



Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests

„Inovatīvs mikroorganismus saturošs organiskais mēslošanas līdzeklis”

Nr. 22-00-A01612-000010

*Projektu realizē Latvijas Kūdras asociācija un Eiropas Inovāciju partnerības lauksaimniecības ražīgumam un ilgtspējai darba grupa.
Projekta norises laiks: 2022. gada 30. jūnijs – 2025. gada 30. jūnijs
(pagarināts 2025.gada 31.oktobris)*

Projekta gala ziņojuma kopsavilkums

1. Projekta mērķis un galvenie uzdevumi

Projekta mērķis ir, izmantojot biotehnoloģijas, izveidot organisku, ilgstošas iedarbības mēslošanas līdzekli, kurš sastāv no dzīvnieku mēsliem, kūdras un īpašiem mikroorganismiem.

Projekta rezultātā paredzēts izveidot birstošas formas un granulu veida mēslošanas līdzekļus, kas apstrādāti ar aktīvajiem mikroorganismiem.

1. Projekta galvenie uzdevumi:

- Izveidot produktu, kas veicina ražas pieaugumu mežsaimniecības, laukropības un dārzkopības kultūrām.
- Ieviest bezatlikuma tehnoloģijas, samazināt minerālmēsli lietošanu. Izstrādāt produktu, kas ir augiem viegli uzņemamā formā, palielina humusa daudzumu augsnē, atjauno un uzlabo augsnes auglību un uzlabo augsnes fizikālās īpašības.
- Izmantojot vietējās izejvielas, uzlabot saimniecību ekonomiskos rādītājus.
- Izstrādāt produktu, kas ļauj samazināt lauksaimniecības ietekmi uz vidi, virszemes un gruntsūdens piesārņojumu ar slāpekli un fosforu saturošiem savienojumiem pēc kūtsmēsli izkliešanas ar tradicionāliem paņēmieniem.
- Racionāli un videi draudzīgi apsaimniekot kūtsmēslus, izvairoties no slāpekļa izskalošanās riska palielināšanās.
- Atbildīgi apsaimniekot kūdras ieguves vietas, rodot jaunu risinājumu labi sadalījušās kūdras izmantošanai, lai saimnieciski racionāli varētu izmantot visus ieguves vietā pieejamos kūdras resursus.
- Veikt produkta izmantošanas ekonomiskās efektivitātes novērtējumu uz eksperimentālās izpētes pamata.

2. Projekta aktivitātes un īss darbību apraksts

Projekta aktivitātes: “Projekta vadība”, “Produkta izveide”, “Produkta lauku izmēģinājumi un tā izmantošanas EEA”, “Komunikācija un publicitāte”

Īstenošanas laiks: 40 mēneši

Īsteno partneris: **Latvijas Kūdras asociācija**

Uzdevums: Visu projektu aktivitāšu īstenošanas koordinēšana un vadība rezultatīvo rādītāju sasniegšanai.

MP sagatavošana/iesniegšana, EIP grupas sanāksmes organizēšana. Projekta rezultātu gala ziņojuma sagatavošana/publiskošana.

Aktivitāte "Produktu izveide"

Īstenošanas laiks: 33 mēneši

Īsteno partneri: **Latvijas Kūdras asociācija, Latvijas Universitāte (LU) , Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte (LBTU), Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava", Latvijas Cūku audzētāju asociācija, MPS Vecauce**

Uzdevums: mēslošanas līdzekļa un tā sastāvdaļu mikrobioloģiskā izpēte. Mikroorganismu celma/celmu izdalīšanas līdzekļa bagātināšanai. Zinātniskās publikācijas sagatavošana.

Aktivitāte "Produkta lauku izmēģinājumi un tā izmantošanas EEA"

Īstenošanas laiks: 40 mēneši

Īsteno partneri: **Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte (LBTU), Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava" , EDO Consult , z/s Baltiņi, SIA KlasmannDeilmann Latvia LBTU mācību un pētījumu saimniecība "Vecauce" (LBTU MPS Vecauce).**

Uzdevums projektā:

Izmēģinājuma lauku ierīkošana mēslojuma pārbaudei. Augu un augsnes analīzes izmēģinājuma laukiem.

Produkta lauka izmēģinājumi dažādās dārzeņu kultūrās un stādu audzēšanas fāzē. Rezultātu fiksēšana. Publicitāte - seminārs lauku demonstrējumi otrajā izmēģinājumu gadā.

Produkta lauka izmēģinājumi rekultivācijas platībās. Rezultātu fiksēšana.

Publicitāte - seminārs-lauka demonstrējumi.

Produkta izmantošanas ekonomiskās efektivitātes novērtējums uz eksperimentālās izpētes pamata.

Aktivitāte "Komunikācija un publicitāte"

Īstenošanas laiks: 40 mēneši

Īsteno partneri: **LKA, LSA, k/s Latvijas Cūku audzētāju asociācija (LCAA), Latvijas universitāte, Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte (LBTU), Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava" , EDO Consult , z/s Baltiņi, SIA KlasmannDeilmann Latvia, LBTU mācību un pētījumu saimniecība "Vecauce" (LBTU MPS Vecauce).**

Uzdevums projektā; Rezultātu publiskošana. Līdzorganizē seminārus un noslēguma konferenci.

Nozares ekspertu dalība par mēslu apsaimniekošanu.

Projekta vadītāja: Latvijas Kūdras asociācijas valdes locekle Ingrīda Krīgere

Projekta koordinatore: Latvijas Kūdras asociācijas Valentīna Doze

Projekta kopējais finansējums: **447664.83** EUR

4. Projekta īstenotāji un to īstenotie uzdevumi projektā

N.p.k.	Partneris	Kontaktpersona	Veiktās darbības
1.	Latvijas Kūdras asociācija (LKA)	Ingrīda Krīgere Valdes locekle	Visu projektu aktivitāšu īstenošanas koordinēšana un vadība rezultatīvo rādītāju sasniegšanai. MP sagatavošana/iesniegšana, EIP grupas sanāksmes organizēšana. Projekta rezultātu gala ziņojuma sagatavošana/publiskošana. Informācija par projektu LKA tīmekļa vietnē Informācija par projektu LaukuTīkls tīmekļa vietnē Informācija par projekta gaitu LKA tīmekļa vietnē Informācija par projekta noslēguma konferenci LaukuTīkls tīmekļa vietnē Informācija par projekta noslēguma konferenci LKA tīmekļa vietnē.

2.	Latvijas universitāte (LU)	Vizma Nikolajeva	Produkta izveide. Testēšana, pētījumu un eksperimentu īstenošana. Mēslošanas līdzekļa un tā sastāvdaļu mikrobioloģiskā izpēte. Mikroorganismu celma/celmu izdalīšanas līdzekļa bagātināšanai. Zinātniskās publikācijas sagatavošana. Informācija par projektu LU tīmekļa vietnē
3.	Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātē (LBTU)	Dace Siliņa	Izmēģinājuma ierīkošana veģetācijas traukos mēslojuma pārbaudei. Augu un augsnes analīzes. Publicitāte Informācija par projektu LBTU tīmekļa vietnē Zinātniski praktiskās konference "Līdzsvarota lauksaimniecība" tēzes. Sagatavots LBTU projekta pārskats
4.	z/s Baltiņi	Sandra Marcinkeviča	Produkta lauka izmēģinājumi stādu audzēšanas fāzēs dažādiem dārzaugiem. Rezultātu fiksēšana. Publicitāte - seminārs, lauku demonstrējumi otrajā izmēģinājumu gadā.
5.	LVMi Silava	Andis Lazdiņš	Granulēta ML sagatavošanas tehnoloģijas izstrādāšana, procesa energobilances analīze un eksperimentālas partijas sagatavošana. Mēslojuma izmēģinājumi. Augsnes un substrāta laboratoriskās analīzes. FTIR spektrometrijas metodes aprobēšana organisko mēslošanas līdzekļu raksturošanai. Publicitāte.
6.	SIA Klassman Deilmann Latvia	Ieva Auniņa	Produkta lauka izmēģinājumi rekultivācijas platībās. Rezultātu fiksēšana. Publicitāte - seminārs-lauka demonstrējumi.
7.	MPS Vecauce	Indulis Ieviņš	Izmēģinājuma lauku ierīkošana mēslojuma pārbaudei. Augu un augsnes analīzes izmēģinājuma laukiem.
8.	k/s Latvijas Cūku audzētāju asociācija (LCAA)	Dzintra Lejniece	Rezultātu publiskošana. Līdzorganizē seminārus un gala konferenci. Nozares ekspertu dalība par mēslu apsaimniekošanu. Informācija par projektu LCAA tīmekļa vietnē.
9.	SIA EDO Consult	Ieva Leimane	Produkta izmantošanas ekonomiskās efektivitātes novērtējums uz eksperimentālās izpētes pamata.
10.	Lopkopības saimniecību asociācija (LSA)	Līga Dimanta	Projekta publicitātes nodrošināšana - informācijas sagatavošana un izplatīšana citiem partneriem un interesentiem. Informācija par projektu LSA tīmekļa vietnē.

5. Galvenās atziņas un sasniegtie rezultāti

1. Aktivitāte “Projektu vadība”

1. aktivitātes rezultatīvo radītāju kopsavilkums

N.p.k.	Rezultatīvie rādītāji	Plānots	Izpildīts
1.	Projekta vadība un koordinēšana	1	1
2.	Līdzdalība noslēguma konferences organizēšanā	1	1
3.	Līdzdalība semināru organizēšana	3	3
4.	Maksājuma pieprasījumu sagatavošana/iesniegšana LAD	13	13

Projekta īstenošanas laikā iegūtas šādas galvenās atziņas:

Viens no Latvijas Kūdras asociācijas uzdevumiem projektā bija spektrometrijas rastra mikroanalīze un hiperspektrālo datu ievākšana lauka apstākļos, datu analīze. Lai veiktu šo uzdevumu tika izmantoti tā laika jaunākie un veiktspējīgākie spektrometri - portatīvais lāzera inducētās plazmas spektrometrs LIBS un portatīvais rentgenfluorescences spektrometrs XRF.

Tika pētītas divas mēslojuma formas – birstošā un granulētā, katra no tām sagatavota trīs variācijās:

1. Cūku mēsli ar kūdru – ar un bez aktīvajām baktērijām;
2. Liellopu mēsli ar kūdru – ar un bez baktērijām;
3. Putnu mēsli ar kūdru – ar un bez baktērijām;
4. Kontroles paraugs – tīra kūdra, bez mēslojuma un baktērijām.

Kopumā analizēti 14 dažādi mēslojuma varianti (7 ar baktērijām, 7 bez). Katrs mēslojuma tips tika izmēģināts visām pētījumā iesaistītajām kultūrām, attiecīgi noteiktajās devās. Secīgi tika veiktas arī analīzes.

LIBS izmantošana pētījuma ietvaros - tika veikta dažādu organisko mēslošanas līdzekļu un kūdras paraugu elementārā sastāva analīze, izmantojot portatīvo lāzera inducētās plazmas spektrometru (LIBS) – *SciAps Z-903 GeoChem Analyzer* (ASV). Instruments darbojas 190–950 nm spektrālajā diapazonā un ļauj vienlaikus noteikt gan vieglos elementus (H, C, N, O, F, Cl), gan metālus un minerālelementus (K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Al, Si, P u.c.). Z-903 aprīkots ar 1064 nm lāzeri (~6 mJ/pulss, 1–50 Hz) un „Opti-Purge” argona gāzes sistēmu, kas nodrošina mērījumu precizitāti vieglajiem elementiem. Analizators ir balstīts uz Android OS, un dati tika eksportēti CSV formātā turpmākai apstrādei.

Pirms analīzes paraugi tika žāvēti 60 °C temperatūrā pēc tam homogenizēti un sasmalcināti. Laboratorijas veida apstākļos daļa paraugu tika sapresēta tabletēs, savukārt lauka apstākļos analizēti kā birstoši materiāli ar rasterēšanas režīmu (vairāki lāzera trāpījumi dažādos punktos). Katram paraugam tika veikti 3 – 5 mērījumi, katrā vietā 3 “tīrīšanas” šāviņi un 20 analītiskie impulsi, aktivējot argona tīrīšanas režīmu.

Dati tika apstrādāti ar SciAps programmatūru un papildus analizēti *Python* vidē, izmantojot SNV (Standard Normal Variate) un Whittaker fona korekcijas. Kvantitatīvie modeļi veidoti ar daudzdimensiju kalibrāciju (PLS, Si-PLS), izmantojot laboratoriski noteiktos paraugu atsaucē datus: kopējo organisko oglekli (TOC), kopējo slāpekli (Kjeldāla metode), fosforu, kāliju, kalciju, magniju un mikroelementus (ICP-OES). Kvalitātes kontrolē izmantoti dublikāti un starpparaugu pārbaudes.

LIBS analīze ar *SciAps Z-903* ļāva ātri noteikt galveno barības elementu saturu substrātos, kūdras un organisko mēslojumu maisījumos.

Spektru analīze parādīja, ka:

Cūku mēslojuma paraugos tika konstatēts augstāks kālija (K) un fosfora (P) saturs baktēriju klātbūtnes

gadījumā, savukārt kalcija (Ca) koncentrācija bija nedaudz augstāka paraugos bez baktērijām. Šī tendence liecina, ka baktērijas veicina barības elementu mobilizāciju un fosfora pieejamību, bet kalcija saturs vairāk saistīts ar izejmateriāla minerālo sastāvu, nevis mikrobioloģisko aktivitāti.

Liellopu mēslojuma maisījumos netika novērots būtisks Mg un Fe pieaugums baktēriju klātbūtnes gadījumā – tieši pretēji, bez baktērijām saglabājās nedaudz augstāks magnija un dzelzs saturs, kas var būt saistīts ar minerālo komponentu stabilitāti un mazāku mikroorganismu radītu izšķīdināšanu. Fosfora saturs arī šajā grupā bija nedaudz augstāks variantos bez baktērijām, kas atbilst tipiskam liellopu kūtsmēsliu ķīmiskajam profilam.

Putnu mēslojuma varianti apstiprināja pozitīvu baktēriju ietekmi – ar baktērijām bija vairāk K, P un Ca, kas liecina par aktīvu minerālvielu mobilizāciju mikroorganismu ietekmē. Fe saturs savukārt bija nedaudz zemāks baktēriju klātbūtnē, kas var būt saistīts ar bioloģisko oksidāciju un dzelzs pāreju grūtāk izmantojamās formās.

Aktīvo baktēriju klātbūtne kopumā veicināja augstāku fosfora un kālija pieejamību visos mēslojuma tipos, taču ne vienmēr palielināja kalcija, magnija un dzelzs saturu, kuru koncentrācija vairāk atkarīga no sākotnējās izejvielas minerālā sastāva.

Granulētie paraugi saturēja zemākas vidējās elementu koncentrācijas nekā birstošie, taču uzrādīja vienmērīgāku spektrālo signālu un mazāku mērījumu izkliedi, kas norāda uz labāku viendabību un stabilāku lāzera-plazmas mijiedarbību.

Kontroles kūdras paraugi (bez mēslojuma) parādīja augstu oglekļa līmeni, bet ļoti zemu makroelementu un mikroelementu koncentrāciju, kā arī zemu P, K un N signālus, kas apstiprina, ka mēslojuma pievienošana būtiski uzlabo barības elementu saturu.

Secinājumi

1. SciAps Z-903 nodrošina efektīvu augsnes, kūdras un organisko mēslojumu elementārā sastāva noteikšanu lauka apstākļos.
2. Baktēriju saturošie paraugi visbiežāk uzrādīja augstāku K un P, bet Ca, Mg un Fe līmeņi bieži bija augstāki bez baktērijām.
3. Granulētie produkti ir ķīmiski vienmērīgāki, bet satur mazāk aktīvo elementu nekā birstošie.
4. Metode ir piemērota gan kvalitātes kontrolei, gan lauka novērtējumiem, ja tiek ievērota pareiza paraugu sagatavošana.
5. Ieteicams veidot paplašinātu kalibrācijas datubāzi konkrētām kūdras un kūtsmēsliu matricām, lai uzlabotu kvantitatīvo precizitāti.

XRF izmantošana pētījuma ietvaros. Šajā posmā tika veikta to pašu organisko mēslošanas līdzekļu, kūdras un ielabotās augsnes vides paraugu analīze, izmantojot portatīvo rentgenfluorescences spektrometru (XRF) – *SciAps X-200 Empirical Analyzer*. Ierīce paredzēta metālu un minerālelementu kvalitatīvai un kvantitatīvai noteikšanai cietās, pulverveida vai granulētās matricās, izmantojot 45 kV rentgena caurules starojumu ar Rh (rhodīum) anodu un Si-PIN detektoru (resolūcija ≤ 200 eV).

X-200 darbojas ar Android OS, nodrošina empīrisku un kalibrētu Soil Mode režīmu, kā arī automātisku elementu identifikāciju visā diapazonā no Mg ($Z=12$) līdz U ($Z=92$). Dati tika iegūti *Empirical GeoChem* režīmā, kurā iespējams veidot pielāgotas kalibrācijas un eksportēt spektrus CSV formātā.

Paraugi pirms XRF analīzes tika:

- žāvēti 60 °C,
- samalti un homogenizēti,
- saspresēti tablešu formā.

Mērījumi veikti trīs atkārtojumos katram paraugam, katrs ar ekspozīcijas laiku 60 s (30 s zemo enerģiju un 30 s augsto enerģiju logā). Mērījumi veikti uz gludas virsmas, izmantojot “soil” režīmu, kas ietver kalibrācijas faktorus Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , K_2O , CaO un TiO_2 matricām.

Dati tika interpretēti ar *SciAps Profile Builder* programmatūru. Kalibrācijas tika veidotas empīriski, izmantojot laboratoriski analizētus atsauces paraugus.

Galvenie analizētie elementi: K, Ca, Mg, P, S, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, Cr, Al, Si, Cl.

Dati tika apstrādāti, izmantojot:

- Iekšējo normalizāciju pret kopējo metālu signālu ($\Sigma Me = K + Ca + Fe + Si$),
- SNV un log-transformāciju,
- PLS-regresiju kvantitatīvajiem modeļiem,
- Kontroles paraugus un dublikātus reproducējamības novērtēšanai ($RSD \leq 10 \%$).

XRF analīze ar SciAps X-200 ļāva novērtēt mēslojuma paraugu galveno minerālelementu saturu un salīdzināt atšķirības starp mēslu tiptiem, granulācijas formām un baktēriju klātbūtni.

Cūku mēslojuma paraugi uzrādīja augstu kālija (K) un fosfora (P) koncentrāciju, taču šo elementu līmenis bija lielāks birstošajos paraugos, nevis granulētajos. Kalcija (Ca) saturs bija nedaudz augstāks variantos bez baktērijām, savukārt baktēriju klātbūtne pozitīvi ietekmēja K un P pieejamību.

Liellopu mēslojuma maisījumos netika apstiprināts augstāks Fe un Mg līmenis baktēriju vai granulācijas ietekmē — abi elementi bija lielākā koncentrācijā birstošajā formā bez baktērijām. Fosfora saturs šajā grupā bija salīdzinoši zems, kas atbilst liellopu kūtsmēslu ķīmiskajam raksturojumam.

Putnu mēslojuma varianti uzrādīja augstāko P, K un Ca saturu, un šī tendence bija izteiktāka ar baktērijām. Dzelzs (Fe) koncentrācija šajos paraugos bija nedaudz zemāka, kas varētu būt saistīts ar mikroorganismu radītām redoksreakcijām.

Granulētās formas paraugi uzrādīja lielāku mērījumu vienmērību, bet zemākas vidējās koncentrācijas vairumam elementu (K, P, Ca, Mg), salīdzinot ar birstošajiem materiāliem.

Kontroles kūdras paraugi uzrādīja ļoti zemu K, Ca, Fe un P līmeni, kā arī tikai nelielas mikroelementu pēdas, kas apstiprina, ka barības elementu palielinājums ir tieši saistīts ar mēslojuma klātbūtni.

Dati parādīja labu līdz ļoti labu korelāciju ($R^2 = 0,80\text{--}0,94$) starp SciAps X-200 XRF mērījumiem un laboratorijas analīzēm. Vislabākā atbilstība bija elementiem K, P, Ca, Fe un Zn.

Mn un Cu korelācijas bija nedaudz vājākas ($R^2 \approx 0,70\text{--}0,78$), iespējams, nelielās koncentrācijas un organiskās matricas ietekmes dēļ.

P un S rādītāji uzrādīja zemāku sakritību ($R^2 = 0,65\text{--}0,75$), kas ir sagaidāms, ņemot vērā XRF jutības ierobežojumus vieglajiem elementiem. Tomēr X-200 nodrošināja pietiekamu precizitāti pus-quantitatīvai novērtēšanai un tendenču analīzei.

Kultūraugu saistība ar mēslojuma sastāvu:

Kālijs (K) un fosfors (P) bija galvenie elementi, kas pozitīvi korelēja ar miežu un kukurūzas biomasas pieaugumu.

Kalcija (Ca) un magnija (Mg) būtiski ietekmēja kartupeļu un pupiņu augšanu.

Dzelzs (Fe), cinks (Zn) un varš (Cu) bija nozīmīgi bazilika, dzērveņu un aveņu attīstībai.

Korelācijas starp elementu saturu un ražas rādītājiem norādīja, ka birstošie paraugi ar baktērijām nodrošināja augstāku augu barības elementu pieejamību, īpaši K un P, savukārt granulētie produkti deva vienmērīgāku, bet lēnāku uzturvielu atbrīvošanos.

Secinājumi

1. SciAps X-200 Empirical Analyzer ir piemērots ātrai un uzticamai makro- un mikroelementu noteikšanai kūdras un organisko mēslojumu maisījumos, īpaši minerālu un metālu komponentēm.
2. XRF metode ir mazāk jutīga pret vieglajiem elementiem (C, N, O), taču nodrošina augstu precizitāti elementiem no Mg līdz U, kas ir būtiski mēslojuma kvalitātes novērtēšanai.
3. Granulētie un baktēriju saturošie maisījumi uzrādīja augstāku minerālelementu koncentrāciju, īpaši K, P, Ca un Zn.
4. Kombinējot LIBS un XRF metodes, iespējams iegūt pilnīgu elementārā sastāva profilu – no vieglajiem līdz smagajiem elementiem, kas nodrošina visaptverošu mēslojuma ķīmisko raksturojumu.

Analītisko metožu salīdzinājums un pamatojums

Šajā projektā izmantotas divas portatīvas elementu analīzes iekārtas — SciAps Z-903 (LIBS – Laser Induced Breakdown Spectroscopy) un SciAps X-200 (XRF – X-ray Fluorescence). Abas tehnoloģijas ir savstarpēji papildinošas, jo katra spēj noteikt atšķirīgu elementu grupu un sniedz informāciju par dažādiem mēslojuma un kūdras paraugu ķīmiskajiem aspektiem.

Kāpēc nepieciešams izmantot abas metodes

Kūdras un kūdras–mēsļu mēslojuma paraugi ir kompleksas, heterogēnas un organiskas matricas, kurās vienlaikus ir augsts organisko vielu saturs (ogleklis, slāpeklis, ūdeņradis, sērs u.c.), nozīmīgi makroelementi (P, K, Ca, Mg) un mikroelementi vai metāli (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cr u.c.). Neviena no šīm tehnoloģijām viena pati nespēj precīzi noteikt visu elementu spektru, tādēļ to kombinēšana nodrošina pilnīgu paraugu raksturojumu.

LIBS (Z-903) spēj noteikt arī vieglos elementus (H, C, N, O, F, Cl, Na), kas ir svarīgi organisko vielu un slāpekļa novērtēšanai, savukārt XRF (X-200) ir jutīgāka pret smagajiem elementiem (Mg–U) un nodrošina precīzāku metālu un minerālelementu kvantifikāciju. Kombinēta izmantošana nodrošina pilnu elementārā sastāva spektru no H līdz U.

LIBS (SciAps Z-903) – priekšrocības un ierobežojumi

Priekšrocības:

- Nosaka vieglos elementus: H, C, N, O, F, Cl, Na.
- Ļauj tieši analizēt organiskos materiālus (kūdra, kūtsmēsli, biomasas produkti).
- Augsta elementārā izšķirtspēja un iespēja veikt mikroanalīzi (rasterēšanu).
- Ātra mērīšana (1–3 s), piemērota lauka darbiem.
- Var noteikt C/N attiecību, organiskā oglekļa saturu, fosfora pieejamību.

Trūkumi:

- Precizitāti ietekmē virsmas stāvoklis, mitrums un tekstūra.
- Kalibrācijas jāveido katrai matricai.
- Nepieciešama argona attīrīšanas sistēma jutībai uz vieglajiem elementiem.
- Neliels parauga bojājums lāzera trieciena vietā.
- Iekārta ļoti jutīga pret putekļiem.

XRF (SciAps X-200) – priekšrocības un ierobežojumi

Priekšrocības:

- Ļoti laba jutība pret metāliem un minerālelementiem (K, Ca, Fe, Mn, Zn, Cu u.c.).
- Nedestruktīva metode – paraugs netiek bojāts.
- Nepieciešama minimāla sagatavošana (žāvēšana un virsmas izlīdzināšana).
- Ļoti precīzi kvantitatīvi rezultāti minerāliem un oksīdiem.
- Piemērota lauka un laboratorijas analīzēm, augsta reproducējamība.

Trūkumi:

- Nespēj noteikt vieglos elementus (H, C, N, O, F, Cl, Na).
- Mērījumi ir virspusēji (~30–50 µm dziļumā).
- Mitrums un porainība var ietekmēt precizitāti.
- Gaišas, zema blīvuma matricas (piemēram, kūdra) jāpresē stabilitātei.

Paraugu sagatavošanas salīdzinājums

Aspekts	LIBS (Z-903)	XRF (X-200)
Nepieciešamā sagatavošana	Žāvēšana, smalcināšana, vēlams presēt tabletes; var analizēt birstošus paraugus ar rasterēšanu	Žāvēšana un gluda virsma pietiekama
Mitruma jutība	Ļoti augsta – jābūt sausam	Vidēja – ietekmē kalibrāciju
Parauga patēriņš	Daži mg (mikroskopiski bojājumi)	0 (nedestruktīva)
Mērījuma laiks	1–3 s	30–60 s
Kalibrācija	Nepieciešama katrai matricai	Var izmantot iebūvētās vai empīriskās kalibrācijas
Vieglie elementi (C, N, H, O)	Nosaka	Nenosaka
Smagie elementi (Fe, Cu, Zn, Pb)	Nosaka, bet ar zemāku precizitāti	Ļoti precīzi nosaka
Lauka piemērotība	Ļoti augsta	Ļoti augsta

Kopējais izvērtējums

LIBS un XRF metožu kombinēšana nodrošina komplementāru datu kopumu: LIBS – organisko un vieglo elementu analīzei, savukārt XRF – minerālo un metālu kvantifikācijai. Šo metožu paralēla izmantošana ļauj pilnvērtīgi raksturot kūdras–mēslu produktu barības elementu sastāvu, tīrību un stabilitāti, sniedzot gan kvantitatīvus, gan kvalitatīvus datus par produkta ķīmisko uzbūvi.

Veicot spektrometru analīzes projekta ietvarā tika secināts, ka mēslošanas līdzekļi ir ļoti rūpīgi jāsauc un jāsamal, lai nodrošinātu šo līdzekļu viendabīgumu. Analīžu rezultāti bija ļoti atšķirīgi, dēļ iztrūkstošās homogenitātes.

2. Aktivitāte "Produkta izveide"

Saskaņā ar pētījumu rezultātiem iegūtas šādas galvenās atziņas:

Latvijas universitāte. Mēslojumu pamats veidots no kūdras, kūtsmēsliem un pelniem. Atsevišķi mēslojuma

veidi saturēja vistu, cūku vai govju separētos kūtsmēslus, ar vai bez papildu pievienotiem mikroorganismiem. Balstoties uz izejmateriāliem veiktajām ķīmiskajām analizēm (veikts “Silavas” laboratorijā), mēslojumu sastāvs tika sabalansēts pēc slāpekļa daudzuma (LBTU aprēķini). Papildus pievienotas LU laboratorijas apstākļos kultivētās baktērijas *Priestia megaterium* LMKK 895 no LU Latvijas mikroorganismu kultūru kolekcijas. Izstrādāta šo baktēriju kultivēšanai piemērota barotne un apstākļi. Pievienoto baktēriju koncentrācija gala produktā bija 10^7 kolonijas veidojošās vienības (kvv) uz gramu mēslojuma.

Izejmateriāliem un gatavajiem mēslošanas līdzekļiem vairākas reizes veiktas mikrobioloģiskās analīzes, izmantojot kultivēšanas metodes. Ar kūdras mēslošanas līdzekļos tiek ienestas sēnes, bet ar kūtsmēsliem – dažādas baktērijas. Noskaidrots fekālā piesārņojuma indikators *Escherichia coli* un enterokoku daudzums, kā arī baktēriju un sēņu kopskaits un dominējošo kultivējamo mikroorganismu grupas. *E. coli* praktiski izzuda kūtsmēslos divu mēnešu kompostēšanas laikā. Baktēriju pievienošana sekmēja enterokoku daudzuma samazināšanos. Arī pelni samazināja enterokoku daudzumu. Pievienotās *P. megaterium* saglabāja dzīvotspēju mēslošanas līdzekļos vismaz divus gadus.

Autoru kolektīvs no pieciem projektā iesaistītajiem partneriem ir sagatavojis un iesniedzis zinātnisko publikāciju žurnālam *Applied Biosciences*: M. Senkovs, L. Dubova, I. Alsiņa, I. Krīgere, D. Lazdiņa, V. Vendiņa, S. Marcinkeviča, V. Nikolajeva. “Composition of organic fertilizers containing microorganisms and their effect on soil microbiological activity and plant growth.” Publikācijā aprakstīts mēslojuma līdzekļu ķīmiskais (“Silava”, Kūdras asociācija) un mikrobioloģiskais (LU) sastāvs, augsnes mikrobioloģiskās aktivitātes pētījumi (LBTU) un augu eksperimenti podiņos un/vai konteineros ar priedēm, eglēm, (LVMI “Silava”), gurķiem, baziliku, miežiem, redīsiem, dārza pupiņām (LBTU) un divu šķirņu atraitnītēm (“Baltiņi”).

MPS Vecauce projekta īstenošanas laikā veica mēslošanas līdzekļu kompostēšanu, saimniecības rīcībā esošajā ēkā. Izejvielas – kūdras, govju (liellopu), cūkas un putnu (vistu) kūtsmēslus, pelnus – piegādāja projekta sadarbības partneri. Izejvielu materiāliem veica ķīmiskās analīzes, un pēc tām aprēķināja katras izejvielas daudzumu (proporciju).

Kompostēšanas process:

1. Kūdra sajaukta ar koksnes pelniem, reakcijas (pH) samazināšanai un augiem nepieciešamo barības elementu satura palielināšanai. Pēc nedēļas ņemti paraugi analīzēm, nosakot minerālelementu saturu un komposta skābumu šajā sagatavošanas posmā. Balstoties uz analīžu rezultātiem, pieņemts lēmums par papildus koksnes pelnu pievienošanu. Pēc tam sagatavotajam kūdras : pelnu maisījumam pievienoja kūtsmēslus (gatavoti 3 varianti). Kompostējamā masā regulāri mērija temperatūru un mitrumu, un masu regulāri jauca. Sagatavotajam kompostētajam mēslošanas līdzeklim veica ķīmiskās analīzes.
2. Daļa no katra mēslošanas līdzekļa variantā apstrādāta ar baktēriju preparātu un sajaukta. Šis process ir inovatīvā projekta kodols, lai uzlabotu mēslošanas līdzekļa efektivitāti.
3. Sagatavotais mēslošanas līdzeklis nogādāts sadarbības partneriem izmēģinājumu veikšanai.

Latvijas Cūku audzētāju asociācija: Racionālas kūtsmēslu apsaimniekošanas iespējas un ekonomiskie aspekti lopkopības saimniecībās.

Projekta ietvaros tika veikta sadarbība ar piecām lopkopības saimniecībām, kas pārstāv Latvijā visizplatītākās dzīvnieku audzēšanas nozares – liellopu, cūku un mājputnu audzēšanu.

Sākotnēji projekta vajadzībām tika iegādāti jau separēti kūtsmēsli, lai analizētu to īpašības un izmantošanas potenciālu. Lai nodrošinātu pilnvērtīgu ekonomisko aprēķinu veikšanu un novērtētu apstrādes procesu efektivitāti, papildus tika iegādāti arī šķidrmēsli.

Datu ieguvei tika izmantotas tiešās novērošanas un analītiskās metodes, kā arī veikti ekonomiskie aprēķini par kūtsmēslu apstrādes izmaksām un potenciālajiem ieguvumiem ilgtermiņā.

Pētījuma rezultāti apliecina, ka Kūtsmēsļu pārdomāta uzglabāšana un to precīza iestrāde augsnē veicina arī sabiedrības pozitīvu attieksmi pret saimniecību darbību un tās vides reputāciju.

Kūtsmēsli kā organiskais mēslojums ir vērtīgs resurss, kas nodrošina efektīvu barības vielu apriti lauksaimniecībā. To izmantošana ļauj samazināt minerālmēsļu patēriņu un uzlabot augsnes ilgtspēju. Tomēr būtiska nozīme ir pareizai pārvaldībai — neefektīva uzglabāšana vai izkliede var radīt vides piesārņojumu un ekonomiskus zaudējumus.

Separēšanas tehnoloģiju izmantošana ievērojami uzlabo kūtsmēsļu apsaimniekošanas efektivitāti, atdalot cietau un šķidro frakciju. Tas ļauj precīzāk izmantot organiskos mēslojumus dažādos ražošanas posmos un saderīgi ar precīzās lauksaimniecības tehnoloģijām. Vienlaikus jāņem vērā, ka šādu tehnoloģiju ieviešana prasa ievērojamas sākotnējās investīcijas, kuru atmaksāšanās laiks ir atkarīgs no saimniecības mēroga un ražošanas intensitātes.

Secinājumi: 1. Kūtsmēsļu apsaimniekošana ir nozīmīgs faktors gan vides aizsardzības, gan lauksaimniecības ilgtspējas nodrošināšanai. **2.** Pareiza kūtsmēsļu uzglabāšana un izmantošana samazina siltumnīcefekta gāzu emisijas un uzlabo saimniecību vides reputāciju. **3.** Kūtsmēsli ir vērtīgs resurss, kas nodrošina barības vielu atgriešanos augsnē, taču to nepareiza apsaimniekošana var radīt vides piesārņojumu. **4.** Organisko mēslojumu izmantošana sekmē ilgtspējīgu lauksaimniecības attīstību un augsnes auglības saglabāšanu. **5.** Separēšanas tehnoloģijas palielina kūtsmēsļu izmantošanas efektivitāti un saderību ar precīzās lauksaimniecības risinājumiem, taču to ieviešana prasa būtiskus finansiālus ieguldījumus.

LVMI Silava pētnieki sagatavojuši un iesnieguši īso zinātnisko publikāciju īsā ziņojuma (Short communication) veidā “The Importance of Soil Improvement in the Reclamation of Sand and Gravel Extraction Site” žurnālam *Sustainability* par bērza, melnalkšņa, egles un priežu stādu augšanu minerālaugsnē, ja organiskais mēslojums ienests stādvieta vai izmantots kā mulča.

Augsnes mikrobioloģisko aktivitāti novērtēja pēc elpošanas ātruma un FDA hidrolīzes aktivitātes. Organiskie mēslojumi dažādos variantos vai nu neietekmēja vai palielināja substrāta elpošanas ātrumu. FDA hidrolīzes aktivitāte palielinājās vairākiem mēslojuma līdzekļiem galvenokārt gurķu un bazilika augsnē, bet pievienotās baktērijas vairākos variantos to samazināja.

P. megaterium pievienošana govju mēsļu gadījumā uzlaboja abu pētīto atraitnīšu šķirņu augšanu. Baktērijām nebija statistiski ticamas ietekmes uz pārējo pētīto augu augšanu. Baktērijām bija neviennozīmīga ietekme uz augsnes mikrobioloģiskās aktivitātes rādītājiem dažādiem mēslojumiem un kultūraugiem.

LVMI Silava pētnieki testējuši organisko mēslojumu, kā stādu izaudzēšanas substrāta sastāvdaļu. Substrātu sagatavošanai izmantotam mēslojumam pievienotās biopiedevas ietekme uz priežu un egļu stādu augšanu divu gadu laikā uzrādīja pozitīvas tendences, taču rezultātu izklīdes dēļ neizdevās pierādīt atšķirību nozīmīgumu. Stādu audzēšanas kasešu šūnās ar baktēriju piedevu retāk novērots sūnu apaugums. Otrajā audzēšanas sezonā labi rezultāti panākti, audzējot melnalkšņa ietvarstādus. Pieaudzējot ietvarstādus 60 l veģetācijas traukos substrātā, kas veidots, sajaucot līdzīgās masas attiecībās mēslojumu un neitralizētu, nebagātinātu kūdru, koku sugas uz mēslojuma pievienošanu reaģējušas atšķirīgi. Bērzi labāk auguši traukos ar putnu mēsliem saturošu līdzekli, savukārt priežu kailsakņi un ietvarstādi labāk padevušies, ja izmantots govju mēsliem saturošs mēslojums. Pieaudzējot egļu stādus, vienlīdz labi rezultāti iegūti visos substrāta ielabošanas variantos. Kopumā izmantotā mēslojuma efekts bija pozitīvs, apliecinot tā izmantošanas iespējas nelielu stādu partiju audzēšanai pašu saimniecībā. Ražošanas apstākļos mēslojuma pielietošanu ierobežo prasība veikt tā termisko apstrādi (vismaz 70 °C) pirms pārdošanas.

Granulēšanas izmēģinājumiem izmantots granulators ZLSP400B (380 V; 30KW; 800-1000 kg stundā) ar 6 mm matricu. Pirmajos izmēģinājumos izmantojām arī granulu dzesētāju LQSF70 (380 V; 0,75 kW; 400-600 kg stundā), taču mitrās granulas bija pārāk irdenas, tāpēc turpmākajos pētījuma etapos granulas dzesējām un kaltējām uz sietiem. Izejvielu sajaukšanai pildīšanai kasetēs izmantojām maisītāju 9HWP250 (380 V; 4 kW; jaukšanas laiks 5-8 min; ietilpība 250 kg), taču, ņemot vērā iepildīšanas un iztukšošanas laiku, ātrāk sajaukšanu izdevās veikt ar elektrisko cementa maisītāju.

Lai novērtētu granulēšanas procesa ietekmi, tika veikta kūku, govju un putnu mēslojuma fizikāli ķīmiskā

analīze. Rezultāti, kas atspoguļo katra izejmateriāla sākotnējo sastāvu, ir apkopoti zemāk redzamajā tabulā.

Biogēnie elementi un mikroelementi izejvielās

Izejviela	Ckop. (g kg ⁻¹)	pHH ₂ O	Nkop. (g kg ⁻¹)	Rel. mitrum s (%)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)	S (g kg ⁻¹)	B (mg kg ⁻¹)
Cūku mēsli	377,3	6,98	13,4	62,4	4,294	7,663	40,246	5,801	6,528	47,671
Govju mēsli	346,9	7,52	15,3	62,8	3,618	12,153	40,748	6,920	7,930	59,666
Putnu mēsli	364,0	6,49	15,1	57,5	3,224	10,419	40,207	6,206	6,802	50,676

Smagie metāli izejvielās

Izejvie la	Zn (g kg ⁻¹)	Fe (g kg ⁻¹)	Mn (g kg ⁻¹)	Al (g kg ⁻¹)	Na (g kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Ni (mg kg ⁻¹)	Cr (mg kg ⁻¹)	Pb (mg kg ⁻¹)	Cd (mg kg ⁻¹)	Co (mg kg ⁻¹)
Cūku mēsli	0,312	2,561	0,621	3,700	0,786	50,428	4,577	10,279	18,919	1,198	1,736
Govju mēsli	0,294	2,221	0,917	3,805	1,410	59,823	4,707	9,141	9,337	1,314	2,007
Putnu mēsli	0,278	2,213	0,691	3,696	0,926	29,135	5,307	9,811	13,963	1,362	1,583

Granulēšanas procesa efektivitātē un galaprodukta kvalitātē izšķiroša nozīme ir izejvielu relatīvajam mitrumam. Optimālais mitruma saturs kvalitatīvu un izturīgu granulu ražošanai ir **15-25%** robežās. Ja izejmateriālu dabiskais mitrums pārsniedz šo diapazonu, kā tas ir novērojams analizētajos paraugos, ir nepieciešams veikt papildu žāvēšanas posmu pirms granulēšanas, lai nodrošinātu procesa stabilitāti un produkta kvalitāti. Mēs savos izmēģinājumos veicām gan izejvielu, gan granulu žāvēšanu. Gatavojot granulas no mitrām izejvielām, tās ir trauslas, bet izžūstot, paliek cietas un saglabā struktūru, arī nonākot ūdens vidē.

Pēc granulēšanas un atdzesēšanas procesa tika veikta gatavo granulu ķīmiskā analīze. Iegūtie dati, kas atspoguļo barības vielu un citu elementu koncentrāciju, ir apkopoti zemāk. Granulēšanas rezultātā iegūtais galaprodukts uzrāda izmainītas fizikāli ķīmiskās īpašības salīdzinājumā ar izejmateriāliem.

Biogēnie elementi un mikroelementi granulās

Nosauku ms	C (g kg ⁻¹)	pHCaCl ₂	N (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)	B (mg kg ⁻¹)
Cūku mēsli	377,4	6,89	14,7	6,48	8,5	45,54	6,43	44,43
Govju mēsli	370,4	7,53	16,6	3,80	12,9	52,08	7,79	54,71

Putnu mēsli	349,2	6,91	15,4	6,65	11,95	57,60	7,40	41,65
--------------------	-------	------	------	------	-------	-------	------	-------

Smagie metāli granulās

Nosaukums	Zn (g kg ⁻¹)	Fe (g kg ⁻¹)	Mn (g kg ⁻¹)	Al (g kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Ni (mg kg ⁻¹)	Cr (mg kg ⁻¹)	Pb (mg kg ⁻¹)	Cd (mg kg ⁻¹)	Co (mg kg ⁻¹)
Cūku mēsli	0,35	3,98	0,53	3,92	60,67	7,15	14,37	16,53	1,17	1,69
Govju mēsli	0,33	3,33	0,80	3,49	64,65	6,92	12,21	10,07	1,47	2,41
Putnu mēsli	0,29	4,67	0,74	3,52	35,71	6,21	29,78	12,06	1,24	1,86

Salīdzinot izejvielu un granulu ķīmisko sastāvu, ir identificējamās vairākas būtiskas, tehnoloģiskā procesa izraisītas izmaiņas. Makroelementu koncentrācijas pieaugums - novērojams būtisks makroelementu (P, K, Ca, Mg) satura pieaugums granulās. Tas ir tiešs rezultāts organiskās vielas daļējai mineralizācijai granulēšanas laikā, kas noved pie barības vielu koncentrēšanās. Slāpekļa dinamika un C/N attiecība - vienlaikus ar makroelementiem palielinās arī kopējā slāpekļa (N) koncentrācija. C/N attiecības samazināšanās granulēšanas procesā norāda uz organisko vielu noārdīšanos, taču tas notiek bez būtiskiem slāpekļa zudumiem, tādējādi saglabājot un pat koncentrējot šo augiem nozīmīgo elementu. Smago metālu saturs - lai gan smago metālu koncentrācija granulās nedaudz pieaug, to līmenis saglabājas drošās robežās un nepārsniedz normatīvajos aktos noteiktās maksimāli pieļaujamās vērtības. Piemēram, kadmija (Cd) vidējais saturs produktā ir 1,28 mg kg⁻¹, kas ir ievērojami zemāks par maksimāli pieļaujamo robežvērtību – 3 mg kg⁻¹. Prognozējamība - analīzes apstiprina, ka saglabājas tieša korelācija starp elementu saturu izejvielās un gala produktā. Tas nozīmē, ka, veicot izejmateriālu analīzes, ir iespējams uzticami prognozēt gatavo granulu īpašības, kas ir būtiski kvalitātes kontrolei ražošanā.

Granulēšanas procesam ir izšķiroša nozīme ne tikai produkta fizikālo īpašību uzlabošanā, bet arī tā atbilstības nodrošināšanā Eiropas Savienības regulējumam. Granulēšanas laikā sasniegtā termiskā apstrāde (temperatūra sasniedz vismaz 90°C) ir galvenais faktors, kas nodrošina materiāla atbilstību higiēnas prasībām, kas noteiktas Regulā (EK) Nr. 1069/2009 un Regulā (ES) Nr. 142/2011, tādējādi padarot produktu drošu lietošanai. Tomēr, ņemot vērā dabisko mainību makroelementu un mikroelementu saturā gan izejvielās, gan granulās, produkta reģistrācija kā "mēslošanas līdzeklis" var būt apgrūtināta. Daudz piemērotāka un praktiskāka ir tā klasifikācija kā "augšnes ielabotājs" vai "substrāts", kas precīzāk atspoguļo tā primāro funkciju – augšnes struktūras un bioloģiskās aktivitātes uzlabošanu.

Iegūtais granulētais produkts uzrāda potenciālu izmantošanai kā daļējs kūdras aizstājējs substrātu ražošanā. Šāds pielietojums ir īpaši aktuāls, ņemot vērā ilgtspējīgas saimniekošanas principus un nepieciešamību samazināt kūdras resursu izmantošanu. Tomēr šīs iespējas praktiskai apstiprināšanai ir nepieciešami turpmāki eksperimentāli pētījumi. Izšķiroša nozīme šādā pielietojumā ir granulatorā veiktajai termiskajai apstrādei, kas nodrošina higiēnisko prasību izpildi, padarot produktu drošu izmantošanai augu audzēšanas vidēs.

Pētījumā secināts, ka granulēšanas process efektīvi koncentrē galvenos makroelementus (P, K, Ca, Mg) un N, daļēji mineralizējot organisko vielu. Tas būtiski paaugstina produkta agronomisko vērtību salīdzinājumā ar neapstrādātām izejvielām. Procesā nodrošinātā termiskā apstrāde vismaz 90°C temperatūrā ir izšķirošs solis, kas garantē galaprodukta atbilstību ES regulās (1069/2009 un 142/2011) noteiktajām stingrajām higiēnas prasībām. Pastāv tieša un prognozējama korelācija starp izejmateriālu un gatavo granulu ķīmisko sastāvu, kas ļauj efektīvi kontrolēt produkta kvalitāti, balstoties uz izejvielu analīzēm. ņemot vērā barības vielu satura dabisko mainību, produkts ir visatbilstošāk klasificējams kā augšnes ielabotājs vai substrāts. Tas uzrāda potenciālu turpmākiem pētījumiem kā daļējs kūdras aizstājējs augu audzēšanas substrātos. FTIR jeb Furjē

inrasarkanās gaismas transformācijas spektrometrijas metodes aprobēšanas ietvaros veicām analīzes vairāk kā 300 dažādu substrātu paraugiem, salīdzinot otrā līmeņa meža monitoringa ietvaros izmantotās klasiskās analītiskās ķīmijas metodes un ar Bruker Invenio iekārtu iegūto spektru matemātiskās analīzes datus. No kopējā paraugu skaita 250 izmantoti kalibrācijas vienādojumu izstrādāšanai, pārējie - iegūto vienādojumu validēšanai. Oglekļa saturam metodes kopējā nenoteiktība ir 35%, slāpeklim - 33% un pH - 16%. Turpretim K, Ca un Mg nenoteiktība - no 58% līdz 65%, norādot uz nepieciešamību metālu un fosfora noteikšanai izstrādāt citas ātrās testēšanas metodes, piemēram, rentgenoskopijas risinājumus, kas ātruma un vienkāršības ziņā neatpaliek no FTIR metodēm. Pētījumā secināts, ka FTIR metodes var izmantot, lai veiktu aptuvenu substrāta kvalitātes novērtējumu, kā arī pietiekoši precīzi noteiktu tādos parametrus kā pH, C un N saturs. Metodes precizitātes palielināšanai nepieciešams lielāks paraugu skaits (vismaz daži tūkstoši), jo liela daļa no iegūtās nenoteiktības saistīta ar vienādojumu kalibrēšanai izmantoto analītisko metožu nenoteiktību, kas samazinātos, pieaugot paraugu skaitam.

Izveidotais granulētais mēslošanas līdzeklis augiem ar īsu veģetācijas periodu nav efektīvs, jo nepieciešams ilgāks laiks, lai notiktu mineralizācijas process un atbrīvotos augiem nepieciešamie barības elementi. Iegūtie rezultāti uzrāda, ka ar izveidotajiem mēslošanas līdzekļiem ir iespējams iedot pārāk lielu barības elementu daudzumu (pārmēslot), par ko liecina dati ar atraitnītēm. Granulētais mēslojums var kalpot kā efektīva ilgtermiņa barības vielu rezerve un oglekļa krātuve, kas mineralizējas pakāpeniski un nodrošina ilgstošāku oglekļa saglabāšanos augsnē. Tomēr, ņemot vērā granulēšanas izmaksas, šāda oglekļa uzkrājuma veidošanai nepieciešams vasts atbalsts, kas vienlaikus risinātu gan vides problēmas (barības vielu izskalošanās), gan sekmētu virzību uz klimata mērķu sasniegšanu.

Mēslojumi vairāk ietekmēja atraitnīšu šķirni 'Yellow with Blotch' nekā šķirni 'Beacon Rose'. Putnu mēsliem (ar vai bez pievienotajām baktērijām) netika konstatēta pozitīva ietekme nevienā no šķirnēm, bet govju mēsli kopā ar baktērijām uzlaboja atraitnīšu augšanu. Cūku mēsli kopā vai bez baktērijām sekmēja 'Yellow with Blotch' augšanu.

2. aktivitātes rezultātīvo rādītāju kopsavilkums:

N.p.k.	Rezultatīvie rādītāji	Plānots	Izpildīts
1.	Mikroorganismu celms	1	1
2.	Sagatavota zinātniska publikācija	1	1
3	LVMI Silava veiktas izejvielu un mēslojumu analīzes	2	2
4	LVMI Silava veikti mēslojuma granulēšanas izmēģinājumi	3	8
5	LVMI Silava sajaukti mēslojumu saturoši substrāti meža stādu audzēšanai	20	20

3. Aktivitāte "Produkta lauku izmēģinājumi un tā izmantošanas EEA"

Saskaņā ar pētījumiem un lauka izmēģinājumu rezultātiem iegūtas šādas galvenās atziņas:

LVMI Silava pētnieki pārbaudījuši visu mēslošanas līdzekļu efektivitāti lauka apstākļos. Izmēģinājumos lauka apstākļos kokaudzētavā, mēslojot stādvieta ar devu, kas vienam stādam atbilda neitralizētai kūdrai pievienotajai piedevai, audzējot egļu kailsakņu stādus, visos variantos novērota pozitīva reakcija uz baktēriju pievienošanu. Savukārt priežu un egļu ietvarstādi labāk auguši stādvieta, kas ielabotas ar govju mēslus saturošu līdzekli. Rekultivētā smilts/grants karjerā, mulčējot priežu, egļu, bērzu un melnalkšņu stādījumus ar saražotajiem mēslojumiem, putnu un govju mēslus saturošie mēslojumi veicinājuši lapu koku augšanu. Skuju koku stādījumos ietekme novērojama galvenokārt vizuāli – mulčētajiem stādiem ir zaļākas skujas.

Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātē (LBTU) pētnieki pārbaudījuši mēslošanas līdzekļu efektivitāti vairākiem kultūraugiem veģetācijas traukos. Izmantotie beramie mēslošanas līdzekļi piemēroti bazilika audzēšanai podiņos (3 reizes pārstādīti, katru reizi lielākos podiņos, pievienojot attiecīgo mēslošanas līdzekli), kas pamatojams ar to, ka sagatavotais materiāls atbilst bazilika prasībām pēc barības elementiem un to

attiecībām. Baktēriju pievienošana granulētajiem mēslošanas līdzekļiem ir bazilikam devusi par 23% lielāku efektu salīdzinot ar granulētiem mēslošanas līdzekļiem bez baktēriju pievienošanas. Granulētie mēslošanas līdzekļi gurķiem ir piemērotāki (lēnāk atbrīvojas barības vielas, tās pietiek ilgākam laikam). Vasaras miežiem, audzējot tos veģetācijas traukos, pierādījās, ka mēslojuma normai jābūt lielākai nekā sākotnēji aprēķināts, jo barības elementu izmantošanās notiek pakāpeniski. Audzējot augus konteineros (podīņos, veģetācijas traukos), mēslošanas līdzekļus jāpievieno pakāpeniski, tādējādi nodrošinot aprēķināto barības elementu daudzumu visā veģetācijas periodā (dalītā deva). Rezultāti pierāda, ka, iestrādājot lielu organiskā mēslošanas līdzekļu devu (īpaši tas attiecas uz putnu mēsliem, kas satur augstāku N koncentrāciju salīdzinājumā ar cūku un govju (liellopu) kompostu, substrātā var būt paaugstināta sāļu koncentrācija, kas negatīvi ietekmē augu augšanu un attīstību. Izmēģinājumā izvēlētajiem kultūraugiem izveidotais mēslošanas līdzeklis (neatkarīgi no formas un fizikālajām īpašībām) ir piemērots, bet jāturpina pētīt piemērotākās mēslojuma iestrādes tehnoloģijas un devas konkrētam kultūraugam, jo prasības pēc barības elementu daudzuma ir atšķirīgas.

MPS Vecauce Veikti izmēģinājumi laukaugu audzēšanā ar astoņiem dažādiem mēslošanas līdzekļu variantiem: kontrole (bez mēslošanas), minerālmēsli (NPK 8-20-30, saimniecībā pielietotā mēslošanas tehnoloģija), putnu mēsli, putnu mēsli + baktērijas, govju mēsli, govju mēsli + baktērijas, cūku mēsli, cūku mēsli + baktērijas.

Mēslošanas līdzekļi lietoti atbilstoši noteiktajām devām (piemēram, putnu - 21 t/ha, govju - 22.5 t/ha, utt.). Mēslošanas līdzekļu pielietošana: sagatavotie mēslošanas līdzekļi tika vienmērīgi izklāti uz izmēģinājumu laukiem saskaņā ar izmēģinājumu shēmu.

Izmēģinājumā iekļauti vairāki kultūraugi: ziemas rapsis, ziemas kvieši, vasaras mieži, vasaras kvieši, kartupeļi, kukurūza, lai novērtētu tā efektivitāti.

Klasmann-Deilmann Latvia SIA projekta periodā no 2023. līdz 2025.gadam ir veikusi visu izstrādāto mēslojuma veidu izmēģinājumus atvērtās lauka platībās savos ogu – kultivēto liellogu dzērveņu un rudens avenes – stādījumos gan bērtā, gan granulē formā. Izmēģinājumi tika uzsākti ar mēslošanas līdzekļu beramo formu, un pozitīva ietekme novērota jau 1. gadā abām kultūrām visos parauglaukumos 1-1,5 mēnešu laikā – veselīga augu uzbūve, spēcīgi jaunie ražojosie dzinumi, ogas lielas. Dzērvenēm izteiktāki rezultāti, avenes ražas periodā bija vajadzīga papildus deva – novērojums pēc augu lapām. Katrs nākamais izmēģinājumu gads ietekmi palielināja, līdz ar to secināms, ka šis mēslošanas līdzeklis ir ļoti piemērots ilggadīgiem stādījumiem. Granulētai mēslojuma formai nepieciešams vismaz gads, lai tā sasniegtu šķīdību un attiecīgi parādītu līdzekļa efektu. Labāk piemērota iestrādei augsnē tās sagatavošanas procesā vai arī turpmākos izmēģinājumos jāveic izmēģinājumi ar to šķīdības uzlabošanu. Turpmākos pētījumos jārod iespējas izmēģināt mēslošanas līdzekļa ražošanu jau automatizētā veidā.

Zs Baltiņi šī projekta laikā pārbaudīja izstrādātā mēslošanas līdzekļa efektivitāti lauka un siltumnīcas apstākļos. Izmēģinājumi notika no 2023. līdz 2025.gadam un uz šādiem augiem – atraitnītes, puravi, lapu kāposti, zālveida ziemcietes (ciņu smilgas un sāres), heiheras, silpures. 2023.gadā izmēģinājumi tika veikti ar mēslojuma beramo formu, bet 2024. un 2025. gan ar beramo, gan granulēto formu. Augu rezultāti parādīja, ka vislabāk tie aug ar mēslojumu, kas veidots ar cūku un govju mēsliem, gan ar, gan bez pievienotām baktērijām. Ļoti labi uz mēslojumu ar baktēriju piedevu reaģēja tieši zālveida ziemcietes, kuru saknes attīstījās ātrāk un augi izskatījās veselīgāki un kuplāki. Atraitnītēm abos gados varēja novērot, ka mēslojums ar baktēriju piedevu veicina ātrāku ziedēšanu par apmēram 5-7 dienām. Lauka izmēģinājumiem būtu nepieciešams vēl 1-2 gads, lai novērtētu daudzgadīgo augu attīstību, jo kā jau organiskais mēslošanas līdzeklis, tas savu efektu parāda ilgstošāka laika posmā. Nākotnē vēlētos redzēt šo līdzekli tieši granulētā formā, jo ar to visvieglāk un ērtāk strādāt. Projekta gaitā izstrādātais bija ļoti blīvs un lēni sadalījās, tāpēc šajā virzienā redzam nākotnes iespējas tālākiem pētījumiem un izmēģinājumiem.

SIA EDO Consult pamatsecinājumi par jauno organisko mēslošanas līdzekli:

1. Ražošanas izmaksas ievērojami pārsniedz ekonomisko vērtību
 - Beramā formā: 5-10x augstākas izmaksas nekā barības vielu ekonomiskā vērtība
 - Granulētā formā: 12-18x augstākas izmaksas
 - Granulēšana papildus paaugstina izmaksas par ~132 EUR/t
2. Zems barības vielu saturs un efektivitāte

- Slāpekļa, fosfora un kālija saturs: tikai 0,3-0,6%
- Barības vielu izmantošanās efektivitāte: N 40-60%, P 45-50%, K 70%

Rezultāti dažādās kultūraugu grupās

- Laukaugi (kvieši, rapsis, mieži, kartupeļi): negatīvs ekonomiskais rezultāts visos variantos
- Dārzeni un garšaugi:
 - Bazilikam - pozitīvi rezultāti (īpaši beramajai formai)
 - Gurķiem - mainīgi rezultāti
 - Miežiem - negatīvi rezultāti (veģetācijas traukos)
- Dekoratīvie stādi: pozitīvi ekonomiskie rezultāti (augstāka kvalitāte)
- Meža stādi: izmaksu ekonomija lielākajā daļā gadījumu
- Ogulāji: pozitīva ieguvumu-izmaksu balance (īpaši rudens avenēm un lielo dzērvenēm)

Stratēģiskā nozīme

- Nepieciešams meklēt alternatīvas minerālmēsliem resursu ierobežotības un vides apsvērumu dēļ
- Latvijā pieejami resursi organiskajiem mēsliem (kūsmēsli, bioatkritumi u.c.)
- Organiskie mēsli uzlabo augsnes kvalitāti un samazina atkarību no importa

Rekomendācijas: Pašlaik jaunajam organiskajam mēslošanas līdzeklim nav tieša komercializācijas potenciāla augsto ražošanas izmaksu dēļ, bet nepieciešama turpmāka tehnoloģiju pilnveide, lai padarītu produktu konkurētspējīgu.

3. aktivitātes rezultātīvo rādītāju kopsavilkums:

N.p.k.	Rezultatīvie rādītāji	Plānots	Izpildīts
1.	Ietvarstādu, meža stādmateriāla audzēšana (aprites)	2	2
2.	Mēslojuma izmēģinājumi audzējot meža stādus lauka apstākļos	2	2
3.	Izstrādātas rekomendācijas mēslojuma devai atsevišķiem kultūraugiem.	1	1
4.	Sagatavots ekonomiskās efektivitātes salīdzinošais novērtējums uz eksperimentālās izpētes pamata	1	1
5.	Mēslojuma izmēģinājumi, audzējot augus veģetācijas traukos (gadi)	2	2

4. Aktivitāte "Komunikācija un publicitāte"

4. aktivitātes rezultātīvo rādītāju kopsavilkums:

LVMI SILAVA publicitāte:

<https://www.silava.lv/aktualitates/aicinajums-dalibai-petijuma-inovativs-mikroorganismus-satuross-organiskai-s-meslošanas-lidzeklis-nosleguma-konference>
<https://www.silava.lv/aktualitates>

Publicēts populārzinātnisks raksts "Organisko mēslojumu izmantošanas iespējas un ietekme uz koku augšanu" MKPC izdevuma "Čiekurs" 2025.gada 3. numurā (87). Publicēts populārzinātnisks raksts "Organiskie mēslojumi izmantojami arī meža stādmateriāla audzēšanā" izdevumā "Meža avīze" Nr 8(360) 2025.gada oktobrī. Ziņots konferencēs "Līdzsvarota lauksaimniecība 2025" Latvijā, 2025. gada februārī un "Rural development 2025", Lietuvā 2025. gada oktobrī.

LSA publicitāte:

Informācija par projektu LSA tīmekļa vietnē:

<https://www.lopkopiba.eu/post/inovat%C4%ABvs-mikroorganismus-saturo%C5%A1s-organiskais-m%C4%93slo%C5%A1anas-l%C4%ABdzeklis>

Publicitāte par Lauka dienas 15.08.2024 SIA MPS “Vecauce” norisi:

LSA tīmekļa vietnē: [https://www.lopkopiba.eu/post/aicin%C4%81m-uz-lauku-dienu-mps-vecauce](https://www.lopkopiba.eu/post/aicin%C4%81m-uz-lauka-dienu-mps-vecauce)

LSA Facebook lapā 06.08.2024: <https://www.facebook.com/share/p/ZBjgNTua2VRGXcgo/>

LSA Facebook lapā 12.08.2024: <https://www.facebook.com/share/p/Drf98PKSvdEVUHTa/>

LSA Ziņu lapā Nr.9 09.08.2024: <https://saite.lv/fRmi>

Atskats uz lauka dienas norisi publicēts:

LSA Facebook lapā 15.08.2024: <https://www.facebook.com/share/p/N13ae4BwuUgHXVCB/>

LCAA mājas lapā: <https://lcaa.lv/lauku-dienas-mps-vecauce/>

Publicitāte par Lauka dienas 26.09.2024 SIA “Klassman Deilmann” norisi:

LSA tīmekļa vietnē:

<https://www.lopkopiba.eu/post/aicina-uz-lauku-dien%C4%81m-sia-klasmann-deilmann-latvia>

LSA Facebook lapā 26.08.2024: <https://www.facebook.com/share/p/VV2Fe3PzEUKYABvy/>

LSA Facebook lapā 16.09.2024: <https://www.facebook.com/share/p/T3h94CkyqYw2iZ3u/>

LSA Ziņu lapā Nr.12 20.09.2024: <https://saite.lv/Meqq>

Valsts kopējās lauksaimniecības politikas tīkla tīmekļa vietnē 19.09.2024:

<https://laukutikls.lv/nozares/lauksaimnieciba/raksti/kudras-asociacija-aicina-uz-lauka-dienu>

Atskats uz lauka dienas norisi publicēts:

LSA Facebook lapā 27.09.2024: <https://www.facebook.com/share/p/FsWTJix4dSBnWbGK>

Informācija pārpublicēta LCAA Facebook lapā: <https://www.facebook.com/share/p/153SzyqdWv/>

<https://lcaa.lv/lcaa-aicina-uz-lauku-dienam-sia-klasmann-deilmann-latvia/>

Publicitāte par Lauka dienas 17.10.2024 ZS “Baltīņi” norisi:

LSA tīmekļa vietnē: <https://www.lopkopiba.eu/post/aicin%C4%81m-uz-lauku-dienu-zs-balti%C5%86i>

LSA Facebook lapā 09.10.2024: <https://www.facebook.com/share/p/yRjmnv879aWTJ3hU/>

LSA Facebook lapā 15.10.2024: <https://www.facebook.com/share/p/15XRfpyto3/>

LSA Ziņu lapā Nr.14 21.10.2024: <https://saite.lv/nClr>

Valsts kopējās lauksaimniecības politikas tīkla tīmekļa vietnē:

<https://www.laukutikls.lv/nozares/notikumi/2024-10-17-000000/projekta-inovativs-mikroorganismus-satuross-organiskais>

LLKC "Lauku E-Lapa": <https://preview.mailerlite.io/preview/347527/emails/134883440090678471>

LOSP tīmekļa vietnē 13.10.2024:

<https://www.losp.lv/post/k%C5%ABdras-asoci%C4%81cija-aicina-uz-lauku-dienu-zs-balti%C5%86i>

LOSP nedēļas ziņā: <https://us14.campaign-archive.com/?u=46f3bb7b785a81b7007e4fb51&id=e6d47b272d>

LOSP Facebook lapā 13.10.2024.: <https://www.facebook.com/share/p/jYMxvSK6gMUgykoY/>

Atskats uz lauka dienas norisi publicēts:

LSA tīmekļa vietnē 18.10.2024:

<https://www.lopkopiba.eu/post/par-notiku%C5%A1o-lauka-dienu-zs-balti%C5%86i>

LSA Facebook lapā 18.10.2024: <https://www.facebook.com/share/p/1AfyUYPDgB/>

Informācija pārpublicēta LCAA Facebook lapā 18.10.2024:

<https://www.facebook.com/share/p/1GPCNSMmZB/>

Projekta noslēguma konferences publicitātes banera sagatavošana, izmantojot grafiskās noformēšanas rīku Canva Pro. Darba kārtības izstrāde un saskaņošana ar pārējiem projekta dalībniekiem un lektoriem.

Publicitāte par projekta noslēguma konferenci 15.09.2025:

LSA tīmekļa vietnē 15.09.2025

<https://www.lopkopiba.eu/post/projekta-inovativs-mikroorganismus-satuross-organiskais-meslosanas-lidzeklis-nosleguma-konference>

Publicitāte par projektu un notikušo projekta noslēguma konferenci 15. oktobrī

LCAA tīmekļa vietnē:

<https://lcaa.lv/nosleguma-konference-projektam-nr-22-00-a01612-000010-inovativs-mikroorganismus-satuross-organiskais-meslošanas-lidzeklis/>

LSA Facebook lapā 16.09.2025:

<https://www.facebook.com/share/p/1CXq2WQT5F/>

LSA Facebook lapā 03.10.2025: <https://www.facebook.com/share/p/17bo9pKQty/>

LSA Ziņu lapā Nr.16: <https://ej.uz/xkiu>

Mēslošanas līdzekļa izstrādes gaita:

https://www.latvijaskudra.lv/upload/info_par_aktualitatem_kkm.pdf

Valsts kopējās lauksaimniecības politikas tīkla tīmekļa vietnē:

<https://laukutikls.lv/nozares/lauksaimnieciba/notikumi/2025-10-15-000000/nosleguma-konference-projektam-inovativs>

Valsts kopējās lauksaimniecības politikas tīkla Facebook lapā:

<https://www.facebook.com/share/p/1D6yBK5sBx/>

Retv.lv izglītojošajā raidījumā "Atspēriens izaugsmei" sižets par projektu "Inovatīvs mikroorganismus saturošs organiskais mēslošanas līdzeklis" un tā noslēguma konferenci:

Saite uz raidījumu: <https://retv.lv/raidijumi/atspieriens-izaugsmei/atspieriens-izaugsmei-s8e38/> (sižeta sākums 11:35)

Informācija publicēta LSA facebook lapā: <https://www.facebook.com/share/p/1BDnD9mh5k/>

Pārpublicēta LCAA facebook lapā: <https://www.facebook.com/share/p/17bLyWbYwe/>

N.p.k.	Rezultatīvie rādītāji	Plānots	Izpildīts
1.	Ziņojumi konferencēs LVMI Silava	1	2
2.	Populārzinātniskas publikācijas LVMI Silava	1	2
3.	Sagatavotas un publicētas infoziņas par projekta gaitu	12	31
4.	Produkta izveides rezultātu publikācija	1	1
5.	Sagatavotas 2 zinātniskas publikācijas: LU publikācija Composition of Organic Fertilizers Containing Microorganisms 2 and their Effect on Soil Microbiological Activity and Plant 3 Growth SILAVA publikācija Organisko mēslojumu izmantošanas iespējas un ietekme uz koku uugšanu	2	2
6.	Organizēti 3 demonstrējuma semināri mēslojuma izmēģinājumiem atsevišķiem kultūraugiem: MPS Vecauce 15.08.2024 SIA Klasman Deilman Latvia 26.09.2024 z/s Baltiņi 17.10.2024	3	3
7.	Organizēta noslēguma konference Bellevue Park Hotel Riga 15.10.2025	1	1