

**ERI RUISLAJIKETYYPPIEN SATOKOMPONENTTIEN VERTAILU JA
VAIKUTUS SADONTUOTANTOON**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Mustiala, Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Kevät 2018

Salla Mäki

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma
Maatilatalous
Mustiala

Tekijä	Salla Mäki	Vuosi 2018
Työn nimi	Eri ruislajiketyyppien satokomponenttien vertailu ja vaikutus sadontuotantoon	
Työn ohjaaja /t	Heikki Pietilä	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, mitkä ovat syysrukiin tärkeimmät satokomponentit ja vertailla niiden vaikutusta sadontuotantoon. Työssä selvitettiin, missä satokomponenteissa lajiketyyppien väliset erot sadontuotannossa ilmenevät. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Boreal Kasvinjalostus Oy.

Työn teoriaosuudessa käydään läpi rukiin viljelykasviominaisuuksia, eri lajiketyypit ja syysrukiin viljelytekniikka. Lisäksi työ käsittelee syysrukiin satokomponentteja eli niitä sadon osatekijöitä, joista hehtaarisato muodostuu.

Työhön liittyvä tutkimusaineisto kerättiin Borealin syysrukiin lajikekokeista syksyllä 2016. Koejäseniksi valittiin syysrukiin eri lajiketyyppejä. Mitattavia satokomponentteja olivat oraiden, versojen, tähkien ja jyvien lukumäärä neliömetrillä, jyvien määrä tähkässä ja tuhannen jyvän paino. Lisäksi mitattiin kasviyksilöiden keskimääräinen pituus ja laskettiin satoindeksi.

Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan todeta, että jyvien määrä pinta-alayksikköä kohden ja yksittäisen jyvän paino ovat rukiin tärkeimmät yksittäiset satokomponentit. Riippuvuus näiden kahden satokomponentin ja sadon välillä oli voimakasta. Jalostuksella on rukiin kortta saatu lyhennettyä populaatiolajikkeella. Koejäsenten satoindeksien keskiarvoista on nähtävissä, kuinka satoindeksi on noussut populaatiolajikkeilla ja hybrideillä uusien lajikkeiden myötä. Tämän tutkimuksen koejäsenten satoindeksien keskiarvo oli 50 prosenttia ja parhaimmalla lajikkeella satoindeksi oli 55 prosenttia.

Avainsanat Ruis, kasvinviljely, satokomponentit, satoindeksi

Sivut 34 sivua

Degree Programme in Agricultural and Rural Industries
Mustiala

Author	Salla Mäki	Year 2018
Subject	A Comparison between yield components of different winter rye variety types and their impact on crop production	
Supervisors	Heikki Pietilä	

ABSTRACT

The aim of the thesis was to find out the most important yield components of winter rye and to compare their effect on grain yield. Differences between yield components in different rye variety types were studied. The thesis was performed at Boreal Plant Breeding Ltd.

The theoretical part of the thesis covers rye crop characteristics, different winter rye variety types and winter rye cultivation technique. In addition, the thesis explains winter rye yield components which together form the yield per hectare.

The research material was collected from Boreal's winter rye variety trials in autumn 2016. Different winter rye varieties were selected to the study. Measured yield components were the number of tillers, shoots, spikes and grains per square meter, the number of grains per spike and thousand grain weight. Additionally, average crop length was measured and harvest index was calculated.

Based on the results, the number of grains per unit of area and thousand grain weight are the most important individual yield components of winter rye. Correlations between grain yield and these two yield components of winter rye were strong. The study showed that plant breeding has been successful in shortening straw length and harvest index has risen with new cultivars of population and hybrid varieties. On average, harvest index was 50%, the best index was 55%.

Keywords Rye, crop husbandry, yield components, harvest index

Pages 34 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	RUKIIN VIJELYYN PERUSTEET	2
2.1	Ruis viljelykasvina.....	2
2.2	Syysrukiin viljely	3
2.2.1	Esikasvi	4
2.2.2	Muokkaus- ja kylvötekniikka	5
2.2.3	Lannoitus	6
2.2.4	Kasvinsuojelu.....	7
2.2.5	Sadonkorjuu	8
2.3	Eri lajiketyypit.....	8
2.4	Rukiin tuotanto ja kannattavuus.....	10
3	RUKIIN SADONMUODOSTUS.....	11
3.1	Satokomponentit	11
3.2	Satoindeksi.....	12
4	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS JA TUTKIMUSMENETELMÄT	13
4.1	Kokeen tausta ja tavoitteet.....	13
4.2	Koejäsenet	13
4.3	Mitattavat satokomponentit.....	13
4.4	Kasvustonäytteiden kerääminen	14
4.5	Näytteiden käsittely ja analysointi.....	15
4.6	Tulosten tilastollinen analysointi	17
5	TULOKSET	18
5.1	Satokomponenttien tulokset	18
5.1.1	Koejäsenten pituus.....	18
5.1.2	Yksilöiden lukumäärä neliometrillä	20
5.1.3	Versojen lukumäärä neliometrillä	21
5.1.4	Tähkien lukumäärä neliometrillä.....	22
5.1.5	Jyvien lukumäärä neliometrillä.....	23
5.1.6	Tuhannen jyvän paino	25
5.2	Satoindeksi.....	26
6	TULOSTEN ANALYSOINTI	27
7	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	29
	LÄHTEET	31

1 JOHDANTO

Ruis on vanha suomalainen viljelykasvi ja ruispelto osa suomalaista kulttuurimaisemaa. Rukiin kulutuksen taso on pysynyt viime vuosina melko vakaina. Ruista käytetään Suomessa noin 100 miljoonaa kiloa vuodessa eli noin 16–17 kiloa asukasta kohden. Vuonna 2015 Suomi saavutti omavaraisuuden rukiin tuotannossa. Edellisen kerran Suomi tuotti ruista enemmän kuin kulutti vuonna 1992. Teollisuus on sitoutunut käyttämään kotimaista ruista, jota myös kuluttajat suosivat. Tämä puolestaan on lisännyt viljelijöiden kiinnostusta rukiin viljelyä kohtaan. Rukiin viljely onkin mahdollisuus monelle viljelijälle. Ruis monipuolistaa viljelykiertoa ja sillä on varmat markkinat. Ruis pärjää myös kannattavuuslaskelmissa muita viljoja paremmin, kun sen sato on yli 4000 kiloa hehtaarilta.

Viime vuosien aikana rukiin keskisato on noussut uusien satoisampien lajikkeiden ja kehittyneen viljelytekniikan ansiosta. Neljän tonnin hehtaarisato on saavutettavissa oikealla lajikevalinnalla ja viljelytoimilla. Rukiin sato muodostuu viidestä satokomponentista, jotka ovat oraiden, versojen ja tähkien lukumäärä neliömetrillä, jyvien lukumäärä tähkässä sekä tuhannen jyvän paino. Kaksi viimeksi mainittua vaikuttavat rukiilla muodostuvan sadon määrään eniten. Satokomponenttien tarkkaileminen kasvukauden aikana auttaa viljelytoimenpiteiden suunnittelussa ja niiden oikein ajoittamisessa, siten että ne tukevat sadonmuodostumista.

Rukiin jalostuksesta Suomessa vastaa Boreal Kasvinjalostus Oy. Perinteisten populaatiorukiiden lisäksi Borealilla jalostetaan synteettisiä ruislajikkeita. Mielenkiintoisen lisän rukiin viljelyyn ovat tuoneet hybridirukiit. Rukiin jalostuksessa on panostettu erityisesti sen viljeltävyyden parantamiseen. Tavoitteena on ollut jalostaa uusia, lyhytkortisempia lajikkeita ja parantaa syysrukiin talvenkestävyyttä. Viljelyvarmuuden lisäksi on panostettu myös satoisuuden kasvattamiseen.

Suoritin erikoistumisharjoittelun Borealilla kesällä 2016, jolloin minulle tarjottiin mahdollisuutta vertailla opinnäytetyössäni syysrukiin eri lajiketyyppien satokomponentteja ja niiden vaikutusta rukiin sadontuotantoon. Työhön sisältyi tutkimusaineisto, joka kerättiin syysrukiin lajikekoeruuduilta syksyllä 2016. Näiden eri lajiketyyppien satokomponentteja ei ole verrattu toisiinsa aiemmissa tutkimuksissa. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, missä satokomponenteissa lajiketyyppien väliset erot sadontuotannossa ilmenevät ja millä satokomponenteilla on suurin vaikutus muodostuvan sadon määrään. Lisäksi tutkimusaineistosta määritettiin lajiketyyppien satoindeksit ja verrattiin niitä aiempiin tutkimustuloksiin.

2 RUKIIN VIJELYYN PERUSTEET

2.1 Ruis viljelykasvina

Ruis (*Secale cereale* L.) on vanha suomalainen viljelykasvi (Jalli 1998, 7). Ruis kuuluu heinäkasveihin. Sillä on kyseiselle kasviryhmälle tunnusomaiset piirteet, kuten ontto korsi, hyvä versontakyky ja kukintona tähkä. Jos päivän pituus laskee alle yhdeksän tunnin, ruis käyttäytyy heinän tavoin, eikä muodosta lainkaan kukintoa. Pitkän päivän kasvina se soveltuu hyvin pohjoisiin viljelyoloihin. (Lampinen 1998b, 87; Peltonen-Sainio, Rajala & Seppälä 2005, 15.)

Rukiin korsi on perinteisesti pitkä ja hento, mikä tekee siitä lakoutumisher-
kän. Tähkä on pitkähkö ja nuokkuva (Kuva 1). Syyskylvöinen ruis tarvitsee korren ja tähkän muodostamiseen 30 – 50 päivän mittaisen kylmäkäsitte-
lyn eli vernalisoinnin lämpötilan ollessa 0 – 5°C astetta. Tarvittava aika ja lämpötila vaihtelevat ruistyyppin ja kosteusolojen mukaan. (Lampinen 1998b, 87–88; Mäkelä & Yli-Halla 2012, 48; Yara n.d.b.)



Kuva 1. Suomessa viljeltävät ruislajikkeet ovat vihneellisiä (Mäki 2016).

Jyvä on pienikokoinen, malliltaan pitkähkö ja väriltään yleensä tummempi kuin muilla viljoilla. Puintikypsänä jyvä on harmaankellertävä ja muistuttaa rakenteeltaan vehnän jyvää. Populaatiolajikkeiden tuhannen jyvän paino on tavallisesti välillä 24–32 grammaa ja hybridilajikkeiden 31–35 grammaa. Jyvän itämislepo eli dormanssi on rukiilla lyhyt ja jyvä saavuttaa itämiskypsyyden aktiivisen kosteudenpoistovaiheen päättyessä, kosteuden ollessa 40–43 prosenttia. Rukiin jyvä pystyy itämään muita viljoja matalammissa lämpötiloissa, jopa 3–5 asteessa. (Jalli 1998, 8; Lampinen 1998b, 88.)

Ruis on kevätiljoja syväjuurisempi ja sen juuret voivat kasvaa jopa kahden metrin syvyyteen. Syvän juuristonsa avulla ruis ottaa vettä ja ravinteita tehokkaasti ja pystyy hyödyntämään myös alempia maakerroksia. Ruis pystyy juuristonsa avulla hyödyntämään esikasvulta käyttämättä jääneet ravinteet tehokkaasti. Ominaisuuksiensa puolesta ruis soveltuu hyvin myös luomuviljelyyn. (Jalli 1998, 12; Lampinen 1998b, 87; Yara n.d.b.)

Suomessa viljellään syys- ja kevätruista. Kevätruis käyttäytyy muiden kevätiljojen tavoin, eikä tarvitse vernalisaatiota kukintojen muodostamiseen (Yara n.d.b). Korsi on pitkä ja lakoutumisherkkä. Nopean tähkälle tulon vuoksi korrensäaderuiskutus on tehtävä mahdollisimman varhain kasvuston pystyssä pysymiseksi. Kevätruis on arka kuorettumille, eikä sovellu viljeltäväksi poudanaroilla savimailla. Se on myös alttiimpi torajyväsäastunnalle kuin syysruislajikkeet. Kevätruis ei ole yhtä satoisa kuin syysruis, sillä sen juuristo on vähemmän kehittynyt. Pitkän kasvuaikansa vuoksi sitä voidaan viljellä vain eteläisillä viljelyvyöhykkeillä. (Laine 2003; VYR 2010, 5, 8.)

2.2 Syysrukiin viljely

Syysrukiin viljelyssä on epävarmuustekijöitä, esimerkiksi talvehtimisen onnistumisen osalta, ja se vaatii erilaista viljelyyn panostamista kuin muut viljat. Syysruista viljellään viljelyvyöhykkeillä I–III. Mäkelän ja Yli-hallan (2012, 47) mukaan se menestyy parhaiten Etelä- ja Keski-Suomen alueella. Pohjoisille viljelyalueille suositellaan talvenkestävämpiä, kotimaisia populaatiolajikkeita. Hybridiruista viljellään lähinnä Etelä- ja Länsi-Suomen alueella. (VYR 2010, 6, 8.)

Ruista viljeltäessä pellon kasvukunnon on oltava hyvä ja vesitalouden kunnossa. Salon (1998, 48) mukaan pellon pinnan tulee olla viettävä tai pinnanmuodoiltaan sellainen, ettei seisova vesi ja jääpolte vahingoita oraita (Kuva 2). Syysruis sopii parhaiten viljeltäväksi laajoille peltoaukeille. Hybridiruikiin viljelyssä myös pellon tuuliolosuhteisiin tulee kiinnittää huomiota pölytyksen onnistumiseksi. (Boreal 2013a; VYR 2010, 8.)



Kuva 2. Ruis sopii hyvin rinnepelloille (Mäki 2016).

Syysruis viihtyy monenlaisilla maalajeilla, mutta parhaiten se sopii viljeltäväksi savi- ja hietamaille. Eloperäisillä mailla sen talvehtiminen on heikompaa. Syysruis on kasvupaikkansa suhteen vaatimaton viljelykasvi ja sietää jonkin verran paremmin happamuutta kuin muut viljat. Leipäviljan tuotannossa liian hapan maa ei kuitenkaan ole suositeltavaa ja rukiin pH-tavoite on 6,4 karkeilla kivennäismailla, savimailla 6,7 ja eloperäisillä mailla 6,0. (VYR 2010, 8, 11.)

2.2.1 Esikasvi

Syysrukiin kylvö on suunniteltava jo keväällä varaamalla syyskylvöjä varten sille sopiva lohko ja esikasvi. Viljojen puinti ja syysrukiin kylvö osuvat monesti samaan kiireiseen aikaan. Valitun lohkon on oltava valmiina rukiin kylvölle elokuun loppupuolella. (VYR 2010, 8.)

Rukiin esikasviksi sopii hyvin aikainen ohra. Kasvuajaltaan aikainen ohralajike saadaan puitua muita viljoja aikaisemmin, jolloin kylvötoille jää enemmän aikaa. Ruista voidaan kylvää myös rukiin jälkeen, mutta se lisää tautipainetta. Ruista kylvetään usein myös kesannon, kevät- ja syysvehnän jälkeen. Palkokasvien yleistymisen tarjoaa hyvän vaihtoehdon rukiin esikasviksi. Kevätrypsi on Etelä-Suomessa hyvä esikasvi syysviljalle, mutta myöhäisenä syksynä se voi viivästyttää kylvöjä. Nurmi, joka päätetään ruiskuttamalla glyfosaatti-valmisteella hyvissä ajoin kesällä, sopii myös hyvin syysrukiin esikasviksi. Samalla pystytään torjumaan rikkakasveja, erityisesti juolavehnää. Täysin ruskettunut nurmi kynnetään ja muokataan sopivaksi kylvöalustaksi rukiille. Monivuotinen kumina ei aikaisesta puintiajankohdasta huolimatta sovellu rukiin esikasviksi. Kumina on voimakasarominen kasvi, joten se voi aiheuttaa myllyrukiiseen laadullisia ongelmia. (Salo 1998, 48; VYR 2010, 8-9.)

2.2.2 Muokkaus- ja kylvötekniikka

Ruis tulee kylvää aikaisin elokuun loppupuolella. Paras kylvöajankohta on 15–25 elokuuta. Aikainen kylvö varmistaa, että versomiseen jää aikaa noin kolme viikkoa. Hybridiruista voidaan kylvää vielä syyskuun 10. päivään saakka. Liian aikainen kylvö tuottaa rehevän kasvuston jo syksyllä, mikä lisää kahukärpästuhoja ja heikentää oraiden talvehtimistä. Jos ruis kylvetään liian myöhään, se ei ehdi kunnolla versoa ennen talvea. (Raisioagro 2012; Salo 1998, 50; VYR 2010, 9.)

Ennen rukiin kylvöä pelto kynnetään ja äestetään tasaiseksi kylvöalustaksi. Syksyllä sade voi liettää hienoksi muokatun maan, joten muokkausjälki on jätettävä karkeammaksi kuin kevätkuokkauksessa. Vaihtoehtoisesti sänkipelto voidaan kynnön sijasta muokata lapiorullaäkeellä tai kultivaattorilla. Muokkausjälki jää tällöin kuitenkin epätasaisemmaksi ja olkimassa voi haitata kylvöä. Syysruis voidaan kylvää myös suoraan edellisen kasvin sänkeen suorakylvökoneella. Runsas olkijäte haittaa myös suorakylvöä ja orastumista. (VYR 2010, 9.)

Kylvölannoitus tulisi tehdä heti äestyksen jälkeen. Ruis kylvetään kylvölannoittimella käyttäen normaalia 12,5 senttimetrin riviväliä. Syysruis pitää kylvää ennemmin liian matalaan kuin syvään. Kylvösyvyys on vain 2–3 senttimetriä, mikä on parempi rukiin alkukehityksen ja talvehtimisen kannalta. Kylvötiheys vaikuttaa sadon suuruuteen ja laatuun. Harvaan kylvettyyn kasvustoon muodostuu paljon sivuversoja. Ruis versoutuu voimakkaasti ja sen suositeltava kylvötiheys on kylvöajankohdasta ja kylvöalustasta riippuen 400–500 itävää siementä neliömetrille. Hybridirukiilla suositeltava kylvösiemenmäärä on alhaisempi, vain 200–250 itävää siementä neliölle. Kylvön viivästyessä kylvötiheyttä tulisi lisätä 10–20 prosenttia. Sertifioidun ja peitatun siemenen käyttö kylvösiemenenä takaa tasaisen kasvuston muodostumisen. Hybridiruista kylvettäessä kasvustoon suositellaan jättämään ajourat torajyväriskin vähentämiseksi. (Boreal 2013a; K-Maatalous 2017b; Mäkelä & Yli-Halla 2012, 56, 58; VYR 2010, 9.)

Hyvissä olosuhteissa hybridiruista tuottaa runsaasti versoja syksyllä, minkä vuoksi tarvittava kylvösiemenmäärä on alhaisempi kuin populaatiolajikkeilla. Kylvösiemen myydään yksiköissä (Unit). Yksi yksikkö vastaa miljoonaa itävää siementä. Aikaisessa kylvössä ja hyvissä itämisoloissa voidaan käyttää matalaa siemenmäärää eli 2–2,5 yksikköä hehtaarille. Kylvöajankohdan siirtyessä myöhemmäksi siemenmäärä on 2,5–3 yksikköä hehtaaria kohden. Hybridirukiilla kasvusto ei saa muodostua liian tiheäksi ja tavoitteena on noin 600 tähkää neliömetrille. (Boreal 2013a; Raisioagro 2012.)

2.2.3 Lannoitus

Rukiin syyslannoitus tehdään NPKS-lannoitteella. Kylvölannoituksessa rukiille voidaan ympäristötuen ehtojen mukaan antaa 20–30 kiloa typpeä hehtaarille. Koska ruis versoo voimakkaasti syksyllä, on huolehdittava kasvuston riittävästä fosforin ja kaliumin saannista. Fosfori on tärkeä ravinnejuurten ja versojen kehitykselle. Kalium puolestaan parantaa rukiin talvenkestävyyttä. Näiden lannoitus perustuu aina voimassa olevaan viljavuustutkimukseen. (Boreal 2013a; Raisioagro 2012; VYR 2010, 11.)

Mailla, joiden pH on hyvä tai parempi, on varmistettava hiventen riittävyys. Rukiilla riittävä kuparinsaanti lisää siitepölyn määrää, lyhentää heilimöintiaikaa ja vähentää torajyvien muodostumista. Myös boori vähentää torajyväsaastunnan riskiä. (VYR 2010, 12.)

Syysruis aloittaa kasvunsa aikaisin keväällä. Kevätlannoitus tulisi tehdä mahdollisimman varhain ja yhdellä kertaa pintalannoituksena. Lannoitukseen käytetään rikkipitoista typpilannoitetta. Syysrukiille voi ympäristötuen mukaan antaa typpeä enintään 130 kiloa hehtaarille (Kuva 3). Multavuuden lisääntyessä typpilannoitusta tulisi vähentää 20–40 kiloa hehtaarilta. Kevätlannoitus voidaan antaa myös jaettuna lannoituksena kasvuston kunnosta riippuen. Pienille oraille starttityppi annetaan aikaisin keväällä ja lisätyppi ennen korrenkasvuvaihetta. Kasvukauden aikainen lisälannoitus nostaa rukiin jyväsadon määrää ja valkuaispitoisuutta. (Boreal 2013a; Raisioagro 2012; VYR 2010, 11.)



Kuva 3. Starttityppi annettu pintalannoituksena. Varhaisella orasasteella rukiin lehdet ovat punavioletteja. (Lampinen 1998b, 87; Mäki 2016.)

2.2.4 Kasvinsuojelu

Syysrukiilla kasvinsuojelutarpeeseen vaikuttavia tekijöitä ovat viljeltävä lajike, maalaji, rukiin esikasvi, käytetty kylvömuokkaustekniikka, talvehtimisen onnistuminen ja kasvukauden sääolosuhteet. Kasvinsuojelu perustuu aina tavoiteltavaan satotasoon. (VYR 2010, 12.)

Syksyllä rehevä ja tiheä kasvusto on erityisen altis lumihomeelle, jos pysyvä lumi sataa routaantumattomaan maahan. Suojaava lumipeite luo otolliset olosuhteet alhaisissa lämpötiloissa viihtyville talvihuosienille. Lumihome vioittaa talvehtivia syysrukiin oraita. Syksyllä tehtävä kasvustoruiskutus antaa suojan maaperässä ja kasvinjätteissä elävää sienirihmastoja vastaan. Paras torjuntateho saadaan, kun ruiskutus tehdään rukiin kasvun päätyttyä ennen pysyvän lumen tuloa. Rukiin kylvösiemenen peittäminen on lumihomeen torjunnan lähtökohta. Peittäyksellä voidaan torjua myös muita itämistä heikentäviä homesieniä. (Boreal 2013a; MTT 2013; VYR 2010, 12.)

Aikaisin kylvettyjä ruislohkoja on lämpimänä syksynä tarkkailtava kahukärpästen ja etanoiden varalta. Kahukärpänen voi aiheuttaa vioituksia rukiin oraille. Vioituksen seurauksena ruis muodostaa paljon versoja, mutta tähkiin ei kehity lainkaan jyviä. Jos kahukärpäsiä esiintyy paljon rukiin orastumisen aikaan, ruiskuvasto käsitellään hyönteistorjunta-aineella 2-lehtiasteella. Kahukärpästen torjuntaan auttaa myös rukiin riittävän myöhäinen kylvö. Etanat voivat olla ongelma varsinkin kevytmuokatuilla pelloilla. Kemiallista torjunta-keinoa niille ei ole, mutta etanoiden torjumiseksi voidaan pellolle levittää sammutettua kalkkia. (Raisioagro 2012; Mäkelä & Yli-Halla 2012, 63; VYR 2010, 13.)

Rikkakasvit torjutaan ruiskuvastosta jo syksyllä, varsinkin kevytmuokatuilla mailla ja suorakylvössä. Torjunta suoritetaan oraan 2-lehtiasteella. Rikkakasvitorjunta syksyllä voi kuitenkin heikentää oraiden talvehtimistä, eikä sitä suositella hybridirukiille. Juolavehänä torjutaan ennen rukiin kylvöä glyfosaatti-valmisteella. Sitä voidaan torjua ruiskuvastosta myös valikoivilla torjunta-aineilla. Muut rikkakasvit torjutaan aikaisin keväällä, rukiin kasvun alettua. Mikäli ruislohkolla on suurta saunakukkaa tai mataraa, on niiden torjuntaan kiinnitettävä erityistä huomiota. (Boreal 2013a; Raisioagro 2012; VYR 2010, 12, 13.)

Laontorjunnalla varmistetaan runsas ja hyvälaatuinen ruissato ja kasvuston pystyssä pysyminen. Rukiin kasvunsääderuiskutus voidaan tehdä kahdessa osassa. Ensimmäinen kasvunsääderuiskutus tehdään rikkakasviruiskutuksen yhteydessä ja lisäruiskutus tarvittaessa lippulehtivaiheessa. Käsitteilyn jakaminen kahteen osaan on kasvin kannalta hellävaraisempi ja vaikuttaa korteen sen molemmissa päissä. (Boreal 2013a; VYR 2010, 13.)

Kasvitaudit vaikuttavat satotasoon ja sadon laatuun. Syysrukiilla esiintyy ruskearuostetta, joka voi aiheuttaa huomattavia sadonmenetyksiä. Kostea

sää edistää myös rengaslaikun ja härmän leviämistä ruiskasvustoon. Pyritäessä korkeaan satotasoon, kannattaa tautiaineruiskutus yhdistää lippulehtivaiheen kasvunsäädäkäsittelyyn. Ruskearuostetta ei siinä vaiheessa voida kasvustosta vielä havaita, vaan torjunta on tehtävä ennakoiden. Tautitorjuntaa ei suositella enää tähkälle tulon jälkeen ja kasvuston korkeus käytännössä estää sen. (Raisioagro 2012; VYR 2010, 13, 14.)

Torajyviä esiintyy epäsuotuisten sääolojen tai hivenravinnepuutosten seurauksena. Hybridilajikkeilla torajyväriski on populaatiolajikkeita suurempaa. Kaikkien viljelytoimenpiteiden tavoitteena on mahdollisimman tasainen kasvusto, joka takaa tasaisen heilimöinnin. Torajyväriski on suurempi epätasaisessa kasvustossa, ja mitä pidempään kasvustossa on kukkivia tähkiä. Ajourat ovat välttämättömät hybridiruista viljeltäessä, jotta kasvuston talleaminen ei aiheuttaisi kasvustoon epätasaisuutta. (Lampinen 1998a, 66; VYR 2010, 13, 14.)

2.2.5 Sadonkorjuu

Ruis päästään puimaan sadonkorjuukauden alussa, jolloin puintipäivät ovat pitkiä ja puintiolosuhteet yleisesti ottaen hyvät. Rukiin puinti on kevätiljojen puintiin verrattuna hidasta, koska olkimassaa on enemmän, korsi pidempi ja sitkeämpi ja kasvusto usein enemmän laossa. (VYR 2010, 14.)

Syysruis tarvitsee tuleentuaakseen keskimäärin 930 asteentehoisan lämpösumman. Summa kertyy, kun vuorokauden keskilämpötila ylittää +5 asteen. Puintiajankohdalla vaikutetaan rukiin leivontalaatuun ja sakolukuun. Sakoluvun kannalta rukiin paras puintiaika on noin viisi päivää keltatuleentumisesta. Kuivauskustannusten ja puinnin sujuvuuden kannalta puintikosteuden tulisi olla mahdollisimman alhainen. Ruis on valmista puitavaksi, kun sen kosteus on laskenut alle 30 prosenttiin. Sateisena syksynä rukiin sakoluku laskee nopeasti ja se on herkkä tähkäidännälle. Tähkäidäntää voi esiintyä kostean ja lämpimän sään vallitessa keltatuleentumisvaiheessa. (Raisioagro 2012; Mäkelä & Yli-Halla 2012, 57; VYR 2010, 14; Yara n.d.b.)

Rukiin pitkä korsi ja lakoisuus tuovat haastetta puintityöhön. Rukiin puinnissa leikkuupöydän tappiot ovat yleensä suuremmat kuin puintikoneiston. Puinti sujuu parhaiten myötä- tai sivulakoon. Vastalakoon puitaessa syöttöruuvi vetää viljaa juurineen koneeseen ja olki voi kietoutua puintikelan ympärille. (VYR 2010, 14, 15.)

2.3 Eri lajiketyypit

Ruis on muista viljoista poiketen itsesteriili ja ristipölytteinen vilja, joka tarvitsee toisen saman lajin kasviyksilön pölyttyäkseen. Viljelyyn on tarjolla sekä populaatio-, hybridi- että synteettisiä ruislajikkeita. (Peltonen-Sainio ym. 2005, 18; VYR 2014.)

Populaatiolajikkeet edustavat perinteistä, laajasti Suomessa viljeltyä ruislajiketyppiä. Ne ovat erittäin talvenkestäviä ja hyvin Suomen kasvuoloihin soveltuvia. Lajikkeen kasviyksilöt muistuttavat geneettisiltä ominaisuuksiltaan toisiaan niin, että pystyvät tuottamaan yhtenäisen kasvuston ja tasalaatuisen sadon. (Boreal 2013b, 16; VYR 2014.)

Uuteen lajikkeeseen pyritään saamaan mahdollisimman laaja geneettinen perusta. Yksilöiden valintaan sisältyy monivuotinen yksilö- ja linjavalinta haluttujen ominaisuuksien parantamiseksi. Populaatiolajikkeiden siementä tuottaessa yksilöt pölyttävät toisensa ja näin geneettiset ominaisuudet säilyvät sukupolvesta toiseen. Ristipölytteisenä lajina populaatiorkiin siemen taantuu ja tulee uudistaa riittävän usein. Kaikki kotimaiset ruislajikkeet ovat populaatiolajikkeita. (Hovinen 1998, 46; VYR 2014.)

Hybridilajikkeita tuotetaan kahden toisistaan poikkeavan ja ominaisuuksiltaan yhteensopivan äiti- ja isälinjan avulla. Hybridilajikkeen elinvoimaisuus ja korkea satopotentiaali perustuvat risteytyselinvoimaan eli heteroosi-ilmiöön, joka muodostuu, kun yhdistetään geeniperimältään erilaisia vanhemmaislinjoja uudeksi lajikkeeksi. (Boreal 2013a; Teeri 2012, 199; VYR 2014.)

Hybridilajikkeen siementuotannon vaiheet toteutetaan eristettyinä toisistaan. Näin pyritään estämään siitepölyn sekoittuminen. Lajikkeen äitilinjan on koirassteriili, eikä kykene itse tuottamaan elinkykyistä siitepölyä. Äitilinjan viereen kylvettävässä isälinjassa on siitepölytuotannon palauttava geeni. Pölytyksen jälkeen äitilinjasta korjattava siemensato pystyy pölyttämään ja tuottamaan normaalisti satoa. (Boreal 2013a.)

Teeren (2012, 199) mukaan Heteroosi-ilmiö on hybrideillä suurimmillaan ensimmäisessä sukupolvessa, F_1 . Seuraavissa sukupolvissa jälkipolvet ristiinpölytyvät ja saavat joko äiti- tai isälinjan piirteitä. Tästä syystä hybridilajikkeen tuottamaa satoa ei voida käyttää kylvösiemenenä, sillä siinä äiti- ja isälinjalta peritty, keskenään hyvin erilainen geeniaines on jokaisessa siemenessä järjestäytynyt eri tavalla. Lopputuloksena on vaihteleva kasvusto ja alhaisempi satotaso. Siksi lajikkeen siemen on uusittava vuosittain. (Boreal 2013b, 16; VYR 2014.)

Itsepölytyslinjat ovat hybridilajikkeiden äiti- ja isälinjoja. Linjat ovat pakotettuja käymään läpi lajin ominaisuuksille vastaisia itsepölytyksiä, jotka heikentävät niiden elinvoimaa. Hybridijalostuksessa pyritään lisäämään itsepölytyksen sietämistä. Valitsemalla oikeat itsepölylinjat ja risteyttämällä ne keskenään hybridiksi, voidaan hyödyntää heteroosi-ilmiötä ja palauttaa itsepölytyksessä menetetty elinvoima. Itsepölytyslinjojen hyödyntämistä synteettisten lajikkeiden vanhempaislinjoina tutkitaan. (Haikka 2016.)

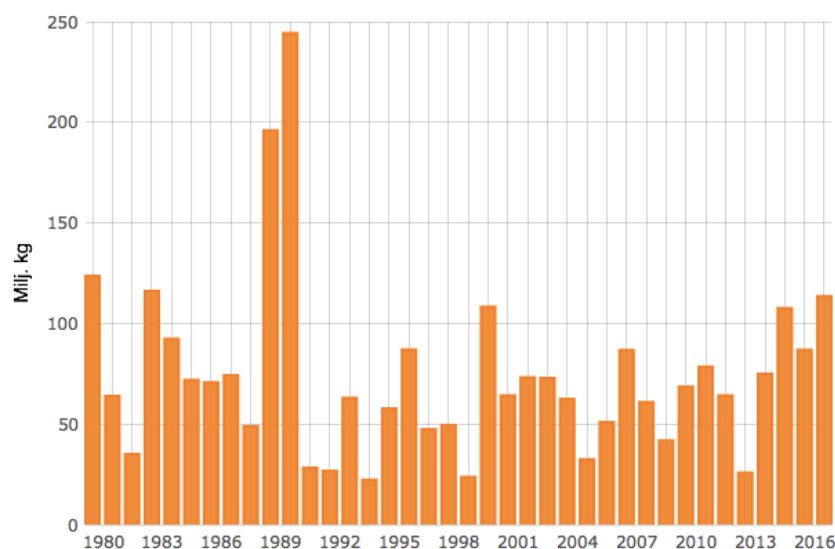
Synteettiset lajikkeet ovat populaatio- ja hybridilajikkeiden välimuotoja, joiden katsotaan kuitenkin kuuluvan populaatiolajikkeisiin. Hybridien tapaan niiden korkea sadontuottokyky perustuu heteroosi-ilmiöön. (Boreal 2013b, 16; Hovinen, Lindroos & Peltomäki 2004, 13; VYR 2014.)

Synteettinen lajike muodostuu, kun esimerkiksi neljästä kuuteen parasta vanhempaislinjaa yhdistetään vapaaseen pölytykseen. Näin saadaan ensimmäinen synteettinen sukupolvi. Vanhempaislinjat voivat olla populaatioita, klooneja, risteytysjälkeläistöjä tai itsepölytyslinjoja (Geiger & Miedaner 2009, 157–181). Viljelijä voi käyttää siementä omaan käyttöönsä, mutta olemassa oleva heteroosi hiipuu muutaman sukupolven jälkeen. (Hovinen 1998, 46.)

2.4 Rukiin tuotanto ja kannattavuus

Pohjoisen sijainnin vuoksi viljelyn lähtökohdat Suomessa eroavat suuresti muista EU:n jäsenvaltioista ja syysviljojen osuus viljelyalasta on verrattain vähäinen. Suomessa rukiin viljely on keskittynyt maan eteläosiin. Päätuotantoalueita ovat Lounais-Suomi, Uusimaa ja Kymenlaakso. (Franssila 1998, 34; VYR 2010, 5.)

Vuonna 2017 rukiin viljelypinta-ala nousi 32 000 hehtaariin. Kevätrukiin osuus viljelyalasta oli 900 hehtaaria. Koko maan rukiin keskisato nousi edellisvuodesta 3 920 kiloon hehtaarilta. Rukiin kokonaissato oli yhteensä 113,5 miljoonaa kiloa, mikä on suurin ruissato vuoden 1990 jälkeen (Kuva 4). Rukiin kokonaistuotanto vaihtelee vuosittain paljon syyskylvöalojen ja hehtaarisatojen vaikutuksesta. (Luke 2018a; Luke 2018b; VYR 2010, 5.)



Kuva 4. Rukiin kokonaissato vuosina 1980-2017 (Luke 2018c).

Ruis on Suomessa leipävilja ja sitä käytetään elintarvikkeissa noin 100 miljoonaa kiloa vuodessa eli 16–17 kiloa ruista yhtä asukasta kohden. Kulu-

tuksen taso on pysynyt suhteellisen vakaana. Suomi saavutti rukiin omavaraisuuden ensimmäisen kerran viiteentoista vuoteen vuonna 2015. Sadan prosentin omavaraisuuteen tarvitaan nykyisillä satotasoilla yli 30 000 hehtaarin ruisala. (Liespuu 2016; Luke 2015; VYR 2010, 5.)

Suomalaiselle rukiille riittää kysyntää ja teollisuus on sitoutunut kotimaisen rukiin käyttöön. Kovan kysynnän ja myllyteollisuuden tekemän panostuksen myötä rukiin hinta on pysynyt muihin viljoihin nähden paremmalla tasolla. Nykyisellä, noin 4 000 hehtaarisadolla, rukiin viljely on taloudellisesti kannattavaa. Kevätrukiin kannattavuus on toistaiseksi jäänyt rehuviljojen tasolle sen huonon satotason vuoksi. (ProAgria 2015; Pro ruis ry 2014; VYR 2010, 6.)

3 RUKIIN SADONMUODOSTUS

3.1 Satokomponentit

Satokomponentit ovat niitä sadon osatekijöitä, joista hehtaarisato muodostuu. Niiden mittaaminen ja seuraaminen kasvukaudella auttaa viljelyn suunnittelussa ja viljelytoimien oikein ajoittamisessa siten, että ne tukevat sadon muodostumista. Sadonkorjuun jälkeen satokomponentit kertovat myös viljelyn onnistumisesta, siitä mikä kasvukaudella onnistui, mikä puolestaan ei ja mitä tulisi tehdä seuraavana vuonna toisin. (Farmit 2007a; Liespuu 2005; Mäkelä & Seppänen 2012a, 33.)

Syysrukiin hehtaarisato muodostuu viidestä eri satokomponentista, jotka ovat oraiden lukumäärä neliometrillä, versojen lukumäärä neliometrillä ja tähkien lukumäärä neliometrillä, jyvien lukumäärä neliometrillä ja tuhannen jyvän paino. Julkaistun tiedon perusteella tärkeimmät satokomponentit rukiille ovat jyvien määrä neliometrillä ja yksittäisen jyvän paino. (Farmit 2007a; Yara n.d.b.)

Oraiden määrä neliometrillä lasketaan ennen sivuversojen muodostumista. Orastiheys kertoo viljelijälle, miten muokkaus ja kylvö ovat onnistuneet. Tavoitetiheys syysrukiilla riippuu lajiketyypistä. Populaatiolajikkeilla tavoitetiheys on 400 orasta neliöllä, kun taas hybrideillä ja synteettisillä lajikkeilla orastiheystavoite on alhaisempi. Jos oraiden määrä eroaa merkittävästi tavoitearvosta, on jotain mennyt pieleen. Siemen voi olla kylvetty liian syväälle, kylvöalusta on voinut jäädä epätasaiseksi tai kylvökoneen säädöt eivät ole olleet kohdillaan. (Farmit 2009; Liespuu 2005.)

Orastumisen jälkeen yksilöt alkavat muodostaa sivuversoja eli pensoa. Syysviljoilla, kuten rukiilla, sivuversoja esiintyy suhteessa enemmän kuin kevätiljoilla. Syysruis osaa hyödyntää syksyn kosteuden, ravinteiden helpon saatavuuden, alhaiset lämpötilat sekä lyhyen päivän ja versoutuu voi-

makkaasti syksyllä. Myös eri viljelytoimenpiteillä voidaan vaikuttaa sivuversojen määrään. Mikäli siemenet kylvetään liian syvälle, muodostuu suhteessa vähemmän versoja kuin lähelle pintaa kylvettyyn yksilöön. Sama pätee myös kylvösiemenen kokoon, sillä pieni siemen tuottaa yleensä vähemmän sivuversoja. (Liespuu 2005; Mäkelä & Seppänen 2012a, 37; Peltonen-Sainio ym. 2005, 25.)

Versojen muodostumisen yhteydessä määräytyy myös kasvuston tähkäluku. Syysrukiilla talvituhot voivat vaikuttaa tähkän muodostavien versojen määrään. Viljan tullessa tähkälle takana on puolet kasvuajasta ja viidestä satokomponentista on määräytynyt neljä. Salopellon (2017) mukaan kasvi on ottanut noin kahdeksankymmentä prosenttia tarvitsemistaan ravinteista ja ravinteet kulkeutuvat tästä eteenpäin lehdistä tähkään. Jos kasvusto on liian tiheä tai olosuhteet liian kuivat, tähkät voivat jäädä lyhyiksi ja jyvät pienikokoisiksi. (Farmit 2007b.)

Tähkän jyväluku on myös lajikeominaisuus. Schlegelin (2013, 51) mukaan jyvien lukumäärä tähkässä määräytyy syysrukiilla aikaisin keväällä kasvupisteen erilaistuessa. Rukiin tähkylään kehittyy yleensä kaksi kukkaa. Kolmaskin kukka saattaa erilaistua, mutta ei täyty jyväksi. Kukka-aiheen on pölytyttävä voidakseen kehittyä jyväksi. Vaikka tähkään olisi alun perin muodostunut paljon tähkylän aiheita, kasvi karsii niitä kasvuolosuhteista riippuen tähkän ylä- ja alapäästä, ja jyvien lukumäärä tähkässä jää paljon odotettua pienemmäksi. (Liespuu 2005; Peltonen-Sainio ym. 2005, 19, 28.)

Jyväkoko eli tuhannen jyvän paino on voimakkaasti periytyvä ominaisuus. Se määräytyy loppukesän aikana, jyvän täyttymisvaiheessa. Jos jyvän täyttymisen aikaan on kuumaa, voi jakso jäädä lyhyeksi ja jyväkoko pieneksi. Jyvän täyttymisvaiheessa kasvi tarvitsee mahdollisimman paljon terveitä, tehokkaasti yhteyttäviä lehtiä. Mikäli kasvitaudit kellastuttavat ja käpristävät lehdet, jyvät jäävät pienikokoisiksi ja hehtolitraino alhaiseksi. Suuren jyväkoon varmistamiseksi lajikkeen tulee olla myös taudinkestävä. Jos tautipainetta esiintyy, oikein ajoitetulla ja tarpeenmukaisella tautien torjunnalla varmistetaan laadukas sato. Lisäksi laon torjunnalla pidetään kasvusto pystyssä ja turvataan ravinteiden kulkeutuminen jyviin. (Farmit 2007b; Liespuu 2005.)

3.2 Satoindeksi

Satoindeksi kuvaa korjattavan biomassan eli jyväsadon suhdetta kasvin koko maanpäälliseen biomassaan. Satoindeksi on osittain geneettisen säätelyn alainen, eli kasvin perimällä on vaikutusta muodostuvan sadon määrään. (Aula & Talvitie 1995, 14; Mäkelä & Seppänen 2012b, 196.)

Mäkelä ja Seppänen (2012, 32) toteavat, että satoindeksiä voidaan nostaa kasvinjalostuksen ja kehittyneen viljelytekniikan avulla. Viljojen maatiaislajikkeilla, joilla kasvustonkorkeus voi olla lähemmäs kaksi metriä, satoindeksi on yleensä heikompi kuin moderneilla lajikkeilla. Heidän mukaansa

kasvinjalostuksella on kasvustonkorkeutta pystytty laskemaan. Tämä on laskenut myös korren osuutta kasvin biomassasta. Viljelyteknisistä toimituksista esimerkkeinä mainitaan typpilannoitus ja kasvunsäädäkäsittely. Typpilannoitus kohottaa satoindeksiä lisäämällä jyväsadon määrää. Kasvunsäädeteet puolestaan lyhentävät kortta ja sitä kautta suurentavat satoindeksiä.

4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS JA TUTKIMUSMENETELMÄT

4.1 Kokeen tausta ja tavoitteet

Tulevan sadon arviointi tapahtuu satokomponenttien avulla. Uusia tutkimuksia nykyisin viljeltävien syysruislajikkeiden sadonmuodostumisesta ei ole toteutettu viime vuosien aikana. Rukiin jalostuksessa havaittiin tarve perustavaa laatua olevalle tutkimukselle Suomessa viljeltävän syysrukiin tämänhetkisen sadontuottokyvyn arvioimiseksi.

Tutkimuksen tavoitteena oli vertailla syysrukiin eri lajiketyyppien satokomponentteja ja niiden välisiä eroja. Tutkimuksen avulla haluttiin selvittää, missä satokomponenteissa uusien ja vanhojen lajikkeiden sadontuotannon erot ilmenevät eri lajiketyypeillä. Mitkä ovat hybridien, populaatiolajikkeiden ja synteettisen lajikekandidaatin väliset erot sadontuotannossa. Lisäksi tarkasteltiin, missä satokomponentissa heikkosatoisten itse-pölytyslinjojen erot tulevat ilmi. Tutkimusaineisto kerättiin Boreal Kasvinjalostus Oy:n syysrukiin lajikekokeista syksyllä 2016.

4.2 Koejäsenet

Koejäseniksi valittiin syysrukiin eri lajiketyyppejä, yhteensä seitsemän koejäsentä. Populaatiolajikkeista valittiin Suomen tunnetuin syysruislajike, Pop1 ja uusi populaatiolajike-ehdokas, Pop2. Hybridirukiista valittiin vanhempaa sukupolvea edustava hybridien kestoosuosikki, Hyb1 ja uuden sukupolven hybridilajike, Hyb2. Uudentyyppisistä, synteettisistä lajikkeista valittiin yksi koejäsen, Syn1. Itsepölytyslinjat, Ip1 ja Ip2, toivat vaihtelua tutkimukseen, sillä niiden satopotentiaali on selkeästi alhaisempi kuin muiden koejäsenten.

4.3 Mitattavat satokomponentit

Mitattavia satokomponentteja olivat oraiden, versojen ja tähkien lukumäärä neliometrillä. Lisäksi määritettiin jyvien lukumäärä neliöllä ja tuhanen jyvän paino.

Oraiden lukumäärä neliometrillä saatiin laskemalla yksilöt 80 senttimetrin matkalta ja kertomalla luku kymmenellä, kun kylvövantaiden väli oli 12,5

senttimetriä. Versojen ja tähkien lukumäärä neliömetrillä saatiin laske-
malla kaikki versot ja tähkät 80 senttimetrin matkalta ja kertomalla luvut
kymmenellä. Jyvien lukumäärä tähkässä laskettiin jakamalla 80 senttimet-
rin matkalta saatu jyväsato tuhannen jyvän painolla, kertomalla saatu luku
kymmenellä ja jakamalla tähkien lukumäärällä neliömetrillä. Tuhannen jy-
vän paino laskettiin kertomalla 200 jyvän paino viidellä.

Tutkimuksessa mitattiin myös kasviyksilöiden keskimääräinen pituus ja sa-
toindeksi. Satoindeksi saatiin jakamalla jyväsato 80 senttimetrin matkalta
kasvien kokonaismassalla.

4.4 Kasvustonäytteiden kerääminen

Tutkimusta varten ei ollut mahdollisuutta kylvää erillistä koetta, vaan ai-
neiston keräämiseen käytettiin olemassa olevaa materiaalia. Tilastollisessa
tutkimuksessa näytteet tulisi ottaa satunnaisesti. Tutkimusaineistona käy-
tetyt kokeet olivat orastuneet epätasaisesti syksyllä, joten näytteiden ot-
taminen satunnaisesti ei ollut mahdollista. Tiheyden vaikutus tuloksiin mi-
nimoitiin valitsemalla silmämääräisesti pellolla näytekohdat siten, että ti-
heys oli yhtenevä.

Kasvustonäytteet kerättiin 10. ja 23. elokuuta 2016. Koejäseniä oli jokaista
kaksi kerrannetta, yhteensä 14 ruutua. Jokaisesta koeruudusta kerättiin
viidestä kohdasta yksilöt juurineen 80 senttimetrin matkalta (Kuva 5).
Apuna mittaamisessa käytettiin puista mittakeppiä. Näytteet pyrittiin ot-
tamaan kohdista, jotka edustivat ruudun keskimääräistä tiheyttä. Näytteet
niputettiin nippusiteillä ja niihin merkittiin ruutunumero ja kerranne. Nip-
puja (nippu= 80 cm:n näyte) tuli yhteensä 70 kappaletta. Näytteet kuivat-
tiin tasokuivurissa, jossa on lämminilmapuhallin.



Kuva 5. Kasvustonäytteiden keräystä syysrukiin lajikekoeruuduilta (Mäki
2016).

4.5 Näytteiden käsittely ja analysointi

Näytteet käsiteltiin Boreal Kasvinjalostus Oy:n kasvihuone- ja sadonkäsittelytiloissa syksyn 2016 aikana. Kaikki niput eli 80 senttimetriltä kerätyt kasvustonäytteet käsiteltiin erikseen. Jokaisesta nipusta mitattiin kasvien pituus juuren tyvestä tähkän päähän asti (Kuva 6). Yksilöiden pituudet nipussa vaihtelivat paljon, joten nipusta arvioitiin keskimääräinen pituus.



Kuva 6. Näytteestä mitattiin kasvien pituus ja laskettiin versojen ja tähkien lukumäärät (Mäki 2016).

Oraiden laskentaa ei voitu suorittaa koemateriaalista. Arvio orastiheydestä tehtiin laskemalla yksilöiden määrä 80 senttimetrin matkalla. Nippu irrotettiin ja varovasti availten laskettiin yksilöiden määrä juuripaakkujen avulla (Kuva 6). Juuripaakut leikattiin pois aivan juuren tyvestä ja laskettiin versojen ja tähkien lukumäärät. Koko nippu punnittiin analyysivaa'alla (Kuva 7). Saatiin kasvien kokonaismassa 80 senttimetrillä, jota käytettiin satoindeksin laskentaan.

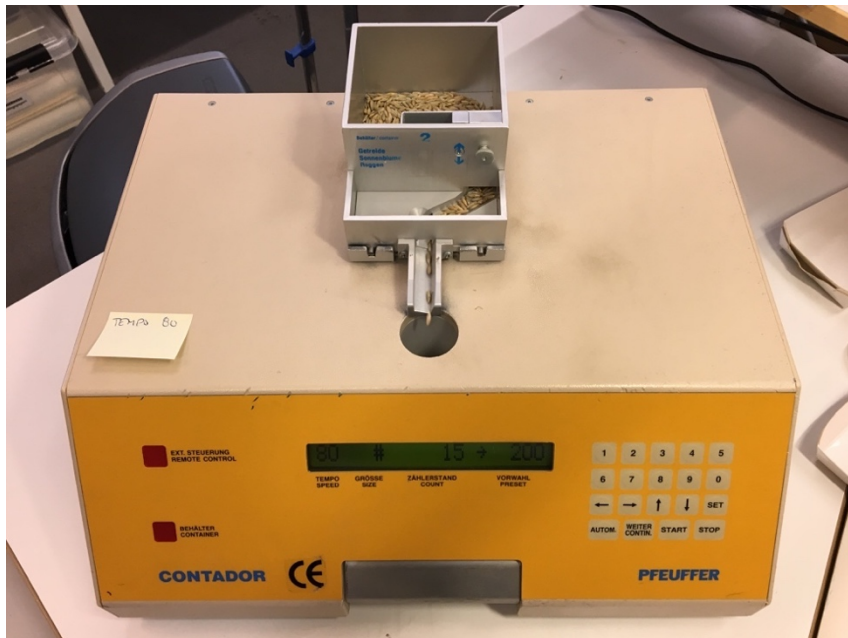


Kuva 7. Niput punnittiin ennen puintia (Mäki 2016).

Niput puitiin sadonkäsittelykoneella (Kuva 8) ja jyväsato punnittiin analyysivaa'alla. Näin saatiin jyväsato 80 senttimetrin matkalta, jota käytettiin satoindeksin ja jyvien lukumäärän tähkässä laskentaan. Tuhannen jyvän painon määrittämiseen käytettiin Pfeuffer Contadorin valmistamaa siemenlaskuria, jolla laskettiin 200 jyvää (Kuva 9). Jyvät punnittiin analyysivaa'alla ja tulos kerrottiin viidellä. Jokaiselle koejäsenelle tuli kymmenen tulosta kaikista kohdista. Saadut tulokset merkittiin Excel-taulukkoon tulosten analysointia varten.



Kuva 8. Niput puitiin sadonkäsittelykoneella (Mäki 2016).



Kuva 9. Tuhannen jyvän painon määrittämiseen käytettiin siemenlaskuria. (Mäki 2016).

4.6 Tulosten tilastollinen analysointi

Kasvustonäytteiden tulosten analysointi tehtiin R ohjelmointikielellä käyttäen R studio -ohjelmistoa (R core team 2017). Tuloksista tehtiin varianssi-analyysi `lm()` ja `anova()` toiminnoilla. Sillä selvitettiin vaihtelua koejäsenen sisällä ja koejäsenten välillä. Analyysin jälkeen koejäsenten keskiarvot laskettiin käyttäen `lsmmeans()` laskentapakettia. Menetelmätapana oli Tukeyn testi ja luottamusväleksi valittiin 0.05 prosenttia. Korrelaatiot saatiin käyttämällä `cor()` työkalua.

Tulokset on esitetty kahdella eri kaaviolla. Pylväskaavioissa on esitetty koejäsenten satokomponenttien keskiarvot, tilastollisesti merkitsevät erot ja luottamusvälit. Pylväät kuvaavat keskiarvoja ja janat (virhepalkit) luottamusvälejä, joilla 95%:n todennäköisyydellä keskiarvot sijaitsevat. Tukeyn testistä saatu tunnuskirjain vertaa koejäsenten keskiarvoja toisiinsa ja osoittaa, onko keskiarvojen välillä tilastollisesti merkitsevä ero. Jos koejäsenillä ei ole yhteistä kirjainta, ne eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. (Karjalainen 2010, 103, 111.)

Hajontakaavioissa on esitetty satokomponenttien ja sadon välistä riippuvuutta koejäsenillä. Hajontakaavion havaintopisteiden sijoittumisen perusteella voidaan todeta, esiintyykö satokomponenttien ja sadon välillä säännönmukaisuutta vai sijaitsevatko havaintopisteet täysin satunnaisesti. Jos havaintojen arvot ovat keskittyneet jonkin suoran ympärille, riippuvuus on lineaarista. Riippuvuuden voimakkuutta mitataan korrelaatiokerroimella (r). Korrelaatiokerroin rajataan välille $-1 \geq r \geq +1$. Kun $r = +1$, kaikki

havainnot sijaitsevat nousevalla suoralla ja kun $r = -1$, kaikki havainnot sijaitsevat laskevalla suoralla. Riippuvuus on voimakasta, kun kertoimen itseisarvo on suurempi kuin 0,7 ja kohtalaista, kun itseisarvo on 0,3:n ja 0,7:n välillä. (Karjalainen 2010, 124-125, 128.)

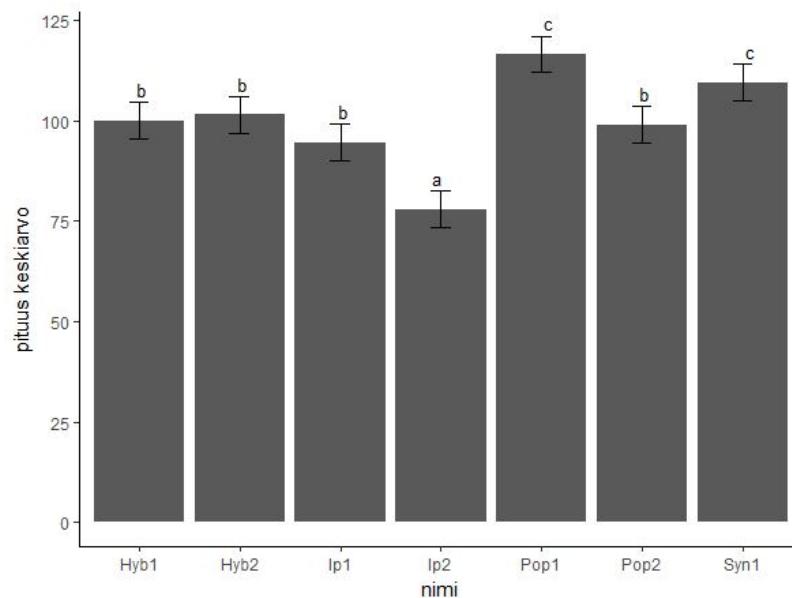
5 TULOKSET

5.1 Satokomponenttien tulokset

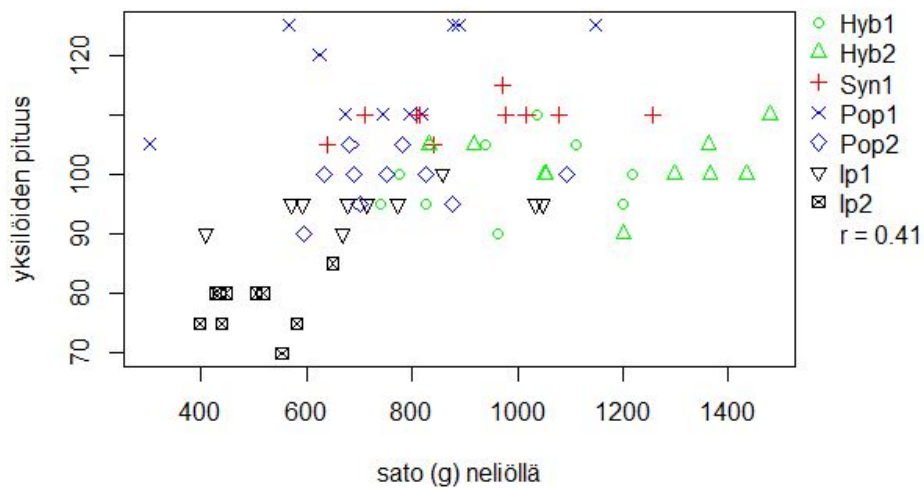
Varianssianalyysin perusteella todettiin, että kaikilla satokomponenteilla koejäsenten välinen vaihtelu oli merkitsevästi suurempaa kuin koejäsenten sisäinen vaihtelu. Kerranteella ei ollut merkitsevyyttä.

Seuraavassa on esitetty kaavioiden avulla Tukeyn testillä saadut tilastollisesti merkitsevät erot koejäsenten keskiarvojen välillä ja satokomponenttien ja sadon välinen riippuvuus.

5.1.1 Koejäsenten pituus



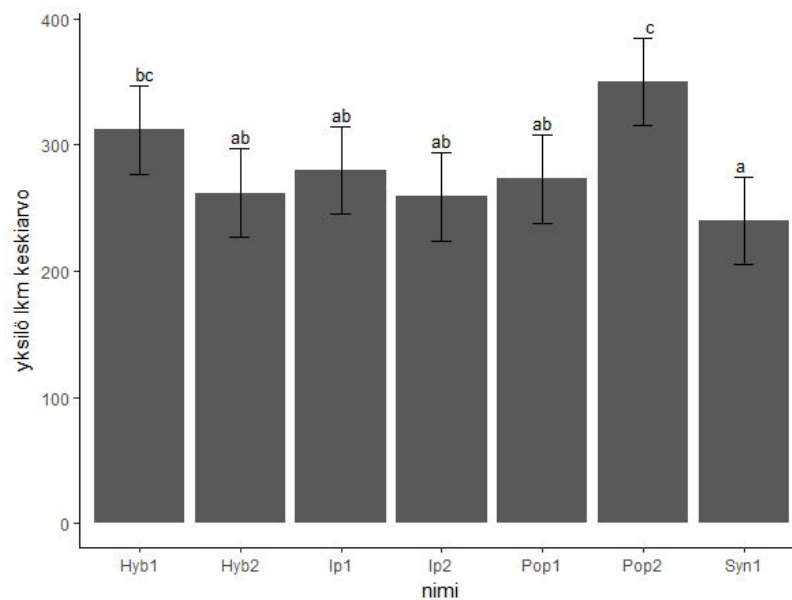
Kuva 10. Koejäsenten pituuden keskiarvot, keskiarvojen luottamusväli sekä keskiarvojen väliset tilastolliset merkitsevyyserot (Haikka 2018b).



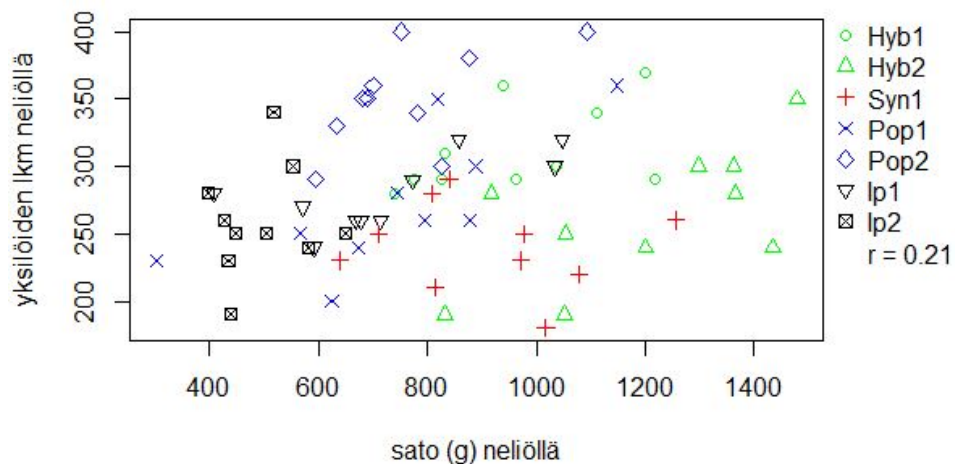
Kuva 11. Kaaviossa on esitetty koejäsenten sadon ja yksilöiden pituuden välinen korrelaatio (Haikka 2018a).

Kuvassa 10 on verrattu koejäsenten pituuden keskiarvoja toisiinsa. Tulokista on nähtävissä, että itsepölytyslinja (lp2) eroaa tilastollisesti merkitsevästi vanhasta hybridilajikkeista (Hyb1 ja Hyb2) ja uudesta populaatiolajike-ehdokkaasta (Pop2). Se poikkeaa merkitsevästi myös vanhasta populaatiolajikkeesta (Pop1) ja synteettisestä lajikekandidaatista (Syn1). Se oli koejäsenistä lyhyin, ja sen keskimääräinen pituus oli vain 78 senttimetriä. Erot hybridilajikkeiden (Hyb1 ja Hyb2) ja uuden populaatiolajike-ehdokkaan (Pop2) keskiarvoissa olivat myös tilastollisesti merkitsevät verrattuna vanhaan populaatiolajikkeeseen (Pop1) ja synteettiseen lajikekandidaattiin (Syn1), jotka olivat kokeen pisimmät koejäsenet. Vanhan populaatiolajikkeen keskimääräinen pituus oli 116,5 senttimetriä ja synteettisen lajikekandidaatin 109,5 senttimetriä. Kuvassa 11 koejäsenien tuottaman sadon (g/m^2) ja kasvien pituuden välinen korrelaatiokerroin (r) oli 0,41. Muuttujien välillä oli korrelaatio ja havaittavissa kohtalaista riippuvuutta ominaisuuksien välillä.

5.1.2 Yksilöiden lukumäärä neliometrillä



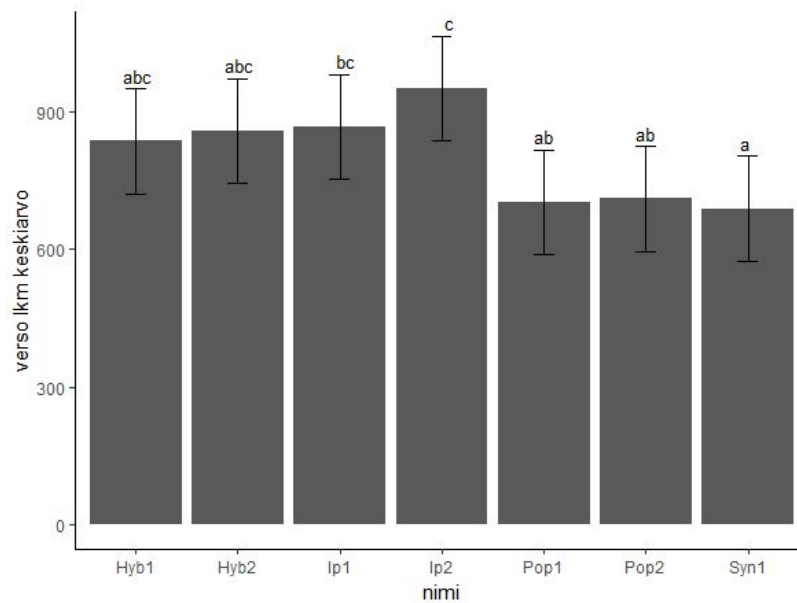
Kuva 12. Koejäsenten yksilöiden lukumäärän neliometrillä keskiarvot, keskiarvojen luottamusväli sekä keskiarvojen väliset tilastolliset merkitsevyyserot (Haikka 2018b).



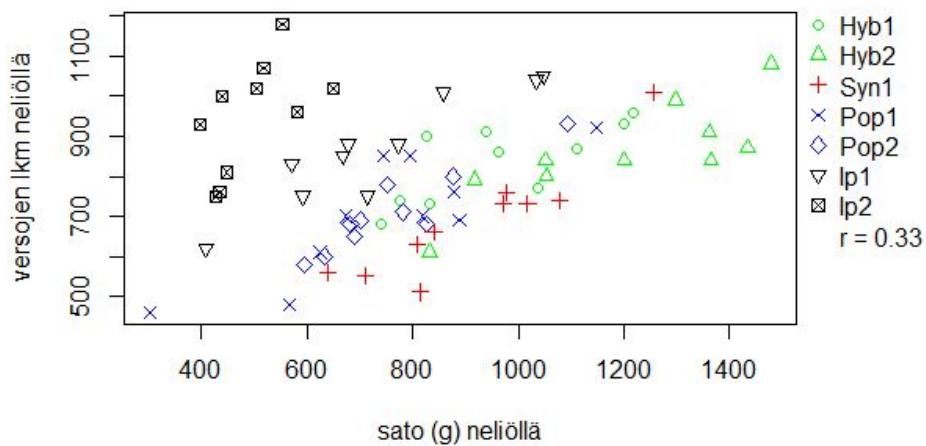
Kuva 13. Kaaviossa on esitetty koejäsenten sadon ja yksilöiden lukumäärän neliometrillä välinen korrelaatio (Haikka 2018a).

Koejäsenten yksilöiden lukumäärien keskiarvokaaviosta (Kuva 12) on nähtävissä, että uusi populaatiolajike-ehdokka (Pop2) eroaa tilastollisesti merkitsevästi uudesta hybridilajikkeesta (Hyb2), itsepölytyslinjoista (lp1 ja lp2) ja vanhasta populaatiolajikkeesta. Se eroaa merkitsevästi myös synteettisestä lajikekandidaatista (Syn1). Sillä oli yksilöitä keskimäärin 350 kappaletta neliometrillä. Vähiten yksilöitä oli synteettisellä lajikekandidaatilla, keskimäärin 240 yksilöä neliöllä. Hajontakaaviossa (Kuva 13) sadon (g/m^2) ja yksilöiden lukumäärän neliöllä korrelaatiokerroin (r) oli 0,21. Korrelaatiota ei ollut havaittavissa, eikä yksilöiden määrän ja sadon välillä ole lineaarista riippuvuutta.

5.1.3 Versojen lukumäärä neliometrillä



Kuva 14. Koejäsenten versojen lukumäärän neliometrillä keskiarvot, keskiarvojen luottamusväli sekä keskiarvojen väliset tilastolliset merkitsevyyserot (Haikka 2018b).

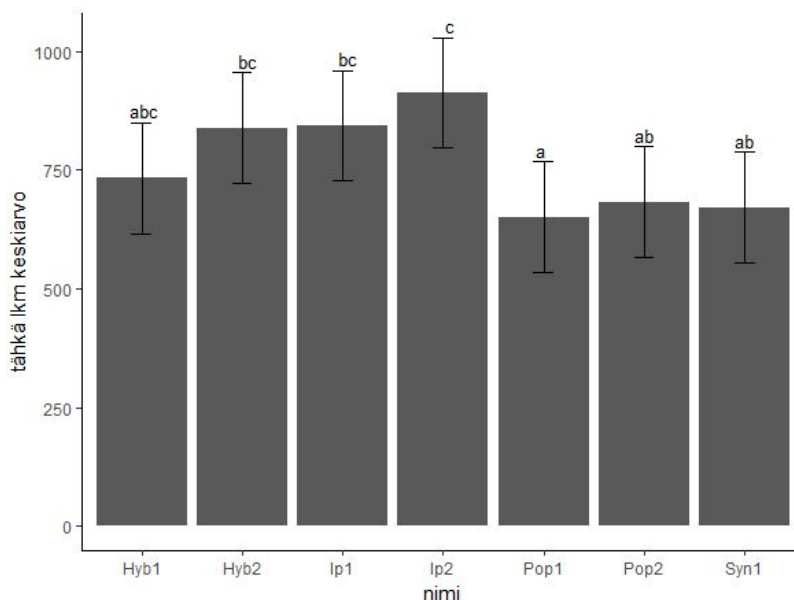


Kuva 15. Kaaviossa on esitetty koejäsenten sadon ja versojen lukumäärän neliometrillä välinen korrelaatio (Haikka 2018a).

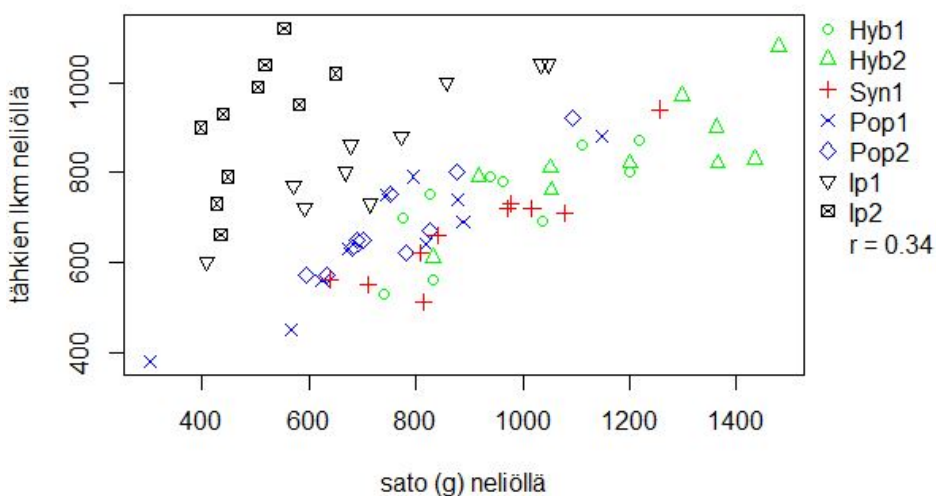
Kuvassa 14 on esitetty versojen lukumäärän neliometrillä keskiarvot ja niiden väliset erot koejäsenten välillä. Kaaviosta on nähtävissä, että synteettinen lajikekandidaatti (Syn1) eroaa tilastollisesti merkitsevästi itsepölytyslinjoista (Ip1 ja Ip2). Synteettinen lajikekandidaatti tuotti koejäsenistä vähiten versoja, keskimäärin 688 kappaletta neliölle. Itsepölytyslinja (Ip2) tuotti versoja keskimäärin 950 kappaletta ja erosi tilastollisesti merkitsevästi myös uudesta populaatiolajike-ehdokkaasta (Pop2). Itsepölytyslinjalla (Ip2) oli eniten versoja yhtä yksilöä kohden, noin 3,7 versoa/yksilö ja uudella populaatiolajike-ehdokkaalla vähiten, noin 2,0 versoa/yksilö.

Muista koejäsenistä vanhalla hybridilajikkeella oli 2,7 versoa/yksilö, vanhalla populaatiolajikkeella 2,6 versoa/yksilö, itsepölytyslinjalla (Ip1) 3,1 versoa/yksilö, synteettisellä lajikekandidaatilla 2,9 versoa/yksilö ja uudella hybridilajikkeella 3,3 versoa/yksilö. Kuvassa 15 sadon (g/m^2) ja versojen lukumäärän neliometrillä välinen korrelaatiokerroin (r) oli 0,33. Havaittava on kohtalaista riippuvuutta ominaisuuksien välillä.

5.1.4 Tähkien lukumäärä neliometrillä



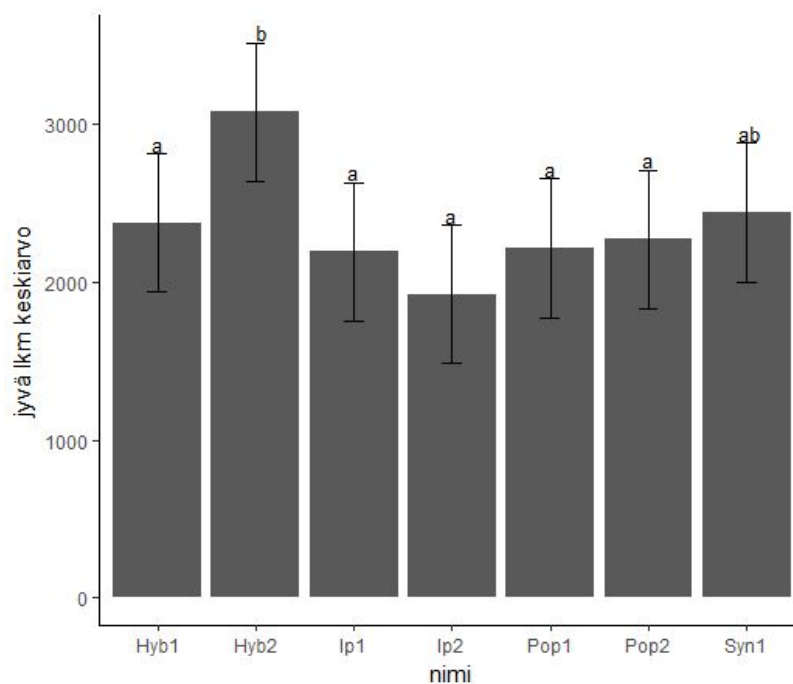
Kuva 16. Koejäsenten tähkien lukumäärän neliometrillä keskiarvot, keskiarvojen luottamusväli sekä keskiarvojen väliset tilastolliset merkitsevyyserot (Haikka 2018b).



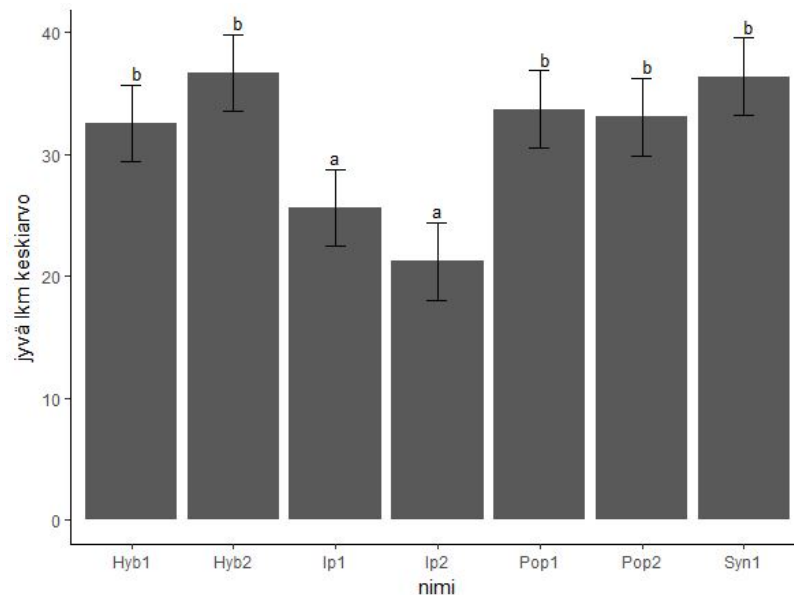
Kuva 17. Kaaviossa on esitetty koejäsenten sadon ja tähkien lukumäärän neliometrillä välinen korrelaatio (Haikka 2018a).

Koejäsenten tähkien lukumäärän keskiarvot neliömetrillä on esitetty keskiarvokaaviossa (Kuva 16). Tilastollisesti merkitsevä ero oli havaittavissa itsepölytyslinjan (Ip2) ja vanhan populaatiolajikkeen (Pop1) välillä. Itsepölytyslinjalla oli eniten tähkällisiä versoja, keskimäärin 913 tähkää neliömetrillä. Vähiten tähkiä oli vanhalla populaatiolajikkeella (Pop1), keskimäärin 651 kappaletta neliömetrillä. Itsepölytyslinja (Ip2) poikkesi merkitsevästi myös uudesta populaatiolajike-ehdokkaasta (Pop2) ja synteettisestä lajikekandidaatista (Syn1). Vanha populaatiolajike (Pop1) poikkesi merkitsevästi uudesta hybridilajikkeesta (Hyb2) ja itsepölytyslinjasta (Ip1). Kuvassa 17 sadon (g/m^2) ja tähkien lukumäärän neliömetrillä välinen korrelaatiokerroin (r) oli 0,34. Ominaisuuksien välillä on havaittavissa kohtalaista riippuvuutta.

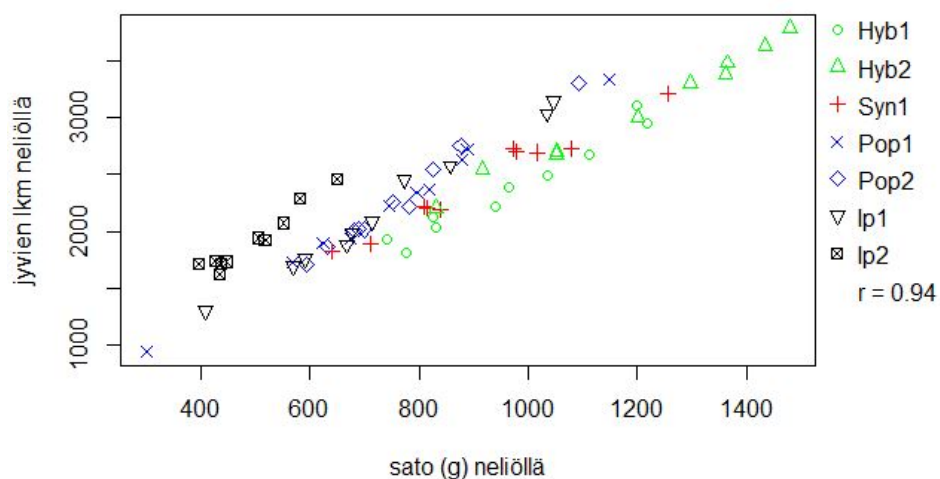
5.1.5 Jyvien lukumäärä neliömetrillä



Kuva 18. Koejäsenten jyvien lukumäärän neliömetrillä keskiarvot, keskiarvojen luottamusväli sekä keskiarvojen väliset tilastolliset merkitsevyyserot (Haikka 2018c).



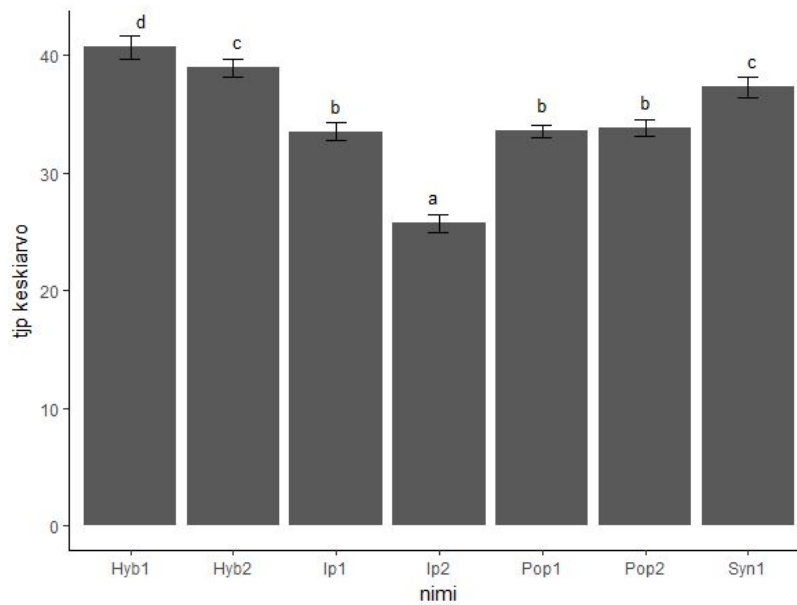
Kuva 19. Koejäsenten jyvien lukumäärän tähkässä keskiarvot, keskiarvojen luottamusväli sekä keskiarvojen väliset tilastolliset merkitsevyyserot (Haikka 2018b).



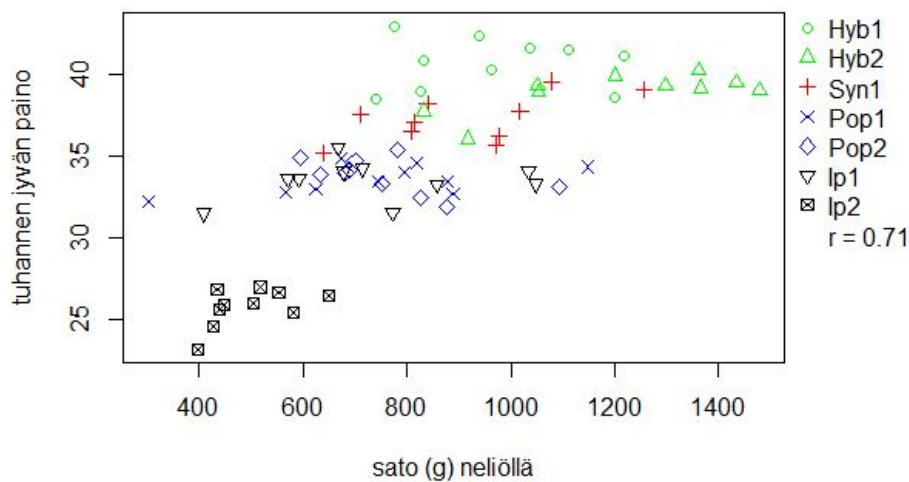
Kuva 20. Kaaviossa on esitetty koejäsenten sadon ja jyvien lukumäärän neliometrillä välinen korrelaatio (Haikka 2018d).

Jyvien lukumäärän keskiarvoissa (Kuva 18) uusi hybridilajike (Hyb2) erosi tilastollisesti merkitsevästi vanhasta hybridilajikkeesta (Hyb1), itsepölytyslinjoista (Ip1 ja Ip2), vanhasta populaatiolajikkeesta (Pop 1) ja uudesta populaatiolajike-ehdokkaasta (Pop2). Uuden hybridilajikkeen (Hyb2) jyväsato neliometriltä oli suurin. Jyvien lukumäärän tähkässä keskiarvoissa itsepölytyslinjat (Ip1 ja Ip2) poikkesivat tilastollisesti merkitsevästi muista koejäsenistä ja niillä oli vähiten jyviä yhtä tähkää kohden (Kuva 19). Hajontakaaviosta (Kuva 20) on nähtävissä voimakas korrelaatio sadon (g/m²) ja jyvien lukumäärän neliöllä välillä. Korrelaatiokerroin (r) 0,94. Sadon ja jyvien lukumäärän tähkässä välillä vallitsi selvä positiivinen lineaarinen riippuvuus.

5.1.6 Tuhannen jyvän paino



Kuva 21. Koejäsenten tuhannen jyvän painon keskiarvot, keskiarvojen luottamusväli sekä keskiarvojen väliset tilastolliset merkitsevyys-erot (Haikka 2018b).



Kuva 22. Kaaviossa on esitetty koejäsenten sadon ja tuhannen jyvän painon neliömetrillä välinen korrelaatio (Haikka 2018a).

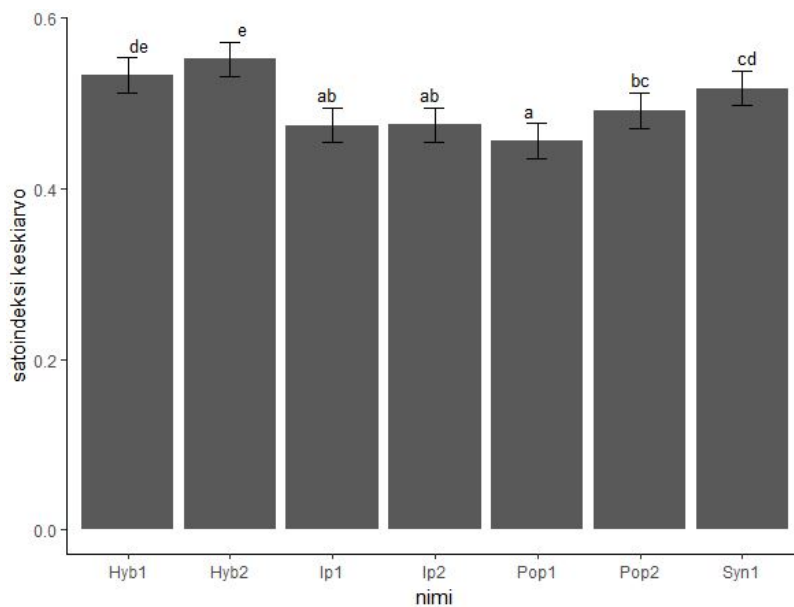
Kuvassa 21 on esitetty tuhannen jyvän painon keskiarvot koejäsenten välillä ja niiden väliset tilastollisesti merkitsevät erot. Itsepölytyslinja (Ip1), ja populaatiolajikkeet (Pop1 ja Pop2) poikkesivat merkitsevästi Itsepölytyslinjasta (Ip2) uudesta hybridilajikkeesta (Hyb2) ja synteettisestä lajikekandidaatista (Syn1). Ero vanhaan hybridilajikkeeseen (Hyb1) oli myös tilastollisesti merkitsevä. Sen tuhannen jyvän paino oli keskimäärin 40,71 grammaa ja tutkimuksen suurin. Pienin arvo oli itsepölytyslinjalla (Ip2), jonka tuhannen jyvän paino oli keskimäärin 25,75 grammaa. Kaaviosta näkyy myös, että hybridilajikkeilla tuhannen jyvän paino oli suurin suhteessa muihin lajiketyppeihin. Hajontakaaviosta (Kuva 22) sadon (g/m^2) ja tuhannen jyvän

painon välillä on havaittavissa korrelaatio. Korrelaatiokerroin (r) oli 0,71. Muuttujien välillä oli selvää yhteisvaihtelua.

5.2 Satoindeksi

Satoindeksi kuvaa jyväsadon osuutta kasvin koko maanpäällisestä biomassasta eli kuinka suuren osan kasvimassasta kasvi pystyy käyttämään jyväsadon muodostamiseen (Mäkelä & Seppänen 2012a, 32).

Seuraavassa on esitetty kaavion avulla koejäsenten satoindeksien keskiarvot ja niiden väliset tilastollisesti merkitsevät erot.



Kuva 23. Koejäsenten satoindeksien keskiarvot, keskiarvojen luottamusväli sekä keskiarvojen väliset tilastolliset merkitsevyyserot (Haikka 2018b).

Koejäsenten satoindeksien keskiarvot on esitetty keskiarvokaaviossa (Kuva 23). Tilastollisesti merkitsevä ero oli synteettisen lajikekandidaatin (Syn1) keskiarvoissa verrattuna vanhaan populaatiolajikkeeseen (Pop1), itsepölytyslinjoihin (Ip1 ja Ip2) ja uuden hybridilajikkeeseen (Hyb2) keskiarvoihin. Satoindeksi oli kaikilla koejäsenillä 0,40 yläpuolella. Korkein satoindeksi oli uudella hybridilajikkeella (Hyb2) 0,55 ja pienin vanhalla populaatiolajikkeella (Pop1) 0,46.

6 TULOSTEN ANALYSOINTI

Koejäsenten pituuden keskiarvoissa on nähtävissä tilastollisesti merkitsevä ero vanhan populaatiolajikkeeseen (Pop1) ja uuden populaatiolajike-ehdokkaan (Pop2) välillä. Jalostuksella on uuden lajike-ehdokkaan korren pituutta saatu lyhennettyä. Uusi lajike-ehdokas ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi hybridilajikkeista, jotka ovat yleisesti ottaen lyhyempiä kuin populaatiolajikkeet. Rukiin korren lyhentäminen on ollut yksi jalostustavoitteista, sillä lyhyt korsi mahdollistaa rukiilla intensiivisen viljelyn ja korkeamman satotason saavuttamisen.

Tässä tutkimuksessa koejäsenten pituuden ja sadon välillä esiintyi riippuvuutta ja korrelaatio on kohtalainen. Tuloksiin vaikutti itsepölytyslinjojen sisällyttäminen tutkimukseen. Korrelaatio muiden koejäsenten pituuden ja sadon välillä oli heikko. Seppo Aulan ja Heikki Talvitien (1995) mukaan Ströpplerin ym. (1990) moderneja lajikkeita käsitelleessä tutkimuksessa sadon määrän ja korrenpituuden välillä puolestaan oli merkitsevä korrelaatio saksalaisilla syysvehnälaajikkeilla. Toisaalta tutkimuksessa todettiin juuriston määrän olevan voimakkaasti korreloitunut maanpäällisen biomassan määrään.

Yksilöiden lukumäärä pyrittiin normalisoimaan tutkimuksen toteutuksessa. Syysmuotoisilla kasveilla edustavan näytteen ottaminen on yleisesti ottaen haastavampaa kuin kevätmuotoisilla, koska talvituhot vaikuttavat kasvuston tiheyteen. Uudella populaatiolajike-ehdokkaalla (Pop2) oli eniten yksilöitä neliometrillä ja yksilöiden määrä poikkesi merkitsevästi muista lajiketyypeistä, paitsi vanhasta hybridilajikkeesta (Hyb1). Tämä saattoi vaikuttaa populaatiolajikkeeseen tuloksiin.

Versoja ja tähkiä oli eniten neliometrillä jalostuskäytössä olevalla itsepölytyslinjalla (Ip2). Itsepölytyslinjojen korkean verso- ja tähkämäärän voidaan katsoa johtuvan itsepölytyksen aiheuttamista muutoksista kasvin satofysiologiassa. Tähkien muodostumisen jälkeen sen elinvoimaisuus ja sadontuottokyky kuitenkin romahtavat. Vanhalla populaatiolajikkeella (Pop1) tähkien lukumäärä neliöllä oli poikkeuksellisen alhainen. Alhaiseen tähkien lukumäärään saattoi vaikuttaa koeaineiston käsittelystä ja siirtelystä johtuneet varisemistappiot. Tähkät irtosivat helposti, sillä aineisto oli hyvin tuleentunut ja koejäsenet pitkiä.

Populaatiolajikkeisiin kuuluvan synteettisen lajikekandidaatin (Syn1) tuloksissa oli nähtävissä varsin vähäinen yksilöiden ja versojen lukumäärä neliometrillä. Sen pituus oli samaa luokkaa vanhan populaatiolajikkeeseen (Pop1) kanssa ja tähkien lukumäärä neliometrillä ei eroa tilastollisesti merkitsevästi uudesta populaatiolajike-ehdokkaasta (Pop2). Vähäisestä yksilöiden ja versojen määrästä huolimatta jyvien lukumäärä neliometrillä ja tuhanen jyvän paino olivat samaa luokkaa hybridilajikkeiden (Hyb1 ja Hyb2)

kanssa. Synteettinen lajikekandidaatti oli populaatiolajikkeita satoisampi, mutta ei yltänyt satoisuudessa vielä hybridirukiin tasolle.

Jyvien lukumäärän tähkässä keskiarvoista erottui selvästi itsepölytyslinjat (Ip1 ja Ip2), joilla oli vähiten jyviä tähkässä. Itsepölytyslinjojen satoisuus romahti versojen ja tähkien tuotannon jälkeen. Alhainen satotaso voi johtua runsaasta versojen ja tähkien tuotannosta tai itsepölytyslinjojen muita lajiketyppejä heikommasta juuristosta. Uudella hybridilajikkeella (Hyb2) saatu jyväsato ja jyvien lukumäärä neliömetrillä olivat kokeen suurimmat. On havaittavissa, että uusi lajike on edeltäjänsä satoisampi, vaikka vanhalla hybridilajikkeella (Hyb1) jyväkoko eli tuhannen jyvän paino oli suurin. Sen jyväsato ja jyvien lukumäärä neliömetrillä olivat kuitenkin merkittävästi alhaisemmat kuin uuden hybridilajikkeen. Hybridilajikkeiden korkea satopotentiaali perustuu risteytyselinvoimaan eli heteroosi-ilmiöön. Kasvi tuottaa ilmiön seurauksena runsaasti versoja ja tähkiä, ja siemenen koko on suuri.

Jyvien määrä pinta-alayksikköä kohti on rukiin tärkein yksittäinen sato-komponentti. Tässä tutkimuksessa jyvien lukumäärän neliöllä ja sadon välillä oli havaittavissa voimakas positiivinen lineaarinen riippuvuus. Korrelaatiokerroin 0,94 oli kokeessa saavutetuista korrelaatioista korkein. Jyvien lukumäärän ja sadon välillä vallitsee voimakas riippuvuus. Toinen tärkeä satokomponentti rukiilla on yksittäisen jyvän paino. Tutkimuksen toiseksi suurin korrelaatio oli tuhannen jyvän painon ja sadon välillä. Korrelaatiokerroin oli 0,71 ja havaittavissa oli voimakasta riippuvuutta yksittäisen jyvän painon ja sadon välillä. Tämä merkitsee, että mitä enemmän lajiketyppejä muodostaa jyviä neliömetrille ja mitä suurempi tuhannen jyvän paino on, sitä suurempi sen muodostama hehtaarisato on.

Koejäsenten satoindeksien keskiarvoista on nähtävissä, kuinka satoindeksi on noussut populaatiolajikkeilla ja hybrideillä uusien lajikkeiden myötä verrattuna MTT:n (2004, 89) julkaiseman kylvötiheyskokeen tuloksiin. Kokeessa lajikkeiden satoindeksi normaalilla kylvötiheydellä ja kylvöajankohdalla oli keskimäärin 40 prosenttia. Tämän tutkimuksen tulosten keskiarvo oli 50 prosenttia ja parhaimmalla lajikkeella (Hyb2) satoindeksi oli 55 prosenttia. Tuloksista on nähtävissä, kuinka jalostuksella on pystytty nostamaan rukiin satoindeksiä. Itsepölytyslinjojen korkea satoindeksi selittyy niiden lyhyestä korresta ja heikosta kasvustosta. Seppo Aulan ja Heikki Talvitien (1995) mukaan useat tutkijat ovat todenneet uusien lajikkeiden tuoman suuremman jyväsadon olevan suurelta osin parantuneen satoindeksin ansiota. On myös osoitettu, että kasvien maanpäällinen biomassa on kasvanut jalostuksen myötä.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Satokomponenteilla on suora vaikutus muodostuvan sadon määrään. Satokomponentteja on tarkkailtava koko kasvukauden ajan, jotta viljelytoimenpiteitä voidaan tarkentaa tukemaan jokaista sadonmuodostuksen tärkeää vaihetta orastumisesta aina jyvien täyttymiseen ja kasvuston tuleentumiseen. Satokomponentit kertovat viljelyn onnistumisesta. Sadonkorjuun jälkeen voidaan miettiä, mikä kasvukaudella onnistui ja mitä tulisi seuraavana vuonna tehdä toisin paremman satotason saavuttamiseksi.

Syysruis on viljelykasvina vaatimaton, mutta sen viljely vaatii taitoa. Hyvä sato ei ole itsestäänselvyys ja parhaat edellytykset syysruikiin kasvulle luodaan oikealla lajikkeella, huolellisella kylvöalustan valmistelulla, kylvötiheyden, -syvyyden ja -ajan valinnalla, oikein mitoitettulla lannoituksella ja tarpeenmukaisilla kasvinsuojelutoimenpiteillä. Syysruispellon kasvukunnon tulisi olla hyvä koko kasvun ajan ja pellon vesitalouden kunnossa. Rukiin viljelijän, Kalle Oivasen sanoin: ”Hyvä sato vaatii hyvän kylvöpohjan eli oikean maankoostumuksen ja muokkauksen” (Pro ruis ry n.d).

Tutkimusta varten kerätyn koeaineiston käsittely ja analysointi toteutuivat tavoitteiden mukaisesti ja varisemistappioista huolimatta vaihtelua koejäsenen toistojen välillä ei ollut havaittavissa. Tuloksia voidaan pitää luotettavina, vaikka on syytä muistaa, että kyse on ruutukokeilta saaduista arvoista. Otanta oli pieni ja näytteidenottoaikat jouduttiin valitsemaan satunnaisen otannan sijasta. Tuloksia voidaan näin pitää suuntaa antavina.

Tuloksista kävi hyvin ilmi eri koejäsenten väliset erot sadonmuodostuksessa. Populaatorukiilla on paljon yksilöitä neliöllä, kun taas hybridin satoisuus perustuu runsaaseen jyvien määrään tähkässä ja painavampaan jyväkoko. Myös synteettinen lajikekandidaatti pärjäsi hyvin tuloksissa. Niiden satoisuus perustuu hybridien tapaan heteroosi-ilmiöön eli risteytysinvoimaan. Uusien synteettisten lajikkeiden avulla kotimaisen rukiin satotasojen toivotaan nousevan tulevaisuudessa. Rukiin jalostuksessa käytettävillä heikkosatoisilla itsepölytysinjoilla ei ole tekemistä käytännön viljelyn kanssa, mutta niiden mukanaolo tutkimuksessa toi vaihtelua tuloksiin.

Kaikkien satokomponenttien ja sadon välillä ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta havaittavissa. Yksilöiden lukumäärä ei vaikuttanut merkitsevästi sadon määrään ja versojen ja tähkien lukumäärän ja sadon välinen riippuvuus oli hyvin vähäistä. Jyvien lukumäärällä ja tuhannen jyvän painolla oli selvästi enemmän vaikutusta muodostuvan sadon määrään. Jyvien määrää tähkässä ja jyvän kokoa voidaan lisätä saavuttamalla oikea yksilöiden ja versojen lukumäärä ja ylläpitämällä vihreää lehdistöä mahdollisimman pitkään. Ruiskasvuston pysyminen pystyssä heilimöintiin asti on jyvien muodostumisen elinehto, sillä näin varmistetaan koko kasvuston onnistunut pölytys.

Panostus syysrukiin viljelyyn näkyy myös tämän tutkimuksen tuloksista. Jälöstuksella on saatu nostettua satoindeksiä verrattuna edellisiin tutkimuksiin sekä hybrideillä että populaatiolajikkeilla. Korren osuutta koko kasvimassasta on onnistuttu laskemaan uusilla lajikkeilla, säilyttämällä kuitenkin rukiille ominainen syvä juuristo, joka takaa riittävän talvenkestävyyden ja varmistaa korkean satopotentialin satovuonna. Rukiin satoisuuden parantaminen lisää sen kilpailukykyä muihin viljelykasveihin verrattuna. Rukiin viljely onkin hyvä vaihtoehto monelle viljelijälle kevätiljojen viljelyyn verrattuna.

LÄHTEET

Aula, S., & Talvitie, H. (1995). Ruis- ja kevätvehnälajikkeiden soveltuvuus luonnonmukaiseen viljelyyn. Haettu 23.1.2018 osoitteesta http://juri.luke.fi/bitstream/handle/10024/443075/maatut3_95.pdf?sequence=1

Boreal (2013a). Hybridirukiin viljelyohje. Haettu 9.10.2017 osoitteesta <https://www.boreal.fi/hybridirukiin-viljelyohje/>

Boreal (2013b). Oikeilla valinnoilla ruis kannattamaan. Boreal kasvinjalostus Oy:n tiedotuslehti Kasvussa 1/2013, 16–17.

Eskola, A. (2014). ”Ruis on taitolaji” –paneelikeskustelu. Tiedotteet. Haettu 10.2.2018 osoitteesta <http://www.proruis.fi/tiedote-3-7-2014-ruis-on-taitolaji-paneelikeskustelu/>

Farmit (2007a). Kasvinviljely. Orastiheys on yksi satokomponenteista. Haettu 10.9.2017 osoitteesta <https://www.farmit.net/kasvinviljely/2007/05/28/orastiheys-yksi-satokomponenteista>

Farmit (2007b). Kasvinviljely. Tähkien ja jyvien koko vaikuttaa satoon. Haettu 10.9.2017 osoitteesta <https://www.farmit.net/kasvinviljely/2007/07/04/tahkien-ja-jyvien-koko-vaikuttaa-satoon>

Farmit (2009). Kasvinviljely. Laske orastiheys. Haettu 4.5.2018 osoitteesta <https://www.farmit.net/kasvinviljely/2009/05/29/laske-orastiheys>

Franssila, E. (1998). Viljelyn talous. Teoksessa *Ruis 2005*. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriön viljastrategiaryhmä, 34.

Geiger, H. H., & Miedaner, T. (2009). Rye breeding. Teoksessa M. J., Carrena (toim.) *Cereals*, 3. New York: Springer, 157–181.

Haikka, H. (2016). Tutkimussuunnitelma. Sähköpostiviesti tekijälle 11.8.2016.

Haikka, H. (2018a). Korrelaatiokaaviot. Sähköpostiviesti tekijälle 29.1.2018.

Haikka, H. (2018b). Keskiarvojen pylväskaaviot. Sähköpostiviesti tekijälle 30.1.2018.

Haikka, H. (2018c). Uusi pylväskaavio. Sähköpostiviesti tekijälle 18.2.2018.

- Haikka, H. (2018d). Uusi korrelaatiokavio. Sähköpostiviesti tekijälle 26.4.2018.
- Hovinen, S. (1998). Lajikejalostuksen tulevaisuuden näkymät. Teoksessa *Ruis 2005*. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriön viljastrategiaryhmä, 46.
- Hovinen, S., Lindroos, M., & Peltomäki, E. (2004). Ruislajikkeiden jalostus. Teoksessa R., Koskenoja (toim.) *Rukiin jalostuksen ja viljelyn tehostaminen pohjoisilla viljelyalueilla*. Jokioinen: MTT, 13.
- Jalli, M. (1998). Rukiin perusselvitys. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö, 7–12.
- K-Maatalous (2017a). Sadon arviointi satokomponenttien avulla. Haettu 11.9.2017 osoitteesta https://www.k-maatalous.fi/globalassets/kuvastot/viljelyopas-2017_w.pdf
- K-Maatalous (2017b). Siementen kylvömäärätaulukko. Haettu 11.9.2017 osoitteesta https://www.k-maatalous.fi/globalassets/kuvastot/viljelyopas-2017_w.pdf
- Laine, A. (2003). Kevätruis on kylvettävä varhain. Haettu 16.4.2018 osoitteesta <http://www.mtt.fi/koetoiminta/pdf/mtt-kjak-v60n01s07a.pdf>
- Lampinen, R. (1998a). Lopputuotteen laatutarpeiden huomioiminen viljelyssä. Teoksessa *Ruis 2005*. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriön viljastrategiaryhmä, 66.
- Lampinen, R. (1998b). Rukiin lyhyt historia ja kasvioppi. Teoksessa *Ruis 2005*. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriön viljastrategiaryhmä, 86–88.
- Liespuu, S. (2005). Tänä kesänä lasketaan satokomponentteja. Maatilan Pellervo. Haettu 9.9.2017 osoitteesta http://www.pellervo.fi/maatila/mp5_05/satokomponentit.htm
- Liespuu, S. (2016). Rukiin omavaraisuus kasvaa 30 000 hehtaarilla. Maatilan Pellervo. Haettu 20.4.2018 osoitteesta <https://maatilanpellervo.fi/2016/04/07/rukiin-omavaraisuus-kasvaa-30-000-hehtaarilla/>
- Luke (2015). Uutiset. Syysviljoista ennätys sadot – rukiista omavaraiseksi. Haettu 20.4.2018 osoitteesta <https://www.luke.fi/uutiset/syysviljoista-ennatys-sadot-rukiista-omavaraiseksi/>
- Luke (2018a). Taulukot ja muut ladattavat dokumentit. Käytössä oleva maatalousmaa 2017 Excel-tiliö. Haettu 19.4.2018 osoitteesta <http://stat.luke.fi/kaytossa-oleva-maatalousmaa>

Luke (2018b). Taulukot ja muut ladattavat dokumentit. Viljelykasvien sato 2017 Excel-tilasto. Haettu 19.4.2018 osoitteesta <http://stat.luke.fi/satotilasto>

Luke (2018c). Satotilasto. Sato kasveittain 1980-2017. Ruis. Haettu 24.5.2018 osoitteesta <http://stat.luke.fi/satotilasto>

MTT (2013). Lumihomeen torjunta syysrukiilla syksyllä. Haettu 5.4.2018 osoitteesta <http://www.vyr.fi/rukiin-viljelyopas/miten-viljelen-ruista/muokkaus-ja-kylvotekniikka/>

Mäki, S. (2016). Valokuvat.

Mäkelä, P & Seppänen, M. (2012a). Viljelykasvien sadon muodostumisen perusteet. Teoksessa M. Seppänen (toim.) *Peltokasvien tuotanto*. Helsinki: Opetushallitus, 32–33, 37.

Mäkelä, P & Seppänen, M. (2012b). Jalostus kasvintuotannon tukena. Teoksessa M. Seppänen (toim.) *Peltokasvien tuotanto*. Helsinki: Opetushallitus, 196.

Mäkelä, P. & Yli-Halla, M. (2012). Viljat. Teoksessa M. Seppänen (toim.) *Peltokasvien tuotanto*. Helsinki: Opetushallitus, 48–49, 56–58, 63.

Pahkala, K., Laine, A., Vuorinen, M., Niskanen, M., Hakala, K., Huusela-Veistola, E., ... & Salmenkallio-Marttila, M. (2004). Kylvöajan ja kasvinsuojelun vaikutus rukiin versoutumiseen, sadonmuodostukseen ja laatuun. *Rukiin jalostuksen ja viljelyn tehostaminen pohjoisilla viljelyalueilla*. Jokioinen: MTT, 83.

Peltonen-Sainio, P., Rajala, A., & Seppälä, R. T. (2005). *Viljojen kehityksen ja kasvun ABC*. Jokioinen: MTT, 15, 18–25, 28.

ProAgria (2015). Kasvintuotannon kannattavuustulokset 2014 – ruis ja erikoiskasvit menestyivät, kevätiljat tappiolle. Mediatiedote. Haettu 20.4.2018 osoitteesta <https://www.proagria.fi/ajankohtaista/kasvintuotannon-kannattavuustulokset-2014-ruis-ja-erikoiskasvit-menestyivat>

Pro ruis ry (n.d). Ruis on taitolaji. Luonteikas viljeltävä. Haettu 24.5.2018 osoitteesta <http://www.proruis.fi/ruisontaitolaji/>

Pro Ruis ry (2014). Rukiin markkinat ja kannattavuus. Tietopankki. Haettu 20.4.2018 osoitteesta <http://www.proruis.fi/tietopankki/rukiin-markkinat-ja-kannattavuus/>

Raisioagro (2012). Viljelyopas 2012. Kasvikohtaiset viljelyohjeet. Ruis. Haettu 10.9.2017 osoitteesta

http://www.raisioagro.com/c/document_library/get_file?uuid=b2ebba01-c09f-492d-9977-937383682855

Salo, Y. (1998). Muokkaus ja kylvötekniikka. Teoksessa *Ruis 2005*. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriön viljastrategiaryhmä, 48, 50.

Salonen, S. (2002). Tähkässä paikat yli 100 jyvälle, miksi tyytyä pariin kymmeneen? Maatilan Pellervo. Haettu 11.1.2018 osoitteesta http://www.pellervo.fi/maatila/mp4_02/tahkassa.htm

Schlegel, R. H. (2013). *Rye: genetics, breeding, and cultivation*. Boca raton: CRC Press, 51.

Teeri, T. (2012). Jalostus kasvintuotannon tukena. Teoksessa M. Seppänen (toim.) *Peltokasvien tuotanto*. Helsinki: Opetushallitus, 199.

VYR (2010). Opas rukiin viljelyyn. Maa- ja metsätalousministeriö, 3–20.

VYR (2014). Rukiin lajikevalikoima. Haettu 11.9.2017 osoitteesta <http://www.vyr.fi/rukiin-viljelyopas/miten-viljelen-ruista/rukiin-lajikevalikoima/>

Yara (n.d.) Jyväluvun lisäys tähkässä. Haettu 27.1.2018 osoitteesta <http://www.yara.fi/lannoitus/kasvit/vehna/sato/jyvaluvun-lisays-tahkassa/>

Yara (n.d.b). Lannoitus. Rukiin agronomiset periaatteet. Haettu 10.9.2017 osoitteesta <http://www.yara.fi/lannoitus/kasvit/ruis/avainasiat/agronomiset-periaatteet/>

Yara (2018). Lannoitus. Rukiin viljely. Haettu 19.4.2018 osoitteesta <https://www.yara.fi/lannoitus/ruis/rukiin-viljely/>

Haastattelut:

Salopelto, J. Tutkimuspäällikkö. Ruovesi. Haastattelu 21.11.2017.