



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
LUONNONVARA- JA YMPÄRISTÖALA

PALKOKASVIT JA NIIDEN KÄYTTÖ LYPSYLEHMIEN RUOKINNASSA

TEKIJÄ/T: Kristiina Henell
Aura Mikkonen

Koulutusala Luonnonvara- ja ympäristöala			
Koulutusohjelma Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Kristiina Henell ja Aura Mikkonen			
Työn nimi Palkokasvit ja niiden käyttö lypsylehmien ruokinnassa			
Päiväys	21.5.2015	Sivumäärä/Liitteet	87/0
Ohjaaja(t) Sinikka Ripatti, Hilikka Kämäräinen, Petri Kainulainen ja Pirjo Suhonen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Luonnonvarakeskus LUKE Maaninka, PalkoSavo-hanke, Annu Palmio ja Auvo Sairanen			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Palkokasveilla on monia ominaisuuksia, joiden vuoksi ne ovat erinomaisia rehukasveja lypsylehmille. Ne pystyvät parantamaan lohkon typpitaloutta juurinyströiden ja biologisen typensidonnan kautta. Palkokasveille on myös ominaista laaja ja syvä juuristo, jonka avulla ne kuohkeuttavat maata. Palkokasvien hyviä ruokinnallisia ominaisuuksia ovat niiden korkeat valkuais- ja kivennäisainepitoisuudet sekä suuret sadot ja maittavuuden parantaminen.</p> <p>Tämä opinnäytetyö koostuu teoriaosuudesta, jossa tarkastellaan palkokasvien viljelyllisiä sekä ruokinnallisia ominaisuuksia, sekä tutkimusosioista, joka käsittelee PalkoSavo-hankkeen ruokintakoetta. Ruokintakoe suoritettiin loppuvuodesta 2014 LUKE Maaningan tutkimuspihatossa holstein- ja ayrshire-rotuisilla koelehmillä. Tutkimuksessa tarkasteltiin kolmen erilaisen koeseosrehun ruokinnalla saatavia maitomääriä sekä maidon pitoisuuksia ja rehun kuiva-aineen syöntiä. Hankkeen tutkimukseen kuului myös käytettyjen koeseosrehujen laboratorioanalysointi. Opinnäytetyö sisältää myös kuvauksen ruokintatutkimuksessa käytetyn rehukasvuston tarkkailusta, joka suoritettiin kesällä 2014 Maaningalla. Kasvuston tarkkailuun kuului muun muassa härkäpapu- ja valkolupiinikasvustojen pituus- ja kuiva-ainemittaukset sekä kasvuston kehitysvaiheen arviointi.</p> <p>Tutkimuksessa käytettiin kolmea koerehua, jotka olivat yleisseosrehu, härkäpapuseosrehu sekä rypsitön seosrehu. Yleisseosrehu sisälsi nurmisäilörehua, rypsiä, kivennäistä ja ohraa. Härkäpapuseosrehun kuiva-aineesta 75 % oli härkäpapusäilörehua, ja loppu nurmisäilörehua, ohraa ja kivennäistä. Rypsitömässä seosrehussa oli vain nurmisäilörehua, ohraa sekä kivennäistä. Koerehujen väkirehupitoisuus oli 40 %. Yleisseosrehun ja härkäpapuseosrehun valkuaispitoisuus pyrittiin pitämään samana koko kokeen ajan.</p> <p>Härkäpapuseosrehulla saavutetut tulokset olivat yhtä mittaria lukuunottamatta lähes samantasoiset kuin yleisseosrehulla saavutetut tulokset. Ainut merkitsevä ero saavutettiin energiakorjatun maidon tuotoksessa. Maitotuotoksessa ero ei ollut merkitsevä. Rypsitömällä seosrehulla saatiin tutkimuksessa heikoimmat tulokset. Tuloksista voidaan tehdä se johtopäätös, että härkäpavulla voidaan ainakin osittain korvata rypsi lypsylehmien ruokinnassa ilman tuotoksen laskua.</p> <p>Suomen valkuaisomavaraisuus on tällä hetkellä noin 16 %, kun koko EU:n vastaava on noin 20–30 %. Palkokasvien viljelyalaa laajentamalla olisi mahdollista nostaa Suomen valkuaisomavaraisuutta, ja samalla pienentää tilakohtaisesti rehukustannuksia valkuaisen ollessa useimmiten rehun kallein komponentti. Härkäpapu osoittautui PalkoSavo-hankkeen tutkimuksessa viljelyvarmaksi sekä runsassatoiseksi palkokasviksi, joka on lisäksi maittava ja kilpailukykyinen karkearehu nurmisäilörehun rinnalla.</p>			
Avainsanat Palkokasvit, valkuainen, biologinen typensidonta, härkäpapu, lupiini, sinimailanen, valkuaisomavaraisuus, maidon tuotanto			

Field of Study Natural Resources and the Environment			
Degree Programme Degree Program in Agriculture and Rural Development			
Author(s) Kristiina Henell and Aura Mikkonen			
Title of Thesis Legumes and their use in dairy cattle feeding			
Date	21.5.2015	Pages/Appendices	87/0
Supervisor(s) Sinikka Ripatti, Hilkka Kämäräinen, Petri Kainulainen and Pirjo Suhonen			
Client Organisation /Partners Natural Resources Institute Finland LUKE, PalkoSavo-project, Annu Palmio and Auvo Sairanen			
<p>Abstract</p> <p>Legumes have multiple good qualities, which make them excellent forage for dairy cattle. They are able to improve the soil nitrogen balance with their root nodules and biological nitrogen fixation. Legumes are able to loosen the soil with their wide spread rhizome. The good feeding qualities of legumes are their high concentration of protein and minerals. They also often raise the dry matter intake of fodder due to their high palatability. Legume yields are usually relatively high.</p> <p>The cultivation and feeding qualities of legumes are viewed in the theoretical framework of this thesis. The research part deals with a feeding study conducted by LUKE Maaninka and PalkoSavo-project during the fall 2014. The study examined milk amounts, concentrations of milk, and dry matter intake in three different test feeds. The project's study also included laboratory analysis of the test feeds. This thesis also contains a description of the observation of forage growth used in the study. The observation was done during the summer 2014 in Maaninka. It included dry matter measurements, height measurements and assessment of the plants development stage.</p> <p>The study used 3 test feeds: faba bean mixed feed, common mixed feed and mixed feed without turnip rape. The faba bean mixed feed consisted of whole crop faba bean silage (75 % of dry matter), barley and minerals. The common mixed feed contained grass silage, turnip rape, barley and minerals. The mixed feed without turnip rape contained grass silage, barley and minerals. The percentage of concentrates was 40 % in all of the test feeds. The protein levels were intended to be kept the same between the faba bean mixed feed and the common mixed feed.</p> <p>The results obtained with the faba bean mixed feed were not significantly lower than the same results obtained with the common mixed feed in any of the examined indicators, except the energy corrected milk yield. The lowest results were obtained with the mixed feed without turnip rape. The conclusion from this study is that faba bean is able to substitute turnip rape atleast partially, without significant losses in milk yields or concentrations.</p> <p>The protein self-sufficiency in Finland is only about 16 % while in the entire EU the percentage is between 20 and 30 %. The protein self-sufficiency in Finland could be drastically improved by expanding the cultivation area of legumes. At the same time the feeding costs could be lowered due to the high price of bought protein. Faba bean has proven to be a relatively safe and high yield-producing legume, which is also palatable and able to compete with the traditional grass silage.</p>			
Keywords Legumes, protein, biological nitrogen fixation, faba bean, white lupine, alfalfa, protein self-sufficiency, milk production			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	YLEISTÄ PALKOKASVEISTA	7
3	BIOLOGINEN TYPENSIDONTA	10
4	HÄRKÄPAPU, <i>Vicia faba</i>	14
4.1	Kasvupaikka ja viljelykierto	17
4.2	Kasvintuhoojat ja kasvinsuojelu	18
5	VALKOLUPIINI, <i>Lupinus albus</i>	20
5.1	Kasvupaikka ja viljelykierto	21
5.2	Kasvintuhoojat ja kasvinsuojelu	22
6	SINIMAILANEN, <i>Medicago sativa L.</i>	25
6.1	Kasvupaikka ja viljelykierto	25
6.2	Kasvintuhoojat ja kasvinsuojelu	26
7	HAITALLISET AINEET PALKOKASVEISSA.....	27
8	LYPSYLEHMÄN RUOKINNAN SUUNNITTELU	29
8.1	Energia	30
8.2	Valkuainen	34
8.3	Tärkkelys	37
8.4	Syöntikyky	37
9	PALKOKASVIEN KÄYTTÖ LYPSYLEHMIEN REHUISSA.....	39
9.1	Härkäpapu	41
9.2	Lupiini	44
9.3	Sinimailanen	47
9.4	Apila, herne ja virna.....	49
10	AINEISTO JA MENETELMÄT	52
10.1	Kasvuston tarkkailu.....	52
10.2	Koeasetelma	54
10.3	Näytteet	57
10.4	Kvantitatiivinen tutkimus	58
10.5	Luotettavuuden arviointi.....	59
11	TULOKSET	62
12	TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET	72
13	PÄÄTÄNTÖ.....	76
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT.....	78

1 JOHDANTO

Palkokasvit ovat korkean raakavalkuaispitoisuutensa vuoksi erinomaisia valkuaisrehuja, mutta ne ovat myös hyvin maittavia, ja lisäävät karkearehun kuiva-ainesyöntiä. Palkokasveja käytetään sekä väki- että karkearehuna. Karkearehukäytössä pystytään hyödyntämään palkojen lisäksi myös valkuaispitoiset lehdet. Palkokasvien sisällyttäminen karkearehuruokintaan muokkaa rehustuksen rakennetta ja vähentää ylimääräisen, usein ulkomaisen valkuaisäydennysrehun tarvetta. (Kuoppala 2012.) Palkokasveilla on hyvien ruokinnallisten ominaisuuksiensa lisäksi myös maaperää parantavia vaikutuksia. Palkokasvit kuohkeuttavat laajan juuristonsa avulla maata, ja niiden juurissa esiintyvien nystyröiden avulla voidaan parantaa maaperän typpitaloutta, jolloin voidaan säästää myös teollisten lannoitteiden hankintakustannuksissa. (Vilja-alan yhteistyöryhmä 2013.)

Tämä opinnäytetyö pitää sisällään kirjallisuuskatsauksen palkokasvien käytöstä sekä selvityksen Luonnonvarakeskuksen (LUKE) toteuttamasta PalkoSavo-hankkeen ruokintatutkimuksesta. Kirjallisuuskatsauksessa perehdytään sekä palkokasvien viljelyllisiin ominaisuuksiin että niiden käyttöön lypsylehmien ruokinnassa. Ruokintatutkimuksessa tarkasteltiin kokoviljasäilörehuksi korjatun Taifunhärkäpavun vaikutuksia lypsylehmien rehustuksessa sekä sen mahdollisuuksia ostorypsin korvaajana valkuaisruokinnassa. Ruokintatutkimus toteutettiin 22.9.–23.11.2014 LUKE:n Maaningan toimipisteessä.

Pohjois-Savon alueen karjatilojen valkuaisomavaraisuutta parantamaan tähtäävä PalkoSavo-hanke keskittyy etenkin palkokasvien kokoviljasäilörehujen käytön optimointiin. Hankkeen pääasiallisena kohderyhmänä ovatkin pohjoissavolaiset maitotilat, mutta hyödynsaajia ovat lisäksi muun muassa alan neuvojat. Hankkeen esiselvityksen mukaan Suomen valkuaisomavaraisuus on tällä hetkellä vain noin 16 %, joten kotoperäisen valkuaisrehun tuotannon lisääminen onkin tärkeä päämäärä kehityvässä karjataloudessa.

Palkokasvien korjuu kokoviljasäilörehuna on Pohjois-Savon olosuhteissa varmempaa kuin siemensaadon korjaaminen. Kokoviljasäilörehuna korjattujen palkokasvien ruokinnallisia ominaisuuksia tuleekin tutkia, sekä Pohjois-Savon että koko Suomen mittakaavassa. PalkoSavo-hanke tuottaa tutkimuksen tuloksista pohjoissavolaisille maitotiloille ohjeita palkokasvien käyttöön, ja sitä kautta toivottavasti on osallisena Pohjois-Savon valkuaisomavaraisuuden parantamisessa.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tarkastella tiettyjen palkokasvien ruokinnallisia ominaisuuksia ja sitä, miten ne soveltuvat viljelyyn Suomen olosuhteissa. PalkoSavo-hankkeen ruokintatutkimuksessa tarkasteltavia palkokasveja olivat härkäpapu, sinimailanen sekä valkolupiini, joihin myös opinnäytetyössä perehdytään tarkemmin. Kyseiset palkokasvit ovat ominaisuuksiltaan sopivia suomalaiseen viljelykiertoon sekä nautojen ruokintaan. Niiden avulla voitaisiinkin kohentaa Suomen valkuaisomavaraisuutta lisäämällä kotoperäisen valkuaisrehun tuotantoa.

2 YLEISTÄ PALKOKASVEISTA

Palkokasvit ovat kasveja, jotka pystyvät sitomaan ilmakehystä tyypeä ja muuttamaan sen orgaaniseksi typpiyhdisteiksi juuriensa typensitojabakteerien avulla. Yleisesti palkokasveiksi luetaan härkäpapu, lupiinit ja herne. Sen sijaan mailaset sekä apilat, joilla on palkokasvien kanssa sama typensidontaominaisuus, luetaan nurmipalkokasveiksi ja niitä käsitellään yleisesti nurmikasvituotannon yhteydessä. (Seppänen 2008, 66.)

Palkokasvit ovat arvokkaita viljelykasveja typpi- ja valkuaisomavaraisuuden kannalta (Seppänen 2008, 66). Suomessa eniten viljelty palkokasvi on puna-apila, jota käytetään erityisesti monivuotisissa nurmissa. Myös muita apilalajeja, kuten valko- ja alsikeapilaa, viljellään ja niitä on hyvä käyttää myös nurmiseoksissa tuomaan lisää viljelyvarmuutta. Tällä pyritään takaamaan riittävä ja onnistunut sato. Muita nurmipalkokasveja ovat sini- ja sirppimailanen sekä vuohenherne. (Nykänen ym. 2010.)

Yksivuotisia palkokasveja ovat herne, härkäpapu ja sini- sekä valkolupiini, joista jokainen sopii Suomessa viljeltäväksi. Niitä viljellään puitavaksi ja ne voidaan korjata myös kokonaisena kasvustona tuore- tai säilörehuksi. Härkäpapua ja lupiinia viljellään lisäksi puhtaana kasvustona, mutta esimerkiksi hernettä on hyvä viljellä seoksena esimerkiksi kauran kanssa herneen hennon varren vuoksi. Kauran korsi on tarpeeksi vahva pitääkseen herneen pystyssä. (Nykänen ym. 2010.) Palkokasveille parhaiten sopivia maalajeja on eritelty taulukossa 1. Taulukossa käsitellään myös maaperään liittyviä muita vaatimuksia sekä viljelyssä suositeltavia lohko-kohtaisia väli vuosia jokaisen kasvin kohdalla.

TAULUKKO 1. Valkuiskasvien sopivuus eri maalajeille (Peltonen 2011, 24.)

Kasvi	Parhaiten sopiva maalaji	Muut vaatimukset	Väli vuosien määrä samalla lohkoilla
Mailaset	Ilmava, hyvä rakenteinen kivennäismaa	Ojitus kunnossa Matala pohjavesi pH yli 6 Ymppäys välttämätön	1-2 vuotta
Härkäpapu	Savi-, hietasavi- ja hietamaat	Ei poudanaroille, märille eikä metsän varjo- tamille lohkoille	3-4 vuotta
Lupiini	Hiekka- ja hietamaat	Sinilupiini kalkinarka, sietää happamuutta	3-4 vuotta

Rehusta saatavan valkuaisen määrää ja saantia voidaan parantaa lisäämällä rehuun jotain valkuaispitoista kasvia, esimerkiksi apilaa, mailasta ja virnaa, mutta myös muita palkokasveja, kuten härkäpapua ja lupiinia. Näitä voidaan viljellä ja korjata vihantarehuna tai viljojen kanssa kokoviljasäilörehuksi. Valkuaiskasvit ovat viljoja vaateliaampia kasvupaikan suhteen ja niillä on paljon hyödyllisiä ominaisuuksia, mutta ovat myös jokseenkin haasteellisia. (Peltonen 2011, 21.)

TAULUKKO 2. Valkuaiskasvien hyödyt ja haasteet (Peltonen 2011, 21.)

Hyödyt	Haasteet
Viljelyn onnistuminen peruskalustolla	Viljelytekniikka eroaa heinistä ja viljoista
Hyvä esikasviarvo	Vaateliaita kasvupaikan suhteen
Pystyy puimaan tai korjaamaan säilörehuna	Eivät sovi toistensa esikasveiksi
Palkokasvit sitovat ilmasta typpeä	Kasvinsuojelun haastellisuus seosviljelyssä
Katkaisevat yksipuolisen viljelyn	Aktiivinen seuranta kasvukauden aikana
Tasaavat viljelyn ruuhkahuippuja	

Kasvien hyötyjä ja haasteita on eritelty yllä olevassa taulukossa 2. Kuten taulukosta näkyy, palkokasvit ovat erinomaisia kasveja yksipuolisen viljelyn katkaisijana ja niillä on hyvä esikasviarvo. Ne eivät kuitenkaan sovi toistensa esikasveiksi tauti- ja tuholaisriskin takia.

TAULUKKO 3. Valkuaispitoisuus eri rehukasveissa (LUKE, Rehutaulukot.)

Kasvi		Raakavalkuaispitoisuus, g/kg ka
Apila	Säilörehu	170 (kun puna-apilaa 50 %)
Rypsi/rapsi	Siemen	235–240
	Puriste	358
Herne	Siemen	230
	Kasvusto	190–220
Härkäpapu	Siemen	300
	Kasvusto	180–210
Lupiini	Siemen	340

Kuten taulukosta 3 näkyy, Suomessa viljellään paljon valkuaispitoisia kasveja. Raakavalkuaispitoisuudeltaan joukosta erottuvat edukseen härkäpapu ja lupiini, joiden siemenissä raakavalkuaista on 300–340 g/kg ka. Ainoastaan rypsin ja rapsin puristeissa valkuaispitoisuus on aavistuksen suurempi. Palko- ja nurmipalkokasvit sisältävät huomattavan määrän valkuaista. Kuten yllä olevasta taulukosta käy ilmi, härkäpavun ja lupiinin raakavalkuaispitoisuudet ovat korkeita, minkä vuoksi ne soveltuisivat hyvin kotieläinten valkuaisruokintaan.

Yleisesti Suomessa käytettyjä palko- ja nurmipalkokasveja ovat apila, herne ja virna. Apilaa käytetään paljon nurmissa ja sen viljelyvarmuus on hyvä. Suomessa viljeltyjä apilalajikkeita ovat puna-, alsike- sekä valkoapila. Alsikeapila ja valkoapila kestävät laidunnusta paremmin kuin puna-apila. (Nykänen 2013.)

Virnoista Suomessa viljellään rehu- ja ruisvirnaa. Niistä kumpikin sopii laitumeen sekä kokovilja- ja säilörehuksi. Rehuvirna menestyy hyvin myös turvemaalla ja se taimettuu nopeammin kuin ruisvirna. Ruisvirna taas kestää rehuvirnaa paremmin kuivuutta ja on myös satoisampi. Rehuvirnalla raakavalkuaispitoisuus on 20 prosenttia ja ruisvirnalla 25 prosenttia. (Nykänen 2013.)

Herneet ovat kasvupaikan suhteen vaateliaita. Hernettä voidaan viljellä puhtaana kasvustona tai yhdessä jonkun muun kanssa. Herne tarvitsee usein tukikasvin rinnalleen hennon vartensa vuoksi. Yleisin tukikasvi herneelle on kaura. (ProAgria.) Herneessä raakavalkuaista on noin 15 prosenttia (Nykänen 2013). Palkoviljat ovat erinomaisia valkuaisen lähteitä eläinten ravinnossa. Eläinten ruokinnassa palkoviljoja voidaan käyttää monella eri tapaa: tuoreena rehuna, kokoviljasäilörehuna sekä erilaisina väkirehuina. (Puhakka ym. 2012b, 1.)

Tällä hetkellä Suomen valkuaisomavaraisuus on alhainen, vain noin 16 prosenttia, ja sama toistuu myös muualla Euroopassa. Euroopan vastaava luku on kuitenkin 25–30 prosenttia. Kotimaista täydennysvalkuaista rehuissa on vain noin viidesosa ja loput tulevat ulkomailta. Valkuaisomavaraisuutta on kuitenkin mahdollista parantaa. Rypsi ja rapsi ovat eläinten ruokinnassa suurin valkuaisen lähde, mutta palkokasvien viljelyalaa laajentamalla pystyttäisiin kohentamaan valkuaisomavaraisuutta. Etenkin härkäpapu voi hehtaaria kohden tuottaa erinomaisia valkuaisintoja. Palkokasveilla on myös hyvä esikasviarvo, jonka tähden ne ovat hyviä kasveja monipuolistamaan viljelykiertoa. Palkokasvit eivät juuri tarvitse kivennäislannoitusta, koska ne pystyvät juurinystöiden avulla sitomaan typpeä omavaraisesti. (Vilja-alan yhteistyöryhmä 2013.) Teollisten lannoitteiden määrää pienentämällä pystyttäisiin myös laskemaan maataloustuotannon aiheuttamia kasviuonepäästöjä (Maa- ja metsätalousministeriö 2011).

Ilmaston lämpenemisen johdosta Suomessakin on piakkoin mahdollisuus valkuaisuotannon kasvatamiseen, kun palkokasvien sekä rypsin ja rapsin viljelymahdollisuudet paranevat. Kasvukauden pidentyessä lajikevalikoimakin tulee todennäköisesti laajenemaan, kun useampi hyvätuottoinen lajike ehtii kypsyä riittävästi. Suomalaisen valkuaisomavaraisuuden parantuessa myös riippuvuus tuonti-alkuaisesta pienenee. (Maa- ja metsätalousministeriö 2011.)

3 BIOLOGINEN TYPENSIDONTA

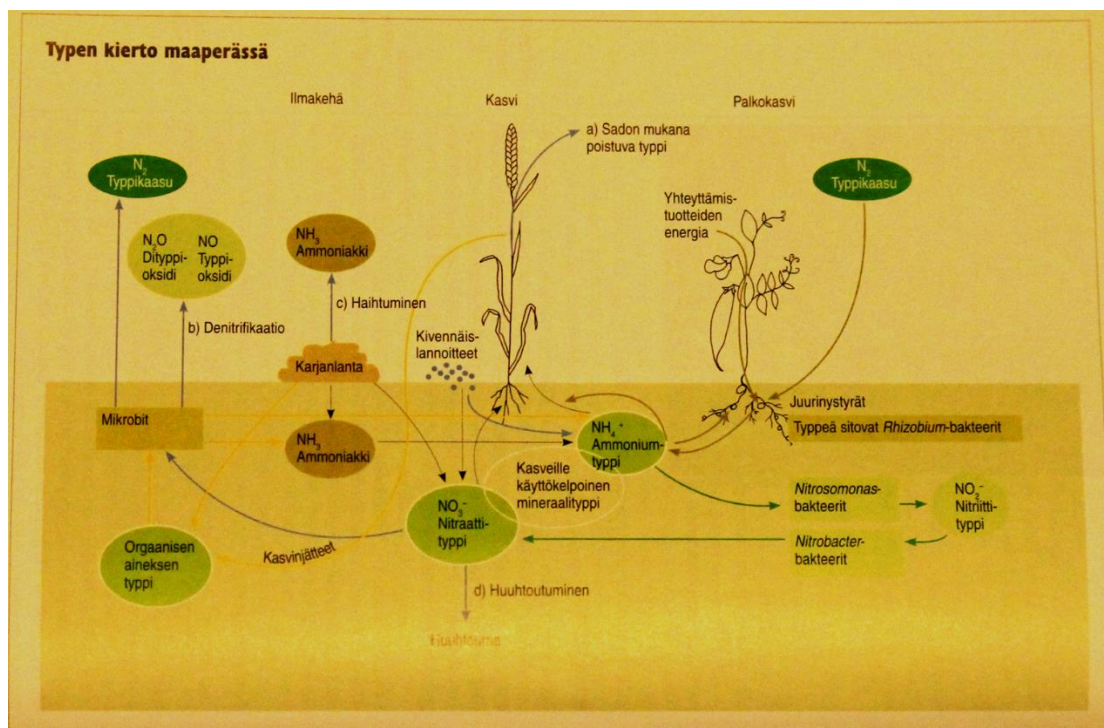
Typpi (N) on fosforin ja kaliumin ohella yksi kasvien eniten tarvitsema ja käyttämä ravinne. Yleisesti ravinteet jaotellaan makro- ja mikroravinteiksi. Kasviravinteiksi kutsutaankin kaikkia niitä alkuaineita, jotka ovat kasvin kehitykselle välttämättömiä aina kylvösiemenestä uuteen itämiskykyiseen siemenen saakka. (Alakukku ym. 2009, 9).

Typpi on muiden ravinteiden ohella kasveille tärkeä rakennusaine ja se osallistuu yhtenä rakenneosana valkuaisaineiden muodostumiseen. Kasvit voivat ottaa typpeä käyttöönsä kahdessa muodossa: ammoniumtyyppinä (NH_4^+) ja nitraattina (NO_3^-). Muotojen eroina ovat muun muassa liukoisuuden laatu ja kasville hyväksikäytettävään muotoon muuntuminen. Näitä muotoja kutsutaan mineraalityypeksi. Maassa kasveille käyttökelpoisen mineraalityypin määrä on yleensä niin pieni, että se on maaperän minimitekijä kasvien kasvun suhteen. (Alakukku ym, 2009, 9–14.) Minimitekijä tarkoittaa sitä ympäristötekijää, joka rajoittaa kunkin kasvin levinneisyyttä tai esiintymistä (Tieteen Termipankki).

Lannoituksen avulla maahan saadaan kasvien tarvitsema määrä typpeä. Lannan ja eloperäisten lähteiden typpi on osaltaan jo valmiiksi kasveille käyttökelpoisessa muodossa hajottajien työn tuloksena. Ajan myötä niistä vapautuu myös lisää typpeä. Lannoituksen ohella vaihtoehtona ovat myös palkokasvit, joiden viljelyn kautta voidaan hyödyntää biologista typensidontaa. Palkokasveilla on juuriensa ja sänkensä avulla kyky tuottaa ja vapauttaa typpeä seuraavan viljelykasvin käytettäväksi, kun sänki ja juuret hajoavat peltoon. (Alakukku ym. 2009, 14.) Tämän vuoksi palkokasveja kannattaisikin suosia viljelykierrossa, sillä ne myös parantavat maaperän typpitaloutta sekä kuohkeuttavat maaperää juuristonsa avulla.

Biologiseen typensidontaan vaikuttavat eri ympäristötekijät, joista tärkeimpiä ovat maaperän happamuus sekä ravinnetila. Parhaimmillaan typensidonta on maaperän happamuuden ollessa pH 6-7. Kasvin hyvinvoinnin vuoksi happamuus olisi pidettävä pH 5:n yläpuolella. Liian alhainen happamuus lisää myös liukoisten mangaani- ja alumiini-ionien pitoisuutta, joka ei ole hyväksi typensidonnalle eikä kasville itselleen (Uomala 1986, 13–14.)

Typpeä on ilmakehässä 78 prosenttia ja sitä pystyvät hyödyntämään esimerkiksi maaperän typensitojabakteerit. Typpi kiertää luonnossa yleensä niin, että molekulaarinen typpi (N_2) muuttuu ammoniakiksi (NH_3). Tämän jälkeen ammoniakki muuttuu nitriitiksi (NO_2), joka taas muuttuu nitraatiksi (NO_3). Nitraatti sitoutuu edelleen aminohappoihin ja proteiineihin. Myös kuolleissa eläimissä ja eläinten eritteissä on typpiyhdisteitä, jotka vapautuvat niitä hajottavien bakteereiden kautta takaisin ilmakehään. (Aaltojen alla.) Kuvassa 1 on havainnollistavammin kuvattu, kuinka typpi kiertää maaperässä.

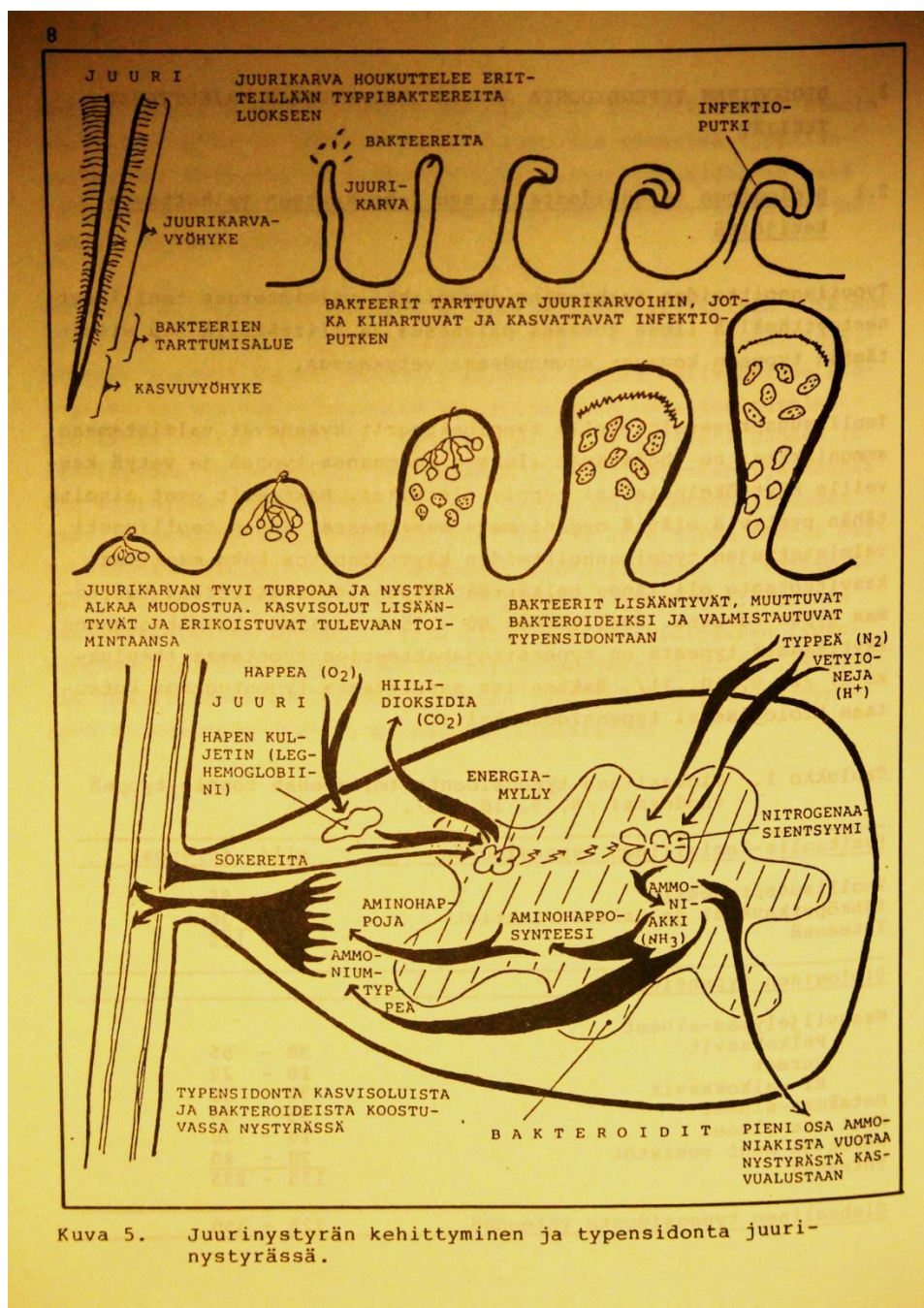


KUVA 1. Tyypen kierto maaperässä (Alakukku yms, 2009.)

Maassa elää paljon tyypeä sitovia bakteereita. Näihin lukeutuukin yli 30 bakteeri- ja syanobakteerisukua. (Sipilä, 2006.) Syanobakteerit ovat käytännössä sinileviä ja ne tarvitsevat elääkseen valoa, hiilidioksidia sekä tyypeä ja joitakin mineraaleja (Granhholm, 2009). Bakteereista osa muodostaa symbiooseja kasvien kanssa. Symbioosissa sekä bakteeri, että isäntäkasvi hyötyvät suhteesta. Tyypensitojabakteerit antavat isäntäkasville käyttöön sitomaansa tyypeä ammoniakkitypen muodossa ja vastapalveluksena ne saavat isäntäkasvilta tarvitsemiaan ravinteita sekä hiilihydraatteja. (Sipilä, 2006.) Kasvit ja eläimet eivät yksinään pysty hyödyntämään kasvuunsa sekä muihin elintoimintoihin ilma-tyyppiä. Ainoastaan muutamilla bakteereilla on kyky käyttää hyväkseen ilma-tyyppiä (N_2) ja ne pystyvät pelkistämään sen aminomuotoon, joka on valkuaisaineille sopiva. (LuoMusa.)

Symbioottinen tyypensidonta on biologisen tyypensidontan merkittävin muoto (Uomala, 1986, 9). Symbioosityypeistä yleisin on palkokasvien (*Fabaceae*) ja muun muassa *Rhizobium*- sekä *Sinorhizobium*-bakteerisukujen välinen symbioosi. Tyypensitojabakteerit muodostavat isäntäkasvin juuriin juurinyströitä, joiden avulla ne pystyvät sitomaan tyypeä kuvan 2 esittämällä tavalla. Tyypensitojabakteerit ovat hyvin erikoistuneita. Bakteerit muodostavat symbioosin vain tiettyjen kasvilajien kanssa. Esimerkiksi bakteeri *Rhizobium leguminosarum biovar. trifolii* muodostaa juurinyströitä apiloiden kanssa, kun taas sinimailasen kanssa symbioosissa on *Sinorhizobium*-sukuun kuuluva *Sinorhizobium meliloti*. (Sipilä, 2006.) Juurinyströt ovat palkokasvien tyypensidontaelimiä, joissa tyypensidontareaktio tapahtuu bakteerien avulla. Juurinyströt ovat muodostuneet bakteereista sekä kasvikudoksesta. Nystyrät muodostuvat, kun bakteeri tarttuu isäntäkasvin juurikarvaan. Tämän seurauksena muodostuu juurinysträ, joka pystyy sitomaan itseensä ilma-tyyppiä. Juurinysträn muodostuminen on

monivaiheinen tapahtumasarja, joka esitellään kuvassa 2. (Uomala, 1986, 9.) On olemassa myös sellaisia typensitojia, jotka toimivat puolisyntyyttisesti eli ne elävät kasvien juuriston ympärillä, eivätkä juurinyströiden tapaan kiinni isäntäkasvissa. (Sipilä, 2006).



KUVA 2. Juurinysträn poikkileikkaus (Uomala, 1986.)

Kuvassa 2 esitellään juurinysträn poikkileikkaus ja toiminta. Juurinysträ kehittyy ja juurikarvat houkuttelevat typibakteereita luokseen. Juurikarvat kihartuvat bakteerien tarttuessa niihin, jonka jälkeen ne kasvattavat infektioputken. Tämän jälkeen juurikarvan tyvi alkaa turpomaan ja aiheuttaa nystyrän muodostumisen. Pikkuhiljaa bakteerit lisääntyvät ja alkavat valmistautua tulevaan tehtävänsä, typensidontaan. (Uomala 1986.) Juurinysträt ovat silmällä havaittavia, kuten kuva 3 osoittaa. Väritään nystyrät ovat vaaleita tai hieman punertavia ja niitä on kertynyt juuristoon joka puolel-le.



KUVA 3. Härkäpavun juurinyströitä (Henell 2014-07-06.)

Mikäli maaperässä ei luontaisesti esiinny kasville ominaista typensitojabakteeria tai maan bakteeritalanne tiedetään huonoksi, on kasvin siemen hyvä ympätä. Ympäämisellä tarkoitetaan typensitojabakteerien keinollista lisäämistä siemeniin. Mikäli palkokasveja viljellään maaperässä, missä niitä ei ole viljelty aikaisemmin tai pitkään aikaan, ei siellä välttämättä ole luontaista bakteerikantaa. Tilanne myös korostuu uudempien lajien kanssa. Esimerkiksi sinimailasen siemen kannattaa ympätä, sillä Suomen maaperässä ei esiinny sille luontaisia typensitojabakteereita. (Uomala 1986, 22–23.)

Ympäyksellä pyritään auttamaan haluttujen ja tehokkaiden typensitojabakteerien pääsemistä kosketukseen kasvin juurten kanssa. Palkokasveilla ympäys voidaan suorittaa kahdella tapaa, jotka ovat siemenympäys- ja maaympäysmenetelmät. Siemenympäysmenetelmiä ovat kostutus- ja kuorutusympäys. Kostutusympäyksessä siemenet kostutetaan pintapuolisesti vedellä ja niiden sekaan lisätään noin 10 % siemenen painosta ympäiturvetta. Ympäiturpeeseen on sekoitettu typpibakteereita. Kostutusympäys tehdään tilalla juuri ennen kylvöä. Kuorutusympäyksessä ympäiaines tartutetaan liima-aineiden avulla siemenen pintaan. Kuorutusmenetelmä säilyttää kostutusmenetelmää paremmin ympäysaineen siemenen pinnassa. (Uomala 1986, 23–24.)

Maaympäysmenetelmistä käytössä ovat sekoitus- ja nesteruiskutusympäys. Sekoitussympäys suoritetaan kylvön yhteydessä sekoittamalla ympäiaines maahan. Menetelmässä ympäiaines voidaan sekoittaa esimerkiksi turpeeseen. Nesteruiskutusympäys taas suoritetaan nestemäisen ympäibakteeriliuoksen avulla. Liuos ruiskutetaan maan pintaan tai kylvövakoon. (Uomala 1986, 24.)

4 HÄRKÄPAPU, *Vicia faba*

Härkäpapu on Itä-Aasiasta kotoisin oleva kasvi, joka on sukua virnoille. Se on maailman vanhimpia viljelykasveja. Arkeologisten löytöjen mukaan härkäpapua on viljelty Etelä-Euroopassa ja Itä-Aasiassa jo kivikaudella. Sieltä se levisi todennäköisesti munkkien mukana laajemmalle. Vielä 1800-luvulla härkäpapua viljeltiin myös Pohjois-Savossa, vaikka herne oli alkanut vallata alaa. 1960- ja 1970-luvuilla härkäpavun viljely lähestulkoon loppui. Maailmanlaajuisesti suurimmat härkäpapua tuottavat valtiot ovat Kiina ja Egypti. (Nurmi.)

Suomessa härkäpavun viljely lisääntyi 1990-luvun puolivälin jälkeen, jolloin kotieläintilalliset kiinnostuivat sen hyvistä valkuaisominaisuuksista. Viljelyala on tämän jälkeen noussut nopeasti muutamista sadoista hehtaareista useisiin tuhansiin hehtaareihin. (Agronet, Härkäpapu.) Vuonna 2013 härkäpapua viljeltiin Suomessa noin 7 200 hehtaarilla ja keskimääräinen sato hehtaaria kohden oli 2 480 kilogrammaa. Härkäpavun viljelypinta-ala pieneni jonkin verran vuodesta 2012, jolloin se oli 8 900 hehtaaria. (TIKE, 2014.) MTT:n tutkimuksen mukaan härkäpapurijaseosten korjaamisella säilörehuksi voidaan saavuttaa suuria raakavaluais- ja kuiva-ainesatoja (Kuoppala, Rinne, Lötjönen ja Huuskonen 2014).

Härkäpapu on yksivuotinen viljelykasvi, joka kasvaa 60–180 senttimetriä korkeaksi. Kuten herneet ja virnat, myös härkäpapu on hyvä typensitojakasvi. (Agronet, Härkäpapu.) Härkäpavun siemenet on kuitenkin syytä ympätä, sillä härkäpapua on viljelty verrattain vähän kotimaisilla pelloilla (Hyytiäinen, Hedman-Partanen ja Hiltunen 1999, 87). Härkäpapu kasvaa päätteettömästi, joka mahdollistaa sen kukkimisen aina talventuloon saakka (Agronet, Härkäpapu). Päätteetön kasvutapa härkäpavulla tarkoittaa sitä, että kun alimmaisat palot jo varisevat, saattavat ylimmät palot olla vielä vihreitä (Hieta-
nen 2010, 19–20). Palkokasveilla rehunteon aikaväli on pidempi, kuin esimerkiksi nurmiheinäkasveilla. Korjuutappioita voidaan pienentää korjaamalla kasvusto aikaisemmin, kun lehtimassa on yhä vihreää. Härkäpapu ei siedä kuivuutta ja helteinen sää saattaa aiheuttaa kukkien ja palkojen aiheiden kuihtumista. Lajikkeiden välillä on kuitenkin kestävyyseroja. (Kuoppala ym. 2014.) Härkäpavulla on myös erityisen voimakas juuristo ja tämän vuoksi se pystyy kasvamaan myös varsin tiiviissäkin maaperässä. Härkäpavun kasvu on nopeaa ja se pystyy kilpailemaan hyvin rikkakasveja vastaan (Hyytiäinen ym. 1999, 87.) Kuvassa 4 on kuvattu härkäpapua ja sen palkoja.



KUVA 4. Härkäpapu ja sen palkoja (Henell 2014-07-31.)

Härkäpapua viljeltiin aiemmin myös ihmisravinnoksi, mutta nykyään se on pääasiassa rehukasvi (Hyttiäinen ym. 1999, 87). Ihmisravintona härkäpapua on käytetty jo merovingiajalta eli 600–700 luvulta saakka. Papuja on keitetty ja niistä on valmistettu muun muassa puuroa. (Rantakaulio 2007.) Härkäpapu on monipuolinen kasvi ja härkäpapakasvusto voidaankin korjata sellaisenaan karkearehukseksi tai hyödyntää vain tuleentunut siemensato. Sen siemenet sisältävät 28–31 prosenttia raaka-alkuaista. (Hyttiäinen ym. 1999, 87.)

Härkäpapurehua voidaan käyttää niin märehijöiden, kuin sikojen ja hevostenkin rehuna. Härkäpavun sisältämät tanniinit voivat kuitenkin jossain määrin rajoittaa sen käyttöä. (Hyttiäinen ym. 1999, 87). Tanniinit ovat haitta-aineita, joita esiintyy useimmissa palkokasveissa. Ne voivat vaikuttaa eläimeen hidastamalla kasvua ja naudoilla häiritsemällä pötsin luontaista toimintaa. Tanniinit myös heikentävät maittavuutta ja ne vaikuttavat valkuaisen sekä tärkkelyksen sulavuuteen. (Puhakka ym. 2012b, 3.) Härkäpapua viljellään I- ja II-viljelyvyöhykkeillä, mutta se voi menestyä myös III-viljelyvyöhykkeellä kuvan 5 mukaisesti (Agrimarket, Härkäpapu).



KUVA 5. Suomen viljelyvyöhykkeet I-V (Ruokatieto.)

Vaikka härkäpavun viljely onkin lisääntynyt viime aikoina, lajikkeita on silti suhteellisen vähän. Härkäpavun vuotuiset satovaihtelut ovat suuria ja hehtaarisato heittelehtii. Sateiset vuodet ovat pidentäneet kasvu-aikaa, joka on vaikuttanut sadon tuleentumisen epätasaisuuteen. Härkäpavun satoa alentavat erityisesti kuivuus-, kuumuus- sekä märkyysstressi. (Agronet, Härkäpapu.)

Suomessa käytettäviä härkäpapulajikkeita ovat muun muassa Kontu, Ukko ja Columbo. Kontu on Suomessa jalostettu aikainen härkäpapulajike ja se soveltuu hyvin valkuaisrehutuotantoon varsinkin Etelä-Suomessa. Ukko -lajiketta satoisampi Kontu kestää hyvin kuivuutta ja sillä on jäykkä varsi, joka ennaltaehkäisee kasvuston lakoontumista. Kontua suositellaan viljelyvyöhykkeille I-II ja se vaatii tuleentuakseen 1 150–1 180 asteen lämpösummakertymän. (Agronet, Härkäpapu.) Kontu kasvaa yleensä 70–110 senttimetriä korkeaksi ja sille sopivimpia maalajeja ovat hieta- sekä savimaat. Härkäpavun viljelyyn sopii myös hyvin hikevä hieno hieta. Multavilla mailla tuleentuminen voi viivästyä maaperästä vapautuvan typen vuoksi. (Agrimarket.) Kontu on hyvä lajikevalinta siemensadon tuotantoon (Kuoppala ym. 2014).

Ukko on suomalainen lajike, joka tunnetaan aikaisuudestaan, mutta sitä viljellään varsin harvakseltaan ja siitä saatava sato on Kontua alhaisempi. Columboa viljellään yleisemmin Ruotsissa sekä Tanskassa, mutta sitä on viljelty jonkin verran myös Suomessa. Sillä on pidempi lämpösumman kertymisvaade, mutta hyvinä vuosina se ehtii puintivalmiiksi myös Suomessa. (Agronet, Härkäpapu.) Eri kasvilajeilla ja lajikkeilla on eri lämpösumman kertymisvaade ja se voidaan laskea tehoisan lämpöti-

lasumman avulla. Tehoisaan lämpötilasummaan lasketaan vuorokauden keskilämpötilasta +5 celsiusasteen ylittävät osat. Kasvit alkavat yleensä kasvaa, kun viiden asteen raja ylitetään. (Hyytiäinen ja Hiltunen 1992, 12.) Columbon tanniinipitoisuus on alhainen ja sillä on parempi satotaso sekä taudinkestävyys, kuin Kontulla. Columboa myöhäisemmät lajikkeet eivät Suomessa ehdi tuleentumaan. (Agronet, Härkäpapu.) Fuegolla on matalat tanniinipitoisuudet, joten se on turvallinen kasvi käytettäväksi muun muassa rehuseoksissa. Kuten muillakin lajikkeilla, Fuegollakin on kestävä varsi ja se sopii hyvin myös tukikasviksi. (NaturCom Oy.) LUKE:n vuonna 2012 suorittamassa kokeessa kävi ilmi, että Kontulla oli pienin raakavalkuaissato, kun taas Fuegolla se oli suurin. Raakavalkuaissatoksen vaikutti suuresti myös korjuuaika. (Kuoppala ym. 2014.) PalkoSavo – hankkeen ruokintakokeessa käytettiin Taifun -nimistä härkäpapulajiketta. Taifun sopii hyvin säilörehuseoksiin, eikä se sisällä lainkaan tanniinia. (Nykänen.)

4.1 Kasvupaikka ja viljelykierto

Härkäpapu viihtyy parhaiten hyväkuntoisilla hikevillä savi- tai hietamailla, sillä se tarvitsee kasvuaan varten paljon ravinteita sekä vettä. Härkäpapu on jokseenkin poudanarka ja erityisesti kuivuudelle alttiita ovatkin aikaiset sekä lyhytkasvuiset lajikkeet, kuten esimerkiksi Kontu. (Agronet, Härkäpapu.) Härkäpapu kestää kohtalaisen hyvin kosteutta. Härkäpavulle maan pH-suositus on yli 6. (Hyytiäinen ym. 1999, 87.) Alla olevassa kuvassa 6 on versova härkäpapu, jonka papu on jäänyt maanpinnan yläpuolelle. Verso on silti lähtenyt voimakkaasti kasvuun.



KUVA 6. Härkäpavun versoja Vainikkalan multavalla hieumaalla (Mikkonen 2014-06-06.)

Viljelykierron suhteen härkäpavun kanssa saa olla tarkka, vaikka se ei olekaan rypsin ja herneen tavoin yhtä herkkä kasvitaudeille. Puhtaana kasvustona härkäpapua suositellaan viljeltäväksi vain joka viides tai kuudes vuosi kasvitautiriskin vuoksi. (Agronet, Härkäpapu.) Seoskasvustona härkäpapua voidaan viljellä samalla loholla joka kolmas vuosi, jolloin tautiriski ei ole liian suuri (Hyytiäinen ym. 1999, 87). Härkäpavulle otollisin paikka viljelykierrossa on heti syysviljan tai monivuotisen nurmen

jälkeen, koska ne eivät jaa samoja kasvitaueteja. Lohkolta saatavaan satoon vaikuttaa merkittävästi myös pellon peruskunto. (Agronet, Härkäpapu.)

Esikasvina härkäpapu on erinomainen valinta ja lähes yhtä hyvä, kuin apilanurmi. Härkäpavun kasvukauden aikana maahan sitoutuu typpeä hehtaaria kohden 30–50 kilogrammaa. Härkäpapu onkin typensidontansa sekä vahvan juuristonsa ansiosta merkittävässä asemassa maaperän rakenteen parantamisessa. (Agronet, Härkäpapu.)

4.2 Kasvintuhoojat ja kasvinsuojelu

Suklaalaikku tunnetaan myös nimellä härkäpavun harmaahome (*Botrytis fabae* ja *Botrytis cinerea*) ja se on yleisin kasvitauti härkäpavulla. Suklaalaikku aiheuttaa muiden laikkutautien tavoin härkäpavun maanpäällisiin osiin selvärajaisia, noin 1-3 millimetrin kokoisia laikkuja. Niitä voi esiintyä kukinnoissa, lehdissä tai paloissa. Suklaalaikku leviää parhaiten kosteissa oloissa ja voi tällöin tuhota kasvuston jopa muutamassa viikossa. Taudinaiheuttaja myös säilyy kasvijätteessä sekä siemenissä aina seuraavaan kasvukauteen saakka. Mikäli suklaalaikku pääsee iskeytymään kasvustoon aikaisessa vaiheessa, voi se vähentää satoa useilla kymmenillä prosenteilla. (Ahvenniemi 2012, 107).

Tyvitauteja härkäpavulle aiheuttavat muun muassa *Fusarium* spp.- ja *Ascochyta fabae* – sienet. Sairastuneilla kasveilla niiden tyvet muuttuvat tummiksi ja kasvu heikentyy. Mikäli tyvitauti iskee kasvustoon taimivaiheessa, kasvit kellastuvat ja tämän vuoksi kuihtuvat, koska kasvi ei kykene kellastumisensa vuoksi enää yhteyttämään. Jos tyvitauti iskee kasvustoon myöhemmin kesällä, kasvit eivät kuole, mutta sadontuotanto alenee. (Ahvenniemi 2012, 107).

Ruoste eli *Uromyces viciae-fabae* saattaa muodostua ongelmaksi kuumina ja kosteina kasvukausina. Ruosteen alkuoireet esiintyvät kasvissa vaaleanvihreinä pieninä laikkuina. Laikuista alkaa myöhemmin pursuta taudin aiheuttamaa itiömassaa, joka on väriltään punertavan ruskeaa. (Ahvenniemi 2012, 108.)

Härkäpavulla on maailmanlaajuisesti tavattu jo yli 70 eri tuholaislajia. Härkäpavun lajikkeisto kuitenkin vaihtelee alueellisesti paljon ja näin ollen myös tuhoeläimet vaihtelevat maailmanlaajuisesti. Suomessa härkäpapu jakaa pääasiassa samat tuhoeläimet kuin herne ja muut palkokasvit. Herneellä tuholaisien torjunnassa käytetään yleisesti *pyretroidi* – valmisteita, mutta vielä toistaiseksi niillä ei ole härkäpavun tuhoeläinten torjunnan suhteen virallista hyväksyntää. (Ahvenniemi 2012, 108).

Juovahernekärsäkäs, *Sitona lineatus* on härkäpapukasvustoissa yleisin tuhoeläin. Juovahernekärsäkään toukat vioittavat juurinystryöitä. Tämän vaikutus sadon määrään ei kuitenkaan ole tiedettävissä. Aikuiset kärsäkkäät sen sijaan nakertavat lehtien reunoihin koloja. Kärsäkäsongelmat ovat yleisimpiä kuivina sekä lämpiminä keväinä. Jos kasvusto on rehevää, härkäpapu yleensä toipuu kärsäkäiden aiheuttamista vioituksista. Uusi kärsäkässukupolvi voi kuitenkin lämpiminä kesinä heinä-elokuussa vioittaa myös härkäpapukasvuston latvustoja, tosin ilman taloudellista merkitystä. (Ahvenniemi 2012, 108).

Hernekirva, *Acyrtosiphon pisum* on palkokasveilla varsin yleinen tuholainen ja esiintyy näin ollen myös härkäpapukasvustoissa. Myös moni-isäntäinen papukirva, *Aphis fabae* viihtyy härkäpapukasvuston latvustoissa. Kirvaa esiintyy paljon myös eri rikkakasveilla, kuten Suomessa yleisesti tavattavilla jauhosavikalla sekä pelto-ohdakkeella. Kirvat lisääntyvät otollisimmin lämpimässä ja runsaimmillaan ne ovat härkäpavun kukintavaiheessa eli heinäkuussa. Kirvat pääasiassa imevät ravinteita kasvien lehdistä, mikä aiheuttaa kasviin vioituksia. Ne voivat kuitenkin aiheuttaa kasvustolle ongelmia myös epäsuorasti levittämällä esimerkiksi erilaisia virustauteja, kuten kääpiökasvuviroosia. (Ahvenniemi 2012, 108).

Hernekääriäinen, *Cydia nigricana* on herneellä varsin tavallinen tuhoeläin ja sen aiheuttamat vahingot härkäpavulla jäävätkin yleensä pieniksi. Hernekääriäistä on tavattu härkäpapukasvustoissa, mutta härkäpavun paloissa nähtäviä vioituksia ei ole juuri ollut. Härkäpapu muodostaa palkoja pitkällä aikavälillä, jolloin kääriäisen aiheuttamilla vioituksilla ei ole vaikutusta kokonaissatoon. (Ahvenniemi 2012, 108).

Härkäpavulla esiintyviä muita tuholaisia ovat varsiankeroinen, *Ditylenchus dipsaci* sekä härkäpapupiilokas, *Bruchus rufimanus*. Toistaiseksi kumpikaan näistä tuholaisista ei ole ollut merkittävä ongelma härkäpavun viljelyssä, vaikka varsiankeroisesta onkin ollut aiemmin ongelma apilaa viljeltäessä. Härkäpapupiilokasta tavataan yleisimmin Ruotsissa eikä se ole vielä toistaiseksi vakiintunut Suomeen. (Ahvenniemi 2012, 108).

Alkukehityksensä hitauden vuoksi härkäpapu on heikko kilpailemaan rikkakasvien kanssa keväällä ja alkukesästä. Rikkakasvien torjunnalla voidaan taata härkäpavun satopotentialin maksimaalinen hyödyntäminen ja sadon laatu. Härkäpapu on kuitenkin herkkä monille rikkakasvien torjunta-aineille. Härkäpavulle sopivat tehoaineet saattavat olla myös tehoiltaan heikkoja rikkakasvien torjunnan suhteen. Rikkakasveista härkäpavun kiusana ovat muun muassa peltoemäkki, peltomatara, pillike ja jauhosavikka. (Nykänen 2012.)

5 VALKOLUPIINI, *Lupinus albus*

Valkolupiini on sinilupiinin lisäksi yksi tutuimmista viljeltävistä lupiinilajeista. Lupiinit voivat tuottaa monenvärisiä kukkia huolimatta siitä, että niiden nimi ja kukkien väri on perusteena lajin tunnistamiselle. Lupiinit ovat härkävavun ja apiloiden tavoin tyypeä sitovia palkokasveja ja niiden villedä sukulaisia voi tavata ympäri maailmaa. Suomessakin esiintyy komealupiinia, *Lupinus polyphyllus*ta joka kasvaa luonnonvaraisena muun muassa tienpientareilla ja ojien varsilla. Luonnonvaraisina kasvavia lajeja ei tule sekoittaa viljeltyihin lajeihin, joita käytetään ruokana ja rehuna. Viljeltävistä lajeista jalostetaan pois haitta-aineet, kun taas luonnonvaraisissa kasveissa haitta-aineita löytyy, kuten esimerkiksi alkaloideja, lektiinejä ja tanniineja. (Huuskonen 2012, 24.)

Valkolupiini on Välimeren ja Niilin laakson alueelta kotoisin. Eläinten rehuksi sitä viljellään eniten Saksassa, Puolassa sekä Euroopan koillisosissa. Sinilupiiniin ja keltalupiiniin verrattuna valkolupiinilla on parempi sadonmuodostuspotentialiaali, mutta sitä vastoin se myös vaatii pidemmän kasvukauden. Koska valkolupiini kasvaa muita lupiineja korkeammaksi, kilpailee se myös paremmin rikkakasvien kanssa. (Ketomäki 2010, 18). Lupiinia voidaan härkävavun tavoin korjata sekä siemensatona että säilörehuna. Siemensatona korjattu lupiini on hyvä valkuaisrehu. Kokonaisuena korjattu kasvusto sopii valkuais- ja energiapitoiseksi rehuksi. (Huuskonen 2012, 24.)



KUVA 7. Valkolupiinin kukinto. (Henell 2014-08-15.)

Valkolupiini on lajina runsaasti sivuversoja tuottava ja sen varsi on vähäkarvainen. Lehdet ovat pituudeltaan 65–110 millimetriä ja niistä löytyy yleensä 7-9 lehdykää. Valkolupiinin lehdykät eli kasvin lehden osat ovat keltalupiinin lehdyköitä leveämpiä ja pyöreämpiä. Lehden alapinta on karvainen ja kukinto yleensä pienikukkainen. Valkolupiinin kukinto on väriltään valkoinen tai vaalea, mutta siinä voi esiintyä esimerkiksi sinertävyyttä, kuten kuvassa 7. (USDA.)

Valkolupiinilajikkeita ovat muun muassa Ludic ja Energy, jotka sopivat hyvin kokoviljasäilörehuseoksiin. Kumpikin lajikkeista on jalostettu vapaaksi alkaloideista, jolloin niitä voi turvallisesti käyttää kotieläinten ruokintaan. Rehulajikkeita ei kuitenkaan tule sekoittaa villilupiineihin, jotka sisältävät haitallisia aineita. (Kurki 2014.)

5.1 Kasvupaikka ja viljelykierto

Valkolupiini viihtyy kasvupaikan suhteen hyväkuntoisilla hietamailla ja hyvin kalkitussa maaperässä. Se ei kuitenkaan saa olla ylikalkittu, sillä silloin kasvin viihtyvyys alkaa laskea ja kasvuston kypsyminen viivästyy. Hyvä pH-tavoite olisi 5-5,5. Valkolupiini ei viihdy raskailla savimailla tai runsasvetisillä alueilla. (Huuskonen 2012, 24.) Kuvasta 8 erotetaan multavasta hieuemaasta kohtalaisen hitaasti kasvuun lähtenyt valkolupiinin verso.



KUVA 8. Valkolupiini versoo multavalla hieuemaalla (Mikkonen 2014-06-06.)

Valkolupiini ei muiden lupiinilajien tavoin ole hyvä kilpailemaan muiden kasvien kanssa elintilasta, sillä lupiineilla alkukasvu on suhteellisen hidasta, joka jo itsessään heikentää niiden kilpailukykyä nopeasti kasvuun lähtevien rikkakasvien kanssa. Lupiinien kasvukausi on 72–170 päivää lajikkeesta sekä kasvupaikasta riippuen. Ravinteikkaammilla ja hyvin kalkituilla mailla kasvi pystyy kasvamaan paremmin ja nopeammin. (Huuskonen 2012, 24.)

Valkolupiini on tehokas typensitojakasvi ja se jättää kasvukauden jälkeenkin maahan paljon vapaasti käytettävää typpeä. Lupiinin esikasviarvo on hyvä ja viljakierron katkaisijana se parantaa viljasatoja

esimerkiksi sitomansa typen sekä maata muokkaavien juurtensa avulla. Viljelykierron suhteen lupiini on hyvä sijoittaa viljojen lähelle, mutta hernettä, härkäpapua, rapsia sekä pellavaa on syytä varoa, sillä niillä on samoja tautien isäntä- sekä ylläpitäjäominaisuuksia. (Ketomäki 2010, 25).

Valkolupiinilla on muiden lupiinien tapaan pitkä paalujuuri, jonka avulla se pystyy nostamaan ravinteita syvemmältä maaperästä. Lupiineja kutsutaan kaliumpumpuiksi, koska ne kykenevät nostamaan syvemmällä maassa olevaa kaliumia tuomalla sen pintakerrokseen. Lupiinin siemen itsessään sisältää enemmän kaliumia kuin viljansiemen. Lupiinien viljely on myös hyvä torjuntakeino viljojen tautia sekä heinämäisiä rikkakasveja vastaan. Lupiinia suositellaan viljeltäväksi samalla peltolohkolla kolmen tai neljän vuoden välein tautiriskin takia. (Ketomäki 2010, 25.)

5.2 Kasvintuhoojat ja kasvinsuojelu

Valkolupiinia viljellään Suomessa vielä suhteellisen vähän. Sillä ei ole ollut tähän mennessä pahoja ongelmia kasvintuhoojien kanssa. Maailmalla ja Suomessakin kuitenkin tunnetaan valkolupiinin kasvitauteja ja tuholaisia, joihin pitää osata varautua. (Ketomäki 2010, 41.) Kuvan 9 valkolupiinikasvusto on jo alkukesästä jäänyt rikkakasveja heikommaksi, eikä lupiini ole kesän aikana pystynyt kasvamaan rikkakasveja vahvemmaksi. Tällainen tilanne voi johtaa jopa sadon saannin epäonnistumiseen.



KUVA 9. Rikkakasvien valtaama valkolupiinilohko (Henell 2014-09-05.)

Ruskealaikku, *Pleiochaeta setosa* on kaikilla mantereilla ja lupiinin viljelyalueilla esiintyvä kasvitauti. Tauti voi levitä sekä sini- että valkolupiinin kasvuston ja siementen välityksellä. Valkolupiini voi kasvaa sairaista siemenistä taimia, jotka ovat myös sairaita, mutta taudin saanut sinilupiini ei kykene tuottamaan edes elinkelpoisia siemeniä. Ruskealaikun tunnistaa kulmikkaasta tai verkkomaisesta haavasta, joka on väriltään tummanruskea. Usein myös kasvin lehdet käpristyvät mikäli ne sairastu-

vat ennen täysi-ikäisyyttään. Ruskealaikku voi kehittää lupiinin varsiin sekä palkoihin suuriakin laikuja. Valkolupiinilla se voi aiheuttaa myös epämuodostuneita, väriltään ruskeita siemeniä. (Ketomäki 2010, 45.)

Ruskealaikku leviää itiöiden ja siementen avulla säilyen maassa sekä kasvijätteissä. Lyhyt kasvukausi, ravinnetaloudeltaan köyhä ja niukka maaperä sekä kylmä ilmanala suurentavat ruskealaikkuun sairastumisen riskiä. Myös fosforin huono saanti voi pahentaa tilannetta, koska tällöin lupiini jää lyhyemmäksi eikä lehtipeite ehdi muodostua. Ruskealaikun hallintaan suositellaakin hyvää viljelykiertoa. (Ketomäki 2010, 46.)

Rutto, *Colletotrichum gloeosporioides/acuteatum* on yksi valkolupiinin vakavimmista taudeista. Ruttoa esiintyy varsinkin Ranskassa ja Chilessä. Maailmalla rutosta on olemassa kaksi tyyppiä, joista kumpaakin esiintyy myös Euroopassa. (Ketomäki 2010, 47.) Rutto on siemenlevintäinen, joka on osasyynä siihen, että tauti on levinnyt maailmalla. Ruton oireita ovat vyömäiset haavaumat varsilla ja lehtiruodissa, joista kasvi aikaa myöden taittuu. Haavaumat voivat myös katkaista varren sekä aiheuttaa paloissa epämuotoisuutta sekä suuria ja syviä haavaumia. Yleensä haavaumat ovat väriltään ruskean tai purppuran värisiä ja niissä on nähtävillä kuroumaitiöiden muodostama keskusta, joka on väriltään vaaleanpunainen. Siemenkin voi saada tartunnan, jolloin se muuttuu haalean ruskeaksi ja rypyyiseksi. Torjuntaan suositellaan pääasiassa ennaltaehkäisyä hyvän viljelykierron sekä terveen kylvösiemenen avulla. (Ketomäki 2010, 47.)

Phomopsis, *Phomopsis leptostromiformis/ Diaporthe toxica* on lupiinien sienitauti, joka esiintyy varsitartuntana Euroopassa. Phomopsis tuottaa sienimyrkkyä, joka voi pahimmillaan tappaa karjaa ja aiheuttaa kuolettavan lupinoosin. (Ketomäki 2010, 48–49.) Lupinoosi on homehtuneen, katkeran tai makean lupiinin syömisestä johtuva myrkytys, jonka oireita ovat muun muassa ruokahaluttomuus, maksan ja suoliston tulehdus sekä yleinen heikkous. (Aniszewski 1985, 85.) Tartunnan voi huomata kasvukaudella kutikulan eli lehden vahapinnan alla korallimaisena rihmastona. Rihmasto aiheuttaa varsiin sekä palkoihin tummia haavaumia kasvin vanhetessa. Kasvin kokema abiottinen stressi voi ilmentää taudin oireita aikaisemmin, jolloin päävarsi usein katkeaa ja siemensadon määrä pienenee (Ketomäki 2010, 48–49.) Abioottisia stressitekijöitä voivat olla esimerkiksi kuivuus, lämpö, kylmyys, valo tai mineraalien niukkuus (Wallenius, 2008). Tauti itsessään säilyy satojätteissä jopa kaksi vuotta sekä kotelo- että kuroumaitiöinä. Ainoita keinoja phomopsiksen torjuntaan ovat hyvä viljelykierto sekä resistenssiin eli vastustuskykyisyyteen pyrkivä jalostus. (Ketomäki 2010, 48–49).

Lupiinin viljelyala on toistaiseksi vielä ollut suhteellisen pieni, minkä vuoksi sillä ei pahempia tuhoeläinongelmia ole esiintynyt. Lupiini kuitenkin jakaa herneen ja härkäpavun kanssa samoja tuhoeläimiä, joita ovat juovahernekärsäkäs, *Sitona lineatus*, hernekääriäinen, *Cydia nigricana* sekä hernekirva, *Acyrtosiphon pisum*. Kasvustoissa saatetaan tavata myös ripsiäisiä, *Thysanoptera* ja tarhakärsäisiä, *Delia platura*. (Ahvenniemi 2012, 109.)

Ripsiäiset ovat pikemminkin syysviljojen ongelma, mutta niitä voi esiintyä myös lupiinikasvustoissa. Ripsiäiset ovat muutaman millimetrin pituisia kovakuoriaisia ja vioittavat imennällään kasvia, yleensä viljojen tähkiä. Ripsiäiset aiheuttavat valkotähkäisyyttä sekä lippulehtien vaalenemista. Ripsiäisiä ei juuri torjuta kemiallisesti, vaikka niiden torjuntaan onkin hyväksytty muutamia *pyretroidi*-valmisteita. (Ahvenniemi 2012, 74.)

Tarhakärpänen on harvinainen, mutta kuitenkin maailmanlaajuisesti tavattava tuholainen. Tarhakärpänen aiheuttaa tuhoa juuri kylvetyillä pelloilla syömällä siemenien sisältöä, jonka jälkeen se jättää jälkeensä vain tyhjän, itämättömän kuoren. Tarhakärpästä tavataan myös sinimailasella, mutta yleisempi se on puutarhakasveilla. (University of Florida, 2013.)

6 SINIMAILANEN, *Medicago sativa* L.

Sinimailanen on maailmanlaajuisesti yksi tärkeimmistä nurmipalkokasveista, jonka vuoksi sitä kutsutaankin rehukasvien kuningattareksi (Boller, Posselt ja Veronesi 2010, 395). Sinimailasta kutsutaan Suomessa myös sen englanninkielisellä nimellä, alfalfa. Se on monivuotinen typensitojakasvi, joka sisältää runsaasti valkuaista. Sinimailasella on maan rakennetta parantavia vaikutuksia ja se on lajina varsin satoisa. (Jaakkola 2013.) Sinimailanen on alkujaan lähtöisin Lähi-Idästä ja nykyään se on yksi tärkeimmistä nurmipalkokasveista Euroopassa ja Amerikoissa. Sinimailasesta voidaan valmistaa niin kuivaa heinää, kuin myös esikuivatettua säilörehua, pellettejä ja säilörehua. (Boller ym. 2010, 395.)

Sinimailanen kasvaa 30–70 senttimetriä korkeaksi ja sen varsi on pysty. Sinimailasen kukat kasvavat terttuina, ja sen lehdet ovat kolmilehdykkäiset sekä väriltään sinipunaiset tai hailakan siniset. Sitä tavataan luonnonvaraisena Suomen lounaisrannikolla sekä Etelä-Suomessa. (Agronet, Mailaset.)

Sinimailaslajikkeita ovat muun muassa Live ja Pondus. Live sopii hyvin erilaisiin nurmiseoksiin ja sillä on hyvä valkuaispitoisuus. Live on norjalaisen yrityksen jalostama lajike ja Suomessa viljelykokemuksia siitä on vielä verrattain vähän. Ruotsissa lajiketta on suositeltu viljeltäväksi maan etelä- ja keskiosiin. (K-maatalous, Live.) Pondus taas on Ruotsissa jalostettu lajike, joka on kuulunut Ruotsin lajikeluetteluun aina vuodesta 1995. Kuten Livellä, myös Ponduksella on vähän viljelykokemuksia Suomessa, mutta sen ominaisuudet vastaavat Liveä. (K-maatalous, Pondus.)

6.1 Kasvupaikka ja viljelykierto

Sinimailanen on viljelykasvina vaativa. Se sopii hyvin savi-, hiesu- ja hietamaille. Sen sijaan se ei viihdy multa- ja turvemilla. Pellon tulisi sijaita lämpimällä paikalla, olla aavistuksen viettävä ja pohjaveden sijaita syvällä, jotta maaperä ei olisi liian kostea. Sinimailanen vaatii kasvualustan pH-tasolta vähintään arvoa 6. (Hyytiäinen ym. 1999, 18.)

Sinimailanen perustetaan ilman suojaviljaa ja sen siemen kannattaa ympätä. Sinimailasen seosviljely parantaa sen viljelyvarmuutta. Sinimailasseoksessa voidaan käyttää esimerkiksi nurminataa tai timoteita. Mailasnurmen ikä viljelyn onnistuessa on viidestä seitsemään vuotta, joka on tavalliseen apilanurmeen verrattuna jopa kaksinkertainen. (Hyytiäinen ym. 1999, 18.)

Fosforin hyväksikäyttäjänä sinimailanen on tehokas. Mailanen pystyy hyvin kehittyneen juuristonsa, pitkän kasvuaikansa ja typensidontansa ansiosta ottamaan ravinteita vaikealiukoisistakin lähteistä. Sinimailasen juuristo ulottuu jopa metrin syvyyteen, josta se pystyy hyödyntämään niitä ravinteita, joihin moni muu kasvi ei yllä. Sinimailanen ei ole ravinteiden suhteen vaatelias, mutta magnesiumin riittävyys pitää varmistaa ja ravinnetilaa korjata esimerkiksi biotiitilla tai dolomiittikalkilla. (Agronet, Mailaset.)

Sinimailanen sopii muiden monivuotisten nurmien tavoin viljeltäväksi viljojen jälkeen. Monivuotisia nurmia voidaan käyttää viljelykierrassa parantamaan maan rakennetta sekä eloperäisen aineksen lisäämiseen. Biologisen typensidonnan vuoksi lannoitustarve myös vähenee. (Ravinnehuuhtoutumien hallinta 2012.)

6.2 Kasvintuhoojat ja kasvinsuojelu

Sinimailanen jakaa muiden palkokasvien, kuten apilan, kanssa suuren osan kasvitaudeista. Sinimailasella tavattavia kasvitauteja ovat muun muassa pahka- ja pahkulasienet, apilamätä ja lumihome. Pahkulasienet tuhoavat nurmen oraita talven aikana ja harventavat kasvustoa ja sen kehitystä. Lumihomeen tunnistaa heti lumen sulamisen jälkeen, kun nurmen pintaan on kehittynyt vaaleanpunertavaa rihmastoa. Lumihometuhot ovat suurimmat silloin, kun lumi sataa syksyllä routaantumattomaan maahan. Pahkasienet vioittavat nurmia kasvaessaan lumen alla talven aikana. Lumen sulaessa kasvit ovat muuttuneet harmaanvaaleiksi sekä kuihtuneiksi ja niissä näkyy muutamien millimetrin pituisia pahkoja. (Kasvinsuojeluseura.)

Apilamätä on apilan tauti, mutta saastuttaa myös muita nurmikasveja. Se ilmenee pesäkkeiden avulla kasvien mädäntyessä ja lysähtäessä kasaan. Apilamätä näyttäytyy kasvustossa ikään kuin se olisi tallaantunut. Sieni voi myös mädättää juuren ja kasvin tyven. Kasvustossa on yleensä havaittavissa väriltään harmahtavaa homekasvustoa. Yleisesti ottaen sinimailaselle haitallisimpia kasvitauteja ovat talvituhosienet. (Kasvinsuojeluseura.)

Sinimailasella ja muilla nurmipalkokasveilla tuholaisten vioituksia ei juuri tarvitse torjua, sillä ne eivät ole merkittäviä. Tuholaisia kuitenkin löytyy ja erityisesti apilalla siemensatoa voi vahingoittaa apilanirppu sekä korvakekärsäkäs. Apilanirppu vahingoittaa toukkien avulla siemeniä, kun taas kärsäkään toukat tuhoavat kukintojen ja versojen alkua. (Kasvinsuojeluseura.)

7 HAITALLISET AINEET PALKOKASVEISSA

Palkokasvit sisältävät hyvien ominaisuuksiensa lisäksi myös haitta-aineita. Haitta-aineiden esiintymisen ja niiden vaikutukset vaihtelevat lajista ja lajikkeesta riippuen. Niihin vaikuttavat myös ympäristö, rehua ravintonaan käyttävä eläinlaji sekä eläimen ikä ja tuotosvaihe. Lämmönkestävyytensä perusteella palkokasvien haitta-aineet pystytään jakamaan kahteen ryhmään: lämpöepävakaaseen ja lämpövakaaseen. Lämpöepävakaaseen kuuluvat muun muassa proteaasi-inhibiittorit sekä lektiinit. Toiseen ryhmään taas kuuluvat alkaloidit, saponiinit, tanniinit sekä visiini ja konvisiini. (Puhakka ym. 2012b, 2.)

Proteaasi-inhibiittorit esiintyvät palkokasvien siemenissä ja niitä löytyy useimmista palkokasvilajeista. Proteaasi-inhibiittorit voivat vaikuttaa rehun sulatukseen ja ravinteiden imeytymiseen ja samalla heikentää syöntiä. Kuumakäsittelyn avulla haitta-aineita ei saada eliminoitua, mutta se voi vaikuttaa proteiinien liukoisuuteen. (Puhakka ym. 2012b, 2-3.)

Tanniineja esiintyy yleisesti härkävavussa ja sinimailasessa sekä herneessä, ohrassa ja apilassa. Tanniinit ovat luonnostaan happamia ja vaikuttavat palkoviljojen maittavuuteen. Haitta-aine heikentää ruuansulatuksen toimintaa. Se myös vähentää valkuaisen sekä tärkkelyksen sulavuutta ja voi nautoilla aiheuttaa myös pötsin toiminnan häiriöitä. Jalostuksella on pystytty vähentämään kasvilajien tanniinipitoisuuksia. Pitoisuudet herne- ja härkäpapulajikkeissa eivät rajoita niiden käyttöä kotieläinten ruokinnan suhteen. (Puhakka ym. 2012b, 3.) Tanniinipitoisilla kasveilla on kuitenkin hyviäkin ominaisuuksia ja ne estävät muun muassa nautojen puhaltumista, vaikuttavat typen käyttöön tehostavasti ja vähentävät myös loisten määrää. (Nykänen.)

Lektiinit ovat glykoproteiineja. Ne sitoutuvat hiilihydraatteja sisältäviin molekyyliihin sekä glykoproteiineihin. Näitä esiintyy muun muassa eläimen suoliston limakalvossa. Lektiinejä esiintyy aiempien haitta-aineiden tavoin härkä- ja soijapavulla, herneellä sekä lupiinilla. Ne voivat aiheuttaa heikentyntä kasvua ja suoliston vaurioita sekä vaikuttaa ravintoaineiden imeytymiseen. (Puhakka ym. 2012b, 3.)

Saponiinit ovat karvaanmakuisia yhdisteitä, jotka kykenevät muodostamaan vaahtoa vesiliuoksissa. Saponiineja on monenlaisia ja niitä esiintyy monissa kasveissa. Samassa kasvissa voi esiintyä monia erilaista saponiinia. Saponiinien fysiologisina vaikutuksina ovat suoliston läpäisevyyden heikkeneminen sekä syönnin vähentyminen, kun rehun maittavuus huononee. (Puhakka ym. 2012b, 3.)

Visiiniä ja konvisiinia esiintyy ainoastaan härkävavulla, kun taas alkaloideja pelkästään lupiineilla. Visiini ja konvisiini voivat aiheuttaa hemolyyttistä anemiaa eli punasolujen kiihtynyttä hajoamista. Sillä voi myös olla vaikutuksia muun muassa kanojen munimiseen, syöntiin sekä hedelmällisyyteen liittyen. Lupiinin alkaloidit taas vaikuttavat heikentävästi kasvuun ja rehun maittavuuteen. Kasvinjalostuksella on pystytty pienentämään muun muassa sinilupiinin eli makealupiinin alkaloidipitoisuuksia eikä alkaloidien määrä vaikuta lupiinien käyttöön rehuna. (Puhakka ym. 2012b, 3.)

Kuten muissakin palkokasveissa ja nurmipalkokasveissa, myös sinimailasessa on luonnostaan yhdisteitä, jotka ovat haitallisia muun muassa märehijöille. Sinimailanen sisältää kasviestrogeeneja ja saponiineja, jotka vaikuttavat suurina pitoisuuksina nautojen tiinehtymiseen ja tuottavat näin ollen ongelmia. Saponiinit myös aiheuttavat märehijöiden puhaltumista. (Peltonen 2011, 26.)

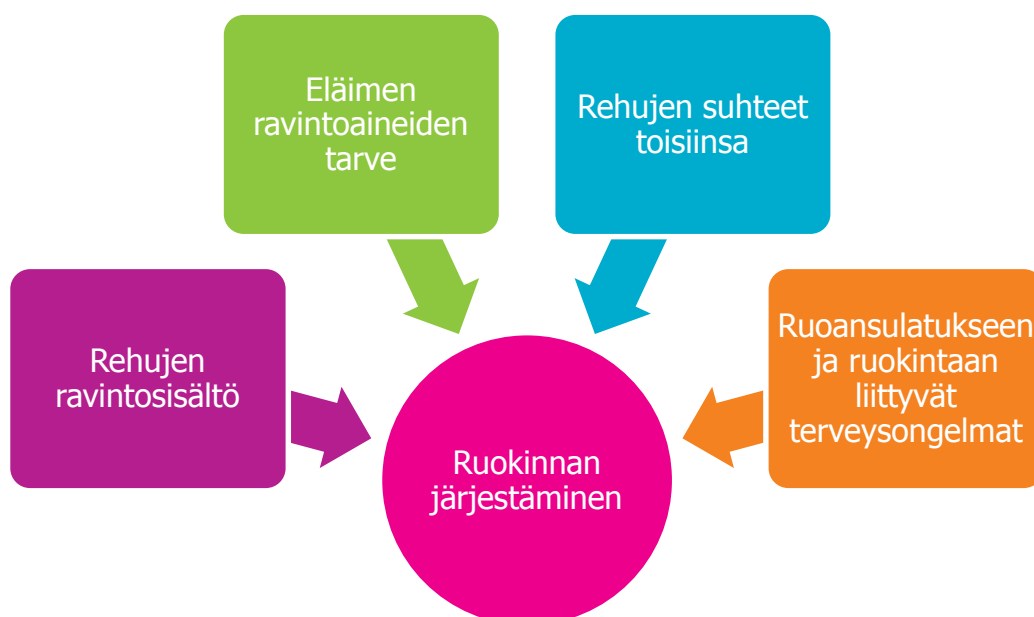
Haitallisten yhdisteiden vaikutusta pystytään kuitenkin hillitsemään. Kasviestrogeenien määrää on jalostuksen avulla vähennetty. Lajikevalinnalla voi vaikuttaa yhdisteiden pitoisuuksiin, sillä jotkin lajit sisältävät yhdisteitä vähemmän. Saponiinien kohdalla kannattaa kiinnittää huomiota ruokintatekniikkaan varsinkin laitumilla. Märehijöiden ei tulisi saada syötäväkseen puhtaita palkokasvikasvustoja, vaan esimerkiksi palkokasvi-nurmiseoksia. (Peltonen 2011, 26.)

8 LYPSYLEHMÄN RUOKINNAN SUUNNITTELU

Märehtijän ruoansulatusjärjestelmä on ainutlaatuinen ja erikoistunut hyväksikäyttämään tiettytyypistä ravintoa. Naudan rehun perusta on karkearehu, jota täydennetään tarvittavilla lisäkomponenteilla, kuten viljalla, valkuaisella ja kivennäisillä. Ruokinta lähtee siitä, että tiedostetaan naudan tarvitsemat ravintoaineet jokaisessa tuotosvaiheessa, ja yhdistetään rehuosastoista sekä eläimelle että tilalle soveltuva rehuosasto. (Penn State Extension.)

Ruokinnan suunnittelussa tavoitteena on tarjota eläimelle riittävästi ravintoa ja ravintoaineita, jotta sen päivittäiset toiminnot sekä kasvu ja tuotos ovat mahdollisia. Ruokinnan on myös vastattava pötsimikrobiston vaatimuksia, jotta naudan ruoansulatus pystyy toimimaan oikein. Ruokintaa suunniteltaessa kannattaa ottaa huomioon myös tilakohtaiset rajoitukset ja mahdollisuudet, kuten ruokintalaitteistot ja peltopinta-ala. Runsas peltopinta-ala voi tarjota mahdollisuuden muun muassa valkuaiskasvien viljelylle, jolloin voidaan kokeilla erilaisia rehustusratkaisuja, ja löytää omalle tilalle sopivin. Tilatasolla ruokinnan suunnittelu lähtee yleensä nautojen tarpeen määrittämisestä, jonka jälkeen olemassa tai saatavilla olevista rehuosastoista muodostetaan toimiva, taloudellinen ja käytännöllinen kokonaisuus. (McDonald, Edwards, Greenhalgh ja Morgan 2002, 292.)

Jotta ruokinta on taloudellisesti kannattavaa ja tehokasta, tulee rehuosastojen ja ravintoarvojen kokonaismäärien sekä keskinäisten suhteiden olla kunnossa. Ruokinnan suunnittelussa lähtötietoina käytetään rehujen rehuarvoja, jotka löytyvät esimerkiksi LUKE:n ylläpitämillä Rehutaulukot-verkkosivuilta. (Luke, Rehutaulukot.) Rehutaulukot-palvelun tiedot ovat keskimääräisiä, joten tilakohtaiset analyysit ja viljelyllisten seikkojen aiheuttamat poikkeamat esimerkiksi säilörehun korjuussa kannattaa ottaa huomioon.



KAAVIO 1. Ruokinnan järjestämiseen vaikuttavat tekijät (Webster 1993, 120.)

Kaaviossa 1 esitellään ruokinnan järjestämiseen vaikuttavat tekijät. Rehujen ravintosisällöt ovat olennaisia tietoja ruokinnan tehokkaassa suunnittelussa. Esimerkiksi säilörehun ravintoarvot voivat vaihdella huomattavasti, ja summittaiseen arvioon perustuva ruokintasuunnitelma voi jäädä joidenkin ravintoaineiden, kuten raakavalkuaisen tai energian osalta vajaaksi. Rehujen ravintosisältö ilmoitetaan yleensä grammaa per kiloa kuiva-ainetta -muodossa, eli g/kg ka. (Webster 1993, 119.) Ko-toisten rehujen rehunäyteanalyysillä voidaan selvittää tarkasti rehunäytteiden ravintoainepitoisuudet sekä rehuarvot. Kun käytettävästä rehusta saadaan tarkat analyysit, ei ruokinnan onnistuminen riipu ohjearvojen paikkaansapitävyydestä. (Viljavuuspalvelu.)

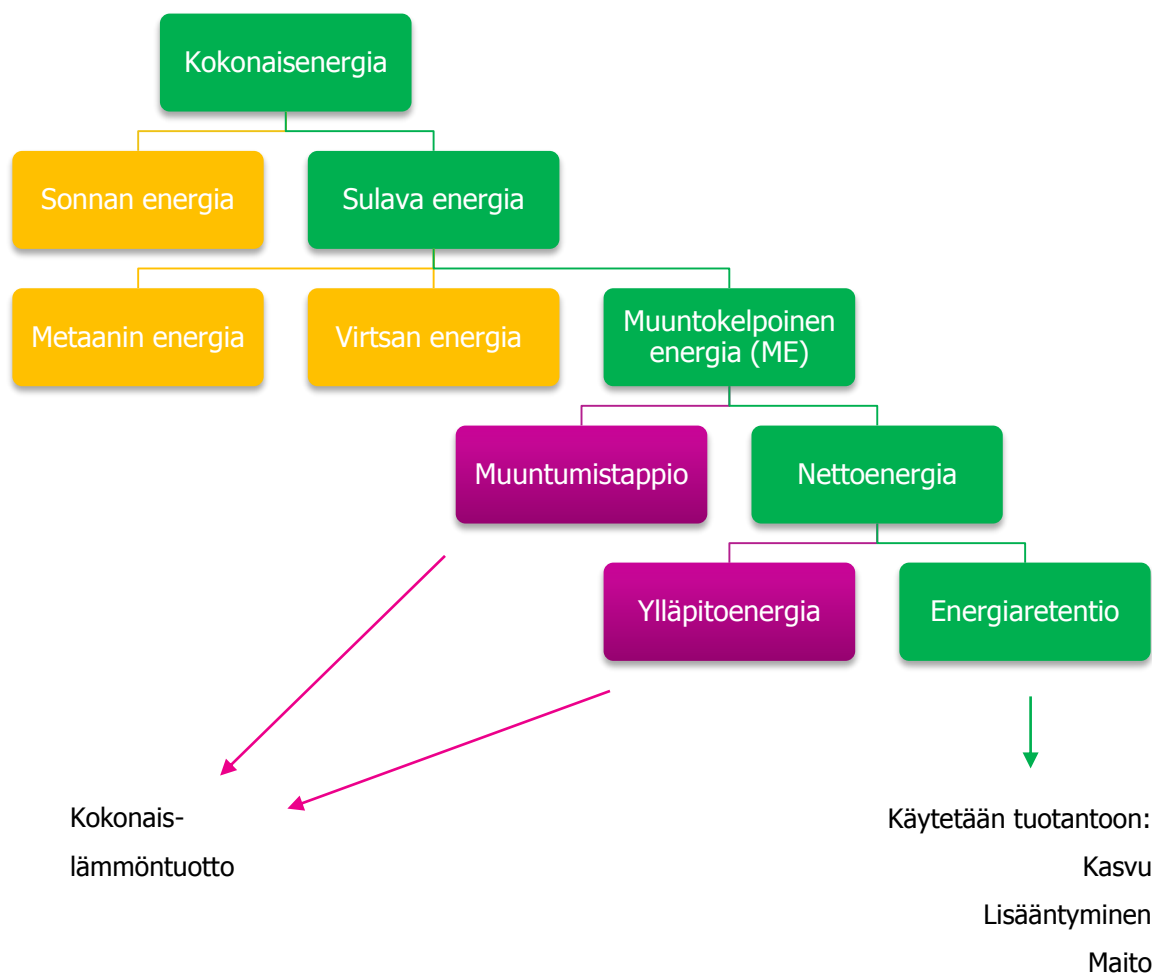
Eläimen ravintoaineiden tarpeen määrittäminen kertoo sen, mitä rehun tulee sisältää, jotta se on sovelias tietyille eläimille. Lypsylehmä tarvitsee ravintoaineita kasvuun, toimintojen ylläpitoon, maidontuotantoon sekä tiineyteen. (Webster 1993, 120.) Ravintoaineiden tarvetta mitataan muun muassa OIV:n eli ohutsuoletta imeytyvän valkuaisen määrällä.

Laskemalla rehujen suhteita toisiinsa pystytään tasapainottamaan ravintoaineiden saantia siten, että puutteita ei tule, mutta tavoitearvoja ei kuitenkaan ylitetä radikaalisti. Rehujen toisiinsa suhteuttamisessa otetaan usein myös huomioon tiettyjen rehukomponenttien hinta. Kaupallisten rehujen ostaminen tulee tavallisesti kalliimmaksi kuin omaa tuotantoa olevan säilörehun, viljan tai valkuaisrehun syöttäminen eläimille. Näin ollen omasta pellostaan saatujen rehujen käyttöä pyritäänkin usein maksimoimaan mahdollisuuksien mukaan. (Webster 1993, 120.) Rehun kallein komponentti on useimmiten valkuainen, ja ostovalkuaisista pyritäänkin korvaamaan valkuaiskasvien, kuten palkokasvien viljelyllä.

Ruokintaan ja ruoansulatukseen liittyvien ongelmien ja häiriöiden tunnistaminen on tärkeää sekä niiden ennaltaehkäisy, että hoitamisen kannalta. Esimerkiksi ravintoaineiden yliannostusten tai puutteiden aiheuttamien oireiden havaitseminen aikaisessa vaiheessa helpottaa ruokinnan korjaamista ennen kuin ongelmista muodostuu vakavampia ja vaikeammin korjattavia. Häiriöiden riittävän aikainen havaitseminen on yleensä jatkuvan tarkkailun tulos, jolloin poikkeavuudet on mahdollista havaita välittömästi. (Webster 1993, 120.)

8.1 Energia

Koska naudan ravinnontarve on suurimmaksi osaksi energian- ja valkuaisentarvetta, on riittävä energian saanti tärkeää (Huuskonen 2010). Vaikka periaatteessa mikä tahansa tarpeellinen ravintoaine voi rajoittaa eläimen tuotosta, on energia valkuaisen ohella yleisin tuotosta alentava tekijä. Lypsävä lehmä käyttää energiaa kasvuun, maidontuotantoon ja tiineyteen sekä lämmöntuottoon. (Fao.)



KAAVIO 2. Rehusta saatavan energian käyttö (Huuskonen 2011.)

Yllä oleva kaavio 2 esittää rehusta saatavan energian käyttöä. Tuotantoon käytettävä energia ei vastaa kokonaisenergiaa, joten rehun muuntokelpoisen energian selvittäminen onkin paljon tärkeämpää kuin pelkän kokonaisenergian. Muuntokelpoisen energian määrä lasketaan vähentämällä kokonaisenergiasta sonnan, metaanin sekä virtsan energia. Märehtijöillä virtsan mukana poistuu noin 4-5 % kokonaisenergiasta. Metaanin tuotanto vie kokonaisenergiasta 7-9 %. Metaanin erityistä voi kuitenkin vähentää esimerkiksi ruokinnan intensiteetin suurenemisella. Metaanin tuotto vähenee eniten hyvin sulavilla rehuilla, kuten puna-apilalla. (Huuskonen 2011.)

Yli 70 % märehtijän energiasta muodostuu haihtuvista rasvahapoista (VFA, volatile fatty acids). Märehtijän tärkeimmät haihtuvat rasvahapot ovat etikkahappo, propionihappo sekä voi happo. Hapot muodostuvat pötsissä, josta ne kulkeutuvat verenkierron kautta maksaan. (Bowen.) Haihtuvien rasvahappojen määrä toisiinsa nähden muotoutuu rehun mukaan. VFA:n kokonaismäärä on sidoksissa tärkkelykseen. Paljon tärkkelystä sisältävä ruokinta nostaa VFA:n kokonaismäärää, kun taas runsaskuituinen ruokinta laskee sitä. Haihtuvat rasvahapot myös laskevat pötsin pH-tasoa. (Tiihonen 2011.)

Karkearehut kuten heinä, laidunkasvit ja säilörehu sisältävät runsaasti kuitua, mutta vähän energiaa. Karkearehujen kuidusta saatava energia muuntuu kuitenkin viljoista saatavaa energiaa helpommin lämpöä tuottavaksi energiaksi, jota kylmissä oloissa elävät eläimet tarvitsevat runsaasti. On siis tärkeää tarjota esimerkiksi kylmäpihatoissa eläville naudoille riittävästi karkearehua, jotta ne pysyvät talvisin lämpiminä. Viljasta saatava energia ei vastaa ominaisuuksiltaan karkearehun energiaa, eivätkä eläimet pysty muuntamaan sitä lämpöenergiaksi yhtä tehokkaasti. (Smith Thomas 2005, 28.)

TAULUKKO 4. Rehujen kuiva-aine- ja energiapitoisuudet sekä D-arvo (LUKE, Rehutaulukot.)

	Kuiva-aine g/kg	ME	D-arvo g/kg ka
Härkäpapu, papu	860	12,8	817
Härkäpapusäilörehu, vihreät siemenet	200	9,1	570
Sinimailanen, tuore nurmi, lehtiaste	180	10,4	650
Lupiinin siemen	860	13,2	826
Puna-apilasäilörehu	250	11,2	650
Herne	860	13,3	849
Herne-kaura- virnasäilörehu	340	10,6	664
Nurmisäilörehu	250	11,0	690
Kaura (54–58 kg/hl)	860	12,1	711
Ohra (60–64 kg/hl)	860	13,2	817

Yllä oleva taulukko 4 esittää palkokasvien ja vertailuksi myös nurmisäilörehun sekä kauran ja ohran jyvien kuiva-aine- ja energiapitoisuudet. Taulukossa tarkastellaan myös niiden D-arvoa eli sulavuutta. ME-arvolla kuvataan rehun sisältämää muuntokelpoista, eli eläimen käytettäväksi muunnettavaa energiaa megajouleina. Taulukon mukaan herne nousee energiapitoisuudessa korkeimmaksi, mutta ohranjyvänkin energiapitoisuus on korkea. Myös lupiinin siemen sekä härkäpapun papu sisältävät paljon energiaa. Härkäpapusäilörehun energiapitoisuus on kuitenkin muita karkearehujia hieman matalampi. Energiapitoisuuden mataluuteen voi vaikuttaa esimerkiksi se, että härkäpapusäilörehusta suuri osa on matalaenergistä vartta. Kokoviljasäilörehussa heikko energiapitoisuus paranee papujen ja lehtien ansiosta, mutta ei nouse nurmisäilörehun rinnalle. Kuvasta 10 huomaa, kuinka suuri osa härkäpapakasvustosta on kuivahkoa vartta, joka on energia- ja ravintoainepitoisuuksiltaan heikompa ja huonommin sulavaa kuin palot ja lehdet. Härkäpapusäilörehun kuiva-ainepitoisuus on myös muita säilörehuja matalampi. Kuiva-ainepitoisuuden ollessa maltillisempi, karja pystyy syöntikykynsä puitteissa syömään suurempia määriä rehun tuorekiloja, jolloin päivittäinen karkearehusta saatu energia ei välttämättä jää yhtä kauas nurmisäilörehusta.

Palkokasvien sulavuus on taulukon mukaan hyvä. Härkäpapun papujen D-arvo on samalla tasolla ohran jyvien kanssa, ja lupiinin siemenen sulavuus jopa korkeampi. Palkokasvisäilörehujen sulavuus taas on nurmisäilörehun sulavuutta hieman matalampi. Taulukon mukaan D-arvo ja energiapitoisuus

ovat toisiinsa sidoksissa, sillä suuria energiapitoisuuksia sisältävien rehujen sulavuus on hyvä, kuten härkäpavun pavuilla sekä lupiinin siemenillä. Kun rehu on hyvin sulavaa, on sen hyväksikäyttökin tehokkaampaa. Näin rehusta pystytään käyttämään enemmän energiaa ja esimerkiksi valkuaista eläimen käyttöön, ja vain pieni osa rehun sisältämistä ravintoaineista menee sulamattomana hukkaan.



KUVA 10. Vaikka härkäpavun palot ovatkin kookkaita ja sisältävät paljon energiaa, massavat mutta energiaköyhät varret laskevat säilörehun energiapitoisuutta (Mikkonen 2014-07-31.)

D-arvo on säilörehun merkittävin yksittäinen tunnusluku maidontuotannon kannalta. D-arvon nousu vapaalla säilörehuruokinnalla lisää sekä syöntikykyä, että maitotuotosta. Yhden prosenttiyksikön nousu D-arvossa voi nostaa lehmän päivittäistä syöntiä noin 0,175 kg ka, ja nostaa maitotuotosta jopa puolella kilolla. Viljaväkirehulla sama maitomäärän nousu saavutettaisiin yhden kilon lisäyksellä. Säilörehun korjuu kannattaa siis ajoittaa D-arvon kannalta ihanteelliseen aikaan. D-arvon ollessa korkea, rehu sulaa tehokkaammin, jolloin myös valkuaista pystytään hyväksikäyttämään paremmin. (AIV, Säilörehun laadun merkitys.)

8.2 Valkuainen

OIV eli ohutsuoletta imeytyvä valkuainen kuvaa rehun valkuaisarvoa (Valio Artturi). OIV-arvo laskeaan muun muassa sulavan orgaanisen aineen sekä hajoamattoman valkuaisen määrien avulla. OIV on rehun varsinainen valkuaisarvo, joka mittaa ohutsuoletta imeytyvien aminohappojen määrää. Ohutsuoletta imeytyvä valkuainen on ohitusvalkuaista sekä mikrobivalkuaista. Ohitusvalkuainen on pötsissä hajoamatonta valkuaista joka kulkeutuu ohutsuoletta ja mikrobivalkuainen pötsissä tuotettua valkuaista. (LUKE, Märehtijöiden valkuaisarvot.) Molemmat valkuaisen tyypit ovat tarpeellisia, ja niiden määrä ja suhde toisiinsa vaihtelee laajasti erilaisten rehujen välillä.

Molempia valkuaisia virtaa pötsistä juoksutusmahaan satakerran kautta. Juoksutusmahassa valkuaisen varsinainen sulaminen alkaa. Juoksutusmahaan päässeet valkuaiset eivät enää varsinaisesti eroa toisistaan, ja niiden aminohappojen sulatus sekä aineenvaihdunta tapahtuvat samalla tavalla. Pötsissä hajoava rehuvalkuainen tyydyttää suuren osan pötsimikrobien tyypin tarpeesta. Mikrobit pystyvät hyödyntämään myös muita rehuvalkuaisen hajoamistuotteita, eli aminohappoja ja peptidejä. Ylimääräinen pötsissä hajoava rehuvalkuainen imeytyy verenkiertoon ammoniakkinä, joka maksassa muuntuu ureaksi ja poistuu virtsan mukana elimistöstä. (Rinne ja Nousiainen 2011, 66.)

PVT kuvaa pötsin valkuaisasetta. Sen laskemisessa käytetään pötsissä hajoavan rehuvalkuaisen määrää, josta vähennetään rehun energialla tuotetun mikrobivalkuaisen määrä. Jos PVT on positiivinen, pötsissä on enemmän hajoavaa rehuvalkuaista, kuin mikrobien saman rehun energialla tuottaa valkuaista. Tällöin osa valkuaisesta menee hukkaan. (Pyörälä ja Tiihonen 2005.) Pötsin runsas PVT-ylimäärä on elimistölle rasite. Urean muodostaminen kuluttaa energiaa, joten saadusta energiasta jää vähemmän käytettäväksi maidontuotantoon ja muihin toimintoihin. Negatiivinen PVT kertoo siitä, että pötsimikrobit kärsivät tyypinpuutteesta. Tällöin mikrobivalkuaisen tuotanto laskee, eikä OIV:n laskennallinen saanti yllä ennakoitulle tasolle. Kuidun sulatus heikkenee sekä syönti ja tuotos pienenevät. Tällainen tilanne voi aiheutua esimerkiksi siitä, että peruskarkearehu on hyvin valkuaisköyhää, alle 120 g/kg ka, ja väkirehu on pelkkää viljaa. Negatiivisen PVT:n korjaaminen tapahtuu yleensä lisäämällä rehustukseen valkuaisrehujen sisältämää ohitusvalkuaista. (Rinne ja Nousiainen 2011, 66.)

PVT siis ilmoittaa, saadaanko rehusta mikrobeille tarpeeksi energiaa, jotta ne voivat hyödyntää kaiken rehussa olevan, pötsissä hajoavan raakavalkuaisen (Pyörälä ja Tiihonen 2005). Esimerkiksi ohran PVT on lievästi negatiivinen, ja nurmisäilörehun positiivinen (LUKE, Rehutaulukot). Ne tasapainottavat toisiaan, kun niiden suhde on ruokinnan suunnittelussa säädetty oikein. Tavoitteena tulisi pitää PVT-arvon saamista lähelle nollaa tai lievästi positiiviseksi. (Pyörälä ja Tiihonen 2005.)

Valkuaisen tarve ei ole absoluuttinen, kuten esimerkiksi välttämättömien kivennäisaineiden tarve. OIV:n puutteesta kärsivä lehmä ei sairastu puutostautiin, vaan pienentää maitotuotostaan sille tasolle, johon valkuaisen saanti riittää. (Rinne 2012.) Onkin tärkeää ymmärtää se, että lehmä tarvitsee

riittävästi useampaa ravintoainetta maidon muodostukseen. Maidontuotannon optimointi vaatiikin ravintoaineiden saannin oikeassa suhteessa toisiinsa sekä eläimen tarpeeseen nähden. (Pojjärvi 1928.)

TAULUKKO 5. Rehujen valkuaispitoisuus sekä D-arvo (LUKE, Rehutaulukot.)

	OIV g/kg ka	PVT g/kg ka
Härkäpapu, papu	123	125
Härkäpapusäilörehu, vihreät siemenet	76	79
Sinimailanen, tuore nurmi, lehtiaste	98	101
Lupiinin siemen	117	171
Puna-apilasäilörehu	93	71
Herne	116	62
Herne-kaura-virnasäilörehu	82	3
Nurmisäilörehu	84	35
Kaura (54–58 kg/hl)	92	-8
Ohra (60–64 kg/hl)	96	-25

Taulukossa 5 esitetään tiettyjen rehujen OIV- ja PVT-pitoisuudet. Tuoreen sinimailasnurmen OIV-pitoisuus ensimmäisen sadon lehtiasteella on 98 g/kg ka. OIV-pitoisuus laskee sitä alemmas, mitä pidemmälle kasvi kasvaa. Nuppuasteella OIV-pitoisuus on 90 g/kg ka, kukinnan alussa 84 g/kg ka ja täyden kukinnan aikaan enää vain 73 g/kg ka. Härkäpavun papujen OIV-pitoisuus on korkea, noin 123 g/kg ka. Härkäpapua korjataan usein kokoviljasäilörehuksi, jolloin papujen korkea valkuaispitoisuus pystytään hyödyntämään karkearehussa. Kuten sinimailasellakin, härkäpapakasvuston OIV-pitoisuus laskee kasvun edetessä. Täyden kukinnan aikaan härkäpapakasvuston OIV on 93 g/kg ka, palon aiheiden ilmestyttyä 86 g/kg ka, ja siementen saavuttaessa maitoasteen, OIV on enää 80 g/kg ka. Lupiinin siemenen OIV-pitoisuus on myös korkea, 117 g/kg ka. Herne noudattelee samaa kaavaa, herneiden OIV-pitoisuuden ollessa 116 g/kg ka, ja kasvuston OIV kukinnan alussa 94 g/kg ka. Palkokasveille onkin tyypillistä se, että siementen ja palkojen valkuaispitoisuus on korkea, joka kannustaa etenkin kokoviljasäilörehun tekoon. Myös seoksena viljely, kuten kaura-hernevirnasäilörehuksi, hyödyntää korkeaa valkuaispitoisuutta. Kyseisen seoksen OIV-pitoisuus on noin 82 g/kg ka, kun pelkän kauran kokoviljasäilörehun OIV-pitoisuus on vain 67 g/kg ka. Puna-apilasäilörehun OIV aikaisin korjattuna on 101 g/kg ka, myös D-arvon ollessa korkea, jopa 700 g/kg ka. Puna-apila tuokin säilörehuun korkeaa valkuaispitoisuutta sekä sulavuutta myös seoksena, ja lisäksi se sopii laitumiin. (LUKE, Rehutaulukot.)

Nurmisäilörehun PVT-arvo on paljon maltillisempi kuin palkokasvien, aikaisin korjatun ensimmäisen sadon PVT:n ollessa vain noin 39. Kun PVT-arvot ovat yhtä korkeita kuin esimerkiksi sinimailasella, on niitä pyrittävä tasoittamaan. Viljojen PVT-arvot ovat usein lähellä nollaa, ja niiden avulla voikin tasapainottaa liian positiivista PVT:tä. Nurmisäilörehut ovat omiaan korjaamaan liian negatiivista PVT-tasoa. Vaikka PVT-tasot ovatkin hyvin vaihtelevia, on niiden merkitys lypsylehmien ruokinnassa usein kohtalaisen pieni. (LUKE, Rehutaulukot.)

Aminohappojen tarve ei ole märehittäjälle absoluuttinen. Maitovalkuaisista muodostuu juuri se määrä, joka lehmän saamalla aminohapoilla on mahdollista. Aminohappojen saannilla voidaan vaikuttaa maitotuotokseen. Esimerkiksi lypsykauden alun energiavajetta voi pyrkiä lieventämään syöttämällä hetkellisesti vähemmän valkuaisrehua, jolloin maidontuotannon nousukin on hillitympää. (Rinne 2009.)

Märehittäjän ruoansulatuksen mikrobitoiminta pystyy muokkaamaan rehuja ja tuomaan eläimen käyttöön eri määrän ravintoaineita kuin rehussa itsessään on. Siksi aminohappojenkin saanti muodostuu sekä rehun hajoamattomasta valkuaisesta että mikrobivalkuaisesta. Kudosten tarvitsema typpi onkin pääasiassa aminohappojen tarvetta, joten niiden merkitystä ruokinnassa ei tule ylenkatsoa. Yksittäisillä aminohapoilla voi olla yllättäviäkin vaikutuksia, sillä viimeaikaiset kokeet ovat todistaneet, että maidontuotantoa sekä rehun hyväksikäyttöä pystytään tehostamaan yksittäisten aminohappojen lisäyksellä. Sinimailasen ollessa rehun pohja, rajoittaviksi aminohapoiksi muodostuvat metioniini sekä lysiini. Nurmisäilörehun kohdalla rajoittava aminohappo on histidiini. (Korhonen 2004.)

Typen kulku naudan elimistössä on hyvin suoraviivainen. Osa rehun sisältämästä valkuaisesta ja typpiyhdisteistä muuntuu pötsissä ammoniakiksi, samoin kuin syljen mukana pötsiin tuleva urea. Osa ammoniakista käytetään pötsimikrobien rakennusaineeksi ja sitä kautta siitä valmistetaan mikrobivalkuaisista. Jäljelle jäänyt ammoniakki imeytyy pötsin seinämän läpi verenkiertoon. Ammoniakki kulkeutuu verenkierron kautta maksaan, jossa se muuttuu uudelleen ureaksi, jota maksa erittää virtsaan, maitoon ja takaisin sylkeen. Valkuainen, jota pötsissä ei pystytä hajottamaan, kulkeutuu mikrobivalkuaisen kanssa ohutsuoleen, jossa osa siitä imeytyy aminohappoina elimistöön ja käyttämätön osa poistuu suolistoa pitkin ulosteena. (Pyörälä ja Tiihonen 2005.)

Valkuaisen laatu ja määrä sekä rehun sulavuus vaikuttavat ureapitoisuuteen. Esimerkiksi säilörehu, jota on lannoitettu runsaasti typellä ja korjuu suoritettu aikaisessa vaiheessa, sisältää paljon raakavalkuaisista ja siten nostaa maidon ureapitoisuutta. Korkean D-arvon säilörehulla maidon ureapitoisuus ei nouse yhtä voimakkaasti, vaikka säilörehussa olisikin sama raakavalkuaisitaso, sillä rehu on sulavuuden vuoksi energiapitoisempaa ja valkuaisen hyväksikäyttö tehokkaampaa. Säilörehun raakavalkuaispitoisuuden ollessa noin 15 %, on ureapitoisuuskin yleensä kelvollisissa lukemissa. (Raisio, Urea.) Maidon ureapitoisuuden suositus on 20–40 milligrammaa 100 millilitrassa maitoa. Mikäli ureapitoisuus on korkeampi, voi ruokinnassa olla liian voimakas valkuaispitoisuus. Tilanteessa, jossa maidossa on liikaa ureaa ja valkuaispitoisuus on matala, pötsin mikrobit eivät saa riittävästi energiaa rehusta. Ne eivät siis kykene käsittelemään kaikkea typpeä joka pötsiin muodostuu. Näin osa typpestä pääsee karkaamaan pötsistä, päätyy suoraan verenkiertoon ja muuntuu maksassa ureaksi. (Anttila 2007.)

8.3 Tärkkelys

Pötsin pieneliöt tarvitsevat tärkkelystä. Se toimii myös käymisen mahdollistajana pötsissä. Esimerkiksi maissi on hyvin tärkkelyspitoista, ja sitä onkin yleisesti käytetty nautojen rehuna nimenomaan tämän ominaisuutensa sekä edullisuutensa vuoksi. (Emery.) Tärkkelys toimii esimerkiksi herneessä sekä härkävavussa energiavarastona. Lupiinissa ja soijassa samaa virkaa toimittaa rasva. (Puhakka ym. 2012a.)

Vaikka tärkkelys onkin tarpeellista, sen liiallinen saanti voi aiheuttaa haihtuvien rasvahappojen epätasapainon pötsissä, sekä vähentää pureskelua ja syljen eritystä. Kun nämä kaikki seuraukset tapahtuvat yhtäaikaaisesti, pötsin pH laskee ja aiheuttaa subakuutin pötsiasidoosin eli oireettoman tai kroonisen pötsin happamoitumisen. Tästä seuraa esimerkiksi ruoansulatuksellisia ongelmia, maidon tuotannon laskua sekä sorkkavaivoja. (Emery.)

Suomalainen tärkkelyspitoisuussuositus nautojen ruokintaan on korkeintaan 25 %, eli 250 g/kg ka (Kajava ja Palmio 2014). Esimerkiksi maissisäilörehun tärkkelyspitoisuus voi vaihdella noin 22–30 % välillä, joten se onkin tärkkelyksen kannalta pääosin hyvälaatuista. Suuria tärkkelyspitoisuuksia on esimerkiksi maissin siemenissä (70,6 %), ohranjyvissä (55,4 %) ja kaurassa (44,3 %). (Weiss ja Firkins.) Sinimailasen tärkkelyksen sekä sokerin yhdistetty pitoisuus on vain noin 12 % (Jaakkola, Nyholm ja Korhonen 2013). Herneessä ja härkävavussa on paljon tärkkelystä, siementen tärkkelyspitoisuuden ollessa jopa 40–50 %. Lupiini sisältää vain noin 10 % tärkkelystä, mutta sen NDF-pitoisuus on kuitenkin korkea. NDF-kuitu eli neutral detergent fiber, neutraalidetergenttikuitu on solunseinämäkuitua, eli selluloosaa, lingniiniä sekä hemiselluloosaa. (Raisio). NDF-kuidun kaksi tyyppiä, iNDF eli indigestible neutral detergent fiber, ja DNDF eli digestible neutral detergent fiber, eroavat toisistaan sulavuuden perusteella. Sulamaton NDF-kuitu eli iNDF kuvaa sitä rehun osaa, jota naudan elimistö ei sulata. DNDF on kuitua, jonka elimistö pystyy sulattamaan ja käyttämään hyväkseen. (Jančík, Homolka, Čermák ja Lád 2008.)

8.4 Syöntikyky

Syöntikyvyllä määritellään se rehun kuiva-ainemäärä, jonka nauta pystyy vuorokauden aikana syömään. Syöntikyky ilmaistaan kiloa kuiva-ainetta per päivä eli kg ka/pv. (Suvilehto 2014, 9.) Ruokinnan suunnittelussa on otettava huomioon eläimen syöntikyky rajoittavana tekijänä. Vapaallakaan säilörehulla lehmä ei kykene syömään rajattomasti (kuva 11), ja ruokintaa on täydennettävä väkevämällä komponenteilla. (Webster 1993, 121.)



KUVA 11. Syöntikyky rajoittaa syöntiä myös vapaalla karkearehulla (Mikkonen 2014-08-24.)

Karkearehun ja väkirehun välinen suhde vaikuttaa eläimen syöntikykyyn. Väkirehun päivittäisen määrän ylittäessä 5-6 kiloa, vähenee karkearehujen syönti noin 0,4 kiloa väkirehun syötettyä lisäkiloa kohti. Märehtijän elimistö on kuitenkin erikoistunut karkearehujen hyväksikäyttöön, eikä karkearehujen riittävää saantia tulisi korvata väkirehulla. Vaikka korkeilla, jopa 15–18 kilon päivittäisillä väkirehumäärillä pystyttäisiinkin nostamaan lehmien maitotuotosta, lehmät voivat jäädä lyhytikäisiksi korkean väkirehuprosentin aiheuttamien terveysongelmien, kuten pötsin happamoitumisen vuoksi. (Rajala 2013.)

9 PALKOKASVIEN KÄYTTÖ LYPSYLEHMIEN REHUISSA

Palkokasvit ovat arvokkaita kasveja sekä maanviljelijän että karjankasvattajan näkökulmasta. Palkokasvien viljelyllä pystytään parantamaan lohkon typpitaloutta, kun etenkin syväjuuriset kasvit kuten sinimailanen jättävät maahan juuriston ja sängen avulla ilmasta keräämäänsä typpeä. Palkokasvien ruokinnalliset ominaisuudet ovat myös erinomaisia. Niiden valkuaispitoisuudet ovat yleensä nurmikasveja korkeammat. (Woll 2004, 113.) Palkokasvien on todettu myös nostavan karkearehun syöntiä, joten niiden käyttäminen esimerkiksi seoksissa nurmirehun kanssa on erinomainen tapa optimoida nautojen syöntikyky (Nykänen). Karkearehun syönnin nostamisen seurauksena palkokasveille tyypillinen matalahko sulavuus ei yleensä aiheuta tuotannon laskua. Palkokasvit sisältävät lisäksi runsaasti kivennäisaineita, fosforihappoa sekä kaliumkarbonaattia, joten niiden arvoa ruokinnassa ei tule ylenkatsoa. Nurmipalkokasveista korjattu heinä voi olla ravinnepitoisuuksiltaan jopa kaksinkertaista perinteisiin nurmiin verrattuna. Nurmipalkokasveista saadaan usein myös suurempia satoja kuin nurmikasveista. (Woll 2004, 113.) Suurten valkuaispitoisuuksiensa ansiosta palkokasvit ovat saaneet etenkin Euroopassa paljon huomiota. Vuonna 2010 EU:ssa tuotettiin vain noin kolmannes kulutetusta valkuaisrehusta, joten satoiset ja runsaasti raakavalkuaista sisältävät palkokasvit ovat omiaan nostamaan valkuaisrehujen tuotantoa. (Blair 2011, 150.)

Palkokasvien varret koostuvat enimmäkseen selluloosasta ja lingniinistä. Kasvien lehdet ovatkin ruokinnan kannalta arvokkaampia, sillä ne sisältävät paljon ravintoaineita. (Pond, Church, Pond ja Schoknecht 2005a, 328.) Palkokasveissa on tavallisesti vähemmän kuitua ja sokeria, mutta enemmän kivennäisaineita kuin perinteisissä nurmikasveissa (Lestinen). Palkokasvien käyttö kokoviljasäilörehuna yksistään, tai seoksena viljan kanssa hyödyntää tehokkaasti koko kasvin. Seoksessa ne voivat parantaa myös säilörehun sulavuutta, sekä lisäävät sen raakavalkuaispitoisuutta. (Puhakka ym. 2012.)

TAULUKKO 6. Rehujen sisältämät kivennäisaineet (Pond ym. 2005b, 9.)

	Kalsium	Fosfori	Magnesium	Kalium	Natrium	Kloori	Rikki
Palkokasvisäilörehu, nuorena korjattu	1,39	0,36	0,3	3,03	0,03	0,55	0,3
Palkokasvisäilörehu, myöhään korjattu	1,3	0,33	0,26	2,87	0,02	0,48	0,28
Nurmisäilörehu, nuorena korjattu	0,57	0,36	0,22	3,11	0,05	0,67	0,21
Nurmisäilörehu, perinteisen aikaan korjattu	0,6	0,36	0,21	2,78	0,05	0,67	0,21
Ohra, jyvä	0,06	0,39	0,14	0,56	0,02	0,13	0,12

Taulukossa 6 vertaillaan palkokasvisäilörehun ja viileän ilmaston nurmista tehdyn säilörehun sekä ohranjyvän kivennäisainepitoisuuksia prosentteina. Viileän ilmaston nurmikasveja ovat esimerkiksi niittynurmikka, englannin raiheinä ja erilaiset nadat. (Pond, Church, Pond ja Schoknecht 2005b, 328.) Taulukon mukaan nuorena korjatussa palkokasvisäilörehussa on enemmän magnesiumia, kalsiumia ja rikkiä, kuin nuorena korjatussa nurmisäilörehussa. Esimerkiksi kalsium kuitenkin rajoittaa käyttöä ummessa olevilla lehmillä, sillä sen liian korkea pitoisuus voi aiheuttaa poikimisvaikeuksia. Vaikka rikin runsaalla saannilla onkin positiivisia vaikutuksia, kuten fosforin hyväksikäytön paraneminen, on sillä myös haittavaikutuksia. Yli 0,3 % rikkipitoisuus voi aiheuttaa pötsissä vapautuvien sulfidien määrän nousemista ja hidastaa pötsin liikkeitä, jolloin rehun syönti sekä sulavuus heikkenevät ja siten tuotos vähenee. Rikin puute taas aiheuttaa heikkoutta, syömättömyyttä ja yleistä hitautta. Rikin puute on kuitenkin erittäin harvinaista, toisin kuin sen liikasaanti. Rikin optimaalinen taso onkin marginaalisen pieni alue. (Tauriainen 2004a.) Magnesiumin saanti palkokasvisäilörehulla on yli lypsylehmiä tarpeen, joka on noin 0,2 %, mutta kuitenkin suositusten rajoissa. Rehujen sisältämä magnesium ei kuitenkaan aina kerro kaikkea sen käytöstä, sillä magnesiumin hyväksikäyttö voi vaihdella suuresti eri rehujen välillä. Magnesiumin imeytymiseen vaikuttaa suuresti pötsin toiminta ja olosuhteet, sillä magnesium imeytyy pötsissä. Imeytymistä vähentää etenkin suuri kaliumin määrä, joka palkokasveilla on samalla tasolla kuin taulukon nurmisäilörehulla. Magnesiumin puute oireilee etenkin keväällä laitumelle päässeillä eläimillä laidunhalvauksena. (Tauriainen 2004b.)

Palkoviljojen hyviin ominaisuuksiin kuuluvat muun muassa niiden suuri valkuaisen ja muuntokelpoisen energian pitoisuus sekä maittavuus. Ne myös vaativat vain lyhyen totutuskauden ruokinnan alussa. Palkoviljat sisältävät kuitenkin paljon pötsissä hajoavaa valkuaista. Niiden rikkipitoisten aminohappojen pitoisuus on myös matala. (Puhakka ym. 2012a.)

Palkoviljojen sisältämät haitta-aineet voivat vaikuttaa esimerkiksi ravintoaineiden sulatukseen sekä metaboliaan. Laajaan käyttöön valikoituneet palkoviljat ja lajikkeet ovatkin niitä, joiden haittaainemäärät ovat pieniä tai kohtuullisia. Haitta-aineet ovat kuitenkin suurempi rajoittaja yksimahaisen ruokinnassa kuin märehitijöillä, sillä märehitijän ruoansulatus pystyy neutralisoimaan osan haitallisista aineista. (Puhakka ym. 2012a.)

TAULUKKO 7. Herneen, härkäpavun pavun, lupiinin siemenen sekä ohran jyvän sisältämät ravintoaineet (LUKE, Rehutaulukot.)

	Herne	Härkäpapu	Lupiini	Ohra
Kuiva-aine, g/kg	860	860	860	860
Raakavalkuainen, g/kg ka	230	300	340	115
Raakarasva, g/kg ka	11	15	51	22
Raakakuitu, g/kg ka	57	80	178	48
NDF, g/kg ka	130	160	250	210
Tärkkelys, g/kg ka	480	380	10	610
Sokeri, g/kg ka	55	40	55	20

Taulukossa 7 on esitetty herneen, härkäpavun pavun, lupiinin siemenen sekä ohran jyvän ravintoainesisältö. Raakavalkuaisen, -rasvan ja -kuidun kohdalla voidaan selkeästi huomata, että herneen arvot ovat palkokasveista heikoimmat ja lupiinin korkeimmat. Härkäpavun pitoisuudet ovat tärkkelystä lukuunottamatta matalampia kuin lupiinilla, mutta korkeampia kuin herneellä. Härkäpavun ja lupiinin välistä eroa tasoittavia seikkoja kuitenkin on, esimerkiksi härkäpavun viljelyvarmuus ja satoisuus. Myös herne on Suomen oloissa hyvin kasvava ja satoisa kasvi, ja tällä hetkellä jo melko laajasti käytössä, etenkin seoskasvustona. Ohra ei viljana luonnollisestikaan yllä palkokasvien valkuaispitoisuuksiin, ja jää raakarasvassakin lupiinin siemenestä kauas.

Palkokasvien käyttäminen ruokinnassa perustuu vahvasti seoksille. Useamman kasvilajin käyttäminen ruokintaseoksissa lisää säilörehun maittavuutta, ja vaikka palkokasvien sulavuus onkin nurmikasveja heikompaa, on niiden syönti-indeksi parempi. (Pennanen 2014, 9.) Syönti-indeksi kuvaa säilörehun suhteellista syöntipotentialia. Siihen vaikuttavat muun muassa säilörehun kuiva-aineen ja kuidun pitoisuus, sekä palkokasvien ja kokoviljasäilörehun osuus. (Artturi.)

Palkokasveja voidaan käyttää sekä karkearehuna että väkirehuna, ja ainakin osittain rypsin tai soijan korvikkeena. Esimerkiksi herneen ja härkäpavun viljely onnistuu Suomenkin olosuhteissa hyvin, ja koska valkuainen on useimmiten rehun kallein komponentti, on niiden viljely yleensä kannattavaa. Lupiini taas on viljelyvarmuudeltaan heikompi, mutta sen matalat tärkkelys- ja öljypitoisuudet tekevät siitä mielenkiintoisen lisän märehittäjien rehuun. Valkuaisrehuista yksi tärkeimmistä on edelleen soijapapu, joka ei Suomen oloissa menesty. Sille onkin tärkeää pyrkiä etsimään kotimaisia vaihtoehtoja. (Rinne 2012.)

Palkokasvit ovat säilönnän kannalta hieman haasteellisia, sillä niillä on suurempi puskurikapasiteetti, eli pH-arvon laskemista estävä kapasiteetti, kuin nurmikasveilla ja viljoilla. Kokoviljasäilörehussa viljan suurempi osuus madaltaa palkokasvien puskurikapasiteettia ja nostaa myös kuiva-ainepitoisuutta, mikä helpottaa säilömistä. Yleensä myös palkokasvikasvustojen kuiva-aine- ja soke-ripitoisuudet ovat matalampia, joka myös omalta osaltaan lisää säilönnän haastellisuutta. (Kuoppala ym. 2014.)

9.1 Härkäpapu

Härkäpapu on erinomainen rehu kasvi muun muassa valkuaispitoisuutensa vuoksi. Härkäpavun pavut sisältävät 240–300 g/kg raakavalkuaista, kun esimerkiksi ohran raakavalkuaispitoisuus on vain 60–160 g/kg. Myös härkäpavun lehdet sisältävät paljon raakavalkuaista, ja ovat hyvin sulavia. Härkäpavun käyttö kokoviljasäilörehuna hyödyntääkin koko kasvin tehokkaasti, eikä vain papuja kuten väkirehuna käytettäessä. (Kuoppala ym. 2014.) Härkäpavun öljypitoisuus on matala, papujen sisältäessä vain noin 10 grammaa öljyä kilossa kuiva-ainetta. Härkäpavun öljykoostumus tekee siitä alttiin pilantumaan, mikäli sitä säilötään murskattuna liian pitkään. (Blair 2011, 150.)

Härkäpapua käytetään nautojen ruokinnassa sekä karkearehuna että väkirehuna. Mikäli sitä syötetään papuina, ne tavallisesti litistetään ja murskataan. Härkäpavun syöttäminen säilörehuna tapah-

tuu useimmiten kokoviljasäilörehuna ja seoksena esimerkiksi nurmisäilörehun kanssa. (Lehtinen 2014.) Väkirehuna käytettävän härkäpavun ruokinnallisia ominaisuuksia on kokeellisesti pyritty parantamaan papujen lämpökäsittelyllä. Käsittelyn onkin todistettu parantavan härkäpavun valkuaisen hyväksikäyttöä. (Blair 2011, 151.)

TAULUKKO 8. Rehujen koostumuksen sekä energia- ja valkuaisarvojen vertailua (LUKE, Rehutaulukot.)

		Härkäpapusr	Nurmisr	Puna-apilasr	Ohrakokoviljasr
Korjuuaika		Normaali	Aikainen/ normaali	Normaali	Normaali
Kuiva-aine	g/kg	200	250	250	350
Raakavalkuainen	g/kg ka	190	160	205	100
Raakarasva	g/kg ka	55	40	45	
Kuitu eli NDF	g/kg ka		580	370	450
Sulamaton kuitu	g/kg ka		67	88	82
Sokeri	g/kg ka		50	40	
ME (muuntoke- poinen energia)	MJ/kg ka	9,1	11,0	10,4	10,7
OIV	g/kg ka	76	84	93	81
PVT	g/kg ka	79	35	71	-22
HVO		0,85	0,85	0,8	0,8
D-arvo	g/kg ka	570	690	650	690

Taulukossa 8 vertaillaan härkäpapusäilörehun, nurmisäilörehun 1. sadon, normaaliin aikaan korjatun puna-apilasäilörehun sekä ohrakokoviljasäilörehun koostumustietoja ja energia- ja valkuaispitoisuuksia. Härkäpapusäilörehun NDF-arvoa ei ole saatavissa LUKEN:n Rehutaulukoista, mutta härkäpavun papujen NDF-pitoisuus on noin 160 g/kg ka. Taulukossa käsitellyistä rehuista härkäpavu ja puna-apila nousevat raakavalkuaisen pitoisuuksissa muiden yläpuolelle. Vaikka härkäpavun raakavalkuaispitoisuus onkin korkea, taulukosta huomaa OIV:n mataluuden muihin rehuihin verrattuna. Härkäpavun valkuainen onkin suurelta osin pötsissä hajoavaa valkuaista. Kuiva-aineissakin on merkittäviä eroja, sillä ne tuovat ruokinnan toteutukseen omat haasteensa. Härkäpapusäilörehu sisältää taulukon rehuista eniten vettä, sillä sen kuiva-aineprosentti on vain 20. Ohrakokoviljasäilörehuun verrattuna härkäpapusäilörehua tulee siis tarjota lehmille lähes kaksinkertainen määrä tuorekiloissa, jotta kuiva-ainemäärät ovat samat. Rehujen muutkin pitoisuudet ovat erilaiset, jolloin niitä ei käytetä täsmälleen samoja määriä.

Härkäpavun kuivattujen papujen D-arvo on yli 800 g/kg ka, mutta säilörehun D-arvo alle 600 g/kg ka. D-arvon lasku johtuu siitä, että vaikka pavut ovat säilörehussa yhtä lailla sulavia kuin erilläänkin, on kasvuston muu osuus huomattavasti huonommin sulavaa. (Lehtinen 2014.) Palkokasvien rehutaulukkoarvot voivat poiketa todellisista arvoista, sillä otanta on oletettavasti kohtalaisen pieni. Taulukon D-arvo voi jäädä tilatasolla tuotetun rehun oikeaa sulavuutta pienemmäksi, sillä oikealla lajikevalinnalla ja kor-

juun ajoituksella voi olla merkittävää vaikutusta rehun laatuun ja etenkin D-arvoon. Taulukon 8 oh-rakokoviljasäilörehun D-arvo on todellista arvoa todennäköisesti korkeampi, mutta sulavuuden olles-sa korkea, on kokoviljasäilörehun kuitupitoisuus matala. Taulukossa 8 esimerkiksi myös ME-arvo saattaa jäädä todellista arvoa matalammaksi.

Koska härkäpavun OIV-arvo on yleisesti ottaen hyvä ja PVT-arvo korkea, osa raakavalkuaisesta menee hukkaan, sillä pötsin mikrobeilla ei ole riittävästi energiaa valkuaisen hyväksikäyttöön. Härkäpavun sisältämä valkuainen on suureksi osaksi pötsissä hajoavaa valkuaista, jolloin sen valkuaisarvo heikkenee. Tämän vuoksi härkäpavun käyttö soveltuu etenkin tilanteeseen, jossa karkearehun valkuaispitoisuus ei ole riittävän korkea. (Lehtinen 2014.) Näin saadaan lisättyä pötsissä hajoavan valkuaisen osuutta karkearehuilla, ja väkirehusta saatava OIV paikkaa kokonaisvalkuaisen tarpeen, lisä-ten samalla ohitusvalkuaista. Härkäpavun kokonaisten papujen purkautuminen pötsissä vähentää valkuaisen pötsihajoamista, ja siten lisää valkuaisen sulavuutta ohutsuolessa. (Puhakka 2012.)

Härkäpavun valkuaispitoisuus on noin 30 %. Valkuaisen hajoavuus eli HVO on härkäpavulla 80 %, kun rypsirouheella se on 65 %, ja soijarouheella 75 %. (Rinne 2012.) Pötsissä hajoavan valkuaisen osuus härkäpavulla on verrattain korkea, ja siten sen valkuaisarvo alenee. Esimerkiksi rypsirouhe sisältää runsaasti OIV-valkuaista, ja sitä käytetäänkin täydentämään säilörehun valkuaista. (Lehtinen 2014.) Härkäpapu, kuten herne sekä lupiini, sisältää vähän metioniini-aminohappoa, joka toimii maksan toiminnan edesauttajana sekä rasvoittumisen hillitsijänä. Härkäpavun metioniini-aminohappopitoisuus on 0,6 g/100 g, kun rypsirouheella sama luku on 1,8. Härkäpapu sisältää myös haitta-aineita. Näistä tanniinit voivat huonontaa rehun sulavuutta yksimahaisilla eläimillä kuten sioil-la, mutta märehitijät ovat pötsimikrobien ansiosta yksimahaisia kestävämpiä. Tanniinit voivat jopa parantaa rehun valkuaisarvoa, sillä ne pienentävät sen pötsihajoavuutta. Tanniinien yleisimpiä haittavaikutuksia ovat heikentynyt kasvu sekä maittavuus, ja vaikutukset valkuaisen ja tärkkelyksen su-lavuuteen. (Rinne 2012.)

1970-luvulla Yhdysvalloissa Ingalls ja McKirby suorittivat ruokintatutkimuksen holstein-rotuisilla lyp-sylehmillä. Koe-eläimille syötettiin yhteensä neljää erilaista väkirehua, joista kaksi sisälsi 17–35 % härkäpapua, ja toiset kaksi esimerkiksi rypsiä, suurempia määriä soijapapua sekä melasseja. Tutki-muksessa tarkasteltiin rehun kuiva-ainesyöntiä, maitomääriä, maidon valkuais- ja rasvapitoisuutta sekä pötsin haihtuvia rasvahappoja. Maidon rasvapitoisuus nousi korkeimmaksi väkirehulla joka si-sälsi 35 % härkäpapua. Sillä saavutettiin 28,7 kg maitotuotos verrattuna muilla rehuilla saavutettui-hin 24,5, 23,3 ja 23,9 kilogrammaan. Tutkimuksen johtopäätöksenä oli se, että härkäpapujen käyttö lypsylehmien ruokinnassa on maidontuotannon kannalta perusteltua. (Blair 2011, 152.)

Vuonna 2002 Brunshwigin ja Lamyn suorittamassa kokeessa tutkittiin väkirehun sisältämän härkä-pavun määrän vaikutusta maidon määrään ja pitoisuuksiin. Tutkimuksessa lypsylehmien päivittäisen härkäpapuannoksen ollessa 3,5 kiloa ei muutosta kontrollirehuihin ollut. Kun härkäpapurin määrä nos-tettiin 4,5 kiloon päivässä, havaittiin maidon valkuaispitoisuuden laskevan. Tutkimuksen suorittajien mukaan tämä johtui maidon korkeammasta ureapitoisuudesta, jonka aiheutti härkäpavun valkuaisen korkea pötsihajoavuus. (Blair 2011, 152.)

Italiassa vuonna 2010 suoritettiin lypsylehmien ruokintatutkimus, jossa osa väkirehun soijapavusta korvattiin härkäpavun pavuilla (Volpelli, Comellini, Masoero, Moschino, Lo Fiego ja Scipioni 2010). Tutkimuksessa suoritettiin kaksi peräkkäistä koetta, joissa käytettiin kontrollirehua jonka soijapapuosuus oli 12 %, ja härkäpapurehua jonka soijapapuosuus oli 7,5 % ja härkäpavun osuus 7,5 %. Vä-kirehu sisälsi lisäksi muun muassa maissia, vehnää, sokerijuurikasta ja suoloja sekä vitamiineja. Karkearehu sisälsi nurmirehua sekä pienen määrän sinimailasheinää. Maidon määrä ja laatu eivät kokeen tuloksena muuttuneet huomattavasti. Suurin muutos maitomäärissä saatiin ensimmäisessä kokeessa, kun kontrollirehulla maitomäärä oli 22,21 kiloa vuorokaudessa, ja härkäpavulla 22,38 kg. Härkäpapu aiheutti kuitenkin maidon ureapitoisuuden hienoisen laskun molemmissa kokeissa, kun soijapapurehulla ureapitoisuus oli 34,6 ja härkäpavulla 32,9. Molemmat pitoisuudet ovat kuitenkin suomalaisen tavoitealueen rajoissa. Myös plasman ureapitoisuus noudatti samaa kaavaa, mutta vain myöhemmässä kokeessa. Tutkimuksen johtopäätös oli se, että väkirehussa härkäpavulla voidaan ainakin osittain korvata soijapapua tuotoksen kärsimättä. (Comellini, Volpelli, Lo Fiego ja Scipioni 2010.)

Vuonna 2014 tehdyn käyttökokeuskyselyn perusteella härkäpavun ottaminen mukaan rehuihin ei ole laskenut maitotuotosta. Rypsirouheen korvaaminen pelkällä härkäpavulla oli kyselyn mukaan jopa nostanut sekä maidon valkuaisen että rasvan pitoisuuksia. Merkittävin hyöty härkäpavusta kyselyn mukaan on kuitenkin se, että teollisten valkuaisrehujen ostomäärä pienenee. Valkuainen on rehun kallein komponentti, joten valkuaiskustannusten pienentäminen voi olla suurikin säästö. Kaikenkaikkiaan kyselyssä saatiin positiivinen kuva härkäpavusta, sekä viljelyn että ruokinnan kannalta. (Lehtinen 2014.)

9.2 Lupiini

Lupiinin käyttö rehuna tapahtuu useimmiten käyttämällä sen valkuaispitoisia siemeniä väkirehuna. Sen käyttö karjan rehuna on saavuttanut laajempaa suosiota etenkin Australiassa. Myös Britanniassa on alettu heräilemään siihen, että tuontisoijaa voitaisiin korvata kotimaisella lupiinilla tai muilla valkuaiskasveilla. Vaikka lupiinit muistuttavat monilta ominaisuuksiltaan muita palkokasveja, on niillä myös eroja. Lupiini eroaa härkäpavusta muun muassa pienemmällä tärkkelyspitoisuudella. Lupiinit sisältävät myös rasvoja, kuten öljyhappoa, sekä helppoliukoisia hiilihydraatteja. Lupiinilla on pieni partikkelikoko, joka lisää kuiva-aineen sulavuutta sekä typen liukenemistä. (Puhakka ym. 2012a). Lupiinin raakavalkuais-, -rasva- ja kuitupitoisuudet ovat härkäpapua korkeammat, kuten taulukosta 9 käy ilmi.

TAULUKKO 9. Lupiinin siemenen, ohran jyvän (64–69 kg/hl) ja rypsipuristeen ravintosisältö (LUKE Rehutaulukot.)

		Lupiinin siemen	Ohran jyvä	Rypsipuriste
Kuiva-aine	g/kg	860	860	910
Raakavalkuainen	g/kg ka	340	115	309
Raakarasva	g/kg ka	51	22	248
Kuitu eli NDF	g/kg ka	250	210	230
Sokeri	g/kg ka	55	20	87
ME (muuntoke- poinen energia)	MJ/kg ka	13,2	13,2	15,6
OIV	g/kg ka	117	96	149
PVT	g/kg ka	171	– 29	106
HVO		0,85	0,8	0,65
D-arvo	g/kg ka	826	821	732

Taulukko 9 erittelee lupiinin siemenen, ohran jyvän sekä kylmäpuristetun rypsipuristeen ravintosisälön. Lupiinin siemen sekä rypsipuriste sisältävät ohraa enemmän raakavalkuaista sekä ohutsuolessa imeytyvää valkuaista. Lupiini sisältää raakavalkuaista jopa enemmän kuin rypsipuriste, mutta OIV-arvo on rypsipuristeella kuitenkin korkeampi. Hajoavan valkuaisen kokonaisuus on lupiinilla korkeampi, mutta valkuainen on suurelta osin pötsissä hajoavaa. Lupiinin siemenen D-arvo on korkea rypsiin verrattuna, ja lupiini onkin kilpailukykyinen teollisen valmisteen kanssa valkuaispitoisena täydennysrehuna.

Lupiinin fosforipitoisuus (6,5) jää huomattavasti alemmas kuin rypsin (9,4). Palkoviljoissa on yleisesti myös vähemmän tärkkelystä kuin viljoissa. Lupiinin rasvahappokoostumus eroaa perinteisistä rehuksista, joten se voi vaikuttaa maidon rasvakoostumukseen. (Kuoppala 2012.) Rasvahapoiltaan lupiini muistuttaa rypsiöljyä, sillä se sisältää runsaasti öljyhappoja. Lupiinin siemenet voivat jalostuksen myötä sisältää raakarasvaa jopa 100 g/kg ka, mutta todellisuudessa rasvapitoisuudet ovat yleensä matalammat. (Puhakka ym. 2012a.)

Lupiinin vaikutuksia maidontuotantoon on tutkittu jonkun verran, mutta tulokset ovat vaihtelevia. Vaihtelevuus saattaa johtua lupiinilajikkeiden suurista eroavaisuuksista, sekä erityyppisistä ruokintatilanteista ja – strategioista. Väkirehuna käytettävän lupiinin on kuitenkin havaittu voivan korvata soija korkeatuottoisen lypsykarjan ruokinnassa. Lupiinilla on tutkimuksissa ollut myös ihmisravitsemuksen kannalta edullisia vaikutuksia. Soijaan verrattuna lupiini on lisännyt maidon öljyhapon pitoisuutta sekä vähentänyt tyydyttyneiden rasvahappojen pitoisuutta. Lupiinin fosforipitoisuus on myös huomattavasti matalampi kuin rypsi-rehuissa, joten lupiinilla on ympäristönkin kannalta positiivisia vaikutuksia. (Puhakka ym. 2012.)

Valkolupiinin käyttö säilörehuna on vähitellen lisääntynyt, mutta härkävavun suosioon se ei ole vielä yltänyt. Lupiinin kasvuston raakavalkuaispitoisuus on 150–240 g/kg ka, eli valkuaispitoisuus voi nousta puna-apilan, herneen sekä härkävavun yläpuolelle, mutta jäädä myös erittäin matalaksi. (Rinne 2012.) Valkolupiinilla on siis raakavalkuaisen osalta potentiaalia nousta käyttöön valkuaispitoisena kokoviljasäilörehuna, mutta viljelyvarmuus ja valkuaispitoisuuden heittely tekevät siitä vielä hieman epävarman suurta suosiota ajatellen.

Lupiinin hajoavan valkuaisen pitoisuus on sekä rypsiä että soijaa korkeampi, soijan HVO:n ollessa 75 % ja valkolupiinin jopa 85 %. Kun hajoavuus on yhtä suuri kuin valkolupiinilla, tapahtuu suuri osa valkuaisen hajoamisesta pötsissä ja aminohappojen muodostuminen ohutsuolessa jää vajaaksi. Lupiinin siementen jauhamisella voidaan kuitenkin hillitä valkuaisen hajoamista pötsissä. Tällöin voidaan ainakin marginaalisesti lisätä ohutsuolessa tapahtuvaa hajoamista. Lupiinilla on härkävavun ja herneen tavoin matala metioniini-aminohappopitoisuus, jolloin metioniini voi rajoittaa maidontuotantoa. (Rinne 2012.)

Lupiinin energiavarastona toimii sen rasva, samoin kuin soijassa. Lupiini sisältää huomattavasti vähemmän tärkkelystä kuin herne tai härkävavu, vain noin 100 g/kg ka. Lupiinin NDF-pitoisuus on kuitenkin suurempi, noin 25 %, kun härkävavun siemenissä NDF-pitoisuus on vain noin 16 %. Lupiinin kuitupitoisuus on siis korkeatuottoiselle lypsylehmälle soveltuva, noin 25–30 %. (Puhakka ym. 2012a.)

Valkolupiini soveltuu Suomen oloissa sinilupiinia paremmin säilörehuksi, sillä valkolupiini ei ehdi tuuleentua. Valkolupiini tuottaa myös suuren määrän biomassaa, jonka valkuaispitoisuus on LUKE:n kokeissa jäänyt 150–190 g/kg ka tasolle. Sinilupiinin raakavalkuaispitoisuus on korkeampi, kasvustossa noin 230 g/kg ka. Sinilupiini onkin soveltuvampi väkirehuksi kuin valkolupiini. (Rinne 2012.)

Lupiinit sisältävät joidenkin muiden palkokasvien tapaan haitta-aineita. Lupiineissa esiintyvät alkaloidit voivat heikentää kasvua ja maittavuutta, sekä aiheuttaa jopa hermostollisia häiriöitä. (Rinne 2012.) Haitta-aineet eivät kuitenkaan ole märehitjoiden ruokinnassa yhtä suuri ongelma kuin yksimahaisten, ja laajemmassa käytössä olevat lupiinilajikkeet ovat haitta-ainepitoisuuksiltaan turvallisia (Puhakka ym. 2012a).

Britanniassa suoritetussa ruokintatutkimuksessa vertailtiin lupiinin ja soijavavun vaikutusta maidon määriin ja pitoisuuksiin. Kokeessa käytettiin keltalupiinia. Kokeessa ei havaittu merkittäviä eroja väkirehujen välillä. Keltalupiini vaikuttaakin hyvältä kotoiselta vaihtoehdolta tuontisoijalle Britanniassa. Pidempiaikaisia tutkimuksia kuitenkin kaivataan pidemmän aikavälin vaikutusten tutkimiseen esimerkiksi terveyden ja hedelmällisyyden saralla. Runsaalla tutkimustoiminnalla pystyttäisiin nopeuttamaan lupiinien käytön yleistymistä maailmanlaajuisesti. (Lupins in Sustainable Agriculture, LISA.)

TAULUKKO 10. Lupiinin siemenien ja soijapavun käyttö väkirehussa (Soya UK 2015.)

Väkirehu	KA-syönti (kg/pv)	EKM	Rasvapitoisuus	Valkuaispitoisuus
100 % lupiini	20,4	28,8	3,8	2,9
75 % lupiini	21,0	30,3	3,7	2,9
25 % soijapapu				
50 % lupiini	20,6	28,6	3,6	2,9
50 % soijapapu				
25 % lupiini	20,8	29,1	3,7	3,0
75 % soijapapu				
100 % soijapapu	19,9	27,5	3,7	3,0

Yllä olevaan taulukkoon 10 on koottu yhdysvaltalaisien, australialaisten sekä brittiläisten kokeiden tuloksia soijapavun ja lupiinin käytöstä lypsykarjan ruokinnassa. Selkeimmät erot löytyvät energia- korjatusta maidosta, jossa parhaat tulokset on saatu väkirehulla, jossa on lupiinia 75 % ja soijapapua vain 25 %. Vaikka maidon rasva- ja valkuaispitoisuudet eivät prosentteina vaikuta yhtä positiivisilta lupiinin kannalta, on karjan päivittäinen tuotos niissäkin lupiinivoittoisella ruokinnalla korkeampi suuremman maitomäärän vuoksi. Lupiinilla näyttää olevan vaikutusta myös kuiva-aineen syöntiin, jossa jälleen paras tulos on saatu lupiinivoittoisella rehulla, ja heikoin pelkällä soijapavulla. Taulukosta voidaan siis päätellä lupiinin olevan vähintäänkin soijapavun veroinen väkirehu lypsykarjalle. (Soya UK 2015.)

9.3 Sinimailanen

Sinimailanen on erinomainen rehu etenkin korkeatuottoisille lypsylehmille, sillä ne pystyvät tehokkaasti käyttämään hyväksi sinimailasen korkeat valkuais- ja kalsiumpitoisuudet sekä korkealaatuisen kuidun. Se on myös maittavaa, ja matalan kuitupitoisuuden vuoksi sinimailasta on mahdollista syödä suhteessa enemmän kuin perinteisiä nurmirehuja. Sinimailasella on myös kohtalaisen korkea TDN-arvo eli Total Digestible Nutrients-arvo, vapaasti käännettynä sulavien ravintoaineiden kokonaisarvo, ja sinimailasen sulavuus pysyy hyvänä pitkälle syksyyn jolloin esimerkiksi laidunkäytössä siitä on verrattain pitkään hyötyä. (Jennings)

Sinimailanen on yksi valkuaispitoisimpia palkokasveja. Esimerkiksi puna-apilaan verrattuna sinimailasesta saa useimmiten suuremman sadon, jonka raakavalkuaispitoisuus on korkeampi. Sinimailasen puolesta puhuu myös se, että hyvin perustettu sinimailasnurmi voi kestää huomattavan paljon pidempään kuin muut monivuotiset nurmet. Sinimailanen on monipuolinen kasvi, jota voidaan käyttää laitumena sekä korjata heinäksi tai säilörehuksi. (Woll 2004, 115.) Esimerkiksi Yhdysvalloissa sinimailassäilörehu kilpailee yleisesti käytetyn maissirehun kanssa hyvin, vaikka sanotaankin, että sinimailasen maku on vahvempi ja epämiellyttävämpi kuin maissilla. Eläimet ovat kuitenkin tottuneet makuun nopeasti. (Woll 2004, 158.)

TAULUKKO 11. Tuoreen sinimailasnurmen, puna-apilanurmen sekä maissikasvuston ravintosisällöt (LUKE, Rehutaulukot.)

Rehu		Sinimailasnurmi	Puna-apila	Maissikasvusto
Korjuuaika		Kukinnan alku	Normaali	Normaali
Kuiva-aine	g/kg	230	180	230
Raakavalkuainen	g/kg ka	190	210	100
Raakarasva	g/kg ka	30	35	22
Kuitu eli NDF	g/kg ka		360	430
Sokeri	g/kg ka			
ME (muuntoke- poinen energia)	MJ/kg ka	9,3	10,6	11
OIV	g/kg ka	84	94	84
PVT	g/kg ka	70	74	-25
HVO		0,8	0,8	0,75
D-arvo	g/kg ka	580	660	688

Taulukossa 11 vertaillaan tuoreiden nurmien sekä maissikasvuston ravintosisältöjä. Sinimailanen sekä puna-apila sisältävät selkeästi enemmän valkuaista kuin maissikasvusto, ja ovat myös hajoavan valkuaisen saralla vahvempia. Maissia käytetään usein joko pelkkinä jyvänä tai säilörehuna, joten tuoreen kasvuston arvot ovat vain viitteellisiä lopulliseen rehuun verrattuna. Maissin valkuaispitoisuus on kuitenkin sinimailaseen ja puna-apilaan verrattuna matala, ja vaatii siksi valkuaislisää rinnalleen.

Pelkkä sinimailasrehu voi olla proteiinipitoisuudeltaan liian korkeaa naudoille, joten sen yhdistäminen esimerkiksi tärkkelyspitoiseen rehuun tasapainottaa ravintoarvoja. Sinimailasen kanssa yhdistettäväksi sopii esimerkiksi timoteinurmi. Sinimailaskarkearehulla voi jopa osittain korvata tiettyjä viljoja, kuten vehnää. Näin voidaan madaltaa väkirehuprosenttia ja lisätä kuiva-aineen syöntiä. (Woll 2004, 115.)

Sinimailanen sopii laidunkasviksi. Sitä käytetään leudommassa ilmastoissa jopa talvisin laitumena, sillä jäätyneenäkin sinimailanen sisältää paljon ravinteita ja on maittavaa. Vaikka sinimailanen menetäisikin vihreän värinsä syksyllä, se ei menetä ravinteitaan niin voimakkaasti, että sen syöttäminen laitumessa ei olisi kannattavaa. Sinimailaslaitumia käytetään paljon myös hätävarana, sillä sinimailasen kuivuuden sietokyky tekee siitä kestävämmän muihin laidunkasveihin verrattuna. (Logsdon 2004, 162.) Sinimailaslaitumia ei kuitenkaan tulisi käyttää liian myöhään syksyllä, sillä mikäli kasvusto syödään liian lyhyeksi, se ei talvehdi. Sinimailasen turpoamista aiheuttavien ominaisuuksien vuoksi laiduntamisen ajankohtaa tulee myös harkita. (Woll 2004, 116.) Sinimailasen kuitukoostumus muuttuu kasvun edetessä, ja sen käyttö laitumena tulisivin ajoittaa aikaisintaan varsinaisen kukinnan vaiheeseen. Kuitukoostumus voi olla haitallisimmillaan aamuisin, joten karjankasvattajat ovat havainneet parhaaksi tavaksi siirtää karja laitumelle vasta sitten, kun aamukaste on haihtunut kasvustosta. (Manitoba.)

Vaikka sinimailanen kestääkin luonnon olosuhteita kohtalaisen pitkälle syksyyn, ei sen korjuuta tule syyttä venyttää. Sinimailasnurmi on parhaimmillaan kukinnan vaiheessa, jolloin sen ravintoarvot sekä kuitupitoisuus ovat optimit karjan ruokintaan. Todella myöhäisessä vaiheessa korjatessa sinimailasen valkuaispitoisuus on laskenut ja kuitupitoisuus on noussut, jolloin myös syönti laskee. Ero ruokintakustannuksissa aikaisen ja myöhäisen korjuun välillä voi nousta jopa tuhansiin euroihin täydennysrehujen sekä maidontuotannon muutosten vuoksi. Kypsempänä korjattua rehua tulisi syödä enemmän, jotta päivittäinen ravintoaineiden tarve saataisiin täyttymään, mutta kuitupitoisuus laskee syöntiä. Tällöin joudutaan korvaamaan karkearehun syönnissä menetettyjä ravintoaineita esimerkiksi vitamiinivalmisteilla ja väkirehuilla. Aikaisen korjuun sinimailanen sisältää runsaasti valkuaisa sekä vähemmän kuitua ja on yleisestikin sulavampaa. Näin ollen päivittäiset karkearehun syöntimäärät voivat olla tuorekiloissa jopa kymmenenkin kiloa suuremmat, samalla väkirehujen ja kaupallisten rehujen määrän laskiessa. (Jennings.)

9.4 Apila, herne ja virna

Nurmipalkokasveista tällä hetkellä yleisin ruokinnassa käytettävä kasvi on apila. Apilaa käytetään usein esimerkiksi laitumena ja heinänurmen kanssa seoksena. Helsingin Yliopiston tuottaman tutkimuksen perusteella todettiin, että korvaamalla tietty osa tai kaikki nurmisäilörehusta puna-apilasäilörehulla, pystyttiin nostamaan tuotettua maitomäärää, alentamaan maidon tyydyttyneitä rasvahappoja sekä lisäämään pötsistä virtaavan valkuaisen määrää. (Vanhatalo 2008.) Puna-apilan voimakas käyttö säilörehussa kuitenkin alentaa maidon rasva- ja valkuaispitoisuuksia. Maidon koostumus rasvahappojen puolesta on ihmisravitsemuksen kannalta parempi kuin pelkällä nurmisäilörehuruokinnalla tuotetun maidon koostumus. Puna-apilalla on korkea kalsiumpitoisuus, jonka vuoksi sitä ei kuitenkaan suositella ummessa oleville lehmille karkearehuksi. Puna-apila voikin osoittautua hankalaksi yhden seoksen ruokinnalla, jolloin umpilehmille ei poikimahalvausriskin vuoksi kannata syöttää samaa rehua kuin muissa tuotosvaiheissa oleville eläimille. Korkeatuottoisen lehmän rehuksi säilörehu, jossa on yli puolet puna-apilaa, sekä rypsiä sisältävä väkirehuannos riittävät tyydyttämään sen kivennäistarpeen lukuun ottamatta hivenaineita. Palkokasvien käyttäminen ruokinnassa kannattaa ottaa huomioon myös kivennäisruokintaa suunnitellessa. (Kuoppala 2012.)

Apilalla on hieman paremmat ravintoarvot kuin perinteisemmällä nurmikasveilla. Suurina määrinä apila voi kuitenkin aiheuttaa puhaltumista, jonka syy on todennäköisesti saponiineissa. Saponiinit aiheuttavat pötsissä vaahtoutumista eristämällä käymisessä syntyviä kaasuja pieniin kupliin, joita lehmä ei pysty röyhtäisemällä poistamaan elimistöstään. (Webster 1997, 153.)

Herneen hyvät ominaisuudet ovat tehneet siitä soijan korvikkeen ilmastoihin, jotka ovat liian kylmiä soijan viljelemiseen. Herneen raakavalkuaispitoisuus on noin 230 g/kg, korkeampi kuin viljoilla. Siksi hennettä pidetäänkin usein pääasiassa valkuaisrehuna. Soijaan verrattuna herneen pötsissä hajomattoman valkuaisen osuus on pienempi. Herneen kalsiumpitoisuus on kohtalaisen matala, mutta fosforipitoisuus korkeahko. Herneen kivennäisaine- ja vitamiinipitoisuudet ovat samantyyppisiä kuin viljoilla. Kuten jotkin muutkin palkokasvit, herne sisältää haitta-aineita. Niiden ei kuitenkaan ole havaittu aiheuttavan vasikoille tai aikuisille naudoille oireita. (Blair 2011, 145–146.)

Karkearehuna käytettäessä hernesäilörehu on raakavalkuaispitoisuudeltaan parempaa kuin nurmisäilörehu tai ohrasäilörehu. Se ei kuitenkaan sisällä riittävästi energiaa valkuaiseen nähden, ja typen hyväksikäyttö jää heikoksi. Hernesäilörehu parantaa kuitenkin viljapohjaiseen säilörehuun verrattuna sulavuutta. Säilörehujen laatuun ja koostumukseen voidaan vahvasti vaikuttaa korjuuajalla, ja jopa kaksi viikkoa myöhästynyt korjuu voi laskea raakavalkuaisuuspitoisuutta ja nostaa tärkkelypitoisuutta huomattavasti. Nurmisäilörehuun verrattuna herne-vehnäsäilörehulla on mahdollista nostaa maitotuotosta jopa 2,6 kiloa, mutta samalla maidon rasvapitoisuudet laskevat. Maidossa on toisaalta enemmän omega3-monityydyttymättömiä rasvahappoja. Maidon rasvakoostumus on siis erilainen, ja ihmiselle suotuisampi. Herne on rehukasvina parhaimmillaan seoksessa, joko viljan tai nurmisäilörehun kanssa. Sillä voidaan vähentää väkirehun tarvetta, ja mahdollisesti lisätä karkearehun syöntiä. Herneen D-arvo on tavallisesti matalampi kuin nurmirehuilla, mutta se on yleensä maittavampaa ja siten lisää syöntiä, joten maitotuotoksen madaltuminen on vähäistä, mikäli sitä esiintyy lainkaan. (Puhakka 2014.)

Viljan korvaamisesta herneellä on saatu hyviä tuloksia. Kuiva-aineen syönti, maitotuotos sekä energiakorjatun maidon määrä ovat kaikki nousseet, kun väkirehuna käytetystä ohra-kauraseoksesta sekä ohra-kaura-melassileikeseoksesta tietty osuus on korvattu eri tavoin käsitellyllä herneellä. Viljoille onkin siis mahdollista löytää vaihtoehtoja, eikä tuloksesta tarvitse tinkiä. Soijan korvaaminen herneellä on myös nostattanut kiinnostusta, ja vuosituhaten vaihteessa tehtyjen tulosten mukaan soijan osittainen korvaaminen herneellä ei ole aiheuttanut eroa syönnissä, maitotuotoksessa tai – koostumuksessa. Vuonna 1995 tehdyssä tutkimuksessa havaittiin kuitenkin tasaisen tuotoksen vaiheessa olevien lehmien maitotuotoksessa 10 % lasku, kun ohra-soijarouhe-rypsirouheseoksesta 25 % korvattiin herneellä. Vuosina 2008 ja 2009 tehdyissä tutkimuksissa on myös saatu ristiriitaista tietoa soijan korvaamisesta herneellä, sillä peräkkäisinä vuosina tehdyt kokeet antoivat erilaiset tulokset. Tutkimusasetelmat olivat periaatteessa samanlaiset, kun molemmissa tutkimuksissa soijarouheesta ja maissista korvattiin 15 % eli noin 4 kiloa herneellä. Ensimmäisessä tutkimuksessa ei havaittu eroa kuiva-aineen syönnissä, maitotuotoksessa tai – koostumuksessa, kun taas myöhemmässä tutkimuksessa herneellä havaittiin olevan negatiivinen vaikutus kaikkiin kolmeen mittariin. Tutkimustulosten vaihtelut voivat johtua esimerkiksi muun ruokinnan koostumuksesta, käytettyjen rehukasvien lajikkeista, määrästä ja muodosta sekä lehmien tuotostasosta ja syönnistä. Herneellä voi kuitenkin käytännössä korvata osan viljasta ilman merkittäviä tappioita. Se voi myös nostaa maitotuotosta. Valkuaislisänä herneellä voi korvata rypsiä tai soijaa noin 15–20 % ilman radikaalia vaikutusta maidontuotantoon tai – koostumukseen. (Puhakka 2014.) Koska herneestä saatavan valkuaisen pötsihajoavuus on suuri, se soveltuu ruokintaan etenkin silloin, kun säilörehun sulavuus on hyvä, mutta valkuainen tarvitsee täydennystä. Herneen lisäämisellä rehustukseen voidaan lisätä pötsimikrobien energian saantia, ja samalla mikrobivalkuaisen muodostusta pötsissä. (Rinne 2012.)

Rehuvirnan valkuaispitoisuus on noin 18–23 %, ja D-arvo noin 63–67. Rehuvirnan lisäyksellä on sonnien ruokinnassa saatu lisättyä syöntiä sekä päiväkasvua, mutta samalla myös ruhon rasvaisuutta. (Agronet, Palkokasvit ruokinnassa.) Rehuvirnalla on saatu sonnien kasvatuksessa parempia tuloksia kuin rypsiällä, lisäämällä kokoviljasäilörehun valkuaispitoisuutta ohran ja rehuvirnan seoksella.

Rehuvirna onkin luonnonmukaisessa tuotannossa vartenotettava vaihtoehto valkuaisruokinnan osalta. (Joki-Tokola, Huuskonen, Huttu ja Kiljala.)

Rehuvirnan soveltuvuudesta karjan ruokintaan on suoritettu joitain tutkimuksia. Australiassa 1996 tehty tutkimus vertasi rehuvirnan ja lupiinin siementen käyttöominaisuuksia lypsykarjan rehuna, ja tutkimuksen johtopäätökseksi muodostui se, että rehuvirna ei ole vaikutuksiltaan yhtä suotuisa kuin lupiini. Maitotuotos laski lupiinilla saadusta 30,3 kilosta 27,7 kiloon. Rasva- sekä valkuaispitoisuudet kuitenkin nousivat, mutta pienemmän maitomäärän vuoksi päivittäiset rasva- ja valkuaisuotokset olivat rehuvirnalla lupiinia matalimmat. (Valentine ja Bartsch, 1996.) Rehuvirnaa ei tässä tutkimuksessa verrattu perinteisempiin väkirehuihin, kuten ohraan, joten sen kilpailukykyä ei voi päätellä ainoastaan näiden tulosten perusteella.

10 AINEISTO JA MENETELMÄT

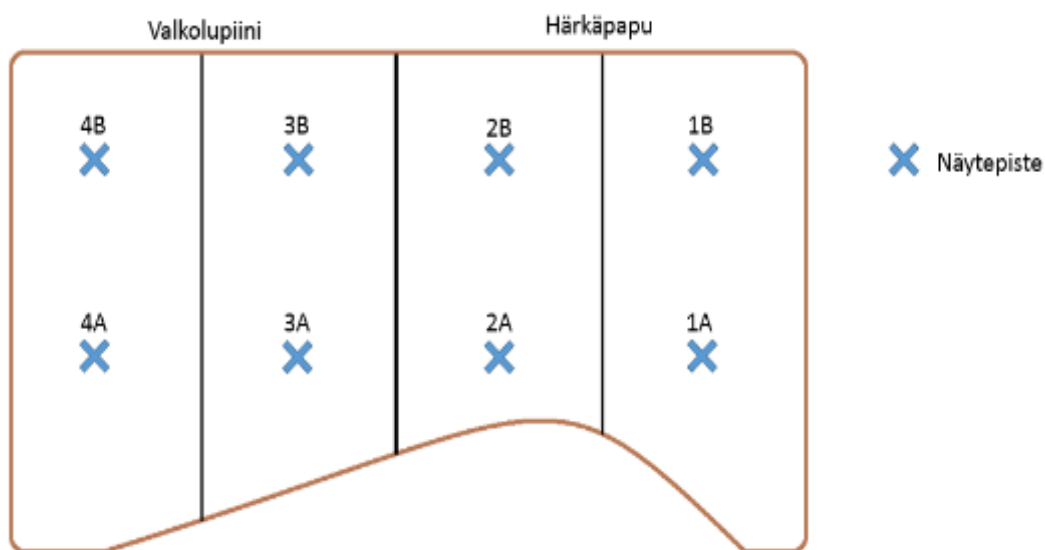
PalkoSavo-hankkeen ruokintakokeen toteutti LUKE Maaninka loppuvuodesta 2014. PalkoSavo-hanke tähtää valkuaisomavaraisuuden kehittämiseen pohjoissavolaisilla karjatilloilla. Ruokintakokeessa tutkittiin härkäpapusäilörehun mahdollisuuksia ostorypsin korvaajana lypsylehmien ruokinnassa. Kokeessa tarkasteltiin härkäpavun vaikutusta rehun kulutukseen, maitotuotokseen sekä maidon pitoisuuksiin nurmisäilörehuihin verrattuna. Kokeessa haluttiin osoittaa, että rypsin sijasta karjan valkuaisarpeen voi täyttää myös härkäpapuseosrehuruokinnan avulla.

Ruokintakokeessa oli tarkoitus tarkastella lisäksi valkolupiinia sekä sinimailasta. Valkolupiinikasvusto kuitenkin kärsi *Colletotrichum*-sienitaudista, jonka myötä myös rikkakasvit pääsivät valtaamaan lupiinilta kasvutilaa ja lopulta kasvusto päätettiin jättää niittämättä. Sinimailasen talvehtiminen epäonnistui, eikä siitäkään saatu satoa.

Ruokintatutkimuksen tulokset analysoitiin LUKE Maaningan asiantuntijoiden toimesta SAS-menetelmällä. Tuloksia tarkastellaan tässä opinnäytetyössä kaavioiden ja taulukoiden avulla havainnollistaen. Kaavioiden sisältöä avataan myös tekstillisesti.

10.1 Kasvuston tarkkailu

PalkoSavo-hankkeen ruokintatutkimuksessa käytettävän kasvuston tarkkailua tehtiin koko kesän 2014 yli Vainikkalan peltolohkolla. Heti versojen ilmestyttyä kesäkuun alussa niitä valokuvattiin ja tarkkailtiin muutaman kerran kuukaudessa. Heinäkuun lopulla aloitettiin pituusmittaukset sekä näyteiden otto ja kuivaus.



KUVA 12. Kasvuston tarkkailupisteet Vainikkalan peltolohkolla (Mikkonen 2014-11-21.)

Kuvassa 12 esitetään näytepisteet. 1- ja 2-kaistat ovat härkäpavun kaksi eri kylvötiheyttä, ja 3- ja 4-kaistat valkolupiinin eri viljelytiheydet. Härkäpavun 1-kaistan kylvömäärä oli 180 kg/ha, ja 2-kaistan

kylvömäärä 230 kg/ha. Valkolupiinin 3-kaistan kylvömäärä oli 190 kg/ha ja 4-kaistan 140 kg/ha. Jokaiselta kaistalta otettiin kahden näytepisteen kohdalta kaksi näytettä 0,25 neliömetrin kehikolla. Leikkuukorkeus oli kehikon laidan mukaan, eli noin 5 senttimetrin korkeudelta. Etenkin valkolupiinin kaistoilla rikkakasvien välttäminen osoittautui haasteelliseksi, sillä muun muassa saunakukka valtasi peltoalaa paljon valkolupiinia tehokkaammin. Jokaiselta näytepisteeltä otettiin myös kolme pituusmittaa korkeuden kehittymisen seuraamiseksi. Pituusmittauksia otettiin myös näytepisteiden välillä noin 20 askeleen välein.

Jokaiselta näytepisteeltä otettiin kaksi kehikollista kasvustoa. Kehikolliset sekoitettiin ja silputtiin, ja jokaisesta näytepisteestä tehtiin kaksi rinnakkaisnäytettä, jotka punnittiin tuoreena ennen kuivatus- ta. Näytteet olivat 60-asteisessa kuivatusuunissa kaksi vuorokautta, jonka jälkeen ne jälleen punnit- tiin. Kuivat näytteet pussitettiin, merkittiin ja talletettiin pahvilaatikoihin.

Valokuvaaminen tapahtui sekä pellolla koko kasvuston kuvaamisena, että yksittäisten kasvien ku- vaamisena. Kuvassa 13 kuvataan härkäpapu- ja valkolupiinikasvuston massan eroa kuvan kautta. Yksittäisistä kasveista otetuista valokuvista haluttiin muodostaa tietynlainen aikajana muutosten ha- vaitsemisen selkeyttämiseksi. Tätä varten kasvustosta otettiin jokaiselta näytepisteeltä muutama näytekasvi kehikon ulkopuolelta. Näytekasveista laskettiin lisäksi lehtihaarojen, kukkien sekä palko- jen lukumäärä ja papujen määrä palkoa kohden. Lehtihaarojen, kukkien sekä palkojen ja papujen määristä laskettiin kullekin näytepäivälle keskiarvo. Näytekasveiksi valittiin jokaiselta näytepisteeltä edustava otos kasveja, sekä rehevämpiä että maltillisemmin kasvaneita yksilöitä. Tällä pyrittiin ta- soittamaan yksittäisistä kasveista johtuvia radikaaleja eroja. Kasvuston yleistä kehitysvaihetta arvioi- tiin näiden havaintojen perusteella.



KUVA 13. Härkäpapakasvustoa kuvattuna valkolupiinikasvuston puolelta (Henell 2014-07-31.)

Kasvuston tarkkailua jatkettiin vielä niiton jälkeen. Härkäpapakasvusto niitettiin 15.8. ja paalattiin 16.8. Näytepisteille jätettiin kasvustoa riittävästi vielä useampaa näytteenotto- ja mittauskertaan varten. Valkolupiinia ei korjattu lainkaan, joten tarkkailu jatkui se osalta samalla tavalla kuin aiemminkin.

10.2 Koeasetelma

Ruokintakoe suoritettiin 27 lypsylehmällä, joista 19 oli holstein-rotuisia ja 8 ayrshire-rotuisia. Keskimääräinen aika poikimisesta oli 74 päivää (+19 päivää). Ensikoita koelehmässä oli yhdeksän ja yli kolme kertaa poikineita seitsemän.

Koeasetelmana oli 3 x 3 latinalainen neliö 9 kertaa toistettuna. Jaksoja oli kolme, joista jokaisen pituus oli kolme viikkoa. Jakson kaksi ensimmäistä viikkoa olivat rehun totutusaikaa, ja näytteet sekä muut tiedot otettiin jakson viimeiseltä viikolta.

Jakso I: 22.9.2014–12.10.2014

Jakso II: 13.10.2014–2.11.2014

Jakso III: 3.11.2014–23.11.2014

Koelehmät aloittivat totutusruokinnan 16.9. Totutusseosrehu sisälsi nurmisäilörehua, härkäpapusäilörehua, ohraa, rypsiä sekä kivennäistä. Totutusseosrehussa härkäpapusäilörehun osuus oli 25 %. Virallisesti koe alkoi 22.9., jolloin koelehmät siirrettiin koeosastoille Insentec-kupeille. Insentec-kupit tunnistavat syömään pyrkivän lehmän ja avaavat portin kupille. Kuppi punnitsee rehun ennen ja jälkeen lehmän käynnin, ja erotus eli lehmän syömä määrä rekisteröidään syöntinä.



KUVA 14. Koelehmä Helle härkäpapusoseosrehulla Insentec-kupin mitatessa lehmän syöntiä (Henell 2014-10-07.)

Kokeessa käytettiin kolmea erilaista seosrehua: yleisseosrehua, rypsitöntä seosrehua sekä härkäpapuseosrehua. Yleisseosrehu sisälsi nurmisäilörehua, ohraa, rypsiä sekä kivennäistä. Rypsitömässä seosrehussa oli vain nurmisäilörehua, ohraa sekä kivennäistä. Härkäpapuseosrehu sisälsi sekä nurmi- että härkäpapusäilörehua, ohraa ja kivennäistä. Kuvassa 14 on härkäpapuseosrehua Insentec-kupissa. Härkäpavun osuus karkearehun kuiva-aineesta oli 75 %. Kaikissa koerehuissa väkirehun osuus oli 40 %, eivätkä koe-eläimet saaneet kioskista lainkaan väkirehua. Yleisseosrehun sekä härkäpapuseosrehun valkuaispitoisuus pyrittiin pitämään samana.

Seosrehujen nurmisäilörehu oli kesän 2014 ensimmäisen niiton laakasäilörehua. Nurmi oli timotei-nurminataseosta, jonka säilöntään käytettiin AIV2plussaa, annostuksena 5 litraa tuoretonnia rehua kohti. Härkäpapu paalattiin kokoviljasäilörehuksi 15.8.2014. Härkäpavun säilömiseen käytettiin samaa säilöntäainetta sekä annostusta kuin nurmisäilörehulla.

TAULUKKO 12. Ruokintakokeen koerehut

	Yleisseosrehu	Härkäpapuseosrehu	Rypsitön seosrehu
Kuiva-aine, g/kg	324	295	324
Väkirehun osuus	0,42	0,41	0,43
Raakavalkuainen, g/kg ka	155	151	140
NDF, g/kg ka	397	347	384
ME, MJ/kg ka	11,7	11,6	11,8
OIV, g/kg ka	92	90,5	87,7
PVT, g/kg ka	15,2	15,3	4,8

Yllä olevassa taulukko 12 on esitelty ruokintakokeessa käytettävät seosrehut ja niiden ravintoarvot. Härkäpapusäilörehu sekä yleisseosrehu olivat raakavalkuaisen osalta lähes toisiaan vastaavat. Härkäpapakokoviljasäilörehulla on siis pystytty saavuttamaan lähes sama raakavalkuais- sekä OIV-taso, kuin yleisseosrehussa käytetyllä rypsilä. Rypsitön seosrehu jäi muista koerehuista heikommaksi raakavalkuaisessa. Myös OIV-taso oli matalampi rypsitömyyden vuoksi. Rypsitön seosrehu on energiapitoisuudessa korkein, mutta erot ovat kaikkien kolmen koerehun välillä erittäin pieniä. Härkäpapuseosrehu erottui hienoisesti kuiva-aineessa muista koerehuista, sillä sen kuiva-aineprosentti oli vain 29,5, kun muiden koerehujen kuiva-ainepitoisuus oli yli 32 %. Erot olivat pieniä. NDF- eli kuitupitoisuudessa härkäpapuseosrehu jää hieman suositusarvoa (35 %) matalemmaksi, muiden koerehujen kuitupitoisuuden ollessa korkeampi. Kokeessa käytetyn yleisseosrehun raakavalkuaispitoisuus on lypsylehmien ruokinnassa keskimääräistä raakavalkuaispitoisuutta matalampi. Keskimääräinen raakavalkuaispitoisuus on noin 170 g/kg ka, kun kokeessa yleisseosrehun raakavalkuaispitoisuus on vain noin 155 g/kg ka. Alla kuvassa 15 härkäpapuseosrehua.



KUVA 15. Korehuna käytettyä härkäpapuseosrehua, josta on erotettavissa auennut härkäpapupalko sekä papuja. (Henell 2014-10-07.)

TAULUKKO 13. Seosrehuissa käytetyt säilörehut

	Nurmisäilörehu	Härkäpapusäilörehu
Keskimääräinen kuiva-aine, %	22,2	20,4
pH	4,01	4,16
Raakavalkuainen, g/kg ka	160	181
NDF, g/kg ka	522	424
Sokeri, g/kg ka	20,4	92,2
Tärkkelys, g/kg ka		90,9
D-arvo, g/kg ka	687	646
ME, MJ/kg ka	11	10,3
OIV, g/kg ka	83,9	88,6
PVT, g/kg ka	28,2	50,9

Taulukko 13 sisältää säilörehujen rehuanalyysiarvot. Härkäpapusäilörehun kuiva-ainepitoisuus jäi matalaksi, joka näkyy edellisen taulukon härkäpapuseosrehun kuiva-aineen mataluudessakin. Nurmisäilörehun raakavalkuaispitoisuus jäi härkäpapusäilörehua heikommaksi, mutta D-arvoltaan se oli korkeampaa. Härkäpapusäilörehu oli saatavilla oleviin rehutaulukkotietoihin verrattuna huomattavasti energiapitoisempaa, sillä ruokintakokeen härkäpapusäilörehun energiapitoisuus oli 10,34 MJ/kg ka, kun LUKE:n Rehutaulukoissa sama arvo on 9,1. Myös D-arvo on Rehutaulukoiden arvoa korkeampi, korehun D-arvon ollessa 646 ja Rehutaulukoiden härkäpapusäilörehun sulavuus vain 570. Nurmisäilörehun OIV-pitoisuus jäi vain hieman härkäpapusäilörehua heikommaksi, mutta sen NDF-arvo on härkäpapuseosrehua korkeampi.

TAULUKKO 14. Seosrehuissa käytetyt väkirehut

	Ohra	Rypsi
Kuiva-aine g/kg	880	880
Raakavalkuainen, g/kg ka	116,7	380,1
Raakarasva, g/kg ka	40,1	53,1
Raakakuitu, g/kg ka	46,3	136,4
ME, MJ/kg ka	13,4	11,5
OIV, g/kg ka	96,4	169,1
PVT, g/kg ka	-27,9	155,1

Taulukossa 14 on eritelty koerehuissa käytettyjen väkirehujen ravintosisältö. Rypsi valkuaisrehuna sisältää ohraa suuremmat pitoisuudet raakavalkuaisessa sekä ohutsuolesta imeytyvässä valkuaisessa. Rypsin ME-arvo on kuitenkin ohraa huomattavasti matalampi.

10.3 Näytteet

Koska kaksi ensimmäistä viikkoa koejaksoilla olivat totuttelua, keruuviikot olivat jaksojen kolmannet eli viimeiset viikot. Keruuviikoilla nurmisäilörehusta, ohraa sekä rypsiä otettiin keruunäyte jokaisena 7 peräkkäisenä päivänä. Härkäpapusäilörehusta näyte otettiin jokaisesta avattavasta paalista. Seosrehuista näytettä ei otettu lainkaan, vaan sekoittamattomista rehukomponenteista. Säilörehuja kerättiin useita kiloja kerrallaan, joista pakastettiin yhden kilon näyte päivittäin, 0,5 kiloa yhtä rinnakkaista kohden. Väki-rehuista otettiin päivittäin 0,5 kilon näyte. Jaksojen loputtua päivänäytteet sekoitettiin, ja sekoitetusta kokonaisnäytteestä otettiin kaksi rinnakkaista 1 kilon näytettä.

Maitonäytteiden otto tapahtui keruuajaksolla kahtena peräkkäisenä päivänä, keskiviikkona ja torstaina. Näytteitä otettiin sekä aamulla, että illalla. Mikäli näytteiden otossa oli ongelmia, ylimääräiset näytteet otettiin kolmantena päivänä. Maitonäytteet laitettiin korvamerkkien mukaan merkittyihin viivakoodipulloihin kuvan 16 mukaisella tavalla.



KUVA 16. Maitonäytteet laitettiin heti lypsämisen jälkeen näytepulloihin (Henell 2014-10-29.)

Maitonäytteet lähetettiin Valion laboratorioon, jossa niistä analysoitiin rasva, laktoosi, valkuainen, maidonsoluluku sekä urea. Säilörehunäytteistä A-näytteet lähetettiin myös Valiolle Artturivakioanalyysiin. B-näytteet lähetettiin LUKE:n Jokioisten kotieläintutkimuksen laboratorioon. Jokioisissa B-näytteistä analysoitiin tuhka, raakavalkuainen, NDF, iNDF, sellulaasiliukoisuus, tärkkelys (vain härkäpavusta), maitohappo, pH, VFA, etanoli sekä ammoniumtyppi. Väkirehunäytteet lähetettiin myös Jokioisiin, jossa niistä analysoitiin tuhka, raakavalkuainen, HCl-rasva sekä raakakuitu.

10.4 Kvantitatiivinen tutkimus

Opinnäytetyön tutkimusosiossa on käytetty kvantitatiivisen eli määrällisen tutkimuksen menetelmää. Kvantitatiivinen tutkimus korostaa syytä ja seurausta. Tutkimuksessa on myös tärkeänä osana numeeriset tulokset ja niiden vertailu sekä tuloksiin perustuvien ilmiöiden selittäminen. Määrällisessä tutkimuksessa voidaan käyttää useita eri analyysimenetelmiä. (Jyväskylän Yliopisto, Määrällinen tutkimus.)

Kvantitatiivisessa tutkimuksessa halutaan kerätä yleistä tietoa. Tavoitteena onkin antaa aineistosta kokonaiskuva sekä siinä muun muassa esiintyvät poikkeamat ja luokittelut. Tutkimuksen kannalta on tärkeää, että esiin saadaan muuttujien merkitys. Tällöin tutkimuksen luotettavuutta ja todenmukaisuutta pystytään arvioimaan paremmin. (Jyväskylän Yliopisto, Määrällinen tutkimus.)

Kvantitatiivisen tutkimuksen keskeisiä piirteitä ovat muun muassa aiemmat teoriat, johtopäätökset aiemmista tutkimuksista, hypoteesien esittäminen sekä käsitteiden määrittely. Tutkimuksessa myös suunnitellaan tarkasti koejärjestelyn ja aineistoin keruun suunnitelmat, jotta aineisto soveltuu määrällisen tutkimuksen tekemiseen. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa käytetään myös paljon taulukkoja, joihin kootaan erilaisia muuttujia. Ylipäätään aineisto pyritään saamaan tilastollisesti käsiteltävään muotoon. Tutkimuksen jälkeen tehdään päätelmiä havaintoaineistoon perustuen ja tuloksia myös testataan tilastollisin keinoin, kuten esimerkiksi p-arvon avulla. (Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara 1997, 140.)

Tutkimusta analysoidessa tulee kertoa, mitkä tulokset ovat tutkimuksen kannalta merkittäviä ja mitkä taas eivät. Jos tulos on tilastollisesti merkitsevä, on vertailuissa tuloksissa ollut eroja. Tilastollisesti merkitsevät erot voivat käytännössä olla kuitenkin hyvin pieniä, eikä niillä välttämättä ole varsinaista merkitystä. Tulokset eivät yksinään kerro mistä erot johtuvat, vaan tutkimuksen tekijän tulee pohtia sitä. (Salonen 2012.)

Tilastollisesta tutkimuksesta saadaan tuloksena p-arvo. P-arvo kertoo virheellisen päätelmän todennäköisyyden merkitsevyytenä. (KvantiMOTV). Mitä pienempi tuloksen p-arvo on, sitä merkitsevämpi se on. Merkitsevän tuloksen rajana käytetään p-arvoa $p=0,05$. Jos p-arvo on esimerkiksi $p=0,4$, ei tulos silloin ole tilastollisesti merkitsevä. P-arvo $p>0,001$ tarkoittaa sitä, että tulos on erittäin merkitsevä. P-arvoa käytetäänkin yleensä silloin, kun halutaan tutkia kahden muuttujan riippuvuutta (Salonen 2012).

10.5 Luotettavuuden arviointi

Tutkimuksessa pitää tarkastella sen luotettavuutta ja pätevyyttä, jotta virheiden syntymiseltä välttäisiin. Tutkimuksen reliabiliudella tarkoitetaan mittaustulosten toistettavuutta ja se voidaan todeta monella eri tapaa. Esimerkiksi jos kaksi tutkijaa saavat samanlaisen tuloksen, on tulos reliabeli. Reliabiliteetti tarkoittaa sitä, että tulokset eivät ole sattumanvaraisia. (Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara 1997, 231.)

Validius tarkoittaa tutkimuksen pätevyyttä, jolloin esimerkiksi tutkimusmenetelmällä kyetään mittaamaan juuri sitä, mitä on tarkoituskin. Tutkimus on validi silloin, kun mittaustulokset osoittavat saadun tiedon olevan vallalla olevan teorian mukaista tai sellaista, jota pystyy parantamaan tai tarkentamaan. Mittaustuloksia verrataan mitattavan ilmiön todelliseen tietoon. (Hiltunen, Tutkimuksen validiteetti.)

PalkoSavo-hankkeen ruokintatutkimuksen suunnittelusta vastasivat LUKE:n asiantuntijat. Tutkimuksen toteutuksesta vastuussa olivat tutkimuspihaton henkilökunta, tutkimusmestareiden johdolla. Kookeeseen valittiin sekä ensikoita että useamman kerran poikineita lehmiä, sekä holstein- että ayrshire-rotuisia. Näin pyrittiin saamaan mahdollisimman laaja ja todenmukainen otos karjasta kookeeseen mukaan.

Ruokintatutkimuksen tavoitteena oli tutkia härkäpapukokoviljasäilörehun mahdollisuuksia toimia os-torypsin korvaajana lypsylehmien ruokinnassa. Lisäksi tarkasteltiin myös härkäpapusäilörehun vaikutuksia maitotuotokseen, maidon pitoisuuksiin sekä rehun kulutukseen nurmisäilörehuun verrattuna. Tutkimuksen validiteetti on hyvä, sillä tulosten perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä nimenomaan edellä mainituista asioista. Maito- ja rehunäytteistä saatuja tuloksia voidaan pitää äärimmäisen luotettavina, sillä analysointi tapahtui laboratorio-olosuhteissa ammattilaisten toimesta. Tutkimuksen tulokset ovat siltä osin erittäin reliabeleja. Maitonäytteiden osalta luotettavuutta voi heikentää se, että maitonäytteiden yksilöinti epäonnistuu. Kokeen näytteenotossa pidettiin maitonäytteiden oikein kirjaamisesta huolta maitonäytepurkkien numeroinnilla (kuva 17) sekä koelehmien listauksella. Epäonnistuneen maitonäytteen otto voitiin tarvittaessa suorittaa virallisten näytopäivien jälkeisenä päivänä, jotta jokaisesta koelehmästä saataisiin varmasti sille kuuluvat näytteet.



KUVA 17. Maitonäytteiden yksilöinnissä käytettiin viivakoodeja sekä korkeihin kirjoitettuja korva-numeroita luotettavuuden säilyttämiseksi (Henell 2014-10-29.)

Ruokintatutkimuksessa oli tarkoitus tutkia myös valkolupiinikokoviljasäilörehua sekä sinimailasrehua. Valkolupiinin huonon kasvun ja rikkakasvi- sekä tautitilanteen, ja sinimailasen talvehtimisen epäonnistumisen vuoksi kummastakaan ei saatu satoa. Mikäli ruokintatutkimukseen olisi saatu myös valkolupiini ja sinimailanen, olisi tutkimuksen validiteetti ollut vieläkin parempi. Lupiinin käytöstä kokoviljasäilörehuna ei ole edes maailmanlaajuisesti tehty useita merkittäviä tutkimuksia, joten kotimainen tutkimus olisi ollut äärimmäisen tarpeellinen edistysaskel. Hankkeessa kuitenkin sopeuduttiin viljelylisiin ongelmiin, ja koe suunniteltiin vain härkäpavulle. Viljelykokemusten perusteella härkäpapu vaikuttikin todennäköisimmältä menestyjältä kolmen koekasvin kesken, ja sillä on potentiaalia kotimaisen valkuaistuotannon parantajana.

Kasvuston tarkkailussa tulosten reliäabeliutta heikensi erityisesti näytekasvien tarkkailutapa. Lehtihaarojen, palkojen seka papujen tarkkailussa luotettavin ja käyttökelpoisin tieto olisi saatu valitsemalla kultakin näytepisteeltä joitakin näytekasveja, jotka olisi merkitty ja joiden tarkkailua olisi tehty koko kesän yli. Satunnaisia näytekasveja valitessa yksittäisten kasvien vaikutus kokonaistulokseen on suuri, ja vaikka määrät onkin laskettu useiden kasvien keskiarvosta, ei kasvuston tarkkailun tuloksia voida siltä osin pitää täysin reliäabeleina. Kasvuston kuiva-ainemäärityksen tulokset taas ovat kuitenkin luotettavia, sillä kasveja kerättiin jokaiselta näytepisteeltä runsaasti, ja niistä kuivattiin kaksi rinnakkaisnäytettä. Kaikista näytteistä muodostettiin näytepäivittäin keskiarvot, jotta keskimääräinen kuiva-ainepitoisuus saataisiin selville, ja yksittäisten kasvien vaikutus tulokseen jäisi mahdollisimman pieneksi.

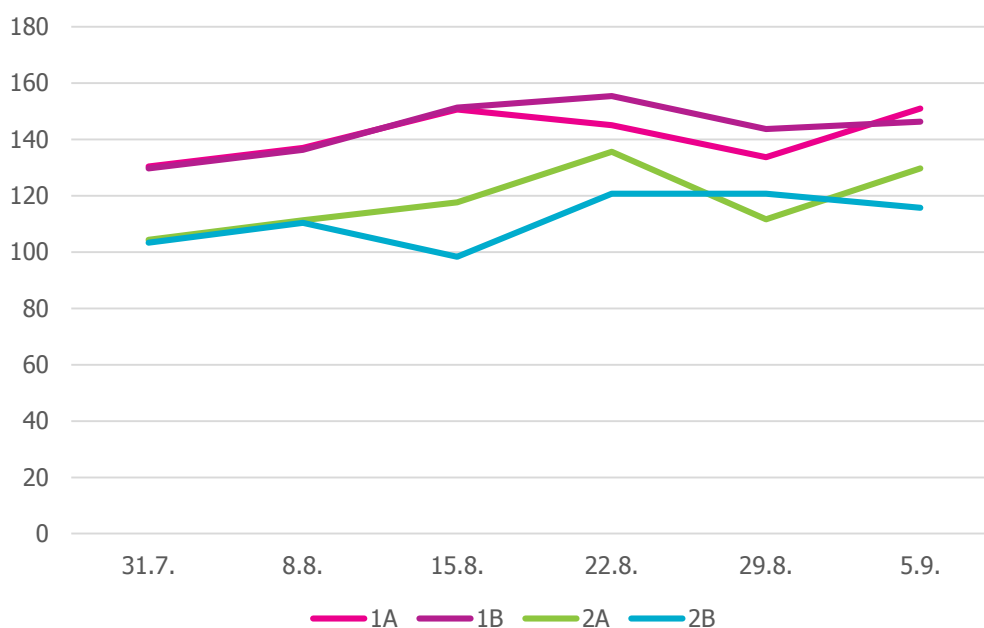


KUVA 18. Valkolupiinin kasvustontarkkailussa jatkuvaksi ongelmaksi muodostuivat rikkakasvit ja niiden välttely (Henell 2014-07-31.)

Kuvasta 18 selviää valkolupiinin rikkakasvitilanne 31.7.2014. Näytepisteillä rikkakasveja oli usein enemmän kuin itse valkolupiinia. Näytepaikkaa jouduttiin rikkakasvuston vuoksi hieman muuttamaan, sillä näytteenotto koettiin turhaksi paikassa, jossa ei valkolupiinia esiintynyt käytännössä lainkaan. Näytteisiin kerättiin vain viljeltävää kasvia. Rikkakasvien keräämistä pyrittiin siis välttämään jo pellolla, ja ennen kuiva-aineen määrittystä näytteestä eroteltiin vielä mahdolliset rikkakasvit. Luotettavuus kuiva-ainemäärityksessä oli siis siinäkin hyvä.

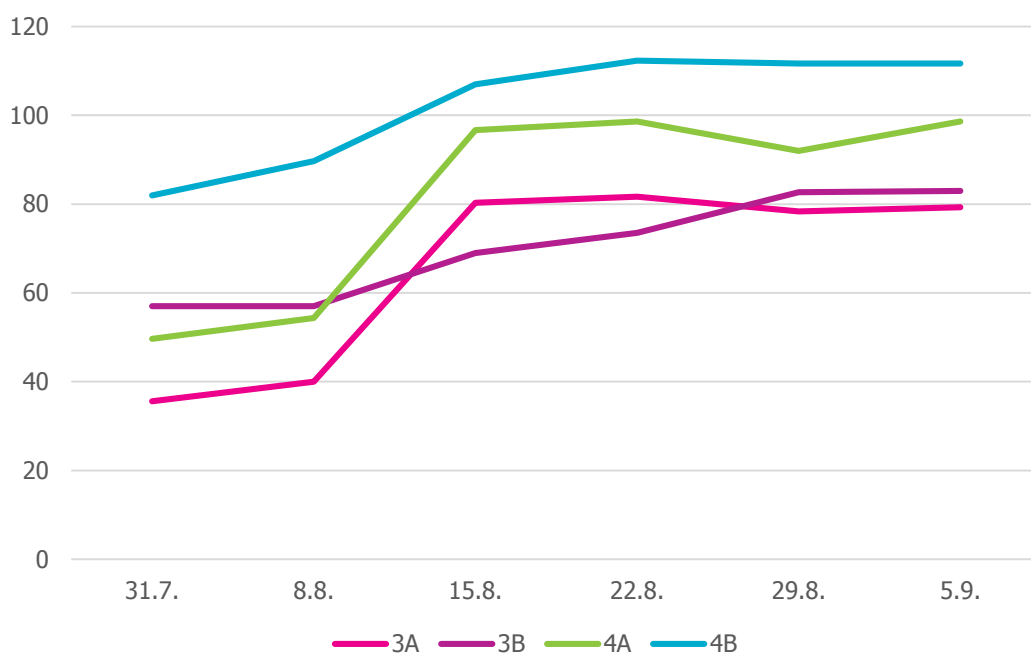
11 TULOKSET

Tuloksissa esittelemme kasvuston tarkkailun tulokset sekä maidon analysoinnista saadut tiedot. Tulosten merkittävyyttä tarkastellaan p-arvon avulla, jolloin tilastollisesti merkitsevä raja on $p=0,05$. Kasvuston tarkkailussa tulosten analysointiin vaikuttaa se, että esimerkiksi lehtihaarojen määrää tarkkailtiin keskimääräisenä lukuna, eikä kasvustosta otettu yksittäisiä näytekasveja. Määrät laskettiin sen sijaan useammasta näytekasvista, jotka kerättiin näytepisteiltä jokaisena näytepäivänä. Näin varsinaista kehitystä ei pystytä seuraamaan, mutta keskimääräisiä lukemia tulkitsamalla voidaan muodostaa kuva sen etenemissuunnasta.



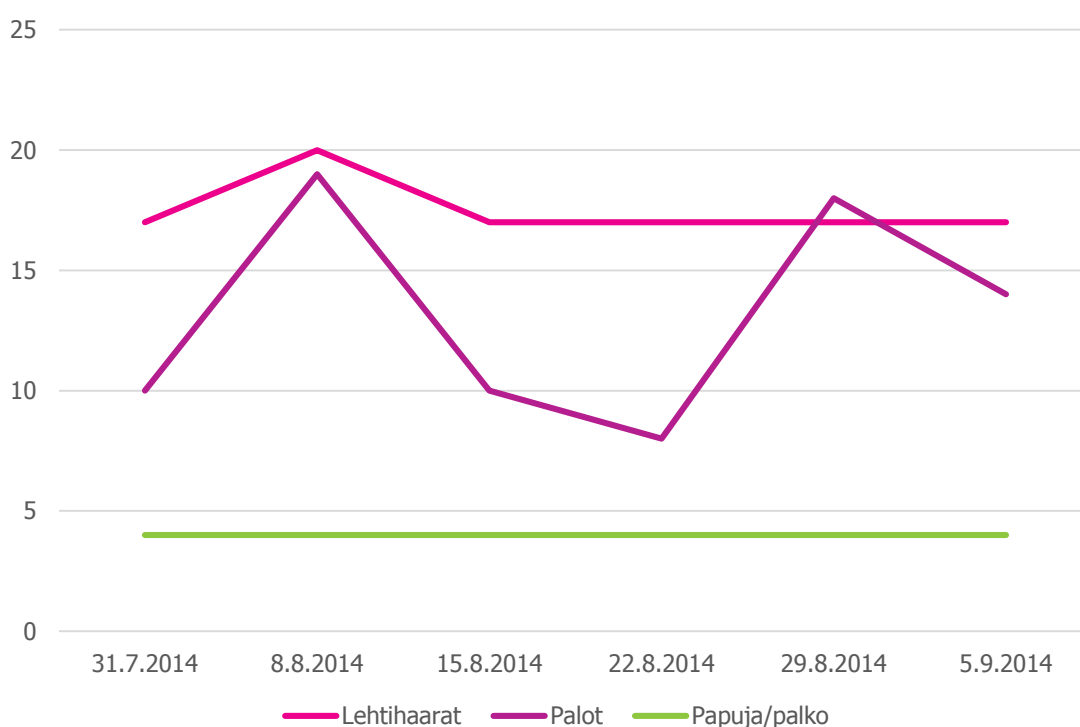
KAAVIO 3. Härkäpavun pituuskasvun keskimääräinen kehitys näytepisteittäin 31.7–5.9.2014

Kaaviossa 3 kuvataan härkäpavun pituuskasvua näytepisteittäin. Kaaviosta ilmenee se, että 1-kaistan pituuskasvu oli kohtalaisen tasaista niittoon, eli 15.8. asti. 2-kaista kasvoi huomattavasti epätasaisemmin, ja kokonaisuudessaan matalampana. Kasvusto oli kuitenkin 2-kaistalla tiheämpää ja runsaampaa, kylvötiheyden muutoksesta johtuen. Niiton jälkeen osa pystyynjätetyistä kasveista lakoontui, ja pidemmälle syksyä kohti mentäessä kasvusto osoitti runsaita kuihtumisen merkkejä. Terveenä ja vahvana aiemmin kasvanut härkäpapu alkoi oireilla myös pienillä, ruskeilla laikuilla sekä lehdistä että varsissa. Kasvusto oli näytepisteillä osittain lakoontunut, ja pystyyn jääneet yksilöt alkoivat syyskuun alkuun mennessä ränsistyä, ja lehdet tummua.



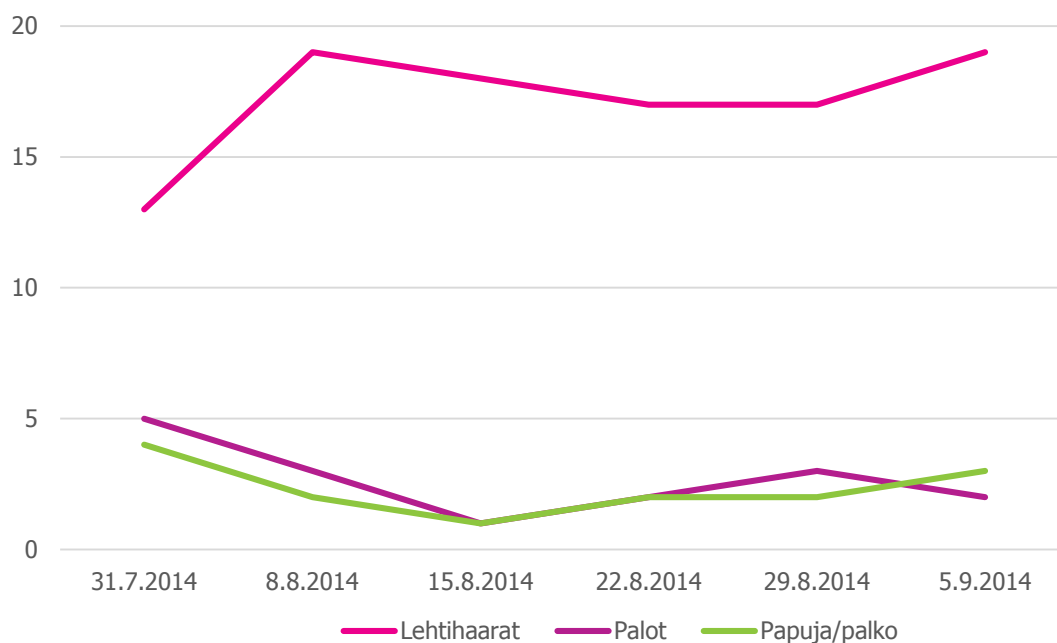
KAAVIO 4. Valkolupiinin pituuskasvun keskimääräinen kehitys näytepisteittäin 31.7–5.9.2014

Kaaviossa 4 esitetään valkolupiinin keskimääräistä pituuskehitystä. Valkolupiinissa erottuu selkeästi vahvimmiten kasvanut kaista, 4-kaista, jossa kylvömäärä hehtaaria kohti oli pienempi. Näytepisteellä 4B valkolupiini kasvoi keskikesän tasaisesti, ja huippukorkeutensa saavutettuaan kesti kohtalaisen hyvin lakoontumatta tai antamatta rikkakasveille liikaa tilaa. Valkolupiinilohkojen B-pää kasvoi kautta kesän paremmin kuin toinen pää, ja rikkakasvien määrä B-näytepisteillä oli huomattavasti pienempi kuin A-pisteillä. Koko valkolupiinikasvusto oli kuitenkin erittäin kitukasvuista, vähäkukkaista ja –palkoista sekä heikkoa.



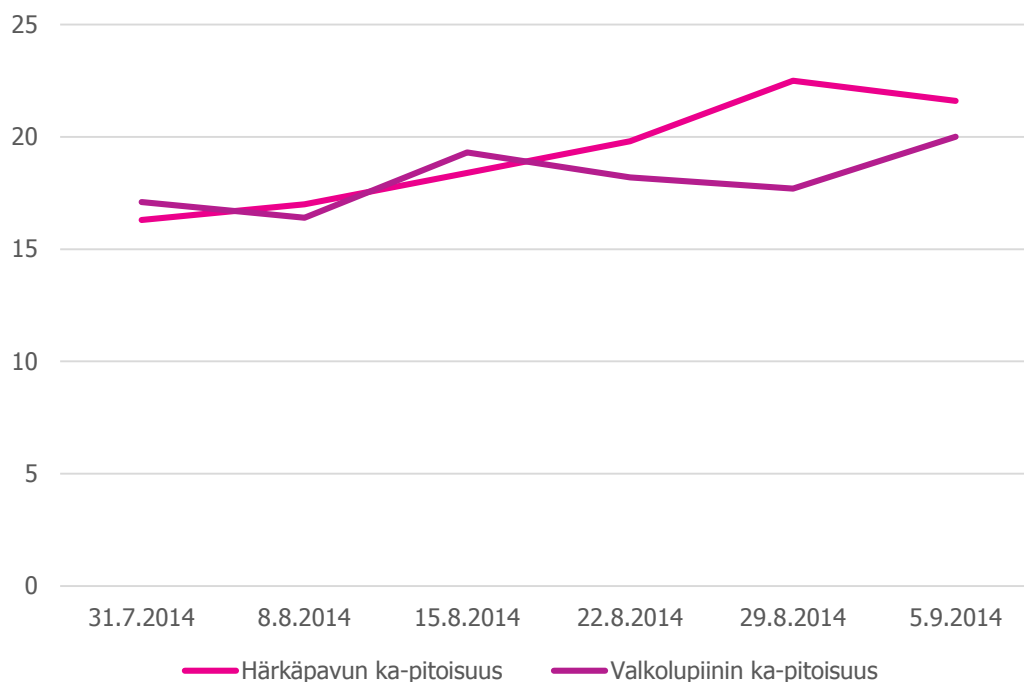
KAAVIO 5. Härkäpavun lehtihaarojen, palkojen sekä papujen keskimääräinen esiintyminen kasveissa

Yllä olevaan kaavioon 5 on yhdistetty härkäpavun lehtihaaroista, paloista sekä pavuista tehdyt havainnot. Heinä- ja elokuun vaihteen aikana lehtihaarojen määrä nousi hienoisesti, jonka jälkeen palasi heinäkuun lopun lukemiin ja pysyi samassa syyskuuhun saakka. Lehtihaarojen, samoin kuin palkojen, määrä ei kasvissa laske syksyä kohti mennessä, vaan määrän pieneneminen johtuu eri kasvien tarkkailusta. Näytepisteiltä pyrittiin valitsemaan edustava otos pisteen kasvustosta, mutta koska tarkkailua ei tehty koko jakson ajan samoista kasveista, tulokset ovat ajoittain epä johdonmukaisia.



KAAVIO 6. Valkolupiinin lehtihaarojen, palkojen sekä papujen keskimääräinen esiintyminen kasveissa

Kaavio 6 esittää valkolupiinin lehtihaarojen, palkojen sekä papujen keskimääräisen esiintymisen näytepisteiden kasvustossa. Valkolupiinin lehtihaarojen määrän voimakkain nousu tapahtui heinä- ja elokuun vaihteessa, jonka jälkeen näytekasvien keskimääräinen lehtihaaramäärä laski hienoisesti. Syyskuun alussa näytekasvien lehtihaarojen määrä oli jälleen nousussa. Elo- ja syyskuun aikana tapahtunut lehtihaarojen määrän lasku ja nousu johtuu kuitenkin näytekasvien vaihtelusta, ja lehtihaaroista voidaankin todeta, että määrä oli elokuun alussa todennäköisesti suurimmillaan.



KAATIO 7. Härkäpavun ja valkolupiinin kuiva-ainepitoisuuden kehitys

Kaaviossa 7 kuvataan härkäpavun ja valkolupiinin kuiva-ainepitoisuuden kehitystä kesän 2014 aikana. Härkäpavun kuiva-ainepitoisuus nousi elokuun loppuun saakka tasaisen vakaasti, mutta syyskuun tullessa kasvusto ränsistyi voimakkaasti ja kuiva-ainepitoisuus vaikuttaa myös heikentyneeltä. Valkolupiinin kuiva-ainepitoisuuden kehitys oli epätasaisempaa, ja elokuun aikana heittelikin.



KUVA 19. Härkäpavun kehitys (Henell ja Mikkonen 2015-04-11.)

Kuvaan 19 on kerätty kesän aikana näytekasveista otetut aikajanakuvat. Heinäkuun alussa otetussa kuvassa härkäpapukasvusto on vielä nuorta eikä kasvuston tarkkailua ole kuvaamista lukuunottamatta aloitettu. Heinäkuun lopulla kasvusto on jo kehittynyt siihen pisteeseen, että sitä kannatti ryhtyä tarkkailemaan ja mittaamaan. Aikajanakuvan härkäpapuyksilön lehtihaarat ovat vielä lyhyitä, lehdet ovat pieniä ja harvassa, eikä palkoja vielä ole. Elokuun alkuun mennessä rehevimmissä kasveissa oli jo runsaasti suuria palkoja, varsi oli paksu ja hieman puumainen katkaistessa sekä lehti-

massa huomattavasti kehittyneempi. Elokuun lopussa suuri osa pystyyn jätettyjen koekaistaleiden kasveista oli lakoontunut, ja pystyssä olevatkin kasvit olivat alkaneet tummua. Syyskuun alkuun mennessä kasvusto oli jo ränsistynyt, alimmat lehtihaarat katkeilleet ja lehdet paikoittain kuivuneet ja rikkoutuneet. Palot eivät vielä ole tummuneet.



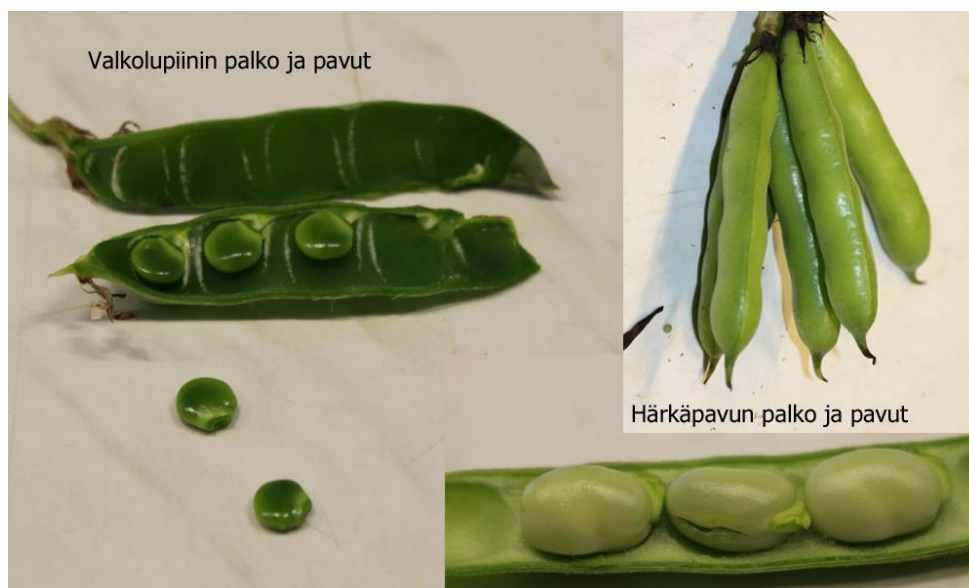
KUVA 20. Valkolupiinin kehitys (Henell ja Mikkonen 2015-04-11.)

Kuvassa 20 esitetään valkolupiinin kehitystä aikasarjana. Heinäkuun alussa valkolupiini oli hyvin hentoa, matalaa ja ohutvartista. Heinäkuun loppuun mennessä paremmin voinut osuus kasvustosta oli jo runsaslehtisempää sekä varreltaan vahvempaa. Elokuun alussa kasvuston pituus kasvoi voimakkaimmin, mutta suurin osa peltolohkon kasveista jäi hyvin heiveröiseksi ja lyhyeksi. Elokuun aikana tervein osa kasvustosta oli kuitenkin kohtalaisen jämäkkää ja runsaslehtistä, vaikkakin lyhyttä ja harvakukkaista. Palkoja esiintyi erittäin harvassa. Syyskuun alkuun mennessä valkolupiini oli ränsistynyt voimakkaasti, rikkakasvien vallattua suuren osan maa-alasta. Lupiiniin iskenyt tauti sai alun perin vahvimmiten kasvaneet kasvitkin lakoontumaan, tummumaan ja kuihtumaan.



KUVA 21. Valkolupiinin taudin määrittystä loppukesästä 2014 (Henell ja Mikkonen 2015-04-15.)

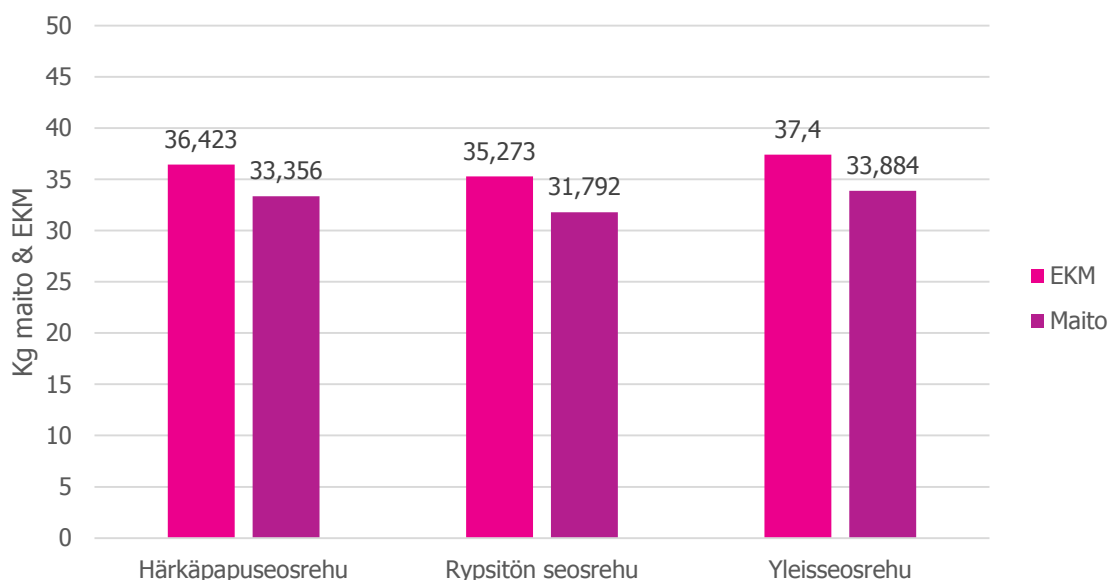
Yllä oleva kuva 21 esittää valkolupiiniin iskeneen sienitaudin tuhoja. Alkukesällä valkolupiinin kasvuunlähtö oli hidasta ja heikkoa, ja rikkakasvit ehtivät vallata alaa lupiinia nopeammin. Kasveissa ensimmäiset näkyvät taudin merkit olivat pieniä ruskeita laikkuja kasvien varsissa. Keskikesällä laikut olivat levinneet lehtiin, ja varsien laikut olivat laajentuneet ja paikoittain ylsivät jopa koko varren ympäri. Suurimpien laikkujen kohdista kasvit taittuivat ja katkesivat. Loppukesällä suuri osa kasvustosta oli taudin heikentämää eli kitukasvuista, matalaa, harvapalkoista ja – kukintoista sekä tummuntutta. Moni yksittäinen kasvi oli vääntyillyt ja käpristynyt, ja kukinnot olivat suurimmaksi osaksi pieniä ja hauraita. Palkoja esiintyi vain kaikkein vahvimmissa kasveissa, ja niissäkin palot olivat pieniä ja sisälsivät harvoin papuja.



KUVA 22. Härkäpavun ja valkolupiinin palko ja papuja 8.8.2014 (Henell 2015-04-11.)

Kuvassa 22 esitetään valkolupiinin sekä härkävavun palkoja ja papuja elokuun alussa, eli hieman ennen härkävavun niittoa. Valkolupiinin palot olivat pieniä, kirkkaanvihreitä sekä härkävavun palkoja mämpiä. Osa paloista käpristyi ja tummui niin voimakkaasti, että niiden avaaminenkin oli mahdollista ilman apuvälineitä. Pavut olivat pieniä ja niitä oli usein vain muutama palossa. Härkävavun palot taas olivat selkeästi pitemmälle kypsyeitä, haaleanvihreitä, suuria ja runsaissa tertuissa kasvavia. Härkävavun pavut olivat vaaleita, kuivahkoja ja runsaslukuisia. Näytekasvien paloista yksikään ei ollut tyhjä, ja harvassa oli neljää vähemmän papuja.

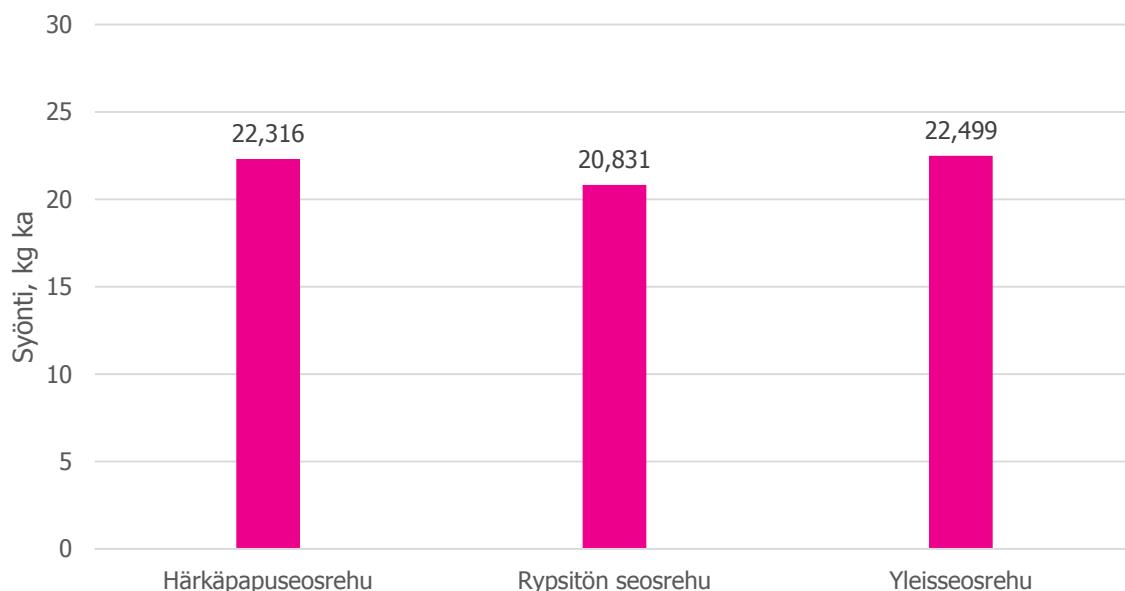
Ruokintakokeen tuloksissa käsitellään kolmea eri seosrehua ja niiden vaikutuksia maidon pitoisuuksiin sekä syöntiin. Tuloksissa esitetään kaavioiden avulla rehujen kuiva-ainesyöntiä, maidon rasva-, urea- ja valkuaispitoisuuksia sekä maitomääriä. Kokeessa käsitellään ainoastaan härkävavuseosrehua, koska muiden koekasvien viljely epäonnistui, eikä niistä saatu satoa.



KAAVIO 8. Maitotuotos ja energiakorjattu maitomäärä

Kaaviossa 8 kuvataan tutkimuksen aikana eri rehujen syötöllä saavutettu maitotuotos. Yleisseosrehulla saatiin energiakorjattuja maitokiloja eniten, 37,4 kg. Härkävavuseosrehulla vastaava luku oli 36,4 kg EKM ja rypsitömällä seosrehulla 35,3 kg EKM. Vertailussa eniten toisistaan erosivat rypsitön seosrehu sekä yleisseosrehu ($p < 0,001$). Härkävavuseosrehun ja rypsitömän seosrehun välillä ero oli vähäisempi ($p = 0,009$), ja yleisseosrehun ja härkävavuseosrehun välillä ero oli huomattavasti pienempi ($p = 0,035$). Yleisseosrehulla saatiin kahta muuta koerehua merkitsevästi paremmat energiakorjatun maidon määrät. Rypsitömällä seosrehulla saatiin myös härkävavuseosrehua merkitsevästi heikompi EKM-määrä.

Yleisseosrehulla saatiin korkein tulos myös maidon osalta. Härkävavuseosrehun maitomäärä ei ollut merkitsevästi yleisseosrehua matalampi ($p = 0,302$), mutta rypsitön seosrehu oli sekä härkävavuseosrehua ($p = 0,001$) että yleisseosrehua ($p < 0,001$) heikompi tuotetussa maitomäärässä.



KAAVIO 9. Rehujen syönti kuiva-ainekiloina

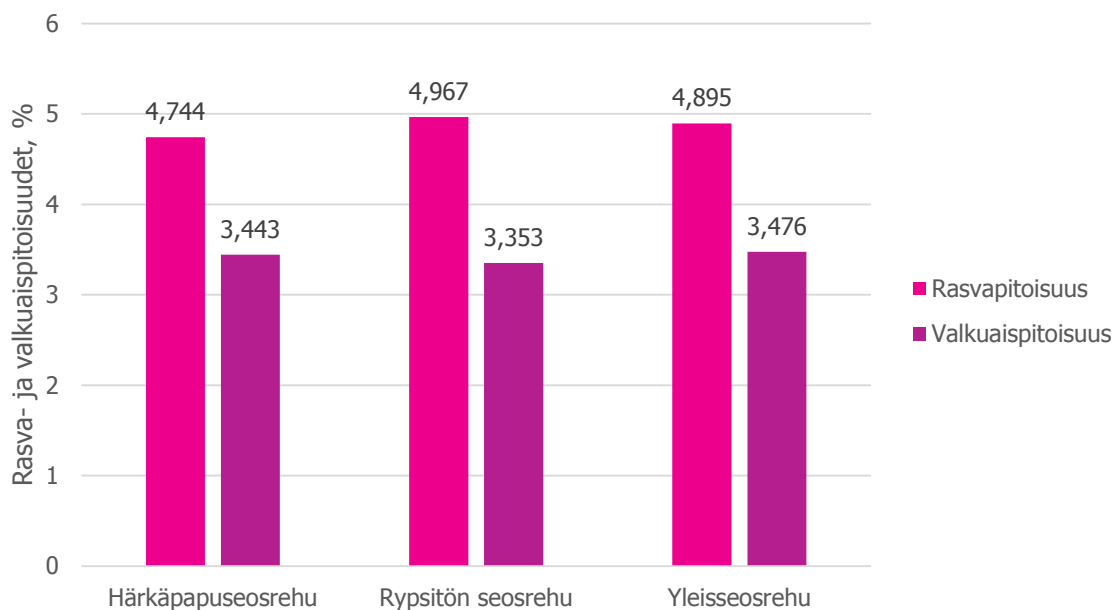
Kaaviossa 9 on esitetty kokeessa käytettyjen rehujen keskimääräinen syönti kuiva-ainekiloina. Keskimäärin härkäpapuseosrehun kuiva-ainesyönti oli 22,3 kilogrammaa ja yleisseosrehulla vain hieman korkeampi, 22,5 kilogrammaa kuiva-ainetta. Rypsitömän seosrehun kuiva-ainesyönti oli hieman matalampi ja jäi keskimäärin 20,8 kilogrammaan. Tulosten perusteella voidaan todeta, että rypsitön seosrehu erosi merkittävästi sekä härkäpapuseosrehusta että yleisseosrehusta ($p < 0,0001$). Härkäpapuseosrehun ja yleisseosrehun välillä ei havaittu tilastollisen arvon kannalta merkitsevää eroa ($p = 0,742$).

TAULUKKO 15. Koelehmien keskimääräiset rehukomponenttien kuiva-ainesyönnit koerehuilla (kg ka/pv)

	Yleisseosrehu	Härkäpapuseosrehu	Rypsitön seosrehu
Nurmisäilörehu	12,9	3,22	12,0
Härkäpapusäilörehu	0,00	9,88	0,00
Ohra	7,95	9,08	8,54
Rypsi	1,28	0,00	0,00
Kivennäinen	0,32	0,14	0,32
Kokonaissyönti kg ka/pv	22,5	22,3	20,8

Taulukossa 15 on eritelty koelehmien keskimääräiset rehukomponenttien kuiva-ainesyönnit eri koerehuilla vuorokautta kohden. Härkäpapu- ja yleisseosrehuruokinnalla karkearehun kuiva-aineen syöntimäärät ovat hyvin lähellä toisiaan, mutta rypsitömällä seosrehuruokinnalla karkearehun kuiva-aineen syönti on hieman matalampi. Ohran kuiva-aineen keskimääräisessä syönnissä härkäpapuseosrehuruokinnassa saavutettiin korkein taso, kun taas yleisseosrehuruokinnalla matalin. Väki-
prosentti pyrittiin kaikkien koerehujen kesken pitämään 40 %, mutta yleisseosrehuruokinnalla väki-

rehuprosentti jäi vain noin 35,3 %. Härkäpapuseosrehuruokinnalla väkirehun osuus seosrehusta oli 40,7 %, ja rypsittömällä seosrehuruokinnalla 41,1 %.

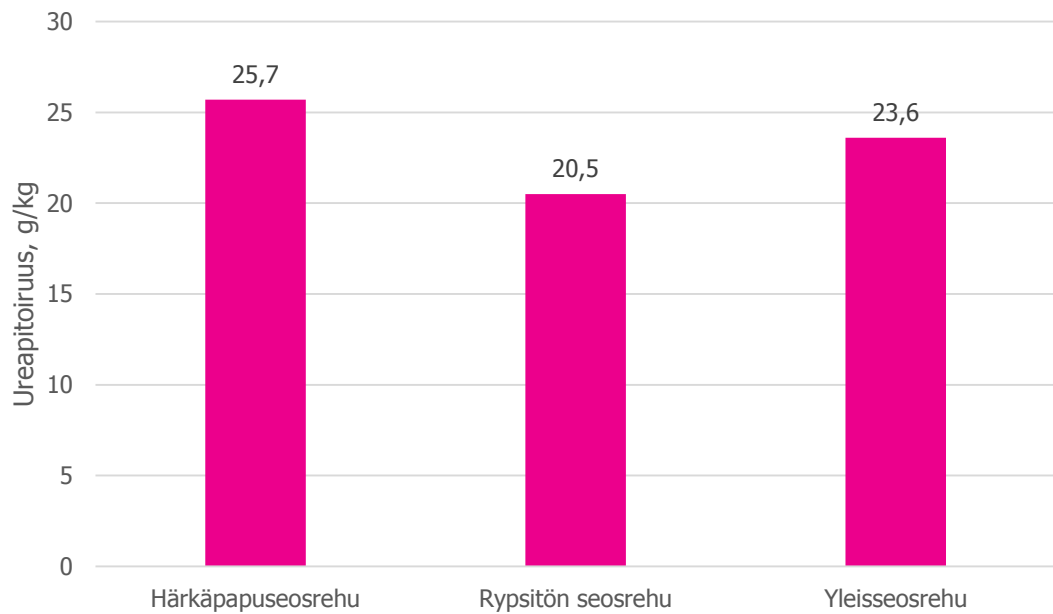


KAAVIO 10. Maidon rasva- ja valkuaispitoisuus prosentteina

Tutkimuksessa tarkasteltiin maidon rasvapitoisuutta eri rehujen käytön yhteydessä. Kaaviosta 10 ilmenee rypsittömän seosrehun ruokinnalla rasvapitoisuuden olleen korkein (4,96 %). Härkäpapuseosrehuruokinnalla rasvapitoisuus oli keskimäärin 4,74 prosenttia ja yleisseosrehuruokinnalla 4,90 prosenttia. Härkäpapuseosrehu erosi sekä yleisseosrehusta ($p=0,099$) että rypsittömästä seosrehusta ($p=0,005$) selkeimmin. Yleisseosrehun ja rypsittömän seosrehun välillä eroa oli vähän ($p=0,497$), eikä ero ole tilastollisesti merkitsevä. P-arvon kannalta merkitsevä ero saavutettiin vain härkäpapuseosrehun ja rypsittömän seosrehun välillä.

Ruokintatutkimuksessa mitattiin myös maidon valkuaispitoisuutta. Härkäpapuseosrehulla ja yleisseosrehulla ruokittaessa valkuaispitoisuus pysytteli 3,4–3,5 prosentissa. Rypsittömällä seosrehulla saatiin keskimääräiseksi valkuaispitoisuudeksi 3,3 prosenttia. Merkitsevää eroa maidon valkuaispitoisuudessa härkäpapuseosrehun ja yleisseosrehun välillä ei ollut ($p=0,401$). Härkäpapuseosrehun ja rypsittömän seosrehun välillä ero oli vähäisempi ($p=0,002$), kuin yleisseosrehun ja rypsittömän seosrehun kesken ($p<0,001$). Rypsittömän seosrehun ruokinnalla saavutettiin tulosten mukaan merkitsevästi heikompi valkuaispitoisuus kuin muilla koerehuilla.

Härkäpapuseosrehu vaikutti nostavan maidon laktoosipitoisuutta. Härkäpapuseosrehulla saavutettiin 4,63 prosentin laktoosipitoisuus. Rypsittömän seosrehun ruokinnalla laktoosipitoisuus oli 4,57 % ja yleisseosrehulla 4,58 %. Rypsittömällä ja yleisellä seosrehulla luvut olivat hyvin lähellä toisiaan, eikä niiden ero ei ollut merkitsevä ($p=0,984$). Härkäpapuseosrehun erot rypsittömään seosrehuun ($p=0,008$) ja yleisseosrehuun ($p=0,014$) verrattuna olivat myös pieniä. Laktoosipitoisuudessa erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.



KAAVIO 11. Maidon ureapitoisuus

Kaaviossa 11 on esitetty ruokintatutkimuksessa saadut maidon ureapitoisuudet eri koerehuilla. Rypsitön seosrehu erosi sekä härkäpapuseosrehusta että yleisseosrehusta merkitsevästi ($p < 0,001$). Myös härkäpapuseosrehu ja yleisseosrehu erosivat toisistaan ($p = 0,005$), mutta ero ei ollut yhtä merkitsevä kuin rypsitöntään seosrehuun verrattuna. Härkäpapuseosrehulla saatu ureapitoisuus oli kuitenkin kumpaakin muuta koerhua merkitsevästi korkeampi.

Muiden analyysien ohella tutkimuksessa saatiin myös maidon solulukujen määrittystulokset. Utareterveyttä kuvaavassa maidon solulukumäärässä ei ollut merkittäviä eroja koeruokintojen välillä. Solulukumäärät voivat helposti vaihdella myös lypsyn aikana tapahtuvien sattumusten vuoksi, eivätkä soluluvut olleet tässä tutkimuksessa merkittävässä osassa.

12 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Saatuja tuloksia tarkasteltiin, ja niiden perusteella vedettiin johtopäätökset. Ruokintatutkimuksessa saadut maidon pitoisuudet olivat Suomen keskimääräisiä tasoja korkeampia. Tämä kuitenkin johtuu todennäköisesti karjan perinnöllisistä ominaisuuksista, eikä ruokintastrategioista ja niiden eroista. Tulokset ovat kuitenkin keskenään vertailukelpoisia, jolloin tutkimuskin on pätevä.

Korkein EKM-tuotos saatiin yleisseosrehulla, jonka tuotoksen ero härkäpapuseosrehuun oli merkittävä. Rypsittömällä seosrehuruokinnalla saatiin merkittävästi huonoin EKM-tuotos. Härkäpapuseosrehulla saatiin lähes sama maitotuotos, kuin tavanomaisella nurmiseosrehulla. Energiakorjatussa maitomäärässä härkäpapuseosrehulla saavutettiin rypsitöntä seosrehua merkittävästi korkeampi tuotos. Rypsittömällä seosrehuruokinnalla saatiin härkäpapuseosrehun lisäksi myös yleisseosrehua merkittävästi heikompi tulos. Härkäpapuseosrehun ja yleisseosrehun välillä ei ollut merkittävää eroa maitomäärien suhteen, mutta pitoisuuksien suhteen härkäpapuseosrehuruokinnalla saadut tulokset olivat hieman matalampia kuin yleisseosrehuruokinnalla saadut tulokset.

Ruokintatutkimuksessa käytetyn härkäpapuseosrehun havaittiin nostavan maidon valkuaispitoisuutta merkittävästi rypsittömään seosrehuun verrattuna. Meijerin hinnoittelussa maidon valkuaispitoisuus perushinnalla on 3,3 % (LUKE, Meijeritilasto). Kaikilla koerehuilla päästiin valkuaispitoisuudessa perushinnan tasolle. Maidon pitoisuuksiin vaikuttavat perinnölliset tekijät. Mikäli maidon pitoisuudet omassa karjassa alenevat verrattuna pitkäaikaisempaan keskiarvoon, voi se kertoa ruokinnallisista häiriöistä. Perinnöllisen tason yläpuolelle maidon pitoisuuksia voi ruokinnalla nostaa vain hyvin rajoitetussa määrin. Rypsittömällä seosrehulla saavutettiin matalin valkuaispitoisuus. Härkäpapuseosrehulla sekä yleisseosrehulla saatujen valkuaispitoisuuksien välinen ero ei ollut merkittävä. Härkäpapuseosrehulla saatiin merkittävästi eroava tulos myös maidon ureapitoisuudessa muihin koerehuihin verrattuna. Ureapitoisuudella voidaan selvittää ruokinnan raakavalukuaispitoisuuden onnistuminen. Ureapitoisuuden tavoitearvot ovat noin 20–40 mg/100 ml (Anttila 2007). Liian korkea ureapitoisuus kertoo turhan voimakkaasta valkuaisruokinnasta. Härkäpapuruokinnalla saavutettiin yli 25 mg/100 ml ureapitoisuus, kun taas muilla koerehuilla pitoisuus jäi hieman matalammaksi. Kaikilla koerehuilla saadut tulokset olivat kuitenkin kelvollisia.

Maidon hinnoittelussa perushintaisen maidon rasvapitoisuus on 4,3 %. (LUKE, Meijeritilasto). Kaikilla koeruokinnoina saatiin tavoiteltavaa rasvapitoisuutta korkeammat pitoisuudet. Matalin rasvapitoisuus saavutettiin härkäpapuseosrehulla, kun taas korkein rasvapitoisuus saatiin rypsittömällä seosrehuruokinnalla. Laktoosipitoisuudessa saavutetut erot eivät olleet koerehujen välillä tilastollisesti merkittäviä. Kokonaisuudessa heikoimman tuloksen tuottaneella rypsittömällä seosrehullakin siis saavutettiin maidon valkuais-, rasva- ja ureapitoisuuksissa kohtalaiset arvot.

Rehun kuiva-aineen syöntikiloissa härkäpapuseosrehun syönti oli samalla tasolla kuin yleisseosrehulla, ja rypsittömällä seosrehulla saavutettu syöntimäärä oli muita koerehuja merkittävästi pienempi. Härkäpapuseosrehu oli tutkimuksen mukaan maittavuudeltaan samaa luokkaa kuin yleisseosrehu. Rypsiroueen ja palkokasvien käyttäminen ruokinnassa lisää karkearehun syöntiä, johon rypsin tuo-

tosta nostava vaikutuskin osittain perustuu. Rypsittömän seosrehun matalimmat syöntimäärät voivatkin selittyä sillä, että seosrehu ei sisältänyt syöntiä lisääviä komponentteja. Kaikilla koerehuilla saavutettiin kuiva-aineen syöntikiloissakin hyvät tulokset.

Härkäpavun papuja väkirehuna käyttäneissä tutkimuksissa on havaittu härkäpavun muun muassa nostavan rasvapitoisuutta sekä maitotuotosta verrattuna rypsiin ja soijapapuun. Härkäpapuväkirehuna on myös havaittu hienoisesti laskevan maidon ureapitoisuutta sekä valkuaispitoisuutta. Kaikenkaikkiaan tutkimuksissa on päädytty siihen tulokseen, että härkäpavulla voidaan ainakin osittain korvata rypsiä tai soijaa. PalkoSavo-hankkeen ruokintakokeessa härkäpapua käytettiin eri muodossa, kokoviljasäilörehuna. Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan kuitenkin muodostaa sama johtopäätös. Härkäpapuseosrehulla on saatu lähes yhtä hyvä tuotos ja tasot kuin nurmisäilörehuun ja rypsiin pohjautuvalla yleisseosrehulla. Härkäpapuseosrehuruokinnalla ja yleisseosrehuruokinnalla saatiin lähes toisiaan vastaavat rasva- sekä valkuaispitoisuudet ja energiakorjatun maidon määrissä rehujen väliset erot olivat myös pieniä. Härkäpapuseosrehu on näiden tulosten perusteella varteenotettava vaihtoehto ostorypsille lypsylehmien ruokinnassa. Kokoviljasäilörehuna härkäpavu voi korkearehuna korvata ostorypsin ainakin osittain ilman merkittäviä tappioita tuotoksessa, maidon pitoisuuksissa ja rehun syöntimäärissä. Vaikka koerehuna käytetyn härkäpapuseosrehun D-arvo oli matalahko, saatiin sillä silti lähes rypsilisää sisältävän yleisseosrehun vertaisia tuloksia.

Vaikka rypsittömällä seosrehullakin saatiin kohtuullisia tuloksia, rypsin poisjättäminen on harvoin taloudellisesti kannattavaa, mikäli valkuaisstarvetta ei täydetä esimerkiksi palkokasveilla. Vaikka valkuainen on kallista, tuotoksen alenemisen aiheuttamat tulonmenetykset nousevat todennäköisesti valkuaiskustannuksia korkeammaksi. Valkuainen onkin tärkeä ravintoaine, eikä sen poisjättämistä kannatakaan pitää varsinaisena ruokintastrategiana.

Härkäpapakasvusto niitettiin 15.8.2014, jolloin sen kuiva-ainepitoisuus oli noin 18,4 %. Esikuivamattoman härkäpapakokoviljakasvuston suositeltava kuiva-ainepitoisuus paalausohjeella on noin 25 %. Kasvusto oli siis korjuutapaan nähden liian märkää. Härkäpapusäilörehun ruokinnalliset ominaisuudet olivat kuitenkin hyvät, joten huonoa korjattu rehu ei ollut. Härkäpapakasvuston korjuu-aikaa myöhäistämällä tai niitetyn kasvuston pidemmällä esikuivatuksella paalattavan rehun kuiva-ainepitoisuutta olisi mahdollisesti pystytty nostamaan. Niiton hetkellä härkäpapakasvuston kuiva-ainepitoisuus oli noin 184 g/kg, ja härkäpapusäilörehun keskimääräinen kuiva-ainepitoisuus 204 g/kg. Rehusta erittyi puristenestettä näiden lukujen sekä silmämääräisten havaintojen perusteella runsaasti. Korjuuajan siirtäminen myöhempään ajankohtaan olisi saattanut pienentää paaleihin kertyvän puristenesteen määrää. Korjuuajan huomattava myöhäistäminen ei kuitenkaan loppujen lopuksi olisi todennäköisesti parantanut rehun kokonaislaatua, sillä härkäpavun ränsistyminen alkoi jo elokuun lopussa. Vaikka korjuuajan myöhäistämällä olisikin saavutettu korkeampi kuiva-ainepitoisuus, olisi kasvusto ollut jo huonokuntoisempaa kuin aiemmin korjatessa. Koska härkäpavu ränsistyy osan raakavalukuaispitoisista lehdistään, ei liian pitkälle syksyyn siirretty korjuu ole rehun laadun kannalta perusteltua. Lehtien osuuden pienentyessä, ja varren osuuden suurentuessa ränsistymisen edetessä rehun ruokinnalliset ominaisuudet heikkenevät. Onkin syytä harkita tarkkaan, panostaako ravintoainepitoisuuksien ja sulavuuden kannalta laadukkaaseen rehuun,

jonka kuiva-ainepitoisuus voi jäädä matalaksi, vai antaako kuiva-ainepitoisuuden nousta loppukesän ajan ravintoarvojen heiketessä.

Kasvuston esikuivatusaika oli noin vuorokausi, jonka aikana kuitenkin satoi. Esikuivatus ei sen vuoksi onnistunut oikein, ja paalattava rehu jäi liian kosteaksi. Härkäpapukasvuston kuiva-ainepitoisuus oli elokuun lopulla hieman alle 23 %. Elokuun lopussa tai syyskuun alussa tapahtuva niitto olisi siis kuiva-ainepitoisuuden perusteella ollut soveliaampi niittoajankohta härkäpavulle. Tällöin myös kasvuston kypsyminen olisi ennättänyt pidemmälle, vaikka vielä syyskuun alussakaan palot eivät olleet varsinaisesti tummuneet. Ruokintakokeessa käytetty Taifun-lajike on Suomen olosuhteissa reheväkasvuinen. Lajikevalinnallakaan ei todennäköisesti olisi pystytty saavuttamaan korkeampaa kuiva-ainepitoisuutta aikaisella korjuuhetkellä. Ruokintatutkimuksen sisältämän viljelyosion perusteella voidaan todeta, että härkäpapu tuottaa hyvää satoa myös III-vyöhykkeellä, jossa härkäpavun viljelyä on aiemmin pidetty jokseenkin epävarmana. Pohjoisemmas ulottuva viljelyalue tekee kotoisen härkäpavun käytön mahdolliseksi huomattavasti laajemmalle karjatilallisten joukolle.



KUVA 23. Härkäpapu niitettynä (Henell 2014-08-15.)

Yllä olevassa kuvassa 23 härkäpapukasvustoa niiton jälkeen. Harmillisesti niiton jälkeisenä yönä karhot kastuivat sadekuuron vuoksi, ja kuivatus jäi puolitiehen. Rehun kuiva-ainepitoisuus oli matala, ja säilörehupaaleihin jäi paljon puristenestettä. Rehun märkyys ei kuitenkaan merkittävästi heikentänyt rehun laatua.

Härkäpavulla, kuten muillakin palkokasveilla, on suurempi puskurikapasiteetti, mikä olisi hyvä ottaa rehun säilönnässä huomioon. Korkea puskurikapasiteetti, etenkin yhdistettynä valkuaispitoiseen rehuun, vaikeuttaa säilöntää. Puskurikapasiteetilla kuvataan kasvien pH:n laskemista estävien osien

määrää. (AIV, AIV-säilöntäprosessi.) Kokeessa käytettiin sekä yleisseosrehulle, että härkäpapuseosrehulle samaa säilöntäainetta saman verran. Härkäpapuseosrehu oli paalattaessa lisäksi märkää, mikä ei säilönnän kannalta ole hyväksi.

Palkokasvien tutkiminen on tulevaisuudessakin tärkeää. Kotimaisen valkuaistuotannon kannalta palkokasvit ovat äärimmäisen tärkeässä asemassa, joten tutkimustuloksia kaivataan. Ulkomaisia tutkimuksia palkokasveilla on suoritettu, mutta suurimmaksi osaksi väkirehuista. Siksi onkin tärkeää tutkia myös palkokasvikarkearehun ruokinnallisia ominaisuuksia. Karkearehun laadun parantamisella pystytään laskemaan väkirehuprosenttia, jolloin ruokintakustannukset voivat laskea, ja liiallisen väkirehun aiheuttamien terveyshaittojen riski madaltuu. Palkokasvit ovat myös hyvä vaihtoehto rypsin ja rapsin tilalle. Palkokasveilla on sekä hyviä ruokinnallisia ominaisuuksia, mutta ne pystyvät myös parantamaan maaperän kuntoa juuriensa avulla.

PalkoSavo-hanke tuottaa tutkimuksen tuloksista ohjeistuksen palkokasvien käyttöön. Näin hankkeen tuottama tieto on helposti saatavilla sitä tarvitseville. Tällä tavalla tutkimuksen hyöty siirtyy myös viljelijöille sekä kotieläintilallisille.

13 PÄÄTÄNTÖ

Kotimaisia palkokasvitutkimuksia on suoritettu aiemminkin, mutta ne ovat keskittyneet pääosin palkokasvien käyttöön väkirehuna. Tutkimukset ovat käsitelleet jo suuremmassa mittakaavassa viljeltäviä hernetä sekä apilaa, mutta myös esimerkiksi härkäpavusta on joitain tutkimuksia. Valkuainen on ostorehuna kallis, ja valkuaisomavaraisuus Suomessa heikko, joten valkuaiskasvien viljelyalan laajentaminen on tällä hetkellä yksi suuria säästöjä tilatasolla tuova tekijä. Kokoviljasäilörehuksi käytettävistä palkoviljoista tehtävälle tutkimukselle onkin siis ollut tarvetta etenkin maidontuotannossa. Ruokintatutkimuksen myötä kotimainen palkokasvien viljely voi siirtyä laajemmille hehtaarialoille, jolloin myös kotoisen valkuaisen tuotanto lisääntyy. Näin voidaan vähentää ostovalkuaisen kuten rypsin ja soijan tuontia maahan, ja tilatasolla säästää valkuaiskustannuksissa. Valkuainen on useimmiten rehun kallein komponentti, joten ostorehulle onkin tärkeää pyrkiä löytämään halvempia, mutta yhtä laadukkaita vaihtoehtoja.

PalkoSavo-hankkeen ruokintakoe suoritettiin loppuvuodesta 2014 LUKE Maaningan tutkimuspihatossa holstein- ja ayrshire-rotuisilla koelehmillä. Tutkimuksessa tarkasteltiin härkäpapuseosrehun, nurmisäilörehusta ja muun muassa rypsistä koostuvan yleisseosrehun sekä rypsittömän seosrehun ruokinnalla saatavia maitomääriä sekä – pitoisuuksia ja rehun kuiva-aineen syöntiä. Hankkeen tutkimukseen kuului myös käytettyjen koeseosrehujen laboratorioanalysointi. Ruokintakokeen johtopäätös on se, että härkäpapuseosrehulla voidaan korvata ainakin osittain ostovalkuaisen käyttöä, ilman merkittäviä muutoksia maidon pitoisuuksissa, maitotuotoksessa tai rehun kuiva-ainesyönnissä. Näiden tulosten sekä olemassa olevan teoretiedon perusteella härkäpavun voidaankin todeta olevan erinomainen rehukasvi sekä viljelykierron monipuolistaja. Härkäpapu on muiden palkokasvien tavoin hyvä lisä nurmirehupainotteiseen rehustukseen valkuaispitoisuutensa sekä maittavuutensa vuoksi. Kotimaisena valkuaisrehuna härkäpapu on runsassatoinen ja sen viljelyvarmuus on hyvä. Härkäpavulla on potentiaalia kotimaisen valkuaisomavaraisuuden parantajana, ja kuten muidenkin palkokasvien, sen viljely tulee tulevaisuudessa toivottavasti lisääntymään.

Opinnäytetyö sai alkunsa agrologiopintoihin kuuluvasta 70 päivän työelämäharjoittelusta, jonka suoritimme LUKE Maaningalla kesällä 2014. LUKE Maaningalla valmisteltiin PalkoSavo-hankkeen ruokintatutkimusta, johon sidoksissa oleva opinnäytetyö oli mahdollista yhdistää työelämäharjoitteluun. Kesän aikana suoritimme kasvuston tarkkailua, joka sisältyi sekä hankkeeseen, että opinnäytetyöhömmme. Saimme olla Maaningalla mukana myös II-jakson maitonäytteiden otossa 29.10.2014.

Opinnäytetyön teossa hankaluuksia nousi esiin etenkin laajuudessa. Palkokasveilla on runsaasti hyviä ominaisuuksia, joiden vuoksi ne ovat erinomaisia rehukasveja. Opinnäytetyön sisältö kuitenkin rajattiin käsittelemään pääosin vain PalkoSavo-hankkeen koekasveja, joten myös teoriaosiossa pyrittiin keskittymään samaisiin kasveihin. Opinnäytetyöhön haluttiin kuitenkin sisällyttää myös jo laajempaa suosiota nauttivat apila sekä herne ja rehuvirna. Palkokasvien käyttö on Suomessa vielä lapsenkengissä, joten lähteistäkin valtaosa on englanninkielistä. Pyrimme kuitenkin saamaan opinnäytetyön mahdollisimman vankasti sitoutumaan nimenomaan kotoiseen viljelyyn ja suomalaisen valku-

aisomavaraisuuden parantamiseen. Palkokasvien viljelyä ja käyttöä lisäämällä voitaisiin nopeasti ja tuotoksesta tinkimättä nostaa valkuaisomavaraisuutta radikaalisti, ja samalla säästää etenkin ulkomaisen valkuaisen ostokuluissa. Vähentämällä tuontivalkuaisen tarvetta voidaan samalla myös pienentää karjatalouden ympäristökuormitusta minimoimalla ulkomaisen rehun kuljetuksessa ja käsittelyssä syntyviä päästöjä.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

AALTOJEN ALLA. Ravinnekierrot. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-03-11]. http://www.aaltojenalla.fi/cgi-bin/bsbw/search.cgi?loc=1&3=31&lang=fin&file=Yleispiirteet&mark=&tm=universal_1&tm_d=content_1&menu=menu1

AGRI ANALYSIS. Feed and Forage Terminology from Agri Analysis, Inc. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-03-10]. Saatavissa: <http://www.agrianalysis.com/feed-and-forage-terminology.shtml>

AGRIMARKET. Härkäpapu – Kontu. [verkkosivu]. [Viitattu 2014-12-09]. Saatavissa: http://www.agrimarket.fi/Maatalous_ja_Elaimet/Kasvuohjelmat/Valkuaiskasvit/?iLaID=1000002

AGRONET. Härkäpapu. [verkkosivu]. [Viitattu 2014-11-11]. Saatavissa: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/agronet/luomu/peltoviljely/viljelyohjeita/Valkuaisrehukasvit/H%C3%A4rk%C3%A4papu>

AGRONET. Mailaset. [verkkosivu]. [Viitattu 2014-12-09]. Saatavissa: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/agronet/Harmaa%20-%20Tietoa%20nurmikasveista/7F2E29137E2BBF02E040A8C0033C67B7>

AGRONET. Palkokasvit ruokinnassa. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-01-24]. Saatavissa: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/agronet/luomu/kotielaintuotanto/palkokasvit>

AIV. AIV-säilöntäprosessi. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-04-24]. Saatavissa: <http://aiv.fi/aiv-sailontaprosessi>

AIV. Säilörehun laadun merkitys. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-03-12]. Saatavissa: <http://www.aiv.fi/sailorehun-laadun-merkitys>

AHVENNIEMI, Paavo 2012. Ajankohtaisia kasvinsuojeluohjeita. Kasvinsuojeluseura ry. Hämeenlinna: Kariston kirjapaino Oy.

ALAKUKKU, L., JAAKKOLA, A., KARI, M., KLEEMOLA, J., MÄNTYLÄHTI, V., PARTANEN, E., PELTONEN, J., PUUSTINEN, M., SAVELA, P., SIPILÄINEN, T., TAURIAINEN, S., ja YLIHALLA, M. 2009. Ravinteet kasvintuotannossa. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

ANISZEWSKI, Tadeusz 1985. Lupiini viljelykasvina. Maatalouden tutkimuskeskuksen tiedote 21/85. Jokioinen 1985.

ANTTILA, Päivi 2007. Maidon valkuaispitoisuuteen vaikuttavia ruokinnallisia tekijöitä keskiuomalaisilla maidontuotantotiloilla. Opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu. Maaseutuelinkeinojen kou-

lutusohjelma. [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2014-1-15]. Saatavilla:

http://portal.hamk.fi/portal/page/portal/HAMKJulkisetDokumentit/Koulutus/Koulutusohjelmat/maaseutuuelinkeinot/Portletit/Maaseutuuelinkeinojen_kon_portletit/Opinn%C3%A4ytety%C3%B6_Anttila.pdf

ARTTURI. Säilörehun syönti-indeksi. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-01-29]. Saatavilla:

https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/Artturikirjasto_old/Laskurit/Syontiindeksilaskuri

BACK, Anu 2010. Pötsin toimintaa tasapainottavat vapaankaupan valmisteet; sisällön ja tehokkuuden arviointia pötsihäiriöiden hoidossa ja ennaltaehkäisyssä. Helsingin Yliopisto. Eläinlääketieteellinen tiedekunta. [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2014-1-14]. Saatavilla:

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/17286/Lisensiaattity%C3%B6_F6%20Anu%20Back.pdf?sequence=1

BLAIR, Robert 2011. Nutrition and Feeding of Organic Cattle. Cambridge, Massachusetts. Cabi.

BOLLER, Beat, POSSELT, Ulrich K. ja VERONESI, Fabio 2010. Fodder Crops and Amenity Grasses. Handbook of Plant Breeding. USA: Springer Science+Business Media.

BOWEN, R 2009. Nutrien Absorption and Utilization in Ruminants. Colorado State University. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-04-24]. Saatavilla:

http://arbl.cvmb.colostate.edu/hbooks/pathphys/digestion/herbivores/rum_absorb.html

COMELLINI, M., VOLPELLI, L., A., LO FIEGO, D., P. ja SCIPIONI, R. 2010. Faba beans (*Vicia faba*) in dairy cow diet: effect on milk production and quality. Italian Journal of Animal Science. [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2015-04-05]. Saatavissa:

<http://www.aspajournal.it/index.php/ijas/article/viewFile/ijas.2009.s2.396/453>

EMERY, Kathleen. Hold the starch, pass the digestible forage. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-01-29].

Saatavilla: <http://www.progressivedairy.com/dairy-basics/feed-a-nutrition/4505-hold-the-starch-pass-the-digestible-forage>

FAO. Feed requirements for dairy cows. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-03-22]. Saatavilla:

<http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Publicat/PUB6/P620.htm>

GRANHOLM, Gilbert 2009. Salaperäiset syanot. Yliopisto-lehti 3/2009. [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2015-01-15]. Saatavissa: <http://yliopisto-lehti.helsinki.fi/?article=4939>

HIETANEN, Vesa 2010. Härkäpavun (*Vicia faba*) viljely. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. [opinnäytetyö]. [Viitattu 2015-01-15]. Saatavissa:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/10799/Hietanen_Vesa.pdf?sequence=1

HILTUNEN, Leena. Validiteetti ja reliabiliteetti. Jyväskylän yliopisto. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-03-22]. Saatavilla: http://www.mit.jyu.fi/ope/kurssit/Graduryhma/PDFt/validius_ ja_reliabiliteetti.pdf

HIRSJÄRVI, Sirkka, REMES, Pirkko ja SAJAVAARA, Paula 1997. Tutki ja kirjoita. Tammi.

HUUSKONEN, Arto 2010. Lihanaudan ruokinnan perusteet, ruokinnasuunnittelussa huomioitavat asiat. Maitoa ja naudanlihaa Keski-Suomesta-hanke. [verkkoraportti]. [Viitattu 2015-03-22]- Saatavissa:

http://hinkalo.fi/kurssit/pluginfile.php/521/mod_resource/content/0/lihanaudan_ruokinnan_perusteet.pdf

HUUSKONEN, Arto 2011. Ruokintasuositukset uudistuvat – Mikä muuttuu lihanautatilalla? [verkkoraportti]. [Viitattu 2015-03-10]. Saatavissa:

<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/esittely/toimipaikat/ruukki/Tietopankki/Naudanlihantuotanto/Kuopio%2019.1arto.pdf>

HUUSKONEN, Arto 2012. Nautatilojen rehukasvivalikoima laajemmaksi? [verkkoraportti]. [Viitattu 2014-11-11]- Saatavissa: <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti77.pdf>

HYTYIÄINEN, Teija, HEDMAN-PARTANEN, Riitta ja HILTUNEN, Sari 1999. Kasvintuotanto 2. 2. painos. Rauma: Kirjapaino Oy West Point.

HYTYIÄINEN, Teija ja HILTUNEN, Sari 1992. Kasvintuotanto 1. 5. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

JAAKKOLA, S., NYHOLM, L. ja KORHONEN, M. 2013. Sinimailanen lypsylehmien ruokinnassa.

ProAgria. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-03-10]. Saatavilla:

https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/sinimailanen_lypsylehman_ruokinnassa_pro_agria_05092013_1.pdf

JANČÍK, F., HOMOLKA, P., ČERMÁK, B. ja LÁD, F. 2008. Determination of indigestible neutral detergent fibre contents of grasses and its prediction from chemical composition. Institute of Animal Science. Faculty of Agriculture, University of South Bohemia in Czech Republic. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-04-24]. Saatavilla: <http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/00901.pdf>

JENNINGS, John. Alfalfa for Dairy Cattle. University of Arkansas, Division of Agriculture. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-03-23]. Saatavilla: <http://www.uaex.edu/publications/pdf/FSA-4000.pdf>

JOKI-TOKOLA, E., HUUSKONEN, A., HUTTU S. ja KILJALA J. Rehuvirna lihanautojen kokoviljasäilörehuruokinnassa. Maa- ja Elintarviketalouden Tutkimuslaitos. Ruukki. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-01-24]. Saatavilla: <http://www.smts.fi/MTP%20julkaisu%202002/poste/kr23joki.pdf>

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO. Määrällinen tutkimus. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-03-26]. Saatavissa: <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/maarallinen-tutkimus>

K-MAATALOUS 2015. Live sinimailanen. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-04-06]. Saatavissa: <http://www.k-maatalous.fi/tuotteet/kasvinviljely/siemenet/nurmikasvit/Sivut/31a5b2a0c.aspx>

K-MAATALOUS 2015. Pondus sinimailanen. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-04-06]. Saatavissa: <http://www.k-maatalous.fi/tuotteet/kasvinviljely/siemenet/nurmikasvit/Sivut/3b1d75b54.aspx>

KAJAVA, Sari ja PALMIO, Annu 2014. Lypsylehmän kuidun tarve. Kestävä Karjatalous-hanke. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-04-04]. Saatavilla: http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/485482/Kuidun_tarve.pdf?sequence=1

KASVINSUOJELUSEURA. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-01-23]. Saatavissa: Haitallisimmat kasvitaudit. <http://www.kasvinsuojeluseura.fi/Tasapainoinen/03Nurmikasvientasapainoinenkasvinsuojelu/tabid/2070/topic/Haitallisimmat+kasvitaudit/Default.aspx>

KETOMÄKI, Ville 2010. Rehulupiinit viljelykasveina. [opinnäytetyö]. [Viitattu 2014-11-11]. Saatavissa: http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/23368/Ketomaki_Ville.pdf?sequence=1

KORHONEN, Mikko 2004. Lypsylehmien aminohappojen saanti säilörehuruokinnalla. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-03-10]. Saatavilla: <http://www.smts.fi/MTP%20julkaisu%202004/esi04/ma02.pdf>

KULKAS, Laura 2013. Ruokinta ja lehmien terveys: ravinteet. Maito ja Me 2/2013. [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2015-03-26]. Saatavissa: http://issuu.com/maitojame/docs/maitojame2_2013/44

KUOPPALA, Kaisa 2012. Palkokasvipitoinen karkearehu lehmien ruokinnassa. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2014-12-20]. Saatavilla: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/Tietosiilo/Rehutietoutta/Naudat/Palkokasvit%20karkearehuna_KaisaKuoppala_%202012.pdf

KUOPPALA, Kaisa, RINNE, Marketta, LÖTJÖNEN, Timo ja HUUSKONEN Arto 2014. Palkokasveja sisältävien kokoviljasäilörehujen rehuarvon tarkentaminen ruokinnan optimoimiseksi. Julkaisussa: Huuskonen, Arto (toim.) Edistystä luomutuotantoon – Loppuraportti. MTT [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-04-25]. Saatavissa: <http://www.mtt.fi/mtrraportti/pdf/mtrraportti175.pdf>

KURKI, Päivi 2014. Luomuvalkuaisen tuotanto. Luomuinstituutti. [verkkodokumentti]. [Viitattu 2015-04-06]. Saatavissa: http://luomuinstituutti.fi/wp-content/uploads/sites/2/2014/02/Luomuvalkuaisen_tuotanto_PaiviKurki_18022014.pdf

KVANTIMOTV. Hypoteesien testaus. Kvantitatiivisten menetelmien tietovaranto. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-04-21]. Saatavissa: <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/hypoteesi/testaus.html>

LEHTINEN, Susanna. Härkäpavun viljely ja käyttö lypsylehmien ruokinnassa. Hämeen ammattikorkeakoulu HAMK. Luonnonvara- ja ympäristöala. Opinnäytetyö. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-01-22.]. Saatavilla:

http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/70698/lehtinen_susanna.pdf?sequence=1

LESTINEN, Tuomas. Nurmipalkokasvien käyttö nautakarjatilalla. Jyväskylän Ammattikorkeakoulu. Maitoa ja naudanlihaa Keski-Suomesta-koulutushanke. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-03-12]. Saatavilla: https://www.jamk.fi/globalassets/tutkimus-ja-kehitys--research-and-development/tki-projektien-lohkot-ja-tiedostot/maitoa-ja-jauhelihaa/materiaalit/38304_nurmipalkokasvien_kaytto_nautakarjatilalla.pdf

LOGSDON, Gene 2004. All Flesh is Grass. Ohio: Swallow Press/Ohio University Press

LUKE 2010. Meijeritilasto. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-03-26]. Saatavissa:

http://www.maataloustilastot.fi/laatuseloste-meijeritilasto_fi-0

LUKE. Märehtijöiden valkuaisarvot. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-1-14]. Saatavilla:

https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/Tietoa_palvelusta1/Paivitys_2010_Muutokset/Marehtijoiden_valkuaisarvot

LUKE. Rehutaulukot. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-03-11]. Saatavissa:

<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/Rehutaulukot/marehtijat>

LUOMUSA. Ympärysohjeita. [verkkosivu]. [Viitattu 2014-11-11]. Saatavissa:

<http://www.luomusa.fi/drupal/?q=node/19>

LUPINS IN SUSTAINABLE AGRICULTURE, LISA. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-04-05]. Saatavissa:

[http://www.lupins.ifers.aber.ac.uk/Documents/LISA%20Handout%20\[Dairy\]%20Final.pdf](http://www.lupins.ifers.aber.ac.uk/Documents/LISA%20Handout%20[Dairy]%20Final.pdf)

MAA- JA METSÄTALOUSMINISTERIÖ 2011. Maa- ja metsätalousministeriön ilmastonmuutokseen sopeutumisen toimintaohjelma 2011 – 2015. Huoltovarmuutta, kestävää kilpailukykyä ja riskinhallintaa. [verkkodokumentti]. [Viitattu 2015-3-14]. Saatavissa:

http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/muutjulkaisut/5yZhPxNpC/MMM_n_ilmastonmuutoksen_sopeutumisen_toimintaohjelma.pdf

MAATALOUSTILASTOT. Viljelykasvien sato vuonna 2013. [excel-tilukko]. [Viitattu 2014-11-11].

Saatavissa: <http://www.maataloustilastot.fi/satotilasto>

- MAITOHYGIENIALIITTO. Laatuhinnoitteluluokitus. Maidon jakaantuminen laatuhinnoitteluluokkiin. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-03-26]. Saatavissa:
<http://www.maitohygienialiitto.fi/tilastot/laatuhinnoitteluluokitus/36-maidon-jakaantuminen-luokkiin>
- MANITOBA. Prevention of Pasture Bloat in Cattle Grazing Alfalfa. Manitoba Agriculture, Food and Rural Development. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-03-23]. Saatavissa:
<http://www.gov.mb.ca/agriculture/livestock/production/beef/prevention-of-pasture-bloat-in-cattle-grazing-alfalfa.html>
- MCDONALD, P., EDWARDS, R. A., GREENHALGH, J. F. D. ja MORGAN, C. A. 2002. Animal Nutrition. Sixth Edition. Essex: Pearson Education Limited.
- NATURCOM OY. Härkäpapu. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-04-22]. Saatavissa:
<http://www.naturcom.fi/tuotteet/harkapapu.php>
- NURMI, Leena. Kodin Pellervo. [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2015-06-16]. Saatavissa:
http://www.pellervo.fi/kodinpellervo/kp9_10/kp9_103.htm
- NYKÄNEN, Arja. Palkokasvit yksi- ja monivuotisissa säilörehunurmissa. [verkkodokumentti]. [Viitattu 2015-04-23]. Saatavissa:
http://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/lutune_palkokasvinurmiviljely_s.pdf
- NYKÄNEN, Arja 2012. Typpi- ja valkuaisomavaraisuuden lisääminen palkokasveja tehokkaasti hyödyntämällä. MoniPalko-hankkeen loppuraportti. [verkkodokumentti]. [Viitattu 2015-04-04]. Saatavissa: <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti59.pdf>
- NYKÄNEN, Arja 2013. Typen kierto ja palkokasvit ilmastoystävällisinä ruoan, rehun, lannoituksen ja energian tuottajina. [verkkodokumentti]. [Viitattu 2015-3-14]. Saatavissa:
http://www.ilmase.fi/site/wp-content/uploads/2013/11/Nykanen_ilmase14012014.pdf
- NYKÄNEN, Arja, HANNUKKALA, Asko, RINNE, Marketta ja SALO, Tapio 2010. Palkokasvit nurmitilan kierrossa. Maataloustieteenpäivät 2010. [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2014-12-09]. Saatavissa:
<http://www.smts.fi/jul2010/esite2010/043.pdf>
- PELTONEN, Sari 2011. Valkuaisrehujen tuotannon edellytykset. Valkuaisrehujen tuotanto ja käyttö. Tieto tuottamaan. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.
- PENN STATE EXTENSION. Nutrition and Feeding. Penn State, College of Agricultural Sciences. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-03-24]. Saatavissa:
<http://extension.psu.edu/animals/dairy/nutrition/nutrition-and-feeding>

PENNANEN, Anne-Maria 2014. Härkäpapu, herne, virna ja lupiini säilörehussa. Savonia-ammattikorkeakoulu. Luonnonvara- ja ympäristöala. Opinnäytetyö. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-01-24.]. Saatavilla: http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/77814/Pennanen_Anne-Maria.pdf?sequence=1

POIJÄRVI, Ilmari 1928. Minkä tähden ja miten paljon lehmät tarvitsevat valkuaisaineita? Teoksessa Karjalous, Karjanomistajain ammattilehti 1928.

POND, W., CHURCH, C., POND, R. ja Schoknecht, P. 2005a. Basic Animal Nutrition and Feeding. 5. painos. USA, Penssylvania: Matrix Publishing.

POND, W., CHURCH, C., POND, R. ja Schoknecht, P. 2005b. Basic Animal Nutrition And Feeding. Appendix. 5. painos. USA, Penssylvania: Matrix Publishing.

PROAGRIA. Herneen viljely luomualkuaisrehuksi. [verkkosivu]. [Viitattu 2014-11-11]. Saatavilla: <https://www.proagria.fi/sisalto/herneen-viljely-luomualkuaisrehuksi-1823>

PUHAKKA, Laura 2014. Hernekö Suomen maissi? ProAgria Maitovalmennus. Helsingin Yliopisto. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-01-24.]. Saatavilla: http://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/herneko-suomen_maissi_laurapuhakka.pdf

PUHAKKA, Laura, JAAKKOLA, Seija ja VANHATALO, Aila 2012a. Palkoviljat nautojen ruokinnassa. Maataloustieteiden päivät 2012. [verkkodokumentti]. [Viitattu 2015-01-29]. Saatavissa: http://www.smts.fi/Valkuaisomavaraisuus/Puhakka_Palkoviljat%20nautojen%20ruokinnassa.pdf

PUHAKKA, Laura., JYRINKI, Satu ja VANHATALO, Aila 2012b. Palkoviljojen haitta-aineet ja niiden merkitys kotieläinten ruokinnassa. Maataloustieteiden päivät 2012. [verkkodokumentti]. [Viitattu 2015-01-15]. Saatavissa: http://www.smts.fi/Valkuaisomavaraisuus/Puhakka_Palkoviljojen%20haitta-aineet.pdf

PYÖRÄLÄ, Satu ja TIIHONEN, Tiina 2005. Typpimetabolia ja sen häiriöt. Nautojen sairaudet 2005. Helsingin Yliopisto. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2014-1-15]. Saatavilla: http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/ela/sarjat/oppimateriaalia/6/08_typpimetabolia_ja_sen_hairiot.pdf

RANTAKAULIO, Timo 2007. Härkäpavun perinteisestä viljelystä Etelä-Karjalassa. Maatiainen-lehti 4/2007. [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2015-01-15]. Saatavissa: <http://maatiainen.fi/tekstit/harkapapu.htm>

RAISIO. Käsikirja naudan ruokintaan. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-03-12]. Saatavissa: <http://www.virtuaali.info/opetusmaatilat/27/file/Nautakasikirja.pdf>

RAISIOAGRO. Urea. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-1-14]. Saatavilla: <http://www.raisioagro.com/urea1>

RAJALA, Jukka 2013. Lypsylehmien ja nuorkarjan ruokintaa kotoisilla rehuilla Virossa. Luomutietopankki Luomi.fi. [verkkosivusto]. [Viitattu 2015-1-16]. Saatavilla:

<http://luomu.fi/tietopankki/lypsylehmien-ja-nuorkarjan-ruokintaa-kotoisilla-rehuilla-virossa/>

RAVINNEHUHTOUTUMIEN HALLINTA (RAHA) 2012. Monivuotiset viherlannoitusnurmet viljelykierrossa. [verkkootikkeli]. [Viitattu 2014-12-11].

RINNE, Marketta 2009. Maissin käytön mahdollisuuden rehuna. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-1-29]. Saatavilla:

<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/Artturikirjasto/Esitelmadiasarjat/6228EE9ED345D9C3E040A8C0033C4210>

RINNE, Marketta 2012. Monipuolinen kotovarainen ruokinta palkokasveja nurmissa, kokoviljasäilörehussa ja väkirehussa hyödyntäen. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-1-14]. Saatavilla:

<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/Artturikirjasto/Esitelmadiasarjat/8383A871D709318EE040A8C0023C2AB7>

RINNE, Marketta ja NOUSIAINEN, Juha 2011. Valkuaisrehut märehittäjän ruokinnassa: Lypsylehmä. Teoksessa: Valkuaisrehujen tuotanto ja käyttö. Tieto tuottamaan. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

RUOKATIETO. Lyhyt kasvukausi. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-04-16]. Saatavissa:

<http://www.ruokatieto.fi/ruokakasvatus/ruokaketju-ruuan-matka-pelloilta-poytaan/luonto/ilmasto/lyhyt-kasvukausi>

SALONEN, Jaakko 2012. Mikä on p-arvo ja miten sitä mitataan. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-4-4]. Saatavissa: <http://blite.iki.fi/artikkelit/p-arvo/>

SEPPÄNEN, Mervi (toim.) 2008. Peltokasvien tuotanto. Opetushallitus. Vammalan Kirjapaino Oy.

SIPILÄ, Anna 2006. Biologinen typensidonta. [verkkootikkeli]. [Viitattu 2014-11-11]. Saatavissa: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/nurmiyhdistys/Nurmitieto/sisallysluettelo/5D35795A9E59A2D0E040A8C0023C6A94>

SMITH THOMAS, Heather 2005. Getting started with beef and dairy cattle. Massachusetts: Storey Publishing.

SOYA UK 2015. Lupin Feeding & Utilization. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-04-05]. Saatavissa:

<http://www.soya-uk.com/SoyaUKseeds/lupinfeedingutilisation.php>

SUVILEHTO, Martti 2014. Lypsylehmän tunnusruokinnan vaikutus tuotokseen ja elopainon kehitykseen. Opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu. Luonnonvara- ja ympäristöala. Iisalmi. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-1-16]. Saatavilla:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/79910/Suvilehto_Martti.pdf.pdf?sequence=1

TAURIAINEN, Susanna 2004a. Rikki. MTT. Nurmitieto. [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2015-01-28]. Saatavissa:

<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/nurmiyhdistys/Nurmitieto/sisallysluettelo/5D34E268789C1A11E040A8C0033C3DB1>

TAURIAINEN, Susanna 2004b. Magnesium. MTT. Nurmitieto. [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2015-01-28]. Saatavissa:

<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/nurmiyhdistys/Nurmitieto/sisallysluettelo/5D34DE17AC444001E040A8C0023C4E0F>

TIETEEN TERMIPANKKI. Minimitekijä. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-01-15]. Saatavissa:

<http://tieteentermipankki.fi/wiki/Biologia:niukkuustekij%C3%A4>

TIIHONEN, Heidi. MCT1-, MCT4- ja CD147 – proteiinit kehittyvässä kilin pötsissä. Lisensiaatin tutkielma. Helsingin yliopisto. Eläinlääketieteellinen tiedekunta. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-03-24]. Saatavissa:

<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/29331/TutkielmaTiihonen.pdf?sequence=1>

TILASTOKESKUS 2014. Viljelykasvien sato vuonna 2013. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-01-15]. Saatavissa:

http://www.vyr.fi/www/fi/liitetiedostot/tuotanto_ja_viljelytietoa/viljely_ja_satotilastot/satotilastot/Satotilasto_lopullinen_2014.pdf

TOHTORI.FI 2014. Lääketieteen sanasto. Hypertrofia & hyperplasia. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-02-07]. Saatavissa: <http://www.tohtori.fi/?page=0185265&letter=h>

UNIVERSITY OF FLORIDA 2013. Seedcorn Maggot. The Institute of Food and Agricultural Sciences. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-01-15]. Saatavissa:

http://entnemdept.ufl.edu/creatures/FIELD/CORN/seedcorn_maggot.htm

UOMALA, Pertti 1986. Maatilan typpihuolto – biologisen typensidonnan, typpilannoitteiden ja karjanlannan hyväksikäytön tehostaminen. Suomen itsenäisyyden juhluvuoden 1967 rahasto. Helsinki: Kyriiri Oy.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. White Lupine. [verkkosivu]. [Viitattu 2014-11-11]. Saatavissa: http://plants.usda.gov/plantguide/pdf/pg_lual22.pdf

- VALENTINE, S., C. ja BARTSCH, B., D. 1996. Common vetch grain As Protein Supplement For Dairy Cows. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-04-05]. Saatavilla: <http://www.livestocklibrary.com.au/bitstream/handle/1234/8828/Valentine96a.PDF?sequence=1>
- VALIO ARTTURI. Rehuarvot. [verkkosivu]. [Viitattu 2015-1-14]. Saatavilla: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/Rehuanalyysi/Rehuanalyysin_tulkinta_marehtijat/Rehuarvot
- VANHATALO, Aila 2008. Apilan ja muiden palkokasvien soveltuvuus ruokintaan. Palkokasvien mahdollisuus korvata rypsiä valkuaislähteenä. Helsingin Yliopisto. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2014-12-20]. Saatavilla: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/Artturikirjasto/Esitelmadiasarjat/6228EE7F06D361BCE040A8C0033C4212>
- VILJA-ALAN YHTEISTYÖRYHMÄ 2013. OMAVARA-seminaarissa asiaa valkuaiskasvien viljelystä ja valkuaisomavaraisuudesta. [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2015-01-15]. Saatavissa: http://vyr.fi/www/fi/index.php?we_objectID=301
- VILJAVUUSPALVELU. Kotieläintilan analyysit (lantanäyte, rehunäyte). [verkkosivu]. [Viitattu 2015-4-24]. Saatavilla: <http://viljavuuspalvelu.fi/fi/maatalous/kotielain>
- VOLPELLI, L., A., COMELLINI, M., MASOERO, F., MOSCHINO, M., LO FIEGO, D., P. ja SCIPIONI, R. 2010. Faba beans (*Vicia faba*) in dairy cow diet: effect on milk production and quality. Italian Journal of Animal Science. [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2015-04-05]. Saatavissa: <http://www.aspajournal.it/index.php/ijas/article/view/ijas.2010.e27/1289>
- WALLENIUS, Jarmo 2008. Ilmastonmuutos saa kasvitkin stressaamaan. Turun Sanomat 19.8.2008. [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2015-3-14]. Saatavissa: <http://www.ts.fi/teemat/luonto/1074301220/Ilmastonmuutos+saa+kasvitkin+stressaamaan>
- WEBSTER, John 1993. Understanding the dairy cow. Second Edition. Oxford: Blackwell Science Ltd
- WEISS, Bill ja FIRKINS, Jeff. Silages as starch sources for cows. Mid-South Ruminant Nutrition Conference. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-01-29]. Saatavilla: <http://txanc.org/wp-content/uploads/2011/08/Weiss-manuscript-final-2007.pdf>
- WOLL, F. W. 2004. Traditional Feeding of Farm Animals. Connecticut: The Lyons Press.