



Agrihorts

LATVIJAS BIOZINĀTŅU UN TEHNOLOĢIJU UNIVERSITĀTE

AUGU AIZSARDZĪBAS ZINĀTNISKAIS INSTITŪTS “**AGRIHORTS**”

Projekta
**“Herbicīdu aizvietošanas iespējas cīņā ar nezālēm dažādās
kultūraugu grupās”**

10.9.1-11/24/1821-e

zinātniskā atskaite

Projekta vadītāja: Jevgenija Nečajeva

Jelgava, 2024

SATURS

IEVADS.....	4
1. Izmēģinājuma iekārtošana īsmūža un daudzgadīgo nezāļu ierobežošanai, izmantojot herbicīdiem alternatīvās metodes	5
2. Bezpilota lidaparāta (BLPA) attēlu ieguve un izmantošana nezāļu seguma noteikšanai.....	11
3. SEG emisiju mērīšanas metodika un pirmie iegūtie rezultāti	17
3.1. Meteoroloģiskie dati	17
3.2. CO ₂ emisiju mērījumi ar iekārtu EGM-5	17
3.3. Gāzu mērījumi ar slēgtās kameras metodi	18
3.4. CO ₂ emisiju gāzu mērījumi ar slēgtas statisku un dinamisku (caurplūdes) kameru metodēm..	22
4. SEG emisiju un labības ražošanas izmaksu aprēķināšanai	25
Secinājumi par 4 nodaļu.....	30
SECINĀJUMI	31
Izmantotā literatūra	32
PIELIKUMI.....	34

Projekta izpildītāji:

**LBTU Augu aizsardzības zinātniskais institūts "Agrihorts",
Stendes Pētniecības centrs AREI,
LVMI "Silava"**

LBTU

Jevgenija Nečajeva, Dr. biol., vadošā pētniece
Gundega Putniece, Dr.agr., vadošā pētniece
Renāte Sanžarevska, Mg. agr., zinātniskais asistents
Niks Ozols, Mg. agr., pētnieks
Oskars Balodis, Dr.agr., vadošais pētnieks
Viktorija Zagorska, Dr. sc. ing. vadošā pētniece
Dainis Viesturs, Dr.sc.ing., vadošais pētnieks
Ādolfs Ruciņš, Dr.sc.ing., vadošais pētnieks
Betija Rubene, Bc. biol., zinātniskā asistente
Amanda Čudare, Bc. biol., zemkopības laborants

IEVADS

Eiropas Komisijas zaļā kursa politika paredz līdz 2030. gadam par 50% samazināt ķīmisko, vispirms veselībai un videi bīstamāko, pesticīdu lietojumu un to radītos riskus. Šis mērķis ir iekļauts “No lauka līdz galdam” stratēģijā. Pesticīdu lietojuma samazinājumam ir **jābūt ilgtspējīgam, tas nozīmē, ka vienlaikus ir jānodrošina ražības saglabāšanos vismaz esošajā līmenī, nepieļaujot nezāļu, augu slimību izraisītāju un kaitēkļu savairošanos.**

Herbicīdi ir visplašākā lietoto AAL grupa, kas Latvijā sastāda gadu no gada ap 60% no kopējā AAL tirdzniecības apjoma kilogramos¹.

Herbicīdu lietojums ir pamatojams ar to, ka nezāļu ierobežošana būtiski ietekmē ražas pieaugumu. Piemēram, čehu zinātnieku ilggadīgajā pētījumā ir pierādīts, ka vidējais nezāļu ierobežošanas efekts nepārtraukti pieauga, eksperimentam turpinoties, palielinoties no 4,9% 1972.–1985. gadā līdz 76,9% 2006.–2016. gadā. Atkarībā no kultūrauga sugas un augsekas, apstrāde ar herbicīdu nodrošināja par 13–50% lielāku ražu salīdzinot ar neapstrādāto kontroli (Mayerova et al. 2018).

Lai mazinātu herbicīdu lietošanu, var izmantot un kombinēt dažādas metodes, kuras ir vērstas uz kādu no trīs mērķu sasniegšanu: **mazināt nezāļu negatīvo ietekmi uz kultūraugu ražību, nepieļaut nezāļu dīgstu attīstību vai mazināt nezāļu sēklu nonākšanu augsnē.**

Projekta mērķis ir **salīdzināt dažādas īsmūža un daudzgadīgo nezāļu ierobežošanas stratēģijas**, izvērtējot:

- to efektivitāti nezāļu ierobežošanā;
- ietekmi uz kultūraugu ražu;
- ietekmi uz nezāļu augsnes sēklu banku;
- SEG emisiju izmaiņas, atkarībā no nezāļu ierobežošanas metodes un augsnes apstrādes veida.

Projekta definētie uzdevumi:

- 1. Veikt ietekmes uz vidi novērtējumu un ekonomisko izvērtējumu, samazinot herbicīdu lietojuma reižu skaitu un veicot mehānisku nezāļu ierobežošanu, kombinējot dažādus augsnes apstrādes (aršana, minimālā apstrāde, tiešā sēja) veidus (marts-novembris 2024.).**
- 2. Veikt dislāpekļa oksīda (N₂O), ogļskābās gāzes (CO₂), metāna (CH₄) emisijas mērījumus 2023. gadā iekārtotajos izmēģinājuma variantos (maijs-janvāris 2024.).**
- 3. Analizēt nezāļu sēklu bankas izmaiņas, lietojot tikai mehānisko nezāļu ierobežošanu (marts-janvāris 2024)**
- 4. Aprobēt nezāļu seguma noteikšanu (datu ieguve un analīze), izmantojot bezpilota lidaparātu ar RGB un multispektrālo kameru (maijs-janvāris 2024.).**

¹ https://data.stat.gov.lv/pxweb/en/OSP_PUB/START_ENV_AV_AVI/LAV060/table/tableViewLayout1/

1. Izmēģinājuma iekārtošana īsmūža un daudzgadīgo nezāļu ierobežošanai, izmantojot herbicīdiem alternatīvās metodes

2023. gadā tika izstrādāta nezāļu ierobežošanas stratēģija un iekārtots izmēģinājums AREI Stendes pētniecības centrā ar 10 variantiem, kur 1. un 2. variants ir iekārtots tiešās sējas tehnoloģijas īstenošanai, 3. līdz 6. variants minimālās augsnes apstrādes tehnoloģijas īstenošanai, 7. līdz 10. variants aršanas tehnoloģijas īstenošanai. Katrs variants aizņem laukumu ar platumu 12 m un garumu 40 m.

2024. gadā tika iesēti vasaras kvieši. Izmēģinājumu vasaras kviešu sējumā iekārtoja atbilstoši iepriekš izstrādātajai shēmai (1.1. tabula) Pēdējā laikā aizvien izplatītāka paliek minimālā augsnes apstrāde un tiešā sēja. Valsts un Eiropas izveidotie atbalsta mehānismi arī motivē mazināt augsnes apstrādi, kas ir saistīts ar SEG emisiju samazināšanu un augsnes erozijas riska mazināšanu. No otras puses, **aršana var tikt uzskatīta par vienu no nezāļu ierobežošanas paņēmieniem, kas sekmē noteiktu nezāļu sugu (piemēram, daudzgadīgo nezāļu) ierobežošanu un ir alternatīva herbicīdu izmantošanai** (Brandsæter et al. 2017). Tāpēc arī radās nepieciešamība salīdzināt SEG emisiju radītos riskus ar AAL lietojuma radītajiem riskiem (skat. projekta mērķi un uzdevumi, sadaļā IEVADS).

Izmēģinājums vasaras kviešu sējumā

Izmēģinājumu vasaras kviešu sējumā iekārtoja atbilstoši iepriekš izstrādātajai shēmai (1.1. tabula).

1.1.tabula

Izmēģinājuma shēma vasaras kviešu sējumā 2024. gadā

Variants	Augsnes apstrāde	Nezāļu ierobežošana pirms kultūrauga sadīgšanas	Nezāļu mehāniskā ierobežošana	Nezāļu ierobežošana pēc k/a sadīgšanas
1.	Tiešā sēja	Glifosāts Rodeo FL, 2,0 L ha ⁻¹		Tombo+Actirob, pilnā deva (150 g ha ⁻¹ + 500 mL ha ⁻¹)
2.	Tiešā sēja	Pelargonijskābe + parafīnēļļa Beloukha, 16,0 L ha ⁻¹ maisījumā ar Fibro 7.8 L ha ⁻¹		Tombo+Actirob, pilnā deva (150 g ha ⁻¹ + 500 mL ha ⁻¹)
3.	Augsnes lobīšana	-	Ecēšana *	-
4.	Augsnes lobīšana	-	Ecēšana **	Zypar, samazinātā deva (750 mL ha ⁻¹)* ** *
5.	Augsnes lobīšana	-	Ecēšana	Tombo+Actirob, samazinātā deva (100 g ha ⁻¹ + 500 mL ha ⁻¹)
6.	Augsnes lobīšana	-	-	Tombo+Actirob, pilnā deva (150 g/ha + 500 mL ha ⁻¹)
7.	Aršana	-	-	Tombo+Actirob, pilnā deva (150 g ha ⁻¹ + 500 mL ha ⁻¹)
8.	Aršana	-	Ecēšana	Tombo+Actirob, samazinātā deva (100 g ha ⁻¹ + 500 mL ha ⁻¹)
9.	Aršana	-	Ecēšana **	Zypar, samazinātā deva (750 mL ha ⁻¹)* ** *
10.	Aršana	-	Ecēšana *	-

* 2024. gadā saistībā ar laika apstākļiem visos variantos ecēšanu veica vienu reizi sākotnējā shēmā bija paredzētas trīs reizes.

** 2024. gadā saistībā ar laika apstākļiem visos variantos ecēšanu veica vienu reizi sākotnējā shēmā bija paredzētas divas reizes.

*** 2024. gadā izmantoja atšķirīgus herbicīdus, lai salīdzinātu to ietekmi, sākotnējā shēmā bija paredzēts viens herbicīds un deva, ko izmantoja, attiecīgi, 5. un 7. variantos.

Herbicīdu darbīgās vielas: Rodeo FL glifosāts - 360 g L⁻¹; Tombo WG pioksulams 50 g kg⁻¹, florasulams 25 g kg⁻¹ un aminopirālīds 50 g kg⁻¹; Zypar metil-halauksifēns 6,254 g L⁻¹, florasulams 5 g L⁻¹.

Augsnes aršanu veica 5. martā, lobīšanu un kultivēšanu 11. aprīlī.

Vasaras kviešu ('Uffo') sēju veica 2. maijā. Variantos 1. un 2. izmantoja tiešās sējas sējmašīnu Multiva Forte Fx 400, ar izsējas normu 225 kg ha⁻¹. Pārējos variantos izmantoja pneimatisko sējmašīnu Amazone, ar izsējas normu 220 kg ha⁻¹. Tajā pašā datumā veica apstrādi ar glifosātu saturošo herbicīdu un parafīnēlļu.

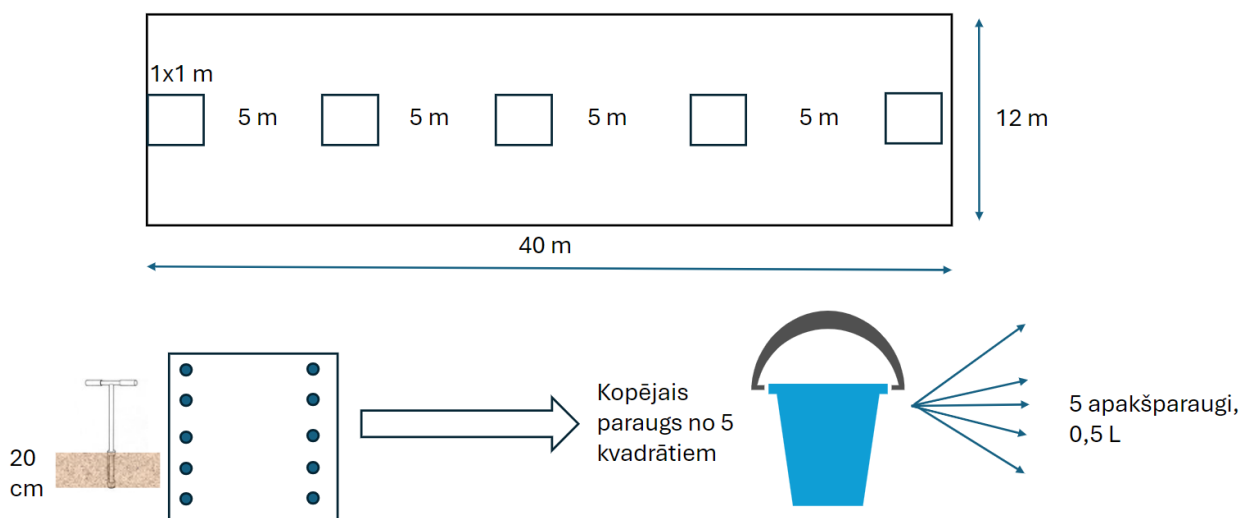
Pamatmēslojuma (NPK16-15-15) devas bija 350 un 170 kg ha⁻¹ (1. maijā), papildmēslojuma (AXAN N27-S4), attiecīgi, 100 un 200 kg ha⁻¹.

Nezāļu mehānisko ierobežošanu (ecēšanu ar rotējošām ecēšām) veica 27. maijā. Apstrādi ar herbicīdiem veica pēc vasaras kviešu sadīgšanas 5. jūnijā. Nezāļu zaļās masas uzskaiti veica 7. jūlijā.

Vasaras kviešu ražu novāca 31. augustā ar kombainu Wintersteiger Delta.

Augsnes paraugu ievākšana nezāļu augsnes sēklu bankas noteikšanai

Augsnes paraugus ievāca pirms vasaras kviešu sējas, 11. aprīlī. Katrā no variantiem piecos parauglaukumos (1 m²) ar augsnes zondi (2 cm diametrā) ievāca 10 paraugus 20 cm dziļumā. Sajaucot šos paraugus, ieguva kopējo paraugu, no kura paņēma piecus atkārtojumus pa 0,5 L (1. attēls)

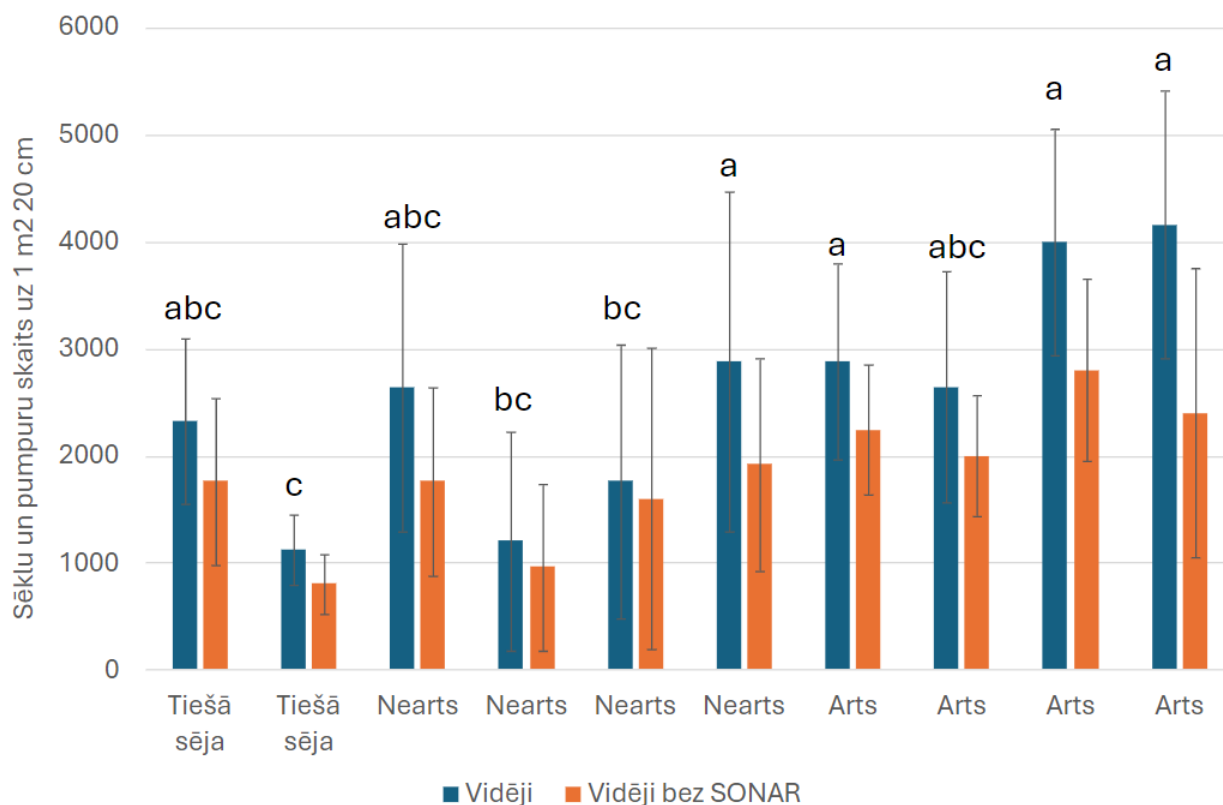


1.1. attēls. **Augsnes paraugu augsnes sēklu bankas analīzei ievākšanas shēma vienā variantā.**

Augsnes paraugus iepildīja 1.0 L veģetācijas traukos, kurus iepriekš līdz pusei piepildīja ar mitrām smiltīm. Veģetācijas trauki novietoti siltumnīcā, mitru smilšu slānī, kuru periodiski uzturēja mitru, lai nodrošinātu augsnes paraugu samitrināšanu. Ja augstās gaisa temperatūras ietekmē augsnes paraugi bija izžuvuši, esošos paraugus un smilšu kārtu uz kuriem atradās veģetācijas trauki aplaistīja no augšas ar ūdeni. Nezāļu dīgstu uzskaiti veica vienu reizi nedēļā pirmajā mēnesī sākot no xx mēneša, pēc tam 1-2

reizes mēnesī līdz oktobra sākumam. Vienu reizi izmēģinājuma laikā veģetācijas traukos esošos augsnes paraugus sajauc, lai veicinātu jaunu nezāļu sēklu dīgšanu.

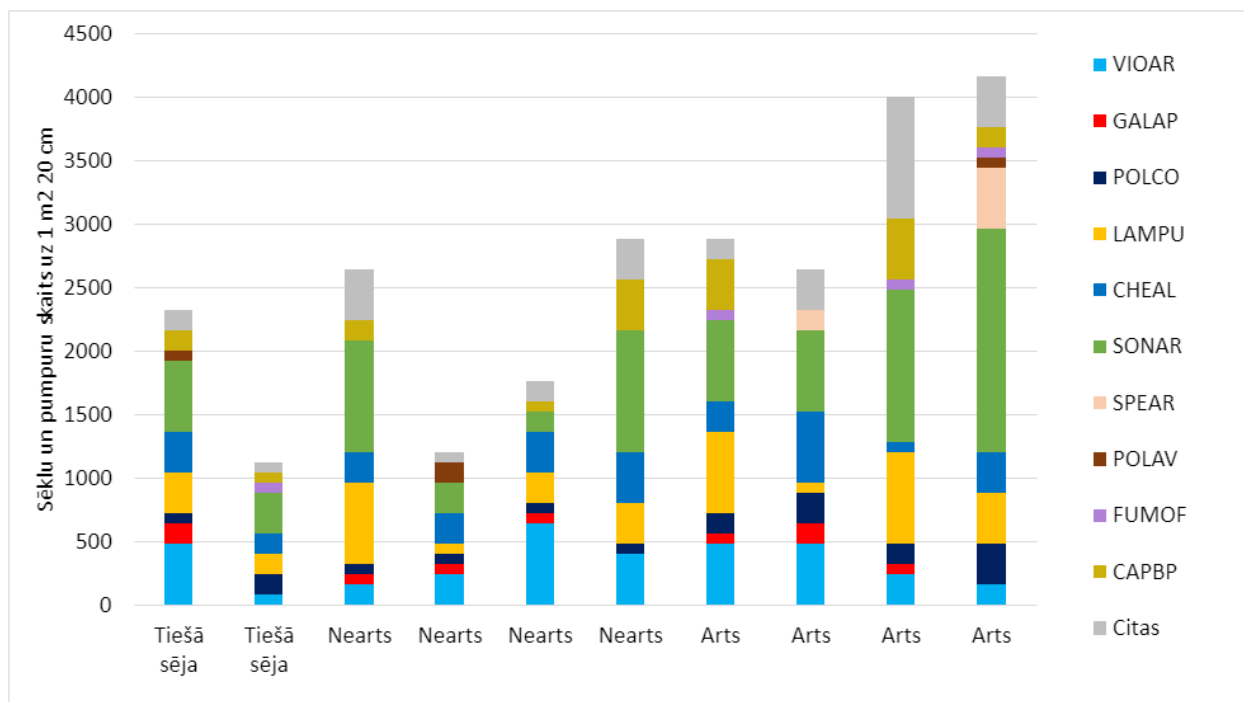
Vidējais nezāļu sēklu (un pumpuru, jo paraugos bija arī daudzgadīgo nezāļu sakneņu fragmenti) skaits augsnes paraugos variēja no 1120 (± 800) līdz 4160 (± 2400) vienībām uz kvadrātmetru 20 cm dziļumā (2. attēls).



1.2.attēls. Sēklu (un pumpuru, ja paraugā bija sakneņu fragmenti) skaits uz vienu kvadrātmetru 20 cm dziļumā dažādos izmēģinājuma variantos (vidējais no pieciem atkārtojumiem $\pm$ standartnovirze). Vidējās vērtības paraugā un vidējās vērtības, atskaitot tūruma mīkstpienes (SONAR) dīgstus un no sakneņu pumpuriem izaugušos augus. Ar atšķirīgiem burtiem ir apzīmēti varianti, starp kuriem bija statistiski būtiskas atšķirības.

Lielāks nezāļu sēklu skaits bija variantos, kuros veica augsnes aršanu (2640 ± 2000 - 4160 ± 2400 vienības), mazāks variantos, kuros veica augsnes lobīšanu (1200 ± 960 - 2880 ± 1920 vienības). Variantos, kur veica tiešo sēju, rezultāti krasi atšķīrās starp abiem izmēģinājuma laukumiem: 2320 ± 1760 pirmajā un 1120 ± 800 otrajā variantā. Nezāļu sēklas bieži ir nevienmērīgi izvietotas laukā un šīs atšķirības starp izmēģinājuma parauglaukumiem ir jāņem vērā, vērtējot nezāļu ierobežošanas metožu efektivitāti, jo tās norāda uz atšķirību nezāļu fonā dažādās lauka daļās. Augsnes sēklu bankas analīze, ko veica 2024. gadā dod priekšstatu par to, kādas atšķirības ir starp parauglaukumiem pirms izmēģinājuma sākuma, kad laukumos izmantoja atšķirīgas nezāļu ierobežošanas metodes.

Dominējošās sugas augsnes sēklu bankā bija tūruma mīkstpiene (augšņu paraugos bija arī sakņu vai sakneņu fragmenti), sārta panātre, lauka vijolīte, ganu plikstiņš, dārza vējagriķis, baltā balanda (3. attēls). Paraugos bija sastopamas arī veroniku un āboliņu ģints sugas.



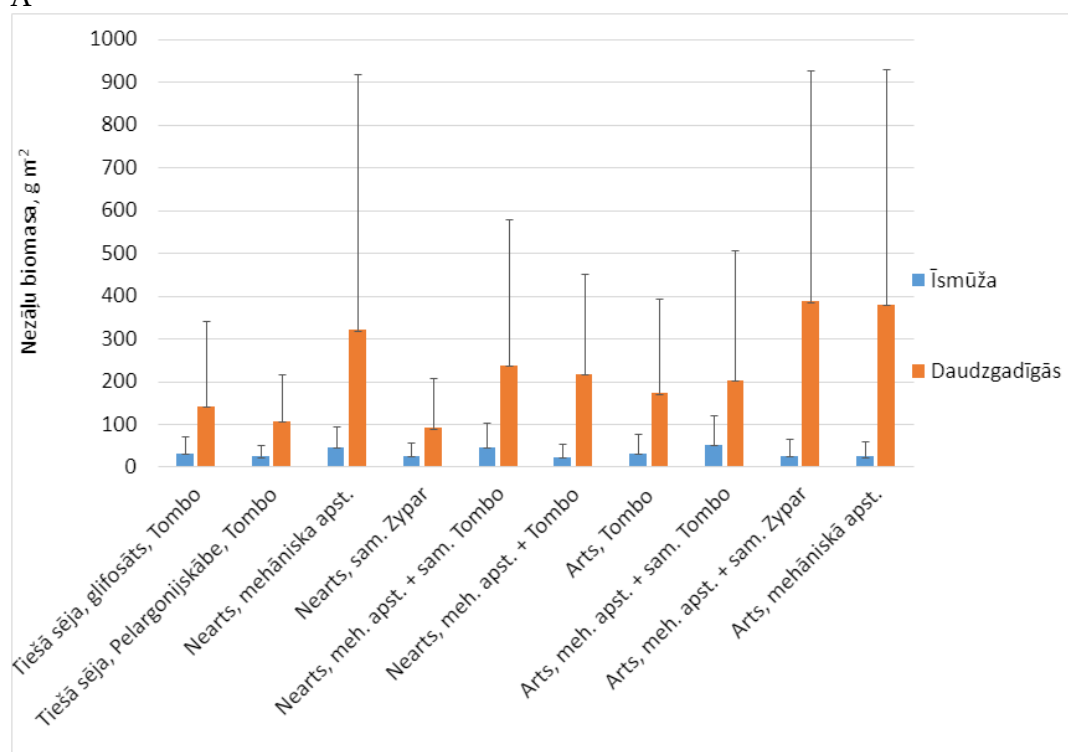
1.3.attēls. Dominējošās nezāļu sugas augsnes sēklu bankā dažādos izmēģinājuma variantos (paraugi ievākti 2024. gada 11. aprīlī). Nezāļu sugas attēlā ir apzīmētas ar EPPO kodiem: VIOAR – lauka vijolīte, GALAP - ķeraiņu madara, POLCO - dārza vējagriķis, LAMPU - sārtā panātre, CHEAL - baltā balanda, SONAR - tīrums mikstpiene, SPEAR - tīrums gaurs, POLAV – maura sūrene, FUMOF - ārstniecības matuzāle, CAPBP – ganu plikstīņš.

Augsnes sēklu bankas sugu sastāvs ne visos gadījumos atspoguļo nezāļu sugu sastāvu veģetācijā, jo veģetāciju var ietekmēt augšanas apstākļi dotajā gadā. Augsnes paraugos bija nezāļu sēklas, kuras lauka apstākļos nesadīgtu (jo augsnes paraugs paņemts 20 cm dziļumā), bet veģetācijas traukos sadīga. Tas arī ir viens no iemesliem, kāpēc nezāļu sēklu skaits augsnē atšķiras no laukā izaugušo nezāļu skaita. Nezāļu biomasu, savukārt, ietekmē gan ierobežošanas metodes, gan konkurence ar kultūraugu, kas var atšķirīgi ietekmēt dažādu nezāļu augšanu.

Nezāļu biomasas uzskaitē

Nezāļu biomasas paraugus ievāca 10 parauglaukumos (0,25 m²) katrā no izmēģinājuma variantiem. Paraugus sašķiroja, izdalot atsevišķi īsmūža un daudzgadīgās nezāles, dominēja daudzgadīgās nezāles, bet nebija statistiski būtisku atšķirību starp izmēģinājuma variantiem (4. attēls).

A



B



C



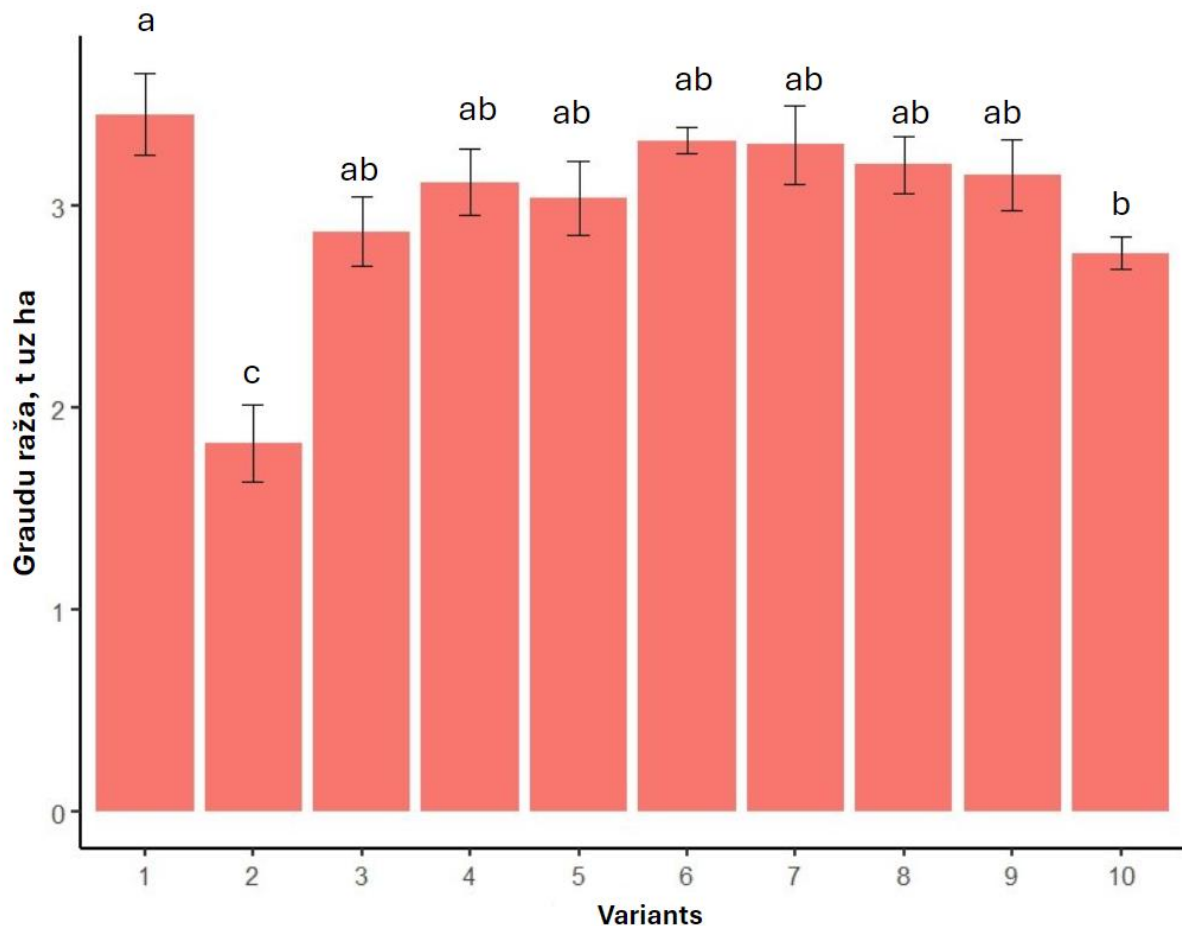
1.4. attēls. (A) nezāļu biomasas uzskaites rezultāti (vidējais no 10 atkārtojumiem $\pm$ standartnovirze); (B) Pelargonijskābes ietekme uz nezālēm pirmajā dienā pēc smidzināšanas (varianti 1. un 2.); (C) nezāļu biomasas uzskaitē (jūlija sākums), redzama tīruma mīkstpienes kolonija.

Nezāļu sausnas procentuālo daudzumu noteica, žāvējot īsmūža un daudzgadīgo nezāļu paraugus. Sausnas daudzums nezāļu paraugos variēja no 13% līdz 27%. Vidējais nezāļu sausnas daudzums būtiski neatšķīrās starp variantiem.

Veicot nezāļu uzskaites, parauglaukumos konstatēja sekojošas daudzgadīgo nezāļu sugas: tīruma mīkstpiene, tīruma kosa, tīruma usne, ložņu vārpata un āboliņu ģints sugas. Īsmūža nezāļu sugas: sārtā panātre, dārza vējagriķis, lauka vijolīte, ķeraiņu madara, baltā balanda, blusu sūrene, maura sūrene, ganu plikstiņš, tīruma naudulis, saules dievkrēsliņš, ārstniecības matuzāle, tīruma gaurs un maura skarene.

Graudu ražas uzskaitē

Analizējot graudu ražas datus, konstatēja būtiskas atšķirības starp atsevišķiem variantiem (5. attēls).



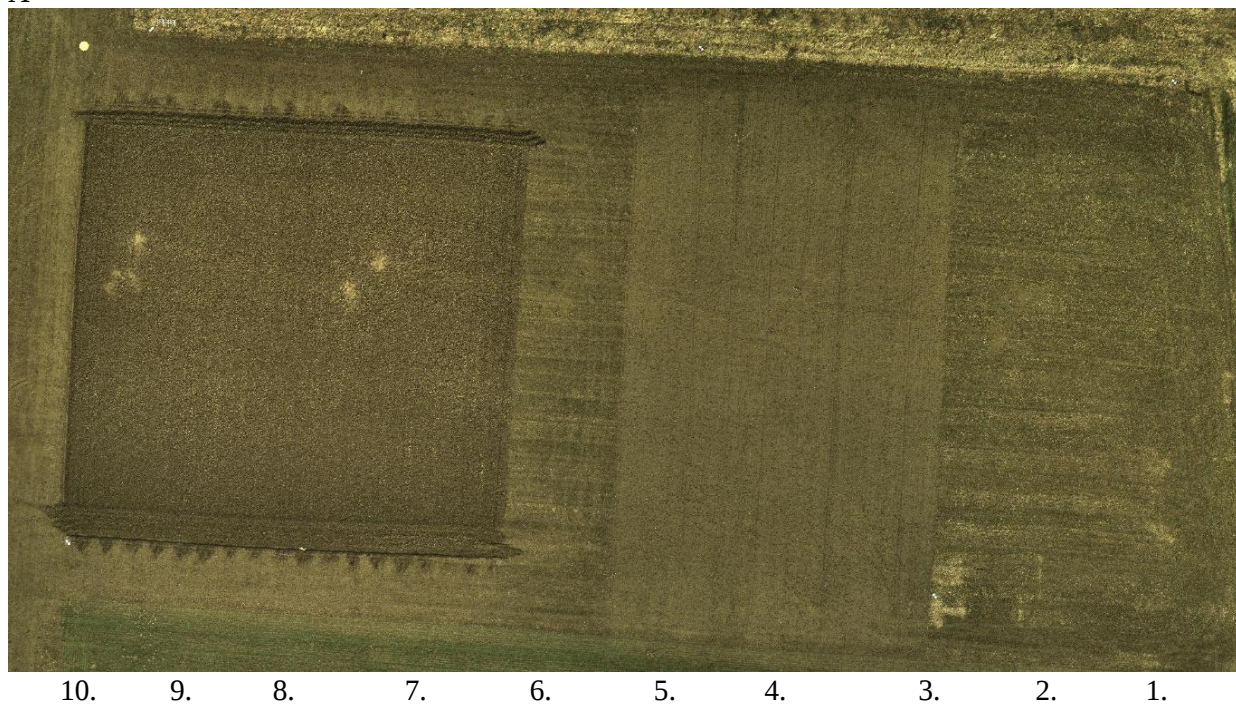
1.5. attēls. Nezāļu biomasas uzskaites rezultāti (vidējais no sešiem atkārtojumiem $\pm$ standartnovirze). Ar atšķirīgiem burtiem ir apzīmēti varianti, starp kuriem bija statistiski būtiskas atšķirības.

Viszemākā graudu raža, kas bija būtiski zemāka, salīdzinot ar visiem pārējiem variantiem, bija tiešās sējas variantā, kur izmantoja pelargonijskābi kā glifosāta aizvietošanu. Starp variantiem, kuros veica aršanu vai minimālo augsnes apstrādi, nebija statistiski būtisku atšķirību, lai gan 10. variantā, kur veica tikai nezāļu mehānisko ierobežošanu (ecēšanu) bija viszemākā vidējā graudu raža, izņemot 2. variantu (5. attēls). Ražas uzskaites rezultāti liecina par to, ka mehāniskā nezāļu ierobežošanas kombinācijā ar selektīvo herbicīdu izmantošanu arī samazinātā devā (bet iekļaujoties rekomendēto devu diapazonā) nodrošināja salīdzinoši labu nezāļu ierobežošanas efektivitāti. Savukārt vienreizēja apstrāde ar pelargonijskābi nevarēja aizstāt glifosātu saturošā herbicīda lietošanu pirms sējas. To var izskaidrot ar zemu pelargonijskābes efektivitāti pret daudzgadīgajām nezālēm, kuras labi spēj ataugt un kompensēt preparāta izraisītos lapu bojājumus. Iespējamie risinājumi ir atkārtota apstrāde ar pelargonijskābi pirms kultūrauga sadīgšanas kā arī citu adjuvantu pievienošana.

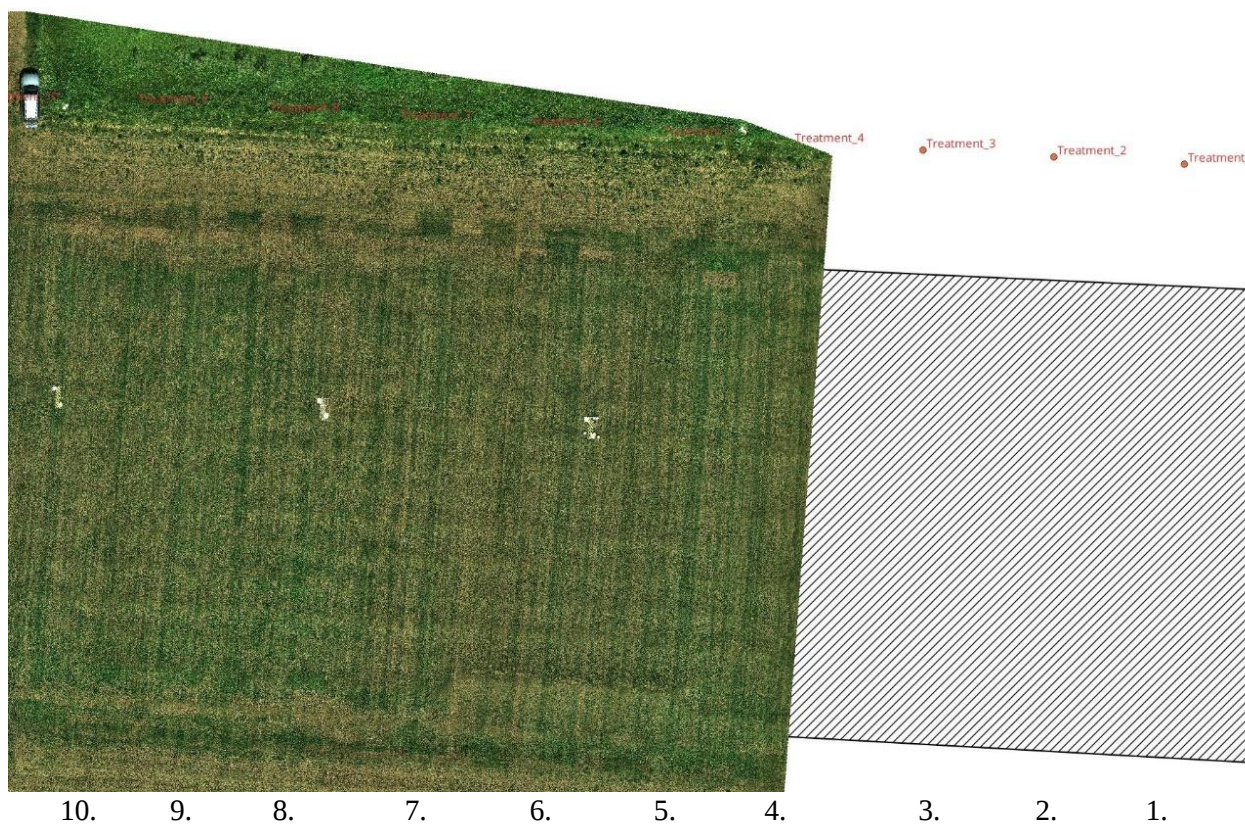
2. Bezpilota lidaparāta (BLPA) attēlu ieguve un izmantošana nezāļu seguma noteikšanai

Attēlus uzņēma AREI darbinieki 20 m augstumā vairākas reizes sezonā: 27. martā, 28. maijā, 16. jūlijā, 24. jūlijā un 28. augustā (2.1. attēls).

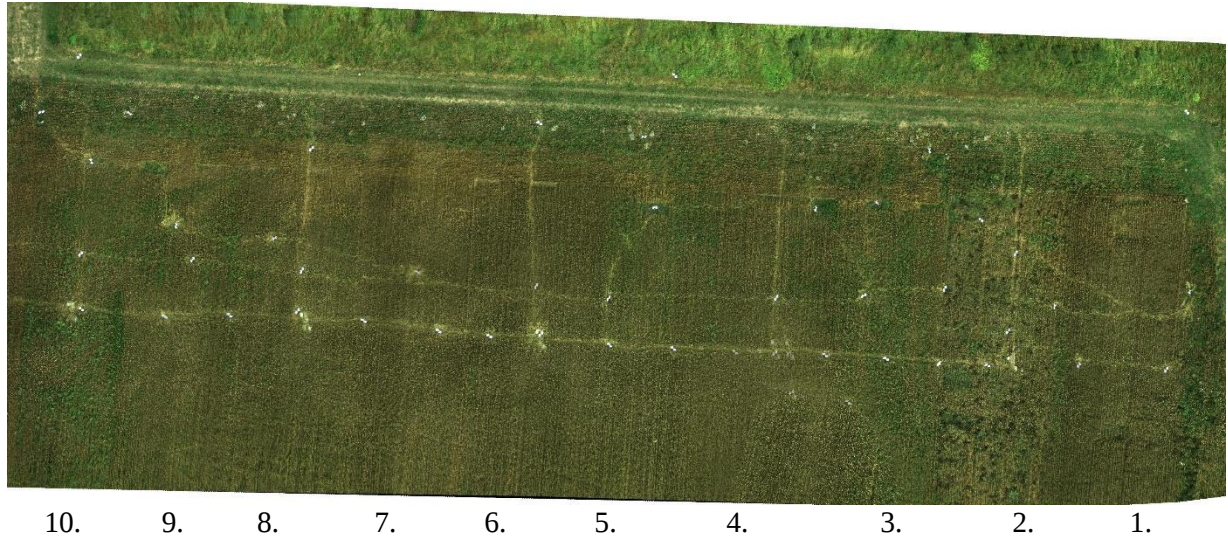
A



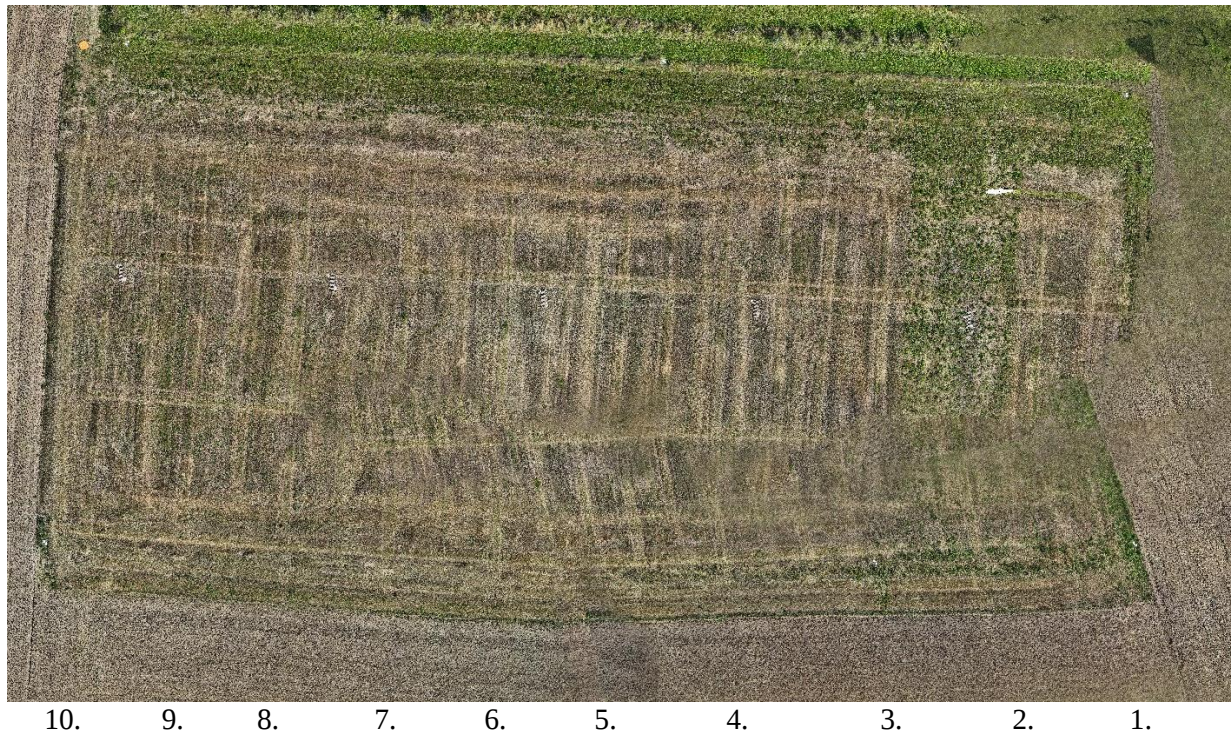
B



C

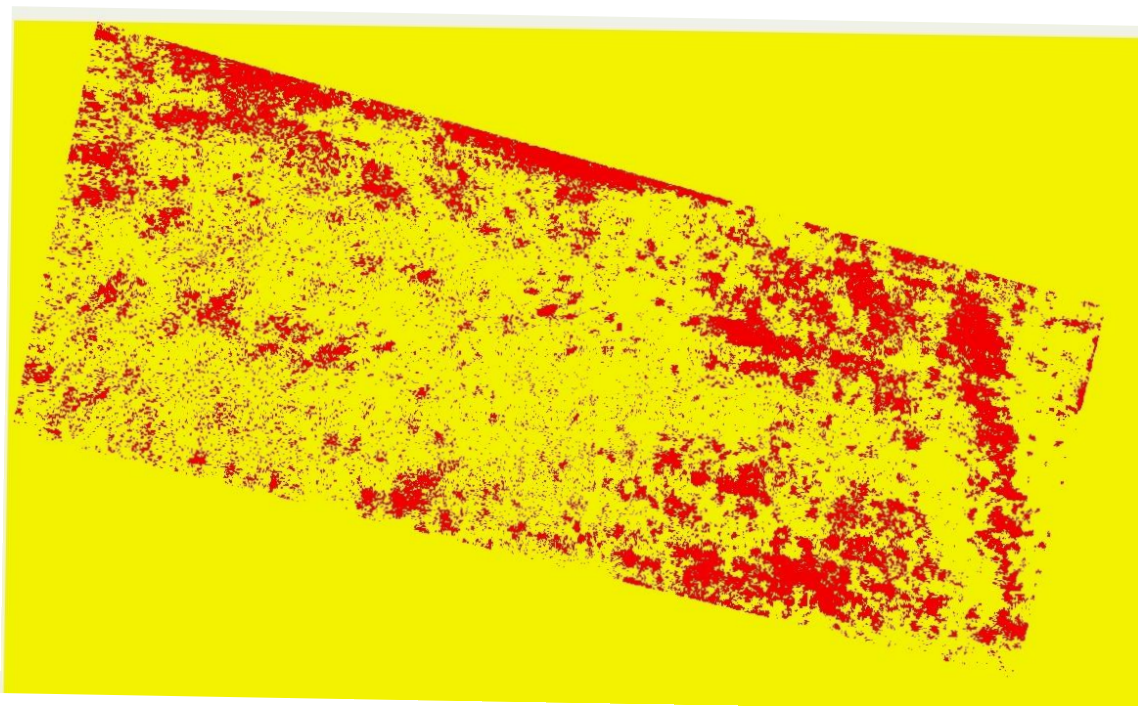


D



2.1..attēls. Ortofotokartes, kuras izveidoja no izmēģinājumā uzņemtajiem BLPA attēliem (A) 27. martā; (B) 28. maijā (kartē tehnisku iemeslu dēļ nav iekļauti 1.-4. varianti); (C) 24. jūlijā; (D) 28. augustā. Zem attēliem ar cipariem ir atzīmēti atbilstošie varianti.

Attēlu izšķirtspēja nebija pietiekami liela, lai būtu iespējams veikt nezāļu sugu atpazīšanu. Taču attēlos varēja izšķirt nezāles un kultūraugu pēc krāsas un noteikt nezāļu segumu vasaras kviešu sējumā. Nezāļu identificēšanas pamatā bija Visible Atmospherically Resistant Index (VARI), kas ir iekļauts ArgGIS Pro programmā (Gitelson et al. 2002). Iegūtajās ortofotokartēs veica sākotnējo klasifikāciju, kas balstījās uz VARI indeksu un tad otro klasifikāciju, kurā divas klases definēja eksperts, sekojot literatūrā aprakstītajai metodei (Nikolić et al. 2021). Rezultātā katrā no izmēģinājuma variantiem ieguva attēlu, kurā nezāles ir iezīmētas ar sarkano krāsu un pārējais laukums (kultūraugs vai augsne) ar dzelteno krāsu (2.2. attēls).



2.2.attēls. Attēlu analīzes piemērs: nezāļu segums izmēģinājuma 9. variantā 24. jūlijā. Nezāles ir iekrāsotas sarkanā krāsā.

Nezāļu seguma noteikšana visā izmēģinājuma platībā vienlaicīgi var sniegt precīzāku variantu salīdzinājumu, jo ir novērtēts viss laukums, nevis atsevišķi parauglaukumi, starp kuriem ir lielas atšķirības. Veicot biomasas uzskaiti atsevišķos parauglaukumos, dati ļoti variēja viena varianta robežās, kā rezultātā vidējās vērtības starp variantiem būtiski neatšķīrās.

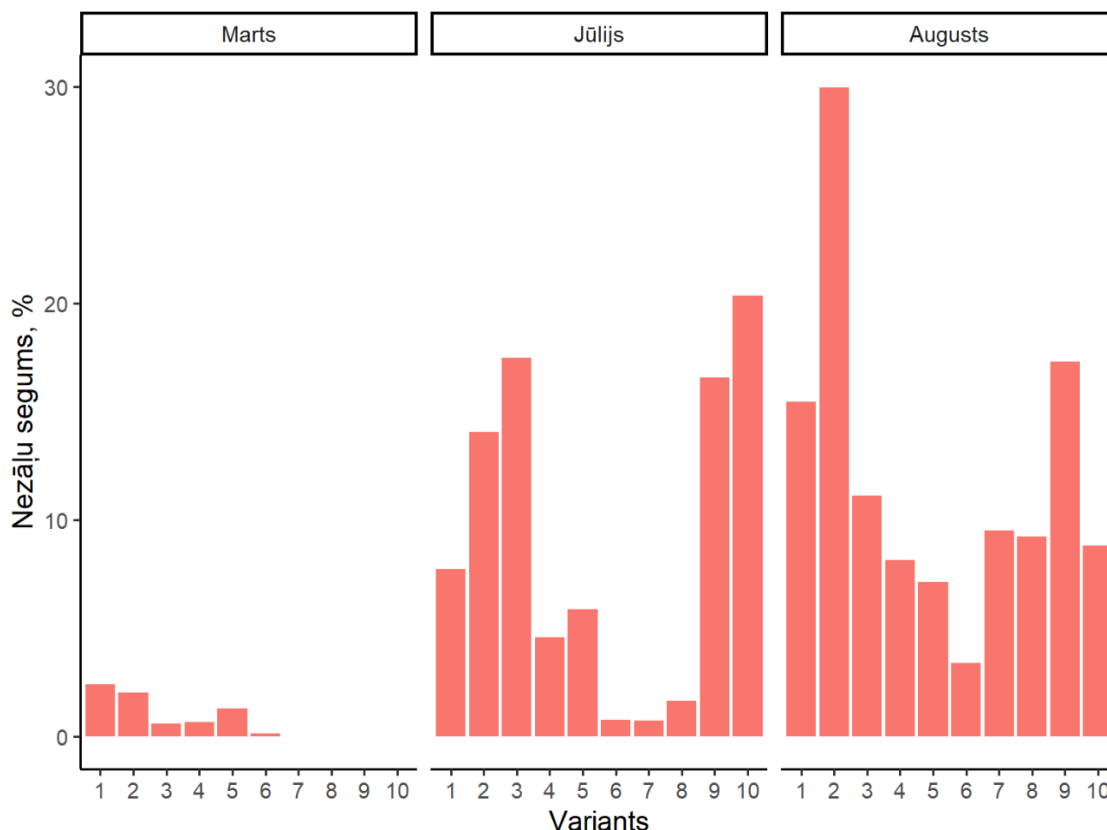
Izmēģinājuma laikā martā, jūlijā un augustā ar attēlu analīzes metodi noteica gan nezāļu segumu, gan procentuālo segumu. Nezāļu segums, ko aprēķināja, izmantojot jūlijā uzņemtos attēlus, ir parādīts kā piemērs 2.1. tabulā.

2.1. tabula

Nezāļu seguma novērtējums, izmantojot ar BPLA iegūto attēlu analīzi vasaras kviešu sējumā 2024. gada jūlijā.

Variants	Kopējais laukums, m ²	Nezāļu segums, m ²	Nezāļu segums, %
1.	367,31	28,4	7,73
2.	354,77	49,8	14,04
3.	338,52	59,2	17,49
4.	372,6	17,1	4,59
5.	363,4	21,3	5,86
6.	379,79	2,9	0,76
7.	363,68	2,7	0,74
8.	373,67	6,1	1,63
9.	396,71	65,74	16,57
10.	416,75	84,75	20,34

Nezāļu procentuālais segums martā, jūlijā un augustā ir parādīts 2.3. attēlā.



2.3..attēls. Nezāļu procentuālais segums, ko noteica izmantojot BPLA attēlu analīzi izmēģinājuma variantos.

Uzņemtajos attēlos jūlija un augusta mēnesī bija redzamas atšķirības starp izmēģinājuma variantiem, kuros veica nezāļu ierobežošanu ar dažādām metodēm. Vislielākais nezāļu segums jūlijā bija 2. variantā (ierobežošana ar pelargonijskābi un vēlāk ar maksimālo herbicīda devu), kā arī variantos, kuros veica tikai ecēšanu (3., 10. variants) vai ierobežošanu ar samazinātu herbicīda Zypar devu (9. variants). Augusta mēnesī noteiktais nezāļu segums visos variantos bija lielāks, kas var būt saistīts ar lielāku krāsas kontrastu starp nezālēm un vasaras kviešiem. Lielākoties, atšķirības starp variantiem bija līdzīgas tām, ko konstatēja jūlijā, izņemot 10. variantu, kur nezāļu segums bija daudz mazāks, nekā jūlija mēnesī noteiktais.

Izmēģinājuma laikā nezāļu procentuālo segumu salīdzināja ar nezāļu biomasas datiem (vidējā biomasa katrā variantā) un ražas datiem, izmantojot korelācijas analīzi (2.2. tabula). Starp procentuālā seguma vērtībām jūlijā un vidējo nezāļu biomasu bija pozitīva korelācija, kura nebija statistiski būtiska, bet tuvu būtiskuma robežai (korelācijas koeficients $r = 0,605$, $p = 0,064$). Starp procentuālā seguma vērtībām un vidējo graudu ražu augustā bija būtiska negatīva korelācija (korelācijas koeficients $r = -0,728$, $p = 0,017$).

2.2.tabula

Korelācijas analīzes rezultāti, kurā salīdzināja nezāļu segumu martā, jūlijā un augustā ar vidējo nezāļu biomasu (noteica jūlijā) un vasaras kviešu graudu ražu. Treknrakstā - korelācijas koeficienti (r), slīpraskstā - p vērtības.

	Marts	Jūlijs	Augusts	Biomasa	Raža
Marts	1	0.853768	0.091552	0.111304	0.367453
Jūlijs	0.067151	1	0.190494	0.063998	0.119442
Augusts	0.561022	0.451278	1	0.53967	0.017042
Biomasa	-0.53469	0.604754	-0.2209	1	0.768117
Raža	-0.31996	-0.5247	-0.72774	0.107228	1

2024. gada sezonā varēja secināt, ka kvalitatīvas ortofotokartes ieguvei laikā, kad kultūraugi jau ir attīstījušies un nosedz augsni, ir nepieciešams izveidot skaidras, no gaisa saskatāmas līnijas (piemēram, šauras nopļautas joslas) starp izmēģinājuma variantiem. Lai palielinātu attēlu izšķirtspēju, iespējams, nepieciešams samazināt BPLA lidojuma augstumu.

Secinājumi

2024. gadā laukā dominēja daudzgadīgās nezāles, galvenokārt tīruma mīkstpiene, nezāles klātbūtni konstatēja arī augsnes paraugos sēklu un pumpuru veidā.

Augsnes sēklu bankas analīze ļāva noteikt sākotnējo sēklu bankas sastāvu un lielumu izmēģinājuma laukā. Konstatēja atšķirības starp atsevišķiem variantiem, kuri nav saistīti ar nezāļu ierobežošanas metodi (jo augsnes paraugus noņēma pirms kultūrauga sējas), bet parāda nevienmērīgo nezāļu fonu izmēģinājuma laukā.

Viena sējumu apstrāde sezonā ar pelargonijskābi saturošo preparātu nav efektīva daudzgadīgo nezāļu ierobežošanai, ir nepieciešamas atkārtotas apstrādes vai papildus metodes efektivitātes uzlabošanai.

Nezāļu mehānisko ierobežošanu apgrūtina meteoroloģiskie apstākļi, kas ietekmē tehnikas izmantošanas iespējas. Mitrā laikā un pēc lietus nezāles spēj labāk ataugt pēc mehāniskās ierobežošanas. 2024. gada rezultāti parādīja, ka sējumu ecēšana kombinācijā ar herbicīdu izmantošanu (samazinot devas) ļauj pietiekami efektīvi ierobežot nezāles. Tomēr ir jānovērtē arī ilgtermiņa sekas.

Neizmantojot herbicīdus, mehāniskās apstrādes efektivitāte nebija pietiekama, jāatrod metodes kā to palielināt - piemēram, palielinot apstrāžu biežumu vai apstrādes parametrus (ātrums, dziļums).

Ar BPLA iegūto attēlu analīzi var izmantot, lai novērtētu nezāļu segumu izmēģinājuma variantos kviešu sējumā. Šo informāciju var izmantot, lai novērtētu nezāļu ierobežošanas efektivitāti. Lai noteiktu nezāļu sugas un palielinātu precizitāti, ir jāoptimizē attēlu iegūšanas parametri.

Literatūra

Gitelson AA, Stark R, Rundquist D, Gitelson AA, Kaufman YJ, Stark R, Rundquist D (2002) Novel Algorithms for Remote Estimation of Vegetation Fraction. Remote Sens Environ 80:79–87

Nikolić N, Rizzo D, Marraccini E, Ayerdi Gotor A, Mattivi P, Saulet P, Persichetti A, Masin R (2021) Site and time-specific early weed control is able to reduce herbicide use in maize - a case study. Ital J Agron

3. SEG emisiju mērīšanas metodika un pirmie iegūtie rezultāti

3.1. Meteoroloģiskie dati

Meteoroloģiskie dati iegūti no stacijas Field climate kas atrodas ap 500 metriem no izmēģinājuma vietas. Datu apkopojums ir redzams 3.1. un 3.2. tabulā.

3.1. tabula

Vidējās gaisa temperatūras C° stacijā Field climate

Mēneši	Temperatura, C°					
	I	II	III	Vidēji	Ilggadīgie dati	Novirze no ilggadīgiem datiem
Aprīlis	8.05	5.20	6.86	6.70	6.52	0.18
Maijs	10.02	14.07	19.63	14.57	11.89	2.68
Jūnijs	15.66	14.64	18.97	16.42	17.67	-1.24
Jūlijs	16.98	19.52	18.60	18.37	17.91	0.46
Augusts	17.79	18.07	18.10	17.99	17.68	0.31
Septembris	18.07	16.27	13.07	15.80	12.39	3.41
Oktobris	7.91	7.35	9.38	8.21	8.90	-0.69

3.2. tabula

Nokrišņu summas, mm stacijā Field climate

Mēneši	Nokrišņi, mm					
	I	II	III	Summa, mm	Ilggadīgie dati	% no ilggadīgiem datiem
Aprīlis	13.00	30.00	14.20	57.20	38.35	149
Maijs	22.40	2.80	14.00	39.20	45.15	87
Jūnijs	36.20	26.80	10.40	73.40	48.44	152
Jūlijs	29.60	16.00	93.20	138.80	88.12	158
Augusts	21.00	7.80	30.60	59.40	86.36	69
Septembris	8.00	19.60	34.00	61.60	59.32	104
Oktobris	16.60	1.60	18.20	36.40	78.40	46

Pēc iegūtajiem datiem var konstatēt, ka nokrišņu daudzums jūlijā **par 60% pārsniedza ilggadīgo datu normas**, veidojot uz laukiem stāvošu ūdeni. Maijs un septembris ir bijis netipiski silts 2024. gada sezonā.

3.2. CO₂ emisiju mērījumi ar iekārtu EGM-5

CO₂ gāzes izplūdes intensitātes noteikšanai izmantoja iekārtu EGM-5, kas aprīkota ar elpošanas kameru SRC-2. (kameras tilpums 1171 mL, elpošanas laukums – 78 cm², laukuma/tilpuma attiecība 1/15). CO₂ izplūdes intensitātes mērīšana notika paralēli gāzu mērījumiem, izmantojot slēgta tipa gāzes statiskas kameras metodi. Mērījumus veica katru reizi pirms saimniecisko darbību veikšanas un pēc saimnieciskām darbībām noteiktos variantos. CO₂ izplūdes intensitāti noteica vairākas dienas pēc augsnes apstrādes. Vienlaikus noteikta augsnes temperatūra (°C) un augsnes mitrums (%), ar iekārtai EGM-5 pievienotu augsnes

mitruma un temperatūras zondi, kura strādā ar Stevens HydraProbe augsnes sensoru, 6-7 cm dziļumā.

Katru mērījumu veica blakus gredzeniem (katrā mērījumu vietā divi gredzeni skat. 3.3 sadaļu), kas bija ierakti gāzu ievākšanai ar slēgtas kameras metodi (CO_2 , CH_4 , N_2O izplūdes noteikšanai) 2., 4., 6., 8., un 10. izmēģinājuma variantos, kuros atšķīrās augsnes apstrādes sistēma (2. variants – tiešā sēja, 4. un 6. varianti – minimalā augsnes apstrāde, 8. un 10. varianti – aršana). Veica divus atkārtojumus katrā mērījumu vietā, kopā 4 mērījumi katrā no variantu lauciņiem. Aprēķināti vidējie rādītāji.

Pētījuma mērķis ir: veikt CO_2 izplūdes mērījumus ar iekārtu EGM-5 dinamiskā pirms augsnes apstrādes un pēc augsnes apstrādes ar mērķi noteikt CO_2 emisiju izmaiņu dinamiku un to ietekmējošus faktorus.



3.1. attēls. Gāzes mērīšanas komplekts ar iekārtu EGM-5

Mērījumu laiki

CO_2 gāzes emisijas intensitāti plānoja mērīt pirms un pēc augsnes apstrādēm, katru dienu līdz rezultāti būtiski nemainās. Mērījumi netika veikti brīvdienās. 2023. gada septembrī tika veikti 12 mērījumi. Otrā augsnes apstrāde tika veikta tikai 2024. gada pavasarī (aprīlī un maijā), jo septembrī un oktobrī augsnes apstrādi neveica dēļ pārmērīga augsnes mitruma, kas turpinājās līdz augsnes sasalšanai novembrī (1. pielikums). Savukārt 2024. gada novembrī aršanu varēja veikt, atliekot par vienu nedēļu augsnes mitruma dēļ. 2024. gada septembrī tika veikti tikai trīs mērījumi. (2. pielikums). Mērījumu rezultātu atšķirības pirms darbībām tika pārbaudītas, salīdzinot ar rezultātiem pēc iepriekšējās apstrādes

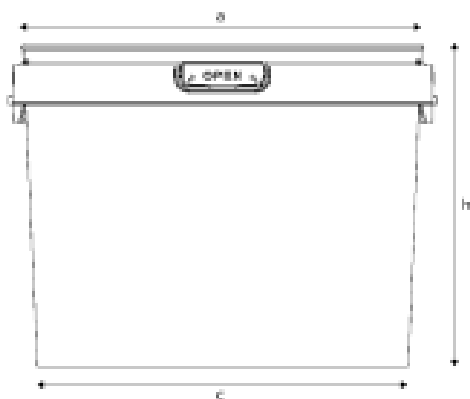
3.3. Gāzu mērījumi ar slēgtās kameras metodi

2024. gadā tika izstrādāta SEG mērījumu metodika ar slēgtā tipa gāzes kameru. Zemāk ir veikts apraksts veiktajām darbībām

1. Katru gadu bezsniega periodā (martā) tiek veikts pirmais CO_2 , N_2O , CH_4 emisiju mērījums.
2. Nākamie mērījumi tiek pakārtoti augsnes apstrādei (aršana, lobīšana, ecēšana, smidzināšana). Mērījumi tiek veikti tieši pirms augsnes apstrādes darbības un no 18 līdz 24h stundām pēc veiktajām darbībām. Mērījums veic laika posmā no 9 līdz 12 no rīta.
3. Ja augsnes apstrāde vai smidzinājums netiek veikts ilgāk kā 2 nedēļas, mērījumu veic reizi divās nedēļās, ja to pieļauj laikapstākļi (nav pārāk mitrs).

4. Gada pēdējais mērījums tiek veikts novembrī (līdz pirmajam sniegam). SEG emisiju mērījumi tiks veikti trīs gadus no 2023. gada līdz 2025. gadam.

Sadarbībā ar LVMI Silava tika izstrādāta metodika gāzu ievākšanai. Tika dota priekšroka vienkāršākai un lētākai metodei - **SEG emisiju gāzu ievākšana, izmantojot slēgtā tipa gāzes kameras (non-flow-through chamber-based technique)**. Mūsu gadījumā tas ir plastmasas pārtikas spainis ar tilpumu 9.25 litri ar lielāko iekšējo diametru 25.5 cm (a) (skat. att.3.1.), augstumu (h) 19.6 cm un apakšējo diametru iekšējo diametru 19 cm (b). Spaiņa augšējā mala (atvērta) ir ievietota gredzenā ar gropi (caurtekas elements, kura apakšējā daļa ir ievietota augsnē 7 līdz 9 cm dziļumā (skat. 3.1. attēlu) un augšējā gredzena daļa ir līdz 1 cm virs zemes), caurtekas iekšējais diametrs 24.6 cm. Ir zināms laukums un tilpums gaisa telpai virs uzraudzītās augsnes. Mūsu gadījumā tie ir 9.525 litri (spainis plus gredzena tilpums virs augsnes). SEG plūsmas ātrumu nosaka, apvienojot informāciju par slēgtās augsnes virsmas laukumu, slēgtās augsnes tilpumu gaisa telpā un SEG koncentrāciju izvietošanas laikā periodā 0, 10, 20, 30 minūtēs. Katrā laika punktā veic gāzu paraugu ievākšanu (skat. 3.2., 3.3. attēlā).



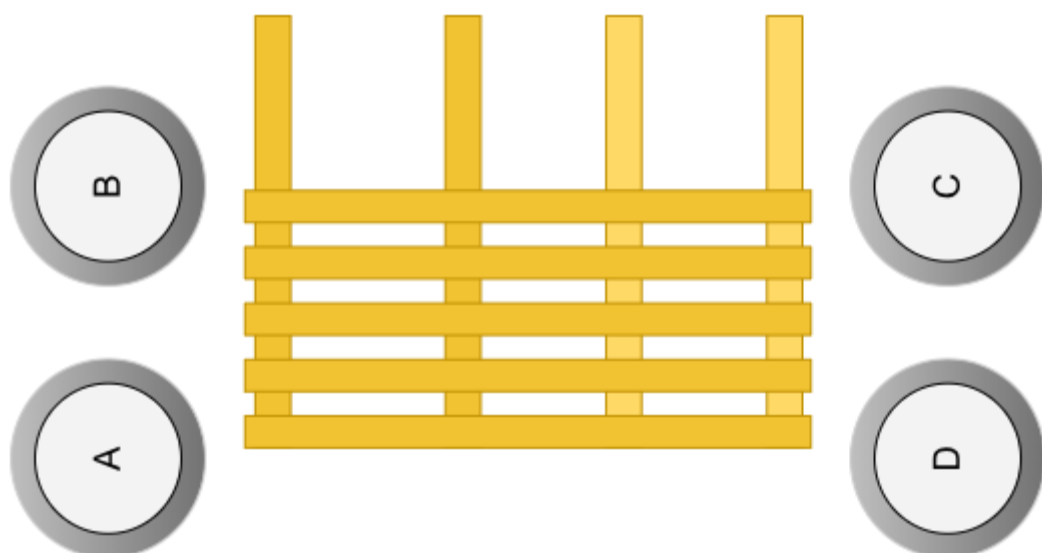
Slēgtās kameras izmēri



Gredzens un augsnes mitruma/temperatūras sensors

3.2.attēls. Slēgtas kameras uzbūve ($a = 25.5$ cm; $h = 19.6$ cm) un apakšējā gredzena vizuālais izskats

Gredzenu izvietoējums uz lauciņa ietvaros ir parādīts 3.2.attēlā. Attālums no spaiņa līdz lauciņa ārējām malām bija 4.2 m. Mērījumu veikšanas laiks un varianti, kuros veica mērījumus, ir apkopoti 3.4. tabulā. Katrā lauciņā tika ievākti paraugi no 4 punktiem. Paraugu ievākšana tika veikta 2., 4., 6., 8., un 10. variantos.



3.3. attēls. Gredzenu (punkti: A, B, C, D) novietojums uz lauka katrā variantā kopā ar koka laipu

Gredzenu izvietojums uz lauciņa ietvaros ir parādīts 3.3.attēlā. Attālums no spaiņa līdz lauciņa ārējām malām bija 4.2 m. Mērījumu veikšanas laiks un varianti, kuros veica mērījumus, ir apkopoti 3.3. tabulā. Katrā lauciņā tika ievākti paraugi no 4 punktiem. Paraugošana tika veikta 2.,4.,6.,8., un 10. variantā.

3.3. tabula

Veikto darbību apkopojums attiecībā uz gāzu paraugu ievākšanu un ar to saistītajām darbībām

Datums	Varianta numurs	Darbība	Paraugu ievākšanas laiks
10.10.2023.	7., 8., 9., un 10.	Arts	17.10.2023 – 11:06-11:38
11.04.2024.	7., 8., 9., un 10.	Šļūkts	12.04.2024 – 08:00-08:40
01.05.2024	3., 4., 5., un 6.	Disku lobīšana	-
3.09.2024.	3., 4., 5., 8.,10.	Disku lobīšana	04.09.2024 – 13:35-14:15
2.05.2024.	Visi varianti	Sēja	03.05.2024 – 11:30-12:09
01.05.2024	Visi varianti	Pamatmēslojums	-
23.05.2024.	Visi varianti	Papilmēslojums	-
27.05.2024	3. un 10.	Ecēts	28.05.2024 – 13:27-14:03, 14:28-15:03
30.04.2024	1. un 2.	Herbicīds	-
5.06.2024	1., 5., 8. varianti 2., 6., 7. varianti 4., 9. varianti	Herbicīds	10.06.2024 – 11:34-12:14
03.09.2024	6.un 7. variants	Herbicīds	04.09.2024 – 13:35-14:15
03.09.2024	(3.,4.,5.,8.,9.,10)	Disku lobīšana	04.09.2024 – 13:35-14:15
13.08.2024	Visi varianti	Kulšana	22.08.2024 – 10:10-10:50
11.11.2024	Arts 7., 8., 9.,10 variants	Aršana	12.11.2024 – 13:35-14:15

N₂O un citu gāzu veidošanas procesi ir atkarīgi no vides un saimniekošanas, kā arī to novērtēšanu ietekmē mērījumu metodika (skat. 3.4. tabulu).

N₂O veidošanās augsnē notiek galvenokārt nitrifikācijas un denitrifikācijas procesu rezultātā, ko ietekmē sekojošie vides faktori: augsnes mitrums; augsnes mikrobioloģiskā aktivitāte un mikroorganismu sastāvs; temperatūra; skābekļa koncentrācija; pieejamā organiskā oglekļa un slāpekļa daudzums; augsnes C/N attiecība (mēra pētījuma gaitā); augsnes granulometriskais sastāvs; augsnes pH un sāļums; ienestā mēslojuma daudzums un forma (dati ir ievākti pētījuma gaitā); augsnes apstrādes veidi (Wang et al., 2021).

3.4. tabula

Ietekmes faktori, kas tieši un netieši ietekmē N₂O emisijas no apsaimniekotām augsnēm

Vides faktori	Apsaimniekošanas faktori	Vides faktori
Mikroorganismu populācija	Mēslojuma izmantošana	Mikroorganismu populācija
Augsnē pieejamais ogleklis	Apstrādes veids (sistēma)	Augsnē pieejamais ogleklis
Slāpekļa koncentrācija augsnē	Ražas vākšana un augu atliekas	Slāpekļa koncentrācija augsnē
Augsnes mitrums	Laistīšana	Augsnes mitrums
Augsnes granulometriskais sastāvs		Augsnes granulometriskais sastāvs
Augsnes temperatūra		Augsnes temperatūra
Augsnes pH un sāļums		Augsnes pH un sāļums

SEG emisijas ietekmē ne tikai lauksaimniecības darbības, bet arī temperatūra, minerālvielu daudzums augsnē un augsnes mikroorganismu sabiedrības. Pētījumā, kas bija veikts mūžīgā sasaluma kūdras augsnēs konstatēja, ka temperatūras paaugstināšanās un slāpekļa ienese augsnē ietekmē augsnes mikroorganismu sabiedrības samazinot baktēriju un palielinot sēņu īpatsvaru, kā rezultātā var pieaugt CO₂ un N₂O emisijas (Song et al., 2022).

Augsnes temperatūras un mitruma ietekme uz SEG emisijām

CO₂ emisijas mainās sezonāli, mainoties temperatūrai, un var palielināties, pieaugot mikroorganismu aktivitātei iestrādājot augsnē organisko materiālu, piemēram, salmu mulču (Wang et al. 2019).

Paaugstinoties inkubācijas temperatūrai no 5 °C līdz 25 °C tika novērota N₂O izmešu samazināšanās nitrifikācijas procesā (Maag, Vinther, 1996; Avrahami et al., 2003), savukārt pozitīva korelācija starp N₂O emisijām un temperatūru no 15 °C līdz 30 °C tika pierādīta citos pētījumos (Goodroad, Keeney, 1984; Smith, 1997). Augstas temperatūras (virs 35 °C) ietekme

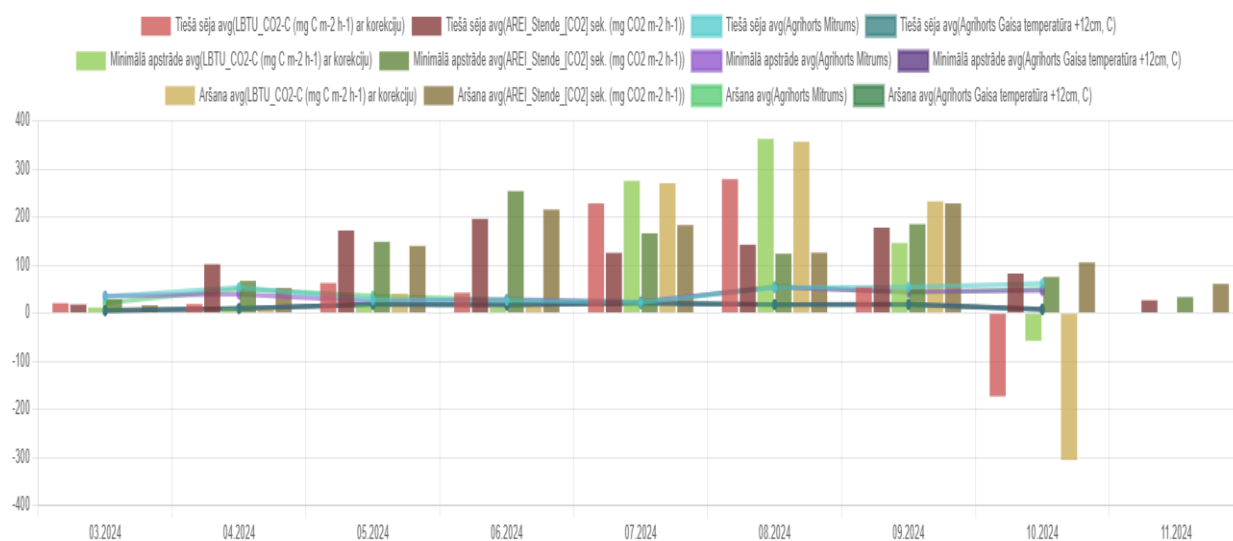
uz N₂O emisijām ir neskaidra. Temperatūras paaugstināšanās virs 35 °C var ietekmēt augsnes nitrificējošo baktēriju sabiedrības un/vai mainīt augsnes mikrovielas apstākļus, piemēram, skābekļa un organiskās vielas pieejamību, kas var mainīt N₂O emisijas un autotrofās un heterotrofās nitrifikācijas relatīvo ieguldījumu (Lai, 2016). Citu pētījumu rezultāti liecina par to, ka N₂O emisijas augsnē palielinās līdz ar temperatūras paaugstināšanos un sasniedz maksimumu no 35 līdz 40 °C (Lai et al., 2019). Taču temperatūras pieaugums izraisa izmaiņas arī citos procesos augsnē, tāpēc dati var būt pretrunīgi.

Vairāki autori pauda, ka CO₂ emisijas ir pozitīvi saistītas ar augsnes mitrumu. Divos pētījumos (Yerli et al., 2019) un (Zhao et al., 2020) augsnes CO₂ emisijas uzrādīja pozitīvu lineāru korelāciju ar augsnes mitruma saturu. Jabro un līdzautori (2008) arī norādīja, ka CO₂ emisijas palielinās, palielinoties organisko vielu oksidācijai, t.i. palielinoties augsnes mitrumam. Sausuma apstākļos parasti ir mazākas CO₂ emisijas (Yerli et al., 2022).

Kopumā ir atzīta tendence, ka, pieaugot mitrumam, pieaug N₂O emisijas, jo tās tiek radītas nitrifikācijas un denitrifikācijas procesu ietvaros (Baggs, Rees 2000; Davidson, Swank 1986; Giacomini et al 2006; Signor, Cerri 2013). Temperatūra atšķirīgi ietekmē N₂O emisijas, kas rodas dažādu procesu rezultātā, kas arī var izskaidrot atšķirības dažādu pētījumu rezultātos.

Pētījuma mērķis: veikt CO₂ izplūdes intensitātes (turpmāk tekstā – emisijas) mērījumus ar iekārtu EGM-5 dinamiskā pirms augsnes apstrādes un pēc augsnes apstrādes ar mērķi noteikt CO₂ emisiju izmaiņu dinamiku un to ietekmējošus faktorus.

3.4. CO₂ emisiju gāzu mērījumi ar slēgtas statisku un dinamisku (caurplūdes) kameru metodēm



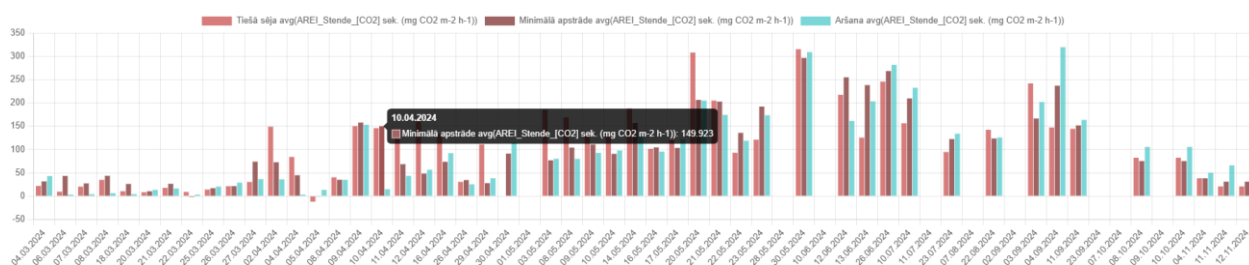
3.4. attēls. CO₂ emisiju gāzu mērījumi ar slēgtas statisku un dinamisku (caurplūdes) kameru metodēm 2024. gada sezonas garumā

Veicot CO₂ mērījumu salīdzinājumu, ievācot un analizējot gāzu paraugus ar slēgtas statiskās (ievāktie paraugi analizēti laboratorijā ar gāzu hromatogrāfu) un dinamiskās kameras (mērījumi lauka apstākļos ar EGM iekārtu) metodēm, ir secināms, ka lauksaimniecībā SEG emisijas ir jāmēra no augsnes nenoklātas ar veģetāciju, jo, kultūraugam attīstoties, veģetatīvā masa var aizņemt nozīmīgu daļu no kameras tilpuma. Tādējādi, emisiju aprēķinu gaitā, neveicot kameras tilpuma korekciju, emisijas tiek pārvērtētas. Palielinātā veģetācijas biomasa

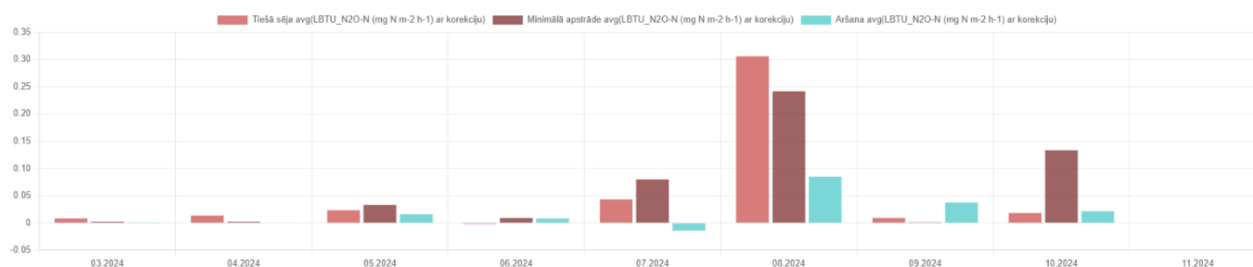
var papildus ietekmēt CO₂ mērījuma rezultātu, ja mērījumu laikā turpinās augu CO₂ piesaiste. Veicot mērījumu martā, gāzu ievākšanas kameras veiktie mērījumi bija salīdzināmi ar EGM iekārtas mērījumiem, tomēr, turpmāk, attīstoties veģetācijai, starpība starp mērījumu rezultātiem ar abām metodēm pieauga. Pēc jūnijā veiktā mērījuma ar statisko kameru (tilpums 0,009725 m³), tika pieņemts lēmums palielināt tilpumu gāzu uzkrāšanai. Līdz 11.07.24. gāzu ievākšanai un aprēķiniem ir izmantots mazais tilpums (0,009725 m³), sākot ar 11.07.24. - lielais tilpums (0,052977 m³). Tomēr arī Jūlijā novērtētas palielinātas emisijas, tomēr tas nenorāda, kameras tilpuma palielināšana bijusi neveiksmīga emisiju pārvērtējumu novēršanai, jo palielinātas emisijas var būt saistītas ar vasaras mēnešiem raksturīgo paaugstināto augsnes temperatūru un mitruma apstākļiem. Turpmāk, būtu jāizmanto visas sezonas garumā lielāks kameras tilpums. Būtu arī jāizvērtē gāzu ievākšana tikai starprindās, tas ir gāzu ievākšanas kamerā varētu ieiet tikai nezāles. Oktobra lielos piesaistes rādītājus varētu izskaidrot ar to, ka tika izmantots atkal mazais gāzu ievākšanas tilpums, bet nezālēm uz to brīdi bija liela biomasa. Tādējādi tika pārvērtēts kameras tilpums, kas pārvērtē gāzu plūsmu, savukārt konstatētās negatīvas emisijas var būt skaidrojamas ar turpinātu CO₂ piesaisti mērījumu laikā.

EGM iekārtas mērījuma dati liecina, ka vidēji sezonā CO₂ emisijas ir vienādi ar 107 mg C CO₂ m² h⁻¹ tiešās sējas variantā, ar 101 mg C CO₂ m² h⁻¹ minimālās apstrādes variantā un 96 mg C CO₂ m² h⁻¹ artajā variantā. Šādi rezultāti varētu būt skaidrojami ar to, ka tiešās sējas variantā ir bijis augstāks vidējais 2024. gada sezonas mitrums - 42.3% vidēji sezonā, salīdzinot ar minimālās augsnes apstrādes variantu, kur vidējais mitrums bija 37.6%. Savukārt artajā variantā augsnes mitrums sastādīja 38.2%. Tas labi saskan ar literatūrā pieejamo informāciju par augsnes mitruma saistību ar CO₂ emisiju intensitāti.

Ar EGM iekārtu dati tika ielasīti dienā, kad kāda no operācijām tika veikta (pirms veiktās operācijas) un tad 2 līdz 8 dienas pēc veiktās operācijas, t.i. ātrākais mērījums tika veikts 24 h pēc veiktas operācijas. Literatūras dati liecina, ka CO₂ emisijas pieaug tieši pirmās 24h pēc veiktajām operācijām, vēlāk CO₂ emisija nostabilizējas. Šobrīd mums ir pieejami tikai viena gada dati (3.5. attēls), tāpēc secinājums izdarīt ir pāragri.



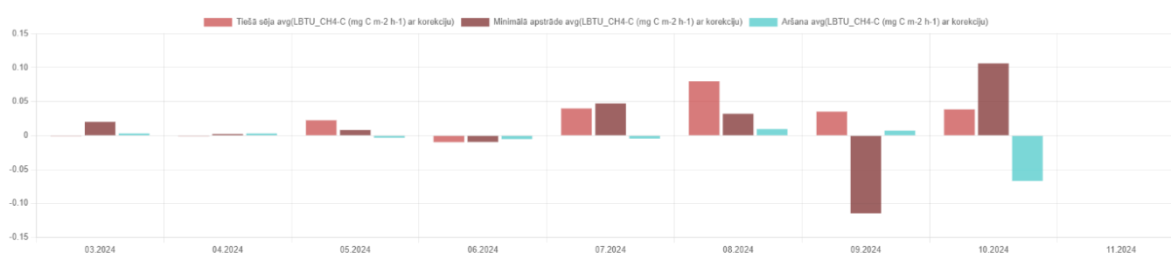
3.5. att. Ar EGM-5 iekārtu noteiktā CO₂ emisijas intensitāte 2024. gada sezonā.



3.6. att. Ar slēgtās kameras metodi noteiktā N₂O emisija 2024. gada sezonā.

Veicot datu salīdzinājumu pēc apstrādes operācijām, ir redzams, ka veiktā aršana (01.05) vai disku lobīšanas operācija (01.04) neveicināja CO₂ izmešu palielināšanos (3.4. attēls). Pagaidām neizskaidrojumu apstākļu dēļ, tieši pēc disku lobīšanas 11.04 minimālās apstrādes un artajos variantos, veicot mērījumus 12.04, tiešās sējas variantā CO₂ emisija pieauga straujāk nekā citos variantos. Kopš 30.05.2024 visos variantos CO₂ emisijas pieauga būtiski, kas var būt saistīts ar temperatūru.

Vislielākās N₂O emisijas ir konstatētas augustā, ko varētu izskaidrot ar to, ka raža tika ievākta 13. augustā un vēlāk jau ir sācies augu sadalīšanās process. Vidēji gadā emisijas vērtība bija viszemākā artajos variantos 0,021 mg N m⁻² ha⁻¹, tad tiešās sējas variantā 0,05 mg N m⁻² ha⁻¹ un minimālās apstrādes variantos 0,059 mg N m⁻² ha⁻¹. Tā kā šie ir tikai pirmā gada izmēģinājuma dati, secinājumus, pagaidām nevar izdarīt. Iespējams, ka paaugstināts mitrums tiešās sējas un minimālās apstrādes variantā ir sekmējis slāpekļa oksīda emisiju. Ir iespējams, ka augsnes apstrādes metodes, kuras sāka izmantot 2024. gada sezonā, vēl neizraisīja būtiskas izmaiņas augsnes mikroorganismu sabiedrībā, minerālelementu un organisko vielu sastāvā. Nākamajās sezonās ir jāsalīdzina, vai saglabājas tādas pašas relatīvās atšķirības starp variantiem ar atšķirīgām augsnes apstrādes sistēmām vai notiek izmaiņas.



3.7. att. Ar slēgtās kameras metodi CH₄ (mg C m⁻² h⁻¹) koncentrācijas izmaiņas 2024. gada sezonā

Vislielākās CH₄ emisijas ir konstatētas jūlijā un augustā (3.7. attēls). Vidēji gadā emisiju vērtība bija vismazākā artajos variantos, -0,006 mg C m⁻² ha⁻¹, tad minimālās apstrādes variantos, 0,004 mg C m⁻² ha⁻¹, un tiešās sējas apstrādes variantā, 0,026 mg N m⁻² ha⁻¹. Tā kā šie ir tikai otrā gada izmēģinājuma dati, secinājumus, pagaidām nevar izdarīt. Iespējams, ka emisijas veicināja paaugstināts mitrums tiešās sējas un minimālās apstrādes variantos. Ir jāņem vērā arī tas, ka noteiktās koncentrācijas ir visai zemas, līdz ar to atšķirības var būt kļūdas robežās. Septembrī minimālās augsnes apstrādes variantos rādās CH₄ piesaiste, pārbaudot iegūtos laboratorijas datus, pagaidām ir grūti izskaidrot šādu izlecošo vērtību. Parasti CH₄ emisijas netiek vērtētas augu audzēšanas procesā, jo lielākais metāna avots lauksaimniecībā nāk no lopkopības sektora.

Ir secināms, ka gāzu izdalīšanās no augsnes ir ļoti mainīgs process, kas ir atkarīgs no vairākiem faktoriem. Ir jāturpina datu ievākšana, lai būtu iespējams noteikt apkārtējo faktoru – temperatūras, mitruma, nokrišņu daudzuma, ietekmi uz gāzu emisiju veicot dažādas darbības ar augsni, t.i. lobīšanu, ecēšanu, aršanu.

Pirmie iegūtie rezultāti liecina par to, ka izstrādātā gāzu ievākšanas metode ir aprobēta un nākamajā sezonā ir nepieciešams ievākt datus biežāk, ar regulāru laika atstarpi, kā arī jāpalielina paraugu skaits.

4. SEG emisiju un labības ražošanas izmaksu aprēķināšanai

Analizējot pašreiz izstrādātās un pielietotās lauksaimniecības kultūraugu ražošanas tehnoloģiju vērtēšanas metodes var secināt, ka LBTU Ulbrokas zinātnes centrā izstrādātā lauksaimniecības kultūru ražošanas tehnoloģiju vērtēšanas metode ļauj novērtēt tehnoloģijas ne tikai no ekonomiskā viedokļa, aprēķinot izmaksas EUR ha⁻¹ vai EUR t⁻¹, bet arī tehnoloģiju raksturojošos ekoloģiskos rādītājus. Tādēļ apstrādes veidu (tehnoloģiju) vērtējumā tika iekļauts arī enerģijas ieguldījums MJ ha⁻¹ un radītās CO₂ ekvivalenta emisijas kg ha⁻¹. Konkrētajā pētījuma posmā pielietoto apstrādes veidu enerģijas ieguldījums tika definēts, kā patērētās enerģijas daudzums, kurš ieguldīts tehnikas, mēslojuma, ķīmikāliju, degvielas, sēklas ražošanā, transportā, glabāšanā un izmantošanā vasaras kviešu ražas ieguvei. Savukārt CO₂ ekvivalenta emisijas tika definēts, kā radīto kaitīgo izmešu summāro daudzumu iepriekš minētajos apstrādes veidos.

Ar izstrādāto laukkopības kultūraugu ražošanas tehnoloģiju analīzes metodi ir iespējams modelēt ražošanas izmaksas atkarībā no galvenajiem noteicošajiem faktoriem – izmantotās tehnikas, lietotā mēslojuma un ķīmikāliju daudzuma. Metode ir aprobēta vairākos pētījumos un izmantojot šo metodi ir sagatavoti un publicēti vairāki raksti par racionālu agregātu un tehnoloģiju izvēli.

Arī šajā atskaitē veiktais vasaras kviešu ražošanas tehnoloģiju ekonomiskais novērtējums veikts, pielietojot iepriekš minēto izstrādāto analīzes metodi.

Pētījumā, izmantojot AREI Stendes pētniecības centrā 2023. – 2024. g. veikto eksperimentu datus, salīdzinātas trīs dažādas kviešu ražošanas tehnoloģijas (varianti ar atšķirīgām augsnes apstrādes sistēmām un nezāļu ierobežošanas metodēm)– tiešā sēja (lauka ID 2.2.), minimālā augsnes apstrāde (lauka ID 4.2. un lauka ID6.2.) un tehnoloģija ar aršanu (lauka ID 8.2. un lauka ID10.2.) - pēc četriem rādītājiem:

- ekspluatācijas izmaksas EUR ha⁻¹;
- materiālu izmaksas, EUR ha⁻¹;
- enerģijas patēriņš, MJ ha⁻¹;
- CO₂ emisijas, CO₂eq kg ha⁻¹.

Tehnoloģijai ar aršanu augsnes apstrāde tika veikta ar disku lobīšanu rudenī un kultivēšanu pavasarī ar sekojošu pamatmēslojuma iestrādi un sēju. Tehnoloģija ar minimālo augsnes apstrādi atšķiras no tehnoloģijas ar aršanu ar augsnes apstrādi – disku lobīšanu rudenī un pavasarī ar sekojošu pamatmēslojuma iestrādi un sēju. Tiešās sējas tehnoloģijā tika veikta lauka apstrāde ar herbicīdu un tai sekojošu sēju ar vienlaicīgu pamatmēslojuma iestrādi.

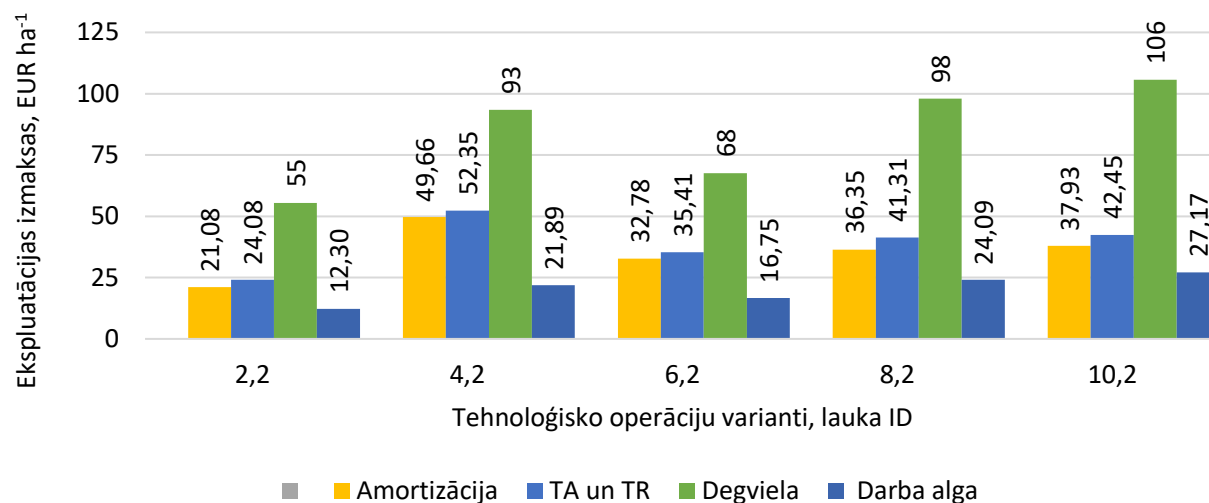
Visas tehnoloģiskās operācijas veiktas ar Agrolesursu un ekonomikas institūta Stendes pētniecības centra esošo tehniku pie vienādiem nosacījumiem (vasaras kviešu sēklas, izsējas norma 220 kg ha⁻¹).

Aprēķinos tika vērtēta tehnikas cena, tās noslodze, agregātu ražīgums, degvielas un darba patēriņš, kā arī citi rādītāji izmaksu aprēķinam. Tika aprēķinātas ekspluatācijas izmaksas katram apstrādes veida operācijām. Šīs izmaksas summējot ar degvielas, mēslojuma un AAL, kā arī sēklas izmaksām, aprēķinātas vasaras kviešu ražošanas izmaksas katram apstrādes veidam EUR ha⁻¹. Katra apstrādes veida operācijai aprēķinātās izmaksas kalpo kā kritērijs tehnoloģiju ekonomiskai vērtēšanai.

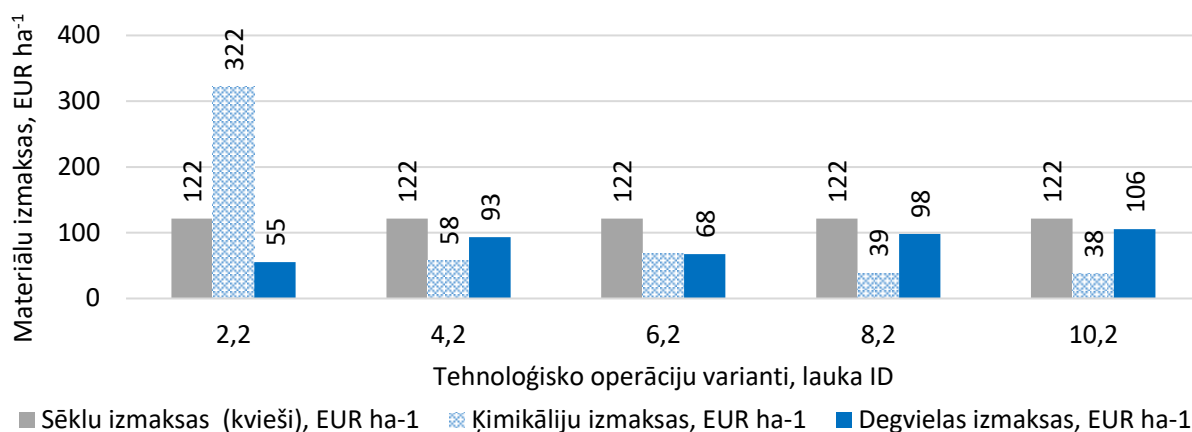
Iegūtie rezultāti grafiski parādīti 4.1 – 4.7 att. un 4.1. tabulā.

Materiālu izmaksu struktūra dažādos izmēģinājuma variantos. 2.2. – tiešā sēja, 4.2. un 6.2. – minimālā augsnes apstrāde, 8.2., 10.2. – aršana.

	2.2	4.2	6.2	8.2	10.2
Sēklu izmaksas (kvieši), EUR ha ⁻¹	121.50	121.50	121.50	121.50	121.50
Minerālmēslojuma izmaksas EUR ha ⁻¹	255.25	255.25	255.25	255.25	255.25
Ķīmikāliju izmaksas, EUR ha ⁻¹	321.97	58.05	68.43	38.51	37.67
Kopā	764.72	500.80	511.18	481.26	480.42
Kopējās izmaksas, EUR ha⁻¹	877.66	718.18	663.76	681.05	693.61



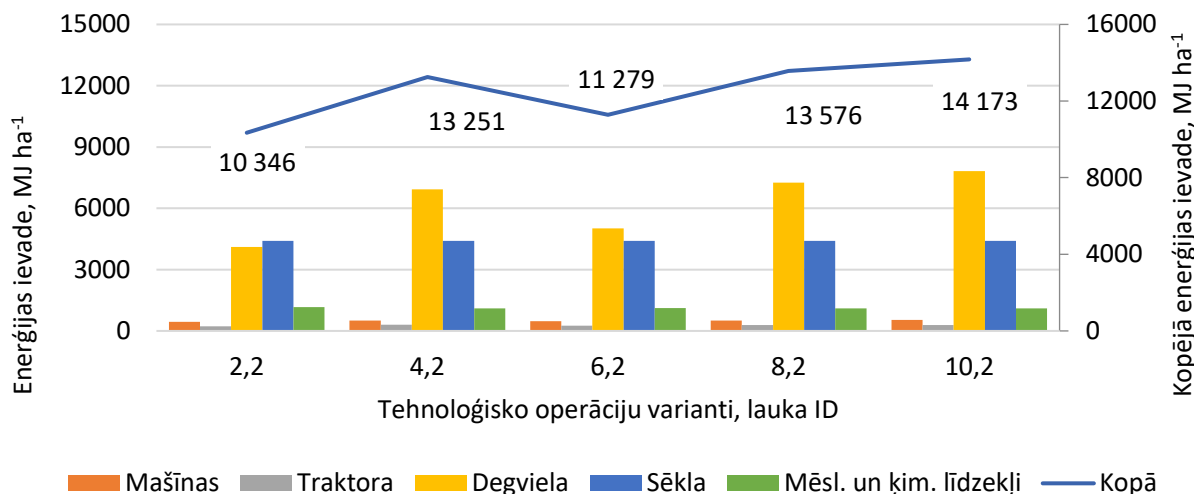
4.1.att. 4.1.att. Vasaras kviešu ražošanas resursu patēriņa un izmaksu struktūra dažādos izmēģinājuma variantos. 2.2. – tiešā sēja, 4.2. un 6.2. – minimālā augsnes apstrāde, 8.2., 10.2. – aršana. Variantos 4., 8. un 10. ir veikta mehāniskā nezāļu ierobežošana, variantos 4., 6. un 8. veikta apstrāde ar selektīvajiem herbicīdiem.



4.2.att. . Vasaras kviešu ražošanas materiālu izmaksu struktūra dažādos izmēģinājuma variantos. 2.2. – tiešā sēja, 4.2. un 6.2. – minimālā augsnes apstrāde, 8.2., 10.2. – aršana. Variantos 4., 8. un 10. ir veikta mehāniskā nezāļu ierobežošana, variantos 4., 6. un 8. veikta apstrāde ar selektīvajiem herbicīdiem.

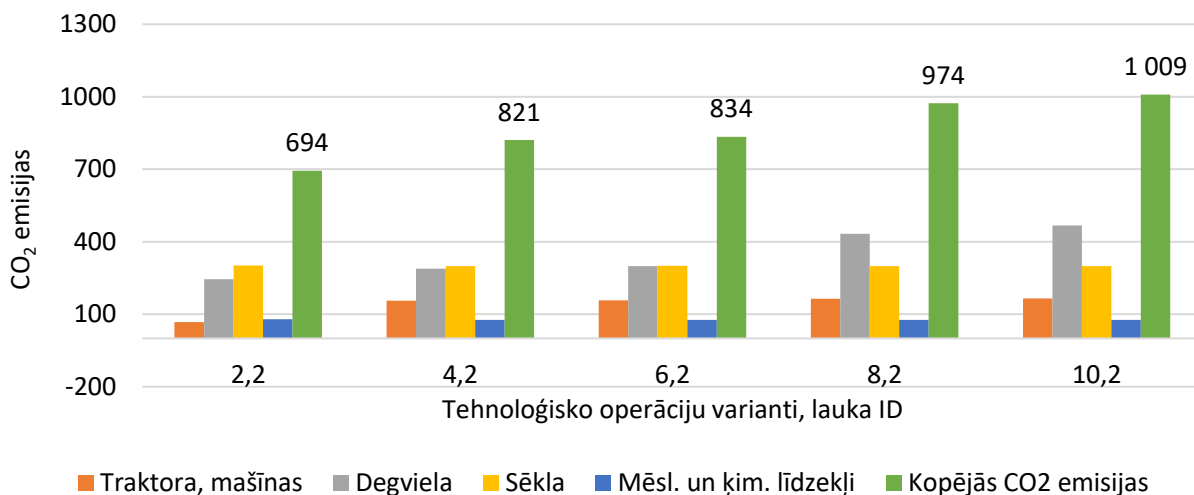
Nākamais kritērijs triju tehnoloģiju salīdzinošai vērtēšanai ir energopatēriņš tehnoloģijas īstenošanai MJ ha⁻¹. Aprēķinu metodika ir aprakstīta pētījuma autoru publikācijās un iepriekš veikto pētījumu ziņojumos. Tās tika aprēķinātas kā summa no tehnoloģijas īstenošanai patērētās cilvēku enerģijas (darba), izmantotās tehnikas izgatavošanai un piegādei patērētās enerģijas, tehnikas darbināšanai patērētās degvielas enerģijas, mēslojuma un AAL ražošanai un piegādei patērētās enerģijas, sēklas ražošanai un piegādei patērētās enerģijas.

Mazākais energopatēriņš (4.3 att.) ir tiešās sējas tehnoloģijai (lauka ID 2.2), pie minimālās augsnes apstrādes tas vidēji pieaug par 22%, savukārt, izmantojot aršanas tehnoloģiju pieaugums ir vidēji ir 33%, salīdzinot ar tiešo sēju. Lielākais īpatsvars energopatēriņā visos variantos ir degvielai.



4.3.att. Kviešu ražošanas enerģijas patēriņš dažādos izmēģinājuma variantos. 2.2. – tiešā sēja, 4.2. un 6.2. – minimālā augsnes apstrāde, 8.2., 10.2. – aršana. Variantos 4., 8. un 10. ir veikta mehāniskā nezāļu ierobežošana, variantos 4., 6. un 8. veikta apstrāde ar selektīvajiem herbicīdiem.

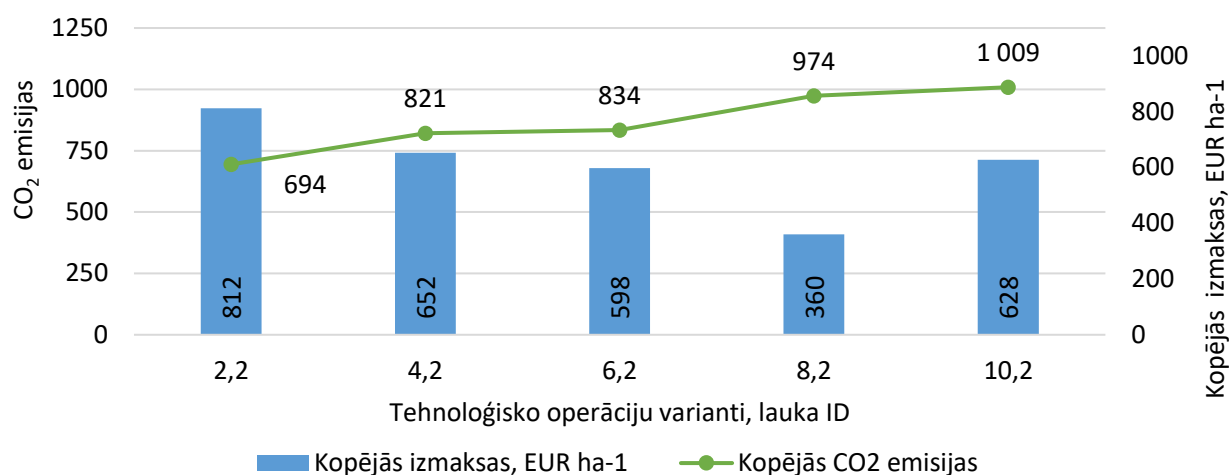
Kā pamatkritērijs triju augsnes apstrādes sistēmu salīdzinošai vērtēšanai ir to radītās SEG emisijas CO₂eq. Aprēķiniem tika izmantota iepriekšējos pētījumos aprobēta metodika, kur kopējās SEG emisijas tiek aprēķinātas kā summa no tehnoloģijas īstenošanai izmantotās tehnikas izgatavošanai un piegādei radītajām emisijām, tehnikas darbināšanai patērētās degvielas radītajām emisijām, mēslojuma un AAL ražošanai un piegādei radītajām emisijām, sēklas ražošanai un piegādei radītajām emisijām.



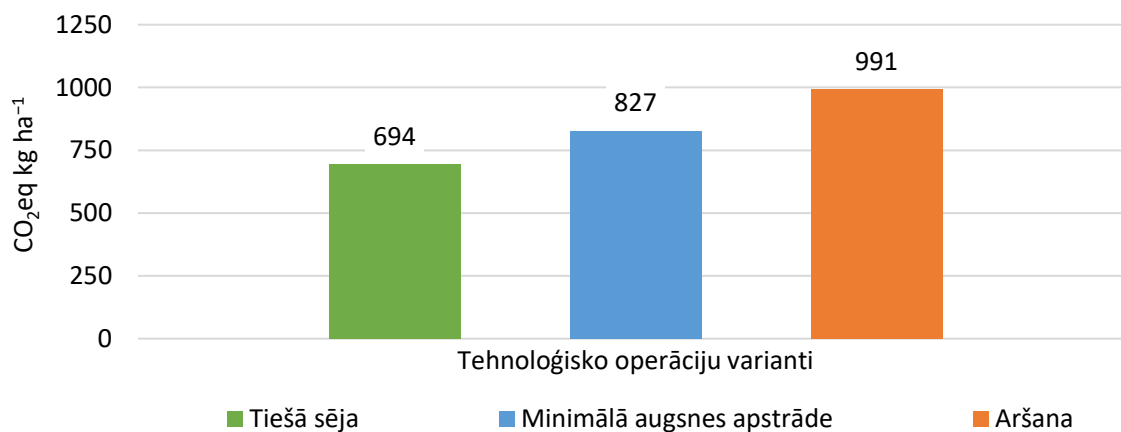
4.4.att. Vasaras kviešu ražošanas CO₂ emisijas dažādos izmēģinājuma variantos. 2.2. – tiešā sēja, 4.2. un 6.2. – minimālā augsnes apstrāde, 8.2., 10.2. – aršana. Variantos 4., 8. un 10. ir veikta mehāniskā nezāļu ierobežošana, variantos 4., 6. un 8. veikta apstrāde ar selektīvajiem herbicīdiem.

Vismazākās CO₂ emisijas (4.4., 4.5. att.) bija tiešās sējas sistēmā, minimāls apstrādes sistēmā tās pieauga par 15%, aršanas sistēmā – par 35%, salīdzinot ar tiešo sēju.

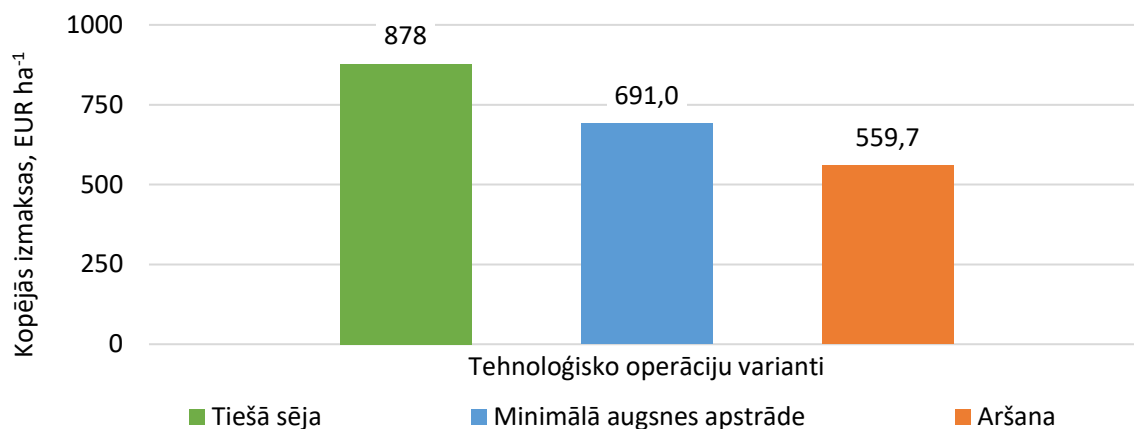
Izmaksu un CO₂ emisiju aprēķini parāda, ka šiem parametriem ir pretējās tendences salīdzinot savā starpā dažādas augsnes apstrādes sistēmas (4.6., 4.7. att.). CO₂ emisiju daudzums pieauga proporcionāli augsnes apstrādes intensitātei, bet izmaksas samazinājās.



4.5.att. Vasaras kviešu ražošanas CO₂ emisijas un izmaksas dažādos izmēģinājuma variantos. 2.2. – tiešā sēja, 4.2. un 6.2. – minimālā augsnes apstrāde, 8.2., 10.2. – aršana. Variantos 4., 8. un 10. ir veikta mehāniskā nezāļu ierobežošana, variantos 4., 6. un 8. veikta apstrāde ar selektīvajiem herbicīdiem.



4.6.att. Vasaras kviešu ražošanas vidējās CO₂ emisijas atkarībā no augsnes apstrādes sistēmas



4.7. att. Vasaras kviešu ražošanas kopējās izmaksas atkarībā no augsnes apstrādes sistēmas

Secinājumi par 4 nodaļu

1. Emisiju apjoms CO₂eq kg ha⁻¹ atšķiras starp variantiem ar dažādu augsnes apstrādes sistēmu. Salīdzinot emisiju proporciju, ko veido varianti ar atšķirīgo augsnes apstrādes sistēmu no kopējā emisiju daudzuma visos variantos, tiešās sējas variants veido 27.6% emisiju, minimālā augsnes apstrādes varianti 32.9%, bet aršanas varianti 39.4% no kopējā emisiju daudzuma.
2. Viszemākais enerģijas patēriņš ir tiešās sējas sistēmā, bet minimālās augsnes apstrādes sistēmā tas vidēji pieaug par 22%, savukārt, izmantojot augsnes aršanu pieaugums vidēji ir par 33%, salīdzinot ar tiešo sēju. Lielākais energopatēriņa īpatsvars visos apstrādes veidu variantos ir degvielai, kas attiecīgi tiešās sējas apstrādes veidam sastāda 23.3%, minimālās augsnes apstrādes veidam 33.9% un aršanas apstrādes veidam sastāda 42.8% no kopējā enerģijas patēriņa apjoma.
3. Vislielākās izmaksas ir tiešās sējas sistēmā, kas sastāda 41.2% no kopējām izmaksām, savukārt viszemākās izmaksas ir augsnes aršanas sistēmā, kas sastāda 26.3% no kopējām izmaksām. Minimālās augsnes apstrādes sistēmā tās sastāda 32.5%. Tiešās sējas sistēmā lielākās izmaksas veido minerālmēslojuma un ķīmikāliju izmaksas (AAL), kas sastāda 65.8% no kopējām tiešās sējas sistēmas izmaksām.
4. Lietotā CO₂ eq emisiju daudzuma un energopatēriņa noteikšanas metodika, izmantojot literatūrā dotos koeficientus ekoloģisko rādītāju aprēķinam, var būt kā papildu kritērijs tehnoloģiju izvēlei saimniecībā.
5. No šajā pētījumā analizētiem vasaras kviešu ražošanas tehnoloģiju veidiem, minimālās augsnes apstrādes veidu var novērtēt kā vidēji efektīvu no radītā CO₂ eq emisiju daudzuma un energopatēriņa viedokļa, bet no enerģijas racionālas izmantošanas viedokļa, visefektīvākā ir tiešās sējas sistēma.
6. Lai izvēlētos optimālo audzēšanas tehnoloģiju, kas līdzsvarotu ietekmi uz vidi un izmaksas, jāsalīdzina apstrādes veidu ekoloģiskos un energopatēriņa rādītājus atkarībā no kultūrauga sējplatības lieluma un struktūras, kas prasa papildu plašākus pētījumus.

SECINĀJUMI

1. Otrajā projekta realizācijas gadā tiek turpināti pētījumi pēc iepriekš izstrādātas metodikas.
2. Pēc viena gada iegūtajiem datiem par SEG emisijām, pagaidām, nav iespējams izdarīt secinājumus. Šobrīd ievāktie dati liecina par to, ka artajos variantos ir bijušas zemākas emisijas no augsnes, nekā minimālas apstrādes vai tiešās sējas variantos.
3. Vasaras kviešu sējumā perspektīva metode herbicīdu lietojuma samazināšanai ir mehāniskās ierobežošanas apvienošana ar herbicīdu izmantošanu, samazinot herbicīdu devas vai pielietojuma reižu skaitu.
4. Iegūstot izmēģinājuma RGB attēlus ar bezpilota lidaparātu, ir iespējams noteikt nezāļu segumu dažādos izmēģinājuma variantos. Turpmāk ir jāattīsta metode, lai noteiktu kā var izmantot šo informāciju nezāļu ierobežošanas pasākumu plānošanai vai to rezultātu novērtēšanai.

Izmantotā literatūra

- Davidson, E. A., & Swank, W. T. (1986). Environmental parameters regulating gaseous nitrogen losses from two forested ecosystems via nitrification and denitrification. *Applied and Environmental Microbiology*, 52(6), 1287–1292. <https://doi.org/10.1128/aem.52.6.1287-1292.1986>
- Baggs, E. M., Rees, R. M., Smith, K. A., & Vinten, A. J. A. (2000). Nitrous oxide emission from soils after incorporating crop residues. *Soil use and management*, 16(2), 82-87.
- Brandsæter, L. O., Mangerud, K., Helgheim, M., & Berge, T. W. (2017). Control of perennial weeds in spring cereals through stubble cultivation and mouldboard ploughing during autumn or spring. *Crop Protection*, 98, 16-23.
- Jabro, J. D., Sainju, U., Stevens, W. B., & Evans, R. G. (2008). Carbon dioxide flux as affected by tillage and irrigation in soil converted from perennial forages to annual crops. *Journal of Environmental Management*, 88(4), 1478–1484. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.07.012>
- José Giacomini, S., Pozzi Jantalia, C., Aita, C., Sacramento Urquiaga, S., & José Rodrigues Alves, B. (2006). Emissão de óxido nitroso com a aplicação de dejetos líquidos de suínos em solo sob plantio direto Nitrous oxide emissions following pig slurry application in soil under no-tillage system. *Pesq. Agropec. Bras*, 11, 1653–1661.
- Lai, T. V. (2016). *The influence of temperature on emissions of nitrous oxide and dinitrogen from soils Thang Viet Lai. September.*
- Lai, T. V., Farquharson, R., & Denton, M. D. (2019). High soil temperatures alter the rates of nitrification, denitrification and associated N₂O emissions. *Journal of Soils and Sediments*, 19(5), 2176–2189. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-02238-7>
- Mayerová, M., Madaras, M., & Soukup, J. (2018). Effect of chemical weed control on crop yields in different crop rotations in a long-term field trial. *Crop Protection*, 114, 215-222.
- Signor, D., & Cerri, C. E. P. (2013). Emissões de óxido nitroso em solos agrícolas: Uma revisão. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, 43(3), 322–338. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000300014>
- Song, Y., Cheng, X., Song, C., Li, M., Gao, S., Liu, Z., Gao, J., & Wang, X. (2022). Soil CO₂ and N₂O emissions and microbial abundances altered by temperature rise and nitrogen addition in active-layer soils of permafrost peatland. *Frontiers in Microbiology*, 13(December), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1093487>
- Terrie, K., and Boguski, P.E. (2006) Understanding Units of Measurement. Environmental Science and Technology Briefs for Citizens. Issue 2
- Wang, C., Amon, B., Schulz, K., & Mehdi, B. (2021). Factors that influence nitrous oxide emissions from agricultural soils as well as their representation in simulation models: A review. *Agronomy*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/agronomy11040770>
- Wang, W., Akhtar, K., Ren, G., Yang, G., Feng, Y., & Yuan, L. (2019). Impact of straw management on seasonal soil carbon dioxide emissions, soil water content, and temperature in a semi-arid region of China. *Science of the Total Environment*, 652, 471–482. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.207>
- Yerli, C., Şahin, Ü., Çakmakçı, T., & Tüfenkci, Ş. (2019). Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology Effects of Agricultural Applications on CO₂ Emission and Ways to Reduce. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(9), 1446–1456. <http://agrifoodscience.org/index.php/TURJAF/article/view/2750>
- Yerli, C., Sahin, U., & Oztas, T. (2022). CO₂ emission from soil in silage maize irrigated with wastewater under deficit irrigation in direct sowing practice. *Agricultural Water Management*, 271(June), 107791. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107791>
- Zhao, P., Pumpanen, J., & Kang, S. (2020). Spatio-temporal variability and controls of soil respiration in a furrow-

irrigated vineyard. *Soil and Tillage Research*, 196(July 2019), 104424. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104424>

PIELIKUMI

1. pielikums CO₂ mērījumi veikti ar EGM-5 atbilstoši audzēšanas periodam 2023-24

Datums	Mērījuma laiks	Mērījums rinda
12.09.2023	Apstrāde ar Glifosfātu (6., 7.)	
12.09.2023	disku lobīšana (3.,4.,5.,8.,9.,10)	
12.09.2023	12.09-13.32	1
13.09.2023	10.50-12.27	2
14.09.2023	10.56-12.40	3
15.09.2023	10.27-12.25	4
18.09.2023	10.57-12.28	5
21.09.2023	14.29-16.08	6
22.09.2023	10.02-11.21	7
25.09.2023	11.14-13.08	8
26.09.2023	10.27-11.52	9
27.09.2023	10.42-12.09	10
28.09.2023	14.41-16.09	11
29.09.2023	13.17-14.36	12
17.10.2023	13.47-15.10	13
16.11.2023	12.08-13.30	14
04.03.2024	08.49-10.38	15
05.03.2024	Arts 7., 8., 9.,10 variants	
06.03.2024	08.53-10.31	16
07.03.2024	09.25-10.53	17
08.03.2024	09.21-10.35	18
18.03.2024	10.06-11.31	19
20.03.2024	13.45-14.57	20
21.03.2024	10.55-12.08	21
22.03.2024	09.02-10.12	22
25.03.2024	12.26-15.32	23
26.03.2024	11.15-12.43	24
27.03.2024	09.40-11.09	25
02.04.2024	07.55-09.22	26
04.04.2024	07.55-09.11	27
05.04.2024	09.00-10.33	28
08.04.2024	11.02-12.24	29

Datums	Mērījuma laiks	Mērījums rinda
09.04.2024	11.37-13.21	30
10.04.2024	10.56-12.10	31
	Šļūkts 7., 8., 9., 10., variants	
11.04.2024	13.15-14.30	32
12.04.2024	13.30-14.45	33
16.04.2024	10.00-11.33	34
26.04.2024	9.13-10.34	35
29.04.2024	7.28-8.35	36
30.04.2024	Smidzināšana ar glifosfāta preparāta un Pelargonskābi 1., 2., variants	
30.04.2024	13.17-14.11	37
01.05.2024	disku lobīšana 3., 4., 5., un 6.	
01.05.2024	pamatmēslojumu 16- 15- 15 1 - 8 variantā	
02.05.2024	Sēj ar kombinēto sējmašīnu Amazone, vasaras kviešus UFFO 220 kg ha	
02.05.2024	Sēja 1., 2. variantā ar tišās sējas sējmašīnu kopā ar pamatmēslojumu.	
02.05.2024		
03.05.2024	9.37-10.56	38
08.05.2024	8.36-10.02	39
09.05.2024	14.14-15.32	40
10.05.2024	13.32-14.43	41
14.05.2024	11.56-13.24	42
16.05.2024	07.37-09.07	43
17.05.2024	07.46-09.15	44
20.05.2024	11.34-13.13	45
21.05.2024	14.15-15.37	46
22.05.2024	07.42-09.09	47
23.05.2024	Veikts papildmēslojums visiem variantiem	
23.05.2024	10.47-12.18	48
27.05.2024	Ecēšana 2 - 10. variantam	
30.05.2024	15.28-17.23	49
05.06.2024	Veikts smidzinājums 1., 2.,4., 5., 6.,7.,8.,9. var	
12.06.2024	08.47-10.29	50
13.06.2024	09.37-11.20	51
26.06.2024	14.28-16.21	64
10.07.2024	10.42-12.30	53
23.07.2024	07.00-09.06	54

Datums	Mērījuma laiks	Mērījums rinda
13.08.2024	kulšana	
22.08.2024	07.53-09.45	55
03.09.2024	10.26-12.15	56

2. pielikums CO₂ mērījumi veikti ar EGM-5 atbilstoši audzēšanas periodam 2024-25

Datums	Mērījuma laiks	Mērījums rinda
03.09.2024	10.26-12.15	1
03.09.2024	Apstrāde ar Glifosfātu (6., 7. var)	
03.09.2024	disku lobīšana (3.,4.,5.,8.,9.,10)	
04.09.2024	07.53-09.46	2
11.09.2024	10.00-11.47	3
	Aršana 3. 4 variants	
10.10.2024	10.11-12.00	4
04.11.2024	12.34-14.17	5
11.11.2024	Arts 7., 8., 9.,10 variants	
12.11.2024	11.37-13.30	6

