



**La resistenza ai prodotti fitosanitari:
una sfida per la moderna protezione integrata delle colture**

Stato della resistenza in Italia - insetticidi e acaricidi

Emanuele Mazzoni, Michela Panini

Istituto di Entomologia e Patologia vegetale – Università Cattolica del Sacro Cuore – Piacenza

Giancarlo Manicardi, Stefano Cassanelli

DipSAA - Università di Modena e Reggio Emilia

Carlo Duso

DAFNAE - Università di Padova

Alda Butturini

Servizio Fitosanitario Regionale Emilia-Romagna

Edison Pasqualini

DiSTA - Università di Bologna

Claudio Ioriatti

Fondazione E. Mach – S. Michele a.A. (TN)

Stefano Civolani

DiBE - Università di Ferrara

I problemi della resistenza agli insetticidi in Italia

- Afidi
 - Aleirodidi
 - Psille
 - Tisanotteri
 - Lepidotteri
 - Ditteri
 - Coleotteri
 - Acari
-

Evoluzione della resistenza agli insetticidi in Italia

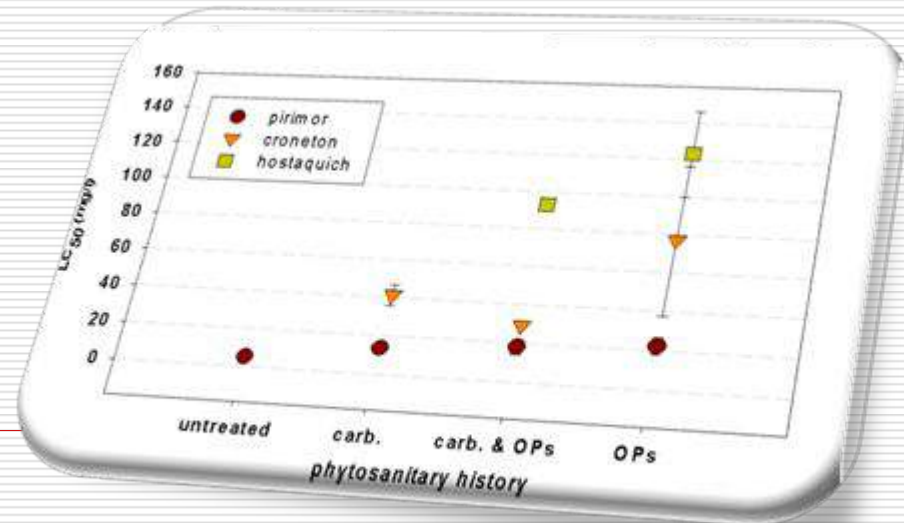
INSETTICIDI Gruppo MoA	INSETTO	COLTURA	ANNO	RESISTENZA	
				confermata	presunta
ORGANOFOSFORICI 1B	Psilla del pero (<i>C. pyri</i>)	Pero	1975		*
	Minatrice del melo (<i>L. malifoliella</i>)	Melo	'70		*
	Tignoletta della vite (<i>L. botrana</i>)	Vite	primi '90		*
	Carpocapsa (<i>C. pomonella</i>)	Melo/pero	1999	*	
	Afide verde del pesco (<i>M. persicae</i>)	Pesco	primi '90	*	
	Aleurodidi (<i>B. tabaci</i> , <i>T. vaporariorum</i>)	Ortive	?	Ridotta efficacia diffusa	
	Dorifora della patata (<i>L. decemlineata</i>)	Patata	?		*
CARBAMMATI 1A	Minatrice del melo (<i>L. malifoliella</i>)	Melo			*
(pirimicarb)	Afide del melone e cotone (<i>A. gossypii</i>)	Patata	fine '80		*
	Afide verde del pesco (<i>M. persicae</i>)	Pesco	primi '90	*	
PIRETROIDI 3A	Tripidi (<i>T. tabaci</i> , <i>F. occidentalis</i>)	Ortive	fine '90		*
	Dorifora della patata (<i>L. decemlineata</i>)	Patata	2001		*
	Nottua del cotone (<i>H. armigera</i>)	Ortive	2002		*
	Afide verde del pesco (<i>M. persicae</i>)	Pesco	2003	*	
	Aleurodidi (<i>B. tabaci</i> , <i>T. vaporariorum</i>)	Ortive/Orn.	?	Ridotta efficacia diffusa	

Evoluzione della resistenza agli insetticidi in Italia

INSETTICIDI /Gruppo MoA	INSETTO	COLTURA	ANNO	RESISTENZA	
				confermata	presunta
NEONICOTINOIDI 4 A	Afide verde del pesco (<i>M. persicae</i>)	Pesco	2010-11	*	
IGR (benziluree) 15 (MAC) 18	Minatrice del melo (<i>L. malifoliella</i>)	Melo	1990	*	
	Carpocapsa (<i>C. pomonella</i>)	Melo/pero	1999	*	
	Dorifora della patata (<i>L. decemlineata</i>)	Patata	2001		*
	Tignola orientale del pesco (<i>C.molesta</i>)	Pesco	2007	*	
	Tignoletta della vite (<i>L. botrana</i>)	Vite	2008	*	
IGR acaricidi 10 A	Ragnetto rosso (<i>P.ulmi</i>)	Fruttiferi/Vite	2000	*	
METI acaricidi 21 A	Ragnetto rosso comune (<i>T. urticae</i>)	Ortive/Orna.	1998	*	
Indoxacarb 22 A	Tignoletta della vite (<i>L. botrana</i>)	Vite	2008	*	
Virus della granulosi	Carpocapsa (<i>C. pomonella</i>)	Melo/pero	2006	*	

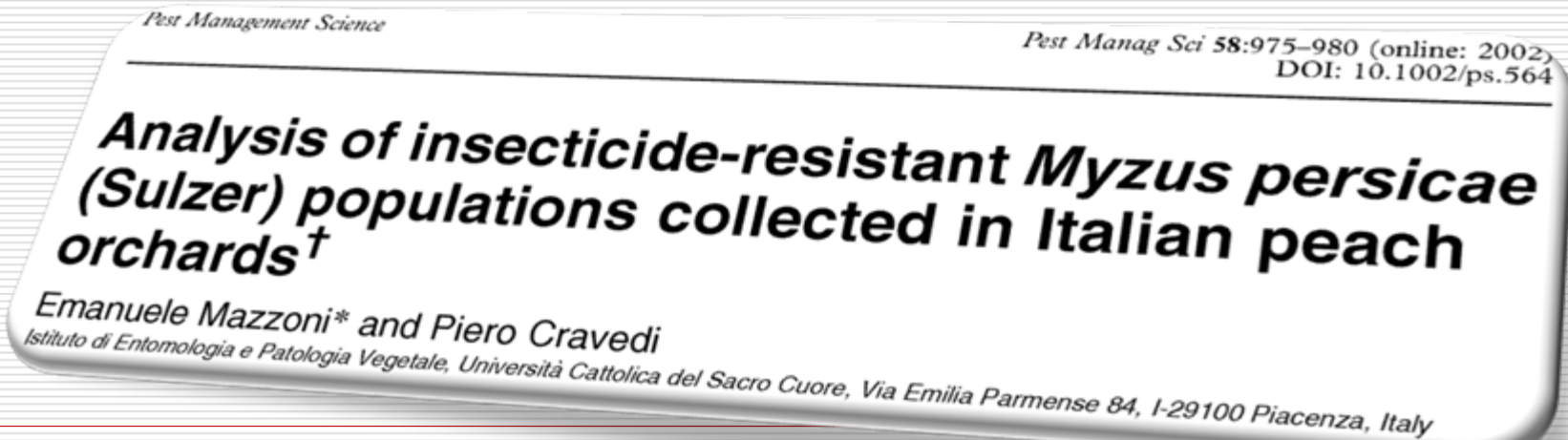
Afide verde del pesco (1999-2000)

- conferma biologica della presenza di popolazioni resistenti
 - *Cravedi P., Mazzoni E., Serra R. - 1991 - Bioassay of some insecticides on the green peach aphid (*Myzus persicae* Sulzer) in Northern Italy: a preliminary survey. Boll. Zool. agr. Bachic. 23 (2): 113-121*
- resistenza basata su esterasi (E4 / FE4)
 - dati frammentari
- resistenza mAChE
 - presunta ma senza riscontri biochimici analitici



Afide verde del pesco (2001)

- primo rapporto sulla letteratura internazionale sulla resistenza di 33 popolazioni italiane [Pest Manag Sci 58(9)]
- conferma analitica della presenza di resistenza da FE4 e da mAChE



Afide verde del pesco (2003 ...)

Table 1
Percentages of *M. persicae* strains with different resistance mechanisms, collected from different Italian sites

Area	n	Esterase phenotype ^a					MACE genotype			<i>kdr</i> genotype			<i>s-kdr</i> genotype ^b	
		S	S/R1	R1	R2	R3	S/S	S/R	R/R	S/S	S/R	R/R	S/S	S/R
Torino	3	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	33.3	66.7	33.3	66.7
Cuneo	1	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	0.0		
Lodi	1	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0
Piacenza	10	10.0	10.0	10.0	60.0	10.0	90.0	10.0	0.0	40.0	60.0	0.0	83.3	16.7
Padova	2	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	50.0	50.0	0.0	50.0	50.0	0.0	100.0	0.0
Ferrara	6	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	83.3	16.7	0.0	16.7	66.6	16.7	80.0	20.0
Ravenna	13	0.0	0.0	0.0	84.6	15.4	61.5	30.8	7.7	30.8	69.2	0.0	77.8	22.2
Bologna	6	0.0	16.7	0.0	66.6	16.7	83.3	16.7	0.0	50.0	33.3	16.7	66.7	33.3
Forli/Cesena	1	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0
Northern Italy	43	2.3	4.7	2.3	81.4	9.3	72.1	25.6	2.3	32.6	58.1	9.3	75.9	24.1
Pisa	1	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0		
Ascoli Piceno	1	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
Pescara	2	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0		
Chieti	4	0.0	75.0	25.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	75.0	25.0	0.0	100.0	0.0
Benevento	1	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0		
Salerno	3	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0		
Cosenza	2	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	50.0
Catanzaro	2	50.0	0.0	0.0	0.0	50.0	50.0	50.0	0.0	50.0	0.0	50.0	100.0	0.0
Central–Southern Italy	16	12.5	56.2	6.3	18.7	6.3	75.0	25.0	0.0	68.7	12.5	18.8	60.0	40.0
Total	59	5.1	18.6	3.4	64.4	8.5	72.9	25.4	1.7	42.4	45.8	11.9	74.5	26.5

^a FE4 and E4 enzymes combined.

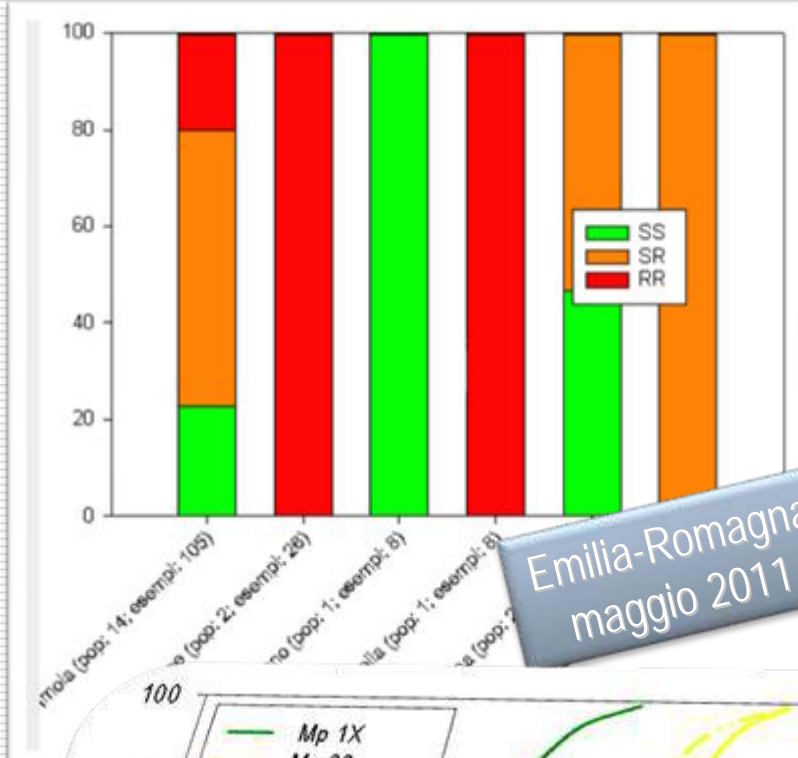
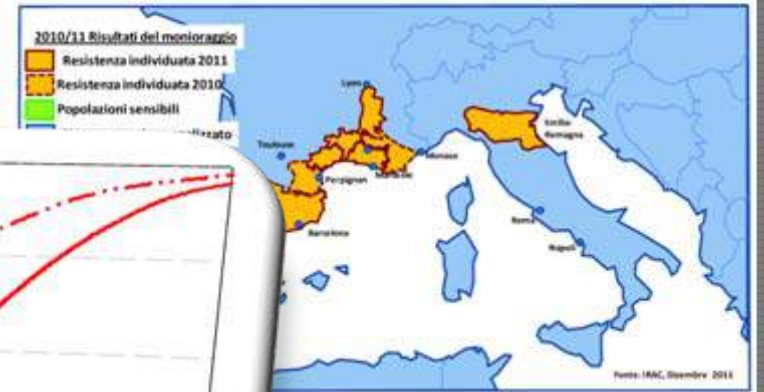
^b Only positive *kdr* strains have been analysed for the presence of super-*kdr* mutation.

Aggiornamento sulla resistenza ai neonicotinoidi nell'afide verde del pesco

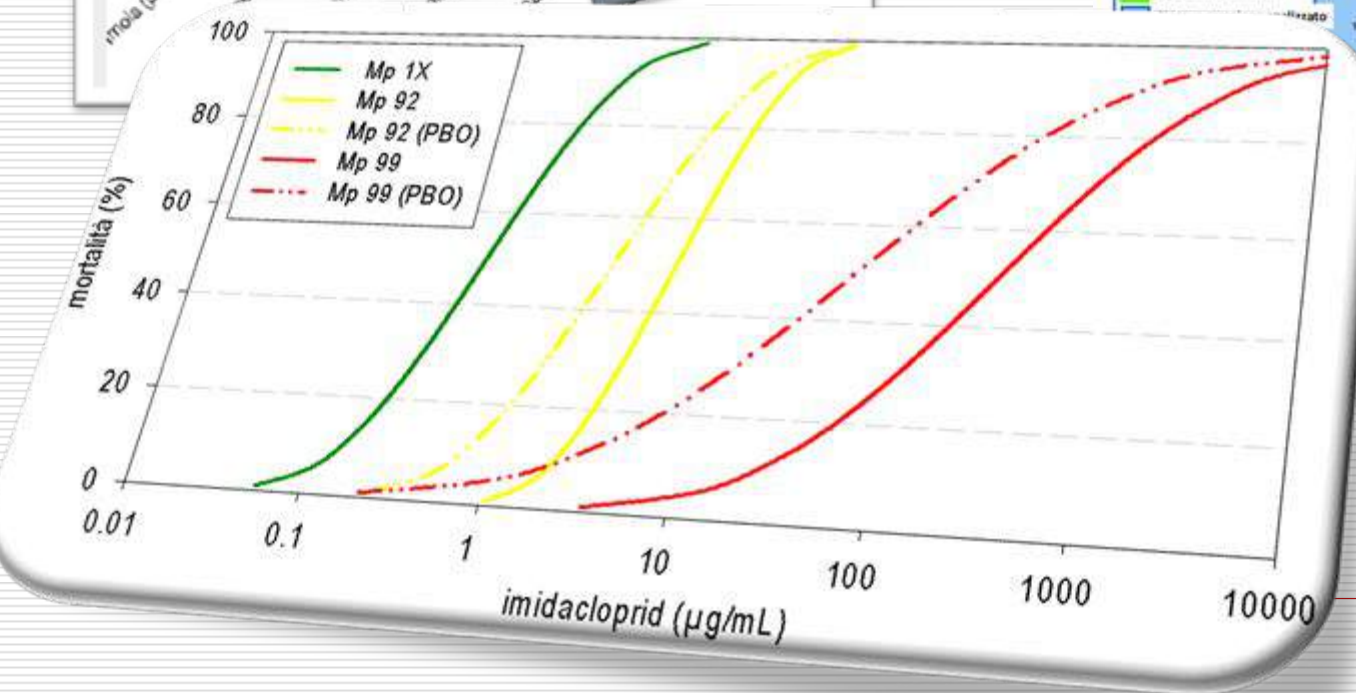
Nel marzo 2011, IRAC ha pubblicato un "allarme resistenza" per informare della scoperta di popolazioni dell'afide verde del pesco (*Myzus persicae*) resistenti ai neonicotinoidi, in pescheti della Francia meridionale e della Spagna nord-orientale. Al fine di ottenere ulteriori informazioni sulla distribuzione e il potenziale impatto di questi afidi è stata avviata una collaborazione tra IRAC e Rothamsted Research per raccogliere campioni da pescheti e altre colture in Europa meridionale e determinare il loro grado di resistenza. La resistenza ai neonicotinoidi è basata su una mutazione del sito bersaglio che limita fortemente l'efficacia dei neonicotinoidi. Individui prelevati da ciascun campione sono stati analizzati con un saggio diagnostico molecolare per individuare la mutazione. In totale 93 popolazioni sono state raccolte da pesche e nettarine in 3 nazioni (22 in Italia, 57 in Spagna e 14 in Francia).

I risultati dell'indagine confermano la presenza di afidi resistenti ai neonicotinoidi in molti dei pescheti della Francia meridionale e della Spagna nord-orientale come pure in Emilia-Romagna in Italia. Tuttavia le indagini devono ancora individuare eventuali afidi resistenti in altre colture.

Mappe delle aree dove è stata individuata la resistenza nel sito bersaglio dei neonicotinoidi in popolazioni di *Myzus persicae* raccolte in pescheti nel 2010 e 2011.



Emilia-Romagna
maggio 2011



Segnalazioni
2010: 1
2011: 6
2012: > 40

AFIDI: *Myzus persicae*

- E' disponibile una collezione di popolazioni
 - sensibili
 - con i principali meccanismi di resistenza



Myzus persicae: ricerche in corso

- ❑ influenza delle mutazioni a carico dei geni del canale del sodio sui piretroidi
 - ❑ caratterizzazione biochimica e molecolare dei meccanismi di resistenza metabolica (carbossilesterasi / monossigenasi)
 - ❑ valutazione dell'influenza dei sinergizzanti
 - ❑ caratterizzazione biochimica/molecolare delle colinesterasi
 - ❑ **caratterizzazione con biosaggi e analisi biochimiche e molecolari di popolazioni raccolte nel 2010-2012 a seguito di segnalazioni di mancata efficacia del trattamento con neonicotinoidi**
-

AFIDI: *Dysaphis plantaginea*

- indagini occasionali in seguito a segnalazioni di mancata efficacia dei neonicotinoidi
 - in passato: dimetilcarbammati
- difficoltà:
 - esperienze/conoscenze sull'allevamento intensivo della specie a ciclo continuo in laboratorio
 - mancanza di ceppi standard di riferimento
- pubblicazioni:
 - 2009 – Mazzoni E. - Ricerche preliminari sui sistemi enzimatici detossificanti di *Dysaphis plantaginea* (Passerini). Atti del XXII Congresso nazionale Italiano di Entomologia, Ancona, 15-18 Giugno 2009: 183

AFIDI: *Aphis gossypii*

- Segnalazioni varie di ridotta efficacia ma poche ricerche italiane
 - i dati di letteratura indicano che condivide molti dei meccanismi di resistenza noti per *Myzus persicae*
-

ALEIRODIDI

- Situazione critica
 - resistenze diffuse
 - situazione molto seria con notevoli difficoltà di controllo
 - mancano dati scientifici
 - 1 sola pubblicazione in Italia
 - Rossi et al., Pisa
-

LEPIDOTTERI

□ specie interessate

- *Cydia pomonella*

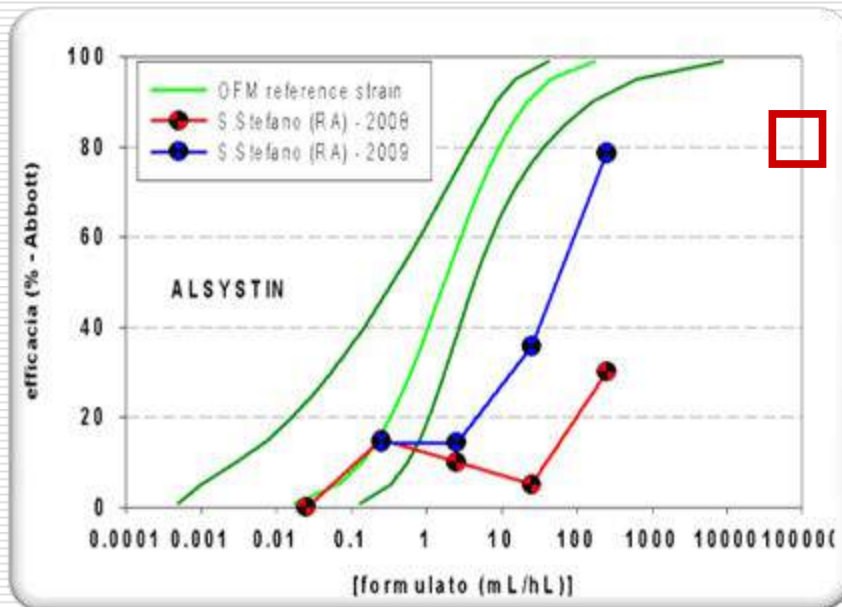
- *Cydia molesta*

- *Lobesia botrana*

- *Tuta absoluta*

Cydia molesta

- ❑ Resistenza ai prodotti IRAC MOA 15
 - ❑ Inibitori della biosintesi della chitina (tipo 0)
 - ❑ valutazione mediante biosaggi
 - ❑ Non è noto il meccanismo coinvolto



❑ Difficoltà:

- non sono disponibili allevamenti di laboratorio di popolazioni resistenti

Cydia pomonella (Emilia Romagna)

BIOSAGGI

- ❑ resistenza accertata a IGR (MAC e Chitinoinibitori) e fosfororganici;
- ❑ casi limitati di resistenza al Virus
- ❑ buona efficacia di flufenoxuron sulle popolazioni resistenti agli altri IGR
- ❑ completa sensibilità alle nuove molecole (rynaxypyr ed emamectina);
- ❑ sarà controllata nel tempo la sensibilità alle nuove molecole

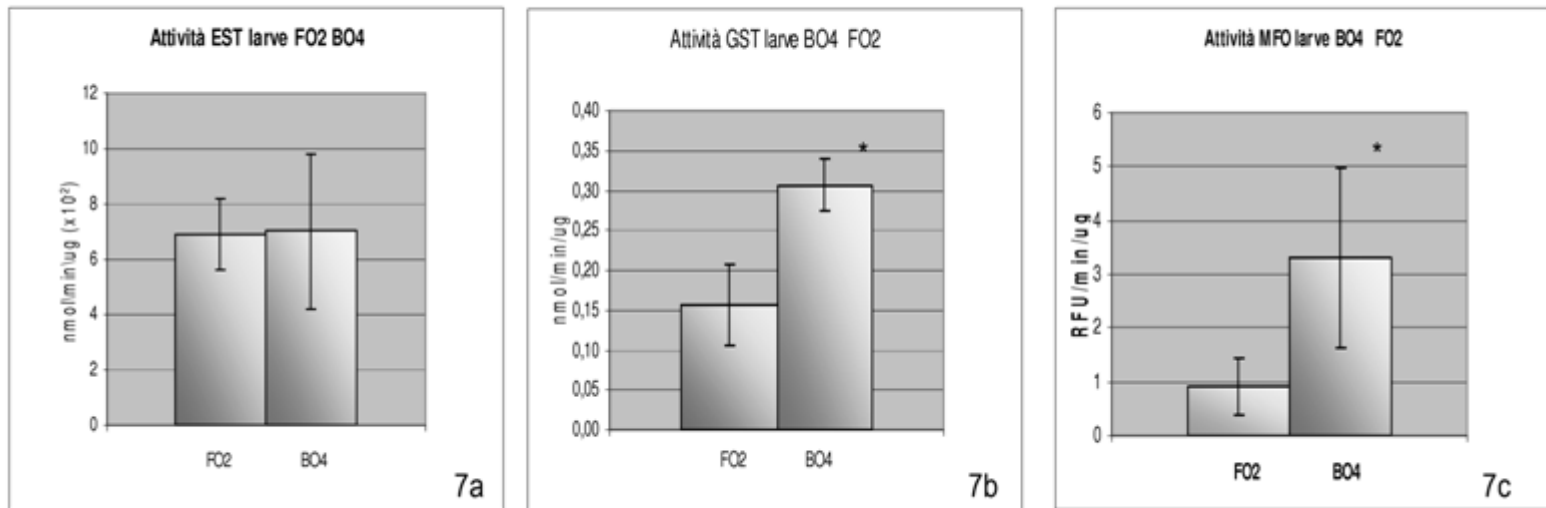
**Difficoltà:
non sono disponibili allevamenti di
laboratorio di popolazioni resistenti**

Cydia pomonella (Emilia Romagna)

TEST BIOCHIMICI

- popolazioni resistenti a IGR /OP hanno sviluppato una risposta detossificante a carico di MFO accompagnata più raramente da un coinvolgimento delle GST ed esterasi.

Figura 7a, b, c. Attività dei sistemi detossificanti: EST, GST e MFO valutate in larve post-diapausa del ceppo resistente BO4 e del ceppo proveniente da cultura biologica FO2



Cydia pomonella

(Emilia Romagna)

PROVE DI CAMPO

- ❑ La correlazione tra i risultati dei biosaggi e l'efficacia nelle prove di campo specificatamente condotte per gli IGR, sia su popolazioni sensibili che resistenti, conferma la validità del test di applicazione topica su larve svernanti come mezzo di monitoraggio della resistenza pratica.

STRATEGIE

- ❑ Abbandono dell'impiego di IGR e OP,
 - ❑ "Prevenzione" dell'insorgenza di popolazioni resistenti
 - ❑ tecnica confusione/disorientamento sessuale,
 - ❑ virus
 - ❑ nuove molecole
 - ❑ alternanza dei prodotti tra le generazioni
-

Lobesia botrana

(Emilia Romagna)

BIOSAGGI

- ❑ Test eseguiti su larve neonate di popolazioni di tignoletta provenienti da aziende "problematiche" hanno evidenziato ridotta sensibilità nei confronti di MAC, indoxacarb e flufenoxuron
- ❑ I test mostrerebbero una completa sensibilità di queste popolazioni alle nuove molecole (rynaxypyr ed emamectina);
- ❑ Verrà monitorata nel tempo la sensibilità alle nuove molecole

TEST BIOCHIMICI

- ❑ livelli di attività MFO più elevati in popolazioni resistenti a metoxifenozone e indoxacarb rispetto alle popolazioni sensibili
-

Lobesia botrana

(Emilia Romagna)

RESISTENZA PRATICA

- ❑ In alcune aree del ravennate ad alta pressione di lobesia e dove sono stati eseguiti negli ultimi anni interventi anche sulla prima generazione è stata accertata una riduzione della sensibilità a flufenoxuron, tebufenozide, metoxifenozone e indoxacarb

STRATEGIE

- ❑ Cambio di strategie con introduzione delle nuove molecole
 - ❑ "Prevenzione" dell'insorgenza di popolazioni resistenti
 - ❑ Introduzione della confusione sessuale
 - ❑ Alternanza dei prodotti tra le generazioni
-

Psille

- Pochi prodotti disponibili e quindi elevata pressione di selezione.
- Indagini (biosaggi) dal 2006 per valutare risposta ad abamectina (Civolani *et al.*, 2007, 2010, 2012).
- I risultati dei biosaggi ad oggi non hanno mostrato rilevanti differenze di sensibilità fra le popolazioni
 - le stime per la CL_{50} e la CL_{90} è risultato inferiore nella popolazione proveniente da un'azienda biologica.

RESISTENZA INSETTICIDI – RISORSE ATTIVATE

a supporto dell'applicazione dei DPI in Emilia Romagna

nel periodo 2000-2012

ATTIVITA' COORDINATE DAL SERVIZIO FITOSANITARIO		Specie monitorate				
		<i>Cydia pomonella</i>	<i>Cydia molesta</i>	<i>Lobesia botrana</i>	<i>Myzus persicae</i>	<i>Psilla pyri</i>
Ente finanziatore	REGIONE EMILIA ROMAGNA	Progetti ricerca CRPV (dal 2000 al 2009) Monitoraggio CRPV Servizi supporto P.I. PSR 2007-2013 Attività settore difesa SFR	Progetti ricerca CRPV (dal 2000 al 2009) Monitoraggio CRPV Servizi supporto P.I. PSR 2007-2013	Monitoraggio CRPV Servizi supporto P.I. PSR 2007-2013 Attività settore difesa SFR	Attività settore difesa SFR	Monitoraggio CRPV Servizi supporto P.I. PSR 2007-2013
	SOCIETÀ AGROFARMACI		Biosaggi (etofenprox)	Biosaggi		

RESISTENZA INSETTICIDI – LE ATTIVITA' COORDINATE DAL SERVIZIO FITOSANITARIO

a supporto dell'applicazione dei DPI in Emilia Romagna
nel periodo 2000-2012

		Specie monitorate				
		<i>Cydia pomonella</i>	<i>Cydia molesta</i>	<i>Lobesia botrana</i>	<i>Myzus persicae</i>	<i>Psilla pyri</i>
Coordinamento	SFR	Biosaggi; Prove di campo;		Prove di campo		
Unità Operativa		Strategie	Strategie	Strategie	Strategie	
Unità Operativa	UNIVERSITÀ MO- RE	Test enzimatici e molecolari		Test enzimatici		Biosaggi
Unità Operativa	UNIVERSITÀ BO	Prove campo	Prove campo			
Unità Operativa	UNIVERSITÀ PC		Biosaggi		Test molecolari	
Unità Operativa	Centro di Saggio TERREMERSE (RA)	Biosaggi	Biosaggi	Biosaggi		
Collaborazioni	TECNICI COORDINATORI Produzione Integrata	-Segnalazioni -Reperimento materiale -Strategie	-Segnalazioni -Reperimento materiale -Strategie	-Segnalazioni -Reperimento materiale -Strategie	-Segnalazioni -Reperimento materiale -Strategie	-Segnalazioni -Reperimento materiale -Strategie
Collaboratozioni	IASMA (I) INRA (F) RAC (CH)	Know how Biosaggi Test enzimatici		Know how		

ACARI

- I tetranychidi sono un grave problema su molte colture sia in serra che in pieno campo
 - In Italia vari studi indicano elevati livelli di resistenza per varie specie
 - Le ricerche ad oggi hanno riguardato gli aspetti biologici/biochimici della resistenza
 - *Tetranychus urticae*
 - acari Fitoseidi predatori
-

Resistenza di *T. urticae* agli acaricidi

- ❑ In Italia, la resistenza in *T. urticae* è stata dimostrata solo a dicofol e tetradifon (Rossi e Conti, 1997).
 - ❑ E' stata accertata una limitata sensibilità a chlorpyrifos, clofentezine ed hexythiazox (Nauen et al. 2001).
 - ❑ Ma i fallimenti nel controllo della specie, riportati su ornamentali in coltura protetta, suggeriscono che il problema sia molto più vasto.
 - ❑ D'altra parte, la bibliografia internazionale è allarmante.
-

Resistenza in *T. urticae*: test su femmine

S.A.	ceppo	DL50	DL90	R	p(chi2)	b (slope)	a (intcpt)
Abamectin DC 9.5mg/l femmine	PSE	10,53	127,08	1273,33	0,2570	1,3641	2,6326
	SAN	0,29	9,88	35,40	0,1189	0,8385	4,8431
	BOSA	0,01	0,49	-	0,7889	0,7228	5,9841
	LAT	297,16	908,52	35949,03	0,7117	2,6405	-3,4344
Bifenazate DC 90.6 mg/l femmine	PSE	5,16	88,43	35,59	0,2660	1,0386	4,6288
	SAN	3,49	117,77	24,07	0,1189	0,8385	4,8431
	BOSA	0,14	15,86	1	0,1680	0,6265	5,7486
Tebufenpyrad DC 162.5 mg/l femmine	PSE	411,73	2529,49	162,67	0,1227	1,6255	1,4027
	SAN	117,31	924,62	46,35	0,1431	1,4293	2,6232
	BOSA	2,53	14,32	-	0,1259	1,7028	4,9826
Spirodiclofen DC 111.5 mg/l femmine	PSE	498,74	12790,54	26,62	0,0935	0,9095	2,8630
	SAN	567,80	25600,08	30,30	0,1433	0,7748	3,1359
	BOSA	18,74	120,71	-	0,1000	1,5840	3,5358

Resistenza in *Kampimodromus aberrans*

ceppo	DL ₅₀ ^a (mg a.i./l)	95% fiducial limit		Intercept ± SE	Slope ± SE ^b	RF ₅₀
		Lower	Uper			
LE	0.006653 d	0.003218	0.014672	2.97 ± 0.54	0.97 ± 0.16 c	-
PO	3589.70 a	2870.60	4583.10	-7.64 ± 1.37	2.85 ± 0.51 a	539602
SM	968.67 c	871.15	1075.58	-8.26 ± 1.11	3.91 ± 0.52 a	145609
SP	1071.07 b	856.34	1350.83	-3.57 ± 0.43	1.66 ± 0.20 b	161003

DITTERI

□ *Musca domestica*

- resistenza ampiamente diffusa
- situazioni molto gravi in molti allevamenti
- ricadute pesanti nelle aree urbane circostanti
- pochissimi riscontri scientifici

□ Zanzare e altri ditteri ematofagi

- problema ampiamente studiato dall'Istituto Superiore di Sanità
-

Situazioni critiche

□ Specie alloctone

■ *Diabrotica virgifera virgifera*

- popolazioni resistenti ai ciclodienici / fenilpirazoli?

■ *Tuta absoluta*
