



Vides
Risinājumu
Institūts



Latvijas vides
aizsardzības fonda
administrācija



Latvijas dabas
fonds



LATVIJAS LAUKU
KONSULTĀCIJU UN
IZGLĪTĪBAS CENTRS



Tehniskais ziņojums par tiešās sējas demonstrējumu ierīkošanu

CRAFT
LIFE

2024. gada janvāris

Ziņojums ir sagatavots ES LIFE programmas finansētā projekta "Klimata atbildīga lauksaimniecība Latvijā" (LIFE CRAFT, LIFE16 CCM/LV/000083) ietvaros.

**Latvijas Lauku konsultāciju
un izglītības centrs**
Reģ. Nr. 40003347699

Rīgas iela 34,
Ozolnieki, Ozolnieku pagasts,
Jelgavas novads, LV-3018

Tālrunis: +371 630 50 220
epasts: llkc@llkc.lv
www: llkc.lv

Saturs

Saturs	2
Ievads	3
1. Demonstrējumu saimniecības	5
2. Demonstrējumu ierīkošana	9
3. Tiešās sējas ietekme uz CO₂ emisiju intensitāti	10
4. Tiešās sējas praktiskās ieviešanas aspekti	11
5. Praktiskā tiešās sējas demonstrējuma analīze	13
5.1. Izmaksas	14
5.2. Augsnes struktūra	15
5.3. Augu aizsardzības līdzekļi	16
Secinājumi	17
Literatūra	17

Ievads

Augsne ir galvenais lauksaimnieciskās ražošanas resurss, tā veidojusies gadu tūkstošiem ilgos procesos. Augsnes veidošanās nav iedomājama bez augiem, dažādiem organismiem, Saules gaismas, siltuma un ūdens. Dabā ir iekārtots tā, ka visas šīs sastāvdaļas savstarpēji mijiedarbojas, un viss it kā notiek pats no sevis. Tomēr, ieskatoties dziļāk, ir iespējams saprast, ka augsnes veidošanās procesi ir loģiski un notiek noteiktā kārtībā. Sēkla uzdīgst tikai tad, kad tā atrodas augsnē, kad augsne ir pietiekoši uzsilusi un mitra, kad visam procesam ir pietiekoši daudz Saules gaismas. Kad asns izdīdzis, pateicoties Saules gaismai un gaisā esošajai oglekļa gāzei, sāk darboties fotosintēzes procesi, kuru rezultātā sāk veidoties dažādi oglekļa savienojumi - cukuri. Interesanti ir tas, ka aptuveni 1/3 no fotosintēzes rezultātā saražotā cukura augs caur sakņu sistēmu burtiski iesūknē augsnē [1], kur šie savienojumi kalpo kā barība augsnē dzīvojošajiem mikroorganismiem, kuri savukārt šos kompleksos ķīmiskos savienojumus pārveido augiem pieejamās barības vielās, tā nodrošinot augu ilgtspējīgu attīstību. Kad augs ir izaudzis un devis augļus, tas pamazām atmirst un nokļūst uz augsnes virskārtas, kur ar tiem barojas augsnes bezmugurkaulnieki un vēlāk burtiski pārstrādā augsnē sēnes un baktērijas - līdzīgi kā tas notiek komposta kaudzē. Ir ļoti svarīgi saprast, ka šajā dabīgajā procesā nozīmīgs ir jebkurš posms - ja kāds no tiem izkrīt vai kļūst vājš, tiek traucēts viss process kopumā. Diemžēl jāatzīst, ka normālus augsnes veidošanās procesus ar savu rīcību traucē tieši cilvēks, pārlieku intensīvi apstrādājot augsni un izmantojot augu aizsardzības līdzekļus [2].

Tiešā sēja ir viens no bezaršanas tehnoloģijas veidiem. Strādājot ar šo metodi, vienīgā augsnes apstrādes operācija ir sēklas vadziņas iegriešana augsnē. Tādā veidā augsne paliek faktiski neskarta un uz tās saglabājas augu atliekas, kas savukārt pasargā augsni no laika apstākļu kaitīgās iedarbības, ierobežo viengadīgo nezāļu attīstību, kā arī kalpo par barības bāzi dažādiem augsnē dzīvojošajiem organismiem. Rezultātā uzlabojas augsnes mikrobioloģiskā aktivitāte, struktūra, ūdens un gaisa aprīte, auglība, palielinās organiskās vielas saturs, kā arī šādā augsnē augošo augu noturība pret slimībām. Strādājot ar tiešās sējas metodi, samazinās no augsnes izdalītā CO₂ apjoms, un augsne ar tajā augošo augu un mikroorganismu starpniecību ilgtermiņā sekmīgi piesaista gaisā esošo oglekli, tādā veidā konstanti palielinot organiskās vielas saturu augsnē. Pasaules piemēri rāda, ka ar tiešo sēju apsētajos tīrumos raža mēdz būt pat lielāka [3] nekā izmantojot tradicionālo augsnes apstrādi. Izmantojot tiešās sējas paņēmieni, ievērojami palielinās darba ražīgums, bet samazinās darbaspēka un degvielas patēriņš, kā arī izdevumi tehnikas iegādei, remontiem un apkopēm [4].

Projekta "Klimata atbildīga lauksaimniecība Latvijā" LIFE16 CCM/LV/000083 (turpmāk LIFE CRAFT) ietvaros Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centrs (turpmāk LLKC) sadarbībā ar astoņām saimniecībām Latvijā testēja tiešās sējas metodi. Projekta laikā iegūto rezultātu salīdzināšanai, projekta saimniecībās tiek uzturēti arī tīrumi, kur saimnieki turpina tradicionālo augsnes apstrādi. Šajos tīrumos ir tādi paši augšanas apstākļi un audzētās kultūras kā ar tiešās sējas metodi sētajos tīrumos.

Lai arī Latvijā ir lauksaimnieki, kuri jau strādā ar dažādām bezaršanas metodēm, LIFE CRAFT projekts palīdz izvērtēt tiešās sējas un lentveida sējas (StripTill) efektivitāti,

gan analizējot augsnes struktūru un sastāvu, gan iegūtās ražās apjomu un metodes izmantošanai nepieciešamo resursu apjomus.

Lai labāk orientētos terminos, skaidrojam, ka tiešā sēja ir sējas veids, kur nenotiek nekāda augsnes apstrāde, iepriekš netiek speciāli sagatavota sēklas gultne, bet sējums tiek ierīkots ar vienu tiešās sējas sējmašīnu. Vienīgā augsnes apstrādes operācija sējumu ierīkošanas laikā ir sēklas vadziņas iegriešana augsnē. Atkarībā no sējmašīnas konstrukcijas, mašīna mēdz būt aprīkota ar papildus disku rindu sējmašīnas priekšā. Šo disku funkcija ir iegriezt augsnē vadziņu, attīrīt no augu atliekām un salmiem tīru joslu sējas lemesītim, padarot tā darbu vieglāku un sēšanas procesu kvalitatīvāku. StripTill sējmašīnas papildus aprīkotas ar augsnes irdināšanai paredzētiem kaltveida zariem, kam maināms apstrādes dziļums. Šie zari uzirdina sēklas vadziņu aptuveni 3 cm platumā, atvieglojot izdīgušajām saknēm iedziļināties augsnē. Abas šīs sējmašīnas parasti aprīkotas arī ar mēslojuma iestrādes agregātiem, tādā veidā maksimāli uzlabojot mēslojuma iedarbības efektivitāti augu sākuma attīstības stadijā.

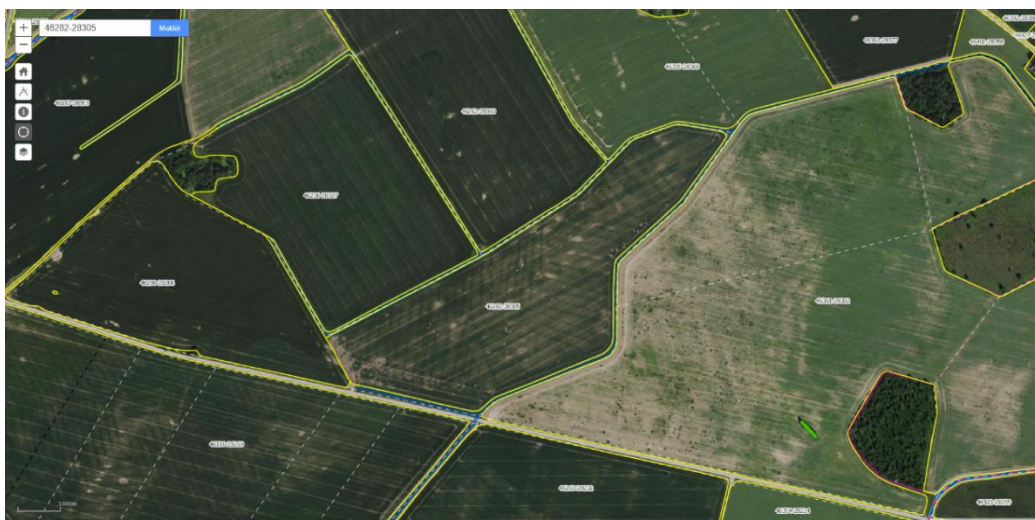
1. Demonstrējumu saimniecības

Z/s Baltaiņi projekta demonstrējumu tīrums 12,1 ha platībā atrodas Jelgavas novada Glūdas pagastā aptuveni 1 km uz A no apdzīvotas vietas Dorupe nekustamajā īpašumā ar Lauku atbalsta dienesta apzīmējumu 47319-27573. Demonstrējumu tīrums netiek arts kopš 2018.gada, tajā ir mālsmilts augsne un tas tiek izmantots vienīgi augkopības produkcijas ražošanai. Tīrumā tiek audzēti kvieši, rapsis, zirņi, pupas un starpkultūras. Saimniecības īpašumā ir 6 m plata tiešās sējas sējmašīna Amazone Primera.



1.attēls Z/s Baltaiņi demonstrējumu tīrums. Fona attēls
<https://karte.lad.gov.lv/?q=47319-27573>

Z/s Sarmas projekta demonstrējumu tīrums 26,4 ha platībā atrodas Dobeles novada Bērzes pagastā aptuveni 3 km uz R no apdzīvotas vietas Bērze nekustamajā īpašumā ar Lauku atbalsta dienesta apzīmējumu 46282-28305. Demonstrējumu tīrums netiek arts kopš 2018.gada, tajā ir smiltsmāla augsne un tas tiek izmantots vienīgi augkopības produkcijas ražošanai. Tīrumā tiek audzēti kvieši, rapsis, zirņi, pupas un starpkultūras.



2.attēls Z/s Sarmas demonstrējumu tīrums. Fona attēls
<https://karte.lad.gov.lv/?q=46282-28305>

Z/s Aņģi projekta demonstrējumu tīrums 21,8 ha platībā atrodas Dobeles novada Bērzes pagastā aptuveni 5 km uz DRR no apdzīvotas vietas Bērze nekustamajā īpašumā ar Lauku atbalsta dienesta apzīmējumu 46048-28200. Demonstrējumu tīrums netiek arts kopš 2018.gada, tajā ir ļoti smaga smiltsmāla augsne un tas tiek izmantots vienīgi augkopības produkcijas ražošanai. Tīrumā tiek audzēti kvieši, rapsis, zirņi, pupas un starpkultūras. Saimniecības īpašumā ir 4 m plata StripTill sējmašīna SUMO DTM.



3.attēls Z/s Aņģi demonstrējumu tīrums. Fona attēls
<https://karte.lad.gov.lv/?q=46048-28200>

Z/s Kāršas projekta demonstrējumu tīrums 16,9 ha platībā atrodas Dobeles novada Jaunbērzes pagastā aptuveni 4 km uz ZR no apdzīvotas vietas Jaunbērze nekustamajā īpašumā ar Lauku atbalsta dienesta apzīmējumu 45948-29133. Demonstrējumu tīrums netiek arts kopš 2018.gada, tajā ir smaga smiltsmāla augsne un tas tiek izmantots vienīgi augkopības produkcijas ražošanai. Tīrumā tiek audzēti kvieši, rapsis, zirņi, pupas un starpkultūras. Saimniecības īpašumā ir 4 m plata StripTill sējmašīna SUMO DTM.



4.attēls Z/s Kāršas demonstrējumu tīrums. Fona attēls
<https://karte.lad.gov.lv/?q=45948-29133>

Z/s Legzdiņas projekta demonstrējumu tīrums 18,0 ha platībā atrodas Dobeles novada Jaunbērzes pagastā aptuveni 4,5 km uz ZAZ no apdzīvotas vietas Lejasstrazdi nekustamajā īpašumā ar Lauku atbalsta dienesta apzīmējumu 45974-28385. Demonstrējumu tīrums netiek arts kopš 2018.gada, tajā ir ļoti smaga smiltsmāla augsne un tas tiek izmantots vienīgi augkopības produkcijas ražošanai. Tīrumā tiek audzēti kvieši, rapsis, zirņi, pupas un starpkultūras. Saimniecības īpašumā ir 4 m plata tiešās sējas sējmašīna Novag Forte.



5.attēls Z/s Legzdiņas demonstrējumu tīrums. Fona attēls

<https://karte.lad.gov.lv/?q=45974-28385>

Z/s Ozoliņi projekta demonstrējumu tīrums 11,8 ha platībā atrodas Dobeles novada Jaunbērzes pagastā aptuveni 5,5 km uz ZAZ no apdzīvotas vietas Lejasstrazdi nekustamajā īpašumā ar Lauku atbalsta dienesta apzīmējumu 46007-28517. Demonstrējumu tīrums netiek arts kopš 2018.gada, tajā ir smaga smiltsmāla augsne un tas tiek izmantots vienīgi augkopības produkcijas ražošanai. Tīrumā tiek audzēti kvieši, rapsis, zirņi, pupas un starpkultūras. Saimniecības īpašumā ir 6 m plata tiešās sējas sējmašīna Horsch Avatar.



6.attēls Z/s Ozoliņi demonstrējumu tīrums. Fona attēls

<https://karte.lad.gov.lv/?q=46007-28517>

Z/s Lejasaudzi projekta demonstrējumu tīrums 10,0 ha platībā atrodas Dobeles novada Jaunbērzes pagastā aptuveni 3,3 km uz DRR no apdzīvotas vietas Pienava nekustamajā īpašumā ar Lauku atbalsta dienesta apzīmējumu 45109-28777. Demonstrējumu tīrums netiek arts kopš 2018.gada, tajā ir mālsmilts augsne un tas tiek izmantots vienīgi augkopības produkcijas ražošanai. Tīrumā tiek audzēti kvieši, rapsis, zirņi, pupas un starpkultūras. Saimniecības īpašumā ir 3 m plata StripTill sējmašīna HE-VA.



7.attēls Z/s Lejasaudzi demonstrējumu tīrums. Fona attēls
<https://karte.lad.gov.lv/?q=45109-28777>

SIA TAND Ukri projekta demonstrējumu tīrums 19,2 ha platībā atrodas Dobeles novada Vītiņu pagastā aptuveni 1,3 km uz DRD no apdzīvotas vietas Ķeule nekustamajā īpašumā ar Lauku atbalsta dienesta apzīmējumu 42604-25691. Demonstrējumu tīrums netiek arts kopš 2016.gada, tajā ir mālsmilts augsne un tas tiek izmantots vienīgi augkopības produkcijas ražošanai. Tīrumā tiek audzēti kvieši, rapsis, zirņi, pupas un starpkultūras. Saimniecības īpašumā ir Novag Forte tiešās sējas un CLAYDON T HYBRID StripTill sējmašīnas.



8.attēls SIA TAND Ukri demonstrējumu tīrums. Fona attēls
<https://karte.lad.gov.lv/?q=42604-25691>

2. Demonstrējumu ierīkošana

Projekta izstrādes stadijā Latvijā faktiski nebija saimnieku, kuri strādātu tiešās sējas tehnoloģijā, tāpēc demonstrējumu saimniecību atrašana bija īsts izaicinājums, kam papildus problemātiskais faktors bija arī projektā izteiktā apņemšanās līdz projekta noslēgumam tiešajā sējā saimniekot jau 200 ha platībā. Lai projekta rezultāti būtu pēc iespējas iespaidīgāki, tika nolemts projektu realizēt tādā teritorijā, kur līdz šim aršana bija kā obligāta prasība bez kuras sekmīga un peļņu nesoša saimniekošana faktiski nebija iedomājama. Papildus visam, ar projekta rezultātiem plānojam apgāzt faktu, ka tiešā sēja Zemgales smagajā mālā nekādi nav iespējama. Visi šie faktori padarīja sarunas ar potenciālajiem projekta demonstrējumu saimniecību īpašniekiem tik sarežģītas, cik vien iespējams, papildus zinot, ka graudu cenas tai laikā bija pietiekoši augstas (kvieši ap 200 EUR/t) [5], bet mēslojums pietiekoši lēts (amonija nitrāts ap 120 EUR/t) [6], lai nevajadzētu domāt par izmaksu optimizāciju. Ņemot vērā visu pieminēto, pāris trumpju sarunās ar potenciālajiem kandidātiem bija apstākļi, ka par demonstrējumu ierīkošanu tiks samaksāts un projekts neiejauksies esošajās saimniekošanas metodēs.

No organizatoriskā viedokļa bija pat vēl viena ne mazāk nozīmīga problēma – demonstrējuma ierīkošanas tehniskais nodrošinājums. Zemniekiem taču visreālāk nebūs savas tiešās sējas sējmašīnas, bet Latvijā tai laikā bija tikai daži tehnikas tirgotāji, kuri piedāvāja klientiem šāda tipa sējmašīnas. It kā problēmu vēl nebūtu pietiekoši, izrādījās, ka lielākā daļa no tirgotājiem par iespēju piedāvāt šādu pakalpojumu nebija sajūsmā – vai nu nebija pieejama konkrēta sējmašīna vai arī tika piedāvāta neadekvāti augsta pakalpojuma cena. Un visbeidzot, tajā laikā tirgotājiem faktiski nebija gandrīz nekādas pieredzes tiešās sējas darbu veikšanā. Tā nu ilgo meklējumu process beidzās ar noslēgtu tiešās sējas pakalpojuma līgumu par 80 EUR/ha un aptuveni 200 ha apsēšanu sezonas laikā.

Tai pat laikā Dobeles novadā atradās 8 saimnieku grupa, kuri uz esošajiem nosacījumiem bija ar mieru realizēt projektu savās saimniecībās. Katrs no saimniekiem piedāvāja projekta vajadzībām izmantot vienu no saviem tīrumiem, pirmajā gadā nodrošinot sēklas materiālu, sējumu kopšanu, mēslošanu un novākšanu. Sēšanas ārpakalpojumu projekta vajadzībām izmantojam divas sezonas līdz brīdim, kad vairums projekta saimniecību bija tikuši pie savām sējmašīnām un varējām pakalpojumu nodrošināt projekta iekšienē. Saimnieku uzdevums bija nodrošināt demonstrējumu uzturēšanu, mēslojot un kopjot sējumus, kā arī novācot un uzskaitot ražu.

No LLKC puses piecos četrus saimniecību (Aņģi, Legzdiņas, Ozoliņi un Lejasaudzi) tīrumos divas reizes gadā (pavasārī un rudenī) 3 vietās un 4 dažādos dziļumos tika ņemti augsnes paraugi augsnes sakārtas blīvuma noteikšanai. Lai pārliecinātos par augsnes struktūras izmaiņām bezapvēršanas tehnoloģijas ietekmē, katru sezonu šādā veidā tika paņemti un analizēti 120 augsnes paraugi. Uzsākot mērījumus, jau zinājām, ka manāmas izmaiņas diez vai redzēsīm, jo, ja augsnes struktūra tīrumos ar augsnes apstrādes palīdzību jau gadiem bija mākslīgi veidota, tad sagaidījām, ka, to pārstājot darīt, iespējams, sākotnēji augsnes tilpummasa var pat pieaugt, līdz atkal sāk veidoties poras un struktūra, bet jau dabiskā veidā, augsni nekustinot.

3. Tiešās sējas ietekme uz CO₂ emisiju intensitāti

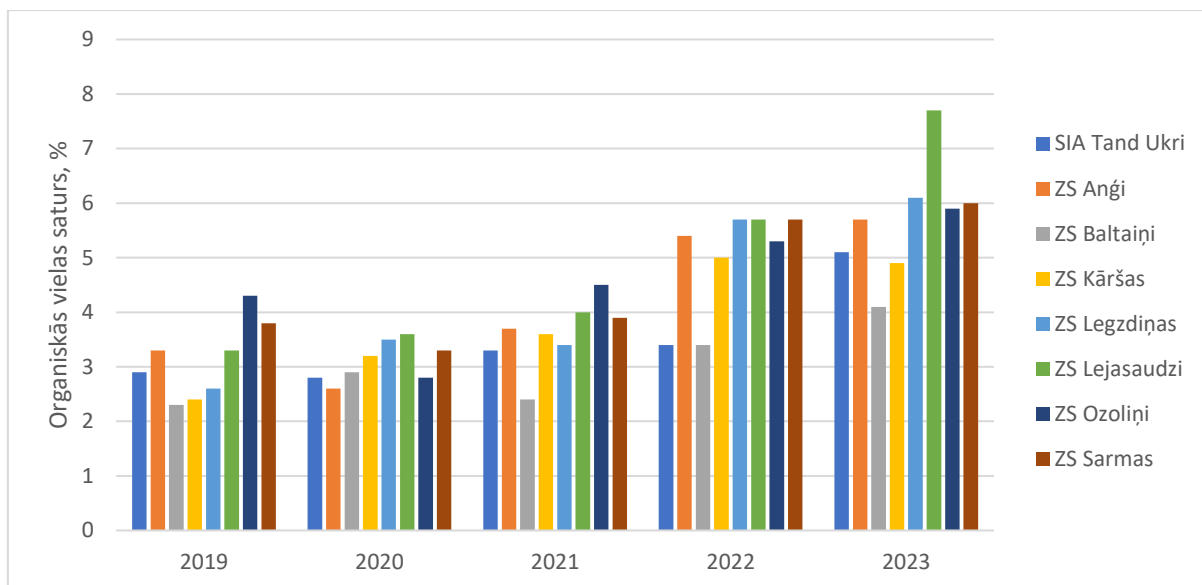
Lauksaimnieciskajā ražošanā siltumnīcu gāzu emisijas ir neizbēgams faktors gan tieši- no augsnes apstrādes un tehnikas darbināšanas, gan netieši- degvielas, minerālmēsļu un tehnikas ražošanas gaitā.

Ja zinām cik darba laikā emitē traktors, tad dīzeļdegvielas ražošanas procesā radušās emisijas ir vēl aptuveni 30% papildus šīm emisijām [7]. Ja zinām, ka, piemēram 200 Zs jaudas traktors, sējot tiešajā sējā patērē aptuveni 15 litrus dīzeļdegvielas uz katru apstrādāto hektāru un vienam litram dīzeļdegvielas sadegot rodas aptuveni 2,7 kg CO₂ [8], tad kopējās CO₂ emisijas, apsējot vienu hektāru ir $2,7 \times 15 + 30\% = 52,7$ kgC tikai no dīzeļdegvielas vien.

Ja runājam par minerālmēsļu izmantošanas radītajām CO₂ emisijām, tad pēc Kembridžas Universitātes zinātnieku aplēsēm tie ir aptuveni 5% no kopējām siltumnīcas gāzu emisijām. Kopā ar organisko mēslojumu, minerālmēsļu izmantošanas rezultātā pasaulē katru gadu atmosfērā tiek emitētas 2,6 gigatonnas CO₂, kas ir vairāk nekā aviācija un kuģniecība kopā ņemtas. Ejot vēl tālāk, zinātnieki ir aprēķinājuši, ka gandrīz puse (48%) no pasaules iedzīvotājiem tiek baroti ar pārtiku, kas saražota, izmantojot sintētisko mēslojumu. Labā ziņa ir tāda, ka, saprātīgi saimniekojot, šīs emisijas līdz 2050. gadam ir iespējams samazināt par 80% [9].

Pētot četras atšķirīgas augsnes apstrādes tehnoloģijas mālsmits augsnē ASV ziemeļrietumu daļā, zinātnieki fiksēja CO₂ emisijas 19 dienu laikā no brīža, kad augsne tika apstrādāta [10]. Apstrādājot tīrumu ar arklu, augsnē tika iestrādātas visas augu atliekas, atstājot augsnes virskārtu irdenu un vienlaicīgi radot arī vislielākās CO₂ emisijas. Oglekļa emisijas CO₂ formā procentos no tā gada augu atliekās esošā oglekļa (C) 19 dienu laikā no četriem dažādiem augsnes apstrādes veidiem bija attiecīgi 134% arklam (faktiski zūd vairāk nekā ir, konstanti pazeminot augsnes organiskās vielas saturu gadu no gada), 70% arklam kombinācijā ar diskkiem, 58% diskkiem, 54% rugaines kultivatoram un 27% tiešās sējas gadījumā.

Saskaņā ar Ohaio Universitātes zinātnieku pētījumu rezultātiem, kviešu salmos C/N attiecība ir aptuveni 80/1, kas nozīmē, ka uz katru slāpekļa kilogramu, salmos ir 80 kilogrami oglekļa [11]. No vienas puses šī attiecība ir par cēloni kāpēc salmi salīdzinoši lēni sadalās (strauja mineralizācijas notiek, ja C/N attiecība ir mazāka par 20/1), bet no otras puses tie ir reāli slāpekļa un oglekļa kilogrami, kas paliek uz tīruma pēc ražas novākšanas. Ko mēs ar tiem darām, tā jau ir mūsu izvēle. Lai būtu viela pārdomām, ņemot vērā pētījumu rezultātus, parēķināsim cik oglekļa mēs zaudējam dažādu augsnes apstrādes veidu rezultātā. Ja pieņemam, ka vienā tonnā ziemas kviešu salmu ir aptuveni 5 kg N [12], tad, pārrēķinot proporcionāli, tas ir 400 kgC/t. Pieņemot, ka ražība ir Zemgalei pieticīgās 6 tonnas no hektāra, kopējais C saturs salmos ir 2400 kg. Tātad, izmantojot arklus, katru gadu no katra hektāra tiek zaudēts 3216 kgC, arklam kombinācijā ar diskkiem attiecīgi 1680 kg, diskkiem 1392 kg, rugaines kultivatoram 1296 kg, bet tiešās sējas gadījumā tikai 648 kg. Tiešās sējas gadījumā uz lauka kā barība dažādiem augsnē dzīvojošiem organismiem katrā hektārā paliek vairāk nekā pusotra tonna- 1752 kgC. Šo tendenci ļoti labi pamanīt arī projekta gaitā veiktajos mērījumos, kas atspoguļoti 1.attēlā.



9.attēls Organiskās vielas saturs augsnē (%) tiešās sējas laukos 2019. - 2023. gadā. Avots: Vides risinājumu institūts (turpmāk VRI), analīzes veiktas LIFE CRAFT ietvaros

Attēlā redzams, ka augsnes organiskās vielas saturs konstanti gadu no gada pieaug.

4. Tiešās sējas praktiskās ieviešanas aspekti

Tiešās sējas un lentveida sējas (StripTill) ieviešana kā jebkurš sējas process sākas jau ar ražas novākšanu. Atšķirībā no tradicionālās tehnoloģijas, kur ar arklu iespējams labot ražas novākšanā pieļautās kļūdas, iearot salmus, tiešās sējas gadījumā salmu nevienmērīga izkliedēšana mēdz būt par cēloni sliktai lauka dīdzībai. Salmi mēdz traucēt sēklas un augsnes kontakta nodrošināšanai- īpaši, ja strādājam ar diskveida sējas lemesīšu sējmašīnu un salmi ir mitri. Šajā gadījumā disks vienkārši iespiež salmus sēklas vadziņā un uzsēj uz tiem sēklu- augsnes kontakta nav un nav arī dīgšanai nepieciešamā mitruma. Lai tā nenotiktu, ļoti jādomā kā pa tīrumu pārvietojas kombains, pēc iespējas mēģinot neapstāties uz vietas, kad kuļaparāts vēl strādā un salmi sakrīt kaudzē. Problēmu daļēji var atrisināt, izmantojot salmu ecēšas, bet tas ir papildus laiks, degviela (gan salīdzinoši nedaudz- ap 2 l/ha) un nepieciešama papildus mašīna- tas viss sadārdzina procesu. Otra lieta, kas noteikti palīdzēs, ir regulāra salmu smalcinātāja nažu un pretgriezēju pārbaude un asināšana vai nomaiņa- arī pelavu izkliedētājs nebūs lieka greznība.

Lai arī somu kolēģi, pie kuriem LIFE CRAFT projekta laikā devāmi pieredzes apmaiņas vizītē, pārejai uz tiešo sēju kviešu/rapša tīrumos iesaka pāris gadus paaudzēt zālāju, projekta gaitā esam nonākuši pie secinājuma, ka tiešā sēja strādā arī bez šī nosacījuma. Sākotnējās bažas par dramatiskiem ražas samazinājumiem ir izgaisušas bez pēdām. Gluži otrādi - saimniecībās ar īpaši smagiem augsnes apstākļiem tieši šie smagie tīrumi vairs nav jāar, un mums, ņemot augsnes paraugus divas reizes gadā, ir pilnīgi skaidrs, ka augsne pamazām kļūst dzīvāka, augu saknes iekļūst arvien dziļāk un augsne pat maina krāsu- kļūst tumšāka. Paradokss šķietami ir tajā, ka smagās augsnes pat ir piemērotākas tiešajai sējai, jo atšķirībā no smilšainām augsnēm, spēj sekmīgāk saglabāt struktūru.

Protams, ka jautājums par sējmašīnas izvēli vienmēr būs aktuāls. Galvenā lieta, kas jāsaprot ir, ka nav vienas ideālas sējmašīnas, katrai ir savas priekšrocības un galvenais- katrai ir arī savi trūkumi. Tālāk par dažām tehniskām lietām.

Ja izvēlamies disku sējas lemesīšus, jāreķinās ar to, ka mitros, nevienmērīgi izkliedētos un nekvalitatīvi sasmalcinātos salmos var parādīties problēmas ar sēklu dīdzību. Diski salmus mēdz iespiest augsnē (īpaši vieglā un irdenā) tos nepārgriežot, radot tā saucamo matadatas efektu, kad sēkla tiek uzsēta uz augsnē iespiestiem salmiem - tai nav kontakta ar augsni un tajā esošo mitrumu.

Augstāk minēto problēmu iespējams kaut nedaudz novērst, pirms sējas lemesīšiem sējmašīnai uzmontēt atsevišķu disku rindu. Katram sējas lemesītim priekšā esošais disks samazina vilces pretestību, pārgriež salmus un saknes, izveido sēklas gultni, kā arī palīdz sējas lemesītim kvalitatīvāk iesēt sēklu. Atkarībā no augu atlieku sastāva un daudzuma iespējams izvēlēties gludus (vismazāk augu atlieku), gofrētus vai viļņotus diskus. Pēdējie attīra no augu atliekām un nedaudz uzirdina joslu, kur pēc tam vadziņu griezīs sēklas lemesītis.

Otra alternatīva augu atlieku problēmas risināšanai ir izmantot vadziņas attīrītājus. Parasti tie ir zvaigznītes formas rotējoši sējmašīnas elementi, kas izvietoti tieši pirms sējas lemesīšiem. Mēdz būt gan viena, gan divu rotoru attīrītāji. Ir novērots, ka labāk (īpaši mitrākos apstākļos) strādā viena rotora variants, jo starp diviem rotoriem mēdz sasprūst salmi kopā ar augsni, traucējot kvalitatīvu sēklas vadziņas joslas attīrīšanu.

Ja izvēlamies sējmašīnu ar kaltveida sējas lemesīšiem vai arī StripTill sējmašīnu, jāreķinās ar lielāku vilces jaudas nepieciešamību (+15...20%) un problemātisku darbu tīrumos ar akmeņiem. Tai pat laikā šīm sējmašīnām nekad nebūs problēmas ar sēklas uzsēšanu uz augsnē iespiestiem salmiem. Kaltveida lemesīšu sējmašīnai svarīgi, lai sējas lemesīši būtu izveidoti pēc iespējas vairāk rindās, lai attālums starp lemesīšiem katrā rindā būtu pēc iespējas lielāks. Tas nodrošinās vienmērīgāku salmu plūsmu starp lemesīšiem un novērsīs grābekļa efekta rašanos.

Ja tīruma mikroreljefs nav perfekti līdzens, būtu vēlams izvēlēties sējmašīnu, kurai katram sējas lemesītim ir atsevišķa piekares (ieteicams paralelograma mehānisms ar pēc iespējas lielāku vertikālo brīvkustību) sistēma, pretējā gadījumā visreālāk cietīs sējas dziļuma vienmērības rādītāji. Atšķirīgs sēšanas dziļums savukārt nozīmē, ka mikroieplakā tiks iesēts seklāk vai vispār pa virsu, bet mikropauguriņos daudz par dziļu. Rezultātā tīrums būs nevienmērīgi sadīdzis, bet vēlāk nevienmērīgi nogatavosies un neizbēgami novedīs pie palielinātiem graudu zudumiem, kā arī paaugstināta graudu mitruma (zaļie sajaukumā ar gatavajiem) pie novākšanas.

Tiešā sēja cita starpā ir raksturīga ar to, ka uz tīruma ir daudz salmu, un tiem ir tendence kopā ar augsni pielipt sējmašīnas darbīgajām daļām- īpaši StripTill sējmašīnām. Tāpēc svarīgi atcerēties, ka nebraucam, ja kļūst mitrs (vakara rasa vai pat sīks lietus) - vakarus un naktis labāk pavadīt mājās, nevis atbrīvojot sējmašīnu no darbīgajām daļām pielipušiem salmiem un māliem.

Sabiedrībā ir dzirdēts mīts, ka tiešā sēja automātiski ir stāsts par dārgu tehniku, kas piemērota tikai lielām saimniecībām. Projektā ir saimnieks, kurš jau pirmajā projekta

gadā aizbrauca uz Angliju un nopirka lietotu 3m platu StripTill sējmašīnu par padsmiit tūkstošiem eiro. Sējmašīna vēl joprojām ir pilnā darba kārtībā.

Viena no tiešās sējas priekšrocībām īpaši pavasarī ir tāda, ka augsnē mitruma netrūks. Tieši tāpēc pareizi ir nevis ātrāk iesēt, bet gan sagaidīt, kad augsne iesilusi. Pretējā gadījumā sēkla - īpaši marta beigās iesētas pupas, vienkārši atradīsies augsnē un sadīgs vienā laikā ar aprīļa vidū sētajām pupām. Tāpēc nesteidzami, šajā tehnoloģijā faktiski neko nevar nokavēt.

Otra lieta ir sēšanas dziļums. Ja tradicionālajā tehnoloģijā, piemēram, pupas iesaka sēt 8 cm dziļumā, lai tām pietiek mitruma, tiešajā sējā pilnīgi pietiek ar 5...6 cm, jo mitrums paliek augsnē, nevis iztvaiko intensīvas augsnes apstrādes laikā. Šie centimetri arī atsaucas uz degvielas patēriņu un sējmašīnas darbīgo daļu dilšanas intensitāti. Jo dziļāk apstrādājam, jo vairāk tērējam. Degvielas patēriņa ziņā, piemēram, 4 m sējmašīnai sējot 5 cm dziļi nepieciešami ap 19 l/ha, 10 cm dziļumā jau 39, bet 25 cm veseli 58 litri un, protams, arī jaudīgāks traktors.

No vienas puses tehnoloģijai ir arī trūkums. Par cik uz augsnes virskārtas ir salīdzinoši daudz augu atlieku, augsne žūst salīdzinoši lēnāk nekā tradicionāli rudenī artais un pavasarī nošļūktais tīrums. Bet, ne velti ir minēts, ka trūkums ir tikai nosacīts-paskatāmies šai rakstā atpakaļ sadaļu par oglekļa zudumiem- 3216 pret 648 kgC/ha, un tad šai pašā sadaļā par to, ka nevajag steigties, un trūkums gandrīz nemanot pārvēršas par ieguvumu.

5. Praktiskā tiešās sējas demonstrējuma analīze

Projekta sagatavošanas fāzē ap 2016. gadu Latvijā par tiešo sēju ja ne smējās, tad klusi runāja tikai daži, tāpēc bija īsts izaicinājums atrast saimniekus, kuri būtu ar mieru piedalīties projektā. Sākotnējā ideja bija izvēlēties saimniecības reģionā ar tradicionālām aršanas tradīcijām un īpaši smagiem augsnes apstākļiem- tādā vietā, kur pēc vispārējiem priekšstatiem bez aršanas saimniekot nav iespējams. Izmantojot personīgos kontaktus, šāda 9 saimnieku grupiņa atradās Dobeles novadā un 2018. gadā projekts varēja sākties.

Projekta plāns bija nejaukties saimnieku izvēlētajā augu maiņas procesā, bet nomainīt iepriekšējo aršanas praksi uz tiešo sēju vai StripTill katrā saimniecībā vienā saimnieka izvēlētajā tīrumā. Sākotnēji tika sēts ar īrētu sējmašīnu, vēlāk ar jau saimnieku īpašumā esošām mašīnām. Projekta sekmes ļoti labi raksturo apstāklis, ka projekta gaitā 5 no 8 projektā palikušajām saimniecībām iegādājās savas sējmašīnas (vienā saimniecībā savas sējmašīnas bija jau projekta sākumā).

Runājot par augu maiņu, projekta sākumā saimniecībās pārsvarā tika izmantota tradicionālā "Zemgales" augu maiņa, kad audzē pārsvarā ziemas kviešus un ziemas rapsi, zaļināšanas vajadzībām pa reizei iesējot arī pupas. Tomēr projekta gaitā mācoties, pamazām augu maiņā tika iekļautas arī starpkultūras un zirņi. Pirmās līdz šim saimniecībās nekad nebija izmantotas. Pateicoties šīm izmaiņām, projekta saimniecībās, faktiski nemazinaoties ražas apjomam, ir izdevies samazināt sintētiskā slāpekļa mēslojuma izmantošanu par 30%. Ja rēķinām konkrētos skaitļos, iepriekš bija aptuveni 180 kgN/ha, tagad ir 140 kgN/ha.

Tā kā CO₂ emisiju samazināšana ir viens no projekta galvenajiem mērķiem, projekta gaitā tika veikti emisiju apjoma samazinājuma aprēķini sējumu ierīkošanas procesā, pieņemot, ka pārējie tehnoloģiskie procesi abās tehnoloģijās kardināli neatšķiras. Kā zināms CO₂ emisijas rada vairāki faktori: tas C apjoms, ko zaudējam augsnes apstrādes rezultātā; tas apjoms, kas rodas darbinot tehniku; emisijas, kas rodas ražojot degvielu. Aprēķinos netika ņemtas vērā emisijas, kas rodas ražojot tehniku un sintezējot minerālmēslojumu. Lai veiktu aprēķinus, jāzina pamatdati: traktora degvielas patēriņš dažādos lauka darbos; C emisiju apjoms degvielas ražošanas procesā; C zudumi atkarībā no augsnes apstrādes tehnoloģijas. Degvielas patēriņš tradicionālajā tehnoloģijā, kur tiek veikta diskošana, aršana, kultivēšana, sēšana un pievelšana ir aptuveni 65 l/ha, bet tiešajā sējā, kur tiek veikta tikai viena operācija (sēšana) aptuveni 20 l/ha. Atšķirība 45 l/ha. Zinot, ka viena litra dīzeļdegvielas sadedzināšanas procesā rodas aptuveni 2,7 kg CO₂ [8], varam elementāri aprēķināt, ka, strādājot tiešās sējas tehnoloģijā, CO₂ emisiju apjoms no sadedzinātās dīzeļdegvielas samazinās par 121 kgC/ha. Pieskaitot klāt aptuveni 30%, kas rodas dīzeļdegvielas ražošanas procesā, iegūstam 157 kgC/ha. Otra komponente ir C zudumi no augsnes apstrādes tehnoloģijas. Ņemot vērā, ka tradicionālajā tehnoloģijā tiek zaudēts 134% no iepriekšējā gada ražas C pārpalikuma (aprēķinos rēķināti tikai salmi), bet tiešajā sējā vien 27% [10], absolūtos skaitļos pie Zemgalei salīdzinoši zemās ziemas kviešu ražības 6 t/ha starpība starp tradicionālās tehnoloģijas un tiešās sējas radītajiem CO₂ zudumiem ir 3216 – 648 = 2568 kgC/ha. Saskaitot kopā degvielas patēriņa un augsnes apstrādes radītās emisiju starpības, tiešās sējas gadījumā no katra hektāra gadā tiek emitēts par 2725 kgC mazāk nekā tradicionālās tehnoloģijas gadījumā. Projektam noslēdzoties, demonstrējumu tīrumi 200 ha platībā emitēs par 545'000 kgC gadā mazāk, nekā tas bija pirms projekta ieviešanas.

5.1. Izmaksas

Emisiju samazinājums ir cieši saistīts ar sējumu ierīkošanas izmaksām. Ņemot vērā tehnikas pakalpojumu tirgus cenas 2022. gadā [13], tradicionālajā tehnoloģijā sējumu ierīkošanas izmaksas ir 249,73 EUR/ha. Šīs izmaksas sastāda diskošana, aršana, divreizēja kultivēšana, sēšana un pievelšana. Tai pat laikā tiešās sējas izmaksas, pamatojoties uz LLKC aprēķiniem [14], ieskaitot 15 % peļņu, ir attiecīgi 93 EUR/ha. Ietaupījums 156 EUR/ha. Pareizino ar 200 ha projekta demonstrējumu tīrumu platību, iegūstam ekonomiju 31'200 EUR katru gadu.

Lauka darbus veidojošās izmaksas aprēķinot, tiek ņemta vērā traktora un lauksaimniecības tehnikas esošā vērtība, kā arī gan kopīgais, gan gada izmantošanas laiks, atskaitījumi remontiem, tehniskajām apkopēm, glabāšanai, tehniskajām apskatēm un nodokļiem, kredītiem, darbaspēkam un degvielai.

Piemēram, tiešās sējas sēšanas pakalpojuma (4m sējmašīna, 250 Zs traktors) izmaksas (EUR/h) sadalās sekojoši:

amortizācijai – 39,73;

finansējuma izmantošanai - 9,43;

remonti un apkopēm – 15,71;

darbaspēkam (15 EUR/h pirms nodokļiem) – 17,65;

degvielai (pie mazumtirdzniecības cenas 1,60 EUR/l) – 64,00;

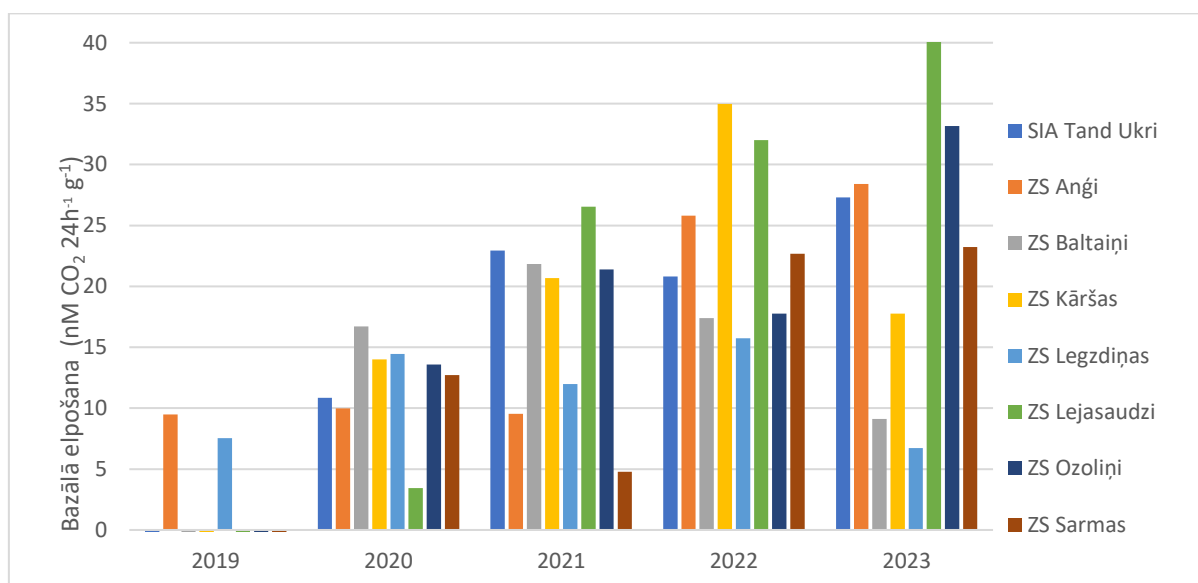
peļņa (15%) -21,98;

kopā 168,50 EUR/h. Pārrēķinot uz hektāriem pie darba ražīguma 1,8 ha/h, iegūstam 93,61 EUR.

Runājot par saimniecību nozīmīgāko – ienākumu sadaļu, ražas līmeņi, izmainot tehnoloģiju, nevienā no saimniecībām nav būtiski samazinājušies. Projekta gaitā fiksētā demonstrējumu tīrums iegūtā raža atkarībā no saimniecības un sezonas ir bijusi sekojoša: ziemas kvieši 4...9 t/ha; ziemas rapsis 1,2...4,3 t/ha; lauka pupas 1,5...6 t/ha; zirņi 1,8...4,7 t/ha.

5.2. Augsnes struktūra

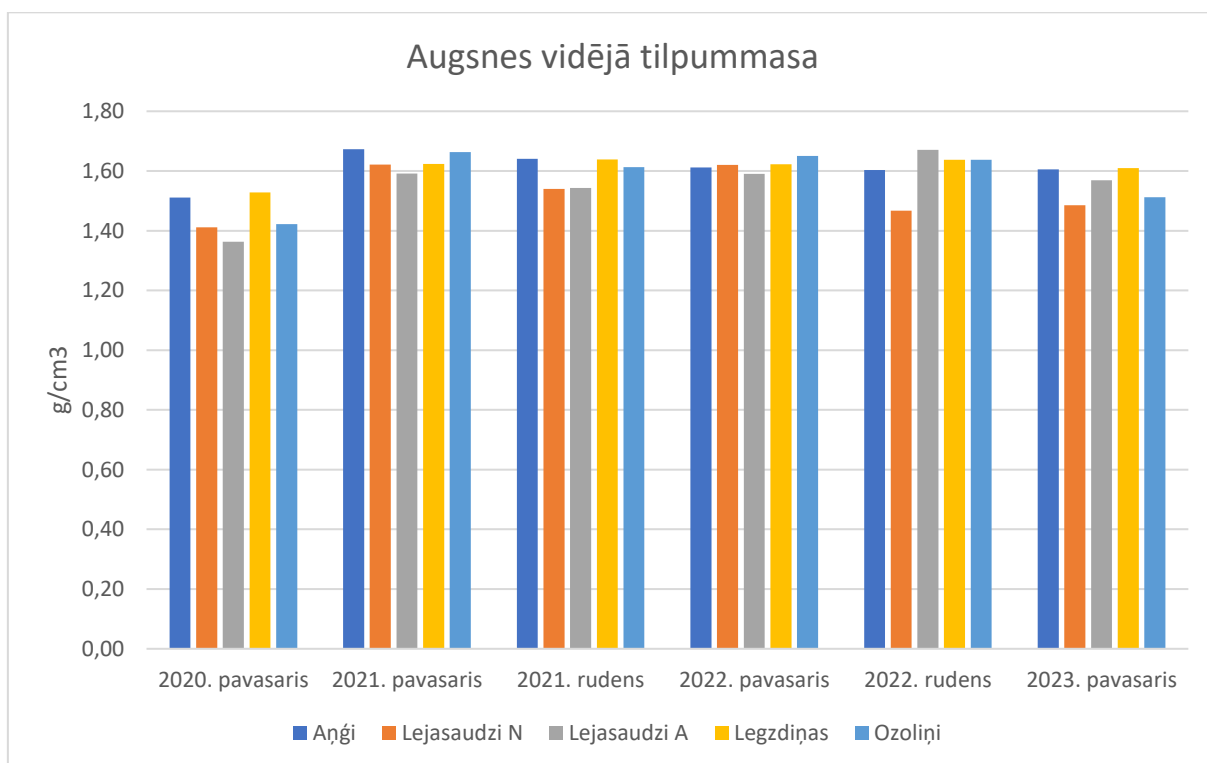
Lai noskaidrotu augsnes tilpummasas izmaiņas, divas reizes gadā (pavasārī un rudenī) ņēmām paraugus 5 demonstrējumu tīrumos. Katrā tīrumā trīs vietās, četros dažādos dziļumos (5-10; 10-15; 15-20; 20-25cm), katru gadu 120 paraugi, četros gados kopā 480 paraugi. Galvenais secinājums, ka augsnes blīvums gadu laikā nevis palielinās, bet samazinās. Tātad augsnes mākslīga iridnāšana ar arklu nav nepieciešama, jo to veic augsnē dzīvojošās dzīvības formas, kuru daudzums, ņemot vērā 10.attēlā redzamos mērījumu rezultātus, katru gadu palielinās. To varam apliecināt arī no augsnes paraugu ņemšanas ekspedīcijām - augsnes struktūra pa gadiem arī vizuāli mainās - to ir vieglāk rakt, sīkās saknītes parādās arvien dziļāk, augsnē ir vairāk visdažādāko dzīvības formu, augsne (īpaši virskārtā) kļūst tumšāka.



10.attēls Bazālā elpošana (nM CO₂ 24h⁻¹ g⁻¹) tiešās sējas laukos 2019. - 2023. gadā. Avots: VRI, analīzes veiktas LIFE CRAFT ietvaros.

Saimniecībās “Anģi” un “Legzdiņas” tīrumi bija ar vissmagāko granuloetrisko sastāvu - īpaši smags māls. Abos minētajos tīrums novērotas analogas augsnes tilpummasas izmaiņu tendences. 2021. gada rudenī, kad saimniecība jau divus gadus bija pārgājusi uz tiešo sēju – augsnes tiplummasa 10–15 cm dziļumā saimniecībā “Anģi” bija vislielākā – 1,71 g/cm³ (1,70 g/cm³ saimniecībā “Legzdiņas”). Citos demonstrējumu tīrums ar vieglāku granuloetrisko sastāvu augsnes tilpummasai bija novērotas mazākas svārstības, un tās bija robežās no 1,3 līdz 1,6 g/cm³. Projekta laikā visās

saimniecībās novērota tendence, ka pirmajos gados pēc aršanas pārtraukšanas augsne kļūst blīvāka, bet pēc tam rādītāji stabilizējas un blīvums lēnām, bet konstanti samazinās (11.attēls). Turpmākajos gados tas varētu samazināties līdz minerālaugsnēm raksturīgajai tilpummasai >1,4. Lai pārliecinātos par šo tendenci ilgtermiņā, tilpummasas mērījumus saimniecību tīrumos turpināsim veikt arī bez projekta finansējuma.



11.attēls Augsnes vidējā tilpummasa pa gadiem LIFE CRAFT saimniecībās. Avots: LLKC.

Saimnieki atzīst, ka nomainot tehnoloģiju no tradicionālās uz StripTill vai tiešo sēju, pēc intensīva lietus uz tīruma ar traktoru var izbraukt vairākas dienas ātrāk, nekā iepriekš. Tas liecina, ka šādā tehnoloģijā strādājot, augsne labāk uzņem intensīvu ūdens plūsmu, tai pat laikā augu atliekas augsnes virspusē aizsargā augsni no izžūšanas (īpaši svarīgi pavasarī), lietus un vēja erozijas, kā arī aizkavē viengadīgo nezāļu attīstību (īpaši, ja labi padevusies starpkultūra). Kā salīdzinošu trūkumu var minēt apstākli, ka augsne arī ilgāk žūst un lēnāk uzsilst. Bet šis ir tikai daļējs trūkums, jo īpaši pavasarī, kad nav jāuztraucas par to, ka maijā sēklai pietrūks mitrums. Svarīgi ir nekonzentrēties uz tradicionālajiem sējas termiņiem 15.maiju un 15.septembri, bet gan sēt tad, kad augsnes apstākļi ir vislabvēlīgākie. Šajā tehnoloģijā kaut ko nokavēt faktiski nav iespējams.

Runājot par augsnes spēju uzņemt intensīvu nokrišņu radītu ūdens plūsmu, ir zinātniski pierādīts, ka katrs papildus organiskās vielas procents augsnē spējīgs uzņemt papildus 25 mm ūdens [15].

5.3. Augu aizsardzības līdzekļi

Sabiedrībā vēl joprojām valda vēl viens mīts par tiešajā sējā nepieciešamo AAL apjomu neizbēgamo pieaugumu. Nezāļu un sārņaugu ierobežošana tiešajā sējā viennozīmīgi ir izaicinājums. Jebkurā kultūraugu audzēšanas tehnoloģijā nezāles un

kultūraugu sārņaugi tiek kaut kādā veidā ierobežoti. Aršana, kultivēšana un citas augsnes apstrādes operācijas ne tikai sagatavo augsni sējai, bet arī veic nezāļu mehānisku iznīcināšanu. Tiešās sējas vai StripTill gadījumā mehāniska augsnes apstrāde, un līdz ar to arī nezāļu/sārņaugu iznīcināšana nenotiek, tāpēc visbiežāk nezāļu ierobežošanu veic ar vispārējas iedarbības herbicīdu. Pagaidām tie ir glifosātu saturoši produkti. Jā, glifosātu, iespējams, lieto biežāk, bet ne vairāk kā tradicionālajā augsnes apstrādes tehnoloģijā. Projekta saimnieki labākai herbicīda iedarbībai darba šķidrumam pievieno ūdens paskābinātājus, tādējādi arī samazinot herbicīda aktīvās vielas devas. Somu kolēģis Timo Rouhiainen no kompānijas Propax Agro (kopā ar projekta saimniekiem esam bijuši Somijā pie viņa ciemos) ar 16 gadu ilgiem izmēģinājumiem uzskatāmi pierāda, ka AAL patēriņš tiešajā sējā nav lielāks par tradicionālajā tehnoloģijā izmantoto. Šī tendence projekta īstenošanas laikā atspoguļojas arī projekta saimniecību tīrumos. Tomēr arī šeit galvenais jautājums ir nevis par tehnoloģiju, bet gan ilgtspējīgu augu maiņu, kad veselā un dzīvā augsnē augi paši cīnās gan ar nezālēm, gan slimībām un kaitēkļiem.

Vēl viens aspekts, kas nav pētīts, bet to vajadzētu darīt, ir nezāļu sēklu banka – tiešajā sējā laika gaitā tai būtu jāsamazinās, jo dziļāk augsnē noglabājušās sēklas, tās neizceļot augsnes virspusē, ar laiku zaudēs dīgtspēju un jaunās nezāļu sēklas netiks noglabātas atkal augsnē.

Secinājumi

1. Tiešajā sējā salīdzinājumā ar konvenciālo tehnoloģiju CO₂ emisijas iespējams samazināt par 2689 kgC/ha katru gadu.
2. Tiešajā sējā sējumu ierīkošana ir par 156 EUR/ha lētāka nekā sējot konvencionāli.
3. Ražas apjoms tiešajā sējā būtiski neatšķiras no konvencionālajā tehnoloģijā iegūtā.
4. Tiešā sēja nerada augsnes sablīvēšanos ilgtermiņā.
5. Tiešā sēja uzlabo augsnes organiskās vielas saturu.
6. Tiešā sēja atdzīvina augsni un uzlabo tās mikrobioloģisko aktivitāti.
7. Tiešā sēja nav brīnumlīdzeklis visu problēmu risināšanai. Tiešā sēja ir iespēja saimniekot dabai draudzīgāk, taupot resursus, uzlabojot augsnes veselību, kā arī ūdens un gaisa apriti augsnē, samazinot izdevumus un maksimāli efektīvi izmantot dabas dotās iespējas. Tomēr galvenais faktors ir ilgtspējīga augu maiņa un koncentrēšanās nevis uz viena gada maksimālu peļņu, bet gan augu maiņas kombinācijām, kas savstarpēji nodrošina augus ar gaisā esošajām barības vielām (N un C), pasargā augus no slimībām un baro augsni.

Literatūra

1. Sait G., The soil solution: 10 keys, <https://www.ecofarmingdaily.com/build-soil/the-soil-solution/> (skatīts 24.07.2023.)
2. Beste A., #SoilMatters | Part 1: Andrea Beste on humus, soil structures & the limits of no-till, <https://www.arc2020.eu/andrea-beste-soil-matters/> (skatīts 24.07.2023.)

3. Yields From a Long-term Tillage Comparison Study,
<https://cropwatch.unl.edu/tillage/rmfyields> (skatīts 01.08.2023.)
4. Chreech E., Saving Money, Time and Soil: The Economics of No-Till Farming,
<https://www.usda.gov/media/blog/2017/11/30/saving-money-time-and-soil-economics-no-till-farming> (skatīts 01.08.2023.)
5. Wheat Monthly Price - US Dollars per Metric Ton,
<https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=wheat&months=360>
(skatīts 18.12.2023.)
6. Urea Ammonium Nitrate <https://tradingeconomics.com/commodity/urea-ammonium> (skatīts 18.12.2023.)
7. Producing gasoline and diesel emits more CO₂ than we thought,
<https://innovationorigins.com/en/producing-gasoline-and-diesel-emits-more-co2-than-we-thought/> (skatīts 18.07.2023)
8. Kg CO₂ per litre of diesel vehicles,
<https://comcar.co.uk/emissions/co2litre/?fueltype=diesel> (skatīts 24.07.2023.)
9. Carbon emissions from fertilisers could be reduced by as much as 80% by 2050,
<https://www.cam.ac.uk/research/news/carbon-emissions-from-fertilisers-could-be-reduced-by-as-much-as-80-by-2050> (skatīts 24.07.2023.)
10. Reicosky D.C., Tillage-induced CO₂ emission from soil,
<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1009766510274> (skatīts 24.07.2023.)
11. Lentz E., Lindsey L., Nutrient Value of Wheat Straw,
<https://agcrops.osu.edu/newsletter/corn-newsletter/nutrient-value-wheat-straw>
(skatīts 01.08.2023.)
12. Kārklīņš, A. (2001) Augu barības elementu iznesas kā lauksaimniecības agroekoloģiskais indikators. Agronomijas vēstis, 3, 14. – 19. lpp.
13. Vītols K., Tehnisko pakalpojumu cenu apkopojums par 2022. gadu,
<https://new.lkc.lv/lv/nozares/ekonomika/tehnisko-pakalpojumu-cenu-apkopojujums-par-2022-gadu> (skatīts 01.08.2023.)
14. Tehnikas izmaksu aprēķinu rīks,
https://laukutikls.lv/riki/tehnikas_izmaksu_aprekins/#0 (skatīts 04.01.2024.)
15. The Importance Of Water Holding Capacity,
<https://www.groundwatergovernance.org/the-importance-of-water-holding-capacity/> (skatīts 05.09.2023.)