



Līdzfinansē  
Eiropas Savienība



Nacionālais  
attīstības plāns

## **Kartupeļu cietes ieguves blakusprodukta - kartupeļu šūnsulas - valorizācija bioloģisko preparātu ar augu attīstības un izturības pret patogēniem veicinošu iedarbību ieguvei, nr. 1.1.1.3/1/24/A/155**

Progresa pārskats par 2. ceturkšņa periodu 01.01.-31.03.2026.

### Cietā organiskā mēslojuma ieguve no kartupeļu šūnsulas (KŠ) koncentrāta (retentāta)

Pārskata periodā tika veikta kartupeļu cietes ieguves blakusprodukta – kartupeļu šūnsulas – valorizācijas izpēte, koncentrējoties uz tehnoloģiskā procesa pilnveidošanu cietā organiskā mēslojuma ieguvei no kartupeļu šūnsulas (KŠ) retentāta. Darba mērķis šajā periodā bija nodrošināt stabila, reproducējama un mērogojama procesa izstrādi, kas ļautu iegūt granulētu produktu ar augstu agronomisko vērtību un atbilstošām fizikālajām īpašībām.

Pētījuma gaitā tika veikta KŠ retentāta vēlamo termiskās apstrādes parametru piemeklēšana. Retentāts tika karsēts 60–70 °C temperatūrā, nodrošinot nepārtrauktu maisīšanu, lai panāktu retentāta iekonzentrēšanu un novērstu lokālu pārkaršanu. Eksperimentāli tika konstatēts, ka pie temperatūras virs 70 °C notiek strauja biomasas viskozitātes palielināšanās un strukturālas izmaiņas, kas saistīts ar kartupeļu proteīna koagulāciju. Līdz ar to tika noteikts piemērots temperatūras diapazons 60–68 °C, kas nodrošina kontrolētu iekonzentrēšanu un plastiskas, homogēnas masas veidošanos, kas ir piemērota turpmākai žāvēšanai un granulēšanai.

Turpmāk tika pilnveidots žāvēšanas process, izmantojot plānā slāņa tehnoloģiju dehidratorā 35–45 °C temperatūrā. Tika novērots, ka nepietiekami iekonzentrētas vai pārāk šķidrās masas gadījumā uz virsmas veidojas plēvīte, kas kavē mitruma iztvaikošanu un rada nevienmērīgu žāvēšanu, tostarp gaisa burbuļu veidošanos zem virsmas. Tika secināts, ka labs rezultāts tiek sasniegts, ja masa tiek uzklāta pirms kritiskās sabiezēšanas stadijas un vienmērīgi sadalīta plānā slānī. Piemeklētais žāvēšanas režīms (35–45 °C, 5–8 stundas) nodrošināja viendabīgu mitruma samazināšanos un plastiskas struktūras saglabāšanu, kas ir būtiska granulēšanas procesa stabilitātei.

Paralēli tika veikta iegūtās biomasas fizikālo īpašību izvērtēšana. Tika konstatēts, ka pāržāvēta biomasa ar mitruma saturu zem 45 % kļūst trausla, plaisā un granulēšanas laikā sadalās putekļveida frakcijā, kā arī izraisa granulešanas iekārtu nosprostošanos. Savukārt, biomasa, kas iegūta pēc piemeklētajiem parametriem, veidojās ar plastisku un homogēnu struktūru (mitruma saturs ap 60 ± 5 %), nodrošina vienmērīgu plūsmu ekstrūzijas laikā un stabilu granulu veidošanos. Lai samazinātu



izejvielu zudumus un uzlabotu masas homogenitāti, tika ieviesta pieeja, kurā pāržāvēta biomasa tiek sajaukta ar mitrāku masu, tādējādi stabilizējot granulēšanas procesu.

Granulēšanas process tika veikts, izmantojot šnekveida ekstrūderi. Tika konstatēts, ka masas homogenitāte un mitruma sadalījums ir kritiski faktori, kas nosaka granulu kvalitāti. Homogēna masa nodrošina gludas, cilindriskas un mehāniski izturīgas granulas, savukārt neviendabīga masa rada rievotas un strukturāli nestabilas granulas. Procesa gaitā tika novērota arī biomasas uzkrāšanās pie ekstrūdera matricas, kas ietekmē procesa nepārtrauktību un gala produkta kvalitāti. Pamatojoties uz iegūtajiem rezultātiem, tika identificēti galvenie tehnoloģiskie parametri, kas ietekmē granulēšanas efektivitāti un atkārtojamību, tai skaitā biomasas mitruma saturs (optimāli ~6–10 % granulēšanas brīdī), masas plastiskums, kas tiek nodrošināts pie kontrolētas termiskās apstrādes temperatūras (60–68 °C), kā arī masas homogenitāte un vienmērīgs mitruma sadalījums. Papildus būtiska nozīme ir ekstrūdera darbības parametriem, tostarp matricas caurumu diametram un biomasas padeves intensitātei, kas ietekmē granulu formu, struktūru un mehānisko izturību.

Pēc granulēšanas starpprodukts tika pakļauts gala žāvēšanai līdz mitruma saturam zem 7 %, kas ir būtiski produkta stabilitātei uzglabāšanas laikā. Tika noteikts, ka iegūtajām granulām mitruma saturs ir 5.8–6.6 %, sausas saturs 94 %, organisko vielu saturs 95 %, pelnu saturs 5.4 %, un kopējais slāpekļa saturs sasniedz 10.6 %. Konstatējams, ka materiāla apstrādes un granulu formēšanas procesā, organisko vielu un slāpekļa saturs nav mainījies, kas liecina par saglabātu bioloģisko vērtību.



Kartupeļu šūnsulas retentāta termiskā apstrāde (karsēšana) ~60 °C temperatūrā ar nepārtrauktu maisīšanu.



Retentāta masas žāvēšana plānā slānī kontrolētā temperatūrā, nodrošinot vienmērīgu mitruma samazināšanos.



Iegūtās granulētā organiskā mēslojuma granulas pēc ekstrūzijas un gala žāvēšanas.

Pārskata periodā tika veiksmīgi izgatavota granulēta organiskā mēslojuma pilotpartija aptuveni 6 kg apjomā, izmantojot optimizētos tehnoloģiskos parametrus. Pilotpartijas izgatavošana ļāva validēt procesa reproducējamību un demonstrēt paņēmieni, kas potenciāli mērogojams pilota un ražošanas procesos.. Sagatavotā pilotpartija paredzēta izmantošanai podiņu eksperimentos, lai izvērtētu mēslojuma ietekmi uz augu augšanu, attīstību un ražas kvalitāti.

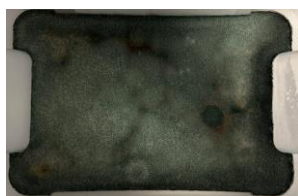
Turpmākajos pētījuma posmos paredzēts paplašināt izmantoto tehnoloģisko pieeju klāstu, izvērtējot alternatīvas žāvēšanas metodes, lai salīdzinātu to efektivitāti, ietekmi uz produkta

fizikālajām īpašībām un uzturvielu saglabāšanu. Šim nolūkam plānots izmantot izsmidzināšanas žāvēšanas (*spray drying*) tehnoloģiju, kas potenciāli var nodrošināt vienmērīgāku produkta struktūru, īsāku apstrādes laiku un labāku procesa mērogojamību. Iegūtie rezultāti tiks salīdzināti ar esošo plānā slāņa žāvēšanas metodi, lai izvēlētos optimālāko risinājumu turpmākai tehnoloģijas attīstībai.

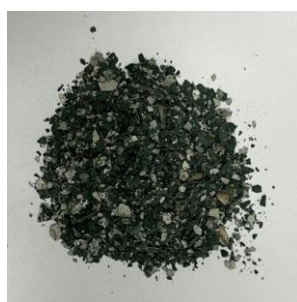
### Trichoderma sp. biostimulanta ieguve

Laboratorijas mērogā novērtēja *Trichoderma* sp. preparāta divu frakciju iegūvi: (1) *Trichoderma* sp. sporas saturošs sporu-micēlija malums, un (2) šķidrums, kas satur *Trichoderma* sp. izdalītos metabolītus. To realizēja šķidrā barotnē (uz pārtikas iesala ekstrakta un saharozes bāzes) kultivējot statiskos apstākļos, 25 °C, 14 dienas.

Eksperimentos cilindriem traukos (burkā) (450 mL) realizēja 6 eksperimentu sērijas, kuru ietvaros turpināja izvērtēt filtrētas un UV apstrādātas kartupeļu šūnsulas piemērotību *Trichoderma* sp. kultivācijai uz šķidrās barotnes virsmas. Papildus tiek apskatītas šķidro barotņu piedevas, kas sekmētu augstāku sporu un/vai antifungālo metabolītu koncentrāciju (anti-fungālo aktivitāti). Līdz šim nav izdevies noteikt kartupeļu šūnsulu saturošas barotnes sastāvu, kas sekmētu augstāku sporu koncentrāciju vai antifungālo ietekmi, nekā barotnes uz ūdens bāzes.



*Trichoderma* sp. sporas saturoša biomasa laterāli paplašinātā traukā (neapstrādāta).



*Trichoderma* sp. sporas saturoša biomasa pēc žāvēšanas un rupjas smalcināšanas.



Šķidrā preparāta attīstības inhibīcija pret augu patogēnu *C. herbarum*.

Laboratorijas mēroga kultivācijās pielietotas 2000 mL Erlenmeijera tipa kolbas, ar barotnes pildījuma līmeni, pie kura virsmas laukuma (m<sup>2</sup>) un tilpuma attiecība (m<sup>3</sup>) ir ~10 m<sup>-1</sup>. Šī metode ļauj iegūt gan *Trichoderma* sp. sporas saturošu biomasu, gan kultivācijas procesā izdalījušos metabolītu saturošu šķidro frakciju. Iegūtajam sporas saturošajam līdzeklim sporu koncentrācija (uz 1 g sausnes) sasniedza  $(1.40 \pm 0.08) \times 10^{10}$  sporas/g, kur pēc 90 dienām novērojama ~80% sporu dzīvotspējas saglabāšanās. Iegūtajai šķidrajai frakcijai novērojams attīstību ierobežojošs efekts pret augu patogēniem *P. infestans* un *C. herbarum*.

*Trichoderma* sp. sporu saturošas biomasas ieguves nolūkos veikti potenciālā pilot mēroga kultivācijas priekš-izmēģinājumi, kuros pielietoti laterāli paplašināti trauki ar zemu šķidrās barotnes staba augstumu (no ~2 cm līdz ~5 cm). Kultivācija veikta nodrošinot iepriekš noskaidrotos vēlamos apstākļus. Sporu koncentrācija iegūtajā biomasā sastādīja  $(1.30 \pm 0.1) \times 10^{10}$  sporas/g. Līdz šim no kultivācijas procesiem kolbās un laterāli paplašinātos traukos iegūti 180 gramu (pirmā porcija) sporu-micēlija maluma ar vidējo sporu koncentrāciju  $(1.35 \pm 0.1) \times 10^{10}$ , kas tiks izmantoti lauka izmēģinājumos ziņu un kartupeļu sēklas apstrādei pirms sēšanas/stādīšanas, kā arī veģetācijas laikā uz lapām. Sausnes produkcijas apjoms uz 1 kultivācijas trauku variējis no 1 g līdz 1.4 g kolbās un no 1.2 g līdz 2.2 g laterāli paplašinātos traukos (14 dienu kultivācija).

Uzsākts projektēšanas darbs “*Ārpus autoklāva ar tvaiku sterilizējamās statistiskās paplašņu sistēmas prototipa izstrāde*” apakšaktivitātē. Atbilstoši sterilizācijas un kultivācijas specifikai izveidots kultivācijas trauka koncepts, kas nosaka portu daudzumu.

Nākamajā pārskata periodā turpinās: *Trichoderma* sp. kultivācijas izpēti neliela mēroga cilindraveida un laterāli paplašinātos traukos; iegūto *Trichoderma* sp. frakciju pēcapstrādes procesu (sporas saturošas biomasas žāvēšanu, smalcināšanu un piedevu pievienošanu) uzlabošanu; darbus, kas saistīti ar *Trichoderma* sp. ieguves mērogošanu.

#### Biopreparātu – organiskā mēslojuma un *Trichoderma* sp. saturoša biostimulanta, efektivitātes novērtēšana

Projekta otrajā ceturksnī AREI sagatavoja precizētos pētījuma eksperimentu protokolus. Balstoties uz tiem uzsākta *Trichoderma* sp. saturoša biostimulanta efektivitātes pētījums *in vitro*, kurā novērtē tā ietekmi uz *Alternaria* spp. un *Ascochyta pisi* micēlija augšanu uz agra platēm. Pētījuma pirmajās divās sērijās pielietoti pieci plašu apstrādes varianti – (1) agara plašu pārklāšana ar ūdeni - kontrole, (2) pārklāšana ar barotni, kuru izmanto *Trichoderma* sp. kultivēšanai, (3) pārklāšana ar supernatantu, kas iegūts pēc *Trichoderma* sp. sporu un micēlija masas nofiltrēšanas, (4) pārklāšana ar ūdens un *Trichoderma* sp. sausnas maisījumu, (5) pārklāšana ar supernatanta un *Trichoderma* sp. sausnas maisījumu. Visos variantos agara plate pārklāta ar 100 mikrolitriem attiecībā šķidrums. Pārklātās plates 24 stundas turētas atbilstoša temperatūrā, lai iedzīvinātu *Trichoderma* sp. sporas (variantos, kuros tās pielietotas), pēc tam katras plates centrā novietots patogēnu saturošs disks 5 mm diametrā, katrā variantā 5 atkātojumi. Papildus izveidoti varianti kvalitātes kontrolei, 3.-5. pētījuma variantam nepievienojot patogēna disku. Patogēna augšanas diametrs mērīts vidusposmā un noslēgumā, iegūtos datus izmantojot inhibīcijas aprēķināšanai. Trešajā eksperimenta sērijā pievienoti divi papildus varianti (3. un 5. variantā izmantotais supernatants papildus filtrēts caur mikromembrānu filtru). Nevienā no sērijām netika novērota būtiska atšķirība starp 1. un 2. variantu, kas pierādīja, ka barotnes sastāvs neinhībē patogēnu augšanu. Savukārt 3.-5. variantos novēroja būtisku patogēna inhibīciju, salīdzinot ar 1. variantu (apstrāde ar ūdeni), iegūtie rezultāti parādīja, ka antifungāls efekts piemīt ne tikai *Trichoderma* sp., bet arī sekundāros metabolītos saturošajam supernatantam. 3. sērijā pēc supernatanta papildus filtrēšanas, 3. varianta rezultāti vairs būtiski neatšķīrās no kontroles. Lai vēlreiz novērtētu šos rezultātus, pārskata perioda beigās uzsākta papildus eksperimenta sērijā, izmantojot filtrēto supernatantu. Papildu eksperimenti ar filtrētu supernatantu uzsākti, lai precizētu

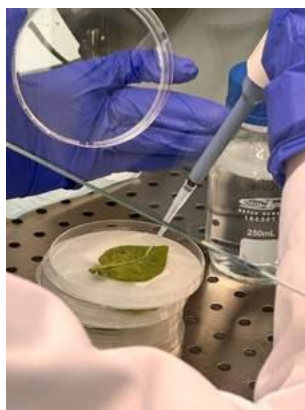


pirmajās divās sērijās novērotā efekta izcelsmi un izvērtētu supernatantā esošo papildus bioloģisko komponentu (baktērijas, raugi) iespējamo ieguldījumu antifungālajā aktivitātē.

Pārskata periodā uzsākti eksperimenti arī ar *Phytophthora infestans*, tomēr tika konstatēts kultūras piesārņojums ar citu patogēnu. Šī iemesla dēļ eksperiments tika pārtraukts, lai iegūtu tīru *Phytophthora infestans* kultūru uz agara platēm. Atsākot eksperimentu, noskaidrojās, ka attīstītā metode nav piemērota darbam ar šo patogēnu, tāpēc metodika tika precizēta un eksperimenti perioda beigās atsākti.



*In vitro* eksperimentos tiek nodrošināta patogēna attīstībai labvēlīga temperatūra un mitrums



Kartupeļu lapas inficēšana ar *Phytophthora infestans*



Biomēslojumu saturoša audzēšanas substrāta efektivitātes pārbaude zirņos kontrolētos apstākļos.

Šajā periodā uzsākti arī lapu testi (detached leaf assays). Eksperimentos izmanto visus trīs pētāmos patogēnus un sešus attiecīgās sugas kultūrauga lapu apstrādes variantus, iemērcot dezinficētas lapas attiecīgos šķidrums - (1) ūdenī un (2) supernatantā, kas iegūts pēc *Trichoderma* sp. sporu un micēlija masas nofiltrēšanas, (3) ūdens un *Trichoderma* sp. sausnas maisījumā, (4) supernatanta un *Trichoderma* sp. sausnas maisījumā, (5) papildus izfiltrētā supernatantā (kā *in vitro* pētījumā uz agara platēm) un (6) papildus filtrēta supernatanta un *Trichoderma* sp. sporu maisījumā (kā *in vitro* pētījumā uz agara platēm). Pēc lapu nožūšanas, tās novieto uz mitra filtrpapīra petri platē. Uz katras lapas divos punktos uzpilda 10 mikrolitrus definētas koncentrācijas patogēna sporu un ūdens maisījuma. Viens no ūdenī mērcētajiem variantiem netiek inficēts, patogēna suspensijas vietā uzpildot ūdeni, tādējādi pētījumu veido 7 varianti. Iespējams, 2025. gadā ievāktajiem *Alternaria* spp. paraugiem ir pazemināta patogenitāte, tāpēc infekcija neveidojās. Šī iemesla dēļ mainīta pētījuma metodika un iekārtots eksperiments, izmantojot *Alternaria* spp. micēlija diskus. Lapu testi turpināsies nākamajā periodā.

Otrajā ceturksnī uzsākām *in vivo* eksperimentālajā vidē, iekārtojot izmēģinājumu organiskā mēslojuma un *Trichoderma sp.* saturoša biostimulanta efektivitātes novērtēšanai. Pētījumā iekļautas divas sējas zirņu šķirnes (Bruno un Saxon) un divas kartupeļu šķirnes (Monta un Lenora). Abām sugām izveidoti četri audzēšanas substrāta varianti trīs atkārtojumos - (1) minerālo mēslojumu saturošs substrāts bez pievienota slāpekļa – kontrole, (2) minerālo mēslojumu un minerālo slāpekli saturošs substrāts, (3) substrāts ar minerālo mēslojumu un bioloģisko mēslojumu kā slāpekļa aizvietošanu, (4) substrāts ar minerālo mēslojumu un bioloģisko mēslojumu kā slāpekļa aizvietošanu, augiem sakņu zonā pievienojot arī *Trichoderma sp.* sausnu. Veikta augu sadīgšanas uzskaitē un nepieciešamie kopšanas darbi.

Lauka pētījumu aktivitātē otrajā ceturksnī notika pāreja no sagatavošanās posma uz praktisko darbu uzsākšanu lauka apstākļos. Marta beigās, kas sakrīt ar ziemas perioda beigām un veģetācijas sezonas pakāpenisku atsākšanos, veikta bioloģiski sertificēto izmēģinājuma lauku apsekošana pēc ziemas miera perioda, novērtējot to stāvokli un piemērotību plānotajiem darbiem. Pamatojoties uz apsekojuma rezultātiem, tiek plānoti pavasara augsnes apstrādes darbi, lai nodrošinātu optimālus apstākļus kultūraugu attīstībai. Lauka izmēģinājumiem izvēlētas trīs kartupeļu šķirnes – Lenora, Brasla un Monta, kā arī viena zirņu šķirne – Bruno. Šķirņu izvēle veikta, ņemot vērā to piemērotību bioloģiskajai audzēšanas sistēmai un potenciālo reakciju uz mikrobioloģisko preparātu pielietošanu. Sastādīts eksperimenta dizains lauka pētījumam.

Vienlaikus tiek precizēti mikrobioloģiskā preparāta lietošanas parametri lauka apstākļos. Tiek pielāgotas preparāta koncentrācijas, devas un pielietošanas veidi, kā arī izstrādāts smidzinājumu plāns, nosakot apstrādes uzsākšanas laiku atbilstošās augu attīstības stadijās, intervālus starp apstrādēm un kopējo apstrāžu skaitu sezonas laikā.

Papildus tam tiek veikta lauksaimniecības tehnikas sagatavošana pavasara augsnes apstrādes darbiem, nodrošinot tās gatavību savlaicīgai un kvalitatīvai izmēģinājumu ierīkošanai.

Kopumā otrajā ceturksnī tiek nodrošināta pāreja uz projekta praktisko īstenošanu, sagatavojot gan tehniskos, gan organizatoriskos risinājumus sekmīgai izmēģinājumu uzsākšanai.

Otrajā ceturksnī saimniecībā “Aloja Agro” lauka pētījumu aktivitātes ietvaros tika veikta bioloģiski sertificēto DEMO izmēģinājuma lauku apsekošana pēc ziemas perioda, izvērtējot to stāvokli un piemērotību plānotajiem darbiem, kā arī noņemti augsnes paraugi kartupeļu un zirņu laukiem.

Lauka DEMO izmēģinājumam tika izvēlētas kartupeļu šķirne ‘Eurostarch’ un zirņu šķirne ‘Bruno’, ņemot vērā to piemērotību bioloģiskajai saimniekošanas sistēmai, slimību izturību, kā arī stabilu ražību Latvijas agroklimatiskajos apstākļos.

Vienlaikus tiek precizēti *Trichoderma sp.* saturoša biostimulanta lietošanas parametri DEMO izmēģinājuma lauka apstākļos, pielāgojot koncentrācijas, devas un pielietošanas veidus, kā arī izstrādājot smidzinājumu plānu, kurā noteikts apstrāžu uzsākšanas laiks atbilstošās augu attīstības stadijās, intervāli starp apstrādēm un kopējais apstrāžu skaits sezonas laikā kartupeļiem un zirņiem.

DEMO izmēģinājuma vajadzībām tika izvēlēts un iegādāts graudu kodinātājs, kas ir piemērots un paredzēts zirņu sēklu pirmssējas apstrādei ar *Trichoderma sp.* saturošu biostimulantu.

Vienlaikus tiek veikta lauksaimniecības tehnikas sagatavošana pavasara augsnes apstrādei, kas nodrošinās savlaicīgu un kvalitatīvu izmēģinājumu ierīkošanu.



Otrajā ceturksnī kopumā tiek īstenota pāreja uz projekta praktisko posmu, sagatavojot nepieciešamos tehniskos un organizatoriskos risinājumus sekmīgai izmēģinājumu uzsākšanai.

Ar AREI atbilstu aprēķinās *Trichoderma* sp. sausnas daudzums, kas nepieciešama sēklu pirmssējas apstrādei un augu apstrādei DEMO lauka izmēģinājumos kartupeļiem un zirņiem.

