

5. EFFETTI DEI PESTICIDI SULLA SALUTE: TOSSICITÀ ACUTA E CRONICA

I pesticidi sono sostanze progettate per interferire con specifici processi biologici di organismi considerati dannosi per le colture agricole.

Possono agire sul sistema nervoso degli insetti, interferire con la crescita delle piante infestanti, bloccare importanti processi metabolici dei funghi oppure alterare altre funzioni essenziali per la sopravvivenza degli organismi bersaglio.

Ma gli organismi viventi condividono numerosi meccanismi biologici fondamentali. Per questa ragione, alcune sostanze sviluppate per agire su insetti, funghi o piante possono produrre effetti indesiderati anche sugli esseri umani.

Non tutti i pesticidi presentano la stessa pericolosità. Le differenze possono essere enormi, sia per la natura degli effetti tossici sia per le quantità necessarie a provarli.

Alcuni pesticidi possono causare intossicazioni acute anche molto gravi. Per altri, l'attenzione scientifica riguarda soprattutto le possibili conseguenze di esposizioni ripetute o prolungate.

La ricerca ha documentato effetti su diversi organi e sistemi, tra cui il sistema nervoso, il fegato, i reni e l'apparato riproduttivo. Per alcune sostanze sono state inoltre individuate associazioni con determinate forme tumorali.

È tuttavia fondamentale distinguere tra gli effetti osservati negli studi sperimentali, quelli riscontrati nelle popolazioni professionalmente esposte e i rischi effettivamente associati alle quantità di residui presenti negli alimenti.

La domanda scientificamente corretta non è soltanto se un pesticida possa essere tossico, ma a quali condizioni, a quali dosi e attraverso quali meccanismi possa provocare un danno alla salute.

5.1 Come interagiscono i pesticidi con l'organismo umano

Quando un pesticida entra nell'organismo umano, il suo comportamento dipende dalle caratteristiche chimiche della sostanza e dalle modalità di esposizione.

Per comprendere questo processo, la tossicologia distingue quattro fasi fondamentali.

Assorbimento. È il passaggio della sostanza dall'ambiente esterno all'interno dell'organismo. Può avvenire attraverso l'apparato digerente, le vie respiratorie o la pelle.

Distribuzione. Una volta assorbita, la sostanza può entrare nel sangue e raggiungere differenti organi e tessuti.

Metabolismo. L'organismo può trasformare la sostanza attraverso reazioni chimiche, che avvengono soprattutto nel fegato. Queste trasformazioni possono renderla più facilmente eliminabile, ma in alcuni casi possono produrre metaboliti dotati di una tossicità propria, talvolta superiore a quella della molecola originaria.

Eliminazione. La sostanza e i suoi metaboliti possono essere espulsi prevalentemente attraverso urine e feci, secondo le loro caratteristiche.

L'insieme di questi processi viene definito *tossicocinetica*.

Parallelamente, la *tossicodinamica* studia come una sostanza interagisce con cellule, enzimi, recettori e altri componenti biologici, determinando i suoi effetti.

Alcuni pesticidi, per esempio, agiscono bloccando enzimi indispensabili per il funzionamento del sistema nervoso. Altri possono interferire con il metabolismo energetico delle cellule o provocare alterazioni dei processi ossidativi.

Il termine *stress ossidativo* descrive una condizione nella quale la produzione di molecole reattive supera la capacità dell'organismo di neutralizzarle. In determinate circostanze, queste molecole possono danneggiare membrane cellulari, proteine e DNA.

Un punto particolarmente importante riguarda i metaboliti.

Il fatto che il nostro organismo trasformi un pesticida non significa necessariamente che lo abbia reso innocuo.

La trasformazione metabolica può rappresentare un processo di detossificazione, ma anche una fase di attivazione tossica della sostanza.

Per questo motivo, nella valutazione scientifica dei pesticidi vengono studiati non soltanto i composti originari, ma anche i principali prodotti del loro metabolismo.



5.2 Le vie di esposizione: ingestione, inalazione e contatto cutaneo

Le persone possono entrare in contatto con i pesticidi attraverso diverse vie.

L'esposizione per ingestione avviene principalmente attraverso alimenti o acqua contenenti residui.

L'esposizione per inalazione può verificarsi quando vengono respirate particelle, aerosol o vapori contenenti pesticidi.

Il contatto cutaneo avviene quando le sostanze entrano in contatto con la pelle, dalla quale alcune possono essere assorbite in misura variabile.

Le diverse vie di esposizione non sono equivalenti.

La quantità effettivamente assorbita può cambiare notevolmente secondo il composto, la concentrazione e le caratteristiche dei tessuti attraverso i quali avviene il contatto.

Un agricoltore che prepara una miscela concentrata o effettua un trattamento può essere esposto a quantità di sostanza e attraverso vie molto differenti rispetto a una persona che consuma un alimento contenente residui.

Per questa ragione, i risultati degli studi sui lavoratori agricoli non possono essere automaticamente trasferiti ai consumatori.

Tuttavia, questi studi forniscono informazioni importanti sui possibili effetti biologici delle sostanze, soprattutto quando permettono di individuare relazioni tra esposizione ed effetti sanitari.

La differenza tra esposizione professionale e alimentare riguarda soprattutto le condizioni e l'entità dell'esposizione, non necessariamente la natura del meccanismo tossico.

La valutazione del rischio deve quindi considerare entrambe le informazioni.

5.3 Tossicità acuta: gli effetti delle esposizioni elevate

La tossicità acuta riguarda gli effetti che possono manifestarsi dopo un'esposizione singola o ripetuta nell'arco di un periodo relativamente breve.

Le intossicazioni acute da pesticidi sono un problema sanitario documentato, soprattutto nei contesti in cui vengono utilizzate sostanze altamente pericolose e dove le misure di protezione sono insufficienti.

I sintomi dipendono dalla sostanza coinvolta e dalla quantità assorbita.

Possono comprendere nausea, vomito, dolori addominali, vertigini, cefalea, irritazioni cutanee e oculari, difficoltà respiratorie e alterazioni neurologiche.

Nei casi più gravi possono comparire convulsioni, insufficienza respiratoria, perdita di coscienza e morte.

Un esempio particolarmente significativo è rappresentato dagli insetticidi organofosforici.

Molti di questi composti agiscono inibendo l'acetilcolinesterasi, un enzima indispensabile per il normale funzionamento del sistema nervoso.

L'acetilcolina è una sostanza che trasmette segnali tra cellule nervose e tra nervi e muscoli. Dopo aver svolto la propria funzione, deve essere rapidamente degradata dall'acetilcolinesterasi.

Se l'enzima viene inibito, l'acetilcolina si accumula e provoca una stimolazione eccessiva delle strutture nervose e muscolari.

Ne possono derivare contrazioni muscolari involontarie, abbondante salivazione, sudorazione, alterazioni cardiache e gravi problemi respiratori.

Il meccanismo è ben conosciuto e dimostra come una sostanza sviluppata per interferire con il sistema nervoso degli insetti possa agire anche su quello umano.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità considera l'esposizione ai pesticidi altamente pericolosi un importante problema di salute pubblica, soprattutto per le intossicazioni professionali e accidentali.

Questi effetti non rappresentano le normali conseguenze del consumo di alimenti contenenti residui conformi ai limiti, ma dimostrano la capacità tossica di determinate sostanze quando l'esposizione è sufficientemente elevata.

5.4 Tossicità cronica: le conseguenze delle esposizioni prolungate

La tossicità cronica riguarda gli effetti che possono manifestarsi in seguito a esposizioni ripetute o prolungate nel tempo.

A differenza delle intossicazioni acute, gli effetti cronici possono svilupparsi lentamente e diventare riconoscibili soltanto dopo anni.

Il loro studio è particolarmente complesso.

Nella vita quotidiana, infatti, le persone sono esposte a numerose sostanze chimiche, attraverso alimentazione, acqua, aria, ambiente domestico e attività professionali.

Separare il contributo di un singolo pesticida da quello degli altri fattori ambientali, genetici e comportamentali può essere difficile.

Per questo motivo, le conoscenze derivano da diverse tipologie di ricerca: studi tossicologici sugli animali, esperimenti cellulari, studi sui meccanismi biologici e indagini epidemiologiche sulle popolazioni esposte.

Gli studi epidemiologici cercano di individuare se determinate malattie siano più frequenti nelle persone esposte a una sostanza rispetto a quelle non esposte.

Tuttavia, un'associazione statistica non dimostra automaticamente un rapporto di causa ed effetto.

La solidità delle conclusioni aumenta quando risultati provenienti da studi differenti sono coerenti e sostenuti da meccanismi biologici plausibili.

Tra gli effetti cronici oggetto di studio figurano alterazioni neurologiche, danni epatici e renali, effetti sulla riproduzione, disturbi dello sviluppo e alcune patologie tumorali.

La ricerca sugli effetti delle esposizioni croniche a basse dosi, soprattutto attraverso gli alimenti, presenta ancora importanti difficoltà.

L'assenza di un danno immediatamente osservabile non dimostra necessariamente che un'esposizione ripetuta sia priva di conseguenze a lungo termine.

Allo stesso tempo, la semplice presenza di una sostanza nell'organismo non costituisce di per sé la dimostrazione di un danno sanitario.

È proprio questa distinzione che rende indispensabile una valutazione scientifica approfondita.

5.5 Effetti sul sistema nervoso

Il sistema nervoso è uno dei principali bersagli tossicologici di diverse famiglie di pesticidi.

Questo non deve sorprendere, perché numerosi insetticidi sono stati sviluppati proprio per interferire con la trasmissione degli impulsi nervosi degli organismi bersaglio.

Gli organofosforici e alcuni carbammati agiscono sull'acetilcolinesterasi.

I piretroidi modificano invece il funzionamento dei canali del sodio, strutture delle membrane cellulari essenziali per la trasmissione dei segnali nervosi.

Altri pesticidi possono interferire con differenti meccanismi cellulari coinvolti nel funzionamento e nella sopravvivenza dei neuroni.

Pesticidi e malattia di Parkinson

Uno dei campi di ricerca più interessanti riguarda le possibili relazioni tra esposizione a pesticidi e malattie neurodegenerative.

La malattia di Parkinson è caratterizzata dalla progressiva perdita di particolari neuroni che producono dopamina, una sostanza fondamentale per il controllo dei movimenti.

Numerosi studi epidemiologici hanno individuato associazioni tra l'esposizione ad alcuni pesticidi e un aumento del rischio di sviluppare questa malattia.

Il National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS), istituto di ricerca statunitense, riporta evidenze particolarmente significative per sostanze come paraquat, rotenone e altri pesticidi.

In uno studio epidemiologico, l'utilizzo professionale di rotenone o paraquat è stato associato a una frequenza della malattia di Parkinson circa 2,5 volte superiore rispetto ai non utilizzatori.

È importante chiarire che si tratta di un risultato osservato in specifiche condizioni di esposizione, non di una stima del rischio associato ai residui alimentari.

Le ricerche hanno inoltre individuato meccanismi biologici plausibili.

Alcune sostanze possono interferire con il funzionamento dei mitocondri, strutture cellulari che producono l'energia necessaria alle cellule.

Altre possono favorire lo stress ossidativo o alterare i processi che proteggono i neuroni.

La relazione tra pesticidi e Parkinson rappresenta quindi un campo nel quale le evidenze epidemiologiche e quelle sperimentali si rafforzano reciprocamente, pur non consentendo di attribuire ogni singolo caso di malattia a una specifica esposizione.

Il caso dell'acetamiprid

Un altro esempio importante riguarda l'acetamiprid, un insetticida appartenente alla famiglia dei neonicotinoidi.

Nel 2024 EFSA ha riesaminato le informazioni disponibili sulla possibile neurotossicità durante lo sviluppo, cioè sulla capacità di una sostanza di interferire con la maturazione del sistema nervoso.

La valutazione ha evidenziato importanti incertezze scientifiche, ritenute sufficienti a richiedere un approccio più prudente.

EFSA ha quindi proposto di ridurre da 0,025 a 0,005 milligrammi per chilogrammo di peso corporeo i valori di riferimento per l'esposizione giornaliera e acuta.

Si tratta di una riduzione di cinque volte.

La revisione non dimostra che le precedenti esposizioni alimentari abbiano necessariamente provocato danni neurologici.

Dimostra però un fatto importante: l'evoluzione delle conoscenze scientifiche può portare a rivedere anche sensibilmente le quantità di pesticidi considerate accettabili nelle valutazioni del rischio.

Questo esempio evidenzia perché le autorizzazioni e i valori tossicologici di riferimento debbano essere periodicamente riesaminati alla luce delle nuove conoscenze.

5.6 Possibili effetti sul fegato, sui reni e su altri organi

Il fegato svolge un ruolo centrale nel metabolismo delle sostanze estranee all'organismo.

Attraverso numerosi sistemi enzimatici, contribuisce alla trasformazione dei pesticidi e dei loro metaboliti, favorendone spesso l'eliminazione.

Per questa ragione, il fegato può essere uno degli organi interessati dagli effetti tossici di determinate sostanze.

Negli studi sperimentali, alcuni pesticidi hanno prodotto alterazioni degli enzimi epatici, fenomeni di stress ossidativo, modificazioni cellulari e, in determinate condizioni, danni ai tessuti.

Anche i reni possono rappresentare organi bersaglio.

La loro funzione consiste nel filtrare il sangue, regolare la composizione dei liquidi corporei ed eliminare numerose sostanze attraverso le urine.

Durante questi processi, alcuni pesticidi o metaboliti possono raggiungere concentrazioni significative nei tessuti renali.

Per determinate sostanze e condizioni di esposizione, gli studi tossicologici hanno documentato alterazioni della funzionalità renale e danni alle cellule.

Le conseguenze dipendono tuttavia dal composto, dalla dose e dalla durata dell'esposizione.

Non è corretto attribuire genericamente a tutti i pesticidi una capacità di danneggiare fegato e reni.

È invece corretto affermare che **la tossicità epatica e renale rientra tra gli effetti che devono essere attentamente valutati per le singole sostanze attive.**

Le valutazioni scientifiche prendono inoltre in considerazione possibili effetti sul sistema immunitario, sul sangue e su altri organi.

Una particolare attenzione viene rivolta anche ai prodotti di trasformazione metabolica, che possono presentare proprietà tossicologiche differenti da quelle della sostanza originaria.

5.7 Pesticidi e tumori: cosa sappiamo dalle ricerche scientifiche

La possibile relazione tra esposizione ai pesticidi e sviluppo di tumori è uno degli argomenti più studiati e discussi.

La ricerca si basa su studi epidemiologici, esperimenti sugli animali e indagini sui meccanismi attraverso i quali una sostanza può interferire con i processi cellulari.

Tra questi meccanismi figurano il danneggiamento del DNA, lo stress ossidativo, l'alterazione della regolazione cellulare e altri processi biologici coinvolti nella cancerogenesi.

La cancerogenesi è il processo attraverso il quale una cellula normale può trasformarsi progressivamente in una cellula tumorale.

Non tutti i pesticidi possiedono proprietà cancerogene e le evidenze disponibili variano notevolmente da una sostanza all'altra.

La classificazione IARC

L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC), organismo specializzato dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, valuta la capacità di sostanze e altri agenti di provocare tumori.

La classificazione distingue diverse categorie in base alla forza delle evidenze scientifiche.

Il Gruppo 1 comprende gli agenti cancerogeni per l'uomo.

Il Gruppo 2A comprende gli agenti probabilmente cancerogeni per l'uomo.

Il Gruppo 2B comprende gli agenti possibilmente cancerogeni per l'uomo.

Il Gruppo 3 comprende gli agenti non classificabili quanto alla cancerogenicità per l'uomo, perché le evidenze disponibili non sono sufficienti per una classificazione più precisa.

È importante comprendere che queste categorie riguardano la solidità delle evidenze di cancerogenicità, non la probabilità che una persona sviluppi un tumore a una determinata dose.

Il caso del glifosato

Nel 2015 la IARC ha classificato il glifosato nel Gruppo 2A, come probabilmente cancerogeno per l'uomo.

La valutazione si è basata su evidenze limitate di cancerogenicità nell'uomo, evidenze sufficienti negli animali da esperimento e importanti risultati relativi ai meccanismi di genotossicità.

La genotossicità è la capacità di una sostanza di danneggiare il materiale genetico delle cellule.

La conclusione IARC ha suscitato un ampio dibattito scientifico e regolatorio.

Nel 2022 l'Agenzia europea per le sostanze chimiche (ECHA) ha concluso che il glifosato non soddisfaceva i criteri per essere classificato come cancerogeno secondo il sistema europeo di classificazione delle sostanze chimiche.

Nel 2023 EFSA, utilizzando anche la valutazione ECHA, non ha identificato aree di preoccupazione critica nella propria revisione del rischio del glifosato per gli usi rappresentativi esaminati, pur segnalando alcune lacune e questioni non completamente risolte.

Queste differenti conclusioni dipendono anche da metodologie, criteri e finalità di valutazione differenti.

La classificazione IARC individua un potenziale pericolo cancerogeno, mentre la valutazione europea esamina anche il rischio associato alle condizioni d'impiego e di esposizione considerate.

Il caso del glifosato dimostra quanto sia importante distinguere la capacità potenziale di provocare un danno dalla probabilità che quel danno si verifichi nelle condizioni reali di esposizione.

Altri pesticidi esaminati dalla IARC

Nella stessa valutazione del 2015, IARC ha classificato anche gli insetticidi malation e diazinon come probabilmente cancerogeni per l'uomo.

Paration e tetraclorvinfos sono stati invece classificati come possibilmente cancerogeni.

Questi risultati mostrano che il problema della cancerogenicità non riguarda esclusivamente una singola sostanza.

Tuttavia, le classificazioni non devono essere automaticamente interpretate come prova che la presenza di tracce di tali pesticidi negli alimenti determini un rischio tumorale significativo.

Per stabilire il rischio associato all'alimentazione occorrono ulteriori informazioni sulla concentrazione dei residui, sulle quantità ingerite e sulle caratteristiche tossicologiche delle sostanze.

La distinzione tra esposizioni professionali ed esposizioni alimentari è particolarmente importante proprio nell'interpretazione degli studi sui tumori.

5.8 Gravidanza, infanzia e altre condizioni di particolare vulnerabilità

Gli effetti di una sostanza tossica non dipendono soltanto dalla dose, ma anche dalle caratteristiche dell'organismo esposto.

Età, stato fisiologico, condizioni di salute e caratteristiche genetiche possono influenzare la capacità di assorbire, metabolizzare ed eliminare le sostanze chimiche.

Durante la gravidanza, per esempio, l'organismo del feto attraversa fasi di sviluppo particolarmente complesse.

La formazione del sistema nervoso, degli organi e dei meccanismi di regolazione biologica dipende da processi coordinati, che in determinate condizioni possono essere sensibili all'azione di sostanze tossiche.

Alcuni pesticidi sono in grado di attraversare la placenta, raggiungendo l'organismo in sviluppo.

Non tutte le sostanze attraversano la placenta con la stessa facilità e il passaggio non dimostra necessariamente la presenza di un effetto dannoso.

Tuttavia, questa possibilità rende particolarmente importante la valutazione della tossicità riproduttiva e dello sviluppo.

Anche i bambini possono presentare caratteristiche di vulnerabilità differenti rispetto agli adulti.

Il loro organismo è in fase di crescita, alcuni sistemi metabolici sono ancora in maturazione e, a parità di quantità ingerita, la dose rapportata al peso corporeo può essere maggiore.

Un esempio semplice permette di comprendere quest'ultimo aspetto.

Se un bambino di 15 kg e un adulto di 75 kg ingeriscono la stessa quantità di una sostanza, espressa in milligrammi, il bambino riceve una dose per chilogrammo di peso corporeo cinque volte superiore.

Questo non significa automaticamente che il danno sia cinque volte maggiore, ma dimostra perché la valutazione dell'esposizione debba tenere conto del peso corporeo e delle caratteristiche delle diverse fasce della popolazione.

Per alcune sostanze, inoltre, possono esistere periodi dello sviluppo durante i quali una determinata funzione biologica risulta particolarmente sensibile.

Questi periodi vengono definiti *finestre di vulnerabilità*.

Una sostanza capace di interferire con un processo biologico in fase di sviluppo può avere conseguenze differenti rispetto alla stessa esposizione in un organismo adulto.

Gli effetti sul sistema endocrino, cioè il sistema di ghiandole e ormoni che regola molte funzioni dell'organismo, saranno approfonditi nel capitolo successivo.

La sicurezza di una sostanza non può essere valutata considerando soltanto un adulto sano: deve tenere conto anche delle persone più vulnerabili e delle fasi più delicate dello sviluppo.

5.9 Differenza tra pericolosità di una sostanza e rischio effettivo per la salute

Uno degli errori più frequenti nella comunicazione scientifica consiste nel confondere la pericolosità di una sostanza con il rischio effettivo associato alla sua presenza.

La *pericolosità* è la capacità intrinseca di una sostanza di provocare un danno.

Il *rischio* dipende invece dalla probabilità e dalla gravità del danno nelle condizioni di esposizione considerate.

Una sostanza può possedere proprietà tossiche importanti, ma non rappresentare un rischio significativo quando l'esposizione è sufficientemente limitata.

Al contrario, una sostanza con una tossicità relativamente modesta può provocare effetti dannosi quando viene assorbita in quantità elevate.

Per valutare il rischio alimentare, le autorità scientifiche prendono in considerazione le caratteristiche tossicologiche della sostanza e la quantità che una persona può ingerire attraverso la dieta.

Due parametri importanti sono:

ADI – Dose giornaliera ammissibile. È la quantità di una sostanza che, secondo le conoscenze disponibili e includendo appropriati margini di sicurezza, può essere ingerita quotidianamente per tutta la vita senza un rischio apprezzabile per la salute.

ARfD – Dose acuta di riferimento. È la quantità stimata che può essere ingerita nell'arco di un breve periodo, generalmente non superiore a 24 ore, senza un rischio apprezzabile per la salute.

Entrambi i valori vengono generalmente espressi in milligrammi di sostanza per chilogrammo di peso corporeo.

Non sono valori che individuano necessariamente la dose alla quale inizia un danno.

Sono parametri di riferimento ottenuti attraverso valutazioni tossicologiche e fattori di sicurezza, utilizzati per proteggere la salute dei consumatori.

La loro determinazione dipende tuttavia dalle conoscenze scientifiche disponibili al momento della valutazione.

Come dimostra il caso dell'acetamiprid, nuove evidenze o nuove incertezze possono portare a una revisione anche importante di questi parametri.

La valutazione scientifica del rischio non è una verità immutabile, ma un processo che deve evolvere insieme alle conoscenze.

Questo non significa che i valori stabiliti siano arbitrari o privi di fondamento.

Significa che riflettono la migliore valutazione possibile sulla base dei dati e dei metodi disponibili.

Un'altra distinzione importante riguarda i limiti massimi di residui previsti dalla normativa alimentare.

Questi limiti non coincidono necessariamente con i valori tossicologici di riferimento e vengono stabiliti considerando anche le corrette pratiche agricole e le valutazioni dell'esposizione dei consumatori.

Un alimento conforme ai limiti previsti dalla legge non è per questo privo di residui.

Allo stesso tempo, la presenza di un residuo non dimostra automaticamente l'esistenza di un rischio sanitario.

Per conoscere realmente un alimento occorre distinguere tre informazioni: quali sostanze contiene, in quali quantità sono presenti e quale significato tossicologico può avere la loro presenza.

La normativa stabilisce le condizioni alle quali un alimento può essere commercializzato.

L'analisi chimica permette invece di conoscere, entro le capacità e i limiti del metodo analitico utilizzato, quali sostanze siano effettivamente presenti nel prodotto.

Sono due strumenti differenti, entrambi importanti, ma non equivalenti.

Conclusione del capitolo 5

Le conoscenze scientifiche dimostrano che alcuni pesticidi possono provocare effetti tossici importanti sulla salute umana.

Per determinate sostanze sono ben documentati i meccanismi responsabili delle intossicazioni acute, mentre gli studi sperimentali ed epidemiologici hanno individuato effetti e associazioni riguardanti il sistema nervoso, diversi organi e alcune patologie tumorali.

Le evidenze non sono tuttavia uniformi per tutte le sostanze e non tutte le condizioni di esposizione comportano gli stessi rischi.

In particolare, gli effetti osservati nelle popolazioni professionalmente esposte non possono essere automaticamente attribuiti alle concentrazioni di pesticidi che possono essere presenti negli alimenti.

La valutazione dell'esposizione alimentare richiede dati specifici sulle sostanze, sulle quantità ingerite, sulla frequenza del consumo e sulle caratteristiche degli individui.

Rimane inoltre essenziale continuare a studiare gli effetti delle esposizioni croniche, le possibili conseguenze durante le fasi più vulnerabili della vita e le eventuali interazioni tra sostanze differenti.

La presenza di un pesticida non è sinonimo di danno, ma neppure la mancata dimostrazione di un danno equivale automaticamente alla prova della sua innocuità.

È questa distinzione che deve guidare una comunicazione scientifica corretta.

La sicurezza alimentare si fonda sulla valutazione del rischio, mentre la conoscenza analitica permette di sapere quali sostanze siano effettivamente presenti in un alimento.

Per chi desidera ridurre ulteriormente l'esposizione a residui indesiderati, disporre di informazioni analitiche dettagliate rappresenta quindi una possibilità di scelta aggiuntiva.

Il capitolo successivo approfondirà una delle questioni più complesse della tossicologia moderna: gli interferenti endocrini e i possibili effetti combinati dell'esposizione a più pesticidi.

Fonti scientifiche e istituzionali

Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS)

Pesticide residues in food, 2022.

<https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/pesticide-residues-in-food>

Exposure to highly hazardous pesticides: a major public health concern, 2019.

<https://www.who.int/publications/i/item/WHO-CED-PHE-EPE-19.4.6>

OMS/FAO – Joint Meeting on Pesticide Residues

Pesticide residues in food: 2024 toxicological evaluations. Pubblicato nel 2026.

<https://www.who.int/publications/i/item/9789240123175>

Autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA)

Statement on the toxicological properties and maximum residue levels of acetamiprid and its metabolites, 2024.

<https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/8759>

Glifosato: nessuna area di preoccupazione critica; lacune nei dati identificate, 2023.

<https://www.efsa.europa.eu/it/news/glyphosate-no-critical-areas-concern-data-gaps-identified>

Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC)

Some Organophosphate Insecticides and Herbicides, Monograph Volume 112, 2017.

<https://publications.iarc.who.int/549>

National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS)

Parkinson's Disease – Environmental Factors and Pesticides.

<https://www.niehs.nih.gov/health/topics/conditions/parkinson>