

**Aluskasvien vaikutus luonnonmukaisesti viljellyn ohran ja
rikkakasvien kasvuun**

Kari Koppelmäki
Maisterintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden laitos
Agroekologia
2016

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Kari Koppelmäki			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Aluskasvien vaikutus luonnonmukaisesti viljellyn ohran ja rikkakasvien kasvuun			
Oppiaine — Läroämne — Subject Agroekologia			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma		Aika — Datum — Month and year Syyskuu 2016	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 53 s.
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Rikkakasvit ovat yksi suurimmista luomuviljelyn satoa rajoittavista tekijöistä. Tavallisesti luomutiloilla käytetyllä mekaanisella rikkakasvin torjunnalla on useita negatiivisia ympäristövaikutuksia. Peitekasvien viljely on vaihtoehto mekaaniselle rikkakasvien hallinnalle ja samalla se tukee monia muita maataloudelle annettuja ympäristötavoitteita. Pohjoisissa oloissa yleisin tapa toteuttaa peitekasvien viljelyä on kylvää ne satokasvin aluskasviksi.</p> <p>Tässä tutkimuksessa selvitettiin aluskasvien vaikutusta ohran (<i>Hordeum vulgare</i>) ja rikkakasvien kasvuun Jokiosissa sijaitsevilla koekentillä. Lintupajussa oli kaksi erillistä koeasetelmaa, joista toinen oli lannoittamaton ja toinen naudan lietelannalla lannoitettu (50 N kg/ha) koeasetelma. Kokeessa oli neljä aluskasvikäsittelyä, joita verrattiin aluskasvittomaan käsittelyyn. Lamminkylän lannoittamaton koeasetelma sisälsi viisi eri aluskasvikäsittelyä ja aluskasvittoman käsittelyn. Lisärikkakasviksi koeruutujen päihin kylvettiin rypsiä (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>Oleifera</i>). Aluskasvien vaikutusta selvitettiin koeruuduilta heinä- ja elokuussa otetuista kasvustonäytteistä, joista mitattiin ohran, rikkakasvien ja aluskasvien peittävyyttä, maanpäällistä biomassaa sekä tiheyttä.</p> <p>Aluskasvit tuottivat melko suuren maanpäällisen biomassan, mutta niillä ei ollut vaikutusta rikkakasvien maanpäällisen biomassaan. Aluskasviksi kylvetty ruis vähensi ohran satoa kolmanneksella, mutta muilla aluskasveilla ei ollut vaikutusta ohran jyväsatoon.</p> <p>Tulosten perusteella palkokasvit soveltuvat suurillakin siemenmäärillä ohran aluskasviksi luonnonmukaisessa viljelyssä. Tarvitaan kuitenkin monivuotisia kenttäkokeita, joista saadaan tuloksia erilaisista viljelykierroista, maalajeilta ja sääolosuhteista.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Peitekasvit, aluskasvit, rikkakasvien hallinta, palkokasvit, ohra, luonnonmukainen viljely			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden laitos ja Viikin kampuskirjasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Työtä ohjasivat Juha Helenius ja Jukka Salonen			

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Kari Koppelmäki			
Työn nimi — Arbetets titel — Title The effect of undersown cover crops on growth of organic barley and weeds			
Oppiaine — Läroämne — Subject Agroecology			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's thesis		Aika — Datum — Month and year September 2016	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 53 p.
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Weed competition is a major problem restricting cereal yields in organic farming. Commonly used mechanical weed management has several negative environmental impacts. Cover crops offer an alternative method that replace mechanical weed management and, at the same time, support other environmental goals in agriculture. Undersowing the cover crops with the yield crop is the most common practice to use cover crops in a northern climate.</p> <p>The effects of undersown cover crops on the growth of barley (<i>Hordeum vulgare</i>) and weeds were studied at two experimental sites in Jokioinen. The Lintupaju experiment consisted of two separate experiments with two different fertilize level (0 N kg/ha and 50 N kg/ha). Both experiments included four undersown cover crop treatments and one non-cover crop treatment as a control. At Lamminkylä not fertilized experiment included five different cover crop treatments and control treatment without cover crop. Functioning as an extra weed stripes of the turnip rape (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>Oleifera</i>) were sown at the end of the plots. The effects of the undersown cover crop treatments were measured by density, biomass and Leaf Area Index (LAI) from the barley, cover crops, and weeds in July and August.</p> <p>Undersown cover crops produced rather large biomass, but they didn't have influence on weed biomass. Undersown rye (<i>Secale cereale</i>) decreased the grain yield of barley by about one-third. Other cover crop treatments did not have effect on barley yield.</p> <p>This study demonstrated that leguminous cover crops can be used as an undersown cover crop in organic cereal production even when the cover crop were sown with high seed rates. However, long term field trials are required to achieve a better understanding about the effects from different crop rotations, soil types and weather circumstances.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Cover crops, undersown cover crops, weed management, leguminous, barley, organic farming			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Department of Agricultural Sciences and Viikki Campus Library			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Supervisors: Juha Helenius, Jukka Salonen			

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 ALUSKASVIT RIKKAKASVIEN HALLINNASSA LUONNONMUKAISESSA VILJELYSSÄ	7
2.1 Aluskasvien viljely	7
2.2 Yleisimmin viljellyt aluskasvilajit	8
2.2.1 Heinäkasvit	11
2.2.2 Palkokasvit.....	12
2.2.3 Heinä- ja palkokasvien seokset	14
2.2.4 Muut kasvit.....	15
2.3 Aluskasvin kylvötavat ja niiden vaikutus kasvuun	15
2.4 Aluskasvien vaikutus satokasviin ja rikkakasveihin	17
2.4.1 Aluskasvien kilpailu rikkakasvien ja kevätiljan kanssa	17
2.4.2 Syysviljan yhteydessä kylvetyt aluskasvit	22
2.4.3 Sadonkorjuun jälkeisen käsittelyn vaikutus.....	22
3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	24
4 AINEISTO JA MENETELMÄT	25
4.1 Koekentät ja kasvukausi.....	25
4.2 Koeasetelmat ja -järjestelyt	26
4.3 Viljelytoimenpiteet.....	27
4.4 Näytteet	27
4.5 Tilastolliset analyysit	29
5 TULOKSET	31
5.1 Aluskasvien peittävyys ja kuiva-ainesadot	31
5.1.1 Lintupajun aluskasvien peittävyys ja kuiva-ainesadot.....	31
5.1.2 Lamminkylän aluskasvien peittävyys ja kuiva-ainesadot	31
5.2 Rikkakasvien tiheys, kuiva-ainesato ja peittävyys	32
5.2.1 Rikkakasvit Lintupajun kokeissa	32
5.2.2 Rikkakasvit Lamminkylän kokeissa.....	36
5.3 Ohran maanpäällinen biomassa	38
5.3.1 Ohran maanpäällinen biomassa Lintupajun kokeissa.....	38
5.3.2 Ohran maanpäällinen biomassa Lamminkylän kokeissa	39
5.4 Ohran jyväsato Lamminkylän ja Lintupajun kokeissa	40
6 TULOSTEN TARKASTELU	42
6.1 Aluskasvien maanpäällinen biomassa	42
6.2 Vaikutukset rikkakasveihin.....	42
6.3 Vaikutus ohran kasvuun.....	43
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	45
8 KIITOKSET	47
LÄHTEET	48

1 JOHDANTO

Rikkakasvien aiheuttama kilpailu ja typen saatavuus ovat tärkeimpiä satoa rajoittavia tekijöitä luomupeltoviljelyssä. Suomessa rikkakasvien osuus kevätiljapeltojen kokonaisbiomassasta on keskimäärin viidennes (Salonen ym. 2011). Monilla luomutiloilla rikkakasvien hallinta koetaan suurena haasteena tuotannossa. Erityisesti heinämäisiä rikkakasveja vastaan tarvitaan uusia ympäristöystävällisiä torjuntamenetelmiä. Rikkakasvien vaikutus satokasvien kasvuun ja merkitys monimuotoisuudelle vaihtelevat.

Luomutiloilla mekaaniset rikkakasvien torjuntamenetelmät kuten rikkakasviäestys, rivi-
väliharaaminen ja sadonkorjuun jälkeinen sänkimuokkaus ovat yleisimpiä keinoja hallita rikkakasveja. Mekaaninen maanmuokkaus kuitenkin heikentää maan rakennetta, lisää ravinteiden huuhtoutumista, kuluttaa polttoainetta ja on työlästä. Maataloudelle asetuissa ympäristönsuojelun vesiensuojelu- ja ilmastotavoitteissa pyritään maan muokkauksen sijaan lisäämään vihreää kasvipeitteisyyttä (Maa- ja metsätalousministeriö 2014). Peitekasvit tarjoavat mielenkiintoisen ja ajankohtaisen mahdollisuuden rikkakasvien hallintaan. Peitekasveilla tarkoitetaan tässä tutkielmassa satokasvin kylvön yhteydessä tai pian sen jälkeen kylvettäviä aluskasveja tai sadonkorjuun jälkeen kylvettäviä kerääjäkasveja.

Euroopan unionin alueella on tavoitteena vähentää kemiallisten kasvinsuojeluaineiden käyttöä ja lisätä integroitua kasvinsuojelua (Direktiivi 2009/128/EY). Peitekasvin viljelyä tuetaan Suomessa ympäristökorvauksen toimenpiteenä ja kasvukaudella 2015 alus- ja kerääjäkasveja viljeltiin noin viidenneksellä koko Suomen vilja-alasta (Tiina Malm, MMM, sähköpostiviesti kirjoittajille 11.1.2016).

Peitekasvien viljelyllä on useita positiivisia vaikutuksia ympäristöön. Ne estävät typen huuhtoutumista, lisäävät orgaanista ainesta maahan, suojaavat pellon pintaa eroosiolta ja lisäävät monimuotoisuutta viljelykierrossa. Käytettäessä palkokasveja aluskasveina voidaan hyödyntää biologista typensidontaa. Yleisimmin aluskasveja on käytetty typen huuhtoutumisen estämisessä tai biologisen typensidonnan hyödyntämisessä. Rikkakasvien torjunnassa aluskasvien ominaisuuksista ja vaikutusmekanismeista on vielä melko vähän tietoa.

Aluskasvit voivat vähentää pääkasvin satoa viljelyvuotena, mutta erityisesti typensitojakasveja käytettäessä esikasviarvo tai vähentynyt rikkakasvipaine voi kasvattaa seura-

van vuoden satoa. Säännöllinen peitekasvien käyttö parantaa maan kasvukuntoa, mikä parantaa pellon sadontuottokykyä pitkällä aikavälillä.

Tämän maisteritutkielman tavoitteena on selvittää eri aluskasviseosten vaikutuksia rikkakasvien kasvuun ja ohran satoon. Tutkielma tehtiin osana vuonna 2015 alkanutta Luonnonvarakeskuksen LUKEKAS ja PRODIVA -tutkimushankkeita, joiden tavoitteena on etsiä kustannustehokkaita ja ympäristöystävällisiä vaihtoehtoja haitallisten rikkakasvien torjuntaan luomukasvinviljelyssä.

2 Aluskasvit rikkakasvien hallinnassa luonnonmukaisessa viljelyssä

Rikkakasveilla tarkoitetaan yleisesti putkilokasveja, joista on haittaa viljelykasvien sadon laadun tai määrän muodostumiselle viljelytoimien toteuttamiselle, tai ihmisten tai kotieläinten terveydelle sadossa esiintyessään, sekä kasveja, jotka aiheuttavat epähaluttuja vaikutuksia luontaisessa kasvistossa (Cousens ja Mortimer 1995). Rikkakasvit kilpailevat valosta, vedestä, ravinteista ja fyysisestä tilasta satokasvien kanssa.

Rikkakasvit aiheuttavat luomuviljelyssä merkittävää kilpailuhaittaa satokasville. Tuoreimman tutkimuksen mukaan suomalaisten luomuhevätviljapeltojen kokonaisbiomassasta yli viidennes, eli keskimäärin 775 kg/ha kuiva-ainetta oli rikkakasveja heinäelokuun vaihteessa (Salonen ym. 2011). Vastaavaa rikkakasvien biomassa tavanomaisessa viljelyssä oli 167 kg/ha. Juolavehnan (*Elymys repens*) osuus rikkakasvien biomassasta oli noin kolmanneksen. Myös luomupeltojen keskimääräinen rikkakasvitiheys (519 kpl/m²) oli selvästi tavanomaisesti viljeltyjen peltojen tiheyttä (160 kpl/m²) suurempi. Yleisimmät rikkakasvit olivat jauhosavikka (*Chenopodium album*), pihatähtimö (*Stellaria media*), pelto-orvokki (*Viola arvensis*) ja juolavehna.

Peitekasvien viljelyn yhtenä tavoitteena on korvata rikkakasvien biomassa viljelylle vähemmän haitallisella kasvilla. Samalla voidaan hyödyntää muita peitekasvien rikkakasveja vähentäviä ominaisuuksia.

2.1 Aluskasvien viljely

Peitekasveilla tarkoitetaan muuhun kuin satotarkoitukseen viljeltäviä kasveja, jotka kasvavat samaan aikaan satokasvin kanssa tai sadonkorjuun ja kylvön välisenä aikana (Teasdale ym. 2007). Pidemmän kasvuajan olosuhteissa peitekasvit kylvetään yleensä sadonkorjuun jälkeen tai vähän ennen sadonkorjuuta (Teasdale ym. 2007). Erityisesti *Brassica* suvun nopeakasvuisia kasveja kuten öljyretikkaa ja sinappia on yleisesti käytetty kerääjäkasveina. Sadonkorjuun jälkeen kylvettävät kerääjäkasvit mahdollistavat mekaanisen rikkakasvintorjunnan sadonkorjuun ja kerääjäkasvin kylvön välissä. Ilmastonmuutoksen edetessä kerääjäkasvien kylvö sadonkorjuun jälkeen voi tulla houkuttelevaksi vaihtoehdoksi aluskasvin kylvölle, milloin voidaan käyttää nopeakasvuisia run-

saasti biomassaa tuottavia kerääjäkasveja. Satokasvin kanssa samanaikaisesti viljeltävät aluskasvit ovat yleisin ja sopivin tapa toteuttaa peitekasvien viljelyä pohjoisissa olosuhteissa, koska sadonkorjuun jälkeinen kasvukausi on lyhyt (Känkänen ym. 2001a, Melander ym. 2013).

Peitekasvien viljelyllä on toteutustavasta riippuen useita hyötyjä viljelylle ja ympäristölle. Aluskasvien on todettu vähentävän typen huuhtoutumista tehokkaasti (Valkama ym. 2015), niitä voidaan hyödyntää biologisessa typensidonnassa, ne lisäävät maahan orgaanista ainesta, juuristot parantavat maan rakennetta ja ne suojaavat pellon pintaa eroosiolta (Teasdale ym. 2007). Osa ristikukkaisista kasveista voi vähentää kasvitautien ja tuholaisten määrää maassa (Snapp ym. 2005). Lisäksi aluskasvit kilpailevat rikkakasveja vastaan.

Aluskasveja voidaan viljellä käytännössä kaikkien yksivuotisten viljelykasvien kanssa, mutta niiden viljely estää rikkakasvien mekaanisen torjunnan kasvustosta. Aluskasvin kylvön jälkeen ei voida enää tehdä rikkakasviäestystä tai -harausta ja sadonkorjuun jälkeinen sänkimuokkaus ei ole mahdollista, jos halutaan ravinteiden keruun ja kilpailun rikkakasveja vastaan jatkuvan syksyllä. Muokkausta vähennettäessä erityisesti monivuotisista rikkakasveista voi tulla ongelmia (Melander ym. 2013).

Aluskasveina voidaan käyttää lähes mitä tahansa kasveja, mutta niiden ei tulisi kilpailla liikaa satokasvin kanssa eikä lisätä kasvitauteja tai tuholaisia viljelykierrossa. Rikkakasvien torjunnan näkökulmasta hyvän aluskasvin tulisi taimettua nopeasti tuottaen peittävän kasvuston. Toisaalta sen ei pitäisi kilpailla liikaa satokasvin kanssa valosta, ravinteista tai vedestä. Sadonkorjuun jälkeen aluskasvin tulisi kasvaa vahvasti, jotta kilpailu monivuotisia rikkakasveja vastaan olisi tehokasta. Aluskasvin mekaanisen lopetuksen tulisi olla helppoa, jotta siitä ei muodostu rikkakasviongelmaa seuraavalle vuodelle. Myös allelopaattiset ominaisuudet ovat eduksi, kunhan satokasvi ei kärsi niistä.

2.2 Yleisimmin viljellyt aluskasvilajit

Peitekasvien biomassan tuottoon vaikuttaa kasvukauden lämpösumma, viljeltävät kasvilajit, pellon ravinnetilanne ja kosteusolosuhteet. Suomen lyhyen sadonkorjuun jälkeisen kasvukauden johdosta aluskasviksi kylvetyt peitekasvit tuottavat yleensä

Taulukko 1. Yleisimpien aluskasvien ominaisuuksia. ***=hyvä/suuri, **= kohtalainen, *=heikko/pieni. Taulukko muotoiltu lähteistä Känkänen (2011) ja Aronsson ym. (2012).

Kasvilaji	Taimet- tuminen	Kasvuno- peus	Kokonaisbiomas- sa	Kilpailu satokasvia vastaan	Kilpailu rikkakasve- ja vastaan	Typen keruu maasta
Puna-apila	**	***	**	**	**	*
Valkoapila	*	**	**	*	*	*
Persianapila	**	***	***	***		*
Maa-apila	***	***	**	*		*
Nurmimai- lanen		**	*	*	*	*
Italianraihei- nä	**	**	***	**	***	***
Englannin- raiheinä	**	**	**	*	**	**
Punanata	***	*	**	*	**	**

sadonkorjuun jälkeen kylvettäviä peitekasveja suuremman biomassan. Sadonkorjuun jälkeen ei välttämättä saavuteta enää riittävää lämpösummaa suurten biomassojen tuottamiseen. Lisäksi valoisuuden väheneminen hidastaa kasvua. Aluskasvien kuiva-ainesadon huippu saavutetaan yleensä lokakuun aikana (Kauppila ja Kilttilä 1992).

Aluskasveina käytetään yleisimmin heinä- ja palkokasveja tai niiden seoksia. Aluskasvien ominaisuudet vaihtelevat kasveittain (Taulukko 1). Myös saman kasvin eri lajikkeiden välillä on raportoitu olevan suuria eroja (Kauppila 1992, Kauppila ja Kilttilä 1992, Nilsdotter-Linde ym. 1995). Satokasvin tuottaessa hyvän sadon kilpailee se voimakkaasti aluskasvia vastaan, mistä johtuen aluskasvin biomassa jää yleensä sadonkorjuun aikaan pieneksi (Nilsdotter-Linde ym. 1995). Alkukasvukauden ja sadonkorjuun jälkeiset kosteusolosuhteet, lämpötila ja typen saatavuus vaikuttavat aluskasvin kasvuun (Ohlander ym. 1996, Känkänen ym. 2001a). Aluskasvit hyötyvät lämpöisestä ja kosteasta alkukasvukaudesta. Typen saatavuus maasta vähentää apiloiden ja lisää heinäkasvien kasvua. Pohjoismaisissa tutkimuksissa raportoituja aluskasvien biomassoja on koottu taulukkoon 2.

Maan liukoisen typen määrällä on erilainen vaikutus heinä- kuin palkokasveihin. Heinäkasvit hyötyvät vapaana olevasta tyyppistä, kun taas typpilannoitus vähentää aluskasvina käytettävien palkokasvien kasvua (Kauppila ja Kilttilä 1992, Känkänen ym. 2001a, Bergkvist ym. 2011). Palkokasvien vähenevä kasvu aluskasveina johtuu suurelta osin pääkasvin voimistuvasta kasvusta typpilannoituksen lisääntyessä. Typpilannoitus vaikuttaa myös aluskasviseosten kasvilajisuhteisiin. Bergkvist ym. (2011) raportoivat

Taulukko 2. Kevätviljan aluskasvien maanpäällisiä biomassoja sadonkorjuun aikaan ja kasvukauden lopussa

Aluskasvi	Biomassa sadonkorjuun aikaan kg/ha	Biomassa kasvukauden loppuun mennessä kg/ha	Lisätietoja	Lähde
Englanninraiheinä	25 - 270	170 - 570	Keskimääräiset sadot eri koe-paikoilta, kasvusto niitetty sadonkorjuun jälkeen	Ringselle ym. (2015)
Italianraiheinä	440 - 870	1 020 - 1 660	Kokeessa eri siemenmääriä	Känkänen ja Eriksson ym. (2007)
Italianraiheinä	210 - 350	780 - 1 600	Eri kylvöajan-kohtia ja pääkasvin tiheyksiä	Kvist (1992)
Timotei	80 - 210	220 - 390	Kokeessa eri siemenmääriä	Känkänen ja Eriksson ym. (2007)
Puna-apila	-	990 - 4 180	Useita eri kokeita, lannoitustasoja ja siemenmääriä	Kauppila (1992)
Puna-apila	700 - 1 100	1 350 - 2 500	Eri kylvöajan-kohtia ja ohran tiheyksiä	Kvist (1992)
Puna-apila	40 - 150	340 - 540	Kokeessa eri siemenmääriä	Känkänen ja Eriksson (2007)
Puna-apila	10 - 310	30 - 620	Kasvusto niitetty sadonkorjuun jälkeen	Ringselle ym. (2015)
Valkoapila	20 - 130	1 460 - 3 200	Useita eri kokeita, lannoitustasoja ja siemenmääriä	Kauppila (1992)
Valkoapila	60	420 - 820	Kokeessa eri siemenmääriä	Känkänen ja Eriksson (2007)
Nurmimailanen	70 - 180	380 - 1 170	Kokeessa eri siemenmääriä	Känkänen ja Eriksson (2007)
Maa-apila	-	190 - 2 720	Useita eri kokeita, lannoitustasoja ja siemenmääriä	Kauppila (1992)
Englanninraiheinän ja puna-apilan seos	120 - 430	230 - 510	Kasvusto niitetty sadonkorjuun jälkeen	Ringselle ym. (2015)
Englanninraiheinän ja puna-apilan seos	-	780 - 1 000	Aluskasvi yhdistetty riviväliliha-rukseen ja niittämiseen	Aronsson ym. (2015)

typpilannoituksen lisäämisen kasvattaneen englanninraiheinän biomassan osuutta seoksessa suhteessa apilan biomassaan.

Ohlander ym. (1996) havaitsivat puna-apilan tuottaneen lähes kaksi kertaa suuremman biomassan 40 kg/ha typpilannoituksella verrattuna 80 kg/ha typpilannoitukseen. Samansuuntaisia tuloksia saatiin Stenerudin ym. (2015) kokeissa, joissa puna-apilan ja valkoapilan biomassat vähenivät puoleen lannan mukana annetun kokonaistypin määrään kasvaessa 40 kg:sta hehtaarille 100 kg:n hehtaarille. Bergkvist ym. (2011) raportoivat valkoapilan kasvun kärsivän puna-apilaa enemmän typpilannoituksesta. Kauppila ja Kilttilä (1992) havaitsivat palkokasveina käytettyjen aluskasvien biomassan vähentyvän, mutta italianraiheinän biomassan lisääntyvän, kun ohran lannoitusta lisättiin. Palkokasveilla lannoituksen lisääntyminen vähensi myös juuriston määrää, mutta italianraiheinällä vaikutus oli pienempi.

2.2.1 Heinäkasvit

Heinäkasvien käytöstä aluskasvina löytyy eniten kirjallisuutta englanninraiheinästä (*Lolium perenne*) aluskasvina joko yksinään tai seoksissa muiden heinä- tai palkokasvien kanssa. Englanninraiheinä on yleisin aluskasvi Ruotsissa, Tanskassa ja Norjassa. Aronsonin (2015) mukaan se ei kilpaile yhtä paljon satokasvin kanssa kuin italianraiheinä (*Lolium multiflorum*). Englanninraiheinä talvehtii melko hyvin Suomenkin olosuhteissa, jolloin se vaatii mekaanisen lopetuksen luomuviljelyssä. Suomessa Känkäsen ja Erikssonin (2007) kokeessa englanninraiheinä kasvoi vaatimattomasti ohran aluskasvina.

Italianraiheinä soveltuu aluskasviksi, koska se taimettuu melko varmasti ja kasvaa pitkälle syksyyn asti. Sitä käytetään myös yleisesti Suomessa aluskasvina. Känkänen ja Eriksson (2007) raportoivat italianraiheinän maanpäälliseksi kuiva-ainesadoksi ohran aluskasvina keskimäärin 1 400 kg/ha, kun muiden heinien vastaava sato oli ainoastaan 400 – 600 kg/ha. Italianraiheinä on monivuotinen heinäkasvi, mutta se talvehtii pohjoisissa oloissa huonosti. Mikäli se kuolee syksyn tai talven aikana, siitä ei tule rikkakasvia seuraavaksi vuodeksi. Etelä-Suomessa saatujen viljelijäkokemusten mukaan italianraiheinä voi kuitenkin talvehtia suotuisissa olosuhteissa, jolloin seuraavan vuoden kilpailuvaikutus voi aiheuttaa suuria satotappioita (Koppelmäki ja Känkänen 2014). Talvehtimisessä on ilmeisesti lajike-eroja, mutta asiaa ei ole aluskasvikäytön näkökulmasta

tutkittu. Ruotsissa tutkittiin italianraiheinän kevätkylvöä syysohran aluskasviksi, jolloin se tuotti noin 1 100 kg/ha suuruisen kuiva-ainesadon (Olsen 1995).

Westerwoldinraiheinä (*Lolium multiflorum* subsp. *westerwoldicum*) on nopea ja vahvakasvuinen yksivuotinen heinä, jota käytetään aikaisin korjattavien vihannesten ja perunan jälkeen kerääjäkasvina (Aronsson 2012). Aidosti yksivuotisena kasvina westerwoldinraiheinä kuolee talven aikana, jolloin sen lopettamisesta ei tarvitse huolehtia. Viljan aluskasviksi kylvettynä se saattaa ehtiä tehdä siemeniä ennen puintia. Nopean kasvun johdosta se kilpailee aluskasviksi kylvettynä viljan kanssa voimakkaasti, mutta puinnin jälkeen kasvu on taas melko heikkoa (Känkänen ym. 2001a, Känkänen ja Eriksson 2007).

Känkänen ja Eriksson (2007) raportoivat timotein (*Phleum pratense*) tuottaneen lähes 400 kg/ha suuruisen kuiva-ainesadon ohran aluskasvina, kun timotein siementä kylvettiin 6 kg/ha. Puolta pienemmällä siemenmäärällä kuiva-ainesato jäi reiluun kahteensataan kiloon. Siemenmäärän kaksinkertaistaminen, 12 kg/ha, ei enää kasvattanut kuiva-ainesatoa. Samassa kokeessa nurminadan (*Festuca pratensis*) kasvun todettiin olevan heikkoa. Samansuuntaisia tuloksia saatiin Ruotsissa Nilsson-Lindenin ym. (1995) kokeessa, jossa nurminadan kasvu oli vaatimatonta niin sadonkorjuun aikaan kuin myöhään syksyllä. Punanataa (*Festuca rubra*) on tutkittu syysviljojen aluskasvina Ruotsissa, jossa se on tuottanut 500-1 000 kg/ha suuruisia biomassoja. (Olsen 1995, Bergkvist 2010).

2.2.2 Palkokasvit

Palkokasveista puna-apila (*Trifolium pratense*) ja valkoapila (*Trifolium repens*) lienevät eniten käytetyt aluskasvit Pohjois-Euroopassa. Molempia voidaan viljellä yksinään tai seoksina muiden palko- tai heinäkasvien kanssa. Rikkakasvivaikutuksiin eniten kirjallisuutta löytyy puna- ja valkoapilasta. Sen sijaan muista palkokasveista saatavilla on hyvin vähän tätä tietoa.

Apiloiden kuiva-ainesato voi olla hyvinkin suuri. Kauppilan ja Kilttilän (1992) kokeissa puna-apilan ja valkoapilan keskimääräiset kuiva-ainesadot olivat parhaimpina vuosina lähes 4 000 kg/ha. Ohran typpilannoituksen ollessa ainoastaan 10 kg/ha, tuotti valkoapila 6 800 kg/ha suuruisen kuiva-ainesadon marraskuun alkuun mennessä. Sadot ovat huomattavasti suurempia kuin esimerkiksi Känkänen ja Erikssonin (2007) raportoimat

valkoapilan noin 500 kg/ha ja puna-apilan 350 kg/ha suuruiset maanpäälliset kuiva-ainesadot. Kauppila (1992) raportoi taas puna-apilan tuottavan valkoapilaa suuremman maanpäällisen biomassan Helsingissä Viikissä tehdyissä kokeissa. Valkoapila tuotti 1 500 – 1 800 kg/ha suuruisen maanpäällisen kuiva-ainesadon ja puna-apilan vastaavasti 1 900 – 2 400 kg/ha suuruisen sadon.

Yleisesti aluskasvina käytetyllä valkoapilalla on rönsyilevä kasvutapa, mistä johtuen se tuottaa helposti peittävän kasvuston. Lajikkeiden välillä voi olla suuria eroja, mutta niitä on aluskasvikäytön kannalta tutkittu vain vähän. Puna-apilan alkukasvu on valkoapilaa nopeampi, ja viljelijähavaintojen perusteella se saattaa häiritä puintia, jos viljan kasvu on ollut heikkoa. Valkoapila viihtyy puna-apilaa paremmin kosteissa olosuhteissa ja matalamman juuriston johdosta se kärsii herkemmin kuivuudesta. Palkokasvit kasvavat paremmin niukkatyppisissä oloissa ja vastaavasti kasvu jää heikommaksi, jos liukoista tyypeä on runsaasti saatavilla (Ohlander ym. 1996). Jatkuva aluskasvin käyttö voi lisätä maan liukoisen typen pitoisuutta, mikä vaikuttaa palkokasvien kasvuun. Stenerud ym. (2015) ja Løes ym. (2011) raportoivat apilan käytön peräkkäisinä vuosina johtavan pienempiin maanpäällisiin biomassoihin liukoisen typen lisääntyessä maassa.

Maa-apilan (*Trifolium subterraneum*) kasvu taimettumisen jälkeen oli muita apiloita nopeampaa (Kauppila & Kilttilä 1992). Suurisiemenisenä kasvina sillä on muita enemmän vararavintoa, joka edistää nopeaa alkukehitystä. Tämä on tärkeä ominaisuus, jotta aluskasvi ehtii tehdä peittävän kasvuston, ennen kuin valon määrä vähenee viljakasvustossa korren kasvun myötä. Den Hollanderin ym. (2007) kokeissa saatiin päinvastaisia tuloksia. Valkoapilalla oli maa-apilaa nopeampi alkukehitys. Pienisiemeniset apilat, kuten valkoapila tai puna-apila, ovat herkempiä kylvöajan olosuhteille kuin suurisiemeniset persianapila (*Trifolium resupinatum*) tai maa-apila.

Maa-apilat lähtivät muita apiloita hitaammin kasvuun sadonkorjuun jälkeen. Maa-apila viihtyy kuivissa olosuhteissa ja valkoapila kosteissa. Kauppilan & Lindqvistin (1992) mukaan kasvukauden oloilla on suurempi vaikutus maa-apilan kuin muiden aluskasvien menestymiseen. Kauppilan & Kilttilän (1992) tuloksissa maa-apilan kuiva-ainesato puintihetkellä oli suuri suhteessa syksyn kuiva-ainesatoon. Tosin lajikkeiden välillä oli suurta vaihtelua.

Persianapilalla on nopea alkukehitys, mutta se kilpailee herkästi liikaa satokasvin kanssa (Kauppila ja Kilttilä 1992, den Hollander ym. 2007). Suomessa persianapila tuotti ohran aluskasvina yli 3 000 kg/ha kuiva-ainesadon (Kauppila 1992). Muita suuren sa-

don tuottaneita lajeja olivat aleksandrian- (*Trifolium alexandrinum*) 2 700 kg/ha, alsike- (*Trifolium hybridum*) 3 200 kg/ha ja veriapila (*Trifolium incarnatum*) 2 600 kg/ha. Suuri maanpäällinen biomassa puinnin aikaan ja korkea kasvutapa saattavat vaikeuttaa sato- kasvin puintia. Känkäsen ja Erikssonin (2007) kokeessa yksivuotinen nurmimailanen (*Medicago lupulina*) tuotti tavanomaisesti lannoitetun ohran aluskasvina noin 500 kg/ha kuiva-ainemassan loppusyksyyn mennessä.

2.2.3 Heinä- ja palkokasvien seokset

Aluskasvi voidaan kylvää myös seoksena. Seosten biomassat ovat yleensä suurempia kuin yksittäin kylvettyjen aluskasvien. Seoksissa eri kasvilajien suhteet vaihtelevat vuosittain (Aronsson ym. 2015, Ringsgelle ym. 2015), mikä parantaa viljelyvarmuutta olosuhteissa, kun joku tai jotkut lajeista pärjäävät vaihtelevissa olosuhteissa. Lounais-Ruotsissa puna-apilan ja englanninraiheinän seos tuotti 870 kg/ha biomassan kasvukauden loppuun mennessä (Aronsson ym. 2015). Ringsellen ym. (2015) kokeissa englanninraiheinän ja puna-apilan seos tuotti sadonkorjuun jälkeisen kasvuston niiton jälkeen syksyllä selvästi suuremman biomassan (500-600 kg/ha) verrattuna pelkkään raiheinään (300 kg/ha) tai puna-apilaan (150 kg/ha). Lisäksi seoksen biomassassa oli vähemmän vaihtelua kokeissa.

Bergkvistin ym. (2011) kokeessa puna-apilan ja englanninraiheinän seos tuotti ilman typpilannoitusta noin 1 000 kg/ha suuruisen kuiva-ainesadon syysvehnän sadonkorjuun aikaan mitattuna. Valkoapilan ja englanninraiheinän seos tuotti noin 800 kg/ha suuruisen sadon. Seosten biomassat tippuivat alle puoleen, kun vehnälle annettiin typpeä 60 kg/ha. Samalla englanninraiheinän biomassan osuus seoksessa kasvoi.

Tanskassa pitkäkestoisessa luomuviljelykiertokokeessa puna-apila ja valkoapilaa sisältävät aluskasviseokset yhdessä englanninraiheinän kanssa, tuottivat suuremman biomassan verrattuna englanninraiheinän, nurmimailasen, keltamaiteen (*Lotus corniculatus*), peltolinnunjalan (*Ornithopus sativus*) ja maa-apilan seokseen (Doltra & Olesen 2013).

2.2.4 Muut kasvit

Brassica suvun kasvit ovat nopeakasvuisia kasveja, jotka pystyvät tuottamaan suuren biomassan lyhyessä ajassa. Toisaalta ne eivät ole yhtä viljelyvarmoja kuin heinäkasvit (Thomsen & Hansen 2014). Yleensä ne kylvetään sadonkorjuun jälkeen kerääjäkasveiksi. Eniten käytettyjä kasveja ovat öljyretikka (*Raphanus sativus*) ja valkosinappi (*Sinapis alba*). Suomesta löytyy vain vähän tutkittua tietoa näistä kerääjäkasveista. Ruotsissa valkosinappi tuotti lähes 2 000 kg/ha suuruisen maanpäällisen kuiva-ainesadon syysohran jälkeen kylvettynä, mutta juuristosato oli ainoastaan vähän yli 200 kg/ha (Olsen 1995). Öljyretikan kuiva-ainesato oli noin 1 100 kg/ha, mutta juuristosato (1 700 kg/ha) oli selvästi valkosinapin juuristosatoa suurempi.

Muista kasveista on saatavilla tutkittua tietoa niukasti. Sikuri (*Cichorium intybus*) on monivuotinen ja syväjuurinen kasvi, jonka hyvä puoli on myös siinä, että se ei toimi useimpien viljelykasvien kasvitautien isäntäkasvina (Bergkvist ym. 1994). Thorup-Kristensenin ja Rasmussenin (2015) mukaan sikuri soveltuu aluskasviksi sen syväjuurisuuden, typenkeruukyvyn, perustumisen ja peittävyuden johdosta. Sikuri pudottaa lehdet aikaisin syksyllä. Hunajakukkaa (*Phacelia tanacetifolia*) voidaan käyttää sadonkorjuun jälkeen kylvettävänä kerääjäkasvina. Ruotsissa hunajakukka tuotti lähes 1 800 kg/ha suuruisen maanpäällisen kuiva-ainesadon, mutta ainoastaan noin 200 kg/ha suuruisen juuristosadon (Olsen 1995).

2.3 Aluskasvin kylvötapa ja sen vaikutus kasvuun

Aluskasvit voidaan kylvää pääkasvin kylvön yhteydessä joko kylvökoneen piensiemennaatikosta tai erillisellä kylvökerralla. Heinänsiemennaatikosta tehty kylvö on edullinen ja varma tapa perustaa aluskasvit (Känkänen ym. 2001b). Luomutiloilla paljon käytetty menetelmä on kylvää aluskasvi rikkakasviäestyksen yhteydessä joko pneumaattisella rikkaäkeeseen yhdistetyllä kylvökoneella tai traktorin keulaan asennetulla piensiementen kylvökoneella. Hajakylvössä kevyt heinänsiemen on altis tuulelle ja pintaan kylvetty siemen ei välttämättä idä kuivissa olosuhteissa. Siemenen multaamista voidaan tehostaa esimerkiksi jälkiäkeellä, joka parantaa aluskasvin kylvötulosta.

Säätämällä aluskasvin siemenmäärää voidaan vaikuttaa kilpailuasetelmaan. Heinäkasvien siemenmäärän kasvattaminen vähensi ohran satoa enemmän kuin palkokasveilla

siemenmäärän lisääminen (Känkänen ja Eriksson 2007). Kvistin (1992) havaintojen mukaan siemenmäärän kasvattaminen lisäsi aluskasvin biomassaa. Siemenmäärän kasvattaminen lisää kasvutiheyttä, mutta se ei kuitenkaan kasva samassa suhteessa kylvötiheyden kanssa (Kauppila 1992). Kvist raportoi aluskasvin kylvömäärän vaikuttaneen selvästi aluskasvin biomassaan sadonkorjuun aikaan, mutta harvaan kylvetyt aluskasvit kasvoivat tiheämpiä kasvustoja enemmän syksyllä sadonkorjuun jälkeen.

Ruotsissa italianraiheinän ja puna-apilan myöhästetty kylvö vähensi aluskasvin biomassaa sadonkorjuun aikaan (Kvist 1992). Josefsson (1996) raportoi samansuuntaisista tuloksista kokeessa, jossa erillinen aluskasvin kylvö tuotti parhaimman tuloksen, kun taas myöhästetty kylvö viljan orasvaiheessa tuotti pienemmän biomassan. Myöhästetty aluskasvin kylvö voi vahingoittaa satokasvin kasvua, jos se tehdään tavallisella kylvökoneella. Kvist (1992) päätteli, että aluskasvin myöhästetyn kylvön pienempi kilpailuvaikutus ei riittänyt kompensoimaan kylvöstä johtuvan maanmuokkauksen haittaa ohran kasvulle.

Myöhästetty kylvö voidaan tehdä ennen taimettumista satokasvin kasvua haittaamatta. Ohlanderin ym. (1996) mukaan aluskasvin kylvö tulisi tehdä ohralla ennen 1-lehtiastetta. Verrattuna aikaiseen kylvöön aluskasvin myöhästetty kylvö ohran ollessa 3-lehtiasteella tuotti pienemmän aluskasvin maanpäällisen biomassan niin sadonkorjuun aikaan kuin myöhään syksyllä. Käytettäessä suurta kylvömäärää myöhästetty kylvö voi olla perusteltua, jotta kilpailuvaikutus pysyy kohtuullisena ja joissakin tapauksissa kylvön yhteydessä tapahtuvasta maan muokkauksesta voi olla hyötyä, jos pelto on kuoretunut keväällä (Kvist 1992). Salonen ja Känkänen (2016) kokeilivat rehuvirnan, westerwoldinraiheinän ja öljyretikan pintakylvöä ohran tähkälle tulon aikaan, mutta aluskasvien kasvuun lähtö oli heikko, vaikka kesän 2015 kasvuolot olivat suotuisan kosteat.

Kylvettäessä aluskasvi rikkaäestyksen yhteydessä kilpailuvaikutus satokasvia vastaan pienenee. Rikkaäestyksen yhteydessä tehty kylvö voidaan tehdä joko ennen satokasvin orastumista niin sanotun sokkoäestyksen yhteydessä tai myöhemmin kun satokasvi on jo taimettunut. Rikkaäestys multaa aluskasvin siemenen kevyesti, mikä edesauttaa taimettumista verrattuna pintakylvöön. Maan muokkaaminen myös idättää uusia rikkakasveja, mistä johtuen rikkaäestyksen ajoitus on onnistumisen kannalta tärkeää. Liian myöhään tehty äestys ei myöskään tehoa rikkakasveihin.

Syysviljalle aluskasvi voidaan kylvää keväällä joko pintaan hajakylvönä, rikkakasviäestyksen yhteydessä tai erillisellä kylvökerralla. Ohlander ja Bergkvist (1996) raportoivat

italianraiheinän ja puna-apilan kylvön syysrukiille olleen haasteellista. Aluskasvit taimettuivat keväällä kylvön jälkeen, mutta eivät aina selvinneet rukiin voimakkaasta kilpailusta. Aluskasvin kylvössä oli myös riski ruisk kasvuston vahingoittumiselle.

2.4 Aluskasvien vaikutus satokasviin ja rikkakasveihin

Aluskasvien viljely vaikuttaa myös satokasvien ja rikkakasvien kasvuun. Rikkakasvien torjunnassa vaikutukset perustuvat kilpailuun käytettävissä resursseista niin maan päällä kuin maan alla. Satokasvin kanssa samanaikaisesti kasvavat aluskasvit kilpailevat myös satokasvien kanssa käytettävissä olevasta valosta, ravinteista, vedestä ja kasvutilasta. Osalla kasveista on allelopaattisia vaikutuksia, jolloin elävän kasvin erittämät tai kasvustotähteistä vapautuvat kemialliset yhdisteet estävät rikkakasvin siementen itämistä tai heikentävät niiden kasvua (Rice 1984). Käytännössä usein on vaikea erottaa kilpailuvaikutusta kemiallisista vaikutuksista. Eri peitekasvien allelopaattisista ominaisuuksista ja niiden hyödyntämisestä käytännön viljelyssä pohjoisissa olosuhteissa ei ole saatavilla tietoa. Aluskasvien vaikutuksia rikkakasvien ja satokasvien kasvuun koottu taulukkoon 3.

2.4.1 Aluskasvien kilpailu rikkakasvien ja kevätiljan kanssa

Aluskasvien kilpailuvaikutus riippuu osittain vallitsevista olosuhteista ja siitä kuinka suuren biomassan aluskasvi tuottaa (Ohlander 1996). Aluskasvit kilpailevat samoista resursseista myös satokasvin kanssa, mikä voi johtaa sadon alenemiseen. Kvist (1992) raportoi aluskasvin biomassan määrän vaikuttavan suoraan verrannollisesti satokasvin satoon. Bergkvistin ym. (1994) mukaan liian tiheässä kasvustossa aluskasvi voi kilpailla itsensä kanssa, jolloin sadonkorjuun jälkeinen kasvu jää optimaalista kasvustoa heikommaksi.

Aluskasvi vaikuttaa myös seuraavan vuoden satokasvin kasvuun. Erityisesti korkean hiili/typpi –suhteen omaavilla heinäkasveilla voi olla epäedullinen jälkivaikutus seuraavan vuoden satoon, koska hiilipitoisen kasvimassan hajotukseen sitoutuu maassa vapaana olevaa typpeä. Aluskasvien jatkuvassa käytössä negatiivinen jälkivaikutus voi kuitenkin hävitä (Ohlander ja Bergkvist 1996). Ohlander (1996) arvioi, että aluskasvi ei aiheuta kilpailuhaittaa satokasville viljavassa maassa, jossa vilja kasvaa hyvin. Merkitys

Taulukko 3. Aluskasvin vaikutus rikkakasvien ja satokasvien kasvuun Pohjoismaissa tehdyissä tutkimuksissa.

Missä	Aluskasvi / kerää- jäkasvi	Vaikutus rikkakas- veihin	Vaikutus satokasviin	Lähde
Apelsvoll, Norja Kise, Norja	Englanninraiheinä, puna-apila, val- koapila tai raihei- nän ja apilan seos.	Apila lisäsi rikkakas- vien siemenpakkia, taimettumista ja biomassaa. Raiheinä vähensi rikkakasvien määrää. Apilan ja raiheinän seos vähensi rikka- kasvien määrää.	Palkokasvien käyttö lisäsi viljan satoa noin 30 %	Løes ym. (2011) Sjursen ym. (2011)
Apelsvoll, Norja	Valkoapila, puna- apila	Rikkakasvien bio- massa, tiheys ja sie- menpankki kasvoivat 4-vuoden aikana aluskasvikäsittelyissä verrattuna sänki- muokattuun	Valkoapila nosti vehnän satoa 16 % ja kauran 12 %	Stenerud ym. (2015)
Jynde vad, Foulum, Flakkebjerg, Tanska Pitkäaikainen luo- muviljelykierron tutkimus vuosina 1997-2008	Englanninraiheinän, Nurmimailasen, keltamaiteen, pelto- lunnunjalan ja maa- apilan seos Englanninraiheinä, Englanninraiheinän apilan ja sikurin seos	Yksivuotisten rikka- kasvien määrä väheni suhteessa monivuoti- siin rikkakasveihin. Aluskasvit kasvatti- vat rikkakasvien määrää verrattuna sänkimuokkaukseen. Aluskasvit vähensi- vät rikkakasvien tiheyttä.	Englanninraiheinä lisäsi ohran jyväsä- toa 200-400 kg/ha ja apilaa sisältävät aluskasvit syysviljo- jen satoa 100-500 kg/ha	Olesen ym. (2007), Rasmussen ym. (2006), Olesen ym. (2008), Doltra & Olesen (2013) Rasmussen ym. (2014)
Lilla- Böslid, Lou- nais-Ruotsi Hässelholm, Uppsala east. Uppsala south, Ruotsi	Puna-apila ja eng- lanninraiheinä Puna-apila, englan- ninraiheinä tai näi- den seos	Ei selvää vaikutusta juolavehnään Seos ja raiheinä vähensivät juolaveh- nän versojen määrää syksyllä 35-40 % Puna-apila lisäsi juolavehnän juuris- ton määrää 20-30 % seuraavana vuotena.	Ei vaikutusta Seos kasvatti satoa 5 % Puna-apila kasvatti 4 % Engalnninraiheinällä ei vaikutusta	Aronsson, ym (2015). Ringselle ym. (2015)
Säby, Ruotsi	punanata	Vähensi juolavehnän versojen määrää 27 % ja juuriston bio- massaa 40 %.	Ei vaikutusta vehnän satoon	Bergkvist ym. (2010)

voi olla suurempi käytännön luomuviljelyssä, jossa satokasvin kasvu vaihtelee pelto-
lohkon sisällä huomattavasti. Doltran ja Olesenin (2013) mukaan aluskasvien vaikutus
viljan satoon riippuu viljeltävästä viljasta, aluskasvilajeista, maalajista ja viljelytekni-
kasta. Myös lajikkeiden välillä voi olla isoja eroja, mutta niitä ei ole aluskasvien näkö-
kulmasta juurikaan tutkittu. Arvioitaessa aluskasvin kilpailua on tärkeää suhteuttaa
aluskasvin kilpailuvaikutus mahdollisiin muihin satokasvin kasvua heikentäneisiin teki-
jöihin. Esimerkiksi satokasvin kylvön epäonnistuminen voi aiheuttaa heikon kasvun,
mistä johtuen aluskasvi voi taas kasvaa vahvemmin.

Vaikutukset rikkakasvien kasvuun ovat kirjallisuuden perusteella ristiriitaisia. Muuta-
mien tutkimusten mukaan aluskasvit vähentävät rikkakasvien kasvua, mutta niissäkään
ei jokaisena koevuonna eikä kaikissa koepaikoissa. Näistä vaikutuksista kerrotaan tar-
kemmin taulukossa 3, johon on koottu pohjoismaisia tutkimustuloksia.

Maan liukoisen typen niukkuus rajoittaa monivuotisten rikkakasvien kasvua syksyllä.
Aluskasvien viljely lisää kilpailua ravinteista ja vedestä. Valkaman ym. (2015) meta-
analyysin mukaan aluskasvina käytetyt raiheinät vähensivät liukoisen typen määrää
maassa keskimäärin 50 prosenttia. Italianraiheinä oli kaikkein tehokkain heinäkasvi
vähentämään maan liukoisen typen määrää. Palkokasvit eivät vähentäneet maan liukoi-
sen typen määrää, mutta kasvattivat viljan jyväsatoa 6 prosenttia. Heinäkasvit vähensi-
vät viljan kuiva-ainesatoa 3 prosenttia.

Aluskasvien vaikutuksista rikkakasveihin on tutkittu useimmiten englanninraiheinällä,
valko- ja puna-apilalla tai näiden seoksilla. Kilpailussa rikkakasveja vastaan italianrai-
heinä voisi olla edellisiä tehokkaampi vaihtoehto. Englanninraiheinästä satokasvien
sadonkorjuun aikana ja myöhään syksyllä raportoidut kuiva-ainesadot (Løes ym. 2011,
Sjursen ym. 2012, Ringselle ym. 2015) ovat selvästi pienempiä kuin esimerkiksi Kän-
käsen ja Erikssonin (2007) raportoima italianraiheinän vastaavat sadot.

Dyken ja Barnardin (1976) kokeissa italianraiheinä vähensi selvästi juolavehnan juuris-
ton määrää, mutta aluskasvin aiheuttama kilpailu johti myös selvästi pienempään ohran
satoon. Aluskasvin siemenmäärä (34 kg/ha) oli selvästi suurempi kuin muissa tutkimuk-
sissa käytetyt määrät. Uudemmissakin tutkimuksissa on havaittu heinäkasvien negatii-
vinen vaikutus viljan satoon (Känkänen ym. 2001a, Känkänen 2003, Känkänen &
Eriksson 2007). Ruotsissa englanninraiheinää pidetään italianraiheinää sopivampana
aluskasvina sen pienemmän kilpailuvaikutuksen johdosta (Ohlander 1996), mutta sillä-
kin siemenmäärän lisäämisen on raportoitu vähentäneen viljan satoa (Josefsson 1996).

Toisaalta italianraiheinän ei havaittu vähentävän pääkasvin satoa Nilsdotter-Linden ym. (1996) ja Ohlanderin ym. (1996) kokeissa.

Palkokasvien on raportoitu kilpailevan heinäkasveja vähemmän satokasvia vastaan, ja niillä on myös edullisempi esikasvivaikutus (Känkänen ja Eriksson 2007). Aluskasvin vaikutus rikkakasvien määrään satokasvin puintiin mennessä on yleensä vähäinen. Kauppilan (1992) tekemässä kokeessa palkokasveilla ei ollut vaikutusta rikkakasveihin eikä ohran satoon edes suurilla aluskasvin siemenmäärillä. Sen sijaan syksyllä puna-apila ja persianapila tuottivat suuren maanpäällisen biomassan (noin 3 000 kg/ha kuiva-ainetta) ja vähensivät rikkakasvien kasvua. Ohlanderin ym. (1996) kokeissa englanninraiheinä, italianraiheinä tai puna-apila eivät vähentäneet rikkakasvien kasvua puintiin mennessä, mutta italiaraiheinä vähensi ohran jyväsatoa 5 % ja puna-apila 6 %. Puinnin jälkeen syksyllä italianraiheinä vähensi englanninraiheinää enemmän rikkakasvien peittävyttä. Tanskassa Rasmussen ym. (2006) eivät havainneet mitään selvää yhteyttä aluskasvina viljellyn englanninraiheinän tai englanninraiheinän ja apiloiden seosten ja rikkakasvien biomassan välillä. Aluskasvit kuitenkin vähensivät rikkakasvien tiheyttä.

Brandsæterin ym. (2012) Norjassa tekemässä kokeessa kauran aluskasviksi kylvetty puna-apila ei vähentänyt merkittävästi pelto-ohdakkeen, valvatin tai juolavehnän määrää. Tulosten mukaan oli kuitenkin viitteitä, että tarpeeksi tiheet kasvustot voisivat pienentää ohdakkeen ja valvatin biomassaa. Aluskasviruuduilla kauran sato jäi yleisesti myös aluskasvittomia ruutuja pienemmäksi, mutta tulokseen saattoi vaikuttaa se, että kontrolliruutuja lannoitettiin mineraalityypellä kompensoimaan puna-apilan esikasviarvoa.

Ringsellen ym. (2015) mukaan palkokasvit ovat yksinään huonoja aluskasveja, koska niiden kasvun jäädessä heikoksi ne lisäävät maahan tyypeä rikkakasveille, mutta kilpailuvaikutus jää pieneksi. Brandsæter ym. (2012) raportoivat puna-apilan kasvutiheyden ja maanpäällisen biomassan vaikuttavan kilpailuun ohdaketta ja peltovalvattia vastaan. Pienillä kasvutiheyksillä maanpäällisen biomassan kasvu lisäsi rikkakasvienkin maanpäällistä biomassaa, mutta suurella kasvutiheydellä puna-apilan maanpäällisen biomassan kasvu vähensi rikkakasvien vastaavaa biomassaa.

Palkokasvien heikkoa vaikutusta rikkakasvien torjuntaan kompensoi niiden hyvä esikasviaro. Tätä tukee muun muassa Norjassa tehty tutkimus, jossa vehnän ja kauran aluskasviksi kylvetty apila ei vaikuttanut rikkakasvien biomassaan, mutta lisäsi kuitenkin kauran ja vehnän satoa seuraavana vuotena (Stenerud ym. 2015). Vaikutus korostui

pienemmällä typpilannoituksella. Perättäinen typensitojakasvien käyttö aluskasvina nostaa viljan satoa, mutta samalla rikkakasvit hyötyvät lisääntyneestä typestä. Sjursen ym. (2012) selittävät ilmiötä sillä, että niin vilja kuin rikkakasvit hyötyvät edellisvuosina aluskasveina käytettyjen palkokasvien luovuttamasta typestä. Siten apiloiden toistuvassa käytössä niiden lannoitusvaikutus peittää rikkakasvien kilpailuvaikutuksen, vaikka johtaakin rikkakasvien suurempaan biomassaan. Samansuuntaisista tuloksista ovat raportoineet myös Bergkvist ym. (2011) ja Ringselle ym. (2015).

Maan typpitilanne vaikuttaa palkokasvien kasvuun ja kilpailukykyyn. Ohlanderin ym. (1996) mukaan puna-apila kilpailee voimakkaasti, jos maassa ei ole vapaata tyyppiä saatavilla. Heinäkasvit kilpailevat tyypestä vielä voimakkaammin, mutta niiden typpilannoitusarvo seuraavalle kasville on palkokasveja huonompi. Seosten etuna on, että niiden avulla voidaan hyödyntää palkokasvien hyvää esikasviarvoa ja heinäkasvien kilpailukykyä. Heinäkasvi hyödyntää palkokasvin sitomaa tyyppiä ja lisääntynyt kokonaisbiomassa auttaa kilpailussa rikkakasveja vastaan. Sjursen ym. (2012) raportoivat Norjasta englanninraiheinän yksinään ja seoksessa yhdessä apilan kanssa vähentäneen merkittävästi yksivuotisten rikkakasvien määrää, kun taas pelkkä apila ei vähentänyt rikkakasvien määrää. Sen sijaan Maikštėniėne ym. (2009) raportoivat puna-apilan päinvastoin vähentäneen heinäkasveja paremmin rikkakasvien määrää kevätiljojen sadonkorjuun jälkeen.

Tanskassa 12-vuotisessa luomuviljelykiertokokeessa aluskasvit lisäsivät rikkakasvien määrää verrattuna aluskasvittomiin sänkimuokattuihin aloihin. (Olesen ym. 2007, Rasmussen ym. 2014). Tutkimuksessa käytettiin useita eri aluskasveja. Doltran ja Olesenin (2013) mukaan sisällyttämällä sopivat aluskasvit viljelykiertoon voidaan parantaa luomukauran satoja. Tutkimuksessa saatiin viitteitä pitkäaikaisen aluskasvien käytön hyödyistä maan viljavuudelle. Norjassa neljän vuoden perättäinen puna-apilan tai valkoapilan käyttö aluskasvina lisäsi kevätiljojen jyväsatoa noin 30 % (Løes ym. 2011).

Stenerudin ym. (2015) mukaan aluskasvien yhdistäminen rikkaäestykseen voi vähentää rikkakasvien määrää ja kasvattaa satoa verrattuna pelkkään rikkaäestykseen tai torjunnan kokonaan poisjättämiseen. Kahteen kertaan tehty rikkaäestys yhdistettynä aluskasvin kylvöön vähensi rikkakasvien biomassaa eniten verrattuna yhteen kertaan tehtyyn äestykseen yhdistettynä aluskasvin kylvöön tai pelkkään aluskasvikäsittelyyn. Samansuuntaisiin tuloksiin päätyivät myös Sjursen ym. (2012), joiden mukaan aluskasvi tulisi kylvää vasta viimeisen rikkakasviäestyksen yhteydessä.

2.4.2 Syysviljan yhteydessä kylvetyt aluskasvit

Bergkivst ym. (2010) raportoivat Ruotsissa syysvehnän kylvön yhteydessä aluskasviksi kylvetyn punanadan vähentäneen juolavehnän juuriston ja maan päällisen biomassan määrää vaikuttamatta kuitenkaan merkittävästi vehnän satoon. Pitkän talven ja lumen mukanaan tuoman suuren vesimäärän arveltiin haitanneen enemmän punanadan kuin syysvehnän kasvua. Sopivan siemenmäärän arvioiminen on tärkeää, jotta viljan sato ei vaarannu, mutta kilpailu juolavehnää vastaan on kuitenkin riittävää.

Bergkvistin ym. (2010) mukaan punanata voi vähentää juolavehnän juuriston määrää vähäiselläkin maanpäällisellä kasvulla, jolloin riski sadon alenemiseen on pienempi. Vaikutus syysvehnän satoon riippuu punanadan kasvukunnosta talvehtimisen jälkeen. Punanadan talvehtiessä hyvin sen alkukasvukauden kasvu on nopeampaa, jolloin se vähentää rikkakasvien kasvua enemmän, mutta vähentää myös satokasvin satoa. Aluskasvikäytössä punanata voi vaatia toimenpiteitä, joilla sen liian nopeaa kasvua rajoitetaan keväällä. Ruotsissa Olsen (1995) havaitsi syksyllä kylvetyn punanadan ja englantinraiheinän vähentävän syysviljan satoa merkittävästi, kun taas keväällä kylvetyillä puna-apilalla tai italianraiheinällä ei ollut vaikutusta satoon. Samansuuntaisen tuloksen havaitsivat Bergkvist ym. (2011) kokeessa, jossa syysvehnälle keväällä kylvetyillä aluskasvilla ei ollut merkittävää vaikutusta vehnän satoon.

2.4.3 Sadonkorjuun jälkeisen käsittelyn vaikutus

Satokasvin korjuun jälkeen aluskasvikasvustosta voidaan torjua rikkakasveja niittämällä kasvustoa, mutta toimenpide samalla vähentää myös aluskasvien biomassaa syksyllä. Sellaisilla aluskasveilla, joilla on kyky nopeaan niiton jälkeiseen kasvuun, on parhaat edellytykset tukahduttaa rikkakasveja. Sadonkorjuun jälkeinen niitto pienentää riskiä aluskasvin ja rikkakasvien kukkimiseen ja siementen tuottamiseen. Niittäminen vaikuttaa myös aluskasvin hiili-tyyppi suhteeseen. Uudet versot ovat yleensä vanhoja versoja tyyppipitoisempia, mikä vaikuttaa kasvin esikasviarvoon.

Niittäminen vaikuttaa eri tavoin eri kasveihin. Graglia ym. (2006) raportoivat yksivuotisen viherkesannon niittämisen kuuteen kertaan vähentäneen ohdakkeen maanpäällisen kasvuston biomassaa seuraavana vuotena. Vastaavaa vaikutusta ei saatu juolavehnää

vastaan. Myöskään Tanskassa monivuotisessa luomuviljelykiertokokeessa ei niitolla saatu vähennettyä juolavehnän määrää (Rasmussen ym. 2014).

Aluskasvien tapauksessa niittoja ei voida käyttää samaan tapaan kuin kesannoissa, vaan rikkakasveja voidaan torjua niittäen vasta syksyn aikana, jolloin niittokertoja on selvästi vähemmän verrattuna koko vuoden kesantoon. Ruotsissa maataloilla tehdyissä kokeissa englanninraiheinä ja englanninraiheinän ja puna-apilan seos aluskasveina yhdistettynä kahteen sadonkorjuun jälkeiseen niittokertaan vähensivät juolavehnän juuriston ja versojen biomassaa syksyllä, mutta vaikutus seuraavan vuoden juolavehnän biomassaan oli vaihteleva (Ringselle ym. 2015). Yhteen kertaan tehdyllä niitolla ei ollut vaikutusta seuraavan vuoden juuristomäärään. Tähän saattaa vaikuttaa juuriston muita kasvinosia hitaampi reagointi muuttuviin oloihin (Aronsson ym. 2015). Ringsellen ym. (2015) mukaan niiton teho juolavehnän torjunnassa riippuu niittokertojen lisäksi myös toimenpiteen ajoituksesta, koska valon määrä ja lämpötila syksyllä vaikuttavat juolavehnän talvehtimiseen. Myös sillä kuinka paljon sadonkorjuu vahingoittaa juolavehneä on merkitystä.

Ruotsissa saatiin viitteitä siitä, että tiheä aluskasvi yhdessä sadonkorjuun jälkeisen niiton tai riviväliharauksen kanssa vähensi juolavehnän juuriston määrään (Aronsson ym. 2015). Pelkkä perinteinen sänkimuokkaus ei vähentänyt juolavehnän juuristoa. Myöskään puna-apilan ja englanninraiheinän seos ilman niittoa tai riviväliharausta eivät vähentäneet juolavehnän juuristoa. Seos kylläkin vähensi liukoisen typen määrää maassa, mutta tämä ei todennäköisesti ehtinyt haitata juolavehnän typen saantia ja siten sen juuriston kasvua.

Suomessa aluskasvin tavallisin lopetusmenetelmä on syyskyntö. Ohlander ja Bergkvist (1996) raportoivat talvehtineen italianraiheinän osittain selvinneen kevätmuokkauksesta ja aiheuttaneen rikkakasviongelman satokasville. Suomessa italianraiheinä yleensä kuolee talven aikana, mutta suotuisissa olosuhteissa sen on havaittu talvehtineen (Koppelmäki & Känkänen 2014). Lajikkeiden välilläkin on eroja.

3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

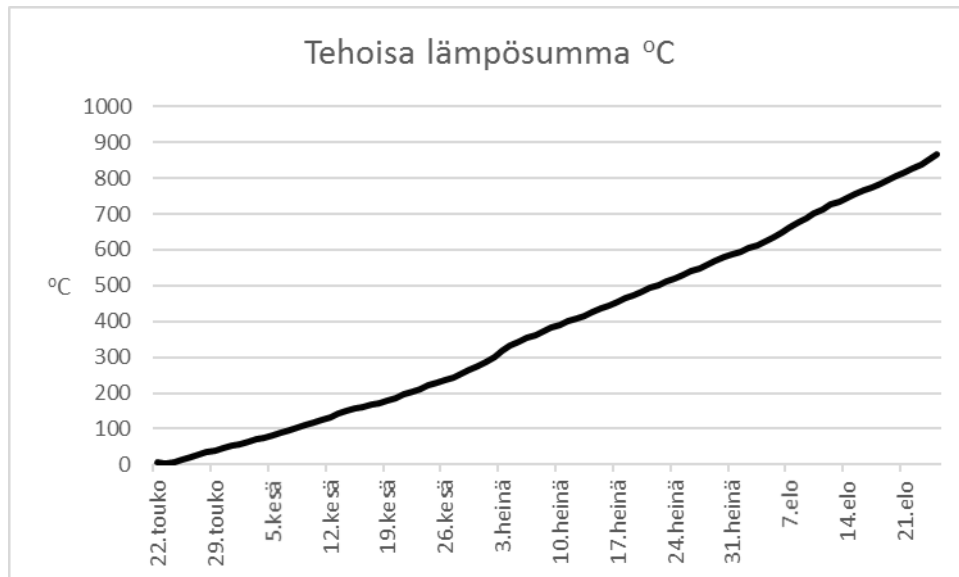
Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää aluskasviseosten vaikutusta ohran ja rikkakasvien kasvuun luonnonmukaisessa viljelyssä Etelä-Suomen olosuhteissa. Tarkempina tutkimuskysymyksinä oli selvittää eri aluskasviseosten ja rukiin soveltuvuutta aluskasveiksi ja vähentävätkö ne suurilla siemenäärillä kylvettynä rikkakasvien tiheyttä, peittävyttä ja maanpäällistä biomassaa lannoitetussa ja lannoittamattomissa koejärjestelyissä ohran kasvukauden aikana sekä vaikuttavatko aluskasvit ohran satoon.

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

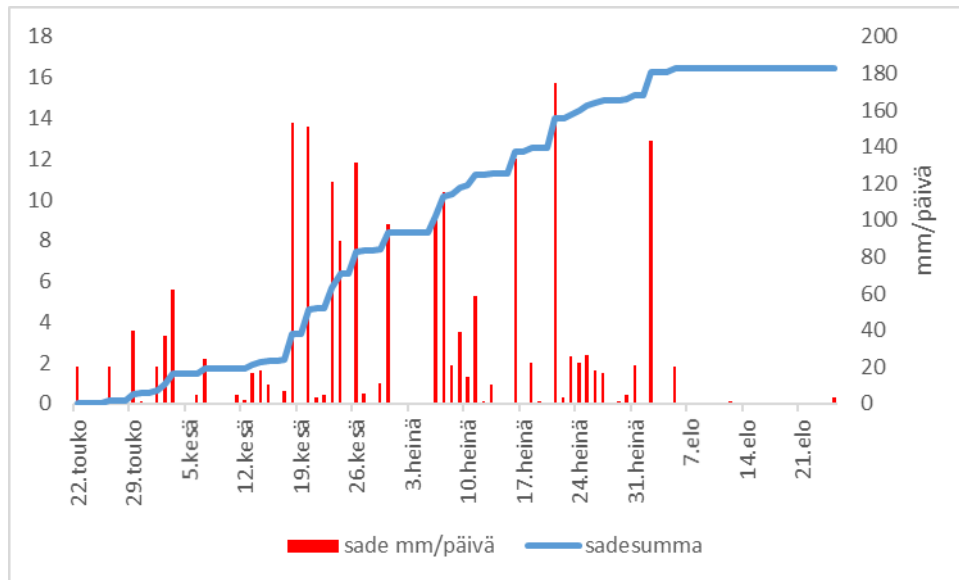
4.1 Koekentät ja kasvukausi

Kenttäkokeet perustettiin vuonna 2015 Luonnonvarakeskuksen Jokioisten Lintupajun ja Lamminkylän koekentille. Lintupajun koelohkojen maalaji oli viljavuusnäytteiden mukaan runsasmultainen hietasavi (HtS) ja Lamminkylän koelohkojen maalaji oli runsasmultainen hieno hieta (HHt). Pellot olivat olleet luonnonmukaisessa siirtymävaiheessa vuodesta 2013 lähtien. Esikasvina koelohkoilla oli suojaviljaan vuonna 2013 perustettu viherlannoitusnurmi (Nurmiseos 20 kg/ha; 25 % puna-apila, 10 % valkoapila, 40 % nurminata, 25 % timotei), joka lopetettiin kyntämällä syksyllä 2014.

Kasvukausi oli alkukasvukaudesta viileä ja kostea (Kuvat 1 ja 2). Ohra ja aluskasvit taimettuivat tasaisesti, mutta koeruodut kärsivät erityisesti kesäkuun runsaista sateista, mikä näkyi suurena vaihteluna kasvustoissa koeruutujen sisällä ja niiden välillä.



Kuva 1. Tehoisa lämpösumma Jokioisilla vuonna 2015 ohran kylvön ja puinnin välisellä ajalla (Ilmatieteenlaitos 2015)



Kuva 2. Ohran kylvön ja puinnin välisen ajan päivittäinen sademäärä (mm) ja kumulatiivinen sadesumma (mm) Jokioisilla kasvukaudella 2015 (Ilmatieteenlaitos 2015).

4.2 Koeasetelmat ja -järjestelyt

Kokeessa tutkittiin erilaisten aluskasviseosten vaikutusta ohran ja rikkakasvien kasvuun. Lintupajun kenttäkoe sisälsi kaksi eri luonnonmukaisen viljelyn periaattein toteutettua koetta. Kasvintuotantotilan koeasetelmassa ei käytetty ulkopuolisia lannoitteita ja toisessa karjatilan koeasetelmassa koeala lannoitettiin naudan lietelannalla niin, että kokonaistyyppimäärä oli noin 50 kg/ha. Muuten kokeet käsiteltiin samalla tavalla.

Koetekijöinä olivat aluskasvikäsittely ja rikkakasvien runsaus. Lintupajun kokeissa erilaisia aluskasvikäsittelyjä oli 5 kappaletta (taulukko 5) ja Lamminkylän kokeessa 6 kappaletta (taulukko 6). Rikkakasvien runsaus järjestettiin siten, että luontainen rikkakasvillisuus muodosti yhden tason, ja toisen tason muodosti rikkakasvillisuus, johon oli kylvetty rypsi lisärikkakasviksi.

Molemmilla koepaikoilla käytettiin samaa asetelmaa, joka oli niin sanottu osalohkokoe (strip-plot). Sarakeruutujen tekijä oli aluskasvi. Sarakeruudut järjestettiin neljäksi täydellisesti satunnaistetuksi kerranteeksi. Riviruutujen tekijä oli rikkakasvirunsaus, jossa lisärikkakasviksi kylvetty rypsi kylvettiin jokaiseen kerranteeseen sarakeruutuihin nähdessä poikittain koko kerranteen mitalta. Tämä eroaa osaruutumallista siten, että riviruutujen tekijälle (rikkakasvirunsaudelle) ei satunnaistettu kaistoja jokaiseen sarakeruutuun

erikseen. Osalohkoasetelma valittiin osaruutuasetelman tilalle siksi, että siihen oli teknisesti helpompi toteuttaa rypsin kylvö lisärikkakasviksi.

Lintupajun koepaikan molemmissa kokeissa aluskasvikäsittelyjä oli viisi ja rikkakasvitiheyksiä (luontaiset rikkakasvit ja rypsi kylvettynä lisärikkakasviksi) kaksi, jolloin käsittelyjä muodostui kymmenen ($2 \times 5 = 10$). Lamminkylässä aluskasvikäsittelyjä oli kuusi, ja rikkakasvitiheyksiä kaksi, joten käsittelyjä muodostui 12 ($2 \times 6 = 12$). Sarakeruutujen koko oli 3 m x 10 m, jossa luontaista rikkakasvirunsautta edustavan kaistan osuus oli 3 m x 8 m, ja rypsillä lisättyä rikkakasvirunsautta edustavan kapeamman kaistan osuus oli 3 m x 2 m.

Koejärjestely sisälsi neljä kerrannetta Lintupajun kokeissa, mutta kasvinviljelykokeen koeasetelmassa yksi kerranne jouduttiin hylkäämään kasvuston kärsittyä liiasta kosteudesta. Lamminkylän kokeessa kerranteita oli kahdeksan.

4.3 Viljelytoimenpiteet

Lintupajun karjatilán koeasetelman koeala lannoitettiin naudan lietelannalla keväällä ennen satokasvin ja aluskasvien kylvöjä (taulukko 4). Pääkasvina kokeissa oli Wolmariohra. Ohra kylvettiin 21. ja 22.5.2015 ja samana päivänä kylvettiin aluskasvit 3 m x 10 m ruutuihin. Aluskasvien kylvömäärät olivat suuria, jotta saataisiin odotettua kilpailuvaikutusta. Lintupajun kasvintuotantokoeasetelman ja kotieläintilakoeasetelman aluskasvikäsittelyt on kuvattu taulukossa 5 ja Lamminkylän aluskasvikäsittelyt on kuvattu taulukossa 6. Koeruutujen päihin kylvettiin lisätyn rikkakasvitiheyden käsittelyinä kahden metrin leveydelle rypsiä (tavoitteena noin 50-100 kpl/m²) rikkakasviksi.

4.4 Näytteet

Lintupajun kokeissa otettiin 0,25 m² suuruiset kasvustonäytteet ohran tähkälle tulon ja jälkeen aluskasvikäsittelyistä LP1, LP2 ja LP5. Lamminkylässä vastaavat näytteet otettiin aluskasvikäsittelyistä LK1, LK2, LK5 ja LK6. Näytteet otettiin molemmilta rikkakasvillisuuskaistoilta. Näytealalta leikattiin kaikki kasvillisuus maanpinnan yläpuolelta. Näytteet lajiteltiin kasvilajeittain (satokasvi, aluskasvit ja rikkakasvit) ja laskettiin kappalemäärät. Peittävyden selvittämiseksi ohrasta, aluskasveista ja jokaisesta

Taulukko 4. Kylvö-, puinti- ja näytteenottopäivämäärät koelohkoilla

Viljelytoimenpiteet ja lohkolta otettavat näytteet	Lintupaju kasvin- viljelytila	Lintupaju kotieläintila	Lamminkylä
Lietteen levitys	-	20.5	-
Ohran kylvö	22.5	22.5	21.5
Aluskasvin kylvö	22.5	22.5	22.5
Rypsin kylvö	22.5	22.5	21.5
Oraslaskennat	4.6	5.6	5.6
Kerääjäkasvin kylvö	15.7	15.7	15.7
Lehtialamittaukset	20.7–22.7	22.7–24.7	22.7-24.7
1. Biomassanäytteet	20.7–22.7	22.7.- 24.7	22.7.- 24.7
2. Biomassanäytteet	17.8	18.8	19.8 ja 24.8
Ohran puinti	25.8	25.8	31.8

Taulukko 5. Sarakeruutujen aluskasvikäsittelyt ja siemenmäärät Lintupajun kokeissa

Käsittely	Käytetyt lajit sekä siemenmäärät kg/ha
LP1 Viljely ilman alus- ja kerääjäkasvia	-
LP2 Tavallinen apila-aluskasvi seos	Puna-apila (8 kg/ha) ja valkoapila (4 kg/ha)
LP3 Yksivuotinen nurmipalkokasvien seos	Nurmimailanen (6 kg/ha), valkoapila (2 kg/ha), persianapila (3 kg/ha) ja veriapila (4 kg/ha)
LP4 Monivuotisten nurmikasvien ja mesikän seos	Valkomesikkä (4 kg/ha), puna-apila (3 kg/ha), valkoapila (1 kg/ha), maa-apila (2 kg/ha), englanninraiheinä (10 kg/ha), timotei (2 kg/ha), nurminata (3 kg/ha) ja ruokonata (3 kg/ha)
LP5 Yleisesti käytetty seos	Valkoapila (8 kg/ha) ja italianraiheinä (8 kg/ha)

Taulukko 6. Sarakeruutujen aluskasvikäsittelyt ja siemenmäärät Lamminkylän kokeessa

Käsittely	Käytetyt lajit sekä siemenmäärät kg/ha
LK1 Viljely ilman alus- ja kerääjäkasvia	-
LK2 Tavallinen apila-aluskasvi seos	Puna-apila (8 kg/ha) ja valkoapila (4 kg/ha)
LK3 Yksivuotinen nurmipalkokasvien seos	Nurmimailanen (6 kg/ha), valkoapila (2 kg/ha), persianapila (3 kg/ha) ja veriapila (4 kg/ha)
LK4 Sopeutuva apila-aluskasvi	Puna-apila (12 kg/ha) ja valkoapila (6 kg/ha)
LK5 Ruis aluskasvina	Ruis (100 kg/ha)
LK6 Apilaheinä aluskasvina	Nurmimailanen (20 kg/ha ja italianraiheinä (8 kg/ha)

runsaudeltaan vähintään viiden kappaleen rikkakasvilajista valittiin viisi kasvia LAI-mittauksia (lehtialaindeksi, e. *Leaf Area Index*) varten. Toiset maanpäälliset kasvustonäytteet otettiin Lintupajussa aluskasvikäsittelyistä LP1-LP5 ja Lamminkylässä aluskäsittelyistä LK1-LK6 molemmilta rikkakasvillisuuskaistoilta 0,1 m² suuruiselta alalta. Näytteet käsiteltiin samalla tavalla kuin ensimmäisessäkin mittauksessa. Ensimmäisen ja toisen mittauksen tulokset muutettiin vertailun helpottamiseksi yhden neliömetrin suuruista alaa kuvaaviksi luvuiksi.

Ohrasta, aluskasveista ja sellaisista rikkakasvilajeista, joita löytyi vähintään viisi kappaletta koeruudulta, mitattiin peittävyuden havainnoimiseksi lehtialat LI-3100 Area Meter – merkkisellä pinta-alamittarilla. Laite mittaa näytteen pinta-alan neliösenttimetreissä (cm²). Ohrasta ja rypsiä tehtiin lehtialamittaukset kokonaisina sekä eriteltyinä tähkiin, lehtiin ja varsiin. Aluskasvien ja rikkakasvien lehtialat mitattiin kokonaisista kasveista. Tulokset muutettiin vastaamaan kasvien peittävyyttä näytealalla. Biomassan määrittystä varten näytteet kuivattiin ja punnittiin kuiva-ainesadot.

Ennen puintia koeruuduilta otettiin maanpäälliset kasvustonäytteet 0,1 m² suuruiselta luontaisten rikkakasvien sekä rypsiä lisärikkakasviksi kylvetyltä alalta (taulukko 4). Ohra puitiin koerutuimurilla 25.8 (Lintupaju) ja 31.8 (Lamminkylä) niin, että puidusta alasta 20 % oli rypsiä lisärikkakasviksi kylvetyltä alalta ja loput 80 % luontaisten rikkakasvien alalta. Ohran jyväsato kuivattiin ja satotulokset muunnettiin 14 % kosteuteen.

4.5 Tilastolliset analyysit

Eri aluskasviseosten ja lisärikkakasviksi kylvetyn rypsin päävaikutuksia sekä niiden yhdysvaikutuksia analysoitiin osalohkokoeasetelman (strip-plot design) vaatimalla tavalla (Petersen 1994, p. 140-152). Mallin mukaan ensin tarkasteltiin aluskasvikäsittelyn ja lisärikkakasviksi kylvetyn rypsin yhdysvaikutusta:

$$Y = \mu + s_k + \alpha_i + h_{ik} + \beta_j + v_{jk} + \gamma_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Kaavan selitys:

μ = vakio

α_i = sarakeruutujen aluskasvikäsittelyn vaikutus

β_j = riviruutujen rypsikäsittelyn vaikutus

γ_{ij} = sarake- ja riviruutujen yhdysvaikutus

h_{ik} = sarakeruutujen (aluskasvikäsittely) virhetermi

v_{jk} = riviruutujen (rypsikäsittely) virhetermi

s_k = kerranteen vaikutus

ε_{ijk} = Jäännösvaihtelu eli koevirhe

Jos aluskasvikäsittelyllä ja rypsin kylvöllä lisärikkakasviksi oli yhdysvaikutusta, tehtiin molemmille riviruuduille (ilman rypsiä/rypsi kylvettyinä) erilliset varianssianalyysit:

$$Y = \mu + s_k + \alpha_i + \varepsilon_{ijk}$$

Lintupajun kasvinviljelytilan ja kotieläintila koeasetelmat sekä Lamminkylän koe käsiteltiin jokainen erillisenä kokeena. Tilastollisesti merkitsevästi ($P < 0,05$) toisistaan eroavien aluskasvikäsittelyiden sekä rypsi – ja puhtasruutujen keskiarvoja vertailtiin pareittain Tukey:n HSD monivertailumenetelmällä. Rikkakasvien kappalemäärille ja biomassoille sekä LAI-mittausten vinoutuneille jakaumille tehtiin tarvittaessa logaritmi- tai neliöjuurimuunnokset. Tulosten analysoinnissa käytettiin IBM SPSS Statistics (versio 22) ohjelmaa.

5 TULOKSET

5.1 Aluskasvien peittävyys ja kuiva-ainesadot

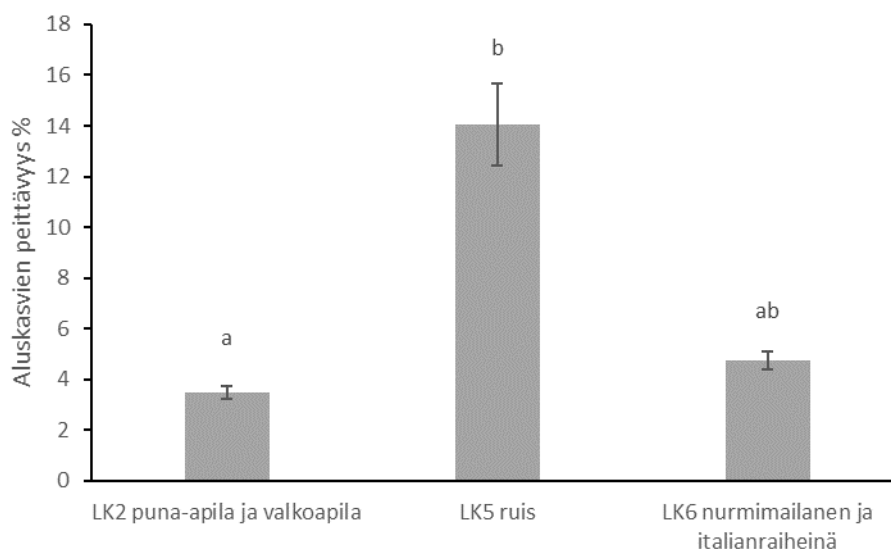
5.1.1 Lintupajun aluskasvien peittävyys ja kuiva-ainesadot

Lintupajussa aluskasvien peittävyys heinäkuussa oli kasvinviljelykoeasetelman kokeessa keskimäärin 3,6 % ja kotieläintilakoeasetelman kokeessa keskimäärin 4,5 %. Aluskasviseos ($p = 0,425$) tai rypsin kylvö lisärikkakasviksi ($p = 0,277$) eivät vaikuttaneet merkitsevästi aluskasvien peittävyyteen kasvinviljelytilan koeasetelmassa. Myöskään yhdysvaikutuksia ei ollut. Kotieläintilakoeasetelmassa aluskasvikäsittelyn selittävästä vaikutuksesta saatiin viitteitä ($p = 0,075$). Rypsin kylvö lisärikkakasviksi ei vaikuttanut peittävyyteen merkitsevästi. Myöskään yhdysvaikutuksia ei havaittu.

Lintupajussa aluskasvien kuiva-ainesato oli kasvinviljelykoeasetelmassa heinäkuussa keskimäärin $26,6 \text{ g/m}^2$ ja elokuussa $85,5 \text{ g/m}^2$. Kotieläintilan koeasetelmassa heinäkuun kuiva-ainesato oli $31,8 \text{ g/m}^2$ ja elokuussa $81,3 \text{ g/m}^2$. Aluskasviseoksilla, rypsin kylvöllä lisärikkakasviksi tai niiden yhdysvaikutuksella ei ollut merkitsevää vaikutusta aluskasvien kuiva-ainesatoihin kummassakaan koeasetelmassa.

5.1.2 Lamminkylän aluskasvien peittävyys ja kuiva-ainesadot

Lamminkylässä aluskasvikäsittely vaikutti merkitsevästi ($p=0,041$) aluskasvin peittävyyteen (kuva 3). Aluskasviksi kylvetty ruis (LK5) tuotti puna-apilan ja valkoapilan seosta (LK2) peittävämmän kasvuston ($p = 0,034$). Nurmimailasen ja italianraiheinän seoksen peittävyys (LK6) ei eronnut merkitsevästi muista käsittelyistä. Rikkakasvitiheys ei vaikuttanut merkitsevästi aluskasvin peittävyyteen. Aluskasvi- ja rikkakasvitiheys-käsittelyn välillä ei ollut merkitsevää yhdysvaikutusta aluskasvin peittävyyteen.



Kuva 3. Aluskasvien peittävyys (%) heinäkuun puolessavälissä eri aluskasveilla (taulukko 6) Lamminkylän kokeessa. Käsittely LK1 oli aluskasviton käsittely, jolloin siitä ei voitu mitata peittävyttä. Kirjainmerkinnät kertovat tilastollisesti merkitsevän eron (Tukey HSD $P < 0,05$). Tulosten keskivirhe on esitetty virhepalkeilla ($n = 8$).

Lamminkylän kokeessa aluskasvien keskimääräinen kuiva-ainesato oli heinäkuussa 46,6 g/m² ja elokuussa 91,4 g/m², mutta eri aluskasveilla tai rypsin kylvöllä lisärikkakasviksi ei ollut merkitsevää vaikutusta aluskasvisatoon.

5.2 Rikkakasvien tiheys, kuiva-ainesato ja peittävyys

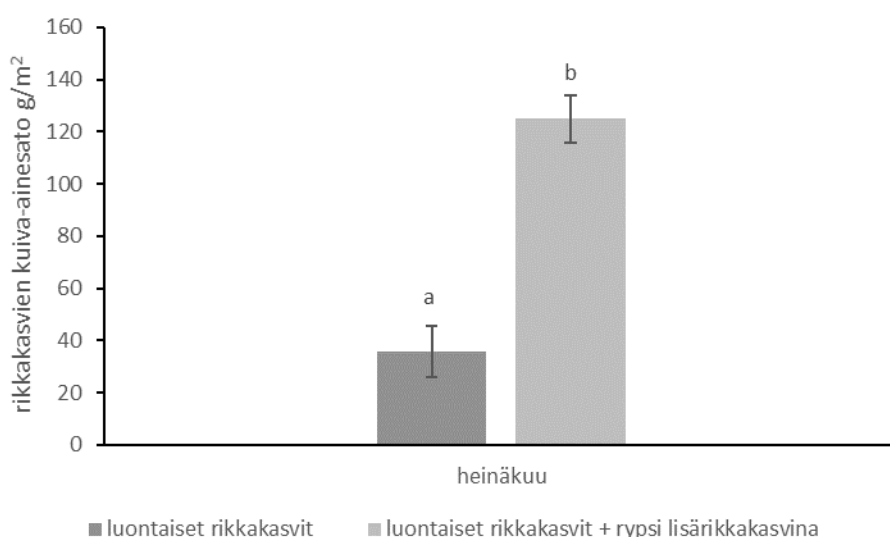
5.2.1 Rikkakasvit Lintupajun kokeissa

Kasvinviljelykoeasetelma

Lintupajussa rikkakasvitiheys oli heinäkuussa rypsiä lisärikkakasviksi kylvetyillä ruuduilla merkitsevästi suurempi ($p < 0,017$) kuin luontaisten rikkakasvien ruuduilla. Heinäkuussa keskimääräinen rikkakasvitiheys oli kasvinviljelykoeasetelman puhdasruuduilla keskimäärin 120 kpl/m² ja rypsiruuduilla 588 kpl/m², josta rypsin osuus oli noin 69 prosenttia. Aluskasviseoksella ei ollut merkitsevää vaikutusta. Myöskään yhdysvaikutuksia ei ollut.

Elokuussa rikkakasvitiheys oli rypsiä lisärikkakasviksi kylvetyillä ruuduilla luontaisten rikkakasvien ruutuja suurempi merkitsevästi ($p = 0,003$). Elokuussa keskimääräinen rikkakasvitiheys oli kasvinviljelykoeasetelman puhdasruuduilla keskimäärin 113 kpl/m^2 ja rypsiruuduilla 451 kpl/m^2 , joista rypsin osuus oli noin 77 prosenttia. Eri aluskasviseosten vaikutuksesta rikkakasvien tiheyteen saatiin viitteitä ($p = 0,055$).

Heinäkuussa kasvinviljelykoeasetelmassa rypsin kylvö lisärikkakasviksi lisäsi rikkakasvien kuiva-ainesatoa merkitsevästi ($p = 0,033$; kuva 4). Eri aluskasviseoksilla ei ollut merkitsevää vaikutusta, eikä yhdysvaikutuksia havaittu. Elokuussa kasvinviljelykoeasetelmassa saatiin viitteitä suuremmasta kuiva-ainesadosta, kun rypsiä kylvettiin lisärikkakasviksi ($p = 0,077$). Eri aluskasviseoksilla ei ollut merkitsevää vaikutusta rikkakasvien kuiva-ainesatoon. Myöskään yhdysvaikutuksia ei ollut.



Kuva 4. Rikkakasvien kuiva-ainesato (g/m^2) Lintupajun kasvinviljelykoeasetelman koeksessa heinäkuussa. Kirjainmerkinnät kertovat merkitsevän eron ($p < 0,05$) koepaikalla. Tulosten keskivirhe on esitetty virhepalkeilla ($n = 3$).

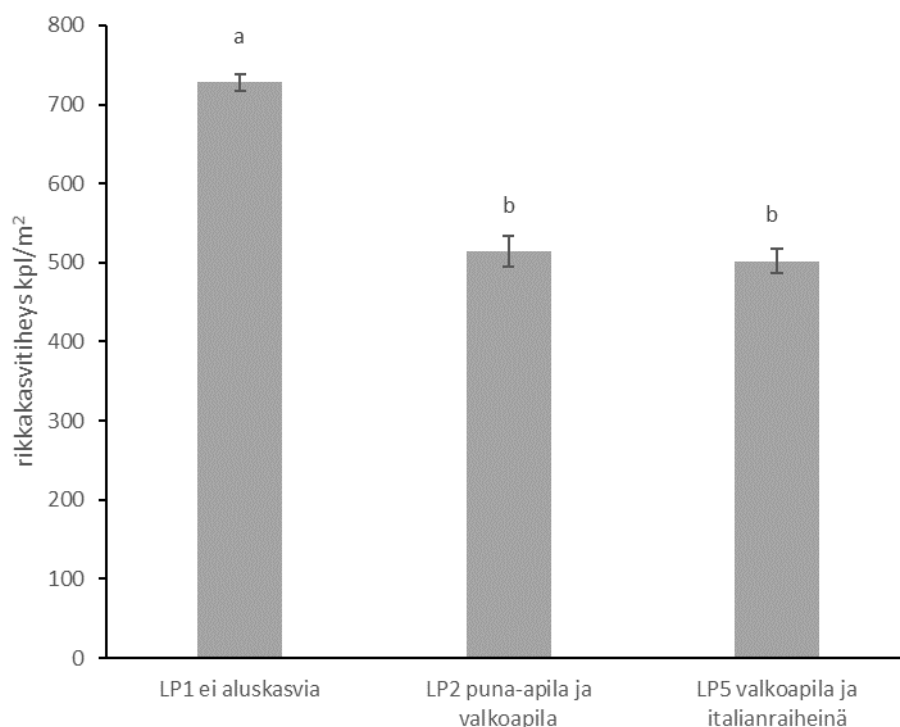
Rypsin kylvö lisärikkakasviksi ei lisännyt rikkakasvien peittävyyttä merkitsevästi ($p = 0,184$). Myöskään eri aluskasviseoksilla ei ollut merkitsevää vaikutusta, eikä yhdysvaikutuksia havaittu.

Yleisimmät rikkakasvit heinäkuussa olivat pihatähtimö, pelto-orvokki, punapeippi (*Lamium purpureum*), jauhosavikka (*Chenopodium album*) ja peltoemäkki (*Fumaria offi-*

cinalis). Elokuussa yleisimmät rikkakasvit olivat pelto-orvokki, punapeippi, pihatähti-mö, peltoemäkki, voikukka ja peltomatara (*Galium spurium*).

Kotieläintilan koeasetelma

Aluskasviseoksella ja rypsin kylvöllä lisärikkakasviksi oli merkitsevä yhdysvaikutus ($p < 0,05$). Rypsiä lisärikkakasviksi kylvetyllä alalla puna-apilan ja valkoapilan seos ($p = 0,008$) sekä valkoapilan ja italianraiheinän seos ($p = 0,006$) vähensivät molemmat rikkakasvien tiheyttä merkitsevästi (kuva 5). Heinäkuussa keskimääräinen rikkakasvitiheys oli kotieläintilan koeasetelman luontaisten rikkakasvien ruuduilla keskimäärin 149 kpl/m² ja rypsiä lisärikkakasviksi kylvetyillä ruuduilla 596 kpl/m², joista rypsin osuus oli noin 68 prosenttia.

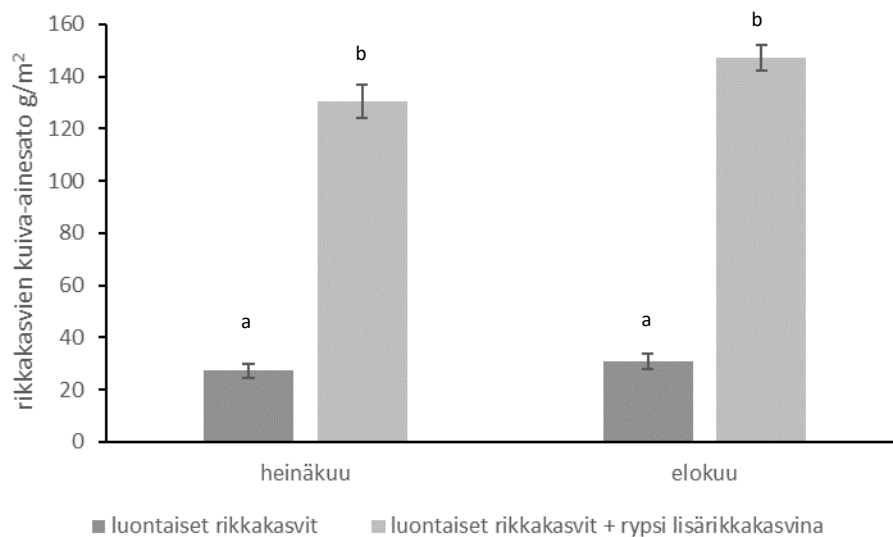


Kuva 5. Eri aluskasvien (taulukko 5) vaikutus rikkakasvien tiheyteen (kpl/m²) Lintupajun kotieläintilan koeasetelmassa heinäkuussa ruuduilla, joille oli kylvetty rypsiä lisärikkakasviksi. Kirjainmerkinnät kertovat merkitsevän eron (Tukey HSD $p < 0,05$). Tulosten keskivirhe on esitetty virhepalkeilla ($n = 4$)

Rypsin kylvö lisärikkakasviksi lisäsi rikkakasvitiheyttä elokuussa merkitsevästi ($p = 0,010$). Elokuussa keskimääräinen rikkakasvitiheys oli kotieläintilan koeasetelman luontaisten rikkakasvien ruuduilla keskimäärin 134 kpl/m² ja rypsiä lisärikkakasviksi kylve-

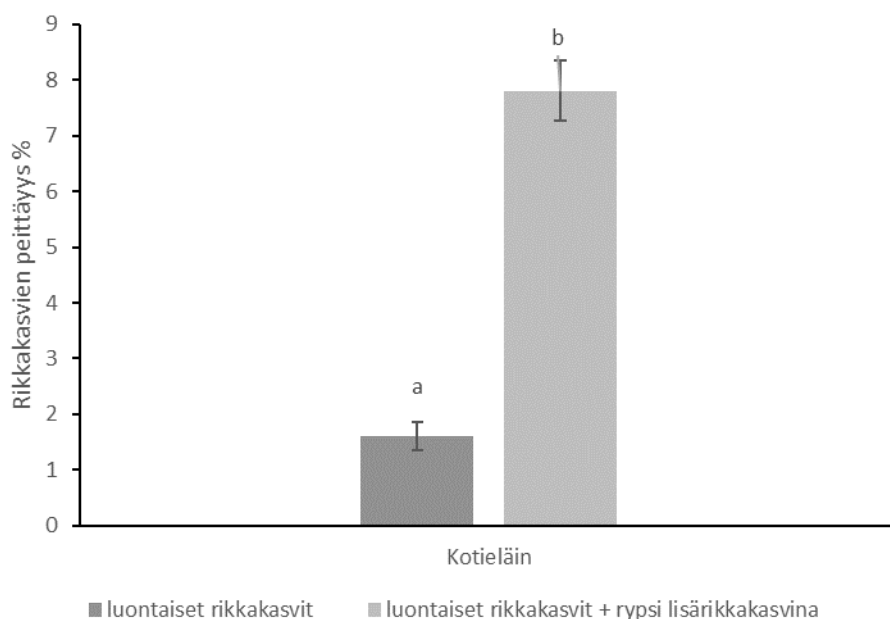
tyillä ruuduilla 445 kpl/m², josta rypsin osuus oli 79 prosenttia. Aluskasviseoksilla ei ollut merkitsevää vaikutusta. Myöskään yhdysvaikutuksia ei havaittu.

Heinäkuussa ruuduilla, joille oli kylvetty rypsiä lisärikkakasviksi, oli rikkakasvien kuiva-ainesato merkitsevästi luontaisten rikkakasvien ruutujen kuiva-ainesatoa suurempi. ($p = 0,018$; kuva 6). Myös elokuussa rikkakasvien kuiva-ainesato oli lisärikkakasvia kylvetyillä ruuduilla merkitsevästi suurempi ($p = 0,014$; kuva 7).



Kuva 6. Rikkakasvien kuiva-ainesato (g/m²) Lintupajun kotieläintilan koeasetelmassa heinä- ja elokuussa. Kirjainmerkinnät kertovat merkitsevän eron ($p < 0,05$). Vertailu mittausajankohdan sisällä, ei niiden välillä. Tulosten keskivirhe on esitetty virhepalkeilla ($n = 4$).

Rypsin kylvö lisärikkakasviksi lisäsi rikkakasvien peittävyttä kotieläintilan koeasetelmassa merkitsevästi 79 prosenttia ($p = 0,035$; kuva 7). Eri aluskasviseoksilla ei ollut vaikutusta, eikä myöskään yhdysvaikutuksia ollut.



Kuva 7. Rikkakasvien peittävyys (%) Lintupajun kotieläintilan koeasetelmassa. Kirjainmerkinnät kertovat merkitsevän eron ($p < 0,05$) koepaikalla. Tulosten keskivirhe on esitetty virhepalkeilla ($n = 4$)

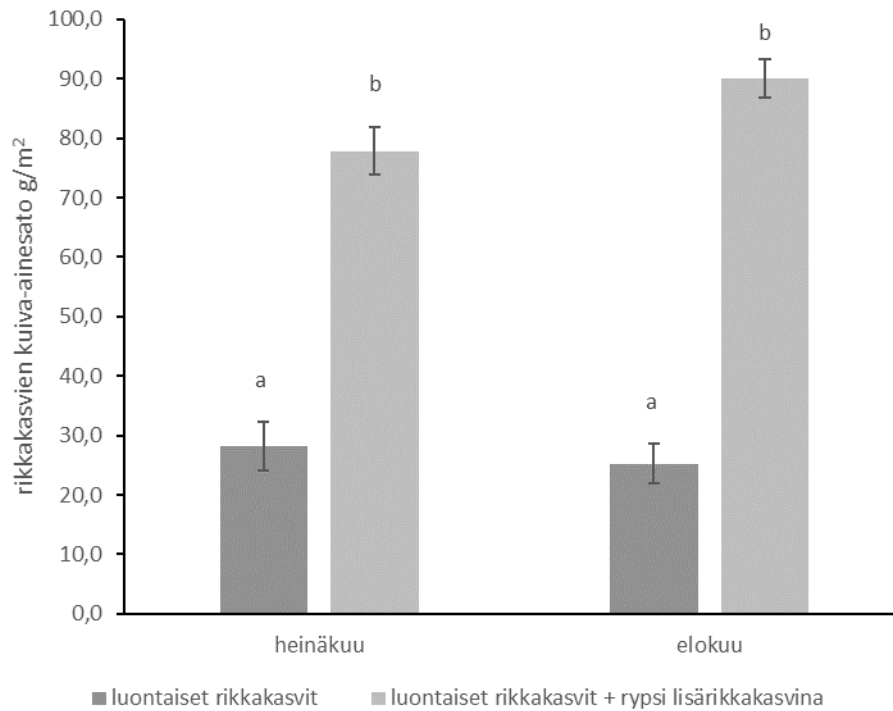
Kotieläintilan koeasetelman yleisimmät rikkakasvit erikseen kylvetyn rypsin lisäksi olivat heinäkuussa pihatähtimö, pelto-orvokki, punapeippi, tädyke (*Veronica sp.*) ja peltoemäkki. Elokuussa yleisimmät rikkakasvit olivat pihatähtimö, pelto-orvokki, punapeippi, peltomatara ja jauhosavikka.

5.2.2 Rikkakasvit Lamminkylän kokeissa

Rypsin kylvö lisärikkakasviksi lisäsi merkitsevästi yhteenlaskettua rikkakasvitiheyttä niin heinä- ($p = 0,018$) kuin elokuussa (samoin $p = 0,018$) tehdyissä laskennoissa. Heinäkuussa rikkakasvien tiheys oli keskimäärin 161 kpl/m^2 luontaisesti ja rypsiä lisärikkakasviksi kylvettynä 462 kpl/m^2 , joista rypsin osuus oli 69 %. Elokuussa vastaavat rikkakasvitiheydet olivat keskimäärin 127 kpl/m^2 ja 425 kpl/m^2 , josta rypsin osuus oli noin 72 %. Eri aluskasvien rikkakasvitiheyttä vähentävästä vaikutuksesta saatiin viitteitä heinäkuussa ($p = 0,089$), mutta ei enää elokuussa ($p = 0,763$).

Rypsin kylväminen lisärikkakasviksi lisäsi merkitsevästi rikkakasvien (sisältää rypsin) kuiva-ainesatoa heinäkuussa ($p = 0,047$) verrattuna kaistoihin, joihin rypsiä ei oltu kylvetty (kuva 8). Eri aluskasvien vaikutuksesta rikkakasvien kuiva-ainesatoon saatiin viit-

teitä ($p = 0,089$). Merkitseviä yhdysvaikutuksia ei ollut. Myös elokuun näytteissä rypsin kylväminen lisärikkakasviksi oli kasvattanut rikkakasvien kuiva-ainesatoa merkitsevästi ($p < 0,001$; kuva x). Eri aluskasveilla ei ollut vaikutusta ($p = 0,846$). Myöskään yhdysvaikutusta ei ollut.



Kuva 8. Rikkakasvien kuiva-ainesato (g/m^2) heinä- ja elokuussa Lamminkylän kokeessa. Kirjainmerkinnät kertovat tilastollisesti merkitsevän eron ($p < 0,05$). Vertailu mitausajankohdan sisällä, ei niiden välillä. Tulosten keskivirhe on esitetty virhepalkeilla (heinäkuussa $n = 4$, elokuussa $n = 8$).

Rikkakasvien peittävyteen rypsin kylvöllä lisärikkakasviksi ei ollut merkitsevää vaikutusta ($p = 0,106$). Myöskään aluskasvikäsittelyllä ei ollut vaikutusta, eikä yhdysvaikutuksia havaittu eri tekijöiden välillä.

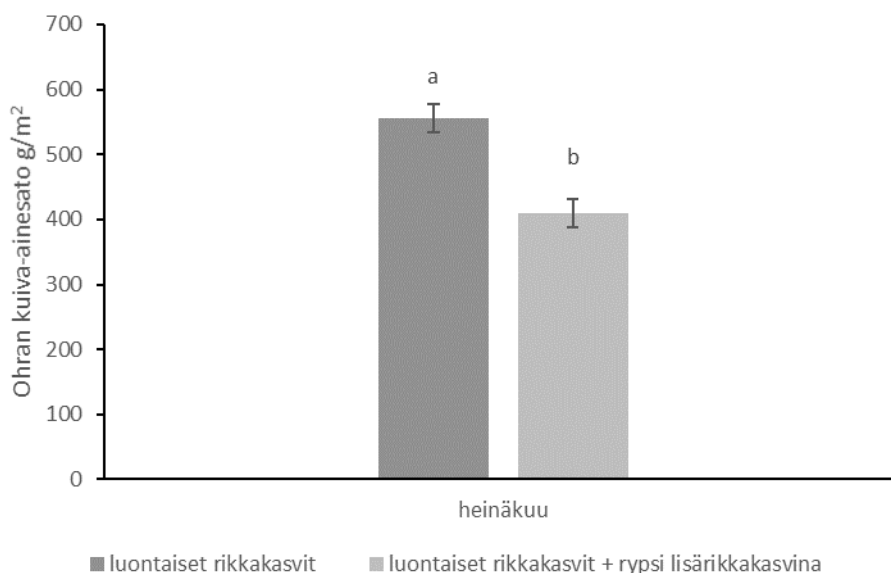
Lamminkylän kokeen rikkakasveista yleisimpiä olivat rikkakasviksi kylvetyyn rypsin lisäksi peltolemmikki (*Mysotis arvensis*) pelto-orvokki, pihatähtimö (*Stellaria media*), nurminata (*Festuca pratensis*) ja peltoukonnauris (*Erysimum cheiranthoides*). Elokuussa yleisimmät rikkakasvit olivat peltolemmikki, pihatähtimö, pelto-orvokki, voikukka (*Taraxacum officinale*) ja nurminata.

5.3 Ohran maanpäällinen biomassa

5.3.1 Ohran maanpäällinen biomassa Lintupajun kokeissa

Kasvinviljelykoeasetelma

Rypsin kylvä lisärikkakasviksi pienensi ohran maanpäällistä biomassaa merkitsevästi heinäkuussa ($p = 0,016$; kuva 9). Eri aluskasviseoksilla ei ollut vaikutusta eikä yhdysvaikutuksia havaittu. Elokuussa otetuissa näytteissä rypsin kylvöllä lisärikkakasviksi tai eri aluskasviseoksilla ei ollut merkitsevää vaikutusta. Myöskään aluskasvien ja rypsikäsittelyn välillä ei ollut yhdysvaikutusta.

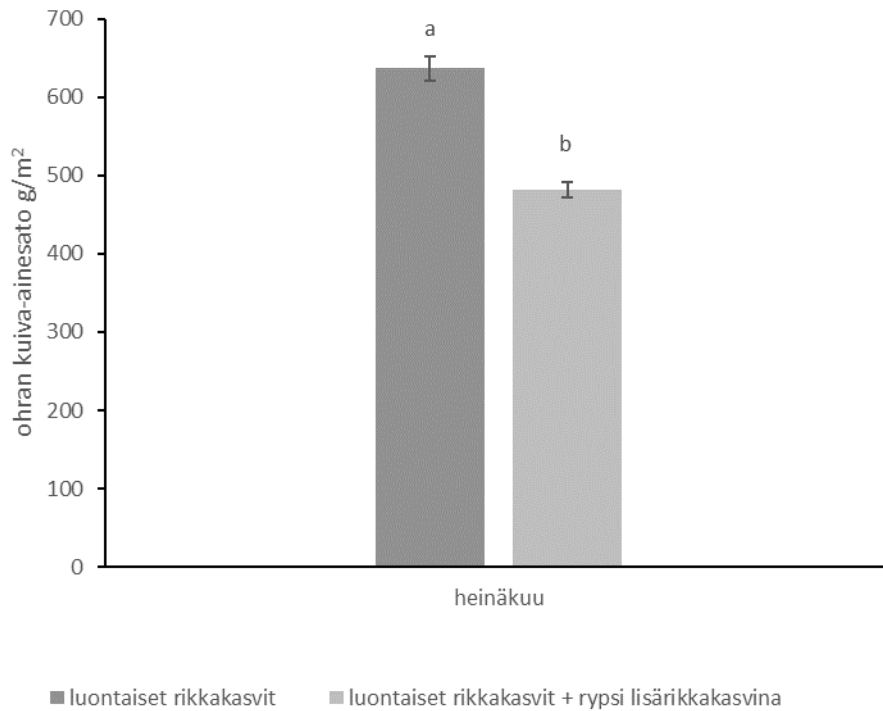


Kuva 9. Ohran maanpäällinen biomassa (g/m^2) Lintupajun kasvinviljelykoeasetelman kokeessa heinäkuussa. Kirjainmerkinnät kertovat merkitsevän eron ($p < 0,05$) koepaikalla. Tulosten keskivirhe on esitetty virhepalkeilla ($n = 3$)

Kotieläintilan koeasetelma

Rypsin kylvä lisärikkakasviksi selitti ohran pienempää maanpäällistä biomassaa kotieläintilan koeasetelmassa heinäkuussa merkitsevästi ($p = 0,047$ kuva 10). Eri aluskasviseoksilla ei ollut merkitsevää vaikutusta. Myöskään yhdysvaikutuksia ei ollut. Elokuussa lisärikkakasvin kylvön negatiivisesta vaikutuksesta ohran maanpäälliseen biomassa-

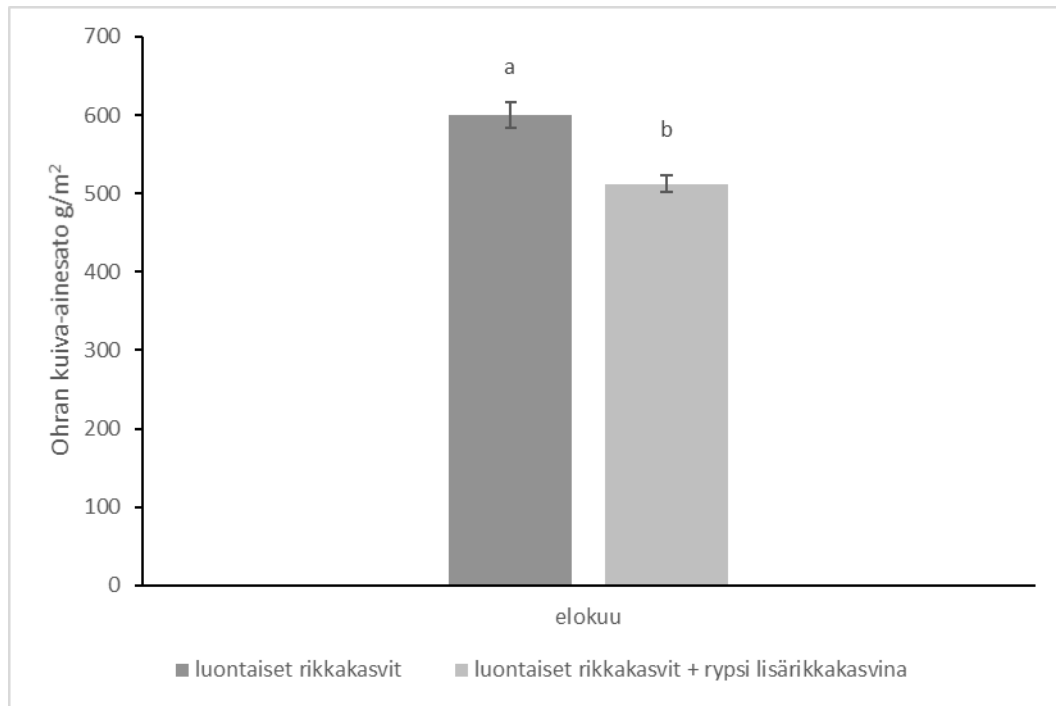
saatiin viitteitä ($p = 0,051$). Eri aluskasviseoksilla ei ollut merkitsevää vaikutusta kuten ei myöskään yhdysvaikutuksilla.



Kuva 10. Ohran maanpäällinen biomassa (g/m²) Lintupajun kotieläintilakoeasetelman kokeessa heinäkuussa. Kirjainmerkinnät kertovat merkitsevän eron ($p < 0,05$) koepaikalla. Tulosten keskivirhe on esitetty virhepalkeilla ($n = 4$)

5.3.2 Ohran maanpäällinen biomassa Lamminkylän kokeissa

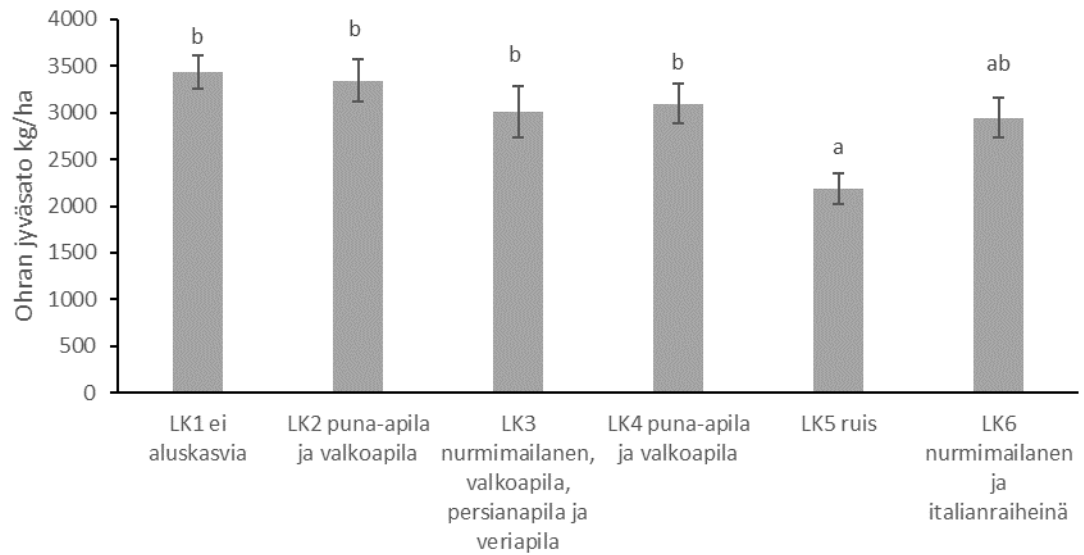
Rypsin kylvö lisärikkakasviksi ei vaikuttanut ohran maanpäälliseen biomassaansa heinäkuussa merkitsevästi. Eri aluskasviseosten vaikutuksesta saatiin viitteitä ($p = 0,065$). Yhdysvaikutuksia ei ollut. Elokuussa rypsin kylvö lisärikkakasviksi selitti ohran pienempää maanpäällistä biomassaa ($p = 0,002$; kuva 11). Aluskasviseoksilla ei ollut vaikutusta ohran maanpäälliseen biomassaansa eikä yhdysvaikutuksia havaittu.



Kuva 11. Ohran maanpäällinen biomassa (g/m^2) Lamminkylän kokeessa elokuussa. Kirjainmerkinnät kertovat merkitsevän eron ($p < 0,05$) koepaikalla. Tulosten keskivirhe on esitetty virhepalkeilla ($n = 8$)

5.4 Ohran jyväsato Lamminkylän ja Lintupajun kokeissa

Lamminkylän kokeessa aluskasvikäsittely vaikutti merkitsevästi ohran jyväsatoon ($p = 0,01$; kuva 12). Aluskasviksi kylvetty ruis (LK5) pienensi ohran jyväsatoa 27- 36 prosenttia verrattuna aluskasvittomaan (LK1) ohraan tai ohraan, jolle oli kylvetty puna-apilan ja valkoapilan (LK2), nurmimailasen, valkoapilan, persianapilan ja veriapilan (LK3) ja puna-apilan ja valkoapilan (LK4) seokset. Nurmimailasen ja italianraiheinän seos (LK6) ei eronnut merkitsevästi muista käsittelyistä, mutta sen pienemmästä negatiivisesta vaikutuksesta ohran jyväsatoon verrattuna rukiiseen (LK5) saatiin viitteitä ($p = 0,076$). Lintupajun kummassakaan kokeessa eri aluskasviseoksilla ei ollut merkitsevää vaikutusta ohran jyväsatoon.



Kuva 12. Ohran jyväsato (kg/ha) eri aluskasvikäsittelyissä (taulukko 6) Lamminkylän kokeessa. Kirjainmerkinnät kertovat merkitsevän eron (Tukey HSD $p < 0,05$) koepaikalla. Tulosten keskivirhe on esitetty virhepalkeilla ($n = 8$).

6 TULOSTEN TARKASTELU

6.1 Aluskasvien maanpäällinen biomassa

Ohran aluskasviksi kylvetyt seokset tuottivat Lintupajun kokeissa keskimäärin yli 800 kg/ha suuruisen ja Lamminkylän kokeessa keskimäärin yli 900 kg/ha suuruisen maanpäällisen biomassan sadonkorjuuseen mennessä. Koekenttien sisällä vaihtelu oli kuitenkin suurta kasvustojen kärsittyä liiasta kosteudesta. Aluskasvien tuottamia biomassoja voidaan pitää kuitenkin suurina. Todennäköisesti kosteat kasvuolosuhteet eivät haitanneet aluskasveja yhtä paljoa kuin satokasvina viljeltyä ohraa. Useissa pohjoismaisissa tutkimuksissa aluskasvien kasvu on ollut selvästi heikompaa sadonkorjuuseen mennessä (Känkänen & Eriksson 2007, Løes ym. 2011, Ringselle, 2015).

Tässä kokeessa selvitettiin ainoastaan aluskasvien vaikutuksia satokasvin kasvukauden aikana. Aluskasvit vaikuttavat rikkakasvien kasvuun myös sadonkorjuun jälkeen. Vrignon-Brenans ym. (2016) selvittivät puna- ja valkoapilan biomassan soveltuvuutta loppukasvukauden rikkakasvien määrään indikaattoriksi. Kaakkois-Ranskassa tehdyssä tutkimuksessa aluskasvin tuli saavuttaa sadonkorjuun jälkeen noin 2 000 kg/ha suuruisen kuiva-ainesato, jotta rikkakasvien määrää saatiin vähennettyä 90 % aluskasvittomaan viljelytapaan verrattuna. Kasvukauden pituuden erosta johtuen tulosta ei voida suoraan soveltaa Suomen oloihin, mutta Suomenkin oloissa 2 000 kg/ha suuruisen maanpäällinen biomassa on saavutettavissa (Kauppila 1992).

6.2 Vaikutukset rikkakasveihin

Tässä kokeessa aluskasvit viljeltiin ruista lukuun ottamatta seoksina. Aluskasviseokset eivät juurikaan vaikuttaneet rikkakasvien määrään kasvukauden aikana. Ainoastaan Lintupajun kotieläintilan koeasetelmassa puna-apilan ja valkoapilan sekä valkoapilan ja italianraiheinän seokset vähensivät rikkakasvien tiheyttä verrattuna aluskasvittomiin ruutuihin heinäkuussa. Tanskassa Rasmussen ym. (2006) tekivät samansuuntaisen havainnon apiloiden ja englanninraiheinän rikkakasvien tiheyttä vähentävästä vaikutuksesta. Samoin kuin tässäkin tutkimuksessa, pienemmällä rikkakasvitiheydellä ei ollut vai-

kutusta niiden biomassaan. Norjassa Sjursen ym. (2012) havaitsi apilan ja englanninraiheinän vähentäneen rikkakasvien biomassaa joko yksinään tai seoksena, mutta pelkällä apilalla vastaavaa vaikutusta ei havaittu. Seosten sopivuutta aluskasveiksi tukee myös Ringsellen (2015) Etelä-Ruotsissa toteutetun kokeen tulos, jossa puna-apilan ja englanninraiheinän seos tuotti suuremman biomassan kuin puna-apila tai englanninraiheinä kylvettyinä aluskasviksi yksinään. Apilan ja heinän seoksilla voi olla myös positiivinen esikasvivaikutus ja ne vähentävät juolavehnän kasvua syksyllä. Ringsellen ym. (2015) mukaan palkokasvit ovat yksinään huonoja aluskasveja, koska ne saattavat lisätä myös rikkakasvien juuriston määrää, jos kasvusto jää pieneksi. Seosten etuna on, että niiden avulla voidaan hyödyntää palkokasvien hyvää esikasviarvoa ja heinäkasvien kilpailukykyä. Heinäkasvi hyödyntää palkokasvin sitomaa typpeä ja lisääntynyt kokonaisbiomassa auttaa kilpailussa rikkakasveja vastaan.

Rikkakasvien kuiva-ainesato vaihteli heinä- ja elokuussa 250 – 400 kg/ha välillä. Rypsin kylvö lisärikkakasviksi kasvatti rikkakasvien kuiva-ainesadon noin kolminkertaiseksi. Rypsin kylvö lisärikkakasviksi lisäsi odotetusti myös rikkakasvien tiheyttä, mutta lisäsi rikkakasvien peittävyyttä ainoastaan Lintupajun kotieläintilan koeasetelmassa. Tähän vaikutti todennäköisesti se, että rypsi oli varistanut suuren osan lehdistään, kun LAI-mittaukset tehtiin. Rypsin toteutunut kylvötiheyttä 300 – 400 kpl/m² oli suunniteltua kylvötiheyttä 50-100 kpl/m² selvästi suurempi.

6.3 Vaikutus ohran kasvuun

Ohran keskimääräisiä jyväsatoja Lamminkylässä (noin 3 000 kg/ha) ja Lintupajussa (kasvinviljelykoeasetelma noin 4 050 kg/ha ja kotieläintilakoeasetelma noin 4 200 kg/ha) voidaan pitää melko hyvinä satoina verrattuna koko maan keskimäärin 2 400 kg/ha suuruiseen luomuohrasatoon (Luonnonvarakeskus 2015). Runsaiden kasvukauden aikaisten sateiden aiheuttama kasvustojen epätasaisuus näkyi myös jyväsadoissa.

Vaikka käytetyt aluskasvin siemenmäärät olivat normaalia suurempia ja aluskasvit tuottivat suuren biomassan sadonkorjuuseen mennessä, ei niillä ollut juurikaan vaikutusta ohran jyväsatoon. Ainoastaan Lamminkylässä aluskasvina kylvetty ruis vaikutti merkittävästi jyväsatoon, pudottaen sitä keskimäärin kolmanneksella noin 1 000 kg/ha. Tulosten perusteella rukiin peittävyys oli selvästi puna-apilan ja valkoapilan tai nurmimailaisen ja italianraiheinän seoksia suurempia. Tämän kokeen havaintoja rukiin voimakkaas-

ta kilpailusta tukevat Känkäsen ym. (2004) raportoimat tulokset päällekkäisviljelyko-
keista, joissa ohran aluskasviksi kylvetty ruis pudotti tavanomaisesti viljellyn ohran
jyväsatoa neljänneksellä. Rukiin tuottama biomassa ei kuitenkaan merkitsevästi eronnut
muista kokeen aluskasvikäsittelyistä. Rukiin voimakas kilpailu voi johtua suuremman
peittävyuden lisäksi myös sen allelopatisista ominaisuuksista (Jabran ym. 2015). Ko-
keen aluskasviseokset sisälsivät pääasiassa palkokasveja, joiden vähäisestä kilpailuvai-
kutuksesta satokasveja vastaan ovat raportoineet myös Kauppila (1992) ja Känkänen &
Eriksson (2007).

Satoa ei korjattu erikseen rypsiä lisärikkakasviksi kylvetyltä alalta, mutta rypsin kylvö
lisärikkakasviksi vähensi ohran kokonaisbiomassaa Lintupajun kokeissa heinäkuussa ja
Lamminkylässä kokeessa elokuussa. Vaikka liian suuri rypsin kylvömäärä näkyi tiheänä
rikkakasvikasvustona, ei sillä ollut vaikutusta aluskasvien kasvuun.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää aluskasvien vaikutusta rikkakasvien ja luonnonmukaisesti viljellyn ohran kasvuun. Eri aluskasveilla ei ollut vaikutusta rikkakasvien maanpäälliseen biomassaan ohran kasvukauden aikana. Rikkakasvien tiheyttä aluskasvit vähensivät merkitsevästi ainoastaan Lintupajun kotieläntilan koeasetelmassa heinäkuussa, mutta viitteitä rikkakasvien tiheyttä vähentävästä vaikutuksesta saatiin muistakin kokeista. Aluskasviseokset kylvettiin suurilla siementiheyksillä, jolloin ne kilpailevat rikkakasveja vastaan kasvutilasta. Ottaen huomioon aluskasvien tuottaman suuren maanpäällisen biomassa, olisi voinut olettaa niiden vaikutuksen rikkakasvien kasvuun olleen suurempi. Tulosten luotettavuuteen tosin vaikutti liiasta kosteudesta johtunut koeruutujen kasvustojen epätasaisuus, jolloin edustavien kasvustonäytteiden ottaminen on haasteellista.

Kokeen tulosten perusteella ruis ei sovellu aluskasviksi. Ruis vähensi ohran jyväsatoa reilusti. Tähän vaikutti todennäköisesti rukiin muita aluskasvikäsittelyjä suurempi peittävyys. Ruis ei kuitenkaan vaikuttanut rikkakasvien määrään. Tämän kokeen tulokset tukevat aiempien tutkimusten tuloksia palkokasvien paremmasta soveltuvuudesta verrattuna heinäkasveihin kevätiljojen aluskasveina. Vaikka tutkimuksessa käytetyt aluskasvien siemenmäärät olivat suuria, ei niillä ollut ruista lukuun ottamatta vaikutusta ohran jyväsatoon. Aluskasvit kilpailevat myös vedestä satokasvin kanssa, mutta kosteana kasvukautena veden saatavuus ei ollut todennäköisesti satoa rajoittava tekijä. Jatkossa olisikin mielenkiintoista saada lisätietoa vaikutuksista esimerkiksi kuivana kasvukautena, jolloin aluskasvien kilpailu vedestä saattaa vaikuttaa satokasvin kasvuun kosteaa kasvukautta enemmän.

Aluskasvien suurin vaikutus rikkakasveihin on kirjallisuustietojen mukaan sadonkorjuun ja kasvukauden lopun välisenä aikana. Tässä tutkimuksessa aluskasvit tuottivat sadonkorjuuseen mennessä melko suuren biomassa, jolloin niillä olisi ollut hyvät edellytykset kilpailla rikkakasveja vastaan sadonkorjuun jälkeen. Aluskasvit eivät ehdi vaikuttaa keväällä itävien yksivuotisten rikkakasvien kasvuun alkukesästä, mutta loppukesästä ja syksyllä ne voivat vähentää myöhään syksyyn kasvavien monivuotisten rikkakasvin kasvua. Rikkakasvien määrä oli kokeessa selvästi pienempi verrattuna suoma-

laisten luomukevätviljapeltojen keskimääräiseen rikkakasvien määrään. Myös tämä saattoi vaikuttaa siihen, että aluskasveilla ei ollut vaikutusta rikkakasvien kuiva-ainesatoon.

Aluskasvien viljelyllä on myös muita positiivisia vaikutuksia viljelylle ja ympäristölle, kuten maan kasvukunnon ylläpitäminen ja typen sitominen ilmasta. Olisikin tärkeää kehittää sopivia aluskasvin viljelymenetelmiä, joilla voidaan vähentää rikkakasvien aiheuttamaa kilpailuhaittaa kuitenkin vaarantamatta satokasvin satoa.

Yhden koevuoden perusteella ei voi tehdä pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Luomuviljelyssä rikkakasvien torjunta on pitkäjänteistä työtä, joka vaatii mekaanisten sekä kilpailuun ja kasvinvuorotukseen perustuvien torjuntamenetelmien yhdistämistä. Aluskasvien vaikutuksista rikkakasvien ja satokasvin kasvuun viljelykierron eri vaiheissa tarvitaan lisää monivuotisia kenttäkokeita. Lisätietoa tarvitaan muun muassa eri aluskasvien vaikutuksesta erilaisissa sääolosuhteissa ja erilaisilla maalajeilla ja kasveilla.

8 KIITOKSET

Haluan kiittää kaikkia työhön osallistuneita tahoja. Erityisesti haluaisin kiittää työn ohjauksesta professori Juha Heleniusta ja Luonnonvarakeskuksen erikoistutkija Jukka Salosta. Lisäksi Luonnonvarakeskuksen vanhemman tutkijan Hannu Känkäsen kommentit ja neuvot erityisesti kirjallisuuskatsausosioon ovat olleet suureksi avuksi sekä biometrikko Timo Hurmetta haluan kiittää avusta tilastollisten analyysien teossa. Kiitokset myös muille LUKEVA ja PRODIVA -hankkeiden parissa työskenneille henkilöille. Kiitos myös omalle perheelle tuesta työn aikana.

LÄHTEET

- Aronsson, H., Bergkvist, G., Stenberg, M. & Wallenhammar, A-C. 2012. Gröda mellan grödorna – samlad kunskap om fånggrödor. Jordbruksverket Rapport 2012: 21. 68 s.
- Aronsson, H., Ringselle, B., Andersson, L. & Bergkvist, G. 2015. Combining mechanical control of couch grass (*Elymus repens* L.) with reduced tillage in early autumn and cover crops to decrease nitrogen and phosphorus leaching. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 102: 383–396.
- Bergkvist, G., Nilsson-Linde, N. & Ohlander, L. 1994. Mellangrödor - arter, sorter och odlingsteknik. Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet nr 43,14:1-6.
- Bergkvist, G., Adler, A., Hansson, M., & Weih, M. 2010. Red fescue undersown in winter wheat suppresses *Elytrigia repens*. *Weed Research* 50: 447-455.
- Bergkvist, G., Stenberg, M., Wetterlind, J., Båth, B. & Elfstrand, S. 2011. Clover cover crops under-sown in winter wheat increase yield of subsequent spring barley—Effect of N dose and companion grass. *Field Crops Research* 120: 292-298.
- Brandsäterin, L.O., Goul Thomsen, M., Wærnhus, K. & Fykse, H. 2012. Effects of repeated clover undersowing in spring cereals and stubble treatments in autumn on *Elymus repens*, *Sonchus arvensis* and *Cirsium arvense*. *Crop Protection* 32: 104–110.
- Cousens, R. & Mortimer, M. 1995. Dynamics of weed populations. Cambridge: Cambridge University Press. 332 s.
- Direktiivi 2009/128/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi yhteisön politiikan puitteista torjunta-aineiden kestäväen käytön aikaansaamiseksi. Euroopan unionin virallinen lehti 24.11.2009. Viitattu 15.1.2016. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32009L0128>

- Doltra, J. & Olesen, J. 2013. The role of catch crops in the ecological intensification of spring cereals in organic farming under Nordic climate. *European Journal of Agronomy* 44: 98-108.
- Dyke, G. & Barnard, A. 1976. Suppression of *E. repens* by Italian ryegrass and broad red clover undersown in barley and field beans. *Journal of Agricultural Science - Cambridge* 87: 123–126.
- Graglia, E., Melander, B., Jensen, R.K., 2006. Mechanical and cultural strategies to control *Cirsium arvense* in organic arable cropping systems. *Weed Research* 46: 304-312.
- den Hollander, N., Bastiaans, L., & Kropff, M. 2007. Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design I. Characteristics of several clover species. *European journal of agronomy* 26: 97-203.
- Ilmatieteenlaitos 2015. Weather conditions in Jokioinen 2015. Data from the observatory of Jokioinen.
- Jabran, K., Mahajan, G., Sardana, V. & Chauhan, B.S. 2015. Allelopathy for weed control in agricultural systems. *Crop Protection* 72: 57-65.
- Josefsson, A-S. 1996. Growth of catch crops undersown in spring cereals and effects on main crop and weeds. *Institutiuinen för växtodlingslära, SLU. Seminarier och examensarbeten* 921, 25 s.
- Kauppara, R. 1992. Viherlannoituksen viljelytekniikka. Teoksessa: Varis, E. & Kauppara, R. 1992. Viherlannoituskokeiden tuloksia vuosilta 1979- 87. Helsinki: Helsingin Yliopiston Kasvinviljelytieteen laitos. *Kasvinviljelytieteen julkaisu* 30: 24 - 53.
- Kauppara, R. & Kilttilä, K. 1992. Ohran typpilannoituksen vaikutus aluskasvien kasvuun. Teoksessa: Varis, E. & Kauppara, R. 1992. Viherlannoituskokeiden

tuloksia vuosilta 1979- 87. Helsinki: Helsingin Yliopiston Kasvinviljelytieteen laitos: Kasvinviljelytieteen julkaisuja 30: 146 - 190.

Kauppila, R. & Lindqvist, M. 1992. Aluskasvin vaikutus maan typpitaseeseen ja satoon ohran ja sitä seuraavan vehnän viljelyssä. Teoksessa: Varis, E. & Kauppila, R. 1992. Viherlannoituskokeiden tuloksia vuosilta 1979 - 87. Helsinki: Helsingin Yliopiston Kasvinviljelytieteen laitos. Kasvinviljelytieteen julkaisuja 30: 191 - 226.

Koppelmäki, K. & Känkänen, H. Kokemuksia viljelijöiden pelloilta 2014. Uudenmaan ELY-keskus: Havaintoja 3.12 s.

Kvist, M. 1992. Catch crops undersown in spring barley - competitive effects and cropping methods. Uppsala, Crop production science, 15.

Känkänen, H., Eriksson, C., Rökköläinen, M. & Vuorinen, M. 2001a. Effect of annually repeated undersowing on cereal grain yields. Agricultural and Food Science in Finland 10: 197 - 208.

Känkänen, H., Mikkola, H. J. & Eriksson, C. 2001b. Effect of sowing technique on growth of undersown crop and yield of spring barley. Journal of Agronomy and Crop Science 187: 127 – 136.

Känkänen, H., Huusela-Veistola, E., Salo, Y., Kangas, A. & Vuorinen M. 1994. Päällekkäisviljely – Lupauksia ja pettymyksiä. Maa- ja elintarviketalous 64. 35 s.

Känkänen, H. & Eriksson, C. 2007. Effects of undersown crops on soil mineral N and grain yield on spring barley. European Journal of Agronomy 27: 25 - 34.

Känkänen, H. 2011. Aluskasvit pohjoisissa oloissa ja niiden vaikutus kevätiljan satoon ja maan nittraattitypen huuhtoutumiseen. Teoksessa: Känkänen, H., Keskitalo, M. & Riiko, K. Kerääjäkasvit – tutkimuksesta käytännön toimiin. Helsinki: Teho-hankkeen julkaisuja 4/2011. s. 4-35.

- Løes, A.K., Henriksen, T, Eltun, R. & Sjursen, H. 2011. Repeated use of green-manure catch crops in organic cereal production – grain yields and nitrogen supply. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science* 61: 164–175.
- Luonnonvarakeskus 2015. Luomusato 2015. http://stat.luke.fi/luomusato-2015_fi.
Julkaistu 2015. Viitattu 25.7.2016.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2014. Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelma 2014-2020. <https://www.maaseutu.fi/fi/maaseutuohjelma/Sivut/default.aspx>.
Julkaistu 16.12.2014. Viitattu 30.11.2015.
- Maikštėniėne, S., Arlauskienė, A., Velykis, A. & Satkus, A. 2009. Enhancement of competitive ability of cereals towards weeds by means of crop rotations. *Zemdirbyste-Agriculture*, vol. 96, No. 2: 23–34.
- Melander, B, Nørremark, M. & Kristensen, E.F. 2013. Combining mechanical rhizome removal and cover crops for *Elytrigia repens* control in organic barley systems. *European Weed Research Society* 53: 461–469.
- Nilsdotter-Linde, N., Bergkvist, G. & Ohlander, L. 1995. Species and varieties of undersown catch crops in spring barley. Proceedings of NJF seminar no. 245 “The use of catch or cover crops to reduce leaching and erosion”. In Knivsta, Sweden. NJF utredningar/rapporter 99. Nordic Association of Agricultural Scientists, Uppsala, 43–54.
- Ohlander, L., G. Bergkvist, F. Stendahl & M. Kvist, 1996. Yield of catch crops and spring barley as affected by time of undersowing. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science* 46: 161 – 168.
- Ohlander, L. & Bergkvist, G. 1996. Effects of undersown catch crops in a four-year cereal/oil seed rotation with different soil management systems. Proceedings of NJF seminar no. 245 “The use of catch or cover crops to reduce leaching and erosion”. In Knivsta, Sweden. NJF utredningar/rapporter 99. Nordic Association of Agricultural Scientists, Uppsala, 43–54.

- Olsen C.C. 1995. Establishment, effect and residual effects of catch crops in winter cereals. Proceedings of NJF seminar no. 245, Knivsta, Sweden. NJF utredningar/rapporter 99. Nordic Association of Agricultural Scientists, Uppsala, 43–54.
- Olesen, J. E., Hansen, E.M., Askegaard, M. & Rasmussen, I.A. 2007. The value of catch crops and organic manures for spring barley in organic arable farming. *Field Crops Research* 100: 168-18.
- Rasmussen, I.A., Askegaard, M., Olesen, J.E. & Kristensen, K. 2006. Effects on weeds of management in newly converted organic crop rotations in Denmark. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113: 184–195.
- Rasmussen, I.A., Melander, B., Askegaard, M. Kristensen, K. & Olesen, J. 2014. *Elytrigia repens* population dynamics under different managementschemes in organic cropping systems on coarse sand. *European Journal of Agronomy* 58: 18-27.
- Rice E (1984) *Allelopathy*. 2nd edition. Orlando. Academic Press. 422 s.
- Ringselle, B., Bergkvist, G., Aronsson, H. & Andersson, L. 2015. Under-sown cover crops and post-harvest mowing as measures to control *Elymys repens*. *Weed research* 55. 309-319.
- Salonen, J., Hyvönen, T. & Jalli, H. 2011. Composition of weed flora in spring cereals in Finland – a fourth survey. *Agricultural and Food Science* 20: 245-261.
- Salonen, J. & Känkänen, H. 2016. Luomuviljan rikkakasvien hallinta aluskasveja viljelemällä. Teoksessa. Alakukku, L., Schulman, N. & Puhakainen, T. (toim.). *Esitelmä- ja posteritivistelmät (Maataloustieteen päivät 12.1.-13.1.2016, Helsinki)*. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 32. 161 s.
- Snapp, S.S., Swinton, S.M., Labarta, R. Mutch, D., Black, J. R., Leep, R., Nyiraneza, J. & O'Neil, K. 2005. Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches. *Agronomy Journal* 97: 322-332.

- Sjursen, H., Brandsæter, J.O. & Netland, J. 2012. Effects of repeated clover undersowing, greenmanure ley and weed harrowing on weeds and yields in organic cereals. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 62: 138-150.
- Stenerud, S., Mangerud, K., Sjursen, H., Torp, T. & Brandsæter, L.O. 2015. Effects of weed harrowing and undersown clover on weed growth and spring cereal yield. *European Weed Research Society* 55, 493–502.
- Teasdale, J.R, Brandsæter, L.O., Calegari, A & Skora Neto, F. 2007. Cover crops and weed management. *Teoksessa: Nonchemical Weed Management: Principles, Concepts and Tech. Cover Crops and Weed Management*. 2007, 49-64.
- Thomsen, I.K. & Hansen, E.M. 2014. Cover crop growth and impact on N leaching as affected by pre- and postharvest sowing and time of incorporation. *Soil Use and Management* 30: 48-57.
- Thorup-Kristensen, K. & Rasmussen, C.R. 2015. Identifying new deep-rooted plant species suitable as undersown nitrogen catch crops. *Journal of Soil and Water Conservation* 70: 339-409.
- Valkama, E., Lemola, R., Känkänen, H. & Turtola, E. 2015. Meta-analysis of the effects of undersown catch crops on nitrogen leaching loss and grain yields in the Nordic countries. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 203: 93–101.
- Vrignon-Brenas, S., Celette, F., Piquet-Pissaloux, A., Jeoffroy, M-H. & David, C. 2016. Early assessment of ecological services provided by forage legumes in relay intercropping. *European Journal of Agronomy* 75: 89-98.