



HiMa

Hiilensidonnan maksimointi sokerijuurikaspelloilla

Hankkeen loppuraportti

1.4.2021–31.10.2023

Sokerijuurikkaan Tutkimuskeskus

Susanna Muurinen, Tiina From, Ruska Kaipainen, Sami Talola,

Arvo Ekman, Sari Pulkkinen

SISÄLLYS

1. HANKKEEN ESITTELY	3
1.1. Perustiedot hankkeesta	3
1.2. Hankkeen tavoitteet	4
1.3. Yhteenveto hankkeesta	5
2. HANKKEEN TOTEUTUS JA TOTEUTUSVAIHEEN ARVIOINTI	8
2.1. Menetelmät ja aineisto	8
2.2. Aikataulu ja resurssit	16
2.4. Raportointi, julkaisut ja seuranta	22
2.5. Toteutusvaiheen arviointi	27
3. TULOKSET	28
3.1. Tulosten esittely	28
3.2. Tulosten vieminen käytäntöön	41
3.3. Tulosten merkitys ja jatkotoimenpiteet	42
4. LÄHTEET	43

1. HANKKEEN ESITTELY

1.1. Perustiedot hankkeesta

Hankkeen nimi: Hiilensidonnann maksimointi sokerijuurikaspelloilla – HiMa

Toimenpidekokonaisuus: Hanke toteutettiin Hiilestä kiinni -kehittämishankehaussa

Hankkeen toiminta-aika: 1.4.2021-31.10.2023

Toteuttaja:

Sokerijuurikkaan Tutkimuskeskus (SjT)
Meltolantie 30,
21510 HEVONPÄÄ
www.sjt.fi/hima-hanke.

1.2. Hankkeen tavoitteet

Yksi maankäyttösektorin ilmastotoimenpidekokonaisuuden tavoitteista on monipuolistaa kasvinviljelyä ja parantaa viljelykiertoja. Viime vuosina kasvinvuorotukseen on kiinnitetty entistä enemmän huomiota, mutta Suomen pohjoisen sijainnin vuoksi kasvilajeja on vähemmän kuin esimerkiksi Keski-Euroopassa. Sokerijuurikas on erityisesti loppukasvukaudesta yksi parhaista hiilinieluna toimivista viljelykasveistamme ja sokerijuurikkaan säilyminen osana Suomalaista kasvinvuorotusta on siksi erityisen tärkeää. HiMa-hankkeen päätavoite on edistää viljelykiertoja, joissa sokerijuurikas on mukana, osana tehokasta hiilensidontaa ja monimuotoisuuden edistämistä.

Maankäyttösektorin tavoitteisiin hiilensidonnan ja -varastoinnin lisäämiseksi kivennäismailla, pyritään HiMa-hankkeessa vastaamaan kehittämällä sokerijuurikkaan viljelytekniikkaa; talviaikaista kasvipeitteisyyttä tehostetaan sokerijuurikkaan viljelykierrossa ja samalla hallitaan tuholaiden ja rikkakasvien aiheuttamia ongelmia ilman kemiallisia kasvinsuojeluaineita. Toimenpiteillä parannetaan ravinteidenkäytön tehokkuutta, sekä vähennetään maanviljelyn aiheuttamaa ilmasto- ja vesistökuormitusta. Käytännön toimenpiteitä ovat syysviljakasvuston perustaminen sokerijuurikaspeltoon ennen sokerijuurikkaan sadonkorjuuta ja kumppanuuskasvien käyttö sokerijuurikkaan viljelyssä. Hankkeessa selvitetään kyseisten menetelmien toimivuutta käytännössä.

Peltomaan hiilensidonnan lisääminen kansainvälisten tavoitteiden mukaiseksi (mm. 4/1000-aloite) on huomioitu hankkeen tavoitteissa mm. uusien viljelymenetelmien testauksella, kuten strip-tillage (kaistakylvö) ja kumppanuuskasvit. Näillä toimenpiteillä voidaan lisätä sokerijuurikaspellon ympärivuotista kasvipeitteisyyttä. Hankkeen tavoitteisiin jouduttiin heti hankkeen alussa lisäämään myös konkreettinen sokerijuurikkaan hiilensidontakapasiteetin määrittäminen ja siihen vaikuttavat tekijät. Suomen kasvuolot vaikuttavat sokerijuurikkaan kasvuun eikä esim. kasvin hiilipitoisuutta ei voida suoraan verrata kansainväliseen kirjallisuuteen.

Maankäyttösektorin ilmastotoimenpidekokonaisuuden tavoitteena on edistää korkean jalostusasteen- ja innovatiivisten tuotteiden valmistusta tiloilla. Näitä tavoitteita edistettiin HiMa-hankkeessa testaamalla sokerijuurikaspelloilla kukka- ja saneerauskasvikaistoja ja niiltä saatavien tuotteiden hyödyntämistä. Kukkakaistojen ja saneerauskasvien käytöstä pellolla on tutkimustietoa ja niitä käytetäänkin jonkin verran sokerijuurikaspelloilla biologiseen kasvinsuojeluun. Niillä on myös positiivinen vaikutus peltojen biodiversiteettiin. HiMa-hankkeen tavoitteena oli löytää näille viljelymenetelmille myös taloudellinen vaikutin eli tuote, jota tilat pystyisivät niistä markkinoimaan, kuten syötävät kukat ja sinappi.

HiMa-hankkeessa tehtävät testaukset ja toimenpiteet toteutetaan osaksi pilottitiloilla ja koekentillä. Osa menetelmistä on hankkeen loputtua sovellettavissa koko sokerijuurikkaanviljelyalueella hiilensidonnan tehostamiseen ja ravinnepäästöjen vähentämiseen.

1.3. Yhteenveto hankkeesta

1.3.1. Yhteenveto

Hiilensidonnan maksimointi sokerijuurikaspedoilla -hankkeen (HiMa) toteutti Sokerijuurikkaan Tutkimuskeskus (SjT) yhteistyössä pilottitilojen kanssa. Muita yhteistyötahoja hankkeessa olivat Sucros Oy, Riistasiemen Oy, Strube D&S GmbH, Melasniemen rahasto, Nordzucker AG ja Varsinais-Suomen ELY-keskus. Hankkeen vastuuhenkilönä toimi (MMT) Susanna Muurinen. Muuten hankkeen työpakettien vastuut jakaantuivat seuraavasti: Kirjallisen selvityksen sokerijuurikkaan viljelykierron historiasta toteutti FM Tiina From ja viljelykierron nykytilanteen raportoinnista vastasi Muurinen. Muiden työpakettien vastuuhenkilöinä toimivat MMM Ruska Kaipainen ja MMM Sakari Malmilehto. Kaipaisen ja Malmilehdon jäätyä pois hankkeesta, sen vastuuhenkilönä jatkoi YTM Sami Talola aina hankkeen loppuun asti.

HiMa-hankkeen päätavoite on edistää ja monipuolistaa sokerijuurikkaan viljelykiertoja. Samalla etsitään ja kehitetään menetelmiä, joilla voidaan lisätä sokerijuurikaslohkujen talviaikaista kasvipeitteisyyttä ja kumppanuuskasvien käyttöä. Hankkeessa selvitetään kyseisten menetelmien potentiaalia hiilensidonnan lisäämiseksi, kasvihuonekaasupäästöjen pienentämiseksi sekä sokerijuurikkaan viljelyn stabiilisuuden lisäämiseksi.

Sokerijuurikaslohkujen viljelykiertotilanne on parantunut selvästi verrattaessa tilannetta vuonna 2010 toteutettuun arviointiin. SjT:n tutkimuksissa viljelykiertojen pituudella on ollut selkeä vaikutus satotasojen stabiilisuuteen, mutta viljelykiertojen vaikutuksia maaperään, erityisesti maan orgaanisen aineen ja hiilipitoisuuden muutoksiin ei ole vielä pystytty osoittamaan SjT:n kahdeksan vuotta jatkuneissa viljelykiertokokeissa. Sen sijaan voitiin todeta, että hyvällä sadontuottokapasiteetilla sokerijuurikas kasvina voi jo yksinään täyttää kansainvälisesti asetetun vuotuisen hiilensidonnan lisäämistavoitteen (4 %). HiMa-hankkeessa testattu menetelmä sokerijuurikaslohkujen talviaikaisen kasvipeitteisyyden lisäämiseksi antoi hyviä tuloksia. Talviaikainen kasvipeitteisyys pystyttiin toteuttamaan vuodesta riippumatta. Onnistuessaan menetelmällä voitiin myös tuottaa syysviljasatoa alhaisilla maanmuokkaustoimenpiteillä. Näin hyödynnettiin tehokkaasti sokerijuurikkaan jälkeen maahan jäävät ravinteet ja vähennettiin talviaikaista ravinnehuuhtoumaa pellolta vesistöihin.

Sokerijuurikaslohkujen hiilensidontaa voidaan tehostaa jo keväästä lähtien käyttämällä strip-tillage-kylvömenetelmää eli ns. kaistamuokkausta. Kumppanuuskasveja voidaan hyödyntää sokerijuurikkaan viljelyssä myös tavanomaisemmilla kylvömenetelmillä. Näiden menetelmien eteenpäinvieminen vaatii kuitenkin lisää panostusta itse menetelmien pitkäaikaisempaan tutkimus- ja kehitystyöhön.

Vaikkei kaikkia hankkeen tavoitteita saavutettukaan, saatiin sokerijuurikkaan hiilensidonnasta Suomen olosuhteissa merkittävää tutkimustietoa. Talviaikaisen kasvipeitteisyyden toteuttaminen sokerijuurikaslokoilla herätti viljelijöiden keskuudessa suurta mielenkiintoa ja aiheesta pidetyissä kahdessa pellonpiennartilaisuudessa oli runsaasti osallistujia (yht. 115 henkeä eli 20 % suomalaisista juurikkaanviljelijöistä). Aiheesta on kirjoitettu kattavasti myös Juurikassarka-lehdessä.

Hankkeesta kirjoitettiin säännöllisesti yleistajuisia artikkeleita Juurikassarka-lehteen, joka ilmestyy kolme kertaa vuodessa ja postitetaan kaikille suomalaisille sokerijuurikkaanviljelijöille ja tutkimuslaitoksille. Hankkeen tiedotuksen kannalta olennaisia olivat myös pellonpiennarpäivät, joita järjestettiin yhteistyössä muiden hankkeiden ja toimijoiden kanssa. Lisäksi HiMa-hankkeen aiheita esiteltiin muissakin SjT:n ja Sucroksen organisoimissa tapahtumissa.

1.3.2. Sammandrag

Centralen för Sockerbetsforskning (CfS) genomförde HiMa-projektet (Optimering av kolbindning på sockerbetsfält) tillsammans med pilotgårdarna. Andra samarbetspartners var Sucros Oy, Riistasiemen Oy, Strube D&S GmbH, Melasniemis stiftelsen och Egentliga-Finlands NTM-central. AFD Susanna Muurinen var ansvarig för projektet. Ansvar för övriga arbetspaket fördelades enligt följande: den skriftliga utredningen av växtföljdens historia utfördes av FM Tiina From, Susanna Muurinen ansvarade för rapporteringen av växtföljdens situation i dagsläget. För de andra arbetspaketen ansvarade AFM Ruska Kaipainen och AFM Sakari Malmilehto. Efter att Kaipainen och Malmilehto lämnade projektet ansvarade SVM Sami Talola för arbetspaketen fram till projektets slut.

Huvudsyftet med HiMa-projektet är att främja och diversifiera växtföljden för sockerbeter. Samtidigt söker och utvecklar man nya metoder för att öka sockerbetsskiftens växttäckning vintertid och användning av partnergrödor. I projektet utreder man de olika metodernas potential för att öka kolbindningen, minska utsläppen av växthusgaser och att öka stabiliteten i sockerbetsodlingen.

Växtföljden på sockerbetsskiftena har klart förbättrats jämfört med bedömningen år 2010. I CfS:s långvariga försök har växtföljdens längd haft en tydlig inverkan på skördenivåernas stabilitet. Inverkan på marken, speciellt förändringar i markens innehåll av organiskt material och kol, har man inte ännu kunnat påvisa i det åttaåriga växtföljdförsöket. I stället visade det sig, att sockerbetan med sin goda skördekapacitet, kan som gröda ensam uppfylla det internationellt uppsatta årliga målet för att öka kolbindningen (4 %). Metoden, som testades i HiMa-projektet för att öka växttäckning vintertid, gav goda resultat. Man kunde förverkliga växttäckning vintertid oberoende av år. När metoden lyckades kunde man få höstsädsskörd följande år. På så sätt kunde man effektivt utnyttja de efter sockerbetan i marken kvarblivna näringsämnen och minska urlakningen av näringsämnen från åkrarna till vattendragen vintertid.

Kolbindningen i sockerbetsskiften kan effektiveras redan från våren med användning av strip-till-såningsmetod s.k. strimbearbetning. Partnergrödor kan utnyttjas i sockerbetsodling också med traditionella odlingsmetoder. För att öka användningen av dessa metoder krävs mera investeringar i långsiktig forskning och utveckling.

Även om inte alla projektets mål nåddes, erhöles betydande forskningsdata om sockerbetornas kolbindning i finländska förhållanden. Växttäckning vintertid på sockerbetsskiften väckte stort intresse bland odlarna.

Allmänna artiklar om projektet skrevs regelbundet i tidningen Juurikassarka, som utkommer tre gånger i året och postas till alla sockerbetsodlare och forskningsinstitut i Finland. Fältdagarna var en viktig del av projektets informationsleverans. Fältdagarna ordnades i samarbete med andra projekt och aktörer. Dessutom presenterades HiMa-projektets teman vid andra evenemang som ordnades av CfS och Sucros.

1.3.3. Conclusion

Sugar Beet Research Centre (SjT) implemented the HiMa-project (Optimizing carbon sequestration on sugar beet fields) in the cooperation with the pilot farms. Other partners in the project were Sucros Oy, Riistasiemen Oy, Strube D&S GmbH, Melasniemi foundation, Nordzucker AG and Centre for Economic Development, Transport and the Environment (ELY). Ph.D. Susanna Muurinen was responsible for the project. Otherwise, the responsibilities of the work packages were divided as follows: M.Sc. Tiina From carried out the written report of the history of the sugar beet crop rotations in Finland, and Susanna Muurinen was responsible for reporting the current situation of the Finnish crop rotations. The responsible persons of the other work packages were M.Sc. Ruska Kaipainen and M.Sc. Sakari Malmilehto. After Kaipainen and Malmilehto stopped working on the project, M.Sc. Sami Talola was responsible for the work packages until the end of the project.

The main goal of the HiMa project was to promote and diversify sugar beet crop rotations. At the same time, to develop the methods to increase the use of winter cover crops and the companion plants on sugar beet fields. The project investigated the potential of these methods to increase carbon sequestration, reduce greenhouse gas emissions, and increase the stability of sugar beet cultivation.

The crop rotation situation on Finnish sugar beet fields has clearly improved when comparing the situation in 2010. In long-term experiments of the SjT, the length of crop rotations has had a clear effect on the stability of yields. However, the effects of crop rotations on the soil, especially changes in soil organic matter content and carbon content, have not yet been clear. Instead, it could be stated that on some years the internationally set annual goals of agricultural fields to increasing the carbon sequestration by 4 %_o /ha, can be fulfilled by sugar beet alone. The methods tested in the HiMa project gave interesting results. The sowing of winter cover crop could be implemented regardless of the year. If successful, the method could also produce cereal yield on following year. The nutrients left in the soil after sugar beet were effectively utilized by winter cereal and the nutrient leaching and runoffs were reduced.

The carbon sequestration of sugar beet fields can be enhanced already from spring by using the strip-tillage method. The companion plants could be cultivated also with more conventional sowing techniques. However, to increase the use of these methods, requires more investment in the longer-term research and development.

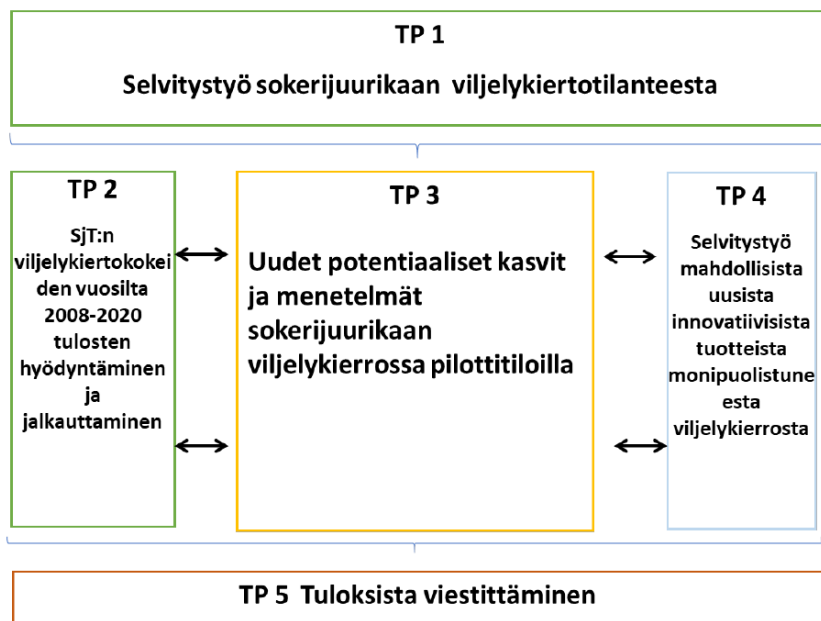
Although not all the project's goals were achieved, significant research information was obtained about sugar beet carbon sequestration. The implementation of winter cover crop within sugar beet crop rotation aroused a great interest among farmers. The subject has also been written widely in Juurikassarka magazine.

General articles about the project were regularly written in Juurikassarka magazine, which is published three times a year and is posted to all Finnish sugar beet farmers and research institutes. The field days were essential part of project's information delivery. The field days were organized in cooperation with other projects and operators. In addition, the topics of the HiMa project were also presented at other events organized by SjT and Sucros Oy.

2. HANKKEEN TOTEUTUS JA TOTEUTUSVAIHEEN ARVIOINTI

2.1. Menetelmät ja aineisto

HiMa-hankkeessa toteutettiin viittä eri työpakettia, jotka ovat nähtävissä kuvassa 1. Työpakettien menetelmät käydään tarkemmin läpi seuraavissa kappaleissa.



Kuva 1. HiMa-hankkeessa toteutettiin kuvassa näkyvät viisi työpakettia.

2.1.1. Työpaketti 1: Selvitystyö sokerijuurikkaan viljelykiertotilanteesta

Kirjallisuusselvitys sokerijuurikkaan viljelykierron historiallisesta taustasta tehtiin 2021 huhti-kesäkuun aikana. Se julkaistiin kokonaisuudessaan SjT:n kotisivuilla HiMA-hankeosiossa. Selvitystyön toteutti Tiina From.

Selvitys viljelykiertojen nykytilasta toteutettiin Ruokavirastolta pyydetyn aineiston pohjalta. Aineisto käsitti kaikki vuonna 2020 sokerijuurikkaalla olleet lohkot ja näiden lohkojen kaikki viljelyskasvit viideltä edeltävältä vuodelta. Aineiston tuloksia verrattiin vuonna 2010 toteutettuun viljelijöille tehtyyn kyselyyn. Aineistojen vertailun perusteella saatiin käsitys sokerijuurikkaan viljelykierron muutoksista vuosien 2010 ja 2020 välillä. Viljelykierron vaikutuksista satoon ja sen stabiilisuuteen saatiin yhdistämällä viljelykiertoaineistoon Sucros Oy:n satoluvut vuosilta 2015–2020. Eurooppalainen tietosuojatietoa otettiin satotietojen yhdistämisessä huomioon ja yhdistämisen teki Sucroksen tietosuojavastaava. Viljelijöiden tiedot anonymisoitiin.

2.1.2. Työpaketti 2: SjT:n viljelykiertokokeiden tulosten hyödyntäminen

SjT:n monivuotisen viljelykiertokokeen (2012–2017 Kaarina; 2015–2023 Paimio) tuloksia hyödynnettiin erilaisten viljelykiertojen vertailussa ja havainnoimisessa. Nykyinen viljelykiertokoe perustettiin Paimion Meltolaan vuonna 2015. Tuorlan viljelykiertoalue Kaarinassa perustettiin 2012, mutta siitä jouduttiin luopumaan vuonna 2017. Kaikkiaan viljelykiertokokeessa testataan 14 erilaista viljelykiertoa. Kaikki 14 viljelykiertovaihtoehtoa kasvavat kahdessa eri tasossa (kerranteessa) eli yhteensä kokeessa on 28 viljelykaistaa/vuosi. Kaikki viljelykiertovaihtoehdot aloitettiin vuonna 2015 siten, että sokerijuurikas oli kierron ensimmäinen kasvi, lukuun ottamatta vehnän monokulttuuria, jossa aloituskasvina oli luonnollisesti

vehnä (taulukko 1). Viljelykierrat ovat pääasiassa hyvin lyhyitä (sj 50 %), mutta mukana on myös muutama pidempi vaihtoehto (sj 30 %). Pääasiassa sokerijuurikasta seuraa aina jokin toinen viljelykasvi, vain kahdessa viljelykiertovaihtoehdossa juurikasta viljellään kaksi vuotta peräkkäin (sj 60 %). Vuosien aikana viljelykiertokaistoja on lannoitettu kulloisenkin viljelykasvin tarpeen mukaan. Lannoituksessa on käytetty ainoastaan mineraalilannoitteita. Sadonkorjuun jälkeen pellolle jäänyt kasvimassa on muokattu syksyllä maahan pääasiassa kyntämällä. Kaistoille ei ole levitetty vuosien 2015–2023 välisenä aikana kalkkia eikä orgaanisia lannoitteita.

Taulukko 1. Vuonna 2015 perustetussa viljelykiertokokeessa on 14 erilaista kasvikiertoa, joista 13:sta on mukana sokerijuurikas. Kiertojen sokerijuurikas-% kuvaa, kuinka monena vuonna kierrossa on sokerijuurikasta. Toteutuneita (kpl) kertoo, monestiko valittu viljelykierto on ollut viljelyksessä vuosien 2015–2023 aikana.

no.	Kierrot	Sj %-osuus	Toteutuneita
1	Sj-V.lannoitus	56	4
2	Sj-Rypsi	56	4
3	Sj (mono)	100	9
4	Sj-Kaura	56	4
5	Sj-Herne	56	4
6	Sj-Herne-K.vehnä	33	3
7	Sj-K.vehnä-Rypsi-V.lannoitus	33	2
8	Sj-Rypsi-K.vehnä	33	3
9	Sj-K.vehnä	56	4
10	Sj-Ohra	56	4
11	Sj-Sj-V.lannoitus	67	3
12	K.vehnä (mono)	0	9
13	Sj-V.lannoitus-K.vehnä-Rypsi	33	2
14	Sj-Sj-K.vehnä	67	3

Viljelykiertokaistoilta kerättiin vuosittain maaperänäytteet (2021–2023), kasvukausina 2022–2023 suoritettiin lisäksi kasvihuonekaasumittauksia sokerijuurikkaalla ja keväthehnällä. Vuosittain kasvustoista havainnoitiin biomassan tuotto ja viljelykasvin sato.

2.1.3. Työpaketti 3: Uudet kasvit ja menetelmät sokerijuurikkaan viljelykierrossa pilottitiloilla

Syysviljan kylvö sokerijuurikaskasvustoon

Syysvehnän kylvöä sokerijuurikaskasvustoon testattiin ensimmäistä kertaa vuonna 2021. Tällöin yhteistyöviljelijän tilalla kylvettiin syysviljaa sokerijuurikaskasvustoon. SjT:n omalla koelohkolla Paimiossa syysviljaa kylvettiin sokerijuurikaskasvustoon 0,5 hehtaarin alalle. Kummallakin koepaikalla syysvehnä iti hyvin, mutta kasvustot tuhoutuivat talven aikana lähes kokonaan. Saman kohtalon kokivat lähes kaikki Varsinais-Suomessa kylvetyt syysviljat talven 2021–2022 aikana. Syynä olivat 0 C-asteen kummankin puolen sahanneet lämpötilat ja runsaat sateet.

Koe toistettiin SjT:n koelohkoilla Paimiossa seuraavana syksynä. 4.10.2022 syysvehnä kylvettiin hajalevityksenä 2 hehtaarin koelohkolle. Tänäkin syksynä syysvehnä orastui hyvin. Lajikkeina olivat Hankkijan Skagen ja Struben Wechsel Weizen ja käytetty siemenmäärä oli noin 250 kg/ha. Lohkolla ollut sokerijuurikas nostettiin pari päivää kylvön jälkeen, 7.10.2022 Edenhall-nostokoneella. Edenhall sekoitti ja tallasi maata, mikä tehosti aiemmin kylvetyn vehnänsiemenen maakontaktia. Syysvehnää ei lannoitettu syksyllä 2022. Talvi 2022–23 ei ollut kasvien kannalta ihanteellinen, mutta vehnä talvehti kohtuullisen hyvin. Keväällä 2023 lannoitukseksi annettiin tyypeä 150 kg/ha. Käytetty lannoite oli Suomensalpietari. Kasvukaudella lohkolle ei suoritettu kasvinsuojelutoimenpiteitä.

Syksyllä 2023 kylvöt suoraan juurikaskasvustoon toteutettiin kahden viljelijöiden pelloilla Forssassa ja Paimiossa. Paimiossa kylvöä aikaistettiin ja hajakylvö juurikaskasvustoon tehtiin jo 21.9.2023. Skagen-lajiketta kylvettiin noin 270 kg/ha. Kylvö ja juurikkaan nosto onnistuttiin tekemään hyvissä olosuhteissa, maa oli sopivan kosteaa, mutta ei liian märkää. Juurikas nostettiin 22.9.2023 Edenhall-nostokoneella. Forssassa kylvö tehtiin 29.9. ja sokerijuurikas nostettiin saman päivän aikana. Puolet 5 hehtaarin alueesta käsiteltiin tekemällä lautasmuokkaus 4–5 cm syvyydelle. Taimilaskentojen perusteella syysvehnä oli orastanut kohtuullisesti kummallakin koepellolla.



Kuva 2. Syysvehnää kylvetään suoraan sokerijuurikaskasvustoon Paimiossa 21.9.2023.

Strip-tillage-kylvö ja kumppanuuskasvit

Hankeen pilottitilalla Nousiaisissa on aktiivisesti panostettu talviaikaisen kasvipeitteisyyden lisäämiseen ja erityisesti kiinnitetty huomiota sokerijuurikaskasvustojen mahdollisiin kumppanuuskasveihin. Tilalla on panostettu kylvötekniikkaan, joka sopii erityisesti sokerijuurikkaan ja kumppanuuskasvin strip-tillage-kylvöön. Havaintoja tilan strip-tillage-juurikaslohkoilla tehtiin vuosina 2021–2023.

Keväällä 2021 yhteistyöviljelijä toteutti sokerijuurikkaan strip-tillage-kylvön pellolle, jossa oli talven yli kasvanut ruista. Ruiskasvusto lopetettiin ennen sokerijuurikkaan kylvöä. Sokerijuurikkaan kylvön yhteydessä rivien väliin kylvettiin kumppanuus/kerääjäkasveja (valkoapila, maa-apila, nurmimailanen, linssi). Kesäkuussa alkanut ja heinäkuun jatkunut kuivuus ei suosinut kumppanuuskasvien kasvua ja ne jäivät lopulta hyvin pieniksi.

Vuodelle 2022 viljelijä muutti viljelytoimenpiteitä jonkin verran. Sokerijuurikaskasvusto kylvettiin keväällä normaalisti, jonka jälkeen kasvustoille suoritettiin kasvinsuojelutoimet perinteisillä aineilla 2–3 kertaa ruiskuttaen. Heinäkuun alussa, kasvinsuojeluruiskutusten jälkeen, kumppanuuskasvit kylvettiin sokerijuurikkaan riviväleihin mekaanisen harauksen yhteydessä. Jälleen kerran kuivuus haittasi kumppanuuskasvien optimaalista kasvua, mutta niitä kuitenkin kasvoi riviväleihin. Vuonna 2023 sokerijuurikkaan ja kumppanuuskasvien kylvöt ja kasvinsuojelu toteutettiin samalla tavalla kuin vuonna 2022. Kumppanuuskasvit kylvettiin kuitenkin yhtenä seoksen, joka sisälsi nurmimailasta, maa-apilaa, valkoapilaa, linssiä ja punanataa.

Vuonna 2022 kumppanuuskasvien kylvöä testattiin Sjt:n koeruuduilla. Kumppanuuskasvit kylvettiin sokerijuurikaskasvustoon piensiemenen kylvölaitteella, joka oli yhdistetty mekaaniseen riviväliharaan. Yhdistetty kylvöharaus toteutettiin kesäkuun lopussa. Ajankohta osui suoraan kuivuusjaksolle, joka kesti pitkälle heinäkuuhun. Yksikään kylvöön valituista kumppanuuskasvilajeista ei lähtenyt kasvamaan, ei edes sateiden saavuttua elokuun alussa. Eräs tähän vaikuttaneista asioista saattoi kuivuuden lisäksi olla Conviso One -menetelmän käyttö. Lohko, johon kumppanuuskasvit kylvettiin, oli kylvetty Smart Sinja -juurikaslajikkeella ja ruiskutettu 2 kertaa 0,5 l/ha Conviso-valmisteella. Convisolla saattoi olla pitkäkestoinen maavaikutus, joka esti kumppanuuskasvien taimettumisen. Tämän perusteella voidaan todeta, ettei kumppanuuskasveja kannatta kylvää Conviso-ruiskutusten jälkeen.

Vuonna 2023 kumppanuuskasveille testattiin toisenlaista kylvötapaa Conviso-sokerijuurikkaan kanssa. Kumppanuuskasveiksi valittiin maa-apila, linssi ja nurmimailanen. Kumppanuuskasvien kylvö suoritettiin keväällä ennen sokerijuurikkaankylvöä tavallisella Jukon kylvölannoittimella ja 12 cm rivivälillä. Kylvö tehtiin kolmen koneen leveydeltä koko lohkon mittaisiin kaistoihin. Kumppanuuskasvikaistat eivät saaneet minkäänlaista lannoitusta erikseen, vaan lannoitus annettiin sokerijuurikkaankylvön yhteydessä normaalisti sijoituslannoituksena sokerijuurikasrivin viereen. Sokerijuurikkaan lannoituksessa käytettiin 140 kg typpeä/ha. Maa-apilakaistoja oli kaksi. Toiseen kaistaan kylvetty sokerijuurikas lannoitettiin alhaisemmalla typpimäärällä 80 kg N/ha. Sokerijuurikas kylvettiin kumppanuuskasvien päälle viisi päivää kumppanuuskasvien kylvön jälkeen, tavallisella sokerijuurikkaan kylvökoneella. Jotkin juurikasrivit saattoivat osua suoraan kumppanuuskasvirivien päälle, sillä kokeissa käytetty sokerijuurikkaan riviväli on 50 cm.

Sekä sokerijuurikas, että kumppanuuskasvit taimettuivat kuivan kevään takia hyvin hitaasti. Rikkakasvit aiheuttivat suuria haasteita lohkolle. Sokerijuurikaslajikkeena käytettiin Smart Iberia -lajiketta ja kasvinsuojelutoimena tehtiin yksi sokerijuurikasriville kohdennettu Conviso-ruiskutus. Tämä ei kuitenkaan riittänyt pitämään sokerijuurikasriviä puhtaana ja lopulta välirivit ruiskutettiin heinäkuun puolessavälissä kokonaan, mikä tuhosi suurimman osan lohkon kumppanuuskasveista. Kokeen jatkoseurannan mahdollistamiseksi kaistoihin jätettiin havaintoruutuja maa-apila- (+N ja -N) ja nurmimailaskaistoihin. Linssiä ei voitu säästää. Havaintoruudut perattiin kertaalleen käsin. Näistä ruuduista tehtiin jatkohavainnot, joiden perusteella seurattiin kumppanuuskasvien kehitystä ja niiden vaikutusta sokerijuurikkaan kasvuun.



Kuva 3. Kumppanuuskasveja sokerijuurikasrivien välissä yhteistyöviljelijä Ilmari Hunsan tilalla. Kumppanuuskasveina on valkoapilaa, maa-apilaa, linssiä ja nurmimailasta.

2.1.4. Työpaketti 4: Selvitystyö uusista innovatiivisista tuotteista sokerijuurikkaan viljelykierrosta

Etelä-Suomalaisen luomutilan oli tarkoitus toimia HiMa-hankkeen pilottitilana kukkakaistojen hyödyntämisessä. Tilalla viljellään sokerijuurikasta luomuna, ja kukkakaistat oli tarkoitus perustaa hankeyhteistyönä (SjT:n HiMa- ja TUJU-hankkeet) sokerijuurikaslohkon yhteyteen todentamaan kaistojen toimivuutta biologisen monimuotoisuuden turvaajina ja testata itse kukkien hyödyntämistä elintarvikkeeksi. Tilalle toimitettiin kukkaseosta kylvöä varten. Tilan isäntä selvitti kukkaseoksen kaikkien eri siementen alkuperän ja kävi ilmi, että seoksessa oli mukana siemeniä, joita ei ollut tuotettu luomuna. Näin ollen viljelijä ei voinut kylvää pellolleen toimitettua kukkaseosta. Tilalla ei viljelty sokerijuurikasta vuosina 2022–2023, joten yhteistyötä ei voitu jatkaa.

Vuonna 2022 syötävien kukkien hyödyntämistä peltoviljelystä selvitettiin Kotipellon puutarhalta. Kyseinen yritys tuottaa syötäviä kukkia myyntiin kauppoihin. He kertoivat, että kaikki syötävät kukat tuotetaan kasvihuoneissa, joten pellolta kerättävillä kukilla ei ole elintarvikekäyttöä. Näin ollen kukkakaistoissa kasvavia kukkia on lähes mahdotonta hyödyntää elintarvikejatkjalostukseen ja niiden hyödynnettävyys jää lähinnä siementuotantoon.

Sinappia voidaan viljellä sokerijuurikaslohkoilla houkutuskasvina, jolloin se nopean kehityksensä ansiosta houkuttelee sokerijuurikasta vioittavia kirppoja, sen sijaan, että alkukasvukaudesta pienempi sokerijuurikkaan taimi kärsisi vioituksia. Kaikkina keväinä kirppapaine ei ole yhtä suuri, joten joinakin vuosina myös sinapista voitaisiin saada korjattavaa satoa. Tätä kokeilua testattiin vuosina 2021–2022.

Vuonna 2021 sinappikaista tuotti satoa hyönteisvioituksista huolimatta ja ilman torjunta-ainekäsittelyä. Satotaso oli hyvin alhainen 300 kg/ha. Hankeyhteistyön (TUJU- ja HiMa-hankkeet) ajatuksena oli, että sinapista saatava sato voitaisiin hyödyntää tulevaisuudessa itse maustekastikesinapin valmistuksen raaka-aineena. Epäselviä kysymyksiä olivat maustesinapin raaka-ainevaatimukset, kuten tarvitaanko jokin tietty lajike sinapin valmistukseen, puintiajankohta, sadon käsittely jne. Vuonna 2022 torjunta-ainekäsittelemättömät sinappikaistat valtasi jauhosavikka, joten pienen sinappisadon puinti oli täysin mahdotonta.

Sinapin tuottamisen edellytysten selvittämiseksi konsultoitiin toukokuussa 2023 ruotsalaista Hans Svenssonia, joka tuottaa sinappia tilallaan Petersborgs gårdissa. Tilalla on pitkät perinteet sinapin viljelyssä ja tilalla on tehty myös omaa lajiketestausta. Tila tuottaa sinapin siementä maustesinapin valmistukseen ja myös valmistaa ja myy itse tilan omia sinappeja. Svenssonilta saimme varmistuksen, että myös saneerauslajikkeiden tuottama sinapinsiemen kelpaa sinapin valmistukseen. Oleellista sinapin tuottamisessa oli, että varsinaiseen lopputuotteeseen tarvitaan noin puolet ruskeita sinapinsiemeniä.



Kuva 4. Paimioon perustettiin kukkakaistoja. Kuvassa kukkakaistan vieraita 19.7.2021. Kuivien ja kuumien alkukesän olosuhteiden vuoksi itäminen oli hidasta.

2.1.5. Työpaketti 5: Tuloksista viestiminen

Hankkeesta viestiminen sidosryhmille (viljelijät, jalostava teollisuus):

- 4.2.2021 Sokerijuurikkaan viljelijöiden neuvottelukunnan kokous (Teams). Esittely tehdystä hankehausta, ei vielä tietoa rahoituksesta. → Hankeen rahoituksesta tiedotettiin kokousväelle s-postilla 4.5.2021.
- 14.6.2021 Sucroksen viljelyneuvoille ja muulle agripuolen työntekijöille esiteltiin HiMa-hanketta ja siihen liittyviä kokeita Paimiossa. Esittelijänä toimi SJT:n johtaja Susanna Muurinen.
- 14.9.2021 Sokerijuurikkaan viljelijöiden neuvottelukunnan kokous (Teams). Esittely HiMa-hankeen toteutuneista toimista ja suunnitelmista.
- 3.2.2022 Sokerijuurikastoimijoiden yhteistyöelimen kokous (Teams). SJT:n johtaja Susanna Muurinen esitteli HiMa-hankeen koesuunnitelmia kasvukaudelle 2022.
- 2.3.2022 Sucroksen viljelyneuvoille ja muulle agrisektorin työntekijöille esiteltiin HiMa-hanketta ja siihen liittyviä kokeita Paimiossa.
- 13.9.2022 Sokerijuurikastoimijoiden yhteistyöelimen kokous Säkylä. SJT:n johtaja Susanna Muurinen esitteli HiMa-hankeen tuloksia kasvukaudelta 2022.
- 2.2.2023 Sokerijuurikastoimijoiden yhteistyöelimen kokous Huittinen. SJT:n tutkija Marja Palomäki HiMa-hankeen suunnitelmia kasvukaudelle.
- 7.7.2023 Sucroksen viljelyneuvoille ja muulle agripuolen työntekijöille esiteltiin HiMa-hanketta ja siihen liittyviä kokeita Paimiossa.
- 13.9.2023 Sokerijuurikastoimijoiden yhteistyöelimen kokous Säkylä. SJT:n johtaja Susanna Muurinen esitteli HiMa-hankeen tuloksia.

Sucros Oy:n viljelijätilaisuudet:

- 25.1.2022 Sucros Oy:n viljelijäwebinaari. Sjt:n johtaja Susanna Muurinen esitteli HiMa-hankeen tuloksia.
- 27–28.6.2022 Sucroksen järjestämä sokerijuurikasviljelijöiden risteily. Suullinen esitys sokerijuurikkaan hiilensidonnasta.
- 24.–1.3.2023 Sucroksen viljelypäivät. Neljä erillistä tilaisuutta. Kuulijoina suurin osa Suomen sokerijuurikkaan viljelijöistä.

Ulkomaiset sidosryhmät:

- 16.5.-10.6.2022 Sjt:n tutkija Ruska Kaipainen matkusti Saksaan Göttingeniin tutustumaan kasvihuonekaasumittausmenetelmiin.
- 21–23.6.2022 78th IIRB congress (International Institute for Beet Research), Belgia. HiMa-hankkeen tuloksia esiteltiin posterilla kansainvälisen sokerijuurikastutkijoiden yhteisölle. Esittelijänä toimi Sjt:n tutkija Ruska Kaipainen.
- 31.1–1.2.2023. ICM-meeting, Berliini. Sjt:n tutkija Sami Talola, joka työskentelee HiMa-hankkeelle, esitteli HiMa-hankkeen tuloksia muille NordZuckerin toimialueen tutkimusorganisaatioille (Saksa, Ruotsi, Tanska, Puola, Liettua).

Tiedotus poliittisille päättäjille ja muille sidosryhmille:

- 3.8.2021 Sokerijuurikkaan ajankohtaisasiat MMM-tapaaminen (MMM, MTK, Sucros ja Sjt) HiMan sokerijuurikkaan viljelykiertoselvityksen tuloksia. Sjt:n johtaja Susanna Muurinen edusti Sjt:tä.
- 4.9.2021 MTK-Satakunta järjesti Suomen maa- ja metsätalouden ilmastotoimiin liittyvän tilaisuuden. Susanna Muurinen luonnosteli HiMa-hankkeelta taustatietoa MTK:n esitykseen.
- 17.3.2022 Ilmastoviisaan maatalouden tiedonvaihtopäivä. HiMa-hanke mukana päivässä Sjt:n johtaja Susanna Muurisen toimesta.
- 2.2.2023 Hiilipeltohankeen kokemustenvaihtotilaisuus. Sjt:n johtaja Susanna Muurinen osallistui tapahtumaan.
- 6.3.2023 Keskustelutilaisuus sokerijuurikkaanviljelyn tulevaisuudesta Suomessa. MMM, Helsinki. Paikalla ministeriön edustajat, Sucros, Sjt ja MTK. Sjt:n johtaja Susanna Muurinen puhui tilaisuudessa sokerijuurikkaan hiilensidonnasta ja ilmastovaikutuksista.
- 28.–29.3.2023 Ruokaviraston järjestämä SPRING'-tapahtuma, jossa Sjt:n tutkija Sami Talola, esitteli HiMa-hanketta.
- 16.5.2023 Hiilestä kiinni - Katse tulevaisuuteen -seminaari, Helsinki. HiMa-hankkeen teemoja esittelevä poster esillä.
- 6.–8.6.2023 Maaperän hiilensidontaa koskeva konferenssi, järjestäjänä Baltic Sea Action Group, Helsinki. Sjt:n tutkija Sami Talola esitteli HiMa-hanketta (tietokone-esitys ja Roll-up).
- 13.10.2023 Kone Agria -messut, Tampere. Sjt:n johtaja Susanna Muurinen esitteli HiMa-hankeen tuloksia messujen innovaatiotorilla.

Pellonpiennartapahtumat, joissa HiMa-hanke on ollut mukana:

- 16.6.2021 Varsinais-Suomen ELY-keskuksen ja SORVI-hankeen pellonpiennarpäivä Paimiossa. Aiheena Kipsi ja muut maanparannusaineet. Esillä HiMa-hankeen poster erilaisista viljelykierroista.
- 29.6.2021 HiMa- ja TUJU-hankeen yhteinen pellonpiennarpäivä, Meltolassa Paimiossa. Aiheena Kukka- ja houkutuskaistat. Sjt:n johtaja Susanna Muurinen esitteli HiMan koekaistoja pellolla viljelijöille ja muille paikalle tulleille kiinnostuneille kuulijoille.

- 10.6.2022 HiMa- ja SORVI-hankkeiden yhteinen pellonpiennarpäivä Mustasaarella Pohjanmaalla. Sjt:n johtaja Susanna Muurinen kertoi viljelijöille viljelykierron vaikutuksista sadon stabiilisuuteen sekä esitteli kasvihuonekaasujen mittaamista pellostä. Esitys käännettiin myös ruotsiksi.
- 17.6.2022 HiMa-, TUJU- ja SORVI-hankkeiden yhteinen pellonpiennarpäivä Meltolassa Paimiossa. Sjt:n johtaja Susanna Muurinen esitteli tilaisuudessa sokerijuurikkaan hiilensidontaa aiheesta tehdyn posterin avulla.
- 5.7.2022. Hiilipelto-hankeen järjestämässä pellonpiennarpäivässä Tuorlassa Kaarinassa Sjt:n johtaja Susanna Muurinen kertoi HiMa-hankeesta ja siinä tehtävistä kasvihuonekaasumittauksesta ja sokerijuurikkaan hiilensidonnasta. Muurinen pääsi kertomaan asiasta lyhyesti myös Yleisradion paikallisuutisiin.
- 23.8.2022 HiMa ja SORVI-hankkeiden yhteisessä pellonpiennarpäivässä Kokemäellä Sjt:n johtaja Susanna Muurinen esitteli kasvihuonekaasujen mittaamista, siitä saatuja tuloksia sekä puhui viljelykierron ja niiden vaikutuksesta sadon stabiilisuuteen.
- 21.9.2022 Hiilipelto-hankeen järjestämässä pellonpiennartilaisuudessa Loimaalla, Sjt:n johtaja Susanna Muurinen esitteli HiMa-hankeesta tehtyjä kasvihuonekaasumittauksia ja kertoi sokerijuurikkaan hiilensidonnasta.
- 14.6.2023. Sjt 70-vuotista tutkimustyötä juhlistava peltopäivä Paimiossa. Esillä oli laajasti HiMa-hankeen teemoja ja hankkeen itsensä esittely Sjt:n johtajan, Susanna Muurisen toimesta.

Pilottitilojen menetelmiin perehtyvät pellonpiennartilaisuudet:

- 7.10.2021 HiMa- ja SORVI-hankkeiden yhteinen pellonpiennarpäivä Oripäässä. Aiheena syysviljan kylvö sokerijuurikkakasvustoon, sokerijuurikkaan hiilensidonta, viljelykierto ja maaperä. Sjt:n johtaja Susanna Muurinen kertoi HiMa-hankeen toiminnasta ja kasvihuonekaasumittauksista. Yhteistyöviljelijä kertoi juurikkakasvustoon tekemästään syysviljankylvöstä ja sokerijuurikkaan suorakylvön vaikutuksista maaperään.
- 15.9.2022 HiMa ja SORVI-hankkeiden yhteinen pellonpiennarpäivässä Nousiaisissa. Päivän teemana olivat kumppanuuskasvit ja strip-tillage eli kaistamuokkaus-kylvömenetelmä. Kumppanuuskasveista kertoi Sjt:n tutkija Ruska Kaipainen. Yhteistyöviljelijä Ilmari Hunsu kertoi kaistamuokkuskoneesta ja esitteli myös koneen toimintaa käytännössä.
- 29.9.2023 HiMa ja SORVI-hankkeiden yhteinen pellonpiennarpäivässä Koirjärvellä. HiMa-hankeen osuutena erityisesti syysviljankylvö sokerijuurikkakasvustoon. Syysviljan kylvöstä juurikkakasvustoon kertoi Sjt:n tutkija Sami Talola. Kylvöstä järjestettiin myös työnäytös yhteistyöviljelijä Kalle Korvenpään toimesta. Viljelijät seurasivat kylvöä kiinnostuneina.

Koulutustilaisuuksia, joissa HiMa-hanke mukana:

- 8.-9.12.2021 SORVI-hankeen koulutustilaisuus Säkylässä ja Paimiossa. Päivän teemana oli viljelykierto. Sjt:n johtaja Susanna Muurinen piti esityksen HiMa-hankeen viljelykiertokartoituksesta. Kuulijoina tilaisuudessa oli sokerijuurikkaan viljelijöitä.
- 23–24.3.2023 SORVI-hankeen koulutustilaisuus Säkylässä ja Kaarinassa. Sokerijuurikkaan Tutkimuskeskuksen johtaja Susanna Muurinen esitteli tilaisuudessa kasvihuonekaasumittauksien tuloksia uusiolannoitteiden käytön yhteydessä. Kuulijoina tilaisuudessa oli sokerijuurikkaan viljelijöitä.

2.2. Aikataulu ja resurssit

2.2.1. Vuosi 2021

- Selvitystyöt viljelykierrasta
- Viljelykiertokokeen ylläpito/havainnointi/kaasumittaukset
- Kukkakaistat/houkutuskasvit
- Sinapin viljely ja valmistus
- Kukkakaista pilottitilalle
- Strip-tillage-kylvö sokerijuurikkaalla, pilottitila
- Syysviljan kylvö sokerijuurikaslohkolle, pilottitila
- Pellonpiennartilaisuudet
 - Pellonpiennarpäivä Paimiossa 16.6.2021
 - Pellonpiennarpäivä Paimiossa 29.6.2021
 - Pellonpiennarpäivä Oripäässä 7.10.2023



Kuva 8. Sokerijuurikaskasvuston joukkoon kylvettyä syysviljaa viljelijän tilalla 7.10.2021.



Kuva 9. Juurikkaasta maahan jäävän hiilen selvittämiseksi koko hankkeen toiminta-ajan haudattiin joka syksy 20 g annoksina sokerijuurikkaan lehtiä ja juurenpalasia maahan eri syvyyksille. Seuraavan kasvukauden aikana pussit nostettiin eriaikoina (ensimmäiset keväällä, viimeiset syksyllä) ja pussissa olevat jäännökset tuhattiin ja tuhkat lähetettiin analysoitaviksi.

Vuosi 2022

- Viljelykiertokokeen ylläpito/havainnointi/kaasumittaukset
- Kukkakaistat/houkutuskasvit
- Syötävien kukkien käyttökelpoisuus selvitys
- Strip-tillage-kylvö sokerijuurikkaalla ja kumppanuuskasvit, pilottitila
- Kumppanuuskasvit koeruuduilla
- Syysviljan kylvö sokerijuurikaslohkolle

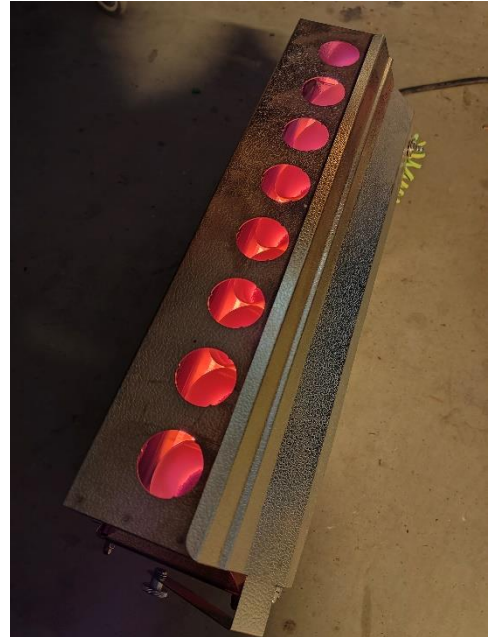
- Pellonpiennartilaisuudet
 - Pellonpiennarpäivä Mustasaaressa 10.6.2022
 - Pellonpiennarpäivä Meltolassa Paimiossa 17.6.2022.
 - Pellonpiennarpäivä Kokemäellä 23.8.2022
 - Pellonpiennarpäivä Nousiaisissa 15.9.2022



Kuva 9. Susanna Muurinen SJT:ltä puhumassa sokerijuurikkaan hiilensidonnasta Mustasaassa 10.6.2022. Kuvassa laitimmaisena vasemmalla oleva Markus Sjöholm kääntää puheen ruotsiksi.



Kuva 10. Syysvehnän kylvö juurikaskasvustoon menetelmässä testattiin myös syysvehnän esi-idätystä ennen kylvöä. Tässä vehnänsiemeniä esi-idätetään SJT:llä akvaariopumpun tuottaessa veteen happea.



Kuvat 11 ja 12. Syksyllä 2021 maahan haudatut juurikasnäytteet kaivettiin ylös kasvukauden 2022 mittaan. Näytteistä eroteltiin pois pusseihin joutunut maa-aines ja näytteet tuhkattiin pikatuhkaajassa Sjt:llä (oikealla). Tuhka lähetettiin laboratorioon, jossa siitä määritettiin hiilipitoisuus.

Vuosi 2023

- Viljelykiertokokeen ylläpito/havainnointi/kaasumittaukset
- Sadonkorjuumahdollisuudet houkutuskasvikaistoilta
- Strip-tillage-kylvö sokerijuurikkaalla ja kumppanuuskasvit, pilottitila
- Kumppanuuskasvien kylväminen ja kylvöratkaisun suunnittelu (Jaakko Jussila ja Arvo Ekman, Sjt)
- Syysviljan kylvö sokerijuurikaslohkolle, pilottitilat
- Syysviljan kylvö sokerijuurikaslohkolle, koeruudut
- Pellonpiennartilaisuudet
 - Peltopäiväpäivä Meltolassa 14.6.2023
 - Pellonpiennarpäivä Lapualla 10.7.2023
 - Pellonpiennarpäivä Kojärvellä 29.9.2023



Kuva 13. Gasmeter-kasvihuonekaasumittari, joka tuottaa ajantasaista tietoa kasvihuonekaasujen sitoutumisesta ja haihtumisesta ilmakehään. Kuvassa mittauskammio ja tabletti, jonka kautta mittauslaitetta operoidaan.



Kuvat 14 ja 15. Työnäytös syysvehnän kylvämisestä sokerijuurikaskasvustoon SORVI- ja HiMa-hankkeiden yhteisessä pellonpiennarpäivässä yhteistyöviljelijän tilalla 29.9.2023.



Kuva 16. Susanna Muurinen Sjt:ltä kertomassa hiilensidonnasta peltopäivässä Paimiossa 14.6.2023.



Kuva 17. Sjt:n 70-vuotis peltopäivän osallistujia Paimiossa 14.6.2023

2.4. Raportointi, julkaisut ja seuranta

2.4.1. Julkaisut:

Juurikassarka-lehti 2/2021:

Miten ajoittaa sokerijuurikkaan nosto s. 9–11

Esittelyssä HiMa-hanke s.19

TUJU- ja HiMa-hankkeiden pellonpiennarpäivä s. 20–23

Viljelykierron vaikutukset sokerijuurikassadon stabiilisuuteen s.24

Juurikassarka 3/2021:

SjT:n SORVI- ja HiMa-hankkeiden pellonpiennarpäivä Oripäässä s. 19–22

Syysvehnän kylvö juurikaskasvustoon Paimiossa s. 23

Kasvihuonekaasumittauksia HiMa-hankkeessa s. 24–25

Juurikassarka 1/2022

Viljelykiertotilanne sokerijuurikkaalla s. 33–37

Juurikassarka 2/2022

Hiilen kertymä sokerijuurikasmailla s. 22–24.

SORVI- ja HiMA-pellonpiennarpäivä Mustasaarella s. 34–35

Juurikassarka 3/2022

Alustavia tuloksia syysvehnän kylvöstä juurikaskasvustoon s. 31–32.

SORVI- ja HiMa-pellonpiennarpäivä Nousiaisissa s. 43–44.

Juurikassarka 1/2023

Kasvihuonekaasumittauksia sokerijuurikaspellolla kasvukaudella 2022 s.11–14.

SjT:llä tutkitaan juurikkaasta maahan jäävän juuren ja naatin hajoamisnopeutta s.21–22.

Juurikassarka Extra 2023

Sokerijuurikkaan hiilensidonta s. 30–32.

Voiko sokerijuurikas lisätä maan hiilipitoisuutta? s. 33–34.

Viljelykierron vaikutus maaperään 2015–2023. s. 35–40.

Sinapinviljelyn hyödyntäminen sokerijuurikkaan viljelykierrossa s. 41–42.

Kumppanuuskasvit sokerijuurikkaan viljelyssä s. 43–45.

Havaintoja SjT:n koeruuduilta s. 46–49.

Syysvehnän kylvö juurikaskasvustoon -kokeilu tuotti hyvän sadon s. 50–51.

Luettavissa: <https://www.sjt.fi/wp-content/uploads/2023/11/Juurikassarka-EXTRA-2023.pdf>

Maatilan Pellervo 2/2023

Tutkittua – Satoisa sokerijuurikas on kelpo hiilensitoja. s.44–45.

Juurikassarka 3/2023

Talviaikainen kasvipeitteisyys ja nostotappiot – SORVI- ja HiMa-hankkeiden pellonpiennarpäivä Kojjärvellä (lehti ilmestyy 12/2023)

2.4.2. Kongressit/Seminaarit

Esitys ”Sokerijuurikkaan viljelykierron vaikutus hiilensidontaan” Maataloustieteenpäivillä 14.-15.6.2022. Esitys osiossa Hiilineutraali maatalous 2035.

Tulossa: Abstrakti 11-12.1.2024 Maataloustieteenpäivät

Posteri 21.–23.6.2022 78th IIRB kongress, Belgia. "Sugar Beet crop rotation development in Finland related to carbon actions".

Tulossa: Posteri 27-28.2.2024. 79th IIRB kongress, Belgia.

Posteri 16.5.2023. Hiilestä kiinni - Katse tulevaisuuteen -seminaari (järjestäjä: BSAG), Helsinki.

Posterit 14.6.2023. Sjt:n 70-vuotispeltopäivä, Paimio

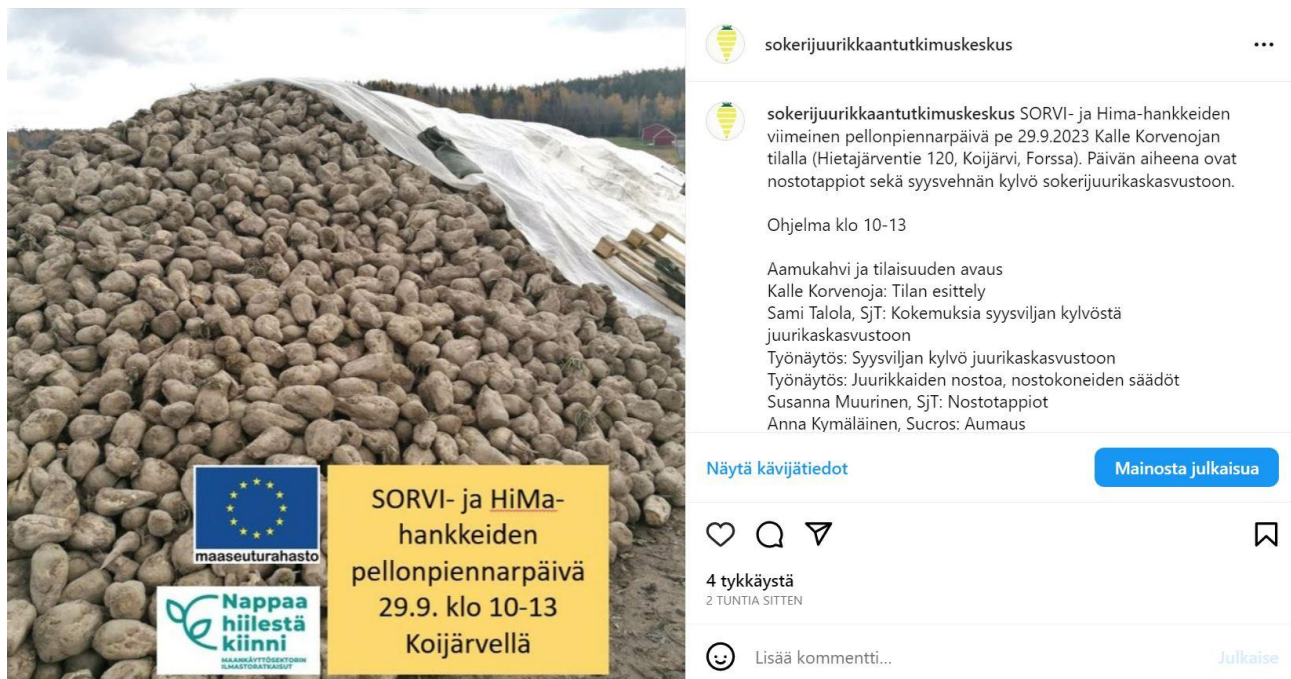
2.4.3. Viestintä sosiaalisessa mediassa

- Sjt:n kotisivuilla (www.sjt.fi) on tiedotettu tapahtumista, joissa HiMa-hanke on ollut mukana sekä hankkeen teemoista yleensä (Kuva 18)
- Sjt:n Instagram-tilillä on tiedotettu tapahtumista, joissa HiMa-hanke on ollut mukana sekä hankkeen teemoista yleensä (Kuva 19)
- Sjt:n YouTube kanavalla on useita videoita, joissa HiMa-hankkeessa työskennelleet Sjt:läiset sekä yhteistyöviljelijät puhuvat hankkeen teemoista. Suosituin video on ollut syyskuussa 2023 kuvattu video syysvehnän kylvämisestä juurikaskasvustoon. Kyseinen video on katsottu lähes 1000 kertaa (Kuva 20).
 - Susanna Muurinen, Sjt: Sokerijuurikkaan viljelykiertotilanne (kuvattu 7.10.2021 SORVI- ja HiMa-hankkeiden pellonpiennarpäivässä): <https://youtu.be/VaworDSvlv4>
 - Jussi Knaapi: Sokerijuurikas hiilensitojana (kuvattu 7.10.2021 SORVI- ja HiMa-hankkeiden pellonpiennarpäivässä): <https://youtu.be/aMXHi-RVSgE>
 - Timo Rouhiainen, viljelijä: Sokerijuurikkaan suorakylvö (kuvattu 7.10.2021 SORVI- ja HiMa-hankkeiden pellonpiennarpäivässä): <https://youtu.be/EeZ14nRhSYU>
 - Syysvehnän kylvö juurikaskasvustoon (kuvattu 12.10.2021 Paimiossa): <https://youtube.com/shorts/OYmFp2wOnao>
 - Susanna Muurinen, Sjt: Sokerijuurikkaan viljelykierto (kuvattu 8.-9.12.2021 SORVI-hankkeen koulutustapahtumassa): <https://youtu.be/sqfGxbSbRIU>
 - Susanna Muurinen, Sjt/: Sokerijuurikkaan hiilensidonta/Sockerbetans kolbinding (Kuvattu SORVI- ja HiMa-hankkeiden pellonpiennarpäivässä Mustasaarella 10.6.2022): <https://youtu.be/EtmNyZKlpjQ>
 - Susanna Muurinen, Sjt: Sokerijuurikkaan hiilensidonta (Kuvattu SORVI- ja Ilmastotekoja ruohonjuuritasolla hankkeiden pellonpiennarpäivässä Kokemäellä 23.8.2022): <https://youtu.be/ydegpnkZivw>

- Susanna Muurinen, SJT: Sokerijuurikkaan viljelykiertokoe (Kuvattu SORVI- ja Ilmastotekojä ruohonjuuritasolla hankkeiden pellonpiennarpäivässä Kokemäellä 23.8.2022): https://youtu.be/bBbL_Sp95O8
- Ruska Kaipainen, SJT: Aluskasvit (Kuvattu SORVI- ja HiMa-hankkeiden pellonpiennarpäivässä Nousiaisissa 15.9.2022): <https://youtu.be/z84JtrV0IAw>
- Ilmari Hunsa, viljelijä: Tilan esittely, aluskasvit ja kaistamuokkaus (Kuvattu SORVI- ja HiMa-hankkeiden pellonpiennarpäivässä Nousiaisissa 15.9.2022): <https://youtu.be/ntcTxD4UywU>
- Ilmari Hunsa, viljelijä : Kaistamuokkaukseen esittely ja työnäytös (Kuvattu SORVI- ja HiMa-hankkeiden pellonpiennarpäivässä Nousiaisissa 15.9.2022) <https://youtu.be/5R8eO9YKOi0>
- Helena Soinne, Luke: Maaperän hiilensidonta (Kuvattu SJT:n 70-vuotispeltopäivässä 14.6.2023): <https://youtu.be/iEulyyaWEfc>
- Susanna Muurinen, SJT: Hiilensidonta (Kuvattu SJT:n 70-vuotispeltopäivässä 14.6.2023): <https://youtu.be/ldRuzBUHOnA>
- Sami Talola, SJT: Asiaa sokerijuurikkaan hiilensidonnasta sekä kokemuksia FarmDroid-peltorobotista (Kuvattu SORVI-hankkeen pellonpiennarpäivässä Lapualla 10.7.2023): <https://youtu.be/3ylqtbMNm0g>
- SJT kylvää syysvehnää juurikaskasvustoon 2023 (Kuvattu Paimiossa 21.9.2023): <https://youtu.be/ydB6oRyyPIs>
- Sami Talola, SJT: Syysvehnän juurikaskasvustoon + työnäytös (Kuvattu SORVI- ja HiMa-hankkeiden pellonpiennarpäivässä Koijärvellä 29.9.2023): <https://youtu.be/C8LMe8qVfnc>
- Osallistuessaan HiiliPelto-hankkeen peltopäivään Kaarinassa 14.7.2023 Susanna Muurinen pääsi kertomaan HiMa-hankkeen teemoista eli sokerijuurikkaan kumppanuuskasveista ja hiilensidonnasta Yle paikallisuutisiin ja radioon (Kuva 21).



Kuva 18. HiMa-hanketapahtumien tiedotusta Sjt:n kotisivuilla (www.sjt.fi) kesäkuussa 2022.



Kuva 19. Sjt:n Instagram-sivulla tiedotettiin SORVI- ja HiMa-hankkeiden yhteisestä pellonpiennarpäivästä syyskuussa 2023.

youtube.com/watch?v=ydB6oRyyPIs

YouTube

Haku



SjT kylvää syysvehnää juurikaskasvustoon 2023

 SJT – Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus 49 tilaajaa

Tilastot Muokkaa videota

4 0 Jaa Lataa Tallenna

984 katselukertaa 1 kuukausi sitten

Paimiossa kylvettiin syysvehnää juurikaskasvustoon 21.9.2023. Koe liittyy Sokerijuurikkaan Tutkimuskeskuksen HiMa-hankkeen tavoitteisiin kehittää ratkaisuja talviaikaisen kasvipeitteisyyden lisäämiseksi sokerijuurikkaalla.

...lisää

Kuva 20. Paimiossa 21.9.2023 kuvattu video syysviljan kylvöstä juurikaskasvustoon katsottiin kuukaudessa lähes tuhat kertaa.

areena.yle.fi/1-50964986?seek=0

Yle Uutiset Lounais-Suomi 14.7.2022

Yle Uutiset Lounais-Suomi



Hiiliviljely

Kumppanikasvilla sidotaan hiiltä peltoon

Uusi mittari kertoo nopeasti hiilen liikkeitä

Jaa ohjelma

Kuva 21. Osallistuessaan HiiliPello-hankkeen peltopäivään Kaarinassa 14.7.2023 Susanna Muurinen pääsi kertomaan HiMa-hankkeen temoista eli sokerijuurikkaan kumppanuuskasveista ja hiilensidonnasta Yle paikallisuutisiin ja radioon.

2.5. Toteutusvaiheen arviointi

Hanketta toteutettiin hankesuunnitelman mukaan. Erityisen hyvin onnistui uuden menetelmän ”Syysvilja juurikaskasvustoon” kehitystyö ja testaus. Menetelmää sovellettaessa sokerijuurikaslohkojen talviaikaista kasvipeitteisyyttä voidaan toteuttaa mahdollisimman kevyellä työ- ja panoskuormituksella. Onnistuessaan sokerijuurikaskasvustoon perustettu syysvilja voi tuottaa seuraavana vuonna myös hyvän sadon. Kuten muutkin syysviljakylvöt leveysasteillamme, menetelmä on altis talvivaurioille.

Kasvukauden aikaisten sokerijuurikkaan kumppanuuskasvien osalta kylvömenetelmä onnistui pilottitilalla. Sokerijuurikkaalla on tällä hetkellä käytössä vain kaksi eri kasvinsuojeluvaihtoehtoa ja kumppanuuskasvien perustamismenetelmä on toimiva vain toisella näistä vaihtoehdolla. Toisen kasvinsuojelumenetelmän osalta kumppanuuskasvikaistojen perustamiseen liittyviä haasteita ei pystytty täysin ratkaisemaan tämän hankkeen aikataulun puitteissa.

Aikataulullisesti oli mahdotonta osoittaa perinteisten viljelykiertojen lopullista vaikutusta maaperän hiilensidontaan. Hankkeella oli käytössä pitkäaikainen viljelykiertokoealue, jossa oli toteutettu eri viljelykiertoja jo kahdeksan vuoden ajan. Pitkäaikaisesta kokeesta huolimatta eroja maaperän hiilipitoisuuksissa ei pystytty osoittamaan eri viljelykiertojen välillä. Näin ollen pystytty todentamaan, että hankkeen aikana testatut menetelmät (syysviljan kylvö sokerijuurikaskasvustoon, kumppanuuskasvit ja kerääjä- ja houkutuskasvit sokerijuurikaskasvustossa) kartuttaisivat merkittävästi maaperän hiilivarastoja. Näiden toimien vaikutusta pystyttiin arvioimaan biomassanäytteisiin ja kasvihuonemittauksiin perustuvien laskelmien perusteella. Olisi erittäin tarpeellista, että koealueita, joissa näitä toimia toteutetaan, voitaisiin tarkastella pidemmän aikavälin seurannalla ja kartuttaa tutkimustietoa eri viljelykiertojen pitkäaikaisista vaikutuksista maaperän hiilensidontaan Suomen olosuhteissa.

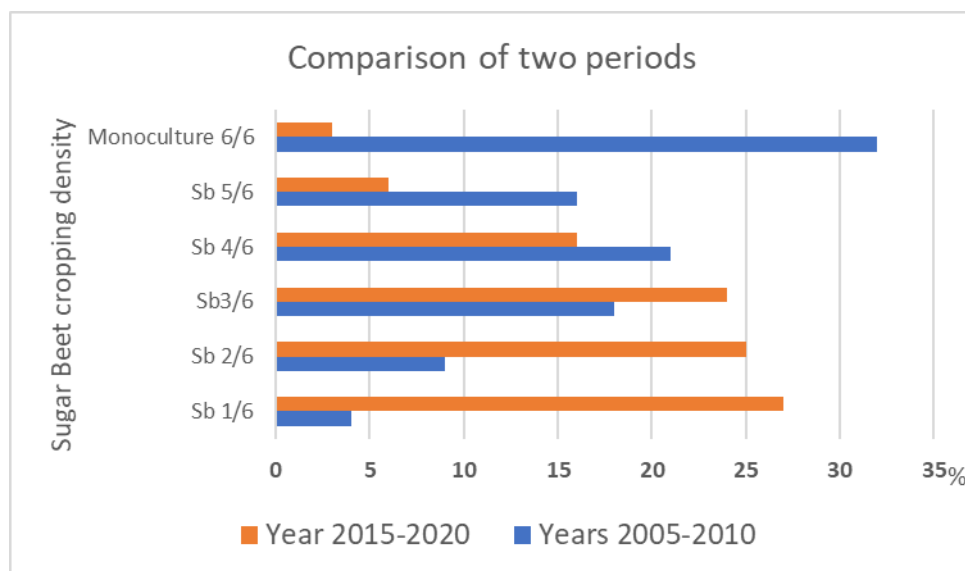
3. TULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI

3.1. Tulosten esittely

3.1.1. Työpaketti 1

Sucros Oy selvittää vuosittain sokerijuurikaslohkojen esikasvitilanteen. Sokerijuurikkaan osuus sokerijuurikkaan esikasvina eli monokulttuuri on merkittävästi vähentynyt viimeisen kymmenen vuoden aikana. Sokerijuurikkaan vuotuinen esikasviosuus on tällä hetkellä noin 30–35 %. Tämä ei kuitenkaan kerro kaikkea sokerijuurikaslohkojen viljelykiertoista ja sokerijuurikkaan viljelytiheydestä viljelykiertoissa.

Aiemmin sokerijuurikkaan viljelytiheyttä on selvitetty vuonna 2010 yhteistyönä viljelijöiden, Sucroksen ja Sjt:n kanssa. Kyselyyn osallistui tuolloin 300 tilaa. Kyselyssä selvitettiin sokerijuurikaslohkon viljelyhistoriaa aikajaksolla 2005–2010. Vuonna 2010 monokulttuurin osuus viljelykiertoissa oli yli 30 % (Kuva 22). Tuolloin sokerijuurikkaan lisäksi yleisimmät esikasvit sokerijuurikkaalle olivat kevätiljat.



Kuva 22. Sokerijuurikkaan (Sb) viljelytaajuuden jakautuminen vuosina 2005–2010 ja 2015–2020. Monoculture 6/6 tarkoittaa tilannetta, jossa loholla on kuuden vuoden tarkastelujakson aikana kasvatettu yksinomaan sokerijuurikasta. Tilanteessa 5/6 sokerijuurikasta on kasvatettu loholla viitenä vuotena kuudesta jne.

Koko viljelyalueella sokerijuurikkaan viljelytaajuus näyttää muuttuneen parempaan suuntaan. Kuvasta 22 nähdään, että viljelytiheys on pienentynyt ja monokulttuurin osuus kierroissa on laskenut alle viiteen prosenttiin. Pääasiassa sokerijuurikasta viljeltiin kuuden vuoden tarkastelujaksolla kahtena tai kolmena vuotena kuudesta. Yleisin tilanne oli, että sokerijuurikasvuosia oli kuuden vuoden aikana kaksi peräkkäin. Toiseksi yleisin tilanne oli, että 2–3 juurikasvuotta olivat jakautuneet kuudelle vuodelle välivuosilla. Tämän jälkeen tulivat kierrot, joissa sokerijuurikasta oli kolmena vuonna peräkkäin.

Miksi sokerijuurikasta halutaan usein viljellä vähintään kaksi vuotta peräkkäin? Tämä liittyy useimmiten kasvinsuojeluun ja esikasvin jättämien ravinteiden hyödyntämiseen. Ensimmäinen juurikasvuosi jättää maaperään hyvän ravinnereservin, joka on hyvä lähtökohta seuraavalle kasville. Myös toisen vuoden sokerijuurikasmaa on helpommin muokattavissa ja kylvettävissä, mikäli edellisen syksyn olosuhteet ovat olleet suotuisat. Toisena sokerijuurikasvuonna esimerkiksi viljan olki ei aiheuta ongelmia kylvössä, ja kasvualusta muokkaantuu tasaisemmaksi ilman väliin jäävää olkikerrosta. Edellä mainitut tekijät pohjustavat sitä viljelijöiden keskuudessa yleistä käsitystä siitä, että kahdesta peräkkäisestä sokerijuurikasvuodesta toisen vuoden satotaso olisi ensimmäistä parempi. Tätä ei kuitenkaan voitu todentaa käytettävissä olevasta aineistosta. Kuuteen havaintovuoteen (2015–2020) osui mm. huippuhalteinen ja kuiva vuosi 2018 joka oli

keskimäärin sokerijuurikastilojen heikoin satovuosi. Vastaavasti vuosi 2019 oli puolestaan kuudesta vuodesta keskimäärin satoisin vuosi.

Yksityiskohtaisempaa tietoa sokerijuurikaan esikasveista saadaan kuitenkin tarkastelemalla käytössä olevaa aineistoa alueellisesti. Aineiston käsittelyn helpottamiseksi tilat jaettiin useampaan satoluokkaan, joihin kunkin tilan lohkotiedot sitten sijoitettiin tilakohtaisen kuuden vuoden keskisadon mukaan. Alueellisesti ja satotasoinnain jaetusta aineistosta katsottiin ensin viljelykiertotaajuutta. Yksipuolisen viljelyn määrä vähentyi selvästi tilojen keskisatotason kasvaessa. Selvimmin tilanne näkyi Uudenmaan ja Varsinais-Suomen yhdistetyssä aineistossa. Suunta on sama Satakunnan ja Hämeen yhdistetyssä aineistossa. Tämä havainto tukee hyvin käsitystä ja käytännön kokemuksia siitä, että viljelykierrolla on satotasoa parantava vaikutus. Pohjanmaan aineisto on sen verran suppea, ettei kaikkia satoluokkia voitu erotella näkyviin ja vastaavaa suuntaus jää epäselvemmäksi.

Tarkasteltaessa sokerijuurikkaan esikasveja käytettiin samaa alueellista ja satotason mukaista luokitusta aineiston jakamiseen kuin edellä. Kevätviljan osuus sokerijuurikaan jälkeisenä kasvina kasvoi merkittävästi satotasojen kasvaessa kaikilla viljelyalueilla. Alueellisia eroja näkyi lähinnä siinä, että Uudellamaalla ja Varsinais-Suomessa saneerauskasvien ja syysviljan osuus oli suurempi kuin muilla viljelyalueilla. Satakunnassa ja Hämeessä taas perunalla, saneerauskasveilla ja herneellä oli merkittävä osuus heti kevätiljojen jälkeen. Pohjanmaalla sokerijuurikkaan jälkeen kylvettiin kevätiljoista pääasiassa rehuohraa. Sokerijuurikas jättää seuraavan vuoden kasville hyvän ravinnereservin peltomaahan sinne jäävän naattimassan myötä. Aiemmissa laskelmissa Suomen satotasojen perusteella sokerijuurikas jättää maahan noin 40–50 kg N/ha; 3–5 kg P/ha ja 60–90 kg K/ha.

Aineistosta selvitettiin myös sokerijuurikkaan kanssa kierrossa olevien kasvilajien monipuolisuutta. Kuuden vuoden aikana sokerijuurikaslohkoilla viljeltiin keskimäärin kolmea eri kasvilajia viljelykierron riippumatta viljelyalueesta tai satotasosta.

Taulukko 3. Viljelykiirroissa olleet kasvilajit (10 yleisintä) eri sokerijuurikkaan viljelyalueilla.

Uusimaa ja Varsinais-Suomi	Satakunta ja Häme	Pohjanmaa
Kevätvehnä	Rehuohra	Rehuohra
Rehuohra	Kevätvehnä	Kevätvehnä
Mallasohra	Kaura	Kaura
Kaura	Mallasohra	Peruna
Syysvehnä	Peruna	Nurmi
Syysruis	Nurmi	Kevätrapsi
Nurmi	Syysruis	Kumina
Herne	Herne	Syysruis
Kevätrapsi	Saneerauskasvi	Saneerauskasvi
Saneerauskasvi	Syysvehnä	
Kasvilajeja kierroista löytyi yhteensä: 35	36	23

Yleisimmät kasvilajit olivat viljelyalueesta ja satotasosta riippumatta kevätiljat, erityisesti kevätkvehnä ja rehuohra. Alueellisenä merkittävänä erona oli peruna, jonka viljelyalue näkyy myös sokerijuurikaskierroissa. Öljykasveja löytyi merkittävästi sokerijuurikaskierroista ainoastaan Pohjanmaalta. Sitä oli viljelykiirroissa kaikilla alueilla, mutta sen osuus muihin kasveihin nähden jäi pieneksi. Saneerauskasvit löytyvät kaikilta viljelyalueilta kymmenen yleisimmän kasvin joukosta. Tämä on positiivinen merkki työstä, jota viljelijät tekevät sokerijuurikaan satotasojen parantamiseksi. Kaiken kaikkiaan kasvilajeja kierroista löytyi eniten Satakunnan ja Hämeen alueella, ja vähiten Pohjanmaan alueella. Tämä selittyy Satakunnan ja Hämeen laajalla erikoiskasvien viljelyksellä, joka toi myös sokerijuurikaan viljelykiertoihin hyvän lisän aina palsternakasta kuituhamppuun. Katsottaessa kasvilajistoa satotasoluokkien mukaan, kaikilla alueilla on sama suunta; satotason kasvaessa kierrossa olevien kasvilajien lukumäärä kasvaa. Kuitenkin niin, ettei kymmenen ensimmäisen kasvilajin joukko muutu.

Käsitellyn aineiston pohjalta on hankala määrittää yksiselitteisesti parasta viljelykiertoa sadon tai hiilensidonnankaan kannalta. Voidaan kuitenkin todeta, että aineisto tukee hyvin vahvasti näkemystä siitä,

että monipuolinen viljelykierto on merkityksellinen paitsi hiilensidonnan, niin erityisesti sadontuoton kannalta. On hyvin tilakohtaista mitkä kasvit lopulta valikoituvat viljelykiertoon. Pääpaino tiloilla on ymmärrettävästi tilan talous. Taloudellista tulosta voidaan kuitenkin hakea eri tavoin. Valitaanko viljelykiertoon maan rakennetta parantavia syväjuurisia kasveja, maatuholaisia vähentäviä saneerauskasveja vai halutaanko kasvinsuojeluaineiden käyttörajoitteiden lisääntyessä hakea taloudellista ja ympäristöystävällistä ratkaisua mahdollisimman erilaisia kasvinsuojeluaineita vaativista kasveista.

3.1.2. Työpaketti 2

Viljelykierron vaikutus maaperään 2015–2023

Monipuolisella viljelykierrolla voidaan parantaa viljelykasvien satoa ja viljelyvarmuutta. Vuosien 2015–2023 aikana Sokerijuurikkaan Tutkimuskeskuksessa on ylläpidetty viljelykiertokoetta, josta on vuonna 2023 tarkasteltu tarkemmin maaperän ominaisuuksia ja eri viljelykiertojen vaikutusta siihen.

Muutokset maaperän ravinnetilassa

Viljelykiertokaistojen viljavuusnäytteet otettiin keväällä 2023. Niitä verrattiin vuoden 2015 viljavuustuloksiin, jotka oli otettu viljelykiertokaistojen perustamisen yhteydessä.

Viljelykierroista ja kasvivalinnoista riippumatta näyttää siltä, että useampi viljavuusominaisuus on heikentynyt koekaistoilla yhdeksän vuoden aikana (Taulukko 4). Maaperän johtoluku, pH, fosfori- ja natriumluvut ovat laskeneet kaikissa viljelykierroissa.

Fosforiluvun lasku on ollut voimakkainta sokerijuurikasta sisältävissä viljelykierroissa. Kevätvehnän monokulttuurikaistoilla fosforiluku on laskenut maltillisimmin. Tämä liittyy sokerijuurikkaan tehokkaaseen fosforinkäyttöön, jolla voidaan perustella myös sokerijuurikkaan runsaampaa fosforilannoitustarvetta.

Myös maaperän Ca:Mg-suhde on laskenut yhdeksän viljelyvuoden aikana, vaikka Ca- ja Mg-luvuissa ei olekaan tapahtunut kovin voimakasta laskua. Onkin tärkeää huolehtia peltojen oikeanlaisesta ja säännöllisestä kalkituksesta viljelykierrosta riippumatta.

Hivenravinteiden osalta viljelykierrot eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Sokerijuurikkaan monokulttuurilohkoilla booripitoisuus oli selvästi alhaisempi kuin muissa kierroissa. Mangaanipitoisuudessa ei ollut eroja eri kiertojen välillä.

Taulukko 4. Vuoden 2023 perusviljavuustutkimuksen tuloksia verrattiin vuoden 2015 eli viljelykiertokokeen perustamisvuoden arvoihin. Vuonna 2015 viljavuusanalyysissä ei ollut mitattu hivenravinteita, joten niitä ei voitu tarkastella, mutta taulukosta löytyvät muut viljavuusanalyysin perusravinteet. Muutosta arvioitiin seuraavanlaisesti: esim. $P\ 2023\ (mg/l) - P\ 2015\ (mg/l) = -13(mg/l)$. Taulukosta nähdään positiivisena lukuna tapaukset, joissa ravinnetilanne on parantunut vuosien 2015 ja 2023 välillä ja vastaavasti negatiivisena lukuna muutos, jossa ravinnetilanne maaperässä on heikentynyt vuosien 2015–2023 aikana.

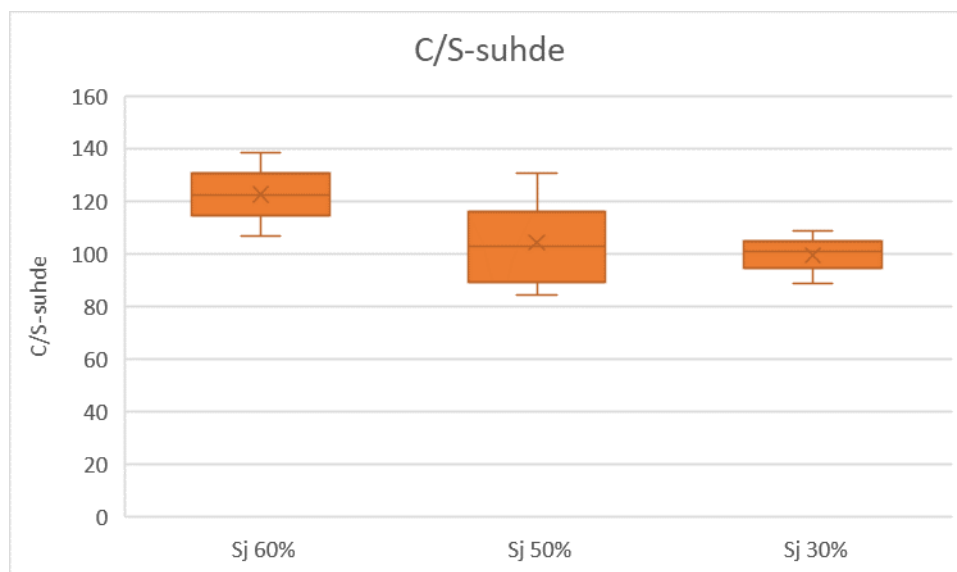
Kierrot	Johtoluku	pH	Ca	Mg	Ca:Mg	P	K
Sj-V.lannoitus	-1.0	-0.3	215	62	-2.4	-13.4	12
Sj-Rypsi	-1.0	-0.1	120	63	-2.5	-7.1	16
Sj (mono)	-0.9	-0.4	35	75	-4.4	-8.2	39
Sj-Kaura	-0.8	-0.3	185	54	-2.5	-6.7	76
Sj-Herne	-1.0	-0.4	-45	45	-2.6	-13.3	11
Sj-Herne-K.vehnä	-0.9	-0.2	20	23	-1.1	-9.3	19
Sj-K.vehnä-Rypsi-V.lannoitus	-0.9	-0.2	385	60	-1.0	-5.9	51
Sj-Rypsi-K.vehnä	-0.6	-0.3	200	45	-1.4	-5.9	61
Sj-K.vehnä	-0.8	-0.2	440	39	0.1	-7.1	41
Sj-Ohra	-1.7	-0.4	-125	51	-2.4	-9.3	47
Sj-Sj-V.lannoitus	-1.0	-0.3	180	68	-2.9	-6.4	45
K.vehnä (mono)	-0.9	-0.2	295	57	-1.2	-4.5	87

Sj-V.lannoitus-K.vehnä-Rypsi	-0.8	-0.3	295	46	-0.8	-8.7	73
Sj-Sj-K.vehnä	-0.8	-0.4	230	35	-0.6	-7.1	42

Maaperän fysikaaliset ominaisuudet

Maaperän orgaaninen aines on monimutkainen ja monipuolinen seos, joka vaikuttaa useihin maaperän ominaisuuksiin ja ravinteiden kiertoon. Yleisesti, jos maaperän orgaanisen aineksen määrä laskee voimakkaasti, se heikentää viljelyyn käytettyjen panosten tuottoa. Edellytys kestäväälle peltoviljelylle onkin maaperän orgaanisen aineksen määrästä huolehtiminen. Koska myös viljelykasveilla voi olla vaikutusta orgaanisen aineen määrään, havainnoitiin vuoden 2023 maanäytteistä laajemmin maaperän orgaaniseen aineeseen liittyviä ominaisuuksia. Analyysit teetettiin Eurofinsillä, jossa näytteille tehtiin NIR-analyysipaketti.

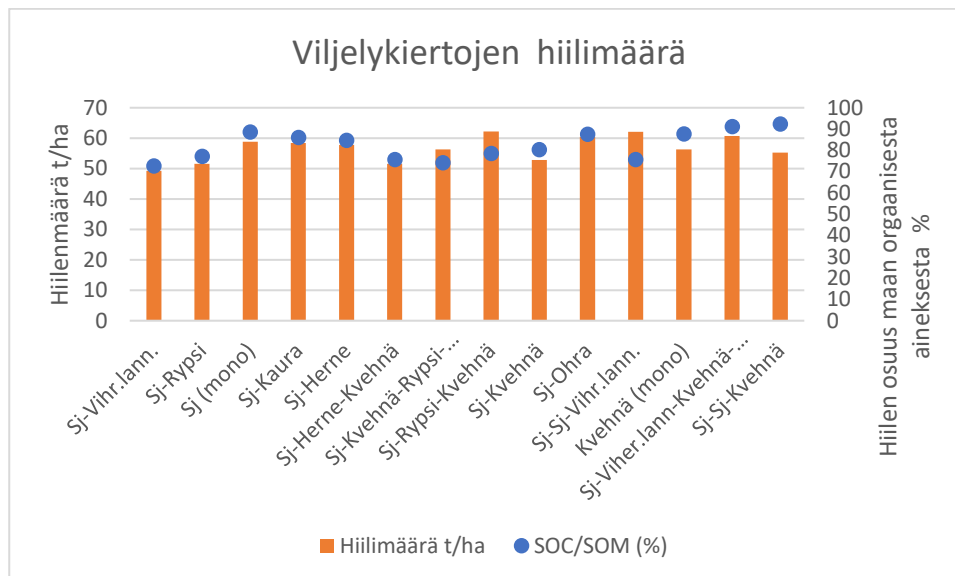
Vuosien välistä muutosta ei pystytty analysoimaan, koska käytössä ei ollut aiempia tuloksia, mutta eri viljelykiertojen (kasvien) mahdollista vaikutusta nykytilaan voitiin arvioida. Eri viljelykiertojen välillä ei ollut selviä eroja orgaanisen aineen pitoisuuksissa. Joissakin pidemmissä viljelykierroissa kuten sj-rypsi-vehnä ja sj-vehnä-rypsi-viherlannoitus orgaanisen aineksen pitoisuus oli korkeampi kuin muissa kierroissa. NIR-analyysin antaman orgaanisen aineksen osuus oli näissä kierroissa noin 3 %, mutta myös 60 % sokerijuurikasta sisältävässä kierrossa (sj-sj-viherlannoitus) pitoisuus oli samaa luokkaa eli 3 %. Tämä vastaisi yleisemmin käytössä olevan viljavuusanalyysin luokitusta ”multava”. Pitoisuus tuntui kuitenkin melko pieneltä, joten vertailun vuoksi laskettiin myös maan orgaaninen pitoisuus hiilipitoisuuden perusteella, eli $C \% \times 1,724 = \text{multavuus-}\%$ (Heikkinen ym., 2021). Edellä mainituissa kierroissa multavuus oli hiilipitoisuuden perusteella 4 %, ja keskimäärin kaikissa kierroissa 3,7 %, eli edelleen luokassa ”multava”. Tämä vastaa pitkälti yleistä tasoa suomalaisilla sokerijuurikasloikoilla (viljavuustulokset haastattelututkimuksesta vuosilta 2017–2018).



Kuva 23. Hiili-rikki-suhteet eri viljelykiertovaihtoehdoissa SjT:n pitkäaikaisessa viljelykiertokokeessa.

Maan kasvukuntaa mittaavia ominaisuuksia NIR-analyysissä ovat mm. hiili-typin- ja hiili-rikki-suhde (C/N; C/S). C/N-suhteessa eri viljelykierrot eivät poikenneet toisistaan, vaan tulos oli kaikilla viljelykiertovaihtoehdoilla noin 10. NIR-analyysin tulkinnan mukaan tavoitearvo olisi 13–17, joten tulos oli melko matala ja ennustaa mikrobiaktiivisuuden nousua maaperässä (eli orgaanisen aineen nopeaa hajoamista) ja suurempaa typen mineralisoitumista. Analyysi antaa typen vapautumiskapasiteetiksi keskimäärin 100 kg N/ha. Tavoitearvoksi on määritetty 95–145 kg N/ha. Myös C/S-suhde kuvaa orgaanisen aineen laatua. Matala C/S-suhde kuvaa hyvää rikin vapautumista maaperästä, kun taas korkea C/S-suhde osoittaa päinvastaista. Tavoitearvot eri viljelykiertojen osalta olisivat tasolla 50–75, mutta kaikkien kiertojen suhdeluvut ylittivät tämän tason ja olivat korkeita. Näin rikin vapautuminen maaperästä on viljelykierron

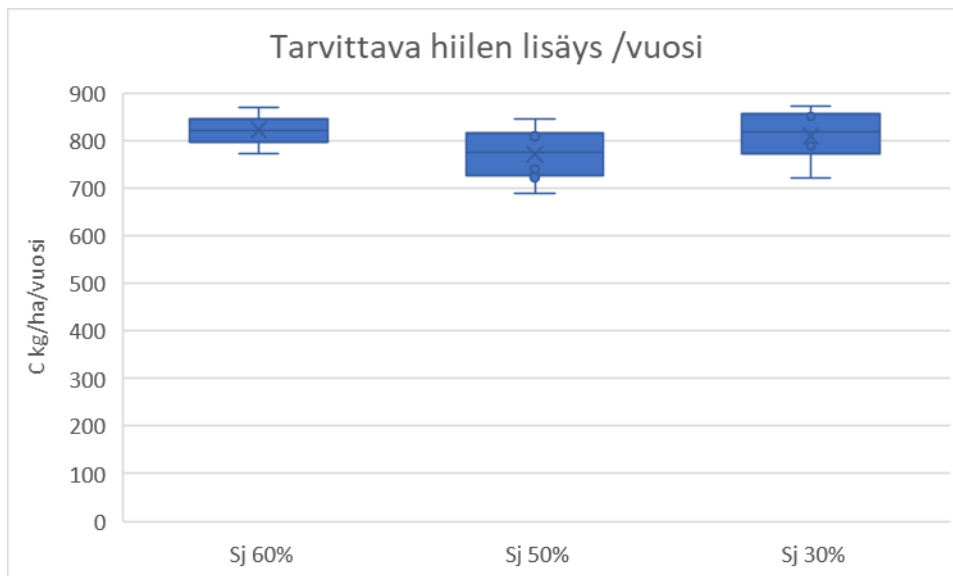
riippumatta vähäistä. Analyysien perusteella keskimääräinen vapautumiskapasiteetti on 5 kg S/ha, kun sen tavoitearvon tulisi olla 20–30 kg S/ha. Tämä on tärkeä huomioida erityisesti öljykasvien ja sokerijuurikkaan lannoituksen osalta, koska niiden sadonkehityksen ja laadun kannalta rikki on olennainen ravinne.



Kuva 24. Pylväät kertovat eri viljelykiertojen laskennallisesti (20 cm syvyydeltä maamassan paino/ha x orgaaninen C-%) arvioidusta hiilimäärästä ja siniset ympyrät kuvaavat NIR-analyysistä laskettua maaperän hiilen stabiilisuutta (orgaaninen C-%/orgaaninen aines-%).

Viljelykiertovaihtoehtojen välillä ei juurikaan ollut merkittävää eroa maaperän hiilimäärissä (t/ha). Keskimäärin se oli koko havaintoalueella 20 cm syvyydessä 57 t/ha. Tämä vastaa hyvin Suomen peltomaista aiemmin julkaistuja mittaustuloksia (Heikkinen ym., 2021). Maaperän hiilen stabiilisuutta eli orgaanisen aineksen hajoamisnopeutta kuvaava laskennallinen suhde hiilipitoisuuden ja orgaanisen aineksen pitoisuuden välillä (OC %/ OA %) laskettiin myös kaikista viljelykiertovaihtoehdosta. Tavoitteellinen taso tälle stabiilisuudelle on 45–55 % välillä. Havaintolohkojen viljelykierroissa tämä osuus oli kuitenkin keskimäärin 82 %. Analyysin perusteella voidaan todeta, että, mitä enemmän maaperän orgaanisessa aineessa on hiiltä, sitä hitaampaa on hajotustoiminta maaperässä ja sitä paremmin maa pystyy sitomaan ilmakehän hiilidioksidia.

Analyysituloksista laskettiin myös eri viljelykiertoruutujen tarvitsema vuotuinen hiilisyötteen taso (kg C/ha/vuosi). Tämä oli keskimäärin 794 kg/ha/vuosi, eivätkä eripituiset viljelykierrot eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (Kuva 25). Jos sokerijuurikkasato on yli 40 t/ha, peltoon jäävä kasvimassa täyttää lähes kokonaan pellon hiilisyötetarpeen. Muunkin orgaanisen aineen lisäys pelloille esim. orgaanisen lannoitteen muodossa voisi parantaa peltomaan ominaisuuksia entisestään.



Kuva 25. Maaperään tarvittavan palautuvan hiilen määrä/vuosi (hiilisyöte). Viljelykiertolohkoilta vuosittain poistuvan hiilen määrä laskettiin 1 % mineralisaationopeuden mukaan (Heikkinen ym., 2013). Tähän on lisätty myös Pariisin ilmastokokouksen (2015) asettama 0,4 % vuosittainen hiilen sitomistavoite.

Maaperän biologiset ominaisuudet

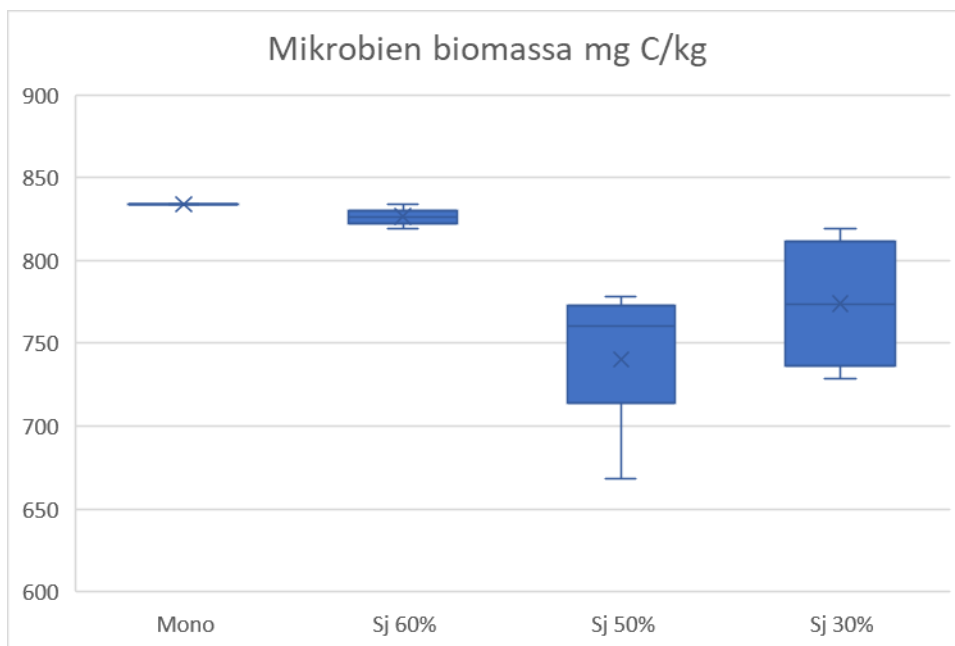
Viljelykiertokaistoilta analysoidut maaperän biologiset ominaisuudet olivat mikrobien biomassa (mg C/kg), mikrobiaktiivisuus mg N/kg) ja sieni/bakteerisuhde.

Maaperän mikrobibiomassa koostuu pääasiassa bakteereista ja sienistä. Ne hajottavat kasvijätteitä ja orgaanista ainetta maaperässä. Kasvijätteiden hajotessa vapautuu maaperään ravinteita, kuten typpeä (N), rikkiä (S) ja myös hieman fosforia (P). Näitä vapautuneita ravinteita kasvit voivat käyttää. Noin puolet mikrobibiomassasta sijaitsee maan pintakerroksessa.

Viljelykiertokaistojen maan biologisten ominaisuuksien analyysit tehtiin NIR-analyysin yhteydessä. Eurofins määrittää mikrobien biomassan ja mikrobiaktiivisuuden seuraavasti: ”Ne ovat laskennallisia arvoja, ja niiden määrittämiseen on käytetty tietoja maa NIR-analyysin tuloksista mm. hiilen ja C/N-suhteen osalta. Mikrobien biomassa sisältää elävien mikrobien kokonaismassan mukaan lukien aktiiviset ja horrostavat.” (Eurofins 2020).

Ilmasto ja viljelytoimenpiteet vaikuttavat maan mikrobien biomassaansa muuttamalla maaperän kosteutta ja hiilipitoisuutta. Mikrobien määrää kasvukauden eri aikoina on selvitetty aiemmissa tutkimuksissa (Sippola ym. 1993). Yleensä mikrobimäärä lisääntyy jyrkästi, kun orgaanista ainesta muokataan maahan (Sippola ym. 1993). Mikrobibiomassaan vaikuttavia maaperän ominaisuuksia ovat savipitoisuus ja pH. Maaperässä, jossa on enemmän savea, on yleensä korkeampi mikrobibiomassa, koska savipitoiset maat sitovat enemmän vettä ja sisältävät usein enemmän orgaanista hiiltä. Mikrobeille sopiva pH-alue on noin 7,0.

Mikrobibiomassaan määrään voidaan vaikuttaa positiivisesti lisäämällä peltoon jätettävän kasvijätteen määrää. Kasvijätteet ovat mikrobibiomassan orgaanisen hiilen ja ravinteiden lähteitä. Minimimuokkaus voi lisätä mikrobien biomassaa. Erilaiset viljelykierron vaihtoehdot voivat vaikuttaa mikrobien biomassaansa, esim. palkokasvien jäämät voivat lisätä mikrobien biomassaa korkean N-pitoisuutensa vuoksi.

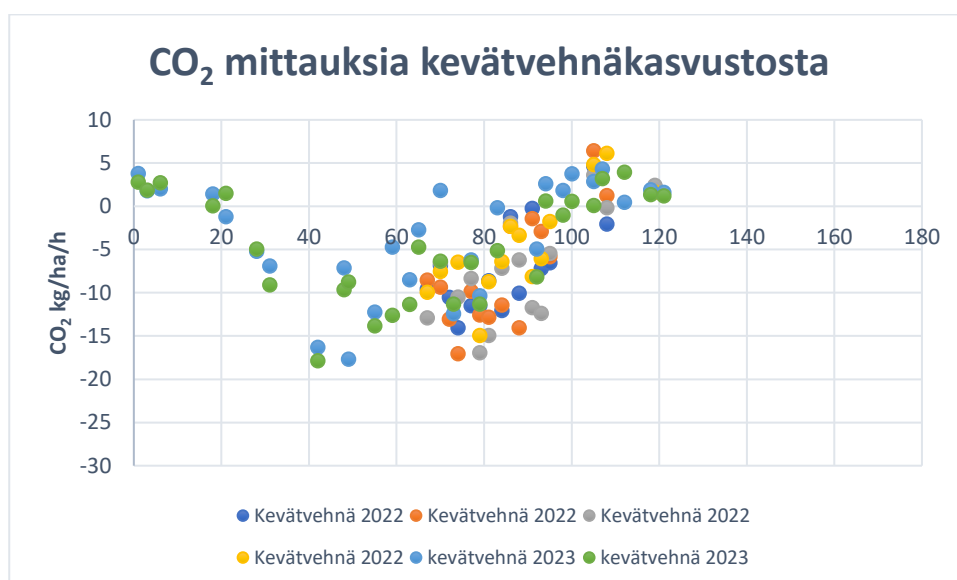
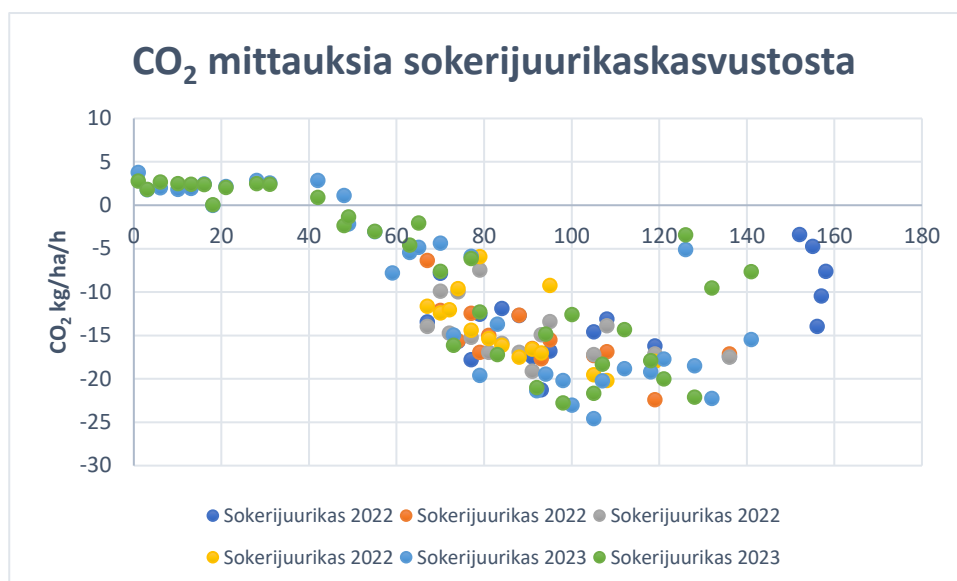


Kuva 26. Eri viljelykiertovaihtoehtojen välillä ei ollut selkeää eroa maan biologisissa ominaisuuksissa. Viljelykiertojen ryhmittely sokerijuurikkaan viljelytiheyden mukaan helpottaa tulosten tulkintaa. Ainoastaan mikrobien biomassassa voidaan havaita ryhmien välillä pientä eroa. Näyttää siltä, että mitä useammin sokerijuurikas viljelykierrossa esiintyy, sitä enemmän mikrobibiomassan määrä kasvaa. Sokerijuurikkaasta peltoon jäävässä naattimassan typpipitoisuus on melko korkea, mikä voisi selittää mikrobibiomassan runsautta.

Sieni/bakteerisuhteesta on todettu, että sienet hallitsevat suurinta osaa viljelysmaista lauhkeassa ilmastossa. Sieni-bakteerisuhteet vaihtelevat noin 1,0–2,3 välillä (Eurofins 2020). NIR-analyysin mukaan viljelysmaiden tavoitearvo on 0,6–0,9 eli bakteereita tulisi olla hieman sieniä enemmän. Eri viljelykiertojen välillä ei ollut eroja sieni/bakteerisuhteessa. Suhde oli 0,65–0,70 välillä kaikissa kierroissa. Eli sienten ja bakteerien suhteelliset osuudet ovat tavoitearvoissa, mutta suhde voisi olla hieman korkeampi. Sienet ja bakteerit reagoivat erilaisiin viljelymenetelmien muutoksiin. Sienet ovat yleensä herkempiä näille muutoksille. Maanmuokkaus tuhoaa sienirihmoja ja kasvijätteiden sekoittaminen maaperään suosii bakteereja.

Orgaanisen aineksen laadulla on merkitystä sienten ja bakteerien suhteeseen. Laatutekijöitä ovat mm. C/N-suhde ja selluloosapitoisuus. Sienet ovat hallitsevia selluloosan hajottajia. Selluloosalla on korkea hiilipitoisuus ja korkea C/N-suhde, joten se on ihanteellinen ravinnonlähde sienille. Bakteerit, joiden C/N-suhde on pienempi kuin sienillä, tarvitsevat runsaasti typpeä sisältävää ruokaa (esim. palkokasvien tähteet). Runsaasti typpeä sisältävä lannoite suosii siksi bakteeriyhteisöä maaperässä (Eurofins 2020).

Kasvien kasvihuonekaasumittaukset

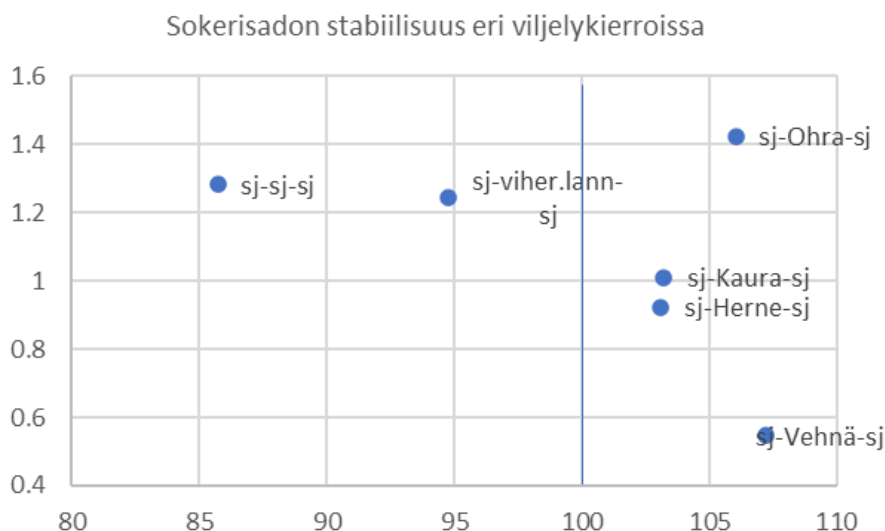


Kuvat 27 ja 28. Sokerijuurikaskasvustoissa suoritettiin kasvihuonekaasumittauksia vuosina 2022 ja 2023. Mittauksilla haluttiin selvittää sokerijuurikkaan päiväsaikaan sitomaa hiilidioksidimäärää kasvukauden eri vaiheissa. Koska mittauksia tehtiin viljelykiertolohkolta, verranteeksi otettiin kevätvehnä. CO₂-mittauksia tehtiin Gasmet 5000 Terra -kaasuanalysaattorilla. Mittauksia suoritettiin muutaman päivän välein, ennen puoltapäivää. Vuonna 2022 sokerijuurikas kylvettiin 18.5.2022 ja nostettiin 27.10.2022. Vuonna 2023 sokerijuurikas kylvettiin 16.5.2023 ja nostettiin 10.10.2023. Vuonna 2022 kevätvehnä kylvettiin 19.5.2022 ja puitiin 31.8.2022. Vuonna 2023 kevätvehnä kylvettiin 16.5.2023 ja puitiin 6.9.2023. CO₂ mittaukset pellolla aloitettiin pellon tasauksen jälkeen 10.5.2023 eli ennen kylvöä. Kuvissa x-akseli kuvaa päivien määrää mittausten aloituspäivästä. Y-akseli kertoo sitoutuneen (negatiivinen luku) tai vapautuneen (positiivinen luku) hiilidioksidin määrän (CO₂ kg/ha/h).

Viljelykierron vaikutus sokerijuurikkaan sadon stabiilisuuteen

Viljelykierron vaikutus näkyi erityisesti sokerijuurikkaan vuotuisissa satotasoissa. Viljelykierrolla on selkeä vaikutus sokerijuurikkaan sadon stabiilisuuteen

Havainnoiduissa viljelykierroissa juurisato oli selvästi heikoin monokulttuurissa kasvaneella juurikkaalla. Samoin sokeripitoisuus ja sokerisato olivat merkittävästi heikompia monokulttuurissa kuin muissa viljelykierroissa. Muissa laadullisissa ominaisuuksissa (amino-N-, K- ja Na-pitoisuus) monokulttuurissa kasvaneen juurikkaan sato oli laadultaan parempaa kuin viljelykierrossa kasvaneet sadot. Viljelykierrot olivat nostaneet erityisesti juurikkaiden K- ja Na- pitoisuuksia. Tästä huolimatta kaikkien viljelykiertojen satojen laadut voitiin luokitella luokkaan erinomainen tai hyvä.

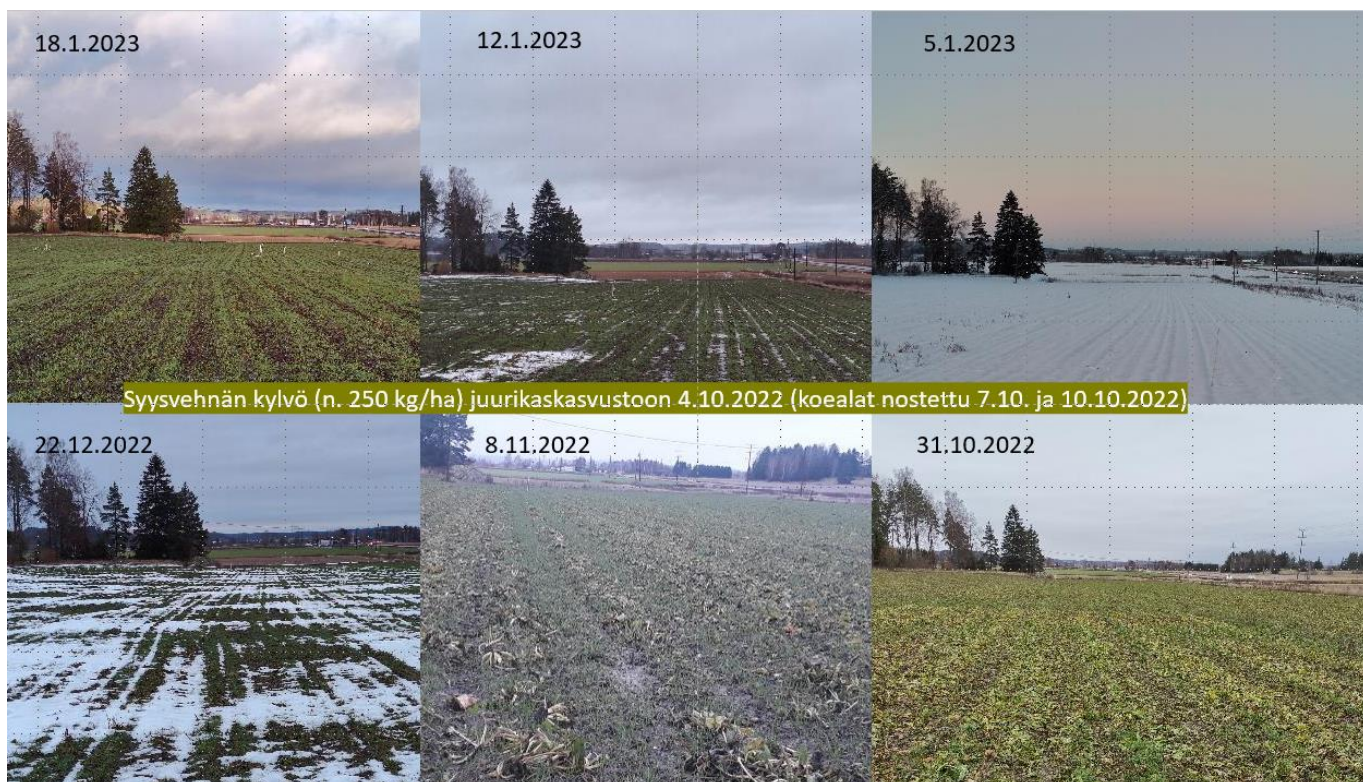


Kuva 29. X-akseli kuvaa satotasoa suhdelukuna. Alle 100 satotaso on matala, yli 100 satotaso korkea. Y-akseli kuvaa vakautta. Alle 1 on vakaa, yli 1 epävakaa.

Sadon stabiilisuus kuvaa sitä, miten voimakkaasti sato reagoi ympäristötekijöihin. Analyysissä monokulttuurissa kasvanut sokerijuurikas erottui selvästi viljelykierroissa kasvaneista juurikkaista. Sen sadon stabiilisuus kuului luokkaan matala/epävakaa, eli sato voi reagoida voimakkaasti ympäristöolosuhteiden (mm. ilmasto, kasvitaudit) muutoksiin ja aina huonompaan suuntaan. Korkeasatoisia, mutta yhtä lailla herkkiä ulkopuolisille muutoksille olivat sokerijuurikas-ohra- sekä sokerijuurikas-viherlannoitus-kierrot. Sen sijaan satotasot pysyivät korkeina ja vakaina erityisesti sokerijuurikas-kevätevehnä-, sokerijuurikas-herne- ja sokerijuurikas-kaura-kierroissa. Tässä analyysissä tarkasteltiin vain lyhyitä juurikaskiertoja, mutta jo näillä oli huomattava parantava vaikutus juurikkaan satoon.

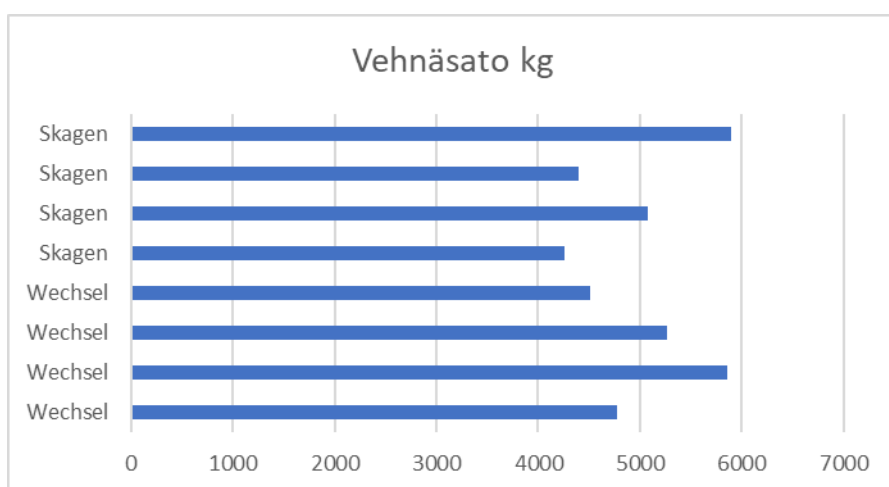
3.1.3. Työpaketti 3

Syysvehnän kylvö juurikaskasvustoon -kokeilu tuotti hyvän sadon



Kuva 30. Syysvehnä lohkon tilanne Paimiossa syksyllä 2022 ja alkutalvesta 2023.

Syksyllä 2023 kylvetyltä koelohkolta puitiin sato elokuun 2023 lopulla. Ruutukohtaiset satotulokset on esitetty kuvassa 31. Keskimääräinen ruutusato oli Skagen-lajikkeella 4900 kg/ha ja Wechsel Weizen-lajikkeella 5100 kg/ha. Koelohkon heikosti orastuneet ja tiivistyneet päisteet oli rajattu pois kaistakokeen koeruutualueista. Tämän vuoden kokemusten perusteella syysvehnä talvehti heikosti päistealueilla. Niillä kokeilun edulliset vaikutukset rajoittuvat syys- ja talvikauden aikaisiin kerääjäkasvi- ja maanpeittokasvivaikutuksiin. Syysvehnän kylvö sokerijuurikaskasvustoon -menetelmässä on riskejä, sillä kylvöajankohdan viivästymisen voi heikentää orastuvuutta ja syyskylvöisen kasvin talvenkestävyyttä. Menetelmän riskejä voi todennäköisesti pienentää soveltamalla sitä aikaisin nostettavilla juurikasloikkoilla. Menetelmä on lupaava ja sen kehittämistä jatketaan. Menetelmä on kiinnostanut myös sokerijuurikkaan viljelijöitä.

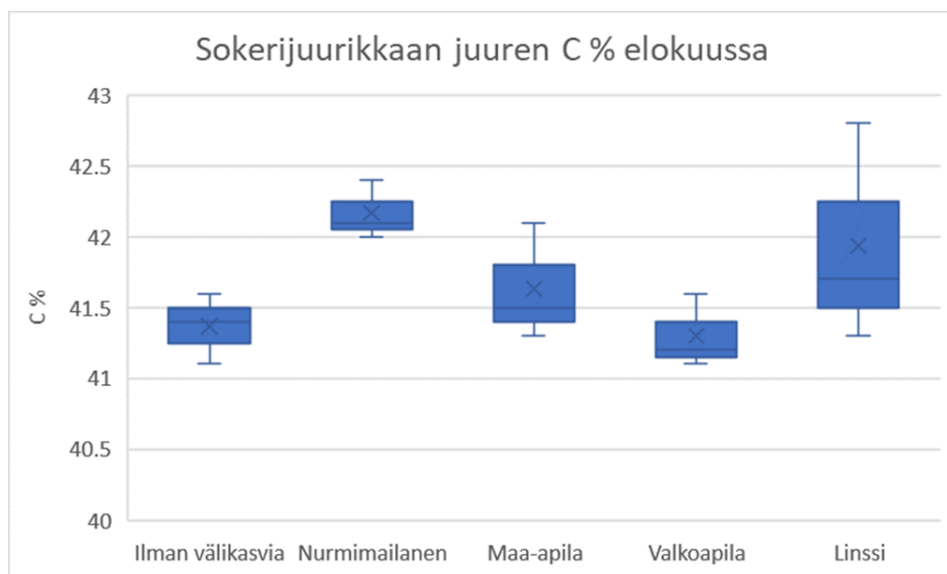


Kuva 31. Syysvehnän kylvö juurikaskasvustoon -koeruutujen sadot 2023.

Strip-tillage sokerijuurikkaan viljelyssä ja kumppanuuskasvit

Näissä kokeissa kumppanuuskasveilla tarkoitettiin kasveja, jotka kasvoivat jonkin aikaa kasvukaudella sokerijuurikkaan kanssa yhtäaikaan samalla lohkolle sokerijuurikkasrivien välissä. Yleisesti kirjallisuudessa kumppanuuskasveilla on todettu olevan monipuolisia hyötyjä viljelykasvien ravinteidenottoon, vedenkäytön tehokkuuteen, rikkakasvien hallintaan ja peltojen kasvipeitteisyyteen. Kumppanuuskasvien käytössä voi esiintyä myös haittoja, riippuen lähinnä valituista kasviyhdistelmistä ja viljelytavoista (Brooker et al.2015). HiMa-hankeen pilottitilalla (Ilmari Hunsu) haettiin kumppanuuskasveista hyötyjä erityisesti kasvipeitteisyyden lisäämiseen ja hyödyllisten vuorovaikutusten saavuttamiseen ravinteidenotossa ja -ravinteidenkäytön tehokkuudessa. Yleisesti kumppanuuskasvit eivät ole olleet kovinkaan suosittuja tehomaa-tiloissa, mutta ilmaston muuttuessa ja viljelyn haasteiden esim. kuivuuden lisääntyessä, kiinnostus niitä kohtaan on lisääntynyt.

Vuosina 2021–2023 pilottitilan lohkolta havainnoitiin sokerijuurikkasato ilman kumppanuuskasveja kylvetyltä lohkon osalta ja vastaavasti kumppanuuskasvien kanssa kylvetyiltä kaistoilta. Kasvustoista kerättiin sokerijuurikkasäilytysnäytteitä sekä elokuussa että syyskuussa juuri ennen juurikkaan nostoa. Kasvustoissa oli tapahtunut kasvua, mutta muutos oli voimakkainta välirivikasvin kanssa kasvaneissa juurikkaissa. Välirivikasvuston ja kontrollikasvuston yhden juurikkaan kuivapainot eivät syyskuussa kuitenkaan eronneet toisistaan tilastollisesti merkittävästi ja hajonta välirivikasvuston juurikkaiden painoissa oli hyvin voimakasta. Vuonna 2022 sokerijuurikkas kasvustoista määritettiin myös typpi- ja hiilipitoisuudet (%). Elokussa 2022 otettujen näytteiden perusteella verrattiin sokerijuurikkaita, jotka olivat kasvaneet eri välikasvien kanssa. Ainoana tilastollisesti merkitsevä ero havaittiin juurten hiilipitoisuuksissa. Nurmimailasen kanssa kasvaneiden juurikkaiden juurissa oli selvästi korkeampi hiilipitoisuus kontrolliin (ilman kumppanuuskasvia kasvanut juurikas) verrattuna.



Kuva 32. Sokerijuurikkaiden juuren hiilipitoisuus (%) elokuussa 2022 kontrollijuurikkaalla ja eri kumppanuuskasvien kanssa kasvaneilla juurikkailla.

Kolmen vuoden satotaso kumppanuuskasvien kanssa kasvaneilla sokerijuurikkailla oli keskimäärin 70,6 tn/ha ja ilman kumppanuuskasveja 66,5 tn/ha. Myös sokeripitoisuudessa oli eroja näiden kahden viljelymenetelmän välillä, kumppanuuskasvien kanssa kasvaneiden sokerijuurikkaiden eduksi. Muissa sokerijuurikkaan prosessointilaatuun vaikuttavissa ominaisuuksissa kuten K-, Na- ja Amino-N-pitoisuuksissa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa eri menetelmien välillä.

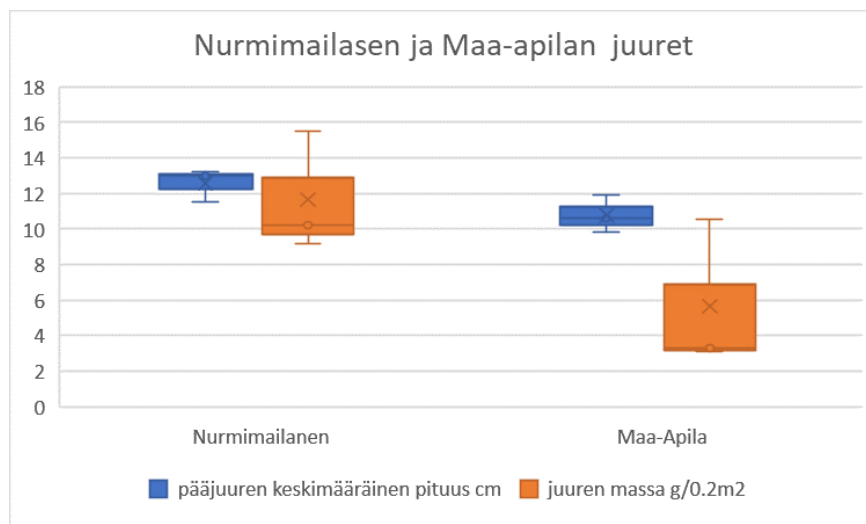
Vuonna 2022 tehdyissä maaperän NIR-analyysissä kontrollin, maa-apilan ja linssin välillä ei loppukasvukaudesta havaittu suuria eroja maan kemiallisissa, fysikaalisissa tai biologisissa ominaisuuksissa. Ainoita merkille pantavia eroja löytyi maaperän kemiallisissa ominaisuuksissa maa-apilan ja linssin kohdalla;

niissä maaperän kokonaisfosfori- ja natriumvarannot olivat kontrolliin nähden korkeammat. Maaperän fosforipitoisuuden nousua kontrolliin nähden havaittiin myös kanadalaistutkimuksessa, jossa nurmimailasta oli kasvatettu viljojen kumppanuuskasvina ja kontrollina oli käytetty puhdasta viljakasvustoa (May ym. 2022). Biologisista ominaisuuksista mikrobien massa (mg C/kg) oli korkein linssin jälkeisessä maaperänäytteessä, mutta maamikrobien aktiivisuus ja sieni/bakteerisuhde olivat linssin jälkeen kontrollia ja maa-apilaa heikompia.

Koeruudut 2023

Kumppanuuskasvien biomassan kehitys oli Meltolan koelohkolla 2023 alkukasvukaudesta hidasta, mutta sateiden alettua heinäkuun alussa niiden kasvu nopeutui. Sokerijuurikkaan riviväli oli 50 cm, eikä sokerijuurikas, kuivan alkukasvukauden vuoksi, täyttänyt riviväliä ennen heinäkuun loppua, joten kumppanuuskasveilla oli tilaa ja valoa kasvaa. Maa-apilan (jonka kanssa kasvaneella sokerijuurikkaalla käytettiin matalampaa typpilannoitusta) biomassaa kasvoi laajaksi ja kuiva-ainetta oli syyskuun loppupuolella kertynyt hehtaaria kohden keskimäärin jopa 1 300 kg.

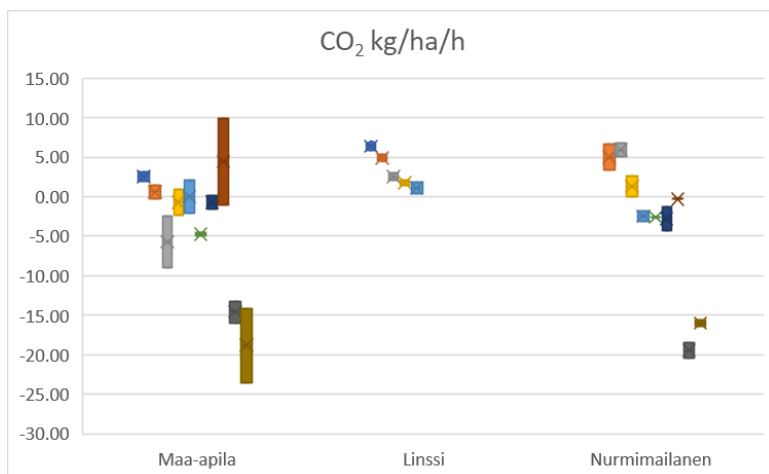
Maanpäällisen massan lisäksi kiinnostusta herätti kumppanuuskasvien maanalainen massa. Kuvassa 33 nähdään nurmimailasen ja maa-apilan juuristojen massa (0,2 m² alalta) ja pääjuuren pituuden (cm) erot. Maa-apilan kokonaispituus (maanpäällinen osa + juuri) on nurmimailasta suurempi, mutta nurmimailasen maanalainen biomassa vaikuttaa suuremmalta kuin maa-apilan.



Kuva 33. Nurmimailasen ja maa-apilan maanalaista biomassaa tarkasteltiin mittaamalla kasvien juurten pituutta (cm) ja tuorepainoa (g).

Nurmimailasen ja maa-apilan vihreiden osien hiilipitoisuus vaihteli 26–30 % välillä. Näin ollen kasvukauden aikana kumppanuuskasvien vihreisiin osiin kertyi keskimäärin 300 kg C/ha. Tästä jää maaperään pitkäaikaista hiiltä yli 70 kg C/ha.

Kesäkuusta sadonkorjuuseen kumppanuuskasvien hiilensidonnan kehitystä havainnoitiin viikoittain myös kasvihuonekaasumittauksilla (kuva 34). Hiilidioksidin sitoutuminen oli kaikilla kumppanuuskasveilla aluksi vähäistä, mutta oli erityisesti nurmimailasella tehokasta jo heinäkuussa.



Kuva 34. Viikon välein tehtyjä kasvihuonekaasujen pistemittauksia kumppanuuskasvikasvustoista.

Koska sokerijuurikkaiden ja kumppanuuskasvien kasvu alkukasvukaudesta oli heikkoa kuivuuden ja rikkakasvipaineen vuoksi, jäi sokerijuurikkaiden satokehitys hyvin alhaiseksi. Keskimääräinen satotaso oli noin 35 t/ha. Kumppanuuskasvuvuodesta kerättyjen sokerijuurikkasnäytteiden satotasot vaihtelivat suuresti ollen 26–56 t/ha. Keskimäärin paras satotaso (44 t/ha) oli nurmimailasen kanssa kasvaneella juurikkaalla. Se poikkesi kontrollista tilastollisesti merkitsevästi.

Sokerijuurikkaan kasvukaudenaikaisista biomassanäytteistä määritettiin myös ravinnepitoisuuksia. Tuloksista voitiin havaita, että kumppanuuskasveilla oli vaikutusta myös sokerijuurikkaan ravinteidenottoon. Maa-apilan ja nurmimailasen kanssa kasvaneissa sokerijuurikkaan naateissa oli jo elokuussa korkeampi fosforipitoisuus kuin kontrollina toimineessa, ilman kumppanuuskasveja kasvaneessa juurikkaassa.

- Kumppanuuskasvit lisäsivät sokerijuurikkaslohkon hiilensidontaa lisäämällä maahan jäävää biomassaa.
- Nurmimailasella oli positiivinen vaikutus sokerijuurikkaan kasvuun.
- Kumppanuuskasvien viljely Conviso-menetelmän kanssa vaatii vielä kehittelyä.

3.1.4. Työpaketti 4

Sinapinviljelyn hyödyntäminen sokerijuurikkaan viljelykierrossa

Sinappi on yksivuotinen kasvi, jota voidaan viljellä myös Suomessa. Sinappia viljellään Suomessa lähinnä saneeraus- ja maanparannuskasvina. Erityisesti sokerijuurikkaan viljelykierroissa sinappia viljellään maaperän saneeraukseen. Tällöin on erittäin tärkeää, että viljelyksessä oleva sinappilajike on nimenomaan kysta-ankeroista saneeraava, eikä normaaliankeraisen isäntäkasvina toimiva lajike. Saneerauskäytössä sinapin ei anneta tuleentua, vaan se niitetään kesken kasvukauden ennen kukintaa. Paras teho saneerauksessa saavutetaan, kun vihhermassa mullataan maahan.

Sokerijuurikkaan Tutkimuskeskuksessa kokeiltiin sinappia houkutuskasvina sokerijuurikkaslohkoilla 2021–23. Tällöin nopeasti taimettuva sinappi houkutteli tuholaisia sokerijuurikkasvustoa nopeammin. Sinappikaistaa ei käsitelty kasvinsuojeluaineilla vaan hyönteisten annettiin syödä kasvustoa vapaasti. Vuonna 2021 sinappikaista tuotti satoa hyönteisvioituksista huolimatta. Satotaso oli hyvin alhainen 300 kg/ha. Tässä vaiheessa kysymyksiä oli paljon, mm. maustesinapin raaka-ainevaatimukset, kuten tarvitaanko jokin tietty lajike sinapin valmistukseen, puintiajankohta, sadon käsittely jne.

Petersborgs Gården tilalla Ruotsissa viljellään sinappia 20 hehtaarilla. Viljelijä Hans Svensson on tuottanut sinappia jo 25-vuotta. Hän on erikoistunut myös tuottamaan tilallaan sinapinsiemenestä jalostettuja erikoistuotteita, joita myydään tilalla olevassa lähiruokakaupassa. Hans oli hyvin kiinnostunut suomalaisesta sinappi-sokerijuurikkatutkimuksesta ja kertoi puolestaan kattavasti meille elintarvikesinapin viljelystä.

Hans Svensson – sinapin viljelyä Ruotsissa

-Olen itse tehnyt lajikekokeita, joissa on ollut 7–8 erilaista valko-/keltasinappilajiketta. Kokeilujeni perusteella lajikkeiden välillä ei ole suuriakaan makueroja. Saneeraava sinappilajike soveltuu oikein hyvin elintarvikesinapinsiemenen tuotantoon. Tietääkseni vain Sinapis alba on saneeraava sinappilaji, Ruotsissa siitä on viljelyksessä Vaverdi-lajike.

-Hyvän maustesinapin valmistukseen tarvitaan myös ruskeita/mustia sinapinsiemeniä. Ruskea sinappi (Brassica juncea) ja Musta sinappi (Brassica nigra) lajeihin ei todennäköisesti kuulu lajikkeita, jotka toimisivat saneerauskasvien tavoin. Mitä terävämpi maku itse maustesinappiin halutaan, sitä enemmän ruskeaa tai mustaa sinappia tulisi käyttää maustesinapin valmistuksessa. Kaikkien tuntema tulinen Dijon-sinappi on valmistettu lähes kokonaan mustasta sinapinsiemenestä.

Viljelytekniikka

-Sinappia ei saa kylvää liian aikaisin vaan maaperän tulee olla lämmin, eikä pakkasvaaraa saa olla. Yleensä sinappi kylvetään Etelä-Ruotsissa toukokuun alussa, muiden kylvöjen alkaessa jo huhtikuun alussa. Kylvösiemenmääränä on 10–12 kg/ha, mutta käytettäessä sinappia saneerauskasvina käytettävä siemenmäärä on noin 20–25 kg/ha. Typentarve on noin 100 kg N/ha. Kylvö suoritetaan yhdistelmäkylvönä. Kylvösyvyys on n. 1 cm.

Ruotsissa ei ole hyväksyttyjä valmisteita sinapin rikkakasvien torjuntaan, mutta koska sinappi kilpailee hyvin rikkakasvien kanssa, se ei yleensä ole ongelma. Sinapinkylvön tapahtuessa muita kasveja myöhemmin, voidaan pelto äestää useamman kerran ennen kylvöä rikkakasvien vähentämiseksi.

Hyönteiset ovat sinapilla suuri ongelma, kuten öljykasveilla yleensäkin. Rypsiuoriaiset ovat suuri uhka ja on tehtävä aikainen pyretroidi-ruiskutus, joskus myös toistuvasti. Sinappi kukkii juhannuksen tienoilla. Sadonkorjuu on yleensä elokuun lopussa, syyskuun alussa. Siementen kosteuden tulisi olla sadonkorjuuhetkellä alle 18–20 %. Sinappi puidaan tavallisella puimurilla. Sadonkorjuun jälkeen on tärkeää kuivata siemenet nopeasti n. 7–8 % kosteuspitoisuuteen.

Sinapinviljely satokasvina voisi olla Suomessakin hyödyllinen lisä viljelykiertojen laajentamiseksi. Kokemuksia sinapin saneeraus- ja maanparannusvaikutuksista sokerijuurikaspelloilla on jo kattavasti olemassa. Viljelyn laajentaminen osaksi sokerijuurikaan viljelykiertoa olisi siis hyvin mahdollista.

3.2. Tulosten vieminen käytäntöön

Hankkeessa saavutettuja tärkeimpiä tuloksia olivat menetelmät sokerijuurikaskasvustoon perustettavista kumppanuuskasveista ja talviaikaisesta kasvipeitteisyydestä. Näiden lisäksi saatiin kattavaa tietoa Suomalaisen sokerijuurikaspellon kasvukaudenaikaisesta hiilensidonnasta ja sen heikkouksista ja vahvuuksista.

Syysviljakasvuston perustaminen sokerijuurikaskasvustoon vähäisellä peltoliikenteellä ja vähäisillä viljelypanoksilla on toimenpide, joka vastaa ilmastotoimenpidekokonaisuuden haasteisiin monella tapaa. Menetelmällä on saavutettavissa hyvä loppusyksyn ja talven aikainen kasvipeitteisyys. Näin mahdollistetaan pitkälle syystalveen kestävä hiilidioksidin sitominen ja ehkäistään talviaikaista ravinteiden huuhtoutumista pintavesien mukana. Menetelmällä voidaan saada aikaiseksi myös satoa tuottava syysviljakasvusto seuraavalle vuodelle, mikä helpotta viljelijän työtaakkaa keväällä ja auttaa viljelykiertojen suunnittelussa. Menetelmä on heti käyttöönotettavissa sokerijuurikkaanviljelyssä ja onkin saanut osakseen laajaa kiinnostusta viljelijöiden keskuudessa. Toistaiseksi menetelmää ovat kokeilleen hankkeen yhteistyöviljelijät, mutta on odotettavissa, että seuraavina vuosina menetelmää aletaan soveltaa pelloilla laajemminkin. Menetelmä myös soveltuu koko sokerijuurikkaan viljelyalueelle.

Kumppanuuskasveilla voidaan lisätä sokerijuurikaspellon kasvukaudenaikaista hiilidioksidin sidontaa ja kokonaisuutena lisätä maahan jäävää orgaanista-ainetta ja pitkäaikaista hiiltä. Sokerijuurikaspellolla viljeltävät kumppanuuskasvit, voidaan kylvää joko erillisinä kaistoina (kukat ja houkutuskasvit) tai kylvää kasvit sokerijuurikasvivien väliin (typensitojat, maanpeitekasvit). Laajemmat erikseen kylvettävät kaistat pystytään toteuttamaan yleisillä viljankylvöön soveltuvilla kalustoilla, mutta rivien väliin tulevan kasvuston

kylvössä voidaan tarvita muunlaista kalustoa. Varsinaisesti kaistakylvöön suunniteltu kylvökalusto on kustannuksiltaan kallis ja harvoilta tiloilta löytyy tällaista kylvökalustoa sokerijuurikaankylvökoneen lisäksi. Menetelmän käyttöönotto vaatii vielä lisää käytännön toteutukseen keskittyvää testaamista.

3.3. Tulosten merkitys ja jatkotoimenpiteet

Sokerijuurikkaan hiilensidontaa ei ole Suomessa aiemmin kartoitettu pitkäaikaisilla mittaussarjoilla, joten hakkeessa tehdyillä havainnoilla kartutettiin ja tarkennettiin tietämystä asiasta erityisesti Suomen olosuhteissa. Keski-Euroopassa asiaa on tutkittu viime vuosina jonkin verran, mutta Suomen viljelyolosuhteet ovat niin poikkeukselliset, että Keski-Euroopan tulokset eivät ole kaikin osin suoraan hyödynnettävissä. Hankkeessa saatuja tuloksia voidaan hyödyntää jatkossa esimerkiksi erilaisissa Suomessa tehtävissä hiilensidonta mallinuksissa ja jatkoselvityksissä. Mittauksia myös jatketaan Sokerijuurikkaan Tutkimuskeskuksessa. Niistä saatava tieto tuo arvokasta ja oleellista lisätietoa etsittäessä menetelmiä hiilen sitomiseen maataloudessa.

Hankkeessa kehitetyt ja testatut menetelmät ovat käyttöönotettavissa monien viljelijöiden sokerijuurikkaspellolla. Saaduilla tuloksilla voi olla merkitystä myös koko EU:n alueen sokerijuurikkaanviljelylle. Syysviljan kylvö juurikaskasvustoon voisi olla hyvä menetelmä Keski-Euroopassakin, jossa syksyllä kylvetyt talviaikaista kasvipeitteisyyttä ylläpitäneet kasvustot on pitänyt lopettaa keväällä glyfosaatilla, koska lauha talvi ei tapa kasvustoja. Vehnäkasvustoa ai tarvitsisi keväällä lopettaa, vaan vehnän voisi jättää kasvamaan ja viljelijä saisi siitä sadon.

Hankkeessa saaduista tuloksista on tiedotettu hankkeen aikana suoraan suomalaisille viljelijöille yleistajuisin lehtiartikkelein, erilaisissa viljelijätilaisuuksissa ja koulutus- sekä pellonpiennartapahtumissa. Näin viljelijät ovat voineet soveltaa hankkeen tuloksia heti omalla tilallaan ja jalkauttaa hankkeessa kehitettyjä käytäntöjä osaksi viljelymenetelmiään. Kiinnostus sekä kumppanuuskasveja että kasvustoon tehtävää syysviljan kylvöä kohtaan on ollut viljelijöiden keskuudessa suurta.

4. LÄHTEET

- Brooker, R.W., Bennett, A.E., Cong, W-F., et al. (2015) Research review Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytologist*, 206: 107–117. doi10.1111/nph.13132
- Eurofins Viljavuuspalvelu: Maan NIR-analyysi. www.eurofins.fi/agro
- Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen, V., Regina, K. (2013) Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974-2009. *Global Change Biology* 19, 1456-1469.
- Heikkinen, J., Keskinen, R., Regina, K., Honkanen, H. & Nuutinen, V. (2021) Estimation of carbon stocks in boreal cropland soils – methodological considerations. *European Journal of Soil Science* 72, 934–945.
- May, W.E., McConachie, R., & Entz, M. (2022) Self-regenerating black medic cover crop provides agronomic benefits at low nitrogen. *Agronomy Journal*, 114, 2743-2761. doi.org/10.1002/agj2.21089
- Rinne, S-L., Sippola, J. & Simojoki, P. (1993). Omavaraisen viljelyn vaikutus maan ominaisuuksiin. *Maatalouden Tutkimuskeskus Tiedote* 4/93.