



Rukiin jalostuksen ja viljelyn tehostaminen pohjoisilla viljelyalueilla

Simo Hovinen, Pirjo Tanhuanpää, Katri Pahkala,
Marjatta Salmenkallio-Marttila, Veli Hietaniemi, Erkki Rytsä
ja Ritva Koskenoja (toim.)



Maa- ja elintarviketalous 48
199 s.

Rukiin jalostuksen ja viljelyn tehostaminen pohjoisilla viljelyalueilla

Simo Hovinen, Pirjo Tanhuanpää, Katri Pahkala, Marjatta
Salmenkallio-Marttila, Veli Hietaniemi, Erkki Rytsä ja
Ritva Koskenoja (toim.)

ISBN 951-729-853-6 (Painettu)
ISBN 951-729-854-4 (Verkkajulkaisu)

ISSN 1458-5073 (Painettu)
ISSN 1458-5081 (Verkkajulkaisu)

www.mtt.fi/met/pdf/met48.pdf

Copyright

MTT

Kirjoittajat

Julkaisija ja kustantaja

MTT, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

MTT, Tietopalvelut, 31600 Jokioinen

Puhelin (03) 4188 2327, telekopio (03) 4188 2339

sähköposti julkaisut@mtt.fi

Julkaisuvuosi

2004

Kannen kuvat

Eliisa Peltomäki (jyvät)Urho Louhi (tähdät ja puinti)

Painopaikka

Dark Oy

Rukiin jalostuksen ja viljelyn tehostaminen pohjoisilla viljelyalueilla

Simo Hovinen¹⁾, Pirjo Tanhuanpää²⁾, Katri Pahkala³⁾, Marjatta Salmenkallio-Marttila⁴⁾, Veli Hietaniemi⁵⁾, Erkki Rytsä⁶⁾ ja Ritva Koskenoja³⁾

¹⁾ Boreal Kasvinjalostus Oy, Myllytie 10, 31600 Jokioinen, simo.hovinen@boreal.fi

²⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinviljely ja biotekniikka, Kasvinjalostuksen biotekniikka, 31600 Jokioinen, pirjo.tanhuanpaa@mtt.fi

³⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinviljely ja biotekniikka, Kasvinviljely, 31600 Jokioinen, katri.pahkala@mtt.fi

⁴⁾ VTT Biotekniikka, PL 1500, 02044 VTT, marjatta.salmenkallio-marttila@vtt.fi

⁵⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Tutkimuspalvelut, Kemian laboratorio, 31600 Jokioinen, veli.hietaniemi@mtt.fi

⁶⁾ Raisio Yhtymä Oyj, PL 101, 21202 Raisio, erkki.rytsa@raisigroup.com

Tiivistelmä

Maa- ja metsätalousministeriön päätöksellä aloitettiin vuonna 1999 laaja kansallinen rukiin tutkimushanke. Tuolloin rukiin ongelmia olivat alituotanto ja suuri tuotannon vaihtelu vuodesta toiseen. Lisäksi rukiilla ilmeni usein laatuongelmia sateisten kasvukausien seurauksena. Monipuolisen tutkimushankkeen avulla pyrittiin ratkaisemaan rukiin tuotannon ongelmia ja hankkimaan lisätietoa terveysvaikutteisista yhdisteistä. Valtion rahoittama hanke toteutettiin vuosina 1999-2003.

Aiemmin viljeltyt ruislajikkeet olivat ominaisuuksiltaan osin epätydyttäviä. Niinpä uusien lajikkeiden tarve oli suuri. Tehostetun jalostusohjelman tuloksena koevaiheeseen saatiin sarja lupaavia numerolinjoja ja laaja jalostusaineisto. Biotekniikkatutkimuksella etsittiin geenimerkkejä helpottamaan lyhytkortisuus- ja tähkäidännän kestävyysgeenien havaitsemista. Tässä käytettiin hyväksi myös kehitettyä kaksoishaploiditekniikkaa.

Rukiin viljelytekniikassa oli aikaisemmin monia ratkaisemattomia ongelmia. Sen vuoksi hehtaarisadot jäivät pienemmiksi kuin muilla viljoilla. Hankkeen tutkimuksissa kehitettiin toimenpiteitä käytännön viljelyä varten.

Rukiista löydettiin myös uusia bioaktiivisia yhdisteitä. Ruisnäytteiden leivontakelpoisuus sekä jyvien sisältämän ravintokuidun määrä ja laatu vaihtelivat suuresti lajikkeesta ja kasvukaudesta riippuen.

Avainsanat: ruis, kasvinjalostus, geenitekniikka, viljanviljely, kasvinsuojelu, lumihome, luonnonmukainen viljely, kivennäisaineet, ravintokuitu, terveysvaikutukset

Increasing efficiency of rye breeding and cultivation in the North

Simo Hovinen¹⁾, Pirjo Tanhuanpää²⁾, Katri Pahkala³⁾, Marjatta Salmenkallio-Marttila⁴⁾ Veli Hietaniemi⁵⁾, Erkki Rytsä⁶⁾ and Ritva Koskenoja³⁾

¹⁾ Boreal Plant Breeding Ltd, Myllytie 10, FIN-31600 Jokioinen, Finland, simo.hovinen@boreal.fi

²⁾ MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Crops and Biotechnology, Plant Breeding Biotechnology, FIN-31600 Jokioinen, Finland, pirjo.tanhuanpaa@mtt.fi

³⁾ MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Crops and Biotechnology, Crop Science, FIN-31600 Jokioinen, Finland, katri.pahkala@mtt.fi

⁴⁾ VTT Biotechnology, P.O. Box 1500, FIN-02044 VTT, Finland, marjatta.salmenkallio-marttila@vtt.fi

⁵⁾ MTT Agrifood Research Finland, Research Services, Chemistry Laboratory, FIN-31600 Jokioinen, Finland, veli.hietaniemi@mtt.fi

⁶⁾ Raisio Yhtymä Oyj, P.O. Box 101, FIN-21201 Raisio, Finland, erkki.rytsa@raisiogroup.com

Abstract

A comprehensive rye research project was initiated by the Ministry of Agriculture and Forestry of Finland in 1999. Current problems in rye growing were under-production and substantial annual yield fluctuations. Grain quality was poor after rainy growing seasons. These among other problems were addressed by the project between 1999 and 2003.

The rye varieties in production possessed many unsatisfactory characteristics. There was a widely perceived need for new, better adapted varieties. An intensified breeding programme produced a series of new promising lines and materials.

Biotechnological research focussed on developing DNA markers for short straw and pre-harvest sprouting resistance. Doubled haploid techniques were used to product mapping populations.

There were many unsolved questions regarding the best cultivation practice for winter rye. Average grain yields were much lower than for other cereals. The investigations provided direct answers to practical questions of sowing, fertilization and plant protection for different variety types grown conventionally and using ecological husbandry methods.

Analyses of bioactive phytochemicals produced new findings. Baking quality and dietary fibre of content of grain samples varied among varieties and seasons.

Key words: Secale cereale, rye, breeding, genetic engineering, cereal cropping, plant protection, organic farming, mineral nutrients, dietary fibre, health effects

Alkusanat

Maa- ja metsätalousministeriön viljastrategiaryhmä julkaisi vuonna 1998 kansallisen ruisohjelman, ”Ruis 2005”. Siihen sisältyvän kehitysohjelman osana oli ”Rukiin viljelyä ja markkinointia vahvistavien tutkimusohjelmien käynnistäminen”. Vuonna 1999 aloitettiin Maaseudun kehittämisrahaston rahoittama laaja tutkimushanke ”Rukiin jalostuksen ja viljelyn tehostaminen pohjoisilla viljelyalueilla. Hanke oli viisivuotinen.

Tutkimushanke keskittyi ratkaisemaan kehitysohjelmassa esitettyjä rukiin tuotannon ja käytön keskeisiä ongelmia: Viljelyn kannattavuuden parantaminen kehittämällä viljelytekniikkaa ja entistä tuottoisampia lajikkeita, ratkaisemalla luomutuotannon ongelmia ja selvittämällä rukiin laatua laajasti tuotekehittelyn perustaksi. Hallinnon kannalta koko tutkimushanke jaettiin tutkimusaiheiden mukaan eri tutkimuslaitoksissa tai yrityksissä suoritettuun viiteen osahankeeseen.

1. Osahanke 1: Ruislajikkeiden jalostus, Boreal Kasvinjalostus Oy
2. Osahanke 2: DNA-markkerit rukiin jalostuksessa, MTT
3. Osahanke 3: Rukiin uusien lajikkeiden viljelytekniikka, MTT
4. Osahanke 4a: Rukiin leivontalaatu ja kuituanalyysit, VTT
5. Osahanke 4b: Rukiin ravitsemuksellinen laatu, MTT
6. Osahanke 5: Raision Ruis-laatujuvähjelma, Raisio Yhtymä Oyj

Osahankkeiden tutkimukset olivat kiinteässä yhteistyössä keskenään koko hankkeen ajan.

Tutkimushankkeen vastuullisena johtajana toimi Simo Hovinen Boreal Kasvinjalostus Oy:ssä. Tutkimusten suorittajia ja rahoittajia päärahoittajan lisäksi olivat Boreal Kasvinjalostus Oy, MTT(Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), VTT Biotekniikka, Vaasanmylly Oy ja Raisio Yhtymä Oyj. Kiitämme kaikkia rahoittajia ja tutkimusten suorittajayhteisöjä hyvästä yhteistyöstä.

Hankkeen aikana pidettiin kolme tutkimusseminaaria nimellä ”Ruis arvonsa ansaitsee” vuosina 2000, 2001 ja 2002. Tulokset on esitetty painetuissa seminaarijulkaisuissa.

Tutkimushankkeen ohjausryhmä seurasi tutkimusten etenemistä tarkasti ja antoi arvokasta palautetta. Ohjausryhmän puheenjohtajana toimi vuosina

1999-2001 Juhani Tauriainen (MMM) ja hänen jälkeensä vuosina 2002-2003 Markku Järvenpää (MMM). Varapuheenjohtajana toimi Seppo Koivula (MMM) ja jäsenenä Herman Adlercreutz (Helsingin yliopisto), Reijo Kuusinen (Agropolis Oy), Antero Leino (Elintarviketeollisuusliitto), Hannu Simula (MTK), Pekka Kulonen (Fazer), Pekka Heikkilä (Raisio Yhtymä Oyj), Leena Kiuru (Vaasanmylly Oy), Mikko Lassila (MMM), Eero Nissilä (Boreal Kasvinjalostus Oy) ja Juha Marttila (MTT). Osa ohjausryhmän jäsenistä vaihtui hankkeen kuluessa: Hannu Simulan tilalle Juha Peltola, Pekka Kulosen tilalle Pekka Mäki-Reinikka, Leena Kiurun tilalle Tarja Kujala ja Juha Marttilan tilalle Jyrki Niemi. Haluamme esittää johtoryhmälle kiitokset sen työstä tutkimusten hyväksi.

Tämän julkaisun toimitustyöstä vastasi Ritva Koskenoja ja englanninkielen tarkistuksista Jonathan Robinson, joille esitämme parhaat kiitokset.

Jokioisilla maaliskuussa 2004

Simo Hovinen
Pirjo Tanhuanpää
Katri Pahkala
Marjatta Salmenkallio-Marttila
Veli Hietaniemi
Erkki Rytsä

Tutkimuksen taustaa

Simo Hovinen¹⁾, Pirjo Tanhuanpää²⁾, Katri Pahkala³⁾, Marjatta Salmenkallio-Marttila⁴⁾, Veli Hietaniemi⁵⁾ ja Erkki Rytsä⁶⁾

¹⁾ Boreal Kasvinjalostus Oy, Myllytie 10, 31600 Jokioinen, simo.hovinen@boreal.fi

²⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinviljely ja biotekniikka, Kasvinjalostuksen biotekniikka, 31600 Jokioinen, pirjo.tanhuanpaa@mtt.fi

³⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinviljely ja biotekniikka, Kasvinviljely, 31600 Jokioinen, katri.pahkala@mtt.fi

⁴⁾ VTT Biotekniikka, PL 1500, 02044 VTT, marjatta.salmenkallio-marttila@vtt.fi

⁵⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Tutkimuspalvelut, Kemian laboratorio, 31600 Jokioinen, veli.hietaniemi@mtt.fi

⁶⁾ Raisio Yhtymä Oyj, PL 101, 21202 Raisio, erkki.rytsa@raisiogroup.com

Kansallisen viljastrategian julkaisemassa ruisohjelmassa 1998 esitettiin rukiin kehittämissuunnitelma, jonka toimenpide-ehdotuksina oli mm. rukiin viljelyä ja markkinointia vahvistavien tutkimusohjelmien käynnistäminen. Maataloudellisen tutkimuksen neuvottelukunta järjesti elokuussa 1998 ruistutkimuksen kehittämistä koskevan seminaarin. Seminaariin osallistuivat keskeiset rukiin tuotantoon, käyttöön ja tutkimukseen liittyvät tahot, jotka esittivät näkemyksensä rukiin tutkimustarpeista. Seminaarin esitysten pohjalta tutkimuksen painopistealueiksi nousivat rukiin jalostus, uudet biotekniset menetelmät rukiin jalostuksessa, viljelytekniikan tutkimus, rukiinterveysvaikutteisten ominaisuuksien tunnistaminen ja uusien ruistuotteiden kehittäminen.

Rukiin kilpailukyky viljelyvaihtoehtona muiden viljakasvien kanssa oli heikko, sillä viljelyyn oli käytettävissä epätyydyttävä lajikevalikoima. Rukiin sadot olivat alhaisia ja kasvustot lakoherkkiä. Ajankohtaiset tuotantolajikkeet todettiin vielä lähes samoiksi kuin 1980-luvulla. Jopa lajikkeiden talvenkestävyys oli puutteellista. Kotimaisessa lajikejalostuksessa oli jo käytössä uutta lyhytkortisuuden lähdeaineistoa, joka lyhyestä korrestaan huolimatta oli osoittautunut hyvin Suomessakin talvehtivaksi. Ulkomailla julkaistujen tutkimustulosten perusteella tiedettiin, että lyhytkortisella aineistolla on hyvä satopotentiali. Siten modernin tyyppisen viljakasvilajikkeen jalostaminen myös rukiista olisi mahdollista. Ristipölytteisen ja vernalisaation vaativan syysviljan jalostusprosessi on kuitenkin hidasta ja paljon työtä vaativaa mistä johtuen kotimainen lajikejalostus eteni hitaasti. Hankerahoituksella moninkertaistuvat jalostusresurssit katsottiin keinoksi tuottaa viljelyyn tavoitellut uudet lajiketypit mahdollisimman pian.

Geenimerkkitekniikka oli nopeasti kehittyvä ala, jonka mahdollisuudet lajikejalostusta tehostavana menetelmänä olivat nähtävissä. Lajikejalostajan kanssa määriteltiin ominaisuudet, joiden valintatyöhön geenimerkkejä tulisi kehittää. Niitä olivat dominoiva lyhytkortisuus ja tähkäidännän kestävyys. Geenimerkit mahdollistavat valinnan jo orasvaiheessa, eikä jalostajan tarvitse tehdä suuritöistä fenotyyppistä valintaa. Jo aiemmin oli MTT:llä kehitetty ponsiviljelymenetelmä rukiin kaksoishaploidien tuottamiseksi. Menetelmä nähtiin

lupaavana, kun halutaan jokin ominaisuus ehdottoman pysyväksi ruislajikkeessa ilman poikkeavia yksilöitä.

Helposti todettavina syinä rukiin alhaiseen satoon olivat puutteellinen talvehtimisen varmentaminen ja laontorjunnan puuttuminen. Kasvinsuojelun optimoinnista ei ollut helposti sovellettavaa tietoa. Erityisesti oli pystyttävä osoittamaan tehokkaimmat toimenpiteet talvituhosienten torjumiseksi. Viljelyyn oli tulossa uusia lajikkeita, populaatiolajikkeita ja hybridejä, jotka oli tarkoitettu meitä eteläisempiin oloihin. Ensimmäisten kotimaisten, ruutukoevaiheeseen ennättäneiden lyhytkortisten ruislinjojen soveliaimmasta viljelytekniikasta ei ollut tutkimustuloksia. Rukiin uusien lajiketyyppien optimaalisen viljelykäytäntö oli tutkittava ennen kuin niistä tulisi pääasiallisia tuotantolajikkeita. Lajiketyyppien sopivimmasta kylvömäärästä suhteessa kylvöaikaan ei ollut varmuutta. Koska rukiin huono talvehtiminen on heikon sadonkeskeinen syy, talvehtimiseen vaikuttava hiilihydraattimetabolia eri lajikkeilla vaati selvitystä. Kahukärpäs- ja rikkakasvitorjunnan suorittamisesta eri aikoina kylvetyille rukiille oli epävarmuutta. Tutkimustuloksia luomurukiin viljelytekniikasta, erityisesti kylvöajasta, esikasveista lannoituksesta oli puutteellisesti. Koska rukiista käytännön viljelyssä ja kokeissa oli saatu poikkeuksellisesti suuriakin satoja, lajin satopotentiaali oli hyvä. Tutkimuksin oli välttämättömyyttä esittää, miten se saadaan parhaiten esille.

Erilaisissa viljelyoloissa kasvaneiden uusien lajikkeiden sadon leivontalaadusta ja prosessoitavuudesta ei ollut tuloksia saatavissa. Erityisen tärkeäksi tutkimuskohteeksi nähtiin kasvuoloiltaan äärimmäisten kesien vaikutus sadon käyttöarvoon, millaista satoa olisi odotettavissa laajasti viljelyssä olevista lajikkeista. Samoin lajikkeen ja sääsuhteiden vaikutus terveysvaikutteisen ravintokuidun määrään ja laatuun oli tarpeen selvittää sadon käyttöarvon kannalta.

Aikaisemmin tehtyjen tutkimusten perusteella rukiin ravitsemuksellisesta laadusta oli tutkimustuloksia. Viljelytekniikoiden, kasvuolosuhteiden ja lajikkeen vaikutuksesta rukiin hyviin terveysvaikutteisiin laatuosuuksiin ei tuloksia kuitenkaan ollut saatavissa. Uusien lajiketyyppien kivennäis-, hivenaine- ja vitamiinipitoisuudet sekä lignaanien ja alk(en)yyliresorsinoolien määrät oli sen vuoksi tutkittava. Laajan tulosaineiston saaminen nähtiin välttämättömänä kehitettäessä rukiista erikoisviljaa, terveysviljaa.

Kymenlaaksossa oli satoa käyttävän teollisuuden toimesta jo useana vuonna kehitetty järjestelmällisesti rukiin viljelyä tilatasolla sadon saannin varmistamiseksi myllylle. Tulokset satotason ja laadun kohottamiseksi olivat hyviä. Tutkimushankkeen osaksi suunniteltiin sen vuoksi rukiin käytännön viljelyn kehittämisosio, josta saadut tilatason tulokset olisivat kaikkien rukiin viljelijöiden käytettävissä. Tutkimustiloja nähtiin tarpeelliseksi valita myös laajemmalla alueelta Lounais-Suomesta ja Pohjanmaalta.

Sisällysluettelo

Ruislajikkeiden jalostus, <i>Simo Hovinen, Mervi Lindroos & Eliisa Peltomäki</i>	10
Geenimerkeillä tehokkuutta lajikejalostukseen, <i>Pirjo Tanhuanpää & Teija Tenhola-Roininen</i>	22
Rukiin kylvöaikatutkimus 1987-92, <i>Antti Laine & Katri Pahkala</i>	39
Kylvöajan ja kasvinsuojelun vaikutus rukiin versoutumiseen, sadonmuodostukseen ja laatuun, <i>Katri Pahkala, Antti Laine, Martti Vuorinen, Markku Niskanen, Kaija Hakala, Erja Huusela-Veistola, Heikki Jalli, Hanna Avikainen, Merja Eurola & Marjatta Salmenkallio-Marttila</i>	50
Lumihomeen hallinta ja ruislajikkeiden lumihomeenkestävyyden kartoitus, <i>Mervi Lindroos</i>	91
Rukiin rikkakasvien ja laon torjunta, <i>Heikki Jalli & Antti Laine</i>	108
Kylvöajan ja kylvötiheyden vaikutus rukiin satoon ja laatuun luonnonmukaisessa viljelyssä, <i>Markku Niskanen, Erja Huusela-Veistola, Heikki Jalli & Martti Vuorinen</i>	116
Ruislajikkeiden vertailu tavanomaisessa ja luomutuotannossa, <i>Antti Laine, Markku Niskanen & Merja Eurola</i>	133
Kahukärpäsen torjunta rukiilla, <i>Erja Huusela-Veistola & Jarmo Ketola</i> ...	142
Rukiin kenttätutkimus tiloilla, <i>Erkki Rytsä, Pekka Tikkanen & Erja Huusela-Veistola</i>	150
Ravintokuitukomponenttien, α -amylaasi- ja ksylanaasiaktiivisuuden sekä jauho-vesi-suspension viskoelastisten ominaisuuksien vaihtelu rukiissa, <i>Marjatta Salmenkallio-Marttila & Simo Hovinen</i>	163
Kemiallisin keinoin suomalaisen rukiin laatua selvittämässä, <i>Merja Eurola, Juha-Matti Pihlava, Simo Hovinen, Antti Laine, Arjo Kangas, Martti Vuorinen & Veli Hietaniemi</i>	176

Ruislajikkeiden jalostus

Simo Hovinen¹⁾, Mervi Lindroos²⁾ ja Eliisa Peltomäki³⁾

¹⁾ Boreal Kasvinjalostus Oy, Myllytie 10, 31600 Jokioinen, simo.hovinen@boreal.fi

²⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen, mervi.lindroos@mtt.fi

³⁾ Pelto-Paturi Oy, Viljetyntuoreentie 110, 14200 Turenki, eliisa.peltomaki@reppu.net

Tiivistelmä

Boreal Kasvinjalostus Oy:n rukiin jalostusohjelma tehostui ratkaisevasti kansallisen ruishankkeen rahoituksella. Ohjelman päämääränä oli jalostaa korkeatuottoisia, lyhytkortisia populaatiolajikkeita. Osa voimavaroista suunnattiin synteettisten lajikkeiden jalostamiseen. Ulkomaisten hybridilajikkeiden talvenkestävyyttä ja sopeutumiskykyä tutkittiin lajikekokeilla.

Ennen hankkeen alkua oli jalostettu joukko numerolinjoja, joiden viljelyarvoa tutkittiin ruutukokeilla usealla koepaikalla. Hankkeen aikana suoritettiin loppuun myös niiden aitousjalostus. Erityinen huomio kohdistui lyhytkortisiin kääpiölinjoihin, joissa oli dominoiva lyhytkortisuusgeeni *Ddw1*. Parhaat lyhytkortiset linjat olivat satoisampia sekä yhtä talvenkestäviä kuin nykyiset markkinalajikkeet.

Osa numerolinjoista, joissa ei ollut kääpiögeeniä, olivat korren pituudeltaan mittarilajikkeiden tasoisia, mutta ylittivät mittarit satoisuudessa selvästi. Niiden viljelyn ehdoton edellytys olisi korrensäätien käyttö lakoontumisen estämiseksi.

Jalostusaineiston geneettisen perustan laajentamiseksi toteutettiin laaja risteytysohjelma. Lumihomeen-, talvenkestävyys- ja lyhytkortisuuslähteitä hankittiin geenipankeista ja käytettiin risteytyksiin. Jalostusaineiston valtava perinnöllinen muuntelu tarjosi tuloksekkaan perustan valinnalle, jossa hyvin sopeutuneista paripölytysjälkeläistöistä muodostettiin uusia numerolinjoja. Ensimmäiset uudet numerolinjat saatiin kerranteellisiin lajikekokeisiin useille koepaikoille.

Avainsanat: ruis, Secale cereale, kasvinjalostus, sopeutuminen, lumihome, talvenkestävyys, korrenlujuus, risteytys, sakoluku

Breeding rye varieties

Simo Hovinen¹⁾, Mervi Lindroos²⁾ and Eliisa Peltomäki³⁾

¹⁾ Boreal Plant Breeding Ltd, Myllytie 10, FIN-31600 Jokioinen, Finland, simo.hovinen@boreal.fi

²⁾ MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Plant Protection, FIN-31600 Jokioinen, Finland. mervi.lindroos@mtt.fi

³⁾ Pelto-Paturi Oy, Viljetyntuorentie 110, FIN-14200 Turenki, Finland, eliisa.peltomaki@reppu.net

Abstract

The rye breeding programme of Boreal Plant Breeding was decisively intensified by financing the National Rye Project in 1999-2003. The breeding programme aimed at new, highly productive population varieties. There was also a small programme devoted to development of synthetic varieties. A number of foreign hybrid varieties were tested for their winter hardiness and general adaptability.

A series of lines was developed before the start of the project. They were tested using standard plot trials at different sites. Purity breeding of the lines was also done. Special attention was paid to short stemmed lines with the dominant dwarfing gene *Ddw1*. The best of the dwarf lines showed as high overwintering ability as the current Finnish varieties. In addition, they produced significantly higher grain yields.

Some of the lines without the dwarfing gene but having straw heights of the standard varieties considerably exceeded the standards in grain yield. An absolute prerequisite for the cultivation of such lines is the use of plant growth regulating chemicals to reduce lodging.

A wide crossing programme was undertaken with the intention of broadening the genetic bases of the breeding material. New sources of snow mould resistance, winter hardiness and short straw were collected from gene banks and used in crosses. Substantial genetic segregation of the material represented a fruitful basis to select well adapted pair cross pedigrees to develop new rye number lines. The first of these have been included in replicated variety trials at several test locations.

Key words: Secale cereale, rye, breeding, adaptation, snow mould, winter hardiness, straw strength, hybrid, synthetic, falling number

Johdanto

Kansallisen ruisohjelman tavoitteena on saada kotimaisen rukiin tuotanto kannattavaksi kestäväällä ja pitkäjänteisellä tavalla. Tehokkaan tuotantotavan ohella on käytettävissä oltava pohjosiin oloihin sopeutuneet lajikkeet, jotka omaavat kilpailukykyisen satopotentialin verrattaessa muihin viljakasveihin. Useimmat nykyisistä viljelylajikkeista eivät ole tyydyttäviä varsinkaan korrenlujuudeltaan tai satoisuudeltaan (Kangas ym.2002). Talvenkestävyydessäkin on puutteita (Hovinen & Lindroos 2002). Sopivien lajikkeiden saanti turvataan parhaiten jalostamalla ne kotimaassa, jolloin varmistetaan niiden hyvä talvenkestävyys sekä perussiementuotanto ja ylläpito.

Suomessa ruislajikkeiden jalostukseen ei ole ollut tarpeeksi resursseja ja työ on edistynyt hitaasti. Sen vuoksi osa kansallisen ruishankkeen rahoituksesta suunnattiin lajikejalostukseen Boreal Kasvinjalostus Oy:ssä. Lisätyllä työvoiman käytöllä tehostettiin aikaisemmin luodun jalostusaineiston valintaa, testattiin numerolinjoja useammilla koepaikoilla ja suoritettiin numerolinjojen välttämätön aitousjalostus. Numerolinjoista parhaat ovat aloittaneet virallisen lajiketestaustavaiheen ja esiperussiementuotannon.

Hankkeen keskeisin osa suunnattiin uuden jalostusaineiston luomiseen. Geenivarantoja hankittiin maailman suurista geenipankeista. Risteytysvanhemiksi valittiin lumihomeen- ja talvenkestäviä, lujakortisia tai korkeasatoisia lajikkeita ja maatiaisia. Viiden vuoden kuluessa tehty uusi jalostusaineisto on laaja käsittäen vuosittaisista risteytyksistä polveutuvat, eteneviä sukupolvia edustavat jalostusvaiheet. Aitousjalostuksella muodostetaan lopullisesti ne numerolinjat, jotka vastaavat lajikkeille asetettavia jalostustavoitteita. Jalostusohjelma tuottaa pääasiassa populaatiolajikkeita. Osa ohjelmasta tähtää lajiketypiltään erilaisen, synteettisen lajikkeen jalostamiseen.

Ensimmäisten uudesta jalostusaineistosta kehitettyjen numerolinjojen testaus on aloitettu jalostajankokeissa usealla koepaikalla. Linjojen terveysvaikutteisten yhdisteiden määrät analysoidaan ja otetaan valintatyössä huomioon. Boreal Kasvinjalostus Oy jatkaa rukiinjalostusta tutkimushankkeen päätyttyä omana työnään.

Hankkeessa tehty lajikekoesarja osoitti, että nykyisiä viljelylajikkeita huomattavasti satoisampia lajikkeita on jalostettavissa. Uudelle vaatimustasolle nostettu korrenlujuus on yhdistettävissä korkeaan satoon (Hovinen & Lindroos 2003). Uusi lajiketyyppi saadaan markkinoille muutamassa vuodessa.

Aineisto ja menetelmät

Aikaisemmin luotu ruisaineisto

Ennen tutkimushankkeen alkua vuosina 1990-1998 kehitetyn jalostusaineiston valintaa ja kokeissa olleiden 14 numerolinjan testausta jatkettiin hankkeen aikana. Numerolinjojen viljelyarvoa testattiin Jokioisilla ja MTT:n Lounais-Suomen, Hämeen, Etelä-Pohjanmaan ja Laukaan tutkimusasemilla 3-kerranteisissa ruutukokeissa. Kokeet tehtiin virallisessa lajikekoetoinnassa noudatettavien ohjeiden mukaan.

Aikaisemmin luotu nuori jalostusaineisto oli 77 risteytysyhdistelmän jälkeläistä. Aineistot valittiin jatkoon yksilöittäin lähinnä talvenkestävyyden ja korrenpituuden perusteella. Yksilöt pakotettiin paripölytykseen pussieristyksissä. Kahden vuoden yksilövalintojen ja paripölytysten jälkeen paripölytysadoista yhdistettiin aitousaineistoja, joiden sadoista muodostettiin kaukoeristyksinä uusia numerolinjoja.

Uusi jalostusaineisto

Hankkeen aikana 1999-2003 kehitettiin kokonaan uusi jalostusaineisto, joka perustui geenipankeista hankittuihin lähdeaineistoihin. Uusia syysrukiin risteytyksiä tehtiin 139 yhdistelmää. Lyhytkortisen kevätruikiin jalostamiseksi tehtiin lisäksi 19 risteytystä kevätruislajikkeiden ja lyhytkortisten syysrukiiden välillä. Käytetty jalostusmenetelmä oli ristipölytteisen kasvilajin vaatimusten mukainen. Kaikki valitut yksilöt jouduttiin eristämään pergamiinipusseihin sukupolvissa F^1 - F^4 . Koska ruis on vahvasti itsesteriili, sovellettiin paripölytysmenetelmää jossa yksilöt parittain eristettynä pölyttivät toisensa. Menetelmä sopii hyvin korrenpituusvalinnan yhteyteen (Wolski 1975). Kaukoeristyksissä lisätyt paripölytysjälkeläistöt ovat geneettisesti kapeita populaatioita. Uudet numerolinjat, valinnalla ohjatut eri populaatiot, on koottu niistä. Paripölytysjälkeläistöt ovat myös synteettisen ruislajikkeen vanhemmaislinjoja.

Synteettisten lajikkeiden jalostusohjelma

Myös synteettiset lajikkeet ovat populaatiolajikkeita. Hankkeen aikana on aloitettu synteettisen lajikkeen jalostusohjelma perustuen valittujen paripölytysjälkeläistöjen yleisen kombinaatiokyvyn testaukseen ja sen mukaiseen vanhemmaislinjojen valintaan. (Becker 1985).

Lyhytkortiset kaksoishaploidit

Rukiille kehitettyä, hedeviljelyyn perustuvaa kaksoishaploidien tuotantoa voidaan käyttää homotsygoottien ruislinjojen tuottamiseen (Immonen ym.1999). Biotekniikkaan keskittyvässä osahankkeessa tuotettuja rukiin kaksoishaploidiyksilöitä on liitetty paripölytysten kautta jalostusaineistoon ja muodostettu dominoivan lyhytkortisuusgeenin suhteen homotsygootteja linjoja.

Aitousjalostus

Uusien numerolinjojen aitousjalostus suoritettiin kaukoeristysinä siitepölyn kaukokulkeuman estämiseksi. Kaukoeristykset ovat joko yksittäisen paripölytysjälkeläistön lisäyksiä tai useamman jälkeläistön ruuduittain kylvettyjä aitouslisäyksiä, joissa pölyttyminen tapahtuu vapaasti eristyksen sisällä. Aitousjalostus merkitsee poikkeavien yksilöiden tai kokonaisten ruutujen karsintaa ennen kukintaa. Hankkeen aikana on kooltaan vaihtelevia kaukoeristyksiä ollut vuosittain 60-100. Eristysetäisyydet ovat eristyksen koosta riippuen olleet 50-200 m tai erottajana on ollut metsä. Kaukoeristyspaikkojen sijoitus on vaikeaa jonka vuoksi niitä on sijoitettu myös MTT:n tutkimus-asemille.

Ulkomaisten lajikkeiden testaus

Rukiin jalostushankkeessa on vuosina 1999-2003 testattu myös 4-6 ulkomaisen hybridilajikkeen menestymistä Jokioisilla sekä MTT:n Lounais-Suomen ja Hämeen tutkimusasemilla suoritetuissa kaksikerranteisissa lajikekokeissa. Kokeiden suoritus, havainnot ja sadonkäsittely tehtiin virallisen lajikekoe-toiminnan käytäntöä noudattaen. Samoin on vuosittain testattu Jokioisten ja Hämeen lajikekokeissa 10-15 Virossa, Jögevan kasvinjalostuslaitoksella jalostettuja dominoivan lyhytkortisuusgeenin omaavia ruislinjoja. Eurooppalaista yhteistyötä on edustanut rukiin ns. ”Eucarpiakokeen” suorittaminen uusien eurooppalaisten ruislajikkeiden viljelyarvon mittaamiseksi pohjoisissa oloissa.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Lyhytkortisten numerolinjojen hyvä sato ja talvehtiminen

Usealla koepaikalla suoritetut numerolinjojen lajikekokeet osoittivat parhaiden numerolinjojen olevan olennaisesti satoisampia kuin yleisesti viljelty

mittarilajike Riihi (Taulukko 1). Samoin hybridilajike Picasson sato ylittää Riihen sadon selvästi.

Korren pituudeltaan Riihen kanssa samanlaiset linjat Bor 8528, Bor 9207, ja Bor 9214 olivat mittaria satoisampia. Tavoiteltua lyhytkortista lajiketyyppejä edustavat linjat Bor 7068, Bor 9414, Bor 9415 ja Bor 9422 osoittautuivat myös Riihtä merkitsevästi satoisammiksi linjaa Bor 7068 lukuun ottamatta. Korren pituudesta riippumatta numerolinjoissa esiintyi lumihometta ja talvi-tuhoja vähemmän kuin Riihessä. Koetulokset osoittavat, ettei kohtuullinen lyhytkortisuus ole esteenä rukiin hyvälle talvehtimiskyvylle ainakaan dominoivan lyhytkortisuusgeenin omaavissa linjoissa Bor 7068, Bor 9414, Bor 9415 ja Bor 9422. Kobylanski (1982) totesi EM-1 –alkuperäisistä lyhytkortista lajikkeista saman. Samoin hybridilajike Picasso pystyy huippusatoihin lyhyestä korrestaan ja lumihomeen arkuudestaan huolimatta.

Taulukko 1. Rukiin lajikekoesarjan tuloksia parivertailuna vuosilta 1999-2003. Sato, talvehtiminen ja pituus. Mittarilajikkeena Riihi.

Lajike	Kokeiden lkm	Sato kg/ha	Satosuhdeluku	Lumihome-%	Talvituho-%	Korren pituus cm
Riihi	30	3933	100	28	24	145
Amilo	16	-596	85	14*	19***	-19***
Akusti	23	-344	91**	-1	2	-7***
Elvi	25	30	101	-6	1	-13***
Picasso	20	1218	128***	17*	7	-36***
Bor 7068	23	-203	95	-5*	-8*	-28***
Bor 8528	19	556	115*	-6	-9*	2
Bor 9207	16	777	122***	-5	-12***	4
Bor 9211	16	687	118**	-10*	-16***	-12***
Bor 9214	18	727	120**	-5	-11***	-1
Bor 9414	27	305	108*	-8***	-8***	-20***
Bor 9415	22	387	109*	-8**	-9*	-26***
Bor 9422	7	461	111**	-1	-9	-30

Tilastollinen merkitsevyys: * p< 0.05, ** p< 0.01, *** p< 0.001.

Taulukko 2. Rukiin lajikekoesarjan tuloksia parivertailuna vuosilta 1999-2003. Lako, kasvurytmi ja sadon laatu.

Lajike	Lako-	Tähkäl-	Kasvuaika	Tjp.g	Hlp kg	Valkuais-%	Sakoluku
Riihi	46	282	343	30,8	70,7	13,0	167
Amilo	-24 ^{***}	-1	3 ^{***}	6,4 ^{***}	2,5 ^{***}	-0,5	51 ^{***}
Akusti	-9 ^{***}	0	1 ^{**}	-2,6 ^{***}	2,6 [*]	0,3 [*]	13 [*]
Elvi	-18 ^{***}	1 [*]	3 ^{***}	3,9 ^{***}	0,4	-0,7 ^{***}	-11
Picasso	-31 ^{***}	-2 ^{**}	3 ^{***}	5,6 ^{***}	0,9 ^{**}	-2,4 ^{**}	64 ^{***}
Bor 7068	-32 ^{***}	4 ^{***}	0	-4,5 ^{***}	0,5	-0,5 ^{**}	31 ^{**}
Bor 8528	-1	0	1	-0,4	1,4	-0,4	16 ^{**}
Bor 9207	2	-1 ^{**}	0	1,4 [*]	0,7	-0,7 ^{**}	-5
Bor 9211	-2	2 [*]	0	-0,7	-1,4 ^{**}	-0,9 ^{***}	-24 [*]
Bor 9214	-3	3 ^{***}	0	1,5 [*]	1,8	-0,9 ^{***}	4
Bor 9414	-20 ^{***}	3 ^{***}	1 ^{***}	0,6	-0,6	-0,3	-25 ^{***}
Bor 9415	-30 ^{***}	4 ^{***}	2 ^{***}	0,6	-0,9 ^{**}	-0,46 [*]	-8
Bor 9422	-35 ^{***}	3 [*]	3 ^{***}	2,9	-2,2 ^{**}	-0,7	-10

Tilastollinen merkitsevyys: * p< 0.05, ** p< 0.01, *** p< 0.001

Riihi ja pitkäkortiset numerolinjat Bor 8528, Bor 9207, Bor 9211 ja Bor 9214 olivat kokeissa hyvin laonalttiita (Taulukko 2). Käytännössä osa ruuduista on ollut täydelleen laossa mikä käytännön viljelyyn sovellettuna olisi merkinty puintivaikeuksia ja suurta laaturiskiä. Kokeissa ei käytetty korrensääteitä. Linjat Bor 9207 ja Bor 9214 kiinnostavat satoisuutensa ansiosta. Niiden viljely edellyttäisi ehdotonta korrensääteiden käyttöä, joiden tehosta näiden linjojen laonestoon ei ole koetuloksia. Lyhytkortisten linjojen Bor 9414, Bor 9415 ja 9422 viljely onnistuu pääsääntöisesti ilman korrensääteitä. Vain niiden hyvin reheviä kasvustoja on tarpeen käsitellä korrensääteillä.

Dominoivan lyhytkortisuusgeenin omaavien linjojen Bor 7068, Bor 9414, Bor 9415 ja Bor 9422 tähkälletulo tapahtuu perinteisiä ruislajikkeita myöhemmin. Tuleentumisajassa tätä eroa ei enää välttämättä ole. Kaikkiaan ruislajikkeiden kasvuaikavaihtelu on pientä rajoittuen 3 päivän sisälle.

Ruislajikkeiden jyväkoon vaihtelu on suurta. Eteläisempien maiden lajikkeet ovat yleensä isojuväisiä ja suomalaiset paikallislajikkeet tai niitä vanhempiin omaavat markkinalajikkeet ovat pienijuväisiä. Suomen oloissa jyväkoolla ei ole suoraa yhteyttä satoisuuteen, jonka tasoon muut tekijät vaikuttavat voimakkaammin. Sadon kauppakelpoisuuteen vaikuttava korkea hehtolitran paino on eduksi. Lyhytkortisilla linjoilla on tässä laatuominaisuudessa lievää heikkoutta. Hybridilajike Picassoa lukuun ottamatta ovat lajikkeiden valkuaispitoisuuden erot pieniä ja eivät käytännön leivonnassa vaikuta sadon

käyttöarvoon. Vähän valkuaista sisältävä Picasson sato on edullista näkkileivän valmistukseen. Ruislajikkeiden sakoluvut ovat vahvasti lajikeriippuvaisia. Amilo, Akusti, Picasso, Bor 7068 ja Bor 8528 ovat tyypillisiä korkean sakoluvun lajikkeita ja numerolinjat Bor 9211 ja 9414 alhaisen.

Suotuisissa oloissa hybridilajikkeet hyvin satoisia

Kaikki kokeillut hybridilajikkeet olivat satoisampia kuin Riihi. (Taulukko 3). Saksalaiset hybridit Bonapart, Picasso ja Treviso olivat erityisen satoisia. Myös puolalaiset hybridit Luco, Klawo, Konto ja Stach tuottivat hyvät sadot. Hybridit pystyvät voimakkaan heteroosin ansiosta rehevään kevätkasvuun vaikka niissä lumihometta ja talvituhoja on usein enemmän populaatiolajikkeissa. Kaikki kokeillut hybridit ovat lyhytkortisia ja useat hyvin lujakortisia.

Hybridit eivät kasvurytmiltään poikkea oleellisesti mittareista (Taulukko 4). Useat niistä tulevat tähkälle verraten aikaisin ja useimpien tuleentumisaika on lähellä mittareiden tuleentumista. Hybridilajikkeiden jyvät ovat suurikokoisia ja hehtolitran painot korkeita. Jalostusmenetelmästä johtuen niiden jyvät ovat myös tasakokoisempia ja tasavärisempiä kuin populaatiolajikkeiden. Hybridien jyvien alhainen valkuaispitoisuus ei vaikuta negatiivisesti leivontaominaisuuksiin. Yhtenä leivontakelpoisuuden tekijänä on sopivankorkuinen sakoluku. Saksalaisten hybridien Bonapart, Esprit, Picasso ja Treviso sakoluvut ovat poikkeuksellisen korkeita. Kokeissa olleiden puolalaisten hybridien sakoluvut ovat selvästi alempia. Sadon käytössä tarvitaan myös sakoluvultaan sopivan alhaisia ruiseriä täydentämään toisiaan.

Taulukko 3. Hybridilajikkeiden tulokset parivertailuna. Kokeet Jokioisilla sekä MTT:n Hämeen ja Lounais-Suomen tutkimusasemilla, Pälkäneellä ja Mietoissa, 1999-2003. Sato, talvehtimis- ja korsiominaisuudet.

Lajike	Kokeiden lkm	Sadon suhdeluku	Lumihome-%	Talvituho-%	Korren pituus cm	Lako-%
Riihi	18	4278 kg /ha=100	21	18	146	42
Elvi	10	106	-16	-7	-14 ^{***}	-14
Bonapart	13	137 ^{***}	-5	9	-39 ^{***}	-26 ^{***}
Esprit	11	126 ^{***}	16	11	-30 ^{***}	-19 [†]
Klawo	6	120	10	7	-28 ^{***}	-23 [†]
Konto	6	127 ^{**}	9	6	-32 ^{***}	-19 [†]
Luco	6	117 [†]	14	6	-24 ^{***}	-16
Picasso	18	137 ^{***}	1	4	-37 ^{***}	-29 ^{***}
Stach	6	121 [†]	-3	5	-33 ^{***}	-19 [†]
Treviso	16	138 ^{***}	-6	2	-32 ^{***}	-21 ^{**}

Taulukko 4. Hybridilajikkeiden koetulokset, jatkoa. Kasvurytmi- ja laatuominaisuudet.

Lajike	Tähkälle d	Kasvuaika d	Tjp. g	Hlp. kg	Valkuais-%	Sakoluku
Riihi	279	341	31,1	73,1	13,2	163
Elvi	0	2 ^{**}	2,8	1,9 ^ˆ	-0,6	-19
Bonapart	-1	1	5,2 ^{***}	3,0 ^{***}	-2,4 ^{***}	65 ^{***}
Esprit	-1	1	4,5 ^{***}	4,3 ^ˆ	-2,5 ^{***}	47 ^ˆ
Klawo	-1	3 ^ˆ	7,5 ^{***}	2,7	-2,3 ^ˆ	-14
Konto	-3 ^ˆ	1	3,5 ^ˆ	3,2 ^{***}	-2,5 ^ˆ	-33
Luco	-1	2 ^ˆ	5,5 ^ˆ	2,7 ^{***}	-2,0 ^ˆ	-25
Picasso	-2 ^{***}	1	5,5 ^{***}	2,4 ^ˆ	-2,5 ^{***}	79 ^{***}
Stach	-2 ^ˆ	2	2	3,9 ^ˆ	-2,0 ^ˆ	-5
Treviso	-1 ^ˆ	3 ^{***}	5,3 ^{***}	2,6 ^{***}	-2,1 ^{***}	54 ^{***}

Tilastollinen merkitsevyys: * p< 0.05, ** p< 0.01, ***p< 0.001

Hybridilajikkeiden kokeilu keskittyi Etelä-Suomeen suotuisille, vähälumisille alueille, joilla niistä parhaat kestivät talvet vähintään tyydyttävästi. Käytännön viljelyä rajoittaa kylvösiemenen korkea hinta. Viljelyn talouslaskelmissa on otettava huomioon parhaiden hybridien vähintään 1000 kg/ha suurempi sato verrattuna parhaaseen populaatiolajikkeeseen. Sadon tulisi kattaa korkeampi kylvösiemen- ja kuivatuskustannus. Hybridien laonkestävyys ja sadon laatu ovat yleensä korkealla tasolla.

Satoisia hybridejä Eucarpiakokeissa

Euroopan kasvinjalostajien yhdistyksen toimesta on vuosittain järjestetty ns Eucarpia-lajikekokeita ruista viljelevissä maissa. Jalostajat ovat lähettäneet uusia lajikkeita kokeisiin ja tulokset on vaihdettu. Jokioisilla tehdyissä kokeissa oli muutamia uusia hybridilajikkeita, jotka tuottivat korkeita satoja mittarilajike Riiheen verraten (Taulukko 5). Kaikkiaan niiden ominaisuudet olivat uusille hybridilajikkeille hyvin tyypillisiä myös hyvän korrenlujuuden ja suuren jyväkoon suhteen. Portugalilainen populaatiolajike Alvaro ei kestänyt Suomen talvea.

Taulukko 5. Eucarpia-lajikekokeiden tulokset 2002-2003 Jokioisilta, kaksi koetta. Parivertailu.

Lajike	Sadon suhdeluku	suhde-kg/ha	Talvituho-%	Lako-%	Pituus cm	Tjp. g	Sakoluku
Riihi	4321	=100	8	25	140	28,3	272
Elvi	112		2	-2	-5	3,7	-25
Alvao	35		51	2	-27	1,7	-189
Fernando	126		3	-15	-34	4,5	59
Kaskelott	138		5	-18	-34	1,0	14
Picasso	133		-2	-17	-36	4,5	30
SW Kubik	134		5	-16	-30	2,2	0
Treviso	131		-3	-14	-36	4,7	41

Rukiin uusi jalostusaineisto

Hankkeen aikana tehty uusi jalostusaineisto ei ole vielä tuottanut koetuloksia ruutukokeista. Uusi aineisto sisältää lajikejalostukselle tyypillisesti yhtä aikaa eri jalostusvaiheessa olevia sukupolvia ja lisäysvaiheita. Vuosittain aineisto etenee niin, että sukupolvet ja lisäykset siirtyvät seuraavaan jalostusvaiheeseen valinnan vaikuttaessa joka vaiheessa aineiston kokoon. Talvenkestävyyden ollessa tärkein valintaperuste ei prosessia voida nopeuttaa kasvihuone-sukupolvilla alkuvaihetta myöhemmin. Talvehtiva aineisto 2003-2004 on jalostusprosessille tyypillinen:

1. Risteytysvanhemmat oraalla ja vernalisoitumassa kasvihuoneessa. Uudet risteytykset keväällä.
2. F₁-populaatiot oraalla ja vernalisoitumassa kasvihuoneessa. Valitaan lyhytkortisia yksilöitä paripölytyksiin
3. F₂-populaatiot koekentällä, vernalisaatio ja talvea kestävämmät yksilöt karsiutuvat. Lyhytkortisten valinta ja paripölytykset ennen kukintaa.
4. F₃-populaatiot kentällä, vernalisaatio ja talvea kestävämmät karsiutuvat. Lyhytkortisten valinta ja paripölytykset ennen kukintaa.
5. F₄-paripölytysjälkeläistöt lisäyksissä pieninä kaukoeristyksinä. Talvea kestävämmät karsiutuvat. Aitousvalintaa.
6. F₅-paripölytysjälkeläistöjen sadoista muodostetut uudet numerolinjat kaukoeristyksinä. Aitousvalintaa.

7. Kaksoishaploideista muodostettujen uusien numerolinjojen lisäykset kaukoeristyksinä.
8. Isot kaukoeristykset. Lisätään kylvösiementä lajikkeen peruserän, esiperussiemenen ja koesiemementen tuottamiseksi.
9. Ensimmäiset uudet numerolinjat jalostajan kokeissa usealla koepaikalla.
10. Synteettisen lajikkeen testiristeytykset kaukoeristykseenä. Tuotetaan koesiemenet vanhemmaislinjojen arvon testaamiseksi.

Jalostusvaiheet läpikäynyt aineisto on erilaisten talvien rasitteiden karsimana valikoitunut hyvin talvenkestäväksi. Valintaa kesän kasvitauteja vastaan suoritetaan erityisesti nuoren jalostusaineiston paripölytys- ja kaukoeristysvaiheissa. Ohjelmasta syntyy vuosittain joukko uusia numerolinjoja jotka siirtyvät suoraan kerranteellisiin lajikekokeisiin. Kaksi-kolme vuotta kestävä lajikekoevaiheen jälkeen parhaat numerolinjat aloittavat virallisen lajikekoevaiheen, joka kestää 3 vuotta. Siten hankkeen aikana tehty uusi jalostusaineisto tuottaa ensimmäiset lajikkeet markkinoille 4-6 vuoden kuluttua.

Johtopäätökset

Suomalaisten ruislajikkeiden tärkein ominaisuus on hyvä talvenkestävyys, jonka osana on hyvä lumihomeen kestävyys. Kun koekentällä olevan jalostusaineiston valintavaiheet ja ruutukokeiden suoritukset virallisine koevaiheineen vaativat 10 vuoden ajan, ovat prosessista syntyvät lajikkeet varmasti talvenkestäviä. Talvi karsii rankasti nuorten sukupolvien jalostusaineistoa vain kestävien yksilöiden jäädessä jatkoon. Kaukoeristyksissä viljeltävä aitousaineistokin kohtaa talven rasitukset. Siten ruisaineisto myös luonnonvallinnan avulla adaptoituu vallitseviin suomalaisiin kasvuoloihin.

Ruutuvaiheen kokeilla lopuksi testataan hyvin talvehtivien linjojen varsinainen satopotentiaali. Tehdyt koesarjat osoittivat satopotentiaalinerot suuriksi linjojen välillä. Parhaat linjat ylittivät mittarilajikkeen satotason merkitsevästi ja käytännön viljelyä ajatellen olennaisesti. Myös tavoitellut lyhytkortiset ja hyvin lujakortiset uudet linjat pystyivät siihen. Siten satoisimmat uudet linjat pystyvät markkinoille tultuaan ja lajikenimen saatuaan nostamaan rukiin hehtaarisadon entistä kilpailukykyisemmälle tasolle.

Rukiin tärkeän laatutekijän, sakoluvun, kestävyyttä tutkitaan ns. kostean kammion testeillä. Parhaat linjat kestävät 2-3 päivän sadejaksoa jäljittelevässä oloissa sakoluvultaan vielä leipäviljäksi hyväksyttävänä. Esimerkiksi linjat Bor 7068 ja Bor 8528 ovat osoittautuneet kestäviksi. Kostea kammiota käytetäänkin jalostuksen tehokkaana valintakeinona säännöllisesti.

Monivuotinen ruishanke on selventänyt ja osoittanut mahdolliseksi eriyttää Suomessa tuotettu ruis omaleimaiseksi, erityiseksi viljaksi. Ilmastollisia tai tuotantotekniikasta johtuvia esteitä ei ole. Ravintokuidun ja muiden bioaktiivisten yhdisteiden suhteen edullisimmat lajikkeet on valittava tähän tuotantoon. Uusien numerolinjojen analyysitulokset mahdollistavat tämän. Eriytetyn tuotannon tulee olla lajikepohjaista sopimustuotantoa. Koko tuotanto voidaan saada jäljitetyksi, joka on hyvä pohja terveysvaikutteisille uusille ruistuotteille vientiä myöten.

Kirjallisuus

- Becker, H.C. 1985. Breeding synthetic varieties in rye. Teoksessa: Eucarpia meeting of the cereal section on rye. Proceedings. Part 1. Svalöf, Sweden, June 11-13th 1985. Svalöf: The Cereal Department. s. 159-174.
- Hovinen, S. & Lindroos, M. 2002. Overwintering problems of rye in Finland. Teoksessa: Proceedings of the Eucarpia Rye Meeting, Radzikow, Poland, July 4-7, 2001. Radzikow, Blonie Poland: Plant Breeding and Acclimatization Institute. s. 85-86.
- Hovinen, S. & Lindroos, M. 2003. Adaptation of of short stemmed winter rye to Finnish conditions. Teoksessa: Niemeläinen, O. & Topi-Hulmi, M. (toim.). Proceedings of the NJF's 22nd Congress "Nordic Agriculture in Global Perspective", Turku, Finland, July 1-4, 2003. Jokioinen: MTT Agrifood Research Finland and NJF. s. 296.
- Immonen, S., Tauriainen, A. & Manninen, O. 1999. Assessment of green regenerants from rye and triticale anther cultures. Teoksessa: Clement, C. ym. (toim.). Anther and pollen: from biology to biotechnology. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. s. 237-245.
- Kangas, A., Laine, A., Niskanen, M., Salo, Y., Vuorinen, M., Jauhiainen, L. & Mäkelä, L. 2003. Virallisten lajikekokeiden tulokset 1995-2002. MTT:n selvityksiä 29. Jokioinen: MTT. 234 s.
- Kobylanski, V. D. 1982. Basic rye breeding problems in the USSR and prospects of solution. Teoksessa: Aufgaben und Entwicklungstendenzen der Roggenforschung und Roggenzüchtung. Symposium der Sektion Getreide der Europäischen Gesellschaft für Züchtungsforschung (EUCARPIA). Scwerin, 22 – 27 Juni 1981. Berlin: Akad. Landwirtsch.-Wiss. s. 45.
- Wolski, T. 1975. The use of pair crosses in rye breeding. Hodowla Roslin Aklimatyzacja i Nasiennictwo, 19 (5/6). Roslin, Radzikow Poland: Institut Hodowli i Aklimatyzacji. s. 509-520.

Geenimerkeillä tehokkuutta lajikejalostukseen

Pirjo Tanhuanpää¹⁾ ja Teija Tenhola-Roininen¹⁾

¹⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinviljely ja biotekniikka, Kasvinjalostuksen biotekniikka, Myllytie 10, 31600 Jokioinen, pirjo.tanhuanpaa@mtt.fi, teija.tenhola-roininen@mtt.fi

Tiivistelmä

Rukiin (*Secale cereale* L.) alustavan geenikartan laatimisessa käytettiin kaksoishaploidipopulaatiota, joka oli peräisin risteytyksestä kaksoishaploidien vanhempien, Amilo ja Voima, välillä.

Kartta sisälsi yhteensä 61 geenimerkkiä: 37 mikrosatelliittia, yhden RAPD-, 11 IRAP- ja 12 REMAP-geenimerkkiä. Kaikki rukiin seitsemän kromosomia pystyttiin tunnistamaan ja kartan kokonaispituus oli 439 cM. Kartalta löytyi kolme tähkäidännänkestävyyteen vaikuttavaa aluetta.

F₂-populaatiota (EM-1 x Voima) ja bulkianalyysiä käytettiin etsittäessä lyhytkortisuusgeeniin *Ddw1* (dominant dwarf) liittyviä geenimerkkejä. Lähimpänä *Ddw1*-geeniä kuitenkin sijaitsi beeta-amylaasigeeniin (tiedetään sijaitsevan lähellä lyhytkortisuusgeeniä) kehitetty SNP-merkki.

Jos jalostaja käyttää SNP-merkkiä valitessaan lyhytkortisuuden suhteen homotsygootteja yksilöitä, tulee mukaan pitkiä yksilöitä 15 %. Geenimerkki on kuitenkin nopein ja yksinkertaisin tapa erottaa lyhytkortisuusgeenin suhteen homo- ja heterotsygootit yksilöt.

Avainsanat: ruis, kasvinjalostus, jalostusmenetelmät, geenikartat, geenimerkki, kaksoishaploidi, lyhytkortisuus, merkkiavusteinen valinta, tähkäidännä, sadon laatu

Improved efficiency for rye breeding with DNA markers

Pirjo Tanhuanpää¹⁾ and Teija Tenhola-Roininen¹⁾

¹⁾ MTT (Agrifood Research Finland), Plant Production Research, Crops and Biotechnology, Plant Breeding Biotechnology, Myllytie 10, FIN-31600 Jokioinen, Finland, pirjo.tanhuanpaa@mtt.fi, teija.tenhola-roinininen@mtt.fi

Abstract

A preliminary linkage map of rye (*Secale cereale* L.) was constructed from a doubled haploid population from a cross between doubled haploid parents Voima and Amilo.

The map contained 61 loci: 37 microsatellites, one RAPD, 11 IRAPs and 12 REMAPs. All seven linkage groups of rye were identified and the total map distance was 439 cM. Three QTL affecting pre-harvest sprouting were found.

An F₂ population (EM-1 x Voima) and bulked segregant analysis was used to search for DNA markers linked to the *Ddw1* (Dominant dwarf) gene. The best marker for short straw was not, however, identified with bulked segregant analysis, but was an SNP marker developed for the beta amylase gene, which is known to be located near *Ddw1*.

The amount of misclassification when selecting homozygotes for short straw based on the SNP marker was 15%. The SNP marker is, however, the fastest and easiest way to recognise homo- and heterozygotes for short straw.

Key words: DNA marker, doubled haploid, linkage map, marker-assisted selection, pre-harvest sprouting, short straw

Johdanto

Suurimman osan terveydelle tarpeellisista kuiduista suomalaiset saavat täysjyväruisleivästä. Kiinnostus rukiinviljelyyn on kuitenkin vähentynyt kalliiden kustannusten, huonojen satotasojen ja viljelyn epävarmuuden vuoksi. Pitkä korsi on ollut rukiinviljelyssä yleinen haitta aiheuttaen varhaista lakoontumista. Kosteat olosuhteet syysrukiin jyvien tuleentumisen aikaan voivat edistää tähkäidäntää ennen sadonkorjuuta. Tällainen alhaisen sakoluvun omaava ruisjauho ei sovellu kaikkiin leipomoteollisuuden tarpeisiin. Tästä johtuen yhtenä rukiinjalostuksen tavoitteista pidetään suomalaisiin olosuhteisiin sopeutuvan lyhytkortisen ja tähkäidännänkestävän lajikkeen kehittämistä.

Rukiin korren lyhentämiseksi jalostusaineistoon on tuotu muualta lyhytkortista ruisperimää. Suomalaisessa jalostusaineistossa on taustalla mm. luonnollista mutanttiruista EM-1:stä (Kobyliansky 1972), joka sisältää dominantin kääpiögeenin *Ddw1* (Dominant dwarf 1) (Melz 1989). Sturm ja Engel (1980) paikansivat tämän geenin rukiin kromosomiin 2, joka vastaa nykyistä kromosomia 5R (Börner ym. 1999, Korzun ym. 1996). Vehnän tähkäidäntään liittyviä genejä on tutkittu paljon, mutta rukiiseen liittyviä tutkimuksia on vähän. Masojc ym. (1999) ovat löytäneet rukiin 1R-, 2R-, 3R- ja 5R-kromosomeista kuusi QTL (Quantitative Trait Loci) -geenialuetta, jotka kontrolloivat erityisesti tähkäidäntään vaikuttavaa alfa-amylaasiaktiivisuutta.

Valinta korrenpituuden ja tähkäidännänkestävyyden suhteen voidaan tehdä suhteellisen myöhään, koska korrenpituus pystytään havainnoimaan vasta kasvun loppuvaiheessa ja tähkäidännänkestävyys vasta tuleentuneista jyivistä. Lisäksi, koska kääpiögeeni *Ddw1* on dominoiva, pitkän korren aikaansaavat resessiiviset alleelit säilyvät piilevinä ristipölytteisessä rukiissa. Koska tähkäidännänkestävyyteen vaikuttavia genejä on useita, valinta sen suhteen on monimutkaisempaa kuin sellaisen ominaisuuden, johon vaikuttaa vain yksi geeni.

Merkkiavusteista valintaa voidaan käyttää jalostuksen apuvälineenä. Siinä valinnan perusteena käytetään geenimerkkiä, joka sijaitsee lähellä haluttuun ominaisuuteen vaikuttavaa geeniä, eikä itse ominaisuutta. Tästä on erityisesti hyötyä silloin, kun yksilöiden valinta on vaikeaa esim. ominaisuuden ilmetessä myöhään (esim. korrenpituus, tähkäidännänkestävyys) tai ympäristön vaikuttaessa ominaisuuden (esim. tähkäidännänkestävyys) ilmenemiseen. Merkkiavusteinen valinta on sitä tehokkaampaa, mitä lähempänä geeniä merkki sijaitsee. Geenimerkki voidaan määrittää kasvin lehdenpalan DNA:sta hyvin aikaisessa kehitysvaiheessa.

Merkkiavusteisen valinnan edellytyksenä on, että tunnetaan halutun geenin läheltä geenimerkkejä. Niiden etsimiseen voidaan käyttää geenikartoitusta tai nopeampaa BSA- (Bulked Segregant Analysis) (Michelmore ym. 1991) eli

ns. bulkki-menetelmää. Tässä menetelmässä yhdistetään tietyn ominaisuuden suhteen eri ääripäiden kasvien DNA:ta. Tämän jälkeen tutkitaan geenimerkkien esiintymistä näissä bulkki-näytteissä. Geenimerkki, joka esiintyy vain toisessa bulkki-näytteessä, sijaitsee mahdollisesti lähellä haluttua geeniä.

Rukiin geenikarttoja on tehty useita (mm. Bednarek ym. 2003, Börner & Korzun 1998, Korzun ym. 1998, 2001, Loarce ym. 1996, Ma ym. 2001, Masojc ym. 2001, Melz ym. 1992, Philipp ym. 1994, Saal & Wricke 1999, 2002, Schlegel & Melz 1996, Senft & Wricke 1996), ja niissä on käytetty monia erilaisia geenimerkkejä. Helppokäyttöisimpiä geenimerkkejä ovat PCR (Polymerase Chain Reaction) -menetelmään (Saiki ym. 1985, Mullis & Faloona 1987) perustuvat geenimerkit. Mikrosatelliitit ovat muutaman emäksen toistojaksoja DNA:ssa. Ne ovat erittäin monimuotoisia (toistojaksojen määrän vaihtelu suurta), niitä on paljon ja ne ovat tasaisesti jakautuneina useimpien eukaryoottien DNA:ssa (Litt & Luty 1989). Mikrosatelliittien analysointi on helppoa PCR:n avulla käyttäen kahta mikrosatelliittia reunustavaa aluketta, joista toinen on yleensä leimattu fluoresoivalla leimalla. RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) -menetelmässä (Williams ym. 1990, Welsh & McClelland 1990) yhden lyhyen (10-11 emästä) alukkeen avulla saadaan monistettua useita geenimerkkejä. Retrotransposonit ovat kasveissa erittäin runsaina esiintyviä elementtejä, jotka pystyvät kopioitumaan ja siirtymään uusiin paikkoihin genomissa. Niihin perustuvia geenimerkkejä ovat REMAP (Retrotransposon-microsatellite amplified polymorphism) -merkit ja IRAP (Inter-retrotransposon amplified polymorphism) -merkit (Kalendar ym. 1999). IRAP-menetelmässä käytetään pelkästään retrotransposoneihin perustuvia alukkeita (monistetaan kahden retrotransposonin välistä aluetta), REMAP-menetelmässä retrotransposonialuketta yhdessä mikrosatelliittitoistojaksoon perustuvan alukkeen kanssa (monistetaan aluetta retrotransposonin ja mikrosatelliitin välillä). ISSR (Inter Simple Sequence Repeat) (Zietkiewicz ym. 1994) -geenimerkit monistetaan käyttämällä alukkeena mikrosatelliittitoistojaksoa yksinään. Yksittäisten emästen polymorfioita (SNP = single nucleotide polymorphisms) voidaan havainnoida usealla eri menetelmällä (Kwok 2001). Intronien ja eksonien raja-alueiden sekvenssien konservoituneisuutta on myös käytetty hyväksi geenimerkkien monistamisessa (Li & Quiros 2001, Rafalski ym. 2002).

Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää jalostajalle helppokäyttöinen PCR-pohjainen geenimerkki (tai -merkit) rukiin (*Secale cereale* L.) lyhytkortisuusgeenille (*Ddw1*) sekä laatia rukiin geenikartta ja paikallistaa siihen tähkäidännänkestävyyteen vaikuttavat geenialueet. Lähellä näitä alueita sijaitsevia geenimerkkejä jalostaja voi myös hyödyntää valinnassa. Geenikartta laadittiin käyttäen rukiin kaksoishaploidipopulaatiota ensimmäisenä maailmassa.

Aineisto ja menetelmät

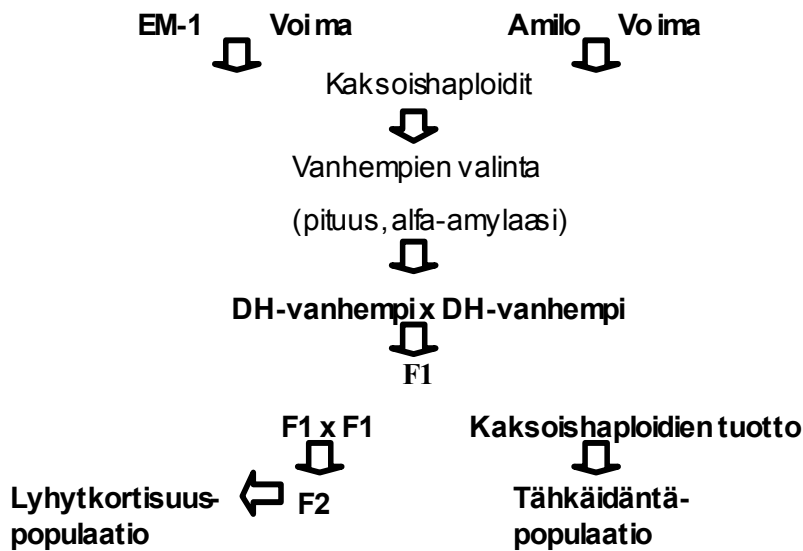
Ponsiviljely

MTT:ssä on kehitetty menetelmä (Immonen & Anttila 1996, Immonen & Tenhola-Roininen 2003) kaksoishaploidien ruislinjojen tuottamiseksi ponsiviljelytekniikalla. Ponsiviljelytekniikassa tähkistä nypitään heteiden ponsia aloituslustralle, jossa epäkypsät siitepölyhiukkaset kehittyvät alkioiksi tai erilaistumattomiksi solukoiksi (kalluksiksi). Alkiorakenteet siirretään erilais- tumisalustalle, jossa muodostuu vihreitä tai albiinoja kasveja. Taimet ovat perimältään joko yksinkertaisia eli haploideja tai kaksinkertaisia eli kaksoishaploideja (DH), jolloin ns. isän perimä on kahdentunut. Näin saadaan kasvatettua täysin puhdas, homotsygoottinen, linja yhdessä sukupolvessa. Koska rukiin ristipölytteisyys vaikeuttaa sopivien yksilöiden valintaa kasvinjalostuksessa johtuen perimän heterotsygoottisuudesta, puhtaat linjat helpottavat ja nopeuttavat jalostustyötä. Lisäksi kaksoishaploidien käyttö helpottaa erityisesti ristipölytteisten kasvien geenikartoitusta. Ponsiviljelymenetelmää käytettiin sekä lyhytkortisuus- että tähkäidännänkestävyyskartoituspopulaatioiden tuottamisessa mahdollisuuksien mukaan.

Kartoitusvanhemmat ja –populaatiot

Lyhytkortisuuspopulaation, jonka avulla etsittiin geenimerkkiä lyhytkortisuudelle, vanhemmiksi valittiin syysrukiit EM-1 (venäläinen, perimässä kääpiögeeni *Ddw1*) ja Voima (suomalainen, pitkäkortinen). Tähkäidäntäpopulaation, jonka avulla koottiin rukiin geenikartta ja etsittiin tähkäidäntään vaikuttavia geenialueita, vanhemmiksi valittiin syysruislajikkeet Amilo (puolalainen, tähkäidännänkestävä) ja Voima (tähkäidännän altis).

Kartoituspopulaatiot tuotettiin kuvan 1 mukaan. Lyhytkortisuuspopulaatio koostuu yhteensä 109 F₂-kasvista, joiden pituudet vaihtelevat. Tähkäidäntäpopulaatio koostuu 90 kaksoishaploidista kasvista, joiden tähkäidännänkestävyys vaihtelee. DNA:t eristettiin kasvien lehdistä käyttäen CTAB II-menetelmää (Poulsen ym. 1993).



Kuva 1. Lyhytkortisuus- ja tähkäidäntäpopulaatioiden tuottaminen. DH = kaksoishaploidi.

Kasvatus- ja ponsiviljelyolosuhteet

Kartoituspopulaatioiden tuottamisessa käytetyt syysruislajikkeet kylmäsäilytettiin (ilman käsittelyä eivät tuota tähkiä) joko idättämällä jyviä agarmaljoilla tai pitämällä 5-10 lehtivaiheessa olevat kasvit kasvihuoneella alle 0 °C:ssa 2-3 kuukautta luonnolisessa valossa. Tämän jälkeen kasvit siirrettiin noin +10 °C:een kautta kasvihuoneelle. Kaksoishaploidit kasvit kylmäsäilytettiin +2 °C:een kylmiössä noin 3 kk hämärässä valossa (Immonen & Tenhola-Roininen 2003).

Ponsiviljelyä varten tähkät kerättiin kasvihuoneelta, kun ponnien mikrosporit olivat keski- tai myöhäisessä yksitumavaiheessa (Immonen & Anttila 1998, Immonen & Tenhola-Roininen 2003). Tähkiä pidettiin 3 viikkoa +4 °C:ssa pimeässä, minkä jälkeen ponnit nypittiin induktioalustalle. Induktioalustana käytettiin joko W14- (Ouyang ym. 1989) tai 190-2- (Wang & Hu 1984) –alustaa Immonen & Tenhola-Roinisen (2003) ohjeen mukaan. Ponsia nypitettiin 1000-2000 kpl/lajike ja tähkäidäntäpopulaatiota tuottaessa yhteensä 30 000 kpl. Alkiomaiset rakenteet kehittyivät induktiomaljoilla pimeässä +25 °C:ssa 7-10 viikon aikana. Kehittyneet alkiot siirrettiin ½ MS-regeneraatioalustalle (Murashige & Skoog 1962, Immonen & Tenhola-Roininen 2003), josta vihreät kasvit siirrettiin juurrutus- eli MS-alustalle ilman hormoneja viimeistään 5 viikon kuluessa. Juurtuneet taimet istutettiin kasvihuoneelle pieniin verkkoruukkuihin ja niiden ploidiataso määritettiin protoplasteista virtaussytometrin avulla Immonen ym. (1999) ohjeen mukaan.

Ominaisuuksien havainnointi

Lyhytkortisuuspopulaation kasvien pituudet mitattiin tuleentumisvaiheessa. Yhdeksän lyhimmän ja yhdeksän pisimmän kasvin DNA:t yhdistettiin ns. bulkeiksi (lyhyt bulkki/ pitkä bulkki), joita käytettiin lyhytkortisuuteen liittyvän geenimerkin etsimisessä.

Tähkäidäntäpopulaation kasvit risteytettiin tähkäidännäältä Riihlajikkeen kanssa, jotta saatiin jyviä alfa-amylaasiaktiivisuusmäärittäisiin (ristipölytteinen ruis ei pysty tuottamaan itsepölytyssementä). Alfa-amylaasiaktiivisuus korreloi käänteisesti sakoluvun kanssa ja kuvastaa kasvin tähkäidännänkestävyyttä. Jyviä idätettiin 0, 2 ja 4 vrk petrimäljällä pimeässä kostean suodatinpaperin päällä, jonka jälkeen jyvät kuivattiin ja jauhettiin. Alfa-amylaasiaktiivisuus mitattiin mukaellen Ceralpha-kitin (Megazyme, Biofincon) ohjetta. Täähkäidännänkestävyyden mittarina käytettiin 4 vrk:n ja 2 vrk:n tulosten välistä alfa-amylaasiaktiivisuuseroa.

Geenimerkit

Rukiille kehitettyjä mikrosatelliittien alukepareja (nimessä etuliite SCM) saatiin Saksasta 168 kpl (Hackauf & Wehling 2002) sekä tilattiin Sigma/Genosysiltä (UK) artikkeliin Saal & Wricke (1999) perustuen 25 kpl (nimessä etuliite SCM) ja Lochow-Petkus –jalostusfirmassa kehitettyihin 20 kpl (etuliite RMS). Lisäksi käytettiin 65:tä MTT:llä jo olemassa olevaa ohran ja vehnän mikrosatelliittia (Becker & Heun 1995, Liu ym. 1996, Ramsay ym. 2000). Saksasta saatujen mikrosatelliittien monistamisessa käytettiin kolmen alukkeiden menetelmää (Oetting ym. 1995), jossa mikrosatelliittia reunustavan alukeparin 5'-alukkeeseen päässä on M13-sekvenssin sisältävä häntä. Kolmannella alukkeella on sama M13-sekvenssi ja se on leimattu fluoresoivalla leimalla (Cy5, FAM, HEX tai TET). Menetelmän etuna on alukkeiden halvempi hinta, koska kaikki mikrosatelliitit käyttävät samaa leimattua aluketta. PCR-ohjelma ja -olosuhteet perustuivat artikkeliin Hackauf & Wehling (2002), mutta niistä jouduttiin kehittämään kaiken kaikkiaan 5 erilaista muunnosta. Omat ohjelmat ja reaktio-olosuhteet kehitettiin myös Lochow-Petkus -mikrosatelliiteille ja Saal & Wricke (1999) -mikrosatelliiteille, joiden monistamisessa käytettiin kahta aluketta, joista toinen oli leimattu fluoresoivalla leimalla (FAM tai HEX). Ohran ja vehnän mikrosatelliittien monistamisessa käytettiin julkaistuja menetelmiä (Becker & Heun 1995, Liu ym. 1996, Ramsay ym. 2000). PCR-reaktion jälkeen mikrosatelliitit havainnoitiin MegaBACE™ 500 Sequencer (Amersham Pharmacia Biotech) - tai ALFexpress™ (Pharmacia) -sekvenssointilaitteella.

RAPD-alukkeet tilattiin Operon Technologies'iltä (Alameda, Kalifornia) tai syntetisoitiin 392 DNA/RNA Synthesizer (Applied Biosystems) – syntetisaattorilla. Geenimerkit monistettiin seuraavalla PCR-ohjelmalla: 30 s

95 °C, 30 s 35 °C, 2 min 72 °C; vaiheita toistettiin 40 kertaa. Lisäksi alussa oli 3 min 30 s:n pituinen denaturaatiovaihe 95 °C:ssa ja 4 min:n pituinen ekstensiovaihe 72 °C:ssa. PCR-reaktiot tehtiin 25 µl:ssa sisältäen 10 ng DNA:ta, 15 pmol aluketta, 100 µM nukleotidejä, 0.75 U *Taq* polymeraasia (MBI Fermentas), 1.5 mM MgCl₂:a ja polymeraasivalmistajan (NH₄)₂SO₄ –puskuria.

REMAP-geenimerkkien monistamisessa käytettiin Schulman ym. (2004) esittämää PCR-ohjelmaa. Alukkeiden kiinnittymislämpötila oli 56 °C ja syklien määrä 35. PCR tehtiin 20 µl:ssa, joka sisälsi 40 ng DNA:ta, 5 pmol alukkeita ja 1 U *Taq* polymeraasia (MBI Fermentas). Puskurina käytettiin Failsafe D-puskuria (Epicentre), joka sisältää nukleotidit ja MgCl₂:n. IRAP-PCR-ohjelmassa alukkeiden kiinnittymislämpötila oli 60 °C, syklien määrä 45, puskurina MBI Fermentaksen (NH₄)₂SO₄ –puskuri, MgCl₂ –pitoisuus 1.5 mM ja nukleotidien pitoisuus 200 µM.

ISSR-geenimerkkien monistamisessa käytettiin samaa PCR-ohjelmaa kuin REMAP-menetelmässä. Myös PCR-olosuhteet olivat muuten samat, mutta käytettiin MBI Fermentaksen (NH₄)₂SO₄ –puskuria, MgCl₂ –pitoisuus oli 1.5 mM ja nukleotidien pitoisuus 200 µM.

Intronien ja eksonien raja-alueille suunniteltujen geenimerkkien monistamisessa käytettiin Rafalski ym. (2002) kuvaamaa PCR-menetelmää pienin muutoksin.

Koska *Ddw1*-lyhytkortisuusgeenin tiedetään sijaitsevan suhteellisen lähellä β-amylaasigeeniä (14 cM, Börner ym. 1999), tehtiin tähän geenimerkki, joka perustuu yhden nukleotidin polymorfiaan (SNP). Polymorfia löydettiin sekvenssoinnin avulla. SNP:n havainnoinnissa käytettiin MegaBACEn SNUpe-kittiä (Amersham Pharmacia Biotech).

β-amylaasigeenin sekvenssointi

Ohran β-amylaasigeenin sekvenssiin (D499999) perustuen suunniteltiin PCR-alukkeita ja monistettiin rukiin lyhytkortisuuspopulaation vanhemmista vastaavaa geeniä useassa osassa. Monistetut DNA-fragmentit puhdistettiin GFX-kitillä (Amersham Biosciences). TOPO TA kloonaukittia (Invitrogen) käytettiin ligoatiossa ja transformaatioissa. Plasmidi-DNA:t puhdistettiin CONCERT Rapid Plasmid Miniprep Systemillä (Life Technologies). Useita kloonveja kummastakin vanhemmaisgenotyypistä (EM-1, Voima) sekvenssoitiin MegaBACETM 500 Sequencer (Amersham Pharmacia Biotech)–laitteella.

Tilastolliset analyysit

JoinMap 2.0 ohjelman (Stam & van Ooijen 1995) avulla laadittiin geenikartta käyttäen LOD (logarithm of odds) -arvoa 3.0-10.0 kytKentäkriteerinä. Geeneettiset etäisyydet (cM=centiMorgan) laskettiin käyttäen Haldanen kartoitust-funktiota. Tähtikäidäntään vaikuttavat geenialueet etsittiin MAPMAKER/QTL 1.1 -ohjelmalla (Lander ym. 1987) käyttäen rajana LOD-arvoa 2.0. Geenimerkkien liittyminen kasvien pituuteen analysoitiin käyttämällä 1-suuntaista varianssianalyysiä ja genotyyppien parittaisissa vertailuissa TUKEYn testiä.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Mikrosatelliittien optimointi

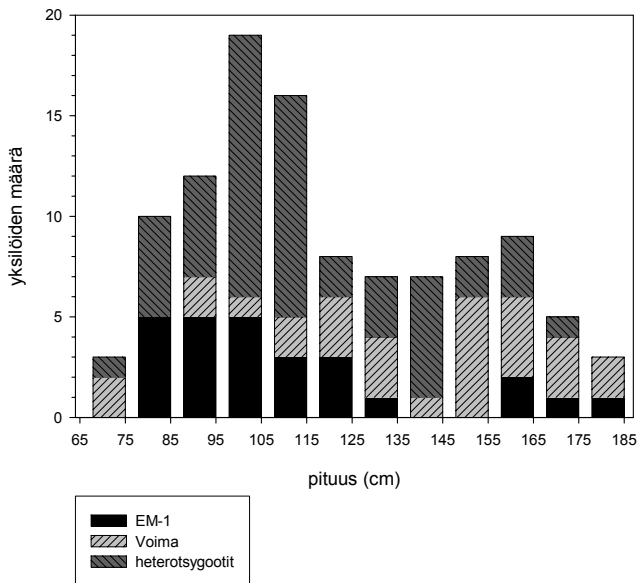
Rukiin (Hackauf & Wehling 2002) mikrosatelliittien monimuotoisuutta oli jo testattu Saksassa, joten sellaisia mikrosatelliitteja ei käytetty lainkaan, jotka eivät olleet osoittaneet monimuotoisuutta. Kaikkia mikrosatelliitteja ei saatu toimimaan tai ne olivat heikkoja, joten käyttökelpoisten Saksasta saatujen mikrosatelliittien määrä oli 110. Lochow-Petkus -mikrosatelliiteista 11 saatiin toimimaan ja Saal & Wricken (1999) mikrosatelliiteista 21. Ohran ja vehnän mikrosatelliiteista 50 toimi rukiilla. Käyttökelpoisia mikrosatelliitteja oli siten yhteensä 192 kpl.

Lyhytkortisuuteen liittyvän geenimerkin etsintä

Lyhytkortisuuspopulaation kasvien pituudet vaihtelivat 69:stä 179 cm:iin, keskiarvon ollessa 117.4 ± 29.4 cm (Kuva 2).

Lyhytkortisuuteen liittyvää geenimerkkiä etsittiin bulkkimenetelmän avulla. Mikrosatelliiteista testattiin vain 133, koska jätettiin pois ne, joiden tiedettiin sijaitsevan jossain muussa kromosomissa kuin 5:ssa (Dr. Hackauf, BAZ, henkilökohtainen tiedonanto). Lisäksi testattiin 413 RAPD-, 5 IRAP-, 10 ISSR ja 19 introni/eksonialuketta sekä 165 REMAP-alueyhdistelmää. Niillä geenimerkeillä, joilla löytyi bulkkien välisiä eroja, testattiin bulkkien kasvit erikseen. Viisi näistä näytti lupaavalta, joten niillä analysoitiin koko lyhytkortisuuspopulaatio. Lisäksi koko populaatio analysoitiin viidellä 5-kromosomissa sijaitsevalla vanhemmissa monimuotoisella mikrosatelliitilla, vaikka bulkit eivät osoittaneetkaan eroja, sekä SNP-merkillä. Yhteensä koko populaatio analysoitiin siis 11 geenimerkillä. Varianssianalyysin mukaan (Taulukko 1) neljä geenimerkkiä, joista kaksi löytyi bulkkianalyysin avulla (R6 ja EM2), liittyi lyhytkortisuuteen. Paras geenimerkeistä oli β -amylaasigeeniin kehitetty SNP-merkki. Jos jalostaja valitsee EM-1-alleelin

suhteen homotsygootit yksilöt, tulee mukaan 15 % (4/26) pitkiä (Kuva 2). Todellista virheen suuruutta ei kuitenkaan pysty päättämään, koska osa näistä SNP-merkin suhteen homotsygooteista yksilöistä saattaa olla heterotsygooteja *Ddw1*-geenin suhteen. Toisaalta virheen suuruus (15 %) korreloi hyvin *Ddw1*- ja β -amylaasigeenien etäisyyden kanssa (14 cM, Börner ym. 1999). Virheellisesti valitut pitkät kasvit eivät aiheuta ongelmia, koska ne on helppo tunnistaa.



Kuva 2. Lyhytkortisuuspopulaation kasvien pituudet ja SNP-genotyyppien esiintyminen eri pituusluokissa.

Taulukko 1. Rukiin lyhytkortisuusgeeniin *Ddw1* liittyvät ($P < 0.05$) geenimerkit (WMS6 = vehnän mikrosatelliitti, R6 = RAPD-merkki, EM2 = introni/eksonialueelle suunniteltu geenimerkki, SNP = β -amylaasigeeniin kehitetty geenimerkki) varianssianalyysin (F testisuure) perusteella. R^2 = se osa kokonaisvaihtelusta, joka selittyy geenimerkki-genotyyppiluokilla. Pituuksien keskiarvot esitetty eri genotyyppiluokissa: A = homotsygootit EM-1 -alleelin suhteen, B = homotsygootit Voiman alleelin suhteen, H = heterotsygootit, C = näkyvä alleeli peräisin EM-1:ltä (dominoiva geenimerkki). Yksilöiden määrä vaihteli 100:sta 107:ään.

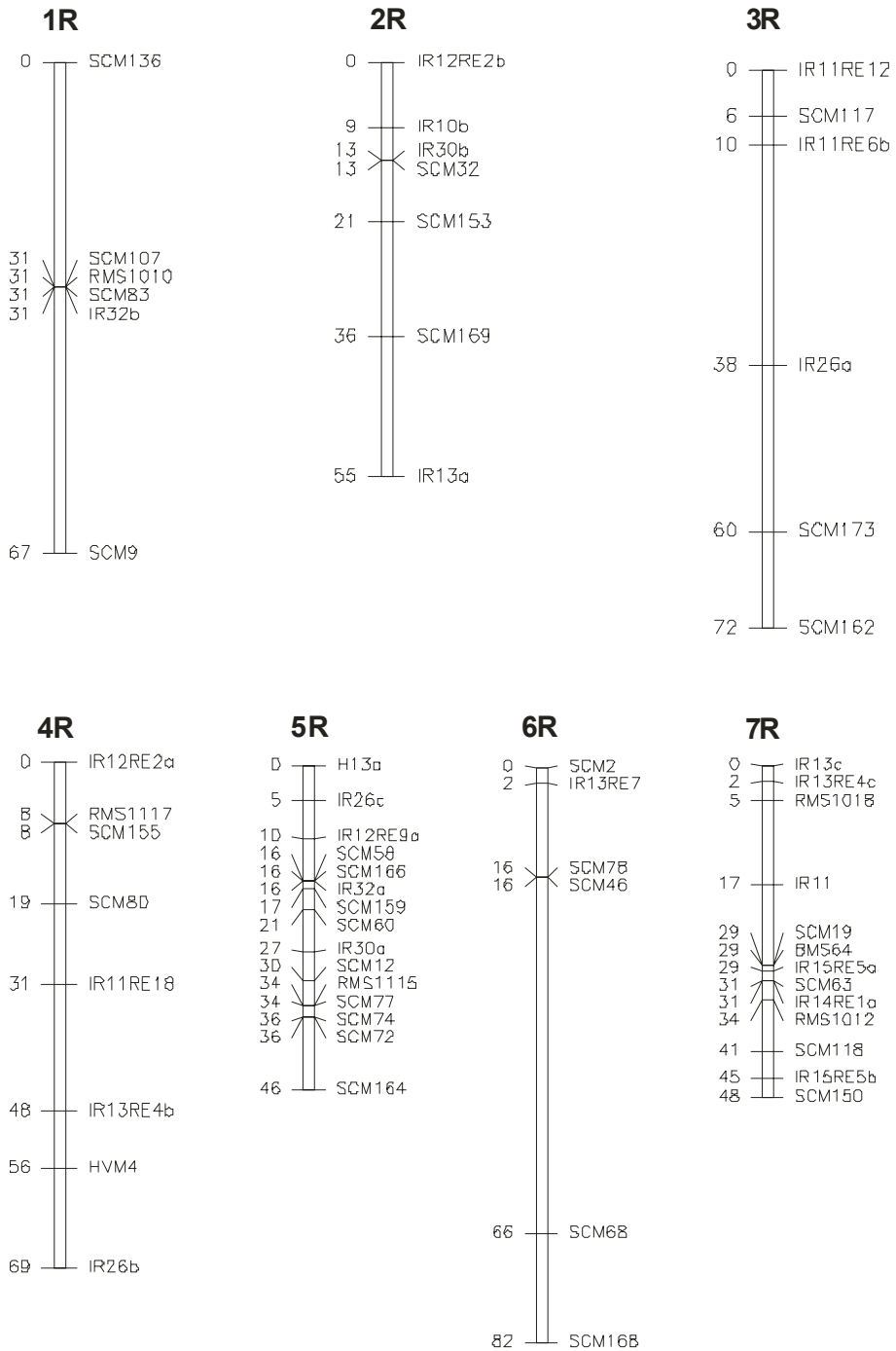
Geeni- merkki	R^2	F	P	Pituuden ka. \pm SD			
				A	H	B	C
WMS6	0,08	4,1	0,019	109,6 \pm 24,5	114,8 \pm 29,5	129,7 \pm 31,3	
R6	0,08	9,0	0,003			130,9 \pm 32,1	112,0 \pm 27,1
EM2	0,06	6,9	0,010			130,6 \pm 34,7	113,0 \pm 27,0
SNP	0,15	9,1	0,000	108,4 \pm 28,9	111,5 \pm 24,6	135,7 \pm 30,7	

Bulkkimenetelmällä löytyi siis vain kaksi lyhytkortisuuteen liittyvää geenimerkkiä. Tämä johtui ainakin siitä, että koska bulkkisyksilöt oli valittu pituuden perusteella, lyhyt bulkki sisälsi *Ddw1*-geenin suhteen heterotsygotteja yksilöitä, mikä vaikeutti merkin löytämistä. Toisaalta *Ddw1*-geeni sijaitsee lähellä kromosomin päätä, minkä vuoksi merkkien löytäminen voi olla vaikeaa ainakin toiselle puolelle geeniä. Toisaalta vaikka testattujen merkkien määrä olikin aika suuri, se ei ehkä kuitenkaan ollut riittävä.

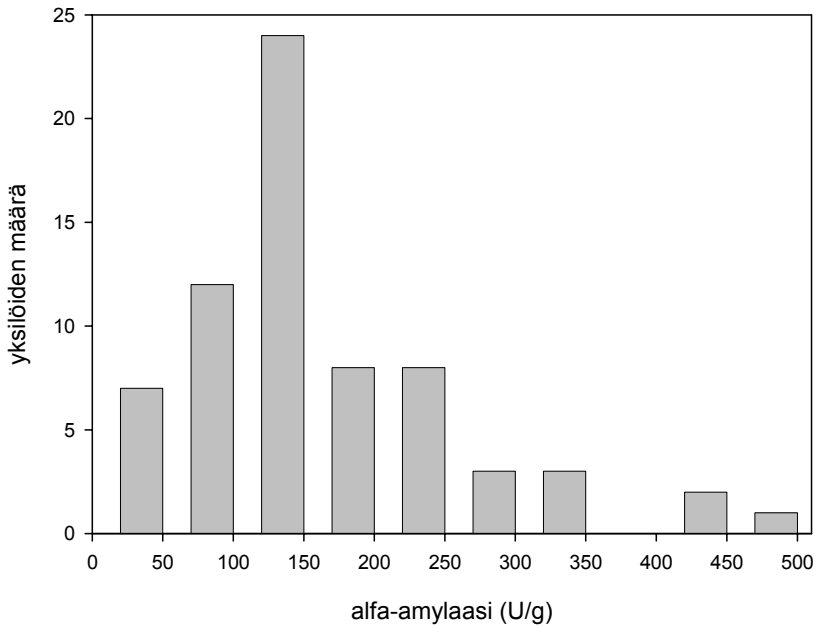
Geenikartta ja tähkäidäntään liittyvät geenialueet

Tähkäidäntäpopulaation vanhemmissa monimuotoisia geenimerkkejä löytyi seuraavasti: 57 mikrosatelliittia, 122 RAPD-aluketta, 6 ISSR-aluketta, 13 IRAP-aluketta ja 63 REMAP-alueparia. Koko populaatiossa analysoitiin yhteensä 79 geenimerkkiä. Etukäteen tiedettiin joidenkin mikrosatelliittien sijainti (Saal & Wricke 1999, Hackauf & Wehling 2001, Wehling ym. 2003 sekä Dr. Hackauf, BAZ, henk.koht. tiedonanto). Geenimerkkien ryhmittelyssä käytettiin aluksi LOD-arvoa 5.0, mutta jotta kromosomit 5R ja 7R saataisiin erilleen, jouduttiin niiden kohdalla raja nostamaan 10.0:een. Toisaalta jotta kaikki geenimerkit saatiin kromosomeihin 3R ja 6R, jouduttiin raja alentamaan niiden kohdalla 3.0:een. Kaikki rukiin kromosomit pystyttiin tunnistamaan ja kartta (Kuva 3) sisältää yhteensä 61 geenimerkkiä: 37 mikrosatelliittia, yhden RAPD-, 11 IRAP- ja 12 REMAP- geenimerkkiä. 18 geenimerkkiä ei sijoittunut mihinkään kromosomiin. Kartan kokonaispituus on 439 cM.

Alfa-amylaasiaktiivisuustulokset saatiin vain 68 tähkäidäntäpopulaation kasvista, koska osa siemenistä oli huonoja tai ne eivät itäneet kunnolla. Tämä johtuu kaksoishaploidien kasvien fertiilisuuden alentumisesta. Alfa-amylaasiaktiivisuus vaihteli populaatiossa välillä 21-458 U/g (Kuva 4). Tähkäidäntään vaikuttavia geenialueita löytyi kromosomeista 2R, 3R ja 5R.



Kuva 3. Rukiin geenikartta. SCM, RMS, HVM4, BMS64 = mikrosatelliitit, IR = IRAP- ja REMAP-geenimerkit. H13a = RAPD. Pituusakseli (cm) kunkin kromosomin vasemmalla puolella.



Kuva 4. Alfa-amylaasiaktiivisuus (4 vrk:n tulos – 2 vrk:n tulos) tähkäidäntäpulaatioissa.

Johtopäätökset

Lyhytkortisuuteen erittäin läheisesti liittyvää geenimerkkiä ei tutkimuksen aikana löytynyt. Kehitettyä SNP-merkkiä jalostaja voi kuitenkin käyttää merkkiavusteisessa valinnassa, koska sen virhemarginaali (15%, jos valitaan homotsygootteja EM-1 alleelin suhteen) on vielä hyväksyttävä ja varsinkin koska muuta yksinkertaista tapaa erottaa homo- ja heterotsygotit lyhyet kasvit ei ole. Lähempänä *Ddw1*-geeniä sijaitsevan merkin etsimistä kuitenkin vielä jatketaan ja tässä voidaan käyttää hyväksi geenikartasta saatavaa tietoa. Lisäksi joitain bulkkituloksia vielä tarkistetaan ottaen huomioon, että lyhyt bulkki sisältää myös heterotsygootteja kasveja. Koskaan aikaisemmin ei ruikiin geenikarttaa ole laadittu käyttäen kaksoishaploidipopulaatiota. Geenikartta on vasta alustava (61 geenimerkkiä) ja joidenkin geenimerkkien väliset etäisyydet ovat aika pitkiä. Tavoitteena on täydentää karttaa niin, että geenimerkkien kokonaismäärä olisi 200. Vasta täydellisemmän kartan avulla voidaan päätellä tähkäidäntään vaikuttavien geenialueiden lukumäärä ja kunkin alueen vaikutuksen suuruus. Lähellä näitä alueita sijaitsevia geenimerkkejä jalostaja voi käyttää merkkiavusteisessa valinnassa.

Kirjallisuus

- Becker, J. & Heun, M. 1995. Barley microsatellites: allele variation and mapping. *Plant Molecular Biology* 27: 835-845.
- Bednarek, P.T., Masojc, P., Lewandowska, R. & Myskow, B. 2003. Saturating rye genetic map with amplified fragment length polymorphism (AFLP) and random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers. *Journal of Applied Genetics* 44: 21-33.
- Börner, A. & Korzun, V. 1998. A Consensus linkage map of rye (*Secale cereale* L.) including 374 RFLPs, 24 isozymes and 15 gene loci. *Theoretical and Applied Genetics* 97: 1279-1288.
- Börner, A., Korzyn, V., Voylokov, A.V. & Weber, W.E. 1999. Detection of quantitative trait loci on chromosome 5R of rye (*Secale cereale* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 98: 1087-1090.
- Hackauf, B. & Wehling, P. 2001. Development of microsatellite markers in rye: map construction. Teoksessa: Proceedings of the EUCARPIA Rye Meeting, Plant Breeding and Acclimatization Institute, Radzikow, Poland, July 4-7, 2001. s. 333-340.
- Hackauf, B. & Wehling, P. 2002. Identification of microsatellite polymorphisms in an expressed portion of the rye genome. *Plant Breeding* 121: 17-25.
- Immonen, S. & Anttila, H. 1996. Success in anther culture of rye. *Vorträge für Pflanzenzüchtung* 35: 237-244.
- Immonen, S. & Anttila, H. 1998. Impact of microspore developmental stage on induction and plant regeneration in rye anther culture. *Plant Science* 139: 213-222.
- Immonen, S., Tauriainen, A. & Manninen, O. 1999. Assessment of green regenerants from rye and triticale anther cultures. Teoksessa: Clement, C. ym. (toim.). *Anther and Pollen, From Biology to Biotechnology*. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag. s. 237-245.
- Immonen, S. & Tenhola-Roininen, T. 2003. Protocol for rye anther culture. Teoksessa: Maluszynski, M. ym. (toim.). *Doubled haploid production in crop plants: a manual*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. s. 141-150.
- Kalendar, R., Grob, T., Regina, M., Suoniemi, A. & Schulman, A. 1999. IRAP and REMAP: two new retrotransposon-based DNA fingerprinting techniques. *Theoretical and Applied Genetics* 98: 704-711.

- Kobyliansky, V.D. 1972. On genetics of the dominant factor of short-strawed rye. *Genetika* 8: 12-17.
- Korzun, V., Malyshev, S., Kartel, N., Westermann, T., Weber, W.E. & Börner, A. 1998. A genetic map of rye (*Secale cereale* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 96: 203-208.
- Korzun, V., Malyshev, S., Voylokov, A.V. & Börner, A. 2001. A genetic map of rye (*Secale cereale* L.) combining RFLP, isozyme, protein, microsatellite and gene loci. *Theoretical and Applied Genetics* 102: 709-717.
- Korzun, V., Melz, G. & Börner, A. 1996. RFLP mapping of the dwarfing (*Ddw1*) and hairy peduncle (*Hp*) genes on chromosome 5 of rye (*Secale cereale* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 92: 1073-1077.
- Kwok, P.-Y. 2001. Methods for genotyping single nucleotide polymorphisms. *Annual Review of Genomics and Human Genetics*. s. 235-258.
- Lander, E.S., Green, P., Abrahamson, J., Barlow, A., Daly, M.J., Lincoln, S.E. & Newburg, L. 1987. MAPMAKER: An interactive computer package for constructing primary genetic linkage maps of experimental and natural populations. *Genomics* 1: 174-181.
- Li, G. & Quiros, C.F. 2001. Sequence-related amplified polymorphism (SRAP), a new marker system based on a simple PCR reaction: its application to mapping and gene tagging in *Brassica*. *Theoretical and Applied Genetics* 103: 455-461.
- Litt, M. & Luty, J.A. 1989. A hypervariable microsatellite revealed by in vitro amplification of a dinucleotide repeat within the cardiac muscle actin gene. *American Journal of Human Genetics* 44: 397-401.
- Liu, Z.W., Biyashev, R.M. & Saghai Maroof, M.A. 1996. Development of simple sequence repeat DNA markers and their integration into a barley linkage map. *Theoretical and Applied Genetics* 93: 869-876.
- Loarce, Y., Hueros, G. & Ferrer, E. 1996. A molecular linkage map of rye. *Theoretical and Applied Genetics* 93: 1112-1118.
- Ma, X.-F., Wanous, N.K., Houchins, K., Rodriguez Milla, M.A., Goicoechea, P.G., Wang, Z., Xie, M. & Gustafson, J.P. 2001. Molecular mapping in rye (*Secale cereale* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 102: 517-523.
- Masojc, P., Myskow, B. & Milczarski, P. 2001. Extending a RFLP-based genetic map of rye using random amplified polymorphic DNA (RAPD) and isozyme markers. *Theoretical and Applied Genetics* 102: 1273-1279.
- Melz, G. 1989. Beiträge zur Genetik des Roggens (*Secale cereale* L.). DSc thesis. Berlin, 173 s.

- Melz, G., Schlegel, R. & Thiele, V. 1992. Genetic linkage map of rye (*Secale cereale* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 85: 33-45.
- Michelmore, R.W., Paran, I. & Kesseli, V. 1991. Identification of markers linked to disease-resistance genes by bulked segregant analysis: A rapid method to detect markers in specific genomic regions by using segregating populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 88: 9828-9832.
- Mullis, K.B. & Faloona, F.A. 1987. Specific synthesis of DNA *in vitro* via a polymerase-catalyzed chain reaction. *Methods of Enzymology* 155: 335-350.
- Murashige, T. & Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15: 473-497.
- Oetting, W.S., Lee, H.K., Flanders, D.J., Wiesner, G.L., Sellers, T.A. & King, R.A. 1995. Linkage analysis with multiplexed short tandem repeat polymorphisms using infrared fluorescence and M13 tailed primers. *Genomics* 30: 450-458.
- Ouyang, J. 1989. A synthetic medium (W14 medium) for wheat anther culture. *Teoksessa: Annual report for 1988, Institute of Genetics, Academia Sinica.* s. 91-92
- Philipp, U., Wehling, P. & Wricke, G. 1994. A linkage map of rye. *Theoretical and Applied Genetics* 88: 243-248.
- Poulsen, G.B., Kahl, G. & Weising, K. 1993. Abundance and polymorphism of simple repetitive DNA sequences in *Brassica napus* L. *Theoretical and Applied Genetics* 85: 994-1000.
- Rafalski, A., Madej, L., Wisniewska, I. & Gawel, M. 2002. The genetic diversity of components of rye hybrids. *Cellular & Molecular Biology Letters* 7: 471-475.
- Ramsay, L., Macaulay, M., degli Ivanissevich, S., MacLean, K., Cardle, L., Fuller, J., Edwards, K.J., Tuveesson, S., Morgante, M., Massari, A., Maestri, E., Marmioli, N., Sjakste, T., Ganai, M., Powell, W. & Waugh, R. 2000. A simple sequence repeat-based linkage map of barley. *Genetics* 156: 1997-2005.
- Saal, B. & Wricke, G. 1999. Development of simple sequence repeat markers in rye (*Secale cereale* L.). *Genome* 42: 964-972.
- Saal, B. & Wricke, G. 2002. Clustering of amplified fragment length polymorphism markers in a linkage map of rye. *Plant Breeding* 121: 117-123.
- Saiki, R.K., Scharf, S., Faloona, F., Mullis, K.B., Horn, G.T., Erlich, H.A. & Arnheim, N. 1985. Enzymatic amplification of β -globin genomic se-

- quences and restriction site analysis for diagnosis of sickle cell anemia. *Science* 230: 1350-1354.
- Schlegel, R. & Melz, G. 1996. Genetic linkage map of rye (*Secale cereale* L.). *Vorträge für Pflanzenzüchtung* 35: 311-321.
- Schulman, A.H., Flavell, A.J. & Ellis, T.H.N. 2004. The application of LTR retrotransposons as molecular markers in plants. *Teoksessa: Miller, W.J. & Capy, P. (toim.). Mobile genetic elements and their application in genomics. Totawa N.J., Humana Press.(painossa).*
- Senft, P. & Wricke, G. 1996. An extended genetic map of rye (*Secale cereale* L.). *Plant Breeding* 115: 508-510.
- Stam, P. & Van Ooijen, J.W. 1995. JoinMap (tm) version 2.0: Software for the calculation of genetic linkage maps. CPRO-DLO, Wageningen.
- Sturm, W. & Engel, K.-H. 1980. Trisome analysis of HI allele of short strawiness in *Secale cereale* L. *Archiv für Züchtungsforschung* 10: 31-35.
- Wang, X. & Hu, H. 1984. The effect of potato II medium for triticale anther culture. *Plant Science Letters* 36: 237-239.
- Wehling, P., Linz, A., Hackauf, B., Roux, S.R., Ruge, B. & Klocke, B. 2003. Leaf-rust resistance in rye (*Secale cereale* L.). 1. Genetic analysis and mapping of resistance genes *Pr1* and *Pr2*. *Theoretical and Applied Genetics* 107: 432-438.
- Welsh, J. & McClelland, M. 1990. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. *Nucleic Acids Research* 18: 7213-7218.
- Williams, J.G.K., Kubelik, A.R., Livak, K.J., Rafalski, J.A. & Tingey, S.V. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Research* 18: 6531-6535.
- Zietkiewicz, E., Rafalski, A. & Labuda, D. 1994. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. *Genomics* 20: 176-183.

Rukiin kylvöaikatutkimus 1987-1992

Antti Laine¹⁾ ja Katri Pakkala²⁾

¹⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Alueellinen yksikkö, Loionais-Suomen tutkimusasema, Saarentie 220, 23120 Mietoinen, antti.laine@mtt.fi

²⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinviljely ja biotekniikka, Kasvinviljely, 31600 Jokioinen, katri.pakkala@mtt.fi

Tiivistelmä

Vuosina 1987-1992 järjestettiin kymmenellä silloisen Maatalouden tutkimuskeskuksen tutkimusasemalla koesarja, jossa selvitettiin mahdollisuuksia syysrukiin kylvöajan pidentämiseen kasvinsuojelua ja kylvömäärää hyväksikäytäten. Yhtä koetta lukuun ottamatta kaikissa tutkimuksissa käytettiin Voimalajiketta. Aineiston laajuuden johdosta tutkimusaineisto jaettiin alueellisesti kolmeen osaan.

Etelä-Suomessa suurimman sadon tuottivat elokuun puolivälistä loppukuulle sijoittuneet kylvöt. Kasvinsuojelulla saatiin hieman lisää satoa varhaisimmasa kylvössä. Suurempi vaikutus satoon oli kylvömäärällä. Kylvömäärän pienentäminen vähensi satoa noin 200 kg/ha. Suositeltavin kylvöaika Etelä-Suomeen oli aineiston perusteella elokuun puolivälistä kuun loppuun.

Länsi-Suomessa parhaat sadot saatiin, samoin kuin Etelä-Suomessa, elokuun puolivälistä kuun loppuun ajoittuneilla kylvöillä, pienempien talvituhojen johdosta. Ajankohta sopi myös rukiin kylvöaikasuosituksiksi Länsi-Suomeen. Kasvinsuojelu ja normaali kylvömäärä osoittautuivat yleisesti parhaaksi menetelmäksi.

Sisä-Suomessa lähinnä ruskearuosteen torjuntaan tarkoitetun kasvinsuojeluruiskutuksen merkitys korostui. Vaikka kylvöajat eivät vaikuttaneet tilastollisesti merkittävästi satoihin, syyskuussa myöhään kylvetty ruis kärsi suurimmista talvituhosta, ja sen sato jäi pienemmäksi kuin aiemmin kylvetyillä rukiilla. Syysrukiin kylvöaikasuosituksiksi Sisä-Suomeen soveltui elokuun viimeinen viikko.

Avainsanat: ruis, kylvöaika, kasvinsuojelu, kylvötiheys, sato, talvivauriot

Sowing time trials with winter rye in 1987-92

Antti Laine¹⁾ and Katri Pahkala²⁾

¹⁾ MTT Agrifood Research Finland, Regional unit, Southwest Finland Research Station, Saarentie 220, FIN-23120 Mietoinen, Finland, antti.laine@mtt.fi

²⁾ MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Crops and Biotechnology, Crop Science, FIN-31600 Jokioinen, Finland, katri.pahkala@mtt.fi

Abstract

Sowing time trials for rye were carried out at ten experimental stations of the Agricultural Research Centre of Finland during 1987-1992 to investigate possibilities for extending sowing time through plant protection and adjusting sowing density. Research data were analysed according to division into three regions.

In southern Finland, the highest grain yields were obtained when rye seed was sown from mid to the end of August. Plant protection did not increase yield substantially at the earlier sowing time. Sowing density had a great effect on yield. By decreasing sowing density from 500 - 300 viable seeds/m², grain yield decreased by about 200 kg/ha. The optimal sowing time in southern Finland was from mid-August to the end of the month under prevailing conditions.

In western Finland, as in southern Finland, the highest yields were recorded when sowing took place from the middle to the end of August. At the earliest (10th August) and latest (10th September) sowing times, winter injury was highest. Plant protection and normal sowing density presented the best option for maximum yields in western Finland.

The importance of plant protection was more obvious in central Finland. There was no statistically significant sowing time effect. However, late sown rye suffered from the heaviest winter damage and its yield remained lower than at other sowing times. The last week of August was the most suitable time for sowing rye in central Finland.

Key words: winter rye, Secale cereale, sowing time, plant protection, sowing density, yield, winter damage

Johdanto

Ensimmäiset rukiin kylvöaikakokeet perustettiin Maatalouden tutkimuskeskuksessa Tikkurilassa 1920-luvun loppupuolella. Koesarjat olivat pisimmillään jopa 30 vuoden mittaisia (Valle 1958). Jo tuolloin haettiin vastausta rukiin oikeaksi kylvöajaksi tilanteessa, jossa kahukärpäset ja ruskearuoste aiheuttivat ajoittain suuria tuhoja (Linnomäki 1958). Kylvöaikakokeita jatkettiin 1960- ja 1970-luvuilla ruislajikkeiden vaihtuessa ja kasvinsuojeluaineiden tullessa mukaan talvituhojen ja kahukärpästen torjuntaan (Rantanen 1979). Vuonna 1987 perustettiin kymmenellä Maatalouden tutkimuskeskuksen toimipaikalla koesarja, jossa pyrittiin hakemaan pidennystä suositeltuihin rukiin kylvöaikoihin. Sateet olivat usein haittana parhaaseen syysrukiin kylvöaikaan, minkä johdosta syyskylvöalat pyrkivät jäämään pieniksi. Ruskearuoste ja kahukärpäset vaivasivat usein aikaisia kylvöjä. 1980-luvulla markkinoille tulleiden kasvitautien torjunta-aineiden (propikonatsoli, kauppanimi Tilt) avulla pyrittiin vähentämään ruskearuosteen aiheuttamia sadonalennuksia varhaisissa kylvöissä. Lisäämällä dimetooattia tautiruisikutteeseen torjuttiin kasvustossa mahdollisesti olevia kahukärpäsiä, jotka olivat varsinkin varhaisten kylvöaikojen riesana. Tutkimuksessa selvitettiin myös kylvötiheyden vaikutusta rukiin talvehtimiseen ja sadontuottoon.

Aineisto ja menetelmät

Vuosina 1988-1992 järjestettiin yhteensä kymmenellä Maatalouden tutkimuskeskuksen toimipaikalla rukiin kylvöaikaa selvittävä koesarja. Kokeita kylvettiin Jokioisten, Lounais-Suomen, Hämeen, Kymen, Satakunnan, Sata-Hämeen, Etelä-Pohjanmaan, Keski-Pohjanmaan, Keski-Suomen ja Karjalan toimipaikoille. Kylvöaikoja oli neljä, alkaen noin 10. elokuuta ja jatkuen viikon välein 10. syyskuuta asti. Neljän kylvöajan lisäksi muina tekijöinä kokeessa olivat kylvömäärä ja kasvuston tauti- ja tuholaisruiskutus. Tuholais- ja tautitorjunta ruiskutukseen käytettiin dimetooatin ja Tiltin tankkiseosta, joka ruiskutettiin viljojen kaksilehtiasteella. Kylvömääränä käytettiin 500 kpl/m² ja 300 kpl/ m². Esikasvit vaihtelivat kokeessa vuosittain ja koepaikoittain. Aikaisesta ensimmäisestä kylvöstä johtuen pääasiallisimmat esikasvit olivat kesanto ja nurmi. Lannoituksessa ja rikkakasvien torjunnassa huomioitiin koepaikan olosuhteet. Ruislajikkeena kokeessa oli Voima, ainoastaan yhtenä vuotena Kymenlaaksossa lajikkeena oli Kelpo-ruis.

Koemallina kenttäkokeissa oli osa-osaruutukoe. Aineiston analysointiin käytettiin SAS Mixed-proseduuria. Aineisto jaettiin alueellisesti kolmeen osaan tilastollista käsittelyä varten. Jakoperusteena käytettiin virallisten lajikekokeiden aluejaottelua syysrukiille. Etelä-Suomen alueeseen kuuluivat MTT:n Kymenlaakson ja Lounais-Suomen tutkimusasemat. Länsi-Suomeen luettiin mukaan Jokioinen, Satakunnan, Sata-Hämeen, Etelä-Pohjanmaan ja Keski-

Pohjanmaan tutkimusasemat ja Sisä-Suomeen Hämeen, Keski-Suomen ja Karjalan tutkimusasemat. Mallinnettaviksi muuttujiksi otettiin sato sekä talvituhon. Mallin kiinteinä muuttujina olivat kylvöaika, kasvinsuojelu ja kylvötiheys.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Etelä-Suomi

Etelä-Suomessa kylvöaika (*), kylvötiheys (***) , kylvöajan ja -tiheyden yhdysvaikutus (**) sekä kylvöajan ja kasvinsuojeluruiskutuksen yhdysvaikutus (**) olivat tilastollisesti merkitseviä ruissadon kuvaajia, kun satunnaismuuttujista vuosi, kylvön ja kasvukauden lopun välinen tehoisan lämpötilan summa (***) olivat mukana mallissa.

Etelä-Suomessa suurimman sadon tuotti toinen kylvöaika ja pienimmän ensimmäinen (Taulukko 1). Kylvömäärä 500 kpl/m² antoi noin 210 kg sadonlisän hehtaarilta verrattuna kylvömäärään 300 kpl/m². Kylvömäärän vaikutus satoon oli pienin toisessa kylvössä. Dimetooatin ja Tiltin käytöllä sadon lisää saatiin Etelä-Suomessa keskimäärin vain 37 kg/ha. Hyöty ruiskutuksesta saatiin vain aikaisimmista ensimmäisenä kylvöajankohtana. Kahukärpästen esiintymistä ei seurattu pyydyksin. Voidaan kuitenkin olettaa, että kahukärpäsiä ei ollut kovin runsaasti tutkimusvuosina, sillä ruiskutuksista saatiin vain vähäinen sadonlisä. Kasvitautilien torjunnan ja kahukärpäsen aiheuttamat tuhot ajoittuvat yleisesti varhaisimpiin kylvöihin (Anttinen 1958, Linnomäki 1958), mutta niiden torjunnan vaikutusta ei pystytty erottamaan toisistaan tässä tutkimuksessa. Koska kahukärpäsen aiheuttama vioituspaine ei ollut ilmeisen voimakas ja kahukärpäsen torjunta mahdollista, suositeltiin syysruikiin kylvöajaksi elokuun puolivälistä elokuun lopulle, mikä noudattelee Tikkurilassa vuosina 1963-66 ja 1969-71 suoritettujen kylvöaikakoikkeiden suositusta (Rantanen 1979, Mukula & Rantanen 1989), jolloin tehoisa lämpösumma on optimisadon tuottamiseksi jäljellä vielä 250 °C (Kuva 1).

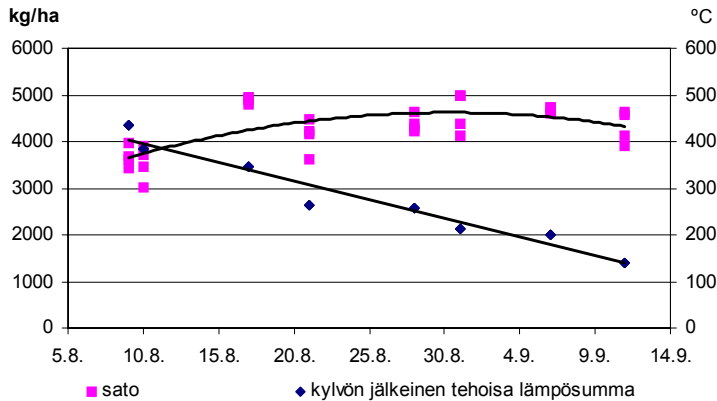
Talvituhojen määrään Etelä-Suomessa vaikutti tilastollisesti merkitsevästi ainoastaan kylvötiheys (***) , kun satunnaismuuttujina olivat kylvövuoden kylvönjälkeinen sademäärä ennen kasvukauden loppua. Ensimmäisessä kylvössä talvituhot olivat noin kaksinkertaiset muihin kylvöaikoihin nähden, kuitenkin ilman tilastollista merkitsevyyttä. Kasvinsuojeluruiskutus ei vähentänyt talvituhojen määrää. Normaalilla siemenmäärällä kylvetyssä kasvustossa arvioidut talvituhot olivat alhaisemmat kuin pienemmällä siemenmäärällä kylvetyssä. Ensimmäisessä kylvössä kasvinsuojelu vähensi hieman talvituhon, muissa kylvöissä ruiskutuksilla oli lievästi päinvastainen vaikutus.

Taulukko 1. Kylvöajan, kasvinsuojelun ja kylvötiheyden vaikutus syysrukiin satoon ja talvehtimiseen Etelä-Suomessa vuosina 1987-1992. Tilastollinen erojen merkitsevyys ($p < 0,05$) esitetty pienaakkosin.

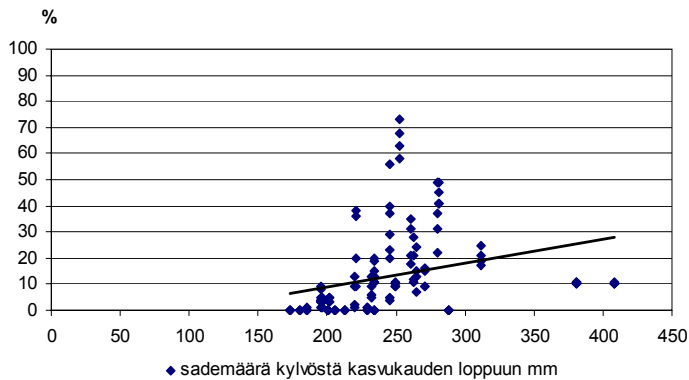
Kylvöaika	Kasvinsuojelu	Kylvötiheys kpl/m ²	Sato kg/ha	Talvituho %
1			3164 a	20 a
2			4011 b	10 a
3			3792 ab	12 a
4			3372 a	11 a
	Ei		3566 a	14 a
	Dimetoaatti +Tilt		3603 a	13 a
		500	3689 a	12 a
		300	3481 a	15 a
1	Ei	500	3161	23
1	Ei	300	2904	21
1	Dimetoaatti +Tilt	500	3464	17
1	Dimetoaatti +Tilt	300	3126	21
2	Ei	500	4002	8
2	Ei	300	3983	11
2	Dimetoaatti +Tilt	500	3974	9
2	Dimetoaatti +Tilt	300	4087	13
3	Ei	500	3992	10
3	Ei	300	3727	15
3	Dimetoaatti +Tilt	500	3855	10
3	Dimetoaatti +Tilt	300	3594	15
4	Ei	500	3551	8
4	Ei	300	3211	12
4	Dimetoaatti +Tilt	500	3513	8
4	Dimetoaatti +Tilt	300	3214	15

Kaikissa normaalilla siemenmäärällä kylvetyissä kasvustoissa talvituhot jäivät pienemmiksi kuin pienennetyllä siemenmäärällä kylvettäessä, ero kasvoi kohti viimeisiä kylvöjä. Kylvöajan, kasvinsuojelun ja kylvötiheyden yhdysvaikutuksessa ensimmäisenä kylvöaikana pienimmät talvituhot olivat normaalilla kylvötiheydellä ja kasvinsuojelukäsittelyn saaneilla orilla. Toisessa kylvössä ilman kasvinsuojeluruiskutusta normaalikylvötiheydellä kylvetyissä kasvustoissa talvituhojen määrä jäi hieman pienemmäksi kuin kasvinsuojeluruiskutuksen saaneissa. Myöhemmissä kylvöissä normaalin kylvötiheyden merkitys lisääntyi talvituhoja pienentävänä tekijänä eikä kasvitautien ja tuholaiten torjunnalla ollut enää vaikutusta. Viikissä vuosina 1977-79 tehdyissä kylvöaika- ja tiheyskokeissa kymmenen päivän myöhästyminen parhaasta kylvöajasta merkitsi 50 %:n siemenmäärän lisäystä, jotta optimi kylvötiheys voitiin saavuttaa pellolla (Pulli 1987).

Etelä-Suomessa kasvukausi jatkuu pidempään kuin muilla alueilla ja kylvön jälkeen kasvukauden aikana tullut sademäärä kohoaa varhaisissa kylvöissä Länsi- ja Sisä-Suomea korkeammaksi. Kaikki vuodet sisältävässä aineistossa sademäärän lisääntyessä Etelä-Suomessa talvituhojen määrä nousi, mikä näkyi sadon alenemisena (Kuva 2).



Kuva 1. Vuoden 1989 kylvönjälkeisen tehoisan lämpösumman kehittyminen ja vuoden 1990 ruissato Etelä-Suomessa.



Kuva 2. Kylvön ja kasvukauden lopun välisen ajan sademäärän vaikutus talvituhojen määrään Etelä-Suomessa 1987-1991.

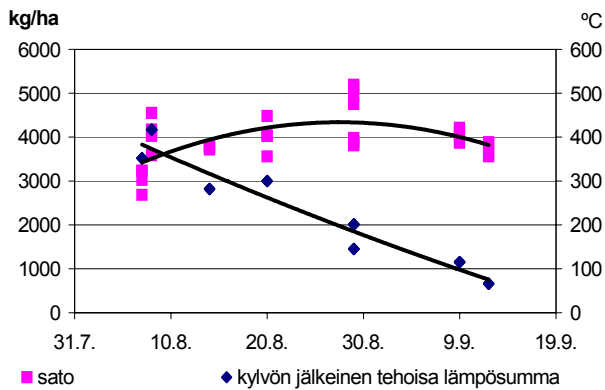
Länsi-Suomi

Länsi-Suomessa satoon vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi kasvinsuojeluruiskutus (*) ja kylvötiheys (*), kun satunnaismuuttujista satomallia selittivät vuosi, kylvön ja kasvukauden lopun välinen tehoisan lämpötilan summa (***)). Suurimmat sadot saatiin kasvinsuojeluruiskutuksella ja normaalilla kylvömäärällä 500 kpl/m² kaikkina muina kylvöaikoina paitsi myöhäisimpänä (Taulukko 2). Kasvitauti ja tuholaisruiskutuksella ei ollut yksinään tilas-

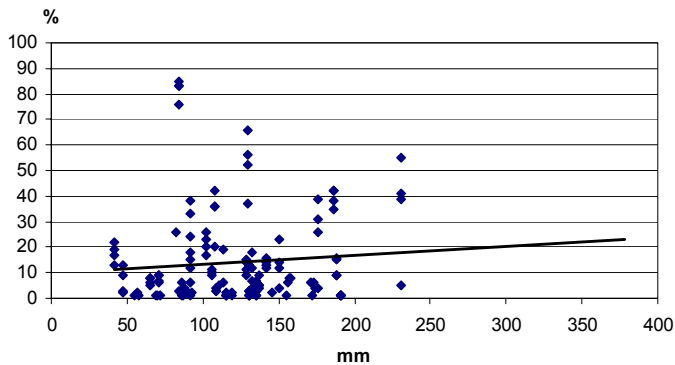
tollisesti merkittävää vaikutusta satoon. Talvituhojen määrään vaikutti kiinteistä tekijöistä tilastollisesti merkitsevästi ainoastaan kasvinsuojeluruiskutus (*), kun satunnaismuuttujista mallissa mukana oli lumettoman ajan pituus ennen kasvukauden alkua (*) ja kylvön jälkeinen sadesumma ennen kasvukaudenloppua (***) (Kuva 4). Talvituhot olivat suurimmat myöhäisimmässä ja pienimmät kolmannessa kylvössä. Eri kylvöaikoina talvituhot olivat pienimmät kasvinsuojeluruiskutuksella ja pienemmällä kylvömäärällä kahdessa ensimmäisessä kylvössä, kolmantena kylvöaikana talvituhot jäivät pienimmäksi normaalilla kylvötiheydellä ja kasvinsuojeluruiskutuksella tehdyissä kylvöissä. Myöhäisimmässä kylvössä vähiten talvituhoja oli normaalilla kylvötiheydellä kylvetyissä kasvustoissa, joissa ei oltu käytetty kasvitauti- eikä tuholaistentorjuntaa. Talvituhot olivat pienimmät toisessa ja kolmannessa kylvössä. Syyskuun kylvössä talvituhot olivat noin 40 % suuremmat kuin ensimmäisessä kylvössä. Kokeiden perusteella syysruis tuli kylvää talvituhojen lisääntymisen vuoksi Länsi-Suomessa elokuun loppuun mennessä, joka vastasi Etelä-Pohjanmaan koeaseman tuloksia vuosilta 1933-58 (Honkavaara 1958). Eri satovuosina Länsi-Suomessa optimisadon tuottamiseen riitti kylvön jälkeen 200-250 °C:een tehoisa lämpösumma (Kuva 3).

Taulukko 2. Kylvöajan, kasvinsuojelun ja kylvötiheyden vaikutus syysruikin satoon ja talvehtimiseen Länsi-Suomessa vuosina 1987-1992. Tilastollinen erojen merkitsevyys ($p < 0,05$) esitetty pienaakkosin.

Kylvöaika	Kasvinsuojelu	Kylvötiheys kpl/m ²	Sato kg/ha	Talvituho %
1			3393 a	14 ab
2			3882 a	10 a
3			3812 a	9 a
4			3819 a	20 ab
	Ei		3683 a	15 a
	Dimetooaatti +Tilt		3770 a	12 b
		500	3763 a	13 a
		300	3690 a	14 a
1	Ei	500	3350	16
1	Ei	300	3267	19
1	Dimetooaatti +Tilt	500	3537	13
1	Dimetooaatti +Tilt	300	3417	8
2	Ei	500	3868	10
2	Ei	300	3769	13
2	Dimetooaatti +Tilt	500	4046	10
2	Dimetooaatti +Tilt	300	3845	6
3	Ei	500	3823	8
3	Ei	300	3746	12
3	Dimetooaatti +Tilt	500	3873	5
3	Dimetooaatti +Tilt	300	3804	9
4	Ei	500	3801	18
4	Ei	300	3840	21
4	Dimetooaatti +Tilt	500	3803	21
4	Dimetooaatti +Tilt	300	3831	20



Kuva 3. Vuoden 1991 kylvönjälkeisen tehoisan lämpösumman kehittyminen ja vuoden 1992 ruissato Länsi-Suomessa.



Kuva 4. Kylvön ja kasvukauden lopun välisen ajan sademäärän vaikutus talvituhojen määrään Länsi-Suomessa 1987-1991.

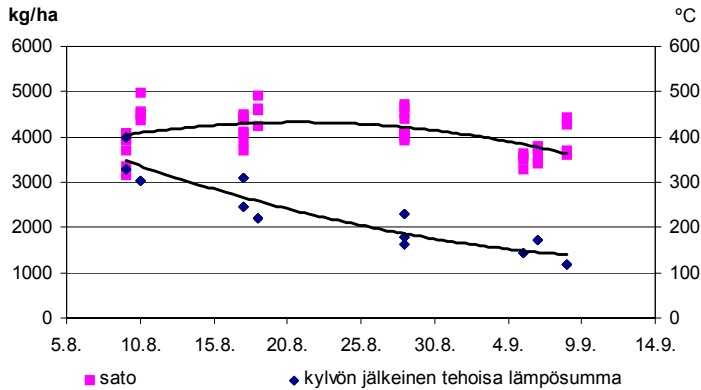
Sisä-Suomi

Sisä-Suomessa satomallissa kasvinsuojelu (**) oli tilastollisesti merkitsevä selittäjä, kun mallissa satunnaismuuttujina olivat vuosi ja kylvön jälkeinen tehoisan lämpötilan summa (***). Kylvöajoista myöhäisin antoi heikoimman

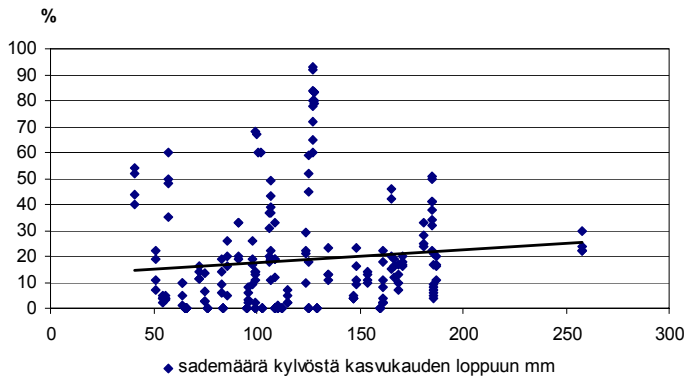
sadon, kolmen ensimmäisen kylvöajat osoittautuivat lähes samanveroisiksi (Taulukko 3). Kasvinsuojeluruiskutuksella (***) oli vaikutusta talvituhoihin, kun mallin satunnaisuuttujina olivat kylvövuosi, kylvön ja kasvukauden lopun välinen sadesumma (***) (Kuva 6) ja kylvövuoden maksimisademäärä (*). Talvituhot olivat kaikissa kylvöissä huomattavan suuria, viimeisessä ja ensimmäisessä kylvössä kuitenkin muita aikoja hieman suuremmat. Aikaisissa ja myöhäisissä kylvöissä esiintyi runsaasti talvituhoja myös vuosina 1933-53 Hämeen koeasemalla tehdyissä syysrukiin kylvöaikakokeissa, minkä perusteella kylvöaikasuosituksena syysrukiin kylvöille oli elokuun viimeinen viikko (Linnomäki 1958). Tämä aika oli sopivin myös tämän aineiston perusteella Sisä-Suomeen. Suurin sato saatiin kun tehoisaa lämpösummaa oli kylvön jälkeen vielä jäljellä 200-250 °C (Kuva 5).

Taulukko 3. Kylvöajan, kasvinsuojelun ja kylvötiheyden vaikutus syysrukiin satoon ja talvehtimiseen Sisä-Suomessa vuosina 1987-1992. Tilastollinen erojen merkitsevyys ($p < 0,05$) esitetty pienaakkosin.

Kylvöaika	Kasvinsuojelu	Kylvötiheys kpl/m ²	Sato kg/ha	Talvituhot %
1			3155 a	26 a
2			3268 a	19 a
3			3325 a	18 a
4			2693 a	28 a
	Ei		3031 a	25 a
	Dimetooaatti +Tilt		3189 b	21 b
		500	3130 a	23 a
		300	3089 a	22 a
1	Ei	500	3048	28
1	Ei	300	2922	26
1	Dimetooaatti +Tilt	500	3354	27
1	Dimetooaatti +Tilt	300	3295	23
2	Ei	500	3159	21
2	Ei	300	3169	20
2	Dimetooaatti +Tilt	500	3390	19
2	Dimetooaatti +Tilt	300	3353	18
3	Ei	500	3300	20
3	Ei	300	3310	18
3	Dimetooaatti +Tilt	500	3385	17
3	Dimetooaatti +Tilt	300	3304	17
4	Ei	500	2681	30
4	Ei	300	2661	32
4	Dimetooaatti +Tilt	500	2728	25
4	Dimetooaatti +Tilt	300	2700	25



Kuva 5. Vuoden 1989 kylvönjälkeisen tehoisan lämpösumman kehittyminen ja vuoden 1990 ruissato Sisä-Suomessa.



Kuva 6. Kylvön ja kasvukauden lopun välisen ajan sademäärän vaikutus talvituhojen määrään Sisä-Suomessa 1987-1991.

Tutkimusten perusteella annetut kylvöpäiväsuositukset heijastavat yleisesti tuohyönteisten esiintymistä ja kannan suuruutta sekä kasvitautien esiintymistä. Kylvöajat vaihtelevat alueittain ja vuosittain, tyypillistä rukiin kylvöajalle on kuitenkin päivän keskilämpötilan lasku 10 °C – 15 °C välille (Nut-tonson 1958). Riittävän ajoissa suoritettu kylvö muodostaa tärkeän tekijän kasvin säilymiselle ja sadon tuotolle pohjoisilla alueilla, joissa esiintyy talvituhoja. Liian myöhään suoritettu kylvö on joillain alueilla haitaksi syysrukiin sadolle.

Kirjallisuus

- Anttinen, O. 1958. Syysrukiin kylvöaikakokeet Pohjois-Pohjanmaan koeasemalla. Teoksessa: Mukula, J. (toim.) Maatalous ja koetoiminta 12. Helsinki: Maatalouden tutkimuskeskus. s. 154-158.
- Honkavaara, T. 1958. Syysviljojen kylvöaikakokeet Etelä-Pohjanmaan koeasemalla. Teoksessa: Mukula, J. (toim.) Maatalous ja koetoiminta 12. Helsinki: Maatalouden tutkimuskeskus. s. 177-187.
- Linnomäki, H. 1958. Syysrukiin kylvöaikakokeet Hämeen koeasemalla. Teoksessa: Mukula, J. (toim.) Maatalous ja koetoiminta 12. Helsinki: Maatalouden tutkimuskeskus. s. 147-153.
- Mukula, J. & Rantanen, O. 1989. Climatic risks to the yield and quality of field crops in Finland. 3. Winter rye 1969-1986. *Annales Agriculturae Fenniae* 28(1): 3-11.
- Nuttonson, M.Y. 1958. Rye-climate relationships and the use of phenology in ascertaining the thermal and photo-thermal requirements of rye. Washington D.C.: American institute of crop ecology, 219 s.
- Pulli, S. 1987 Rukiin kylvö ja talvehtiminen. Teoksessa: Symposium Rukiin Viljely. Jokioinen, 17.11.1986. Suomen Maataloustieteellisen seuran tiedote no.8. Suomen Maataloustieteellinen seura: Helsinki, s. 20-29.
- Rantanen, O. 1979. Rukiin kylvöaika Etelä-Suomessa. Koetoiminta ja käytäntö 36(10.7.1979); 26.
- Valle, O. 1958. Kylvöajan merkityksestä syysrukiin ja syysvehnän viljelyssä Etelä-Suomessa. Teoksessa: Mukula, J. (toim.). Maatalous ja koetoiminta 12. Helsinki: Maatalouden tutkimuskeskus. s. 159-176.

Kylvöajan ja kasvinsuojelun vaikutus rukiin versoutumiseen, sadonmuodostukseen ja laatuun

Katri Pahkala¹⁾, Antti Laine²⁾, Martti Vuorinen³⁾, Markku Niskanen⁴⁾, Kaija Hakala¹⁾, Erja Huusela-Veistola¹⁾, Heikki Jalli¹⁾, Hanna Avikainen¹⁾, Merja Eurola⁵⁾ ja Marjatta Salmenkallio-Marttila⁶⁾

¹⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

²⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Alueellinen yksikkö, Lounais-Suomen tutkimusasema, Saarentie 220, 23120 Mietoinen, antti.laine@mtt.fi

³⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Alueellinen yksikkö, Hämeen tutkimusasema, Myttäläntie 213, 36600 Pälkäne, martti.vuorinen@mtt.fi

⁴⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Alueellinen yksikkö, Etelä-Pohjanmaan tutkimusasema, Alapääntie 104, 61400 Ylistaro, markku.niskanen@mtt.fi

⁵⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Tutkimuspalvelut, Kemian laboratorio, 31600 Jokioinen, merja.eurola@mtt.fi

⁶⁾ VTT Biotekniikka, PL 1500, 02044 VTT, marjatta.salmenkallio-marttila@vtt.fi

Tiivistelmä

Tutkimus koostui kolmesta koesarjasta, joissa selvitettiin eri tyyppisten ruislajikkeiden kehittymiseroja syksyllä ja kasvuun lähtöä keväällä sekä lajikkeiden kasvutavan merkitystä talvehtimiseen, satoon ja laatuun eri aikaan kylvetyissä ruiskasvustoissa. Koesarjoissa tutkittiin kahden tai kolmen kylvöajan lisäksi kasvinsuojelutoimenpiteiden ja kylvötiheyden merkitystä eri lajikkeiden viljelyssä. Tutkimuspaikat olivat vuosina 1999–2001 Mietoinen, Jokioinen, Pälkäne ja kylvötiheystutkimuksessa 2001–2002 lisäksi Ylistaro. Lajikkeet olivat Anna, Amilo, Bor 7068 ja hybridit Esprit ja Picasso. Kylvötiheyskokeissa oli mukana myös Riihi.

Aikainen kylvö (viikko 32) lisäsi rukiin tuhoeläin-, kasvitauti- ja rikkakasviongelmia verrattuna myöhempiin kylvöaikoihin. Amilo ja hybridilajikkeet olivat alttiimpia lumihomeelle ja talvituhoille kuin kotimaiset jalosteet. Ne myös hyötyivät talvituhosienten torjuntaruiskutuksesta eniten. Normaaliin aikaan (viikko 34) tai myöhään (viikko 36) kylvettynä hybridilajikkeet versoivat syksyllä enemmän kuin suomalaiset jalosteet. Suurimmat sadot saatiin vuonna 2000 ja 2002 normaaliin aikaan ja vuonna 2001 myöhään kylvetyistä kasvustoista. Picasso osoittautui lajikkeista satoisimmaksi. Normaaliin aikaan kylvettäessä kylvösiemenmäärän vähentäminen 500 kpl/m²:sta ei vaikuttanut satoon merkittävästi. Myöhäisessä kylvössä siemenmäärä 350 kpl/m² vähensi satoa.

Avainsanat: ruis, Secale cereale, kylvöaika, kylvötiheys, sato, laatu, talvehtiminen, kasvinsuojelu

Effect of sowing time and plant protection on tillering, yield and quality of rye cultivars

Katri Pahkala¹⁾, Antti Laine²⁾, Martti Vuorinen³⁾, Markku Niskanen⁴⁾, Kaija Hakala¹⁾, Erja Huusela-Veistola¹⁾, Heikki Jalli¹⁾, Hanna Avikainen¹⁾, Merja Eurola⁵⁾ and Marjatta Salmenkallio-Marttila⁶⁾

¹⁾ MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, FIN-31600 Jokioinen, Finland, forename.surname@mtt.fi

²⁾ MTT Agrifood Research Finland, Regional Unit, Southwest Finland Research Station, Saarentie 220, FIN-23120 Mietoinen, Finland, antti.laine@mtt.fi

³⁾ MTT Agrifood Research Finland, Regional Unit, Häme Research Station, Myttäläntie 213, FIN-36600 Pälkäne, Finland, martti.vuorinen@mtt.fi

⁴⁾ MTT Agrifood Research Finland, Regional Unit, South Ostrobothnia Research Station, Alapääntie 15, FIN-61400 Ylistaro, Finland, markku.niskanen@mtt.fi

⁵⁾ MTT Agrifood Research Finland, Research Services, Chemistry Laboratory, 31600 Jokioinen, Finland, merja.eurola@mtt.fi

⁶⁾ VTT Biotechnology, P.O. Box 1500, FIN-02044 VTT, Finland, marjatta.salmenkallio-marttila@vtt.fi

Abstract

Three series of experiments were undertaken to investigate differences in development, overwintering, yield formation and quality of several rye cultivars sown at different times and sowing densities. Effects of plant protection measures in different variety-sowing time combinations were also studied. The field experiments were conducted in 1999 and 2000 at the MTT experimental sites of Jokioinen, Pälkäne and Mietoinen and also at Ylistaro in 2001. Early sowing encouraged pathogens, pests and weeds. The Polish cultivar Amilo, and the German hybrid varieties Esprit and Picasso were particularly vulnerable to snow mould and winter damage. Consequently they benefited from plant protection measures more than Finnish cultivars. The best yields were produced at normal sowing time with both recommended (500 viable seeds/m²) and decreased (350 viable seeds/m²) sowing densities. Late sowing required recommended sowing density. The highest yielding variety was the German hybrid Picasso.

Key words: winter rye, Secale cereale, sowing time, sowing density, yield, quality, overwintering, plant protection

Johdanto

Suomessa uusien ruislajikkeiden jalostamisessa tavoitellaan lyhytkortisia, tähkäidännänkestäviä ja korkean satopotentialin omaavia ruistyyppejä, joilla on hyvä versoutumiskyky ja talvenkestävyys. Jotta jalostustyö voitaisiin täysimääräisesti hyödyntää, on uusien lajikkeiden kasvutapa tunnettava ja otettava huomioon viljelyssä. Mukaan ovat tulleet myös keskieuropalaiset hybridilajikkeet. Kasvuston alkukehitys syksyllä tai kasvuun lähtö keväällä voivat vaihdella lajikkeittain siten, että se vaikuttaa satoon oleellisesti. Kylvövuoden syksyllä luodaan perusta seuraavan vuoden kasvuston ja satokomponenttien kehittymiselle, koska jo silloin ruis muodostaa pääosan satoa tuottavia versojaan.

Kylvöaikaa säätelemällä voidaan vaikuttaa ruiskasvuston kehittymiseen. Viljelysuositusten mukainen rukiin kylvöaika on elokuun viimeinen kolmannes (Salo 1998). Joskus rukiin kylvöön päästään sateisten tai liian kuivien säiden vuoksi vasta syyskuussa. Mitkä lajikkeet silloin pitäisi valita? Entä mitkä ovat myöhäisen kylvön vaikutukset satovuonna? Tutkimuksen lähtökohtana oli tarve selvittää, edellyttääkö rukiin uusien lajikkeiden viljely muutoksia viljelytekniikkaan. Kolmessa tutkimuksessa selvitettiin eri aikaan kylvettyjen eri tyyppisten ruislajikkeiden kehittymiseroja syksyllä ja kasvuun lähtöä keväällä sekä lajikkeiden kasvutavan merkitystä talvehtimiseen, sadonmuodotukseen ja sadon laatuun. Lisäksi koesarjoissa tutkittiin kasvinsuojelutoimenpiteiden ja kylvötiheyden merkitystä eri lajikkeiden viljelyssä.

Aineisto ja menetelmät

Kenttäkokeet

Kylvöaikatutkimus aloitettiin vuonna 1998, jolloin tutkittiin myöhäisen kylvön vaikutusta Jokioisilla. Vuosina 1999 ja 2000 perustettiin rukiin uusien lajikkeiden kylvöaikatutkimus, jossa verrattiin kolmea kylvöaikaa neljällä lajikkeella. Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin talvihuosioiden torjuntaa. Vuonna 2001 perustetussa tutkimuksessa selvitettiin kylvöajan lisäksi kylvötiheyden vaikutusta. Tutkimukset, tutkimusvuodet ja paikkakunnat on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Rukiin kylvöaikakokeiden kylvövuodet ja paikkakunnat.

Koesarja	Kylvövuodet	Paikkakunnat
Rukiin uusien lajikkeiden kylvöaika	1998, 1999, 2000	Mietoinen, Jokioinen, Pälkäne
Rukiin kylvömäärä eri kylvöaikoina	2001	Mietoinen, Jokioinen, Pälkäne, Ylistaro
Ruislajikkeet myöhäisessä kylvössä	1998	Jokioinen

Koemallina kaikissa kenttäkokeissa oli osa-osaruutukoe, jossa pääruudun tekijänä oli kylvöaika. Vuonna 2001 kylvetyissä kokeissa osaruudun tekijänä oli kylvötiheys, muina vuosina kasvinsuojelukäsittely. Osaosaruudun tekijänä oli lajike. Kenttäkokeista saatu aineisto muokattiin MS Excel-ohjelmalla ja käsiteltiin SAS-ohjelmistolla. Muuttujien vertailussa käytettiin varianssianalyysia. Mikäli varianssianalyysissä saatiin eroja koejäsenten välille, eroja tarkasteltiin kontrastien avulla. Tekstiin eroja on merkitty pääasiassa alle 5 %:n riskitasolla.

Rukiin uusien lajikkeiden kylvöaikatutkimus

Kokeiden perustaminen ja hoito

Ruislajikkeet Anna, Amilo, hybridilajike (Esprit vuonna 1999, Picasso vuonna 2000) ja Bor 7068 -linja kylvettiin MTT:n kasvinviljelyn koekentille Jokioisiin, Lounais-Suomen tutkimusasemalle Mietoisiin ja Hämeen tutkimusasemalle Pälkäneelle elo-syyskuussa 1999 ja 2000. Kylvöajat olivat viikolla 32 (aikainen), viikolla 34 (normaali) ja viikolla 36 (myöhäinen). Kasvinsuojelukäsittelynä oli talvituhosientien torjunta (kontrolli ja torjunta Sportak 45 EC -valmisteella). Kokeissa oli 3 – 5 kerrannetta.

Koko koealue kynnettiin yhdellä kertaa ennen ensimmäistä kylvöaikaa, sekä muokattiin ja lannoitettiin juuri ennen kutakin kylvöä. Kokeiden esikasvit, maan ravinnepitoisuus ja lannoitus on esitetty taulukossa 2. Ruutujen koko oli koepaikasta riippuen 10-12,5 m². Kylvösiementä käytettiin 500 itävää siementä neliometrille.

Taulukko 2. Rukiin uusien lajikkeiden kylvöaikatutkimuksen maalaji, esikasvi, maan ravinnepitoisuus ja lannoitus Mietoisisa, Jokioisilla ja Pälkäneellä vuosina 1999 ja 2000 perustetuissa tutkimuksissa.

Vuosi	Paikka	Maalaji	Esikasvi	pH	Ca	K	P	Mg	Lannoitus kg/ha NPK	
					mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	syksyllä	kevääällä
1999	Mietoinen	Hietasavi	Sänkikesanto	6,4	1900	235	16,0	362	35-19-41	100-0-3
	Jokioinen	Hietasavi	Nurmilaidun	5,9	2324	288	8,7	378	33-18-38	106-0-4
	Pälkäne	Hieno hieta	Avokesanto	5,6	1074	133	10,0	65	33-18-38	104-0-4
2000	Mietoinen	Hietasavi	Puna-apila	6,5	1955	209	22,0	311	6-15-54	90-0-3
	Jokioinen	Hietasavi	Nurmi	6,2	3070	223	10,3	530	33-18-38	106-0-4
	Pälkäne	Hieno hieta	Timotei	6,3	1180	89	15,0	85	33-18-38	65-0-3

Siemenet peitattiin talvituhosieniä vastaan Beret 050 FS -valmisteella lukuun ottamatta vuonna 1999 Esprit-lajiketta, joka oli peitattu Panocrine Plus -valmisteella. Sportak 45EC -ruiskutus tehtiin vuonna 1999 Jokioisilla 14.10., Pälkäneellä 19.10. ja Mietoisisa 30.11., ja vuonna 2000 Jokioisilla 26.10. ja Pälkäneellä 3.11. Mietoisten kokeessa ei tehty Sportak-ruiskutusta vuonna

2000. Vuonna 1999 Mietoisten koe sadetettiin 20 mm:n sadetuksella orastumisen varmistamiseksi, ja koealue ruiskutettiin 3.9.1999 dimetooatilla kahukärpästen runsaasta esiintymisestä johtuen. Vuonna 2000 rukiin oraiden ollessa 1,5-2 -lehtivaiheessa kaikki kokeet käsiteltiin hyönteistorjunta-aineella (deltametriini, Decis EC 0.3 l/ha). Rikkakasvit torjuttiin keväällä syysviljoille suositellulla rikkakasvihävitteellä (metsulfuroni-metyyli, Ally 20DF, 30 g/ha). Kasvunsääteitä ei käytetty. Taulukossa 3 on esitetty vuonna 1999 ja 2000 perustettujen kylvöaikakokeiden kylvö- ja korjuupäivät sekä kasvuston kehittyminen Jokioisilla, Mietoisissa ja Pälkäneellä.

Taulukko 3. Rukiin vuonna 1999 ja 2000 perustettujen kylvöaikakokeiden kylvöpäivät, orastuminen, tähkälle tulo, kukinnan alkaminen, keltatuleentuminen ja korjuupäivät Jokioisilla, Mietoisissa ja Pälkäneellä.

Kylvöaika	Kylvö	Orastuminen	Tähkälle	Kukinta alkaa	Tuleentuminen	Puinti
Vuosi 1999-2000						
Jokioinen						
Aikainen kylvö	11.8.	17.8.	27.5.	14.6.	11.8.	16.-20.8.
Normaali kylvö	24.8.	2.9.	27.5.	14.6.	11.8.	16.-22.8.
Myöhäinen kylvö	7.9.	20.9.	29.5.	14.6.	13.8.	22.-24.8.
Mietoinen						
Aikainen kylvö	9.8.	23.8.	27.5.	17.6.	6.8.	14.8.
Normaali kylvö	23.8.	2.9.	28.5.	16.6.	8.8.	16.8.
Myöhäinen kylvö	6.9.	2.10.	30.5.	17.6.	14.8.	22.8.
Pälkäne						
Aikainen kylvö	9.8.	16.8.	26.5.		11.8.	24.8.
Normaali kylvö	23.8.	30.8.	25.5.		10.8.	24.8.
Myöhäinen kylvö	6.9.	13.9.	27.5.		10.8.	24.8.
Vuosi 2000-2001						
Jokioinen						
Aikainen kylvö	11.8.	17.8.	5.6.	23.6.	8.8.	14.-20.8
Normaali kylvö	25.8.	5.9.	6.6.	23.6.	8.8.	14.-20.8
Myöhäinen kylvö	7.9.	21.9.	6.6.	23.6.	7.8.	14.-20.8
Mietoinen						
Aikainen kylvö	10.8.	16.8.	2.6.		3.8.	14.8.
Normaali kylvö	28.8.	6.9.	1.6.		2.8.	14.8.
Myöhäinen kylvö	7.9.	22.9.	2.6.		2.8.	14.8.
Pälkäne						
Aikainen kylvö	10.8.	16.8.	1.6.	21.6.	9.8.	15.-20.8
Normaali kylvö	24.8.	31.8.	2.6.	23.6.	10.8.	15.-20.8
Myöhäinen kylvö	7.9.	20.9.	3.6.	23.6.	10.8.	15.-20.8

Kasvustohavainnot ja -näytteet

Kasvustoista tehtiin tiheys- ja talvituhohavainnot 25.4.-15.5. välisenä aikana, korkeus mitattiin jyvän täyttymisvaiheessa, ja lakoontumishavainnot tehtiin ennen puintia. Syksyllä ja keväällä otettiin Sportak-käsitellyistä ruuduista 20 kasvin satunnaisnäyte. Näytteistä mitattiin kasvien pituus, lehtien ja versojen lukumäärä sekä oraiden kuivapaino. Näytteistä laskettiin myös kahukärpäsen (*Oscinella frit*) ja hesseninsääsken (*Mayetiola destructor*) toukkien ja koteloiden lukumäärät sekä niiden vioittamien kasvien määrät. Samoista kasvinäytteistä laskettiin rukiin ruskearuosteeseen (*Puccinia recondita* f.sp. *secalis*)

tartuttamien lehtien lukumäärä ja sairaiden kasvien määrä. Varhain keväällä vuonna 2000 otettiin lisäksi talvehtineista oraista näytteet vararavintosokeiden määrittystä varten. Kahukärpästen esiintymistä tarkkailtiin kaikilla koepaikoilla orastumisesta lokakuun alkuun saakka. Lumihometuhot (*Microdochium nivale*) havainnoitiin keväällä asteikolla 0-100. Rikkakasvit laskettiin koeruudittain kahdelta 0,25 m² näytealalta lokakuussa ja toukokuussa. Toukokuussa otettiin myös rikkakasvi- ja kasvustonäytteet, jotka kuivattiin ja punnittiin.

Sadon laatumääritykset

Kivennäisaineanalyysejä varten ruisnäytteet jauhettiin sakolukumyllyllä käyttäen 0,8 mm seulaa. Jauhetut näytteet säilytettiin pakastettuna muovirasioissa analysointiin asti. Näytteet analysoitiin MTT:n Kemian laboratoriossa. Typpi määritettiin Kjeldahl-menetelmällä (AOAC 1980). Alkuainemäärityksiä (Ca, K, Mg, P, Cu, Zn, Mn, Fe, Cd) varten näytteen orgaaninen aines hajotettiin märkäpoltolla väkevässä typpihapossa. Kadmium mitattiin plasmaemissiomassaspektrometrisesti (ICP-MS, Perkin Elmer Elan 6000) ja muut alkuaineet plasmaemissiospektrometrisesti (ICP, Thermo Jarrel Ash, Iris Advantage). Seleenimääritystä varten näytteet hajotettiin märkäpoltolla typpi-perkloori- ja rikkihapon seoksessa, seleeni pelkistettiin suolahapolla ja uutettiin orgaaniseen liuottimeen (Kumpulainen ym. 1983). Seleeni mitattiin grafiittiuuniatomisabsorptiospektrometrisesti (Varian SpectrAA 400) käyttäen Zeeman taustankorjausta. Jokaisessa näytesarjassa oli mukana sokea näyte ja vähintään yksi referenssimateriaali.

Kokonais- ja liukoinen ravintokuitu määritettiin gravimetrisesti (Asp ym. 1983), kokonais- ja liukoinen pentosaani määritettiin kolorimetrisesti (Douglas 1981) ja β -glukaani entsyymaattisesti Megazyme-menetelmällä (McCleary & Codd 1991). α -Amylaasi-aktiivisuus määritettiin käyttäen p-nitrofenylmaltoheptosidia substraattina (McCleary & Sheehan 1987). Endo- β -ksylanaasi-aktiivisuus määritettiin viskometrisesti käyttäen 1 % (w/v) rukiin arabinoksylaania substraattina (Megazyme) micro Ostwald (No:II Schott Geräte, Germany) viskometrillä. Sakoluvun määrittäminen tehtiin AACC-menetelmällä (AACC Approved Method 56-81B, AACC 2000). Amylogrammi ja paisuntakäyrä mitattiin käyttäen Brabender viskografia (Brabender OHG, Duisburg, Germany; Drews 1971). Kuitu- ja leivonta-analysit tehtiin VTT Biotekniikassa.

Rukiin kylvömäärä eri kylvöaikoina

Vuonna 2001 perustettiin Mietoisiin, Jokioisiin, Pälkäneelle ja Ylistaroon rukiin kylvötiheyskoe kolmella eri lajikkeella (Riihi, Bor 7086 ja Picasso). Kokeissa käytettiin kahta kylvöaikaa: 23. - 27.8. (normaali kylvöaika) ja 6. -

7.9. (myöhäinen kylvöaika, Mietoisissa 19.9.). Siemenmäärät olivat 500 kpl/m² (normaali kylvötiheys) sekä 350 kpl/m² (vähennetty kylvötiheys). Jokioisten myöhäinen kylvö kuorrettui pahoin ja sen tulokset jouduttiin hylkäämään. Kylvösiemenet peitattiin Beret 050 FS –valmisteella. Syksyllä 2001 tehtiin Sportak-ruiskutukset lumihometta vastaan seuraavasti: 30.11. Mietoinen, 25.10. Jokioinen, 31.10. Pälkäne ja 5.11. Ylistaro. Rikkakasvit torjuttiin keväällä 2002 Primuksella (Mietoinen) ja Allylla (Jokioinen, Pälkäne ja Ylistaro). Taulukossa 4 on esitetty kylvömääräkokeiden esikasvit, maalajit, maan ravinnepitoisuus ja lannoitus 2001-2002. Mietoisten ja Ylistaron maiden viljavuusluvut olivat erittäin hyviä. Myös Jokioisilla kaikki arvot olivat vähintään tyydyttäviä. Pälkäneellä pH, Ca, K ja Mg olivat vain välttäviä (Taulukko 4). Kokeet korjattiin elokuussa 2002 seuraavasti: Mietoinen ja Jokioinen 2.8., Pälkäne 8.8. ja Ylistaro 10.8.

Taulukko 4. Eri koepaikkojen maalajit ja viljavuudet, rukiin esikasvit sekä syksyn 2001 ja kevään 2002 lannoitus rukiin kylvömäärätutkimuksissa.

Paikka	Maalaji	Esikasvi	pH	Ca	K	P	Mg	Lannoitus kg/ha NPK	
				mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	syksyllä	keväällä
Mietoinen	Hietasavi	Ohra	6,6	2395	306	39	336	33-18-33 ^{*)}	110-14-24
Jokioinen	Hietasavi	Nurmi	6,2	3070	223	10,3	530	33-18-8	106-0-4
Pälkäne	Hiue	Timotei	5,7	1570	149	8,5	175	33-18-38	91-0-4
Ylistaro	Liejusavi	Puna-apila	6,7	2010	336	42	204	39-21-39	104-0-4

*) ei 2. kylvölle

Satoindeksin (jyvien paino/kasvin maanpäällisen osan kuivapaino) laskemista varten korjattiin kahden rivimetrin kasvit joka ruudulta juuri ennen puintia. Samasta näytteestä laskettiin myös tähkälliset versot ja jyvien määrä tähkissä. Jokioisten ruuduilta otettiin myös puolen rivimetrin näytteet sekä kukintavaiheessa että juuri ennen korjuuta Riihi- ja Picasso -lajikkeista. Näytteistä määritettiin sivuversojen ja tähkien määrät sekä satokomponentit. Jokioisten kokeessa mitattiin myös Picasso- ja Riihi -lajikkeiden fotosynteesitehoa pensastumisvaiheesta kukinnan loppumiseen molemmissa kylvötiheyksissä. Mittaus tehtiin kannettavalla laitteella (LCA3, ADC-Ltd, Englanti) käyttäen Parkinsonin lehtikyvetä.

Syksyllä 2001 tehtiin kaikilla koepaikoilla kelta-ansahavaintoja kahukärpästen esiintymisestä. Kahukärpäsiä oli liikkeellä syyskuun alkupuolella varsinkin Mietoisissa ja Ylistarossa. Pälkäneellä, missä aiemmin oli havaittu kahukärpästuhoja (Huusela-Veistola ym. 2001), torjuttiin kahukärpäsiä ensimmäisestä kylvöstä 7.9. Deciksellä 0,3 l/ha. Lokakuun alussa suojaruuduista otetuissa näytteissä todettiin kahukärpäsivoutusta erittäin vähän: Pälkäneellä 15 %, Ylistarossa 7 %, Mietoisissa 3 % ja Jokioisilla 0 % tarkastetuista kasveista. Erittäin sateinen syyskuun alku ei ilmeisesti ollut suotuisa kahukärpäksille.

Rukiin myöhäinen kylvö

Anna, Amilo ja Esprit sekä ruisvehnälajike Ulrika peitattiin Panocrine Plus -peittäusaineella ja kylvettiin 4.9. ja 16.9.1998 hietasavella Jokioisten Lintupajuun. Koe kylvettiin Öyjord ruutukylvökoneella neljänä kerranteena käyttäen kylvötiheyttä 500 itävää siementä/m². Maan viljavuusluvut olivat seuraavat: pH 5,62, Ca 2158 mg/l, K 201 mg/l, P 7,77 mg/l ja Mg 474 mg/l.

Versojen määrä/taimi laskettiin syksyllä ja keväällä ruuduittain otetusta 20 taimen näytteestä. Syksyllä taimista laskettiin vihreät versot ja silmin nähtävät verson alut, keväällä vain vihreät versot. Kevätnäytteistä tarkastettiin myös kahukärpäsvioitukset. Koeruuduilta laskettiin syksyllä orastiheys ja keväällä versotiheys kolmelta rivimetriltä. Kasvustosta tehtiin talvituho- ja lumihomemahvainnot. Satoindeksi ja satokomponentit määritettiin ruuduittain ennen puintia kolmen rivimetrin matkalta kerätyistä kasveista. Lajikkeet pui-tiin tuleentumisjärjestyksessä koeruutupuimurilla, molemmat kylvöajat samalla kertaa.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Rukiin uusien lajikkeiden kylvöaika

Kasvuston kehitys ja talvehtiminen

Aikaisin kylvetty ruis orastui 6-9 päivässä ja normaaliin aikaan kylvetty 9-10 päivässä lajikkeesta riippumatta. Myöhäisen kylvön orastumiseen kului useimmiten yli kaksi viikkoa (Taulukko 3). Aikaisin kylvetty rukiin oras ehti kehittää lokakuun puoleenväliin mennessä keskimäärin 5-7 versoa, normaali-aikaan kylvetty 4-5 ja myöhään kylvetty vähemmän kuin kaksi versoa (Taulukko 5). Vuonna 1999 hybridilajike Esprit versoutui selvästi suomalaisia lajikkeita enemmän, mutta kärsi huomattavia talvituhoja. Vuonna 1999 tehoisan lämpötilasumman kertyminen myöhäisen kylvön jälkeen oli alle 200 °C, mikä saattoi olla sadontuoton kannalta liian vähän. Syksyllä 2000 tehoisaa lämpötilasummaa ehti kertyä myöhäisen kylvön jälkeen vielä noin 230 °C, mikä todennäköisesti edesauttoi rukiin vahvistumista ja hyvää talvehtimistä. Mukulan ja Rantasen (1989) mukaan ruis tarvitsee noin 265 °C tehoisaa lämpötilasummaa kylvön jälkeen. Keväällä kasvun alettua oraiden versoluku oli pienempi aikaisin kylvetyssä, lähes samansuuruinen normaaliin aikaan kylvetyssä ja kaksinkertainen myöhään kylvetyssä rukiissa verrattuna edellisen syksyn versolukuun.

Taulukko 5. Versojen lukumäärä kasviyksilöissä lokakuussa 1999 ja 2000. Luvuissa on myös pääverso mukana. Laskennassa on yhdistetty Mietoisten, Jokioisten ja Pälkäneen kokeet. Aikainen kylvö= viikko 32, normaali kylvö= viikko 34, myöhäinen kylvö= viikko 36.

Kylvöaika					
Vuosi	Lajike	Aikainen	Normaali	Myöhäinen	Ka lajike
1999	Anna	6,55a	4,79a	1,69a	4,34a
	Amilo	6,99a	5,32ab	1,82a	4,71ab
	Bor 7068	6,34a	4,81a	1,83a	4,33a
	Esprit	7,88b	5,59b	2,02a	5,16b
Keskiarvo kylvöaika		6,94a	5,13b	1,84c	
2000	Anna	6,15a	4,01a	1,48a	3,88a
	Amilo	5,26b	4,00a	1,58a	3,61ab
	Bor 7068	5,75ab	3,99a	1,55a	3,76ab
	Picasso	3,8c	4,06a	1,72a	3,19b
Keskiarvo kylvöaika		5,24a	4,02b	1,58c	

Eri kirjaimella merkityt lajikkeet/kylvöajat poikkeavat toisistaan merkitsevästi ($p < 0,05$)

Vuonna 1999 aikaisin ja normaaliin aikaan kylvetyissä Jokioisten ja Pälkäneen kokeissa esiintyi runsaasti talvituhoja (Taulukko 6). Erityisen alttiita niille olivat Amilo ja Esprit. Myöhään vuonna 1999 kylvetyissä rukiissa talvituhot olivat vähäiset. Mietoissa taas talvituhot olivat suurimmat myöhäisessä kylvössä. Vuonna 2000 kylvetyissä kokeissa aikaiset kylvökset kärsivät eniten talvituhosta kaikilla koepaikoilla. Mietoisten kokeessa talvituhot olivat huomattavia myös normaaliin aikaan kylvetyissä kasvustoissa. Kaikilla koepaikoilla eniten talvituhosta esiintyi Amilo ja Picasso-lajikkeissa. Sportak-ruiskutus vähensi talvituhosta jonkin verran kaikilla lajikkeilla. Amilo on kärsinyt yleisesti talvituhosta myös virallisissa lajikekokeissa Jokioisilla ja Pälkäneellä. Virallisissa lajikekokeissa hybridilajike Espritin talvituhot ovat olleet kotimaisia lajikkeita suuremmat Pälkäneellä. Talvituhosta huolimatta hybridilajikkeet ovat tuottaneet korkeita satoja (Kangas ym. 2001, 2003).

Taulukko 6. Ruislajikkeiden talvituhoprosentti toukokuussa 2000 ja 2001 Jokioisilla, Pälkäneellä ja Mietoisissa. Kasvustot kylvetty aikaisin, normaaliin aikaan ja myöhään vuonna 1999 ja 2000. Kontr. = Kontrolli, Spor. = Sportakruiskutus.

Aikainen kylvö			Normaali kylvö			Myöhäinen kylvö			
lajike	Kontr.	Spor.	Ka.	Kontr.	Spor.	Ka.	Kontr.	Spor.	Ka.
2000 Jokioinen									
Anna	16	3	9	4	0	2	10	1	5
Amilo	92	78	85	81	35	58	34	11	22
Bor 7068	15	7	11	0	0	0	7	1	4
Esprit	93	82	88	43	7	25	7	4	5
Keskiarvo	54	43	48	32	11	21	14	4	9
2000 Pälkäne									
Anna	36	30	33	13	11	12	22	7	15
Amilo	58	46	52	52	43	48	84	48	66
Bor 7068	33	28	31	10	6	8	17	6	12
Esprit	74	63	69	60	41	51	47	26	37
Keskiarvo	50	42	46	34	25	29	43	22	32
2000 Mietoinen									
Anna	9	5	7	4	5	5	47	46	47
Amilo	14	5	10	20	3	11	54	61	58
Bor 7068	4	9	7	7	3	5	51	52	51
Esprit	4	3	3	9	1	5	40	40	40
Keskiarvo	8	5	6a	10	3	6	48	50	49
2001 Jokioinen									
Anna	24	18	21	0	2	1	3	1	2
Amilo	43	28	35	18	4	11	4	1	3
Bor 7068	18	17	17	2	0	1	0	1	1
Picasso	52	41	46	41	13	27	12	4	8
Keskiarvo	34	26	30	15	5	10	5	2	3
2001 Pälkäne									
Anna	8	7	7	7	6	7	5	2	3
Amilo	40	16	28	57	16	36	44	2	23
Bor 7068	6	3	4	6	4	5	6	2	4
Picasso	36	16	26	51	13	32	17	2	9
Keskiarvo	22	10	16	30	10	20	18	2	10
2001 Mietoinen									
Anna	74			38			11		41
Amilo	80			53			14		49
Bor 7068	59			22			14		31
Picasso	89			90			18		66
Keskiarvo	76			51			14		47

Tuhoeläimet, rikkakasvit ja kasvitaudit

Aikainen kylvöaika lisäsi kasvinsuojeluongelmia sekä vuonna 1999 että 2000 kylvetyissä kokeissa (Kuva 1, Salonen ym. 2000, Huusela-Veistola ym. 2001). Varsinkin tuhoeläinongelmat keskittyivät aikaisin kylvetyihin kasvustoihin. Hesseninsääskeä oli vain aikaisin kylvetyissä kasvustoissa, mutta kahukärpäsvioitusta oli jonkin verran myös normaaliin aikaan kylvetyssä ruuissa, etenkin Pälkäneellä, missä ruis taimettui nopeasti. Syksyllä 2000

hyönteistorjuntakäsittelystä johtuen kahukärpäsvoitusten määrä jäi edellisvuotta selvästi vähäisemmäksi. Myöhään kylvetyt kasvustot säästyivät tuhoeläimiltä. Tuhoeläinvoitusten määrässä ei käytännössä havaittu lajikkeiden välisiä eroja.

Myös rikkakasveja oli eniten (sekä lukumääräisesti että biomassana mitattuna) aikaisin kylvetyissä ja vähiten myöhään kylvetyissä kasvustoissa (Kuva 1). Ruislajikkeiden väliset erot jäivät vähäisiksi. Rikkakasvilajisto ja lajien talvehtiminen vaihteli koepaikoittain ja vuosittain. Rikkakasvilajisto oli pääosin samanlainen kuin aiemmissa tutkimuksissa (Raatikainen ym. 1978), mutta monivuotisia rikkakasveja ei esiintynyt.

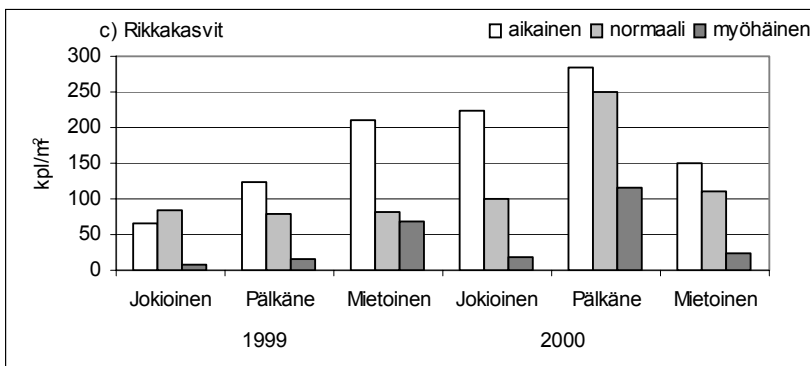
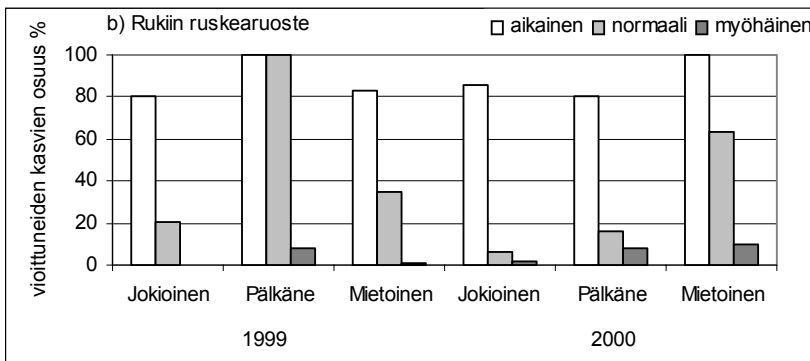
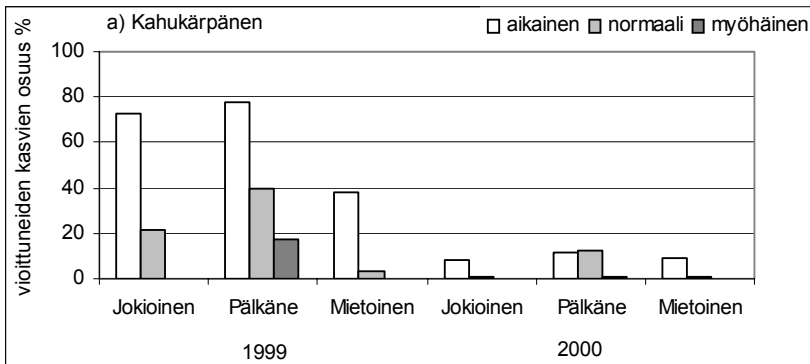
Rukiin ruskearuostetta oli eniten aikaisin kylvetyssä rukiissa, ja vähiten myöhään kylvetyissä kasvustoissa (Kuva 1). Ruosteen vioittamia kasveja oli vähiten Amilo-lajikkeessa, mutta lajike-erot riippuivat kylvöajasta ja koepaikasta. Aikaisemmissa tutkimuksissa ruskearuosteen esiintyminen on liitetty runsaasti kahukärpäsiesiintymiin. Kuitenkin vuonna 2000 rukiissa oli runsaasti ruskearuostetta siitä huolimatta, että kahukärpäsvoitukset jäivät vähäisiksi kahukärpästorjunnasta johtuen.

Lumihometta oli runsaimmin rehevissä kasvustoissa, eli koepaikasta ja koevuodesta riippuen joko aikaisin tai normaaliin aikaan kylvetyissä kasvustoissa (Taulukko 7, Kuva 1). Syynä tähän saattaa olla lumihometta suosivan mikroilmaston muodostuminen rehevään kasvustoon. Varhain keväällä 2000 otetuista näytteistä havaittiin lisäksi, että aikaisin kylvetyillä rukiilla oli vähemmän varastosokereita kuin myöhään kylvetyillä. Taudinalttiudella näytti olevan yhteyttä myös tähän. Mitä vähemmän oli varastosokereita, sitä enemmän oli lumihometta (Hakala & Pahkala 2003).

Erityisen vähän varastosokereita ja vastaavasti erityisen paljon taudin vahingoittamia rukiin versoja oli Amilo-lajikkeella. Kasvatuskäppäkoikeissa voitiin todeta, että Picasso ja Amilo keräsivät varastosokereita samaan tahtiin kuin suomalaisetkin lajikkeet, kun simuloitiin normaalin syksyn olosuhteita (Hakala & Pahkala 2003). Syy varastosokerien niukkuuteen aikaisin kylvetyillä rukiilla, varsinkin lämpimimmistä oloista kotoisin olevalla Amilolla, saattoikin olla liian pitkään jatkunut kasvu ja hengitys lämpimän syksyn lyhyessä päivässä, jolloin yhteyttäminen ei enää pystynyt riittävästi kompensoimaan menetettyjä sokerivarjoja. Suuri lumihomeen määrä merkitsi myös talvituhojen lisääntymistä.

Taulukko 7. Ruislajikkeiden lumihomeprosentti keväällä 2000 ja 2001 Jokioisilla, Pälkäneellä ja Mietoisissa. Kasvustot kylvetty aikaisin, normaaliin aikaan ja myöhään vuonna 1999 ja 2000. Kontr. = Kontrolli, Spor. = Sportakruiskutus.

Lajike	Aikainen kylvö			Normaali kylvö			Myöhäinen kylvö		
	Kontr.	Spor.	Ka.	Kontr.	Spor.	Ka.	Kontr.	Spor.	Ka.
2000 Jokioinen									
Anna	50	44	47	41	21	31	7	1	4
Amilo	83	70	77	73	48	60	24	16	20
Bor 7068	42	41	41	26	11	19	1	0	0
Esprit	85	75	80	51	31	41	6	1	3
Keskiarvo	65	57	61	48	28	38	9	5	7
2000 Pälkäne									
Anna	55	47	51	57	57	57	65	30	48
Amilo	47	53	50	77	77	77	88	63	76
Bor 7068	50	37	43	55	48	52	39	2	21
Esprit	75	68	72	87	77	82	72	48	60
Keskiarvo	57	51	54	69	65	67	66	36	51
2000 Mietoinen									
Anna	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Amilo	5	2	2	3	1	2	0	0	0
Bor 7068	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Esprit	1	1	1	2	2	2	0	0	0
Keskiarvo	2	1	1	1	1	1	0	0	0
2001 Jokioinen									
Anna	48	45	46	36	15	25	8	2	5
Amilo	51	53	52	43	38	40	22	9	15
Bor 7068	46	45	45	28	18	23	6	2	4
Picasso	68	59	63	69	51	60	37	25	31
Keskiarvo	53	50	52	44	30	37	18	9	14
2001 Pälkäne									
Anna	59	38	48	51	25	38	22	0	11
Amilo	80	53	66	83	46	64	60	4	32
Bor 7068	50	41	45	49	22	35	21	0	10
Picasso	85	58	71	85	45	65	54	4	29
Keskiarvo	68	47	58	67	35	51	39	2	21
2001 Mietoinen									
Anna	63			34			2		33
Amilo	75			49			8		44
Bor 7068	49			20			3		24
Picasso	87			87			24		66
Keskiarvo	68			47			9		42



Kuva 1. a) Kahukärpäsen ja b) rukiin ruskearuosteen voittamien kasvien osuus (%) sekä c) rikkakasvien määrä (kpl/m²) aikaisin, normaaliin aikaan ja myöhään kylvetyssä rukiissa Jokioisilla, Pälkäneellä ja Mietoissa syksyllä 1999 ja 2000. Kahukärpästorjunta tehty vuonna 1999 Mietoissa ja vuonna 2000 kaikilla koepaikoilla.

Satotulokset

Kylvöajan vaikutus satoon oli erilainen vuodesta ja koepaikasta riippuen (Taulukko 8). Yleensä suurimmat sadot saatiin normaaliin aikaan tai sitä myöhemmin kylvetyistä kasvustoista. Sportak-ruiskutuksella voitiin saada sadon lisäystä, mutta vain Jokioisilla lisäys oli tilastollisesti merkitsevä.

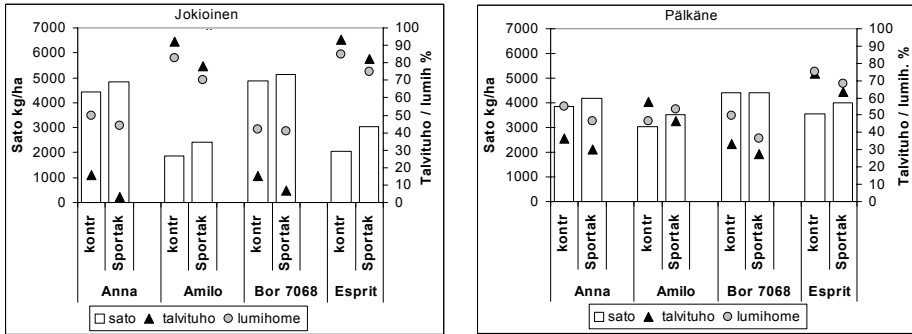
Lajikkeiden suhtautuminen normaalia aikaisempaan ja myöhäisempään kylvöaikaan vaihteli. Amilo näytti kärsivän joskus liian aikaisesta ja joskus liian myöhäisestä kylvöstä riippuen koepaikasta. Vuonna 1999 kylvetyn Amilon sato oli Pälkäneellä myöhäisessä kylvössä alle puolet normaalin kylvöajan sadosta (Taulukko 8). Jokioisilla Amilon ja Espritin sato oli heikko aikaisessa kylvössä suurten talvihuhojen takia, Annan ja Bor 7068:n sato myöhäisessä kylvössä. Mietoisissa sadot olivat pienimmät myöhäisessä kylvössä (Taulukko 9). Tähän vaikutti mahdollisesti Mietoisissa kahukärpystä vastaan suoritettu dimetooatti-ruiskutus, josta hyötyivät varsinkin aikaisimmat kylvökset sekä lajikkeista Esprit. Jokioisilla ja Pälkäneellä ei vastaavaa ruiskutusta tehty. Talvihuhoisien torjunta syksyllä 1999 lisäsi satoa kaikilla koepaikoilla, mutta vain Jokioisilla merkitsevästi. Erityisesti Amilo ja Esprit aikaisin tai normaaliin aikaan kylvettyinä hyötyivät Sportak-ruiskutuksesta. Anna-lajikkeella ei saatu merkitsevää sadonlisäystä talvihuhoisien torjuntaruiskutuksella. Myöhään kylvetyissä kasvustoissa ruiskutuksilla näytti olevan lajikkeen satoon jopa negatiivinen vaikutus. Mietoisten kokeessa talvihuhoisien torjunnalla ei saavutettu merkitsevää sadonlisää millään lajikkeella, joten taulukossa 9 on tarkasteltu vain kylvöajan ja lajikkeen vaikutusta. Lumihomeen määrä ja talvihuho vaikuttivat ratkaisevasti lajikkeen sadon määrään molempina tutkimusvuosina. Kuvassa 2 on esitetty lumihomeen, talvihuhojen ja sadon välistä yhteyttä vuonna 1999 kylvetyissä Jokioisten ja Pälkäneen kokeissa.

Vuonna 2000 myöhään kylvetyt rukiit antoivat Jokioisilla ja Pälkäneellä eniten satoa. Picasso osoittautui kylvöajasta riippumatta muita lajikkeita satoisammaksi. Lajikkeen normaaliin aikaan ja myöhään kylvetyistä kasvustoista korjattiin Pälkäneellä lähes 8,5 tonnin hehtaarisato (Taulukko 8). Kun ruis kylvettiin normaaliin aikaan tai sitä aikaisemmin, Anna-lajikkeen sato oli suurempi kuin Picasson. Sportak-käsittely lisäsi Amilo-lajikkeen satoa molemmilla koepaikoilla ja Picasson satoa Pälkäneellä riippumatta kylvöajasta. Jokioisilla 7.9. kylvetty Picasso ei enää hyötynyt ruiskutuksesta. Talvihuhoisien ruiskutus vähensi Bor 7068:n satoa molemmissa koepaikoissa ja Anna-lajikkeen satoa Pälkäneellä riippumatta kylvöajasta.

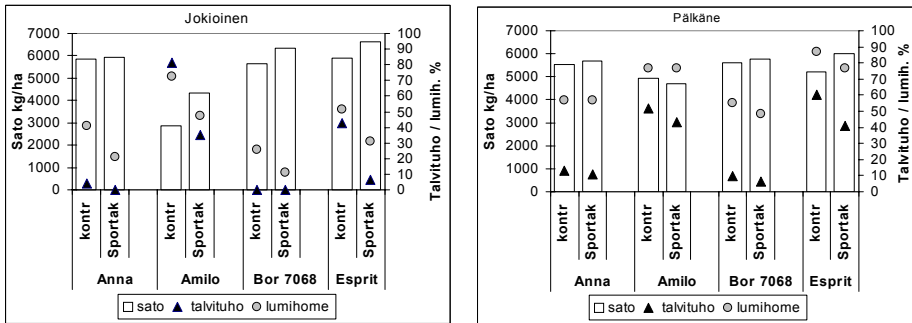
Kokeista oli torjuttu kahukärpäset syksyllä 2000, joten niiden mahdollinen voitus ei voinut pelkästään olla syynä aikaisen ja normaaliin aikaan kylvetyn rukiin myöhäistä kylvöä heikompaan menestymiseen. Mietoisten koe kärsi huomattavista talvihuhoista ja lajikkeen sadot olivat aikaisin kylvetyissä kasvustoissa vain 1000 – 2200 kg (Taulukko 9). Heikoimmin menestyivät

Amilo ja Picasso, jonka sato oli heikoin myös normaaliin aikaan kylvettyinä. Myöhään kylvettyinä Anna ja Picasso olivat satoisimmat.

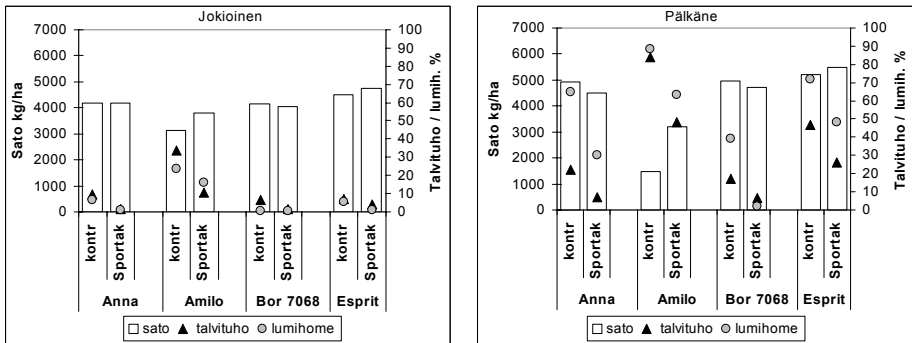
Aikainen kylvö



Normaali kylvö



Myöhäinen kylvö



Kuva 2. Vuonna 1999 aikaisin, normaaliin aikaan ja myöhään kylvettyjen ruislajikkeiden (Anna, Amilo, Bor 7068, Esprit) sato, talvituho ja lumihomeen määrä % peittävydestä Jokioisilla ja Pälkäneellä. Kontr. = Kontrolli, Spor. = Sportak-ruiskutus.

Taulukko 8. Ruislajikkeiden sato vuonna 2000 ja 2001 Jokioisilla ja Pälkäneellä aikaisin, normaaliin aikaan ja myöhään vuonna 1999 ja 2000 kylvetyissä kasvustoissa. Kontr. = Kontrolli, Spor. = Sportak–ruiskutus.

Lajike	Aikainen kylvö			Normaali kylvö			Myöhäinen kylvö		
	Kontr.	Spor.	Keskiarvo	Kontr.	Spor.	Keskiarvo	Kontr.	Spor.	Keskiarvo
2000 Jokioinen									
Anna	4429	4853	4641	5869	5941	5905	4175	4178	4177
Amilo	1887	2415	2151	2856	4349	3602	3132	3787	3459
Bor 7068	4861	5146	5003	5642	6342	5992	4146	4052	4099
Esprit	2035	3028	2531	5887	6637	6262	4492	4731	4629
Keskiarvo	3303	3860	3582	5063	5817	5440	3952	4187	4074
2000 Pälkäne									
Anna	3862	4174	4018	5522	5700	5611	4920	4515	4717
Amilo	3046	3519	3283	4946	4709	4828	1489	3187	2338
Bor 7068	4403	4415	4409	5590	5752	5670	4956	4714	4835
Esprit	3543	4007	3775	5221	5998	5610	5214	5492	5353
Keskiarvo	3714	4029	3871	5320	5540	5430	4145	4477	4311
2001 Jokioinen									
Anna	3738	3977	3858	3843	3908	3876	4226	4052	4139
Amilo	2931	3337	3134	2628	3448	3038	3758	4148	3953
Bor 7068	3290	3287	3288	3119	3047	3083	3343	2996	3169
Picasso	3091	3444	3268	2868	3658	3263	4645	4597	4621
Keskiarvo	3263	3511	3387	3115	3515	3315	3993	3948	3971
2001 Pälkäne									
Anna	6752	4362	5557	6136	4206	5171	6079	4490	5284
Amilo	6019	6313	6166	5425	6081	5753	5504	6578	6041
Bor 7068	4421	4398	4410	4976	4662	4819	4478	4077	4277
Picasso	7681	8026	7854	7084	8445	7765	8063	8451	8257
Keskiarvo	6218	5775	5997	5905	5849	5877	6031	5899	5965

Taulukko 9. Ruislajikkeiden sato Mietoisissa vuosina 2000 ja 2001 aikaisin, normaaliin aikaan ja myöhään vuonna 1999 ja 2000 kylvetyissä kasvustoissa.

Lajike	Aikainen kylvö	Normaali kylvö	Myöhäinen kylvö
2000			
Anna	4632a	4193a	3026ab
Amilo	4915a	4206a	2609a
Bor 7068	4318a	4263a	3125b
Esprit	5671b	5691b	4044c
2001			
Anna	2039a	4330a	4808a
Amilo	1137b	3245b	4482b
Bor 7068	2274a	4365a	4007c
Picasso	1022b	1874c	4589ab

Eri kirjaimella merkityt lajikkeet poikkeavat toisistaan merkitsevästi ($p < 0,05$)

Korrenpituus ja lakoutuminen

Vuonna 1999 myöhään kylvetyt kasvustot olivat ennen puintia keskimäärin lyhempiä kuin elokuussa normaaliin aikaan kylvetyt (Taulukko 10). Vuonna 2000 perustetuissa kokeissa kylvöaika ei vaikuttanut kasvien pituuteen. Sportak–käsittelyn jälkeen kasvustot olivat säännöllisesti noin 2-6 cm pitempiä

kuin ilman käsittelyä. Lakoontuminen ei kuitenkaan lisääntynyt (Taulukko 11).

Sportak-käsittelyn vaikutus kasvien pituuteen oli selvän elokuun kylvöajoissa. Ero oli merkittävä kolmessa kokeessa. On mahdollista, että Sportak-käsittelyn saaneet kasvit olivat terveempiä ja säilyttivät pitempään yhteyttävän lehtipinta-alansa. Lajikkeista vuonna 2000 lyhimpiä olivat Amilo ja Esprit ja vuonna 2001 Bor 7068 ja Picasso.

Taulukko 10. Vuonna 1999 ja 2000 kylvettyjen ruiskasvustojen korkeus (cm) ennen sadonkorjuuta vuonna 2000 ja 2001 Jokioisissa, Pälkäneellä ja Mietoissa. Kontr. = Kontrolli, Spor. = Sportak.

Lajike	Aikainen kylvö			Normaali kylvö			Myöhäinen kylvö		
	Kontr.	Spor.	Ka.	Kontr.	Spor.	Ka.	Kontr.	Spor.	Ka.
2000 Jokioinen									
Anna	145	150	148	154	160	157	136	139	138
Amilo	124	124	124	125	136	131	117	115	116
Bor 7068	126	135	130	146	154	150	128	132	130
Esprit	111	115	113	123	134	129	110	111	110
Keskiarvo	127	131	129	137	146	141	123	124	123
2000 Pälkäne									
Anna	143	158	151	164	168	166	147	151	149
Amilo	129	133	131	146	141	143	114	124	119
Bor 7068	127	132	130	153	154	154	144	135	140
Esprit	119	121	120	128	135	132	119	118	119
Keskiarvo	130	136	133	148	150	149	131	132	131
2000 Mietoinen									
Anna	150	139	141	135	135	135	113	110	111
Amilo	117	121	120	111	116	114	95	98	97
Bor 7068	120	116	116	121	121	121	100	102	101
Esprit	118	112	113	104	107	105	84	88	86
Keskiarvo	126	122	123	118	119	119	98	99	99
2001 Jokioinen									
Anna	149	158	154	145	149	147	147	150	148
Amilo	125	129	127	115	122	119	124	128	126
Bor 7068	108	114	111	105	120	113	104	110	107
Picasso	101	103	102	87	100	93	104	109	107
Keskiarvo	121	126	123	113	123	118	120	124	122
2001 Pälkäne									
Anna	177	174	175	178	173	175	173	178	175
Amilo	157	161	159	159	169	164	157	168	162
Bor 7068	132	149	141	138	147	142	134	138	136
Picasso	137	143	140	141	149	145	143	151	147
Keskiarvo	150	157	153	154	159	157	152	159	155
2001 Mietoinen									
Anna	130			151			155		145
Amilo	107			123			131		120
Bor 7068	95			114			122		110
Picasso	76			91			99		88
Keskiarvo	102			120			126		116

Taulukko 11. Vuonna 1999 ja 2000 kylvettyjen ruiskasvustojen lakoprosentti ennen sadonkorjuuta vuonna 2000 ja 2001 Jokioisissa, Pälkäneellä ja Mietoisissa. Kontr. = Kontrolli, Spor. = Sportak.

Lajike	Aikainen kylvö			Normaali kylvö			Myöhäinen kylvö		
	Kontr.	Spor.	Ka.	Kontr.	Spor.	Ka.	Kontr.	Spor.	Ka.
2000 Jokioinen									
Anna	24	30	27	20	9	14	8	23	15
Amilo	18	15	16	25	16	21	3	33	18
Bor 7068	16	13	14	18	21	19	23	4	13
Esprit	16	8	12	10	26	18	29	3	16
Keskiarvo	18	16	17	18	18	18	15	15	15
2000 Pälkäne									
Anna	20	22	21	47	58	53	39	39	39
Amilo	9	7	8	13	25	19	21	27	24
Bor 7068	7	11	9	23	35	29	19	17	18
Esprit	14	11	13	35	44	40	36	33	34
Keskiarvo	13	13	13	30	41	35	29	29	29
2000 Mietoinen									
Anna	60	43	46	49	48	48	80	75	77
Amilo	45	21	26	40	15	28	80	78	79
Bor 7068	15	10	11	9	6	8	32	19	24
Esprit	60	53	54	54	53	53	82	79	80
Keskiarvo	45	32	34	38	30	34	68	63	65
2001 Jokioinen									
Anna	5	4	4	3	4	4	9	9	9
Amilo	1	1	1	1	2	1	1	2	2
Bor 7068	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Picasso	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Keskiarvo	1	1	1	1	1	1	2	3	3
2001 Pälkäne									
Anna	51	68	59	48	76	62	48	66	57
Amilo	13	31	22	15	34	24	11	19	15
Bor 7068	44	44	44	24	43	33	15	40	28
Picasso	8	9	8	4	11	7	3	10	7
Keskiarvo	29	38	33	22	41	32	19	34	26
2001 Mietoinen									
Anna	35	28	31	40	30	35	43	30	36
Amilo	23	20	21	30	21	26	29	23	26
Bor 7068	25	19	22	29	24	26	28	28	28
Picasso	19	15	17	18	16	17	20	16	18
Keskiarvo	25	20	23	29	23	26	30	24	27

Sadon laatu

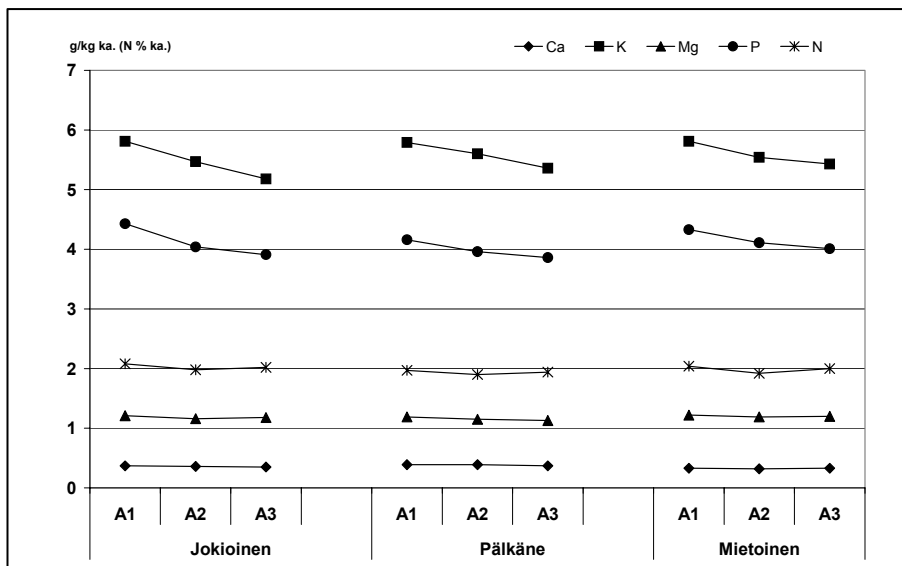
Kylvöaikatutkimuksessa seurattiin kolmen eri kylvöajan sekä lumihomeen torjuntakäsittelyn vaikutusta rukiin tyyppi, kivennäis- ja hivenaine- (Ca, K, Mg, P, Cu, Fe, Mn, Zn, Se) sekä kadmiumpitoisuuksiin. Myöhäinen kylvöaika pienensi merkitsevästi ($p < 0,0001$) jyvän kalium- fosfori- ja sinkkipitoisuuksia. Kaliumin ja fosforin keskimääräiset pitoisuudet rukiissa pienenevät lähes lineaarisesti siirryttäessä aikaisesta myöhäiseen kylvöön (Kuva 3). Sa-

man suuntainen trendi oli nähtävissä myös useiden muiden alkuaineiden kohdalla, vaikka se ei osoittautunut tilastollisesti merkitseväksi. Ainoastaan raudan pitoisuudet näyttivät kasvavan kylvön myöhästyessä (Kuva 4). Rukiille annetaan yleensä syksyllä moniravinteinen lannoitus ja keväällä typpilannoitus. On mahdollista, että myöhäisessä kylvössä kasvi ei ehdi hyödyntää samassa määrin lannoituksen kautta tulevia ravinteita kuin normaalissa tai aikaisessa kylvössä. Maaperä ja muut kasvuolot vaikuttavat puolestaan siihen, missä määrin ravinteet ovat kasvin käytettävissä seuraavana kasvukautena. Rukiin kivennäis- ja hivenainepitoisuudet olivat varsin samanlaisia Jokioisten ja Mietoisten savimailla. Pälkäneen maalajina oli hieno hieta, mikä näkyi hieman erilaisina hivenainetasoina (Kuva 4). Ihmisen ravitsemuksen kannalta ero kivennäis- ja hivenaineiden pitoisuuksissa myöhäisen ja aikaisen kylvöajan välillä on vähäinen.

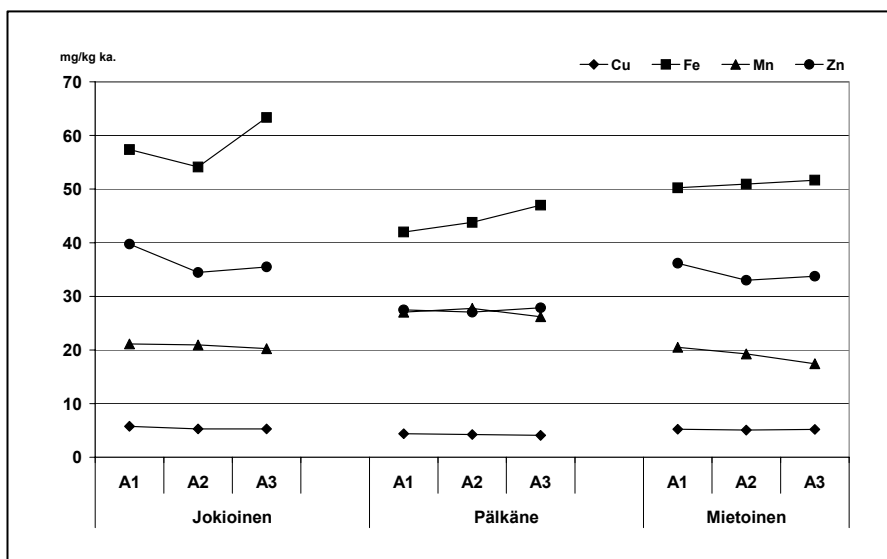
Kylvöaika ei vaikuttanut ruislajikkeiden kadmiumpitoisuuksiin. Viljelyolojen, viljalajin ja lajikkeen vaikutus kadmiumpitoisuuksiin on suuri, jolloin muiden mahdollisten tekijöiden merkitys jää vähäiseksi. Viljojen seleenipitoisuuksiin Suomessa vaikuttaa pääasiassa seleenilannoitus. Vuodesta 1996 lähtien typpilannoitteisiin on lisätty seleeniä, jolloin myös syysviljat saavat seleenilannoituksen keväällä. Suomen olosuhteissa seleeni muuttuu kuitenkin varsin nopeasti niukkaliukoisen muotoon. Savimailla myös rukiin seleenipitoisuudet olivat pienempiä myöhäisessä kylvössä, mutta eroja ei ollut nähtävissä Pälkäneen hietamailla.

Kylvöaikatutkimuksissa ruislajikkeen vaikutus kivennäis- ja hivenainepitoisuuksiin osoittautui jopa merkittävämmäksi kuin kylvöaika tai lumihomeen torjuntakäsittely. Molempina vuosina lajike-erot olivat tilastollisesti merkitseviä ($p < 0,0001$). Hybridilajikkeilla (Esprit ja Picasso) typen ja useiden kivennäis- ja hivenaineiden pitoisuudet jäivät pienemmiksi kuin muilla tutkituilla lajikkeilla (Taulukko 12). Tämä näkyi erityisesti typen, magnesiumin, fosforin ja kuparin kohdalla. Myös Amilo-lajikkeella joidenkin alkuaineiden pitoisuudet jäivät pienemmiksi kuin Anna ja Bor 7068 -lajikkeilla.

Kadmiumin määrityksissä tuli selkeästi esille Amilo-lajikkeen suurempi kyky kerätä kadmiumia verrattuna Anna, Esprit, ja Bor 7068 -lajikkeisiin (Taulukko 12). Amilon keskimääräiset kadmiumpitoisuudet olivat noin 35-50 % suurempia kuin muilla lajikkeilla (Taulukko 12) riippumatta koepaikasta tai vuodesta. Vuonna 2001 myös Picasso-lajikkeella oli keskimäärin suuremmat kadmiumpitoisuudet kuin Annalla ja Bor 7068:lla. Anna, Bor 7068 ja Esprit eivät poikenneet merkitsevästi kadmiumpitoisuuksiltaan (Taulukko 12). Yleensä rukiin kadmiumpitoisuudet kylvöaikakokeissa olivat pieniä (vaihteluväli 0,013-0,085 mg/kg kuiva-aineessa), selvästi alle raakaviljalle sallitun enimmäisrajan 0,100 mg/kg.



Kuva 3. Kylvöajan vaikutus rukiin jyväsadon typpi- ja kivennäisainepitoisuuksiin. Kylvöajat vuosina 1999 ja 2000: A1 = aikainen kylvöaika viikolla 32, A2 = normaali kylvöaika viikolla 34, A3 = myöhäinen kylvöaika viikolla 36.



Kuva 4. Kylvöajan vaikutus rukiin jyväsadon hivenainepitoisuuksiin. Kylvöajat vuosina 1999 ja 2000: A1 = aikainen kylvöaika viikolla 32, A2 = normaali kylvöaika viikolla 34, A3 = myöhäinen kylvöaika viikolla 36.

Taulukko 12. Ruislajikkeiden jyväsadon keskimääräinen typpi-, kivennäis- ja hivenainepitoisuus kuiva-aineessa. Luvut keskiarvoja vuosina 1999 ja 2000 kylvetyistä kokeista.

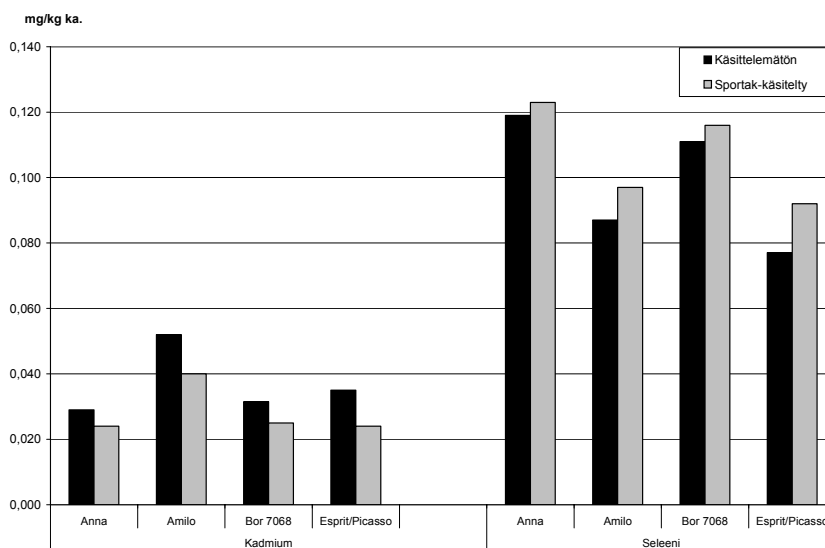
Lajike	tj g	N % ka.	Ca g/kg ka.	K g/kg ka.	Mg g/kg ka.	P g/kg ka.	
Anna	31a	2,08a	0,34a	5,86a	1,27a	4,42a	
Amilo	37b	2,09a	0,36b	5,53b	1,19b	4,15b	
Bor 7068	26c	2,01a	0,40c	5,47b	1,24ab	4,36ab	
Esprit/Picasso*	34d	1,74b	0,34a	5,34b	1,01c	3,40c	
		Cd	Se	Cu	Fe	Mn	Zn
		mg/kg ka.	mg/kg ka.	mg/kg ka.	mg/kg ka.	mg/kg ka.	mg/kg ka.
Anna		0,027a	0,120a	5,4a	55a	24a	34a
Amilo		0,047b	0,092b	5,2ab	59a	24a	36a
Bor 7068		0,029a	0,110a	5,0b	44b	23a	31b
Esprit/Picasso*		0,030a	0,084b	4,1c	45b	19b	29b

* vuonna 1999 kokeissa Esprit ja vuonna 2000 Picasso

Eri kirjaimella merkityt lajikkeet poikkeavat toisistaan merkitsevästi ($p < 0,0001$)

Lumihomeen torjuntakäsittely Sportak-ruiskutuksella pienensi rukiin kadmiumpitoisuuksia ($p < 0,001$) vuonna 2000 noin 6 % ja vuonna 2001 lähes 40 % (Kuva 5). Käsittelyn vaikutus kadmiumpitoisuuksiin oli suurin Esprit/Picasso-lajikkeilla. Vähiten Sportak-käsittely näyttäisi vaikuttavan Anna-lajikkeen kadmiumpitoisuuksiin (Kuva 5). Ruislajikkeiden seleenipitoisuudet olivat systemaattisesti suurempia Sportak-käsitellyissä näytteissä. Ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,046$). Suurin vaikutus käsittelyllä oli jälleen Esprit/Picasso-hybridilajikkeilla, jotka näyttäisivät reagoivan käsittelyyn herkemmin kuin populaatiolajikkeet.

Kylvöajan vaikutusta Amilo- ja Bor 7068-lajikkeiden laatuun verrattiin jyvänäytteistä, jotka oli korjattu Sportak-valmisteella käsitellyistä koejäsenistä. Näytteistä määritettiin terveysvaikutuksia kuvaavat ravintokuitupitoisuudet: liukenemattoman ja liukoisen kuidun määrä, liukoinen ja liukenematon pentosaani ja β -glukaani (Taulukot 13 ja 14); prosessikäyttämistä ennakoivat α -amylaasi- ja ksylanaasiaktiivisuudet (Taulukot 15 ja 16) sekä leivontalaatua ennustavat jauho-vesi -suspension viskoelastiset ominaisuudet (sakoluku, paisuntakäyrä ja amylogrammi; Taulukot 15 ja 16).



Kuva 5. Lumihomeen torjuntakäsittelyn vaikutus ruislajikkeiden jyväsadon kadmium- ja seleenipitoisuuksiin.

Vuodet 2000 ja 2001 poikkesivat toisistaan sadon laadun kannalta, samoin lajikkeet käyttäytyivät eri tavoin. Amilo ja Bor 7068 ovat molemmat satoisia lajikkeita, mutta Amilo on herkempi talvituhoille. Erot satotasossa eivät kuitenkaan näkyneet sadon laadussa. Amilon ravintokuitupitoisuus oli molempina vuosina kaikissa näytteissä pienempi kuin Bor 7068 näytteissä (Taulukot 13 ja 14), mikä todennäköisesti johtuu lajikkeiden erilaisesta jyväkoosta. Amilo on suurijyväinen lajike, kun taas Bor 7068 on pienijyväinen. Vuoden 2001 näytteissä molemmilla lajikkeilla oli korkeampi pentosaanien ja liukoisten pentosaanien pitoisuus kuin 2000 sadossa. Tulosten perusteella ennen kaikkea kasvukauden sääolot ja lajike vaikuttavat rukiin ravintokuitukoostumukseen. Kylvöajan vaikutus ruissadon ravintokuitujen määrään ja laatuun oli vähäinen ja ilmeisesti riippui sääoloista.

Taulukko 13. Ruislajikkeiden jyväsadon ravintokuitukomponenttien pitoisuudet (% kuiva-aineesta) vuonna 1999 ja 2000 kylvetyissä kylvöaikakokeissa Jokioisilla, Pälkäneellä ja Mietoisissa. Sato korjattu Sportak-käsitellyltä alalta.

Lajike	Kylvöaika	Kok. kuitu	Liukoinen kuitu	Kok. pentosaani	Liukoinen pentosaani	β -Glukaani
2000 Jokioinen						
Amilo	Aikainen	17,0	3,9	7,0	2,0	1,8
	Normaali	16,3	3,6	7,0	2,2	1,8
	Myöhäinen	16,1	3,5	7,0	1,9	1,7
2000 Pälkäne						
Amilo	Aikainen	15,7	3,1	6,6	2,1	1,8
	Normaali	15,0	3,1	6,7	2,0	1,9
	Myöhäinen	14,8	2,0	6,1	1,8	1,8
Bor 7068	Aikainen	15,9	3,3	7,3	2,1	1,7
	Normaali	18,0	3,8	7,3	2,1	1,6
	Myöhäinen	17,9	3,9	6,8	1,7	1,7
2000 Mietoinen						
Amilo	Aikainen	15,4	2,8	6,9	1,9	1,9
	Normaali	16,4	3,9	7,3	1,7	1,9
	Myöhäinen	16,3	4,0	6,7	1,9	1,9
Bor 7068	Aikainen	16,7	3,2	7,1	1,8	1,8
	Normaali	18,5	4,6	7,0	2,0	1,7
	Myöhäinen	18,0	4,2	7,1	2,2	1,8
2001 Jokioinen						
Amilo	Aikainen	16,0	3,3	7,4	2,1	2,0
	Normaali	16,4	3,5	7,1	2,2	1,9
	Myöhäinen	15,7	3,3	7,3	2,1	1,9
Bor 7068	Aikainen	16,7	3,6	7,7	1,8	1,8
	Normaali	16,9	3,5	7,4	1,9	1,8
	Myöhäinen	17,1	3,4	7,7	2,0	1,6
2001 Pälkäne						
Amilo	Aikainen	16,0	3,3	10,0	2,7	2,2
	Normaali	16,4	3,5	9,1	2,7	2,0
	Myöhäinen	15,7	3,3	8,5	2,6	2,0
Bor 7068	Aikainen	16,9	3,5	8,4	2,5	1,9
	Normaali	16,7	3,6	8,1	2,5	1,9
	Myöhäinen	17,1	3,4	9,1	2,3	2,0

Vuosien 2000 ja 2001 sääolot olivat varsin suotuisat rukiille, mikä näkyi mm. näytteiden matalina entsyymiaktiivisuuksina ja korkeina amylogrammin maksimiviskositeetteina (Taulukot 15 ja 16). Tosin vuonna 2000 Jokioisilla kaikkien kolmen kylvöajan näytteissä sakoluvut olivat matalia. Vuonna 2000 erot eri koeasemien näytteissä olivat suuret, mikä osoittaa kasvupaikan ja sääolojen suuren vaikutuksen rukiin leivontalaatuun. Vuoden 2000 näytteissä sakoluvut olivat alemmat sekä α -amylaasin että ksylanaasin aktiivisuudet korkeammat kuin vuonna 2001 molemmilla lajikkeilla. Näytteiden leivontalaadulla tai entsyymiaktiivisuuksilla ei tulosten perusteella näyttänyt olevan mitään yhteyttä kylvöaikaan, vaan havaitut erot johtuvat kasvukauden sääoloista.

Taulukko 14. Ruislajikkeiden jyväsadon ravintokuitukomponenttien pitoisuuksien keskiarvot (% kuiva-aineesta) lajikkeittain vuonna 1999 ja 2000 kylvetyissä kylvöaikakokeissa. Sato korjattu Sportak-käsitellyltä alalta.

Lajike/Kylvöaika		Kok. kuitu	Liukoinen kuitu	Kok. pentosaani	Liukoinen pentosaani	β-Glukaani
Amilo						
Aikainen	2000	16,0	3,3	6,8	2,0	1,8
	2001	16,0	3,3	8,7	2,4	2,1
	k.a.	16,0	3,3	7,8	2,2	2,0
Normaali	2000	15,9	3,5	7,0	2,0	1,9
	2001	16,4	3,5	8,1	2,5	2,0
	k.a.	16,2	3,5	7,6	2,2	1,9
Myöhäinen	2000	15,7	3,2	6,6	1,9	1,8
	2001	15,7	3,3	7,9	2,4	2,0
	k.a.	15,7	3,2	7,3	2,1	1,9
Bor 7068						
Aikainen	2000	16,2	3,3	7,1	2,0	1,8
	2001	16,8	3,6	8,1	2,2	1,9
	k.a.	16,5	3,4	7,6	2,1	1,8
Normaali	2000	17,5	4,0	7,1	2,0	1,7
	2001	16,8	3,6	7,8	2,2	1,9
	k.a.	17,1	3,8	7,4	2,1	1,8
Myöhäinen	2000	17,2	3,8	6,8	1,9	1,8
	2001	17,1	3,4	8,4	2,2	1,8
	k.a.	17,2	3,6	7,6	2,0	1,8

Taulukko 15. Ruislajikkeiden sakoluku, amylogrammi-, paisuntakäyrä- ja entsyymitulokset vuonna 1999 ja 2000 kylvetyistä kylvöaikakokeista. Tp = tärkkelyksen liisteröitymlämpötila, max BU = maksimiviskositeetti, $1000 \times (\log B - \log C)$ = paisuntakäyrän viskositeettiero. Sato korjattu Sportakäsitellyltä alalta.

Lajike	Kylvöaika	Sakoluku	Tp/°C	Max BU	1000x(log B-logC)	α-amylaasi U/g	Ksylaasi VU/g
2000 Jokioinen							
Amilo	Aikainen	76	64,3	138	191	1,2	45
	Normaali	75	63,0	140	243	2,4	51
	Myöhäinen	81	64,5	160	192	1,5	28
2000 Pääkäre							
Amilo	Aikainen	124	66,3	108	209	0,5	29
	Normaali	126	64,5	133	284	0,6	37
	Myöhäinen	104	64,0	110	243	1,2	38
Bor 7068	Aikainen	97	66,5	135	176	0,6	36
	Normaali	104	66,0	160	192	0,6	36
	Myöhäinen	82	65,0	135	184	1,1	30
2000 Mietoinen							
Amilo	Aikainen	245	72,3	300	163	0,3	22
	Normaali	185	72,5	275	182	0,2	16
	Myöhäinen	233	70,0	215	208	0,4	26
Bor 7068	Aikainen	152	71,8	285	182	0,3	18
	Normaali	185	70,5	255	202	0,4	22
	Myöhäinen	120	67,5	190	226	0,7	40
2001 Jokioinen							
Amilo	Aikainen	183	69,0	200	209	0,3	28
	Normaali	152	69,8	198	237	0,2	20
	Myöhäinen	201	69,8	225	198	0,3	26
Bor 7068	Aikainen	226	71,0	270	193	0,2	25
	Normaali	223	72,3	275	214	0,4	20
	Myöhäinen	206	72,0	270	222	0,4	26
2001 Pääkäre							
Amilo	Aikainen	195	68,5	203	198	0,3	19
	Normaali	206	69,0	233	180	0,2	16
	Myöhäinen	198	69,0	220	167	0,2	11
Bor 7068	Aikainen	160	66,5	208	167	0,3	16
	Normaali	238	71,0	280	336	0,2	9
	Myöhäinen	234	70,8	285	353	0,2	11

Taulukko 16. Keskiarvot ruislajikkeiden sakoluku, amylogrammi-, paisunta-käyrä- ja entsyymituloksista vuonna 1999 ja 2000 kylvetyistä kylvöaikakokeista. Tp = tärkkelyksen liisteröitymlämpötila, max BU = maksimiviskositeetti, $1000x(\log B - \log C)$ = paisuntakäyrän viskositeettiero. Sato korjattu Sportakäsitellyltä alalta.

Lajike/Kylvöaika	Sakoluku	Tp°C	Max BU	1000x(logB-logC)	α -amylaasi U/g	Ksylanaasi VU/g	
Amilo							
Aikainen	2000	148,3	67,6	182,0	187,7	0,7	32,0
	2001	189,0	68,8	201,5	203,5	0,3	23,1
	k.a.	169	68,2	192	196	0,5	28
Normaali	2000	128,7	66,7	182,7	236,3	1,1	34,7
	2001	179,0	69,4	215,5	208,5	0,2	18,0
	k.a.	154	68,1	199	222	0,7	26
Myöhäinen	2000	139,3	66,2	161,7	214,3	1,0	30,7
	2001	199,5	69,4	222,5	182,5	0,3	18,1
	k.a.	169	67,8	192	198	0,6	24
Bor 7068							
Aikainen	2000	124,5	69,2	210	179	0,5	27,0
	2001	193,0	68,8	239	180	0,3	20,3
	k.a.	159	69,0	225	180	0,4	24
Normaali	2000	144,5	68,3	207,5	197	0,5	29,0
	2001	230,5	71,6	277,5	275	0,3	14,7
	k.a.	188	70,0	243	236	0,4	22
Myöhäinen	2000	101	66,3	162,5	205,0	0,9	35,0
	2001	220	71,4	277,5	287,5	0,3	18,0
	k.a.	161	68,8	220	246	0,6	27

Yhteenveto

Rukiin aikainen kylvö lisäsi kasvinsuojeluongelmia, jotka vaikuttavat olen- naisesti kasvuston alkukehitykseen. Hybridilajikkeet versoivat syksyllä hiu- kan kotimaisia enemmän, ja ne voitaisiin kylvää noin viikko nykyistä suosii- tusta myöhemmin. Kotimaiset lajikkeet voidaan kylvää hiukan ulkomaisia lajikkeita aikaisemmin. Syyskuun alun kylvökset tuottivat kohtuullisen hyvin talvehtivia aikaisia kylvöjä lyhempiä kasvustoja.

Talvituhosienten syystorjunnasta oli eniten hyötyä ulkomaisille lajikkeille kylvöajasta riippumatta. Ruiskutus vaikutti edullisesti myös hybridilajikkei- den kivennäisainepitoisuuksiin. Se pienensi kadmium-pitoisuuksia ja lisäsi seleenipitoisuuksia jyväsadossa. Sportak-ruiskutuksella ei saatu kotimaisilla Anna ja Bor 7068-lajikkeilla sadon lisäyksiä, ja vaikutukset kivennäisainepi- toisuuksiinkin olivat vähäisemmät kuin hybrideillä.

Kasvukauden sääolot vaikuttivat rukiin ravintokuitukoostumukseen, myös eri lajikkeiden ravintokuitupitoisuudessa oli eroja. Kylvöajan vaikutus ruissadon ravintokuitujen määrään ja laatuun oli vähäinen ja ilmeisesti riippui sääoloista. Näytteiden leivontalaadulla tai entsyymiaktiivisuuksilla ei myöskään näyttänyt olevan yhteyttä kylvöaikaan, vaan havaitut erot johtuivat kasvupaikasta ja kasvukauden sääoloista.

Rukiin kylvömäärä eri kylvöaikoina

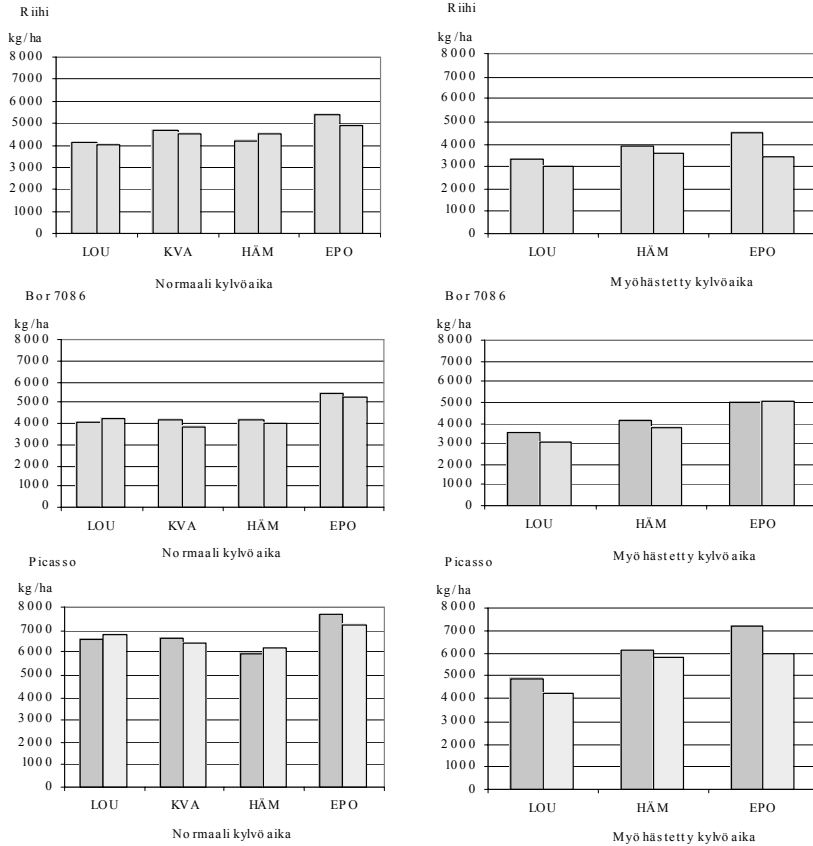
Satotulokset

Satotasoissa oli suuria eroja koepaikkojen välillä. Eniten poikkesivat toisistaan Mietoisten ja Ylistaron tulokset (Kuva 6). Myös Pälkäneen ja Ylistaron tulosten ero oli erittäin merkitsevä. Mietoisten ja Pälkäneen tulokset sen sijaan eivät poikenneet merkitsevästi toisistaan. Ylivoimaisesti suurin sato saatiin Ylistarossa (keskimäärin 5610 kg/ha). Tarkasteltaessa koko koeaineistoa kylvömäärän vähentäminen 500 siemenestä 350 siemeneen/m² vähensi satoa normaaliin aikaan kylvettäessä lajikkeesta riippuen keskimäärin vain 35-56 kg/ha eli 0,5 % - 1,2 %. Syyskuun harvemmassa kylvössä sitä vastoin sadonalennus oli Riihellä keskimäärin 600 kg/ha, mikä vastasi jo 15 %:n sadon alennusta. Picasson sato aleni 12 % ja Bor 7068:n 5,5 %.

Eri koepaikoilla kylvöajan ja kylvötiheyden vaikutus näkyi hieman eri tavoin (Kuva 6). Mietoisissa Bor 7068 ja Picasso jopa hiukan hyötyivät pienemmästä kylvötiheydestä normaaliin aikaan kylvettäessä. Myöhäisessä kylvössä lajikekohtaiset sadonalennukset pienemmästä kylvötiheydestä johtuen olivat 10–13 %.

Pälkäneen erittäin rehevästi kasvaneessa kokeessa Riihi tuotti normaaliin aikaan kylvettäessä suuremman sadon harvassa kylvössä kuin normaalilla siemenmäärällä, Bor 7068:n sato oli puolestaan noin 5 % alempi. Myöhempi kylvöaika yhdessä pienemmän kylvötiheyden kanssa johti kaikilla lajikkeilla sadon alennuksiin myös Pälkäneellä.

Ylistarossa normaaliin kylvöaikaan kylvettyjen rukiiden hehtaarisato oli pienempi harvemmassa kylvössä. Riihellä ero normaalin ja vähennetyin kylvötiheyden välillä oli noin 470 kg. Syyskuun kylvössä kylvötiheyden pienentäminen vähensi Riihen hehtaarisatoa 1150 kg normaaliin kylvötiheyteen verrattuna. Picasson sato väheni noin 17 %, mutta Bor 7068:n satoon ei kylvömäärän muutos juuri vaikuttanut kumpanakaan kylvöaikana. Jokioisilla, jossa korjattiin vain normaalin kylvöajankohdan sato, kylvösiemenmäärillä ei ollut merkitsevää eroa. Sen sijaan Picasso-lajike antoi sielläkin 2000 kg/ha suuremman sadon kuin toiseksi tullut Riihi.



Kuva 6. Eri lajikkeiden sadot kg/ha (15 % kosteudessa) Mietoissa (LOU), Jokioissa (KVA), Pälkäneellä (HÄM) ja Ylistarossa (EPO). Harmaa pylväs kylvömäärällä 500 kpl itävää siementä/m² ja raidallinen pylväs 350 kpl itävää siementä/m².

Fotosynteesi ja kasvuston kehittyminen

Jokioisten mittauksissa hybridilajike Picasso yhteytti hiilidioksidia merkittävästi tehokkaammin kuin populaatiolajike Riihi jokaisella kuudella mittauksella 20.5.-20.6.2002. Kahden viikon mittainen sateeton ja lämmin kausi vähensi kuitenkin yhteytseroja lajikkeiden välillä, kun yhteytys ja ilmarakojen läpäisevyys laskivat molemmilla lajikkeilla ilmeisesti kovasta kuivuudesta johtuen.

Kukintavaiheessa otettu kasvustonäyte osoitti, että Riihi kompensoi harvempaa kylvöä versomalla paremmin kuin Picasso. Sekä versojen että tähkien määrä kasviyksilöä kohti nousi Riihellä merkitsevästi, kun kylvötiheyttä alennettiin. Picassolla kylvötiheydellä ei ollut vaikutusta versojen ja tähkien määrään. Satokomponenttianalyysin mukaan Picasso pystyikin kilpailemaan pääasiassa merkitsevästi isommilla tähkillä, isommalla jyväkoolla ja korkeammalla satoindeksillä.

Talvituho ja lumihome

Talvituhojen ja lumihomeen määrässä oli eri koepaikkojen välillä suuria eroja (Taulukko 17). Mietoisissa talvituhot olivat pieniä. Jokioisilla lumihometta oli jonkin verran, mutta talvituhot jäivät silti vähäisiksi. Pälkäneellä ja Ylistarossa oli runsaasti lumihometta ensimmäisen kylvön oraissa, mikä lisäsi talvituhoa varsinkin Picasso-lajikkeella. Ylistarossa syyskuussa kylvetyissä kasvustoissa oli vähän lumihometta, mutta talvituhot silti elokuun kylvöä suuremmat. Tammikuussa Ylistarossa oli vähän lunta, ja oraat altistuivat koville pakkasille, lumettomana aikana huhtikuussa taas voimakkaille lämpötilanvaihteluille. Nämä seikat saattoivat olla syynä syyskuussa kylvettyjen, heikkojuurisempien kasvustojen osittaiseen tuhoutumiseen.

Orastiheys ja kesän 2002 havainnot

Pellolla syksyllä laskettu orastiheys oli yleensä selvästi pienempi kuin se, mihin pyrittiin. Mietoisissa kuitenkin toinen kylvö oli orastunut yllättävän hyvin myöhäiseen kylvöaikaan nähden (Taulukko 18). Muilla koepaikoilla orastiheys oli suurempi normaaliin aikaan kylvettäessä. Lajikkeista Riihi oli selvästi pisin. Myöhäinen kylvö lyhensi kasvustoja erittäin merkitsevästi 17 sentillä, mutta kylvötiheydellä ei ollut vaikutusta kasvustojen pituuteen.

Vaikka keväällä 2002 Pälkäneellä käytettiin pienintä typpilannoitusta, oli siellä koepaikoista merkitsevästi eniten lakoa, keskimäärin 52 %. Normaali kylvöaika osoittautui 9 % lakoisemmaksi kuin myöhästetty kylvö. Ero kylvöaikojen välillä oli erittäin merkitsevä. Kasvustojen eri tiheyksillä ei ollut lakoisuuteen vaikutusta. Kasvuajojen vaihteluihin vaikuttivat eniten kylvöaika ja koepaikkojen väliset erot.

Taulukko 17. Ruislajikkeiden (Riihi, Bor 7068, Picasso) tiheyshavainnot Syksyllä 2001 ja keväällä 2002 sekä lumihome- talvituohavainnot (%) keväältä 2002 Mietoisissa (LOU), Jokioisilla (KVA), Pälkäneellä (HÄM) ja Ylistarossa (EPO) kylvötiheyksillä 500 ja 350 kpl itävää siementä/m².

RIIHI	Kylvö- tiheys kpl/m ²	Paikka	Syys- tiheys %	Kevät- tiheys %	Lumi- home %	Talvi- tuho %	Paikka	Syys- tiheys %	Kevät- tiheys %	Lumi- home %	Talvi- tuho %
Normaali	500	LOU	60	60	0	0	KVA	85	85	6	0
kylvöaika	350	LOU	55	55	0	0	KVA	79	79	7	0
Myöhäinen	500	LOU	85	85	0	0	KVA				
kylvöaika	350	LOU	73	71	0	2	KVA				
Normaali	500	HÄM	99	91	53	8	EPO	96	92	49	4
kylvöaika	350	HÄM	98	93	46	6	EPO	91	85	46	7
Myöhäinen	500	HÄM	63	63	0	0	EPO	85	70	3	17
kylvöaika	350	HÄM	55	55	0	0	EPO	80	50	1	37
BOR 7086											
Normaali	500	LOU	75	74	0	2	KVA	88	85	13	3
kylvöaika	350	LOU	70	70	0	0	KVA	81	81	8	0
Myöhäinen	500	LOU	94	89	0	6	KVA				
kylvöaika	350	LOU	80	78	0	3	KVA				
Normaali	500	HÄM	99	93	51	6	EPO	96	86	58	10
kylvöaika	350	HÄM	98	92	45	6	EPO	93	88	45	5
Myöhäinen	500	HÄM	69	69	0	0	EPO	94	83	5	12
kylvöaika	350	HÄM	65	65	0	0	EPO	95	80	2	15
PICASSO											
Normaali	500	LOU	80	79	0	2	KVA	94	89	21	5
kylvöaika	350	LOU	70	70	0	0	KVA	84	84	15	0
Myöhäinen	500	LOU	99	93	0	7	KVA				
kylvöaika	350	LOU	80	80	0	0	KVA				
Normaali	500	HÄM	99	63	79	37	EPO	99	81	58	18
kylvöaika	350	HÄM	99	73	70	26	EPO	97	70	59	28
Myöhäinen	500	HÄM	71	76	1	0	EPO	94	70	8	26
kylvöaika	350	HÄM	64	66	0	2	EPO	91	59	3	36

Taulukko 18. Ruislajikkeiden (Riihi, Bor 7068, Picasso) orastiheys (kpl/m²) syksyllä 2001 sekä kesän 2002 kasvustohavainnot Mietoisissa (LOU), Jokioisilla (KVA), Pälkäneellä (HÄM) sekä Ylistarossa (EPO) kylvötiheyksillä 500 ja 350 kpl itävää siementä/m².

RIIHI	Kylvö- tiheys kpl/m ²	Paikka	Oras- tiheys kpl/m ²	Pituus cm	Lako %	Kasvu- aika vrk	Paikka	Oras- tiheys kpl/m ²	Pituus cm	Lako %	Kasvu- aika vrk
Normaali	500	LOU	181	155	49	337	KVA	340	134	25	344
kylvöaika	350	LOU	133	158	48	338	KVA	225	135	26	344
Myöhäinen	500	LOU	357	129	49	324	KVA				
kylvöaika	350	LOU	246	127	53	326	KVA				
Normaali	500	HÄM	295	153	78	340	EPO	313	130	63	337
kylvöaika	350	HÄM	192	156	75	340	EPO	203	134	66	338
Myöhäinen	500	HÄM	144	145	74	330	EPO	258	113	51	324
kylvöaika	350	HÄM	117	141	64	330	EPO	160	116	53	326
BOR 7086											
Normaali	500	LOU	235	120	10	338	KVA	394	82	1	344
kylvöaika	350	LOU	182	120	48	338	KVA	225	82	0	344
Myöhäinen	500	LOU	386	89	49	325	KVA				
kylvöaika	350	LOU	285	94	53	325	KVA				
Normaali	500	HÄM	309	124	65	341	EPO	343	110	16	338
kylvöaika	350	HÄM	225	121	45	340	EPO	229	108	24	338
Myöhäinen	500	HÄM	177	105	31	330	EPO	257	102	26	325
kylvöaika	350	HÄM	136	110	39	329	EPO	220	94	5	325
PICASSO											
Normaali	500	LOU	253	114	5	338	KVA	457	98	5	344
kylvöaika	350	LOU	191	118	15	338	KVA	297	101	4	344
Myöhäinen	500	LOU	377	94	13	326	KVA				
kylvöaika	350	LOU	300	94	6	328	KVA				
Normaali	500	HÄM	353	113	43	343	EPO	341	106	29	338
kylvöaika	350	HÄM	264	118	55	342	EPO	248	102	25	338
Myöhäinen	500	HÄM	179	108	29	333	EPO	277	95	14	326
kylvöaika	350	HÄM	138	108	29	332	EPO	220	89	4	328

Sadon laatu

Tuhannen jyvän painoon vaikutti eniten lajike; Picassolla oli selvästi suurimmat jyvät ja vastaavasti Borealin linjalla 7086 pienimmät (Taulukko 19). Kylvötiheydellä ei ollut vaikutusta jyvän kokoon, mutta kylvöajan myöhästyttäminen sen sijaan lisäsi erittäin merkittävästi jyvän kokoa. Hehtolitrapai-

noihin oli vaikutusta vain lajikkeilla. Valkuaisainepitoisuuksiin selvin vaikutus, ei tosin merkitsevä, oli kylvöajoilla. Myöhäinen kylvö nosti valkuaispitoisuutta jyvissä keskimäärin prosenttiyksikön verran. Kylvöaika tai kylvömäärä ei vaikuttanut sakolukutuloksiin. Riihen sakoluku oli kokeissa erittäin merkitsevästi muita lajikkeita pienempi.

Tuleentunut kasvusto

Satoindeksi oli Pälkäneellä erittäin merkitsevästi pienempi kuin muilla koepaikoilla (Taulukko 20). Yhtä selvästi Picasson satoindeksi oli muita lajikkeita suurempi. Tähtkien lukumäärä neliometrillä oli Ylistarossa paljon suurempi kuin muilla koepaikoilla. Myöhäinen kylvö lisäsi tähtkien lukumäärää lähes saman verran kuin kylvötiheyden pienentäminen 150 kpl itävää siementä/m². Bor 7086-linjalla oli hyvin merkitsevästi enemmän tähtiä/m² kuin muilla lajikkeilla. Elokuussa kylvettyjen rukiiden tähkät olivat erittäin merkitsevästi painavampia kuin syyskuussa kylvettyjen. Yhtä selvästi erosivat lajikkeiden tähkäkoot suurimmasta pienimpään: Picasso, Riihi, Bor 7086. Tähtien jyvien koossa ja varsinkin jyvien määrissä oli erittäin merkitseviä eroja koepaikkojen ja kylvöaikojen välillä. Lajikkeista Picasso erosi jälleen hyvin selvästi muista lajikkeista.

Yhteenveto

Hybridilajike Picasso oli kaikilla koepaikoilla selvästi satoisin. Yhtenä syynä saattaa olla Picasson muita lajikkeita tehokkaampi yhteyttämiskyky. Riihi näytti olevan herkempi olosuhteiden (kylvöaika, kylvötiheys) muutoksille kuin Bor 7068. Suurimmat sadot saatiin kaikilla lajikkeilla jo elokuun puolella tehdyllä kylvöllä. Kylvön siirtämistä aivan syyskuun alkuun ainakin hybridilajikkeilla tukevat sen sijaan lumihomeen selvä väheneminen myöhemmässä kylvössä, korren lyhentymisen ja vastaavasti kasvuston lakaisuuden pieneminen. Myös kylvöajan myöhästyttäminen lisäsi jyvän kokoa ja jyvien valkuaispitoisuutta. Myöhäinen kylvö lisäsi tähtkien lukumäärää, mutta samalla pienensi tähkäkokoa. Normaaliin aikaan kylvettäessä kylvötiheys ei vaikuttanut rukiin hehtaarisatoihin. Syyskuun kylvöissä sadot pienenevät, mutta eivät yleensä kovin merkittävästi. Ylistarossa vähennetty siemenmäärä sai aikaan merkitsevän sadonalennuksen.

Taulukko 19. Ruislajikkeiden (Riihi, Bor 7068, Picasso) lajitellun sadon tuhannen siemenen paino (Tsp), hehtolitraino (Hlp), valkuaisainepitoisuus (Valk. %) ja sakoluku Mietoisissa (LOU), Jokioisilla (KVA), Pälkäneellä (HÄM) ja Ylistarossa (EPO) kylvötiheyksillä 500 ja 350 kpl itävää siementä/m².

RIIHI	Kylvö- tiheys kpl/m ²	Paikka	Tsp g	Hlp kg	Valk. %	Sako- luku	Paikka	Tsp g	Hlp kg	Valk. %	Sako- luku
Normaali	500	LOU	34,3	84,8	10,3	130	KVA	26,6	70,4	11,6	242
kylvöaika	350	LOU	34,2	82,8	10,0	125	KVA	28,1	70,7	11,5	237
Myöhäinen	500	LOU	35,1	83,6	12,2	123	KVA				
kylvöaika	350	LOU	36,0	83,5	12,8	130	KVA				
Normaali	500	HÄM	25,3	75,5	9,9	198	EPO	32,8	76,1		214
kylvöaika	350	HÄM	27,3	75,7	12,7	203	EPO	33,0	76,1		229
Myöhäinen	500	HÄM	29,4	75,4	9,8	205	EPO	32,9	75,2		234
kylvöaika	350	HÄM	29,2	74,7	10,0	209	EPO	33,6	74,4		201
BOR 7086											
Normaali	500	LOU	29,7	83,2	9,7	142	KVA	22,5	69,1	11,1	268
kylvöaika	350	LOU	29,9	83,9	9,8	146	KVA	23,6	70,7	11,3	246
Myöhäinen	500	LOU	30,9	83,1	11,6	125	KVA				
kylvöaika	350	LOU	31,5	82,9	12,3	130	KVA				
Normaali	500	HÄM	22,2	74,2	11,5	257	EPO	29,1	75,9		253
kylvöaika	350	HÄM	22,6	73,9	11,7	253	EPO	28,7	77,8		240
Myöhäinen	500	HÄM	26,1	75,4	12,9	247	EPO	34,4	74,7		212
kylvöaika	350	HÄM	23,7	74,1	12,7	285	EPO	31,0	73,9		246
PICASSO											
Normaali	500	LOU	40,7	84,9	8,5	149	KVA	31,6	71,0	9,0	277
kylvöaika	350	LOU	40,6	83,9	8,2	151	KVA	34,1	70,9	9,2	279
Myöhäinen	500	LOU	43,5	84,9	10,2	160	KVA				
kylvöaika	350	LOU	42,8	84,7	10,5	171	KVA				
Normaali	500	HÄM	35,5	76,9	12,4	267	EPO	37,7	78,9		273
kylvöaika	350	HÄM	36,4	77,0	10,0	237	EPO	39,3	76,1		273
Myöhäinen	500	HÄM	39,3	78,0	11,5	259	EPO	42,5	78,9		238
kylvöaika	350	HÄM	38,2	77,6	11,3	283	EPO	39,1	76,9		237

Taulukko 20. Ruislajikkeiden (Riihi, Bor 7068, Picasso) tuleentuneen kasvuston satoindeksi (jyväsato/biomassa), tähkien lukumäärä/m² sekä tähkän ominaisuuksia Mietoisissa (LOU), Jokioisilla (KVA), Pälkäneellä (HÄM) ja Ylistarossa (EPO) kylvötiheyksillä 500 ja 350 kpl itävää siementä/m².

RIIHI	Kylvötiheys kpl/m ²	Paikka	Sato- indeksi	Tähkiä kpl/m ²	Tähkän koko g	Tähk. jyvät g/kpl	Paikka	Sato- indeksi	Tähkiä kpl/m ²	Tähkän koko g	Tähk. jyvät g/kpl
Normaali	500	LOU	0,41	408	1,54	1,26/45	KVA	0,39	537	1,10	0,87/34
kylvöaika	350	LOU	0,40	396	1,61	1,33/47	KVA	9,37	545	1,23	0,95/35
Myöhäinen	500	LOU	0,40	542	1,00	0,81/29	KVA				
kylvöaika	350	LOU	0,41	451	1,11	0,90/32	KVA				
Normaali	500	HÄM	0,30	537	1,16	0,78/40	EPO	0,38	646	1,29	1,01/35
kylvöaika	350	HÄM	0,33	527	1,47	1,02/48	EPO	0,38	824	1,28	1,00/32
Myöhäinen	500	HÄM	0,34	517	1,32	0,89/40	EPO	0,39	868	1,19	0,93/32
kylvöaika	350	HÄM	0,32	491	1,45	0,90/41	EPO	0,37	834	1,26	0,96/32
BOR 7086											
Normaali	500	LOU	0,44	469	1,26	1,00/43	KVA	0,38	566	0,86	0,63/27
kylvöaika	350	LOU	0,43	490	1,29	1,02/45	KVA	0,39	581	0,92	0,67/29
Myöhäinen	500	LOU	0,44	621	0,89	0,71/30	KVA				
kylvöaika	350	LOU	0,44	535	0,92	0,73/30	KVA				
Normaali	500	HÄM	0,32	641	1,05	0,66/40	EPO	0,38	771	1,14	0,84/34
kylvöaika	350	HÄM	0,34	571	1,12	0,71/44	EPO	0,38	791	1,16	0,87/33
Myöhäinen	500	HÄM	0,31	582	1,25	0,70/37	EPO	0,39	940	1,12	0,83/27
kylvöaika	350	HÄM	0,39	549	1,06	0,76/42	EPO	0,40	818	1,13	0,85/30
PICASSO											
Normaali	500	LOU	0,52	394	1,90	1,60/48	KVA	0,47	652	1,25	0,99/32
kylvöaika	350	LOU	0,52	460	2,04	1,72/50	KVA	0,47	535	1,42	1,12/37
Myöhäinen	500	LOU	0,52	546	1,39	1,16/33	KVA				
kylvöaika	350	LOU	0,52	460	1,41	1,18/33	KVA				
Normaali	500	HÄM	0,40	483	2,05	1,37/49	EPO	0,48	755	1,90	1,51/44
kylvöaika	350	HÄM	0,39	456	1,92	1,29/47	EPO	0,52	613	1,62	1,46/41
Myöhäinen	500	HÄM	0,42	590	1,81	1,20/40	EPO	0,45	890	1,47	1,13/29
kylvöaika	350	HÄM	0,43	532	1,86	1,27/42	EPO	0,47	805	1,54	1,17/31

Rukiin myöhäinen kylvö

Kasvuston kehitys ja talvehtiminen

Vuonna 1998 sateet estivät rukiin kylvön elokuussa ja vasta 4.9. oli ensimmäinen mahdollisuus kylvää ruista. Toinen kylvö tehtiin 16.9., ajankohtana, jota yleisesti pidetään liian myöhäisenä rukiin kylvöaikana. Molemmat kylvöajat orastuivat hyvin ja ennen pysyvän lumen tuloa rukiin ensimmäisessä kylvössä oli noin kolme versoa ja toisessakin 1-2 versoa pääverso mukaan luettuna.

Kylvöaika ja lajike vaikuttivat versojen määrään taimessa (Taulukko 21). Sportak-käsittely ei siihen vaikuttanut. Eniten versoja ehti syksyllä kehittää hybridilajike Esprit. Myös myöhemmässä kylvössä siihen oli marraskuuhun mennessä tullut jo yksi sivuverso pääversion lisäksi, kun muissa lajikkeissa oli yleensä vain pääverso. Myös ruisvehnä osoittautui aktiiviseksi versojen tuottajaksi syksyllä. Kylvöaikojen ero taimikohtaisissa versomäärissä näkyi vielä keväälläkin; aikaisemmin kylvetyissä taimissa oli enemmän versoja. Tosin ero oli pienemmän päin, sillä 16.9. kylvön oraissa oli enemmän vihreitä versoja kuin edellisenä syksynä, mikä viittäisi myös alle 2 mm:n verson alkujen aktivoitumiseen talven tai kevään aikana. Espritin ja Amilon oraissa oli keväällä enemmän vihreitä sivuversoja kuin Anna ja Ulrika -lajikkeissa. Kahukärpäsivioituksia ei keväällä otetuissa kasvinäytteissä havaittu.

Talvituhot olivat suurimmillaan 25–30 % Amilo- ja Esprit -lajikkeissa ja pienimmät Annassa (Taulukko 22). Kylvöaika ja talvituhosienten torjunta vaikuttivat lajikekohtaisiin talvituhoihin ja lumihomeen määriin. Aikaisemmin kylvetyissä kasvustoissa havaittiin suurimmat talvituhot ja runsaimmin lumihometta, joita molempia Sportak-ruiskutus vähensi merkitsevästi. Ruislajikkeista Esprit hyötyi eniten Sportak-ruiskutuksesta. Tämä ruiskutuksen positiivinen vaikutus näkyi aikaisemmin kylvettyjen Esprit- ja Ulrikakasvustojen suurempana tiheytenä. Koska käsittely ei vaikuttanut taimikohtaisiin, keväisiin versomääriin, Sportak-ruiskutus lisäsi kasvivyksilöiden kykyä selviytyä talvesta. Lumihomeen määrä oli pienin Amilossa. Tähän saattoi vaikuttaa myös muita harvempi kasvusto. Sportak-ruiskutuksella voitiin vähentää sekä lumihomeen määrää että talvituhoja kaikilla muilla lajikkeilla paitsi Annalla, jolla oli suhteellisen runsaasti tautia, mutta pienet talvituhot.

Taulukko 21. Versojen lukumäärä kasviyksilöissä syksyllä 1998 ja keväällä 1999. Luvuissa on myös pääverso mukana. Kasvustot kylvetty 4.9. ja 16.9.1998.

Lajike	Versot syksyllä 1998			Versot keväällä 1999		
	Kylvöaika			Kylvöaika		
	4.9.	16.9.	Ka	4.9.	16.9.	Ka
Anna	2,8	1,3	2,0	2,7	1,7	2,2
Amilo	3,0	1,5	2,3	3,4	2,1	2,8
Esprit	3,6	2,0	2,8	3,5	2,3	2,9
Ulrika	3,4	1,4	2,4	2,7	1,4	2,0
Keskiarvo	3,2	1,5	2,4	3,1	1,9	2,5

Taulukko 22. Ruislajikkeiden tiheys, talvituhoprosentti ja lumihomeen määrä keväällä 1999. Kasvustot kylvetty 4.9. ja 16.9.1998.

Lajike	Talvituho %			Kylvö 16.9.		
	Kylvö 4.9.	Sportak	Keskiarvo	Kontrolli	Sportak	Keskiarvo
Anna	4	7	5	3	3	3
Amilo	26	18	22	21	13	17
Esprit	29	10	19	11	1	6
Ulrika	18	1	10	10	11	10
Keskiarvo	19	9	14	11	7	9

Lajike	Lumihome %			Kylvö 16.9.		
	Kylvö 4.9.	Sportak	Keskiarvo	Kontrolli	Sportak	Keskiarvo
Anna	25,0	7,6	16,3	0,3	0,1	0,2
Amilo	10,0	0,9	5,5	0,1	0,0	0,0
Esprit	33,0	15,3	24,1	0,5	0,3	0,4
Ulrika	25,0	3,3	14,1	0,2	0,0	0,1
Keskiarvo	23,0	7,0	15,0	0,3	0,1	0,2

Lajike	Kevätiheys %			Kylvö 16.9.		
	Kylvö 4.9.	Sportak	Keskiarvo	Kontrolli	Sportak	Keskiarvo
Anna	88	88	88	88	84	86
Amilo	55	60	58	59	60	59
Esprit	64	81	73	81	89	85
Ulrika	70	81	76	80	76	78
Keskiarvo	69	78	73	77	77	77

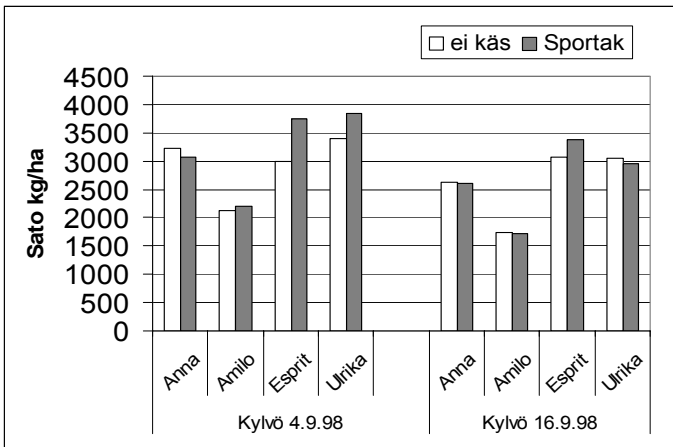
Satotulokset

Kylvöajan ja Sportak-käsittelyn vaikutus jyväsattoon oli lajikekohtaista (Kuva 7). Ruislajikkeista Esprit oli satoisin kumpanakin kylvöaikana. Ainoastaan 4.9. kylvettyä ilman Sportak-käsittelyä Anna oli sitä satoisampi. Sportak-käsittely lisäsi merkittävästi Espritin satoa molempina kylvöaikoina. Muiden ruislajikkeiden satoon ei talvituhosienikäsitteilyllä ollut merkittävää vaikutusta. Myös ruisvehnän sato lisääntyi Sportak-käsittelyllä merkittävästi aikai-

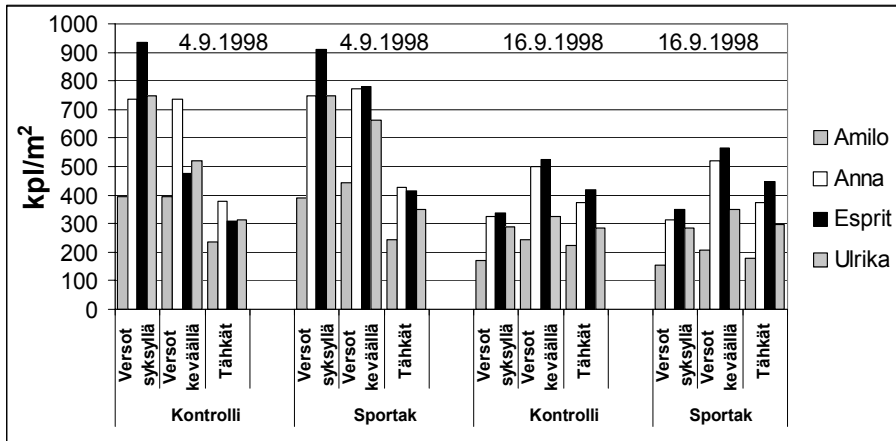
semmassa kylvössä verrattuna käsittelemättömään. Amilo orastui huonosti, kärsi talvituhoista ja kasvun alettua myös kuivuudesta. Tähtkien määrän jäädessä alle puoleen muista lajikkeista sato oli heikoin verrattuna muihin lajikkeisiin.

Keväällä lasketusta versomäärästä vain vähän yli puolet tuotti tähkiä (Kuva 8). Tähän oli osittain syynä kuuma ja kuiva kesä. Sportak-käsiteltyä 4.9. kylvettyä Esprit-kasvusto säilyi yhtä tiheänä kuin Anna ja tuotti saman määrän tähkiä pinta-alaa kohden (Kuva 8), joten selitys Espritin merkittävästi suurempaan satoon täytyi olla toisaalla. Yhtenä syynä voidaan varmuudella pitää Espritin suurempaa jyvääkokoja (Taulukko 23). Tähtkien jyvälukua ei tutkittu.

Versojen lukumäärä pinta-alaa kohden 16.9. kylvössä oli keväällä kasvun alettua noin kolmanneksen suurempi kuin syksyllä, mutta suurimmillaankin (Anna, Esprit) vain 500-600 versoa/m², kun se 4.9. kylvetyllä alueella oli 700-800 versoa/m². Tähtkien määrä sen sijaan oli lähes samansuuruinen molemmissa kylvöajoissa. Tähtkien määrä lisääntyi aikaisemmassa kylvössä, kun kasvusto käsiteltiin talvituhoisienä vastaan. Eniten käsittely lisäsi tähkiä Esprit-lajikkeessa. Käsittely ei vaikuttanut tähtkien lukumäärään 16.9. kylvetyissä kasvustoissa.



Kuva 7. Ruislajikkeiden (Anna, Amilo ja Esprit) ja ruisvehnän (Ulrika) sato Jokioisilla elokuussa 1999. Kylvöaika 4.9. ja 16.9.1998. Sportak-käsittely lumihomeen torjumiseksi tehtiin 4.11.1998.



Kuva 8. Rukiin (Anna, Amilo ja Esprit) ja ruisvehnän (Ulrika) versotiheys/m² syksyllä, kevällä sekä tähkien lukumäärä/m² ennen puintia ilman Sportak-käsittelyä (kontrolli) ja käsiteltynä. Kylvöajat 4.9. ja 16.9.1998.

Sadon laatu

Vuoden 1999 jyväsadon laatu muodostui erinomaiseksi huolimatta myöhäisestä kylvöstä (Taulukko 23). Hehtolitraino oli korkea ja 1000 jyvän paino suuri. Koe puitiin hyvissä oloissa, ja sakoluku oli hyvin korkea. Hehtolitraino ja sakoluku olivat hiukan pienempiä myöhäisemmässä kylvössä. Sportak-ruiskutuksella ei ollut selvää vaikutusta laatuun.

Yhteenveto

Syyskuun alussa kylvettynä ruis ja ruisvehnä pystyivät antamaan kohtuullisen sadon, joka oli myös laadultaan erinomainen, sillä seuraava kesä oli lämmin ja puintikausi kuiva. Kun kylvettiin syyskuun 16. päivänä, sato- ja laatutapioita esiintyi. Esprit oli tutkituista ruislajikkeista satoisin ja suurijyväisin. Samoissa olosuhteissa se ei kuitenkaan kyennyt kehittämään enemmän tähkiä pinta-alaa kohden kuin Anna-lajike. Ruislajikkeista Esprit hyötyi selvästi talvituhosienruiskutuksesta. Myös ruisvehnän sato oli korkeampi ruiskutettuna. Sportak-käsittely ei vaikuttanut yksittäisten taimien versomääriin, mutta lisäsi ilmeisesti kasviyksilöiden kykyä säilyä hengissä talven yli, sillä versotiheydet neliometriä kohden kevällä olivat suurempia ruiskutetulla alueella kuin kontrollissa.

Taulukko 23. Rukiin (Anna, Amilo ja Esprit) ja ruisvehnän (Ulrika) jyväsadon 1000 jyvän paino (1000 jp), hehtolitrapaino (Hlp), valkuaisainepitoisuus (Valk.) ja sakoluku ilman Sportak-käsittelyä (kontrolli) ja käsiteltynä. Kylvöajat 4.9. ja 16.9.1998.

Kylvö	Käsittely	Lajike	1000 jp	Hlp	Valk.	Sakoluku
			g	kg	%	
4.9.	Kontrolli	Anna	31,9	78,3	10,8	210
		Amilo	37,6	78,7	11,1	281
		Esprit	37,0	79,3	10,0	287
		Ulrika	46,1	76,8	10,0	77
	Sportak	Anna	31,2	78,7	11,1	199
		Amilo	38,6	79,0	10,9	299
		Esprit	35,7	80,4	9,5	290
		Ulrika	43,6	77,0	9,5	83
16.9.	Kontrolli	Anna	32,0	77,0	12,3	204
		Amilo	36,4	77,1	12,5	255
		Esprit	37,0	78,2	10,5	267
		Ulrika	45,6	76,0	10,8	73
	Sportak	Anna	31,6	77,1	12,1	210
		Amilo	38,1	77,3	12,0	287
		Esprit	37,8	76,3	10,3	289
		Ulrika	46,0	75,9	10,7	80

Johtopäätökset kylvöaikatutkimuksista

Kylvöaikatutkimusten perusteella nykyään suositeltu kylvöaika, elokuun viimeinen kolmannes sopii hyvin useimmille lajikkeille, mutta rukiin kylvöä voidaan siirtää elo-syyskuun vaihteeseen Etelä-Suomessa säiden salliessa. Jos rukiin kylvö siirtyy syyskuulle, kannattaa valita hybridilajike. Ulkomaisille lajikkeille (kokeissa Amilo, Esprit, Picasso) myöhempi kylvöaika sopii paremmin. Ne tarvitsevat kuitenkin peittauksen lisäksi kasvustoruiskutuksen talvituhosieniä vastaan kylvöajasta riippumatta. Kotimaisille lajikkeille riittää peittäus.

Kylvön siirtämistä aivan syyskuun alkuun ainakin hybridilajikkeilla puoltavat lumihomeen selvä väheneminen, korren lyhentymisen ja vastaavasti kasvuston lakaisuuden pieneminen. Myös kylvöajan myöhästyttäminen lisäsi jyvän kokoa ja jyvien valkuaispitoisuutta. Syksyn ja sato vuoden säällä on kuitenkin ratkaiseva vaikutus myöhäisen kylvön onnistumiseen. Jos kylvö myöhästyy syyskuun puoleen väliin asti, sato- ja laatutappiot ovat todennäköisiä.

Rukiin aikainen kylvö ennen elokuun puoltaväliä lisää kasvinsuojeluongelmia, jotka vaikuttavat olennaisesti kasvuston alkukehitykseen. Aikaisin kylvetetyt kasvustot ovat erityisen alttiita rukiin ruskearuosteelle ja kahukärpästuhoille, ja niissä taimettuu runsaasti rikkakasveja. Ulkomaiset lajikkeet kärsivät myös kotimaisia lajikkeita enemmän aikaisen kylvön suuremmasta lumihomeriskistä.

Talvituhosienten syystorjuntaruiskutus ei vaikuta yksittäisten taimien versomääriin, mutta lisää ilmeisesti kasviyksilöiden kykyä säilyä hengissä talven yli. Käsitellyt kasvustot ovat satovuonna käsittelemättömiä hiukan pitempiä lakoisuuden silti lisääntymättä. Sportak-käsittely vaikuttaa edullisesti hybridilajikkeiden kivennäisainepitoisuuksiin pienentämällä kadmiumpitoisuuksia ja lisäämällä seleenipitoisuuksia jyväsadossa. Sportak-ruiskutuksella ei saatu kotimaisilla Anna ja Bor 7068-lajikkeilla sadon lisäyksiä, ja vaikutukset kivennäisainepitoisuuksiinkin olivat vähäisemmät kuin hybridilajikkeilla.

Normaaliin aikaan kylvettäessä rukiin kylvösiemenmäärää voidaan vähentää nykyisestä 500 kpl/m² ilman että siitä on suurta vaikutusta rukiin hehtaarisatoihin Etelä-Suomessa. Syyskuun kylvöissä kylvösiemenen vähentäminen ei enää kannata. Pohjoisempänä kylvösiemenen vähentäminen aiheuttanee sadon vähentymistä.

Kirjallisuus

- AOAC 1980. Methods 7,021 ja 14.068. Teoksessa: Horwitz, W. (toim.). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 13th edition. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists, 1018 s.
- Asp, N.-G., Johansson, C.-G., Hallmer, H. & Siljeström, M. 1983. Rapid enzymatic assay of inextractable and extractable dietary fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 31: 476-482.
- Douglas, S. 1981. A rapid method for the determination of pentosans in wheat flour. *Food Chemistry* 7: 139-145.
- Drews, E. 1971. Quellenkurven von Roggenmahlprodukten. *Mühle & Mischfuttertechnik* 49: 723-724.
- Hakala, K. & Pakkala, K. 2003. Comparison of central and northern European winter rye cultivars grown at high latitudes. *Journal of Agricultural Science* 141: 169-178.
- Huusela-Veistola, E., Avikainen, H., Jalli, H., Salonen, J., Vuorinen, M. & Pakkala, K. 2001. Rukiin kylvöajan vaikutus kasvintuhoojien esiintymiseen ja kasvuston kehitykseen syksyllä 2000. Teoksessa: Jalli, H. (toim.). Ruis arvonsa ansaitsee. Kansallisten ruishankkeiden tutkimusseminaari, Joki-

- oinen, 25. huhtikuuta 2001. Jokioinen: Maaseuden kehittämisrahasto, Maa- ja metsätalousministeriö, s. 61-67.
- Kangas A., Laine A., Niskanen M., Salo Y., Vuorinen M., Jauhiainen L. & Mäkelä L. 2001. Virallisten lajikekokeiden tulokset 1993-2000. MTT:n julkaisu. Sarja A 94. Jokioinen: MTT. 262 s.
- Kangas A., Laine A., Niskanen M., Salo Y., Vuorinen M., Jauhiainen L. & Mäkelä L. 2003. Virallisten lajikekokeiden tulokset 1995-2002. MTT:n selvityksiä 29. Jokioinen: MTT. 235 s.
- Kumpulainen, J., Raittila, A.M., Lehto, J. & Koivistoinen, P. 1983. Electrothermal atomic absorption spectrometric determination of selenium in foods and diets. *Journal of Association Official Analytical Chemistry* 66: 1129-1135.
- McCleary, B.V. & Codd, R. 1991. Measurement of (1→3), (1→4)-β-D-glucan in barley and oats: a streamlined enzymic process. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 55: 302-312.
- McCleary, B.V. & Sheehan, H.J. 1987. Measurement of Cereal α-Amylase: A New Assay Procedure. *Journal of Cereal Science* 6: 237-251.
- Mukula, J. & Rantanen, O. 1989. Climatic risks to the yield and quality of field crops in Finland : III. Winter rye 1969-1986. *Annales Agriculturae Fenniae* 28: 3-11.
- Raatikainen, M., Raatikainen, T. & Mukula J. 1978. Weed species frequencies and densities in winter cereals in Finland. *Annales Agriculturae Fenniae* 17: 115-142.
- Salo, Y. 1998. Muokkaus ja kylvötekniikka. Teoksessa: Ruiskäsikirja. Ruis 2005. Kansallinen ruisohjelma. Helsinki: Viljastrategiaryhmä, Maa- ja metsätalousministeriö, s. 49-49.
- Salonen J., Huusela-Veistola, E., Avikainen, H. Jalli, H. & Vuorinen, M. 2000. Kasvintuhoojat viihtyvät aikaisin kylvetyssä rukiissa syksyllä 1999. Teoksessa: Peltomäki, E. (toim.) Ruis arvonsa ansaitsee. Kansallisten ruishankkeiden tutkimusseminaari, Jokioinen, 11. huhtikuuta 2000. Jokioinen: Maaseudun kehittämisrahasto, Maa- ja metsätalousministeriö, s. 37-43.

Lumihomeen hallinta ja ruislajikkeiden lumihomeenkestävyyden kartoitus

Mervi Lindroos¹⁾

¹⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen, mervi.lindroos@mtt.fi

Tiivistelmä

Lumihome on syysviljoilla merkittävin talvituhoja aiheuttava taudinaiheuttaja. Lumihomeenkestävyys yhdessä talvenkestävyyden kanssa on yksi tärkeimpiä rukiin jalostuskohteita Suomessa. Lumihomeen merkitystä ja sen torjunnan kannattavuutta on Suomessa selvitetty lukuisissa koesarjoissa 1920 – 70-luvuilla. Lumihomeen on todettu aiheuttavan ruislajikkeille vuosittain jopa 20 – 30 % sadonalenemisiä. Lumihomeen torjunnan merkitystä ja sen kannattavuutta ei ole selvitetty nykyisillä ruislajikkeilla eikä tällä hetkellä käytössä olevien kemiallisten torjunta-aineiden suhteen.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin lumihomeen torjunnan tehokkuutta sekä kannattavuutta eri ruislajikkeilla kaksivuotisen peltokoesarjan avulla. Lisäksi tutkittiin lehtipalatestin soveltuvuutta ruislajikkeiden lumihomeenkestävyyden kartoitukseen sekä sen kykyä erottaa lumihomekantojen aggressiivisuuseroja.

Peltokoesarjassa lumihomeen- ja talvenkestävyyden suhteen hyvillä lajikkeilla taloudellisesti parhaaseen tulokseen päästiin kylvösiemenen peittauksen avulla. Sitä vastoin kaikkein alteimmalla Amilo-lajikkeella kylvösiemenen peittäus lisäsi lajikkeen satotasoa, mutta taloudellisesti kannattavin tulos saavutettiin kylvösiemenen peittauksen ja fungisidikäsitteilyn yhdistelmällä. Kemiallisten torjuntakäsittelyjen merkitys korostuukin viljeltäessä lumihomeen- ja talvenkestävyydeltään heikkoja lajikkeita.

Ruislajikkeiden lumihomeenkestävyyden kartoitukseen kehitetty lehtipalatesti pystyi erottamaan ruislajikkeiden välisiä kestävyyseroja. Lehtipalatestistä saadut tulokset olivat osittain ristiriidassa peltokokeista saatujen tulosten kanssa, mutta peltokokeet kuvastavat enemmän lajikkeiden yleistä talvehtimiskykyä ja stressitilojen sietoa kuin pelkästään lumihomeenkestävyyttä. Lehtipalatesti osoittautui käyttökelpoiseksi menetelmäksi lumihomekantojen aggressiivisuuserojen kartoituksessa. Merkityksekkääksi tuloksen tekee se, että tulevaisuudessa näitä aggressiivisimpia lumihomekantoja voitaisiin käyttää rukiin jalostusmateriaalin lumihomeenkestävyyden kartoituksessa.

Avainsanat: ruis, lumihome, Microdochium nivale, kasvitaudit, syysviljat, talvehtiminen, peittäus, kasvinsuojeluruiskutus, punahomeet, resistenssijalostus

Snow mould control and screening rye varieties for snow mould resistance

Mervi Lindroos¹⁾

¹⁾ MTT Agrifood Research Finland, Plant Production, Plant Protection Research, FIN-31600 Jokioinen, Finland, mervi.lindroos@mtt.fi

Abstract

A four-year study was conducted in two key research areas: firstly, the effects of seed dressing and fungicide application on realising maximal yield of rye and secondly, screening rye for susceptibility to snow mould.

The main result in the plant protection study was that seed dressing is most effective for rye varieties that have good snow mould resistance and over-wintering ability.

Seed dressing the most susceptible variety, Amilo, resulted in a notable increase in yield. However, higher yield and the greatest overall economical benefits were obtained when both seed dressing and fungicide treatment were applied to Amilo. Plant protection is particularly important for susceptible varieties.

Fusarium head blight infection was not reduced through plant protection treatments. The severity of Fusarium head blight infection was mostly dependent on weather conditions, especially the amount and frequency of rain between anthesis and harvest.

In the snow mould resistance study a new screening method for snow mould resistance was developed. It was based on a leaf segment test. Results for the most susceptible rye variety from the plant protection study were confirmed using the new method. Furthermore, the test was successfully employed to determine aggressiveness of snow mould isolates. These isolates can be used in the future for screening rye breeding lines for resistance to snow mould.

Key words: snow mould, rye, winter cereals, wintering, seed dressing, pesticide spraying, Fusarium spp., breeding for resistance, disease resistance

Johdanto

Lumihome (*Microdochium nivale*) taudinaiheuttajana

Lumihome on Suomen tärkein talvituhoja aiheuttava taudinaiheuttaja syysviljoilla. Lumihomeen aiheuttaja *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & Hallet tunnettiin pitkään nimellä *Fusarium nivale* (Fr.) Ces.. Sienen suvullinenaste on *Monographella nivalis* (Schaff.) Muller (Maurin ym. 1995). Taudinaiheuttajana lumihome on alueellisesti laajimmalle levinnyt talvituhosieni. Lisäksi sillä on syysviljojen ja nurmikasvien ohessa useita muita isäntäkasveja. *M. nivale* -sienen onkin todettu aiheuttavan heinäkasveissa lumihometuhoja sekä lauhkeissa että viileissä ilmasto-olosuhteissa.

Lumihome ei ole pelkästään talvituhojen aiheuttaja, vaan se vioittaa yleisesti kasvien tyviä ja juuria ja voi iskeytyä myös tähkiin, punahomeiden tavoin. *M. nivale* –sieni onkin yksi yleisimmistä viljakasvien tyivistä ja korresta eristetty taudinaiheuttaja (Parry ym. 1995). *M. nivale* –sienen infektoi voi olla merkittävä tähkissä, jos viljojen kukinnan jälkeen on viileää ja kosteaa (Wiese 1987). *M. nivale* -sieni ei ole kuitenkaan yhtä vaarallinen kuin *Fusarium* –sienet, koska sen ei ole todettu tuottavan mykotoksiineja (Parry 1995, Logrieco ym. 1991). *M. nivale* voi kuitenkin aiheuttaa jyvien pilaantumisen ja siten alentaa jyvien itävyyttä.

Lumihomeen merkitys ja torjunta

Suomessa talvituhosienien merkitystä syysviljojen taudinaiheuttajana on tutkittu paljon 20 – 70-luvuilla. Jamalainen totesi (1959) heinäkasvien merkittävimmän talvituhosienien olevan lumihome. Lumihomeen tartuntalähteenä toimivat pääasiassa kylvösiemen ja maassa säilyneet edellisen kasvukauden kasvinjätteet. Näistä tärkeimpänä pidetään kylvösiementä. Tästä huolimatta syysviljat kärsivät ajoittain huomattavista lumihometuhoista, vaikka kylvösiemen oli elohopealla peitattua (Jamalainen 1974). Johtopäätöksenä tulosten pohjalta, Jamalainen päätteli kasvinjätteessä säilyvän taudinaiheuttajan olevan myös merkittävä tartunnanlähde. Tosin silloisten elohopeapeittausaineiden teho lumihomeeseen on myöhemmin todettu vähäiseksi. Sisävaikutteisten peittausaineiden korvattua elohopeavalmisteen niiden peittausvaikutus tuli esille 15 % sadonlisäyksenä verrattuna joko elohopeapeitatus tai peittämättömällä kylvösiemenellä perustetun kasvuston satotasoon (Vanhanen 1980).

Kasvinsuojelukäsittelyjen merkitystä lumihomeen torjunnassa on Suomessa tutkittu 30 –50-luvuilla. Peittauskokeissa (elohopea) rukiin sadonlisäys vaih-

teli 6-20 % välillä. Lumihometuhojen määrään ja kasvinsuojelusta saatuun hyötyyn eri vuosina ja eri paikkakuntien välillä merkittävimmin vaikutti lumipeitteisen ajanjakson pituus Jamalainen (1962). Lumihomeen ruiskutuskokeissa ruislajikkeiden sadonlisa oli sitä suurempi mitä alttiimpaa lajiketta käsiteltiin. Kuitenkin myös kestävät lajikkeet hyötyivät käsittelyistä, jos talviolosuhteet suosivat lumihometta. Erityisen suosiollinen olosuhde lumihomeelle muodostuu, jos lumi sataa jäätyttömän maan päälle ja lumipeitteinen ajanjakso on pitkä (Jamalainen 1964).

Lounais- ja Länsi-Suomea runsaslumisemmassa Keski-Suomessa 50 –60-luvuilla tehdyistä tutkimuksista Hänninen ja Jamalainen (1968) totesivat lumihometuhojen aiheuttavan keskimäärin 20 – 30 % sadonvähennyksen. Silloisten peittaus- ja syksyn fungisidikäsitteilyjen ansiosta talvituhoja voitiin pienentää ja käsittelyjen seurauksena rukiiden satotaso kohosi keskimäärin 13 %. Lumipeitteisen ajanjakson lisäksi yksi tärkeimmistä talvituhojen määrään vaikuttavista tekijöistä oli kevään kasvuolosuhteet. Rukiiden toipumista edesauttoivat lämpimät, kosteat, mutta ilman suuria lämpötilavaihteluja olevat kevään kasvuolosuhteet. Ruislajikkeet pystyvät hyvän karaistumiskyvyn ja talvenkestävyyden ansiosta toipumaan lumihometartunnasta suotuisissa kasvuolosuhteissa paremmin kuin muut syysviljat.

Lumihomeenkestävyys

Syysviljalajikkeiden lumihomeen sietokyvyssä on eroja, mutta täysin kestäviä lajikkeita ei lumihometta vastaan ole olemassa. Lumihomeenkestävyyden on todettu olevan kvantitatiivista ja siten useiden geenien säätelemää. Lumihomeen- ja punahomeenkestävyydet eivät riipu toisistaan, joten eri geenit säätelevät orasvaiheen lumihomeenkestävyyttä, kuin mitkä säätelevät tähkävaiheen punahomeenkestävyyttä (Miedaner ym. 1995a).

Syysviljojen lumihomeenkestävyyteen vaikuttavat monet muutkin tekijät kuin kasvien lumihomeengeneettinen kestävyys. Tärkeimpiä tekijöitä, jotka vaikuttavat lumihomeenkestävyyteen, ovat kasvien karaistumiskyky sekä kasvien kehitysvaihe talven tullessa. Syksyllä päivän lyhetessä ja keskilämpötilojen laskiessa +6 - 2 C asteen välille syysviljojen karaistumisprosessi käynnistyy. Karaistumisprosessin aikana syysviljojen kasvu hidastuu ja niiden lumihomeen- ja pakkasenkestävyys voimistuu (Nakajima & Abe 1996). Tronsmo (1984) havaitsi kasvien karaistumisen seurauksena niiden taudinkestävyyden kohoavan myös muita taudinaiheuttajia vastaan.

Karaistumisprosessin aikana kasvien aineenvaihdunnassa tapahtuu lukuisia muutoksia, vesipitoisuus laskee, sokeripitoisuudet kohoavat (Bruehl & Cunfer 1971) sekä muodostuu uusia proteiineja, jotka toimivat sekä solujen jäätymisen ehkäisijöinä että vahvistavat kasvien taudinkestävyyttä (Hon ym. 1995 ja Ergon ym. 1998). Hyvän karaistumiskyvyn lisäksi Miedaner ym.

(1993) totesivat rukiiden lumihomeenkestävyyden paranevan kasvien vanhe-
tessa. Käytännössä kasvien lumihomeenkestävyys vaihtelee kasvien kas-
vuvaiheen, kasvupaikan sekä syksyn – kevään kasvuolosuhteiden mukaan
(Miedaner ym. 1995b). Lumihomeenkestävyys ilmenee kasveissa taudin hi-
taampana etenemisenä ja parempana toipumiskykynä kuin täydellisenä kes-
tävytenä tautia vastaan.

Ruislajikkeiden lumihomeenkestävyyttä voidaan parantaa jalostuksellisin
keinoin, mutta nopea ja luotettava testausmenetelmä jalostusaineistojen lumi-
homeenkestävyyden kartoitukseen on puuttunut. Ruislajikkeiden lumiho-
meenkestävyyttä on tutkittu vuosikymmeniä ns. kylmähuonekokein, joissa
lumihomeenkestävyyttä tutkitaan luonnonolosuhteita muistuttavissa oloissa.
Kyseinen testausmenetelmä on kuitenkin tilaa ja aikaa vaativa. Lisäksi tulok-
set kuvastavat enemmän kasvien karaistumiskykyä ja yleistä stressinsietoa
kuin lumihomeenkestävyyttä. 90 –luvulla Hömmö (1994) testasi lehtipala- ja
entsyymitestien soveltuvuutta syysviljojen lumihomeenkestävyyden kartoit-
ukseen, saadut tulokset eivät olleet yhdenmukaisia pelto-oloista eikä kylmä-
huonetesteistä saatujen tulosten kanssa.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää ajanmukaisten markkinalajik-
keiden viljelytekniikkaa, lumihomeen torjunnan sekä sen kannattavuuden
näkökulmasta. Tulosten pohjalta ajatuksena oli luoda lajikekohtainen kasvin-
suojaeluohjeistus talvituhojen ehkäisemiseksi. Tavoitteena oli lisäksi selvittää
vaikuttavatko syksyn kasvinsuojelukäsittelyt *M. nivale* ja *Fusarium* –sienien
määrään seuraavan kasvukauden sadossa.

Käytännön kasvinsuojelun lisäksi tutkimuksessa keskityttiin optimoimaan
lumihomeenkestävyyden kartoitukseen uutta testausmenetelmää. Uuden tes-
timenetelmän avulla oli lisäksi tarkoitus tutkia lumihomekantojen aggressii-
visuuseroja, jotta lajikkeiden lumihomeenkestävyysjalostukseen olisi käytös-
sä mahdollisimman aggressiiviset lumihomekannat.

Aineisto ja menetelmät

Lumihomeen torjuntakoe

Kaksivuotinen lumihomeen torjuntakoesarja toteutettiin vuosina 2000 ja
2001. Kokeet sijaitsivat molempina vuosina Jokioisilla. Kenttäkokeessa tut-
kittiin kylvösiemenen peittauksen ja kasvustoruiskutusten vaikutusta lumi-
hometuhoihin neljästä eri ruislajikkeesta (Taulukko 1). Koemalli oli täydel-
listen lohkojen osaruutukoe, jossa torjunta-ainekäsittelyt sijoitettiin pääruu-
tuihin ja lajikkeet osaruutuihin. Kerranteita kokeessa oli neljä. Kokeesta ha-
vainnoitiin syksyllä syystiheys ja keväällä lumen sulettua lumihomeisuus
asteikolla 0-100 % sekä kevättiheys kasvuston kasvuunlähdon aikaan. Kas-

vukauden havainnot ja sadon käsittely suoritettiin lajikekoetoiminnan yleisen käytännön mukaisesti. Tulosten varianssianalyysi tehtiin SAS –ohjelmiston GLM- proseduurin ja parivertailut Tykey:n -testin mukaisesti (Littell ym 1991).

Taulukko 1. Lumihomeen torjuntakokeen koejäsenet; Käsittelyt, käytettyjen torjunta-aineiden nimet, niiden tehoaineet, käytetty annos sekä lajikkeet.

Käsittelyt	Valmisteet	Tehoaineet	Annos	Lajikkeet
peittaamaton				Akusti
peitattu	Premis Geta	trikonatsoli guatsatiiniasetaatti	400 ml/100 kg	Amilo Elvi
peittaamaton + ruiskutus	Sportak 45 EC	prokloratsi	1 l /200 l vettä/ha	Picasso
peitattu +ruiskutus	molemmat em.			Riihi

Punahomeisten jyvien määrittäminen

Lumihomeen torjuntakokeiden sadosta otettiin molempina vuosina satunnainen 200 jyvän näyte. Jyvät idätettiin idätyspaperilla seitsemän vuorokauden ajan pimeässä kylmiössä +10 °C:ssa. Kylmiöstä näytteet otettiin huoneenlämpöön kolmeksi vuorokaudeksi, jonka jälkeen näytteistä laskettiin terveiden itäneiden jyvien sekä punahomeisten jyvien osuus/näyte. Taudinaiheuttajien määrittämiseksi punahomeiset jyvät maljattiin PDA -maljoille 5 kpl/malja. Maljoilla kasvuun lähteneet *M. nivale* ja *Fusarium* –sienet tunnistettiin. Tutkimuksen kohteena olleiden sienien lisäksi maljoilla kasvoi runsaasti mm. *Epicoccum* spp -sieniä. *Fusarium* –sienet tunnistettiin maljojen värin sekä makrokuromien morfologian perusteella (Gerlach & Nidenberg 1982). Taudinaiheuttajien määrä laskettiin sienilajien kpl -% /näyte. Tilastovertailut tehtiin SAS-ohjelmiston GENMOD –proseduurin mukaan olettaen aineisto binomijakautuneeksi(SAS® Technical Report P-243).

Lehtipalatesti

Ruislajikkeiden lumihomeenkestävyyden testausmenetelmänä käytettiin ensin Hömmön (1994) kehittämää lehtipalatestiä. Kyseistä testausmenetelmää ei kuitenkaan saatu optimoinneista huolimatta toimimaan riittävän luotettavasti. Uusi lehtipalatesti kehitettiin Diamon ja Cooken (1999) menetelmää mukailen.

Lehtipalatestin kehitysvaiheessa testilajikkeina olivat Akusti, Amilo, Elvi, Picasso, Riihi ja Voima. Testikasveja kasvatettiin noin kolme - neljä viikkoa 18 °C:ssa. Karaisemattomien kasvien ollessa kolmilehtiasteella leikattiin

testikasvien toisesta kasvulehdestä 5 cm pala. Lehtipala maljattiin kinetiini-vesiagaralustoille ja tartutettiin viiden lumihomekannan (10^6 itiötä/ml) seoksella, inokulumin pisarakokona käytettiin 10 μ l.

Maljat inkuboitii kylmähuoneessa 12 °C:ssa jatkuvassa valkoisessa valossa. Lehtipalojen lumihometartunnan ankaruus arvioitiin asteikolla 0 - 6 (0=terve, 6=lehtipala täysin lumihomeen hajottama). Lumihomevioletuksen ankaruus arvioitiin viisi kertaa. Ensimmäinen havainnointi tehtiin seitsemän vuorokauden ja viimeinen 20 vuorokauden kuluttua tartutuksesta. Koe toistettiin kaksi kertaa. Ensimmäisessä testissä toistoja oli 18/lajike ja toisessa 24 kpl/lajike.

Luokka-asteikko 0-6 muunnettiin tauti-indeksiksi (DIR, disease index rating), joka kuvaa sekä tartunnan määrää että sen ankaruutta. Lisäksi indekseistä laskettiin kasvitautitutkimuksissa yleisesti käytetty AUDPC -arvo (Engl. Area under disease progress curve), joka kuvaa kasvitautien etenemistä (Shaner & Finney 1977).

$$\text{DIR} = \frac{\Sigma(\text{Kasvien kpl-määrä luokassa} \times \text{luokka-arvo})}{\text{Kasvien kokonaismäärä} \times 6}$$

$$\text{AUDPC} = \Sigma [(x_{i+1} + x_i) / 2] [t_{i+1} - t]$$

x_i on tauti-indeksi havainnointikerralla i ja i :n arvo alkaa 1:stä jatkuen n :ään, jolloin n kuvaa viimeistä havainnointikertaa ja t kuvaa aikaa vuorokausissa.

Lumihomekantojen aggressiivisuustestit

Lumihomekantojen aggressiivisuustestausmenetelmänä käytettiin edellä kuvattua lehtipalatestiä. Edellisestä ohjeesta poiketen havainnoiteja tehtiin kuusi kertaa 7, 10, 13, 20, 24 ja 28 vrk kuluttua tartutuksesta. Testikasveina oli kaksi toisistaan lumihomeenkestävyyden suhteen poikkeavaa ruislajiketta, hyvin kestäväenä pidetty Elvi ja erityisen altis Amilo. Testatut lumihomekannat (84 kpl) oli kerätty eri ruislajikkeista ja eri koepaikoilta MTT:n virallista lajikekokeista vuosien 1996 – 2002 välisenä aikana. Tavoitteena oli testata alkuperältään ja ominaisuuksiltaan mahdollisimman kirjava joukko erilaisia *M. nivale* -kantoja.

Vastaavasti kuten edellä luokka-asteikosta laskettiin lumihomeindeksi eri havainnointikerroille ja puolestaan indekseistä laskettiin AUDPC -arvot. Näiden taudin etenemistä kuvaavien AUDPC-arvojen avulla testatut lumihomekannat ryhmiteltiin kolmeen aggressiivisuusluokkaan, heikkoihin, keskinkertaisiin ja hyvin aggressiivisiin (Taulukko 2).

Taulukko 2. Lumihomekantojen ryhmittelyyn käytetyt taudin etenemistä kuvaavien AUDPC-arvojen raja-arvot.

Lumihomekantojen aggressiivisuusluokat	AUDPC-raja-arvot
Heikot	< 12,45
Keskin kertaiset	12,45-15,75
Hyvin aggressiiviset	> 15,75

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Kemiallinen torjunta parantaa ruislajikkeiden viljelyvarmuutta

Ruislajikkeiden satotaso kohosi kylvösiemenen peittauksen ja syysruiskutuksen ansiosta merkittävästi ($p < 0,05$). Sadonlisäyksen suuruus riippui lajikkeesta ollen suurin Amilo -lajikkeella ja pienin Picasso -lajikkeella (Taulukko 3). Myös Vanhanen (1980) totesi peittauskäsittelyn vähentävän talvituhoja ja antavan 15 %:n sadonlisäyksen. Satotason kohoamisen taustalla oli lajikkeiden parantunut talvehtiminen yhdessä alemman lumihometartunnan kanssa.

Lajikkeiden välillä oli merkittäviä kestävyyseroja lumihomeen- ja talvenkestävyyden suhteen ($p < 0,0001$). Elvi oli lajikkeista lumihomeenkestävin ($p < 0,05$). Talvenkestävyydeltään parhaita lajikkeita olivat Elvi, Picasso ja Riihi (Taulukko 3). Sitä vastoin Amilo -lajikkeen lumihomeenkestävyys ja talvehtimiskyky oli heikoin. Vastaavasti virallisissa lajikekokeissa Elvi ja Riihi ovat kuuluneet kestävimpien lajikkeiden joukkoon, kun taas Amilo on virallisissakin lajikekokeissa ollut altein lajike (Kangas ym. 2003). Torjunta-ainekäsittelyjen avulla ruislajikkeiden välisiä talven- ja lumihomeenkestävyyseroja voidaan pienentää ja siten varmistaa alttiimmillakin lajikkeilla vähintään kohtuullinen satotaso.

Talvehtimisen suhteen varmoilla ruislajikkeilla kasvinsuojelukäsittelystä saatava hyöty on pienempi kuin heikoilla lajikkeilla. Kasvinsuojelukäsittelyihin ruislajikkeet reagoivat eri tavoin ($p < 0,0001$) ja käsittelyistä saatava taloudellinen hyöty riippui lajikkeesta (Taulukko 3). Populaatiolajikkeilla; Elvi, Akusti ja Riihi, joilla talven- ja lumihomeenkestävyys oli hyvää keskitasoa, taloudellisesti kannattavinta oli kylvösiemenen peittäus. Hybridilajike Picassolla peittäus ei suojannut kasvustoja lumihometuhoilta, mutta kasvuston ruiskutus oli taloudellisesti kannattavaa. Koesarjan talven- ja lumihomeen-

kestävyydeltään heikoimmalla Amilo -lajikkeella peittauskäsittely lisäsi satoa suhteessa enemmän kuin kestävämmillä lajikkeilla, mutta tästä huolimatta taloudellisesti kannattavimpaan tulokseen päästiin molempien käsittelyjen yhdistelmällä. Myös aiemmassa tutkimuksessa on todettu, että talvituhosienien kestävydeltään heikot lajikkeet hyötyvät kylvösiemenen peittauksesta selvästi enemmän kuin suhteellisen kestävät lajikkeet (Jamalainen 1974). Kasvinsuojelukäsittelyistä saatava hyöty riippuukin ruislajikkeiden geneettisistä tekijöistä, jotka vaikuttavat lajikkeiden talvenkestävyyteen. Lajikkeiden väliset kestävyyserot on syytä tuntea, jotta kasvinsuojelusuosituksissa päästäisiin lajikekohtaiseen ohjeistukseen.

Taulukko 3. Lumihomeen torjuntakokeen tulokset; sadon, käsittelyjen antaman sadonlisäyksen sekä katteen suhteen. Lajikkeissa esiintynyt lumihome ja talvituh.

Lajikkeet	Käsittelyt	Sato (Kg/ha)	Sadonlisä (Kg/ha)	Kate (euroa/ha)	Talvituh (%)	Lumihome (%)
Akusti	Pton	4155			27.3	35.9
	Pton+sp	4846	650	51.5	18.6	24.1
	Pttu	4974	819	90.4	12.4	31.8
	Pttu+sp	5191	1036	85.2	6.0	21.4
Amilo	Pton	3507			40.0	41.3
	Pton+sp	4312	805	71.8	27.4	34.5
	Pttu	4781	1274	149.9	19.8	33.3
	Pttu+sp	5417	1910	199.6	6.9	19.8
Elvi	Pton	4084			0.0	0.4
	Pton+sp	4418	333	10.0	7.9	5.7
	Pttu	5026	942	106.4	2.3	0.6
	Pttu+sp	5193	1109	94.7	0.0	3.4
Picasso	Pton	7460			7.3	25.6
	Pton+sp	7732	272	2.1	8.0	16.1
	Pttu	6908	-552	-89.0	8.9	24.8
	Pttu+sp	7636	177	-27.3	4.1	17.3
Riihi	Pton	4567			16.1	30.0
	Pton+sp	5073	507	32.7	10.6	26.0
	Pttu	5048	481	46.2	10.1	22.9
	Pttu+sp	5170	603	28.5	4.4	18.1

Pton = peittaamaton, Pton + Sp = peittaamaton + Sportak, Pttu = peitattu, Pttu + Sp = peitattu + Sportak, Sadonlisä on esitetty suhteessa peittaamattoman koejäsenen satoon, Katteeseen huomioitu rukiin kg-hinta = 0,13 euroa/kg, Sportak –käsittely 33,61 euroa/ha, peittaus=16,81 euroa/ha ja peittaus + Sportak= 52,42 euroa/ha.

Kasvukauden sääolot vaikuttavat oleellisesti jyvien punahomeisuuteen

Sateisena kasvukautena ruissadon punahomeentartuntariski kasvaa, erityisesti jos kasvusto lakoutuu pahasti. Viljat ovat erityisen alttiita punahomeelle, jos kukinta-aikaan osuu sateinen ajanjakso (Parry ym. 1995). Kasvukausien 2000 ja 2001 kasvuolosuhteet, erityisesti kosteusolosuhteet, poikkesivat toisistaan selvästi, mikä myös näkyi punahomeisten jyvien määrässä sekä yksittäisten *Fusarium* –sienien yleisyydessä (Taulukko 4). Vuonna 2000 rukiin sadossa esiintyi merkittävästi enemmän punahomeisia jyviä ($p < 0,001$) ja *Fusarium* –sieniä ($p < 0,001$) sekä jyvien itävyys oli alhaisempi kuin vuoden 2001 sadon. Rukiin kukinta-aikaan ajoittuneet sademäärät eivät kyseisinä kasvukausina poikenneet toisistaan, joten ne eivät selitä vuosien välisiä eroja. Sen sijaan punahomeinfektion runsaus vuonna 2000 selittyy kukinnasta puintiin kestäneen ajanjakson sademäärillä sekä -päivien lukumäärällä (ks. liitteet). Paljas-kuoristen rukiiden sadon punahomeisuus riippuu kasvukauden sääoloista enemmän kuin vain kukinta ajankohdan sääoloista.

Taulukko 4. Lumihomeen torjuntakoesarjan satonäytteissä esiintyneet punahomeiden aiheuttajat sekä terveiden itäneiden jyvien osuudet ja sadon punahomeisuus vuosina 2000 ja 2001.

Lajikkeet	Käsittelyt	2000						2001					
		terv. itäneet		punahom.				terv. itäneet		punahom.			
		jyvät (%)	jyviä (%)	niv. (%)	cul. (%)	ave. (%)	tri. (%)	jyvät (%)	jyviä (%)	niv. (%)	cul. (%)	ave. (%)	tri. (%)
Akusti	Pton	62	18	0	8	3.5	4.5	63	5.5	1	0	2	1
	Pton+sp	52	18	0	9.5	5	3.5	82	6	1	1	1.5	1
	Pttu	49	21.5	0	13.5	4	3	80	5.5	0	0	2.5	0
	Pttu+sp	56	19	0	10.5	4	3	78	7	0.5	0	3	3
Amilo	Pton	40	25	0.5	8.5	10.5	5.5	85	5.5	1	0.5	1	1
	Pton+sp	45	20	0	9.5	3	8.5	83	3.5	2	0	1.5	0
	Pttu	62	17	0.5	6.5	2	6	85	1	0.5	0	0	0
	Pttu+sp	62	18	0	9.5	3	6	88	4.5	1	0	2	0.5
Eivi	Pton	60	22	0	7	7	6	83	5	1	1	1	1
	Pton+sp	57	21.5	0	8.5	8.5	4.5	67	9.5	2	0	2	3
	Pttu	73	20	0	9.5	4.5	4.5	66	9	4.5	0	2.5	0.5
	Pttu+sp	70	22	0	10	4.5	6.5	55	10.5	1	0	1.5	3.5
Picasso	Pton	67	17	0.5	10	2.5	5	85	5	1	0	1	0.5
	Pton+sp	71	17	0	8.5	3	4	83	5.5	1	0	0.5	2.5
	Pttu	55	19	0	7	4	8	83	11	2	1	3	0.5
	Pttu+sp	70	11	0	4	3.5	5	75	7	0.5	0.5	1.5	2
Riihi	Pton	73	18.5	0	7.5	6.5	4.5	85	3	0	0	1	1
	Pton+sp	67	14	0	9.5	6	2.5	83	3	0	0	2	0.5
	Pttu	60	18.5	0	9	6.5	4	83	2.5	0	0	1	0.5
	Pttu+sp	67	15	0	8.5	2.5	4.5	75	6	0	0	3	2

Pton = peittaamaton, Pton + Sp = peittaamaton + Sportak, Pttu = peitattu, Pttu +Sp = peitattu + Sportak. niv = *M. nivale*, cul.= *F. culmorum*, ave. = *F. avenaceum*, tri.= *F. tricinctum*

Syksyn kasvinsuojelukäsittelyin ei voida vaikuttaa sadon punahomeisuuteen eikä suoraan yksittäisten *Fusarium* -sienien määrään sadossa. Kasvinsuojelukäsittelyjen avulla *M. nivale* – sienien määrään sadossa voidaan mahdollisesti jossain määrin vähentää. Koska kasvukaudella *M. nivale* –sieni yhdessä *Fu-*

sarium –sienien kanssa aiheuttaa punahometta, voi *M. nivale* –sienen torjunta aikaansaada *Fusarium* -sienien määrän lisääntymisen sadossa. Kokeiden satonäytteissä *M. nivale* -sientä esiintyi vähän (Taulukko 4). Kuitenkin vuonna 2001 *M. nivale* –sienen %-osuus punahomeisuutta aiheuttavista taudinaiheuttajista oli keskimäärin 16 %, kaikkien muiden lajikkeiden satonäytteessä paitsi Riihen. Huomionarvoista on lisäksi *F. culmorum* -sienen alhaisempi esiintymisyleisyys vuonna 2001 suhteessa sen runsauteen vuoden 2000 sadossa. Doohan ym. (1998) havaitsivat *F. culmorum* ja *M. nivale* -sienien välillä olevan antagonistinen vaikutus toisiinsa. Simpson ym. (2001) havaitsivat kasvukaudella tehtyjen strobiluriiniruiskutusten torjuvan *M. nivale* –sientä, mutta ruiskutusten teho *Fusarium* –sieniin oli heikko, ja siten *M. nivale* -sienen vähenemisen seurauksena ruiskutukset lisäsivät *Fusarium* –sienien määrää sadossa. Syksyn torjunta-ainekäsittelyillä ja ainevalinnoilla voi olla epäsuora vaikutus punahomeisuutta aiheuttaviin *Fusarium* –sieniin. Ongelmalliseksi tämän tekee se seikka, että *Fusarium* -sienet tuottavat satoon vaarallisia mykotoksiineja, mutta *M. nivale* –sieni ei niitä tuota.

Lumihomeen torjuntakoesarjan satonäytteissä yleisimmät *Fusarium* –lajit olivat; *F. culmorum*, *F. avenaceum* ja *F. tricinctum* sekä *M. nivale* -sieni. Vähäisessä määrin sadossa esiintyi myös *F. poae*, *F. sporotrihioides*, *F. sambucinum* ja *F. graminearum* –lajeja. Koesarjan satonäytteissä esiintyneiden *Fusarium* -lajien yleisyysjakauma kuvaa hyvin tilannetta pohjoisilla viljanviljelyalueilla, missä aiemmissakin tutkimuksissa on todettu kyseisten lajien olevan yleisimpiä (Parry ym. 1995).

Lehtipalatestin avulla ruislajikkeiden geneettinen lumi-homeenkestävyys selville

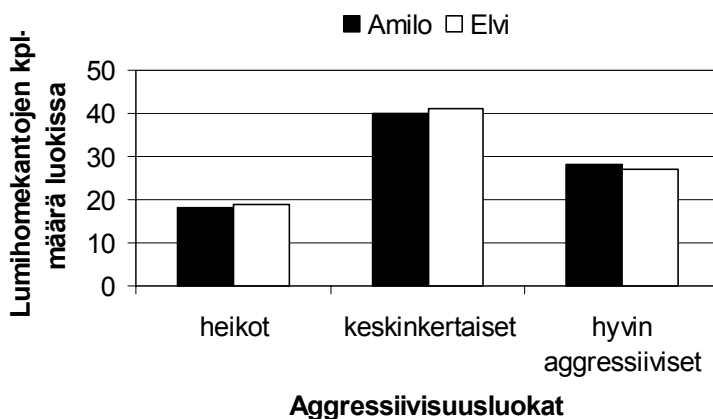
Lehtipalatestissä lumihomeenkestävimmiksi lajikkeiksi osoittautuivat Picasso, Elvi ja Akusti. Sitä vastoin suhteellisen aroiksi lumihometartunnalle osoittautuivat Amilo, Voima ja Riihi. Myös lumihomeen torjuntakokeessa Elvi ja Picasso olivat kaksi lumihomeenkestävintä lajiketta. Virallisissa lajikekokeissa, joissa lajikkeiden herkkyyttä kasvitaudeille havainnoidaan hyvin monen tyyppisissä talvehtimisolosuhteissa, ovat lumihomeenkestävimmiksi lajikkeiksi osoittautuneet Elvi, Riihi ja Akusti, kun otetaan huomioon vain ne lajikkeet, jotka ovat mukana tässä tutkimuksessa. Sen sijaan kenttäkokeissa Picasso on ollut lähes yhtä lumihomeen altis kuin Amilo (Kangas ym. 2003).

Lehtipalatestimenetmän optimointi suoritettiin karaisemattomia testikasveja käyttäen. On kuitenkin tunnettua, että pelto-oloissa syysviljojen hyvä karaisumiskyky on osa niiden luontaista selviytymismekanismia talvesta ja että karaisukäsittelyn seurauksena syysviljojen lumihomeen- sekä talvenkestävyys kohoaa (Gaudet 1994). Tässä tutkimuksessa yhdessä yksittäisessä lehtipalatestissä, testikasvit karastiin ennen tartutusta. Lumihomeen eteneminen kyseisessä kokeessa oli huomattavasti hitaampaa kuin karaisemattomilla kas-

veilla. Osittainen ristiriita lehtipalatestien ja pelto-olosuhteista saatujen tulosten välillä voikin johtua siitä, että lehtipalatestissä lumihomeenkestävyyttä tutkittiin karaisemattomista kasveista. Huomioitavaa on kuitenkin, se että pellolla syysviljat joutuvat monien stressitekijöiden kohteeksi, mitkä saattavat altistaa lajikkeita entisestään lumihometuhoille. Siten peltokokeiden tulokset kertovat enemmän lajikkeiden yleisestä talvenkestävyydestä kuin pelkästään lumihomeenkestävyydestä.

Lumihomekantojen välillä oli aggressiivisuseroja

Tutkittujen 84 lumihomekantojen välillä oli selviä aggressiivisuseroja ja lumihomekannat ryhmiteltiin kolmeen luokkaan niiden aggressiivisuuden mukaan. (ks. materiaali ja menetelmät). Lumihomekannat testattiin kahdella toisistaan lumihomeenkestävyydeltään poikkeavalla lajikkeella, olettaen lumihomekantojen jakautuvan eri testilajikkeilla eri tavoin, koska lumihomekantojen aggressiivisuusluokitus tehtiin molemmilla testilajikkeilla samoja AUDPC -raja-arvoja käyttäen. Oletuksena oli se, että käytettäessä testikasvina Elviä, lumihomekantojen jakauma luokkiin painottuisi ensimmäiseen ja toiseen luokkaan ja puolestaan Amilon ollessa testikasvina samat lumihomekannat kuuluisivat painotetusti luokkiin kaksi tai kolme. Testattujen lumihomekantojen frekvenssi eri luokissa oli kuitenkin sama molemmilla testikasveilla (Kuva 1), lisäksi yksittäiset lumihomekannat kuuluivat pääsääntöisesti molemmilla testilajikkeilla samaan aggressiivisuusluokkaan.

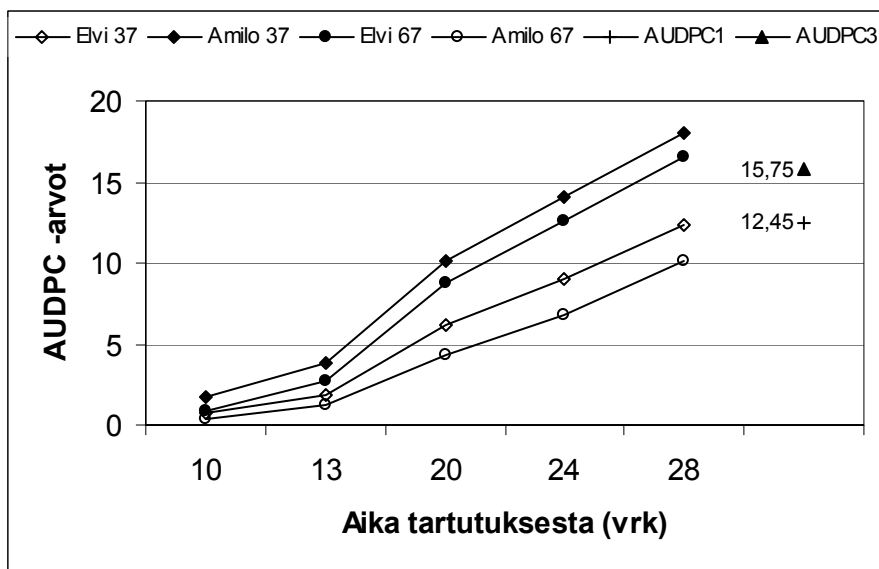


Kuva 1. Lumihomekantojen jakautuminen testilajikkeilla eri aggressiivisuusluokkiin.

Lajikkeiden välistä lumihomeenkestävyyseroa ei yksittäisillä lumihomekannoilla tehdyistä testeistä saatu esille. Lehtipalatesti toimi kuitenkin hyvin lumihomekantojen välisten aggressiivisuserojen kartoituksessa, mutta testin

todellinen kyky erottaa lajikkeiden välisiä kestävyyseroja jää epäselväksi. Syynä tähän voi luonnollisesti olla se, että käytetty AUDPC -raja-arvo ei ollut täysin optimaalinen lajikkeiden välisiä eroja ilmentämään. Lisäksi lumihomekantojen aggressiivisuustestissä testattiin yksittäisiä lumihomekantoja ja lajikkeiden lumihomeenkestävyyttä testattaessa tulee tartukkeena käyttää mahdollisimman aggressiivisten lumihomekantojenseosta. Useiden lumihomekantojen on todettu aiheuttavan voimakkaamman oireen kuin yksittäisten lumihomekantojen (Matsumoto 1994). Tämän tutkimuksen yhdessä esikoeksessa havaittiin, ettei lumihomekantojen seos aiheuta voimakkaampia oireita kuin yksittäiset lumihomekannat. Kyseisessä tartukkeessa oli mukana lumihomekantoja, jotka yksittäin testattaessa olivat huomattavasti heikompia kuin aggressiivisimmat lumihomekannat. Kyseiset heikot lumihomekannat oli eristetty syysvehnästä kun taas kaikki muut lumihomekannat oli eristetty syysrukiista. Kaikenkaikkiaan tämä tukee käsitystä, jonka mukaan jalostusmateriaalin taudinkestävyyttä kartoitettaessa, tulee tartukkeen koostua mahdollisimman aggressiivisista taudinaiheuttajakannoista.

Lumihomekantojen välisten aggressiivisuuserojen lisäksi testeissä tuli esille kymmenen lumihomekanta, joiden taudinaiheuttamiskyky poikkesi oleellisesti testilajikkeiden välillä. Näistä lumihomekannoista, kuusi oli hyvin aggressiivista Amilo-lajikkeella, mutta hyvin heikkoja Elvillä. Puolestaan neljä lumihomekanta oli hyvin aggressiivista Elvillä, mutta heikkoja Amilolla (Kuva 2). Tulos osoittaisi testilajikkeiden lumihomeenkestävyyden olevan eri geenien säätelemää.



Kuva 2. Kahden lumihomekannan (37 ja 67) aggressiivisuuserot testilajikkeilla ja lumihomekantojen ryhmittelyssä käytettyjen AUDPC -arvojen raja-arvot lehtipalatestissä.

Johtopäätökset

Rukiin taloudellisesti kannattavan viljelyn, perusta on viljelyalueelle soveltuvan lajikkeen viljely. Viljelijän tulee huomioida rukiinviljelyssä, lajikkeiden asettamat rajoitukset, erityisesti talvehtimisen suhteen, koska talven- tai lumihomeenkestävyydeltään heikkoja lajikkeita viljeltäessä, kemiallisen torjunnan merkitys korostuu.

Terveen elinvoimaisen kylvösiemenen käyttöä voidaan pitää viljanviljelyn perustana, niin myös rukiinviljelyn, eikä siten kylvösiemenen peittäuksesta ole syytä koskaan tinkiä. Lisäksi lumihomeen aroille lajikkeille, erityisesti runsaslumisilla alueilla, kasvinsuojeluruiskutus juuri ennen lumen tuloa on suositeltavaa, jos sääolosuhteiden puolesta ruiskutus vain on mahdollista. Lajikevalinnalla ja viljelytekniisin keinoin rukiiden viljelyvarmuutta onkin mahdollista parantaa.

Rukiinsadossa punahometta aiheuttavat samat taudinaiheuttajat kuin muillakin viljoilla. Ruiskasvustojen tartuntariski punahomeelle kasvaa selvästi satteisina kasvukausina, jolloin erityisesti suhteellisen pitkäkortisten ruislajikkeiden laontorjunnan merkitys myös korostuu. Lajikevalinnan ja syysruiskutuksen vaikutus punahomeiden esiintymiseen osoittautui tutkimuksessa vähäiseksi. Tosin tutkimuksen alkuperäinen tavoite ei ollut punahomeiden tutkiminen, eikä siten kasvukauden aikaisia torjunta- eikä kasvunsäädäkäsittelyjä kokeissa tehty. Tutkimus kuitenkin osoitti, tutkimustarvetta lajikkeiden punahomeen alttiuden ja niiden torjunnan selvittämiseen olevan.

Syysviljojen jalostusmateriaalin lumihomeenkestävyyden testaukseen ei ole ollut käytössä nopeaa ja spesifistä testausmenetelmää. Tutkimuksen aikana kehitetyn lehtipalatestin toimivuus ja luotettavuus rukiin jalostuslinjojen lumihomeenkestävyyden kartoittamisessa jäi osittain epäselväksi, koska lumihomekantojen aggressiivisuudesta ei ollut testiä kehitettäessä tietoa. Tutkimuksen aikana lumihomekantojen aggressiivisuuseroja voitiin kehitetyn lehtipalatestin avulla selvittää. Tulevaisuudessa rukiin sekä syysvehnän jalostusmateriaalien lumihomeenkestävyyttä voitaisiin testata sekä lumihomepopulaatioiden aggressiivisuutta kartoittaa lehtipalatestin avulla.

Kirjallisuus

Bruehl, G.W. & Cunfer, B. 1971. Physiologic and environmental factors that affect the severity of snow mold of wheat. *Phytopathology* 61: 792-799.

Diamond, H. & Cooke, B.M. 1999. Towards the development of a novel *in vitro* strategy for early screening of *Fusarium* ear blight resistance in adult winter wheat plants. *European Journal of Plant Pathology* 10: 363-372.

- Doohan, F.M., Parry, D.W., Jenkinson, P. & Nicholson, P. 1998. The use of species-specific PCR-based assays to analyse *Fusarium* ear blight of wheat. *Plant Pathology* 47: 197-205.
- Ergon, Å., Klemsdal, S.S. & Tronsmo, A.M. 1998. Interaction between cold hardening and *Microdochium nivale* infection on expression of pathogenesis-related genes in winter wheat. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 53: 301-310.
- Gaudet, D.A. 1994. Progress towards understanding interactions between cold hardiness and snow mold resistance and development of resistant cultivars. *Canadian Journal of Plant Pathology* 16: 241-246.
- Gerlach, W. & Nidenberg, H. 1982. *The Genus Fusarium – a Pictorial Atlas*. Berlin: Dahlem H. s. 209-406.
- Hon, W-C., Griffith, M., Mlynarz, A., Kwok, Y.C. & Yang, S.C. 1995. Anti-freeze proteins in winter rye are similar to pathogenesis-related proteins. *Plant Physiology* 109: 879-889.
- Hänninen, P. & Jamalainen, E.A. 1968. Syysviljojen talvehtiminen Keski-Suomessa. *Annales Agriculturae Fenniae* 7: 194-218.
- Hömmö, L.M. 1994. Screening winter rye cultivars for snow mould (*Microdochium nivale*) resistance. *Plant Pathology* 43: 740-750.
- Jamalainen, E.A. 1959. Overwintering of Gramineae plants and parasitic fungi. III. Isolations of *Fusarium nivale* from gramineous plants in Finland. *Journal of Scientific Agricultural Society of Finland* 341: 282-284.
- Jamalainen, E.A. 1962. Syysviljojen peittäuskokeet Suomessa. *Annales Agriculturae Fenniae* 1: 175-191.
- Jamalainen, E.A. 1964. Control of low-temperature parasitic fungi in winter cereals by fungicidal treatment of stands. *Annales Agriculturae Fenniae* 3: 1-54.
- Jamalainen, E.A. 1974. Resistance in winter cereals and grasses to low-temperature parasitic fungi. *Annual Review of Phytopathology* 12: 281-302
- Kangas, A., Kedonperä, A., Laine, A., Niskanen, M., Salo, Y., Vuorinen, M., Jauhainen, L. & Mäkelä, L. 2003. Viljalajikkeiden taudinalttius virallisissa lajikekokeissa 1996-2003. MTT:n selvityksiä 48 29s.
- Littell, Ramon C., Freund, Rudolf J., Spector, Philip C. 1001. *SAS® System for linear Models*, Third Edition, Cary, NC: SAS Institute Inc. 329 s.

- Logrieco, A., Vesonder, R.F., Peterson, S.W. & Bottalico, A. 1991. Reexamination of the taxonomic disposition of and deoxynivalenol production by *Fusarium nivale* NRRL 3289. *Mycologia* 88: 367-370.
- Matsumoto, N. 1994. Ecological adaptation of low temperature plant pathogenic fungi to diverse winter climates. *Canadian Journal of Plant Pathology* 16: 237-240.
- Maurin, N., Rezanoor, H.N., Lamkadmi, Z., Some, A. & Nicholson, P. 1995. A comparison of biological, molecular and enzymatic markers to investigate variability within *Microdochium nivale* (Fries) Samuels and Hallett. *Agro-nomie* 15: 39-47.
- Miedaner, T., Beyer, W., Höxter, H. & Geiger, H.H. 1995a. Growth stage specific resistance of winter rye to *Microdochium nivale* and *Fusarium* spp. in the field assessed by immunological methods. *Phytopathology*. 85: 416-421.
- Miedaner, T., Fromme, F.J. & Geiger, H.H. 1995b. Genetic variation for foot-rot *Fusarium* head-blight resistance among full-sib families of a self-incompatible winter rye (*Secale cereale* L.) population. *Theoretical and Applied Genetics* 91: 862-868.
- Miedaner, T., Höxter, H. & Geiger, H.H. 1993. Development of a resistance test for winter rye to snow mold (*Microdochium nivale*) under controlled environment conditions in regard to field inoculations. *Canadian Journal of Botany* 71: 136-144.
- Nakajima, T. & Abe, J. 1996. Environmental factors affecting the expression of resistance in winter wheat to pink snow mold caused by *Microdochium nivale*. *Canadian Journal of Botany* 73: 1783-1788.
- Parry, D.W., Jenkinson, P. & Mcleod, L. 1995. *Fusarium* ear blight (sab) in small grain cereals –a review. *Plant Pathology* 44: 207-238.
- SAS Institute Inc. 1993. SAS® Technical Report P-243, SAS/STAT® Software: The GENMOD Procedure, Release 6.09, Cary, NC: SAS Institute INC. 88 s.
- Shaner, G. & Finney, R.E. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology*. 67: 1051-1056
- Simpson, D.R., Weston, G.E., Turner, J.A., Jennings, P. & Nicholson, P. 2001. Differential control of head blight pathogens of wheat by fungicides and consequences for mycotoxin contamination of grain. *European Journal of Plant Pathology* 107: 421-431.

- Tronsmo, A.M. 1984. Resistance to the rust fungus *Puccinia poae-nemoralis* in *Poa pratensis* induced by low temperature hardening. *Canadian Journal of Botany* 62: 2891-2892.
- Vanhanen, R. 1980. Peittauksesta alkaa talvituhojen torjunta. Koetointiminta ja käytäntö 37(12.8.1980): 29.
- Wiese, M.V. (toim.) 1987. Compendium of wheat diseases. St. Paul, Minnesota: APS. Press. 112 s.

Rukiin rikkakasvien ja laon torjunta

Heikki Jalli¹⁾ ja Antti Laine²⁾

¹⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen, heikki.jalli@mtt.fi,

²⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Alueellinen yksikkö, Lounais-Suomen tutkimusasema, Saarentie 220, 23120 Mietoinen, antti.laine@mtt.fi

Tiivistelmä

Syysrukiin rikkakasvien ja lakoontumisen säätelyä tutkittiin vuonna 2001 perustetuilla MTT:n koekentillä Mietoisissa, Jokioisilla, Pälkäneellä ja Ylis-tarossa.

Ruislajikkeina olivat populaatiolajike Riihi ja lyhytkortinen hybridilajike Picasso. Rikkakasvien torjuntaan käytettiin Primus-valmistetta (florasulami 50 g/l) ja kasvunsäätteinä klormekvattikloridivalmistetta (CCC) ja Moddusta (trineksapakki-ethyyli 250 g/l).

Rikkakasvillisuudesta ei ollut suurta haittaa millään koepaikalla. Tärkeimmät rikkakasvilajit olivat peltolemmikki, pihatähtimö, pelto-orvokki ja saunakukka. Rikkakasvien massaan saatiin herbisidikäsittelyllä keskimäärin 61 % teho.

Lakoontuminen vaihteli paljon koepaikkojen välillä. Ylistarossa lakoontuminen oli vähäistä, Pälkäneellä taas Picassokin lakoontui Moddus-käsittelystä huolimatta. Moddus lyhensi kortta ja vähensi lakoa CCC-käsittelyä enemmän.

Picasson sato oli Riihtä suurempi. Herbisidi vähensi ruissatoa keskimäärin 160 kg/ha. Picasso hyötyi CCC-käsittelystä ilman herbisidiä kahdessa ko-keessa, joissa sato oli yli 7500 kg/ha, Moddus-annos oli Picassolle liian suuri. Toisaalta Riihi hyötyi yhtä poikkeusta lukuun ottamatta kasvunsäädekäsittelyistä, vaikka sato lisääntyi vain neljä kertaa torjunnan muuttuvat kulut peit-täväksi.

Laontorjunta on edelleen tarpeen erityisesti viljeltäessä rukiin populaatiolajikkeita. Hybridilajikkeiden kasvunsäätelyssä on oltava varovainen ja käytettävä klormekvattikloridi-valmisteita. Taloudellinen rikkakasvien torjunta toteutuu vain rikkakasvillisuuden ollessa erittäin runsasta. Torjuntatoimet tarkennetuin annoksin ovat kuitenkin tarpeen, jotta rikkakasvillisuuden lisääntyminen voidaan estää.

Avainsanat: ruis, rikkakasvit, herbisidit, kasvunsäätteet, lakoontuminen, florasulami, klormekvatti-kloridi, trinexapakki-etyyli

Control of weeds and lodging in winter rye

Hekki Jalli¹⁾ and Antti Laine²⁾

¹⁾MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Plant Protection, FIN-31600 Jokioinen, Finland, heikki.jalli@mtt.fi

²⁾MTT Agrifood Research Finland, Regional Unit, Southwest Finland Research Station, Saarentie 220, FIN-23120 Mietoinen, Finland, antti.laine@mtt.fi

Abstract

Herbicide (Primus, florasulam 50 g/l) and plant growth regulators (Korrenvahvistaja CCC, chlormequat-chloride 750 g/l and Moddus, trinexapacethyl 250 g/l) were tested on fields of new winter rye varieties; Finnish population variety Riihi and hybrid variety Picasso. The field experiments were done in 2001-2002 at four experimental stations in southern and south-western Finland.

Weed species varied among sites, but the infestation was generally low. The predominant weed species were *Myosotis arvensis*, *Stellaria media*, *Viola arvensis* and *Triplurospermum inodorum*. The mean efficacy of the herbicide was 61 % in terms of weed biomass reduction.

Lodging varied among sites. Riihi lodged and needed plant growth regulators. Moddus was more efficient than CCC in shortening culm length and preventing lodging.

Grain yield differed among sites and varieties. Herbicide stressed rye and decreased the yield on average by 160 kg/ha. Picasso grew successfully with CCC alone in two cases when the untreated yield was at least 7500 kg/ha. Moddus was applied at too high a rate for Picasso. Riihi however benefited from plant growth regulator application in most cases.

The yield increase did not compensate for the costs of pesticides and labour in most instances.

Key words *Secale cereale*, *weeds*, *lodge*, *florasulam*, *chlormequat-chloride*, *trinexapac-ethyl*

Johdanto

Ruis kilpailee erinomaisesti rikkakasvien kanssa, mutta ilman torjuntaa etenkin lakaisen kasvuston tuleentuminen on epätasaista ja korjuu vaikeutuu. Rikkakasvien torjunta on nykyisin pienannosvalmisteita käyttämällä helppoa ja tehokasta.

Laontorjunta on populaatiolajikkeita viljeltäessä välttämätöntä tavoiteltaessa suuria ja hyvälaatuista satoja. Kasvunsäätteiden käytöstäkin huolimatta ruis lakoontuu lähes aina jossain vaiheessa (Junnila 1995).

Lyhyiden hybridilajikkeiden ja uusien populaatiolajikkeiden viljelyyn tulo on muuttanut kasvinsuojelutarpeita. Lyhyen rukiin kilpailuky ei eronne syysvehnästä, jolla syysyksivuotiset rikkakasvit voivat olla vaikea ongelma. Tosin syysvehnälläkin rikkakasvien torjunnan taloudellinen kannattavuus edellyttää runsasta rikkakasvillisuutta (Jalli ym. 2000).

Rukiin kasvunsäätteiden käytön taloudellisuus vaati 1990-luvulla joko lakaisuuden vähenemisen 10 %:lla tai sadon suurenemisen lakoontumisesta huolimatta (Erviö ym. 1995). Uusien lajikkeiden korrenvahvuus asettaa kasvunsäätteen käytön tarpeen uuteen tilanteeseen, samoin kuin 1990-luvulta laskeutunut viljan hinta koko kasvinsuojelun taloudellisen kannattavuuden.

Tässä koesarjassa tutkitaan herbisidin ja klormekvattikloridin tai trineksapakki-etyylin vaikutusta rukiin lakoon, satoon ja sadon laatuun sekä viljelyn talouteen.

Aineisto ja menetelmät

Kesällä 2002 tehtiin yhdistetty rikkakasvintorjunta- ja kasvunsäädekoe neljällä koepaikalla, Jokioisilla, Mietoisissa, Pälkäneellä ja Ylistarossa.

Kokeet kylvettiin 2001 elokuun viimeisellä viikolla. Lajikkeet olivat Riihi ja Picasso, siemen oli peitattua. Maalaji oli hietasavi-hiue, paitsi Pälkäneellä hieno hieta. Syyslannoituksen typpitaso oli 33-40 kg/ha ja fosforitaso 18-20 kg/ha, lannoite annettiin sijoituslannoituksena, paitsi Jokioisilla osa karjanlantana ja Mietoisissa, jossa kylvettiin vasta 21.9., eikä lannoitettu.

Kylvösyksynä torjuttiin kahukärpäsiä deltametriinivalmisteella, Decis, Pälkäneellä. Talvehtimista varmistettiin prokloratsikäsittelyllä 450 g/ha (Spartak) loka/marraskuussa. Kevätlannoitus huhtikuun lopulla Suomensalpietarilla tehtiin kasvuston kunnan mukaan (N 61-130 kg/ha).

Herbisidikäsittely tehtiin traktoriruiskulla toukokuun alussa, paitsi Mietoisissa 15.5., Primus-valmisteella 0,06-0,1 l/ha (florasulami 50 g/l). Kasvunsäädäkäsittelyt tehtiin taulukon 1 mukaisesti.

Taulukko 1. Rukiin rikkakasvi- ja kasvunsäädäkkeen kasvunsäädäkäsittelyt ja päivämäärät MTT:n koepaikoilla vuonna 2002.

Paikka	Mietoinen	Jokioinen	Pälkäne	Ylistaro
CCC 750 g/l, 2,0 l/ha	15.5.	14.5.	15.5.	20.5.
Moddus 0,7 l/ha	15.5.	20.5.	22.5.	23.5.

Rikkakasvi ja kasvustonäyte otettiin 17.6.-27.6. 2002 viiden viikon kuluttua herbisidikäsittelystä. Näyteala oli 2*0,5 m², rikkakasvit laskettiin, kuivattiin ilmakeiviksi ja punnittiin lajeittain. Kasvuston pituus mitattiin viimeisen kerran rukiin pituuskasvun päätyttyä ja lopullinen lakohavainto tehtiin ennen viljan korjuuta. Sato korjattiin Mietoisissa 2.8., Jokioisilla 5.8., Pälkäneellä 9.8. ja Ylistarossa 11.8.

Aineistoa tilastomatemaattisessa käsittelyssä käytettiin rikkakasvimassoista logaritimuunnosta, rikkakasvilukumääristä neliöjuurimuunnosta, laosta neliöjuuri-arcsin muunnosta.

Vuoden 2002 hinnoin Primus käsittelyn hinta ruiskutustöineen vastasi 250 kg/ha sadonlisäystä. CCC-käsittely taas vaati 160 kg/ha, Primus+CCC 410 kg/ha, Moddus 440 kg/ha ja Primus+Moddus 690 kg/ha sadonlisäyksen.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Rikkakasvit

Rikkakasvien määrä ja massa erosivat koepaikkojen välillä, eniten massaa käsittelemättömillä ruuduilla oli Mietoisissa ja Jokioisilla 95,1 ja 33,6 g/m² ja huomattavasti vähemmän Pälkäneellä ja Ylistarossa, 10,6 ja 3,5 g/m². Herbisidikäsittely pienensi rikkakasvilukumäärää keskimäärin 36 %, mutta teho rikkakasvien painoihin oli 61 %. Rikkakasvien massaan vaikutti torjuntäkäsittelyä enemmän ruislajikkeen kilpailukyky. Picassossa rikkakasvimassa oli lähes kaksinkertainen Riiheen verrattuna. Massan mukaan arvioiden herbisidin teho oli Jokioisilla ja Pälkäneellä 66 ja 61 % ja Mietoisissa ja Ylistarossa 30 %.

Jokioisten tärkein rikkakasvi oli peltolemmikki, jota kasvoi 24,9 g/m² ja 140 kpl/m² ja torjuntaruiskutuksella saatiin 67 % teho massaun. Mietoisissa kasvoi eniten pihatähtimöä ja jauhosavikkaa. Pihatähtimömäärä pieneni herbisidikäsittelyllä noin sadalla 700 kappaleesta neliömetrillä ja massa 70.1

grammasta neliömetrillä 55,7 grammaan. Jauhosavikkaa Mietoisissa kasvoi 3,5 g ja 92 kpl/m² käsittelemättömillä ruuduilla ja 2,5 g ja 74 kpl/m² käsitellyillä ruuduilla.

Pälkäneellä yleisin rikkakasvi oli pelto-orvokki, jota kasvoi 110 kpl ja 5,7g/m² ja herbisidikäsitellyissä koejäsenissä 72 kpl ja 2,0 g/m². Toisena oli pihatähtimö, jota oli vastaavasti 31 kpl ja 0,2 g/m² ilman herbisidiä ja 7 kpl ja 0,0 g/m² käsitellyillä ruuduilla. Kolmantena oli saunakukka, johon herbisidin teho oli 90 %, jättäen 1,3 g/m². Ylistarossa yleisin rikkakasvi oli pihatähtimö, jonka massa oli hyvin pieni.

Lako

Ruis lakoontui keskimäärin eniten Pälkäneellä, 90 %, Jokioisissa 66 %, Mietoisissa 15 % ja vähiten Ylistarossa 4 %. Riihen lakoprosentti oli keskimäärin 57 ja Picasson 21. Kasvunsäädekäsitteilyt vähensivät lakoa. Moddus oli laonnestossa CCC:tä tehokkaampi. CCC-käsitteilyn teho ei riittänyt pitämään Pälkäneen vahvaa Picasso-kasvustoa pystyssä. Koekohtaiset lakoprosentit esitetään taulukossa 2.

Korrenpituus

Korrenpituusero oli suurinta lajikkeiden välillä Riihi 123 ja Picasso 94 cm. Kasvunsäädekäsitteilyjen aikaansaamat erot olivat myös suuria: käsittelemättömän 120, CCC 106 ja Moddus 94 cm. Koekohtaiset korrenpituudet esitetään taulukossa 2.

Taulukko 2. Riihen ja Picasson lako (%) ja korrenpituus (cm) koepaikoilla.

Paikka			Jokioinen	Mietoinen	Pälkäne	Ylistaro	Jokioinen	Mietoinen	Pälkäne	Ylistaro
Herbisidi	Lajike	Kasvunsääde	Lako %				Korrenpituus cm			
Kontolli	Riihi	Kontrolli	95	76	97	11	153	109	157	135
		CCC	95	35	98	9	141	101	133	116
		Moddus	49	12	89	6	123	79	124	114
	Picassc	Kontrolli	56	8	98	2	114	88	116	100
		CCC	87	2	95	1	94	72	103	91
		Moddus	15	0	34	0	81	61	97	78
Primus	Riihi	Kontrolli	94	61	98	11	150	104	155	134
		CCC	81	29	94	7	138	94	140	124
		Moddus	97	13	87	5	116	83	127	109
	Picassc	Kontrolli	25	5	99	1	111	81	115	95
		CCC	31	3	99	1	91	70	101	82
		Moddus	5	1	31	0	78	66	96	71

Sato

Koepaikkojen keskimääräiset sadot erosivat toisistaan, Mietoinen 2900, Jokioinen 4920, Pälkäne 5850 ja Ylistaro 5600 kg/ha. Eniten satoon vaikutti lajike, Riihen sato oli 3890 ja Picasson 5740 kg/ha. Herbisidikäsitteily pienensi satoa 170 kg, muttei ero ollut tilastollisesti merkitsevä. Koepaikan ja lajikkeen yhdysvaikutuksen selittää Picasson huippusato Pälkäneellä. Toisaalta Modduksen Picasson satoa alentava vaikutus selittää kasvunsäateen ja lajikkeen yhdysvaikutuksen. Koekohtaiset sadot ja tieto kasvinsuojelusta aiheutuvien muuttuvien kustannusten ylittymisestä esitetään taulukossa 3.

Taulukko 3. Ne sadonlisät, jotka kattavat kasvinsuojelusta aiheutuvat muuttuvat kulut on tummennettu.

Paikka			Jokioinen		Mietoinen		Pälkäne		Ylistaro	
Herbisidi	Lajike	Kasvunsäade	Sato, kg/ha	+/-	Kg/ha	+/-	Kg/ha	+/-	Kg/ha	+/-
Kontolli	Riihi	Kontrolli	3720	0	2550	0	3780	0	4890	0
		CCC	4310	590	2730	180	3330	-450	5050	160
	Picasso	Moddus	4580	860	2670	120	4580	800	4900	10
		Kontrolli	6150	0	3060	0	7780	0	6790	0
		CCC	5780	-370	3120	60	8720	940	7500	710
		Moddus	5770	-380	2870	-190	7450	-330	5570	-1220
Primus	Riihi	Kontrolli	3520	-200	2760	210	3150	-630	5280	390
		CCC	3780	60	2800	250	3790	10	5080	190
		Moddus	4210	490	2900	350	3950	170	5100	210
	Picasso	Kontrolli	5900	-250	3170	110	7970	190	5570	-1220
		CCC	5760	-390	3090	30	8030	250	6330	-460
		Moddus	5560	-590	3060	0	7630	-150	5100	-1690

Sakoluku

Sadon korjuu tehtiin erinomaisissa oloissa ja rukiin sakoluku oli Mietoista lukuun ottamatta keskimäärin yli 230. Niin herbisidillä kuin kasvunsäateellä ei ollut vaikutusta sakolukuun. Riihen sakoluku oli 50 yksikköä Picassoa alempi.

Hehtolitraino

Herbisidikäsitteily tai kasvunsäade eivät vaikuttaneet rukiin hehtolitrainoon. Mietoissa rukiin tilavuuspaino oli viisi kiloa suurempi kuin Ylistarossa ja yli 10 kiloa suurempi kuin Jokioisilla tai Pälkäneellä. Riihen hehtolitraino oli keskimäärin 76 kg ja Picassolla kilon suurempi. Riihen hehtolitraino oli Pälkäneellä vain 70 kg. Moddus alensi Picasson hehtolitrainoa 1,5 kg käsittelemättömään verrattuna.

Tuhannen siemenen paino

Koepaikkaakin enemmän siemenkokoon vaikutti lajike. Riiehen tuhannen siemenen paino oli 29,5 g ja Picassolla lähes kuusi grammaa enemmän. Jokioisilla taas tuhannen siemenen paino oli lähes 10 grammaa pienempi kuin Ylistarossa, jossa se oli 37,7 g. Picasson tuhannen siemenen paino erosi Riiehestä Pälkäneellä enemmän kuin muualla. Moddus pienensi Picasson tuhannen siemenen painoa, kun Riiehen tuhannen siemenen painoa se suurensi.

Tarkastelu

Syysviljojen vaikeinta rikkakasvia saunakukkaa kasvoi haitaksi asti vain Pälkäneen kokeella ja jonkin verran Jokioisilla ja Mietoisissa, muttei Ylistarossa. Mietoisten ja Ylistaron kokeilla pihatähtimö ja jauhosavikka taimettui-
vat herbisidikäsitteilyn jälkeen, jolloin florasulamin hyvä teho pihatähtimöön menetettiin. Vain Ylistarossa rikkakasvitorjunta lisäsi Riiehen satoa niin, että muuttuvat kustannukset peittyivät.

Herbisidi lyhensi vähän rukiin korrenpituutta, mutta ei vaikuttanut yleisesti lakoon. Lakoutumisesta huolimatta herbisidillä ei ollut vaikutusta sakolu-
kuun, hehtolitrainoon tai tuhannen jyvän painoon erinomaisesta korjuusäästä ja pienestä rikkakasvimäärästä johtuen.

Kuiva ja lämmin sää yhdessä Moddus-käsitteilyn kanssa stressasivat Picassoa niin, että sato, hehtolitraino ja tuhannen siemenen paino pienenevät. Käytetty kasvunsäädännös oli oloihin ylimitoitettu.

Pälkäneellä lakoontuminen alensi Riiehen hehtolitra- ja tuhannen siemenen painoa.

Laontorjunta on populaatiolajikkeita viljeltäessä välttämätöntä tavoiteltaessa suuria ja hyvälaatuista satoja. Jokioisilla CCC ja Moddus lisäsivät Riiehen satoa, mutta herbisidiä samanaikaisesti käytettäessä ei sadonlisä enää peittänyt kasvinsuojelusta aiheutuvia kuluja. Pälkäneellä Riiehen Moddus-käsitteily ja Ylistarossa CCC-käsitteily olivat taloudellisestikin perusteltuja ilman herbisidiä.

Lyhyet hybridilajikkeet eivät kasvunsääteitä tarvitse kuin erittäin hyvissä kasvuoloissa pyrittäessä suurin satoihin. Picassolla sadonlisä kattoi CCC-käsitteilystä aiheutuvat muuttuvat kustannukset Pälkäneellä ja Ylistarossa.

Kirjallisuus

- Erviö, L.-R., Vanhala, P., Kontturi, M. & Kangas, A. 1995. Kasvunsäätteiden käyttökelpoisuus rukiilla. Teoksessa: Kasvunsäätteiden käyttökelpoisuus rukiilla. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 8/95. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. s. 5-19
- Jalli, H., Laine, A. & Junnila, S. 2000. Syysvehnän rikkakasvien torjunta ja kasvunsäätteet ruisvehnän viljelyssä. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 69. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 27 s. Saatavissa internetistä: <http://www.mtt.fi/asarja/pdf/asarja69.pdf>
- Junnila, S. 1995. Moddus 250 EC rukiin kasvunsäätteenä. Teoksessa: Kasvunsäätteiden käyttökelpoisuus rukiilla. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 8/95. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. s. 21-27.

Kylvöajan ja kylvötiheyden vaikutus rukiin satoon ja laatuun luonnonmukaisessa viljelyssä

Markku Niskanen¹⁾, Erja Huusela-Veistola²⁾, Heikki Jalli²⁾ ja Martti Vuorinen³⁾

¹⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Alueellinen yksikkö, Etelä-Pohjanmaan tutkimusasema, Alapääntie 104, 61400 Ylistaro, markku.niskanen@mtt.fi

²⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen, erja.huusela-veistola@mtt.fi, heikki.jalli@mtt.fi

³⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Alueellinen yksikkö, Hämeen tutkimusasema, Myttäälantie 213, 36600 Pälkäne, martti.vuorinen@mtt.fi

Tiivistelmä

Vuonna 2002 tutkittiin MTT:n Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ylistarossa ja Hämeen tutkimusasemalla Pälkäneellä kylvöajan ja kylvötiheyden vaikutusta satoon ja laatuun rukiin luonnonmukaisessa viljelyssä. Ruis kylvettiin joko normaaliin aikaan tai 2 viikkoa sitä myöhemmin. Kylvötiheys oli joko normaali 500 kpl/m² tai sitä tiheämpi 600 kpl/m². Lajikkeina olivat Riihi ja jalostuslinja Bor 7068.

Kylvöaika ei juuri vaikuttanut satoon. Pälkäneellä myöhempi kylvö tuotti 700 kg enemmän satoa, mutta vaihtelu oli suurta. Ylistarossa kylvöaika vaikutti satoon vähän.

Pälkäneellä 39 % ja Ylistarossa 10 % aikaisin kylvetyistä kasvustoista oli kahukärpäsen vioittamia. Myöhään kylvettäessä kahukärpäsiä oli vähemmän.

Etelä-Suomessa voi olla tarpeen kylvää luonnonmukainen ruis myöhään, jotta vältetään kahukärpäsiltä. Pohjoisempana voidaan kylvää elokuun viimeisellä viikolla. Keski-Suomessakin kylvöjä voi myöhäistää lämpiminä syksyinä jonkin verran.

Kylvömäärän lisääminen 20 %:lla ei vaikuttanut satoihin myöhäisessä kylvössä.

Avainsanat: ruis, luonnonmukainen viljely, kylvöaika, kylvötiheys, kahukärpäsen

The influence of sowing time and sowing density on the yield and quality of organically farmed rye.

Markku Niskanen¹⁾, Erja Huusela-Veistola²⁾, Heikki Jalli²⁾ and Martti Vuorinen³⁾

¹⁾ MTT Agrifood Research Finland, Regional Unit, South Ostrobothnia Research Station, Alapääntie 104, FIN-61400 Ylistaro, Finland, markku.niskanen@mtt.fi

²⁾ MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Plant Protection, FIN-31600 Jokioinen, Finland, erja.huusela-veistola@mtt.fi, heikki.jalli@mtt.fi

³⁾ MTT Agrifood Research Finland, Regional Unit, Häme Research Station, Myttääläntie 213, FIN-36600 Pälkäne, Finland, martti.vuorinen@mtt.fi

Abstract

The aim of the study was to investigate the influence of sowing time and sowing density on yield capacity and quality of organically farmed rye (*Secale cereale* L.). Agrifood Research Finland carried out the study at Häme Research Station in Pälkäne and South Ostrobothnia Research Station in Ylistaro in 2002. The trials were established as split-split-plot trials where the main plots were the sowing times; normal and two weeks later. The sowing densities (500 plants /m² and 600 plants /m²) were split-plots and the varieties Riihi and Bor 7068 were split-split-plots.

Sowing time had no significant affect on yields in either site. At Häme Research Station later sowing time resulted in a grain yield of > 700 kg ha⁻¹ compared with normal sowing time, but the difference was not statistically significant. At South Ostrobothnia Research Station the yield at the two sowing times were similar.

The amount of plant damage caused by frit fly (*Oscinella frit*) at normal sowing was 39 % and 10 % at Häme Research Station and South Ostrobothnia Research Station respectively. At later sowing frit fly numbers were very low at both sites.

In southern Finland it could be better to sow rye later to reduce frit fly damage. In the northern Finland it is currently recommend to sow during last week of August. These results show that it also suit modern varieties. In warm autumns it could be better to sow a little later also in northern Finland to limit frit fly damage.

Key words: organic farming, rye, sowing time, sowing density, frit fly

Johdanto

Ruis soveltuu viljoistamme parhaiten luonnonmukaiseen viljelyyn. Pitkän kasvuaijansa ansiosta se kykenee hyödyntämään tehokkaasti hyväkseen sekä karjanlannasta että viherlannoituksesta peräisin olevat ravinteet. Pitkän korjensa ansiosta ruis kilpailee hyvin rikkakasvien kanssa eikä siinä talvituhosienien lisäksi esiinny kovin merkittäviä satoa alentavia kasvitauteja. Kohjuullisen sadon lisäksi luomurukiin sato on ollut varsin laadukasta eikä mitään erityisesti luonnonmukaisesta viljelystä johtuvia laatuongelmia ole havaittu.

Rukiin viljelytekniikkaa ja laatua on selvitetty jonkin verran aikaisemmissa tutkimuksissa (Rinne ym.1992, Rinne & Kivekäs 1989). Talvitie ja Aula (1993) sekä Niskanen ym. (2000) ovat vertailleet uusia ja vanhoja lajikkeita luomuviljelyssä. Tämän tutkimushankkeen piirissä on selvitetty aikaisemmin rukiin esikasvien vaikutusta rukiin satoon ja laatuun (Niskanen ym. 2001, 2002).

Rukiin jalostuksessa tavoitellaan nykyisin lyhytkortisia, hyvin talvehtivia ja tähkäidännän kestäviä lajikkeita, joilla on korkea satopotentiaali. Myös hybridilajikkeiden määrä käytännön viljelyssä on viime vuosina lisääntynyt. Uudet lajikkeet luovat haasteita myös rukiin luonnonmukaiseen viljelyyn ja niiden oikea viljelytekniikka olisi tunnettava, jotta niiden hyvä sadontuotto-kyky saataisiin kunnolla hyödynnettyä. Myös tuholaisen ja rikkakasvien torjunta asettaa vaatimuksia rukiin luonnonmukaiselle viljelylle.

MTT:llä 1999-2002 tehdyissä rukiin kylvöaikakokeissa havaittiin aikaisen kylvön (9.-11. elokuuta) lisäävän kasvintuhoojaongelmia ja heikentävän sitä kautta rukiin alkukehitystä. Lämpiminä syksyinä myös normaaliin aikaan (23.-25. elokuuta) kylvetyissä kasvustoissa oli myöhään (6.-7.9. syyskuuta) kylvettyjä kasvustoja enemmän kahukärpäsvioitusta, rikkakasveja ja kasvitautiongelmiä(Salonen ym. 2000, Huusela-Veistola ym. 2001).

Myöhäisemmällä kylvöllä voidaan siis jonkin verran kontrolloida kasvintuhoojaongelmia ruiskasvustossa. Rukiin suositeltu kylvöaika on elokuun viimeinen kolmannes.

Kylvötiheyttä muuttamalla voidaan kontrolloida kasvuston tiheyksiä. Luonnonmukaisessa viljelyssä saattaa olla tarvetta nostaa kylvötiheyksiä, mikäli kylvöt viivästyvät normaalista. Uudet lajikkeet versovat kuitenkin vanhoja lajikkeita voimakkaammin, ja näiden lajikkeiden kohdalla kylvötiheyden nostaminen ei välttämättä ole tarpeellista.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää rukiin oikeaa kylvöaikaa ja kylvötiheyttä luonnonmukaisen viljelyn näkökulmasta.

Aineisto ja menetelmät

Vuonna 2002 kenttäkokeissa tutkittiin rukiin kylvöaikaa ja kylvötiheyttä luonnonmukaisessa viljelyssä kahdella lajikkeella. Kokeet perustettiin Lounais-Suomen tutkimusasemalle Mietoisiin, Hämeen tutkimusasemalle Pälkäneelle ja Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemalle Ylistaroon. Mietoisten koe jouduttiin hylkäämään märästä syksystä johtuneiden orastumisvaikeuksien vuoksi. Esikasvina Ylistarossa ja Pälkäneellä oli ruisvirna, joka kynnettiin maahan ennen rukiin kylvöä. Koepaikkojen viljavuus ja maalajitiedot löytyvät taulukosta 1.

Koe toteutettiin osaruutukokeena siten, että pääruuduissa oli kaksi eri kylvöaikaa ja osaruuduissa kaksi eri kylvötiheyttä sekä osa-osaruuduissa kaksi eri lajiketta. Ensimmäinen kylvö tehtiin rukiin normaaliin kylvöaikaan elokuun viimeisellä viikolla. Toinen kylvö tehtiin noin kaksi viikkoa normaalia kylvöaikaa myöhemmin. Pälkäneellä kylvöpäivät olivat 23.8.2001 ja 6.9.2001, Ylistarossa vastaavat 24.8. ja 6.9. Normaalissa kylvötiheydessä tavoiteltu kylvötiheys oli 500 itävää siementä/m² ja tihennytyssä kylvössä 600 itävää siementä/m². Tutkitut lajikkeet olivat Riihi ja Bor 7068.

Syksyllä orastumisen jälkeen ruudulla suoritettiin oraslaskenta molemmilla koepaikoilla. Oraat laskettiin ruudulta kahdesta kohtaa yhdeltä rivimetritä.

Lentäviä kahukärpäsiä tarkkailtiin kasvustossa keltaisilla liimapyydyksillä elokuun lopusta lokakuun alkuun. Kummallakin koepaikalla oli 4 pyydystä kokeen reunoilla suojaruuduissa. Kahukärpäsiviotusten määrä tarkastettiin syksyllä (3.-5.10.2001) ja keväällä (5.-6.5.2002) otetuista kasvinäytteistä (20 kasvia kustakin koeruudusta).

Syksyllä 2001 tunnistettiin rikkakasvit lokakuun alussa kummastakin kylvöajasta ja kylvötiheydestä 0,25 m²:n pinta-alalta kahdeksasta kohtaa. Keväällä 2002 toukokuun alussa rikkakasvinäytteenotto toistettiin ja lisäksi kerättiin näytealan rikkakasvit ja viljan versot, ja punnittiin niiden kuivapaino.

Kasvuston tiheydet määriteltiin sekä syksyllä että keväällä. Näiden tietojen avulla laskettiin talvituhojen määrä. Kasvukauden aikana kokeesta määriteltiin ruuduittain tähkinnän alku, kasvuaika keltatuleentumiseen ja lakoprosentti. Kasvuston pituus mitattiin heinäkuussa kolmesta kohtaa ruutua. Lajittelusta sadosta määriteltiin hehtolitraino, tuhannen siemenen paino sekä sakoluku.

Aineisto analysoitiin SAS-ohjelman MIXED proseduurilla, osaruutukokeen koemallilla, jossa kiinteinä tekijöinä olivat kylvöaika, kylvötiheys ja lajike. Analyysi tehtiin molemmilla koepaikoilla erikseen.

Taulukko 1. Luomukentän viljavuustiedot Ylistarossa ja Pälkäneellä vuonna 2002.

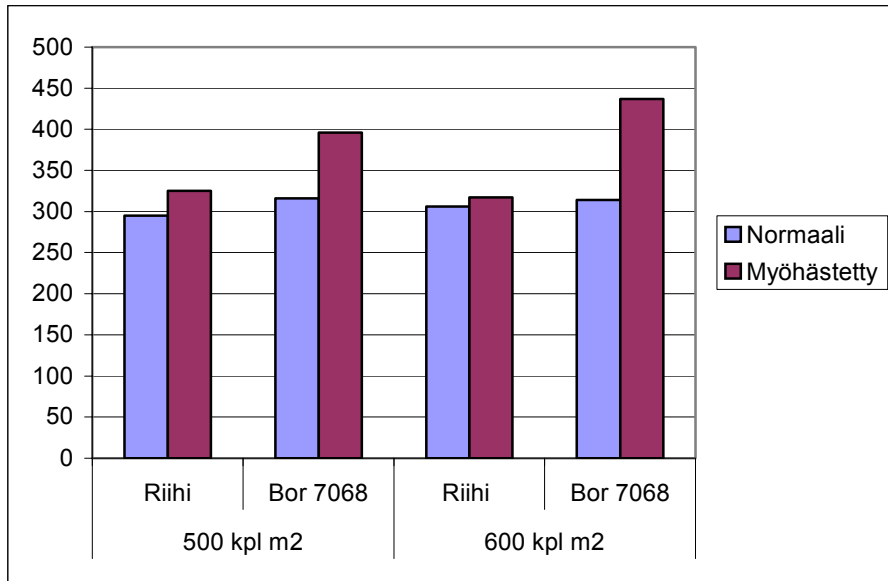
	Maalaji	ph	Ca mg/l	P mg/l	K mg/l	Mg mk/l
Ylistaro	KHt	5,7	798	4,4	49,8	142
Pälkäne	Hht	5,9	1400	6,4	94,9	43,9

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Kasvuston kehitys ja sato

Etelä-Pohjanmaan tutkimusasema

Ylistarossa kokeet orastuivat hyvin, vaikka orastiheys jäi selvästi tavoiteltua orastiheyttä pienemmäksi (Kuva 1). Aikaisemmassa kylvössä orastiheys oli hieman matalampi (308 orasta/m²) verrattuna myöhäisempään kylvöön (369 orasta/m²). Kylvötiheyksillä ei ollut lainkaan vaikutusta laskettuihin orastiheysiin, mutta lajikkeiden väliltä oli selvä ero orastiheydessä. Riihen laskettu orastiheys oli noin 15 prosentti pienempi kuin Bor 7068 :n orastiheys. Ero oli myös tilastollisesti merkitsevä. Kylvön myöhästyttämien lisäksi selvästi Bor 7068:n orastiheyttä, mutta Riihen orastiheyteen kylvöajalla ei ollut suurta vaikutusta. Lajikkeen ja kylvöajan välinen yhdysvaikutus oli myös tilastollisesti merkitsevä.



F-arvot orastiheydet		Yhdysvaikutukset	
Kylvöaika	3,21 ns	Kylvöaika X lajike	9,54 **
Kylvömäärä	0,33 ns	Kylvötiheys X lajike	0,54 ns
Lajike	17,59 **		

ns= ei merkitsevä ero, * = merkitsevä ero 5 prosentin riskitasolla, ** = merkitsevä ero 1 prosentin riskitasolla, *** = merkitsevä ero 0,1 prosentin riskitasolla

Kuva 1. Syksyllä 2001 lasketut rukiin orastiheydet MTT:n Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ylistarossa (orasluku/m²). Kuvan alle merkitty kunkin tekijän tilastolliset merkitsevyydet sekä yhdysvaikutukset.

Kokeessa esiintyi vähän talvituhoja (Taulukko 2). Aikaisemmassa kylvössä talvituhoprosentti oli 4. Myöhäisemmässä kylvössä talvituhoja ei esiintynyt lainkaan. Talvituhot eivät eronneet kuitenkaan tilastollisesti toisistaan kylvöaikojen välillä. Kylvötiheys ja lajike eivät myöskään vaikuttaneet talvituhojen esiintymiseen lainkaan.

Aikaisen ja lämpimän kevään ansiosta rukiin alkukehitys keväällä oli erittäin nopeaa ja rukiin tähkintä alkoi poikkeuksellisen aikaisin kesäkuun alussa. Kylvöajalla ei ollut selvää vaikutusta tähkälle tuloon. Riihen tähkintä alkoi keskimäärin 1-2 päivää aikaisemmin kuin Bor 7068:n.

Lajikkeiden väliset erot kasvuston pituudessa olivat erittäin merkitsevät. Riihen korsi oli keskimäärin 20 cm pitempi kuin Bor 7068:n. Myös lakoisuudessa lajikkeiden väliset erot tulivat selkeästi esille: Riihellä lakoprosentti koeksissa oli 26 ja Bor 7068:n 5 %. Aikaisemmin kylvetty kasvusto oli keski-

määrin 8 cm pitempää kuin myöhemmin kylvetty. Ero oli myös tilastollisesti merkitsevä. Pitemmästä korresta huolimatta Riihi lakoontui aikaisessa kylvössä myöhäistä kylvöä vähemmän. Bor 7068:n lakoutumiseen kylvöajalla ei ollut vaikutusta.

Lämpimän heinäkuun ansiosta koko koe keltatuleentui elokuun alussa. Tarkkoja kasvuajoja ei Ylistarossa havainnoitu, mutta erot kasvuajoissa käsitteilyjen ja lajikkeiden välillä keltatuleentumisessa olivat 1-2 päivää.

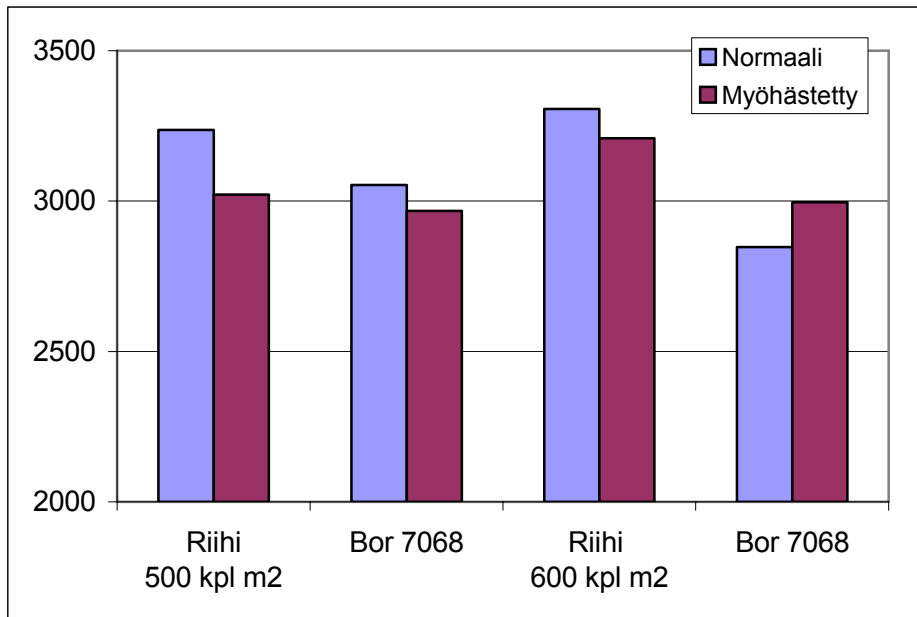
Taulukko 2. Rukiin talvituhot, tähkälletulo, pituus ja lako Ylistarossa vuonna 2002. Kunkin muuttujan tilastolliset merkitsevyydet on merkitty ominaisuuden alle.

Koejäsenet	Talvituho %		Tähkintä		Pituus cm		Lako %	
	Riihi	Bor	Bor		Bor		Bor	
		7068	Riihi	7068	Riihi	7068	Riihi	7068
Normaali kylvö 500 kpl m ²	3	2	281	283	128	110	14	5
Normaali kylvö 600 kpl m ²	4	6	281	284	131	109	15	6
Myöhästetty kylvö 500 kpl m ²	0	1	271	271	122	103	38	8
Myöhästetty kylvö 600 kpl m ²	0	1	269	271	122	103	36	3
F-arvot								
Kylvöaika	5,05 ns				22,92 *		27,43 *	
kylvötiheys	2,51 ns				0,04 ns		0,33 ns	
Lajike	0,18 ns				155,35 ***		133,44 ***	
Kylvöaika X lajike	0,18 ns				0,19 ns		41,19 ***	
Kylvötiheys X lajike	0,56 ns				0,57 ms		0,33 ns	

ns=ei merkittävää ero, * = merkitsevä ero 5 prosentin riskitasolla, ** = merkitsevä ero 1 prosentin riskitasolla, *** = merkitsevä ero 0,1 prosentin riskitasolla

Kylvöajalla ja kylvötiheydellä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta satoon (Kuva 2). Sen sijaan lajikkeiden sadot erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Riihen sato oli 3194 kg/ha ja Bor 7068:n sato 2966 kg/ha.

Kylvön myöhästyttäminen alensi Riihen satoa jonkin verran molemmilla kylvötiheyksillä. Pienemmällä kylvötiheydellä kylvön myöhästyttäminen alensi satoa reilut 200 kiloa. Suuremmalla kylvötiheydellä kylvötiheyksien välinen ero sadoissa oli vajaa 100 kiloa. Bor 7068:n sato aleni pienellä kylvötiheydellä vajaa 100 kiloa, mutta suuremmalla kylvötiheydellä myöhäisempi kylvö tuotti 150 kiloa korkeamman sadon aikaisempaan kylvöön verrattuna. Lajikkeen ja kylvötiheyden välinen yhdysvaikutus ei muodostunut kuitenkaan tilastollisesti merkitseväksi.



F-arvo sadot:		Yhdysvaikutus	
Kylvöaika	0,05 ns	Kylvöaika x Lajike	1,89 ns
Kylvötiheys	0,08 ns	Kylvötiheys x Lajike	2,54 ns
Lajike	11,09 **		

ns=ei merkitsevä ero, * = merkitsevä ero 5 prosentin riskitasolla, ** = merkitsevä ero 1 prosentin riskitasolla, *** = merkitsevä ero 0,1 prosentin riskitasolla

Kuva 2. Rukiin kylvöaika ja -tiheyskokeen sadot (kg/ha) MTT:n Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ylistarossa 2002. Kuvan alle merkitty kunkin tekijän tilastolliset merkitsevyydet sekä yhdysvaikutukset.

Aikaisemman kylvön tuhannen jyvän paino keskimäärin oli 1,4 grammaa suurempi kuin myöhäisen kylvön (Taulukko 3). Ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Kylvötiheydellä ei ollut vaikutusta jyvän kokoon. Lajikkeiden jyväkoko erosi toisistaan erittäin merkitsevästi. Riihen tuhannen jyvän paino oli 6 grammaa korkeampi kuin Bor 7068:n.

Hehtolitrainoon ei kylvöajalla ja kylvötiheydellä ollut merkittävää vaikutusta. Myös lajikkeiden väliset erot hehtolitrainoissa olivat pienet eivätkä muodostuneet tilastollisesti merkitseviksi. Riihen keskimääräinen sakoluku oli kokeessa yli kaikkien käsittelyjen 202 ja Borealin linjan 221. Koska sakoluvut määriteltiin koejäsenittäin ei tilastollista testausta voitu suorittaa.

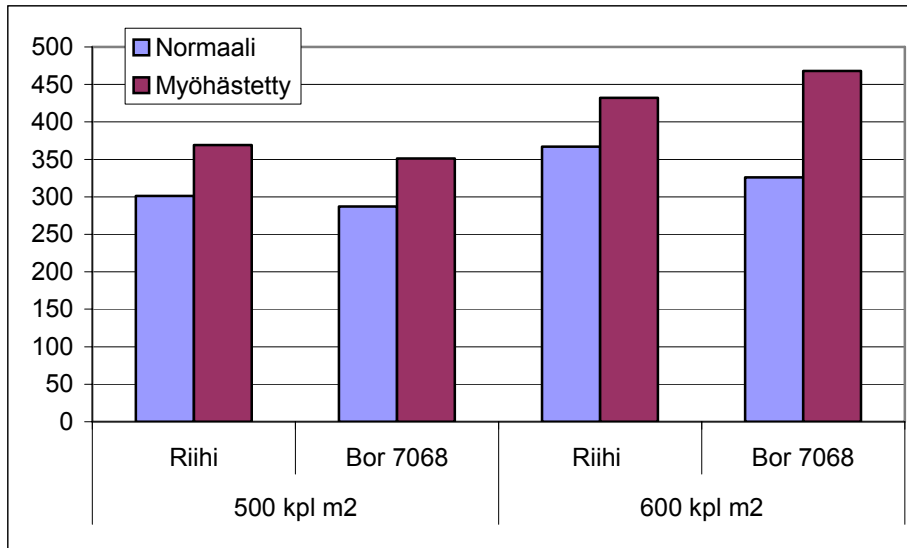
Taulukko 3. Ruissadon laatuominaisuudet (tuhannen jyvän paino, hehtolitrapaino ja sakoluku) MTT:n Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ylistarossa. Kunkin muuttujan tilastolliset merkitsevyydet on merkitty ominaisuuden alle.

Koejäsenet	Talvituho %		Pituus cm		Lako %		Kasvu-aika vrk	
	Bor		Bor		Bor		Bor	
	Riihi	7068	Riihi	7068	Riihi	7068	Riihi	7068
Normaali kylvö 500 kpl m ²	31	20	156	118	13	5	342	342
Normaali kylvö 600 kpl m ²	31	23	160	118	12	5	342	342
Myöhästetty kylvö 500 kpl m ²	23	19	157	114	15	5	332	332
Myöhästetty kylvö 600 kpl m ²	21	26	157	116	15	5	332	332
F-arvot								
Kylvöaika	0,44 ns		0,16 ns		1,50 ns			
Kylvötiheys	0,88 ns		0,34 ns		0,21 ns			
Lajike	4,06 ns		945 ***		94,50 ***			
Kylvöaika X lajike	5,81 *		0,88 ns		1,93 ns			
Kylvötiheys X lajike	1,5 ns		0,19 ns		0,21 ns			

ns= ei merkitsevä ero, * = merkitsevä ero 5 prosentin riskitasolla, ** = merkitsevä ero 1 prosentin riskitasolla, *** = merkitsevä ero 0,1 prosentin riskitasolla

Hämeen tutkimusasema

Hämeen tutkimusasemalla Pälkäneellä kasvustot olivat oraslaskentojen perusteella Ylistaron kasvustoja tiheämpiä (Kuva 3). Kylvöaika ja kylvötiheys vaikuttivat molemmat merkitsevästi orastiheyteen. Myöhäinen kylvö lisäsi orastiheyttä yli 20 prosenttia verrattuna aikaiseen kylvöön. Kylvötiheyden nostaminen 500:sta 600:n itävään siemeneen neliölle lisäsi kasvuston orastiheyttä vajaalla 20 prosentilla. Korkeimmat orastiheydet saavutettiin siten myöhäisellä ja tiheällä kylvöllä. Lajikkeiden välillä ei ollut eroa orastiheydessä.



F-arvo sadot:		Yhdysvaikutus	
Kylvöaika	39,71 **	Kylvöaika x Lajike	3,00 ns
Kylvötiheys	45,68 ***	Kylvötiheys x Lajike	0,41 ns
Lajike	0,77 ns		

ns=ei merkitsevä ero, * = merkitsevä ero 5 prosentin riskitasolla, ** = merkitsevä ero 1 prosentin riskitasolla, *** = merkitsevä ero 0,1 prosentin riskitasolla

Kuva 3. Syksyllä 2001 lasketut rukiin orastihetydet MTT:n Hämeen tutkimus-
asemalla Pälkäneellä (oraskävy/m²) Kuvan alle merkitty kunkin tekijän tilastol-
liset merkitsevyydet sekä yhdysvaikutukset.

Pälkäneellä talvituhoja esiintyi Ylistarua enemmän (Taulukko 4) Keskimää-
räinen talvituho Pälkäneellä oli 24 prosenttia. Lajikkeen ja kylvöajan välillä
vallitsi selvä tilastollinen yhdysvaikutus. Riiehen talvituho aikaisessa kylvössä
oli 31 prosenttia ja Borealin linjan 22 prosenttia. Kylvöjen lykkääntyessä
syyskuulle Riiehen talvituho laski 9 prosenttiyksikköä, mutta Borealin linjan
talvituhot pysyivät samana. Kylvötiheydellä ei ollut vaikutusta talvituhoihin.

Kylvöajalla ja kylvötiheydellä ei ollut vaikutusta kasvuston pituuteen (Tau-
lukko 4). Lajikkeiden väliset erot kasvuston pituudessa olivat sen sijaan ti-
lastollisesti erittäin merkitseviä. Riiehen korsi oli 40 senttimetriä Borealin
linjaa pitempi. Korren pituudella oli selvä vaikutus lajikkeiden lakoontumi-
seen. Riihi lakoontui selvästi enemmän kuin Bor 7068. Kylvöajalla ja kylvö-
tiheydellä ei ollut vaikutusta lakoontumiseen.

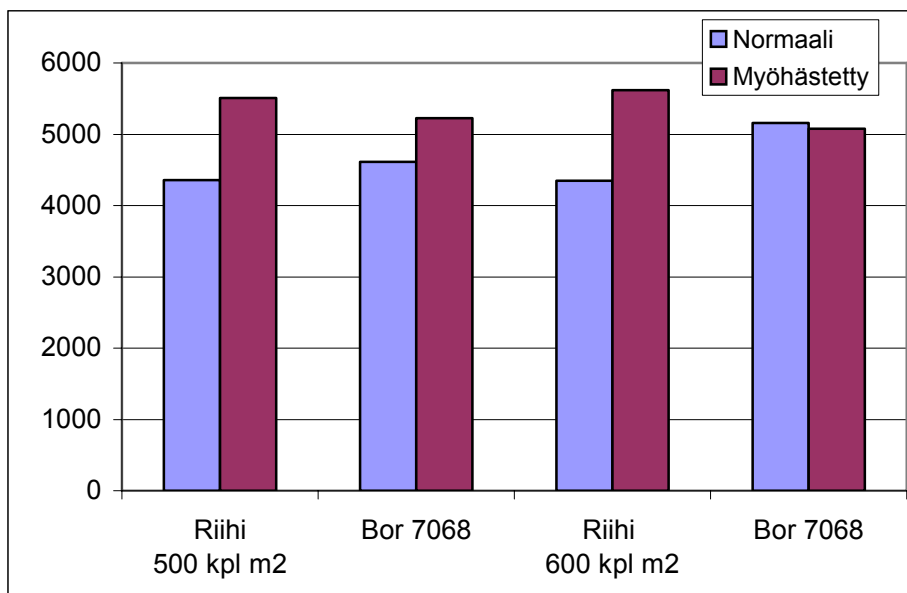
Pälkäneellä koe tuleentui heinä-elokuun vaihteessa. Aikaisemmin kylvetty kasvusto tuleentui keskimäärin vuorokautta aikaisemmin kuin myöhemmin kylvetty kasvusto. Lajikkeiden välillä ei ollut eroja kasvuajoissa (Taulukko 4).

Pälkäneellä sadot olivat selvästi Ylistaroa suuremmat (Kuva 4). Myöhäisempi kylvö tuotti Pälkäneellä yli 700 kiloa korkeamman sadon kuin normaaliaikaan tehty kylvö. Ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Kylvötiheys ja lajike eivät vaikuttaneet sadon määrään. Kylvöjen myöhästyttäminen vaikutti Riihen satoon voimakkaammin kuin Bor 7068:n: Sadonlisäys oli yli 1200 kiloa, Bor 7068:lla hieman yli 250 kiloa hehtaarille Yhdysvaikutus ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä.

Taulukko 4. Rukiin talvihuhot, pituus, lako ja kasvu aika Pälkäneellä vuonna 2002. Kunkin muuttujan tilastolliset merkitsevyydet on merkitty ominaisuuden alle.

Koejäsenet	Talvihuho %		Pituus cm		Lako %		Kasvu aika vrk	
	Bor		Bor		Bor		Bor	
	Riihi	7068	Riihi	7068	Riihi	7068	Riihi	7068
Normaali kylvö 500 kpl m ²	31	20	156	118	13	5	342	342
Normaali kylvö 600 kpl m ²	31	23	160	118	12	5	342	342
Myöhästetty kylvö 500 kpl m ²	23	19	157	114	15	5	332	332
Myöhästetty kylvö 600 kpl m ²	21	26	157	116	15	5	332	332
F-arvot								
Kylvöaika	0,44 ns		0,16 ns		1,50 ns			
Kylvötiheys	0,88 ns		0,34 ns		0,21 ns			
Lajike	4,06 ns		945 ***		94,50 ***			
Kylvöaika X lajike	5,81 *		0,88 ns		1,93 ns			
Kylvötiheys X lajike	1,5 ns		0,19 ns		0,21 ns			

ns= ei merkitsevä ero, * = merkitsevä ero 5 prosentin riskitasolla, ** = merkitsevä ero 1 prosentin riskitasolla, *** = merkitsevä ero 0,1 prosentin riskitasolla



F-arvo sadot:		Yhdysvaikutus	
Kylvöaika	5,25 ns	Kylvöaika x Lajike	4,45 ns
Kylvötiheys	0,32 ns	Kylvötiheys x Lajike	0,11 ns
Lajike	0,07 ns		

ns= ei merkitsevä ero, * = merkitsevä ero 5 prosentin riskitasolla, ** = merkitsevä ero 1 prosentin riskitasolla, *** = merkitsevä ero 0,1 prosentin riskitasolla

Kuva 4. Rukiin kylvöaika ja -tiheyskokeen sadot (kg/ha) MTT:n Hämeen tutkimusasemalla 2002. Kuvan alle merkitty kunkin tekijän tilastolliset merkitsevyydet sekä yhdysvaikutukset.

Laatunäytteet tehtiin Pälkäneellä koejäsenittäin, joten niitä ei voitu testata tilastollisesti. Aikaisessa kylvössä 1000 jyvän paino oli 2 grammaa suurempi kuin myöhäisessä kylvössä (Taulukko 5). Kylvötiheydellä ei näyttänyt olevan suurta vaikutusta jyvän kokoon. Riiehen tuhannen jyvän paino oli keskimäärin 10 grammaa Borealin linjaa suurempi.

Kokeen keskimääräinen hehtolitraino oli 77,1 kiloa. Kylvöajan myöhästyttäminen alensi hieman (0,6 kiloa) hehtolitrainoa. Kylvötiheydellä ei ollut minkäänlaista vaikutusta hehtolitrainoon (Taulukko 5) Riiehen hehtopaino oli 0,8 kiloa suurempi kuin Bor 7068:n.

Taulukko 5. Ruissadon laatuominaisuudet (tuhannen jyvän paino, hehtolitra-paino ja sakoluku) MTT:n Hämeen tutkimusasemalla Pälkäneellä 2002.

Koejäsenet	Tj p g		Hl p kg		Sakoluku	
	Riihi	Bor 7068	Riihi	Bor 7068	Riihi	Bor 7068
Normaali kylvö 500 kpl m ²	39,8	30,8	77,7	76,9	186	229
Normaali kylvö 600 kpl m ²	40,9	30,9	77,6	77,3	200	255
Myöhästetty kylvö 500 kpl m ²	39,5	28,6	77,3	76,3	188	255
Myöhästetty kylvö 600 kpl m ²	38	28,1	77,5	76,1	206	238

Kokeen sakoluku vaihteli välillä 186-255. Kylvötiheydellä ja kylvöajalla ei näyttänyt olevan minkäänlaista vaikutusta sakolukuun. Lajikkeista Bor 7068 tuotti selvästi sakoluvultaan korkeampaa satoa (Taulukko 5).

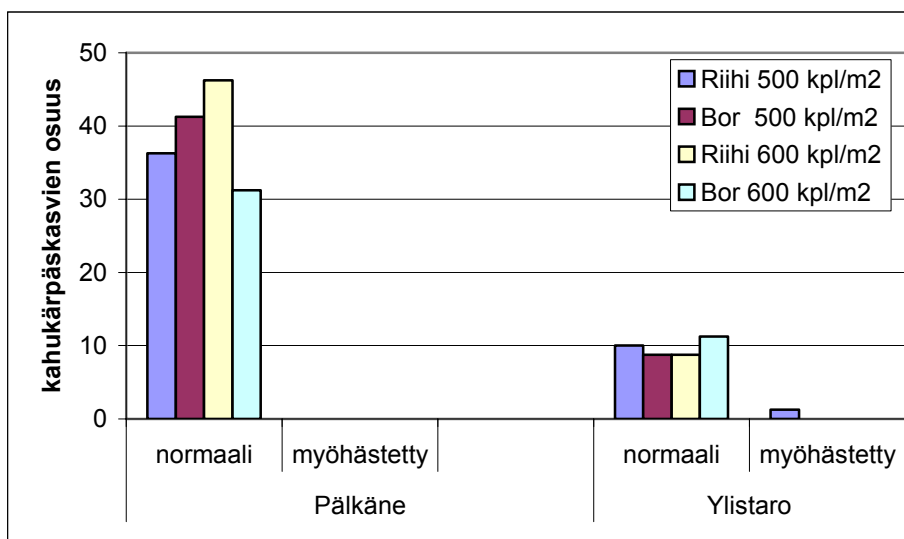
Rikkakasvit ja kahukärpänen

Syksyllä 2001 Pälkäneellä rikkakasveja taimettui enemmän aikaisessa kylvössä kuin myöhäisessä (390/220 kpl/m²). Ylistarossa rikkakasvien taimettuminen ei eronnut kylvöaikojen tai tiheyksien välillä. Kummallakin koepaikalla iti runsaasti (85- 170 kpl/m²) peltohatikkaa, joka ei talvehtinut.

Ylistarossa taimettuneet peltoukonnauris ja pihasaunio talvehtivat osittain, mutta pihatähtimö ei. Kevään rikkakasvimassa muodostui pääosin pihasauniosta ja juolavehnästä ja oli aikaisessa kylvössä kaksinkertainen myöhäiseen kylvökseen verrattuna (0,5/0,2 g/m²).

Ruis kasvoi Ylistarossa Pälkänettä rehevämmin ja Ylistarossa oli toukokuun alussa normaaliin aikaan kylvetyn rukiin massa suurempi kuin myöhään kylvetyn (80/50 g/m²). Tiheyksien välillä massat eivät eronneet. Pälkäneellä ei ollut eroa kylvöaikojen tai tiheyksien välillä.

Kahukärpäsiä lenteli ruiskasvustoissa Ylistarossa runsaimmin elo-syyskuun vaihteessa, jonka jälkeen määrät vähenivät selvästi. Pälkäneellä kahukärpäsiä oli runsaasti kelta-ansoissa vielä syyskuun puolivälissä.



Kuva 5. Kahukärpästen voittamien kasvien prosentiosuus Pälkäneellä ja Ylistarossa lokakuussa 2001.

Syksyllä 2001 kummallakin koepaikalla kahukärpäsvioitusta oli enemmän normaaliin aikaan kylvetyissä kasvustoissa kun myöhästetyssä kylvössä kahukärpäsmäärät jäivät erittäin pieniksi. Normaaliin aikaan kylvetyissä kasvustoissa kahukärpäsen voittamien kasvien osuus oli Pälkäneellä keskimäärin 39 % ja Ylistarossa 10 % (Kuva 5). Keväällä 2001 eroa eri aikaan kylvettyjen kasvustojen kahukärpäsmäärissä ei ollut enää havaittavissa. Kylvötiheys tai lajike eivät vaikuttaneet kahukärpäsvioitukseen kummallakaan koepaikalla.

Yhteenveto

Pälkäneellä myöhäisempi kylvö lisäsi satoa yli 700 kiloa hehtaarille. Satoero ei kuitenkaan muodostunut tilastollisesti merkitseväksi, mikä johtuu osaltaan kokeen suuresta sisäisestä vaihtelusta. Riihi näytti hyötyvän Borealin linjaa enemmän myöhäisestä kylvöstä, mutta tämäkään yhdysvaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevää.

Pälkäneellä kahukärpästen voittamien kasvien määrä aikaisiin kylvetyissä kasvustoissa oli liki 40 prosenttia, mikä osaltaan saattaa selittää suurta satoeroa normaalin ja myöhäisen kylvön välillä. Kahukärpästen aiheuttamien satotappioiden erottamien muista satoa alentavista tekijöistä on kuitenkin tässä kokeessa vaikeaa. Aikaisemmissa tutkimuksissa (Salonen ym.2001, Huusela-Veistola ym. 2001) on havaittu kahukärpästen määrän olevan suurimmillaan kasvustossa elo-syyskuun vaihteessa Etelä-Suomessa kylvöajan

myöhästyttäminen parilla viikolla saattaakin olla paikallaan kahukärpäsriskin välttämiseksi varsinkin luonnonmukaisessa vilelyssä.

Päinvastoin kuin Pälkäneellä myöhäisempi kylvö tuotti Ylistarossa hieman pienemmän sadon. Satoerot kylvöaikojen välillä olivat kuitenkin selvästi Pälkänettä pienemmät eivätkä muodostuneet tilastollisesti merkitseviksi. Kahukärpästen määrä oli Ylistarossa selvästi Pälkänettä pienempi, eikä niillä näyttänyt olevan näkyvää vaikutusta normaaliin aikaan tehdyn kylvön satoon

Ylistarossa Riihen sato aleni molemmilla kylvötiheyksillä hieman kylvöjen myöhästyessä normaalista. Bor 7068:n sato aleni pienemmällä kylvötiheydellä myöhäisessä kylvössä. Sen sijaan suuremmalla kylvötiheydellä Borealin linjan myöhäisempi kylvö tuotti aikaista kylvöä korkeamman sadon. Tilastollista lajikkeen ja kylvötiheyden välistä yhdysvaikutusta ei kuitenkaan havaittu.

Etelä-Pohjanmaan korkeudella suositeltu kylvöaika tavanomaisessa viljelyssä on elokuun viimeinen kolmannes (Salo 1998, Honkavaara 1958) Tämä suositus näyttää pätevän hyvin myös luonnonmukaiseen viljelyyn eikä uusien lajikkeiden kohdalla ole syytä tutkimuksen valossa myöhästyttää kylvöä. Kylvöjen liiallinen aikaistaminen puolestaan lisää kahukärpäsriskiä.

Kylvön myöhästyttäminen parilla viikolla ei kuitenkaan alentanut merkittävästi kummankaan lajikkeen satoa. Vaikka kahukärpäset eivät koevuonna näyttäneet aiheuttavan suuria tuhoja, saattaa niiden määrä lämpimänä syksynä olla selvästi suurempi ja ne saattavat jo pienempinäkin määrinä aiheuttaa merkittäviä tuhoja (Tiittanen 1959) Näissä kasvuoloissa saattaa kylvöjen lykkäämisestä hieman myöhemmäksi olla hyötyä myös Pohjanmaan korkeudella. Myös rikkakasvien määrän säätelyssä myöhäisemmästä kylvöstä saattaa olla hyötyä joissain kasvuoloissa. Koevuonna Pälkäneen oloissa rukiin rikkakasvien määrää ja massaa pieneni kylvöaikaa myöhästyttämällä

Maahan kynnetyn vihermassan mineralisoituminen tulisi saada hyvään alkuun ennen kylvöä, jotta kasveilla olisi heti riittävästi ravinteita käytössään. Viherlannoitusta käytettäessä saattaa kylvöjen lykkäämisestä olla hyötyä, mikäli viherlannoitusmassan maahan kyntämien tehdään vasta pitkällä elokuun puolella. Syksyllä tehdyt oraslaskennat molemmilla koepaikoilla antavat viitteitä siihen, että myöhäisemmän kylvön orastiheys on aikaista kylvöä suurempi viherlannoituksen jälkeen.

Ylistarossa kylvötiheyden nostaminen 20 prosentilla myöhäisessä kylvössä lisäsi jonkin verran Riihen satoa, mutta Borealin linjan satoon sillä ei juurikaan ollut vaikutusta. Pälkäneellä kylvötiheyden nostamisen ei lisännyt lainkaan myöhäisen kylvön satoa kummallakaan lajikkeella.

Kylvötiheyden nostamien Ylistaron korkeudella 20-25 prosentilla on tarpeen, mikäli kylvöt myöhästyvät normaalista. Etelä-Suomessa ei tämän kokeen perusteella näytä olevan tarvetta siemenmäärän nostoon kylvöjen viivästyessä parilla viikolla.

Hämeen tutkimusasemalla talvituhoja esiintyi selvästi enemmän kuin Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemalla. Normaaliin aikaan tehty kylvö näytti talvehtivan hieman myöhäistä kylvöä heikommin, vaikkakaan tilastollisesti merkitsevää eroa suuren hajonnan vuoksi ei löytynyt. Syyskuun alkupuolella tehty kylvö näyttää siis tulosten valossa talvehtivan ainakin yhtä hyvin kuin normaaliin aikaan tehty kylvö. Lajikkeet reagoivat myös eri tavalla kylvöajan muutokseen. Riihi hyötyi selvästi myöhäisestä kylvöstä, mutta Bor 7068:n talvituhoihin kylvöajalla ei näyttänyt olevan minkäänlaista vaikutusta.

Kirjallisuus

Honkavaara, T. 1958. Syysviljojen kylvöaikakokeet Etelä-Pohjanmaan koeasemalla. Summary: Saatzeitversuche mit Wintergetreide in der Versuchstation für Süd-Pohjanmaa. Teoksessa: Mukula, J. (toim). Maatalous ja koetoiminta 12. Helsinki: Maatalouden tutkimuskeskus. s. 177-187.

Huusela-Veistola, E., Avikainen, H., Jalli, H., Salonen, J., Vuorinen, M. & Pahkala, K. 2001. Rukiinkylvöajan vaikutus kasvintuhoojien esiintymiseen ja kasvuston kehitykseen syksyllä 2000. Teoksessa: Jalli H (toim). Ruis arvonsa ansaitsee. Kansallisten ruishankkeiden tutkimusseminaari, Jokioinen, 25. huhtikuuta 2001. Jokioinen, s. 61-67.

Niskanen, M. 2000. Ruislajikkeet luonnonmukaisessa viljelyssä 1987-98. Teoksessa: Peltomäki, E. (toim). Ruis arvonsa ansaitsee. Kansallisten ruishankkeiden tutkimusseminaari, Jokioinen, 11. huhtikuuta 2002. Jokioinen, s. 75-76.

Niskanen, M., Avikainen, H., Huusela-Veistola, E., Kedonperä, A. & Vuorinen, M. 2001. Luomurukiin esikasvit. Teoksessa: Jalli H (toim) Ruis arvonsa ansaitsee. Kansallisten ruishankkeiden tutkimusseminaari Jokioisilla 25 huhtikuuta 2001. s. 31-37.

Niskanen, M., Huusela-Veistola, E., Kedonperä, A. & Vuorinen, M. 2002. Luomurukiin esikasvit 2001. Teoksessa: Ruusiala, M. (toim). Ruis arvonsa ansaitsee. Kansallisten ruishankkeiden tutkimusseminaari, Jokioinen, 9. huhtikuuta 2002. Jokioinen, s. 64-69..

Rinne, S-L., Hiivola, S-L. & Simojoki, P. 1992. Ruis soveltuu hyvin luomuviljelyyn. Koetoiminta ja käytäntö 49(30.6.1992): 17.

- Rinne, S-L. & Kivekäs, J. 1989. Vihanta- tai väkilannoitus- rukiin leivontalaa-
dussa ei eroja. Koetoiminta ja käytäntö 46(19.12.1989): 77, 78.
- Salo, Y. 1998. Muokkaus ja kylvötekniikka. Teoksessa: Ruiskäkirja. Ruis
2005. Kansallinen ruisohjelma. Jokioinen. s. 49-48
- Salonen, J., Huusela-Veistola, E., Avikainen, H., Jalli, H. & Vuorinen, M.
2000. Kasvintuhoojat viihtyvät aikaisin kylvetyssä rukiissa. Teoksessa:
Peltomäki, E. (toim). Ruis arvonsa ansaitsee. Kansallisten ruishankkeiden
tutkimusseminaari, Jokioinen, 11. huhtikuuta 2002. Jokioinen. s. 37-43.
- Talvitie, H. & Aula, S. 1995. Ruis- ja kevätvehnälaajikkeiden soveltuvuus luon-
nonmukaiseen viljelyyn. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 3/95. Joki-
oinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 46 s.
- Tiittanen, K. 1959. Kahukärpästen viljakasveissa aiheuttamat tuhot Suomes-
sa vuosina 1948-1958. Valtion maatalouskoetöiminnan julkaisuja 178.
Tikkurila, s. 110-125.

Ruislajikkeiden vertailu tavanomaisessa ja luomutuotannossa

Antti Laine¹⁾, Markku Niskanen²⁾ ja Merja Eurola³⁾

¹⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Alueellinen yksikkö, Lounais-Suomen tutkimusasema, Alueellinen yksikkö, Saarentie 220 23120 Mietoinen, antti.laine@mtt.fi

²⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Alueellinen yksikkö, Etelä-Pohjanmaan tutkimusasema, Alueellinen yksikkö, Alapääntie 104, 61400 Ylistaro, markku.niskanen@mtt.fi

³⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Tutkimuspalvelut, Kemian laboratorio, 31600 Jokioinen, merja.eurola@mtt.fi

Tiivistelmä

Syysruislajikkeita Anna, Amilo, Bor 7068 ja Picasso viljeltiin tavanomaisesti ja luonnonmukaisesti. Parhaiten luonnonmukaiseen viljelyyn soveltuivat sadon suhteen Anna, Picasso ja Bor 7068, joiden sadot olivat noin 70 % tavanomaisesti viljellyn rukiin sadosta.

Annan, Amilon ja Picasson talvituhot muodostuivat luonnonmukaisessa viljelyssä merkittävästi suuremmiksi kuin tavanomaisessa viljelyssä. Pienimmät talvituhot olivat Bor 7068:lla molemmissa viljelyjärjestelmissä.

Rukiin pituuteen ei viljelyjärjestelmällä ollut vaikutusta. Luonnonmukaisesti tuotettu ruis lakoutui vähemmän kuin tavanomainen ruis pienemmästä sadosta ja aavistuksen lyhyemmästä korresta johtuen.

Lajikkeiden kasvuajoissa ei ollut eroja eri järjestelmien välillä. Keskimääräiset typpi-, fosfori ja kaliumpitoisuudet olivat hieman suurempia luomuviljelyssä rukiissa, kun taas hivenravinteiden (rauta, kupari, mangaani) pitoisuudet olivat suurempia tavanomaisesti viljelyssä rukiissa. Luomuviljellyn rukiin kadmiumpitoisuudet olivat yleisesti yli 20-30 % pienempiä kuin tavanomaisesti viljellyn rukiin.

Avainsanat: ruis, Secale cereale, luonnonmukainen viljely, tavanomainen viljely, sato, viljely, ominaisuudet, kivennäisaineet, seleeni, kadmium

Comparing winter rye varieties in ecological and traditional cultivation

Antti Laine¹⁾, Markku Niskanen²⁾ and Merja Eurola³⁾

¹⁾MTT Agrifood Research Finland, Regional Unit, Southwest Finland Research Station, Saarentie 220, FIN-23120 Mietoinen, Finland, antti.laine@mtt.fi

²⁾MTT Agrifood Research Finland, Regional Unit, South Ostrobothnia Research Station, Alapääntie 104, FIN-61400 Ylistaro, Finland, markku.niskanen@mtt.fi

³⁾MTT Agrifood Research Finland, Research Services, Chemistry Laboratory, FIN-31600 Jokioinen, Finland, merja.eurola@mtt.fi

Abstract

Anna, Amilo, Bor 7068 and Picasso winter rye varieties were cultivated using conventional and ecological methods. Regarding yield, Anna, Picasso and Bor 7068 were best suited to ecological cultivation. Grain yields were 70% of those using conventional cultivation. The winter damage to Anna, Amilo and Picasso was more severe using ecological cultivation than using conventional cultivation. In both cultivation systems the least winter damage was to Bor 7068. The cultivation methods didn't affect rye stem length. Lodging was less with ecological system than with the conventional cultivation system, as a consequence of lower yield and shorter stems. There were no differences in growing times associated with the two cultivation systems. On average nitrogen, phosphorous and potassium contents of plants were slightly higher with ecological cultivation while with conventional cultivation trace element contents were higher. With ecological cultivation cadmium contents were frequently over 20-30% smaller than with conventional cultivation.

Key words: winter rye, Secale cereale, ecological cultivation, traditional cultivation, yield cultivation property, trace elements, selenium, cadmium

Johdanto

Lounais-Suomen, Hämeen ja Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemilla perustettiin ruislajikkeita vertaileva koe luonnonmukaisessa ja tavanomaisessa viljelyssä vuosiksi 2000-2002. Kokeen tarkoituksena oli selvittää eri tyyppisten ruislajikkeiden soveltuvuutta luonnonmukaiseen viljelyyn sekä viljelyjärjestelmän vaikutusta rukiin kivennäis- ja hivenainepitoisuuksiin. Ruislajikkeiden kasvutapa ja kasvurytmi vaikuttavat niiden kilpailukykyyn rikkakasveja vastaan, mikä puolestaan heijastuu viljelykasvin veden ja ravinteiden saantiin. Lajikkeen hyvä talvehtiminen on tärkeää niin luonnonmukaisessa kuin tavanomaisessa tuotannossa. Talven harventamassa kasvustossa pölytys saattaa olla epätäydellistä kasvuston epätasaisuuden johdosta, jolloin torajyvien määrä voi muodostua korkeaksi. Lisäksi kasvuston epätasaisuus viivästyttää puintia ja on vaaraksi sakoluvun säilymiselle.

Aineisto ja menetelmät

Syysruis lajikkeina koepaikoilla olivat Anna (Boreal Kasvinjalostus Oy, Suomi), Amilo (Rolimpex, Puola), Bor 7068 ja Picasso (Lochow-Petkus GmbH, Saksa). Lounais-Suomen tutkimusasemalla ruis kylvettiin vuonna 1999 26.elokuuta herneen jälkeen hietasavalle. Tavanomainen viljely sai syyslannoituksena 115 kg/ha syysviljan Y-kesto-lannoitetta ja keväällä 385 kg/ha Suomen salpietaria. Tavanomaisessa viljelyssä ei suoritettu kasvitautientorjuntaa. Tavanomaisesti viljellyltä alalta rikkakasvit torjuttiin kemiallisesti. Vuonna 2000 ruis kylvettiin 29. elokuuta viherkesantoon. Tavanomaisesti viljelty ruis sai lannoitukseksi 300 kg/ha Pellon PK-lannosta ja keväällä 346 kg/ha Suomen salpietaria.

Hämeen tutkimusasemalla kaikki koelohkot ovat olleet karkeaa hietaa, joiden pH on vaihdellut eri koevuosina 5,8 ja 6,3 välillä. Vuonna 1999 syysruis kylvettiin 26.elokuuta. Tavanomaisen viljelyssä esikasvina oli avokesanto, jolle käytettiin lannoituksena 250 kg syysviljan Y-kestolannoitetta. Luonnonmukaisesti viljellyllä loholla esikasvina oli ruisvirna. Vuonna 2000 Hämeen tutkimusasemalla rukiit kylvettiin 30.elokuuta. Tavanomaisesti viljelty ruis kylvettiin kesantoon karkealle hiedalle. Syyslannoituksena Syysviljan Y-kesto 250 kg/ha. Luonnonmukaisesti viljelty ruis kylvettiin karkean hiedan virnaa kasvaneeseen viherkesantoon. Vuonna 2001 syysruis kylvettiin 30.elokuuta. Luomun esikasvina oli ruisvirna ja tavanomaisen avokesanto lannoituksenaan syksyllä 250 kg/ha syysviljan kestopannosta ja keväällä 350 kg/ha Suomen salpietaria. Tavanomaisen viljelyksen orailta torjuttiin syksyllä kahukärpänen Decis-valmisteella ja talvihuohienet Sportakilla. Rikkakasvien torjunta kaikkina koevuosina Ally 20DF-valmisteella.

Etelä-Pohjanmaalla ei korjattu koetta lannoitusvirheen johdosta vuonna 2000. Vuonna 2000 ruis kylvettiin 28.8. ja vuonna 2001 molempien kokeiden kylvöt tehtiin 31.8. Tavanomaisessa viljelyssä esikasvina oli ohra ja luonnonmukaisessa viljelyssä esikasvina oli maahan ennen kylvää kynnetty ruisvirna. Maalaji molemmissa viljelymenetelmissä oli runsasmultainen hieno hieta. Tavanomainen lohkolle annettiin molempina koevuosina syksyllä 300 kiloa/ha pellon Y7 lannoitetta (13-7-15) ja keväällä suomensalpietaria 235 kg/ha. Rikat torjuttiin molempina vuosina Ally:n ja Gratilin seoksella. Vuonna 2001 talvituhosieniä torjuttiin marraskuussa Sportak ruiskutuksella.

Kummankin koevuoden kokeet analysoitiin samanaikaisesti käyttäen mallia, jossa kiinteinä tekijöinä olivat viljelyjärjestelmä, lajike ja näiden yhdysvaikutus. Satunnaistekijöinä mallissa olivat koepaikka * vuosi, koepaikka * vuosi * järjestelmä, kerranne(järjestelmä * koepaikka * vuosi), lajike * koepaikka * vuosi ja lajike * järjestelmä * koepaikka * vuosi.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Sato

Järjestelmät erosivat toisistaan sadon määrän suhteen. Tavanomaisen viljelyn sato oli 53 % korkeampi kuin luonnonmukaisesti tuotetun (Taulukko 1.). Lajikkeista korkeimman sadon tuotti Picasso, Amilon sato oli alhaisin, johtuen sen suuresta talvituhojen osuudesta. Kaikki lajikkeet tuottivat tilastollisesti merkitsevästi suuremman sadon tavanomaisessa viljelyssä. Parhaiten lajikkeista soveltuivat luonnonmukaiseen viljelyyn Anna, Picasso ja Bor 7068, joiden luonnonmukaisesti tuotetun sadon osuus oli noin 70% tavanomaisesta. Amilon sato oli 48 % tavanomaisesti tuotetun sadosta, osasyynä tähän oli Amilon korkea talvituhon luonnonmukaisessa viljelyssä. Aulan ja Talvitien (1995) tutkimuksessa vuodelta 1991 Satakunnan tutkimusasemalla yhden vuoden koetulosten perusteella luonnonmukaisessa tuotannossa ruislajikkeet antoivat keskimäärin 16 % korkeamman sadon kuin tavanomaisessa viljelyssä. Rukiin esikasvina tässä kokeessa oli virna. Maalajilla, esikasvilla ja maan liukoisten ravinteiden määrällä on suuri vaikutus luonnonmukaisen tuotannon satoihin

Taulukko 1. Viljelyjärjestelmän, lajikkeen ja lajike*viljelyjärjestelmä- yhdysvaikutus satoon, talvituhoon, korrenpituuteen, lakoon ja kasvu-aikaan MTT:n Lounais-Suomen, Hämeen, ja Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemilla v. 2000-2002. Merkitsevät erot käsittelyjen, lajikkeiden ja yhdysvaikutusten välillä merkitty pienaakkosin ($P < 0,05$). Järjestelmä 1=luonnonmukainen tuotanto, 2=tavanomainen tuotanto.

Lajike	Järjestelmä	Sato	Talvituho		Pituus		Lako		Kasvu-aika		
		kg/ha		%		cm		%		Vrk	
	1	2969	a	34	a	124	a	13	a	346	a
	2	4552	b	21	a	129	a	26	b	346	a
Anna		3556	a	21	a	146	a	30	a	345	a
Amilo		3220	a	39	b	128	b	20	b	347	b
Bor 7068		3561	a	19	a	123	b	15	b	345	a
Picasso		4706	b	32	ab	110	c	13	b	346	b
Anna	1	2962	a	28	ad	145	a	20	ac	345	ab
Anna	2	4150	b	14	b	147	a	40	b	345	ad
Amilo	1	2112	c	48	c	124	bd	14	acd	347	d
Amilo	2	4327	b	31	a	131	d	26	ac	347	bd
Bor 7068	1	2914	a	25	Abd	120	be	10	c	345	abe
Bor 7068	2	4208	b	13	bd	125	b	21	ad	345	ac
Picasso	1	3888	b	36	ac	108	c	7	d	347	cde
Picasso	2	5524	d	27	d	112	ce	18	ad	346	abd

Talvituho

Luonnonmukaisessa viljelyssä talvituhot muodostuivat yleisesti suuremmiksi kuin tavanomaisessa viljelyssä, ei kuitenkaan tilastollisesti merkitsevällä tasolla. Lajikkeista Bor 7068:lla ja Annalla esiintyi vähiten talvituhoja. Annalla, Amilolla ja Picassolla talvituho oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi luonnonmukaisessa viljelyssä, Bor 7068:lla ero järjestelmien välillä ei ollut merkitsevää, vaikkakin luonnonmukaisessa suurempi. Annalla ja Bor 7068:lla talvituhot lisääntyivät suhteellisesti eniten luonnonmukaisessa viljelyssä, noin 75 %, Amilolla 39 % ja Picassolla vähiten 19 %. Myös Aulan ja Talvitiien tutkimuksessa luonnonmukaisessa viljelyssä syysrukiin talvituhot olivat vuonna 1991 suuremmat kuin tavanomaisessa viljelyssä, talvituhojen määrä oli kuitenkin yleisesti vähäinen.

Pituus

Viljelyjärjestelmällä ei ollut yleisesti merkitsevää vaikutusta syysrukiin korrenpituuteen, vaikkakin lajikkeiden pituudet olivat tavanomaisessa viljelyssä 2-6 cm luonnonmukaisesti viljeltyjen pituuksia pidempiä. Lajikkeista Annan korsi oli pisin ja Picasson lyhin, Amilo ja Bor 7068 eivät eronneet toisistaan merkitsevästi. Annan korrenpituus luonnonmukaisessa viljelyssä oli 99 % tavanomaisen viljelyn korrenpituudesta. Muiden lajikkeiden pituus oli noin 96 % vastaavan tavanomaisesti viljellyn pituudesta. Sitä vastoin Aulan ja Talvitien tutkimuksessa luonnonmukaisessa viljelyssä ruislajikkeet olivat keskimäärin 10 % pidempiä kuin tavanomaisessa, mikä oli ilmeisesti yhteydessä luonnonmukaisen viljelyn korkeampaan satotasoon. Korkeampi satotaso on puolestaan saattanut johtua tavanomaisen ja luonnonmukaisen viljelyn erilaisista esikasveista ja maan ravinnetaseista.

Lakoutuminen

Luonnonmukaisesti viljelty ruis lakoutui selvästi vähemmän kuin tavanomaisesti viljelty syysruis. Lajikkeiden lakoutumisalttius oli positiivisesti korreloinutun lajikkeiden korrenpituuteen. Amilon, Bor 7068:n ja Picasson lakoutumisella ei saatu tilastollista merkitsevyyttä viljelyjärjestelmien välille. Annalla tavanomaisesti viljellyn rukiin lakoutuminen oli merkitsevästi suurempaa kuin luonnonmukaisesti viljellyn rukiin. Annan korsi lakoutui luonnonmukaisessa tuotannossa 20 %-yksikköä vähemmän kuin tavanomaisessa viljelyssä, muiden lajikkeiden lakoutuminen oli noin 12-%-yksikköä vähäisempää luonnonmukaisessa tuotannossa. Luonnonmukaisesti tuotetun rukiin pienempi lakoutuminen johtui pienemmästä sadosta ja lyhyemmästä korrenpituudesta. Myös Aulan ja Talvitien (1995) tutkimuksessa luonnonmukaisesti viljelty ruis oli vähemmän herkkä lakoutumiselle, kuin tavanomaisesti viljelty.

Kasvuaika

Syysrukiin kasvuajat eivät eronneet toisistaan eri viljelyjärjestelmissä, eivätkä erot lajikkeiden välillä olleet muutenkaan suuret. Annan ja Bor 7068:n kasvuajat olivat lyhimät vertailuista lajikkeista. Amilon kasvuaika oli keskimäärin kaksi päivää ja Picasson päivän kotimaisia lajikkeita pidempi. Lajikkeen sisällä ei ollut merkitsevää eroa viljelyjärjestelmien kesken. Kasvuajan vaihteluun lajikkeen sisällä eri viljelyjärjestelmissä vaikuttaa osalta myös lajikkeen talvituhojen määrä. Talvituhojen harventamassa kasvustossa jää kasviyksilöä kohden enemmän ravinteita käytettäväksi, mikä viivästyttää kasvin tuleentumista.

Kivennäis- ja hivenaineet

Luomu ja tavanomaisesti viljellyn rukiin välillä ei ollut suuria eroja typpi-, kivennäis- ja hivenainepitoisuuksissa. Keskimääräiset typpi-, fosfori ja kalium-pitoisuudet olivat hieman suurempia luomuviljelyssä, kun taas hivenravinteiden (Fe, Cu, Mn) pitoisuudet olivat suurempia tavanomaisessa viljelyssä. Erot olivat kuitenkin vähäisiä (Taulukko 2). Picasso hybridilajikkeella pitoisuudet olivat systemaattisesti pienempiä kuin populaatiolajikkeilla. Poikkeuksena oli seleeni, jonka pitoisuudet luomurukiissa olivat erittäin pieniä, alle 0,010 mg/kg ka. (Kuva 1). Luonnonmukaisessa tuotannossa tyypeä sitovien kasvien viljely ja viljelykierron käyttö ovat tärkeitä periaatteita ja lannoituksessa saa vain eloperäisiä ja tiettyjä kivennäislannoitteita. Näin keinotekoisien lannoitteiden mukana tuleva seleenilisä jää saamatta, mikä näkyy viljojen pieninä seleenipitoisuuksina. Suomen olosuhteissa seleeni pelkistyy helposti niukkaliukoiseen muotoon ja lisäksi sitoutuu voimakkaasti maaperässä rauta- ja alumiinikomplekseiksi, eikä ole kasvien käytettävissä (Gissel-Nielsen 1977, Ylärinta 1985).

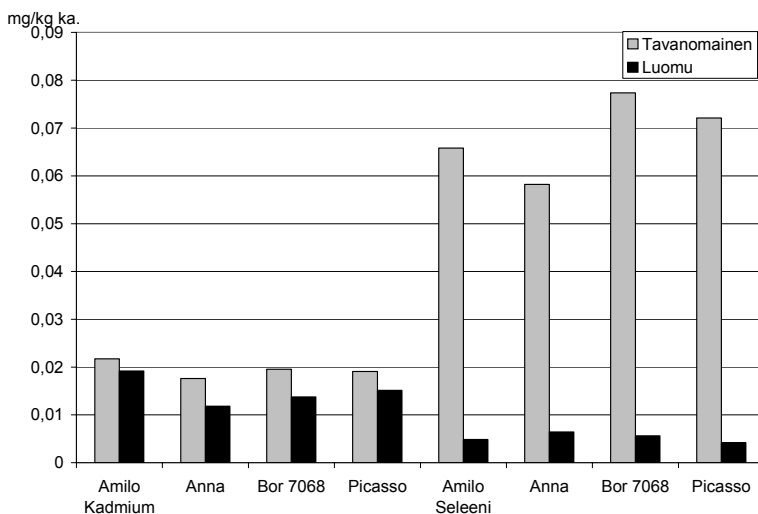
Taulukko 2. Ruislajikkeiden keskimääräisiä typpi- kivennäis- ja hivenainepitoisuuksia tavanomaisessa ja luomuviljelyssä MTT:n Lounais-Suomen, Hämeen, ja Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemilla v. 2000-2002.

Lajike	Ca, g/kg ka.		K, g/kg ka.		Mg, g/kg ka.		P, g/kg ka.		N, % ka.	
	tavan- omainen	luomu	tavan- omai- nen	luomu	ta- van- omai- nen	luomu	tavan- omai- nen	luomu	tavan- omai- nen	luomu
Amilo	0,36	0,38	5,05	5,37	1,16	1,14	3,74	4,06	1,87	1,93
Anna	0,34	0,34	5,50	5,60	1,19	1,19	4,02	4,19	1,93	2,09
Bor 7068	0,39	0,37	5,13	5,12	1,19	1,15	4,14	4,21	1,94	1,97
Picasso	0,32	0,31	5,04	5,12	1,04	0,99	3,40	3,45	1,72	1,65
Keskiarvo	0,35	0,35	5,20	5,32	1,15	1,12	3,84	3,99	1,87	1,92

	Cu, mg/kg ka.		Mn, mg/kg ka.		Fe, mg/kg ka.		Zn, mg/kg ka.	
	tavan- omainen	luomu	tavan- omai- nen	luomu	ta- van- omai- nen	luomu	tavan- omai- nen	luomu
Amilo	5,3	5,4	30	28	45	46	33	36
Anna	5,4	5,3	30	28	45	44	34	35
Bor 7068	5,3	5,1	29	25	43	38	32	32
Picasso	4,4	4,0	26	22	41	35	30	27
Keskiarvo	5,1	5,0	29	26	44	41	33	33

Kadmium

Rukiin keskimääräinen kadmiumpitoisuus luomuviljelyssä oli $0,015 \pm 0,008$ mg/kg ka. (vaihteluväli 0,007-0,031 mg/kg ka.) ja tavanomaisessa viljelyssä $0,019 \pm 0,008$ mg/kg ka. (vaihteluväli 0,006-0,043 mg/kg ka.) Suurimmat pitoisuudet esiintyivät Mietoisten koeaseman näytteissä. Etelä-Pohjanmaan ja Hämeen tutkimusasemilla kadmiumpitoisuudet jäivät alle 0,010-0,020 mg/kg ka. Molemmilla viljelytavoilla pitoisuudet olivat selvästi pienempiä kuin raakaviljalle lainsäädännössä asetettu enimmäismääräraja 0,100 mg/kg. Luomuviljelyssä kadmiumpitoisuudet olivat yleisesti yli 20-30% pienempiä kuin tavanomaisessa viljelyssä (Kuva 1). Ainoastaan Pälkäneen kokeessa vuonna 2002 tavanomaisessa viljelyssä oli hieman pienempiä kadmiumpitoisuuksia kuin luomuviljelyssä. Pälkäneellä maalajina oli hieta, Ylistarossa ja Mietoisissa savi. Kasvupaikkakohtaiset ja vuosittaiset vaihtelut ovat kadmiumin kohdalla kuitenkin suuria ja voivat joinakin vuosina vaikuttaa sadon kadmiumpitoisuuksiin enemmän kuin viljelytapa.



Kuva 1. Ruislajikkeiden keskimääräisiä kadmium- ja seleenipitoisuuksia tavanomaisessa ja luomuviljelyssä MTT:n Lounais-Suomen, Hämeen, ja Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemilla v. 2000-2002.

Kirjallisuus

Aula, S. & Talvitie, H. 1995. Ruis ja kevätvehnälajikkeiden soveltuvuus luonnonmukaiseen viljelyyn. Maatalouden tutkimuskeskus tiedote 3/95. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 46 s.

Gissel-Nielssen, G. 1977. Control of selenium in plants. Risø Report 370. 42.s.

Ylärinta, T. 1985. Increasing the selenium content of cereal and grass crops in Finland. Academic dissertation, Agricultural Research Centre, Institute of Soil Science. Jokioinen, Finland. Yliopistopaino, Helsinki. 72 s.

Kahukärpäsen torjunta rukiilla

Erja Huusela-Veistola¹⁾ ja Jarmo Ketola¹⁾

¹⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen, erja.huusela-veistola@mtt.fi, jarmo.ketola@mtt.fi

Tiivistelmä

Kahukärpäsen vioittaa etenkin aikaisin kylvettyjä ruiskasvustoja. Kahukärpäsen aiheuttamaa voitusriskiä voidaan vähentää oikea-aikaisella kemiallisella torjunnalla tai rukiin kylvöaikaa myöhästyttämällä.

Kuuden hyönteistorjunta-aineen (deltametriini, alfa-sypermetriini, lambda-syhalotriini, malationi, tau-fluvalinaatti, esfenvaleraatti) ja kahden käyttöajankohdan tehokkuutta kahukärpäsen torjuntaan rukiilla testattiin kenttäkokeessa Ypäjällä syksyllä 2001. Puolet koeruuduista käsiteltiin hyönteistorjunta-aineella 1-lehtiasteella (BBCH 10-11) ja puolet 2-3 -lehtiasteella (BBCH 12-13).

Lentävien kahukärpästen määrää selvitettiin kenttäkokeen reunoihin laitettujen keltaisten liimapyydysten avulla. Kahukärpäsvoitukset tarkastettiin loka-kuussa ja toukokuussa otetuista kasvinäytteistä.

Vaikka torjuntahetkellä lentäviä kahukärpäsiä oli melko runsaasti liikkeellä, kahukärpästoukkien vioittamien kasvien määrä jäi pieneksi. Lokakuussa otetuissa kasvinäytteissä keskimäärin alle 10 % kasveista löytyi kahukärpäsen toukkia. Syynä kahukärpästuhojen vähyteen oli todennäköisesti syyskuun alun runsaat sateet. Eri torjunta-aineilla tai käsittelyajankohdalla ei havaittu vaikutusta kahukärpäsvoituksen määrään tai rukiin satoon. Kontrolliruutujen sato oli keskimäärin 4200 kg ha⁻¹ ja hyönteistorjunta-aineella käsiteltyjen ruutujen 4300 kg ha⁻¹.

Kahukärpästuhojen riski on suurin aikaisin kylvetyissä kasvustoissa. Jos kahukärpäsiä on runsaasti liikkeellä rukiin orastuessa ja sää on lämmin ja aurinkoinen, ruiskasvusto kannattaa käsitellä 2-lehtivaiheessa hyönteistorjunta-aineella. Orastumisvaiheen kahukärpäsmäärän tarkkailuun voi käyttää keltaisia liimapyydyksiä.

Avainsanat: kahukärpänen, Oscinella frit, ruis, kasvinsuojelu, torjunta-aineet, tuhoeläimet

Control of frit fly in winter rye

Erja Huusela-Veistola¹⁾ and Jarmo Ketola¹⁾

¹⁾MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Plant Protection, FIN-31600 Jokioinen, Finland, erja.huusela-veistola@mtt.fi, jarmo.ketola@mtt.fi

Abstract

Frit fly most often represents a problem in early sown winter rye. Infestation of winter rye can be avoided by adjusting sowing time. Frit fly damage at early sowing can be managed by optimally timed insecticide application to rye seedlings.

Efficiency of six insecticides (deltamethrin, alpha-cypermethrin, lambda-cyhalothrin, malathion, tau-fluvalinate and esfenvalerate) applied at two times to control of frit fly in winter rye was tested in a field experiment. The experiment was set up as randomized blocks with four replicates. Each replicate comprised two control plots that received no insecticide treatment. The initial insecticide application was done at the first leaf stage (BBCH 10-11) and the second at the 2-3-leaf stage (BBCH 12-13).

Occurrence of adult frit flies was monitored using yellow sticky traps during autumn. Numbers of frit fly larvae were assessed from 20 randomly collected plants per plot in October 2001 and May 2002.

Although numbers of flying frit flies were high during times of insecticide application, percentage of infested plants was less than 10%. The reason was probably a rainy period during the beginning of September. Infestation levels did not differ among insecticide treatments or between application times. Treatment did not significantly affect rye yield, which was approximately 4200 kg ha⁻¹ from control plots and 4300 kg ha⁻¹ from insecticide treated plots.

Early sowing of winter rye is most at risk from frit fly damage and it is worth treating seedlings at the 2-leaf stage with insecticide if their numbers are high and it is warm and sunny. The need for plant protection can be evaluated by monitoring flying frit flies with yellow sticky traps during seedling emergence.

*Key words: frit fly, *Oscinella frit*, pesticides, pest insects, winter rye*

Johdanto

Kahukärpänen (*Oscinella frit*) on rukiin pahin tuhoeläin. Kahukärpäsellä on kolme sukupolvea, joista syyskupolven toukat vioittavat etenkin aikaisin kylvettyjä ruiskasvustoja. Toukat voivat tuhota yksittäisiä versoja ja jopa kokonaisia kasveja, jolloin kasvustosta tulee epätasainen ja kilpailukyky rikakasveja vastaan heikkenee.

Kahukärpäsmäärä vaihtelee vuosittain. Laajempia tuhoja kahukärpänen aiheutti 1950-luvulla (Tiittanen 1959). Myöhemmin syysviljojen ja nurmien väheneminen on vähentänyt kahukärpästen määrää ja vain satunnaisia tuhoja on esiintynyt (Kurppa 1990). 1990-luvun lopulla kahukärpäsmäärät kuitenkin kasvoivat uudelleen ja syksyllä 1999 kahukärpäset tuhosivat pahoin aikaisin kylvettyjä ruiskasvustoja (Huusela-Veistola 1999, Salonen ym. 2000). Kahukärpäsen kannanvaihtelun lisäksi kahukärpäsriskiä vaikuttavat kylvöaika ja syksyn sääolosuhteet.

Kahukärpäsriskiä voidaan vähentää rukiin kylvöaikaa myöhästyttämällä, jolloin kahukärpäsen lentoaikaan on mahdollisimman vähän sopivankokoista orasta muninta-alustaksi. Jos kasvustot kuitenkin kylvetään aikaisin, voidaan kahukärpästuhoja pyrkiä vähentämään kemiallisella torjunnalla.

Kahukärpäsen torjuntaan käytettiin 1960- ja 1970-luvuilla systeemisiä torjunta-aineita, joista edelleen käytössä ovat malationi- ja dimetoaattivalmisteet. Kahukärpäsen uudelleen runsastuttua 1990-luvun lopussa tuhohyönteisten torjuntaan oli käytettävissä suuri joukko kosketusvaikutteisia pyretroidivalmisteita ja käytönlajennus kahukärpästen torjuntaan saatiin varsin nopeasti. Kosketusvaikutteisen torjunta-aineen etuna on, että munivien kahukärpästen määrää saadaan tehokkaasti vähennettyä. Haittana puolestaan on valmisteen heikko kulkeutuvuus kasveissa, eli muniin ja jo kasvin sisässä oleviin toukkiin torjuntateho ei näytä olevan riittävä. Varsinkin kosketusvaikutteisia tehoaineita käytettäessä on torjunta-ajankohdan oltava optimaalinen parhaan torjuntatehon aikaansaamiseksi.

Tässä tutkimuksessa tutkittiin kahukärpäsen kemiallisen torjunnan ajoituksen tarkentamista ja verrattiin eri torjunta-ainevalmisteiden tehokkuutta.

Aineisto ja menetelmät

Hyönteistorjunta-aineiden biologista tehokkuutta kahukärpäsen torjuntaan testattiin Ypäjälle perustetussa kenttäkokeessa syksyllä 2001. Elvi-ruis kylvettiin 23.8.2001 ja kylvömäärä oli 150 kg ha⁻¹. Maalajina oli hietasavi ja kylvölannoituksena oli Pellon Y 7 (13-7-5) 200 kg ha⁻¹. Ruislohkolta rajattiin noin 200 m²:n alue, joka jaettiin 54 koeruutuun (ruutukoko 2.5 m x 10 m).

Käsittelyt oli lohkoittain satunnaistettu ja toistoja oli 4. Puolet koeruuduista käsiteltiin hyönteistorjunta-aineella 1-lehtiasteella (BBCH 10-11) 30.8.2001 ja puolet 2-3 -lehtiasteella (BBCH 12-13) 6.9.2001. Käytetty vesimäärä oli 200 l ha⁻¹. Tutkitut torjunta-ainevalmisteet ja käyttömäärät olivat seuraavat:

- Kontrolli (ei käsittelyä),
- Decis TAB (tehoaine deltametriini 250 g kg⁻¹) 40 g ha⁻¹,
- Fastac 50 EC (tehoaine alfa-sypermetriini 50 g l⁻¹) 0.8 l ha⁻¹,
- Karate Zeon (tehoaine lambda-syhalotriini 100 g l⁻¹) 90 ml ha⁻¹,
- Malasiini-ruiskute (tehoaine malationi 513 g l⁻¹) 3 l ha⁻¹,
- Mavrik 2F (tehoaine tau-fluvalinaatti 240 g l⁻¹) 0.4 l ha⁻¹ ja
- Sumi Alpha 5 FW (tehoaine esfenvaleraatti 50 g l⁻¹) 0.6 l ha⁻¹.

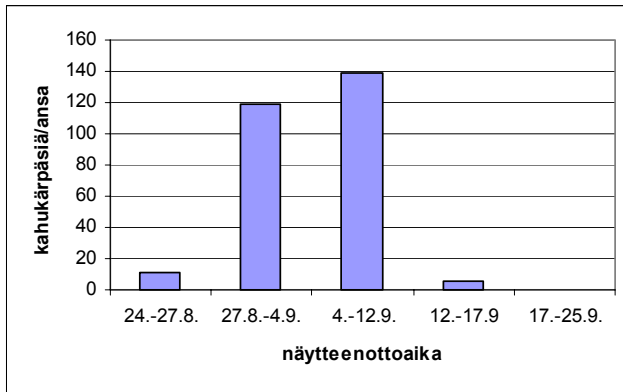
Lentävien kahukärpästen määrää tarkkailtiin kenttäkokeen reunoille laitetuilla kelta-ansoilla kylvöstä syyskuun loppuun. Kahukärpäsiviotukset tarkastettiin 15.10.2001 ja 8.5.2002 otetuista kasvinäytteistä. Kustakin koeruudusta otettiin satunnaisesti 20 kasvia, joista laskettiin kahukärpästoukkien määrä sekä niiden voittamien kasvien määrä.

Koeala käsiteltiin fungisidilla (Sportak 1 l ha⁻¹) lumihometta vastaan 25.10.2001. Kasvunsääderuiskutus tehtiin 24.5.2002 (Moddus 250 EC 0.6 l ha⁻¹). Koeruudut puitiin 7.8.2002 ja sadosta mitattiin hehtolitrapaino.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Kelta-ansa-aineiston perusteella kahukärpäsiä oli runsaasti liikkeellä kasvuston orastuessa elokuun lopulla ja torjunta-ainekäsittelyajankohtina elosyyskuun vaihteessa (Kuva 1).

Lokakuussa otetuissa kasvinäytteissä sellaisten kasvien osuus, joista löytyi kahukärpäsen toukka, jäi kuitenkin pieneksi (keskimäärin alle 10 % kasveista vioittuneita), eikä eri torjunta-aineiden ja käsittelyajankohtien välillä havaittu tilastollista eroa (Taulukko 1, Kuva 2). Sellaisia kasveja, joissa oli havaittavissa vioitusta, mutta ei kahukärpästä, oli sen sijaan hieman enemmän, noin 20 % tutkituista kasveista, mutta tilastollisesti merkitsevää eroa eri torjunta-aineiden ja käsittelyajankohtien välillä ei ollut. Keväällä otetuista näytteistä löytyi erittäin vähän kahukärpäsiä (alle 1 % kasveista) eikä käsittelyjen välillä käytännössä ollut eroa.

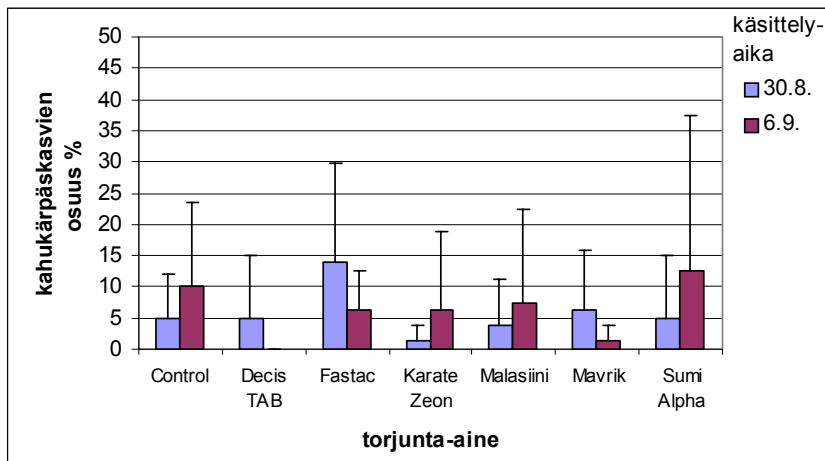


Kuva 1. Kahukärpästen määrä (kpl/ansa) kelta-ansoissa kahukärpäsen torjuntakokeessa Ypäjällä syksyllä 2001.

Taulukko 1. Torjunta-aineiden ja käsittelyajankohdan vaikutus kahukärpäsen vioittamien kasvien osuuteen (kahukärpäsvioitus-%).

Tehdyt vertailut	Kahukärpäsvioitus-%				
	df	syksy-01		kevät-02	
		F	P	F	P
Torjunta-aine	6, 39	0.76	0.6025	0.76	0.6020
Käsittelyaika	1, 39	5.65	0.7956	5.65	0.0225
Torjunta-ainexkäsittelyaika-yhdysvaikutus*	5, 39	0.39	0.8503	0.92	0.4808

* testi tutkii, onko sama torjunta-ajankohta sopiva kaikille aineille



Kuva 2. Kahukärpäsen vioittamien kasvien osuus lokakuussa 2001 otetuissa kasvinäytteissä. Hyönteistorjunta tehty 30.8.2001 tai 6.9.2001.

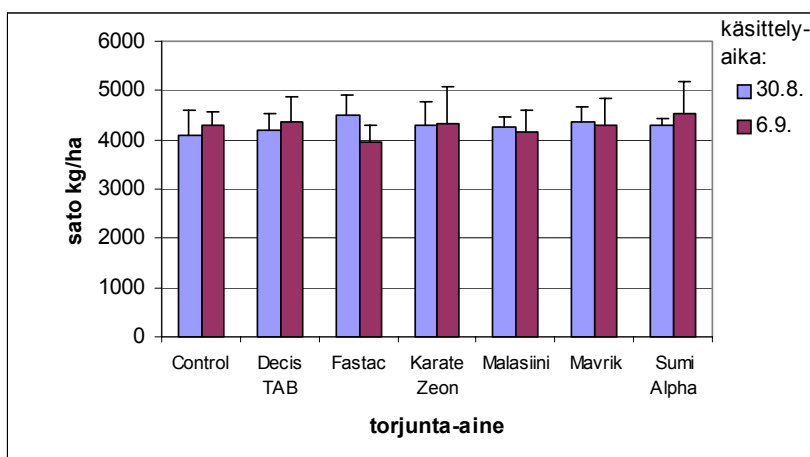
Satomäärissä ei havaittu tilastollista eroa eri torjunta-aineiden ja torjunta-ajankohtien välillä (Taulukko 2, Kuva 3). Kontrolliruuduissa sato oli keskimäärin 4200 kg ha⁻¹ ja käsitellyissä 4300 kg ha⁻¹. Yli 4500 kg ha⁻¹ satoa saatiin Sumi-Alphalla 6.9. käsitellystä kasvustosta ja Fastacilla 30.8. käsitellystä kasvustosta. Hehtolitraino oli keskimäärin 84 kg eikä eri käsittelyjen havaittu vaikuttavan siihen merkitsevästi (Taulukko 2).

Vaikka torjuntahetkellä oli paljon kahukärpäsiä liikkeellä, kahukärpäsvioitukset jäivät vähäisiksi eikä eri torjunta-aineilla käsiteltyjen kasvustojen kahukärpäsen vioitusmäärät ja sadot eronneet käsittelemättömistä. Syynä kahukärpästuhojen vähyyteen oli todennäköisesti syksyn sääolosuhteet, etenkin syyskuun alun runsaat sateet. Se, että käsiteltyjen ruutujen kahukärpäsmäärät eivät eronneet kontrollista, voi osittain johtua myös ruutukokeen mittakavasta: karkottavat aineet ovat voineet vähentää myös kontrolliruutujen kahukärpäsmäärää.

Taulukko 2. Torjunta-aineiden ja käsittelyajankohdan vaikutus rukiin satoon ja hehtolitrainoon.

Tehdyt vertailut	sato kg/ha			hehtolitraino	
	df	F	P	F	P
Torjunta-aine	6, 39	0.70	0.6514	2.14	0.0701
Käsittelyaika	1, 39	0.41	0.5251	2.39	0.1304
Torjunta-ainexkäsittelyaika-yhdysvaikutus*	5, 39	2.21	0.0723	1.44	0.2311

* testi tutkii, onko sama torjunta-ajankohta sopiva kaikille aineille



Kuva 3. Rukiin sato eri torjunta-aineilla käsitellyissä kasvustoissa. Hyönteistorjunta tehty 30.8.2001 tai 6.9.2001.

Syksyllä 2000 MTT:n kylvöaikakokeissa 2-lehtivaiheessa tehty deltametriinikäsittely vähensi selvästi etenkin aikaisin kylvettyjen ruiskasvustojen kahukärpäsmääriä (Huusela-Veistola ym., 2001). Hyönteistorjunta lisäsi rukiin versomäärää, satoa ja siemenen kokoa (Laine ym. 2002, Pahkala ym. 2002).

Kahukärpäsen torjuntaan käytettyjä torjunta-aineita ei voitu tässä tutkimuksessa laittaa paremmuusjärjestykseen, koska eroja valmisteiden tehokkuudessa ei havaittu. Kokeessa mukana olleet torjunta-aineet ovat malationia tehoaineena sisältävää Malasiini-ruiskutetta lukuun ottamatta pyretroideja, joten ne ovat vaikutukseltaan hyvin samankaltaisia. Decis Tab, Fastac 50, Malasiini-ruiskute, Mavrik 2F ja Sumi Alpha 5FW ovat kauppavalmisteita, sen sijaan Karate Zeon –valmistetta ei ole toistaiseksi rekisteröity kauppavalmisteksi. Suomessa kahukärpäsen torjuntaan on tällä hetkellä hyväksytty useita pyretroidivalmisteita. Myynnissä on mm. seuraavia valmisteita: Decis 25 EC, Karate, Karate 2.5 WG, SumiAlpha 5FW, Fastac, Fastac 50 sekä Mavrik 2F.

Kahukärpäsen munii 1-2 -lehtisiin oraisiin, mutta yli 4-lehtisten versojen tyvet ovat yleensä jo niin kovia, että toukan pääsy kasvin sisään estyy. Myöhään tehdystä torjuntakäsittelystä ei tästä syystä ole hyötyä. Suositusten mukaan kahukärpästorjunta pitäisi tehdä kasvuston ollessa 1.5-2 –lehtiasteella.

Kahukärpäsmäärät vaihtelevat vuosittain melko paljon. Kesän ja syksyn sääolosuhteilla on suuri vaikutus syksyn kahukärpäsmääriin. Lisäksi kahukärpäsen aiheuttamien tuhojen ankaruus riippuu syksyn sääolosuhteista. MTT Kasvinsuojelu tiedottaa kahukärpäsriskistä kasvukauden aikana. Keltaansojen käyttö kasvuston orastuessa on hyvä apukeino paikallisen kahukärpästilanteen selvittämisessä ja torjuntatarpeen arvioinnissa. Jos kahukärpäsiä on runsaasti liikkeellä rukiin orastuessa, ja sää on lämmin ja aurinkoinen, ruiskasvusto kannattaa käsitellä hyönteistorjunta-aineella.

Kirjallisuus

- Huusela-Veistola, E. 1999. Kahukärpänen – niin monen vuoden jälkeen. Kasvinsuojelulehti 32(4): 104-106.
- Huusela-Veistola, E., Avikainen, H., Jalli, H., Salonen, J., Vuorinen, M. & Pahkala, K. 2001. Rukiin kylvöajan vaikutus kasvintuhoojien esiintymiseen ja kasvuston kehitykseen syksyllä 2000. Teoksessa: Jalli, H. (toim.). Ruis arvonsa ansaitsee. Kansallisten ruishankkeiden tutkimusseminaari, Jokioinen, 25. huhtikuuta 2001. Jokioinen. s. 67.
- Kurppa, S. 1990. Occurrence of damage and predicting activity of the frit fly (*Oscinella frit*) in Finland. *Annales Agriculturae Fenniae* 29: 39-46

- Laine, A., Huusela-Veistola, E. & Serenius, M. 2002. Rukiin kylvöajat kasvunsäädöksittelyssä. Teoksessa: Ruusiala, M. (toim.). Ruis arvonsa ansaitsee. Kansallisten ruishankkeiden tutkimusseminaari, Jokioinen, 9. huhtikuuta 2002. Jokioinen. s. 90-96.
- Pahkala, K., Vuorinen, M., Huusela-Veistola, E. & Serenius, M. 2002. Kylvöajan vaikutus ruislajikkeiden sadontuottoon, laatuun ja kasvuston kehitykseen. Teoksessa: Ruusiala, M. (toim.), Ruis arvonsa ansaitsee. Kansallisten ruishankkeiden tutkimusseminaari, Jokioinen, 9. huhtikuuta 2002. s. 40-52.
- Salonen J., Huusela-Veistola, E., Avikainen, H., Jalli, H. & Vuorinen, M. 2000. Kasvintuhoojat viihtyvät aikaisin kylvetyssä rukiissa syksyllä 1999. Teoksessa: Peltomäki, E. (toim.). Ruis arvonsa ansaitsee. Kansallisten ruishankkeiden tutkimusseminaari, Jokioinen, 11. huhtikuuta 2000. Jokioinen. s. 37-43.
- Tiittanen, K. 1959. Kahukärpäsen aiheuttamat tuhot Suomessa vuosina 1948-1958. Valtion maatalouskoetoiminnan julkaisuja 178. Tikkurila. s. 110-125.

Rukiin kenttätutkimus tiloilla

Erkki Rytsä¹⁾, Pekka Tikkanen²⁾ ja Erja Huusela-Veistola³⁾

¹⁾Raisio Yhtymä Oyj, PL 101, 21201 Raisio, erkki.rytsa@raisigroup.com

²⁾Viherkallionkuja 3, hH231, 02710 Espoo, agripekka@kolumbus.fi

³⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen, erja.huusela-veistola@mtt.fi

Tiivistelmä

Ruistutkimuksen osahankkeena oli kenttätutkimus rukiin viljelystä tiloilla. Vuonna 1999 tutkimus suoritettiin Vaasanmylly Oy:n ”Ruisklubin” tehotarkkailutiloilla ja vuosina 2000-2002 Raision ”Ruis-laatujuväohjelman” tiloilla. Tutkimuksilla selvitettiin rukiin hyvää viljelykäytäntöä erilaisissa oloissa, jotka edustivat perinteisiä rukiin tuotantoalueita Suomessa. Tutkimustiloja oli vuosittain 12 – 20.

Muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta tiloilla käytettiin lumihomeen kasvua estäviä peittäusaineita kylvösiementen käsittelyssä. Syksyisiä kasvustoruiskutuksia lumihomeen torjumiseksi suoritettiin harvemmin. Typpilannoitus kylvön yhteydessä oli yleisesti 30 kg/ha ja keväällä 80 kg/ha tasolla. Valtaosa viljelyksistä perustettiin perinteisellä muokkaustekniikalla.

Osalla tutkimustiloista kahukärpäsen esiintymistä seurattiin keltaisten liimapyydysten avulla syksyllä 2000 ja 2001. Kahukärpäsmäärissä oli vaihtelua, mutta eniten kahukärpäsiä oli aikaisin kylvetyissä kasvustoissa Etelä-Suomessa. Kahukärpäsmäärät vaihtelivat myös sääolojen mukaan. Keltaansojen avulla voidaan selvittää kasvustokohtaisesti kahukärpäsen esiintymistä. Kahukärpästarkkailu pitää aloittaa heti kasvuston orastuessa.

Kasvukauden aikana tiloilla suoritettiin 4 tilakäyntiä. Ensimmäisellä tilakäynnillä havainnoitiin lumihome, talvituhot ja kasvuston tiheys sekä rikkakasvitilanne. Havaintojen perusteella arvioitiin typpilannoituksen, rikkakasvien ruiskutuksen ja laontorjunnan tarve. Toisella ja kolmannella havaintokierroksella kasvuston fytomassan ja lehtivihreämäärän mittauksin ratkaistiin toisen laontorjunnan ja lisätypen tarve.

Käytännön viljelyyn perustuva tutkimussarja osoitti, että huolellisella viljavuustietoihin ja kasvuston tilan seurantaan perustuvalla, ammattitaitoisella viljelykäytännöllä rukiista saadaan Suomessa lähes poikkeuksetta yli 4000 kg hehtaarisatoja

Avainsanat: ruis, sato, kasvinsuojelu, kasvitaudit, lumihome, talvehtiminen, laontorjunta, lehti, massa, kahukärpänen

Rye cultivation on farms

Erkki Rytsä¹⁾, Pekka Tikkanen²⁾ and Erja Huusela-Veistola³⁾

¹⁾Raisio Yhtymä Oyj PL 101, FIN-2121 Raisio, Finland, erkki.rytsa@raisiogroup.com

²⁾Viherkallionkuja 3, hH 231, FIN-02710 Espoo, Finland, agripekka@kolumbus.fi

³⁾MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Plant Protection, FIN-31600 Jokioinen, Finland, erja.huusela-veistola@mtt.fi

Abstract

A part of the rye research project was to study rye cultivation on farms. Studies were performed on selected farms of the "Rye club" of Vaasanmylly Ltd in 1999 and on the farms of the "Rye-quality grain programme of Raisio Ltd" in 2000-2002. The studies aimed to establish good practices of rye cultivation under conditions representative of the traditional production regions. The number of farms investigated was 12-20 annually.

Seeds in all but a few rye fields were treated against snow mould infection. Stands were sprayed against snow mould less frequently. A basal dressing of 30 kgN/ha was applied and a spring top dressing of 80 kgN/ha. Most fields were cultivated using traditional soil preparation technology.

Occurrence of flying frit fly was monitored with yellow sticky traps on ten farms in autumn 2000 and on seven farms in autumn 2001. The numbers of trapped frit flies varied, but the largest catches were in early sown rye fields in southern Finland. Weather conditions affected occurrence of frit fly. Yellow sticky traps can be successfully used for local monitoring of adult frit flies if done early during seedling emergence.

Four visits were made to the farms during the growing seasons. The severity of snow mould and overwintering damages, the density of stands and the abundance of weeds were monitored during the first farm visits in spring. The observations provided the basis to estimate the need for nitrogen fertilization and control of weeds and lodging. The phytomass per row metre and the chlorophyll content of leaves were measured at the second and third visits to the farms. These observations proved to be important to decide on needs for additional nitrogen fertilizer and subsequent control of lodging.

The series of studies on farm indicated that careful, professional rye cultivation can consistently result in grain yields exceeding 4000 kg/ha.

Key words: rye, grain yield, snow mould, overwintering, lodging control, phytomass, frit fly

Johdanto

Vaasanmylly Oy:n perustamana oli vuodesta 1995 lähtien ollut toiminnassa Vaasanmyllyn Ruisklubi, jonka tarkoituksena oli edistää rukiin tuotantoa hankinta-alueellaan Kymenlaaksossa. Ruisklubi oli yhteydenpito- ja neuvontakanava myllyn ja viljelijöiden välillä. Ruisklubin ansiosta paras viljelytieto saatiin kaikkien viljelijöiden käyttöön mikä merkitsi hehtaarisatojen ja vastaanotettavan sadon laadun paranemista. Rukiin viljelyn ongelmiin saatiin julkaistua lisätietämystä vuonna 1998 julkaistusta Ruiskäsikirjasta (Viljastrategiaryhmä 1998).

Osa kansallisen ruishankkeen rahoituksesta päätettiin hyvien kokemusten perusteella osoittaa rukiin tuotantotutkimukseen, kenttätutkimukseen käytännön viljelyksille yhtenä osahankkeena koko hankkeesta. Tiloilla oli jo pitkäaikaista kokemusta rukiin viljelystä. Vaasanmyllyn lopetettua myllytoimintansa Ruisklubin tuotanto- ja kenttätutkimustoiminta jatkui Raision Ruiskäätöohjelmalla vuonna 2000. Sen tutkimustiloja oli laajemmalla alueella Kymenlaaksossa, Varsinais-Suomessa ja Pohjanmaalla.

Tutkimustiloilla suoritettavat kenttätutkimukset etsivät ja antoivat vastauksia lannoituksen ja kasvinsuojelun optimointiin tähdäten mahdollisimman taloudellisesti tuotettaviin, entistä korkeampiin hehtaarisatoihin. Kenttätutkimukseen osallistuneilta tiloilta saatiin taitavan viljelyn ansiosta tutkimusvuosina 1999-2002 keskimäärin yli 4000 kg hehtaarisatoja kun koko maan keskisato samoina vuosina rukiilla oli vain 2600 kg/ha.

Aineisto ja menetelmät

Kenttätutkimukseen osallistuneita tutkimustiloja oli vuosittain 20, 17, 14 ja 12 vuosijaksolla 1999-2002. Tiloilla oli monessa tapauksessa useita ruislohkoja. Viljelylohkojen viljavuus- ja maalajitiedot samoin kuin muokkaus- ja muut perustamistoimenpiteet dokumentoitiin tarkasti ja muodostivat pohjatiedot kasvinsuojelua ja lannoitusta varten.

Viljelyn kehitystyön perustan muodostivat tutkijan suorittamat tiläkäynnit kasvukauden aikana. Ensimmäisellä käynnillä kasvukauden alussa havainnointiin lumihome- ja talvituhot sekä kasvuston tiheys arvosteluasteikolla 1-10. Näiden perusteella tehtiin ensimmäinen satoarvio. Havaintojen pohjalta arvioitiin kevätlannoituksen, rikkakasvien torjunnan ja laontorjunnan tarvetta. Toisella havaintokierroksella toukokuun puolessa välissä laskettiin versojen ja lehtien lukumäärä sekä punnittiin fytomassan määrä rivimetriä kohti. Lehtivihreämittarilla mitattiin ns. spad-lukemat. Mittausten perusteella todettiin ensimmäisen korrensäädön tarve sekä mahdollinen lisälannoitustarve. Sato-

arvio tehtiin ensin silmävaraisesti ja lisäksi Kemira Agron Laatusatoennuste-ohjelmalla.

Kolmannella havaintokierroksella toukokuun lopulla mitattiin uudelleen fytomassan ja lehtivihreän määrät sekä lehtien lukumäärä, joiden perusteella todettiin toisen korrensäädön tarve ja tehtiin satoarviot. Neljäs tilakäynti oli ennen puintia. Siinä laskettiin tähkien lukumäärä rivimetriä kohti ja otettiin tähkänäytteet jyvien painon ja lukumäärän selvitystä varten sekä tehtiin satoarviot. Lakoprosentti havainnoitiin. Syksyllä satonäytteistä laskettiin jyvien lukumäärät tähkää kohti, jyvien tuhannen siemenen paino, jyvien paino tähkää kohti ja jyvien paino rivimetriä kohti. Puidut sadot punnittiin hehtaarisadon laskemiseksi.

Saadut tulokset luokiteltiin satotasoille kasvustomittausten mukaan, lajikkeittain, maalajeittain, kylvöaikojen mukaan, esikasveittain ja kasvinsuojelutoimenpiteittäin.

Osalla tutkimustiloista seurattiin myös kahukärpäsen esiintymistä ruiskasvustoissa keltaisten liima-ansojen avulla. Vuonna 2000 tietoja saatiin 10 tilalta ja vuonna 2001 mukana oli 7 tilaa. Kelta-ansat (puolikas Catch-it kelta-ansasta, koko 9.5cm x 32 cm) laitettiin pellolle rukiin orastumisvaiheessa (keskimäärin 9 vrk kuluttua kylvöstä) ja vaihdettiin viikon välein lokakuun ensimmäiselle viikolle saakka. Viljelijät hoitivat näytteenoton ja ansat lähetettiin tarkastettavaksi MTT kasvinsuojeluun.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Vuoden 1999 tulokset

Vertailtaessa satokomponentteja (tähkien lukumäärä, jyväluku, jyväkoko) saavutettuun hehtaarisatoon vuonna 1999 ei luotettavia vastaavuuksia ollut. Sen sijaan rivimetrin maan päällisen massan (fytomassa) suhde satoon osoitti selviä vastaavuuksia:

Rukiin ollessa voimakkaan pituuskasvun vaiheessa (kehitysaste 37-41) touko-kesäkuun vaihteessa fytomassat / rivimetri olivat seuraavat eri satotasoilla: 50 g => 1500 kg, 100 g => 2500 kg, 200 g => 4000 kg. Tulosta hyödynnetään, kun tehdään päätöstä jaetun korrensäädön ensimmäisestä ruiskutuksesta. Mikäli fytomassa rivimetrillä on yli 150 g tulee korrensäätöön ryhtyä.

Rukiin tullessa tähkälle (kehitysaste 47) olivat fytomassa / rivimetri eri satotasoilla: 100 g => 1500 kg, 200 g => 2600 kg, 300 g => 4000 kg. Luvut ovat erittäin hyödyllisiä, kun tehdään päätöstä toisesta korrensäädöstä. Mikäli fytomassaa on enemmän kuin 250g/rivimetri, tulee korrensäädön toinenkin

osa tehdä. Ainoalla tilalla, jolla oli merkittävää lakoa, oli korrensäätö jäänyt tekemättä. Lehtivihreää mittaavat spad-arvot olivat pääsääntöisesti ohjearvojen yläpuolella mikä osoittaa lannoituksen olleen riittävää.

Vuoden 2000 tulokset

Lumihome- ja talvituhot olivat pieniä josta johtuen myös kasvustojen tiheydet olivat hyviä (Taulukko 1). Toisella ja kolmannella havaintokierroksella tehtyjen kasvimassojen ja lehtivihreämittausten mukaan maiden ravinnetilat osoittautuivat yleensä hyviksi. Satoarviot tehtiin kaikilla havaintokierroksilla silmävaraisesti. Lisäksi toisella ja kolmannella havaintokierroksella satoarvio tehtiin Kemira-Agron Laatuviijaohjelmalla, joka antoi kaikkien viljelysten keskimääräiseksi satoennusteeksi 4372 kg/ha. Tämä satoarvio oli lähellä viimeistä silmävaraista arviota, joka oli 4318 kg/ha. Viljelysten lakootuminen oli yleensä vähäistä. Tähtinäytteissä oli poikkeuksellisen paljon punahomeisia tähtiä.

Keskimääräiset hehtaarisadot eri lajikkeilla olivat seuraavat: Anna 3000 kg, Amilo 3807 kg, Akusti 4015 kg, Kartano 4350 kg ja hybridilajike Picasso 6100 kg/ha. Tutkimuksessa mukana olleilla 17 tilalla satotaso oli keskimäärin runsaat 4000 kg/ha ylittäen merkittävästi koko valtakunnan keskisadon 2450 kg/ha. Se osoittaa vakuuttavasti, että tarkka kasvuston seuranta ja havaintojen perusteella oikeaan aikaan suoritettavat kasvinsuojelutoimenpiteet ovat ratkaiseva tekijä hyvälaatuisen ja runsaaseen satoon.

Vuoden 2001 tulokset

Vuonna 2001 lumihometta esiintyi eräillä viljelyksillä runsaasti (Taulukko 1). Lopulliset talvituhot jäivät kuitenkin pieniksi ja kasvustot olivat tiheydeltään tyydyttäviä tai hyviä. Satotasot nousivat tasaisesti tiheyden kasvaessa, fytomassan suuretessa ja tähkien lukumäärän kasvaessa (Taulukko 2). Poikkeuksen teki suurin satotaso, jolla versojen, fytomassojen ja tähkien määrät jäivät alle keskiarvon mutta tiheys oli keskimäärin erinomainen. Korkeimman satotason lajikkeet olivat Picasso ja Amilo. Korkean satotason avaimia olivat tasainen, tiheä kasvusto, jyvien suuri lukumäärä tähkässä sekä suuri jyväkoko. Korkeaan satotasoon oli tarvittu myös suuri N-lannoitus.

Taulukko 1. Kasvukauden aikana tehtyjen havaintokierrosten tulokset. Arvot ovat keskiarvoja tiloilta vuosina 2000 - 2002.

	Havainnot	2000	2001	2002
		26.4. – 9.5.	30.4. – 4.4.	23.4. – 30.4.
1.Havaintokierros	Lumihome 1-10	3.2	4.3	6.4
	Talvituho 1-10	1.9	2.4	3.0
	Tiheys 1-10	7.5	7.3	6.6
	Satoarvio kg/ha	3700	4018	3816
		16.5. – 23.5.	22.5. – 27.5.	14.5. – 17.5.
2.Havaintokierros	Versot kpl/rm	166	103	144
	Lehdet kpl	5.0	4-6	4.3
	Spad-luku	40.6	40.6	41.2
	Fytomassa g/m	265	202	243
	Satoarvio kg/ha	3838	3663	4071
		26.5. – 1.6.	31.5. – 9.6.	28.5. – 31.5.
3.Havaintokierros	Lehdet kpl	6.8	6-7	5.6
	Spad-luku	41.0	41.2	40.5
	Fytomassa g/rm	457	324	362
	Satoarvio kg/ha	4066	4612	4264
		3.8. – 11.8.	31.7. – 11.8.	29.7. – 6.8.
4. Havaintokierros	Tähkät kpl/rm	92	88	82
	Lako %	21	7	20
	Fytomassa g/rm	411	353	262
	Satoarvio kg/ha	4318	4606	4221

Taulukko 2. Havaintokierrosten tulokset satoluokittain.

Havainnot	Satotasot kg/ha					
	2000-	3000-	3500-	4000-	5000-	Ka. 3814
Tiheys 1-10	6,0	6,4	7,2	9,0	9,0	7,3
Versot kpl/rm	52	100	109	129	81	104
Fytomassa g/rm (1)	77	185	183	305	194	203
Fytomassa g/rm (2)	136	283	348	403	324	323
Tähkät kpl/rm	56	86	93	101	75	88
Jyviä/tähkä kpl	34	38	34	35	44	36
1000 jyvän paino g	33	24	23	20	30	24
Jyviä g/tähkä	1,12	0,91	0,78	0,70	1,32	0,86
N-lann. kevät kg/ha	112	83	91	83	117	90

Kasvukauden loppuosan satoarviot ennustivat hehtaarisadot liian korkealle. Jyväkoko jäi monilla lohkoilla pieneksi, johon heinäkuun kuivuus oli todennäköinen syy.

Ensimmäiseen korrensäätöön oli tarve kun fytomassaa oli n. 180 g/rm (kehitysaste 37-40) ja toiseen korrensäätöön kun fytomassaa oli 280 g/rm (kehitysaste 47). Satotasolla yli 4000 kg oli hyvät edellytykset suurempaan satoon, mutta jyväkoko jäi pieneksi. Runsaampi N-lannoitus keväällä olisi mahdollisesti antanut tuntuva sadonlisäyksen. Alimmalla satotasolla, yli 2000 kg/ha oli kg/ha, oli typen peltotaso jäänyt vahvasti positiiviseksi ja typen huuhtoutumista oli tapahtunut. Keskimäärin typpilannoitus oli riittävä tai runsas, mutta juuri 4000 kg:n satotasolla oli joitakin matalia spad-lukemia. Torajyviä ei esiintynyt missään jyvänäytteessä.

Sadot olivat melko tasaiset eri lajikkeilla hybridilajike Picassoa lukuun ottamatta (Taulukko 3), joka tuotti paljon suuremman sadon. Eniten lumihometta oli Riihi-rukiilla. Amilo oli talvehtinut yhdellä loholla epätydyttävästi.

Taulukko 3. Sadot lajikkeittain.

Lajike	Keskisato kg/ha	Suurin sato kg/ha	Pienin sato kg/ha	Lumihome 1 - 10
Akusti (3)	3993	4600	3080	3
Amilo (3)	3585	5000	2300	2
Kartano (1)	3633	4200	3200	2
Picasso (2)	5088	6375	3800	4
Riihi (5)	3443	3900	3030	8

Parhaat ruissadot olivat raskailla kivennäismailla. Savimaiden keskimääräinen satotaso oli 3944 kg/ha ja karkeiden kivennäismaiden 3602 kg/ha. Esi- kasveista ohra oli heikoin, hehtaarisato ohran jälkeen oli vain 3383 kg, rukiin jälkeen 3850 kg, sänkikesannon jälkeen 3789 kg ja avokesannon jälkeen 6375 kg. Avokesannolla viljeltiin hybridilajike Picassoa. Muokkaustekniikoista paras tulos saatiin perinteisellä kyntö-äestys-kylvö -tekniikalla, 4116 kg/ha. Satotulos kahdelta aitosuorakylvömaalta oli 3810 kg/ha ja suorakylvömailta 3567 kg/ha. Sänkimuokkaus ja kylvö antoivat heikoimman tuloksen, 3055 kg/ha.

Viljelysten keskimääräinen kylvösiemenmäärä oli 170 kg/ha. Kylvöt onnistuivat hyvin. Kylvöaika tiloilla vaihteli olosuhteista riippuen aikajaksolle 19.8. – 10.9. Kylvöajalla ei ollut johdonmukaista vaikutusta hehtaarisatoon. Keskimäärin 7.9. kylvetyt Picassot tuottivat hyvän sadon, 5088 kg/ha.

Lannoituksessa suurimmat poikkeamat olivat korkeimmassa satoluokassa, jossa syyslannoitus oli huomattavasti keskimääräistä suurempi (Taulukko 4). Kevään N-lannoitus korkeimmassa satoluokassa oli selvästi korkein, kuten pitääkin olla. Alimmassa satoluokassa N-lannoitus oli aivan liian korkea. Kahdessa ylimmässä satoluokassa tyypitaseet olivat tasapainossa, sato oli käyttänyt kaiken typen.

Taulukko 4. Lannoitus kg/ha ja pH eri satotasoilla.

Satotaso kg/ha	Syksy			Kevät		pH
	N	P	K	N	K	
2000-	23	13	27	112	4	6.9
3000-	30	17	30	82	3	6.4
3500-	27	16	26	91	9	6.1
4000-	33	9	23	83	3	6.1
5000-	44	20	44	117	5	6.7
Keskimäärin	29	14	27	91	5	6.3

Puolella viljelyksistä käytettiin peitattua kylvösiementä.. Lumihomeen torjuntakäsittelyjä Sportak-ruiskutuksin tehtiin noin kolmasosalla lohkoista, matalammilla satotasoilla selvästi vähemmän. Rikat torjuttiin lähes sataprosenttisesti, tauteja torjuttiin kesällä viidenneksellä lohkoista. Laontorjunta tehtiin säännöllisesti korkeimmilla satotasoilla. Matalammilla satotasoilla ei enää panostettu turhaan eri toimenpiteisiin, koska kasvuston kunto ei niitä enää edellyttänyt. Puintikosteuteen toimenpiteillä ei ollut juuri vaikutusta, koska puintikosteudet olivat matalia ja samaa tasoa.

Suuren sadon avain oli saada hyvin versonut, täystiheä kasvusto talven yli uudelle satokaudelle. Viljelijät saivatkin yleiseen satotasoon verraten paljon korkeamman sadon, 3814 kg/ha. Syksyn toimenpiteisiin kannattaa panostaa huolella. Keväällä tehdään arvio kasvuston kunnosta ja sadontuottokyvystä. Lannoitus ja ruiskutusohjelma suunnitellaan arvioidun satopotentialin mukaan ja suunnitelmasta pidetään kiinni kaikkien toimenpiteiden osalta. Kasvuston satopotentialin pystyy arvioimaan silmävaraisesti heti keväällä toimenpiteiden pohjaksi, hienosäätöä tehdään sääolojen mukaan. Korrensäädön kynnysarvoina voi ehkä pitää noin 150-200 g/rm fytoomassaa 1.ruiskutukseen ja noin 250-300 g/rm 2. ruiskutukseen. Toimenpiteiden ajoitusta on syytä vielä tarkentaa niihin ajankohtiin, joissa määräytyvät tähkien lukumäärä,, jyvien lukumäärä ja jyvien paino.

Vuoden 2002 tulokset

Talven jälkeen kasvustojen tiheydet vaihtelivat paljon erityisesti lumihomeen runsaan esiintymisen vuoksi (Taulukko 1 ja Taulukko 5). Satotaso kasvoi tiheyden ja versomäärien kasvaessa, fytoomassan suuretessa ja tähkien lukumäärän kasvaessa. Kaikille näille mittareille suurimmat arvot löytyivät korkeimmilta satotasoilta. Sen sijaan jyvien lukumäärä/tähkä ja 1000 jyvän paino olivat yllättävän suuria alimmilla satotasoilla. Jonkun satokomponentin heikkoutta kompensoi jossain määrin toisen satokomponentin vahvuus, esimerkiksi tähkien lukumäärä rivimetrillä. Kotimaisilla lajikkeilla korkein satotaso on saavutettu, kun fytoomassa 2 on n. 500 g/rm, tähkiä n. 100 kpl/rm ja jyväsato n. 0.70 – 0.75 g/tähkä.

Parhaan satoluokan lajike oli Picasso, jonka huippusato muodostui kaikkien satokomponenttien tasaisen hyvillä arvoilla ja tasapainoisella, mutta riittävällä lannoituksella.

Taulukko 5. Havaintokierrosten tulokset satoluokittain vuonna 2002.

Havainnot	Satotasot kg/ha					
	1000-(2)	3000-(5)	4000-(5)	5000-(1)	7000-(1)	Ka.4086
Tiheys 1-10	4,5	5,8	8,0	7,0	9,0	6,6
Versot kpl/rm	87	115	173	242	163	144
Fytomassa g/rm (1)	181	173	285	356	396	243
Fytomassa g/rm (2)	241	259	457	561	442	362
Tähkät kpl/rm	62	75	94	98	85	82
Jyviä/tähkä kpl	38	33	29	29	35	32
1000 jyvän paino g	30	27	27	26	32	28
Jyviä g/tähkä	1,08	0,89	0,78	0,75	1,12	0,88
Jyviä g/rm	67	67	73	74	95	72
N-kevät kg/ha	71	68	85	73	130	79

Satoarvioinnissa paras silmävarainen arvio oli toisella kierroksella, jolloin keskimääräinen virhe oli vain 15 kg/ha. Suurin keskimääräinen virhe oli ensimmäisellä kierroksella 270 kg/ha. Tietokone-ennusteen pienin virhe oli toisella kierroksella 23 kg/ha, kolmannen kierroksen virhe oli 148 kg/ha.

Ensimmäiseen korrensäätöön oli tarve, kun fytomassa oli n. 170 g/rm (kehitysaste 37-41). Alimmilla satotasolla kasvustojen epätasaisuuden vuoksi oli vaikeuksia saada edustavaa kasvustonäytettä, mutta korrensäädön tarpeellisuuden voi näissä tapauksissa todeta silmävaraisestikin. Toiseen korrensäätöön oli tarvetta kun fytomassa oli n. 260 g/rm (kehitysaste 47).

Spad-arvot olivat keskimäärin toisella kierroksella 41,2 ja kolmannella kierroksella 40,5 eli tyypeä oli riittävästi, jopa runsaasti käytettävissä. Kahdella tilalla spad-lukemat olivat matalahkoja odotettavissa olevaan satotasoon nähden. Tilojen rukiille tehtiin urearuiskutus 9-10 kg N/ha. Toisella tilalla ruiskutuksella saavutettiin odotettu satotulos, toisella kasvusto lakoontui. Olisi tarvittu toinen korrensäätö.

Kevään typpilannoitus oli keskimäärin 79 kg/ha, joten typen huuhtoutumista ei olisi voinut tapahtua. Joiltakin lohkoilta (alin satotaso) huuhtoutumista on kuitenkin tapahtunut, toisaalta joillakin viljelyksillä N-tase oli negatiivinen eli hyväksi käytettiin maaperän omia typpivarjoja.

Picasso tuotti huippusadon, lähes 8000 kg/ha (Taulukko 6). Toiseksi satoisin oli Riihi. Amilon sato jäi heikoimmaksi osittain talvituhosta johtuen. Erityisesti Akustissa ja Kartanossa, mutta myös Amilossa oli runsaasti lumihometta.

Taulukko 6. Sadot lajikkeittain vuonna 2002.

Lajike	Keskisato kg/ha	Suurin sa- tokg/ha	Pienin sato kg/ha	Lumihome 1-10
Akusti (2)	3350	3400	3300	9
Amilo (4)	3250	4600	1700	6
Kartano (1)	3533	4200	2850	9
Riihi (4)	4738	5430	4100	2
Picasso (1)	7950	7950	7950	3

Savimailta saatiin keskimäärin 3750 kg ja karkeilta kivennäismailta 4338 kg hehtaarisato. Edellisvuodesta poiketen karkeat kivennäismaat olivat tuottoisampia ja ohra oli paras esikasvi 7 tilalla. Ohran jälkeen ruissato oli 4086 kg/ha. Ruis, rapsi ja kesanto esikasveina tuottivat huomattavan sadon. Kevätvehnä oli hyvä esikasvi Picassolle.

Useimmat lohkot oli muokattu perinteisellä tavalla, kyntö, äestys ja kylvö, jolloin keskisadoksi tuli 4038 kg/ha. Suorakylvölohkoja oli 3, joista kaksi aitosuorakylvettyjä. Laihialla oli kahdella tilalla rinnakkain perinteisellä tavalla kylvetty ja aitosuorakylvetty lohko. Aitosuorakylvölohkoilla kasvustot olivat harvempia kuin perinteisellä tavalla kylvetyt, talvituhoja oli 30 prosenttia. Aitosuorakylvetyt lohkot pensoivat voimakkaasti, niiden kasvustot ottivat kasvukauden aikana kiinni perinteisellä tavalla kylvetyt lohkot ja sato-taso oli molemmilla kylvötavoilla melkein sama, lähes 4800 kg/ha.

Ilmoitetut kylvötiheydet vaihtelivat 450-635 kpl/m², keskimäärin 520 kpl/m² ja siemenmäärät 160-194 kg/ha. Picasso-hybridia oli kylvetty 160 kg/ha. Kylvöajan ja sadon välillä ei ollut selvää riippuvuutta, kun kylvöt oli tehty ajalla 17.8 – 6.9. Kaikkein aikaisin kylvö tuotti kuitenkin heikoimman sadon.

Syyslannoituksessa olivat alimpien satotasojen ravinnemäärät vähäisimpiä. Picassolle annettiin vahva syyslannoitus (Taulukko 7). Picasso sai myös keväällä vahvan typpilannoituksen, jonka lähes 8000 kg/ha sato käytti kokonaan. Alimmilla satotasoilla typpilannoitus oli liian korkea, typpeä jäi käyttämättä mutta jyväkoko kuitenkin kasvoi. Toiseksi ylimmällä satotasolla niukka lannoitus on joillakin viljelyksillä saattanut olla satoa rajoittava tekijä.

Taulukko 7. Lannoitus kg/ha ja pH eri satotasoilla vuonna 2002.

Satotaso kg/ha	Syksy			Kevät			pH
	N	P	K	N	P	K	
1000 -	30	16	30	71	0	3	6,0
3000 -	24	12	19	68	1	3	6,4
4000 -	38	19	36	85	0	3	5,7
5000 -	30	16	30	73	0	3	6,6
7000 -	33	18	38	130	0	5	7,4
Keskim.	31	16	29	79	0	3	6,2

Edellisvuodesta oli huomattu peittauksen merkitys ja kylvösiemenet pääsääntöisesti peitattiin. Huonojen ruiskutusolosuhteiden takia lumihomeen torjunta Sportakilla pystyttiin tekemään vain kahdella tilalla. Toisella niistä ruiskutus tehtiin kaksi kertaa puolella annoksella ja tulos oli erinomainen ruiskuttamattomaan verraten. Kuten edellisvuonna, rikkakasvi- ja laontorjuntaruiskutukset pääsääntöisesti tehtiin. Amistar-ruiskutus kesän tauteja vastaan tehtiin vain kolmella tilalla. Korkeimmilla satotasoilla peittaus ja ruiskutukset tautiruiskutuksia lukuun ottamatta tehtiin sataprosenttisesti. Puintikosteuteen ruiskutuksilla ei ollut vaikutusta, koska puintikosteudet olivat matalia ja samaa tasoa.

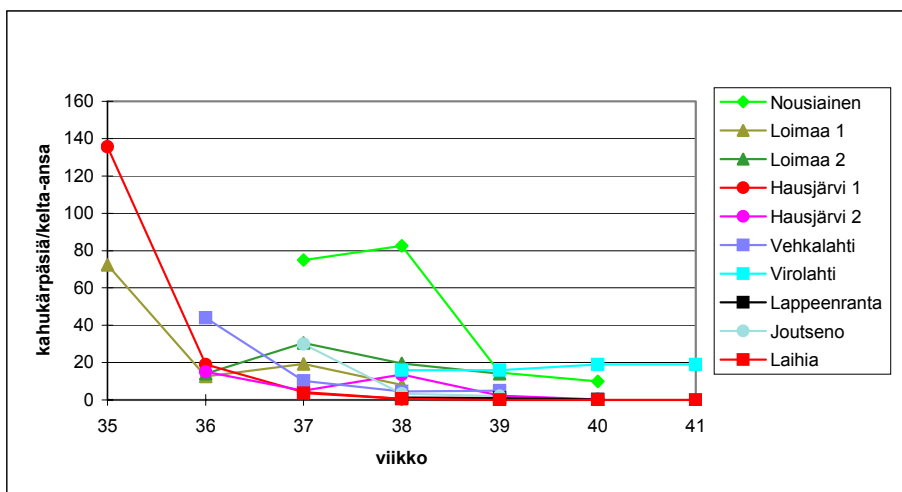
Kahukärpäseurannan tulokset

Vuonna 2000 kylvöaika vaikutti selvästi kahukärpäsrunksauteen: aikaisissa kylvöksissä kahukärpäsriski oli selvästi suurin. Vuonna 2001 kaikki tarkkailulohkot oli kylvetty elokuun jälkipuoliskolla, eikä kylvöajalla ollut yhtä selvää vaikutusta kuin vuonna 2000. Molempina vuosina eniten kahukärpäsiä joutui kelta-ansoihin elo-syyskuun vaihteessa.

Syksyn lämpötilavaihtelut näkyivät selvästi tiloilta kerättyssä kahukärpäsaineistossa: kylminä jaksoina kahukärpasmäärät vähenivät, mutta lämpiminä jälleen kasvoivat. Kahukärpasmäärissä havaittiin myös alueellista vaihtelua. Esimerkiksi vuonna 2000 Pohjanmaalla kahukärpäsiä oli ansoissa vain muutamia, vaikka ruis oli kylvetty elokuun puolella. Samoihin aikoihin kylvetys- sä kasvustossa Lounais-Suomessa lenteli kelta-ansaan keskimäärin 80 kahukärpästä viikossa (Kuva 1). Kahukärpästorjuntaa ei tutkimustiloilla tehty.

Kahukärpänen munii tavallisesti 1-2 lehtisiin oraisiin, mutta yli 4-lehtisten versojen tyvet ovat yleensä jo riittävän kovia estämään toukan pääsyn kasvin sisään. Myöhään tehdystä torjuntakäsittelystä ei tästä syystä ole hyötyä. Ka-

hukärpässeuranta pitääkin aloittaa heti rukiin orastuessa ja tarkkailla ansoja vuorokauden välein. Jos kelta-ansan puolikkaaseen tarttuu karkeasti arvoituna yli viisi kahukärpystä vuorokaudessa, aikaisin kylvettyjen ruiskasvustojen torjuntaa kannattaa harkita. Vaikka suotuisilla munintaolosuhteilla (keskilämpötila yli 10°C) on tärkeä merkitys, myös toukkakauden sääolot vaikuttavat tuhojen määrään. Jos syksy on lämmin, toukka jatkaa kehitystään ja vahingoittaa kasvupistettä. Viileinä syksyinä toukan kehitys hidastuu ja toukat eivät ehdi aiheuttaa suurta vahinkoa.



Kuva 1. Kahukärpäsmäärät ruistiloilla olleissa kelta-ansoissa syksyllä 2000.

Kirjallisuus

Franssila, E. (toim.), Maa- ja metsätalousministeriö 1998. Ruis 2005, Ruis-käsikirja 1998. Helsinki: Viljastrategiaryhmä, Maa- ja metsätalousministeriö, s. 40-69.

Ravintokuitukomponenttien, α -amylaasi- ja ksylanaasiaktiivisuuden sekä jauho-vesi-suspension viskoelastisten ominaisuuksien vaihtelu rukiissa

Marjatta Salmenkallio-Marttila¹⁾ ja Simo Hovinen²⁾

¹⁾VTT Biotekniikka, PL 1500, 02044 VTT, marjatta.salmenkallio-marttila@vtt.fi

²⁾Boreal Kasvinjalostus Oy, Myllytie 10, 31600 Jokioinen, simo.hovinen@boreal.com

Tiivistelmä

Työn tarkoituksena oli selvittää uusien ruislajikkeiden laatuominaisuuksia. Tavoitteena oli analysoida rukiin laatutekijöitä, erityisesti leivontalaatuun, prosessoitavuuteen ja funktionaalisuuteen liittyviä ominaisuuksia. Jyvänäytteitä kerättiin useamman vuoden ajalta samoilta kasvupaikoilta, jolloin lajikkeiden arvo ja eri määritysten käyttökelpoisuus voidaan arvioida mahdollisimman vaihtelevissa olosuhteissa. Materiaalina oli kahdeksan syysrukiin populaatio- ja hybridilajiketta, jotka viljeltiin Jokioisilla vuosina 1998–2001.

Kesät 1998 ja 1999 olivat sääoloiltaan hyvin poikkeavat, mikä näkyy myös sadon laadussa. Sateisena kesänä 1998 satotaso oli matala, jyvät pieniä, hehtoliträn paino matala ja ravintokuitupitoisuus korkea. Pentosaanien kokonaispitoisuus ja liukoisten pentosaanien pitoisuus olivat korkeita, β -glukaanipitoisuus oli matala ja β -glukaanin osuus liukoisesta kuidusta oli hyvin pieni. Näytteiden ksylanaasiaktiivisuus oli korkea, mikä liittyy korkeaan liukoisten pentosaanien pitoisuuteen. Kuivana kesänä 1999 pentosaanipitoisuudet olivat matalat ja β -glukaanin pitoisuus korkea.

Kasvukauden sääolojen ja lajikkeen vaikutus näkyivät myös sakoluvuissa ja amylogrammi- ja paisuntakäyrämittausten tuloksissa. Sakoluvut vaihtelivat sateisen kesän 1998 erittäin matalista arvoista erittäin korkeisiin (62–256), molemmilla hybridilajikkeilla oli kaikkissa oloissa korkeimmat sakoluvut. Sekä α -amylaasin että ksylanaasin aktiivisuudet korreloivat kokonais- ja liukoisten pentosaanien pitoisuuden kanssa, ksylanaasiaktiivisuus korreloi myös negatiivisesti β -glukaanipitoisuuden kanssa. Kaiken kaikkiaan ksylanaasiaktiivisuus näytti korreloivan paremmin jauho-vesi-suspension viskoelastisten ominaisuuksien kanssa kuin α -amylaasin aktiivisuus. Esimerkiksi α -amylaasiaktiivisuus ja sakoluku korreloivat vain lievästi, vaikka sakolukua usein pidetään epäsuorana α -amylaasiaktiivisuuden mittana.

Avainsanat: ruis, Secale cereale L., ravintokuitu, ominaisuudet, terveysvaikutukset, pentosaanit, β -glukaani, ksylanaasi, α -amylaasi, sakoluku

Relationships among enzyme activities, dietary fibre components and viscous properties of whole meal rye suspensions during heating

Marjatta Salmenkallio-Marttila¹⁾ and Simo Hovinen²⁾

¹⁾VTT Biotechnology, P.O. Box 1500, FIN-02044 VTT, Finland,
marjatta.salmenkallio-marttila@vtt.fi

²⁾Boreal Plant Breeding Ltd, Myllytie 10, FIN-31600 Jokioinen, Finland,
simo.hovinen@boreal.com

Abstract

Total and soluble dietary fibre, total and extractable pentosan and β -glucan contents, activities of α -amylase and endo- β -xylanase and viscous properties of flour-water suspensions during heating were determined in grain samples from winter rye crops grown in Finland during 1998–2001. There were marked annual and varietal differences in grain quality. In the rainy summer of 1998 the yield was low, grains were small and dietary fibre content of the grains was high. Xylanase activity of the grains was high and was linked to the high content of extractable pentosans. In the dry summer of 1999 pentosan content of the grains was low and β -glucan content high. The effect of weather conditions and cultivar were also apparent in the differences in falling numbers, amylogram and swelling curve results. The two hybrid rye cultivars Esprit and Picasso consistently had the highest falling numbers and amylogram peak viscosities. The activities of amylase and xylanase were weakly, but positively correlated with total pentosan content and the content of extractable pentosan. Xylanase activity was better correlated with the viscous properties of flour-water suspensions than α -amylase. Surprisingly, α -amylase activity was only moderately negatively correlated with falling number.

Key words: rye, Secale cereale L., dietary fibre, pentosans, β -glucan, xylanase, α -amylase, falling number

Johdanto

Viljat ovat hyvä ravintokuidun lähde. Kokojyväruiis sisältää yleensä 15–17 % ravintokuitua (Nilsson ym. 1997). Rukiin pääravintokuitukomponentteja ovat arabinoksyylaanit (7,8–9,6 % jyvän painosta), selluloosa (2,1–2,5 %) ja beta-glukaani, (1→3),(1→4)-β-D-glukaani. Ravintokuitu koostuu pääasiassa soluseinän polysakkarideista, joista osa on vesiliukoisia (Åman & Westerlund 1996). Kokojyvärukiilla on osoitettu olevan positiivisia terveysvaikutuksia. Ruistuotteiden on mm. osoitettu vähentävän riskiä sairastua hormoniperäisiin syöpäsairauksiin (Adlercreutz ym. 1995).

Ympäristötekijät, erityisesti sääolot, vaikuttavat jyvän laatuun. Lämpötila ja sademäärä vaikuttavat jyvän täyttymiseen: tärkkelyksen määrä ja laatu, soluseinäpolymeerien koostumus ja entsyymien aktiivisuus voivat olla hyvin erilaiset kasvukauden sääoloista riippuen. Kuivana ja kuumana kesänä sakoluvut ovat korkeita, jolloin taikinasta tulee jäykkää ja leivästä tiivistä ja kovaa. Jos korjuuaika on sateinen, ruis voi itää tähkällä ja sakoluvut ovat matalia. Matalan sakoluvun jauhoilla leivottaessa taikina on tahmeaa ja leivän rakenteesta tulee tiivis, taikinainen ja tahmea. Ruisleivonnassa proteiinien määrä ja laatu eivät ole yhtä tärkeitä kuin vehnäleivonnassa. Gluteenin sijaan tärkkelyksen ja soluseinäpolysakkaridien laatu ovat tärkeitä, samoin niitä pilkkovien endogeenisten entsyymien aktiivisuus. Erityisesti liukoisten pentosaanien ja betaglukaanin määrä ja laatu vaikuttavat taikinan reologisiin ominaisuuksiin (Nilsson ym. 1997, Repeckiene ym. 2001). Soluseinähydrolaasit vaikuttavat huomattavasti taikinan vedensidontaan ja reologiaan (Autio ym. 1998). Myös tärkkelyksen määrä ja laatu sekä tärkkelystä pilkkovan α-amylaasin aktiivisuus vaikuttavat ruisleivän laatuun.

Pääasiassa tärkkelyksen ja pentosaanien ominaisuudet vaikuttavat rukiin prosessilaatuun (Weipert 1995, Vinx & Delcour 1996). Sakoluku ja paisuntakäyrä ovat yleisimmin käytettyjä rukiin laatuanalysejä. Rukiin leivontalaatuun vaikuttavat olennaisesti tärkkelyksen liisteröitymisominaisuudet ja α-amylaasiaktiivisuus, joita mitataan sakoluku- ja amylogrammi -menetelmillä. Eri ruislajikkeiden erilainen tähkäidäntäherkkyys aiheuttaa vaihtelua rukiin leivontalaadussa (Seibel ym. 1983). Sakolukumittausta käytetään tähkäidäntäherkkyuden määrittämiseen. Korkea pentosaanien pitoisuus ja erityisesti korkea vesiliukoisten pentosaanien pitoisuus kertoo rukiin hyvästä leivontaladusta (Weipert 1995). Liukoisten pentosaanien määrän on todettu korreloivan sakoluvun kanssa, mutta paisuntakäyrän kanssa korrelaatiota ei todettu (Autio ym. 1999).

Työn tarkoituksena oli selvittää uusien ruislajikkeiden laatuominaisuuksia. Tavoitteena oli analysoida rukiin laatuominaisuuksia, erityisesti leivontalaatuun, prosessoitavuuteen ja funktionaalisuuteen liittyviä ominaisuuksia. Näytteitä

kerättiin useamman vuoden ajalta samoilta kasvupaikoilta, jolloin lajikkeiden arvo ja eri määritysten käyttökelpoisuus voidaan arvioida mahdollisimman vaihtelevissa olosuhteissa.

Aineisto ja menetelmät

Kahdeksan syysrukiin populaatio- ja hybridi-lajiketta viljeltiin Jokioisilla vuosina 1998–2001. Kuitu- ja entsyymianalyysihin jyvät jauhettiin Fritch Pulverisette myllyllä 1-mm seulalla. Sakoluku ja viskositeettimittauksiin jyvät jauhettiin Universal-myllyllä 0.8 mm seulalla.

Kokonais- ja liukoinen ravintokuitu määritettiin gravimetrisesti (Asp ym. 1983), kokonais- ja liukoinen pentosaani määritettiin kolorimetrisesti (Douglas 1981) ja β -glukaani määritettiin entsyymaattisesti Megazyme-menetelmällä (McCleary & Codd 1991). α -Amylaasi-aktiivisuus määritettiin käyttäen p-nitrofenylmaltoheptosidia substraattina (McCleary & Sheehan 1987). Endo- β -ksylanaasi-aktiivisuus määritettiin viskometrisesti käyttäen 1 % (w/v) rukiin arabinoksyylaania substraattina (Megazyme) micro Ostwald (No:II Schott Geräte, Germany) viskometrillä. Sakoluvun määrittäminen tehtiin AACC-menetelmällä (AACC Approved Method 56-81B, AACC 2000). Amylogrammi ja paisuntakäyrä mitattiin käyttäen Brabender viskografia (Brabender OHG, Duisburg, Germany; Drews 1971). Viskositeetit on ilmoitettu Brabender-yksikköinä (BU).

Kaikki määrittäykset tehtiin vähintään kahdesti, tulokset on ilmoitettu kuiva-ainetta kohti. Tilastollinen analyysi tehtiin Microsoft Excel-ohjelmalla.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Ruisnäytteet

Kasvukauden sääolot vaikuttivat satotasoon ja sadon laatuun mitattuna 1000 jyvän painona (tjp) ja hehtolitran painona (hlp, Taulukko 1). Kesä 1998 oli kylmä ja sateinen ja satotaso oli huono. Kesä 1999 oli hyvin kuiva, satotaso oli kohtalainen ja jyvät olivat melko suuria ja painavia. Kesä 2000 oli suotuisa ja kesä 2001 melko suotuisa rukiille, satotaso oli hyvä ja jyvät suuria. Satotaso ja 1000 jyvän paino korreloivat lievästi ($r=0.59$), mutta satotason ja hehtolitran painon välillä ei ollut korrelaatiota ($r=0.40$). Hehtolitran painoa, jyvän täyttyneisyyttä kuvaavaa ominaispainoa, on usein käytetty kuvaamaan jyvän teollista arvoa, kun taas 1000 jyvän paino on lajiketyypillinen ominaisuus.

Taulukko 1. Ruislajikkeiden jyväsato, tuhannen jyvän paino (tjp) ja hehtolitrان paino (hlp) vuosina 1998–2001.

Lajike	1998			1999			2000			2001		
	Sato kg/ha	tjp g	hlp kg	Sato kg/ha	tjp g	hlp kg	Sato kg/ha	tjp g	hlp kg	Sato kg/ha	tjp g	hlp kg
Akusti	2670	24	68	2583	26	80	1916	30	73	4685	25	76
Anna	2575	25	64	2846	28	78	2969	32	71	4191	26	72
Bor 7068	2468	22	63	2866	25	79	4161	27	74	4774	24	73
Elvi	2764	28	63	3117	32	78	5547	38	74	5012	33	75
Riihi	1516	24	63	2379	29	78	2181	33	72	4122	27	73
Voima	1568	24	61	1928	29	78	2513	32	71	3423	24	71
Esprit	2262	30	67	3876	32	81	5604	37	76	5347	32	77
Picasso	3069	28	65	4339	36	79	7821	40	75	5630	32	74
Keskiarvo	2362	26	64	2992	20	79	4089	34	73	4648	28	74

Terveysvaikutuksia kuvaavat ravintokuituominaisuudet

Näytteistä määritettiin kokonais- ja liukoinen ravintokuitu, kokonais- ja liukoinen pentosaani ja β -glukaani (Taulukot 2 ja 3). Kokonais- ja liukoinen ravintokuitu vaihtelivat välillä 14,9 ja 19,5 % (Taulukko 2). Erytyisesti linjassa Bor 7068 oli joka vuosi tasaisesti korkea ravintokuitupitoisuus. Liukoisen kuidun pitoisuudessa oli suurta vuosittaista vaihtelua, keskiarvo vaihteli vuoden 2001 3,5 %:sta vuoden 1998 arvoon (Taulukko 2). Pentosaanien kokonaispitoisuus vaihteli välillä 6,3–9,1 %, liukoisten pentosaanien pitoisuus oli 1,3–3,0 %. Keskimäärin 30 % pentosaaneista oli vesiliukoisia (Taulukko 3). Vuosittainen vaihtelu pentosaanipitoisuudessa oli suurta. Sateisena kesänä 1998 pentosaanipitoisuus oli keskimäärin 8,7 % ja 32 % pentosaaneista oli vesiliukoisia, kun taas kuivana kesänä 1999 keskimääräinen pentosaanipitoisuus oli selvästi matalampi, 6,8 %, ja vain 21 % pentosaaneista oli vesiliukoisia. Toisen vesiliukoisen soluseinäpolysakkaridin, β -glukaanin, pitoisuus vaihteli välillä 1,4–2,7 %. Sateisena kesänä 1998 β -glukaanin oli pienin, 1,6 %, mikä vastaa 8,6 % kokonaisravintokuidusta ja 34,3 % liukoisesta ravintokuidusta. Kuivana kesänä 1999 β -glukaanipitoisuus oli selvästi suurempi, 2,2 %, 12,4 % kokonaisravintokuidusta ja 50,9 % liukoisesta ravintokuidusta. Hybridiruislajikkeella Picasso oli tasaisesti korkein β -glukaanipitoisuus (Taulukko 2).

Satotason ja kokonaisravintokuitupitoisuuden välillä oli lievä negatiivinen korrelaatio ($r=-0,55$) ja 1000 jyvän paino korreloi lievästi β -glukaanipitoisuuden kanssa ($r=0,55$). Hehtolitrان paino korreloi positiivisesti β -glukaanipitoisuuden kanssa ($r=0,75$) ja negatiivisesti kokonaispentosaanien ($r=-0,85$) ja liukoisten pentosaanien pitoisuuden kanssa ($r=-0,88$).

Taulukko 2. Rukiin ravintokuitukoostumus lajikkeittain vuosina 1998–2001.

Lajike	Kokonais- kuitu %	Liuk. kuitu %	Liuk. osuus kuidusta %	Kokonais- pentosaani %	Liuk. pentos. %	Liuk. osuus pentos. %	Beta- glukaani %	Beta- glukaani % DF
Akusti	17,4	4,0	23	7,3	2,1	28	1,8	10
Anna	16,9	4,0	24	7,4	2,2	29	1,8	11
Bor 7068	18,1	4,6	25	7,6	2,1	27	1,8	10
Elvi	16,8	3,9	23	7,4	2,2	30	1,9	12
Riihi	17,2	3,9	23	7,9	2,1	26	1,8	10
Voima	17,8	4,1	23	7,6	2,1	27	1,8	10
Esprit	17,2	4,2	25	7,4	2,2	30	1,9	11
Picasso	17,3	4,4	25	7,8	2,3	29	2,4	14
Keskiarvo	17,4	4,2	24	7,5	2,1	28	1,9	11

Taulukko 3. Ruislajikkeiden ravintokuitukoostumus vuosina 1998–2001.

		Kokonais- ravintokuitu %	Liukoinen ravintokuitu %	Kokonais- pentosaani %	Liukoinen pentosaani %	Beta- glukaani %
1998	Vaihteluväli	17,8 - 19,3	4,4 - 5,0	8,1 - 9,1	2,5 - 3,0	1,4 - 2,1
	Keskiarvo	18,8	4,7	8,7	2,8	1,6
	S.D.	0,5	0,2	0,3	0,2	0,2
1999	Vaihteluväli	16,7 - 18,6	3,9 - 4,7	6,3 - 7,8	1,3 - 1,6	1,9 - 2,7
	Keskiarvo	17,7	4,3	6,8	1,5	2,2
	S.D.	0,6	0,3	0,6	0,1	0,3
2000	Vaihteluväli	16,1 - 19,5	3,6 - 6,3	7,0 - 8,2	2,0 - 2,4	1,7 - 2,2
	Keskiarvo	17,3	4,1	7,3	2,2	1,9
	S.D.	1,0	0,9	0,4	0,1	0,2
2001	Vaihteluväli	14,9 - 16,1	3,2 - 3,8	6,7 - 7,8	1,7 - 2,3	1,7 - 2,4
	Keskiarvo	15,7	3,5	7,3	2,1	1,9
	S.D.	0,5	0,2	0,4	0,2	0,2

Leivontalaatua ennustavat jauho-vesisuspension viskoelastiset ominaisuudet

Kasvukauden sääolojen ja lajikkeen vaikutus näkyivät sakoluvuissa ja amylogrammi- ja paisuntakäyrämittausten tuloksissa (Taulukko 4). Sakoluvut vaihtelivat sateisen kesän 1998 erittäin matalista arvoista erittäin korkeisiin (62–256), molemmilla hybridilajikkeilla oli kaikkein korkeimmat sakoluvut. Tärkkelyksen liisteröitymisominaisuudet vaihtelivat eri satovuosina: vuonna 1998 amylogrammin huippulämpötilat olivat 58–59°C ja huippuviskositeetit 29–85 BU, kun taas vuonna 1999 huippulämpötilat vaihtelivat välillä 66–70°C ja huippuviskositeetit 320–951 BU. Seisotusajan viskositeetin lasku paisuntakäyräanalyyseissä oli myös huomattavan erilainen eri satovuosina, erityisesti kuivan kesän 1999 sato oli laadultaan hyvin poikkeava ja viskositeettierotus oli kaikissa näytteissä negatiivinen (Taulukko 4). Hehtolitrain paino korreloi sakoluvun ($r=0,69$), huippuviskositeetin ($r=0,74$) ja huippulämpötilan ($r=0,83$) kanssa ja negatiivisesti paisuntakäyrän viskositeettierotuksen kanssa ($r=-0,79$).

Taulukko 4. Yhteenveto jauho-vesi-suspension viskoelastisista ominaisuuksista ruislajikkeissa vuosina 1998–2001.

		Sakoluku s	Huippulämpötila °C	Huippu- viskositeetti BU	(logV ₀ - logV ₃₀)x1000
1998	Vaihteluväli	62	58 - 61	29 - 85	258 - 305
	Keskiarvo	62	59	56	285
	S.D.	0	0,9	19	18
1999	Vaihteluväli	120 - 247	66 - 70	320 - 951	-63 - -100
	Keskiarvo	172	68	522	-75
	S.D.	54	1,9	226	12
2000	Vaihteluväli	69 - 169	61 - 69	118 - 333	185 - 278
	Keskiarvo	101	64	162	225
	S.D.	37	2,4	74	29
2001	Vaihteluväli	110 - 261	64 - 70	105 - 385	147 - 250
	Keskiarvo	166	67	220	180
	S.D.	60	2,2	88	31

Prosessikäyttäytymistä ennakoivat endogeeniset entsyymit

Jyvän endogeenisten entsyymien aktiivisuudet olivat korkeita sateisen kesän 1998 sadossa, α -amylaasin aktiivisuus oli 2,6–20,1 U/g ja ksylanaasin 49–67 VU/g (Taulukot 5 ja 6). Vuoden 1999 sadossa entsyymiaktiivisuudet olivat matalia, α -amylaasin aktiivisuus oli vain 0,2–0,5 U/g ja ksylanaasin 3,8–8,1 VU/g. Vuosina 2000 ja 2001 entsyymien aktiivisuudet olivat keskitasoa. Molemmilla hybridilajikkeilla oli mitatuista lajikkeista matalimmat α -amylaasin aktiivisuudet, mutta niiden ksylanaasiaktiivisuus oli keskitasoa. Hehtolitrin paino korreloi sekä α -amylaasin ($r=-0,79$) että ksylanaasin ($r=-0,83$) aktiivisuuden kanssa.

Taulukko 5. Ruislajikkeiden ksylanaasi- ja α -amylaasiaktiivisuus vuosina 1998–2001.

	Sakolu- kus	Ksylanaasi VU/g(h-1)	α -Amylaasi U/g
1998			
Akusti	62	49	4,8
Anna	62	64	13,7
Bor 7068	62	51	5,6
Elvi	62	52	20,1
Riihi	62	67	13,8
Voima	62	65	9,0
Esprit	62	54	12,4
Picasso	62	51	2,6
1999			
Akusti	162	6,3	0,3
Anna	141	5,1	0,5
Bor 7068	165	5,3	0,2
Riihi	120	5,3	0,4
Voima	124	8,1	0,4
Esprit	246	3,8	0,2
Picasso	247	5,5	0,2
2000			
Anna	77	31	2,1
Voima	80	36	1,6
Akusti	87	39	1,1
Elvi	69	48	2,5
Riihi	71	53	1,7
Bor 7068	136	34	2,9
Esprit	122	47	0,9
Picasso	169	34	0,4
2001			
Ensi	132	25,9	0,6
Riihi	144	9,7	0,6
Akusti	150	9,1	0,3
Anna	125	9,7	0,4
Elvi	111	8,3	0,4
Voima	110	15,5	0,6
Bor 7068	204	8,9	0,3
Esprit	261	8,9	0,2
Picasso	256	9,8	0,2

Taulukko 6. Yhteenveto ruislajikkeiden ksylanaasi- ja α -amylaasiaktiivisuuksista vuosina 1998–2001.

		Ksylanaasi VU/g(h-1)	α -Amylaasi U/g	Sakoluku s
1998	Vaihteluväli	49 - 67	2.6 - 20.1	62
	Keskiarvo	57	10.3	62
	S.D.	7.4	5.8	0
1999	Vaihteluväli	3.8 - 8.1	0.2 - 0.5	120 - 247
	Keskiarvo	5.6	0.3	172
	S.D.	1.3	0.1	54
2000	Vaihteluväli	31 - 53	0.4 - 2.9	69 - 169
	Keskiarvo	40	1.7	101
	S.D.	8	0.8	37
2001	Vaihteluväli	8.3 - 26	0.2 - 0.6	110 - 261
	Keskiarvo	11.7	0.4	166
	S.D.	5.7	0.2	60

Ravintokuitukomponenttien, jauho-vesi-suspension viskoelastisten ominaisuuksien ja entsyymien aktiivisuuden vuorovaikutus

Ravintokuitukomponenttien, jauho-vesi -suspension viskoelastisten ominaisuuksien ja entsyymien aktiivisuuden keskenäiset korrelaatiot on esitetty taulukossa 7. Sekä α -amylaasin että ksylanaasin aktiivisuudet korreloivat kokonais- ja liukoisten pentosaanien pitoisuuden kanssa ($r=0,72$ – $r=0,84$), ksylanaasiaktiivisuus korreloi myös negatiivisesti β -glukaanipitoisuuden kanssa ($r=-0,67$). Molempien entsyymien aktiivisuus korreloi myös lievästi amylogrammin huippuviskositeetin kanssa ($r=-0,74$; $r=-0,70$). Kaiken kaikkiaan ksylanaasiaktiivisuus näytti korreloivan paremmin jauho-vesi -suspension viskoelastisten ominaisuuksien kanssa kuin α -amylaasin aktiivisuus. Esimerkiksi α -amylaasiaktiivisuus ja sakoluku korreloivat vain lievästi ($r=-0,55$), vaikka sakolukua usein pidetään epäsuorana α -amylaasiaktiivisuuden mittana.

Taulukko 7. Ravintokuitukomponenttien, jauho-vesi-suspension viskoelastisten ominaisuuksien ja entsyymien aktiivisuuden keskenäiset korrelaatiot.

	Kok. kuitu	Kok. pentos.	Liuk. pentos.	Beta-glukaani	Sakoluku	Paisuntakäyrä*	Huippulämpötila	Huippu-visk.	Ksylanaasi
Kok. pentosaani	0.59								
Liuk.pentosaani	0.34	0.81							
Betaglukaani	-0.31	-0.54	-0.62						
Sakoluku	-0.43	-0.49	-0.54	0.72					
Paisuntakäyrä*	0.11	0.62	0.88	-0.66	-0.59				
Huippulämpötila	-0.49	-0.65	-0.74	0.75	0.90	-0.72			
Huippuvisk.	-0.10	-0.50	-0.71	0.84	0.80	-0.84	0.80		
Ksylanaasi	0.58	0.74	0.84	-0.67	-0.76	0.77	-0.86	-0.70	
Amylaasi	0.55	0.74	0.72	-0.58	-0.55	0.50	-0.74	-0.50	0.72

*log difference

Kesät 1998 ja 1999 olivat sääoloiltaan hyvin poikkeavat, mikä näkyy myös sadon laadussa. Sateisena kesänä 1998 satotaso oli matala, jyvät pieniä, hehtolitrain paino matala ja ravintokuitupitoisuus korkea. Pentosaanien kokonaispitoisuus ja liukoisten pentosaanien pitoisuus olivat korkeita, β -glukaanipitoisuus oli matala ja β -glukaanin osuus liukoisesta kuidusta oli hyvin pieni. Näytteiden ksylanaasiaktiivisuus oli korkea, mikä liittyy korkeaan liukoisten pentosaanien pitoisuuteen. Kuivana kesänä 1999 pentosaanipitoisuudet olivat matalat ja β -glukaanin pitoisuus korkea. Ravintokuidun, pentosaanien ja β -glukaanin pitoisuus ovat lajiketyypillisiä ominaisuuksia. Kasvukauden sääolojen on osoitettu vaikuttavan rukiin pentosaanipitoisuuteen: pitoisuus kasvoi sateiden vaikutuksesta ja laski korkeissa lämpötiloissa (Saastamoinen ym. 1989). Sääolojen vaikutusta jyvän β -glukaanipitoisuuteen on tutkittu ohralla ja kauralla, koska β -glukaanin pitoisuus on tärkeä niiden prosessilaadun kannalta (Henry 1986, Givens ym. 2000). Sateinen sää laski ohran β -glukaanin pitoisuutta (Aastrup 1979). Kasvukauden korkeat lämpötilat nostivat kauran β -glukaanin pitoisuutta (Saastamoinen 1995).

Rukiin leivontalaatua arvioitiin analysoimalla jauho-vesi -suspension viskoelastisia ominaisuuksia sakoluku-, amylogrammi- ja paisuntakäyrämittauksilla. Sakoluku ja amylogrammi kuvaavat ennen kaikkea tärkkelyksen ominaisuuksia ja tärkkelystä hydrolysoivan α -amylaasin aktiivisuutta, paisuntakäyrä kuvaa jauhojen sisältämien paisuntakykyisten viskositeettia muodostavien yhdisteiden määrää (erityisesti liukoiset pentosaanit) ja jauhojen hydrolyyttistä aktiivisuutta (Drews 1971). Paisuntakäyrän alkuviskositeetti kuvastaa jauhojen sisältämien vettä sitovien yhdisteiden määrää, viskositeetin laskuun seisotuksen aikana vaikuttavat soluseinäpolysakkaridien määrä ja liukoisuus sekä niitä pilkkovien entsyymien aktiivisuus. Näytteiden ksylanaasiaktiivisuus korreloi hyvin monien jauho-vesi -suspension viskoelastisten ominaisuuksien kanssa. α -Amylaasi korreloi lähinnä amylogrammin huippulämpötilan kanssa, kun taas korrelaatio α -amylaasin ja sakoluvun välillä oli yllättävän matala.

Sakolukua käytetään usein jauhojen α -amylaasiaktiivisuuden mittana (Drews & Seibel 2001). Varsinaisesti sakoluku kuitenkin kuvaa kuumentamalla liisteröidyn tärkkelyksen viskositeettia ja vain epäsuorasti α -amylaasin aktiivisuutta. Vehnällä sakoluku ja α -amylaasin aktiivisuus korreloivat hyvin (Finney 2001), sen sijaan vahamaisella vehnällä sakoluku oli riippumaton α -amylaasin aktiivisuudesta (Graybosch ym. 2000). Tämän todettiin johtuvan vahamaisen vehnän tärkkelyksen liisteröitymislämpötilasta: näytteet saavuttivat huippuviskositeetin 10–15°C alemmassa lämpötilassa kuin tavallinen vehnä. Myös ruistärkkelyksen liisteröitymisämpötila on paljon alempi kuin vehnätärkkelyksen (Gudmunsson & Eliasson 1991). Ruisjauhot sisältävät enemmän viskooseja soluseinäpolysakkarideja kuin vehnäjauhot, mikä myös vaikuttaa tuloksiin viskositeettiin perustuvissa mittauksissa. Ksylanaasin aktiivisuus korreloi sakoluvun kanssa paremmin kuin α -amylaasin aktiivisuus, mikä kuvastaa hyvin soluseinäpolysakkaridien merkitystä rukiin prosessilaadun arvioinnissa. Aikaisemmin on osoitettu, että soluseinähydrolaasi- en aktiivisuus ja pentosaanien kokonaismäärä vaikuttivat jauho-vesi - suspension viskositeettiin rukiilla, kun taas jauhojen partikkelikoko ja liukoisten pentosaanien määrä korreloivat paremmin taikinan reologisten ominaisuuksien kanssa (Autio ym. 1998, 1999).

Kirjallisuus

- American Association of Cereal Chemists. 2000. Approved methods of the AACC, 10th ed. St. Paul, MN, USA: The Association.
- Asp, N.-G., Johansson, C.-G., Hallmer, H. & Siljeström, M. 1983. Rapid enzymatic assay of inextractable and extractable dietary fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 31: 476-482.
- Autio, K., Fabritius, M. & Kinnunen, A. 1998. Effect of germination and water content on the microstructure and rheological properties of two rye doughs. *Cereal Chemistry* 75: 10-14.
- Autio, K., Flander, L., Heinonen, R. & Kinnunen, A. 1999. Comparison of small and large deformation measurements of whole meal rye doughs. *Cereal Chemistry* 76: 912-914.
- Åman & Westerlund, 1996. Cell wall polysaccharides: structural, chemical, and analytical aspects. Teoksessa: Eliasson, A.-C. (toim.). *Carbohydrates in food*. New York: Marcel Dekker Inc. s. 191-226.
- Dörfer, J. 2001. Untersuchungen zur Aktivität pentosanabbauender Enzyme in Roggenmehlen mit auffälliger Teigbeschaffenheit. *Getreide Mehl und Brot* 55: 154-157.

- Douglas, S. 1981. A rapid method for the determination of pentosans in wheat flour. *Food Chemistry* 7: 139-145.
- Drews, E. 1971. Quellenkurven von Roggenmahlprodukten. *Mühle & Mischfuttertechnik* 49: 723-724.
- Drews, E. & Seibel, W. 2001. Bread baking and other food uses around the world. Teoksessa: Bushuk, W. (toim.) Rye: production, chemistry, and technology. 2. painos. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists. s. 147-211.
- Finney, P.L. 2001. Effects of falling number sample weight on prediction of α -amylase activity. *Cereal Chemistry* 78: 485-487.
- Givens, D.I., Davies, T.W. & Laverick, R.M. 2000. Dietary fiber fractions in hulled and naked winter oat grain: effects of cultivar and various agronomic factors. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80: 491-496.
- Graybosch, R.A., Guo, G. & Shelton, D.R. 2000. Aberrant falling numbers of waxy wheats independent of α -amylase activity. *Cereal Chemistry* 77: 1-3.
- Gudmunsson, M. & Eliasson, A.-C. 1991. Thermal and viscous properties of rye starch extracted from different varieties. *Cereal Chemistry* 68: 172-177.
- Henry, R.J. 1986. Genetic and environmental variation in the pentosan and β -glucan contents of barley, and their relation to malting quality. *Journal of Cereal Science* 4: 269-277.
- Karlsson, R. 1988. Pentosans in rye. *Sveriges Utsädesföreningens Tidskrift* 98: 213-225.
- McCleary, B.V. & Codd, R. 1991. Measurement of (1 \rightarrow 3),(1 \rightarrow 4)- β -D-glucan in barley and oats: a streamlined enzymic process. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 55: 302-312.
- McCleary, B.V. & Sheehan, H.J. 1987. Measurement of Cereal α -Amylase: A New Assay Procedure. *Journal of Cereal Science*, 6: 237-251.
- Nilsson, M., Åman, P., Härkönen, H., Hallmans, G., Knudsen, K.E.B., Mazur, W. & Adlercreutz, H. 1997. Nutrient and lignan content, dough properties and baking performance of rye samples used in Scandinavia. *Acta Agriculturae Scandinica Sect. B, Soil and Plant Science* 47: 26-34.
- Repeckiene, A., Eliasson, A.-C., Juodeikiene, G. & Gunnarsson, E. 2001. Predicting baking performance from rheological and adhesive properties of rye meal suspensions during heating. *Cereal Chemistry* 78: 193-199.

- Saastamoinen, M. 1995. Effects of environmental factors on the β -glucan content of two oat varieties. *Acta Agriculturae Scandinavica Sect B. Soil and Plant Science* 45(3): 181-187.
- Saastamoinen, M., Plaami, S. & Kumpulainen, J. 1989. Pentosan and beta-glucan content of Finnish winter rye varieties as compared with rye of six other countries. *Journal of Cereal Science* 10: 199-207.
- Vinkx, C.J.A. & Delcour, J.A. 1996. Rye (*Secale cereale* L.) arabinoxylans: a critical review. *Journal of Cereal Science* 24: 1-14.
- Weipert, D. 1995. Processing performance of rye as influenced by sprouting resistance and pentosan contents. Teoksessa: Autio, K. & Poutanen, K. (toim.). *International Rye Symposium: Technology and products*. Espoo, Finland: VTT. s. 39-48.

Kemiallisin keinoin suomalaisen rukiin laatua selvittämässä

Merja Eurola¹⁾, Juha-Matti Pihlava¹⁾, Simo Hovinen²⁾, Antti Laine³⁾, Arjo Kangas⁴⁾,
Martti Vuorinen⁵⁾ ja Veli Hietaniemi¹⁾

¹⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Tutkimuspalvelut, Kemian laboratorio, 31600 Jokioinen, merja.eurola@mtt.fi, juha-matti.pihlava@mtt.fi, veli.hietaniemi@mtt.fi

²⁾ Boreal Kasvinjalostus Oy, Myllytie 10, 31600 Jokioinen, simo.hovinen@boreal.fi

³⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Alueellinen yksikkö, Lounais-Suomen tutkimusasema, Saarentie 220, 23120 Mietoinen, antti.laine@mtt.fi

⁴⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Alueellinen yksikkö, Etelä-Pohjanmaan tutkimusasema, Alapääntie 104, 61400 Ylistaro, arjo.kangas@mtt.fi

⁵⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Alueellinen yksikkö, Hämeen tutkimusasema, Myttäläntie 213, 36600 Pälkäne, martti.vuorinen@mtt.fi

Tiivistelmä

Tutkimuksessa selvitettiin vuosien 1998 - 2002 lajikekoeaineistojen pohjalta eräiden terveysvaikutteisten yhdisteiden (kivennäs- ja hivenaineet, tiamiini, lignaanit, alkyyli- ja alkenyyliresorsinolit sekä sykliset hydroksamiinihapot) esiintymistä nykyisin viljelyssä olevissa ja uusissa ruislajikkeissa. Mahdollisista riskitekijöistä tutkittiin kadmiumin pitoisuuksia rukiissa.

Tutkimuksessa rukiilla havaittiin lajikkeiden välisiä eroja mm. typpi-, kivennäis- ja hivenaine-, kadmium- sekä tiamiinipitoisuuksissa. Pienijyväsillä ns. maatiaislajikkeilla, joilla jyvän tärkkelyspitoisuus on suhteessa pienempi, kivennäs- ja hivenainepitoisuudet olivat suurempia kuin hybridilajikkeilla. Haitallisen kadmiumin pitoisuudet olivat keskimäärin pieniä ja yleisesti alle sallitun enimmäismäärärajan, 0,100 mg/kg. Maalaji ja ilmastolliset tekijät vaikuttivat jyvän kemialliseen laatuun. Koepaikkojen ja vuosien välinen vaihtelu oli joidenkin yhdisteiden osalta suurta. Vähemmän tunnettujen, potentiaalisesti terveysvaikutteisten yhdisteiden, kuten syklisten hydroksamiinihappojen ja alk(en)yyliresorsinolien, pitoisuuksissa ei havaittu selkeitä lajikkeiden välisiä eroja.

Lajikkeen ja kasvupaikan valinnalla on mahdollista vaikuttaa rukiin kemialliseen laatuun esimerkiksi valitsemalla oikea lajike oikealle paikalle.

Avainsanat: ruis, Secale cereale, lajikkeet, terveysvaikutukset, kivennäisaineet, hivenaineet, kadmium, vitamiinit, tiamiini, lignaanit, alk(en)yyliresorsinolit, sykliset hydroksamiinihapot

Tracking the quality of Finnish rye by chemical means

Merja Eurola¹⁾, Juha-Matti Pihlava¹⁾, Simo Hovinen²⁾, Antti Laine³⁾, Arjo Kangas⁴⁾,
Martti Vuorinen⁵⁾ and Veli Hietaniemi¹⁾

¹⁾ MTT Agrifood Research Finland, Research Services, Chemistry Laboratory, FIN-31600 Joki-oinen, Finland, merja.eurola@mtt.fi, juha-matti.pihlava@mtt.fi, veli.hietaniemi@mtt.fi

²⁾ Boreal Plant Breeding Ltd., Myllytie 10, FIN-31600 Jokioinen, Finland, simo.hovinen@boreal.fi

³⁾ MTT Agrifood Research Finland, Regional Unit, Southwest Finland Research Station, Saarentie 220, FIN-23120 Mietoinen, Finland, antti.laine@mtt.fi

⁴⁾ MTT Agrifood Research Finland, Regional Unit, South Ostrobothnia Research Station, Alapääntie 104, FIN-61400 Ylistaro, Finland, arjo.kangas@mtt.fi

⁵⁾ MTT Agrifood Research Finland, Regional Unit, Häme Research Station, Myttäläntie 213, FIN-36600 Pälkäne, Finland, martti.vuorinen@mtt.fi

Abstract

Several nutritional components: mineral and trace elements, thiamine, lignans, alk(en)ylresorcinols and cyclic hydroxamic acids were examined in various rye cultivars during 1998...2002. Rye grain samples were collected from variety trials of at 9 locations in Finland. Cadmium was also studied as a toxic risk factor.

Systematical cultivar differences were determined in mineral and trace element, thiamine and cadmium contents of rye. The hybrid ryes which have relatively high starch content had lower mineral and trace element concentrations than populations or old cultivars. The cadmium contents were generally low and well below the maximum level of 0.100 mg/kg set by EU. Soil type and other growing conditions affected the chemical quality of rye resulting regional and seasonal variations. Clear cultivar differences were not detected in the potentially functional chemical components like alkylresorcinols or cyclic hydroxamic acids.

The results establish possibilities to develop or choose appropriate cultivars for various conditions and technological purposes.

Key words: rye, Secale cereale, cultivar, variety, mineral and trace elements, cadmium, vitamin, thiamine, lignans, alk(en)ylresorcinols, cyclic hydroxamic acids

Johdanto

Suomessa ruista käytetään pääasiassa elintarvikkeisiin ja rehukäyttö on vähäistä. Hapan ruisleipä kuuluu keskeisenä osana suomalaiseen ruokavalioon. Rukiin arvoa lisää se, että sitä käytetään pääasiassa täysjyvätuotteina, joissa on mukana kaikki jyvän sisältämät ravitsemuksellisesti tärkeät yhdisteet. Ruis on merkittävä ravintokuidun lähde. Kuiturikkaassa jyvän kuorikerroksessa on myös monia muita terveysvaikuttavia yhdisteitä, mm. kivennäisaineita, vitamiineja, lignaaneja, fenolisia happoja sekä alkyyli- ja alkenyyliresorsinoleja. Nämä bioaktiiviset yhdisteet erityisesti lignaanit ovat viimeisen 10 vuoden aikana olleet voimakkaan tutkimuksen kohteena (Hallmans ym. 2003, Liukkonen ym. 2002, Liukkonen ym. 2003).

Eri ruislajikkeiden viljelytekniset ja sato-ominaisuudet tunnetaan varsin hyvin, mutta lajikkeen merkityksestä rukiin ravitsemukselliseen laatuun ei juurikaan ole kirjallisuustietoa. Vuonna 2001 yleisimmin viljellyt ruislajikkeet olivat Amilo, Akusti, Anna, Voima ja Kartano, jotka yhdessä vastasivat 79 % käytetyistä lajikkeista (Viljaseula 2001).

Tämä tutkimushanke liittyi osana kansalliseen ruisohjelmaan, jossa yhtenä tavoitteena on rukiin tuotevalikoiman lisääminen ja monipuolistaminen terveysnäkökohdat huomioiden (Ruiskäsikirja 1998). Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää tiettyjen terveysvaikutteisten yhdisteiden esiintymistä rukiissa sekä viljelyolosuhteiden ja lajikkeen vaikutusta nykyisten ja uusien ruislajikkeiden hyviin laatuominaisuuksiin. Mahdollisista riskitekijöistä tutkittiin kadmiumin pitoisuuksia rukiissa.

Aineisto ja menetelmät

Ruisnäytteet

Näytteet kerättiin vuosina 1998 ... 2002 MTT:n virallisten lajikekokeiden ja Boreal Kasvinjalostus Oy:n lajikekokeiden satoaineistoista. MTT:n lajikekoetoimintaa hoidettiin ISO 9002-standardin mukaisesti, kuvaukset koejärjestelyistä ja suoritusohjeista ovat Internet-sivustoilla (<http://www.mtt.fi/atu/epo/lajikekoe.html>). Tutkitut lajikkeet ja ruislinjat sekä näytemäärät eri vuosina on esitetty taulukossa 1. Kokonaisnäytemäärä oli 301. Virallisissa lajikekokeissa koepaikat olivat Jokioinen, Mietoinen, Pälkäne, Laukaa, Ylistaro, Tuusula, Maaninka, Vihti ja Ruukki. Tutkimuspaikkakunnat vaihtelivat jonkin verran vuosittain, ts. kaikilta paikkakunnilta ei ollut näytteitä joka vuosi. Boreal Kasvinjalostus Oy:n lajikekokeet suoritettiin Jokioisilla virallisten lajikekokeiden ohjeiden mukaisesti.

Näytteiden esikäsittely

Jyvät kuivattiin lavakuivurilla 11-13% kosteuteen ja seulottiin epäpuhtauksien poistamiseksi 1,5 mm seulalla. Analyysijä varten ruisnäytteet jauhettiin sakolukumyllyllä käyttäen 1 mm seulaa. Jauhetut näytteet säilytettiin pakastettuna muovirasioissa analysointiin asti.

Taulukko 1. Ruisnäytteiden määrät lajikkeittain vuosina 1998 - 2002.

Lajike	Näytemäärä (kokeiden lukumäärä)				
	1998	1999	2000	2001	2002
Voima	6	8	2	2	1
Akusti	6	3	2	2	1
Esprit	6	5	5	2	1
Elvi	6	7	8	9	5
Amilo	5	6	7	7	7
Picasso	1	1	7	9	9
Riihi	1	8	8	10	9
Parviainen			3	7	
Walet			2	4	7
Kier					8
Ensi	5			1	1
Marder	6	1			
SW HY 95072		4	3		
SW 95132		4	3		
SW HY 97032				5	7
Anna	1	2	1	1	1
Bor 7068	1	1	1	1	1
Bor 9214		1	1	1	1
Bor 9414		1	1	1	1
Bor 8528		1	1	1	1
Bor 7072		1	1	1	1
Bor 9416		1	1	1	1
Bor 9415		1	1	1	1
Yhteensä	44	56	58	66	64
Lisäksi aineisto sisältää 13 yksittäistä näytettä 9 lajikkeesta.					

Kemialliset analyysit

Kemialliset analyysit suoritettiin MTT:n kemian laboratoriossa. Laboratorio on Mittatekniikan keskuksen akkreditoima testauslaboratorio (T041), joka noudattaa ISO/IEC 17025-standardin mukaista laatujärjestelmää.

Typpi määritettiin Kjeldahl-menetelmällä. Näytteen orgaaninen aines hajotettiin rikkihappopoltolla, jossa typpipitoiset aineet hajoavat ammoniakiksi. Ammoniakki vapautettiin natriumhydroksidilla, tislattiin vesihöyryn avulla boorihappoliukeseen ja titrattiin suolahapolla (Kjeltec Auto Analyser), jonka perusteella saatiin näytteen typpipitoisuus (AOAC 1980). Alku-

ainemääriä (Ca, K, Mg, P, Cu, Zn, Mn, Fe, Cd) varten näytteen orgaaninen aine hajotettiin märkäpoltolla väkevässä typpihapossa. Kadmium mitattiin plasmaemissiomassaspektrometrisesti (ICP-MS, Perkin Elmer Elan 6000) ja muut alkuaineet plasmaemissiospektrometrisesti (ICP, Thermo Jarrel Ash, Iris Advantage). Seleenimääritystä varten näytteet hajotettiin märkäpoltolla typpi- perkloori- ja rikkihapon seoksessa, seleeni pelkistettiin suolahapolla ja uutettiin orgaaniseen liuottimeen (Kumpulainen ym. 1983). Seleeni mitattiin grafiittiuuniatomiabsorptiospektrometrisesti (Varian SpectraAA 400) käyttäen Zeeman taustankorjausta. Jokaisessa näytesarjassa oli mukana sokea näyte ja vähintään yksi referenssimateriaali.

Tiamiinin (B1-vitamiini) määrittämiseen käytetyssä menetelmässä suolahappoon liuotettu näyte autoklavoitiin, jonka jälkeen se käsiteltiin klaradiastaasi –entsyymillä. Näyte puhdistettiin C-18 kiinteäfaasikolonilla ennen tiamiinin tunnistamista ja kvantitointia korkean erotuskyvyn neste-kromatografialla (HPLC) (Hägg 1994). Lignaanien, sekoisolarisiresinolin ja matairesinolin, määrittämismenetelmä perustui Mazur ym. (1996) kehittämään menetelmään, jota oli muunnettu hieman. Menetelmässä lignaanit vapautettiin asteittain entsyymaattisella hydrolyysillä sekä emäs- ja lopuksi happohajotuksella. Ioninvaihtoon perustuvien kromatografisten puhdistusten jälkeen silyloidut lignaanit määritettiin kaasukromatografi–massaspektrometrillä (GC-MS). Alkyyli- ja alkenyyliresorsinolit uutettiin näytteistä metanolilla soveltaen Mullin ym. (1992) menetelmää. Yhdisteet analysoitiin väkevöidystä näyteuutteesta HPLC:lla. Samasta näyteuutteesta määritettiin alkyyliresorsinolien kanssa samanaikaisesti syklisiä hydroksamiinihappoja eli bentsoksatsinoideja.

Akkreditoituja menetelmiä olivat: typpi, kadmium, kivennäis- ja hivenaineet sekä tiamiini.

Tulokset ja niiden tarkastelu

Typpi, kivennäis- ja hivenaineet

Taustaa

Rukiin jyvässä kivennäis- ja hivenaineet eivät ole jakaantuneet tasaisesti. Eniten kivennäis- ja hivenaineita esiintyy jyvän aleuronikerroksessa, jossa esiintyy runsaasti fytaatteja (fytiinihapon ja/tai inositoliheksafosforihapon kalsium-magnesium-kaliumsuoloja). Myös aleuronikerroksen soluseinissä sekä jyvän kuoriosassa on runsaammin kivennäis- ja hivenaineita kuin muualla jyvässä (Simmonds & Campbell 1976, Köse & Ötles 1996). Monet tekijät, kuten maalaji, maan ravinnetilanne, pH, lannoitus, ilmastolliset tekijät ja lajike, on todettu vaikuttavan viljojen kivennäis- ja hivenainepitoisuuksiin.

Kasville tärkeiden ravinteiden metabolia on kuitenkin geneettisesti säädeltyä, jolloin normaalissa ravinnetilanteessa niiden pitoisuus ja jakaantuminen eri kasvinosiin on tietyissä vaihtelurajoissa jokaisella kasvilajilla vakio (Simmonds & Campbell 1976, Jansson 1981).

Tulokset

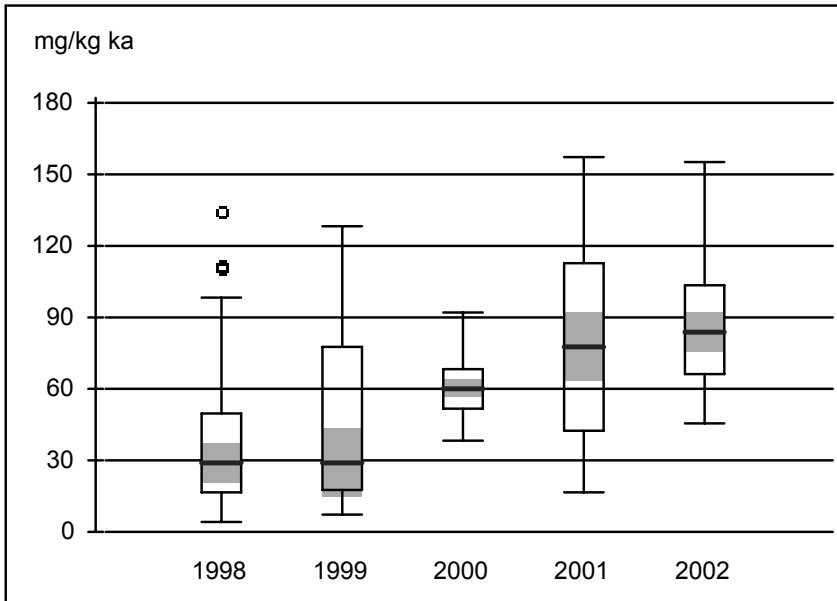
Suomalaisen rukiin typpi-, kivennäis- ja hivenainepitoisuudet virallisissa lajikekokeissa (Taulukko 2) eivät poikenneet oleellisesti aikaisemmista kotimaisista tutkimuksista (Syvälahti & Korkman 1978, Varo ym. 1980, Jaakkola 1982) tai kansainvälisistä tutkimuksista (Souci ym. 1981, Jorhem ym. 1984, Miedzobrodzka ym. 1992, Köse ja Ötles 1996, Brüggeman ym. 1996). Virallisissa lajikekokeissa lannoitustasot vastaavat hyvin käytännön viljelyä ja peltojen ravinnetilannetta seurataan paremmin kuin maataloudessa yleensä. Tulokset edustavat hyvin rukiin keskimääräistä kivennäis- ja hivenainetilannetta Suomessa. Verrattaessa pitoisuuksia Varon ym. (1980) 1970-luvulla tekemään kivennäisainetutkimuksen tuloksiin, joidenkin alkuaineiden (N, K, Cu, Mn, Zn) pitoisuudet ovat hieman pienempiä. Toisaalta vuonna 1984 aloitetun seleenilannoituksen myötä seleenipitoisuus rukiissa on nykyisin keskimäärin 6-7-kertaa suurempi kuin ennen seleenilannoituksen aloittamista (Taulukko 2). Seleeniä lukuun ottamatta mitään merkittäviä muutoksia rukiin kivennäis- ja hivenainetasoissa ei ole kuitenkaan havaittavissa.

Vuonna 1998 seleenin määrää lannoitteissa lisättiin 6:sta 10:een mg/kg. Muutos näkyy myös virallisten lajikekokeiden tuloksissa erityisesti kolmen viimeisen tutkimusvuoden aikana (Kuva 1). Suurimmat seleenipitoisuudet olivat hietasavimailla Mietoissa ja Tuusulassa.

Taulukko 2. Rukiin kivennäis- ja hivenainepitoisuudet virallisissa lajikekokeissa vuosina 1998 - 2002.

Alkuaine	Rukiin kivennäis ja hivenainepitoisuudet vuosina 1998 - 2002				Varo ym. 1980** 1972 - 1976	
	keskiarvo	mediaani	vaihteluväli	yksikkö	keskiarvo	vaihteluväli
N, typpi	2,00	1,97	1,36-2,90	% ka.	2,04	1,6-2,6
K, kalium	5,54	5,52	4,40-6,85	g/kg ka.	5,7	4,7-7,0
Ca, kalsium	0,37	0,37	0,24-0,53	g/kg ka.	0,36	0,29-0,44
Mg, magnesium	1,20	1,20	0,84-1,64	g/kg ka.	1,29	1,10-1,50
P, fosfori	3,90	3,86	2,42-5,62	g/kg ka.	3,88	3,1-4,8
Cu, kupari	5,07	5,00	3,0-7,9	mg/kg ka.	6,0	4,3-9,8
Fe, rauta	63	47	24-346	mg/kg ka.	53	38-115
Mn, mangaani	27	28	13-59	mg/kg ka.	41	27-55
Zn, sinkki	35	35	16-55	mg/kg ka.	41	30-115
Se, seleeni	0,065	0,062	0,005-0,160	mg/kg ka.	0,010	<0,010-0,040

ka. = kuiva-ainetta, * n = 300, ** n = 50



Kuva 1. Rukiin seleenipitoisuudet lajikekokeissa vuosina 1998 - 2000.

Lajikkeen vaikutuksesta rukiin kivennäis- ja hivenainepitoisuuksien on hyvin vähän kirjallisuustietoa. Tässä tutkimuksessa ruislajikkeiden välillä havaittiin eroja kivennäis- ja hivenainepitoisuuksissa (Taulukko 3). Hybridilajikkeilla (Esprit, Picasso, Marder, SWHY 95072 ja SWHY 97032), joilla jyvä koko ja jyvän tärkkelyspitoisuus on suuri, kivennäis- ja hivenainepitoisuudet olivat pienempiä kuin pienijyväsillä populaatiolajikkeilla (Ensi, Parviainen, Akusti, Voima).

Kadmium

Taustaa

Kadmium on ihmiselle ja eläimille haitallinen, elimistöön kertyvä, raskasmetalli. Suuren kulutuksen vuoksi vilja on maailmanlaajuisesti merkittävä kadmiumin lähde ruokavaliossa ja mykotoksiinien ohella yksi tärkeimmistä viljojen hygieeniseen laatuun negatiivisesti vaikuttavista tekijöistä. Kuitenkin Suomessa väestön kadmium saanti on alhainen, noin 8 $\mu\text{g}/\text{vrk}$, josta 56 % tulee viljatuotteista (Kumpulainen 2001).

Taulukko 3. Joidenkin ruislajikkeiden keskimääräiset kivennäis- ja hi-venainepitoisuudet.

Lajike	n	N	Ca	K	Mg	P	Cu	Zn	Mn	Fe
		% ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	g/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka
Hybridirukiit										
SWHY 95072	7	1,63	0,34	4,89	1,09	3,06	3,8	28	25	55
Picasso	27	1,71	0,34	5,24	1,04	3,33	4,2	30	23	40
SWHY 97032	12	1,72	0,38	5,48	1,05	3,51	4,3	30	22	43
Esprit	18	1,74	0,34	5,30	1,06	3,28	4,3	31	23	53
Marder	7	1,85	0,41	5,46	1,11	3,83	4,0	33	26	56
Keskiarvo		1,73	0,36	5,27	1,07	3,40	4,1	30	24	49
Populaatiolajikkeet										
Walet	14	1,94	0,41	5,47	1,18	3,90	4,7	35	23	50
Elvi	34	1,95	0,39	5,68	1,18	3,86	5,1	36	29	52
Kier	8	1,96	0,33	5,41	1,07	3,71	4,8	34	23	41
Amilo	32	1,98	0,38	5,53	1,19	3,86	5,1	35	27	55
Riihi	36	2,07	0,35	5,72	1,25	4,16	5,5	38	29	71
Akusti	14	2,12	0,38	5,38	1,30	4,08	4,9	36	31	62
Voima	19	2,20	0,37	5,77	1,31	4,20	5,3	39	32	69
Keskiarvo		2,03	0,37	5,57	1,21	3,97	5,1	36	28	57
Maatiaislajikkeet										
Parviainen	10	2,49	0,40	5,78	1,32	4,78	6,3	40	34	70
Ensi	7	2,56	0,44	6,19	1,44	5,15	6,4	37	33	99
Keskiarvo		2,53	0,42	5,99	1,38	4,97	6,4	39	34	85

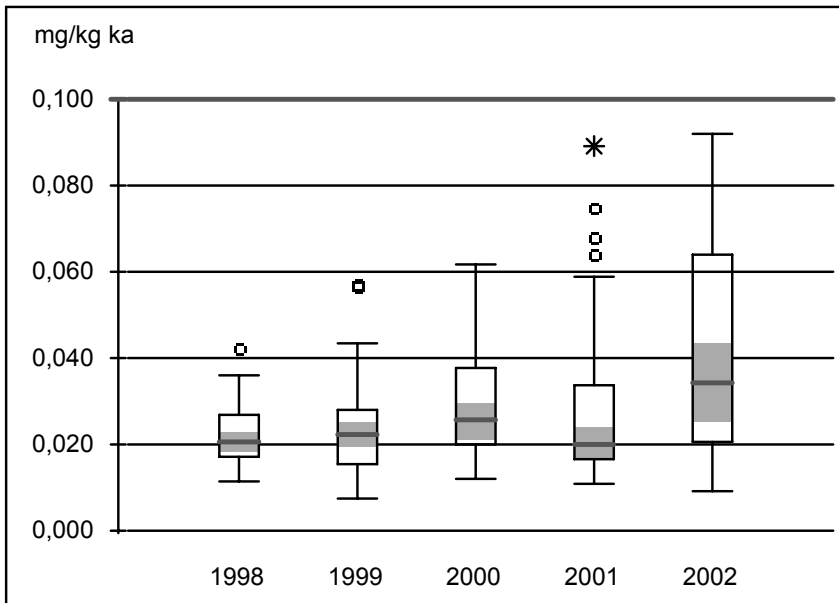
Eri viljalajien kyky kerätä kadmiumia maaperästä on erilainen. Rukiin ja ohran kadmiumpitoisuudet ovat yleisesti pienempiä kuin vehnän ja kauran, eikä korkeita kadmiumpitoisuuksia rukiissa ole juurikaan raportoitu kirjallisuudessa (Taulukko 4). Muutamien tutkimusten mukaan ruislajikkeiden välillä on havaittu eroja kadmiumpitoisuuksissa. Gunnarsson (2000) on selvittänyt 9 ruislajikkeen kadmiumpitoisuudet vuosina 1996 ... 1998. Näistä Amilo, Motto ja SWHY 97032 keräsivät eniten kadmiumia ja pienimmät pitoisuudet olivat SW 95132 -lajikkeessa. Saksassa on tutkittu 8 eri ruislajikkeen kadmiumpitoisuuksia. Näistä Pluto keräsi vähiten kadmiumia jyyiin, mutta oljissa sen kadmiumpitoisuudet olivat keskimääräisellä tasolla (Brodowski ja Baumecker 1994).

Taulukko 4: Rukiin kadmiumpitoisuuksia eri maissa.

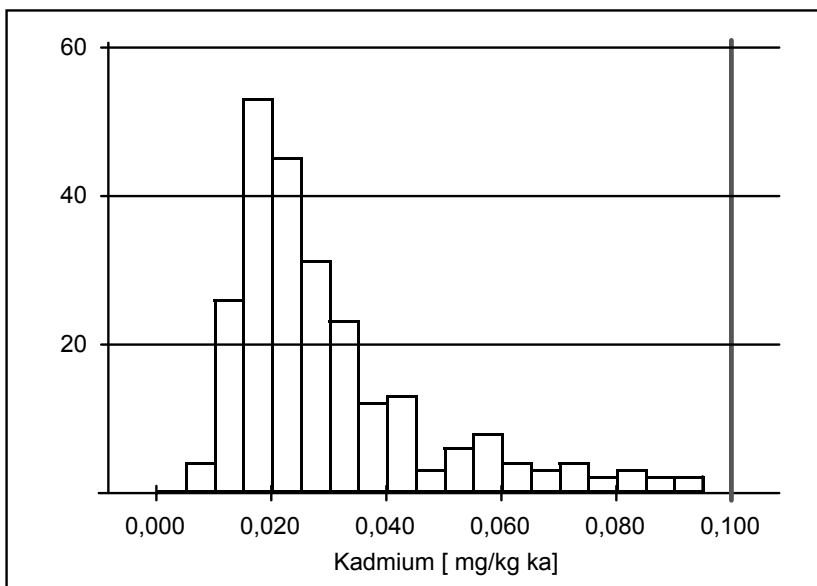
Maa	Kadmium, mg/kg * yksikkö mg/kg kuiva-ainetta		Näytteenotto- vuosi	Kirjallisuusviite
	keskiarvo	vaihteluväli		
Suomi	0,009 - 0,015	0,004 - 0,037	1972 ... 1976	Varo ym. 1980
Suomi	0,016*	0,006 - 0,033	1988	Tahvonen & Kum- pulainen 1993
Suomi	0,009*	0,006 - 0,017	1989	Tahvonen & Kum- pulainen 1993
Suomi	0,011*	0,002 - 0,026	1990	Tahvonen & Kum- pulainen 1993
Suomi	0,006	<0,005 - 0,017	1991	Liukkonen-Lilja & Penttilä 1992
Suomi	0,028*	0,005 - 0,092	1998 ... 2002	Tämä tutkimus
Saksa	0,014	0,001 - 0,26	1975 ... 1993	Bruggeman 1999
Saksa	0,009 - 0,022		1990	Brodiwski & Baummecker 1994
Ruotsi	0,04		1976 ... 1981	Jorhem ym. 1984
Ruotsi		0,016 - 0,067	1996 ... 1998	Gunnarsson 2000
Etelä-Puola	0,03 - 0,08	0,00 - 0,14		Miedzobrodzka ym. 1992
Puola	0,025 - 0,047		1989 ... 1991	Wojciechowska- Mazurek ym. 1992
Puola		0,010 - 0,023	1991 ... 1994	Wojciechowska- Mazurek ym. 1996

Tulokset

Rukiin kadmiumpitoisuudet olivat pieniä muutamia poikkeuksia lukuunottamatta. Vuosina 1998 ... 2002 virallisten lajikekokeiden keskimääräinen kadmiumpitoisuus oli 0,028 mg/kg ka. (mediaani 0,023 mg/kg ka.) ja vaihteluväli 0,005 - 0,092 mg/kg ka. Kaikkina tutkimusvuosina pitoisuudet olivat alle raakaviljalle asetetun enimmäisrajan 0,100 mg/kg. Aikaisempiin kotimaisiin sekä ulkomaisiin tutkimuksiin verrattuna tutkimusvuosien ja koepaikkojen välillä oli kuitenkin huomattavia eroja. Esim. vuonna 2002 joillakin koepaikoilla rukiin kadmiumpitoisuudet olivat selvästi suurempia kuin muina vuosina, mikä nostaa tulosten keskiarvoa (Kuvat 2 ja 3).



Kuva 2. Rukiin kadmiumpitoisuudet virallisissa lajikekokeissa vuosina 1998 ... 2002. Sallittu enimmäismäärä 0,100 mg/kg.

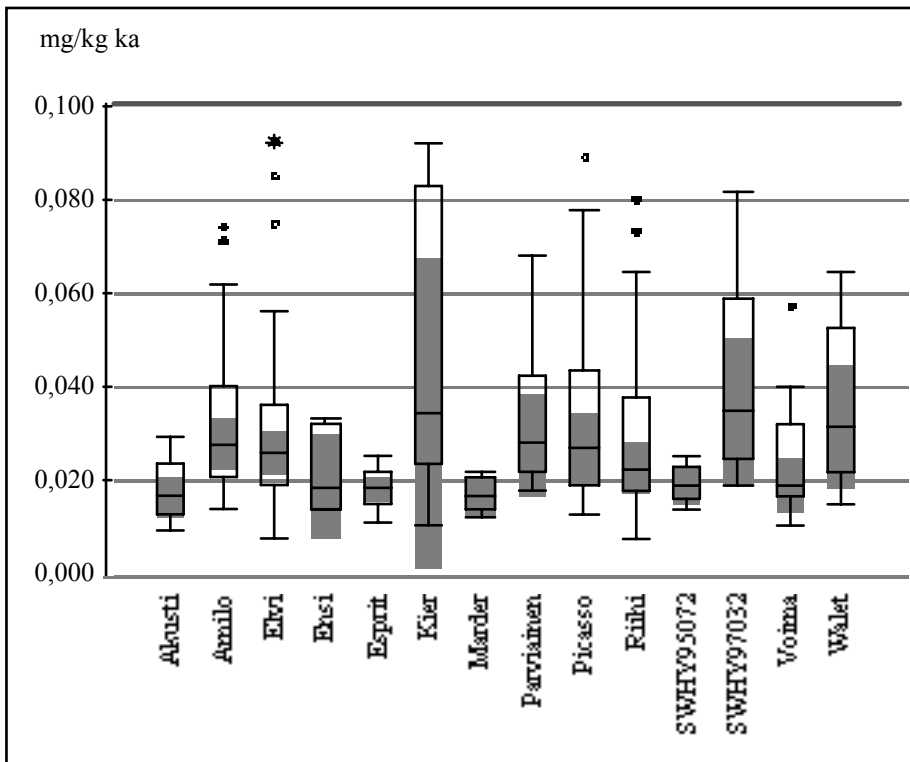


Kuva 3. Rukiin kadmiumpitoisuuksien jakauma virallisissa lajikekokeissa vuosina 1998 ... 2002. Sallittu enimmäismäärä 0,100 mg/kg.

Yleisesti rukiin kadmiumpitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa tai hieman suurempia kuin aikaisemmissa kotimaisissa tai ulkomaisissa tutkimuksissa (Taulukko 4).

Koepaikkojen välillä oli selviä eroja kadmiumpitoisuuksissa. Suurimmat yksittäiset kadmiumpitoisuudet löytyivät Laukaan, Mietoisten ja Pälkäneen ruisnäytteistä. MTT:n tutkimusten mukaan viljelymaan heppoliukoisen kadmiumin pitoisuudet ovat keskimääräistä suurempia (>0,10 mg/l) Lounais-Suomen rannikkoalueilla sekä paikoitellen Keski-Suomessa ja Etelä-rannikolla (Mäkelä-Kurttio ym. 2002), mikä selittää näiden tutkimusasiemien tilannetta.

Ruislajikkeiden välillä havaittiin eroja kadmiumpitoisuuksissa. Pienimmät kadmiumpitoisuudet löytyivät Akusti-, SWHY 95072-, Marder- ja Esprit –lajikkeista ja suurimmat Elvi-, Amilo-, Walet-, SWHY 97032-, Kier- ja Picasso –lajikkeista (Kuva 4).



Kuva 4. Rukiin kadmiumpitoisuudet lajikkeittain vuosina 1998 ... 2002. Sallittu enimmäismäärä 0,100 mg/kg.

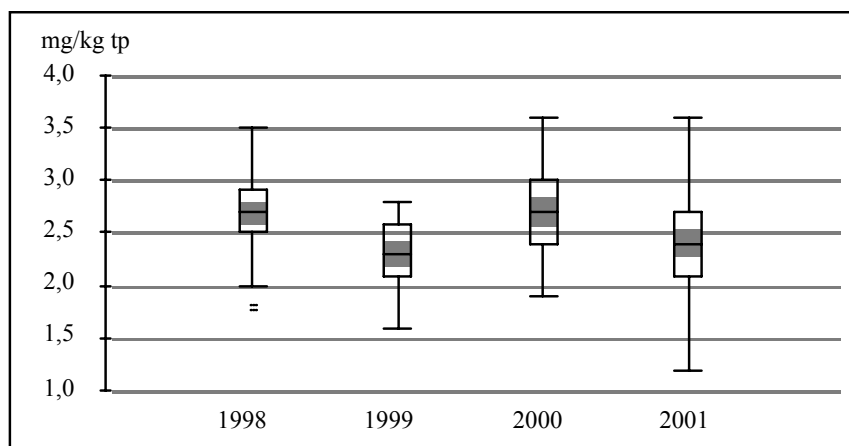
Tiamiini eli B1-vitamiini

Taustaa

Tiamiini on vesiliukoinen vitamiini, jota esiintyy yleisesti eläin- ja kasvikunnassa. Elimistössä tiamiini vaikuttaa mm. hiilihydraattiaineenvaihduntaan toimimalla koentsyyminä kolmessa entsyymikompleksissa. Ravinnossamme tärkeä tiamiinin lähde ovat kokojyväviljatuotteet. Koska ruisleipää ja muita ruistuotteita käytetään Suomessa paljon, on rukiin merkitys tiamiinin lähteenä merkittävä. Ruislajikkeiden tiamiinipitoisuuksia tutkittiin vuosien 1998 ... 2001 satonäytteistä tavoitteena löytää tiamiinirikkaita lajikkeita ja selvittää voidaanko viljelyteknisillä toimenpiteillä vaikuttaa tiamiinipitoisuuksiin. Hägg ja Kumpulainen (1995) tutkivat 14 ruislajikkeen tiamiinipitoisuuksia ja havaitsivat keskimääräiseksi tiamiinipitoisuudeksi $2,68 \pm 0,189$ mg/kg tp. Maantieteelliset tai satovuosien väliset erot olivat käytännössä suhteellisen pieniä.

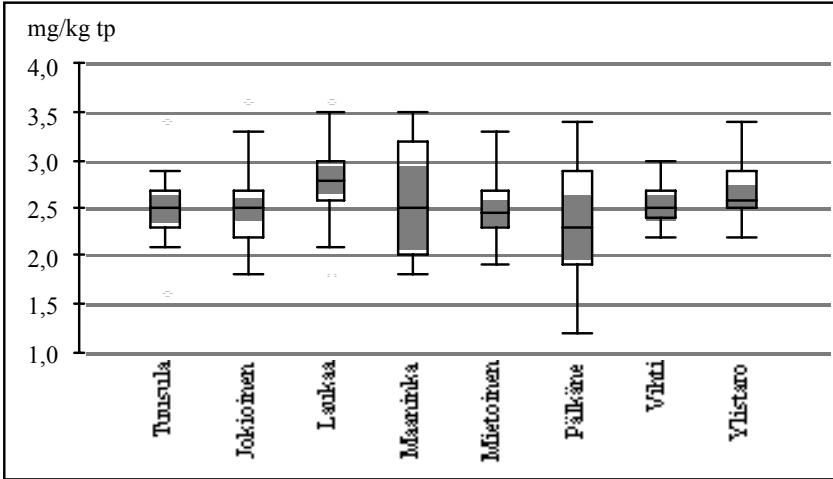
Tulokset

Tiamiinipitoisuus ei vaihtele vuosittain kovinkaan paljoa. Rukiin keskimääräinen tiamiinipitoisuus oli vuonna 1998 2,72 mg/kg (minimi 1,8 ja maksimi 3,4 mg/kg), vuonna 1999 2,31 mg/kg (minimi 1,6 ja maksimi 2,8 mg/kg), vuonna 2000 2,69 mg/kg (minimi 1,9 ja maksimi 3,6 mg/kg) ja vuonna 2001 2,43 mg/kg (minimi 1,2 ja maksimi 3,6 mg/kg). Rukiin vuosittaiset tiamiinipitoisuudet virallisissa lajikekokeissa on esitetty kuvassa 5.

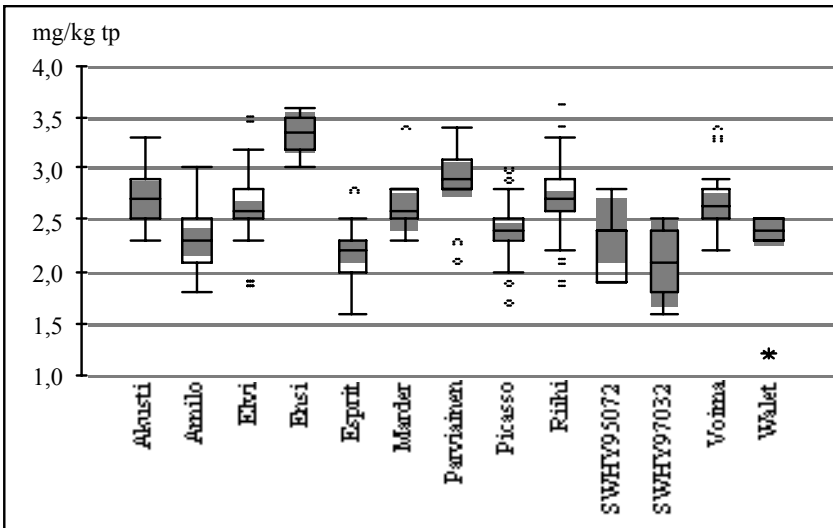


Kuva 5. Rukiin tiamiinipitoisuudet vuosina 1998 ... 2001.

Selkeitä maantieteellisiä eroja ruisnäytteiden tiamiinituloksissa ei havaittu vuosina 1998 ... 2001 (Kuva 6). Tiamiinipitoisuuksien suuri vaihtelu Pälkäneellä selittyy vuoden 2001 tuloksilla. Tällöin Walet-lajikkeesta määritetty tiamiinipitoisuus oli ainoastaan 1,2 mg/kg tp. Tiamiinipitoisuuksiltaan parhaimpina lajikkeina voidaan pitää Akustia, Elviä, Ensiä, Parviaista ja Riihettä (Kuva 7).



Kuva 6. Rukiin alueelliset tiamiinipitoisuudet vuosina 1998 ... 2001.



Kuva 7. Rukiin tiamiinipitoisuudet lajikkeittain vuosina 1998 ... 2001.

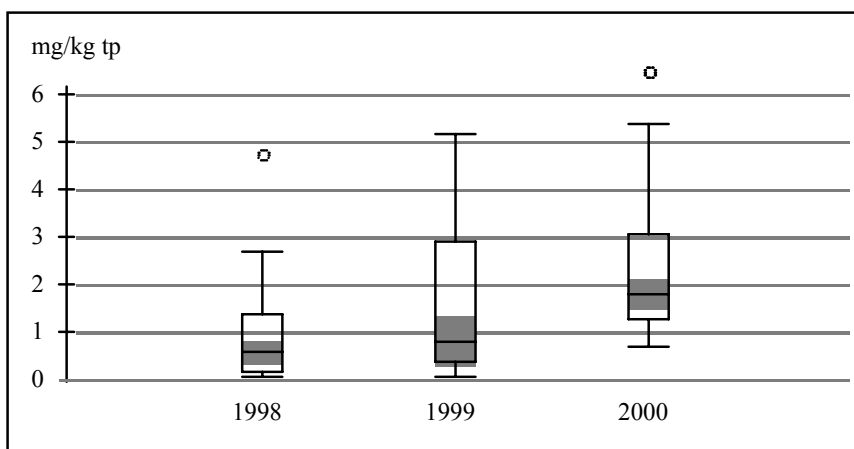
Lignaanit

Taustaa

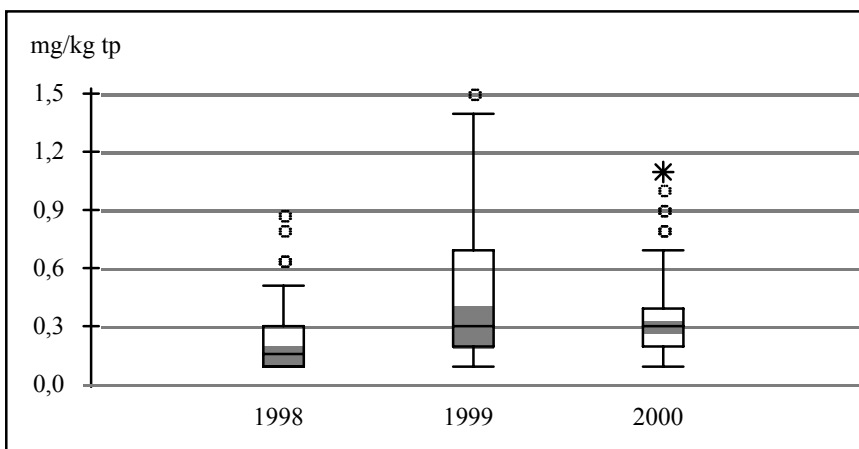
Lignaanit ovat difenolisia yhdisteitä, joita esiintyy laajalti kasvikunnassa. Ravinnosta saataviin lignaaneihin on liitetty monia erilaisia terveysvaikutuksia kuten pienentyntä riskiä sairastua sydän- ja verisuonitauteihin tai tiettyihin syöpiin. Ravinnossamme paras lignaanien lähde on pellavan siemen, johon verrattuna esim. rukiin lignaanipitoisuus on useita kymmeniä kertoja alhaisempi (Hallmans ym. 2003, Heinonen ym. 2001, Meagher & Beecher 2000). Kuitenkin suuren kulutuksen takia ruistuotteet ovat tärkeä lignaanien lähde suomalaisessa ruokavaliossa. Tässä tutkimuksessa keskityttiin kahden lignaanin, sekoisolarisiresinolin ja matairesinolin, pitoisuuksien määrittämiseen. Tutkimuksen aikana Heinonen ym.(2001) julkaisivat tutkimustuloksia, joiden mukaan sekoisolarisiresinolin ja matairesinolin määrä rukiissa oli paljon pienempi muihin lignaaneihin verrattuna. Olettamuksemme siitä että esikäsitteilyillä hajotetaan myös ligniinirakenteita lignaaneiksi, osoittautui oikeaksi Bagum ym. (2004) julkaisemalla tutkimuksella.

Tulokset

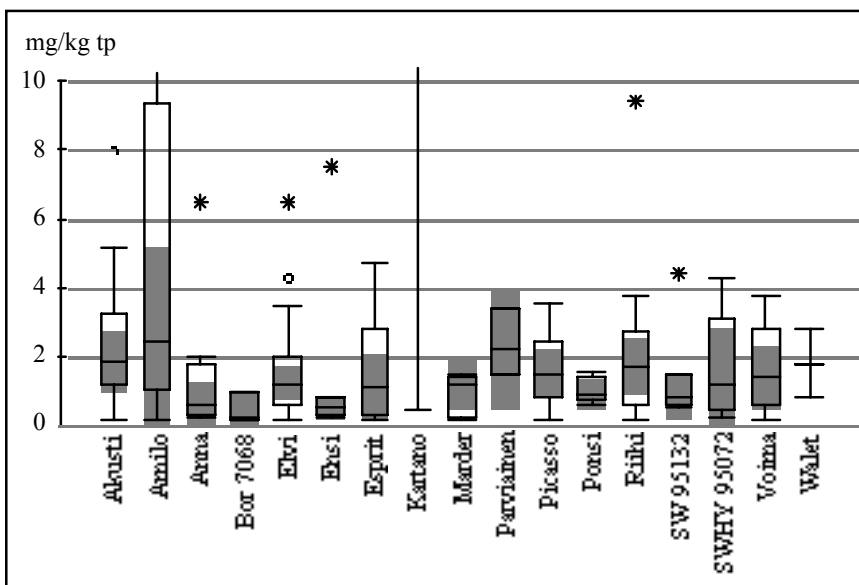
Sekoisolarisiresinolin (seco) ja matairesinolin (mat) pitoisuudet rukiissa vuosina 1998...2000 on esitetty kuvissa 8 ja 9. Vuonna 1998 secolle mitattu maksimipitoisuus oli 7,5 mg/kg, v. 1999 5,2 mg/kg ja v. 2000 20,6 mg/kg. Vastaavasti matairesinolille 0,9, 1,5 ja 1,1 mg/kg. Tulosten perusteella secon ja matiresinolin pitoisuudet eivät näytä liittyvän toisiinsa. Havaittuihin lajikkeiden välisiin eroihin on syytä suhtautua varauksella (Kuvat 10 ja 11).



Kuva 8. Rukiin sekoisolarisiresinolipitoisuudet vuosina 1998 ... 2000.

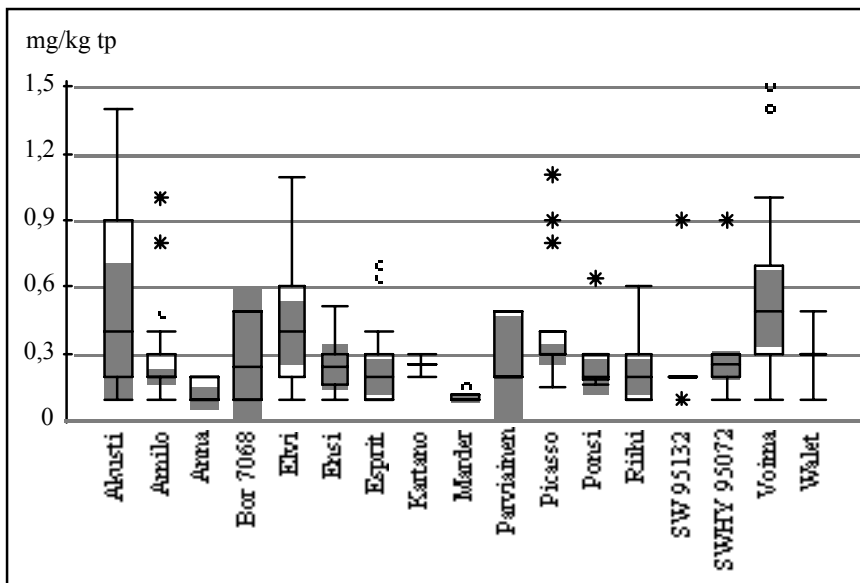


Kuva 9. Rukiin matairesinolitipitoisuudet vuosina 1998 ... 2000.



Kuva 10. Rukiin sekoiolarisiresinolitipitoisuudet lajikkeittain 1998 ... 2000.

Vuoden 2000 näytteistä mitattiin hyvin korkeita sekoiolarisiresinolitipitoisuuksia Tuusulassa viljellyssä Esprit-lajikkeesta (20,6 mg/kg tp) ja Pälkäneellä viljellystä Amilosta (18,6 mg/kg tp). Pälkäneen lajikenäytteiden tietoja verrattiin Laukaan vastaaviin lajikkeisiin (Taulukko 5). Varmaa selitystä korkeisiin sekoiolarisiresinolitipitoisuuksiin ei saatu. Oletamme kuitenkin että tiettyssä kehitysvaiheessa kasvi on voinut altistua kasvitaudeille, jotka saattavat indusoida lignaanituotantoa myös jyviin.



Kuva 11. Rukiin matairesinolitpitoisuudet lajikkeittain vuosina 1998 ... 2000.

Taulukko 5: Laukaan ja Pälkäneen rukiiden satovuoden 2000 lajikevertailut. Seco=sekoisolarisiresinoli, Mat=matairesinoli.

	Seco	Mat	Alk. resor-sinoli	Feno-liset hapot	sato	talvi-tuho-%	lako-%	1000 jyvän paino	pro-teiini	sako-luku	kasvu-kauden sade-määrä
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	kg/ha	%	%	g	%		mm
Laukaa											361
Amilo	1,7	0,2	920	1500	6571	28	65	44,3	11,3	107	
Elvi	1,8	0,4	1070	1660	6908	9	78	39,9	11,8	64	
Riihi	1,5	0,1	1100	1660	6802	6	74	39,4	12,7	74	
Pälkäne											391
Amilo	18,6	0,4	1000	1590	4814	53	15	46,6	9,9	133	
Elvi	6,5	0,4	1110	1640	4178	0	68	42,8	13,1	64	
Riihi	9,4	0,2	1310	1680	5016	0	83	37,9	13,1	67	

	Kasvitaudit [%]			
	lumihome	rengaslaikku	ruskearuoste	härnä
Laukaa	ei mitattu	5 ... 15	0	0
Pälkäne	20 ... 65	5 ... 10	0	0.1 ... 15

Alkyyli- ja alkenyyliresorsinolit

Taustaa

Alkyyli- ja alkenyyliresorsinoleja voidaan kutsua pitkäketjuisiksi fenoleiksi tai fenolisiksi lipideiksi (Kozubek & Tyman 1999). Ravinnosta, pääasiassa vehnä- ja ruistuotteista, saatavien alk(en)yyliresorsinolien merkitystä ei tunneta. On kuitenkin viitteitä siitä että näillä yhdisteillä saattaisi olla positiivisia terveysvaikutuksia (Kozubek & Tyman 1999, Gasiorovski ym. 1996, Kamal-Eldin ym. 2000).

Tulokset

Alkyyli- ja alkenyyliresorsinoleja tutkittiin satovuosien 2001-2002 näytteistä. Vuonna 2001 keskimääräinen alkyyli- ja alkenyyliresorsinolipitoisuus oli 1170 mg/kg tp (minimi 950 ja maksimi 1410 mg/kg) ja v. 2002 1100 mg/kg tp (minimi 790 ja maksimi 1350 mg/kg). Lajikkeella näyttäisi olevan vaikutusta alkyyli- ja alkenyyliresorsinolien pitoisuuksiin, vaikka aineiston suppeuden vuoksi parhaita lajiketta näiden suhteen ei voi nimetä. Tältä osin tutkimusta ruislajikkeiden kemiallisesta koostumuksesta olisi jatkettava tulosten varmistamiseksi.

Sykliset hydroksamiinihapot eli bentsoksatsinoidit

Taustaa

Sykliset hydroksamiinihapot eli bentsoksatsinoidit ovat tietyissä kasveissa esiintyviä antimikrobisia ja –fungaalisia puolustusyhdisteitä. Bentsoksatsinoidien esiintymisestä rukiissa, vehnässä ja maississa raportoivat ensimmäisinä A.I. Virtasen työryhmä (Virtanen & Hietala 1955, Virtanen & Hietala 1960, Wahlroos & Virtanen 1959). Kiinnostuksen kohteena oli tuolloin rukiissa havaittu *Fusarium*-homeitten kasvun esto. Vaikuttavan yhdisteen pääteltiin olevan 2,4-dihydroksidi-1,4-bentsoksatsiini-3-oni (DIBOA). DIBOA esiintyy rukiissa glukosidina, joka solurakenteiden rikkoutuessa muuttuu entsyymaattisesti aktiiviseksi aglykoniksi (Virtanen & Hietala 1960). Yleisesti on todettu että lepotilassa olevissa jyvissä bentsoksatsinoideja ei esiinny. Niiden pitoisuudet ovat suurimmillaan nuorissa kehittyvissä kasveissa. (Hashimoto & Shudo 1996).

Bentsoksatsinoideilla on havaittu olevan tulehduksia lieventäviä ominaisuuksia (Hashimoto & Shudo 1996). Normaalista ravinnosta saatavien bentsoksatsinoidien määrä on kuitenkin hyvin alhainen, joten niiden mahdollisista terveysvaikutuksista ei tiedetä.

Tulokset

Vuonna 2001 keskimääräinen bentsoksatsinoidipitoisuus oli 50 mg/kg tp (minimi 30 ja maksimi 60 mg/kg) ja v. 2002 60 mg/kg tp (minimi 35 ja maksimi 120 mg/kg). Itämisen alkuvaiheessa näiden yhdisteiden määrä on suurimmillaan eli pitoisuuksien kasvaessa rukiissa on todennäköisesti esiintynyt tähkäitämistä. Aikaisemmin ei ole julkaistu tietoa rukiin jyvien bentsoksatsinoidipitoisuuksista.

Johtopäätökset

Virallisista lajikekokeista saatu tulosaineisto antoi hyvän kuvan suomalaisen rukiin kemiallisesta koostumuksesta. Kansainvälisestäkin uutta tietoa saatiin erityisesti potentiaalisesti terveysvaikutteisten yhdisteiden, kuten lignaanien, alk(en)yyliresorsinolien ja syklisten hydroksamiinihappojen esiintymisestä rukiissa. Ravintokuidun lisäksi ruis on merkittävä tiamiinin sekä kivennäis- ja hivenaineiden lähde ruokavaliossa. Ruislajikkeiden välillä havaittiin eroja tyyppi, kivennäis- ja hivenaine- kadmium- sekä tiamiinipitoisuuksissa. Pieni-jyväsillä ns. maatiaislajikkeilla, joilla jyvän tärkkelyspitoisuus on suhteessa pienempi, kivennäis- ja hivenainepitoisuudet olivat suurempia kuin hybridilajikkeilla. Huomattava merkitys on myös maalajilla ja ilmastollisilla tekijöillä ja tästä johtuen eri yhdisteiden pitoisuuksien vaihtelu saattoi olla suurta. Haitallisen kadmiumin pitoisuudet olivat keskimäärin pieniä ja yleisesti alle enimmäismäärärajan, 0,100 mg/kg. Toisaalta muutamat havainnot tavanomaista suuremmista kadmiumpitoisuuksista rukiilla toivat esille kadmiumtilanteen jatkuvan seurannan tärkeyden. Lajikkeen ja kasvupaikan valinnalla on mahdollista vaikuttaa rukiin kemialliseen laatuun esimerkiksi valitsemalla oikea lajike oikealle paikalle. Tutkimusta olisi jatkettava erityisesti rukiin terveysvaikutteisten yhdisteiden kuten lignaanien, alk(en)yyliresorsinolien ja syklisten hydroksamiinihappojen osalta. Niihin vaikuttavia tekijöitä ovat esim. lajike, kasvuympäristö, säättekijät ja viljelymenetelmät. Lisäksi tarvittaisiin vertailutietoa ulkomaisen rukiin kemiallisesta koostumuksesta.

Kirjallisuus

AOAC 1980. Methods 7,021 ja 14.068. Horwitz, W. (toim.). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Thirteenth Edition. Washington D.C.

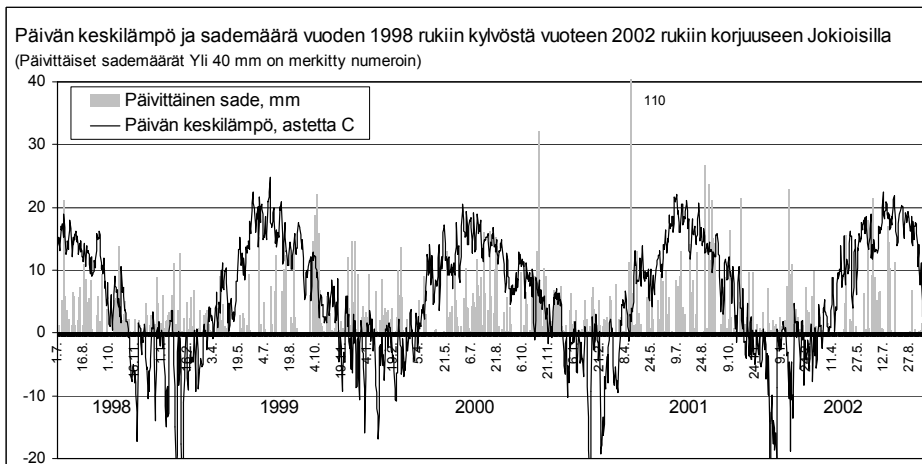
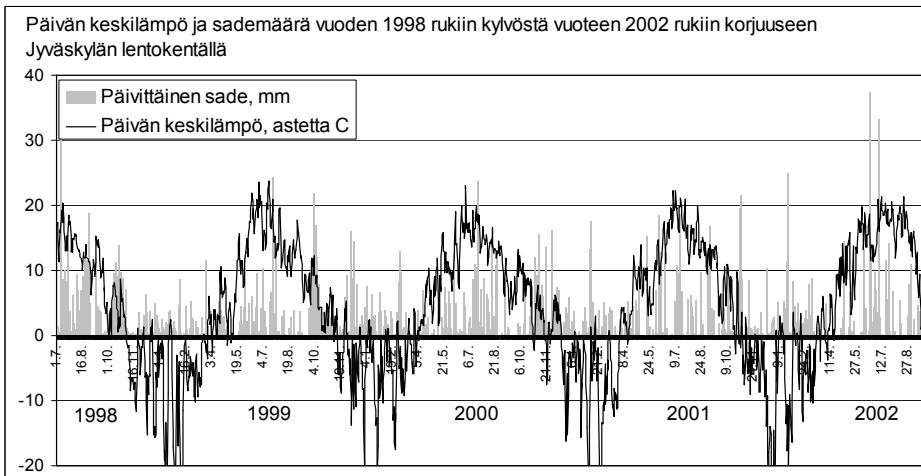
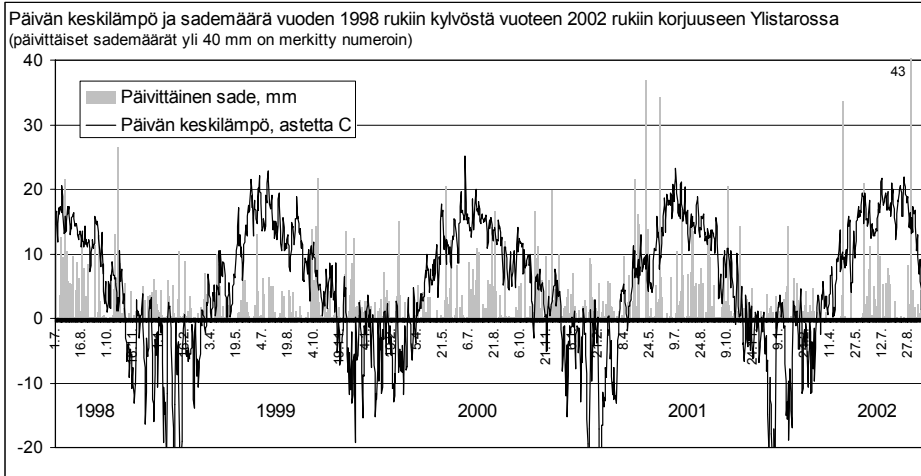
Bagum, A., Nicolle, C., Milla, I., Lapierre, C., Nagano, K., Fukushima, K., Heinonen, S., Adlercreutz, H. Remesy, C. & Scalbert, A. 2004. Dietary lignins are precursors of mammalian lignans in rats. *The Journal of Nutrition* 134: 120-127.

- Brodowski, M. & Baumecker, M. 1994. Cadmiumgehalte verschiedener winterroggensorte. VDLUFA-Schriftenreihe 38: 661-664.
- Brüggemann, J., Dörfner, H.H., Hecht, H., Kumpulainen, J.T. & Westermair, Th. 1996. Status of trace elements in staple foods from Germany 1990-1994. Teoksessa: Kumpulainen, J.T. (toim.). Proceedings of the technical workshop in trace elements, natural antioxidants and contaminants. Helsinki-Espoo, August 25-26, 1995 FAO 1996, REU Technical Series 49. Rome: The Food and Agriculture organization of the United Nations. s. 5-58.
- Gunnarsson, E. 2000. Bra livesmedelskvalitet i råg. Sveriges Utsädesförenings Tidskrift 110: 59-66.
- Hallmans, G., Zhang, J.-X., Lundin, E., Stattin, P., Johansson, A., Johansson, I., Hulten, K., Winkvist, A., Lenner, P., Åman, P. & Adlercreutz, H. 2003. Rye, lignans and human health. Proceedings of the Nutrition Society 62: 193-199.
- Hashimoto, Y. & Shudo, K. 1996. Chemistry of biologically active benzoxazinoids. Phytochemistry 43: 551- 559.
- Heinonen, S., Nurmi, T., Liukkonen, K., Poutanen, K., Wähälä, K., Deyama, T., Nishibe, S. & Adlercreutz, H. 2001. In vitro metabolism of plant lignans: new precursors of mammalian lignans enterolactone and enterodiol. Journal of Agriculture and Food Chemistry 49: 3178-3186.
- Hägg, M. 1994. Effect of various commercially available enzymes in the liquid chromatographic determination with external standardization of thiamine and riboflavin in foods. Journal of AOAC International 77: 681-686.
- Jaakkola, A. 1981. Mineral contents in agricultural crops in Finland. Teoksessa: Mineral Elements '80. Proceedings, Part I. A Nordic Symposium on Soil-Plant-Animal Interrelationships and Implications to Human Health. Hanasaari Culture Center, Dec. 9-11, 1980. Helsinki, s. 31-35.
- Jansson, S.L. 1981. Mineral elements in plants and soils, general aspects. Teoksessa: Mineral Elements '80. Proceedings, Part I. A Nordic Symposium on Soil-Plant-Animal Interrelationships and Implications to Human Health. Hanasaari Culture Center, Dec. 9-11, 1980. Helsinki, s. 45-51.
- Jorhem, L., Mattson, P. & Slorach, S. 1984. Lead, cadmium, zinc and certain other metals in foods on the Swedish market. Vår Föda 36, suppl 3. 135-208.
- Kamal-eldin, A., Pouri, A., Eliasson, C. & Åman, P. 2001. Alkylresorcinols as antioxidants: hydrogen donation and peroxy radical-savenging effects. Journal of the Science of Food and Agriculture 81: 353-356.

- Kozubek, A. & Tyman, J. 1999. Resercinolic lipids, the natural non-isoprenoid phenolic amphiphiles and their biological activity. *Chemical Reviews* 99: 1-25.
- Kumpulainen, J. 2001. Suomalaisten keskimääräinen ravinto- ja vierasaineiden saanti. Teoksessa: Kumpulainen, J.T. (toim.). Suomalaisten elintarvikkeiden ravitsemuksellinen laatu ja kemiallinen turvallisuus. Kouvola: Scanweb. s. 41-46.
- Kumpulainen, J., Raittila, A.M., Lehto, J. & Koivistoinen, P. 1983. Electrothermal atomic absorption spectrometric determination of selenium in foods and diets. *Journal of Association Official Analytical Chemistry* 66: 1129-35.
- Köse, E. & Ötles, S. 1996. The influence of milling on the nutritive value of flour from rye. 2. Minerals. Teoksessa: Fenwick, G.R. ym. (toim.). *Agri-Food quality: an interdisciplinary approach*. Cambridge: Royal Society of Chemistry. s. 318-321.
- Liukkonen, K.-H., Katina, K., Wilhelmsson, A., Myllymäki, O., Lampi, A.-M., Kariluoto, S., Piironen, V., Heinonen, S.-M., Nurmi, T., Adlercreutz, H., Peltoketo, A., Pihlava, J.-M., Hietaniemi, V., Oksman-Caldentey, K.-M. & Poutanen, K. 2002. Rukiin bioaktiiviset yhdisteet. *Dosis* 18: 274-284
- Liukkonen, K.-H., Katina, K., Wilhelmsson, A., Myllymäki, O., Lampi, A.-M., Kariluoto, S., Piironen, V., Heinonen, S.-M., Nurmi, T., Adlercreutz, H., Peltoketo, A., Pihlava, J.-M., Hietaniemi, V. & Poutanen, K. 2003. Process-induced changes on bioactive compounds in wholegrain rye. *Proceedings of the Nutrition Society* 62: 1-6
- Mazur, W., Fotsis, T., Wähälä, K., Ojala, S., Salakka, A. & Adlercreutz, H. 1996. Isotope dilution gas chromatographic-mass spectrometric method for the determination of isoflavonoids, coumesterol, and lignans in food samples. *Analytical Biochemistry* 233: 169-180
- Miedzobrodzka, A., Sikora, E. & Cieslik, E. 1992. The content of selected minerals and some heavy metals in food products from Southern Poland. I. Wheat and rye grain. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 1: 45-50.
- Mullin, W., Wolynetz, M. & Emery, J. 1992. A comparison of methods for the extraction and quantitation of alk(en)ylresorcinols. *Journal of Food Composition and Analysis* 5: 216-223.
- Maegher, L. & Beecher, G. 2000. Assessment of data on the lignan content of foods. *Journal of Food Composition and Analysis* 13: 935-947
- Mäkelä-Kurtto, R., Sippola, J., Grek, K. & Hakala, O. 2002. Peltojen tila. Peltojen valtakunnalliset viljavuus ja raskasmetallikartat. Saatavissa internettistä: http://www.mtt.fi/tutkimus/ymparisto/peltojen_tila.html

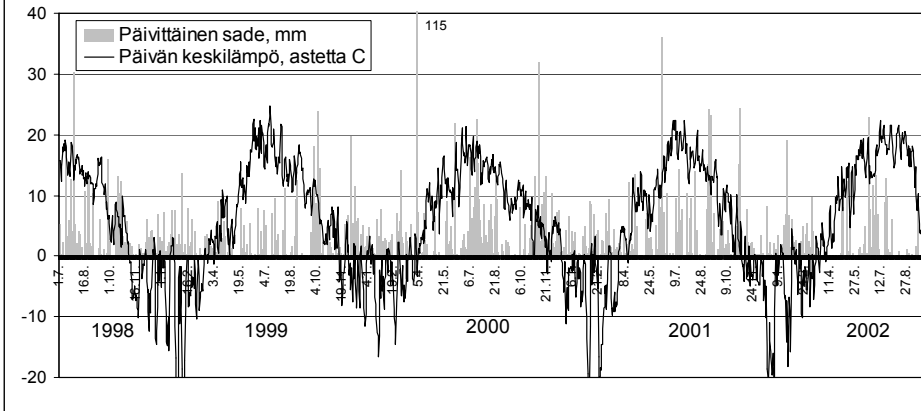
- Ruiskäsikirja 1998. Ruis 2005 Kansallinen ruisohjelma. Viljastrategiaryhmä, Maa- ja Metsätalousministeriö. Painoprisma Oy. 93 s.
- Simmonds, D.H. & Campbell, W.P. 1976. Morphology and chemistry of rye grain. Teoksessa: Bushuk, W. (toim.). Rye: production, chemistry and technology. Minnesota: American Association of Cereal Chemists. s. 63-110.
- Souci, S.W., Fachmann, W. & Kraut, H. 1981. Food composition and nutrition tables 1981/82. Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (toim.). Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart.
- Syvälähti, J. & Korkman, J. 1978. The effect of applied mineral elements on the mineral content and yield of cereals and potato in Finland. *Acta Agriculturae Scandinavica, supplementum* 20: 80-89.
- Varo, P., Nuurtamo, M., Saari, E. & Koivistoinen, P. 1980. Mineral element composition of Finnish foods III. Annual variations in the mineral element composition of cereal grains. *Acta Agriculturae Scandinavica, supplementum* 22: 27-35.
- Viljaseula 2002. Viljaseula 2001, kotimaisen viljasadon laadun seuranta 2001. Helsinki: Kasvintuotannon tarkastuskeskus viljalaboratorio. 69 s.
- Virtanen, A.I. & Hietala, P. 1955. 2,3-benzoxazinolonone an anti-Fusarium factor in rye seedlings. *Acta Chemica Scandinavia* 9: 1543-1544.
- Virtanen, A.I. & Hietala, P. 1960. Precursors of benzoxazolinone in rye plants *Acta Chemica Scandinavia* 14: 499-507.
- Wahlroos, Ö. & Virtanen, A.I. 1959. The precursors of 6-methoxy benzoxazolinone in maize and wheat plants, their isolation and some of their properties. *Acta Chemica Scandinavia* 13: 1906-1908.

Liite 1 (1/2)

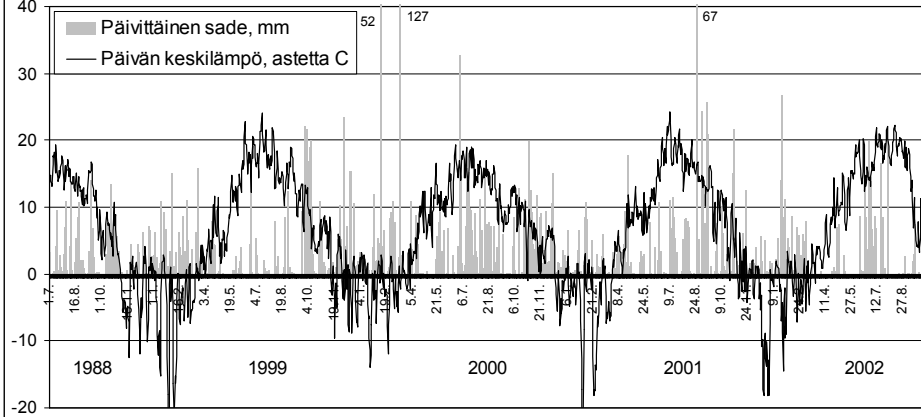


Liite 1 (2/2)

Päivän keskilämpö ja sademäärä vuoden 1998 rukiin kylvöstä vuoteen 2002 rukiin korjuuseen Pälkäneellä (päivittäiset sademäärät yli 40 mm on merkitty numeroin)



Päivän keskilämpö ja sademäärä vuoden 1998 rukiin kylvöstä vuoteen 2002 rukiin korjuuseen Mietoissa (päivittäiset sademäärät yli 40 mm on merkitty numeroin)



Maa- ja elintarviketalous –sarjan kasvintuotantoteemassa ilmestyneitä julkaisuja

2004

- 48 Rukiin jalostuksen ja viljelyn tehostaminen pohjoisilla viljelyalueilla. *Hovinen, S. ym. (toim.)* 199 s. Hinta 25 euroa.
- 46 Puutarhakasvien tihkukastelu ja kastelulannoitus avomaalla. Viljely, teknologia ja talous. *Suojala, T. ym.* 134 s. Hinta 25 euroa.
- 42 Kiinalaisten ja uhanalaisten rohdoskasvien viljelymahdollisuudet Suomessa. *Jokela, K & Galambosi, B.* 31 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/met/pdf/met42.pdf).
- 41 Perunantyyvi- ja märkämädän epidemiologia, diagnostiikka ja hallintakeinot. *Hannukkala, A. & Segerstedt, M. (toim.)*. 58 s. Hinta 20 euroa.

2003

- 37 Adaptogeenikasvien viljelytutkimus ja käyttö Suomessa. Ruusujuuri-seminaari, Mikkeli, 18.6.2002. *Galambosi, B. (toim.)*. 106 s. Hinta 25 euroa.
- 26 Luomumansikan viljelytekniikka ja kasvinsuojelu. Kirjallisuusselvitys. *Prokkola ym.* 160 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/met/pdf/met26.pdf).
- 17 Uhanalaisten lääkekasvien markkinat ja viljely: Kirjallisuusselvitys. *Galambosi, B. & Jokela, K.* 88 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/met/pdf/met17.pdf).
- 15 Lietelannan käyttö nurmikierrossa. *Mattila, P. (toim.)*. 80 s. Hinta 20 euroa.
- 9 Kestorikkakasvit kevätiljantuotannon uhkana. *Lötjönen, T. ym.* 115 s. Hinta 25 euroa.

Julkaisuviitteet löytyvät sarjojen internetsivuilta
www.mtt.fi/julkaisut/sarjathaku.html.

