



## Efficacia insufficiente

Motivi per i quali un fungicida potrebbe non raggiungere l'efficacia prevista:

- il fungo sviluppa una resistenza;
- altri fattori (condizioni climatiche sfavorevoli, tecnica d'applicazione scorretta, tasso d'infezione troppo elevato, identificazione erronea del patogeno, ecc.).

→ La conferma della resistenza a un fungicida necessita di analisi in laboratorio.

## Resistenza

In natura, mutazioni genetiche casuali possono rendere resistenti alcuni individui di una popolazione fungina. Ne consegue che il fungicida interessato agisce più debolmente o non agisce più del tutto sulla crescita e/o la sporulazione dei patogeni, avvantaggiandoli (selezionandoli) significativamente al momento dell'applicazione dei prodotti fitosanitari.

In campo, si constata una diminuzione dell'efficacia del prodotto laddove la frequenza degli individui resistenti supera una certa proporzione. In questo caso si parla di «resistenza pratica».

Non è pensabile d'impedire l'apparizione delle resistenze, ma è possibile diminuire la pressione di selezione e prolungare la durata di vita dei fungicidi mettendo in pratica strategie preventive contro lo sviluppo di resistenze.

Tipo di resistenza	Descrizione	Esempio
<b>Resistenza incrociata</b>	Resistenza a due o più principi attivi grazie allo stesso meccanismo di resistenza.	Peronospora della patata e del pomodoro ( <i>Phytophthora infestans</i> ): isolati resistenti a metalaxyl e benalaxyl.
<b>Resistenze multiple</b>	Resistenza a più principi attivi dovuta alla somma di differenti meccanismi di resistenza creatisi nella popolazione fungina.	Septoriosi del frumento ( <i>Septoria tritici</i> ): isolati resistenti a strobilurine e triazoli.

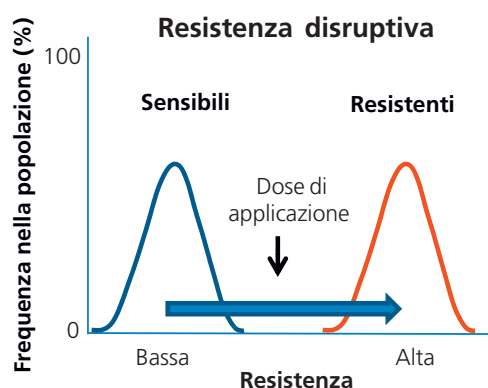
Sono stati definiti **gruppi di resistenza «FRAC»**: ogni gruppo comprende tutte le molecole aventi lo stesso meccanismo d'azione. Gli isolati dei funghi resistenti a uno specifico principio attivo sono immuni a tutti gli altri principi attivi dello stesso gruppo (resistenza incrociata). Vedi scheda 18.41-42.

## Meccanismo d'azione e rischio di resistenza

Un principio attivo agisce:

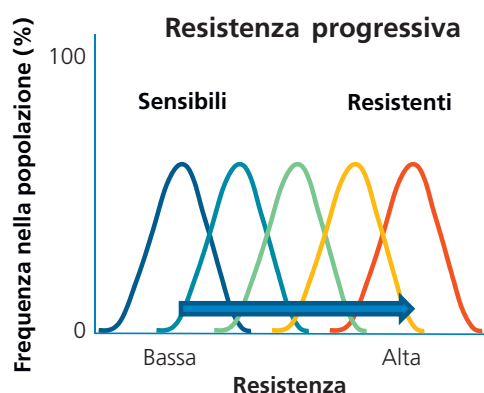
- Su un solo target (sito bersaglio) del fungo (singolo meccanismo d'azione), si tratta di un fungicida **monosito**.  
→ Rischio relativamente elevato d'apparizione di una resistenza. Esempio: strobilurine.
- Su molteplici target (siti bersaglio) del fungo (molteplici meccanismi d'azione), si tratta di un fungicida **multisito**.  
→ Rischio debole d'apparizione di una resistenza. Esempi: folpet, rame.

## Evoluzione della resistenza



**Asse orizzontale: dose di prodotto necessaria per controllare i ceppi fungini.**

Due popolazioni distinte ON/OFF.  
In campo: perdita improvvisa dell'efficacia.  
Favorita da applicazioni ripetute.  
Esempio: strobilurine.

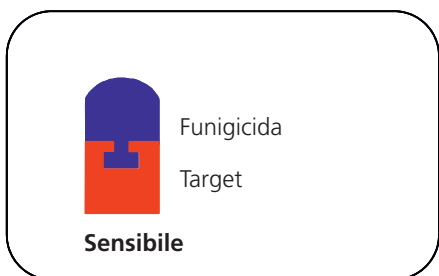


Diminuzione graduale della sensibilità al prodotto.  
In campo: erosione progressiva dell'efficacia.  
Favorita da sottodosaggi o da applicazioni in condizioni sfavorevoli.  
Esempio: triazoli.

Fonte: FRAC modificato



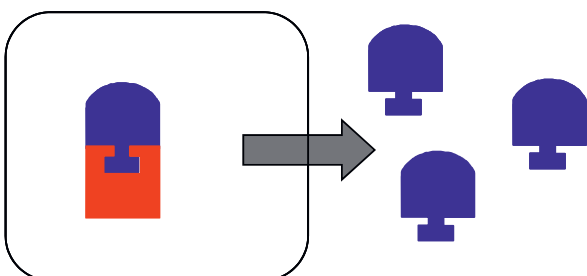
## Meccanismi di resistenza



La molecola di **fungicida** (in blu) si lega al suo **target** (in rosso) e blocca il metabolismo del fungo.

→ Fungicida efficace.

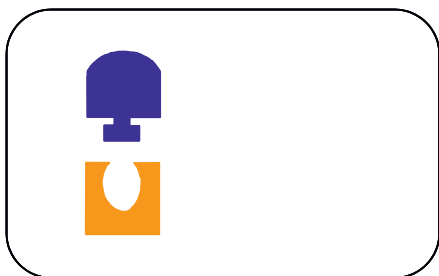
Esistono molteplici **meccanismi di resistenza**: possono avvenire cambiamenti che **riducono l'affinità del fungicida con il suo sito d'azione o gli impediscono di raggiungerlo**.



### Escrezione del fungicida

Alcune pompe espellono il fungicida all'esterno della cellula, riducendo la quantità di principio attivo.

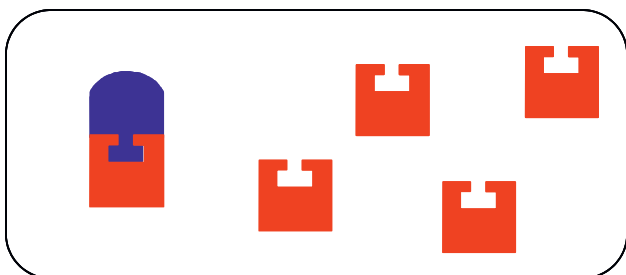
Esempio: triazoli.



### Modificazione del target

Il target si modifica. Il fungicida non può più legarsi con il suo target o vi si lega con affinità ridotta.

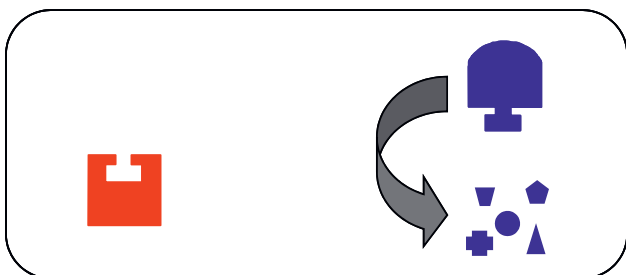
Esempio: strobilurine, triazoli, inibitori della succinato deidrogenasi (SDHI).



### Moltiplicazione del target

La cellula aumenta la produzione della molecola bersaglio, che risulta sovrabbondante rispetto alle molecole di fungicida.

Esempio: triazoli.



### Detossicazione metabolica

Il principio attivo viene degradato attivamente. Avviene molto raramente nei funghi.

Fonte: Stéphanie Schürch Agroscope



## Gestire il rischio d'apparizione di resistenze

Fattore	Pratiche che favoriscono l'apparizione di resistenze	Rischio d'apparizione	Misure di prevenzione
Pratiche colturali	<b>Prima dell'installazione della coltura:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• rotazione inadeguata;</li> <li>• scelta di varietà sensibili alle malattie;</li> <li>• sementi non conciate né certificate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aumento dell'inoculo nella parcella (esempio: mal del piede, peronospora del girasole, sclerotinia della colza)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• estendere la rotazione;</li> <li>• evitare il ristoppio;</li> <li>• scegliere varietà resistenti;</li> <li>• utilizzare sementi conciate e certificate</li> </ul>
	<b>Nella coltura principale o intercalare</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• semina troppo precoce;</li> <li>• eccesso di concimazione azotata;</li> <li>• gestione inadeguata dei residui colturali (paglia, stoppie);</li> <li>• ricacci e/o avventizie non gestiti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• densità della coltura troppo elevata: umidità nella parcella (esempio: malattie dei cereali);</li> <li>• trasmissione di malattie (esempio: necrosi del colletto della colza);</li> <li>• ricacci che favoriscono lo sviluppo di malattie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• non seminare troppo precocemente;</li> <li>• limitare la concimazione azotata (concimi aziendali compresi);</li> <li>• rompere le stoppie per eliminare i residui colturali e lottare contro ricacci e/o avventizie</li> </ul>
Pressione di selezione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• trattamenti superflui;</li> <li>• utilizzo ripetuto della stessa famiglia di fungicidi sulla stessa parcella o coltura;</li> <li>• fungicidi che non possiedono meccanismi d'azione differenti;</li> <li>• fungicida con un solo meccanismo d'azione (monosito)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• eliminazione della maggior parte dei ceppi fungini con conseguente selezione di quelli più resistenti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• trattare solo se necessario;</li> <li>• alternare la famiglia di fungicidi utilizzati su una parcella o una coltura (esempio: evitare l'applicazione ripetuta di strobilurine nello stesso anno);</li> <li>• utilizzare fungicidi con principi attivi aventi meccanismi d'azione differenti (vedi scheda 18.41-42);</li> <li>• utilizzare fungicidi con più meccanismi d'azione (multisito)</li> </ul>
Tecniche d'applicazione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dosaggio inadatto, in particolar modo il sottodosaggio;</li> <li>• frequenza di trattamento inadatta (eccessiva/insufficiente);</li> <li>• superamento del numero massimo di applicazioni annuali autorizzate;</li> <li>• inosservanza degli stadi fenologici ideali per l'applicazione;</li> <li>• inosservanza delle soglie d'intervento;</li> <li>• condizioni climatiche e/o tecniche d'applicazione inadeguate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• concentrazione e penetrazione della poltiglia nella coltura insufficienti o inadeguate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• adattare il dosaggio (evitare il sottodosaggio, soprattutto per triazoli e fenilammidi);</li> <li>• ottimizzare la frequenza di trattamento;</li> <li>• rispettare il numero di applicazioni annue autorizzate;</li> <li>• rispettare gli stadi fenologici ideali per l'applicazione;</li> <li>• trattare in condizioni climatiche ottimali (vedi scheda 18.10);</li> <li>• utilizzare tecniche di applicazione corrette, basate su regolazioni e materiali adeguati (vedi scheda 18.10)</li> </ul>