

## **1. CHE COSA SONO I PESTICIDI E COME SI CLASSIFICANO**

### **1.1 Che cosa sono i pesticidi**

I pesticidi sono sostanze o preparati utilizzati per prevenire, controllare o eliminare organismi considerati dannosi per le coltivazioni, gli animali, i materiali o la salute umana.

Il loro impiego è particolarmente diffuso in agricoltura, dove contribuiscono a proteggere le colture dagli attacchi di insetti, funghi, erbe infestanti e altri organismi capaci di compromettere la quantità o la qualità dei raccolti.

Il termine pesticida comprende in realtà due grandi categorie: i prodotti fitosanitari, utilizzati prevalentemente per proteggere le piante, e i biocidi, impiegati in altri contesti, per esempio nella disinfezione degli ambienti o nel controllo degli organismi infestanti.

Nel nostro approfondimento ci concentreremo soprattutto sui prodotti fitosanitari, perché rappresentano una delle principali possibili fonti di residui di pesticidi negli alimenti.

### **1.2 Come sono fatti i pesticidi**

Un prodotto fitosanitario è generalmente una formulazione composta da una o più sostanze attive e da altri ingredienti, chiamati coformulanti.

La sostanza attiva è responsabile dell'azione biologica del prodotto: può uccidere un organismo nocivo, ostacolarne lo sviluppo oppure interferire con specifici processi fisiologici.

I coformulanti, invece, possono migliorare la stabilità del preparato, facilitarne la distribuzione sulle colture o favorire l'adesione e l'assorbimento della sostanza attiva.

Le sostanze attive non sono necessariamente molecole chimiche di sintesi: possono essere anche sostanze di origine naturale oppure microrganismi, compresi batteri, funghi e virus.

## 2 Che cosa sono i pesticidi

I pesticidi sono prodotti fitosanitari formulati per proteggere le colture da insetti, funghi, erbe infestanti e altri organismi nocivi. Non sono solo la "sostanza attiva", ma una **miscela di componenti** con funzioni specifiche.



### 1.3 Le principali categorie di pesticidi

I pesticidi possono essere classificati in base agli organismi che intendono controllare.

| Categoria   | Funzione                                  |
|-------------|-------------------------------------------|
| Erbicidi    | Controllano le erbe infestanti            |
| Insetticidi | Combattono gli insetti dannosi            |
| Fungicidi   | Contrastano le malattie causate da funghi |
| Acaricidi   | Controllano acari e organismi affini      |
| Nematocidi  | Combattono i nematodi                     |

Molluschicidi                      Controllano lumache e altri molluschi

Rodenticidi                        Contrastano i roditori

Regolatori della crescita      Modificano determinati processi di sviluppo vegetale

Questa classificazione descrive la funzione dei prodotti, ma non la loro composizione chimica né la loro pericolosità.

Due insetticidi, per esempio, possono appartenere a famiglie chimiche completamente differenti, agire attraverso meccanismi biologici diversi e presentare caratteristiche tossicologiche molto distanti.

#### **1.4 Perché si utilizzano in agricoltura**

Le coltivazioni sono continuamente esposte all'azione di organismi capaci di ridurre le rese produttive e compromettere la qualità dei raccolti.

Gli insetti possono danneggiare direttamente le piante o trasmettere malattie. I funghi possono provocare marciumi, alterazioni e perdite di produzione. Le erbe infestanti competono con le colture per acqua, nutrienti e luce.

L'impiego dei prodotti fitosanitari costituisce uno degli strumenti disponibili per controllare questi fenomeni.

Tuttavia, la protezione delle colture non dipende esclusivamente dai pesticidi. Esistono anche metodi agronomici, biologici, meccanici e preventivi che possono ridurre la necessità.

La gestione integrata delle infestazioni si basa proprio sull'impiego combinato di questi strumenti, privilegiando, quando possibile, le soluzioni che comportano minori rischi per la salute e per l'ambiente.

#### **1.5 Il problema della selettività**

Un aspetto fondamentale è la capacità di un pesticida di agire sull'organismo bersaglio senza danneggiare altri organismi.

Questa proprietà viene chiamata selettività.

La selettività, però, non è necessariamente assoluta. Una sostanza sviluppata per controllare una determinata specie può interferire anche con organismi diversi, soprattutto quando condividono processi biologici simili.

Per questa ragione, la valutazione scientifica dei pesticidi non riguarda soltanto la loro efficacia, ma anche gli eventuali effetti sugli esseri umani, sugli animali e sull'ambiente.

## **1.6 Classificazione chimica dei pesticidi**

Oltre alla classificazione basata sulla loro funzione, i pesticidi possono essere suddivisi in gruppi in base alla loro struttura chimica, alla loro origine e al meccanismo attraverso il quale esercitano la propria azione.

Questa distinzione è particolarmente importante perché sostanze utilizzate per combattere lo stesso organismo possono presentare proprietà chimiche, comportamenti ambientali ed effetti tossicologici molto differenti.

Conoscere la famiglia chimica di appartenenza di un pesticida può aiutare a comprenderne la persistenza nell'ambiente, le possibilità di degradazione, il comportamento negli organismi viventi e i potenziali effetti sulla salute.

Non esiste quindi un'unica categoria di rischio associata ai pesticidi: ogni sostanza deve essere valutata considerando le sue caratteristiche specifiche e le condizioni di esposizione.

### **Organofosforici**

Gli organofosforici sono una famiglia di composti contenenti fosforo, storicamente utilizzati soprattutto come insetticidi.

Molti di essi agiscono inibendo l'enzima acetilcolinesterasi, fondamentale per il corretto funzionamento del sistema nervoso. L'inibizione provoca un accumulo di acetilcolina, una sostanza coinvolta nella trasmissione degli impulsi nervosi.

Questo meccanismo è efficace contro gli insetti, ma può interessare anche il sistema nervoso dei mammiferi, compreso quello umano.

Tra gli esempi più conosciuti figurano il clorpirifos, il malation e il dimetoato.

Gli organofosforici comprendono sostanze con caratteristiche molto diverse, ma alcune sono state oggetto di importanti restrizioni o revoche delle autorizzazioni a causa delle preoccupazioni tossicologiche.

### **Carbammati**

I carbammati comprendono sostanze utilizzate come insetticidi, fungicidi ed erbicidi.

Alcuni carbammati insetticidi agiscono, come gli organofosforici, sull'enzima acetilcolinesterasi, ma generalmente attraverso un'inibizione reversibile.

Tra gli esempi storicamente più conosciuti figurano il carbaryl e il carbofuran.

L'appartenenza alla famiglia dei carbammati non implica tuttavia che tutte le sostanze condividano lo stesso meccanismo d'azione o la stessa tossicità.

## **Piretroidi**

I piretroidi sono insetticidi sintetici sviluppati a partire dalla conoscenza delle piretrine, sostanze insetticide naturali presenti in alcune specie di crisantemo.

Agiscono prevalentemente alterando il funzionamento dei canali del sodio nelle membrane delle cellule nervose degli insetti.

Sono stati largamente utilizzati in agricoltura e in altri settori per la loro efficacia contro numerosi insetti.

Tra i principi attivi appartenenti a questa famiglia figurano la permetrina, la deltametrina e la cipermetrina.

I piretroidi sono generalmente meno persistenti nell'ambiente rispetto a molti vecchi insetticidi organoclorurati, ma alcuni possono risultare particolarmente tossici per gli organismi acquatici.

## **Neonicotinoidi**

I neonicotinoidi sono una famiglia di insetticidi che agiscono sui recettori nicotinici dell'acetilcolina nel sistema nervoso degli insetti.

Alcuni sono caratterizzati da un comportamento sistemico: possono essere assorbiti dalla pianta e distribuiti nei suoi tessuti.

Questa proprietà consente di contrastare anche gli insetti che si alimentano della linfa o di altre parti della pianta.

Tra gli esempi figurano imidacloprid, thiamethoxam, clothianidin e acetamiprid.

L'impiego di diversi neonicotinoidi è stato fortemente limitato nell'Unione europea, soprattutto per i rischi identificati nei confronti delle api e di altri impollinatori. Le condizioni di autorizzazione, tuttavia, variano a seconda della sostanza attiva.

## **Organoclorurati**

Gli organoclorurati comprendono numerosi pesticidi storicamente utilizzati, spesso caratterizzati dalla presenza di diversi atomi di cloro nella struttura molecolare.

Alcuni di questi composti possiedono proprietà di particolare rilevanza ambientale: elevata persistenza, affinità per i grassi e capacità di accumularsi negli organismi viventi.

Il DDT è probabilmente l'esempio più conosciuto. Altri composti sono l'aldrin, il dieldrin e il lindano.

Molti pesticidi organoclorurati sono stati vietati o sottoposti a severe restrizioni in numerosi Paesi.

La loro importanza scientifica rimane comunque elevata perché alcune di queste sostanze, o i loro prodotti di degradazione, possono persistere nell'ambiente per decenni e continuare a essere rilevati nelle catene alimentari.

## **Triazoli e altri fungicidi**

I triazoli costituiscono un'importante famiglia di fungicidi utilizzati per controllare diverse malattie fungine delle colture.

Molti agiscono interferendo con la sintesi dell'ergosterolo, un componente essenziale delle membrane cellulari dei funghi.

Tra gli esempi si possono citare tebuconazolo, difenoconazolo e propiconazolo.

Esistono inoltre numerose altre famiglie di fungicidi, come le strobilurine e i ditiocarbammati, caratterizzate da differenti strutture chimiche e meccanismi d'azione.

L'utilizzo ripetuto di fungicidi con lo stesso meccanismo può favorire la selezione di popolazioni fungine resistenti, rendendo progressivamente meno efficaci alcuni trattamenti.

## **Erbicidi: glifosato, triazine e altre famiglie**

Gli erbicidi comprendono sostanze chimicamente molto differenti, destinate a controllare le piante infestanti.

Il glifosato, uno degli erbicidi più conosciuti, appartiene alla famiglia degli organofosfonati e agisce inibendo un enzima coinvolto nella sintesi di alcuni amminoacidi nelle piante.

Le triazine comprendono erbicidi come l'atrazina, che interferiscono con il processo di fotosintesi.

Altre famiglie comprendono le sulfoniluree, le dinitroaniline e gli erbicidi fenossiacetici.

Anche in questo caso, le differenze di struttura chimica determinano proprietà molto diverse in termini di mobilità nel suolo, degradazione, comportamento nelle acque e potenziali effetti sugli organismi non bersaglio.

## **Pesticidi di origine biologica e naturale**

Non tutti i pesticidi derivano dalla sintesi chimica industriale.

Alcuni prodotti utilizzano sostanze di origine naturale, estratti vegetali oppure microrganismi capaci di contrastare organismi dannosi.

Un esempio è rappresentato dal batterio *Bacillus thuringiensis*, utilizzato per le sue proprietà insetticide nei confronti di determinati gruppi di insetti.

Altri esempi comprendono alcune formulazioni a base di piretrine naturali, azadiractina estratta dal neem e microrganismi antagonisti di patogeni vegetali.

È importante sottolineare che origine naturale non significa automaticamente assenza di tossicità.

Anche le sostanze naturali possono produrre effetti indesiderati sugli organismi non bersaglio e devono essere sottoposte ad appropriate valutazioni di sicurezza.

## **Una distinzione fondamentale**

La classificazione chimica costituisce uno strumento utile per comprendere le caratteristiche generali dei pesticidi, ma non è sufficiente, da sola, per stabilire il rischio associato alla presenza di una sostanza negli alimenti.

Occorre infatti distinguere almeno tre aspetti: la pericolosità intrinseca della sostanza, la quantità alla quale un organismo viene esposto e la durata e modalità dell'esposizione.

Questi elementi costituiscono la base della valutazione tossicologica dei pesticidi e saranno approfonditi nei capitoli successivi.

In definitiva, parlare genericamente di pesticidi significa riunire sotto un'unica denominazione centinaia di sostanze profondamente diverse. Per comprendere realmente la loro presenza negli alimenti è necessario conoscerne non soltanto la funzione, ma anche la natura chimica, il comportamento nell'ambiente e gli effetti biologici.

Fonti di riferimento: EFSA / US EPA

<https://www.efsa.europa.eu/it/topics/pesticide-active-substances>

<https://www.epa.gov/expobox/exposure-assessment-tools-chemical-classes-pesticides>