



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 26/2024

Varmuutta ja varautumista pohjoisen rehuntuotantoon muuttuvassa ilmastossa

Rehuvara

Katariina Manni ja Arto Huuskonen (toim.)

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 26/2024

Varmuutta ja varautumista pohjoisen rehuntuotantoon muuttuvassa ilmastossa

Rehuvara

Katariina Manni ja Arto Huuskonen (toim.)



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

Viittausohje:

Manni, K. & Huuskonen, A. (toim.) 2024. Varmuutta ja varautumista pohjoisen rehuntuotantoon muuttuvassa ilmastossa : Rehuvara. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 26/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 60 s.

Katariina Manni ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0002-7010-5305>



ISBN 978-952-380-894-2 (Verkkójulkaisu)

ISSN 2342-7639 (Verkkójulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-894-2>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Katariina Manni ja Arto Huuskonen (toim.), Juha Hyvönen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2024

Julkaisuvuosi: 2024

Kannen kuva: Katariina Manni

Alkusanat

Varmuutta ja varautumista pohjoisen rehuntuotantoon muuttuvassa ilmastossa (Rehuvara) oli Luonnonvarakeskuksen (Luke) ja Nautasuomi Oy:n toteuttama yhteishanke, joka käynnistyi 1.1.2021 ja päättyi 31.12.2023. Hankkeen tavoitteena oli edistää Pohjois-Pohjanmaan nautakarjatilojen rehuntuotantoa tuottamalla tietoa nurmen uudistamisen turvaamisesta ja rehu- kasvivalikoiman monipuolistamisen mahdollisuuksista muuttuvassa ilmastossa. Hankkeessa keskityttiin erityisesti nurmen uudistamisen tehostamiseen kokoviljasäilörehua hyödyntämällä ja yksivuotisten palkokasvien viljelyn edistämiseen. Hankkeen toiminta jakaantui neljään työpakettiin, jotka ovat: 1) Palkoviljaseokset nurmen uudistuksessa ja kokoviljasäilörehun raaka- aineena, 2) Uusien rehu- kasvien mahdollisuudet, 3) Yksivuotisten säilörehujen optimoitu hyö- dyntäminen käytännön viljelyssä ja 4) Tiedotus. Tässä julkaistava raportti kokoaa yhteen hankkeessa toteutettujen tutkimusosioiden tulokset, joiden toivotaan omalta osaltaan palve- levan suomalaisen nautakarjatalouden kehittämistä.

Rehuvara-hanketta rahoitettiin Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta, ja tuki myönnettiin Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen kautta. Hankkeen yksityisrahoittajina toimivat Nautasuomi Oy ja Naturcom Oy. Hankkeen toteuttajat kiittävät rahoittajia ja yhteis- työ- kumppaneita erittäin hyvin toimineesta yhteistyöstä.

Vesannolla 5.3.2024

Arto Huuskonen

Luonnonvarakeskus

Tiivistelmä

Katariina Manni¹ ja Arto Huuskonen² (toim.)

¹ Luonnonvarakeskus (Luke), Jokioinen

² Luonnonvarakeskus (Luke), Maaninka

Raportti kokoaa yhteen Varmuutta ja varautumista pohjoisen rehuntuotantoon muuttuvassa ilmastossa -hankkeen tutkimusten tulokset. Raportissa keskitytään erityisesti viljan kanssa seoksena viljeltävien palkoviljojen viljelyyn korjattaessa sato kokoviljana. Raportissa käsitellään palkoviljalajien ja -lajikkeiden vertailua, palkoviljojen kylvömääriä, herneen ja härkäpavun kylvösiemenen ymppäystä sekä kokoviljana korjattavien palkoviljojen ja viljojen käyttöä nurmen esikasvina. Palkoviljojen lisäksi raportissa käsitellään myös puhtaan kevätruisehnen optimaalista typpilannoitusta. Kokeet toteutettiin ruutukokeina kahdella eri peltolohkolla Luonnonvarakeskuksen (Luke) Siikajoen tutkimusasemalla Ruukissa vuosina 2021 ja 2022. Kenttäkokeiden lisäksi raportissa on lyhyt kooste Ruukissa kasvukausina 2021 ja 2022 havaintoruu-
duilla viljellyistä kasveista.

Ensimmäinen koe käsittelee palkoviljojen ja kevätruisehnen seosviljelyä kokoviljasäilörehun raaka-aineeksi. Kokeessa oli kaksi hernelajiketta, Arvika ja Lacross, kolme härkäpapulajiketta, Fuego, Sampo ja Tiffany sekä yksi valkolupiinilajike Energy, rehuvirnalajike Ebena ja ruisvirnalajike Villana. Viljana oli Somtri-kevätruisehnenä. Kontrollina oli puhdas kevätruisehnenäkasvusto. Palkoviljaa sisältävien seosten hehtaarikohtaiset kuiva-ainesadot vaihtelivat välillä 5,8–8,4 tn/ha, kun se puhtaalla kevätruisehnenällä oli 8,5 tn/ha. Puhdas kevätruisehnenä sekä härkäpapua, hennettä tai rehuvirnaa sisältäneet seokset tuottivat lajikkeesta riippumatta suurimmat kuiva-ainesadot. Ruisvirnaa sisältäneen seoksen sato oli heikoin muihin paitsi valkolupiinia sisältäneeseen seokseen verrattuna. Valkolupiini menestyi seoskasvustoissa huonosti, minkä seurauksena kevätruisehnenä osuus oli suurempi muihin seoskasvustoihin verrattuna. Palkoviljat seoksissa lisäsivät kasvustojen raakavalkuaispitoisuutta puhtaaseen kevätruisehnenäkasvustoon verrattuna. Palkoviljoja sisältäneiden kasvustojen D-arvot vaihtelivat välillä 561–615 g/kg ka, kun se puhtaalla kevätruisehnenällä oli 559 g/kg ka. Härkäpapu ja Arvika herne paransivat sulavuutta puhtaaseen kevätruisehnenään verrattuna. Tavoiteltaessa palkoviljoja sisältävällä seoksella korkeita kuiva-ainesatoja tai lisää valkuaista, valkolupiinin sisällyttäminen seokseen ei näiden tulosten perusteella ole varteenotettava vaihtoehto.

Toisessa kokeessa verrattiin palkoviljan kylvösiemenmäärän vaikutusta kuiva-ainesatoon ja rehun laatuun korjattaessa kasvusto kokoviljana. Palkoviljoina oli Lacross-herne, Tiffany-härkäpapu ja Energy-valkolupiini. Tukikasvina oli Somtri-kevätruisehnenä. Lisäksi puhdas Somtri-kevätruisehnenä oli kokeessa mukana kontrollina. Koekäsittelyinä oli tyypillinen palkoviljojen seosviljelyssä käytetty kylvömäärä, minkä lisäksi palkoviljan kylvömäärää joko lisättiin tai vähennettiin 30 % perustasosta. Kevätruisehnenä kylvömäärä kaikissa seoksissa oli sama. Herne ja härkäpapu menestyivät seoskasvustoissa melko hyvin, valkolupiini huonosti. Palkoviljan kylvömäärällä ei ollut vaikutusta kuiva-ainesatoon eikä kasvuston koostumukseen millään palkoviljalla. Huomioitavaa kuitenkin on, että tulokset ovat vain yhdeltä kasvukaudelta. Erilaisissa kasvuoloissa kasvaneiden seoskasvustojen kasvilajien suhteet saattavat eri vuosina poiketa huomattavastikin siitä, mikä on ollut niiden suhde kylvösiemenseoksessa.

Kolmannessa kokeessa verrattiin herneen ja härkäpavun kylvösiemenen ymppäyksen vaikutusta kokoviljaksi korjattavan kasvuston kuiva-ainesatoon ja koostumukseen. Kasvustot olivat

palkoviljan ja viljojen seoskasvustoja. Hernelajikkeena oli Lacross ja härkäpapulajikkeena Tiffany. Tukikasveina oli ohra ja kaura. Ohralajikkeena oli Huima ja kauralajikkeena Kontio. Herneen kylvösiemenen ympppäyksellä ei ollut vaikutusta kuiva-ainesatoon, kasvuston koostumukseen eikä eri kasvien osuuksiin sadossa. Sen sijaan härkäpavun kylvösiemenen ympppäys vaikutti kuiva-ainesatoon. Tosin vaikutus oli ennako-odotusten vastainen, sillä ympätyllä kylvösiemenellä kuiva-ainesato oli pienempi kuin ympppäämättömällä. Syy tähän on epäselvä. Lisäksi härkäpavun ympätyllä siemenellä kasvuston raakavalkuaispitoisuus oli pienempi, kuitupitoisuus suurempi ja sulavuus huonompi kuin ympppäämättömällä siemenellä. Saatujen tulosten valossa yleisesti ottaen voidaan todeta, ettei tässä kahtena vuonna kahdella eri pelto-lohkolla toistetussa kokeessa herneen ja härkäpavun kylvösiemenen ympppäyksestä saatu lisähyötyä. On kuitenkin huomioitava, että ympppäyksestä saatava mahdollinen hyöty voi olla monen tekijän lopputulema. Siten viime kädessä ympppäystarve tulee aina arvioida pelto-lohko-kohtaisesti huomioiden erityisesti kyseisen lohkon viljelyhistoria ja maan happamuus.

Neljännessä kokeessa verrattiin perustettavan nurmen eri suojakasvien ja niiden korjuutavan vaikutusta suojaviljan sekä ensimmäisen vuoden nurmikasvuston satoon ja kasvuston koostumukseen nurmen ensimmäisenä satovuonna. Vuonna 2021 koeruuduille kylvettiin nurmi, jonka suojakasveina olivat puitava ohra (kontrolli) sekä kokoviljana korjatut puhtaat viljakasvustot ja palkovilja-viljaseokset. Kokoviljaksi korjattavat kasvustot korjattiin viljan taikinatu-leentumisvaiheessa ja puitava vilja tuleentuneena. Nurmen suojakasvilla ja sen korjuutavalla ei ollut vaikutusta nurmikasvustojen perustamiseen arvioitaessa sitä syys- ja kevättheiden perusteella. Niittokohtaisesti tarkasteltuna koejäsenten välillä oli eroja ainoastaan ensimmäisen niiton tuloksissa. Pienimmät ensimmäisen niiton kuiva-ainesadot korjattiin nurmista, joiden suojaviljana oli ollut joko puhdas kevättruisvehnä tai herne-kevättruisvehnä. Tosin herne-kevättruisvehnän sato erosi vain nurmesta, jonka esikasvina oli puitu ohra. Tarkasteltaessa nurmen kahden niiton kokonaiskuiva-ainesatoja, nurmi, jonka suojaviljana oli kevättruisvehnä, tuotti edelleen pienemmän sadon kuin nurmi, jonka suojaviljana oli joko puitu tai kokoviljana korjattu ohra. Nurmen ensimmäisen niiton satoa saattoi heikentää suojakasvina olleen kevättruisvehnän melko suuri kuiva-ainesato ja herne-kevättruisvehnän rehevä kasvusto sekä toisella lohkokolla havaittu hernekasvustojen lakoontuminen. Kaiken kaikkiaan voidaan todeta, että tässä kokeessa nurmen perustamisvuoden suojakasvilla oli melko vähäinen vaikutus nurmen ensimmäisen vuoden kuiva-ainesatoon.

Viidennessä kokeessa tutkittiin typpilannoituksen määrän vaikutusta kevättruisvehnän satoon ja sadon koostumukseen. Tavoitteena oli selvittää kokoviljaksi korjattavan kevättruisvehnän optimaalinen typpilannoitustaso. Kevättruisvehnälajikkeena oli Somtri. Typpilannoitusmäärää nostettiin nolosta 250 kiloon aina 50 kilon välein. Väkilannoitteiden lisäksi yhtenä koeikäsitte-lynä molempina vuosina oli karjanlanta, jossa naudat lietelantaa laitettiin niin, että tavoiteltu kokonaistypen määrä oli 100 kg N/ha. Typpeä saaneiden koeikäsitteilyiden kuiva-ainesadot vaihtelivat välillä 6,8–8,2 tn/ha. Kuiva-ainesadon kannalta tarkasteltuna optimaalisin typpilannoitustaso oli 100 kg N/ha. Ilman typpilannoitusta viljellyn kevättruisvehnän kuiva-ainesato oli tilastollisesti merkitsevästi pienempi jokaiseen typpilannoitustasoon verrattuna. Kasvuston koostumuksesta saatiin tulokset vain vuodelta 2022. Typpilannoituksella ei juurikaan ollut vaikutusta kasvuston koostumukseen. Vaikka kevättruisvehnän sadontuottokyvyllä oletetaan olevan hyvä typpilannoitusvaste, tässä kokeessa sitä ei pystytty täysin osoittamaan. Oletettavaa on, että kasvustoja osin vaivannut kuivuus ja kuumuus vaikutti niiden kuiva-ainesatoon, minkä vuoksi niiden koko sadontuottopotentialia ei saatu esiin.

Havaintoruudut kylvettiin molempina vuosina keväällä. Niillä viljeltiin kahdeksaa eri kasvilajia, jotka olivat esparsetti, serradella, leveäkompassikukka, sudaninruoho, syyshärkäpapu, soija, kuituhamppu ja sileävihneinen ohra. Näistä esparsetti ja leveäkompassikukka olivat monivuotisia kasveja, muut yksivuotisia. Viljelykasvien kannalta osittain hankalien ja kahtena peräkkäisenä vuonna melko erilaisten sääolojen seurauksena havaintoruuduilta saatujen viljelykokeusten perusteella ei pystytä sanomaan kovinkaan pitkälle meneviä johtopäätöksiä uudentyyppisten rehukasvien menestymismahdollisuuksista Pohjois-Pohjanmaan alueella. Lupaavaa kuitenkin oli, että osa havaintoruuduille kylvetyistä kasveista menestyi hankalista sääoloista huolimatta. Näitä olivat syyshärkäpapu viljeltäessä sitä kokoviljasäilörehuksi, sileävihneinen ohra ja serradella. Siten on mahdollista, että uusia rehukasveja voisi löytyä viljeltäväksi Pohjois-Pohjanmaalla. Tosin tämä vaatii vielä paljon lisätutkimusta.

Asiasanat: palkovilja, herne, härkäpapu, rehuvirna, ruisvirna, valkolupiini, vilja, kevätruisvehnä, kokovilja, säilörehu

Abstract

Katariina Manni¹ and Arto Huuskonen² (eds.)

¹ Natural Resources Institute Finland (Luke), Jokioinen

² Natural Resources Institute Finland (Luke), Maaninka

This report summarizes the results of the research carried out in the “Feed production of the Northern region in a changing climate” -project. The report focuses in particular on the cultivation of legumes in mixture with cereals and harvested as a whole crop. The report includes a comparison of legume species and varieties, legume seeding rates, treating seeds of pea and faba bean with inoculants, and establishment of grassland with legumes and crops and using different harvesting methods of pre-crops. In addition to legumes, the report also addresses the optimal nitrogen fertilization of pure spring triticale. The experiments were carried out as plot experiments in two different fields at the Natural Resources Institute Finland's (Luke) Siikajoki research station in Ruukki in 2021 and 2022. In addition to the field experiments, the report includes a short summary of the crops grown in the demonstration plots in Ruukki in 2021 and 2022.

The first experiment deals with the mixed cultivation of legumes and spring wheat as raw material for whole crop silage. The experiment included two pea varieties, Arvika and Lacross, three faba bean varieties, Fuego, Sampo and Tiffany, one white lupin variety Energy, a common vetch variety Ebena and a hairy vetch variety Villana. The cereal was Somtri spring triticale. The control was a pure spring triticale. Dry matter yields per hectare of the legume mixtures ranged from 5.8 to 8.4 tn ha⁻¹, compared to 8.5 tn ha⁻¹ for pure spring triticale. Pure spring triticale and mixtures containing faba bean, pea or common vetch had the highest dry matter yields regardless of variety. The mixture containing hairy vetch had the lowest yields compared to all others but white lupin. White lupin performed poorly in the mixtures, resulting in a higher proportion of spring triticale compared to the other mixtures. Legumes in the mixtures increased the crude protein content compared to the pure spring triticale. The D values of the legume crop mixtures ranged from 561 to 615 g kg⁻¹ dry matter compared to 559 g kg⁻¹ dry matter for pure spring triticale. Faba bean and Arvika pea improved digestibility compared to pure spring triticale. These results suggest that white lupin is not a viable option when aiming for high dry matter yields or increased protein content in a mixture containing legumes.

The second experiment compared the effect of the amount of legume seed on dry matter yield and forage quality when the crop was harvested as a whole crop. The legumes were Lacross pea, Tiffany faba bean and Energy white lupin grown in the mixture with Somtri spring triticale. In addition, pure Somtri spring triticale was used as a control. The experimental treatments were the typical seeding rate of legumes grown in the mixture with cereal crops, plus either an increase or a decrease of 30% of the baseline seeding rate for legumes. The seeding rate for spring triticale was the same for all mixtures. Pea and faba bean performed fairly well in the mixtures, white lupin poorly. Legume seeding rates had no effect on dry matter yield or composition for any legume. However, it should be noted that the results are for only one growing season. The actual proportions of plant species in the mixture grown under different growing conditions may differ considerably from year to year from what they were in the seed mixture.

In the third experiment, the effect of treating seeds of pea and faba bean with inoculants on the dry matter yield and composition of the whole-crop crop was compared. The crops were grown as a mixture of legumes and cereals. The pea variety was Lacross and the faba bean variety Tiffany. Cereal crops were barley and oats. The barley variety was Huima and the oats variety Kontio. Treating pea seed with inoculants had no effect on dry matter yield, composition or crop proportions. In contrast, inoculant treatment of faba bean seed had an effect on dry matter yield. However, the effect was contrary to expectations, as the dry matter yield was lower with the inoculated seed than with the untreated seed. The reason for this is unclear. In addition, the treated seed had lower crude protein content, higher fiber content and lower digestibility than the untreated seed. In general, it can be concluded that in this experiment, which was repeated in two years in two different fields, no additional benefit was obtained by treating legume seeds with inoculants. However, it should be noted that the potential benefit of inoculant treatment may be the result of many factors. Thus, the need for inoculant treatment should always be assessed on a field basis, taking into account in particular the history of the field and the acidity of the soil.

The fourth experiment compared the establishment of grass undersown in different main crops and with different harvesting methods. In 2021, the experimental plots were undersown grass with combine harvested barley (control), and pure cereal crops and legume-cereal crop mixtures harvested as a whole crop. The whole crops were harvested at the dough stage of maturity and the combine harvested grain at the matured stage. The main crop and its harvesting method had no effect on the establishment of grass when assessed grass densities in autumn 2021 and spring 2022. When comparing the first and second cuts of grass in 2022, only the results of the first cut differed between the experimental groups. The lowest dry matter yields were harvested from grass with either pure spring triticale or a mixture of pea and spring triticale as a pre-crop. However, the treatment with mixture of pea and spring triticale differed only from the combine harvested barley as a pre-crop. When looking at the total dry matter yields of the grass, the lowest yield was with spring triticale as a pre-crop than combine harvested or whole-crop barley as a pre-crop. The relatively high dry matter yield of spring triticale as a pre-crop and the vigorous stand of mixture of pea and spring triticale and the lodging of pea stands observed in the other plot may have reduced the yield of the first cut. Overall, it can be concluded that in this experiment the establishment method of grass had only a minor effect on the dry matter yield of the grass in the first year.

In the fifth experiment, the effect of the amount of nitrogen fertilization on spring triticale yield, chemical composition and feed values were studied. The objective was to determine the optimal level of nitrogen fertilization for spring triticale when harvested as a whole cereal crop. The spring triticale variety was Somtri. The nitrogen fertilization rate was increased from zero to 250 kg ha⁻¹ at 50 kg intervals. In addition, one of the experimental treatments in both years was cattle slurry, applied at a target total nitrogen rate of 100 kg N ha⁻¹. Dry matter yields ranged from 6.8 to 8.2 tn ha⁻¹. In terms of dry matter yield, the optimum nitrogen fertilization level was 100 kg N ha⁻¹. The dry matter yield of spring triticale grown without nitrogen fertilization was statistically significantly lower compared all levels of nitrogen fertilization. Results on the composition were only available for the year 2022. Nitrogen fertilization had only minor effect on the composition. Although spring triticale is expected to have a good yield response to nitrogen fertilization, this could not be fully demonstrated in this experiment. It can be assumed that the dry matter yield was affected by the drought and heat

that partially affected the crops, and therefore the full yield potential of the triticale was not realized.

In both years, the demonstration plots were sown in spring with eight different crops: sainfoin, serradella, cup plant, Sudan grass, winter faba bean, soybean, fiber hemp and smooth-awned barley. Of these, sainfoin and cup plant were perennials, the others were annuals. The weather conditions were not optimal for the crops which made difficult to assess the chances of success of these new types of forage crops in the North Ostrobothnia region. However, it was promising that some of the crops succeeded despite the difficult weather conditions. These were winter faba bean when grown as a whole crop, smooth-awned barley and serradella. Thus, it is possible that new forage crops could be found for cultivation in North Ostrobothnia. However, much more research is needed to find such a possibility.

Keywords: legume, pea, faba bean, common vetch, hairy vetch, white lupin, crop, spring triticale, whole crop, silage

Sisällys

1. Johdanto	11
2. Palkoviljoista ja kevätruisvehnästä kokoviljasäilörehua	13
2.1. Koekäsittelyt ja kokeiden toteutus.....	13
2.2. Kokeiden tilastollinen analyysi.....	16
2.3. Kasvukausien säähavainnot	17
3. Palkoviljalajit ja -lajikkeet vertailussa	20
3.1. Koekäsittelyt ja kokeen toteutus	20
3.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu.....	22
4. Viljan kanssa seoksena viljeltävien palkoviljojen kylvömäärät vertailussa....	27
4.1. Koekäsittelyt ja kokeen toteutus	27
4.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu.....	28
5. Herneen ja härkäpavun kylvösiemenen ympäyksen vaikutus satoon.....	34
5.1. Koekäsittelyt ja kokeen toteutus	34
5.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu.....	36
6. Kokoviljana korjattavat palkoviljat ja viljat nurmen esikasvina.....	40
6.1. Koekäsittelyt ja kokeen toteutus	40
6.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu.....	42
7. Typpilannoituksen vaikutus kevätruisvehnän kokoviljasatoon	46
7.1. Koekäsittelyt ja kokeen toteutus	46
7.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu.....	48
8. Havaintoruudut.....	52
8.1. Yksivuotiset kasvit	53
8.1.1. Syyshärkäpapu, <i>Vicia faba</i>	53
8.1.2. Soijapapu, <i>Glycine max</i>	53
8.1.3. Sileävihneinen ohra, <i>Hordeum vulgare</i>	54
8.1.4. Sudaninruoho, <i>Sorghum sudanense</i>	54
8.1.5. Serradella, <i>Ornithopus sativus</i>	55
8.1.6. Kuituhamppu, <i>Cannabis sativa</i> L.....	56
8.2. Monivuotiset kasvit.....	57
8.2.1. Esparsetti, <i>Onobrychis viciifolia</i> Scop.....	57
8.2.2. Leveäkompassikukka, <i>Silphium perfoliatum</i>	57
9. Viitteet.....	59

1. Johdanto

Ilmaston lämpeneminen ja sen seurauksena muuttuvat sääolot vaikuttavat kasvinviljelyyn. Muuttuvat kasvuolosuhteet tuovat viljelyyn uusia haasteita, mutta myös mahdollisuuksia. Muutosten ennakointi, niihin varautuminen ja viime kädessä sopeutuminen ovat keskeisiä asioita, joita ei voi enää sivuuttaa. Rehuntuotannossa, kuten muussakin tuotannossa, ilmasto- ja ympäristömuutoksen odotettavissa olevien etujen maksimointi ja haittojen minimointi edellyttää sopeutumistoimia. Rehuntuotannossa keskeistä on löytää muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa parhaiten menestyvät kasvilajit ja -lajikkeet kullekin alueelle.

Kasvukauden pidentyminen ja tehoisan lämpösumman suurentuminen parantavat tulevaisuuden viljelymahdollisuuksia Suomessa (Peltonen-Sainio ym. 2009). Alueellisesti tarkasteltuna vaikutus näkyy erityisesti Pohjois-Suomessa. Kasvukauden pidentymiseen vaikuttaa ennen kaikkea kevään aikaistuminen. Seurauksena kevätkylvöt aikaistuvat, mikä mahdollistaa uusien ja pidemmän kasvukauden vaativien viljelykasvien viljelyn. Kylvöjen ennustetaan aikaistuvan nykyisestä keskimäärin kuudella päivällä ajanjaksolla 2011–2040, yhdeksällä päivällä ajanjaksolla 2041–2070 ja 15 päivällä ajanjaksolla 2070–2099 (Peltonen-Sainio ym. 2018).

Toisaalta, vaikka kasvua suosivat lämpötilat lisääntyvät tulevaisuudessa, lisääntyvästä lämmöstä saatava hyöty pienenee syksyä kohti mentäessä valon voimakkuuden ja päivän lyhene- misen seurauksena (Peltonen-Sainio ym. 2009). Lisäksi tulevaisuudessa syksyjä hankaloittaa ennakoitu sateiden lisääntyminen (Ruosteenoja ym. 2016, Peltonen-Sainio ym. 2018) ja sen haitalliset vaikutukset korjuuolosuhteisiin sekä sadon määrään ja laatuun (Jylhä ym. 2004, Peltonen-Sainio ym. 2016, Peltonen-Sainio ym. 2018). Siten sadonkorjuu ei todennäköisesti siirry tulevaisuudessa paljoakaan nykyistä myöhemmäksi (Peltonen-Sainio ym. 2018).

Talvien leudontumisen seurauksena mahdollisuudet viljellä kevätkylvöisiä satoisampia syyskylvöisiä kasveja lisääntyvät. Toisaalta syksyn sateiden lisääntyminen saattaa haitata ja rajoittaa syyskylvöjä. Lisäksi kylmien ja olosuhteiltaan vakaiden talvien muuttuminen leudoiksi lisää syyskylvöisten ja monivuotisten viljelykasvien talvehtimisriskiä (Jylhä ym. 2008, Peltonen-Sainio ym. 2009, 2011). Talvehtimiseen liittyvät riskit voivatkin pienentää monivuotisten kasvien viljelyssä saavutettavia etuja.

Ilmastonmuutokseen liittyvä merkittävä lähitulevaisuuden uhka on ilmaston ääri-ilmiöiden, kuten hellejaksojen tai rankkasateiden, yleistyminen. Niihin varautuminen vaatii monenlaisia keinoja. Riskien hajauttaminen viljelyä monipuolistamalla voi olla yksi merkittävä keino. Sen lisäksi että kullekin alueelle ja tilalle tulee löytää parhaiten sopivat viljelykasvit, pitää myös osata ennakoida tulevaa ja varautua uusien potentiaalisten viljelykasvien viljelyyn.

Suomalainen nautakarjatalous perustuu pitkälti nurmen viljelyyn ja sen hyödyntämiseen nautojen ruokinnassa. Tyypillisimpiä meillä viljeltäviä nurmiheiniä ovat timotei ja nurminata sekä nurmipalkokasveista puna-apila. Monivuotisten nurmirehujen lisäksi tarvitaan kuitenkin myös yksivuotisia rehukasveja mm. nurmien suojakasveiksi nurmia uudistettaessa ja lannanlevitysalksi. Lisäksi kokoviljana korjattavat yksivuotiset kasvit voivat toimia rehupuskurina, jos karkearehusta tulee pulaa esimerkiksi nurmien huonon talvehtimisen seurauksena. Kokoviljasäilörehujen käytöllä on myös mahdollista tehostaa nautakarjatilojen rehuntuotantoa (Kykänen ym. 2014, Huuskonen ym. 2020a, Lötjönen ym. 2020). Kokoviljasäilörehulla on samantyyppiset ruokinnalliset ominaisuudet kuin muualla paljon käytetyllä maissisäilörehulla, mutta

Suomen olosuhteissa kokoviljasäilörehu on huomattavasti maissia viljelyvarmempi. Kokoviljasäilörehun etuna on, että se voidaan korjata nurmirehun korjuukalustolla ja varastoida nurmisäilörehun tavoin. Viljelyssä on mahdollista käyttää puhtaita viljakasvustoja tai viljojen seoksia kokoviljasäilörehun raaka-aineena. Erityisesti hyvän sadontuottokyvyn omaava kevät-ruisvehnä on herättänyt kiinnostusta. Kevät-ruisvehnä kestää myös kuivuutta ja on melko taudinkestävä. Lisäksi se pysyy yleensä hyvin pystyssä. Nurmen uudistamisessa esikasvin korjuu kokoviljasäilörehuksi on hyvä vaihtoehto erityisesti tuleentuneen viljan puintia aikaisemman korjuuajankohdan vuoksi. Aikaisempi korjuu vähentää viljakasvuston lakoontumisriskiä. Hyötyinä on myös se, ettei olkea jää nurmikasvuston päälle. Korjattaessa nurmen esikasvi jo alkusyksystä, nurmi saa pidemmän talveen valmistautumisajan, mikä saattaa edistää sen talvehtimistä ja keväällä kasvuun lähtöä.

Typpilannoitteiden hintojen korotukset ovat aiheuttaneet paineita pienentää nautakarjatilojen lannoitekustannusta. Myös riippuvuutta tilan ulkopuolisista tuotantopanoksista halutaan vähentää. Palkokasvien viljely on yksi keino vastata kohonneisiin lannoitekustannuksiin. Samalla riippuvuus ulkoisista tuotantopanoksista vähenee. Palkoviljojen, kuten herneen, härkävun, lupiinien ja virnojen käytöstä seoksessa yhdessä viljan kanssa, on saavutettavissa tiettyjä etuja puhtaaseen viljakasvustoon verrattuna. Typpeä sitovina kasveina palkokasvit pienentävät typpilannoitustarvetta. Näin voidaan vähentää kemiallisesti tuotetun lannoitetypen käyttöä rehuntuotannossa. Lisäksi palkokasvit tuovat monipuolisuutta viljelykiertoihin, parantavat maan rakennetta ja lisäävät biodiversiteettiä. Nautojen ruokinnan kannalta palkokasvit tuovat korjattavaan kokoviljakasvustoon lisää raakavalkuaista puhtaaseen viljakasvustoon verrattuna. Puhtaan viljakasvuston raakavalkuaispitoisuus jää usein hyvin matalaksi, jopa alle 10 prosentin (Huuskonen ym. 2020a, Manni ym. 2021). Käyttämällä palkoviljoja kasvuston raakavalkuaispitoisuus on mahdollista nostaa 13–15 prosentin tasolle tai jopa sen yli (Kuoppala ym. 2014, Huuskonen ym. 2016). Tällöin esimerkiksi kasvaville lihanaudoille ei tarvita säilörehun ja rehuviljan ohella erillistä valkuaislisää ruokinnassa.

Koska ilmastonmuutoksen eteneminen ja talvehtimiseen liittyvät riskit voivat osittain syrjäyttää monivuotisten kasvien viljelyssä saavutettavissa olevia etuja, on syytä tarkastella ennakkoluulottomasti mahdollisuuksia lisätä yksivuotisten palkoviljaseosten käyttöä ja myös mahdollisuuksia ottaa viljelyyn täysin uudentyyppisiä rehuksveja. Rehuksvivalikoimaa monipuolistamalla voidaan pienentää yksittäiseen viljelykasviin kohdentuvia riskejä.

Rehuvara-hankkeen ydintavoitteena oli edistää Pohjois-Pohjanmaan nautakarjatilojen rehuntuotantoa ja rehuomavaraisuutta tuottamalla tietoa rehuksvivalikoiman monipuolistamisesta ja siten auttaa ilmastonmuutokseen varautumisessa ja sopeutumisessa. Hankkeessa tehtyjen kenttäkokeiden keskeisimpiä tavoitteita oli verrata erilaisten kokoviljasäilörehuksi korjattavien palkoviljaseosten satoisuutta ja tuotetun rehun laatua, selvittää nurmen perustamisen kannalta optimaalisia esikasveja sekä tuottaa tietoa kevät-ruisvehnän viljelystä osana nautakarjatilojen viljelykiertoa. Lisäksi havaintoruuduilla viljeltiin muutamia mahdollisia tulevaisuuden rehuksveja.

2. Palkoviljoista ja kevätruisvehnästä kokoviljasäilörehua

2.1. Koekäsittelyt ja kokeiden toteutus

Palkoviljojen ja kevätruisvehnän viljelyä kokoviljasäilörehuksi tutkittiin kaksivuotisia kenttäkokeina. Tutkimus käsitti viisi eri kenttäkoetta, joissa tutkittiin palkoviljalajeja ja -lajikkeita, palkoviljojen ja viljan seossuhteita, palkoviljojen kylvösiemenen ympppäystä, palkoviljojen ja viljojen käyttöä nurmen suojaviljana sekä kevätruisvehnän optimaalista typpilannoitustasoa. Palkoviljoista mukana oli herne (*Pisum sativum*), härkäpapu (*Vicia faba*), rehuvirna (*Vicia sativa*), ruisvirna (*Vicia villosa*) ja valkolupiini (*Lupinus albus*). Kappaleeseen 2 on koottu kaikkien edellä mainittujen kokeiden toteutukseen liittyviä tietoja. Yksityiskohtaisemmat tiedot yksittäisten kokeiden perustamisesta ja toteutuksesta sekä tulokset on esitetty jäljempänä olevien koeosastien kappaleiden (kappaleet 3–7) yhteydessä.

Kenttäkokeet tehtiin vuosina 2021 ja 2022. Kokeista palkoviljalajien ja -lajikkeiden vertailu, palkoviljojen kylvösiemenen ympppäys ja kevätruisvehnän typpilannoitus toistettiin samantyyppisissä molempina vuosina ja tulokset on esitetty kahden vuoden keskiarvoina. Palkoviljojen ja viljan seossuhteisiin liittyvän kokeen tuloksista on esitetty ainoastaan vuoden 2022 tulokset vuoden 2021 kylvösiementen seossuhteissa olleiden epäselvyyksien vuoksi. Nurmen suojaviljakokeessa vuosi 2021 oli nurmen perustamisvuosi ja vuosi 2022 nurmen satovuosi.

Koepaikkana oli Luonnonvarakeskuksen (Luke) Siikajoen tutkimusasema, joka sijaitsee Revonlahden kylässä Ruukissa (N 64°68' E 25°09'). Kokeet tehtiin kahdella eri peltolohkolla, molempina vuosina samoilla lohkoilla, mutta lohkoosastoista koeruutujen paikkaa vaihdettiin toisena vuonna, pl. nurmen suojaviljakoe. Kahtena vuonna toistetuissa kokeissa maalajina oli karkea hietamaa, pl. kylvösiemenen ympppäyskoe, jossa maalaji vuonna 2021 oli multamaa. Lohkojen multavuoksissa oli eroja ja ne on esitelty koeosastien kappaleiden yhteydessä.

Kokeet tehtiin molemmilla lohkoilla neljänä toistona eli kerranteena. Koeruutujen leveys oli 1,5 m ja pituus 8 m. Kokeet perustettiin kynnettyyn ja rullaäkeellä muokattuun peltoon. Koeruudut kylvettiin koeruutukylvökoneella, jonka työleveys oli 1,5 m ja jyrättiin kylvön yhteydessä. Kokeet lannoitettiin mineraalilannoitteilla kylvön yhteydessä. Lisäksi kevätruisvehnän typpilannoituskokeessa yhtenä koekäsittelynä oli naudän lietelanta. Kokeiden lannoitukset on käsitelty tarkemmin koeosastien kappaleiden yhteydessä. Kuvissa 1–5 on kokeiden perustamiseen liittyviä työvaiheita.



Kuva 1. Koeruutujen kylvösiemenet ja väkilannoitteet punnittiin ja pussitettiin ennen kokeiden perustamista. Kuvat: Luke/Kati Mattila.



Kuva 2. Kahdessa vasemmanpuoleisessa kuvassa Luken tutkimusmestari Anna Tamminen paikoittamassa koealueita. Kuvat: Luke/Kati Mattila. Oikeanpuoleisessa kuvassa koeruutujen yhteydessä oleva hankkeesta kertova kyltti. Kuva: Luke/Katariina Manni.



Kuva 3. Lohkon 1 koealue perustamisvaiheessa ja juuri ennen kasvustojen korjuuta. Vasemmanpuoleinen kuva: Luke/Kati Mattila ja oikeanpuoleinen kuva: Luke/Katariina Manni.



Kuva 4. Lohkon 2 koealue perustamisvaiheessa ja juuri ennen kasvustojen korjuuta. Vasemmanpuoleinen kuva: Luke/Kati Mattila ja oikeanpuoleinen kuva: Luke/Katariina Manni.



Kuva 5. Vasemmanpuoleisessa kuvassa osassa kokeita käytetty lannoitin ja oikeanpuoleisessa kuvassa koeruutukylvökone, jolla levitettiin myös osassa kokeita lannoitteita. Kuvat: Luke/Kati Mattila.

Kasvinsuojelutoimenpiteitä ei tehty kumpanakaan koevuonna eikä kasvunsäädettä käytetty. Kasvustot korjattiin punnitsevalla Haldrup-nurmenkorjuukoneella noin 5 cm:n sänkeen (Kuva 6). Säilöntäkokeita kokoviljoista ei tehty.



Kuva 6. Koeruudut korjattiin Haldrup-nurmenkorjuukoneella. Kuva: Luke/Katariina Manni.

Kaikista kasvustoista otettiin korjuun yhteydessä näytteet kuiva-ainesadon ja kasvuston koostumuksen määrittämistä varten. Näytteitä kuivattiin kahden vuorokauden ajan 60 °C lämmössä. Jokaisen koeruudun sato punnittiin korjuun yhteydessä. Kuiva-ainepitoisuuden perusteella laskettiin kunkin koeruudun kuiva-ainesato, kg ka/ha.

Kokoviljaksi korjatuista rehuraaka-aineiden näytteistä määritettiin tuhka, raakavalkuainen, kuitu (NDF), sulamaton kuitu (iNDF), sokerit ja sulavuus (D-arvo) Valion NIR-laitteella (FOSS NIRSystems 6500 spectrometer, Tanska). Laite oli kalibroitu kokoviljasäilörehuja varten. Lisäksi rehuraaka-aineille laskettiin energia- ja valkuaisarvot.

Kolmen kokeen (lajit ja lajikkeet, seokset, ympäisyys) näytteistä botanisoitiin palkoviljan, viljan ja rikkakasvien määrät. Niiden osuudet kasvuston kuiva-aineessa laskettiin painoon perustuen. Kuiva-aineen määrittämistä varten näytteitä kuivattiin uunissa 100 °C lämpötilassa yhden vuorokauden ajan.

2.2. Kokeiden tilastollinen analyysi

Kokeet toteutettiin kahtena vuonna kahdella peltolohkolla satunnaistettujen täydellisten lohkojen muotoisena (4 kerrannetta/peltolohko/vuosi). Kaikissa kokeissa koeruuduilta mitatut kasvustojen ominaisuusmuuttujat (kuiva-ainesato, sadon koostumus, eri kasvilajien osuudet sadossa) analysoitiin erikseen käyttämällä lineaarisia sekamalleja (SAS 9.4 -ohjelmisto, GLIMMIX-proseduuri), joissa huomioitiin mittaustulosten mahdollinen riippuvuus toisistaan (saman vuoden ja kerranteen mittauksissa). Ominaisuusmuuttujia selitettiin koekäsittely- ja peltolohko-luokkamuuttujilla sekä näiden yhdysvaikutuksella. Päähuomio oli koekäsittely-muuttujassa, jolla kuvattiin säilörehuksi korjattavan viljakasvuston raaka-ainetta kussakin kokeessa, kun taas peltolohko-muuttujalla kuvattiin eri lohkojen eroja erityisesti maan multavuudessa. Typpilannoituskokeessa lannoitustasoa käytettiin myös jatkuvana selittäjänä arvioitaessa optimaalista lannoitusmäärää. Koekäsittelyiden parivertailut toteutettiin Bonferroni-testillä. Ominaisuusmuuttujien muunnosten tarvetta malleissa arvioitiin erilaisilla residuaalikuville tavoitteena normaalijakautuneet residuaalit, joiden vaihtelun suuruus olisi vakio. Prosenttiosuusmuuttujille käytettiin logit-muunnosta, jolloin keskimääräiset malliennusteet palautettiin käännteismuunnoksella alkuperäiselle asteikolle tulosten tulkintaa varten.

Koekäsittelyiden tulokset ovat pääsääntöisesti kahden vuoden aineistoon perustuvia keskimääräisiä malliennusteita. Joissakin kokeissa oli vain yhden vuoden aineisto. Tulosten yhteydessä ilmaisua "tilastollisesti merkitsevä" tai " $P < 0,05$ " voidaan tulkita siten, että koekäsittelyiden välillä on todellista eroa eikä vain sattuman aiheuttamaa. Eron suuruuden käytännön merkitystä on kuitenkin arvioitava erikseen.

2.3. Kasvukausien säähavainnot

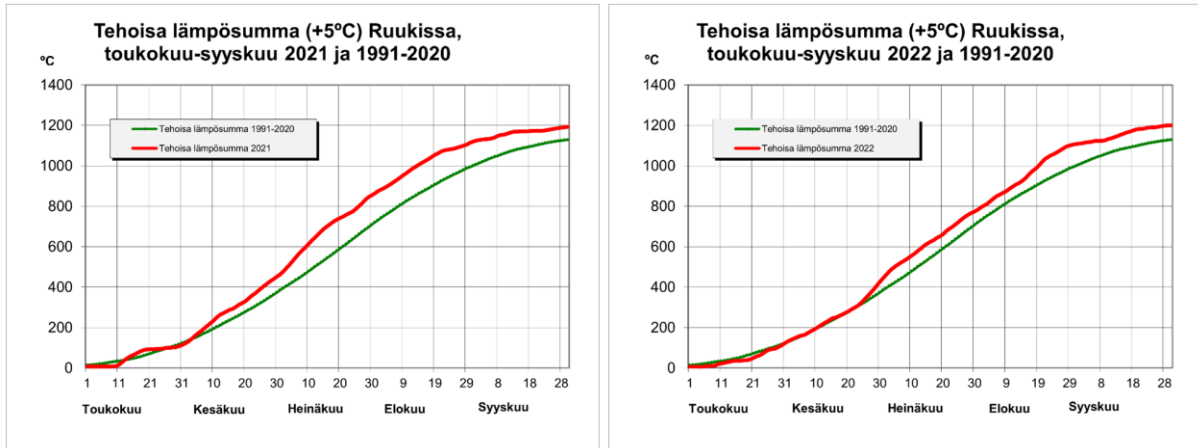
Kasvukausien 2021 ja 2022 sääaineisto perustuu Luke Siikajoen tutkimusasemalla Ruukissa sijaitsevan Ilmatieteen laitoksen automaattisen sääaseman keräämään tietoon. Taulukossa 1 on kasvukauden 2021 ja Taulukossa 2 kasvukauden 2022 kuukausikohtaiset keskilämpötilat, tehoiset lämpösummat ja sademäärät aikavälillä toukokuu–syyskuu sekä näiden pitkäaikaiset keskiarvot. Lisäksi Kuvissa 7–8 on esitetty graafeina tehoisa lämpösumma ja sadesumma Ruukissa aikavälillä toukokuu–syyskuu kasvukausina 2021 ja 2022 sekä näiden pitkän aikavälin keskiarvot jaksolta 1991–2020. Sadesumma on laskettu alkaen toukokuun nolatilanteesta. Kuvassa 9 on esitetty päivittäinen keskilämpötila sekä päivittäiset minimi- ja maksimilämpötilat ja Kuvassa 10 on esitetty vuorokausikohtaiset sademäärät Ruukissa aikavälillä toukokuu–syyskuu kasvukausina 2021 ja 2022.

Taulukko 1. Sääolot Luke Siikajoen tutkimusasemalla kasvukaudella 2021 ja pitkäaikaiset keskiarvot jaksolta 1991–2020. Lähde: Ilmatieteen laitos.

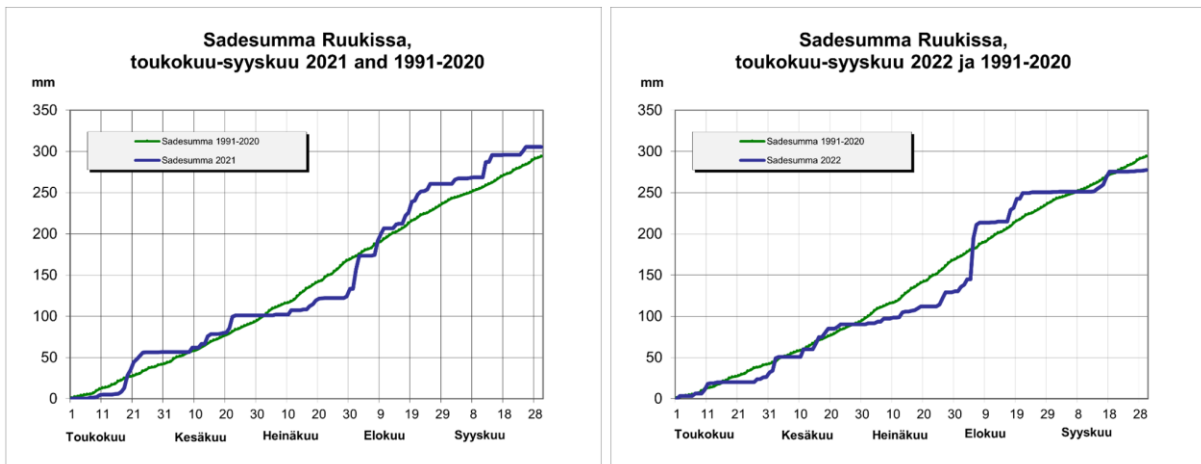
	Keskilämpötila, °C			Tehoisa lämpösumma, °C			Sademäärä, mm		
	2021	1991–2020	Poikkeama	2021	1991–2020	Poikkeama	2021	1991–2020	Suhdeluku
Toukokuu	7,7	8,0	-0,3	107	111	-5	57	42	135 %
Kesäkuu	16,3	13,3	3,0	338	250	88	45	53	84 %
Heinäkuu	18,3	16,2	2,1	413	347	66	32	77	42 %
Elokuu	13,3	14,0	-0,7	256	280	-24	127	70	182 %
Syyskuu	7,3	9,0	-1,7	73	128	-55	45	53	85 %
Summa				1 186	1 116	69	306	295	104 %

Taulukko 2. Sääolot Luke Siikajoien tutkimusasemalla kasvukaudella 2022 ja pitkäaikaiset keskiarvot jaksolta 1991–2020. Lähde: Ilmatieteen laitos.

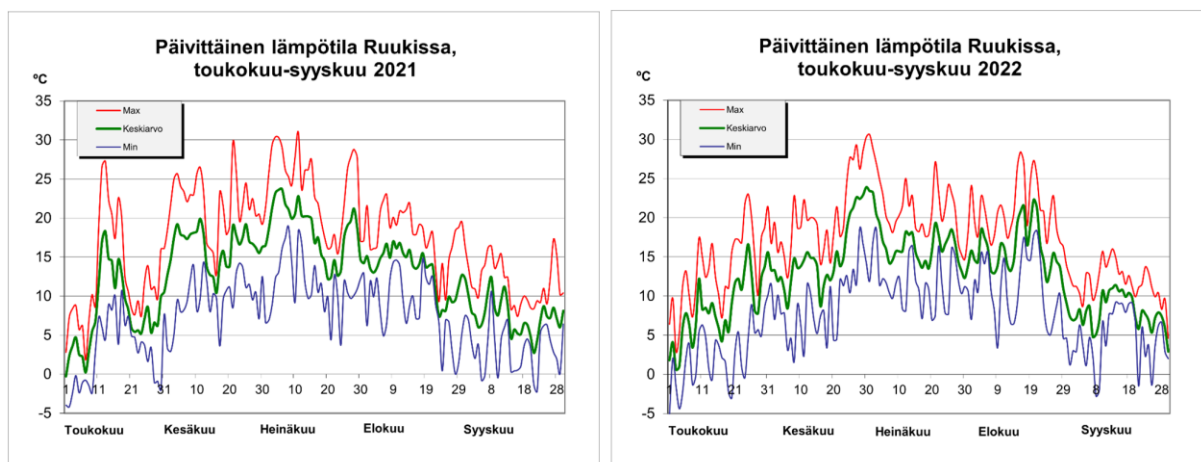
	Keskilämpötila, °C			Tehoisa lämpösumma, °C			Sademäärä, mm		
	2022	1991–2020	Poikkeama	2022	1991–2020	Poikkeama	2022	1991–2020	Suhdeluku
Toukokuu	8,3	8,0	0,3	117	111	6	32	42	76 %
Kesäkuu	15,1	13,3	1,8	302	250	52	58	53	110 %
Heinäkuu	16,6	16,2	0,4	358	347	11	40	77	52 %
Elokuu	15,5	14,0	1,5	325	280	44	121	70	172 %
Syyskuu	8,0	9,0	-1,0	91	128	-37	27	53	50 %
Summa				1 193	1 116	71	278	295	94 %



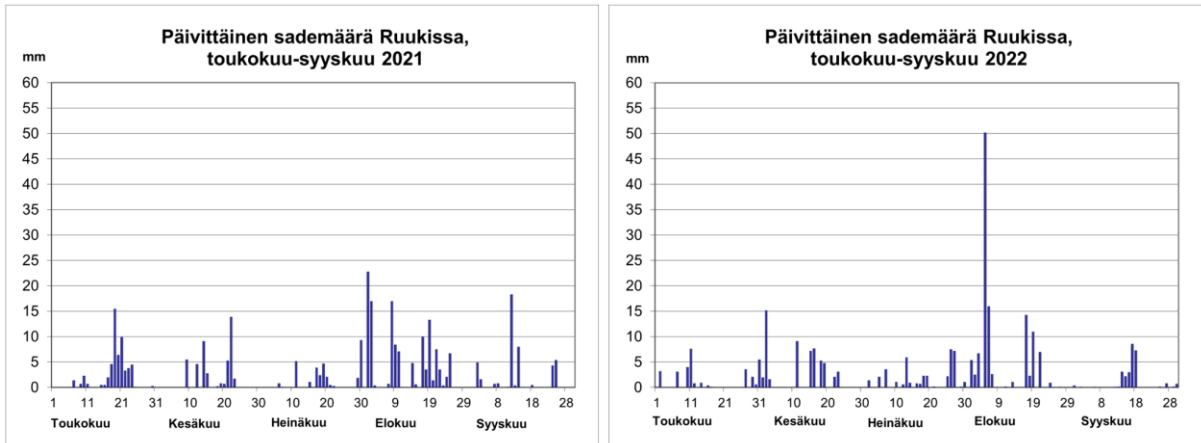
Kuva 7. Tehoisa lämpösomma Luke Siikajoen tutkimusasemalla kasvukausina 2021 ja 2022 ja pitkäaikainen keskiarvo jaksolta 1991–2020 aikavälillä toukokuu–syyskuu. Lähde: Ilmatieteenlaitos 2023.



Kuva 8. Sadesumma Luke Siikajoen tutkimusasemalla kasvukausina 2021 ja 2022 ja pitkäaikainen keskiarvo jaksolta 1991–2020 aikavälillä toukokuu–syyskuu alkaen toukokuun alun nolatilanteesta. Lähde: Ilmatieteenlaitos.



Kuva 9. Päivittäinen lämpötila Luke Siikajoen tutkimusasemalla kasvukausina 2021 ja 2022 aikavälillä toukokuu–syyskuu. Lähde: Ilmatieteenlaitos.



Kuva 10. Päivittäinen sademäärä Luke Siikajoen tutkimusasemalla kasvukausina 2021 ja 2022 aikavälillä toukokuu–syyskuu. Lähde: Ilmatieteen laitos.

Tarkasteltavalla ajanjaksolla molemmat kasvukaudet olivat tehoisalta lämpösummaltaan jonkin verran pitkäaikaista keskiarvoa lämpimämpiä (Taulukot 1–2, Kuva 7). Vuonna 2021 kesä- ja heinäkuu ja vuonna 2022 kesä- ja elokuu olivat selvästi tavanomaista lämpimämpiä kuukausia. Molempina vuosina toukokuu oli tehoisalta lämpösummaltaan lähellä pitkän aikavälin keskiarvoa, mutta vuoden 2021 kesäkuun alusta ja vuonna 2022 kesäkuun lopusta alkaen tehoisan lämpösumman kertymä ylitti pitkän aikavälin keskiarvon (Kuva 7).

Molempien kasvukausien sademäärät toukokuusta syyskuuhun olivat lähellä pitkän aikavälin keskiarvoa (Taulukot 1–2, Kuva 8). Kuvassa 8 sademäärän kertymä on laskettu alkaen nollatilanteesta toukokuun alussa. Kuukausikohtaisissa sademäärissä oli kuitenkin merkittäviä eroja tavanomaiseen sademäärään verrattuna (Taulukot 1, 2). Kasvukaudella 2021 toukokuu oli keskimääräistä sateisempi, kesä- ja erityisesti heinäkuu tavanomaista kuivempia ja elokuussa satoi lähes kaksinkertainen määrä tavanomaiseen verrattuna. Vuonna 2022 toukokuussa satoi hieman keskimääräistä vähemmän, kesäkuun sademäärä oli lähellä pitkän aikavälin keskiarvoa, heinäkuu oli tavanomaista vähäsateisempi ja elokuussa satoi selvästi normaalia enemmän.

3. Palkoviljalajit ja -lajikkeet vertailussa

Suomessa rehuntuotannossa tyypillisesti käytettyjä palkoviljalajeja ovat herne ja härkäpapu. Jonkin verran viljellään myös ruis- ja rehuvirnaa sekä valkolupiinia. Kaikki edellä mainitut ovat yksivuotisia kasveja.

Palkoviljoja voidaan viljellä joko puhtaina kasvustoina tai seoksina esimerkiksi viljojen kanssa. Viljasta tehtyyn kokoviljasäilörehuun verrattuna palkoviljat tyypillisesti lisäävät korjattavan rehun raakavalkuaispitoisuutta, joka saattaa muutoin jäädä turhan pieneksi. Lisäksi palkoviljat saattavat parantaa rehun sulavuutta puhtaaseen kokoviljaksi korjattavaan viljakasvustoon verrattuna. Viljat puolestaan toimivat palkoviljojen tukikasveina. Palkoviljoista erityisesti rentovartistet herne ja vurnat hyötyvät vahvokortisesta viljasta.

Herne- ja härkäpapulajikkeista löytyy niin kokoviljasäilörehuksi kuin puitavaksi tarkoitettuja. Kokoviljasäilörehuntuotantoon soveltuvat erityisesti vihantalajikkeet, jotka tuottavat runsaasti vihermassaa, kun taas puitavilla lajikkeilla on enemmän siementä suhteessa muuhun massaan. Pitkän kasvuaiansa vuoksi useat vihantalajikkeet eivät ehdi tuleentua ja tuottaa siementä puitavaksi Suomen kasvuoloissa. Siten korjuu kokoviljasäilörehuksi on käytännössä ainoa vaihtoehto. Myös valkolupiinilla on pitkä kasvu aika, minkä vuoksi se soveltuu kasvuoloissamme ainoastaan vihantana korjattavaksi. Puitavat lajikkeet voidaan korjata myös kokoviljana. Rehuvirna ja ruusvirna ovat satoisia säilörehukasveja. Ne tarvitsevat yleensä aina tukikasvin.

3.1. Koekäsittelyt ja kokeen toteutus

Kenttäkokeessa verrattiin viljan kanssa seoskasvustona viljeltyjen ja kokoviljasäilörehuksi korjattavien eri palkoviljalajien ja -lajikkeiden satoa ja ruokinnallista laatua. Kontrollina oli puhdas kevätuisvehnäkasvusto.

Kokeessa oli kaksi hernelajiketta, Arvika ja Lacross, kolme härkäpapulajiketta, Fuego, Sampo ja Tiffany sekä yksi valkolupiinilajike Energy, rehuvirnalajike Ebena ja ruusvirnalajike Villana. Viljana oli Somtri-kevätuisvehnä. Kevätuisvehnä valikoitui kokeeseen tukikasviksi ja kontrolliksi, koska sillä on suuri satopotentiaali kokoviljaksi korjattaessa. Lisäksi kevätuisvehnän kasvusto pysyy yleensä hyvin pystyssä.

Koe toteutettiin ruutukokeena kahtena peräkkäisenä vuonna kahdella eri peltolohkolla. Jälkimmäisenä vuonna kokeiden paikkaa vaihdettiin lohkon sisällä. Koelohkojen maalajit, multavuudet ja keskeiset viljavuusarvot on esitetty Taulukossa 3.

Taulukko 3. Koelohkojen maalaji, multavuus ja keskeiset viljavuusarvot vuosina 2021 ja 2022 otetuissa maanäytteissä.

	Maalaji	Multavuus	pH	Ca, mg/l	P, mg/l	K, mg/l	Mg, mg/l	S, mg/l
Vuosi 2021								
Lohko 1	KHt	m	6,3	940	13,0	68	87	5,8
Lohko 2	KHt	erm	5,9	2 000	5,7	68	160	20,0
Vuosi 2022								
Lohko 1	KHt	m	6,1	970	11,0	58	90	6,6
Lohko 2	KHt	rm	5,7	1 100	8,4	80	86	9,9

Palkoviljojen kylvömäärinä käytettiin niiden tyypillisiä siemenmääriä viljeltäessä niitä viljan kanssa seoksina. Kevätuisvehnän kylvömäärä oli sama kaikissa seoksissa. Puhtaalla kevätruisvehnällä käytettiin sille tyypillistä kylvötiheyttä, 500 kpl/m². Taulukossa 4 on esitetty kokeessa käytetyt palkoviljan ja viljan kylvömäärät.

Taulukko 4. Kevätuisvehnän ja palkovilja-viljaseosten kylvömäärät sekä kylvö- ja korjuuajan kohdat kahdella peltolohkolla vuosina 2021 ja 2022. Kevätuisvehnän lajikkeena oli Somtri sekä puhtaana viljeltyä että seoksissa.

Vuosi	Laji	Palko- vilja- lajike	Kylvömäärä, kg/ha		Kylvömäärä, kpl/m ²		Kylvöajakohta, pv		Korjuuajan- kohta, pv	
			Palko- vilja	Vilja	Palko- vilja	Vilja	Lohko 1	Lohko 2	Lohko 1	Lohko 2
2021	Kevätuisvehnä	-	-	236	-	500	2.6.	3.6.	3.9. ²⁾	2.9.
	Herne- Kevätuisvehnä	Lacross	80	100	48	212	2.6.	3.6.	26.8.	23.8. ³⁾
	Herne- Kevätuisvehnä	Arvika	80	100	40	212	2.6.	3.6.	26.8.	23.8. ³⁾
	Härkäpapu- Kevätuisvehnä	Tiffany	200	100	32	212	2.6.	3.6.	30.8.	23.8. ³⁾
	Härkäpapu- Kevätuisvehnä	Fuego	200	100	34	212	2.6.	3.6.	30.8.	23.8.
	Härkäpapu- Kevätuisvehnä	Sampo	180	100	65	212	2.6.	3.6.	30.8.	23.8.
	Valkolupiini-Ke- vätruisvehnä	Energy	150	100	45	212	2.6.	3.6.	30.8.	23.8.
	Rehuvirna- Kevätuisvehnä	Ebena	70	100	t.p. ¹⁾	212	2.6.	3.6.	24.8.	19.8.
	Ruisvirna- Kevätuisvehnä	Villana	50	100	t.p.	212	2.6.	3.6.	24.8.	19.8.
2022	Kevätuisvehnä	-	-	236	-	500	23.5.	24.5.	23.8.	25.8.
	Herne- Kevätuisvehnä	Lacross	80	100	50	183	23.5.	24.5.	23.8.	25.8.
	Herne- Kevätuisvehnä	Arvika	80	100	54	183	23.5.	24.5.	23.8.	25.8.
	Härkäpapu- Kevätuisvehnä	Tiffany	200	100	30	183	23.5.	24.5.	23.8.	25.8.
	Härkäpapu- Kevätuisvehnä	Fuego	200	100	34	183	23.5.	24.5.	23.8.	25.8.
	Härkäpapu- Kevätuisvehnä	Sampo	180	100	67	183	23.5.	24.5.	23.8.	25.8.
	Valkolupiini-Ke- vätruisvehnä	Energy	150	100	45	183	23.5.	24.5.	23.8.	25.8.
	Rehuvirna- Kevätuisvehnä	Ebena	70	100	t.p.	183	23.5.	24.5.	23.8.	25.8.
	Ruisvirna- Kevätuisvehnä	Villana	50	100	140	183	23.5.	24.5.	23.8.	25.8.

¹⁾ Tieto puuttuu.

²⁾ Yhden kerranteen korjuu 30.8.2021.

³⁾ Yhden kerranteen korjuu 19.8.2021.

Lannoitteena käytettiin lohkolla 1 runsastyypisempää NPK-lannoitetta (YaraMila Y 4, 20–2–12) ja lohkolla 2 matalatyypisempää NPK-lannoitetta (YaraMila Y 6, 15–6,5–12,5). Palkovilja-viljaseoksille annettiin maan multavuuden mukaan starttityypilannoitus varmistamaan

kasvustojen hyvä alkuunlähtö. Typpilannoitustaso Lohkolla 1 oli 60 kg N/ha ja Lohkolla 2 vastaavasti 20 kg N/ha. Puhtaan kevätruisehnen typpilannoitustaso pidettiin maltillisena ja lannoitusmäärässä huomioitiin multavuusluokka, koska haluttiin ehkäistä kasvustojen lakoontumista. Lohkon 1 perustyyppilannoitus oli 90 kg N/ha ja Lohkolla 2 vastaavasti 60 kg N/ha.

Koeruutujen kylvö- ja korjuuajankohdat on esitetty Taulukossa 4. Kasvustot korjattiin kokoviljana. Vuonna 2021 korjuu tehtiin ensisijaisesti kevätruisehnen kehitysasteen mukaan taikina-tuleentumisvaiheessa. Kevätruisehnen tuleentumisasteen perusteella määritetty korjuuajankohta oli kuitenkin turhan myöhäinen palkoviljojen kannalta. Seuraavana vuonna korjuu tehtiin ensisijaisesti palkoviljojen kehitysasteen mukaan niiden alkaessa tuleentua. Molempina vuosina korjuuajankohtaan vaikutti osittain myös kasvustojen lakoontuminen, korjuusää ja työvoiman riittävyys.

3.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu

Taulukkoon 5 on koottu kokoviljojen kuiva-ainesadot ja koostumustiedot. Lisäksi palkoviljoja sisältäneiden seosten osalta on esitetty palkoviljan, viljan ja rikkakasvien osuudet sadossa. Tulokset on esitetty lajikkeiden ja peltolohkojen keskiarvoina ja niissä on yhdistetty vuosien 2021 ja 2022 tulokset.

Taulukko 5. Kokoviljojen kuiva-ainesadot, koostumus ja eri kasvien osuudet sadossa palkoviljoja sisältäneissä seoksissa kahdella eri peltolohkolla. Tuloksissa on yhdistetty vuosien 2021 ja 2022 tulokset. Kasvilajeina oli puhdas kevätruisevhnä sekä palkoviljat, joita viljeltiin seoskasvustona tukikasvina käytetyn kevätruisevhnän kanssa.

Pääkasvi	Kevätruisevhnä	Herne		Härkäpapu			Rehuvirna	Ruisvirna	Valkolupiini	Peltolohko		P-arvot ²⁾		
Pääkasvilajike	Somtri	Arvika	Lacross	Fuego ¹⁾	Tiffany	Sampo	Ebena	Villana	Energy	Lohko 1	Lohko 2	Pääkasvilajike	Peltolohko	Yhdysvaikutus
Sato, kg ka/ha	8 455 ^a	7 370 ^{ab}	7 866 ^{ab}	8 269 ^a	8 390 ^a	7 664 ^{ab}	7 664 ^{ab}	5 820 ^c	6 754 ^{bc}	7 556	7 611	<0,001	0,935	0,018
Koostumus														
Kuiva-aine, g/kg	372 ^a	217 ^e	282 ^c	248 ^{cde}	243 ^{de}	270 ^{cd}	247 ^{cde}	229 ^e	322 ^b	297 ^a	243 ^b	<0,001	<0,001	0,003
Raakavalkuainen, g/kg ka	79 ^e	141 ^{ab}	115 ^{cd}	146 ^{ab}	152 ^a	149 ^{ab}	129 ^{bc}	133 ^{abc}	93 ^{de}	110 ^b	142 ^a	<0,001	<0,001	0,136
NDF, g/kg ka	569 ^a	474 ^c	512 ^b	543 ^{ab}	536 ^{ab}	561 ^a	522 ^b	571 ^a	564 ^a	558 ^a	520 ^b	<0,001	0,047	0,213
iNDF, g/kg ka	195 ^a	154 ^{cd}	175 ^{abc}	154 ^{cd}	149 ^d	157 ^{cd}	171 ^{bcd}	191 ^{ab}	186 ^{ab}	187 ^a	154 ^b	<0,001	0,004	0,590
D-arvo, g/kg ka	559 ^d	609 ^{ab}	579 ^{cd}	605 ^{abc}	615 ^a	600 ^{abc}	585 ^{bcd}	561 ^d	569 ^d	569 ^b	605 ^a	<0,001	0,007	0,413
Sokerit, g/kg ka	139 ^a	129 ^a	105 ^b	100 ^b	108 ^b	93 ^b	104 ^b	72 ^c	134 ^a	122 ^a	97 ^b	<0,001	<0,001	0,012
Tuhka, g/kg ka	50 ^c	63 ^a	61 ^{ab}	41 ^d	41 ^d	39 ^d	66 ^a	65 ^a	54 ^{bc}	50 ^b	57 ^a	<0,001	0,016	0,524
ME, g/kg ka	8,9 ^d	9,7 ^{ab}	9,3 ^{cd}	9,7 ^{abc}	9,8 ^a	9,6 ^{abc}	9,4 ^{bcd}	9,0 ^d	9,1 ^d	9,1 ^b	9,7 ^a	<0,001	0,008	0,385
OIV, g/kg ka	63 ^e	74 ^{ab}	69 ^{cd}	74 ^{ab}	76 ^a	74 ^{ab}	71 ^{bc}	69 ^{cd}	65 ^{de}	67 ^b	74 ^a	<0,001	<0,001	0,440
PVT, g/kg ka	-16 ^c	30 ^a	12 ^b	35 ^a	39 ^a	39 ^a	23 ^{ab}	31 ^a	-5 ^c	10 ^b	32 ^a	<0,001	<0,001	0,056
Kasvien osuudet sadossa, % ka:ssa³⁾														
Palkoviljan osuus	n.d. ⁴⁾	71,1 ^a	62,4 ^{ab}	44,0 ^b	58,8 ^{ab}	45,5 ^b	58,2 ^{ab}	44,9 ^b	3,0 ^c	34 ^b	53 ^a	<0,001	0,001	0,934
Kevätruisevhnän osuus	n.d.	26,7 ^c	33,7 ^{bc}	47,3 ^b	35,9 ^{bc}	48,6 ^b	39,0 ^{bc}	47,5 ^b	87,3 ^a	51	43	<0,001	0,109	0,482
Rikkakasvien osuus	n.d.	0,7 ^{bc}	0,7 ^{bc}	4,1 ^{ab}	1,2 ^{abc}	1,2 ^{abc}	0,7 ^c	0,6 ^c	6,6 ^a	5,8 ^a	0,3 ^b	<0,001	<0,001	0,063

¹⁾ Koostumustiedoista puuttuu yhden kerranteen tiedot Lohkolta 1 vuonna 2022.

²⁾ Käsittelykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Bonferroni-testin perusteella ($P < 0,05$).

³⁾ Eivät summaudu 100 %:iin, koska jokaisen kasvin osuutta sadossa on mallitettu erikseen.

⁴⁾ Ei määritetty.

Heinäkuulle osunut hellejakso ja kuivuus nopeuttivat kasvustojen tuleentumista vuonna 2021. Keskimääräinen kasvuaika kasvilajista ja lajikkeesta riippuen vaihteli 80–92 päivän välillä vuonna 2021 (korjuuajankohta määräytyi ensisijaisesti kevätruisehnen tuleentumisen mukaan), kun se vastaavasti vuonna 2022 oli 93 päivää (korjuuajankohta määräytyi ensisijaisesti palkoviljojen tuleentumisen mukaan). Lisäksi vuonna 2021 Lohkolla 2 Sampo-härkäpavussa oli huomattavan paljon suklaalaikkua, mikä nopeutti sen tuleentumista.

Molempina vuosina useissa koejäsenissä esiintyi lakoontumista. Vuonna 2021 lakoontuminen oli erityisen voimakasta kummallakin lohkolle molemmilla hernelajikkeilla sekä rehuvirnalla ja ruisvirnalla. Härkäpapua ja valkolupiinia sisältäneissä kasvustoissa ja puhtaassa kevätruisehnenäkasvustossa lakoa ei juurikaan havaittu. Vuonna 2022 erityisesti Lohkolla 2 esiintyi huomattavan paljon lakoontumista. Lakoontuminen oli erityisen voimakasta molemmilla hernelajikkeilla sekä rehuvirnalla ja ruisvirnalla. Myös härkäpavulla lajikkeesta riippumatta havaittiin lakoa yksittäisillä koeruuduilla. Lohkolla 1 lakoa oli lähinnä molemmilla hernelajikkeilla ja jonkin verran ruisvirnalla.

Valkolupiini menestyi seoskasvustoissa huonosti. Sen osuus kuiva-aineesta laskettuna oli vain 3 %, kun muiden palkoviljojen osuudet vaihtelivat 44–71 %:n välillä. Ero oli tilastollisesti merkitsevä ($P < 0,05$). Vastaavasti ero näkyi tukikasvina olleen kevätruisehnen osuudessa. Valkolupiinia sisältäneessä seoksessa kevätruisehnen osuus oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi muihin seoskasvustoihin verrattuna ($P < 0,05$).

Palkoviljaa sisältävien seosten hehtaarikohtaiset kuiva-ainesadot vaihtelivat välillä 5,8–8,4 tn/ha, kun se puhtaalla kevätruisehnällä oli 8,5 tn/ha. Pääkasvilajikkeiden välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja kuiva-ainesadossa ($P < 0,05$). Puhdas kevätruisehnenä sekä härkäpapua, hernettä tai rehuvirnaa sisältäneet seokset tuottivat lajikkeesta riippumatta suurimmat kuiva-ainesadot ($P < 0,05$). Ruisvirnaa sisältäneen seoksen sato oli heikoin muihin paitsi valkolupiinia sisältäneeseen seokseen verrattuna ($P < 0,05$).

Vaikka valkolupiini menestyi huonosti seoskasvustossa, se ei kuitenkaan vaikuttanut merkittävästi kasvuston kuiva-ainesatoon, koska kevätruisehnenä kasvoi seoksessa hyvin. Seurauksena valkolupiinia sisältäneen kasvuston sato ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi kummankaan hernelajikkeen, Sampo-härkäpavun, rehuvirnan eikä ruisvirnan sadoista ($P < 0,05$). Sen sato oli kuitenkin pienempi kuin puhtaalla kevätruisehnällä tai härkäpavuista Fuego- ja Tiffany-lajikkeilla saadut sadot ($P < 0,05$). Satoeroa puhtaaseen kevätruisehnenä verrattuna selittää ainakin osittain se, että kevätruisehnenä kylvömäärä oli suurempi puhtaana viljeltäessä kuin seoksissa.

Peltolohkolla ei ollut vaikutusta kuiva-ainesatoihin. Tulosten tulkintaa vaikeutti kuitenkin osittain yhdysvaikutus ($P = 0,018$) peltolohkon ja pääkasvilajikkeen välillä.

Tavoiteltaessa korkeita kuiva-ainesatoja palkoviljoja sisältävällä seoksella valkolupiinin sisällyttäminen seokseen ei näiden tulosten perusteella ole varteenotettava vaihtoehto. Selkeää syytä valkolupiinin huonoon menestymiseen ei löytynyt. Yksi selitys saattaa olla valkolupiinin hidas alkukehitys, minkä vuoksi se ei pärjännyt kilpailussa tukikasvina olleen kevätruisehnen kanssa. Valkolupiini ei myöskään siedä varjostusta, joten seosviljely on tässäkin mielessä saattanut olla sille haitallista. Toisaalta aikaisemmassa kokeessa, jossa viljeltiin Energy-valkolupiinin ja vehnän seosta, valkolupiini menestyi hyvin ja kasvatti biomassaa syksyä kohti mentäessä (Stoddard ym. 2012). Erona kasvustojen perustamisessa nyt raportoitavaan kokeeseen

verrattuna oli, että Stoddardin ym. (2012) koe tehtiin eteläisessä Suomessa ja kokeessa sekä palkoviljan että viljan kylvömäärä oli 80 kg/ha eikä kasvustoa lannoitettu.

Valkolupiinin huono ja kevätruisvehnän hyvä menestyminen seoskasvustossa oli toisaalta osoitus seosviljelyn edusta siinä mielessä, että vaikka seosviljelyssä viljeltävistä kasveista joku ei menesty, niin joku toinen kasvi saattaakin menestyä ja siten turvata sadon.

Palkoviljoja sisältäneiden kasvustojen kuiva-ainepitoisuuksissa oli huomattavia eroja vaihtelun ollessa välillä 217–322 g/kg. Yleisesti ottaen palkoviljat seoksissa alensivat selkeästi kasvustojen kuiva-ainepitoisuutta verrattuna puhtaaseen kevätruisvehnään, jonka kuiva-ainepitoisuus 372 g/kg oli tilastollisesti merkitsevästi seoskasvustojen suurempi ($P < 0,05$). Suuri kevätruisvehnän määrä valkolupiinia sisältäneessä seoksessa nosti kyseisen seoksen kuiva-ainepitoisuutta muihin palkoviljajäseniin verrattuna ($P < 0,05$).

Säilörehuksi korjattavan kasvuston matala kuiva-ainepitoisuus tulee huomioida puristeneen erittymisen lisääntymisenä. Puristeneen erittyminen rehusta loppuu yleensä, kun rehumassan kuiva-ainepitoisuus on yli 250 g/kg (Huuskonen ym. 2020b). Matala kuiva-ainepitoisuus vaikeuttaa myös rehun säilöntää ja altistaa rehun virhekäymiselle, mikä on syytä ottaa huomioon säilöntäaineen valinnassa ja annostelussa. Mitä märempi rehu on, sitä enemmän rehun sisältämä vesi puskuroida pH:n laskua. Lisäksi märkä rehu voi myös jäättyä pakkasilla.

Toisaalta myöskään kokoviljasäilörehujen esikuivaus ei ole täysin ongelmaton. Esikuivauksen seurauksena varisemisriski lisääntyy, jolloin peltoon varisee erityisesti kasvuston ravitsemuksellisesti arvokkaimpia osia, papuja, palkoja ja jyviä. Lisäksi karholla korjattavan rehun sekaan saattaa joutua maa-ainesta, mikä on rehun säilönnän kannalta yksi riskitekijä.

Palkoviljoja sisältäneiden seosten raakavalkuaispitoisuudet vaihtelivat välillä 93–152 g/kg ka, kun puhtaassa kevätruisvehnäkasvustossa vastaava pitoisuus oli 79 g/kg ka. Näin ollen palkoviljat seoksissa lisäsivät kasvustojen raakavalkuaispitoisuutta puhtaaseen kevätruisvehnäkasvustoon verrattuna ($P < 0,05$). Tästä poikkeuksena oli valkolupiinin ja kevätruisvehnän seos, jonka raakavalkuaispitoisuus, 93 g/kg ka, ei eronnut puhtaasta kevätruisvehnästä. Syynä valkolupiinia sisältäneen seoksen matalaan raakavalkuaispitoisuuteen oli valkolupiinin vähäinen ja kevätruisvehnän suuri osuus kasvustossa.

Kokoviljana korjatun puhtaan viljakasvuston raakavalkuaispitoisuus on tyypillisesti matala (Huuskonen ym. 2020a, Lötjönen ym. 2020, Manni ym. 2021). Tässä kokeessa kevätruisvehnän raakavalkuaispitoisuus oli vielä hieman alhaisempi kuin edellä mainituissa tutkimuksissa. Rehun matala raakavalkuaispitoisuus on ruokinnassa eduksi typen hyväksikäytölle, mutta mikäli se on niin matala, että se alkaa vaikuttaa negatiivisesti tuotantotuloksiin, tulee riittävästä lisävalkuaisen saannista huolehtia.

Palkoviljojen käyttö säilörehuksi korjattavassa kokoviljakasvustossa on yksi keino nostaa rehun raakavalkuaispitoisuutta, mikä tuli selkeästi esiin tässä tutkimuksessa. Toisaalta turhan korkeita (yli 150 g/kg ka) valkuaispitoisuuksia ei kannata tavoitella, koska silloin valkuaisen hyväksikäyttö heikkenee.

Kasvustojen kuitupitoisuudet vaihtelivat välillä 474–571 g/kg ka. Arvika-hernettä sisältäneen seoksen kuitupitoisuus oli selvästi matalampi muihin koejäseniin verrattuna ($P < 0,05$). Rehutaalukoissa (Luke 2024) olevaan aikaisin/normaalina korjuuajankohtana korjattuun ensimmäisen niiton nurmiheinäsäilörehuun (D-arvo 690 g/kg ka, NDF 550 g/kg ka, iNDF 70 g/kg ka)

verrattuna kokoviljasäilörehujen kuitupitoisuudet vaihtelivat ollen nurmiheinäsäilörehun tasoa tai sitä alhaisempia tai korkeampia. Sulamattoman kuidun osuus kokoviljasäilörehuissa puolestaan oli selvästi nurmiheinäsäilörehua korkeampi. Palkoviljoja sisältäneillä kokoviljoilla sulamattoman kuidun osuus kuidusta vaihteli välillä 28–34 % ja puhtaalla viljakasvustolla se oli 34 % kun se em. nurmiheinällä oli 13 %. Tulos on samansuuntainen Kuoppalan ym. (2014) tulosten kanssa, missä hernevehnäsäilörehussa sulamattoman kuidun osuus oli 46 % ja härkäpapusäilörehussa 38 %. Kirjallisuuteen ja kotimaisiin kokeisiin perustuvassa aineistossa nurmiheinäkasvien sulamattoman kuidun osuus on ollut 18 % (Kuoppala 2010). Nurmipalkokasveilla puolestaan sulamattoman kuidun osuus kuidusta on ollut nurmiheiniä selvästi korkeampi ollen 35 % (Kuoppalan 2010).

Kokoviljojen sulavuudet D-arvona mitattuna olivat matalia keskimääräisiin nurmisäilörehuihin verrattuna mutta melko tyypillisiä kokoviljasäilörehuille. Palkoviljoja sisältäneiden kasvustojen D-arvot vaihtelivat välillä 561–615 g/kg ka, kun D-arvo puhtaalla kevätruisvehnällä oli 559 g/kg ka. Sulavuudet olivat korkeimpia erityisesti seoksissa, joissa oli joko härkäpapua tai Arvika-hernettä. Tosin näistä ainoastaan Tiffany-härkäpapulajike erosi kaikista muista kuin edellä mainituista koejäsenistä. Erot sulavuuksissa näkyivät vastaavina eroina kasvustojen energiapitoisuuksissa.

Verrattaessa palkoviljoja sisältäneiden kasvustojen sulavuuksia aikaisempiin vastaaviin tutkimuksiin tässä tutkimuksessa palkoviljoja sisältäneiden kasvustojen sulavuudet olivat matalampia kuin Kuoppalan ym. (2014) kokeessa ja samaa tasoa kuin Huuskonen ym. (2016) kokeessa. Vertailua aikaisempiin tutkimuksiin vaikeuttaa kuitenkin erityisesti se, että osassa kokeita lajikkeet ovat eronneet, korjuuajankohdissa on voinut olla eroa ja myös viljan palkoviljan osuudet ovat saattaneet erota toisistaan. Siten tarkastelut ovat vain suuntaa antavia.

Tuloksia tarkasteltaessa on myös syytä huomioida, että kyseessä olivat vain kahden vuoden tulokset. Vuodet eivät ole samanlaisia, eivätkä kasvit käyttäydy joka vuosi samalla tavalla. Siihen, minkälaista satoa niin määrällisesti kuin laadullisestikin korjataan, vaikuttavat suuresti mm. kasvukauden sääolot, kasvupaikan olosuhteet, seoskasvustoissa eri kasvien menestyminen sekä korjuuajankohta. Siten samallakin siemenseoksella kylvetyt kasvit saattavat johtaa hyvinkin erilaiseen lopputulokseen eri vuosina.

4. Viljan kanssa seoksena viljeltävien palkoviljojen kylvömäärät vertailussa

Viljojen ja palkoviljojen viljely kokoviljasäilörehuksi on mahdollista niin puhtaana kasvustona kuin seoskasvustonakin. Puhtaiden viljakasvustojen viljely onnistuu parhaiten tavanomaisessa viljelyssä. Luomutuotannossa saavutetaan todennäköisemmin parempi tulos seosviljelyllä, jossa on palkokasveja mukana, kuin viljeltäessä pelkkää viljaa. Yhtenä merkittävänä syynä tähän on riittävä typensaannin varmistaminen, jossa keskeisessä roolissa on palkokasvien kyky sitoa biologisesti ilmakehän typpeä. Biologisen typensidontan ansiosta palkokasvit eivät ole riippuvaisia typpilannoituksesta.

Mikäli palkoviljat ovat rehuntuotannon pääkasvi, niiden viljely onnistuu parhaiten seosviljelynä viljojen kanssa. Tukikasvina käytettävä vilja vähentää palkoviljaa sisältävän kasvuston lakoutumista. Tyypillisiä palkoviljojen kanssa seoksessa käytettyjä viljoja ovat kaura, vehnä ja ohra. Myös vähemmän viljeltyä kevätruisevhnää voidaan käyttää. Sen etuna on hyvä sadontuottokyky eikä se lakoudu herkästi. Erityisesti rentovartiset herne ja vurnat voivat hyötyä vahvakortisesta viljasta. Palkoviljan ja viljan seosviljelyn muita hyötyjä ovat mm. satovarmuuden lisääntyminen, parantunut kilpailukyky rikkoja vastaan sekä palkoviljojen typensidonta ja viljoja suurempi valkuaispitoisuus.

Palkoviljat voivat myös kärsiä kilpailusta viljan kanssa. Eri kasvilajien keskinäistä kilpailua voidaan kuitenkin vähentää mm. lajikevalinnoilla, kylvön ajoituksella, lannoitusta säätämällä ja kylvösiemenmäärillä.

4.1. Koekäsittelyt ja kokeen toteutus

Kenttäkokeessa verrattiin palkoviljan kylvösiemenmäärän vaikutusta kuiva-ainesatoon ja rehun laatuun korjattaessa kasvusto kokoviljana. Kokeessa olleet palkoviljat olivat herne, härkäpapu ja valkolupiini, yksi lajike kustakin. Herneellä lajikkeena oli Lacross, härkäpavulla Tiffany ja valkolupiinilla Energy. Tukikasviksi kaikkiin seoksiin valittiin Somtri-kevätruisevhnä. Lisäksi puhdas Somtri-kevätruisevhnä oli kokeessa mukana kontrollina.

Palkoviljojen ja viljan seossuhteisiin liittyvä koe tehtiin ruutukokeena kahtena peräkkäisenä vuonna, mutta tässä on esitetty ainoastaan vuoden 2022 tulokset vuoden 2021 kylvösiementen seossuhteissa olleiden epäselvyyksien vuoksi. Koe toteutettiin ruutukokeena kahdella eri peltolohkolla. Koeruutujen lohkokohtaiset maalajit, multavuudet ja keskeiset viljavuusarvot on esitetty Taulukossa 6.

Taulukko 6. Koelohkojen maalaji, multavuus ja keskeiset viljavuusarvot vuonna 2022 otetuissa maanäytteissä.

Vuosi 2022	Maalaji	Multavuus	pH	Ca, mg/l	P, mg/l	K, mg/l	Mg, mg/l	S, mg/l
Lohko 1	KHt	m	6,4	1 100	11,0	51	97	8,0
Lohko 2	KHt	rm	5,9	1 300	9,6	78	74	7,4

Yhtenä koekäsittelynä oli palkoviljan kylvömäärän perustaso (perus), joka vastasi kunkin palkoviljalajin tyypillistä kylvömäärää seosviljelyssä viljan kanssa. Kahdessa muussa koekäsittelyssä palkoviljan kylvömäärää joko lisättiin (suuri) tai vähennettiin (pieni) 30 % perustason

määrästä. Kevättruisvehnän kylvömäärä seoksissa oli vakio 100 kg/ha ja se oli sama kaikilla kolmella palkoviljalla. Puhtaan kevättruisvehnän kylvötiheys oli 500 kpl/m². Taulukossa 7 on esitetty kokeessa käytetyt kylvömäärät.

Taulukko 7. Palkovilja-viljaseosten ja puhtaan kevättruisvehnän kylvömäärät sekä kylvö- ja korjuuajankohdat kahdella peltolohkolla vuonna 2022. Koekäsittelyinä oli palkoviljan kylvömäärän perustaso (perus) sekä 30 % perustasoa suurempi (suuri) ja pienempi (pieni) kylvömäärä.

Palkovilja- ja viljalaji	Koe-käsittely	Kylvömäärä, kg/ha		Kylvömäärä, kpl/m ²		Kylvöajankohta		Korjuuajankohta	
		Palkovilja	Vilja	Palkovilja	Vilja	Lohko 1	Lohko 2	Lohko 1	Lohko 2
Kevättruisvehnä	Kontrolli	-	273	-	500	23.5.	24.5.	24.8.	30.8.
Herne -Kevättruisvehnä	Perus	80	100	50	212	23.5.	24.5.	24.8.	30.8.
Herne -Kevättruisvehnä	Pieni	56	100	35	212	23.5.	24.5.	24.8.	30.8.
Herne -Kevättruisvehnä	Suuri	104	100	65	212	23.5.	24.5.	24.8.	30.8.
Härkäpapu-Kevättruisvehnä	Perus	200	100	30	212	23.5.	24.5.	24.8.	30.8.
Härkäpapu-Kevättruisvehnä	Pieni	140	100	21	212	23.5.	24.5.	24.8.	30.8.
Härkäpapu-Kevättruisvehnä	Suuri	260	100	39	212	23.5.	24.5.	24.8.	30.8.
Valkolupiini-Kevättruisvehnä	Perus	150	100	45	212	23.5.	24.5.	24.8.	30.8.
Valkolupiini-Kevättruisvehnä	Pieni	105	100	32	212	23.5.	24.5.	24.8.	30.8.
Valkolupiini-Kevättruisvehnä	Suuri	195	100	59	212	23.5.	24.5.	24.8.	30.8.

Lannoitteena käytettiin Lohkolla 1 runsastyyppisempää NPK-lannoitetta (YaraMila Y 4, 20–2–12) ja Lohkolla 2 matalatyyppisempää NPK-lannoitetta (YaraMila Y 6, 15–6,5–12,5). Palkovilja-viljaseoksille annettiin maan multavuuden mukaan starttityypilannoitus varmistamaan kasvustojen hyvä alkuunlähtö. Typpilannoitustaso Lohkolla 1 oli 60 kg N/ha ja Lohkolla 2 vastaavasti 20 kg N/ha. Puhtaan kevättruisvehnän typpilannoitustaso pidettiin maltillisena ja lannoitusmäärässä huomioitiin multavuusluokka, koska haluttiin ehkäistä kasvustojen lakoontumista. Lohkon 1 perustyyppilannoitustaso oli 90 kg N/ha ja Lohkolla 2 vastaavasti 60 kg N/ha.

Kasvustojen korjuu tehtiin palkoviljojen kehitysasteen mukaan niiden alkaessa tuleentua. Sen lisäksi korjuuajankohtaan vaikutti osittain myös herneen lakoutuminen ja työvoiman riittävyys. Koeruutujen kylvö- ja korjuuajankohdat on esitetty Taulukossa 7.

4.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu

Taulukoihin 8, 9 ja 10 on koottu kokoviljojen kuiva-ainesadot ja koostumustiedot. Lisäksi niissä on esitetty palkovilja-viljaseoksista palkoviljan, viljan ja rikkakasvien osuudet sadossa. Tulokset on esitetty palkoviljan kylvömäärien ja peltolohkojen keskiarvoina.

Taulukko 8. Kokoviljojen kuiva-ainesadot ja koostumus puhtaalla kevätruisevhnällä sekä herne-kevätruisevhnäseoksella kolmella eri herneen kylvömäärällä (perus, pieni, suuri) kahdella eri peltolohkolla vuonna 2022. Koekäsittelyistä perus oli tyypillinen kylvömäärä ja pienessä oli vähennetty ja suuressa lisätty kylvömäärää 30 % perusmäärästä. Lisäksi eri kasvien osuudet määritettiin hennettä sisältävistä kasvustoista.

Pääkasvilaji	Kevätruisevhnä	Herne			Peltolohko		P-arvot ¹⁾		
		Palkoviljan kylvömäärä	Ei palkoviljaa	Pieni	Perus	Suuri	Lohko 1	Lohko 2	Palkoviljan kylvömäärä
Sato, kg ka/ha	9 162	8 106	8 504	8 114	7 868	9 076	0,187	0,092	0,987
Koostumus									
Kuiva-aine, g/kg	366	366	423	414	354 ^b	431 ^a	0,015	0,005	0,508
Raakavalkuainen, g/kg ka	72 ^b	95 ^a	98 ^a	106 ^a	93	92	<0,001	0,910	0,615
NDF, g/kg ka	616	575	552	547	588	557	0,040	0,229	0,966
iNDF, g/kg ka	207	187	190	184	192	192	0,212	0,972	0,837
D-arvo, g/kg ka	543	561	563	571	561	558	0,246	0,877	0,740
Sokerit, g/kg ka	109 ^a	98 ^{ab}	89 ^{ab}	81 ^b	115 ^a	74 ^b	0,013	<0,001	0,595
Tuhka, g/kg ka	57	63	61	64	57 ^b	65 ^a	0,078	0,013	0,955
ME, g/kg ka	8,7	9,0	9,0	9,1	9,0	8,9	0,243	0,837	0,734
OIV, g/kg ka	60 ^b	65 ^{ab}	65 ^{ab}	67 ^a	64	64	0,015	0,896	0,832
PVT, g/kg ka	-20 ^b	-3 ^a	0 ^a	5 ^a	-4	-5	<0,001	0,902	0,316
Kasvien osuudet sadossa ^{2,3)}									
Palkoviljan osuus, %	n.d. ⁴⁾	51	52	59	45 ^b	63 ^a	0,377	0,045	0,593
Viljan osuus, %	n.d.	35	44	36	41	36	0,299	0,359	0,201
Rikkojen osuus, %	n.d.	3	1	2	7 ^a	1 ^b	0,286	0,021	0,588

¹⁾ Käsitteilykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Bonferroni-testin perusteella (P<0,05).

²⁾ Määritetty ainoastaan herne-kevätruisevhnäseoksista.

³⁾ Eivät summaudu 100 %:iin, koska jokaisen kasvin osuutta sadossa on mallitettu erikseen.

⁴⁾ Ei määritetty.

Taulukko 9. Kokoviljojen kuiva-ainesadot ja koostumus puhtaalla kevätruisevhnällä sekä härkäpaju-kevätruisevhnäseoksella kolmella eri härkäpavun kylvömäärällä (perus, pieni, suuri) kahdella eri peltolohkolla vuonna 2022. Koekäsittelyistä perus oli tyypillinen kylvömäärä ja pienessä oli vähennetty ja suuressa lisätty kylvömäärää 30 % perusmäärästä. Lisäksi eri kasvien osuudet määritettiin härkäpajua sisältävistä kasvustoista.

Pääkasvilaji	Kevätruisevhnä	Härkäpaju			Peltolohko		P-arvot ¹⁾		
		Palkoviljan kylvömäärä	Ei palkoviljaa	Pieni	Perus	Suuri	Lohko 1	Lohko 2	Palkoviljan kylvömäärä
Sato, kg ka/ha	9 162	8 751	8 948	9 159	8 299 ^b	9 710 ^a	0,773	0,006	0,467
Koostumus									
Kuiva-aine, g/kg	366 ^a	283 ^b	259 ^b	256 ^b	279	303	<0,001	0,114	0,019
Raakavalkuainen, g/kg ka	72 ^b	113 ^a	120 ^a	122 ^a	101	112	<0,001	0,161	0,197
NDF, g/kg ka	616 ^a	576 ^b	584 ^{ab}	589 ^{ab}	594	589	0,017	0,592	0,690
iNDF, g/kg ka	207 ^a	172 ^b	167 ^b	173 ^b	179	181	<0,001	0,637	0,344
D-arvo, g/kg ka	543 ^b	584 ^a	585 ^a	583 ^a	578	570	<0,001	0,163	0,083
Sokerit, g/kg ka	109 ^a	91 ^{ab}	82 ^b	90 ^{ab}	113 ^a	73 ^b	0,013	0,001	0,992
Tuhka, g/kg ka	57 ^a	46 ^b	45 ^b	46 ^b	43 ^b	53 ^a	<0,001	0,005	0,108
ME, g/kg ka	8,7 ^b	9,3 ^a	9,4 ^a	9,3 ^a	9,3	9,1	<0,001	0,138	0,092
OIV, g/kg ka	60 ^b	69 ^a	70 ^a	70 ^a	67	67	<0,001	0,783	0,103
PVT, g/kg ka	-20 ^b	10 ^a	16 ^a	18 ^a	1	11	<0,001	0,094	0,252
Kasvien osuudet sadossa ^{2,3)}									
Palkoviljan osuus, %	n.d. ⁴⁾	35	33	45	32	44	0,200	0,287	0,604
Viljan osuus, %	n.d.	58	63	51	59	55	0,065	0,610	0,129
Rikkojen osuus, %	n.d.	3	1	2	4	1	0,418	0,063	0,911

¹⁾ Käsitteilykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Bonferroni-testin perusteella (P<0,05).

²⁾ Määritetty ainoastaan härkäpaju-kevätruisevhnäseoksista.

³⁾ Eivät summaudu 100 %:iin, koska jokaisen kasvin osuutta sadossa on mallitettu erikseen.

⁴⁾ Ei määritetty.

Taulukko 10. Kokoviljojen kuiva-ainesadot ja koostumus puhtaalla kevätruisvehnällä sekä valkolupiini-kevätruisvehnäseoksella kolmella eri valkolupiinin kylvömäärällä (perus, pieni, suuri) kahdella eri peltolohkolla vuonna 2022. Koekäsittelyistä perus oli tyypillinen kylvömäärä ja pienessä oli vähennetty ja suuressa lisätty kylvömäärää 30 % perusmäärästä. Lisäksi eri kasvien osuudet määritettiin valkolupiinia sisältävistä kasvustoista.

Pääkasvilaji	Kevätruisvehnä	Valkolupiini			Peltolohko		P-arvot ¹⁾		
		Palkoviljan kylvömäärä	Ei palkoviljaa	Pieni	Perus	Suuri	Lohko 1	Lohko 2	Palkoviljan kylvömäärä
Sato, kg ka/ha	9 162 ^a	7 637 ^b	7 717 ^b	8 247 ^{ab}	7 448 ^b	8 932 ^a	0,001	0,008	0,126
Koostumus									
Kuiva-aine, g/kg	366 ^a	342 ^b	340 ^b	334 ^b	323 ^b	368 ^a	0,003	0,002	0,136
Raakavalkuainen, g/kg ka	72	79	80	78	72 ^b	82 ^a	0,279	0,023	0,362
NDF, g/kg ka	616 ^a	588 ^{ab}	575 ^b	593 ^{ab}	612 ^a	574 ^b	0,048	0,010	0,357
iNDF, g/kg ka	207	192	187	199	200	192	0,055	0,243	0,318
D-arvo, g/kg ka	543	560	568	553	553	559	0,058	0,536	0,159
Sokerit, g/kg ka	109	120	124	122	138 ^a	100 ^b	0,241	<0,001	0,873
Tuhka, g/kg ka	57	57	56	54	51 ^b	60 ^a	0,493	0,004	0,991
ME, g/kg ka	8,7	9	9,1	8,9	8,9	8,9	0,060	0,532	0,154
OIV, g/kg ka	60	63	64	62	61	63	0,089	0,199	0,192
PVT, g/kg ka	-20	-17	-17	-16	-21 ^b	-14 ^a	0,543	0,022	0,390
Kasvien osuudet sadossa ^{2,3)}									
Palkoviljan osuus, %	n.d. ⁴⁾	3	6	6	2 ^b	9 ^a	0,325	0,017	0,726
Viljan osuus, %	n.d.	88	82	83	80	88	0,317	0,132	0,428
Rikkojen osuus, %	n.d.	6	6	3	14 ^a	1 ^b	0,278	0,023	0,177

¹⁾ Käsitteilykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Bonferroni-testin perusteella (P<0,05).

²⁾ Määritetty ainoastaan valkolupiini-kevätruisvehnäseoksista.

³⁾ Eivät summaudu 100 %:iin, koska jokaisen kasvin osuutta sadossa on mallitettu erikseen.

⁴⁾ Ei määritetty.

Kasvustojen lakoontumista arviointiin silmämääräisesti elokuun alussa. Suurimmassa osassa hernekasvustoja esiintyi runsaasti lakoa seoksen kylvömäärästä riippumatta. Muissa palkoviljakasvustoissa lakoa ei juurikaan ollut. Puhtaassa kevätruisehnekasvustossa lakoa ei havaittu juuri lainkaan lukuun ottamatta yhtä koeruutua, jossa lähes puolet kasvustosta oli laossa. Kyseinen kevätruisehnen koeruutu oli herneruudun vieressä, joka oli lähes täysin laossa. Herneen lakoontuminen oli todennäköisesti vaikuttanut viereisen kevätruisehneruudun lakoontumiseen.

Kokoviljasäilörehun tuotannossa kasvuston lakoontumisen ehkäiseminen on tärkeää niin sadon määrän kuin laadunkin kannalta. Lakoontunut kasvusto on hankala korjata ja satotappioita aiheutuu, kun kasvustoa ei voida niittää normaalimittaiseen sänkeen, vaan se jää usein paljon pidemmäksi. Lisäksi lakoontunut kasvusto on alttiina pilaantumiselle, erityisesti hoimelle. Korjattaessa lakokasvustoa maata voi joutua herkästi rehun sekaan, mikä on yksi rehunsäilönnän riskitekijä.

Herne ja härkäpapu menestyivät seoskasvustoissa melko hyvin. Herneen osuus kasvustoissa vaihteli 51–59 %:n välillä ja härkäpavun 33–45 %:n välillä. Valkolupiini sen sijaan menestyi seoksissa erittäin huonosti. Sen osuus seoksen kuiva-aineessa oli pienellä kylvömäärällä ainoastaan 3 % ja muilla 6 %. Seurauksena kevätruisehnen osuus oli huomattavan suuri vaihdellen välillä 82–88 %.

Palkoviljan kylvömäärällä ei vaikuttanut kuiva-ainesatoon millään palkoviljalla. Palkoviljaa sisältävien seosten hehtaariohtaiset kuiva-ainesadot vaihtelivat herneellä välillä 8,1–8,5 tn/ha, härkäpavulla välillä 8,8–9,2 tn/ha ja valkolupiinilla välillä 7,6–8,2 tn/ha, kun kuiva-ainesato puhtaalla kevätruisehnällä oli 9,2 tn/ha. Puhtaaseen kevätruisehnen verrattuna herne ja härkäpapu seoksissa eivät lisänneet kuiva-ainesatoa. Valkolupiinia sisältäneiden seosten kuiva-ainesadot pienellä ja peruskylvömäärällä olivat pienempiä kuin puhtaan kevätruisehnen sato ($P < 0,05$). Syynä oli valkolupiinin erittäin huono menestyminen seoskasvustoissa ja kevätruisehnen suurempi kylvömäärä puhtaana viljeltynä kuin seoksissa. Suurimmalla valkolupiinin kylvömäärällä kuiva-ainesato ei eronnut verrattaessa sitä puhtaan kevätruisehnen satoon.

Palkoviljojen kylvömäärät eivät vaikuttaneet kasvustojen koostumukseen. Eroja oli ainoastaan verrattaessa palkoviljaseoksia puhtaaseen kevätruisehnen. Herne ja härkäpapu lisäsivät seoksissa kasvustojen raakavalkuaispitoisuutta puhtaaseen kevätruisehnen verrattuna ($P < 0,05$), mikä näkyi härkäpavulla myös kevätruisehnen suurempina OIV- ja PVT-arvoina ($P < 0,05$). Herneseoksissa OIV-arvo oli kevätruisehnen verrattuna suurempi ainoastaan suurella herneen kylvösiemenmäärällä ja PVT-arvo oli kevätruisehnen suurempi kaikilla kylvösiemenmäärillä ($P < 0,05$). Valkolupiinia sisältäneiden kasvustojen valkuaispitoisuus ei eronnut puhtaasta kevätruisehnekasvustosta, mikä selittyy valkolupiinin pienellä ja kevätruisehnen suurella osuudella. Palkoviljoista härkäpapu paransi kasvuston sulavuutta puhtaaseen kevätruisehnen verrattuna ($P < 0,05$). Sulavuuden parantuminen näkyi energia-arvon parantumisena ($P < 0,05$). Tyypillisesti palkoviljakasvustojen kuiva-ainepitoisuudet ovat pienempiä kuin viljakasvustojen. Tässä kokeessa se näkyi härkäpapua ja valkolupiinin pienestä määrästä huolimatta myös valkolupiinia sisältäneissä seoksissa.

Vaikka tässä kokeessa palkoviljan kylvömäärän lisääminen tai vähentäminen ei vaikuttanut selkeästi satoon eikä kasvuston koostumukseen millään palkoviljalla, on syytä huomioida, että tulokset ovat vain yhdeltä kasvukaudelta. Erilaisissa kasvuoloissa kasvaneiden

seoskasvustojen kasvilajien suhteet saattavat eri vuosina poiketa huomattavastikin siitä, mikä on ollut niiden suhde kylvösiemenseoksessa. Tässä kokeessa tämä näkyi erityisesti valkolupiinikasvustoissa, joissa valkolupiinin osuus jäi hyvin vaatimattomaksi. Siten kylvömäärien ja seossuhteiden perusteella ei voida taata tietynlaista satoa.

Seosviljelyn yksi etu voi olla, että seoksessa viljellyistä kasveista joku menestyy, mikä saattaa turvata sadon. Tässä kokeessa tämä näkyi valkolupiinin kohdalla. Vaikka valkolupiinia ei seoskasvustoissa ollut juuri lainkaan, niin kevätruisehnen hyvä kasvu turvasi kyseisen seoksen sadon.

Omalle tilalle sopivien kasvilajien ja siemenseosten löytäminen on aina tilakohtainen asia. Kasvukauden aikaisten kasvustojen seurannan, viljelymuistiinpanojen tekemisen ja kokemusten kautta kertyy tietoa, jota voi hyödyntää omalle tilalle sopivien kasvilajien valinnassa ja seosviljelyssä seosten suunnittelussa.

5. Herneen ja härkäpavun kylvösiemenen ympäyksen vaikutus satoon

Palkokasvien erityisominaisuus on niiden biologinen typensidonta. Ne pystyvät sitomaan ilmakehän tyypeä juurinystyröissä olevien *Rhizobium*-bakteerien avulla, jotka elävät kasvin kanssa symbioosissa. Typensidonnassa typensitojabakteerit saavat isäntäkasviltaan yhteyttämisen tuloksena syntyneitä sokereita energianlähteekseen, ja isäntäkasvi puolestaan saa typensitojabakteereilta ylijäävän typen käyttöönsä.

Typensitojabakteereja on yleensä luontaisesti maaperässä sen jälkeen, kun peltolohkolla on viljelty palkokasveja. Varsinkin apiloiden ja herneiden typensitojabakteereja esiintyy melko yleisesti. Kasveilla on kuitenkin omat *Rhizobium*-kannat, joten eri palkokasveja viljeltäessä pellossa ei välttämättä ole joka palkokasville optimaalista bakteerikantaa tai niiden määrä saattaa olla vähäinen. Tällöin juurinystyröiden typensidonta ei toimi tehokkaasti.

Mikäli on epäily, että pellossa ei ole viljeltävälle palkokasville riittävää typensitojabakteerikantaa, kylvösiemenen ympäys on keino varmistaa oikeanlainen bakteerikanta. Palkokasvien kylvösiementen ympäyksessä siemenet käsitellään juurinystyröitä muodostavilla typensitojabakteereilla. Ymppi valitaan kasvilajikohtaisesti, jotta siinä on oikeanlainen bakteerikanta. Ympäyksen ensisijaisena tarkoituksena on varmistaa juurinystyröiden muodostuminen, mikä on biologisen typensidonnan perusedellytys ja myös yksi hyvän sadon lähtökohta.

Ympäyksen tehoon ja siitä saatavaan hyötyyn vaikuttaa erityisesti se, minkälainen typpibakteeripopulaatio pellossa luontaisesti on. Ympäyksestä saadaan paras hyöty silloin, kun pelto- maassa on vähän tai heikosti toimivia typensitojabakteereja. Jos taas typensitojabakteerikanta on hyvä ja bakteerit toimivat tehokkaasti, ympäyksestä ei saada lisähyötyä.

Mikäli pellolla ei ole aiemmin viljelty palkokasveja, ympäys yleensä parantaa satoa. Myös ensi kertaa tiettyä palkokasvia viljeltäessä ympäyksestä saattaa olla hyötyä, vaikka kyseisellä peltolohkolla olisikin aiemmin viljelty jotain muuta palkokasvia. Esimerkiksi lupiinit vaativat oman *Rhizobium*-kannan. Typensitojabakteerit ovat herkkiä happamuudelle, minkä vuoksi niiden määrä happamassa maaperässä on yleensä matala.

5.1. Koekäsittelyt ja kokeen toteutus

Kenttäkokeessa verrattiin herneen ja härkäpavun kylvösiemenen ympäyksen vaikutusta kokoviljaksi korjattavan kasvuston kuiva-ainesatoon ja koostumukseen. Kasvustot olivat palkoviljan ja viljojen seoskasvustoja. Hernelajikkeena oli Lacross ja härkäpapulajikkeena Tiffany. Tukikasveina oli ohra ja kaura. Ohralajikkeena oli Huima ja kauralajikkeena Kontio.

Koe toteutettiin ruutukokeena kahtena peräkkäisenä vuonna kahdella eri peltolohkolla. Jälkimmäisenä vuonna kokeiden paikkaa vaihdettiin lohkon sisällä. Koelohkojen maalajit, multa- vuudet ja keskeiset viljavuusarvot on esitetty Taulukossa 11.

Taulukko 11. Koelohkojen maalajit ja keskeiset viljavuusarvot vuosina 2021 ja 2022 otetuissa maanäytteissä.

	Maalaji	Multavuus	pH	Ca, mg/l	P, mg/l	K, mg/l	Mg, mg/l	S, mg/l
Vuosi 2021								
Lohko 1	KHt	m	6,1	760	9,8	60	69	5,4
Lohko 2	Mm	-	5,9	2 200	4,1	49	220	18,0
Vuosi 2022								
Lohko 1	KHt	m	6,3	940	12,0	59	80	6,5
Lohko 2	KHt	erm	5,7	1 400	8,7	69	83	10,0

Molemmilla palkoviljoilla koekäsittelyinä oli ympätty ja ympäämätön palkoviljan kylvösiemen. Ympästä käytettiin herneen ja härkävavun ympäykseen tarkoitettuja typpibakteerivalmisteita, joissa bakteerilajina oli *Rhizobium leguminosarum biovar. viciae*. Erona valmisteissa oli eri bakteerikannat. Siementen ympäys tapahtui sekoittamalla ympäiturveussin sisältö kylmään veteen. Syntynyt ympälieju (Kuva 11) kaadettiin herneen ja härkävavun kylvösiementen sekaan ja sekoitettiin, kunnes kaikki siemenet olivat ympäysaineen peitossa (Kuva 12). Kylvö tehtiin samana tai viimeistään seuraavana päivänä kuin ympäys.



Kuva 11. Herneen ja härkävavun kylvösiementen ympäykseen tarkoitettu ympäiturveussin sisältö sekoitettiin kylmään veteen ja lopputuloksena muodostui kuvassa näkyvä ympälieju, joka on kaadettu kylvösiementen sekaan. Kuva: Luke/Kati Mattila.



Kuva 12. Ympilliejulla käsiteltyä herneen (vasemmanpuoleinen kuva) ja härkäpavun (oikeanpuoleinen kuva) kylvösiementä. Kuvat: Luke/Kati Mattila.

Kylvömäärät olivat tyypillisiä kummankin palkoviljan ja viljan seosviljelyssä käytettyjä määriä. Herneen kylvömäärä seoksessa oli 60 kpl/m² ja 80 kg/ha ja härkäpavulla vastaavasti 42 kpl/m² ja 150 kg/ha. Molemmissa seoksissa viljan kylvömäärä oli 80 kg/ha, josta puolet oli ohraa ja puolet kauraa. Ohran kylvötiheys oli 158 kpl/m² ja kauran 165 kpl/m².

Palkovilja-viljaseoksille annettiin maan multavuuden mukaan starttityypilannoitus varmistamaan kasvustojen hyvä alkuunlähtö. Lohkolla 1 lannoitteena käytettiin runsastyyppisempää NPK-lannoitetta (YaraMila Y 4, 20–2–12) ja Lohkolla 2 matalatyyppisempää NPK-lannoitetta (YaraMila Y 6, 15–6,5–12,5). Tyypilannoitustaso Lohkolla 1 oli 60 kg N/ha ja Lohkolla 2 vastaavasti 20 kg N/ha.

Koeruutujen korjuu tehtiin herneen ja härkäpavun alkaessa tuleentua. Sen lisäksi korjuuajan kohtaan vaikutti osittain myös herneen lakoutuminen ja työvoiman riittävyys. Koeruutujen kylvö- ja korjuuajankohdat on esitetty Taulukossa 12.

Taulukko 12. Palkovilja-viljaseosten kylvö- ja korjuuajankohdat vuosina 2021 ja 2022.

Vuosi	Palkovilja- ja viljalaji	Koekäsittely	Kylvöajankohta		Korjuuajankohta	
			Lohko 1	Lohko 2	Lohko 1	Lohko 2
2021	Herne + ohra-kaura	Ymppäämätön	2.6.	3.6.	26.8.	19.8.
	Herne + ohra-kaura	Ympätty	2.6.	3.6.	26.8.	19.8.
	Härkäpapu + ohra-kaura	Ymppäämätön	2.6.	3.6.	26.8.	19.8.
	Härkäpapu + ohra-kaura	Ympätty	2.6.	3.6.	26.8.	19.8.
2022	Herne + ohra-kaura	Ymppäämätön	23.5.	24.5.	23.8.	25.8.
	Herne + ohra-kaura	Ympätty	23.5.	24.5.	23.8.	25.8.
	Härkäpapu + ohra-kaura	Ymppäämätön	23.5.	24.5.	23.8.	25.8.
	Härkäpapu + ohra-kaura	Ympätty	23.5.	24.5.	23.8.	25.8.

5.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu

Taulukkoon 13 on koottu kokoviljaksi korjattujen herneen ja härkäpavun kuiva-ainesadot ja koostumustiedot. Lisäksi siinä on palkoviljan, viljan ja rikkakasvien osuudet sadossa. Tulokset on esitetty molemmille palkoviljoille koekäsittely- ja peltolohkokohtaisina keskiarvoina.

Herneen kylvösiemenen ympäyksellä ei ollut vaikutusta kuiva-ainesatoon, kasvuston koostumukseen eikä eri kasvien osuuksiin sadossa. Sen sijaan härkävavun kylvösiemenen ympäys vaikutti kuiva-ainesatoon (Taulukko 13). Tosin vaikutus oli ennako-odotusten vastainen, sillä ympätyllä kylvösiemenellä kuiva-ainesato oli pienempi kuin ympäämättömällä ($P < 0,05$). Syy tähän on epäselvä. Lisäksi härkävavun ympätyllä siemenellä kasvuston raakavalkuaispitoisuus oli pienempi, kuitupitoisuus suurempi ja sulavuus huonompi kuin ympäämättömällä siemenellä. Huonompi sulavuus pienensi kasvuston energiapitoisuutta ja alhaisempi raakavalkuaispitoisuus näkyi pienempinä OIV- ja PVT-pitoisuuksina.

Taulukko 13. Herneen ja härkäpavun kylvösiemenen ympppäyksen vaikutus kuiva-ainesatoon, kasvuston koostumukseen ja eri kasvien osuuksiin sadossa kahdella eri peltolohkolla. Tuloksissa on yhdistetty vuosien 2021 ja 2022 tulokset.

Laji	Herne + ohra-kaura		Peltolohko		P-arvot ¹⁾			Härkäpapu + ohra-kaura		Peltolohko		P-arvot ¹⁾		
	Ei ympppäystä	Ympätty	Lohko 1	Lohko 2	Ymppäys	Pelto-lohko	Yhdys-vaikutus	Ei ympppäystä	Ympätty	Lohko 1	Lohko 2	Ymppäys	Pelto-lohko	Yhdys-vaikutus
Sato, kg ka/ha	7 422	7 349	6 386 ^b	8 385 ^a	0,806	0,004	0,805	7 471 ^a	6 756 ^b	6 928	7 299	0,004	0,220	0,050
Koostumus														
Kuiva-aine, g/kg	321	326	393 ^a	255 ^b	0,709	<0,001	0,771	256	249	293 ^a	212 ^b	0,126	<0,001	0,830
Raakavalkuainen, g/kg ka	107	112	94 ^b	126 ^a	0,269	0,001	0,148	156 ^a	144 ^b	127 ^b	174 ^a	0,019	<0,001	0,692
NDF, g/kg ka	529	525	561 ^a	493 ^b	0,752	0,004	0,375	531 ^b	557 ^a	528	560	0,005	0,075	0,058
iNDF, g/kg ka	197	195	207	185	0,707	0,146	0,477	153 ^b	171 ^a	162	162	0,003	0,939	0,231
D-arvo, g/kg ka	563	566	553	576	0,698	0,209	0,451	612 ^a	591 ^b	606	597	0,002	0,464	0,164
Sokerit, g/kg ka	71	65	64	73	0,275	0,355	0,658	66	60	72 ^a	53 ^b	0,155	0,009	0,071
Tuhka, g/kg ka	54	56	48 ^b	62 ^a	0,265	0,002	0,961	39	38	36 ^b	42 ^a	0,733	0,010	0,161
ME, g/kg ka	9,0	9,1	8,9	9,2	0,751	0,213	0,444	9,8 ^a	9,5 ^b	9,7	9,6	0,002	0,490	0,163
OIV, g/kg ka	66	67	64 ^b	70 ^a	0,491	0,038	0,319	76 ^a	73 ^b	73 ^b	77 ^a	0,003	0,041	0,374
PVT, g/kg ka	8	12	-2 ^b	22 ^a	0,226	<0,001	0,134	43	36	18 ^b	61 ^a	0,057	<0,001	0,941
Kasvien osuudet sadossa ²⁾														
Palkoviljan osuus, %	68	67	50 ^b	81 ^a	0,752	<0,001	0,591	54	51	39 ^b	65 ^a	0,466	<0,001	0,033
Kauran (tukikasvi) osuus, %	17	18	27 ^a	11 ^b	0,703	<0,001	0,756	24	26	37 ^a	16 ^b	0,624	<0,001	0,046
Ohran (tukikasvi) osuus, %	9	10	14 ^a	6 ^b	0,744	0,005	0,653	15	14	15	14	0,472	0,852	0,914
Rikkakasvien osuus, %	2	1	4 ^a	1 ^b	0,269	0,002	0,369	2	2	5 ^a	1 ^b	0,191	<0,001	0,821

¹⁾ Käsittelykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Bonferroni-testin perusteella (P<0,05).

²⁾ Eivät summaudu 100 %:iin, koska jokaisen kasvin osuutta sadossa on mallitettu erikseen.

Kasvustojen lakoontumista arviointiin silmämääräisesti elokuun alussa. Kaikissa hernekasvustoissa esiintyi runsaasti lakoa molemmilla peltolohkoilla. Härkäpavulla lakoa ei ollut juuri lainkaan pl. Lohkon 2 ympppäyskäsittely, missä jokaisella koeruudulla oli jonkin verran lakoa havaittavissa.

Saatujen tulosten valossa voidaan yleisesti ottaen todeta, ettei tässä kahtena vuonna kahdella eri peltolohkolla toistetussa kokeessa herneen ja härkäpavun kylvösiemen ympppäyksestä saatu lisähyötyä. Pohdittaessa syitä saatuun tulokseen niitä löytyy useita. Yksi selittävä tekijä oli todennäköisesti se, että maaperässä oli riittävästi typensitojabakteereja juurinystyröiden muodostumisen ja biologisen typensidonnan kannalta. Kylvön yhteydessä annettu starttityppilannoitus ja peltolohkojen multavuus ovat todennäköisesti edesauttaneet kasvien alkukasvua, sillä keväällä maan ollessa vielä viileä typensidonta on vähäistä tai sitä ei tapahdu lainkaan. Koeruuduilta otettujen maanäytteiden perusteella peltomaa ei ollut typensitojabakteerien kannalta liian hapanta, joten tämänkään vuoksi ei ympppäyksestä ollut odotettavissa lisähyötyä.

Ympppäyksestä saatava mahdollinen hyöty voi olla monen tekijän lopputulema. Siten viime kädessä ympppäystarve tulee aina arvioida peltolohkokohtaisesti huomioiden erityisesti kyseisen lohkon viljelyhistoria ja maan happamuus.

6. Kokoviljana korjattavat palkoviljat ja viljat nurmen esikasvina

Nurmen uudistaminen tapahtuu yleisesti suojaviljan kautta. Suojakasvina voidaan käyttää sekä puhtaita viljakasveja että viljan ja palkoviljan seoksia. Suojakasvin valinnassa pitää erityisesti kiinnittää huomiota korrenlujuuteen, jotta vältetään kasvuston lakoontumista. Myös suojakasvin kasvuajan pituus on syytä huomioida. Mitä aikaisempi suojakasvi on, sitä pidempi kasvu-aika nurmelle jää suojakasvin korjuun jälkeen.

Tyypillisesti suojakasvi korjataan puimalla. Toinen vaihtoehto on korjata se kokoviljasäilörehuksi. Kokoviljasäilörehu on nurmen kannalta hyvä vaihtoehto sen puintia aikaisemman korjuuajankohtansa vuoksi. Tällä voidaan pienentää sadonkorjuuseen liittyvää syksyn sääriskiä. Lisäksi aikainen suojakasvin korjuu antaa nurmelle aikaa kasvaa ja valmistautua talveen. Suojakasvin korjuun jälkeen nurmikasvusto vaatii vähintään kuukauden kasvuajan talveen valmistautumista varten. Korjattaessa kasvusto kokoviljana hyötynä on myös se, että olki ei jää peltoon. Lisäksi kokoviljana korjuu tuo joustavuutta sadonkorjuuseen, sillä korjuu ajoittuu yleensä eri ajankohtaan kuin nurmisäilörehun teko ja viljan puinti. Etuna on myös se, että kokoviljasäilörehun korjuu voidaan tehdä nurmirehun korjuuseen tarkoitetulla kalustolla.

Kokoviljasäilörehun tuotanto on nautatilan kannalta myös riskienhallintaa. Myöhäisen kevään sekä viileän ja sateisen kasvukauden aikana kaikki vilja- ja palkolajikkeet eivät välttämättä ehdi puintikuntoon. Tällöin sato on pelastettavissa säilörehuksi korjaamalla. Maatiloilla voi tulla kokoviljasäilörehua tätä kautta myös ilman ennakkosuunnitelmaa.

6.1. Koekäsittelyt ja kokeen toteutus

Kenttäkokeessa verrattiin perustettavan nurmen eri suojakasvien ja niiden korjuutavan vaikutusta suojaviljan sekä ensimmäisen vuoden nurmikasvuston satoon ja kasvuston koostumukseen. Koe tehtiin ruutukoemittakaavassa kahdella eri peltolohkolla. Koelohkojen maalajit, multavuudet ja keskeiset viljavuusarvot on esitetty Taulukossa 14.

Taulukko 14. Koelohkojen maalaji, multavuus ja keskeiset viljavuusarvot vuosina 2021 ja 2022 otetuissa maanäytteissä.

	Maalaji	Multavuus	pH	Ca, mg/l	P, mg/l	K, mg/l	Mg, mg/l	S, mg/l
Vuosi 2021 (nurmen perustamisvuosi)								
Lohko 1	KHt	m	6,2	730	13,0	57	67	3,7
Lohko 2	KHt	erm	5,9	1 700	5,9	69	120	17,0
Vuosi 2022 (nurmen ensimmäinen satovuosi)								
Lohko 1	HHk	vm	6,2	780	13,0	52	70	6
Lohko 2	Mm	-	5,9	2 000	7,0	50	145	12

Vuonna 2021 koeruuduille kylvettiin nurmi, jonka siemenseos koostui timoteista (60 %), ruokonadasta (5 %), englanninraiheinästä (5 %), nurminadasta (5 %), rainadasta (5 %), puna-apilasta (10 %), valkoapilasta (5 %) ja alsikeapilasta (5 %). Nurmen kylvömäärä oli 25 kg/ha.

Perustettavan nurmen suojakasveina olivat puitava ohra (kontrolli) sekä kokoviljana korjatut puhtaat viljakasvustot ja palkovilja-viljaseokset. Puitavan ohran lajike oli Annastina. Kokoviljana korjatut viljat ja niiden lajikkeet olivat Huima-ohra, Kontio-kaura, Iceman-vehnä ja Somtri-kevätruisevehnä. Palkoviljan ja viljan seoksia oli kolme. Niissä palkoviljana oli joko Lacrosherne, Somtri-kevätruisevehnä tai Tiffany-härkäpapu. Kaikissa seoksissa viljana oli Somtri-kevätruisevehnä.

Typpilannoitustaso pidettiin maltillisena ja lannoitusmäärässä huomioitiin multavuusluokka, koska haluttiin ehkäistä kasvustojen lakoontumista. Lannoitteena käytettiin Lohkolla 1 runsastyppisempää NPK-lannoitetta (YaraMila Y 4, 20–2–12) ja Lohkolla 2 matalatyyppisempää NPK-lannoitetta (YaraMila Y 6, 15–6,5–12,5). Nurmen perustamisvuonna puhtaan viljakasvin ollessa suojaviljana typpilannoituksen määrä Lohkolla 1 oli 90 kg N/ha ja Lohkolla 2 vastaavasti 60 kg N/ha. Palkoviljaa sisältäneen seoksen ollessa suojakasvina annettiin starttityppilannoitus varmistamaan kasvustojen hyvä alkuunlähtö. Lohkolla 1 typpilannoitustaso oli 60 kg N/ha ja Lohkolla 2 se oli 20 kg N/ha.

Suojakasvien kylvömäärät olivat niille tyypillisiä määriä (Taulukko 15). Kokeen perustaminen tapahtui kesäkuun alussa ja suojaviljan korjuu ajoittui elokuun loppuun ja syyskuun alkuun kasvusta ja korjuutavasta riippuen (Taulukko 15). Kokoviljaksi korjattavat kasvustot korjattiin viljan taikinatulementumisvaiheessa ja puitava vilja tuleentuneena. Palkoviljoja sisältäneiden kasvustojen korjuuajankohdassa huomioitiin osittain myös palkoviljojen kehitysaste. Korjuuajankohtaan vaikutti osittain myös herneen lakoutuminen, korjuusäät ja työvoiman riittävyys.

Taulukko 15. Nurmen suojakasvien kylvömäärät sekä kylvö- ja korjuuajankohdat nurmen perustamisvuonna 2021.

Nurmen suojakasvi	Korjuutapa	Kylvösiemen, kg/ha		Kylvösiemen, kpl/m ²		Kylvöajankohta		Korjuuajankohta	
		Vilja	Palkovilja	Vilja	Palkovilja	Lohko 1	Lohko 2	Lohko 1	Lohko 2
Ohra	Puinti	175	-	350	-	2.6.	3.6.	1.9.	1.9.
Ohra	Kokovilja	186	-	350	-	2.6.	3.6.	24.8.	19.8.
Kaura	Kokovilja	170	-	350	-	2.6.	3.6.	3.9.	2.9.
Vehnä	Kokovilja	220	-	455	-	2.6.	3.6.	3.9.	2.9.
Kevätruisevehnä	Kokovilja	148	-	315	-	2.6.	3.6.	3.9.	2.9.
Kevätruisevehnä-Herne	Kokovilja	100	60	212	36	2.6.	3.6.	24.8.	19.8.
Kevätruisevehnä-Härkäpapu	Kokovilja	100	120	212	19	2.6.	3.6.	24.8.	19.8.

Perustetun nurmen onnistumista ja suojaviljan vaikutusta siihen arvioitiin määrittämällä perustamisvuoden syksyllä 2021 nurmen syystiheys ja ensimmäisenä satovuonna 2022 kevättiheys sekä määrittämällä nurmen ensimmäisenä satovuonna kahden niiton kuiva-ainesadot. Nurmen kevättiheys määritettiin virallisten lajikekoeohjeiden mukaisesti. Syystiheys (%) ilmoittaa peittävyuden kasvun päätyttyä ja kevättiheys (%) ilmoittaa peittävyuden kasvun selvästi alettua (Laine ym. 2017). Asteikkona käytettiin 0–100, jossa 100 kuvaa täystiheää ja 0 täysin tuhoutunutta kasvustoa. Säilörehun ensimmäinen sato korjattiin 17.6. Lohkolta 1 ja 21.6. Lohkolta 2. Toinen sato korjattiin 29.7. molemmilta koelohkoilta.

6.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu

Suojakasvien kuiva-ainesadot ja kasvustojen koostumukset on esitetty Taulukossa 16. Taulukossa 17 on nurmen syys- ja kevättiheys nurmen perustamisen jälkeen. Nurmen ensimmäisen satovuoden ensimmäisen ja toisen niiton kuiva-ainesadot ja kasvustojen koostumukset on esitetty Taulukossa 18. Tulokset on esitetty suojakasvi- ja korjuutapakohtaisina sekä peltolohkokohtaisina keskiarvoina.

Taulukko 16. Nurmen suojakasvin kuiva-ainesato ja kasvuston koostumus nurmen perustamisvuonna 2021 kahdella eri peltolohkolla.

Suojakasvi ja korjuutapa	Ohra, puinti	Ohra, kokovilja	Kaura, kokovilja	Vehnä, kokovilja	Kevättruisvehnä, kokovilja	Herne + Kevättruisvehnä, kokovilja	Härkäpapu + Kevättruisvehnä, kokovilja	Peltolohko		P-arvot ¹⁾		
								Lohko 1	Lohko 2	Suojakasvi ja korjuutapa	Peltolohko	Yhdysvaikutus
Kuiva-ainesato, kg/ha	2 639 ^d	4 761 ^c	7 013 ^b	6 530 ^b	8 517 ^a	7 429 ^{ab}	6 795 ^b	5858	6623	<0,001	0,391	0,019
Koostumus												
Kuiva-aine (ka), g/kg	865 ^a	302 ^d	332 ^c	383 ^b	381 ^b	284 ^d	239 ^e	422	374	<0,001	<0,001	<0,001
Raakavalkuainen, g/kg ka	n.d. ²⁾	98 ^{bc}	87 ^{cd}	87 ^{cd}	76 ^d	104 ^b	141 ^a	95	103	<0,001	0,282	<0,001
NDF, g/kg ka	n.d.	574 ^{bc}	530 ^d	630 ^a	589 ^b	552 ^{cd}	552 ^{cd}	598	544	<0,001	<0,001	0,002
iNDF, g/kg ka	n.d.	152 ^{bc}	164 ^b	202 ^a	192 ^a	185 ^a	139 ^c	179	166	<0,001	0,052	0,002
D-arvo, g/kg ka	n.d.	608 ^{ab}	597 ^b	553 ^c	563 ^c	573 ^c	624 ^a	580	593	<0,001	0,085	0,032
Sokerit, g/kg ka	n.d.	99 ^c	115 ^{bc}	122 ^{bc}	154 ^a	139 ^{ab}	125 ^b	126	125	<0,001	0,853	0,003
Tuhka, g/kg ka	n.d.	59 ^a	58 ^{ab}	52 ^b	45 ^c	55 ^{ab}	40 ^c	51	52	<0,001	0,465	<0,001
ME, g/kg ka	n.d.	9,7 ^{ab}	9,6 ^b	8,9 ^c	9,0 ^c	9,2 ^c	10,0 ^a	9,5	9,3	<0,001	0,084	0,033
OIV, g/kg ka	n.d.	70 ^b	67 ^b	63 ^c	63 ^c	67 ^b	76 ^a	67	69	<0,001	0,142	<0,001
PVT, g/kg ka	n.d.	-7 ^c	-15 ^{cd}	-8 ^c	-19 ^d	4 ^b	28 ^a	-5	-1	<0,001	0,368	<0,001

¹⁾ Käsittelykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Bonferroni-testin perusteella (P<0,05).

²⁾ Ei määritetty.

Taulukko 17. Nurmen syys- ja kevättiheys nurmen perustamisen jälkeen perustettaessa nurmi käyttäen eri suojakasveja ja niiden korjuutapoja.

Suojakasvi ja korjuutapa	Ohra, puinti	Ohra, kokovilja	Kaura, kokovilja	Vehnä, kokovilja	Kevättruisvehnä, kokovilja	Herne + Kevättruisvehnä, kokovilja	Härkäpapu + Kevättruisvehnä, kokovilja	Peltolohko		P-arvot ¹⁾		
								Lohko 1	Lohko 2	Suojakasvi ja korjuutapa	Peltolohko	Yhdysvaikutus
Nurmen syystiheys, v. 2021	100	98	98	99	98	99	100	98 ^b	100 ^a	0,086	0,012	0,338
Nurmen kevättiheys, v. 2022	100	100	100	100	99	100	100	99	100	0,979	0,056	0,436

¹⁾ Käsittelykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Bonferroni-testin perusteella (P<0,05).

Taulukko 18. Nurmen ensimmäisen ja toisen niiton kuiva-ainesadot ja sadon koostumus vuonna 2022 perustettaessa nurmi käyttäen eri suojakasveja ja niiden korjuutapoja.

Suojakasvi ja korjuutapa	Ohra, puinti	Ohra, kokovilja	Kaura, kokovilja	Vehnä, kokovilja	Kevättruisvehnä, kokovilja	Herne + Kevättruisvehnä, kokovilja	Härkäpapu + Kevättruisvehnä, kokovilja	Peltolohko		P-arvot ¹⁾		
								Lohko 1	Lohko 2	Suojavilja	Peltolohko	Yhdys- vaikutus
Nurmen ensimmäinen niitto												
Kuiva-ainesato, kg/ha	4 314 ^a	4 010 ^{ab}	3 821 ^b	3 830 ^b	3 354 ^c	3 749 ^c	3 977 ^{ab}	3 717	4 012	<0,001	0,107	0,013
Kuiva-aine (ka), g/kg	184 ^a	166 ^c	177 ^{ab}	174 ^b	175 ^{abc}	175 ^{abc}	175 ^{abc}	172	178	<0,001	0,130	0,002
Raakavalkuainen, g/kg ka	119	122	128	127	129	129	127	134 ^a	118 ^b	0,021	<0,001	0,802
NDF, g/kg ka	591 ^a	579 ^{ab}	565 ^b	565 ^b	568 ^b	573 ^{ab}	575 ^{ab}	559 ^b	588 ^a	<0,001	<0,001	0,569
iNDF, g/kg ka	93 ^a	73 ^b	67 ^b	66 ^b	68 ^b	72 ^b	68 ^b	67 ^b	78 ^a	<0,001	0,008	0,289
D-arvo, g/kg ka	654	679	690	691	688	687	689	688 ^a	677 ^b	<0,001	0,020	0,623
Sokerit, g/kg ka	119 ^b	132 ^{ab}	138 ^a	137 ^a	136 ^a	133 ^{ab}	131 ^{ab}	121 ^b	144 ^a	0,007	0,002	0,503
Tuhka, g/kg ka	67 ^a	64 ^{ab}	61 ^b	63 ^{ab}	62 ^b	60 ^b	60 ^b	69 ^a	56 ^b	<0,001	<0,001	0,665
ME, g/kg ka	10,5 ^b	10,9 ^a	11,1 ^a	11,1 ^a	11,0 ^a	11,0 ^a	11,0 ^a	11,0 ^a	10,8 ^b	<0,001	0,030	0,602
OIV, g/kg ka	76 ^b	79 ^a	81 ^a	81 ^a	81 ^a	80 ^a	81 ^a	81 ^a	78 ^b	<0,001	<0,001	0,643
PVT, g/kg ka	5	3	6	6	8	8	6	12 ^a	0 ^b	0,355	0,005	0,859
Nurmen toinen niitto												
Kuiva-ainesato, kg/ha	3 596	3 584	3 488	3 366	3 459	3 470	3 352	3 508	3 440	0,668	0,868	0,646
Kuiva-aine (ka), g/kg	202	209	209	211	212	220	215	233 ^a	189 ^b	0,198	0,008	0,900
Raakavalkuainen, g/kg ka	117	121	118	118	117	120	122	105 ^b	132 ^a	0,800	0,001	0,602
NDF, g/kg ka	545	535	537	529	539	529	529	531	538	0,225	0,686	0,268
iNDF, g/kg ka	82	82	88	84	82	82	80	86	79	0,650	0,284	0,845
D-arvo, g/kg ka	679	678	675	677	676	680	683	677	679	0,860	0,756	0,854
Sokerit, g/kg ka	153	155	157	158	161	165	162	166	151	0,237	0,132	0,166
Tuhka, g/kg ka	66	68	66	67	64	63	65	65	66	0,258	0,567	0,642
ME, g/kg ka	10,9	10,8	10,8	10,8	10,8	10,9	10,9	10,8	10,9	0,918	0,800	0,911
OIV, g/kg ka	78	79	78	78	78	79	80	77 ^b	80 ^a	0,733	0,049	0,714
PVT, g/kg ka	-1	2	1	0	-1	1	2	-11 ^b	12 ^a	0,728	<0,001	0,619

¹⁾ Käsittelykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Bonferroni-testin perusteella (P<0,05).

Vuonna 2021 kokoviljana korjattavista suojakasveista puhdas kevätruisehväkasvusto tuotti suuremman kuiva-ainesadon kaikkiin muihin kokoviljoihin paitsi herne-kevätruisehvään verrattuna ($P < 0,05$). Kokoviljana korjatun kevätruisehvän ja herne-kevätruisehvän kuiva-ainesadoissa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Kokoviljoista puhdas ohrakasvusto puolestaan tuotti pienimmän kuiva-ainesadon ($P < 0,05$).

Nurmen perustamisvuonna Lohkolla 2 kaikissa hernetä sisältäneissä koeruuduissa esiintyi selvästi lakoa. Myös yhdessä härkäpavun koeruudussa oli hieman lakoontumista. Muutoin lakoa ei havaittu.

Nurmen suojakasvilla ja sen korjuutavalla ei ollut vaikutusta nurmikasvustojen perustamiseen arvioitaessa sitä syys- ja kevättiheyden perusteella (Taulukko 17). Sen sijaan peltolohko vaikutti syystiheyteen. Lohkolla 2 syystiheys oli 100 % kun se Lohkolla 1 oli 98 % eron ollessa tilastollisesti merkitsevä ($P < 0,05$). Kevättiheydessä peltolohkojen välillä ei kuitenkaan enää ollut eroa.

Vuosi 2022 oli nurmen ensimmäinen satovuosi, jolloin siitä korjattiin kaksi satoa. Niittokohtaisesti tarkasteltuna koejäsenten välillä oli eroja ainoastaan ensimmäisen niiton tuloksissa (Taulukko 18). Pienimmät ensimmäisen niiton kuiva-ainesadot korjattiin nurmista, joiden suojaviljana oli ollut joko puhdas kevätruisehvä tai herne-kevätruisehvä ($P < 0,05$). Tosin herne-kevätruisehvän sato erosi vain nurmesta, jonka esikasvina oli puitu ohra. Tarkasteltaessa nurmen kahden niiton kokonaiskuiva-ainesatoja, nurmi, jonka suojaviljana oli kevätruisehvä, tuotti edelleen pienimmän sadon (6,8 tn/ha) kuin nurmi, jonka suojaviljana oli joko puitu ohra (7,9 tn/ha) tai kokoviljana korjattu ohra (7,6 tn/ha) ($P < 0,05$). Muiden koejäsenten välillä kokonaiskuiva-ainesadoissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

Suojakasvina olleen kevätruisehvän melko suuri kuiva-ainesato saattoi haitata nurmen kasvuun lähtöä, mikä näkyi ensimmäisen vuoden nurmisadossa. Myös herne-kevätruisehvän rehevä kasvusto ja Lohkolla 2 havaittu lakoontuminen olivat todennäköisiä syitä sille, että nurmen ensimmäisen niiton kuiva-ainesato oli näillä muilla heikompi.

Kaiken kaikkiaan voidaan todeta, että tässä kokeessa nurmen perustamisvuoden suojakasvilla oli melko vähäinen vaikutus nurmen ensimmäisen vuoden kuiva-ainesatoon. Koska ohran puinti osui lähes samaan ajankohtaan kuin puhtaiden viljakasvustojen korjuu kokoviljaksi, pl. muita puhtaita viljoja aikaisemmin korjattu ohra, ei suojakasvin korjuuajankohdan mahdollista vaikutusta nurmisatoon voitu tarkastella. Toisaalta, vaikka kokoviljaksi korjatun ohran korjuu ajoittui noin viikosta kahteen viikkoon aikaisempaan ajankohtaan kuin ohran puinti, ei sillä ollut vaikutusta nurmen kuiva-ainesatoon.

7. Typpilannoituksen vaikutus kevätruisehjän kokoviljasatoon

Kokoviljasäilörehu on yksi keino pienentää rehuntuotantokustannuksia. Kustannussäästö perustuu erityisesti suureen kuiva-ainesatoon, joka korjataan kertakorjuuna. Keskimääräinen kokoviljasato vastaa kahta tai kolmea nurmisatoa riippuen nurmen satotasoista. Parhaimmillaan kokoviljasäilörehun kuiva-ainesato voi olla lähes 10 tn hehtaarilta tai yli (Kykkänen ym. 2014, Manni ym. 2021). Kustannussäästöjä voi saada myös siitä, että kokoviljakasvusto voidaan korjata nurmenkorjuukalustolla eikä erillistä korjuukalustoa tarvita.

Kevätruisehjä on yksi potentiaalinen kokoviljasäilörehun raaka-aine. Sen viljelyä kokoviljasäilörehuksi puoltaa erityisesti hyvä sadontuotto-kyky. Sadon maksimoinnissa on kuitenkin tärkeää huolehtia riittävästä typpilannoituksesta. Kevätruisehjä ei ole kovin herkkä lakoon-tumaan, joten sen puolesta se kestää melko korkeitakin typpilannoitustasoja. Eri lannoitustasoja ja lannoituksella saatavia satovasteita vertailemalla on mahdollista löytää optimaalinen typpilannoitustaso.

Kevätruisehjän typpilannoituksen vaikutusta satoon on tutkittu aiemmin ”Rehuviljaa entistä edullisemmin” (Rehvi) -hankkeessa (Lötjönen ym. 2020). Siinä typpilannoitus lisäsi satoa ainoastaan verrattaessa typpilannoitusta saaneiden koejäsenten satoa koejäseneen, joka ei saanut typpilannoitusta lainkaan. Pienin typpilannoitustaso oli 100 kg N/ha. Eri typpilannoitustasolla olleiden koejäsenten välillä ei ollut eroa kuiva-ainesadoissa. Kyseisessä kokeessa kuiva-ainesadot 6,5–7,4 tn/ha olivat kuitenkin varsin vaatimattomia tyypillisiin kevätruisehjän satotasoisiin nähden. Syynä tähän oli erityisesti kuukauden verran jatkunut kuivuusjakso. Aiemmassa Kykkäsen ym. (2014) tutkimuksessa verrattaessa eri viljoja kokoviljan raaka-aineena parhaimmat kuiva-ainesadot 10,6 tn/ha saatiin Somtri-kevätruisehjällä. Typpitasot kyseisessä kokeessa olivat koepaikan mukaan joko 90 tai 82 kg N/ha.

7.1. Koekäsittelyt ja kokeen toteutus

Kenttäkokeessa tutkittiin typpilannoituksen määrän vaikutusta kevätruisehjän satoon ja sadon koostumukseen. Tavoitteena oli selvittää kokoviljaksi korjattavan kevätruisehjän optimaalinen typpilannoitustaso. Kevätruisehjalajikkeena oli Somtri.

Koe toteutettiin ruutukokeena kahtena peräkkäisenä vuonna kahdella eri peltolohkolla. Jälkimmäisenä vuonna kokeiden paikkaa vaihdettiin lohkon sisällä. Koelohkojen lohko-kohtaiset maalajit, multavuudet ja keskeiset viljavuusarvot on esitetty Taulukossa 19.

Taulukko 19. Koelohkojen maalaji, multavuus ja keskeiset viljavuusarvot vuosina 2021 ja 2022 otetuissa maanäytteissä.

	Maalaji	Multavuus	pH	Ca, mg/l	P, mg/l	K, mg/l	Mg, mg/l	S, mg/l
Vuosi 2021								
Lohko 1	KHt	m	6,2	770	10,0	68	72	4,1
Lohko 2	KHt	erm	5,6	1 200	6,1	60	100	19,0
Vuosi 2022								
Lohko 1	KHt	m	6,0	1 200	8,5	56	110	7,7
Lohko 2	KHt	rm	5,9	1 100	7,7	110	93	9,3

Kokeessa typpilannoitusmäärää nostettiin nolasta 250 kiloon aina 50 kilon välein, jolloin typpilannoitustasoja oli kuusi (Taulukko 20). Typpilannoitteena käytettiin Suomensalpietaria (NPKS: 27-0-1-4), minkä lisäksi kaikilla ruuduilla käytettiin superfosfaattia (NPK: 0-20-0) ja kaliumsuolaa (NPK: 0-0-50). Kokeessa käytettiin yksiravinteisia lannoitteita, jotta ravinnesuhteet saatiin säädettyä tarkemmin kuin mihin NPK-lannoitteita käytettäessä olisi päästy. Ennen kylvöä koeruutujen pinnalle levitettiin fosforiravinnetta ja kaliumsuolaa. Lasketut määrät fosforiravinnetta levitettiin käsin ja kaliumsuola levitettiin koeruutukylvökoneella, johon oli asennettu lannoitelaatikko. Salpietari annettiin viljan kylvön yhteydessä koeruutukylvökoneen lannoitevantaiden kautta.

Taulukko 20. Kokoviljaksi korjattavan kevätruisehnan typpilannoituskokeen koekäsittelyt sekä lannoitustiedot kahdella peltolohkolla vuosina 2021 ja 2022.

Viljalaji ja -lajike	Vuosi	Koekäsittely, kg N/ha	Ravinteiden määrä, kg NPK/ha	
			Lohko 1	Lohko 2
Kevätruisehänä, Somtri	2021, 2022	N 0	0-5-70	0-16-90
Kevätruisehänä, Somtri	2021, 2022	N 50	50-5-72	50-16-92
Kevätruisehänä, Somtri	2021, 2022	N 100	100-5-74	100-16-94
Kevätruisehänä, Somtri	2021, 2022	N 150	150-5-106	150-16-134
Kevätruisehänä, Somtri	2021, 2022	N 200	200-5-150	200-16-191
Kevätruisehänä, Somtri	2021, 2022	N 250	250-5-214	250-16-272
Kevätruisehänä, Somtri	2021	Karjanlanta, N 100	112-12-43	112-26-52
Kevätruisehänä, Somtri	2022	Karjanlanta, N 100	92-5-49	92-5-49

Väkilannoitteiden lisäksi yhtenä koekäsittelynä molempina vuosina oli karjanlanta, jossa nautan lietelantaa laitettiin niin, että tavoiteltu kokonaistypen määrä oli 100 kg N/ha. Karjanlantaa täydennettiin väkilannoitteella. Vuonna 2021 Lohkolla 1 käytettiin Y4-lannoitetta (20–2–12) ja Lohkolla 2 Y6-lannoitetta (15–6,5–12,5). Vuonna 2022 molemmilla lohkoilla lietelantaa täydennettiin NK2-lannoitteella (22–0–11,6). Lietelannasta otettiin molempina vuosina keväällä ennen kylvöä näytteet ja analyysituloksen perusteella laskettiin lannoitusmäärät. Koska keväällä otettu lietelantanäyte jouduttiin ottamaan huonosti sekoittuneesta lietelannasta, ravinnepitoisuuksien varmistamiseksi kylvöjen jälkeen otettiin uudet lantanäytteet paremmin sekoittuneesta lietelannasta. Seurauksena ravinnepitoisuudet erosivat jonkin verran ensimmäisestä näytteestä. Karjanlantakoeruutujen ilmoitetut ravinteiden määrät on laskettu jälkimmäisten analyysitulosten perusteella. Tämän vuoksi molempina vuosin tavoiteltu typpilannoitusmäärä 100 kg N/ha ei täysin toteutunut, vaan vuonna 2021 se ylittyi hieman ja vuonna 2022 jäätin hieman alle tavoitellun määrän (Taulukko 20).

Kasvusto korjattiin kevätruisehnan taikinatulementumisasteella. Kylvö- ja korjuuajankohdat sekä kokeessa käytetyt kylvömäärät on esitetty Taulukossa 21. Ero kylvömäärässä kg/ha johdettiin vuosien välisistä eroista kylvösiemenen tuhannen jyvän painossa ja itävyysprosentissa.

Taulukko 21. Kokoviljaksi korjattavan kevätruisvehnän typpilannoituskokeen perustamisessa käytetty kylvömäärä sekä kylvö- ja korjuuajankohtat kahdella peltolohkolla vuosina 2021 ja 2022.

Vuosi	Kylvö- määrä, kg/ha	Kylvömäärä, kpl/m ²	Kylvöajankohta		Korjuuajankohta	
			Lohko 1	Lohko 2	Lohko 1	Lohko 2
2021	236	500	2.6.	3.6.	6.9.	2.9.
2022	273	500	30.5.	30.5.	2.9.	1.9.

7.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu

Kokoviljana korjattujen kevätruisvehnäkasvustojen kuiva-ainesadot ja kuiva-ainepitoisuudet on esitetty niin, että niissä on yhdistetty kahden vuoden tulokset (Taulukko 22). Lisäksi vuoden 2021 tulokset on esitetty erikseen ja niissä on mukana kuiva-ainesadon lisäksi myös kasvuston koostumustiedot (Taulukko 23). Vuoden 2022 koostumustietoja ei saatu rehulaboratoriossa tapahtuneen virheen vuoksi, minkä vuoksi niitä ei ole esitetty. Kuvassa 13 on esitetty kevätruisvehnän kuiva-ainesato, kun typpilannoitustaso oli jatkuvana muuttujana.

Taulukko 22. Typpilannoituksen vaikutus kokoviljana korjatun kevätruisevehnän kuiva-ainesatoon kahdella eri peltolohkolla. Lietelannoitus (100 liete) tehtiin naudon lietelannalla, jota täydennettiin väkilannoitteilla, muut lannoitukset tehtiin pelkästään väkilannoitteilla. Tuloksissa on yhdistetty vuosien 2021 ja 2022 tulokset.

Vuodet 2021 ja 2022	Typpilannoitus, kg N/ha							Peltolohko		P-arvot ¹⁾		
	0	50	100 liete ²⁾	100	150	200	250	Lohko 1	Lohko 2	Typpilannoitus	Peltolohko	Yhdysvaikutus
Sato, kg ka/ha	5 358 ^c	6 816 ^b	7 409 ^{ab}	7 545 ^{ab}	7 850 ^a	8 166 ^a	7 954 ^a	7 159	7 440	<0,001	0,434	0,197
Kuiva-aine, g/kg	389 ^a	377 ^{ab}	371 ^b	366 ^{bc}	355 ^{cd}	349 ^{de}	340 ^e	372 ^a	356 ^b	<0,001	0,035	0,059

¹⁾ Käsittelykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Bonferroni-testin perusteella (P<0,05).

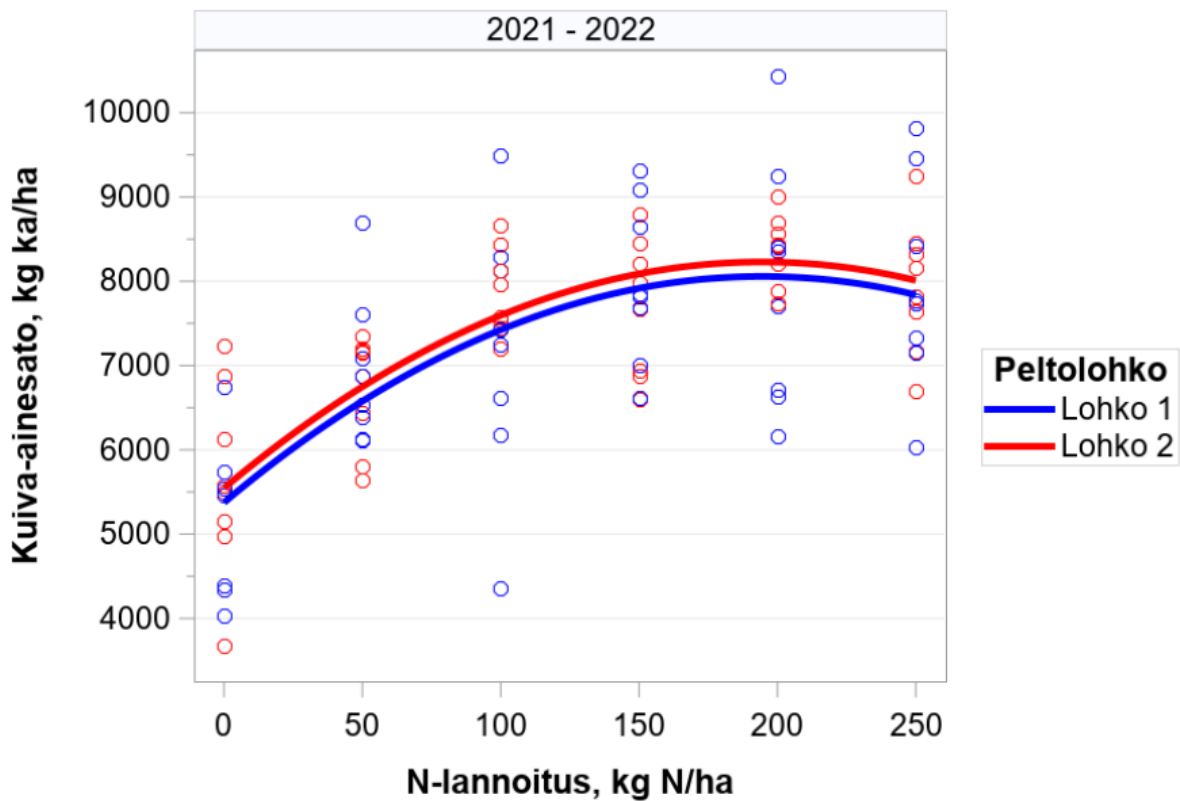
²⁾ Typpilannoitus: 112 kg N/ha vuonna 2021 ja 92 kg N/ha vuonna 2022.

Taulukko 23. Typpilannoituksen vaikutus kokoviljana korjatun kevätruisevehnän kuiva-ainesatoon kahdella eri peltolohkolla. Lietelannoitus (100 liete) tehtiin naudon lietelannalla, jota täydennettiin väkilannoitteilla, muut lannoitukset tehtiin pelkästään väkilannoitteilla. Tuloksissa on esitetty vuoden 2021 tulokset.

Vuosi 2021	Typpilannoitus, kg N/ha							Peltolohko		P-arvot		
	0	50	100 liete	100	150	200	250	Lohko 1	Lohko 2	Typpilannoitus	Peltolohko	Yhdysvaikutus
Sato, kg ka/ha	4 691 ^d	6 686 ^c	7 208 ^{bc}	8 028 ^{ab}	8 330 ^a	8 707 ^a	8 376 ^a	7 608	7 256	<0,001	0,535	0,197
Koostumus												
Kuiva-aine, g/kg	402 ^a	392 ^{ab}	385 ^b	380 ^b	362 ^c	352 ^c	347 ^c	391 ^a	357 ^b	<0,001	<0,001	0,152
Raakavalkuainen, g/kg ka	83	82	90	85	98	94	98	87 ^b	93 ^a	0,008	0,045	<0,001
NDF, g/kg ka	570	568	541	559	551	548	539	581 ^a	526 ^b	0,203	0,003	0,328
iNDF, g/kg ka	191	196	183	189	185	186	182	198 ^a	176 ^b	0,692	0,007	0,603
D-arvo, g/kg ka	563	557	571	565	570	569	574	554 ^b	580 ^a	0,694	0,006	0,478
Sokerit, g/kg ka	131	147	147	150	151	155	153	140	156	0,710	0,079	0,018
Tuhka, g/kg ka	48 ^b	50 ^{ab}	50 ^{ab}	48 ^b	52 ^{ab}	53 ^{ab}	55 ^a	46 ^b	55 ^a	0,001	0,001	<0,001
ME, g/kg ka	9,0	8,9	9,1	9,1	9,1	9,1	9,2	8,9 ^b	9,3 ^a	0,716	0,006	0,472
OIV, g/kg ka	64	63	65	64	66	65	66	63 ^b	66 ^a	0,204	0,006	0,075
PVT, g/kg ka	-13 ^b	-13 ^{ab}	-8 ^{ab}	-12 ^{ab}	-1 ^a	-4 ^{ab}	-2 ^{ab}	-9	-7	0,003	0,359	<0,001

¹⁾ Käsittelykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Bonferroni-testin perusteella (P<0,05).

²⁾ Typpilannoitus 112 kg N/ha vuonna 2021.



Kuva 13. Väkilannoitteena annetun typpilannoituksen vaikutus kokoviljana korjatun kevät-ruisvehnän kuiva-ainesatoon kahdella eri peltolohkolla, kun typpilannoitus oli jatkuvana muuttujana. Kuiva-ainesadossa on yhdistetty vuosien 2021 ja 2022 tulokset.

Typpeä saaneiden koekäsittelyiden kuiva-ainesadot vaihtelivat välillä 6,8–8,2 tn/ha. Kuiva-ainesadon kannalta tarkasteltuna optimaalisin typpilannoitustaso oli 100 kg N/ha, sillä tätä suuremmat typpilannoitusmäärät eivät enää lisänneet kuiva-ainesatoa tilastollisesti merkitsevästi, vaikka numeerisesti lannoitustasojen välillä oli melko suuriakin eroja. Pienimmällä typpilannoituksella, 50 kg typpeä/ha, olleen koekäsittelyn kuiva-ainesato oli tilastollisesti merkitsevästi pienempi kuin typpeä 150 kg/ha tai enemmän saaneilla koekäsittelyillä ($P < 0,05$), mutta typpitasoon 100 kg/ha verrattuna ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Tuloksiin ei vaikuttanut se, oliko typpilannoituksena käytetty pelkästään väkilannoitetta vai naudan lietalannan ja väkilannoitteen yhdistelmää.

Ilman typpilannoitusta viljellyn kevät-ruisvehnän kuiva-ainesato oli 5,4 tn/ha. Se oli tilastollisesti merkitsevästi pienempi jokaiseen typpilannoitustasoon verrattuna ($P < 0,05$). Saavutettua kuiva-ainesatoa voidaan kuitenkin pitää kohtuullisen hyvänä tuloksena ilman typpilannoitusta kasvaneelle kasvustolle.

Tässä kokeessa havaitut satotulokset olivat yhdenmukaisia aiemmassa ”Rehuviljaa entistä edullisemmin” (Rehvi) -hankkeessa tehdyn kokoviljaksi korjatun kevät-ruisvehnän typpilannoituskokeen tulosten kanssa (Lötjönen ym. 2020). Siinä suurin käytetty typpilannoitustaso oli sama kuin tässä kokeessa, eli 250 kg N/ha. Rehvi-hankkeessa tehdystä kokeesta typpilannoituksen lisääminen yli 100 kg N/ha tasolle ei myöskään tuottanut tilastollisesti merkitsevää sadonlisäystä. Huomioitavaa kuitenkin on, että tässä viimeisimmässä kokeessa molempina koevuosina (2021 ja 2022) heinäkuu oli hyvin vähäsateinen sademäärän ollessa vain noin puolet tai vähemmän pitkäaikaisesta keskiarvosta. Lisäksi vuonna 2021 kesä- ja heinäkuu olivat

selvästi keskimääräistä lämpimämmät kuukaudet. Kasvustot kärsivät kuivuudesta, millä on saattanut olla vaikutusta saatuihin tuloksiin. Myös Lötjösen ym. (2020) kokeessa kevätruisvehnäkasvusto kärsi pahoin kuivuudesta. Siten molemmissa kokeissa kasvukausien sääolot ovat saattaneet verottaa satoa eikä kevätruisvehnän todellista typpilannoitusvastetta pystytty. Tässä, kuten myös Rehvi-hankkeessa tehdyssä kokeessa, ilman typpilannoitusta saaneiden koekäsittelyjen kuiva-ainesadot 4,9 ja 5,4 tn/ha olivat tilastollisesti merkitsevästi pienemmät jokaiseen typpilannoitustasoon verrattuna.

Vuoden 2021 tulosten perusteella typpilannoituksella ei juurikaan ollut vaikutusta kasvuston koostumukseen, mutta peltolohko vaikutti siihen jossain määrin. Merkittävin vaikutus oli kasvuston raakavalkuaispitoisuudessa. Erittäin runsasmultaisella lohkolla (Lohko 2) raakavalkuaispitoisuus oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi kuin runsasmultaisella lohkolla (Lohko 1) ($P < 0,05$) (Taulukko 23). Tätä selittää ainakin osittain se, että multavammassa maassa on yleensä luonnostaan enemmän kasveille käyttökelpoista typpeä kuin vähemmän multavassa. Siten Lohkolla 2 kasvien saama typpimäärä on saattanut olla suurempi kuin Lohkolla 1. Koska peltolohkojen välisissä kuiva-ainesadoissa ei ollut eroja, mahdollinen suurempi typensaanti näkyi typen kertymisinä kasvustoon nostaten Lohkon 2 sadon raakavalkuaispitoisuutta.

Vaikka kevätruisvehnän sadontuottokyvyllä oletetaan olevan hyvä typpilannoitusvaste, tässä kokeessa sitä ei pystytty täysin osoittamaan. Oletettavaa on, että kasvustoja osin vaivannut kuivuus ja kuumuus vaikuttivat sadontuottokykyyn, minkä vuoksi niiden koko sadontuottopotentiaalia ei saatu esiin.

8. Havaintoruudut

Ilmaston lämpenemisen seurauksena Pohjois-Pohjanmaalla saattaa tulevaisuudessa olla mahdollista viljellä ainakin jossakin mittakaavassa uusia viljelykasveja. Rehuvara-hankkeessa pilotoitiin havaintoruutumittakaavassa muutamien uusien rehukasvien sekä kuituhampun viljelyä. Kasveiksi valittiin sellaisia lajeja, joita ei ole toistaiseksi viljelty lainkaan Pohjois-Pohjanmaan alueella tai joiden viljely on ollut lähinnä kokeiluluontoista. Tarkoituksena oli saada kokeimusta havaintoruuduille valittujen kasvien mahdollisesta menestymisestä alueella.

Havaintoruudut perustettiin Luke Siikajoen tutkimusasemalle vuosina 2021 ja 2022. Kasvustot perustettiin molempina vuosina keväällä. Havaintoruuduilla viljeltiin kahdeksaa eri kasvilajia, jotka olivat esparsetti, serradella, leveäkompassikukka, sudaninruoho, syyshärkäpapu, soija, kuituhamppu ja sileävihneinen ohra. Näistä esparsetti ja leveäkompassikukka olivat monivuotisia kasveja, muut yksivuotisia. Taulukossa 24 on havaintoruuduilla vuosina 2021 ja 2022 olleet kasvilajit ja lajikkeet.

Taulukko 24. Havaintoruuduilla vuosina 2021 ja 2022 viljellyt lajit ja lajikkeet.

Laji	Lajike
<i>Yksivuotiset</i>	
Syyshärkäpapu	Augusta
Soijapapu	Laulelma
Sileävihneinen ohra	Silo
Sudaninruoho	Susu
Serradella	t.p.
Kuituhamppu	USO31
<i>Monivuotiset</i>	
Esparsetti/Sainfoin	Esparsette
Leveäkompassikukka	Silphie

¹⁾ Tieto puuttuu.

Vuonna 2021 kevät oli myöhäinen ja sateinen, minkä seurauksena pellot kuivuivat hitaasti ja kylvöt viivästyivät tavanomaisesta. Myös havaintoruutujen perustaminen viivästyi suunnitelmasta, mikä lyhensi kasvukautta huomattavasti ja vaikutti kasvustojen kehittymiseen. Lisäksi elokuulle osuneet hallat vioittivat kasvustoja ja kylmyydelle herkimmät kasvit paleltuivat. Vuonna 2022 havaintoruudut perustettiin edellistä vuotta aikaisemmin, mutta silloin alkukesän kuivuus häiritsi kasvustojen kehittymistä, minkä seurauksena ne eivät pärjänneet kilpailussa rikkakasveja vastaan.

Viljelykasvien kannalta osittain hankalien ja kahtena peräkkäisenä vuonna melko erilaisten sääolojen seurauksena havaintoruuduilta saatujen viljelykokemusten perusteella ei pystytty saamaan kovinkaan pitkälle meneviä johtopäätöksiä uudentyyppisten rehukasvien menestymismahdollisuuksista Pohjois-Pohjanmaan alueella. Lupaavaa kuitenkin oli, että osa havaintoruuduille kylvetyistä kasveista menestyi hankalista sääoloista huolimatta, joten on mahdollista, että uusia rehukasveja voisi löytyä viljeltäväksi Pohjois-Pohjanmaalla. Tosin tämä vaatii vielä paljon lisätutkimusta.

8.1. Yksivuotiset kasvit

8.1.1. Syyshärkäpapu, *Vicia faba*

Härkäpapu kuuluu yksivuotisiin palkoviljoihin. Se on merkittävä valkuaiskasvi. Härkäpapua voidaan viljellä puhdaskasvustona tai seoskasvustona viljan kanssa. Rehuksi tarkoitettu kasvusto voidaan korjata puimalla tai kokoviljasäilörehuksi. Mikäli kasvusto on tarkoitettu puiden, erityisesti kasvuaika on syytä huomioida lajikevalinnassa. Härkäpavun juurissa on ilmakehästä tyyppiä sitovia typensitojabakteereja, joten se on typpiomavarainen kasvi. Härkäpavun juuristo haarautuu voimakkaasti, mutta vettä ottavia hiusjuuria on melko niukasti, minkä vuoksi sen vedenottokyky on suhteellisen heikko. Härkäpapu on arka sekä kuivuudelle että märkyydelle.

Tyypillisesti härkäpapu kylvetään Suomessa keväällä. Syyskylvöinen härkäpapu on meillä vielä melko uusi tulokas, eikä sen talvehtimisesta ole varmuutta.

Havaintoruuduille syyshärkäpapu kylvettiin keväällä. Se taimettui hyvin ja kasvustosta tuli melko rehevä. Kasvusto kukki, mutta palkoja siihen ei ehtinyt muodostua. Kuvassa 14 on havaintoruuduilla viljeltyä Augusta-syyshärkäpapua, joka kylvettiin keväällä.



Kuva 14. Augusta-syyshärkäpavun kylvösiemeniä sekä keväällä kylvetyn syyshärkäpavun taimettunutta ja loppukesän kasvustoa. Kuvat: Luke/Kati Mattila.

8.1.2. Soijapapu, *Glycine max*

Soijapapu on yksi maailmalla yleisimmin viljellyistä kasveista. Se on yksivuotinen, hernekasvien sukuun kuuluva palkokasvi. Se kykenee muuntamaan ilmakehän typen *Bradyrhizobium japonicum*-bakteerien avulla kasville käyttökelpoiseen muotoon ja on siten typpiomavarainen.

Suomessa soijapavun viljely on ollut lähinnä kokeiluluonteista. Sen menestymistä rajoittavat kasvuolosuhteet. Soijapapu on pitkän kasvukauden ja riittävän lämpösumman vaativa kasvi. Kukinta vaatii lyhyen päivän. Se on hallanarka ja ankarat keväthallat voivat olla sille kohtalokkaita, koska kasvupiste sijaitsee maanpinnan yläpuolella.

Soijapapu on merkittävä öljy- ja valkuaiskasvi. Siemenistä tehtävän öljynpuristuksen ohessa syntyy valkuaispitoista rouhetta, jota käytetään eläinten valkuaisrehuna. Suomessa soijaa ei käytetä nautojen ruokinnassa lainkaan, ja yksimahaisten ruokinnassakin sen käyttö vähenee koko ajan, kun tilalle kehitetään vaihtoehtoisia valkuaisrehuja. Merkittävä syy soijan rehukäytöstä luopumiseen liittyy soijan viljelystä aiheutuviin ympäristöongelmiin.

Havaintoruuduilla viljelty soija taimettui melko hyvin. Kasvu oli kuitenkin hidasta eikä kasvuun ehtinyt muodostua palkoja. Kuvassa 15 on havaintoruuduilla viljeltyä Laulelma-soijapua.



Kuva 15. Laulelma-soijapavun kylvösiemeniä ja taimettunutta kasvustoa. Kuvat: Luke/Kati Mattila. Oikeanpuoleisissa kuvissa soijapavun kasvustoa loppukesällä. Kuvat: Luke/Katariina Manni.

8.1.3. Sileävihneinen ohra, *Hordeum vulgare*

Ensimmäinen sileävihneinen ohralajike Suomessa oli Silo. Se on myöhäinen ja monitahoinen lajike. Runsaan lehtimassan ansiosta se soveltuu erinomaisesti kokoviljasäilörehuksi sekä myös puitavaksi.

Havaintoruuduilla viljelty sileävihneinen ohra orastui hyvin ja kasvustosta tuli tasainen. Kuvassa 16 on havaintoruuduilla viljeltyä Silo-sileävihneistä ohraa.



Kuva 16. Sileävihneinen Silo-ohra. Vasemman- ja oikeanpuoleinen kuva Luke/Kati Mattila ja keskimäinen kuva Luke/Katariina Manni.

8.1.4. Sudaninruoho, *Sorghum sudanense*

Sudaninruoho on yksivuotinen rehu- ja viherlannoituskasvi, joka hyvissä kasvuoloissa tuottaa runsaasti vihermassaa. Se on syväjuurinen, maata kuohkeuttava kasvi. Syvän juuristonsa ansiosta se kestää kuivuutta. Varjostusta se ei kestä ja lisäksi se on erittäin hallanarka kasvi. Kylvö tulee tehdä lämpimään maahan, kun maaperän lämpötila on vähintään 10 ° C. Kasvuun lähtöä voi tukea maltillisella typpilannoituksella. Sudaninruoho taimettuu nopeasti, mutta sen

jälkeinen hidaskasvu saattaa altistaa kasvuston rikkakasveille. Sudaninruoho on lyhyen päivän kasvi. Päivän lyhentyessä sen kasvu alkaa nopeutua. Se kasvaa tyypillisesti noin 1,5–3 m korkuiseksi. Lehdet muistuttavat rehumaissia.

Havaintoruuduilla viljelty sudaninruoho taimettui melko harvaksi kasvustoksi ja sen kehitys oli hidasta. Lisäksi se oli erityisen herkkä alkusyksyn kylmyydelle. Kuvassa 17 on havaintoruuduilla viljeltyä Susu-sudaninruohoa.



Kuva 17. Susu-sudaninruohon kylvösiemeniä ja taimettunutta kasvustoa. Kuvat: Luke/Kati Mattila. Oikeanpuoleisessa kuvassa sudaninruohon kasvustoa loppukesällä. Kuva: Luke/Katriina Manni.

8.1.5. Serradella, *Ornithopus sativus*

Serradella on yksivuotinen, hernekasvien sukuun kuuluva palkokasvi. Sillä on laaja juuristo, minkä ansiosta se on hyvin kuivuutta kestävä. Juurissa on ilmakehstä tyypeä sitovia typensitojabakteereja, joten se typpiomavarinen. Serradella on satoisa kasvi. Rehukäytössä se soveltuu erityisesti laidunnukseen, mutta kasvusto voidaan korjata myös säilörehuksi aikaisessa kukintaa edeltävässä tai varhaisessa kukinnan vaiheessa.

Serradellan viljelyn edellytyksenä on, että pellon vesitalous on kunnossa, sillä se ei kestä liiallista kosteutta varsinkaan itämis- ja taimettumisvaiheessa. Lisäksi se on herkkä kalkille. Sitä voidaan viljellä myös happamilla mailla. Serradellan kasvuun lähtö on hidaskasvu. Se kasvaa tyypillisesti 30–60 cm:n korkuiseksi. Aluksi kasvusto on pystykasvusto, mutta kasvukauden edetessä se muuttuu puolipystyksi. Serradella ei ole kovin kylmyydenherkkä, minkä seurauksena se voi jatkaa kasvuaan pitkälle syksyyn.

Havaintoruuduilla viljelty serradella taimettui hyvin ja se muodosti tasaisen, kukkivan kasvuston. Kuvassa 18 on havaintoruuduilla viljeltyä serradellaa.



Kuva 18. Serradellan kylvösiemeniä ja taimettunutta kasvustoa. Kuvat: Luke/Kati Mattila. Oikeanpuoleisessa kuvassa serradellan kasvustoa loppukesällä. Kuva: Luke/Katariina Manni.

8.1.6. Kuituhamppu, *Cannabis sativa* L.

Kuituhamppu ei ole rehukasvi, vaan se on yksivuotinen kuitukasvi, joka tuottaa runsaasti vihermassaa. Kasvin varressa on kaksi rakenteellista osaa. Päälimmäisenä on pitkää kuitua ja varren sisäosassa on puumainen päistäre. Päistärettä voidaan käyttää mm. kuivikemateriaalina.

Kuituhampun kasvupaikaksi soveltuvat erityisesti kevyet, multavat hieta- ja savimaat. Maan rakenteen ja vesitalouden oltava kunnossa. Kuituhamppu lähtee hitaasti kasvuun, mutta kasvukauden edetessä kasvu on nopeaa ja peittävä lehdistö ehkäisee rikkakasvien kasvua. Juuristo tunkeutuu syvälle kuohkeuttaen samalla maata. Kuituhamppu pystyy hyödyntämään Suomen valoisat kesäpäivät ja -yöt. Se voi kasvaa 1,5–5 metriä korkeaksi.

Havaintoruuduilla viljelty kuituhamppu taimettui hyvin ja se muodosti melko rehevän ja korkean kasvuston, joka pysyi hyvin pystyssä. Kuvassa 19 on havaintoruuduilla viljeltyä USO31-kuituhamppua.



Kuva 19. USO31-kuituhampun kylvösiemeniä ja taimettunutta kasvustoa. Kuvat: Luke/Kati Mattila. Oikeanpuoleisessa kuvassa kuituhampun kasvustoa loppukesällä. Kuva: Luke/Katariina Manni.

8.2. Monivuotiset kasvit

8.2.1. Esparsetti, *Onobrychis viciifolia* Scop.

Esparsetti on hernekasveihin kuuluva, monivuotinen palkokasvi. Se on hyvä ja maittava rehu-kasvi. Se sopii viljeltäväksi joko yksinomaisena kasvustona tai seoksissa. Rehukäytössä se soveltuu sekä laidunnukseen että säilörehuksi. Se ei kuitenkaan kestä voimakasta tai jatkuvaa laiduntamista. Mikäli sitä on tarkoitus käyttää laidunnukseen, suosituksena on, että keväsato korjataan säilörehuksi ja vasta jälkikasvua laidunnetaan.

Esparsetti on syväjuurinen ja kuivuutta kestävä kasvi. Juurissa on ilmakehästä tyypeä sitovia typensitobakteereja, joten se on typpiomavarainen. Se taimettuu hitaasti, minkä vuoksi se ei pysty kilpailemaan rikkakasveja vastaan. Tyypillisesti kasvaa noin 30–60 cm korkeaksi.

Havaintoruuduilla viljelty esparsetti taimettui ensimmäisenä vuonna hyvin mutta se ei kestänyt kilpailua rikkakasveja vastaan, minkä seurauksena esparsetti-kasvustoa ei muodostunut. Toisena vuonna se ei edes itänyt. Kuvassa 20 on havaintoruuduilla viljeltyä Esparsette-esparsettia.



Kuva 20. Esparsette-esparsetin kylvösiemeniä ja taimettunutta kasvustoa. Kuvat: Luke/Kati Mattila.

8.2.2. Leveäkompassikukka, *Silphium perfoliatum*

Leveäkompassikukka on monivuotinen asterikasvien sukuun kuuluva kasvi. Sitä viljellään erityisesti energiakasvina biokaasun tuotantoon sen hyvän vihermassan tuottokyvyn vuoksi. Se voi kasvaa jopa 3 metrin korkeuteen. Rehuksena se on maittava ja melko valkuaispitoinen kasvi.

Leveäkompassikukka on melko vaatimaton kasvupaikan suhteen. Se on moniin olosuhteisiin sopeutuva laji, joka kestävä hyvin mm. kuivuutta ja kylmyyttä. Sillä on laajalle levinnyt juuristo, joka parantaa maan rakennetta ja auttaa kasvia selviytymään kuivissa oloissa.

Havaintoruuduilla viljelty leveäkompassikukka taimettui erittäin huonosti ja yksittäisten kasvien kehitys oli hyvin hidasta. Seurauksena se ei kestänyt kilpailua rikkakasveja vastaan, eikä

kasvustoa muodostunut. Kuvassa 21 on havaintoruuduilla viljeltyä Silphie-levääkompassikukkaa sekä kasvustoa ruukussa viljeltyinä.



Kuva 21. Silphie-levääkompassikukan kylvösiemeniä ja yksittäisiä taimia havaintoruudulla sekä kasvustoa ruukussa viljeltyinä. Kuvat: Luke/Kati Mattila.

9. Viitteet

- Huuskonen, A., Jaakkola, S. & Manni, K. 2020a. Intake, gain and carcass traits of Hereford and Charolais bulls offered diets based on triticale, barley and grass silages. *Agricultural and Food Science* 29: 318–330. <https://doi.org/10.23986/afsci.89813>
- Huuskonen, A., Ilkka, J., Jokinen, M., Manni, K., Mustonen, A., Nyholm, L., Pajula, M., Rinne, M., Suokannas, A. & Tahvola, E. 2020b. Säilörehun säilöntäopas. *Atria Tuottajat*. 44 s.
- Huuskonen, A., Pesonen, M. & Honkavaara, M. 2016. Performance and meat quality of Nordic Red and Aberdeen Angus bulls offered faba bean or field pea based whole crop legume-cereal silages. *Agricultural and Food Science* 25: 1–12.
- Jylhä, K., Fronzek, S., Tuomenvirta, H., Carter, T. R. & Ruosteenoja, K. 2008. Changes in frost, snow and Baltic sea ice by the end of the twenty-first century based on climate model projections for Europe. *Climatic Change* 86: 441–462.
- Jylhä, K., Tuomenvirta, H. & Ruosteenoja, K. 2004. Climate change projections for Finland during the 21st century. *Boreal Environment Research* 9: 127–152.
- Kuoppala, K. 2010. Influence of harvesting strategy on nutrient supply and production of dairy cows consuming diets based on grass and red clover silage. *MTT Science* 11: 50 s. Doctoral Dissertation. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/438301>
- Kuoppala, K., Lötjönen, T., Saarinen, E., Suomela, R., Hyrkäs, M. & Huuskonen, A. 2014. Palkokasviviljakasvustojen satoisuus ja rehuarvo. Julkaisussa: Huuskonen, A. (toim.). Edistystä luomutuotantoon – loppuraportti. *MTT Raportti* 175. MTT. Jokioinen. s. 28–36.
- Kykkänen, S., Huuskonen, A., Hyrkäs, M., Suomela, R., Saarinen, E. & Virkajärvi, P. 2014. Eri viljalajikkeiden satoisuus ja rehuarvo kokoviljasäilörehuksi korjattuna. Julkaisussa: Huuskonen, A. (toim.). Kehitystä naudanlihantuotantoon -loppuraportti. *MTT Raportti* 167. MTT. Jokioinen. s. 9–28.
- Laine, A., Högnäsbacka, M., Niskanen, M., Ohralahti, K., Jauhiainen, L., Kaseva, J. & Nikander, H. 2017. Virallisten lajikekokeiden tulokset 2009–2016. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 1/2017. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-346-8>
- Luke 2024. Rehutaulukot. Viitattu 19.1.2024. <https://maatalousinfo.luke.fi/fi/cms/rehu/tietoa-rehutaulukoista>
- Lötjönen, T., Manni, K. & Huuskonen, A. 2020. Kokoviljojen ruutukokeet 2017–2019. Julkaisussa: Huuskonen, A. & Manni, K. (toim.). Rehuviljaa entistä edullisemmin. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 24/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 8–26.
- Manni, K., Lötjönen, T. & Huuskonen, A. 2021. Comparing spring triticale varieties to barley and wheat varieties when harvested as whole crop. *Agricultural and Food Science* 30: 24–35. <https://doi.org/10.23986/afsci.100693>
- Peltonen-Sainio, P., Hakala, K. & Jauhiainen, L. 2011. Climate-induced overwintering challenges for wheat and rye in northern agriculture. *Acta Agriculturae Scandinavica. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science* 61: 75–83.

- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Hakala, K. & Ojanen, H. 2009. Climate change and prolongation of growing season: changes in regional potential for field crop production in Finland. *Agricultural and Food Science* 18: 171–190.
- Peltonen-Sainio, P., Palosuo, T., Ruosteenoja, K., Jauhiainen, L. & Ojanen, H. 2018 Warming autumns at high latitudes of Europe: an opportunity to lose or gain in cereal production? *Regional Environmental Change* 18: 1453–1465. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1275-5>
- Peltonen-Sainio, P., Venäläinen, A., Mäkelä, H. M., Pirinen, P., Laapas, M., Jauhiainen, L., Kaseva, J., Ojanen, H., Korhonen, P., Huusela-Veistola, E., Jalli, M., Hakala, K., Kaukoranta, T. & Virkajärvi, P. 2016. Harmfulness of weather events and the adaptive capacity of farmers at high latitudes of Europe. *Climate Research* 67: 221–240. <https://doi.org/10.3354/cr01378>
- Ruosteenoja, K., Jylhä, K. & Kämäräinen, M. 2016. Climate projections for Finland under the RCP forcing scenarios. *Geophysica* 51: 17–50.
- Stoddard, F., Nykänen, A. & Lizarazo, C. 2012. Palkoviljojen lajikkeet siemeneksi ja säilörehuksi. Julkaisussa: Nykänen, A. (toim.). Typpi- ja valkuaisomavaraisuuden lisääminen palkokasveja tehokkaasti hyödyntämällä. MTT Raportti 59. MTT. Jokioinen. s. 61–65.



**Löydät meidät
verkosta**

luke.fi

