

Impariamo a conoscere e ad usare correttamente il *Bacillus thuringiensis*

Questo antiparassitario naturale è diffusamente impiegato nella difesa delle colture orticole, frutticole, forestali e nel verde pubblico; grazie alla sua capacità di rispettare gli organismi utili ed alla bassa persistenza nell'ambiente è uno dei pochi insetticidi ammessi in agricoltura biologica

Il *Bacillus thuringiensis* (BT) è un batterio d'interesse agrario che viene impiegato per il controllo biologico di diverse specie di insetti dannosi. Venne scoperto nel 1901 dal giapponese Ishiwata che lo isolò da alcune larve di baco da seta, e classificato dallo scienziato tedesco Berliner il quale nel 1911 lo isolò da larve di tignola della farina in un magazzino situato in una zona della Turingia (Germania). Nel corso dei secoli il *Bacillus thuringiensis* si è diversificato in numerose sottospecie (o varietà) che, a loro volta, si sono differenziate in più ceppi. Di sottospecie e ceppi ne vengono scoperti in continuazione.

Le principali sottospecie d'interesse pratico per il controllo degli insetti dannosi in agricoltura sono tre: *kurstaki*, *aizawai*, entrambe attive contro molte specie di lepidotteri (farfalle), e *tenebrionis*, attiva contro alcune specie di coleotteri della famiglia dei crisomelidi (ad esempio: dorifora e galerucella dell'olmo).

Nei formulati commerciali gli ingredienti attivi sono costituiti da spore del batterio e da cristalli proteici; più raramente sono presenti i soli cristalli (vedi riquadro a pag. 56).

IL MECCANISMO D'AZIONE

Il *Bacillus thuringiensis* non agisce per contatto, non ha proprietà sistemiche (cioè non viene traslocato nelle varie zone della pianta per mezzo della linfa), non ha nessun potere ovoida e adulticida, ma agisce solo per ingestione ed è efficace solo sulle larve degli insetti sensibili, soprattutto se colpite nei primi stadi di sviluppo.

Dopo che la larva si è alimentata della vegetazione trattata ed ha ingerito un'adeguata quantità di spore e cristalli proteici, questi raggiungono l'intestino medio laddove l'ambiente basico (il pH dev'essere maggiore di 8) e la presenza di enzimi proteolitici (che demoliscono le proteine) degradano i cristalli in molecole più piccole dall'attività tossica (tossine). Esse si legano a specifici siti (recettori) presenti sulla parete intestinale causando lesioni (ulcere) attraverso le quali il contenuto intestinale (succhi gastrici + spore) si diffonde nel resto del



Il *Bacillus thuringiensis* è attivo sulle larve di diversi Lepidotteri (farfalle) dannosi per i fruttiferi e la vite. Nella foto: larva del lepidottero ricamatore del melo *Archips podanus* (mm 22-25)

corpo producendo gravi disturbi che portano la larva prima a cessare di nutrirsi e successivamente anche di muoversi. Negli insetti più sensibili la morte sopraggiunge entro poche ore, mentre in quelli meno sensibili le spore iniziano a germinare dando origine ad un elevatissimo numero di batteri che invadono il

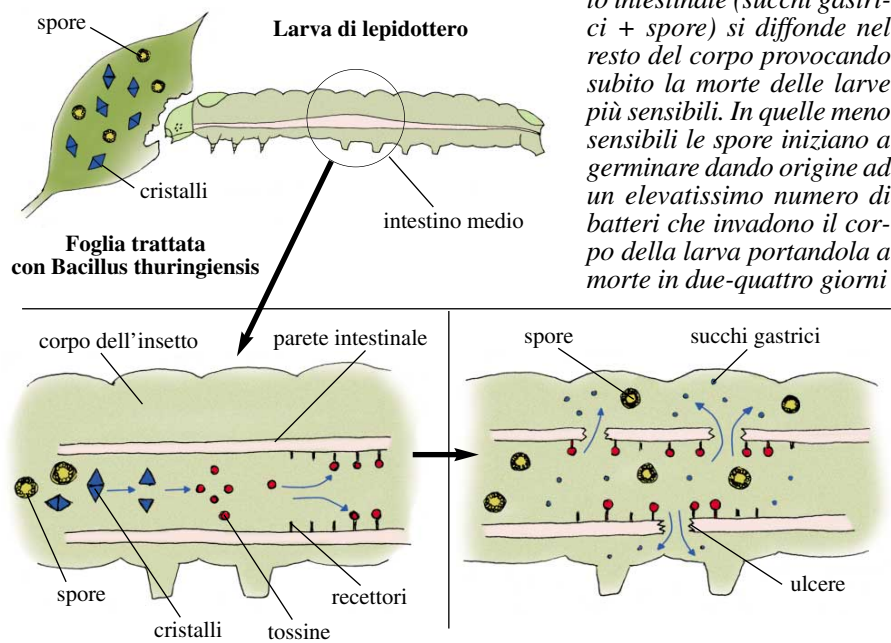
corpo dell'insetto portandolo a morte nel giro di 2-4 giorni.

Pertanto la sensibilità di un insetto al *Bacillus thuringiensis* dipende in primo luogo dalla sua attitudine a degradare il cristallo proteico nelle varie componenti tossiche, successivamente dalla presenza nell'intestino di recettori specifici per il tipo di tossine derivate dai cristalli.

A seconda della sottospecie e del ceppo d'appartenenza, un *Bacillus thuringiensis* produrrà un particolare tipo di cristalli dalla cui degradazione si origineranno diversi tipi di tossine: ci saranno pertanto *Bacillus thuringiensis* più adatti al controllo dei lepidotteri piuttosto che dei coleotteri e, fra quelli attivi sui lepidotteri, ve ne saranno alcuni più efficaci su certe specie rispetto ad altri. Per esempio il *Bacillus thuringiensis* sottospecie *kurstaki* è attivo verso i lepidotteri, mentre il *Bacillus thuringiensis* sottospecie *tenebrionis* no; le sottospecie *aizawai* e *kurstaki* sono en-

Meccanismo d'azione del *Bacillus thuringiensis*

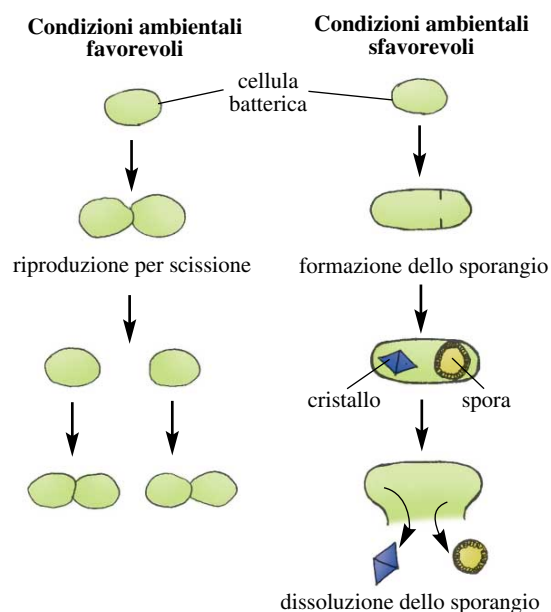
Dopo che il *Bacillus thuringiensis* (costituito da spore e cristalli) è stato irrorato sulla vegetazione ed ingerito dalla larva, giunge nell'intestino medio dove i cristalli si degradano in tossine che si legano ai recettori presenti sulla parete intestinale. Le tossine provocano delle lesioni (ulcere) attraverso le quali il contenuto intestinale (succhi gastrici + spore) si diffonde nel resto del corpo provocando subito la morte delle larve più sensibili. In quelle meno sensibili le spore iniziano a germinare dando origine ad un elevatissimo numero di batteri che invadono il corpo della larva portandola a morte in due-quattro giorni



È un batterio: si riproduce per scissione e in condizioni avverse sopravvive sotto forma di spore

I batteri sono organismi dalle dimensioni microscopiche (da 0,1 a 20 millesimi di millimetro) e costituiti da un'unica cellula. In condizioni ambientali favorevoli (per esempio: adeguata presenza di ossigeno e sostanze nutritive, temperatura ed umidità idonee, assenza di sostanze tossiche) i batteri si riproducono per scissione: in altre parole, ogni esemplare si divide in due generando due nuovi organismi che a loro volta si divideranno in due e così via fino a formare colonie di miliardi di individui. In condizioni ambientali avverse, la riproduzione si arresta e in molte specie (fra cui *Bacillus thuringiensis*) il batterio si trasforma in una forma resistente che è la spora.

Nel caso del *Bacillus thuringiensis*, la spora viene prodotta all'interno della cellula madre che si trasforma in un contenitore chiamato sporangio; contemporaneamente alla spora si forma anche un cristallo proteico ad azione insetticida, anch'esso contenuto nello sporangio. Una volta che il processo di formazione di spora e cristallo si è concluso, lo sporangio si dissolve e libera il suo contenuto nell'ambiente. Non appena si ripresenteranno le condizioni favorevoli alla crescita, la spora germinerà dando origine ad un batterio che riprenderà a moltiplicarsi per scissione.



trambe attive sui lepidotteri, ma la prima è più efficace nel controllo di insetti appartenenti alla famiglia dei nottuidi (ad esempio mamestra, spodòptera): in questo caso la diversa efficacia è dovuta al-

la maggiore presenza nella sottospecie *aizawai* di cristalli proteici dalla cui degradazione si libera un particolare gruppo di tossine specifiche per il tipo di recettori presenti nella parete dell'intesti-

no delle larve dei nottuidi.

Dal punto di vista pratico, se si fa attenzione a quanto riportato nelle etichette dei vari prodotti commerciali circa le dosi d'impiego, si potrà notare che nell'ambito dello stesso formulato esse variano a seconda del tipo d'insetto da controllare proprio a causa della specificità del meccanismo d'azione tossina-recettore.

UN ANTIPARASSITARIO DAL BASSO IMPATTO AMBIENTALE

In virtù del meccanismo d'azione altamente specifico (tossina-recettore), il *Bacillus thuringiensis* è uno degli insetticidi più selettivi a tutt'oggi disponibili. Infatti è innocuo per i più importanti insetti utili che frequentano le colture come, per esempio, quelli che presiedono all'impollinazione dei fiori (api, bombi) o quelli che attaccano gli insetti e gli acari nocivi (coccinelle, crisope, sirfidi, antocoridi, parassitoidi); inoltre, a causa della fotolabilità di spore e cristalli (che vengono rapidamente degradati dalle radiazioni solari) la sua persistenza nell'ambiente è assai ridotta: per questi motivi l'impiego del *Bacillus thuringiensis* è ammesso in agricoltura biologica.

I formulati commerciali appartengono alla classe tossicologica Nc (**bio, non classificato**) e sono disponibili sotto forma di polvere bagnabile, sospensione concentrata, soluzione liquida, microgranuli idrodispersibili. È innocuo per i vertebrati (mammiferi, uccelli, pesci, rettili e anfibi) ed il tempo di sicurezza è di soli 3 giorni.

COME SI USA

L'applicazione viene effettuata con le stesse attrezzature impiegate nei comuni trattamenti e cioè atomizzatori e

Principali prodotti a base di <i>Bacillus thuringiensis</i> (BT) e loro caratteristiche di impiego			
Sottospecie di BT	Ceppo (tra parentesi i prodotti commerciali in cui è presente)	Culture d'impiego	Insetti da combattere
<i>kurstaki</i>	HD-1 (Dipel, Bactucide, Biobit) SA 11 (Delfin) EG 2731 (Lepinox, Ecotech Bio) EG 2348 (Rapax, Ecotech Pro)	pomacee	falene defogliatrici, tortrici, ifantria (bruco americano)
		drupacee	cidia, anarsia, ifantria
		actinidia	eulia, tignola
		agrumi	tignola
		olivo	tignola, ifantria
		vite	tignole
		orticole	cavolaie, tignole, nottue, vanessa del cardo, piralide
		patata	ifantria, tignola
		fragola	piralide, tortrici
		barbabetola	mamestra, ifantria, tignola
		mais	piralide
		soia	vanessa
		colture forestali e verde pubblico	limantria, stilpnazia, falene, ifantria, processionarie
<i>tenebrionis</i>	NB 176 (Novodor FC, Ecotech Top)	melanzana, patata, pomodoro	dorifora
		olmo	galerucella
<i>aizawai</i>	HD-133 (Agree*)	le stesse della varietà <i>kurstaki</i>	gli stessi della varietà <i>kurstaki</i> , ma è più efficace sulle nottue
<i>kurstaki</i> transgenico**	EG 2424 (Jack Pot BFC)	melanzana, patata, pomodoro	dorifora

(*) Questo prodotto contiene una miscela di ceppi delle sottospecie *aizawai* e *kurstaki* (ceppo HD-1).

(**) Questo particolare ceppo è stato ottenuto in seguito alla combinazione di altri due ceppi preesistenti. Non si tratta di un organismo geneticamente modificato perché questo processo di ibridazione è stato ottenuto sfruttando i meccanismi normalmente impiegati in natura dallo stesso batterio.

pompe a spalla. In campo forestale, vista l'estensione delle superfici e il particolare sviluppo della vegetazione, è possibile irrorare il *Bacillus thuringiensis* dall'alto tramite aereo o elicottero: in questo caso è necessario ottenere uno specifico nulla osta da parte delle competenti autorità pubbliche.

I trattamenti a base di *Bacillus thuringiensis* vanno eseguiti tenendo sempre conto della sua fotolabilità, e pertanto vanno effettuati verso sera in modo che per tutta la notte (durante la quale, comunque, gli insetti si nutrono) la decomposizione del prodotto sia minima.

Per risparmiare sulle quantità d'impiego ed ottenere i migliori risultati, è fondamentale intervenire contro le larve giovani che, come noto, sono le più sensibili; in caso contrario occorrerà aumentare le dosi d'impiego, senza tuttavia avere la garanzia di buoni risultati (per esempio contro la dorifora della patata). Di conseguenza è vantaggioso monitorare la dinamica di presenza degli adulti (e quindi delle ovideposizioni) servendosi di trappole a feromoni (non disponibili per la dorifora) che aiutano ad eseguire i trattamenti al momento opportuno. Informazioni ancora più affidabili si possono ottenere abbinando le trappole a feromoni a periodici campionamenti sulle piante alla ricerca di larve ed uova.

Nel caso la dinamica di popolazione dell'insetto da combattere sia caratterizzata da un prolungato periodo di presenza degli adulti, i trattamenti vanno ripetuti a non più di 7 giorni l'uno dall'altro.

A COSA FARE ATTENZIONE

Come sempre è importante che l'agricoltore (o chi lo consiglia) sappia bene quali sono le caratteristiche dell'insetto da combattere, dell'ambiente in cui dovrà operare e del formulato commerciale che verrà impiegato. Ecco di seguito alcuni consigli per l'impiego. 1) La scelta del prodotto va fatta considerando lo spettro d'azione e quindi controllando sull'etichetta della confezione la sottospecie ed il ceppo presenti (che dovrebbero essere sempre indicati). Per esempio, un *Bacillus thuringiensis* della sottospecie *tenebrionis* non dovrà essere impiegato per il controllo della piralide del mais (lepidottero), ma piuttosto contro la dorifora della patata (coleottero).

2) La conoscenza della specie d'appartenenza dell'insetto da combattere è fondamentale per la scelta del formulato. Per esempio se una coltura di cavoli viene attaccata da larve di lepidotteri occorre sapere se si tratta di cavolaia, rapaiola, plutella o mamestra (che è una nottua) e se sono presenti una o più specie. A seconda della risposta, verrà scelto il ceppo di *Bacillus thuringiensis* più efficace: infatti se fra gli insetti che in-



Larva di dorifora della patata (*Leptinotarsa decemlineata*), mm 6-7



Larva di cavolaia (*Pieris brassicae*), cm 3,5-4



Larve di processionaria della quercia (*Thaumetopoea processionea*), cm 3,5-4



Larve di bruco americano (*Hyphantria cunea*), mm 25

festano la coltura ci fosse anche la mamestra, sarebbe più indicato un *Bacillus thuringiensis* della sottospecie *aizawai*, in caso contrario andrebbe bene la sottospecie *kurstaki*; in presenza di mamestra, ma con solo *Bacillus thuringiensis kurstaki* a disposizione, si dovrà invece intervenire con le dosi più elevate e, soprattutto, su larve molto giovani.

3) L'uso del *Bacillus thuringiensis* non può essere fatto senza conoscere quali sono i principali tratti del ciclo biologico e del comportamento dell'insetto da combattere. Per esempio, il *Bacillus thuringiensis* non è efficace contro le larve di insetti che si sviluppano direttamente all'interno dei fusti (ad esempio rodilegno), ma piuttosto contro quelle che si alimentano prevalentemente di foglie (cavolaia, bruco americano, processionarie, dorifora, molte nottue, ecc.). Per il controllo delle larve che attaccano i frutti (ad esempio carpocapsa e cidia), l'uso del *Bacillus thuringiensis* è condizionato dalla rapidità con cui l'insetto penetra nel frutto che dev'essere compatibile con l'ingestione della dose letale: infatti, se la penetrazione è troppo veloce e/o vengono prodotti danni estetici non tollerabili economicamente, l'uso del *Bacillus thuringiensis* diventa problematico. Laddove, invece, un lieve danno al frutto è tollerato (ad esempio tignole su uva da vino) il *Bacillus thuringiensis* è applicabile.

4) Il *Bacillus thuringiensis* è un antiparassitario «vivo», pertanto è fondamentale accertarsi della qualità di conservazione del formulato che si sta per acquistare o impiegare. Non di rado l'insuccesso di un trattamento è dipeso proprio dalla scadente qualità del prodotto, perché vecchio o conservato male. Se il nostro rivenditore è in gamba, allora saprà che il *Bacillus thuringiensis* va conser-

vato in locali bui, freschi e asciutti: infatti in queste condizioni mantiene la sua efficacia per un paio di anni. In mancanza di convincenti garanzie, è bene scegliere prodotti con meno di un anno di vita, controllando la data di produzione stampata sulla confezione: a questo proposito, va sempre privilegiata la scelta di formulati che la indicano.

5) Dal momento che il *Bacillus thuringiensis* agisce solo per ingestione, la sua distribuzione sulla vegetazione dev'essere omogenea e caratterizzata da una copertura uniforme delle foglie e dei frutti da proteggere.

6) Il *Bacillus thuringiensis* è fotolabile e quindi i trattamenti vanno eseguiti verso sera; se dopo il trattamento piove, l'applicazione va ripetuta.

7) Le caratteristiche dell'acqua impiegata per il trattamento sono importanti: innanzitutto il pH della soluzione pronta per l'irrorazione dovrebbe essere compreso tra 5 e 7. Infatti se fosse troppo acido le proteine che costituiscono i cristalli si denaturerebbero perdendo il loro potere insetticida; se invece fosse maggiore o uguale a 8 i cristalli potrebbero iniziare a degradarsi nelle varie componenti tossiche prima ancora dell'ingestione da parte dell'insetto e giungere nel suo intestino in una forma inattiva perché troppo degradata. A tale proposito è bene non mescolare mai il *Bacillus thuringiensis* con antiparassitari a reazione alcalina (i prodotti a base di rame per esempio). Se l'acqua che viene impiegata nel trattamento ha di per sé un pH troppo elevato, occorre quindi acidificarla aggiungendovi un po' di aceto o acido citrico e quindi è conveniente munirsi di pHmetro o di cartina di tornasole.

Luca Conte