 10.1016/j.plaphy.2024.108459. 526
527
- [15] A. Naccarato *et al.*, 'Triazine Herbicide and NPK Fertilizer Exposure: Accumulation of Heavy Metals and Rare Earth Elements, Effects on Cuticle Melanization, and Immunocompetence in the Model Species *Tenebrio molitor*', *Toxics*, vol. 11, no. 6, p. 499, Jun. 2023, doi: 10.3390/toxics11060499. 528
529
530
- [16] *ISO/DIS 21436(en) Pulps — Determination of lignin content — Acid hydrolysis method*. 531
- [17] 'Republic of Latvia, Cabinet Regulation No. 461. Requirements for Food Quality Schemes, Procedures for the Implementation, Operation, Monitoring, and Control Thereof'. Aug. 12, 2014. 532
533
- [18] A. Andersone *et al.*, 'Granulated Animal Feed and Fuel Based on Sea Buckthorn Agro-Waste Biomass for Sustainable Berry Production', *Sustainability*, vol. 15, no. 14, p. 11152, Jul. 2023, doi: 10.3390/su151411152. 534
535
- [19] P.-E. Shay, J. A. Trofymow, and C. P. Constabel, 'An improved butanol-HCl assay for quantification of water-soluble, acetone:methanol-soluble, and insoluble proanthocyanidins (condensed tannins)', *Plant Methods*, vol. 13, no. 1, p. 63, Aug. 2017, doi: 10.1186/s13007-017-0213-3. 536
537
538
- [20] D. Yu, T. Huang, B. Tian, and J. Zhan, 'Advances in Biosynthesis and Biological Functions of Proanthocyanidins in Horticultural Plants', *Foods*, vol. 9, no. 12, p. 1774, Nov. 2020, doi: 10.3390/foods9121774. 539
540
- [21] S. Janceva, L. Lauberte, T. Dizhbite, G. Telysheva, J. Krasilnikova, and M. Dzenis, 'Proanthocyanidins rich extracts from bark of deciduous trees growing in Latvia as antioxidant additive for lipid based systems', in *The 14th European Workshop on Lignocellulosics and Pulp*, Autrans, France, Jun. 2016, pp. 413–416. 541
542
543
- [22] V. A. Levdanskiy, I. V. Korol'kova, A. V. Levdanskiy, and B. N. Kuznetsov, 'Isolation and Study of Proanthocyanidins from Bark of Pine *Pinus sylvestris* L.', *Russ J Bioorg Chem*, vol. 47, no. 7, pp. 1445–1450, Dec. 2021, doi: 10.1134/S1068162021070098. 544
545
- [23] N. Vivas, M.-F. Nonier, I. Pianet, N. Vivas De Gaulejac, and É. Fouquet, 'Proanthocyanidins from *Quercus petraea* and *Q. robur* heartwood: quantification and structures', *Comptes Rendus. Chimie*, vol. 9, no. 1, pp. 120–126, Oct. 2005, doi: 10.1016/j.crci.2005.09.001. 546
547
548
- [24] S. Janceva *et al.*, 'Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) Waste Biomass after Harvesting as a Source of Valuable Biologically Active Compounds with Nutraceutical and Antibacterial Potential', *Plants*, vol. 11, no. 5, p. 642, Feb. 2022, doi: 10.3390/plants11050642. 549
550
551
- [25] A. Andersone *et al.*, 'Anti-Inflammatory, Anti-Bacterial, and Anti-Fungal Activity of Oligomeric Proanthocyanidins and Extracts Obtained from Lignocellulosic Agricultural Waste', *Molecules*, vol. 28, no. 2, p. 863, Jan. 2023, doi: 10.3390/molecules28020863. 552
553
554
- [26] J. Liu *et al.*, 'Anti-Tumor Effect of *Pinus massoniana* Bark Proanthocyanidins on Ovarian Cancer through Induction of Cell Apoptosis and Inhibition of Cell Migration', *PLoS ONE*, vol. 10, no. 11, p. e0142157, Nov. 2015, doi: 10.1371/journal.pone.0142157. 555
556
557
- [27] A. Nechita *et al.*, 'In vitro Antifungal Activity of a New Bioproduct Obtained from Grape Seed Proanthocyanidins on *Botrytis cinerea* Mycelium and Spores', *Not Bot Horti Agrobo*, vol. 47, no. 2, pp. 418–425, Dec. 2018, doi: 10.15835/nbha47111367. 558
559
- [28] S. B. Goodwin, C. Waalwijk, and G. H. J. Kema, 'Genetics and Genomics of *Mycosphaerella graminicola*: A Model for the Dothideales', in *Applied Mycology and Biotechnology*, vol. 4, Elsevier, 2004, pp. 315–330. doi: 10.1016/S1874-5334(04)80016-9. 560
561
- [29] 'Conifer root and butt rot (*Heterobasidion annosum*)'. Accessed: May 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.forestresearch.gov.uk/tools-and-resources/fthr/pest-and-disease-resources/conifer-root-and-butt-rot-heterobasidion-annosum/> 562
563
564
- [30] T. Piri and E. J. Vainio, 'Significance of *Heterobasidion* species among wood decay fungi in northern peatland forests', *Forest Ecology and Management*, vol. 568, p. 122148, Sep. 2024, doi: 10.1016/j.foreco.2024.122148. 565
566

-
- [31] 'ProceedingsEuroworksFinland'. Accessed: May 09, 2025. [Online]. Available: 567
https://orgprints.org/id/eprint/28158/7/2014_ProceedingsEuroworksFinland 568
569
570

Agrita Švarta¹, Sarmīte Janceva², Anna Andersone², Natālija Zaharova²

¹ Latvia University of Life sciences and technologies

² Latvian State Institute of Wood Chemistry

Methods

Field experiments were carried out in 2023/2024 growing season (winter wheat 'Edvins') and in 2024 (spring wheat 'Robijs') at the certified organic farming field (N 56° 69.275', E 25° 14.173').

The control variant and three variants of organo-mineral soil amendments, containing inorganic oligomer in various mass ratio, were tested: S1 – without soil additive; S2 – soil additive with 5% of Si; S3 – soil additive with 10% of Si and S4 – soil additive with 15% of Si.

Soil amendments were obtained based of forest logging residues-lignocellulosic biomass, after isolation of polyphenols by water extraction and enrichment with silicon (Si), included the content of polyphenolic compounds. The soil amendments were used for seed material treatment.

The grain yield were recalculated to standard moisture (14%) and 100% purity.

Yield-forming components were determined at growth stage (GS) 87-89 of wheat according to BBCH scale: number of productive tillers per 1 m², grain number per ear and weight of 1000 grains.

Chemical characterization of grain Analytical pyrolysis of wheat samples was performed using Frontier Lab Micro Double-shot Pyrolyser Py-2020iD directly coupled with gas chromatography-mass spectrometer Shimadzu GC/MS/FID-QP ULTRA 2010 (Shimadzu, Kyoto, Japan). The individual compounds were identified based on GC/MS using Library MS NIST 11 and NIST 11s. The relative area of the peak of individual compounds was calculated using Shimadzu software based on GC/FID data. The variation coefficient of the measurement was ≤ 3%.

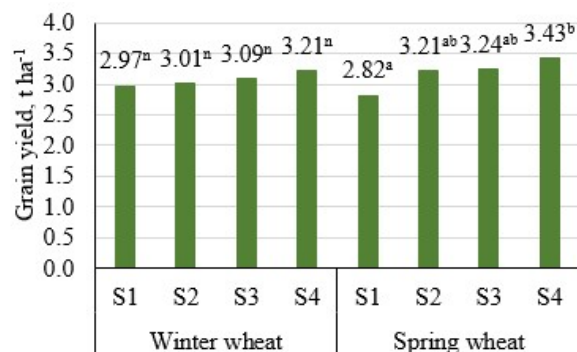


Fig. 1. The grain yield of wheat, t ha⁻¹

S1 – without soil additive; S2 – soil additive with 5% of Si, S3 – soil additive with 10% of Si; S4 – soil additive with 15% of Si; ^a - effect of studied factors was not significant ($p > 0.05$) for winter wheat, ^{ab} - effect of studied factors was significant ($p < 0.05$) for spring wheat

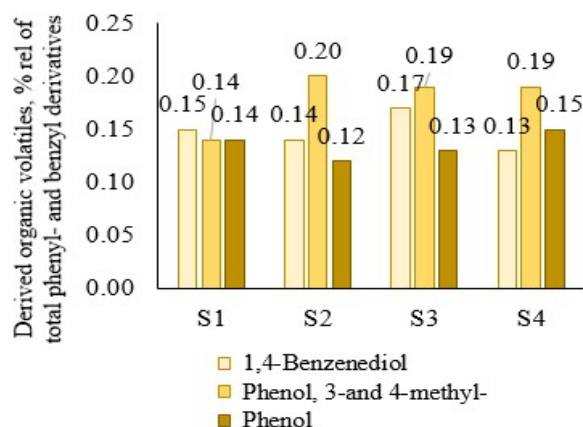


Fig. 2. Analytical pyrolysis data of phenyl and benzyl-derived volatiles of wheat samples: S1 – without soil additive; S2 – soil additive with 5% of Si, S3 – soil additive with 10% of Si; S4 – soil additive with 15% of Si

CONCLUSIONS

In variant with the highest tested concentration of inorganic oligomer, a trend towards yield growth for wheat can be observed (increase of productive tillers).

The study's results showed a positive effect of the soil additive (S2-S4) on the content of biologically active compounds in wheat samples. The higher content of phenyl and benzyl derivatives in wheat grains may indicate an increased content of phenolic acid, flavonoids, benzoquinone compounds, etc., – compounds with documented antitumor and immunostimulating properties.

The obtained results show that the treatment of seed material with promotes plant growth and development, researches should be continued.

Acknowledgement: Rural Support Service of the Republic of Latvia, European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD), Measure “Cooperation”, project No. 23-00-A01612-000008 “Wasteless application of residual logging biomass for obtaining of environmentally friendly plant protection products and soil additives”.

Supported by Ministry of Agriculture and Rural Support Service, Republic of Latvia

Sarmīte Janceva¹, Anna Andersone¹, NĀtālija Zaharova¹, Vizma Nikolajeva², Agrita Švarta³

¹ Latvian State Institute of Wood Chemistry, Ligninn Chemistry Laboratory

² University of Latvia, Faculty of Biology

³ Latvia University of Life sciences and technologies, Research Institute of Agriculture

Abstract. The purpose of this work was to evaluate the impact of low rates of application of organo-mineral soil amendments based on forest logging residues – lignocellulosic biomass, after isolation of polyphenols and enrichment with silicon (Si)-containing inorganic oligomer, on yield and composition of green mass of dill grown under organic farming conditions. Lignocellulosic biomass is rich in polyphenols which can damage the functionality of the bacterial cell membranes thus inhibiting the growth of soil microorganisms. Polyphenols can be evaluated in further studies for their potential to protect plants from pathogenic microorganisms. The influence of the prepared soil amendments on soil microorganisms was tested. It was shown that soil amendments have a beneficial effect on the yield (42%) and a slight influence on the composition of dill at low amendment application rates. The addition of soil amendments also contributed to insignificant changes in the amount of polyphenols. The soil amendments didn't influence the soil microorganisms under study. The results confirmed the ability of the soil amendments based on the forest logging residues to activate dill growth.

Methods

Plant Material. Forest logging residues were collected in summer 2023, from Jelgava county of Latvia, Cenu parish. The residues were dried at room temperature and ground in a mill (Cutting Mill SM100, Retsch, Haan, Germany) until the particle size of < 2mm.

Preparation of Soil Additives. Soil additives were obtained on the basis of hardwood chip biomass after extraction of polyphenols, by modifying the biomass after extraction with a Si-containing compound.

Field Experiments were carried out in 2023 at a certified biological field (56° 69.275' Z, E 25° 14.173'), with the test crop - the dill "Thalia", in 4 options:

1. Reference plot (without soil additive);
2. Soil amendment SA1 (biomass after extraction + 15% Si on DM);
3. Soil amendment SA2 (biomass after extraction + 10% Si on DM);
4. Soil amendment SA3 (biomass after extraction + 5% Si on DM).

Green mass of dill was harvested 63 days after sowing, according to MK No. 461. Total yield of green mass was calculated as kg m⁻² (Fig. 1).



Fig. 1. Field experiments at a certified biological field.

Dill Green Biomass Characterization: by Py-GC/MS/FID Analysis on Frontier Lab Micro Double-shot Pyrolyser Py-2020iD coupled with Shimadzu GC/MS/FID-QP ULTRA 2010 (Shimadzu, Kyoto, Japan), identification of the individual compounds - using Library MSNIST 11.

Preparation and Yield of the hydrophilic extracts of dill green mass: 1) at 50°C, 30 min using ethanol-water solution (1:1, v/v) or 50% EtOH; 2) at 50°C, 30 min using distilled water. The yield of the dry extract is presented as a percentage based on the dry mass (DM) of biomass. Confidence interval CI ≤ % at α=0.05.

Total content of polyphenols in the extracts: by Folin-Ciocalteu method (gallic acid as a reference compound - RC). **Total content of flavonoids:** by a colorimetric assay (rutin as RC). **Total content of condensed tannins:** by the butanol-HCl assay using procyanidin dimer B2 as RC.

Determination of the Number of Functional Groups in the Biomass: aliphatic hydroxyl groups OH (aliphatic), phenolic hydroxyl groups OH (phenol), and carboxyl groups (COOH) were determined using the potentiometric and conductometric titration (InoLab level 3, Germany).

Antimicrobial Properties: Minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal/fungicidal concentration (MBC/MFC) of the soil amendments, mg mL⁻¹, were tested on the pathogenic soil bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* MSCL 894, *Erwinia rhapontici* MSCL 651, and fungi *Fusarium culmorum* MSCL 1628, and *Verticillium dahliae* MSCL 863.

Results

The Yield of Dill Green Mass was 0.90 – 1.32 kg m⁻². It increased significantly only after soil treatment with SA1 (RS_{0.05} = 0.27 kg m⁻²) the yield of green mass at other treatment options (SA2 and SA3) was within the confidence interval (CI).

Analytical Pyrolysis (Py-GC/MS/FID) data of dill biomass represent volatiles formed from cellulose, hemicellulose, lignin, proteins, and extractives. Aliphatic acids and esters, aliphatic alcohols, aliphatic aldehydes, ketones, furan and pyran derivatives, cyclopentane derivatives, and sugars attributed to carbohydrates-derived volatiles represented 50.5-59.6% of the total dill biomass volatile organic products (Fig. 1). Nitrogen-containing compounds in dill were 17.8-22.1% of the total organic volatiles (TOV). The content of aliphatic and cyclic monomer derivatives ranged from 11.0 to 13.9%/TOV. Relative proportion of guaiacyl-type derivatives attributed to lignin-derived volatiles was 0.9-1.1 %/TOV (Fig. 2).

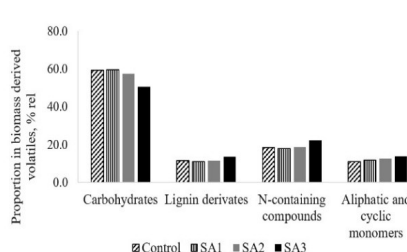


Fig. 1. Py-GC/MS/FID data of dill biomass-derived organic volatiles

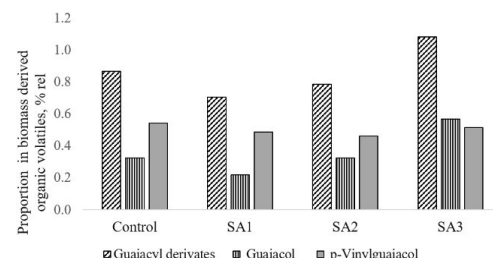


Fig. 2. Py-GC/MS/FID data of dill biomass-derived lignin-derived volatiles.

The total polyphenol-derived volatiles content in dill biomass composition ranged from 11 to 14 %/TOV. The content of phenolic and benzyl derivatives formed from various phenolic extractives had similar content and proportions of chemical compounds between treated and control dill samples within the CI.

Total Polyphenols (TP) and Functional OH Groups in Dill Biomass. TP content in 50% EtOH extracts ranged from 60.1 to 65.0 mg GAE per gram of dry extract. The total polyphenol content in water extracts was slightly lower comparing to the extracts isolated by 50% EtOH (42.3 – 52.8 mg GAE/g extract).

The total flavonoid content in 50% EtOH extracts ranged from 42.7 to 46.8 mg RU per gram of dry extract. **The condensed tannins** in the dill extracts were not found.

The composition of functional groups differed slightly. The effect of fertilizers on the content of total hydroxyl groups (OH) in the composition of dill was similar to their influence on the amount of total polyphenols. The total content of OH groups was slightly lower in the control sample. An increased content of acetyl groups and aliphatic OH groups in dill grown on treated soil (SA1-SA3) could indicate to an increased content of fatty acids and aliphatic compounds in dill composition (Fig. 3). These results are consistent with the Py-GC/MS/FID data.

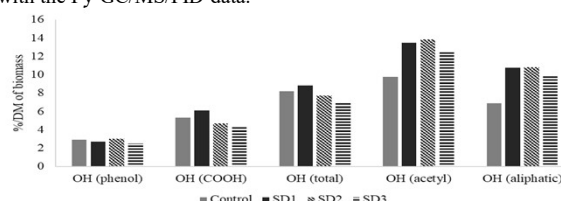


Fig. 3. Soil additive effect on dill functional group composition

Antimicrobial Properties of Soil Amendments. The analysis of the anti-microbial properties of the soil amendments showed that they do not have detected antimicrobial activity (or MIC > 50 mg mL⁻¹) against the pathogenic soil bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* MSCL 894, *Erwinia rhapontici* MSCL 651, and fungi *Fusarium culmorum* MSCL 1628, and *Verticillium dahliae* MSCL 863. This may be indirect confirmation that polyphenols, which had proven antimicrobial activity in our previous studies, and which were separated from the forest biomass residues before preparation of the soil amendments, have a key role in antimicrobial effect. At the same time, such absence of antimicrobial activity of the studied soil additives could be considered positive for the beneficial soil microorganisms. It can be concluded that the soil amendments based of the forest logging residues could be used for the creation of organo-mineral fertilizers and have positive effect on the yield of dill.

ACKNOWLEDGEMENT: Rural Support Service of the Republic of Latvia, European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD), Measure "Cooperation", project No. 23-00-A01612-000008 "Wasteless application of residual logging biomass for obtaining of environmentally friendly plant protection products and soil additives"



Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests



Projekta numurs: 23-00-A01612-000008

Projekta nosaukums: *Bezatlíkuma mežizstrādes biomasas izmantošana videi draudzīgo augu aizsardzības līdzekļu un augsnes piedevu ieguvei*

APP Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts (vadošais partneris)

ZINĀTĪBA

**AUGSNES PIEDEVAS EFEKTIVITĀTE DĀRŽEŅU UN PRIEŽU SĒJENĀ
AUDZĒŠANĀ**

AUGSNES PIEDEVA: mežizstrādes atlikums bagātināts ar smiltsērķšķu ogu izspiedām un silīcija (Si) saturošo kompleksu (15% uz kopējo masu).

AUGSNES PIEDEVAS DEVA: 40 kg/ha.

EFEKTIVITĀTES NOVĒRTĒJUMS:

- 1) Ziemas un vasaras kviešu sēklu apstrāde ar augsnes piedevu būtiski palielināja graudu ražu salīdzinājumā ar kontroli (1. tabula).
- 2) Kartupeļu sēklas materiāla apstrāde ar augsnes piedevu būtiski palielināja kopražu, gan preču produkcijas iznākumu. Novērots arī ražas pieaugums pārtikas kvalitātes frakcijās (2. tabula).
- 3) Redīsu sēklu apstrāde ar augsnes piedevu palielināja redīsu kopējo ražu un standarta ražas (t.i. redīsi bez plaisām, tukšumiem un kukaiņu bojājumiem) iznākumu no kopējas ražas (3. tabula).
- 4) Diļļu sēklu apstrāde ar augsnes piedevu palielināja kopējā zaļās masas ražu un lapu virsmu no kopējās augu masas (4. tabula).
- 5) Augsnes piedeva pozitīvi ietekmēja priežu sējeņu augšanu, palielinot gan virszemes daļas, gan sakņu garumu visā novērošanas periodā salīdzinājumā ar kontroli (5. tabula).
- 6) Augsnes piedevas pozitīvā ietekme smiltsērķšķu spraudīņu apsākņošanas netika novērota.



Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests

REZULTĀTI:

1. tabula. Kviešu raža

Varianti	Ziemas kviešu graudu raža, t ha-1	Vasaras kviešu graudu raža, t ha-1
Kontrole	2.97n	2.82b
Piedeva	3.21n	3.43a

n – statistiski būtiskas atšķirības nav konstatētas ($p > 0.05$)

a,b – statistiski būtiskas atšķirības starp sēklu apstrādes variantiem ($p < 0.05$).

2. tabula. Kartupeļu raža un kvalitāte.

Variants	Kopraža, t ha-1	Preču produkcija, t ha-1	Preču produkcija, %	Preču bumbuļa svars, g%	<35 mm, t ha-1	35 - 55 mm, t ha- 1	> 55 mm, t ha-1
Kontrole	13.93b	11.83b	84.9	73.5	2.10	10.24	1.59
Piedeva	20.01a	17.20a	86.0	76.8	2.81	13.60	3.60

a,b – statistiski būtiskas atšķirības starp sēklu apstrādes variantiem ($p < 0.05$).

3. tabula. Redīsu raža

Variants	Kopējā raža, kg m-2	Standartaža, kg m-2	Standartaža % no kopējās ražas	Vidējais svars, g
Kontrole–bez sēklu apstrādes	1.99a	1.62a	81	10.6a
Augsnes piedeva	2.67b	2.25b	84	13.4b

a,b – statistiski būtiskas atšķirības starp sēklu apstrādes variantiem ($p < 0.05$).



Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests

4. tabula. Diļļu raža

Variants	Kopējā zaļās masas raža, kg m ⁻²	Lapu virsma no kopējās auga masas, %
Kontrole–bez sēklu apstrādes	0.93	86.3
Augsnes piedeva	1.32a	88.2

a,b – statistiski būtiskas atšķirības starp sēklu apstrādes variantiem ($p < 0.05$).

5. tabula. Priežu sējiņu augšana

Ilgums	Vidējais PS virszemes daļas garums, cm	PS sakņu garums, cm	Vidējais PS virszemes daļas garums, cm	PS sakņu garums, cm
	Kontrole		Augsnes piedeva	
3 mēneši	11±2	16±4	18±2	30±2
6 mēneši	23±3	28±5	28±3	34±3
9 mēneši	26±4	30±6	34±4	37±6
12 mēneši	35±3	32±2	42±6	48±3
18 mēneši	42±4	36±2	51±5	52±4

SECINĀJUMS:

Augsnes piedeva, kas izstrādāta no mežizstrādes atlikumiem un bagātināta ar smiltsērķšķu izspiedām un silīciju, būtiski uzlaboja vairākus augu augšanas un ražas rādītājus, tostarp graudu ražu, sakņu attīstību un kopējo biomasu. Visās kultūrās (kvieši, kartupeļi, redīsi, dilles un priede) novērota pozitīva ietekme, īpaši agrīnās attīstības stadijās. Tas apliecina piedevas potenciālu kā efektīvu, videi draudzīgu līdzekli bioloģiskajā lauksaimniecībā un mežsaimniecībā.

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA
EIROPA INVESTĒ LAUKU APVIDOS
Eiropas Lauksaimniecības fonds
lauku attīstībai

Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests

Vairāk informācijas par projektu skatīt APP Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūta tīmekļa vietnē:

<https://kki.lv/zinatniska-darbiba/projekti/bezatlikuma-mezistrades-biomasas-izmantosana>

Vairāk informācijas par Eiropas Lauksaimniecības fondu lauku attīstībai pieejams Eiropas Komisijas tīmekļa vietnē:

http://ec.europa.eu/agriculture/rural-development-2014-2020/index_lv.htm



Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests



Projekta numurs: 23-00-A01612-000008

Projekta nosaukums: Bezatlikuma mežizstrādes biomasas izmantošana videi draudzīgo augu aizsardzības līdzekļu un augsnes piedevu ieguvei

APP Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts (vadošais partneris)

ZINĀTĪBA

AUGU AIZSARDZĪBAS LĪDZEKĻA EFEKTIVITĀTE KVIEŠU UN PRIEŽU SĒJIŅU AIZSARDZĪBĀ NO PATOGĒNIEM MIKROORGANISMIEM UN KAITĒKĻIEM

PREPARĀTS: mežizstrādes atlikumu proantocianidīnu saturošs ekstrakts.

KONCENTRĀCIJA: 2% šķīdums.

PAC SATUROŠĀ EKSTRAKTA DARBĪBA MIC/MFC (MINIMĀLĀ INHIBĒJOŠĀ KONCENTRĀCIJA UN MINIMĀLĀ FUNGICĪDĀ KONCENTRĀCIJA:

- 1) *Botrytis cinerea* 25/50mg/mL;
- 2) *Mycosphaerella* sp. 25/50 mg/mL;
- 3) *Heterobasidion annosum* 12,5/12,5 mg/mL;
- 4) *Heterobasidion parviporum* 12,5/12,5 mg/mL.

Polifenolu kompleksa un proantocianidīnu testēšana kviešu aizsardzībā no patogēniem mikroorganismiem un kaitēkļiem.

Preparāts tiek izsmidzināts vasaras kviešu karoglapas parādīšanās līdz attīstītas karoglapas fāzē (37.–39. AE) 15.06.2024.

Izmēģinājumā vērtēta inficēšanās ar lapu slimībām: kviešu lapu dzeltenplankumainību (ieros. *Pyrenophora tritici-repentis*), brūno rūsas (ieros. *Puccinia recondita*) un graudzāļu miltrasu (ieros. *Blumeria graminis*).

Lapu slimību attīstība vērtēta dabīgās infekcijas fonā piecas reizes veģetācijas laikā, vizuāli nosakot slimības attīstības pakāpi visā izmēģinājumu lauciņā katrā atkārtojumā. Lai gan pirmās kviešu lapu dzeltenplankumainības pazīmes (kontroles variantos – 0.1%) uz augiem novēroja jau kviešu stiebrošanas fāzes sākumā, strauja slimības attīstība sākās piengatavības sākumā.

Šajā veģetācijas periodā vasaras kviešos dominējošā slimība bija *brūnā rūsa*. Slimības ietekmē samazinās fotosintezējošā virsma, līdz ar to samazinās auga garums un graudu raža. Brūnās rūsas simptomi parādījās karoglapas plaukšanas laikā, turpmākajās kviešu attīstības fāzēs slimības attīstības pakāpe strauji pieauga. Piengatavības laikā brūnās rūsas simptomi bija sastopami pat uz karoglapas, atsevišķām lapām pārklājot virsmu līdz pat 75%.

Projekta numurs: 23-00-A01612-000008



Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests

Graudzāļu miltrasu kviešu sējumos Latvijā konstatē katru gadu, taču tās attīstības pakāpe sējumos nepārsniedz 2% un būtiski ražu neietekmē. Optimālā temperatūra konīdiju dīgšanai ir +10...+20 °C, taču tās dīgst daudz plašākā temperatūras amplitūdā no +5...+30 °C. Patogēna attīstībai svarīgs ir gaisa mitrums, jo konīdijas dīgst bez brīva ūdens – optimālais gaisa relatīvais mitrums ir 95%. Vasaras kviešos *graudzāļu miltrasa* konstatēta karoglapas plaukšanas laikā uz apakšējām lapām (visos variantos 0.1%). Arī vēlākās uzskaitēs konstatēta slimības izplatība, taču tās attīstības pakāpe nepieauga un slimības simptomi bija sastopami tikai uz apakšējām lapām.

Brūnā rūsa (ieros. *Puccinia recondita*) un kviešu lapu dzeltenplankumainība (ieros. *Pyrenophora tritici-repentis*) uz vasaras kviešu lapām piengatavības laikā, kur lietoti PAC preparāti, nenovēroja būtisku preparāta ietekmi uz lapu slimību attīstības pakāpi, līdz ar to Preparāta lietošanas tehniskā efektivitāte bija zema (0-5%).

Polifenolu kompleksa un proantocianidīnu testēšana priežu sējiņu aizsardzībā no patogēniem mikroorganismiem un kaitēkļiem.

Priežu sējiņi tika apsmidzināti reizi mēnesī, sākot no veģetācijas perioda sākuma. Vizuāli tika novērots sējeņu veselības stāvoklis, ipašu uzmanību pievēršot slimības pazīmēm vai kaitēkļu bojājumiem. Tomēr pārbaudes periodā netika konstatētas atšķirības starp apstrādātajiem un kontroles augiem, visas sējeņu grupas saglabājās veselīgas un bez redzamām infekcijas vai kaitēkļu pazīmēm. Līdz ar to efektivitātes novērojums šajā posmā nebija iespējams. Šie rezultāti norāda, ka turpmākajos testos būtu lietderīgi veikt izmēģinājumus apstākļos ar paaugstinātu infekcijas fonu vai maksimāli inficēt augus, lai pilnvērtīgi novērtētu preparātu aizsargājošo efektu.

SECINĀJUMI:

Mežizstrādes atlikumu izcelsmes proantocianidīnu saturošais preparāts uzrādīja fungicīdo aktivitāti laboratorijas apstākļos (*in vitro*), ar MIC/MFC rādītājiem no 12,5 līdz 50 mg/mL pret vairākiem nozīmīgiem patogēniem, tostarp *Botrytis cinerea*, *Mycosphaerella sp.*, *Heterobasidion annosum*, *Heterobasidion parviporum*. Tas liecina par preparāta potenciālu kā dabīgas izcelsmes fungicīdu.

Tomēr laika apstākļos, apsmidzinot vasaras kviešus no karoglapas veidošanas līdz pilngatavībai, preparāts neuzrādīja būtisku efektivitāti pret galvenajām lapu slimībām-brūnā rūsa, lapu dzeltenplankumainība un miltrasa. Preparāta lietošanas tehniskā efektivitāte nepārsniedz 0-5 %, kas liecina par zemu aizsargājošo iedarbību dabīgās infekcijas apstākļos.

Līdzīgi arī testos ar priežu sējeņiem, kas tika apsmidzināti reizi mēnesī veģetācijas periodā, netika novērotas atšķirības starp apstrādātajiem un kontroles augiem. Visi augi saglabājās veseli un bez redzamām slimības vai kaitēkļu pazīmēm. Līdz ar to šajā posmā efektivitātes novērtējums nebija iespējams.

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA
EIROPA INVESTĒ LAUKU APVIDOS
Eiropas Lauksaimniecības fonds
lauku attīstībai

Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests

Vairāk informācijas par projektu skatīt APP Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūta tīmekļa vietnē:

<https://kki.lv/zinatniska-darbiba/projekti/bezatlikuma-mezistrades-biomasas-izmantosana>

Vairāk informācijas par Eiropas Lauksaimniecības fondu lauku attīstībai pieejams Eiropas Komisijas tīmekļa vietnē:

http://ec.europa.eu/agriculture/rural-development-2014-2020/index_lv.htm



Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests



Projekta numurs: 23-00-A01612-000008

Projekta nosaukums: *Bezatlíkuma mežizstrādes biomasas izmantošana videi draudzīgo augu aizsardzības līdzekļu un augsnes piedevu iegūvei*

AICINĀM PIEDALĪTIES APP LATVIJAS VALSTS KOKSNES ĶĪMIJAS INSTITŪTA RĪKOTAJĀ TIEŠSAISTES SEMINĀRĀ!

APP Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūts 2025.gada 11.jūlijā plkst. 15.00 organizē tiešsaistes semināru, kurā interesentiem tiks prezentēti LAD projekta "Bezatlíkuma mežizstrādes biomasas izmantošana videi draudzīgo augu aizsardzības līdzekļu un augsnes piedevu iegūvei" (ID nr. 23-00-A01612-000008) rezultāti un projekta īstenošanas laikā paveiktais.

Tiešsaistes seminārs būs pieejams interneta tīmekļa vietnes ZOOM platformā (<https://www.zoom.com>):



Topic: LAD projekts "Bezatlíkuma mežizstrādes biomasas izmantošana videi draudzīgo augu aizsardzības līdzekļu un augsnes piedevu iegūvei"

Time: Jul 11, 2025 03:00 PM

Join Zoom Meeting (interneta tīmekļa vietnes links tiešsaistes semināram):

<https://us05web.zoom.us/j/87432440655?pwd=CahRT7DINewpCltd05da7eHq98aBlj.1>

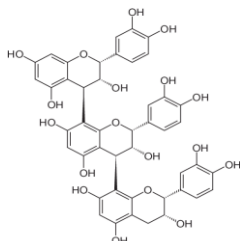
Ja rodas jautājumi, lūdzu, sazinieties ar projekta komandas pārstāvjiem:

- Projektu vadītāja Sarmīte Janceva: sarmite.janceva@kki.lv
- Projekta vadošā pētniece: Anna Andersone, anna.andersone@kki.lv
- Projekta koordinators: Gints Rieksts, gints.rieksts@inbox.com



Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests

Īsumā par pašu projektu "Bezatlíkuma mežizstrādes biomasas izmantošana videi draudzīgo augu aizsardzības līdzekļu un augsnes piedevu ieguvei" (Projekta numurs: 23-00-A01612-000008):



Projektā piedalās Eiropas Inovāciju partnerības lauksaimniecības ražīgumam un ilgtspējai darba grupa: APP "Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts" (vadošais sadarbības partneris); Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte; Latvijas Universitāte; SIA „Sijāti”; SIA „BRUwell”; SIA „EkoKompozit”; Sabiedrība ar ierobežotu atbildību „Lidums mežs”; Indulis Līdācis; Kārlis Šternbergs.

Lai samazinātu ķīmiski sintezēto mēslojumu un pesticīdu lietošanu, *šī projekta mērķis ir* izstrādāt tirgū pieprasītus videi draudzīgus produktus - augu aizsardzības līdzekļus un multifunkcionālas augsnes piedevas, kā izejvielu šiem produktiem izmantojot meža kopšanas rezultātā iegūtos mežizstrādes atlikumus.

Augsnes kvalitātes uzlabošana un augu slimību apkarošana, neizmantojot ķīmiski sintezētus mēslojumus un pesticīdus, mežare produktīvā materiāla, dārzkopības un lauksaimniecības produktu labvēlīgai audzēšanai ir aktuāls jautājums. Projektā tiks pierādīts, ka mežizstrādes atlikumu biomasu ir augstvērtīga izejviela augu barības un aizsardzības vielu iegūšanai. Projekta ietvaros tiks izstrādāti videi draudzīgi produkti - augu aizsardzības līdzekļi un multifunkcionālas augsnes piedevas, kā izejvielu šiem produktiem izmantojot meža kopšanas rezultātā iegūtos mežizstrādes atlikumus. Projekta gaitā tiks radītas datu kopas, tos izmantojot zinātnisko rakstu sagatavošanai; iegūtas jaunas zināšanas par ekstraktu un proantociānīnu mērķīpašībām iegūstot tos ekstrakcijas ceļā no sagatavotas biomasas dažādās sezonās un dažādās meža kopšanas /ciršanas vietās; augsnes piedevas un aizsardzības līdzekļa efektivitāti, kas tiks apkopoti zinātnībā un atskaitēs.

Projektu īstenojot laika periodā no 01.07.2023 līdz 30.06.2025. **rezultātā** ir sagaidāmi zinātniskie raksti, tajā skaitā, Q1 žurnālā ar citējamības indeksu, kas sastāda 50% no vidējā nozarē, zinātnības, dalība konferencē un produktu eksperimentālas partijas.

Vairāk informācijas par projekta norisi APP Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūta tīmekļa vietnē:

<https://kki.lv/zinatniska-darbiba/projekti/bezatlikuma-mezistrades-biomasas-izmantosana>

Vairāk informācijas par Eiropas Lauksaimniecības fondu lauku attīstībai pieejams Eiropas Komisijas tīmekļa vietnē:

http://ec.europa.eu/agriculture/rural-development-2014-2020/index_lv.htm

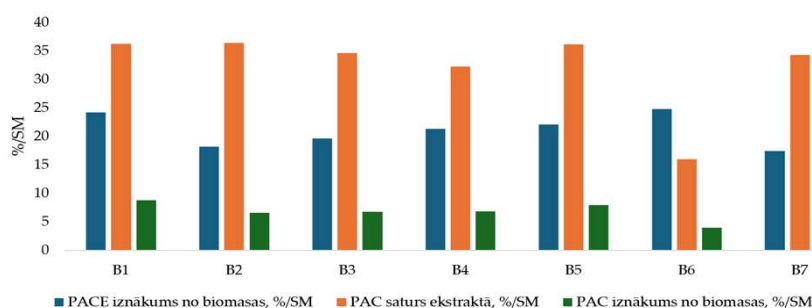
Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests

Bezatlíkuma mežistrādes biomasas izmantošana videi draudzīgo augu aizsardzības līdzekļu un augsnes piedevu ieguvei

Projekts nr. 23-00-A01612-000008



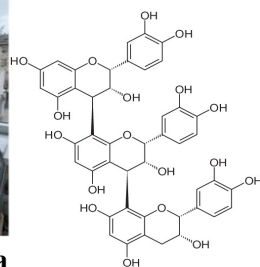
Pētījuma objekts: mežistrādes atlikumi



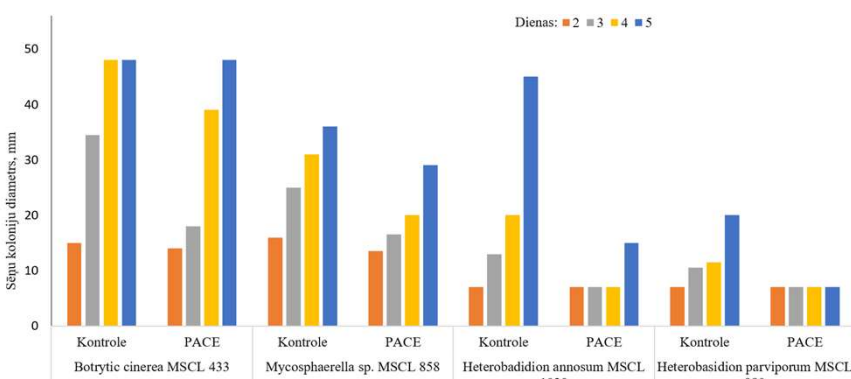
PAC ekstraktu (PACE) liofilizācija



Proantocianidīni (PAC)

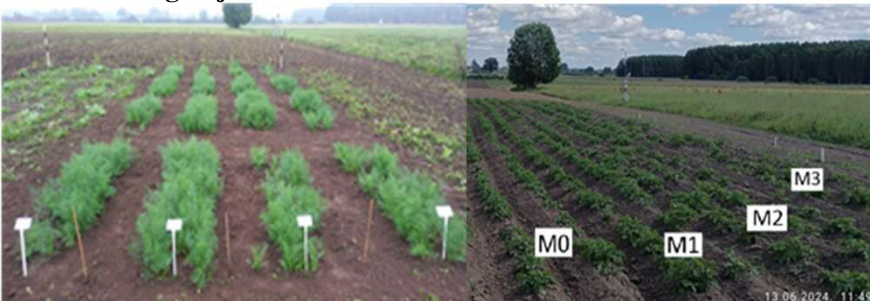


Mežistrādes atlikumi ir potenciāla izejviela PAC un PACE ieguvei



PACE spēj inhibēt sēņu augšanu, pasargājot augus no slimības

Lauku izmēģinājumi:



Augsnes piedeva devā 40 kg/ha palielina:

- dilļu zaļās masas ražu par 30%;
- kartupeļu ražu par 31 %;
- ziemas kviešu ražu par 7%;
- vasaras kviešu ražu par 22%;
- redīsu ražu par 25%;
- priežu sējiņiem labāk attīstījušās saknes un virszemes daļa.

Dr. sc. ing. Sarmīte Janceva, PhD Anna Andersone, lignīna ķīmijas lab.

sarmite.janceva@kki.lv, anna.andersone@kki.lv, tālr. Nr. 25148850, 29104319.



Augsnes piedeva no šķeldas atlikuma pēc ekstrakcijas un modifikācijas, bagātināta ar smiltsērķšķu izspiedām un humīnvielām

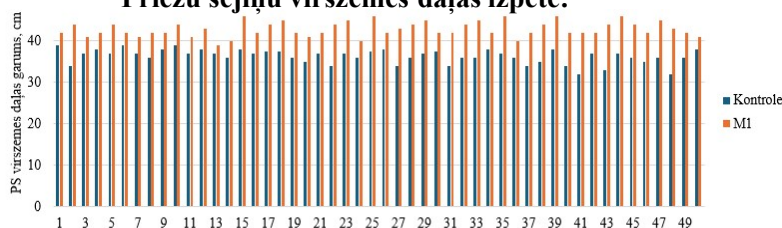


Priežu sējiņi un to stādīšanas process

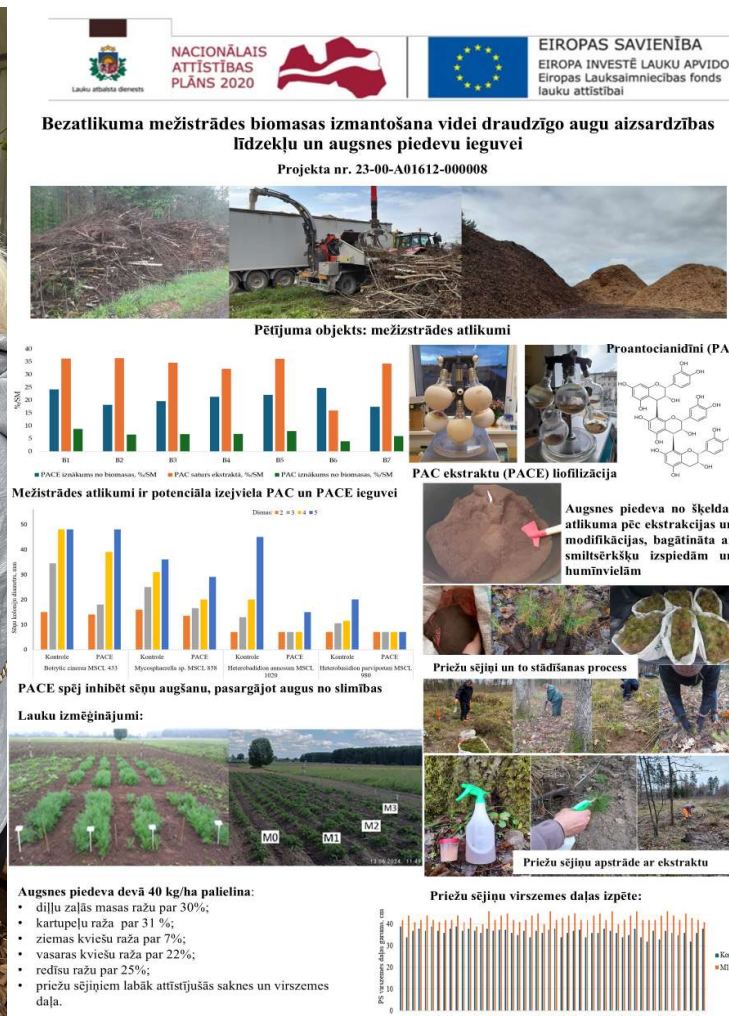


Priežu sējiņu apstrāde ar ekstraktu

Priežu sējiņu virszemes daļas izpēte:



Projekta rezultātu papildus prezentācija



Latvijas meža dienas ietvaros, Tērvetē, 2025. gada 23. maijā