



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Teemu Rinta-Säntti

Jaetun typpilannoituksen vaikutus ohran valkuaiseen

Opinnäytetyö
Kevät 2025
Agrologi (AMK)



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Agrologi (AMK)

Tekijä: Teemu Rinta-Säntti

Työn nimi: Jaetun typpilannoituksen vaikutus ohran valkuaiseen

Ohjaaja: Anna Tall

Vuosi: 2025

Sivumäärä: 31

Liitteiden lukumäärä: 0

Opinnäytetyössä tutkittiin jaetun typpilannoituksen vaikutusta ohran valkuaisen määrään ja laatuun. Opinnäytetyössä keskityttiin eri ravinteiden puutosoireisiin ja niiden vaikutuksista valkuaiseen.

Koe suoritettiin Teuvalla 14 hehtaarin kokoisella kasvulohkolla. Peltokokeen viljelykasvina oli Arild-ohra ja kasvulohko jaettiin kolmeen 1,3 hehtaarin koeruutuun. Koejäsenenä olivat jaettu, nolla ja kylvölannoitus. Kasvukauden aikana satoa tarkkailtiin ja sadonkorjuun jälkeen koejäsenien laatutekijät mitattiin kuivatusta sadosta.

Kasvukausi 2024 oli haastava harvinaisen lämpimän ja kuivan kesän takia. Vuoden 2024 kesä oli koko Suomen keskilämpötilalta yksi kuumimmista kesistä vuodesta 1937 lähtien ja sen takia ohra alkoi tuleentumaan liian aikaisin. Sateet myös aikaistivat lisälannoituksen toivottua ajankohtaa.

Kokeen tulokseksi saatiin, että jaetulla lannoituksella on myönteinen vaikutus valkuaisen laatuun ja määrään. Kasvulohkon koeruuduista saatiin keskiarvoiksi jaetulle lannoitukselle 11,3 % valkuaista, kylvölannoitukselle 10,9 % ja nollalannoitukselle 9,8 %. Vaikka valkuaisen erot koeruuduilla eivät olleet huomattavia, kasvukauden sää oli erittäin haastava ja vaikutti kokeen lopputuloksiin.

¹ Asiasanat: Lannoitus, Ravinteet, Valkuainen

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Agriculture and Rural Enterprises

Author/s: Teemu Rinta-Säntti

Title of thesis: Effect of split nitrogen fertilization of barley on the amount and quality of protein

Supervisor(s): Anna Tall

Year: 2025

Number of pages: 31

Number of appendices: 0

The thesis investigated the effect of split nitrogen fertilization of barley on the amount and quality of protein. The study focused on the deficiency symptoms of different nutrients and their effects on protein content.

The experiment was conducted in Teuva on a 14-hectare field. The crop used in the field trial was Arild barley, and the field was divided into three 1.3-hectare test plots. The experimental treatments included split fertilization, no fertilization, and seed fertilization. During the growing season, the crop was monitored, and after harvest, the quality factors of the experimental treatments were measured from the dried crop.

The 2024 growing season was challenging due to an unusually warm and dry summer. The summer of 2024 was one of the hottest in Finland since 1937, and as a result, the barley began to mature too early. The rainfall also advanced the desired timing for additional fertilization.

The results of the experiment showed that split fertilization had a positive effect on both the quality and quantity of protein. The average protein content from the test plots was 11.3 % for split fertilization, 10.9 % for seed fertilization, and 9.8 % for no fertilization. Although the differences in protein content between the plots were not significant, the weather during the growing season was very challenging and affected the final results of the experiment.

¹ Keywords: Fertilization, Nutrients, Protein

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	8
2 OHRAN VILJELY SUOMESSA	9
2.1 Ohran viljelyn taustaa Suomessa	9
2.2 Ohran viljelyn vaatimukset	9
2.3 Kasvutekijät.....	10
3 OHRAN LAATUVAATIMUKSET	11
3.1 Valkuaispitoisuus.....	11
3.2 Valkuaisen muodostuminen	12
3.3 Hehtolitraino	12
4 RAVINTEET JA NIIDEN PUUTOSOIREET	13
4.1 Ravinteiden tärkeys kasville	13
4.2 Typpi	13
4.3 Magnesium.....	14
4.4 Kalium	14
4.5 Fosfori	15
4.6 Rikki	15
4.7 Kalsium	16
4.8 Hivenravinteet	16
5 ERI LANNOITUSTAVAT	18
5.1 Kylvölannoitus	18
5.2 Jaettu lannoitus	18
5.3 Jaetun lannoituksen ajankohta	19
6 KOEJÄRJESTELYT JA LOHKON TIEDOT	20

6.1	Peltokokeen tutkimustavoite.....	20
6.2	Lohkon viljavuus.....	21
6.3	Koeruutujen valinta.....	22
6.4	Lajikkeen valinta.....	23
6.5	Koeruutujen lannoitus.....	23
7	KASVUKAUDEN SÄÄ	25
8	TULOKSET	27
8.1	Kasvuston havainnointi	27
8.2	Viljan laatutulokset	28
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	30
	LÄHTEET	31

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Viljojen kasvu ja kehitys ravinteiden näkökulmasta..	19
Kuva 2. Ohran typpilannoitus kokeen koeruudut..	20
Kuva 3. Lohkon biomassa kartoitus koevuotta edeltävänä kasvukautena..	22
Kuva 4. Ohran pensominen.	27
Kuva 5. Ohran tähkä.	28
Kuvio 1. Justus von Liebigin laki..	10
Kuvio 2. Kasvukauden sademäärä.	26
Taulukko 1. Viljasadon laatu- ja turvallisuusseuranta.	11
Taulukko 2. Koelohkon viljavuustiedot.	21
Taulukko 3. Ohra, 2017-2024, Viralliset lajikekokeet.	23
Taulukko 4. Koejäsenien lannoituksen typpimäärät.	24
Taulukko 5. Kasvukauden lämpösumma.	25
Taulukko 7. Koeruutujen viljan laatuanalyysi.	28

Käytetyt termit ja lyhenteet

ATP	Yleismaailmallinen energiavaliuutta kaikille eläville soluille.
Diastaattinen aktiivisuus	Maltaan kyky pilkkoa tärkkelystä käymiskelpoisiksi sokereiksi entsyymien avulla.
Endospermi	Siemenvalkuainen, joka tarjoaa ravintoa kasvavalle itämiselle.
HLP	Viljan ominaispaino.
Kloroosi	Kalvetustauti, joka aiheutuu kasveissa lehtivihreän puutteesta tai hajoamisesta.
Nekroosi	Solujen tai kudoksen kuolema.
Nukleenihapo	Orgaanisia happoja, jotka sisältävät eliön geneettisen tiedon.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia jaetun typpilannoituksen vaikutuksia ohran valkuaisiin. Ohran viljelyllä on Suomessa pitkät perinteet, ja se on ollut yksi maamme tärkeimmistä viljakasveista. Vuonna 2023 Suomessa viljeltiin yhteensä 406 200 hehtaaria ohraa, josta suurin osa oli rehuohraa. Etelä-Pohjanmaa erottuu ohran suurimpana viljelyalueena. Ohra on viljelykasveistamme vanhin, ja 1700-luvulla se oli yleisin viljakasvi Suomessa. Nykyisin suurin osa ohrasadosta käytetään rehuna, vaikka ennen ohra oli tärkeä leipävilja. Ohran viljelyala on kuitenkin laskenut merkittävästi 2010-luvun jälkeen, ja sen viljelyala on vähentynyt noin 12 000 hehtaarilla vuodessa.

Ohran viljelyyn vaikuttavat monet tekijät, kuten maaperän laatu, ilmasto-olot ja ravinteiden saatavuus. Erityisesti ohran valkuaispitoisuus on tärkeä tekijä, joka vaikuttaa niin rehun kuin mallastuksen laatuun. Mallasohran tavoiteltu valkuaispitoisuus on 10–12 %, mutta liian korkea tai matala valkuaisuuspitoisuus voi vaikuttaa haitallisesti maltaan laatuun ja sen käyttökelpoisuuteen panimoissa. Suomessa sadon laatuun vaikuttavat myös lannoitus, viljelytoimet ja sääolosuhteet, jotka voivat vaihdella suuresti vuosittain.

Tässä tekstissä tarkastellaan ohran viljelyn nykytilaa Suomessa, viljelyyn liittyviä haasteita ja mahdollisuuksia sekä ohran laadun kehitystä ja sen merkitystä kotimaisessa viljelyssä ja elintarviketuotannossa. Ohran viljelyssä on tärkeää löytää tasapaino kasvin ravinteiden saannin ja viljelyolosuhteiden välillä, jotta voidaan tuottaa korkealaatuista satoa, joka täyttää sekä kotimaisen rehukäytön että kansainvälisen mallasteollisuuden vaatimukset.

2 OHRAN VILJELY SUOMESSA

2.1 Ohran viljelyn taustaa Suomessa

Suomessa oli vuonna 2023 viljeltyä peltopinta-alaa 2 262 500 hehtaaria, josta lähes puolella peltoalasta kasvoi viljaa (Luonnonvarakeskus (Luke), i.a.). Ohraa viljeltiin yhteensä 406 200 hehtaarin alalla, josta 342 400 hehtaaria oli rehuohraa ja 63 800 hehtaaria mallasohraa. Etelä-Pohjanmaalla ohraa viljeltiin 62 700 hehtaaria, ja se oli suurin ohran viljelyalue Suomessa. Ohran viljely on keskittynyt Suomessa Etelä-Pohjanmaalle.

Ohra on viljelykasveistamme vanhin ja oli 1700-luvulla yleisin viljakasvimme (Mukula ym. 1977, 6). Silloin ohraa käytettiin runsaasti leipäviljana, mutta nykyisin suurin osa ohrasadosta käytetään rehuna. Ohran viljelyala pysyi kuluvan vuosisadan alkupuoliskolla vakaana 100 000–120 000 ha:ssa, minkä jälkeen sen viljely lisääntyi voimakkaasti yli 500 000 hehtaariin.

Ohran viljelyala on ollut tasaisessa laskussa vuodesta 2010, jolloin ohran viljelty peltopinta-ala oli 448 000 hehtaaria (Luonnonvarakeskus (Luke), i.a-a.). Ohran viljelty peltopinta-ala on laskenut keskiarvoltaan noin 12 000 hehtaaria vuodessa vuoteen 2023 mennessä.

2.2 Ohran viljelyn vaatimukset

Rehuohra soveltuu viljelyyn kaikilla maalajeilla, mutta mallasohraa ei suositella eloperäisille maalajeille, koska se voi tuottaa liiallisen valkuaispitoisuuden mallastukseen (Viljelyopas, 2024, s. 28). Ohran viljelyssä on suositeltua, että pellon pH olisi yli 6,2.

Ohra on muita viljoja herkempi ulkoisten tekijöiden vaikutuksille. Matalan juuristona takia ohra kärsii herkästi kuivuudesta varsinkin poutivilla savimailla (Mukula ym., 1977, s. 10). Ohraa viljellään Suomessa hikevillä mailla, kuten hienolla hiedalla ja hiesumailla.

Hiesumaat soveltuvat ohran viljelyyn kosteussuhteittensa vuoksi hyvin ja hiesumaat eivät ole hitaan kuivumisensa vuoksi sopivia muille kevätiljoille, jotka vaativat pitemmän kasvuajan kuin ohra.

2.3 Kasvutekijät

Jotta kasvi pystyy tuottamaan laadukkaan sadon, se tarvitsee kaikki kasvun perusedellytykset. Näitä edellytyksiä kutsutaan kasvutekijöiksi (Seppänen ym., 2020, s. 7). Kasvutekijöitä ovat kaikki ne asiat, jotka vaikuttavat kasvin kasvuun ja sadon muodostukseen. Kasvutekijöitä on sisäisiä ja ulkoisia. Sisäisiä kasvutekijöitä ovat kasvin laji ja lajike. Ulkoisia kasvutekijöitä ovat lämpötila, valon määrä, veden ja ravinteiden saatavuus, maan happamuus ja maan rakenne. Epäedulliset kasvutekijät sen sijaan rajoittavat kasvin kasvua.

Tätä asiaa kuvastaa Justus von Liebigin minimilaki vuodelta 1840, jossa vain lyhimmilläkin laudalla on vaikutus veden pysymiseen tynnyrissä (kuvio 1).



Kuvio 1. Justus von Liebigin laki, jossa kuvataan, miten kasvin kasvua rajoittaa se välttämätön ravinne, jota on saatavilla vähiten (Yara, i.a-a.).

3 OHRAN LAATUVAATIMUKSET

Vuoden 2023 kasvukauden rehusadosta vain 60 % eli 579 miljoonaa kiloa oli hehtolitrapainoltaan (HLP) vähintään 64 kg (Ruokavirasto, 2024a). Ohran keskimääräinen HLP 63,7 kg oli noin kilon vähemmän kuin pitkän ajan keskiarvo. Keskimääräinen valkuaispitoisuus rehuohralla oli 12,0 % ja tärkkelyspitoisuus 59,6 %, mutta jyväkoko oli suurempi kuin edellisvuonna. Mallasohran valkuaispitoisuus oli keskimäärin 11,8 % ja lajittelutulos 87,7 %. Vuoden 2024 mallasohrasadosta 43 % täytti sille asetetut laatuvaatimukset. Samana vuonna kolmannes sadosta ylitti ohralle asetetun DON-hometoksiinien raja-arvon 1000 µg/kg. Taulukossa 1 esitetään ohran viljasadon laadun kehitystä vuosittain.

Taulukko 1. Viljasadon laatu- ja turvallisuusseuranta (Ruokavirasto, 2024).

Vuosi	Näytteiden lkm	Hehtolitranpaino (kg/hl)	Valkuainen (%)	Tärkkelys (%)	Don-pitoisuus (µg/kg)	1000 siemenen paino (g)	Satoarvio (kg/ha)
2024	304	63,7	12,0	59,6	1 300	41,3	3 700
2023	372	63,0	12,6	59,6	800	39,4	3 000
2022	452	66,3	12,1	59,8	100	45,7	4 000
2021	427	63,6	13,0	59,1	300	42,2	2 800
2020	519	64,4	12,2	59,2	300	41,7	3 900
2019	455	66,2	11,7	60,4	-	43,2	4 300
2018	496	64,8	12,3	60,2	-	38,2	3 650
2017	387	64,6	10,7	61,8	-	39,9	4 500
2016	530	65,0	11,0	62,0	-	38,5	4 000
2015	445	67,0	10,6	62,1	-	38,8	4 000
2014	522	65,5	11,4	61,4	-	37,1	4 050
2013	495	65,8	11,2	61,2	-	40,9	4 000
2012	310	65,7	11,2	61,1	-	39,6	4 000
2011	364	62,4	12,5	60,4	-	36,1	4 000

3.1 Valkuaispitoisuus

Mallasohran tavoiteltu valkuaispitoisuus on 10–12 % (Jaeger ym., 2021, s. 2–3). Liian korkea tai matala valkuaispitoisuus voi vaikuttaa haitallisesti maltaan laatuun ja sen panimosopivuuteen. Korkea valkuaispitoisuus on ei-toivottua panimo-ohralle, koska sillä on vahva korrelaatio matalan hiilihydraattipitoisuuden kanssa, mikä johtaa matalaan uutteiden saantoon. Tämä voi myös johtaa liialliseen entsyymiaktiivisuuteen, mikä aiheuttaa vähäisempiä käymiskelpoisia sokereita ja huonon uutteiden saannon. Ohran valkuaispitoisuus on erittäin vaihteleva ja siihen vaikuttavat lajike, ympäristö sekä lannoitteet. On havaittu, että kuumat, kuivat ja typpirikkaat olosuhteet voivat nostaa ohran valkuaispitoisuuden yli mallostukseen sopivan rajan, noin 11,5 %:iin. Hyvin korkeat sademäärät ovat myös haitallisia,

koska ne johtavat endospermin eli siemenvalkuaisen kehittymisen vähenemiseen. Tämä on haitallista panimoille, koska oluen tuottamiseen tarvitaan tällöin isompi määrä mallasta. Maailmalla on suuri kiinnostus kehittää uusi ohralajike, jonka jyvillä olisi korkea mallasuute ja diastaattinen aktiivisuus, mutta joka voisi säilyttää hyväksytyyn valkuaispitoisuuden.

3.2 Valkuaisen muodostuminen

Proteiinit ovat valkuaisaineita, jotka toimivat solulle tärkeinä rakennusosina (Keuruun Lukio, i.a.). Monet proteiinit ovat myös entsyymejä, jotka mahdollistavat solun nopeiden biologisten reaktioiden toiminnan. Näin monet proteiinit myös vaikuttavat rakenteeseen ja liikkumiseen. Ihmisen elimistö valmistaa elinaikanaan satojatuhansia erilaisia proteiineja, jotka koostuvat aminohapoista. Ihmisellä proteiinissa on 20 erilaisia aminohappoa, jotka muodostuvat typestä, vedestä, hiilestä ja hapestä. Proteiinissa aminohapot kiinnittyvät toisiinsa sidoksilla ketjumaisiksi polypeptideiksi. Proteiinissa voi olla useita tällaisia ketjuja, jotka ovat taittuneet kolmiulotteiseen muotoon.

Kasvit tuottavat omat aminohapponsa, ja niistä muodostuvat proteiinit (Forssa, i.a.). Ihmiset ja eläimet pystyvät hajottamaan ravinnostaan saamat proteiinit takaisin aminohapoiksi. Näistä aminohapoista osa muunnetaan toiseksi aminohapoiksi, ja osa käytetään proteiinin valmistukseen elimistössä. Ihmisen elimistö pystyy valmistamaan vain 11:tä aminohappoa 20:stä, ja loput on saatava ravinnon kautta.

3.3 Hehtolitraino

Suomen olosuhteissa sadon laatuun vaikuttavat monet asiat, kuten lannoitus, viljelytoimet ja lajike (Silander-Rasi, 2000, s. 69). Suomessa sadon HLP vaihtelee paljon vuodesta toiseen, ja viljaa joudutaan välillä puimaan kosteana. HLP kuvaa käytännössä viljan energia-arvoa ja hintaa. HLP kuvaa hyvin ohran tärkkelyksen ja kuidun määrää sekä sulavuutta, mutta se ei kuitenkaan kuvaa ohran valkuaisen määrää kovin hyvin.

4 RAVINTEET JA NIIDEN PUUTOSOIREET

4.1 Ravinteiden tärkeys kasville

Jokaisella ravinteella on kasville omalaatuinen tehtävä, jota mikään muu ravinne ei voi korvata (Yara, i.a.-a). Jos kasvi ei pysty suorittamaan tätä tehtävää, sen seuraukset ilmenevät yleensä kasvuhäiriöinä ja kasvun hidastumisena. Jos kasvi kärsii yhden ravinteen puutteesta, se ei kykene hyödyntämään muitakaan ravinteita parhaalla mahdollisella tavalla. Yksikään ravinne ei pysty korvaamaan toista, lukuun ottamatta muutamia poikkeuksia. Tasapainoinen ravinteiden saanti on oleellista ravinteiden välisen vuorovaikutussuhteen varmistamiseksi ja kasvin tehokkaaseen ravinteiden hyödyntämiseen.

Kasvuun ja sisäiseen aineenvaihduntaan kasvit tarvitsevat oikean yhdistelmän ravinteita (McCauley ym., 2009, s. 2). Kasviravinteet voivat olla mitä tahansa mineraaleja, joita kasvit ottavat maaperästä. Kasviravinteet ovat välttämättömiä kasville, ja niiden myötä myös sadon määrä sekä laatu paranevat, esimerkiksi ihmisten ravintona.

Ravinnepuutteen oireet viljakasveissa näkyvät yleensä lehdissä (McCauley ym., 2009, s. 4). Nämä oireet voivat ilmetä muun muassa kloroosina, nekroosina ja lehtien koon pienemisenä. Vaikka samankaltaiset oireet voivat ilmetä sekä vanhoissa että nuorissa lehdissä, puuttuva ravinne voi vaihdella. Mikroravinnepuutokset ovat yleisiä ravitsemuksellisia epätasapainoja kasveissa, ja ne vaikuttavat merkittävästi kasvien suorituskykyyn sekä niiden reaktioon ympäröivään ympäristöön. Mikroravinteiden puute aiheuttaa toissijaisia, usein ennakoimattomia vaikutuksia kasvien kasvuun, muuttamalla kasvu- ja kemiallista koostumusta sekä kasvien antioksidatiivista puolustuskykyä ja erityisesti heikentäen vastustuskykyä stressitekijöille.

4.2 Typpi

Kasvit tarvitsevat typpeä kaikista eniten, koska se on erittäin tärkeä kasvuun liittyvissä rakenteissa sekä toiminnoissa (Yara, i.a.-b). Yleisesti kasvin kasvua ja sadontuotantoa rajoittavin tekijä on selvästi typen puutos. Kasvit käyttävät suurimman osan ottamastaan typestä valkuaisaineiden muodostamiseen.

Typpiaineita tarvitaan kasveissa proteiinien, nukleiinihappojen sekä lehtivihreän tuotantoon (McCauley ym., 2009, s. 5). Typpivajeen oireet ovat yleinen kellastuminen alalehdissä vaaleanvihreästä keltaiseksi, kituva kasvu ja hidas kasvu sekä vanhempien lehtien nekroosi vakavissa tapauksissa. Typpivajaiset kasvit kypsyvät aikaisin, ja sadon laatu ja määrä on usein heikko. Viljakasveilla on tavallista keltaisuuden ilmestyminen lehtien kärjestä taaksepäin "V"-muodossa. Riittämättömät typpimäärät viljakasveilla johtavat myös harvoin sivuversoihin, hoikkeneviin varsiin, lyhyisiin tähkiin ja heikon valkuaispitoisuuden sisältäviin jyviin.

4.3 Magnesium

Magnesium on tärkeä kasvin yhteyttämiseksi, koska se toimii kasvin lehtivihreämolekyylien keskusatomina (Farmit, 2009). Lehtivihreän muodostumiseen vaikuttaa magnesium ja typpi. Lehtivihreän lisäksi kasvilla on muitakin yhdisteitä, jotka sisältävät magnesiumia. Näitä ovat esimerkiksi fytiini eli siementen vararavinto.

Magnesium on lehtivihreän keskeinen molekyyli ja tärkeä yhteistekijä adenosiinitrifosfaatin (ATP) tuotannossa (McCauley ym., 2009, s. 9). Magnesiumin puutteen oireita ovat kloroosi, jolloin lehtien reunat muuttuvat keltaisiksi tai punertavan purppuranvärisiksi, kun taas pääsuoni pysyy vihreänä.

4.4 Kalium

Kaliumilla on tärkeä merkitys solunesteen osmoottisen potentiaalilin eli suola-vesitasapainon säätelyssä, joka vaikuttaa ravinteiden kuljetukseen kasvilla (Yara, i.a.-c). Suolatasapainon säätelyn kautta kalium myös vaikuttaa kasvin ilmarakojen sulkeutumiseen ja avautumiseen sekä kasvin kylmän- ja kuivankestävyyteen.

Kaliumia kasvit käyttävät entsyymien ja koentsyymien aktivoimiseen, fotosynteesiin, proteiinien muodostukseen ja sokerin kuljetukseen (McCauley ym., 2009, s. 12). Kaliumin puute ei välittömästi aiheuta näkyviä oireita. Aluksi kasvu hidastuu, ja myöhemmissä vaiheissa ilmenee kloroosia ja nekroosia. Vaikuttaneet vanhemmat lehdet näyttävät paikallisia laikukkaita tai kloroottisia alueita, ja lehtien reunoilla voi esiintyä palamisilmiöitä. Kloroottiset

oireet alkavat tyypillisesti lehtien kärjestä, mutta toisin kuin typpivajeen aiheuttama "V"-muotoinen vaikutus, kaliumvajeinen kloroosi etenee lehtien reunoja pitkin kohti pohjaa jättäen pääsuonen eläväksi ja vihreäksi. Puutteen edetessä koko lehti muuttuu keltaiseksi. Pieniä valkoisia tai keltaisia nekroottisia laikkuja voi myös kehittyä, alkaen lehtien reunoilta. Toinen merkki kaliumvajeesta on pienviljakasvien ja maissin heikentynyt korren kestävyys, mikä johtaa maahan kaatumisongelmiin, heikentyneeseen taudinkestävyyteen ja vähentyneeseen talvenkestävyyteen perunoilla tai syysviljoilla.

4.5 Fosfori

Fosfori on kasvin energian lähde ja välttämätön ravinne kaikelle elämälle ja kasvulle (Yara, i.a.-d). Fosfori vaikuttaa koko kasvin rakenteeseen juurista kukintaan asti.

Kasvit tarvitsevat fosforia ATP:n, sokerien ja nukleiinihappojen kehitykseen (McCauley ym., 2009, s. 8). Fosforivajeen oireet näkyvät yleensä selkeämmin nuorissa kasveissa, jotka tarvitsevat suhteellisesti enemmän fosforia kuin vanhemmat kasvit. Kylmät maaperät varhaisessa kasvukaudessa voivat myös aiheuttaa fosforivajetta. Fosforivajaiset kasvit muuttuvat yleensä tummanvihreiksi ja näyttävät kitukasvuisilta. Vanhemmat lehdet kärsivät ensin ja voivat saada purppuranvärisen sävyn, koska fosforivajaisissa kasveissa sokerit kerääntyvät ja edistävät antosyaanien synteesiä. Joissain tapauksissa lehtien kärjet ruskistuvat ja kuolevat. Fosforivajeesta kärsivät kasvit näyttävät heikoilta, ja niiden kypsyminen viivästyy. Lehtien laajeneminen ja lehtipinta-ala voivat myös estyä, mikä saa lehdet käpristymään ja jäämään pieniksi. Pienet viljakasvit, joilla on fosforivajetta, ovat alttiita stressille ja juurimädän taudeille, ja jotkut lajikkeet voivat muuttua punaisiksi tai purppuranvärisiksi.

4.6 Rikki

Rikillä on vaikutusta koko kasvin kasvuun sekä muiden ravinteiden hyödyntämiseen (Yara, i.a.-e). Rikki vaikuttaa kasvin lehtivihreäpitoisuuteen ja siten myös yhteyttämiseen.

Rikki on välttämätön osa tiettyjä aminohappoja ja proteiineja, joten rikkivaje johtaa proteiinien ja lehtivihreän synteesin estymiseen (McCauley ym., 2009, s. 10). Rikkivajeen

oireiden tunnistaminen voi olla vaikeaa, koska ne voivat muistuttaa typen oireita. Poikkeuksena tyypivajeesta, rikkivajeen oireet ilmenevät aluksi nuorissa lehdissä, jolloin ne muuttuvat vaaleanvihreiksi tai keltaisiksi. Kasvun edetessä koko kasvi voi muuttua vaaleanvihreäksi. Ominaisia täpliä tai juovia ei yleensä ilmene. Lisäksi rikkivajeiset kasvit ovat usein hoikkia ja pieniä, ja varret ovat usein ohuita.

4.7 Kalsium

Kasvit hyödyntävät kalsiumia soluseinien ja solujen sisäisten kalvojen rakentamisessa (Yara, i.a.-f). Kalsiumilla on myös keskeinen rooli muiden ravinteiden imeytymisessä ja niiden kulkeutumisessa kasvin eri osiin.

Kalsium on kasvisolujen solukalvon osa ja säätelee solukalvon rakennetta (McCauley ym., 2009, s. 12). Riittämätön kalsium voi aiheuttaa nuorten lehtien vääristymistä ja niiden muuttumista epänormaalin tummanvihreiksi. Lehtien kärjet kuivuvat usein tai murtuvat ja lopulta kuihtuvat ja kuolevat. Varsista tulee heikkoja ja itäminen on heikkoa.

4.8 Hivenravinteet

Kasvi ei kykene käyttämään ravinteita hyödyksi optimaalisesti sen kärsiessä mangaanin puutteesta (Yara, i.a.-g). Kasvi käyttää mangaania ribosomien rakennusosana, jotka toimivat valkuaisaineiden keskuksina ja ovat siten tarpeellisia kaikille kasvin soluille. Mangaani parantaa typen hyväksikäyttöä kasvissa osallistumalla valkuaisaineiden muodostumiseen.

Viherhiukkaset, joissa fotosynteesi tapahtuu, ovat soluorganelleista herkimvät mangaanivajeelle (McCauley ym., 2009, s. 13). Tämän seurauksena yleinen mangaaninpuutteen oire on kloroosi nuorissa lehdissä. Poiketen raudasta, väli- ja pääsuonien välillä ei ole terävää eroa, vaan kyseessä on enemmänkin hajautunut klooroottinen vaikutus. Kloroosi ruskeina täplinä ohrassa on yleinen mangaanin puutteen oire.

Sinkki on tärkeä ravinne valkuaisaineiden muodostumiseen, geenien säätelyyn, solujen suojaamiseen vapailta happiradikaaleilta sekä biomembraanien rakenteeseen (Yara, i.a.-h).

Sinkkiä tarvitaan kasveissa kasvuhormonien tuotantoon ja se on erityisen tärkeää kasvin nivelvälien pituuskasvussa (McCauley ym., 2009, s. 12). Sinkillä on keskitasoinen liikkuvuus kasveissa, ja oireet ilmenevät aluksi keskivaiheen lehdissä. Sinkin puutteesta kärsivissä lehdissä esiintyy kloroosi, erityisesti reunan ja pääsuonen puolivälin välillä, mikä tuottaa juovamaisen vaikutelman ja lisäksi voi esiintyä laikukkuutta. Koska sinkki näyttelee keskeistä roolia nivelvälien pituuskasvussa, sinkin puutteesta kärsivät kasvit yleensä jäävät voimakkaasti kitukasvuisiksi. Kukinta ja siementen muodostuminen ovat myös huonoja vaurioituneilla kasveilla.

5 ERI LANNOITUSTAVAT

5.1 Kylvölannoitus

Suomessa on jo 60-luvulta lähtien yleisesti käytetty viljelyssä kylvön aikana tehtyä sijoituslannoitusta, jossa raemainen väkilannoite voidaan sijoittaa siemenen viereen tai lähelle siementä (Kleemola, 2009, s. 71).

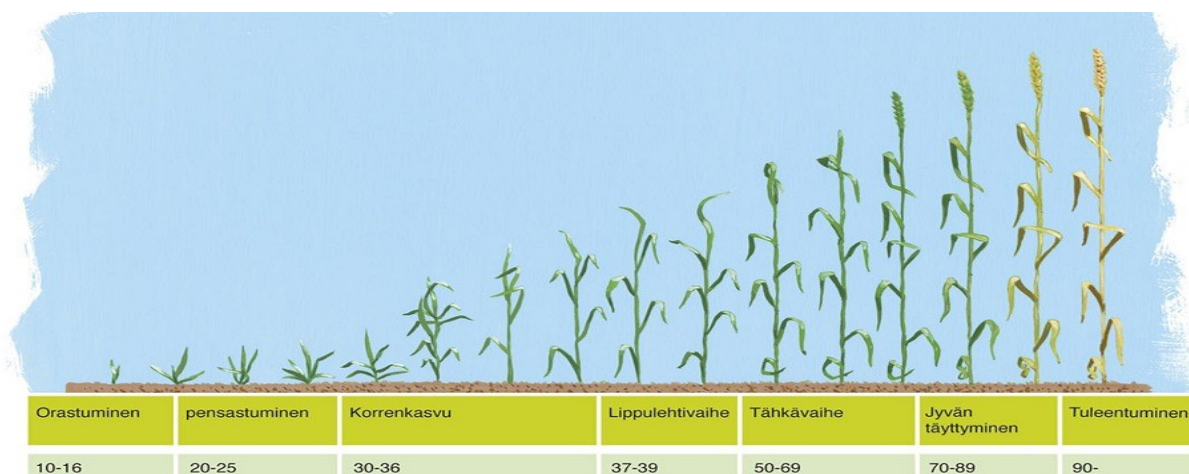
Sijoituslannoituksella kasvilla on hyvä saatavuus ravinteisiin sen alkuvaiheessa (Kleemola, 2009, s. 71–73). Sijoituslannoitus nostaa paikallisesti maaveden ravinnepitoisuutta, mikä helpottaa kasvin ravinteiden ottoa. Ravinteet pysyvät myös kasville käyttökelpoisina pidempään, koska korkeampi ravinnepitoisuus hidastaa niiden siirtymistä huonosti liukeneviin muotoihin maassa. Erityisesti fosforin saatavuus paranee sijoituslannoituksella, koska fosfori liikkuu maassa hyvin heikosti. Suomen lyhyt kasvukausi, kylvöaikaan kylmä maa ja keväisin usein esiintyvä kuivuus tukevat sijoituslannoitusta.

5.2 Jaettu lannoitus

Jaetulla lannoituksella pystytään optimoimaan viljan ravinteiden saantia ja mukauttamaan lannoitusta kasvukauden olosuhteisiin (Pekkala, 2024). Jaetun lannoituksen periaate on antaa kylvön yhteydessä 70 % suunnitellusta typpimäärästä sekä kaikki fosfori, kalium ja muut tarvittavat hivenravinteet. Kasvukauden edetessä voidaan tarkastella kasvustoa ja tehdä päätös, lisätäänkö typen määrää, jolloin kasvin satopotentiaalia voidaan hyödyntää täysimääräisesti. Lisälannoitus voidaan myös jättää tekemättä kuivina kasvukausina, jolloin satopotentiaali ei ole enää saavutettavissa. Näin voidaan säästää lannoituskustannuksissa.

5.3 Jaetun lannoituksen ajankohta

Orastumisessa kasvi alkaa kehittymään heti kylvön jälkeen ja pensomaan korren kasvun alkuun asti (Yara, i.a.-i). Versojen määrä ja jyväluku määräytyvät tämän vaiheen loppupuolella. Korren kasvuvaihe alkaa, kun ensimmäinen solmu on havaittavissa ja päättyy kukintaan. Viimeisenä jyvät muodostuvat ja täyttyvät (kuva 1).



Kuva 1. Viljojen kasvu ja kehitys ravinteiden näkökulmasta (Yara, i. a.-i).

Kasvit käyttävät ravinteita korsien ja lehtien muodostukseen, mikä mahdollistaa hyvän sadon tuottamisen (Yara, i. a.-j). Tähkän ilmestyessä viljan ottama typpimäärä kertoo hyvin tulevasta sadosta. Kukinnan jälkeen jyvät alkavat täytyä ja riittävä typen määrä lisää jyvääkoko. Lisälannoitus pensomisvaiheesta tähkän esiin tuloon asti voi nostaa sätotaso määrällisesti. Mikäli halutaan vaikuttaa sadon valkuaisitasoon, osa tpeestä ja rikistä tulisi säästää jyvän täyttymisvaiheeseen. Valkuaispitoisuuden nostaminen yhdellä prosenttiyksiköllä vaatii noin 50 kg typpeä. Tämän vuoksi pienillä lisälannoitusmäärillä ei välttämättä ole suurta vaikutusta valkuaisen määrään.

6 KOEJÄRJESTELYT JA LOHKON TIEDOT

6.1 Peltokokeen tutkimustavoite

Peltokokeen tarkoituksena oli tutkia jaetun typpilannoituksen vaikutusta ohran valkuaiseen. Koe tehtiin Teuvalla 14 hehtaarin kokoisella kasvulohkolla, joka jaettiin kolmeen noin 1,3 hehtaarin ruutuun lannoitustavan mukaan (kuva 2). Kokeessa käytettiin kaksitahoista Arild-ohraa ja koelohkon esikasvina oli monitahoinen Hermanni-ohra.



Kuva 2. Ohran typpilannoituskokeen koeruudut (mukaillen Google Maps, 2023).

6.2 Lohkon viljavuus

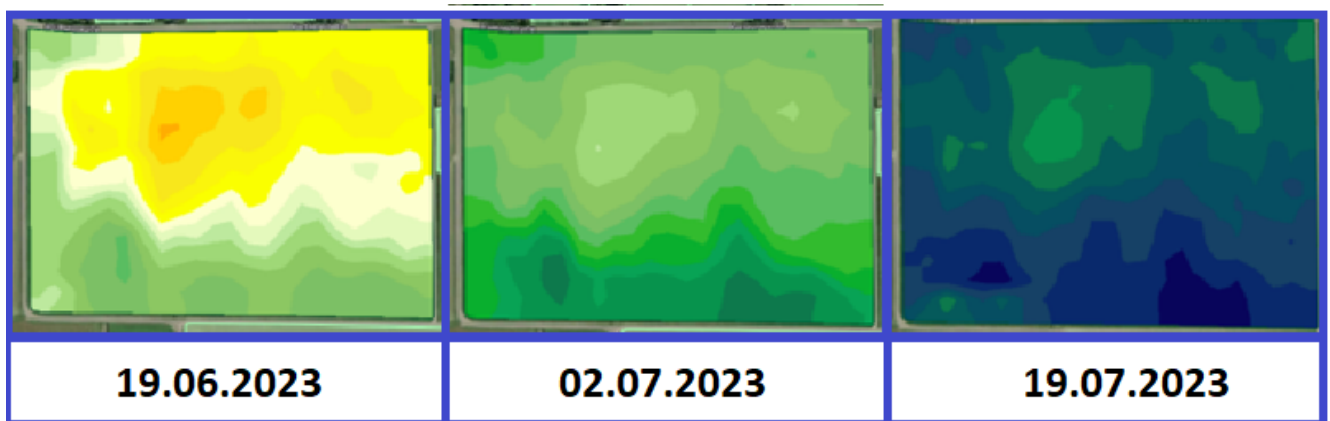
Taulukossa 2 on esitetty kasvulohkon viljavuusanalyysi. Koelohko on maalajiltaan hienohietaa ja multavuudeltaan runsasmultainen. Lohkon pH, fosfori, kalium, magnesium ja rikki ovat tyydyttäviä. Lohkon mangaani on huono ja sinkki välttävä. Lohkolla on ollut mangaanin puutosoireita aikaisempina kasvukausina ja se otettiin huomioon lannoituksen hivenravinteissa.

Taulukko 2. Koelohkon viljavuustiedot.

Ravinteet	Tulos	Selite
Maalaji	Hienohieta	Hht
Multavuus	Runsasmultainen	rm
Happamuus, (pH)	6,03	Tyydyttävä
Fosfori, (P mg/l)	8,20	Tyydyttävä
Kalium, (K mg/l)	126,00	Tyydyttävä
Kalsium, (Ca mg/l)	1483.00	Tyydyttävä
Magnesium, (Mg mg/l)	144,33	Tyydyttävä
Mangaani, (Mn mg/l)	5,33	Huono
Sinkki, (Zn mg/l)	1,60	Välttävä
Rikki, (S mg/l)	10,60	Tyydyttävä

6.3 Koeruutujen valinta

Koeruutujen sijainnin valintaan lohkolla käytettiin Yaran atfarmin-biomassakartoituksia edellisvuoden kasvukaudelta. Kuvassa 3 vasemmalla näkyy lohkon biomassakartta noin kuukausi kylvön jälkeen. Ohra on tässä kohtaa pensastumisen loppupäässä ja korrenkasvu alkaa. Näkyy myös, kuinka lohkolle alkaa muodostumaan pientä rajaa keskelle biomassan määrän suhteen. Keskimmäisessä kuvassa korrenkasvu on käynnissä ja kohta alkaa lippulehtivaihe. Oikeanpuoleisessa kuvassa ohra on alkanut tekemään tähkää. Edellisvuoden kasvukauden biomassakartoituksen perusteella päädyttiin sijoittamaan koeruudut lohkon keskiosaan, koska siinä biomassaa ja kasvu olivat tasaisimmat.



Kuva 3. Lohkon biomassakartoitus koevuotta edeltävältä kasvukautena aikaväliltä 19.06.2023-19.07.2023 (mukaillen Yara Atfarm, 2023).

6.4 Lajikkeen valinta

Arild on jalostettu ruotsissa Lännäsissä, joka on luultavasti maailman pohjoisin 2-tahoisia ohria jalostava paikka (Lantmännen Agro, i.a.).

Arild valittiin kokeeseen lajikkeeksi sen lyhyen 90 päivän kasvuajan takia, koska se helpottaa puintien ajoittamista. Arildilla on myös korkea satotaso, HLP, valkuaisuuspitoisuus ja jyväkoko virallisissa kokeissa (taulukko 3). Nämä ominaisuudet tekevät siitä hyvän lajikkeen tärkkelys- ja rehukäytössä. Arildilla on hyvä korrenlujuus ja tämän takia matala lakoprosentti.

Taulukko 3. Ohra, 2017–2024, Viralliset lajikekokeet (Luonnonvarakeskus (Luke, 2024).

Lajike	Sato (kg/ha)	Kasvu aika (vrk)	Lako (%)	Pituus (cm)	Tjp (g)	Hlp (kg)	Valkuaissato (kg/ha)	Täysjyvä (%>2.5 mm)	Tärkkelys %
ARILD	6320	90		72	474	692	791	855	597
AMIDALA	6055	95	7	67	544	672	737	951	599
AMY	6544	94	7	68	490	671	767	939	605
ANNELI	6193	88	22	74	495	675	817	895	587
ARLOM	6502	88	15	71	483	695	809	877	594
ARMI	6498	89	12	80	549	692	840	915	589
BOR VEERA	6909	91	7	67	522	668	801	933	605
BRIENNE BOR	6608	94	12	65	493	666	750	914	609
CONAN	6431	91	13	68	489	678	783	907	601
CRESCENDO	6044	96	33	72	505	652	700	950	604
FANDAGA	6153	92	13	62	515	666	728	944	602
FEEDWAY	6286	93	10	61	480	669	733	911	602
FENDER	6268	96	8	64	500	659	715	925	609

6.5 Koeruutujen lannoitus

Esikasvi Hermanniohri oli jätetty koelohkolla sängelle talven yli ja sitä aloitettiin kyntämään 4.5.2024 Kuhnin Vari-Master 153 -paluuauralla. Kylvömuokkaus tehtiin 13.05.2024 äestämällä lohko kahteen kertaan Väderstadin NZ Agressiv 700T -S-piikkiäkeellä. Koelohkoa aloitettiin kylvämään Väderstadin Raptic 400C Super XL -kylvölannoittimella samana päivänä melkein heti kylvömuokkauksen jälkeen, kun toinen äestyskerta oli saatu valmiiksi, jotta maan kosteus säilyisi. Koeruudut saatiin kylvettyä kokonaisuudessaan 14.5.2024. Kaikille kolmelle koejäsenelle kylvettiin sama määrä 305 kg/ha Arild-ohran siementä. Kylvölannoittimen asetukset tarkastettiin ennen kylvää

tekemällä kiertokoe ja kiertokokeen tulos punnittiin kylvölannoittimen mukana tulleella Väderstadin puntarilla. Kylvössä käytettiin 4–5 cm:n työsyvyyttä hienonhietaisen maala-jin takia.

Peltokokeen koejäseninä olivat jaettu lannoitus, nollalannoitus ja kylvölannoitus. Taulu-kossa 4 on esitetty koejäsenillä käytetyt typpilannoitusmäärät kylvössä 14.5.2024 ja lisä-lannoituksessa, joka levitettiin pintalevittimellä 27.6.2024.

Koelohkon lannoitus tapahtui kylvön yhteydessä kylvölannoittimen lantapuolelta. 1. koe-ruudulle lannoitettiin 280 kg/ha YaraMila Y10:tä ja myöhemmin lisälannoituksena 60 kg/ha Belor Premium -tyypeä. 2. koeruutu kylvettiin ilman lantaa kylvölannoittimen lantapuolen ollessa tyhjä. 3. koeruudulle lannoitettiin 340 kg/ha YaraMila Y10:tä. Lannoitusmäärät myös tarkistettiin kiertokokeella, ja koeruutujen jyräys tapahtui kylvölannoittimen jyräpyörästä. Lisäksi kasvinsuojelun yhteydessä kaikille kolmelle koejäsenelle annettiin YaraVita Manco-zin -lehtilannoitetta 1 l/ha lohkon mangaani- ja sinkkipuutteiden takia.

Taulukko 4. Koejäsenien lannoituksen typpimäärät.

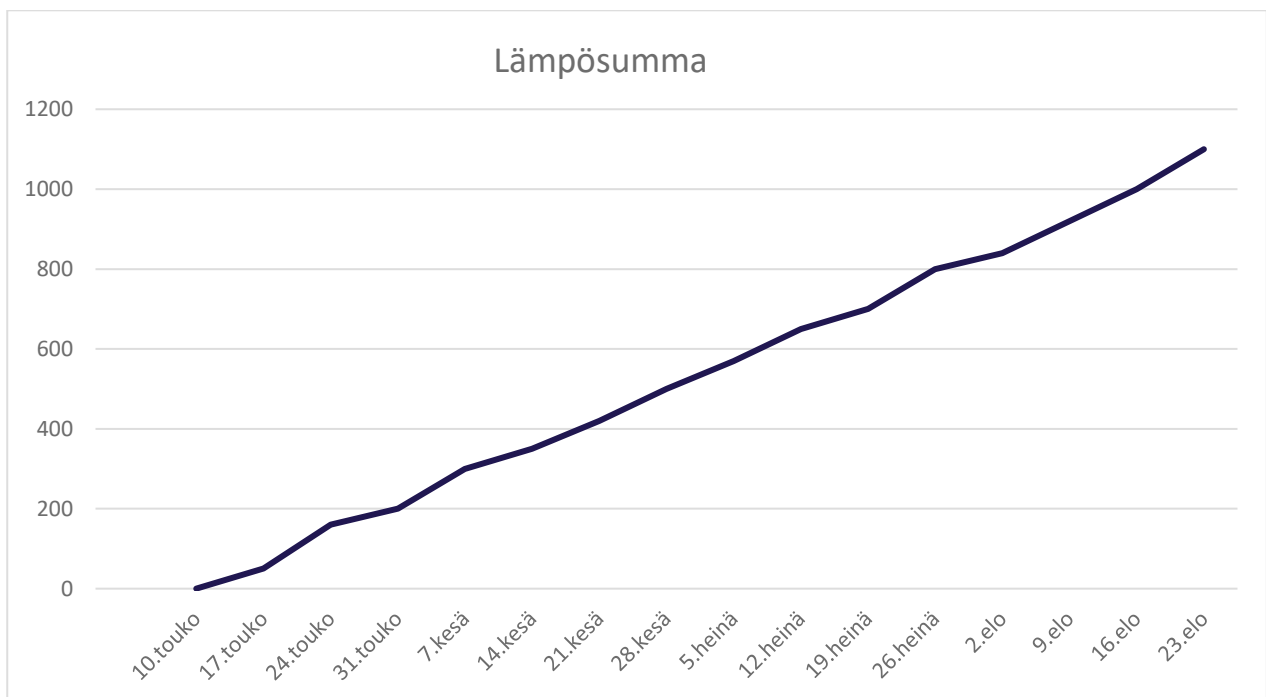
Koejäsenet	N/ha 14.5.2024	N/ha 27.6.2024	N/ha yhteensä
1.Jaettu lannoitus	67,2 kg N/ha	14,4 kg N/ha	81,6 kg N/ha
2.Nollalannoitus	0 kg N/ha	0 kg N/ha	0 kg N/ha
3.Kylvölannoitus	81,6 kg N/ha	0 kg N/ha	81,6 kg N/ha

7 KASVUKAUDEN SÄÄ

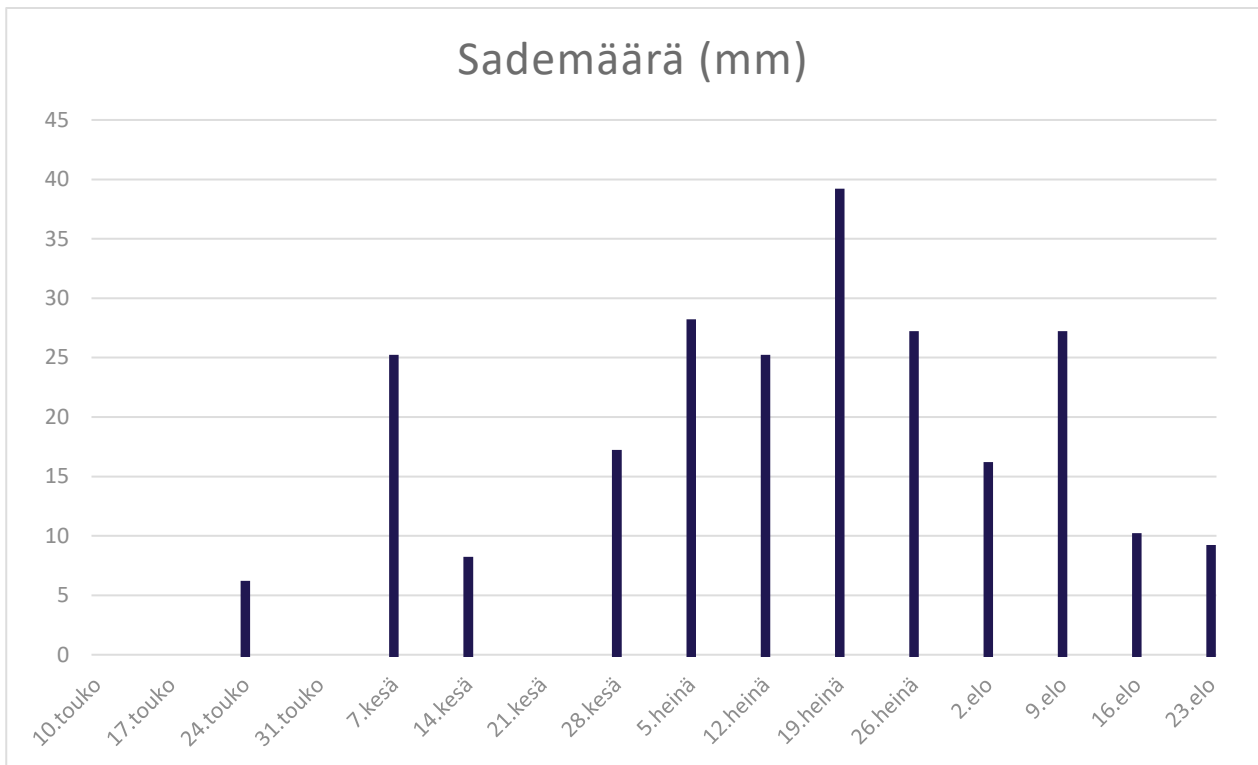
Taulukossa 5 on esitetty tehoisan lämpösumman kertymä ajalta 10.5-23.8.2024. Säädata kerättiin omalta sääasemalta, joka sijaitsi noin 500 metrin päässä lohkolta. Lämpösummaa kertyi toukokuun alussa hitaammin, minkä jälkeen se lähti nopeaan nousuun. Kasvuajan pituus oli Arildille 95 päivää, jolloin se ehti tuleentumaan, ja tehoisaa lämpösummaa kertyi 23.8. mennessä 1188 astetta.

Kasvukausi oli poikkeuksellinen, koska kesä-elokuun keskilämpötila oli maan etelä- ja keskiosissa 1–2 astetta tavallista korkeampi (Ilmatieteen laitos, i.a.). Vuoden 2024 kesä oli koko Suomen keskilämpötilalta yksi kuumimmista kesistä vuodesta 1937 asti.

Taulukko 5. Kasvukauden lämpösumma.



Kuviossa 2 esitetty sademäärät millimetreinä ajalta 10.5-23.8.2024. Kasvukauden alussa satoi vähän varsinkin kylvöjen jälkeen 07.6.2023 astin. Myös elokuun aikana tulleet sateet myöhästyttivät ohran puinteja muutamalla päivällä. Heinäkuun runsaiden sateiden takia lisälannoituksen ajankohtaa jouduttiin aikaistamaan, jotta lisälanta ehdittiin levittämään ennen sateita. Sadantaa kertyi 244 mm 23.8.2024 mennessä.



Kuvio 2. Kasvukauden sademäärä.

8 TULOKSET

8.1 Kasvuston havainnointi

Kuvassa 4 ohran kasvustossa ei havaittu juurikaan ravinteiden puutosoireita pensomisen aikana eikä myöskään rikkakasvipainetta jaetulla lannoituksella tai kylvölannoituksella (kuva 4). Nollaruudun kasvusto oli huomattavasti muita harvempi ja väriltään kellertävä koko kasvuajan. Tähtävaiheessa huomattiin jaetulla lannoituksen ja kylvölannoituksen koeruuduilla lippulehdessä mangaanin puutosoireita.



Kuva 4. Ohran pensominen 08.06.2024 (kuva: Teemu Rinta-Säntti).

Huomattavaa oli, kuinka lämpösumman nopea kertyminen vaikutti kasvustoon. Ohra alkoi tuleentumaan liian nopeasti eikä ehtinyt täyttämään jyviä täysin. Kuvassa 5 tarkastellaan ohran tähkää jyvien täyttymisvaiheessa 16.7.2024.



Kuva 5. Ohran tähkä 16.07.2024 (kuva: Teemu Rinta-Säntti).

8.2 Viljan laatutulokset

Koeruudut puitiin 17.08.2024 New Hollandin CX 8040-leikkuupuimurilla ja korjatusta sadosta mitattiin hehtolitraino, valkuainen, tärkkelys ja kosteus kuivauksen jälkeen. Tulokset mitattiin A-rehun viljakaupalla NIT-analyysikoneella Koskenkorvalla. Koeruutujen näytteet kerättiin koetekijöiltä 1 ja 3 puidessa suoraan puimurin viljasäiliön ruuvilta. 2. koetekijän näyte jouduttiin puimaan käsin käytettävällä Minibatt-viljanäytepuimurilla kasvuston harvuuden takia. Näytteiden kuivaus tapahtui erillisissä säkeissä tasokuivurilla. Näin pyrittiin varmistamaan näytteiden tarkkuus ja se, etteivät näytteiden jyvät pääse sekaantumaan keskenään puinnin tai kuivauksen aikana.

Jaetun lannoituksen ja kylvölannoituksen välillä on hieman eroavaisuuksia valkuaisen määrässä ja hehtolitrainossa (taulukko 7). Jaetulla lannoituksella oli enemmän valkuaista, 11,3 %, ja hehtolitraapino 66,1 kg verrattuna kylvölannoitukseen, jolla valkuainen oli 10,9 % ja hehtolitraino 65,5 kg. Tärkkelys oli jaetulla ja kylvölannoituksella sama 60,6 % mutta nollalannoituksella 61,3 %. Tämä saattaa johtua siitä, että koelohko on ollut monta vuotta käytössä viljelyssä ja nollaruudun kasvusto on saanut maasta otettua ravinteita, mutta myös ero muihin on niin pieni, että se voi riippua myös näytteiden keräyskohdasta. Nollalannoituksella kosteus on huomattavasti alhaisempi muihin koejäseniin verrattuna, koska sen näytettä oli vähemmän ja sen takia se kuivi nopeammin tasokuivurissa kuin muut.

Taulukko 7 Koeruutujen viljan laatuanalyysit.

Koejäsenet	Kosteus %	Valkuainen %	Tärkkelys %	Hehtolitraino kg
1.Jaettu lannoitus	12,9	11,3	60,6	66,1
2.Nollalannoitus	12,4	9,8	61,3	63,7
3.Kylvölannoitus	13	10,9	60,6	65,5

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kokeessa tutkittiin jaetun lannoituksen vaikutusta ohran valkuaiseen. Nollaruudun tuloksien perusteella voi päätellä, että typpeä vapautui koelohkon maaperästä heikosti kasvukauden aikana, koska nollalannoituksen kasvusto oli huomattavasti muita harvempi ja värittään kellertävä. Myös jaetulla lannoituksella ja kylvölannoituksella havaittiin pientä mangaanin puutosta tähkävaiheen lopussa. Havaintoja tukee McCauleyn ym. (2009) teoria kasvien ravinnepuutoksista.

Kokeen tulokseen vaikutti paljon sää ja lisälannoitusajankohta. Lisälannoitus jouduttiin antamaan liian aikaisin, 44 päivää kylvön jälkeen, tulevien sateiden takia, jolloin se sijoittui tähkävaiheen alkuun ja ohra ei pystynyt käyttämään lisälannoitusta täysin jyvien täyttämiseen. Jos lisälannoitus olisi pystytty tekemään myöhemmin jyvien täyttymisen aikana, sillä olisi ollut isompi vaikutus valkuaiseen Yaran (i.a.) lisälannoituskokeiden mukaan.

Myös kasvukauden 2024 lämpötilat tuottivat ongelmia. Vuosi oli tavanomaista lämpimämpi ja paikoittain harvinaisen lämmin, minkä takia lämpösummaa kerääntyi nopeasti ja kasvusto alkoi tuleentumaan normaalia aikaisemmin. Jeagerin ym. (2021) tutkimukseen mukaan on havaittu, että kuumat, kuivat ja typpirikkaat olosuhteet voivat nostaa ohran valkuaispitoisuutta. Tällä tutkimuksella ei kuitenkaan pystytty vahvistamaan heidän tuloksiaan, koska muuttujia oli liian monta kokeen aikana.

Kokeen tulosten perusteella jaetulla lannoituksella on myönteinen vaikutus ohran valkuaisen määrään. Koeruudut pyrittiin sijoittamaan mahdollisimman tasaiselle kasvualustalle koelohkon sisällä. Vaikka lisälannoitus annettiin liian aikaisin ja vilja tuleentui liian nopeasti, kasvusto pystyi silti hyödyntämään osan lisälannoituksesta jyvien täyttämiseen.

Tilakokeen aikana nollaruudun tarkempi havainnointi olisi ollut perusteltua. Sen seuranta eri kasvuvaiheissa olisi mahdollistanut tarkemman analyysin siitä, missä kehitysvaiheessa ohra ottaa typpeä maasta tehokkaimmin. Tällainen tieto olisi ollut hyödyllistä erityisesti lisälannoituksen ajoituksen optimoimiseksi. Jatkossa vastaavissa kenttäkokeissa nollaruudun huolellinen ja vaiheittainen seuranta on erittäin tärkeää, jotta voidaan saada syvällisempää tietoa ravinteidenottoon.

LÄHTEET

- Altia (i.a.-a). *Tärkkelysohjan viljelysopimusehdot satovuosi 2021–2022*.
<https://res.cloudinary.com/anora/image/upload/v1617189318/industrial/Viljelysopimusehdot-2021-2022.pdf>
- Farmit. (01.04.2009). *Tunnista magnesiumin puutosoireet kasvustosta - Magnesium ravinteena*. <https://www.farmit.net/kasvinviljely/2009/04/01/tunnista-magnesiumin-puutosoireet-kasvustosta-magnesium-ravinteena>
- Forssa. (i.a.) *Valkuaisaineet eli proteiinit*. Peda.net - Oppimateriaalit.
<https://peda.net/forssa/perusopetus/akvarelli/oppiaineet/kemia/joniniemi/arkisto/III2fdsg/r/14>
- Google Maps. (2023). [*Koelohkon sijainti*]. Haettu 11.4.2025.
- Ilmatieteen laitos. (i.a.) *Vuoden 2024 sääyhteenveto*. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/vuosi-2024>
- Jaeger, A., Zannini, E., Sahin, A. W., & Arendt, E. K. (2021). Barley Protein Properties, Extraction and Applications, with a Focus on Brewers' Spent Grain Protein. *Foods*, 10(6), 1389. <https://doi.org/10.3390/foods10061389>
- Keuruun Lukio. (i.a.) *Proteiinit*. Peda.net - Oppimateriaalit.
<https://peda.net/keuruu/lukio/oppiaineet/biologia/bi2/4srm/4-6-proteiinit>
- Kleemola, J. (2009) Maanmuokkaus-lannoitusmenetelmät ravinteiden saatavuuden kannalta. Teoksessa J. Peltonen, & P. Harmoinen (toim.) *Ravinteet kasvintuotannossa*. (s. 68–74). (Tieto tuottamaan 127). ProAgria Keskusten Liitto.
- Lantmännen agro. (2024). *Viljelyopas 2024*.
- Lantmännen agro. (i.a.) *Arild ohra*. <https://www.lantmannenagrokauppa.fi/tuote/arild-700-kq-ohra/>
- Luonnonvarakeskus (Luke). (i.a.) *Käytössä oleva maatalousmaa ELY-keskuksittain. Valitut muuttajat: 2023, 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_mkunta.px/table/tableViewLayout2/?rxid=001bc7da-70f4-47c4-a6c2-c9100d8b50db
- McCauley, A., Jones, C., & Jacobsen, J. (2009). *Plant Nutrient Functions and Deficiency and Toxicity Symptoms*. Montana state university.

- Mukula, J., Rantanen, O., & Lallukka, U. (1977). *Ohran viljelyvarmuus Suomessa 1950–1976*. Maatalouden tutkimuskeskus.
https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/439044/kvl_tiedote9_77.pdf;jsessionid=4178F44E2E1490D19DEA03B829A1D530?sequence=1
- Pekkala, I. (22.1.2025). *Jaettu lannoitus – panostus kasvuston satopotentiaalin mukaan*. Viljelijän Berner. <https://viljelijanberner.fi/blog/post/jaettu-lannoitus-%E2%80%93-panostus-kasvuston-satopotentiaalin-mukaan>
- Ruokavirasto (i.a.-a). *Viljan keskilaatu vuosittain*. Valitut muuttajat: 2024 & ohra. <https://avointieto.ruokavirasto.fi/#/kasvi/viljasadon-laatu>
- Ruokavirasto. (28.11.2024). *Ruokavirasto ja Luonnonvarakeskus julkaisivat ennakkosatotilaston vuoden 2024 viljasadon laadusta ja määrästä*. <https://www.ruokavirasto.fi/laboratoriopalvelut/kasvitutkimukset/kasvitutkimuksen-ajankohtaiset/viljan-laatu-ja-maara-ennakkotilasto-2024/>
- 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.
- Silander-Rasi, H. (2000). *Viljasato tehokkaasti käyttöön* (Maatalouden tutkimuskeskus julkaisu sarja A 73). Maatalouden tutkimuskeskus.
<http://www.mtt.fi/asarja/pdf/asarja79.pdf#page=70>
- Yara Atfarm. (2023). [*Koelohkon biomassakartta*]. Haettu 14.10.2023.
- Yara. (i.a.-a). *Ravinteet*. <https://www.yara.fi/lannoitus/ravinteet/>
- Yara. (i.a.-b). *Ravinteet: Typpi*. <https://www.yara.fi/lannoitus/ravinteet/typpi/>
- Yara. (i.a.-c). *Ravinteet: Kalium*. <https://www.yara.fi/lannoitus/ravinteet/kalium/>
- Yara. (i.a.-d). *Ravinteet: Fosfori*. <https://www.yara.fi/lannoitus/ravinteet/fosfori/>
- Yara. (i.a.-e). *Ravinteet: Rikki*. <https://www.yara.fi/lannoitus/ravinteet/rikki/>
- Yara. (i.a.-f). *Ravinteet: Kalsium*. <https://www.yara.fi/lannoitus/ravinteet/kalsium/>
- Yara. (i.a.-g). *Ravinteet: Mangaani*. <https://www.yara.fi/lannoitus/ravinteet/mangaani/>
- Yara. (i.a.-h). *Ravinteet: Sinkki*. <https://www.yara.fi/lannoitus/ravinteet/sinkki/>

Yara. (i.a.-i). *Viljojen kasvu ja kehitys ravinteiden näkökulmasta.*
<https://www.yara.fi/lannoitus/viljat/viljan-kasvuasteet/>

Yara. (i.a.-j). *Lisälannoitus kasvukaudella.* <https://www.yara.fi/lannoitus/lisalannoitus-kasvukaudella/>