

A blue tractor is shown from a low angle, spraying a fine mist of pesticides into the air. The tractor is positioned in the middle ground, with a dense green forested hill in the background. The foreground is filled with out-of-focus green foliage.

# **PESTICIDI: UNA PANDEMIA SILENZIOSA**

**Il lato oscuro della chimica verde**

# INDICE

|                                                                                      |                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| INTRODUZIONE .....                                                                   | Errore. Il segnalibro non è definito. |
| COSA SONO I PESTICIDI .....                                                          | 5                                     |
| BOX 1: PRINCIPALI CATEGORIE DI PESTICIDI E LORO MECCANISMO DI AZIONE .....           | 5                                     |
| USO DEI PESTICIDI IN NUMERI .....                                                    | 6                                     |
| PERCORSO DEI PESTICIDI NELL'AMBIENTE.....                                            | 6                                     |
| VIA COL VENTO .....                                                                  | 7                                     |
| DAL SUOLO ALLE FALDE ACQUIFERE .....                                                 | 7                                     |
| PERSISTENZA, BIODISPONIBILITÀ, BIOACCUMULO E BIOMAGNIFICAZIONE .....                 | 7                                     |
| I POPs.....                                                                          | 8                                     |
| IMPATTI DEI PESTICIDI SU AMBIENTE E SALUTE UMANA.....                                | 9                                     |
| AGRICOLTURA CHIMICA: TRA I FATTORI CHE PIÙ IMPATTANO SULLA BIODIVERSITÀ .....        | 9                                     |
| BOX 2 IL GLIFOSATO: UN VELENO LEGALIZZATO .....                                      | 13                                    |
| PESTICIDI DENTRO DI NOI: AGRICOLTORI, DONNE E BAMBINI I SOGGETTI PIÙ A RISCHIO ..... | 13                                    |
| PESTICIDI NEL CIBO .....                                                             | 14                                    |
| PESTICIDI NELL'ACQUA .....                                                           | 15                                    |
| SOLUZIONI: IL FUTURO DEL PIANETA È NELLE NOSTRE MANI.....                            | 16                                    |
| BIOLOGICO FA BENE A NOI E AL PIANETA.....                                            | 16                                    |
| DIETA SANA E SOSTENIBILE.....                                                        | 17                                    |
| COSA CHIEDIAMO AI GOVERNI .....                                                      | 20                                    |
| BIBLIOGRAFIA .....                                                                   | 22                                    |

TESTI : E. de Rysky

REVISIONE : E. Alessi, F. Ferroni , I. Pratesi

RINGRAZIAMENTI: Si ringrazia Franco Ferroni per la redazione del contributo su “COSA CHIEDIAMO AI GOVERNI”

WWF Italia, Aprile 2022



# INTRODUZIONE



© Day's Edge Productions / WWF-US

La nostra vita è pervasa dalla **chimica**. Ogni parte della nostra casa, degli oggetti che utilizziamo, dei prodotti che ogni giorno ci assistono, è fatta di chimica. Rilevante la sua presenza anche nella **filiera agroalimentare**: dai fertilizzanti agli agrofarmaci, dalle biotecnologie ai medicinali per animali da allevamento, dagli additivi alimentari agli aromi, fino ad arrivare alle materie plastiche.

In un secolo, la **popolazione mondiale** è passata da 1,5 miliardi nel 1900 a circa 8 miliardi nel 2022, con un tasso di crescita 3 volte maggiore rispetto all'intera storia dell'umanità. Con gli attuali tassi di crescita pari a circa 97 milioni all'anno<sup>1</sup>, si prevede che raggiungeremo i 9-10 miliardi entro il 2050<sup>2</sup>. La **produzione agricola** è stata alla base di questo incredibile sviluppo e crescita delle società umane.

Nel secolo scorso, la **relazione tra agricoltura e chimica** ha caratterizzato la cosiddetta "**Rivoluzione Verde**" dove in particolare i pesticidi, assieme ai fertilizzanti, hanno determinato una profonda mutazione, in un periodo molto breve di tempo, delle pratiche agronomiche tradizionali nell'intero comparto agricolo. Gli effetti di questa rivoluzione sono stati: l'incremento della produzione con una **crescita delle**

**rese** per ettaro coltivato, la **protezione delle colture** da parassiti e agenti patogeni, la diffusione della **meccanizzazione** con la trasformazione della pratica agricola in un settore di produzione industriale<sup>3,4</sup>. L'introduzione di questi **nuovi mezzi tecnici**, l'insieme di tutti i beni di consumo di cui l'azienda agricola ha potuto disporre per lo svolgimento di nuove pratiche agronomiche (es. i prodotti fitosanitari e i fertilizzanti di sintesi), ha indotto l'**abbandono di pratiche agronomiche tradizionali** virtuose e la perdita di saperi e competenze millenarie da parte degli agricoltori che, solo parzialmente, sono stati successivamente recuperati con lo sviluppo delle **pratiche agroecologiche** e la definizione dei disciplinari dell'agricoltura biologica.

È indiscutibile il contributo dei mezzi tecnici - resi disponibili dalla chimica industriale - alla diffusione dei modelli di produzione intensivi, mentre il loro apporto alla sicurezza alimentare è più controverso<sup>5,6</sup>. La diffusione dell'utilizzo di pesticidi e agrofarmaci ha destrutturato i sistemi produttivi locali tradizionali in molti Paesi, privando gli agricoltori della propria sovranità alimentare, causando spesso migrazioni di massa dalle campagne alle città, aumentando la dipendenza dell'alimentazione delle persone dai

**prodotti d'importazione** per favorire la produzione di materie prime agricole (le commodity) destinate all'esportazione. In Europa e in Italia, l'introduzione delle sostanze chimiche nei campi ha promosso la **separazione della zootecnia dall'agricoltura**, con lo sviluppo di **allevamenti senza terra, produzioni intensive** basate sull'uso di altri prodotti chimici, quali antibiotici e altri farmaci, responsabili dell'insorgere dei fenomeni di resistenza agli antibiotici. Negli ultimi anni, la diffusione dell'**antibiotico-resistenza** ha prodotto effetti deleteri sulla salute degli esseri umani e degli animali, a causa della perdita di efficacia delle terapie, con conseguente rischio di maggior gravità e diffusione delle malattie.

Oggi, a livello globale, **circa un terzo dei prodotti agricoli viene prodotto utilizzando pesticidi e agrofarmaci**, soprattutto colture importanti, come ad es. mele o uve, che ricevono dozzine di applicazioni di pesticidi l'anno<sup>7</sup>. Tuttavia, nonostante gli iniziali benefici produttivi e di biosicurezza, con il passare del tempo sono divenuti sempre più evidenti le gravi problematiche della "lotta chimica" alla natura, che rappresentano **il lato oscuro della "chimica verde"**<sup>4</sup>.

Diversi studi negli ultimi decenni hanno dimostrato come, una volta immessi nell'ambiente, **i pesticidi e i loro residui possano migrare e permanere nel suolo, nell'acqua e nell'aria e accumularsi negli organismi (bioaccumulo) e aumentare esponenzialmente la concentrazione lungo la catena alimentare (biomagnificazione), colpendo anche specie non bersaglio e contribuendo così alla perdita di biodiversità e all'alterazione di interi ecosistemi**<sup>3,8,9,10</sup>. Sono ormai ampiamente documentati da tempo anche i rischi per la salute umana legati all'utilizzo di pesticidi, che possono ritrovarsi nel cibo che mangiamo, nell'acqua che beviamo e nell'aria che respiriamo<sup>11,12,13</sup>.

I **danni** provocati da questi composti possono variare in relazione alla tipologia delle molecole considerate, alla loro quantità, alla compresenza di più principi attivi in miscele, ai contesti ambientali in cui tali molecole si disperdono e alla diversità degli organismi esposti. Sempre più frequente è l'insorgenza di **specie resistenti** e la crescita di infestazioni secondarie

legate all'uso massiccio di pesticidi<sup>14,15,16,17</sup> che, quindi, implicano il conseguente utilizzo di **dosi sempre maggiori** o di composti nuovi, andando ad alimentare un meccanismo a *feedback* positivo che inasprisce gli effetti negativi.

A livello globale abbiamo ormai **superato il "limite planetario" di sicurezza della biosfera e lo spazio operativo sicuro per l'umanità**, avendo immesso nell'ambiente **un cocktail di sostanze chimiche di sintesi**, dove i pesticidi hanno un ruolo importante, assieme agli antibiotici, altri farmaci e alla plastica, che pervadono tutto il Pianeta anche le zone più remote come l'Artico e l'Antartide, minacciando la stabilità degli ecosistemi da cui l'umanità stessa dipende<sup>18</sup>.

Oggi viviamo infatti in una realtà estremamente complessa, in cui **tutto è interconnesso**. Uomo, piante e animali condividono lo stesso Pianeta, gli stessi ecosistemi e le stesse risorse, dipendendo gli uni dagli altri. Risulta, quindi, estremamente chiaro come lo sfruttamento insostenibile degli ecosistemi, l'inquinamento della natura minaccino il benessere di tutti noi. Ecosistemi sani garantiscono infatti un maggiore benessere delle comunità umane e maggiori opportunità di sviluppo, ma anche una minore vulnerabilità e una maggiore resilienza dei territori.

Il WWF promuove l'approccio **One Planet Health**, un metodo integrato che **riconosce questa stretta relazione tra uomo e natura e la necessità di mettere in atto azioni coordinate fra diversi settori per proteggere la nostra salute e quella degli ecosistemi**. Comprendere e promuovere l'approccio One Health è oramai essenziale per garantirci un futuro più equo, responsabile e sostenibile, in linea con l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile e relativi Obiettivi (SDGs).

**L'unico modo per garantirci un futuro sul Pianeta**, in equilibrio con la ricchezza di vita che ospita, è aumentare gli sforzi di conservazione della natura e al contempo **ridurre gli impatti dei nostri stili di vita**. Per farlo è necessario un cambio di rotta, per avere **diete sane da ecosistemi sostenibili**.



# COSA SONO I PESTICIDI

La parola *pesticidi* è la traduzione del termine inglese *pesticides*. In Italia, il termine “**pesticidi**” è comunemente usato come sinonimo di **fitofarmaci** o prodotti fitosanitari, terminologia volta a sottolinearne la funzione “curativa” per l’agricoltura. I pesticidi, in pratica, sono microrganismi o sostanze chimiche (naturali e prodotte industrialmente) utilizzati in agricoltura per **eliminare tutto ciò che danneggia le piante coltivate** e compromette la produttività del terreno e la qualità del raccolto. Comprende anche prodotti come i biocidi, che non sono destinati all’uso su piante ma servono a debellare organismi nocivi e portatori di malattie come insetti, ratti e topi. I **fertilizzanti** non sono invece pesticidi ma sostanze utilizzate in agricoltura per arricchire il terreno di elementi nutritivi (ad es., azoto, fosforo, potassio) essenziali alla **crescita dei vegetali**.

Esistono molti tipi di pesticidi, a seconda dell’organismo contro cui sono usati: gli **insetticidi**, che agiscono contro insetti nocivi per le colture, per l’uomo o gli animali domestici;

i **fungicidi**, che contrastano le malattie causate da funghi; i **diserbanti** (o **erbicidi**), utilizzati contro le erbe infestanti; i **molluschicidi**, **nematocidi**, **acaricidi** utilizzati per eliminare rispettivamente molluschi terrestri (ad es., le lumache), vermi nematodi del terreno e acari; **anticrittogamici** per contrastare le malattie prodotte da batteri, muffe e alghe.

Ognuna di queste categorie include **diverse sostanze o principi attivi**, appartenenti a varie classi chimiche, che agiscono con meccanismi diversi e a cui sono generalmente aggiunte altre sostanze (chiamate co-formulanti) utili ad es. per sciogliere più facilmente i composti nell’acqua (emulsionanti), per conservarne la stabilità ed efficacia (additivi) o per migliorarne la penetrazione nell’organismo bersaglio (coadiuvanti). Si hanno così **diverse centinaia di formulazioni** di cui non sempre si conosce bene il contenuto e i possibili effetti sull’ambiente e sulla salute.

La **regolamentazione europea** dei pesticidi ha una lunga tradizione ed è fra le più articolate e complete a livello mondiale: sono circa **450 le sostanze attive approvate** per l’utilizzo, su oltre 1.460 principi attivi, appartenenti a circa 20 categorie diverse.

## BOX 1: PRINCIPALI CATEGORIE DI PESTICIDI E LORO MECCANISMO DI AZIONE

- **Composti inorganici**

Sono i pesticidi più antichi e la maggior parte è considerata ormai superata dai composti organici. Il principale meccanismo di azione è a livello cellulare (es. alterazione omeostasi). Esempi sono il solfato di rame (poltiglia bordolese), gli ossicloruri e idrossidi di rame etc.

- **Composti di origine naturale**

A questa categoria appartengono i neonicotinoidi, le piretrine e il rotenone. I primi due agiscono sul sistema nervoso degli insetti (come le api), il terzo danneggia il DNA delle cellule.

- **Organoclorurati**

Sono tra i pesticidi più utilizzati, tra i primi si ricorda il DDT, utilizzato diffusamente fino agli anni ‘70, poi sostituito con altri composti di sintesi come ad es. l’aldrin, il lindano etc. Queste sostanze agiscono principalmente sul sistema nervoso o sulla fotosintesi.

- **Organofosforici**

Appartengono a questa categoria il glifosato, il parathion, il malathion etc. Sono sostanze che hanno la capacità di penetrare nella pianta (pesticidi sistemici) e agire poi sul sistema nervoso degli insetti e di molte altre specie animali (uccelli, pesci e mammiferi).

- **Derivati ureici e carbammici**

Appartengono a questa categoria i carbammati e i loro derivati che hanno capacità sistemica e agiscono sul sistema nervoso degli insetti impedendo la trasmissione delle sinapsi neuronali.

- **Composti azotati**

Appartengono a questa categoria le triazine, tra cui l’erbicida più pericoloso è l’atrazina. Agiscono inibendo la fotosintesi.

- **Acidi carbossilici**

Sono erbicidi che mimano l’ormone della crescita (l’acido indolacetico), interferendo così con lo sviluppo delle piante infestanti. Fanno parte di questa categoria ad es. l’acido acetico e pelargonico.

- **Derivati cumarinici**

Sono sostanze utilizzate principalmente per la lotta contro i roditori, causano emorragie interne. Appartengono a questa categoria prodotti come ad es. Dicumarolo e il Warfarin.

# USO DEI PESTICIDI IN NUMERI



© Rob Webster / WWF

Globalmente l'uso di pesticidi è aumentato di oltre il 50% dal 1990, passando **da 1,8 a 2,7 kg per ettaro** di area coltivata<sup>19</sup>. Solo nel 2019, nel mondo, sono state utilizzate circa **4,2 milioni di tonnellate di pesticidi**, equivalenti a circa **0,6 kg a persona**<sup>19,20</sup>. I carbammati e gli organofosforici sono i pesticidi più usati<sup>21</sup>.

In **Europa**, sebbene l'uso di pesticidi in agricoltura sia aumentato meno rispetto ai Paesi di altri continenti (il 3% di incremento tra gli anni '90 e il 2010), **nel 2019** ne sono state usate **500mila tonnellate**<sup>1</sup>. I Paesi europei, con 1,4 milioni di tonnellate nel periodo 1990-2019, oltre un terzo del totale mondiale, sono però **grandi esportatori di pesticidi** nel mondo<sup>19</sup>. I pesticidi più venduti sono fungicidi e battericidi, seguiti da erbicidi, insetticidi e acaricidi<sup>22</sup>.

**L'Italia è quarta in UE per la vendita di pesticidi**, dopo Germania, Spagna e Francia. Da soli, questi quattro Paesi rappresentano circa l'80% del totale dei pesticidi venduti, ma sono anche i **principali produttori agricoli dell'Ue**, possedendo complessivamente il 46% della superficie agricola totale utilizzata e il 47% del totale delle terre coltivabili.

**L'Italia è anche al sesto posto nella top ten mondiale dei Paesi che utilizzano più pesticidi**, con 114.000 tonnellate l'anno di circa 400 sostanze diverse<sup>23</sup>, a cui vanno aggiunte alcune ormai bandite che possono tuttavia rappresentare ancora criticità a causa della persistenza nell'ambiente.

## PERCORSO DEI PESTICIDI NELL'AMBIENTE

**Solo tra lo 0,1 e il 5% del pesticida applicato raggiunge l'organismo bersaglio**, mentre **oltre il 50% si perde** per varie cause (es. correnti d'aria, deflusso, percolazione, volatilizzazione), contaminando l'ambiente<sup>24</sup>. La **deriva delle sostanze di sintesi**, alcune delle quali **altamente pericolose**, rappresenta un grave problema: i pesticidi aspersi sui campi possono **diffondersi nell'ambiente** penetrando nel **sottosuolo** e venendo **trasportati dall'acqua** (superficiale e sotterranea) e **dall'aria** con i venti, o

<sup>1</sup> FAOSTAT, 2021.

evaporando per poi ritornare nel suolo e nell'acqua attraverso la pioggia<sup>25,26,27</sup>.

Le **proprietà chimico-fisiche** dei pesticidi influiscono sul rischio di **diffusione indesiderata** nell'ambiente o sulla loro **degradazione**. Ad es., la **volatilità** delle sostanze determina quanto di un pesticida evaporerà nell'atmosfera durante e dopo l'applicazione, influenzando anche sul rischio di diffusione su una vasta area.

L'**idrosolubilità** e la **capacità di adsorbimento** (ossia di legarsi alle particelle del suolo) influiscono sul rischio che i composti finiscano nelle acque superficiali e sotterranee o vengano trattenute nel suolo, raggiungendo siti/organismi non bersaglio<sup>28,29</sup>. Le proprietà chimico-fisiche agiscono anche sulla **degradazione** nell'ambiente, che può avvenire per azione di **microorganismi**, oppure per **reazioni chimiche** con altre componenti ambientali o con la **luce**, determinando la produzione anche di nuove sostanze chimiche che possono comportarsi diversamente dai composti originari<sup>30,31</sup>. La frazione dei pesticidi che rimane non degradata porta a **residui** che si possono trovare praticamente ovunque, inclusa l'atmosfera<sup>32</sup>, il suolo e l'acqua<sup>33</sup>, la pioggia<sup>34</sup> persino nelle regioni più remote del Pianeta, come l'Antartide<sup>35</sup>.

## VIA COL VENTO

In agricoltura, i pesticidi utilizzati **non vanno mai a finire al 100% a destinazione**: tra l'1% e il 25% della quantità utilizzata viene solitamente persa a causa del vento e delle fuoriuscite dagli applicatori<sup>36,37,38,39</sup>. Inoltre, fino al 10% della quantità aspersa può evaporare dal suolo e dal raccolto<sup>40,41,42</sup>. Il fattore più determinante è la **velocità del vento** al momento dell'irrorazione: un aumento di pochi metri al secondo può raddoppiare la quantità di pesticida portata via.

Una volta nell'aria, i pesticidi vengono principalmente adsorbiti sulle particelle di aerosol atmosferico, rimanendo stabili nell'atmosfera<sup>43</sup>, il trasporto con il vento può comportarne la dispersione su ampio raggio<sup>44,45</sup>. Per esempio, i pesticidi usati in nord Africa, anche quelli già vietati da anni negli Stati Uniti, sono stati trovati nei Caraibi e gli Stati Uniti meridionali avendo viaggiato nell'atmosfera legati alla polvere<sup>46</sup>. Pesticidi organoclorurati, IPA (idrocarburi policiclici aromatici) e PCB e (policlorobifenili) sono stati ritrovati nelle masse d'aria che si muovono sul Mediterraneo<sup>47</sup>.

Inoltre, la volatilità dei pesticidi costituisce un rischio importante di **inquinamento atmosferico delle**

**grandi città, nei pressi di scuole, residenze, siti ecologicamente sensibili**<sup>27,48,49,50,51,52</sup>.

## DAL SUOLO ALLE FALDE ACQUIFERE

Secondo la FAO, **non esiste al mondo un terreno che non sia contaminato da un qualche agente potenzialmente inquinante**<sup>53</sup>.

I pesticidi possono muoversi come **composti disciolti in acqua** o **legati alle particelle del terreno** in erosione, finendo in **fiumi, laghi, zone umide o acque sotterranee** attraverso il deflusso superficiale (*run-off*) e la percolazione, con effetti anche molto gravi su ambienti che forniscono invece importanti servizi ecosistemici alle specie selvatiche, l'uomo e l'ambiente<sup>54,55,56</sup>.

La velocità del passaggio attraverso il suolo è determinata dalle proprietà del pesticida, del suolo e dalle condizioni ambientali prevalenti<sup>57,58,59</sup>. Una volta nel sottosuolo, i pesticidi possono contaminare le **falde acquifere da cui preleviamo l'acqua potabile**<sup>60</sup>, con enormi rischi per i microorganismi che le popolano e per l'uomo, perché può esserne compromessa la salubrità.

## PERSISTENZA, BIODISPONIBILITÀ, BIOACCUMULO E BIOMAGNIFICAZIONE

La **persistenza** è definita come il tempo di permanenza di un principio attivo in un comparto ambientale<sup>ii</sup>. È influenzata soprattutto dalle caratteristiche chimico-fisiche della sostanza attiva (es. solubilità in acqua e in matrici grasse)<sup>61</sup>. Hanno la maggiore persistenza le sostanze con una **alta capacità di adsorbimento al suolo** e quelle con un **lento tasso di degradazione**, mentre per esempio quelle con scarsa capacità di legarsi al suolo si diffondono più facilmente<sup>62,63,64,65</sup>. Anche le **proprietà del suolo** (es. granulometria, sostanza organica, umidità) e la sua **biodiversità** (microflora e invertebrati) hanno un ruolo chiave nel determinare il destino dei pesticidi<sup>66,67,68,69</sup>.

**Difficilmente**, infatti, i **pesticidi rimangono immobili e intatti** nelle cavità microscopiche e profonde del suolo, nell'acqua o nell'aria, perché vengono in contatto con organismi, con altre sostanze e con la luce, tutti agenti che possono modificarne e/o degradarne i principi attivi e additivi, **generando metaboliti** diversi dal composto originario, i quali possono **anche diventare più tossici**<sup>70,71,72,73,74</sup>. La

<sup>ii</sup> Allegato VI della Direttiva 91/414/CEE del Consiglio europeo.



**degradazione biologica** ad opera di batteri e funghi è la forma più comune di decomposizione dei pesticidi in natura<sup>75</sup>: una **riduzione della biodiversità del suolo può comportare bassi tassi di biodegradazione**.

Alcuni studi evidenziano come anche il **riscaldamento globale** stia avendo un ruolo importante nel determinare l'alterazione dei composti chimici nell'ambiente perché accelera i tassi di reazione microbica e chimica, soprattutto nelle regioni tropicali<sup>76,77</sup>.

Il trasporto e le modificazioni/degradazioni dei pesticidi nell'ambiente, assieme alle caratteristiche chimico-fisiche dei composti stessi, determinano la loro **biodisponibilità**<sup>78,79,80,81</sup> ossia la **frazione** di un composto tossico, presente nell'ambiente, che può essere **assorbita da un organismo**<sup>82</sup>.

Una sostanza biodisponibile che viene in contatto con un organismo può (bio-)accumularsi all'interno di esso. Il **bioaccumulo** è il risultato dell'assunzione di contaminanti, presenti nell'acqua e nel cibo, e della loro ritenzione all'interno degli organismi in concentrazioni maggiori di quelle ambientali. Bioaccumulano facilmente le sostanze con elevata **lipoaffinità** (capacità di legarsi alle matrici grasse) e **resistenza** alla degradazione biologica<sup>83</sup>. Il termine bioconcentrazione è utilizzato per gli organismi acquatici, con riferimento all'assorbimento dall'acqua.

Una sostanza che si bioaccumula può anche **biomagnificare**, cioè aumentare esponenzialmente la sua concentrazione man mano che si sale lungo la catena alimentare<sup>84</sup> incrementando fino a 70.000 volte la concentrazione iniziale tra preda e predatore.

## I POPs

Molte sostanze organiche di sintesi utilizzate nei pesticidi sono persistenti nell'ambiente e vengono definite **contaminati organici persistenti** (Persistent Organic Pollutants, **POPs**). I POPs sono **resistenti alla degradazione chimica e biologica e persistono nelle matrici ambientali per molto tempo**<sup>85,86</sup>. Pur essendo spesso poco volatili, i POPs sono trasportati in atmosfera per centinaia e migliaia di chilometri seguendo il movimento delle masse d'aria<sup>27</sup> e il loro destino è spesso l'accumulo nelle zone più fredde del globo<sup>87,88,89</sup>.

I POPs sono composti altamente **bioaccumulabili** negli organismi perché sono liposolubili e possono **biomagnificare** lungo la catena alimentare, raggiungendo concentrazioni pericolose anche nell'uomo<sup>90,91,92</sup>. Diversi studi hanno dimostrato come l'esposizione prolungata a questi inquinanti possa indurre effetti dannosi su crescita, sviluppo e metabolismo degli organismi<sup>92</sup>.

La storia dei POPs ha inizio con lo sviluppo dell'industria della chimica organica durante la prima parte del XX secolo, quando vennero sintetizzate e utilizzate massicciamente sostanze organoclorurate come i policlorobifenili (PCBs) nei pesticidi per la lotta chimica alle epidemie e la difesa delle colture. Pesticidi come il DDT e altri clorurati (es. aldrin, dieldrin, clordano e mirex) furono molto utilizzati in Europa e nord America fino a quando, a partire dagli anni '60-'70, le prime evidenze scientifiche dimostrarono la loro persistenza e tossicità su animali e uomo (con effetti sul sistema riproduttivo, immunitario ed epatico, malformazioni e tumori), motivo che ne ha determinato la progressiva messa al bando dalla Convenzione di Stoccolma nel 2001 e diversi altri provvedimenti a seguire<sup>93,94,95,96,97</sup>.

Proprio per la loro elevata persistenza nell'ambiente, esiste una **“coda lunga” dei POPs**: ancora oggi è possibile trovare pesticidi banditi da decenni, come il DDT, nel suolo, nelle acque, negli animali, nel cibo e nell'uomo. Un'analisi di campioni di suolo raccolti nei paesi dell'UE ha riportato come oltre **l'80% dei campioni contenga almeno un residuo di pesticida** e come tra i più frequenti ci sia proprio il DDT<sup>33</sup>. Secondo l'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA), il DDT (o i suoi metaboliti) è ancora molto presente nel Mar Mediterraneo e nei suoi pesci, comprese molte specie edibili<sup>98</sup>. Inoltre, sempre da uno degli ultimi controlli a livello europeo sui residui di pesticidi è emerso come le **sostanze più frequenti negli alimenti di origine animale siano ancora vecchi pesticidi POP** (es. DDT, HCB e dieldrin)<sup>99</sup>. In Italia, tracce di POPs come PCBs, dibenzofurani, diossine e DDE (il principale metabolita del DDT) sono state ritrovate in frutta, verdura, piante aromatiche e prodotti lattiero-caseari<sup>100,101</sup>. Anche nelle acque italiane, residui di DDT vengono ancora frequentemente rinvenuti<sup>102</sup>.



# IMPATTI DEI PESTICIDI SU AMBIENTE E SALUTE UMANA



La **produzione alimentare dovrà aumentare**, del 70% secondo la FAO, per sfamare una popolazione prevista di 8,6 miliardi entro il 2030 e ancora di più per i 9,77 miliardi previsti nel 2050 e gli 11 miliardi nel 2100, mettendo la produzione agricola sotto forte pressione<sup>103</sup>. Questo obiettivo, senza un cambio sostanziale di paradigma della produzione alimentare, **comporterà un maggiore utilizzo di pesticidi: si prevede** nei prossimi anni un incremento di circa **3,5 milioni di tonnellate**<sup>104</sup>, quantità che potrebbe essere una sottostima, se pensiamo all'aumento anche di altre materie prime agricole non alimentari che possono implicare - direttamente o indirettamente - l'utilizzo di pesticidi, come per esempio, colture tessili (cotone, lino, canapa) e produzione di mangimi.

Sono già oggi numerose le evidenze scientifiche che dimostrano come residui di pesticidi **persistano** nell'ambiente, possano arrivare in luoghi anche molto **distanti** dal punto di applicazione e possano causare **danni** a interi ecosistemi e all'uomo<sup>8,33,93,105,106,107,108,109</sup>. Residui di pesticidi vengono trovati anche nel cibo che portiamo in tavola ogni giorno, nell'aria che respiriamo e nelle acque che beviamo e dove ci bagniamo e si possono accumulare dentro di noi<sup>11,12,13</sup>.

I principali effetti negativi indesiderati dei pesticidi sono legati proprio alle loro caratteristiche costitutive:

- persistenza nelle matrici ambientali;
- bioaccumulo e biomagnificazione nei tessuti biologici;
- tossicità a largo spettro in grado di distruggere indistintamente molte specie anche non bersaglio<sup>110</sup>;
- effetti a lungo termine, sull'ambiente, sui servizi ecosistemici<sup>10,111,112,113</sup> e sulla salute umana<sup>114</sup>.

**L'inquinamento da pesticidi è così pervasivo e persistente da poter essere considerato come una pandemia silenziosa che non risparmia nessuno e contro la quale dobbiamo agire subito promuovendo una autentica transizione ecologica dell'agricoltura.**

## AGRICOLTURA CHIMICA: TRA I FATTORI CHE PIÙ IMPATTANO SULLA BIODIVERSITÀ

Oggi siamo nel mezzo di una grave crisi della biodiversità. Secondo i dati dell'IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) il 25% delle specie animali e vegetali è minacciato, circa **1 milione di specie animali e vegetali**, come non si era mai verificato nella storia dell'umanità, **rischiano l'estinzione**. Molte potrebbero scomparire fra pochi decenni<sup>115</sup>.

Nonostante l'agricoltura dipenda enormemente dalla biodiversità e dai servizi che essa fornisce (come l'impollinazione animale, la ritenzione idrica e fertilità dei suoli)<sup>116</sup>, **l'agricoltura con l'uso di sostanze chimiche è una delle maggiori cause della perdita di biodiversità**<sup>117,118</sup>.

### Perdita di impollinatori

Si stima che solo lo **0,1-5% circa dei pesticidi raggiunge gli organismi bersaglio**, mentre gran parte colpisce altri organismi non bersaglio<sup>119</sup>, con il rischio che intere popolazioni di specie, intere comunità ed ecosistemi vengano gravemente impattati<sup>120</sup>. L'uso di pesticidi provoca la **perdita diretta di insetti impollinatori e di conseguenza la perdita indiretta delle colture per la mancanza di adeguata impollinazione**<sup>121,122,123</sup>. Si stima che senza impollinatori, **un terzo delle specie di piante da fiore non produrrebbe semi e la metà subirebbe una riduzione dell'80% o più della fertilità**<sup>124</sup>, con conseguente riduzione delle varietà (genetiche) e delle quantità coltivate<sup>125,126</sup>, nonché di una futura incertezza per l'alimentazione a livello globale<sup>127</sup>. Questo perché **87 delle 115 principali colture alimentari mondiali (più del 75%) dipendono dall'impollinazione di insetti o animali** (es. api, bombi, vespe e farfalle), un contributo all'agricoltura del valore di 200 miliardi di dollari all'anno<sup>iii</sup>.



### Perdita di biodiversità nel suolo

Anche gli impatti dell'agricoltura sugli organismi del **suolo** sono ormai noti da tempo<sup>128,129</sup>. Secondo l'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), **un terzo del suolo italiano è degradato** e ogni anno se ne perdono circa 50 km<sup>2</sup> a causa dell'urbanizzazione e dell'agricoltura intensiva<sup>130</sup>. **Per formare un centimetro di suolo fertile ci possono volere anche 1000 anni, mentre per distruggere irrimediabilmente un campo**

**bastano pochi decenni di attività agricole non sostenibili**. Il suolo è quindi una risorsa non rinnovabile fondamentale per la nostra stessa sopravvivenza. I **suoli** sono tra gli ecosistemi più complessi e ricchi di biodiversità sulla Terra, contenenti quasi **un quarto della biodiversità del Pianeta**<sup>131</sup>. Una manciata di terreno può contenere anche **10 miliardi di organismi appartenenti a oltre 5.000 taxa**<sup>132</sup>. Questa elevata biodiversità (es. funghi, batteri e invertebrati) svolge molte funzioni importanti che sono fondamentali anche per l'agricoltura: contribuisce al ciclo dei nutrienti, al mantenimento della struttura del suolo, alla trasformazione del carbonio e aiuta anche a regolare le malattie<sup>133,134,135</sup>.



### Perdita di piccoli predatori

Meno noti sono gli impatti dei pesticidi sui molti predatori che vivono strettamente legati alle piante. **Piccoli predatori, come coccinelle, coleotteri, libellule e ragni** sono fortemente impattati dai pesticidi perché esposti direttamente al contatto con le piante trattate e perché vengono a mancare le loro prede, che sono proprio il bersaglio dei pesticidi<sup>136,137,138,139,140,141,142</sup>. Questi animali svolgono importanti funzioni per l'agricoltura perché essendo nella stragrande maggioranza predatori entomofagi, mangiatori di insetti spesso nocivi, rappresentando eccellenti sostituti naturali dei pesticidi chimici.



<sup>iii</sup> UNEP, 2020.



## Perdita di anfibi e rettili

Il report WWF<sup>143</sup> sugli effetti dei pesticidi sull'**erpetofauna di piccola taglia** (anfibi e rettili) riporta gli effetti negativi, soprattutto subletali, dovuti all'esposizione ambientale, una delle principali minacce per questi organismi. Componenti importantissimi degli ecosistemi, rettili e anfibi sono veri e propri alleati delle nostre produzioni agricole: predando roditori, insetti e altri invertebrati spesso vettori di malattie per le coltivazioni, contribuiscono a ridurre la diffusione di zanzare, pulci e zecche, e costituiscono a loro volta una importante fonte di cibo per molti animali. Inoltre, anfibi e rettili, per le loro caratteristiche biologiche ed ecologiche, sono ideali "bioindicatori" ossia organismi utili per valutare le variazioni nella qualità dell'ambiente.

## Perdita di uccelli

Già nel 1962, la biologa Rachel Carson affermava che ci fosse una correlazione tra la scomparsa degli uccelli e l'utilizzo di pesticidi nel suo libro "**Primavera silenziosa**". La primavera sarebbe stata silenziosa perché priva di uccelli e insetti. Gli effetti diretti dell'impatto dei pesticidi sugli uccelli (granivori, insettivori, carnivori ecc.) possono essere causati da diversi tipi di esposizione: ingestione di semi trattati, di tessuti vegetali o prede contaminate, assunzione di acqua contaminata, esposizione diretta durante l'irrorazione delle colture. L'esempio di **effetto diretto** più noto è quello che il DDT e il suo metabolita DDE causarono sui rapaci determinando l'assottigliamento del guscio delle uova e una conseguente elevata perdita di covate. Oltre ad altri effetti tossici letali e sub-letali diretti, sono rilevanti anche gli **effetti indiretti**, come la riduzione di risorse alimentari per le specie granivore per l'applicazione di erbicidi, riduzione di artropodi per le specie insettivore per l'utilizzo di insetticidi, perdita di essenze vegetali che ospitano e attirano insetti, riduzione della copertura vegetazionale con quindi una minore disponibilità di materiale utile alla costruzione dei nidi e maggiore esposizione a eventi meteorici e ai predatori<sup>144, 145, 146, 147, 148, 149</sup>.



## Perdita di mammiferi

Molti mammiferi e i rapaci non sono sottoposti agli effetti diretti dei pesticidi ma sono spesso affetti da 'intossicazione secondaria'. Per esempio, molti predatori di roditori, come donnole e volpi vedono ridursi il cibo a disposizione, perché abbattuto dai pesticidi, e quello che trovano è contaminato<sup>150, 151, 152</sup>. Perfino grandi predatori come ad es. gli orsi polari sono esposti ai pesticidi nonostante vivano molto distanti da zone coltivate per effetto del trasporto aereo e della biomagnificazione lungo la catena alimentare, arrivando così ad avere elevati livelli di pesticidi nel sangue<sup>153, 154, 155, 156</sup>.



## Danni alla biodiversità acquatica

Oltre agli impatti sulla biodiversità terrestre, i **pesticidi causano danni anche alla biodiversità**

**acquatica**<sup>157,158,159,160</sup> maggiormente esposta a miscele di pesticidi, essendo gli ambienti acquatici dei **collettori di tutte le sostanze chimiche** dai campi<sup>161</sup>.

Uno dei più recenti report dell'UE sulla presenza di pesticidi nelle acque riporta che **il 5-15% dei corpi idrici europei contiene livelli di pesticidi**, soprattutto erbicidi e insetticidi, **oltre i limiti consentiti**. Per le acque sotterranee, le percentuali sono di circa il 7% per gli erbicidi e inferiori all'1% per gli insetticidi<sup>162</sup>. Nel rapporto nazionale sui pesticidi nelle acque di ISPRA, **il 77% delle acque superficiali italiane e il 35,9% di quelle sotterranee sono contaminate da residui di pesticidi**<sup>102</sup>, soprattutto erbicidi come il glifosato e il suo metabolita AMPA (vedi BOX 2) ma anche sostanze oramai bandite da tempo, come l'atrazina. Nel 2019, **le concentrazioni di pesticidi hanno superato i limiti previsti dalle normative nel 25% dei siti di monitoraggio per le acque superficiali** e nel 5% di quelli per le acque sotterranee<sup>23</sup>.

Negli anni, **numerosi eventi di mortalità in massa di pesci** si sono verificati diverse volte in aree di deflusso agricolo dove i pesticidi sono stati utilizzati massicciamente e in alcuni casi illegalmente<sup>163,164,165</sup> e diversi studi dimostrano come concentrazioni di pesticidi anche al di sotto dei livelli di LC50

(concentrazione letale per il 50% degli individui) possano alterare i parametri fisiologici e comportamentali nei pesci, interferire con il loro sistema nervoso e immunitario, o causare alterazioni istopatologiche ed avere effetti genotossici<sup>166,167,168,169,170</sup>. Questi impatti si verificano sia sui pesci di acqua dolce sia marini<sup>171,172</sup>, e in alcuni casi **la contaminazione acquatica dei pesticidi ha pervaso l'intera catena alimentare artica e tropicale**<sup>173,174,175</sup>.

Ulteriore preoccupazione è legata alla presenza di pesticidi nei pesci allevati per il consumo umano, i quali possono essere contaminati anche attraverso i residui di pesticidi nei mangimi<sup>176,177,178,179</sup>.

Ogni organismo ha la sua funzione utile all'equilibrio naturale, fornendo importanti servizi ecosistemici che sono fondamentali anche per la nostra sopravvivenza (dal controllo delle pesti alla potabilità dell'acqua e fertilizzazione del suolo) e che la chimica non può sostituire.

Gli effetti dei pesticidi sulla biodiversità, sebbene siano più difficili da valutare e quantificare<sup>9,150</sup>, sono ormai evidenti e richiedono urgentemente un'inversione di marcia verso modelli di 'agricoltura compatibili con la conservazione della biodiversità.



© WWF-Spain / J.C. del Olmo



## BOX 2 IL GLIFOSATO: UN VELENO LEGALIZZATO

Il glifosato è un pesticida diserbante organofosforico non selettivo (in grado di sterminare indiscriminatamente qualunque organismo vegetale sul quale viene impiegato) tra i più utilizzati al mondo, presente in oltre 750 formulati.

Numerosi studi dimostrano che il glifosato è una sostanza ad **elevata tossicità ambientale** capace di alterare la funzionalità degli ecosistemi e degli habitat naturali e **ridurre drasticamente la biodiversità**<sup>140,180,181,182,183</sup>.

Il rapporto ISPRA sui pesticidi nelle acque italiane evidenzia che le sostanze più diffuse sono proprio il glifosato e il suo metabolita AMPA<sup>102</sup>, dimostrando la sua persistenza in ambiente<sup>184</sup>.

Ad accendere il dibattito su questo composto è stata la valutazione di **cancerogenicità** espressa nel 2015 dalla IARC (International Agency for Research on Cancer), organo dell'OMS tra le massime autorità in campo oncologico<sup>185</sup>. È stata, infatti, riscontrata una forte correlazione epidemiologica tra l'esposizione al glifosato e il linfoma non-Hodgking<sup>186</sup>. Alcuni studi riportano anche un'azione del glifosato come **interferente endocrino**<sup>187,188</sup>, con particolare apprensione verso i **bambini**<sup>243</sup>.

In Europa è stato **approvato fino al 15 dicembre 2022**, ma nel 2019 è stato richiesto il rinnovo dell'approvazione. La Commissione europea, l'EFSA e l'ECHA (Agenzia europea per le sostanze chimiche) stanno effettuando le valutazioni per il rinnovo, la classificazione e l'etichettatura di questa sostanza. I risultati delle consultazioni verranno pubblicati nella seconda metà del 2022.

**Secondo il principio di precauzione per la tutela della salute dell'ambiente e umana è necessario il divieto definitivo e permanente della produzione, commercializzazione e dell'utilizzo di tutti i prodotti fitosanitari a base di questo erbicida.**

## PESTICIDI DENTRO DI NOI: AGRICOLTORI, DONNE E BAMBINI I SOGGETTI PIÙ A RISCHIO

**9 milioni di morti premature** si verificano ogni anno a causa dell'inquinamento da pesticidi, plastica e rifiuti elettronici<sup>189</sup>.

I pesticidi sono tra le **9 sostanze prioritarie** contenute nel programma europeo di biomonitoraggio sull'esposizione umana agli inquinanti chimici e sui loro potenziali impatti sulla salute<sup>190</sup>. L'**esposizione** umana ai pesticidi può avvenire sia attraverso il **contatto diretto** (sulla pelle o inalato), sia indiretto attraverso il **cibo o l'acqua**<sup>11,12,191,192</sup>.

Tutte queste vie di esposizione umana alle sostanze chimiche usate in agricoltura possono causare effetti sia acuti sia cronici<sup>13,191</sup>, colpendo ad es. il **sistema cardiovascolare**<sup>193,194</sup>, **nervoso**<sup>195,196,197</sup>, **polmonare**<sup>198,199</sup>, **endocrino**<sup>200</sup> e **riproduttivo**<sup>201,202,203</sup>, come anche l'apparato **digerente** e il **sistema epatico**<sup>204,205,206</sup>. Inoltre, è stato anche osservato come molti composti nei pesticidi siano **cancerogeni, mutageni e teratogeni**<sup>207,208,209,210</sup>. **Gli effetti a lungo termine dovuti ad esposizioni croniche anche a basse dosi si possono verificare anche molto tempo dopo l'esposizione**<sup>211,212,213,214,215</sup> e **si possono trasmettere di generazione in generazione**<sup>216,217</sup>.

**Ogni anno nel mondo si verificano 385 milioni di casi di avvelenamento** acuto non intenzionale da pesticidi che causano circa **11.000 decessi**<sup>109</sup>, soprattutto nei lavoratori agricoli e nei bambini dei Paesi in via di sviluppo<sup>218,219</sup>.

**Le persone più a rischio di esposizione ed effetti gravi sono proprio gli stessi lavoratori agricoli, ma anche le donne in gravidanza e i bambini**<sup>220,221,222,223,224,225</sup>, nei quali si possono verificare effetti negativi anche a dosi infinitesimali.

L'insorgenza di malattie gravi con l'esposizione cronica dei lavoratori agricoli è stata evidenziata da numerosi studi<sup>223,220,226</sup>. Secondo un recente report **il 44% di tutti i lavoratori agricoli nel mondo soffre di almeno un avvelenamento all'anno**, più di **4 agricoltori su 10 al mondo hanno problemi acuti di salute legati all'utilizzo dei pesticidi**<sup>109</sup>. In Europa gli episodi di avvelenamento acuto negli agricoltori sono 1,6 milioni l'anno, mentre nei Paesi in via di sviluppo questo numero è molto più elevato<sup>109</sup>. Anche in Italia diversi studi sulla mortalità degli agricoltori rispetto ai lavoratori di altre categorie industriali hanno evidenziato che ci sono maggiori livelli di rischio per i lavoratori e le lavoratrici del settore agricolo, rispetto a tutte le altre cause di decesso<sup>227</sup>.

Inoltre, gli stessi lavoratori agricoli possono rappresentare un veicolo di esposizione per tutti i membri della famiglia, soprattutto attraverso le polveri residue<sup>228,229,230,231,232,233</sup>. Uno studio recente ha rilevato che nell'UE **la polvere nelle camere da letto delle zone rurali contiene residui di pesticidi**<sup>234</sup>.

Tutti i campioni sono stati contaminati con una media di 8 pesticidi con un massimo di 23 residui di pesticidi. **L'Italia**, dopo il Belgio, è il Paese dove è stato rilevato il numero maggiore (13) di principi attivi di pesticidi per campione, mentre è quarta tra gli Stati europei dove sono state rilevate le maggiori concentrazioni di pesticidi nei campioni.

In generale le persone, soprattutto i bambini, che vivono in una fattoria o in prossimità di campi coltivati hanno dei livelli di residui dei pesticidi nelle urine più alti rispetto a chi vive più lontano dai terreni agricoli<sup>235,236,237</sup>. Infatti, diverse malattie respiratorie nei bambini sono state collegate all'esposizione ai pesticidi nell'aria<sup>238,239,240</sup>.

**I bambini sono più sensibili** alle sostanze chimiche poiché la maggior parte dei loro organi e funzioni fisiologiche sono in fase di sviluppo, come ad esempio il loro **sistema immunitario** che potrebbe **non** essere **in grado di salvaguardarli** da agenti patogeni o minacce ambientali, e hanno un'elevata frequenza respiratoria e cardiaca, un metabolismo più veloce e un maggiore consumo di cibo<sup>241</sup>. Inoltre, la parziale comprensione dei bambini circa l'ambiente che li circonda e i pericoli che vi possono essere, li espone maggiormente al rischio di entrare in contatto con sostanze pericolose, soprattutto attraverso il **comportamento mano-bocca**<sup>241</sup>.

Particolare preoccupazione nei bambini è legata alla loro esposizione ad un **mix di pesticidi interferenti endocrini**, che possono indurre effetti cronici alla base di una maggiore suscettibilità alle malattie durante l'arco della vita, compresi i **disturbi del neurosviluppo**<sup>242,243,244</sup>.



Numerosi studi hanno dimostrato anche **l'associazione tra l'uso/presenza di pesticidi da parte dei genitori (esposizione prenatale) ed effetti negativi alla nascita** (es. difetti fisici, basso peso, insorgenza di leucemia linfocitica acuta e tumori cerebrali e morte fetale)<sup>245,246,247,248,249,250</sup>, oltre che l'associazione tra l'esposizione nella prima infanzia agli organofosfati e ai pesticidi organoclorurati (es. DDT) ed effetti negativi sul neurosviluppo e sul comportamento (es. disturbo da deficit di attenzione e iperattività)<sup>251,252,253,254,255</sup>.

Le donne incinte infatti, possono trasmettere i pesticidi ai feti attraverso la placenta, il liquido amniotico o il liquido follicolare ovarico e ai neonati attraverso il latte<sup>224,256,257,258,259,260,261</sup>, con il risultato che **i feti e neonati ricevono dosi maggiori di pesticidi a causa della mobilitazione delle riserve di grasso materno durante la gravidanza e l'allattamento al seno**<sup>262,263,264</sup>.



Ormai la relazione di causalità fra pesticidi e danni alla salute umana è ampiamente indagata e difficilmente opinabile<sup>265</sup>, e **questi danni comportano un costo economico enorme**<sup>266</sup>. Ad es. uno studio recente mostra come **nell'UE** i pesticidi organofosfati interferenti endocrini generano i costi sanitari maggiori, **pari a 146 miliardi di euro all'anno**<sup>266</sup>.

**Se invece eliminassimo i pesticidi** dall'agricoltura guadagneremmo benefici non solo in termini di salute, ma anche economici. Ad es. uno studio nel Regno Unito ha rilevato che la revoca dell'approvazione di 7 sostanze attive utilizzate nei pesticidi potrebbe far **risparmiare tra i 354 e 709 milioni (sterline) di costi sanitari** per una popolazione di lavoratori agricoli più esposta in un periodo di 30 anni<sup>267</sup>.

## PESTICIDI NEL CIBO

Il cibo è tra le principali vie di esposizione ai pesticidi per l'uomo che può causare effetti acuti e cronici a lungo termine<sup>268,269,270,271,272,273,274,275</sup>.



**Nel mercato europeo, il 45% degli oltre 90mila campioni alimentari** analizzati dall'EFSA (Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare) **presenta uno o più residui di pesticidi in concentrazioni inferiori o uguali ai livelli massimi consentiti**, e il 2% (per un totale di 241 alimenti) contiene concentrazioni di residui superiori ai limiti consentiti<sup>276</sup>. Tra i pesticidi riscontrati sono presenti anche composti non autorizzati nell'UE.

**In Italia**, su oltre 2.500 campioni di alimenti di origine vegetale (tra cui anche i prodotti derivati da apicoltura), di provenienza italiana ed estera, è alta **(64%) la percentuale di campioni senza residui**. La categoria di alimenti dove sono state riscontrate più tracce di almeno una sostanza attiva è la **frutta**<sup>277</sup>, compresa l'uva da vino<sup>278,279,280</sup>, e i pesticidi più abbondanti nei prodotti ortofrutticoli italiani sono stati soprattutto **fungicidi e insetticidi**.

La capacità di un pesticida di permanere nel cibo dipende dal tipo e dalla quantità di sostanza applicata e dal tipo di alimento<sup>281</sup>. **Frutta e verdura sono gli alimenti che più ci espongono ai pesticidi** rispetto ad altri gruppi alimentari di origine vegetale, come cereali e prodotti di origine animale<sup>288,282,283</sup> **perché spesso consumate crude o semilavorate**<sup>284,285</sup>.

Recentemente uno studio ha dimostrato l'effettiva esposizione cronica della popolazione giovane (<16 anni) e adulta (≥16 anni) a 3 gruppi di pesticidi organofosforici (carbamati, piretroidi e piretrine) attraverso frutta e verdura<sup>362</sup>. In particolare, gli **ortaggi a foglia** (es. spinaci, lattuga, cavoli, ecc.) **accumulano maggiori concentrazioni di pesticidi rispetto agli ortaggi a radice**<sup>286,287</sup>, superando i limiti massimi di residuo tollerabili (maximum residue limits, MRL) negli studi comparativi<sup>288</sup>. Mentre l'**uva** è uno dei principali frutti dove vengono ritrovati residui di pesticidi, come dimostrato dai risultati dei piani di controllo comunitari pubblicati dall'EFSA, dove è emerso che **su oltre 1.300 campioni di uva raccolti nei Paesi membri, 270 avevano un solo principio attivo (20,6%) e 224 mostravano la presenza di più pesticidi (17%)**<sup>289,290</sup>.

Esiste anche una differenza nei livelli dei residui di pesticidi tra verdure coltivate in serra e in campo: **nei pomodori coltivati in serra insetticidi e fungicidi sono rilevati più frequentemente rispetto ai pomodori coltivati in campo**<sup>291</sup>. Questo perché i tassi di applicazione dei pesticidi nelle serre sono più elevati e il tasso di rimozione dal suolo è più lento, mentre nei campi i pesticidi vengono rimossi dal suolo più facilmente grazie alle precipitazioni, specialmente nelle regioni umide<sup>292</sup>.

È chiaro che i residui di **pesticidi rimangono in quasi tutti i prodotti alimentari**, a seguito dell'applicazione pre- o post-raccolta, mentre è meno chiaro il ruolo e l'effetto del processamento degli alimenti sulle proprietà chimico-fisiche e le concentrazioni dei pesticidi<sup>293</sup>. **Lavaggio e cottura prolungati, assieme alla sbucciatura sono importanti per ridurre i residui di pesticidi in modo sinergico**<sup>294,295,296,297,298,299</sup>, ma alcuni pesticidi possono rimanere come residuo anche dopo la cottura<sup>300,301</sup>.

Anche i **prodotti di origine animale** ci espongono ai pesticidi e anzi **possono contenere livelli molto alti di pesticidi**<sup>302,303,304,305,306</sup>, perché questi finiscono nei **mangimi e foraggi** contaminati<sup>307,308,309</sup> e si accumulano **nei grassi**<sup>310,311,312</sup>. Pertanto, **una dieta ricca di carne, pesce e altri alimenti di origine animale aumenta l'esposizione ai pesticidi**, rispetto a una dieta ricca di alimenti di origine vegetale<sup>313</sup>.

## PESTICIDI NELL'ACQUA

Anche l'acqua è tra le principali fonti di esposizione umana ai pesticidi attraverso sia assunzione diretta sia per contatto cutaneo<sup>314,315,316,317,318</sup>.

**In Europa attualmente, nitrati e pesticidi sono tra le principali fonti di inquinamento delle risorse di acqua potabile**<sup>319</sup> che non vengono rimossi dai convenzionali impianti di trattamento delle acque<sup>318,320,321</sup>.

Nemmeno l'ebollizione riduce la concentrazione di pesticidi nell'acqua<sup>322</sup> e **livelli di pesticidi nelle urine sono stati correlati alla presenza dei pesticidi nell'acqua potabile**<sup>323,324,325</sup>, con conseguenze a lungo termine, dovute all'esposizione prolungata anche a basse concentrazioni.



© iStockphoto.com / WWF-Canada

# SOLUZIONI: IL FUTURO DEL PIANETA È NELLE NOSTRE MANI



Tra benessere umano e benessere del Pianeta c'è un legame profondo, connesso da sempre al cibo, che rappresenta un elemento chiave anche per la sopravvivenza delle generazioni future e per la tutela dell'ambiente. **Il cibo, infatti, è un fattore che unisce 3 elementi: la salute, l'agricoltura e l'ecologia.**

La necessità di nutrire una popolazione in crescita e la domanda di fibre (tessili e bioenergetiche) determina una pressione crescente sulla produzione agricola e la conservazione degli ecosistemi, con un ambiente sempre più degradato e le incertezze derivanti dal cambiamento climatico.

Tutto questo ci impone la **necessità di ripensare e cambiare radicalmente i sistemi agricoli e reindirizzarli verso modelli più sostenibili per rispondere alle nuove richieste di cibo e alle sfide ambientali**<sup>326,327,328</sup>.

L'approccio agroecologico, come nel caso dell'**agricoltura biologica**, è sicuramente il più efficace per ridurre l'impatto ambientale dell'agricoltura, rispetto alla sola regolamentazione normativa o alla sola innovazione tecnologica, eliminando completamente l'utilizzo di pesticidi di sintesi e fertilizzanti chimici sostituiti con pratiche agronomiche virtuose che tutelano la biodiversità.

## BIOLOGICO FA BENE A NOI E AL PIANETA

L'agricoltura biologica (priva di input chimici di sintesi) è l'alternativa all'agricoltura convenzionale più rispettosa dell'ambiente e meno costosa dell'agricoltura "tecnologica"<sup>329,330,331</sup>, in particolare per la minore necessità d'investimenti in attrezzature e mezzi tecnici, oltre ad essere una pratica formalmente certificata a livello internazionale e nazionale da specifici disciplinari e normative di riferimento a tutela dei consumatori.

Una crescente letteratura scientifica dimostra come l'**agricoltura biologica** abbia un ridotto impatto ambientale<sup>329,332,333</sup>, **riduca l'esposizione umana ai pesticidi**<sup>334</sup>, **faccia bene alla salute**<sup>335,336</sup> e **influisca poco sulla produttività e redditività**<sup>337</sup> delle aziende agricole, molto meno di quanto vogliano far credere i suoi detrattori, anche perché consente di avere mediamente un maggior contenuto di sostanza organica nel suolo che rende i terreni più fertili, riducendo l'utilizzo di fertilizzanti e delle loro emissioni<sup>338,339</sup>.

**L'alimentazione** esercita un ruolo fondamentale sul benessere: gli alimenti biologici sono più sani perché le colture biologiche non sono irrorate da pesticidi. Una **dieta base di cibi biologici** riduce l'esposizione e i livelli di pesticidi nel nostro corpo: nei **bambini**



**sottoposti a una dieta biologica per 5 giorni consecutivi è stato osservato un rapido e significativo calo delle concentrazioni di metaboliti di insetticidi** (organofosfati, malathion e clorpirifos) **nelle urine**<sup>334</sup>. Dato confermato anche da un altro studio, nel quale livelli più bassi di glifosato sono stati registrati nelle persone di varie fasce di età che seguono una dieta biologica<sup>225</sup>. Diversi studi, inoltre, riportano come **le concentrazioni di una serie di antiossidanti benefici, come i polifenoli, siano sostanzialmente più elevate negli alimenti biologici**<sup>335,336</sup>.

Viene influenzata anche la salute ambientale. Sappiamo che **l'industria dei pesticidi contribuisce per più di un terzo alle emissioni di gas serra globali**<sup>340,341,342</sup>. Nel 2019, le aziende agricole e zootecniche hanno contribuito per il 7% alle emissioni nazionali, con 29,5 milioni di tonnellate. **Il 20% di queste emissioni deriva per metà dall'applicazione di pesticidi e fertilizzanti di sintesi**<sup>23</sup>.

L'agricoltura biologica invece, può dare anche un importante contributo alla mitigazione del cambiamento climatico<sup>343,344,345,346,347</sup>, perché si basa su buone pratiche agronomiche che richiedono minori mezzi tecnici rispetto all'agricoltura convenzionale<sup>348,349</sup> e possono addirittura aumentare il sequestro di carbonio dall'atmosfera<sup>348,350,351</sup>. Analisi condotte su numerosi studi e osservazioni in molte aziende agricole che confrontano la **resa** tra la coltura biologica e convenzionale evidenziano come le rese nel biologico siano di poco inferiori ai rendimenti convenzionali<sup>337,352</sup>, se non perfino superiori in caso di condizioni ambientali sfavorevoli, come stagioni particolarmente siccitose. Un aspetto importante dell'agricoltura biologica è la necessità di **riconnettere la zootecnia estensiva** con la gestione delle superfici agricole utilizzate per le colture, progettando aziende a ciclo chiuso, singolarmente autosufficienti o in rete con altre aziende del territorio.

**Il biologico ha raggiunto 190 Paesi nel 2020**, coinvolgendo 3,4 milioni di produttori, **per un totale di circa 75 milioni di ettari** (1,6% della superficie globale coltivata) tra terreni bio e in conversione<sup>353</sup>. **In UE le vendite di prodotti biologici si aggirano attorno ai 45 miliardi di euro** (un incremento del 15% rispetto al 2019) e nel 2020 la superficie coltivata biologica è di 17 milioni di ettari, la seconda superficie più grande al mondo, da oltre 420mila produttori<sup>353</sup>.

**L'Italia è tra i leader del biologico nell'Unione Europea con oltre 80mila aziende biologiche e 2 milioni di ettari coltivati (102mila ettari in più**

**rispetto al 2019), pari al 15,8% della superficie agricola utilizzabile nazionale (contro una media europea del 8% circa) e detiene il primato europeo anche per numero di produttori e di trasformatori di alimenti biologici**<sup>353</sup>.

**Al 2021 ben 76 paesi (46 Paesi europei tra cui i 27 Stati membri della UE ) hanno pienamente implementato le normative sul biologico**<sup>353</sup>. **L'UE ha inoltre approvato nel 2021 la nuova Politica Agricola Comune (PAC) 2023-2027** che potrà essere un importante strumento finanziario per la promozione dell'agricoltura biologica e presentato il 20 maggio 2020 la **Strategia Farm to Fork e la Strategia Biodiversità 2030**, che propongono di **portare al 25% la media della superficie agricola coltivata secondo i disciplinari biologici entro il 2030, assieme alla riduzione del 50% dell'uso di pesticidi e antibiotici e la riduzione del 20% dei fertilizzanti chimici.**

**In Italia, è stata finalmente approvata la Legge nazionale del 9 marzo 2022, n. 23. “Disposizioni per la tutela, lo sviluppo e la competitività della produzione agricola, agroalimentare e dell'acquacoltura con metodo biologico”,** un importante normativa per lo sviluppo delle filiere biologiche certificate che ci aiuterà a raggiungere più facilmente gli obiettivi del Green Deal europeo per l'agricoltura, indicati nelle Strategie Farm to Fork e Biodiversità 2030, e consolidare le nostre posizioni nel mercato internazionale del biologico

**Il WWF ritiene che l'Italia debba scommettere di più sull'agroecologia e puntare ad una maggiore crescita del biologico per raggiungere nel 2030 il traguardo ancora più ambizioso, ma realistico, del 40% della superficie agricola certificata, considerando che si parte con una percentuale del 15,8% al 2022.**

## DIETA SANA E SOSTENIBILE

**Gli alimenti rappresentano una linea di connessione diretta tra la salute dell'uomo e la sostenibilità ambientale, oggi entrambe compromesse.**



Secondo l'OMS l'**obesità mondiale è quasi triplicata dal 1975 e colpisce oltre 800 milioni di persone**<sup>iv</sup>. Nel 2019-'20 sono **40 milioni i bambini di età inferiore ai 5 anni in sovrappeso o obesi**<sup>v</sup> e ormai la maggior parte della popolazione mondiale vive in Paesi in cui **il sovrappeso e l'obesità uccidono più persone del sottopeso**<sup>354</sup>. Durante la pandemia da COVID-19, a livello globale l'obesità è stata una delle cause più frequenti di comorbidità nei deceduti per il virus, accompagnandosi spesso a ipertensione, diabete e a un sistema immunitario meno efficiente<sup>355</sup>.

**In Italia, sono 18 milioni gli adulti in sovrappeso (35,5%) e 5 milioni quelli obesi**<sup>vi</sup>, ovvero una persona su dieci. Inoltre, 3 bambini su 10 sono in sovrappeso<sup>vii</sup> e fra questi 1 è obeso<sup>viii</sup>, con la prevalenza di bambini in eccesso di peso al Sud.

**Nel 2020, 820 milioni di persone nel mondo hanno sofferto la fame, circa 161 milioni di persone in più rispetto al 2019, e circa altre 660 milioni di persone potrebbero ancora soffrire la fame nel 2030** mentre quasi una persona su tre nel mondo (2,37 miliardi) non ha avuto accesso a un'alimentazione adeguata, con un aumento di quasi 320 milioni di persone in un solo anno<sup>356</sup>. Questo è dovuto anche all'**alto costo delle diete sane** che nel 2019, assieme ai persistenti livelli

elevati di disparità nel reddito, **ha reso inaccessibile il cibo sano a circa 3 miliardi di persone**, in particolare i poveri, in ogni regione del mondo. Ovviamente il COVID-19 ha esacerbato questi problemi<sup>357</sup>.

L'aumento dei redditi e l'urbanizzazione stanno guidando una transizione alimentare globale in cui le diete tradizionali, a base di alimenti locali e di stagione, soprattutto vegetali ricchi di fibre, sono sostituite da diete più ricche di zuccheri e amidi raffinati, grassi saturi raffinati, sale, oli e carni a base di alimenti trasformati e ad alta densità energetica tipici della **Western-Diet**<sup>358</sup>. **Entro il 2050 queste tendenze dietetiche, se non controllate, contribuirebbero ad un aumento dell'80% delle emissioni globali di gas serra agricole, a causa dalla produzione alimentare e della deforestazione globale**. Inoltre, questi cambiamenti nella dieta stanno aumentando notevolmente l'incidenza di malattie croniche legate all'alimentazione, come il diabete, che riducono l'aspettativa di vita globale<sup>359</sup>.

Non è facile uscire da queste contraddizioni, ma **non sarà possibile una transizione ecologica dei sistemi agroalimentari senza un forte ridimensionamento dell'impatto ambientale della**

<sup>iv</sup> Ministero della Salute, 2022.

<sup>v</sup> OMS, 2021.

<sup>vi</sup> Italian Obesity Barometer Report.

<sup>vii</sup> 29,8% secondo un'indagine di OKKio alla Salute per l'European Childhood Obesity Surveillance Initiative dell'OMS - dati del 2019.

<sup>viii</sup> 9,4% secondo un'indagine di OKKio alla Salute per l'European Childhood Obesity Surveillance Initiative dell'OMS - dati del 2019.



**produzione del cibo.** Gli obiettivi di sviluppo sostenibile (SDGs) e l'Agenda 2030 sono una spinta importante per promuovere sistemi agroalimentari sostenibili. In particolare, l'SDG 3 sulla buona salute e il benessere e l'SDG 12 sul consumo e la produzione sostenibili sono obiettivi chiave.

Un recente studio della Commissione EAT-Lancet sulle diete sane da sistemi alimentari sostenibili<sup>360</sup> ha descritto quantitativamente un riferimento universale di **dieta sana che consiste in gran parte di frutta, verdura, cereali integrali, legumi, noci e oli insaturi, una moderata/bassa quantità di frutti di mare, carne rossa e pollame lavorati, zuccheri aggiunti, cereali raffinati e verdure amidacee.** Tutti alimenti che **promuovono la salute umana e che possono essere prodotti entro i limiti planetari di sostenibilità.** Questo studio evidenzia anche come la **media globale di assunzione di cibi sani è sostanzialmente inferiore all'assunzione dietetica di riferimento, mentre il consumo eccessivo di cibi malsani è in aumento.**

Secondo la FAO inoltre, **a livello globale, le nostre diete sono troppo poco varie.** Anche se storicamente sono state utilizzate più di 6.000 colture per il cibo, **oggi circa fino al 75% del cibo mondiale proviene da sole 9-12 piante e 5 specie animali e mangiamo solo 150 delle 30.000 specie di piante edibili<sup>361,362</sup>.** **Questa mancanza di diversità nella nostra dieta provoca anche una mancanza di diversità in natura e ci rende meno resistenti ai parassiti o alle malattie.**

La strategia europea Farm to Fork è stata pensata anche per migliorare la dieta dei cittadini dell'UE, dove l'assunzione media di energia e il consumo medio di carni rosse, zuccheri, sale e grassi continuano ad eccedere i livelli raccomandati e il consumo di cereali integrali, frutta e verdura, legumi e frutta secca è insufficiente. Anche la **dieta dell'italiano medio, definibile solo in parte "mediterranea", sebbene sia tra le più ricche nel mondo in termini di varietà ed apporto nutrizionale<sup>358</sup>, non è propriamente in linea con le raccomandazioni nutrizionali ed ecologiche<sup>363,364,365</sup>.** Nel nostro Paese **un'elevata incidenza di malattie non trasmissibili e croniche è attribuibile a consumi alimentari non idonei, al consumo di bevande alcoliche e all'inattività fisica, molto più di quanto non sia attribuibile ad altre fonti nocive come il fumo<sup>363</sup>.**

**In vista della crescita demografica e degli effetti a lungo termine del cambiamento climatico, le diete vegetali, variegata, equilibrate e biologiche, se adottate a livello globale, rappresentano una**

**grande opportunità per l'adattamento ai cambiamenti climatici e la loro mitigazione, generando allo stesso tempo significativi benefici per la salute umana e per l'ambiente<sup>366,367,368,369,370,371</sup>.**

**Una soluzione win-win per tutti** supportata da numerose organizzazioni tra cui WWF<sup>356,372</sup>. In particolare, passare dalle diete attuali a quelle vegetariane **ridurrebbe di circa il 5-40% il rischio relativo di cancro, diabete e malattie cardiovascolari, ridurrebbe le emissioni di circa 2 GtCO<sub>2</sub>eq all'anno e ridurrebbe la mortalità globale perfino del 6-23%, portando a benefici economici di 1-31 trilioni di dollari<sup>360,373</sup>.**

**L'implementazione di soluzioni dietetiche sostenibili al trilemma dieta-ambiente-salute strettamente collegati è una sfida globale.**

**Troppo spesso e da troppo tempo ormai la dieta è considerata come uno dei fattori meno significativi nell'impatto antropico e nel cambiamento che dobbiamo intraprendere. Ma invece, la dieta dice tutto dei diversi modelli di produzione e consumo, le loro criticità e ripercussioni sul Pianeta.**

**Senza cambiare ciò che mangiamo, non possiamo offrire un futuro prospero alle persone e al pianeta.** L'alimentazione del futuro è infatti anche in mano alle persone che pensano in modo globale, che modificano le proprie abitudini ed esigenze con la necessità di gestire le risorse in modo equo e considerando i limiti del Pianeta.

**Per WWF è fondamentale un approccio ONE HEALTH nel ripensare il sistema produttivo e di consumo del cibo, che consenta la salute ambientale, animale e umana, con l'applicazione di 8 parole chiave per un'alimentazione sostenibile: Biologico, Vegetale, Sano, Vario, Locale, Equo, Responsabile e Antispreco.**

È tempo di invertire la rotta ed esercitare il potere riparatore delle diete amiche del Pianeta che raccontano come a tavola si possa salvare il futuro del Pianeta e delle persone.

# COSA CHIEDIAMO AI GOVERNI

La Commissione europea ha avviato l'elaborazione di una proposta legislativa per la revisione della Direttiva sull'utilizzo sostenibile dei pesticidi 2009/128/CE (Sustainable Use Directive, **SUD**), la cui presentazione annunciata per il 23 marzo 2022 è stata invece rinviata a data da destinarsi a causa delle pressioni delle associazioni agricole che hanno utilizzato in modo strumentale il recente conflitto in Ucraina per indebolire le Strategie "Farm to Fork" e "Biodiversità 2030". Per tutto l'ultimo decennio, gli scarsi progressi nell'attuazione della SUD hanno destato preoccupazione così come l'assenza di obiettivi ambiziosi di riduzione dell'uso e del rischio dei pesticidi.

Il WWF Italia, insieme ad altre 78 Associazioni europee, chiede alle Istituzioni europee (Commissione, Parlamento e Consiglio) di non rinviare ulteriormente la necessaria riforma della SUD, **garantendo che la nuova Direttiva sia sufficientemente ambiziosa e contenga chiari obiettivi di riduzione dell'uso dei pesticidi (coerenti con le Strategie UE Farm to Fork e Biodiversità 2030), giuridicamente vincolanti per gli Stati membri**, e con le richieste della società civile per la riduzione dei rischi per l'ambiente e la salute. Si chiede inoltre di modificare anche il nome della SUD, ad esempio, in "*Direttiva per la riduzione della dipendenza dai pesticidi sintetici*", ritenendo l'attuale "*Direttiva sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari*" un ossimoro, in quanto l'uso di pesticidi sintetici è esclusivamente non sostenibile.

Queste le richieste e proposte del WWF per una seria ed efficace riforma della Direttiva UE:

- **rispettare l'impegno per l'attuazione le strategie Farm to Fork e Biodiversità 2030**, abbandonando il nostro attuale modello agricolo e la sua dipendenza da input chimici esterni, e indicando come obiettivo strategico della SUD il passaggio alle pratiche agroecologiche per un futuro senza pesticidi, garantendo che gli agricoltori siano adeguatamente sostenuti in questa transizione ecologica;
- **prevedere la revisione e approvazione della Commissione UE dei Piani di Azione nazionali redatti dagli Stati membri**, anche a seguito di una loro valutazione da parte di un gruppo di esperti indipendenti e rappresentanti delle Associazioni di protezione ambientale e della società civile;
- **vietare l'uso di pratiche altamente dannose**, come le irrorazioni aeree, la concia delle sementi, le

irrorazioni a calendario, l'uso di pesticidi sintetici in aree residenziali, frequentate da bambini, senza eccezioni;

- **prevedere obbligatoriamente zone di rispetto** di adeguate dimensioni intorno case, scuole, uffici e corsi d'acqua;
- **promuovere l'applicazione obbligatoria della gestione integrata dei parassiti (IPM)**, facendo ricorso all'uso dei pesticidi solo in assenza documentata di metodi non chimici, biologici e meccanici;
- **escludere l'attribuzione di sussidi pubblici per lo sviluppo di tecniche di ingegneria genetica come metodi per la riduzione dell'uso dei pesticidi**, perchè in realtà intendono essenzialmente mantenere il controllo dei sistemi agroalimentari da parte delle potenti lobby agricole;
- **assicurare che gli standard di sicurezza di alimenti e mangimi europei siano rispettati**, senza deroghe;
- **dedicare una quota sufficiente di superficie agricola al restauro ecologico degli agroecosistemi**, con la realizzazione di infrastrutture verdi, che tutelino la natura circostante dalla deriva accidentale dei trattamenti fitosanitari;
- **garantire al pubblico un adeguato accesso a dati e statistiche sui pesticidi** per monitorarne l'utilizzo e misurare efficacemente i progressi compiuti per gli obiettivi vincolanti di riduzione. Includere inoltre nelle statistiche di tutti gli "input" chimici pertinenti, ovvero biocidi e medicinali veterinari;
- **sviluppare una serie completa di indicatori**, inclusi anche indicatori ambientali, fissare una scadenza per migliorare gli indicatori di rischio armonizzati;

**Infine, il WWF chiede alla Commissione UE di vietare l'uso del glifosato in tutti gli Stati membri, non rinnovando l'autorizzazione del contestato diserbante in scadenza nel mese di dicembre 2022 e vietare con la riforma della SUD la pratica del diserbo chimico in tutti i disciplinari nazionali e regionali per l'agricoltura integrata.**

In Italia il 12 febbraio 2019 è scaduta la validità del primo Piano di Azione Nazionale (PAN) per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, redatto in attuazione della Direttiva UE. Il nuovo PAN è tuttora



bloccato nelle stanze dei tre Ministeri competenti (MIPAAF, MITE, Salute)<sup>ix</sup> senza un valido motivo.

Il vecchio PAN è risultato essere carente e inefficace, motivo per cui **oltre ad una sua rapida approvazione si auspica una riformulazione chiara e inequivocabile di un sistema di regole che tuteli e protegga realmente la popolazione e sia in linea con il principio di precauzione**, anche alla luce delle recenti modifiche degli articoli 9 e 41 della nostra Costituzione.

**Il nuovo PAN dovrebbe prevedere obiettivi quantitativi di riduzione del 50% dell'uso e dei rischi dei prodotti fitosanitari entro il 2030**, in coerenza con gli obiettivi delle Strategie UE Farm to Fork e Biodiversità 2030. Inoltre, **il nuovo PAN dovrebbe prevedere regole più severe per l'uso dei prodotti fitosanitari**, fissando distanze di sicurezza dalle abitazioni, dalle scuole e dalle altre aree pubbliche, oltre a garantire le produzioni biologiche da possibili contaminazioni accidentali per la deriva dei prodotti chimici utilizzati nei terreni confinanti. **Infine, il nuovo PAN dovrebbe prevedere limitazioni cogenti all'uso delle sostanze chimiche tossiche e nocive all'interno delle aree naturali protette e nei siti della rete Natura 2000.**

In coerenza con la Strategia UE "Farm to Fork", che indica le norme fiscali come validi strumenti per promuovere la transizione ecologica dell'agricoltura e favorire il consumo di alimenti sani, insieme all'impegno degli Stati membri dell'Unione ad eliminare i sussidi dannosi per l'ambiente, il WWF ha ripetutamente proposto al Governo nazionale ed ai parlamentari italiani dei provvedimenti per introdurre disincentivi all'uso dei prodotti fitosanitari e incentivare il consumo di prodotti biologici certificati:

- **modificare le aliquote IVA** per incentivare sussidi virtuosi per promuovere il consumo di prodotti biologici certificati ed eliminare i sussidi perversi per l'ambiente connessi all'uso di prodotti fitosanitari e fertilizzanti chimici.
- **creare nell'ambito della Legge di Stabilità un fondo per incentivare il consumo di prodotti biologici certificati da parte di donne in stato di gravidanza e bambini fino ai 3 anni di vita**, per la prevenzione di malattie croniche connesse con l'assunzione di alimenti contenenti residui di prodotti chimici di sintesi utilizzati in agricoltura.

Molte di queste proposte e richieste sono state al centro dell'Iniziativa dei Cittadini Europei – ICE "Salviamo le api e gli agricoltori", coordinata in Italia dal WWF, che ha raccolto 1,2 milioni in 7 Paesi dell'Unione europea.

<sup>ix</sup> <https://www.mite.gov.it/pagina/piano-dazione-nazionale-pan-luso-sostenibile-dei-prodotti-fitosanitari>

# BIBLIOGRAFIA

- <sup>1</sup> Saravi S.S.S. & Shokrzadeh M., 2011. Role of pesticides in human life in the modern age: a review. In: Pesticides in the modern world-risks and benefits. Stoytcheva M. (Ed.). In-Tech, 2011. p4-11.
- <sup>2</sup> United Nations, 2017. World Population Prospects: The 2017 Revision, World Population 2017Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Data Booklet. ST/ESA/SER.A/401.
- <sup>3</sup> Tudi M. *et al.*, 2021. Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment. *IJERPH*, 18(3):1112.
- <sup>4</sup> Akter M.W. *et al.*, 2009. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdiscip. Toxicol.*, 2(1):1-12.
- <sup>5</sup> Cooper J. & Dobson H., 2007. The benefits of pesticides to mankind and the environment. *Crop. Prot.*, 26:1337-1348.
- <sup>6</sup> Carvalho F.P., 2017. Pesticides, environment, and food safety. *Food Energy Secur.*, 6:48-60.
- <sup>7</sup> Lamichhane J.R., 2017. Pesticide use and risk reduction in European farming systems with IPM: An introduction to the special issue. *Crop. Prot.*, 97:1-6.
- <sup>8</sup> Brühl H.K. & Garg H., 2014. Pesticides: Environmental Impacts and Management Strategies. In: Pesticides - Toxic Aspects. Larramendy M. L., & Soloneski S. (Eds.), *IntechOpen*, 2014.
- <sup>9</sup> Brühl C.A. & Zaller J.G., 2019. Biodiversity Decline as a Consequence of an Inappropriate Environmental Risk Assessment of Pesticides. *Front. Environ. Sci.*, 7:177.
- <sup>10</sup> Rumschlag S.L. *et al.*, 2020. Consistent effects of pesticides on community structure and ecosystem function in freshwater systems. *Nat. Commun.*, 11, Article number: 6333.
- <sup>11</sup> Kim K.H. *et al.*, 2017. Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Sci. Total Environ.*, 575:525-535.
- <sup>12</sup> Kalyabina V.P. *et al.*, 2021. Pesticides: formulants, distribution pathways and effects on human health – a review. *Toxicol. Rep.*, 8:1179-1192.
- <sup>13</sup> Meka W. & Dubiwak A.D., 2021. Environmental Impact of Pesticide and its Adverse Effect on Human Health: A Narrative Review. *EC Pharmacol. Toxicol.*, 9(11):45-54.
- <sup>14</sup> Meyers L. & Bull J., 2002. Fighting change with change: adaptive variation in an uncertain world. *Trends Ecol. Evol.*, 17:551-557.
- <sup>15</sup> Tabashnik B.E. *et al.*, 2009. Field-evolved insect resistance to Bt crops: definition, theory, and data. *J. Econ. Entomol.*, 102:2011-2025.
- <sup>16</sup> Coltrán R.D. *et al.*, 2013. Proximity to agriculture is correlated with pesticide tolerance: evidence for the evolution of amphibian resistance to modern pesticides. *Evol. Appl.*, 6:832-841.
- <sup>17</sup> IRAC, 2013. Resistance management for sustainable agriculture and improved public health, 2013. <http://www.irac-online.org/>
- <sup>18</sup> Persson L. *et al.*, 2022. Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities. *Environ. Sci. Technol.*, 56(3):1510-1521.
- <sup>19</sup> FAOSTAT, 2021. Pesticides use, pesticides trade and pesticides indicators. Global, regional and country trends, 1990–2019. FAOSTAT Analytical Brief Series No. 29. Rome.
- <sup>20</sup> Statista 2022. <https://www.statista.com/statistics/1263077/global-pesticide-agricultural-use/>
- <sup>21</sup> Gupta R.C., 2006. Toxicology of Organophosphate & Carbamate Compounds. Academic Press. ISBN 9780120885237.
- <sup>22</sup> Ufficio di Statistica dell'Unione europea, Eurostat, 2021.
- <sup>23</sup> ISPRA, 2021. Transizione Ecologica Aperta Dove va l'ambiente italiano?
- <sup>24</sup> <https://www.isprambiente.gov.it/files/2021/publicazioni/pubblcazioni-di-pregio/tea.pdf>
- <sup>25</sup> Pimentel D., 1995. Amounts of pesticides reaching target pests - environmental impacts and ethics. *J. Agric. Environ. Ethics*, 8:17-29.
- <sup>26</sup> Scholtz M.T. & Bidleman T.F., 2007. Modelling of the long-term fate of pesticide residues in agricultural soils and their surface exchange with the atmosphere: Part II. Projected long-term fate of pesticide residues. *Sci. Total Environ.*, 377(1):61-80.
- <sup>27</sup> Singh D.K., 2012. Pesticides and Environment. *Pestic. Chem. Toxicol.*, 1:114-122.
- <sup>28</sup> Qu C. *et al.*, 2019. The occurrence of OCPs, PCBs, and PAHs in the soil, air, and bulk deposition of the Naples metropolitan area, southern Italy: implications for sources and environmental processes. *Environ. Int.*, 99-97.
- <sup>29</sup> Tiryaki O. & Temur C., 2010. The Fate of Pesticide in the Environment. *J. Biol. Environ. Sci.*, 4(10):29-38.
- <sup>30</sup> Das S. *et al.*, 2020. Fate of the organophosphate insecticide, chlorpyrifos, in leaves, soil, and air following application. *Chemosphere*, 243:125194.
- <sup>31</sup> Marie L. *et al.*, 2017. Degradation and Transport of the Chiral Herbicide S-Metolachlor at the Catchment Scale: Combining Observation Scales and Analytical Approaches. *Environ. Sci. Technol.*, 51(22):13231-13240.
- <sup>32</sup> Otálvaro J.O. & Brigante M. 2018. Interaction of pesticides with natural and synthetic solids. Evaluation in dynamic and equilibrium conditions. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, 25(7):6707-6719.
- <sup>33</sup> Yao Y. *et al.*, 2006. Spatial and temporal distribution of pesticide air concentrations in Canadian agricultural regions. *Atmos. Environ.*, 40(23):4339–4351.
- <sup>34</sup> Silva V. *et al.*, 2019. Pesticide residues in European agricultural soils—a hidden reality unfolded. *Sci. Total Environ.*, 653:1532–1545.
- <sup>35</sup> Dubus I.G. *et al.*, 2000. Pesticides in rainfall in Europe. *Environ. Pollut.*, 110:331-344.
- <sup>36</sup> Taton J.G. & Ruzicka J.H.A., 1967. Organochlorine pesticides in Antarctica. *Nature*, 215(5099):346.
- <sup>37</sup> Langenbach T. *et al.*, 2017. Pesticide dispersion by spraying under tropical conditions. *J. Environ. Sci. Health B*, 52(12):843-849.
- <sup>38</sup> Pan D. *et al.*, 2020. Risk attitude, risk perception, and farmers' pesticide application behavior in China: A moderation and mediation model. *J. Clean. Prod.*, 276:124241.
- <sup>39</sup> Van Steenwyk R.A. *et al.*, 2021. Spray drift mitigation using opposing synchronized air-blast sprayers. *Pest Manag. Sci.*, 77(2):895-905.
- <sup>40</sup> Bahrouni H. *et al.*, 2021. Effect of sprayer parameters and wind speed on spray retention and soil deposits of pesticides: Case of artichoke cultivar. *Plant Protect. Sci.*, 57:333-343.
- <sup>41</sup> De Schampheleire M. *et al.*, 2008. Evaporation drift of pesticides active ingredients. *Commun. Agric. Appl Biol. Sci.*, 73(4):4139-42.
- <sup>42</sup> Adams R.M. *et al.*, 2016. Transformation of chlorpyrifos and chlorpyrifos-methyl in prairie pothole pore waters. *Environ. Sci. Process Impacts*, 18(11):1406-1416.
- <sup>43</sup> Pokhrel B. *et al.*, 2018. Distribution, sources, and air–soil exchange of OCPs, PCBs and PAHs in urban soils of Nepal. *Chemosphere*, 200: 532-541.
- <sup>44</sup> Socorro J. *et al.*, 2016. The persistence of pesticides in atmospheric particulate phase: an emerging air quality issue. *Sci. Rep.*, 6:1-7.
- <sup>45</sup> Li Y.F. & Macdonald R.W., 2005. Sources and pathways of selected organochlorine pesticides to the Arctic and the effect of pathway divergence on HCH trends in biota: a review. *Sci. Total Environ.*, 342(1-3):87-106.
- <sup>46</sup> Woodrow J.E. *et al.*, 2019. Pesticides and related toxicants in the atmosphere. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 247:147-196.
- <sup>47</sup> USGS 2000. USGS, 2000, African Dust Causes Widespread Environmental Distress, <https://pubs.usgs.gov/of/2001/0246/report.pdf>
- <sup>48</sup> Iakovides M. *et al.*, 2021. PAHs, PCBs and organochlorine pesticides in the atmosphere of Eastern Mediterranean: Investigation of their occurrence, sources and gas-particle partitioning in relation to air mass transport pathways. *Atmos. Environ.*, 244:117931.
- <sup>49</sup> Trajkovska J. *et al.*, 2009. Toxicological study of pesticides in air and precipitations of Paris by means of a bioluminescence method. *Anal. Bioanal. Chem.*, 394:1099-1106.
- <sup>50</sup> Zhu S. *et al.*, 2017. Spatial and seasonal variations in air-soil exchange, enantiomeric signatures and associated health risks of hexachlorocyclohexanes (HCHs) in a megacity Hangzhou in the Yangtze River Delta region, China. *Sci. Total Environ.*, 599-600:264-272.
- <sup>51</sup> Yera A.M.B. *et al.*, 2020. Occurrence of Pesticides Associated to Atmospheric Aerosols: Hazard and Cancer Risk Assessments. *J. Braz. Chem. Soc.*, 31:1317-1326.
- <sup>52</sup> Benka-Coker W. *et al.*, 2020. The joint effect of ambient air pollution and agricultural pesticide exposures on lung function among children with asthma. *Environ. Res.*, 190:109903.
- <sup>53</sup> Doan N.H. *et al.*, 2021. Comprehensive study of insecticides in atmospheric particulate matter in Hanoi, Vietnam: Occurrences and human risk assessment. *Chemosphere*, 262:128028.
- <sup>54</sup> Rodríguez-Eugenio N. *et al.*, 2018. Soil Pollution: a hidden reality. Rome, FAO, 142 pp.
- <sup>55</sup> Anderson B.S. *et al.*, 2018. Changing patterns in water toxicity associated with current use pesticides in three California agriculture regions. *Integr. Environ. Assess. Manag.*, 14(2):270-281.
- <sup>56</sup> Ulrich U. *et al.*, 2022. Multiple pesticides in lentil small water bodies: Exposure, ecotoxicological risk, and contamination origin. *Sci. Total Environ.*, 816: 151504.
- <sup>57</sup> Schönenberger U.T. *et al.*, 2022. Are spray drift losses to agricultural roads more important for surface water contamination than direct drift to surface waters?. *Sci. Total Environ.*, 809:151102.
- <sup>58</sup> Katagi T., 2013. Soil Column Leaching of Pesticides Article in Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 221:1-105.
- <sup>59</sup> Sandin M., 2017. Surface and subsurface transport pathways of pesticides to surface waters. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala 2017. [https://pub.epsilon.slu.se/14474/7/sandin\\_m\\_20170725.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/14474/7/sandin_m_20170725.pdf)
- <sup>60</sup> Cui S. *et al.*, 2020. Effects of season and sediment-water exchange processes on the partitioning of pesticides in the catchment environment: Implications for pesticides monitoring. *Sci. Total Environ.*, 698:134228.
- <sup>61</sup> Al-Wabel M.I. *et al.*, 2016. Spatial distribution of pesticide residues in the groundwater of a condensed agricultural area. *Arab. J. Geosci.*, 9:1-10.
- <sup>62</sup> Himel C.M. *et al.*, 1990. Pesticide sources to the soil and principles of spray physics, in: Pesticides in the soil environment: Processes, impacts, and modelling. Cheng H.H. (Ed.), Number 2 in the Soil Science Society of America Book Series.
- <sup>63</sup> López-Piñeiro A. *et al.*, 2013. Sorption, leaching and persistence of metribuzin in Mediterranean soils amended with olive mill waste of different degrees of organic matter maturity. *J. Environ. Manage.*, 122:76-84.
- <sup>64</sup> Hvizdová M. *et al.*, 2018. Currently and recently used pesticides in Central European arable soils. *Sci. Total Environ.*, 613-614:361-370.
- <sup>65</sup> Willkommen S. *et al.*, 2019. How weather conditions and physico-chemical properties control the leaching of flufenacet, diflufenican, and pendimethalin in a tile-drained landscape. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 278:107-116.
- <sup>66</sup> Kosubová P. *et al.*, 2020. Spatial and temporal distribution of the currently-used and recently-banned pesticides in arable soils of the Czech Republic. *Chemosphere*, 254:126902.
- <sup>67</sup> Weber J.B. *et al.*, 2004. Calculating pesticide sorption coefficients (Ksub(d)) using selected soil properties. *Chemosphere*, 55:157-166.
- <sup>68</sup> Laabe V. *et al.*, 2007. Pesticide fate in tropical wet-lands of Brazil: An aquatic microcosm study under semi-field conditions. *Chemosphere*, 67:975-989.
- <sup>69</sup> Hussain S. *et al.*, 2009. Impact of pesticides on soil microbial diversity, enzymes, and biochemical reactions. *Adv. Agron.*, 102:159-200.
- <sup>70</sup> Vagi M.C. & Petas A.S., 2022. Sorption/Desorption, Leaching, and Transport Behavior of Pesticides in Soils: A Review on Recent Advances and Published Scientific Research. In: Pesticides in Soils. Rodríguez-Cruz M.S., Sánchez-Martín M.J. (Eds), The Handbook of Environmental Chemistry, vol 113. Springer, Cham.
- <sup>71</sup> Stenrod M. *et al.*, 2008. Cold climatic conditions: effects on bioavailability and leaching of the mobile pesticide metribuzin in a silt loam soil in Norway. *Cold Reg. Sci. Technol.*, 53:4-15.
- <sup>72</sup> Iwafune T., 2018. Studies on the behavior and ecotoxicity of pesticides and their transformation products in a river. *J. Pestic. Sci.*, 43:297-304.
- <sup>73</sup> Rösch A. *et al.*, 2016. How biotransformation influences toxicokinetics of azole fungicides in the aquatic invertebrate Gammarus pulex. *Environ. Sci. Technol.*, 50:1715-1788.
- <sup>74</sup> Kothhoff L. *et al.*, 2019. Transformation products of organic contaminants and residues—overview of current simulation methods. *Molecules*, 24.
- <sup>75</sup> Cui J. *et al.*, 2019. Bioaccumulation and metabolism of Carbosulfan in zebrafish (Danio rerio) and the toxic effects of its metabolites. *J. Agric. Food Chem.*, 67(45):12348-12356.
- <sup>76</sup> Huang Y. *et al.*, 2018. Microbial degradation of pesticide residues and an emphasis on the degradation of cypermethrin and 3-phenoxy benzoic acid: a review. *Molecules*, 23(9):2313.
- <sup>77</sup> Bloomfield J.P. *et al.*, 2006. Impacts of climate change on the fate and behaviour of pesticides in surface and groundwater-A UK perspective. *Sci. Total Environ.*, 369(1-3):163-77.
- <sup>78</sup> Gentil C. *et al.*, 2020. Challenges and ways forward in pesticide emission and toxicity characterization modeling for tropical conditions. *Int. J. Life Cycle Assess.*, 25:1290-1306.
- <sup>79</sup> Gyldenkerne S. & Jørgensen S.E., 2000. Modelling the bioavailability of pesticides to soil-dwelling organisms. *Ecol. Model.*, 132(3):203-230.
- <sup>80</sup> Knauer K. *et al.*, 2017. The influence of particles on bioavailability and toxicity of pesticides in surface water. *IEAM*, 13(4):585-600.
- <sup>81</sup> Marín-Benito J.M. *et al.*, 2017. Study of processes influencing bioavailability of pesticides in wood-soil systems: Effect of different factors. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 139:454-462.
- <sup>82</sup> Wang J. *et al.*, 2018. In vitro assessment of pyrethroid bioaccessibility via particle ingestion. *Environ. Int.*, 119: 125-132.
- <sup>83</sup> McLaughlin M.J. & Lanno R., 2014. Use of "Bioavailability" as a term in ecotoxicology. *Integr. Environ. Assess. Manag.*, 10:138-140.
- <sup>84</sup> Iwafune T., 2018. Studies on the behavior and ecotoxicity of pesticides and their transformation products in a river. *J. Pestic. Sci.*, 43:297-304.
- <sup>85</sup> Lushchak V.I. *et al.*, 2018. Pesticide toxicity: A mechanistic approach. *EXCLI J.*, 17:1101-1136.
- <sup>86</sup> Jones K.C. & de Voogt P., 1999. Persistent organic pollutants (POPs): state of the science. *Environ. Poll.*, 100: 209-221.
- <sup>87</sup> ENEA, 2004. Inquinanti organici persistenti. [http://old.enea.it/produttore\\_scientifica/pdf\\_EAI/2004/InquinantiOrganici.pdf](http://old.enea.it/produttore_scientifica/pdf_EAI/2004/InquinantiOrganici.pdf)
- <sup>88</sup> Barrie L.A. *et al.*, 1992. Arctic contaminants: sources, occurrence and pathways. *Sci. Tot. Environ.*, 122:1-74.
- <sup>89</sup> Muir D.C.G. *et al.*, 1992. Arctic Ecosystem contamination. *Sci. Tot. Environ.*, 122:75-134.
- <sup>90</sup> Meire R.O. *et al.*, Use of passive samplers to detect organochlorine pesticides in air and water at wetland mountain region sites (S-SE Brazil). *Chemosphere*, 144: 2157-2182.
- <sup>91</sup> Jürgens M.D. *et al.*, 2016. The long shadow of our chemical past – high DDT concentrations in fish near a former agrochemicals factory in England. *Chemosphere*, 162:333-344.
- <sup>92</sup> Olatunji O.S., 2019. Evaluation of selected polychlorinated biphenyls (PCBs) congeners and dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) in fresh root and leafy vegetables using GC-MS. *Sci. Rep.*, 9, Article number: 538.
- <sup>93</sup> La Merrill M. *et al.*, 2013. Toxicological Function of Adipose Tissue: Focus on Persistent Organic Pollutants. *Environ. Health Perspect.*, 121:2.
- <sup>94</sup> Carson R., 1907-1964. Silent Spring. Boston: Houghton Mifflin, 2002.
- <sup>95</sup> Tanabe S. *et al.*, 1994. Global contamination by persistent organochlorines and their ecotoxicological impact on marine mammals. *Sci. Total Environ.*, 154:163-177.
- <sup>96</sup> IARC, 1997. Polychlorinated Dibenzo-para-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans. Summary of Data Reported and Evaluation. *IARC Monographs*, Vol. 69. IARC Press, Lyon.
- <sup>97</sup> ATSDR, 2003. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. ATSDR, Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services ([www.atsdr.cdc.gov](http://www.atsdr.cdc.gov))
- <sup>98</sup> Jayaraj R. *et al.*, 2016. Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment. *Interdiscip. Toxicol.*, 9(3-4):90-100.
- <sup>99</sup> EEA, 2018. Contaminants in Europe's seas. Moving towards a clean, non-toxic marine environment. European Environment Agency, 2019. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- <sup>100</sup> European Food Safety Authority (EFSA), 2017. The 2015 European Union report on pesticide residues in food. *EFSA Journal*, 15(4): 4791, 134.
- <sup>101</sup> Grassi P. *et al.*, 2010. Polychlorobiphenyls (PCBs), polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and dibenzofurans (PCDFs) in fruit and vegetables from an industrial area in northern Italy. *Chemosphere*, 79(3):292-298.
- <sup>102</sup> Monnolo A. *et al.*, 2020. Levels of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in donkey milk: Correlation with the infection level by intestinal strongyles. *Chemosphere*, 258:127287.
- <sup>103</sup> ISPRA, 2020. Rapporto nazionale pesticidi nelle acque. Dati 2017-2018.
- <sup>104</sup> Department of Economic and Social Affairs, Population Division, World Population Prospects: The 2017 Revision, World Population 2017. Data Booklet. ST/ESA/SER.A/401 (United Nations), 2017.
- <sup>105</sup> Zhang W., 2018. Global pesticide use: profile, trend, cost/benefit and more. *Proc. Int. Acad. Ecol. Environ. Sci.*, 8(1):1-27.
- <sup>106</sup> Donald D.B. *et al.*, 1999. Agricultural pesticides threaten the ecological integrity of northern prairie wetlands. *Sci. Total Environ.*, 231(2-3):173-81.
- <sup>107</sup> Haynes D. *et al.*, 2000. Pesticide and herbicide residues in sediments and seagrasses from the Great Barrier Reef World Heritage Area and Queensland coast. *Mar. Pollut. Bull.*, 41(7-12):279-287.
- <sup>108</sup> Helander M. *et al.*, 2012. Glyphosate in northern ecosystems. *Trends Plant. Sci.*, 17(10):569-574.
- <sup>109</sup> Newbold T. *et al.*, 2015. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature*, 520(7545):45.
- <sup>110</sup> Boedeker W. *et al.*, 2020. The global distribution of acute unintentional pesticide poisoning: estimations based on a systematic review. *BMC Public Health*, 20:1875.
- <sup>111</sup> Ware G.W., 1980. Effects of pesticides on nontarget organisms. *Residue Rev.*, 76:173-201.
- <sup>112</sup> Power A.G., 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philos. Trans. R Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 365(1554): 2959-2971.
- <sup>113</sup> Bowmer K.H., 2013. Ecosystem Effects from Nutrient and Pesticide Pollutants: Catchment Care as a Solution. *Resources*, 2:439-456.
- <sup>114</sup> Chagnon M. *et al.*, 2015. Risks of large-scale use of systemic insecticides to ecosystem functioning and services. *ESPR*, 22:119-134.
- <sup>115</sup> Allewa R. *et al.*, 2018. Mechanism underlying the effect of long-term exposure to low dose of pesticides on DNA integrity. *Environ. Toxicol.*, 33:476-48.
- <sup>116</sup> IPBES, 2019. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngu (editors). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 1148 pages.
- <sup>117</sup> Duval A. *et al.*, 2018. The contribution of biodiversity for food and agriculture to resilience of production systems to environmental change and uncertainty. Thematic study prepared for The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. Rome, FAO.
- <sup>118</sup> Geiger F. *et al.*, 2010. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic. Appl. Ecol.*, 11(2):97-105.
- <sup>119</sup> Pesticide Action Network Europe (PAN Europe), 2010. Pesticides and the loss of biodiversity: How intensive pesticide use affects wildlife populations and species diversity. [www.pan-europe.info](http://www.pan-europe.info)
- <sup>120</sup> Carriger J.F. *et al.*, 2006. Pesticides of potential ecological concern in sediment from South Florida canals: an ecological risk prioritization for aquatic arthropods. *Soil Sediment Contam.*, 15:21-45.
- <sup>121</sup> Köhler H.R. & Triebkorn R., 2013. Wildlife ecotoxicology of pesticides: can we track effects to the population level and beyond?. *Science*, 341(6147):759-65.
- <sup>122</sup> Potts S.G. *et al.*, 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends Ecol. Evol.*, 25(6):345-353.
- <sup>123</sup> Calvo-Agudo M. *et al.*, 2019. Neonotinoids in excretion product of phloem-feeding insects kill beneficial insects. *PNAS*, 116(34):16817-16822.
- <sup>124</sup> Uhl P. & Brühl C.A., 2019. The Impact of Pesticides on Flower-Visiting Insects: A Review with Regard to European Risk Assessment. *Environ. Toxicol. Chem.*, 38(11):2355-2370.
- <sup>125</sup> Rodger J.G. *et al.*, 2021. Widespread vulnerability of flowering plant seed production to pollinator declines. *Sci. Adv.*, 7(42):eabd3524.
- <sup>126</sup> Reilly J.R. *et al.*, 2020. Crop production in the USA is frequently limited by a lack of pollinators. *Proc. R. Soc. B*, 287:20200922.
- <sup>127</sup> Khoury K.C. *et al.*, 2021. Crop genetic erosion: understanding and responding to loss of crop diversity. *New Phytol.*, 233(1):84-118.
- <sup>128</sup> IPBES, 2016. The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. S.G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca,



and H. T. Ngo (Eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 552 pages. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3402856>

<sup>128</sup> Hussain S. *et al.*, 2009. Impact of pesticides on soil microbial diversity, enzymes, and biochemical reactions. Chapter 5 In: *Advances in Agronomy. Academic Press*, 102:159-200.

<sup>129</sup> Gunstone T. *et al.*, 2021. Pesticides and Soil Invertebrates: A Hazard Assessment. *Front. Environ. Sci.*, 9:643847.

<sup>130</sup> ISPRA, 2020. Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Munafò M. (a cura di). Edizione 2020. Report SNPA 15/20.

<sup>131</sup> Ram R.L., 2019. Current Research In Soil Fertility, 1st Edn. Ram R.L. (Ed.) Delhi: Aikini Publications.

<sup>132</sup> Ramirez K.S. *et al.*, 2015. Toward a global platform for linking soil biodiversity data. *Front. Ecol. Evol.*, 3:91.

<sup>133</sup> Balvanera P. *et al.*, 2006. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services: biodiversity and ecosystem functioning/services. *Ecol. Lett.* 9:1146-1156.

<sup>134</sup> Perrings C. *et al.*, 2006. Biodiversity in agricultural landscapes: saving natural capital without losing interest. *Conserv. Biol.*, 20:263-264.

<sup>135</sup> Kibblewhite M.G. *et al.*, 2008. Soil health in agricultural systems. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.*, 363:685-701.

<sup>136</sup> Martinou A.F. & Stavrinides M.C., 2015. Effects of Sublethal Concentrations of Insecticides on the Functional Response of Two Mirid Generalist Predators. *PLoS One* 10(12): e0144413.

<sup>137</sup> Amalin D.M. *et al.*, 2009. Effects of pesticides on the arthropod community in the agricultural areas near the Everglades National Park. *FSHS*, 122:429-437.

<sup>138</sup> Ghananand T. *et al.*, 2011. Effect of insecticides, bio-pesticides and botanicals on the population of natural enemies in brinjal ecosystem. *Vegetos-Int. J. Plant Res.*, 24:40-44.

<sup>139</sup> Fountain M.T. *et al.*, 2007. The effect of the insecticide chlorpyrifos on spider and collembolan communities. *Pedobiologia*, 51:147-158.

<sup>140</sup> Evans S.C. *et al.*, 2010. Exposure to a glyphosate-based herbicide affects agrobiont predatory arthropod behavior and long-term survival. *Ecotoxicology*, 19:1249-1257.

<sup>141</sup> Giglio A. *et al.*, 2011. Effects of the pesticide dimethoate on a non-target generalist carabid, *Pterostichus melaleucus* (Dejean, 1828) (Coleoptera:Carabidae). *Ital. J. Zool.*, 78:471-477.

<sup>142</sup> Janssens L. & Stoks R., 2012. How does a pesticide pulse increase vulnerability to predation? Combined effects on behavioral antipredator traits and escape swimming. *Aquat. Toxicol.*, 110:111-91-8.

<sup>143</sup> WWF Italia, 2021. Le misure non sono tutte. L'importanza della piccola fauna per un'agricoltura sostenibile.

<sup>144</sup> Stuber M.J. *et al.*, 2018. Examination of Pesticide Exposure In Burrowing Owls Nesting In Agricultural And Nonagricultural Areas In The Morley Nelson Snake River Birds of Prey National Conservation Area, Idaho. *J. Raptor Res.*, 52(2):191-206.

<sup>145</sup> Humann-Guillennot S. *et al.*, 2021. Contamination by neonicotinoid insecticides in barn owls (*Tyto alba*) and Alpine swifts (*Tachymarpis melba*). *Sci. Total Environ.*, 785:147403.

<sup>146</sup> BLI, 2004. State of the world's birds. BirdLife International 2004. (<http://www.biodiversityinternational.org/default.php>)

<sup>147</sup> Parsons K.C. *et al.*, 2010; Effects of pesticide use in rice fields on birds. *Waterbirds*, 33:193-218.

<sup>148</sup> Mitra A. *et al.*, 2011. Synthetic chemical pesticides and their effects on birds. *Res. J. Environ. Toxicol.*, 5:81-96.

<sup>149</sup> Hallmann C.A. *et al.*, 2014. Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations. *Nature*, 511:341-343.

<sup>150</sup> Baudrot V. *et al.*, 2020. Trophic transfer of pesticides: The fine line between predator-prey regulation and pesticide-pest regulation. *J. Appl. Ecol.*, 57(4):806-818.

<sup>151</sup> Courdassier R. *et al.*, 2014. Unintentional wildlife poisoning and proposals for sustainable management of rodents. *Conserv. Biol.*, 28:315-321.

<sup>152</sup> Geduhn A. *et al.*, 2015. Relation between Intensity of Biocide Practice and Residues of Anticoagulant Rodenticides in Red Foxes (*Vulpes vulpes*). *PLoS One*, 10(9):e0139191.

<sup>153</sup> Routh H. *et al.*, 2019. State of knowledge on current exposure, fate and potential health effects of contaminants in polar bears from the circumpolar Arctic. *Sci. Total Environ.*, 664:1063-1083.

<sup>154</sup> Sonne C. *et al.*, 2006. Xenohormonal pollutants may reduce size of sexual organs in East Greenland polar bears (*Ursus maritimus*). *Environ. Sci. Technol.*, 40(18):5668-5674.

<sup>155</sup> Ciesielski T.M. *et al.*, 2017. Relationships between POPs, biometrics and circulating steroids in male polar bears (*Ursus maritimus*) from Svalbard. *Environ. Pollut.*, 230:598-608.

<sup>156</sup> Brown T.M. *et al.*, 2018. The distribution and trends of persistent organic pollutants and mercury in marine mammals from Canada's Eastern Arctic. *Sci. Total Environ.*, 618:500-517.

<sup>157</sup> Relyea R.A. & Hoverman J.T., 2008. Interactive effects of predators and a pesticide on aquatic communities. *Oikos*, 117(11):1647-1658.

<sup>158</sup> McKnight U.S. *et al.*, 2015. Sources, occurrence and predicted aquatic impact of legacy and contemporary pesticides in streams. *Environ. Pollut.*, 200:64-76.

<sup>159</sup> Yamamuro M. *et al.*, 2019. Neonicotinoids disrupt aquatic food webs and decrease fishery yields. *Science*, 366:620-623.

<sup>160</sup> Werner I. *et al.*, 2021. Environmental Risk of Pesticides for Fish in Small- and Medium-Sized Streams of Switzerland. *Toxics*, 9(4):79.

<sup>161</sup> Ali S. *et al.*, 2020. Effect of Pesticides on Fish Fauna: Threats, Challenges, and Possible Remedies. In: *Bioremediation and Biotechnology Sustainable Approaches to Pollution Degradation*. Hakeem K., Bhat R., Qadri H. (Eds) Bioremediation and Biotechnology. Springer, Cham.

<sup>162</sup> Mohaupt V. *et al.*, 2020. Pesticides in European rivers, lakes and groundwaters – Data assessment. ETC/ICM. Technical Report 1/2020: European Topic Centre on Inland, Coastal and Marine waters, 86 pp.

<sup>163</sup> Chin Sue H., 2002. Jamaica Country Report on Persistent Toxic Substances, Region X IRET/CSUA, Regionally Based Assessment of Persistent Toxic Substances, GF/XG/XG/4030-00-20, FMAM/UNEP.

<sup>164</sup> Petrik O. *et al.*, 2021. Tracking the Causes of a Mass Fish Kill at a Mediterranean River within a Protected Area. *Water*, 13:98.

<sup>165</sup> Bille L. *et al.*, 2017. First report of a fish kill episode caused by pyrethroids in Italian freshwater. *Forensic Sci. Int.*, 281:176-182.

<sup>166</sup> Sabra F.S. & Mehana E.S.E.D., 2015. Pesticides toxicity in fish with particular reference to insecticides. *Asian J. Agric. Food Sci.*, 3:40-60.

<sup>167</sup> Ullah S. & Zorriehzahra M.J., 2015. Ecotoxicology: A review of pesticides induced toxicity in fish. *Adv. Anim. Vet. Sci.*, 3:40-57.

<sup>168</sup> Perez-Parada A. *et al.*, 2018. Recent advances and open questions around pesticide dynamics and effects on freshwater fishes. *Curr. Opin. Environ. Sci. Health*, 4:38-44.

<sup>169</sup> Werner I. & Young T., 2018. Pyrethroid insecticides—Exposure and impacts in the aquatic environment. In *The Encyclopedia of the Anthropocene*. D. DellaSala & M. I. Goldstein (Eds.), Vol. 5. (pp. 119-126). Elsevier: Oxford, UK.

<sup>170</sup> Bojarski B. & Witeska M. 2020. Blood biomarkers of herbicide, insecticide, and fungicide toxicity to fish—A review. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 27:19236-19250.

<sup>171</sup> Scholz N.L. *et al.*, 2012. A Perspective on modern pesticides, pelagic fish declines, and unknown ecological resilience in highly managed ecosystems. *BioScience*, 62:428-434.

<sup>172</sup> Ibrahim L. *et al.*, 2013. A list of fish species that are potentially exposed to pesticides in edge-of-field water bodies in the European Union—a first step towards identifying vulnerable representatives for risk assessment. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 20:2679-2687.

<sup>173</sup> Muir D.C.G. *et al.*, 1988. Organochlorine contaminants in arctic marine food chains: accumulation of specific polychlorinated biphenyls and chlordane-related compounds. *Environ. Sci. Technol.*, 22(9):1071-1079.

<sup>174</sup> Hargrave B.T. *et al.*, 1999. Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in the Arctic Ocean food web. *AECT*, 22:41-54.

<sup>175</sup> Dromard C.R. *et al.*, 2018. Different transfer pathways of an organochlorine pesticide across marine tropical food webs assessed with stable isotope analysis. *PLoS One*, 13(2): e0191335.

<sup>176</sup> Nacher-Mestre J. *et al.*, 2014. Screening of pesticides and polycyclic aromatic hydrocarbons in feeds and fish tissues by gas chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry using atmospheric pressure chemical ionization. *J. Agr. Food Chem.*, 62:2165-2174.

<sup>177</sup> Portoles T. *et al.*, 2017. Comprehensive strategy for pesticide residue analysis through the production cycle of gilthead sea bream and Atlantic salmon. *Chemosphere*, 179:242-253.

<sup>178</sup> Olsvik P.A. *et al.*, 2019. Effects of Agricultural Pesticides in Aqueafeds on Wild Fish Feeding on Leftover Pellets Near Fish Farms. *Front. Genet.*, 10:794.

<sup>179</sup> EUROPEAN COMMISSION, DIRECTORATE-GENERAL FOR HEALTH AND FOOD SAFETY, 2021. Magnitude of pesticides residues in fish. COMMISSION WORKING DOCUMENT, Safety of the Food Chain, Pesticides and Biocides. [https://ec.europa.eu/food/system/files/2021-10/pesticides\\_saf\\_guidelines\\_app-10252-2021\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/food/system/files/2021-10/pesticides_saf_guidelines_app-10252-2021_en.pdf)

<sup>180</sup> Hagner M. *et al.*, 2019. Effects of a glyphosate-based herbicide on soil animal trophic groups and associated ecosystem functioning in a northern agricultural field. *Sci. Rep.*, 9, Article number: 8540.

<sup>181</sup> Gaiquinto P.C. *et al.*, 2017. Effects of Glyphosate-Based Herbicide Sub-Lethal Concentrations on Fish Feeding Behavior. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 98(4):460-464.

<sup>182</sup> Ruuskanen S. *et al.*, 2020. Effects of parental exposure to glyphosate-based herbicides on embryonic development and oxidative status: a long-term experiment in a bird model. *Sci. Rep.*, 10, Article number: 6349.

<sup>183</sup> van Bruggen A.H.C. *et al.*, 2021. Indirect Effects of the Herbicide Glyphosate on Plant, Animal and Human Health Through its Effects on Microbial Communities. *Front. Environ. Sci.*, 9:763917.

<sup>184</sup> Kanissey R. *et al.*, 2019. Glyphosate: Its Environmental Persistence and Impact on Crop Health and Nutrition. *Plants* (Basel), 8(11):499.

<sup>185</sup> International Agency for Research on Cancer Volume 112: Some organophosphate insecticides and herbicides: tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon and glyphosate. IARC Working Group. Lyon; 3–10 March 2015. IARC Monogr Eval Carcinog Risk Chem Hum.

<sup>186</sup> Guyton, K.Z. *et al.*, 2015. Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate. *The Lancet Oncology*, 16(5):490-491.

<sup>187</sup> Muñoz J.P. *et al.*, 2021. Glyphosate and the key characteristics of an endocrine disruptor: A review. *Chemosphere*, 270:128619.

<sup>188</sup> Lorenz V. *et al.*, 2021. Editorial: Glyphosate Herbicide as Endocrine Disruptor and Probable Human Carcinogen: Current Knowledge and Future Direction. *Front. Endocrinol.*, 12:772911.

<sup>189</sup> United Nations, 2022. The right to a clean, healthy and sustainable environment: non-toxic environment. Report of the Special Rapporteur on the issue of human rights obligations relating to the enjoyment of a safe, clean, healthy and sustainable environment. United Nations, General Assembly. Human Rights Council Forty-ninth session. A/HRC/49/53 <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G22/004/48/PDF/G2200448.pdf?OpenElement>

<sup>190</sup> Ougier E. *et al.*, 2021. Chemical prioritisation strategy in the European Human Biomonitoring Initiative (HBM4EU) – Development and results. *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 236:113778.

<sup>191</sup> Sharma A. *et al.*, 2020. Global trends in pesticides: A looming threat and viable alternatives. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 201:110812.

<sup>192</sup> Damalas C.A. & Eleftherohorinos I.G., 2011. Pesticide Exposure, Safety Issues, and Risk Assessment Indicators. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 8(5):1402-1419.

<sup>193</sup> Hung D.-Z. *et al.*, 2015. The Long-Term Effects of Organophosphorus Poisoning as a Risk Factor of CVDs: A Nationwide Population-Based Cohort Study. *PLoS One*, 10(9): e0137632.

<sup>194</sup> Samsuddin N. *et al.*, 2016. Pesticides Exposure and Cardiovascular Hemodynamic Parameters Among Male Workers Involved in Mosquito Control in East Coast of Malaysia. *Am. J. Hypertens.*, 29(2):226-33.

<sup>195</sup> Mangas I., 2016. Neurotoxic effects associated with current uses of organophosphorus compounds. *J. Braz. Chem. Soc.*, 27(5):809-825.

<sup>196</sup> Costa L.G. *et al.*, 2008. Neurotoxicity of pesticides: a brief review. *Front. Biosci.*, 13(4):1240-1249.

<sup>197</sup> London L. *et al.*, 2012. Neurobehavioral and neurodevelopmental effects of pesticide exposures. *Neuro Toxicology*, 33(4):887-896.

<sup>198</sup> Ye M. *et al.*, 2013. Occupational Pesticide Exposures and Respiratory Health. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 10(12):6442-6471.

<sup>199</sup> Balte P.P. *et al.*, 2017. Body Burden of Dichlorodiphenyl Dichloroethane (DDE) and Childhood Pulmonary Function. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 14(11): 1376.

<sup>200</sup> Mnif W. *et al.*, 2011. Effect of Endocrine Disruptor Pesticides: A Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 8(6):2265-2303.

<sup>201</sup> Mehrpour O. *et al.*, 2014. Occupational exposure to pesticides and consequences on male semen and fertility: A review. *Toxicology Letters*, 230(2):146-156.

<sup>202</sup> Hu Y. *et al.*, 2018. Organophosphate and pyrethroid pesticide exposure measured before conception and association with time to pregnancy in Chinese couples enrolled in the shanghai birth cohort. *Environ. Health Perspect.*, 126:077001.

<sup>203</sup> Rossi M. *et al.*, 2018. The cell biology of the thyroid-disrupting mechanism of dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT). *J. Endocrinol. Invest.*, 41:67-73.

<sup>204</sup> Chen B. *et al.*, 2015. Effects of Methoxychlor and 2,2-bis (p-Hydroxyphenyl)-1,1,1-Trichloroethane on Cytochrome P450 Enzyme Activities in Human and Rat Livers. *Pharmacology*, 95:145-153.

<sup>205</sup> Gao B. *et al.*, 2017. Sex-specific effects of organophosphate diazinon on the gut microbiome and its metabolic functions. *Environ. Health Perspect.*, 125:198-206.

<sup>206</sup> Manfro P.P.T. *et al.*, 2020. Evaluation of the effects of agropesticides use on liver and kidney function in farmers from buca, Cameroon. *J. Toxicol.*, 2305764.

<sup>207</sup> Bastos A.L. *et al.*, 2020. Carcinogenicity and mutagenicity of malathion and its two analogues: a systematic review. *Cien. Saude. Colet.*, 25(8):3273-3298.

<sup>208</sup> Yadav A.S. & Sehrawat G., 2011. Evaluation of genetic damage in farmers exposed to pesticide mixtures. *Int. J. Hum. Genet.*, 11:105-109.

<sup>209</sup> Parker A.M. *et al.*, 2017. UV/H2O2 advanced oxidation for abatement of organophosphorous pesticides and the effects on various toxicity screening assays. *Chemosphere*, 182:477-482.

<sup>210</sup> Gatto N.M. *et al.*, 2021. Farming, Pesticides, and Brain Cancer: A 20-Year Updated Systematic Literature Review and Meta-Analysis. *Cancers*, 13:4477.

<sup>211</sup> Pan-Germany, 2012. Pesticide and health hazards. Facts and figures. 2012:1-16 ([www.pangermany.org/download/Vernift\\_EN-201112-web.pdf](http://www.pangermany.org/download/Vernift_EN-201112-web.pdf))

<sup>212</sup> Alavanja M.C. *et al.*, 2004. Health effects of chronic pesticide exposure: cancer and neurotoxicity. *Annu. Rev. Publ. Health*, 25:155-197.

<sup>213</sup> Song C. *et al.*, 2010. Environmental neurotoxic pesticide increases histone acetylation to promote apoptosis in dopaminergic neuronal cells: relevance to epigenetic mechanisms of neurodegeneration. *Mol. Pharmacol.*, 77:621-632.

<sup>214</sup> Jakanovic M., 2018. Neurotoxic effects of organophosphorus pesticides and possible association with neurodegenerative diseases in man: A review. *Toxicology*, 410:125-131.

<sup>215</sup> Özer Şimşek Z. *et al.*, 2019. Effects of Organophosphate Poisoning on the Endocrine System in the Long Term: A Pilot Study. *Erciyes Med. J.*, 41(1):33-6.

<sup>216</sup> Colliotta M. *et al.*, 2013. Epigenetics and pesticides. *Toxicology*, 307: 35-41.

<sup>217</sup> Environmental Working Group (EWG), 2017. How Toxic Pollutants Can Harm Future, Unexposed Generations. <https://www.ewg.org/research/how-toxic-pollutants-can-harm-future-unexposed-generations>

<sup>218</sup> Dayasiri K.C. *et al.*, 2017. Patterns of acute poisoning with pesticides in the paediatric age group. *Int. J. Emerg. Med.*, 10, Article number: 22.

<sup>219</sup> Elver, 2017. Report of the Special Rapporteur on the right to food, UN doc. A/HRC/34/48. United Nations Human Rights Council, Geneva.

<sup>220</sup> Kaur K. & Kaur R., 2018. Occupational pesticide exposure, impaired DNA repair, and diseases. *Indian J. Occup. Environ. Med.*, 22:74-81.

<sup>221</sup> Roberts J.R. *et al.*, 2012. Pesticide exposure in children. *Pediatrics*, 130(6):e1765-88.

<sup>222</sup> Kezios K.L. *et al.*, 2013. Dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT), DDT metabolites and pregnancy outcomes. *Reprod. Toxicol.*, 35:156-164.

<sup>223</sup> Damalas C.A. & Koutroubas S.D., 2016. Farmers' Exposure to Pesticides: Toxicity Types and Ways of Prevention. *Toxics*, 4(1):1.

<sup>224</sup> Youssef M. *et al.*, 2018. Health Effects of Pesticides on Pregnant Women and Children. In: *Handbook of Research on the Adverse Effects of Pesticide Pollution in Aquatic Ecosystems* (pp.105-122) Publisher: IGI Global.

<sup>225</sup> Grau D. *et al.*, 2022. Quantifiable urine glyphosate levels detected in 99% of the French population, with higher values in men, in younger people, and in farmers. *Environ Sci Pollut Res.*

<sup>226</sup> Mamane A. *et al.*, 2015. Occupational exposure to pesticides and respiratory health. *ERR*, 2015 24:306-319.

<sup>227</sup> Bartoli L. *et al.*, 2010. La mortalità italiana in agricoltura a confronto con industrie e terziario Agriregioneuropea, anno 6 num. 23 dicembre 2010.

<sup>228</sup> Curl C.L. *et al.*, 2002. Evaluation of take-home organophosphorus pesticide exposure among agricultural workers and their children. *Environ. Health Perspect.*, 110(12):A787-A792.

<sup>229</sup> Kawahara J. *et al.*, 2005. Air pollution and young children's inhalation exposure to organophosphorus pesticide in an agricultural community in Japan. *Environ. Int.*, 31(8):1123-32.

<sup>230</sup> Hamly M.E. *et al.*, 2009. Pesticides in dust from homes in an agricultural area. *Environ. Sci. Technol.*, 43(23):8767-8774.

<sup>231</sup> Quiros-Alcala L. *et al.*, 2011. Pesticides in house dust from urban and farmworker households in California: an observational measurement study. *J. Environ. Health*, 10, Article number: 19.

<sup>232</sup> Golla V. *et al.*, 2012. Pesticide Concentrations in Vacuum Dust from Farm Homes: Variation between Planting and Nonplanting Seasons. *Int. Sch. Res. Notices*, 2012, Article ID:539397.

<sup>233</sup> Figueiredo D.M. *et al.*, 2022. Pesticides in doormat and floor dust from homes close to treated fields: Spatio-temporal variance and determinants of occurrence and concentrations. *Environ. Pollut.*, 301:119024.

<sup>234</sup> Ice, Save Bees and Farmers, 2021. Pesticides in our bedroom. Burtcher-Schaden H. and Dermine M. (Eds.). PAN Europe. [https://www.pan-europe.info/sites/pan-europe.info/files/pesticides\\_in\\_our\\_bedroom\\_report.pdf](https://www.pan-europe.info/sites/pan-europe.info/files/pesticides_in_our_bedroom_report.pdf)

<sup>235</sup> Curwin B.D. *et al.*, 2007. Pesticide dose estimates for children of Iowa farmers and non-farmers. *Environ. Res.*, 105(3):307-315.

<sup>236</sup> Shirangi A. *et al.*, 2011. Living near agricultural pesticide applications and the risk of adverse reproductive outcomes: a review of the literature. *Paediatr. Perinat. Epidemiol.*, 25(2):172-91.

<sup>237</sup> Yang W. *et al.*, 2014. Residential agricultural pesticide exposures and risk of neural tube defects and orofacial clefts among offspring in the San Joaquin Valley of California. *Am. J. Epidemiol.*, 179(6):740-8.

<sup>238</sup> Raanan R. *et al.*, 2015. Early-life Exposure to Organophosphate Pesticides and Pediatric Respiratory Symptoms in the CHAMACO Cohort. *Environ. Health Perspect.*, 123:2.

<sup>239</sup> Raanan R. *et al.*, 2016. Decreased lung function in 7-year-old children with early-life organophosphate exposure. *Thorax*, 71:148-153.

<sup>240</sup> Raanan R. *et al.*, 2017. Elemental Sulfur Use and Associations with Pediatric Lung Function and Respiratory Symptoms in an Agricultural Community (California, USA). *Environ. Health Perspect.* 125:8.

<sup>241</sup> Garry V.F., 2004. Pesticides and children. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 198(2):52-163.

<sup>242</sup> Caporale N. *et al.*, 2022. From cohorts to molecules: Adverse impacts of endocrine disrupting mixtures. *Science*, 375(6582):720-721.

<sup>243</sup> Gillezeau C. *et al.*, 2020. Update on human exposure to glyphosate, with a complete review of exposure in children. *Environ. Health*, 19: 115.

<sup>244</sup> Abdul-Rahman A.M., 2016. Subsidence of Acute Poisoning in Children Using Pesticide Accidentally in Agriculture Region and Study Their Response to Atropine. *Int. J. Med. Pharm. Sci.*, 6(3):29-38.

<sup>245</sup> Wolff M.S. *et al.*, 2007. Prenatal Pesticide and PCB Exposures and Birth Outcomes. *Pediatr. Res.*, 61:243-250.

<sup>246</sup> Debost-Legrand A. *et al.*, 2016. Prenatal exposure to persistent organic pollutants and organophosphate pesticides, and markers of glucose metabolism at birth. *Environ. Res.*, 146:207-217.

<sup>247</sup> Sancewicz-Pach K. *et al.*, 1997. Acute pesticides poisonings in pregnant women. *Przegl Lek.*, 54(10):741-4.

<sup>248</sup> Winchester P.D. *et al.*, 2009. Agrichemicals in surface water and birth defects in the United States. *Acta Paediatr.*, 98(4):664-9.

<sup>249</sup> Larsen A.E. *et al.*, 2017. Agricultural pesticide use and adverse birth outcomes in the San Joaquin Valley of California. *Nat. Commun.*, 8: 302.

<sup>250</sup> Addisie Y.A. *et al.*, 2020. Prenatal exposure to pesticides and risk for holoprosencephaly: a case-control study. *Environ. Health*, 19, Article number: 659.

<sup>251</sup> Bouchard M.F. *et al.*, 2010. Attention-deficit/hyperactivity disorder and urinary metabolites of organophosphate pesticides. *Pediatrics*, 125:e1270-e1277.

<sup>252</sup> ISDE, 2017. Note sull'inquinamento da pesticidi in Italia. A cura di: Pietro Massimiliano Bianco. [https://www.isde.it/wp-content/uploads/2018/01/2017\\_12\\_Contaminazione-pesticidi-Italia-finale.pdf](https://www.isde.it/wp-content/uploads/2018/01/2017_12_Contaminazione-pesticidi-Italia-finale.pdf)

<sup>253</sup> Björing-Poulsen M. *et al.*, 2008. Potential developmental neurotoxicity of pesticides used in Europe. *Environ. Health*, 7:50.

<sup>254</sup> Abreu-Villaca y. & Levin E.D., 2017. Developmental neurotoxicity of succeeding generations of insecticides. *Environ. Int.*, 99:55-77.

<sup>255</sup> Colborn T., 2006. case for revisiting the safety of pesticides: A closer look at neurodevelopment. *Environ. Health Perspect.*, 114(1):10–17.

- Bradman A. *et al.*, 2003. Measurement of pesticides and other toxicants in amniotic fluid as a potential biomarker of prenatal exposure: A validation study. *Environ. Health Perspect.*, 111(14):1779-1782.
- Damgaard I.N. *et al.*, 2006. Persistent pesticides in human breast milk and cryptorchidism. *Environ. Health Perspect.*, 114(7):1133-8.
- Weselak M. *et al.*, 2007. In utero pesticide exposure and childhood morbidity. *Environ. Res.*, 103(1):79-86.
- Gilden R.C. *et al.*, 2010. Pesticides and health risks. *J. Obstet. Gynecol. Neonatal. Nurs.*, 39(1):103-110.
- Bossi R. *et al.*, 2013. Levels of pesticides and their metabolites in wistar rat amniotic fluids and maternal urine upon gestational exposure. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 10:2271-2281.
- Prahl M. *et al.*, 2021. Exposure to pesticides in utero impacts the fetal immune system and response to vaccination in infancy. *Nat. Commun.*, 12, Article number: 132.
- Anderson H. & Wolff M.S., 2000. Environmental contaminants in human milk. *J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol.*, 10:755-760.
- Przyrembel H. *et al.*, 2000. Exposition to and health effects of residues in human milk. *Adv. Exp. Med. Biol.*, 478:307-325.
- Waliszewski S. *et al.*, 2000. Carry-over of persistent organochlorine pesticides through placenta to fetus. *Salud. Publica Mex.*, 42:384-390.
- Mostafalou S. & Abdollahi M., 2012. Concerns of environmental persistence of pesticides and human chronic diseases. *Clin. Exp. Pharmacol.*, S5:e002.
- Trasande L. *et al.*, 2016. Burden of disease and costs of exposure to endocrine disrupting chemicals in the European Union: an updated analysis. *Andrology*, 4(4): 565–572.
- Blainey *et al.*, 2008. The benefits of strict cut-off criteria on human health in relation to the proposal for a regulation concerning plant protection products (No. IP/ENV/ST/2008-18). Policy Department Economic and Scientific Policy. European Parliament, Brussels.
- Juraske R. *et al.*, 2009. Life cycle human toxicity assessment of pesticides: Comparing fruit and vegetable diets in Switzerland and the United States. *Chemosphere*, 77(7): 939-945
- Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), 2008. Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. WHO (2008). <https://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/trs916/en/>
- Mostafalou S. & Abdollahi M., 2013. Pesticides and human chronic diseases: Evidences, mechanisms, and perspectives. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 268:157-177.
- de Sousa G., 2014. A concentration addition model to assess activation of the pregnane X receptor (PXR) by pesticide mixtures found in the French diet. *Toxicol. Sci.*, 141(1):234-243.
- Chiu Y.H. *et al.*, 2015. Fruit and vegetable intake and their pesticide residues in relation to semen quality among men from a fertility clinic. *Hum. Reprod.*, 30:1342-1351.
- Macharia L., 2015. Pesticides and health in vegetable production in Kenya. *Biomed Res. Int.*, 2015:241516.
- Yousaf B. *et al.*, 2016. Bioavailability evaluation, uptake of heavy metals and potential health risks via dietary exposure in urban-industrial areas. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 23:22443-22453.
- Luis G. *et al.*, 2012. Metales traça y metales tóxicos en tomates producidos intensivamente (*lycopersicon esculentum*). *Nutr. Hosp.*, 27: 1605-1609.
- European Food Safety Authority (EFSA), 2021. The 2019 European Union report on pesticide residues in food Carrasco Cabrera L. and Medina Pastor P. EFSA Journal 2021;19(4):6491, 89 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6491>
- Legambiente, 2021. Dossier STOP pesticidi 2021. Analisi dei residui dei fitofarmaci negli alimenti e buone pratiche agricole. 80 pp. <https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2021/11/Stop-Pesticidi-2021.pdf>
- Crabres P. & Conte E., 2001. Pesticide residues in grapes and wine in Italy. *Food Addit. Contam.*, 18(10):880-5.
- Legambiente, 2017. STOP pesticidi. Analisi dei residui di pesticidi negli alimenti e buone pratiche agricole. 42 pp. [https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/stop\\_pesticidi\\_rapporto\\_2017.pdf](https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/stop_pesticidi_rapporto_2017.pdf)
- Marcotrigiano V. *et al.*, 2020. Safety in Wine Production: A Pilot Study on the Quality Evaluation of Prosecco Wine in the Framework of UE Regulation. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17:3283.
- Andreo-Martínez P. *et al.*, 2020. A descriptive bibliometric study on bioavailability of pesticides in vegetables, food or wine research (1976–2018). *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, 77:103374.
- Claeys W.L. *et al.*, 2011. Exposure of several Belgian consumer groups to pesticide residues through fresh fruit and vegetable consumption. *Food Control*, 22(3-4):508-516.
- Shen H. *et al.*, 2016. The bioaccessibility of polychlorinated biphenyls (PCBs) and polychlorinated dibenzo-p-dioxins/furans (PCDD/Fs) in cooked plant and animal origin foods. *Environ. Int.*, 94:33-42.
- Trewwas A. & Stewart D., 2003. Paradoxical effects of chemicals in the diet on health. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 6(2):185-90.
- Barron M.G. *et al.*, 2017. Residues of organochlorine pesticides in surface soil and raw foods from rural areas of the Republic of Tajikistan. *Environ. Pollut.*, 224:494-502.
- Zhang A. *et al.*, 2015. Distribution and uptake pathways of organochlorine pesticides in greenhouse and conventional vegetables. *Sci. Total Environ.*, 505: 1142-1147.
- Olatunji O.S., 2019. Evaluation of selected polychlorinated biphenyls (PCBs) congeners and dichlorodiphenylchloroethane (DDT) in fresh root and leafy vegetables using GC-MS. *Sci. Rep.*, 9, Article number: 538.
- Park D.W. *et al.*, 2015. Pesticide residues in leafy vegetables, stalk and stem vegetables from south korea: a long-term study on safety and health risk assessment. *Food Addit. Contam. - Part A Chem. Anal. Control. Expo. Risk Assess.*, 33:105-118.
- European Food Safety Authority (EFSA), 2019. The 2017 European Union report on pesticide residues in food. Scientific report. EFSA J. 2019, 17, 5743.
- European Food Safety Authority (EFSA), 2017. National summary reports on pesticide residue analysis performed in 2017. EFSA Support. Publ. 2019, EN-1666.
- Allen G. *et al.*, 2015. Increased occurrence of pesticide residues on crops grown in protected environments compared to crops grown in open field conditions. *Chemosphere*, 119:1428-1435.
- Bojać C.R. *et al.*, 2013. Evaluation of pesticide residues in open field and greenhouse tomatoes from Colombia. *Food Control*, 30:400-403.
- Lorenzin M., 2007. Pesticide residues in Italian ready-meals and dietary intake estimation. *J. Environ. Sci. Health B*, 42:823-33.
- Agullera A. *et al.*, 2014. Household processing factors of acrinathrin, ipronil, kresoxim-methyl and pyridaben residues in green beans. *Food Control*, 35(1):146-152.
- Bajwa U. & Sandhu K.S., 2014. Effect of handling and processing on pesticide residues in food - a review. *J. Food Sci. Technol.*, 51(2): 201-220.
- Lozowicka B. *et al.*, 2016. Removal of 16 pesticide residues from strawberries by washing with tap and ozone water, ultrasonic cleaning and boiling. *Environ. Monit. Assess.*, 188(1):51.
- Shakoori A. *et al.*, 2018. The Effects of House Cooking Process on Residue Concentrations of 41 Multi-Class Pesticides in Rice. *Iran J. Pharm. Res.*, 17(2):571-584.
- Heshmati A. *et al.*, 2019. Effect of storage, washing, and cooking on the stability of five pesticides in edible fungi of Agaricus bisporus: A degradation kinetic study. *Food Sci Nutr.*, 7(12):3993-4000.
- Yang A. *et al.*, 2012. Synergistic effect of washing and cooking on the removal of multi-classes of pesticides from various food samples. *Food Control*, 28:99-105.
- Lalah J.O. & Wandiga S.O., 2002. The effect of boiling on the removal of persistent malathion residues from stored grains. *J. Stored Prod. Res.*, 38:1-10.
- Reiler E. *et al.*, 2015. The influence of tomato processing on residues of organochlorine and organophosphate insecticides and their associated dietary risk. *Sci. Total Environ.*, 527-528:262-269.
- Li C. *et al.*, 1970. Fate of organochlorine pesticides during processing of milk into dairy products. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.*, 53:127-139.
- Tongo I. & Ezemonye L., 2015. Human health risks associated with residual pesticide levels in edible tissues of slaughtered cattle in Benin City, Southern Nigeria. *Toxicol. Rep.*, 2:1117-1135.
- Vasconcelos Régio I.C. *et al.*, 2019. Organochlorine pesticides residues in commercial milk: a systematic review. *Acta Agron.*, 68(2):99-107.
- Gill J.P.S. *et al.*, 2020. Pesticide Residues in Peri-Urban Bovine Milk from India and Risk Assessment: A Multicenter Study. *Sci. Rep.*, 10, Article number: 8054.
- Raheem W.S. & Niamah A., 2021. Contamination methods of milk with pesticides residues and veterinary drugs. ICORENT 2021. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 877(2021):012003.
- Nag S.K. & Raikwar M.K., 2011. Persistent organochlorine pesticide residues in animal feed. *Environ. Monit. Assess.*, 174(1-4):327-35.
- Vijaya Bhaskara Reddy M. *et al.*, 2015. Pesticide residues in animal feed and effects on animals and its products with special reference to endosulfan. *Int. J. Res. Ayurveda Pharm.*, 6(3):371-374.
- Kumar A. *et al.*, 2019. Pesticide Residues in Animal Feed: Status, Safety and Scope. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 7(2):73-80.
- Chitindingu K. *et al.*, 2015. In vitro bioaccessibility assessment of phenolic compounds from selected cereal grains: a prediction tool of nutritional efficiency. *LWT - Food Sci. Technol.*, 63:575-581.
- Liu Y.Y. *et al.*, 2018. Study of factors influencing the bioaccessibility of triazoles in cherry tomatoes using a static SHIME model. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 15.
- Shi Y.H. *et al.*, 2017. Factors affecting the bioaccessibility and intestinal transport of difenoconazole, hexaconazole, and Spirodiclofen in human Caco-2 cells following in vitro digestion. *J. Agric. Food Chem.*, 65:9139-9146.
- Vogt R. *et al.*, 2012. Cancer and non-cancer health effects from food contaminant exposures for children and adults in California: A risk assessment. *Environ. Heal. A Glob. Access Sci. Source.*, 11
- Schwarzenbach *et al.*, 2010. Global Water Pollution and Human Health. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 35:109-136.
- Englert D. *et al.*, 2017. Does waterborne exposure explain effects caused by neonicotinoid-contaminated plant material in aquatic systems? *Environ. Sci. Technol.*, 51:5793-5802.
- Evans *et al.*, 2019. Agricultural water pollution: key knowledge gaps and research needs. *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, 36:20-27.
- Lisoza F.A. *et al.*, 2020. Sources, distribution, and risk assessment of organochlorine pesticides in Nairobi City, Kenya. *J. Environ. Sci.*, 96:178-185.
- Syafudin M. *et al.*, 2021. Pesticides in Drinking Water—A Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health.*, 18(2):468.
- European Environmental Agency (EEA), 2018., European Waters. Assessment of Status and Pressures 2018. European Environmental Agency, Luxembourg (2018), p. 90.
- Rodrigo M.A. *et al.*, 2014. Electrochemically assisted remediation of pesticides in soils and water: A review. *Chem. Rev.*, 114(17):8720-8745.
- Sutton R. *et al.*, 2019. Occurrence and Sources of Pesticides to Urban Wastewater and the Environment. Chapter 5pp 63-88 In: Pesticides in Surface Water: Monitoring, Modeling, Risk Assessment, and Management, ACS Symposium Series Vol. 1308.
- Zhang C. *et al.*, 2021. Contamination of drinking water by neonicotinoid insecticides in China: Human exposure potential through drinking water consumption and percutaneous penetration. *Environ. Int.*, 156: 108650.
- Rendon-von Osten J. & Dzul-Caamal R., 2017. Glyphosate Residues in Groundwater, Drinking Water and Urine of Subsistence Farmers from Intensive Agriculture Localities: A Survey in Hopelchén, Campeche, Mexico. *Int. J. Environ. Res. Public Health.*, 14(6):595.
- Wang P. *et al.*, 2021. Bentazone in water and human urine in Wuhan, central China: exposure assessment. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 29:7089-7095.
- Sweeney C.L. *et al.*, 2022. Analysis of human serum and urine for tentative identification of potentially carcinogenic pesticide-associated N-nitroso compounds using high-resolution mass spectrometry. *Environ. Res.*, 205:112493.
- Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2016. Chemical Pesticides and Human Health: The Urgent Need for a New Concept in Agriculture. *Front. Public Health.*, 4.
- Foley J.A. *et al.*, 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478:337–342.
- Godfray H.C.J. & Garnett T., 2014. Food security and sustainable intensification. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, 369:20120273.
- Mäder P. *et al.*, 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296, 1694–1697.
- Hobbs P.R. *et al.*, 2008. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, 363:543-555.
- Seufert V. & Ramankutty N., 2017. Many shades of gray—the context-dependent performance of organic agriculture. *Sci. Adv.*, 3:e1602638.
- Tuck S. L. *et al.*, 2014. Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *J. Appl. Ecol.*, 51:746-755.
- Bender S.F. *et al.*, 2016. An underground revolution: biodiversity and soil ecological engineering for agricultural sustainability. *Trends Ecol. Evol.*, 31:440-452.
- Lu C. *et al.*, 2006. Organic diets significantly lower children's dietary exposure to organo-phosphorus pesticides. *Environ. Health Perspect.*, 114(2):260-263.
- Baranski *et al.*, 2014. Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses. *Brit. J. Nutr.*, 112:794-811.
- Zamora-Ros *et al.*, 2013. High concentrations of a urinary biomarker of polyphenol intake are associated with decreased mortality in older adults. *J. Nutr.*, 143(9):1445-1450.
- Lechenet *et al.*, 2017. Reducing pesticide use while preserving crop productivity and profitability on arable farms. *Nature Plants*, 3:17008.
- Mondelaers K. *et al.*, 2009. A meta-analysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming. *Br. Food J.*, 111:1098-1119.
- Scialabba & Muller-Lindenlauf, 2010. Organic agriculture and climate change. *Renew. Agric. Food Syst.*, 25(2):158-169.
- Miraglia M. *et al.*, 2009. Climate change and food safety: an emerging issue with special focus on Europe. *Food Chem. Toxicol.*, 47(5):1009-21.
- Tirado M. *et al.*, 2010. Climate change and food safety: A review. *Food Res. Int.*, 43:1745-1765.
- Crippa M. *et al.*, 2021. Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature Food*, 2:198-209.
- Scialabba N.E.-H. & Muller-Lindenlauf M., 2010. Organic agriculture and climate change. *Renew. Agric. Food Syst.*, 25(2):158-169.
- Goh K.M., 2011. Greater Mitigation of Climate Change by Organic than Conventional Agriculture: A Review. *Biol. Agric. Hortic.*, 27(2):205-229.
- IFOAM EU & FiBL, 2019. Organic farming, climate change mitigation and beyond. Reducing the environmental impacts of EU agriculture. FiBL, Adrian Muller, Lin Bautze, Matthias Meier and Andreas Gattinger. IFOAM EU, Eric Gall, Effimia Chatzinikolaou, Stephen Meredith, Tondi Ukas and Laura Ullmann. [https://www.organicseurope.bio/content/uploads/2020/06/ifoameu\\_advocacy\\_climate\\_change\\_report\\_2016.pdf](https://www.organicseurope.bio/content/uploads/2020/06/ifoameu_advocacy_climate_change_report_2016.pdf)
- Mazzoncini M. *et al.*, 2019. Organic farming systems for adaptation to and mitigation of climate change: effects on soil fertility and resource use efficiency. *Agrochimica, Special Issue The Effects of Climate Change*, 2019, pp. 107-112. University of Pisa.
- Clark S., 2020. Organic Farming and Climate Change: The Need for Innovation. *Sustainability*, 12:7012.
- Pimentel D. *et al.*, 2005. Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *BioSci* 2005(55):573-582.
- Tuomisto H.L. *et al.*, 2012. Does organic farming reduce environmental impacts? A meta-analysis of European research. *J. Env. Manage.*, 112:309-320.
- Niggli U. *et al.*, 2008. Organic Farming and Climate Change. International Trade Centre (ITC) and Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick, Switzerland. Geneva: ITC, 2007. 27 p. Doc. No. MDS-08-152 E <https://orgrprints.org/id/eprint/13414/3/niggli-et-al-2008-itc-climate-change.pdf>
- Gattinger A. *et al.*, 2012. Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. *PNAS*, 109(44):18226–18231.
- Poniso L.C. *et al.*, 2015. Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proc. R. Soc. B.*, 282:20141396.
- FiBL-IFOAM, 2022. The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2022. Willer H. Trnčević J. Meier C. and Schlatter B. (Eds.). Research Institute of Organic Agriculture, FiBL, Frick, and IFOAM – Organics International, Bonn. [https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1344-organic-world-2022\\_lr.pdf](https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1344-organic-world-2022_lr.pdf)
- The GBD 2015 Obesity Collaborators. 2017. Health effects of overweight and obesity in 195 countries over 25 years. *NEJM*, 377(1): 13-27.
- WHO and PHIE, 2021. COVID-19 and Obesity: The 2021 Atlas. The cost of not addressing the global obesity crisis. March 2021. Tim Lobstein (Ed.). World Obesity Federation. <https://www.worldobesityday.org/assets/downloads/COVID-19-and-Obesity-The-2021-Atlas.pdf>
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO, 2021. The State of Food Security and Nutrition in the World 2021. Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4474en>
- IAI & ACTION Global Health Advocacy Partnershi, 2021. Responsible to Protect. The impact of COVID-19 on food security and nutrition and the role of the G20. [https://www.iai.it/sites/default/files/responsible\\_to\\_protect.pdf](https://www.iai.it/sites/default/files/responsible_to_protect.pdf)
- Ministero della Salute, 2019. Modelli di diete sane e sostenibili a partire dalle Diete tradizionali. Progetto CCM - Azione centrale 2019 del Ministero della Salute (Segretariato generale). Piattaforma per il contrasto alla malnutrizione in tutte le sue forme ("triplo burden": malnutrizione per eccesso, per difetto e per carenza di Micronutrienti). [https://www.salute.gov.it/imgs/C\\_17\\_pagineAree\\_4968\\_11\\_file.pdf](https://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pagineAree_4968_11_file.pdf)
- Tilman D. & Clark M., 2014. Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*, 515:518-522.
- Willett W. *et al.*, 2019. Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet. Lancet*, 393(10170):447-92.
- FAO, 2019. The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture, J. Bélanger & D. Pilling (eds.). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome. 572 pp. <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>
- FAO, 1999. Women: users, preservers and managers of agrobiodiversity. <https://www.fao.org/3/y5609e/y5609e02.htm>
- CREA, 2020. Linee Guida per una sana alimentazione. Dossier Scientifico. Edizione 2018. ISBN 978-88-96597-01-9.
- Capone R. *et al.*, 2013. Preliminary Assessment of the Environmental Sustainability of the Current Italian Dietary Pattern: Water Footprint Related to Food Consumption. *J. Food Nutr. Res.*, 1(4):59-67.
- Vidal R. *et al.*, 2014. Comparison of the carbon footprint of different patient diets in a Spanish hospital. *J. Health Serv. Res. Policy.*, 20(1):39-44.
- Baroni L. *et al.*, 2007. Evaluating the environmental impact of various dietary patterns combined with different food production systems. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 61(2):79-86.
- Aston L.M. *et al.*, 2012. Impact of a reduced red and processed meat dietary pattern on disease risks and greenhouse gas emissions in the UK: a modelling study. *BMJ Open.*, 2(5).
- Jarmul S. *et al.*, 2020. Climate change mitigation through dietary change: a systematic review of empirical and modelling studies on the environmental footprints and health effects of 'sustainable diets'. *Environ. Res. Lett.*, 15 (2020):123014.
- van Vliet S. *et al.*, 2020. Plant-Based Meats, Human Health, and Climate Change. *Front. Sustain. Food Syst.*, 4.
- Hayek M.N. *et al.*, 2021. The carbon opportunity cost of animal-sourced food production on land. *Nature Sustainability*, 4:21-24.
- Tilman D. *et al.*, 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 108:20260-20264.
- WWF, 2020. Bending the Curve: The Restoration Power of Plant-Based Diets. Loken, B. *et al.* WWF, Gland, Switzerland.
- Springmann M. *et al.*, 2016. Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change. *PNAS*, 113:4146-4151.





© Peter Caton / WWF-UK



Working to sustain the natural  
world for the benefit of people  
and wildlife.

together possible. panda.org

**WWF Italia**  
Sede Nazionale  
Via Po, 25/c  
00198 Roma

Fax: 0684497352  
Tel: 06844971  
sito: [www.wwf.it](http://www.wwf.it)  
e-mail: [wwf@wwf.it](mailto:wwf@wwf.it)