



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Lasse Leikkola & Saku Mäki

Lannoitteen sijainnin vaikutus ohrasadon laatuun ja määrään

Junkkari, Kauhavan peltokoe

Opinnäytetyö
Kevät 2023
Agrologi (AMK)



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Agrologi (AMK)

Suuntautumisvaihtoehto: Maatalouden yritystalous

Tekijät: Lasse Leikkola & Saku Mäki

Työn nimi: Lannoitteen sijainnin vaikutus ohrasadon laatuun ja määrään

Ohjaajat: Anna Tall & Jori Lahti

Vuosi: 2023

Sivumäärä:63

Liitteiden lukumäärä:3

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miten erilaiset kylvömenetelmät vaikuttavat ohrasadon laatuun ja määrään. Opinnäytetyössä keskityttiin neste- ja raelannoitteen sekä lannoitteen sijainnin sekä lannoitemäärän vaikutusten arviointiin kasvin sadonmuodostuksessa. Peltokokeet olivat osa Business Finlandin rahoittamaa LEVITOI-hanketta, jonka tarkoituksena on pyrkiä löytämään uusia laite- ja työkoneratkaisuja sekä lisätä markkinoiden uuden maatalous- ja työkonetekniikan osaamista. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Junkkari Oy. Ilmastonmuutos lisää sään ääri-ilmiöitä, jotka aiheuttavat erilaisia haasteita peltoviljelyssä. Samaan aikaan kilpailu markkinoilla kiristyy, minkä vuoksi markkinoilla tulee toimia yhä kilpailukykyisemmin. Tähän yhtenä ratkaisuna on lannoituksen ja kylvökustannusten optimoiminen, sillä ne parantavat maatalousyrittäjän taloudellista tulosta.

Peltokokeen viljelykasvina oli Toria-ohra ja koejäsenenä olivat nestelannoitus samaan kylvöriiviin, normaali lannoitus eri kylvöriiviin, vähennetty lannoitus eri kylvöriiviin, jaettu lannoitus samaan kylvöriiviin, normaali lannoitus samaan kylvöriiviin ja vähennetty lannoitus samaan kylvöriiviin. Koejäsenten ruutujen koko oli 240 m pitkä ja 20 m leveä. Kasvukauden aikana koejäsenistä tutkittiin satokomponentit, orastumistiheys, tähkällisten pää- ja sivuversojen määrä sekä pää- ja sivuversojen tähkien jyvämäärä. Sadonkorjuun jälkeen koejäsenien satomäärät punnittiin sekä sadon laatutekijät mitattiin lajitellusta ja kuivatusta sadosta.

Kasvukausi 2022 oli sääolosuhteiden suhteen vaihteleva. Alkukesä ja loppukesä olivat sateisia, mutta keskikesällä oli niukkuutta vedestä. Lämpösummaa kertyi riittävästi Toria-ohralle. Peltokokeiden kylvötyöt ajoittuivat toukokuun loppuun, jolloin seuraavan viikon kuluessa satoi 40 mm. Sateet liettivät peltolohkon pinnan, minkä jälkeen koejäsenet kuorettuivat. Kuorettumisen takia tavoitellusta 500 kpl/m² kylvötiheydestä jäätiin lähes jokaisella koejäsenellä. Orastuvuuksissa oli koejäsenten välillä eroja, mutta kasvuston kehittyessä erot tasoittuivat. Yhdestä kasvukaudesta saatavat tulokset osoittivat, että kun lannoite ja siemen sijoitetaan eri kylvöriiveihin, saadaan keskimäärin korkeampi sato. Kuitenkin suurin yksittäinen satomäärä saatiin, kun lannoite ja siemen sijoitettiin samaan kylvöriiviin. Sadonlaatu on parempi, mitä korkeampi satomäärä on.

¹ Asiasanat: Lannoitusmenetelmät, Satokomponentit, Nestelannoitus, Rivilannoitus, Hajalannoitus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of agriculture

Specialisation: Business economics of agriculture

Authors: Lasse Leikkola & Saku Mäki

Title of thesis: Effect of fertilizer placement on the quality and quantity of barley yield

Supervisor(s): Anna Tall & Jori Lahti

Year: 2023

Number of pages:63

Number of appendices:3

The aim of the thesis was to find out how different sowing methods affect the quality and quantity of barley harvest. The thesis focuses on the evaluation of the effects of liquid and granular fertilizer and the placing and amount of fertilizer on the crop yield formation. The field trials were part of the LEVITOI project, funded by Business Finland, which aims to find new equipment and machinery solutions and to increase market knowledge of new agricultural and machinery technologies. The thesis was commissioned by Junkkari Oy. Climate change will increase extreme weather conditions, which will cause various challenges in arable farming.

The crop of the field trial was Toria barley and experimental field trial consisted of liquid fertilization in the same row, normal fertilization in separate rows, reduced fertilization in separate rows, allocated fertilization in the same row, normal fertilization in the same row and reduced fertilization in the same row. Each of those was sown in one experimental row which was approximately 240 m long and 20 m wide. During the growing season, the sediment components of the test plots were analysed. The density of shooting, the number of leading and lateral shoots with spikes and the number of grains of leading and lateral shoots were counted. After harvesting, the yields of the test members were weighed, and the yield quality factors were measured on the sorted and dried crop.

The growing season in the year of 2022 was unstable in terms of weather conditions. Early and late summer were rainy, but the midsummer season was dry. There was a sufficient amount of heat. The sowing of the field trials took place at the end of May, with 40 mm of rainfall in the following week. The rains saturated the surface of the field plot, after which the test members formed a crust. As a result of the surface crust, the target seeding density of 500 plants/m² was not reached in almost all the test members. There were differences in the number of shootings between the test members, but as the crop developed, the differences became imperceptible. The results from one growing season showed that when fertilizer and seeds are placed in separate rows, the average yield is higher. However, the highest individual yields were obtained when fertiliser and seed were placed in the same row. The higher the yield, the better the yield quality.

¹ Keywords: Fertilization methods, Fertilizer components, Liquid fertilization, Straight fertilization, Precipitation fertilization

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	1
Thesis abstract	2
SISÄLTÖ	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	9
1 JOHDANTO	10
2 OHRAN VILJELY	11
2.1 Ohran viljelyvaatimukset	11
2.2 Kasvutekijät.....	12
2.3 Peltomaan hyvän kunnon ylläpito.....	13
2.4 Hyvät viljelykäytännöt.....	14
3 RAVINTEET	16
3.1 Typpi	16
3.2 Fosfori	16
3.3 Kalium	17
3.4 Rikki	17
3.5 Magnesium.....	17
3.6 Kalsium	18
3.7 Hivenravinteet	18
3.8 Ravinlähteet	19
3.8.1 Orgaaniset ravinlähteet.....	19
3.8.2 Mineraalimuotoiset ravinlähteet	19
3.9 Kasvin ravinteiden otto	20
4 LANNOITEVALMISTEET	21
4.1 Rakeistetun mineraalilannoitteen rakenne	21
4.2 Nestemäisen lannoitteen rakenne	21
4.3 Lannoitteen käyttäytyminen maaperässä	22
4.3.1 Rakeistetut mineraalilannoitteet	22

4.3.2	Nestemäiset lannoitteet	22
5	KASVIN KEHITYS JA SEN HAVAINNOINTI	23
5.1	Vegetatiivinen kehitysjakso	23
5.2	Generatiivinen kehitysjakso.....	25
5.3	Kasvuvaiheiden havainnointi	26
6	ERI LANNOITUSMENETELMÄT	28
6.1	Rivilannoitus	28
6.2	Nestelannoitus.....	29
6.3	Hajalannoitus.....	29
7	AINEISTO	31
7.1	Peltokokeen tutkimustavoite.....	31
7.2	Koejäsenet	31
7.3	Kylvölannoittimet	32
7.4	Peltolohko	36
7.5	Kasvukauden toimenpiteet.....	37
7.5.1	Kylvölannoitus.....	37
7.5.2	Kemiallinen kasvinsuojelu	40
7.5.3	Sadonkorjuu ja sadon käsittely	40
8	Menetelmät	42
8.1	Mittaukset ja havainnot.....	42
8.1.1	Sään havainnointi	42
8.1.1	Sadon analysointi.....	43
8.1.2	Aineiston käsittely	43
8.2	Satokomponenttien laskenta	43
8.2.1	Oraat.....	43
8.2.2	Tähkälliset pää- ja sivuversot.....	44
8.2.3	Tähkien jyvämäärä.....	44
9	PELTOKOKEEN TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU.....	45
9.1	Kasvuajan sää.....	45
9.2	Satokomponentit ja kasvin kehitys	45
9.2.1	Oraat.....	45

9.2.2	Pää- ja sivuversot	49
9.2.3	Tähkien jyvämäärä.....	51
10	YHTEENVETO	57
	LÄHTEET	59
	LIITTEET	63

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Kauhavalla toteutetun peltokokeen koejäsenkartta. (1: sama rivi nestelannoitus, 2: eri rivi normaali lannoitus, 3: eri rivi vähennetty lannoitus, 4: sama rivi jaettu lannoitus, 5: sama rivi normaali lannoitus, 6: sama rivi vähennetty lannoitus, S=savisempi alue, M=multavampi alue).	32
Kuva 2. Nestelannoitusvarustuksella varusteltu Junkkari Maestro 4000 -kylvövannas.....	36
Kuva 3. Kylvösyvyysmittain, jonka avulla kylvösyvyys tarkistettiin koejäsenittäin.	38
Kuva 4. Koejäsenien kylvöpäivän yleisnäkymä koeruudulta 25.5.2022, jolloin kylvöolosuhteet olivat hyvät ja mururakenne kylvön jälkeen oli sopiva tasaiselle taimettumiselle.	39
Kuva 5. Koejäsenten tutkimusalue oli ruskeiden viivojen välissä ja puintisuunta oli punaisen viivan kohdasta nuolen osoittamaan suuntaan.	41
Kuva 6. Koejäsenet liettyivät pahoin kylvön jälkeisistä vesisateista 3.6.2022, mikä häiritsi oraiden kasvua. Oikealla puolella nopeammin orastunut koejäsen, jossa lannoitteet ja siemenet kylvettiin eri riviin. Vasemmalla puolella hitaammin orastunut koejäsen, jossa lannoitteet ja siemenet kylvettiin samaan riviin.	47
Kuva 7. Silmämääräisten havaintojen mukaan eri kylvöriiviin kylvetty koejäsen (vasen) on elinvoimaisempi kuin samaan kylvöriiviin kylvetty koejäsen (oikea) 5.6.2022.	48
Kuva 8. Nestelannoitettu koejäsen, joka erottuu tummempana kuvan vasemmalla puolella 10.6.2022.	48
Kuva 9. Ohrakasvusto kuvattuna 21.6.2022 korren kasvuvaiheessa, jolloin koejäsenten väliset erot olivat tasoittuneet (vertaa ajankohtaan 5.6.2022 ja 10.6.2022).	51
Kuva 10. Koejäsenten välillä ei ollut eroja 17.7.2022 BBCH-kasvuasteella 59, jossa kukinto on kokonaan ulkona tupesta.	53
Kuva 11. Koejäsenillä oli pieniä eroja, joita ei silmämääräisesti pystynyt havaitsemaan 7.8.2022. BBCH-kasvuasteilla koejäsenet vaihtelivat 85–87:n välillä	53

Kuvio 1. Justus von Liebigin laki, jossa kuvataan, miten vain lyhin kimpri rajoittaa vesimäärää tynnyrissä. Tämä voidaan rinnastaa kasvutekijöihin kasvin kasvussa siten, että vain epäsuotuisin kasvutekijä rajoittaa kasvinkasvua.	12
Kuvio 2. Viljojen kasvuvaiheet BBCH-asteikolla kuvattuna.	26
Kuvio 3. Ferti-vannas sijoittaa lannoitteen ja siemenen eri riviin.	34
Kuvio 4. Junkkari S-sarjassa siemenvantaana käytettävä kiilajyrävannas.	34
Kuvio 5. Junkkarin S-sarjassa lannoitevantaana käytettävä leikkaava kiekkovannas.	34
Kuvio 6. Combi-vannas sijoittaa siemenen ja lannoitteen samaan riviin.	35
Kuvio 7. Junkkarin T-sarjassa käytettävä combi-vannas, joka sijoittaa lannoitteen ja siemenen samaan riviin.	35
Kuvio 8. Koejäsenten mitatut orastiheydet (kpl/m ²). (1: sama rivi nestelannoitus, 2: eri rivi normaali lannoitus, 3: eri rivi vähennetty lannoitus, 4: sama rivi jaettu lannoitus, 5: sama rivi normaali lannoitus, 6: sama rivi vähennetty lannoitus, S=savisempi alue, M=multavampi alue)	46
Kuvio 9. Pää- ja sivuversojen määrä koejäsenittäin (kpl/m ²). (1: sama rivi nestelannoitus, 2: eri rivi normaali lannoitus, 3: eri rivi vähennetty lannoitus, 4: sama rivi jaettu lannoitus, 5: sama rivi normaali lannoitus, 6: sama rivi vähennetty lannoitus, S=savisempi alue, M=multavampi alue).	49
Kuvio 10. Keskimääräinen sivuversomäärä pääversossa koejäsenittäin (kpl/pääverso). (1: sama rivi nestelannoitus, 2: eri rivi normaali lannoitus, 3: eri rivi vähennetty lannoitus, 4: sama rivi jaettu lannoitus, 5: sama rivi normaali lannoitus, 6: sama rivi vähennetty lannoitus, S=savisempi alue, M=multavampi alue)	50
Kuvio 11. Koejäsenten pää- ja sivuversojen tähkien jyvämäärät (kpl/tähkä). (1: sama rivi nestelannoitus, 2: eri rivi normaali lannoitus, 3: eri rivi vähennetty lannoitus, 4: sama rivi	

jaettu lannoitus, 5: sama rivi normaali lannoitus, 6: sama rivi vähennetty lannoitus, S=savisempi alue, M=multavampi alue).	52
Kuvio 12. Ohran satomäärä eri koejäsenillä (kg/ha). (1: sama rivi nestelannoitus, 2: eri rivi normaali lannoitus, 3: eri rivi vähennetty lannoitus, 4: sama rivi jaettu lannoitus, 5: sama rivi normaali lannoitus, 6: sama rivi vähennetty lannoitus, S=savisempi alue, M=multavampi alue).	54
Kuvio 13. Koejäsenten ohrasatojen hehtolitraino ja tuhannen siemenen paino (1: sama rivi nestelannoitus, 2: eri rivi normaali lannoitus, 3: eri rivi vähennetty lannoitus, 4: sama rivi jaettu lannoitus, 5: sama rivi normaali lannoitus, 6: sama rivi vähennetty lannoitus, S=savisempi alue, M=multavampi alue).	55
Kuvio 14. Ohrasadon proteiini-, öljy- ja hiilihydraattipitoisuudet koejäsenittäin (1: sama rivi nestelannoitus, 2: eri rivi normaali lannoitus, 3: eri rivi vähennetty lannoitus, 4: sama rivi jaettu lannoitus, 5: sama rivi normaali lannoitus, 6: sama rivi vähennetty lannoitus, S=savisempi alue, M=multavampi alue).	56
Taulukko 1. Peltokokeen koejäsenten lyhenteet ja niiden selitykset.	31
Taulukko 2. Peltokokeissa käytettyjen kylvölannoittimien tekniset tiedot.	33
Taulukko 3. Peltokokeen peltolohkon keskimääräinen viljavuustutkimus.	37
Taulukko 4. Peltokokeessa käytetty siemenmäärä ja lannoitustaso koejäsenittäin. (1: sama rivi nestelannoitus, 2: eri rivi normaali lannoitus, 3: eri rivi vähennetty lannoitus, 4: sama rivi jaettu lannoitus, 5: sama rivi normaali lannoitus, 6: sama rivi vähennetty lannoitus, S=savisempi alue, M=multavampi alue)	38
Taulukko 5. Koejäsenien kylvössä toteutuneet kylvösyvyydet kylvölannoitinkohtaisesti.	39
Taulukko 6. Kasvukaudella 2022 käytetyt kasvinsuojeluaineet.	40
Taulukko 7. Kasvuaikana kertynyt sademäärä ja lämpösumma kuukausittain.	45

Käytetyt termit ja lyhenteet

Erilaistua	Kasvi kehittää uusia kasvinosia.
Generatiivinen jakso	Kasvi kehittää tässä kasvuvaiheessa suvullisia kasvinosia, joilla kasvi voi lisääntyä.
Koejäsen	Koejäsen kuvastaa koetekijöiden eroavaisuuksia eli koeruutuja.
Maatalousmaa	Maatalousmaa tarkoittaa kaikkea sitä viljelysmaata, jota voidaan viljellä.
Vegetatiivinen jakso	Kasvi tuottaa tässä kasvuvaiheessa suvuttomia kasvinosia. Suvuttomia kasvinosia ovat esimerkiksi lehdet.

1 JOHDANTO

Peltokokeissa tutkittiin jyräpyörästäön sijainnin, siementen rivivälin, lannoitustasojen, lannoitteen sijainnin sekä neste- ja raelannoituksen vaikutusta kasvin kasvuun ja sadon määrään ja laatuun. Lisäksi peltokokeissa vertailtiin eri kylvölannoittimien käytöstä aiheutuvaa polttoaineen kulutusta sekä maaperän tiivistymistä.

Opinnäytetyön aihe on ajankohtainen, koska ilmastonmuutoksen myötä sään ääri-ilmiöt lisääntyvät ja aiheuttavat erilaisia haasteita muun muassa kuivuuden, liikamärkyiden ja uusien tuholaisten sekä kasvitautien muodossa. Suomessa alkukesät ovat yleensä vähäsaateisia, mikä voi aiheuttaa orastumisongelmia. Lannoitteen sijainnilla on siten vaikutusta viljakasvin orastuvuudessa. Kylvölannoitinvalmistajana Junkkari huomioi markkinoilla esiintyvät muutokset tutkimalla erilaisia kylvömenetelmiä.

Peltokokeet olivat osa Business Finlandin rahoittamaa LEVITOI-hanketta, jota Oulun ammattikorkeakoulu koordinoi. Hankkeen yhteistyökumppaneina toimii useita suomalaisia yrityksiä. Hankkeen tarkoituksena on kehittää uusia laite- ja työkoneratkaisuja ilmastonmuutoksen aiheuttamien alkutuotannon logistiikka- ja käsittelyhaasteiden peittoamiseksi. Lisäksi hankkeessa lisätään maatalous- ja työkonetekniikan osaamista ja kykyä tuoda markkinoille nopeasti uusia ja testattuja tuotteita.

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Junkkari Oy. Junkkari Oy on kotimainen MSK Groupiin kuuluva yritys, joka on keskittynyt kylvölannoittimien ja hakkureiden valmistukseen. Junkkari Oy sijaitsee Etelä-Pohjanmaan Kauhavan Ylihärmässä. Peltokokeet ja niihin liittyvät tutkimukset tehtiin Kauhavalla maatalousyhtymä Peltoluhdan peltolohkoilla. Koejäsenet kylvettiin Junkkari Oy:n, Mty Peltoluhdan ja Lilja Farms Oy:n kylvölannoittimilla. Koejäsenien analysoitava sato puitiin Seinäjoen ammattikorkeakoulun koeruutupuimurilla.

Kokeiden tutkimusdataa hyödynnetään Junkkari Oy:n tuotekehityksessä. Peltokokeista saadaan laajasti tietoa kylvömenetelmistä ja kokemustietoa peltokokeiden järjestämiseen. Opinnäytetyöstä saadaan kattava tietomäärä ohran viljelyn peruskäsitteistä sekä kasvin kasvusta. Samalla tuotetaan tutkimustietoa lannoitteen sijainnin, kahden lannoitustason ja rakeistetun lannoitteen ja nestelannoitteen vaikutuksesta ohrasadon määrään ja laatuun.

2 OHRAN VILJELY

Suomessa toiminnassa olevaa maatalousmaata oli vuonna 2022 yhteensä 2 268 000 hehtaaria, josta viljeltyä peltopinta-alaa oli 2 035 000 hehtaaria (Luonnonvarakeskus (Luke), 2022). Yhteensä ohraa viljeltiin 429 500 hehtaarin alalla, josta 363 000 hehtaaria oli rehuohraa ja 66 500 hehtaaria mallasohraa. Etelä-Pohjanmaan viljelty peltopinta-ala on 263 500 hehtaaria, josta ohraa on 24 prosenttia (64 400 ha) (Luonnonvarakeskus (Luke), i.a.).

Ohra on vanha viljelykasvi Suomessa, koska se on sopeutunut hyvin Suomen ilmastoon. Ohran yleisyyden vuoksi se on valikoitunut tieteellisiin tutkimuksiin, joissa tutkitaan erilaisia viljelymenetelmiä. Ohralla on tehty lukuisia lajikekokeita, joiden avulla ohran ominaisuuksia on pystytty jalostamaan paremmaksi. Suomen ohran viljely on keskittynyt Etelä-Pohjanmaalle (15 %) sekä Varsinais-Suomeen (15 %) (Luonnonvarakeskus (Luke), i.a.). Ohran viljely on keskittynyt osittain Etelä-Pohjanmaalle, koska maakunnassa on elintarvike- ja rehuteollisuutta sekä kotieläintuotantoa.

Viljelyssä olevat ohralajikkeet ovat kaksi- tai monitahoisia (Peltosiemen, 2023, s. 6). Pelto-kokeessa käytettiin Toria-ohraa, koska se on viljelyvarma siemenlajike. Toria-ohra on monitahoinen lajike, ja se soveltuu viljeltäväksi kaikilla maalajeilla ja viljelyalueilla I–IV. Sen taudinkestävyys on hyvä, ja se soveltuu hyvin rehukäyttöön. Toria-ohralle riittää lämpösummaksi 892 astetta, ja sen kasvuaika on 92 päivää. Keskimääräinen sato oli Luken kokeissa vuosina 2003–2010 6000 kg/ha (Kangas ym., 2010, s. 50).

2.1 Ohran viljelyvaatimukset

Rehuohra menestyy kaikilla maalajeilla, mutta mallasohraa ei suositella eloperäisille maalajeille sadon valkuaispitoisuuden liiallisen nousun vuoksi (Viljelyopas, 2022, s. 30). Ohraa viljeltäessä on hyvä, mikäli pellon pH:n on yli 6.2. Osa monitahoisista ohralajikkeista sietää happamuutta paremmin. Rehuohra, niin kuin muutkin kasvit, hyötyvät hyvärakenteisesta maasta, toimivasta vesitaloudesta ja monipuolisesta viljelykierrasta.

2.2 Kasvutekijät

Laadukkaan sadon tuottamiseksi kasvilla tulee olla kaikki kasvin kasvun perusedellytykset kunnossa. Seppäsen ym. (2020, s. 7) mukaan kasvutekijöiksi kutsutaan kaikkia niitä asioita, jotka vaikuttavat kasvin kasvuun ja sadon muodostukseen. Sisäisiä kasvutekijöitä ovat kasvilaji sekä -lajike. Ulkoisia kasvutekijöitä ovat lämpötila, valon määrä, veden ja ravinteiden saatavuus, maan happamuus ja maan rakenne, joka säätelee juurien hapen saantia sekä niiden kasvutilaa. Heidän mukaansa vain epäedullisin kasvutekijä rajoittaa satomäärää. Tätä asiaa kuvaa hyvin Justus von Liebigin minimilaki vuodelta 1840, jossa vain lyhimmällä kimmillä on vaikutusta veden pysymiseen tynnyrissä. Kasviravinteet ja erilaiset kasvutekijät voidaan kuvata kyseisen tynnyrin avulla, jossa vain epäedullisen kasvutekijän lisääminen lisää kasvin kasvua ja satomäärää, eli tässä tapauksessa lyhimmän kimmin pidentäminen lisää veden määrää tynnyrissä (Kuvio 1).



Kuvio 1. Justus von Liebigin laki, jossa kuvataan, miten vain lyhin kimpri rajoittaa vesimäärää tynnyrissä. Tämä voidaan rinnastaa kasvutekijöihin kasvin kasvussa siten, että vain epäsuotuisin kasvutekijä rajoittaa kasvinkasvua (Yara, i.a.-c).

Veden saanti on kasvun perusedellytys. Viljakasvit vaativat kasvukauden aikana noin 450 mm vettä (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY), 2014). Vuosien 1991–2020 Seinäjoen alueen keskimääräinen vuotuinen sadanta on ollut 540 mm (Ilmatieteenlaitos, i.a.). Keväällä sadantaa on vähän, jolloin lumien sulamisvedet tuovat suuren osan kevätkestuudesta. Kasvi tarvitsee eniten vettä kasvun alkutaipaleella ja satoisuusikkunan aikana. Kun puolet maaperän kasveille käytettävästä vedestä on käytetty, alkaa kasvin kasvu

rajoittumaan. Kasvit hyödyntävät vettä solupaineen ylläpitoon ja siirtääkseen ravinteita sekä yhteyttämistuotteita (Hyytiäinen & Hiltunen, 1999, s. 14). Käytettävästä vedestä 99 % haihtuu kasvista ilmaan ja loput vedet kasvi sitoo soluihinsa. Kasvi pystyy säätelemään veden käyttöönsä lehdistä olevilla ilmaraoilla, jolloin vedentarpeeseen vaikuttavat säätekijät. Liiallinen kosteus ja kuivuus vähentävät sato-odotuksia. Märässä peltomaassa kasvi tukehtuu, koska se ei saa riittävästi happea. Kuivassa kasvi ei ehdi käyttämään vettä, koska se haihtuu ilmaan lämmön vaikutuksesta. Ilmaraoit umpeutuvat kuumalla säällä ja yhteyttäminen lakkaa, jolloin kasvi lopettaa kasvun.

2.3 Peltomaan hyvän kunnon ylläpito

Hyvän sadon perusedellytyksenä on hyvä maan rakenne ja toimiva vesitalous. Viljelijän tulee huolehtia riittävästä ojituksesta, jotta pellon kantavuus on riittävä sekä kasvualustan ilmanvaihto on sopiva. Peltomaan (2002, s. 33–34) mukaan toimivan ojituksen ansiosta maan rakenteen ylläpito mahdollistuu sekä se luo maan mikrobiologiselle aktiivisuudelle ja kasvin ravinteiden otolle hyvät lähtökohdat. Maa, jonka rakenteesta huolehditaan, läpäisee sadevettä nopeasti, jolloin vesi ei jää pellon pinnalle, mikä vähentää ravinteiden huuhtoutumista (Teho plus, 2013, s. 18).

Maan rakenteeseen ja kasvin ravinteiden ottoon vaikuttaa maan pH-taso. Liian happamassa maassa kasvit eivät pysty ottamaan tehokkaasti ravinteita, minkä vuoksi peltoja tulee kalkita säännöllisesti. Yli-Hallan (2009, s. 20) mukaan ihanteellinen pH-taso on yleensä 6–7. Yli-Hallan (2017, s. 36) mukaan rakennekalkituksessa hyödynnetään normaalia maanparannuskalkkia reaktiivisempaa ja nopeammin liukenevaa poltettua kalkkia. Rakennekalkin vaikutus pohjautuu reiluun vapaan kalsiumin määrään, joka reagoi nopeasti maapartikkelien pinnoilla vahvistamaan mururakennetta ja parantaen veden läpäisykykyä.

Monipuolinen viljelykierto on hyvä tapa pitää maanrakenne kunnossa sekä vähentää kemiallisen kasvinsuojelun tarvetta. Kasvinvuorotuksen avulla ehkäistään monokulttuurisen viljelykierron haittoja, kuten maan rakenteen, humuspitoisuuden ja kasvukunnon heikkenemistä. Hinkkasen ja Partasen (2000, s. 24) mukaan hyvässä viljelykierrossa huolehditaan, että maaperään jää riittävästi eloperäistä ainesta ja pieneliöt saavat riittävästi ravintoa. Pieneliötoiminta tukee kasvien ravinteiden saantia. Keskitalon ym. (2017, s. 39–41)

mukaan kasvien juuristoissa on eroja, minkä vuoksi kasvinvuorotus parantaa vesitaloutta. He jatkavat, että kaksisirkkaisten kasvien juuret tunkeutuvat paremmin tiivistyneistä maakerroksista läpi, minkä vuoksi ne muokkaavat maata tehokkaammin. Maan rakenteen ylläpitoon voidaan myös vaikuttaa peltoliikenteen huolellisella suunnittelulla ja mahdollisimman matalilla akselipainoilla sekä muokkaustapojen oikeilla valinnoilla erilaisiin olosuhteisiin sopivaksi.

Maaperän suolapitoisuudella on vaikutusta kasvin kasvuun (Hyytiäinen & Hiltunen, 1999, s. 28). Vesiliukoisten suolojen määrä maaperässä vaikuttaa maan sähkönjohtokykyyn (johtoluku). Korkea johtoluku viittaa korkeaan suolapitoisuuteen. Kun peltomaan johtoluku on noin 2,5, suolapitoisuus on normaali. Korkea suolapitoisuus vaikuttaa negatiivisesti kasvin veden ja ravinteiden ottoon. Teollisten lannoitteiden käyttö nostaa maatalousmaan suolapitoisuuksia.

Maaperä pystyy pidättämään paremmin ravinteita, mikäli kationinvaihtokapasiteetti (KVK) on kunnossa (Eurofins agro, 2020). Ravinteet sitoutuvat maaperän humus- ja saviaineeseen, ja osa niistä liikkuu maanesteessä, josta ne vapautuvat kasvien käyttöön. Korkea KVK tarkoittaa ravinteiden korkeaa varastointikapasiteettia. Maaperän saves- ja humusaine kerää natriumia, kaliumia, kalsiumia, magnesiumia, vetyioneja ja alumiinia. Vetyionit ja alumiini kerääntyvät maaperään helpommin, ja ne ovat epätoivottuja, koska ne heikentävät maaperän kuntoa. Kalsium parantaa maan kuohkeutta. Magnesiumin tehtävä on lisätä hiukkasten etäisyyttä toisistaan. Suuri kalium- ja natriumpitoisuus johtaa pinnan kuolettumiseen.

2.4 Hyvät viljelykäytännöt

Laadukkaan ja runsaan sadon tuottamiseksi tulee huolehtia kasvin kasvutekijöiden turvaamisesta hyvillä viljelykäytännöillä ja -tavoilla. Tärkeässä roolissa on viljelykierron suunnittelu ja lannoituksen optimoiminen sekä viljelymuistiinpanot. Muita keskeisiä viljelytoimia ovat lajikevalinnat, siemenen oikeaoppinen kunnostus, pellon käytön suunnittelu, kylvömäärän laskenta, kylvöalustan valmisteleminen, kasvinsuojelutoimenpiteet sekä sadonkorjuu ja varastointi.

Kasvinsuojelutoimenpiteitä tehtäessä tulee huolehtia, että integroidun torjunnan keskeiset periaatteet toteutuvat. Ahvenniemen (2012, s. 5–6) mukaan integroidun torjunnan ensisijaisia periaatteita ovat kokonaisvaltainen lähestymistapa kasvinsuojeluun. Monipuolinen viljelykierto, puhdas kylvösiemen, kasvintuhoojia kestävä lajikkeen valinta ja tasapainoinen lannoitus luovat viljelykasville hyvät lähtökohdat selvitä kasvintuhoojista syntyvistä haitoista. Mikäli kemialliseen kasvinsuojeluun päädytään, tulee torjunta-aineet ja käyttömäärät sekä ruiskutusajankohta valita optimaalisesti. Kemiallista kasvinsuojelua toteutetaan huomioiden eri torjuntakynnykset. Ahvenniemi (2012, s. 5–6) toteaa, että kaikessa kemiallisessa kasvinsuojelussa on tiedostettava resistenssin syntymisen vaara.

3 RAVINTEET

Eri ravinteilla on tärkeitä tehtäviä, jotta kasvi pystyy kehittymään pienestä siemenestä täysikokoiseksi kasviksi tuottaakseen lisääntymiskykyisiä siemeniä (Yli-Halla, 2009, s. 6).

Kasviravinteita on 16 tai 17, jos myös nikkeli lasketaan kasviravinteeksi. Yli-Hallan (2009, s. 6) mukaan kasveille voi olla hyötyä myös muista aineista, kuten esimerkiksi koboltista, piistä, seleenistä ja natriumista. Näitä aineita ei lasketa kasviravinteiksi, koska ne eivät ole välttämättömiä kasvin elinkierrossa. Kasviravinteet jaetaan makro- ja mikroravinteisiin.

Makroravinteita kasvi tarvitsee yli 10 kg hehtaarilla, mutta mikroravinteita korkeintaan yhden kilogramman verran.

3.1 Typpi

Typpi on ravinne, jota kasvit tarvitsevat kaikista eniten (Yara, i.a.-g). Typpeä on maaperässä ammonium- ja nitraattimuodossa. Ammoniumionit sitoutuvat maaperän negatiiviseen varaukseen, koska niillä on positiivinen varaus, mutta nitraatti-ionit ovat negatiivisesti varautuneita eivätkä sitoudu maaperään vaan huuhtoutuvat helposti. Typen liikkuminen maaperässä riippuukin siitä, missä muodossa typpi on. Jaakkolan (1996, s. 216–223) mukaan kasvi ottaa typpeä ammonium- ja nitraattimuodossa. Nitraattitypen täytyy ensin muuttua ammoniummuotoon, jotta se on käyttökelpoisessa muodossa kasville. Hän jatkaa, että käytännössä typpi on hyvin usein sadon määrää rajoittava tekijä. Typpi on siten kasvin kasvulle elintärkeä, koska se on klorofyllin pääkomponentti ja aminohappojen pääraaka-aine (Mosaic, i.a.). Kasvit yhteyttävät orgaanisen klorofyllimolekyylin avulla. Viljoissa typpeä on runsaasti tuleentuneissa jyvissä, mikä osoittaa, että typpi liikkuu kasvissa helposti (Hyytiäinen & Hiltunen, 1999, s. 22).

3.2 Fosfori

Fosfori on tärkeä pääravinne kasvin kasvun kannalta (Kontturi & Saarela, 2000, s. 23). Se toimii solun rakennusaineena ja osallistuu kaikkeen aineenvaihduntaan. Orasvaiheessa on kaikista tärkeintä turvata riittävä fosforinsaanti. Lannoituksen myötä maahan on kertynyt fosforia, mutta se ei yleensä turvaa riittävää fosforinsaantia ilman vuotuista täydennystä. Fosfori liikkuu yleensä heikosti, mikä heikentää fosforilannoituksen hyötysuhdetta.

Kontturin ja Saarelan (2000, s. 23) mukaan lannoiteriveistä fosfori liikkuu vain noin sentin päähän. Kasvi ottaa fosforia vain 1–2 millimetrin päästä juurestaan (Yara, i.a.-a). Kasvien fosforin otto riippuukin hyvin pitkälti siitä, miten pitkät ja laajat juuret ovat.

3.3 Kalium

Kalium toimii kasvissa useiden kymmenien eri entsyymien kiihdyttäjänä solujen aineenvaihdunnassa (Kontturi & Saarela, s. 23). Kalium onkin keskeinen ravinne vesitalouden säätelyssä ja yhteyttämistuotteiden siirrossa. Viljat ottavat paljon kaliumia, mutta se palautuu maahan viljan olkien kautta. Kivennäismaissa ja turvemaissa kaliumia on vähän, mutta savimailla sitä on runsaasti (Yara, i.a.-d). Kaliumin puutosta voi esiintyä helposti savimailla orasvaiheessa, koska kasvurytmi on nopeaa, mutta juuristo on vaatimaton. Kivennäismailla kaliumin lievä puute osuu myöhempään kasvuvaiheeseen, jolloin siementen kehitys voi häiriintyä. Kalium liikkuu kasvissa ja maassa helposti (mt.).

3.4 Rikki

Viljat tarvitsevat rikkiä melkein yhtä paljon kuin fosforia (Kontturi & Saarela, 2000, s. 23). Pääosa kasvin rikistä on valkuaisaineiden rakenteissa, ja sen tarve riippuu sadon valkuaispitoisuudesta. Rikki vaikuttaa kasvin lehtivihreäpitoisuuteen, joten sen rooli korostuu yhteyttämässä (Yara, i.a.-f). Rikkilaskeumat ovat vähentyneet vuosien aikana, joten markkinoille on tullut enemmän rikkiä sisältäviä lannoitteita. Kontturin ja Saarelan (2000, s. 23) mukaan liukoinen sulfaattirikki ei pidäty maahan vaan liukenee herkästi, joten rikkiä tulee antaa lannoituksena vuosittain kasvin kuluttama määrä.

3.5 Magnesium

Magnesiumin tärkein tehtävä on lehtivihreän rakennusaineena (Jaakkola 1996, s. 231–232). Magnesiumin puutteessa kasvin yhteyttäminen vaikeutuu (Soviet School of Farming, 2022b). Jaakkolan (1996, s. 231–233) mukaan magnesium toimii myös useiden entsyymien kiihdyttäjänä. Magnesium on myös mukana valkuaispitoisuuksissa, jossa solu tuottaa aminohapoista proteiinia. Hän jatkaa, että maanesteessä on yleensä paljon magnesiumia, joten kasvi tyydyttää magnesiumitarpeensa suhteellisen helposti. Magnesium on myös

helposti liikkuva ravinne kasvissa, joten se voi liikkua kasvin vanhemmista lehdistä nuorempiin lehtiin täyttääkseen nuorten kasvinosien magnesiumin tarpeen, vaikka maasta ei tulisikaan täysin riittävästi magnesiumia.

3.6 Kalsium

Jaakkolan (1996, s. 234–235) mukaan kalsiumilla on kasvissa useita tehtäviä, joihin myös muut ravinteet voivat osallistua. Kalsiumilla on iso merkitys erilaisissa solujen toimintaan liittyvissä tehtävissä. Kalsium vaikuttaa myös solunesteen osmoottisen paineen säätelyssä ja sähkövarausten tasapainotuksessa (Yara, i.a.-e). Nämä vaikuttavat veden ja ravinteiden kuljetukseen. Jaakkola (1996, s. 234–235) jatkaa, että kalsium liikkuu hyvin rajallisesti kasvissa, minkä vuoksi sitä tulee olla koko ajan kasvin saatavilla. Hän lisää, että vanhemmat juuren osat eivät voi ottaa kalsiumia, joten kalsiumia pitää olla kasvin saatavilla koko maakerroksessa, jossa on uusia juuria. Kalsiumia on yleensä maanesteessä hyvin saatavilla. Mikäli juurten kasvu estyy, se estää myös kasvin kalsiumin oton.

3.7 Hivenravinteet

Kasvit vaativat yhtäjaksoisesti kuutta hivenravinnetta kasvaakseen: rautaa, mangaania, sinkkiä, kuparia, booria ja molybdeenia (Yara, i.a.-b). Hivenravinteiden tarve on paljon pienempi kuin pääravinteiden tarve. Hivenravinteiden puutos ilmenee kasvissa samoin kuin pää- ja sivuravinteiden puutos. Mikäli jostakin hivenravinteesta on puutosta, alentaa se suoraan satomäärää tai keskeyttää pahimmallaan koko kasvin kasvun.

Rauta on tärkeä hivenravinne lehtivihreän muodostumisen ja sen toiminnan kannalta (Yara, i.a.-b). Se on myös tärkeä useissa biokemiallisissa ja fysiologisissa reaktioissa. Mangaani on tärkeää viherhiukkasten toiminnalle ja yhteyttämiselle, sekä se on mukana valkuaisaineiden muodostuksessa ja parantaa typen hyväksikäyttöä. Sinkkiä tarvitaan valkuaisaineiden ja hiilihydraattien muodostumiseen, sekä se on mukana solujen jakautumisessa ja kasvussa. Kupari toimii viherhiukkasten rakennusosana ja on tarpeellinen soluhengittämisessä sekä yhteyttämisessä. Boori vahvistaa soluseiniä ja on tarpeellinen kasvupisteessä, sekä se on osa DNA:ta ja on tärkeä siitepölyn muodostumiselle. Molybdeeni

on mukana typpi- ja rikkiaineenvaihdunnassa, sekä se vaikuttaa monien entsyymien toimintaan.

3.8 Ravinnelähteet

Maassa on omat ravinnevarastonsa, jotka ovat osa kasvien ravinnetaloutta (Kleemola ym., 2009, s. 32). Maaperän typpivarantoja voidaan täydentää viljelemällä typensitojakasveja, jotka sitovat ilmakehästä typpeä maaperään, kuten esimerkiksi apiloita tai herneitä, tai käyttää niitä viherlannoituksena murskaamalla ne peltoon. Kasvit sitovat typpeä maaperään juurinyströidensä avulla. Typpi on siten ainoa ravinne, jonka maavarantoja voidaan täydentää omavaraisesti pelloilla, mutta kaikki muut ravinteet pitää peltolohkoille tuoda erikseen.

3.8.1 Orgaaniset ravinnelähteet

Kleemolan ym. (2009, s. 32) mukaan karjanlanta on yleinen orgaaninen lannoite, jonka ravinteet ovat vaihtelevasti kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Ravinteiden käytettävyyttä riippuu lantalajista ja -jakeesta sekä tuotantoeläimestä, josta lanta on peräisin. Hän jatkaa, että erilaiset tuhkat ovat myös orgaanisia ravinnelähteitä. Tuhkan ravinnepitoisuuteen vaikuttavat poltettavan tuotteen ravinnepitoisuudet. Hän täsmentää, että tuhkan peltokäytön ongelma on usein sen korkeat raskasmetallipitoisuudet. Kleemola ym. (2009, s. 33) mukaan bioenergian tuotannosta syntyy sivuvirtoina erilaisia ravinnejakeita. Niitä on muun muassa biokaasun tuotannossa syntyvä mädäte, joka voidaan hyödyntää peltojen lannoituksessa. Kleemola ym. (2009, s. 37–39) jatkavat, että lihaluujauhoa, biojätettä ja puhdistamolietettä voidaan käyttää peltojen ravinnevarojen täydentämiseen.

3.8.2 Mineraalimuotoiset ravinnelähteet

Mineraalimuotoiset ravinnelähteet ovat teollisesti valmistettuja tuotteita. Mineraalilannoitteissa ravinnepitoisuudet ovat yleensä korkeampia kuin orgaanisissa lannoitteissa (Kleemola ym., 2009, s. 40). Mineraalilannoitteiden typpi on peräisin ilmasta, mutta muut lannoitteiden sisältämät ravinteet ovat lähtöisin maaperästä, josta ravinteita sisältämää malmin louhitaan ja rikastetaan. Malmin rikastaminen nostaa sen ravinnepitoisuuksia, minkä

takia se sopii paremmin lannoitteiden raaka-aineeksi. Lisäksi osa lannoitteiden raaka-aineista koostuu muun teollisuuden sivuvirroista.

3.9 Kasvin ravinteiden otto

Hyvärisen (2017) mukaan kasvit ottavat ravinteet ionimuodossa. Hän jatkaa, että maaperään lisätyt ravinnesuolat ionisoituvat maassa. Kasvi- ja eläinjätteiden hajotessa niidenkin ravinteet muuttuvat ionimuotoon. Salosen (2006, s. 47) mukaan ravinteet ovat maaperässä liuenneena maaveteen ja sitoutuneena maahiukkasten pinnalle tai maassa olevaan orgaaniseen aineeseen. Hän jatkaa, että ravinneionit liikkuvat maassa kohti kasvien juuria massavirtauksen ja diffuusion avulla. Kasvit saavat aikaan imun, joka mahdollistaa veden siirtymisen useiden senttimetrien päästä juurten saataville. Kasviin imeytyvät ionit aiheuttavat kasvien juurien lähelle ionivajeen, jota diffuusio pyrkii tasaamaan. Kasvi määrittelee, miten paljon se ottaa ravinteita eri kasvun vaiheissa. Salonen (2006, s. 47) jatkaa, että jonkin ravinteen vaje lisää ionien imeytymistä juuriin heti, kun niitä on taas saatavilla. Imeytymisnopeuteen vaikuttaa myös muiden ravinteiden pitoisuus kasvissa ja maassa. Salosen mukaan esimerkiksi kasvin typensaannin paranemisen on havaittu parantavan fosforin imeytymistä juuriin.

4 LANNOITEVALMISTEET

Markkinoilta on saatavilla erilaisia teollisia lannoitevalmisteita, kuten mineraalilannoitteita ja orgaanisia lannoitevalmisteita. Suomessa on yleisesti käytössä rakeistettuja moniravinteisiä lannoiteseoksia. Markkinoilta on saatavilla myös nestemäisiä lannoitteita. Nestemäisten lannoitteiden levitystekniikka on erilainen kuin rakeistettujen lannoitteiden, joten ne vaativat erilaista tekniikkaa sekä uudenlaista osaamista, mikä hidastaa niiden käytön yleistymistä.

4.1 Rakeistetun mineraalilannoitteen rakenne

Rakeistettuja mineraalilannoitevalmisteita on kahta erilaista. Ylhäisen (2014) mukaan useimmat mineraalilannoitteet ovat kuivarakeistettuja lannoitteita, joissa kaikki lannoitteen sisältämät ravinteet ovat samassa rakeessa. Hän jatkaa, että markkinoilta on myös saatavilla mineraalilannoitteita, joiden rakeet sisältävät vain yhtä ravinnettä. Näitä yksiravinteisiä rakeita sekoittelemalla saadaan moniravinteisiä lannoiteseoksia, joita kutsutaan blendeiksi.

Ylhäisen (2014) mukaan rakeistetut mineraalilannoitteet pinnoitetaan useimmiten samalla lailla. Pinnoitteena on talkki- ja öljyamiiniseosta, joka estää lannoitteen paakkuuntumisen eli lannoitesuolojen tarttumisen toisiinsa. Pinnoite ei kuitenkaan kestä suuria vesimääriä, joten rakeen kastuessa se turpoaa ja hajoaa. Hän jatkaa, että Yara Suomen lannoitetehtailla lannoiterakeen runkona on kipsi. Kipsi liukenee hitaammin, minkä vuoksi lannoitteen pintalevityksen jälkeen pellolta voi löytyä tyhjiä kipsirunkoja, joista lannoitteet ovat liuonneet. Hän täsmentää, että urea- ja ammoniumnitraattirakeilla pinnoite on muunlainen kuin NPK-, CAN- tai Suomensalpietarilannoitteilla.

4.2 Nestemäisen lannoitteen rakenne

Nestelannoitteet ovat nimensä mukaisesti nestemäisessä muodossa. Falls ja Siegel (2005) kertovat, että yleisesti käytetyt nestelannoitteet ovat urea- ja ammoniumnitraattiseosta, joka sisältää erilaisia ravinteita. He jatkavat, että erilaisia nestelannoitteita voidaan valmistaa käyttämällä erilaisia kemikaaleja, minkä ansiosta nestelannoitteiden ravinnesuhteet saadaan samanlaisiksi kuin rakeistettujen lannoitteiden ravinnesuhteet.

4.3 Lannoitteen käyttäytyminen maaperässä

4.3.1 Rakeistetut mineraalilannoitteet

Rakeistettujen mineraalilannoitteiden ravinteet ovat lannoiterakeessa ravinnesuolana. Lannoiterakeen kostuessa, rakeen ulkopuolinen pinnoite hajoaa, jolloin ravinteet pystyvät liukenemaan maaperään. Suolan irrotessa lannoiterakeesta ravinteet ovat heti sellaisessa muodossa, että kasvit pystyvät ne hyödyntämään (Kekkilä. i.a.).

Suomessa käytetyissä rakeistetuissa mineraalilannoitteissa oleva typpi on nitraatti- ja ammoniummuodossa (Kleemola ym., 2009, s. 41). Kleemola ym. (2009, s. 42) jatkavat, että rakeistettujen mineraalilannoitteiden sisältämä ammoniumtyppi pyrkii muuttumaan nitraattitypeksi, joka happamoittaa maaperää. Nitraattitypen huuhtoutuessa vie se mukanaan samalla kalsiumia (Suomen Nestelannoite, i.a.). Happamoitumista korjataan riittävällä kalkituksella säännöllisesti. Fosfori käyttäytyy maaperässä eri tavalla kuin typpi, koska nitraattityppi huuhtoutuu helposti, mutta fosfori sitoutuu maaperään tiukasti.

4.3.2 Nestemäiset lannoitteet

Nstelannoite on kemiallinen seoslannoite. Nestelannoite on positiivisesti varautunut kemiallinen yhdiste, minkä vuoksi se kiinnittyy maapartikkeliin, koska maapartikkelilla on negatiivinen varaus (Suomen Nestelannoite, i.a.). Sen vuoksi nestelannoitteen typen käyttömäärää voidaan alentaa 20–30 prosenttia mineraalilannoitteisiin verrattuna. Nestelannoitteen typpi on amidimuodossa. Mikrobit hajottavat osan typpilannoitteesta ammoniummuotoon, minkä jälkeen mikrobit hajottavat ammoniumtypen nitraattimuotoiseksi typeksi, jolloin nitraattityppeä on koko ajan vähän kasville saatavilla. Nestelannoitteen amidimuodossa oleva typpi ei huuhtoudu yhtä paljon kuin mineraalilannoitteiden nitraattityppi, minkä vuoksi sen hyötysuhde on parempi. Nestelannoitteen nitraattityppi ei ehdi huuhtoutumaan, koska kasvi käyttää sen sitä mukaan, kun se muuttuu ammoniummuodosta nitraattimuotoiseksi. Näin ollen ei pääse syntymään myöskään happamoitumista nitraattitypen huuhtoutuessa.

5 KASVIN KEHITYS JA SEN HAVAINNOINTI

Kasvin kasvu voidaan jakaa kahteen osaan: vegetatiiviseen ja generatiiviseen kasvuvaiheeseen. Nämä tapahtuvat osin kasvissa samanaikaisesti. Peltonen-Saunio ym. (2005, s. 12) mukaan kasvi on vegetatiivisessa kasvuvaiheessa, kun siementen kehittyminen ei ole vielä alkanut. Generatiivinen kehitysjakso alkaa, kun kasvi alkaa kehittämään kukintiaan, josta muodostuu myöhemmin siemenet. Kasvi kehittää myös vegetatiivisia osia, vaikka se on siirtynyt generatiiviseen jaksoon, esimerkkinä vilja, joka kasvattaa samaan aikaan pääverson tähkää ja sivuverson lehtimassaa.

5.1 Vegetatiivinen kehitysjakso

Vegetatiivinen kasvuvaihe alkaa, kun kylvösiemen pääsee kosketukseen kosteuden kanssa ja itämisvaihe alkaa (Peltonen-Saunio ym., 2005, s. 21). Tällöin siemenessä olevat vararavintoaineet alkavat pilkkoutumaan molekyylisiksi yhdisteiksi entsyymejä käyttäen. Yhdisteet kulkeutuvat alkioon, jossa sirkkataimen kasvu alkaa. Itämiseen tarvitaan vettä, lämpöä ja happea (Soviet School of Farming, 2022a). Itäminen alkaa pääjuurten kasvatuksella. Pääjuurten kehityksen aikana alkaa myös korrenkasvu. Alkiossa on meristeemisolukko, jossa kasvinosat erilaistuvat (Peltonen-Saunio ym., 2005, s. 22–23). Siemenestä lähtevä itutuppi nousee maan pintaan, minkä jälkeen sirkkalehti työntyy ulos itutupesta. Seuraavaksi oras aloittaa yhteyttämisen ja se ei ole enää riippuvainen siemenen ravintovarastosta. Sivujuuret alkavat kehittyä, kun sirkkalehti on työntynyt maan pinnalle itutupesta (Soviet School of Farming, 2022a). Sivujuuret ovat tärkeässä osassa kasvin ravinteiden saantia. Juuriston rakenne ja sen kehittyminen on kasvi- ja lajikekohtaista. Aikaisella, tasaisella ja onnistuneella orastumisella saadaan peittävä kasvimassa, jolloin sadon onnistumiselle luodaan hyvät edellytykset.

Viljan kasvupiste sijaitsee viljan korren solmun tuntumassa (Peltonen-Saunio ym., 2005, s. 22). Vegetatiivisessa kasvuvaiheessa viljan solmut ja kasvupiste ovat maan alla (Soviet School of Farming, 2022a). Viljan kasvaessa kasvupiste ja solmut nousevat kortta pitkin ylöspäin. Kasvupisteen on hyvä sijaita maan alla korren pituuskasvuun asti, koska silloin se on suojassa erilaisilta riskitekijöiltä, kuten hallalta ja tuholaisilta. Kasvupiste on

myöhemmin suojassa lehtien keskellä (Peltonen-Saunio ym., 2005, s. 22). Sivuersot ja lehdet erilaistuvat eli kehittyvät ja kasvavat kasvupisteestä.

Lehtiaiheet kehittyvät kasvupisteestä (Peltonen-Saunio ym., 2005, s. 23). Lehtiaihe, eli kasvin lehti, erilaistuu viimeksi muodostuneen lehtiaiheen toiselle puolelle. Vegetatiivisessa vaiheessa olevassa kasvissa on kahdesta kolmeen lehtiaihetta. Erilaistunut lehtiaihe kasvaa ylöspäin ja kasvaessaan kiertyy sekä laajenee, jotta se voi suojata kasvupistettä myöhäisemmässä kasvuvaiheessa. Viimeisenä kehittyvää lehteä kutsutaan lippulehdeksi. Viljojen pääversoon erilaistuu kuusi tai seitsemän lehteä.

Suomessa kasviyksilöön muodostuu pääverson lisäksi kolme tai neljä sivuersoa (Peltonen-Saunio ym., 2005, s. 24–25). Niiden määrään vaikuttavat kasvuolosuhteet ja kasvilajit sekä kasvilajikkeet. Suomen pitkä päivä suosii pääverson kasvua, jolloin varjostus vaikuttaa sivuersojen kehittymiseen heikentävästi. Tämän takia sivuersot tuottavat harvoin pääverson kaltaisen jyväsadon. Sen vuoksi Suomen kasvustot ovat pääversovaltaisia ja sivuersojen kasvukykyä rajoitetaan perustellusti käyttämällä tiheitä kasvutiheyksiä ja korkeita kylvösiemenmääriä. Sivuersojen muodostuminen ei ole turhaa, koska ne peittävät maanpinnan aikaisin, yhteyttävät ja toimivat pääverson tukena satopotentiaalinen rakentamisessa. Sivuersot myös korvaavat pääverson, mikäli pääverso tuhoutuu jostain syystä.

Hyvä vesitalous tukee kasvin versomista ja luo edellytyksen tehokkaalle yhteyttämislle, jolloin kasvilla on mahdollisuus panostaa pää- sekä sivuersojen kasvuun (Peltonen-Saunio ym., 2005, s. 24–25). Sivuersot tarvitsevat hetkellisesti tukea pääversolta ravinteiden saantiin. Heti kun sivuersot pystyvät yhteyttämään, ne alkavat palauttamaan ravinteita pääversolle. Ravinteiden vaihto on vähäisempää, mikäli kasvilla on hyvät kasvuolosuhteet. Kokonaisenergiataloudellisesti sivuersot eivät ole aina hyvä asia. Kasvitautilien tai kuivuu-den vaikuttaessa sivuersot eivät pääse yhteyttämään yhtä tehokkaasti, jolloin se rasittaa pääverson kasvua. Sivuersot toimivat typen välivarastona ja kasvi versoo paremmin, jos typpeä on saatavilla.

5.2 Generatiivinen kehitysjakso

Siirtyminen vegetatiivisesta kehitysjaksosta generatiiviseen kehitysjaksoon tapahtuu siirtymävaiheen kautta, jota on vaikea havaita, koska se kestää vain lyhyen ajan (Peltonen-Saunio ym., 2005, s. 26). Siirtymävaiheessa kasvupiste sijaitsee maan pinnan tasolla. Generatiivisessa kehitysjaksossa kasvupiste on noussut maan pinnan yläpuolelle. Kevätviljat ovat siirtyneet silloin generatiiviseen kehitysjaksoon, kun pääversossa on kuudesta seitsemään lehtiaihetta, joista kaksi on näkyvissä.

Tähkylänaiheet erilaistuvat kukintoon (Peltonen-Saunio ym., 2005, s. 28). Ohralla erilaistuminen tapahtuu kukinnan alaosaan kohti yläosaa. Tämän jälkeen erilaistuneet tähkylät alkavat muodostaa tähkylä- ja kukanosia. Kukinnan kehittyessä kehitystä tapahtuu monissa eri kasvin osissa. Tähkylän aiheisiin erilaistuvat kaleet, heteet, helpeet ja emi.

Kukka-aiheen pölytyttyä eli hedelmöityttyä alkaa jyvien muodostuminen (Peltonen-Saunio ym., 2005, s. 28–29). Kasvin heteet tuottavat siitepölyn, joka voi itsepölyttää saman kukan tai ristipölyttää jonkin muun kukan. Vilja kehittää kukinnan aikana paljon kukkavarastoa, josta vain osa pölytyy. Kasvin kukinnan kehittyminen on riippuvainen päivittäisestä lämpö- määrästä sekä päivänpituudesta, mutta kukintojen määrään vaikuttaa kasvin tuottamien rakennusaineiden määrä. Kukinnan kriittisin aika sadon kannalta on kaksi tai kolme viikkoa ennen tähkälle tuloa. Aika on kriittinen, ja puutteet tänä aikana kasvin kasvussa vähentävät satopotentiaalia. Kriittistä ajankohtaa kutsutaan myös satoisuusikkunaksi. Kukinnan ensimmäinen kukan pölytyttyä nuorten kukkien kehitys päättyy ja nuorimmat kukat alkavat abortoitua. Hedelmöitynyt emi käynnistää jyvän kehitystapahtuman aktiivisten solunja- kaantumisten myötä. Jyvän täytyminen alkaa noin viikon kuluttua pölyttymisestä.

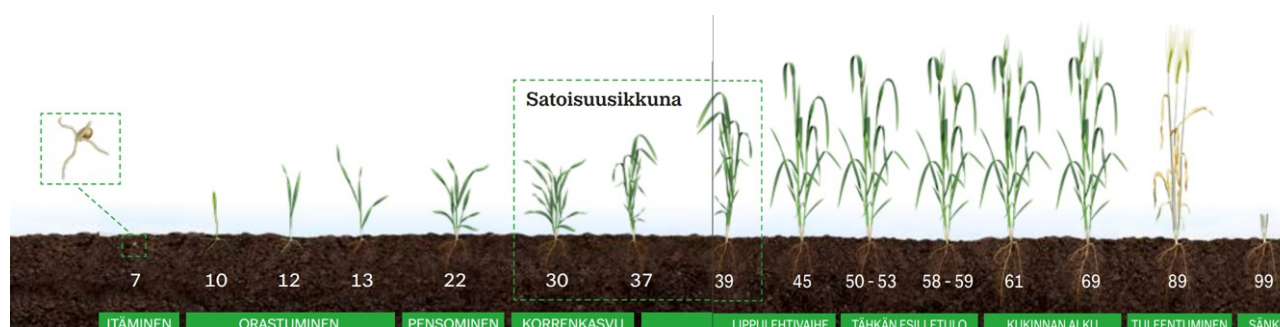
Jyvän tuleentuminen vaatii riittävän lämpösumman kertymistä kasvukauden aikana (Soviet School of Farming, 2022a). Jyvän tuleentuminen vaatii siemenen täyttymisen. Siemenen täytyminen jaetaan kolmeen erilaiseen vaiheeseen, jotka ovat maito-, taikina- ja kypsyminen. Valkuaissolujen muodostuminen alkaa vetisessä vaiheessa ja päättyy, kun siemenet siirtyvät kypsyminen vaiheeseen. Kypsyminen jaetaan kahteen vaiheeseen, jotka ovat kovataikina- ja täystuleentumisvaihe. Kovataikinavaiheessa siemenen sisusta on vahamainen ja helppo leikata kynnellä. Täystuleentumisvaiheessa sisusta on jauhomainen ja tiivis.

Kun siemenet ovat täysin kypsiä, ne ovat suvullisesti täysin kehittyneitä ja pystyvät aloittamaan uuden kasvisukupolven.

5.3 Kasvuvaiheiden havainnointi

Viljelykasveille on kehitetty erilaisia asteikkoja kuvaamaan viljan kehitys- ja kasvutapahtumia (Peltonen-Saunio ym., 2005, s. 30–31). Asteikkojen tarkoitus on kuvata kasvu- ja kehitysvaiheet mahdollisimman yksinkertaisesti numeraalisessa muodossa. Asteikoita on kehitetty kasvitutkimuksien käyttöön.

Yleisimmin käytetty kasvuasteikko on Zadoks-asteikko (Peltonen-Saunio ym., 2005, s. 30–31). Kasvuasteikon tarkkuus ei ole aina riittävä, koska viljan kukintoon ei ole aina saatavissa kunnollista kuvaavaa asteikkoa. Kasvuasteikolla kuvataan kasvin ulkoisia ominaisuuksia. Tarkkailtavia ominaisuuksia kasvissa ovat sivuversojen ja lehtien määrä, lippulehden ja korren kasvu, tähkän esiintulo, kukinta sekä kasvuston ja jyvien tuleentumisvaiheet. Zadoks-asteikko jaetaan viljakasvin kasvussa yhdeksään päävaiheeseen, joita ovat itäminen, oraan kasvu, versominen, korren pituuskasvu, kukinnan ulostuleminen lehtitupesta, kukinta, jyvän maito- ja taikinatuuleentuminen ja täystuleentuminen (Kuvio 2). Asteikon soveltaminen onnistuu helposti, mikäli meneillään on monia kasvu- tai kehitysvaiheita samanaikaisesti.



Kuvio 2. Viljojen kasvuvaiheet BBCH-asteikolla kuvattuna (Lantmannen agro, 2022, s. 18–19).

Kukinnan kehitysvaihetta on tutkittava mikroskoopin avulla (Peltonen-Saunio ym., 2005, s. 36). Seuraaminen on aloitettava vegetatiivisessa kasvuvaiheessa, kun kasvupiste tuottaa vain lehti- ja sivuversoaiheita. Koska kukinnan vaihe on vaikea määrittää silmämääräisesti, pyritään kukinnan vaihe rinnastamaan muihin ulkoisiin kasvuvaiheisiin. Peltonen-Saunio

ym. (2005, s. 46–47) täsmentävät, että kasvu- ja kehitystapahtumien välillä tapahtuu vuorovaikutusta.

6 ERI LANNOITUSMENETELMÄT

Suomessa on käytössä useita erilaisia lannoitusmenetelmiä. Erilaisiin lannoitusmenetelmiin liittyy hyviä ja huonoja puolia. Kleemolan ja Pulkkisen (2021) mukaan tilakoon kasvu lisää paineita kehittää kylvökoneatkaisuja yhä tehokkaammiksi kokonaisuuksiksi. Heidän mukaansa suoraviivaisin tapa lisätä kylvötehoa on lisätä yhtä aikaa työtä tekevien kylvökoneiden määrää. Se tosin nostaa kustannuksia nopeasti, koska työvoiman lisäksi tarvitaan lisää koneita.

6.1 Rivilannoitus

Rivilannoitus tarkoittaa lannoitteen sijoittamista maaperään kylvö- tai lannoitevantaiden kautta. Suomessa on käytössä kaksi erilaista rivilannoitusmenetelmää. Yleisimpänä menetelmänä on sijoittaa lannoite eri kylvöriiviin siementen kanssa. Avoniuksen (2011, s. 47–48) tutkimuksen mukaan 244 viljelijästä 78 % käytti tätä tapaa. Hän jatkaa, että kahdeksan prosenttia viljelijöistä aikoi vähentää tätä tapaa vuoteen 2015 mennessä. Toinen rivilannoitusmenetelmä on sijoittaa lannoite samaan kylvöriiviin siemenen kanssa. Avoniuksen (2011, s. 47–48) mukaan 244 viljelijästä 12 % käytti tätä tapaa, mutta noin neljä prosenttia aikoi lisätä tätä tapaa vuoteen 2015 mennessä. Lannoitteen sijoittaminen samaan kylvöriiviin siementen kanssa on yleistynyt Avoniuksen tutkimuksen jälkeen, koska Nyrhilän (2022) mukaan Junkkarin mallistosta Suomeen myytävät uudet koneet sijoittavat lannoitteen ja siemenen samaan kylvöriiviin.

Eri kylvöriiviin lannoitettaessa siemen ja lannoite johdetaan lannoitevantaita pitkin maaperään. Lannoite sijoitetaan siemenrivien väliin, kaksi senttimetriä syvemmälle kuin siemenet. Tämä tapa estää lannoitteen ja siemenen kosketuksen toisiinsa. Kleemolan ym. (2009, s. 71) mukaan suolavaikutusongelmia ei esiinny, koska siementen ja lannoitteiden väliin jää selvä maakerros. Eri kylvöriiviin kylvetty lannoitetapa on vähentynyt viime vuosien aikana, koska maatalousyritykset etsivät keinoja kustannusten vähentämiseen. Kun lannoitevantaat ovat erikseen vaatii kylvölannoitin enemmän vetotehoa traktoreilta, se on hankintahinnaltaan korkeampi sekä sen ylläpitäminen on kalliimpaa.

Samaan kylvöriiviin lannoitettaessa siemen ja lannoite johdetaan saman kylvövantaan kautta maahan. Tällä tavoin sijoittamalla lannoite ja siemen ovat yleensä kosketuksissa toisiinsa. Tätä ongelmaa on pyritty joissakin markkinoilla saatavilla olevissa kylvövanasratkaisuihin välttämään erilaisilla teknisillä ratkaisulla. Mikkolan ym. (2004, s. 36) mukaan lannoitteiden sijoittamiseen samaan kylvöriiviin siemenen kanssa liittyy riskejä. He jatkavat, että laboratoriotutkimukset ja astiakokeet osoittavat, että itäminen ja orastuminen hidastuvat sekä heikkenevät, mitä enemmän lannoitetta sijoitetaan siemenen kanssa samaan kylvöriiviin. He jatkavat, että orastumisongelmat johtuvat siitä, että lannoitteessa olevat lannoitesuolat kilpailevat vedestä itävän siemenen kanssa, jolloin siemen ei pysty imemään vettä riittävästi itseensä. Orastumisongelmat lisääntyvät kuivissa olosuhteissa, kun vedestä on pulaa. Orastumisongelmia esiintyy erityisesti, mikäli käytetään suuria lannoitemääriä, minkä vuoksi myös maan suolapitoisuus kohoaa. Kleemola ym. (2009, s. 70) esittävät, että mikäli typen määrä nousee 100 kilosta 150 kiloon hehtaarille, satotappiot lisääntyvät.

6.2 Nestelannoitus

Nstelannoitus tarkoittaa nestemäisen lannoitteen sijoittamista maaperään tai levittämistä kasvustoon. Nestelannoite voidaan sijoittaa rakeistetun lannoitteen lailla samaan tai eri kylvöriiviin siemenen kanssa tai levittää suoraan kasvustoon. Viljoilla ei levitetä nestelannoitteita suoraan kasvustoon, koska polttovioitusriski on suuri. Hivenlannoitteet levitetään viljoille suoraan kasvustoon täydentämään hivenravinteita. Nestelannoitteet eivät huuhtoudu samalla tavalla kuin rakeistetut mineraalilannoitteet, joten ne eivät happamoita maaperää. Nestelannoitus on yleistynyt Suomessa 2010-luvulla, mutta määrät ovat vielä pieniä perinteisen rakeistettujen lannoitteiden määrään verrattuna.

6.3 Hajalannoitus

Pintalannoitus ennen kylvöä viljakasvien lannoituksessa on nykyään harvinaista. Avoniuksen (2011, s. 47–48) tutkimuksen mukaan 244 viljelijästä viisi prosenttia käytti tätä tapaa. Pintalannoitus eli hajalannoitus on vanha tapa, jota käytettiin ennen rivilannoitustutkimusten yleistymistä. Viljakasvien hajalannoituksessa lannoite levitetään pellon pintaan lannoitelevittimillä ja mullataan muokkauskerrokseen äkeen avulla. Multaus voidaan tehdä samaan aikaan kylvövantaiden avulla, kun kylvetään viljelykasvi. Menetelmän etuna on sen

tehokkuus, mutta heikko ravinteiden hyötysuhde. Karan ym. (1970, s. 2) mukaan lannoitteiden multaus on tärkeää, jotta lannoitteet sekoittuvat tasaisesti muokkauskerrokseen, mutta tämä on haastavaa toteuttaa. He jatkavat, että tutkimuksissa on osoitettu, että lannoitteet jäävät suurimmaksi osaksi maan kuivaan pintakerrokseen kylvö- ja juurikerroksen yläpuolelle. He lisäävät, että fosforin heikon liikkuvuuden takia se pysyy siinä kohdassa, minne se on laitettu, eivätkä kasvit pysty sitä silloin kunnolla käyttämään. Muut ravinteet liikkuvat kosteissa oloissa helpommin, mutta kun huomioimme kasvukautemme kuivan alkukesän, jää suurin osa hajalevitetyistä ravinteista käyttämättä.

Nykyään lannoitteiden pintalevitys liittyy pääsääntöisesti jaettuun lannoitukseen. Jaetussa lannoituksessa lannoitteen typpimäärästä annetaan vain osa, kun muut ravinteet annetaan normaalin kylvölannoituksen yhteydessä. Kasvukauden edetessä voidaan kasvukaudella antaa loput typpimäärästä, mikäli se koetaan kannattavaksi. Typpi on ravinteena tehokas levittää hajalevityksenä pellon pintaan, koska se liikkuu maaperässä helposti ja sen hyötysuhde on hyvä.

7 AINEISTO

7.1 Peltokokeen tutkimustavoite

Peltokokeen tarkoituksena oli tutkia, miten erilaiset kylvömenetelmät vaikuttavat ohrasadon laatuun ja määrään. Opinnäytetyössä keskityttiin nestelannoitteen sekä lannoitteen sijainnin sekä lannoitetasojen vaikutusten arviointiin kasvin sadonmuodostuksessa.

7.2 Koejäsenet

Peltokokeen koejäseninä olivat erilaiset lannoitustasot ja -menetelmät (Taulukko 1). Peltolohko jaettiin kuuteen koejäseneseen, jotka olivat 240 m pitkiä ja 20 m leveitä (Kuva 1). Koejäsenten koeruutujen leveys määräytyi kylvölannoittimien työleveyden mukaan.

Taulukko 1. Peltokokeen koejäsenten lyhenteet ja niiden selitykset.

Koejäsen	Koejäsenen selite
1.	sama kylvörivi, nestelannoitus
2.	eri kylvörivi, normaali lannoitus
3.	eri kylvörivi, vähennetty lannoitus
4.	sama kylvörivi, jaettu lannoitus
5.	sama kylvörivi, normaali lannoitus
6.	sama kylvörivi, vähennetty lannoitus



Kuva 1. Kauhavalla toteutetun peltokokeen koejäsenkartta. (1: sama rivi nestelannoitus, 2: eri rivi normaali lannoitus, 3: eri rivi vähennetty lannoitus, 4: sama rivi jaettu lannoitus, 5: sama rivi normaali lannoitus, 6: sama rivi vähennetty lannoitus, S=savisempi alue, M=multavampi alue) (Mäki, 2022 CC BY-ND).

Peltolohkolle tehtiin maaperäskannaus, josta havaittiin, että peltolohkon oikea pääty oli hieman multavampi (M=Multavampi alue) kuin vasen pääty (S=Savisempi alue), minkä vuoksi kaikki kasvustotutkimukset tehtiin molemmista päädyistä erikseen (Kuva 3). Kokeen tulosten vertailukelpoisuuteen multavuudella ei ollut vaikutusta, koska ainoastaan saman päädyn tuloksia vertailtiin keskenään. Maaperäskannauksesta ilmeni myös pieniä ravinneeroja, mutta ne eivät vaikuttaneet koejärjestelyihin.

Ensimmäinen koeruutu kylvettiin Junkkarin Maestro 4000 -kylvölannoittimella, jolla on mahdollista lannoittaa kylvön yhteydessä nestelannoitteella. Toisella ja kolmannella ruudulla kylvettiin Junkkari S300 -kylvölannoittimella, joka sijoittaa lannoitteen eri vantaasta kuin siemenen. Loput koeruudet kylvettiin Junkkari T400 -kylvölannoittimella, jolla siemen ja lannoite sijoitetaan saman vantaan kautta maaperään.

7.3 Kylvölannoittimet

Peltokokeissa käytettiin yhteensä neljää erilaista Junkkarin kylvölannoitinta, joiden eroina olivat erilaiset vannas-, runko- ja lannoitusratkaisut. Opinnäytetyössä keskitytään kylvölannoittimiin, joissa oli erilaiset lannoitteen sijoitusratkaisut. Opinnäytetyössä käsitellään

kolmea erilaista kylvölannoitinta, jotka ovat Junkkari S300, Junkkari T400 ja Junkkari Maestro 4000. Muun muassa näillä kylvölannoittimilla tehtiin peltokokeet, koska niissä erot olivat lannoitusmenetelmissä. Kaikissa näissä kolmessa Junkkarin kylvölannoittimessa oli samanlainen perusrakenne. Kaikki kylvölannoittimet olivat mekaanisia kylvölannoittimia, joiden syöttölaitteen käyttövoima tuotetaan maapyörällä. Kaikissa kylvölannoittimissa säiliö oli syöttölaitteen yläpuolella, josta siemenet ja lannoitteet siirtyivät syöttölaitteelta kylvövanteiden kautta maaperään. Jokaisessa kylvölannoittimessa kylvösyvyys säädetään rajoittamalla nostosylintereiden liikkuvuutta sylinterin kaulalle asetettavalla lamellikiekoilla. Kylvösyvyyden loppusäätö tapahtuu sen jälkeen vannaspainatusta muuttamalla, ja sen joka koneen mukaan hieman erilainen. Jyräpyörästä sijaitsi kaikissa näissä koneissa vanteiden takana, ja se toimii kylvölannoittimen kuljetuspyörästä. Jyräpyörästä takana oli jälkihara, joka viimeistelee kylvöksen siten, että liettymisen vaara vähenee. Taulukkoon 2 on kerätty kylvölannoittimien tekniset tiedot.

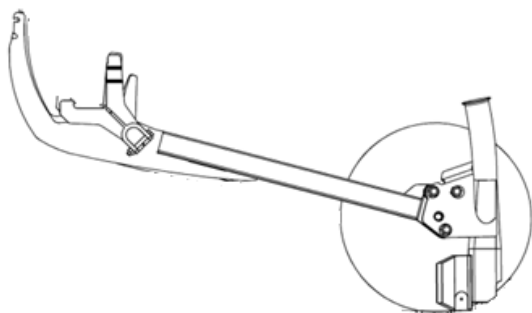
Taulukko 2. Peltokokeissa käytettyjen kylvölannoittimien tekniset tiedot.

Koneen malli	Junkkari S300	Junkkari T400	Junkkari maestro 4000
Työleveys (cm)	300	400	400
Paino (kg)	min. 2500	min. 3900	min. 3850
Tehontarve (kW)	55–95	75–140	75–140
Rengaskoko	7.5–20"	7.5–20"	7.5–16"
Vannaspainoalue (kg)	10–30	30–160	30–140
Riviväli (cm)	12,5	12,5	12,5
Lannoitteen ja siemenen sijoitustapa	Eri kylvörivi	Sama kylvörivi	Sama kylvörivi

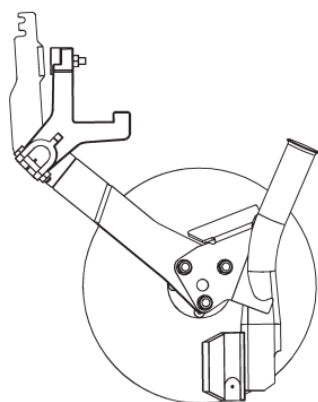
Junkkari S300:a käytetään yleensä kylvömuokatuille pelloille (Junkkari, i.a.-a). Kylvölannoittimessa on ferti-vantaat, jolloin siemen ja lannoite sijoittuvat eri riviin (Kuvio 3). Siementen sijoittamiseen käytetään kiilajyrävantaita, jotka ovat kartioprofiilin muotoisia, jolloin ne sijoittavat siemenet kontrolloidusti maahan (Kuvio 4). Kylvövannas seuraa muotonsa vuoksi hyvin maanpintaa, jolloin siemen sijoittuu tarkasti oikeaan syvyyteen. Lannoitusvantaana käytetään hyvin kasvijätettä leikkaavaa kiekkovannasta (Kuvio 5) (Junkkari, i.a.-a). Vannaspainatusta pystytään säätämään mekaanisesti 10–30 kg:n välillä.



Kuvio 3. Ferti-vannas sijoittaa lannoitteen ja siemenen eri riviin (Junkkari, i.a.-c, s. 13).



Kuvio 4. Junkkari S-sarjassa siemenvantaana käytettävä kiilajyrävannas (Junkkari, 2021e, s. 37).

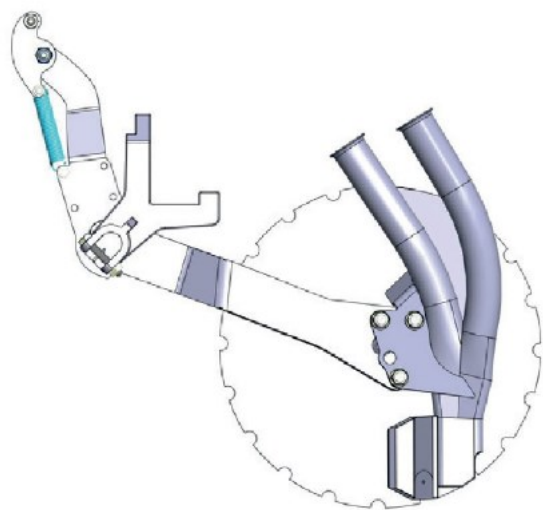


Kuvio 5. Junkkarin S-sarjassa lannoitevantaana käytettävä leikkaava kiekkovannas (Junkkari, 2021e, s. 39).

Junkkari T400 on suunniteltu kovempien maalajien kylvövaatimuksiin sekä suorakylvö onnistuu kevyemmällä maalajeilla (Junkkari, i.a.-b). Kylvölannoittimessa on combi-vantaat, jolloin siemen ja lannoite sijoittuvat saman vantaan kautta maaperään, jolloin ne asettuvat kylvövaon pohjalle vierekkäin (Kuvio 6). Junkkari T400:ssa on järeä kiilajyrävannas, jonka leikkaava kiekkoprofiili on hyvä tunkeutumaan kovaan maahan (Kuvio 7). Kylvösyvyys pysyy vantaan järeyden vuoksi kovillakin maalajeilla muuttumattomana. Vannaspainatusta voidaan säätää traktorista hydraulisesti 30–150 kg:n välille.



Kuvio 6. Combi-vannas sijoittaa siemenen ja lannoitteen samaan riviin (Junkkari, i.a.-c, s. 12).



Kuvio 7. Junkkarin T-sarjassa käytettävä combi-vannas, joka sijoittaa lannoitteen ja siemenen samaan riviin (Junkkari, i.a.-c, s. 7).

Junkkarin Maestro 4000:ää käytetään kylvömuokatuille sekä kevytmuokatuille pelloille (Junkkari, 2010d, s. 10). Kylvölannoittimessa on kiilajyrävannas, jolloin kylvösyvyys pysyy kovillakin maalajeilla muuttumattomana (mts. 18). Vannaspainatusta voidaan asettaa 10–120 kg ja sitä säädetään manuaalisesti jousien kireyksiä muuttamalla. Kylvökokeessa käytetyssä Junkkari Maestro 4000 -kylvölannoittimessa oli nestelannoitevarustus, jonka vuoksi sillä kylvettiin nestelannoitettu koejäsen. Kylvövantaaseen on asennettu nestelannoitesuuttimelle teline, johon nestelannoitesuutin asennetaan (Kuva 2). Nestelannoite suihkutetaan samaan riviin siemenen kanssa.



Kuva 2. Nestelannoitusvarustuksella varusteltu Junkkari Maestro 4000 -kylvövannas (T. Peltoluhta, henkilökohtainen tiedonanto, 14.3.2023, CC BY-ND).

7.4 Peltolohko

Peltokokeet toteutettiin Mty Peltoluhdan peltolohkolla, joka sijaitsee Etelä-Pohjanmaan Kauhavalla. Peltolohkon koko oli 5,2 ha, joka jaettiin koejäseniin. Peltolohko on maalajiltaan pääsääntöisesti hienoa hietaa, ja se on multavuusluokassa multava. Peltolohkolla oli viljelty öljykasveja sekä viljaa edellisinä vuosina. Koevuoden 2022 ohran esikasvina oli ohra, ja lohko oli kultivoitu syksyllä 2021. Keväällä 2022 havaittiin pellolla juolavehettä, joka torjuttiin kemiallisesti 19.5.2022, jotta se ei haittaisi peltokokeen suorittamista. Taulukossa 3 on lohkolle vuonna 2018 tehty viljavuustutkimusten keskiarvot.

Taulukko 3. Peltokokeen peltolohkon keskimääräinen viljavuustutkimus.

Ravinteet	Tulos	Selite
Maalaji	Hieno hieta	HHt
Multavuus	Multava	m
Happamuus, (pH)	6.2	Hyvä
Fosfori, (P mg/l)	8.5	Välttävä
Kalium, (K mg/l)	88	Välttävä
Kalsium, (Ca mg/l)	1040	Välttävä
Magnesium, (Mg mg/l)	145	Tyydyttävä
Rikki, (S mg/l)	11.5	Tyydyttävä

7.5 Kasvukauden toimenpiteet

Peltolohko kylvömuokattiin kerran joustopiikkiäkeellä 19.5.2022 ja koejäsenet kylvettiin 25.5.2022 hyvissä kylvöolosuhteissa. Neljänteen koeruutuun suoritettiin lisälannoitus 28.6.2022, ja se onnistui hyvin, koska lannoiterakeiden ravinteet olivat lienneet 30.6.2022. Koejäsenellä näkyi tuolloin ainoastaan lannoiterakeen kipsikuori, joka liukenee hitaammin.

7.5.1 Kylvölannoitus

Peltokokeissa käytettiin maatalousyrityksen Toria-ohran siementä, jossa tuhannen siemenen paino (TSP) oli 48 g ja siemenen itävyys oli 95 %. Tavoitetiheys kaikilla koejäsenillä oli itäviä siemeniä 500 kpl/m². Kylvömääräksi laskettiin edellisten tietojen perusteella 250 kg hehtaarille. Kylvölannoittimien kylvömäärä varmistettiin suorittamalla kylvölannoittimiin kiertokokeet. Lannoitemäärä laskettiin Minun Maatilani -ohjelmiston avulla, jossa huomioitiin viljavuustutkimus ja kasvin tarve, mistä määräytyi normaali lannoitustaso. Alempi lannoitustaso laskettiin 30 kg/N/ha vähemmäksi kuin normaali taso, koska maaperäskannauksesta ilmeni, että maaperässä on noin 30 kg/N/ha varastossa. Taulukkoon 4 on koottu tiedot käytetyistä siemen- ja lannoitemääristä koejäsenittäin.

Taulukko 4. Peltokokeessa käytetty siemenmäärä ja lannoitustaso koejäsenittäin. (1: sama rivi nestelannoitus, 2: eri rivi normaali lannoitus, 3: eri rivi vähennetty lannoitus, 4: sama rivi jaettu lannoitus, 5: sama rivi normaali lannoitus, 6: sama rivi vähennetty lannoitus, S=savisempi alue, M=multavampi alue)

Koejäsen	Siemenmäärä kg/ha	Lannoitemäärä kg/ha	Lannoitteen tyypimäärä kg/ha
1	250		58
2	250	360	90
3	250	240	60
4	250	240	60
5	250	360	90
6	250	240	60

Tavoitekylvösyvyys oli jokaisella koejäsenellä 4,5 cm. Kylvösyvyyttä säädettiin ajamalla peltolohkon päistealueelle koeveto, josta voitiin tarkistaa ja tarvittaessa säätää kylvösyvyyttä. Varsinaisten koejäsenten tarkkailualueelta kylvösyvyys tarkistettiin kylvösyvyysmittaimen avulla (Kuva 3). Jokaisella koejäsenellä päästiin 4–4,5 cm:n kylvösyvyystarkkuuteen, joka oli sopiva, koska pintamaa oli erittäin kuivaa, mutta noin 4–5 cm:n syvyydessä oli kosteutta riittävästi siemenen itämiseen. Lannoitteiden sijoitusyvyys hieman vaihteli kylvölannoitinkohtaisesti. Junkkari S300 -kylvölannoittimella lannoite sijoitetaan hieman syvemmälle kuin muilla koneilla, koska lannoite sijoitetaan eri vannasta pitkien. Taulukkoon 5 on koottu tiedot toteutuneista kylvösyvyyksistä ja käytetyistä vannaspainatuksista koejäsenittäin.



Kuva 3. Kylvösyvyysmittain, jonka avulla kylvösyvyys tarkistettiin koejäsenittäin (Mäki, 2022 CC BY-ND).

Taulukko 5. Koejäsenien kylvössä toteutuneet kylvösyvyydet kylvölannoitinkohtaisesti.

Kone	Lannoitteen syvyys (cm)	Siemenen syvyys (cm)	Vannaspainatus (kg)	Kylvetty ruutu
Junkkari Maestro 4000	4,5	4,5	65	1
Junkkari S300	6,5	4,5	14	2,3
Junkkari T400	4,5	4,5	65	4,5,6

Koejäsenten kylvöpäivänä kylvöolosuhteet olivat hyvät, koska oli aurinkoinen poutapäivä (Kuva 4). Kylvötyöt onnistuivat hyvin, koska maaperä oli sopivan kuivaa. Mururakenne oli hyvä kylvön jälkeen. Maa oli lämmintä, ja noin neljän senttimetrin syvyydessä oli sopivasti kosteutta siemenen itämiselle.



Kuva 4. Koejäsenien kylvöpäivän yleisnäkymä koeruudulta 25.5.2022, jolloin kylvöolosuhteet olivat hyvät ja mururakenne kylvön jälkeen oli sopiva tasaiselle taimettumiselle (Mäki, 2022 CC BY-ND).

Orastuvuus ja alun kasvukehitysvaiheissa nestelannoitettu koejäsen ei ole täysin vertailukelpoinen muiden koejäsenten kanssa, koska se kylvettiin kaksi päivää ennemmin kuin muut koejäsenet. Koejäsen kylvettiin hieman kostempaan maahan kuin muut koejäsenet, mutta olosuhteet olivat silti hyvät.

7.5.2 Kemiallinen kasvinsuojelu

Kemiallisen kasvinsuojelun toteutti maatalousyrittäjä havainnointiensa ja suunnitelmiensa mukaisesti (Taulukko 6). Kasvinsuojelu toteutettiin kaikilla koejäsenillä samanlaisena, joten kasvinsuojelu ei vaikuttanut kokeen tulosten vertailussa.

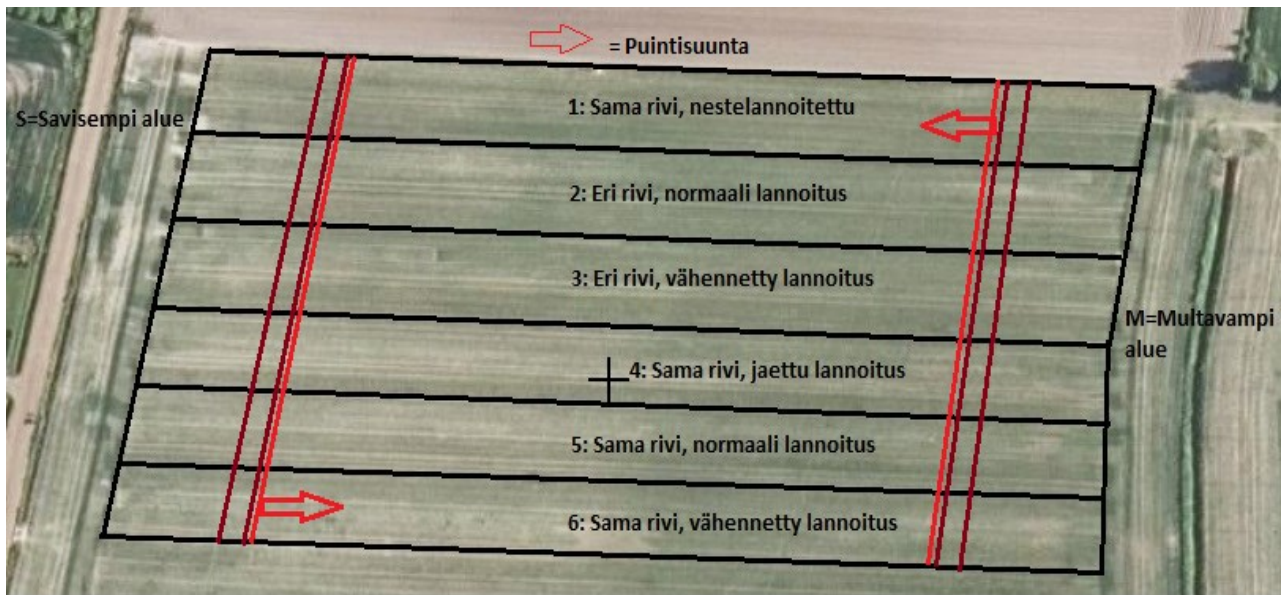
Taulukko 6. Kasvukaudella 2022 käytetyt kasvinsuojeluaineet.

Kasvinsuojeluaine	Päivänmäärä	Annoskoko
Kinvara	17.6.2022	1,8 l/ha
Prosaro EC 250	17.6.2022	0,4 l/ha
Comet Pro	1.7.2022	0,6 l/ha
Terpal	1.7.2022	0,8 l/ha

7.5.3 Sadonkorjuu ja sadon käsittely

Sato korjattiin 30.8.2022 kasvustojen valmistuttua. Puintikosteus oli noin 22 prosenttia joh-tuen epävakaisesta säätilasta sadonkorjuuhetkellä. Peltolohkon sadonkorjuussa käytettiin maatalousyrityksen leikkuupuimuria sekä Seinäjoen ammattikorkeakoulun koeruu-
tu-
puimuria.

Sadonkorjuu aloitettiin maatalousyrityksen leikkuupuimurilla, jolla puitiin peltolohkon reunat sekä päisteet ja koeruu-
tu-
jen päistä sen verran, mitä kasvustoa oli tallaantunut ja muuten vioittunut kasvustohavaintoja tehdessä. Siten varmistettiin, että koejäsenten puitu sato on koskemattomasta kohdasta ja siten vertailukelpoinen. Koeruu-
tu-
ista puitiin edustava 15 m²:n ala koeruu-
tu-
puimurilla. Puintisuunta oli lohkon keskelle päin 15 metriä (Kuva 5). Koe-
tu-
puimurilla puitu sato siirtyi suoraan säkkiin ja säkkien sato käsiteltiin myöhemmin.



Kuva 5. Koejäsenten tutkimusalue oli ruskeiden viivojen välissä ja puintisuunta oli punaisen viivan kohdasta nuolen osoittamaan suuntaan (Mäki, 2022 CC BY-ND).

Koejäsenten sato kuivattiin kylmäilmakuivaajalla. Sen jälkeen sato lajiteltiin, jotta sadosta saatiin roskat sekä pienet ja kevyet jyvät pois. Lajittelun jälkeen satomäärä punnittiin ja sadosta analysointiin hiilihydraatti-, proteiini- ja öljypitoisuudet, hehtolitraino sekä tuhannen siemenen paino.

8 Menetelmät

8.1 Mittaukset ja havainnot

Kasvukaudella koejäseniä tutkittiin erilaisilla tavoilla. Kasvustojen kehitystä arvioitiin Zados-asteikon avulla sekä koejäsenten välillä havainnoitiin myös muita silmämääräisiä eroja. Koejäsenten kehitystä seurattiin toukokuussa ja kesäkuussa kaksi kertaa viikossa. Heinäkuussa koejäseniä seurattiin kerran viikossa ja sen jälkeen taas sadonkorjuuseen asti kaksi kertaa viikossa. Koejäsenet kuvattiin ja kasvuaste sekä kasvuston pituus kirjattiin ylös. Koejäsenten havainnointiin sovittiin yhteiset menetelmät, jotta koejäsenten havainnointi olisi luotettavaa. Kasvukauden aikana tutkittiin myös satokomponentit, joiden avulla pyrittiin selvittämään mahdolliset koejäsenten väliset sato- ja laatuerojen syyt. Koejäsenet merkittiin kukin omalla nimikyltillä ja koejäsenien rajat erotettiin aurausviittojen avulla. Nimikyltit sijoitettiin koejäsenelle siten, että päistehaitta poistui tutkimusalueelta.

Peltolohkolle tehtiin avustavia tutkimuksia myös maanrakenteesta. Laajassa maaperäanalyysissä, MARA-testeissä ja penetrometrimittauksissa pyrittiin selvittämään peltolohkon tasalaatuisuutta. Laajassa maaperäanalyysissä havaittiin, että peltolohkon päätyjen välillä oli multavuudessa eroja. Sen vuoksi peltolohkon päätyalueet tutkittiin erikseen. Muissa maaperätutkimuksissa ei havaittu peltokokeisiin vaikuttavia eroja.

8.1.1 Sään havainnointi

Säätä havainnoitiin manuaalisin keinoin ensimmäisen viikon ajan, koska sääasema ei ollut vielä käytössä. Sen jälkeen pellolle asennettiin Pessl-sääasema, jonka avulla pystyttiin mittaamaan ilman ja maan lämpötilaa, tuulennopeutta, sademäärää, lämpösumman kertymistä, kasvuston suhteellista kosteutta ja maaperän johtolukua. Sääaseman keräämästä tiedosta pystyttiin analysointivaiheessa etsimään selittäviä tekijöitä laskettujen satokomponenttien eroille.

8.1.1 Sadon analysointi

Koejäsenten sadonkorjuun jälkeen satonäytteet siirrettiin Seinäjoen ammattikorkeakoulun Ilmajoen kampuksen kylmäilmakuivaajaan kuivamaan. Satonäytteet kuivattiin 14 %:n kosteuteen, minkä jälkeen viljasta analysoitiin laatutekijät. Kuivatut satonäytteet lajiteltiin Wintersteiger LD350 -puimalaitteella, jolla myös viljan lajittelu onnistuu. Satonäytteistä lajiteltiin roskat ja pienet jyvät pois, minkä jälkeen satomäärä punnittiin. Lajitelluista satonäytteistä määritettiin proteiini-, öljy- ja hiilihydraattipitoisuudet GrainSense-mittarilla. TSP-paino määriteltiin punnitsemalla 200 siementä ja kertomalla saatu tulos viidellä, jotta saatiin 1000 siemenen paino. Satonäytteiden hehtolitraino mitattiin virallisen hehtolitrainovaa'an avulla. Kaikista sadon laatumääryksistä laskettiin kaksi kerrannetta, joiden keskiarvotulos oli käyttökelpoinen.

8.1.2 Aineiston käsittely

Kaikki kerätty aineisto koottiin yhteen Excel-tiedostoon analysointia varten. Kaikesta kerätyistä materiaalista saatiin numeraalista dataa, josta oli helppo etsiä eroavaisuuksia. Korrelaatioiden avulla aineistosta pyrittiin löytämään yhteneväisyyksiä. Mikäli korrelaatiokerroin on yli 0,30, kuvastaa se kahden muuttujan lineaarista yhteyttä.

8.2 Satokomponenttien laskenta

8.2.1 Oraat

Koejäsenten oraat laskettiin 10.6.2022, kun ne olivat Zadoksin kasvuasteikolla 11–12, jolloin sirkkalehti on täysin avautunut. Koejäseneltä mitattiin edustavasta kohtaa yhdeltä kylvöriviltä 80 cm:n pituus, jolta laskettiin jokainen orastunut oras. Jokaisella koejäsenellä tämä toistettiin kuusi kertaa, jotta saatiin luotettava tulos. Laskettu orasmäärä kerrottiin 10:llä, jolloin saatiin yhden neliön orasmäärä, kun kylvölannoittimien riviväli oli 12,5 cm. Kaikkien koejäsenten kerrannetulokset laskettiin yhteen ja tulos jaettiin kuudella, jotta saatiin luotettava keskiarvotulos, joka kuvastaisi koko koejäsenen orastuvuutta.

8.2.2 Tähkälliset pää- ja sivuversot

Tähkälliset pää- ja sivuversot laskettiin 7.8.2022, kun ne olivat Zadoksin kasvuasteikolla 86–87, jolloin kasvustot olivat kovassa taikinavaiheessa. Jokaiselta koejäseneltä kerättiin 40 cm:n pituudelta kylvörivi muovipussiin. Laskettavat kasvit kerättiin juurineen kahdesta eri kohdasta, jotta tulos olisi mahdollisimman luotettava ja tulos vastaa ruudun keskiarvoa versomäärissä. Kerätyt kasvit laskettiin ja niistä eroteltiin pää- ja sivuversot erikseen ja tulokset kirjattiin ylös. Saadut tulokset kerrottiin 20:llä, jotta saadaan versomäärä, joka kasvaa yhdellä neliöllä.

8.2.3 Tähkien jyvämäärä

Tähkien jyvämäärä laskettiin samassa yhteydessä kuin tähkälliset pää- ja sivuversot 7.8.2022. Samoista kasveista laskettiin pää- ja sivuversojen tähkien jyvämäärä, joista laskettiin myös versomäärät. Tähkien jyvämäärässä oli useita kerranneita, koska kaikkien versojen tähkien jyvämäärät laskettiin.

9 PELTOKOKEEN TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

9.1 Kasvuajan sää

Ohran kasvuajana säät olivat vaihtelevia. Lämpösummaa kasvuajana kertyi 1103 astetta, joka on Toria-ohralle riittävä määrä (Kangas ym., 2010, s. 50). Kuukausitasolla lämpösummaa kertyi tasaisesti toukokuuta lukuun ottamatta, jolloin mittauspäiviä oli vain seitsemän. Korkein lämpösummakertymä oli heinäkuussa. Kasvuajan pituus oli 98 päivää, jolloin Toria-lajike ehti tuleentumaan (Kangas ym., 2010, s. 50). Sademäärää kasvukaudella kertyi 287 mm. Keskellä kasvukautta kasvustolla oli niukkuutta vedestä, mutta se ei kärsinyt kuivuudesta. Toukokuussa kylvöjen jälkeen tuli runsas vesisade, joka lietti maanpinnan pahoin. Satoisuusikunan aikana kesä- ja heinäkuun vaihteessa sadanta oli heikompaa. Sateisin kuukausi kasvukauden aikana oli elokuu, jolloin sateet jakautuivat alku- ja puoliväliin kuuta. Kasvuajan tiedot on koottu kuukausittain taulukkoon 7.

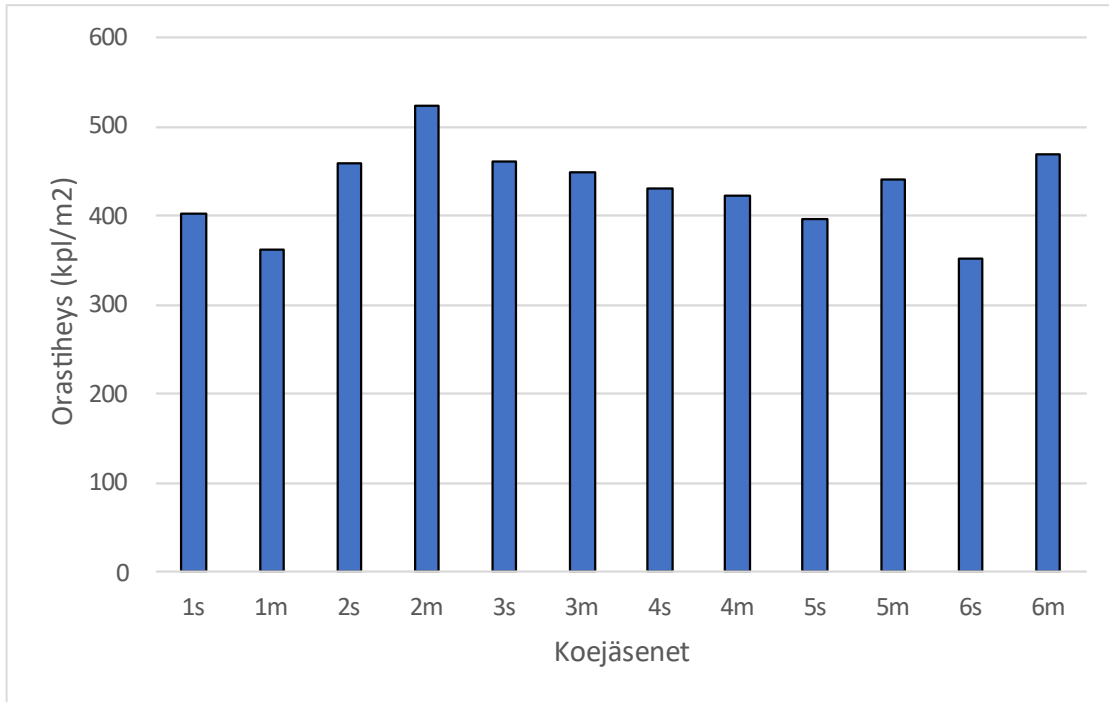
Taulukko 7. Kasvuajana kertynyt sademäärä ja lämpösumma kuukausittain.

Kuukausi	Sademäärä (mm)	Lämpösumma (°C)
Toukokuu (25.5.–31.5.)	38	51
Kesäkuu	41	344
Heinäkuu	78	359
Elokuu (1.8.–30.8.)	130	350
Yhteensä	287	1103

9.2 Satokomponentit ja kasvin kehitys

9.2.1 Oraat

Koejäsenten orastuvuudet vaihtelivat 353–523 kpl/m² välillä (Kuvio 8). Tihein orastuvuus saavutettiin kylvämällä lannoitteet ja siemenet samaan kylvöriiviin normaalilla lannoitustasolla multavammalle alueelle. Heikoin orastuvuus oli koejäsenellä, jossa lannoitteet ja siemenet sijoitettiin samaan kylvöriiviin vähennetyllä lannoituksella savisemmalle alueelle. Orastihyden laskentatulosten perusteella lähes jokaisella koejäsenellä jäätin tavoitellusta 500 kpl/m² orastihydestä.



Kuvio 8. Koejäsenten mitatut orastiheydet (kpl/m²). (1: sama rivi nestelannoitus, 2: eri rivi normaali lannoitus, 3: eri rivi vähennetty lannoitus, 4: sama rivi jaettu lannoitus, 5: sama rivi normaali lannoitus, 6: sama rivi vähennetty lannoitus, S=savisempi alue, M=multavampi alue)

Harva orastiheys saattoi johtua kylvön jälkeisistä suurista sateista. Kaikki koejäsenet liettyivät pahoin ja kuorettuivat sen jälkeen, mikä on voinut häiritä oraiden kasvua. Lohkolle tehdyistä MARA-testeistä ei löytynyt luontevaa selitystä erilaisille tuloksille, vaan erot voivat johtua pellon pienistä eroista, joita ei MARA-testeissä pystytä havainnoimaan. Nestelannoitetun koejäsenen oraat olivat keskimääräisesti kaikista heikoimmat, mikä saattoi johtua kylvölannoittimen pienemmästä rengastuksesta, joka tiivisti maanpinnan tiiviimmäksi kuin muut kylvölannoittimet. Tiivistymiseroa ei kuitenkaan havaittu penetrometrimittauksessa.

Kuvassa 6 oikeassa yläreunassa erottuu nestelannoitettu koejäsen, joka on selvästi vihreämpi, koska se kylvettiin ennemmin. Pienempi, mutta erottuva ero on kuvan 6 keskellä, jossa oikealla puolella on kylvetty siemenet ja lannoitteet eri kylvöriiviin ja vasemmalla puolella siemenet ja lannoitteet on kylvetty samaan kylvöriiviin. Eri kylvöriiviin kylvetty koejäsen orastui hieman ennemmin kuin samaan kylvöriiviin kylvetty koejäsen. Orastumisnopeuteen voi vaikuttaa lannoitteen kuivattava vaikutus.



Kuva 6. Koejäsenet liettyivät pahoin kylvön jälkeisistä vesisateista 3.6.2022, mikä häiritsi oraiden kasvua. Oikealla puolella nopeammin orastunut koejäsen, jossa lannoitteet ja siemenet kylvettiin eri riviin. Vasemmalla puolella hitaammin orastunut koejäsen, jossa lannoitteet ja siemenet kylvettiin samaan riviin (Mäki, 2022 CC BY-ND).

Yhdeksän päivää kylvöstä koejäsenten välillä erottui eri kylvökoneilla kylvetyt koejäsenet (Kuva 7). Samaa kylvöriviin kylvetty koejäsen kuvan 7 vasemmassa reunassa erottui heikompana kasvustona 5.6.2022. Eri kylvöriviin kylvetty koejäsen kuvan 7 oikeassa reunassa oli elinvoimaisempi kuin samaan riviin kylvetty koejäsen.



Kuva 7. Silmämääräisten havaintojen mukaan eri kylvöriiviin kylvetty koejäsen (vasen) on elinvoimaisempi kuin samaan kylvöriiviin kylvetty koejäsen (oikea) 5.6.2022 (Mäki, 2022 CC BY-ND).

Nestelannoitettu koejäsen erottui tummempana kasvustona vielä 10.6.2022, koska se oli kylvetty ennemmin (Kuva 8). Muiden koejäsenten erot olivat tasoittuneet verrattuna tilanteeseen, joka oli 3.6.2022. Eri kylvöriiviin kylvetyt koejäsenet olivat hieman pidempiä ja oraat olivat tasaisempia.

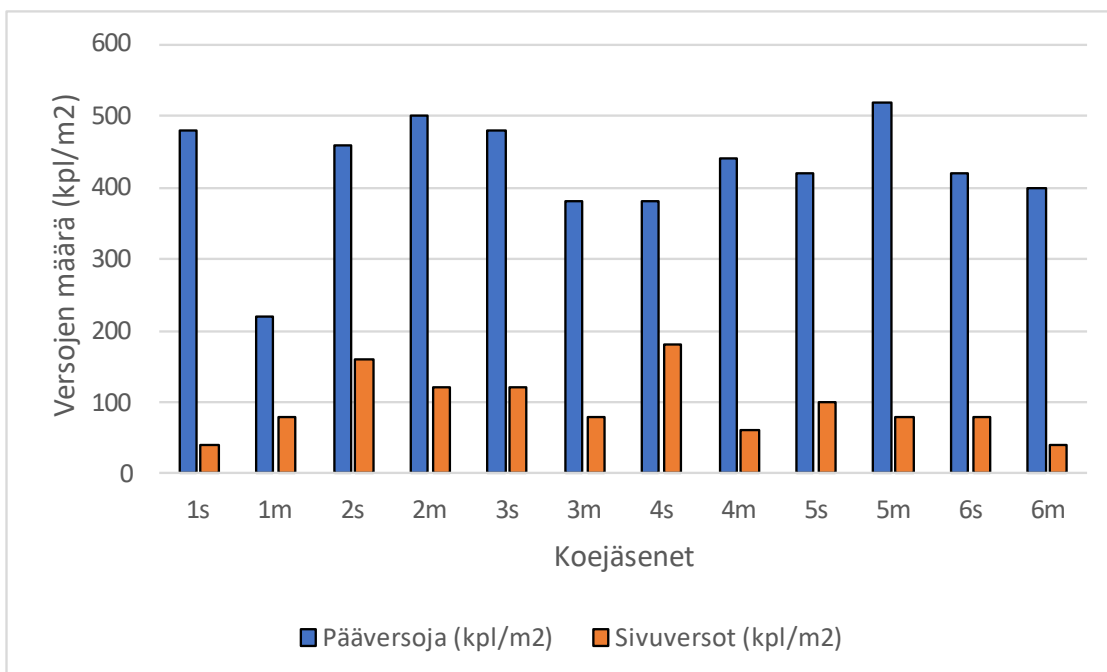


Kuva 8. Nestelannoitettu koejäsen, joka erottuu tummempana kuvan vasemmalla puolella 10.6.2022 (Mäki, 2022 CC BY-ND).

9.2.2 Pää- ja sivuversot

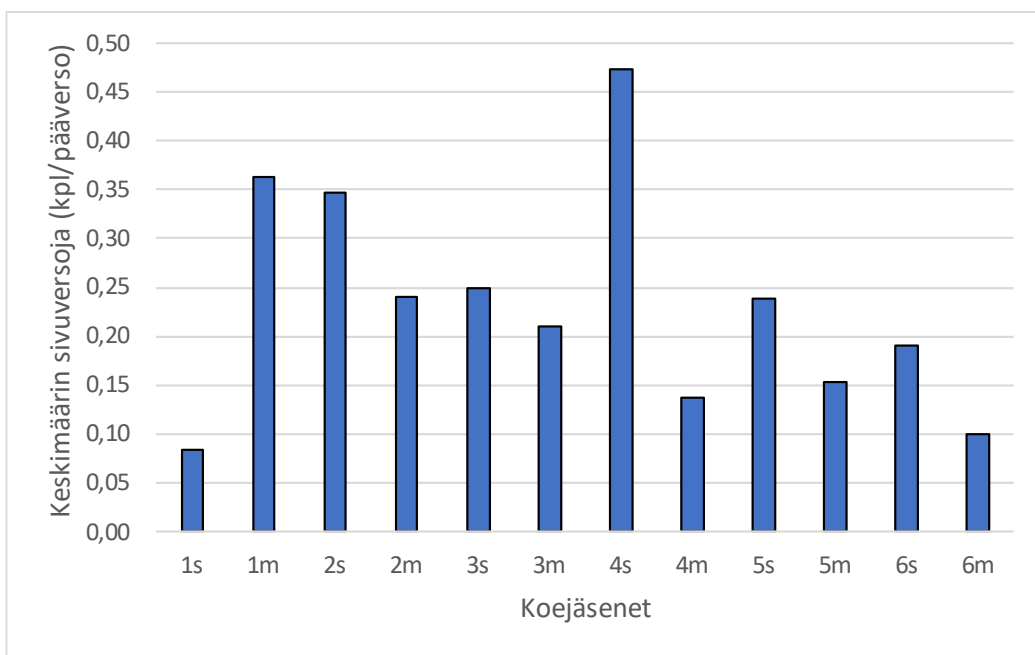
Pääversojen määrät vaihtelivat 520–220 kpl/m² välillä (Kuvio 9). Eniten pääversoja oli koejäsenellä, jossa lannoitteet ja siemenet sijoitettiin samaan kylvöriiviin multavammalle alueelle. Vähiten pääversoja oli nestelannoitetun koejäsenen multavammalla alueella. Pääversojen määrät mukailivat pääsääntöisesti sitä, mitä koejäsenten orasmäärät olivat. Samoilla koejäsenillä, joilla orastuvuus oli hyvä, oli myös enemmän pääversoja. Pääversojen suuri määrä korreloi negatiivisesti sivuversojen määrä kanssa (Liite 1). Nestelannoitetun koejäsenen multavalla alueella oli vähiten pääversoja, mutta koejäsenen sisällä esiintyi runsaasti vaihtelua kasvuston tiheydessä, minkä vuoksi pääversolaskennassa saattaa olla virheitä.

Sivuversojen määrät vaihtelivat 180–40 kpl/m² välillä (Kuvio 9). Eniten pääversoja oli koejäsenellä, jossa lannoitteet ja siemenet sijoitettiin samaan kylvöriiviin jaetun lannoituksen savisemmalla alueella. Vähiten sivuversoja oli nestelannoitetun koejäsenen savisemmalla alueella sekä koejäsenellä, jossa lannoitteet ja siemenet sijoitettiin samaan kylvöriiviin vähennetyllä lannoituksella multavammalla alueella.



Kuvio 9. Pää- ja sivuversojen määrä koejäsenittäin (kpl/m²). (1: sama rivi nestelannoitus, 2: eri rivi normaali lannoitus, 3: eri rivi vähennetty lannoitus, 4: sama rivi jaettu lannoitus, 5: sama rivi normaali lannoitus, 6: sama rivi vähennetty lannoitus, S=savisempi alue, M=multavampi alue).

Peltokokeen koejäsenien keskimääräiset sivuversomäärät pääversoa kohti vaihtelivat 0,08–0,47 kpl/pääverso välillä (Kuvio 10). Eniten sivuversoja pääversoa kohti oli koejäsenellä, jossa lannoitteet ja siemenet sijoitettiin samaan kylvöriiviin savisemmalla alueella ja vähiten oli nestelannoitetun koejäsenen savisemmalla alueella. Peltolohkon kasvusto oli pääosin pääversoaltaista, joten satomäärä muodostui lähes kokonaan pääversojen sadosta. Suuri orasmäärä korreloi negatiivisesti sivuversojen määrän kanssa (Liite 1). Kasvustot pensoivat enemmän harvassa orastiheydessä, jolloin sivuversoja syntyi enemmän. Koejäsenessä, jossa lannoitteet ja siemenet kylvettiin samaan kylvöriiviin jaettuna lannoituksena, pensoi eniten sivuversoja.



Kuvio 10. Keskimääräinen sivuversomäärä pääversossa koejäsenittäin (kpl/pääverso). (1: sama rivi nestelannoitus, 2: eri rivi normaali lannoitus, 3: eri rivi vähennetty lannoitus, 4: sama rivi jaettu lannoitus, 5: sama rivi normaali lannoitus, 6: sama rivi vähennetty lannoitus, S=savisempi alue, M=multavampi alue)

Koejäsenten väliset kasvuerot tasoittuivat 21.6.2022, kun kasvusto oli BBCH-asteikon korrenkasvuvaiheessa 33 (Liite 2) (Kuva 9). Koejäsenillä, joilla lannoitteet ja siemenet oli kylvetty eri kylvöriiviin, oli hieman tiheämpiä ja tummemman värisiä kasvustoja. Muiden koejäsenten välillä ei ollut eroja.

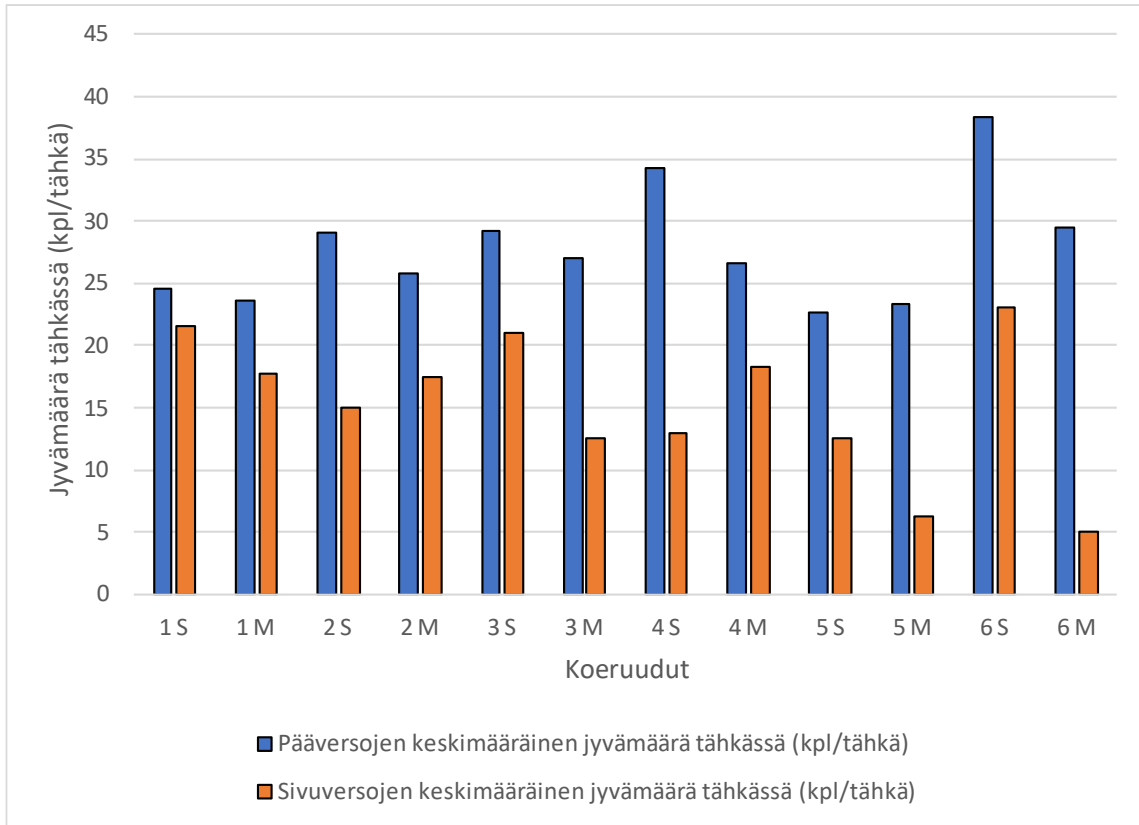


Kuva 9. Ohrakasvusto kuvattuna 21.6.2022 korren kasvuvaiheessa, jolloin koejäsenten väliset erot olivat tasoittuneet (vertaa ajankohtaan 5.6.2022 ja 10.6.2022) (Leikkola, 2022 CC BY-ND).

9.2.3 Tähkien jyvämäärä

Pääversojen tähkien jyvämäärät vaihtelivat koejäsenten välillä 38–23 kpl/tähkä (Kuvio 11). Eniten jyviä pääversion tähkässä oli koejäsenellä, jolla lannoite ja siemen sijoitetaan samaan kylvöriin vähennetyllä lannoituksella savisemmalle alueelle. Vähiten jyviä oli koejäsenellä, jolla lannoite ja siemen sijoitetaan samaan kylvöriin normaalilla lannoitustasolla multavammalle alueelle. Suuri jyvämäärä pääversion tähkässä korreloi sivuversojen määrän kanssa (Liite 1).

Sivuversojen tähkien jyvämäärä vaihteli 22–5 kpl/tähkä välillä (Kuvio 11). Eniten sivuversoja tuotti koejäsen, jossa lannoitteet ja siemenet sijoitetaan samaan kylvöriin vähennetyllä lannoituksella savisemmalle alueelle. Vähiten sivuversoja tuotti koejäsen, jossa lannoitteet ja siemenet sijoitetaan samaan kylvöriin vähennetyllä lannoituksella multavammalla alueella. Orasmäärä korreloi negatiivisesti sivuversojen tähkien jyvämäärän kanssa (Liite 1).



Kuvio 11. Koejäsenten pää- ja sivversojen tähkien jyvämäärät (kpl/tähkä). (1: sama rivi nestelannoitus, 2: eri rivi normaali lannoitus, 3: eri rivi vähennetty lannoitus, 4: sama rivi jaettu lannoitus, 5: sama rivi normaali lannoitus, 6: sama rivi vähennetty lannoitus, S=savisempi alue, M=multavampi alue).

Kasvustojen välillä ei ollut eroja 17.7.2022 BBCH-kasvuasteella 59, jossa kukinto on kokonaan ulkona tupesta (Kuva 10) (Liite 1). Kovassa taikinavaiheessa kasvustot olivat 7.8.2022 (Kuva 11). Tässä vaiheessa koejäsentien välillä oli pientä vaihtelua. Vaihteluväli BBCH-kasvuasteilla oli 85–87 (Liite 1).

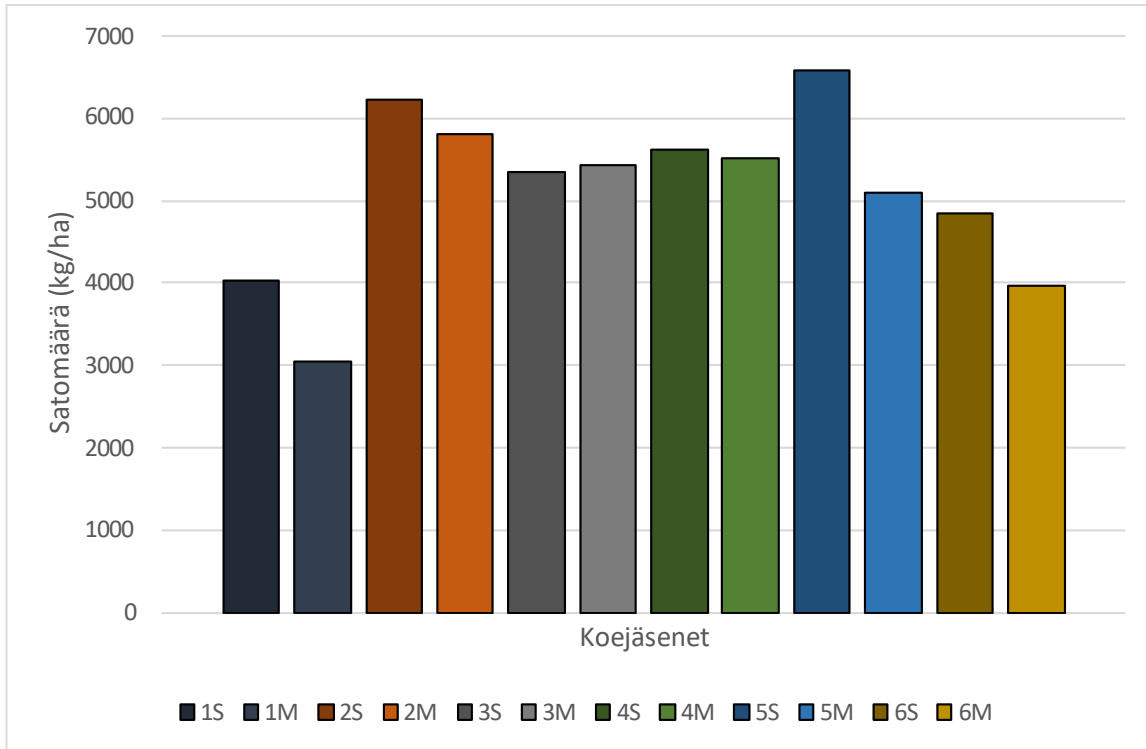


Kuva 10. Koejäsenten välillä ei ollut eroja 17.7.2022 BBCH-kasvuasteella 59, jossa kukinto on kokonaan ulkona tupesta (Leikkola, 2022 CC BY-ND).



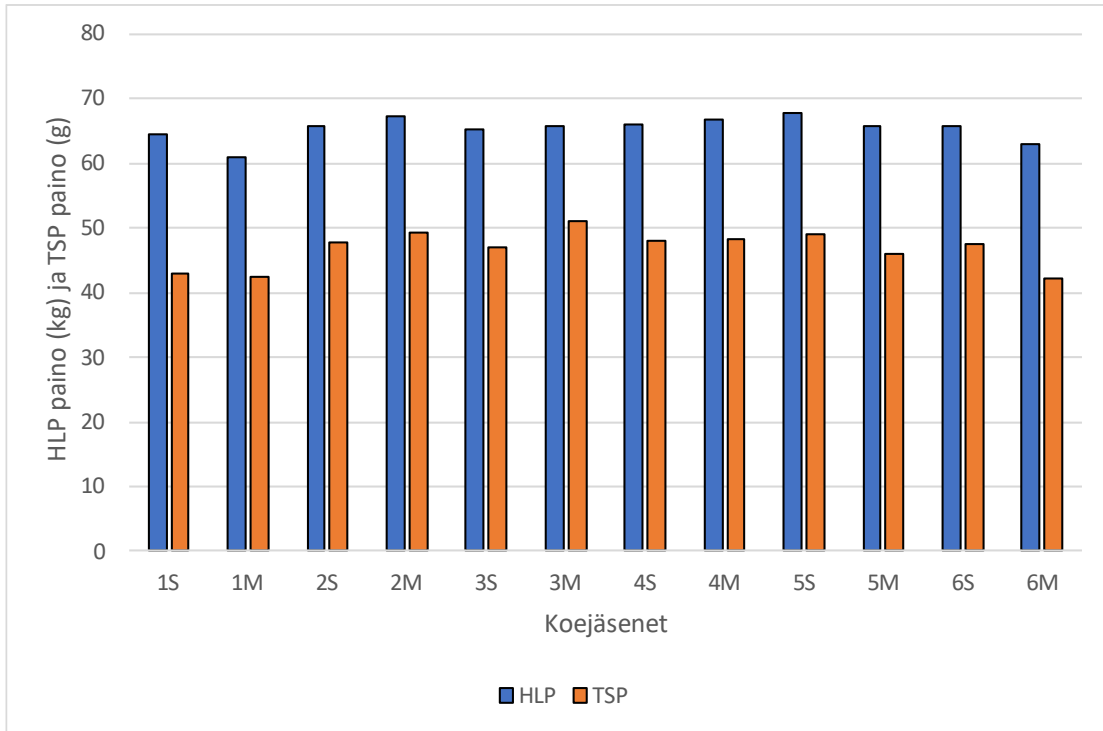
Kuva 11. Koejäsenillä oli pieniä eroja, joita ei silmämääräisesti pystynyt havaitsemaan 7.8.2022. BBCH-kasvuasteilla koejäsenet vaihtelivat 85–87:n välillä (Leikkola, 2022 CC BY-ND).

Satomäärät vaihtelivat 3 082–6 607 kg/ha välillä (Kuvio 12). Heikoimman keskimääräisen sadon tuotti nestelannoitettu koejäsen, josta multavampi alue tuotti heikoimman sadon kaikista koejäsenistä. Suurimman sadon tuotti koejäsen, jossa lannoite ja siemen sijoitetaan samaan kylvöriiviin normaalilla lannoitustasolla savisemmalle alueelle. Suurimman keskimääräisen sadon tuotti koejäsen, jossa sijoitetaan lannoite ja siemen eri kylvöriiviin.



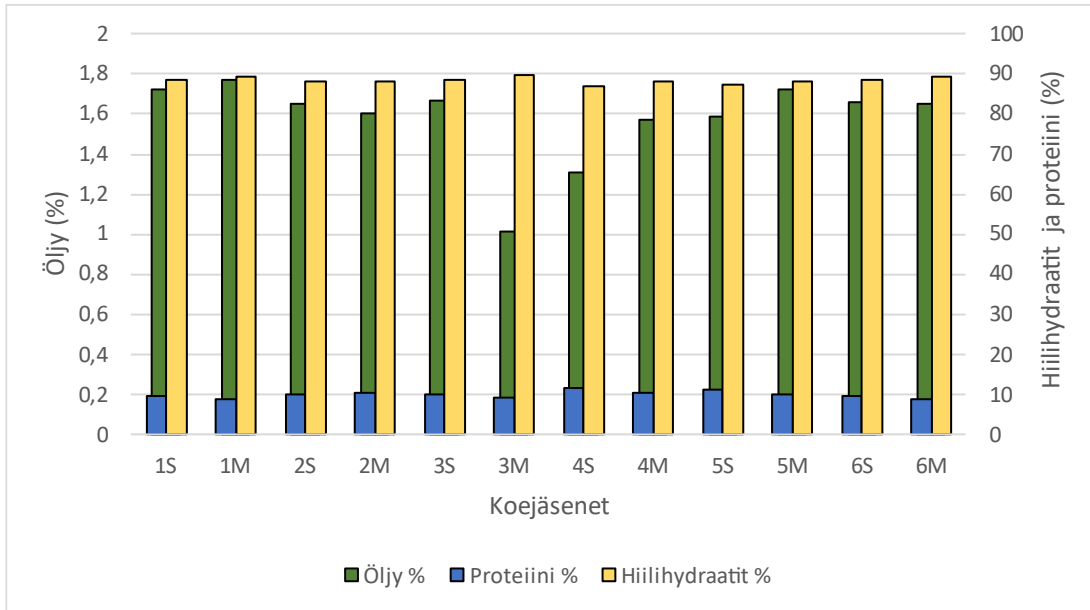
Kuvio 12. Ohran satomäärä eri koejäsenillä (kg/ha). (1: sama rivi nestelannoitus, 2: eri rivi normaali lannoitus, 3: eri rivi vähennetty lannoitus, 4: sama rivi jaettu lannoitus, 5: sama rivi normaali lannoitus, 6: sama rivi vähennetty lannoitus, S=savisempi alue, M=multavampi alue).

Koejäsenten sadon laaduissa esiintyi pieniä eroja. Hehtolitrapainot (HLP) vaihtelivat 67,7–61,0 kg:n välillä (Kuvio 13). Korkein hehtolitrapaino saavutettiin kylvämällä siemenet ja lannoitteet samaan kylvöriiviin normaalilla lannoitustasolla koejäsenen savisemmalta alueelta, matalin hehtolitrapaino oli nestelannoitetulla koejäsenellä multavammalta alueelta. Hehtolitrapaino korreloi vahvasti satomäärän kanssa (Liite 3). Tuhannen siemenen paino (TSP) vaihteli välillä 51,1–42,4. Korkein tuhannen siemenen paino oli koejäsenellä, jossa lannoitteet ja siemenet kylvettiin eri kylvöriiviin vähennetyllä lannoitustasolla multavammalla alueella. Matalin tuhannen siemenen paino oli nestelannoitetun koejäsenen multavammalla alueella. Tuhannen siemenen paino korreloi vahvasti satomäärän kanssa (Liite 3).



Kuvio 13. Koejäsenten ohrasatojen hehtolitrapaino ja tuhannen siemenen paino (1: sama rivi nestelannoitus, 2: eri rivi normaali lannoitus, 3: eri rivi vähennetty lannoitus, 4: sama rivi jaettu lannoitus, 5: sama rivi normaali lannoitus, 6: sama rivi vähennetty lannoitus, S=savisempi alue, M=multavampi alue).

Koejäsenten öljy-, proteiini- ja hiilihydraattipitoisuuksissa oli pieniä eroja (Kuvio 14). Öljypitoisuudet vaihtelivat 1,01–1,77 %:n välillä. Korkein öljypitoisuus oli nestelannoitetun koejäsenen multavammalla alueella ja matalin oli koejäsenellä, jolla siemenet ja lannoitteet sijoitettiin eri kylvöriiviin vähennetyllä lannoituksella multavammalla alueella. Proteiinipitoisuudet vaihtelivat 8,83–11,61 %:n välillä. Korkein proteiinipitoisuus oli koejäsenellä, jolla siemenet ja lannoitteet sijoitettiin samaan kylvöriiviin jaetulla lannoituksella multavammalla alueella, ja matalin proteiinipitoisuus oli nestelannoitetun koejäsenen multavammalla alueella. Hiilihydraattipitoisuuksien välillä oli vain vähän vaihtelua. Ne vaihtelivat 87,07–89,81 %:n välillä. Korkein hiilihydraattipitoisuus oli koejäsenellä, jolla lannoitteet ja siemenet sijoitettiin eri kylvöriiviin matalalla lannoitustasolla multavammalla alueella. Matalin proteiinipitoisuus oli puolestaan koejäsenellä, jossa lannoitteet ja siemenet sijoitettiin samaan riviin jaetulla lannoituksella multavammalla alueella.



Kuvio 14. Ohrasadon proteiini-, öljy- ja hiilihydraattipitoisuudet koejäsenittäin (1: sama rivi nestelannoitus, 2: eri rivi normaali lannoitus, 3: eri rivi vähennetty lannoitus, 4: sama rivi jaettu lannoitus, 5: sama rivi normaali lannoitus, 6: sama rivi vähennetty lannoitus, S=savisempi alue, M=multavampi alue).

10 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miten lannoitteen sijainti, erilaiset lannoitustasot sekä neste- ja raelannoitteen erot vaikuttavat ohrasadon laatuun ja määrään. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Junkkari Oy, joka toteutti peltokokeet LEVITOI-hankkeen kanssa yhteistyössä. LEVITOI-hankkeessa pyritään löytämään uusia laite- ja työkoneratkaisuja sekä lisäämään markkinoiden maatalous- ja työkonetekniikan osaamista. Junkkari Oy käyttää kerättyä aineistoa tuotekehityksessään. Ilmastonmuutoksen myötä sään ääri-ilmiöt lisääntyvät, mikä voi aiheuttaa kevätkosteuden vähyyttä, jonka vuoksi orastumisongelmat saattavat yleistyä.

Peltokokeet suoritettiin kasvukauden 2022 aikana. Koejäsenenä kokeessa olivat eri lannoitustasot, neste- ja raelannoite, lannoitteen sijainti ja savisempi sekä multavampi pellon alue. Kasvukauden aikana koejäsenten satokomponentit tutkittiin ja laskettiin. Sen jälkeen koejäsenten sato puitiin, satomäärä mitattiin ja sadon laatu analysoitiin kuivatusta sadosta.

Kasvukausi 2022 oli sääolosuhteiden suhteen vaihteleva. Kylvön jälkeen seuraavan viikon kuluessa satoi 40 mm vettä, joka lietti pellon pinnan, minkä jälkeen se kuorettui. Kuorettuminen haittasi orastumista, ja se vaikutti peltokokeiden tuloksiin huomattavasti. Kevään reilun kosteuden jälkeen kasvustoilla oli keskikesällä niukkuutta vedestä, mutta syksyllä kosteutta oli riittävästi.

Opinnäytetyöstä saatiin luotettavia arvioita lannoitteiden sijainnin vaikutuksesta ohran satomäärään ja -laatuun yhden kasvukauden osalta. Peltokokeessa käytetyt lannoitemäärät olivat maltillisia, joten lannoite ei häirinnyt kasvin orastumista. Peltokokeiden keskimääräinen korkein satomäärä saatiin, kun lannoite sijoitettiin eri kylvöriiviin siemenen kanssa. Toisaalta yksittäinen korkein satomäärä saatiin, kun lannoite sijoitettiin samaan kylvöriiviin siemenen kanssa. Viljan laatu oli sitä parempi, mitä korkeampi satomäärä oli.

Maatalousyritysten peltojen kasvukunto vaikuttaa kylvömenetelmän valinnassa. Pääsääntöisesti voidaan yhden kasvukauden peltokokeiden tulosten mukaan päätellä, että lannoitteen sijainnilla ei ole niin suurta vaikutusta, mikäli jokin muu asia pellolla on satomäärää rajoittava tekijä. Lisäksi kylvöteknisesti ajateltuna kylvövantaiden määrän kasvaessa tulee myös muita maatalousyrityksen kokonaisuuteen vaikuttavia tekijöitä. Kylvölannoittimen

kylvövantaita lisättäessä nousevat kylvölannoittimen huolto- ja hankintakustannukset sekä polttoaineen kulutus kasvaa. Mikäli ilmastonmuutoksen myötä kuivat alkukesät lisääntyvät, voi lannoitteen sijainnilla olla suurempi vaikutus orastuvuuteen.

LÄHTEET

- Ahvenniemi, P. (2012). *Ajankohtaisia kasvinsuojeluohjeita* (15. p.) (Kasvinsuojeluseuran julkaisu 103). Kasvinsuojeluseura.
- Avonius, A. (2011). *Viljelijöiden lannoitteiden levitystavat sekä ostotottumukset* [Opinnäyte-työ, Jyväskylän Ammattikorkeakoulu]. (Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma Luonnonvara- ja ympäristöala). Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201205147944>
- Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY). (8/2014). *Viljakasvien veden tarve ja luon- tainen vedensaanti*. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/103498/sadetuk- sen%20k%C3%A4ytt%C3%B6%20viljaviljelyss%C3%A4.pdf?sequence=2>
- Eurofins Agro. (12.3.2020). *Maan NIR-analyysi: Kationinvaihtokapasiteetti (KVK) on maa- perän ravinneakku*. [https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/me- dia/2853727/maan-nir-analyysi-kationinkapasiteetti.pdf](https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/2853727/maan-nir-analyysi-kationinkapasiteetti.pdf)
- Falls, J.H., & Siegel, S.A. (2005). Fertiliser. Teoksessa *Encyclopedia of Analytical Science* (p.2., s.1- 8.,). Elsevier.
- Hinkkanen, K., & Partanen, E. (2000). Viljelykierto. Teoksessa A. Ansalehto, A. Hannuk- kala, E. Heinonen, K. Hinkkanen, T. Kaarlehto, K. Kinnunen, S. Koivula, H. Koskimies, M-R. Kottila, R. Kuusinen, P. Leinonen, I. Markkula, M. Nissinen, E. Partanen, M. Pi- hala, I. Schepel, A. Setälä, A. Tamminen J. Väisänen, & S. Zuban, *Luomuviljan tuo- tanto* (s. 24) (Tietoa tuottamaan 86). Maaseutukeskuksen liitto.
- Hyvärinen, T. (30.3.2017). *Maan ravinnereservit*. [PowerPoint-esitys]. Proagria. https://ra- vinnerenki.savonia.fi/images/17_3_Lapinlahti/2Lapinlahti300317.pdf
- Hyytiäinen, T., & Hiltunen, S. (1999). *Kasvintuotanto 1*. Kirjayhtymä.
- Ilmatieteenlaitos. (i.a.). *Lämpötila- ja sadetilastoja vuodesta 1961*. Valitut muuttujat: Sade- määrä, Seinäjoki & vuosi. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tilastoja-vuodesta-1961>
- Jaakkola, A. (1996). Kasviravitsemus. Teoksessa R. Heinonen, H. Hartikainen, E. Aura, A. Jaakkola, & E. Kempainen (toim.), *Maa, viljely ja ympäristö* (1.–2.p., s. 216–235). WSOY.
- Junkkari. (i.a.-a). Junkkari S-sarja. <https://www.junkkari.fi/junkkari-s-sarja>
- Junkkari. (i.a.-b). Junkkari T-sarja. <https://www.junkkari.fi/junkkari-t-sarja>
- Junkkari. (i.a.-c). Kylvölannoittimet. <https://view.taiqa.com/mskgroup/kylvolannoit- tin suomi#/page=1>

- Junkkari. (2010-d). *Kylvölannoitin: Maestro plus käyttöohjeet*. https://www.junkkari.fi/ohjekirjoja?p_p_id=LiferayDoclibBrowser_WAR_LiferayDoclibBrowser&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&action=file&folder-id=0&file-entry-id=1014115
- Junkkari. (2021-e). S-SH-M-T-D: *Kylvökoneet ohjekirja*. https://www.junkkari.fi/ohjekirjoja?p_p_id=LiferayDoclibBrowser_WAR_LiferayDoclibBrowser&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&action=file&folder-id=0&file-entry-id=19975254
- Kangas, A., Laine, A., Niskanen, M., Salo, Y., Vuorinen, M., Jauhiainen, L., & Nikander, H. (2010). *Virallisten lajikekokeiden tulokset 2003–2010* (MTT kasvu 13). Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-303-1>
- Kara, O., Räisänen, L., & Palomäki, A. (1970). *Rivilannoitus: rivi- ja kylvölannoituskoneet* (Vakolan tiedote 11/70). Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014081532868>
- Kekkilä. (i.a.). *Lannoita oikein: mitä eroa lannoitteiden välillä on*. <https://www.kekkila.fi/artikkeli/kekkiilan-lannoitekoulu-mita-eroa-lannoitteiden-valilla-on/>
- Keskitalo, M., Peltonen, S., & Alakukku, L. (2017). Kasvinvuorotus osaksi viljelysuunnitelua ja viljelyä. Teoksessa L. Alakukku, J. Heikkinen, L. Jauhiainen, J. Joonas, E. Kaila, M. Kari, M. Keskitalo, H. Känkäinen, T. Mattila, A. Mustonen, M. Mylly, S. Myyrä, V. Nuutinen, A. Palojärvi, S. P. Pelto-Sainio, T. Salo, H. Soinnie, J. Tiisanen, M. Yli-Halla, H. Äijö, & S. Peltonen (toim.), *Peltojen kunnostus* (s. 39–41). (Tieto tuottamaan 143). Proagria.
- Kleemola, J., Partanen, E., Kari, M., & Peltonen, J. (2009). Ravinnelähteet. Teoksessa L. Alakukku, A. Jaakkola, M. Kari, J. Kleemola, V. Mäntylähti, E. Partanen, J. Peltonen, M. Puustinen, P. Savela, T. Sipiläinen, S. Tauriainen, M. Yli-Halla (toim.), *Ravinteet kasvinuotannossa* (s. 30–42). (Tieto tuottamaan 127). Proagria.
- Kleemola, J., & Pulkkinen, M. (2021). Lannoitteet ja siemenet samaan uraan: vaikuttaako kasvuun. <https://maatilanpellervo.fi/2021/05/10/lannoitteet-ja-siemenet-samaan-uraan-vaikuttaako-kasvuun/>
- Kleemola, L. (2009). Tasapainoinen ja taloudellinen lannoitus: Maanmuokkaus- ja lannoitusmenetelmät ravinteiden saatavuuden kannalta. Teoksessa L. Alakukku, A. Jaakkola, M. Kari, J. Kleemola, V. Mäntylähti, E. Partanen, J. Peltonen, M. Puustinen, P. Savela, T. Sipiläinen, S. Tauriainen, M. Yli-Halla (toim.), *Ravinteet kasvinuotannossa* (s. 68–72). (Tieto tuottamaan 127). Proagria.

Kontturi, M., & Saarela, I. (2000). *Ohrasta oluen synty: Käsikirja mallasohran tuottajille*. MTK.

Lantmännen agro. (2022). *Viljelyopas 2022*.

Luonnonvarakeskus (Luke). (i.a). *Käytössä oleva maatalousmaa ELY-keskuksittain*. Valitut muuttujat: 2022, Etelä-Pohjanmaa, viljelyala (1000 ha), käytössä oleva maatalousmaa yhteensä, viljelyala yhteensä & ohra yhteensä.

https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_02%20Maatalous_04%20Tuotanto_22%20Kaytossa%20oleva%20maatalousmaa/01_Kaytossa_oleva_maatalousmaa_ELY.px/table/tableViewLayout2/

Luonnonvarakeskus (Luke). (20.6.2022). *Käytössä oleva maatalousmaa 2022 (ennakko)*.

<https://www.luke.fi/fi/tilastot/kaytossa-oleva-maatalousmaa/kaytossa-oleva-maatalousmaa-2022-ennakko>

Mosaic. (i.a.). *Nitrogen: in plants*. <https://www.cropnutrition.com/nutrient-management/nitrogen>

Mikkola, H., Alakukku, L., & Kauppila, R. (2004). Lannoitus suorakylvössä. Teoksessa E. Huusela-Veistola, H. Jalli, R. Kauppila, V. Kuoppala, H. Känkänen, M. Lindroos, M. Lätti, H. Mikkola, M. Myllys, V. Nuutinen, A. Palojärvi, P. Parikka, S. Peltonen, M. Puustinen, K. Regina, E. Turtola, & L. Alakukku (toim.), *Suorakylvöopas*. (s. 36). (Tieto tuottamaan 107). Proagria.

Peltoluhta, T. (i.a). Junkkarin nestelannoitusvarustukselta varusteltu kylvövannas [valokuva]. CC BY-ND.

Peltomaa, R. (2002). Salaojitus ja pellon vesitalous: Salaojituksen tavoitteet. Teoksessa H. Mikkola, V. Nuutinen, A. Palojärvi, R. Peltomaa, S. Peltonen, L. Pietola, J. Pitkänen, J. Rajala, & L. Alakukku (toim.), *Maan rakenteen hoito*. (s. 33–34). (Tieto tuottamaan 98). Proagria.

Peltonen, J. (2009). Kasviravinteet. Teoksessa L. Alakukku, A. Jaakkola, M. Kari, J. Kleemola, V. Mäntylähti, E. Partanen, J. Peltonen, M. Puustinen, P. Savela, T. Sipiläinen, S. Tauriainen, M. Yli-Halla (toim.), *Ravinteet kasvintuotannossa* (s. 6). (Tieto tuottamaan 127). Proagria.

Peltonen-Sainio, P., Rajala, A., & Seppälä, R. (2005). *Viljojen kehityksen ja kasvun ABC* (Maa- ja elintarviketalous 67). Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus.

Peltosiemen. (2023). *Lajikeopas 2023*. <https://read.epaper.fi/7619/Yj5FYWan>

Salonen, V. (2006). *Kasviekologia*. WSOY.

- Seppänen, M., Yli-Halla, M., Stoddard, F., & Mäkelä, P. (2020). Kasvutekijät. Teoksessa P. Mäkelä, M. Yli-Halla, J. Helenius, M. Kallela, F. Stoddard, T. Teeri, & M. Seppänen (toim.), *Peltokasvien tuotanto*. (4.p., s. 7). Opetushallitus.
- Suomen Nestelannoite. (i.a.). *Hyödyt: N-XT kompleksilannoitteiden hyödyt nurmen tuotannossa*. <https://www.suomennestelannoite.fi/nurmet/hyodyt/>
- Soviet School of Farming. (11.04.2022-a). *Horticulture: Cereal crops*. https://universityagro.ru/en/horticulture/cereal-crops/#Root_system
- Soviet School of Farming (24.01.2022-b). *Agrochemistry: diagnosis of plant nutrition*. https://universityagro.ru/en/horticulture/cereal-crops/#Root_system
- TehoPlus. (2013). Maatilan ympäristökäsikirja (Teho Plus -hankkeet julkaisut 1/2013). <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-257-852-5>
- Yara. (i.a.-a). *Fosfori maaperässä*. <https://www.yara.fi/lannoitus/ravinteet/fosfori/fosfori-liikkuu-huonosti/>
- Yara. (i.a.-b). *Lannoitus: Hivenravinteet*. <https://www.yara.fi/lannoitus/hivenravinteet/>
- Yara. (i.a.-c). *Ravinteet*. <https://www.yara.fi/lannoitus/ravinteet/>
- Yara. (i.a.-d). *Ravinteet: Kalium*. <https://www.yara.fi/lannoitus/ravinteet/kalium/>
- Yara. (i.a.-e). *Ravinteet: Kalsium*. <https://www.yara.fi/lannoitus/ravinteet/kalsium/>
- Yara. (i.a.-f). *Ravinteet: Rikki*. <https://www.yara.fi/lannoitus/ravinteet/rikki/>
- Yara. (i.a.-g). *Ravinteet: Typpi*. <https://www.yara.fi/lannoitus/ravinteet/typpi/>
- Ylhänen, A. (22.1.2014). *Suuri lannoitekatsaus. Käytännönmaamies (1/14)*. <https://kaytanonmaamies.fi/suuri-lannoitekatsaus/>
- Yli-Halla, M. (2009). Kasviravinteet. Teoksessa L. Alakukku, A. Jaakkola, M. Kari, J. Klemola, V. Mäntylähti, E. Partanen, J. Peltonen, M. Puustinen, P. Savela, T. Sipiläinen, S. Tauriainen, & M. Yli-Halla (toim.), *Ravinteet kasvintuotannossa* (s. 6–22). (Tieto tuottamaan 127). Proagria.
- Yli-Halla, M. (2017). Viljavuus pellon kasvukunnon perustana. Teoksessa L. Alakukku, J. Heikkinen, L. Jauhiainen, J. Joonas, E. Kaila, M. Kari, M. Keskitalo, H. Känkäinen, T. Mattila, A. Mustonen, M. Mylly, S. Myyrä, V. Nuutinen, A. Palojärvi, S. P. Pelto-Sainio, T. Salo, H. Soenne, J. Tiusanen, M. Yli-Halla, H. Äijö, & S. Peltonen (toim.), *Peltojen kunnostus* (s. 36). (Tieto tuottamaan 143). Proagria.

LIITTEET

Liite 1. Satokomponenttien korrelaatiotaulukko

Liite 2. Zadoksin desimaaliasteikko viljojen kasvuvaiheiden kuvaajana

Liite 3. Korrelaatiotaulukko satomäärä- ja laatutekijöiden välillä.

Liite 1. Satokomponenttien korrelaatiotaulukko

	<i>Pääversoja (kpl/m²)</i>	<i>Jyviä pääversion tähkässä (kpl/tähkä)</i>	<i>Sivuversot (kpl/m²)</i>	<i>Jyviä sivuversion tähkässä (kpl/tähkä)</i>	<i>Keskimäärin sivuversoja (kpl/pääv.)</i>	<i>Oraat (kpl/m²)</i>	<i>Sato (kg/ha)</i>
Pääversoja (kpl/m ²)	1						
Jyviä pääversion tähkässä (kpl/tähkä)	-0,02	1					
Sivuversot (kpl/m ²)	0,05	0,32	1				
Jyviä sivuversion tähkässä (kpl/tähkä)	-0,01	0,25	0,04	1			
<i>Keskimäärin sivuversoja (kpl/pääv.)</i>	-0,45	0,24	0,86	0,06	1		
Oraat (kpl/m ²)	0,52	-0,14	0,27	-0,35	-0,04	1	
Sato (kg/ha)	0,53	0,06	0,58	-0,08	0,20	0,40	1

Liite 2. Zadoksin desimaaliasteikko viljojen kasvuvaiheiden kuvaajana

Numerokoodi	Kuvaus
	<u>Itäminen</u>
00	Kuiva siemen
01	Siemen alkaa imeä vettä
02	-
03	Veden imeytyminen siemeneen täydellistä
04	-
05	Sirkkajuuri tunkeutuu esiin siemenestä
06	-
07	Koleoptiili eli itutappi tunkeutuu esiin siemenestä
08	-
09	Sirkkalehti näkyvillä aivan koleoptiilin kärjessä
	<u>Oraan kasvu</u>
10 (1)	Sirkkalehti tunkeutuu ulos suojaavasta itupesta
11 (1)	Sirkkalehti täysin avautunut
12	Toinen lehti täysin avautunut
13	Kolmas lehti täysin avautunut
14	Neljäs lehti täysin avautunut
15	Viides lehti täysin avautunut
16	Kuudes lehti täysin avautunut
17	Seitsemäs lehti täysin avautunut
18	Kahdeksas lehti täysin avautunut (ei yleisesti Suomessa)
19	Yhdeksäs lehti täysin avautunut (ei yleisesti Suomessa)
	<u>Versominen</u>
20	Vain pääverso
21 (2)	Pääversion lisäksi yksi sivuverso esillä
22	Pääversion lisäksi kaksi sivuversoa esillä
23	Pääversion lisäksi kolme sivuversoa esillä
24	Pääversion lisäksi neljä sivuversoa esillä
25	Pääversion lisäksi viisi sivuversoa esillä
26 (3)	Pääversion lisäksi kuusi sivuversoa esillä (ei yleisesti Suomessa)
27	Pääversion lisäksi seitsemän sivuversoa esillä (ei yleisesti Suomessa)
28	Pääversion lisäksi kahdeksan sivuversoa esillä (ei yleisesti Suomessa)
29	Pääversion lisäksi vähintään yhdeksän sivuversoa esillä (ei yleisesti)
	<u>Korren piteneminen</u>
30 (4-5)	Pääverso pysty
31 (6)	Ensimmäinen nivel tunnistettavissa
32 (7)	Toinen nivel tunnistettavissa
33	Kolmas nivel tunnistettavissa
34	Neljäs nivel tunnistettavissa
35	Viides nivel tunnistettavissa
36	Kuudes nivel tunnistettavissa
37 (8)	Lippulehti näkyvillä, muttei avautunut

38	-
39 (9)	Lippulehden korvake näkyvillä
40	-
41	Lippulehden tuppi laajenemassa
42	-
43	Lippulehden tuppi juuri näkyvästi turvonnut
44	-
45 (10)	Lippulehden tuppi voimakkaasti turvonnut, mutta ehyt
46	-
47	Lippulehden tuppi raottunut auki antaen tietä laajenneelle tähkälle
48	-
49	Ensimmäiset vihneet näkyvillä
	<u>Kukinnan esiintulo</u>
50 (10.1)	Ensimmäinen tähkylä juuri näkyvillä
51	-
52 (10.2)	Neljännes kukinnosta näkyvillä
53	-
54 (10.3)	Puolet kukinnosta näkyvillä
55	-
56 (10.4)	Kolme neljännestä kukinnosta näkyvillä
57	-
58 (10.5)	Kukinto kokonaan ulkona tupesta
59	-
	<u>Kukinta</u>
60 (10.5.1)	Kukinta aluillaan
61-63	-
64	Kukinta puolivälissä
65-67	-
68	Kukinta täydellistä
69	-
	<u>Maitovaihe</u>
70	-
71 (10.5.4)	Jyvä vetinen
72	-
73 (11.1)	Jyvä aikaisessa maitovaiheessa
74	-
75 (11.1)	Jyvä maitovaiheen keskivaiheilla
76	-
77 (11.1)	Jyvä myöhäisessä maitovaiheessa
78-79	-
	<u>Taikinavaihe</u>
80-82	-
83 (11.2)	Aikainen taikinavaihe
84	-
85 (11.2)	Pehmeä taikinavaihe
86	-
87 (11.2)	Kova taikinavaihe
88-89	-
	<u>Tuleentuminen</u>
90	-
91 (11.3)	Jyvä kova, vaikea halkaista kynnellä
92 (11.4)	Jyvä kova, ei voi halkaista kynnellä
93	Jyvä 'irtonainen'
94	Kasvusto ylituleentunut, olki ränsistynyttä
95	Jyvä dormanssissa eli itämislevossa
96	Jyvistä puolet itämiskykyisiä
97	Jyvät vapautuneet itämislevosta
98	Jyvä vaipunut sekundaarisien itämislepoon
99	Jyvä vapautunut sekundaarisesta itämislevosta

Liite 3. Korrelaatiotaulukko satomäärä- ja laatutekijöiden välillä

	<i>Proteiini %</i>	<i>Hiilihydraatit %</i>	<i>Öljy %</i>	<i>HLP</i>	<i>TSP</i>	<i>Satomäärä kg/ha</i>
Proteiini %	1					
Hiilihydraatit %	-0,97	1				
Öljy %	-0,15	-0,11	1			
HLP	0,72	-0,64	-0,32	1		
TSP	0,49	-0,33	-0,65	0,83	1	
Satomäärä kg/ha	0,71	-0,62	-0,35	0,91	0,84	1