

Etelänjauhiaisen biotyypit ja niiden torjunta

Irene Vänninen, MTT

(versio 21.6.2006)

(Tiivistetty PowerPoint-muotoinen esitys osoitteessa: www.agropolis.fi/into Tietopankki, Kemiallinen torjunta)

1. Etelänjauhiaisen B- ja Q-biotyyppien levinneisyys

Etelänjauhiaisen (*Bemisia tabaci*) noin 20:stä biotyypistä (de la Rua et al. 2006) Suomen kannalta tärkeimmät ovat biotyypit B ja Q. Molempia esiintyy yleisesti Välimeren maissa, joista tuodaan Suomeen koristekasvien ja yrttien pistokkaita ja taimia. Välimeren alueella esiintyy B- ja Q-biotyyppin lisäksi myös biotyyppejä M, S ja T, jotka eroavat ekologiaaltaan Q- ja B-biotyypeistä (de la Rua et al. 2006).

Biotyyppi on populaatio, jonka yksilöt eroavat toisten populaatioiden yksilöistä selvästi käyttäytymiseltään, isäntäkasvimieltyyksiltään, virusten siirtämiskyvyltään jne., vaikka eri populaatioihin kuuluvien yksilöiden ulkomuodossa ei ole mitään eroa (Anon. 2003a). *Bemisia tabaci* -lajinimen alle listatut biotyypit ovat nykyäsitöksen mukaan sisaruslajeja (Perring 2001). Yleisemmin biotyyppi ymmärretään kuitenkin geneettisenä rotuna, ja biotyypit erotetaankin toisistaan yleensä molekyylibiologisin menetelmin perustuen eroihin niiden DNA:ssa.

B-biotyyppi on alun perin kotoisin Itä-Afrikasta Sahelin alueelta, mutta nykyisin maailmanlaajuisesti levinnyt. Se aiheuttaa kasveissa selviä oireita: kurpitsalla hopealehtisyöttä (Yokomi et al. 1990) ja tomaatilla hedelmien epätaisaista kypsymistä. Q-biotyyppi ei tällaisia oireita aiheuta, mutta sen taipumus kehittää hyvin nopeasti torjunta-aineresistenssi tekee siitä B-biotyyppiä hankalamman tuholaisen.

Q-biotyyppi on tiettävästi peräisin Välimeren alueelta, jossa se pitäytyi muutaman vuoden ”löytymisensä” jälkeen. Nyt myös Q-biotyyppi

näyttää aloittaneen maailmanvalloituksen (taulukko 1). USA:aan tämä biotyyppi levisi vuosien 2004 ja 2005 aikana, ja sitä on löydetty sieltä jo 21 eri osavaltion kasvihuoneista joulutähdeltä, gerberalta ja *Veronica*- ja *Lamium*-suvun kasveilta (Dennehy et al 2006).

Taulukko 1. Etelänjauhiaisen Q-biotyyppin löydökset Euraasiassa ja muilla mantereilla.

Maa	Lähde
Tunisia	Chermiti et al. (1997)
Kanarian saaret	Beitia et al. (1998)
Italia	Demichelis et al. (2000); Simon et al. (2003b)
Marokko	Monci et al. (2000)
Egypti	de Barro et al. (2000)
Manner-Espanja	Moya et al. (2001)
Portugali	Cenis JL, maininta esiintymästä osoitteessa http://web.forodigital.es/cida/cida/virologia.htm
Saksa	Nauen et al. (2002a)
Norja	Nina Johansen, Bioforsk, suull. tieto (1999 ja 2003 tehdyt testaukset Norjaan saapuneista jauhiaisista)
Israel	Horowitz et al. (2003) (1. havainto 1999)
Algeria	Benmessaoud-Boukhalfa & Benmessaoud (2003)
Kypros	Mabbett (2004)
Ranska	Bertaux (2004), jossa mainitaan Q-biotyyppin olevan yleisempi kuin B-biotyyppin
Kreeta	Roditakis et al. (2005)
Hollanti	tieto raportissa Anonymous a, mutta alkupeleistä viitettä ei ole
Kiina	Chu-Dong et al. (2005)
USA	Dennehy et al (2006)
Guatemala	Dennehy et al (2006)
Meksiko	Dennehy et al (2006)
Japani	Ueda & Brown (2006)

Viljelyksillä, joilla käytetään paljon torjunta-aineita, erityisesti neonikotinoideja ja pyriproksifenä (Khasdan et al. 2005), Q-biotyyppi valtaa elintilan B-biotyyppiltä. Myös laboratoriossa Q-biotyyppi syrjäyttää nopeasti B-biotyyppin, kun sekapopulaatiota pommitetaan toistuvasti torjunta-aineilla (Horowitz et al. 2005). Ilman torjunta-aineita B-biotyyppi sen sijaan valtaa elintilan Q-biotyyppiltä (Pascual & Callejas 2004). Välimeren maissa, etenkin Espanjassa ja Israelissa

B- ja Q-biotyyppit esiintyvät nykyään sekapopulaatioina avomaalla (Moya et al. 2001; Horowitz, et al. 2005), mutta Q on käymässä yleisemmäksi kuin B.

Q- ja B-biotyyppin jauhiaiset eivät risteidy luonnossa keskenään (Pascual & Callejas 2004). Parittelurituuaali eri biotyyppijä edustavien koiraiden ja naaraiden välillä kestää epäluonnollisen pitkään, ja vaikka Q-biotyyppin koiraat ovat osoittautuneet erityisen sinnikkäiksi B-biotyyppin naaraiden kosiskelijoiksi, B-biotyyppin naaraat eivät suostu parittelemaan niiden kanssa (Mabbett 2004; Morin 2006). Jos B-naaras suostuu paritteluun, spermaa ei kuitenkaan siirry koirasta naaraseen (Morin 2006). Laboratoriossa eri biotyyppien parittelu on kuitenkin saatu onnistumaan (Mabbett 2004). Hedelmöitynyt naaras munii normaalisti, mutta munista kuoriutuneet toukat kuolevat (Morin 2006). Nämä seikat puoltavat B- ja Q-biotyyppin luokittelua eri lajeiksi etenkin Patersonin (1985) lajikäsitteen mukaisesti. Sinänsä Q- ja B-biotyyppin risteytymisen epäonnistuminen luonnon oloissa on hyvä uutinen: sehan varmistaa, ettei torjunta-aineille helpommin resistenssin kehittävä Q-biotyyppi siirrä resistenssigeenejään B-biotyypille.

Toisin kuin B-biotyypillä, Q-biotyyppin eri populaatioiden välillä on paljon geneettistä vaihtelua (Moya et al. 2001). Välimeren alueella esiintyvät Q-biotyyppin etelänjauhiaiset onkin luokiteltu DNA-analyysien perusteella ainakin neljään eri alatyyppiin. Niistä kaksi esiintyy Espanjassa/Marokossa ja kaksi Israelissa (McKenzie & Byrne 2006). Arvellaan, että alatyypit saattaisivat edustaa erilaisia muotoja torjunta-ainekestävyydeltään. Mikrosatelliitti-DNA:n määrittämenetelmien mahdollisuutta kemikaaliresistenssiltään erilaisten Q-alaryhmien erottamiseksi tutkitaan parhaillaan USA:ssa.

Etelänjauhiaisten hallinta perustuu tällä hetkellä kaikkialla pääosin neonikotinoideihin (vaikeustaparyhmä 4A, ks. IRAC 2005) ja jauhiaisen kasvunsääteisiin (ryhmä 16) ja nuoruushormonin matkijoihin (ryhmä 7) (Ishaaya & Horowitz 1994). Neonikotinoideista käytetään yleisimmin ensimmäisen neonikotinoidipolven ainetta imidaklopridiä. Sen rinnalle ovat tulleet myös toisen sukupolven neonikotinoidit asetamipridi, triaklopridi ja thiametoksami. Uusimmat neonikotinoiditulokkaat ovat dinotefurani ja clothianidini.

Neonikotinoideja käytetään vuorotellen kasvunsääteiden ja nuoruushormonin matkijoiden kanssa. Jauhiaisten nuoruusasteiden kehitystä häiritsevästä aineista yleisimmin käytettyjä ovat pyriproksifeni, joka on nuoruushormonin matkija (ryhmä 7C) ja buprofetsiini (ryhmä 16), joka on kitiinisynteesin häiritsijä toukkien nahantuontivaiheessa. Israelissa on kehitetty myös novaluronia tehoaineena sisältävä kasvunsäädä, (Ishaaya et al. 2002), joka ei kuitenkaan ole yhtä yleisesti käytössä kuin muut edellä mainitut kasvunsääteet.

Resistenssinhallinnan huomioonottava kemiallinen torjunta on pääasiallinen torjuntakeino kaikkialla, missä etelänjauhiaisen B- tai Q-biotyyppi esiintyy avomaakasvien, erityisesti puuvillan ja vihanneskasvien, tuholaisena kuten USA:n etelävaltioissa, Etelä-Amerikassa ja Välimeren alueella (Palumbo et al. 2001). Neonikotinoidien käyttö on yleistä myös Välimeren maiden kasvihuoneissa. Suuri huolenaihe on Q-biotyyppin yleistymisen ja leviäminen Välimeren alueelta muihin maihin sekä Q-biotyypissä helposti kehittyvä kemikaaliresistenssi neonikotinoideille ja kasvunsääteille.

2. B- ja Q-biotyyppien torjunta-aineresistenssin eroista

Sekä B- että Q-biotyyppin resistenssi perinteisille yleistorjunta-aineille kuten pyretroideille (ryhmä 3) ja organofosforeille (ryhmä 1B), on enemmänkin sääntö kuin poikkeus (Cahill et al. 1995). Tästä huolimatta etelänjauhiaisen B-biotyyppin torjuntaan on USA:ssa käytetty pyretroidien ja organofosfaattien sekoituksia, joista yleisin on fenpropatriinin (pyretroidi) ja asefaatin (organofosfaatti) sekoitus suhteessa 5:1. Asefaatti ilmeisesti toimii synergistinä fenpropatriinille siten, että se estää fenpropatriinia hajottavien esteraasi-entsyymien toiminnan. Sekoitukselle kehittyy kuitenkin voimakas resistenssi jo 10 sukupolven aikana ilman aineiden vuorottelua (Anthony et al. 1998).

B-biotyyppin resistenssi neonikotinoideille ja jauhiaisten kasvunsääteille on vielä paikoittaista suurimman osan populaatioista kuollessa edelleen hyvin näihin aineisiin (Denholm & Nauen 2006). Senpä takia käytettäessä pyriproksifenä

ja neonikotinoideja B- ja Q-biotyyppien sekopopulaatioiden torjuntaan Q-biotyyppi tulee vallitsevaksi, kun taas B-biotyyppi kuolee pois (Khasdan et al. 2005). Tosin Guatemalan B-biotyyppin etelänjauhiaisissa on todettu jo selvää, resistenssiä neonikotinoideille (Prabhaker et al. 2005). Myös Israelista kasvihuoneruusukselta on löydetty B-biotyyppin etelänjauhiaispopulaatio, joka on resistentti sekä imidaklopridille, asetamipridille että thiametoksamille ja lisäksi vielä pyriproksifenillekin (Rauch & Nauen 2003).

Välimeren maista erityisesti Espanjassa etelänjauhiaista torjutaan paljon neonikotinoideilla (imidaklopridi, asetamipridi, thiametoksami) vihannesviljelmillä. Sen seurauksena etenkin Almerian alueen etelänjauhiaiset ovat nyt valtaosin Q-biotyyppiä ja resistenttejä useille neonikotinoideille (Rauch & Nauen 2003). Israelissa Q-biotyyppin ilmaantuneen voimakkaan kemiallisen torjunnan alueille varmistui ensimmäisen kerran 1990-luvun viimeisinä vuosina otetuista näytteistä (Horowitz et al. 2003a). Israelissa etelänjauhiaisen torjuntaan puuvillapelloilta on käytetty pääosin pyriproksifenä ja neonikotinoideja 1990-luvun alkupuolelta saakka.

2.1 Neonikotinoidiresistenssi

Kaikki neonikotinoidit kuuluvat samaan vaikutustaluokkaan 4 (IRAC 2005), vaikka eri tehoaineiden molekyyliarakenteessa onkin hienan eroja. Rakenteellisista eroistaan huolimatta kaikki neonikotinoidit vaikuttavat hyönteisten nikotiiniasetyylikoliinireseptoriin; ne ovat siis hermomyrkkijä. Muuntunut vaikutuskohta ei kuitenkaan ole neonikotinoidiresistenssin mekanismi etelänjauhiaisella, vaan perustuu entsymaattiseen hajotustoimintaan eli P450-monooksigenaasientsyymien tuotantoa koodaavan geenin voimistuneeseen ilmentymiseen (Nauen & Denholm 2005). Neonikotinoidiresistenssiä koodaavat alleelit jauhiaisten perimästä voidaan jo todeta molekyylibiologisilla menetelmillä (Sharma et al. 2002; Rauch & Nauen 2003).

Laboratoriossa B-biotyyppin etelänjauhiaisille saadaan kehittymään imidaklopridiresistenssi altistamalla jauhiaiset toistuvilla käsittelyillä. Prabhaker et al. (1997) osoittivat, että resistenssi kehittyi 17-kertaiseksi 15 sukupolven aikana. Resistenttien yksilöiden yleistymisen nopeutui ja resistenssin taso voimistui alkua huomattavasti nopeammin noin 8 sukupolven jälkeen ja oli yli 80-kertainen 24 sukupolven kuluttua,

jolloin lähes kaikki jauhiaiset olivat resistenttejä. B-biotyyppiltä imidaklopridiresistenssi tosin hävisi muutamassa sukupolvessa, kun käsittelyt lopetettiin.

Intiassa etelänjauhiaisen imidaklopridiresistenssiä tutkittiin määrittelemättömältä biotyypiltä. LC₅₀-pitoisuus (joka tappaa 50 % jauhiaispopulaatiosta) suurentui kymmenkertaiseksi viiden jauhiaissukupolven kuluessa (Sethi et al. 2002). Samantasaisen sietokyvyn saavuttaminen pyretroideihin kuuluville bifentriinille ja fenvaleraatille vei jauhiaisilta 25 sukupolvea. Etelänjauhiaisilla on siis selvästi suurempi potentiaali kehittyä vastustuskykyisiksi neonikotinoideille kuin esimerkiksi pyretroideille. Tämä liittyy siihen, että neonikotinoidiresistenssin mekanismi on entsymaattinen detoksifikaatio ja pyretroidiresistenssin muuntunut vaikutuskohta. Torjunta-aineiden vuorotteluun ei siis anna parasta mahdollista suojaa neonikotinoidiresistenssin kehittymistä vastaan. Vuorottelun tarkoituksena on estää sellaisten yksilöiden eloonjäänti, joiden elimistössä on aineen vaikutukselle immuuni, muuntunut vaikutuskohta. Yhtä torjunta-ainetta hajottamaan pystyvä entsyymi sen sijaan voi kyetä hajottamaan myös jotain täysin toisella tavalla vaikuttavaa ainetta, kunhan aineen molekyyliarakenteessa on sellaisia osia, joihin entsyymi pystyy kiinnittymään.

Resistenssin kehittymisnopeus ei ole välttämättä yhtä suoraviivaista käytännön viljelmillä, jossa jauhiaispopulaatioiden perimä on isojen yksilömäärien takia kirjavampi ja käyttöpitoisuudet on sovitettu siten, että tuholaiseen kohdistuva valintapaine on suuri. Laboratoriossahan on pakko käyttää pienempiä pitoisuuksia, jotta kasvatusta ei kuole kokonaan. Suljettuina ympäristöinä kasvihuoneet kuitenkin vertautuvat läheisemmin laboratoriokasvatuksiin, kuten osoittaa jo se, että kasvihuoneissa resistenssi kehittyy nopeammin ja voimakkaampana kuin avomaalla (esim. Horowitz & Ishaaya 1994; Nauen et al. 2002b; Rauch & Nauen 2003).

Ensimmäiset tapaukset neonikotinoidiresistenssistä käytännön viljelmillä osoitettiin Espanjan Almerian vihanneshuoneiden Q-populaatioista, joiden resistenssi paitsi imidaklopridille, myös asetamipridille ja thiametoksamille on tasaisesti voimistunut vuosien 1994 ja 1999 välillä (Nauen et al. 2002b; Nauen et al. 2006)). Useammalle neonikotinoidivalmisteelle resistenttejä Q-biotyyppin populaatioita on löydetty myös Italiasta 1999 kasvihuonekoristekas-

veilta ja Saksasta kasvihuoneesta Hibiscuksilta vuonna 2001 – jälkimmäiset olivat todennäköisesti peräisin Välimeren alueelta (Nauen et al. 2002b).

USA:ssa imidaklopridille resistentit B-biotyyppin etelänjauhiaiset ovat kestäneet jopa pitoisuutta 1000 ug/ml ainetta (Dennehy et al. 2005), joka on yli 35 000 kertaa suurempi kuin Amerikassa käytetyn Marathon II-valmisteeseen käyttösuosituspitoisuus (Anon. b ilman vuosilukua). Suurelta resistenssikertoimelta ei välttämättä vielä merkitse, että torjunta epäonnistuu käytännön oloissa käyttösuosituspitoisuuksilla. Pitoisuussarjmittaus, joka yleensä sisältää myös käyttösuosituspitoisuuden ja sitä suuremmat annostukset, kertoo kuitenkin, mitä tapahtuu viljelyksillä käytettävillä pitoisuuksilla. Esimerkiksi 35000-kertaiset pitoisuudet ovat tietysti jo osoitus siitä, että aineet eivät tehoa enää käytännön viljelyksilläkään kyseiseen tuhoajapopulaatioon.

Nopean kehittymisensä lisäksi neonikotidiresistenssi säilyy Q-biotyyppillä pitkään torjunta-ainealtistuksen loputtuakin. Almerian Q-biotyyppin etelänjauhiaispopulaatioiden neonikotidiresistenssi säilyi alkuperäisellä tasolla vähintään kaksi vuotta sen jälkeen, kun neonikotidikäsitellyt laboratoriossa lopetettiin. Kun sama koe tehtiin Q- ja B-biotyyppin sekapopulaatiolla, neonikotidiresistenssi väheni käsittelyjen loputtua jo kymmenessä kuukaudessa merkittävästi (Nauen et al. 2002b), koska B-biotyyppi pärjää paremmin kuin Q silloin, kun torjunta-aineita ei käytetä ja B-biotyyppistä resistenssi häviää nopeammin (Prabhaker et al. 1997). Jos siis torjuttavana on Q-biotyyppi, pitkään tauko neonikotinoidien käytössä ei välttämättä hävitä resistenssiä, ellei populaatioon tule aineelle herkkiä yksilöitä muualta.

Resistenteillä etelänjauhiaisilla P450-mono-oksigenaasit hajottavat neonikotinoideja haitattomampaan muotoon (Rauch & Nauen 2003). Synergistit, esimerkiksi piperonylibutoksidi (PBO) estävät imidaklopridiä hajottavien P450-mono-oksigenaasientsyymien toiminnan resistentissä jauhiaisissa. Resistentin espanjalaisen etelänjauhiaiskannan herkkyys neonikotinoideille palasi, kun aikuisille annettiin piperonylibutoksidi (PBO)-käsittely ennen imidaklopridille altistamista. Ilman synergistiä imidaklopridin aiheuttama kuolleisuus oli noin 18 %, PBO:n kanssa hieman yli 80 % (Nauen et al. 2002b).

2.2 Pyriproksifeniresistenssi

Pyriproksifeniresistenssin mekanismeja etelänjauhiaisella ei vielä tunneta, mutta sen tiedetään aiheutuvan yhdessä geenilokuksessa tapahtuneesta mutaatiosta (Horowitz et al. 2003b). Pyriproksifeniresistenssi on todennettu sekä B-että Q-biotyyppin jauhiaisista. Arizonan puuviljaviljelysten B-biotyyppin etelänjauhiaisissa kehittyi pyriproksifeniresistenssi 6-7 vuodessa huolimatta resistenssinhallintaohjelmasta, tosin resistenssin taso ei ole vielä näkynyt torjunnan epäonnistumisina käytännössä (ks. Palumbo et al. 2001). Kasvihuoneista ja kaupunkiympäristöstä olevista koristeistutuksista kerätyissä etelänjauhiaisissa resistenssi kehittyi tässä ajassa voimakkaammaksi kuin avomaalla. USA:ssa on menossa tutkimuksia, joilla haetaan sitä resistenssitilaa, jolla torjunta epäonnistuu käytännössä suhteessa tuottajan asettamiin torjuntavoitteisiin. (Dennehy et al. 2005).

Israelissa testatuista B-biotyyppin etelänjauhiaisista valtaosa on edelleen herkkiä pyriproksifenille (Horowitz et al. 2003). Sen sijaan Q-biotyyppissä kehittyi 500-kertainen pyriproksifeniresistenssi jo yhdessä vuodessa vain kolmen käyttökerran jälkeen (Horowitz et al. 1994). Puuviljaviljelmällä kertakäsittely kasvukauden aikana ei ole nostanut resistenssitilaa näkyvästi (Horowitz & Ishaaya 1994), todennäköisesti koska ympäristöstä tulee viljelmille myös aineelle herkkiä yksilöitä laimentamaan resistenssin kehittymistä. Pyriproksifenin käytettiin Israelissa puuviljaviljelmillä 1990-luvun alusta vuoteen 1997, jolloin sen käyttö resistenssinhallintaa noudattamattomilla alueilla oli pakko lopettaa resistenssin takia. Pyriproksifenin käytön loputtua etelänjauhiaisten resistenssi aineelle laski neljässä vuodessa kymmenesosaan vuoden 1997 tasosta. (Horowitz et al. 2002).

Laboratoriossa, jossa populaatioon ei tullut torjunta-aineelle herkkiä yksilöitä laimentamaan resistenssiä, pyriproksifeniresistenssi alkoi lieventyä jauhiaisten kuudennessa, käsittelemättömässä sukupolvessa, mutta hävisi vasta kahdenkymmenen sukupolven jälkeen. Samalla biotyyppien B/Q sekapopulaatio vaihtui puhtaaksi B-biotyyppiksi, sillä resistentti Q ei pärjää B:lle torjunta-aineettomassa ympäristössä. (Horowitz et al. 2005). Sen sijaan kun pyriproksifenille resistenttejä etelänjauhiaisia käsiteltiin toistuvasti neonikotinoideilla laboratorioskasva-

tuksessa, Q-biotyyppi säilyi vallitsevana biotyypinä eikä sen pyriproksifeniresistenssi hävinnyt. Tämä voi olla osoitus ristikkäis- tai moniresistenssistä pyriproksifenin ja neonikotinoiden välillä.

Israelissa tehtyjen tutkimusten johtopäätös oli, että Q- ja B-biotyyppien sekapopulaatioissa vain Q pärjää jatkuvassa neonikotinoidi- tai pyriproksifenialtistuksessa (Horowitz et al. 2005). USA:an levinneen Q-biotyyppin ja siellä jo entuudestaan esiintyneen B-biotyyppin etelänjauhiaisten pyriproksifeniresistenssiä verrattaessa havaittiin myös, että B-biotyyppi oli selvästi herkempi pyriproksifenille. Sen pyriproksifenilla käsitellyistä munista ei kehittynyt ollenkaan jauhiaisia, mutta Q-biotyyppin populaation munista kehittyi jauhiaisiksi hieman yli 30 % riippumatta siitä, kohdistettiinkö käsittely muniin vai pieniin toukkiin (Bethke & Byrne 2006).

Morin et al. (2006) ovat selvittäneet syitä siihen, miksi resistentti Q-biotyyppi menestyy torjunta-aineiden aiheuttaman valintapaineen alla, mutta ei silloin kun torjunta-aineita ei käytetä. Sekä resistenttien että pyriproksifenille herkkien Q-etelänjauhiaisten munat kuoriutuvat samalla tavalla, mutta resistenttien toukkien kuolleisuus ennen aikuistumista oli suurempi ja toukkien kehitysaika aikuiseksi pitempi kuin pyriproksifenille herkällä yksilöillä. Resistentit naaraat munivat vuorokaudessa vähemmän kuin ei-resistentit, mutta elivät pitempään, joten elinaikainen munatuotanto oli resistenteillä noin 20 munaa suurempi.

Suurentunut munatuotanto per naaras ja toukkien alentunut kuolleisuus johtavat siis siihen, että pyriproksifenille resistentin etelänjauhiaispopulaation kasvukerroin on suurempi kuin pyriproksifenille herkän. Jos pyriproksifenikäsitellyt lopetetaan, resistenttien yksilöiden osuus alkaa laskea selvästi: jo kuudennessa sukupolvessa se on puolittunut ja 13 sukupolven jälkeen resistenttien genotyyppien osuus on enää kolmannes populaatiosta. Näiden tulosten perusteella on arvioitu, että vielä 50 sukupolvenkin kuluttua resistenttejä yksilöitä on populaatioissa jäljellä kolmisen prosenttia. (Morin et al. (2006).

Pyriproksifenille resistentit yksilöt eivät siis katoa populaatiosta kokonaan pitkänkään torjunta-aineettoman kauden jälkeen. Siksi resistenssin takaisinvalinta tapahtuu nopeasti, jos torjunta-ainekäsittelyt aloitetaan uudestaan. Morin et al. (2006) arvioivat, että resistenssi pa-

lautuu voimakkaalle tasolle jo kolmen sukupolven kuluttua torjunta-ainekäsittelyjen uudelleenaloittamisesta – joissain olosuhteissa voi riittää yksikin ruiskutus. Näin käy erityisesti silloin, kun populaatiot ovat eristyneitä, kuten kasvihuoneissa ja muista alueista erillään olevissa laaksoissa avomaalla (Horowitz et al. 1999). Pyriproksifeniresistenssin päästyä yleistymään siitä on siis hyvin vaikea päästä kokonaan eroon, ellei jollakin muulla tehoaineella saada tapettua kaikkia resistenttejä yksilöitä käsiteltävästä populaatiosta.

Pyriproksifenille resistenttien etelänjauhiaisten toukkien pidentynyt kehitysaika menettää suhteellisen merkityksensä lähes kokonaan, kun lämpötilat ovat välillä 25-33 °C. Tätä viileämmässä toukkien pidentynyt kehitysaika antaa kuitenkin mahdollisuuksia biologiselle torjunnalle, koska loispistiäisille jää enemmän aikaa etsiä ja loisia resistenttejä etelänjauhiaistoukkia.

Piperonylibutoksidin (PBO) vaikutus pyriproksifenille resistenteissä yksilöissä on täysin päinvastainen kuin neonikotinoideille resistenteissä. Sen sijaan että PBO palauttaisi jauhiaisten herkkyyden aineelle, se estääkin lähes kokonaan pyriproksifenin vaikutuksen. Kun PBO:ia käytettiin yhdessä pyriproksifenin, käsitellyistä munista kuoriutui 88 % enemmän kuin pelkällä pyriproksifenilla käsitellyistä munista. Pyriproksifenin toiminta perustuu ilmeisesti sen hapettumiseen etelänjauhiaiselle haitalliseksi yhdisteeksi. PBO estää tämän hapettumisreaktion tappavaksi tuotteeksi (Devine et al. 1999).

2.3 Buprofetsiiniresistenssi

Buprofetsiinin resistenssimekanismi etelänjauhiaisissa näyttäisi perustuvan aineelle epäherkkään asetyylikoliiniesteraasiin eli siis muuntuneeseen entsyymiin, jonka toimintaa buprofetsiini ei pystykään estämään (Cottage & Cuning 2002).

Tomaatilla belgialaisissa kasvihuoneissa buprofetsiiniresistenssi kehittyi ansarijauhiaisissa (*Trialeurodes vaporariorum*) neljän vuoden kuluessa, jona aikana tällä aineella tehtiin yhteensä 24 ruiskutusta (de Cock et al. 1995). Resistenssi ei laimentunut ollenkaan, kun jauhiaisia pidettiin laboratorioissa ilman torjunta-ainekäsittelyä 6 kk eli yli 8 jauhiaissukupolven ajan.

B-biotyyppin etelänjauhiaisissa israelilaisilla puuvillapelloilla kehittyi vain 3-kertainen buprofetsiiniresistenssi herkkään kantaan verrattuna yhden kasvukauden aikana (Horowitz & Ishaaya 1992). Maltillinen käyttökertojen rajoittamien yhden sukupolven ajalle per kasvukausi piti buprofetsiiniresistenssin kurissa. Sen sijaan kasvihuoneessa ruusulla buprofetsiiniresistenssi voi kehittyä etelänjauhiaisissa jo yhden käsittelyn jälkeen! (Horowitz & Ishaaya 1994). USA:ssa tehdyissä tehokkuuskokeissa buprofetsiini tuotti vain vajaan 60 %:n torjuntatehon Amerikkaan levinneillä, joulutähdeltä löydettyillä Q-biotyyppin etelänjauhiaisilla (Bethke & Byrne 2006).

2.4 Pymetrosiiniresistenssi

Neonikotinoidiresistenssi antaa suojan myös pymetrosiiniä (ryhmä 9B) vastaan, sillä resistenssi niin neonikotinoideille kuin pymetrosiinillekin perustuu P450-mono-oksigenaasientsyymien tahdittamaan entsyymaattiseen detoksifikaatioon (Nauen & Denholm 2005). Pymetrosiiniresistenssi saattaa antaa suojan myös flonikamidia vastaan. Flonikamidi (ryhmä 9C) kuuluu pymetrosiinin kanssa samaan vaikutustapapääryhmään, mutta on uudempi tuote kuin pymetrosiini.

2.5 Ristikkäisresistenssi jauhiaisten torjunta-aineiden välillä

Neonikotinoideja on tuotu markkinoille jo ainakin seitsemän erilaista yhdistettä, jotka kaikki kuuluvat kuitenkin samaan vaikutustaparyhmään 4A (IRAC 2006). Ristikkäisresistenssi eri neonikotinoidivalmisteiden välillä on siis hyvin todennäköistä etelänjauhiaisissa, kuten on käytännössäkin osoitettu.

Ristikkäisresistenssi eri neonikotinoideille näyttäisi olevan yleisempää Q-biotyyppillä, vaikka B-biotyyppilläkin sitä on havaittu, tosin yleensä lievempänä (Dennehy & Denholm 1998; Li et al. 2000; Rauch & Nauen 2003). Prabhaker et al. (2005) vertasivat Kaliforniasta, Arizonasta ja Guatemalasta peräisin olevien, imidaklopridille resistenttien B-biotyyppin jauhiaisten resistenssiä muille neonikotinoideille ja totesivat, että ristikkäisresistenssiä thiametoksamille, asetamipridille ja dinotefuranille ei ollut tai se oli hyvin

lievää. Myös Arizonan puuvillapeltojen B-biotyyppin etelänjauhiaisissa todettiin vain lievää ristikkäisresistenssiä thiametoksamin ja asetamipridin välillä (Dennehy et al. 2005).

Neonikotinoidien välinen ristikkäisresistenssi havaittiin ensimmäisen kerran voimakkaana Q-tyyppin etelänjauhiaisista Espanjan Almeriasta (Rauch & Nauen 2003). Roditakis et al. (2005) havaitsivat testauksissaan myös ristikkäisresistenssin triaklopridin ja imidaklopridin välillä Kreetan saaren Q-biotyyppin etelänjauhiaisissa. Ristikkäisresistenssiä esiintyy, tosin melko lievästi, myös imidaklopridin ja dinotefuranin ja thiametoksamin ja dinotefuranin välillä (Nauen et al. 2006).

Buprofetsiinin ja pyriproksifenin välillä ei todettu ristikkäisresistenssiä buprofetsiinille resistenssissä *Trialeurodes vaporariorum* -populaatioissa Belgiassa. Tosin buprofetsiiniresistenttien jauhiaisten munat kestivät pyriproksifenä 4-6 kertaa paremmin kuin buprofetsiinille herkän populaation jauhiaiset (de Cock et al. 1995).

Q-biotyyppin etelänjauhiaisten buprofetsiiniresistenssiä on tutkittu vain vähän, mutta se on ilmeisesti merkittävää. Esimerkiksi USA:aan päässeistä Q-biotyyppin etelänjauhiaisista yksi populaatio oli resistentti sekä pyriproksifenille että buprofetsiinille ja niiden lisäksi myös asetamipridille, imidaklopridille, thiametoksamille sekä fenpropatriinin (pyretroidi) ja asefaatin (organofosfori) seokselle (Dennehy et al. 2006). Kasvunsäätetä novaluronilla (ryhmä 15) ei ole tähänastisissa tutkimuksissa havaittu ristikkäisresistenssiä muiden kasvunsäätetien (Ishaaya et al. 2002, 2005) eikä asetamipridin ja thiametoksamin kanssa (Ishaaya et al. 2005). Buprofetsiinille resistentteissä espanjalaisissa Q-populaatioissa on todettu resistenssiä pyriproksifenille ja samanaikaisesti myös neonikotinoideille (Gorman et al. 2003). Buprofetsiini- ja pyriproksifeniresistenssin geneettinen pohja oli jauhiaisilla erilainen kuin neonikotinoidiresistenssin, joten kyseessä on moniresistenssi (erilainen resistenssimekanismi eri aineille).

Ishaaya et al. (2005) totesivat tutkimuksissaan, että pyriproksifenin ja neonikotinoidien välillä ei esiintynyt heidän tutkimissaan etelänjauhiaispopulaatioissa ristikkäisresistenssiä, joten he suosittelivat näiden aineiden vuorotte- lua etelänjauhiaisen hallinnassa. Ristikkäisresistenssiä kaikille neonikotinoideillekaan ei heidän tutkimassaan jauhiaispopulaatioissa ollut. Thia-

metoksamille voimakkaasti resistentillä jauhiaipopulaatiolla ei ollut ristikkäisresistenssiä pyriproksifenin kanssa. Ristikkäisresistenssin olemassaolo on aina kuitenkin populaatiokoh- taista. Yksi Ishaaya et al. (2005) testaama, thia- metoksamille resistentti jauhiaipopulaatio kuoli hyvin asetamipridi- ja imidaklopridikäsittelyi- hin, kun taas toisen, 500-kertaisesti thiametok- samiresistentin kannan herkkyys asetamipridille ja imidaklopridille oli alentunut hieman (4-6- kertainen resistenssi). Ristikkäisresistenssiä ei havaittu novaluronin (kasvunsääde), pyriproksi- fenin, asetamipridin ja imidaklopridin välillä. Sen sijaan USA:aan levinneen Q-biotyyppin po- pulaation jauhiaisissa todettiin ristikkäisresis- tenssi pyriproksifenin ja imidaklopridin välillä (Dennehy et al. 2005).

Neonikotinoidiresistenssi antaa suojan myös pymetrotsiiniä vastaan, koska resistenssi mo- lemmille aineille perustuu samaan mekanismiin.

Vanhempien torjunta-aineryhmien kanssa neonikotinoideilla on havaittu vain vähän ris- tikkäisresistenssiä (Denholm et al. 2002), mutta tämäkään sääntö ei näytä pitävän paikkaansa Q-biotyyppin tapauksessa. USA:sta (Dennehy et al. 2005) ja Kyprokselta (Mabbett 2004) on löy- detty Q-populaatioita, jotka ovat resistenttejä paitsi neonikotinoideille, myös organofosfaateil- le ja pyretroideille.

Etelänjauhiaisisten resistenssistä spiro- mesifenille (ryhmä 23) tai abamektiinille (ryhmä 6) ei ole toistaiseksi löydöksiä (Denholm & Nauen 2006). Spiromesifeni on ei-systeeminen lipidisynteesin estäjä eikä siten kuulu mihinkään tavallisimmista kemikaaliryhmistä (Liu et al. 2004). Vahvasti organofosfaateille (ryhmä 1B), karbamaateille (ryhmä 1A), pyretroideille (ryh- mä 3) ja endosulfaanille (ryhmä 2A) resistentit kannat eivät olleet resistenttejä spiromesifeenil- le, eikä ristikkäisresistenssiä havaittu myöskään spiromesifenin ja neonikotinoidien tai pyriprok- sifenin välillä (Nauen et al 2002b).

3. Q-biotyyppin torjuntako- keet USA:ssa ja niiden perusteella annetut tor- juntuasuositukset

USA:ssa Q-biotyyppiä on löydetty vuodesta 2004 alkaen kasvihuoneista koristekasveilta ja yrteiltä. Löydösten alkuperä on onnistuttu mik- rosatelliitti-DNA –määritysten avulla paikallis- tamaan ainakin neljään Välimeren alueella esiin- tyvään populaatioon (McKenzie et al. 2006). Jauhiaisia on siis tullut maahan useamman ky- kuin yhden kasvierän mukana. Toistaiseksi Q- biotyyppi ei ole levinnyt USA:ssa hallitsemat- tosti.

USA:sta löytyneiden Q-biotyyppin populaati- oiden herkkyyttä useille eri torjunta-aineille on testattu kasvihuone- ja laboratoriokokeissa jou- lutähdellä. USA:ssa tehdyt torjuntatestaukset ovat relevantteja myös Suomelle, koska Q- biotyyppin alkuperä USA:ssa on paikallistettu Välimeren maihin, vaikka on aina muistettava, että resistenssi on populaatiokohtaista.

3.1 Laboratoriokokeet joulutähdel- lä

Bethke & Byrne (2006) testasivat joulutähdel- lä useiden eri torjunta-aineiden tehoa kahteen Q-tyypin etelänjauhiaipopulaatioon, joista toi- nen oli peräisin joulutähdeltä ja toinen gerberal- ta. Käsittelyille altistettiin tasaikäinen jauhiais- populaatio, joka koostui suurimmaksi osaksi ensimmäisen asteen toukista, joiden seassa oli pieni osa toisen asteen toukkia. Käsittelyt koh- distuivat siis kaikkein herkimpään kehitysastee- seen, ja käsittelyjen peittävyys oli koeoloista johtuen optimaalinen. Neonikotinoideista imi- daklopridi, thiametoksami, clothianidini ja dino- teturani testattiin sekä kastelu- että ruiskutus- käsittelynä, asetamipridi vain ruiskutteenä. Muut aineet (mm. buprofetsiini, pyriproksifeni, spiromesifeni, flonikamidi, abamektiini) testat- tiin ruiskutteina. Käsittelyjen tehoa mitattiin aikuisten kuoriutumisprosentin perusteella.

Gerberalta peräisin oleviin Q- etelänjauhiaisiin tehosivat parhaiten spiro- mesifeni (100 %) sekä abamektiinin ja bifentrii- nin (pyretroidi) seos (100 %). Abamektiini yksi- nään torjui jauhiaiset noin 95 %:sti ja samaan tehoon ylsivät pyridabeni (ryhmä 21, METI- aine) ja pyriproksifeni. Neonikotinoideista tähän jauhiaipopulaatioon tehoosi parhaiten eli 95-98 %:sti dinoteturani annettiinpa aine ruiskutteenä tai kasteluna. Asetamipridiruiskutuksen teho oli 90 %: n luokkaa. Thiametoksami torjui jauhiaiset noin 80 %:n teholla sekä kasteluna että ruiskutteenä. Clothianidinikastelun teho oli 80

% ja ruiskutuksen 65 %. Imidaklopridiruiskutuksen teho oli noin 70% ja kastelun 60 %.

Neonikotinoideja testattiin kasteluna myös moniresistenttiin, joulutähdeltä peräisin olevaan Q-populaatioon. Myös sen torjui tehokkaimmin dinotefurani (100 %), joskin sen kanssa tilastollisesti yhtä tehokas oli thiametoksami noin 85 %:n torjuntateholla. Clothianidi- ja imidaklopridikastelujen teho oli noin 65 %. Dinotefurani ja thiametoksami tehosivat tämän jauhiaispopulaation aikuisiin 100 %:sti, mutta clothianidinin teho jäi 65 %:iin ja imidaklopridin 45 %:iin. Molemmat testatut Q-populaatiot kestivät siten imidaklopridiä paremmin kuin muita testattuja neonikotinoideja.

Bethke & Byrne (2006) vertasivat vielä laboratorioskokeessa Q-biotyyppin ja B-biotyyppin kuolleisuutta pyriproksifeniin, jota käytettiin suurimpana suositeltuna pitoisuutena. Q-biotyyppin jauhiaisista kuoriutui 30 % pyriproksifenikäsittelyn jälkeen, mutta kaikki B-biotyyppin jauhiaiset kuolivat kohdistettiinpa käsittely muniin tai nuoriin toukkiin. Q-biotyyppillä oli siis selvä sietokyky pyriproksifenin vastaan. Bethke & Byrne (2006) totesivat kokeidensa lopputuloksena, että pyriproksifenin ei kannata suositella torjunta-aineeksi, jos jauhiaisten tiedetään olevan Q-biotyyppiä.

Bethke & Byrne (2006) jatkoivat neonikotinoidien kastelutestauksia vielä käytäntöä lähempänä olevissa olosuhteissa kasvihuonekokeissa, joissa käytettiin testikasveina kahdessa eri kokovaiheessa (4 tuuman ja 6 tuuman kasvit) olevia joulutähtiä. Jauhiaiset olivat gerberalta eristettyä Q-biotyyppiä. Kasvin koko vaikutti selvästi torjuntatulokseen. Pienemmällä kasveilla hyvä torjuntateho (90-100 %) saatiin dinotefuranilla, clothianidinilla, thiametoksamilla ja imidaklopridilla. Suuremmilla kasveilla vain dinotefurani tehoi kunnolla (100 %) muiden neonikotinoidien tehon jäädessä 60 %:iin tai alle. Syiksi torjuntatehojen eroihin arveltiin, että kasvit olivat erilaisessa kasvuvaiheessa ja että niiden lehtien tiheydessä ja määrässä oli eroja, jolloin pitoisuudet kasvisolukossa muodostuivat erilaisiksi.

3.2 Kasvihuonekokeet joulutähdelä

Oetting (2005a,b) testasi osin samoja torjunta-aineita kuin Bethke & Byrne (2006). Hänen saamansa tulokset olivat hieman erilaiset, todennäköisimmin koska kyseessä oli eri Q-

populaatio, joka oli peräisin Georgiassa sijaitsevasta kasvihuoneesta. Ensimmäisessä kokeessa tehtiin 1,5 kk:n ikäisten joulutähtien (lajike "Dynasty Red") kertakastelukäsittely (120 ml/ruukku) flonikamidilla, clothianidinilla, dinotefuranilla, imidaklopridillä ja koevaiheessa olevalla aineella DPX-E2Y45 (pyratsoleihin kuuluva DuPontin valmiste). Kaliumbikarbonaatti, spiromesifeni, eräs herbisidi (!) (BW420) ja pyriproksifenikäsittelyt annettiin ruiskuttamalla kaksi kertaa, väliä oli 15 vrk.

Myös Oettingin (2005a) kokeessa selvästi paras torjuntatuloksena saatiin dinotefuranilla. Sillä kastelluilta kasveilta löydettiin jokaisella laskentakerralla vain alle 2 aikuista jauhiaista per lehti seitsemän viikkoa jatkuneiden tarkastusten tuloksena. Toukkien määrä aleni neljässä viikossa nollaan, eikä kasveilta kuoriutunut kuin yksi jauhiainen koko kokeen aikana.

Pyriproksifeniruiskutus piti aikuisten jauhiaisten määrän alkuperäisellä matalalla tasolla 3-4 viikon ajan. Viidennellä viikolla ensimmäisestä ruiskutuskäsittelystä pyriproksifenillä käsitellyiltä kasveilta alkoi kuoriutua aikuisia jauhiaisia. Pyriproksifenikäsittelyn teho kesti siis viitisen viikkoa, kun tehtiin kaksi käsittelyä kahden viikon välein. Viidennen viikon jälkeen olisi pitänyt varautua uusintakäsittelyihin aikuisiin tehoavalla aineella, jotta olisi estetty seuraavan sukupolvien toukkien kehittyminen. Pyriproksifenin havaittiin aiheuttavan kloroottisia pilkkuja joulutähden lehtiin kahden viikon kuluttua käsittelystä. Vioitus luokiteltiin kuitenkin vain lieväksi. (Oetting 2005a).

Aikuisiin vaikuttavan flonikamidin teho kahdena ruiskutuskertana annettuna alkoi murtua sekun viiden viikon kuluttua ensimmäisestä käsittelystä. Kerran tehdyn imidaklopridikastelun vaikutus kesti 4-5 viikkoa tässä kokeessa. Sen jälkeen kasveilta alkoi kuoriutua aikuisia jauhiaisia. (Oetting 2005a).

Toisessa kokeessa Oetting (2005b) testasi joulutähdellä fenpropatriinin ja asetatiinin sekoitusta, asetamipridiä annettuna organosilikonin nitteen kanssa (Capsil), thiametoksamia sekä kahta *Beuveria bassiana* -sienivalmistetta: Naturalis ja Botanigard. Insektisideillä tehtiin kaksi käsittelyä 13 vrk:n välein. Ensimmäisen käsittelyn aikana kasvit olivat 1,5 kk:n ikäisiä. Sienivalmisteilla tehtiin yhteensä neljä käsittelyä 4-5 vrk:n välein.

Paras torjuntateho saatiin asetamidilla. Asetamidiruiskutusten jälkeen toukkamäärä pysyi alle kahden per lehti, pari aikuista jauhiasta kuoriutui vasta viidennen viikon jälkeen käsittelyjen alkamisesta, ja aikuisten määrä kokonaisuudessaan oli alle kahden 4-5 viikon ajan käsittelyjen alkamisesta. Thiametoksamini teho oli tässä kokeessa lyhytaikainen, eikä tehoa näkynyt enää 3 viikon jälkeen mitattiinpa sitä aikuisten tai toukkien määrällä. (Oetting 2005b).

Toistuvat sienikäsittelyt pitivät jauhiaiset hyvin kurissa. Kumpikin sieni alensi ja piti toukkin määrän alkuperäistä pienempänä. Aikuisia jauhiaisia ei kuitenkaan saatu sienikäsittelyillä kokonaan hävitettyä. Botanigard aiheutti myyntiarvoa alentavia polttovioituksia lehtien reunoihin ja kärkiin kahden viikon kuluttua käsittelyjen alkamisesta. Lisäksi jo ensimmäisen viikon kuluttua käsittelyjen alkamisesta havaittiin lievää nuutumista, ja myöhemmiin todettiin myös lehtien tippumista. Naturaliskin aiheutti lievää lehtien kärkien polttovioitusta, mutta ei niin vakavaa että olisi vaikuttanut myyntiarvoon. Käsittelyissä käytetyn nestemäärän arviointiin olleen runsaampi kuin normaalioloissa, minkä arveltiin vaikuttaneen vioitusten syntyä edistävasti. (Oetting 2005b).

Spiromesifeni ja dinotefuran olivat parhaat torjunta-aineet Gilreinin ja Siracusanon (2005) joulutähdillä tekemässä ruiskutuskokeessa. Myös thiametoksami rajoitti jauhiaisten määrää tehokkaasti. Sen sijaan pyriproksifeni ja imidaklopridi eivät olleet tehokkaita. Kokeessa käytettiin joulutähdiltä saatua Q-populaatiota, jota oli torjuttu testatuille aineilla aikaisemmin kasvihuoneessa ilman toivottua tulosta.

3.3. Yhteenvedo USA:n kokeista ja sikäläiset torjuntasuositukset

USA:ssa useassa eri paikassa, useammalla eri menetelmällä ja neljällä eri Q-populaatiolla tehtyjen kokeiden perusteella tehokkaimmat Q-biotyyppin etelänjauhiaisten torjunta-aineet olivat spiromesifeni ja dinotefurani. Laboratoriokokeissa molemmilla aineilla saatiin 100 %:n torjuntatulokset, ja teho kasvihuonekokeissa oli samaa luokkaa. Muiden neonikotinoideiden kuin dinotefuranin teho oli vaihtelevampi, joskin asetamidin ja thiametoksamiruiskutukset tuottivat nekin hyviä torjuntatuloksia selvemmin kuin imidaklopridi. Sekä imidaklopridin että pyriproksifenin teho oli hyvin vaihteleva – pyriproksifenillä alimmillaan vain 25 %, korkeim-

millaan 95 % - ja riippui selvästi Q-populaatiosta.

Merkillepantavaa USA:n tuloksissa on spiromesifenin ja neonikotinoideiden hyvän tehon lisäksi myös abamektiinin hyvä teho – yli 95 % - Q-biotyyppin etelänjauhiaisiin. Rohkaisevaa on tässä yhteydessä se tieto, että abamektiinille ei ole toistaiseksi havaittu resistenssiä etelänjauhiaisissa (Denholm & Nauen 2006). Myös Saksassa on todettu abamektiinin tehoavan hyvin etelänjauhiaiseen (B-biotyyppi) joulutähden pistokkailla tehdyissä upotuskokeissa. Niissä parhaan torjuntatuloksen tuotti itse asiassa fenatsakvini, joka torjui toukat 100%:sti (Richter 2005).

USA:ssa on laadittu kukkivien ruukkukasvien tuotantoa varten suositukset etelänjauhiaisten torjumiseksi painottaen Q-biotyyppin torjuntaa (Bethke et al. 2006). Suositukset on tehty erikseen pistokkaiden, taimien ja loppukasvatuksen vaiheita varten. USA:n ainevalikoima mahdollistaa monipuolisen ainevuorottelun. Ainevalikoima on suppein pistokastuotannossa kasvien ollessa vielä juurettomia. Tällöin on rajoitettava kylmäsumentäjäkäsittelyihin (kastelukäsittelyt systeemisillä aineilla ovat tietysti tehottomia jos kasveissa ei ole juuria, ja kasvustoruiskutukset voisivat vahingoittaa pistokkaita). Juurtumisensa alussa oleville pistokkaille suositellaan kylmäsumentäjä annettujen käsittelyjen ohella myös abamektiini-, *Beauveria bassiana*- tai neonikotinoideiruiskutuksia. Taimivaiheessa ovat käytössä flonikamidi (9C) ja pymetrotsiini (9B), abamektiini (6), pyriproksifeni (7C), *Beauveria bassiana*, kinopreeni (7A), kaliumbikarbonaatti, pyridabeni (21), buprofetsiini (16) sekä muutama tankkisekoitus (lähinnä pyretroideja sekoitettuna organofosfaattien, abamektiinin tai atsadiraktiinin kanssa).

Loppukasvatusvaiheessa USA:n suosituksina ovat kastelukäsittelyt neonikotinoideilla (4A) (dinotefurani, thiametoksami, clothianidi, imidaklopridi). Jos niiden teho pettää, korjaavia ruiskutuskäsittelyjä voidaan tehdä usealla aineella: flonikamidi ja pymetrotsiini, abamektiini, pyriproksifeni, buprofetsiini, spiromesifeni (23), pyridabeni ja neonikotinoideit. Neonikotinoideiden käytöstä mainitaan kuitenkin erikseen, että jos kasvit ovat saaneet tuotantokauden alkuvaiheessa neonikoitinoideikäsitteilyn kasteluna, ruiskutuksia neonikotinoideilla tulee välttää myöhemmässä vaiheessa tai tulee pitäytyä korkein-

taan yhteen ruiskutukseen mahdollisimman lähellä kasvien myyntiä.

4. Varautuminen Q-biotyyppin Suomeen pääsyyn

Q-biotyyppin yleistymisellä Välimeren alueen maissa on suoria heijastusvaikutuksia myös Suomeen, joka on edelleen suojavyöhyke etelänjauhiaisen suhteen. Jos Suomeen tulee tuontikasvien mukana etelänjauhiaisen Q-biotyyppiä, sen kemiallisessa torjunnassa kohdattaneen todennäköisemmin vaikeuksia kuin B-biotyyppin torjunnassa.

Suomeen tuoduista kasveista tavattujen etelänjauhiaisten resistenssi ei ole riippuvainen vain täällä tehdyistä torjunta-ainekäsittelyistä, vaan ennen kaikkea siitä, mikä on ollut niiden torjunta-ainehistoria. Kuljetusten mukana Suomeenkin voi tulla erittäin resistenttejäkin populaatioita. Toisaalta myös alkavaa resistenssiä kantavien populaatioiden resistenssitaso voi nopeasti kohota Suomessa tehtyjen käsittelyjen seurauksena, kun muistetaan aiemmin esitetyt tiedot nopeasta resistenssikehityksestä erityisesti neonikotinoideille ja kasvunsääteille kasvihuoneissa. Suomen kannalta on tietenkin ikävä asia, että korkeimmat neonikotinoidiresistenssit etelänjauhiaisilla on havaittu nimenomaan koristekasveja tuottavista kasvihuoneista Välimeren alueella, josta meille tuodaan suhteellisen paljon kasveja.

Israelilainen etelänjauhiaisen kemikaaliresistenssiin perehtynyt entomologi Shai Morin arveli, että hyvin suurella todennäköisyydellä Suomeen Välimeren alueelta tuodun kasvimateriaalin mukana tulleet etelänjauhiaiset ovat nykyään Q-biotyyppiä (keskustelu Shai Morinin kanssa 6.4.2006 USA:ssa). Q-biotyyppiä on tavattu muun muassa Norjasta vuosina 1999 ja 2003 tehdyissä kartoituksissa joulutähdeltä (Nina Johansen, Bioforsk, suull. tieto), ja Saksasta on tavattu neonikotinoideille resistenttiä Q-biotyyppiä (Nauen et al. 2002b). Biotyyppimäärittäjiä Suomeen tulleista etelänjauhiaisista ei ole toistaiseksi tehty, mutta määritysvalmiutta kehitetään MTT:ssa (kontakti: Anne Lemmetty MTT Kasvinsuojelu).

4.1 Q-biotyyppin torjunta Suomessa

Suomessa on syksyn 2006 joulutähtisesongin aikana varauduttava siihen, että meillekin saattaa tulla Q-biotyyppin etelänjauhiaisia, joilla on kohonnut resistenssitaso käytössä olevia aineita, erityisesti imidaklopridiä ja pyriproksifenian vastaan. USA:ssa tehtyjen tehokkuuskartoitusten mukaan imidakloridin ja pyriproksifenin teho riippuu voimakkaasti siitä, mikä Q-populaatio on kyseessä ja mikä on sen torjunta-ainehistoria. Biologinen torjunta jauhiais- ja kaliforniankiilukaisilla on hyvä keino "ostaa" lisää aikaa ennen kuin viljelmälle päässeiden jauhaisten biotyyppi on määritetty, mihin kuluu aikaa noin viikon verran, kun määritysmenetelmä on saatu toimimaan rutiininomaisesti.

Torjuntablokki = yksi sukupolvi:

Torjunta-aineiden vuorottelun perustana ovat yhden sukupolven mittaiset torjuntablokit. Etelänjauhiaisen sukupolven pituus (kehitysaika munasta aikuiseksi 38-32 vrk + puolet aikuisen eliniästä eli 10-8 vrk) on joulutähdellä 22-25 °C:ssa **48-40 vrk**.

Jos etelänjauhiaista esiintyy joulutähdellä pistokasvaiheesta kasvien väritymiseen asti, torjuntablokkeja kertyy vähintään neljä, kun otetaan huomioon, että kesällä ja alkusyksystä lämpötilat ovat korkeammat ja sukupolvet sen myötä lyhempiä. Tehokkaaseen vuorotteluun tarvitaan silloin neljä eri tehoainetta olettaen, että ne kaikki tehoavat kunnolla.

Torjunta-aineiden vuorottelun perusteista ja nyrkkisäännöistä löytyy lisätietoa osoitteesta http://www.agropolis.fi/into/materiaalit/Resistenssi_kirjoitus.pdf

Torjunta-aineet:

Etelänjauhiaisen torjuntaan saadaan Suomessa käyttää rekisteröityjen jauhiaisaineiden ohella myös koeluvalla käytössä olevia pyriproksifenian (Admiral) ja fenatsakinin (Pride Ultra). Rekisteröityjä jauhiaisaineita ovat integroituun torjuntaan soveltuvat buprofetsiini (Applaud) ja py-metrotsiini (Plenum), sienivalmisteet Preferal ja Mycotal sekä saippuapohjaiset Havumäntysuopaliuos ja Neko-torjunta-aine. Hyötyeliöille haitallisia jauhiaistorjunta-aineita ovat imidaklopridi, pyretroidit, malationi, pyretriini sekä nikotiinipohjainen kärytenauha.

Vertimecin (abamektiini) hyvä teho jauhiaisiin ja käyttömahdollisuus koeluvalla Suomessa on erittäin hyvä asia, sillä se antaa yhden lisävaihtoehdon torjuntapalettiin mahdollisia Q-biotyyppin etelänjauhiaissaastuntoja vastaan, jos imidaklopridi ja pyriproksifeni eivät välttämättä enää tehoa kunnolla kaikkii populaatioihin.

Applaudin, Admiralin, Condiforin, Plenumin ja Pride Ultran käyttökertoja per kasvukausi on rajoitettu resistenssikehityksen hillitsemiseksi.

Rajoitukset on kerätty taulukkoon INTO:n sivuille osoitteessa <http://www.agropolis.fi/into/materiaalit/Jauhiaisainetaulukko2006.pdf>.

Useimmat jauhiaisaineet vaikuttavat vain yhteen tai kahteen kehitysasteeseen. Se, mikä aine kannattaa valita kullakin ruiskutuskerralla ja kussakin torjuntablokissa, jotta käsittelyllä tavoitetaan runsaimpana esiintyvät kehitysasteet, selviää parhaiten tarkkailemalla jauhiaisia keltaansoilla (aikuiset) ja suoraan kasveilta (munat, toukat, kotelot).

B- ja Q-biotyyppin etelänjauhiaisten torjunta pähkinänkuoressa löytyy osoitteesta <http://www.agropolis.fi/into/materiaalit/BemTabBiotyyppit2006.pdf>

Munavaiheen torjunta:

Resistenssivaraus pyriproksifenille huomioden etelänjauhiaisen Q-biotyyppin munavaiheen torjuntaan soveltuvat Vertimec ja Admiral (pyriproksifeni). Myös Pride Ultra (fenatsakvini) ja Confidor (imidaklopridi) tehoavat muniin, joskaan munavaihe ei ole näiden aineiden pääasiallinen torjuntakohde. Admiralin ja Condiforin kohdalla on otettava huomioon mahdollinen resistenssi ja alkavan resistenssin voimistuminen suomalaisilla viljelmillä käsittelyjen myötä. Fenatsakvinin tavoin vaikuttavaa pyridabenia käytettäessä suositellaan USA:laisissa ohjeissa (McDonough et al. 1999), että sillä tehdyn torjuntablokin jälkeen on tehtävä vähintään kaksi torjuntablokkia muilla tehoaineilla ennen uusintaa, jotta ei hännätä resistenssiä. Samoin kannattaa menetellä myös Pride Ultraa käytettäessä.

Toukkavaiheiden torjunta:

Etelänjauhiaisen Q-biotyyppin toukkavaiheiden torjuntaan soveltuvat Pride Ultra (fenatsakvini) ja Vertimec ja resistenssivarauksella Admiral ja Confidor. Vertimeciä käytettäessä on otettava huomioon, että aine hajoaa auringonva-

lon vaikutuksesta hyvin nopeasti, jo muutamassa tunnissa! (Horowitz et al. 1997). Etelänjauhiaisten kemialliseen torjuntaan joulutähdellä varauduttaessa Vertimecin käyttö kannattaa siksi lykätä joulutähdellä mahdollisimman myöhäiseksi, jolloin auringonvaloa saattaa veilä säistä riippuen olla runsaastikin. Aurinkoisina jaksoina Vertimec-käsittelyt kannattaa ajoittaa iltaan.

Saippuota, Applaudia ja pyretriiniä ei kannata unohtaa osana resistenssinhallintaa. Toukkavaiheiden biologisella torjunnalla eli jauhiaiskiulukaisilla ja sienivalmisteilla voidaan viivyttää torjuntakäsittelyjen alkamista ja vähentää käsittelyjen määrää, jotta mahdollinen resistenssi ei voimistu enää Suomessa.

Aikuisten torjunta:

Aikuisia Q-tyyppin etelänjauhiaisia voidaan torjua Pride Ultralla (fenatsakvini) ja Vertimecillä. Teholtaan epävarmempia ovat Confidor ja Plenum, joiden välillä on ristikkäisresistenssiä ja ylipäätän suurentunut resistenssivaara verrattuna B-biotyyppin etelänjauhiaisiin.

Ainevaraukset lähitulevaisuudessa:

Spiromesifeni on uusi aine taistelussa etelänjauhiaisen torjunta-aineresistenssiä vastaan (Nauen et al. 2002a, 2006). Spiromesifeni tehoaa kaikkiin toukka-asteisiin ja suurina pitoisuuksina myös aikuisiin. Lisäksi se alentaa naaraiden hedelmällisyyttä ja suurentaa aineelle altistuneiden naaraiden munimien munien kuolleisuutta. Spiromesifenin saamista koekäyttöön Suomeen tukemaan etelänjauhiaisen hävittävää torjuntaa on syytä harkita vastaisuudessa, jos Q-biotyyppin todetaan yrittävän yleistyvästi Suomeen tänne saapuvassa kasvimateriaalissa.

Lisätietoa jauhiaisten kemiallisesta ja biologisesta torjunnasta löytyy osoitteesta www.agropolis.fi/into Tietopankki, sivut Kemiallinen torjunta ja Biologinen torjunta. Kesäkuussa 2006 päivitetty versio joulutähden integroidun kasvinsuojelun ohjeista on sivulla IPM-ohjeistot. Siitä löytyvät ohjeet biologisen torjunnan käytöstä joulutähdellä.

Lähteet:

Anonymous 2003. UC IPM online. Glossary. <http://ucipm.ucdavis.edu/PMG/glossary.html>

Anonymous a, ilman vuosilukua. *Bemisia tabaci* (Gennadius) (biotype 'Q'). A potential new biotype for Florida's vegetable and ornamental crops. (Hemiptera: Aleyrodidae).

[http://ghex.colostate.edu/com_gh/publications/Bemisia a tabaci Biotype Q Pest Alert.pdf](http://ghex.colostate.edu/com_gh/publications/Bemisia%20tabaci%20Biotype%20Q%20Pest%20Alert.pdf)

Anonymous b, ilman vuosilukua. Marathon II Specimen Label. Saatavuus:

[http://www.ohp.com/Labels MSDS/PDF/marathon2 I abel.pdf](http://www.ohp.com/Labels%20MSDS/PDF/marathon2%20label.pdf)

Anthony N M, Brown J K, Feyereisen R, French-Constant RH 1998. Diagnosis and characterization of insecticide-insensitive acetylcholinesterase in three populations of the sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci*. Pesticide Science 52: 39 – 46.

Beitia F, Hernández-Suarez E, Carnero A, Alonso C, Genis JL 1998. Analysis of biotypes of *Bemisia tabaci* (Genn) (Hom.: Aleyrodidae) and its parasitoids in the Canary Islands. Abstracts 2nd International Workshop on Bemisia and Geminiviral Diseases, San Juan, Puerto Rico.

Benmessaoud-Boukshalfa H, Benmessaoud K 2003. Temporal distribution and natural enemies of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) in Algeria. Abstract, 3rd International Bemisia Workshop, Barcelona, p. 46.

Bertaux F 2004. Virus outbreaks appear to escalate in France. IWSN Newsletter 18. Saatavuus: [http://www.whitefly.org/EWSN-NewDownLds-pdf/IWSN Newsletter18.pdf](http://www.whitefly.org/EWSN-NewDownLds-pdf/IWSN%20Newsletter18.pdf)

Bethke J A & Byrne FJ 2006. Efficacy trials against the Q-biotype of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci*. Saatavuus: [http://www.mrec.ifas.ufl.edu/LSO/DOCUMENTS/SAF Conf 2006 GPN.pdf](http://www.mrec.ifas.ufl.edu/LSO/DOCUMENTS/SAF%20Conf%202006%20GPN.pdf)

Bethke J, Canas L, Chamberlin J, Cloyd R, Dobbs J, Fletcher R, Fujino D, Gilrein D, Lindquist R, Ludwig S, McKenzie C, Oetting R, Osborne L, Palmer C, Sanderson, J 2006. Management program for whiteflies on propagated ornamentals with an emphasis on the Q-biotype. Saatavuus: <http://www.mrec.ifas.ufl.edu/LSO/DOCUMENTS/Whitefly%20Management%20Program-3-26-06.ppt>

Cahill, M, Byrne, FJ, Gorman, K, Denholm, I, Devonshire, AL 1995. Pyrethroid and organophosphate resistance in the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Bulletin of Entomological Research 85: 181-187.

Chermi B, Braham M, Genis JL, Alonso C, Beitia F 1997. Sur la présence en Tunisie des biotypes 'B' et 'non-B' de *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) et de leurs parasitoïdes associés. Bulletin OILB/SROP 20: 108-113.

Chu Dong, Zhang YouJun, Cong Bin, Xu BaoYun, Wu QingJun, Zhu GuoRen 2005. Sequence analysis

of mtDNA COI gene and molecular phylogeny of different geographical populations of *Bemisia tabaci* (Gennadius). Agricultural Sciences in China 4(7): 533-541.

Cottage, ELA, Gunning RV 2002. Insect growth regulators inhibit acetylcholinesterase activity in B-biotype *Bemisia tabaci*. The BCPC Conference: Pests and diseases, Volumes 1 and 2. Proceedings of an international conference held at the Brighton Hilton Metropole Hotel, Brighton, UK, 18-21 November, pp. 741-744.

De Barro PJ, Driver F, Trueman JWH, Curran J 2000. Phylogenetic relationships of world populations of *Bemisia tabaci* (Gennadius) using ribosomal ITS1. Phylogenetic Evolution 16: 29-36.

de Cock A, Ishaaya I, van de Veire M., Degheele, D 1995. Response of buprofezin-susceptible and – resistant strains of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) to pyriproxyfen and diafenthiuron. Journal of Economic Entomology 88(4): 763-767.

de la Rua P, Simon B, Cifuentes D, Martinez-Mora C, Genis JL 2006. New insights into the mitochondrial phylogeny of the whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in the Mediterranean Basin. Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research 44(1): 25-33.

Demichelis S, Bosco D, Manino A, Marian D, Caciagli P 2000. Distribution of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotypes in Italy. Canadian Entomologist 132: 519-527.

Denholm I & Nauen R 2006. Some reflections on B and Q biotypes. PowerPoint-esitys. Saatavuus: <http://www.mrec.ifas.ufl.edu/LSO/DOCUMENTS/StLouis/use/St%20Louis%20April%202006.pdf>.

Denholm I, Devine G, Foster S, Gorman K, Nauen R 2002. Incidence and management of insect resistance to neonicotinoids. – The BCPC Conference, Pests & Diseases, 1: 161 –168.

Dennehy T J, DeGain B, Harpold G, Brown J K, Byrne F, Morin S, Nichols R. 2006. First New World report of Q biotype of *Bemisia tabaci* (Gennadius) reveals high levels of resistance to insecticides. Resistant Pest Management Newsletter 15(2). http://whalonlab.msu.edu/rpmnews/vol.15_no.2/globe/Dennehy_et.al.htm

Dennehy TJ & Denholm I 1998. Goals, achievements and future challenges of the Arizona whitefly resistance management program. Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences, National Cotton Council, Memphis, TN, pp. 68-72.

Dennehy TJ, DeGain BA, Harpold VS, Brown JK, Morin S, Fabrick JA, Nichols RL 2005. New challenges to management of whitefly resistance to insecticides in Arizona. Tutkimusraportti. Saatavuus: [http://www.mrec.ifas.ufl.edu/LSO/DOCUMENTS/Dennehy et al 2005 WF Report--Extension.pdf](http://www.mrec.ifas.ufl.edu/LSO/DOCUMENTS/Dennehy_et_al_2005_WF_Report--Extension.pdf).

Devine GJ, Ishaaya I, Horowitz AR, Denholm I 1999. The response of pyriproxyfen-resistant and

susceptible *Bemisia tabaci* Genn (Homoptera: Aleyrodidae) to pyriproxyfen and fenoxycarb alone and in combination with piperonyl butoxide. *Pesticide Science*, 55: 405 – 411.

Gilrein D & Siracusano L 2005. Control of Q-biotype *Bemisia tabaci* whitefly on poinsettia with foliar sprays. Koetoimintaraportti. Saatavuus: http://www.mrec.ifas.ufl.edu/LSO/DOCUMENTS/05_Q_Whitefly%20Gilrein%20Report.pdf.

Gorman K, Wren J, Devine G, Denholm I 2003. Characterisation of neonicotinoid resistance in *Bemisia tabaci* from Spain. Proceedings of the BCPC International Congress: Crop Science and Technology, Volumes 1 and 2. 783-788.

Horowitz A R, Denholm I, Gorman K, Cenis JL, Kontsedalov S, Ishaaya I. 2003a. Biotypes Q of *Bemisia tabaci* identified in Israel. *Phytoparasitica* 31(1): 94-9.

Horowitz A R, Gorman K, Ross G, Denholm I. 2003b. Inheritance of pyriproxyfen resistance in the whitefly, *Bemisia tabaci* (Q biotype). *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 54(4): 177-186.

Horowitz A R, Forer G, Ishaaya I 1994. Managing resistance in *Bemisia tabaci* in Israel with emphasis on cotton. *Pesticide Science* 42(2): 113-122.

Horowitz A R, Ishaaya I. 1992. Susceptibility of the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) to buprofezin during the cotton season. *Journal of Economic Entomology* 85: 318-324.

Horowitz A R, Ishaaya I. 1994. Managing resistance to insect growth regulators in the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology* 87: 866-871.

Horowitz A R, Kontsedalov S, Denholm I, Ishaaya I 2002. Dynamics of insecticide resistance in *Bemisia tabaci*: a case study with the insect growth regulator pyriproxyfen. *Pest Management Science* 58: 1096 – 1100.

Horowitz A R, Kontsedalov S, Khasdan V, Ishaaya I 2005. Biotypes B and Q of *Bemisia tabaci* and their relevance to neonicotinoid and pyriproxyfen resistance. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 58(4): 216-225.

Horowitz A R, Mendelson Z, Cahill M, Denholm I, Ishaaya I 1999. Managing resistance to the insect growth regulator, pyriproxyfen, in *Bemisia tabaci*. *Pesticide Science* 55(3): 272-276.

Horowitz A R, Mendelson Z, Ishaaya I 1997. Effect of abamectin mixed with mineral oil on the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology* 90(2): 349-353.

IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) 2005. IRAC Mode of Action Classification. 10 pp. Saatavuus: http://www.irc-online.org/documents/moa/MoAv5_1.doc

Ishaaya I, Horowitz A R 1992. Novel phenoxy juvenile hormone analog (pyriproxyfen) suppresses embryogenesis and adult emergence of sweetpotato

whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology* 85(6): 2113-2117.

Ishaaya, I, Kontsedalov, S, Horowitz R 2005. Bio-rational insecticides: Mechanism and cross-resistance. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 58(4): 192 – 199.

Ishaaya, Horowitz A R, Tirry L, Barazani A 2002. Novaluron (Rimon), a novel IGR-Mechanism, selectivity and importance in IPM programs. *Mededelingen Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, Universiteit Gent* 67(3): 617-626.

Khasdan V, Levin I, Rosner A, Morin S, Kontsedalov S, Maslenin L, Horowitz A R 2005. DNA markers for identifying biotypes B and Q of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) and studying population dynamics. *Bulletin of Entomological Research* 95(6): 605-613.

Li Y, Dennehy TJ, Li X, Wigert ME 2000. Susceptibility of Arizona whiteflies to chloronicotinyl insecticides and IGRs: new developments in the 1999 season. Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences, National Cotton Council, Memphis, TN, pp. 1325-1330.

Liu T-X, 2004. Toxicity and efficacy of spiromesifen, a tetrone acid insecticide, against sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) on melons and collards. *Crop Protection* 23: 505 – 513.

Mabbett T 2004. Mating interactions of *Bemisia tabaci* biotypes in Cyprus. *Resistant Pest Management Newsletter* 13(2): 3-4.

McDonough M J, Gerace D, Ascerno M E, 1999. Whiteflies In Commercial Greenhouse Poinsettia Production. Saatavuus: <http://www.extension.umn.edu/distribution/horticulture/DG7373.html>

McKenzie C & Byrne, F. 2006. Survey and diagnostics. PowerPoint-esitys. Saatavuus: <http://www.mrec.ifas.ufl.edu/LSO/DOCUMENTS/StLouis/use/McKenzieQTACStLouis2006finalb.pdf>

McKenzie C, Boykin L, Byrne F, Bethke J, Shatters R G 2006. Microsatellite technology as a tool for managing insecticide resistance in the whitefly, *Bemisia tabaci* (biotypes B and Q). Poster abstract. Abstracts of the 5th National IPM Symposium, April 4-6, 2006, St. Louis, USA, p. 68.

Monci F, Navas-Castillo J, Cenis JL, Lacasa A, Benazoun A, Moriones E 2000. Spread of Tomato-yellow leaf curl virus-Sar from the Mediterranean Basin: presence in the Canary Islands and Morocco. *Plant Disease* 84: 490.

Morin S, Wilson M, Moshitsky P, Ghanim, M 2006. Fitness cost and behavioral effect associated with pyriproxyfen (juvenile hormone mimic) resistance in *Bemisia tabaci* Q biotype – possible field implication. Presentation at the 5th National IPM Symposium, St. Louis, USA, 4.-6.4.2006. Irene Vänninen tekemät muistiinpanot ko. esitelmätilaisuudesta 6.4.2006.

Morin S. 2006. Evolution of insecticide resistance in the B- and Q- sympatric biotypes of *Bemisia tabaci* – single or multiple origins? PowerPoint-esitys. Saatavuus:

[http://www.mrec.ifas.ufl.edu/LSO/DOCUMENTS/StLouis/use/Resistance](http://www.mrec.ifas.ufl.edu/LSO/DOCUMENTS/StLouis/use/Resistance%20evolution%20B%20and%20Q%20Shai%20Morin.pdf) evolution B and Q Shai Morin.pdf

Moya A, Guirao P, Cifuentes D, Beitia F, Cenis JL. 2001. Genetic diversity of Iberian populations of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) based on random amplified polymorphic DNA-polymerase chain reaction. *Molecular Ecology* 10(4):891-897.

Nauen R & Denholm I 2005. Resistance of insect pests to neonicotinoid insecticides: Current status and future prospects. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 58(4): 200-215).

Nauen R, Benting J, Elbert A, Rogers D, Denholm I. 2006. Incidence and mechanisms of resistance in *Bemisia tabaci* with special reference to biotype Q. PowerPoint-esitys. Saatavuus:

<http://www.mrec.ifas.ufl.edu/LSO/DOCUMENTS/StLouis/use/IPM%202006%20Q-biotype%20Symposium%20-%20Nauen%20et%20al.pdf>

Nauen R, Bretschneider T, Brück E, Elbert A, Reckmann U, Wachendorff U, Tiemann R, 2002a. BSN 2060: a novel compound for whitefly and spider mite control. The BCP Conference, Pests & Diseases 2003, 1: 39 – 44.

Nauen R, Stumpf N, Elbert A 2002b. Toxicological and mechanistic studies on neonicotinoid cross resistance in Q-type *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pest Management Science*, 58: 868 - 875.

Oetting R 2005a. Efficacy of insecticides against the 'Q' strain of *Bemisia* whitefly. QSLWF05-15.rpt. Koetoimintaraportti. Saatavuus:

<http://www.mrec.ifas.ufl.edu/LSO/DOCUMENTS/QLWF05-15.pdf>

Oetting R 2005b. Efficacy of insecticides against the 'Q' strain of *Bemisia* whitefly. QSLWF05-14.rpt. Koetoimintaraportti. Saatavuus:

[http://www.mrec.ifas.ufl.edu/LSO/DOCUMENTS/SLWF05-14 Q biotype IR4 funded.rpt.pdf](http://www.mrec.ifas.ufl.edu/LSO/DOCUMENTS/SLWF05-14%20Q%20biotype%20IR4%20funded.rpt.pdf)

Palumbo J C, Horowitz A R, Prabhaker N 2001. Insecticidal control and resistance management for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection* 20: 739-765.

Pascual S & Callejas C 2004. Intra- and inter-specific competition between biotypes B and Q of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) from Spain. *Bull. Entomol. Res.* 94(4): 369-375.

Paterson H E H 1985. The recognition concept of species. In, E. S. Vrba, editor, *Species and Speciation*, pp. 21 - 29. Transvaal Museum Monograph No. 4, Pretoria.

Perring T M 2001. The *Bemisia tabaci* species complex. *Crop Protection* 20: 725-737.

Prabhaker N, Castle S, Henneberry T J, Toscano N C 2005. Assessment of cross-resistance potential to neonicotinoid insecticides in *Bemisia tabaci*

(Hemiptera: Aleyrodidae). *Bulletin of Entomological Research* 95(6): 535-543.

Prabhaker N, Toscano NC, Castle SJ, Henneberry TJ 1997. Selection for imidacloprid resistance in silverleaf whiteflies from the Imperial Valley and development of a hydroponic bioassay for resistance monitoring. *Pesticide Science* 51: 419-428.

Rauch N & Nauen R. 2003. Identification of biochemical markers linked to neonicotinoid cross resistance in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 54(4): 165-176.

Richter E 2005. Versuch. Wie können Pflanzenschutzmittel am sinnvollsten integriert werden? Saatavuus:

<http://www.neemazal.de/deu/zierpflanzen/Files/Tauchbehandlung%20Dr.%20Richter%202004.pdf>

Roditakis E, Roditakis N E, Tsagakarakou A 2005. Insecticide resistance in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) populations from Crete. *Pest Management Science* 61: 577-582.

Sethi A, Bons MS, Dilawari VK 2002. Response of whitefly *Bemisia tabaci* to selection by different insecticides and genetic analysis of attained resistance. *Resistant Pest Management Newsletter* 12(1): 30 – 35.

Sharma S, Dilawari VK, Gupta VK 2002. RAPD-PCR analysis to monitor imidacloprid resistance in cotton whitefly. *Resistant Pest Management Newsletter* 13(1).

Simón B, Cenis JL, Demichelis S, Rapisarda C, Caciagli P, Bosco D 2003. Survey of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotypes in Italy with the description of a new biotype T from *Euphorbia characias*. *Bulletin of Entomological Research* 93: 259-264.

Ueda S, Brown JK 2006. First Report of the Q Biotype of *Bemisia tabaci* in Japan by Mitochondrial Cytochrome Oxidase I Sequence Analysis. *Phytoparasitica*. (painossa, ks. <http://www.phytoparasitica.org/phyto/ms.html>)

Yokomi RK, Hoelmer KA, Osborne LS 1990. Relationships between the sweetpotato whitefly and the squash silverleaf disorder. *Phytopathology* 80: 895-900.

INTO-projekti: