



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ella Manninen & Veera Pohjasmäki

Paikkakohtainen lannoitus kylvön yhteydessä ja sen vaikutus kauran satoon

Opinnäytetyö
Syksy 2022
Agrologi (AMK)



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Agrologi

Suuntautumisvaihtoehto: Maatalouden tuotantoprosessit

Tekijä: Ella Manninen & Veera Pohjasmäki

Työn nimi: Paikkakohtainen lannoitus kylvön yhteydessä ja sen vaikutus kauran satoon

Ohjaaja: Jori Lahti & Arja Nykänen

Vuosi: 2022

Sivumäärä: 38

Liitteiden lukumäärä: 0

Opinnäytetyössä tutkittiin kylvön yhteydessä tapahtuvan paikkakohtaisen lannoituksen vaikutusta kauran satoon ja sen laatuun. Paikkakohtainen lannoitus tarkoittaa lannoituksen määrän säätöä pellolla niin, että suuremman satopotentiaalinen omaavalle alueelle kohdennetaan enemmän lannoitetta. Näin lannoitteesta saadaan paras mahdollinen hyöty, kun heikompia alueita ei turhaan lannoiteta ja kustannukset sekä ympäristökuormitus pienenevät lannoituksen määrän pienentyessä. Lannoituskustannukset ovat yksi isoimmista kuluista viljelyssä, etenkin tällä hetkellä Ukrainan sodan takia. Haluttiin siis selvittää nykyisestä keskiarvoon perustuvasta kylvölannoituksesta poiketen, paikkakohtaisen kylvölannoituksen vaikutusta satoon. Tutkimuskysymyksenä oli, vaikuttaako paikkakohtainen kylvölannoitus kauran satoon ja hypoteesina pidettiin, että sato on yhtä tasaista kummallakin lannoitusmenetelmällä. Tutkimus oli kvalitatiivinen.

Viljelykoe suoritettiin Virroilla 1,73 hehtaarin kokoisella peltolohkolla. Koelohko jaettiin puoliksi, joista toiselle puolelle kylvölannoitus toteutettiin paikkakohtaisena 4000 kg ja 6000 kg satotasojen lannoitustason mukaan ja toiselle tasalannoituksena 5000 kg satotason mukaan. Lisäksi lohkolta valittiin neljä 1x1 m kokoista ruutua tarkempaan seurantaan kasvukauden ajaksi, joista laskettiin satokomponentit kasvukauden aikana ja tehtiin puinnin jälkeen kuoppatestit MARA-kortin avulla. Puiduista jyivistä mitattiin valkuaispitoisuus, hehtolitraino ja tuhannen jyvän paino.

Vastaukseksi tutkimuskysymykseen saatiin, että paikkakohtainen kylvölannoitus vaikuttaa kauran satoon. Satotasoerot paikkakohtaisen lannoituksen ja tasalannoituksen välillä olivat vain noin 250 kg eli hypoteesi toteutui. Sadon laatua ja määrää rajoittaneet tekijät olivat fosforin ja kaliumin vähäinen saanti, joten lisälannoituksella saisi nostettua kauran sadon määrää.

¹ Asiasanat: täsmäviljely, viljelykoe, lannoitus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Agriculture and Rural Enterprises

Specialisation: Processes of agricultural production

Author/s: Ella Manninen & Veera Pohjasmäki

Title of thesis: Site-specific fertilization when sowing and its effect on oats yield.

Supervisor(s): Jori Lahti & Arja Nykänen

Year: 2022

Number of pages: 38

Number of appendices: 0

This thesis studied site-specific fertilization in sowing and its effects on oats yield and its quality. In site-specific fertilization the amount of fertilizer is adjusted so that more of it enters the area of high yield potential. This gives the best benefit of the fertilizer when the poor areas are given less of it. This reduces the costs and environmental impact. Fertilization costs are one of the biggest expenses in farming, especially at the moment because of the war in Ukraine. Therefore, it was important to clarify the effects of site-specific fertilization on the yield compared to the current way of fertilizing based on the average at the time when sowing. The research question was whether the site-specific fertilization has an effect on the oats yield and the hypothesis was that the yield would be equally even on both sides of the test field. The research was qualitative.

The cultivation experiment was carried in Virrat on a field parcel of 1,73 hectares. The field was divided into half so that on one side site-specific fertilization was done by 4000 kg and 6000kg yield per hectare levels and on the other side by 5000 kg yield per hectare level. In addition, four squares of 1m x 1m were selected from the parcel for closer observation, from which yield components were calculated during the growing season. VESS (visual evaluation of soil structure) was performed after harvesting. From the harvested crop protein, hectolitre weight and quantity of 1000 grains were tested.

The response to the research question was that site-specific fertilization at the time of sowing has an effect on oats yield. The yield differences between the site-specific side of the field and the other side were only approximately 250 kg so the hypothesis came true. The given quantity of potassium and phosphor were so small that they were the limiting factors on the quantity and quality of the yield. With additional fertilizer it would be possible to raise the quantity of oats yield.

¹ Keywords: Precision agriculture, cultivation test, fertilization

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Täsmäviljelyn ja tavanomaisen viljelyn termit.....	8
1.2 Täsmäviljelyn työkalut	10
1.3 Täsmäviljelyn prosessi	12
1.4 Lannoitus täsmäviljelyssä.....	14
2 TUTKIMUS.....	16
2.1 Pellon historia ja ominaisuudet.....	16
2.2 Aineisto ja menetelmät	16
2.3 Havainnot kasvukaudelta	21
3 TULOKSET	27
3.1 KASVUKAUDEN OLOSUHTEET	27
3.2 SATOTULOKSET.....	28
3.3 TULOSTEN TULKINTA.....	31
4 JOHTOPÄÄTÖKSET	34
LÄHTEET	35

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. NDVI kuva pellostä 26.6.	17
Kuva 2. Hyvät ja heikot ruudut	18
Kuva 3. Ruutu 1 x 1 m	19
Kuva 4. Lannoitus suunnitelma	20
Kuva 5. Orastumisvaiheella oleva kasvusto.....	21
Kuva 6. Pensomisvaiheessa oleva kasvusto	22
Kuva 7. Jyvän täyttymisvaihe.....	23
Kuva 8. Pelto ennen puintia	24
Kuva 9. Lakoon mennyttä kauraa	25
Kuva 10. Satokartta	29
Kuvio 1. Täsmäviljelyn prosessi.....	13
Kuvio 2. Lämpösumma- ja sadekertymä Virroilla.....	27
Taulukko 1. Viljavuusanalyysi	16
Taulukko 2. Ravinteiden määrä lannoituksessa satotasoittain.....	20
Taulukko 3. Kauran satokomponentit (kpl) ja korkeus (cm).	28
Taulukko 4. Koeruutujen hehtaarisato (kg/ha).	29
Taulukko 5. Tuhannen jyvän paino (g).....	30

Taulukko 6. Kauran hehtolitraino (kg/100 l).	30
Taulukko 7. NIR-mittarin tulokset sadosta (%).	30

Käytetyt termit ja lyhenteet

GNSS	Global Navigation Satellite System eli satelliittipaikannuksen yleisilmaus.
VRA	Variable Rate Application eli määräsäätöautomaattikka
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index eli normalisoitu kasvillisuusindeksi

1 JOHDANTO

Vuoteen 2050 mennessä maailman väkiluku tulee nousemaan 9,7 miljardiin ja vuoteen 2100 mennessä 10,9 miljardiin (Department of economic and social affairs, 2019). Suuri väkiluku vähentää maatalouden käytössä olevaa maata, sillä ihmisiä tulee olemaan enemmän (Oliver, 2018, s.3). Samanaikaisesti ruuan tarve tulee kasvamaan 60 % vuoteen 2050 mennessä (Da Silva, i.a.). Tämän takia tarvitaan entistä tehokkaampaa ja tuottavampaa viljelyä pienemmällä alalla, mutta kuitenkin samanaikaisesti ympäristöä suojellen ja maata köyhdyttämättä (Oliver, 2018, s.3). Erilaisten ohjelmien, kuten Euroopan Vihreän Kehityksen- sekä Hiili-Euro-ohjelman toimilla pyritään vähentämään maataloudesta aiheutuvia päästöjä ja ympäristöjalanjälkeä (Euroopan komissio, i.a.; Pietola, L, 2022). Ratkaisu näihin haasteisiin voisi löytyä täsmäviljelystä, jossa pellon sisäiset vaihtelut huomioidaan tavanomaista viljelyä tarkemmin ja näin ollen tarjoaa ympäristöä huomioivamman tavan viljellä ja tuottaa tasalaatuisemman sadon (Proagria, 2019; Srinivasan, A, 2006, s. 4). Lisäksi nykyisestä maailmantilanteesta aiheutunut tuotantopanosten hintojen nousu ajaa viljelijöitä kohti entistä tehokkaampaa tuotantopanosten käyttöä (Proagria, 2019).

1.1 Täsmäviljelyn ja tavanomaisen viljelyn termit

Täsmäviljelyn historia ulottuu maatalouden alkuaikoihin asti, jolloin viljelijät jakoivat peltojaan pienempiin lohkoihin, erotellen suotuisimmat alueet viljelytarkoitukseen (Oliver, 2018, s. 5). Paikkakohtaista tuotantopanosten määräänsäätöä on tehty jo pidemmän aikaa (Digimaatalous, 27.11.2020). Ennen määräänsäätöautomaattikkaa, viljelijät ovat esimerkiksi hiltäneet ruiskuttaessa ajonopeutta, kun on tullut vastaan paikka, jossa kasvaa enemmän rikkakasveja. Tällä tavalla on manuaalisesti laitettu tuotantopanoksia sinne, minne ne kuuluvatkin.

Täsmäviljelylle on olemassa paljon määritelmiä (Kantola, 2022, s. 10). Hopkinsin (2009) mukaan precision farmingin eli täsmäviljelyn määritelmää kysyessä saa vastaukseksi paljon erilaisia vastauksia, joita kaikkia kuitenkin oletettavasti yhdistää satelliittipaikannuksen käyttö. Yhdysvaltojen kansallinen tutkimusneuvosto määritteli vuonna 2007 täsmäviljelyn olevan ”management strategy”, jonka apuna käytetään tietotekniikalla useista lähteistä

saatavaa dataa, jotka tukevat viljelyyn liittyviä päätöksiä (Oliver, 2018, s. 6). Maaseudun tulevaisuuden artikkelissa maatilayrittäjä, maatilaneuvojana ja konsulttina toimiva Kari Alasaari kertoo täsmäviljelyn olevan toimintatapa, jossa huomioidaan aika, paikka ja määrä (Kantola, 2022, s. 10). Alasaaren mukaan perusasioiden, kuten maaperän, on oltava kuitenkin kunnossa ennen kuin ryhdytään käyttämään täsmäviljelyn työkaluja.

Työteho-seuran Reetta Palvan mukaan tavoitteena täsmäviljelyssä on parantaa kannattavuutta viljelyssä (Kiviranta, 2022, s.10). Täsmäviljelyn toimenpiteillä haetaan suurempaa ja laadukkaampaa satoa sieltä, mistä on potentiaalista sitä saada säästämällä panoksia heikoimmilta satoalueilta. Täsmäviljelyä on mahdollista toteuttaa säätämällä esimerkiksi lannoitteiden, kasvinsuojeluaineiden ja siemenien määrää kohdistuen ne paikakohtaisesti (Pesonen ym., 2010, s. 12). Palvan mukaan täsmäviljely voidaan aloittaa satelliittikuvilla ja näiden avulla pohtia seuraavia askelia (Kiviranta, 2022, s.10). Alkuun täsmäviljelyssä webinaarissa puhuneiden Ruosen ja Tiusasen mukaan täsmäviljely ja täsmäviljelyn teknologia kuitenkin pitäisi muistaa erottaa, sillä teknologia ei vielä ota kantaa pellon sisäisille vaihteluille eli kasvuston ja pellon kuntoon (Uudet teknologiat & maatalous, 2021, 10:25). Tiusanen kuvaakin täsmäviljelyä ”kokonaisuutena analytiikkaa” (mt. 11:22).

Suomen (2014b, s. 49) mukaan täsmäviljelyn tarkoituksena on hallita maalajeista, maan kasvukunnosta, maan rakenteesta, maalajeista ja orgaanisesta aineesta sekä korkeusprofiilista johtuvia pellon sisäisiä vaihteluita. Hänen mukaansa paikakohtainen tiedonkeruu on tärkeä osa täsmäviljelyä, jota voidaan hyödyntää viljelysuunnitelmien tarkentamiseen. Täsmäviljely ei ole siis rutiinien toteuttamista ja toimenpiteiden arvaamista (Uudet teknologiat & maatalous, 2021, 14:10).

Uudenlaiset maatalouden konseptit, kuten precision farming, digital farming sekä smart farming ovat tulleet maatalouden modernisoinnin ja maataloudessa käytettävän digitaalitekniikan seurauksena (Agrocares, i.a.). DTN:n (2021) sivuston mukaan precision farming on kokonaisvaltaisesti tietotekniikan avulla tarkempaa, hallitumpaa ja optimoidumpaa viljelyä. Smart farming kuvataan olevan tieto- ja viestintätekniikan avulla optimoituja viljelyprosesseja ja se keskittyy enemmän dataan ja sen soveltamiseen käytännössä, ei niinkään pellon sisäisiin vaihteluihin (Agrocares, i.a.; DTN, 2021). Digital farmingin kuvataan olevan

precision farmingin sekä smart farmingin yhdistelmä, jonka ydintarkoitus on arvon tuottaminen kerätystä datasta (DTN, 2021).

1.2 Täsmäviljelyn työkalut

Täsmäviljelyssä käytetään monenlaisia tieto- ja viestintäteknologioita, paikkatietotekniikoita sekä automaatiota, jotka antavat työkalut toiminnan suunnitteluun, toteutukseen, seurantaan, raportointiin ja jäljitettävyyteen (Knaapi, 2014b, s. 52; Pesonen ym. 2010, s. 13). Kerättyä dataa on mahdollista siirrellä joko langattomasti pilvipalvelimiin tai USB-tikun avulla tietokoneelle tai traktoriin (Knaapi, 2014b, s.52). Tiedonsiirtohaasteisiin on luotu tiedonsiirtostandardi ISO 11783, joka kaupanimeltään on ISOBUS (Suomi, 2014a, s.37). Tämän avulla traktori ja työkalut voivat keskustella keskenään merkistä riippumatta.

Täsmäviljelyn mittalaitteita on muun muassa erilaiset kasvustosensorit, käsimittarit, skannaus ja maaperäanturit (Kantola, 2022, s.10). Koska täsmäviljelytekniikan hankinnat voivat olla kalliita, kannattaa investointeja vaiheistaa (Uudet teknologiat & maatalous, 2021, 35:32). Esimerkiksi uuden työkalun investoinnin tullessa ajankohtaiseksi, on hyvä aika harkita täsmäviljelytekniikan mukaan ottamista viljelyyn (21:02). Olemassa on kuitenkin edullisia tai jopa ilmaisia palveluja, joista täsmäviljelyn kokeileminen on hyvä aloittaa sekä esimerkiksi maanmuokkaus ja peltoliikenne ovat pellolla tapahtuvia toimia, joita on mahdollista toteuttaa täsmänä (Pesonen ym., 2010, s. 12–13; Uudet teknologiat & maatalous, 2021 23:55). Myös urakoitsijan käyttö on hyvä vaihtoehto ennen omien investointien tekemistä (Kiviranta, 2022).

Täsmäviljelyssä yksi avainasemassa oleva työkalu on Global Navigation Satellite System (GNSS) eli satelliittipaikannusjärjestelmä (Pesonen ym., 2010, s. 23). Paikannusjärjestelmiä on neljä: yhdysvaltalainen GPS, venäläinen GLONASS, kiinalainen BeiDou ja eurooppalainen Galileo, joista kaksi viimeistä ovat käyttöönottoaiheessa (Maanmittauslaitos, i.a.-b.). Satelliittipaikannus mahdollistaa sijainnin määrittämisen kuluttajakäytössä noin viiden metrin tarkkuudella, joka voi kuitenkin vaihdella suurestikin riippuen häiriötekijöistä, kuten ilmakehä- ja ympäristövääristymistä sekä viasta itse satelliitissa (Maanmittauslaitos, i.a.-b.). Erilaisilla avustepalveluilla on kuitenkin mahdollista tarkentaa paikannus jopa

senttimetrien tarkkuuteen. Satelliittipaikannuksella on mahdollista saada ehkäistyä maan tiivistymistä, kun ajo-opastimen käytöllä pystytään välttämään päällekkäisajoa.

Maaperäskannauksen avulla saadaan selville maan sähkönjohtavuus maalajeittain erilais-
ten antureiden ja paikkatiedon avulla (Knaapi, 2014a, s. 54; Palva & Lajunen, 2021).

Maata mitataan 30 cm ja 90 cm syvyydestä esimerkiksi traktoriin tai muuhun työkoneeseen kiinnitettävällä maaperäskannerilla, jolla saadaan kartoitettua pinta- ja pohjamaata (Knaapi, 2014a, s. 54; Palva & Lajunen, 2021). Skannauksesta saatava tieto yhdistetään kartaksi, jonka avulla voidaan tehdä mm. lannoitus- ja kasvinsuojelukartta. Maaperäskannauksen etuna on, että se mahdollistaa kattavamman kartoituksen peltolohkon ominaisuuksista, valinnan edustavammista maanäytteiden ottopaikoista sekä paremman viljelytoimenpiteiden kohdentamisen kartoituksen perusteella (Palva & Lajunen, 2021).

Yksinkertaisin ja halvin tapa mitata maan viljavuutta biologisesti ja fysikaalisesti on lapiodiagnoosi (Schepel, 2000, s. 20). Näyte otetaan suorateräisellä lapiolla ja maasta irrotetaan ehjä näytepala, joka ulottuu ruokamultakerroksesta jankkoon eli pohjamaahan. Näytteestä voidaan havainnoida maan tiivistymistä, kokkareiden ja murujen kokoja ja rakennetta, kosteutta, juurten kasvua ja lierojen kulkukanavia ja kasvijätteen määrää. MARA-kortti eli maan aistinvaraisen arvioinnin apuväline auttaa maan viljavuusluokan arvioinnissa (Ruralia-instituutti, 2021).

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) eli normalisoitu kasvillisuusindeksi kuvaa lehtivihreän määrää kasvustossa, joka kertoo kasvuston elinvoimaisuudesta ja määrästä (Digimaatalous, i.a.). Indeksillä saadaan laskettua vihreän kasvillisuuden heijastaman lähi-infrapunasäätelyn ja näkyvän valon normalisoidusta suhteesta (Katainen, 2017).

VRA (Variable Rate Application) on määräsäätöautomaatiikka, jota voidaan käyttää tuotantopanosten automaattisessa levityksessä (Digimaatalous, i.a.). Levityksessä voidaan hyödyntää tehtäväkarttaa, josta työkone lukee, paljonko laitetaan tuotantopanoksia milläkin hetkellä (Digimaatalous, 27.11.2020). Tuotantopanokset voivat olla siemeniä, lannoitteita tai kasvinsuojeluaineita. Käyttääkseen määräsäätöautomaatiikkaa, on työkoneessa oltava sähköinen tai sähköisesti käytettävä säätöjärjestelmä levitykseen. Määräsäätöautomaatiikkaa voidaan käyttää karttapohjaisesti tai kasvustosensoreiden avulla.

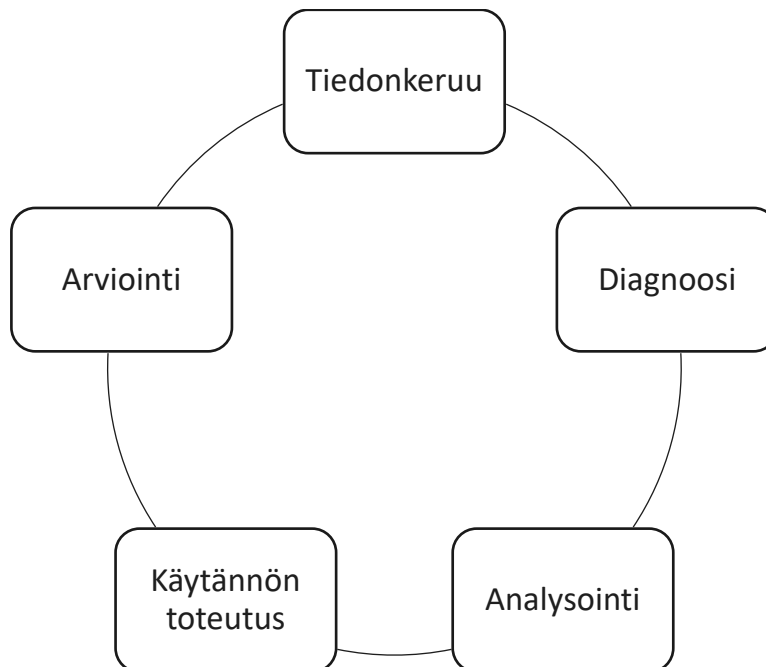
Karttapohjainen tarkoittaa levitysmäärän suunnittelua esimerkiksi kasvustokartan tai satokartan avulla ennalta. Levityskartan perusteella voidaan levittää tuotantopanokset peltoon satelliittipaikanuksen avulla oikeaan kohtaan oikea määrä. Kasvustosensoreita käyttäessä annostellaan tuotantopanos reaaliaikaisesti antureiden perustella, jotka ovat asennettu traktoriin tai työkoneeseen. Satelliittipaikannus ei ole välttämätön kasvustosensoreiden kanssa eikä esisuunnittelua tarvita. Näitä kahta tekniikkaa voidaan myös yhdistää, jolloin saadaan entistä tarkempia analyysejä suuremman datamäärän ansiosta.

Satokartan tavoitteena on havainnoida pellolta ongelmakohtat ja löytää satotason nostoon potentiaaliset paikat (Digimaatalous, 9.11.2020). Ongelmakohtien selvittämisessä voidaan hyödyntää maaperäskannausta, satelliittikuvia tai ilmakuvia, jotka on otettu dronella. Ongelmakohtien selvittyä, voidaan satokartan avulla korjata paikallisia ravinnepuutoksia eli kohdentaa lannoitteet sinne, missä on satopotentiaalia ja taas vähentää lannoitteiden määrää heikoimmilta kohdilta. Sadon määrä mitataan massavirtana tai tilavuusvirtana leikkuupuumurin viljaelevaattorilta. Massavirtaan perustuvassa mittauksessa säiliöön menevä vilja lentää viljaelevaattorilta levyanturiin ja tähän kohdistuva voima mitataan ja tieto voima-anturista muuttuu elektroniseksi. Tilavuusvirtaa mitattaessa käytetään valoanturia, jossa mittaus tapahtuu viljaelevaattorilta kulkevan viljakerroksen läpäisevään valoon perustuen. Mitä enemmän viljaa elevaattorissa on, sitä vähemmän valo läpäisee viljaa ja tämän tiedon perusteella kalibroidaan viljan määrä. Jotta satokartta saadaan, tarvitaan tieto sijainnista, ajonopeudesta, leikkuupöydän asennosta, kosteudesta ja hehtolitrainnasta.

1.3 Täsmäviljelyn prosessi

Täsmäviljely voidaan kuvata viiden vaiheen prosessina (kuvio 1), johon kuuluu tiedonkeruu, diagnoosin tekeminen, analysointi, käytännön toteutus ja saatujen tuloksien analysointi (Srinivasan, 2006, s. 5). Tiedonkeruuseen kuuluu täsmäviljelyn mittalaitteet, kuten kasvustosensorit, käsimittarit, skannaus ja maaperäanturit. Diagnoosissa tehdään esim. satokartta, jota voidaan analysoida etsimällä lohkolta hyvät ja huonot paikat ja tehdä niiden perusteella jatkosuunnitelma. Käytännön toteutuksessa hyödynnetään NDVI kasvustoidexsejä, määräsäätöautomaatiikkaa ja automaattiohjausta. Arvioinnissa yhdistetään kaikki edellä mainittu tieto, jonka perusteella voidaan ryhtyä seuraavan kesän viljelytoimiin.

Viljelijä itse on prosessissa avainasemassa, koska oikeiden toimenpiteiden valinta vaatii pellon olosuhteiden riittävää tuntemusta (Pesonen ym., 2010, s. 13; Hankkija, 2021, 17:41).



Kuvio 1. Täsmäviljelyn prosessi (Srinivasan, 2006, s. 5).

Lannoituksen osalta täsmäviljelyprosessi tiedonkeruuvaiheessa sisältää maaperän tarkastelun eli esimerkiksi maaperäskannauksen, viljavuusanalyysin ja lapiodiagnoosin tekemisen. Saatujen tuloksien eli diagnoosin perusteella pystytään näkemään pellon kasvukunto ja tekemään sen avulla päätös tarvittavista lannoitteista ja lopulta lannoitussuunnitelma. Käytännön toteutuksessa hyödynnetään VRA:ta, jonka avulla voidaan kohdentaa panosten käyttöä pellolla siten, että panosten levitettävä määrä vaihtelee tarpeen mukaisesti automaattisesti (Rahko, 2020). Automaatiikalla saavutettava hyöty on taloudellinen panosten säästyessä ja tuotannon tehostuessa sekä ympäristön kuormittumisen vähentyminen päälekkäisajojen ja käytettävien kemikaalien määrän vähentyessä. Lisäksi levityksen ollessa tarkempaa, lannoitteiden lastauskertojen tarve vähenee, jolloin säästyy aikaa. Sadonkorjuun lähestyessä pystytään arvioimaan lannoituksen onnistuminen, mikä auttaa seuraavien vuosien täsmäviljelyprosessien päätöksien teossa.

Täsmäviljelyn hyödyt tulevat tuotantopanosten säästöstä, sadon tasalaatuisuudesta, mahdollisesta sadonlisäyksestä ja tuotantotavasta, joka on ympäristöä huomioivampi

(Proagria, 2019). On kuitenkin otettava huomioon, että tekniikoiden ja panosten kohdentaminen ei ole sopivaa joka tilanteessa (Srinivasan, 2006, s. 7). Esimerkiksi tuhoeläinten torjunta on suotavaa tehdä koko pellolle, koska jotkut eläinlajit voivat helposti lisääntyä ja leviätä laajalti vain muutaman eloon jääneen tuhoeläimen avulla ja näin ollen torjunnan kohdentamisella ei saavuteta mitään hyötyä (Srinivasan, 2006, s. 8). Sama voi päteä kasvi-tauteihin.

Täsmäviljelyn haasteita ovat sen vaatimat investoinnit, vuotuiset lisenssikulut sekä tekniikan käytön vaatima kalibrointi, opettelu, käyttötuki ja huolellisuus (Oristo & Oksanen, 2022). Koska käyttötukea ei ole vielä tarvittavasti saatavilla, on tekniikan käytettävyydestä muodostunut kompastuskivi (Uudet teknologiat & maatalous, 2021, 44:22).

1.4 Lannoitus täsmäviljelyssä

Nykyään lannoitus kylvön yhteydessä perustuu keskiarvioon jättäen lohkon sisäiset vaihtelut huomiotta (Oristo & Oksanen, 2022). Vaihteluiden huomiotta jättäminen aiheuttaa paikoitellen liika- tai alilannoitusta (Tsibart ym., i.a.). Lannoitevalumien päätyminen veteen liikalannoituksen seurauksena voi aiheuttaa vesistön rehevöitymistä ja biodiversiteetin häviämistä. Liian vähäinen lannoitus taas köyhdyttää maaperää, mikä pienentää maaperän tuottavuutta pitkällä aikavälillä. Suurimmat ravinnetaseiden vaihteluita aiheuttavat tekijät ovat maaperän sisäisiä vaihteluita, kuten maakerrostumien ja -lajien, orgaanisen aineksen, korkeusprofiilin sekä maan rakenteen vaihteluita (Pesonen ym., 2010, s. 11). Myös pellon sijainti, vallitseva pienilmasto ja viljelyhistoria voivat aiheuttaa vaihteluita. Näitä eri tekijöitä voivat korostaa viljelijän oma viljelytekniikka, sääolosuhteet sekä pellolla olevat rikkakasvit, taudit ja tuholaiset.

Lannoitekustannukset ovat yksi isoimmista kustannuksista viljelyssä (Yang ym., 2016, s. 180). Etenkin nyt lannoitekustannukset yhdessä rehu- ja polttoainekustannusten kanssa ovat rajussa nousussa Ukrainan sodan takia, sillä lannoitteisiin käytettävistä kaliumista ja typeistä noin 80 % ovat Ukrainalta ja Venäjältä tulevia (Säästöpankkiryhmä, 2022). Siis pä täsmäviljelyn tarjoama säästö lannoitekustannuksissa on entistä tärkeämpää.

Viljojen nopean kehityksen vuoksi tulee pääosa kasvin tarvitsemista ravinteista antaa kylvön yhteydessä, jotta varmistetaan kasvuston vahvaksi kehittymisen ja näin edellytykset hyvän sadon tuottoon (Farmit, i.a.). Lannoituksen jakaminen on kuitenkin kannattavaa lohkoille, joilla satotasojen vaihteluita ilmenee vuosittain. Kasveille, jotka vaativat isoja lannoitemääriä sekä myöhäisille lajikkeille. Jaetun lannoituksen avulla voidaan myös reagoida paremmin sään vaihteluihin kasvukauden alussa (Oristo & Oksanen 2022). Jaettaessa lannoitus, suositellaan tyypeä annettavan 2/3 osaa kokonaistypen määrästä sekä kaikki fosfori (Proagria Etelä-Suomi, 2018). Yleensä suositeltu ajankohta lisälannoitukselle on korrenkasvuvaihe. Liiallinen tai liian vähäinen tyypilannoitus voi aiheuttaa sadon laadun ja määrän laskua sekä huonoa kasvumallia (Yang ym., 2016, s. 180).

Kauran tyypilannoitustaso on noin 80–130 kg/ha ja erityisesti korkean satoisuuden omaavat lajikkeet hyötyvät korkeammasta tyypilannoituksesta (Vilja-alan yhteistyöryhmä (VYR), 2013; Lantmännen Agro, i.a.). Myös hivenlannoitteiden riittävydestä on tärkeää huolehtia, kauralla erityisesti mangaanista, koska se on herkin vilja mangaaninpuutokselle (VYR, 2013; Lantmännen Agro, i.a.). Puutosoireiden ilmetessä on syytä tehdä lisälannoitus (VYR, 2013). Lannoitus on mahdollista jakaa ja pidemmän kasvuajan omaavat lajikkeet hyötyvät siitä eniten (Yara, 2010). Lisälannoituksen määrä arvioidaan sadon laatutavoitteiden ja arvioidun satomäärän perusteella. Lisälannoituksella voidaan nostaa kauran valkuaispitoisuutta, kun se tehdään röhylle tulon jälkeen ja satotasoa saadaan nostettua tekeillä lisälannoitus viimeistään kauran ollessa lippulehtivaiheessa.

2 TUTKIMUS

Virroilla 1,73 hehtaarin kokoisella peltolohkolla toteutetun tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia paikkakohtaisen lannoituksen vaikutusta kauran satoon, kun lannoituksen määrää säädetään keväällä kylvölannoittimella paikkakohtaisesti. Nykyään lannoitus kylvön yhteydessä perustuu keskiarvioon jättäen lohkon sisäiset vaihtelut huomiotta (Oristo & Oksanen, 2022). Tutkimuksessa haetaan siis vastausta siihen, vaikuttaako lannoitteen määrän säätely kylvön yhteydessä satotasoon. Nollahypoteesina voidaan pitää, että saatu sato on sama kummallakin puolella.

2.1 Pellon historia ja ominaisuudet

Kauran esikasvina oli kevättrypsi ja pelto oli lautasmuokattu syyskuun lopulla 2021. Taulukossa 1 on kerrottuna viimeisimmän viljavuusanalyysin tulokset, jotka ovat vuodelta 2019. Pelto on maalajiltaan hienoa hietaa ja multavuudeltaan runsasmultaista. PH-arvo on 5.8, joka on tyydyttävällä tasolla. Fosfori, kalsium, magnesium ja rikki ovat viljavuusluokiltaan välttäviä ja kalium on viljavuusluokaltaan huononlainen. Pellon korkeus vaihtelee luodekaakko välillä 156,7—159,3 metrissä. Peltoa ei ole salaojitettu.

Taulukko 1. Viljavuusanalyysi.

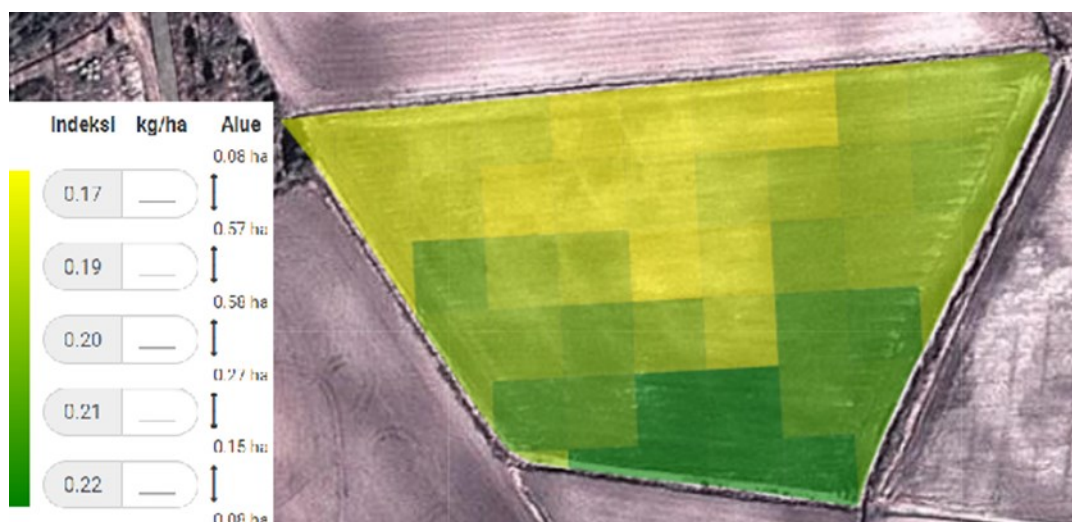
Maalaji	Multavuus	pH	P, mg/l	K, mg/l	Ca, mg/l	Mg, mg/l	Ca:Mg	S, mg/l
Hht	rm	5.8	5.8	61	1100	110	10	9

2.2 Aineisto ja menetelmät

Koe toteutettiin 1,73 ha kokoisella lohkolla, joka jaettiin puoliksi. Toiselle puoliskolle tehtiin lannoitussuunnitelma, jossa säädettiin lannoitteen määrää puoliskon hyvien ja heikkojen kohtien perusteella, jolloin sille tehtiin paikkakohtainen lannoitus ja toiselle puoliskolle tehtiin yhtenäinen lannoitussuunnitelma, jossa ei säädellä lannoitteen määrää eli tasalannoitus. Heikot ja hyvät kohdat määrittyivät edellisen vuoden NDVI-indeksikuvien perusteella. Tasalannoitus perustui edellisvuosien keskisatoihin ja Minun Maatilassani tehdyille

lannoitussuunnitelmalle. Paikkakohtainen lannoitus toteutettiin kaksitasoisesti niin, että tasalannoitustasosta satotaso nostettiin ja laskettiin 1000 kg.

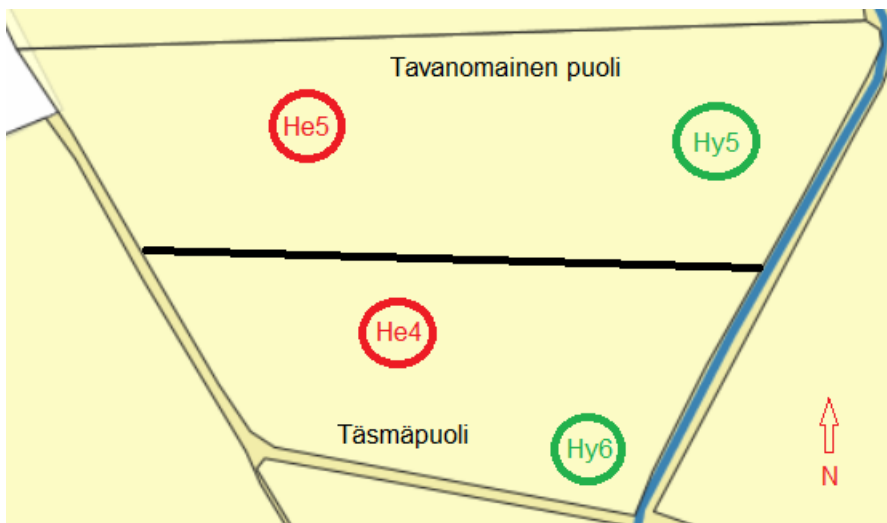
Näiltä paikkakohtaisen lannoituksen ja tasalannoituksen alueilta valittiin orastumisen jälkeen, silmämääräisen arvioinnin ja Cropsat-palvelun avulla kummaltakin puolelta kaksi, kooltaan 1 m x 1 m, ruutua tiiviimpään seurantaan. Cropsat-palvelusta saatujen tämän vuoden NDVI-kuvien avulla valittiin kaksi kohtaa paikkakohtaisen lannoituksen ja tasalannoituksen alueilta, joissa oli pellon heikoimmat kasvillisuusindeksit ja niille kohdille perustettiin heikot tarkasteluruudut. Parhaat kasvillisuusindeksien kohdat valittiin samalla tavalla ja niille kohdille perustettiin hyvät tarkasteluruudut. NDVI-kuvia tarkasteltiin viimeisen viiden vuoden ajalta, koska haluttiin nähdä, missä edellisinä vuosina on ollut pellolla hyviä ja heikkoja kohtia. Kuvassa 1 on NDVI-kuva koelohkosta.



Kuva 1. NDVI kuva pellosta 26.6. (soveltaen Cropsat i.a.).

Tasalannoituspuolella oli sekä hyvä että heikko ruutu, joista käytetään nimityksiä hy5 ja he5. Paikkakohtaisen lannoituksen alueen heikko ruutu valikoitui kohtaan, jossa lannoitus oli 4000 kg satotason mukaan ja hyvä ruutu kohtaan, jossa lannoitus oli 6000 kg hehtaarisadon mukaan. Näistä paikkakohtaisen lannoituksen alueella sijaitsevista ruuduista käytetään tässä työssä nimityksiä hy6 ja he4. Kuvassa 2 on ruudut kartalla, jossa vihreällä on merkitty hyvät ruudut ja punaisella heikot. Kuvassa 3 on havainnollistava kuva ruudusta. Ruuduilta seurattiin aikaista kasvien kehitystä, lannoitteen määrän vaikutusta, orastumista, oraiden määrää, rikkakasvien määrää sekä tauteja ja tuholaisia. Satokartta tehtiin koko

lohkolta puinnin yhteydessä. Puinnin jälkeen hyviltä ja heikoilta ruuduilta tehtiin kuoppates-
tit MARA-kortin avulla, jotta voitiin selvittää paremmin syitä sadon vaihtelulle.

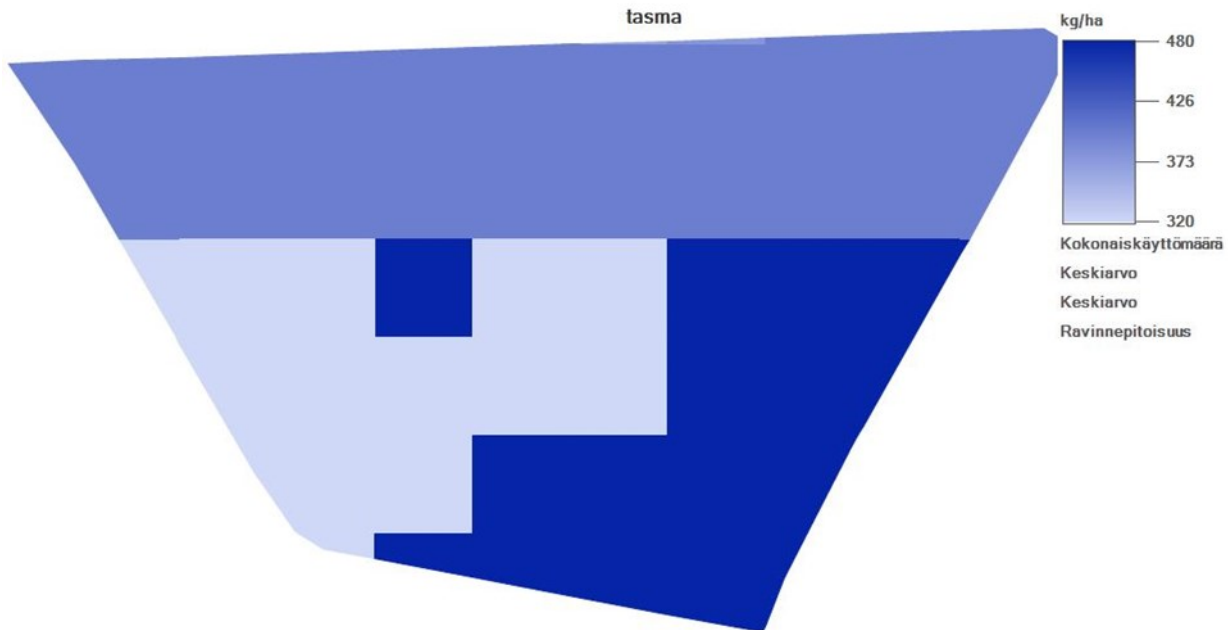


Kuva 2. Hyvät ja heikot ruudut (soveltaen paikkatietoikkuna, i.a.).



Kuva 3. Ruutu 1 x 1 m (Pohjasmäki, 2022 CC BY).

Toukokuun loppupuolella satoi useana päivänä, mikä viivästytti kylvöjä. Kylvö tapahtui 11.6.2022 Junkkarin S400 plus kylvölannoittimella. Kylvövantaiden väli on 12,5 cm. Pelto kylvömuokattiin seitsemän metrisellä s-piikkiäkeellä ja kaura kylvettiin perään toteuttaen lannoitus suunnitelmaa (kuva 4). Koetta ei voitu toteuttaa määräsäätöautomatiikalla, joten lannoitus määrä säädettiin käsin. Käytössä oli kaksi puhelinta, jossa toisessa oli auki lannoitus suunnitelma ja toisessa oli auki Karttaseläin. Näiden avulla apukuski katsoi oikean lannoitus määrän kyseisellä kohdalla ja kylvöjä säätö Junkkarin G Wizard plus ohjaimella ennalta asetetut määrät, joka sähköisesti vaihtaa määrän kylvölannoittimelle. Kylvötiheytenä käytettiin 500 kpl/m², itävyys oli 95 % ja tuhannen jyvän paino 40,3 g. Näin saatiin kylvömääräksi 212 kg/ha, joka todettiin kiertokokeella.



Kuva 4. Lannoitussuunnitelma (soveltaen Cropsat, i.a.).

Pelto lannoitettiin YaraMila Y3 lannoitteella. Pelto jaettiin puoliksi, jossa tasalannoituspuoli lannoitettiin 5000 kg satotason mukaan, jolloin lannoitetta laitettiin 400 kg/ha. Paikkakohmainen puoli lannoitettiin 4000 kg ja 6000 kg satotason mukaan, jolloin lannoitetta laitettiin 4000 kg alueelle 320 kg/ha ja 6000 kg alueelle 480 kg/ha. Taulukosta 2 nähdään, kuinka paljon typpeä, fosforia ja kaliumia kaura sai kunkin satotason mukaan. Kuvassa 4 on lannoitussuunnitelma, jossa yläreunassa on tasalannoituspuoli, alareunassa tumman sininen alue on 6000 kg satotason mukaan lannoitettu ja vaalean sininen alue on 4000 kg satotason mukaan lannoitettu. Tasalannoituspuoli oli kooltaan 1,04 ha, 4000 kg alue noin 0,39 ha ja 6000 kg alue noin 0,3 ha. Kylvömuokkaus, kylvö ja lannoitussuunnitelman käyttö onnistui suunnitellusti.

Taulukko 2. Ravinteiden määrä lannoituksessa satotasoittain.

	4000 kg satotaso	5000 kg satotaso	6000 kg satotaso
Typpi	73,6 kg	92 kg	110,4 kg
Fosfori	9,6 kg	12 kg	14,4 kg
Kalium	25,6 kg	32 kg	38,4 kg

Koe toteutettiin Luukas-kauralla. Luonnonvarakeskuksen (Luke, i.a.) virallisten lajikokeiden tuloksista Luukas kauralla nähdään keskiarvoisen kasvuajan olevan 92,5 vrk ja tehoisan lämpösumman olleen 935 °C. Keskiarvoinen korrenpituus oli 92 cm ja lakoisuus 13 %.

Keskiarvoinen tuhannen jyvän paino oli 39 g, hehtolitrapaino oli 53,2 ja valkuainen 13,4 %. Keskiarvoinen sato oli 6166,0 kg/ha.

2.3 Havainnot kasvukaudelta

27.6. kasvusto oli orasvaiheessa BBCH asteikon mukaan 13-14 kasvuasteella (kuva 5). Hy5-ruutu oli tasainen, jossa ei rikkakasveja juurikaan ollut. He5- ja he4-ruudut olivat epätasaiset eikä kasvusto ollut kasvanut tasaisesti. Oletettavasti, kun he4-ruudun kohdalla vaihdettiin lannoituksen määrää, sen seurauksena kylvölannoitin ei vastaanottanut tietoa heti ja ruudun kasvustosta tuli siksi epätasainen ja harvempi. Molemmilla ruuduilla rikkakasveja oli muutamia. Hy6-ruudulla kasvusto oli tasainen, mutta rikkakasveja oli melkein yhtä paljon, kuin oraita. Tulokseksi saatiin hy5-ruudulle 386 orasta, he5-ruudulle 343 orasta, hy6-ruudulle 344 orasta ja he4-ruudulle 184 orasta.



Kuva 5. Orastumisvaiheella oleva kasvusto (Pohjasmäki, 2022 CC BY).

Kasvusto ruiskutettiin 1.7. BBCH asteikolla 15-17 MCPA:lla ja CDQ SX:llä. Molemmat kasvinsuojeluaineet ovat tarkoitettu rikkakasvien torjuntaan. Rikkakasvien torjunnan jälkeen laskettiin versoja 10.7. eikä rikkakasveja siten ollut havaittavissa (kuva 6). Kasvitaudeista esiintyi lehtilaikkua ja rengasruostetta. Kasvusto oli tasainen. He4 oli edelleen heikon näköinen, mutta muut ruudut näyttivät hyvin samankaltaisilta. Versoja oli hy5-ruudulla 159, he5 180, hy6 144 ja he4 130.



Kuva 6. Pensomisvaiheessa oleva kasvusto (Pohjasmäki, 2022 CC BY).

Kun 9.8 röyhyjä laskettiin, oli kasvusto kasvuasteella BBCH 71-73 ja koko kasvustossa oli havaittavissa pieniä korkeuseroja (kuva 7). Hy6 oli selkeästi muita ruutuja korkeampi, he4 oli kasvanut hyvin ja oli saanut röyhyjen lukumäärän perusteella he5-ruudun kiinni, mutta oli edelleen heikon näköinen. Hy5-ruudulla röyhyjä oli 287, he5-ruudulla 257, hy6-ruudulla 307 ja he4-ruudulla 253.



Kuva 7. Jyvän täyttymisvaihe (Pohjasmäki, 2022 CC BY).

Jyviä laskettiin 5.9. BBCH asteikolla 87 ja samalla mitattiin myös kasvuston korkeus. Kasvusto oli tasalannoituspuolella tasaista, pidempää kasvusto oli paikoilla, jossa oli lannoitettu 6000 kg satotason mukaan. Korkeimmillaan pellostä löytyi kohta, jossa kasvusto oli n. 105 cm korkea. Hy6-ruudulla kasvusto oli keskimäärin 90 cm korkea, he4-ruudulla 75 cm korkea, he5-ruudulla 70 cm korkea ja hy5-ruudulla 80 cm korkea. Jyviä oli hy5 10–38 kpl, he5 10–34 kpl, he4 10–24 kpl ja hy6 10–40 kpl.



Kuva 8. Pelto ennen puintia (Pohjasmäki, 2022 CC BY).

Pelto puitiin 21.9 Sampo Rosenlew 2085 puimurilla, kasvuston ollessa BBCH asteikolla 90 (kuva 8). Satokartoitus tehtiin Ceres 8000i satokartoittimella, joka kalibroitiin ennen puintia. Sää oli aurinkoinen ja lämpötila oli noin 10 °C. Ennen puintia satoi kuuroittain melkein viikon ajan. Sateiden seurauksena osa alueista, jossa lannoitus oli tehty 6000 kg satotason mukaan, oli laossa (kuva 9). Kosteus oli paikkakohtaisen lannoituksen puolella 15,9 % ja tasalannoituspuolella 15,6 % Wile 55 mitattuna. Pelto puitiin ensin kiertämällä pellon reunoja säiliöllisen verran, jonka jälkeen puimurin säiliö tyhjättiin. Seuraavaksi puitiin tasalannoituspuoli ja puimurin säiliö tyhjättiin ja viimeisenä paikkakohtaisen lannoituksen puoli puitiin ja puimurin säiliö tyhjättiin. Näin saatiin 2 l näytteet paikkakohtaiselta puolelta ja tasalannoituspuolelta. Lisäksi ennen puintia kerättiin röyhyjä käsin kaikilta neljältä ruudulta, jotka puitiin käsin tulosten mittausten yhteydessä.



Kuva 9. Lakoon mennyttä kauraa (Pohjasmäki, 2022 CC BY).

Kuoppatestit toteutettiin 2.10. pienessä tihkusateessa, mutta maa ei ollut vielä liian märkää kuoppatestien tekemiselle. Kuoppatestit tehtiin Mara-kortin avulla. Hy5-ruutu oli näistä neljästä ruudusta huonoin. Maa oli kevyesti tiivistä sekä kokkareista ja kokkareita joutui hajottamaan pientä voimaa käyttäen. Matoja ruudulta löytyi kaksi ja kasvujätettä oli maassa jäljellä edellisiltä vuosilta. He5-ruudulla maa oli kevyesti tiivistä, mutta maa hajosi helposti eikä suuria kokkareita tullut. Matoja eikä kasvijätettä ollut. Tämän kesäisiä juuria oli huomattavasti näytepalassa. He4-ruudulla maa oli kevyesti tiivistä, kokkareet isoja noin 5—10 cm kokoisia halkaisijaltaan, mutta hajosivat helposti ilman voimankäyttöä. Matoja oli kolme

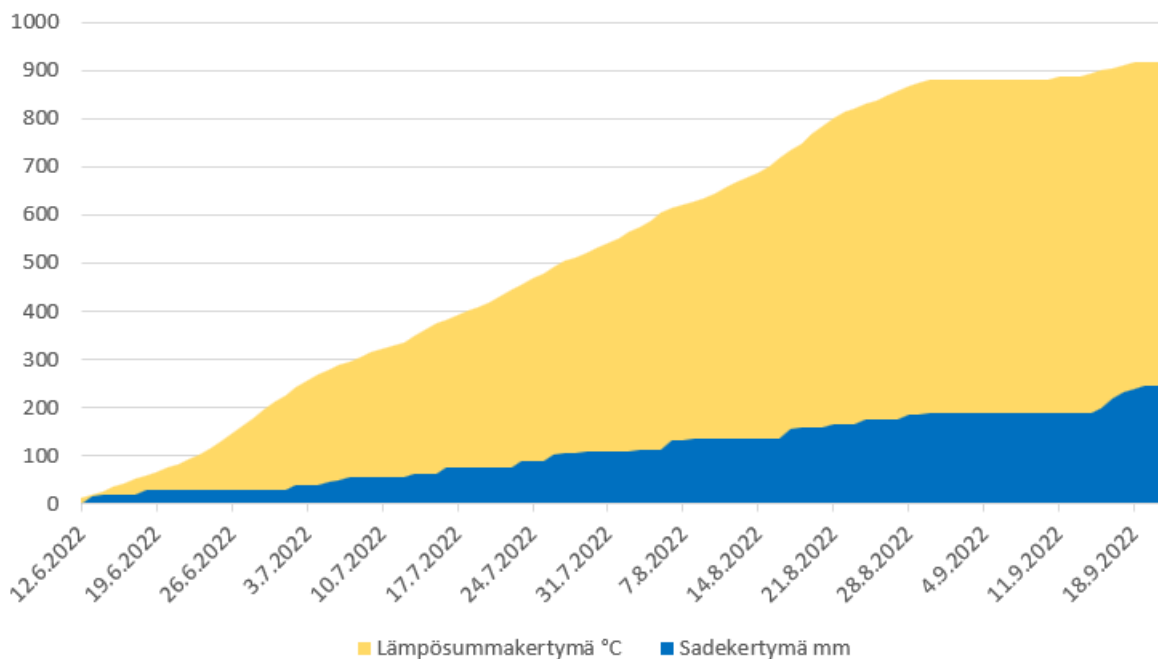
ja kasvujätettä oli edellisistä vuosilta. Hy6-ruudulla maa oli kevyesti tiivistä, kokkareet isoja, mutta helposti ilman voimaa hajoavia. Matoja ei ollut eikä kasvujätettä. Tämän kesän juuria oli huomattavasti näytepalassa.

3 TULOKSET

Saadusta sadosta mitattiin tuhannen jyvän paino ja hehtolitrapaino sekä NIR-mittarilla sadosta saatiin proteiini-, NDF-, tuhka-, raakakuitu- sekä rasvapitoisuus. Erilaisilla lannoitus-tasoilla saatiin eroja aikaan, joita alapuolella käsitellään.

3.1 KASVUKAUDEN OLOSUHTEET

Kesältä lämpötilat on kerätty Ilmatieteen laitoksen viralliselta mittauspisteeltä Virtain Äijännevalta, jonne on linnuntietä noin 9 km koelohkolta ja sademäärä on kerätty tilakeskuksesta, jonne on noin 3 km koelohkolta linnuntietä. Sademäärä on mitattu käsin sademittarilta.



Kuvio 2. Lämpösumma- ja sadekertymä Virroilla.

Kuviossa 2 on lämpösumma- ja sadekertymä ajalta, jolloin kaura on kylvetty peltoon ja puitu pois. Lämpösummaksi kesältä saatiin 917,4 °C ja sadetta kertyi yhteensä 245 mm. Heinäkuun vaihteessa oli kesän pisin lämmin jakso ja syyskuun alkupuolella oli yöpakasta. Sadetta tuli tasaisesti pitkin kesää. Kesäkuussa ja syyskuussa oli pidempi satamaton jakso. Kolmena päivänä kesällä satoi yli 20 mm.

Kesäkuun loppupuolen keskilämpötila oli 16,1 °C ja vettä satoi 28 mm. Heinäkuun keskilämpötila oli 15,6 °C ja satoi 79 mm, elokuun keskilämpötila oli 16,0 °C ja satoi 81 mm, syyskuun alkupuolen keskilämpötila oli 8,2 °C ja satoi 57 mm. Vertailun vuoksi katsottiin vuosien 1991-2020 lämpötilan keskiarvoa ja sademäärää Seinäjoelta kuukausittain. Kesäkuussa keskilämpötila oli 13,9 °C ja sademäärä 57 mm, heinäkuussa 16,5 °C ja 80 mm, elokuussa 14,7 °C ja 65 mm ja syyskuussa 9,7 °C ja 52 mm (Ilmatieteen laitos, i.a.). Näitä lukemia verrattaessa, huomataan kesä-, heinä- ja elokuun lämpötilojen olleen keskilämpötilasta korkeampia. Syyskuu oli kylmempi tänä vuonna verrattuna keskilämpötilaan. Kesäkuu oli tänä vuonna keskimääräistä kuivempi, kun taas elokuussa satoi keskimääräisestä n. 20 mm enemmän.

Lopputuloksena voidaan sanoa kesän keskilämpötilan olleen korkeampi kuin viimeisen 30 vuoden aikana ja alkukesän olleen kuivempi keskimääräisestä. Alkukesästä kasvin alkaessa kasvamaan ja kehittymään, on veden tarve tärkeää tässä tutkimuksessa, koska lannoitteet jaettiin kylvön yhteydessä ja ilman sadetta lannoite ei pääse liukenemaan maaperään eikä siten kasvin käyttöön.

3.2 SATOTULOKSET

Taulukon 3 perusteella nähdään, että orasvaiheessa hy5-ruutu oli kehittänyt eniten oraita, kun taas he4 oli vähiten. Versomisvaiheessa he5 oli paras ja heikoin oli he4. Röyhyjä eniten teki hy6-ruutu ja vähiten he4. Jyviä oli eniten hy6-ruudulla ja vähiten he4-ruudulla. Taulukon 4 perusteella parhain tuhannen jyvän paino oli he5-ruudulla ja huonoin hy5-ruudulla.

Taulukko 3. Kauran satokomponentit (kpl) ja korkeus (cm).

	Oraat (kpl)	Versot (kpl)	Röyhyt (kpl)	Jyvät (kpl)	Korkeus (cm)
Hyvä 6000	344	144	307	10—40	90
Hyvä 5000	387	159	287	10—38	80
Heikko 5000	343	180	257	10—34	75
Heikko 4000	184	130	253	10—24	70

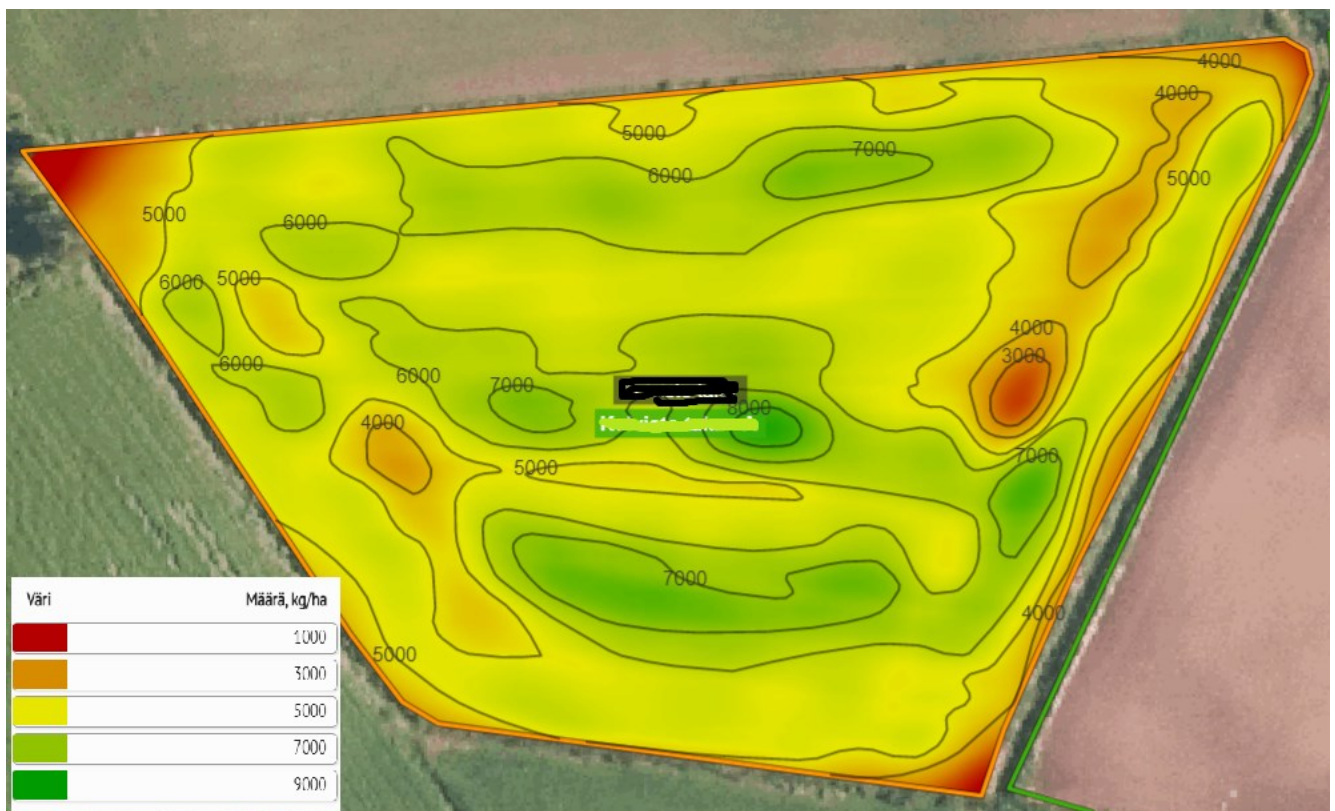
Hehtaarisato laskettiin taulukkoon 4 kaavan (1) mukaisesti (Lehmuskanta, V-W, 2018, s. 41).

$$\text{Röyhyjen määrä} \times \text{jyvien määrä röyhyssä} \times \text{tuhannen jyvän paino} / 100 \quad (1)$$

Taulukko 4. Koeruutujen hehtaarisato (kg/ha).

Ruutu	Hehtaarisato kg/ha
Hy6	4942,7
Hy5	3116,0
He5	3637,1
He4	2302,6

Kokonaissadoksi koelohkolta tuli 8400 kg satomittarin mukaan ja hehtaarisadoksi 4855 kg. Paikkakohtaisen lannoituksen ja tasalannoituksen keskiarvoisen hehtaarisadon ero oli vain 250 kg, tasalannoituspuolen hehtaarisadon ollen suurempi. Kuvassa 10 on puinin yhteydessä saatu satokartta, jossa on otettu huomioon sadot 1000-9000 kg/ha välillä. Satokartta tekeytyy myös silloin, kun leikkuupöytä on tyhjä tai ilmassa, joten punaiset vyöhykkeet satokarttaan ovat tulleet pöydännoston seurauksena. Paras hehtaarisato on 8000 kg/ha, joka saatiin 6000 kg satotason lannoitustason alueella. Kasvustoa oli mennyt lakoon ennen pintia sateiden seurauksena paikkakohtaisen lannoituksen alueella pellon oikeassa reunassa ojan vierestä. Muualla pellossa ei ollut lakokohtia. NIR-mittarin tulokset olivat molemmilta puolilta hyvin samanlaiset.



Kuva 10. Satokartta (soveltaen Minun Maatilani, i.a.).

Tuhannen jyvän paino, hehtolitrapaino ja NIR-mittarin tulokset ovat kerrottuina taulukoissa 5, 6 ja 7. NIR-mittarin toiminta perustuu lähi-infrapunavaloon ja sen näytteestä heijastuvuuteen (Korhonen, 2018, s. 13).

Taulukko 5. Tuhannen jyvän paino (g).

Ruutu	tuhannen jyvän paino (g)
Hy6	46
Hy5	32,9
He5	48,8
He4	47,9
Tasalannoitus	46
Paikkakohtainen lannoitus	42,3

Taulukko 6. Kauran hehtolitrapaino (kg/100 l).

	Wile 200	Hehtolitrapainovaaka
Paikkakohtainen lannoitus	46,8	47,2
Tasalannoitus	46,6	48

Taulukko 7. NIR-mittarin tulokset sadosta (%).

	Paikkakohtainen lannoitus	Tasalannoitus
Proteiini	8,59 %	8,7 %
Tuhka	5,14 %	5,01 %
NDF	26,74 %	27,44 %
Raakakuitu	9,49 %	9,83 %
Rasva	5,11 %	4,86 %

Paikkakohtaisen lannoituksen sato vaihteli 5000—8000 kg hehtaarisadon välillä, ottaen huomioon pöydännoston 4000 kg kohdalla. Paikkakohtaisen lannoituksen koeruutujen perusteella laskettu keskiarvoinen sato oli 3622 kg ja tuhannen jyvän painon keskiarvo 46,95 g. 6000 kg lannoituksessa kasvi käytti eniten voimaa korrenkasvuun, juuriin ja jyviin. Jyvien proteiinipitoisuus oli paikkakohtaisella lannoituksella hieman tasalannoituspuolta pienempi, mikä kertoo ravinteiden käytön kohdistuneen enemmän korsien ja juurien kasvuun. Koska korsi oli tällä alueella pitkää ja kasvukauden aikana ei käytetty korrensäädettä, sade kaatoi sadon helpommin maahan. Hy6-ruudun perusteella jyvät olivat myös suurimmat ja painavimmat verrattuna muihin ruutuihin. On kuitenkin mahdollista, että lakoontumisen seurauksena turvonneet jyvät ovat aiheuttaneet todellisuutta suuremman sadon paikkakohtaisella lannoituksella. Oraita hy6-ruutu kehitti parhaiten, mutta versoja ei niinkään.

Tuloksia tarkisteltaessa 4000 kg satotason mukaan lannoitetut alueet kasvoivat heikoiden he4-ruudun perusteella ja he4-ruudun hehtaarisato oli pienin. NDVI kuvan (kuva 2) perusteella olisi 4000 kg satotason mukaan lannoitetulla alueella ollut enemmän satopotentiaalia, kun tarkastellaan tasalannoituspuolen NDVI-indeksiä. Oraita oli puolet vähemmän verrattuna muihin ruutuihin, mutta versovaiheessa he4 oli ottanut kiinni muita ruutuja. Röyhyjä oli viisi kappaletta vähemmän ja jyviä oli 0–10 kappaletta vähemmän verrattuna he5-ruutuun. He4-ruudun tuhannen jyvän paino oli toiseksi suurin. Tässä tutkimuksessa pitää ottaa huomioon he4-ruudulla tapahtunut lannoitteen määrän vaihdon epäonnistuminen, joka heikentää tulosta.

Tasalannoituspuolen koeruutujen tuhannen jyvän painon keskiarvo oli 40,85 g ja hehtaarisadon keskiarvo 3376 kg. Hy5-ruutu kehittyi paremmin, mutta he5-ruutu kehitti paremman sadon ja tuhannen jyvän painon. Hy5-ruudun tuhannen jyvän paino oli poikkeuksellisen pieni 32,9 g. On mahdollista, että jyvät eivät olleet tällä alueella täysin kehittyneitä ja eivät täytyneet, mistä pieni paino johtuu. Kasvukauden aikana ei kuitenkaan tältä ruudulta havainnoitu mitään poikkeuksellista esimerkiksi pientä pituuskasvua, harvaa kasvustoa tai erityistä tautikohtaa.

3.3 TULOSTEN TULKINTA

Kylvövaiheessa ei tiedetä tulevan kasvukauden onnistumista, joten lannoitteen määrän vähentäminen tällöin voisi olla hyvä ratkaisu niin, että hyvänä kesänä voi tarvittaessa lisälannoittaa kasvustoa ja huonona ei panosta lannoitukseen kylvövaiheen lannoitusta enempää. Lannoitusta laskettaessa, pitää muistaa maan varastoravinteet, ettei maata köyhdytä käyttämällä liian pientä lannoitusmäärää sekä fosforin tasaus viidelle vuodelle. Koelohkolta vuonna 2019 otetun viljavuusanalyysin mukaan fosforin, kalsiumin, magnesiumin ja rikin pitoisuudet ovat välttäviä ja kaliumin huononlainen. Näiden ravinnepitoisuuksien parantamisen jälkeen voisi pienemmällä lannoitusmäärällä saada paremman hehtaarisadon.

Kasvukauden aikana lämpöisten päivien aikana satoi vettä tasaisesti, joten stressaavia kasvuolosuhteita ei ollut. Vesisade kylvön jälkeen varmisti hyvän kasvuun lähdön kauralle. Ennen puintia tulleet sadekuurot kuitenkin aiheuttivat lakoontumista. Luken (i.a.)

virallisiin kokeisiin verrattuna kasvuaika tässä tutkimuksessa oli pidempi kuin Luken kokeissa, mutta tehoisa lämpösumma jäi 17,4 °C alhaisemmaksi. Tehoisan lämpösumman vähyys suhteessa kasvuaikaan voi siis olla yksi mahdollinen tulosta alentava tekijä.

Maata analysoidessa kuoppatestien avulla koeruutujen välillä ei ollut suurta eroavaisuutta havaittavissa. Hy5-ruudun kohdalla maa oli tiivein, mutta ei niin tiivistä, että sillä voitaisiin perustella eri satotasoja. Eloperäistä ainesta sekä lieroja löytyi Hy5- sekä He4-ruuduilta, mikä kertoo maan hyvästä kasvukunnosta. Kuoppatestien perusteella voidaan sanoa, että maa oli optimaalinen kauran kasvualusta. Vaikka kuoppatestejä tehdessä maa ei ollut huomattavan kosteaa, on otettava kuitenkin huomioon kosteuden mahdollinen vaikutus maan tiiviyyteen sekä lierojen lukumäärään.

Tasalannoituspuolen lannoitustaso oli ohjeellinen määrä kauralle kyseisellä peltolohkolla Minun Maatilani -ohjelmalla, joten tässä työssä sitä käytetään keskimääräisenä lannoitustasona. Kokeen tuloksien perusteella lannoitusmäärää nostamalla keskimääräisestä saadaan suurempi sato. Pitää kuitenkin muistaa, ettei monena vuonna voi lannoittaa liikaa keskiarvoisesta satotason lannoitusmäärästä, mikä voisi aiheuttaa esimerkiksi sen, että ylimääräiset ravinteet huuhtoutuisivat vesistöihin ja pohjavesiin, mikä aiheuttaisi myös taloudellista tappiota viljelijälle. Tutkimuksessa alueet, jossa oli yli keskiarvoa suurempi lannoitus, osa kasvustosta meni lakoon, jolloin myös pitäisi panostaa korrensäätöeseen. Alle keskiarvoiset lannoitusalueet pärjäsivät hyvin tässä tutkimuksessa, joten voisi myös harkita keskiarvoisesta lannoitusmäärästä lannoitteen vähentämistä. Vaikka tässä kokeessa saatiin suurempi sato suuremmalla lannoitusmäärällä, ei esimerkiksi veden tai lämmön puutetta ja sen aiheuttamien haittojen vaikutuksia, voi korvata nostamalla lannoitusta.

Tutkimuksessa haettiin vastausta siihen, vaikuttaako lannoitteen määrän säätely kylvön yhteydessä kauran satotasoon. Vastaukseksi tähän tutkimuskysymykseen saatiin, että lannoitteen määrän säätely kylvön yhteydessä vaikuttaa kauran satotasoon. Nostamalla keskiarvoisesta satotasosta lannoitusmäärää, voidaan näiden tuloksien pohjalta saada parempi sato. Tässä tutkimuksessa ei käytetty korrensäädettä, joka olisi voinut estää tai vähentää lakoalueita. Lannoitus tehtäessä paikkakohtaisesti kylvölannoituksena, olisi korrensäädettä lisäksi tarpeen.

Nollahypoteesina pidettiin, että saatu sato on sama kummallakin puolella. Verratessa paikkakohtaista- ja tasalannoituspuolta, ruuduista saatujen hehtaarisatojen keskiarvot olivat melkein samat, paikkakohtaisen lannoituksen keskiarvon ollen vain noin 250 kg suurempi. Paikkakohtaisen lannoituksen koeruutujen tuhannen jyvän painon keskiarvo oli 46,95 g ja tasalannoituspuolen 40,85 g, mikä kertoo, että suuremman satopotentiaalin alueen lannoitus suuremmalla lannoitusmäärällä tuotti paremman sadon. Tasalannoituspuolella sijainneen hy5-ruudun huomattavan pieni tuhannen jyvän paino voi selittyä alikehittyneillä jyvillä. Sato oli tasainen koko pellolla, kun tarkastellaan kuvaa 10 ja hehtolitrainoa. Luken (i.a.) virallisten lajikekokeiden keskiarvotuloksiin verrattaessa hehtaarisato, hehtolitraino sekä valkuaisprosentti olivat tässä kokeessa heikommat. Korsien pituudetkin olivat lajikekokeiden keskiarvoa lyhyemmät. Heikommat sadot saatiin jokaisella lannoitusmäärällä.

Tässä tutkimuksessa tutkittiin lannoitteen määrän säätöä paikkakohtaisesti kylvön yhteydessä ja sen vaikutusta satoon. Sadon vaihtelulle saatiin tuloksia havaintoruutujen perusteella ja suurin satoon ja sen laatuun vaikuttaneet tekijät voidaan päätellä olleen kalium ja fosfori. Peltolohko olisi tarvinnut kaliumia 50 kg/ha ja fosforia 16 kg/ha viljavuustuloksien perusteella. 4000 kg satotason lannoitustasossa kaliumia olisi tarvittu 24 kg/ha lisää. 6000 kg satotason lannoitustasossa kaliumia tuli 11,6 kg/ha lisää. 4000 kg satotason lannoitustasossa fosforia olisi tarvittu 6,4 kg/ha lisää. 6000 kg satotason lannoitustasossa fosforia olisi tarvittu 1,6 kg/ha lisää. Sadon laadusta ja määrästä päätellen kaura olisi vaatinut myös lisää typpeä kasvukauden aikana. Peltolohkolta paremman sadon saavuttamiseksi määrällisesti ja laadullisesti, kasvusto olisi vaatinut lisälannoituksen.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kokeen tuloksien perusteella kaura olisi vaatinut kasvukaudella lisälannoituksen. Kaliumin ja fosforin vähäinen saanti luultavasti aiheutti pienemmän sadon kuin mihin olisi ollut potentiaalista päästä. Myös korrensäade olisi ollut tarpeen, jotta kasvusto ei olisi mennyt laakoon. Paikkakohtaisen ja tasalannoituksen hehtaarisatojen ero oli vain 250 kg. Tässä lannoituskokeessa 5000 kg satotason lannoitustaso oli kauralle ohjeellinen lannoitustaso Minun Maatilani -ohjelman mukaan. Kokeen tuloksien perusteella voidaan päätellä lannoitustason vähentämisen olevan mahdollista ja näin kustannuksia sekä ympäristöä säästävää. Myöhemmin voi tarvittaessa tehdä lisälannoituksen. Lannoituksen määrää lisäämällä saatiin suurempi sato. Tämän kokeen aikana tehoisaa lämpösummaa ja sadekertymää kertyi optimaalisesti, mutta stressaavissa olosuhteissa, kuten liian kuivissa tai märissä olosuhteissa lannoituksella ei pystytä parantamaan satoa. Kokeessa hypoteesi toteutui eli sato oli samansuuruinen kummallakin lannoitustavalla. Vastaus myös tutkimuskysymykseen oli myöntävä. Lannoitustaso vaikuttaa satotasoon. Suuremmalla lannoitustasolla saatiin suurempi sato ja pienemmällä lannoitustasolla pienempi sato.

LÄHTEET

Agrocares. (i.a.). *What is the difference between precision, digital and smart farming?* <https://www.agrocares.com/2020/10/30/what-is-the-difference-between-precision-digital-and-smart-farming/>

Cropsat. (i.a.). <https://cropsat.com/fi>

Da Silva, J.G. (i.a.). *Feeding the world sustainably. United Nations.* <https://www.un.org/en/chronicle/article/feeding-world-sustainably>

Department of economic and social affairs. (2019). *How certain are the United Nations global population projections?* (Population facts 2019/6). United Nations. https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/popfacts/PopFacts_2019-6.pdf

Digimaatalous. (i.a.). *Teknologia abc.* <https://www.digimaatalous.fi/maatalouden-teknologia-abc-sanastoa/>

Digimaatalous. (9.11.2020). *Satokartoitus leikkuupuinnissa.* <https://www.digimaatalous.fi/satokartoitus-leikkuupuinnissa/>

Digimaatalous. (27.11.2020). *Määränsäätöautomaattikka täsmäviljelyssä.* <https://www.digimaatalous.fi/maaransaatoautomaattikka-tasmaviljelyssa/>

DTN. (2021). *Precision farming vs digital farming vs smart farming: What's the difference?* <https://www.dtn.com/precision-farming-vs-digital-farming-vs-smart-farming-whats-the-difference/>

Euroopan komissio. (i.a.). *Maatalous ja vihreän kehityksen ohjelma.* https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/agriculture-and-green-deal_fi

Farmit. (i.a.). *Lannoituksen jakaminen.* <https://www.farmit.net/kasvinviljely/lannoitus/suunnittelu/jaettu-lannoitus>

Hankkija. (2021). *Täsmäviljely Suomessa: Resurssitehokas viljely.* [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=M-tGr1bN01s>

Hopkins, M. (2009). *Perspective: Defining precision agriculture.* Precisionag. <https://www.precisionag.com/market-watch/perspective-defining-precision-agriculture/>

Kantola, A. (2022). Kiinnostus täsmäviljelyyn kasvaa. *Maaseudun tulevaisuus*, 105(1), 10–10.

- Katainen, M. (2017). *Talviaikaisen kasvipeitteisyyden kaukokartoitus*. <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BDAC75C18-C7A7-40EF-83D8-984DA44BC3F3%7D/127792>
- Kiviranta, T. (2022). Tavoitteena on parantaa viljelyn kannattavuutta. *Maaseudun tulevaisuus*, 105(1), 10–10. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/8a8145a0-29f3-53cd-aa58-8aa913f6074f>
- Knaapi, J. (2014a). Täsmäviljely: Lohkon viljelyvyöhykkeiden määrittely maaperäskannauksella. Teoksessa M. Järvenpää, P. Savela & T. Harmoninen (toim.), *Teknologian hyödyntäminen maatilalla* (s. 54). (Tieto tuottamaan 140). ProAgria Keskusten liitto.
- Knaapi, J. (2014b). Täsmäviljely: Täsmäviljelyn kokonaisjärjestelmä. Teoksessa M. Järvenpää, P. Savela & T. Harmoninen (toim.), *Teknologian hyödyntäminen maatilalla* (s. 52–53). (Tieto tuottamaan 140). ProAgria Keskusten liitto.
- Korhonen, A. (2018). *NIR-laitteen kalibrointi härkävavun proteiinipitoisuudelle*. [AMK-opinnäytetyö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201805097341>
- Ilmatieteen laitos. (i.a.). *Lämpötila- ja sadetilastoja vuodesta 1961*. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tilastoja-vuodesta-1961>
- Lantmännen Agro. (i.a.). *Kaura*. <https://www.lantmannenagro.fi/palvelut-ja-innovaatiot/viljely/viljelyohjelmat/kaura/>
- Lehmuskanta, V-W. (2018). *Alennetun kylvötiheyden vaikutukset moderneilla kauralajikkeilla*. [AMK-opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201803293957>
- Luonnonvarakeskus (Luke). (i.a.). *Kaura, 2014—2021, viralliset lajikekokeet*. Valitut muuttajat: Luukas, Luukas, sato (kg/ha), kasvuaika (vrk), lämpösumma, lako (%), pituus (cm), tjp (g) ja estimaatti. https://px.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/maatalous/maatalous_lajikekokeet_julkaisuvuosi_2021_sato_kaura/150100sato_kaura.px/
- Minun Maatilani. (i.a.). *Kartat: satokartat*. <https://app.minunmaatilani.fi/plant/fi-FI/995091674-0000000/wisu/map>
- Maanmittauslaitos. (i.a.-a.). *Paikkatietoikkuna: maastokartta, maaperä 1:20000*. [Kartta]. <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>
- Maanmittauslaitos. (i.a.-b.). *Satelliittipaikannus*. <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematieto/satelliittipaikannus>

- Oliver, M.A. (2018). Precision agriculture and food security: An overview of precision agriculture. Teoksessa M.A. Oliver, F.A. Bishop, & B.P. Marchant (toim.), *Precision agriculture for sustainability and environmental protection* (s. 3–19). (Earthscan from Routledge). Routledge, Taylor & Francis Group.
- Oristo, U., & Oksanen, T. (2022). *Täsmäviljelyllä voidaan parantaa viljelyn kannattavuutta ympäristöä säästäen: Esittelyssä yhdeksän täsmäviljelymenetelmää*. Koneviesti. <https://www.koneviesti.fi/maatalous/artikkeli-1.1759804>
- Palva, R & Lajunen, A. (2021). *Maaperäskannaus*. Digimaatalous. <https://www.digimaatalous.fi/maaperaskannaus/>
- Pesonen, L., Kaivosoja, J., & Suomi, P. (2010). *Täsmäviljely ja ravinteiden käytön tarkentaminen*. (Teho-hankkeen julkaisuja 5/2010). Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/94183/T%c3%a4sm%c3%a4viljely%20ja%20ravinteiden%20k%c3%a4yt%c3%b6n%20tarkentaminen.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Pietola, L. (2022). *Ruuantuotannon hiili-euro-ohjelma valmistelussa*. Maa- ja metsätaloustuottajainliitto (MTK). <https://www.mtk.fi/-/hiilieuuro>
- Proagria. (2019). *Tunnetko jo täsmäviljelyn?* <https://etela-pohjanmaa.proagria.fi/ajankoh-taista/tunnetko-jo-tasmaviljelyn-11891>
- Proagria Etelä-Suomi. (2018). *Tehoa typpilannoitukseen: Jaettu lannoitus*. (Pirkanmaan maatalousympäristön haasteet- hanke 2/9, 2018). https://www.proagria.fi/uploads/archive/attachment/toimintamalli_typhen_jaettu_lannoitus_0.pdf
- Rahko, J. (2020). *Määränsäätöautomaattikka täsmäviljelyssä*. Digimaatalous. <https://www.digimaatalous.fi/maaransaatoautomaattikka-tasmaviljelyssa/>
- Ruralia-instituutti. (2021). MARA-kortti maan rakenteen aistinvaraiseen arviointiin. Helsingin yliopisto. <https://www2.helsinki.fi/fi/ruralia-instituutti/mara-kortti-maan-rakenteen-aisinvaraiseen-arviointiin>
- Schepel, I. (2000). Maan kasvukunto: Viljavuuden mittaaminen. Teoksessa K. Ahlfors, R. Kuusinen, M. Pihlaja & H. Teräväinen, *Luomuviljan tuotanto* (s. 20). (Tieto tuottamaan 86). Maaseutukeskusten liitto.
- Srinivasan, A. (2006). Precision agriculture: an overview: Basics of precision agriculture. Teoksessa A. Srinivasan (toim.), *Handbook of precision agriculture: Principles and applications*. (s. 3–18). Food product press.
- Suomi, P. (2014a). Traktori-työkoneyhdistelmät: Standardisoitu tiedonsiirto. Teoksessa M. Järvenpää, P. Savela & T. Harmoninen (toim.), *Teknologian hyödyntäminen maatilalla* (s.37–42). (Tieto tuottamaan 140). ProAgria Keskusten liitto.

- Suomi, P. (2014b). Täsmäviljely: Johdanto lukuun. Teoksessa M. Järvenpää, P. Savela & T. Harmoninen (toim.), *Teknologian hyödyntäminen maatilalla* (s.49). (Tieto tuottamaan 140). ProAgria Keskusten liitto.
- Säästöpankkiryhmä. (2022). Maatilojen kriisi herättää suurta huolta säästöpankissa: Ruoantuotannon hiipuminen on uhka Suomen huoltovarmuudelle. <https://www.saastopankki.fi/fi-fi/media/ajankohtaista/2022/03/maatilojen-kriisi-herattaa-suurta-huolta-saastopankissa-ruoantuotannon-hiipuminen-on-uhka-suomen-huo>
- Tsibart, A., Haumont, J., & Saeys, W. (i.a.). *Site-specific fertilization*. Futurelearn. <https://www.futurelearn.com/info/courses/revolutionising-the-food-chain/0/steps/170928>
- Uudet teknologiat & maatalous. (2021). *Alkuun täsmäviljelyssä osa 1: Täsmäviljelyn ABC*. [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=qaJi2maQi5A>
- Vilja-alan yhteistyöryhmä (VYR). (2013). Kauran viljelijän huoneentaulu: Peruskaurasta paremmaksi. https://www.vyr.fi/document/1/72/471e9de/oppaat_ef526c3_kauran_viljelijan_huoneentaulu_suomi.pdf
- Yang, C., Sui, R., & Suk Lee, W. (2016). Precision agriculture in large-scale mechanized farming: Precision fertilizer application. Teoksessa Q, Zhang (toim.), *Precision agriculture technology for crop farming* (s. 177-211). Taylor & Francis Group. <https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/41698>
- Yara. (2010). *Kauran lannoitus*. Farmit. <https://www.farmit.net/kasvinviljely/kaura/rehukaura/lannoitus>