

Heteroosivaikutuksen hyödyntäminen kevätrypsillä

Mika Hyövelä

Boreal Kasvinjalostus Oy, Myllytie 10, 31600 Jokioinen, mika.hyovela@boreal.fi

Tiivistelmä

Kevätrypsien jalostus Suomessa on viime vuosikymmenenä painottunut voimakkaasti laatuominaisuuksien kehittämiseen, erityisesti öljyn rasvahappokoostumuksen muokkaamiseen. Samalla lajikkeiden satoisuuden kehittyminen on vähitellen hidastunut. Rypsin viljelyn ongelmaksi on koettu alhainen ja epävarma sadontuotto. Alhaisen sadon taustalla on ollut useimmiten huono taimettuminen ja hidas alkukehitys.

Rapsilla tehdyt kokeet ovat osoittaneet hybridilajikkeiden kehittyvän ja peittävän ruudut nopeammin kuin tavanomaisten lajikkeiden heteroosin ansiosta. Kanadalaisissa kasvihuonekokeissa F1-rypsihybridit ovat tuottaneet keskimäärin noin 15-30 % paremman sadon kuin niiden vanhempaislinjat. Rypsiltä kuitenkin puuttuu laajempaan käyttöön soveltuva hybridimenetelmä. Rypsilä heteroosivaikutusta voidaan kuitenkin hyödyntää synteettisten lajikkeiden avulla lähes yhtä tehokkaasti kuin F1-hybridillä. Synteettinen lajike syntyy kahden tai useamman vanhempaislinjan vapaan pölyttymisen tuloksena ja muodostuu siten vanhempaislinjan sisäisistä ja linjojen välisistä risteytyksistä. Synteettisen lajikkeen muodostuessa kahdesta komponentista, on syn1-sukupolvessa 25 % kumpaakin vanhempaislinjaa ja 50 % hybridisementtä. Nämä suhteet voivat kuitenkin vaihdella riippuen ristiinpölyttymisen osuudesta, vanhempien elinvoimasta, suvunjatkamiskyvystä sekä kukinta-aikojen eroista.

Useilla lajeilla heteroosin on todettu kasvavan vanhempaislinjojen geneettisen etäisyyden kasvaessa. Tämän oletuksen perusteella tutkimukseen valittiin 10 eri taustan omaavaa rypsipopulaatiota sekä maantieteellisen että jalostusalkuperän mukaan. Näiden populaatioiden keskinäiset geneettiset etäisyydet määritettiin molekyyli-genetiikan keinoin. Geneettisen etäisyyden perusteella valittiin kolme populaatioparia. Näiden populaatioiden kasviyksilöiden väliset geneettiset etäisyydet (euklidinen etäisyys) määritettiin ja yleinen periyttämiskyky testattiin testiristeytyksin. Testiristeytyksiin valittiin sekä geneettisesti läheisiä että etäisiä yksilöitä. Testiristeytyksistä syntyneet siemenet kylvettiin yhdessä vanhempaispopulaatioiden kanssa pellolle jälkeläistestiruuille keväällä 2003.

Kasvustosta tehtyjen havaintojen, mittausten ja analysoitujen yksilösatojen perusteella geneettisen etäisyyden ja heteroosin yhteys ei ollut odotetun suoraviivainen. Toisaalta myös kasvukauden olosuhteet olivat poikkeukselliset. Erityisesti kukintavaiheen kuivat ja kuumat olosuhteet haittasivat kasvien normaalia kasvua ja kukintojen pölyttymistä. Tällä kokeella saatiin kuitenkin viitteitä siitä, että synteettisillä lajikkeilla voidaan päästä merkittäviin sadonparannuksiin. Koe osoitti myös vanhempaispopulaatioiden valinnan merkitystä - kaikilla populaatiopareilla ei päästy yhtäläisiin tuloksiin. Yhdellä populaatioparilla lähes kaikki testiristeytysjälkeläistöt tuottivat paremman sadon kuin alkuperäiset populaatiot, mutta toisella populaatioparilla tulos oli täysin päinvastainen. Havaittu vanhempien geneettisen etäisyyden ja ilmenneen heteroosin epälineaarisuus osoittaa, ettei vanhempien valinnassa voida luottaa yksinomaan geneettiseen etäisyyteen vaan valinnassa joudutaan käyttämään myös testiristeytyksiin perustuvaa yleisen periyttämiskyvyn arviointia. Kehittämällä jalostusmenetelmää yhä edelleen ja keskittymällä oikeiden vanhempaispopulaatioiden valintaan voidaan synteettisillä kevätrypsilajikkeilla saavuttaa hybridilajikkeiden edut.

Asiasanat: rypsi, hybridit, sato

Johdanto

Kevätrypsin jalostus Suomessa on viime vuosikymmenenä painottunut voimakkaasti laatuominaisuuksien kehittämiseen, erityisesti öljyn rasvahappokoostumuksen muokkaamiseen. Ensin painopiste oli erukahapon osuuden vähentämisessä ja sen jälkeen hyödyllisten rasvahappojen kuten öljy- ja linolihapon lisäämisessä. Samalla lajikkeiden satoisuuden kehittyminen on vähitellen pysähtynyt lähes tasolle, johon se nousi 90-luvun alussa Kulta-lajikkeen tultua markkinoille. Viljelijöiden keskuudessa rypsin viljelyn ongelmaksi on koettu alhainen ja epävarma sadontuotokyky. Epäonnistuneen sadon taustalla on ollut useimmiten huono taimettuminen ja hidas alkukehitys.

Brassica-suvun öljykasvien satoisuutta ja kasvuun lähtöä voitaisiin parantaa huomattavasti nykyisestä hybridilajikkeiden avulla. Falkin (1994) mukaan käsinpölytetyt F1-rypsihybridit tuottivat keskimäärin noin 15-30 % paremman sadon kuin niiden vanhempaislajikkeet. Schulerin (1991) rypsilä tekemät kokeet osoittivat hybridien aloittavan kukintansa hieman vanhempaislinjoja myöhemmin. Rapsilla tehdyt kokeet osoittivat kuitenkin hybridien kehittyvän ja peittävän ruudut nopeammin kuin vanhempansa (Sernyk & Stefansson 1983).

Rapsilla on kehitetty useita menetelmiä hybridilajikkeiden tuottamiseksi ja pääosa esim. Kanadassa viljeltävistä rapseista on hybridilajikkeita. Menetelmät F1-hybridien tuottamiseen rypsilä ovat kuitenkin olleet rajoitettuja ja tällä hetkellä kehitettyjen menetelmien jatkokehitys on lähes kokonaan lopetettu rypsin markkina-alueen pienentyttyä voimakkaasti Kanadassa. Lisäksi Kanadassa kehitettyihin käytännössäkin toimiviin menetelmiin on liittynyt siirtogeenisuus ja herbisidiresistenssi. Gallais (1988) on todennut synteettisten lajikkeiden olevan mahdollinen välivaihe tilanteessa, jossa F1-hybridimenetelmiä ei ole käytössä. Synteettisillä lajikkeilla heteroosivaikutusta voitaisiin hyödyntää huomattavasti hybridilajikkeita yksinkertaisemmin ja edullisemmin ilman siirtogeenisyyden tuomia ongelmia. Erona F1-hybrideihin nähden on siementuotantovaiheessa vanhempaiskomponenttien pölyttymisen kontrolloimattomuus sekä käyttösiemenen myöhäisempi sukupolvi.

Määritelmän mukaan lajike on synteettinen, jos: a) syn0 tai alkupopulaatiot muodostuvat pääasiassa valituista vanhemmista, b) vanhempien tai komponenttien lukumäärä on alhainen ja c) vanhemmat ovat tuotettu eristettyinä ja uusi lajike on tuotettu näistä komponenteista (Becker 1989). Synteettinen lajike on syntynyt vanhempien vapaan pölytyksen tuloksena ja muodostuu siten lajikkeiden sisäisistä että lajikkeiden välisistä risteytymistä. Synteettisen lajikkeen muodostuessa kahdesta komponentista, on ensimmäisessä syn1-sukupolvessa 25 % kumpaakin vanhempaislajiketta ja 50 % risteytys- l. hybridisiementä. Nämä osuudet voivat kuitenkin vaihdella riippuen ristiinpölyttymisen määrästä, vanhempien elinvoimasta, suvunjatkamiskyvystä sekä kukinta-aikojen eroista (Falk 1998).

Syn1-sukupolven synteettiset lajikkeet tuottivat kuitenkin vain 1 % vähemmän satoa kuin varsinaiset F1 -hybridit. Sadonalennus toisessa sukupolvessa ei ollut vielä merkittävä, sillä Syn2-sukupolven lajikkeet tuottivat vain noin 2-3 % pienemmän sadon kuin F1-hybridit. Falk jatkoi vertailua ja havaitsi myöhemmin (Falk 1994) hybrideillä edellisiä tuloksia pienemmät heteroosivaikutukset, keskimäärin vain noin 13 %. Vuosittain vaihtelevat olosuhteet vaikuttivat tuloksiin, sillä jatkaessaan edelleen tutkimusta useana vuotena Falk (1998) havaitsi joinakin vuosina vanhempaislinjojen tuottavan yhtä hyvän sadon kuin F1-hybridit ja synteettiset. Jonakin toisena vuotena erilaisissa oloissa ero saattoi olla kuitenkin noin 25 % hybridien ja synteettisten eduksi.

Synteettisten lajikkeiden jalostuksessa voidaan käyttää valintamenetelmänä vastavuoroista jatkuvaa valintaa (reciprocal recurrent selection). Vastavuoroinen jatkuva valinta tähtää heteroosin kasvattamiseen parantamalla vanhempaislinjojen keskinäistä periyttämiskykyä. Edellytyksenä menetelmän käytölle on, että populaatioiden sisällä on geneettistä vaihtelua ja populaatioiden välillä on jo ennestään havaittu heteroosivaikutusta. Populaation yksilöiden periyttämiskyky toisen populaation yksilöiden kanssa määritetään ja uusi populaatio muodostuu parhaan periyttämiskyvyn omaavista yksilöistä. Uudet populaatiot ovat jo aikasempaa sopeutuneempia risteytymiseen ja menetelmän todellinen hyöty saadaankin muodostamalla uusista populaatiosta synteettinen lajike. Menetelmä on kehitetty alun perin maissinjalostajien toimesta palvelemaan hybridilajikkeiden tuotantoa, mutta sitä voidaan käyttää myös rypsin jalostuksessa.

Tutkimuksen tavoitteena oli löytää sellaisia kevätrypsipopulaatioita, joiden välillä havaittaisiin heteroosivaikutusta. Myös populaatioiden geneettisen etäisyyden ja heteroosin yhteyttä rypsilä

haluttiin selvittää. Ajatuksena oli, että hitaista ja kalliista periyttämistestausvaiheista voitaisiin päästä eroon ja komponenttien valinta voitaisiin tehdä pelkästään geneettisen etäisyyden perusteella.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimukseen valittiin 10 eri kevätrypsi populaatiota. Geneettisen etäisyyden maksimoimiseksi populaatiot valittiin: a) maantieteellisesti mahdollisimman kaukaisista lähteistä, Kanadasta, Ruotsista, Skotlannista sekä Suomesta, b) geneettiseltä taustaltaan mahdollisimman erilaisista alkuperistä. Populaatiot *pop1-5* ovat kaikki Suomessa jalostettuja kevätrypsilinjoja tai -lajikkeita. Siitä huolimatta kaikki edustavat erityyppisiä rypsilinjoja: *pop1* edustaa rasvahappokoostumukseltaan poikkeavaa linjaa, *pop2* on laajassa viljelyssä oleva lajike, *pop3* taas on Kanadan markkinoita varten jalostettu kalkkihimekestävä jalostuslinja, *pop4* on erityisen vahvavartinen ja laonkestävä linja. *Pop5* valittiin mukaan hyväksi havaitun periyttämiskykynsä mukaan. Ulkomaisista populaatioista *pop6* edustaa Skotlannissa jalostettua materiaalia, *pop7* ruotsalaista materiaalia sekä populaatiot *pop8*, *pop9* ja *pop10* edustavat kanadalaista rypsimateriaalia.

Jokaisesta populaatiosta kasvatettiin 10 kasviyksilöä populaatioiden ja yksilöiden geneettisen etäisyyden määrittämiseksi. Heteroosivaikutuksen arvioimiseksi geneettisen etäisyyden perusteella valitut yksilöt risteytettiin. Risteytyksiin valittiin vain kolme populaatioparia. Risteytysmenet kylvettiin kesällä 2003 pellolle pieninä ruutuina, joista jokaisesta kerättiin syksyllä 15 yksilöä sadonmääritystä varten. Heteroosin ilmenemisen osoittamiseksi myös vanhempaispopulaatioista kylvettiin ruudut pellolle.

Tulokset ja niiden tarkastelu

Eri alkuperää edustavien populaatioiden geneettiset etäisyydet

Kotimaista alkuperää olevat populaatioiden keskinäinen geneettinen etäisyys ei poikennut merkittävästi etäisyydestä, joka määritettiin niiden ja ulkomaista alkuperää olevien populaatioiden välille (Taulukko 1.). Hieman yllättäen niiden geneettinen etäisyys toisiinsa nähden oli hieman suurempi kuin ulkomaisten populaatioiden keskinäinen geneettinen etäisyys, vaikka ulkomaisten populaatioiden jalostaja oli lähes kaikilla eri.

Populaatio *pop5* poikkeaa geneettisesti eniten muista mukana olleista kevätrypsi populaatioista. Suurin etäisyys (3,47) havaittiin *pop2:n* ja *pop5:n* eli kahden kotimaisen populaation välillä. *Pop2* on geneettisesti epäyhtenäisin kaikista populaatioista. Sen yksilöiden välinen geneettinen etäisyys on keskimääräisesti suurempi (3,32) kuin muiden populaatioiden eri yksilöiden välinen etäisyys. Geneettisesti kaikkein läheisimpiä ovat suomalaista alkuperää oleva *pop4* ja Skotlannista hankittu *pop6*.

Taulukko 1. Kevätrypsi populaatioiden keskimääräiset geneettiset etäisyydet (euklidinen etäisyys) 36 bandin mukaan analysoituna.

<i>Pop1</i>	2,62									
<i>Pop2</i>	3,28	3,32								
<i>Pop3</i>	2,97	3,27	2,58							
<i>Pop4</i>	2,94	3,16	3,09	2,95						
<i>Pop5</i>	3,25	3,47	3,35	3,22	3,08					
<i>Pop6</i>	2,75	3,11	2,88	2,84	3,14	2,60				
<i>Pop7</i>	3,24	3,21	3,17	3,10	3,17	3,13	3,06			
<i>Pop8</i>	3,19	3,28	3,14	3,04	3,24	3,06	3,12	3,06		
<i>Pop9</i>	3,14	3,38	3,29	3,17	3,25	3,00	3,21	3,10	2,89	
<i>Pop10</i>	3,03	3,24	3,14	3,04	3,30	2,80	3,27	3,11	3,15	2,81
	<i>Pop1</i>	<i>Pop2</i>	<i>Pop3</i>	<i>Pop4</i>	<i>Pop5</i>	<i>Pop6</i>	<i>Pop7</i>	<i>Pop8</i>	<i>Pop9</i>	<i>Pop10</i>

Heteroosin ilmeneminen

Kasvuolot vuonna 2003 olivat kuivat ja kuumat, jotka heijastuivat kevätrypsi sadontuottokykyyn. Kukinta-ajan korkea lämpötila ja kuivuus häiritsevät rypsin pölyttymistä ja lituja muodostui huomattavan vähän. Tämä ilmeni erityisesti myöhäisillä populaatioilla. Lohkolla esiintyneen

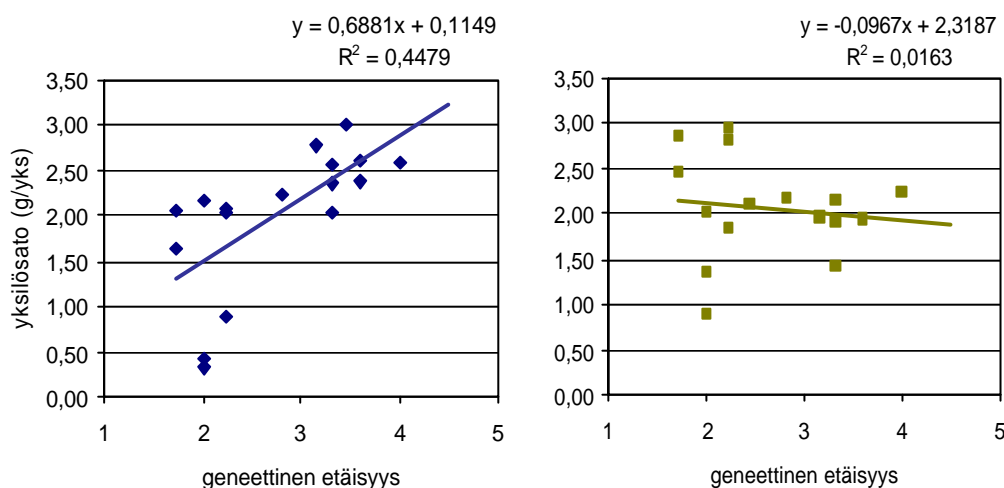
voimakkaan olosuhdevaihtelun vuoksi jouduttiin sato huomioimaan ainoastaan kahden populaatioparin hybridisadosta.

Populaatioparin *pop4* x *pop6* yksilöparien hybrideistä 29 % tuotti merkitsevästi suuremman sadon kuin paras vanhempaispopulaatio. Noin 53 % niistä tuotti suuremman sadon kuin heikkosatoisempi vanhempaispopulaatio. Vanhempiaan heikkomman sadon tuotti ainoastaan 12 % hybrideistä. Käytettäessä *pop6*:n yksilöitä emokasveina tilanne ei muuttunut olennaisesti. Suuremman sadon kuin paras vanhemmista tuotti 25 % hybrideistä ja heikkosatoisempaa vanhempaa enemmän satoa tuotti 50 % jälkeläistöistä. Yksikään niistä ei tuottanut huonompaa satoa kuin vanhempansa.

Populaatioparilla *pop1* x *pop9* ei heteroosivaikutus ollut yhtä selvä populaatioparilla *pop4* x *pop6*. Ainoastaan 14 % hybrideistä tuotti suuremman sadon kuin paras vanhemmista ja 21 % paremman sadon kuin heikkosatoisempi vanhempi. *Pop9*:n ollessa emona (*Pop9* x *Pop1*), 7 % hybrideistä tuotti suuremman sadon kuin paras vanhemmista ja 21 % tuotti suuremman sadon kuin heikkosatoisempi vanhemmista.

Geneettisen etäisyyden yhteys satoon

Geneettisellä etäisyydellä ei ollut niin selvää ja voimakasta yhteyttä kevätrypsihybridien satoon kuin odotettiin. Ainoastaan yhdellä vanhempaispopulaatioparilla *pop4*:n ollessa emona havaittiin lineaarinen yhteys vanhempien geneettisen etäisyyden ja jälkeläisten sadontuottokyvyn välillä (Kuva 1.). *Pop4* ollessa pölyttäjänä ilmiö ei enää esiintynyt. Myöskään *pop1* ja *pop9* jälkeläistöillä ei mitään yhteyttä vanhempien geneettisen etäisyyden ja sadontuoton välillä havaittu.



Kuva 1. Geneettisen etäisyyden vaikutus kevätrypsiyksilöiden satoon, vasemmalla *pop4* x *pop6* ja oikealla *pop6* x *pop4*.

Johtopäätökset

Populaatioiden vähäiset geneettiset erot tutkimuksessa kuvaavat hyvin 90-luvulla käytettyä jalostusaineistoa. Laatuvaatimukset lajikkeille ovat olleet yhteneväiset koko rypsinviljelyalueelle. Erukahapottomuuden vaatimus pakotti jalostajat käyttämään samaa geenilähdettä, jolloin rypsin geneettinen muuntelu on kaventunut huomattavasti. Se kuvaa myös jalostajien välillä vallinnutta voimakasta materiaalivaihtoa.

Havaitut sadonparannukset osoittivat heteroosivaikutuksen hyödyntämismahdollisuuden. Samalla ne kuitenkin osoittivat vanhempaislinjojen valinnan tärkeyttä. Heteroosivaikutusta ei ole mahdollista aikaansaada millä tahansa komponenteilla. Vanhempien valinnassa ei kuitenkaan voida yksinomaan luottaa pelkästään geneettiseen etäisyyteen. Periyttämiskykyä mittaavat testiristeytykset ja kenttäkokeet ovat välttämättömiä maksimaalisen heteroosin löytämiseksi.

Kehittämällä jalostusmenetelmää yhä edelleen ja keskittymällä oikeiden vanhempaispopulaatioiden valintaan voidaan synteettisillä kevätrypsilajikkeilla saavuttaa hybridilajikkeiden edut.

Kirjallisuus

Becker H.C. 1989. Breeding of synthetic varieties in partially allogamous crops. *Eucarpia*, Proc. XII Congress 27. Feb to 4. Mar, Göttingen, Germany. Pp.81-90.

Falk K.C, Rakow G.F.W, Downey R.K. 1998. The utilization of heterosis for seed yield in hybrid and synthetic cultivars of summer turnip rape. *Can. J. Plant Sci.* 78: 383-387.

Falk K.C, Rakow G.F.W, Downey R.K., Spurr D.T. 1994. Performance of inter-cultivar summer turnip rape hybrids in Saskatchewan. *Can. J. Palnt Sci.* 74: 441-445.

Gallais A. 1988. Heterosis: its genetic basis and its utilization in plant breeding. *Euphytica* 39: 95-104.

Schuler T.J., Hutcheson D.S., Downey R.K. 1991. Heterosis in intervarietal hybrids of summer turnip rape in western Canada. *Can. J. Plant Sci.* 72: 127-136.

Sernyk J.L., Stefansson B.R. 1983. Heterosis in summer rape (*Brassica napus* L.) *Can. J. Plant Sci.* 63: 407-413.