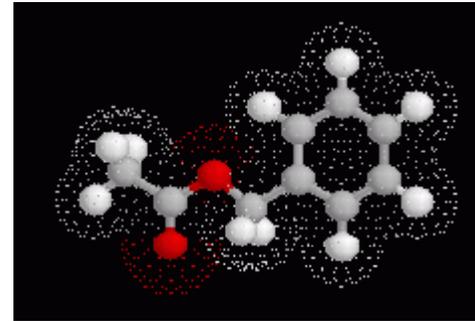
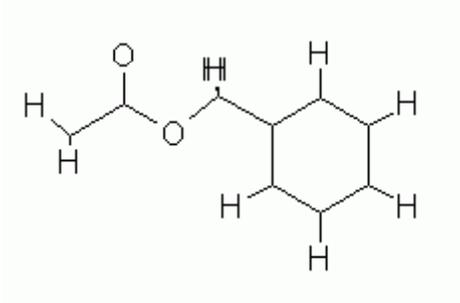


Feromoni negli insetti e loro importanza nella produzione integrata

Cosa sono i semichimici?



- I semiochimici sono sostanze utilizzate per la comunicazione
- I semiochimici regolano moltissime attività vitali negli insetti, come la scelta delle piante ospiti, i luoghi in cui ovideporre, la localizzazione della preda o dell'ospite, la ricerca e la scelta del partner, l'organizzazione delle attività sociali.

I feromoni fanno parte dei semiochimici

- Gli insetti vivono in un mondo principalmente olfattivo
- La comunicazione chimica è molto diffusa ed evoluta negli insetti e le sostanze e gli organi delegati sono di eccezionale attività e sensibilità

Un esimio precursore: **Jean-Henri Fabre** (1823-1915)



- Nel 1800 questo grande entomologo aveva intuito che il ritrovamento della femmina da parte del maschio faceva parte di un processo di ricerca “mirato e direzionato” e non casuale
- Fabre aveva effettuato prove studiando grossi lepidotteri notturni, come *Saturnia pyri* e *Lasiocampa quercus*



Il contesto storico

- Dal 1959, anno in cui **Butenadt** estrasse il ***bombicolo*** (**10-12 esadecadien-1-olo**), la ricerca in questo settore ha fatto enormi progressi
- Butenadt ottenne pochi milligrammi da mezzo milione di addomi di Baco da seta
- Venne poi scoperto che questa bassa produzione era compensata da una eccezionale attività biologica
- E' nata una nuova disciplina, la ***zoosemiotica***



I semiochimici possono essere divisi in:

➤ **Feromoni:** effetto intraspecifico

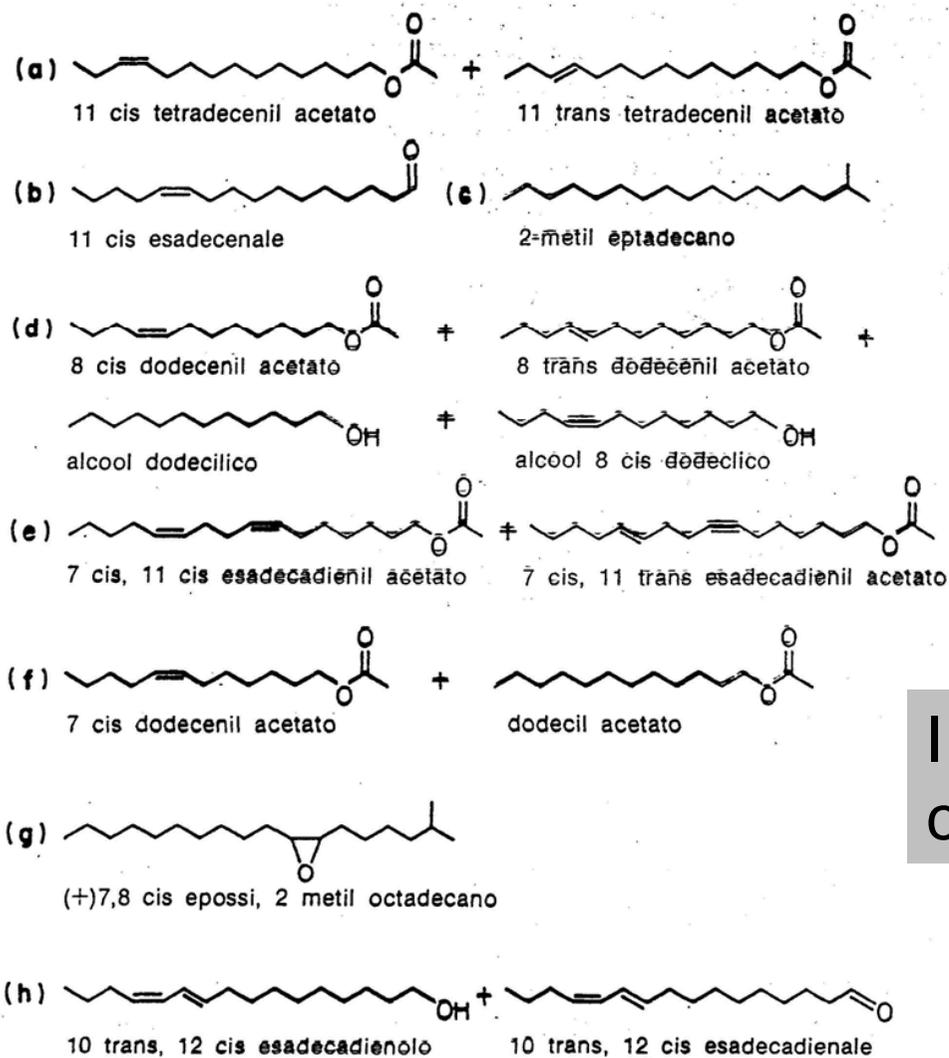
- Sessuali, (attrattivi, inibitori, stimolanti maschi, afrodisiaci)
- Aggregazione
- Dispersione
- Traccia
- Allarme
- Maturazione

➤ **Allelochimici:** effetto interspecifico

- Allomoni (vantaggio all'emittente)
- Kairomoni (vantaggio al ricevente e svantaggio all'emittente)
- Sinomoni (vantaggio all'emittente e ricevente)
- Apneumoni (odori emessi da sostanza organica, es carne morta)

Cosa sono i feromoni

- I feromoni sono sostanze volatili secrete nell'ambiente esterno da un individuo e ricevute da un altro individuo della stessa specie, nel quale provocano una reazione specifica come un comportamento, un cambiamento fisiologico o un processo di sviluppo
- Sono secreti da **ghiandole esocrine** = riversano il contenuto all'esterno.



I feromoni dal punto di vista chimico, sono **esteri**, **alcoli**, **eteri**

- a) *Ostrinia nubilalis* (Pyralidae) - Piralide del Mais.
 b) *Platyptilia carduidactyla* (Pterophoridae).
 c) *Holomelina nigricans* (Arctiidae).
 d) *Grapholitha molesta* (Tortricidae) - Tignola orientale del Pesco.
 e) *Pectinophora gossypiella* (Gelechiidae).
 f) *Trichoplusia ni* (Noctriidae).
 g) *Lymantria dispar* (Lymantriidae) - Bombice dispari.
 h) *Bombyx mori* (Bombycidae) - Baco da seta.

- Prevalentemente volatili
- Sono costituiti da miscele di più componenti
- A volte diverse componenti stimolano diverse fasi della localizzazione del partner e del corteggiamento

Feromoni di contatto e *astinoni*

- A volte i F sono sostanze liquide che agiscono per contatto, come nella **mosca tse-tse** in cui i maschi toccano le femmine con i tarsi per evitare che il corteggiamento avvenga fra individui dello stesso sesso
- Il contatto dei tarsi fra maschi decreta la fine del corteggiamento per un feromone (*astinoni*) che inibisce il corteggiamento

Feromoni prodotti da **ghiandole esocrine** derivanti da cellule epidermiche

- Molte ghiandole a F derivano da modificazioni di cellule epidermiche del tegumento delle membrane intersegmentali
- Organi produttori odori possono essere in varie parti del corpo
- Ghiandole che secernono feromoni sessuali delle femmine dei lepidotteri sono in sacchi-tasche fra **8°-9° segmento** degli **sterniti addominali** della femmina
- La membrana della ghiandola è estroflessa dalla pressione dell'emolinfa ed espone la superficie verso l'esterno per il rilascio: fase di ***chiamata***
- Alcuni maschi di lepidotteri possiedono canali estroflettibili (***coremata***) che vengono gonfiati pneumaticamente

- **Ape domestica:** ghiandole mandibolari nella regina
 - Es. acido 2-cheto-9-decenoico, che viene lambito e passato da un'operaia all'altra mediante trofallassi: esso inibisce lo sviluppo sessuale delle operaie
 - Le ghiandole mandibolari della regina producono altri feromoni (uno che attira le operaie e uno che stimola la costruzione delle celle di operaia)
 - Le operaie emettono invece feromoni di allarme, di cui uno (iso-amil acetato) prodotto da ghiandola vicino al pungiglione
- In femmine di **afidi:** gh. esocrine nel rigonfiamento tibie posteriori
- **Blatte:** gh. esocrine nell'intestino medio e organi genitali

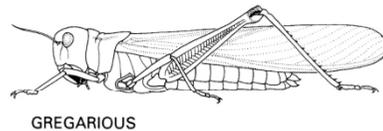
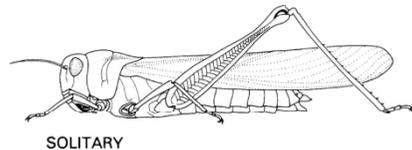
Emissione di F

- L'emissione di F è un processo altamente controllato, anche se la loro sintesi è continua: il feromone deve infatti essere presente nell'ambiente solo nelle condizioni opportune
- Es una farfalla (*Antheraea polyphemus*) le cui larve si nutrono di foglie di quercia, emette il F in presenza di trans-2-esenale, liberato proprio dalle foglie.
- La maggior parte dei lepidotteri notturni chiama durante l'oscurità
- Gli Scolitidi emettono durante il giorno
- La regolazione dell'emissione è spesso sottoposta ai ritmi circadiani: in specie notturne si è visto che la periodicità di emissione (e di risposta) permane anche in luce continua

I feromoni possono innescare

- Lenti mutamenti irreversibili («effetto di innesco»)

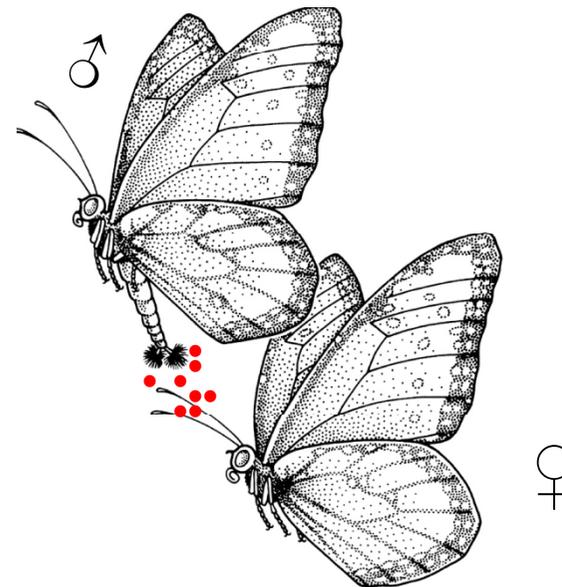
Es. maturazione sessuale nelle locuste



«un feromone di aggregazione agisce stimolando le ghiandole endocrine ad emettere un ormone che accelera questo mutamento fisiologico= viene sincronizzata la maturazione degli individui della fase gregaria»

- Modelli di comportamento specifici («effetto di stimolo»)

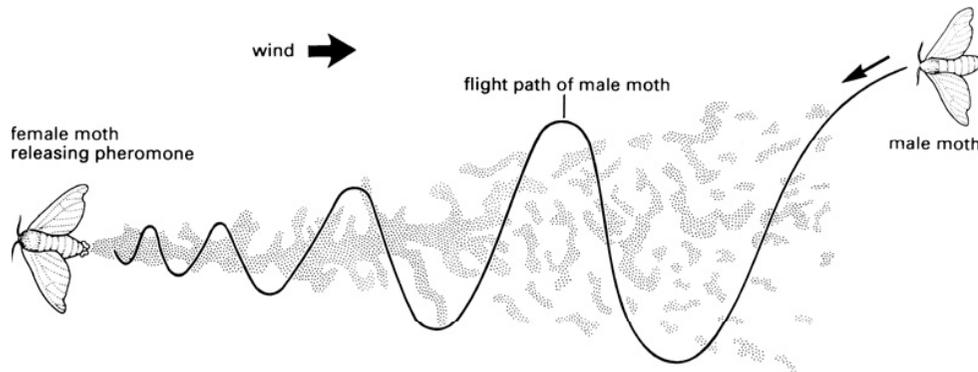
Es attrazione sessuale



Feromoni sessuali

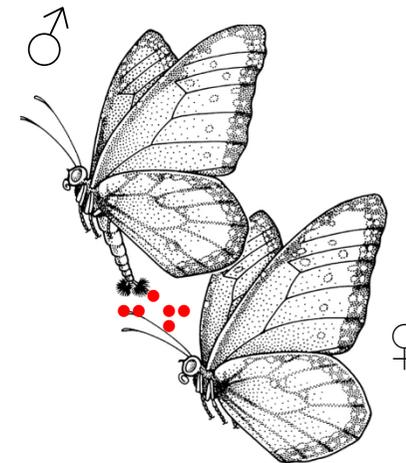
Attrattivi sessuali a lungo raggio

- Tendono a essere prodotti dalle ♀
- In certi lepidotteri e mecotteri sono prodotti dai ♂



Feromoni di corteggiamento

- A breve raggio, usati prima dell'accoppiamento
- Sostanze afrodisiache come in es. *Danaus* dove interviene un alcaloide (danaidone=pirrolixidina)
- Questo afrodisiaco placa la reazione di fuga della femmina e la convince ad atterrare e accoppiarsi

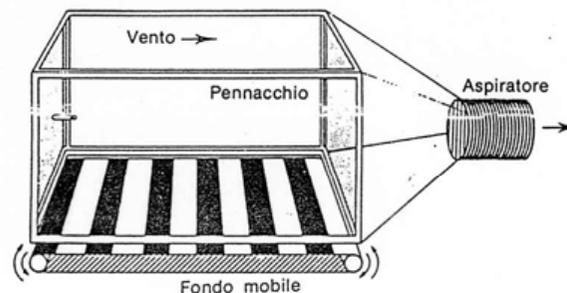
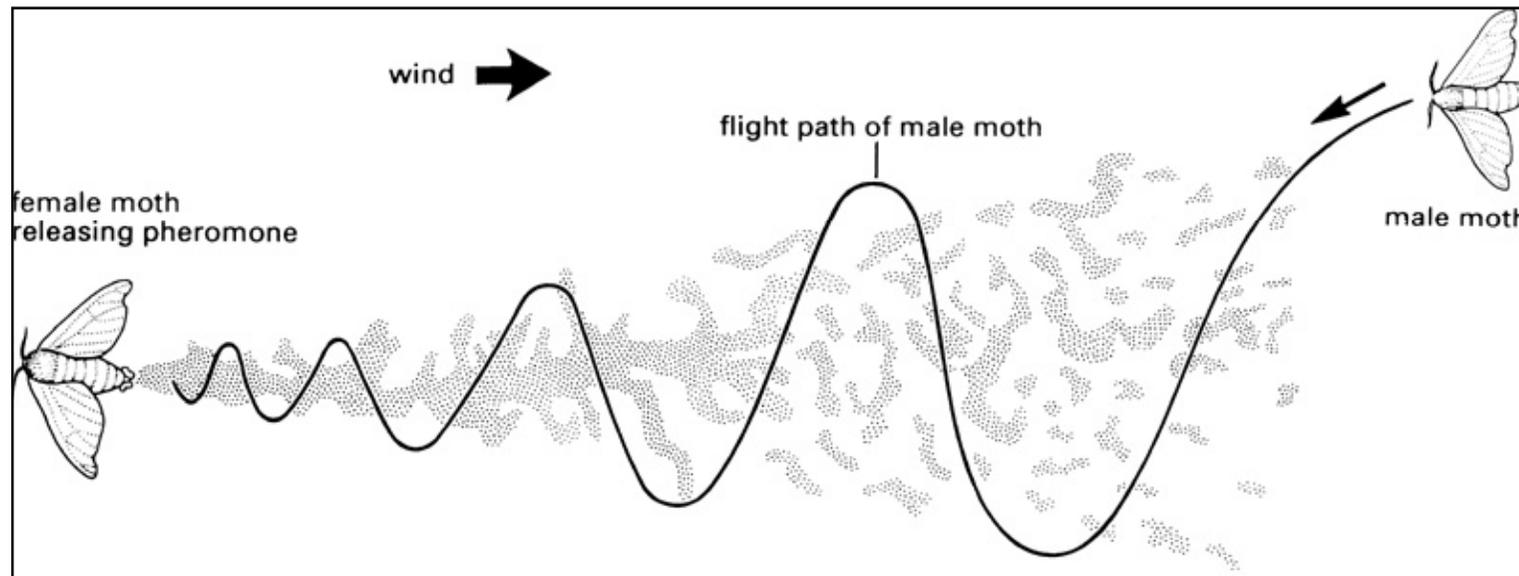


Orientamento aereo dei feromoni

I feromoni formano nell'aria un cono di diffusione, che viene seguito dall'insetto in un tipico volo a "scia"

Due meccanismi proposti di orientamento: chemiotassi e **anemotassi**

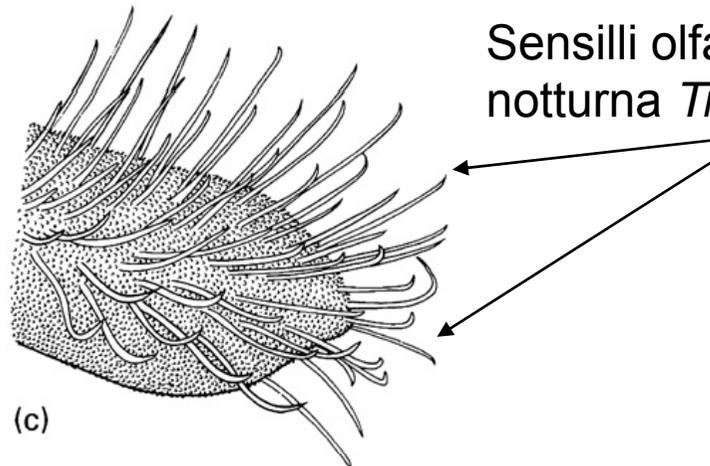
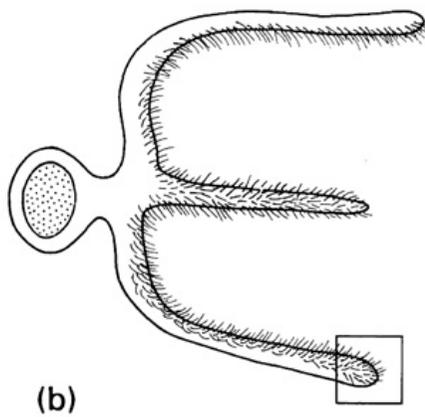
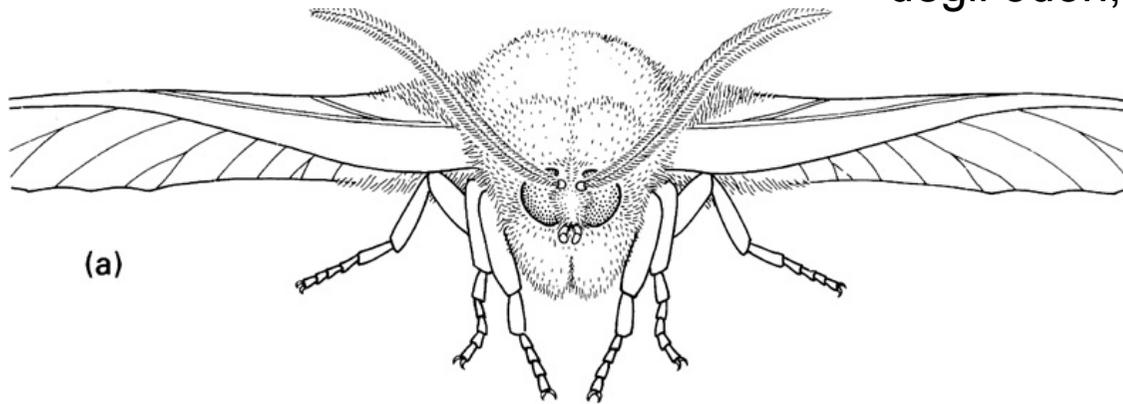
A lungo raggio i dati dimostrano che gli insetti seguono l'**anemotassi**: una volta percepito il feromone, l'individuo inizia a volare contro vento



Per studiare i feromoni, si usano i «tunnel del vento»

Percezione feromoni

I sensilli olfattivi, deputati alla percezione degli odori, sono localizzati sulle antenne



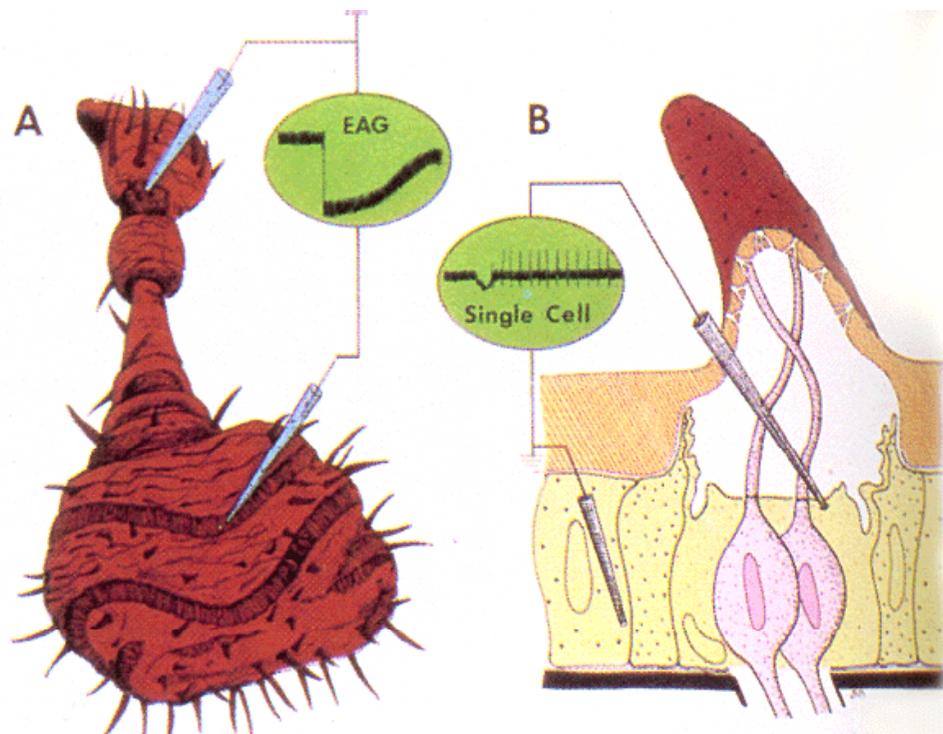
Sensilli olfattivi della farfalla notturna *Trictena atripalpis*

La trasduzione

- L'olfatto di basa sulla trasformazione di un messaggio **molecolare** (feromone) in risposta **bioelettrica** nel neurone recettore (dendriti dei sensilli)
- Questo processo è chiamato **trasduzione**
- Il feromone incontra un **recettore** proteico nel dendrite, formando un **complesso attivato**, che innesca un **potenziale di recettore**
- Più potenziali di recettori simultanei si combinano per generare un potenziale generatore, il quale innesca **potenziali d'azione** che percorrono l'assone fino al **cervello**

Elettroantennogramma

- L'elettroantennogramma è una tecnica che permette di misurare la risposta totale dei recettori antennali di un insetto a uno stimolo (A)
- Registrazioni elettriche, oltre che dell'antenna intera, possono essere ottenute anche dai singoli sensilli antennali (B)

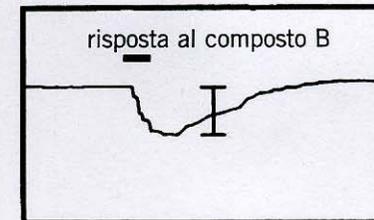
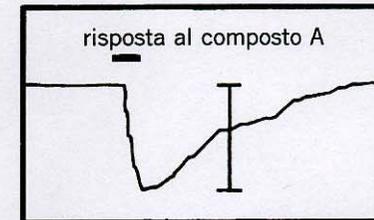
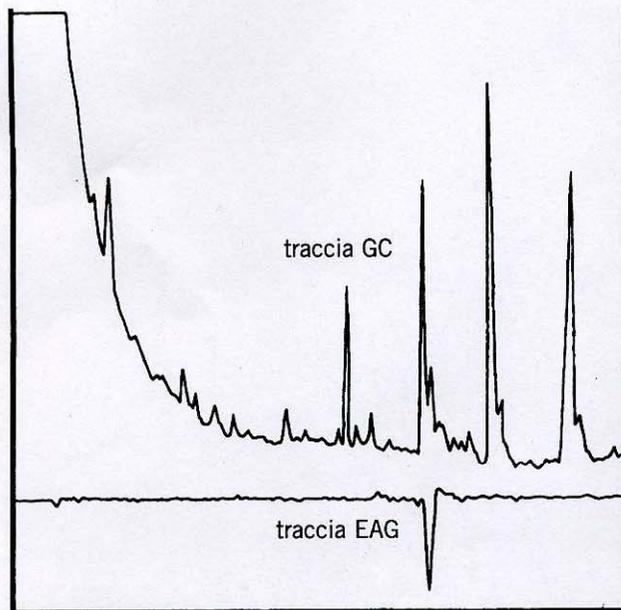
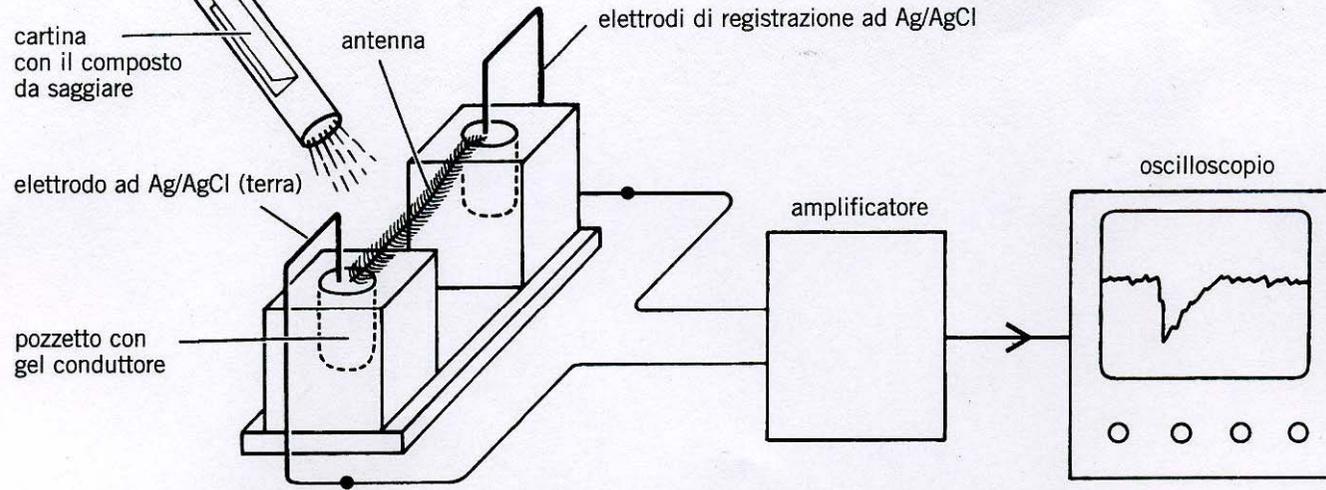


- Composti diversi producono risposte **antennografiche** differenti
- Le registrazioni possono essere fatte usando antenne tagliate o all'insetto intero
- Questa tecnica è stata applicata nell'identificazione dei feromoni, come metodo rapido per saggiare in vivo l'attività di molecole (es. confronto delle risposte dei feromoni di una femmina con molecole sintetiche)

Elettroantennogramma

- I campioni possono essere passati al **gascromatografo**, che può essere interfacciato allo **spettrometro di massa** per determinare la struttura molecolare
- In questo modo la risposta biologica ottenuta dall'antenna può essere messa in relazione con l'identificazione chimica delle molecole, che appaiono come altrettanti picchi nel ***gascromatogramma***
- Analisi con elettroantennogramma vengono eseguite non solo con lepidotteri, ma anche blatte, coleotteri, ditteri, api, ecc

Sorgente d'aria



Possiamo dividere le tecniche di gestione degli insetti basate sui feromoni in:

**Tecniche di campionamento
(*sampling, survey*)**

a) *monitoring*, basato sull'uso delle soglie (metodo quantitativo punto cardine nella lotta integrata)

b) *detection* (avvistamento e accertamento della presenza, utilizzo maggiormente qualitativo)

Tecniche di lotta diretta

a) *Attract & kill*

b) Cattura in massa

c) Confusione sessuale
(1. confusione classica;
2. distrazione o false piste)

d) Modificazione comportamento (inibizione, repulsione, deterrenza, dispersione)

Impiego applicato dei feromoni - alcuni autori classificano le tecniche basate sui feromoni in:

ORIENTAMENTO = attrazione

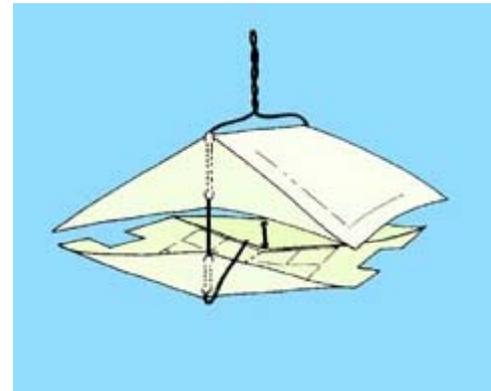
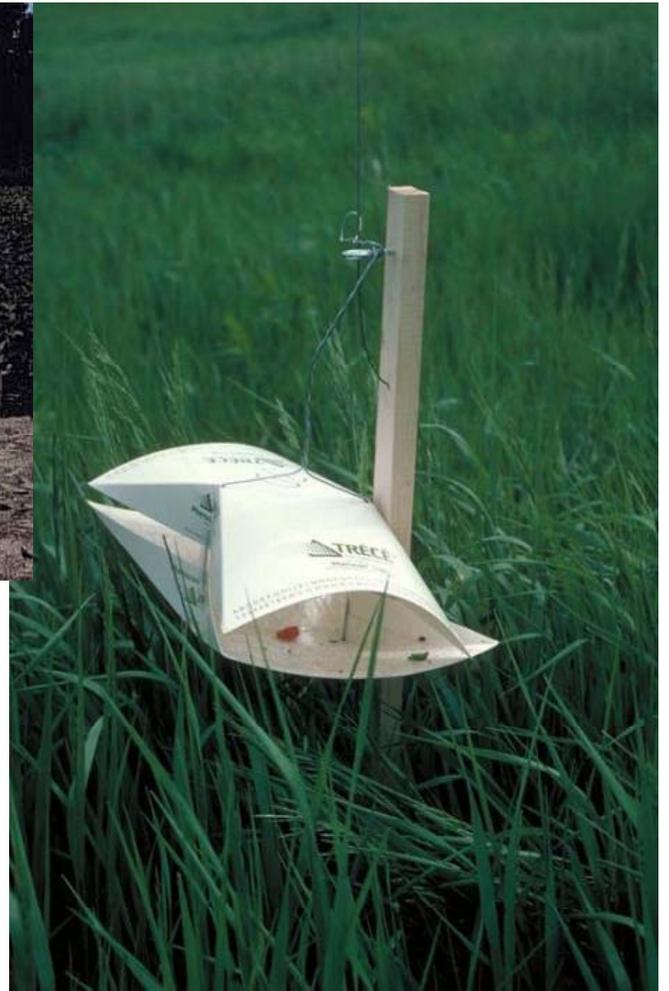
- 1) Orientare e catturare in trappole
 - Trappole per avvistamento (*survey*):
 - a) presenza (*detection*)
 - b) stima entità popolazione (*monitoring*)
 - Trappole per catture in massa (*mass trapping*)
- 2) Orientare in zone trattate con insetticidi
Attract & kill
- 3) Orientare facendo seguire false piste
= distrazione (molti diffusori con feromone poco concentrato)

DISORIENTAMENTO

Corrisponde alla confusione sessuale

- 1) Confusione "classica" (feromoni con diffusori molto concentrati)
- 2) Confusione dinamica
[apparecchiature a rilascio temporizzato – feromone erogato mediante pompe ed aghi dosatori che lo distribuiscono su un filo di nylon – può erogare diversi feromoni per altrettante specie]

Trappole a feromoni per il monitoraggio





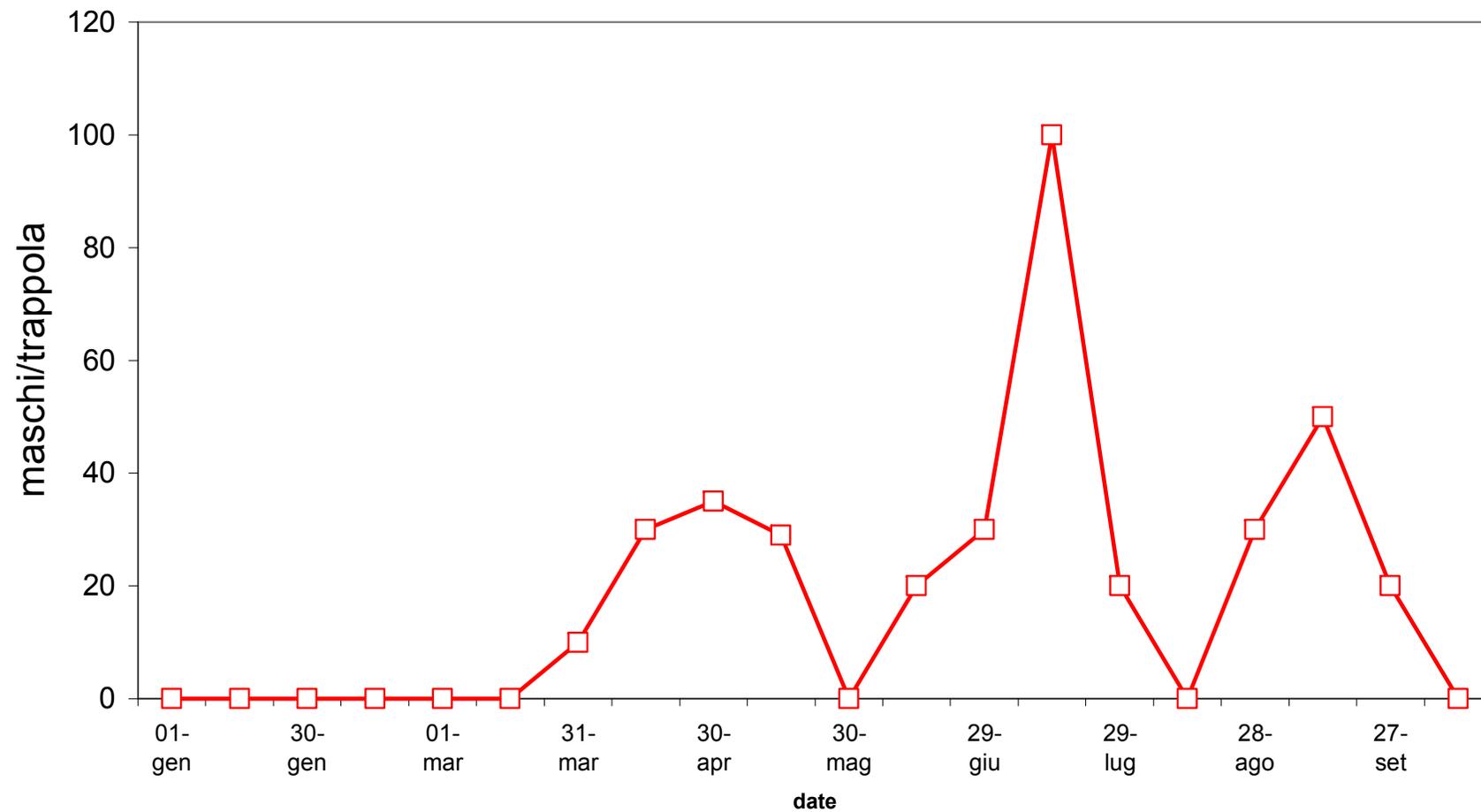
Usata in West Virginia per la *Grapholita molesta*



Usata per *Anthonomus grandis grandis* (Coleottero Curculionide)

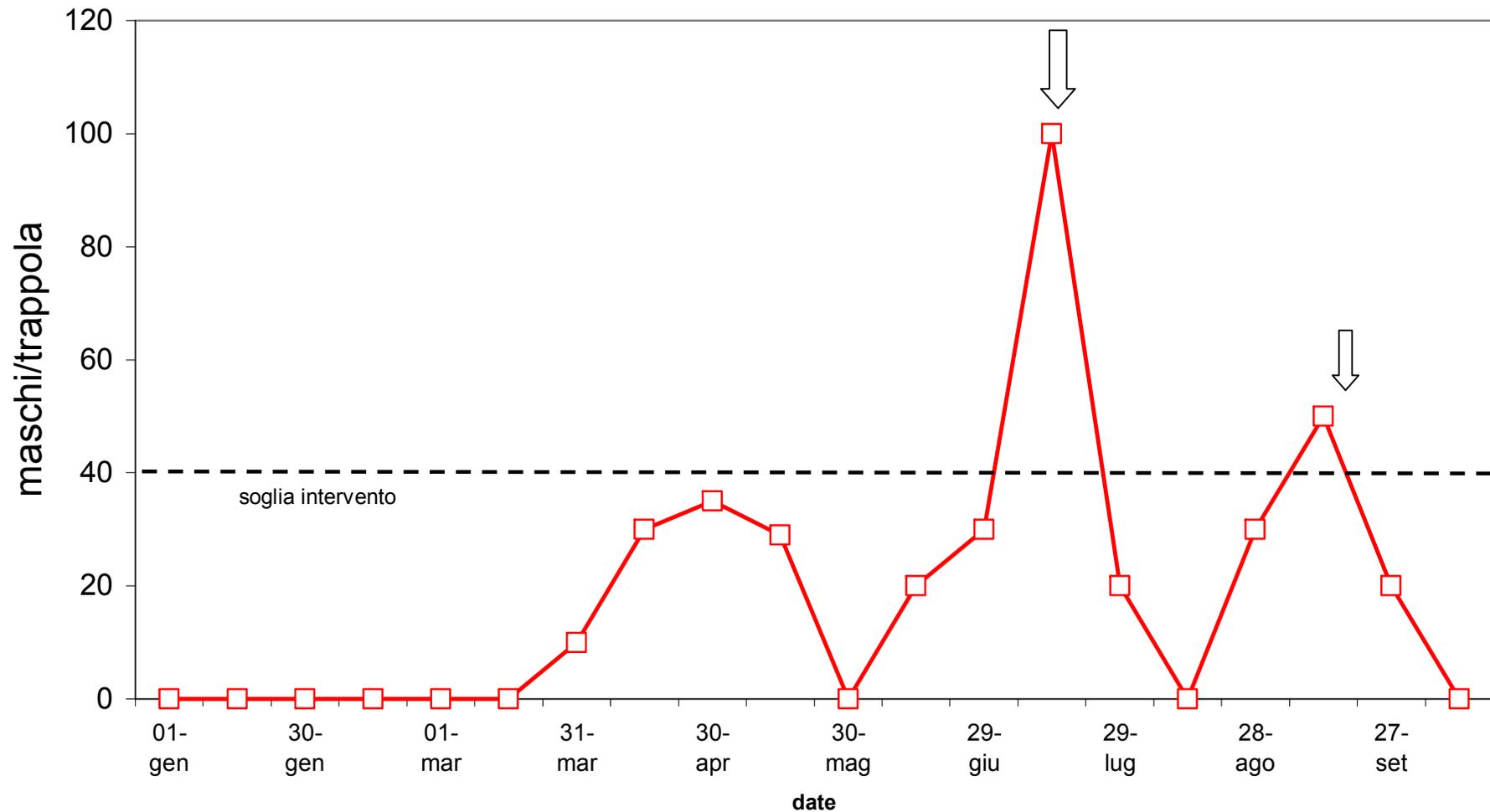
Tipica curva di volo di insetto usata per il campionamento di un fitofago

voli insetto target monitorati mediante trappole a feromoni



L'intervento contro l'insetto è realizzato quando viene raggiunta la soglia economica di danno

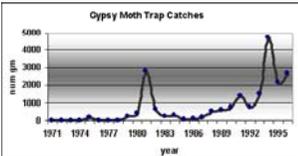
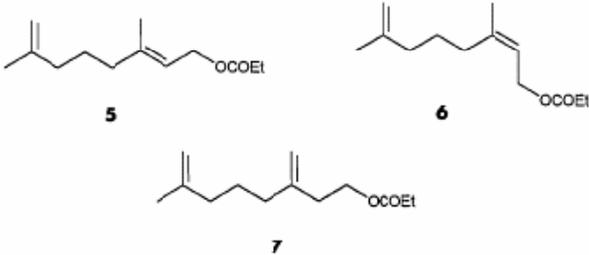
voli insetto target monitorati mediante trappole a feromoni



- Le trappole a feromoni rappresentano un mezzo importantissimo nei DPI e sono usate contro molti fitofagi chiave
- Importante: questo tipo di campionamento viene definito *relativo* e non *assoluto*
- Produce una stima quantificabile in catture/settimana, ma non è in grado necessariamente di stimare con precisione il volume di una popolazione (insetti/frutteto)
- I feromoni possono catturare anche maschi esterni al campo monitorato producendo stime distorte della popolazione
- Sono molti influenzati dal clima, effetti bordo e da fattori geografici e climatici che determinano risposte sulla diffusione dei feromoni ed efficacia delle trappole

- Non sempre sono disponibili relazioni statistiche fra catture di maschi e danno sulla produzione
- Le trappole catturano intanto maschi, mentre il danno è determinato dalle femmine...
- Le soglie spesso vengono calcolate empiricamente, in base alle esperienze locali
- In questi casi, soprattutto per insetti carpo-fagi, vengono scelte soglie cautelative che tutelano l'agricoltore definendo livelli di catture che determinano con elevata probabilità un danno economico
- Nonostante questi "difetti", le trappole offrono un metodo di campionamento utile e che delinea i voli di un insetto

I feromoni sintetici occupano un ruolo centrale nella lotta integrata



monitoraggio

**Feromoni
insetti**

**Cattura
massale**

**Confusione-
Distrazione
sessuale**



DPI Emilia-Romagna: esempio di fitofagi monitorati con trappole a feromoni

TABELLA A - Caratteristiche delle trappole per il monitoraggio dei fitofagi

	VINCOLANTE			
	Feromone	Mg	%	Forma
<i>Anarsia lineatella</i>	E5-decenil acetato	6 - 7	82 - 86	Aperture rettangolari reg. sui 4 lati (ad ala)
	E5-decenolo		14 - 18	Aperture triangolari sfasate sui 4 lati
<i>Archips podanus</i> (*)	Z11-tetradecenil acetato	5	50	Varie
	E11-tetradecenil acetato		50	
<i>Argyrotaenia pulchellana</i>	Z11-tetradecenil acetato	0.1	90 - 100	Aperture triangolari sfasate sui 4 lati
	E11-tetradecenil acetato		0 - 10	
<i>Cydia funebrana</i>	Z8-dodecenil acetato	2	48 - 50	Aperture triangolari sfasate sui 4 lati
	E8-dodecenil acetato		1 - 2	
	Dodecil acetato		48 - 50	
<i>Cydia molesta</i> Pesco Melo e pero	Z8-dodecenil acetato	0.1 - 0.12	85 - 93	Aperture rettangolari reg. sui 4 lati (ad ala) Aperture triangolari sfasate sui 4 lati
	E8-dodecenil acetato		5 - 8	
	Z8-dodecenolo		2 - 10	
<i>Cydia pomonella</i>	E8 E10-dodecadienolo	1	100	Apert. rettangolari reg. sui 4 lati (ad ala)
				Aperture triangolari sfasate sui 4 lati
				Aperture circolari ai due lati
<i>Lobesia botrana</i>	E7Z9-dodecadienil acetato	0.5 - 1	100	Varie
<i>Pandemis cerasana</i>	Z11-tetradecenil acetato	1	25	Aperture triangolari sfasate sui 4 lati
	E11-tetradecenil acetato		75	
<i>Zeuzera pyrina</i>	E2Z13-ottadecadienil acetato	5	90 - 95	Imbuto
	E3Z13-ottadecadienil acetato		0 - 5	con alette
	Z2Z13-ottadecadienil acetato		0 - 5	Assenti
<i>Cossus cossus</i>	Z5-dodecenil acetato	12	65 - 67	Imbuto
	Z3-decenil acetato		33 - 35	Con alette presenti

(*) Vincolante l'installazione della trappola, non il tipo di trappola.



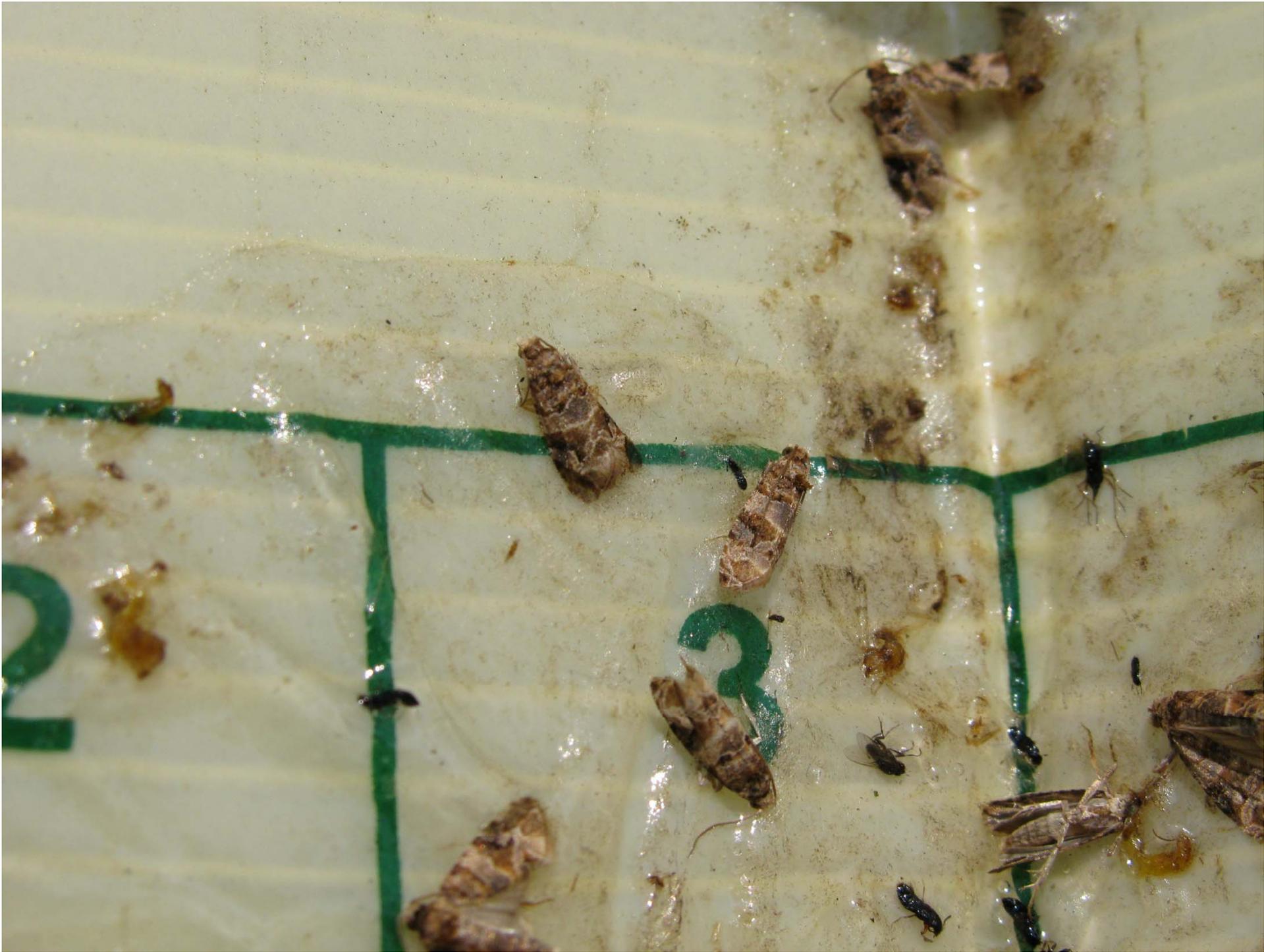






1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36















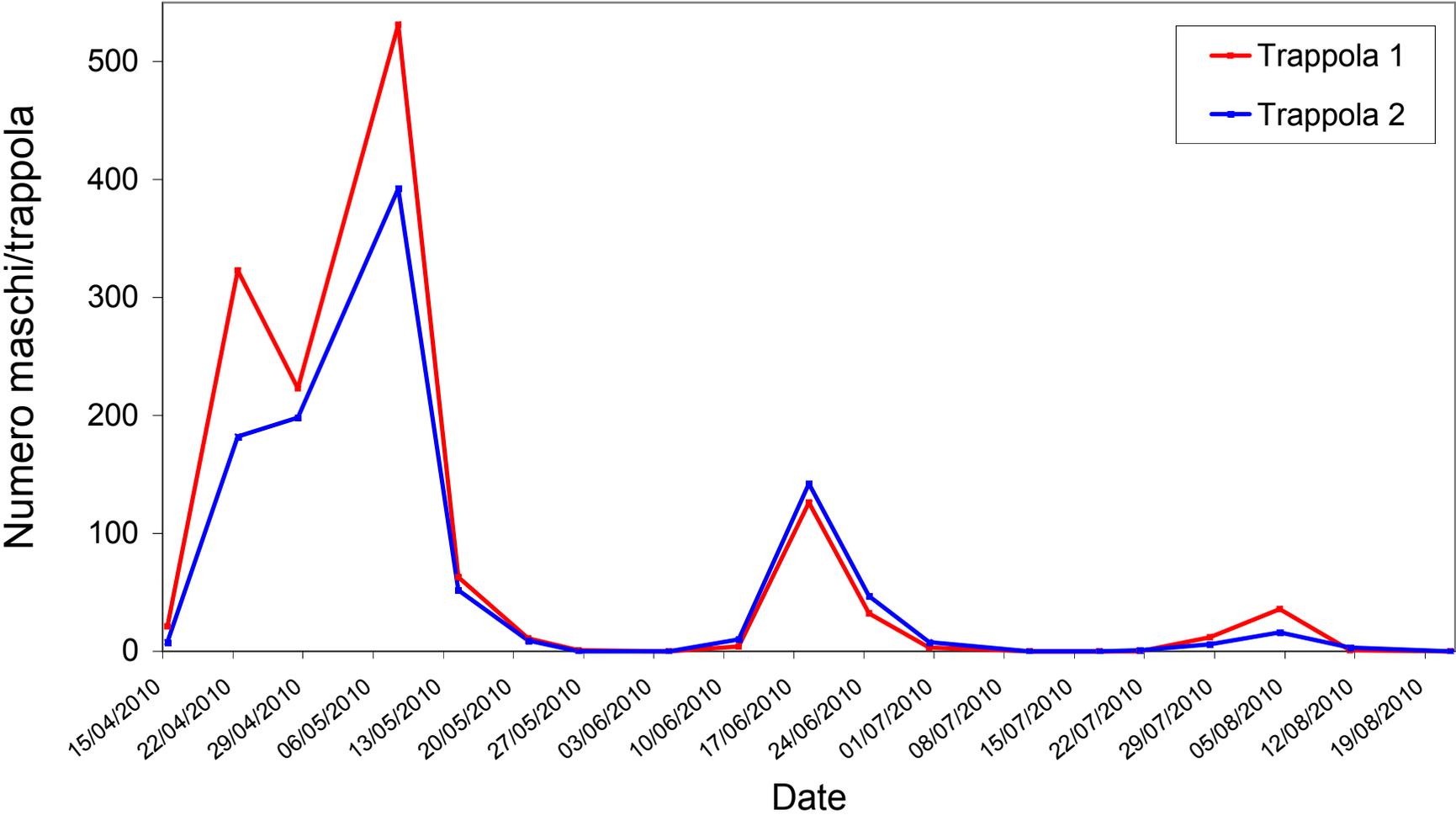








Tignoletta della vite -Sorbara (MO)

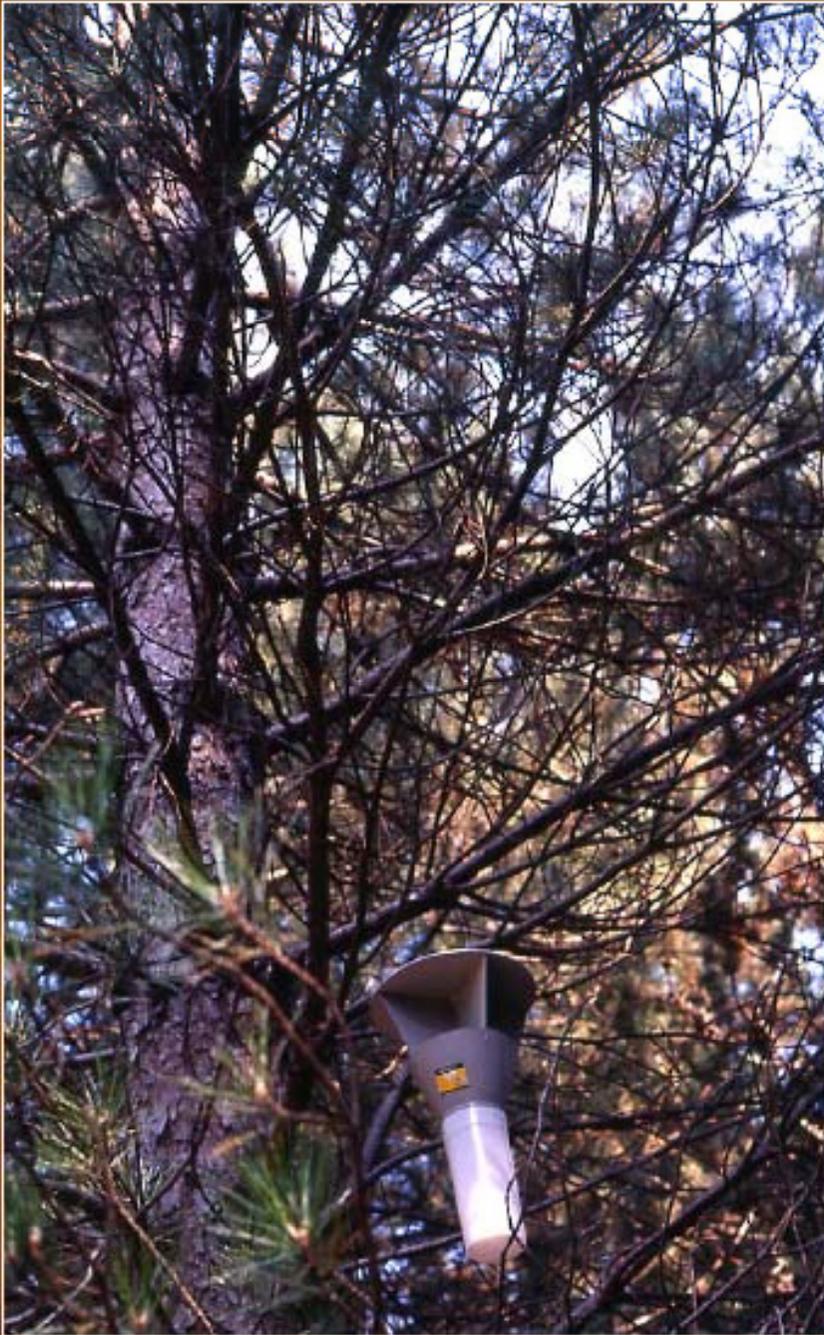


Tecnica del mass trapping

Si cerca di catturare il maggior numero possibile di maschi, in modo da causare una drastica riduzione degli accoppiamenti e crollo della popolazione

- Efficace se si cattura una percentuale molto elevata dei maschi della specie da combattere (~90%)
- Ottimale per fitofagi che non presentano elevate densità di popolazione e che non sono molto mobili
- Applicata in Italia principalmente contro rodolegno rosso (*Cossus cossus*), rodilegno giallo (*Zeuzera pirina*) e **processionaria del pino**

Mastrap L (Isagro)



PROCESSIONARIA DEL PINO

Traumatocampa (= Thaumetopoea) pityocampa

Lo sfarfallamento, che può variare da zona a zona, inizia verso la metà di giugno ed il picco dei voli si ha generalmente nel mese di luglio. Le farfalle hanno abitudini crepuscolari e notturne; la loro vita è molto breve, dura circa 1-2 giorni.



Nido invernale di Processionaria

GIUGNO

LUGLIO

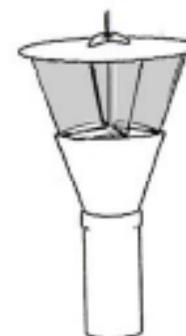
AGOSTO

SETTEMBRE



TRAPPOLA CONSIGLIATA MASTRAP L (con alette)

Installare le trappole nella **prima metà di giugno** ed appenderle in posizione medio alta sul lato sud-ovest delle piante.



Il numero delle trappole può variare secondo le caratteristiche della zona ed il grado d'infestazione:

- Nei parchi e nei giardini si consigliano sei-otto trappole per ha, distanti fra loro 40-50m.
- Nei boschi a superficie ampia posizionare le trappole una ogni 100 metri lungo il perimetro e le strade d'accesso, disponendole soprattutto nelle zone più soleggiate e dove l'infestazione è di solito maggiore.

L'erogatore va sostituito dopo 4-5 settimane.

Controllare e tenere pulito l'imbuto da foglie e ragnatele.

Sul dorso le larve presentano microscopici peli urticanti che provocano gravi reazioni allergiche nell'uomo e negli altri mammiferi. Queste manifestazioni possono verificarsi anche senza contatto diretto con le larve poiché i peli possono staccarsi ed essere trasportati dal vento.



Altre trappole usate per il mass trapping



Zeuzera pyrina L. - Blausieb



Cossus cossus (Linnaeus, 1758)



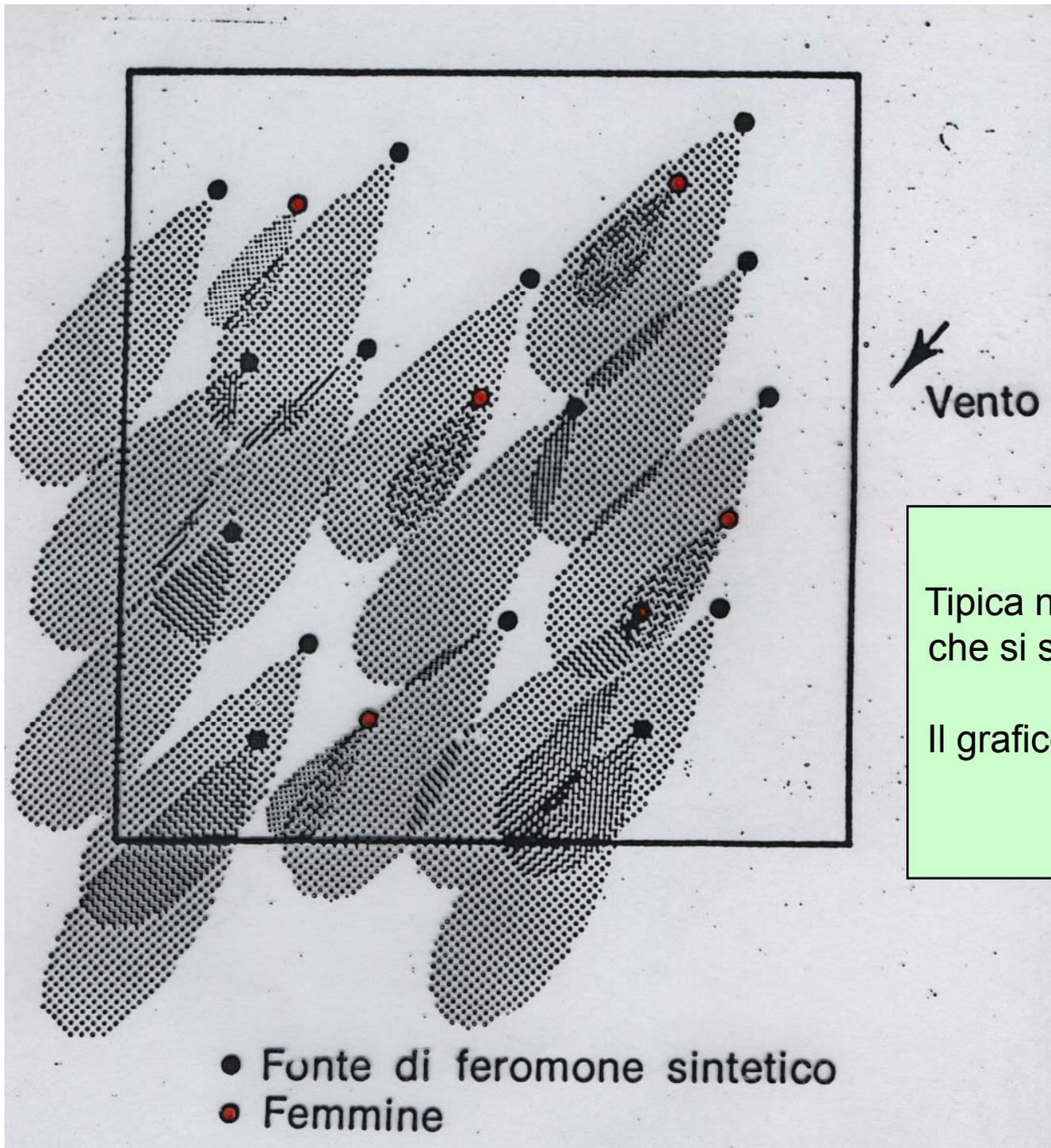
Confusione e distrazione sessuale

Lo scopo è di impedire che i maschi,
opportunamente confusi o distratti, non
riescano a trovare le femmine

Meccanismi d'azione della confusione/distrazione sessuale

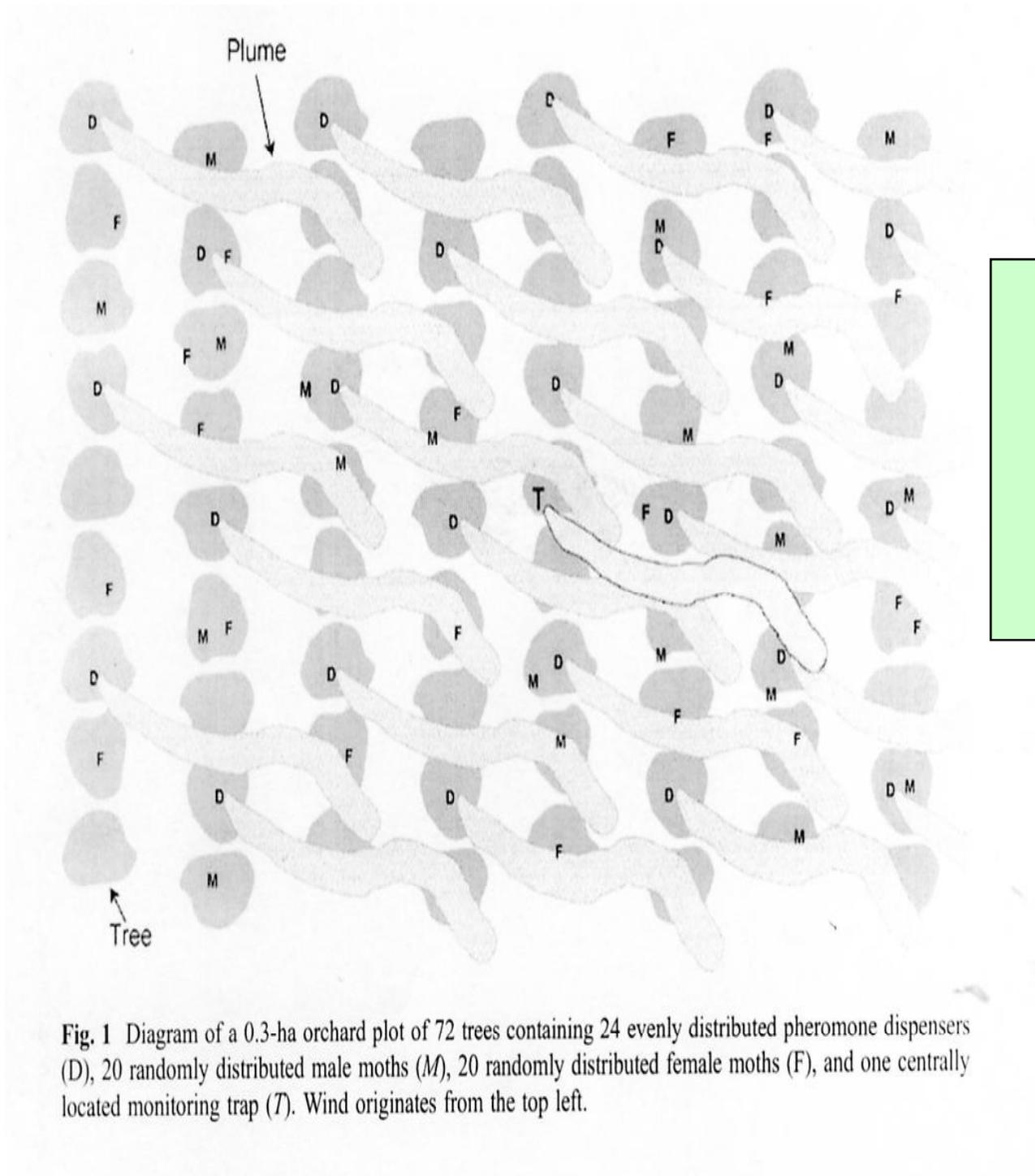
- Saturazione recettori antennali
- Difficoltà nella localizzazione delle femmine
- Mancato riconoscimento della miscela “naturale”
- Per causare ciò, i feromoni sintetici devono essere molto competitivi con quelli naturali!

Confusione classica
= disorientamento



Tipica nube feromonica sintetica, che si sovrappone alle scie delle femmine
Il grafico esemplifica il metodo di disorientamento

Distrazione o false piste



False piste (effetto orientante) create dai dispenser a feromoni

Fig. 1 Diagram of a 0.3-ha orchard plot of 72 trees containing 24 evenly distributed pheromone dispensers (D), 20 randomly distributed male moths (M), 20 randomly distributed female moths (F), and one centrally located monitoring trap (T). Wind originates from the top left.

Vantaggi della tecnica della confusione

- Assenza tossicità
- Mancanza fenomeni di resistenza sull'insetto target
- Ottimo impatto ambientale
- Utilizzo nelle agricolture sostenibili (produzione integrata, agricoltura biologica)
- Possibilità di integrare altri metodi di lotta a basso impatto ambientale (es. lotta microbiologica, lotta biologica, agricolture eco-compatibili, ecc)

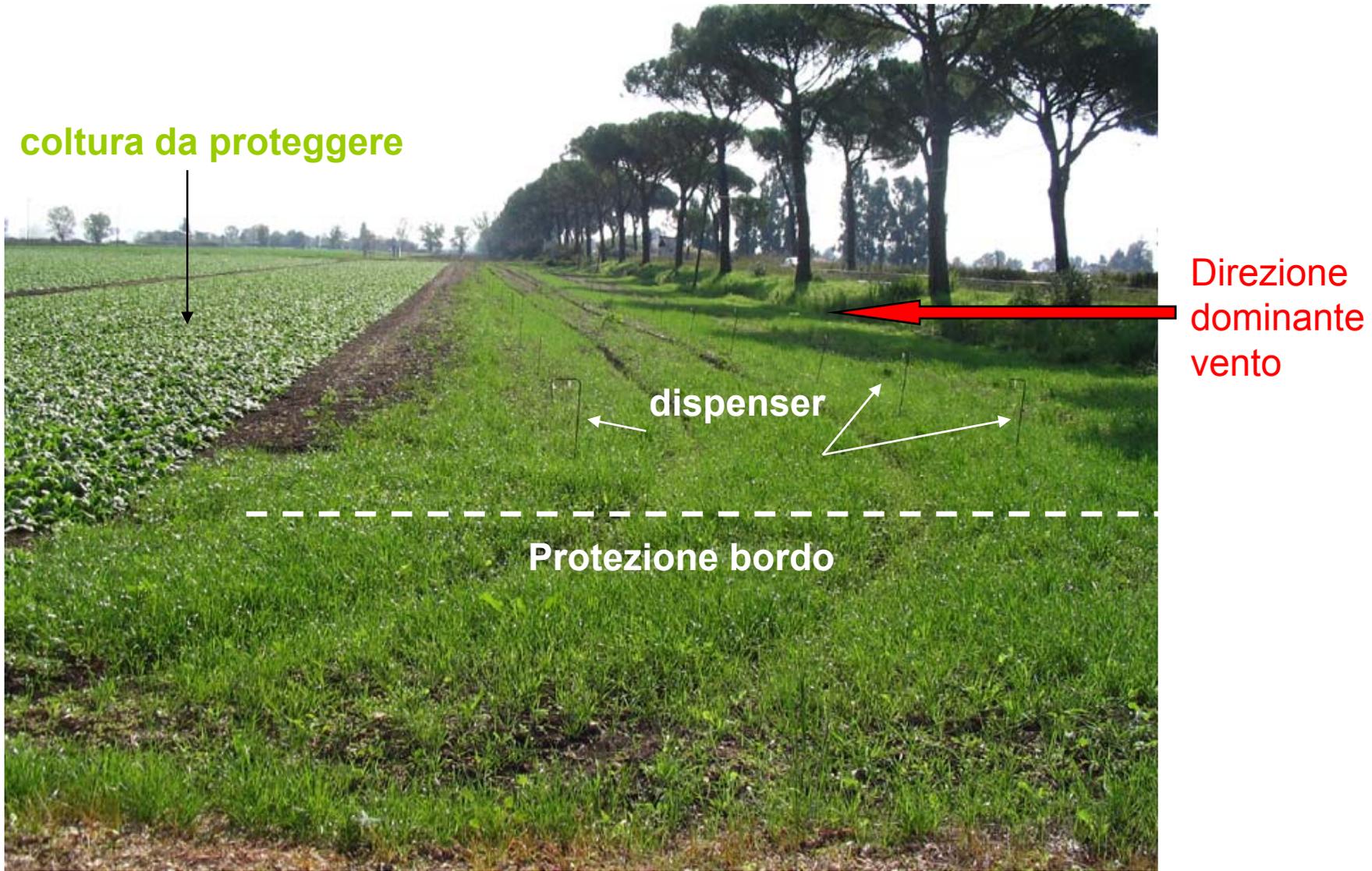
Applicazione pratica

- Superficie minima: 1-3 ha
 - Isolamento (minimo 100 m)
 - Diffusori più concentrati ai bordi
 - Bassa popolazione fitofago
-
- **Per gli insetti del verde, è consigliata contro la processionaria**
 - Usata operativamente in Italia per *Grapholita molesta* e *Anarsia lineatella* (Pesco), *Cydia funebrana* (Susino e albococco), *Carpocapsa pomonella* (Melo e Pero), **Tignoletta della vite**
 - Su **Tignoletta**, la tecnica della confusione è stata registrata dal 2012

Impatto ecologico della confusione nel (es nel vigneto)



Nella confusione è importante rinforzare i punti di bordo contro vento, per coprire bene le zone sotto vento



Dispenser usati nella confusione in frutteti



Twist-tie pheromone dispenser

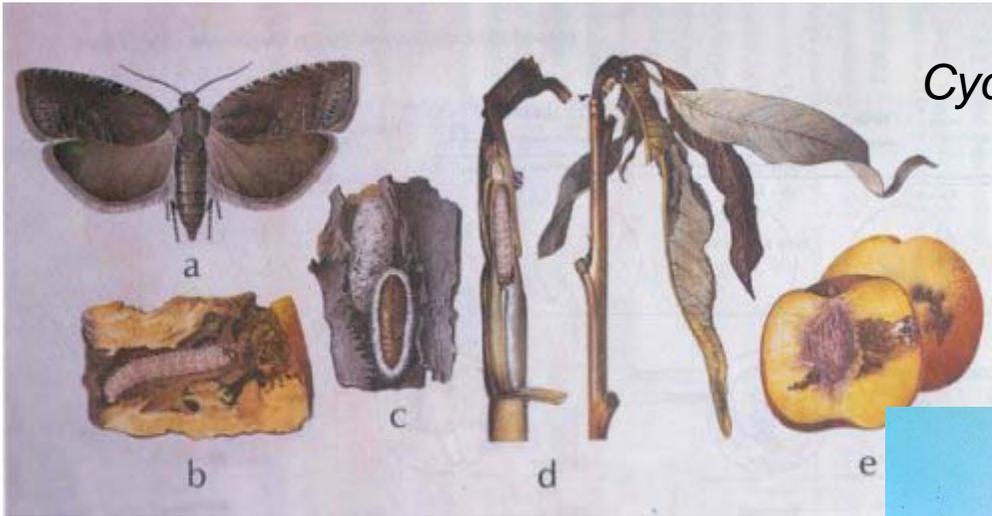


**dispenser a feromoni per la
confusione nei frutteti**



Ecodian

Cydia molesta



Anarsia lineatella



Carpocapsa pomonella



Foto: Nina Trandem

Sverre Kobro

S. Kobro

Bioforsk



Grapholita funebrana



foto: Stanislaw TRDAN



foto: Stanislaw TRDAN

Verifiche di efficacia della confusione (generale)

- **Controllo trappole:** L'assenza di catture nelle trappole indica che si verificano e persistono le condizioni di «disorientamento»
- Sarebbe verificare l'efficacia in presenza di “femmine vergini” in gabbiette o trappole, ma la tecnica non è di semplice applicazione (ricerca)
- Viceversa, catture, anche sporadiche, devono essere prese in seria considerazione e ne devono essere individuate le possibili cause (elevata pressione del fitofago, forti venti, esaurimento dei diffusori, ecc.) per decidere eventuali interventi.

Verifiche di efficacia della confusione (Es. per carpofago)

- **Controllo danno nei frutti:** L'assenza di catture nelle trappole è un'importante segnale di efficacia del metodo, ma non sufficiente perché, in determinate condizioni, potrebbero ugualmente verificarsi delle ovideposizioni (es. per immigrazione di femmine già fecondate dai frutteti vicini o da eventuali zone non adeguatamente protette).
- È quindi necessario controllare periodicamente i frutti in diverse zone del frutteto.

