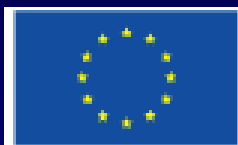


Vihannespunkin kemikaaliresistenssi ja sen hallinta

sekä tuloksia suomalaisten
ruusuviljelmien vihannespunkkien
akarisidiresistenssistä 2005

*Irene Vänninen, MTT Kasvinsuojelu
25.8.2005*



AGROPOLIS OY



Mitä resistenssi on?

- resistenssi on **perinnöllinen** muutos vihannespunkkien torjunta-aineherkkyydessä, joka näkyy **toistuvina** torjunnan epäonnistumisina huolimatta siitä, että valmistetta käytetään ohjeiden mukaisesti (Insecticide Resistance Action Committee 2005)
- torjunta-aineresistenssi on **evoluutiota** käytännössä - torjunta-aineen tietty käyttötapa johtaa aineita kestävien yksilöiden = **resistenttien genotyyppien** yleistymiseen punkkipopulaatiossa

Mitä resistenssin hallinta on?

- resistenssin kehittymisen **estämistä**
- resistenssin kehittymisen **hidastamista**
- **kemikaaliherkkyyden palauttamista**, jos tilanne on jo lipsahtanut resistenssin puolelle
- ylipäätään kemikaaleista aiheutuvan **VALINTAPAINIEN MINIMOIMISTA TORJUNTA-AINEIDEN TEHOLLISEN KÄYTTÖIÄN PIDENTÄMISEKSI**

“Starring: *Tetranychus urticae*”

Vihannespunkin biologia ruusulla

(tiedot kirjasta *Knowing and Recognizing/Koppert B.V. ellei toisin ole ilmoitettu*)

lämpötila	15	20	25	30	35
kehitysajat					
muna	14.3	6.7	4.3	2.8	2.4
toukka	6.7	2.8	1.8	1.3	1
protonymfi	5.3	2.3	1.5	1.2	1
deutonymfi	6.6	3.1	2	1.4	1.3
munasta aikuiseksi	32.9	14.9	9.6	6.7	5.7
aikuiseksi tulosta munintaan	3.5	1.7	0.9	0.6	0.6
munasta munaan	36.4	16.6	10.5	7.3	6.3
naaras, elinikä omenalla, vrk ¹	44	26			10
naaras, elinikä vadelmalla, vrk					
Sukupolven pituus, vrk (ruusu) ²			22.1		
Sukupolven pituus: (vadelma) ²	38.3	26.5	21.3	13.9	
lkäluokan sukupolven pituus pituus vrk (vadelma)	39.3	29.5	23	17.2	

kuolleisuus (luontainen) %	15	20	25	30	35
muna	6.1	6.3	4.3	6.6	10.1
toukka	2.4	1.1	1.9	2.6	4.1
protonymfi	1	1.3	0	1	3.9
deutonymfi	2.2	1	2	0	5.1
aikuiseksi tulosta munintaan	0	0	1.5	1	4
koko sukupolven aikana	11.3	9.6	9.3	10.8	24.4

¹ Herbert 1981

² Bounfour & Tanigoshi 2001

Sisältö:

- Miten resistenssi syntyy?
- Miten resistenssi todennetaan?
- Miten resistenssi häviää?
- Torjunta-aineiden vaikutustaluokittelu
- Resistenssimekanismit



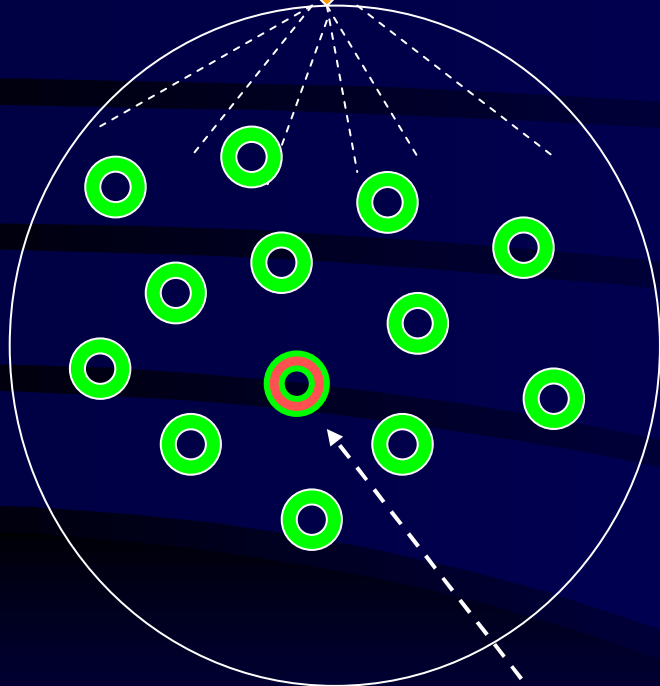
Sisältö:

- Akarisidiresistenssi Suomen ruusuviljelmien vihannespunkeissa 2005
- Akarisidien ominaisuudet vs. resistenssin hallinta

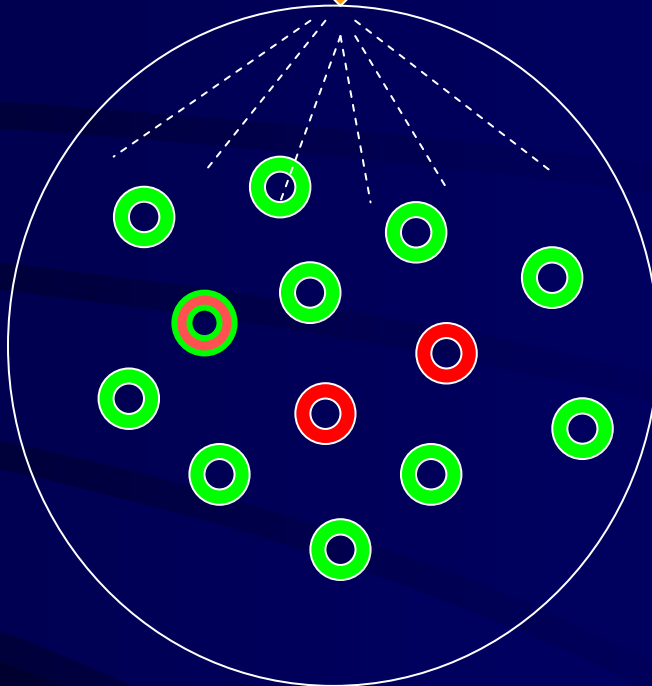


Miten resistenssi syntyy:
resistenssien genotyypin
yleistyminen

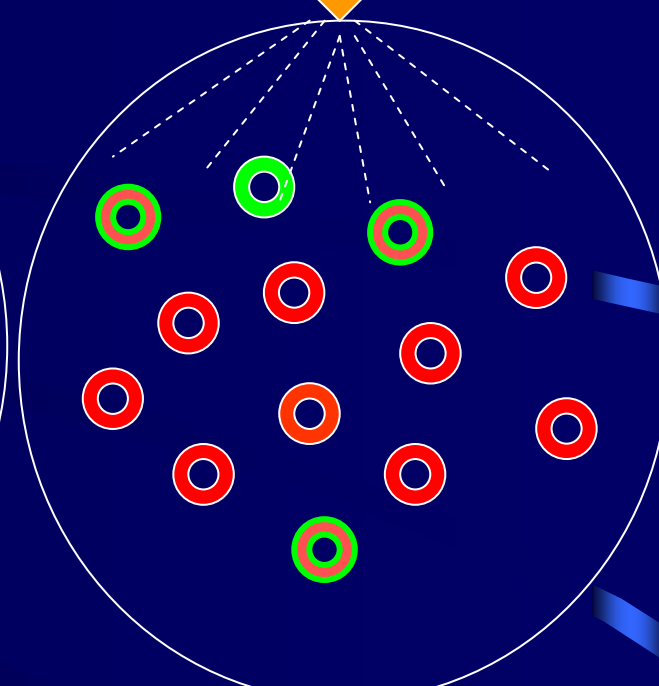
Aa = piilevä, lievä tai voimakas resistenssi riippuen resistenssigeenin dominanssista
aa = täysin resistentti yksilö



AA AA AA Aa

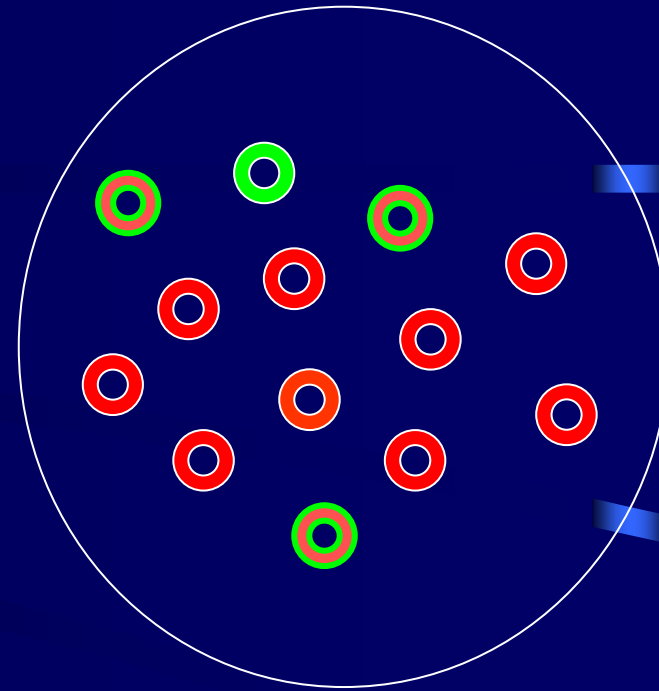
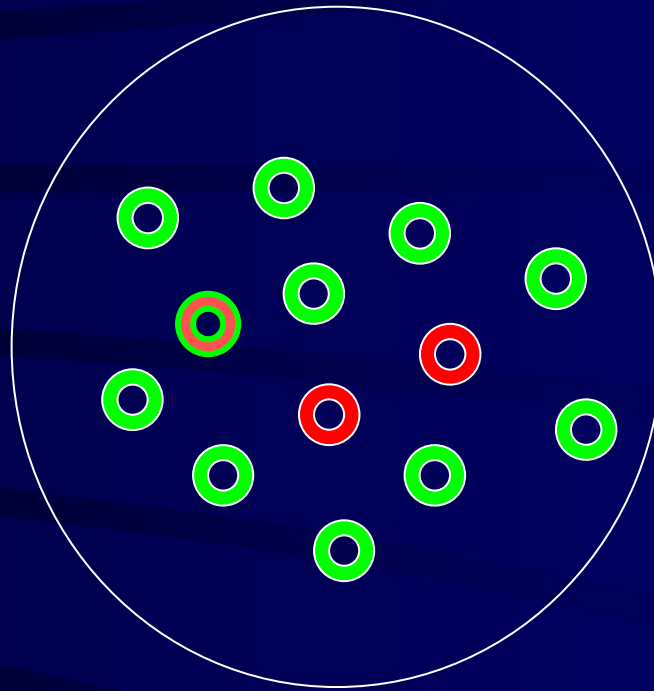
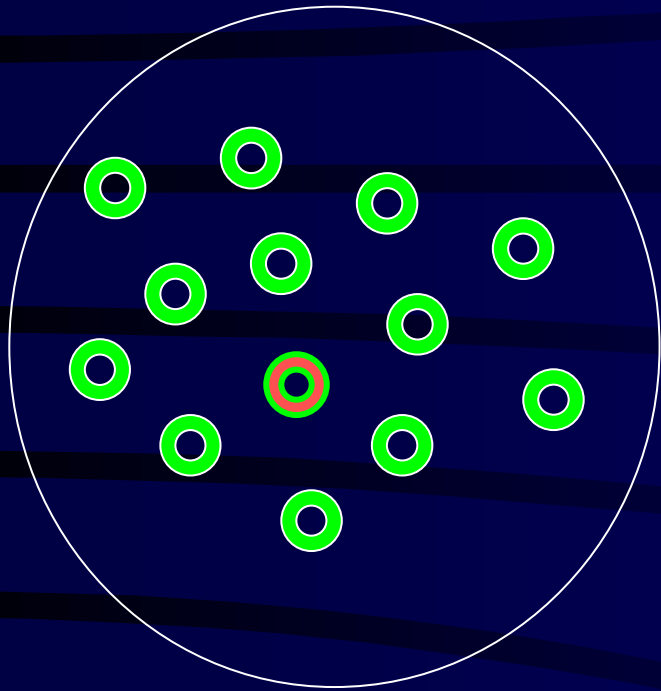


AA AA Aa Aa aa



AA Aa Aa aa aa aa

A=normaali geenin muoto (alleeli), a=resistenssialleeli



Resistenssi olisi havaittava
kun **< 1 % yksilöistä kantaa resistenssialleleja**) →
resistenssihallinta vielä mahdollista aineita vuorottelemalla ja ruiskutuksia vähentämällä

Tässä vaiheessa ainoa mahdollisuus jättää resistenssin aiheuttanut tehoaine pois käytöstä ja odottaa resistenssin **laimenemista** sille. Vasta sitten kemikaali voidaan sisällyttää uudelleen torjuntamenetelmiin.

Miten alkava resistenssi todetaan?

- **biokemialliset menetelmät**

- aineenvaihduntatuotteiden (yl. entsyymituotteiden) mittaaminen tuholaisista

Edut: nopea; resistenssi voidaan määrittää yksittäisistäkin punkeista; resistenttien genotyyppien osuudet saadaan selville tarkasti

Haitat: resistenssin **mekanismi on tunnettava**, jotta tiedetään, mitä aineenvaihduntatuotetta mitataan ja miten

Miten alkava resistenssi todetaan?

- **molekyylibiologiset menetelmät**

- resistenssiä aiheuttavien geenialleelien (DNA-jaksojen) määrittäminen tuholaisten DNA:sta

Edut: nopea; resistenssi voidaan määrittää yksittäisistäkin punkeista; resistenttien genotyyppien osuudet saadaan selville tarkasti

Haitat: resistenssigeenin sekvenssi tunnettava, jotta tiedetään, mitä haetaan

Miten alkava resistenssi todetaan?

- **biotestit**
diagnostisilla
pitoisuuksilla

- = testikantojen altistus ainepitoisuudelle, joka tappaa 99 % kemikaaliherkän verrannekannan punkeista: **LD₉₉-pitoisuus**

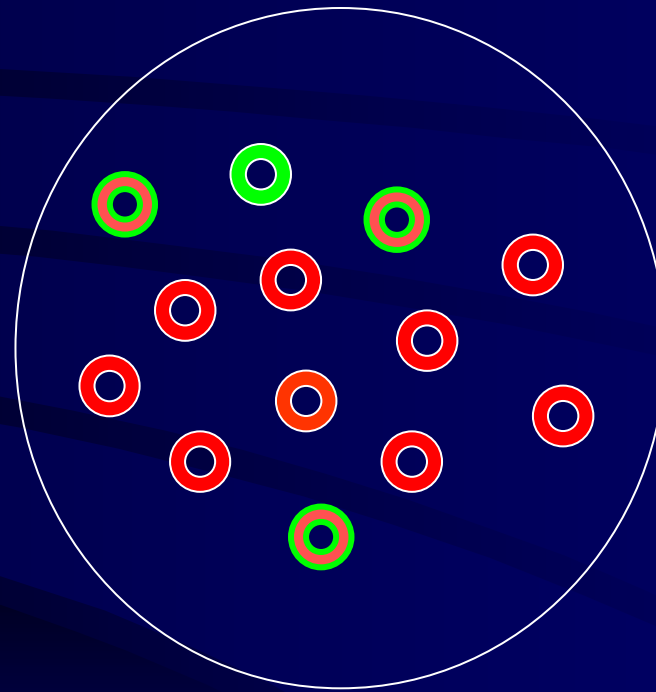


Edut: resistenssin mekanisme ei tarvitse tuntea

Haitat: työläs, vaatii suuria yksilömääriä. Kun 100 punkkia/paikka → resistenssi havaitaan jos resistenttejä punkkeja ≥ 10 % (**Huom.** < 1 % → **tehokas resistenssinhallinta!!**)

Miten resistenssi laimenee / häviää (?)

”takaisinvalinta”

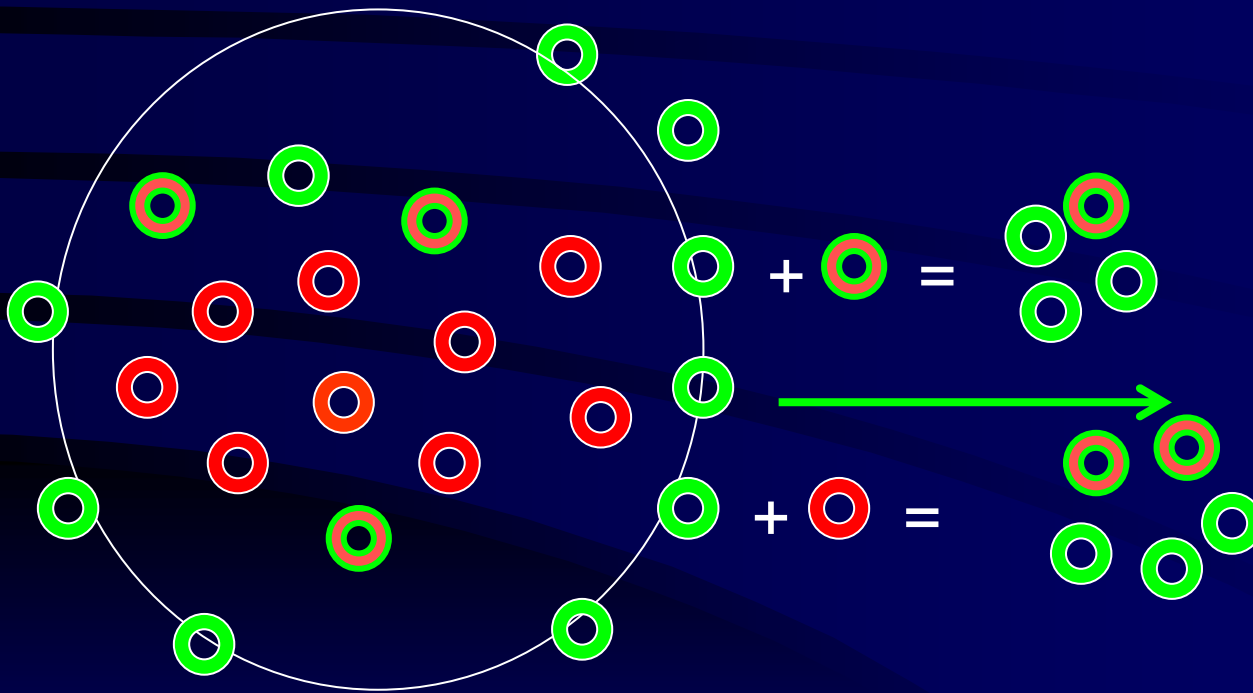


resistenssialleeli voi säilyä piilevänä, jos **Aa**-yksilöiden elinkelpoisuus on normaali ilman torjunta-ainekäsittelyjä

Resistentit yksilöt kuolevat vähitellen pois torjunta-ainekäsittelyjen lakattua, koska resistenssi huonontaa punkkien elinkelpoisuutta

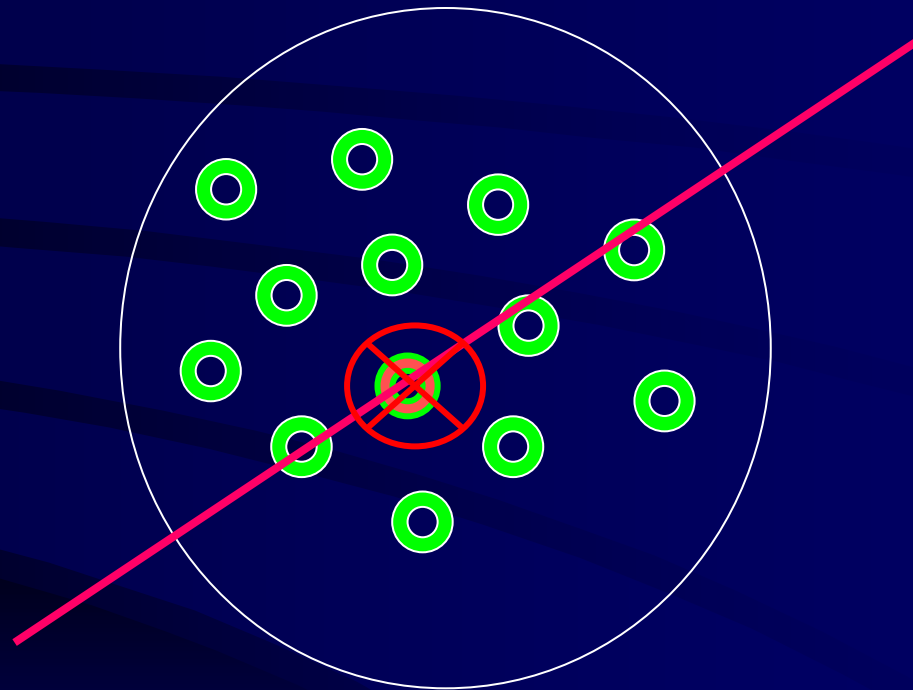
Miten resistenssi laimenee / häviää (?)

2. Kemikaaliherkkeitä punkkeja siirtyy kasvihuoneeseen muualta →
"laimentavat" resistenssiä parittelemalla resistenttien kanssa



Miten resistenssi laimenee / häviää (?)

3. Älä unta nää!



Vain ERITTÄIN harvoin resistenssialleeli häviää KOKONAAN punkki-populaatiosta (esim. takaisinmutaation seurauksena) --> resistenssihallintaa **EI SAA lopettaa** sen jälkeen, kun kemikaaliherkkyys saatu palautettua

Miten resistenssi laimenee / häviää (?)

4. Synergistit: PBO (piperonylibutoksidi)

- estää sytokromi P450:n mono-oksigenaaseihin perustuvan entsymaattisen resistenssin ilmenemisen tai ainakin lieventää sitä
- estää P450:n toiminnan (resistenttikään yksilöt eivät pysty hajottamaan silloin torjunta-ainetta mono-oksigenaasiensa avulla)
- vaikutus voi riippua lämpötilasta, torjunta-ainepitoisuudesta yms. seikoista, JOTEN **ÄLÄ RYHDY KÄYTTÄMÄÄN SOKEASTI**
- varmasti todettu lieventävän fenpyroksimaatti-resistenssiä (Danitron)

Torjunta-aineiden vaikutustavat ja resistenssin hallinta

- aineiden vaikutustapaluokittelu (MoA = Mode of Action)
- IRAC = Insecticide Resistance Action Committee (www.irc-online.org)

Torjunta-aineiden vaikutustavat

1* Asetyylikoliiniesteraasin estäjät (Mesurol)

2* GABA-porteilla varustettujen kloridikanavien vastavaikuttajat

3 Hermosolujen natriumkanavien modulaattorit (Vertimec)

Torjunta-aineiden vaikutustavat

- 4* Nikotiini-asetylikoliini -reseptorienagonisti / vastavaikuttaja
- 6 Hermosolujen kloridikanavien aktivaattorit
- 7* Nuoruushormonien matkijat
- 9* Vaikutustapa tuntematon tai epäspesifinen (=valikoivat syönniestäjät)

Torjunta-aineiden vaikutustavat

- 10* Vaikutustapa tuntematon tai epäspesifinen (punkkien kasvunsäätteet) (Nissorun)
- 11* Hyönteisten ruuansulatuskanavan mikrobi-pohjaiset häiritsijät
- 12* ATP:n muodostumisen häiritsijät (Torque)
- 16 Kitiinibiosynteesin estäjät

Torjunta-aineiden vaikutustavat

- 17 Nahanluonnin häiritsijät
- 21 Mitokondrioiden kompleksi I:n elektronin-
siirron estäjät (**Danitron; Pride Ultra**)
- 25 Hermostolliset estäjät (vaikutustapa
tuntematon) (**Floramite**)
- 27* **Synergistit** (=tehostusaineet)

Vaikutustapaluokittelun perusteet:

- kemialliset **pääryhmät (1, 2, 3 jne.)**: biokemiallisen vaikutustavan perusteella = on torjunta-aineen ensisijainen vaikutuskohde tuholaisten elimistössä
- kemialliset **alaryhmät (1A, 1B)**: pääryhmän sisällä molekyyliarakenteeltaan siinä määrin eroavat aineet, että niiden entsyymaattinen hajoaminen **voi** olla erityyppistä

Resistenssi suomalaisten ruusuviljelmien punkeissa: biotestit diagnostisilla LD₉₉-pitoisuuksilla

Kauppanimi	Tehoaine	Pää-/alaryhmä*	Testauspitoisuus, % (LD ₉₉ herkälle kannalle)	Suosituskäyttöpitoisuus, %	suhde LD ₉₉ :suositus	tehoa
Torque	fenbutatinaoksidi	12B	1.4	0.05	28	liikkuvat
Nissorun	heksytiatsoksi	10A	0.027	0.05	0.54	munat, toukat
Apollo	klofentetsiini	10A	0.012	0.03	0.4	munat, toukat
Vertimec	abamektiini	6	0.025	0.05	0.5	liikkuvat (lehtisysteeminen)
Floramite	bifenatsaatti	25	0.0035	0.04	0.0875	liikkuvat (+munat)
Danitron	fenpyroksimaatti	21	0.056	0.05-0.1	1.12-0.56	liikkuvat
(Pride Ultra)	fenatsakvini	21	-	-	-	liikkuvat
Envidor	spirodiklofeeni	23	0.025	0.04	0.625	munat, toukat (aik.naaraat)

*TAC:n vaikutustapaluokitus

Testauspitoisuudet olivat useimmissa tapauksissa noin puolet suositellusta käyttöpitoisuudesta. Poikk: Torque, Floramite

Resistenssimekanismit

torjunta-ainemolekyylillä ei pysty kiinnittymään vaikutuskohtaansa, koska vaikutuskohta on muuttunut

I Kohdemolekyylin muuttuminen epäherkkään muotoon (muutos aineen vaikutuskohtassa tuholaisen elimistössä)

Pätyypit:

- **muuntunut asetyylikoliiniesteraasi** = (MACE-resistenssi): torjunta-aine ei pystykään estämään em. esteraasin toimintaa

- **kdr = knockdown resistenssi** (erit. pyreetroideille): tuholaisen hermosolujen natriumkanavat ovat muuntu-
neet niin että torjunta-aine ei pysty vaikuttamaan niiden toimintaan

resistenssillä harvoin negatiivista vaikutusta punkkien elinkelpoisuuteen → ruiskutusten loputtua resistenssi voi säilyä pitkäänkin

Resistenssimekanismit

Torjunta-aine ei pääse vaikutuskohtaansa, koska **entsyymit hajottavat sen ennen** sitä

Entsyymeistä monia eri muotoja, vaikutus voi olla hyvin spesifi ja kohdistua vain tiettyyn tehoaineeseen

II Entsyymaattinen detoksifikaatio (esteraasit, sytokromi P450- mono-oksigenaasit, hydrolaasit ym.)

resistenssi alentaa helposti punkkien elinkelpoisuutta ruiskutusten loputtua → **kemikaaliherkkyys voi palautua nopeastikin**

resistenssissä entsyymiä runsaasti koska:

- 1) sen tuotantoa koodaava **geeni on monistunut**;
- 2) **entsyymigeeni ilmentyy jatkuvasti** (vaikka ei ole monistunut), joten entsyymiä muodostuu koko ajan;
- 3) entsyymin rakenne muuntunut katalysoivan toiminnan kannalta tehokkaammaksi

Resistenssimekanismit

Viivästyttää myrkytysoireita tai knock-down ilmiötä. Antaa yl. vain heikohkon suojan. Ei kovin yleinen eikä merkittävä.

III Alentunut tunkeutuvuus ihon läpi

Moniresistenssi

Samalla tuholaisella
useita resistenssimekani-
smeja yhtä aikaa

Kohdemolekyylin muuttuminen epäherkkään muotoon (muutos vaikutuskohdassa)

Entsyyminen detoksifikaatio (esteraasit, sytokromi P450-mono-oksigenaasit, hydrolaasit ym.)

Alentunut tunkeutuvuus ihon läpi

Ristikäisresistenssi:

tuholaisella on resistenssi-
mekanismi, joka suojaa sitä
kaikilta saman vaikutusme-
kanismin omaavilta aineilta

Kohdemolekyylin muuttuminen
epäherkkään muotoon
(muutos vaikutuskohdassa)

Entsyyttömä detoksifikaatio
(esteraasit, sytokromi P450-
mono-oksigenaasit, hydrolaasit ym.)

Alentunut tunkeutuvuus ihon läpi

Entsyymeihin perustuva ristikkäisresistenssi:

Entsymaattinen hajotustoiminta voi kohdistua mihin tahansa aineeseen, jossa entsyymille sopiva "pureutumiskohta" (=tietty kemiallinen rakenneosa).

Ei välttämättä johda resistenssiin kaikkia samaan ryhmään tai alaryhmään kuuluvia aineita vastaan, mutta sama entsyymi voi hajottaa vaikutusmekanismiltaan erilaisiakin aineita (jos niiden molekyyli­rakenteessa on entsyymille sopiva tarttumiskohta).

Kohdemolekyylin muuttuminen epäherkkään muotoon (muutos vaikutuskohdassa)

Entsymaattinen detoksifikaatio (esteraasit, sytokromi P450-mono-oksigenaasit, hydro­laasit ym.)

Alentunut tunkeutuvuus ihon läpi

Vihannespunkin torjunta-aineresistenssi Suomen ruusu viljelmillä

- punkkeja 6 leikkoruusu viljelmältä
- verranteena hollantilainen kemikaaliherkkä punkkikanta
- testaukset tammi-maaliskuu 2005
- biotestit diagnostisella pitoisuudella LD₉₉
- menetelmä havaitsee resistenssin, kun resistenttejä yksilöitä $\geq 10\%$
- kolmen viljelmän punkeilla testattiin myös käyttösuositus-
pitoisuuden teho (2 paljon ja 1 vähän kemikaaleja käyttänyt)

Vihannespunkin torjunta-aineresistenssi Suomen ruusuviljelmillä

- ei toimi vuorenvarmasti kaikille aineille (mm. Floramiten kanssa tiettyjä ongelmia, tulokset silti suuntaa-antavia)
- kahden viljelmän osalta vertailumahdollisuus vuoden 2003-04 tuloksiin
- biotestaukset eivät toimi vuorenvarmasti kaikille aineille (mm. Floramiten kanssa tiettyjä karkailuun liittyviä ongelmia, tulokset silti suuntaa-antavia)
- kahden viljelmän osalta vertailumahdollisuus vuoden 2003-04 tuloksiin

Vihannespunkin torjunta- aineresistenssi Suomen ruusuviljelmillä

Tuloksia tässä vaiheessa tulkittaessa otettu lähtökohdaksi varovainen linja:

Jos testikannan kuolleisuus diagnostisella ainepitoisuudella $\leq 50\%$ ainakin alkava, mutta mahdollisesti jo pidemmällekin ehtinyt resistenssi ko. aineelle todennettu

Tilastollisen testauksen valmistuttua ko. raja voi nousta (resistenssin voi tulkita alkaneeksi, vaikka kuolleisuus olisi $> 50\%$) (riippuu toistojenvälisen hajonnan suuruudesta)

Resistenssi suomalaisten ruusuviljelmien punkeissa: biotestit diagnostisilla LD₉₉-pitoisuuksilla

Kauppanimi	Tehoaine	Pää-/alaryhmä*	Testauspitoisuus, % (LD ₉₉ herkälle kannalle)	Suosituskäyttöpitoisuus, %	suhde LD ₉₉ :suositus	tehoa
Torque	fenbutatinaoksidi	12B	1.4	0.05	28	liikkuvat
Nissorun	heksytiatsoksi	10A	0.027	0.05	0.54	munat, toukat
Apollo	klofentetsiini	10A	0.012	0.03	0.4	munat, toukat
Vertimec	abamektiini	6	0.025	0.05	0.5	liikkuvat (lehtisysteeminen)
Floramite	bifenatsaatti	25	0.0035	0.04	0.0875	liikkuvat (+munat)
Danitron	fenpyroksimaatti	21	0.056	0.05-0.1	1.12-0.56	liikkuvat
(Pride Ultra)	fenatsakvini	21	-	-	-	liikkuvat
Envidor	spirodiklofeeni	23	0.025	0.04	0.625	munat, toukat (aik.naaraat)

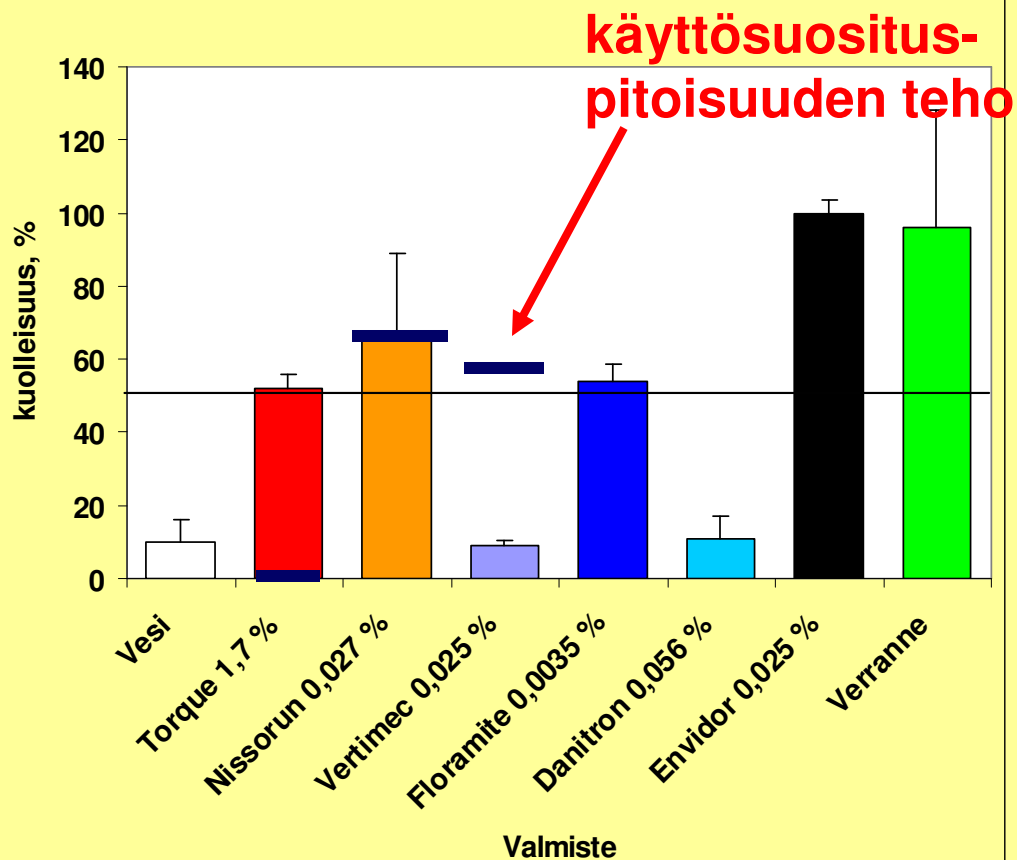
*TAC:n vaikutustaluokitus

Testauspitoisuudet olivat useimmissa tapauksissa noin puolet suositellusta käyttöpitoisuudesta. Poikk: Torque, Floramite

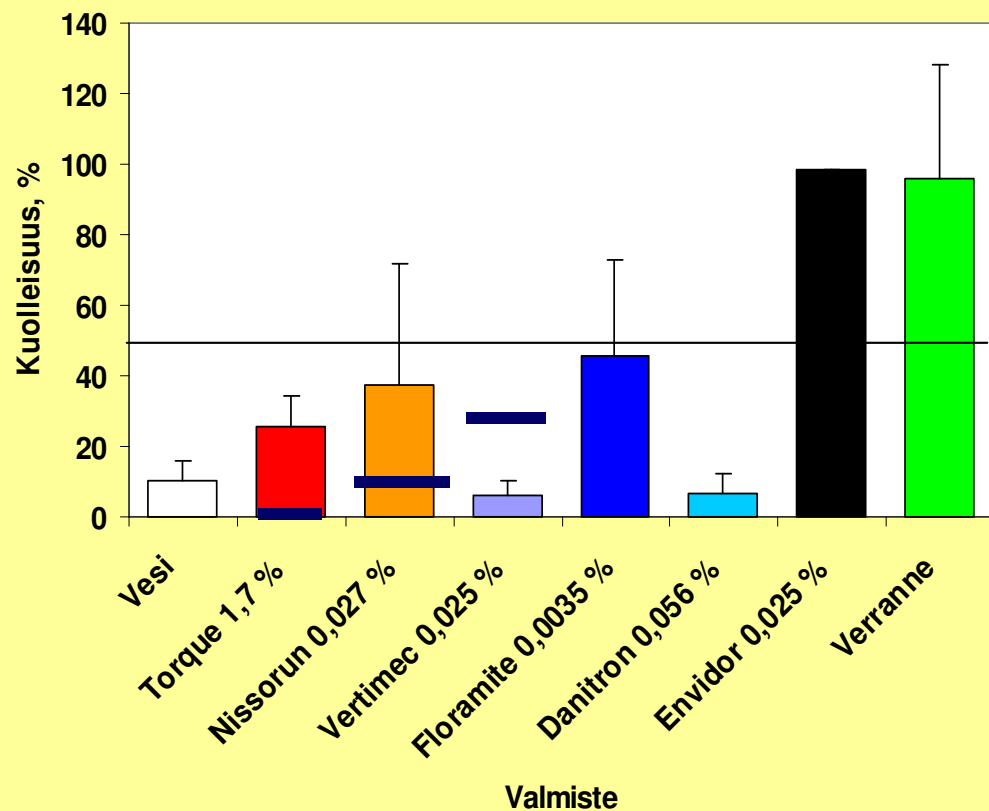
Resistenssi: Torque, Vertimec, Danitron
Ainakin alkava? Floramite

Resistenssi: Torque, Nissorun, Vertimec,
Danitron, Floramite (? mutta suuri hajonta)

Yritys 2



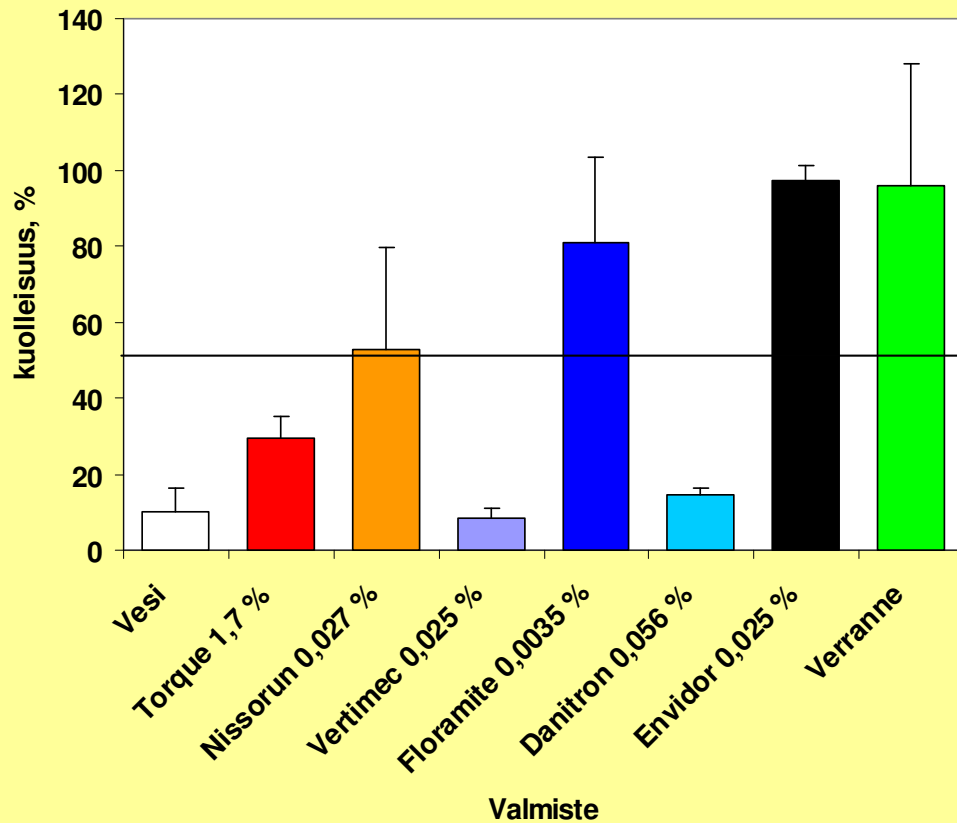
Yritys 3



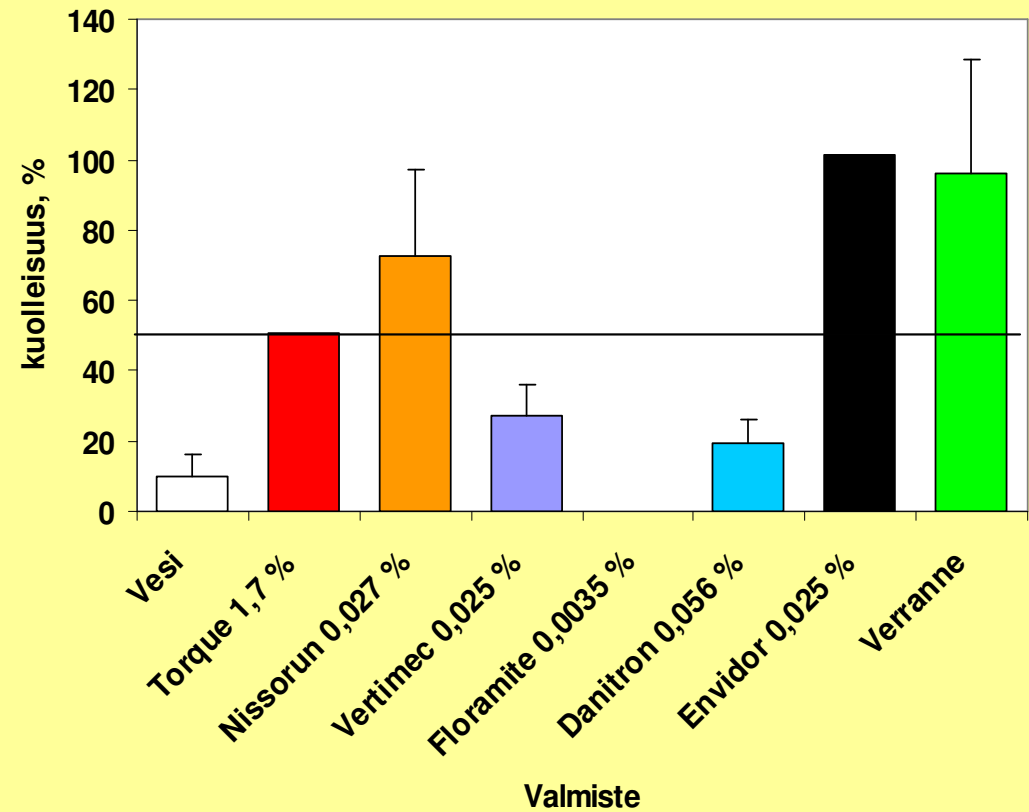
Resistenssi: Torque, Vertimec, Danitron,
Nissorun (?)

Resistenssi: Torque, Vertimec, Danitron

Yritys 4



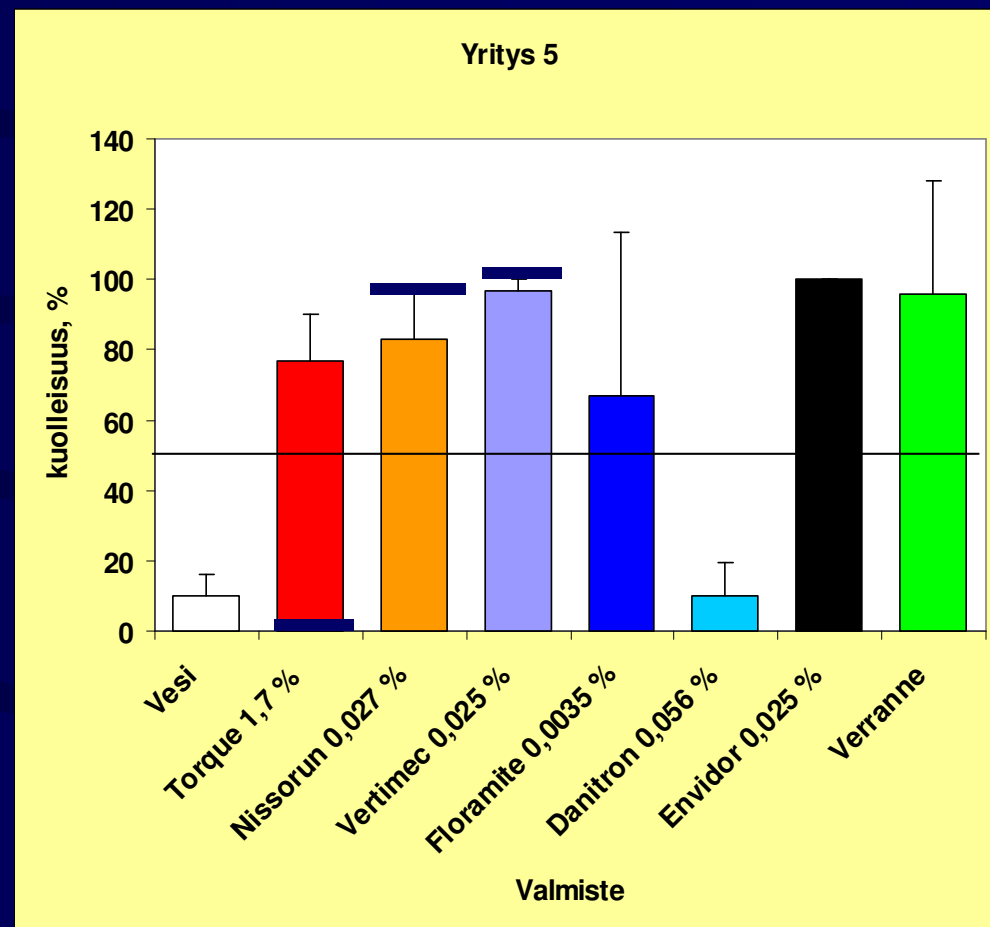
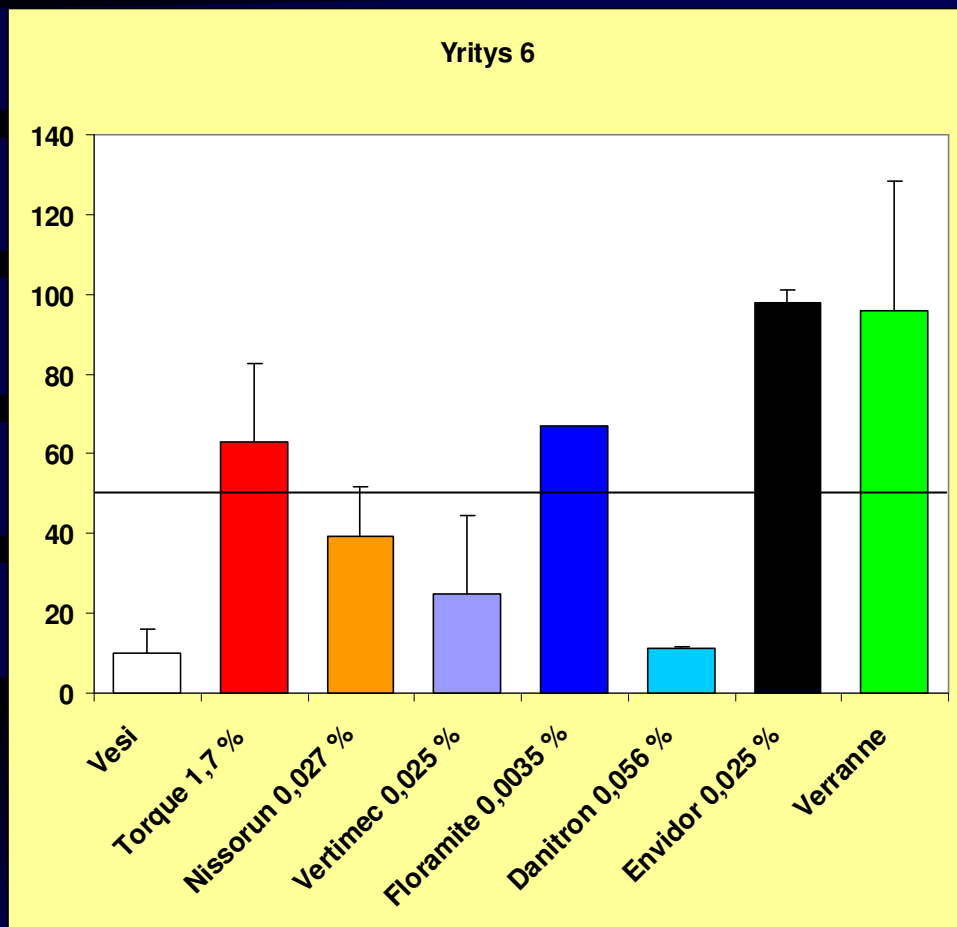
Yritys 7



(huom. ei Floramite- tuloksia täältä)

Resistenssi: Nissorun, Vertimec, Danitron Alkava??? Floramite, Torque

Resistenssi: Danitron



Huom. Floramite vain yksi toisto!

**Tällä viljelmällä integroitua torjuntaa
jo yli 2 v --> alhaisimmat resistenssi-
tasot**

Tehojen vertailu aikaisempaan

- Torque: tulokset kuten 2004
- Danitron: tulokset kuten 2004
- Nissorun: tilanne pysynyt suurin piirtein samana tai hieman huonontunut vuoteen 2003 verrattunut paljon niillä kahdella viljelmällä, joista oli punkkeja testeissä 2003 (kuolleisuudet tuolloin 85-90 %, nyt 37-67 %)

Tehojen vertailu aikaisempaan

- Floramite: enemmän vaihtelua kuin 2003, viljelmien punkit ehtivät karkailla testimaljoilta, verrannepunkit kuolivat heti --> ruusuviljelmien punkeilla alkavaa resistenssiä, joillain jo selvästikin
- Vertimec: ei aikaisempia testauksia, resistenssiä esiintyy
- Envidor: ei aikaisempia testauksia, ei resistenssiä

Akarisidien ominaisuudet ja resistenssihallinta

Vihannespunkin torjunta-aineiden ominaisuudet

Kauppanimi	Tehoaine	Pää- ja alaryhmä	tehoaa	Käyttöpitoisuus %	Resistenssialttius ¹	Jäämävaik.	IPM-sopivuus (varoaika) ²	Ristikkäisresistenssiä havaittu aineille
Rekisteröidyt:								
Torque	fenbutatinaoksidi	12B	liikkuvat	0,05	5-6 (muutama sukupolvi)	viikkoja (käytäntö???)	Haittaluokka 2 (3 vrk)	Nissorun
Nissorun	heksytiatsoksi	10A	munat, toukat	0,05	6-11 (hidas). Käyttö kork. 2 kertaa kasvukaudessa	30-60 vrk	Haittaluokka 1	Torque
Mäntysuopa	saippua		liikkuvat		ei ole	ei ole	Haittaluokka 3 (ei)	ei
Mesurool	metiokarbi	1A	liikkuvat (sivuvaikutusta!)		Tod.näk. kohtalainen	7-14 vrk	Haittaluokka 4 (tod.näk. organofosf.

¹ Käsittelyjen määrä, jonka jälkeen resistenssi voi jo olla tosiasia. (Suluissa kemikaaliherkkyyden palautumisnopeus) sen käyttö on kokonaan lopetettu

² Haittaluokka 1 on vaarattomin, haittaluokka 4 vaarallisin

³ Carbonkick-valmisteita ei ole ainakaan toistaiseksi hyväksytty torjunta-aineena käytettäväksi.

⁴ Yksi julkaisu mainitsee kohtalaisen ristikkäisresistenssin abamektiinille (ja milbemektiinille) ja Torquelle ja lievän Floramitelle. Toinen julkaisu toteaa, ettei havaittu ristikkäisresistenssiä Vertimecille. Tiedot siis ristiriitaisia.

Vihannespunkin torjunta-aineiden ominaisuudet

Kauppanimi	Tehoaine	Pää- ja alaryhmä	tehoaa	Käyttöpitoisuus %	Resistenssialttius ¹	Jäämävaik.	IPM-sopivuus (varoaika) ²	Ristikkäisresistenssiä havaittu aineille
Koeluvalla 2005:								
Vertimec	abamektiini	6	liikkuvat (lehtisysteeminen)	0,05	6-12 (ei tietoa). Suositus kork. 10 käsittelyä / v jaettuna kolmeen torjuntablokkiin	alle viikko	Haittaluokka 4 (1 vko)	Danitron? (ks. alla!)
Floramite	bifenatsaatti	25	liikkuvat +munat	0,04	5-6 (ei tietoa). Suositus 4 käsittelyä per v jaettuna kahteen torjuntablokkiin	21-28 vrk	Haittaluokka ? OK	Danitron? (ks. alla!)
Danitron	fenpyroksimaatti	21	liikkuvat (munat)	0.05-0.1	5-? (hidas). Suositus kork. 1 käsittely / v	21-28 vrk (käytäntö??)	Haittaluokka 3	Floramite, Torque, Vertimec ⁴
(Pride Ultra)	fenatsakvini	21	liikkuvat	-	5-? (hidas) Käytön rajoitukset kuten Danitron	7-14 vrk?	Tappaa liikkuvat, ei tapa munia	ei tietoa
Tutkimuksissa (mahdolliset uudet, tosin ruusulle soveltuisi Envidorin sukulaisaine Oberon joka sis. spiromesifenä)								
Envidor	spirodiklofeeni	23	munat, toukat, protonymfit (aik.naaraat)	0,04	35-40 lievä resist. (laimenee 9 sukupolvessa selvästi. Suositus yksi käsittely per kasvukausi	väh. 21 vrk	Ei oikein...	ei ole todettu millekään

¹ Käsittelyjen määrä, jonka jälkeen resistenssi voi jo olla tosiasia. (Suluissa kemikaaliherkkyyden palautumisnopeus) sen käyttö on kokonaan lopetettu

² Haittaluokka 1 on vaarattomin, haittaluokka 4 vaarallisin

³ Carbonkick-valmisteita ei ole ainakaan toistaiseksi hyväksytty torjunta-aineena käytettäväksi.

⁴ Yksi julkaisu mainitsee kohtalaisen ristikkäisresistenssin abamektiinille (ja milbemektiinille) ja Torquelle ja lievän Floramitelle. Toinen julkaisu toteaa, ettei havaittu ristikkäisresistenssiä Vertimecille. Tiedot siis ristiriitaisia.

Vihannespunkin torjunta-aineiden ominaisuudet

Kauppanimi	Tehoaine	Pää- ja alaryhmä	tehoaa	Käyttöpitoisuus %	Resistenssialttius ¹	Jäämävaik.	IPM-sopivuus (varoaika) ²	Ristikkäisresistenssiä havaittu aineille
Biologiset:								
AnsariPETOPUNKKI	petopunkit	-	munat, nuoret (aikuiset)	2-6-20 kpl/m ²	ei ole	-	-	ei ole
Mycotal	Verticillium lecanii sieni	-	liikkuvat		ei ole	pari päivää	Haittaluokka 1	ei ole
Muut:								
Carbonkick Kiinnite tai Booster ³	rypsiöljy	-	liikkuvat, munat	2 %	ei ole	ei ole	Haittaluokka 3	ei ole

¹ Käsittelyjen määrä, jonka jälkeen resistenssi voi jo olla tosiasia. (Suluissa kemikaaliherkkyyden palautumisnopeus) sen käyttö on kokonaan lopetettu

² Haittaluokka 1 on vaarattomin, haittaluokka 4 vaarallisin

³ Carbonkick-valmisteita ei ole ainakaan toistaiseksi hyväksytty torjunta-aineena käytettäväksi.

⁴ Yksi julkaisu mainitsee kohtalaisen ristikkäisresistenssin abamektiinille (ja milbemektiinille) ja Torquelle ja lievän Floramitelle. Toinen julkaisu toteaa, ettei havaittu ristikkäisresistenssiä Vertimecille. Tiedot siis ristiriitaisia.

Resistenssihallinnan nyrkkisääntöjä



jonkin sortin mahdollisuudet vaikuttaa tuhoajaan kohdistuvaan valintapaineeseen resistenssin kehittymisen ehkäisemiseksi



- tuhoaja ekologia, genetiikka, käyttäytyminen, fysiologia:
sisäiset tekijät, joihin ei juuri voida vaikuttaa

operatiiviset tekijät: ainetyyppi, vuorottelu, peittävyys, käsittelyn ajoitus, pitoisuus, antotapa (ruiskutyyppi jne.)

Resistenssihallinnan nyrkkisääntöjä

Pääsääntö: yhtä punkkisukupolvea pommitetaan vain yhdellä tehoaineella

käsittelyt blokeissa. Blokki= yleensä 2-3 käsittelyä suht. lyhyin väliajoin samalla aineella (huom. edellinen sukupolvirajoitus blokin käsittelyjen ajoittamisessa)



“Starring: *Tetranychus urticae*”

Vihannespunkin biologia ruusulla

(tiedot kirjasta *Knowing and Recognizing/Koppert B.V. ellei toisin ole ilmoitettu*)

lämpötila	15	20	25	30	35
kehitysajat					
muna	14.3	6.7	4.3	2.8	2.4
toukka	6.7	2.8	1.8	1.3	1
protonymfi	5.3	2.3	1.5	1.2	1
deutonymfi	6.6	3.1	2	1.4	1.3
munasta aikuiseksi	32.9	14.9	9.6	6.7	5.7
aikuiseksi tulosta munintaan	3.5	1.7	0.9	0.6	0.6
munasta munaan	36.4	16.6	10.5	7.3	6.3
naaras, elinikä omenalla, vrk ¹	44	26			10
naaras, elinikä vadelmalla, vrk					
Sukupolven pituus, vrk (ruusu) ²			22.1		
Sukupolven pituus: (vadelma) ²	38.3	26.5	21.3	13.9	
lkäluokan sukupolven pituus pituus vrk (vadelma)	39.3	29.5	23	17.2	

kuolleisuus (luontainen) %	15	20	25	30	35
muna	6.1	6.3	4.3	6.6	10.1
toukka	2.4	1.1	1.9	2.6	4.1
protonymfi	1	1.3	0	1	3.9
deutonymfi	2.2	1	2	0	5.1
aikuiseksi tulosta munintaan	0	0	1.5	1	4
koko sukupolven aikana	11.3	9.6	9.3	10.8	24.4

¹ Herbert 1981

² Bounfour & Tanigoshi 2001

Resistenssihallinnan nyrkkisääntöjä

eri tehoaineiden **vuorottelu** niille asetettuja
käsittelykertoja koskevia rajoituksia noudat-
taen

paikalliskäsittelyjä aina kun mahdollista

Resistenssihallinnan nyrkkisääntöjä

ei tankkisekoituksia, poikkeus: eri kehitysasteisiin vaikuttavat aineet (muna-aine + liikkuviin vaikuttava, mutta huomioi silloinkin käytön rajoitukset!)

Huom. hyvin lähekkäin tehdyt käsittelyt eri aineilla* vastaavat tankkiseoksen aiheuttamaa valintapainetta, koska molempia aineita on kasvustossa läsnä yhtä aikaa ja samat yksilöt/saman sukupolven yksilöt altistuvat niille

*kun 1. aine ei ehdi hajota kun toinen jo ruiskutetaan

Resistenssihallinnan nyrkkisääntöjä

ei ylisuuria käyttöpitoisuuksia. Ja miksei?

Koska ylisuuri annos tappaa kemikaaliherkät **AA** ja **Aa**-genotyypit, joilla olisi edes jotain mahdollisuutta vielä siirtää herkkyyttä pariutuessaan, ja jättää takuulla jäljelle vain umpiresistentit **aa**:t!

Resistenssihallinnan nyrkkisääntöjä

biotorjuntaa ja muuta ei-kemiallista torjuntaa niin paljon kuin mahdollista

aineiden vuorottelukaan ei takaa resistenssin poissa pysymistä – sen takaa vain valintapaineen minimoiminen kaikin mahdollisin keinoin



Loppu tältä erää...

Resistenssihallinnan kaksi perusstrategiaa

2. Varmistetaan, että alkavaa resistenssiä kantavat yksilöt (Aa) kuolevat heti alkuunsa, jolloin resistenssigeenit eivät pääse yleistymään:


- käytetään niin isoja pitoisuuksia, että kestävimmätkin, jopa aa:t kuolevat (=kaikki resistentit genotyypit=sekä homotsygootit että resistentit kuolevat) (käytännössä epärealistista!)
- teoriassa toimii ennaltaehkäisevänä menetelmänä



Resistenssihallinnan kaksi perustrategiaa

2. Varmistetaan, että alkavaa resistenssiä kantavat yksilöt kuolevat heti alkuunsa, jolloin resistenssigeenit eivät pääse yleistymään:

taktiikan onnistumisen edellytykset:

- 
- resistenssigeeni harvinainen populaatiossa
 - Aa-heterotsygootit ovat vain lievästi resistenttejä
 - jätetään käsittelemättömiä alueita, joilta Aa ja AA-yksilöt yksilöt pääsevät vaeltamaan käsiteltyyn kasvustoon parittellakseen siellä olevien HARVOJEN resistenttien aa-homotsygoottien kanssa --> resistenssin laimentuminen
 - jos ehdot eivät täyty: suuri kemikaaliannos tappaa kasvustoon migroineet herkät AA:t PLUS nitistää lievästi resistentit Aa:t, mutta jättää mahdolliset voimakkaasti resistentit aa:t eloon ja lisääntymään

~~Tankkisekoitukset*~~ hidastavat resistenssin kehittymistä vain tiettyjen tiukkojen ehtojen toteutuessa:

* erityyppisten aineiden tankkisekoitus samaa tuhoojaa vastaan: aine 1 tappaa aineelle 2 resistentit yksilöt ja päinvastoin)

- kummankin pitoisuuden oltava sellainen, että se tappaa lievästi resistentit Aa- yksilöt (jotta ne eivät pääse parittelemaan keskenään, jolloin mahdollisuus syntyä voimakkaasti resistenttejä aa- homotsygootteja)
- **PLUS** aineille herkkiä AA-homotsygootteja tultava kasvustoon ulkopuolelta laimentamaan mahdollisten aa- yksilöiden osuutta jälkeläisissä
- **PLUS** kummankin aineen tapettava herkät AA-homotsygootit samantehoisesti
- **PLUS** aineiden jäämävaikutuksen oltava yhtä pitkä
- **PLUS** kummallekin aineelle resistenssin aiheuttavien geenien oltava yhtä runsaita punkkipopulaatiossa
- **PLUS** punkeilla ei olla ristikkäisresistenssiä aineille

Huom. hyvin lähekkäin tehdyt käsittelyt eri aineilla vastaavat tankkiseoksen aiheuttamaa valintapainetta, koska molempia aineita on kasvustossa läsnä yhtä aikaa ja samat yksilöt/saman sukupolven yksilöt altistuvat niille

IV Käytännön resistenssihallinnan laajat linjat

1. Vältettävä altistamasta punkkeja liian usein keskeisille torjunta-aineille =liitettävä kasvinsuojeluohjelmiin tuhoojien tarkkailu ja ei-kemiallinen torjunta ja noudatettava valmistajien suosituksia käyttötiheyksistä
2. Vuoroteltävä vaikutustavaltaan erityyppisiä aineita aina kun mahdollista
3. Tiedostettava ja tunnistettava ristikkäisresistenssin vaara tiettyjä aineita käytettäessä
4. Valmistajien kehitettävä vaikutustavaltaan erilaisia uusia kemikaaleja kuin jo markkinoilla ovat (ja rekisteröidään vain erityyppisiä kuin mitä jo on markkinoilla - edellyttää resistenssin monitorointia! ja rahaa siihen)

Vältettävä resistenssiä erityisesti hitaasti tehonsa takaisin saavilla aineilla

Valmiste ja tehoaine	Jäämävai- kutus	Soveltuuko integroituun torjuntaan?	Käsittelykerrat, joiden jälkeen resistenssiä alkaa esiintyä	Resistenssin häviämisenopeus käsittelyjen lakattua (karkea arvio)	Aineet, joiden kanssa havaittu ristikkäisresis- tenssiä
Vanhat:					
Torque	Viikkoja (jopa 6-10) (?)	Kyllä	5-6 (hitaahko resistenssin vahvistuminen sen päästyä alkuun)	Melko nopeaa (muutama sukupolvi)	Nissorun, Apollo
Nissorun	30-60 vrk	Kyllä	6-11	Hidasta	Apollo, Torque
Uudet:					
Danitron	21-28 vrk	Kyllä	5-?	Erittäin hidasta	Ei ole havaittu muille aineille toistaiseksi
Apollo	21 vrk	Kyllä	4-5 (hyvin jyrkkä resistenssin vahvistuminen lisäkäsittelyjen myötä resistenssin päästyä alkuun)	Hidasta	Nissorun, Apollo
Floramite (bifenatsaatti)	21-28 vrk	Kyllä	5-6? ("resistenssi syntyy nopeasti laboratorioaltistuksessa")	Melko nopeaa	Ei ole todettu

Lisäkonsteja

- fysikaalisesti vaikuttavien aineiden yhteiskäyttö kemikaalien kanssa ajoittain → öljy tappaa resistentitkin yksilöt, hidastaa resistenssin leviämistä populaatiossa
- Carbon Kickin mahdollisuudet tässä mielessä? (jatkuva käyttö ei välttämättä hyväksi kasveille)
- Fytotoksisuus?
- Vaikutus kemikaalin tehoon (esim. Torquen sekoittaminen kasviöljyn kanssa heikentää Torquen tehoa)

Käsittelykertojen minimoiminen vuoden tai kasvukauden aikana: biotorjunnan rooli

- biotorjunnan mahdollistama pitkäkin tauko aineiden käytössä sallii kemikaaleille herkkien yksilöiden yleistymisen punkkipopulaatiossa
- biotorjunta tehoaa myös resistentteihin punkkeihin!
- biotorjunnan sisältyminen kasvinsuojelustrategiaan ohjaa uusien aineiden rekisteröintiä (vain integroituun kasvinsuojeluun kuuluvia aineita järkevää rekisteröidä)