



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Charlotta Hästbacka

Herneen kasvinosien koostumus eri kehitysasteilla kokoviljasäilörehun tuotannossa.

Hernerehu-projekti, TIME-hanke

Opinnäytetyö
Kevät 2023
Agrologi



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Agrologi (AMK)

Tekijä: Charlotta Hästbacka

Työn nimi alaotsikoinen: Herneen kasvinosien koostumus eri kehitysasteilla kokoviljasäilörehun tuotannossa.

Ohjaajat: Teija Rönkä ja Arja Nykänen

Vuosi: 2023

Sivumäärä: 42

Huoltovarmuuden ja kotimaisen rehuvalkuaisen tuotannon lisääminen ovat viime aikoina nousseet tavoitteeksi maataloudessa. Yksi vaihtoehto tuottaa valkuaispitoista rehua naudoille on viljellä herne-viljakokoviljasäilörehua. Herne-viljakokoviljasäilörehun optimaalisesta korjuuajankohdasta löytyy aika vähän ja keskenään erilaista tietoa. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa viljelijöille tietoa herneen eri kasvinosien koostumuksesta ja auttaa viljelijöitä valitsemaan itselleen sopivan herne-viljakokoviljasäilörehun korjuuajankohdan. Työssä tutkittiin myös, miten niittokorkeuden nosto vaikuttaa sadon ja valkuais sadon määrään.

Kenttätöyt toteutettiin kasvukaudella 2022 keräämällä kolmesta eri hernekasvustosta kasvustonäytteitä herneen eri kehitysvaiheiden ajankohtina. Kerätyt hernekasvit mitattiin ja eroteltiin kasvinosiin, jotka mitattiin ja punnittiin. Kasvinosat lähetettiin rehuanalyysiin, joista saatiin tulokseksi kasvinosien koostumustiedot. Mittaus-, punnitus-, ja koostumustietojen avulla laskettiin tila- ja näytteenottoaikakohtainen keskiarvo ja keskihajonta. Keskiarvojen avulla laskettiin kasvinosien sadot ja valkuais sadot.

Herneen kasvinosien osuuksien ja herneen biomassan kehityksen perusteella havaittiin, että jos tavoite on korjata mahdollisimman suuri kuiva-ainesato kannattaa Astronaute-puhdaskasvusto korjata herneen kehitysvaiheen mukaan, kun palot ovat kellastumassa. Ingrid-seoskasvusto kannattaa korjata jo aikaisemmin, kun palot ovat täyttymässä. Herneen kasvinosien osuuksien ja kasvinosien valkuaispitoisuuksien perusteella havaittiin, että sekä Astronaute-puhdaskasvuston että Ingrid-seoskasvuston optimaalinen korjuuajankohta herneen kehitysvaiheen perusteella on, kun herneen palot ovat kellastumassa. Kun niittokorkeutta nostettiin 5 cm:stä 20 cm:iin menetettiin kuiva-ainesadon määrää noin 4–5,5 % ja raakavalkuaisen määrää noin 2,5–4,5 %.

¹ Asiasanat: herne, kokoviljasäilörehu, rehuvalkuainen, niittokorkeus, korjuuajankohta

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Agriculture

Author: Charlotta Hästbacka

Title of thesis: Composition of the constituent parts of the pea plant at different stages of maturity in the production of whole crop silage.

Supervisors: Teija Rönkä and Arja Nykänen

Year: 2023

Number of pages: 42

It has recently become a target in agriculture to increase the security of supply and the production of locally produced feed protein. One alternative to produce protein feed for bovine is to produce pea-cereal whole crop silage. There is quite little information to be found about the optimal harvest time for pea-cereal whole crop silage and the information that is available is not consistent. The aim of this thesis is to produce information for farmers about the composition of different pea fractions and to help farmers decide which is the most optimal harvest time from their own perspective. Another aim in the thesis is to find out how much the elevated mowing height impacts on the amount of dry matter and protein yield received.

The field work part of this thesis was conducted in the growing season of 2022. Plant samples were gathered from three different pea populations in different stages of the maturation of the pea. The sampled plants were measured and divided into pea fractions which were measured and weighed. The different fractions were sent off to feed analysis to get the results of the composition of the different pea fractions. The results of the measurements, weighing and composition of the fractions were used to calculate a farm and sample specific average and standard deviation. The amounts of dry matter yield and protein yield of the different fractions were calculated by using averages.

If the aim is to maximize the yield of dry matter the following applies. It was found that based on the information of the changes in proportions of the different fractions and the development of dry matter yield during maturation that the optimal harvest time for Astronaute-pea was when the pea pods were turning yellow. For the Ingrid-pea, the optimal harvest time was at the pod filling stage. But if the aim is to maximize protein yield it was found based on the changes in the proportion of the pea-fractions and protein yield of the pea-fractions that the optimal harvest time for both Astronaute-pea and Ingrid-pea was at the maturation stage when the pods turn yellow. Elevating the mowing height from 5 cm to 20 cm resulted in a loss of dry matter yield by about 4 – 5.5 % and a protein yield loss about 2.5 – 4.5 %.

¹ Keywords: pea, whole crop silage, feed protein, mowing height, harvest time

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	1
Thesis abstract	2
SISÄLTÖ	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkuuettelo	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	8
2 HERNE-VILJAKOKOVILJASÄILÖREHU	9
2.1 Herneen hyödyt kokoviljasäilörehun viljelyssä.....	9
2.2 Haasteita herneen viljelyssä ja rehukäytössä.....	10
2.3 Herneen kehitys ja herne-viljakasvuston muutokset.....	11
2.4 Palkojen kehitys Knottin asteikon mukaan	11
2.5 Korjuuajankohdan valinta	12
3 AINEISTOT JA MENETELMÄT	14
3.1 Näytteenottopaikat ja kasvustojen tiedot	14
3.2 Näytteenottoajankohdat	14
3.3 Lajikkeet	17
3.4 Näytteiden otto ja käsittely	18
3.5 Rehuanalyysi.....	19
3.6 Mittausten perusteella lasketut tulokset.....	20
3.7 Kasvukauden sää.....	20
4 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	21
4.1 Hernekasvien mittausten tulokset.....	21
4.2 Rehuanalyysien tulokset	24
4.2.1 Kuiva-ainepitoisuus	24
4.2.2 Valkuaispitoisuus	25
4.2.3 Raakasva, raakakuitu, tuhka ja typettömät uuteaineet	29
4.3 Botaaninen koostumus ja sato	30
4.4 Herneen kasvinosien sadot ja valkuaissadot.....	32

4.5	Sääolojen vaikutukset	35
4.6	Sängens pituus	35
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	37
	LÄHTEET	39

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Tila A:n puhdas hernekasvusto 28.7.....	15
Kuva 2. Kasvusto ja palot ovat muuttumassa keltaisiksi tila B:n pellolla toisen näytteenoton aikaan 24.8.....	16
Kuva 3. Palot lajiteltuna vihreisiin ja keltaisiin tila C:n näytteenotossa 23.8.....	19
Kuva 4. Herneen kasvinosien kuiva-ainepitoisuus (g/kg) eri näytteenottoajankohtina tiloilla A, B ja C.....	25
Kuva 5. Palkojen valkuaispitoisuus (g/kg ka) näytteenottokerroittain tiloilla A, B ja C. Näytteenottokerrat on ryhmitelty sinisillä ruuduilla herneen kehitysasteen (1–4) mukaan.	26
Kuva 6. Varsiosien valkuaispitoisuus (g/kg ka) ka näytteenottokerroittain tiloilla A, B ja C. Näytteenottokerrat on ryhmitelty sinisillä ruuduilla herneen kehitysasteen (1–4) mukaan.	27
Kuva 7. Sängen valkuaispitoisuudet (g/kg ka) näytteenottokerroittain tiloilla A, B ja C. Näytteenottokerrat on ryhmitelty sinisillä ruuduilla herneen kehitysasteen (1–4) mukaan.	28
Kuva 8. Herneen ja viljan suhteelliset osuudet tilojen seoskasvustoissa eri näytteenottokerroilla.....	32
Kuva 9. Herneen kasvinosien satojen muutokset näytteenottokerroittain eri tiloilla.	34
Kuva 10. Herneen osien valkuais- ja valkuaisen yhteissato kg/ha tila A:n herneen puhdaskasvustossa.	34
Kuva 11. Herneen osien valkuais- ja valkuaisen yhteissato kg/ha tila B:n ja C:n seoskasvustossa.	35
Taulukko 1. Herneen, kauran ja vehnän kemiallinen koostumus kokoviljakasvustossa (Kuoppala ym., 2014-a)	9

Taulukko 2. Kasvustojen tiedot.	14
Taulukko 4. Näytteenottokerrat eri tiloilla herneen kehitysvaiheittain ja päivää kylvöstä. ..	17
Taulukko 5. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 2014–2021 (Luke, i.a).	18
Taulukko 6. Lämpötila ja sademäärä Seinäjoen Pelmaan sääasemalla 2022 ja 30 vuoden keskiarvo (Ilmatieteenlaitos, i.a-c).	20
Taulukko 7. Herneen pituudet ja ensimmäisten palkojen etäisyydet (cm) sekä sängin ja varren osuuksien painot näytteenottokerroittain tiloilla A, B ja C. (ka = keskiarvo, kh = keskihajonta).....	22
Taulukko 8. Herneiden ja viljojen painot (g) kehikkönäytteissä eri näytteenottoajankohtina tiloilla B ja C.	23
Taulukko 9. Palkojen kokonaispainot (g) ja eri kehitysasteisten palkojen määrät (kpl) näytteenottokerroittain tiloilla A, B ja C.	24
Taulukko 10. Herneen kasvinosien, viljojen ja raiheinän koostumustiedot näytteenottokerroittain tiloilla A, B ja C.	28
Taulukko 11. Herneen osien, viljojen ja raiheinän koostumustiedot näytteenottokerroittain.	30
Taulukko 12. Herneen sato, viljan sato ja yhteissato kg ka/ha näytteenottokerroittain tiloilla A, B ja C.....	31
Taulukko 13. Herneen palkojen, varsiosien ja sängin sadot ja valkuaissadot kg ka/ha näytteenottokerroittain tiloilla A, B ja C.	33
Taulukko 14. Sängin sato ja osuus koko sadosta, sängin valkuaissato ja osuus koko valkuaissadosta.	36

Käytetyt termit ja lyhenteet

Herneen kasvinosat	Tässä opinnäytetyössä herne jaotellaan kolmeen eri osaan: palot, varsiosa ja sänki
Varsiosa	Varsi, lehdet ja kärhöt
Sänki	Varsiosan alin 15 cm.

1 JOHDANTO

Suomalainen maatalous elää tilanteessa, jossa tuotteesta saatava hinta määräytyy maailmanmarkkinoilla tapahtuvien muutosten mukaan. Kilpailu ja paine säästää kustannuksissa on suurta. Talouden hallinta on tässä tilanteessa tärkeää. Kotieläintuotannossa ruokintakustannus on suurin kustannus, joten tässä kustannuserästä löytyville tehostamisen ja säästämisen mahdollisuuksilla on suuri merkitys kotieläintilan kannattavuudelle.

Monella nautakarjatilalla on kokonaan tai osittain luovuttu puitavan viljan tuotannosta ja siirrytty kokoviljasäilörehun tuotantoon. Jotta kokoviljasäilörehusta saataisiin sulavampaa ja valkuaispitoisempaa, on siemenseokseen mielekästä lisätä palkokasveja, kuten hernettä. Herneen lisäämisellä kokoviljasäilörehukasvustoon voidaan ruokinnassa korvata sekä viljan tärkkelystä että rypsin valkuaista ilman että tuotos kärsii. Kustannussäästöjen lisäksi herneellä on monia ympäristön kannalta hyödyllisiä etuja. Herne maatilan viljelykiertossa pienentää maatilan hiilijalanjälkeä, kun rehu- ja valkuaisomavaraisuus suurenee ja viljelyssä voidaan vähentää kemiallisten lannoitteiden käyttöä. Herne tuo monipuolisuutta viljelykiertoon ja kukkivana viljelykasvina lisää pölyttävien hyönteisten määrää.

Herne-viljakokoviljasäilörehun optimaalisesta korjuuajankohdasta on vielä suhteellisen vähän tutkimusta tehty ja aiheesta on julkaistu muutamia toisistaan poikkeavia suosituksia, milloin kasvusto olisi paras korjata. Tämän opinnäytetyön tavoite on tuoda viljelijöille lisää tietoa herneviljakokoviljakasvuston optimaalisen korjuuajan päätöksenteon pohjaksi. Opinnäytetyössä tutkitaan herneen eri kasvinosien kemiallista koostumusta herneen eri kehitysvaiheessa. Opinnäytetyö on ideoitu ja kenttätö on toteutettu Seinäjoen ammattikorkeakoulun Hernerehu-projektin ja ammattikorkeakoulun sekä Kurikan kaupungin Tulevaisuuden maataloustuotanto Etelä-Pohjanmaalla (TIME) -hankkeen puitteissa. Hernerehuprojektia on rahoittanut Töysän säätiö ja TIME-hanketta Kurikan kaupunki ja Maa ja metsätalousministeriön Nappaa Hiilestä kiinni -ohjelma.

2 HERNE-VILJAKOKOVILJASÄILÖREHU

2.1 Herneen hyödyt kokoviljasäilörehun viljelyssä

Kokoviljasäilörehukasvusto sisältää perinteisesti pelkästään viljaa. Kokoviljasäilörehun kasvilajivalikoimaa kannattaa monipuolistaa. Palkoviljan, kuten herneen, lisäys kokoviljasäilörehun siemenseokseen tuo monia taloudellisia ja ympäristön kannalta hyödyllisiä etuja.

Pelkkää viljaa sisältävä kokoviljasäilörehun raakavalkuaispitoisuus ja sulavuus ovat suhteellisen matalat (Nykänen ym. 2010, s. 1). Kokoviljaherneen valkuaispitoisuus ja sulavuus on viljaan verrattuna paljon parempi. Viljelemällä seoskasvustoa, joka sisältää viljaa ja hernettä, voidaan kokoviljasäilörehun valkuaispitoisuutta ja sulavuutta parantaa merkittävästi. Esimerkiksi Kuoppalan ym. (2014-a) tutkimuksessa on mitattu 10.9. (kasvuaika 103 päivää) otetuilla kasvustonäytteillä kokoherneen d-arvo, valkuais- ja tärkkelyspitoisuus ja verrattu niitä kauran ja vehnän pitoisuuksiin (taulukko 1). Kokoherne on valkuaispitoisempi ja d-arvo on korkeampi kuin kokoviljalla. D-arvo on tutkimuksessa määritetty pepsiinisella lasiliukoisuutena ja laskennassa käytetty orgaanisen aineen sulavuus on laskettu yleisellä kaavalla.

Taulukko 1. Herneen, kauran ja vehnän kemiallinen koostumus kokoviljakasvustossa (Kuoppala ym., 2014a)

	Herne	Kaura	Vehnä
Raakavalkuainen, g/kg ka	164	100	107
Tärkkelys, g/kg ka	87	125	118
D-arvo, g/kg ka	691	584	581

Kokoherne sisältää runsaasti sekä energiaa että pötsissä hajoavaa valkuaista pötsimikrobien tarpeisiin (Nykänen ym., 2010, s. 2). Lehmät syövät enemmän useasta kasvista koostettua rehua kuin vain yhtä kasvia sisältävää rehua. Siten palkokasvi-viljakokoviljasäilörehu lisää eläinten vapaaehtoista syöntiä. Lisäämällä herne-viljakokoviljasäilörehua lypsylehmän ruokintaan voidaan väkirehun osuutta ruokinnassa vähentää ja sitä kautta pienentää ruokintakustannuksia (Rondahl, 2007, s. 69).

Herneen kyky sitoa typpeä ilmasta vähentää satovuoden typpilannoitustarvetta (Nykänen & Jauhiainen, 2010, s. 1). Typpeä jää myös maahan sadonkorjuun jälkeen seuraavan vuoden viljelykasvin hyödyksi. Biologisen typensidonnann ansiosta voidaan säästää lannoitekustannuksissa. Väkilannoitetypen valmistaminen kuluttaa paljon energiaa ja siihen käytetään fossiilisia polttoaineita. On ilmaston kannalta parempi, että peltoviljelyssä hyödynnetään kasvien omaa kykyä sitoa typpeä ilmasta niin paljon kuin vain on mahdollista.

Useamman kasvin seosviljely parantaa viljelyvarmuutta (Kuoppala 2013, s. 18). Kasvitauti- ja tuholaispaine vähenee. Erilaiset sääolosuhteet kasvukauden aikana vaikuttavat eri lailla eri kasveihin ja kasvit voivat kompensoida toistensa kasvua.

Palkokasvit tuovat monipuolisuutta viljelykiertoon ja parantavat maan rakennetta (Peltonen 2011, s. 25). Erityisesti pölyttäjät hyötyvät kukkivien palkokasvien tarjoamasta ravinnosta (mts. 23).

2.2 Haasteita herneen viljelyssä ja rehukäytössä.

Jos kasvukausi on hyvin kostea tai maa on hyvin multavaa, on hyvin mahdollista, että hernekasvusto lakoontuu (Himanen, i.a.). Samoin voi myös käydä, jos kasvusto saa liikaa lannoitetyppeä (Vilja-alan yhteistyöryhmä, i.a.). Herneen ja viljan lajikevalinnoilla voi vaikuttaa kasvuston lakoontumisalttiuteen (Rondahl, 2008). Lakoontumisen näkökulmasta kannattaa valita lyhyitä ja vahvavartisia ja -kortisia lajikkeita. Myös sadonkorjuuajankohdan valinnalla on merkitystä (Kuoppala 2013, s. 19). Korjaamalla sato viimeistään palkojen täytyttyä välttyy useimmiten lakoontumiselta.

Palkokasvien siemenet ovat kalliimpia kuin viljan siemenet ja sitä kautta siemenkustannukset nousevat (Kuoppala 2013, s. 16). Kustannukset tosin kompensoituvat taloudellisten hyötyjen ollessa suurempia.

Korkeat raakavalkuaispitoisuudet naudan ruokinnassa eivät ole pelkästään positiivinen asia (Puhakka ym., 2012, s. 2). Typen hyväksikäyttö pienenee sitä mukaa kun rehuannoksen raakavalkuaispitoisuus nousee. Lisäksi kokoviljaherneen valkuainen hajooa suurimaksi osaksi jo pötsissä. Tämä on ympäristön kannalta huono asia koska ylimääräinen

typpi jää ruuansulatuksessa käyttämättä ja erittyy virtsaan ja lantaan. Turhan korkeat valkuaistasot myös rasittavat naudan elimistöä ja kuluttavat energiaa.

Palkokasvit sisältävät paljon kalsiumia nurmiheiniin ja viljaan verrattuna (Kuoppala 2013, s. 36–38). Ne eivät suurina määrinä sovellu umpilehmien ruokintaan.

2.3 Herneen kehitys ja herne-viljakasvuston muutokset

Kukkimisvaiheessa herneen kuiva-ainebiomassa koostuu lähes puoleksi varren massasta (Pursiainen & Tuori, 2006, s. 6). Muu paino jakaantuu kärhöjen ja lehtien välillä, palkojen alkujen osuuden ollessa vielä hyvin pieni. Kun palkojen täyttyminen on edennyt puoleenväliin, on palkojen osuus kasvustosta kasvanut jo hieman yli puoleen koko kasvuston kuiva-aineen painosta. Tässä vaiheessa varren osuus on noin viidesosa, lehtien osuus on enää noin kymmenesosa ja kärhöjen osuus siltä väliltä.

Merkittävimmät muutokset kokoviljaherneen koostumuksessa tapahtuvat palkojen täyttymisvaiheessa (Rondahl, 2007, s. 21). Ennen palkojen kehittymistä ovat lehdet herneen valkuaispitoisin osa. Varsi ja kärhöt ovat kuitupitoisempia kuin lehdet. Palkojen täytyessä siirtyy valkuaista varresta, lehdistä ja kärhöistä palkoihin. Sokereista muodostuu tärkkelystä palkoihin. Varsien, lehtien ja kärhöjen solunseinäaineksen määrä lisääntyy.

Herne-viljakokoviljasäilörehukasvuston kasvilajien osuuksissa tapahtuu muutoksia kasvu-kauden aikana (Rondahl, 2006, s. 144). Herneen osuus kasvustossa lisääntyy korjuuajan siirtyessä myöhemmäksi.

2.4 Palkojen kehitys Knottin asteikon mukaan

C.M. Knott (1987) on kehittänyt asteikon herneen kehityksen kuvailemiseen. Knottin asteikossa herneen kehitys on jaoteltu seuraaviin vaiheisiin:

0 Itäminen ja orastuminen

1 Vegetatiivinen vaihe

2 Generatiivinen vaihe (201–209)

3 Tuleentuminen

Generatiivinen vaihe alkaa, kun ensimmäinen nuppu ilmestyy (201). Palot eivät kehity samanaikaisesti vaan kehitys alkaa alimmista paloista ja siirtyy ylöspäin. Palkojen kehityksen vaiheen määrittelee se kehitysaste missä vaiheessa alimmainen nippu palkoja ovat. Vaiheessa 205 palot ovat kehittyneet, mutta ovat vielä litteitä. Seuraavassa vaiheessa (206) palot alkavat pullistua, mutta siemenet ovat vielä kehittymättömiä. Vaiheessa 207 siemenet täyttävät palot ja vaiheessa 208 palkojen pinta muuttuu epätasaiseksi ja menettää kirkkaan vihreän värinsä. Viimeinen generatiivinen kehitysvaihe alkaa, kun alimmainen palko alkaa kellastua ja muuttua ryppyiseksi (209).

2.5 Korjuuajankohdan valinta

Rehuntekoon käytettävissä oleva pinta-ala ja eläinryhmä, jolle kokoviljasäilörehu syötetään vaikuttaa siihen, mikä on kokoviljasäilörehun sopiva korjuuajankohta (Kuoppala ym. 2013, s. 23). Jos rehuntuotantoon käytettävää pinta-alaa on niukasti, on korjuuajan ykköskriteerinä yleensä mahdollisimman suuri kuiva-ainesato. Lypsäville lehmille, imettäville emolehmille ja kasvaville lihanaudoille halutaan energiapitoisempaa ja sulavampaa rehua. Emo- lehmille ylläpitokaudella ja umpilehmille sopii paremmin vähemmän sulava rehu.

Optimaalinen korjuuajankohta on kompromissi useiden osatekijöiden välillä. Kokoviljan sulavuus on huonompaa ja laskee kasvukauden loppua kohden (Kuoppala ym., 2014a, s. 35). Kokoherneen sulavuus on parempi, pysyy kauemmin hyvänä ja laskee hitaammin (Kuoppala ym., 2014b, s. 44). Sulavuusmuutokset riippuvat siis paljon siitä, mitkä ovat eri kasvien osuudet kasvustossa. Myöhemmällä korjuuajankohdalla saadaan kasvatettua kuiva-ainesadon ja raakavalkuaissadon määrää (Kuoppala ym. 2014a, s. 30–31). Mitä lähemmäs palkojen ja tähkien valmistumista sadonkorjuuajankohtaa siirretään, sitä suuremmaksi muodostuvat satotappioiden riskit (Kuoppala ym. 2014b, s. 45). Myös kasvukauden sääolot on hyvä ottaa huomioon. Jos kasvukausi on lämpö- ja kosteusolosuhteiltaan ollut sellainen, että kasvusto on hyvin rehevä, on myös kasvusto alttiimpi lakoontumiselle.

Kokoviljasäilörehun optimaalista korjuuajakohtaa suositellaan viljan perusteella, jolloin paras kehitysvaihe on taikinatuleentumisvaihe (Jaakkola ym., 2003, s. 26). Silloin suurin osa

rehun arvosta sijaitsee tähkässä. Herneen kehitysvaiheen perusteella suositeltavasta korjuuajankohdasta löytyy monenlaista tulkintaa.

Rondahl (2007) tutki herne-kaurakokoviljasäilörehun koostumusta kolmella eri herneen kehitysstadiolla. Herne-kaurakokoviljasäilörehu korjattiin, kun herneet olivat litteitä, täytymässä (Knott 2007) ja täyttyneitä. Lisäksi suoritettiin ruokintakoe lypsylehmillä, jolloin tutkittiin lehmien vapaaehtoista syöntiä ja tuotosta. Vaikka lehmien syönti ja tuotos oli korkeimmillaan myöhäisimmällä herneen kehitysvaiheella korjatulla herne-viljakokoviljasäilörehulla, suosittelee hän kuitenkin herne-viljakokoviljasäilörehun korjuuta, kun palot ovat täyttymisvaiheessa. Perustelut ovat herne-viljakokoviljasäilörehun heikompi sulavuus ja huonompi tyyntymisen hyväksikäyttö myöhäisimmällä korjuuajankohdalla.

Kuoppalan ym. (2014b) viljelykokeissa tutkittiin hernevehnäkokoviljakasvustoja kolmella eri korjuuajankohdalla. Tutkimuksessa analysoitiin myös herneen eri osien koostumusta. Tutkimuksessa päädyttiin suosittelemaan korjuuajankohtaa, kun herneen palot ovat täyttyneet mutta kasvusto vielä vihreää. Silloin palkojen ja lehtien valkuaispitoisuus ja sulavuus ovat korkeimmillaan. Tutkimuksessa mainittiin myös, että jos haluaa välttää korjuutappioita kannattaa kasvusto korjata ennen kuin palot ovat täysin täyttyneet.

Salawun ym. (2001) tutkivat herne-vehnäkokoviljakasvustoja herneen eri kehitysstadiolla ja päätyivät siihen, että sopivin korjuuajankohta on, kun palot ovat täyttyneitä ja keltaisia. Tutkimukseen liittyvässä ruokintakokeessa vertailtiin hernekasvustoja eri hernepitoisuuksilla ja eri korjuuajankohdilla (Salawu ym. 2002). Herneen kasvuaste ensimmäisessä korjuussa oli täyttyneet palot ja toisessa korjuussa keltaiset, ryppyiset palot. Ruokinta, joka sisälsi hernevehnäkokoviljasäilörehua, jossa oli enemmän hennettä ja korjattu myöhemmällä, eli kun palot olivat täyttyneitä ja keltaisia, johti korkeampaan maitotuotokseen kuin muut herneet.

3 AINEISTOT JA MENETELMÄT

3.1 Näytteenottopaikat ja kasvustojen tiedot

Herneen satonäytteitä kerättiin 2022 kasvukauden aikana kolmesta eri hernekasvustosta, jotka sijaitsivat eri tiloilla (taulukko 2.). Tila A sijaitsi Ilmajoella, tila B Jalasjärvellä ja tila C Kurikassa. Tila B on luomutila ja muut tilat tavanomaisia tiloja.

Taulukko 2. Kasvustojen tiedot.

Tila	Kylvö- pvm	Lajike, kylvötiheys	Lannoitus ja ravinteet
A	13.5	Herne Astronaut 230 kg/ha, 70 kpl/m ²	Ei lannoitusta.
B	4.6	Ohra 120 kg/ha Herne Ingrid 100 kg/ha, 30 kpl/m ²	keväällä kananlanta 5 tn/ha, N 36 kg/ha, P 48 kg/ha, K 50 kg/ha
C	22.5	Vehnä 150 kg/ha Herne Ingrid 90 kg/ha, 25 kpl/m ²	syksyllä naudanliete 20 m ³ /ha, keväällä väkilannoite 27–0–1 194 kg/ha, yhteensä N 103 kg/ha, P 15 kg/ha, K 105 kg/ha

3.2 Näytteenottoajankohdat

Tila A:lla kasvoi puitavaksi tarkoitettu herneen puhdaskasvusto. Näytteitä kerättiin 28.7. (kuva 1), kun kaikki palot olivat vielä vihreitä ja arviolta alle puolet paloista olivat täyttyneitä. Toinen näytteenottokerta oli 8.8., kun kaikki palot olivat vielä vihreitä mutta yli puolet paloista olivat täyttyneet. Kolmas näytteenottokerta oli 22.8., kun suurin osa paloista olivat täyttyneet ja arviolta puolet paloista olivat kellertäviä.



Kuva 1. Tila A:n puhdas hernekasvusto 28.7.

Tila B:n pellolla kasvava herne-ohrakasvusto päätyi puitavaksi. Näytteitä otettiin ensimmäisen kerran 12.8., kun kaikki palot olivat vihreitä ja arviolta puolet paloista olivat täyttyneitä. Toinen näytteenottokerta tehtiin 24.8. (kuva 2), kun suurin osa paloista olivat täyttyneitä ja arviolta puolet paloista kellertäviä.



Kuva 2. Kasvusto ja palot ovat muuttumassa keltaisiksi tila B:n pellolla toisen näytteenoton aikaan 24.8.

Tila C:n pellolle oli kylvetty herne-vehnä-raiheinäkasvusto, joka korjattiin kokoviljasäilörehuksi. Ensimmäinen näytteenotto tehtiin 23.8., kun suurin osa paloista olivat täyttyneitä ja arviolta puolet paloista olivat kellertäviä. Toinen näytteenottokerta oli 1.9., kun miltei kaikki palot olivat keltaisia.

Näytteenottojen ajankohdat suunniteltiin niin, että analyysituloksia saataisiin litteistä paloista alkaen melkein tuleentuneisiin palkoihin saakka. Näytteenottojen ajankohdaksi valikoitui 4 eri herneen palkojen kehitysvaihetta: 1. kaikki palot vihreät, alle puolet paloista vielä litteät, 2. kaikki palot vihreät, yli puolet paloista täyttyneet, 3. kaikki palot täyttyneet, noin puolet paloista keltaisia ja 4. suurin osa paloista täyttyneitä ja keltaisia (taulukko 4). Kehitysvaiheet on esitelty taulukossa 2 sekä oman näytteenottosuunnitelman mukaan, että C.M. Knottin laatiman kehityssasteikon mukaan (Knott, 1987, s. 236–240). Analyysikulut ja käytettävissä oleva työaika vaikuttivat siihen, ettei kaikista kohteista otettu joka kehityssasteella näytteitä.

Taulukko 3. Näytteenottokerrat eri tiloilla herneen kehitysvaiheittain ja päivää kylvöstä.

Herneen kehitysvaihe	1. Palot vihreitä, < ½ täyttyneitä	2. Palot vihreitä, > ½ täyttyneitä	3. Täyttyneet palot, ½ paloista keltaisia	4. Täyttyneet keltaiset palot
Tila (näytteenotto-kerta)	Tila A (1)	Tila A (2) Tila B (1)	Tila A (3) Tila B (2) Tila C (1)	Tila C (2)
Kehitysvaihe Knottin as- teikon mukaan	207	208	209	209–210
Aika kylvöstä, pv	A = 76	A = 87 B = 69	A = 101 B = 81 C = 93	C = 102

3.3 Lajikkeet

Lajikkeet olivat viljelijöiden itse valitsemissa lajikkeissa, Ingrid ja Astronaute. Molemmat lajikkeet on jalostettu puitaviksi rehuherneiksi (Tilasiemen, i.a.-a, Tilasiemen, i.a.-b). Virallisten lajikekokeiden tulosten (taulukko 5) mukaan Astronaute on satoisampi, lyhyempi ja vaatii hieman pidemmän kasvuajan kuin Ingrid (Luke, i.a.). Valkuaispitoisuudet ovat samalla tasolla molemmissa lajikkeissa. Vaikka Ingrid on lajikekokeissa kasvanut pidemmäksi kuin Astronaute, on sen lako-% kuitenkin pienempi. Tähän on vaikuttanut Ingridin pysty kasvu-tapa ja vahva varsi (Tilasiemen, i.a.-b).

Taulukko 4. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 2014–2021 (Luke, i.a.).

	INGRID	ASTRONAUTE
Sato (kg/ha)	4078,0	4379,0
Kasvuaika (vrk)	100,9	101,2
Lämpösumma	1106,3	1104,6
Lako (%)	26,5	34,7
Pituus (cm)	82,5	74,7
Tsp (g)	319,5	289,5
Valkuainen (%)	24,3	24,4
Valkuaissato (kg/ha)	842,0	902,0

3.4 Näytteiden otto ja käsittely

Herneen puhdaskasvustosta herneitä valikoitiin edustavilta paikoilta tarvittava määrä (5–20 kpl), jotta saatiin tarpeeksi aineksia rehuanalyysiä varten. Seoskasvustoista otettiin 2–8 kpl 0,25 m² kehikkonäytteitä edustavilta paikoilta ja näistä valittiin mittaukseen mukaan so-
piva määrä herneitä.

Herneet leikattiin pellolla 5 cm:n sänkeen. Koko varren pituus mitattiin. Mitattiin etäisyys varren alaosaan ensimmäiseen palkoon. Varren alaosa leikattiin erikseen 15 cm:n sän-
kipala. Tämä pala punnittiin. Varresta irrotettiin palot, jotka lajiteltiin litteisiin/täyttyneisiin,
vihreisiin/keltaisiin riippuen näytteenoton ajankohdasta. Erilaisten palkojen määrä laskettiin
ja yhteismäärä punnittiin (kuva 3). Jäljelle jäävä varsi lehtineen ja kärhöineen punnittiin.

Kehikkonäytteistä laskettiin herneiden ja muiden viljojen määrä (paitsi tila B:n 1. näytteen-
ottokerralla) ja osuudet punnittiin. Viljojen tuleentumisaste arvioitiin (paitsi tila B:n 1. näyt-
teenottokerralla).



Kuva 3. Palot lajiteltuna vihreisiin ja keltaisiin tila C:n näytteenotossa 23.8.

3.5 Rehuanalyysi

Erilaiset palot, varsiosa, sänki ja koko vilja pakattiin erikseen ja lähetettiin Eurofins Viljavuospalveluun rehuanalyysiä varten. Rehuanalyysissä tutkittiin kemiallisella analyysillä kosteus, kuiva-aine, raakavalkuainen, raakarasva, raakakuitu, tuhka ja typettömät uuteaineet.

NIR-analyysit vaativat riittävän suuren määrän samankaltaista aineistoa menetelmän kalibrointiin (Eurolab, i.a.). Kemiallinen analyysi on varmempi menetelmä tämän tyyppiselle aineistolle, jota harvoin lähetetään laboratorioon analysoitavaksi.

Laboratoriosta saatuja laskennallisia rehuarvoja ei esitellä tässä opinnäytetyössä, koska tämän tyyppisille rehuerille, kuten kokonaiset palot, pelkät varret lehtineen ja kärhöineen

tai sänki ei löydy verrokkimateriaalia referenssirehuista. Samasta syystä ei analysoida su-lavuuden muutoksia, vaan keskitytään valkuaispitoisuuden muutoksiin.

3.6 Mittausten perusteella lasketut tulokset

Herneen kasvinosien mittaustuloksista laskettiin jokaiselle mitatulle ominaisuudelle kes-kiarvo ja keskihajonta. Myös kehikönäytteiden botaanisista painojakaumista laskettiin keskiarvo ja keskihajonta. Keskiarvojen ja herneen kasvinosien rehuanalyysien tulosten avulla laskettiin sato, kasvinosien sato ja kasvinosien valkuais-sato.

Tila A:n sadot laskettiin käyttäen kasvuston kylvötiheyttä 70 kpl/m².

3.7 Kasvukauden sää

Kesä 2022 oli Suomessa harvinaisen lämmin (Ilmatieteenlaitos, i.a.-a). Hellepäiviä oli kesä-elokuussa peräti 42 kpl, kun pitkän ajan keskiarvo on 33 päivää. Sademäärät Etelä-Pohjanmaalla olivat poikkeuksellisen runsaat. Elokuu oli sateisin kesäkuukausi. Esimer-kiksi Kurikan Hirvijärven sääasemalla mitattiin elokuussa 127 mm sadetta, 30 vuoden kes-kiarvon ollessa Seinäjoella samalta ajalta 65 mm (taulukko 6) (Ilmatieteenlaitos, i.a.-b; il-matieteenlaitos, i.a.-c).

Taulukko 5. Lämpötila ja sademäärä Seinäjoen Pelmaan sääasemalla 2022 ja 30 vuoden keskiarvo (Ilmatieteenlaitos, i.a.-c).

	Keskilämpötila 2022, °C	Keskilämpötila 1991–2020, °C	Sademäärä 2022, mm	Sademäärä 1991–2020, mm ka
Toukokuu	9,2	9,2	65,6	40
Kesäkuu	16,1	13,9	56,3	57
Heinäkuu	16,4	16,5	79,9	80
Elokuu	16,4	14,7	154,8	65
Syyskuu	8,4	9,7	28,5	52

4 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

4.1 Hernekasvien mittausten tulokset

Tila A:n hernekasvusto, jossa lajikkeena oli Astronaute, vaihteli keskimääräinen kasvuston pituus 120–130 cm välillä (taulukko 7). Muiden tilojen kasvustot, joissa lajikkeena oli Ingrid, mitattiin keskimääräisiä kasvuston pituuksia välillä 95–112 cm. Tulokset poikkeavat virallisista lajikekokeista, joissa Ingrid on kasvanut Astronautea korkeammaksi. Tähän voi vaikuttaa se seikka, että Astronaute kasvoi puhdaskasvustona ja Ingrid seoskasvustossa. Puhdaskasvustossa herne joutui enemmän kilpailemaan valosta ja kasvoi siitä johtuen korkeammaksi. Vilja päästää enemmän valoa kasvustoon, joten seoskasvuston herne ei kokenut yhtä suurta kilpailua valosta. Kaikkien hernekasvustojen pituus ylsi korkeammalle kuin virallisissa lajikekokeissa. Tämä voi johtua siitä, että kasvukausi oli hyvin suotuisa lämmön ja vedensaannin suhteen.

Etäisyys ensimmäiseen palkoon vaihteli tila A:n Astronaute-lajikkeella keskimäärin 55–74 cm ja muiden tilojen Ingrid lajikkeella keskimäärin 66,4–80,8 cm (taulukko 7). Ensimmäinen palko sijaitsi Astronaute lajikkeella Ingridiin verrattuna keskimäärin alempana.

Taulukko 6. Herneen pituudet ja ensimmäisten palkojen etäisyydet (cm) sekä sängen ja varren osuuksien painot näytteenottomerkitilastoilla A, B ja C (ka = keskiarvo, kh = keskihajonta).

Tila, näytteenottokerta	Herneen pituus ka (kh), cm	Etäisyys 1. palko ka (kh), cm	Sänki ka (kh), g	Varsiosa ka (kh), g
Tila A, 1 n = 5	120,0 (10,6)	65,0 (9,9)	4,0 (1,1)	57,0 (19,0)
Tila A, 2 n = 25	122,0 (14,8)	55,0 (8,8)	3,0 (1,0)	62,0 (16,9)
Tila A, 3 n = 10	130,0 (5,4)	74,0 (5,8)	3,0 (0,5)	41,0 (9,1)
Tila B, 1 n = 17	107,9 (14,0)	80,8 (5,6)	3,1 (0,3)	26,9 (10,8)
Tila B, 2 n = 14	90,0 (16,9)	68,0 (11,8)	3,0 (0,0)	13,0 (7,2)
Tila C, 1 n = 12	95,3 (27,3)	66,4 (12,5)	3,2 (0,4)	23,7 (13,4)
Tila C, 2 n = 13	112,0 (16,9)	73,0 (12,8)	2,0 (0,9)	22,0 (8,4)

Sängen painoissa ei havaittu suurta eroa eri kasvustojen ja kehitysasteiden välillä (taulukko 7). Joukosta erottui vain tila A:n ensimmäinen näytteenottokerta, jossa sänki painoi keskimäärin 4 g ja tila C:n viimeinen näytteenotto, jossa sänki painoi 2 g.

Varsiosien keskimääräinen paino vaihteli tila A:n Astronaute-pudaskasvustossa 41–62 g välillä (taulukko 7). Tila B:n Ingrid-seoskasvuston herneen varsiosan keskimääräinen paino oli 13–26,9 g ja tila C:n Ingrid seoskasvustossa 22–23,7 g. Yksittäisen varsiosan keskimääräinen paino lehtineen ja kärhöineen on Astronauten puhdaskasvustossa suurempi kuin Ingridin seoskasvustoissa. Tämän pystyi havaitsemaan myös silmämääräisesti näytteenoton aikana. Astronaute-kasvuston herneet olivat silminnähden rotevampia, kun taas Ingrid lajikkeen hernekasvit seoskasvustossa olivat paljon sirompia. Tila A:n ja B:n näytteenottokohtaisista luvuista huomaa, että varsiosien paino laskee ensimmäisestä näytteenotosta viimeiseen näytteenottoon, tila C:llä taas paino pysyy samalla tasolla kasvun etenemisen myötä.

Seoskasvustoissa oli tila B:n molemmissa kehikkönäytteenotoissa hernemassan painon keskiarvo täsmälleen sama 204 g/0,25 m² (taulukko 8). Viljaa oli ensimmäisessä näytteenotossa 33 g enemmän kuin toisessa näytteenotossa. Tila C:n näytteenotoissa oli

keskimäärin enemmän hernetä kuin tila B:llä, vaikka tila C:n herneen kylvömäärä on alhaisempi ja viljan kylvömäärä korkeampia. Tila C:n ensimmäisen näytteenoton hernemäärä näyttää hyvin suurelta verrattuna muihin näytteisiin. Hernetä esiintyi seoskasvustoissa hyvin epätasaisesti ja rypäsmäisesti. Tila C:n ensimmäisellä näytteenottokerralla otettiin vain 2 kehikollista näytteitä ja molempiin kehikollisiin on nähtävästi sattunut runsaampi herneiden esiintymä. Tästä syystä tämän näytteenottokerran herneen määrä on todellista hernemäärää suurempi. Kun tarkastelee kehikkonäytteiden keskihajontaa voi huomata, että hajonta on suurta. Tämä kertoo myös herneiden epätasaisesta jakaumasta kasvustossa. Viljaa oli tila C:n toisella näytteenottokerralla 24 g vähemmän kuin ensimmäisellä näytteenottokerralla.

Taulukko 7. Herneiden ja viljojen painot (g) kehikkonäytteissä eri näytteenottoajankohtina tiloilla B ja C.

Tila, näytteenottokerta	Herneitä kehikkonäytteessä ka (kh), g	Viljaa kehikkonäytteessä ka (kh), g
Tila B, 1 n = 4	204,0 (242,7)	492,0 (109,6)
Tila B, 2 n = 4	204,0 (101,7)	459,0 (67,7)
Tila C, 1 n = 2	633,0 (80,6)	308,0 (19,8)
Tila C, 2 n = 8	283,0 (127,2)	284,0 (67,1)

Tila A:n palkojen keskimääräinen paino vaihtelee näytteenottokerroittain (taulukko 9). Ensimmäisellä näytteenottokerralla, kun suurin osa paloista on litteitä, on palkojen paino 33 g. Toisella näytteenottokerralla, kun palot ovat jo hyvän matkaa täyttymässä on palkojen paino lisääntynyt 56 g:aan. Kun palot ovat alkaneet kellastua kolmannella näytteenottokerralla laskee palkojen paino 35 g:aan. Keskimääräisen painojen vaihtelu voi selittyä sillä, että paino lisääntyy, kun palot täyttyvät. Kun palot alkavat kellastua nousee palkojen kuiva-ainepitoisuus (kuva 4), joten paino laskee silloin. Sama ilmiö ei kuitenkaan toistu tila B:n ja C:n kasvustoissa, joissa palkojen paino pysyy samalla tasolla. Palkojen painojen keskihajonta on suhteellisen suurta, joten vaihtelu on suurta sen osalta kuinka paljon palkoa kukin herneyksilö tuottaa.

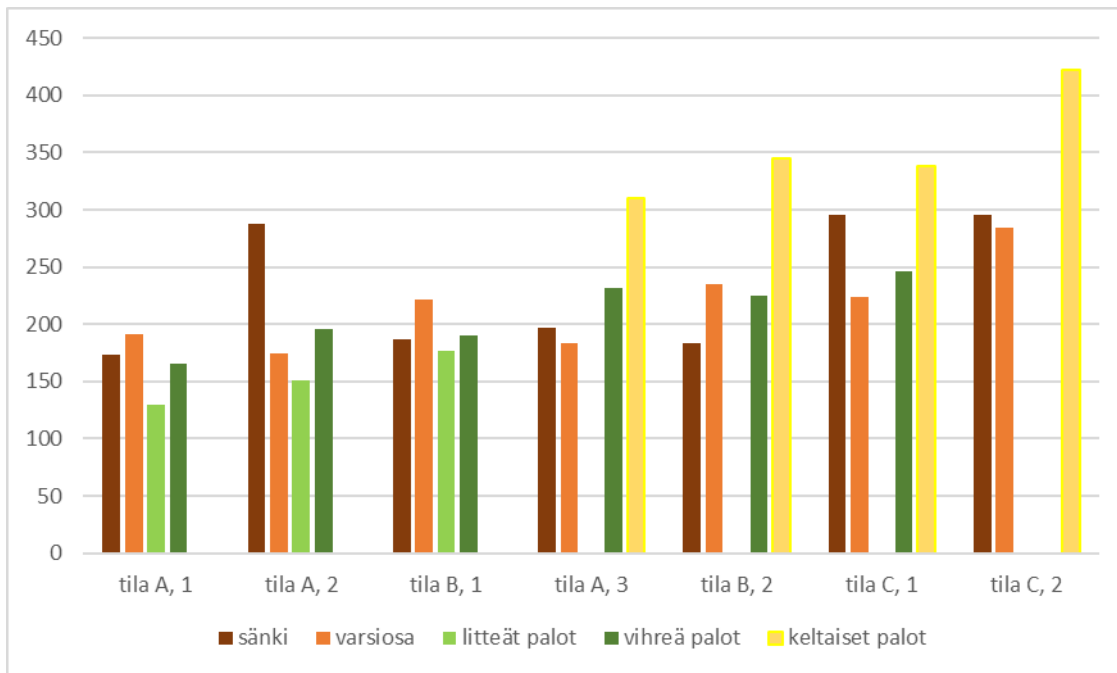
Taulukko 8. Palkojen kokonaispainot (g) ja eri kehitysasteisten palkojen määrät (kpl) näytteenottoerittäin tiloilla A, B ja C.

Tila, näytteenottokerta	Palot ka (kh), g	Liiteitä palkoja ka (kh), kpl	Täyttyneitä vihreitä palkoja ka (kh), kpl	Täyttyneitä keltaisia palkoja ka (kh), kpl
Tila A, 1 n = 5	33,0 (4,6)	7,0 (1,5)	2,0 (0,6)	
Tila A, 2 n = 25	56,0 (16,5)	3,0 (1,7)	8,0 (2,5)	
Tila A, 3 n = 10	35,0 (12,4)		3,0 (1,8)	3,0 (1,6)
Tila B, 1 n = 17	24,5 (12,0)	2,9 (2,1)	3,1 (2,0)	
Tila B, 2 n = 14	24,0 (8,9)		1,0 (0,9)	4,0 (1,7)
Tila C, 1 n = 12	34,5 (18,7)		4,2 (3,2)	3,0 (2,6)
Tila C, 2 n = 13	35,0 (9,9)			9,0 (2,7)

4.2 Rehuanalyysien tulokset

4.2.1 Kuiva-ainepitoisuus

Kuiva-ainepitoisuus nousee kaikissa herneen osissa kasvukauden ja herneen kehitysvaiheen edetessä (kuva 4). Matalimmat kuiva-ainepitoisuudet löytyivät litteistä paloista, 130–177 g/kg (taulukko 10). Sängen, varsiosan ja vihreiden täyttyneiden palkojen kuiva-ainepitoisuuden suuruus ja järjestys vaihtelee. Suurimmat kuiva-ainepitoisuudet löytyvät keltaisista täyttyneistä paloista, 310–422 g/kg.



Kuva 4. Herneen kasvinosien kuiva-ainepitoisuus (g/kg) eri näytteenottoajankohtina tiloilla A, B ja C.

4.2.2 Valkuaispitoisuus

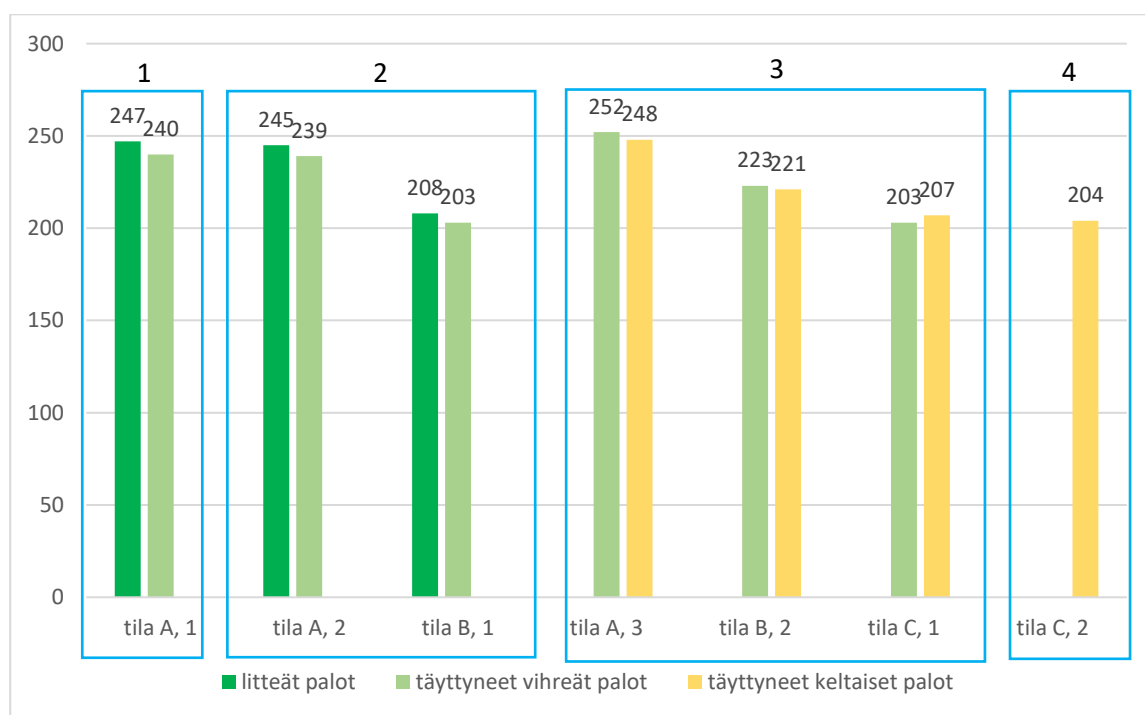
Palkojen valkuaispitoisuudet vaihtelivat 203–252 g/kg ka (kuva 5). Korkein pitoisuus saatiin tila A:n kasvuston täyttyneistä vihreistä paloista, kun kasvusto oli sellaisella kehitystasolla, että palot olivat täyttyneet ja puolet paloista keltaisia. Alhaisimmat valkuaispitoisuudet olivat Tila B:n täyttyneistä vihreistä paloista ensimmäisellä näytteenottokerralla ja Tila C:n täyttyneistä vihreistä paloista ensimmäisellä näytteenottokerralla sekä täyttyneistä keltaisista paloista toisella näytteenottokerralla.

Astronaute lajikkeet palkojen valkuaispitoisuus on jokaisella näytteenottokerralla ollut korkeampi kuin Ingridin. Vaikka niiden siementen valkuaispitoisuus pitäisi Luken viljelykokeiden mukaan olla samalla tasolla.

Saman näytteenottokerran erilaiset palot eivät näytä merkittävästi eroavan toisistaan valkuaispitoisuudessa, vain pientä laskua on havaittavissa kehittyneemmillä paloilla. Vaikuttaa siltä, että koko kasvuston kehitysvaiheella, lajikkeella, seoksella ja kasvuston muilla taustoilla, kuten esimerkiksi maaperä, lannoitus ja biologisen typensidonnan voimakkuus voi olla suurempi merkitys.

Kun valkuaispitoisuuksia vertailee saman kasvuston tuloksien mukaan, nousevat valkuaispitoisuudet tila A:lla ja tila B:llä vielä palkojen kellastuessa. Toisin sanoen näillä tiloilla valkuaispitoisuus on korkeimmillaan, kun kaikki palot ovat täyttyneet. Tila C:llä valkuaispitoisuudet pysyvät aika samalla tasolla. Tämän aineiston perusteella voi todeta, että palkojen valkuaispitoisuus lisääntyy, kunnes kaikki palot ovat täyttyneitä ja alkavat kellastua.

Tässä tutkimuksessa pysyivät palkojen valkuaispitoisuudet samalla tasolla tai nousivat kasvuston kehityksen edetessä. Aikaisemmissa tutkimuksissa on palkojen valkuaispitoisuuksien kehityksessä päästy samanlaisiin, mutta myös eriäviin tuloksiin. Kuoppalan ym. (2014b) tutkimuksessa nousi Florida hernelajikkeen palkojen valkuaispitoisuus kasvuston kehityksen edetessä. Pursiainen ja Tuorin (2006) tutkimuksessa laskivat Perttu-hernelajikkeen palkojen valkuaispitoisuudet kasvuston kehityksen edetessä.

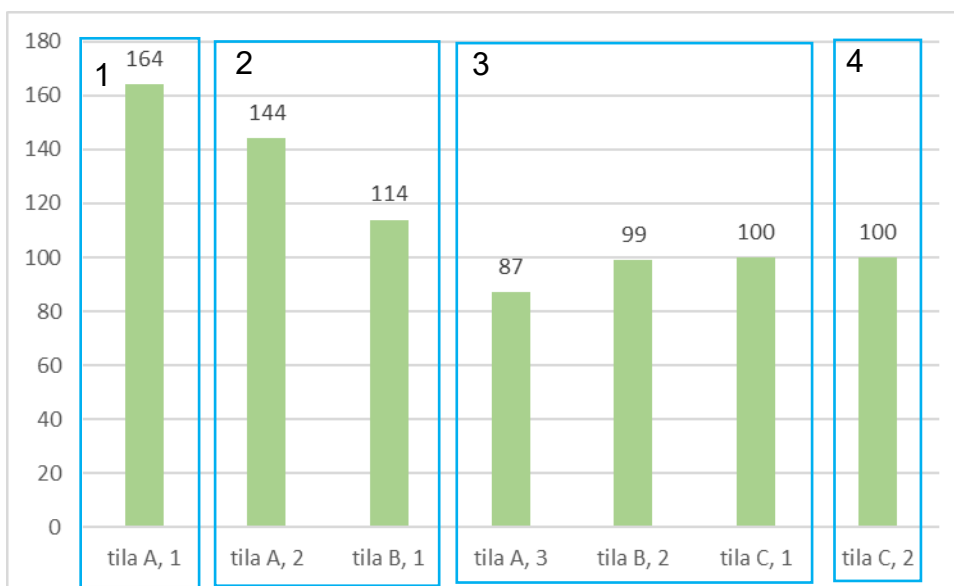


Kuva 5. Palkojen valkuaispitoisuus (g/kg ka) näytteenottokerroittain tiloilla A, B ja C. Näytteenottokerrat on ryhmitelty sinisillä ruuduilla herneen kehitysasteen (1–4) mukaan.

Varsiosien valkuaispitoisuus vaihteli 87–164 g/kg ka (taulukko 10). Korkeimmat pitoisuudet olivat Astronaute-lajikkeella ensimmäisen ja toisen näytteenottokerran aikoihin (kuva 6). Ingrid lajikkeella oli maltillisemmat valkuaispitoisuudet, eikä pitoisuus myöskään laskenut niin alhaiseksi kuin Astronautilla viimeisellä näytteenottokerralla. Vaikuttaa siltä, että

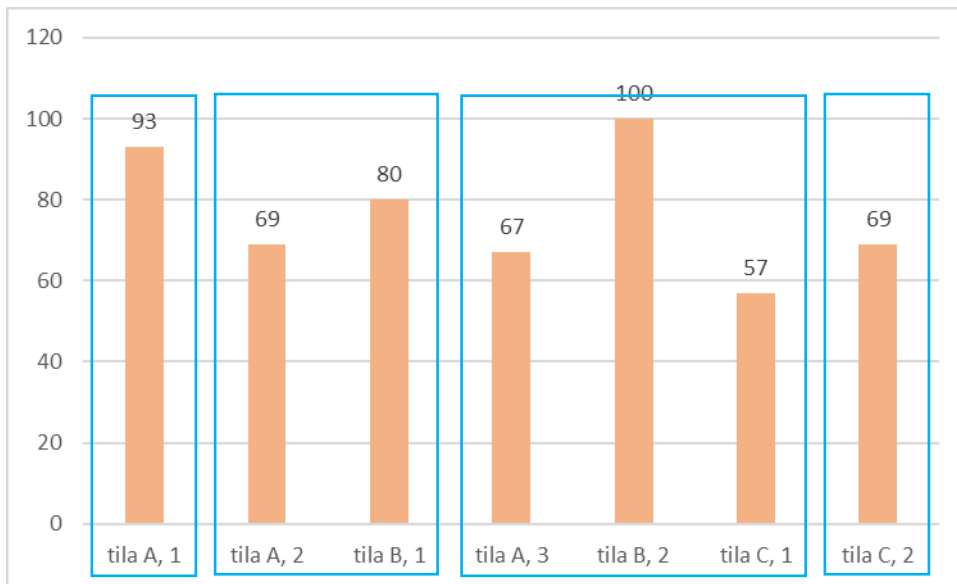
Astronaute-lajikkeella valkuainen siirtyy Ingridiä voimakkaammin vegetatiivisista osista generatiivisiin osiin siinä vaiheessa, kun palot alkavat olla täynnä ja ovat kellastumassa.

Valkuaispitoisuuden lasku varsiosissa oli odotettavissa, koska palkojen kehittyessä valkuainen siirtyy hernekasvissa vegetatiivisista osista generatiivisiin osiin. Pitoisuuksien lasku ei kuitenkaan anna aihetta päätellä, että kasvusto kannattaisi korjata ennen pitoisuuden laskua. Valkuaisköyhempien varsien, lehtien ja kärhöjen osuus kasvustossa pienenee ja valkuaisrikkaampien palkojen osuus suurenee palkojen täyttyessä ja kasvuston kellastuessa. Kannattaa siis ottaa huomioon koko kasvuston valkuaispitoisuus.



Kuva 6. Varsiosien valkuaispitoisuus (g/kg ka) ka näytteenottokerroittain tiloilla A, B ja C. Näytteenottokerrat on ryhmitelty sinisillä ruuduilla herneen kehitysasteen (1–4) mukaan.

Sängen raakavalkuaispitoisuus vaihtelee 57–100 g/kg ka (taulukko 10). Sängen valkuaispitoisuus on jokaisella näytteenottokerralla selvästi matalampi kuin varsiosien, paitsi tila B:n toisella näytteenottokerralla, jolla sängen valkuaispitoisuus on samalla tasolla kuin varsiosassa (kuva 7). Astronaute-lajikkeen sängen valkuaispitoisuus laskee jokaisella näytteenottokerralla, kun taas Ingrid-lajikkeen sängen valkuaispitoisuus nousee toisella näytteenottokerralla verrattuna ensimmäiseen näytteenottokertaan.



Kuva 7. Sängen valkuaispitoisuudet (g/kg ka) näytteenottokerroittain tiloilla A, B ja C. Näytteenottokerrat on ryhmitelty sinisillä ruuduilla herneen kehitysasteen (1–4) mukaan.

Taulukko 9. Herneen kasvinosien, viljojen ja raiheinän koostumustiedot näytteenottokerroittain tiloilla A, B ja C.

Tila ja kerta	Näytetyyppi	Kuiva-aine g/kg	Rv g/ kg ka	Rr g/ kg ka
tila A, 1	herneen sänki	173	93	26
	herneen varsiosa	191	164	36
	litteät palot	130	247	22
	täyttyneet palot	166	240	20
tila A, 2	herneen sänki	288	69	19
	herneen varsiosa	174	144	26
	litteät palot	151	245	18
	täyttyneet palot	196	239	22
tila B, 1	herneen sänki	187	80	33
	herneen varsiosa	222	114	27
	litteät palot	177	208	19
	täyttyneet palot	190	203	18
	ohra	295	96	33
tila A, 3	herneen sänki	197	67	16
	herneen varsiosa	183	87	26
	vihreät palot	232	252	25
	keltaiset palot	310	248	21
tila C, 1	herneen sänki	295	57	27
	herneen varsiosa	224	100	29
	vihreät palot	246	203	27
	keltaiset palot	338	207	22
	vehnä	346	78	32
tila B, 2	herneen sänki	183	100	23
	herneen varsiosa	235	99	29

	vihreät palot	225	223	26
	keltaiset palot	345	221	23
	ohra	340	95	29
tila C, 2	herneen sänki	295	69	20
	herneen varsiosa	284	98	21
	keltaiset palot	422	204	16
	vehnä	503	106	14

4.2.3 Raakarasva, raakakuitu, tuhka ja typettömät uuteaineet

Raakarasvapitoisuudet vaihtelivat herneen eri fraktioissa näytteenottokertojen välillä (taulukko 11). Suuremmat pitoisuudet olivat sängessä 16–33 g/kg ka ja varsiosissa 21–36 g/kg ka. Pitoisuudet olivat matalammat paloissa 16–27 g/kg ka.

Raakakuitua oli enemmän sängessä ja varsiosissa 326–593 g/kg ka ja vähemmän paloissa 112–140 g/kg ka (taulukko 11). Kaikissa osissa raakakuitupitoisuus nousi kasvuston vanhetessa mutta tasoittui ja jopa laski hieman viimeisillä näytteenottokerroilla, paitsi keltaisilla paloilla.

Tuhkapitoisuudet herneen eri osissa olivat hyvin tasaisia (taulukko 11). Astronaute-lajikkeen tuhkapitoisuudet tila A:lla erottuivat selvästi muista tuloksista sängin pitoisuuksissa kaikilla näytteenottokerroilla ja varsiosan pitoisuuksissa toisella ja kolmannella näytteenottokerralla. Astronautin puhdaskasvusto oli alun alkaen painunut kasaan enemmän kuin seoskasvustot. Tästä syystä sänki kasvoi maata myöten jo ensimmäisellä näytteenottokerralla ja osa varsiosasta toisesta näytteenottokerrasta eteenpäin. Maakosketuksen takia sänki ja varsiosa olivat likaisia ja maata pääsi mukaan näytteeseen mikä vääristää näytteen tuhkapitoisuutta.

Vähiten typettäviä uuteaineita sisältää sänki 155–328 g/kg ka (taulukko 11). Sängin pitoisuus myös laskee eri kasvustoissa kasvuston vanhetessa. Varsiosissa on typettäviä uuteaineita 259–460 g/kg ka. Tässä osassa pitoisuus myös pienenee kasvuston vanhetessa, paitsi tila C:n kahdessa näytteenotossa, jolloin pitoisuus pysyy samalla tasolla. Eniten typettäviä uuteaineita on paloissa 446–598 g/kg ka.

Taulukko 10. Herneen osien, viljojen ja raiheinän koostumustiedot näytteenottokerroittain.

Tila ja kerta	Näytetyyppi	Rk g/kg ka	Tuhka g/kg ka	Tua g/kg ka
tila A, 1	herneen sänki	383	220	278
	herneen varsiosa	330	73	398
	litteät palot	126	49	555
	täyttyneet palot	131	45	564
tila A, 2	herneen sänki	326	330	256
	herneen varsiosa	371	109	350
	litteät palot	112	51	574
	täyttyneet palot	115	51	573
tila B, 1	herneen sänki	465	92	330
	herneen varsiosa	345	54	460
	litteät palot	129	49	595
	täyttyneet palot	133	50	597
	ohra	241	65	566
tila A, 3	herneen sänki	420	343	155
	herneen varsiosa	512	117	259
	vihreät palot	130	47	546
	keltaiset palot	118	49	564
tila C, 1	herneen sänki	593	72	251
	herneen varsiosa	466	66	339
	vihreät palot	156	45	569
	keltaiset palot	137	41	593
	vehnä	400	65	425
tila B, 2	herneen sänki	485	64	328
	herneen varsiosa	480	72	320
	vihreät palot	145	45	562
	keltaiset palot	129	46	581
	ohra	323	57	495
tila C, 2	herneen sänki	553	65	292
	herneen varsiosa	486	72	324
	keltaiset palot	140	42	598
	vehnä	280	41	559
	raiheinä	305	132	393

4.3 Botaaninen koostumus ja sato

Korkein satomäärä saatiin tila A:n puhtaasta hernekasvustosta, jossa sato oli ensimmäisellä näytteenottokerralla 11 636 kg ka/ha ja viimeisellä näytteenottokerralla 14 694 kg ka/ha (taulukko 12). Tila B:n seoskasvustosta mitattiin ensimmäisellä näytteenottokerralla korkeampi herneen ja viljan yhteissato 8 753 kg ka/ha kuin toisella näytteenottokerralla 7 350 kg ka/ha. Sekä herneen että viljan sato laski toisella näytteenottokerralla. Tila C:n

seoskasvustossa laski herneen sato ensimmäisen ja toisen näytteenottokerran välillä, mutta viljasato oli suurempi toisella näytteenottokerralla. Yhteissato tila C:n kasvustossa oli ensimmäisellä näytteenottokerralla 10 919 kg ka/ha ja toisella näytteenottokerralla 8 401 kg ka/ha. Ero ensimmäisen ja toisen näytteenottokerran sadossa ei todellisuudessa ole näin suuri, niin kuin aikaisemmin otettiin esille, hernesato ensimmäisellä näytteenottokerralla näyttää näytteenottoteknisistä syistä suuremmalta kuin todellisuudessa oli. Erot tila A:n ja tila B:n ja C:n kasvustoissa johtuvat todennäköisesti lajike-eroista tai siitä että tila A:n kasvusto on puhdaskasvusto ja tila B ja C:n kasvustot ovat seoskasvustoja.

Kuoppalan ym. (2014a) tutkimuksessa testattiin kolmen eri vihantaherneen ja yhden reuherneen sadontuottoa herne-viljakokoviljasäilörehukasvustossa. Selvisi, että vihantaherneiden kuiva-aineen satomäärät nousivat kolmella eri näytteenottokerralla, kun taas reuherneen kuiva-aineen satomäärät laski viimeisellä näytteenottokerralla. Myös tämän tutkimuksen perusteella voi todeta, että kuiva-ainesadon määrän kehitys voi olla erilaista eri lajikkeilla, vaikka molemmat käytetyt lajikkeet ovat reuhernelajikkeita.

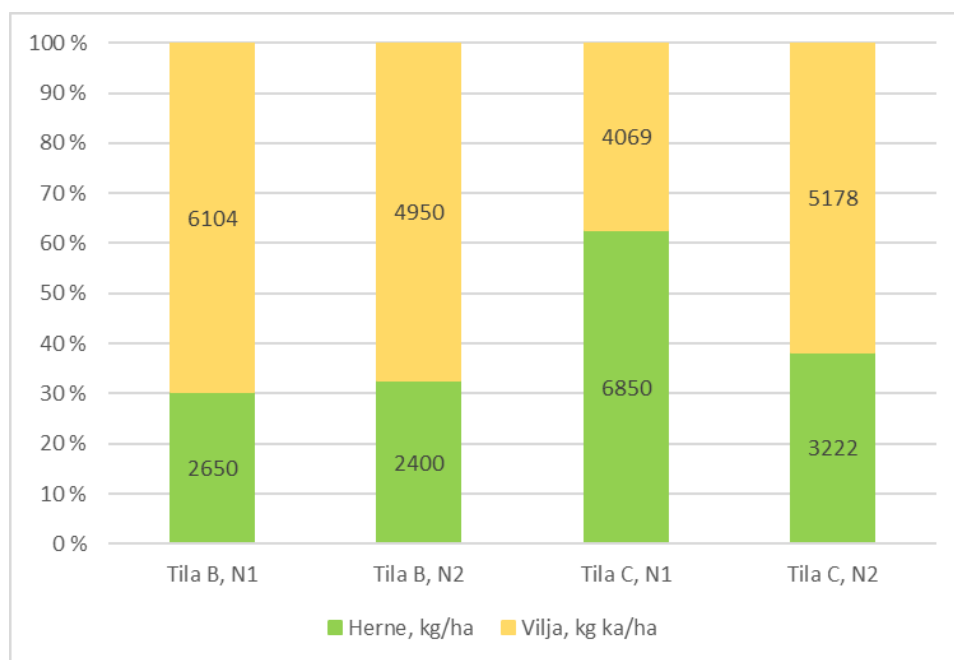
Jos sadonkorjuussa halutaan maksimoida kuiva-ainesadon määrä, olisi optimaalinen sadonkorjuuajankohta tila A:n tuloksen perusteella vasta silloin kun palot alkavat kellastua. Tila B:n tuloksien mukaan, sato kannattaisi korjata jo palkojen täyttymisvaiheessa. Kasvuston botaaninen koostumus ja hernelajike vaikuttavat siihen, milloin kasvusto tuottaa suurimman kuiva-ainesadon.

Taulukko 11. Herneen sato, viljan sato ja yhteissato kg ka/ha näytteenottokerroittain tiloilla A, B ja C.

	Herne, kg ka/ha	Vilja, kg ka/ha	Yhteensä, kg ka/ha
Tila A, N1	11636		11636
Tila A, N2	11916		11916
Tila A, N3	14694		14694
Tila B, N1	2650	6104	8753
Tila B, N2	2400	4950	7350
Tila C, N1	6850	4069	10919
Tila C, N2	3222	5178	8401

Tila B:n seoskasvustossa lisääntyy herneen osuus kasvustossa 30 %:sta 33 %:iin (kuva 8). Vaikka herneen sadon määrä pienenee ensimmäisen ja toisen näytteenottokerran välillä, pienenee viljan sato suhteessa vielä enemmän, joten herneen osuus nousee. Tila C:n

seoskasvuston herneen osuuden muutoksista ei voi päätellä mitään, koska ensimmäisen näytteenottokerran herneen määrä ei ole luotettava. Herneen osuus kasvustossa on toisella näytteenottokerralla 38 % ja suurempi kuin tila B:llä. Aikaisemmissa tutkimuksissa ovat Rondahl ja Martinsson (2005) todenneet että herneen osuus herne-viljaseoskasvustoissa suurenee kasvuston kehityksen edetessä. Samaan tulokseen tulivat myös Kuoppala ym. (2014a).



Kuva 8. Herneen ja viljan suhteelliset osuudet (%) ja kg ka/ha) tilojen seoskasvustoissa eri näytteenottokerroilla tiloilla B ja C.

4.4 Herneen kasvinosien sadot ja valkuaissadot

Sekä palkojen sadot että palkojen valkuaissadot kasvoivat tila A:n kasvustossa jokaisella näytteenottokerralla (taulukko 13). Suurin palkojen sato oli 8537 kg/ha ja valkuaissato 2134 kg/ka. Samoin kävi tila B:n kasvustossa, jonka suurin palkojen sato oli 1446 kg/ha ja valkuaissato oli 321 kg/ha. Tila C:n kasvustossa kävi päinvastoin, mutta tilan ensimmäisen näytteenottokerran tulosta ei voi pitää luotettavana. Toisen näytteenottokerran palkojen sato oli 1990 kg/ha ja valkuaissato 406 kg/ha.

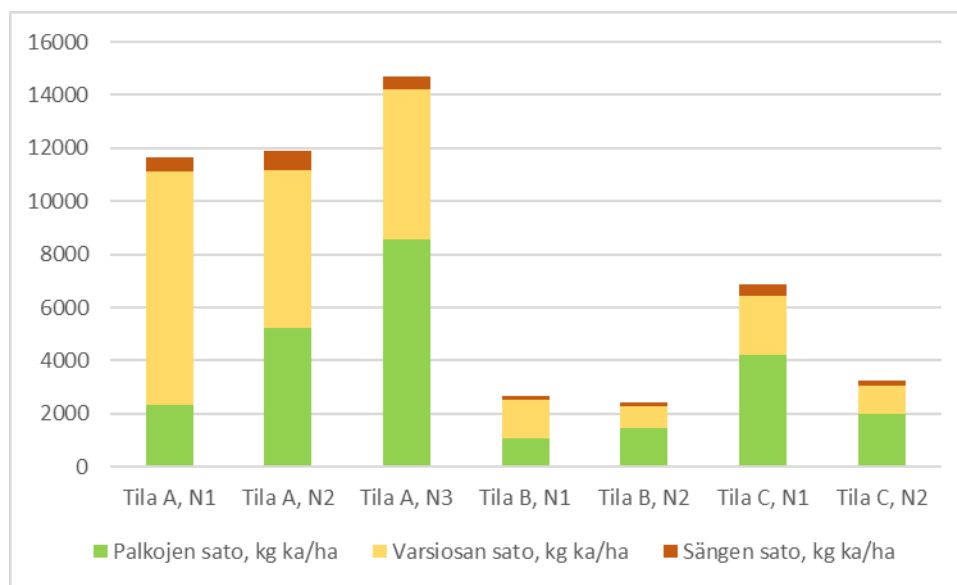
Varsiosien sato väheni kasvustojen vanhetessa. Kaikissa kasvustoissa ja näytteenottokerroilla vähenivät sekä sadot että valkuaissadot.

Tila A:n kasvustossa oli herneen yhteenlaskettu raakavalkuaissato korkeimmillaan viimeisellä näytteenottokerralla, silloin kun kaikki palot olivat täyttyneet ja puolet paloista keltaisia (kuva 10). Samoin tila B:n kasvustoissa oli herneen raakavalkuaissato korkeimmillaan toisella näytteenottokerralla, kun kaikki palot olivat täyttyneet ja puolet paloista keltaisia (kuva 11). Jos tarkoituksena on maksimoida valkuaissadon määrä, voisi näiden tulosten perusteella päätellä, että hernetä sisältävän kokoviljasäilörehun korjuuajankohta kannattaisi sijoittaa siihen vaiheeseen, kun palot ovat kellastumisvaiheessa. Tila C saavutti toisella näytteenottokerralla korkeamman valkuaissadon kuin tila B, mutta koska ensimmäisen näytteenottokerran tulos ei ole luotettava, on tästä vaikea tehdä johtopäätöksiä.

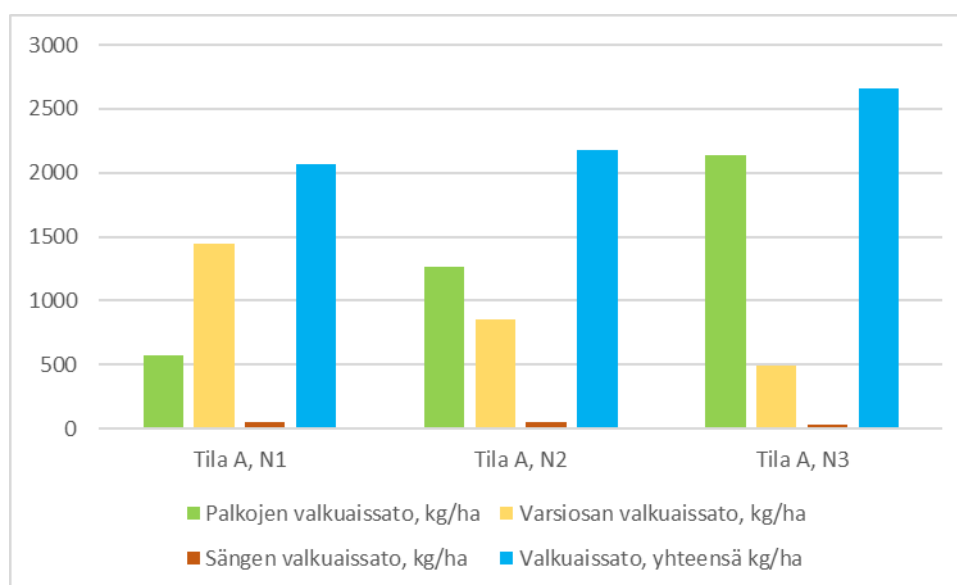
Taulukko 12. Herneen palkojen, varsiosien ja sängen sadot ja valkuaissadot kg ka/ha näytteenottokerroittain tiloilla A, B ja C.

	Palot		Varsiosa		Sänki		Valkuaissato yhteensä kg/ha
	Sato, kg ka/ha	Valkuaissato, kg ka/ha	Sato, kg ka/ha	Valkuaissato, kg ka/ha	Sato, kg ka/ha	Valkuaissato, kg ka/ha	
Tila A, N1	2330	575	8797	1443	509	47	2065
Tila A, N2	5227	1265	5963	859	726	50	2174
Tila A, N3	8537	2134	5675	494	483	32	2660
Tila B, N1	1078	221	1432	163	140	11	396
Tila B, N2	1446	321	822	81	132	13	416
Tila C, N1	4231	867	2227	223	392	22	1112
Tila C, N2	1990	406	1074	105	159	11	522

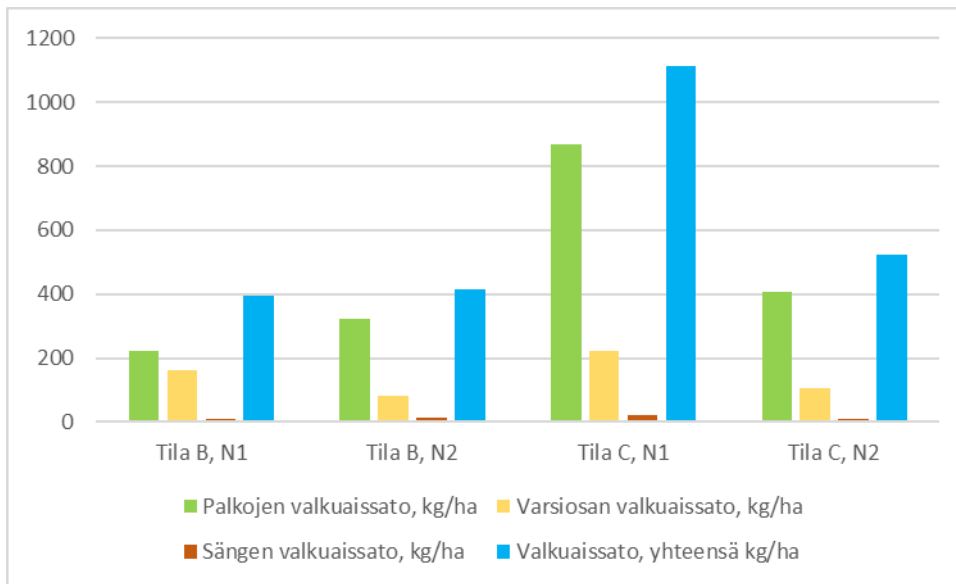
Tila A:n ja B:n kasvustoissa lisääntyi palkojen osuus kasvustosta kasvuston kehityksen edetessä (kuva 9). Samalla ajanjaksolla pieneni varsiosien osuus kasvustoista. Samanlaista kehitystä tapahtui Pursiaisen ja Tuorin (2006) ja Kuoppalan ym. (2014b) tutkimuksissa.



Kuva 9. Herneen kasvinosien satojen (kg ka/ha) muutokset näytteenotto-kerroittain tiloilla A, B ja C.



Kuva 10. Herneen kasvinosien valkuaissato ja valkuaisen yhteissato (kg/ha) tila A:n herneen puhdaskasvustossa.



Kuva 11. Herneen kasvinosien valkuaissto ja valkuaisen yhteissto (kg/ha) tila B:n ja C:n seoskasvustossa.

4.5 Sääolojen vaikutukset

Kasvukauden keskimääräistä lämpimämpi ja kosteampi sää vaikutti selvästi kasvustojen pystyssä pysymiseen. Seoskasvustot pysyivät paremmin pystyssä kuin puhdaskasvusto, joka oli jo viimeisellä näytteenottokerralla 22.8. täysin lakoontunut. Myös seoskasvustot olivat viimeisillä näytteenottoeroilla 24.8. ja 1.9. osittain lakoontuneita.

4.6 Sängen pituus

Palot ovat hernekasvuston valkuaispitoisin osa. Seuraavaksi tulevat lehdet, sitten kärhöt ja varsi. Jos haluaa korjata mahdollisimman valkuaispitoisen rehun, voisi harkita nostaa niittokorkeutta, jotta rehussa olisi mahdollisimman suuri osa valkuaispitoisia palkoja ja vähemmän valkuaisköyhää vartta.

Näytteenotossa simuloitiin tilannetta, jossa kasvusto niitetään 5 cm korkeuteen. Varresta irrotettiin 15 cm pätkä, joka analysoitiin erikseen, jotta nähtäisiin paljonko satoa ja valkuaista jäisi peltoon, jos niittokorkeus olisi 20 cm. Tila A:n puhdaskasvustosta tämä tarkoittaisi keskimäärin 572 kg ka/ha satoa ja 43 kg/ha raakavalkuaista, joiden osuus sadosta on keskimäärin 4 % ja raakavalkuaissadosta 4,5 % (taulukko 13). Seoskasvustojen

hernesadoista tämä tarkoittaa keskimäärin 206 kg ka/ha satoa ja raakavalkuaista 14 kg/ha, joiden osuus hernesadosta on keskimäärin 5,5 % ja herneen raakavalkuaisesta 2,5 %.

Taulukko 13. Sängen sato ja osuus koko sadosta, sängen valkuaissato ja osuus koko valkuaissadosta.

Tila, näytteenotokerta	A, 1	A, 2	A, 3	Keskiarvo	B, 1	B, 2	C, 1	C, 2	Keskiarvo
Sato, kg ka/ha	509	726	483	572	140	132	392	159	206
Osuus koko sadosta, %	4	6	3	4	5	5,5	6	5	5,5
Valkuaissato kg/ha	47	50	32	43	11	13	22	11	14
Osuus koko valkuaissadosta, %	8	4	1,5	4,5	3	3	2	2	2,5

Etäisyys ensimmäiseen palkoon oli keskimäärin 65,4–80,8 cm (taulukko 6). Niittokorkeutta voisi palkojen sijainnin perusteella nostaa reippaasti, ilman että tarvitsee murehtia sitä, että palkoja jäisi peltoon.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kuiva-ainesadon määrä oli matalin tila A:n Astronaute-puhdaskasvustossa ensimmäisellä näytteenottokerralla. Toisella näytteenottokerralla kuiva-ainesato oli noussut ja suurimmillaan se oli kolmannella näytteenottokellalla. Ensimmäisen, toisen ja kolmannen näytteenottokerran välillä voi havaita, että palkojen osuus sadosta nousee ja varsiosien osuus laskee. Tila B:n Ingrid-seoskasvustossa kuiva-ainesadon määrä on korkein toisella näytteenottokerralla. Samoin kun tila A:lla, kasvaa palkojen osuus sadosta ensimmäisestä näytteenottokerrasta toiseen näytteenottokertaan ja vastaavasti varsiosien osuus pienenee. Palkojen osuus ei kuitenkaan tila B:llä pysty kompensoimaan varsiosien osuuden vähene mistä ensimmäisen näytteenottokerran jälkeen, joten kuiva-aineen määrä kääntyy laskuun. Jos tavoite on maksimoida kuiva-ainesadon määrä, kannattaisi Astronaute-puhdaskasvusto korjata herneen kehitysasteen mukaan silloin kun palot ovat täyttyneet ja alkaneet kellastua. Ingrid-seoskasvuston optimaalisin sadonkorjuuajakohta olisi aikaisemmin, eli silloin kun palot ovat täyttymässä.

Palkojen raakavalkuaispitoisuuksissa ei havaittu mainittavaa muutosta näytteenottokertojen välillä tilalla A ja C. Tila B:llä raakavalkuaispitoisuus nousi jonkun verran ensimmäisestä näytteenottokerrasta toiseen näytteenottokertaan. Eri kehitysvaiheessa olevilta paloilta ei samalla näytteenottokerralla havaittu merkittävää eroa. Kuiva-ainesadon määrän kehitys ja muutokset palkojen ja varsiosien osuuksissa johtivat siihen, että valkuaissato oli tila A ja tila B:n kasvustossa korkein viimeisellä näytteenottokerralla. Jos tavoite on korjata mahdollisimman suuri raakavalkuaissato kannattaa odottaa, kunnes kaikki palot ovat täyttyneet ja palot ovat alkaneet kellastua. Tila A:n herneen raakavalkuaissato oli silloin korkeimmillaan ja näin oli myös tila B:n kasvustossa. Huomioitavaa on, että tila B:n raakavalkuaissato oli tällä kehitysasteella suurempi kuin aikaisemmalla kehitysasteella, vaikka kuiva-ainesato oli pienempi. Tila C:n ensimmäisen näytteenottokerran satotiedot eivät ole luotettavia, joten tila C:n satotiedoista ei voi vetää johtopäätöksiä.

Kasvuston niittokorkeutta voi nostaa menettämättä arvokkaita palkoja. Sängen raakavalkuaispitoisuus on myös huomattavasti alhaisempi kuin varsiosan. Verratessa 20 cm:n niittokorkeutta 5 cm:n niittokorkeuteen, menetetään korkeammalla niittokorkeudella Astronauten puhdaskasvustossa keskimäärin herneen kuiva-ainesatoa 4 % ja

raakavalkuaissatoa 4,5 %. Ingridin seoskasvustoissa menetetään keskimäärin herneen kuiva-ainesatoa 5,5 % ja raakavalkuaissatoa 2,5 %.

Tässä tutkimuksessa huomattiin, että samankaltaiset hernelajikkeet voivat kasvaa hyvin eri tavalla riippuen joko lajike-eroista tai olosuhteista. Lajikkeiden, joiden virallisten lajikekokeiden mukaan kuuluisi olla lyhyehköjä, kasvoivatkin suotuisissa olosuhteissa paljon pidemmiksi. Puhdaskasvustossa kasvanut Astronaute kasvoi pidemmäksi kuin seoskasvustossa kasvanut Ingrid. Molempien lajikkeiden virallisten lajikekokeiden tuloksissa on ilmoitettu niiden siemenille samantasoinen valkuaispitoisuus (24,3–24,4 %). Tässä tutkimuksessa erosivat palkojen valkuaispitoisuudet toisistaan. Astronauten palkojen valkuaispitoisuus vaihteli välillä 23,9–25,2 % ja Ingridin palkojen valkuaispitoisuus vaihteli välillä 20,3–22,3 %. Lajikkeet erosivat toisistaan myös kuiva-ainesadon tuotantomäärissä kasvuston kehityksen edetessä. Astronauten kuiva-ainesadon määrä nousi jokaisella näytteenotokerralla. Ingridin kuiva-ainesadon määrä laski ensimmäiseltä näytteenotokerralta toiselle näytteenotokerralle.

Kotimaisen rehuvalkuaisen tuotannon lisäämiseksi tarvitsemme erilaisia vaihtoehtoja. Pohjoisiin oloihimme yksi hyvä vaihtoehto on palkoviljapitoinen kokoviljasäilörehu. Kuten tässä tutkimuksessa havaitsimme, käyttäytyvät hernelajikkeet hyvin eri tavalla eri olosuhteissa. Lisää tutkimusta olisi tarpeellista tuottaa eri lajikkeiden soveltuvuudesta ja ominaisuuksista kokoviljasäilörehuksi tuotettavassa seoskasvustossa.

LÄHTEET

- Eurolab. (i.a.). *Ruokatestauslaboratorion palvelut. Rehuanalyysit*. <https://www.laboratuvar.org/fi/testler/gida-testleri/yem-analizleri/>
- Himananen, S. (i.a.). *Sekaviljelyllä satovarmuutta ja ympäristöhyötyjä*. Luonnonvarakeskus, Muru-hanke. <https://www.ilmastoviisas.fi/tietopaketit/sekaviljelylla-satovarmuutta-ja-ym-paristohyotyja/>
- Ilmatieteenlaitos. (i.a.-a). *Vuoden 2022 sääyhteenvedo*. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/vuosi-2022>
- Ilmatieteenlaitos. (i.a.-b). *Havaintojen lataus*. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>
- Ilmatieteenlaitos. (i.a.-c). *Lämpötila- ja sadetilastoja vuodesta 1961*. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tilastoja-vuodesta-1961>
- Jaakkola, S., Saarisalo, E., Heikkilä, T., & Joki-Tokola, E. (2003). Korjuu, säilöntä ja varastointi. Teoksessa K. Lampinen, T. Harmoinen & H. Teräväinen (toim.), *Kokoviljasäilörehun tuotanto ja käyttö*. (s. 26–34). ProAgria maaseutukeskusten liitto.
- Knott, C.M. (1987). *A key for stages of development of the pea (Pisum sativum)*. Annals of applied biology. 1987, Vol.111 (1), p. 233–245.
- Kuoppala, K. (2013). *Kotimaiset valkuaiskasvit lypsylehmien rehuna*. Ratkaisuja rehuntuotannon kannattavuuteen ja kestävytyteen muuttuvassa ilmastossa. MTT. https://www.ilmastoviisas.fi/wp-content/uploads/2013/02/KaisaKuoppala_-2013.pdf
- Kuoppala, K., Lötjönen T., Saarinen, E., Huuskonen, A., & Rinne, M. (2013). *Palkokasvi parantaa kokoviljasäilörehun rehuarvoa*. MTT. https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/Tietosiilo/Rehutietoutta/Naudat/Mustiala%2027.9.13_KaisaKuoppala.pdf
- Kuoppala, K., Lötjönen, T., Saarinen, E., Suomela, R., Hyrkäs, M., & Huuskonen, A. (2014a). Palkokasviviljakasvustojen satoisuus ja rehuarvo. Teoksessa A. Huuskonen (toim.), *Edistystä luomutuotantoon – loppuraportti* (s. 28–36). MTT raportti 175. https://www.researchgate.net/publication/273001043_Edistysta_luomutuotantoon_loppuraportti
- Kuoppala, K., Rinne, M., Huuskonen, A., & Lötjönen, T. (2014b). Palkokasveja sisältävien kokoviljasäilörehujen rehuarvon tarkentaminen ruokinnan optimoimiseksi. Teoksessa A. Huuskonen (toim.), *Edistystä luomutuotantoon – loppuraportti* (s. 37–50). MTT raportti 175. https://www.researchgate.net/publication/273001043_Edistysta_luomutuotantoon_loppuraportti

- Luonnonvarakeskus, Luke. (i.a.). *Tutkimustulostietokannat. Herne, 2014–2021, Viralliset lajikekokeet*. https://px.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/maatalous/maatalous_lajikeko-keet_julkaisuvuosi_2021_sato_herne/210100sato_herne.px/
- Nykänen, A., Rinne, M., & Jauhiainen, L. (2010). *Palkokasveista valkuaista ja sulavuutta kokoviljaseoksiin*. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote nro. 26. <https://doi.org/10.33354/smst.76833>
- Nykänen, A., & Jauhiainen. (2010). *Herneillä ja virnoilla typpiomavaraisuutta kokoviljantuo-tantoon*. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote nro. 26. <https://doi.org/10.33354/smst.76832>
- Peltonen, S. (2011). Valkuaisrehujen tuotannon edellytykset. Teoksessa R. Aaltonen & S. Peltonen (toim.), *Valkuaisrehujen tuotanto ja käyttö* (s. 21–25). ProAgria maaseutukes-kusten liitto.
- Puhakka, L., Jaakkola, S., & Vanhatalo, A. (2012). *Palkoviljat nautojen ruokinnassa*. Suo-men maataloustieteellisen seuran tiedote nro. 28. <https://doi.org/10.33354/smst.75583>
- Pursiainen P., & Tuori, M. (2006). *Replacing grass silage with pea-barley intercrop silage in the feeding of the dairy cow*. Agriculture and food science, issue 15 vol. 3. <https://doi.org/10.2137/145960606779216281>
- Rinne, M. (2012). *Härkäpapu, herne, lupiini ja rypsi väkirehuna*. MTT. [https://por-tal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/Tietosiilo/Rehutietoutta/Naudat/Palkovil-jat_MarkettaRinne_2012.pdf](https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/Tietosiilo/Rehutietoutta/Naudat/Palkovil-jat_MarkettaRinne_2012.pdf)
- Rondahl, T., & Martinsson, K. (2005). *Helgröda av ärt-havre som ensilage till mjölkkor*. Nytt från institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap ekologisk odling. Nr. 3 2005. Sveriges lantbruksuniversitet. <http://pub.epsilon.slu.se/3547/1/Nytt-eko305.pdf>
- Rondahl, T. (2006). *Effects of stage of maturity and conservation strategy on fermentation, feed intake and degistability of whole-crop pea-oat silage used in dairy production*. Acta agriculturae scand section A, 2006; 56: 137–147.
- Rondahl, T. (2007). *Whole-Crop Pea-Oat Silages in Dairy Production. Effects of Maturity Stage and Conservation Strategy on Fermentation, Protein Quality, Feed Intake and Milk Production*. Sveriges lantbruksuniversitet. https://pub.epsilon.slu.se/1608/1/Kap-pan_TR_spikning.pdf
- Rondahl, T. (2008). *Ärt/havre-ensilage - hemodlat proteinfoder till mjölkkor*. Nytt från in-stitutionen för norrländsk jordbruksvetenskap ekologisk odling. Nr. 2 2008. Sveriges lantbruksuniversitet. <https://pub.epsilon.slu.se/3475/1/Nytt-hd208.pdf>.
- Salawu, M.B., Adesogan, A.T., Weston, C.N., & Williams, S.P. (2001). *Dry matter yield and nutritive value of pea/wheat bi-crops differing in maturity at harvest, pea to wheat*

ratio and pea variety. Animal feed science and technology, vol. 94, issues 1–2, 27.11.2001, pages 77 – 87.

Salawu, M.B., Adesogan, A.T., & Dewhurst, R.J. (2002). *Forage intake, meal patterns and milk production of lactating dairy cows fed grass silage or pea-wheat bi-crop silages*. Journal of dairy science 85:3035 – 3044.

Tilasiemen. (i.a.-a). *Astronaute*. <https://www.tilasiemen.fi/fi/lajikkeet/herne/astronaute>

Tilasiemen. (i.a.-b). *Ingrid*. <https://www.tilasiemen.fi/fi/lajikkeet/herne/ingrid>

Viljelyalan yhteistyöryhmä. (i.a). *Kuivaherneen viljelijän huoneentaulu*. VYR. https://www.vyr.fi/document/1/879/8be3ed9/huonee_2e53c8d_Kuivaherne_huoneentaulu_su_netti.pdf