



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Heikki Ilkka

Kaliumlannoituksen vaikutus herneen sadon määrään ja laatuun

Atria -Tuottajat Valkuaista pellostä hanke

Opinnäytetyö
Kevät 2023
Agrologi (AMK)



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Agrologi (AMK)

Suuntautumisvaihtoehto: Maatalouden yritystalous

Tekijä: Heikki Ilkka

Työn nimi alaotsikoineen: Kaliumlannoituksen vaikutus herneen sadon määrään ja laatuun

Ohjaaja: Arja Nykänen

Vuosi:2023

Sivumäärä:35

Liitteiden lukumäärä:0

Opinnäytteen tavoitteena oli selvittää, kuinka kaliumlannoitus vaikuttaa herneen sadon määrään ja laatuun. Kokeessa otettiin myös huomioon mahdollinen korrensäteen vaikutus herneen sadon määrään ja laatuun. Opinnäytetyölle toimeksiantajana toimi Atria Tuottajat Valkuaista pellostä -hanke. Hankkeen tavoite oli lisätä hankealueella rehuvalkuaisen tuotantoa sekä yleisesti kannustaa palkoviljojen viljelyä ja kohentaa rehuviljojen laatua.

Peltokokeet toteutettiin kasvukausina 2021 ja 2022 Ilmajoella. Kokeen koetekijöinä olivat erilaiset herneen kaliumlannoitukset: lannoittamaton, A-rehun hernelannos (N-P-K 6-9,5-26,4 %), hernelannos + kaliumsulfaatti ja pelkkä kaliumsulfaatti. Lannoitetuissa kasvustoissa lisätyn kaliumin määrä oli 60 kg/ha. Aineistot tulivat Atrian kautta. Aineistoiden laskennassa käytettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmaa, josta saatiin laskettua tulosten keskiarvot ja keskihajonnat. Kasvustoista mitattiin sadon määrää ja sadon laatua: valkuaispitoisuus, tuhannen jyvän paino sekä kosteuspitoisuutta. Mitattiin myös hernekasvien pituutta, palkojen määrää kasvissa, herneiden määrää palossa sekä herneitä kasvissa.

Tuloksista tuli ilmi, että kaliumlannoitus nosti satotasoa molempina vuosina. Maalajien vaihtelullakin oli merkitystä, sillä multavammilla mailla kaliumlannoitus nosti enemmän satoa (11 000 kg/ha) kuin ei -multavilla mailla (8000 kg /ha). Kaliumlannoitus lisäsi myös palkojen määrää hernekasveissa, ja herneitä oli myös enemmän palossa. Kasvukaudella 2021 korrensäteen vaikutus oli kasvustossa huomattavasti havaittavissa, mutta kasvukaudella 2022 korrensäteen vaikutus ei ollut yhtä selkeästi kasvustossa näkyvissä. Eniten satoa tuli vuonna 2021 kaliumkoekaistalta (12 845 kg/ha), jossa korrensäädettä ei ollut käytetty ollenkaan. Hajonta oli tuloksissa erittäin suurta, joten kyseiset keskiarvotulokset ovat vain suuntaa antavia eikä niillä ole tilastollista merkitsevyyttä.

¹ Asiasanat: palkoviljat, kaliumlannoitus, herne, kalium

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Agriculture and Rural Enterprises

Specialisation: Farm management

Author/s: Heikki Ilkka

Title of thesis: Effect of potassium fertilization on pea yield and quality

Supervisor(s): Arja Nykänen

Year:2023

Number of pages:35

Number of appendices:0

The aim of the thesis was to find out how potassium fertilization and eventual use of straw regulator affect the quantity and quality of the pea yield. The thesis was commissioned by the Atria Tuottajat Valkuaista pellostä (protein from the field)- project. The aim of the project was to increase the production of fodder protein in the project area and, in general, to encourage the cultivation of pulses and improve the quality of fodder cereals.

Field trials were conducted in the growing seasons of 2021 and 2022 in Ilmajoki. The experimental conditions were different pea potassium fertilizers: no fertilizer, A-fodder pea fertilizer (N-P-K 6-9.5-26.4%), pea fertilizer + potassium sulphate and potassium sulphate alone. In the fertilized crops, the amount of potassium added was 60 kg/ha. Data were obtained through Atria. The data were computed using the Excel spreadsheet program, from which the means and standard deviations of the results were calculated. The crop yield and the crop quality: protein content, weight of 1,000 grains and moisture content were measured. The number of pods in the plant, the number of peas in the pod and the number of peas in the plant were also measured.

The results showed that potassium fertilization increased the yields in both years. Soil type variation also played a role, as potassium fertilization increased the yields more on soils with more mull (11 000 kg/ha) than on soils without mull (8000 kg/ha). Furthermore, potassium fertilization increased the number of pods in the pea plants and the number of peas in the pod. During the growing season of 2021, the effect of straw regulator was clearly visible in the crop, but in the growing season of 2022, the effect was less clearly visible. In the year of 2021, the highest yield was obtained on the potassium-coated strip (12 845 kg/ha), where no straw regulator was applied. There was a large dispersion in the results, so these average results are only indicative and do not have statistical significance.

¹ Keywords: pulses, potassium fertilization, pea, potassium

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	6
1 JOHDANTO	7
2 HERNE VILJELYKASVINA	8
2.1 Biologinen typensidonta	8
2.2 Kylvö	10
2.3 Lannoitus.....	12
2.4 Rikkakasvien torjunta	14
2.5 Herneen kasvitaudit ja niiden torjunta	14
2.6 Tuholaiset.....	15
2.7 Herneen sadonkorjuu	16
3 KALIUM KASVISSA	17
3.1 Kaliumin saanti.....	18
3.2 Kaliumin puutos.....	18
4 AINESTO JA MENETELMÄT	20
4.1 Koekäsittelyt.....	20
4.2 Koepelto ja sen kylvö 2021	20
4.3 Koepelto ja sen kylvö 2022	22
5 MITTAUKSET JA HAVAINNOT	24
6 TULOKSET	25
6.1 Kasvustohavainnot.....	25
6.1.1 Kasvukausi 2021.....	25
6.1.2 Kasvukausi 2022.....	25
6.2 Hernesadon määrä ja laatu	26
6.3 Herneiden satokomponentit	28
7 YHTEENVETO	31
LÄHTEET	33

LIITTEET	36
----------------	----

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Koelohkon 2021 maalajit ja viljavuusluokat.....	21
Kuvio 2. Koelohko ja sen koekäsittelyt vuonna 2021.....	22
Kuvio 3. Koelohko ja sen koekäsittelyt vuonna 2022.....	23
Kuvio 4. Koepellon 2022 viljavuusanalyysin tulokset.....	23
Kuvio 5. Eri lannoitteilla lannoitettujen herneiden sadon ja valkuais sadon määrä (kg/ha) ja valkuaispitoisuus (%), kun ei ollut käytetty korrensäädettä.....	27
Kuvio 6. Eri lannoitteilla lannoitettujen herneiden sadon ja valkuais sadon määrä (kg/ha) ja valkuaispitoisuus (%), kun kasvustoissa oli käytetty korrensäädettä.....	28
Taulukko 1. Koekaistojen järjestys pelloilla 2021 ja 2022.....	20
Taulukko 2. Herneen satokomponentit 2021 ilman korrensäädekäsittelyä.....	29
Taulukko 3. Herneen satokomponentit 2021 korrensäädekäsittelyllä.....	29
Taulukko 4. Herneen satokomponentit 2022 ilman korrensäädekäsittelyä.....	30
Taulukko 5. Herneen satokomponentit 2022 korrensäädekäsittelyllä.....	30

1 JOHDANTO

Globaalien ilmiöiden kuten ilmastonmuutoksen ja väestönkasvun seurauksena ruokajärjestelmä on ollut suuressa murroksessa. Ruokavalion terveydelliset kysymykset, kuten lihan syönnin vähentäminen, ovat korostuneet 2000-luvulla. Nykyisen kansainvälisen ruokajärjestelmän haavoittuvuutta lisänneet, viime vuosina vallinneet koronapandemia ja meneillään oleva Ukrainan sota ovat kasvattaneet kotimaisen ruuantuotannon kunnioitusta ja tärkeyttä myös huoltovarmuuden perspektiivistä

Kotimaisen valkuaisen kauppasetta laskee tuontivalkuainen, ja kriisi- tai katotilanteissa valkuaisen saatavuus ei ole aina turvattu. Viljelystä aiheutuvat ympäristöongelmat ovat oma kysymyksensä tuontisoijan viljelyssä.

A-Rehun, Atria Tuottajien ja ProAgria Etelä-Pohjanmaan toteuttamassa Valkuaista pellostahankkeessa kotimaisen valkuaisen tuotantoa lisätään nostamalla valkuaiskasvien ja rehuviljan valkuaisosajia. Ulkomailta tuotavan soijarouheen korvaaminen kotimaisella valkuaisella kotieläinten rehustuksessa edistää ympäristökestävyyttä. Hankkeen tarkoitus on lisätä hankealueella kotimaisen rehuvalkuaisen tuotantoa sekä kannustaa palkoviljojen viljelyä ja kehittää rehuviljojen laatua. Hankkeessa myös saadaan uutta tietoa herneen ja härkävavun viljelyalojen ja satovarmuuden edistämiseksi. Toimintasäde hankkeella on Etelä-Pohjanmaan maakunta. Hankkeen ensisijaisena kohderyhmänä ovat kaikki hankealueen kotieläin- ja kasvinviljelytilat. Hanke pyrkii omalta osaltaan lisäämään kotimaista valkuaisomavaraisuutta ja tarjoamaan tukea ja tietoa tiloille valkuaisuotannon kehittämiseksi.

2 HERNE VILJELYKASVINA

Herne on kasvanut viljelijöille taloudellisesti sopivaksi valinnaksi viljojen kanssa. Herneen sato voi lähennellä parhailla lohkoilla jopa viljasadon luokkaa (Jansik, 2022, s. 38). Herneen hinta keväällä 2022 kapusi leipävehnän tasolle. Herneen tuottamat markkinatulot kulkevat parhaillaan parhaimpien viljalajien tasolla, mutta herneen kustannukset antavat mahdollisuuksia edullisimpiin ratkaisuihin. Typpilannoitusta herne tarvitsee selkeästi vähemmän viljoihin nähden. Esikasvina herne tuo lisää taloudellista hyötyä, koska se sitoo typen maaperään.

Esikasvina herne on viljoille hyvä, koska viljat kykenevät käyttämään hyväkseen herneen ilmasta sitomaa ja kasvinjätteistä maahan jäävää typpeä (Juntti ym., 2005, s. 11). Viljelyä vähentää yksipuolisessa herneen viljelyssä sen kasvitautien lisääntyminen. Samalla lohkolla hennettä tulisikin olla vain joka viides vuosi.

Laaja-alaisen herneen viljelyä vähentää sen haastavuus kasvupaikan suhteen (Juntti ym., 2005, s. 11). Sopivimmat maalajit herneelle ovat ilmavat hienot hiedat ja hyvärakenteiset hietasavet. Herneen juurissa tapahtuvaan tehokkaaseen symbioottiseen typensidontaan vaaditaan korkea maan pH sekä maan ilmavuus.

Herneen kasvu vaikuttaa herneen maata lannoittavaan vaikutukseen. Hyväkuntoinen herneen kasvusto sitoo maahan typpeä paremmin kuin huonompi kasvusto (Juntti ym., 2005, s. 11). Herneen typpilannoituksen vaihtoehtoinen tehokkuus saattaa siten muuttua muiden kasvuedellytysten ja kasvupaikan mukaan.

Viljelyvarmuus on yksi syy herneen suosion heikentymiseen. Herneellä on suurempi riski sadon epäonnistumiseen kuin viljoilla (Seppänen ym., 2008, s. 67). Mielenkiinto palkoviljoihin saattaa lisääntyä reippaan lannoitetyypin hinnannousun seurauksena. Herneellä on hento juuristo, ja se on herkkä liialliselle kosteudelle ja kuivuudelle. Kukinnan ja palkojen täyttymisen vaiheeseen ajoittuva veden puute vähentää satoa, ja varsinkin matalajuuriset lajikkeet voivat hyödyntää sadetusta.

2.1 Biologinen typensidonta

Mikrobien typensidontan tärkein muoto kasvintuotannon kannalta on symbioottinen typensidonta typpibakteerien (*Rhizobium*) ja symbioosiin kykenevien kasvien kanssa (Keskitalo ym.

,2022, s. 35). Energiaa mikrobi saa kasvilta yhteyttämistuotteiden muodossa juuristoon kehittyvissä juurinyströissä. Kasvit voivat myös hyötyä ns. assosiativisesta typensidonnasta, eli bakteerit, jotka sitovat typpeä, kasvavat kasvin juuristoalueelle eikä kasvi-mikrobisyhteistyö ole tiukasti kasvi- tai mikrobilajeihin kytkeytyvää.

Seppäsen ym. (2008, s. 73) mukaan palkoviljat kykenevät hyödyntämään biologista typensidontaa, kunhan olosuhteet ovat sille edulliset. *Rhizobium*-bakteeri elää juurinyströissä, ja se vaatii kunnolla onnistuakseen hyvin kalkitun maan. Mailla pH:n täytyy olla 5,9–6,7. PH:n ollessa alle 6 on siemen aina ympäröivä *Rhizobium*-bakteereilla.

Palkokasvien tarvitsema typpi katetaan kokonaan symbioottisella typensidonnalla, minkä seurauksena viljelykierrossa palkokasvia seuraavana vuonna typpilannoitusta voidaan merkittävästi vähentää (Keskitalo ym., 2022, s. 35). Satokasvien typensaannissa typensidontaa voidaan hyödyntää käyttämällä palkokasveja aluskasveina tai satokasvien seoksina. Huusela-Veistolan ym. (2012, s. 81) mukaan luonnonmukaisessa tuotannossa biologisesti sidottu typpi on merkittävä typenlähde, mutta biologista typensidontaa voidaan käyttää nykyistä laajemmin myös tavanomaisessa tuotannossa (Jaakkola, 1996a, s. 219). Symbioottisista typensitojista palkokasvien juurinyströbakteerit kuuluvat *Rhizobium*-sukuun ja ne ovat tärkeimpiä. Kyseiset bakteerit elävät vapaina maassa lyhytsauvoina. Kasvin juuriston eritteet stimuloivat bakteeria lisääntymään.

Typensidontaa palkokasveilla voitaisiin tehostaa tehokkaiden typensitojabakteerikantojen valinnalla ja niiden siirtämisellä siemeniin (Keskitalon ym., 2022, s. 35). Eri *Rhizobium*-lajit muodostavat juurinyströitä vain tiettyjen palkokasvilajien tai läheisten palkokasvisukujen kanssa.

Symbioottisten typpibakteerien teho riippuu merkittävästi pellon luontaisesta typpibakteeripopulaatiosta. Ympäryksellä ei edistetä sadonlisäystä, mikäli peltomaassa on runsaasti tehokkaita typpibakteereja (Keskitalo ym., 2022, s. 36). Ympäryys voi moninkertaistaa sadon, mikäli peltomaassa typpibakteereja on vähäisesti tai niiden typensidonta on heikko. Palkokasveja viljellään säännöllisesti luonnonmukaisessa viljelyssä, mutta tavanomaisessa viljelyssä on saatettu harjoittaa viljelyä vuosikymmeniä ilman palkokasveja. Typensidontaa vähentää runsas typpilannoitus, ja kauan jatkuessaan se myös vähentää typpibakteerien esiintymistä maassa.

Kasvin energian tarve on biologisessa typensidonnassa suhteellisen suuri (Jaakkola, 1996a, s. 220). Energiaa kuluu sama määrä, oli kyse sitten biologisesta tai teollisesta typensidonnasta. Energia symbioottisessa typensidonnassa on peräisin isäntäkasvilta ja sen sadontuottoa alentaa se, jos ei fotosynteesi vastaavasti lisäänty. Jallin ja Saarisen (2022, s. 14) mukaan palkokasvien heikon satotuloksen saattaa tuottaa viljely peltolohkolla ensimmäistä kertaa, jos isäntäkasvilta puuttuu sopiva typpibakteerikanta maaperästä. He toteavat tällaisen tilanteen voivan olla viljelyyn vasta hiljattain otetuilla peltolohkoilla varsinkin runsasmultaisilla pelloilla, joiden pH on matala (alle 6,0). Maan korkean orgaanisen aineen määrä on saattanut rajoittaa luonnonvaraisten, omavaraisten typpitalouden omaavien kasvien ja niiden kanssa symbioosissa elävien bakteerien runsastumista ennen maan viljelykäyttöön ottamista. Vakuutuksen omainen toimenpide tällaisissa tilanteissa on siementen ymppäys. Jos pellolla on pitkä viljelyhistoria ja varsinkin, jos palkokasveja on viljelty menestyksekkäästi jo aikaisemmin, ei ymppäyksestä ole merkittävää hyötyä. Kyseiseen lajiin erikoistuneet typpibakteerikannat ovat omat kaikilla palkokasvi- ja nurmipalkokasvilajeilla. Poikkeuksia tosin on, kuten esimerkiksi se, että sama ymppinkanta toimii herneelle ja virnoille.

Jallin ja Saarisen (2022, s. 14) mukaan valmiiksi sertifioituja ympättyjä siemeniä ei ole myynnissä, vaan ymppäys on tehtävä itse. He toteavat ymppäyksen onnistuvan pienissä siemenessä betoninsekoittimessa. Isompien erien käsittelyssä on käytetty pystyruuveilla varustettu apevaunua, joka on pesty puhtaaksi. Kaikessa siemenerien käsittelyssä on muistettava välttää kovakouraista käsittelyä, joka voisi rikkoa siemeniä ja alentaa itävyyttä.

2.2 Kylvö

Vihonen ja Laitila (2018, s. 63) toteavat viljelyn onnistuvan viljojen kanssa seoksena, koska silloin herneen lakoontuminen vähenee selkeästi. He korostavat samaa kasvuajaluokkaa olevien lujakortisten vehnien ja ohrien olevan parhaita tukikasveja. Hernekasvustossa kaura varjostaa toisia viljoja enemmän, minkä seurauksena se pienentää herneen osuutta toisia viljoja enemmän sadossa. Vihosen ja Laitilan (2018, s. 63) mukaan pelto pitää tasoittaa hyvin ja irtokivet on koottava pois ennen kylvöä, koska herne voi olla kokonaan maata vasten lakoutuessaan. He toteavat kylvötiheyden puhtaassa kasvustoissa olevan puolilehdettömällä lajikkeilla 130–140 itävää siementä neliölle. Eteläisen Suomen savimailla kylvötiheys 100 kpl/m² ja pohjoisemman Suomen viljelyalueilla ja multivilla pelloilla 65–75 kpl (Marttila, i.a.).

Stoddard ym. (2011, s. 40) toteavat, että parhaimmat tulokset herneen kylvämisellä on saatu hyvän syyskynnön jälkeen kylvömuokattuun maahan, jolloin on todennäköistä myös käyttää glyfosaattia tai muita laajavaikutteisia herbisidejä kestorikkakasvien torjuntaan. Herne on kylmänkestävä kasvilaji, joka voidaan kylvää keväällä heti, kun maata voi muokata. Heidän mukaansa herne itää suhteellisen viileässä, +5-asteisessa maassa, joten kylvön tulisi tapahtua mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

Kylvö tapahtuu 5 cm:n syvyyteen normaaleissa kosteusoloissa, kun maa on varhain keväällä lämmennyt riittävästi. Kylvämistä herneellä voidaan suorittaa seoksena tukikasvin avulla (Seppänen ym., 2008, s. 71–72). Tukikasvin käyttö takaa sadon laatua, pienentää herneen lakoutumista sekä hernekääriäisen toukan vioituksia sadossa. Tukikasvin kanssa viljelty herne kilpailee kasvutilasta. Sen seurauksena hernesadon osuus pienentyikin kilpailun vaikutuksena.

Aikaisemman kylvön mahdollistaa muokattujen maiden lämpeneminen ja kuivuminen muokkaamattomia maita nopeammin (Jalli & Saarinen, 2022, s. 10). Herne sietää kohtuullisesti kylmään maahan kylvöä, mutta sen taimettuminen tapahtuu nopeammin ja tasaisemmin maan ollessa lämmin. Nopealla taimettumisella on etunsa mm. lyhentämällä ajanjaksoja, jolloin runsaat sateet voivat liettää ja kivettää maan pinnan ennen taimettumista.

Suorakylvettävänä kasvina herne on vaativa (Jalli & Saarinen, 2022, s. 10). Säähän herne reagoi ohraakin voimakkaammin, ja sitä voidaan pitää mittarina pellon alttiudelle ongelmiin suorakylvösystemissä. Suorakylvetyllä herneellä ei ole todettu positiivisia vaikutuksia seuraavan vuoden viljakasvuston satoon (Jalli & Saarinen, 2022, s. 10). Tämän arvellaan jossain määrin selittyvän edeltävän herneen biomassan vähäisellä määrällä, mutta myös typen siirtymisen tehokkuus olisi lisätutkimisen arvoista.

Herne on kuitenkin hyvä lisä myös muokkaamattoman maan viljelykiertoon viljaa vähäisemmän ja nopeasti hajoavan puintitähteensä ansiosta (Känkänen ym., 2012, s. 1). Viljoihin verrattuna herne on vaativa suorakylvettävä. Saman kasvutiheyden saavuttamiseksi kylvötiheyttä on kasvatettava muokattuun maahan verrattuna. Herne kärsii herkästi alkukesän sateista hyvänkin taimettumisen jälkeen, jos maan kuohkeus tai vettä johtavien huokosten määrä ei riitä. Herneen suorakylvöä pohtiessa etenkin maan kasvukuntoon on kiinnitettävä poikkeuksellista huomiota. Muokkaamattomassa maassa parhaimmillaan herneestä saadaan hyviä satoja.

Jallin ja Saarisen (2022, s. 10) mukaan viljojen siemeniin verrattuna isosiemeninen herne vaatii itääkseen maasta enemmän kosteutta. He korostavat maan äestämistä ja siementen kylvöä riittävän syvälle, tiiviisti kiinni muokkauspohjaan. Äestys- ja kylvösyvyyttä tulee kasvat-
taa, mikäli maa on ehtinyt jo pinnastaan kuivua, jotta siemenet saadaan kiinni kosteaan muokkauspohjaan. Taimettumista vaikeuttaa herneen kylväminen 7 cm syvempään.

2.3 Lannoitus

Typpilannoitus

Seppänen ym. (2008, s. 73) toteavat palkoviljojen saavan tavanomaisessa viljelyssä yleensä keväällä pienen starttityppilannoituksen. He toteavat typpilannoituksen voimin herneen pää-
sevän hyvään kasvuun, kun maa on kasvukauden alkutaipaleella kylmä eikä biologinen ty-
pensidonta toimi tehokkaasti.

Jallin & Saarisen (2022, s.12) mukaan typpilannoitustarve herneellä vaihtelee maan multa-
vuuden mukaan. Starttityypen määrää pitää pienentää multavuuden suurentuessa. Hernettä
suositellaan kylvettävän varsinkin hikeville ja multaville maille. Herne ei tarvitse starttityppeä
ollenkaan, jos edeltävä kasvi jättää maahan typpeä. Herneen omavaraisen typpitalouden an-
siosta on maan hyvä kasvukunto tärkeämpää kuin typpilannoitus.

Kleemolan (2009, s. 41) mukaan Suomessa käytettävissä lannoitteissa typpi on nitraatti- ja
ammoniumtyypinä, jotka ovat heti käyttökelpoisia kasveille liuettuaan maaperän veteen. Hän
kertoo muualla käytössä olevan amidityypen muuttuvan maaperässä ammoniumtypeksi ja on
kasvuvaikutukseltaan jossain määrin hitaampi kuin nitraatti- tai ammoniumtyppilannoitteet.
Selvästi amidityppeä hidasliukoisempia lannoitteita saadaan, kun tavallinen typpilannoite
päällystetään ohuella kalvolla.

Fosforilannoitus

Huuhoutumisherkkyys eroaa toisistaan fosforilähteillä siten, että karjanlannan fosfori on mi-
neraalilannoitteiden fosforia huuhoutumisherkempää (Yara, i.a). Tarpeenmukaisella fosfori-
lannoituksella kohennetaan typen ja muiden ravinteiden ottoa. Fosforilannoituksella säilyte-
tään ensisijaisesti pellon fosforitasoa ja sitä kautta pellon sadontuottokykyä tyydyttävässä ja
sitä paremmissa fosforiluokissa. Vuotuisesta fosforintarpeestaan kasvit ottavat noin 20 %

vuosittaisesta lannoituksesta ja loppuosan maan varoista. Fosforitason nostamista estävät fosforinkäytön rajoitukset, ja täten on erittäin tärkeää, ettei fosforiluku laske liian alhaiseksi.

Kaliumlannoitus

Virkajärven ym. (2014, s. 12) mukaan kalium on ravinteista yksi keskeisimmistä kasvintuotannossa. He toteavat kasvin kaliumpitoisuuden olevan suurempi mitä aikaisemmasta kasvuasteesta on kyse. Kasvua alkaa vähentää kaliuminpuute ja sen pitoisuuden laskeminen alle 0,8:iin. Virkajärvi ym. (2014, s. 13) kertovat kasvin kaliumin tarpeen olevan riippuvainen myös kasvin typpipitoisuudesta. Heidän mukaansa kasvi tarvitsee kaliumia sitä enemmän, mitä korkeampi typpipitoisuus kasvulla on.

Aaltonen ym. (2016 s. 6) toteavat herneellä olevan suuri kaliumin tarve. Heidän mukaansa kalium nopeuttaa herneen kehitystä. Kalium myös edistää elinvoimaisuutta kasvitauteja sekä epäsuotuisia sääolosuhteita vastaan. Herne tarvitsee kaliumia vesitalouden sääntelyyn ja yhteyttämistuotteiden ohjaamiseen kasvissa. Kaliumin puute herneessä näkyy kasvin lakastumisena kuumalla säällä helpommin. Kaliumin riittävä saanti on kylmyyden kestävyiden kannalta tärkeää.

Kalium esiintyy yleensä kasveissa K^+ -kationina, ja sillä on tärkeä rooli kasvisolujen osmoottisen potentiaalin säätelyssä (Shaheen ym., 2009, s. 11272). Kalium myös aktivoi monia soluhengitykseen sekä fotosynteesiin osallistuvia entsyymejä. Kaliumin tiedetään olevan yksi tärkeimmistä aineisista kasvien ravitsemuksessa. Kaliumilla on tärkeä rooli kasvien entsyymiaktiivisuuden edistämässä. Lisäksi se kasvattaa juurten kasvua, rakentaa selluloosaa ja säätelee kasvin nestejännitystä.

Hivenlannoitus

Herneen kehitykselle tärkeitä hivenravinteita ovat mangaani, kupari, boori ja molybdeeni (Farmit, 2010). Tärkeässä roolissa biologisessa typensidonnassa on molybdeeni. Hivenravinteiden saatavuus tulisi varmistaa peltolohkoilla, joiden pH on luokkaa hyvä tai parempi. Kylvölannoituksessa hivenravinteita voi antaa hyödyntämällä hivenpitoisia lannoitteita.

Karjanlanta

Jallin ja Saarisen (2022, s. 13) mukaan pitkällä aikavälillä karjanlannan typpi tulee kasvin käyttöön painottuen kasvukauden loppuun. He toteavat, että herneen lakoontumisen vaikutusta edistävää ylimääräinen myöhäinen typpi. Tämän takia karjanlantaa ei kehoiteta käyttämään herneen lannoitteeksi. Karjanlannan käyttö on tehtävä edelliselle kasville, jottei herneen kasvu rehevöityisi liikaa. Karjanlantaa ei saa käyttää ollenkaan pakasteherneentuotannossa.

2.4 Rikkakasvien torjunta

Seppänen ym. (2008, s. 72) korostavat monivuotisten rikkakasvien ongelmallisuutta, joten ne täytyy torjua palkoviljoja edeltävänä vuonna. Heidän mukaansa herneen kasvustolle haitallinen on juolavehnä, koska se tukahduttaa ja lakoonnuttaa hernekasvuston. Herneen sadonkorjuussa ongelmaksi on myös muodostunut monivuotinen valvatti.

Vihonen & Laitila (2018, s. 64) toteavat rikkaäestyksen olevan tavallisesti toimiva keino siemenrikkakasvien torjunnassa. He korostavat rikkaäestyksen vaikutuksen juolavehnään ja ohdakkeeseen tehottomaksi. Rikkaäestys kannattaa suorittaa ennen herneen itämistä. Rikkaäestystä ei kannata tehdä herneiden itujen ollessa piikillä, koska idut ovat herkkiä vaurioitumaan. Rikkaäestyksen voi toisen kerran toteuttaa herneen aikaisessa kehitysvaiheessa. Rikkaäestyksen yhteydessä aluskasvien kylväminen tulisi toteuttaa, jotteivat ne kasvaisi liian korkeiksi. Rikkaäestämistä ei voida enää suorittaa sen jälkeen, kun herneet alkavat tarttua toisiinsa.

Aaltosen ym. (2016, s. 10) mukaan lohkokohtaisella kasvinvuorottelulla estetään maanlevinteisiä kasvitauteja ja tuhoeläinten esiintymistä sekä rikkakasvilajiston yksipuolistumista. He toteavat, että viljelykierrossa on huomioitava herneellä palkokasveja sisältävät seoskasvustot ja kerääjäkasvit. Pääasiassa kestorikkakasvit hävitetään hernelohkoilta ennen viljelyä. Toimivalla kasvinvuorottelulla turvataan, etteivät kestorikkakasvit pääse kasvamaan viljelykierron aikana ongelmaksi missään vaiheessa.

2.5 Herneen kasvitaudit ja niiden torjunta

Seppäsen ym. (2008, s. 73) mukaan useat kasvijätteessä ja maassa kauan säilyvät sienet aiheuttavan tyvitauteja. He toteavat juurten heikkenevän, tyvien tummuvan ja siementen

itävyyden ja taimettumisen olevan heikkoa pahoin saastuneilla alueilla. Kylvösiemenen avulla leviävät myös tyvi- ja juuristotaudit. Viljelykierto ja kylvösiemenen peittäminen ovat hyviä torjuntakeinoja välttää tyvitauteja.

Aaltosen ym. (2016, s. 20) mukaan herneellä on monia kasvitaukeja, jotka säilyvät maassa, kuten lakastetauti ja lehtihome, joiden seurauksena hennettä ei voi viljellä pitkäaikaisesti ilman hyvää viljelykiertoa. He lisäävät monien herneen kasvitautien leviävän kylvösiemenen ohella. Kasvitaudit, jotka leviävät siementen kautta, voitaisiin torjua peittäuskäsittelyllä. Tällä hetkellä Suomessa ei ole tähän tarkoitukseen rekisteröity yhtään valmistetta.

Aaltosen ym. (2016, s. 20) mukaan kasvitaudit tuoreherneellä eivät ole normaalisti suuri ongelma sen lyhyen kasvuajan ansiosta. He toteavat herneen lakasteen ja lehtihomeen tartuttavan hennettä jo taimivaiheessa, joten periaatteessa tuoreherne ehti myös vaurioitua. Sadekesinä joskus saattaa esiintyä pahkahometta.

Aaltonen ym. (2016, s. 20–21) toteavat herneen lakasteen olevan munasiemenen aiheuttava juuristotauti. He lisäävät taudin tuhoavan herneen juuria ja tyviosia, minkä vuoksi kasvit keltastuvat ja kuihtuvat. Kun maa on märkää ja lämpötila on selvästi yli 20 astetta, on tauti tuhoisimmillaan. Tauti leviää nopeasti peltolohkoilla nopeasti muokkaustöiden yhteydessä. Jos peltolohkoilla ilmenee herneen lakastetta, kannattaa viljelyssä pitää 6–10 vuoden väli. Kemiallisin keinoin ei voi herneen lakastetta torjua.

Aaltosen ym. (2016, s. 21) mukaan herneenlehtihome on munasiemenen aiheuttama tauti kuten lakaste. He lisäävät taudin näkyvän ensin alimmissa lehdissä, minkä jälkeen se etenee niistä ylöspäin. Kun ilmankosteus on 90 % ja lämpötila on 4–8 astetta, lehtihome leviää tehokkaimmin.

2.6 Tuholaiset

Hernekärsäkäs

Aikuiset hernekärsäkkäät nakertavat sirkkalehtiin ja ensimmäisten kasvulehtien reunaan pyöreitä koloja. Pienet taimet hernekärsäkkäät voivat tuhota kokonaan, jos kuivuuden takia taimettuminen on hidasta (Huusela, 2022, s. 21). Toukkien juurinyströihin kohdistuva vioitus täydentää tuhoa.

Hernekääriäinen

Herneelle pahin tuhoeläin on hernekääriäinen. Hernekääriäisen toukat vioittavat herneiden palkojen sisällä kehittyviä herneitä vaikuttaen herneen sadon määrään ja laatuun (Huusela, 2022, s. 22). Edellisen vuoden herneenviljelyn läheisyys ja yleisyys vaikuttaa ratkaisevasti hernekääriäisen esiintymiseen.

Hernekivat

Kukinnan alkaessa hernekirvat tavallisesti siirtyvät herneelle verson kärkiin, palonalkuihin ja kukintoihin. Kirvat lisääntyvät nopeasti, ja kirvojen imentä aiheuttaa versojen käpertymistä ja epämuodostumista palonalkuihin. (Huusela, 2022, s. 23).

Hernepiilokas

Vuonna 2021 herneen satonäytteissä huomattiin hernepiilokas ja sen tekemää vioitusta. Tulevaisuudessa on lajiin syytä kiinnittää huomiota (Huusela, 2022, s. 24). Hernepiilokas munii herneen palkoihin. Hernepiilokas on myös kovakuoriainen. Siemenen sisällä kehitty hernepiilokkaan toukka. Vioitus on tyypillisesti pyöreä, halkaisijaltaan 2–3 mm kokoinen reikä, joka syntyy, kun aikuinen kuoriainen porautuu ulos siemenestä. Siemenen itävyyteen voi vioitus vaikuttaa, ja syöntijäljet saattavat haitata sadon elintarvikekäytössä. Kylvösiemenen mukana hernepiilokas voi myös levitä.

2.7 Herneen sadonkorjuu

Herneen sadonkorjuussa ei kannata viivytellä (Vihonen & Laitila, 2018, s. 64). Varstasilta pitää avata puimurissa ja pieni kelanopeus, puhallus pitää laittaa suureksi sekä seulasto auki hernettä puitaessa. Jos herne halutaan saada talteen, on tavallisesti puitava lyhyeen säänkeen. Herneen puimisessa ei ole ongelmaa, jos kasvusto pysyy pystyssä.

Lämpimällä säällä herne tuleentuu hyvin nopeasti Aaltonen ym., (2016, s. 8). Asia on huomioitava tuoreherneen sadonkorjuuta etukäteen suunniteltaessa. Sopiva puintikosteus on 20–25 %:sti tuleentuneilla herneillä. Kuivemmat siemenet hajoavat helposti. Herneen pinta rikkoutuu, jos kuivaus tehdään liian nopeasti.

3 KALIUM KASVISSA

Jaakkola (1996b, s. 229) esittää kasveissa kaliumin osallistuvan moniin elintoimintoihin, mutta täysin spesifejä tehtäviä, joissa sitä eivät voi muut aineet korvata, on varsin vähän. Hänen mukaansa kaliumin yksi tärkeimmistä tehtävistä on solunesteen osmoottisen potentiaalin säätely. Useat muut ravinteet vaikuttavat osmoottiseen potentiaaliin, mutta tärkeimmän ravinteiden osuus on kaliumilla, koska sitä on eniten. Kasvin vesitalouteen vaikuttaa olennaisesti kalium osmoottisen potentiaalin säätelyn kautta.

Jaakkola (1996b, s. 229) toteaa kaliumin olevan tärkein kasvien kylmänkestävyyteen vaikuttava ravinne. Kalium ensisijaisesti säätelee solun suolapitoisuutta, ja siitä riippuu jäätymispisteen aleneminen. Mitokondrioiden toiminnalle, fotosynteesille, orgaanisten yhdisteiden stabiloijana ja aktivoiminen entsyymien toimintaa vaikuttamalla rakenteeseen siten, että lähelle toisiaan pääsevät substraatti ja entsyymi ja sen seurauksena reagointi on mahdollista. Näihin edellä mainittuihin tapahtumiin kalium on välttämätön. Kaliumin on myös todettu olevan mukana energiarikkaiden yhdisteiden kuten ATP:n muodostumisessa ja niiden toiminnassa.

Kasvissa sekä maassa kalium on hyvin liikkuva ravinne. Kasvissa kalium liikkuu helposti, joten vaikutus on hyvin laaja-alainen viljelykasvin kasvuun ja kehitykseen (YARA, i.a.). Maanesteestä kasvi ottaa kaliumin yhdenarvoisena kationina (K^+). Samassa muodossa se myös esiintyy solunesteessä. Solunesteen osmoottisen potentiaalin eli suola-vesitasapainon säätelyssä kaliumilla on ravinteista tärkein merkitys. Veden ja ravinteiden kuljetukseen kasvissa vaikuttaa solujen suola-vesitasapaino. Kalium myös vaikuttaa ilmarakojen sulkeutumiseen ja avautumiseen sekä kasvin kuivuuteen ja kylmänkestävyyteen suolatasapainon kautta.

Kasvin eri osiin fotosynteesin tuloksena syntyneitä sokereita kuljetetaan erilaisiin tehtäviin. Kuljetusjärjestelmä vaatii riittävästi energiaa ATP:n muodossa toimiakseen sujuvasti (YARA, i.a.). Jos kaliumista on vajausta, ATP:tä ei muodostu tarpeeksi ja kasvin sisällä sokereiden kuljettaminen häiriintyy. Tällöin viljelykasvissa kaliumin puute näkyy heikentyneenä kasvuna. Muiden ravinteiden hyväksikäyttö heikkenee automaattisesti, mikäli kasvi kärsii kaliumin puutteesta.

Valkuaisaineiden muodostumisessa kalium on tärkeä ravinne (YARA, i.a.). Valkuaisaineita ei kehity normaalisti kasvin riittävästä typensaannista huolimatta, jos kaliumia ei ole riittävästi.

Entsyymiaktivaattoreina kalium on yksi yleisimpiä. Kemiaalisia reaktioita ohjaavat entsyymit, jotka ovat valkuaisaineita, ja ne tekevät sen mahdolliseksi. Kalium aktivoi yli 60 entsyymiä. Kaliumia vaativat yhteyttäminen sekä soluhengitykseen osallistuvien entsyymien aktivointi.

3.1 Kaliumin saanti

Kaliumin kasvi ottaa yhdenarvoisena kationina maanesteestä (Jaakkola, 1996b, s. 231). So- lussa on yleensä selvästi pienempi kaliumpitoisuus kuin maanesteessä. Kaliumin otto on tä- män seurauksena yleensä energiaa vaativa tapahtuma. Kasvilla on taipumusta luksusottoon eli se ottaa kaliumia enemmän kuin tarvitsee, jos sille on runsaasti kaliumia tarjolla. Kasveille ylimääräinen kalium ei ole haitaksi, mutta rehussa se on haitaksi, koska se rajoittaa eläimille tarpeellisen magnesiumin ottoa. Kaliumia on vähemmän tuleentuneessa viljakasvustossa kuin kiihkeimmän kasvun aikaan (Jaakkola, 1996b, s. 231). Kaliumia voi olla kasvustossa pari kolme kertaa enemmän tähkälle tulon aikana verrattuna tuleentuneissa jyvissä ja oljissa yhteensä. Kaliumin väheneminen kasvustossa johtuu jonkin verran sen erittymisestä juurten kautta maahan takaisin. Kuitenkin tärkeämpi merkitys on todennäköisesti kaliumpitoisten leh- tien varisemisella.

3.2 Kaliumin puutos

Solun turgorpaine alenee ensimmäiseksi kaliumin puutteessa. Tämän seurauksena tapahtuu ns. päiväkuuhtumista (Jaakkola, 1996b, s. 230). Hiilihydraattien tehokkaalle kehitymisellä ka- lium on erityisen tärkeä. Kasvin on saatava kaliumia jatkuvasti. Kaliumin saannin keskeytymi- nen tähkimisen aikana päiväksi saattaa aiheuttaa sadon alenemista jopa noin 40 prosenttia. Kasviin kerääntyy kaliumin puutteen takia pienimolekyylisiä hiilihydraatteja. Tärkkelyksen ja selluloosan, jotka ovat suurimolekyylisiä hiilihydraatteja, synteesi estyy tai tapahtuu niiden hajoamista (Jaakkola, 1996b, s. 230). Tällöin sokereita saattaa siirtyä kasvualustaan, jolloin mikrobiston hengitys kiihtyy.

Kasvissa ravinteena kalium on hyvin liikkuva, joten puutosoireet näkyvät ensimmäisenä van- hoissa lehdissä (Yara, i.a.). Kalium toimii myös aktivaattorina hiilihydraattien muodostumi- ssa. Kasvin varsi tai korsi heikkenee kaliumin puutteesta, koska kasvi ei pysty riittävästi kuljettamaan hiilihydraatteja varren soluseinämien muodostumista varten. Lakoontumisriskin

lisääntymistä merkitsee heikko korsi tai varsi. Kasvin soluseinät ovat ohuita ja lehtiin kertyy sokereita kaliumin puutteen seurauksena, mikä altistaa kasveja myös tauti-infektioille.

4 AINESTO JA MENETELMÄT

4.1 Koekäsittelyt

Tutkimuksen kenttäkokeet suoritettiin Ilmajoella kasvukausina 2021 ja 2022. Kenttäkokeissa vertailtiin, kuinka kaliumlannoitus vaikuttaa herneen satoon ja sen määrään. Kokeen lajikkeena toimi Astronaute ja sen kylvömäärä oli 200–250 kg/ha.

Lannoituskäsittelyt olivat seuraavat:

1. Nollaruutu eli ei lannoitusta
2. A-hernelannos (N-P-K 6-9,5-26,4) 160 kg/ha (yht. N-P-K = 9,6-15,2-42,2)
3. A-hernelannos 160 kg/ha + kaliumsulfaatti (N-P-K 0–0–41) 60 kg/ha (yht. N-P-K 67)
4. Kaliumsulfaatti 155 kg/ha (yht. N-P-K 0–0–64)

Toisena koetekijänä oli korrensäätteen käyttö. A-ruuduissa käytettiin Moddus Evo -korrensäädettä 0,5 l/ha ja b-ruuduissa sitä ei käytetty. (Taulukko 1).

Taulukko 1. Koekaistojen järjestys pelloilla 2021 ja 2022.

Koekäsittelyt							
1a	2a	3a	4a	1b	2b	3b	4b

4.2 Koepelto ja sen kylvö 2021

Herne kylvettiin 12.5.2021. Koealue kylvettiin ympäri kiertäen viiden kylvökoneen verran, jolloin yhden koekaistan leveydeksi tuli 20 metriä (5*4 m = 20 m). Lohkon muodon vuoksi toiseen pätyyn kylvettiin 40 metriä leveä suojakaista. Ensin kylvettiin nollaruutu (1a) viiden kylvökoneen leveydeltä (Kuvio 1). Seuraavaksi otettiin mukaan A-Hernelannoksen säätö 160 kg/ha ja kylvettiin kymmenen koneen leveyttä (2a ja 3a). Lannoitepuoli otettiin pois käytöstä ja kylvö toteutettiin ilman lannoitetta 10 koneen leveyttä (4a ja 1b). Seuraavaksi mukaan valittiin A-Hernelannos säätö 160 kg/ha ja kylvettiin kymmenen koneen leveyttä (2b ja 3b). Lannoitepuoli poistettiin käytöstä ja kylvettiin viisi kylvökoneen leveyttä ilman lannoitusta (4b)

Kylvöstä noin viikko levitettiin pintalevittimellä kaliumsulfaatti pintaan. Kaliumsulfaatti levitettiin 4.6.2020. Kaliumsulfaatti 155 kg/ha käsittelyt olivat 4a ja 4b. Kaliumsulfaatti 60 kg/ha: käsittelyt olivat 3a ja 3b. Herne oli tullut pintaan ja kasvusto näytti hyvältä. (kuvio 2).

Koepellon maalaji oli savinen hieno hieta. Pellon toinen pää oli multavaa ja toinen runsasmultaista, joten kaikki havainnot ja näytteet otettiin molemmista pellon päistä. Koepellon (kuvio 1) pH on korkealla tasolla. Hieno hieta sopii mainiosti herneen viljelyyn, koska herne menestyy siinä parhaiten. Ravinnepitoisuudet pellolla olivat oikeinkin hyvällä tasoilla. Hivenlannoitteiden suhteen pellolla on parantamisen varaa. Viljavuusanalyysistä voidaan päätellä, että herneen viljely koelohkolla onnistuu, mutta hivenravinta pitää peltoon lisätä (kuvio 1).

Maalaji	sHHt		sHHt	
Multavuus	m		rm	
Johtoluku (10xmS/cm)	1,0		0,9	
Happamuus, pH	7,1	◆	6,4	▲
Kalsium, Ca	2054	▲	1816	□
Fosfori, P	13	□	5,9	○
Kalium, K	185	□	257	▲
Magnesium, Mg	225	▲	267	▲
Kupari, Cu	3,1	□	4,7	□
Mangaani, Mn	5,0	●	4,3	●
Sinkki, Zn	1,8	○	2,0	□
Boori, B	0,5	○	0,4	○
Rikki, S	9,0	○	7,6	○

Kuvio 1. Koelohkon 2021 maalajit ja viljavuusluokat.

Korrensäade Moddus Evo (0,5 l/ha) käytiin ruiskuttamassa a-koekaistoille 21.6.



Kuvio 2. Koelohko ja sen koekäsittelyt vuonna 2021.

4.3 Koepelto ja sen kylvö 2022

Herne kylvettiin 13.5.2022. Koekäsittelyt kylvettiin kaistoihin, joiden leveys oli 6 metriä, sillä jokaista käsittelyä kylvettiin kaksi vetoa kolmemetrisellä kylvökoneella. Koekaistat perustettiin koepellon kulmaan ja niistä tehtiin noin 100 metriä pitkiä. Koekaistojen merkitseminen tapahtui kepeillä erilleen. Koekaistojen ympärille kylvettiin apilaa ja itse kaistat kiinni toisiinsa. Muualle peltoon kylvettiin kauraa.

Kaistan toivottu pituus määritettiin etukäteen viemällä merkkikepit siihen, mihin kaista haluttiin lopettaa. Päisteeseen tuli huomioida siihen jätettävä matka. Hernelannos meni maahan kylvökoneen lannoitelaatikosta ja lannoitelaatikko tyhjättiin hernelannoksesta ja tilalle laitettiin kaliumsulfaatti. Ensimmäiseksi kylvettiin nollaruutu, kaksi kylvökoneen leveyttä (1a). Seuraavaksi mukaan otettiin A-hernelannos säätö 160 kg/ha ja kylvö suoritettiin kahden kylvökoneen leveydeltä (2a). Seuraavana mukaan otettiin kaliumsulfaatti säätö 60 kg/ha ja A-Hernelannos pidettiin samalla säädöllä kuin edellisessä käsittelyssä (3a). Lannoitepuoli poistettiin käytöstä ja kaliumsulfaatti säädettiin korkeammalle tasolle 155 kg/ha (4a) ja kylvettiin kaksi kylvökoneen vetoa. Edelliset lannoituskäsittelyt toistettiin ilman korrensäädettä viljeltäville herneille. Kaliumsulfaatti jätettiin pois ja herneet kylvettiin kahden kylvökoneen leveydeltä ilman lannoitteita (1b). Mukaan otettiin A-Hernelannos säätö 160 kg/ha ja kylvettiin kaksi koneen leveyttä (2b). A-Hernelannoituksen säätö pysyi samana ja mukaan otettiin

kaliumsulfaatti 60 kg/ha (3b). Käytöstä otettiin pois lannoitepuoli ja kylvö suoritettiin kahden kylvökoneen leveyden verran korkeammalla kaliumsulfaattimäärällä 155 kg/ha (4b) (kuva 2).

Korrensäade Moddus Evo (0,5 l/ha) ruiskutettiin herneelle (14.6.) ja rikkakasvit ruiskutettiin seuraavana päivänä (kuvio 3).



Kuvio 3. Koelohko ja sen koekäsittelyt vuonna 2022.

Koepellon pH oli hyvällä tasolla (Kuva 3) ja herneelle todella hyvä. Maalajeina toimi hietamooreeni sekä hieno hieta. Hieno hieta sopii herneelle oikein hyvin, koska herneen viljely onnistuu siinä parhaiten. Pellon ravinnepitoisuudet olivat oikein hyvillä tasoilla samoin kuten hivenravinteiden pitoisuudet. Viljavuusanalyysistä voi päätellä, että pelto on ollut hyvässä kunnossa herneen viljelyä varten (kuvio 4).

Maalaji	Mult.	pH	P, mg/l	K, mg/l	Ca, mg/l	Mg, mg/l	Ca:Mg	S, mg/l	Cu, mg/l	B, mg/l	Mn	Zn, mg/l
HtMr	rm	6.8	34.0	440	2 500	350.0	7.1	23	8.9		20.0	5.1
HtMr	rm	6.2	15.0	180	1 600	230.0	7.0	21	6.7		16.0	3.9
HIIt	m	6.5	16.0	240	1 400	210.0	6.7	13	5.6		13.0	2.9

Kuvio 4. Koepellon 2022 viljavuusanalyysin tulokset.

5 MITTAUKSET JA HAVAINNOT

Kokeessa havainnoitiin kasvustoa. Kasvustotarkkailua koelohkoilla suoritettiin noin kolmen viikon välein. Mittauksia hernekasvustosta tehtiin myös. Mittauksia tehtiin hernekasvien pituuksista, kuinka pitkiä ne olivat, palkojen määrää kasvissa, herneiden määrästä paloissa ja herneiden määrästä kasvissa. Lisäksi analysoitiin hernesadon valkuaissto ja tuhannen siemenen painot. Vuonna 2022 koekaistat puitiin ja niistä saatiin satomäärät. Tuhannen siemenen paino saatiin laskemalla sata hernettä, jotka punnittiin. Tämä laskenta suoritettiin viisi kertaa per käsittely. Näiden viiden punnitustuloksen pohjalta laskettiin keskiarvot ja kerrottiin kymmenellä, jolloin saatiin tuhannen siemenen paino. Vuonna 2021 otettiin tarkasteluun 20 kasviyksilöä per käsittely. Vuonna 2022 käsittelyssä oli 30 kasviyksilöä per käsittely. Satotaso on saatu satokomponenttien pohjalta. Vuonna 2022 satotasot on myös saatu koeruutupuimurilla. Puitiin 30 m per käsittely. Puimurin pöytä oli 1,5 metriä leveä. Koekaistoilta saadut säkit punnittiin ja tulokset kirjattiin ylös. Herne katkaistiin maan tasalta, minkä jälkeen se mitattiin tavallisella rullamitalla. Jokaiselta koekaistalta on mitattu viisi kasviyksilöä. A-rehulla tehtiin NIR-analysaattori, josta saatiin valkuaispitoisuudet valkuaisen suhteen.

6 TULOKSET

6.1 Kasvustohavainnot

6.1.1 Kasvukausi 2021

Silmällä ei ollut havaittavissa koelohkojen välillä mitään eroja 4.6., kun kaliumsulfaattilannoitus tehtiin. Kasvustosta pystyi havaitsemaan maalajin vaihtumisen. 9.6.2021 kasvusto näytti todella hyvältä. Kaliumsulfaatti ei ollut vielä sulanut. Kasvuston tiheys mitattiin 18.6. Maalajin vaihtumisen pystyi kasvustosta helposti havaitsemaan, sillä multavimmissa kohdissa kasvusto oli todella pitkää. Kasvusto alkoi jossain kohdin olla jo lähes 30-senttimetristä. Kasvusto näytti ylipäätään puhtaalta, eikä rikkakasveja ilmennyt. Maalajien vaihtelun pystyi havaitsemaan kasvustossa 9.7., sillä osa herneistä oli polveen asti ja osa mahaan asti. Osaa merkkausepeistä ei enää näkynyt kasvustosta. Kasvustosta kyllä näkyi korrensäätteen vaikutus. Osa paloista alkoi olla jo paisuneita. 5.8. osa lohkoista alkoi olla puintivalmista ja seuraavalla viikolla puitiin muutama koelohko, jotka ovat saaneet korrensäädettä. Kasvustolaskennat tehtiin 9.8. ja todettiin, että herne voitiin puida. Herne puitiin 12.8. illasta ja puinti onnistui hyvin. Herne oli valmista, eikä puinnissa ollut mitään suurempia ongelmia. Varisemistappioita oli hyvin vähän.

6.1.2 Kasvukausi 2022

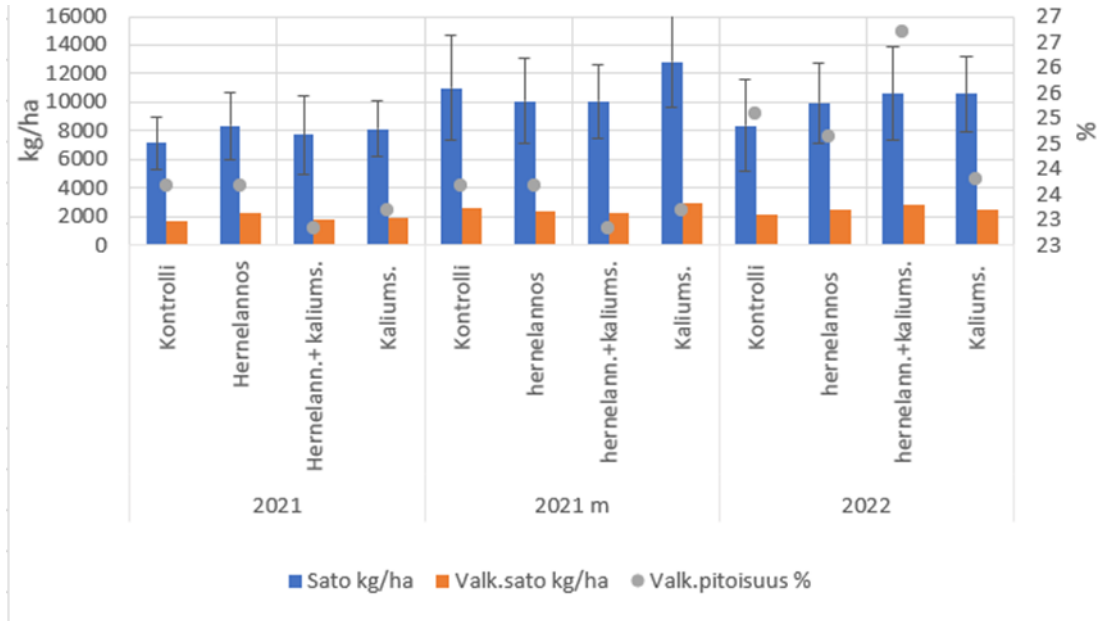
Herneet olivat tulleet tasaisesti pintaan 2.6. Osaa lehdistä oli syöty, mutta sen aiheuttajaa ei löydetty. Melko vähän oli rikkakasveja. Herneet olivat hyvännäköisiä 7.6. Korrensäätteen vaikutus näkyi 8.7. Muutamassa ensimmäisessä koekaistassa näkyi rikkakasveja alkupäässä lohkoa. Kasvusto oli hyvännäköinen ja tiheä, eikä kasvusto ollut mennyt lakoon. Kasvusto oli todella hyvännäköinen ja tiheä myös 20.7. Selkeästi ei ollut havaittavissa korrensäätteen vaikutusta. Muissakaan käsittelyissä ei ollut havaittavissa suuria eroja. Satokomponenttimääritykset tehtiin kasvustosta 11.8. Kasvustoista ei pystynyt huomaan silmämääräisesti eroa, mutta kun kasvustoja nyppi irti ja mittaili juurineen, pituuseron pystyi havaitsemaan. Muutaman kaistan alusta olivat naakat syöneet paljon herneitä. Havaittavissa oli paljon myös hernekääriäisen toukkia ja vioituksia. Vahinkoja olivat tehneet myös etanat, ja niitä oli maassa paljon. Kasvusto oli hiukan jo lakoontunut ja ensimmäinen puoli metriä oli ilman palkoja, ja palot olivat kasvaneet ylemmäs kasvissa. Koelohko puitiin 6.9., ja ensimmäisen koekaistan

puinti tuotti pieniä ongelmia juolavehnän vuoksi. Koekaistoilla, jotka olivat saaneet kasvun-säädettä, oli paljon vaihtelua. Jonkin verran syntyi myös varisemistappioita, ehkä noin 5–10 % kaistan mukaan. Puitujen kaistojen koko oli 1,5 m * 30 m.

6.2 Hernesadon määrä ja laatu

Vuonna 2021 tuloksissa koepellolla huomasi selvästi, missä maalaji vaihtui. Multavammalla pellolla tuli satoa (11 000 kg/ha) huomattavasti enemmän verrattuna ei -multavaan peltoon (8000 kg/ha) (kuvio 5). Kaliumsulfaatista oli hyötyä ja sen vaikutus näkyi satotason kasvussa. (13 000 kg/ha). Muilla multavilla koekaistoilla satotasot olivat aika lailla samanlaiset (10100–11 000 kg/ha). Ei -multavalla pellolla eri lannoitteiden käytöllä satotasoissa ei ollut merkittä-vää eroa (7130–8350 kg/ha). Kaliumsulfaatti nosti myös valkuais-satoa, mutta muut lannoituk-set eivät siihen vaikuttaneet. Valkuaispitoisuuksissa oli eroja. Pienimmät valkuaispitoisuudet olivat koekaistoilla, joilla oli käytetty kaliumsulfaattia (23 %). Eroavaisuuksia ei muissa koe-kaistoissa huomannut. (24 %). Korrensäätteen vaikutus sadon määrään oli selkeä. Satotaso oli huomattavasti suurempi niillä kaistoilla, joilla ei ollut käytetty korrensäädettä verrattuna kaistoihin, joilla käytettiin. Myös maalaji vaikutti koekaistoilla, joissa oli käytetty ja ei ollut käy-tetty korrensäädettä. Multavilta mailta, joissa ei ollut käytetty korrensäädettä, satoa tuli enem-män verrattuna vähämultaiseen maahan (kuvio 5).

Vuonna 2022 koekaistoilla satotasoissa ei ollut suurta eroa (kuvio 5). Hernelannoitus- ja ka-liumsulfaattikaistalla (10 572 kg/ ha) ja kaliumsulfaattikaistalla satotasot olivat lähes samat (10 585 kg/ha). Kaliumsulfaatilla lannoitetulta koekaistalta tuli eniten satoa, mutta ei herne-lannoitteella ja kaliumsulfaatilla lannoitettukaan jäänyt kauaksi kaliumsulfaatilla lannoitetun herneen satotasosta. Valkuaisadoissa oli hiukan eroavaisuuksia, mutta erot olivat todella pie-niä. Valkuaispitoisuuksissa erot olivat huomattavissa. Hernelannoitteella ja kaliumsulfaatilla lannoitetun herneen valkuaispitoisuus oli suurin (27 %). Kaliumsulfaattikaistalla oli taas pienin herneen valkuaispitoisuus (24 %). Vuonna 2022 korrensäätteen käytöllä ei ollut niin suurta vaikutusta verrattuna vuoteen 2021. Satotaso oli silti hiukan suurempi koekaistoilla, joissa ei ollut käytetty korrensäädettä. Eroavaisuudet olivat todella pienet. Koekaistoilta puitiin koetulokset koeruutupuimurilla. Koekaistoilta satoa tuli koekaistoilta tasaisesti (4200–5200 kg/ha). Muutamalta koekaistalta satotaso jäi pienemmäksi verrattuna muihin koekaistoihin. Syy tähän oli, että koekaistoilla oli rikkakasviongelmia. Kyseseiset kaistat olivat kontrolli (1A) ja hernelannos (2A).

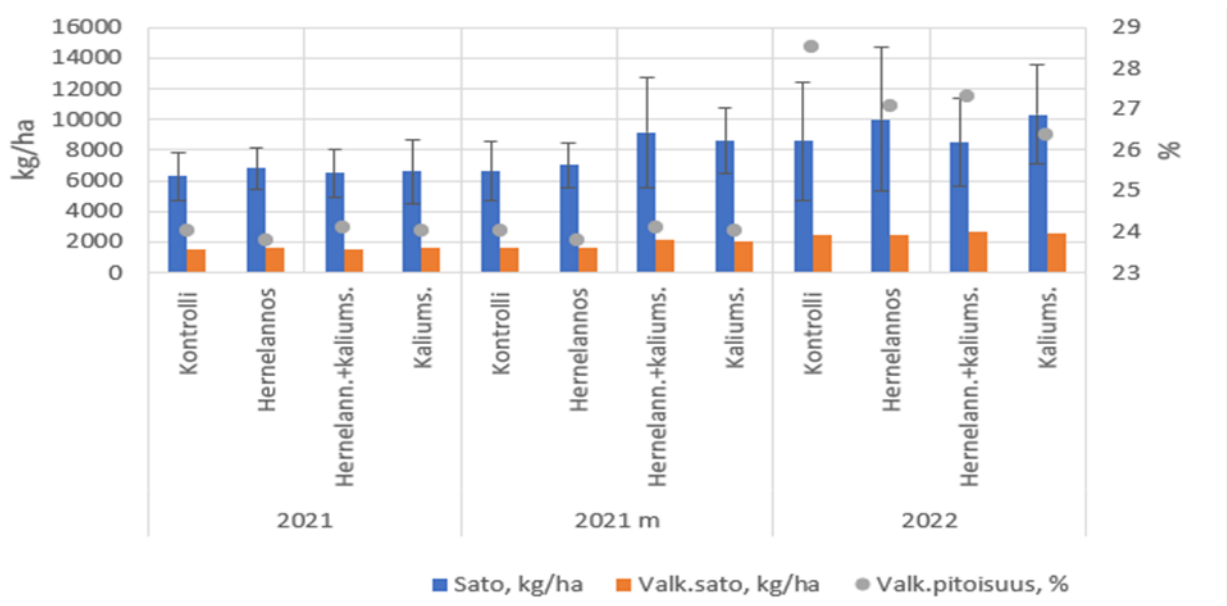


Kuvio 5. Eri lannoitteilla lannoitettujen herneiden sadon ja valkuais sadon määrä (kg/ha) ja valkuaispitoisuus (%), kun ei ollut käytetty korrensäädettä.

Vuoden 2021 olosuhteet olivat kylvössä todella lämpöiset ja kylvö onnistui hyvin. Vuonna 2021 maalajin vaihtelulla oli vaikutusta satotasoon. Hernelannos + kaliumsulfaatti nostivat multamaalla satoa verrattuna ei multavaan maahan. Kaliumsulfaatti kaistalta satoa tuli melkein saman verran. Muuten ei ollut eroja havaittavissa multavan ja ei-multavan lohkon osalta muuta kuin se, että hernelannoitus + kaliumsulfaatti lisäsivät satotasoa. Valkuaisadoissa ei ollut hirveästi eroja multavalla maalla ja ei -multavalla maalla. Valkuaispitoisuuksissakaan ei ollut huomattavia eroja. Korrensäätteen käytössä hyötyivät koekaistat, joita oli lannoitettu hernelannoituksella + kaliumsulfaatilla ja pelkästään kaliumsulfaatilla. Muuten korrensäätteellä ei ollut kovinkaan suurta vaikutusta (kuvio 6).

Vuonna 2022 kaliumsulfaatti ajettiin kylvön yhteydessä, kun taas vuonna 2021 kaliumsulfaatti levitettiin pintalevittimellä. Satotaso kaliumsulfaatikaistalla on vuonna 2022 suurempi kuin vuonna 2021. Kaliumsulfaatin kylvämisellä suoraan kylvön yhteydessä oli positiivisia vaikutuksia satotasoon verrattuna pintalevittämällä levitettyinä. Hernelannoituskaistan satotaso jäi pienemmäksi naakkojen syönnin takia. Myös hernekääriäisen toukat olivat tehneet tuhoa. Etanoidenkin vahinkoja oli paljon. Muihin lannoituksiin nähden kaliumsulfaatti lisäsi satoa eniten ja siitä oli hyötyä. Vuonna 2022 valkuaisadoissa ei ollut merkittäviä eroja ja satoa tuli taiseisesti. Valkuaispitoisuuksissa oli eroja verrattuna vuoden 2021 tuloksiin. Korrensäätteestä oli vuonna 2022 hyötyä koekaistoilla, joissa oli lannoitettu hernelannos + kaliumsulfaatti ja pelkkä kaliumsulfaatti. Kaliumsulfaatikoekaistalta korrensäätteen kanssa tuli eniten satoa

kuin hernelannoskaistalta, mutta ero oli todella pieni. Satotasoon vaikutus näkyi sen nousuna (kuvio 6).



Kuvio 6. Eri lannoitteilla lannoitettujen herneiden sadon ja valkuaisadon määrä (kg/ha) ja valkuaispitoisuus (%), kun kasvustoissa oli käytetty korrensäädettä.

6.3 Herneiden satokomponentit

Palkojen määrä oli vuonna 2021 multavammalla pellolla suurempi (9,3–11,5) kuin vähämultaisella pellolla (6,3–8,4). Palkojen määrässä oli vaihtelua multavan ja vähämultaisen pellon välillä. Herneiden määrässä palossa ei ollut niin suurta vaihtelua multavan (5,6–6,1) ja ei multavan (4,6–5,9) välillä. Herneiden määrässä kasvissa taas oli huomattava ero multavan pellon (46,7–64,3) ja vähämultaisen pellon välillä (36,2–40,8). Lannoituksesta on ollut hyötyä herneen kasvuun lähtemisen kannalta. Herneiden tuhannen siemenen painoissa ei ollut juurikaan eroja. Maalajillakin oli huomattava vaikutus tässä kohtaa. Korrensäädettä ei ollut annettu yhtään näille koekaistoille (Taulukko 2).

Taulukko 2. Herneen satokomponentit 2021 ilman korrensäädettä.

2021					
Riviotzikot	Palkojen määrä	Herneitä palko	Herneitä kasvi	Tsp g 15% kosteus	
Kontrolli		6,3	5,9	36,2	281,3
Herneelannos		7,1	5,6	38,6	309,0
Herneelannos+kaliums.		8,7	4,6	39,7	277,1
Kaliums.		8,4	5,0	40,8	285,4
Kontrolli m		9,3	6,1	55,8	281,3
Herneelannos m		8,3	5,8	46,7	309,0
Herneelannos+kaliums. m		9,1	5,8	51,8	277,1
Kaliums. m		11,5	5,6	64,3	285,4

Kun kasvustoissa oli käytetty korrensäädettä, oli herneitä palossa tasaisemmin verrattuna ilman korrensäädettä kasvaneiden herneiden palkojen määrään. Vaihtelu ei ollut niin suurta. Herneitä palossa oli myös tasaisesti eikä suuria eroja ole, mutta multavammalla pelolla muodostui palkoja enemmän (6,0–6,4) verrattuna vähämultaiseen peltoon (5,2–5,5). Samoin kävi myös herneiden määrälle kasvissa. Tuhannen siemenen painojen suhteen erot olivat todella pieniä. Korrensäädellä oli vaikutusta palkojen määrään. Palkojen määrä oli pienempi verrattuna siihen, ettei koekaistoilla käytetty korrensäädettä. Herneiden määrä paloissa oli samankaltainen ja eroja ei ollut paljon. Herneitä kasvissa oli enemmän ei-korrensäädetyillä koekaistoilla. Samoin myös siemenet olivat painavampia koekaistoilla, joissa ei ollut käytetty korrensäädettä (277,1–309,0) ja korrensäädteen kanssa (272,3–289,6). Korrensäädellä ei ollut vaikutuksia näiden tuloksien perusteella herneen kasvuun. (Taulukko 3)

Taulukko 3. Herneen satokomponentit 2021 korrensäädetyillä.

2021					
Riviotzikot	Palkojen määrä	Herneitä palko	Herneitä kasvi	Tsp g 15% kosteus	
Kontrolli		6,2	5,4	32,7	275,3
Herneelannos		6,7	5,5	35,7	272,3
Herneelannos+kaliums.		6,5	5,1	32,0	289,6
Kaliums.		6,7	5,2	33,6	280,7
Kontrolli m		5,4	6,4	34,4	275,3
Herneelannos m		6,2	6,0	36,8	272,3
Herneelannos+kaliums. m		7,6	6,0	44,8	289,6
Kaliums. m		7,0	6,4	43,8	280,7

Vuoden 2022 tuloksissa palkojen määrä herneessä oli tasaista (8,1–10,2) muilla kuin herneelannoituksen koekaistalla (4,0), kun korrensäädettä ei ollut käytetty. Palkojen määrän vähyyteen kyseisellä koekaistalla vaikuttaa naakkojen ja etanoiden aiheuttamat tuhot. Palkojen määrä kaliumsulfaattikoekaistoilla oli suurin (10,2). Herneitä palossa oli myös tasaisesti jokaisella koekaistalla (5,0–5,7). Herneiden määrä kasvissa oli pienin kontrollikaistalla (32,2),

joten lannoituksella on ollut vaikutusta herneiden muodostumiseen kasvissa. Painavimmat siemenet tulivat koekaistalta, jossa oli käytetty hernelannosta ja kaliumsulfaattia (332,8) (Taulukko 4).

Taulukko 4. Herneen satokomponentit 2022 ilman korrensäädäkäsittelyä.

2022					
Riviotsikot	Palkojen määrä	Herneitä palko	Herneitä kasvi	Tsp g 15% kosteus	
Kontrolli		8,1	5,3	32,2	274,4
Herne lannos		4,0	5,7	52,4	271,8
Herne lannos.+ kalium s.		9,0	5,0	45,3	332,8
Kalium s.		10,2	5,5	56,0	270,0

Korrensäädettä käytettäessä näkyi, että herneen palkojen määrä oli pienin kontrollikaistalla (7,0) ja suurin kaliumsulfaatilla lannoitetulla kaistalla (9,6). Herneitä palkoihin oli muodostunut tasaisesti (4,9–5,3). Kontrollikaistalla oli herneitä kasvissa vähiten, mikä saattaa johtua lannoitteen käyttämättä jättämisellä (34,9). Muilla koekaistoilla vaihtelevuus ei ollut niin isoa (43,4–50,4). Painavimmat siemenet kuitenkin tulivat kontrollikoekaistalta (351,7). Korrensäädteen käytöllä ei ollut merkittäviä eroa herneellä näissä tuloksissa. Korrensäädettä käytettäessä herneeseen muodostui vähemmän palkoja ja kasviin vähemmän herneitä. Korrensäädde vaikutti herneen siemenen kokoon niin, että herneet olivat painavampia (Taulukko 5).

Taulukko 5. Herneen satokomponentit 2022 korrensäädäkäsittelyllä.

2022					
Riviotsikot	Palkojen määrä	Herneitä palko	Herneitä kasvi	Tsp g 15% kosteus	
Kontrolli		7,0	4,9	34,9	351,7
Herne lannos		8,7	5,3	46,4	308,1
Herne lannos.+ kalium s.		8,2	5,3	43,4	279,8
Kalium s.		9,6	5,2	50,4	291,8

Pituusmittauksessa tuli ilmi, että ilman korrensäädettä käytetyillä koekaistoilla kasvi oli piempi kuin koekaistoilla, joilla oli käytetty korrensäädettä. Korrensäädettä käytetyillä koekaistoilla korsi oli huomattavasti lyhyempää (128,1 cm) kuin ilman korrensäädettä käytetyillä koekaistoilla. (144,8 cm). Korrensäädde lyhensi herneen vartta, mikä tukevoittaa kasvustoa ja kasvi pysyy sen takia paremmin pystyssä. Näin hernekasvusto ei mene helpommin lakoon. Kasvusto pysyy kuivana, kun se on maasta irti.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä A-rehun ja Atria -Tuottajien Valkuaista pellosto hankkeessa. Hankkeessa tarkoituksena oli lisätä valkuaisen tuotantoa sekä nostaa valkuaiskasvien ja rehuviljojen valkuaisasoja. Hankkeessa oli myös tarkoitus korvata kotieläinten rehusäätämässä ulkomailta tuotavan soijaruohon korvaaminen kotimaisella valkuaisella. Tämä myös lisää ympäristökestävyyttä, kun ei tarvitse monen tuhannen kilometrin päästä tuoda soijaa vaan valkuainen saataisiin läheltä. Tavoite hankkeella oli lisätä kotimaisten rehuvalkuaisen tuotantoa hankealueella ja yleisesti lisätä palkoviljojen viljelyä ja parantaa rehuviljojen laatua. Hankkeessa tuotetaan herneen viljelyalojen ja satovarmuuden parantamiseksi uutta tietoa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, kuinka kaliumlannoitus vaikuttaa herneen sadon määrän ja laatuun. Otettiin myös huomioon mahdollinen korrensäteen vaikutus herneen satoon ja laatuun. Tavoitteisiin pyrittiin tekemällä koekaistoja kahdella eri kasvukaudella Ilmajoella vuosina 2021 ja 2022.

Tuloksissa tuli ilmi, että multavalla maalla vuonna 2021 tuli enemmän satoa verrattuna vähämultaiseen maahan. Kaliumsulfaattia käytettäessä sadon määrä oli korkein, mutta muissa satotasoissa ei ollut suurta eroa. Kaliumsulfaatin käytöllä oli siis satotasoon nousuun positiivisia vaikutuksia. Valkuaissadoissa ja valkuaispitoisuuksissa ei ollut suuria eroavaisuuksia. Korrensäteen käytöllä ei ollut tuloksissa suurta merkitystä satotasoon vuonna 2021.

Vuoden 2022 tuloksissa koekaistoilla ei ollut niin suuria eroja verrattuna vuoden 2021 satotason tuloksiin. Ainoastaan hernelannoitus ja kaliumsulfaattikoekaistalla oli eroja, koska kaisalla olivat naakat, etanat ja hernekääriäiset tehneet tuhoja. Kaliumsulfaattikaistalla satotaso oli korkein, mutta erot muihin koekaistoihin olivat pienet. Kontrollikaistalla lannoituksen käyttämättä jättäminen pienensi sadon määrää. Valkuaissadoissa eroja ei juuri ollut, mutta valkuaispitoisuuksissa oli vaihteluja (23–27 %). Korrensäteen käyttämisellä ei ollut vaikutusta sadon määrään.

Vuonna 2021 palkojen määrä oli suurempi multavilla mailla verrattuna vähämultaiseen maahan. Samoin myös herneitä palossa oli enemmän. Herneitä kasvissa oli multavassa maassa muodostunut enemmän. Tuhannen siemen painoissa ei ollut mitään eroja. Korrensäteen käytöllä ei tuloksien mukaan ollut vaikutuksia herneen kasvuun.

Vuoden 2022 tuloksissa palkojen ja kasvin herneiden määrissä eroavaisuudet eivät olleet suuria. Hernelannoitekaistalla olivat hernekääriäiset tehneet vahinkoa. Herneitä kasvissa oli kaliumsulfaattikaistalla eniten. Painavimmat siemenet tulivat kuitenkin hernelannoite- ja kaliumsulfaattikaistalta. Myös korrensäädettä saaneilta kaistoilta palkojen määrä oli suurin kaliumsulfaattikaistalla. Herneiden määrä palossa oli aika tasaista. Kaliumsulfaattikaistalla herneitä kasvissa oli eniten, mutta painavimmat siemenet tulivat kontrollikaistalta. Myös hajonta oli todella suurta ja tulokset ovat suuntaa antavia, joten niillä ei ole tilastollista merkitsevyyttä.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että kaliumlannoituksella on ehkä mahdollista saada sadonlisää herneelle, mutta tulosten suuren vaihtelun vuoksi ei varmuutta asiaan saatu. Korrensäädde puolestaan pienensi hernesatoja. Lisätutkimukset ovat tarpeen erilaisissa olosuhteissa.

LÄHTEET

- Aaltonen, M., Hannuksela, A., Huusela-Veistola, E., Jalli, H., Ketola, J., Känkänen, H., Nissinen, A., Raiskio, S., Ruuttunen, P., Salo, T., Tiilikkala, K., Tuovinen, T., & Vänninen, I. (2016). *Herne: IPM-ohjeet 2016*. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-204-1>
- Farmit. (1.9.2010). *Herneen lannoitus*. <https://www.farmit.net/kasvinviljely/palkokasvit/herne/lannoitus>
- Huusela-Veistola, E., Jalli, H., Jalli, M., Koikkalainen, K., Kymäläinen, M., Känkänen, H., Lemola, R., Lizarazo, C., Sipiläinen, T., Stoddard, F., & Vanhatalo, A. (2012). Koko hankkeen yhteenveto. Teoksessa E. Huusela-Veistola, H. Jalli, M. Jalli, K. Koikkalainen, M. Kymäläinen, H. Känkänen, R. Lemola, C. Lizarazo, T. Sipiläinen, F. Stoddard, A. Vanhatalo & A. Nykänen (toim.), *Typpi- ja valkuaisomavaraisuuden lisääminen palkokasveja tehokkaasti hyödyntämällä: MoniPalko- hankkeen loppuraportti* (s. 81). MTT raportti 59. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-395-6>
- Huusela, E. (2022). Herneen tuhoeläimet. Teoksessa M. Aaltonen, E. Huusela, M. Jalli, A. Laine, J. Laine, M. Nysand & P. Pärssinen. *Herneen viljelyopas*. Luonnonvarakeskus. <https://www.luke.fi/sites/default/files/2022-11/Herneen%20viljely-opas%20Hukka%202022.pdf>
- Jaakkola, A. (1996a). Biologinen typensidonta. Teoksessa H. Hartikainen, E. Aura, A. Jaakkola, E. Kemppainen & R. Heinonen (toim.), *Maa, viljely ja ympäristö* (1.–2.p., s. 218–220). WSOY.
- Jaakkola, A. (1996b). Kalium. Teoksessa H. Hartikainen, E. Aura, A. Jaakkola, E. Kemppainen & R. Heinonen (toim.), *Maa, viljely ja ympäristö* (1.–2.p., s. 229–231). WSOY.
- Jalli, H., Saarinen, J., Nysand, M., Aaltonen, M., Huusela, E., Jalli, M., Laine, A., Laine, J., & Pärssinen, P. (2022). *Herneen viljelyopas*. Luonnonvarakeskus. https://www.sata-food.net/site/assets/files/2436/herneen_viljelyopas.pdf
- Jansik, C. (2022). Öljy- ja valkuaiskasvimarkkinat. Teoksessa J. Aakkula, A-K. Jaakkonen C. Jansik, H. Karikallio, T. Karhula, A. Koivisto, J. Kyyrä, A. Latukka, T. Latvala, J. Markkanen, P. Mattila, T. Mattila, E. Mikkola, J. Niemi, O. Niskanen, A. Partala, I. Rosokivi, J. Tauriainen, J. Viitanen, S. Vuorisalo, M. Väre, H. Wejberg, & J. Niemi (toim.) *Maa- ja elintarviketalouden suhdannekatsaus 2022* (s. 38) (Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 44/2022) Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-434-0>
- Juntti, L., Pihamaa, P., & Heikkilä, A-M. (2005). *Kotimaista valkuaista herneestä: Onko viljelyyn taloudellisia edellytyksiä?* (MTT:n selvityksiä 93). MTT. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-729-964-8>
- Keskitalo, M., Känkänen, H., Palojärvi, A., Pennanen, T., Schulman, A., Tanhuanpää, P., & Viitala, S. (2022). Biologiset prosessit kasvin typensaannin turvaajana. Teoksessa K.

- Känkänen, H., Huusela-Veistola, E., Jalli, H., & Jalli, M. (2012). *Herne on vaativa suorakylvettävä*, (s.1) (Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote nro 28.) Suomen Maataloustieteellisen seuran tiedote. <https://doi.org/10.33354/smst.75488>
- Järvenranta, K., Kapuinen, P., Keskitalo, M., Kykkänen, S., Känkänen, H., Luostarinen, S., Mattila, P., Niskanen, O., Palojärvi, A., Pennanen, T., Pesonen, L., Pussi, K., Pyykkönen, V., Rasa, K., Salo, T., Schulman, A., Seppänen, A-M., Suokannas, A., Tampio, E., Tanhuanpää, P., Termonen, M., Viitala, S., Virkajärvi, P., Winquist, E., Lehto, J., & Vainio, E. (toim.), *Maatalouden typpihaaste vaihtoehtoja ja ratkaisuja: Synteesiraportti*. (s. 35–37) (Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 53/2022). Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-458-6>
- Kleemola, J. (2009). Ravinnelähteet: mineraalilannoitteet. 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. 41). (Tietoa tuottamaan 127). Pro Agria.
- Kleemola, J., & Partanen, E. (2009). Ravinnelähteet: orgaaniset lannoitteet. 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. 32). (Tietoa tuottamaan 127). Pro Agria.
- Marttila, T. (i.a.). *Rehusherneen viljelyopas*. [PowerPoint- esitys]. A-rehu. <https://www.atriatuottajat.fi/globalassets/alkutuotanto/a-rehu/viljelyohjeet/rehusherneen-viljelyohje-2022.pdf> Seppänen, M., Stoddard, F., & Yli-Halla, M. (2008). Palkoviljat. Teoksessa P. Mäkelä, M. Yli-Hella, J. Helenius, M. Kallela, F. Stoddard, & T. Teeri (toim.), *Peltokasvien tuotanto* (s. 67–73). Opetushallitus.
- Shaheen, A.M., Faten, S., Abdel, A., Ahmed, A., & Fatma, A. (2009). *The influence of application methods of potassium fertilization on growth, pods yield and its quality of pea plants* 34 (12), 11271–11283. https://journals.ekb.eg/article/119184_fc8e960e18187adeed7591426d48fba8.pdf
- Sipiläinen, T., Koikkalainen, K., & Vanhatalo, A. (2012). Taloudellinen näkökulma palkokasvien viljelyyn. Teoksessa E. Huusela-Veistola, H. Jalli, M. Jalli, K. Koikkalainen, M. Kymäläinen, H. Känkänen, R. Lemola, C. Lizarazo, T. Sipiläinen, F. Stoddard, A. Vanhatalo & A. Nykänen (toim.), *Typpi- ja valkuaisomavaraisuuden lisääminen palkokasveja tehokkaasti hyödyntämällä: MoniPalko- hankkeen loppuraportti* (s. 30–31). (MTT raportti 59). MTT <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-395-6>
- Stoddard, F. (2011). Palkokasvien viljely: viljelytekniikka. Teoksessa R. Aaltonen, A. Ellä, S. Heltelä-Auvinen, A. Huuskonen, A. Kangas, U-M. Leskinen, J. Niemi, J. Nousisinen, A. Nykänen, S. Peltonen, M. Pesonen, M. Rinne, Y. Salo, F. Stoddard, & L. Voutila (toim.), *Valkuaisrehujen tuotanto ja käyttö* (s. 40). (Tietoa tuottamaan 134). Pro Agria.
- Vihonen, E., & Laitila N. (2018). Herneen viljely luomuvalkuaisrehuksi. Teoksessa H. Kekkonen, J. Niemi, K. Heinola, X. Liu, A. Sipilä, J. Tuomisto, H. Suvanto, M. Lähdesmäki, M. Enbuska, M. Niskanen, N. Laitila & E. Vihonen. *Valkuaisesta voimaa: Tuota valkuais-*

hankkeen loppujulkaisu (s. 63–64). (Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 66/2018). Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-678-0>

Virkajärvi, P., Kyykkänen, S., Rätty, M., Hyrskäs, M., Järvenranta, K., Isoahti, M., & Kauppila, R. *Nurmien kaliumtalous: maan reservikaliumin merkitys kaliumlannoituksen suunnittelussa* (MTT raportti 165). MTT <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-581-3>

Yara. (i.a.-a). *Fosfori on tärkeä maan kasvukunnolle*. <https://www.yara.fi/lannoitus/ravinteet/fosfori/viljavuusfosfori-suomessa/>

Yara. (i.a.-b). *Kalium*. <https://www.yara.fi/lannoitus/ravinteet/kalium/>

LIITTEET

