



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
LUONNONVARA- JA YMPÄRISTÖALA

TYPEN LISÄLANNOITUSTARPEEN SELVITTÄMINEN VILJAKASVEILLA LEHTIVIHREÄMITTAUKSELLE

Viljelijäohje lehtivihreämittauksesta ja lisätippitarpeen määrittämisestä

TEKIJÄ: Essi Simola

Koulutusala Luonnonvara- ja ympäristöala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Agrologin tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Essi Simola			
Työn nimi Typen lisälannoitustarpeen selvittäminen viljakasveilla lehtivihreämittauksella			
Päiväys	14.4.2020	Sivumäärä/Liitteet	60/3
Ohjaajat Kirsi Mäkinen, Heli Wahlroos			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Hankkija Oy, Juha Salopelto			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Kevätviljojen lannoitus tehdään yleensä kerralla kylvön yhteydessä. Tällöin kylvölannoituksessa annetaan kasvien tarvitsemat ravinteet eli typpi, fosfori ja kalium. Jaetussa lannoituksessa viljoille annetaan keväällä suurin osa kasvin tarvitsemasta typestä ja loppu typpi annetaan kasvukaudella. Kasvukaudella jaettava lisätyppilannoitus tehdään kasvuston tarpeen sekä kasvukauden olosuhteiden mukaan. Kasvuston typen riittävyys voidaan määrittää lehtivihreä- eli SPAD-mittarilla, joka mittaa kasvin lehtivihreäpitoisuutta. Lehtivihreäpitoisuus on verrattavissa kasvin typpimäärään.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa viljelijäohje lehtivihreä- eli SPAD-mittareilla mittaamisesta ja typen lisälannoitustarpeen määrittämisestä viljakasveilla. Lisäksi viljelijäohjeessa opastetaan viljelijää hyödyntämään Yara CropSAT-satelliittipalvelua, joka mittaa pellon NDVI-kasvillisuusindeksiä. Opinnäytetyössä käsiteltiin viljoista kauraa, ohraa, mallasohraa ja kevätkuivaa. Työn tavoitteena oli kenttätutkimuksella tutkia Savonia-ammattikorkeakoulussa käytössä olleen halvan lehtivihreämittarin, HAD-YL6 Chlorophyll meterin, luotettavuutta verrattuna kalliimpaan Yara N-Tester-lehtivihreämittariin, joka saatiin käyttöön Hankkijalta. Kenttätutkimuksen myötä haluttiin selvittää jo olemassa olevien lehtivihreäsuositusarvojen lisäksi, viljojen muista kehitysvaiheista ohjeellisia lehtivihreäarvoja. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Hankkija Oy ja yhteyshenkilönä toimi Juha Salopelto.</p> <p>Opinnäytetyön kenttätutkimusosio toteutettiin Hankkija Oy:n koeruuksella Elimäellä. Kenttätutkimuksessa saatiin selvitettyä molemmille SPAD-mittareille ohjeellisia lehtivihreäsuositusarvoja korrenkasvu-, tähkälle ja röhylle tulovaiheisiin sekä jyvän täyttymis- ja tuleentumisvaiheeseen. Chlorophyll meter -mittarille selvitettiin muuntokerroin, jolla voidaan muuttaa kyseisellä mittarilla mitattu SPAD-arvo N-Testerillä vastaavaksi SPAD-arvoksi. Lisäksi satotaso- ja valkuaispitoisuustiedoilla saatiin tarkennettua millä SPAD-arvoilla päädyttiin mihinkin satotsoon tai valkuaispitoisuuteen käytännössä. Viljelijäohje toteutettiin tutkimuksesta saatujen tuloksien ja opinnäytetyössä käytettyjen kirjallisten lähteiden avulla.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena syntyi tiivis ja selkeä kaksisivuinen viljelijäohje Yara CropSAT -satelliittipalvelun hyödyntämisestä lehtivihreämittauksissa sekä typen lisälannoitustarpeen määrittämisestä kasvustosta mitattujen lehtivihreäarvojen perusteella. Viljelijäohje on käyttökelpoinen useilla SPAD-mittareilla. Viljelijäohjeeseen on koottu ohjeet lehtivihreän mittaamisesta, eri SPAD-mittareiden ohjeelliset SPAD-suositusarvot eri kehitysvaiheissa, muuntokerroin Chlorophyll meter -mittarille ja ohjeistus tarvittavan lisätyppilannoituksen määrittämiseen. Viljelijäohje on saatavilla internetistä. Viljelijäohjeen kohderyhmänä ovat viljojen viljelijät.</p>			
Avainsanat lehtivihreä, lisälannoitus, typpi			

Field of Study Natural Resources and the Environment			
Degree Programme Degree Programme in Agriculture and rural Industries			
Author Essi Simola			
Title of Thesis Determination of need of additional fertilization for grain crops trough chlorophyll measuring with a SPAD-meter			
Date	14.4.2020	Pages/Appendices	60/3
Supervisors Kirsi Mäkineniemi, Heli Wahlroos			
Client Organisation /Partners Hankkija Oy, Juha Salopelto			
<p>Abstract</p> <p>Spring grains are usually fertilized during planting. The crops get all the necessary nutrients: nitrogen, phosphorus and potassium. In divided fertilization, the crops are given most of the needed nitrogen in spring and the rest is given during the growth season. Additional fertilization is given according to the plant growth and the growth conditions. A SPAD meter can be used to determine the need of fertilization. The meter measures chlorophyll levels which are compared to nitrogen levels.</p> <p>The goal of the thesis was to provide a guide for farmers to utilize the SPAD-meter in determining the need of additional (nitrogen) fertilization in cereal crops. Additionally, the farmers guide shows farmers, how to use Yara CropSat-satellite service, which measures the fields fertility index. Thesis deals with crop varieties of oats, barley, wheat, malt barley and spring wheat. During the field research the cheap chlorophyll meter, the HAD-YL6, owned by the Savonia the University of Applied Sciences, was tested for reliability against the more expensive Yara N-Tester, provided by Hankkija Oy. During the field research, more values for chlorophyll density in crops in different growing stages were determined and tabled. The measurements were made in co-operation with the client organisation Hankkija Oy and Juha Salopelto.</p> <p>The field research part of the thesis was carried out at Hankkija Oy's plot field in Elimäki. The measurements carried out were able to provide enough information to plan directives for chlorophyll values. For the cheaper HAD-YL6 Chlorophyll meter a reduction factor was calculated to change the values to correlate with the more expensive Yara N-tester. Yield and protein content information revealed which SPAD values were needed for a certain level. The guide for farmers was made according to the results of the field research and the written sources of the thesis.</p> <p>The guide for farmers is clear and straight to the point and it consists of two pages. It helps farmers to utilize the Yara CropSat-satellite service with chlorophyll measuring and it helps to determine the need of nitrogen fertilization. The guide works with several chlorophyll meters. The guide for farmers is available on the Internet for all farmers.</p>			
<p>Keywords chlorophyll, additional fertilization, nitrogen</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	VILJAKASVIT JA LEHTIVIHREÄ	8
2.1	Viljojen laatuvaatimukset ja viljalajien ominaisuudet	9
2.2	Typpi kasvien ravinteena	10
2.3	Lannoituksen jakaminen ja lisätyppilannoitus kasvukaudella	11
2.4	Viljan kehitysasteet lisätyppilannoituksessa	13
2.5	Lisätyppitarpeen määrittäminen kasvukaudella	15
2.5.1	Lehtivihreä.....	15
2.5.2	Lannoitusikkuna lehtivihreämittauksissa.....	16
2.5.3	CropSAT-palvelun käyttäminen SPAD-mittauksissa ja täsmälannoitus	18
3	KEHITTÄMISTYÖN TOTEUTUS.....	20
3.1	Kenttätutkimuksen materiaalit ja menetelmät	20
3.1.1	Mittauksissa käytetyt SPAD-mittarit	20
3.1.2	Koepaikka.....	22
3.1.3	Mittauksissa käytetyt lajikkeet.....	23
3.1.4	Koeruutujen käsittelyt	24
3.1.5	SPAD-mittausten, kehitysastehavaintojen ja kasvien korkeusmittausten toteutustapa ja ajankohdat	26
3.1.6	Tulosten tallennus ja tilastolliset analyysit.....	27
3.1.7	Mitatuista kasvustoista tehdyt muut analyysit	28
3.2	Viljelijäohjeen laatiminen	28
4	KENTTÄTUTKIMUKSEN TULOKSET	30
4.1	Kasvukauden sääolosuhteet ja mittauspäivien sää.....	30
4.2	SPAD-mittaustulokset säästöversion lajikkeilla	33
4.3	SPAD-mittaustulokset Kasvuohjelman koelajikkeilla	37
4.4	Koelajikkeiden sato- ja valkuaispitoisuus.....	42
4.5	SPAD-mittareiden korrelaatio ja muuntokerroin.....	45
5	VILJELIJÄOHJEEN TOTEUTUS.....	47
5.1	Viljelijäohjeen rakenne	47
5.2	Viljelijäohjeen käyttöohje.....	49
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	52

7 POHDINTA.....	54
LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	55
LIITE 1: ZADOKS-KEHITYSASTETAULUKKO	61
LIITE 2: MITTAUSTULOSTEN EXCEL-TAULUKKO	63
LIITE 3: VILJELIJÄOHJE	66

1 JOHDANTO

Kasvien typen tarpeen selvittäminen kasvukaudella on tärkeää, koska typpi on kasville tärkein ravinne sen kasvuun ja sadon muodostukseen. Viljan typensaanti vaikuttaa satotasoon sekä valkuaispitoisuuteen ja siten sadon laatuun. (Salo, Kangas, Pietola, Kerminen ja Rajala 2003, 39.) Kasvien soluissa on viherhiukkasia, jotka sisältävät lehtivihreää. Se tuo kasvustoon vihreän värin ja lehtivihreä tarvitsee typpeä rakennusaineekseen. (Terävä ja Kanervo 2008, 25.) Viljelijä pystyy määrittämään kasvuston työntarpeen kasvukaudella suuntaa antavasti mittaamalla kasvin lehtivihreäpitoisuuden lehtivihreämittarilla (Vuori 2006, 12).

Ympäristön suojelun kannalta peltoihin levitettävän lannoitteen määrää tarkkaillaan entistä tarkemmin, jotta vesien mukana ei huuhtoutuisi ravinteita pellosto muuhun ympäristöön. Huuhtoutuvien ravinteiden kannalta olisi tärkeää lannoittaa vain kasvien oikeaan tarpeeseen. (Puustinen 2009, 89.) Typpilannoitteiden käyttö aiheuttaa myös ammoniakkipäästöjä eli kaasumaisia päästöjä ilmakehään (MTK 2017). Lisäksi viljelijän kannalta typpilannoituksen jakamisella on myös taloudellinen merkitys, koska siten voidaan säästää lannoituskustannuksissa. Tällä hetkellä typpilannoitteen hinta on Maaseudun Tulevaisuuden kokoamien lannoitehintatietojen mukaan 1,01 €/kg. Esimerkiksi YaraBela Axan-typpilannoite on hinnaltaan 273 €/tn, ja lannoite sisältää typpeä 27 %. (Maaseudun Tulevaisuus 2019.) Viljelijän kannalta taloudellisuus ja kasveille tarpeellinen typpi olisi tärkeitä huomioida, jotta lannoitus ei tuotantopanoksena menisi hukkaan.

Opinnäytetyön idea on syntynyt viljelijöiden tarpeesta ja varsinainen aihe on Savonia-ammattikorkeakoulun kasvituotannonlehtorilta Kirsi Mäkiniehmeltä. Opinnäytetyön aiheena on lehtivihreän mittaaminen SPAD-mittarilla ja lisätyppilannoitus tarpeen määrittäminen. Opinnäytetyölle etsittiin aiheesta kiinnostunutta toimeksiantajaa, koska SPAD-mittauksia varten tarvitaan mitattavaa kasvustoa. Hankkija Oy toimii opinnäytetyön toimeksiantajana. Opinnäytetyön kenttätutkimusosio tehdään Hankkija Oy:n koeruuokentällä ja SPAD-mittauksissa käytetään Hankkijan Yara N-Tester-lehtivihreämittaria. Toimeksiantajalle mitataan myös N-Tester-mittarilla koelajikkeet, jotka eivät tule opinnäytetyöhön.

Tällä hetkellä viljelijöiden käytettävissä on useanmallisia lehtivihreä- eli SPAD-mittareita. Tämän lisäksi nykYTEknologia auttaa viljelijää seuraamaan kasvuston kasvutilannetta kuvantamalla kasvustoja, esimerkiksi Yaran CropSAT-satelliittipalvelulla. Ongelmana on, että viljelijät tarvitsisivat tietoa lehtivihreänmittaamisesta ja CropSAT-palvelun hyödyntämisestä osana lehtivihreämittauksia. CropSAT-palvelun antaman kasvustokartan avulla viljelijä pystyy havaitsemaan pellossaan kohdat, jotka tarvitsisivat lisätyppeä. Satelliittipalvelulla kuvataan kasvustoja satelliitilla yöilmoista. CropSAT-palvelu suosittelee viljelijää vielä tarkentamaan lohkon typen tarpeen paikan päällä, joten SPAD-mittari toimii kasvustossa työntarpeen mittausvälineenä. (Yara 2019.)

Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa viljelijäohje SPAD-mittareille, joilla voidaan selvittää viljojen typpilannoitustarve. Opinnäytetyössä tarkastellaan HAD-YL6 Chlorophyll meter -mittarin luotetta-

vuutta vertaamalla sitä Yara N-Tester SPAD-mittariin. Nykyään tarjolla on useita lehtivihreämittarimalleja, joiden hinnat vaihtelevat sadoista euroista tuhansiin euroihin. Viljelijöillä ei välttämättä ole halua panostaa kalliisiin täsmäviljelylaitteisiin, joten viljelijäohje on edullisista SPAD-mittareista. Tällaisilla mittareilla on kuitenkin ongelmana, että niiden antamia tuloksia on vaikeata tulkita. Tästä syystä viljelijäohje tulee tarpeeseen tuloksien tulkitsemiseksi. Opinnäytetyön tavoitteena on helpottaa viljelijöiden lisälannoitustarpeen selvittämistä viljakasvustoissa, jotta lannoittaminen olisi viljelijälle taloudellinen ja kasvustolle hyödyllinen toimenpide.

2 VILJAKASVIT JA LEHTIVIHREÄ

Yleisimmät Suomessa viljellyt viljakasvit ovat ohra, kaura, vehnä ja ruis. Viljoja käytetään eläinten rehuksi sekä ihmisravinnoksi ja teollisuudessa, esimerkiksi mylly- ja leipomoteollisuuden raaka-aineena. Viljoja on sekä syys- että kevätkylvöisiä lajeja. Syyskylvöisiä ovat syysruis, syysohra ja syysvehnä, kun taas kevätkylvöisiä ovat ohrat, kaura, kevätvehnä ja -ruis. (Helenius ym. 2016, 47.)

Opinnäytetyössä käsitellään tarkemmin kevätvehnää, rehuohraa ja mallasohraa sekä kauraa. Vehnä on tärkein leipävilja Suomessa, mutta sitä viljellään myös rehuksi. Kevätvehnää viljellään pääasiassa myllyvehnäksi, ja sitä pystyy viljelemään lähes koko maassa. (Farmit s.a.a.) Ohraa käytetään tärkkelys-, rehu-, elintarvike- ja mallasteollisuuteen. Eri ohralajikkeilla vaihtelevat tärkkelys- ja valkuaispitoisuus, koska ne vaikuttavat toisiinsa. Esimerkiksi mikäli ohran jyvän valkuaispitoisuus on korkea, silloin jyvän tärkkelyspitoisuus on matala. Tästä syystä ohralajikkeilla vaihtelee myös lannoitusmäärät sekä laatutavoitteet, jotta saadaan tuotettua juuri oikeanlaista ohraa esimerkiksi rehu tuotantoon kuin mallasteollisuuteen. (Farmit s.a.b.) Kauraa viljellään pääasiassa eläinten rehuksi, mutta nykyään sen käyttö elintarvikkeiden raaka-aineena on alkanut kasvamaan. Myös kauran vienti on lisääntynyt. Lajiominaisuuksiltaan se on vaatimaton esimerkiksi maan happamuuden kanssa ja se pystyy tukahduttamaan rikkakasvit tiheään kasvustoonsa. (Farmit s.a.c.) Viljoilla on niiden eri käyttötarkoituksiinsa sekä yhteisiä että omia laatutavoitteita.

Luonnonvarakeskuksen mukaan Suomen peltopinta-alasta yli miljoona hehtaaria oli viljanviljelykäytössä vuonna 2018. Vilja-alasta ohraa oli 20 prosenttia (%), kauraa 14 prosenttia, vehnää 8 prosenttia ja ruista 1 prosentti. (Luonnonvarakeskus 2019a.) Suomessa ohraa kylvettiin 463 000 hehtaaria vuonna 2018. Kauraa viljeltiin 324 300 hehtaarilla. Vehnän viljelyala oli puolestaan yhteensä 190 000 hehtaaria, ja ruista viljeltiin 17 400 hehtaaria. (Luonnonvarakeskus 2019b.)

Ohraa tuotettiin 1,3 miljardia kilogrammaa vuonna 2018, kun taas kauran sato oli noin 820 miljoonaa kilogrammaa. Vehnäsato jäi alhaiseksi vuonna 2018, koska satomäärä oli 495 miljoonaa kilogrammaa. Vuonna 2017 vehnäsato ylsi 800 miljoonaan kilogrammaan. Ruissadoksi saatiin 42 miljoonaa kilogrammaa vuonna 2018, mikä oli iso lasku edellisvuoden 114 miljoonan kilogramman satoon verrattuna. Ohran hehtaarisato oli keskimäärin 3 300 kilogrammaa hehtaarilta (kg/ha), kun taas vehnällä sato oli 2 780 kg/ha vuonna 2018. Kauran hehtaarisadoksi saatiin 2 830 kg/ha vuonna 2018. (SVT 2019.)

Luonnonvarakeskuksen ennakkoon julkaistun satotilaston mukaan vuoden 2019 viljasato oli yhteensä 4,0 miljardia kilogrammaa. Vuonna 2019 ohraa saatiin korjattua sadoksi 1,7 miljardia kilogrammaa. Kaurasato oli 1,2 miljardia kilogrammaa. Vuonna 2019 vehnäsadon määrä oli 900 miljoonaa kilogrammaa, mikä oli kasvanut 82 % vuoden 2018 satomäärästä. Vuoden 2018 satomäärä oli 42 miljoonan kilogrammaa, kun taas vuonna 2019 ruissatoa korjattiin 180 miljoonaa kilogrammaa. Ruissato oli kasvanut yli 300 % vuonna 2019 verrattuna vuoteen 2018. (Luonnonvarakeskus 2019c.)

2.1 Viljojen laatuvaatimukset ja viljalajien ominaisuudet

Viljan laatutavoitteisiin pyrkivän sadon kasvatus on riippuvainen monesta eri kasvutekijästä (Farmit s.a.d). Oikeanlaisella lannoituksella saadaan tuotetusta viljasadosta hyvät pitoisuudet, mikä vaikuttaa sadosta maksettavaan hintaan. Lisätyppilannoituksella voidaan vaikuttaa jyvän valkuaispitoisuuteen, esimerkiksi vehnällä, millä on merkitystä viljasadosta maksettavaan hintaan. (ProAgria 2018.)

Viljojen laadun tarkkailussa huomioidaan valkuaispitoisuus, hehtolitraino, kosteusprosentti sekä leipävehnällä sakoluku ja niin kauralla kuin ohralla jyväkoko. Jyväkoko määritetään käyttäen 2 millimetrin seulakokoa. Lähtökohtaisesti kaikkien viljojen tulisi olla lajilleen ominaisen värisiä sekä hajultaan ja ulkomuodoltaan moitteettomia. Viljaerissä ei saisi olla ulosteita, hometta, peitattuja jyviä eikä tuholaisia. (Helenius ym. 2016, 53.) Laatuselitteiden määritykseen vaikuttaa viljalaji ja sen käyttötarkoitus. Viljaeristä otetaan koko satoa edustava näyte, jolla määritetään viljan laatu. Tarpeeksi edustava kokonaisnäyte koostuu osanäytteistä, joita otetaan useita ja tasaisesti eri viljaeristä. Laadunmääritysnäytettä otetaan noin kilogramman verran huolellisesti sekoitetusta kokonaisnäytteestä. (Räty ym. 2005, 20.) Viljojen roskapitoisuus saa olla enintään 0,5 % kaikilla viljoilla ja rikkajyviä saa olla näytteessä korkeintaan 2,0 % viljakasveilla (Hankkija 2018a).

Valkuaispitoisuus (valkuais-%) mitataan kuiva-aineesta. Viljan laatuhinnoittelun mukaan vehnälle on asetettu valkuaispitoisuuden tavoitteeksi 12,0 – yli 15,0 %, tarkemmin myllyvehnän pitoisuuden tulisi olla vähintään 11,5 % ja rehuvehnän 11,5 – yli 15,0 %. Mallasohralla taas pyritään mahdollisimman alhaiseen valkuaispitoisuuteen, jonka tulisi olla alle 11,5 % eli 9,5–11,5 %. Mikäli proteiinipitoisuus on mallasohralla yli 11,6 %, hinta laskee 1,50 €/tn. (Hankkija 2018a.) Runsas proteiinipitoisuus on leipoutuvuuden tärkeä laatuselite, koska se vaikuttaa jauhojen vaivaantumiseen (Leipätiedotus ry s.a.).

Hehtolitraino (kg/hl) eli ominaispaino kertoo viljan tilavuuspainon. Se toimii viljan kunnan mittarina ja esimerkiksi kuvaa vehnän myllystä saatavan jauhon määrän. Hehtolitrainoon vaikuttaa jyvien muoto, koko ja pintarakenne sekä viljan kosteus ja roskapitoisuus. Korkea hehtolitraino saadaan, kun jyvät ovat samankokoisia, pyöreähköjä ja sileäpintaisia. Hehtolitraino alenee, kun jyvät ovat muodoltaan kapeita ja pitkäköjä sekä epätasaisia pinnaltaan. Kevyet mukana olevat roskat sekä sadon korkea kosteuspitoisuus alentavat hehtolitrainoa. (Räty ym. 2005, 20.) Hankkijan laatuhinnoittelun mukaan kauralla hehtolitrainon tavoite on 55,0 – yli 60,0 kg/hl, ohralla 64,0 – yli 71,0 kg/hl ja vehnällä yli 78,0 kg/hl sekä tarkemmin rehuvehnällä yli 76,0 kg/hl. Jos kauran hehtolitraino on perushintatason (55,0–58,9 kg/hl) yli esimerkiksi 59,0 kg/hl, niin hinnoitteluun tulee 1,00 €/tn lisäys. (Hankkija 2018a.)

Viljan varastointikosteuden tulisi olla vähintään 14 %, jotta se säilyy ja jotta varastointi onnistuu pitämään viljan laadun hyvänä (Helenius ym. 2016, 53). Laatuhinnoittelussa on määritelty tarkemmin eri viljalajien kosteuspitoisuudet (kosteus-%). Vehnän, kauran ja ohran kosteuspitoisuuksien tavoit-

tearvo on alle 12,5–14 %. Mikäli kosteusprosentti on alle 14,0 %, se huomioidaan hinnan lisäyksenä. Esimerkiksi jos viljan kosteus on 13,0 %, hinnassa huomioidaan 0,50 €/tn -lisäys. (Hankkija 2018a.)

Sakoluku on tärkeä laatutekijä leipävehnän tuotannossa, koska se vaikuttaa leipoutuvuuteen. Viljan itävyysastetta voidaan kuvata sakoluvulla. Liian alhainen sakoluku jättää leivän sisuksen taikinaiseksi (Helenius ym. 2016, 53–54). Vehnän sakoluvun tulisi olla yli 220 (Hankkija 2018a). Optimaalisena sakolukuna pidetään 220–250. Vehnällä sakoluvun lisäksi laatuun vaikuttaa sitko eli sitkoa muodostavien valkuaisaineiden määrä. Zeleny-luku kuvastaa sitkon laatua. (Helenius ym. 2016, 53–54.)

Kauran ja ohran tuotannossa jyväkoko toimii laadun mittarina. Seulonnassa käytetään yleensä 2,00 mm rakoseulaa, joka seuloo pienet ja isot jyvät erilleen. Kauran jyväkoko -vaatimuksena on 0,0–11,0 %, koska jyväkoko kuvaa seulasta läpi menneiden pienien jyvien määrää. (Hankkija 2018a.) Suuri jyväkoko kertoo jyvän elinvoimaisuudesta, ja siitä että siinä on paljon vararavintoa (Peltonen-Sainio ja Rajala 2003, 18). Mallasohralla laatuhinnoitteluun vaikuttaa mallasitävyys, jonka tulisi olla 95,0 % tai sen yli (Hankkija 2018a).

2.2 Typpi kasvien ravinteena

Typpi on kasvien tärkeä kasvutekijä, jota kasvi tarvitsee kasvuravinteista määrällisesti eniten. Kasvissa suurin osa sen sisältämästä typestä sijaitsee proteiineissa, ja siksi typpi on tärkeässä tehtävässä valkuaisen muodostuksen. Tyypeä on noin 16 % kasviproteiinissa. Kasvin proteiinipitoisuuden, tarkemmin määritettynä raakavaluaispitoisuuden, saa laskettua kertomalla typpipitoisuuden 6,25-kertoimella, kun kyseessä on nurmet ja muut viljakasvit kuin vehnä. Vehnällä on oma kertoimensa, joka on 5,7. (Jaakkola 1992, 187, 216.)

Ravinteena typpi liikkuu helposti kasvavissa ja kehittyvissä kasveissa. Typenpuutoksessa kasvin vanhat lehdet kuihtuvat ja muuttuvat väritykseltään vaaleanvihreiksi tai keltaisiksi, koska typpi siirtyy vanhoista lehdistä uusiin lehtiin typensaannin rajoituttua. Lisäksi typenkäyttö kasvilla on heikompa, jos jostakin toisesta ravinteesta on puutetta. (Mäntylähti, Jaakkola ja Kari 2009, 52–53.) Viljelykasvien viljelyssä typenpuutos heikentää valkuaisen muodostumista ja sadon määrää, koska kasvi tarvitsee tyypeä ja rikkiä muodostamaan aminohappoja. Aminohapot ovat osa valkuaisaineen muodostumisessa. Rikki toimii yhdessä typen kanssa proteiinien muodostuksessa, koska se on välttämätön alkuaine proteiinien muodostuksessa. (Jaakkola 1992, 215.) Aminohappoja muodostuu koko kasvun ajan kasvissa, siksi kasvi tarvitsee tyypeä pitkin kasvukautta (Yara s.a.a).

Kasvit pystyvät hyödyntämään ravinteita, jotka ovat vain tietyssä kemiallisessa muodossa. Kasvi ottaa ravinteita sekä ilmasta että maasta. Ilmasta kasvi saa esimerkiksi rikkiä rikkidioksidina ja hiilen sekä hapen kasvi ottaa hiilidioksidina ja happena. Jotta kasvi saa hyödynnettyä maassa olevat ravinteet, niiden tulee olla liuenneena maanesteeseen. Tällöin ne voivat liikkua massavirtauksena veden mukana tai sitten diffuusiolla ilman virtaavaa vettä konsentraatiolla eli pitoisuseroja tasaamalla

suuremmasta pitoisuudesta pienempään pitoisuuteen. Kasville käyttökelpoisessa muodossa oleva typpi on nitraatti- ja ammoniummuodossa. Näitä typenmuotoja kutsutaan mineraalitypeksi. Nitraattitypen pitää pelkistyä kasvissa ennen kuin se voi liittyä tiettyihin orgaanisiin happoihin niin kuin ammoniumtyppi. (Jaakkola 1992, 208–209, 216–217.) Kasvi pystyy hyödyntämään typen vain näissä muodoissa, siksi ilmakehässä olevaa typpeä tai maaperään sitoutunutta typpeä kasvi ei voi suoraan hyödyntää käyttöönsä. (Yli-Halla 2009, 14.) Kasvi käyttää yleensä molempia, mikäli niitä molempia on tarjolla. Riippuen kationien ja anionien tarjonnasta kasvi voi suosia jompaakumpaa. (Jaakkola 1992, 216–217.)

Lannoiteaineita on orgaanisia ja epäorgaanisia lannoitteita. Käytössä olevia orgaanisia lannoitteita ovat karjanlanta, kierrätyslannoitteet (puhdistamoliete), bioenergian tuotannossa syntyvät ravinnejakeet (mädäte tai puriste), biojäte ja teurastamoiden sivutuotteet (lihaluujauho). (Kleemola, Partanen, Kari ja Peltonen 2009, 32.) Orgaanisissa lannoitteissa esimerkiksi lannassa typpi on jakautunut kahteen eri muotoon, jotka ovat orgaaninen liukenematon typpi ja ammoniumtyppi. Kompostoitu lanta voi sisältää nitraattityppeä. Näiden lisäksi lannassa on myös vähäinen määrä orgaanista liukoista typpeä. Orgaanisen liukenemattoman typen ongelmana on, että kasvit eivät pysty hyödyntämään sitä Suomen sääolosuhteiden takia. Lisäksi siitä mineralisoituva typpi mineralisoituu kasvien ravinteiden käyttöönottoon liian myöhään. (Kapuinen 2013.) Mineraalilannoitteet ovat epäorgaanisia lannoitteita, joissa ravinnepitoisuudet ovat korkeammat kuin orgaanisissa lannoitteissa. Teollisissa lannoitteissa typpi on mineraalimuodossa eli ammoniumina ja nitraattina. (Kleemola 2009a.)

2.3 Lannoituksen jakaminen ja lisätyppilannoitus kasvukaudella

Jaetussa lannoituksessa levitetään kylvön yhteydessä 2/3 osaa tpeestä sekä muut tarvittavat ravinteet, fosfori ja kalium. Loput eli 1/3 osaa tpeestä levitetään kasvustoon kasvukauden aikana kasvien tarpeen mukaan. Sen tarkoituksena on, että kasvukauden aikana voidaan joko levittää tarvittava typpi kasveille tai säästää lannoitus, mikäli kasvit eivät tarvitse sitä. Jos käytettävän lannoitemäärän typpikilot ovat yli 100 kiloa, kannattaa lannoitus jakaa useampaan erään. (Yara 2018a.)

Typen lisälannoitukseen sopivat lannoitetyypit ovat kiinteä rakeiset ja nestemäiset lannoitteet. Lannoitetyypin valintaan vaikuttavat vallitsevat sääolosuhteet, kasvien lisätypen tarpeen määrä ja lannoituksen ajankohta. Kiinteä rakeinen lannoite kannattaa valita, kun kasvustolla on suuri lisätypen tarve, eli yli kymmeniä kiloja typpeä hehtaarille (kg N/ha). Tällöin lisätyppilannoitus voidaan levittää pensomisvaiheesta eteenpäin (Zadoks-kehitysasteesta 20) ennen tähkälle tuloa eli ennen Zadoks-kehitysastetta 50. Optimaalinen levitysajankohta olisi ennen sadetta tai yökasteen aikaan, koska lannoitteet tarvitsevat liukenemiseensa kastetta. Jos sääolosuhteet ovat kuivat suositellaan käytettäväksi hydroskooppisia eli helposti vettä itseensä imeviä lannoitteita, joita ovat ammoniumnitraatti tai urea. Urean ongelmana on sen haihtuminen ilmaan ilman sateita. (Kleemola 2009b.)

Nestemäinen typpilannoite on suositeltavaa valita, kun olosuhteet ovat kuivat, lisätypen tarve on pieni tai kun lisätyppeä annetaan myöhäisillä kehitysasteilla, Zadoks-kehitysasteen 50 jälkeen eli tähkälle tulovaiheesta kukinnan alkuun tai maitotuleentumisvaiheessa. Sopivin aika levitykselle on

aamuvarhaisella tai sitten illalla, koska lämpötilan tulisi olla alle 15 astetta ja ilmankosteuden pitäisi olla suuri. (Farmit 2006.) Kasvuston säilyessä kosteana pitkään, lannoite tehoaa paremmin ja käyttömäärää voidaan alentaa keskiarvosuosituksista. Nestemäinen typpilannoitus voidaan levittää myös valuttamalla letkujen kautta ruiskusta lannoite maan pintaan. Kerralla annettava annosmäärä voi olla yhtä suuri kuin kiinteän lannoitteen määrä. Typpipitoisuus on oltava liuoksessa tarpeeksi suuri, koska levitettävä nestemäärä ei saa nousta liian korkealle. (Kleemola 2009b.)

Nestemäisen typpilannoitteen määrään vaikuttaa levitystapa, joka on joko lehtilannoitus tai maahan lannoitus. Lannoitteen käyttömäärä vaihtelee 10–50 litraan hehtaaria kohti. (Yara 2018b.) Yli 10:tä kilogrammaa typpeä hehtaarille ei suositella ruiskutettavaksi, koska polttovioitusriski on silloin korkea (Kleemola 2009b). Polttovioitusriskiltä voidaan välttyä, jos noudatetaan suositusten mukaisia käyttömääriä sekä levitetään typpilannoite viileällä ja kostealla säällä. Näiden lisäksi isot lannoitemäärät eli yli 20 kilogrammaa typpeä voi levittää rakeisena, niin polttovioituksilta vältytään. (Farmit 2006.)

Nitraattiasetusta on noudatettava typpilannoitteen levitysmäärissä, kun tila ei kuulu ympäristökorvaus sitoumukseen (taulukko 1). Lisätyppilannoituksella ei ole muutoin asetettu ylärajaa. (Kerminen 2020.)

TAULUKKO 1. Nitraattiasetuksen asettama liukoisien typen enimmäismäärä (Typpilannoitemäärät 2015, § 11)

Kasvi	Kivennäismaat	Eloperäiset maat
Ohra, kaura ja seosviljat	160	120
Kevätvehnä	170	130
Kevättruis	160	120

Jos maatila kuuluu ympäristökorvauksen piiriin, on tilalla huomioitava ravinteiden tasapainoinen käyttö typen osalta (Jokela 2015). Maatilalla typen käyttö on rajoitettu lohkon multavuuden ja satotason mukaan (taulukko 2 ja 3). Typpilannoitus tehdään lohko kohtaisesti satotason, maan multavuuden ja kasvin perusteella. (Ruokavirasto 2018.) Ympäristökorvauksen taulukot perustuvat viljoilla 4 000 kilogramman satotasoihin (Jokela 2015). Taulukossa 1 on kuvattu eri viljalajien typpimaksimit (kg/ha/v), johon vaikuttaa maan multavuusluokka. Maan multavuusluokka laskee käytettävän typpilannoituksen määrää (Jokela 2015), koska multava maa sisältää 20–40 % orgaanista aineista ja kasveille käyttökelpoista typpeä toisin kuin vähämultaiset maat (Helenius ym. 2016, 16).

TAULUKKO 2. Viljojen typpilannoituksen enimmäismäärät (kg/ha/v) maan multavuuden perusteella (mukaiillen Ruokaviraston taulukkoa 2020-02-04.)

Kasvi / saavutettu sa- totaso (4000 kg)	Vähämultaiset ja multavat maat	Runsasmultaiset maat	Erittäin runsas- multaiset maat	Eloperäiset maat
Kevätvehnä	120	110	100	70
Ohra ja kaura	100	90	80	60
Kevättruis (3000 kg)	90	80	70	50

Satotasokorjaus ei ole kasvilajikohtainen vaan lohko-kohtainen (Yara 2018c). Ruokaviraston Ympäristökorvauksen sitomusehdot 2015-oppaassa selvennetään satotasokorjausta: ”Saavutettu satotaso saadaan määritettyä jakamalla koko maatilalta saatu kyseisen viljelykasvin sato niille lohkoille, joilla kyseistä kasvia on viljelty tai osoitetaan muulla tapaa, että satomäärä on saatukyseiseltä lohkolta”. Jos käytetään typpilannoitusta enemmän kuin maan multavuuden perusteella asetettujen määrien mukaan, lannoitusmäärän perusteena oleva satotaso on pitänyt saada jonakin viidestä aikaisemmasta satovuodesta. (Ruokavirasto 2018.)

Lohkolla saavutetun korkeamman satotason perusteella on mahdollista käyttää viljojen viljelyssä maan multavuuden mukaisten typpimäärien lisäksi satotasokorjauksen mukaista lisätyppimäärää (taulukko 3). Lohkolla saavutetun satomäärän perusteella viljojen typpilannoitusta voidaan lisätä. Jos lohkolla on saatu jollakin kasvilla satotasokorjauksen mukaiseen lisäykseen oikeuttava satotaso, esimerkiksi viljakasveilla on saatu 5000 kilon sato, vastaavaa satotasokorjausta voidaan käyttää myös muilla satotasokorjaus-taulukon mukaisilla kasveilla. Portaaton soveltaminen satotasokorjauksissa on mahdollista. (Ruokavirasto 2018.) Esimerkiksi kun lohkolta on saatu viimeisen viiden vuoden aikana kevätiljoista 5500 kilogramman sato hehtaarilta, lannoituksessa voi käyttää 30 kiloa lisää typpeä (Yara 2018c).

TAULUKKO 3. Satotasokorjaus eli saavutetun satomäärän perusteella lisättävä typpilannoituksen määrä viljakasveilla (kg/ha/v) (Ruokaviraston taulukkoa mukaiillen 2020-02-04.)

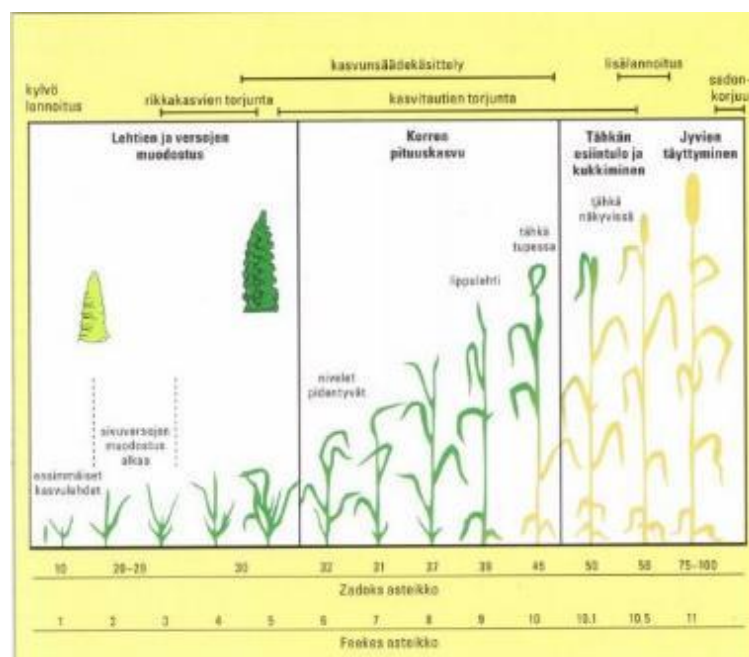
Lisäys	0 kg	+ 10 kg	+ 20 kg	+ 30 kg	+ 40 kg	+ 45 kg	+ 50 kg
Kevätvehnä	4000	4500	5000	5500	6000	6250	
Syysvehnä	4000	4500	5000	5500	6000	6250	
Ohra	4000	4500	5000	5500	6000		6500
Kaura	4000	4500	5000	5500	6000		6500
Kevättruis	3000	3500	4000	4500	5000		5500

2.4 Viljan kehitysasteet lisätyppilannoituksessa

Yksivuotisten viljojen kasvurytmi on nopea, koska Suomen kasvukausi on lyhyt (Farmit 2019). Viljojen ravinteiden, kuten typen tarve vaihtelee eri vaiheissa kasvua (Farmit 2006). Näistä syistä viljelijän on tunnistettava kasvuston kehitysvaiheet. Viljelykasvien kehitysasteiden määrittämiseen on useita asteikoita. Niillä kuvataan kasvien kasvuvaiheet sekä -tapahtumat numeerisesti ja ymmärrettävästi,

koska niitä käytetään useissa kasvinsuojelu- ja kasvuohjelmaoppaissa. Yleisimpiä käytössä olevia viljakasvien kasvuasteikoita ovat Feekin kasvuasteikko (Large 1954) ja Zadoks-asteikko (Zadoks ym. 1974), joista jälkimmäinen on käytetyin (kuva 1). (Peltonen-Sainio, Rajala ja Seppälä 2005, 30-33).

Zadoks -kasvuasteikko (liite 1) kuvaa desimaalein kehitysvaiheita, asteikolla 00-100. Kehitysvaiheet on jaettu yhdeksään päävaiheeseen. Ne ovat itäminen (kehitysaste 00-09), oraan kehittyminen (10-19), pensominen tai versominen (20-29), korrenkasvu (30-49), kukinnon esiintulo eli työntyminen lehtitupesta (50-59), kukinta (60-69), jyvän täyttyminen ja maitotuleentuminen (70-79), taikinatu-leentuminen (80-89) ja tuleentuminen (90-99). (Peltonen-Sainio, Rajala ja Seppälä 2005, 30-36.)



KUVA 1. Viljakasvien kasvu- ja kehitysvaiheet kuvitettuna (Helenius ym. 2006, 29)

Pääverson pensomisvaiheessa, Zadoks -kehitysasteella 20-29, muodostuu kasvin sivuversot, joita tulee esiin Suomen kasvuolosuhteissa yleensä viisi. Versomisjakson jälkeen alkaa korren kasvu Zadoks -kehitysasteella 30-36. Tässä vaiheessa pääverson alkaa kasvamaan pituutta nivelväleistä, jotka pitenevät vasta kolmannen tai neljännen nivelvälin kohdalla. Kasvin korsi sisältää korrenkasvu-vaiheen lopussa yleensä kuusi niveltä. (Peltonen-Sainio, Rajala ja Seppälä 2005, 34.)

Lisätyppilannoituksen voi tehdä sadonlisäystä varten kehitysvaiheesta 22 lähtien kehitysvaiheeseen 45 eli lippulehtivaiheeseen asti. Lisälannoitusta ennen tehtävä SPAD-mittaus kertoo, mikäli kasvustossa on tarvetta lisälannoituksen tekemiselle. Lippulehti alkaa muodostua Zadoks -asteikolla 37 kehitysasteesta eteenpäin. Lippulehtivaiheessa (Zadoks 37-39) kasvuston lisätyppilannoitustarpeen voi vielä selvittää, mikäli kasvustossa on tarvetta lisätyppelle. Tähkän tai röyhyn tullessa esiin Zadoks-kehitysasteella 59-69 lehtivihreämittaus on ajankohtainen, koska lisälannoitus auttaa jyvien valkuaisen lisäämisessä. (Lantmännen Agro 2019.) Maitotuleentumisvaiheessa (Zadoks 70-79) kasvusto on

vielä vihreä, ja jyvä on sisältään maitomainen (Peltonen-Sainio, Rajala ja Seppälä 2005). Maitotu-leentumisvaiheessa on vielä mahdollista antaa nestemäistä lisätynpeä valkuaisen nostoon (Yara s.a.b).

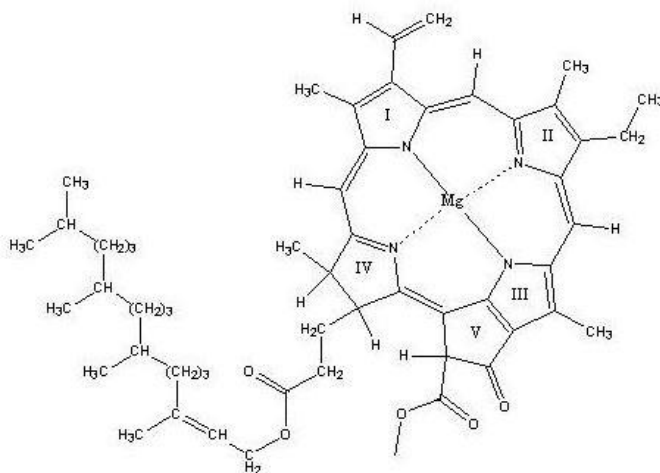
2.5 Lisätynpeitarpeen määrittäminen kasvukaudella

Typpi on lehtivihreän tärkeä rakennusaine, siksi typen saanti on kasveille tärkeää. Tämä vaikuttaa myös kasvin yhteyttämiseen, koska lehtivihreä on merkittävässä asemassa fotosynteesin onnistumiseen. Tynpeä tarvitaan muodostamaan klorofylliä, jotta kasvi pystyy yhteyttämään ja muodosta-maan sokeria eli energiaa kasvamiseen ja kehittymiseen. (Yara s.a.a ja Jaakkola 1992, 181) Lehti-vihreämittauksilla voidaan selvittää, tarvitseeko kasvusto lisätynpeä kasvukauden aikana (Mäntylähti, Jaakkola ja Kari 2009, 50).

2.5.1 Lehtivihreä

Viherhiukkaset eli kloroplastit ovat soluelimiä kasvilla, sen lehdissä ja varressa (Jaakkola 1992, 181). Kloroplastit ovat muodoltaan linssimäisiä ja pitkulaisia plastideja. Ne sijaitsevat lehden yhteyttävässä tylppysolukossa ja ruohovartisten kasvien kuoren uloimmissa solukerroksissa. Viherhiukkasia on noin 50-150 kasvisoluissa, mihin vaikuttaa kasvilajit. Viherhiukkasten aktiivisuus riippuu valon määrästä. Kirkas auringon säteilemä valo saa hiukkaset asettumaan kohtisuoraan lehden pintaa vas-ten, kun taas vähäisellä valolla hiukkaset asettuvat lehden pinnan myötäisesti. Tällöin ne absorboivat eli sitovat valoa tehokkaasti. (Terävä ja Kanervo 2008, 25.)

Viherhiukkaset sisältävät lehtivihreää, joka on kasvin vihreä väriaine ja siten kloroplastien keskeisin aine (kuva 2). Lehtivihreän tavallisimpia klorofyllipigmenttejä ovat klorofylli a ja klorofylli b, jotka absorboivat valoa tietyltä aallonpituudelta (Terävä ja Kanervo 2008, 25).



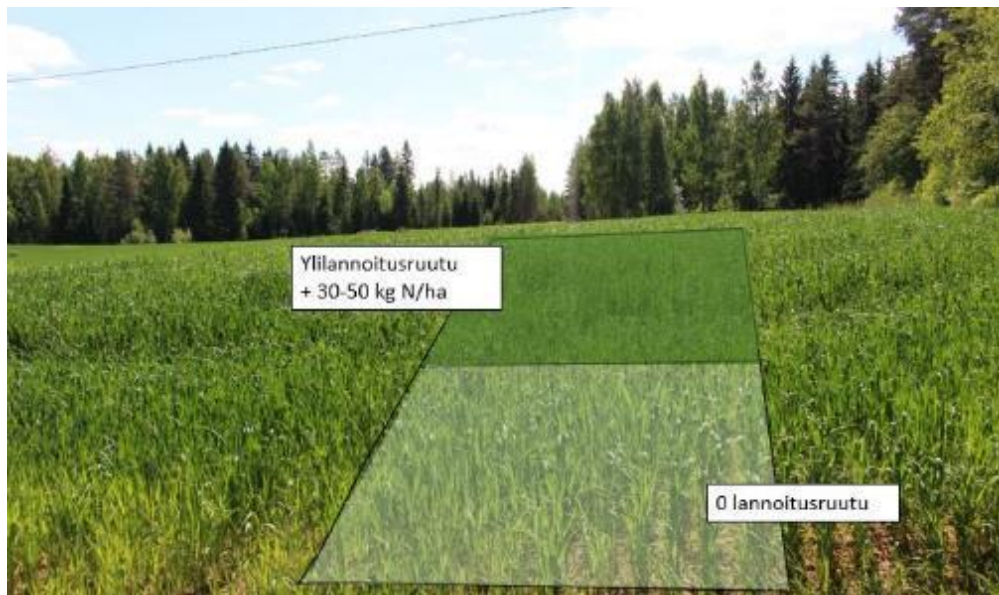
KUVA 2. Lehtivihreän kemiallinen rakenne, jonka tärkeänä rakennusaineena on typpi (N) (Harvard Forest s.a.).

Viherhiukkasissa tapahtuu kasvin yhteyttäminen eli fotosynteesi (Jaakkola 1992, 181). Klorofyllit ovat tärkeässä osassa fotosynteesiä, koska ne toimivat fotonien eli valohiukkasten kerääjinä ja sen

energian siirtäjinä fotosynteettisiin reaktioihin. (Teräväinen ja Kanervo 2008, 25) Lehdissä olevat viherhiukkaset ja erityisesti klorofyllit sitovat auringon säteilyenergiaa muuttaen epäorgaaniset yhdisteet eli hiilidioksidin ja veden orgaaniseen muotoon eli sokeriksi, jota kasvi käyttää ravintonaan. (Jaakkola 1992, 181.) Veden kasvi ottaa juuristollaan maasta, ja se kulkeutuu kasvin johtojännettä pitkin lehtiin, lehtisuoniin. Hiilidioksidin kasvi saa ilmakehästä lehtien pinnassa olevien ilmarakojen kautta. (Ruokatieto s.a.) Sokerin lisäksi yhteyttämisessä muodostuu sivutuotteena happea ilmakehään, ja osan hapesta kasvi käyttää soluhengitykseen. Kasvin tarpeisiin nähden ylimääräinen sokeri varastoituu tärkkelykseksi. (Aro ym. s.a.)

2.5.2 Lannoitusikkuna lehtivihreämittauksissa

Lehtivihreämittareita on käytetty mittaamaan typpilannoituksen tarvetta jo 1990-luvulta asti (Kemira GrowHow s.a). Lehtivihreämittauksesta käytetään myös nimitystä SPAD-mittaus. SPAD on lyhennetty sanoista Soil Plant Analysis Development of Minolta Camera Company eli nimi on peräisin lehtivihreämittarilaitteen kehittämältä yhtiöltä. (De La Barrera ja Smith 2009, 286.) Mittarilla mitataan kasvin lehtivihreäpitoisuutta, mikä korreloi typpipitoisuuden kanssa (Alhonoja 2017). Lehtivihreämittarin antamaa tulosta voi verrata lannoitusikkunaan eli yli- tai alilannoitusruudusta (kuva 3) saatuihin tuloksiin tai valmiiseen suositustaulukkoon (taulukko 4). Tällä tavoin saadaan selville kasvuston typpentarve. Mittaus tehdään aina ylimmästä täysin kehittyneestä lehdestä, sen keskiosasta. Lehden tulee olla terve ja vahingoittumaton eikä siinä saa olla kasvitaudin merkkejä, koska ne voivat haitata mittaustulosta. (Kemira GrowHow s.a.)



KUVA 3. Ylilannoitusruutu ja 0-ruutu viljakasvustossa (mukaillen Kaasinen, Rasa ja Heikkinen 2010).

Typen lisälannoitus tulee tehdä vain kasvien oikeaan tarpeeseen eli jos kasvusto ja muut kasvutekijät osoittautuvat tuottavan hyvän sadon. Tarpeen arvioinnissa voidaan hyödyntää lannoitusikkunaa, joka perustetaan lohkolla siihen kohtaa, joka edustaa keskimääräisesti lohkoa olosuhteiltaan. Lannoitusikkunaan perustetaan ylilannoitusruutu, jonka lannoituksessa käytetään 30–50 kilogrammaa typpeä hehtaarille (kg N/ha) normaalia levitysmäärää enemmän. Kooltaan sopiva lannoitusikkuna on

leveydeltään kylvökoneen levyinen ja pituudeltaan noin 10 metriä. Tämän lisäksi voidaan perustaa alilannoitusruutu eli 0-ruutu, jolle taas levitetään 30 kilogrammaa typpeä vähemmän normaaliin verrattuna. Ylilannoitusruudun ei tulisi kärsiä typen puutoksesta. Eli jos ympäröivän lohkon väri kasvustossa on hailakampi kuin ylilannoitusruudussa kasvusto todennäköisemmin kärsii typenpuutteesta. (Mäntylähti, Jaakkola ja Kari 2009, 50.) Tämän avulla saadaan seurattua kasvin typpitilannetta lehtien lehtivihreäpitoisuuden arvioimisella. Kasvi on sitä tummemman vihreä, mitä enemmän siinä on lehtivihreää ja typpeä, koska typpi on lehtivihreän rakennusaine. (Kaasinen, Rasa ja Heikkinen 2010.)

TAULUKKO 4. SPAD-suositusarvot eri viljalajeille niiden tietyssä kehitysasteessa (mukaillen Kemira GrowHow s.a. ja Yara s.a.c).

Viljakasvi	Kehitysaste	SPAD, lehtivihreäsuositus (kaksinumeroiset mittarit)	SPAD, lehtivihreäsuositus (kolminumeroiset mittarit)
Kevätvehnä	37 – 41 (lippulehtiaste)	38 – 42	480 – 540
	51 – 57 (tähkälletulo)	38 – 41	480 – 525
Myllyvehnä	37 – 41 (lippulehtiaste)	lähellä 50	630 – 660
	51 – 57 (tähkälletulo)	lähellä 50	630 – 660
Ohra	37 – 41 (lippulehtiaste)	35 – 38	435 – 480
	51 – 57 (tähkälletulo)	42 – 46	540 – 600
Kaura	37 – 41 (lippulehtiaste)	36 – 45	450 – 585
	51 – 57 (röyhylletulo)	40 – 44	675 – 765
Syysvehnä	37 – 41 (lippulehtiaste)	39 – 42	495 – 540
	51 – 57 (tähkälletulo)	40 – 44	510 – 570
Syysruis	37 – 41 (lippulehtiaste)	37 – 39	465 – 495
	51 – 57 (tähkälletulo)	33 – 42	405 – 540

SPAD-mittarilla on otettava vähintään 30 mittaista kasvustoa edustavista kohdista lohkoilla, jotta mittaustuloksesta saadaan luotettava (Vuori 2006). Kaksinumeroisia lukuja näyttävällä SPAD-mittarilla yhden SPAD-yksikön nostamiseen tarvitaan 4–7 kilogrammaa typpeä hehtaarille (kg N/ha) laskettuna (Kemira s.a.), kun taas kolminumeroisia SPAD-arvoja näyttävällä SPAD-mittarilla 15 SPAD-yksikön nostamiseen tarvitaan 4–7 kg N/ha (Yara s.a.c). SPAD-lukujen optimaalista erotusta käytetään, kun verrataan normaalin lannoituksen saanutta kasvustoa ylilannoitusikkunan kasvustoon. Taulukon 5 optimaalista erotusta voidaan käyttää kaksinumeroisia lukuja näyttävän lehtivihreämittarin mittaamien SPAD-arvojen perusteella. Optimaalinen erotus tarkoittaa suurinta hyväksyttävää erotusta SPAD-arvojen erotuksessa. (Vuori 2006.)

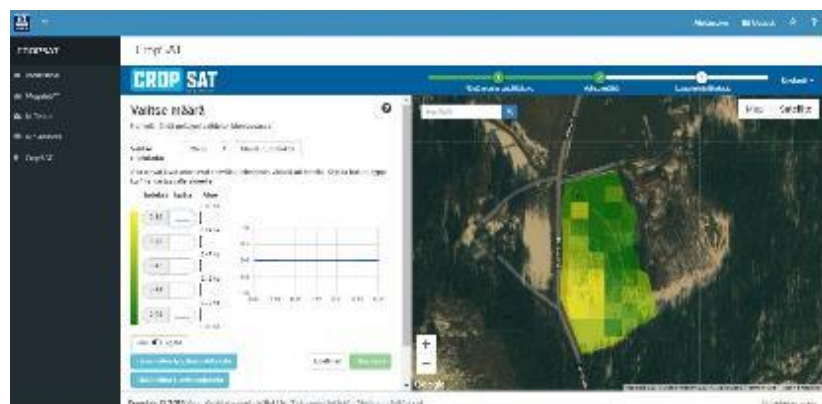
TAULUKKO 5. Kasvuston työntarpeen vertailun optimaalinen erotus eri kasvilajeilla

Kasvilaji	Optimaalinen (maksimaalinen) erotus
Vehnä	4
Ohra	3
Kaura	2

Mikäli eri lannoitusruuduista saatujen SPAD-arvojen erotus on optimia suurempi, on suositeltavaa harkita lisälannoitusta. Jos taas optimi on pienempi ja kasvusto vaikuttaa hyvältä, olisi suositeltavaa käyttää laontorjuntaa. (Vuori 2006.) Esimerkiksi SPAD-mittarilla on saatu SPAD-arvo 38 lippulehtias-teen mittauksessa yllannoitetulta ruudulta, mutta normaalisti lannoitetulta ruudulta saatu SPAD-arvo on 34. Näiden erotukseksi saadaan 4, joten erotus on suurempi ohran optimaalista erotusta. Tällöin normaalisti lannoitettu ruutu tarvitsisi lisätyyppä kasvuun.

2.5.3 CropSAT-palvelun käyttäminen SPAD-mittauksissa ja täsmälannoitus

Yara CropSAT on ilmainen satelliittipalvelu, jonka on kehittänyt ruotsalainen DataVäxt -yritys (Heimala 2018). CropSAT:n avulla viljelijä voi määrittää pellon NDVI-kasvillisuusindeksin (kuva 4) (Yara s.a.d). NDVI tulee sanoista Normalized Difference Vegetation Index. NDVI-kasvillisuusindeksi saadaan laskettua lähi-infrapunasäteilyn ja punaisen valon heijastuksista. Suurin osa satelliiteilla määritetyistä kasvillisuusindekseistä lasketaan NDVI:n avulla. (National Aeronautics and Space Administration 2000.) CropSAT-palvelussa ilmoitetut NDVI-kasvillisuusindeksiluvut vaihtelevat välillä 0,0–1,0. Viljelijä saa tehtyä lannoitteiden levityskarttoja kasvillisuusindeksin pohjalta. Palvelu on käytössä kaikissa Pohjoismaissa. Koska CropSAT-palvelu pystyy tarjoamaan vain yleiskuvan kasvustosta, sen tukena suositellaan hyödyntämään SPAD-mittaria. Käytännössä SPAD-mittarilla tarkennettaisiin eri kasvillisuusindeksin saaneiden kohtien tyyppien tarve, minkä jälkeen kasvusto lannoitettaisiin tarpeen mukaan. (Yara s.a.d.)



KUVA 4. Yara CropSAT-palvelu näyttää peltolohkon NDVI-kasvillisuusindeksit (Simola 2019-04-28).

Olosuhteiden mukaisesti tehtävää lannoitusta kutsutaan täsmälannoittamiseksi. Peltolohko lannoitetaan eri kohtien tarpeen mukaan, ja mistä siitä saadaan paras vaste lannoittamiselle. Sillä voidaan

vaikuttaa kasvien satoon ja valkuaiseen. Täsmälannoitus säästää lannoituskuluja ja vähentää ravinteiden huuhtoutumista, koska kasvit saavat paremmin hyödynnettyä ravinteet, kun niitä annetaan tarpeellinen määrä. Täsmälannoitus vaatii kasvuston kehityksen seuraamista kasvukauden aikana, koska siten viljelijä saa tietoa kasvuston kasvun etenemisestä. (Alasaari 2018.) Yara CropSAT -palvelu toimii viljelijän apuna, jotta hän voi seurata missä kohdissa kasvustoa on puutosta ravinteista.

3 KEHITTÄMISTYÖN TOTEUTUS

Opinnäytetyö on kehittämistyö, koska lopputuotoksena tehtiin viljelijäohje SPAD-mittarien käytöstä ja SPAD-suositusarvojen taulukointi sekä lisäksi ohjeet lisätyppilannoitukselle. Kasvukaudella tehtyjen SPAD-mittausten perusteella verrattiin kahden eri SPAD-mittarin mittaamia arvoja, ja selvitettiin mittauserojen erot eri SPAD-mittareiden välillä. Savonialta saatiin käyttöön edullisempi SPAD-mittari ja Hankkijalta uudempi SPAD-mittari. Mittaukset tehtiin kevätvehnältä, kauralta ja ohralta sekä mal-lasohralta Hankkijan koeruuduilla Elimäellä. Työn tarkoituksena oli selvittää kyseisten viljakasvien lehtivihreän raja-arvot eri kehitysvaiheissa, joiden mukaan viljelijä osaa tehdä typen lisälannoituksen kasvustolle.

Mittaukset tehtiin korren kasvunvaiheessa, lippulehtivaiheen lopusta kukinnon esiintuloon ja jyvän täyttymisvaiheessa, maito- ja taikinatuleentumisvaiheessa. Mitattavilla koeruuduilla kasvustolle an-netun typpilannoitteen määrät vaihtelivat, jotta mitattuja SPAD-arvoja pystyi käyttämään ohjeellisia arvoina määrittämään lisätyppilannoituksen tarve. Kenttätutkimuksen tavoitteena oli, että saman lajin ja lajikkeen eri typpitasovaihtelut mittauseruuduista mitattuna saatiin selville SPAD-keskiarvot ja SPAD-arvojen vaihteluvälit viljojen eri kehitysvaiheissa.

Viljelijäohje sisältää eri viljakasvien ohjeelliset SPAD-arvo taulukot eri typpilannoitustasoilla sekä vii-teellisiä tietoja sadonlisästä ja valkuaispitoisuudesta, joihin eri SPAD-arvoilla voidaan päätyä. Viljeli-jäohjeessa on sekä N-Tester-lehtivihreämittarin että Chlorophyll meter -mittarin SPAD-arvosuosituk-set eri kehitysvaiheissa. Ohjeen tarkoituksena on saada viljelijöille käsitys lehtivihreämittarin käyttö-kelpoisuudesta kasvuston tilan seuraamisessa.

3.1 Kenttätutkimuksen materiaalit ja menetelmät

Lehtivihreämittauksissa käytettiin kahta lehtivihreämittaria, jotka olivat Yara N-Tester ja HAD-YL6 Chlorophyll meter. Näistä saatavien mittaustulosten kirjaamiseen käytettiin Excel-taulukkoa (liite 2), joka tulostettiin paperiversiona kirjaamisen helpottamiseksi koeruutukentälle. Kasvustosta havainnoi-tiin kasvien pituus, kehitysvaihe ja muita huomioita kasvien kehittymisestä. Satotuloksista hyödyn-nettiin Hankkijalta saadut koelajikkeiden satotasot ja valkuaispitoisuudet.

3.1.1 Mittauksissa käytetyt SPAD-mittarit

Opinnäytetyössä käytettiin Yara N-Tester- ja HAD-YL6 Chlorophyll meter -lehtivihreämittareita mit-tauksissa. Yara N-Tester on käsikäyttöinen Yaran toimittama lehtivihreämittari (Yara, T-Tester, Ko-nica Minolta, Japani), jolla saadaan mitattua lehtivihreän määrää kasvustosta (kuva 5) (Heimala 2020, Lantmännen Agro s.a.a). Jotta typen tarve (kg N/ha) saadaan selville, laitteella pitää mitata 30 yksittäistä kasvia. Laite laskee automaattisesti kolmenkymmenen mittauksen jälkeen mittaustu-loksen keskiarvon eli typpitarpeen. N-Tester huomioi kasvilajin ja kasvuasteen. N-Tester on tällä het-kellä kalibroitu ohralle ja kevätvehnälle. Korrenkasvun alussa (BBCH 31 eli Zadoks-kehitysasteella 30-31) mittarin avulla saadaan tarkennettua lannoitus lajikekohtaisesti. N-Testerillä voidaan mitata

myös muita kasveja ja selvittää niiden typpitilanne ja lisälannoituksen tarve, mutta se on kalibroitava mitattavalle kasville. (Yara s.a.e.)

N-Tester näyttää arvot kolminumeroisina. Jos arvo on viljoilla yli 650, typpitila on kasvustossa riittävällä tasolla eli se ei vaadi typpilannoitusta. Typpilannoitus on harkinnan varassa, kun N-Testerillä saatavat arvot ovat suunnilleen 650 – 550. Mikäli arvo menee 550 alapuolelle, kasvusto tarvitsee lisätyppilannoituksen typpitilan nostamiseksi. (Yara s.a.e.)



KUVA 5. Yara N-Tester (Lantmännen Agro s.a.a.)

Toinen SPAD-mittauksissa käytettävä lehtivihreämittari on HAD-YL6 Chlorophyll meter (Xian Yima Optoelec Co Ltd., Kiina) (kuva 6). Mittarin näytölle tulee mitattavan lehden SPAD-arvot mittausvälillä 0,0 – 99,9 eli arvot ovat kaksinumeroisia. Lisäksi mittari määrittää myös typpiä (mg/g) sekä lämpötilan (°C) (Alibaba s.a.) Mittari ei laske automaattisesti mittaustulosten keskiarvoa. Tästä syystä sille ei ole määritetty kuinka monesta kasvin lehdestä sillä on mitattava SPAD-arvo.



KUVA 6. SPAD-mittari HAD-YL6 Chlorophyll meter (Simola 2019-04-11.)

Kuvassa 7 on molemmat SPAD-mittarit, joista Savonian Chlorophyll meter on vasemmanpuoleinen ja Yara N-Tester oikeanpuoleinen. Mittarit muistuttavat hyvin paljon toisiaan ulkonäöllisesti ja mittausmenetelmä on sama.



KUVA 7. Mittauksissa tarvittavat välineet (Simola 2019-06-25.)

SPAD-mittareilla mitattava kasvuston lehtivihreäpitoisuus korreloi kasvin typpipitoisuuden kanssa. Mittauksissa on tärkeä mitata normaalisti kehittyneitä ja terveitä lehtiä. Mittaustulos voi vääristyä, mikäli siinä on esimerkiksi kasvitaudin oireita. Jos kasvustossa esiintyy rikin puutosta, niissä kohdissa ei suositella tekemään mittausta. Muun ravinteiden puutos vääristää mittaustulosta, koska toisen ravinteiden puutos haittaa kasvin kasvua. (Kemira s.a.)

3.1.2 Koepaikka

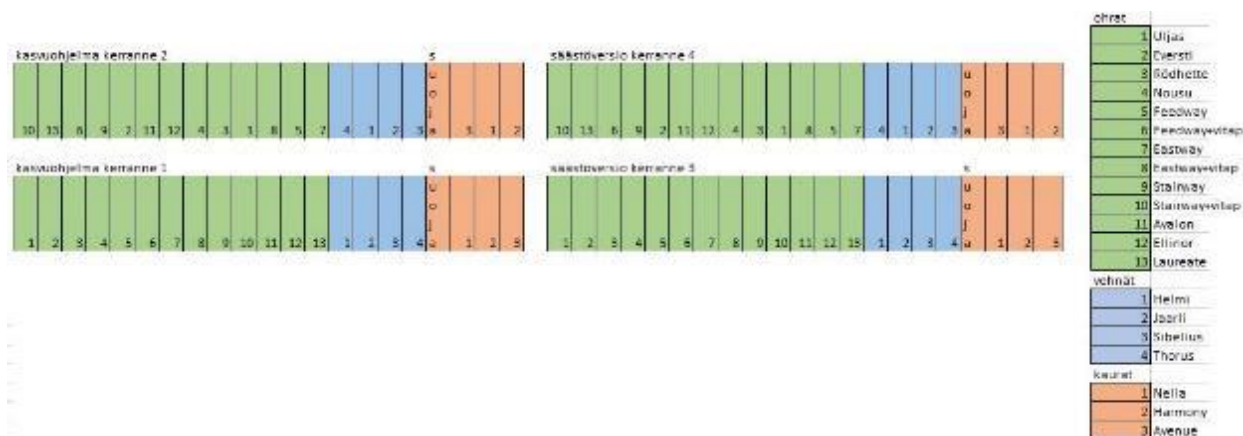
Hankkijan koeruudut sijaitsevat Elimäellä Kymenlaaksossa, Etelä-Suomessa (kuva 8). Koeruudut sijaitsevat tarkemmin Löytyssä (Hankkija s.a.a). Elimäki kuuluu I-viljelyvyöhykkeeseen (Maatilahallituksen päätös tärkeimpien kasvilajien lajikkeista 1989, liite 2).

Koeruuduilla järjestetään Hankkijan Kasvuohjelmatoiminnan tutkimus- ja koetoimintaan. Löytyssä koetoimintaan kuuluu viljakokeet, joissa testataan uusia lajikkeita ja niille sopivia viljelytoimenpiteitä. (Hankkija s.a.b.) Maalajiltaan koelohko on hietasavi, ja kuuluu multavuusluokkaan erittäin runsas multainen. Esikasvina on viljelty kevätevehnää. (Lassi 2019.)



KUVA 8. Hankkijan koeruudut Elimäellä (Hankkija s.a.a.)

Havaintoruutuja oli yhteensä 68 kappaletta ja koejäseniä oli 17 lajiketta kahdessa lannoitusohjelmassa (kuva 9). Koejäsenet olivat kokeessa kahdessa kerranteessa, jotka poikkesivat toisistaan lannoituksen suhteen. Kaksi kerrannetta lannoitettiin säästöversion mukaan ja kaksi kerrannetta lannoitettiin Kasvuohjelman mukaan. (Salopelto 2019.)



KUVA 9. Viljalajikkeiden eli koejäsenien sijoittuminen koeruutukentällä (Lassi 2019-04-29.)

3.1.3 Mittauksissa käytetyt lajikkeet

Elimäen koeruuduilla viljeltiin kevätiljoja eli ohraa, vehnää ja kauraa (taulukko 6). Taulukkoon on merkitty lajit sekä lajikkeet ja niiden kasvu-aika vuorokausina sekä käyttötarkoitus. (Salopelto 2019). Lisäksi siihen on merkitty mittauksissa käytettävät SPAD-mittarit, HAD-YL6 Chlorophyll meter ja N-Tester, ja niillä suoritettujen kasvustojen mittaukset.

Osa koejäsenistä käsiteltiin pelkällä minimipanostuksella eli säästöversiolla ja osa Kasvuohjelman mukaisella lannoitus- ja kasvinsuojeluainekäsittelyllä. Säästöversioon kuului lannoitus kylvön yhteydessä sekä rikkojen ja tuholaiten torjunta. Kasvuohjelman mukaan koeruuduille annettiin kasvunsaade ja tautitorjunta-aineet sekä lisäksi täydennyslannoitus. (Hankkija s.a.a.) Lisäksi lehtilannoitus annettiin Kasvuohjelman lajikkeille.

Mittaukset tehtiin neljältä ohralajikkeelta, kolmelta kauralajikkeelta ja kahdelta kevätvehnäajikkeelta. Opinnäytetyöhön mitatut rehuohralajikkeita olivat Uljas, Rödhette ja Feedway sekä mallasohralajike Nousu. Kauralajikkeet, jotka mitattiin työhön, olivat teollisuus- ja vientikauralajike Nella, myllykauralajike Harmony sekä rehu- ja elintarvikekauralajike Avenue. Kevätvehnäajikkeista mitattiin myllyvehnäajikkeet Helmi ja Sibelius. Opinnäytetyöhön mitatut lajikkeet valittiin mielenkiinnon sekä kasvuajan mukaan. Kasvuaika vaikutti valintaan, koska haluttiin valita lajikkeita, jotka ehtisivät kasvuaikinsa mukaan kasvaa myös III-viljelyvyöhykkeellä esimerkiksi Pohjois-Savossa. Kaikkien opinnäytetyöhön mitattujen viljalajikkeiden mittaukset suoritettiin HAD-YL6 Chlorophyll meter -mittarilla ja N-Tester-mittarilla. Opinnäytetyötä varten mitattavien lajikkeiden lisäksi mitattiin myös jäljelle jääneet Kasvuohjelman kevätvehnä-, ohra- ja kauralajikkeet N-Tester-mittarilla Hankkijan käyttöön.

TAULUKKO 6. Eri SPAD-mittareilla mitatut koeviljalajikkeet, niiden kasvuaika ja käyttötarkoitus

Viljalaji	Viljalajike	Kasvuaika (vrk)	Käyttötarkoitus	HAD-YL6 Chlo- rophyll meter	N-Tester
Ohra, monitahoinen	Uljas	84,2	Rehu	x	x
Ohra, monitahoinen	Rödhette	91,4	Rehu	x	x
Ohra, monitahoinen	Eversti	92,9			x
Ohra, kaksitahoinen	Nousu	93,1	Mallas	x	x
Ohra, kaksitahoinen	Feedway	94,2	Rehu	x	x
Ohra, kaksitahoinen	Stairway	94,5			x
Ohra, kaksitahoinen	Eastway	94,9			x
Ohra, kaksitahoinen	Avalon	96,1			x
Ohra, kaksitahoinen	Ellinor	96,6			x
Ohra, kaksitahoinen	Laureate	96,7			x
Kaura	Nella	92,0	Teollisuus, vienti	x	x
Kaura	Harmony	101,1	Myllykaura	x	x
Kaura	Avenue	101,5	Rehu, elintarvike	x	x
Kevätvehnä	Helmi	98,6	Mylly	x	x
Kevätvehnä	Jaarli	103,9			x
Kevätvehnä	Sibelius	107,0	Mylly	x	x
Kevätvehnä	Thorus	107,3			x

3.1.4 Koeruutujen käsittelyt

Koelajikkeet kylvettiin 30.4.2019 ja samalla kaikille lajikkeille annettiin kylvölannoituksena YaraMila Y3. Lannoite sisältää typpeä 23 %, fosforia 3 % ja kaliumia 8 % (Hankkija 2019a). Lannoitteen levitysmäärä oli 465 kg/ha (kuva 10). Koelajikkeet saivat kylvölannoituksessa 106,95 kiloa typpeä hehtaarille. Koelajikkeet käsiteltiin 5.6. rikkakasvien torjunta-aineella, Pixxaro EC ja Premium Classic SX.

Pixxaro EC -torjunta-aine sisältää kaksi tehoainetta Arylex 12 g/l ja fluroksipyyri 280 g/l (Hankkija 2019b). Pixxaro EC levitysmäärät olivat 0,25 l/ha. Premium Classic SX -torjunta-aineen tehoaine on tribenuroni-metyyli (500 g/kg) (Hankkija 2019c). Sen levitysmäärä oli 12 g/ha.



KUVA 10. Kuvassa on havaintoruutujen sijainti ja koeruuduille tehdyt käsittelyt (Simola 2019-06-11a).

Toukokuussa 23.5. levitettiin Kasvuohtelman lajikkeille oraslannoitus YaraMila NK1. Lannoitteessa on typpeä 25 %, kaliumia 7 % ja rikkiä 4% (Hankkija 2019a). Levitysmäärä oli 45 kg/ha, josta kertyi typpeä 11,25 kg/ha. Kasvuohtelman lajikkeet saivat yhteensä 118 kiloa typpeä hehtaaria kohti. Hivenlannoitus tehtiin YaraVita Starphos -lehtilannoitteella 5.6. YaraVita Starphos on nestemäinen lannoite, joka sisältää fosforia 41 grammaa litrassa (l/g) ja mangaania 93 g/l (Yara s.a.f). Starphos -lannoitteen levitysmäärä oli 3 l/ha ja vesimäärä 100–200 l/ha. Samana päivänä annettiin myös Moddus Evo -korrensäde, jonka tehoaine on trineksapakki-etyyli (Hankkija 2019d) (kuva 11). Moddus Evon käyttömäärä oli 0,25 l/ha. Kasvuohtelman lajikkeille tehtiin 12.6. tautitorjunta, Elatus Era -torjunta-aineella, jonka määrä oli 0,7 l/ha. Elatus Eran tehoaineita ovat solatenol (75 g/l) ja protikonatsoli (150 g/l) (Syngenta s.a.).



KUVA 11. Kasvuohtelman lajikkeille tehdyt käsittelyt (Simola 2019-06-11b.)

3.1.5 SPAD-mittausten, kehitysastehavaintojen ja kasvien korkeusmittausten toteutustapa ja ajankohdat

SPAD-mittaukset ajoittuivat kesäkuun alusta heinäkuun loppuun. Kasvukauden aikana jokaisella viljalajilla SPAD-mittaukset tehtiin kolme kertaa. Ensimmäinen lehtivihreämittaus suoritettiin, kun viljalaji oli korrenkasvuvaiheessa eli Zadoks-kehitysasteella 30–35. Toisella mittauskerralla viljojen kehitysvaihe oli Zadoks-kehitysasteella 43–58 eli lippulehtivaiheen lopussa ja kukinnon esiintulon vaiheessa. Viimeinen eli kolmas mittausajankohta oli kasvustojen ollessa maito- ja taikinatuleentumisvaiheessa, Zadoks-kehitysasteikolla 78–87 (kuva 12). Alkuperäisen suunnitelman mukaan toinen mittaus olisi tehty lippulehtivaiheessa 37–39 Zadoks-kehitysasteella. Lisäksi suunnitelman mukaan kolmas mittausajankohta olisi ollut joko maitotuleentumisvaiheessa 70–79 tai taikinatuleentumisvaiheessa, kehitysasteelle 83 asti.

Kasvien kehitysvaiheiden seurannassa toimittiin yhteistyössä koeruutututkimuksessa mukana olevien Hankkijan tutkijoiden kanssa. Kasvukauden aikana pysyttiin yhteyksissä siitä, missä kehitysvaiheessa kasvustot olivat ja siten suunniteltiin mittauspäivät. Mittauspäivät eivät täysin osuneet suunniteltuihin kehitysasteisiin, koska työharjoittelu piti ottaa huomioon mittausten toteutuspäivien suunnittelussa.



KUVA 12. Kasvustokuvia jokaiselta mittauspäivältä 11.6. (vasen), 25.6. ja 18.7. (Simola 2019-12-30.)

Savonian HAD-YL6 Chlorophyll meter -mittarilla oli tarkoitus mitata alustavan suunnitelman mukaan SPAD-arvot yhdeltä koeruudulta kymmenestä tai useammasta lehdestä, eri puolilta lajikkeen koeruutua. Chlorophyll meter -mittarilla oli otettava yhdeltä lajikkeelta keskimäärin 20 mittausta eri lehdestä, koska sen antamat mittaustulokset vaihtelivat hyvin paljon.

Mitattavien kasvien lehdet valittiin satunnaisella otannalla, mutta niin että lehdet olivat terveitä ja kehittyneitä. Jokaisen mittauksen jälkeen Chlorophyll meter -mittarin mittaustulos merkittiin muistiinpanoihin, koska kyseinen mittari ei osaa laskea automaattisesti keskiarvoa SPAD-luvuille. N-Tester-mittarilla mitattiin 30 lajiketta koeruudulta, jotta se sai laskettua SPAD-keskiarvon. Mittari pystyi laskemaan itse keskimääräisen SPAD-arvon, joten sen antama keskiarvo merkittiin yhdellä lajikkeella

30 mittauksen jälkeen suoraan taulukkoon. N-Testerillä ei laskettu keskihajontaa, koska se antoi SPAD-arvon suoraan.

Lehtivihreä mitataan ylimmästä täysin kehittyneestä lehdestä, sen keskiosasta. Molemmilla mittareilla mitattiin kasvustosta kasvin ylin täysin kehittynyt lehti, sen keskeltä. Lehden oli oltava terve eli siinä ei saanut olla tautioireita tai ravinteiden puutosoireita, koska ne olisivat voineet vääristää mitaustulosta. (Vuori 2006, 12.) Mikäli tulos poikkesi 2-kertaisesti tai 0,5-kertaisesti tavanomaisesti saaduista mitaustuloksista, virheellinen mitaustulos poistettiin ja tehtiin uusi mittausta lehdestä.

Korren pituus mitattiin jokaisesta lajikeruudusta yhdestä kohdasta satunnaisella otannalla. Korsien mittausta suoritettiin Luonnonvarakeskuksen virallisten lajikekokeiden ohjeistuksen mukaisesti. (Luonnonvarakeskus 2018.) Mittauksessa otettiin kourallinen korsi, niin että lehden kärjet ja myöhemmissä mittauksissa tähkät tai röyhät osoittivat ylöspäin. Korkeuden mitta otettiin kohdasta, johon valtaosa lehdenkärjistä ja myöhemmässä kasvuvaiheessa valtaosa viljan tähkistä tai röyhistä ulottuvat niin kuin Luonnonvarakeskuksen lajikekokeiden ohjeistuksessa neuvotaan. Mittausta tehtiin ensimmäisellä mittauskerralla teräksisellä taittomitalla ja muina mittauspäivinä rullamitalla, koska taittomitalla mittaaminen oli hankalaa. Korren pituus merkittiin Excel-taulukon paperiversioon kyseisen lajikkeen kohdalle mittausta paikalla.

Kasvuston kehitysvaiheiden määrittämisessä käytettiin Zadoks-kehityssasteikkoa (liite 1). Kehityssasteet merkittiin jokaiselta mitatulta lajikkeelta tulostettuun Excel-taulukkoon. Tutkittavista lajikkeista otettiin myös kuvia kehityssasteiden arvioimiseksi myöhempää tarvetta varten. Kuvista pystyi tarkistamaan, jos jokin kehityssaste oli jäänyt epäselväksi mittauksen jälkeen.

3.1.6 Tulosten tallennus ja tilastolliset analyysit

Kahdella lehtivihreämittarilla saadut mitaustulokset koottiin eriteltyinä eri viljalajeilta, lajikkeilta ja kehitysvaiheilta omaan Excel-taulukkoon. Viljelijäohjetta varten laskettiin kummallakin mittarilla saatujen SPAD-arvojen keskiarvoja eri lajien, lajikkeiden ja kehitysvaiheiden tuloksista eritellen myös eri tyyppilannoitustasot. Mittaustuloksia käsiteltiin siten, että ensin sieltä poistettiin äärevät, varmasti virheelliset arvot. Sillä ne olisivat laskeneet tutkimuksen luotettavuutta.

Tulosdataa käsiteltiin opinnäytetyön ohjaava opettaja, Kirsi Mäkinen, Webropol 3.0 Professional Statistics -ohjelmistolla. Eri mittareilla saatuja tuloksia verrattiin toisiinsa regressioanalyysillä, joka kuvaa kahden muuttujan välistä lineaarista riippuvuutta ja sen voimakkuutta sekä regressiosuoran ennustearvoa. Regressioanalyysissä määritettiin regressiosuoran regressiokerroin, jota on mahdollista käyttää eri mittareilla saatujen tulosten muuntokertoimena. Regressiokerrointa käytetään tavallisesti ilmaisemaan kahden muuttujan välistä yhteyttä. (Heikkilä 2014.)

Excel-taulukkoon täydennettiin myöhemmin mittauspäivään mennessä kertynyt tehoisa lämpösumma. Lisäksi tarkennettiin lajikeominaisuuksia, tyyppilannoitusmäärät ja Zadoks-kehitysasteet. Zadoks-kehitysasteille laskettiin keskiarvo tilanteissa, joissa koeruudun lajikkeella oli eriaikaista kehittymistä.

3.1.7 Mitatuista kasvustoista tehdyt muut analyysit

Satotulokset mitattiin Kouvolassa Hankkijan siemenlaboratoriossa. Laitteena tuloksien analysoinnissa käytettiin Perten inframatic 9500-analysointia. Sillä analysoitiin sadoista kosteusprosentti, hehtolitrapaino (hpl), tärkkelys (g/kg ka) ja valkuainen (g/kg ka). (Lassi 2019.) Satomäärä lasketaan kuivasta satoerästä, jonka kosteusprosentti on noin 13 %. Koeruutujen puinti tehtiin koeruutupuimurilla, jonka säiliö tyhjennettiin aina puidun ruudun jälkeen. Säiliön jyvät tyhjennettiin ruutupussiin, joka kuivattiin. Sen jälkeen ruutupussi punnittiin ja lasketaan satotaso (kg/ha) (Lassi 2020). Hehtaarisato (kg/ha) laskettiin seuraavalla kaavalla:

$$\mathbf{10\ 000 / (ruudun\ pituus\ metreinä \times ruudun\ leveys\ metreinä) \times ruutusato\ kilogrammoina}$$

Koeruutujen hehtaarisadot määritettiin 10 000 jaettuna ruudun pituuden ja leveyden tulolla, joka kerrotaan koeruutusadon kilogrammalla (Lassi 2020).

Ruudun pituus oli 7 metriä ja leveys 1,25 metriä. Kasvuston korkeus mitattiin mittakepillä satunnaisesta osasta koeruudun kasvustoa. (Lassi 2020.) Hankkijalta saadut satotulokset kirjattiin mittaustulosten kanssa samaan Excel-taulukkoon.

Eri lannoiteohjelmalla lannoitetuista eli kasvuohjelman ja säästöversion koeruuduista saadut satotaso- ja valkuaispitoisuustiedot tarkensivat mitattuja SPAD-mittaustuloksia, koska siten voitiin antaa esimerkki, millaisiin valkuaispitoisuuksiin sekä satotasoihin milläkin SPAD-kehityskaarella on päädytty käytännössä.

3.2 Viljelijäohjeen laatiminen

Opinnäytetyön kehittämistehtävänä luotiin viljelijäohje (liite 3). Toista samanlaista tai yhtä kattavaa ohjetta ei ole, joten luotu viljelijäohje helpottaa viljelijän työtä ja tarvittava tieto on koottuna yhteen paikkaan. Viljelijäohjeen tavoitteena on opastaa viljelijälle, kuinka lehtivihreämittaria voidaan hyödyntää viljakasvien lisätyppilannoitustarpeen selvittämisessä. Ohjeen tavoitteena on auttaa viljelijää tulkitsemaan SPAD-mittarilla saatavia SPAD-arvoja, niin että viljelijä osaa tehdä tarvittaessa lisätyppilannoituksen kasvustoonsa. Lisäksi siinä opastetaan, kuinka lehtivihreämittaria voidaan hyödyntää täsmäviljelyssä Yara CropSAT-satelliittipalvelun kanssa. Viljelijäohje soveltuu useille SPAD-mittareille.

Viljelijäohjeen kohderyhmänä on viljakasvien viljelijät, jotka eivät halua tai voi investoida kalliisiin täsmäviljelylaitteisiin. SPAD-mittari on edullinen apuväline täsmälannoittamista varten, koska lehtivihreämittarit ovat hinnaltaan sadoista euroista reiluun tuhanteen euroon (Alibaba s.a.; Vuori 2006). Kalliimmat traktoreihin liitettävät täsmäviljelylaitteet ovat jopa 30 000 euroa hinnaltaan riippuen laitteesta ja sen lisävarustuksesta (Luomanperä 2018). Lisäksi kohderyhmänä ovat viljelijät, joilla on kiinnostusta panostaa korkeampaan satotasoon tai valkuaispitoisuuteen kasvukauden aikana jaetulla tyyppilannoituksella. Viljelijäohje auttaa viljelijää hyödyntämään kasvuston satopotentialiset kohdat, joissa jaettu tyyppilannoitus voi lisätä satotasoa (Farmit 2009).

Viljelijäohjeeseen kerätty tieto on koottu opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksen ja kenttätutkimustuloksien pohjalta. Kenttätutkimuksen kautta haluttiin selvittää HAD-YL6 Chlorophyll meter -mittarin käyttökelpoisuus viljelijäohjeeseen. Lisäksi kenttätutkimuksella haluttiin mitata viljojen eri kehitysvaiheiden SPAD-arvoja, jotta ohjeeseen saatiin ohjeistavia SPAD-arvoja muista kehitysvaiheista. Viljelijäohjeen SPAD-suositusarvot eri kehitysvaiheissa olivat opinnäytetyön kirjallisista lähteistä ja kenttätutkimustuloksien lisäksi. Ohjeessa neuvottiin Yara CropSAT-satelliittipalvelun hyödyntämistä SPAD-mittauksissa, jonka lähteenä on käytetty CropSAT-palvelun antamaa tietoa. Tarvittavan lisätyypilannoite käyttömäärän (kg N/ha) selvittämisessä käytettiin kirjallisuutta lähteenä.

Viljelijäohjeen pohjana käytettiin Savonian tyhjää DOTX-tiedostopohjaa, koska pohjassa oli valmiina Savonian logo ja koska ohjetta varten ei ollut erillistä käytettävää pohjaa. Ohje tehtiin Microsoft Word-kirjoitusohjelmassa ja lopuksi se tallennettiin pdf-muotoon, jotta se on viljelijöiden saatavissa ja tulostettavissa internetistä. Ohje sovitettiin A4-arkille kaksipuoleisena, koska tavoitteena oli johdonmukainen ja selkeälukuinen ohjeistus. Kaksipuolisena ohje sisältää olennaiset tiedot Yara CropSAT -palvelun käytöstä, SPAD-mittaamisesta ja lisätyypilannoittamisesta. Ohjeen sisältö päätettiin jakaa kahdelle sivulle johdonmukaisesti. Ensimmäinen sivu käsittelee Yara CropSAT-palvelun käyttöä sekä SPAD-mittauksien ajankohtaa ja tekemistä. Toinen sivu käsittelee mitattujen SPAD-arvojen tuloksien vertaamista suositusarvoihin, tarvittavan tyyppilannoitemäärän laskemista ja CropSAT-palvelun käyttöä lannoitemäärien selvittämisen jälkeen.

Viljelijäohje lähetettiin sähköpostin kautta kahdelle viljelijälle kommentoitavaksi, koska haluttiin saada tietoa ohjeen toimivuudesta ja ymmärrettävyydestä viljelijän näkökulmasta. Viljelijät valittiin niin, että toisella viljelijällä oli aikaisempaa kokemusta lehtivihreänmittaamisesta ja toiselle viljelijälle lehtivihreänmittaaminen ei ennestään ollut lainkaan tuttua. Viljelijöiltä saatiin rakentavaa palautetta, jonka mukaan tehtiin korjauksia ja lisäyksiä viljelijäohjeeseen.

4 KENTTÄTUTKIMUKSEN TULOKSET

Tuloksissa käsiteltiin Chlorophyll meter- ja N-Tester-lehtivihreämittareilla saatuja SPAD-arvoja kolmessa eri kehitysvaiheessa ja kahdessa eri lannoitusohjelmassa, joissa kasvustoon annetun typen määrä on vaihdellut. Mitattuja SPAD-arvoja verrattiin lehtivihreämittareille annettuihin ohjeellisiin suositusarvoihin, koska se auttoi hahmottamaan tutkitun kasvuston lehtivihreän määrän tavoitearvoon. Tuloksissa käsiteltiin myös, kuinka Chlorophyll meter -mittarilla saatu tulos muutetaan vastaamaan N-Testerin SPAD-arvoa. Aikaisempia tutkimustuloksia SPAD-arvojen vertailuista ei löytynyt, mikä olisi toiminut hyvänä vertailuna opinnäytetyön kenttätutkimuksen kanssa. SPAD-arvojen vertailun pohjana käytettiin ohjeellisia lehtivihreän suositusarvoja (Kemira s.a.; Yara s.a.c).

Lopuksi käsiteltiin eri lannoitusohjelmista saatuja viljalajien satotasoja (kg/ha) sekä valkuaispitoisuuksia (g/kg ka). Myllyvehnä-, ohra- ja kauralajikkeiden satotasoa, valkuaispitoisuuksia, hehtolitrapainoa ja korren pituutta verrattiin Luonnonvarakeskuksen virallisista lajikekokeista saatuihin tuloksiin. Tietojen vertailun avulla saatiin selvitettyä poikkeavuuksia lajikkeiden välillä.

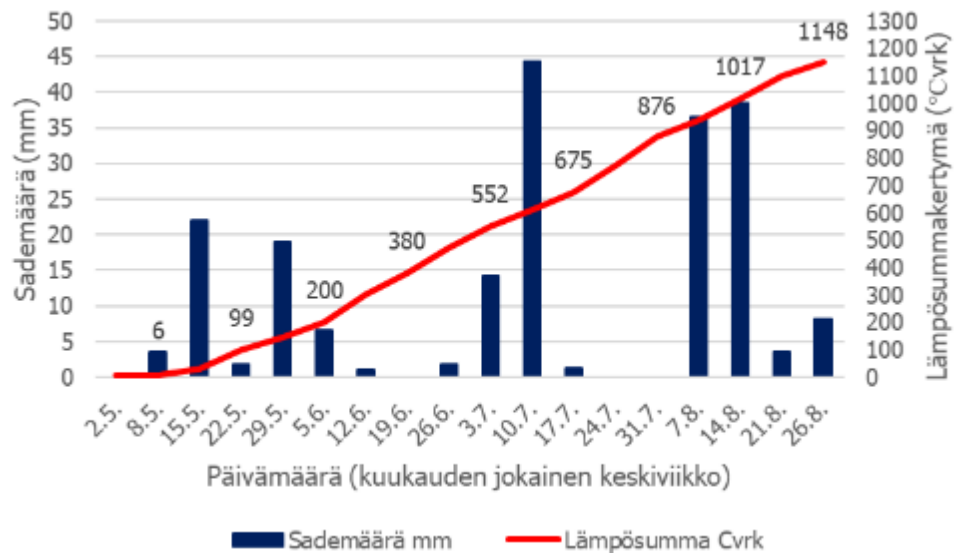
4.1 Kasvukauden sääolosuhteet ja mittauspäivien sää

Elimäen koeruutukentällä oli koekäytössä FieldSense-sääasema. Se mittaa ilman ja maan lämpötilaa, sademäärää, ilmankosteutta ja -painetta, tuulen nopeutta, ultraviolettisäteilyindeksiä ja auringon säteilemän valon tehoa. Sääaseman dataa voi tarkastella tietokoneen tai älypuhelimien asennettavan sovelluksen kautta. (Hankkija s.a.c.)

Kuviossa 1 kuvataan Elimäen viikoittaista sademäärää (mm) sekä lämpösummakertymää ($^{\circ}\text{Cvrk}$). Sademäärät ovat peräisin Hankkijan FieldSense-sääaseman datasta. Lämpösumma on otettu Farmit-sivuston keräämän tehoisan lämpösumman mukaan paikkana Elimäki (Farmit 2019). Farmit:n lämpösummaa käytettiin siksi, että FieldSense-sääasema ei laske kertynyttä tehoisaa lämpösummaa.

Kuvioon 1 on laskettu viikoittainen sadesumma. Koska FieldSense-sääasema alkoi kerätä dataa 2. toukokuuta, on viikoittainen sadesummakertymä laskettu kuun keskiviikoille. Esimerkiksi 2.–8.5. välisenä aikana sademäärä oli 3,5 millimetriä vettä. Suurin viikoittainen sademäärä osui heinäkuun alkuun, jolloin satoi vettä yhteensä yli 44 millimetriä. Seuraavat kunnolliset sateet tulivat elokuun alussa. Tällöin viikoittainen sademäärä oli reilu 35 millimetriä. Sateet ajoittuivat yleensä parin päivän sadejaksoiksi, jolloin sademäärä kertyi lyhyessä ajanjaksossa.

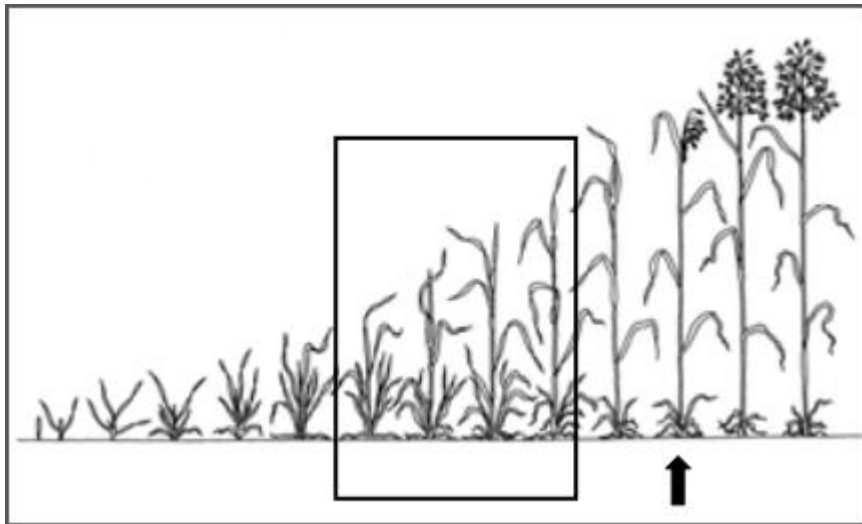
Kylvöpäivään mennessä kertynyt summa on vähennetty mittauspäivien summasta. Esimerkiksi 11.6. kertynyt lämpösumma oli kokonaisuudessaan 343, joten siitä vähennettiin 53 $^{\circ}\text{Cvrk}$, joka oli 30.4. mennessä kertynyt lämpösumma. Kesäkuussa ensimmäisenä mittauspäivänä 11.6. lämpösummaa oli kertynyt 290 $^{\circ}\text{Cvrk}$ eli vuorokausiastetta. Toisena mittauspäivänä 18.6. oli kertynyt lämpösummaksi 462 $^{\circ}\text{Cvrk}$. Kolmanteen mittauspäivään 25.7. mennessä lämpösumma oli 686 $^{\circ}\text{Cvrk}$.



KUVIO 1. Kasvukauden lämpösomankertymä ja viikoittaiset sademäärät Elimäen koeruuduilla (Si-mola 2019-12-27.)

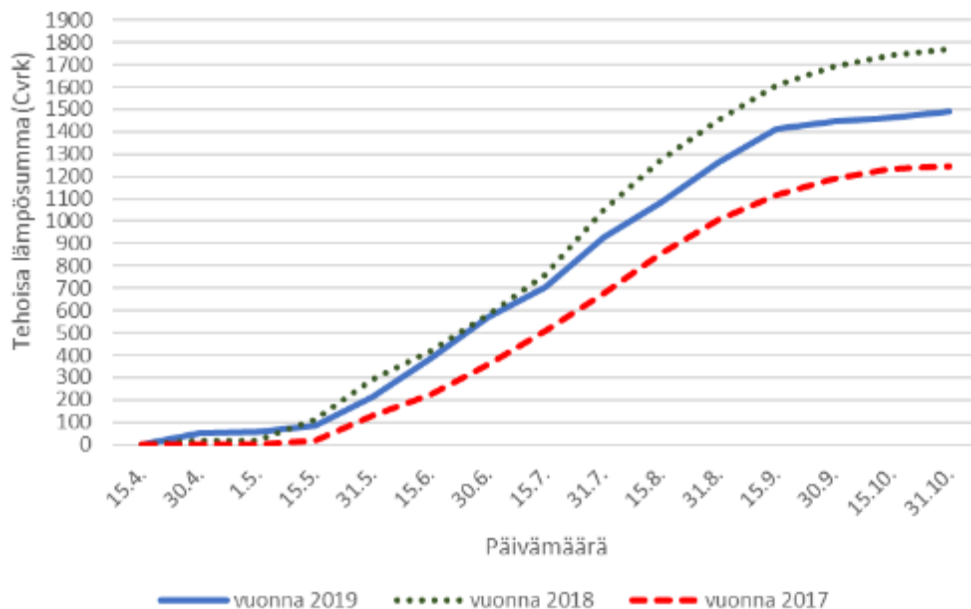
Kasvien kasvuun ja kehitykseen vaikutti kuluneen kasvukauden olosuhteet, esimerkiksi kasvukauden lämpötila ja kuivuus. Kasvukausi oli Etelä-Suomessa paikoittain hyvin vähäsateinen. Sateita tuli lähes viikoittain kasvukauden aikana, mutta heinäkuussa kahden viikon aikana ei satanut ollenkaan. Kesäkuussa sateet jäivät hyvin vähäisiksi, mikä näkyi koeruutukentällä esimerkiksi peltomaan kuivuutena. Kuivassa pellossa ravinteet liikkuvat huonosti kasviin, koska maassa olevat ravinteet kulkeutuvat veteen sitoutuneina kasvin juuriston saataville (Junnola ja Peltonen 2013). Jos maahan ei ole sitoutunut vettä riittävästi kasvin juuriston saataville, ravinteet eivät kulkeudu kasviin ja kasvi kärsii ravinnepuutoksista. Kuivuus on vaikuttanut viljojen, vehnä- ja ohralajikkeiden mataliin valkuaispitoisuuksiin ja korren pituuksiin.

Kesäkuun sateeton ja osittain hyvin vähä sateinen jakso ajoittui satoisuusikunan eli viljojen kasvulle ja kehitykselle kriittisimpään jaksoon (kuva 13). Parin viikon mittaisen kriittisen kehitysjakson aikana viljojen kukat erilaistuvat, ja jakson jälkeen suurin osa kukista kehittyi myöhemmin jyviksi. Kriittinen jakso alkaa kolme viikkoa ennen tähkälle ja röyhylle tuloa. Jos tällä ajanjaksolla ilmenee ongelmia, kuten kuivuutta tai ravinteiden vähäisyyttä, ne saattavat näkyä satotuloksissa. (Peltonen-Sainio, Rajala, Seppälä 2005.)



KUVA 13. "Satoisuusikkuna" (kehystettynä) kuvaa kriittistä vaihetta viljojen kasvulle ja kehitykselle (Parkkari ja Peltonen-Sainio 2005, 47).

Kuviossa 2 on kuvattu tehoisan lämpösunnan kertymistä eri kasvukausina. Vuoteen 2017 ja 2018 verrattuna kuluneen kasvukauden lämpösunnma jää näiden välille. Vuoden 2019 kasvukauden lämpösunnmakertymä oli edellisvuosiin verrattuna keskiverto vuosi lämpösunnmaltaan. Vuonna 2017 kasvukausi päättyi lokakuun 19. päivä ja lämpösunnmakertymä oli 1244 °Cvrk. Kun taas vuoden 2018 kasvukausi päättyi kuukautta myöhemmin, johon mennessä lämpösunnmaa oli kertynyt 1775 °Cvrk. Vuoden 2019 kasvukauden lopussa lämpösunnmakertymä oli 1493 °Cvrk ja kasvukausi päättyi lokakuun 27. päivä. (Farmit 2019.)

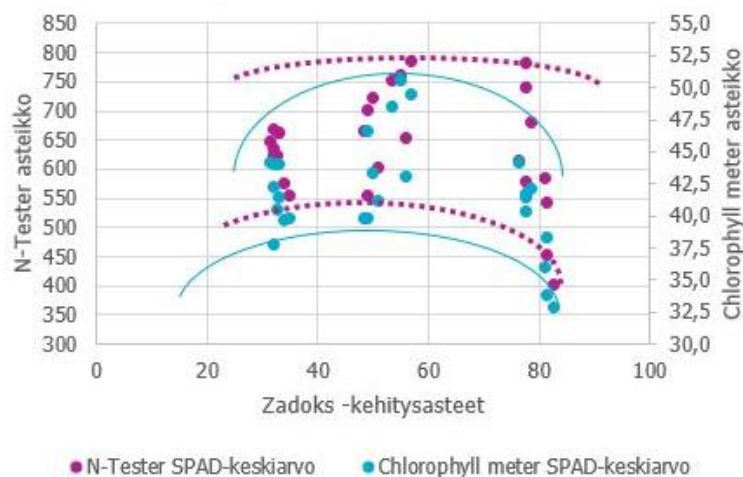


KUVIO 2. Tehoisan lämpösunnan kertyminen kuluneena kasvukautena sekä viime vuosina (Simola 2019-12-02.)

4.2 SPAD-mittaustulokset säästöversion lajikkeilla

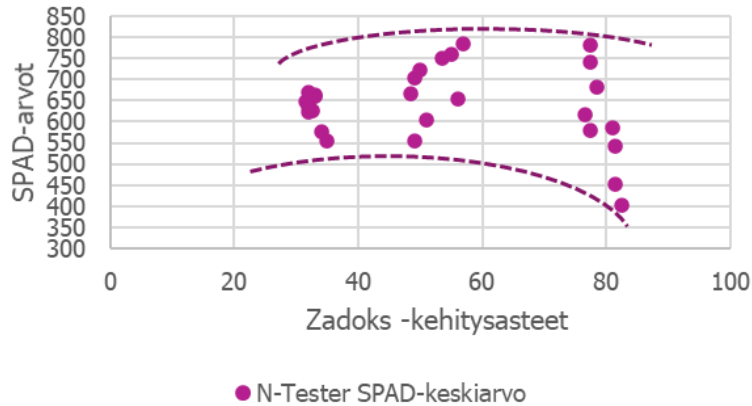
Kuvion 3 SPAD-keskiarvot ovat säästöversion ohran, vehnän ja kauran koelajikkeilta. Säästöversion lajikkeet saivat typpeä kylvölannoituksen mukana 107 kilogrammaa hehtaarille (kg N/ha). Vasempaan pystyakseliin on merkitty N-Tester-mittarin asteikko (300–850) ja oikea pystyakseli kuvaa Chlorophyll meter -lehtivihreämittarin asteikkoa (30–55). Vaaka-akseli kertoo viljojen Zadoks-kehitysasteet (0–100). Kuvion viivat kuvaavat putkimaisesti sitä, minkä arvojen välille SPAD-arvot jäävät. Viivojen avulla voitiin hahmottaa SPAD-arvojen vaihteluväli ja jakautuminen eri kehitysvaiheissa.

N-Testerillä mitatut SPAD-arvot jakautuvat korrenkasvun (Zadoks 31–35) aikana 555–665 välille. Chlorophyll meter -mittarilla mitatut SPAD-arvot jakautuvat arvojen 37–44 välille korrenkasvun kehitysvaiheessa. Seuraavassa mittauksessa, tähkälle ja röyhylle tulon kehitysvaiheessa (Zadoks 43–57), N-Testerin arvot olivat 555–785 ja Chlorophyll meter -mittarilla arvot vaihtelivat 39–50. Jyvän täyttymis- ja tuleentumisvaiheessa (Zadoks 75–85) N-Testerillä mitatut arvot jakautuvat 400–785 välille ja Chlorophyll meter -mittarilla 32–44.



KUVIO 3. Ohra-, myllyvehnä- ja kauralajikkeiden SPAD-keskiarvojen jakautuminen molemmilla mittareilla säästöversiossa (Mäkinieniemi 2019-12-02a.)

Kuvio 4 kuvaa N-Tester-mittarilla tehtyjen SPAD-mittausten arvojen jakautumista säästöversion koelajikkeilla. N-Testerillä kaikista saaduista SPAD-arvoista alhaisin oli 400 ja korkein SPAD-arvo oli 785. Tuleentumisvaiheessa SPAD-arvoilla oli eniten vaihtelua kuin korrenkasvu- ja tähkälletulovaiheen SPAD-arvoissa.



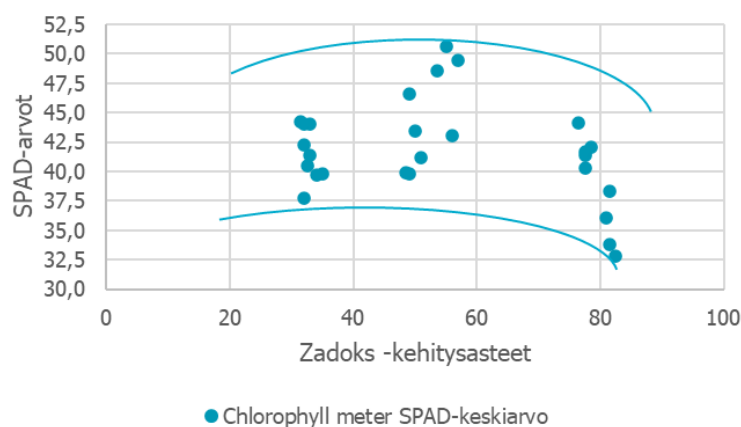
KUVIO 4. N-Tester-mittarilla mitattujen SPAD-tuloksien keskiarvot säästöversion ohra-, kaura- ja myllyvehnäajikkeilla (Mäkinieniemi 2019-12-02b.)

Taulukon 7 lihavoidut SPAD-arvot ovat N-Testerille annetut suositusarvot, joihin verrataan mitattuja SPAD-arvoja. SPAD-arvojen erotus on laskettu, siten että korrenkasvuasteen SPAD-arvoja on verrattu lippulehtiasteen suositusarvoihin ja tähkälle- tai röyhylletulovaiheen SPAD-arvoja on verrattu tähkälletuloasteen suositusarvoihin. Suositusarvon alle jääneet SPAD-arvot ovat merkitty taulukkoon miinusmerkillä (– -merkillä) ja yli suosituksen menneet arvot ovat kuvattu plusmerkillä (+-merkillä). Lisäksi taulukkoon on merkitty SPAD-arvojen erotusten vaihteluväli numeroin. Taulukossa 7 on N-Testerillä tehtyjen SPAD-mittausten keskiarvot kaikilla mitatuilla lajikkeilla, jotka kuuluivat säästöversion. Kaikilla viljalajeilla mitatut SPAD-arvot olivat korkeammat kuin suositusarvot. Säästöversion koelajikkeille oli mittausten perusteella riittävästi tyypeä käytössä kylvölannoituksen jäljiltä.

TAULUKKO 7. Säästöversion ohra-, myllyvehnä- ja kauralajikkeiden SPAD-keskiarvojen vertailu suositusarvoihin

Viljakasvi	Kehitysaste	SPAD-suositusarvot (N-Tester-lehtivihreämittari)	Mitatut SPAD-arvot säästöversiolajikkeilta (N-Tester)	SPAD-arvojen erotus suositukseen (+ tai -) / vaihteluväli
Kevätvehnä	37 – 41 (lippulehtiaste)	480 – 540		
	51 – 57 (tähkälletulo)	480 – 525		
Myllyvehnä	31 – 33 (korrenkasvu)		660	0
	37 – 41 (lippulehtiaste)	630 - 660	-	
	43 – 57 (tähkälletulo)		650 – 725	+ (0 – 65)
	51 – 57 (tähkälletulo)	630 - 660	-	
	75 – 79 (tuleentuminen)		580 – 620	
Ohra	32 – 34 (korrenkasvu)		555 – 665	+ (75 – 185)
	37 – 41 (lippulehtiaste)	435 - 480	-	
	47 - 52 (tähkälletulo)		555 – 705	+ (15 – 105)
	51 – 57 (tähkälletulo)	540 – 600	-	
	79 – 85 (tuleentuminen)		400 – 585	
Kaura	31 – 33 (korrenkasvu)		620 – 650	+ (35 – 170)
	37 – 41 (lippulehtiaste)	450 - 585	-	
	49 – 52 (röyhylletulo)		750 – 785	+ (0 – 20)
	51 – 57 (röyhylletulo)	675 - 765	-	
	75 – 80 (tuleentuminen)		680 – 785	

Kuviossa 5 kuvataan Chlorophyll meter -lehtivihreämittarin säästöversion lajikkeiden SPAD-tuloksien jakautumista eri kehitysvaiheissa. Korren kasvuvaiheessa kaikkien lajikkeiden mitatut arvot jakautuivat 37–44 SPAD-arvojen välille. Tähkälletuloasteella (Zadoks 47–59) SPAD-arvot jakautuivat 39–50 välille. Tuleentumisvaiheessa SPAD-arvot olivat laskeneet 32–44 välille.



KUVIO 5. Chlorophyll meter -mittarilla saatujen SPAD-keskiarvot säästöversiossa kaura-, ohra- ja myllyvehnälaajikkeilla (Mäkinieniemi 2019-12-02c.)

Taulukossa 8 Chlorophyll meter -mittarin SPAD-mittausten perusteella myllyvehnällä SPAD-arvot jäivät yli 7 SPAD-yksikön verran alle suositusten korrenkasvu- ja tähkälletulovaiheessa. N-Tester-mittarilla saadut säästöversion tulokset taas viittasivat, että myllyvehnäajikkeilla typpilannoitus oli riittävä. N-Testerillä mitatut SPAD-arvot myllyvehnäajikkeilla olivat suositusarvojen mukaiset, siksi pääteltiin säästöversion myllyvehnäajikkeiden saaneen riittävästi typpeä. N-Testerin suositusarvot eivät välttämättä ole vielä täysin vakiintuneet, koska mittari ei ole ollut käytössä niin kauaa kuin vanhemmat SPAD-mittarit. Tästä syystä N-Testerin antamat arvot eivät välttämättä täsmää mitattujen ja suositusarvojen kanssa.

Ohralajikkeilla korrenkasvuvaiheessa SPAD-arvot olivat suositusarvoja korkeammat noin 1–6 SPAD-yksikön verran, mutta tähkälletulovaiheessa SPAD-arvot olivat melkein suositusten mukaiset. Kauralajikkeilla SPAD-arvot olivat suositusten mukaiset korrenkasvuvaiheessa, mutta röyhylletuloasteella ne olivat suosituksia korkeammat, yli 4 SPAD-yksikköä. Mittausten mukaan ainoastaan myllyvehnäajikkeet olisivat kaivanneet lisää typpeä kasvuunsa, mutta ohra- ja kauralajikkeet pärjäisivät annetulla kylvölannoitteella.

TAULUKKO 8. Säästöversion ohra-, myllyvehnä- ja kauralajikkeiden SPAD-keskiarvojen vertailu suositusarvoihin

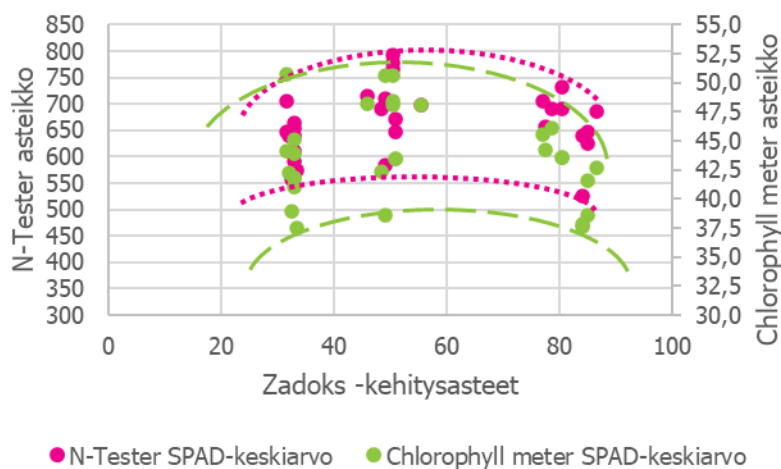
Viljakasvi	Kehitysaste	SPAD-suositusarvot (kaksinumeroiset lehtivihreämittarit)	Mitatut SPAD-arvot säästöversion lajikkeilta (Chlorophyll meter)	Mitattujen SPAD-arvojen erotus suositukseen (+ tai -) / vaihteluväli
Kevätvehnä	30 – 33 (korrenkasvu)			
	37 – 41 (lippulehtiaste)	38 – 42		
	51 – 57 (tähkälletulo)	38 – 41		
Myllyvehnä	30 – 33 (korrenkasvu)		37 – 41	– (-13...-9)
	37 – 41 (lippulehtiaste)	lähellä 50	-	
	45 – 55 (tähkälletulo)		43	– (-7)
	51 – 57 (tähkälletulo)	lähellä 50	-	
	75 – 79 (tuleentuminen)		40 – 44	
Ohra	30 – 33 (korrenkasvu)		39 – 44	+ (1 – 6)
	37 – 41 (lippulehtiaste)	35 – 38	-	
	48 – 52 (tähkälletulo)		39 – 46	+ / – (0...-3)
	51 – 57 (tähkälletulo)	42 – 46	-	
	79 – 85 (tuleentuminen)		32 – 38	
Kaura	30 – 33 (korrenkasvu)		42 – 44	0
	37 – 41 (lippulehtiaste)	36 – 45	-	
	48 – 52 (röyhylletulo)		48 – 50	+ (4 – 8)
	51 – 57 (röyhylletulo)	40 – 44	-	
	75 – 80 (tuleentuminen)		41 – 42	

Säästöversion SPAD-mittausten tulosten ja vertailujen perusteella, koelajikkeilla ei ole ollut tarvetta lisätyypilannoitukselle. Molempien SPAD-mittareiden mukaan SPAD-arvot olivat suosituksia korkeammat, ainakin ohra- ja kauralajikkeilla. Säästöversion korkeisiin SPAD-arvoihin saattoi vaikuttaa esimerkiksi SPAD-mittausten onnistuminen, koska epäonnistuneeseen mittaukseen on vaikuttanut lehden huono asettelu mittariin esimerkiksi liian läheltä lehtiruotia tehty mittaus. Lisäksi aiemmin mainittiin N-Tester-mittarin suositusarvojen tarkkuus, koska mittari on tullut vasta kymmenen vuotta sitten ja sen suositusarvot eivät ole vakiintuneet vielä.

4.3 SPAD-mittaustulokset Kasvuohjelman koelajikkeilla

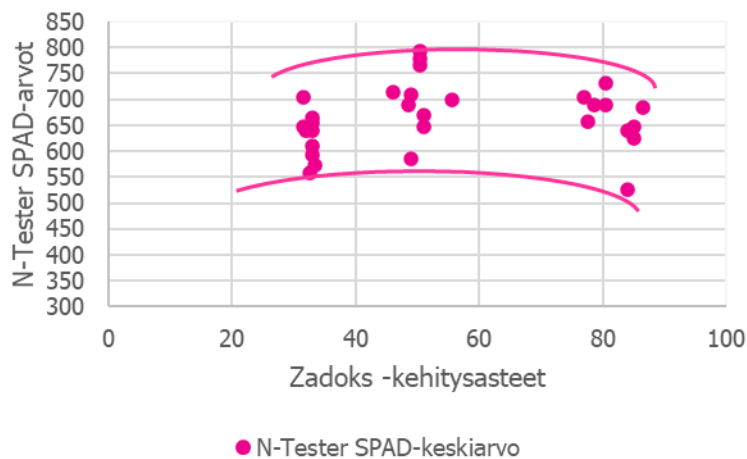
Kasvuohjelman lajikkeet saivat tyypeä kylvölannoituksen mukana 107 kilogrammaa hehtaarille (kg N/ha) ja lisäksi lajikkeet saivat lisätyyppä oraslannoituksessa 11,25 kg N/ha. Kuviossa 6 on kuvattu molemmilla mittareilla saatuja Kasvuohjelman lajikkeiden SPAD-arvojen keskiarvoja eri Zadoks-kehitysasteilla. Kuviossa vasemmalla pystyakselilla on N-Tester-mittarin asteikko (300–850) ja oikealla pystyakselilla Chlorophyll meter -mittarin asteikko (30–55). Vaaka-akseli kertoo viljojen Zadoks-kehitysasteet (0–100).

Korrenkasvun aikaan tehdyssä SPAD-mittauksessa N-Testerillä mitattujen SPAD-arvojen vaihteluväli oli 550–705 ja Chlorophyll meter -mittarilla mitattujen SPAD-arvojen vaihteluväli oli 37–51 (kuvio 6). Tähkälle- ja röyhylletulovaiheessa N-Testerin mittaustulokset ovat pääasiassa jakautuneet 575–795 SPAD-arvojen välille, ja Chlorophyll meter SPAD-tulokset jakaantuivat SPAD-arvojen 38–51 välille. Viimeisessä mittauksessa tuleentumis- ja jyvän täyttymisvaiheessa (75–87 Zadoks-kehitysasteella) N-Testerillä SPAD-arvot vaihtelivat välillä 525–735, ja Chlorophyll meter -mittarilla saadut arvot vaihtelivat välillä 37–46. Kuvion katkoviivat kuvaavat putkimaisesti sitä, minkä arvojen välille SPAD-arvot jäävät eri SPAD-mittareilla. Esimerkiksi N-Tester-mittarilla SPAD-arvot osuivat vaihteluvälille 500–800 eri kehitysvaiheissa.



KUVIO 6. SPAD-mittausten jakautuminen molemmilla SPAD-mittareilla kasvuohjelmassa ohra-, myllyvehnä- ja kauralajikkeilla (Mäkinen 2019-12-02d.)

Kuviossa 7 on eriteltyä N-Testerillä mitattujen Kasvuohjelmalajikkeiden SPAD-arvojen keskiarvot eri kehitysvaiheissa. SPAD-arvot ovat jakautuneet pääosin samojen arvojen alueelle eri kehitysvaiheissa, koska SPAD-arvot olivat pääsääntöisesti jakautuneet arvojen 525–795 välille. Korrenkasvu- vaiheessa ja tuleentumisvaiheessa SPAD-arvot ovat osittain matalammat kuin tähkälletulovaiheessa kaikilla lajikkeilla. Tähkälle- ja röyhylletulovaiheessa SPAD-arvot käyvät korkeimmillaan 795 SPAD-arvossa. Korkeimmat SPAD-arvot mitattiin vehnä- ja kauralajikkeilla tähkälle- ja röyhylletuloasteella (Zadoks 47–57).



KUVIO 7. N-Tester-mittarilla mitatut SPAD-keskiarvot kasvuohjelman ohra-, myllyvehnä- ja kauralajikkeilla (Mäkinieniemi 2019-12-02e.)

Taulukossa 9 on N-Testerillä mitatut Kasvuohjelmalajikkeiden lajikekohtaiset SPAD-keskiarvot sekä suositusarvot kehitysasteittain. SPAD-suositusarvojen ja mitattujen SPAD-arvojen vertailu on tehty siten, että esimerkiksi ohralla lippulehtiasteen suositusarvo on 435–480, kun taas mitatuilla ohralajikkeilla saadut SPAD-arvot olivat välillä 555–640. Mitatut SPAD-arvot olivat 115–160 SPAD-yksikköä korkeammat kuin suositusarvot.

Ohra-, vehnä- ja kauralajikkeet olivat N-Tester-mittarin mittausten perusteella saaneet kaksi viikkoa aiemmin annetussa oraslannoituksessa riittävästi tyypeä käyttöönsä, koska SPAD-arvot olivat yli suositusarvojen. Ohralajikkeilla korrenkasvu- vaiheessa mitatut SPAD-arvot olivat korkeammat jopa 160 SPAD-yksikköä kuin suositusarvot. Korrenkasvuasteella myllyvehnä- lajikkeilla SPAD-arvojen ero oli 45 SPAD-yksikköä verrattuna suositusarvoihin. Kauralajikkeilla taas korrenkasvuasteen mittauksissa SPAD-arvojen ero oli yli 60 SPAD-yksikköä kuin sen suositusarvot. Korrenkasvu- vaiheessa SPAD-arvot olivat korkeimmillaan kaura- ja ohralajikkeilla, koska SPAD-arvot olivat molemmilla reilusti yli puolet korkeammat kuin suositusarvot. Kaikki viljalajit olivat saaneet hyödynnettyä oraslan- noituksesta saadun tyyden mitattujen SPAD-arvojen perusteella.

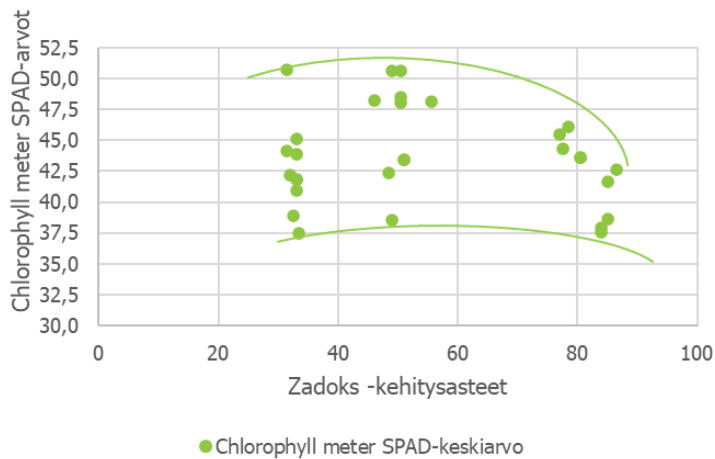
Tähkälletulovaiheessa myllyvehnällä mitattujen SPAD-arvot olivat 30–55 SPAD-yksikköä korkeammat kuin suositusarvot, joten SPAD-arvojen ero oli kasvanut korrenkasvu- vaiheesta. Ohralajikkeilla SPAD-arvot olivat osittain suositusarvojen mukaiset, mutta osa arvoista oli yli 100 SPAD-yksikköä korkeam-

pia. Kauralajikkeilla SPAD-arvot olivat jakautuneet tasaisemmin suositusarvojen mukaan röyhylletulovaiheessa, mutta korkeammat arvot nousivat 30 SPAD-yksikköä. Kaura- ja ohralajikkeiden SPAD-arvojen ero suositusarvoihin oli laskenut korrenkasvuvaiheen jälkeen tähkälletulovaiheeseen.

TAULUKKO 9. Kasvuohjelman ohra-, kaura- ja myllyvehnäajikkeiden SPAD-keskiarvojen vertailu suositusarvoihin

Viljakasvi	Kehitysaste	SPAD-suositusarvot (N-Tester-lehtivihreämittari)	Mitatut SPAD-arvot Kasvuohjelmalajikkeilta (N-Tester)	SPAD-arvojen erotus suositukseen (+ tai -) ja vaihteluväli
Kevätvehnä	37 – 41 (lippulehtiaste)	480 – 540		
	51 – 57 (tähkälletulo)	480 – 525		
Myllyvehnä	31 – 33 (korrenkasvu)		640 – 705	+ (0 – 45)
	37 – 41 (lippulehtiaste)	630 – 660	-	
	43 – 57 (tähkälletulo)		690 – 715	+ (30 – 55)
	51 – 57 (tähkälletulo)	630 – 660	-	
	78 – 83 (tuleentuminen)		690 – 735	
Ohra	32 – 34 (korrenkasvu)		550 – 640	+ (70 – 160)
	37 – 41 (lippulehtiaste)	435 – 480	-	
	47 – 52 (tähkälletulo)		575 – 710	+ (0 – 110)
	51 – 57 (tähkälletulo)	540 – 600	-	
	78 – 87 (tuleentuminen)		525 – 685	
Kaura	31 – 33 (korrenkasvu)		645 – 665	+ (60 – 80)
	37 – 41 (lippulehtiaste)	450 – 585	-	
	49 – 52 (röyhylletulo)		765 – 795	+ (0 – 30)
	51 – 57 (röyhylletulo)	675 – 765	-	
	75 – 80 (tuleentuminen)		650 – 705	

Kuviossa 8 on Chlorophyll meter -mittarilla mitattujen kaikkien Kasvuohjelmalajikkeiden SPAD-arvojen keskiarvot eri kehitysvaiheissa. SPAD-mittauksista saadut arvot vaihtelivat 37–51 välillä vehnä-, ohra- ja kauralajikkeilla korrenkasvuvaiheesta tuleentumisvaiheeseen. Eri kehitysvaiheiden välillä ei ollut suuria eroja SPAD-arvoissa, mutta tähkälletulovaiheessa SPAD-arvot olivat korkeimmillaan korrenkasvu- ja tuleentumisvaiheeseen verrattuna.



KUVIO 8. Chlorophyll meter -mittarilla mitatut SPAD-keskiarvot Kasvuohjelman ohra-, kaura- ja myllyvehnäajikkeilla (Mäkinieniemi 2019-12-02e.)

Taulukossa 10 on Kasvuohjelman eli oraslannoituksen saaneiden viljalajikkeiden lajikekohtaiset SPAD-keskiarvot sekä suositusarvot kehitysasteittain. Chlorophyll meter -mittarilla mitattujen lajikkeilla korrenkasvuasteen mittauksien tulokset ovat olleet korkeammat kuin lippulehtiasteen suositusarvot, koska SPAD-arvoihin on vaikuttanut koelajikkeille annettu oraslannoitus.

Chlorophyll meter -mittarilla tehtyjen SPAD-mittausten mukaan viljojen korrenkasvuvaiheessa vain ohralajikkeilla mitatut SPAD-arvot olivat suositusarvoja korkeammat, mutta kaura- ja myllyvehnäajikkeilla SPAD-arvot olivat lippulehtiasteen suositusten mukaiset Chlorophyll meter -mittarilla. N-Tester-mittarilla saadut SPAD-arvot olivat taas kaikilla lajikkeilla korkeammat kuin suositusarvot korrenkasvuvaiheessa. Tämä voi johtua edelleen siitä, että N-Testerin suositusarvot eivät ole vakiintuneet. Röyhylle- ja tähkälletulovaiheessa tehtyjen mittauksien kauralajikkeilla mitatut SPAD-arvot olivat suositusarvoja korkeammat, myös myllyvehnällä SPAD-arvot olivat lähellä tavoitearvoa. Ohralajikkeilla tähkälletulovaiheessa SPAD-arvot olivat sekä alhaisempia että korkeampia kuin suositusarvot. Chlorophyll meter -mittarin mittausten perusteella kasveilla oli ollut riittävästi typpeä käytettävissä, koska SPAD-arvot olivat suurin piirtein SPAD-suositusarvojen mukaiset.

TAULUKKO 10. Kasvuohjelman ohra-, kaura- ja myllyvehnälaajikkeiden SPAD-keskiarvot ja vertailu suositusarvoihin

Viljakasvi	Kehitysaste	SPAD-suositusarvot (kaksinumeroiset lehtivihreämittarit)	Mitatut SPAD-arvot Kasvuohjelmalajikkeilta (Chlorophyll meter)	Mitattujen SPAD-arvojen erotus suosituksiin (+ tai -) / vaihteluväli
Kevätvehnä	37 – 41 (lippulehtiaste)	38 – 42		
	51 – 57 (tähkälletulo)	38 – 41		
Myllyvehnä	31 – 33 (korrenkasvu)		42 – 50	– (0...-8)
	37 – 41 (lippulehtiaste)	lähellä 50	-	
	43 – 57 (tähkälletulo)		48	– (- 2)
	51 – 57 (tähkälletulo)	lähellä 50	-	
	78 – 83 (tuleentuminen)		43	
Ohra	32 – 34 (korrenkasvu)		37 – 42	+ (1 – 4)
	37 – 41 (lippulehtiaste)	35 – 38	-	
	47 – 52 (tähkälletulo)		38 – 51	+ / – (+5...-4)
	51 – 57 (tähkälletulo)	42 – 46	-	
	78 – 87 (tuleentuminen)		37 – 43	
Kaura	31 – 33 (korrenkasvu)		43 – 45	0
	37 – 41 (lippulehtiaste)	36 – 45	-	
	49 – 52 (röyhylletulo)		48 – 50	+ (6 – 8)
	51 – 57 (röyhylletulo)	40 – 44	-	
	75 – 80 (tuleentuminen)		44 – 46	

N-Tester-mittarin tuloksien mukaan sekä säästöversion että Kasvuohjelman koelajikkeiden typpilannoitus oli riittävä kasvien kasvuun ja kehitykseen, koska SPAD-arvot olivat yli suositeltujen SPAD-arvojen. Käytännössä tässä tapauksessa olisi seurattava kasvuston tilaa ja tarvittaessa annettava kasvustolle korrensäädettä lakoontumisen estämiseksi. Havaintoruuduilla kasvusto oli jäänyt lyhyeksi, joten kyseisessä tilanteessa korrensäädteellä ei olisi ollut merkitystä. Chlorophyll meter -mittarilla saatujen SPAD-tulosten perusteella säästöversion myllyvehnälaajikkeille olisi pitänyt levittää typpilannoitetta, koska sekä korrenkasvu- ja tähkälletulovaiheessa SPAD-arvot olivat alle suositusten.

Koska SPAD-mittarit antoivat ristiriitaista tietoa, olisi kenttätutkimuksessa voinut käyttää vielä kolmatta SPAD-mittaria. Sen antamia SPAD-arvoja olisi voinut verrata opinnäytetyön mittareihin, jotta olisi saatu kolmas vertailun kohde kahden mittarin antamiin SPAD-tuloksiin. Toisaalta ristiriitainen tieto eri mittareiden välillä voi johtua myös N-Tester-mittarin uutuudesta. Vanhemmat SPAD-mittarit ovat olleet käytössä jo 1990-luvulta lähtien ja suositusarvot ovat vakiintuneemmat, mutta N-Tester on tullut markkinoille vasta 2010-luvulla. Sen suositusarvot eivät ole vielä yhtä vakiintuneet ja vaativat tutkimista.

4.4 Koelajikkeiden sato- ja valkuaispitoisuus

Kuviossa 9 on kuvattu säästöversion eli vain kylvöannoituksen saaneiden kaura-, ohra- ja vehnä- jikkeiden satotasoa sekä valkuaispitoisuuksia, opinnäytetyöhön mitatuilla lajikkeilla. Ohran sato- määrä oli 6 690 kg/ha säästöversiossa. Säästöversion myllyvehnäajikkeiden hehtaarisato oli 6 240 kg/ha. Kauralajikkeiden hehtaarisato oli 7 960 kg/ha.



KUVIO 9. Viljojen satotasot ja valkuaiset säästöversiossa (Mäkiniemi 2019-12-02f.)

Kuviossa 10 on taas kuvattu Kasvuohjelman kaura-, ohra- ja myllyvehnäajikkeiden satotasoa sekä valkuaispitoisuuksia, opinnäytetyöhön mitatuilla lajikkeilla. Ohra-, kaura- ja myllyvehnäajikkeiden satotasot olivat korkeammat kasvuohjelmassa eli jaetulla typpilannoituksella kuin säästöversion eli vain kylvöannoituksen saaneilla lajikkeilla. Kasvuohjelman kauralajikkeiden satotaso oli 8 260 kilogrammaa hehtaarilta (kg/ha). Jaettu typpilannoitus paransi 290 kilogrammaa kauralajikkeiden sato- tasoa. Ohralajikkeiden satotaso oli keskimäärin 7 760 kilogrammaa hehtaarilta (kg/ha), joka oli 1 070 kg/ha enemmän kuin ohralajikkeilla, jotka saivat tyyppiä vain kylvöannoituksessa. Lisälannoite- tuilla vehnäajikkeilla satotaso ylsi 6 490 kg/ha, mikä oli reilu 200 kg/ha enemmän kuin vain kyl- vöannoituksen saaneilla myllyvehnäajikkeilla.



KUVIO 10. Viljojen satotasot ja valkuaiset kasvuohjelmassa (Mäkiniemi 2019-12-02g.)

Vehnän satomäärä jäi muista viljakasveista alhaisimmaksi, johon vaikutti kuivuus. Sateet ajoittuivat kasvien kasvun ja kehityksen kannalta huonoihin ajankohtiin. Kauralla molemmissa lannoitusohjelmissä satomäärät olivat korkeammat toisin kuin vehnän ja ohran sadot. Ohralla taas jaettu typpilannoitus nostatti satomäärää reilulla 1000 kilolla, mutta niin myös kauralle ja vehnälle lisätyppilannoituksella oli satoa lisäävä vaikutus. Molemmilla viljoilla satotaso kasvoi 200 kiloa hehtaarilta. Kasvuohjelman satomääriin vaikutti myös korrensäde sekä tautitorjunta, joita ei tehty säästöversion lajikkeille. Luonnonvarakeskuksen virallisten lajikekokeiden tuloksiin verrattuna molempien lannoitusohjelmien satotasot olivat koelajikkeilla virallisissa kokeissa saatuja keskiarvoja korkeammat. Ainoastaan säästöversion myllyvehnälaajike, Sibelius, jäi satotasossa noin 150 kilogrammaa hehtaarilta alle keskiarvosadon kyseisellä lajikkeella. (Luonnonvarakeskus 2019.)

Taulukossa 11 on ohra-, myllyvehnä- ja kauralajikkeiden SPAD-arvoista lasketut keskiarvot, joilla on päädytty tiettyyn satotasoon (kg/ha). Taulukossa on molemmilla SPAD-mittareilla mitatut SPAD-keskiarvot ja molempien lannoitusohjelmien koelajikkeiden satotasot. SPAD-keskiarvot on laskettu kaikista kehitysvaiheista. N-Tester-mittarilla saadut keskiarvot nousevat satotason mukaan, mutta Chlorophyll meter -mittarin SPAD-keskiarvoilla ei ole 6 000 kilogramman ja 7 000 kilogramman satotasoilla nousevaa vaikutusta SPAD-keskiarvoissa. Tämä on voinut johtua SPAD-mittausten epätarkkuudesta.

TAULUKKO 11. SPAD-arvojen keskiarvoilla saavutetut satotasot

Satotaso (kg/ha)	SPAD-keskiarvo N-Tester-mittari	SPAD-keskiarvo Chlorophyll meter -mittari
6000 – 6900	615	41
7000 – 7900	625	40
8000 – 8900	715	45

Kuvioissa 9 ja 10 kerrottiin myös valkuaispitoisuudet eri lannoitusohjelmissä. Säästöversion koelajikkeiden valkuaispitoisuudet olivat ohralla 10,9 grammaa kilogrammassa kuiva-ainetta (g/kg ka), vehnällä 12,0 g/kg ka ja kauralla 12,9 g/kg ka. Kasvuohjelmalajikkeiden valkuaispitoisuus oli ohralla 11,2 grammaa kilogrammassa kuiva-ainetta (g/kg ka), vehnällä 11,9 g/kg ka ja kauralla 12,1 g/kg ka. Viljojen valkuaispitoisuudet täyttävät laatuvaatimukset lisätyppilannoitusohjelmassa kuin säästöversiossakin. Ainoastaan ohran valkuaispitoisuus oli noussut lisätyppilannoitetuilla lajikkeilla, mutta vehnän ja kauran valkuaispitoisuudet eivät olleet nousseet lisätyypin saaneilla lajikkeilla.

Ohralajikkeista, Uljaan ja Rödheten valkuaispitoisuudet olivat molemmissa lannoitusohjelmissä hieman matalammat verrattuna virallisista lajikekokeista saatuihin tuloksiin. Lajikekokeissa Uljaan ja Rödheten valkuaispitoisuudet olivat 11,8 % ja 10,7 %, mutta kasvuohjelmassa pitoisuudet olivat 11,5 % ja 10,4 % ja säästöversiossa 10,5 % ja 10 %. (Luonnonvarakeskus 2019.) Myös myllyvehnälaajikkeilla, Helmillä ja Sibeliuksella olivat matalammat valkuaispitoisuudet molemmissa lannoitusohjelmissä verrattuna virallisten lajikekokeiden tuloksiin. Lajikekokeiden mukaan lajikkeilla mitatut

valkuaispitoisuudet ovat olleet 13 %, mutta havaintoruuduilla niiden valkuaispitoisuudet olivat 11 - 12 %. (Luonnonvarakeskus 2019.)

Matalaan valkuaispitoisuuteen on voinut vaikuttaa vähäinen typpilannoitus, koska annettu lisätyppilannoitus oli määrältään pieni reilu 10 kilogrammaa typpeä hehtaarille. Kasvukauden kuivuus saattoi vaikuttaa siihen, että kasvit eivät saaneet riittävästi vettä ja ravinteita kuten typpeä käyttöönsä. Lisälannoituksen levitys oli aikaisin kasvukaudelle, siksi sillä ei ollut vaikutusta valkuaispitoisuuksiin. Nykyiset vehnälajikkeet hyötyvät paremmin jaetusta lannoituksesta, koska sillä saadaan nostettua valkuaispitoisuutta korkeammaksi (Lantmännen Agro s.a.b). Tämä on voinut vaikuttaa vehnän matalaan valkuaispitoisuuteen, koska se olisi tarvinnut enemmän typpilannoitetta. Kasvukausi ei kuitenkaan ollut vehnän satotasoa ajatellen hyvä, joten reilummasta lisätyppilannoituksesta ei olisi välttämättä ollut hyötyä.

Taulukossa 12 kuvataan, millaisilla SPAD-keskiarvoilla on päästy mihinkin valkuaispitoisuuteen (%). Valkuaispitoisuudet ovat merkitty prosentteina, koska laatuvaatimuksissa käytetään valkuaisprosenttia. Molemmilla SPAD-mittareilla on määritetty ohra-, myllyvehnä- ja kauralajikkeilta SPAD-arvoista keskiarvot kaikista kehitysvaiheista, jotka ovat koottu yhteisesti taulukkoon. Valkuaispitoisuus on sitä korkeampi, mitä korkeampia SPAD-arvoja on mitattu tuloksien perusteella.

TAULUKKO 12. SPAD-keskiarvoilla saavutettu valkuaispitoisuus

Valkuaispitoisuus (%)	SPAD-keskiarvo	SPAD-keskiarvo
	N-Tester-mittari	Chlorophyll meter -mittari
10 %	580	39
11 %	655	42
12 %	680	43
13 %	690	46

Taulukossa 13 on kehitysvaiheissa 78–87 mitatut SPAD-keskiarvot ja satotuloksien valkuaispitoisuudet (%). Jyvän täyttymis- ja tuleentumisvaiheessa tehtyjen SPAD-mittausten perusteella korkeampi SPAD-arvo on yhteydessä korkeampaan valkuaispitoisuuteen sadossa.

TAULUKKO 13. Jyvän täyttymis- ja tuleentumisvaiheessa mitattujen SPAD-arvojen keskiarvoilla saavutetut valkuaispitoisuudet

Valkuaispitoisuus (%)	SPAD-keskiarvo	SPAD-keskiarvo
	N-Tester-mittari	Chlorophyll meter -mittari
10 %	514	36
11 %	636	41
12 %	662	40
13 %	686	44

Hehtolitrainoa (kg) ei ole kuvattu kuvioissa, mutta ohran hehtolitraino oli keskimäärin molemmissa lannoitusohjelmissa 67 kilogrammaa. Vehnällä hehtolitrainoksi tuli keskimäärin 77 kilogrammaa molemmissa ohjelmissa, ja kauralla mitattiin 55–56 kilogrammaa hehtolitrainoksi. Ohra-, vehnä- ja kauralajikkeilla ei ollut isoja eroja eri lannoitusohjelmien hehtolitrainojen tuloksissa. Molempien lannoitusohjelmien ohra- ja kauralajikkeilla hehtolitrainot olivat korkeammat kuin virallisten lajikekokeiden kyseisillä lajikkeilla (Luonnonvarakeskus 2019e ja Luonnonvarakeskus 2019f). Myllyvehnälaajikkeilla hehtolitrainot olivat matalammat verrattuna virallisista lajikekokeista saatuihin tuloksiin (Luonnonvarakeskus 2019d).

4.5 SPAD-mittareiden korrelaatio ja muuntokerroin

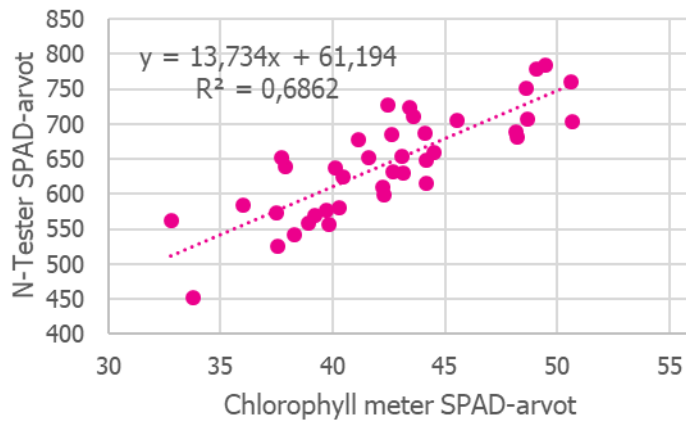
Lehtivihreämittarien mittaustulokset analysoitiin regressioanalyysin avulla, koska tavoitteena oli selvittää Savonian Chlorophyll meter -mittarin luotettavuus verrattuna N-Tester-mittariin. SPAD-mittarien välinen korrelaatio olisi ollut täydellistä, jos molempien mittarien antama tulos samasta mittaustilasta olisi osunut aina lineaariselle regressiosuoralle. Tässä tilanteessa selitysaste (R^2) olisi ollut 1,00 eli $R^2 = 1,00$. Mittausdatan käsittelyn jälkeen lehtivihreämittareiden antamien mittaustulosten perusteella mittarien selitysaste oli 0,69. Regressioanalyysin selitysaste viittaa siihen, että tuloksista luotu regressioyhtälö toimii eri mittareilla saatujen tulosten muuntokertoimena noin 68 %:n tarkkuudella (kuvio 11).

Eri mittareilla saadaan eritasoisia SPAD-lukuja, koska Chlorophyll meter ilmoittaa SPAD-arvot kaksinumeroisina (0–99) ja N-Tester taas ilmoittaa luvut kolminumeroisina (esim. 400–800 SPAD-arvojen välillä). Regressioanalyysistä selvitettävällä regressioyhtälöllä voidaan kuvata esimerkiksi kahden muuttujan välistä riippumattomuutta tai riippuvuutta (Tilastokeskus s.a). Regressioanalyysin kautta pystyttiin selvittää lineaarisella regressioanalyysillä muuntokerroin, koska siten Chlorophyll meter -mittarin antama tulos voidaan muuttaa N-Testerin tulosta vastaavaksi. Kuviossa 11 on koottuna säästöversion ja Kasvuohjelman koelajikkeiden mittauksista saadut SPAD-arvot sekä N-Testerillä että Chlorophyll meter -mittarilla.

Kuviossa 11 mainitussa yhtälössä:

$$y = 13,734 \times x + 61,194$$

Yhtälössä x-tekijä tarkoittaa Chlorophyll meter -mittarin antamaa arvoa. Jos mittari antaa SPAD-arvoksi 39, sijoitetaan arvo yhtälöön x:n tilalle eli $y = 13,734 \times 39 + 61,194$. Yhtälöstä saadaan vastaukseksi $y = 597$, mikä tarkoittaa vastaavaa N-Testerillä mitattua SPAD-arvoa.



KUVIO 11. Molempien lehtivihreämittareiden korrelaatio molempien lannoitusohjelmien lajikkeilla (Mäkinie mi 2019-12-02h.)

5 VIJELIJÄOHJEEN TOTEUTUS

Viljelijäohjeen rakenne muotoutui niin, että viljelijäohjeen ensimmäinen sivu sisältää Yara CropSAT-palvelun käytön opastuksen sekä lehtivihreämittausten ajankohtien ja lehtivihreämittausten ohjeistuksen. Nämä ohjeet kerrottiin ensimmäisellä sivulla, koska ohjeen haluttiin etenevän kronologisessa eli aikajärjestyksessä. Se auttaa viljelijää hahmottamaan, mistä kasvuston tyypitarpeen määrittäminen aloitetaan ja miten edetään. Toinen sivu sisältää SPAD-arvojen tulkitsemisen ohjeet, vertailun suositusarvoihin, muuntokertoimen N-Tester-mittarin vastaavaksi arvoksi, ohjeet lisätyppilannoitteen käyttömäärän laskemiseksi ja lopuksi Yara CropSAT-palvelun ohjeistuksen loppuun viemisen.

Viljelijäohjeen tiedot ovat peräisin opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksesta, ja osa tiedoista on peräisin opinnäytetyön kenttätutkimuksen tuloksista. Viljelijäohjeeseen on lisätty opinnäytetyön verkko-osoite, jotta viljelijä voi lukea opinnäytetyön sekä löytää käytetyt lähteet.

5.1 Viljelijäohjeen rakenne

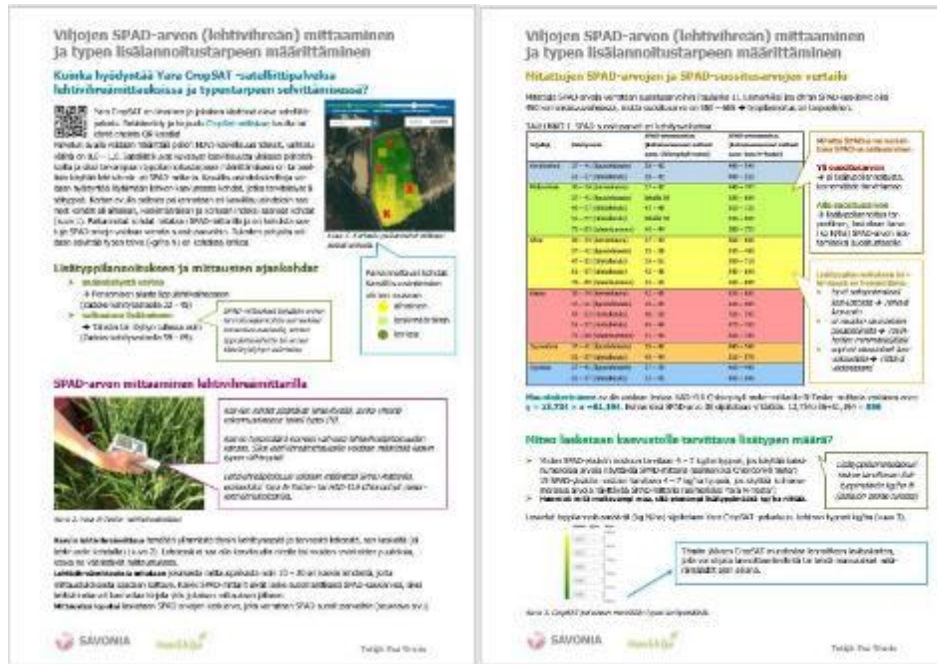
Kuvassa 14 on ensimmäinen luonnos viljelijäohjeesta. Ohje rakentui kaksiosaiseksi pystysuunnassa, mutta ohje oli rakenteeltaan vaikealukuinen sekä taitollisesti vaikea. Tästä syystä ohje muutettiin yhdeltä sivulta kaksiosaiseksi vaakasuunnassa, jotta ohjetta on helpompi lukea.



KUVA 14. Ensimmäinen versio viljelijäohjeen molemmista sivuista (Simola 2020-02-06a.)

Lopullinen viljelijäohje muotoutui viljelijöiltä ja ohjaavalta opettajalta saatujen palautteiden perusteella, jotta ohje sisältää olennaisimman tiedon ja on johdonmukainen (kuva 15). Lopullisessa ohjeessa päätettiin käyttää eri värejä selkeyttämään ohjeen osia, koska ne auttoivat jakamaan sivulla eri aiheita. Otsikoissa kerrotaan mitä aihetta käsitellään. Viljelijäohjeen pääotsikoksi päätettiin laittaa "Viljojen lehtivihreän mittaaminen ja typenlisälannoitustarpeen määrittäminen", koska se kuvastaa käsiteltyä aihetta. Eri osa-alueiden otsikot ovat eri väreillä, koska ne selkeyttävät tekstiä. Värien

käyttö näkyy myös lisätietolaatikoiden väreissä, jotta on helpompi seurata mihin osioon lisätieto kuuluu. Lisätietolaatikat sisältävät tarkentavia ohjeita esimerkiksi SPAD-mittaustuloksien tulkintaan. Niillä pyrittiin selkeyttämään tekstiä.



KUVA 15. Lopullisen viljelijäohjeen molemmat sivut (Simola 2020-02-12a.)

Lisäksi palautteen perusteella tehtiin lisäsivu, jossa on selkeästi taulukoituna SPAD-suositusarvot eri kehitysvaiheissa. Viljelijä voi halutessaan tulostaa pellolle mittauksiin vain sen sivun (kuva 16).

Viljojen SPAD-arvon (lehtivihreän) mittaaminen ja typen lisälannoitustarpeen määrittäminen

SPAD-suositusarvot eri kasvuvaiheissa

Viljely	Kasvuvaihe	Suositusarvot (lehtivihreän mittaus)	SPAD-suositusarvot (lehtivihreän mittaus)
Maaliskuu	21 - 31 (kasvuvaihe)	28 - 32	400 - 540
	32 - 41 (kasvuvaihe)	38 - 42	460 - 570
	42 - 51 (kasvuvaihe)	48 - 52	520 - 630
Heinäkuu	21 - 41 (kasvuvaihe)	38 - 42	430 - 490
	42 - 51 (kasvuvaihe)	48 - 52	490 - 550
	52 - 61 (kasvuvaihe)	58 - 62	550 - 610
Elokuu	21 - 31 (kasvuvaihe)	38 - 42	500 - 560
	32 - 41 (kasvuvaihe)	38 - 42	430 - 490
	42 - 51 (kasvuvaihe)	48 - 52	490 - 550
Syyskuu	21 - 31 (kasvuvaihe)	38 - 42	460 - 520
	32 - 41 (kasvuvaihe)	48 - 52	520 - 580
	42 - 51 (kasvuvaihe)	58 - 62	580 - 640

KUVA 16. Lisäsivu, jossa on helposti luettavassa taulukossa SPAD-suositusarvot eri kehitysvaiheissa. (Simola 2020-02-12b.)

Viljelijäohjeen CropSAT-palvelun kuvat ovat otettu näyttökuvina CropSAT-palvelusta, johon viitataan kuvatekstissä. Lehtivihreämittauksesta otettu kuva on tekijän omasta kuvakansiosta. Ohjeessa olevan taulukon tiedot ovat kirjallisista lähteistä sekä opinnäytetyön kenttätutkimuksesta, ja kirjallisten lähteiden lähdeviitteet ovat mainittu opinnäytetyössä.

Kenttätutkimuksen tavoitteena oli selvittää Savonialta lehtivihreämittauksiin saadun SPAD-mittarin, HAD-YL6 Chlorophyll meter, luotettavuus ja verrattavuus Yara N-Tester-mittariin verrattuna, koska siten saatiin selville Chlorophyll meter -mittari käyttökelpoisuus viljelijäohjeeseen. Kenttätutkimuksen tavoitteeseen päästiin, koska tutkimuksella vahvistettiin Chlorophyll meter -mittarin käyttökelpoisuus. Lisäksi kenttätutkimuksessa saatiin ohjeellisia SPAD-arvoja eri kehitysvaiheista viljelijäohjeeseen.

5.2 Viljelijäohjeen käyttöohje

Ensimmäisellä sivulla opastetaan käyttämään CropSAT-palvelua, jota voidaan hyödyntää lehtivihreä- eli SPAD-mittauksissa. Yara CropSAT-palvelun kautta voidaan tutkia peltolohkojen NDVI-kasvillisuusindeksitilannetta (indeksin vaihteluväli 0,0–1,0) eli kasvillisuuden määrää pellolla. Lehtivihreämittarilla voidaan määrittää kasvuston tyypin tarve, koska CropSAT:n kartta antaa vain yleiskuvan kasvustosta. Viljelijä näkee kartasta pellolla kohdat, joissa olisi mahdollisesti tarvetta lisätyppilannoitukselle. Tällöin viljelijän kannattaa paikantaa pellolla eri kohdat, joissa kasvillisuusindeksi vaihtelee alhaisesta, keskimääräiseen ja korkeaan. Palvelussa kasvillisuusindeksin vaihtelua kuvataan väreillä keltaisesta vihreään, missä keltainen väri tarkoittaa alhaista, vaaleanvihreä väri keskimääräistä ja vihreä väri korkea kasvillisuusindeksia. (Yara s.a.d.)

NDVI-kasvillisuusindeksikartasta määritettyjen koordinaattien avulla viljelijä käy loholla tekemässä lehtivihreämittaukset, ja mitattujen SPAD-lukujen perusteella määrittää typpitarpeen kasvustossa. Kasvustossa on tärkeää myös havainnoida esimerkiksi kasvuston tiheyttä, koska erittäin harvaa kasvustoa ei kannata lannoittaa. Tärkeää on kohdentaa annettava lisätyppilannoitus pellolla kohtiin, joissa siitä on hyötyä. Viljelijä voi verrata saamiaan SPAD-arvoja eri kasvillisuusindeksi kohdista saattuihin arvoihin sekä SPAD-mittareille annettuihin suositusarvoihin, jotka auttavat määrittämään kasvustoon levitettävän typpilannoitteen määrän. Opinnäytetyön kenttätutkimustuloksissa saatiin viljelijäohjeeseen muuntokerroin, jolla Chlorophyll meter -mittarin antama arvo voidaan muuttaa N-Tester-mittarilla saatua vastaavaksi arvoksi. Täten viljelijä voi tarvittaessa muuttaa Chlorophyll meter -mittarilla saadun arvon ja verrata arvoa N-Tester-mittarin suositusarvoihin.

Ensimmäisen sivun alaosassa ohjeistetaan viljelijää lehtivihreämittauksista. SPAD-mittarilla on suositeltavaa mitata saman kasvillisuusindeksin saaneesta kohdasta 10–30 mittausta kasvustosta, jotta tulos on riittävän edustava. SPAD-mittausten määrään vaikuttaa käytettävissä oleva SPAD-mittari, koska N-Tester-mittarilla on mitattava 30 lehdestä SPAD-arvo. Kenttätutkimuksessa mitattiin Chlorophyll -meter-mittarilla yli kymmenestä lehdestä SPAD-arvo, mutta mittarin antamien tulosten suhteen on oltava kriittinen ja on suositeltavaa mitata useammasta kuin kymmenestä lehdestä tuloksen luotettavuuden takia. Mittaustulokset tulisi merkitä muistiin, jos käytössä oleva SPAD-mittari ei laske

saatujen SPAD-arvojen keskiarvoa automaattisesti. Esimerkiksi Chlorophyll meter -mittari ei laske SPAD-keskiarvoa suoraan. Näin tehtiin myös kenttätutkimuksessa.

Viljelijäohjeesta löytyy esimerkki, kuinka verrataan mitattuja SPAD-arvoja suositusarvoihin, jotta vertailun tarkoitus hahmottuu viljelijälle. Viljelijäohjeeseen saatiin kenttätutkimustuloksien avulla eri viljakasvien ohjeellisia SPAD-suositusarvoja eri kehitysvaiheista. Kenttätutkimuksessa mitattiin viljojen SPAD-arvoja korrenkasvuasteella, aikaisessa tähkälletulovaiheessa sekä jyvän täyttymis- ja tuleentumisvaiheessa. Tämän ansiosta viljelijäohjeeseen saatiin lisää ohjeellisia SPAD-suositusarvoja, koska aiemmat jo tutkitut ohjeelliset SPAD-suositusarvot ovat annettu lippulehtiasteelle ja myöhemmälle tähkälletuloasteelle. Viljelijäohjeen SPAD-suositusarvot ovat sekä kirjallisista lähteistä että kenttätutkimustuloksista, minkä pohjalta viljelijäohjeen suositusarvotaulukko on tehty. Kenttätutkimuksessa saadut ohjeelliset SPAD-suositusarvot ovat kuitenkin vain yhden kasvukauden aikana mitattuja arvoja, siksi on otettava huomioon arvojen luotettavuus.

SPAD-mittarin antamia SPAD-arvoja käytetään apuvälineenä määrittämään, kuinka monta kiloa typpeä tarvitaan hehtaarille (kg/ha). Opinnäytetyön oheistuotteena syntyi Excel-tiedostona lisätyppilannoitelaskuri (kuva 17). Lisätyppilannoitelaskuriin merkittiin SPAD-suositusarvot eri SPAD-mittarimalleilla. Esimerkiksi Yara N-Tester-mittarilla 15 SPAD-yksikön nostoon tarvitaan 4–7 kilogrammaa typpeä hehtaarille (kg N/ha), koska N-Tester näyttää arvot kolminumeroisina (Yara s.a.c.). Esimerkiksi Chlorophyll meter -mittarilla 1 SPAD-yksikön nostoon tarvitaan 4–7 kg N/ha, koska mittari näyttää kaksinumeroisia lukuja (Kemira GrowHow s.a.). Lannoitelaskuriin merkittiin tarvittavat lisätyppikilot maan multavuuden perusteella, koska levitettävään typpimäärään vaikuttaa maan multavuusluokka (Jokela 2015). Viljelijäohjeessa mainitaan multavuuden vaikutus typpimäärään. Lisätyppilannoitelaskuri ei kuitenkaan ollut opinnäytetyön tavoitteena, mutta se nähtiin potentiaalisena tuotteistaa KasviTaito-hankkeeseen. Laskurin pohja annettiin hankkeelle käyttöön, ja hankkeessa laskuri muotoiltiin sopivaan muotoon käytettäväksi.

Lisätyppilannoitelaskuri											
*15 yksikön nostamiseen tarvitaan 4-7 kiloa typpeä (N-Tester)											
Viljakasvi	100-numeroiset	Mitattu SPAD-arvo	Tavoite SPAD-arvo	SPAD-arvojen erotus	Kerroin eli (erotus/15)*	Lisätyppi (kg N) eloperäinen maa	Lisätyppi (kg N) erittäin runsasmultainen maa (erm)	Lisätyppi (kg N) runsasmultainen maa (rm)	Lisätyppi (kg N) vähämultaiset ja multavat maat (m ja vm)	Typpilannoituksen käyttömäärä (kg N/ha)	
Kaura	450	585	300	450	150	10	4	5	6	7	40
	675	765	500	675	175	12	4	5	6	7	47
Ohra	435	480			0		4	5	6	7	0
	540	600			0		4	5	6	7	0
Kevätvehnä	480	540			0	0	4	5	6	7	0
	480	525			0		4	5	6	7	
Myllyvehnä	630	660			0		4	5	6	7	
					0		4	5	6	7	
*1 yksikön nostamiseen tarvitaan 4-7 kiloa typpeä (Konica Minolta SPAD-502)											
Viljakasvi	10-numeroiset	Mitattu SPAD-arvo	Tavoitearvo	SPAD-arvojen erotus	Kerroin eli (erotus/1)*	Typpiä (kg N) eloperäinen maa	Typpiä (kg N) erittäin runsasmultainen maa (erm)	Typpiä (kg N) runsasmultainen maa (rm)	Typpiä (kg N) vähämultaiset ja multavat maat (m ja vm)	Typpilannoituksen käyttömäärä (kg N/ha)	
Kaura	36	45	26	36	10	10	4	5	6	7	40
	40	44	35	40	5	5	4	5	6	7	20
Ohra	35	38			0	0	4	5	6	7	0
	42	46			0	0	4	5	6	7	0
Kevätvehnä	38	42			0	0	4	5	6	7	0
	38	41			0	0	4	5	6	7	0
Myllyvehnä	50	50			0	0	4	5	6	7	0
	50	50			0	0	4	5	6	7	0

KUVA 17. Oheistuotteena syntynyt lisätyppilannoitelaskurin luonnos. (Simola 2020-02-06b.)

Tarvittavan typpilannoitteen käyttömäärän laskemiseen on ohjeet viljelijäohjeessa, mikä on otettu kirjallisesta lähteestä. Typpilannoitteen käyttömäärän kanssa pitää olla kriittinen. Levitettävän lannoitteen määrään vaikuttaa ympäristökorvauksen tai nitraattiasetuksen asettamat typpirajoitteet, jotka on huomioitava typpilannoitteen määrässä. Kasvit herkistyvät kuivuudelle sekä tuholaisille ja taudeille typen liikasaannista, siksi liiallinen typpilannoitus on haitallista (Jaakkola, Kari ja Mäntylähti 2009). Sopivan lannoitteen valinnassa on otettava huomioon myös sen sisältämä rikin määrä, koska rikki toimii typen kanssa valkuaisen muodostuksessa (Jaakkola 1992, 215).

Viljelijäohjeen viimeisessä osassa ohjeistetaan lasketun typpilannoitemäärän vieminen CropSAT-palveluun. CropSAT-palveluun lasketaan tarvittavat typpilannoitemäärät (kg N/ha), jos mitattu SPAD-arvo on jäänyt alle suositusarvon. Kun CropSAT-palveluun on syötetty typpilannoitemäärät, se tuottaa lannoitteenlevityskartan. Lannoitteenlevityskartan voi ladata CropSAT:sta USB-muistitikulle ja siirtää traktorin näytölle, jos traktorissa ei ole GPS-laitetta voi lannoitteen määräsäädöt tehdä manuaalisesti. (Yara s.a.d.)

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Vaikka lehtivihreämittareita on ollut käytössä jo 1990-luvulta lähtien ja uusia kasvuston seurantalaitteita on kehitelty ja kehitetään edelleen, lehtivihreämittari on helppokäyttöinen ja edullinen mittausväline typpitilanteen selvittämiseksi. Tämän lisäksi se toimii hyvässä yhteistyössä Yara CropSAT-satelliittipalvelun kanssa tarkentamaan pellolla kasvien ravinnetilan, koska palvelu mittaa NDVI-kasvillisuusindeksiä peltojen kasvillisuudesta. Nämä yhdessä auttavat selvittämään, tarvitaanko kasvustossa lisälannoitusta vai ei. Viljelijä pystyy säästämään lannoituskustannuksissa, mikäli kasvusto ei tarvitse lisätyppilannoitusta kasvukauden aikana sekä kohdentamaan lisäpanokset sinne, missä niistä tulee varmemmin satovastetta.

Nykyään on kehitelty työkoneeseen asennettava Yara N-Sensor helpottamaan viljelijän tekemää työtä kasvustossa. Yara N-Sensor on täsmäviljelyä varten kehitelty laite traktorin katolle. Se mittaa kasvuston heijastamaa luonnollista valoa tai N-Sensorin omaa valoa, minkä avulla se saa mitattua suoraan kasvien ottaman typen määrän sekä määrittää viljelijän puolesta levitettävän typpimäärän kasvustoon. (Alhonoja 2017.) N-Sensor on kuitenkin hintava ja yleensä urakoitsijalle järkevä sijoitus, siksi käsikäyttöinen lehtivihreämittari edullisuudellaan on viljelijälle hyvä ratkaisu. Lehtivihreämittarilla viljelijän on mentävä itse kasvien tasolle ja kasvustossa liikkuesssa pystyy paremmin huomioimaan kasvuston tilanteen kuin traktorin kopista.

Oraan kasvun aikana tehty lisätyppilannoitus tuotti hyvän ja suuren sadon, mutta myöhemmällä lannoituksella olisi voinut vaikuttaa jyvän valkuaispitoisuuteen. Koeruujujen matalista valkuaispitoisuuksista voidaan huomata, että oraslannoitus vaikutti suoraan sadon määrään. Korrenkasvun- ja tähkälletulovaiheen välillä ei satanut ollenkaan kahden viikon aikana, ja todennäköisesti siksi niiden mitauskertojen SPAD-arvoissa ei ollut suurta vaihtelua. Oraslannoitus olisi tarvinnut maahan liukenemiseen vesisateita, jotta se olisi ollut paremmin kasvien käytettävissä. Jaetulla lannoituksella pystytään vaikuttamaan joko satoon tai valkuaispitoisuuteen, siksi lannoituksen ajankohdalla on merkitys. Ajankohta kannattaa ottaa huomioon viljan käyttötarkoituksen mukaan esimerkiksi tavoitteleeko viljalla korkeaa valkuaispitoisuutta vai suurta satoa.

Kasvukauden ja erityisesti ”satoisuusikkunan” eli kriittisen kasvun ja kehityksen jakson aikainen kuivuus varmasti osaltaan vaikutti kasvien ravinteidenottoon, koska maa pääsi kuivumaan pitkien saateettomien jaksojen takia. Lisäksi oraslannoituksen typpimäärä oli 11,25 kiloa hehtaarille, mikä oli pieni lannoitusmäärä tyypeä. Toisaalta suurempi määrä lannoitetta olisi saattanut valua hukkaan, koska kasvukauden olosuhteet eivät olleet täysin optimaaliset kuivuuden takia. Tulevaisuudessa jos kasvukaudet muuttuvat entistä vähäsateisimmiksi, olisi syytä harkita kastelun mahdollisuutta peltolohkoilla. On kuitenkin huomioitava, että kasvien kasvuun ja kehitykseen vaikuttaa moni muukin kasvutekijä kuten kasvitaudit, muiden ravinteiden puutosoireet ja tuholaiset.

Lisälannoituksen hyötynä oli sadonlisä kaikilla viljoilla. Suurempi satomäärä lisäisi hehtaarilta saatavaa tuottoa. Esimerkiksi jos lisätyppilannoituksella saadaan kasvatettua satoa, voi kasvaneesta sadosta saada 30–100 euroa hehtaarilta enemmän kuin vain kylvölannoitetusta sadosta. Esimerkiksi

ohran tonnihinta oli keskimäärin 130 €/tn vuoden 2019 syksyn ja alkutalven ohran hinnoittelulla (Maaseudun Tulevaisuus 2019). Ohran keskisato oli 7,76 tonnia hehtaarilta (tn/ha) lisätyppilannoituilla ruuduilla, kun taas vain kylvölannoitetuilla ruuduilla keskisato oli 6,69 tn/ha. Ohran 130 euron tonnihinnalla laskettuna lisälannoitetuista ruuduista sai 997 euroa hehtaarilta (€/ha) ja vain kylvölannoitetuista ruuduista 869 €/ha, joten ohralla lisätyppilannoitus kasvatti sadon määrää ja siitä saataavaa tuottoa 139 €/ha.

Lisälannoituksen myötä työmäärä lisääntyy, koska levittämiseen kuluu työtunteja ja myös levityskerrat aiheuttavat levittämisestä aiheutuvia kustannuksia. Mutta samalla kun arvioidaan lisälannoituksen ajankohtaa ja määrää, niin voidaan arvioida myös kasvinsuojelun tarve lohko kohtaisesti. Tällöin lisätyypin tarpeen arvioiminen olisi osa laajempaa kokonaisuutta. (Kaasinen ym. 2010.) Samalla viljelijä pystyisi suorittamaan useampia havaintoja kasvustossa kerralla.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa viljelijöille viljelijäohje lehtivihreän mittaamisesta ja lisätyppilannoitustarpeen selvittämisestä. Ohjeen tarkoituksena on toimia viljelijän apuvälineenä käytännössä, jotta helpotetaan ja selkeytetään viljelijän toimintaa lehtivihreämittausten käytännön toteutuksessa, tuloksien tulkinnassa ja tarvittavan lannoitteen määrän määrittämisessä. Ohjetta varten tavoitteena oli selvittää Savonia-ammattikorkeakoulussa käytössä olleen Chlorophyll meter -lehtivihreämittarin luotettavuus verrattuna Yara N-Tester-lehtivihreämittariin. SPAD-mittareilla saatujen tulosten perusteella luotu muuntokerroin toimii 68 prosentin tarkkuudella, joten Chlorophyll meter -mittarin SPAD-arvo voidaan muuttaa N-Testerin arvoa vastaavaksi. Muuntokerroin on viljelijäohjeessa SPAD-arvon muuttamista varten. Opinnäytetyössä selvitettiin molemmilla SPAD-mittareilla korrenkasvu-, tähkälletulo- ja tuleentumisvaiheen ohjeelliset SPAD-arvot, joita hyödynnettiin viljelijäohjeessa. Kenttätutkimuksessa saatiin SPAD-mittaustuloksia varhaisilta kehitysasteilta. Korrenkasvuasteella sekä jyvän täyttymis- ja tuleentumisasteella SPAD-arvot olivat kenttätutkimuksen tuloksien perusteella matalammat kuin tähkälle- ja röyhylletuloasteella.

Työn lopputuotosta eli viljelijäohjetta voivat hyödyntää viljelijät, joilla on mielenkiintoa ja halua käyttää lehtivihreämittaria typen lisälannoitustarpeen selvittämisessä. Ohjeen avulla autetaan viljelijää määrittämään lisälannoitustarve, mutta SPAD-mittausten perusteella määritetyn typpikilon määrän kanssa on oltava kriittinen. Käytettäviin lannoitemääriin vaikuttaa typpilannoiterajoitteet, kuten ympäristökorvaus sitoumus. On myös huomioitava, että kasvusto ei välttämättä pysty hyödyntämään isoja typpilannoitemääriä.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin, koska kenttätutkimuksessa saatiin selvitettyä HAD-YL6 Chlorophyll meter -mittarin luotettavuus sekä lisää ohjeellisia SPAD-arvoja eri kehitysvaiheisiin. Lisäksi saatiin pääteltyä, millaisiin sato- ja valkuaispitoisuuksiin päästiin milläkin SPAD-arvoilla. Viljelijäohje oli tavoitteiden mukainen ja tehty mahdollisimman selkeäksi ja johdonmukaiseksi. Ohje sisältää kaiken olennaisen tiedon, mutta tarvitsee kuitenkin ajan kuluessa päivitystä. SPAD-suositusarvot voivat tarkentua ja SPAD-mittarit muuttua, joten viljelijäohje olisi päivitettävä ajan mukana. Vaikka viljelijäohje sisältää kaiken oleellisen tiedon, niin sitä käyttävän viljelijän on tiedettävä lisä- ja täsmälannoittamisesta. Niiden tietäminen auttaa paremmin ymmärtämään viljelijäohjetta.

Kenttätutkimusosio vaati paljon järjestelyä ja aikatauluttamisen merkitys korostui. Aikataulutus tuotti vaikeuksia harjoittelun ja tutkimusosion kanssa, koska lehtivihreämittausten tekeminen ei aina osunut suunnitelluille ajankohdille. Aikaisempi tietämättömyyteni lehtivihreämittaamista ja lisälannoittamisesta tuottivat alkuun vaikeuksia, mutta opinnäytetyön edetessä opin niistä paljon. Kenttätutkimus auttoi hahmottamaan käytännön työt SPAD-mittaamisessa. Mittaus ei kuitenkaan ollut yksinkertaista, koska mittaustekniikassa oli oltava tarkka. Savonialta saatu Chlorophyll meter -mittari antoi toisinaan hyvin poikkeavia arvoja toisistaan, koska lehden oikeanlainen asettelu SPAD-mittariin oli hyvin tärkeää. Mittausten onnistuminen ja epäonnistuminen otettiin huomioon opinnäytetyössä, koska täysin poikkeavia lukuja ei otettu huomioon kenttätutkimuksessa. Tämä on myös viljelijöiden tärkeä ottaa huomioon, kun lehtivihreämittauksia mitataan.

Lehtivihreämittausten tuloksia oli välillä haastavaa tulkita, ja se näkyi myös kenttätutkimuksen tuloksissa. On otettava huomioon, että lajikkeita ei ollut saman verran joka viljalajista vaan vehnän mitattuja koelajikkeita oli kaksi ja ohralla koelajikkeita oli neljä. Lisäksi SPAD-mittaukset tehtiin vain yhdeltä kesältä, joten opinnäytetyössä laaditut ohjeelliset SPAD-arvot eivät ole täysin luotettavia. Luotettavuutta olisi lisännyt useamman vuoden tutkiminen eri kehitysvaiheiden SPAD-arvojen jakautumisessa. Kenttätutkimuksen olisi voinut toteuttaa toisellakin tavalla. Esimerkiksi kenttätutkimus olisi voitu tehdä viljapeltolohkoille, joissa olisi toteutettu lehtivihreämittaukset ja lisätyppilannoituksen tekeminen SPAD-arvojen mittaustuloksien mukaan sekä olisi hyödynnetty CropSAT-palvelun käyttöä. Tällä tavalla olisi voitu kokeilla viljelijäohjeen ohjeistuksen toimivuutta käytännössä.

Opinnäytetyö opetti paljon kotimaisten viljakasvien viljelystä ja etenkin niiden lannoittamisesta. Kenttätutkimuksen kautta pääsin tutustumaan tutkimustyöhön. Opinnäytetyön kautta opin kasvien kehityksestä sekä lannoituksen vaikutuksesta kasviin ja niiden väliset merkitykset. Sain tutustua opinnäytetyöni toteutuksessa tutkimustyöhön Hankkijan tutkimushenkilökunnan kanssa. Osaamiseni tutkimustyössä kehittyi kasvustossa tehtävien mittausten myötä. Kiitän Hankkijan tutkimuspäällikköä ja tutkimusmestaria yhteistyöstä opinnäytetyöni kanssa.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- ALASAARI, Kari 2018. Täsmälannoitusteknologiat ja kasvustosensorit [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-15.] Saatavissa: <http://www.atko.fi/wp-content/uploads/2018/03/T%C3%A4sm%C3%A4lannoitusteknologiat-ja-kasvustosensorit.pdf>
- ALASTALO, Heikki 2019. Jaetulla lannoituksella voitat tai säästät [sähköinen artikkeli]. Maaseudun Tulevaisuus. [Viitattu 2019-04-22.] Saatavissa: <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/mielipiteet/artikkeli-1.375277>
- ALHONOJA, Katja 2017. Yaran täsmäviljelyratkaisut. Yara Suomi [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2020-02-13.] Saatavissa: <https://docplayer.fi/46942843-Yaran-tasmaviljelyratkaisut-katja-alhonoja-yara-suomi.html>
- ALIBABA s.a. HAD-YL6 Chlorophyll meter [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-16.] Saatavissa: https://www.alibaba.com/product-detail/HAD-YL6-Chlorophyll-meter_60340266553.html
- ARO, Eva-Mari, RINTAMÄKI, Eevi, SARVIKAS, Päivi, SUORSA, Marjaana, TYYSTJÄRVI, Esa ja VAPAA-VUORI, Elina s.a. Fotosynteesi [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-09.] Saatavissa: https://books.google.fi/books?id=NqEqDwAAQBAJ&pg=PA122&lpg=PA122&dq=sokerin+varastoituminen+kasvissa&source=bl&ots=2W630FR8TU&sig=ACfU3U3PUKf9XfSB_kBVSL_wejHLpUkyrg&hl=fi&sa=X&ved=2ahUKEwiRIYy-4sLhAhUTi8MKHQuMCA8Q6AEwChOECaKQAQ#v=onepage&q=sokerin%20varastoituminen%20kasvissa&f=false
- DE LA BARRERA, Erick ja SMITH, William K. 2009. Perspectives in Biophysical Plant Ecophysiology: A tribute to Park. S. Nobel, 286 [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2020-02-12.] Saatavissa: <https://books.google.fi/books?id=RF3Ew5QDTGEC&pg=PA286&lpg=PA286&dq=soil+plant+analysis+development+of+minolta+camera+company&source=bl&ots=lshlxmEG0x&sig=ACfU3U3BiUv1sbHNcqPcY-qSXqH9qULoQhg&hl=fi&sa=X&ved=2ahUKEwjX58GlvsvnAhWNIIskHf8xAb0Q6AEwAXoECAs-QAQ#v=onepage&q=soil%20plant%20analysis%20development%20of%20minolta%20camera%20company&f=false>
- FARMIT WEBSITE OY 2006. Lisätyppilannoituksella parempi sato [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-15.] Saatavissa: <https://www.farmit.net/kasvinviljely/2006/06/28/lisatyyppilannoituksella-parempi-sato>
- FARMIT WEBSITE OY 2009. Satoisan kevätvehnän lannoitus [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2020-02-13.] Saatavissa: <https://www.farmit.net/kasvinviljely/2009/02/06/satoisan-kevatvehnan-lannoitus>
- FARMIT WEBSITE OY 2019. Nopea kasvurytmi haastaa kasvin ravinteidenoton [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2020-02-13.] Saatavissa: <https://www.farmit.net/kasvinviljely/2019/02/06/nopea-kasvurytmi-haastaa-kasvin-ravinteidenoton>
- FARMIT WEBSITE OY 2019. Sää [verkkajulkaisu]. Farmit sääpalvelu. Tehoisa lämpösomma. [Viitattu 2019-12-29.] Saatavissa: <https://www.farmit.net/saa-0>
- FARMIT WEBSITE OY s.a.a. Vehnä [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-20.] Saatavissa: <https://www.farmit.net/kevatvehna>
- FARMIT WEBSITE OY s.a.b. Ohra [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-20.] Saatavissa: <https://www.farmit.net/hankkija/ohra>
- FARMIT WEBSITE OY s.a.c. Kaura [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-20.] Saatavissa: <https://www.farmit.net/kaura>
- FARMIT WEBSITE OY s.a.d. Viljan laatuun vaikuttavat tekijät [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-11.] Saatavissa: <https://www.farmit.net/kotielain/kana/ruokinta/kanojen-vilja-tiivisteruokinta/viljan-laatuun-vaikuttavat-tekijat>

- HANKKIJA 2018a. Viljan laatuhinnoittelu satokausi 2018-2019 [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-07.] Saatavissa: <https://www.hankkija.fi/Liitetiedostot/Docs/Laatuhinnoittelu2018ver3.pdf>
- HANKKIJA 2018b. Koetulokset. Kaksitahoinen ohra Nousu [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-16.] Saatavissa: <https://www.hankkija.fi/Liitetiedostot/Docs/pankki/nousuohra2018kaistatelimaki.pdf>
- HANKKIJA 2019a. Lannoitteiden ravinnesisällöt. Kasvuohjelma Tuoteopas 2019. Hankkija Oy.
- HANKKIJA 2019b. Pixxaro EC. Rikkakasvien torjunta. Kasvuohjelma Tuoteopas 2019. Hankkija Oy.
- HANKKIJA 2019c. Premium Classic SX. Rikkakasvien torjunta. Kasvuohjelma Tuoteopas 2019. Hankkija Oy.
- HANKKIJA 2019d. Moddus Evo. Kasvunsääteet. Kasvuohjelma Tuoteopas 2019. Hankkija Oy.
- HANKKIJA s.a.a. Hankkijan koetoimintaa Elimäellä [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-24.] Saatavissa: https://www.hankkija.fi/Maatalous_ja_metsa/kasvuohjelmat/toiminta/hankkijan-koetoimintaa-elimaaella/
- HANKKIJA s.a.b. Vienti- ja myllykaurat havaintokaistakokeessa Elimäellä [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-24.] Saatavissa: https://www.hankkija.fi/Maatalous_ja_metsa/kasvuohjelmat/viljan-kasvuohjelmat/vienti--myllykaurat-havaintokaista-kokeessa-elimaaella/
- HANKKIJA s.a.c. Kasvuohjelma testaa kasvukaudella kolmen eri valmistajan sääasemaa [verkkajulkaisu.] [Viitattu 2019-12-27]. Saatavissa: https://www.hankkija.fi/Maatalous_ja_metsa/ajankoh-taista/kasvuohjelma-testaa-kasvukaudella-kolmen-eri-valmistajan-saaasemaa/
- HARVARD FOREST s.a. Leaf pigments [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2020-03-18.] Saatavissa: <https://harvardforest.fas.harvard.edu/leaves/pigment>
- HEIKKILÄ, Tarja 2014. Tilastollinen tutkimus. Riippuvuuksien tutkiminen. Korrelaatiokerroin. 9. painos. Helsinki: Edita Oy.
- HEIMALA, Lauri 2018. Yara avaa uudenlaisen satelliittipalvelun [verkkajulkaisu.] [Viitattu 2020-03-13.] Saatavissa: <https://www.yara.fi/uutiset-ja-tapahtumat/uutiset/2018-04-25/>
- HEIMALA, Lauri 2020. Yara N-Tester [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Essi Simola. [Tulostettu 2020-02-06.]
- HELENIUS, Juha, KALLELA, Marja, MÄKELÄ, Pirjo, STODDARD, Fred, TEERI, Teemu ja YLI-HALLA, Markku 2016. Viljojen laatuavoitteet. Julkaisussa: SEPPÄNEN, Mervi (toim.) Peltokasvien tuotanto. 3. painos. Opetushallitus.
- ILMATIETEEN LAITOKSEN SÄÄASEMIEN ARKISTO s.a. Kuukausitilastot [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2020-01-17.] Saatavissa: <https://kilotavu.com/fmi-tilastot.php?kuumoodi=true&kuukausi=05&vuosi=2019>
- ILMATIETEEN LAITOS s.a. Kuukausitilastot. Suomen keskimääräinen lämpötila ja sademäärä kuukausittain [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2020-01-17.] Saatavissa: <https://ilmatieteenlaitos.fi/kuukausitilastot>
- JAAKKOLA, Antti 1992. Kasvinravitseminen. Julkaisussa: HEINONEN, Reijo (toim.), HARTIKAINEN, Helinä, AURA, Erkki, JAAKKOLA, Antti ja KEMPPAINEN Erkki 1992. Maa, viljely ja ympäristö. Helsinki: Werner Söderström Osakeyhtiö.
- JOKELA, Risto 2015. Ympäristökorvauksen ravinteiden tasapainoinen käyttö. YmpäristöAgron 2015 kevään sähköiset luennot. YmpäristöAgro II -hanke [video]. [Viitattu 2020-02-04.] Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=O0csS6NoWl0>
- JUNNOLA, Netta ja PELTONEN, Sari 2013. Kasvien ravinteiden otto, sadon ravinteet ja sadon määrän arviointi [verkkajulkaisu]. ProAgria. [Viitattu 2019-04-15.] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B64365B39-84C2-4909-ABA4-BF52D7E935B1%7D/55836>

- KAASINEN, S., RASA, K. ja HEIKKINEN, J., 2010. Typpilannoituksen tarkentaminen TEHO:n tilako-keilu v. 2009 [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-24.] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B684454FD-A759-45B8-AFAD-CFF2B54D593F%7D/55528>
- KAPUINEN, Petri 2013. Lannan typpi tehokkaasti käyttöön [verkkajulkaisu]. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. [Viitattu 2019-04-24.] Saatavissa: http://www.ilmase.fi/site/wp-content/uploads/2013/02/Kapainen_21032013.pdf
- KERMINEN, Anne 2020. Kasvukauden lisätyppilannoitus [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Essi Simola. [Tulostettu 2020-02-06.]
- KEMIRA GROWHOW s.a. Typpilaukku liukoisen typen mittaamiseen [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-13.] Saatavissa: <https://docplayer.fi/290909-Typpilaukku-liukoisen-typen-mittaamiseen.html>
- KLEEMOLA, Jouko 2009a. Mineraalilannoitteet. Julkaisussa: PELTONEN, Jari ja HARMOINEN, Taina (toim.) Ravinteet kasvintuotannossa. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja nro 1071. Tieto tuottamaan 127. Vantaa: ProAgria Maaseutukeskusten Liitto.
- KLEEMOLA, Jouko 2009b. Jaettuna vai kerralla. Käytännön maamies 7, 14-17.
- KLEEMOLA, Jouko, PARTANEN, Esa, KARI, Maarit ja PELTONEN, Jari 2009. Ravinlähteet. Julkaisussa: PELTONEN, Jari ja HARMOINEN, Taina (toim.) Ravinteet kasvintuotannossa. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja nro 1071. Tieto tuottamaan 127. Vantaa: ProAgria Maaseutukeskusten Liitto.
- LANTMÄNNEN AGRO s.a.a. Yara N-Tester lehtivihreämittari [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-13.] Saatavissa: <https://www.lantmannenagro.fi/tuotteet/lannoitteet-ja-kalkit/peltolannoitteet/yara-n-tester-lehtivihreamittari/>
- LANTMÄNNEN AGRO s.a.b. Kevätvehnä [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2020-02-14.] Saatavissa: <https://www.lantmannenagro.fi/asiakasohjelmat/viljelyohjelma/viljan-viljely/kevatvehna/>
- LANTMÄNNEN AGRO 2019. Viljelyopas 2019.
- LASSI, Juho 2019. Havaintoruudut 2019 [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Essi Simola. [Tulostettu 2019-04-29.]
- LASSI, Juho 2019. Koeruutulohkon maalaji, multavuusluokka ja esikasvi [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Essi Simola. [Tulostettu 2020-04-28.]
- LASSI, Juho 2019. Kasvukauden sää Elimäellä [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Essi Simola. [Tulostettu 2019-12-09.]
- LASSI, Juho 2020-01-23. Satotulosten analysointi [puhelinhaastattelu].
- LEIPÄTIEDOTUS ry s.a. Tietoa leivästä. Viljan laatuksiteerit [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-09.] Saatavissa: <https://www.leipatiedotus.fi/tietoa-leivasta/pelloilta-poytaan/viljan-laatuksiteerit.html>
- LUOMANPERÄ, Seija 2018. Täsmälannoitus Yara N-Sensorilla tuottaa satoa ja valkuaista. Julkaisussa: Leipä leveämmäksi. 2/2018 Yara Suomen lehtimaatalouden ammattilaisille. Julkaisija: Yara Suomi Oy, 6-7.
- LUONNONVARAKESKUS 2018. Virallisten lajikekokeiden suoritusohjeet vuodelle 2018 [verkkajulkaisu]. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus sekä Luonnonvarakeskus. [Viitattu 2019-04-24.] Saatavissa: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/kasper/pelto/peltopalvelut/lajikekokeet/ohjeistus_vastaaville/SUORITUSOHJEET-%202018.pdf
- LUONNONVARAKESKUS 2019a. Suomen pelloista puolet viljalla [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-17.] Saatavissa: <https://www.luke.fi/uutinen/suomen-pelloista-puolet-viljalla/>
- LUONNONVARAKESKUS 2019b. Käytössä oleva maatalousmaa 2018 [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-17.] Saatavissa: https://stat.luke.fi/k%C3%A4yt%C3%B6ss%C3%A4-oleva-maatalousmaa-2018_fi-0

- LUONNONVARAKESKUS 2019c. Satotilasto. Sato ja viljasadon laatu 2019, ennakko [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2020-01-03.] Saatavissa: https://stat.luke.fi/sato-ja-viljasadon-laatu-2019-ennakko_fi
- LUONNONVARAKESKUS 2019d. Kevätvehnä, 2012-2019, Viralliset lajikekokeet. Kevätvehnä. Sato. Julkaisuvuosi 2019. Viralliset lajikekokeet. Maatalous. Tutkimustulostietokanta [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2020-06-02.] Saatavissa: http://px.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/maatalous/maatalous__lajikekokeet__julkaisuvuosi_2019__sato__kevatvehna/130100sato_kevatvehna.px/table/tableViewLayout1/
- LUONNONVARAKESKUS 2019e. Ohra, 2012-2019, Viralliset lajikekokeet. Ohra. Sato. Julkaisuvuosi 2019. Viralliset lajikekokeet. Maatalous. Tutkimustulostietokanta [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2020-02-06.] Saatavissa: http://px.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/maatalous/maatalous__lajikekokeet__julkaisuvuosi_2019__sato__ohra/140100sato_ohra.px/table/tableViewLayout1/
- LUONNONVARAKESKUS 2019f. Kaura, 2012-2019, Viralliset lajikekokeet. Kaura. Sato. Julkaisuvuosi 2019. Viralliset lajikekokeet. Maatalous. Tutkimustulostietokanta [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2020-02-06.] Saatavissa: http://px.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/maatalous/maatalous__lajikekokeet__julkaisuvuosi_2019__sato__kaura/150100sato_kaura.px/table/tableViewLayout1/
- MAASEUDUN TULEVAISUUS 2019. Lannoitteiden hinnat. Maaseudun Tulevaisuus 09/2019-12/2019.
- MAASEUDUN TULEVAISUUS 2019. Viljanhinnat. Maaseudun Tulevaisuus 09/2019-12/2019.
- MAATILAHALLITUKSEN PÄÄTÖS TÄRKEIMPIEN KASVILAJIEN LAJIKKEISTA. L 28.6.1989/540. Finlex. Lainsäädäntö. Liite 2 Viljelyvyöhykkeet. [Viitattu 2019-04-24.] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1989/19890540>
- MTK 2017-07-18. Ilmanlaatu: Ammoniakkipäästöt [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2020-02-11.] Saatavissa: <https://www.mtk.fi/-/ilmanlaatu-ammoniakkipaastot>
- MÄKINIEMI, Kirsi 2019-12-02a, b, c, d, e, f, g, h. SPAD-keskiarvo-kuviot [digikuva]. Sijainti: Iisalmi: Essi Simolan sähköiset kokoelmat.
- MÄNTYLÄHTI, Väinö, JAAKKOLA, Antti ja KARI, Maarit 2009. Ravinnetarpeiden määrittäminen. Julkaisussa: PELTONEN, Jari ja HARMOINEN, Taina (toim.) Ravinteet kasvintuotannossa. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja nro 1071. Tietoa tuottamaan 127. Vantaa: ProAgria Maaseutukeskusten Liitto.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION 2000-08-30. Measuring Vegetation (NDVI & EVI). Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2020-03-13.] Saatavissa: https://earthobservatory.nasa.gov/features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php
- PELTONEN-SAINIO, Pirjo ja RAJALA, Ari 2003. Laatusiemenen ominaisuudet. PELTONEN-SAINIO, Pirjo, RAJALA, Ari ja TERÄVÄINEN Hanne (toim.). Laatusiemenen tuotanto. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja nro 1012. Tietoa tuottamaan 100. Vantaa: ProAgria Maaseutukeskusten Liitto.
- PELTONEN-SAINIO, Pirjo, RAJALA, Ari ja SEPPÄLÄ, Risto T. 2005. Viljojen kehityksen ja kasvon ABC. Jokioinen: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuslaitos.
- PUUSTINEN, Markku 2009. Lannoitus ympäristön kannalta. Julkaisussa: PELTONEN, Jari ja HARMOINEN, Taina (toim.) Ravinteet kasvintuotannossa. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja nro 1071. Tietoa tuottamaan 127. Vantaa: ProAgria Maaseutukeskusten Liitto.
- PROAGRIA 2018. Tehoa typpilannoitukseen - jaettu lannoitus. YMPPI, Pirkanmaan maatalousympäristön haasteet -hanke. ProAgria Etelä-Suomi nro 2/9 [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-04-11.] Saatavissa: https://etela-suomi.proagria.fi/sites/default/files/attachment/toimintamalli_tyypen_jaettu_lannoitus_0.pdf
- RUOKATIETO s.a. Yhteyttäminen ja hengitys [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-04-09.] Saatavissa: <https://www.ruokatieto.fi/ruokakasvatus/ruokaketju-ruuan-matka-pelloilta-poytaan/luonto/kasvienbiologiaa/yhteyttaminen-ja-hengitys>

RUOKAVIRASTO 2018. Typpilannoitus. Lannoitus. 4. Tilakohtainen toimenpide: Ravinteiden tasapainoinen käyttö. Ympäristökorvauksen sitomusehdot 2015 - Sisältää 2015 – 2019 muutokset [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2020-02-04.] Saatavissa: <https://ruokavirasto.mobiezone.fi/zine/553/article-42047>

RÄTY, Pauli, KIRKKARI, Anna-Maija, HOLLO, Jukka, PALVA, Reetta, KARTIO, Mirja ja PELTONEN, Sari 2005. Viljan myynti ja laatuvaatimukset. Julkaisussa: PALVA, Reetta, KIRKKARI, Anna-Maija ja TERÄVÄINEN, Hanne (toim.) Viljasadon käsittely ja käyttö. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisu nro 1012. Tietoa tuottamaan 108. Vantaa: ProAgria Maaseutukeskusten Liitto.

SALO, Yrjö, KANGAS, Arjo, PIETOLA, Liisa, KERMINEN, Anne ja RAJALA, Ari 2003. Siemenviljelyksen perustaminen. PELTONEN-SAINIO, Pirjo, RAJALA, Ari ja TERÄVÄINEN Hanne (toim.). Laatusiemenen tuotanto. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisu nro 1012. Tietoa tuottamaan 100. Vantaa: ProAgria Maaseutukeskusten Liitto.

SALOPELTO, Juha 2019. Kesän koejäsenet [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Essi Simola. [Tulostettu 2019-03-15.]

SIMOLA, Essi 2019-04-28. Yara Cropsat -palvelu kuvaa NDVI-kasvillisuusindeksiä peltolohkolla [digikuva]. Sijainti: Iisalmi: Essi Simolan sähköiset kokoelmat.

SIMOLA, Essi 2019-04-11. SPAD-mittari HAD-YL6 Chlorophyll meter [digikuva]. Sijainti: Iisalmi: Essi Simolan sähköiset kokoelmat.

SIMOLA, Essi 2019-06-11a. Kuvassa on havaintoruutujen sijainti ja koeruuduille tehdyt käsittelyt [digikuva]. Sijainti: Elimäki: Essi Simolan sähköiset kokoelmat.

SIMOLA, Essi 2019-06-11b. Kasvuohjelmalajikkeille tehdyt käsittelyt [digikuva]. Sijainti: Elimäki: Essi Simolan sähköiset kokoelmat.

SIMOLA, Essi 2019-06-25. Mittauksissa tarvittavat välineet [digikuva]. Sijainti: Elimäki: Essi Simolan sähköiset kokoelmat.

SIMOLA, Essi 2019-12-27. Kasvukauden lämpösummankertymä ja viikoittaiset sademäärät Elimäen koeruuduilla [digikuva]. Sijainti: Parikkala: Essi Simolan sähköiset kokoelmat

SIMOLA, Essi 2019-12-02. Tehoisan lämpösumman kertyminen kuluneena kasvukautena sekä viime vuosina [digikuva]. Sijainti: Parikkala: Essi Simolan sähköiset kokoelmat.

SIMOLA, Essi 2020-02-06a. Ensimmäinen versio viljelijäohjeen molemmista sivuista [digikuva]. Sijainti: Parikkala: Essi Simolan sähköiset kokoelmat.

SIMOLA, Essi 2020-02-06b. Oheistuotteena syntynyt lisätyppilannoitelaskurin luonnos [digikuva]. Sijainti: Parikkala: Essi Simolan sähköiset kokoelmat.

SIMOLA, Essi 2020-02-12a. Lopullisen viljelijäohjeen molemmat sivut [digikuva]. Sijainti: Parikkala: Essi Simolan sähköiset kokoelmat.

SIMOLA, Essi 2020-02-12b Lisäsivu, jossa on helposti luettavassa taulukossa SPAD-suositusarvot eri kehitysvaiheissa [digikuva]. Sijainti: Parikkala: Essi Simolan sähköiset kokoelmat.

SUOMEN VIRALLINEN TILASTO (SVT): Satotilasto [verkkajulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus [Viitattu 2019-04-15]. Saatavissa: <https://stat.luke.fi/tilasto/4>

SYNGENTA s.a. Elatus Era [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2020-02-05.] Saatavissa: <https://www.syngenta.fi/product/crop-protection/kasvitautilien-torjunta-aine/elatus-era>

TERÄVÄ, Eija ja KANERVO, Eira 2008. Kasvianatomia. Viherhiukkaset. Helsinki: Edita Prima Oy.

TILASTOKESKUS s.a. Käsitteet. Regressioanalyysi [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-25.] Saatavissa: <https://www.stat.fi/meta/kas/regressioanalyysi.html>

VUORI, Silja 2006. Lehtivihreä kertoo kasvin typpitilanteen. Maatilan Pellervo 6/2006, 12-15.

YARA 2018a. Näin jaat viljojen ja öljykasvien lannoituksen. Lannoiteopas 2018-2019, 12-13.

YARA 2018b. Viljojen ja öljykasvien nestemäiseen lannoitukseen sopivia tuotteita. Lisälannoitteen käyttömäärät kasvukaudella. Näin jaat viljojen ja öljykasvien lannoituksen. Lannoiteopas 2018-2019.

YARA 2018c. Lannoita satotason mukaan – ympäristökorvaus mahdollistaa sen. Lannoiteopas 2018-2019.

YARA s.a.a. Typpi [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-11.] Saatavissa: <https://www.yara.fi/lannoitus/ravinteet/typpi/>

YARA s.a.b. Lisälannoitus [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-15.] Saatavissa: <https://www.yara.fi/lannoitus/lisalannoitus-kasvukaudella/>

YARA s.a.c. Yara N-Tester-suositusarvot kasvilajeittain [digikuva]. Sijainti: Parikkala: Essi Simolan sähköiset kokoelmat.

YARA s.a.d. Yara CropSAT. Smart farming [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-28.] Saatavissa: <https://www.yara.fi/lannoitus/smartfarming/>

YARA s.a.e. Yara N-Tester [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-04-11.] Saatavissa: <https://www.yara.fi/lannoitus/tyokalut/yara-n-tester/>

YARA s.a.f. YaraVita Starphos MnP [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2020-01-22.] Saatavissa: <https://www.yara.fi/lannoitus/lannoitteet/yaravita/yaravita-starphos-mnp/>

YLI-HALLA, Markku 2009. Kasviravinteet. Julkaisussa: PELTONEN, Jari ja HARMOINEN, Taina (toim.) Ravinteet kasvintuotannossa. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisu nro 1071. Tieto tuottamaan 127. Vantaa: ProAgria Maaseutukeskusten Liitto.

LIITE 1: ZADOKS-KEHITYSASTETAULUKKO

Zadoks-desimaaliasteikko (Zadoks ym. 1974)

Numerokoodi	Kuvaus
Itäminen	
00	kuiva siemen
01	siemen alkaa imeä vettä
02	-
03	veden imeytyminen siemeneen on täydellistä
04	-
05	sirkkajuuri tunkeutuu esiin siemenestä
06	-
07	koleoptiili eli itutuppi tunkeutuu esiin siemenestä
08	-
09	sirkkalehti näkyvillä aivan itutupin kärjessä
Oraan kasvu	
10	sirkkalehti tunkeutuu ulos suojaavasta itutupesta
11	sirkkalehti on täysin avautunut
12	toinen lehti on täysin avautunut
13	kolmas lehti on täysin avautunut
14	neljäs lehti on täysin avautunut
15	viides lehti on täysin avautunut
16	kuudes lehti on täysin avautunut
17	seitsemäs lehti on täysin avautunut
18	kahdeksas lehti on täysin avautunut (ei yleisesti Suomessa)
19	yhdeksäs lehti on täysin avautunut (ei yleisesti Suomessa)
Versominen	
20	vain pääverso
21	pääverson lisäksi yksi sivuverso esillä
22	pääverson lisäksi kaksi sivuversoa esillä
23	pääverson lisäksi kolme sivuversoa esillä
24	pääverson lisäksi neljä sivuversoa esillä
25	pääverson lisäksi viisi sivuversoa esillä
26	pääverson lisäksi kuusi sivuversoa esillä (ei yleisesti Suomessa)
27	pääverson lisäksi seitsemän sivuversoa esillä (ei yleisesti Suomessa)
28	pääverson lisäksi kahdeksan sivuversoa esillä (ei yleisesti Suomessa)
29	pääverson lisäksi vähintään yhdeksän sivuversoa esillä (ei yleisesti)
Korren pituuskasvu	
30	pääverso pysty
31	ensimmäinen nivel tunnistettavissa
32	toinen nivel tunnistettavissa
33	kolmas nivel tunnistettavissa
34	neljäs nivel tunnistettavissa
35	viides nivel tunnistettavissa
36	kuudes nivel tunnistettavissa
37	lippulehti näkyvillä, muttei avautunut
38	-
39	lippulehden korvake näkyvillä
40	-
41	lippulehden tuppi laajenemassa

42	-
43	lippulehden tuppi juuri näkyvästi turvonnut
44	-
45	lippulehden tuppi voimakkaasti turvonnut, muttei ehyt
46	-
47	lippulehden tuppi raottunut auki antaen tietä laajeneelle tähkälle
48	-
49	ensimmäiset vihneet näkyvillä
Kukinnan esiintulo	
50	Ensimmäinen tähkylä juuri näkyvillä
51	-
52	Neljännes kukinnosta näkyvillä
53	-
54	Puolet kukinnosta näkyvillä
55	-
56	Kolme neljännestä kukinnosta näkyvillä
57	-
58	Kukinto kokonaan ulkona tupesta
59	-
Kukinta	
60	Kukinta aluillaan
61-63	-
64	Kukinta puolivälissä
65-67	-
68	Kukinta täydellistä
69	-
Maitotuleentuminen	
70	-
71	Jyvä vetinen
72	-
73	Jyvä aikaisessa maitovaiheessa
74	-
75	Jyvä maitovaiheen keskivaiheilla
76	-
77	Jyvä myöhäisessä maitovaiheessa/maitotuleentuminen
78-79	-
Taikinatuleentuminen	
80-82	-
83	aikainen taikinavaihe
84	-
85	pehmeä taikinavaihe
86	-
87	kova taikinavaihe eli keltatuleentuminen
88-89	-
Tuleentuminen	
90	-
91	jyvä kova, vaikea halkaista kynnellä
92	jyvä kova, ei voi halkaista kynnellä
93	jyvä "irtonainen"
94	kasvusto ylituleentunut, olki ränsistynyt
95	jyvä dormanssissa eli itämislevossa
96	jyvistä puolet itämiskykyisiä
97	jyvät vapautuneet itämislevossa
98	jyvät vaipuvat sekundääriseen itämislepoon
99	jyvä vapautunut sekundäärisestä itämislevosta

LIITE 2: MITTAUSTULOSTEN EXCEL-TAULUKKO

vuosi	pen	lampo	paikka	laji	lajike	Lajikonina	kasvu	N_jansotus	ohjelma	keran	kehitys	Zadoks	Zadoks	Zadoks	keran	kasvun	SPAD_N	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	
v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
2015	116.2019	290	Elinä	Oha	Uusi	ohu	93,4	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	33	33,0	33,1	33,1	30	van	592	41,8	43,4	43,5	42,7	
2015	116.2019	290	Elinä	Oha	Evanti		91,4	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	32	32	32	32	28		552					
2015	116.2019	290	Elinä	Oha	Pöytä	värilä, p. ohu	91,4	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	32-33	32,0	32,1	32,1	28	van	558	41,6	39,9	33,7	30,1	
2015	116.2019	290	Elinä	Mallasohja ohola	Kouzu	mallasohja	93,1	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	33-34	33,0	33,1	34,1	27	van	573	40,2	36,5	33,7	30,2	
2015	116.2019	290	Elinä	Oha	Feedus	ohu	94,2	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	32	32,0	32,1	32,1	28	mallasohja	639	43,3	43,8	43,2	40,3	
2015	116.2019	290	Elinä	Oha	Feedus, ruokap	ohu	94,2	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	33	33,0	33,1	33,1	28	huonotulos	610	41,2	42,5	42,2	42,7	
2015	116.2019	290	Elinä	Oha	Eatney		107	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	32	32	32	32	28		636					
2015	116.2019	290	Elinä	Oha	Sainey		90	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	33	33	33	33	28		579					
2015	116.2019	290	Elinä	Oha	Sainey, ruokap		90	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	33	33	33	33	28		573					
2015	116.2019	290	Elinä	Mallasohja	Avalon		101,5	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	32-33	32	32,1	33	27		593					
2015	116.2019	290	Elinä	Oha	Eller			ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	32	32	32	32	24		615					
2015	116.2019	290	Elinä	Oha	Laukko			ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	33	33	33	33	25		579					
2015	116.2019	290	Elinä	Vehnä	Hani	mallasohja	93,6	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	33	33,0	33,1	33,1	30	mallasohja	640	43,3	42,7	41,4	42,3	
2015	116.2019	290	Elinä	Vehnä	Jari		107	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	32	32	32	32	27		636					
2015	116.2019	290	Elinä	Vehnä	Scalus	mallasohja	117,1	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	31-32	31,1	31,5	32,1	28	ohjelmatus	704	52,3	53,9	45,7	49,3	
2015	116.2019	290	Elinä	Vehnä	Thera		111,1	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	32-33	32	32,1	33	27		613					
2015	116.2019	290	Elinä	Kaura	Hala	mallasohja	92,1	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	33	33,0	33,1	33,1	30	ohjelmatus	654	41,8	43,7	46,1	46,1	
2015	116.2019	290	Elinä	Kaura	Hannu	mallasohja	101,1	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	33	33,0	33,1	33,1	31	ohjelmatus	685	46,2	42,9	43,0	46,1	
2015	116.2019	290	Elinä	Kaura	Avenus	mallasohja	101,5	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	31-32	31,1	31,5	32,1	32	ohjelmatus	648	46,3	42,2	41,6	43,1	
2015	116.2019	290	Elinä	Oha	Uusi	ohu	93,4	ly.ohjelmatus	Evanti	2	35	35,0	35,1	35,1	34		596	46,2	39,1	33,2	30,1	
2015	116.2019	290	Elinä	Oha	Pöytä	värilä, p. ohu	91,4	ly.ohjelmatus	Evanti	2	34	34,0	34,1	34,1	30	ohjelmatus	578	35,1	39,9	33,6	42,2	
2015	116.2019	290	Elinä	Mallasohja ohola	Kouzu	mallasohja	93,1	ly.ohjelmatus	Evanti	2	32-33	32,0	32,1	32,1	28	ohjelmatus	625	37,5	36,9	41,2	43,4	
2015	116.2019	290	Elinä	Oha	Feedus	ohu	94,2	ly.ohjelmatus	Evanti	2	33	33,0	33,1	33,1	30	ohjelmatus	662	46,7	45,9	44,9	44,1	
2015	116.2019	290	Elinä	Vehnä	Hani	mallasohja	93,6	ly.ohjelmatus	Evanti	2	33	33,0	33,1	33,1	30	ohjelmatus	663	49,3	41,1	41,6	41,2	
2015	116.2019	290	Elinä	Vehnä	Scalus	mallasohja	117,1	ly.ohjelmatus	Evanti	2	32	32,0	32,1	32,1	30	ohjelmatus	669	39,3	34,9	34,5	39,3	
2015	116.2019	290	Elinä	Kaura	Hala	mallasohja	92,1	ly.ohjelmatus	Evanti	2	31-32	31,1	31,5	32,1	30	ohjelmatus	648	46,4	45,6	41,9	41,2	
2015	116.2019	290	Elinä	Kaura	Hannu	mallasohja	101,1	ly.ohjelmatus	Evanti	2	32	32,0	32,1	32,1	32	ohjelmatus	624	49,1	45,5	43,5	41,7	
2015	116.2019	290	Elinä	Kaura	Avenus	mallasohja	101,5	ly.ohjelmatus	Evanti	2	32	32,0	32,1	32,1	32	ohjelmatus	636	39,2	42,1	41,5	41,5	
2015	25.6.2019	462	Elinä	Oha	Uusi	ohu	93,4	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	48-50	48,0	49,1	50,1	48		709	54,3	50,9	53,8	49,3	
2015	25.6.2019	462	Elinä	Oha	Evanti		91,4	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	48-50	48	49	50			711					

vuosi	pen	lampo	paikka	laji	lajike	Lajikonina	kasvu	N_jansotus	ohjelma	keran	kehitys	Zadoks	Zadoks	Zadoks	keran	kasvun	SPAD_N	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	
v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
2019	25.6.2019	462	Elinä	Oha	Evanti		91,4	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	48-50	48	49	50			711					
2019	25.6.2019	462	Elinä	Oha	Pöytä	värilä, p. ohu	91,4	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	47-50	47,1	48,5	50,1	41	ohjelmatus	638	42,8	41,8	44,8	45,7	
2019	25.6.2019	462	Elinä	Mallasohja ohola	Kouzu	mallasohja	93,1	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	48-50	48,1	49,0	50,1	34	ohjelmatus	585	40,0	33,5	42,5	39,3	
2019	25.6.2019	462	Elinä	Oha	Feedus	ohu	94,2	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	50-52	50,1	51,0	52,1	39	ohjelmatus	647	42,2	42,8	43,7	42,4	
2019	25.6.2019	462	Elinä	Oha	Feedus, ruokap	ohu	94,2	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	50-52	50,1	51,0	52,1	39	ohjelmatus	678	39,6	41,6	43,8	43,9	
2019	25.6.2019	462	Elinä	Oha	Eatney		107	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	50-52	50	51	52			608					
2019	25.6.2019	462	Elinä	Oha	Sainey		90	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	48-52	48	51	52			619					
2019	25.6.2019	462	Elinä	Oha	Sainey, ruokap		90	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	48-52	48	51	52			575					
2019	25.6.2019	462	Elinä	Mallasohja	Avalon		101,5	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	50-52	50	51	52			598					
2019	25.6.2019	462	Elinä	Oha	Eller			ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	48-52	48	51	52			605					
2019	25.6.2019	462	Elinä	Oha	Laukko			ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	48-52	48	51,5	52			645					
2019	25.6.2019	462	Elinä	Vehnä	Hani	mallasohja	93,6	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	54-57	54,1	55,5	57,1	39	ohjelmatus	619	43,1	41,4	40,6	41,4	
2019	25.6.2019	462	Elinä	Vehnä	Jari		107	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	54-57	54	55,5	57			678					
2019	25.6.2019	462	Elinä	Vehnä	Scalus	mallasohja	117,1	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	43-45	43,1	43,0	43,1	45	ohjelmatus	715	48,0	41,0	47,9	48,1	
2019	25.6.2019	462	Elinä	Vehnä	Thera		111,1	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	43-48	43	45	45			648					
2019	25.6.2019	462	Elinä	Kaura	Hala	mallasohja	92,1	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	48-52	49,1	51,5	52,1	39	ohjelmatus	787	48,8	45,5	48,9	51,1	
2019	25.6.2019	462	Elinä	Kaura	Hannu	mallasohja	101,1	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	48-52	49,1	51,5	52,1	39	ohjelmatus	712	47,7	41,4	47,5	48,6	
2019	25.6.2019	462	Elinä	Kaura	Avenus	mallasohja	101,5	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	48-52	49,1	51,5	52,1	45	ohjelmatus	778	50,0	51,5	50,6	48,1	
2019	25.6.2019	462	Elinä	Oha	Uusi	ohu	93,4	ly.ohjelmatus	Evanti	2	48-50	48,1	49,0	50,1	39	ohjelmatus	703	48,5	43,1	51,1	51,4	
2019	25.6.2019	462	Elinä	Oha	Pöytä	värilä, p. ohu	91,4	ly.ohjelmatus	Evanti	2	47-50	47,1	48,5	50,1	37	ohjelmatus	667	40,7	33,5	39,8	41,0	
2019	25.6.2019	462	Elinä	Mallasohja ohola	Kouzu	mallasohja	93,1	ly.ohjelmatus	Evanti	2	48-50	48,1	49,0	50,1	30-34	ohjelmatus	555	43,5	33,8	38,8	40,3	
2019	25.6.2019	462	Elinä	Oha	Feedus	ohu	94,2	ly.ohjelmatus	Evanti	2	50-52	50,1	51,0	52,1	39	ohjelmatus	604	45,3	44,3	43,3	41,3	
2019	25.6.2019	462	Elinä	Vehnä	Hani	mallasohja	93,6	ly.ohjelmatus	Evanti	2	54-58	54,1	55,0	58,1	39	ohjelmatus	654	40,7	42,8	42,2	43,3	
2019	25.6.2019	462	Elinä	Vehnä	Scalus	mallasohja	117,1	ly.ohjelmatus	Evanti	2	49-51	49,1	51,0	51,0	50-55	ohjelmatus	723	45,3	41,5	44,1	44,6	
2019	25.6.2019	462	Elinä	Kaura	Hala	mallasohja	92,1	ly.ohjelmatus	Evanti	2	52-55	52,1	53,5	55,1	52-54	ohjelmatus	751	51,1	51,8	51,0	47,8	
2019	25.6.2019	462	Elinä	Kaura	Hannu	mallasohja	101,1	ly.ohjelmatus	Evanti	2	52-55	52,1	53,0	53,1	55	ohjelmatus	785	56,8	45,5	51,1	51,2	
2019	25.6.2019	462	Elinä	Kaura	Avenus	mallasohja	101,5	ly.ohjelmatus	Evanti	2	51-57	51,1	53,0	53,1	55	ohjelmatus	768	54,4	51,7	54,7	51,1	
2019	11.7.2019	686	Elinä	Oha	Uusi	ohu	93,4	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	75-87	75,1	84,0	85,1	55	ohjelmatus	625	37,1	34,1	37,1	38,1	
2019	11.7.2019	686	Elinä	Oha	Evanti		91,4	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	75-87	75	82,5	87	39	ohjelmatus	637					
2019	11.7.2019	686	Elinä	Oha	Pöytä	värilä, p. ohu	91,4	ly.ohjelmatus	Kasvutulos	1	75-87	75,1	85,5	87,1	39	ohjelmatus	685	38,3	44,1	45,7	45,3	

LIITE 3: VIJELIJÄOHJE

Ensimmäinen sivu

Viljojen SPAD-arvon (lehtivihreän) mittaaminen ja typen lisälannoitustarpeen määrittäminen

Kuinka hyödyntää Yara CropSAT -satelliittipalvelua lehtivihreämittauksissa ja typentarpeen selvittämisessä?



Yara CropSAT on ilmainen ja jokaisen käytössä oleva satelliittipalvelu. Rekisteröidy ja kirjaudu CropSat-nettisivun kautta tai käytä oheista QR-koodia!

Palvelun avulla voidaan määrittää pellon NDVI-kasvillisuusindeksit, vaihteluvälinä on 0,0 – 1,0. Satelliittikuvat kuvaavat kasvillisuutta yleisesti peltolohkoilla ja siksi tarkempaan tyyppilannoitustarpeen määrittämiseen on tarpeellista käyttää lehtivihreä- eli SPAD-mittaria. Kasvillisuusindeksikarttoja voidaan hyödyntää löytämään lohkon kasvustosta kohdat, jotka tarvitsivat lisätyppiä. Kartan avulla pellosta paikannetaan eri kasvillisuusindeksin saaneet kohdat eli alhaisen, keskimääräisen ja korkean indeksi saaneet kohdat (kuva 1). Paikannetut kohdat mitataan SPAD-mittarilla ja eri kohdista saatuja SPAD-arvoja voidaan verrata suositusarvoihin. Tulosten pohjalta voidaan selvittää typen tarve (kg/ha N) eri kohdissa lohkoa.



Kuva 1. Kartasta paikannetut mittauspaikat lohkoilla (Tärsä).

Lisätyppilannoituksen ja mittauksen ajankohdat

- > **sadonlisäystä varten**
 - Pensomisen alusta loppulehtivaiheeseen (Zadoks-kehitysasteella 22 - 45)
- > **valkuaisen lisäämiseen**
 - Tähtien tai röhyn tullessa esiin (Zadoks-kehitysasteella 59 - 69)

SPAD-mittaukset tehdään ennen lannoitusajankohtia esimerkiksi kornikien-sadonkato, ennen loppulehtivaihetta tai ennen tähtäyntyneen esiintuloa.

Paikannettavat kohdat: Kasvillisuusindeksien värien mukaan

- alhainen
- keskimääräinen
- korkea

SPAD-arvon mittaaminen lehtivihreämittarilla



Kasvien lehdet sisältävät lehtivihreää, jonka yhtiönä rakennusaineena toimii typpi (N).

Kasvin tyyppimäärä korreloi vahvasti lehtivihreäpitoisuuden kanssa. Siksi lehtivihreämittauksella voidaan määrittää kasvin typen riittävyys.

Lehtivihreäpitoisuus voidaan määrittää SPAD-mittarilla, esimerkiksi Yara N-Tester- tai HAD-VL6 Chlorophyll meter-lehtivihreämittarilla.

Kuva 2. Yara N-Tester -lehtivihreämittari.

Kasvin lehtivihreämittaus tehdään ylimmästä täysin kehittyneestä ja terveestä lehdestä, sen keskeltä (ei lehtiruudin kohdalta) (kuva 2). Lehdessä ei saa olla kasvitaudin oireita tai muiden ravinteiden puutoksia, koska ne vääristävät mittauksista.

Lehtivihreämittauksia mitataan jokaisesta mittauspaikasta noin 10 – 30 eri kasvin lehdestä, jotta mittaus tuloksesta saadaan kattava. Kaikki SPAD-mittarit eivät laske automaattisesti SPAD-keskiarvoa, siksi lehtivihreäarvot kannattaa kirjata ylös jokaisen mittauksen jälkeen.

Mittauksen lopuksi lasketaan SPAD-arvojen keskiarvo, jota verrataan SPAD-suositusarvoihin (seuraava sivu).

Viljojen SPAD-arvon (lehtivihreän) mittaaminen ja typen lisälannoitustarpeen määrittäminen

Mitattujen SPAD-arvojen ja SPAD-suositusarvojen vertailu

Mitattuja SPAD-arvoja verrataan suositusarvoihin (taulukko 1). Esimerkiksi jos ohran SPAD-keskiarvo olisi 450 kornikasvuvaiheessa, mutta suositusarvo on 550 – 665 → typenlannoitus on tarpeellinen.

TAULUKKO 1. SPAD-suositusarvot eri kehitysvaiheissa

Viljalaji	Kehitysvaihe	SPAD-suositusarvo (Chlorophylli meter)	SPAD-suositusarvo (Yara N-Tester)
Korkevehnä	37 – 41 (kornikasvu)	38 – 42	480 – 540
	51 – 57 (täyslehtok)	38 – 42	480 – 525
Ryöpyvehnä	30 – 34 (kornikasvu)	37 – 42	640 – 700
	37 – 41 (kornikasvu)	lehdellä 30	630 – 660
	40 – 57 (täyslehtok)	41 – 46	650 – 720
	51 – 57 (täyslehtok)	lehdellä 30	630 – 660
	75 – 80 (halehtuminen)	41 – 44	580 – 720
Ohra	30 – 34 (kornikasvu)	37 – 44	550 – 600
	37 – 41 (kornikasvu)	38 – 38	430 – 480
	47 – 52 (täyslehtok)	38 – 52	550 – 700
	51 – 57 (täyslehtok)	42 – 46	540 – 600
	76 – 80 (halehtuminen)	52 – 42	400 – 680
Kaura	30 – 34 (kornikasvu)	42 – 45	620 – 680
	37 – 41 (kornikasvu)	38 – 45	450 – 580
	47 – 52 (täyslehtok)	48 – 54	750 – 790
	51 – 57 (täyslehtok)	48 – 44	670 – 780
	75 – 80 (halehtuminen)	41 – 45	650 – 780
Syrjävähä	37 – 41 (kornikasvu)	38 – 42	480 – 540
	51 – 57 (täyslehtok)	41 – 44	520 – 570
Syrjävähä	37 – 41 (kornikasvu)	37 – 39	460 – 490
	51 – 57 (täyslehtok)	33 – 42	480 – 540

Mitattu SPAD-arvo verrattuna SPAD-suositusarvoon:

Yli suositusarvon
→ ei lisätypenlannoitusta, kornikasvu tarpeellista

Alla suositusarvon
→ lisätypenlannoitus tarpeellinen, lasketaan tarve (kg N/ha) SPAD-arvon nostamiseksi suositusarvoon

Lisätypenlannoituksen harjoittamisessa on huomioitava:

- *hyvä satopotentiaali kasvustossa* → *riittävät kasvusto*
- *ei muiden ravinteiden puutoksia* → *ravinteiden ravintekijöitä*
- *sopivat olosuhteet kasvukaudella* → *riittävät vedensääntö*

Muuntokertoimen avulla voidaan laskea HAD-YL6 Chlorophylli meter-mittarille N-Tester -mittaria vastaava arvo:
 $y = 13,734 \times x + 61,194$. Esimerkiksi SPAD-arvo 36 sijoitetaan yhtälöön: $13,734 \times 36 + 61,194 = 556$

Miten lasketaan kasvustolle tarvittava lisätypen määrä?

- > Yhden SPAD-yksikön nostoon tarvitaan 4 – 7 kg/ha typpeä, jos käyttää kaksi-numerisia arvoja näyttävää SPAD-mittaria (esimerkiksi Chlorophylli meter)
- 15 SPAD-yksikön nostoon tarvitaan 4 – 7 kg/ha typpeä, jos käyttää kolmenumerisia arvoja näyttävää SPAD-mittaria (esimerkiksi Yara N-Tester)
- > **Huomioi: mitä multavampi maa, sitä pienempi lisätypen määrä kg/ha riittää.**

Lisätypenlannoituslaskuri laskee tarvittavan lisätypen määrän kg/ha N (laskurin osotte tulossa)

Lasketut typenlannoitusmäärät (kg N/ha) sijoitetaan Yara CropSAT -palveluun, kohtaan typpeä kg/ha (kuva 3).



Tämän jälkeen CropSAT muodostaa lannoitteen levityskartan, jolla voi ohjata lannoitteenlevitystä tai tehdä manuaaliset määräsäädöt ajan aikana.

Kuva 3. CropSAT palvelun merkittävät typen levitysmäärät (Yara).

Viljojen SPAD-arvon (lehtivihreän) mittaaminen ja typen lisälannoitustarpeen määrittäminen

SPAD-suositusarvot eri kehitysvaiheissa

Viljalaji	Kehitysvaihe	SPAD-arvosuositus (kaksinumeroiset mittarit esim. Chlorophyll meter)	SPAD-arvosuositus (kolmenumeroiset mittarit esim. Yara N-Tester)
Kevätvehnä	37 – 41 (loppulehtiaste)	38 – 42	480 – 540
	51 – 57 (tähtälehtulo)	38 – 41	480 – 525
Mylyvehnä	30 – 34 (korrenkasvu)	37 – 42	640 – 705
	37 – 41 (loppulehtiaste)	lähellä 50	630 – 660
	43 – 57 (tähtälehtulo)	43 – 48	650 – 725
	51 – 57 (tähtälehtulo)	lähellä 50	630 – 660
	75 – 83 (tuleentuminen)	40 – 44	580 – 735
Ohra	30 – 34 (korrenkasvu)	37 – 44	550 – 665
	37 – 41 (loppulehtiaste)	35 – 38	435 – 480
	47 – 52 (tähtälehtulo)	39 – 51	555 – 710
	51 – 57 (tähtälehtulo)	42 – 46	540 – 600
	78 – 89 (tuleentuminen)	32 – 43	400 – 685
Kaura	30 – 34 (korrenkasvu)	42 – 45	620 – 665
	37 – 41 (loppulehtiaste)	36 – 45	450 – 585
	47 – 52 (röyhyllehtulo)	48 – 50	750 – 795
	51 – 57 (röyhyllehtulo)	40 – 44	675 – 765
	75 – 80 (tuleentuminen)	41 – 45	650 – 785
Syysvehnä	37 – 41 (loppulehtiaste)	39 – 42	495 – 540
	51 – 57 (tähtälehtulo)	40 – 44	510 – 570
Syysruis	37 – 41 (loppulehtiaste)	37 – 39	465 – 495
	51 – 57 (tähtälehtulo)	33 – 42	405 – 540