



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 65/2016

Luomupeltojen rikkakasvien hallinta peitekasvien avulla

Kirjallisuuskatsaus

Kari Koppelmäki, Hannu Känkänen ja Jukka Salonen

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 65/2016

Luomupeltojen rikkakasvien hallinta peitekasvien avulla

Kirjallisuuskatsaus

Kari Koppelmäki, Hannu Känkänen ja Jukka Salonen

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2016



ISBN: 978-952-326-323-9 (Painettu)

ISBN: 978-952-326-324-6 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-324-6>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Kari Koppelmäki, Hannu Känkänen ja Jukka Salonen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2016

Julkaisuvuosi: 2016

Kannen kuva: Jarkko Hovi

Painopaikka ja julkaisumyynti: Juvenes Print, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Kari Koppelmäki¹, Hannu Känkänen² ja Jukka Salonen²

¹Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos, kari.koppelmaki@helsinki.fi

²Luonnonvarakeskus (Luke), Luonnonvarat ja biotuotanto, Tietotie 4, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@luke.fi

Rikkakasvit aiheuttavat merkittävää satohaittaa luonnonmukaisessa peltoviljelyssä. Yleisesti rikkakasvien hallinta perustuu luomutiloilla mekaaniseen maanmuokkaukseen, josta kuitenkin aiheutuu myös negatiivisia ympäristövaikutuksia kuten maan rakenteen heikkenemistä ja ravinteiden huuhtoutumista. Peitekasvien viljely on mielenkiintoinen vaihtoehto luomutiloilla rikkakasvien hallintaan mekaanisen maanmuokkauksen sijaan. Samalla toteutustavasta riippuen peitekasveja voidaan hyödyntää biologisessa typensidonnessa, ravinteiden huuhtoutumisen vähentämisessä, eroosion estossa ja maan kasvukunnon ylläpidossa.

Peitekasvien käyttö rikkakasvien hallinnassa perustuu lisääntyvään kilpailuun valosta, ravinteista ja vedestä. Osalla kasveista on myös allelopatisia vaikutuksia. Suomessa yleisin tapa peitekasvin viljelyssä on kylvää heinä- tai palkokasvi pääkasvin aluskasviksi kylvön yhteydessä. Aluskasvi jätetään kasvamaan pääkasvin sadonkorjuun jälkeen. Pidemmän kasvuajan maissa peitekasvit kylvetään yleisesti sadonkorjuun jälkeen. Suomessa kasvukauden pituus kuitenkin rajoittaa sadonkorjuun jälkeen kylvettävien peitekasvien käyttöä.

Aluskasvin tulisi tuottaa nopeasti rikkakasveja peittävä kasvusto, mutta ei kilpailla liikaa satokasvia vastaan. Sadonkorjuun jälkeen kasvun tulisi olla voimakasta. Peitekasvien vaikutuksia rikkakasvien hallinnassa luonnonmukaisessa viljelyssä on tutkittu melko vähän ja tutkimustulokset ovat olleet osittain ristiriitaisia. Aluskasvin viljely lisää kilpailua rikkakasveja vastaan, mutta toisaalta se estää mekaanisen rikkakasvien torjunnan. Lisäksi niiden viljely vaikuttaa satokasvin satoon aluskasvin viljelyvuonna sekä esikasvivaikutuksen johdosta seuraavana vuotena. Vaikutukset voivat olla joko positiivisia tai negatiivisia. Peitekasvien vaikutuksista rikkakasvien ja satokasvien kasvuun tarvittaisiin lisää tutkimusta. Eri aluskasvilajien ja lajikkeiden soveltuvuudesta eri pääkasveille tarvittaisiin lisätietoa erilaisilla maalajeilla. Tärkeää on saada lisätietoa siitä miten aluskasvien viljely sisällytetään viljelyjärjestelmään niin, että maksimoidaan kilpailu rikkakasveja vastaan mutta minimoidaan haitta satokasville.

Aluskasvien viljelyä tuetaan maatalouden ympäristökorvausjärjestelmässä. Korvausten lisäksi peitekasvien viljelyn taloudellisuuteen vaikuttavat muun muassa käytettävän lajin siemenkustannukset, muutokset työkoneiden energiankulutuksessa, mahdollinen kilpailun aiheuttama sadonaleneminen, esikasvivaikutus seuraavalle vuodelle ja pitkäaikaiset vaikutukset rikkakasvien määrään.

Asiasanat: aluskasvit, kasvinsuojelu, kerääjäkasvit, luonnonmukainen viljely, rikkakasvit

Abstract

Weeds are one of the main constraints for the crop productivity in arable organic cropping. Weed management in organic farming highly relies on mechanical weed control and crop rotation. Mechanical control methods are relatively effective but have negative effects on soil structure and nutrient leaching. Catch/Cover crops have been recommended as a potential alternative for weed management in arable cropping. So far, most of the studies with cover crops have focused on nutrient balances (production, leaching) and on maintaining the soil structure to prevent erosion. Less information is available concerning their applicability for weed management. Some main results from the field studies in Northern cropping conditions are compiled in this review.

Cover crops have gained popularity in cereal cropping now that they are one of the subsidized options in agri-environmental schemes of the EU. The rationale in using cover crops for weed management is that they provide strong weed suppression without severely compromising weed species diversity and crop yields. Competition for light, nutrients and water are key factors in choosing appropriate cover crops and their mixtures for weed control. Cover crop establishment and early growth are characteristics for a successful suppression of weeds. Poorly developed cover crops can even cause extensive proliferation of rhizomatous perennial weeds.

The feasibility of using cover crops for weed control should be based on both short-term and long-term appraisal. In Northern conditions, like in Finland, the most effective and reliable method is to establish the cover crop stands early in the spring when the main crop is sown or latest in connection with the weed harrowing. Clover species (*Trifolium* spp.) alone or in mixtures with grass species such as Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) thrive in our conditions. Other plant species, e.g. radish (*Raphanus sativus*) and white mustard (*Sinapis alba*), are commonly used as catch crops after sowing in countries where the growing season continues until late autumn. Optimizing the best cover crop method for weed management is a challenge which needs more information particularly from long-term studies in different growth conditions.

Combinations of crop and cover crop types as well as crop sequencing conform IPM principles and optimize weed management. The PRODIVA project (ERA-Net Core Organic Plus Action, <http://coreorganicplus.org/research-projects/prodiva>) aims at identifying weed community associations with the most common crop types in organic crop production systems. This literature review on exploiting cover crops in weed management is one of the project deliverables.



National funding for the PRODIVA project in Finland:
The Development Fund for Agriculture and Forestry (Makera)
from the Ministry of Agriculture and Forestry

Alkusanat

Tämä raportti on osa ERA-NET –rahoitteista hanketta ”Crop diversification and weeds” (PRODIVA), joka kuuluu Core Organic Plus –luomututkimusohjelmaan 2015-2018. Hankkeen tavoitteena on haitallisimpien rikkakasvien hallinta luomuviljelyksillä hyödyntäen monipuolista kasvivalikoimaa ja suunnitelmallista viljelykiertoa. Erityisesti etsitään vaihtoehtoja kasvintuotantotilojen viljely- ja torjuntatoimiin, joilla (kesto)rikkakasvien haittoja voitaisiin vähentää kustannustehokkaasti ja ympäristöystävällisesti. Tutkimuksen tulokset ovat käytännön läheisiä ratkaisuja, joita viljelijöiden lisäksi voivat hyödyntää neuvonnan ja opetuksen väki toiminnassaan. PRODIVA on tanskalaisvetoinen kuuden Pohjois-Euroopan maan (DE, DK, FI, LV, PL, SE) yhteinen hanke, jonka tavoitteita ja tuloksia on koottu nettiin (<http://coreorganicplus.org/research-projects/prodiva/>). ERA-NET –rahoituksen (MMM, Mäkerä) lisäksi tutkimushanketta on rahoittanut Luonnonmukaisen tuotannon edistämissäätiö.

Kirjallisuuskatsaus laadittiin Kari Koppelmäen pro gradu –työhön kerätyn lähdemateriaalin pohjalta. Rajauksena oli tarkastella pääosin viljanviljelyyn liittyviä tutkimustuloksia, jotka on tuotettu Pohjois-Euroopan oloissa. Alus- ja kerääjäkasvien viljelyä on tutkittu varsin paljon, lähinnä ravinnetalouden ja maan rakenteen parantamistarkoituksessa. Merkitys ja mahdollisuudet rikkakasvien torjunnassa ovat jääneet vähemmälle huomiolle.

Kirjallisuuskatsaukseen koottuja tuloksia ja johtopäätöksiä tulemme tarkentamaan hankkeen edetessä; PRODIVA-hankkeen yksi työpaketeista kerää havaintoja luomukevätiljapeltojen rikkakasvillisuudesta ja haastattelee viljelijöitä heidän kokemuksistaan peitekasvien viljelystä. Tätä työtä tehdään kaikissa kuudessa hankkeeseen osallistuvassa maassa.

Kiitämme hankkeen rahoittajia mahdollisuudesta tuottaa tämä raportti, jota viljelijät ja neuvonta voivat käyttää tukena ottaessaan peitekasvit mukaan viljelykiertoon osaksi rikkakasvien integroitua torjuntaa (IPM) sekä luomuviljelyksillä että tavanomaisessa viljelyssä.

Joulukuussa 2016

Tekijät

Sisällys

1. Johdanto	7
2. Peitekasvien viljely	8
2.1. Yleisimmät peitekasvit ja niiden biomassan tuotanto	8
2.1.1. Heinäkasvit	10
2.1.2. Palkokasvit	11
2.1.3. Heinä- ja palkokasvien seokset	14
2.1.4. Muut kasvit	15
3. Aluskasvien vaikutus rikkakasveihin ja satokasviin	16
3.1. Kylvötavan merkitys aluskasvin ja satokasvin kasvuun.....	16
3.2. Aluskasvin kilpailu rikkakasvien ja satokasvin kanssa	19
3.2.1. Kilpailu satokasvin kanssa	19
3.2.2. Kilpailu rikkakasveja vastaan	21
3.2.3. Aluskasvien pidemmän ajan hyödyt.....	21
3.3. Aluskasvin käsittely sadonkorjuun jälkeen	24
3.4. Syysviljan yhteydessä kylvetyt aluskasvit	25
4. Kerääjäkasvit sadonkorjuun jälkeen ja niiden vaikutus rikkakasveihin	26
4.1. Kasvun synnyttämä kilpailu	26
4.2. Kasvustotähteiden vaikutus	27
5. Peitekasvien taloudellisuudesta	28
6. Johtopäätökset.....	29

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.

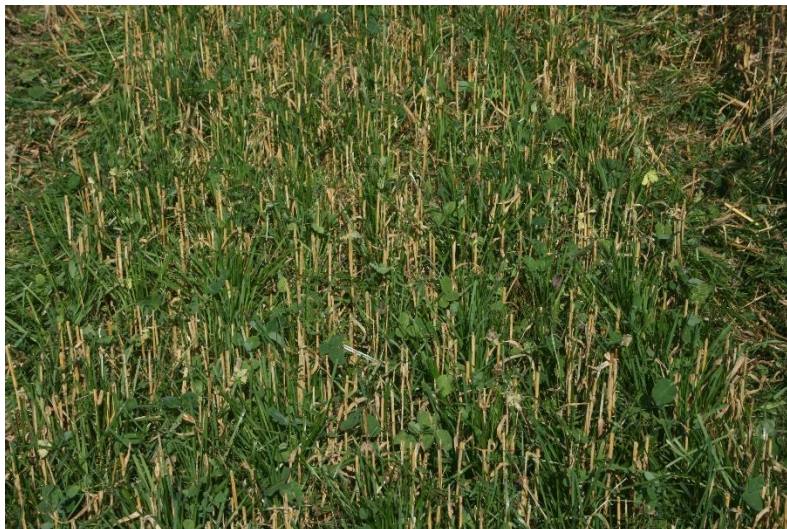
Luomutiloilla mekaaniset rikkakasvien torjuntamenetelmät kuten rikkakasviäestys, rivivälihaaraaminen ja sadonkorjuun jälkeinen sänkimuokkaus ovat yleisimpiä keinoja hallita rikkakasveja. Mekaaninen maanmuokkaus kuitenkin heikentää maan rakennetta, lisää ravinteiden huuhtoutumista, kuluttaa polttoainetta ja on työlästä. Maataloudelle asetetuissa ympäristönsuojelun vesiensuojelu- ja ilmastotavoitteissa pyritään maan muokkaamisen sijaan lisäämään vihreää kasvipeitteisyyttä (Maa- ja metsätalousministeriö 2014). Peitekasvit tarjoavat mielenkiintoisen ja ajankohtaisen mahdollisuuden rikkakasvien hallintaan. Peitekasveilla tarkoitetaan tässä julkaisussa 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 viidenneskellä koko Suomen vilja-alasta (Tiina Malm, MMM, sähköpostiviesti kirjoittajille 11.1.2016).

Peitekasvien viljelyllä on useita positiivisia vaikutuksia ympäristöön. Ne keräävät tyypeä huuhtoutumiselta, 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 hallinnassa aluskasvien ominaisuuksista ja vaikutusmekanismeista on vielä melko vähän tietoa.

Peitekasvien taloudellinen vaikutus riippuu niiden viljelystä aiheutuvien kustannusten ja hyötyjen suhteesta. Aluskasvit voivat vähentää pääkasvin satoa viljelyvuotena, mutta erityisesti typensitjakasveja käytettäessä esikasviarvo tai vähentynyt rikkakasvipaine voi kasvattaa seuraavan vuoden satoa. Säännöllinen peitekasvien käyttö parantaa maan kasvukuntoa, mikä parantaa pellon sadontuottokykyä pitkällä aikavälillä.

Tähän kirjallisuuskatsaukseen on koottu tietoa peitekasvien viljelystä, ominaisuuksista sekä vaikutuksista rikkakasveihin ja satokasveihin peltokasvien viljelyssä Pohjois-Euroopan olosuhteissa.



Kuva 1. Apila ja raiheinä jatkavat kasvuaan viljan puinnin jälkeen. Kuva: Jukka Salonen.

2. Peitekasvien viljely

Peitekasveilla tarkoitetaan muuhun kuin satotarkoitukseen viljeltäviä kasveja, jotka kasvavat samaan aikaan satokasvin kanssa tai sadonkorjuun ja kylvön välisenä aikana (Teasdale ym. 2007). Satokasvin kanssa samanaikaisesti viljeltävät aluskasvit sopivat hyvin pohjosiin olosuhteisiin, koska sadonkorjuun jälkeinen kasvukausi on lyhyt (Känkänen ym. 2001a). Sadonkorjuun jälkeen kylvettävät kerääjäkasvit taas mahdollistavat mekaanisen rikkakasvintorjunnan sadonkorjuun ja kerääjäkasvin kylvön välissä.

Peitekasvien viljelyllä on toteutustavasta riippuen useita hyötyjä viljelylle ja ympäristölle. Aluskasvien on todettu vähentävän typen huuhtoutumista tehokkaasti (Valkama ym. 2014), niitä voidaan hyödyntää biologisessa typensidonnassa, ne lisäävät maahan orgaanista ainesta, juuristot parantavat maan rakennetta ja ne suojaavat pellon pintaa eroosiolta (Teasdale ym. 2007). Ristikukkaiset kasvit ovat mm. möhöjuuren isäntäkasveja. Toisaalta osa ristikukkaisista kerääjäkasveista voi vähentää kasvitautien ja tuholaiten määrää maassa (Snapp ym. 2005). Lisäksi peitekasvit 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 monivuotisista rikkakasveja vastaan olisi tehokasta. Aluskasvin mekaanisen lopetuksen tulisi olla helppoa, jotta siitä ei muodostu rikkakasviongelmia seuraavalle vuodelle. Myös allelopaattiset ominaisuudet ovat eduksi, kunhan satokasvi ei kärsi niistä.

Pidemmän kasvuajan olosuhteissa yleisempi peitekasvien käyttötapa on kylvää ne joko sadonkorjuun jälkeen tai vähän ennen sadonkorjuuta (Teasdale ym. 2007). Erityisesti *Brassica*-suvun nopeakasvuisia kasveja kuten öljyretikkaa ja sinappia on yleisesti käytetty kerääjäkasveina.

Peitekasvien hyötyjä

- Liukoisen typen keruu maasta
- Typen sitominen ilmasta (palkokasvit)
- Maan rakenteen ylläpito
- Maan multavuuden lisääminen
- Talviaikaisen kasvipeitteisyyden lisääminen
- Kilpailu rikkakasveja vastaan

2.1. Yleisimmät peitekasvit ja niiden biomassan tuotanto

Peitekasvien biomassan tuottoon vaikuttaa kasvukauden lämpösumma, viljeltävät kasvilajit, pellon ravinnetilanne ja kosteusolo. Koska sadonkorjuun jälkeinen kasvuaika on Suomessa lyhyt, tuottavat aluskasviksi kylvetyt peitekasvit yleensä suuremman biomassan kuin sadonkorjuun jälkeen kylvettävät peitekasvit. 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 & Kilttilä 1992).

Aluskasveina käytetään yleisimmin heinä- ja palkokasveja tai niiden seoksia. Sadonkorjuun jälkeen kylvettävistä kerääjäkasveista ristikukkaiset öljyretikka ja valkosinappi ovat yleisimmin käytetyt kasvit. Peitekasvien ominaisuudet vaihtelevat kasveittain (Taulukko 1). Myös saman kasvin eri lajikkeiden välillä on raportoitu olevan suuria eroja (Kauppila 1992, Kauppila & 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). Alukasvukauden ja sadonkorjuun jälkeiset kosteusolot, lämpötila ja typen saatavuus vaikuttavat aluskasvin kasvuun (Ohlander ym. 1996, Känkänen ym. 2001a). Aluskasvit hyötyvät lämpöisestä ja kosteasta alukasvukaudesta. Typen saatavuus maasta vähentää apiloiden ja lisää heinäkasvien kasvua. Pohjoismaisissa tutkimuksissa raportoituja alus- ja kerääjäkasvien biomassoja on koottu taulukkoon 2. Useissa tutkimuksissa aluskasvien biomassatietoja ei ole julkaistu.

Taulukko 1. Yleisimpien peitekasvien ominaisuuksia. Öljyretikan ja sinapin ominaisuudet kuvattu sadonkorjuun jälkeen kylvettynä kerääjäkasvina. ***=hyvä/suuri, **= kohtalainen, *=heikko/pieni, - = ei kirjallisuustietoa.

Taulukko muotoiltu lähteistä Känkänen & Eriksson (2007), Känkänen (2011) ja Aronsson ym. (2012).

Kasvilaji	Taimettu- minen	Syys- painotteinen kasvu	Kokonais- biomassa	Kilpailu satokasvia vastaan	Kilpailu rikka- kasveja vastaan	Typen keruu maasta
Palkokasvit						
Puna-apila	**	**	**	**	**	*
Valkoapila	*	**	**	*	*	*
Persianapila	**	*	***	***	-	*
Nurmimailanen	-	**	*	*	*	*
Heinäkasvit						
Italianraiheinä	**	***	***	**	***	***
Englanninraiheinä	**	**	**	*	**	**
Timotei	**	**	**	*	*	**
Punanata	***	*	**	*	**	**
Muut kasvit						
Öljyretikka	**	***	*** edellyttää lämpimän syksyn	-	**	*** edellyttää lämpimän syksyn
Sinappi	**	***	*** edellyttää lämpimän syksyn	-	**	*** edellyttää lämpimän syksyn

Maan liukoisen typen määrällä on erilainen vaikutus heinä- kuin palkokasveihin. Heinäkasvit hyötyvät vapaana olevasta tyyppistä, kun taas tyyppilannoitus vähentää aluskasvina käytettävien palkokasvien kasvua (Kauppila & Kilttilä 1992, Känkänen ym. 2001a, Bergkvist ym. 2011). Palkokasvien vähenevä kasvu aluskasveina johtuu suurelta osin pääkasvin voimistuvasta kasvusta tyyppilannoituksen lisääntyessä. Tyyppilannoitus vaikuttaa myös aluskasviseosten kasvilajisuhteisiin. Bergkvist ym. (2011) raportoivat tyyppilannoituksen 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 määrän kasvaessa 40:stä 100 kiloon hehtaaria kohti. 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 lisäys oli pienempi.

2.1.1. Heinäkasvit

Heinäkasvien käytöstä aluskasvina löytyy eniten kirjallisuutta englanninraiheinästä (*Lolium perenne*) joko yksinään tai seoksissa muiden heinä- tai palkokasvien kanssa. Englanninraiheinä on yleisin aluskasvi Ruotsissa, Tanskassa ja Norjassa. Aronssonin (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 (*Hordeum vulgare*) 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 viljelijäkemusten mukaan italianraiheinä voi kuitenkin talvehtia suotuisissa olosuhteissa, jolloin seuraavan vuoden kilpailuvaikutus voi aiheuttaa suuria satotappioita (Koppelmäki & Känkänen 2014). Talvehtimisessä on ilmeisesti lajike-eroja, mutta asiaa ei ole aluskasvikäytön näkökulmasta tutkittu. Ruotsissa tutkittiin italianraiheinän kevätkylvöä syysohnan aluskasviksi, jolloin se tuotti noin 1 100 kg/ha suuruisen kuiva-ainesadon (Olsen 1995).



Kuva 2. Italianraiheinä voi riehaantua ohran seassa: Kuva Jukka Salonen.



Kuva 3. Härkäpavun aluskasviksi kylvetty italianraiheinä kuva vasemmassa reunassa ja timotei oikeassa reunassa. Kuva: Kari Koppelmäki.

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 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).

2.1.2. 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 liittyen eniten kirjallisuutta löytyy puna- ja valkoapilasta. Sen sijaan muista palkokasveista saatavilla on hyvin vähän tätä tietoa.

Helsingin Viikissä 1980-luvulla tehdyissä tutkimuksissa aluskasveina kasvaneiden puna-apilan ja valkoapilan loppusyksyn keskimääräiset kuiva-ainesadot vaihtelivat suuresti (Varis & Kauppila 1992). Valkoapila tuotti suurimmillaan yli 6 000 kg/ha suuruisen kuiva-ainesadon marraskuun alkuun mennessä, kun typpilannoitus oli ainostaan 10 kg/ha. Normaalisti lannoitetuissa 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. Suurta satoeroa eri kokeiden välillä saattaa selittää koevuoden lisäksi se, että osassa kokeista apiloiden siemeniä ei oltu ympätty ja kuivina vuosina koepeltoja kasteltiin. Känkäsen ja Erikssonin (2007) raportoimat valkoapilan noin 500 kg/ha ja puna-apilan 350 kg/ha suuruiset maanpäälliset kuiva-ainesadot olivat selvästi Viikissä tehtyjä kokeita pienempiä.

Yleisesti aluskasvina käytetyllä valkoapilalla on rönsyilevä kasvutapa, mistä johtuen se voi tuottaa 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 oloissa ja matalamman juuriston johdosta se kärsii herkemmin kuivuudesta. Koska lisääntyvä liukoisen typen saatavuus heikentää palkokasvien kilpailutilannetta pääkasviin nähden (Ohlander & Bergkvist. 1996), voi palkokasvien jatkuva käyttö vähentää niiden kasvua. Stenerud ym. (2015) ja Løes ym. (2011) raportoivat, että apilan käyttö peräkkäisinä vuosina johtaa 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, olivat herkempiä kylvöajan olosuhteille kuin suurisiemeniset persianapila (*Trifolium resupinatum*) tai maa-apila. Maa-apilat lähtivät Kauppilan & Lindqvistin (1992) kokeissa muita apiloita hitaammin kasvuun sadonkorjuun jälkeen. Heidän mukaansa kasvukauden oloilla on suurempi vaikutus maa-apilan kuin muiden aluskasvien menestymiseen. Maa-apila viihtyy kuivissa olosuhteissa ja valkoapila kosteissa. Kauppilan & Kilttilän (1992) tuloksissa maa-apilan kuiva-ainesato puintihetkellä oli suuri suhteessa syksyn kuiva-ainesatoon. Tosin lajikkeiden välillä oli suurta vaihtelua.



Kuva 4. Ohran aluskasvina kasvanut puna-apila 31.8.2016, Mustiala, Ravinneresurssi. Kuva: Hannu Känkänen.

Taulukko 2. Peitekasvien maanpäällisiä biomassoja sadonkorjuun aikaan ja kasvukauden lopussa.

Kasvi	Kuiva-ainesato sadonkorjuun aikaan kg/ha	Kuiva-ainesato kasvukauden lopussa kg/ha	Lisätietoja biomassasta ja kokeesta	Lähde
Aluskasvit keväviljoilla				
Englanninraiheinä	260	760	Usean vuoden keskiarvo aluskasveista eri luomukevätiljoilla.	Løes ym. (2011)
Englanninraiheinä	25 – 270	170 - 570	Vaihteluväli luomuviljelyssä usean koepaikan ja käsittelyn keskisadoista. Kasvusto niitetty 20 ja 40 päivää sadonkorjuun jälkeen	Ringselle (2015)
Italianraiheinä	440 – 870	1 020 - 1 660	Kokeessa eri aluskasvin siemenmääriä	Känkänen & Eriksson ym. (2007)
Italianraiheinä	210 – 350	780 - 1 600	Kokeessa eri kylvöajankoh- tia ja pääkasvin tiheyksiä	Kvist (1992)
Timotei	80 – 210	220 - 390	Kokeessa aluskasvin erilaisia siemenmääriä	Känkänen & 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	Kokeessa eri kylvöajankoh- tia ja ohran tiheyksiä	Kvist (1992)
Puna-apila	40 - 150	340 - 540	Kokeessa aluskasvin erilaisia siemenmääriä	Känkänen & Eriksson (2007)
Puna-apila	10 - 310	30 - 620	Vaihteluväli luomuviljassa usean koepaikan ja käsittelyn keskisadoista. Kasvusto niitetty 20 ja 40 päivää sadonkorjuun jälkeen	Ringselle (2015)
Valkoapila	20 - 130	1 460 -3 200	Useita eri kokeita, lannoitustasoja ja siemenmääriä	Kauppila (1992)
Valkoapila	60	420 - 820	Kokeessa eri aluskasvin siemenmääriä	Känkänen & Eriksson (2007)
Nurmimailanen	70 - 180	380 – 1 170	Kokeessa eri aluskasvin siemenmääriä	Känkänen & Eriksson (2007)
Maa-apila	-	190 – 2 720	Useita eri kokeita, lannoitustasoja ja siemenmääriä	Kauppila 1992
Englanninraiheinän ja puna-apilan seos	120 - 430	230 - 510	Vaihteluväli luomuviljassa usean koepaikan ja käsittelyn keskisadoista. Kasvusto niitetty 20 ja 40 päivää sadonkorjuun jälkeen	Ringselle (2015)
Englanninraiheinän ja puna-apilan seos	-	780 - 1 000	Aluskasvi yhdistetty riviväliharaukseen & niittämiseen	Aronsson ym. (2015)
Sadonkorjuun jälkeen kylvettävät kerääjäkasvit				
Valkosinappi	-	1 760	Kylvetty syysohran puinnin jälkeen	Olsen (1995)
Retiisi	-	1 000	Kylvetty syysohran puinnin jälkeen	Olsen (1995)
Hunajakukka	-	1 960	Kylvetty syysohran puinnin jälkeen	Olsen (1995)
Italianraiheinä	-	1 140	Kylvetty syysohran puinnin jälkeen	Olsen (1995)

Persianapilalla on nopea alkukehitys, mutta se kilpailee herkästi liikaa satokasvin kanssa (Kauppila ja Kiltilä 1992, den Hollander ym. 2007). Suomessa persianapila tuotti ohran aluskasvina yli 3 000 kg/ha kuiva-ainesadon (Kauppila 1992). Muita suuren sadon 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 satokasvin puintia. Känkäsen ja Erikssonin (2007) kokeessa yksivuotinen nurmimailanen (*Medicago lupulina*) tuotti tavanomaisesti lannoitetun ohran aluskasvina noin 500 kg/ha kuiva-ainemassan loppusyksyyn mennessä.

2.1.3. 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, Ringselle 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 niiton jälkeen syksyllä selvästi suuremman biomassan (500-600 kg/ha) verrattuna pelkkään raiheinaan (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 kuiva-ainetta noin 1 000 kg/ha 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-apilaa ja valkoapilaa sisältävät aluskasviseokset yhdessä englanninraiheinän kanssa tuottivat suuremman biomassan kuin englanninraiheinän, nurmimailasen, keltamaiteen (*Lotus corniculatus*), peltolinnunjalan (*Ornithopus sativus*) ja maa-apilan seokseen (Doltra & Olesen 2013).



Kuva 5. Valkoapilan ja italianraiheinän seos kevätvehnän puinnin jälkeen. Kuva: Kari Koppelmäki.

2.1.4. Muut kasvit

Kaalisivun (*Brassica L.*) kasvit ovat nopeakasvuisia kasveja, jotka pystyvät tuottamaan suuren biomassan lyhyessä ajassa. Toisaalta ne eivät ole yhtä viljelyvarmoja kuin heinäkasvit (Thomsen & Hanssen 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-ainemassan 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, joka ei toimi kasvitautien isäntäkasvina (Bergkvist ym. 1994). Thorup-Kristensenin (2015) mukaan sikuri soveltuu aluskasviksi sen syväjuuruisuuden, tyypen keruukykyyn, perustumisen ja peittävyden johdosta. Sikuri pudottaa lehdet aikaisin syksyllä. Hunajakukkaa (*Phacelia tanacetifolia*) on Suomessa käytetty pölyttäjiä suosivana kesantokasvina, mutta muualla sitä on kehitelty myös 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).



Kuva 6. Öljyretikka kasvaa vahvasti, jos se kylvetään riittävän aikaisin ja sillä on ravinteita käytettävissään. Vasemmalla: Kylvetty 3.8.2016 muokattuun maahan virnan jälkeen, kuvattu 7.9. Keskellä: Kylvetty 12.8.2016 ohran sänkeen, kuvattu 23.9. Oikealla: Kylvetty alkukesällä 2016, kuvattu vajaan kahden kuukauden kuluttua. Kuvat: Hannu Känkänen.

3. Aluskasvien vaikutus rikkakasveihin ja satokasviin

Aluskasvien viljely vaikuttaa myös satokasvien ja rikkakasvien kasvuun. Rikkakasvien torjunnassa vaikutukset perustuvat kilpailuun käytettävistä resursseista niin maan päällä kuin maan alla. Satokasvin kanssa samanaikaisesti kasvavat aluskasvit kilpailevat myös satokasvien kanssa 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.

Peitekasvit vaikuttavat rikkakasveihin

Maan päällä:

- Kilpailu valosta
- Kilpailu kasvutilasta

Maan alla:

- Kilpailu ravinteista
- Kilpailu vedestä
- Allelopaattiset vaikutukset

Rikkakasvit aiheuttavat luomuviljelyssä merkittävää kilpailuhaittaa satokasville. Tuoreimman tutkimuksen mukaan suomalaisten luomukevätiljapeltojen kokonaisbiomassasta yli viidennes eli keskimäärin 775 kg/ha kuiva-ainetta oli rikkakasveja. (Salonen ym. 2011). Juolavehnan osuus rikkakasvien biomassasta oli noin kolmanneksen. Mittaukset tehtiin heinä-elokuussa muutama viikko ennen puintia. Aluskasvien viljelyn yhtenä tavoitteena on korvata rikkakasvien biomassaa viljelylle vähemmän haitallisella kasvulla. Vignon-Brenani ym. (2016) selvittivät puna- ja valkoapilan biomassan soveltuvuutta loppukasvukauden rikkakasvien määrään indikaattoriksi. Kaakkois-Ranskassa tehdyssä tutkimuksessa aluskasvin tuli saavuttaa sadonkorjuun jälkeen noin 2 tn/ha suuruinen kuiva-ainesato, jotta rikkakasvien määrää saatiin vähennettyä 90 % aluskasvittomaan viljelytapaan verrattuna.

3.1. Kylvötavan merkitys aluskasvin ja satokasvin kasvuun

Aluskasvin kylvöajankohta- ja tapa vaikuttavat niin aluskasvin, rikkakasvien kuin satokasvin kasvuun. Aluskasvi voidaan kylvää pääkasvin kylvön yhteydessä joko kylvökoneen piensiemenaatikosta tai erillisellä kylvökerralla. Heinänsiemenaatikosta tehty kylvö on edullinen ja varma tapa perustaa aluskasvit (Känkänen ym. 2001b). Luomutiloilla paljon käytetty menetelmä on kylvää aluskasvi rikkakasviäestyksen yhteydessä joko pneumaattisella rikkaakeeseen yhdistetyllä kylvökoneella tai traktorin keulaan asennetulla piensiemementen 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 vaikutti ohran satoon enemmän kuin palkokasvien (Känkänen ja Eriksson 2007). Kvistin (1992) havaintojen mukaan siemenmäärän kasvattaminen lisäsi aluskasvin biomassaa. Josefsson (1996) raportoi englanninraiheinän korkean siemenmäärän (18 kg/ha) vähentäneen merkittävästi viljan satoa. Siemenmäärän kasvattaminen lisää kasvutiheyttä, mutta ei kuitenkaan samassa suhteessa kylvötiheyden kanssa (Kauppila 1992). Kvist raportoi aluskasvin kylvömäärän vaikuttaneen selvästi aluskasvin biomassaan sadonkorjuun aikaan, mutta harvaan kylvetyt aluskasvit kasvoivat sadonkorjuun jälkeen paremmin kuin tiheään kylvetyt aluskasvit.



Kuva 7. Peitekasvin voi kylvää jo toukokuussa, jos luottaa, että satokasviksi kylvetty kevätilja pärjää kilpailussa peitekasvia vastaan. Kuvan koekentällä Jokioisten savimaalla peitekasvit kylvettiin poikittain ohrariveihin nähdän vuorokausi ohran kylvön jälkeen. Kuva: Jukka Salonen.



Kuva 8. Ohran oraat ovat saaneet hyvän etumatkan peitekasvien taimista. Kuva: Jukka Salonen.

Ruotsissa italianraiheinän ja puna-apilan myöhäistetty kylvö vähensi aluskasvin biomassaa sadonkorjuun aikaan (Kvist 1992). Josefsson (1996) raportoi samansuuntaisista tuloksista kokeessa, jossa erillinen aluskasvin kylvö heti viljan kylvön jälkeen tuotti suuremman biomassan kuin kylvö vasta viljan orasvaiheessa. Myöhäistetty aluskasvin kylvö voi vahingoittaa satokasvin kasvua, jos se tehdään tavallisella kylvökoneella. Kvist (1992) päätteli, että aluskasvin myöhäistetyn kylvön pienempi kilpailuvaikutus ei riittänyt kompensoimaan kylvöstä johtuvan maanmuokkauksen haittaa ohran kasvuille.

Myöhäistetty kylvö voidaan tehdä ennen satokasvin taimettumista sen kasvua haittaamatta. Ohlanderin ym. (1996) mukaan aluskasvin kylvö tulisi tehdä ohralla ennen 1-lehtiastetta. Verrattuna aikaiseen kylvöön aluskasvin myöhäistetty kylvö ohran 3-lehtiasteella tuotti pienemmän aluskasvin maanpäällisen biomassan niin sadonkorjuun aikaan kuin myöhään syksyllä. Käytettäessä suurta kylvömäärää myöhäistetty kylvö voi olla perusteltua, jotta kilpailuvaikutus pysyy kohtuullisena. Joissakin tapauksissa myöhäistetyn kylvön yhteydessä tapahtuvasta maan muokkauksesta voi olla hyötyä, jos pelto on kuorettunut keväällä (Kvist 1992). Salonen ja Känkänen (2016) kokeilivat rehuvirnan, westerwoldin raiheinän ja öljyretikan pintakylvöä tähkällä olevaan ohrakasvustoon kesällä 2015. Ne taimettuivat heikosti, vaikka kasvuolot olivat suotuisan kosteat.

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



Kuva 9. Aluskasvi voidaan kylvää myös rikkakasviäestyksen yhteydessä. Kuva: Kari Koppelmäki.

Stenerudin ym. (2015) mukaan aluskasvien kylvön yhdistäminen rikkaaestykseen voi vähentää rikkakasvien määrää ja kasvattaa satoa verrattuna pelkkään rikkaaestykseen tai torjunnan kokonaan poisjättämiseen. Kahteen kertaan tehty rikkaaestys yhdistettynä aluskasvin kylvöön vähensi rikkakasvien biomassaa enemmän kuin yhteen kertaan tehty äestys yhdistettynä aluskasvin kylvöön tai pelkkä aluskasvikäsittely. Sjursenin ym. (2012) mukaan aluskasvi olisi parempi kylvää vasta viimeisen rikkakasviäestyksen yhteydessä.

Syysviljan aluskasvi voidaan kylvää keväällä joko pintaan hajakylvönä, rikkakasviäestyksen yhteydessä tai vantaiden kautta. Ohlander ja Bergkvist (1996) raportoivat, että italianraiheinän ja puna-apilan kylvö syysruiskuvustoon on haasteellista. Aluskasvit taimettuivat keväällä kylvön jälkeen, mutta eivät aina selvinneet rukiin voimakkaasta kilpailusta. Aluskasvin kylvössä on myös riski ruiskuvuston vahingoittumiselle.

3.2. Aluskasvin kilpailu rikkakasvien ja satokasvin kanssa

Aluskasvien viljely lisää kilpailua ravinteista, valosta ja vedestä. Kilpailuvaikutus riippuu osittain vallitsevista oloista ja siitä kuinka suuren biomassan aluskasvi tuottaa (Ohlander 1996). Ravinteista eniten tutkittu on typpi, jonka muutokset maassa voivat vaikuttaa oleellisesti niin rikkakasvien kuin satokasvien kasvuun. Aluskasvien tyyppien keruu auttaa monivuotisten rikkakasvien torjunnassa, koska maan liukoisen tyyppien niukkuus rajoittaa rikkakasvien kasvua syksyllä. Valkaman ym. (2015) pohjoismaisista tutkimuksista tekemän meta-analyysin mukaan aluskasvina käytetyt heinäkasvit vähensivät liukoisen tyyppien määrää maassa keskimäärin 40 prosenttia. Italianraiheinä oli kaikkein tehokkain heinäkasvi vähentämään maan liukoisen tyyppien määrää. Sen sijaan palkokasvit eivät vähentäneet maan liukoisen tyyppien määrää, joten ne eivät aiheuta myöskään kilpailua tyyppien tyypistä ainakaan jälkivaikutus huomioon ottaen. Heinäkasvienkin kohdalla on huomattava, että ne keräävät suuren osan tyyppistään vasta pääkasvin korjuun jälkeen, jolloin kilpailu kohdistuu syksyn rikkakasveihin.

3.2.1. Kilpailu satokasvin kanssa

Koska aluskasvit kilpailevat samoista resursseista satokasvin kanssa, se 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. Myös lajikkeiden välillä voi olla isoja eroja, mutta niitä ei ole aluskasvien näkökulmasta juurikaan tutkittu. Arvioitaessa aluskasvin kilpailua on tärkeää suhteuttaa aluskasvin kilpailuvaikutus mahdollisiin muihin satokasvin kasvua heikentäviin tekijöihin. Esimerkiksi kylvön epäonnistuminen voi heikentää satokasvin kasvua, mistä johtuen aluskasvi voi kasvaa paremmin.

Ohlander (1996) arvioi, että aluskasvi ei aiheuta kilpailuhaittaa satokasville viljavassa maassa, jossa vilja kasvaa hyvin. Kilpailu voi korostua käytännön luomuviljelyssä, jossa satokasvin kasvu vaihtelee peltolohkon sisällä huomattavasti. Doltran ja Olesenin (2013) mukaan aluskasvien vaikutus viljan satoon riippuu viljeltävästä viljasta, aluskasvilajeista, maalajista ja viljelytekniikasta.

Dyken ja Barnardin (1976) kokeissa italianraiheinä aluskasvina pienensi selvästi ohran satoa. Aluskasvin siemenmäärä (34 kg/ha) oli huomattavasti suurempi kuin uudemmissa tutkimuksissa, joissa tosin on myös havaittu heinäkasvien negatiivinen vaikutus viljan satoon (Känkänen ym. 2001a, Känkänen 2003, Känkänen & Eriksson 2007). Ruotsissa englanninraiheinää pidetään italianraiheinää sopivampana aluskasvina sen pienemmän kilpailuvaikutuksen johdosta (Ohlander 1996). Toisaalta italianraiheinän ei havaittu vähentävän pääkasvin satoa Nilsson-Linden ym. (1996) ja Ohlanderin ym. (1996) kokeissa.

Palkokasvien on raportoitu kilpailevan heinäkasveja vähemmän satokasvia vastaan Känkänen & Eriksson 2007). Toisaalta Ohlanderin ym. (1996) kokeissa todettiin, että italiaraiheinä vähensi ohran jyväsatoa 5 % ja puna-apila 6 %. Kauppilan (1992) tekemässä kokeessa palkokasveilla ei puolestaan

ollut vaikutusta ohran satoon edes suurilla aluskasvin siemenmäärillä. Valkaman ym. (2015) meta-analyysin mukaan palkokasvit lisäsivät viljan jyväsatoa 6 prosenttia ja heinäkasvit vähensivät sitä 3 prosenttia. Taustalla oli sekä lyhytkestoisia että monivuotisia kokeita, ja yksittäisenä vuonna aluskasvin vaikutus pääkasvin satoon voi olla paljon suurempi.

Osittain Valkaman ym. (2015) tuloksiin sisältyy myös esikasvivaikutusta, joka on palkokasveilla heiniä edullisempi (Känkänen & Eriksson 2007). Heinäkasvien mahdollinen epäedullinen jälkivaikutus seuraavan vuoden satoon liittyy niiden korkeaan hiili-typpeä -suhteeseen, sillä hiilipitoisen kasvimaan hajotukseen sitoutuu maassa vapaana olevaa typpeä. Aluskasvien jatkuvassa käytössä negatiivinen jälkivaikutus voi kuitenkin ajan mittaan hävitä (Ohlander ja Bergkvist 1996).



Kuva 10. Syysvehnäkasvustoon keväällä kylvetty valkomesikkä on kasvanut liian reheväksi vehnän seassa.
Kuva: Jukka Salonen.

3.2.2. Kilpailu rikkakasveja vastaan

Aluskasvien vaikutukset rikkakasvien kasvuun ovat kirjallisuuden perusteella ristiriitaisia. Muutamien tutkimusten mukaan aluskasvit vähentävät rikkakasvien kasvua, mutta eivät niissäkään jokaisena koevuonna eivätkä kaikissa koepaikoissa. Näistä vaikutuksista kerrotaan tarkemmin taulukossa 3, johon on koottu pohjoismaisia tutkimustuloksia.

Aluskasvien vaikutuksia rikkakasveihin on tutkittu useimmiten englanninraiheinällä, valko- ja puna-apilalla tai näiden seoksilla. Kilpailussa rikkakasveja vastaan italianraiheinä voisi olla edellisiä tehokkaampi. Dyken ja Barnardin (1976) kokeissa italianraiheinä vähensikin selvästi juolavehnän juuriston määrää, tosin siemenmäärä oli huomattavan suuri, 34 kg/ha. Muita raiheiniä voimakkaampaan kilpailuun viittaa myös se, että englanninraiheinästä satokasvien sadonkorjuun aikana ja myöhään syksyllä raportoidut kuiva-ainesadot (Løes ym. 2011, Sjursen ym. 2012, Ringselle ym. 2015) ovat selvästi pienempiä kuin esimerkiksi Känkäsen ja Erikssonin (2007) raportoima italianraiheinän sato.

Aluskasvin vaikutus rikkakasvien määrään satokasvin puintiin mennessä on yleensä vähäinen. Kauppihan (1992) kokeessa palkokasveilla ei ollut vaikutusta rikkakasveihin edes suurilla aluskasvin siemenmäärillä. Sen sijaan syksyllä puna-apila ja persianapila tuottivat suuren biomassan (noin 3 tn/ha kuiva-ainetta) ja vähensivät rikkakasvien kasvua. Ohlanderin ym. (1996) kokeissa englanninraiheinä, italianraiheinä tai puna-apila eivät vähentäneet rikkakasvien kasvua puintiin mennessä, mutta italieraiheinä 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 tyyppiä rikkakasveille, mutta kilpailuvaikutus jää pieneksi. Brandsæter ym. (2012) raportoivat puna-apilan kasvutiheyden ja biomassan vaikuttavan kilpailuun ohdaketta ja peltovalvattia vastaan. Pienillä kasvutiheyksillä puna-apilan biomassan lisääntyminen lisäsi rikkakasvienkin biomassaa, mutta suurella kasvutiheydellä vaikutus oli päinvastainen.

Sjursen ym. (2012) raportoivat englanninraiheinän yksinään ja seoksessa apilan kanssa vähentäneen merkittävästi yksivuotisten rikkakasvien määrää, kun taas pelkkä apila ei vähentänyt rikkakasvien määrää. Toisaalta Maikštėniėne ym. (2009) raportoivat, että puna-apila vähensi heinäkasjeja paremmin rikkakasvien määrää kevätiljojen sadonkorjuun jälkeen.

3.2.3. Aluskasvien pidemmän ajan hyödyt

Palkokasvien heikkoa vaikutusta rikkakasvien torjuntaan kompensoi niiden hyvä esikasviarvo. Tätä tukee muun muassa Norjassa tehty tutkimus, jossa vehnän ja kauran aluskasviksi kylvetty apila ei vaikuttanut rikkakasvien biomassaansa syksyllä, mutta lisäsi kuitenkin kauran ja vehnän satoa seuraavana vuotena (Stenerud ym. 2015). Sadonlisäys oli sitä suurempi mitä pienempi oli typpilannoitus. Kun typensitojakasjeja käytetään aluskasveina perättäisinä vuosina, hyötyvät niin vilja kuin rikkakasvit aluskasvien luovuttamasta tyypeistä (Sjursen ym. 2012). Apiloiden toistuvan käytön synnyttämä lannoitusyhöty satokasveille peittää kuitenkin rikkakasvien suuremmasta biomassasta johtuvan lisääntyvän kilpailun. Samansuuntaisista tuloksista ovat raportoineet myös Bergkvist ym. (2011) ja Ringselle ym. (2015).

Koska aluskasvien käyttö muuttaa maan tyypitilannetta, muuttaa se myös erilaisten kasvilajien kasvua ja niiden välistä kilpailua. Ohlanderin ym. (1996) mukaan puna-apila kilpailee voimakkaasti, jos maassa ei ole vapaata tyyppiä saatavilla. Heinäkasvit taas kilpailevat maan liukoisesta tyypestä voimakkaasti. Seosten etuna on, että niiden avulla voidaan hyödyntää palkokasvien hyvää esikasvia-voa ja heinäkasvien kilpailukykyä. Heinäkasvi hyödyntää palkokasvin sitomaa tyyppiä ja lisää kokonaisbiomassaa seoksessa, mikä auttaa kilpailussa rikkakasveja vastaan.

Tanskassa pitkäkestoisessa kenttäkokeessa aluskasvien käyttö johti suurempaan rikkakasvien runsastumiseen verrattuna aluskasvittomiin sänkimuokattuihin aloihin (Olesen ym. 2007, Rasmussen ym. 2014). Tutkimuksessa käytettiin useita eri aluskasveja. Doltran ja Olesenin (2013) mukaan luomukauran satoja voidaan lisätä sisällyttämällä sopivat aluskasvit viljelykiertoon. Tutkimuksessa saatiin viitteitä pitkäaikaisen aluskasvien käytön hyödyistä maan viljavuudelle. Todisteita pitkäaikais-
hyödyistä on saatu myös Norjassa, missä neljän vuoden perättäinen puna-apilan tai valkoapilan käyttö aluskasvina lisäsi kevätiljojen jyväsatoa noin 30 % (Løes ym. 2011).



Kuva 11. Rehevä persianapila tuottaa hyvin tyyppiä, mutta voi vaikeuttaa puintia. Kuva: Jukka Salonen.

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

Missä	Aluskasvi/ Kerääjäkasvi	Vaikutus rikkakasveihin	Vaikutus satokasviin	Lähde
Apelsvoll, Norja Kise, Norja	Englanninraiheinä, puna-apila, valkoapila tai raiheinän ja apilan seos.	Apila lisäsi rikkakasvien siemenpankkia, taimettumista ja biomassaa. Raiheinä vähensi rikkakasvien määrää Seos vähensi rikkakasvien määrää	Palkokasvien käyttö lisäsi luomuviljan satoa seuraavana vuonna keskimäärin noin 30 %, raiheinä vähensi viljan satoa noin 4 % ja seos kasvatti viljan satoa noin 28 %	Løes ym. (2011) Sjursen ym. (2011)
Apelsvoll, Norja	Valkoapila, puna-apila	Rikkakasvien biomassaa, tiheys ja siemenpankki kasvoivat neljän vuoden aikana aluskasvikäsittelyissä verrattuna aluskasvittomaan.	Valkoapila nosti luomuvehnän satoa 16 % ja kauran keskimäärin 12 %, 2 vuoden keskiarvo	Stenerud ym. (2015)
Jynde vad, Foulum, Flakkebjerg, Tanska Pitkäaikainen luomuviljelykierron tutkimus vuosina 1997-2008	Englanninraiheinän, nurmimailasen, keltamaiteen, peltolinnunjalan ja maa-apilan seos Englanninraiheinä' Englanninraiheinän apilan ja sikurin seos	Yksivuotisten rikkakasvien määrä väheni suhteessa monivuotisiin rikkakasveihin. Aluskasvit kasvattivat rikkakasvien määrää verrattuna vaihtoehdoiseen käsittelyyn, jossa aluskasviton käsittely sänki-muokattiin syksyllä Aluskasvit vähensivät rikkakasvien tiheyttä.	Englanninraiheinä lisäsi luomuohran jyväsatoa 200-400 kg/ha ja apilaa sisältävät aluskasvit syysviljojen satoa 100-500 kg/ha	Olesen ym. (2007) Rasmussen ym. (2006), Olesen ym. (2008), Doltra & Olesen (2013) Rasmussen ym. (2014)
Lilla- Böslid, Lounais-Ruotsi	Puna-apila ja englanninraiheinä	Ei selvää vaikutusta juolavenään	Ei vaikutusta tavanomaisen ohran jyväsadon määrään	Aronsson ym. (2015)
Hässelholm, Itä-Uppsala, Etelä-Uppsala, Ruotsi	Puna-apila, englanninraiheinä tai näiden seos	Seos ja raiheinä vähensivät juolavehnän versojen määrää syksyllä 35-40 % Puna-apila lisäsi juolavehnän juuriston määrää 20-30 % seuraavana vuotena.	Seos kasvatti luomuviljan jyväsatoa 5 %, puna-apila 4 %, englanninraiheinällä ei vaikutusta (Tulos on kahden vuoden keskiarvo)	Ringselle ym. (2015)
Säby, Ruotsi	Punanata	Vähensi juolavehnän versojen määrää 27 % ja juuriston biomassaa 40 %	Ei vaikutusta tavanomaisen syysvehnän satoon	Bergkvist ym. (2010)

3.3. Aluskasvin käsittely sadonkorjuun jälkeen

Rikkakasveja voidaan torjua niittämällä kasvustoa satokasvin korjuun jälkeen, 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 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 niiton ajoituksesta, koska valon määrä ja lämpötila syksyllä vaikuttavat juolavehnän talvehtimiseen. Myös sillä kuinka paljon sadonkorjuu vahingoittaa juolavehnää on merkitystä.



Kuva 12. Aluskasvin kyntöä syksyllä. Kuva: Kari Koppelmäki.

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

Suomessa aluskasvin tavallisin lopetusmenetelmä on syyskyntö. Ohlander ja Bergkvist (1994) 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.

3.4. Syysviljan yhteydessä kylvetyt aluskasvit

Bergkvist ym. (2010) raportoivat syysvehnan kylvön yhteydessä aluskasviksi kylvetyn punanadan vähentäneen juolavehnan juuriston ja maan päällisen biomassan määrää vaikuttamatta kuitenkaan merkittävästi vehnän satoon. He arvelivat pitkän talven ja lumen mukanaan tuoman suuren vesimäärän haitanneen enemmän punanadan kuin syysvehnan kasvua. He myös painottivat sopivan siemenmäärän käyttöä, jotta viljan sato ei vaarannu, mutta kilpailu juolavehnan vastaan on kuitenkin riittävää.

Bergkvistin ym. (2010) mukaan juolavehnan juuriston määrää voi vähentyä vähäisenkin punanatakasvuston avulla, jolloin riski sadon alenemiseen on pienempi. Vaikutus syysvehnan 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 englanninraiheinän vähentävän syysviljan satoa merkittävästi, kun taas keväällä kylvetyllä puna-apilalla tai italianraiheinällä ei ollut vaikutusta satoon. Samansuuntaisen tuloksen havaitsivat Bergkvist ym. (2011) kokeessa, jossa syysvehnään keväällä kylvetyllä aluskasvilla ei ollut merkittävä vaikutusta vehnän satoon.



Kuva 13. Peitekasveja kannattaa kokeilla myös syysviljan sänkeen keväällä kylvettynä. Kuva: Jukka Salonen.

4. Kerääjäkasvit sadonkorjuun jälkeen ja niiden vaikutus rikkakasveihin

4.1. Kasvun synnyttämä kilpailu

Pidemmän kasvuajan olosuhteissa peitekasvit kylvetään usein sadonkorjuun jälkeen, jolloin vältetään mahdollinen kilpailun aiheuttama satotappio. Keski-Euroopassa on näin saatu hyviä tuloksia kilpailussa rikkakasveja vastaan. Sveitsissä sadonkorjuun jälkeen suorakylvetyt palkokasvit vähensivät luomutiloilla tehdyissä kokeissa rikkakasvien määrää kasvukauden lopussa 19-87 % (Dorn ym. 2015). Suomessa peitekasvien kylvöstä sadonkorjuun jälkeen ei ole tutkittua tietoa. Maatalouden vesiensuojeluhankkeiden havaintokokeissa Varsinais-Suomessa kokeiltiin öljyretikkaa ja sinappia varhaisperunan jälkeen ja Uudellamaalla öljyretikkaa kevätvehnän jälkeen kylvettynä (Koppelmäki ja Känkänen 2014). Kasvu oli voimakasta, jos kylvö päästiin tekemään aikaisin ja maassa oli runsaasti ravinteita.

Elokuun puolenvälin jälkeistä kylvöajankohtaa sadonkorjuun jälkeen kylvettäville peitekasveille pidetään Pohjois-Euroopan olosuhteissa myöhäisenä (Melander ym. 2013). Schröderin ym. (2001) mukaan lämpötilasumman (>0 °C) tulisi olla yli 500 astetta, jotta kerääjäkasvilla olisi riittävät kasvuedellytykset. Pohjoisissa olosuhteissa tarvittavan lämpösomman saavuttaminen on haastavaa. Känkäsen ym. (2001a) kokeissa saavutettiin vuosina 1991-1998 vastaava lämpösomma kevätviljojen puinnin jälkeen ainoastaan yhtenä vuotena. Kasvuaikaa voidaan pidentää kylvämällä kerääjäkasvi kasvustoon ennen sadonkorjuuta. Thomsenin ja Hansenin (2014) mukaan ennen sadonkorjuuta tehty kylvö sopii peitekasvin perustamiseen. Sadonkorjuun jälkeen tehty kylvö parantaa taimettumista, mutta lyhentää kasvuaikaa.

Tanskassa öljyretikka keräsi maanpäälliseen osaan tyyppä 30 kg/ha kun kasvuaikaa sadonkorjuusta talven tuloon oli 60 päivää (Thomsen & Hansen ym. 2014). Kokeen seuraavana vuotena typen keruu oli yli kaksinkertainen, kun kasvuaika syksyllä oli yli sata päivää. Öljyretikka kasvoi valkosinappia voimakkaammin.

Saksassa Brust ym. (2014) vertailivat erilaisia sadonkorjuun jälkeen kylvettäviä kerääjäkasveja. Valkosinappi, hunajakukka ja rikkatartar (*Fagopyrum tataricum* L. Gaertn.) vähensivät rikkakasvien määrää jo neljän viikon kasvun jälkeen. Hunajakukan kasvuun lähtö oli muita hitaampaa. *Brassica* -suvun kerääjäkasvit vähensivät tehokkaasti rikkakasvien määrää kahdeksan viikon kasvun jälkeen. Valkosinappi oli kaikkein nopeakasvuisin kerääjäkasvi. Rikkatatar tuotti kahdeksan viikon kasvun jälkeen suuremman maanpäällisen biomassin kuin öljyretikka tai valkosinappi mutta huonona puolena on sen herkkyys yöpakkasille. Brustin ym. (2014) mukaan maanpäällisen valosta kilpailevan biomassan lisäksi kerääjäkasvilla täytyy olla myös elinvoimainen juuristo, joka kilpailee vedestä ja ravinteista rikkakasveja vastaan.



Kuva 14. Hunajakukkaa on kokeiltu kerääjäkasviksi sadonkorjuun jälkeen, mutta sen kasvuunlähtö on hidasta.

Kuva: Oskari Härmä (MTT-arkisto).

4.2. Kasvustotähteiden vaikutus

Valkosinapin kasvustotähteet vähensivät peltosaunion versojen biomassaa 81-86 % ja lutukan (*Cap-sella bursa-pastoris*) biomassaa 59-68 % kasvihuoneessa tehdyssä kokeessa (Didon ym. 2014). Valkosinapin ja rehuretikan maahan sekoitetut kasvustotähteet vähensivät peltoluohon (*Apera spica-venti*) taimettumista sekä peltosaunion (*Tripleurospermum perforatum*) taimien määrää ja hidastivat taimettumista. Toisaalta rehuretikka stimuloi peltoluohon ja peltosaunion juuriston kasvua. Italian-raiheinän ja rukiin kasvustotähteet eivät vähentäneet taimien määrää, mutta ne hidastivat peltosaunion ja peltoluohon taimettumista ja vaikuttivat taimettuneiden kasvien kasvuun. Rikkakasvien hitaampi taimettuminen parantaa satokasvin asetelmia kilpailussa rikkakasveja vastaan.

Hyvän kilpailukykyyn lisäksi *Brassica*-suvun kasveilla tiedetään olevan allelopaattisia ominaisuuksia, jotka perustuvat niiden sisältämien glukosinolaattien hajoamistuotteisiin (Snapp 2005). Haramoton ja Gallandtin (2005) mukaan maahanmuokatut kasvustotähteet voivat vaikuttaa rikkakasveihin viivästyttämällä ja vähentämällä siementen itämistä sekä vähentämällä itäneiden kasvien biomassaa. *Brassica*-suvun kasvit eivät kuitenkaan olleet tehokkaampia kuin samassa tutkimuksessa peitekasvina viljellyt muut kasvit, joista veriapila vähensi eniten rikkakasvien siementen itämistä. Veriapilan vaikutuksen arvoitiin johtuneen kasvustotähteiden fytotoksisuudesta sekä sen ohella palkokasveilla toisinaan havaitusta typhen immobilisaatiosta ja suuresta ammoniakkin vapautumisesta. Didonin ym. (2014) mukaan allelopaattisiin ominaisuuksiin vaikuttavat lajike, vaikuttavan aineen pitoisuus kasvis- ja versojen käsittely.

Kruidhof ym. (2010) havaitsivat kasvustotähteiden vähentävän enemmän pieni- kuin suurisiemenisten rikkakasvien taimettumista ja alkukasvua. Kasvustotähteiden kasvua ehkäisevän vaikutuksen suuruus riippuu kasvin taimettumisen ajankohdasta suhteessa kasvutotähteiden muokkaamiseen. Myös pellon ominaisuudet ja ympäristökijät vaikuttavat. Suurisiemenistenkin kasvien itäminen ja taimettuminen voi kärsiä, kun allelopaattisen aineiden vapautuminen kasvustotähteistä on suurimmillaan. Kylvöalustaan levitetyn sinappirouheen glukosinolaattien on todettu hidastavan mm. jauhosavikan itämistä, mutta häiritsevän myös ohran ja vehnän orastumista (Jaakkola 1999).

Tanskassa sadonkorjuun jälkeisen mekaanisen juolavehnän torjunnan ja juuriston poiston jälkeen kerääjäkasviksi kylvetyn ruisvirnan (*Vicia villosa*), rukiin (*Secale cerealae*) ja rapsin (*Brassica napus*) seos ei vaikuttanut seuraavana kesänä juolavehnän määrään eikä ohran satoon (Melander ym. 2013). Syynä oli liian lyhyt kasvukausi, sillä kerääjäkasvi kylvettiin vasta elokuun lopussa ja toisena vuotena syyskuun alussa.



Kuva 15. Peitekasvit jatkavat nopeasti kasvuaan, jos viljan korsi silputaan hyvin. Kuvat: Jukka Salonen.

5. Peitekasvien taloudellisuudesta

Peitekasvien viljelyn kannattavuutta on vaikea arvioida. Taloudellisuuden tarkastelua voidaan tehdä monin erin tavoin, kuten maataloustukien kautta, arvioimalla vaikutuksia satokasviin, rikkakasveihin tai maan kasvukuntoon. Kerääjäkasvien satoa voi hyödyntää esimerkiksi rehuna tai biokaasun raaka-aineena. Vaikutukset rikkakasveihin ja satokasvin kasvuun vaihtelevat eri vuosina sääoloista ja peitekasvien kasvusta riippuen. Myös maaperän ominaisuudet vaikuttavat lopputulokseen. Taloudellisten vaikutusten arviointia vaikeuttavat satokasvien hinnanvaihtelu ja tukijärjestelmien määräaikaisuus. Tässä raportissa ei tehdä kannattavuuslaskelmia, vaan tuodaan esimerkein esille joitakin peitekasvien taloudellisuuteen vaikuttavia tekijöitä.

Peitekasvien taloudellisista vaikutuksista ei löydy juurikaan kirjallisuutta. Taloudellinen vaikutus riippuu peitekasvien viljelystä aiheutuvien kustannusten ja hyötyjen suhteesta. Kustannuksia syntyy peitekasvin siemenistä, ylimääräisestä konetyöstä ja mahdollisista negatiivisista satovaikutuksista. Hyötyjä syntyy positiivisista satovaikutuksista ja mahdollisesti saatavilla olevista ympäristökorvauksista; kukkivat peitekasvit ovat erinomaisia ekosysteemipalveluiden turvaajia. Taloudellisuutta arvioitaessa pitää muistaa myös maan rakenteen paranemisen kaltaiset pitkäaikaiset hyödyt viljelykierrossa. Hämeen ammattikorkeakoulun vetämässä Ravinneresurssi-hankkeessa (HAMK 2016) selvitetään kerääjäkasvien potentiaalia biokaasutuotannossa ja sadon käyttöä rehuksi. Kerääjäkasvien hyödyntäminen syyslaidunnuksessa voi olla ratkaisu monivuotisten laidunnurmien ehtymiseen syksyllä. Esimerkiksi lampaat syövät mielellään sadonkorjuun jälkeen hyvin kasvuun lähtenyttä valkoapilairaiheinäkasvustoa. Laidunnuksen vaihtoehtona reheväkasvuinen kerääjäkasvi voidaan korjata säilörehuksi.

Heinäkasvien siemenkustannus tavanomaisesti käytetyllä siemenmäärällä oli vuonna 2015 noin 15 – 30 €/ha. Apiloiden siemenkustannus on 30 – 60 €/ha ja käytettäessä heinäkasvien ja palkokasvien seoksia siemenkustannus on 40-70 €/ha. Ristikukkaisten kerääjäkasvien kuten öljyretikan ja valkosinapin siemenkustannus on hieman suurempi (40-80 €/ha). Osalla aluskasveista, kuten sikurilla siemenkustannus voi olla lähes 100 €/ha, jolloin sen käyttö ei ole taloudellisesti mielekäästä. Kylvökustannuksiin vaikuttaa myös tilan konekanta. Kylvökoneen heinäsiemenlaatikosta kylvettäessä aluskasvin kylvöstä ei aiheudu lisäkustannuksia. Erillisen kylvökerran kustannus käytettäessä urakoitsijaa on keskimäärin 37 €/ha (Palva 2015). Alus- ja kerääjäkasvien viljelyä tuetaan Suomessa ympäristökorvauksen toimenpiteenä sadalla eurolla niille kylvettyä hehtaaria kohti vuonna 2015 alkaneella kaudella. Kyseinen tuki rajoitettiin vuonna 2016 koskemaan enintään 25% ympäristösitoumusalasta. Tuki on riittävä kattamaan kylvökustannukset.

Aluskasvit voivat vähentää pääkasvin satoa viljelyvuonna, mutta erityisesti typensitojakasveja käytettäessä esikasviarvo voi kasvattaa seuraavan vuoden satoa. Känkäsen mukaan (2011) satohyöty toistuvassa aluskasvien käytössä oli keskimäärin 40 €/ha syksyn 2010 viljan hinnan mukaan laskettuna. Luomuviljelyssä sadosta saatava hinta on tosin korkeampi ja esikasviarvoon vaikuttaa myös muutokset rikkakasvipaineessa.

Aluskasvin käyttö on vaihtoehto luomutiloilla yleisesti käytetylle heti sadonkorjuun jälkeen tehtävälle sänkimuokkaukselle. Ringsellen ym. (2015) mukaan kerääjäkasvin niitto voi olla juolavehnan torjunnassa kustannustehokkaampi vaihtoehto sänkimuokkaukseen verrattuna. Urakointina teetetty sänkimuokkauksen hehtaarikustannus vaihtelee 30 – 75 €/ha välillä (Palva 2015). Jos rikkakasveja torjuu kasvustosta sadonkorjuun jälkeen niittämällä, on kustannus noin 40 - 45 €/ha. Sänkimuokkauksen toteutettavuus ja teho rikkakasveihin on kerääjäkasvien niittoa riippuvaisempi sääolosuhteista. Siten sänkimuokkaus rikkakasvien torjuntakeinona voisi olla korvattavissa kerääjäkasvien niitolla.

6. Johtopäätökset

Rikkakasvit ovat yksi suurimmista haasteista luonnonmukaisessa viljelyssä. Peitekasvit tarjoavat monipuolisen työkalun rikkakasvien hallintaan, ja niillä on myös useita muita hyötyjä viljelylle. Aluskasvien viljely satokasvin kanssa on yleisin ja sopivin tapa toteuttaa peitekasvien viljelyä pohjoisissa olosuhteissa.

Peitekasvien viljelyllä on biologisia, kemiallisia ja fysikaalisia vaikutuksia peltoekosysteemin toimintaan. Vaikutukset kohdistuvat muun muassa satokasvin ja rikkakasvien kasvuun, kasvitautien esiintymiseen sekä maan rakenteeseen ja ravinnetilaan. Tutkimuksissa havaitut vaikutukset rikkakasvien ja satokasvien kasvuun ovat olleet vaihtelevia. Tulosten tulkintaa vaikeuttavat tutkimuksissa havaitut useat yhdysvaikutukset eri tekijöiden välillä. Esimerkiksi maan ravinnetila vaikuttaa satokasvin, aluskasvin ja rikkakasvien kasvuun eri tavoin. Vaikutusten vaikea ennustaminen aiheuttaa haasteita myös peitekasvien käytännön viljelyn toteutukseen.

Peitekasvien viljelystä ja niiden vaikutuksista rikkakasvien ja satokasvien kasvuun tarvitaan lisää tutkimusta erityisesti monivuotisia kenttäkokeina. Lisätietoa tarvitaan muun muassa eri peitekasvien biomassantuottokyvystä eri maalajeilla ja erilaisten satokasvien yhteydessä. Esimerkiksi italianraiheinä voisi olla rikkakasvien hallintaan tehokkaampi aluskasvi kuin tässä tarkoituksessa enemmän tutkittu englanninraiheinä. Suomalaisissa tutkimuksissa havaitut italianraiheinän aluskasvisadot ovat olleet selkeästi suurempia kuin englanninraiheinän kuiva-ainesadot muissa pohjoismaissa. Niinpä italianraiheinän merkityksen rikkakasvien hillitsijänä voi olettaa olevan suurempi. Hyvän esikasvion omaavien palkokasvien ja heinäkasvien seoksista on saatavilla hyvin niukasti tietoa liittyen niiden kykyyn torjua rikkakasveja.

Satokasveina tutkimuksissa on yleensä ollut ohra tai syysvehnä. Aluskasvien viljelyä voidaan toteuttaa kuitenkin lähes kaikilla yksivuotisilla peltoviljelykasveilla. Myös sadonkorjuun aikaan kylvettävistä kerääjäkasveista ja niiden kylvötavoista tarvitaan lisää tutkimusta pohjoisissa olosuhteissa. Ilmastonmuutoksen edetessä kerääjäkasvien kylvö sadonkorjuun jälkeen voi tulla houkuttelevaksi vaihtoehdoksi aluskasvin kylvölle, milloin voidaan käyttää nopeakasvuisia runsaasti biomassaa tuottavia kerääjäkasveja. Eri peitekasvien allelopaattisia ominaisuuksia ja niiden hyödyntämistä käytännön viljelyssä Suomen olosuhteissa on tutkittu pääasiassa glukosinolaattia sisältävillä kasveilla (mm. keltasinappi, sareptansinappi) ja erityisesti niiden siemenrouheita hyödyntämällä.

Peitekasvien viljely ei ole muista viljelytoimenpiteistä irrallinen toimenpide, vaan siihen vaikuttavat myös muut tilalla tehtävät rikkakasvin torjuntakeinot sekä mahdolliset tukiehdot ja markkinatilanteen mukaan valittavat viljelykasvit. Rikkakasvivaikutuksia selvittäneet tutkimukset ovat keskittyneet usein joko vain yksivuotisten tai monivuotisten rikkakasvien esiintymiseen. Tutkimuksia peitekasvien vaikutuksista rikkakasveihin savimailla on hyvin rajoitetusti saatavilla. Luonnonmukaisessa tuotannossa viljelykierrolla voi olla suuri merkitys rikkakasvien hallinnassa, mutta muualla saatujen tulosten soveltaminen Suomessa on hankalaa, koska käytetyt viljelykierrat vaihtelevat. Suomessa aluskasvien vaikutuksia rikkakasveihin ei ole tutkittu lainkaan luomuviljan viljelyssä lukuun ottamatta vuonna 2015 Jokioisilla alkanutta viljelykiertokoetta.

Maatalouden ympäristönsuojelun ohjaus ja ilmastonmuutokseen sopeutuminen lisäävät painetta siirtyä mekaanisesta maan muokkauksesta vihreään kasvipeitteisyyteen. Aluskasvien viljelyllä on useiden ympäristöhyötyjen lisäksi vaikutuksia rikkakasvien kasvuun ja torjuntaan. Aluskasvien sisällyttäminen viljelykiertoon vaikuttaa rikkakasvien torjuntastrategiaan. Mekaanisen torjunnan sijaan keinoina ovat aluskasvien kilpailu kasvutekijöistä ja kemialliset vaikutukset. Aluskasvien käyttö ei silti poista kokonaan mekaanisen rikkakasvien torjunnan tarvetta. Olisikin tärkeää kehittää sellaisia aluskasvin viljelymenetelmiä, joilla voidaan vähentää rikkakasvien aiheuttamaa kilpailuhaittaa kuitenkin oleellisesti vaarantamatta satokasvin satoa.

Viitteet

- 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., Nilsdotter-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 undersown in winter wheat increase yield of subsequent spring barley—Effect of N dose and companion grass. Field Crops Research 120: 292-298.
- Brandsæter, 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.
- Brust, J., Claupein, W. & Gerhards, R. 2014. Growth and weed suppression ability of common and new cover crops in Germany. Crop Protection 63: 1-8.
- Didon, U., Kolseth, A-K., Widmark, D. & Persson, P. 2014. Cover Crop Residues—Effects on Germination and Early Growth of Annual Weeds. Weed Science, 62(2): 294-302
- 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.
- Dorn, B. Jossi, W. & Van der Heijden M.G.A. 2015. Weed suppression by cover crops: comparative on-farm experiments under integrated and organic conservation tillage. Weed Research 55: 586-597.
- 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.
- HAMK 2016. Ravinneresurssi-hanke: Ravinteet pellossa vaan ei vesistöön. Viitattu 7.12.2016. Saatavissa internetistä: www.hamk.fi/tyoelamalle/hankkeet/ravinneresurssi/kerajakasvit/
- Haramoto E.R. & Gallandt E.R. 2005. *Brassica* cover cropping: I. Effects on weed and crop establishment Weed Science 53(5): 695-701.
- 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.
- Jaakkola, S. 1999. Sinappirouhetta rikkakasveille. Agro-Food '99 -tapahtuma. Tampere 2.-4.2.1999. Agro-Food ry. s. P48.
- Josefsson, A-S. 1996. Growth of catch crops undersown in spring cereals and effects on main crop and weeds. Institutuinen för växtodlingslära, SLU. Seminarier och examensarbeten 921, 25 s.
- Kauppila, R. 1992. Viherlannoituksen viljelytekniikka. Teoksessa: Varis, E. & Kauppila, R. 1992. Viherlannoituskokeiden tuloksia vuosilta 1979- 87. Helsingin Yliopiston Kasvinviljelytieteen laitos. Kasvinviljelytieteen julkaisuja 30: 146 - 190.
- Kauppila, R. & Kilttilä, K. 1992. Ohran typpilannoituksen vaikutus aluskasvien kasvuun. Teoksessa: Varis, E. & Kauppila, R. 1992. Viherlannoituskokeiden tuloksia vuosilta 1979- 87. 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. Helsingin Yliopiston Kasvinviljelytieteen laitos. Kasvinviljelytieteen julkaisuja 30: 191 - 226.
- Koppelmäki, K. & Känkänen, H. 2014. Kokemuksia viljelijöiden pelloilta. Ravinnehuhtomien hallinta (RaHa) -hanke. Havaintoja 3. 12 s.

- Kruidhof, H.M., Gallandt, E.R., Haramoto, E.R. & Bastiaans, L. 2011. Selective weed suppression by cover crop residues: effects of seed mass and timing of species sensitivity. *Weed Research* 51: 177-186.
- Kvist, M. 1992. Catch crops undersown in spring barley - competitive effects and cropping methods. Uppsala, Crop production science, 15. 210 p.
- Känkänen, H., Eriksson, C., Räikköläinen, 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., Eriksson, C., Räikköläinen, M. & Vuorinen, M. 2003. Soil nitrate N as influenced by annually undersown cover crops in spring cereals. *Agricultural and Food Science in Finland* 12: 165 - 176.
- 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 nitrattityypen huuhtoutumiseen. Teoksessa: Kerääjäkasvit – tutkimuksesta käytännön toimiin. Tehohankkeen julkaisuja 4/2011.
- Løes, A.K., Henriksen, T, Eltun, R. & Sjørusen, 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.
- 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, Nørreremark, M. & Kristensen, E.F. 2013. Combining mechanical rhizome removal and cover crops for *Elytrigia repens* control in organic barley systems. *Weed Research* 53: 461–469.
- Nilsson-Linde, N., Bergkvist, G. & Ohlander, L. 1996. 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. & 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.
- 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.
- 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.
- Palva, R. 2015. Konetyön kustannukset ja tilastolliset tuntihinnat. TTS:n tiedote: Maataloustyö ja tuotavuus 3/2015 (661).
- 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 *Elymus 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.
- Schröder, J.J. 2001. Reduction of nitrate leaching. The role of cover crops. Brochure of EU Concerted Action (AIR3) 2108. 6 s.
- Sjursen, H., Brandsæter, J.O. & Netland, J. 2012. Effects of repeated clover undersowing, green manure ley and weed harrowing on weeds and yields in organic cereals. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 62:2: 138-150.
- 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.
- 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. *Weed Research* 55, 493–502.
- Teasdale, J.R, Brandsæter, L.O., Calegari, A & Skora Neto, F. 2007. Cover crops and weed management. In: *Nonchemical Weed Management: Principles, Concepts and Tech. Cover Crops and Weed Management*. p. 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.
- 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.
- Varis, E. & Kauppila, R. 1992. Viherlannoituskokeiden tuloksia vuosilta 1979- 87. Helsingin Yliopiston Kasvinviljelytieteen laitos. *Kasvinviljelytieteen julkaisuja* 30: 146 - 190.
- 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.



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000