

Conclusioni della valutazione integrata mondiale sui rischi derivanti dall'uso di neonicotinoidi e fipronil sulla biodiversità e sul funzionamento degli ecosistemi

van der Sluijs, J.P.^{1,30}, Amaral-Rogers, V.², Belzunces, L.P.³, Bijleveld van Lexmond, M.F.I.J.⁴, Bonmatin, J.-M.⁵, Chagnon, M.⁶, Downs, C.A.⁷, Furlan, L.⁸, Gibbons, D.W.⁹, Giorio, C.¹⁰, Girolami, V.¹¹, Goulson, D.¹², Kreuzweiser, D.P.¹³, Krupke, C.¹⁴, Liess, M.¹⁵, Long, E.¹⁴, McField, M.¹⁶, Mineau, P.¹⁷, Mitchell, E.A.D.^{18,19}, Morrissey, C.A.²⁰, Noome, D.A.^{4,21}, Pisa, L.¹, Settele, J.^{22,23}, Simon-Delso, N.^{1,24}, Stark, J.D.²⁵, Tapparo, A.²⁶, Van Dyck, H.²⁷, van Praagh, J.²⁸, Whitehorn, P.R.²⁹, Wiemers, M.²²

¹ Department of Environmental Sciences, Copernicus Institute, Utrecht University, Heidelberglaan 2, 3584 CS Utrecht, The Netherlands

² Buglife, Bug House, HamLane, Orton Waterville, Peterborough PE2 5UU, UK

³ INRA, UR 406 Abeilles and Environnement, Laboratoire de Toxicologie Environnementale, Site Agroparc, 84000 Avignon, France

⁴ Task Force on Systemic Pesticides, Pertuis-du-Sault, 2000 Neuchâtel, Switzerland

⁵ Centre National de la Recherche Scientifique, Centre de Biophysique Moléculaire, rue Charles Sadron, 45071 Orléans Cedex 02, France

⁶ Département des Sciences Biologiques, Université du Québec À Montréal, Case Postale 8888, Succursale Centre-Ville, Montreal, Québec, Canada H3C 3P8

⁷ Haereticus Environmental Laboratory, P.O. Box 92, Clifford, VA 24533, USA

⁸ Veneto Agricoltura, Legnaro, PD, Italy

⁹ RSPB Centre for Conservation Science, RSPB, The Lodge, Sandy, Bedfordshire SG19 2DL, UK

¹⁰ Department of Chemistry, University of Cambridge, Lensfield Road, CB2 1EW Cambridge, UK

¹¹ Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente, Università degli Studi di Padova, Agripolis, viale dell'Università 16, 35020 Legnaro, Padova, Italy

¹² School of Life Sciences, University of Sussex, Brighton BN1 9RH, UK

¹³ Canadian Forest Service, Natural Resources Canada, 1219 Queen Street East, Sault Ste Marie, ON, Canada P6A 2E5

¹⁴ Department of Entomology, Purdue University, West Lafayette, IN 47907-2089, USA

¹⁵ Department of System Ecotoxicology, Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ, 04318 Leipzig, Germany

¹⁶ Healthy Reefs for Healthy People Initiative, Smithsonian Institution, Belize City, Belize

¹⁷ Pierre Mineau Consulting, 124 Creekside Drive, Salt Spring Island V8K 2E4, Canada

¹⁸ Laboratory of Soil Biology, University of Neuchâtel, Rue Emile Argand 11, 2000 Neuchâtel, Switzerland

¹⁹ Jardin Botanique de Neuchâtel, Chemin du Perthuis-du-Sault 58, 2000 Neuchâtel, Switzerland

²⁰ Department of Biology and School of Environment and Sustainability, University of Saskatchewan, 112 Science Place, Saskatoon, SK S7N 5E2, Canada

²¹ Kijani, Kasungu National Park, Private Bag 151, Lilongwe, Malawi

²² Department of Community Ecology, Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ, Theodor-Lieser-Str. 4, 06120 Halle, Germany

²³ iDiv, German Centre for Integrative Biodiversity Research, Halle-Jena-Leipzig, Deutscher Platz 5e, 04103 Leipzig, Germany

²⁴ Beekeeping Research and Information Centre (CARI), Place Croix du Sud 4, 1348 Louvain la Neuve, Belgium

²⁵ Puyallup Research and Extension Centre, Washington State University, Puyallup, WA 98371, USA

²⁶ Dipartimento di Scienze Chimiche, Università degli Studi di Padova, via Marzolo 1, 35131 Padova, Italy

²⁷ Behavioural Ecology and Conservation Group, Biodiversity Research Centre, Université Catholique de Louvain (UCL), Croix du Sud 4-5 bte L7.07.04, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium

²⁸ Scientific Advisor, Hassellstr. 23, 29223 Celle, Germany

²⁹ School of Natural Sciences, University of Stirling, Stirling FK9 4LA, UK

³⁰ Centre for the Study of the Sciences and the Humanities, University of Bergen, Postboks 7805, N-5020 Bergen, Norway

* J.P. van der Sluijs: jeroen@jvds.nl

Introduzione

Gli effetti collaterali sulla fauna selvatica dovuti all'uso globale dei pesticidi sono scarsamente compresi, in particolar modo quelli sulle organizzazioni biologiche più complesse (popolazioni, comunità ed ecosistemi) (Köhler and Triebkorn 2013). In questo studio ci si focalizzerà su un gruppo problematico di agrochimici: gli insetticidi sistemici della classe dei neonicotinoidi e il fipronil. La dipendenza a livello globale dell'uso parzialmente profilattico di questi potenti e persistenti fitofarmaci sistemici e neurotossici, ha destato numerose preoccupazioni relative al loro impatto su biodiversità, funzionamento degli ecosistemi e servizi ecosistemici. L'utilizzo massiccio e le proprietà intrinseche di questi composti hanno causato un'estesa contaminazione di terreni agricoli, acqua dolce, paludi, vegetazione non bersaglio, ecosistemi estuari, ecosistemi marini e costieri. Ciò significa che gli organismi che popolano questi habitat sono esposti ripetutamente e cronicamente ai suddetti fitofarmaci.

Circa un terzo del mercato globale degli insetticidi (in termini monetari nel 2010) è costituito dai neonicotinoidi e dal fipronil (Simon-Delso et al. 2015); questi possono essere usati nelle coltivazioni agricole e in quelle orticole e forestali, mediante concia dei semi, trattamento fogliare, trattamento del terreno (geodisinfestanti) o iniettandoli nel tronco. Inoltre, sono ampiamente utilizzati come antiparassitari e contro altri insetti vettori di malattie negli animali da compagnia, nel bestiame e nei pesci da allevamento. Vengono utilizzati anche nella disinfezione urbana e domestica e per conservare il legname (Simon-Delso et al. 2015).

Anche se questi insetticidi sistemici sono stati sottoposti alla normale valutazione del rischio ecologico per la messa sul mercato, il

quadro normativo ha fallito nel determinare i rischi individuali e congiunti risultanti dall'utilizzo diffuso e simultaneo di più prodotti sotto diverse forme e per molteplici impieghi. I neonicotinoidi e il fipronil sono contemporaneamente applicati in centinaia di colture, tra cui figurano anche i principali prodotti agricoli commerciati e numerose specie allevate di animali da compagnia. Nondimeno, la valutazione del rischio ecologico non prende in considerazione le varie interazioni con gli altri agenti ambientali stressanti. Approvata la vendita, vengono posti dei limiti sulle dosi e sulla frequenza di ciascuna applicazione, ma non sull'utilizzo complessivo degli ingredienti attivi, e questo causa una riduzione del potenziale di ripresa da parte dell'ecosistema colpito. Inoltre, non sono state fatte valutazioni sull'esposizione ripetuta dei bacini idrografici ai neonicotinoidi e, di conseguenza, sull'apice dell'esposizione e gli effetti nel tempo (Liess et al. 2013). Non sono state prese in considerazione neppure le potenziali interazioni tra neonicotinoidi, fipronil e altri insetticidi, anche se sono stati documentati meccanismi d'azione tossica derivanti da utilizzo sinergico (Satchivi and Schmitzer 2011; Gewehr 2012; Iwasa et al. 2004).

La valutazione integrata mondiale (WIA, *Worldwide Integrated Assessment*) rappresenta il primo tentativo di sintetizzare tutto ciò che finora si conosce sui rischi dovuti all'utilizzo globale dei neonicotinoidi e fipronil su biodiversità e funzionamento degli ecosistemi. La WIA si basa sui risultati di una revisione di oltre 800 articoli sottoposti a processo di *peer-review* e pubblicati su riviste specializzate negli ultimi vent'anni. Sono stati esaminati i trend, gli utilizzi, il modo di azione, i metaboliti (Simon-Delso et al. 2015), l'esposizione e il destino ambientale (Bonmatin et al. 2015), gli effetti sugli invertebrati non bersaglio (Pisa et al. 2015), gli effetti diretti e indiretti sulla fauna

vertebrata (Gibbons et al. 2015), i rischi per il funzionamento degli ecosistemi e i servizi che forniscono (Chagnon et al. 2015). Infine, sono state esaminate le pratiche sostenibili per la lotta contro i parassiti, ossia le alternative all'utilizzo dei neonicotinoidi e del fipronil (Furlan and Kreutzweiser 2015).

Modo di azione, destino ambientale ed esposizione

Data la loro natura sistemica, i neonicotinoidi, il fipronil (anche se in misura minore) e i relativi metaboliti tossici vengono assorbiti dalle radici o dalle foglie, e quindi traslocati in tutta la pianta, rendendola tossica per i parassiti. L'effetto dei neonicotinoidi e del fipronil è di annientare la trasmissione neurale al sistema nervoso dell'organismo. I neonicotinoidi si legano al recettore nicotinic, mentre il fipronil inibisce il recettore del GABA. Entrambi i pesticidi hanno un impatto sia letale che subletale non solo sugli invertebrati, ma anche su alcuni vertebrati (Gibbons et al. 2015; Simon-Delso et al. 2015). Degna di nota è l'alta affinità con la quale i fitofarmaci neonicotinoidi si legano al recettore nicotinic (nAChR) con effetto agonistico: anche l'esposizione a basse dosi può culminare in effetti sostanziali (si veda letteratura revisionata da Pisa et al. 2015).

Dato l'uso estensivo, questi composti si trovano in tutti i comparti ambientali quali terreno, acqua e aria. La contaminazione ambientale avviene in vari modi, tra cui: polveri generate durante la semina con sementi conciate; ripetuta applicazione sui suoli arabili e nelle acque a uso agricolo; dilavamento nelle acque superficiali e sotterranee; assorbimento dei pesticidi da parte delle piante non bersaglio attraverso le radici, con conseguente traslocazione a polline, nettare, gocce di guttazione, ecc.; deposizione sulle foglie di polveri e prodotti

spray; deposito di polline e di nettare contaminati su altre piante mediante vento e insetti. La persistenza nei terreni, nei corsi d'acqua e nelle piante non bersaglio ha durata variabile ma pur sempre considerevole: per esempio, l'emivita dei neonicotinoidi nel terreno può superare i 1.000 giorni, mentre, nelle piante legnose può persistere per un periodo superiore a un anno. Il risultato è la generazione di metaboliti tossici, anche se la relativa concentrazione nell'ambiente viene raramente monitorata (Bonmatin et al. 2015).

La persistenza di queste sostanze (fino a mesi o anni), congiuntamente alla loro capacità di essere idrosolubili, causa contaminazione su larga scala di terreni e sedimenti (a livello di ppb-ppm), corsi d'acqua (a livello di ppt-ppb), piante trattate e non trattate (a livello di ppb-ppm). A oggi, non sono state fatte analisi sistematiche e adeguate di tali matrici, né per identificare l'esposizione a lungo termine a basse concentrazioni, né per identificare l'esposizione acuta ad alte concentrazioni. In ogni caso, quando analizzati, i campioni ambientali presentano combinazioni di pesticidi, tra cui neonicotinoidi o fipronil, e dei loro metaboliti tossici. Inoltre, è stato provato che i campioni prelevati dalle acque sotterranee e superficiali eccedono i valori della soglia massima regolamentata in diversi stati nordamericani ed europei. In conclusione, è possibile affermare che: i terreni, i corsi d'acqua e le piante presenti in ambienti agricoli, urbani e drenanti sono oggi contaminati da concentrazioni altamente variabili di neonicotinoidi, fipronil e dei relativi metaboliti (Bonmatin et al. 2015).

Quanto emerso comprova l'esposizione, cronica e acuta, degli organismi non bersaglio. Ad esempio, gli impollinatori (tra cui le api) sono esposti tramite contatto diretto con l'acqua, con le polveri durante le operazioni di semina, mediante il consumo di polline, nettare, gocce di guttazione, nettari

extra- floreali e melata di coltivazioni trattate, e poi ancora attraverso il consumo di polline contaminato e del nettare di fiori selvatici e alberi che crescono vicino alle colture trattate o ai corpi idrici contaminati. Alcuni studi sulle provviste di cibo nelle colonie di api da miele dimostrano che le colonie sono costantemente e cronicamente esposte a neonicotinoidi, fipronil e ai loro metaboliti (concentrazioni generalmente di 1-100 ppb), alle volte in combinazione con altri pesticidi, alcuni dei quali agiscono sinergicamente con i neonicotinoidi. Inevitabilmente, sono esposti anche altri organismi non bersaglio, in particolar modo quelli che vivono nel terreno e nell'acqua, o gli insetti erbivori che si cibano delle piante spontanee cresciute nei terreni coltivati anche se l'esposizione di questi gruppi non è generalmente studiata (Bonmatin et al. 2015).

Impatto sugli organismi non bersaglio

Desti particolare preoccupazione l'impatto dei fitofarmaci sistemici sugli insetti impollinatori, come dimostrano anche i numerosi studi in materia. Per quanto riguarda le api, l'esposizione realistica in ambienti controllati ha dimostrato avere impatti negativi su orientamento, apprendimento, ricerca del cibo, longevità, resistenza alle malattie e fecondità. Per quanto riguarda i bombi, le colonie hanno avuto ritmi di crescita rallentata con conseguente produzione di un minor numero di regine (Whitehorn et al. 2012). Al contrario, è stato molto più difficile portare a termine degli studi su colonie di api in ambiente naturale. In primo luogo, perché anche le colonie "di controllo" sono spesso contaminate con neonicotinoidi e in secondo luogo perché può essere complicato riprodurre perfettamente gli studi. In ogni caso, i vari fallimenti hanno dato riprova della difficoltà di condurre studi

in ambiente naturale (Maxim and Van der Sluijs 2013; Pisa et al. 2015).

Meno attenzione è stata dedicata agli altri gruppi di invertebrati, anche se la tossicità di questi insetticidi è considerevole per quasi tutti gli insetti, compresi quelli impiegati come agenti di controllo biologico. Meno chiaro è il livello di sensibilità per tutti quegli organismi che non sono insetti. Per gli anellidi, come i lombrichi, la concentrazione letale (LC₅₀) è di poche parti per milione per molti neonicotinoidi (LOEC a 10 ppb). I crostacei sono generalmente meno sensibili, anche se il livello di sensibilità dipende dalla specie e dallo stadio di sviluppo. Ad esempio, le larve del granchio reale sono più sensibili degli organismi giovani.

I neonicotinoidi e il fipronil possono avere effetti negativi sulla funzionalità fisiologica e sulla sopravvivenza di un ampio gruppo di invertebrati non bersaglio che vivono negli ecosistemi terrestri, acquatici, marini e bentonici (si veda la letteratura revisionata da Pisa et al. 2015). Tali effetti sono prevalentemente riportati da analisi tossicologiche svolte in laboratorio, usando un numero limitato di specie. Questi test esaminano soprattutto gli effetti acuti (sulle 48-96 ore), mentre gli effetti subletali, come la limitazione della crescita o la compromissione delle capacità di volare, orientarsi e cercare cibo, sono studiati con meno frequenza. Risulta evidente che molti test utilizzano specie insensibili (per es. la *Daphnia magna*) e non hanno durata sufficiente per offrire una valida rappresentazione degli effetti dell'esposizione cronica, oltre a non avere rilevanza ambientale. I test di laboratorio finalizzati a stabilire soglie di concentrazione ambientale sicure danno spesso risultati erronei perché basati su vecchi protocolli. Anche se queste classi di fitofarmaci sistemici possiedono nuove caratteristiche, le metodologie dei test sono rimaste per la maggior parte invariate, e

da ciò derivano conclusioni alterate sulla sicurezza ecologica (Maxim and Van der Sluijs 2013). Si percepisce il bisogno di metodologie aggiornate e mirate per lo studio del profilo tossicologico di queste sostanze chimiche, e dei loro effetti letali e subletali cumulativi e ritardati sugli organismi terrestri, acquatici e marini. Nondimeno, la presente revisione della letteratura scientifica mette in luce una quantità crescente di pubblicazioni sui rischi che questi insetticidi sistemici pongono su un ampio gruppo di invertebrati non bersaglio, anche a concentrazioni al di sotto di quelle che ci si aspetta nell'ambiente. Ne consegue un impatto sulla catena alimentare di cui fanno parte.

Sono stati revisionati quasi 150 studi sugli effetti diretti (tossici) e indiretti (ad es. sulla catena alimentare) del fipronil e dei neonicotinoidi imidacloprid e clothianidin su mammiferi selvatici, uccelli, pesci, anfibi e rettili. In generale, in presenza di concentrazioni assimilabili a scenari reali (in campi seminati con semente conciaata), l'imidacloprid e il clothianidin risultano pericolosi per i piccoli uccelli, e l'ingestione di anche una piccola quantità di semi conciaati può causare il decesso o inibizione della capacità riproduttiva su specie sensibili di uccelli (si veda la letteratura revisionata da Gibbons et al. 2015). Alcune concentrazioni ambientali di fipronil hanno dimostrato essere sufficientemente alte da poter potenzialmente nuocere ai pesci (Gibbons et al. 2015). Tutti e tre gli insetticidi esercitano effetti subletali di vario tipo (genotossicità, citotossicità, compromissione delle funzioni immunitarie, riproduttive e di crescita). Recentemente è stato dimostrato che i neonicotinoidi compromettono la risposta immunitaria a livello molecolare, consentendo la propagazione di malattie occulte o provocate da parassiti (Di Prisco et al. 2013). Tali effetti spesso si verificano in concentrazioni sensibilmente inferiori rispetto a quelle

associate a mortalità diretta (Gibbons et al. 2015). Questa tendenza è comune a molti gruppi tassonomici citati nella letteratura esaminata: il fatto che un organismo sopravviva nel breve termine non significa che sopravviverà anche nel lungo termine, o che non siano compromessi il funzionamento dell'ecosistema a cui appartiene e i servizi che esso fornisce.

Ad eccezione dei casi estremi, le concentrazioni di imidacloprid e clothianidin a cui sono esposti pesci e anfibi sembrano essere sostanzialmente inferiori alla soglia letale, anche se gli effetti subletali non sono stati a oggi sufficientemente studiati. Nonostante non ci siano studi a riguardo, e risulti quindi difficile indagarne le cause, gli effetti indiretti sui vertebrati potrebbero essere altrettanto importanti quanto gli effetti tossici diretti, se non addirittura più importanti. I neonicotinoidi e il fipronil hanno effetti maggiormente letali sugli invertebrati predati dai vertebrati, che sui vertebrati stessi. Nei processi di valutazione del rischio, gli effetti indiretti sono raramente considerati e i dati scarseggiano, nonostante vi sia il pericolo che si verifichino effetti a livello di popolazione. Solo due studi indagano tali effetti indiretti. In uno studio si spiega come la riduzione di prede invertebrate (causate da imidacloprid e fipronil) abbia portato a una crescita ridotta di alcune specie di pesci. Nell'altro studio invece si giustifica la riduzione del numero di due specie di lucertole per gli effetti del fipronil sulle termiti di cui si cibano (si veda letteratura revisionata da Gibbons et al. 2015).

Impatti sul funzionamento degli ecosistemi e i servizi ecosistemici

Il concetto di servizio ecosistemico è utilizzato nei processi decisionali per valutare potenziale, benefici e valore d'uso dei servizi che un ecosistema ben funzionante fornisce al

genere umano e alla biosfera (es. Spangenberg et al. 2014), oltre a valutare i rischi ecologici delle sostanze chimiche. I neonicotinoidi e il fipronil sono spesso rilevati nei comparti ambientali come terreni, acque e aria non trattate direttamente da fitofarmaci. Tali comparti ambientali, che forniscono risorse essenziali alla biodiversità, sono sottoposti a contaminazione ripetuta sul lungo termine. La letteratura qui sintetizzata evidenzia che la presenza globale dei suddetti insetticidi causa effetti letali e subletali su una grande varietà di microorganismi, invertebrati e vertebrati, terrestri e acquatici. Sono ormai comprovati i rischi per il funzionamento degli ecosistemi, la loro resilienza e i servizi che forniscono. Questi servizi, come l'approvvigionamento, regolazione, i servizi culturali e di supporto, includono tra le altre cose: impollinazione, supporto della rete alimentare, dispersione dei semi, fornitura di cibo per le varie specie, formazione del suolo, qualità del suolo, ciclo dei nutrienti, trattamento dei rifiuti, bonifica, regolazione parassiti e malattie, funzione ricreativa.

Lacune conoscitive

Anche se la presente valutazione è basata su un numero cospicuo di pubblicazioni, esistono ancora alcune lacune conoscitive. Questi composti chimici sono stati sottoposti, in diverse nazioni, a test di tossicità e sicurezza per l'approvazione all'uso e messa in commercio secondo la normativa vigente. Nonostante ciò, i rischi potenziali associati al loro uso su scala globale sono scarsamente conosciuti. Di seguito si evidenziano le lacune più importanti.

- In molti stati non ci sono dati pubblicamente accessibili sulle quantità e sulle aree di utilizzo dei fitofarmaci sistemici. Purtroppo, condizione

necessaria per compiere una valutazione realistica dei rischi e degli impatti biologici è proprio la disponibilità di dati affidabili.

- Molto limitato è lo screening dei residui di neonicotinoidi e fipronil nei comparti ambientali (terra, acqua, coltivazioni, vegetazione non bersaglio, sedimenti, piante ripariali e acque costiere). Anche se sono ben conosciute le proprietà di solubilità e propensione al movimento tra comparti ambientali di questi composti, esistono pochi dati riguardanti il sistema marino.
- Ancora meno si sa sul destino ambientale di un ampio gruppo di metaboliti ecotossici persistenti. Pertanto, per la maggior parte degli organismi, non è possibile valutare in modo accurato l'esposizione congiunta.
- Vi è una scarsa conoscenza del destino ambientale di questi composti, e di come, per esempio, le proprietà del suolo influenzino la loro persistenza e come si accumulino all'interno delle piante legnose (di solito in fase di fioritura) a seguito di ripetuti trattamenti. È altrettanto poco noto anche il comportamento dei prodotti di degradazione (che possono essere altamente tossici e persistenti) in diversi comparti (piante, suolo, nei sedimenti, acqua, catene alimentari, ecc.).
- Non è stato indagato il grado di tossicità a lungo termine sugli organismi più suscettibili. Per esempio, sono stati fatti studi di tossicità soltanto su quattro delle circa 25.000 specie di api conosciute, e pochi studi sono stati fatti su altri insetti impollinatori come sirfidi, farfalle o falene. Allo stesso modo, ben poca attenzione è stata posta agli organismi del suolo (ad eccezione del lombrico). Gli organismi del suolo giocano diversi ruoli nella formazione stessa del suolo e nella

sua fertilità. Infine, la tossicità sui vertebrati (come i mammiferi e gli uccelli granivori che consumano i semi trattati) è stata studiata solo su pochissime specie.

- Gli studi di tossicità portati avanti sino a oggi sono stati prevalentemente incentrati su test di tossicità acuta, mentre sono meno conosciuti gli effetti dell'esposizione cronica, nonostante sia proprio questo lo scenario più rilevante per tutti gli organismi che vivono negli ambienti agricoli o acquatici. Le conseguenze a lungo termine dell'esposizione in condizioni reali non sono state per nulla studiate.
- Tutti i neonicotinoidi si legano agli stessi recettori nicotinici (nAChR) del sistema nervoso, pertanto è altamente probabile una tossicità cumulativa. Attualmente, non sono stati fatti degli studi sugli effetti additivi e sinergici dell'esposizione simultanea a più composti chimici della famiglia dei neonicotinoidi, ovvero imidacloprid, clothianidin, thiamethoxam, dinotefuran, thiacloprid, acetamiprid, sulfoxaflor, nitenpyram, imidaclothiz, paichongding e cycloxaprid. Attualmente, le valutazioni dei rischi vengono effettuate singolarmente per ogni sostanza chimica, mentre molte specie non bersaglio, come gli impollinatori, sono contemporaneamente esposte a molteplici neonicotinoidi, altri pesticidi e fattori di stress. Di conseguenza, i rischi conseguenti sono stati sempre sottovalutati. Quantificare il numero di pesticidi che agiscono contemporaneamente è difficile, ma un buon punto di partenza potrebbe essere la creazione di una singola metrica che incorpori tutte le esposizioni ai neonicotinoidi da parte di un gruppo tassonomico rappresentativo.

- La tossicità cumulativa derivante dall'esposizione continuata e simultanea non è stata presa in considerazione ai fini della valutazione e regolamentazione dei rischi chimici.
- Nella maggior parte degli organismi, gli effetti subletali, che spesso possono diventare letali a lungo termine, non sono stati studiati in una cornice ambientale realistica. Nonostante questo, è ben noto che tali effetti subletali sono gravi nelle api e, per quelle poche specie studiate, si è evidenziato che dosi subletali hanno impatti negativi sul comportamento, anche in dosi nettamente inferiori a quelle arrecanti morte immediata.
- Le interazioni tra i fitofarmaci sistemici e altri agenti stressanti, per esempio altri pesticidi, malattie o stress alimentare, sono state esplorate soltanto in pochi studi (sulle api). Questi studi hanno rivelato importanti sinergismi. Per esempio, nelle api da miele, anche basse dosi di neonicotinoidi incrementano notevolmente la suscettibilità alle malattie virali.
- L'interazione tra gli insetticidi sistemici e gli agenti stressanti in altri organismi resta quasi completamente inesplorata. In condizioni naturali, gli organismi sono esposti contemporaneamente a più pesticidi e ad altri agenti di stress, quindi la nostra incapacità di comprendere le conseguenze di queste interazioni (o anche di ideare mezzi adeguati per condurre studi futuri in questo settore) è da considerarsi una delle principali lacune conoscitive.
- Ancora incerto è l'impatto di questi pesticidi sulla fornitura dei servizi ecosistemici. L'accumulo nella terra e nei sedimenti lascia sicuramente presagire un impatto sulla fauna del suolo come lombrichi e collemboli (*Collembola*), che

possono a loro volta avere conseguenze negative sul suolo, sulla sua struttura, permeabilità e sul ciclo dei nutrienti. La contaminazione della vegetazione da campo tramite polveri o acqua sotterranea o superficiale ci porta a pensare che ci siano conseguenze sia sulla fauna con valore estetico (come le farfalle) sia sulla fauna che fornisce servizi di impollinazione o di controllo dei parassiti (ad esempio sirfidi, coleotteri predatori). È inoltre probabile che l'impoverimento generale dei terreni agricoli e il deperimento delle popolazioni di insetti acquatici abbiano un certo impatto sulle specie insettivore come uccelli e pipistrelli. Si ipotizza che la contaminazione dell'acqua dolce riduca la disponibilità di cibo invertebrato per i pesci, colpendo così anche la pesca. Lo stesso concetto si può applicare anche ai sistemi marini costieri. In questo caso, le barriere coralline e le paludi salmastre sarebbero sottoposte a grave rischio. Non è stato studiato nessuno di questi scenari.

- I benefici agronomici dei neonicotinoidi e del fipronil sul breve e lungo termine non sono chiari. Considerando il livello di utilizzo, si rimane stupiti di fronte al basso numero di pubblicazioni sul loro effetto benefico o sulla loro efficacia in termini di costi. Alcuni studi recenti (vedi Furlan and Kreutzweiser 2015) suggeriscono, persino, che non esista un reale guadagno derivante dal loro utilizzo, e che anzi si siano verificate perdite economiche su alcune coltivazioni. Oggi non si sa quale sarebbe l'impatto sull'agricoltura se questi fitofarmaci sistemici non venissero utilizzati o venissero utilizzati in forma minore (anche se sicuramente il fatto che siano stati parzialmente vietati all'interno dell'UE costituisce un'opportunità d'approfondimento).

Date queste lacune conoscitive, risulta impossibile valutare esaustivamente la portata dei rischi associati all'utilizzo continuativo degli insetticidi sistemici. Tuttavia, le prove esaminate nel presente studio suggeriscono che, mentre esistono rischi per numerosi gruppi tassonomici, i benefici sulle coltivazioni interessate non sono stati ancora chiaramente dimostrati.

Conclusioni

In generale, la letteratura esistente dimostra chiaramente che l'attuale livello di inquinamento dovuto all'uso autorizzato di neonicotinoidi e fipronil spesso eccede il livello di concentrazione minima nociva, per un ampio gruppo di specie non bersaglio. Inoltre è provato che questi composti chimici hanno impatti negativi sia a livello biologico sia ecologico. La combinazione tra uso profilattico, persistenza, mobilità e tossicità cronica potrebbe avere effetti sostanziali sulla biodiversità e sul funzionamento degli ecosistemi. Tutti gli studi esaminati nel *Worldwide Integrated Assessment* indicano che l'attuale livello di utilizzo di neonicotinoidi e fipronil non rappresenta un approccio sostenibile alla lotta antiparassitaria. Inoltre, esso compromette tutte quelle azioni mirate a preservare la biodiversità e le funzioni e servizi ecosistemici attuati da numerosi organismi.

Negli ambienti agricoli attuali, risulta sempre più evidente che i trattamenti mediante neonicotinoidi e fipronil, e la loro applicazione profilattica, siano incompatibili con i principi della lotta antiparassitaria integrata, che certo include l'utilizzo di insetticidi, ma lo combina con altri approcci. Nella lotta antiparassitaria integrata, i composti chimici sono l'ultima risorsa, preferendo a questi altre opzioni alternative. È da notare che, attualmente, si verifica

esattamente il contrario: i composti chimici sono la prima scelta, a discapito di alternative preferibili come coltivazione biologica, diversificazione e rotazione, semina a interfila, epoca di semina, aratura e irrigazione, utilizzo di specie meno sensibili, semina in aree meno infestate, cattura a trappole, uso di agenti di controllo biologico o insetticidi meno dannosi. A causa della natura persistente e sistemica del fipronil e dei neonicotinoidi (e delle conseguenze e carico dell'ambiente dovuti al loro utilizzo), questi composti sono incompatibili con i principi della lotta antiparassitaria integrata. Ci rendiamo conto che questo approccio sia ancora imperfetto e che debba essere implementato; tuttavia, attualmente, si ha una conoscenza estesa in merito e una storia di successi alle spalle. Infatti, in Europa, la lotta antiparassitaria integrata è divenuta obbligatoria per tutte le colture a partire dal 1° gennaio 2014, in conformità alla direttiva 2009/128/CE, ma la maggior parte degli Stati membri devono ancora rendere operativo e implementare questo nuovo regolamento, senza considerare che la lotta antiparassitaria integrata alle volte risulta non ben definita.

Raccomandazioni

Gli autori suggeriscono che i decisori prendano in considerazione l'idea di applicare i principi di prevenzione e precauzione per disciplinare ulteriormente l'uso dei neonicotinoidi e del fipronil, e che formulino piani finalizzati a una sostanziale riduzione del loro utilizzo globale. Rimane garantita la ricerca di alternative, ma altrettanto urgenti sono sia la necessità di educare gli agricoltori e altri operatori, sia il bisogno di promuovere politiche e regolamenti che incoraggino l'adozione di metodologie agricole alternative (per esempio la lotta antiparassitaria integrata, l'agricoltura biologica, ecc.). Inoltre, vi è la

necessità di approfondire quali siano le reali barriere istituzionali (o di altro genere) che impediscono l'adozione su vasta scala di comprovate pratiche agricole sostenibili e alternative all'uso dei neonicotinoidi, fipronil e altri pesticidi.

L'adeguatezza del processo di regolamentazione deve essere valutato attentamente in numerosi Stati, e soprattutto è necessario che si prenda coscienza degli errori passati. Ad esempio, altri insetticidi organoclorurati, come il DDT, sono stati utilizzati in tutto il mondo prima che divenisse nota la persistenza, il bioaccumulo e gli impatti negativi sul funzionamento dell'ecosistema. In seguito, sono stati vietati in molti Paesi. Gli organofosfati sono stati in gran parte ritirati dal mercato a causa della consapevolezza, anche se tardiva, sui gravi rischi per la salute umana e per la fauna selvatica. I fitofarmaci sistemici come i neonicotinoidi e il fipronil rappresentano un nuovo capitolo delle carenze a livello conoscitivo e regolamentativo dei rischi posti dall'utilizzo, su vasta scala, degli insetticidi ad ampio spettro.

Ringraziamenti

Questo manoscritto ha beneficiato delle discussioni della *Task Force on Systemic Pesticides* nel corso delle riunioni plenarie a Parigi (2010), Bath (2011), Cambridge (2012), Montegrotto, Padova (2012), Louvain-la-Neuve (2013) e Legnaro, Padova (2013). Gli autori sono elencati in ordine alfabetico, ad eccezione del primo, che è anche l'autore corrispondente. Tutti gli autori lavorano per enti pubblici o università, eccetto: V. Amaral-Rogers, che lavora da Buglife, un ente benefico del Regno Unito dedicato alla conservazione degli invertebrati; D.W. Gibbons, impiegato presso la RSPB, un ente benefico per la conservazione della fauna

selvatica del Regno Unito; D.A. Noome, il cui lavoro indipendente per la TFSP è finanziato dalla fondazione Triodos Stichting; N. Simon-Delso che lavora per la CARI (associazione sostenuta dal governo belga). I contributi di J. Settele e M. Wiemers fanno parte di www.legato-project.net (finanziato dal BMBF, Ministero Tedesco per l'Istruzione e la Ricerca). Lo studio è stato finanziato dal fondo Triodos per la ricerca indipendente sul declino delle api e sui pesticidi sistemici. Questo fondo di sostegno è stato generato da donazioni da parte di: Adessium Foundation (Paesi Bassi), Act Beyond Trust (Giappone), Università di Utrecht (Paesi Bassi), Stichting Triodos Foundation (Paesi Bassi), Gesellschaft für Schmetterlingsschutz (Germania), M.A.O.C. Gravin van Bylandt Stichting (Paesi Bassi), Zukunft Stiftung Landwirtschaft (Germania), Study Association Storm (Student Association Environmental Sciences Utrecht University), Deutscher Berufs- und Erwerbssimkerbund e. V. (Germania), Gemeinschaft der europäischen Buckfastimker e. V. (Germania) e dai cittadini. I finanziatori non hanno avuto alcun ruolo nella progettazione del presente studio, nella raccolta e analisi dei dati, e nella decisione di pubblicare o redigere questo manoscritto.

Conflitto di interessi

Gli autori dichiarano assenza di conflitto di interessi.

Accesso aperto

Questo articolo è distribuito secondo i termini della Licenza "Creative Commons-Attribuzione" che permette qualsiasi utilizzo, distribuzione e riproduzione con ogni mezzo, a patto che gli siano attribuiti la fonte e gli autori.

Riferimenti

- Bonmatin J-M, Giorio C, Girolami V, Goulson D, Kreutzweiser D, Krupke C, Liess M, Long E, Marzaro M, Mitchell E, Noome D, Simon-Delso N, Tapparo A (2014) Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. *Environ Sci Pollut Res.* doi:[10.1007/s11356-014-3332-7](https://doi.org/10.1007/s11356-014-3332-7)
- Chagnon M, Kreutzweiser DP, Mitchell EAD, Morrissey CA, Noome DA, van der Sluijs JP (2014) Risks of large scale use of systemic insecticides to ecosystem functioning and services. *Environ Sci Pollut Res.* doi:[10.1007/s11356-014-3277-x](https://doi.org/10.1007/s11356-014-3277-x)
- Di Prisco G, Cavaliere V, Annoscia D, Varricchio P, Caprio E, Nazzi F, Gargiulo G, Pennacchio F (2013) Neonicotinoid clothianidin adversely affects insect immunity and promotes replication of a viral pathogen in honey bees. *Proc Natl Acad Sci USA* 110:18466–18471. doi:[10.1073/pnas.1314923110](https://doi.org/10.1073/pnas.1314923110)
- Furlan L and Kreutzweiser DP (2014) Alternatives to neonicotinoid insecticides for pest control: case studies in agriculture and forestry. *Environ Sci Pollut Res.* doi:[10.1007/s11356-014-3628-7](https://doi.org/10.1007/s11356-014-3628-7)
- Gewehr M (2012) Pesticidal mixtures. Eur Patent EP 2 481 284 A2
- Gibbons D, Morrissey C and Mineau P (2014) A review of the direct and indirect effects of neonicotinoids and fipronil on vertebrate wildlife. *Environ Sci Pollut Res.* doi:[10.1007/s11356-014-3180-5](https://doi.org/10.1007/s11356-014-3180-5)
- Iwasa T, Motoyama N, Ambrose JT, Roe RM (2004) Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera*. *Crop Prot* 23:371–378. doi:[10.1016/j.cropro.2003.08.018](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2003.08.018)
- Köhler H-R, Triebkorn R (2013) Wildlife ecotoxicology of pesticides: can we track

- effects to the population level and beyond? *Science* 341:759–765. doi:[10.1126/science.1237591](https://doi.org/10.1126/science.1237591)
- Liess M, Foit K, Becker A, Hassold E, Dolciotti I, Kattwinkel M, Duquesne S (2013) Culmination of low-dose pesticide effects. *Environ Sci Technol* 47:8862–8868
- Maxim L, Van der Sluijs JP (2013) Seed-dressing systemic insecticides and honeybees. Chapter 16, pp. 401–438. In: European Environment Agency (ed) Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation. European Environment Agency (EEA) report 1/2013, Copenhagen
- Pisa L, Amaral-Rogers V, Belzunces LP, Bonmatin J-M, Downs C, Goulson D, Kreutzweiser D, Krupke C, Liess M, McField M, Morrissey C, Noome DA, Settele J, Simon-Delso N, Stark J, van der Sluijs, van Dyck H, Wiemers M (2014) Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. *Environ Sci Pollut Res*. doi:[10.1007/s11356-014-3471-x](https://doi.org/10.1007/s11356-014-3471-x)
- Satchivi NM, Schmitzer PR (2011) Synergistic herbicide/insecticide composition containing certain pyridine carboxylic acids and certain insecticides. US Patent US 2011/0207606
- Simon-Delso N, Amaral-Rogers V, Belzunces LP, Bonmatin JM, Chagnon M, Downs C, Furlan L, Gibbons DW, Giorio C, Girolami V, Goulson D, Kreutzweiser DP, Krupke C, Liess M, Long E, McField M, Mineau P, Mitchell EAD, Morrissey CA, Noome DA, Pisa L, Settele J, Stark JD, Tapparo A, van Dyck H, van Praagh J, van der Sluijs JP, Whitehorn PR and Wiemers M (2014) Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. *Environ Sci Pollut Res*. doi:[10.1007/s11356-014-3470-y](https://doi.org/10.1007/s11356-014-3470-y)
- Spangenberg JH, Görg C, Thanh Truong D, Tekken V, Bustamante JV, Settele J (2014) Provision of ecosystem services is determined by human agency, not ecosystem functions. Four case studies. *Int J Biodivers Sci Ecosyst Serv Manag* 10:40–53
- Whitehorn PR, O'Connor S, Wackers FL, Goulson D (2012) Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. *Science* 336:351–352

Questo articolo fu pubblicato in originale nella rivista edita da [Springer](#), «[Environmental Science and Pollution Research](#)» come:

“[Van der Sluijs, J.P., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L.P., Bijleveld van Lexmond, M.F.I.J., Bonmatin, J-M., Chagnon, M., Downs, C.A., Furlan, L., Gibbons, D.W., Giorio, C., Girolami, V., Goulson, D., Kreuzweiser, D.P., Krupke, C., Liess, M., Long, E., McField, M., Mineau, P., Mitchell, E.A.D., Morrissey, C.A., Noome, D.A., Pisa, L., Settele, J., Simon-Delso, N., Stark, J.D., Tapparo, A., Van Dyck, H., van Praagh, J., Whitehorn, P.R., Wiemers, M. \(2015\). «Conclusions of the Worldwide Integrated Assessment on the risks of neonicotinoids and fipronil to biodiversity and ecosystem functioning». «Environmental Science and Pollution Research», 22, 148-154.”](#)”

Traduzione in italiano all'interno del progetto PerMondo di traduzione gratuita di siti Internet e documenti per ONG ed ONLUS. Progetto diretto da Mondo Agit.

Traduttore: *Valentina Zaccarelli*. Revisore: *Anastasia Giardinelli*.

PERMONDO
Translations for non-profit

