



Agrihorts

**LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS
UNIVERSITĀTES
AUGU AIZSARDZĪBAS ZINĀTNISKĀ INSTITŪTA
“AGRIHORTS”**

Eiropas Lauksaimniecības fonda lauku attīstībai Latvijas Lauku attīstības programmas
2014.-2020. gadam pasākuma "Sadarbība" 16.2. apakšpasākumam "Atbalsts jaunu
produktu, metožu, procesu un tehnoloģiju izstrādei"
Nr. 19-00-A01620-000078

Projekta periods: 03.02.2020-31.03.2022

Attiecināmās izmaksas: 96684,46 EUR

Publiskais finansējums: 87016,00 EUR

**“Jaunāko tehnoloģiju izmantošana nezāļu
ierobežošanai laukaugu sējumos integrētajā audzēšanas
sistēmā”**

Zinātniskā atskaite

Projekta vadītāja: Viktorija Zagorska

Pētniecības grupa LLU:

Jevgenija Nečajeva

Gundega Putniece

Renāte Sanžarevska

Ādolfs Ruciņš

Inga Grīnfelde

Guna Bundzēna

Sindija Liepa

Sadarbības partneris: ZS “Vilciņi 1”

Jelgava, 2022

SATURS

IEVADS	4
1. Nezaļu mehāniskās ierobežošanas efektivitāte lauka pupu un ziemas kviešu sējumos	5
1.1. Izmēģinājumu iekārtošana un pētījumu metodes	6
1.1.1. Izmēģinājuma lauku raksturojums	6
1.1.2. Agrotehniskie pasākumi izmēģinājuma laukos 2019./2020. un 2020./2021. gadā	7
1.1.3. Augu aizsardzības līdzekļu lietošana	8
1.1.4. Meteoroloģiskie apstākļi 2020. un 2021. gadā	8
1.1.5. Nezaļu mehāniskās ierobežošanas metodes	10
1.1.6. Nezaļu uzskaites metodes	10
2. Rezultāti: nezaļu ierobežošanas metodes un augsnes apstrādes metodes ietekme uz nezaļu skaitu, zaļo un sauso masu	12
2.1. Izmēģinājuma laukos konstatētās nezaļu sugas un to skaita dinamika dažādos izmēģinājuma variantos lauka pupu un ziemas kviešu sējumos	12
2.2. Nezaļu ierobežošanas metodes ietekme uz nezaļu zaļo un sauso masu lauka pupu un ziemas kviešu sējumos	15
2.3. Ziemas kviešu un lauka pupu raža dažādos izmēģinājuma variantos	22
SECINĀJUMI: nezaļu ierobežošanas metodes un augsnes apstrādes metodes ietekme uz nezaļu skaitu, zaļo un sauso masu	24
3. Jaunāko tehnoloģiju izmantošana nezaļu ierobežošanai laukaugu sējumos integrētajā audzēšanas sistēmā	26
3.1. Augsnes sēkļu bankas izpēte un sēkļu dīgtspējas saglabāšanās augsnē	26
3.2. Augsnes sēkļu bankas izpēte izmēģinājuma laukos 2020. un 2021. gadā	26
3.2.1. Metodes	26
3.2.2. Rezultāti	27
3.2.3. Secinājumi	32
3.3. Sēkļu dīgtspējas saglabāšanās augsnē atkarībā no to atrašanās dziļuma	33
3.3.1. Metodes	33
3.3.2. Rezultāti	33
SECINĀJUMI: augsnes sēkļu bankas izpēte un sēkļu dīgtspējas saglabāšanās augsnē	39
3.4. Mikrobioloģisko preparātu ietekme uz sēklām siltumnīcas apstākļos	39
4. Mehāniskās nezaļu ierobežošanas sistēmas vērtēšana pēc ekonomiskajiem un citiem vides parametriem	42
4.1. Pielietotās metodes audzējamās kultūrās	42
4.2. Ekonomiskie aprēķini	45
4.3. Energoatēriņš tehnoloģijas īstenošanai	47

4.4. Radītās SEG emisijas	47
SECINĀJUMI: mehāniskās nezaļu ierobežošanas sistēmas vērtēšana pēc ekonomiskajiem un citiem vides parametriem	48
5. SEG emisiju mērījumu veikšana ar Picarro	48
5.1. Iekārtas un aprīkojums	48
5.2. Mērījumu veikšanas vieta un laiks	50
5.3. Datu analīzes metodes	50
5.4. SEG emisiju mērījumu rezultāti	52
5.4.1. Lauka pupas	52
5.4.1.1. Dislāpekļa oksīda mērījumu rezultāti	52
5.4.1.2. Metāna mērījumu rezultāti	53
5.4.1.3. Ogļskābās gāzes mērījumu rezultāti	54
5.4.2. Ziemas kvieši	54
5.4.2.1. Dislāpekļa oksīda mērījumu rezultāti	55
5.4.2.2. Metāna mērījumu rezultāti	55
5.4.2.3. Ogļskābās gāzes mērījumu rezultāti	56
SECINĀJUMI: SEG emisiju mērījumu rezultāti	57
Projekta publicitāte	58
Literatūra	59
PIELIKUMI	62

IEVADS

Efektīva nezāļu ierobežošana ir nepieciešama augstas un kvalitatīvas ražas iegūšanai. Tomēr, pieaugot pieprasījumam pēc bioloģiski ražotās lauksaimniecības produkcijas, ir nepieciešamas alternatīvas herbicīdu lietošanai. Herbicīdu lietojuma samazināšana ir arī daļa no Eiropas Savienības zaļā kursa stratēģijas. Nezāļu mehāniskā ierobežošana ir viena no izplatītākām alternatīvām herbicīdiem, bet Latvijā joprojām pietrūkst pētījumu par tās izmantošanas efektivitāti dažādos kultūraugos.

Lai zemnieki būtu motivēti izmēģināt un izmantot tirgū pieejamos agregātus nezāļu mehāniskajai ierobežošanai, ir nepieciešams noteikt dažādu metožu efektivitāti pret konkrēto sugu nezālēm atkarībā no kultūrauga sugas un citiem apstākļiem. Ir svarīgi noteikt optimālo nezāļu ierobežošanas reižu skaitu un to veikšanas laiku. Ir nepieciešama arī informācija par kultūraugu audzēšanas paņēmieniem, kuri atvieglo mehānisko nezāļu ierobežošanu, kā arī par potenciālajām izmaksām.

Nezāļu ierobežošanas stratēģijas izveidei ir nepieciešams novērtēt arī dažādu nezāļu ierobežošanas metožu un agrotehnisko paņēmienu ilgtermiņa ietekmi uz nezāļu floru. Šo ilgtermiņa ietekmi parāda nezāļu augsnes sēklu banka. Katrā laukā augsnes sēklu bankas lielums un sugu sastāvs ir saistīts ar potenciālo nezāļu biežību un sugu sastāvu. Savukārt nezāļu biežību un sugu sastāvu konkrētā sezonā papildus nosaka kultūrauga suga un izvēlētās nezāļu ierobežošanas metodes. Tāpēc ir nepieciešami pētījumi nezāļu augsnes sēklu bankas raksturošanai un sēklu saglabāšanas ilgumu ietekmējošo faktoru noteikšanai.

Projekta mērķis bija izpētīt jaunākās paaudzes augsnes apstrādes tehnoloģiju efektivitāti nezāļu ierobežošanā un iespējas samazināt augsnē esošo nezāļu sēklu dzīvotspēju, lai mazinātu saimniecībā izmantoto ķīmisko herbicīdu apjomu lauka pupu un ziemas kviešu sējumos.

1. Nezāļu mehāniskās ierobežošanas efektivitāte lauka pupu un ziemas kviešu sējumos

Lai novērstu masveida nezāļu savairošanos un samazinātu herbicīdu lietošanu, iespējams kombinēt ķīmiskās un mehāniskās nezāļu ierobežošanas metodes (Kopmanis, Gaile, 2010). Mehānisko nezāļu ierobežošanu kombinējot ar herbicīdu lietošanu iespējams samazināt herbicīdu izlietojumu (Tharp *et al.*, 2004). Mehāniskā nezāļu ierobežošana lauka pupu sējumos ir pētīta dažādās valstīs. Pētījumos nosaka ne tikai dažādu sugu nezāļu ierobežošanas efektivitāti, bet arī metodes iespējamo negatīvo ietekmi uz kultūraugu.

Lauka pupu sējumos Amerikā pie zema nezāļu blīvuma vienlīdz efektīvi pielietoja mehānisko vai ķīmisko nezāļu ierobežošanas metodi, savukārt pie augstākas nezāļu biežības efektīvāk kombinēt mehānisko un ķīmisko nezāļu ierobežošanu (Amador-Ramirez *et al.*, 2001). Pēc pētījumiem Itālijā, neatkarīgi no nezāļu piesārņojuma līmeņa, mehāniskā nezāļu ierobežošana (kultivēšana) lauka pupu rindstarpu dažādos platumos ir vienlīdz efektīva kā ķīmiskā nezāļu ierobežošana bez būtiska ražas samazinājuma. Augstāku lauka pupu produktivitāti novēroja pie šaurām rindstarpām (0.36 m) – pākstu skaits uz augu progresīvi pieauga, samazinoties augu rindu attālumam. Paralēli pākstu skaita pieaugumam, tūkstoš sēkļu masa samazinājās, attiecīgi 674.0 g šaurās (0.36 m) un 735.0 g platās (1.0 m) rindstarpās, veidojot ražu bez būtiskām atšķirībām. Secināms, ka rindstarpu platums var ietekmēt lauka pupu ražas struktūrelementus (Avola *et al.*, 2008). Izmēģinājumā, kurā salīdzināja mehāniskās un ķīmiskās ierobežošanas metožu efektivitāti, secināja, ka apstrāde ar herbicīdiem samazināja nezāļu biomasu tikai par 37.0–77.0%, kamēr mehāniskā nezāļu ierobežošana uzrādīja augstāku efektivitāti. Vājo ierobežošanas efektivitāti ar herbicīdiem izskaidroja ar viendīgļlapju nezāļu – maura skarenes (*Poa annua*) un parastās rudzuzmilgas (*Apera spica-venti*) – augsto izplatību, kuras nebija jutīgas uz lietotajiem herbicīdiem (Rasmussen, 2004). Pētījumu dati apliecina, ka nezāļu ierobežošanas metožu efektivitāti ietekmē dažādu faktoru kopums.

Ja nezāles ir dīgļlapu etapā un kultūraugs izveidojis līdz trim īstajām lapām, kultūraugs netiek traumēts un nezāļu ecēšana norit efektīvi. Pie šādiem apstākļiem nezāļu ierobežošana sasniedz 89.0–90.0% efektivitāti (Rueda-Ayala *et al.*, 2010). Pēc veiktajiem pētījumiem Itālijā efektīvāka nezāļu ierobežošana ar ecēšām ir nezāļu dīgļlapu etapā vai līdz pirmajām divām īstajām lapām (Peruzzi *et al.*, 2017). Atšķirībā no citiem ecēšu veidiem, zaru ecēšas iespējams lietot kultūrauga vēlākos attīstības etapos. Ecēšana kultūrauga agrā attīstības etapā var augus apraust ar augsni, kas var izraisīt ražas zudumus. Nepieciešams izvērtēt ecēšanas intensitāti, lai sējumam neradītu bojājumus. Piemēram, Dānijā veiktā pētījumā secināts, ka palielinot ecēšanas reižu skaitu samazinājās nezāļu blīvums sējumā, taču tajā pašā laikā samazinājās arī vasaras miežu blīvums, kā rezultātā ieguva zemāku ražu. Ecēšana ziemāju sējumos pavasarī vāji ierobežoja nesmaržīgo suņkumelīti (*Triplerospermum inodorum*), zīda magoni un sārņaugu rapsi (Melander *et al.*, 2005). Vēlākos attīstības etapos nepieciešama intensīvāka sējumu ecēšana, ko panāk ar atkārtotu braucienu skaitu, lielāku braukšanas ātrumu vai darba dziļuma palielināšanu. Nezāļu ataugšana vai jaunu nezāļu dīgšana var radīt nepieciešamību pēc atkārtotas ecēšanas, īpaši sējumos, kur kultūraugiem ir zema konkurētspēja ar nezālēm to attīstības sākumā (Rueda-Ayala *et al.*, 2010).

Nezāļu ierobežošanas efektivitāti var ietekmēt arī augsnes apstrādes metode. Lietuvā veiktā pētījumā konstatēts, ka samazinot augsnes apstrādes intensitāti, īsmūža nezāļu skaits pieauga, īpaši bezaršanas tehnoloģijā. Būtiski vairāk daudzgadīgās nezāles – usnes un kosas uzskaitītas variantā, kurā veikta tiešā sēja. Nezāļu zaļā masa bezaršanas variantā, kurā veikta tiešā sēja bija 5 – 94 reizes lielāka, salīdzinot ar citiem augsnes apstrādes veidiem, kuri iekļauti

konkrētajā izmēģinājumā. Lai arī tiešās sējas variantā nezāļu zaļā masa bija par 25 – 42% augstāka kā variantā, kurā veikta aršana, nepastāvēja būtiskas atšķirības starp augsnes apstrādes veidiem un nezāļu zaļo masu (Romaneckas *et al.*, 2021.)

1.1. Izmēģinājumu iekārtošana un pētījumu metodes

1.1.1. Izmēģinājuma lauku raksturojums

Izmēģinājumus iekārtoja ZS “Vilciņi-1”, divos ražojošos laukos: Miezīšu un Vilciņu laukā. Abos laukos iekārtoti trīs parauglaukumi (platums – 33 m, garums – 310 m), kuri kopā aizņēma 3 ha no kopējās lauka platības. Divos no iekārtotajiem parauglaukumiem pavasarī veica mehānisko nezāļu ierobežošanu, trešajā veica ierobežošanu ar herbicīdiem atbilstoši saimniecības ierastajai praksei. Papildu uzskaites veica sējumā ārpus iekārtotajiem parauglaukumiem, kur nezāles arī ierobežoja ar herbicīdiem, izmantojot tādas pašas uzskaišu metodes. Parauglaukumos atšķīrās augsnes apstrādes metode. Kopumā, kombinējot divas atšķirīgas augsnes apstrādes metodes un divas nezāļu ierobežošanas metodes (1.1. tab.), katrā laukā bija četri varianti: 1. arts rudenī (AM) un 2. lobīts pavasarī (lauka pupu sējumos), abos variantos sējumu kopšanā lietota mehāniskā nezāļu ierobežošana – rindstarpu ecēšana un kultivēšana (LM). 3. variants arts rudenī (AH) un 4. variants lobīts pavasarī (lauka pupu sējumos), kur sējumu kopšanā lietoti herbicīdi LH). Izmēģinājumi aptver laika periodu no 2020. līdz 2021. gadam. Ziemas kviešu sējumos augsnes apstrāde visos variantos bija veikta vienādi, bet uzskaites veica visos parauglaukumos, atbilstoši augsnes apstrādes variantiem lauka pupu sējumos.

1.1. tabula

Augsnes apstrādes un nezāļu ierobežošanas metožu varianti izmēģinājuma laukos

Lauks; gads	Vilciņu laiks				Miezīšu lauks			
	2020. gads							
Augsnes apstrādes metode	Lobīšana pavasarī (lauka pupas)	Lobīšana pavasarī (lauka pupas)	Aršana rudenī (lauka pupas)	Aršana rudenī (lauka pupas)	Aršana rudenī (ziemas kvieši)	Aršana rudenī (ziemas kvieši)	Aršana rudenī (ziemas kvieši)	Aršana rudenī (ziemas kvieši)
Nezāļu ierobežošanas metode	Nezāļu ierobežošana ar herbicīdiem	Mehāniskā nezāļu ierobežošana	Mehāniskā nezāļu ierobežošana	Nezāļu ierobežošana ar herbicīdiem	Nezāļu ierobežošana ar herbicīdiem rudenī un pavasarī	Nezāļu ierobežošana ar herbicīdiem rudenī un mehāniskā ierobežošana pavasarī	Nezāļu ierobežošana ar herbicīdiem rudenī un mehāniskā ierobežošana pavasarī	Nezāļu ierobežošana ar herbicīdiem rudenī un pavasarī
2021. gads								
Augsnes apstrādes metode	Tiešā sēja (ziemas kvieši)	Tiešā sēja (ziemas kvieši)	Tiešā sēja (ziemas kvieši)	Tiešā sēja (ziemas kvieši)	Lobīšana pavasarī (lauka pupas)	Lobīšana pavasarī (lauka pupas)	Aršana rudenī (lauka pupas)	Aršana rudenī (lauka pupas)
Nezāļu ierobežošanas metode	Nezāļu ierobežošana ar herbicīdiem rudenī un pavasarī	Nezāļu ierobežošana ar herbicīdiem rudenī un mehāniskā ierobežošana pavasarī	Nezāļu ierobežošana ar herbicīdiem rudenī un mehāniskā ierobežošana pavasarī	Nezāļu ierobežošana ar herbicīdiem rudenī un pavasarī	Nezāļu ierobežošana ar herbicīdiem	Mehāniskā nezāļu ierobežošana	Mehāniskā nezāļu ierobežošana	Nezāļu ierobežošana ar herbicīdiem
Saisināts varianta apzīmējums	LH	LM	AM	AH	LH	LM	AM	AH

Mieziņu laukā 2020. gadā auga ziemas kvieši, bet 2021. gadā – lauka pupas. Ziemas kviešu priekšaugi – ziemas kvieši (pēc ziemas kviešu ražas novākšanas 22.08.2020. iesēta starpkultūra – auzas, zirņi 150 kg ha⁻¹). Lauka agroķīmiskie rādītāji: pH KCl 7.1, P₂O₅ 41.0 (4.1 mg/100 g) un K₂O 67.0 mg kg⁻¹ (6.7 mg/100 g), organiskās vielas saturs 2.5%. Karbonātiskā velēnu virspusēji glejotā augsne, viegls māls. Lauks – līdzens, drenēts.

Vilciņu laukā 2020. gadā auga lauka pupas, bet 2021. gadā – ziemas kvieši. Lauka pupu priekšaugi – ziemas rapsis (pēc rapša ražas novākšanas 22.08.2019. iesēta starpkultūra – griķu, zirņu un auzu maisījums 150 kg ha⁻¹). Lauka agroķīmiskie rādītāji: pH KCl 7.1, P₂O₅ 91.3 (2.7 mg/100g) un K₂O 62.4 mg kg⁻¹ (7.6 mg/100g), organiskās vielas saturs 2.4%. Velēnu karbonātaugsne, smags smilšmāls. Lauks – līdzens, drenēts.

1.1.2. Agrotehniskie pasākumi izmēģinājuma laukos 2019./2020. un 2020./2021. gadā ***Augsnes apstrāde un sēja***

Abos izmēģinājuma laukos un abos pētījuma gados lietoti divi augsnes apstrādes veidi:

- 1) arts rudenī (darba dziļums – 18 cm, *Kverneland PG-100-8*);
- 2) lobīts pavasarī (lauka pupu sējumos) (darba dziļums – 18 cm, *Kockerling Vector 800* rugaines kultivators).

Mieziņu laukā aršana, kultivēšana un lobīšana veikta 2019. gada rudenī. Ziemas kvieši ‘Skagen’ iesēti 2019. gada 1. septembrī, izsējas norma 270 kg ha⁻¹ (500 augi m²), sēklu iestrādes dziļums 3 cm, rindstarpu attālums 12.5 cm (sējmašīna *Horsch Pronto*).

Lauka pupu sējai aršana veikta 6.11.2020., lobīšana un kultivēšana 9.04.2021. gadā (augšņu kultivēšana veikta tikai artajā variantā). Pupas ‘Fuego’ iesētas 2021. gada 12. aprīlī, izsējas norma 420 kg ha⁻¹ (55 augi m²), sēklu iestrādes dziļums 5 cm, rindstarpu attālums 30 cm (sējmašīna *Horsch Focus*).

Vilciņu laukā aršana veikta 18.09.2019., lobīšana 27.03.2020. un kultivēšana veikta visā laukā 31.03.2020., t.i. lauks sagatavots lauka pupu sējai. Lauka pupas ‘Fuego’ iesētas 2020. gada 8. aprīlī, izsējas norma 505 kg ha⁻¹ (55 augi m²), sēklu iestrādes dziļums 5 cm, rindstarpu attālums 30 cm (sējmašīna *Horsch Focus*).

Savukārt pēc lauka pupu ražas novākšanas ziemas kviešu sēja veikta ar tiešās sējas sējmašīnu *Horsch Focus*. Ziemas kvieši ‘Skagen’ iesēti 2020. gada 10. septembrī, izsējas norma 230 kg ha⁻¹ (450 augi m²), sēklu iestrādes dziļums 3 cm, rindstarpu attālums 30 cm.

Mēslošana

Ziemas kviešu un lauka pupu mēslošanu veica atbilstoši saimniecības ierastajai praksei, mēslošanas shēmas Mieziņu laukā un Vilciņu laukā ir dotas attiecīgi 1.2, un 1.3. tabulās.

1.2. tabula

Mieziņu laukā augušo ziemas kviešu un lauka pupu mēslošanas shēma

Datums	Mēslojums – ziemas kviešiem	Datums	Mēslojums – lauka pupām
13.03.2020.	N30+S7 214 kg ha ⁻¹	09.04.2021.	KCl 110 kg ha ⁻¹ Amofoss 130 kg ha ⁻¹
08.04.2020.	N30+S7 345 kg ha ⁻¹	31.05.2021.	Moliboro 2 L ha ⁻¹
94.06.2020.	Amonija sulfāts N30+S7 110 kg ha ⁻¹	10.06.2021.	ZooM 2 L ha ⁻¹

Vilciņu laukā augušo lauka pupu un ziemas kviešu mēslošanas shēma

Datums	Mēslojums – lauka pupām	Datums	Mēslojums – ziemas kviešiem
27.03.2020.	KCl 104 kg ha ⁻¹ MAP 105 kg ha ⁻¹	26.03.2021.	N30+S7 270 kg ha ⁻¹
04.06.2020.	Bors 2 L ha ⁻¹	17.04.2021.	Profi Basis Plus 1.5 L ha ⁻¹
19.06.2020.	ZooM 2 L ha ⁻¹	27.04.2021.	N30+S7 300 kg ha ⁻¹
		13.05.2021.	Profi Basis Plus 1.5 L ha ⁻¹
		07.06.2021.	N30+S7 97 kg ha ⁻¹

1.1.3. Augu aizsardzības līdzekļu lietošana

Mieziņu laukā 2019. gadā ziemas kviešu sējumā rudenī (23.09.2019.) lietots Komplet 0.5 L ha⁻¹. Ziemas kviešu sējumā 2020. gada 22. aprīlī lietots herbicīds Zypar 1 L ha⁻¹ + TBM 0.02 kg ha⁻¹.

2021. gadā pupu sējumā, variantos, kur veikta nezāļu ierobežošana ar herbicīdiem, pavasarī 17.04.2021. lietots Fenix 3 L ha⁻¹, 21.05.2021. Basagran 1.5 L ha⁻¹ un 31.05.2021. Targa Super 0.9 L ha⁻¹.

Vilciņu laukā 2020. gada pavasarī pēc pupu sējas variantos, kuros veica nezāļu ierobežošanu ar herbicīdiem, herbicīdi lietoti divas reizes. Pirmo reizi 2020. gada 5. maijā – Fenix 1.0 L ha⁻¹ + Basagran 1.0 L ha⁻¹ un otro reizi 2020. gada 27. maijā – Basagran 1.0 L ha⁻¹.

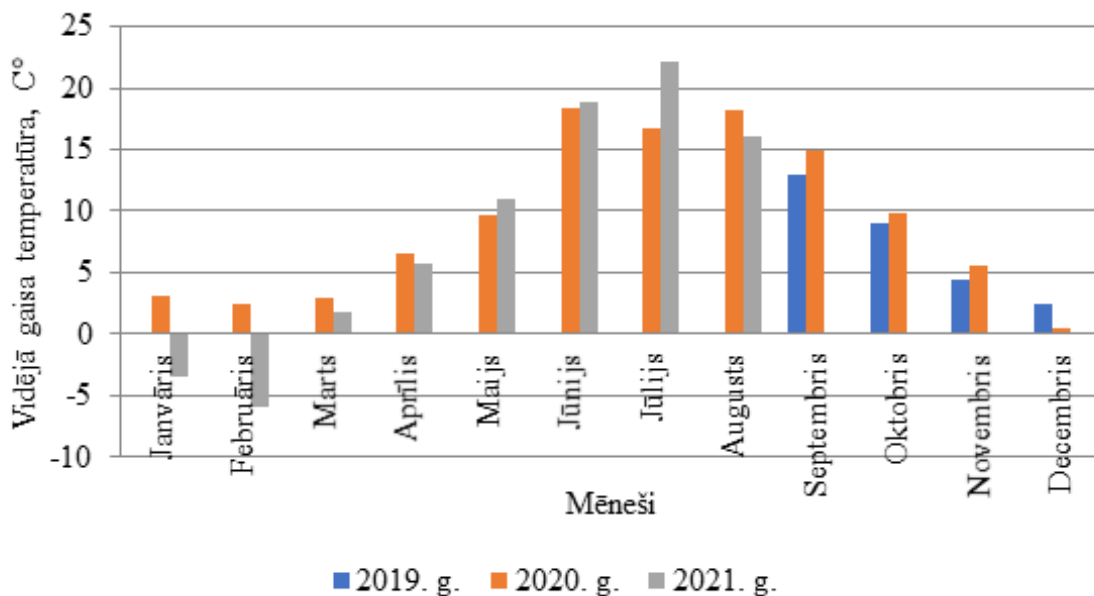
2021. gadā, kad laukā auga ziemas kvieši rudenī (23.09.2020.) lietots herbicīds Komplet, 0.5 L ha⁻¹ un variantos, kur pavasarī nezāles ierobežoja ar herbicīdiem, 13.05.2021. lietoja Zypar 0.5 L ha⁻¹ + TBM 0.02 kg ha⁻¹.

Fungicīdus, insekticīdus un augšanas regulatorus abos laukos lietoja atbilstoši kultūraugam, vienādi visos izmēģinājuma variantos.

1.1.4. Meteoroloģiskie apstākļi 2020. un 2021. gadā

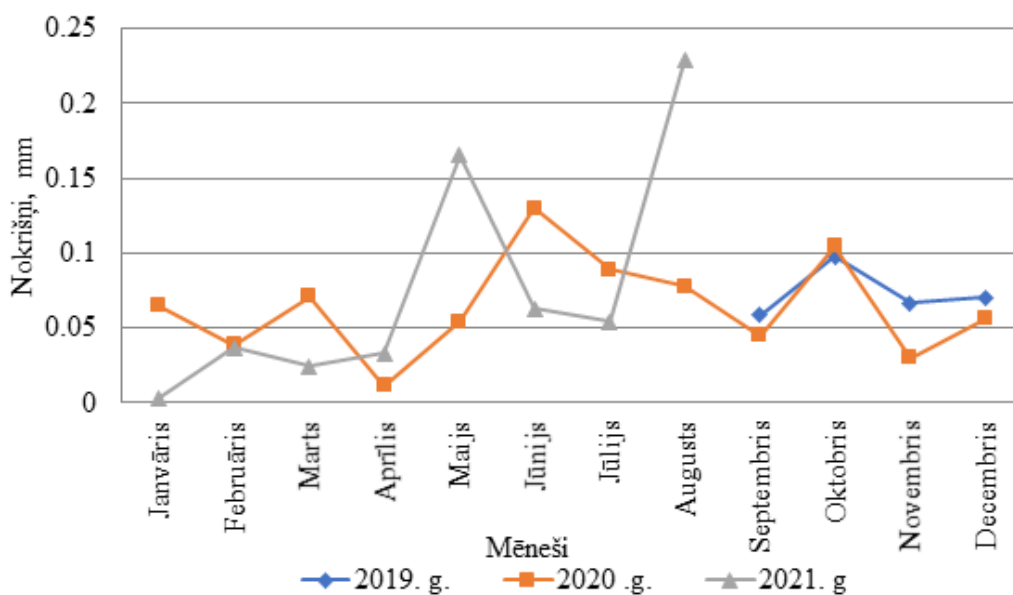
Saimniecībā 2 metru augstumā ir ierīkota meteostacija, kura katru stundu datorprogrammā reģistrē vidējo, maksimālo un minimālo gaisa temperatūru, kā arī nokrišņu summu, mm. Meteostacija no Vilciņu lauka atrodas 0.4 km, bet no Mieziņu lauka 1 km attālumā.

Lauka pupas abos izmēģinājuma gados iesētas aprīlī. 2020. gadā vidējā gaisa temperatūra aprīļa mēnesī bija 6.52 °C, bet 2021. gadā 5.67 °C. Salīdzinot laika periodu, kad veikta sējumu kopšana izmantojot herbicīdus un mehāniskās nezāļu ierobežošanas metodes, 2021. gada vasara bija siltāka nekā 2020. gada vasara, izņēmums ir augusts, kad vidējā gaisa temperatūra 2021. gada augustā bija par 2.2 °C zemāka nekā 2020. gadā (1.1. att.). Ziemas kvieši abos izmēģinājuma gados iesēti septembrī.



1.1. attēls Vidējā gaisa temperatūra, °C izmēģinājuma periodā (pēc ZS „Vilciņi-1” meteostacijas datiem).

Nokrišņu sadalījums abos izmēģinājuma gados bija atšķirīgs (1.2. att.). Mehāniskā nezāļu ierobežošana lauka pupu sējumos abos pētījuma gados veikta aprīlī un ziemas kviešos (tikai 2021. gadā) ar rotējošām ecēšām (1.3. un 1.4. tab.). Maija mēnesī 2021. gadā reģistrēts vairāk nokrišņu kā 2020. gadā, kad lauka pupu sējumos veikta mehāniskā nezāļu ierobežošana gan ar rotējošām ecēšām, gan rindstarpu kultivatoru. Savukārt jūnija sākumā mehāniskā nezāļu ierobežošana noslēdzās, 2020. gadā šajā mēnesī reģistrēti vairāk nokrišņi nekā 2021. gadā.



1.2. attēls. Nokrišņu sadalījums, mm izmēģinājuma periodā (pēc ZS „Vilciņi-1” meteostacijas datiem).

1.1.5. Nezāļu mehāniskās ierobežošanas metodes

Mieziņu laukā 2020. gada pavasarī atsākoties veģetācijai mehāniskā nezāļu ierobežošana ziemas kviešu sējumā netika veikta, jo sējums bija tīrs no nezālēm. 2021. gadā lauka pupu sējumā pielietojot mehānisko nezāļu ierobežošanu pirmās 2 apstrādes veiktas ar rotējošām ecēšām (darba dziļums – līdz 1 cm, *Einböck*, *AEROSTAR*) (**Pielikums Nr. 1**) un nākamās 2 ar rindstarpu kultivatoru (darba dziļums – no 1 līdz 2 cm, *Einböck*, *CHOPSTAR*) (**Pielikums Nr.2**) (1.4. tab.).

1.4. tabula

Mieziņu laukā veiktās mehāniskās sējumu apstrādes

Datums	Lauka pupām 2021. g.
28.04.2021.	ecēšana ar rotējošām ecēšām
15.05.2021.	
21.05.2021.	rindstarpu kultivators
04.06.2021.	

Vilciņu laukā 2020. gada pavasarī pēc pupu sadīgšanas un veģetācijas periodā nezāles ierobežotas ar rotējošajām ecēšām un rindstarpu kultivatoru. Pirmās 4 apstrādes veiktas ar rotējošajām ecēšām un tad divas – ar rindstarpu kultivatoru (1.5. tab.). Savukārt 2021. gadā, kad laukā auga ziemas kvieši, veikta vienreizēja sējumu ecēšana.

1.5. tabula

Vilciņu laukā veiktās mehāniskās sējumu apstrādes

Datums	Lauka pupām 2020. g.	Datums	Ziemas kviešiem 2021. g.
20.04.2020.	ecēšana ar rotējošām ecēšām	09.04.2021.	ecēšana ar rotējošām ecēšām
22.05.2020.	rindstarpu kultivators		

1.1.6. Nezāļu uzskaites metodes

Abos pētījuma gados lauka pupu sējumos veiktas nezāļu skaita uzskaites, izmantojot 0.25 m² lielu rāmīti, un nezāļu zaļās un sausās masas uzskaitē. Nezāļu skaita uzskaites veica pirms nezāļu ierobežošanas un divu nedēļu laikā pēc ierobežošanas, kopumā lauka pupu sējumos 2020. gadā veica 6 un 2021. gadā 7 nezāļu uzskaites. Nezāļu skaita uzskaites veiktas 24 stacionārās vietās katrā no izmēģinājuma parauglaukumiem, kuras atzīmēja ar mietiņiem. Katrā nezāļu apjoma uzskaitē noteiktas nezāļu sugas, katras sugas īpatņu skaits un katras sugas īpatņu maksimālais un minimālais garums, kā arī attīstības stadija. Zaļās masas uzskaiti veica nezāļu ziedēšanas laikā 12 vietās katrā no izmēģinājumu parauglaukumiem. Nezāļu zaļo masu noteica, ievācot visas nezāles 0.25 m² rāmītī. Katrā uzskaites vietā noteica nezāļu sugas, katras sugas īpatņu maksimālo un minimālo garumu un attīstības stadiju, kā arī katras sugas īpatņu

skaitu un to kopējo masu. 2021. gadā nezāļu zaļās masas uzskaites atšķirās, nezāles ievāktas atsevišķi gan rindstarpās, gan kultūrauga sējas rindās (2020. gadā ievāca kopīgi visā uzskaites vietā). Katrā uzskaites vietā ievāktās nezāles nosvēra, žāvēja 144 h 40 °C temperatūrā un pēc tam noteica kopējo nezāļu sauso masu katrā uzskaites vietā.

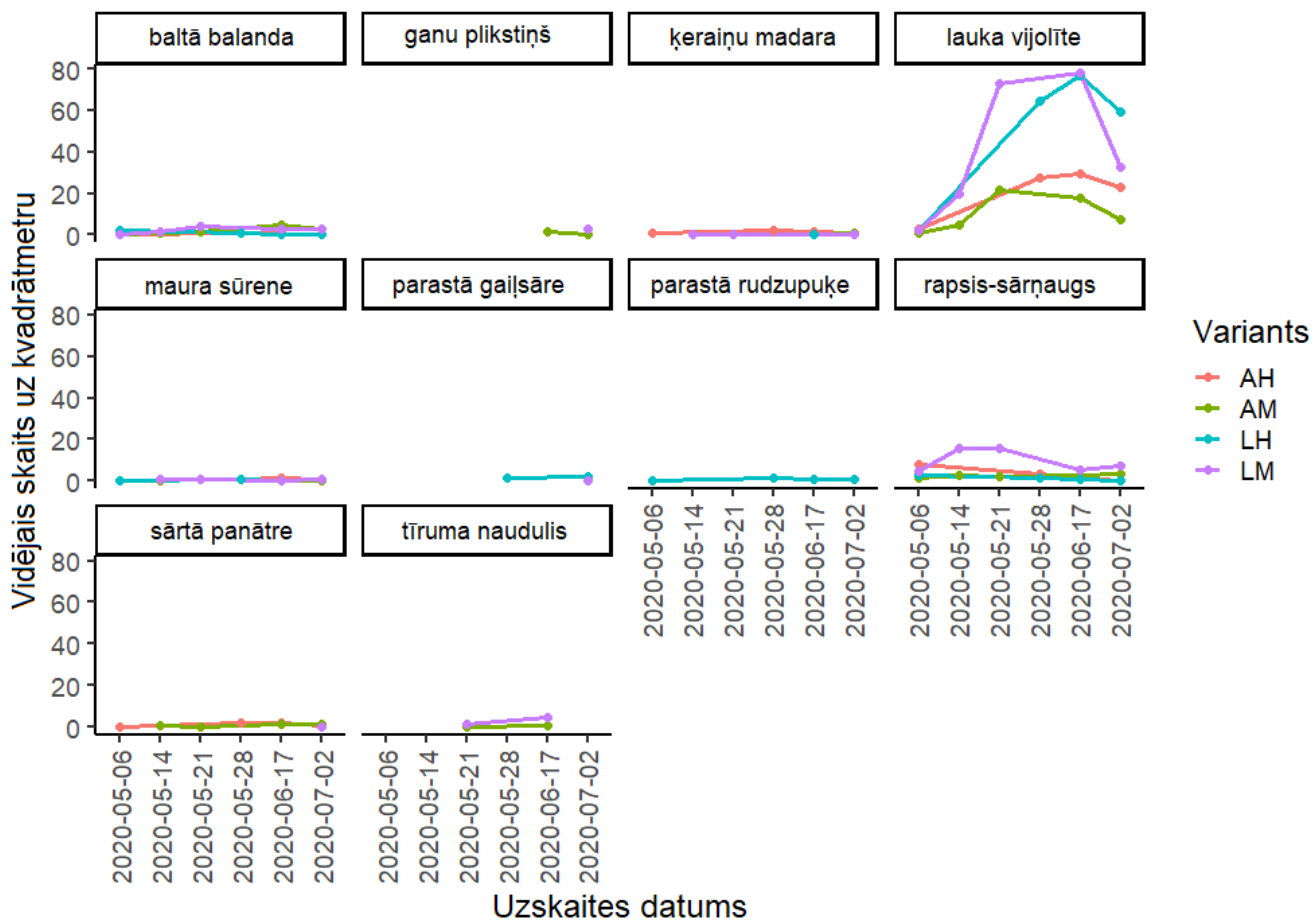
2020. gadā ziemas kviešu sējumā nezāļu uzskaitē no pupu sējumiem atšķirās, jo Miezīšu laukā, kurā augs ziemas kvieši nezāļu praktiski nebija, līdz ar to netika veikta nezāļu zaļās masas uzskaitē. Savukārt 2021. gadā, kad ziemas kvieši auga Vilciņu laukā, nezāļu uzskaitē bija analoga lauka pupu sējumu nezāļainības uzskaitē, kopumā ziemas kviešu sējumā veica 4 nezāļu uzskaites.

Nezāļu kopējās zaļās masas, sausās masas un kopējā skaita zaļās masas ievākšanas datumā salīdzināšanai izmantoja Kruskal-Wallis testu. Datu analīzei izmantoja dispersijas analīzes metodi. Datu apstrādi veica, izmantojot programmu R (versija 4.1.1).

2. Rezultāti: nezāļu ierobežošanas metodes un augsnes apstrādes metodes ietekme uz nezāļu skaitu, zaļo un sauso masu

2.1. Izmēģinājuma laukos konstatētās nezāļu sugas un to skaita dinamika dažādos izmēģinājuma variantos lauka pupu un ziemas kviešu sējumos

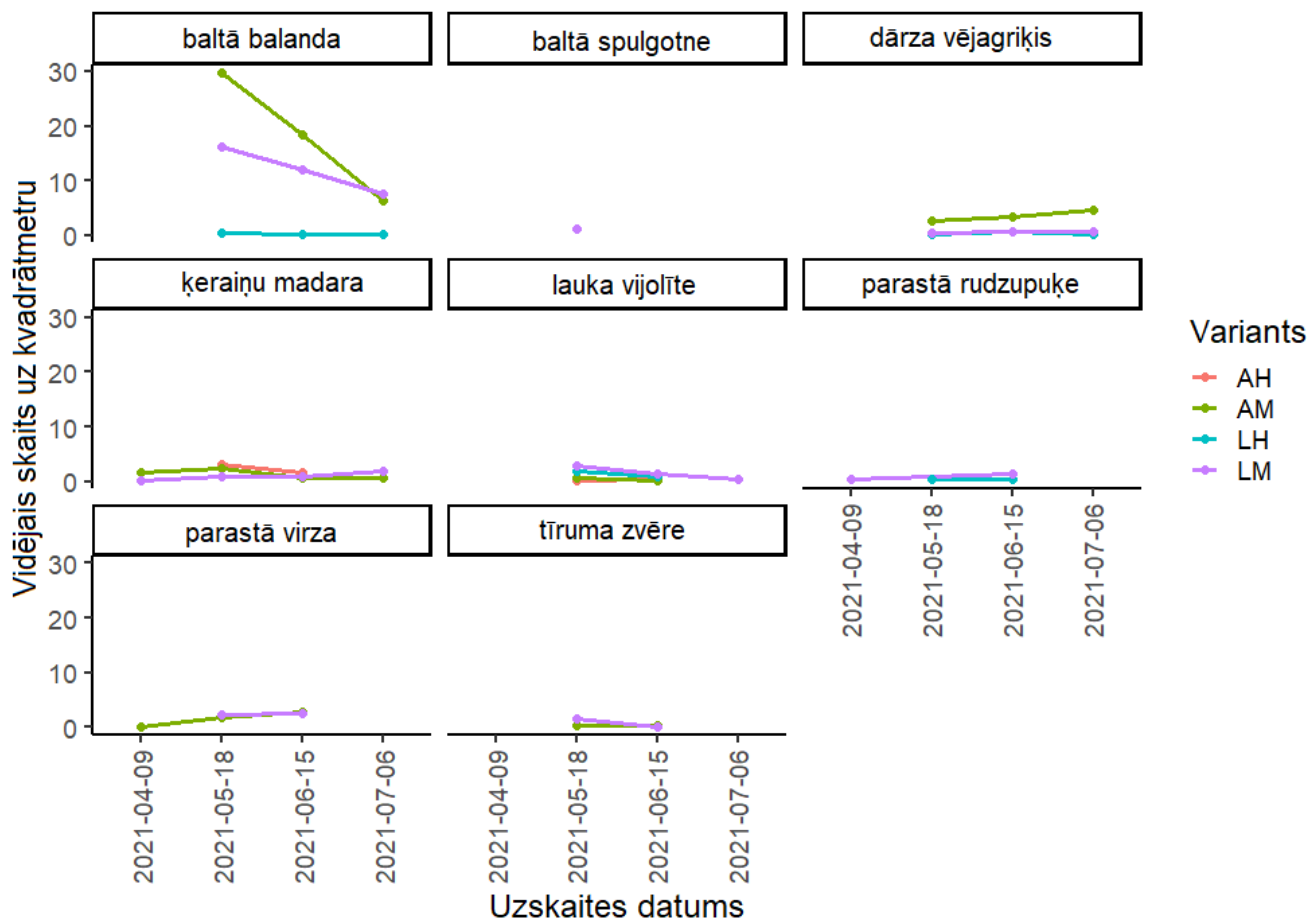
Vilciņu laukā 2020. gadā lauka pupu sējumā izplatītākās nezāļu sugas bija baltā balanda, ganu plikstiņš, ķeraiņu madara, lauka vijolīte, maura sūrene, parastā gaiļšāre parastā rudzupuķe, rapsis-sārņnaugs, sārtā panātre un tīruma naudulis (2.1. att.). Visu uzskaitīto nezāļu sugu saraksts ir dots **Pielikumus 3**



2.1. attēls. Dominējošo nezāļu sugu dinamika dažādos izmēģinājuma variantos lauka pupu sējumā 2020. gadā. Varianti: AH – aršana rudenī, apstrāde ar herbicīdiem pavasarī; AM – aršana rudenī, mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī; LH – lobīšana pavasarī, apstrāde ar herbicīdiem pavasarī; LM – lobīšana pavasarī, mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī.

Laika pupu sējumā 2020. gadā skaitliski dominēja trīs nezāļu sugas: lauka vijolīte, baltā balanda un rapsis-sārņnaugs (2.1. att.). Nezāles skaita ziņā bija maz, ko iespējams skaidrot efektīvu nezāļu ierobežošanu pupu priekšaugā rapsī, kā arī starpkultūras lietošanu. Savstarpēji salīdzinot visus četrus variantus vairāk nezāļu konstatēts variantā, kurā veikta lobīšana pavasarī un mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī (LM).

Savukārt ziemas kviešu sējumā 2021. gadā izplatītākās nezāļu sugas bija: baltā balanda, baltā spulgotne, dārza vējagriķis, ķeraiņu madara, lauka vijolīte, parastā rudzupuķe, parastā virza, tīruma zvēre (2.2. att.). Visu uzskaitīto nezāļu sugu saraksts ir dots **Pielikums 3.**

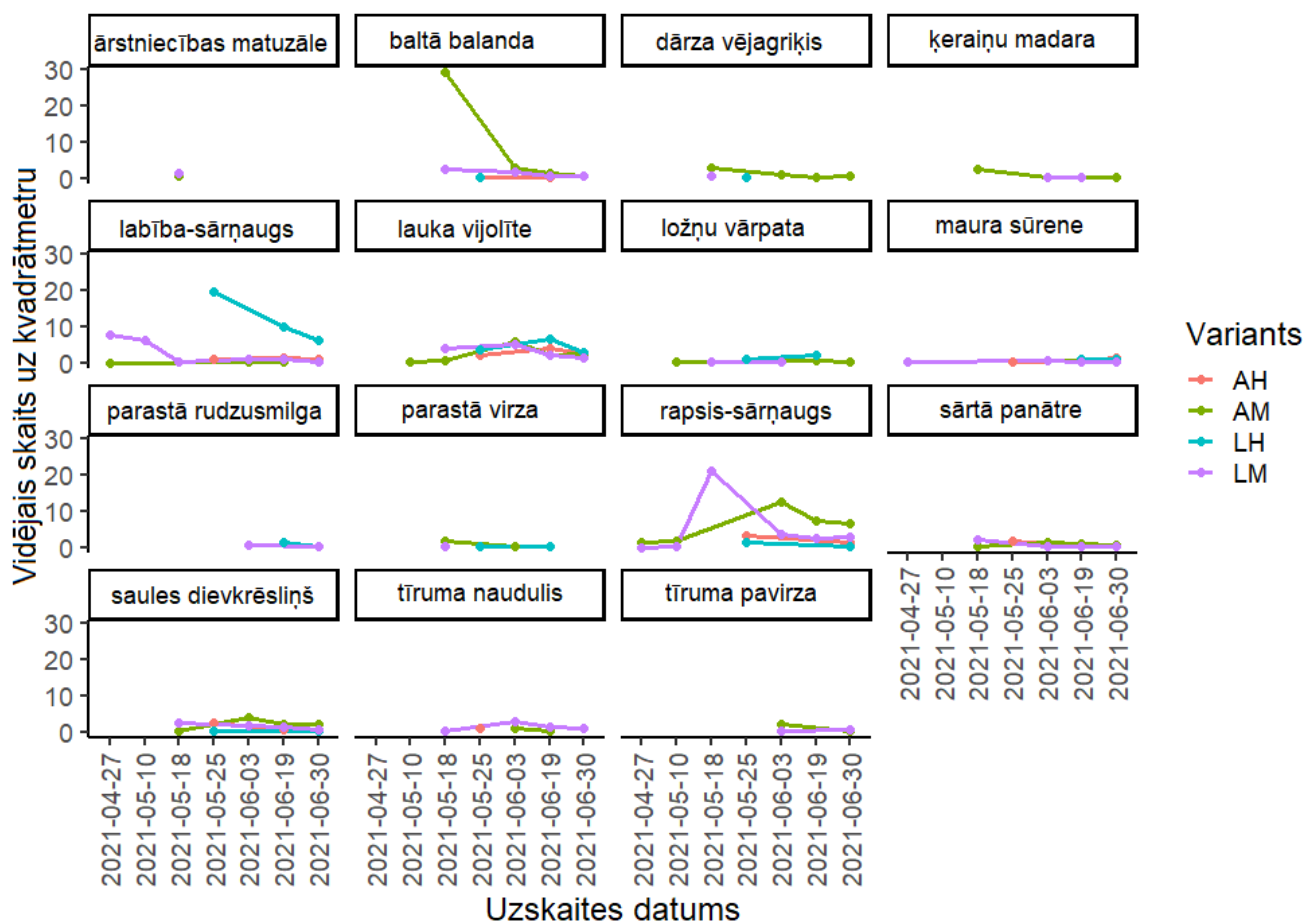


2.2. attēls. Dominējošo nezāļu sugu dinamika dažādos izmēģinājuma variantos ziemas kviešu sējumā 2021. gadā. Varianti: AH – aršana rudenī (2020.g. pirms lauka pupu sējuma iekārtošanas), apstrāde ar herbicīdu rudenī un pavasarī; AM – aršana rudenī (2020. g., pirms lauka pupu sējuma iekārtošanas), apstrāde ar herbicīdu rudenī un mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī; LH – lobīšana pavasarī (2020.g. pirms lauka pupu sējas), apstrāde ar herbicīdu rudenī un pavasarī; LM – lobīšana pavasarī (2020.g. pirms lauka pupu sējas), apstrāde ar herbicīdu rudenī un mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī.

Ziemas kviešu sējumā 2021. gadā izteikti dominējošā nezāle bija baltā balanda. Balanda būtiski vairāk bija variantā, kurā veikta aršana rudenī, apstrāde ar herbicīdu rudenī un mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī (AM), nekā variantā, kurā veikta lobīšana rudenī, apstrāde ar herbicīdu rudenī un pavasarī (LH). Variantā (AM) salīdzinot nezāļu uzskaites reizes balto balandu mehāniskā nezāļu ierobežošana ir būtiski samazinājusi (4. att.). Baltā balanda, baltā spulgotne, dārza vējagriķis, lauka vijolīte un tīruma zvēre uzskaitītas nezāļu otrajā uzskaites reizē, t.i. 18.05.2021. un sējumā bija sastopamas arī trešajā un ceturtajā nezāļu uzskaites reizēs, izņēmums ir baltā spulgotne – uzskaitīta tikai otrajā uzskaites reizē.

Savukārt ķeraiņu madara, parastā rudzupuķe un parastā virza lauka pupu sējumā konstatētas jau pirmajā nezāļu uzskaites reizē (09.04.2021.) un laukā bija pirmās trīs uzskaites reizes.

Mieziņu laukā lauka pupu sējumā 2021. gadā dominēja sekojošas nezāļu sugas: ārstniecības matuzāle, baltā balanda, dārza vējagriķis, ķeraiņu madara, lauka vijolīte, ložņu vārpata, maura sūrene, parastā rudzuzmilga, parastā virza, sārtā panātre, saules dievkresliņš, tīruma naudulis, tīruma pavirza un divi sārņaugi: rapsis un labība (2.3. att.). Visu uzskaitīto sugu saraksts ir dots **Pielikumums 3**.

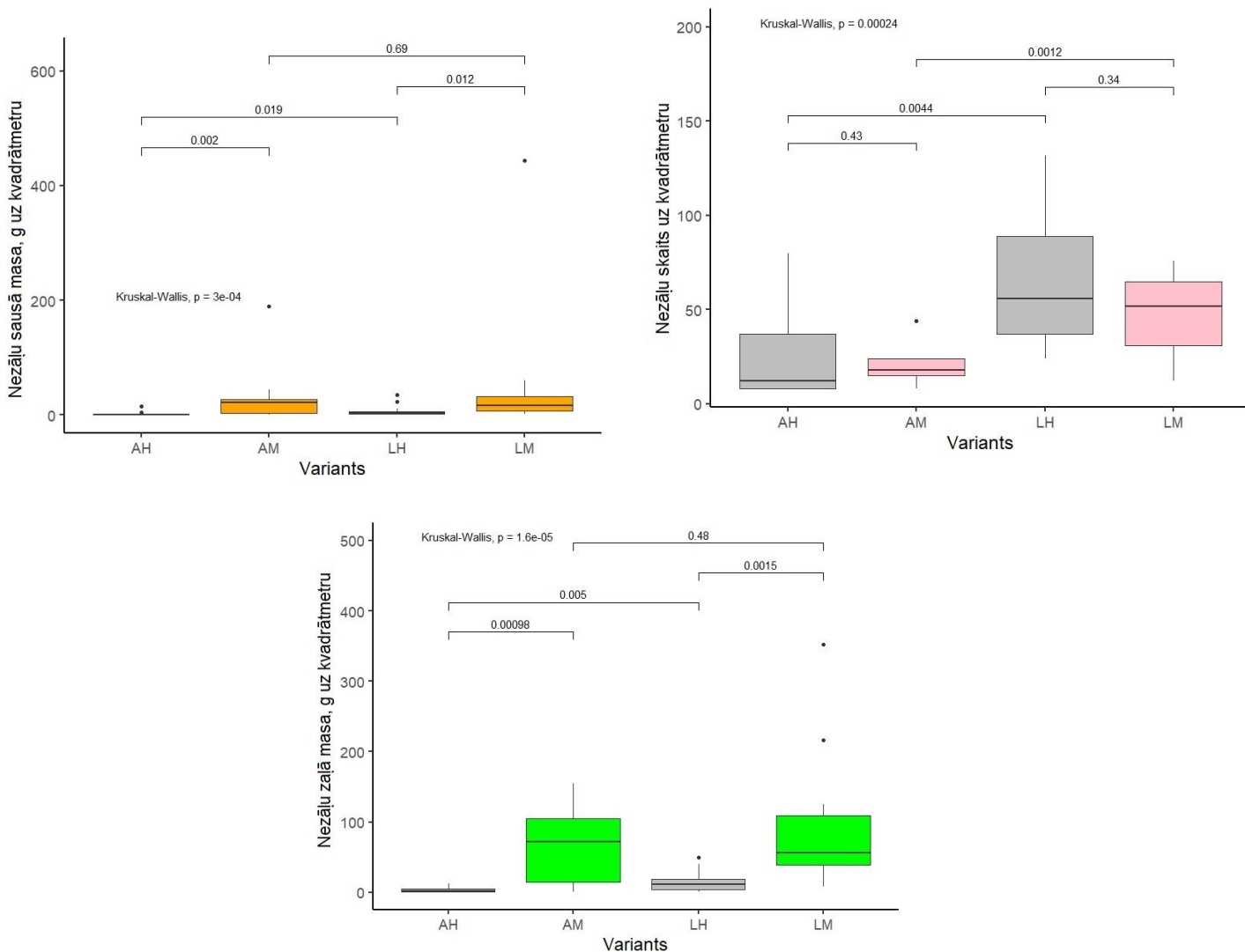


2.3. attēls. Dominējošo nezāļu sugu dinamika dažādos izmēģinājuma variantos lauka pupu sējumā 2021. gadā. Varianti: AH – aršana rudenī, apstrāde ar herbicīdiem pavasarī; AM – aršana rudenī, mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī; LH – lobīšana pavasarī, apstrāde ar herbicīdiem pavasarī; LM – lobīšana pavasarī, mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī.

Lauka pupu sējumā 2021. gadā veiktas septiņas nezāļu uzskaites. Variantos – AM, LM un LH nezāļu uzskaitēs konstatēts vairāk nezāļu kā AH – variantā, t.i. variantā, kurā veikta aršana un pavasarī lietoti herbicīdi. Abi sārņaugi uzskaitīti visās nezāļu uzskaites reizēs. Lielākais rapša-sārņauga skaits uzskaitīts LM variantā, turpretī labība-sārņaugis – LH variantā. Baltā balanda, lauka vijolīte, saules dievkresliņš, rapsis un labība-sārņaugis uzskaitīti visos četros variantos. Ložņu vārpata – daudzgadīgā sakņu dzinumu nezāle nav uzskaitīta AH variantā, t.i. variants, kurā veikta rudens aršana un lietoti herbicīdi, ložņu vārpata ir būtiski ierobežota.

2.2. Nezāļu ierobežošanas metodes ietekme uz nezāļu zaļo un sauso masu lauka pupu un ziemas kviešu sējumos

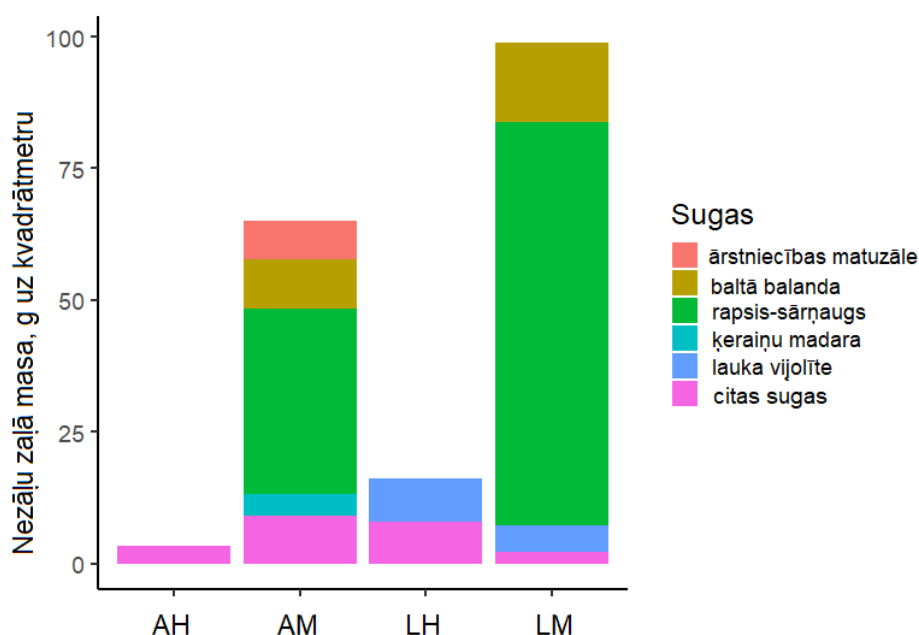
Vilciņu laukā 2020. gadā lauka pupu sējumā savstarpēji salīdzinot nezāļu ierobežošanas metodes ietekmi uz nezāļu zaļo masu var secināt, ka starp variantiem AM un LM nav būtisku atšķirību ($0.48 > 0.05$), bet starp pārējiem variantiem pastāv būtiskas atšķirības. Variantos AM un LM, kur veikta nezāļu mehāniskā ierobežošana pavasarī nezāļu zaļā masa bija būtiski lielāka, salīdzinot ar variantiem AH un LH, kur lietoti herbicīdi (2.4. att.). Variantā AM, nezāļu zaļās masas būtisku pieaugumu veicināja rapsis-sārņaugi, ko var skaidrot ar to, ka veicot aršanu rudenī rapša sēklas tika uzceltas augsnes virspusē, kā rezultātā sadīga un turpināja attīstību. Analogi rezultāti iegūti nosakot nezāļu sauso masu uz m^{-2} . Nezāļu vidējais skaits uz m^{-2} bija vislielākais variantos LH un LM (2.4. att.), ko var skaidrot ar lielu lauka vijolītes augu skaitu šajos variantos (1.2.att.).



2.4. attēls. Nezāļu kopējā zaļā masa, sausā masa un kopējais skaits zaļās masas uzskaites datumā dažādos izmēģinājuma variantos lauka pupu sējumā 2020. gadā. Varianti: AH – aršana rudenī, apstrāde ar herbicīdiem pavasarī; AM – aršana rudenī, mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī; LH – lobīšana pavasarī, apstrāde ar herbicīdiem pavasarī; LM – lobīšana pavasarī, mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī.

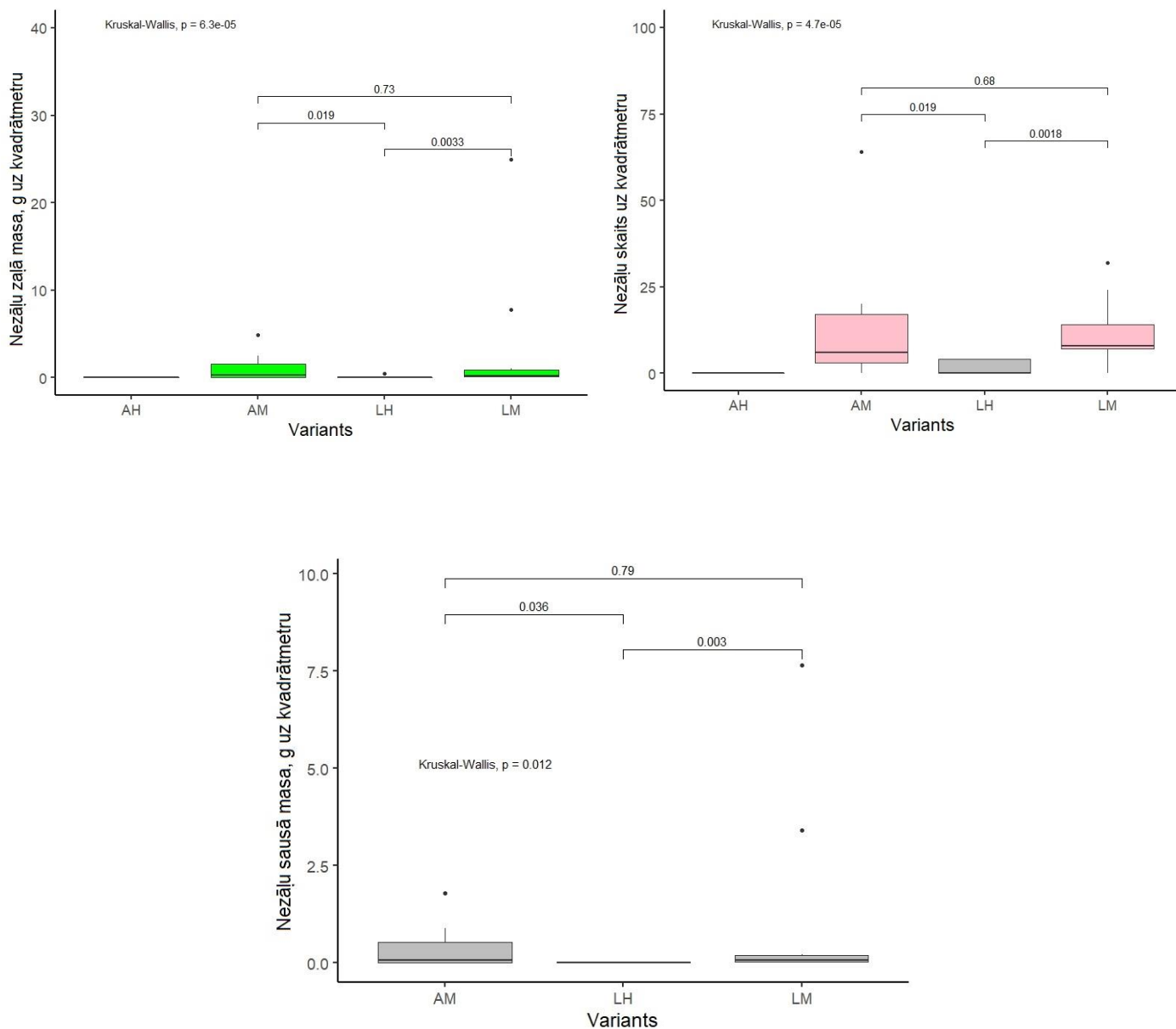
Salīdzinot nezāļu skaitu uz m^{-2} starp visiem četriem variantiem (2.4. att.) redzams, ka starp variantiem AH un AM ($0.43 > 0.05$) un variantiem LH un LM ($0.34 > 0.05$) būtisku atšķirību nav. Savukārt starp variantiem AH un LH ($0.0044 < 0.05$) un variantiem AM un LM ($0.0012 < 0.05$) pastāv būtiskas atšķirības (1.6. att.).

Savukārt salīdzinot nezāļu zaļās masas m^{-2} sadalījumu pa uzskaitītajām nezāļu sugām starp izmēģinājuma variantiem var secināt, ka variantos AH un LH bija būtiski mazāks nezāļu sugu skaits, t.i. pielietotais augsnes apstrādes veids kombinācijā ar herbicīdu lietošanu ir sekmējis nezāļu skaita samazinājumu, efektīvāk ierobežojot atsevišķas nezāļu sugas (2.5. att.). Variantos AM un LM, kur veikta mehāniskā nezāļu ierobežošana, dominēja rapsis-sārņaugi un baltā balanda.



2.5. attēls. Nezāļu zaļās masas sadalījums pa sugām dažādos izmēģinājuma variantos lauka pupu sējumā 2020. gadā. Varianti: AH – aršana rudenī, apstrāde ar herbicīdiem pavasarī; AM – aršana rudenī, mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī; LH – lobīšana pavasarī, apstrāde ar herbicīdiem pavasarī; LM – lobīšana pavasarī, mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī.

Vilciņu laukā 2021. gadā ziemas kviešu sējumā savstarpēji salīdzinot nezāļu ierobežošanas metodes ietekmi uz nezāļu zaļo masu var secināt, ka starp variantiem AM un LM nav būtisku atšķirību ($0.73 > 0.05$), līdzīgi rezultāti iegūti lauka pupu sējumā 2020. gadā. Savukārt starp variantiem AM un LH ($0.019 < 0.05$) un variantiem LH un LM ($0.0033 < 0.05$) pastāv būtiskas atšķirības (2.6. att.). Nosakot nezāļu sauso masu uz m^{-2} būtiskas atšķirības pastāv starp variantiem AM un LH ($0.036 < 0.05$) un variantiem LH un LM ($0.003 < 0.05$). Vidējais nezāļu skaits uz m^{-2} vislielākais konstatēts baltajai balandai variantos AM un LM (2.2. att.), kur veikta nezāļu mehāniskā ierobežošana. Variantā AH, kur veikta nezāļu ierobežošana ar herbicīdiem, nezāļu skaits un zaļā masa bija ļoti maza un sauso masu nebija iespējams noteikt, tāpēc šo variantu neiekļāva kopējā datu analizē.

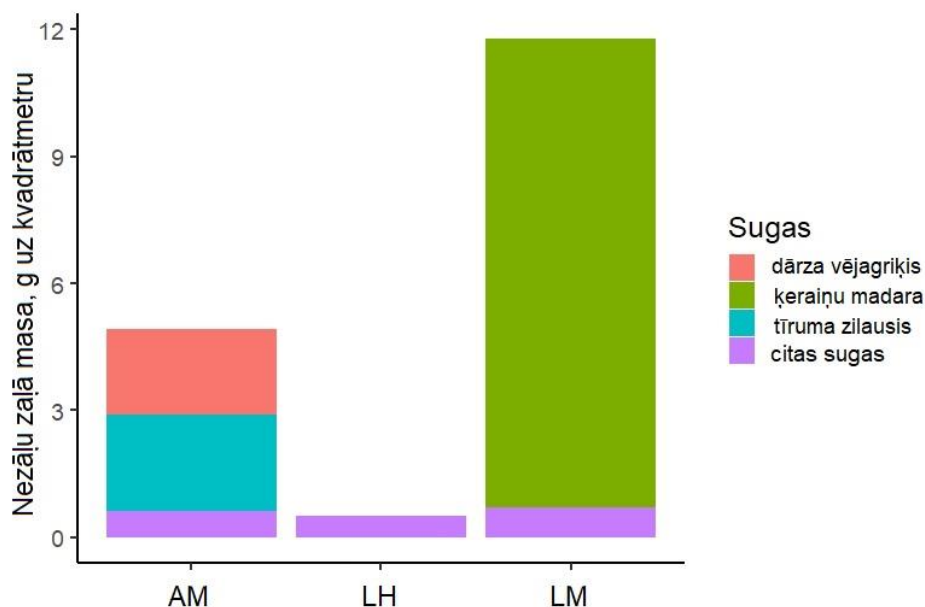


2.6. attēls. Nezāļu kopējā zaļā masa, sausā masa un kopējais skaits zaļās masas uzskaites datumā dažādos izmēģinājuma variantos ziemas kviešu sējumā 2021. gadā. Varianti: AH – aršana rudenī (2020.g. pirms lauka pupu sējuma iekārtošanas), apstrāde ar herbicīdu rudenī un pavasarī; AM – aršana rudenī (2020. g., pirms lauka pupu sējuma iekārtošanas), apstrāde ar herbicīdu rudenī un mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī; LH – lobīšana pavasarī (2020.g. pirms lauka pupu sējas), apstrāde ar herbicīdu rudenī un pavasarī; LM – lobīšana pavasarī (2020.g. pirms lauka pupu sējas), apstrāde ar herbicīdu rudenī un mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī.

Salīdzinot nezāļu skaitu uz m^{-2} starp visiem četriem variantiem (2.6. att.) redzams, ka starp variantiem AM un LH ($0.019 < 0.05$) un variantiem LH un LM ($0.018 < 0.05$) pastāv būtiskas atšķirības, bet starp variantiem AM un LM būtisku atšķirību nav ($0.68 > 0.05$).

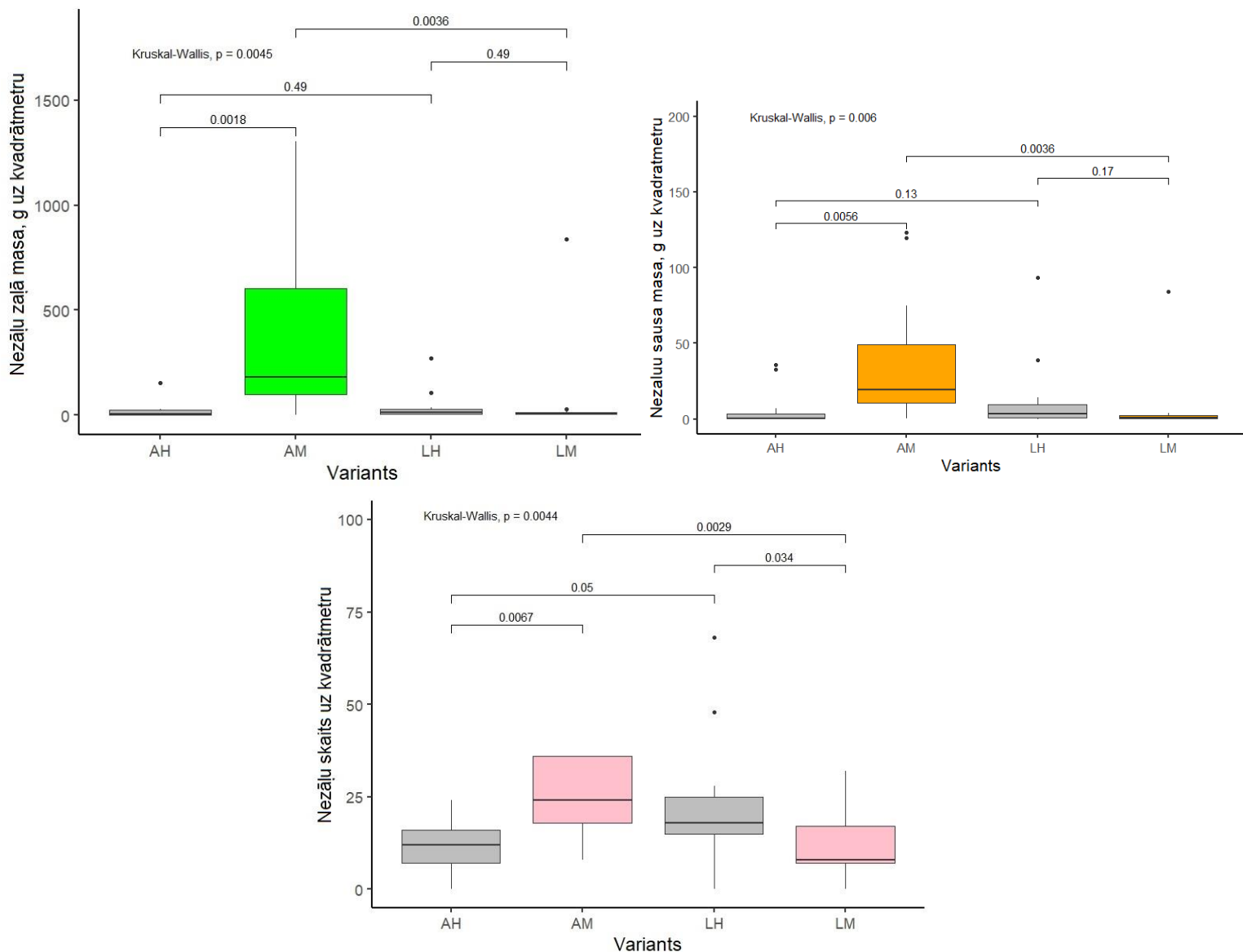
Savukārt salīdzinot nezāļu zaļo masu uz m^{-2} sadalījumu pa uzskaitītajām nezāļu sugām starp izmēģinājuma variantiem var secināt, ka abos variantos, kuros veikta mehāniskā nezāļu ierobežošana nezāļu sugu bija vairāk kā variantos, kuros lietoti herbicīdi (2.7. att.). Variantā

LM, kurā veikta nezāļu mehāniskā ierobežošana dominēja ķeraiņu madara, savukārt AM variantā – tīruma zilausis un dārza vējagriķis.



2.7. attēls. Nezāļu zaļās masas sadalījums pa sugām dažādos izmēģinājuma variantos ziemas kviešu sējumā 2021. gadā. Varianti: AM – aršana rudenī (2020. g., pirms lauka pupu sējuma iekārtošanas), apstrāde ar herbicīdu rudenī un mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī; LH – lobīšana pavasarī (2020.g. pirms lauka pupu sējas), apstrāde ar herbicīdu rudenī un pavasarī; LM – lobīšana pavasarī (2020.g. pirms lauka pupu sējas), apstrāde ar herbicīdu rudenī un mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī.

Mieziņu laukā 2021. gadā lauka pupu sējumā savstarpēji salīdzinot nezāļu ierobežošanas metodes ietekmi uz nezāļu zaļo masu var secināt, ka starp variantiem AH un AM ($0.0018 < 0.05$) un starp variantiem AM un LM ($0.0036 < 0.05$) pastāv būtiskas atšķirības (2.8. att.), bet starp variantiem AH un LH un variantiem LH un LM ($0.49 > 0.05$) būtisku atšķirību nav. Savukārt nosakot nezāļu sauso masu uz m^{-2} būtiskas atšķirības pastāv starp variantiem AM un LM ($0.0036 < 0.05$) un variantiem AH un AM ($0.0056 < 0.05$). Salīdzinot kopējo nezāļu skaitu uz m^{-2} lauka pupu sējumā var secināt, ka starp visiem izmēģinājuma variantiem vērojamas būtiskas atšķirības.



2.8. attēls. Nezāļu kopējā zaļā masa, sausā masa un kopējais skaits zaļās masas uzskaites datumā dažādos izmēģinājuma variantos lauka pupu sējumā 2021. gadā. Varianti:

AH – aršana rudenī, apstrāde ar herbicīdiem pavasarī; AM – aršana rudenī, mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī; LH – lobīšana pavasarī, apstrāde ar herbicīdiem pavasarī; LM – lobīšana pavasarī, mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī.

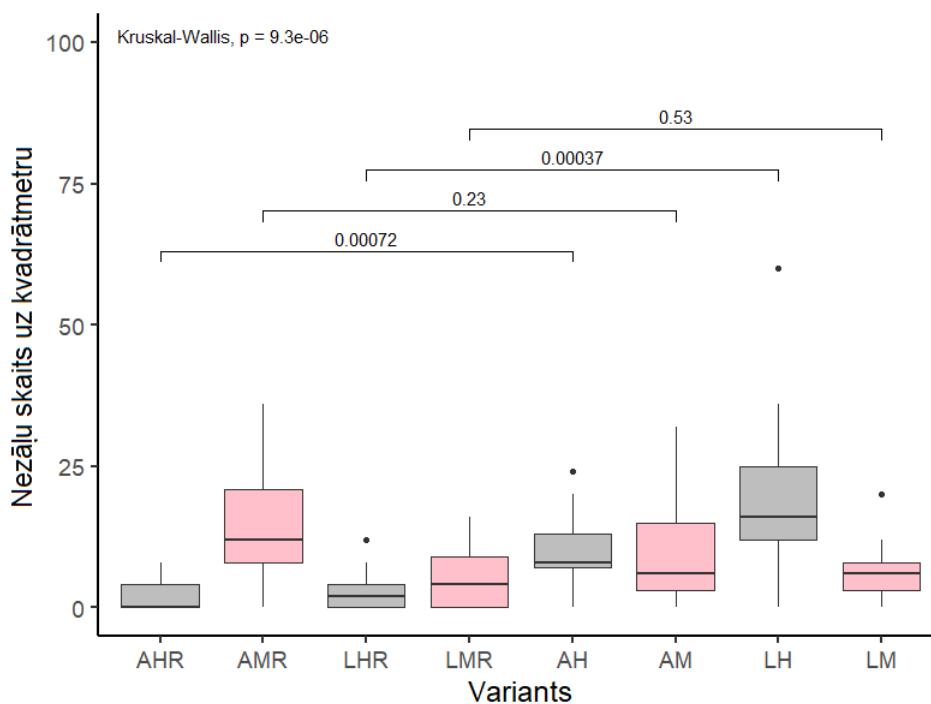
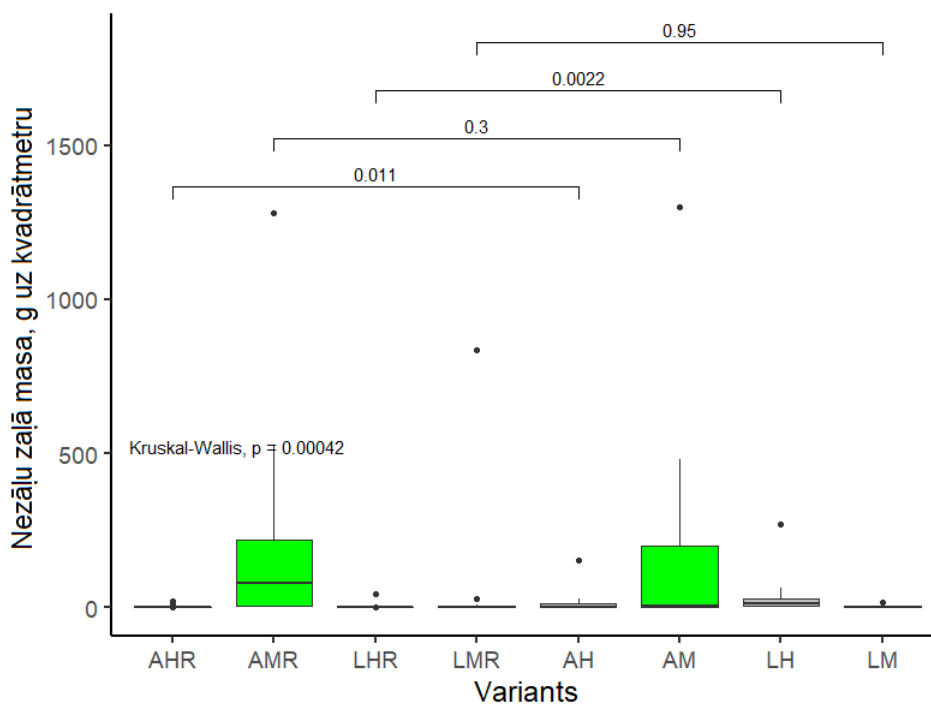
Mieziņu laukā 2021. gadā lauka pupu sējumā otrajā izmēģinājuma gadā nezāļu zaļās masas sadalījums pa sugām veikts gan rindstarpās, gan rindās. Variantā AM, kurā veikta mehāniskā nezāļu ierobežošana gan rindstarpās, gan rindās no uzskaitītajām nezāļu sugām dominēja rapsis-sārņaugi un analogi arī variantā LM starp kultūraugu rindām (2.9. att.). Ja nezāles aug kultūraugu rindās, tās nav iespējams ierobežot izmantojot mehānisko nezāļu ierobežošanas metodi, efektīvāka ir herbicīdu lietošana, ko pierāda varianti AH un LH (2.9. att.). Savukārt salīdzinot abus variantus, kuros lietoti herbicīdi, variantā AH rindstarpās dominēja vējauza, bet variantā LH – labība-sārņaugi.



2.9. attēls. Nezāļu zaļās masas sadalījums pa sugām dažādos izmēģinājuma variantos lauka pupu sējumā 2021. gadā. Varianti: AH – aršana rudenī, apstrāde ar herbicīdiem pavasarī; AM – aršana rudenī, mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī; LH – lobīšana pavasarī, apstrāde ar herbicīdiem pavasarī; LM – lobīšana pavasarī, mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī.

Nezāļu zaļās masas sadalījums starp rindām un rindstarpām dažādos variantos lauka pupu sējumā (2.10. att.) parāda, ka vērā ņemamas atšķirības ir starp variantiem, kuros lietoti herbicīdi, t.i. starp variantiem AHR un AH ($0.011 < 0.05$) un variantiem LHR un LH ($0.0022 < 0.05$).

Līdzīgi nezāļu skaits zaļās masas ievākšanas datumā rindstarpās un kultūraugu rindās parāda, ka būtiskas atšķirības ir starp variantiem AHR un AH ($0.00072 < 0.05$) un variantiem LHR un LH ($0.00037 < 0.05$).



2.10. attēls. Nezāļu zaļā masa un skaits zaļās masas ievākšanas datumā rindstarpās un kultūrauga rindās lauka pupu sējumā 2021. gadā. Varianti: AHR – aršana rudenī, apstrāde ar herbicīdiem pavasarī rindās; AMR – aršana rudenī, mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī rindās; LHR – lobīšana pavasarī, apstrāde ar herbicīdiem pavasarī rindās; LMR – lobīšana pavasarī, mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī rindās; AH – aršana rudenī, apstrāde ar herbicīdiem pavasarī rindstarpās; AM – aršana rudenī, mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī rindstarpās; LH – lobīšana pavasarī, apstrāde ar herbicīdu pavasarī rindstarpās; LM – lobīšana pavasarī, mehāniskā nezāļu ierobežošana pavasarī rindstarpās.

Iegūtie dati parāda, ka variantos, kuros ir lietoti herbicīdi, nezāles ir efektīvi ierobežotas kultūrauga rindās, bet rindstarpās var izaugt nezāles, kuras uzdīga pēc apstrādes vai arī pret kurām lietotais herbicīds nav efektīvs. Savukārt mehāniskās nezāļu ierobežošanas efektivitāte šajā izmēģinājumā neatšķirās rindās un rindstarpās.

2.3. Ziemas kviešu un lauka pupu raža dažādos izmēģinājuma variantos

Ziemas kviešu raža 2020. un 2021. gadā dažādos variantos ir parādīta 2.1. un 2.2. tabulās. 2.3. tabulā ir parādīti ziemas kviešu kvalitātes rādītāji 2021. gadā. Tā kā 2020. gadā neveica nezāļu mehānisko ierobežošanu, graudu kvalitātes rādītāju salīdzināšanu tajā gadā neveica. Ražas lielums 2020. gadā parauglaukumos, kuros bija paredzēta mehāniskā nezāļu ierobežošana, neatšķirās no ražas parauglaukumos, kur veica ierobežošanu ar herbicīdu (2.1. tab.).

2.1. tabula

Ziemas kviešu raža 2020. gadā Mieziņu laukā

Rādītājs	Ar herbicīdu	Bez herbicīda
Mitrums, %	15.3	15.3
Raža, t ha ⁻¹	7.12	7.17
Pie 14% mitruma	7.03	7.08

2.2. tabula

Ziemas kviešu raža 2021. gadā Vilciņu laukā

Rādītājs	Herbīcīds	Mehāniskā ierobežošana	Mehāniskā ierobežošana	Herbīcīds	Šaurā rindstarpa
Mitrums, %	16	15.7	15.8	15.5	15.4
Platība	0.6	0.6	0.6	0.6	0.3
Kopējais svars	4.4	4.2	4.5	4.3	2.2
Raža, t ha ⁻¹	7.4	7.1	7.5	7.2	7.4
Pie 14% mitruma	7.3	6.9	7.3	7.1	7.3

2021. gadā ziemas kviešu raža bija līdzīga visos izmēģinājuma variantos. Nezāļu biežība parauglaukumos bija zema, līdz ar to atšķirības starp variantiem, kuros veica nezāļu mehānisko ierobežošanu un variantu, kur nezāles ierobežoja ar herbicīdu, neietekmēja ražas lielumu. Dati liecina arī par to, ka kviešu audzēšana ar platāku rindstarpu, kas ir nepieciešams nezāļu mehāniskās ierobežošanas veikšanai, nebija ietekmējusi ražas lielumu (2.2. tab.).

2.3.tabula

Graudu kvalitātes rādītāji ziemas kviešiem, 2021. gadā

Proteīns, %	Lipeklis, %	Tilpummasa, kg hL ⁻¹	Krišanas skaitlis, s
Mehāniskā ierobežošana			
12.8	30.3	75.8	260
Apstrādes ar herbicīdiem			
13.0	29.8	75.9	266

Tāpat kā kopējais ražas lielums, ziemas kviešu graudu kvalitātes rādītāji neatšķirās starp parauglaukumiem, kur veica mehānisko nezāļu ierobežošanu un variantu, kur nezāles ierobežoja ar herbicīdiem (2.3. tabula).

Lauka pupu raža dažādos izmēģinājuma variantos 2020. un 2021. gadā ir parādīta attiecīgi 2.4. un 2.5. tabulā.

2.4.tabula

Lauka pupu raža 2020. gadā Vilciņu laukā

Rādītājs	Herbicīds, arts rudenī	Mehāniskā ierobežošana/ arts rudenī	Mehāniskā ierobežošana/lobīts pavasarī	Herbicīds, lobīts pavasarī
Mitrums, %	18.7	17.8	16.5	16.1
Raža, t ha ⁻¹	5.56	4.96	5.52	5.24
Pie 14% mitruma	5.3	4.77	5.38	5.13

2020. gadā lauka pupu raža bija salīdzinoši zemāka variantā, kurā veica aršanu rudenī un mehānisko nezāļu ierobežošanu. Savukārt variantā, kurā veica lobīšanu pavasarī un nezāļu mehānisko ierobežošanu, raža bija salīdzinoši lielāka (2.4. tab.). Tas liecina par to, ka ražas lielumu ietekmēja ne tikai nezāļu ierobežošanas metode, bet arī citi faktori – augsnes apstrāde, lokālās augsnes īpašību atšķirības dažādās lauka daļās u.c.

Lauka pupu raža 2021. gadā Miezišu laukā

Rādītājs	Herbicīds, arts rudenī	Mehāniskā ierobežošana/ arts rudenī	Mehāniskā ierobežošana/lobīts pavasarī	Herbicīds, lobīts pavasarī
Mitrums, %	17	17.6	19.2	15.5
Platība	0.4	0.4	0.4	0.41
Kopējais svars	1.8	1.8	2.1	1.9
Raža, t ha ⁻¹	4.4	4.6	5.1	4.7
Pie 14% mitruma	4.2	4.4	4.9	4.6

2021. gadā lauka pupu raža kopumā bija mazāka, salīdzinot ar 2020. gadu. Variantos, kur veica lobīšanu pavasarī, raža bija salīdzinoši lielākas, nekā variantos, kur veica aršanu rudenī, bet starpība sasniedza tikai 0.2-0.5 t ha⁻¹ pie 14% mitruma (2.5. tab.).

SECINĀJUMI: nezāļu ierobežošanas metodes un augsnes apstrādes metodes ietekme uz nezāļu skaitu, zaļo un sauso masu

Nezāļu mehāniskās ierobežošanas efektivitāte var būt atkarīga no laukā dominējošām nezāļu sugām. Variantos, kuros veica mehānisko nezāļu ierobežošanu, atšķīrās nezāļu sugu skaits un sastāvs, salīdzinot ar variantiem, kuros veica apstrādi ar herbicīdiem. Ja laukā ir izplatītas nezāļu sugas, kuru mehāniskās ierobežošanas efektivitāte ir zemāka, var pieaugt nezāļu skaits un zaļā masa. Šajā pētījumā mehāniskās ierobežošanas efektivitāte bija zemāka rapša-sārņauga un dārza vējagriķa gadījumā (lauka pupas), kā arī ķeraīņu madaras un tīruma zilauša gadījumā (ziemas kvieši).

Nezāļu mehāniskā ierobežošana ļauj aizstāt apstrādi ar herbicīdiem pavasarī, ja nezāles ir pietiekami efektīvi ierobežotas iepriekšējā rudenī. Ir nepieciešam turpmākie pētījumi, lai noteiktu mehāniskās nezāļu ierobežošanas efektivitāti, izvēloties to kā vienīgo nezāļu ierobežošanas metodi. Nezāļu ierobežošana pavasarī bija vairāk nepieciešama lauka pupu sējumos, salīdzinot ar ziemas kviešu sējumiem, ko var izskaidrot ar lielāku ziemas kviešu konkurētspēju.

Atsevišķo nezāļu skaitu vairāk ietekmē augsnes apstrādes metode. Lauka pupu sējumos lauka vijolītes skaits 2020. gadā un labības-sārņauga skaits 2021. gadā bija augstāks variantos, kur veica augsnes lobīšanu. Tomēr augsnes apstrādes ietekme var atšķirties, atkarībā no sēklu atrašanās dziļuma.

Platāku rindstarpu izmantošana lauka pupu un ziemas kviešu sējumos šajā pētījumā neizraisīja ražas zudumus vai ražas kvalitātes pazemināšanos.

No iegūtajiem rezultātiem var secināt, ka nezāļu mehāniskā ierobežošana ir pietiekami efektīva, ja nezāļu fons laukā ir neliels (ko panāca, rudenī veicot nezāļu ierobežošanu ar herbicīdu vai iesējot starpkultūru) un var aizstāt papildus apstrādi ar herbicīdiem pavasarī. Izmēģinājuma variantos, kur veica mehānisko nezāļu , ražas lielums saglabājās tādā pašā līmenī, kā variantos, kur veica ierobežošanu tikai ar herbicīdiem.

3. Jaunāko tehnoloģiju izmantošana nezāļu ierobežošanai laukaugu sējumos integrētajā audzēšanas sistēmā

3.1. Augsnes sēklu bankas izpēte un sēklu dīgtspējas saglabāšanās augsnē

Nezāļu augsnes sēklu bankas veidošanās ir viens no svarīgākajiem faktoriem nezāļu populācijas dinamikā dotajā platībā. Augsnes sēklu bankas kontrolei ir sevišķi liela nozīme integrētajā nezāļu ierobežošanā, lai gan ir maz jauno metožu, kuras ir specifiski vērstas uz nezāļu augsnes sēklu bankas samazināšanu (Haring, Flessner, 2018). Šādas metodes piemērs ir nezāļu sēklu savākšana ražas ievākšanas laikā (*harvest weed seed control*), taču šīs metodes efektivitāte ir atkarīga no nezāļu sēklu izplatīšanās laika un tā, kāda sēklu proporcija paliek uz auga ražas novākšanas brīdī (Walsh *et al.*, 2017). Lai kontrolētu nezāļu populācijas lielumu, ir nepieciešams ietekmēt augsnes sēklu bankas lielumu – galvenokārt, nepieļaujot tās papildināšanos un sekmējot iztukšošanos. Nezāļu sēklu skaitu augsnē var ietekmēt dažādi faktori, gan pirms sēklu nonākšanas augsnē, gan pēc tam (Forcella, 2003). Līdz ar to, lauksaimniecībā izmantotās augu aizsardzības metodes un agrotehniskie paņēmieni var ietekmēt augsnes sēklu banku dažādos netiešos veidos. Vēl viens nezāļu sēklu bankas nozīmes aspekts ir saistīts ar precīzo lauksaimniecības metožu izmantošanu. Selektīvo nezāļu ierobežošanu laukā var veikt, balstoties uz nezāļu izplatības kartes. Savukārt, nezāļu izplatība var mainīties laikā. Šo izmaiņu ātrums un raksturs ir būtiski atkarīgi no nezāļu augsnes sēklu bankas dinamikas (Izquierdo *et al.*, 2009). Nezāļu sēklu bankas analīzi var izmantot, lai prognozētu nezāļu izplatību jaunajā veģetācijas sezonā, ja paraugus ievāc iepriekšējās sezonas beigās un izmanto metodes, kuras ļauj 1-2 mēnešu laikā analizēt sēklu bankā esošās sugas (Brainard, Bellinder 2006; Forcella *et al.*, 2003).

3.2. Augsnes sēklu bankas izpēte izmēģinājuma laukos 2020. un 2021. gadā

3.2.1. Metodes

Augsnes paraugus ievāca 2020. un 2021. gada pavasarī divos laukos ZS „Vilciņi-1”. Pirmajā laukā (Vilciņu lauks, turpmāk tekstā Lauks1) 2019. gadā auga ziemas rapsis, 2020. gada pavasarī bija iesētas lauka pupas, bet 2020. gada rudenī – ziemas kvieši. Otrajā laukā (Miezīšu lauks, turpmāk tekstā Lauks2) 2019. gada rudenī bija iesēti ziemas kvieši, bet 2021. gada pavasarī – lauka pupas.

Katrā laukā paraugus ievāca laukumā, kurā bija paredzēta nezāļu mehāniskā ierobežošana (66 x 310 m). Lauka pupu sējumos šis laukums bija sadalīts divos parauglaukumos, vienā veica aršanu ar augsnes apvēršanu, otrā veica augsnes apstrādi ar disku lobītāju. Abos laukos paraugus ievāca 30 punktos, sekojot W-formas transektei. Katrā punktā ar augsnes urbi (diametrs 7.5 cm) paņēma vienu augsnes paraugu 20 cm dziļumā un sadalīja to divās daļās: 0-10 cm un 10-20 cm. Kopumā, katrā no laukiem ieguva 60 augsnes paraugus. 2020. gadā uzreiz pēc ievākšanas paraugus ievietoja saldētavā –20 °C līdz turpmākai apstrādei, bet 2021. gadā paraugus uzglabāja 0-5 °C temperatūrā.

Sēklu identifikācijai un skaita noteikšanai izmantoja diedzēšanas metodi (Forcella *et al.*, 2003). Lai samazinātu augsnes parauga tilpumu, paraugus sakoncentrēja (Heerd et al., 1996): katru paraugu skaloja, izmantojot divus sietus. Pirmais siets ar acu diametru 3 mm bija nepieciešams, lai atdalītu akmeņus, augu atliekas un citas liela izmēra daļiņas. Zem pirmā sieta novietoja tilla audumu, kurā uzkrājās koncentrētais paraugs. Koncentrētos paraugus žāvēja istabas temperatūrā 24-48 stundas un uzglabāja ledusskapī (5 °C) līdz diedzēšanas sākumam.

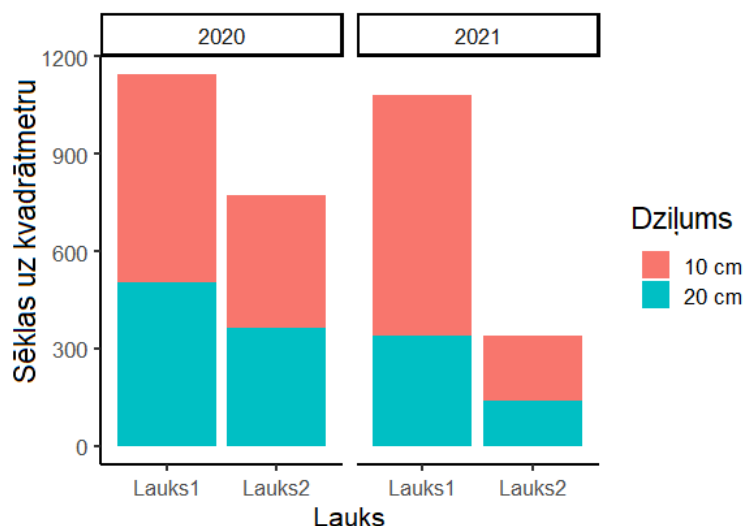
Katru koncentrēto augsnes paraugus izklāja vienmērīgā, 1-1.5 cm biezā slānī uz samitrināta kūdras substrāta plastmasas veģetācijas traukā ar tilpumu 1 L un diametru 15 cm. Sēklu dīdēšanas pirmo posmu veica siltumnīcā, no maija līdz oktobra beigām (Pielikums 4). Lai uzturētu substrāta mitrumu, veica laistīšanu no apakšas divas reizes nedēļā pavasara un vasaras mēnešos un vienu reizi nedēļā rudens mēnešos. Dīgstu uzskaites veica vienu reizi nedēļā, augus identificēja sugas līmenī (atsevišķos gadījumos – ģints līmenī) un identificētos dīgstus nogrieza augsnes līmenī. Ja sugas noteikšanai bija nepieciešams ilgāks laiks, dīgstus pārstādīja atsevišķos veģetācijas traukos ar kūdras substrātu. Pirmā dīdēšanas posma beigās veģetācijas traukus pārvietoja uz āra nojumi līdz nākamā gada aprīlim. 2021. gadā koncentrētos paraugus izklāja uz tilla auduma, kuru novietoja uz kūdras substrāta virsmas veģetācijas traukos, lai atvieglotu parauga irdināšanu un apvēršanu, kas veicina sēklu dīdēšanu. 2021. gada oktobra sākumā, vienu mēnesi pirms veģetācijas trauku pārceļšanas uz āra nojumi un 2020. gada paraugu likvidēšanas, paraugus aplēja ar 2% KNO₃ šķīdumu, sēklu dīdēšanas veicināšanai.

Datu statistiskā apstrāde. Atskaitē prezentētie dati ir iegūti, 2020. gadā ievāktajos paraugos veicot dīdēšanu divas sezonas (2020. un 2021. gadā), bet 2021. gadā ievāktajos paraugos – vienu sezonu, 2021. gadā. Informāciju par katrā augsnes paraugā uzskaitītajiem nezāļu dīgstiem apkopoja kopējā datu tabulā. Katram atsevišķam paraugam noteica kopējo konstatēto nezāļu sēklu skaitu, pārrēķinot uz 1 kvadrātmetru, un izmantojot šos datus noteica vidējo nezāļu sēklu skaitu uz kvadrātmetru katrā variantā (gads × lauks × dziļums). Lai salīdzinātu nezāļu sugu īpatsvaru dažādos variantos un noteiktu augsnes sēklu bankā dominējošās nezāļu sugas, kopējo katras sugas sēklu skaitu variantā izteica procentos no kopējā nezāļu sēklu skaita attiecīgajā variantā. Lai salīdzinātu savā starpā dažādos laukos, dažādā dziļumā un dažādos gados ievāktos paraugus, noteica *Bray-Curtis* distances starp variantiem. Izmantojot šo distanču matricu, veica klasteru analīzi ar *unweighted pair group* metodi. Nezāļu sugu sastāvu salīdzināja starp dažādiem variantiem, kā arī ar virszemes nezāļu veģetāciju, izmantojot attiecīgajos parauglaukumos lauka uzskaitēs konstatēto sugu sarakstus. Datu apstrādi veica, izmantojot programmu R (versija 4.1.1).

3.2.2. Rezultāti

3.1. attēlā ir parādīts vidējais nezāļu sēklu skaits 2020. un 2021. gadā dažādos laukos un dažādā dziļumā ievāktajos augsnes paraugos.

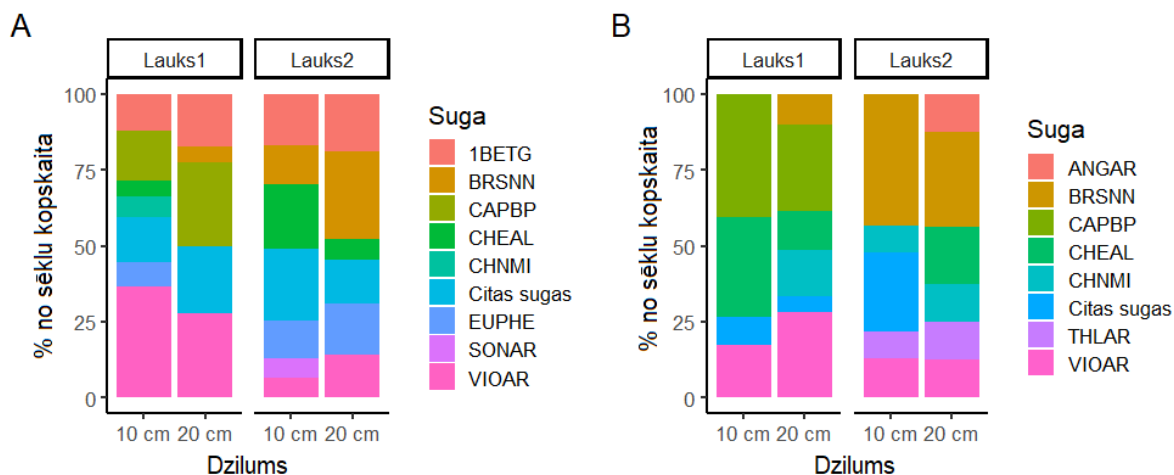
Abos gados vidējais nezāļu sēklu skaits uz kvadrātmetru (20 cm dziļumā) bija lielāks Laukā1 (1144 un 1083 sēklas uz kvadrātmetru, attiecīgi, 2020. un 2021. gadā), nekā Laukā2 (2020. gadā 771 un 2021. gadā 336 sēklas uz kvadrātmetru). Sēklu skaita sadalījums starp dziļuma līmeņiem (0-10 un 10-20 cm) atšķīrās 2020. un 2021. gadā. 2020. gadā abos dziļuma līmeņos sēklu skaits bija līdzīgs, bet 2021. gadā 0-10 dziļumā sēklu skaits bija proporcionāli lielāks. Tomēr ir jāņem vērā, ka 2021. gadā sēklu skaitu noteica tikai vienas sezonas laikā un papildus dati var izmainīt sēklu skaita proporciju dažādos dziļumos.



3.1. attēls. Vidējais sēkļu skaits uz kvadrātmetru 20 cm dziļumā (10 cm atbilst 0-10; 20 cm atbilst 10-20 cm dziļumam) laukos, kuros ievāca augsnes paraugus 2020. un 2021. gadā (paraugus, kurus ievāca 2020. gadā, sēkļu skaita noteikšanu veica divu sezonu garumā, bet paraugus, kurus ievāca 2021. gadā sēkļu skaita noteikšanu veica vienas sezonas garumā).

Sēkļu skaits uz kvadrātmetru, ko konstatēja izmēģinājuma laukos, bija salīdzinoši neliels, bet salīdzināms ar citos pētījumos iegūtajiem rezultātiem. Pētījumā, ko veica dažādos ASV štatos, nezāļu sēkļu kopējais skaits augsnes sēkļu bankā bija robežās no 33 līdz 33322 sēklām uz kvadrātmetru (Schwartz *et al.*, 2015). Dānijā veiktajā pētījumā vidējais sēkļu skaits nezāļu augsnes sēkļu bankā dažādos izmēģinājuma variantos bija no 587 līdz 3188 sēklām uz kvadrātmetru (Schermer *et al.*, 2016).

3.2. attēlā ir parādīts dominējošo nezāļu sēkļu īpatsvars augsnes sēkļu bankā, atkarībā no gada, lauka un parauga ievākšanas dziļuma. Par dominējošām uzskatīja sugas, kuru īpatsvars pārsniedza 5% no sēkļu kopskaita. Visu augsnes paraugos konstatēto sugu saraksts ir dots 5. pielikumā.



3.2.attēls. Dominējošās nezāļu sugas (>5% no sēkļu kopskaita) (A) 2020. un (B) 2021. gadā izmēģinājuma laukos ievāktajos paraugos (10 cm atbilst 0-10; 20 cm atbilst 10-20 cm dziļumam).

Paraugos, kurus ievāca 2020. gadā, sēklu skaita noteikšanu veica divu sezonu garumā, bet paraugos, kurus ievāca 2021. gadā sēklu skaita noteikšanu veica vienas sezonas garumā (sugas ir apzīmētas ar EPPO kodiem: 1BETG - bērzu ģints, ANGAR - tūruma pavirza, BRSNN – rapsis-sārņaugš, CAPBP – ganu plikstiņš, CHEAL - baltā balanda, CHNMI - mazvīrcelē, EUPHE – saules dievkrēsliņš, SONAR - tūruma mīkstpiene, THLAR - tūruma naudulis, VIOAR – lauka vijolīte).

2020. gadā paraugos no abiem laukiem konstatēja salīdzinoši daudz bērzu ģints sēklu, kas nav tipisks augs lauksaimniecības zemēs. Interesanti, ka 2021. gadā ievāktajos paraugos šīs ģints sēklas vairs nekonstatēja. Paraugu kontaminācijas varbūtība 2020. gadā ir ļoti zema, jo paraugus ievāca un apstrādāja pavasarī un sēklu dīgšana sākās ilgi pirms bērzu sēklu nogatavošanās ārā. Līdz ar to jāsecina, ka bērzu sēklas bija saglabājušās augsnē, bet šī pētījuma ietvaros nevar noteikt, kāda ir to skaita dinamika lauksaimniecības zemē.

2020. gadā abos laukos dominēja baltās balandas, ganu plikstiņa, mazvīrcelē, lauka vijolītes, rapša, saules dievkrēsliņa sēklas, Laukā2 arī mīkstpienu ģints sēklas. Laukā1 bija proporcionāli vairāk lauka vijolītes, mazvīrcelē un ganu plikstiņa sēklu, bet Laukā2 - rapša, baltās balandas un saules dievkrēsliņa sēklas (3.2. A att.). Jāatzīmē, ka lielāks saules dievkrēsliņa sēklu skaits uzdīga 2. diedzēšanas sezonā, 2021. gadā.

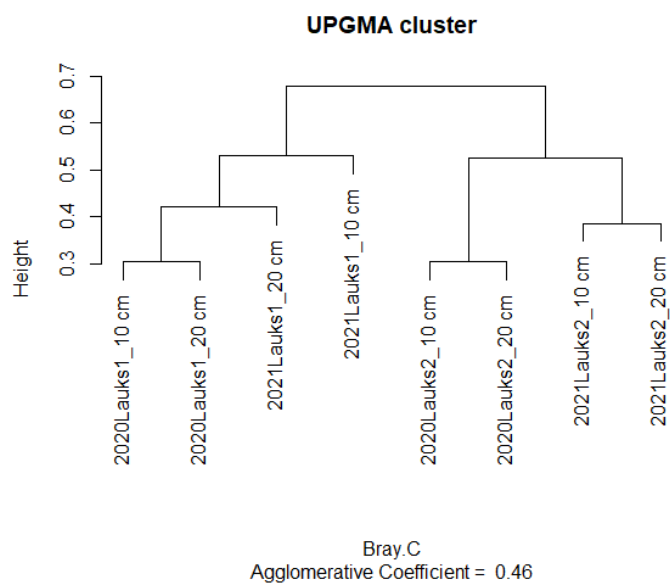
2021. gadā Laukā1, tāpat kā 2020. gadā, dominēja lauka vijolītes, ganu plikstiņa un mazvīrcelē sēklas, bet bija lielāka, salīdzinot ar 2020. gadu, baltās balandas sēklu proporcija (3.2..att.). Laukā2, tāpat kā 2020. gadā, dominēja rapša sēklas, bet starp dominējošām sugām parādījās arī mazvīrcelē, tūruma naudula un tūruma pavirzas sēklas (3.2. B att.).

Atšķirības augsnes sēklu bankas sugu sastāvā un sēklu daudzumā atspoguļojas klasteru diagrammā, kur katrs lauks veido atsevišķu klasteru, bet tā ietvaros mazākus klasterus veido dažādos gados ievāktie paraugi (3.3. A att.).

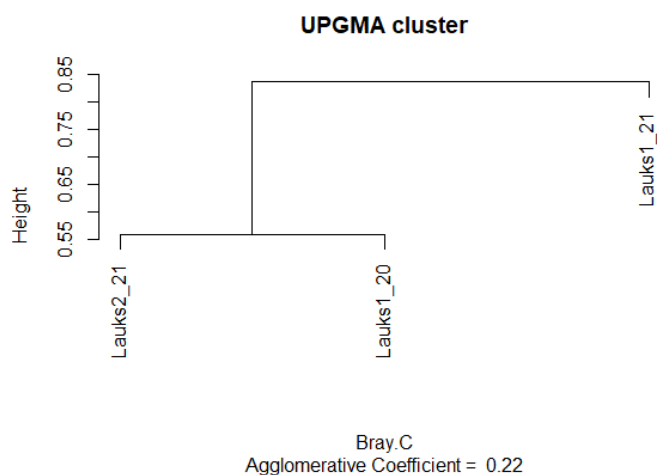
Iegūtie rezultāti liecina par to, ka augsnes sēklu banka veido nezāļu sēklu rezervuāru, lai gan pakāpeniski tajā notiek nezāļu sugu sastāva un to īpatsvara izmaiņas. Salīdzinājumam veica klasteru analīzi, izmantojot datus par nezāļu sugu sastāvu virszemes veģetācijā (nezāļu uzskaites datus). Klasteru diagrammā klasteru veido dažādi lauki, kuros 2020. un 2021. gadā audzēja lauka pupas, pretstatā laukam, kurā audzēja ziemas kviešus (3.3. B att.). Tas nozīmē, ka kultūraugs ietekmē nezāļu veģetāciju attiecīgajā gadā, bet augsnes sēklu bankas sastāvs dod labāku priekšstatu par potenciālo nezāļu veģetāciju citos gados. To labi apstiprināja nezāļu uzskaites rezultāti, nosakot nezāļu ierobežošanas metožu rezultātus. Laukā2, kur rapsis bija pēdējo reizi audzēts 2017. gadā, 2021. gada uzskaitēs lauka pupu sējumā konstatēja lielu rapša-sārņauga skaitu uz kvadrātmetru. Rapša-sārņauga parādīšanos šajā sējumā varēja paredzēt, zinot 2020. gadā ievāktos augsnes paraugu analīzes rezultātus.

Nezāļu sugu sastāva atšķirības starp diviem izmēģinājuma laukiem un diviem pētījuma gadiem ir apkopotas Venna diagrammā (3.4.att.).

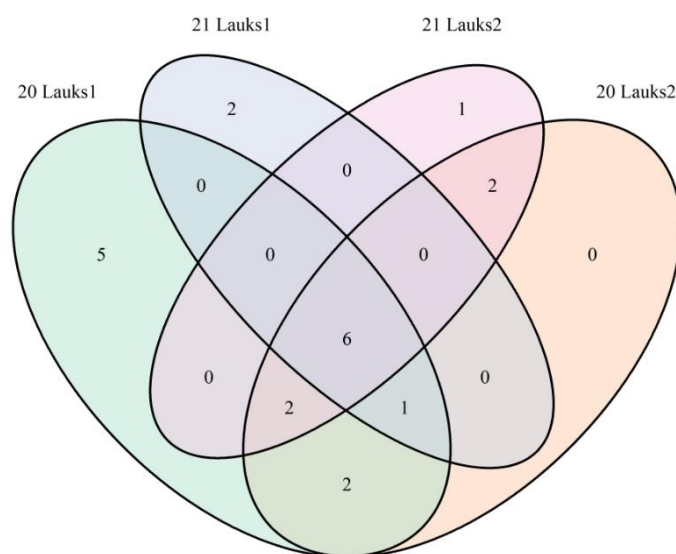
A



B



3.3.attēls. Klasteru diagrammas, kuras raksturo (A) sugu sastāva līdzību starp augsnes paraugiem no dažādiem laukiem, kurus ņēma dažādā dziļumā (0-10 un 10-20 cm) un (B) sugu sastāva līdzību nezāļu zaļās masas uzskaitēs, ko veica demonstrējuma laukos (izmantoja datus no tiem pašiem parauglaukiem, kuros ievāca augsnes paraugus sēklu bankas analīzei).



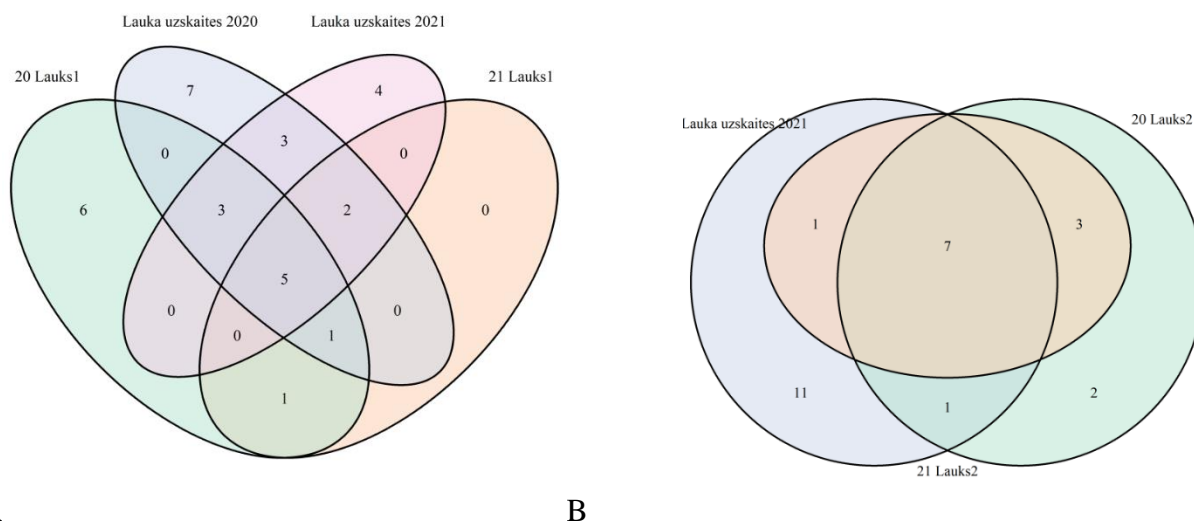
3.4.attēls. Sugu (vai augstāko taksonu, ja augs nebija, identificēts sugas līmenī) sastāva salīdzinājums augsnes sēklu bankā abos izmēģinājuma laukos 2020. un 2021. gadā.

Seši kopīgie taksoni, kurus konstatēja abos laukos un abos gados, bija rapsis-sārņaugš, baltā balanda, lauka vijolīte, mazvīrcele, parastā rudzusmilga un magoņu ģints.

Laukā1 bija pieci unikāli taksoni, kurus konstatēja tikai 2020. gadā: ceļteku ģints, pūkainā kazroze, parastā virza, doņu ģints, maura skarene. Lauka1 unikālie taksoni, kurus konstatēja tikai 2021. gadā bija tūruma zvēre un sārtā panātre.

Laukā2 bija trīs unikāli taksoni: mīkstpiene, tūruma pavirza un maura sūrene (konstatēta tikai 2021. gadā).

Augsnes sēklu bankas un virszemes veģetācijas sugu sastāva atšķirības abos izmēģinājuma laukos ir parādītas Venna diagrammās (3.5.att.).



3.5. attēls. Sugu (vai augstāko taksonu, ja augs nebija identificēts sugas līmenī) sastāva salīdzinājums (A) Lauka1 augsnes sēklu bankā 2020. un 2021. gadā un nezāļu uzskaitēs 2020. un 2021. gadā; (B) Lauka2 augsnes sēklu bankā 2020. un 2021. gadā un nezāļu uzskaitēs 2021. gadā (izmantoja nezāļu uzskaišu datus tikai variantos, kuros veica mehānisko nezāļu ierobežošanu).

No sugu sastāva salīdzinājuma var secināt, ka augsnes paraugos nav konstatētas vairākas nezāļu sugas (taksoni), kuras ir sastopamas virszemes veģetācijā. Laukā1 tās bija 14, bet Laukā2 – 11 sugas. Ir vairāki iespējamie iemesli, kādēļ šīs sugas nebija konstatētas augsnes paraugos. Nezāļu sēklas nav vienmērīgi izvietotas laukā, bet grupējas atsevišķos laukumos, kuri var neiekļauties izvēlētajā transektē. Īpaši retāk laukā izplatīto nezāļu sēklu konstatēšanai ir nepieciešams lielāks augsnes paraugu skaits (Forcella *et al.*, 2003). Citi iespējamie iemesli ir sēklu bojāeja paraugu apstrādes vai uzglabāšanas laikā, vai dīgšanai nepiemērotie apstākļi siltumnīcā. Atsevišķos gadījumos sēklas var nonākt laukā no ārpusē (kopā ar sēklas materiālu vai izplatoties citos veidos), taču šādu gadījumu īpatsvars nevar būt liels. Virszemes veģetācijā var parādīties arī kultūraugi-sārņaugi, kuru sēklas ilgstoši nesaglabājas augsnē. Laukā1 2020. gadā tie varēja būt starpkultūrā izmantotie augi (griķi, lucerna).

3.2.3. Secinājumi

Augsnes nezāļu sēklu bankas analīze ir metode, ar kuras palīdzību ir iespējams noteikt, kādas augu sugas veido sēklu rezervuāru, nosakot konkrētā lauka potenciālo nezāļu floru. Augsnes sēklu bankas dinamikas izpēte var palīdzēt novērtēt dažādu augu aizsardzības stratēģiju ilgtermiņa ietekmi uz nezāļu skaitu un sugu sastāvu laukā.

Augsnes nezāļu sēklu banka ir salīdzinoši stabila un raksturo konkrēto lauku, neatkarīgi no konkrētajā gadā audzētā kultūrauga. Līdz ar to, augsnes sēklu bankas analīze ļauj raksturot potenciālo nezāļu floru laukā, kuram nav pieejami vairāku gadu nezāļu uzskaišu dati.

Ir nepieciešams uzlabot paraugu ņemšanas un sēklu identificēšanas metodes, lai varētu pilnīgāk raksturot nezāļu sēklu skaitu un sugu sastāvu augsnes sēklu bankā.

3.3. Sēklu dīgtspējas saglabāšanās augsnē atkarībā no to atrašanās dziļuma

3.3.1. Metodes

Pētījumam izvēlējās četras nezāļu sugas, kuras bija konstatētas izmēģinājuma laukos, un kuru sēklas bija pieejamas pietiekamā daudzumā: akļis (noteikts ģints līmenī), baltā balanda, parastā gaiļšāre un vējauza. Akļu ģints un baltās balandas sēklas ievāca 2019. gada vasarā un uzglabāja 5 °C temperatūrā, vējauzas un parastās gaiļšāres sēklas ievāca 2020. gada vasarā. Sākotnējo sēklu dīgtspēju noteica pēc sēklu ievākšanas, līdz pētījuma veikšanai sēklas uzglabāja 5 °C temperatūrā.

Sēklu ierakšanas eksperimentu iekārtoja ZS "Vilciņi-1", divos izmēģinājuma laukos: Lauks1 (smilšmāla augsne) un Lauks2 (viegla māla augsne), 2020. gada 20. oktobrī. Ierakšanu veica 5 cm un 15 cm dziļumā. Katras sugas sēklas (100 sēklas četros atkārtojumos) iepakoja lavsāna filtrēšanas auduma maisiņos (30 × 10 cm vējauzas sēklām, 10 × 10 cm pārējo sugu sēklām). Lai pasargātu sēklas no grauzējiem un citiem iespējamiem bojājumiem, sēklu paciņas ievietoja "būros" no metāla režģa ar acs izmēru 10 mm. "Būra" augstums bija 5 vai 15 cm, atbilstoši ierakšanas dziļuma variantam, bet virsmas laukums – 1.2 × 1 m, lai sēklu paciņas nepārklātos savā starpā un būtu vienmērīgi pārklātas ar augsni (Pielikums Nr. 6).

Sēklas izraka pēc 199 dienām (27.04.2021.) un pēc 280 dienām (27.07.2021.) kopš ierakšanas datuma. Katrā sēklu paciņā noteica augsnē uzdīgušo sēklu skaitu, tukšo vai bojāto sēklu skaitu un veselo (saglabājušos) sēklu skaitu.

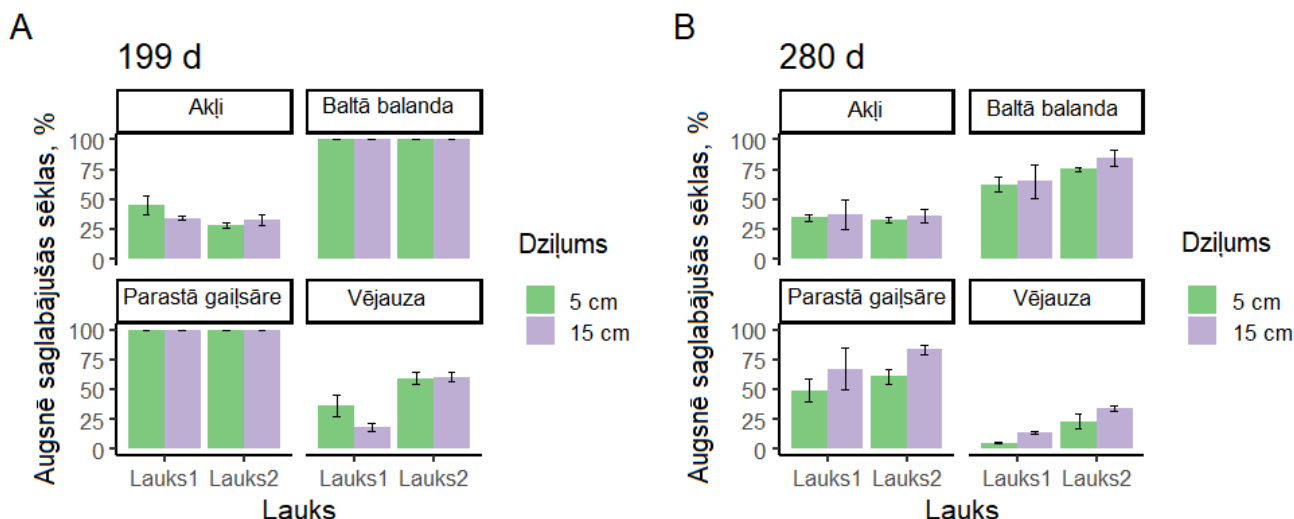
Lai noteiktu saglabājušos sēklu dīgtspēju, veselās sēklas diedzēja laboratorijas apstākļos. Sēklas diedzēja Petri traukos (diametrs 9 cm), agara gēlā (1%). Vējauzas sēklas diedzēja tumsā, 10 °C temperatūrā. Pārējo augu sugu sēklas diedzēja mainīgās temperatūras apstākļos 30/20 °C gaismā (12/12 stundas). Akļu sēklas, kuras izraka 199. dienā diedzēja agara gēlā ar 1.0 mM giberelskābes, lai veicinātu dīgšanu un lai būtu iespējams novērtēt sēklu dzīvotspēju. Dīgtspējas tests turpinājās trīs nedēļas, pēc testa beigām novērtēja neuzdīgušo sēklu dzīvotspēju, veicot griešanas testu. Sēklas, kuru dīglis un endosperma saglabāja stingru tekstūru un bija baltā krāsā, uzskatīja par dzīvotspējīgām.

Lai noteiktu dažādu faktoru (lauks, ierakšanas laiks, ierakšanas dziļums) ietekmi uz sēklu saglabāšanos augsnē, veica binomiālās loģistiskās regresijas analīzi. Kā neatkarīgos mainīgos izvēlējās katru no trīs faktoriem atsevišķi, kā arī visu faktoru savstarpējās mijiedarbības (lauks × laiks, laiks × dziļums, dziļums × lauks, lauks × dziļums × laiks).

3.3.2. Rezultāti

Sēklu saglabāšanās augsnē

Augsnē saglabājušos sēklu skaits atšķīrās atkarībā no nezāļu sugas, kā arī no tā, cik ilgi sēklas ir bijušas augsnē (ierakšanas ilguma) (3.6.att.).



3.6.attēls. Augsnē saglabājušos sēklu skaits (% no kopējā skaita) četru dažādu nezāļu sugām pēc (A) 199 un (B) 280 dienām. Stabiņi parāda vidējās vērtības no četriem atkārtojumiem, vertikālie nogriežņi parāda standartkļūdu.

Ierakšanas dziļuma ietekme atšķirās gan atkarībā no sugas, gan atkarībā no ierakšanas ilguma. Visām sugām, izņemot akļus, saglabājušos sēklu daudzums atšķirās arī starp laukiem, kuros sēklas bija ieraktas – 2. laukā saglabājās salīdzinoši vairāk sēklu.

Akļi

Atšķirībā no pārējām sugām, augsnē saglabājušos sēklu skaits būtiski neatšķirās 199. un 280. dienā (3.1.tab.). Statistiski būtiska ietekme bija lauka faktoram ($p = 0.001$), 2. laukā saglabājušos sēklu skaits bija mazāks.

3.1. tabula

Augsnē saglabājušos (veselo) akļu ģints sēklu skaits (% no ierakto sēklu skaita) un augsnē uzdīgušo sēklu skaits (% no ierakto sēklu skaita) dažādos laukos atkarībā no ierakšanas ilguma un dziļuma.

Laiks, dienas	Lauks	Dziļums, cm	Veselo sēklu skaits, %	Augsnē uzdīgušo sēklu skaits, %
199	Lauks1	5	45.1	54.9
280	Lauks1	5	35.0	1.8
199	Lauks1	15	34.5	65.5
280	Lauks1	15	37.5	0.3
199	Lauks2	5	28.1	71.9
280	Lauks2	5	33.0	0.0
199	Lauks2	15	32.9	67.1
280	Lauks2	15	36.3	0.0

Augsnē uzdīgušās akļu ģints sēklas konstatēja tikai aprīlī (199 dienas pēc ierakšanas). Tā kā pēc 280 dienām augsnē saglabājušos sēklu skaits bija līdzīgs sēklu skaitam pēc 199

dienām, var secināt, ka dīgšanas process pārsvarā notika pavasarī, bet dīgsti bija sadalījušies augsnē un tos nevarēja konstatēt vēlāk, jūlijā. 2. laukā uzdīgušo sēklu skaits bija lielāks, nekā 1. laukā (3.2. tab.).

Baltā balanda

Pavasarī (199 dienas pēc ierakšanas) augsnē saglabājās visas baltās balandas sēklas, neatkarīgi no lauka un ierakšanas dziļuma (3.2. tab.). Vēlāk, 280 dienas pēc ierakšanas, veselo sēklu skaits bija samazinājies līdz 62-85% no sākotnējā sēklu skaita, atkarībā no lauka un ierakšanas dziļuma. Abu šo faktoru ietekme bija statistiski būtiska (p vērtības, attiecīgi, < 0.0001 un 0.0089). 2. laukā būtiski vairāk sēklu saglabājās 15 cm dziļumā.

3.2. tabula.

Augsnē saglabājušos (veselo) baltās balandas sēklu skaits (% no ierakto sēklu skaita) dažādos laukos atkarībā no ierakšanas ilguma un dziļuma.

Laiks, dienas	Lauks	Dziļums, cm	Veselo sēklu skaits, %
199	Lauks1	5	100.0
280	Lauks1	5	62.4
199	Lauks1	15	100.0
280	Lauks1	15	65.0
199	Lauks2	5	100.0
280	Lauks2	5	75.5
199	Lauks2	15	100.0
280	Lauks2	15	84.7

Baltās balandas sēklu paraugos nekonstatēja augsnē uzdīgušās sēklas (izņēmums – variants 5 cm dziļumā, 2. laukā 280 dienas pēc ierakšanas, kurā uzdīga 0.3% sēklu). Tas var liecināt par to, ka sēklas, kuras nebija saglabājušās, degradējās mikroorganismu vai citu faktoru ietekmē, taču pastāv iespēja, ka dīgsti sadalījās augsnē un uzdīgušās sēklas nebija atšķiramas no bojātām sēklām.

Parastā gaiļšāre

Parastās gaiļšāres sēklu dīgšanu nekonstatēja aprīlī (199. dienā pēc sēklu ierakšanas), visas ieraktās sēklas bija saglabājušās augsnē, neatkarīgi no citiem faktoriem (lauks, dziļums) (3.3. tab.).

Augsnē saglabājušos (veselo) parastās gaiļsāres sēklu skaits (% no ierakto sēklu skaita) un augsnē uzdīgušo sēklu skaits (% no ierakto sēklu skaita) dažādos laukos atkarībā no ierakšanas ilguma un dziļuma.

Laiks, dienas	Lauks	Dziļums, cm	Veselo sēklu skaits, %	Augsnē uzdīgušo sēklu skaits, %
199	Lauks1	5	100.0	0.0
280	Lauks1	5	49.1	26.2
199	Lauks1	15	100.0	0.0
280	Lauks1	15	67.4	15.2
199	Lauks2	5	100.0	0.0
280	Lauks2	5	60.7	7.5
199	Lauks2	15	100.0	0.0
280	Lauks2	15	83.4	0.2

Saskaņā ar literatūras datiem, parastās gaiļsāres sēklu dīgšanai ir labvēlīga salīdzinoši augsta temperatūra un dīgšanu sekmē temperatūras svārstības (Maun, Barrett, 1986). Iegūtie rezultāti atbilst šai informācijai, jo vasarā konstatēja sēklu dīgšanu augsnē. Lielākā dziļumā uzdīgušo sēklu skaits bija mazāks (3.3. tab.). Dīgšanu varēja ietekmēt tas, ka dziļākos augsnes slāņos temperatūras svārstības ir mazākas, nekā tuvāk virskārtai. Savukārt, lielākā dziļumā abos laukos saglabājās būtiski ($p < 0.0001$) vairāk sēklu.

Iespējams, ka ne visas sēklas, kuras bija uzdīgušas, varēja uzskaitīt, jo dīgsti aizgāja bojā augsnē un daļa no tiem varēja sadalīties. Daļa sēklu varēja aiziet bojā citu iemeslu dēļ. Tā kā grauzēju un bezmugurkaulnieku ietekme bija izslēgta, visticamāk, sēklas ietekmēja mikroorganismu darbība. Tomēr iegūtie rezultāti liecina par to, ka vairāk par 49-83% parastās gaiļsāres sēklu var saglabāties augsnē pirmajā veģetācijas sezonā (9 mēnešus) pēc to nonākšanas augsnē. Vairāk sēklu saglabājas lielākā dziļumā, bet tā kā lauka faktors bija būtisks ($p < 0.0001$), var secināt, ka sēklas ietekmē arī citi apstākļi (mitruma režīms un dažādi augsnes faktori).

Vējauza

Vējauzas sēklu dīgšana sākās pavasarī, 199. dienā pēc ierakšanas uzdīga no 49 līdz 58% (1. lauks, atkarībā no ierakšanas dziļuma) un 28% (2. lauks) sēklu. Vēlāk, 280 dienas pēc ierakšanas (vasaras vidū), ne visos gadījumos bija iespējams atšķirt uzdīgušās sēklas no bojātajām, jo agrāk pavasarī uzdīgušie dīgsti sadalījās augsnē.

Vējauzas sēklu saglabāšanos augsnē būtiski ietekmēja gan ierakšanas ilgums un dziļums, gan lauks, kurā sēklas bija ieraktas. Pēc 280 dienām augsnē saglabājās mazāk dzīvotspējīgo sēklu, nekā pēc 199 dienām. Lielāka sēklu daļa saglabājās 2. laukā, nekā 1. laukā, kā arī lielāka sēklu daļa saglabājās 15 cm dziļumā, nekā 5 cm dziļumā (3.4. tab). Starp visiem trīs faktoriem (ierakšanas laiks, ierakšanas dziļums un lauks) bija statistiski būtiska mijiedarbība ($p < 0.0001$).

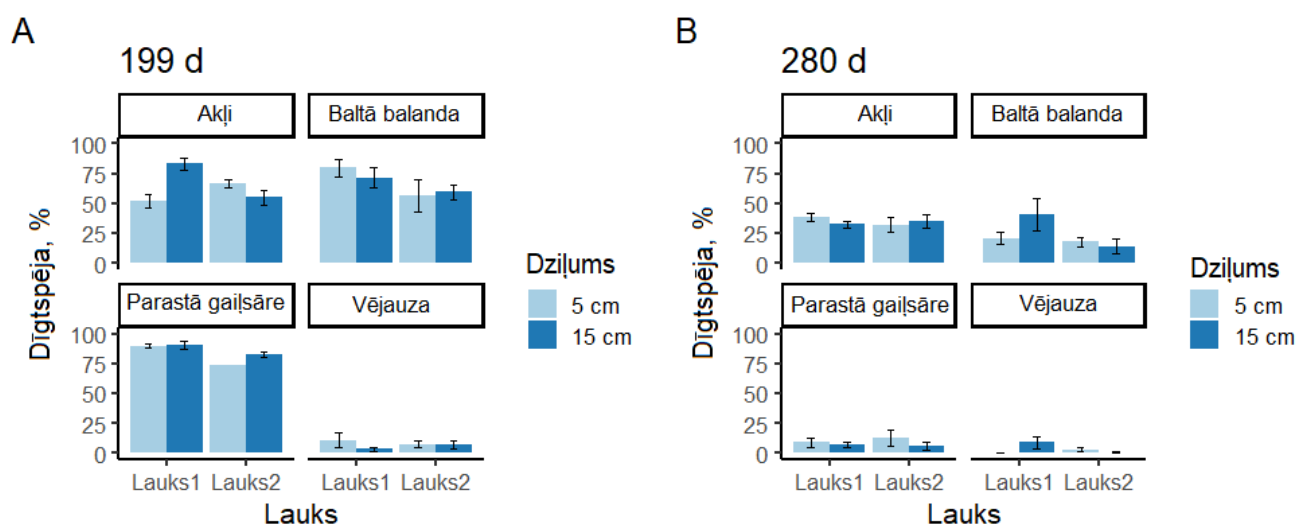
Augsnē saglabājušos (veselo) vējauzas sēklu skaits (% no ierakto sēklu skaita) dažādos laukos atkarībā no ierakšanas ilguma un dziļuma.

Laiks, dienas	Lauks	Dziļums, cm	Veselo sēklu skaits, %
199	Lauks1	5	36.8
280	Lauks1	5	5.0
199	Lauks1	15	18.6
280	Lauks1	15	13.8
199	Lauks2	5	59.3
280	Lauks2	5	23.3
199	Lauks2	15	60.5
280	Lauks2	15	34.5

Iegūtie rezultāti liecina par to, ka lielākā daļa vējauzas sēklu uzdīgst vai iet bojā pirmajā gadā pēc nonākšanas augsnē, taču daļa sēklu saglabājas ilgāk. Saglabājušos sēklu proporciju būtiski ietekmē augsnes apstākļi, kā arī ierakšanas dziļums.

Sēklu dīgtspēja laboratorijas apstākļos

Laboratorijas apstākļos noteiktā augsnes saglabājušos sēklu dīgtspēja atšķīrās starp sugām, kā arī bija būtiskas atšķirības starp sēklām, kuras atradās augsnē 199 un 280 dienas (3.7. att.).



3.7. attēls. Laboratorijas apstākļos noteikta augsnē saglabājušos sēklu dīgtspēja (% no veselām sēklām) pēc 199 (A) un 280 (B) dienām no ierakšanas. Stabiņi parāda vidējās vērtības no četriem atkārtojumiem, vertikālie nogriežņi parāda standartklūdu.

Akļi

Akļu ģints sēklu gadījumā nav iespējams savstarpēji salīdzināt sēklu paraugus, kuri atradās augsnē dažādu laika periodu, jo pirmajā reizē (pēc 199 dienām) diedzējot sēklas, substrātam pievienoja giberelskābi, lai stimulētu dīgšanu. Dīgšanu stimulējošā ietekme nebija pietiekami liela, lai dīgtspēja sasniegtu 100% un maksimālā akļu sēklu dīgtspēja bija 83%. Dīgtspējas testa beigās novērtējot sēklu dzīvotspēju, konstatēja, ka lielākā daļa neuzdīgušo sēklu bija dzīvotspējīgas. Sēklām, kuras atradās augsnē 280 dienas, maksimālā dīgtspēja nepārsniedza 39% (3.7.att.). Abās izrakšanas reizēs sēklu dīgtspēja laboratorijas apstākļos būtiski atšķīrās starp dziļuma un lauka variantiem, bet šīs atšķirības ir sarežģīti interpretēt, jo nebija konsekventu atšķirību starp dziļuma variantiem vai laukiem. 280 dienas pēc ierakšanas vislielākā atšķirība (6%) starp sēklām, kuras bija ieraktas 5 cm dziļumā 1. un 2. laukā. Iespējams, daļa akļu sēklas bija miera periodā, kurš saglabājas arī pēc ziemas, vai arī sēklām, kuras nav uzdīgušas pavasarī iestājas sekundārais miera periods.

Baltā balanda

Baltās balandas sēklu dīgtspēja laboratorijas apstākļos sasniedza 57-72% sēklām, kuras atradās augsnē 199 dienas (izraktas aprīlī), bet sēklām, kuras atradās augsnē 280 dienas (izraktas jūlijā) dīgtspēja sasniedza tikai 14-41%. Iespējams, diedzēšanas temperatūra laboratorijā nebija optimāla baltās balandas sēklām, taču mainīgās temperatūras režīms stimulē šīs sugas sēklu dīgšanu. Tas, ka sēklu dīgtspēja bija mazāka vasaras vidū, saskan ar literatūras datiem par miera perioda cikliskumu šīs sugas sēklām (Bouwmeester, Karssen, 1993). Sēklām, kuras nebija uzdīgušas pavasarī vai vasaras sākumā, iestājas sekundārais miera periods. Šāds pielāgojums sekmē sēklu krājuma (augšnes sēklu bankas) veidošanos augsnē. Baltās balandas sēklu dīgtspēja bija augstāka sēklām, kuras bija ieraktas 1. laukā, gan pirmajā, gan otrajā sēklu paraugu izrakšanas reizē (3.7.att.). Lai noteiktu, kādi tieši ar lauku saistītie faktori varēja ietekmēt sēklu dīgtspēju un miera periodu, ir nepieciešami tālāki pētījumi.

Parastā gaiļšāre

Parastās gaiļšāres sēklām konstatēja izteiktas atšķirības starp sēklu dīgtspēju pēc 190 un 280 dienām augsnē. Aprīlī laboratorijā uzdīga 74-91% no veselām sēklām. Neskatoties uz salīdzinoši augstu dīgtspēju, gaiļšāres sēklas pavasarī neuzdīga lauka apstākļos. Šo sēklu dīgšanu stimulē gaisma un temperatūras svārstības, kā arī dīgšanai optimāla temperatūra ir diezgan augsta, tādēļ laikā līdz aprīļa beigām apstākļi laukā nebija piemēroti dīgšanai. Savukārt jūlijā no augsnes izņemto sēklu dīgtspēja sasniedza 6-13%. Tas liecina par sekundārā miera perioda iestāšanos gaiļšāres sēklām un noturīgas augsnes sēklu bankas veidošanos. Arī parastās gaiļšāres gadījumā konstatēja atšķirības starp laukiem, sēklām, kuras bija ieraktas 1. laukā, aprīlī bija augstāka dīgtspēja (3.7. B att.).

Vējauza

Vējauzas sēklām ir raksturīgs primārais sēklu miera periods un to dīgtspēja pēc ievākšanas bija zema. Daļai sēklu aukstā stratifikācija ziemas laikā varēja pārtraukt miera periodu un tās sēklas uzdīga augsnē, kā arī daļa no augsnē neuzdīgušajām sēklām varēja uzdīgt laboratorijā. Aprīlī izrakto veselo sēklu dīgtspēja bija 3-11%, bet jūlijā 0-9% (3.7. att.). Tas

nozīmē, ka sēklu miera periods nebija pārtraukts un sēklas var ilgstoši saglabāties augsnē, ja tās neiet bojā mikroorganismu vai citu faktoru ietekmē.

SECINĀJUMI: augsnes sēklu bankas izpēte un sēklu dīgspējas saglabāšanās augsnē

Pētījuma rezultāti liecina par to, ka pirmajā gadā kopš sēklas nonāk augsnē, lielāks ierakšanas dziļums sekmē nezāļu sēklu saglabāšanos. Tas ļauj nezālēm izveidot augsnes sēklu banku. Tālākie pētījumi ir nepieciešami, lai noteiktu dziļuma ietekmi uz sēklu saglabāšanos augsnē ilgākā laika posmā.

Parastās gaiļsāres un baltās balandas sēklām, kuras ir saglabājušās augsnē ilgāk par 6 mēnešiem, var iestāties sekundārais sēklu miera periods, kas sekmē turpmāko sēklu saglabāšanos. Vējauzas sēklām primārais sēklu miera periods var novērst sēklu dīgšanu pēc sēklu ierakšanas augsnē.

Nezāļu sēklu saglabāšanos augsnē ietekmē ar konkrēto lauku saistītie faktori. Šajā pētījumā tika izslēgta potenciālo sēklu patērētāju (grauzēji, citi dzīvnieki) ietekme, sēklu iepakšana varēja ierobežot arī bezmugurkaulnieku ietekmi. Sēklas varēja ietekmēt augsnes fizikāli-ķīmiskās īpašības (pH, minerālvielu daudzums), mitruma režīms, mikroorganismu aktivitāte, kā arī šo faktoru mijiedarbība. Sēklu dīgšanu un saglabāšanos ietekmējošo faktoru noteikšanai un raksturošanai ir nepieciešami tālākie pētījumi.

3.4. Mikrobioloģisko preparātu ietekme uz sēklām siltumnīcas apstākļos

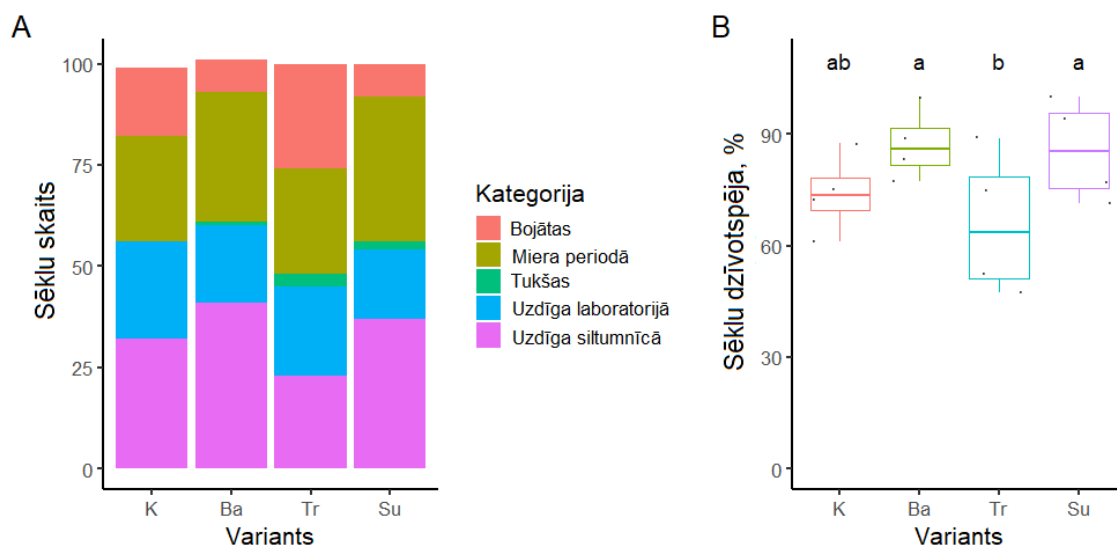
Šī eksperimenta mērķis bija pārbaudīt, vai substrāta mikrofloras papildināšana ar komerciāli pieejamiem mikrobioloģiskajiem preparātiem ietekmē dažādu nezāļu sugu sēklu dzīvotspēju. Tā kā meteoroloģiskie apstākļi var būtiski ietekmēt mikroorganismu aktivitāti, eksperimentu veica siltumnīcas apstākļos.

Eksperimentā izmantoja četru nezāļu sugu sēklas. Akļu ģints un baltās balandas sēklas ievāca 2019. gada vasarā un uzglabāja 5 °C temperatūrā, vējauzas un parastās gaiļsāres sēklas ievāca 2020. gada vasarā. Izmantotie mikrobioloģiskie preparāti bija: BactoLive Agro, Trihodermins un Subtimikss. 25 sēklas ielika lavsāna filtrēšanas auduma maisiņos (10 × 10 cm), kurus aizlīmēja un ievietoja ar smilšmāla augsni piepildītos plastmasas veģetācijas traukos (kopējais tilpums 1 L), 5 cm dziļumā (izmantoja augsni no ZS "Vilciņi-1" izmēģinājuma laukā Vilciņi). Katrā variantā bija četri atkārtojumi, līdz ar to, kopējais katras sugas sēklu skaits variantā bija 100. Preparātu devas izvēlējās, vadoties pēc ražotāja instrukcijas un pārrēķināja uz veģetācijas trauka virsmas laukumu: BactoLive Agro – 15 ml uz vienu veģetācijas trauku; Trihodermins – 15 mg uz vienu veģetācijas trauku; Subtimikss – 150 mg uz vienu veģetācijas trauku. Preparātus uzlēja/uzkaisīja tajā pašā dziļumā, kur ievietoja maisiņus ar nezāļu sēklām. Kontroles variantā sēklu maisiņus ievietoja augsnē bez mikrobioloģiskā preparāta.

Veģetācijas traukus novietoja siltumnīcā, laistīšanu no apakšas veica vienu reizi nedēļā. Siltumnīcas eksperiments turpinājās no 2020. gada 27. oktobra līdz 4. decembrim. Eksperimenta beigās uzskaitīja siltumnīcas apstākļos uzdīgušās sēklas (nezāļu dīgstus) un maisiņus ar sēklām izņēma, lai noteiktu bojāto un dzīvotspējīgo sēklu skaitu. Par bojātām uzskatīja sēklas, kuras bija kļuvušas mīkstas un no kurām, saspiežot tās ar pinceti, izdalījās šķidrums. Atsevišķi atzīmēja neattīstījušās (tukšas) sēklas. Lai noteiktu augsnē saglabājušos sēklu dīgspēju laboratorijas apstākļos, sēklas diedzēja 25/10 °C (12/12 stundas), Petri traukos

(diametrs 9 cm) ar 1% agaru, kuram pievienoja 250 mg L⁻¹ giberelskābes (GA₃), lai pārtrauktu sēklu miera periodu. Dīgtspējas noteikšana turpinājās līdz 2021. gada 2. februārim. Laboratorijā neuzdīgušo sēklu dzīvotspēju pārbaudīja ar tetrazolija hlorīda testa (parastā gaiļsāre, akļi) vai griešanas testa (vējauza, baltā balanda) palīdzību. Par dzīvotspējīgām uzskatīja visas uzdīgušās sēklas un sēklas, kuras saglabāja dzīvotspēju pēc diedzēšanas, bet neuzdīga - miera periodā esošās sēklas.

3.8. attēlā ir parādīti eksperimenta rezultāti vējauzas sēklām.

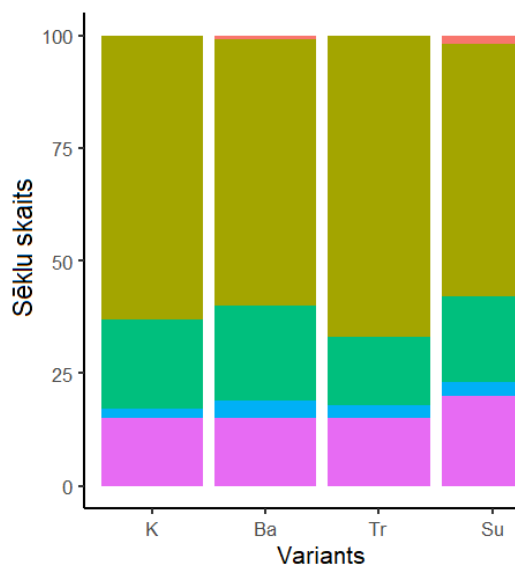


3.8. attēls. (A) Siltumnīcas apstākļos augsnē inkubēto vējauzas sēklu sadalījums kategorijās atkarībā no apstrādes varianta (K – kontrole, Ba – BactoLive Agro, Tr – Trihodermins, Su – Subtimikss). (B) Kopējā dzīvotspējīgo vējauzas sēklu skaita (sēklas uzdīga laboratorijas apstākļos vai saglabāja dzīvotspēju pēc dīgtspējas testa) proporcija dažādos apstrādes variantos. Ar vienādiem burtiem ir apzīmēti varianti, starp kuriem nav statistiski būtiskas atšķirības.

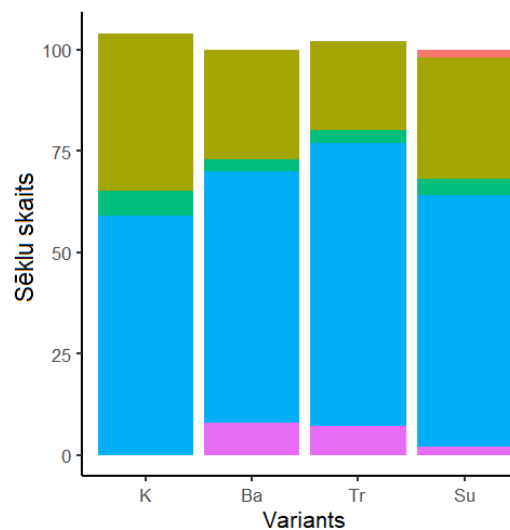
Dzīvotspējīgo vējauzas sēklu skaits dažādos variantos būtiski neatšķiras no kontroles varianta. Variantā, kur izmantoja Trihoderminu, augsnē saglabājās mazāk sēklu, nekā variantos ar citiem mikrobioloģiskajiem preparātiem (3.8. B att.) un šajā variantā pēc inkubēšanas siltumnīcas apstākļos bija salīdzinoši vairāk bojāto sēklu, savukārt mazāks sēklu skaits uzdīga siltumnīcas apstākļos (3.8.A att.).

3.9. attēlā ir parādīti eksperimenta rezultāti parastās gaiļsāres, akļu ģints un baltās balandas sēklām.

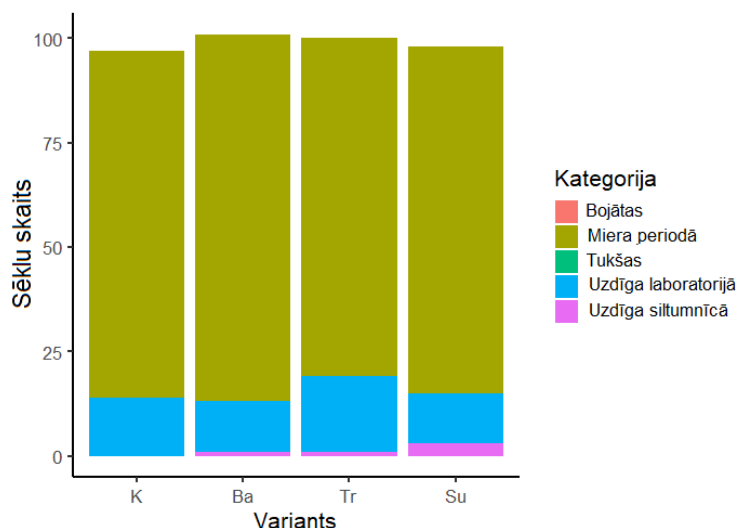
A



B



C



3.9. attēls. Siltumnīcas apstākļos augsnē inkubēto (A) parastās gaišsāres, (B) akļu ģints un (C) baltās balandas sēklu sadalījums kategorijās atkarībā no apstrādes varianta (K – kontrole, Ba – BactoLive Agro, Tr – Trihodermins, Su – Subtimikss).

Šo sugu kopējais dzīvotspējīgo sēklu skaits dažādos variantos statistiski būtiski neatšķīrās. Parastās gaišsāres sēklām bija salīdzinoši liela neattīstīto (tukšo) sēklu proporcija, jo šādas sēklas ir grūti vizuāli atšķirt bez preparēšanas (3.9. A att.).

Siltumnīcas apstākļos bojāto sēklu skaits bija ļoti neliels visām sugām, izņemot vējauzu. Taču vējauzas sēklām bija lielas atšķirības variantu ietvaros (3.8. B att.), tas liecina par to, ka pat siltumnīcas apstākļos atšķirības starp atkārtojumiem var būt lielas un ir nepieciešams lielāks atkārtojumu skaits. Eksperimenta metodi izstrādāja, kā paraugu izmantojot pētījumu par potenciāli patogēno sēņu ietekmi uz nezāļu sēklām lauka un

siltumnīcas apstākļos (Gómez *et al.*, 2013). Tā kā mikrobioloģiskie preparāti satur citus mikroorganismus, tiem var nebūt specifiskās ietekmes uz nezāļu sēklām un pastāv iespēja, ka tie iedarbojas pretēji, nomācot sēklu patogēnu attīstību augsnē. Tā kā lauka apstākļos sēklu dzīvotspēju var potenciāli ietekmēt dažādi augsnes faktori (mitrums, temperatūra, augsnes mikroflora un augsnes bezmugurkaulnieki, veģetācija), nespecifisko mikrobioloģisko preparātu ietekme būtu vēl grūtāk nosakāma.

4. Mehāniskās nezāļu ierobežošanas sistēmas vērtēšana pēc ekonomiskajiem un citiem vides parametriem

Saimniecības kā kritēriju konkrētas lauksaimniecības produkcijas ražošanas tehnoloģijas izvēlei visbiežāk izvēlas ekonomiskos rādītājus – ražošanas izmaksas EUR t⁻¹ vai EUR ha⁻¹. Šo rādītāju aprēķināšanai plaši tiek lietota Latvijas lauku konsultāciju un izglītības centra ieteiktā bruto seguma metode (LLKC, 2022). LLU Tehniskajā fakultātē 1998.g. izstrādāta laukkopības kultūru ražošanas tehnoloģiju analīzes metode (Kopiks *et al.*, 1998), ar kuru iespējams modelēt ražošanas izmaksas atkarībā no galvenajiem noteicošajiem faktoriem – izmantotās tehnikas, lietotā mēslojuma un ķīmikāliju daudzuma. Izmantojot šo metodi, sagatavoti un publicēti vairāki raksti par racionālu agregātu un tehnoloģiju izvēli (Novakova *et al.*, 2018; Asejeva *et al.*, 2007). Arī turpmāk tekstā veiktais lauku pupu ražošanas tehnoloģiju ekonomiskais novērtējums veikts, pielietojot minētajos pētījumos (Kopiks *et al.*, 1998; Asejeva *et al.*, 2007) piedāvātās analīzes metodes. Taču nākamajā lauksaimniecības atbalstam piešķirto ES līdzekļu sadales periodā (2023.- 2029.g.) pieaugs arī tehnoloģiju ekoloģiskā vērtējuma nozīme, tāpēc lauku pupu audzēšanas tehnoloģijas, kuras savstarpēji atšķiras ar dažādiem nezāļu ierobežošanas paņēmieniem (4.1.tabula), projektā tiek salīdzinātas arī pēc ekoloģiskās ietekmes uz vidi. Daudzi autori (Elsgaard *et al.*, 2013; Audsley *et al.*, 2009; Kazlauksas *et al.* 2021) šīs ietekmes raksturošanai izmanto konkrētās tehnoloģijas īstenošanai vajadzīgo energopatēriņu (*input*) MJ ha⁻¹ un radītās SEG emisijas CO_{2eq} ha⁻¹. Abos rādītājos ietverti mašīnu, mēslojuma, degvielas, pesticīdu, sēklas ražošanas, piegādes un izmantošanas energopatēriņš MJ ha⁻¹ un radītās emisijas CO_{2eq} ha⁻¹. *Viens no projekta uzdevumiem bija novērtēt lauku pupu un kviešu ražošanas dažādas tehnoloģijas ar dažādiem nezāļu ierobežošanas paņēmieniem pēc ekonomiskajiem rādītājiem (EUR ha⁻¹), energopatēriņa MJ ha⁻¹ un radītajām SEG emisijām CO_{2eq} ha⁻¹, kā arī pēc piemērotības nezāļu ierobežošanai, tādejādi radot iespēju turpmāk laukkopības kultūru ražošanas tehnoloģiju izvēlē pielietot vairākus kritērijus.*

4.1.Pielietotās metodes audzējamās kultūrās

Trīs atšķirīgas lauku pupu audzēšanas tehnoloģijas **T1, T2, T3** īstēnotas, izmantojot dažādus augsnes apstrādes un nezāļu ierobežošanas paņēmienus. Tehnoloģijas, kuras izmantoja 2021.gadā ir shematiski parādītas 4.1.tabulā.

Lauka pupu audzēšanas shēma (priekšaugi - ziemas kvieši)

Datums	Operācija	Tehnoloģija
22.08.2020.	Starpkultūras sēja - auzas, zirņi 150 kg ha ⁻¹	T1, T2, T3
06.11.2020.	Aršana	T2, T3
09.04.2021.	Lobīšana	T1
09.04.2021.	Kultivēšana	T2, T3
09.04.2021.	Minerālmēsļu kļiedēšana (M1), KCl 110 kg ha ⁻¹	T1, T2, T3
09.04.2021.	Minerālmēsļu kļiedēšana (M1), Amofoss 130 kg ha ⁻¹	T1, T2, T3
12.04.2021.	Sēja, pupas 420 kg ha ⁻¹ , 30 cm rindstarpām (55 augi uz m ²)	T1, T2, T3
17.04.2021.	Smidzināšana (S1), (3.0 l ha ⁻¹ Fenix)	T3
17.04.2021.	Ūdens pievešana	T3
28.04.2021.	Ecēšana	T1, T2
12.05.2021.	Ecēšana	T1, T2
21.05.2021.	Smidzināšana (S2), herbicīds (1.5 l ha ⁻¹ Basagran)	T3
21.05.2021.	Ūdens pievešana	T3
31.05.2021.	Smidzināšana (S3), (0.3 l ha ⁻¹ Fastac, 2.0 l ha ⁻¹ ; Moliboro)	T1, T2, T3
31.05.2021.	Smidzināšana (S3), (0.9 l ha ⁻¹ Targa Super; 0.3 l ha ⁻¹ Fastac; 2.0 l ha ⁻¹ Moliboro)	T3
31.05.2021.	Ūdens pievešana	T1, T2, T3
21.05.2021.	Rindstarpu kultivēšana	T1, T2
04.06.2021.	Rindstarpu kultivēšana	T1, T2
10.06.2021.	Smidzināšana (S4), (2.0 l ha ⁻¹ ZOOM, 1.0 l ha ⁻¹ Propulse, 0.2 l ha ⁻¹ Evure)	T1, T2, T3
10.06.2021.	Ūdens pievešana	T1, T2, T3
13.06.2021.	Smidzināšana (S5), (0.15 l ha ⁻¹ Decis Mega)	T1, T2, T3
13.06.2021.	Ūdens pievešana	T1, T2, T3
18.06.2021.	Smidzināšana (S6), insekticīda smidzinājums (0.3 l ha ⁻¹ Fastac)	T1, T2, T3
18.06.2021.	Ūdens pievešana	T1, T2, T3
30.06.2021.	Smidzināšana (S7), (0.8 kg ha ⁻¹ Signum, 0.15 l ha ⁻¹ Decis Mega)	T1, T2, T3
30.06.2021.	Ūdens pievešana	T1, T2, T3
	Kulšana	T1, T2, T3
	Transportēšana	T1, T2, T3

Visām tehnoloģijām lauka pupu sējumā pirmā operācija ir starpkultūras sēja rudenī, kuru iestrādā ar augsnes apstrādi rudenī vai pavasarī. Pirmajā tehnoloģijā T1 augsnes apstrāde notiek tikai ar lobīšanu pavasarī, nezāļu ierobežošanu veic mehāniski – ar ecēšanu un rindstarpu kultivēšanu, herbicīdus neizmanto. Otrā tehnoloģija T2 atšķiras no pirmās ar tradicionālo augsnes apstrādi – aršanu rudenī, kultivēšanu pavasarī, pārējās operācijas abām shēmām vienādas, kopējais smidzinājumu skaits ir pieci. Trešajā tehnoloģijā T3, līdzīgi kā

otrajā, tiek lietota tradicionālā augsnes apstrāde – aršana rudenī, kultivēšana pavasarī, taču nezāļu ierobežošanas notiek ar trīsreizēju herbicīdu smidzināšanu, kopējais smidzināšanas reižu skaits - septiņas. Mēslojuma daudzums un līdzīgās operācijās izmantotā tehnika visās shēmās vienādi, trešajā shēmā lielāks kopējais pesticīdu daudzums, patērētais degvielas daudzums katrai shēmai atšķirīgs. Rezumējot augstāk sacīto, atšķirīgas darbības tehnoloģijai T1, T2 un T3 ir attēlotas tabulā 4.2.

4.2. tabula

Atšķirīgas nezāļu ierobežošanas tehnoloģijas lauka pupās

Datums	T1	T2	T3
06.11.2020.		Aršana	Aršana
09.04.2021.	Lobīšana	Kultivēšana	Kultivēšana
17.04.2021			Herbicīda smidzinājums (3 l/ha Fenix)
28.04.2021.	Ecēšana	Ecēšana	
12.05.2021.	Ecēšana	Ecēšana	
21.05.2021.	Rindstarpu kultivēšana	Rindstarpu kultivēšana	Herbicīda smidzinājums (1.5 l/ha Basagran)
31.05.2021	<i>Insekticīda, bora smidzinājums (0.3 l/ha Fastac, 2 l/ha Moliboro)</i>	<i>Insekticīda, bora smidzinājums (0.3 l/ha Fastac, 2 l/ha Moliboro)</i>	Herbicīda smidzinājums(0.9 l/ha Targa Super) plus insekticīda, bora smidzinājums (0.3 l/ha Fastac, 2 l/ha Moliboro)
04.06.2021.	Rindstarpu kultivēšana	Rindstarpu kultivēšana	

Tabulā 4.3 ir parādītas veiktās operācijas kviešu sējumā 2021. gadā. Saimniecība pielieto ziemas kviešu tiešo sēju. Ziemas kvieši “Skagen” iesēti ar tiešās sējas sējmašīnu Horsch Focus ar izsējas norma 230 kg ha⁻¹ (450 augi m²). Kopējais smidzinājumu skaits ir 4 reizes, pamainoties smidzinājuma komponentēm- tas nozīmē, ka nebija nepieciešams veikt papildu smidzināšanas operāciju, pielietojot papildu herbicīda devu. Minerālmēsli tika lietoti arī pēc labās prakses principiem.

4.3.tabula

Ziemas kviešu audzēšanas shēma (priekšaugš – lauka pupas)

Datums	Operācija	Tehnoloģija
09.04.2021.	KCl kļiedēšana 93 kg/ha	T1K, T2K
09.04.2021.	Amofoss kļiedēšana 178 kg/ha	T1K, T2K
10.09.2020.	Sēja ar Horsch Focus, ar 30 cm rindstarpām (450 augi uz m ²)	T1K, T2K
23.09.2020.	Herbicīda smidzinājums (0.5 l/ha Komplet)	T1K, T2K
26.03.2021.	Minerālmēsli kļiedēšana (270 kg/ha N30+S7)	T1K, T2K
09.04.2021.	Ecēšana ar rotējošajām ecēšām	T1K

17.04.2021.	Fungicīda, augu augšanas regulatora, mikroel. smidzinājums (1 l/ha Input, 1.4 l/ha Cycocel, 1.5 l/ha Profi Basis Plus)	T1K, T2K
27.04.2021.	Minerālmēsļu kļiedēšana (300 kg/ha N30+S7)	T1K, T2K
13.05.2021.	Augu augšanas reg., mikroel. smidzinājums (0.4 l/ha Moduss, 1.5 l/ha Profi Basis Plus)	T1K
13.05.2021.	Herbicīda, augu augšanas reg., mikroel. smidzinājums (0.5 l/ha Zypar, 0.02 kg/ha TBM, 0.4 l/ha Moduss, 0.2 l/ha Glutenum, 1.5 l/ha Profi Basis Plus)	T2K
07.06.2021.	Minerālmēsļu kļiedēšana (97 kg/ha N30+S7)	T1K, T2K
09.06.2021.	Fungicīda smidzinājums (Ascra xpro 1.5 l/ha)	T1K, T2K

Kviešiem bija 2 izmēģinājuma varianti- T1K, kur nezāles tika ierobežotas vienreiz ar rudens herbicīdu un vienreiz ar mehānisko ierobežošanu (ecēšana), un T2K, kur nezāles tika ierobežotas ar rudens herbicīdu un ar pavasara herbicīdu. Rezumējot augstāk sacīto, atšķirīgas darbības tehnoloģijai T1K un T2K ir attēlotas tabulā 4.4.

4.4. tabula

Atšķirīgas nezāļu ierobežošanas tehnoloģijas kviešu sējumos

Datums	T1K	T2K
23.09.2020	Herbicīda smidzinājums (0.5 l/ha Komplet)	Herbicīda smidzinājums (0.5 l/ha Komplet)
09.04.2021.	Ecēšana ar rotējošajām ecēšām	
13.05.2021.	<i>Augu augšanas regulators, mikroelementu smidzinājums (0.4 l/ha Moduss, 1.5 l/ha Profi Basis Plus)</i>	Herbicīda 0.5 l/ha Zypar un 0.02 kg/ha TBM smidzinājums plus augu augšanas regulators, mikroelementu smidzinājums (0.4 l/ha Moduss, 0.2 l/ha Glutenum, 1.5 l/ha Profi Basis Plus)

4.2. Ekonomiskie aprēķini

Visas tehnoloģiskās operācijas veiktas ar saimniecībā esošo tehniku, tās uzskaitījums tehnoloģijām dots tabulā 4.5. Pielikumā Nr.7 ir parādīta arī tehnikas noslodze, agregātu ražīgums, degvielas un darba patēriņš, kā arī tehnikas ekspluatācijas izmaksas pa pozīcijām. Izmantojot datorprogrammu Excel, aprēķinātas izmaksas katrai tehnoloģiskajai operācijai, un tās summējot – pupu ražošanas izmaksas EUR ha⁻¹(Pielikums Nr.8, 9).

Salīdzinot T1, T2 un T3 izmaksas uz ha, iznāk, ka lētākais variants ir izmantot herbicīdus nezāļu ierobežošanai. Izmaksas **T1, T2 un T3 ir 845.64 EUR, 861.13 EUR, 771.40 EUR** (Pielikums Nr.9). Salīdzinot T2 un T3, **rodas 11% sadārdzinājums procesam**, ieviešot mehānisko ierobežošanu. Vislielākās izmaksu pozīcijas T2 tehnoloģijai ir minerālmēsliem un

pesticīdiem 187.39 EUR, ekspluatācijas izdevumi tehnikai 189.94 EUR, un amortizācijas izdevumi tehnikai 189.94 EUR. T3 tehnoloģijas lielākās izdevumu pozīcijas ir minerālmēsli, pesticīdi-292.40 EUR un sēkla 166.50 EUR. Izmaksu pieaugums pesticīdu iegādei un smidzināšanai atsver ieguldījumus ecēšanai un rindstarpu kultivēšanai. Ecēšana ir ekonomiski konkurētspējīga, salīdzinot ar smidzināšanu, tomēr ir jāveic praktiskie izmēģinājumi tehnoloģijai, kad nezāļu ierobežošanai izmanto tikai ecēšanas metodi.

Ziemas kviešu gadījumā, atšķirības starp dažādām tehnoloģijām ir mazākas. Salīdzinot T1K un T2K izmaksas uz ha iznāk, ka izmaksas ir praktiski vienādas abām tehnoloģijām. Izmaksas **T1K, T2K ir 669 EUR ha⁻¹, 666 EUR ha⁻¹** (Pielikums Nr.12) Salīdzinot T2K un T3K, **rodas minimāls sadārdzinājums**, ieviešot mehānisko ierobežošanu. Vislielākās izmaksu pozīcijas T2K tehnoloģijai ir minerālmēsliem un pesticīdiem 338 EUR, sēklai 122.5 EUE, ekspluatācijas izdevumi tehnikai 65.95 EUR, un amortizācijas izdevumi tehnikai 65.95 EUR. T1K tehnoloģijas lielākās izdevumu pozīcijas ir minerālmēsli un pesticīdi-325 EUR, sēkla 122.50 EUR, ekspluatācijas izdevumi tehnikai 71.93 EUR, un amortizācijas izdevumi tehnikai 71.93 EUR. Nezāļu ierobežošanas izmaksas, kuras ietver pesticīdu iegādi un smidzināšanu, ir praktiski vienādas ar izmaksām ecēšanai un rindstarpu kultivēšanai.

4.5. tabula

Ievaddati izmantotajai tehnikai

Darba veids	Traktors	Mašīna (platums,m)	Svars, kg		Ražīgums W, ha h ⁻¹	Darba laiks		Darba noslodze, ha gadā
			mt	mm		TΣ, stundas	LΣ, gadās	
Starpkultūras sēja	JD8335	Horsch Focus, (6)	13000	9500	4.0	1500	10	600
Lobīšana	JD6920	Kokerling, (6)	5880	9000	3.5	1000	10	350
Aršana	JD8335	Kverneland (2,8)	13000	3700	2.45	6000	10	600
Kultivēšana	JD6830	Bednar (8)	5800	7760	6.40	1000	10	640
Mēslošana x 2	JD6830	Rauch Accent, (36)	5880	4600	36.0	1500	10	4500
Sēja	JD8335	Horsch Focus, (6)	13000	9500	4.0	1500	10	600
Ecēšana x 2	JD6830	Einboeck, (6)	5880	620	4.8	720	10	345
Rindstarpu kultivēšana x 2	JD6830	Chopstar, (6)	5880	1650	2.4	1500	10	480
Smidzināšana x 5 or 7	JD8335	Amazone, (36)	13000	8665	25.2	1500	10	3780
Ūdens piegāde x 5 vai 7	JD6900	Cask, 14 t	5390	4000	22.0	1500	10	3780

Kulšana	-	JDS685i (9)	-	1870 0	2.5	9000	15	1500
Transports	JD6920	Umega, 14t	8400	4450	2.3	1500	10	1500

4.3. *Energopatēriņš tehnoloģijas īstenošanai*

Nākamais kritērijs tehnoloģiju salīdzinošai vērtēšanai ir energopatēriņš tehnoloģijas īstenošanai MJ ha⁻¹. Vairāki autori iesaka to aprēķināt kā summu *E* no tehnoloģijas īstenošanai patērētās cilvēku enerģijas (darba) *E*₁, izmantotās tehnikas izgatavošanai un piegādei patērētās enerģijas *E*₂, tehnikas darbināšanai patērētās degvielas enerģijas *E*₃, mēslojuma un pesticīdu ražošanai un piegādei patērētās enerģijas *E*₄, sēklas ražošanai un piegādei patērētās enerģijas *E*₅ (detalizētāk metodika ir aprakstīta rakstā: An assessment of the economic indicators, energy inputs and greenhouse gas emissions applying different weed control technologies for field bean (*Vicia faba*) growing (a case study)). Gala rezultāts ar sadalījumu katrai pozīcijai ir redzams Pielikumā Nr.10.

Lauka pupu gadījumā, salīdzinot T1, T2 un T3, iznāk, ka energopatēriņš visām trim tehnoloģijām ir līdzīgs, rezultāti variē 5% robežās. **Energopatēriņš T1, T2 un T3 ir 15958 MJ ha⁻¹, 16782 MJ ha⁻¹, 16751 MJ ha⁻¹** (Pielikums Nr.10). Salīdzinot T2 un T3, **rodas 1% energopatēriņa pieaugums**, ieviešot mehānisko nezāļu ierobežošanu. Vislielākās izmaksu pozīcijas T2 tehnoloģijai ir sēklai 6615 MJ ha⁻¹ un degvielai 7039 MJ ha⁻¹. T3 tehnoloģijas lielākās izdevumu pozīcijas ir sēklai 6615 MJ ha⁻¹ un degvielai 6588 MJ ha⁻¹. Tas nozīmē, ka ir ļoti svarīgi paaugstināt tehnikas energoefektivitāti, samazinot degvielas patēriņu, arī izsējas normas samazinājums sniegtu būtisku energopatēriņa samazinājumu.

Ziemas kviešu gadījumā, salīdzinot T1K ar T2K iznāk, ka energopatēriņš ir līdzīgs, rezultāti variē 2% robežās. **Energopatēriņš T1K un T2K ir 18023 MJ ha⁻¹ un 17832 MJ ha⁻¹** (Pielikums Nr.13).. Vislielākās energopatēriņa pozīcijas T2K tehnoloģijai ir mēslošanas līdzekļiem **7133 MJ ha⁻¹**, sēklai **4410 MJ ha⁻¹** un degvielai **4449 MJ ha⁻¹**. T1K tehnoloģijas lielākās izdevumu pozīcijas ir mēslošanas līdzekļiem **7133 MJ ha⁻¹**, sēklai **4410 MJ ha⁻¹** un degvielai **4617 MJ ha⁻¹**. Energopatēriņš pupu audzēšanas tehnoloģijai un kviešu tehnoloģijai ir līdzīgs, to var izskaidrot ar to, ka, audzējot pupas, tika veikti vairāki pesticīdu smidzinājumi, bet kviešu tehnoloģijā tika intensīvi lietoti mēslošanas līdzekļi. Ņemot vērā lielu energopatēriņa pieaugumu minerālmēsli lietošanas dēļ, ir svarīgi lietot tos pamatoti.

4.4. *Radītās SEG emisijas*

Salīdzinot T1, T2 un T3, iznāk, ka SEG emisijas visām trim tehnoloģijām ir atšķirīgas 14% robežās. SEG emisijas **T1, T2 un T3 ir 1380 kg ha⁻¹, 1417 kg ha⁻¹, 1239 kg ha⁻¹** (Pielikums Nr.11). Salīdzinot T2 un T3, **rodas 14% SEG emisiju pieaugums**, ieviešot mehānisko ierobežošanu. Vislielākās SEG emisiju pozīcijas T2 tehnoloģijai ir tehnikai **483 kg ha⁻¹**, degvielai **420 kg ha⁻¹** un sēklai **390 kg ha⁻¹**. T3 tehnoloģijas lielākās SEG emisiju pozīcijas ir degvielai **393 kg ha⁻¹** un sēklai **390 kg ha⁻¹**. Tas nozīmē, ka ir ļoti svarīgi paaugstināt tehnikas energoefektivitāti, samazinot degvielas patēriņu, arī izsējas normas samazinājums sniegtu būtisku energopatēriņa samazinājumu, bet ir jāapsver iespējams ražas apjoma samazinājums. Būtiski palielina SEG emisijas T2 tehnoloģijā papildu tehnikas iegāde un to ekspluatācija. Galarezultāts ar sadalījumu katrai pozīcijai ir redzams Pielikumā Nr.11

Salīdzinot T2K un T3K ziemas kviešiem, **rodas nebūtisks 2% SEG emisiju pieaugums**, ieviešot mehānisko nezāļu ierobežošanu - **T1K un T2K ir 1411 kg ha⁻¹, 1376 kg**

ha⁻¹. (Pielikums Nr.14). Vislielākās SEG emisiju pozīcijas T2K tehnoloģijai ir mēslošanas līdzekļiem **678.07 kg ha⁻¹**, degvielai **275.5 kg ha⁻¹** un sēklai **206.5 kg ha⁻¹**. T3K tehnoloģijas lielākās izdevumu pozīcijas ir mēslošanas līdzekļiem **678.07 kg ha⁻¹**, degvielai **265.4 kg ha⁻¹** un sēklai **206.5 kg ha⁻¹**. Galarezultāts ar sadalījumu katrai pozīcijai ir redzams Pielikumā Nr.14

SECINĀJUMI: mehāniskās nezāļu ierobežošanas sistēmas vērtēšana pēc ekonomiskajiem un citiem vides parametriem

1. Salīdzinot lauka pupu audzēšanas tehnoloģijas pēc izmaksām, energopatēriņa un SEG emisijām, ir jāsecina, ka herbicīdu lietošana nezāļu ierobežošanai šobrīd ir konkurētspējīgāka, salīdzinot ar mehānisko nezāļu ierobežošanu. Tomēr, jāņem vērā fakts, ka herbicīdi arī atstāj negatīvu ietekmi uz apkārtējo vidi, pagaidām SEG emisiju un pesticīdu radītās slodzes salīdzināšanas metodes nav izstrādātas.

2. Salīdzinot ziemas kviešu audzēšanas divas tehnoloģijas, kur herbicīdi tiek daļēji aizstāti ar ecēšanu, tika iegūti pozitīvi rezultāti. Var apgalvot, ka ecēšana ir līdzvērtīga gan izmaksu, gan SEG emisiju ziņā ar herbicīdu izmantošanas tehnoloģiju ziemas kviešu sējumos ja nezāļu fons ir salīdzinoši neliels.

3. Ziemas kviešu un lauka pupu audzēšanas procesā rodas līdzvērtīgas SEG emisijas, tās ir izskaidrojamas ar to, ka ziemas kviešu audzēšanā tiek izmantots liels minerālmēslu apjoms, kas palielina kopējo radīto mesiju apjomu, savukārt lauka pupu audzēšanas tehnoloģijā SEG emisiju kopējo izmešu apjoms palielina insekticīdu smidzināšanas operācijas.

5. SEG emisiju mērījumu veikšana ar Picarro

5.1. Iekārtas un aprīkojums

Lauksaimniecības augšņu emitēto gāzu mērījumi tika veikti, izmantojot mobilo spektrofotometru *Picarro G2508* (skat. 5.5.1. att.), kas ļauj vienlaikus veikt piecu gāzu mērījumus N₂O, CH₄, CO₂, NH₃, un H₂O ar vienas sekundes vidējo intervālu. Katrā pētījuma objektā tika veikti mērījumi trīs kamerās. Sīkāk iekārtas tehniskie parametri un tās izmantošanas iespējas ir aprakstītas Fleck et al., (2013) pētījumā. Gāzu mērījumi tika veikti, izmantojot necaurspīdīgas kameras, kuru pamatnes diametrs ir 23 cm un kameras tilpums 3 litri (skat. 5.2. att.). Pamatne ir veidota no metāla, un tās apakšējā mala ir noasināta, lai to būtu vieglāk ievietot augsnē. Uz pamatnes novieto necaurspīdīgu kupolu. Lai nodrošinātu blīvu saslēgumu starp pamatni un kupolu, starp tiem ir rūpnieciski uzstādīta blīvgumija. Kameras savienojums ar iekārtu *Picarro G2508* tika izveidots, izmantojot rūpnieciski ražotus nerūsējošā tērauda savienojumus, kas savienoti ar 9 metrus garu teflona cauruli, kuras iekšējais diametrs ir 1/16 collas un ārējais diametrs 1/8 collas, savukārt savienojums ar kameru tika veidots, izmantojot ātro savienojumu, kas izolēts ar gumijas blīvi.



5.1. att. Picarro G2508 (autors: I.Grünfelde).



5.2. att. Kamera gāzu mērījumu veikšanai (autors: I.Grünfelde).

Pirms augsnes gāzu emisiju mērījumiem tika veikti augsnes mitruma mērījumi, izmantojot Lutron augsnes mitruma mērītāju PMS-714, kas veic augsnes mitruma mērījumus augsnes virsējā slānī (skat. 5.5.3. att.). Augsnes mitruma dati tiek saglabāti datu nolasīšanas iekārtā un ierakstīti datu lapās.

Gaisa temperatūras mērījumus kamerā un gaisa spiediena mērījumus veica, izmantojot barometriskā spiediena mērītājus Diver DI 500, Eijkelkamp (skat. 5.5.4. att.). Kameras gaisa temperatūras un gaisa spiediena mērītājs tika novietots kamerā tieši pirms kupola nostiprināšanas.



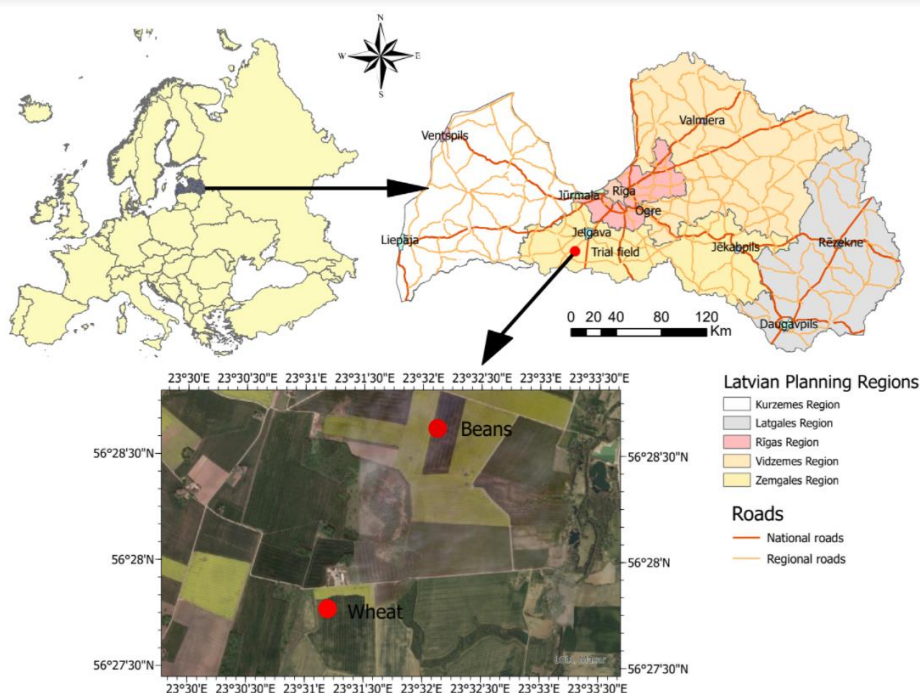
5.3. att. Augsnes mitruma mērītājs (autors: J.Pilecka).



5.4. att. Diver barometriskā spiediena mērītāji (autors: J.Pilecka).

5.2. Mērījumu veikšanas vieta un laiks

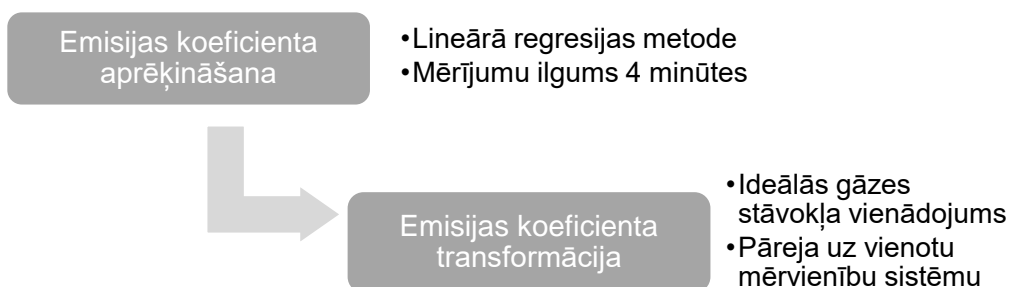
SEG emisiju mērījumi no augsnes tika veikti veģetācijas periodā (skat. 5.5.att.) reizi 2 nedēļās katrā izmēģinājumu variantā, katrā mērījumu reizē augsnes emisijas tika mērītas trijos atkārtojumos. Lauka pupām bija trīs izmēģinājuma varianti- Lauks 1, Lauks 2, Lauks 3, kas atbilst ceturtās nodaļas apzīmējumam T1, T2, T3. Ziemas kviešiem bija 2 izmēģinājuma varianti, kas atbilst T1K, T2K ceturtās nodaļas apzīmējumam (skat. 4.nodaļu).



5.5. att. SEG emisiju mērījumu vietas, ziemas kviešu (Wheat) un lauka pupu (Beans) sējumos 2021. gadā.

5.3. Datu analīzes metodes

Lai iekārtas Picarro G2508 koncentrācijas mērījumus transformētu siltumnīcas efekta gāzu emisijās no hektāra, aprēķinam tika izmantots vairāku pakāpju algoritms (skat. 5.5.6. att.).



5.6. att. Gāzu koncentrāciju mērījumu transformācijas aprēķina algoritma shematiskais attēlojums.

Siltumnīcas efekta gāzu emisiju raksturo koncentrācijas izmaiņas ātrums un virziens izolētā kamerā. Emisiju koeficienta aprēķina pamatā ir lineārā regresija (skat. 5.1. formulu), izmantojot mazāko kvadrātu metodi, kur emisiju apjomu raksturo regresijas koeficients (skat. 5.2. formulu), savukārt brīvais loceklis (skat. 5.3. formulu) raksturo mērījumu sākuma koncentrāciju. Precizitāti raksturo determinācijas koeficients R^2 (skat. 5.4. formulu). Lineārās regresijas aprēķinam tika izmantotas četras mērījumu minūtes.

$$y = mx + b, \text{ kur} \quad (5.1)$$

y – koncentrācija ppm/s;
x – laiks sekundēs;
m – regresijas koeficients;
b – brīvais loceklis.

$$m = \frac{n \sum(xy) - \sum x \sum y}{n \sum(x^2) - (\sum x)^2}, \text{ kur} \quad (5.2)$$

m – regresijas koeficients;
y – koncentrācija ppm/s;
x – laiks sekundēs;
n – mērījumu skaits.

$$b = \frac{\sum y - m \sum x}{n}, \text{ kur} \quad (5.3)$$

b – brīvais loceklis;
y – koncentrācija;
x – laiks sekundēs;
m – regresijas koeficients;
n – mērījumu skaits.

$$R^2 = \left(\frac{n \sum(xy) - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum(x^2) - (\sum x)^2] [n \sum(y^2) - (\sum y)^2]}} \right)^2, \text{ kur} \quad (5.4)$$

R^2 - determinācijas koeficients
y – koncentrācija
x – laiks sekundēs
n – mērījumu skaits

Emisiju koeficienta pārrēķinam uz koncentrāciju diennaktī no hektāra tika izmantots ideālās gāzes stāvokļa vienādojums (skatīt 5.5. formulu).

$$F = p \cdot \frac{V}{A} \cdot \frac{\Delta c}{\Delta T} \cdot \frac{273}{T+273}, \text{ kur} \quad (5.5)$$

F – emisijas apjoms no augsnes (g/ha/dnn);
p – gāzes blīvums mg/m³;
V – kameras tilpums m³;
A – kameras laukums m²;
 $\Delta c/\Delta T$ – vidējā koncentrācijas izmaiņa laikā ppm/s;
T – kameras temperatūra °C.

Veicot transformācijas, ir ļoti būtiski saglabāt vienotu mērvienību sistēmu. *Picarro G2508* dod gāzu molārās koncentrācijas, tādēļ jāveic pāreja no molārās koncentrācijas uz masas koncentrāciju.

5.4. SEG emisiju mērījumu rezultāti

Šajā apakšnodaļā analizēti SEG emisiju mērījumu rezultāti lauka pupu un ziemas kviešu sējumos visām gāzēm kopā, kā arī katra gāze tiek analizēta atsevišķi pa nezāļu ierobežošanas variantiem. Dati analizēti izmantojot datu apstrādes platformu XLSTATA.

5.4.1. Lauka pupas

Datu apstrādē ir izmantoti 116 mērījumu rezultāti no lauka pupu sējumiem. Četri mērījumi netika iekļauti datu apstrādē, jo tie ļoti būtiski atšķīrās no pārējiem veiktajiem mērījumiem tajā pašā dienā un objektā, un atšķirību iemesls nav nosakāms, tas varētu būt saistīts ar lokālām parādībām augsnē, tāpēc visticamāk, ka šie četri mērījumi ir uzskatāmi par kļūdainiem. Aprakstošās statistikas rādītāji 2021. gadā veiktajiem mērījumiem pupu sējumu mērījumu vietās ir attēloti 1. tabulā.

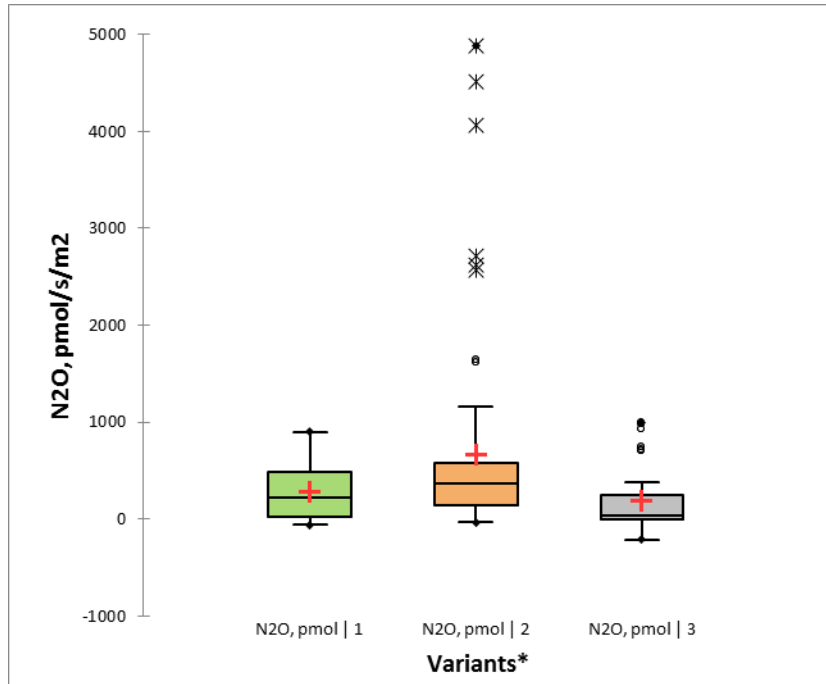
5.1. tabula

N₂O, CO₂, NH₃ un CH₄ emisiju statistiskie rādītāji 2021. gadā

Statistika	N ₂ O, pmol	CH ₄ , pmol	CO ₂ , μmol
Nbr. of observations	116	116	116
Nbr. of missing values	0.0	0.0	0.0
Minimum	-211.0	-1113.0	0.0
Maximum	4880.0	159.0	10.2
Range	5091.0	1272.0	10.2
1st Quartile	33.0	-294.0	1.6
Median	245.0	-166.0	2.4
3rd Quartile	520.0	-105.0	4.8
Mean	448.6	-239.1	3.3
Variance (n)	632753.0	70652.9	7.2
Standard deviation (n)	795.5	265.8	2.7

5.4.1.1. Dislāpekļa oksīda mērījumu rezultāti

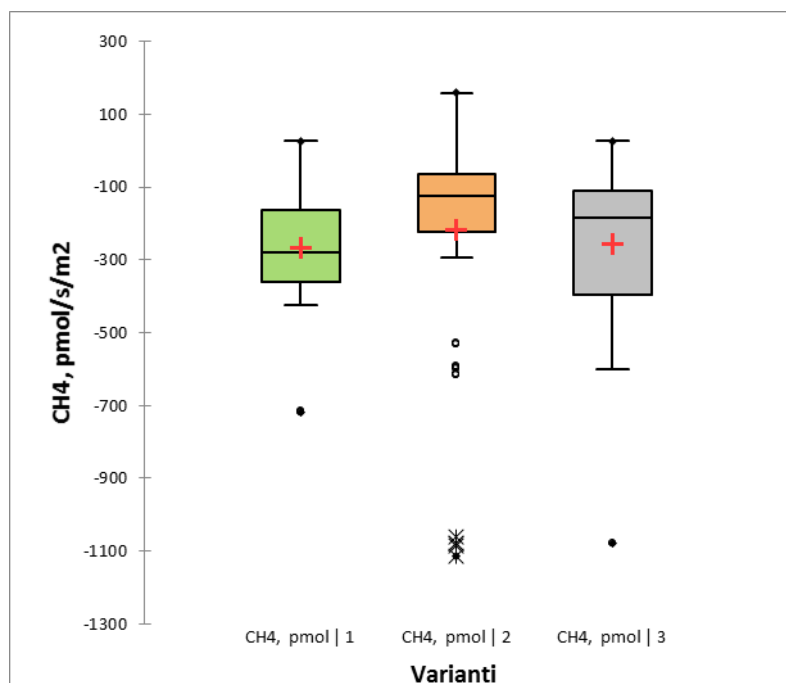
Izvērtējot N₂O emisiju vērtību izkliedi mērījumu vietās, ir jāsecina, **ka otrajā nezāļu (T2) ierobežošanas variantā mērījumu veikšanas vietās emisijas ir ar visizteiktāko svārstību amplitūdu** (5.6. att.). T2 vietas izteiktā N₂O emisiju svārstības ir skaidrojamas ar augsnes aerāciju, labvēlīgiem augsnes mitruma un augsnes temperatūras apstākļiem veido paaugstinātas N₂O emisijas. Lauka pētījumi noritēja tikai vienu sezonu, tāpēc izdarīt secinājumus pagaidām viennozīmīgi nav iespējams, bet pēc viena gada rezultātiem ir iespējams izvirzīt hipotēzi par to, ka T2 pielietotās nezāļu ierobežošanas tehnoloģijas ietekmēja N₂O emisiju pieaugumu, jo pārējie ārējie faktori, izņemot lauka parametrus, palika nemainīgi, Rezultāti netika vērtēti atsevišķi pa operācijām, jo vienas sezonas dati ir nepietiekami, lai izdarītu secinājumu par konkrētas operācijas vidējo izmešu vērtību.



5.6. attēls. N₂O emisiju novērojumi lauka pupu sējumos. 1., 2. un 3. varianti ir T1, T2 un T3.

5.4.1.2. Metāna mērījumu rezultāti

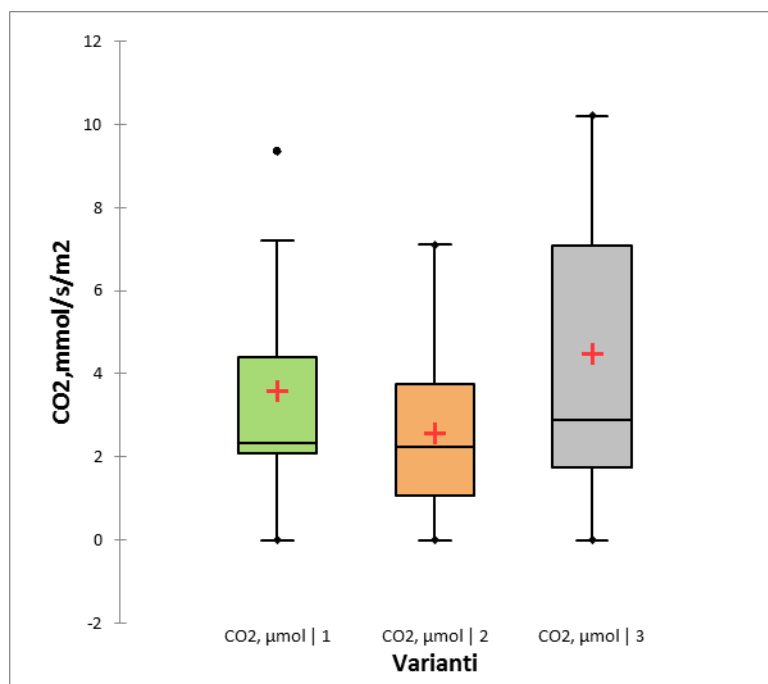
Visās mērījuma vietās ir novērota gan CH₄ asimilācija no gaisa, gan arī CH₄ emisija, kas nozīmē, ka augsnē dominējošos aerobos apstākļus kādā no mērījumu veikšanas reizēm ir nomainījuši anaerobi apstākļi. Vislielākā CH₄ emisijas izkliede ir novērojama T2 vietā, vislielākā CH₄ asimilācija T1 mērījumu vietā (5.7.att.). Lauka pētījumi noritēja tikai vienu sezonu, tāpēc izdarīt secinājumus pagaidām viennozīmīgi nevar, bet pēc viena gada iegūtajiem rezultātiem ir iespējams izvirzīt hipotēzi, ka T pielietotās nezāļu ierobežošanas tehnoloģijas ietekmēja CH₄ asimilāciju no gaisa palielināšanos, salīdzinot pret T2.



5.7. attēls. CH₄ emisiju novērojumi lauka pupu sējumos. 1., 2. un 3. varianti ir T1, T2 un T3.

5.4.1.3. Ogļskābās gāzes mērījumu rezultāti

Pirmajā (T1) un otrajā (T2) mērījumu veikšanas vietā ir vērojamas relatīvi viszemākās CO₂ emisijas. Palielināta CO₂ emisija trešajā mērījumu (T3) vietā ir saistāma ar augsnes aktivitāti un intensīvu organiskās vielas noārdīšanos. Maksimālās vērtības 2021. gadā ir novērotas trešajā novērojumu vietā (T3) (5.8.att.). Lauka pētījumi noritēja tikai vienu sezonu, tāpēc izdarīt secinājumus pagaidām viennozīmīgi nevar, bet pēc viena gada iegūtajiem rezultātiem ir iespējams izvirzīt hipotēzi, ka T1 un T2 pielietotās nezāļu ierobežošanas tehnoloģijas ietekmēja CO₂ emisiju samazināšanos.



5.8. attēls. CO₂ emisiju novērojumi pupu sējumos. 1., 2. un 3. varianti ir T1, T2 un T3.

5.4.2. Ziemas kvieši

Datu apstrādē ir izmantoti 73 mērījumu rezultāti no mērījumu vietām. Septiņi mērījumi netika iekļauti datu apstrādē, jo tie ļoti būtiski atšķīrās no pārējiem veiktajiem mērījumiem tajā pašā dienā un objektā, un atšķirību iemesls nav nosakāms, tāpēc visticamāk, ka šie četru mērījumi ir uzskatāmi par kļūdainiem. Aprakstošās statistikas rādītāji 2021. gadā veiktajiem mērījumiem kviešu sējumu mērījumu vietās ir attēloti 2. tabulā.

5.2. tabula

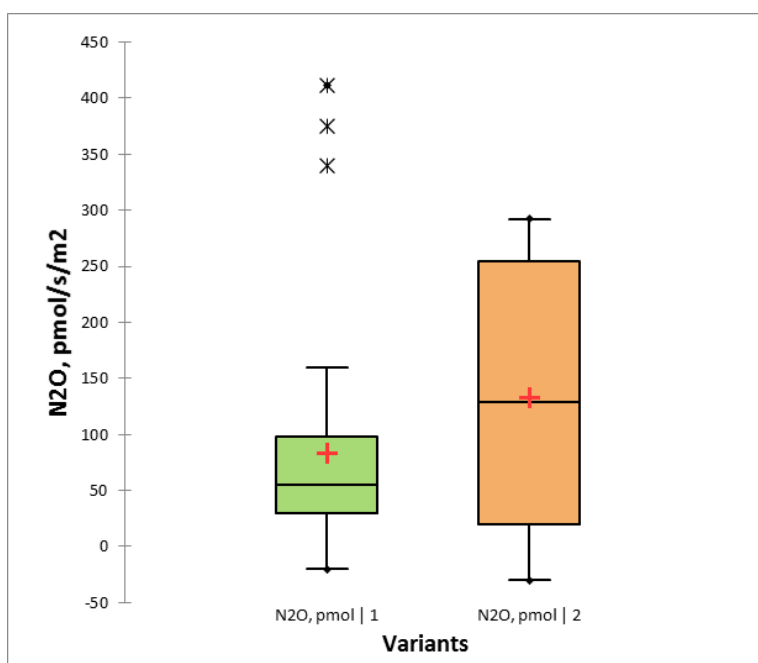
N₂O, CO₂, NH₃ un CH₄ emisiju statistiskie rādītāji 2021. gadā.

Statistic	N ₂ O, pmol	CH ₄ , pmol	CO ₂ , μmol
Nbr. of observations	73	73	73
Nbr. of missing values	0	0	0
Minimum	-30.000	-772.000	1.920
Maximum	411.000	-56.000	20.900

Range	441.000	716.000	18.980
1st Quartile	30.000	-398.000	2.300
Median	60.000	-252.500	4.995
3rd Quartile	144.000	-132.000	6.920
Mean	99.489	-293.593	5.483
Variance (n)	11319.497	35265.464	13.935
Standard deviation (n)	106.393	187.791	3.733

5.4.2.1. Dislāpekļa oksīda mērījumu rezultāti

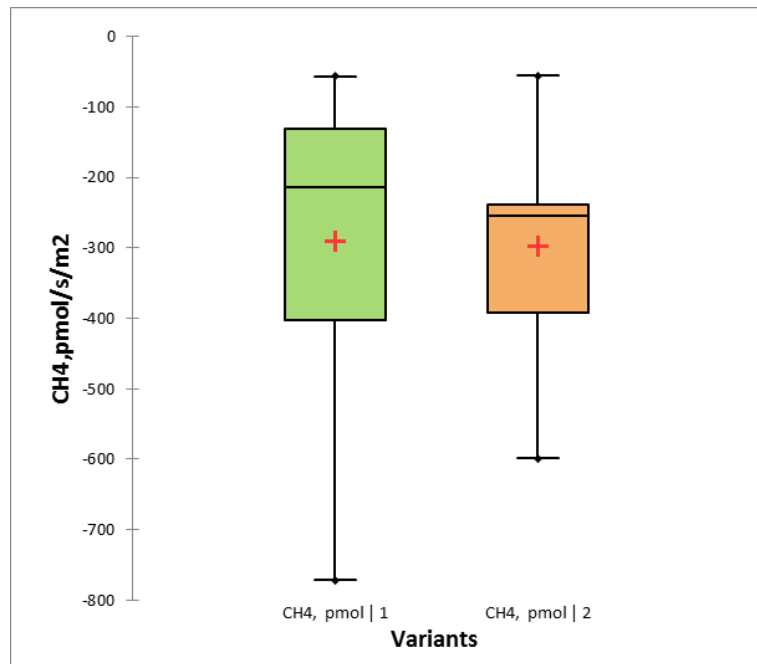
Izvērtējot N₂O emisiju vērtību izkliedi mērījumu vietās, var secināt, ka pirmajā nezāļu ierobežošanas variantā mērījumu veikšanas vietās emisijas ir ar visizteiktāko izkliedi (5.9.att.). Pirmās mērījumu vietas (T2K) izteiktā N₂O emisiju svārstības ir skaidrojamas ar augsnes aerāciju, labvēlīgiem augsnes mitruma un augsnes temperatūras apstākļiem veido paaugstinātas N₂O emisijas.



5.9. attēls. N₂O emisiju novērojumi kviešu sējumos. 1. un 2. varianti ir T1K un T2K.

5.4.2.2. Metāna mērījumu rezultāti

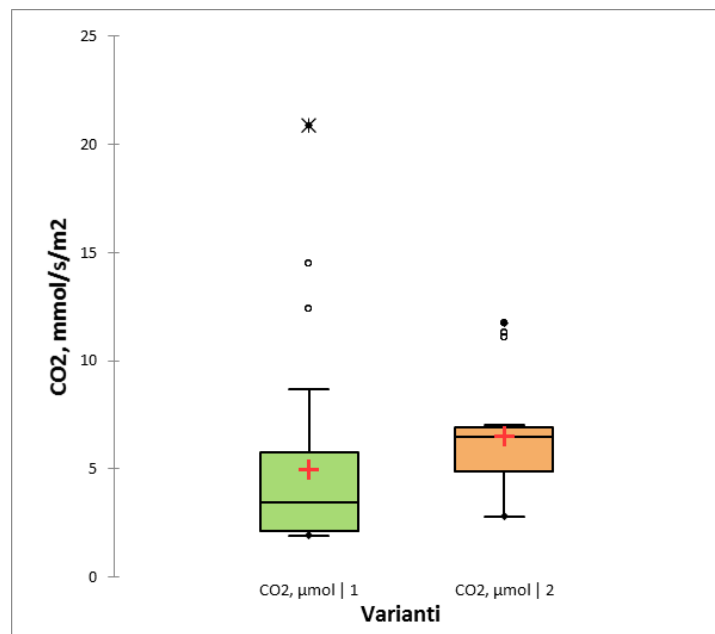
Visās mērījuma vietās ir novērota gan CH₄ asimilācija no gaisa, kas nozīmē, ka augsnē dominē aerobi apstākļi, kas veicina metāna patēriņu mikroorganismu metaboliskajos procesos, gan emisijas. Vislielākā CH₄ emisijas izkliede ir novērojama pirmajā mērījumu vietā (T1K) un vislielākā CH₄ asimilācija otrajā mērījumu vietā, kur veica nezāļu ierobežošanu ar herbicīdiem (T2K), taču atšķirības nav būtiskas starp T1K un T2K variantu (5.10.att).



5.10. attēls. CH₄ emisiju novērojumi ziemas kviešu sējumos. 1. un 2. varianti ir T1K un T2K.

5.4.2.3. Ogļskābās gāzes mērījumu rezultāti

Pirmajā mērījumu veikšanas vietā (T1K) ir vērojamas relatīvi zemākās CO₂ emisijas. Palielināta CO₂ emisija otrajā mērījumu vietā ir saistāma ar augsnes aktivitāti un intensīvu organiskās vielas noārdīšanos, kas sasaucas ar paaugstināto metāna piesaisti. Maksimālās vērtības 2021. gadā ir novērotas pirmajā novērojumu vietā (6.att.).



5.11. attēls. N₂O emisiju novērojumi ziemas kviešu sējumos. 1. un 2. varianti ir T1K un T2K.

SECINĀJUMI: SEG emisiju mērījumu rezultāti

1. Nezaļu ierobežošanas tehnoloģijas rada mainīgu ietekmi uz SEG emisijām no augsnes, mērījumu rezultāti parāda rušināšanas labvēlīgo ietekmi uz augsnes aerāciju, kas veicina metāna piesaisti un samazina dislāpekļa oksīda emisijas.
2. SEG emisijas var mazināt, mainot augsnes fizikālās, ķīmiskās un mikrobioloģiskās īpašības, jo SEG emisijas no augsnes ir saistītas ar vairākām augsnes īpašībām, piemēram, augsnes pH, ūdens aizpildīto poru daudzumu, augsnes struktūru un kultūraugu veidiem un klimata zonas. Augsnes apstrādei un augu atlieku izmantošanai ir būtiska ietekme uz augsnes fizikālajām īpašībām un SEG emisijām no augsnes.
3. Uzkrātā datubāze sniedz ļoti vērtīgas fundamentālas zināšanas par SEG emisiju veidošanos augsnē veģetācijas periodā atkarībā no klimatiskajiem faktoriem, augsnes mitruma, augsnes temperatūras, augsnes mikrobioloģiskās aktivitātes un zemes apsaimniekošanas, un ir pamats, lai uzsāktu slāpekļa aprites cikla pieejas pētījumus.
4. Veiktie mērījumi un to turpināšana ir ļoti būtisks ieguldījums Latvijas lauksaimniecības attīstībā, lai veicinātu SEG emisiju samazinošu un oglekļa piesaistes veicinošu saimniekošanu.

Projekta publicitāte

Lauka dienas

Lauka diena Z/s “Vilciņi-1” 2020. gada 22. maijā

Lauka diena Z/s “Vilciņi-1” 2021. gada 7. augustā

Populārzinātniskās publikācijas

“Vējauzas ierobežošanas demonstrējumi un citi jaunumi” (Saimnieks, 2021. gada marts)

“Mehāniskā nezāļu ierobežošana – papildinājums labajai augu aizsardzības praksei” (Saimnieks, 2021. gada novembris)

Zinātniskās publikācijas, ziņojumi

G. Putniece, R. Sanžarevska, J. Nečajeva. NEZĀĻU MEHĀNISKĀ IEROBEŽOŠANA KĀ IESPĒJA SAMAZINĀT PESTICĪDU LIETOŠANAS INTENSITĀTI LAUKA PUPU SĒJUMOS. Zinātniski-praktiskā konference “Līdzsvarota lauksaimniecība”, 25.-26.02.2021, LLU, Jelgava. https://www.lf.llu.lv/sites/lf/files/2021-10/Latvia-lidzsvarota-lauksaimniec_rakstu_krajums_2021.pdf

J. Nečajeva., G. Putniece, R. Sanžarevska, Augsnes nezāļu sēklu bankas izpēte ziemas kviešu un lauka pupu sējumos, sākotnējie rezultāti. LU 79. konference, 03.02.2021. Augu bioloģijas sekcija, Rīga. http://eeb.lu.lv/EEB/202103/EEB_XIX_abstracts.pdf

K. Siltumens, S. Liepa, I. Grinfelde, J.Pilecka-Ulcugaceva, V. Zagorska. Impact of weed control technologies on GHG emissions in wheat and beans. Extended scientific sessions „Green sciences for green life“, 7.-11. december, 2021, Schönbrunn palace, Vienna.

A. Rucins, D. Viesturs, J. Nečajeva, G. Bundzena, V. Zagorska. An assessment of the energy inputs, greenhouse gas emissions and economic indicators applying different weed control technologies for field bean (vicia faba) growing (a case study). 21st International Scientific Conference “Engineering for Rural Development”, 25.-27.05.2022. , LLU, Jelgava, Latvija.

Literatūra

Amador-Ramirez M. D., Wilson R. G., Martin A. R. (2001). Weed Control and Dry Bean (*Phaseolus vulgaris*) Response to In-Row Cultivation, Rotary Hoeing, and Herbicides. *Weed Technology*, Vol. 15, Issue 13, p. 429–436.

Asejeva. A., Kopiks N., Viesturs D. The choice of technological variants of soil tillage and cultivation for the growing of cereals. Proceedings of the International scientific conference "Economic science for rural development", Academy of Agricultural and Forestry sciences of Latvia. Latvia University of Agriculture. - Jelgava, 2007. - Nr.13: Primary and secondary production, consumption, p.78. - 84.

Audsley E., Stacey K., Parsons D.J., Williams A.G.. Estimation of the greenhouse gas emissions from agricultural pesticide manufacture and use. Cranfield University Cranfield Bedford MK43 0AL. Technical Report · August 2009, p.20. DOI: 10.13140/RG.2.1.5095.3122. **44**

Avola G., Tuttobene R., Gresta F. et al (2008). Weed control strategies for grain legumes. *Agronomy for Sustainable Development*, Vol. 28, No. 3, p. 389–395.

Barberi P. (2002). Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? *Weed Research*, Vol. 42, Issue 3, p. 177–193.

Bouwmeester, H. J., and Karssen, C. M. (1993). Seasonal Periodicity in Germination of Seeds of *Chenopodium album* L. In Source: *Annals of Botany* (Vol. 72, Issue 5). <https://about.jstor.org/terms>

Brainard, D. C. and Bellinder, R. R. 2006. Estimating Weed Seed Banks for Improved Monitoring and Management of Weeds. <http://www.nysipm.cornell.edu/rantspg/roject/roj0/e/rainard.pdf>. Accessed: December 23, 2020. Google Scholar

Elsgaard L. , Olesen J., Hermansen J. et al. Regional greenhouse gas emissions from cultivation of winter wheat and winter rapeseed for biofuels in Denmark, *Acta Agriculturae Scandinavica*, 2013., Section B – Soil & Plant Science, 63:3, 219-230, DOI: 10.1080/09064710.2012.751451.

Forcella, F. (2003). Debiting the seedbank: priorities and predictions. In *Seedbanks: Determination, Dynamics and Management*, (Vol. 69, pp. 151–162).

Forcella, F., Webster, T. M., and Cardina, J. (2003). Protocols for weed seed bank determination in agro-ecosystems. Pages 3-18 in R. Labrada, ed. *Weed Management for Developing Countries*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Plant Production and Protection Paper 120 (add.1).

Gómez, R., Liebman, M., and Munkvold, G. (2013). Weed seed decay in conventional and diversified cropping systems. <https://doi.org/10.1111/wre.12052>

Haring, S. C., and Flessner, M. L. (2018). Improving soil seed bank management. In *Pest Management Science*. <https://doi.org/10.1002/ps.5068>

Heerdt, G. N. J. ter, Verweij, G. L., Bekker, R. M., & Bakker, J. P. (1996). An Improved Method for Seed-Bank Analysis: Seedling Emergence After Removing the Soil. In Source: *Functional Ecology* (Vol. 10, Issue 1).

Izquierdo, J., Blanco-Moreno, J. M., Chamorro, L., Recasens, J., and Sans, F. X. (2009). Spatial Distribution and Temporal Stability of Prostrate Knotweed (*Polygonum aviculare*) and Corn Poppy (*Papaver rhoeas*) Seed Bank in a Cereal Field. *Weed Science*, 57(5), 505–511. <https://doi.org/10.1614/ws-08-174.1>

Kopiks N., Viesturs D., Balode R.. Method for the analysis of field crop production technologies. Proceedings of the Latvia University of agriculture Nr.16 (293), 1998), B – technical sciences, p.129.-135., Jelgava.

Kopmanis J., Gaile Z. (2010) Nezaļu ierobežošanas paņēmienu efektivitāte kukurūzas sējumos skābbarības ražošanai. LLU Raksti, Nr. 24 (319), 1.–11. lpp.

Maun, M. A., and Barrett, S. C. H. (1986). THE BIOLOGY OF CANADIAN WEEDS.: 77. *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. In Canadian Journal of Plant Science (Vol. 66, Issue 3, pp. 739–759). <https://doi.org/10.4141/cjps86-093>

Melander B., Rasmussen I. A., Bārberi P. (2005). Integrating physical and cultural methods of weed control— examples from European research. Weed Science, Vol. 53, p. 369–381.

Kazlauskas M., Bručiene I., Jasinskas A., Šarauskis E.. Comparative Analysis of Energy and GHG Emissions Using Fixed and Variable Fertilization Rates. Agronomy 2021,11, 138, p. 19. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010138>

Novakovska I., Bulgakov V., Rucins A., Dukulis I. Analysis of soil tillage by ploughs and optimisation of their aggregation. // 17th International scientific conference "Engineering for rural development": proceedings, Jelgava, Latvia, May 23 - 25, 2018 [elektroniskais resurss] / Latvia University of Life Sciences and Technologies. Faculty of Engineering. Latvian Academy of Agricultural and Forestry Sciences. Jelgava, 2018. Vol. 17, p.335-341..

Peruzzi A., Martelloni L., Frasconi C. et al (2017). Machines for non-chemical intra-row weed control in narrow and wide-row crops: a review. Journal of Agricultural Engineering, Vol. 48, No. 583, p. 57–70.

Rasmussen I. A. (2004). The effect of sowing date, stale seedbed, row width and mechanical weed control on weeds and yields of organic winter wheat. Weed Research, Vol. 44, Issue 1, p. 12–20.

Romaneckas K., Kimbirauskiene R., Sinkeviciene A. et al (2021). Weed Diversity, Abundance, and Seedbank in Differently Tilled Faba Bean (*Vicia faba* L.). Cultivations. Agronomy, Vol. 11, p. 1–17.

Rueda-Ayala V., Rasmussen J., Gerhards R. (2010). Mechanical weed control. In: Precision Crop Protection - The Challenge and Use of Heterogeneity. Stuttgart: Springer Science+Business Media, p. 279–294.

Scherner, A., Melander, B., and Kudsk, P. (2016). Vertical distribution and composition of weed seeds within the plough layer after eleven years of contrasting crop rotation and tillage schemes. Soil and Tillage Research, 161, 135–142. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.04.005>

Schwartz, L. M., Gibson, D. J., Gage, K. L., Matthews, J. L., Jordan, D. L., Owen, M. D. K., Shaw, D. R., Weller, S. C., Wilson, R. G., and Young, B. G. (2015). Seedbank and Field Emergence of Weeds in Glyphosate-Resistant Cropping Systems in the United States. Weed Science. <https://doi.org/10.1614/ws-d-14-00089.1>

Tharp B. E., Kells J. J., Bauman T. T. et al (2004). Assessment of Weed Control Strategies for Corn in the North-Central United States. Weed Technology, Vol. 18, p. 203 – 210.

Walsh, M. J., Broster, J. C., Schwartz-Lazaro, L. M., Norsworthy, J. K., Davis, A. S., Tidemann, B. D., Beckie, H. J., Lyon, D. J., Soni, N., Neve, P., and Bagavathiannan, M. V. (2017). Opportunities and challenges for harvest weed seed control in global cropping systems. <https://doi.org/10.1002/ps.4802>

LLKC. Bruto seguma aprēķināšanas teorētiskie aspekti [tiešsaiste] [25.01.2022]. pieejams: http://new.lkc.lv/sites/default/files/baskik_p/pielikumi/

PIELIKUMI

Rotējošās ecēšas *Einböck* AEROSTAR lauka pupu sējumā



**Rindstarpu kultivators *Einböck* CHOPSTAR ar ROW-GUARD optisko sistēmu.
Lauka diena Z/s "Vilciņi-1" 2020. gadā**



**Izmēģinājuma laukos 2020. un 2021. gadā nezāļu uzskaitēs konstatētās nezāļu sugas
(apkopotie sugu saraksti no visām nezāļu uzskaitēm)**

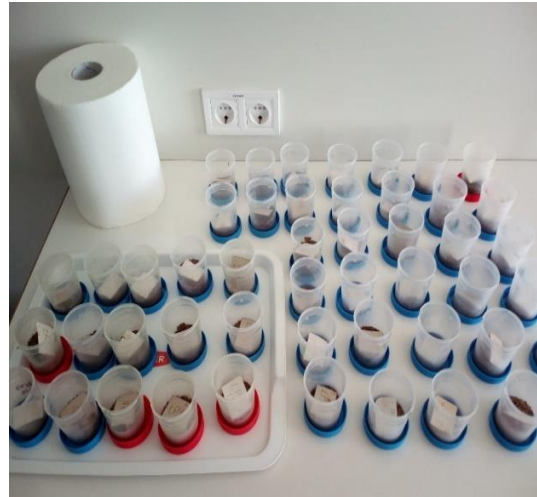
2020	2021	
Lauks1 (lauka pupas)	Lauks1 (ziemas kvieši)	Lauks2 (lauka pupas)
āboliņš-sārņaugš	ārstniecības matuzāle	ārstniecības mazutāle
akļu ģints	baltā balanda	baltā balanda
ārstniecības matuzāle	baltā spulgotne	dārza vējagriķis
baltā balanda	dārza vējagriķis	ganu plikstiņš
dārza vējagriķis	ganu plikstiņš	ķeraiņu madara
ganu plikstiņš	ķeraiņu madara	labība-sārņaugš
griķis-sārņaugš	lauka vijolīte	lauka vijolīte
ķeraiņu madara	maura skarene	ložņu vārpata
labība-sārņaugš	maura sūrene	maura sūrene
lauka vijolīte	parastā gaiļšāre	parastā gaiļšāre
lucerna-sārņaugš	parastā rudzupuķe	parastā rudzusmilga
magoņu ģints	parastā rudzusmilga	parastā virza
maura sūrene	parastā virza	rapsis-sārņaugš
parastā gaiļšāre	rapsis-sārņaugš	sārtā panātre
parastā rudzupuķe	sārtā panātre	saules dievkrēsliņš
parastā rudzusmilga	saules dievkrēsliņš	tīruma naudulis
parastā virza	tīruma aitene	tīruma pavirza
pļavas timotiņš	tīruma naudulis	tīruma zilausis
rapsis-sārņaugš	tīruma zilausis	tīruma zvēre
sārtā panātre	tīruma zvēre	vējauza
saules dievkrēsliņš		
tīruma kosa		
tīruma kumelīte		
tīruma naudulis		
tīruma pavirza		
tīruma zvēre		

Nezāļu augsnes sēklu bankas izpēte

Augsnes paraugu ievākšana



Koncentrētie augsnes paraugi



Augsnes paraugi siltumnīcā



Nezāļu dīgsti pirms uzskaites



Augsnes sēklu bankā 2020. un 2021. gadā konstatētās nezāļu sugas

2020		2021	
Lauks1	Lauks2	Lauks1	Lauks2
baltā balanda	baltā balanda	baltā balanda	baltā balanda
bērzu ģints	bērzu ģints	ganu plikstiņš	lauka vijolīte
ceļteku ģints	ganu plikstiņš	lauka vijolīte	magoņu ģints
doņu ģints	krustaiņu ģints	magoņu ģints	maura sūrene
ganu plikstiņš	lauka vijolīte	mazvīrcēle	mazvīrcēle
krustaiņu ģints	mazvīrcēle	parastā rudzuzmilga	mīkstpieņu ģints
lauka vijolīte	mīkstpieņu ģints	rapsis	parastā rudzuzmilga
magoņu ģints	parastā rudzuzmilga	sārtā panātre	rapsis
maura skarene	rapsis	tīruma zvēre	saules dievkrēsliņš
mazvīrcēle	saules dievkrēsliņš		tīruma naudulis
parastā rudzuzmilga	tīruma naudulis		tīruma pavirza
parastā virza	tīruma pavirza		
pūkainā kazroze			
rapsis			
saules dievkrēsliņš			
tīruma naudulis			

Nezāļu saglabāšanās augsnes apstākļos izpēte

Sēklu iepakošana lavsāna filtrēšanas audumā



Sēklu ierakšana

Metāla režģa "būris" ierakto sēklu pasargāšanai no grauzējiem



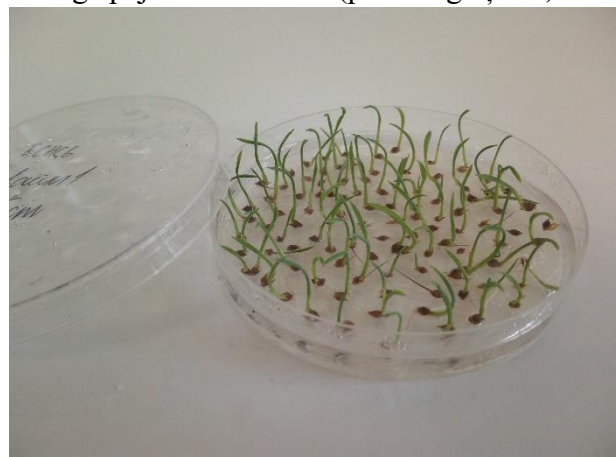
Sēklu ierakšana



Izrakto sēklu stāvokļa noteikšana (akļi)



Sēklu dziedēšana laboratorijas apstākļos, saglabājušos sēklu dīgtspējas noteikšanai (parastā gaiļšārē)



Lauka pupu audzēšanas tehnoloģijas aprēķina tehnikas ievades dati

Darbības veids	Nosaukums	Marka	Iepirkuma cena, EUR	Atlikušā vērtība, EUR	Māšinas masa, kg	Ekspluatācijas laiks, h	Kalpošanas laiks, gads	Gada noslodze, h	Amortizācijas atskaitījumu koeficients	Atskaitījumu koeficients TR un TA	Darba platums, m Tilpums m ³	Apstrādes ātrums, km h ⁻¹	Agregāta darba ražīgums, ha h ⁻¹	Darba patēriņš, h ha ⁻¹	Degvielas cena, EUR/litrs	Degvielas patēriņš, l ha ⁻¹	Darba alga, EUR/st.
	Traktors	JD 8335	212000	190800	13000	10	2000	0	0								10
	Traktors	JD 6830	80000	72000	5880	10	2000	0	0								10
	Traktors	JD 6900	30000	27000	5390	10	2000	0	0								10
	Traktors	JD 6920	75300	26355	8400	10	2000	0	0								10
Kulšana	Kombains	JD S685i	330000	66000	18700	15	600	0	0			3	0	1	30	9	15
Aršana	Arklis	Kverneland	40000	36000	3370	10	600	0	0	4	7	2	0	1	20	9	10
Kultivēšana	Kultivators	Bednar	45000	40500	7760	10	100	0	0	8	8	6	0	1	5	9	10
Mīnerālmēsļu izkliešana	Mīnerālmēsļu kliecētājs	Rauch Accent 100.1	110000	99000	4600	10	150	0	0	36	10	30	0	1	3	9	10
Sēja	Sējmašīna	Horsch Focus	110000	99000	9500	10	150	0	0	5	8	4	0	1	10	9	10
Ecēšana	Ecēšanas	Einboeck	20570	18513	620	10	72	0	0	12	4	5	0	1	3	9	10
Smidzināšana	Smidzinātājs	Amazone UX 11201	140000	126000	8565	10	150	0	0	36	7	25	0	1	2	9	10
Rindstarpu kultivēšana	Rindstarpu kultivators	Chopstar	49300	44370	1650	10	48	0	0	6	4	2	0	1	5	9	10
Ūdens pievešana	Muca	Muca	14000	12600	5390	10	150	0	0	(14t)	15	25	0	1	2	9	10
Transportēšana	Puspiekabe	UMEGA DPC 14	14100	4935	4450	10	150	0	0	(14t)	5	2	0	1	8	9	10
Lobīšana	Lobītājs (diski)	Kockerling Vector 800	38500	34650	9000	10	100	0	0	6		4	0	1	8	9	10
Starpsēja	Sējmašīna	Horsch Focus	110000	99000	9500	10	150	0	0	5		4	0	1	10	9	10

Lauka pupu audzēšanas tehnoloģijas aprēķina materiālu ievades dati

Izmaksu struktūra, EUR/ha							Enerģijas patēriņa sadalījums pa ražošanas resursiem	
Materiāla nosaukums	Materiāla izmaksu veids	Mērvienība	Operācija	Daudzums vienība uz ha-1	Cena, EUR kg-1	Izmaksas, EUR ha-1	Enerģijas saturs, MJ kg-1	Enerģijas saturs, MJ ha-1
Sēkla (auzas/zirņi)	Starpsēja	kg	starpsēja	150.00	0.27	40.50	14.70	2205.00
Sēkla, pupas	Sēja	kg	sēja	420.00	0.30	126.00	14.70	4410.00
Mēslošanas līdzeklis	KCL (110 kg ha-1)	kg	M1 klievēšana	110.00	299.00	32.89	2.65	291.50
Mēslošanas līdzeklis	Amofoss (130 kg ha-1) (N) 12 %, (P2O5) 52%	kg	M2 klievēšana	130.00	319.00	41.47	4.68	608.40
Insekticīds	Fastac 1	litri	S3 smidzināšana	0.30	54.25	3.26	25.90	7.77
Mikroelementi	Moliboro	litri	S3 smidzināšana	2.00	59.20	5.92	5.00	10.00
Insekticīds	ZOOM	litri	S4 smidzināšana	2.00	5.87	11.74	6.00	12.00
Fungicīds	Propulse	litri	S4 smidzināšana	1.00	172.50	34.50	110.63	110.63
Insekticīds	Evure	litri	S4 smidzināšana	0.20	32.32	6.46	116.64	23.33
Insekticīds	Decis mega 1	litri	S5 smidzināšana	0.15	105.00	3.15	30.00	4.50
Insekticīds	Fastac 2	litri	S6 smidzināšana	0.30	54.25	3.26	25.90	7.77
Fungicīds	Signum	litri	S7 smidzināšana	0.80	130.00	41.60	23.74	18.99
Insekticīds	Decis mega 2	litri	S7 smidzināšana	0.15	105.00	3.15	30.00	4.50
Herbicīds	Basagran	litri	S2 smidzināšana	1.50	133.75	40.13	208.13	312.20
Herbicīds	Fenix	litri	S1 smidzināšana	3.00	86.50	51.90	161.04	483.12
Herbicīds	Targa super	litri	S3 smidzināšana	0.90	14.42	12.98	25.90	23.31
Ūdens	Ūdens	litri	smidzināšana	150.00	0.00	0.00	0.63	0.09

T1 Lauku pupu audzēšanas un novākšanas enerģijas ievades aprēķins

Darba veids	E_1 Cilvēka enerģijas ievade, MJ ha-1	E_3' Mašīnas enerģijas ievade, MJ ha-1	E_3'' Traktora enerģijas ievade, MJ ha-1	E_3 Summārā enerģijas ievade, MJ ha-1	E_2 Enerģijas ievade ar degvielu, MJ ha-1	E_4 Enerģijas ievade ar sēklu, MJ ha-1	E_5 Enerģijas ievade ar mēslošanas un ķimikālijas līdzekļiem, MJ ha-1	
Starpsēja	0.57	225.94	23.19	249.13	563.1	2205.00		0.00
Lobīšana	0.65	366.94	17.12	384.07	450.48			0.00
Minerālmēsļu izkliešana	0.08	14.59	1.40	15.99	168.93		Mēslošanas līdzeklis	899.90
Minerālmēsļu izkliešana	0.08	14.59	1.40	15.99	168.93			0.00
Sēja	0.57	225.94	23.19	249.13	563.1	4410.00		0.00
Ecēšana	0.48	25.60	8.74	34.34	168.93			0.00
Ecēšana	0.48	25.60	8.74	34.34	168.93			0.00
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62			0.00
Rindstarpu kultivēšana	0.95	204.39	17.48	221.87	281.55			0.00
Rindstarpu kultivēšana	0.95	204.39	17.48	221.87	281.55			0.00
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62		Mikroelementi	10.00
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62		Fungicīds	129.62
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62		Insekticīds	59.87
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62			0.00
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62		Ūdens	0.00
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62		Ūdens	0.00
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62		Ūdens	0.00
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62		Ūdens	0.00
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62		Ūdens	0.00
Kulšana	0.91	118.60	118.60	237.20	1689.3			0.00
Transportēšana	0.95	176.39	24.97	201.37	450.48			0.00
Kopā:	7.56	1866.38	288.35	2154.73	6081.48	6615.00		1099.39
						Kopā:		15958.15

T2 Lauku pupu audzēšanas un novākšanas enerģijas ievades aprēķins

Darba veids	E_1 Cilvēka enerģijas ievade, MJ ha-1	E_3' Mašīnas enerģijas ievade, MJ ha-1	E_3'' Traktora enerģijas ievade, MJ ha-1	E_3 Summārā enerģijas ievade, MJ ha-1	E_2 Enerģijas ievade ar degvielu, MJ ha-1	E_4 Enerģijas ievade ar sēklu, MJ ha-1	E_5 Enerģijas ievade ar mēslošanas un ķīmikālijas līdzekļiem, MJ ha-1	
1	2	3	4	5	5	6	7	
Starpsēja	0.57	225.94	23.19	249.13	563.1	2205.00		0
Aršana	0.93	32.71	37.86	70.57	1126.2			0
Kultivēšana	0.36	173.02	6.56	179.58	281.55			0
Minerālmēslu izkliešana	0.08	14.59	1.40	15.99	168.93		Mēslošanas līdzeklis	900
Minerālmēslu izkliešana	0.08	14.59	1.40	15.99	168.93			0
Sēja	0.57	225.94	23.19	249.13	563.1	4410.00		0
Ecēšana	0.48	25.60	8.74	34.34	168.93			0
Ecēšana	0.48	25.60	8.74	34.34	168.93			0
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62			0
Rindstarpu kultivēšana	0.95	204.39	17.48	221.87	281.55			0
Rindstarpu kultivēšana	0.95	204.39	17.48	221.87	281.55			0
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62		Mikroelementi	10
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62		Fungicīds	130
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62		Insekticīds	60
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62			0
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62		Ūdens	0.0
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62		Ūdens	0.0
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62		Ūdens	0.0
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62		Ūdens	0.0
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62		Ūdens	0.0
Kuļšana	0.91	118.60	118.60	237.20	1689.3			0
Transportēšana	0.95	176.39	24.97	201.37	450.48			0
Kopā:	8.20	1705.17	315.64	2020.81	7038.75	6615.00		1099.39
						Kopā:		16782.14

T3 Lauku pupu audzēšanas un novākšanas enerģijas ievades aprēķins

Darba veids	E_1 Cilvēka enerģijas ievade, MJ ha-1	E_3' Mašīnas enerģijas ievade, MJ ha-1	E_3'' Traktora enerģijas ievade, MJ ha-1	E_3 Summārā enerģijas ievade, MJ ha-1	E_2 Enerģijas ievade ar degvielu, MJ ha-1	E_4 Enerģijas ievade ar sēklu, MJ ha-1	E_5 Enerģijas ievade ar mēslošanas un ķīmikālijas līdzekļiem, MJ ha-1	
1	2	3	4	5	5	6	7	
Starpsēja	0.57	225.94	23.19	249.13	563.1	2205.00		0
Aršana	0.93	32.71	37.86	70.57	1126.2			0
Kultivēšana	0.36	173.02	6.56	179.58	281.55			0
Minerālmēsļu izkliešana	0.08	14.59	1.40	15.99	168.93		Mēslošanas līdzeklis	900
Minerālmēsļu izkliešana	0.08	14.59	1.40	15.99	168.93			0
Sēja	0.57	225.94	23.19	249.13	563.1	4410.00		0
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62		Herbicīds	818.63
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62			0
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62			0
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62		Mikroelementi	10
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62		Fungicīds	130
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62		Insekticīds	60
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62			0
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62		Ūdens	0.0
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62		Ūdens	0.0
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62		Ūdens	0.0
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62		Ūdens	0.0
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62		Ūdens	0.0
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62		Ūdens	0.0
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62		Ūdens	0.0
Kulšana	0.91	118.60	118.60	237.20	1689.3			0
Transportēšana	0.95	176.39	24.97	201.37	450.48			0
Kopā:	5.71	1350.56	273.61	1624.17	6588.27	6615.00		1918.01
						Kopā:		16751.16

T1 Lauku pupu audzēšanas un novākšanas CO₂ emisijas aprēķins

Darba veids	Operāciju/ agregāta CO ₂ emisijas	Degvielas CO ₂ emisijas	Kopējās CO ₂ emisijas	Sēkla, minerālm. un ķīmija, CO ₂ h ⁻¹	Kopā CO ₂ emisijas
Starpsēja	47.42	33.6	81.02	7.50	88.52
Lobīšana	60.89	26.88	87.77	0.00	87.77
Minerālmēsļu izkliešana	2.93	10.08	13.01	39.64	52.65
Minerālmēsļu izkliešana	2.93	10.08	13.01	71.29	84.30
Sēja	47.42	33.6	81.02	382.20	463.22
Ecēšana	26.35	10.08	36.43	0.00	36.43
Ecēšana	26.35	10.08	36.43	0.00	36.43
Smidzināšana	7.27	6.72	13.99	1.23	15.22
Rindstarpu kultivēšana	88.20	16.8	105.00	0.00	105.00
Rindstarpu kultivēšana	88.20	16.8	105.00	0.00	105.00
Smidzināšana	7.27	6.72	13.99	10.07	24.06
Smidzināšana	7.27	6.72	13.99	0.31	14.30
Smidzināšana	7.27	6.72	13.99	0.54	14.53
Smidzināšana	7.27	6.72	13.99	1.62	15.61
Ūdens pievešana	3.51	6.72	10.23	0.00	10.23
Ūdens pievešana	3.51	6.72	10.23	0.00	10.23
Ūdens pievešana	3.51	6.72	10.23	0.00	10.23
Ūdens pievešana	3.51	6.72	10.23	0.00	10.23
Ūdens pievešana	3.51	6.72	10.23	0.00	10.23
Kulšana	11.98	100.8	112.78	0.00	112.78
Transportēšana	46.27	26.88	73.15	0.00	73.15
	502.88	362.88	865.76	514.40	1380.16

T2 Lauku pupu audzēšanas un novākšanas CO₂ emisijas aprēķins

Darba veids	Operāciju/ agregāta CO ₂ emisijas	Degvielas CO ₂ emisijas	Kopējās CO ₂ emisijas	Sēkla, minerālm. un ķīmija, CO ₂ h ⁻¹	Kopā CO ₂ emisijas
Starpsēja	47.42	33.6	81.02	7.50	88.52
Aršana	15.09	67.2	82.29	0.00	82.29
Kultivēšana	25.64	16.8	42.44	0.00	42.44
Minerālmēsļu izkliešana	2.93	10.08	13.01	39.64	52.65
Minerālmēsļu izkliešana	2.93	10.08	13.01	71.29	84.30
Sēja	47.42	33.6	81.02	382.20	463.22
Ecēšana	26.35	10.08	36.43	0.00	36.43
Ecēšana	26.35	10.08	36.43	0.00	36.43
Smidzināšana	7.27	6.72	13.99	1.23	15.22
Rindstarpu kultivēšana	88.20	16.8	105.00	0.00	105.00
Rindstarpu kultivēšana	88.20	16.8	105.00	0.00	105.00
Smidzināšana	7.27	6.72	13.99	10.07	24.06
Smidzināšana	7.27	6.72	13.99	0.31	14.30
Smidzināšana	7.27	6.72	13.99	0.54	14.53
Smidzināšana	7.27	6.72	13.99	1.62	15.61
Ūdens pievešana	3.51	6.72	10.23	0.00	10.23
Ūdens pievešana	3.51	6.72	10.23	0.00	10.23
Ūdens pievešana	3.51	6.72	10.23	0.00	10.23
Ūdens pievešana	3.51	6.72	10.23	0.00	10.23
Ūdens pievešana	3.51	6.72	10.23	0.00	10.23
Kulšana	11.98	100.8	112.78	0.00	112.78
Transportēšana	46.27	26.88	73.15	0.00	73.15
	482.72	420.00	902.72	514.40	1417.12

T3 Lauku pupu audzēšanas un novākšanas CO₂ emisijas aprēķins

Darba veids	Operāciju/ agregāta CO ₂ emisijas	Degvielas CO ₂ emisijas	Kopējās CO ₂ emisijas	Sēkla, minerālm. un ķīmija, CO ₂ h ⁻¹	Kopā CO ₂ emisijas
Starpsēja	47.42	33.6	81.02	7.50	88.52
Aršana	15.09	67.2	82.29	0.00	82.29
Kultivēšana	25.64	16.8	42.44	0.00	42.44
Minerālmēsļu izkliešana	2.93	10.08	13.01	39.64	52.65
Minerālmēsļu izkliešana	2.93	10.08	13.01	71.29	84.30
Sēja	47.42	33.6	81.02	382.20	463.22
Smidzināšana	7.27	6.72	13.99	33.34	47.33
Smidzināšana	7.27	6.72	13.99	21.54	35.54
Smidzināšana	7.27	6.72	13.99	2.83	16.83
Smidzināšana	7.27	6.72	13.99	10.07	24.06
Smidzināšana	7.27	6.72	13.99	0.31	14.30
Smidzināšana	7.27	6.72	13.99	0.54	14.53
Smidzināšana	7.27	6.72	13.99	1.62	15.61
Ūdens pievešana	3.51	6.72	10.23	0.00	10.23
Ūdens pievešana	3.51	6.72	10.23	0.00	10.23
Ūdens pievešana	3.51	6.72	10.23	0.00	10.23
Ūdens pievešana	3.51	6.72	10.23	0.00	10.23
Ūdens pievešana	3.51	6.72	10.23	0.00	10.23
Ūdens pievešana	3.51	6.72	10.23	0.00	10.23
Ūdens pievešana	3.51	6.72	10.23	0.00	10.23
Kulšana	11.98	100.8	112.78	0.00	112.78
Transportēšana	46.27	26.88	73.15	0.00	73.15
	275.18	393.12	668.30	570.89	1239.19

T1K - Kviešu audzēšanas un novākšanas izmaksu aprēķins

Darba veids	Agregāta sastāvs		Cena, EUR		Gada noslodze, h		Agregāta darba ražīgums, ha h-1	Darba patēriņš, cilvē-h ha-1	Degvielas patēriņš, l ha-1	Ekspluatācijas izmaksas EUR ha-1				
	Traktors	Mašina	Traktors	Mašina	Traktors	Mašina				Amortizācija	TA un TR	Degviela	Darba alga	Kopā
Minerālmēslu izkliešana	JD 6830	Minerālmēslu kliešētājs	80000	110000	2000	150	30.00	0.03	3.00	2.45	2.45	2.28	0.30	7.49
Minerālmēslu izkliešana	JD 6830	Minerālmēslu kliešētājs	80000	110000	2000	150	30.00	0.03	3.00	2.45	2.45	2.28	0.30	7.49
Sēja	JD 8335	Sējmašīna	212000	110000	2000	150	4.00	0.25	10.00	18.53	18.53	7.60	2.25	46.91
Smidzināšana	JD 8335	Smidzinātājs	212000	140000	2000	150	25.20	0.04	2.00	3.74	3.74	1.52	0.36	9.35
Minerālmēslu izkliešana	JD 6830	Minerālmēslu kliešētājs	80000	110000	2000	150	30.00	0.03	3.00	2.45	2.45	2.28	0.30	7.49
Ecēšana	JD 6830	Ecēšanas	80000	20570	2000	72	4.80	0.21	3.00	5.98	5.98	2.28	1.88	16.12
Smidzināšana	JD 8335	Smidzinātājs	212000	140000	2000	150	25.20	0.04	2.00	3.74	3.74	1.52	0.36	9.35
Minerālmēslu izkliešana	JD 6830	Minerālmēslu kliešētājs	80000	110000	2000	150	30.00	0.03	3.00	2.45	2.45	2.28	0.30	7.49
Smidzināšana	JD 8335	Smidzinātājs	212000	140000	2000	150	25.20	0.04	2.00	3.74	3.74	1.52	0.36	9.35
Minerālmēslu izkliešana	JD 6830	Minerālmēslu kliešētājs	80000	110000	2000	150	30.00	0.03	3.00	2.45	2.45	2.28	0.30	7.49
Smidzināšana	JD 8335	Smidzinātājs	212000	140000	2000	150	25.20	0.04	2.00	3.74	3.74	1.52	0.36	9.35
Ūdens pievešana	JD 6900	Muca	30000	14000	2000	150	25.20	0.04	2.00	0.37	0.37	1.52	0.36	2.63
Ūdens pievešana	JD 6900	Muca	30000	14000	2000	150	25.20	0.04	2.00	0.37	0.37	1.52	0.36	2.63
Ūdens pievešana	JD 6900	Muca	30000	14000	2000	150	25.20	0.04	2.00	0.37	0.37	1.52	0.36	2.63
Ūdens pievešana	JD 6900	Muca	30000	14000	2000	150	25.20	0.04	2.00	0.37	0.37	1.52	0.36	2.63
Kulšana	JD S685i	Kombains	330000		600		2.50	0.40	30.00	14.67	14.67	22.80	3.60	55.73
Transportēšana	JD 6920	Puspiekabe	75300	14100	2000	150	2.40	0.42	8.00	4.03	4.03	6.08	3.75	17.90
Ekspluatācijas izmaksas, EUR ha-1								1.76	82.00	71.93	71.93	62.32	15.83	222.01
Ekspluatācijas izmaksas, EUR t-1								0.35	16.40	14.39	14.39	12.46	3.17	44.40
Minerālmēslojuma un ķīmikāliju izmaksas EUR ha-1														324.75
Sēklu izmaksas EUR ha-1 (Sēkla, kvieši/kodināta)														122.50
Izmaksas, EUR ha-1 (iekļautas ekspluatācijas, sēklu, minerālmēslojuma un ķīmikāliju izmaksas)														669.26
Izmaksas, EUR t-1 (iekļautas ekspluatācijas, sēklu, minerālmēslojuma un ķīmikāliju izmaksas)														133.85

T1K Kviešu audzēšanas un novākšanas enerģijas ievades aprēķins

Darba veids	E_1 Cilvēka enerģijas ievade, MJ ha-1	E_3' Mašīnas enerģijas ievade, MJ ha-1	E_3'' Traktora enerģijas ievade, MJ ha-1	E_3 Sumārā enerģijas ievade, MJ ha-1	E_2 Enerģijas ievade ar degvielu, MJ ha-1	E_4 Enerģijas ievade ar sēklu, MJ ha-1	E_5 Enerģijas ievade ar mēslošanas un ķīmikālijas līdzekļiem, MJ ha-1	
Minerālmēsļu izkliedēšana	0.08	14.59	1.40	15.99	168.93		Mēslošanas līdzeklis	7132.52
Minerālmēsļu izkliedēšana	0.08	14.59	1.40	15.99	168.93			0.00
Sēja	0.57	225.94	23.19	249.13	563.1	1750		0.00
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62		Herbicīds	138.91
Minerālmēsļu izkliedēšana	0.08	14.59	1.40	15.99	168.93			0.00
Ecēšana	0.48	25.60	8.74	34.34	168.93			0.00
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62		Fungicīds	397.70
Minerālmēsļu izkliedēšana	0.08	14.59	1.40	15.99	168.93			0.00
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62		Augšanas regulators	341.80
Minerālmēsļu izkliedēšana	0.08	14.59	1.40	15.99	168.93			
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62		Mikroelementi	15.00
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62		Ūdens	
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62			
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62			
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62			
Kulšana	0.91	118.60	118.60	237.20	1689.3			0.00
Transportēšana	0.95	176.39	24.97	201.37	450.48			0.00
Kopā:	4.01	830.20	203.32	1033.52	4617.42	1750		8025.9
						Kopā:		15430.87

T2K Kviešu audzēšanas un novākšanas enerģijas ievades aprēķins

Darba veids	E_1 Cilvēka enerģijas ievade, MJ ha ⁻¹	E_3' Mašīnas enerģijas ievade, MJ ha ⁻¹	E_3'' Traktora enerģijas ievade, MJ ha ⁻¹	E_3 Sumārā enerģijas ievade, MJ ha ⁻¹	E_2 Enerģijas ievade ar degvielu, MJ ha ⁻¹	E_4 Enerģijas ievade ar sēklu, MJ ha ⁻¹	E_5 Enerģijas ievade ar mēslošanas un ķimikālijas līdzekļiem, MJ ha ⁻¹	
Minerālmēsļu izkliešana	0.08	14.59	1.40	15.99	168.93		Mēslošanas līdzeklis	7132.52
Minerālmēsļu izkliešana	0.08	14.59	1.40	15.99	168.93			0.00
Sēja	0.57	225.94	23.19	249.13	563.1	1750		0.00
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62		Herbicīds	150.09
Minerālmēsļu izkliešana	0.08	14.59	1.40	15.99	168.93			0.00
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62			0.00
Minerālmēsļu izkliešana	0.08	14.59	1.40	15.99	168.93		Fungicīds	397.70
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62			0.00
Minerālmēsļu izkliešana	0.08	14.59	1.40	15.99	168.93		Augšanas regulators	341.80
Smidzināšana	0.09	32.33	3.68	36.01	112.62			
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62		Mikroelementi	15.00
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62		Ūdens	
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62			
Ūdens pievešana	0.09	20.35	1.53	21.87	112.62			
Kulšana	0.91	118.60	118.60	237.20	1689.3			
Transportēšana	0.95	176.39	24.97	201.37	450.48			0.00
Kopā:	3.54	804.60	194.58	999.18	4448.49	175		8037
							Kopā:	15238

T1K Kviešu audzēšanas un novākšanas SEG emisiju aprēķins

Darba veids	Operāciju/ agregāta CO ₂ emisijas	Degvielas CO ₂ emisijas	Kopējās CO ₂ emisijas	SEG emisijas ar mēslošanas un ķīmikālijas līdzekļiem, MJ ha ⁻¹	
Minerālmēsļu izkliešana	2.9	10.1	13.0	Mēslošanas līdzeklis	678.07
Minerālmēsļu izkliešana	2.9	10.1	13.0	Herbicīds	9.58
Sēja	47.4	33.6	81.0	Virsmas aktīva viela	0.00
Smidzināšana	7.3	6.7	14.0	Fungicīds	27.44
Minerālmēsļu izkliešana	2.9	10.1	13.0	Augšanas regulators	23.58
Ecēšana	26.4	10.1	36.4	Mikroelementi	1.04
Smidzināšana	7.3	6.7	14.0		
Minerālmēsļu izkliešana	2.9	10.1	13.0	Kopā	739.72
Smidzināšana	7.3	6.7	14.0	Sēkla	206.5
Minerālmēsļu izkliešana	2.9	10.1	13.0		
Smidzināšana	7.3	6.7	14.0		
Ūdens pievešana	3.5	6.7	10.2		
Ūdens pievešana	3.5	6.7	10.2		
Ūdens pievešana	3.5	6.7	10.2		
Ūdens pievešana	3.5	6.7	10.2		
Kulšana	12.0	100.8	112.8		
Transportēšana	46.3	26.9	73.1		
Kopā	189.8	275.52	465.3		1411.5

T2K Kviešu audzēšanas un novākšanas SEG emisiju aprēķins

Darba veids	Operāciju/ agregāta CO ₂ emisijas	Degvielas CO ₂ emisijas	Kopējās CO ₂ emisijas	SEG emisijas ar mēslošanas un ķīmikālijas līdzekļiem, MJ ha ⁻¹	
Minerālmēsļu izkliešana	2.9	10.1	13	Mēslošanas līdzeklis	678.07
Minerālmēsļu izkliešana	2.9	10.1	13	Herbicīds	10.36
Sēja	47.4	33.6	81	Virsmas aktīva viela	0.07
Smidzināšana	7.3	6.7	14	Fungicīds	27.44
Minerālmēsļu izkliešana	2.9	10.1	13	Augšanas regulators	23.58
Smidzināšana	7.3	6.7	14	Mikroelementi	1.04
Minerālmēsļu izkliešana	2.9	10.1	13		
Smidzināšana	7.3	6.7	14	Kopā	740.56
Minerālmēsļu izkliešana	2.9	10.1	13	Sēkla	206.5
Smidzināšana	7.3	6.7	14		
Ūdens pievešana	3.5	6.7	10.2		
Ūdens pievešana	3.5	6.7	10.2		
Ūdens pievešana	3.5	6.7	10.2		
Ūdens pievešana	3.5	6.7	10.2		
Kulšana	12.0	100.8	112.8		
Transportēšana	46.3	26.9	73.2		
Kopā	163.5	275.52	428.8		1375.86

