

# **Il glifosato avvelena colture e suolo**

## **Le colture transgeniche tolleranti al glifosato causano malattie e morte**

Pietro Perrino (\*)

### **Riassunto**

*Le colture tolleranti al glifosato (TG) sono molto diffuse in tutto il mondo (l'85% dei 134 milioni di ettari coltivati con piante geneticamente modificate) e di conseguenza anche il glifosato (detto Roundup) è il diserbante più usato al mondo. L'impatto delle colture TG e dello stesso glifosato sull'ambiente e sulla salute è atroce, mentre i governi tacciono. Il glifosato rende le piante più inclini ad ammalarsi e a diventare veicolo di tossine pericolose per la salute. Il sistema Roundup Ready, cioè l'uso combinato della coltura geneticamente modificata (TG) e del glifosato, causa un'alterazione della biologia del suolo. Il Roundup Ready avvelena i batteri azoto fissatori e altri batteri benefici del suolo, determinando un aumento dei patogeni, un abbassamento delle difese immunitarie delle piante e una riduzione nel suolo di micronutrienti. L'uso di questo diserbante ha creato delle super infestanti. Il glifosato, brevettato dalla Monsanto negli anni Settanta, uccide le piante perché inibisce l'enzima EPSPS, importante per la sintesi di aminoacidi. Le colture TG sono resistenti al glifosato perché contengono un EPSPS, prelevato da *Agrobacterium tumefaciens*, insensibile al diserbante. Il glifosato aumenta le malattie della pianta attraverso diversi meccanismi che sviluppano una maggiore virulenza dei patogeni presenti nel suolo. Dalle radici il glifosato passa nel suolo ed ha effetti negativi anche sulle colture successive, TG e non. Il glifosato è un forte chelante a largo spettro capace di sequestrare macro e micronutrienti delle piante (Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Ni e Zn). Il glifosato riducendo in termini chimici il Mn lo rende indisponibile per i batteri del suolo, ai quali il Mn serve come co-fattore dell'enzima EPSPS, indispensabile per produrre i loro aminoacidi. Il glifosato può rimanere nel suolo per un tempo molto lungo, tanto quanto basta per liberare prodotti tossici per le colture TG e non. Il glifosato riduce anche la fissazione dell'azoto (N). Riducendo la disponibilità di Mn, il glifosato rende le colture più suscettibili alle malattie. Aumentano, per es., le fusariosi. In definitiva, il glifosato avvelena il suolo per tutte le piante: geneticamente modificate (TG) e convenzionali, incluse quelle spontanee.*

## I PARTE

### **Il glifosato avvelena le colture e il suolo**

Negli Stati Uniti d'America (USA), mentre gli scienziati informano sul devastante impatto ecologico dei sistemi colturali Roundup Ready (nome commerciale del diserbante), il Dipartimento di Agricoltura (USDA) sta zitto.

#### **Tragiche conseguenze dal diserbante più usato nel mondo**

Le colture tolleranti al glifosato (TG), introdotte per la prima volta negli USA nel 1996, si sono rapidamente diffuse in tutto il mondo e ora sono coltivate sull'85% dell'area agricola mondiale occupata da colture geneticamente modificate (GM). Allo stesso tempo, il glifosato (nome commerciale: Roundup), promosso come un prodotto sicuro per la salute e l'ambiente, è diventato il diserbante più usato nel mondo.

Ma gli impatti sull'ambiente e sulla salute delle colture TG furono subito evidenti e nel tempo sono implacabilmente peggiorate, mentre i governi fanno finta di non vedere e non sentire.

Il glifosato si lega all'enzima EPSPS<sup>1</sup>, che lo inattiva. Quest'enzima è critico nel sentiero dello shikimato, richiesto per la sintesi di metaboliti aromatici vegetali che includono gli aminoacidi essenziali, come la fenilalanina, il triptofano, la tirosina e prodotti secondari, così come i promotori di crescita, l'acido indolacetico e composti che difendono le piante, come le fitoalexine. Gli effetti avversi e multipli del glifosato, che agiscono sinergicamente sulla salute e produttività delle colture, si estendono ben oltre la pianta nell'ecosistema del suolo e di un ambiente ancora più vasto.

Il carattere tolleranza al glifosato (TG) è conferito dall'inserimento dell'enzima EPSPS, prelevato dal batterio *Agrobacterium tumefaciens*. L'EPSPS di questo batterio è insensibile al glifosato (cioè non si lega al glifosato), per cui questo (il glifosato) è assorbito dalla coltura TG (cioè alla coltura geneticamente modificata) e traslocato alle zone in crescita delle radici e degli steli della pianta, quindi viene trasudato nella rizosfera (suolo che circonda le radici), tanto da infettare la comunità di microrganismi del suolo e le colture che seguiranno.

Due scienziati degli USA che per decenni si sono occupati d'impatti ecologici del glifosato e del sistema culturale Roundup Ready (cioè di sistemi agricoli basati sull'uso di colture geneticamente modificate per renderle TG) stanno informando le autorità sulle "tragiche conseguenze per l'agricoltura. Come quelle di rendere sterili i suoli e non produttive e meno nutrienti le colture".

### **Il glifosato predispone le piante a malattie e tossine**

Don Huber e il coautore G.S. Johal del Dipartimento di Botanica e Patologia Vegetale, dell'Università di Purdue (USA), in una pubblicazione del mese di ottobre 2009 dell'*European Journal of Agronomy* (Rivista Europea di Agronomia), dichiarano che l'uso su vasta scala di glifosato negli USA può "aumentare significativamente la severità di diverse malattie delle piante, compromettere la difesa delle piante a patogeni e malattie e immobilizzare i nutrienti del suolo, rendendoli non disponibili per la pianta".

Inoltre, il glifosato stimola la crescita dei funghi e aumenta la virulenza di patogeni come il *Fusarium*, e "può avere conseguenze serie sulla sostenibilità della produzione di una vasta gamma di colture suscettibili". L'ho già scritto, ma lo ripeto, gli autori avvertono che "Ignorare gli effetti collaterali su piante non-target (che non sono nell'obiettivo del trattamento), potenzialmente dannosi di qualunque sostanza chimica, specialmente se usata pesantemente come il glifosato, può avere conseguenze atroci per l'agricoltura, come per esempio quelle di rendere i suoli sterili, le colture improduttive e le piante meno nutritive".

In una recente intervista, maggio 2010, Huber, ora in pensione, ha dichiarato che ha fatto ricerche sul glifosato per 20 anni e a un certo punto cominciò a osservare che c'erano problemi, cioè iniziò a notare un costante incremento di malattie fungine del grano se l'anno precedente era stato usato il glifosato come diserbante. Egli trovò che il glifosato riduceva nelle piante il manganese (Mn), che è essenziale per le reazioni di difesa contro malattie e stress ambientale. Il glifosato può immobilizzare i nutrienti della pianta, come manganese, rame, ferro, potassio, magnesio, calcio e zinco. In questo modo questi microelementi non sono più disponibili dal punto di vista nutritivo o funzionale. Fondamentalmente, il glifosato indebolisce completamente la pianta, rendendola suscettibile ai funghi patogeni del suolo. Huber dichiarò: "Questa è una delle ragioni per cui osserviamo un aumento delle malattie delle piante".

Negli ultimi 15–18 anni c'è stato un aumento generale del numero di malattie delle piante. Quattro funghi primari del suolo, *Fusarium*, *Phythium*, *Rhizoctonia*, e *Phytophthora*, sono diventati più attivi con l'uso di glifosato; contemporaneamente sono aumentate le malattie causate da questi funghi, come l'avvizzimento della spiga di mais, il marciume radicale della soia o ancora il marciume del colletto nella barbabietola da zucchero. Il *Fusarium* causa dell'avvizzimento del mais,

---

<sup>1</sup> La shikimato deidrogenasi è un enzima appartenente alla classe delle ossidoreduttasi, che catalizza la seguente reazione: shikimato + NADP<sup>+</sup> ⇌ 3-deidroschikimato + NADPH + H<sup>+</sup>. Negli organismi superiori, questo enzima forma un complesso multienzimatico con la 3-deidrochinato deidratasi.

che attacca i cereali, è un fungo che produce una micotossina che potrebbe entrare nella catena alimentare.

Huber ha anche dichiarato che "Ci sono più di 40 malattie associate all'uso del glifosato e il numero continua a crescere mano a mano che la gente ne riconosce l'associazione".

Quando gli fu chiesto se il glifosato è "benigno per l'ambiente" così come ritengono coloro che propongono l'uso di glifosato, Huber rispose "Assolutamente no. Si tratta di una nozione completamente errata. Il glifosato è solo il più importante fattore agronomico che predispone alcune piante sia alle malattie sia alle tossine. Queste tossine possono produrre un impatto serio sulla salute degli animali e dell'uomo".

Huber spiegò che "Le tossine prodotte possono infettare le radici e la spiga o pannocchia della pianta e possono essere trasferite al resto della pianta." E aggiunse: "Il livello delle tossine nella paglia può essere alto abbastanza da rendere il bestiame, come mucche e maiali, sterile."

Un modo in cui il glifosato può influenzare la salute umana è che "i micronutrienti, come manganese, rame, potassio, ferro, magnesio, calcio e zinco, essenziali per la vita dell'uomo, possono tutti essere resi meno disponibili dal glifosato"; in questo modo le colture TG trattate con glifosato come le altre piante non TG, ma comunque esposte al diserbante, contengono meno minerali nutritivi. "Stiamo osservando una minore qualità nutrizionale (dei nostri alimenti)".

"Il gene (del Roundup Ready) ridurrà l'efficienza dei micronutrienti fino al 50% per zinco e manganese ... Ciò potrebbe anche spiegare la riduzione di produzione (riportata per la soia TG). "

"Sfortunatamente, alla maggior parte dei ricercatori gli è impedito di fare ricerca in quest'area. Essi non hanno accesso alle linee isogeniche (linee di piante convenzionali e Roundup Ready che sono altrimenti geneticamente identiche). Questi materiali genetici non sono accessibili a tutti i ricercatori."

Huber e Johal raccomandano di usare quanto meno glifosato possibile, ma ridurre la dose di glifosato significa anche non riuscire a controllare le malerbe, soprattutto perché esse stanno diventando estremamente resistenti al diserbante.

### **Il sistema Roundup Ready altera tutta la biologia del suolo**

Robert Kremer, un microbiologo presso l'USDA-ARS (Servizio di Ricerca Agricola del Dipartimento di Agricoltura degli Stati Uniti d'America) e professore aggiunto nella Divisione di Scienze Vegetali all'Università del Missouri, nel 1997 iniziò a studiare su come il sistema Roundup Ready (l'uso contemporaneo di colture TG e del diserbante Roundup) cambierebbe il livello di nematodi nella soia. Il suo gruppo di ricerca analizzando le radici e i microrganismi che colonizzano il sistema radicale osservò che c'era un impatto del glifosato. C'era un problema di funghi radicali che sembrava incoraggiare la sindrome della morte improvvisa: la cosiddetta SDS (Sudden Death Syndrome), causata da *Fusarium virguliforme* (vedi foto sotto).

Infatti, nel Rapporto sull'Agricoltura Biologica e non OGM, Kremer affermava che il sistema (Roundup Ready) sta "alterando la biologia dell'intero suolo. " Stiamo osservando differenze nei batteri delle radici delle piante e cambiamenti nella disponibilità dei nutrienti. Molti studi mostrano che il glifosato può avere effetti tossici su (alcuni) microrganismi e può favorirne altri a germinare le loro spore e colonizzare i sistemi radicali. Altri ricercatori stanno mostrando che il glifosato può immobilizzare il manganese, un micronutriente essenziale delle piante".

Il glifosato è tossico per i batteri benefici, come il *Rizobium* che fissa l'azoto, ma aumenta anche l'incidenza di patogeni come il *Fusarium*. "Anche alcune varietà di Roundup Ready senza l'uso di glifosato, tendono a essere più suscettibili al *Fusarium*, " forse si tratta di un effetto non desiderato della modificazione genetica.

Se il suolo è carico di fosfato (come quando si usa come fertilizzante il letame), il glifosato potrebbe finire nelle acque superficiali e profonde del suolo (e avvelenare il resto delle specie selvatiche e gli esseri umani).

Kremer afferma: "Osserviamo l'aumento di questi funghi nel sistema Roundup Ready della soia e del mais".



*A sinistra piante di soia sane perché cresciute su un campo dove l'anno precedente non erano stati spruzzati i glifosati. A destra piante di soia con la Sudden Death Syndrome (SDS), Sindrome morte improvvisa, perché cresciute su un campo dove l'anno precedente erano stati spruzzati i glifosati. Iowa, USA, 2010. Foto cortesia di Don Huber.*

Il lavoro del gruppo di ricerca, pubblicato nell'*European Journal of Agronomy (Giornale di Agronomia Europea)* non ricevette sufficiente pubblicità negli Stati Uniti. Kremer affermò: "stavo lavorando con l'USDA-ARS per pubblicare un comunicato stampa su questi studi. Ho cercato in tutti i modi di parlare con gli amministratori, ma li ho trovati riluttanti a divulgare le notizie. Il loro modo di pensare è che se i coltivatori stanno usando questa tecnologia (sistema Roundup Ready), l'USDA non vuole comunicare informazioni che sono negative sulla tecnologia. Questo è quello che avviene. Penso che il comunicato stampa stia dormendo sulla scrivania di qualcuno".

Huber concluse: "Stiamo cercando dei metodi che potrebbero essere usati per superare gli effetti negativi del sistema di coltivazione Roundup Ready, come l'uso di concimazione fogliare". Ma aggiunse: "Sono interessato più a un'agricoltura sostenibile. Molti coltivatori sono più interessati a usare colture da sovescio e altri correttivi biologici per mantenere la qualità (fertilità) del suolo. Ma è un apprendimento troppo duro per loro"

## II PARTE

### **Le colture tolleranti al glifosato portano malattie e morte**

*La nuova ricerca rivela impatti ecologici disastrosi del principale diserbante mondiale e delle colture geneticamente modificate per renderle tolleranti al diserbante.*

Le colture tolleranti al diserbante glifosato (TG) e il diserbante stesso, la cui formulazione commerciale è chiamata Roundup, avvelenano i batteri azoto fissatori e gli altri batteri benefici del suolo, determinano un aumento di funghi patogeni, una riduzione dell'immunità della pianta alle malattie, un calo nel suolo della disponibilità di micronutrienti per la pianta, e altro ancora.

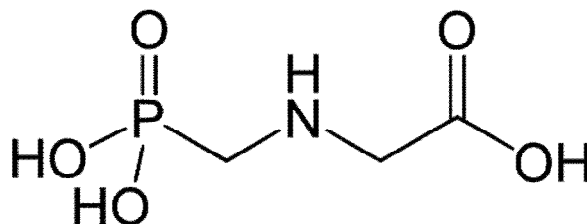
I risultati di decenni di ricerche tracciano un quadro che condanna il sistema colturale che ha impegnato l'85% dei 134 milioni di ettari della superficie agricola mondiale ora impegnata da

colture geneticamente modificate (GM)<sup>2</sup>. L'aumento senza precedenti di colture TG è stato accompagnato da un elevato aumento mondiale, specialmente negli USA, nell'uso di diserbanti detti glifosati,.

Il disastro ecologico si è diffuso con l'aumento degli impatti negativi dei diserbanti sulla salute dell'uomo e degli animali e il collasso del sistema colturale Roundup Ready (RR), dovuto al fatto che le infestanti sono diventate più resistenti al diserbante, sviluppando così super infestanti.

### Come funziona il glifosato

Il glifosato, [N- (fosfonometil) glicina, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>NO<sub>5</sub>P], è un diserbante a largo-spettro, brevettato dalla Monsanto negli anni Settanta con il nome commerciale di Roundup.



[N- (fosfonometil) glicina, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>NO<sub>5</sub>P]

Il glifosato uccide le piante legandosi a- e inibendo - l'enzima 5 - enolpiruvil shikimato-3-fosfato sintasi (EPSPS) del sentiero dello shikimato per la sintesi degli amino acidi aromatici, fenilalanina, tirosine e triptofano. Questi amino acidi sono i mattoni essenziali per costruire tutte le proteine, i precursori per i fattori di crescita e le fitoalexine, composti coinvolti nella difesa della pianta contro le malattie. Gli animali non hanno il sentiero dello shikimato e quindi dipendono dal cibo per costruire gli amino acidi essenziali.

Le piante TG dipendono dall'enzima EPSPS che gli è stato incorporato dall'*Agrobacterium tumefaciens* (il batterio del suolo che causa cancri al colletto delle piante) e che è insensibile al glifosato e che pertanto non possono essere uccise dal diserbante, cioè dal glifosato.

Per molto tempo, il glifosato è stato promosso come il diserbante disponibile più sicuro e più rispettoso dell'ambiente. Ma il glifosato ha molti altri effetti che agiscono sinergicamente sulla salute e produttività delle piante e che vanno ben oltre la pianta nell'ecosistema del suolo e di un ambiente più vasto.

I primi segnali di questi effetti vennero da osservazioni che le applicazioni di glifosato aumentavano notevolmente la gravità e l'incidenza delle malattie delle piante, non solo delle colture TG, ma anche delle colture successive allevate sullo stesso suolo.

Il glifosato aumenta le malattie della pianta attraverso molti meccanismi che indeboliscono la pianta e le sue difese contro le malattie, e allo stesso tempo rinforza la virulenza dei patogeni e delle loro popolazioni nel suolo. Quello che rende il glifosato un forte diserbante è che è traslocato in tutta la pianta fino ai punti di crescita degli steli e delle radici, dove nelle piante suscettibili ne arresta la crescita. Dalle radici, il glifosato è trasudato nella rizosfera (il suolo che circonda le radici) dove esercita effetti potenti sulla comunità microbica e chimica del suolo.

### Il glifosato sequestra i nutrienti delle piante

Chimicamente, il glifosato è un forte chelante (legatore) di ioni di metallo, rendendo questi nutrienti essenziali non disponibili nel suolo e nella pianta. Il glifosato fu brevettato come un forte chelante nel 1964. In contrasto a molti chelanti che legano ioni di metallo specifici, il glifosato è un

---

<sup>2</sup> Si stima che la superficie agricola mondiale totale è di 3miliardi e 350 milioni di ha, di cui circa il 4%, cioè 134 milioni, risulta interessato da colture geneticamente modificate (GM) e di cui l'85%, cioè circa 113 milioni, è interessato da colture GM per la tolleranza ai diserbanti glifosati, cioè da colture Roundup Ready (RR)

chelante a largo spettro perché lega macro e micronutrienti, come Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Ni e Zn. È proprio ciò che lo rende un diserbante a largo spettro e un potente agente antimicrobico, poiché la funzione di numerosi enzimi dipende da cofattori metallo specifici.

L'enzima EPSPS, come altri 25 enzimi vegetali, per esempio richiede manganese (Mn) come co-fattore e il glifosato riduce la disponibilità di Mn per tutti loro. Inoltre, il diserbante legandosi anche agli altri ioni di metallo, interferisce con una lunga serie di funzioni biologiche, indebolendo le piante, che così risultano più suscettibili alle malattie e meno produttive. *Questo vale sia per le colture TG sia per le colture non TG.* Così, le colture TG sono più deboli, anche se non sono uccise dall'azione chelante del glifosato e ciò spiega almeno in parte la riduzione di produzione delle colture TG. Dunque, a lungo termine, è falso il mito che le colture TG sono più produttive delle colture convenzionali

Il glifosato trasudato dalle radici delle colture TG o dalle malerbe morenti che sono state spruzzate, è rapidamente assorbito dalle altre piante o è immobilizzato nel suolo dai legami con ioni, così che questi non sono più disponibili per le piante. Il glifosato può rimanere nel suolo per un periodo molto lungo, che è quanto basta per degradarsi in sostanze tossiche per le piante TG e non TG. Ciò vuol dire che le piante coltivate successivamente sullo stesso suolo saranno ancora esposte ad alti livelli di diserbante, e gli effetti si accumuleranno man mano che altro diserbante sarà spruzzato.

### **Il glifosato riduce la fissazione dell'azoto**

Il glifosato riduce la fissazione dell'azoto attraverso molti meccanismi. I batteri fissatori di azoto, come il simbiote della soia, *Bradyrhizobium japonicum*, possiedono un EPSPS sensibile al glifosato, e quindi non riesce a crescere quando esposto al glifosato. Questo può essere un altro fattore significativo che determina riduzione di crescita e produzione di soia TG.

L'azoto fissazione è influenzata anche indirettamente attraverso la fisiologia della pianta ospite. Il glifosato inibisce la formazione del fattore di crescita acido indolacetico IAA nella soia TG, che comporta una minore formazione di noduli da parte del simbiote. Il glifosato forma molti metaboliti, come acido amminometilfosfonico (AMPA), sarcosina e glicina. I sintomi di clorosi della soia TG in seguito ad applicazioni di glifosato sono stati attribuiti all'accumulazione di AMPA.

Il Nichelio (Ni) è coinvolto nella fissazione di azoto (N) attraverso l'attività idrogenasi richiesta dal Ni che ricicla idrogeno per fornire energia necessaria alla fissazione dell'azoto. Quindi la mancanza di Ni nei suoli dovuta alla chelazione del glifosato può limitare l'attività idrogenasi dei batteri simbiotici. Quando l'idrogenasi è inibita, dal 30 al 50% dell'energia fornita alla nitrogenasi può essere persa come H<sub>2</sub>, riducendo notevolmente l'efficienza della fissazione di N.

All'Università di Maringa, nello Stato del Parana, Brasile, furono eseguite delle prove, in suolo argilloso e sabbioso con semi di linee isogeniche normali (non GM o TG) e TG di alcune varietà di soia trattati con fungicida. Le prove mostrarono che il glifosato riduceva la fissazione di N indipendente dal tipo di suolo e cultivar. Insomma, il glifosato riduce sempre la fissazione di N e non guarda in faccia a nessuno, nemmeno alle colture TG.

Il peso secco degli steli e delle radici era in entrambi i casi ridotto dalle applicazioni di glifosato. Il danno alla clorofilla da AMPA potrebbe ridurre la crescita degli steli. Le piante trattate con glifosato mostrano sintomi di clorosi (ingiallimento) rispetto alle piante non trattate con glifosato. Ovviamente, meno clorofilla significa meno fotosintesi, meno produttività, ecc..

### **Il glifosato rende le colture più suscettibili alle malattie riducendo la disponibilità di Mn**

I diserbanti sono conosciuti per la loro capacità di aumentare specifiche malattie delle piante fin dagli anni Settanta. Il glifosato inibisce l'enzima EPSPS direttamente e indirettamente, attraverso la chelazione del Mn (vedi sopra). Le Piante con un metabolismo dello shikimato compromesso sono più predisposte a diversi patogeni vegetali. Il glifosato è effettivamente brevettato come sinergizzante di micoerbicidi per migliorare la virulenza e patogenicità dei funghi usati per il controllo biologico delle malerbe. L'attività sinergizzante del glifosato per il controllo

delle malerbe nel predisporre le piante a essere attaccati da organismi infettivi è stata osservata per molte malattie e l'uso estensivo del glifosato in agricoltura è un fattore significativo nell'aumento della severità o "riemergenza" di malattie una volta gestite o controllate con efficienza.

Gli effetti tossici del glifosato sono cumulativi, e diventa peggiore con l'uso continuato. Perciò la deficienza di Mn ora è evidente in aree che prima erano Mn sufficienti, in parte per lo stesso accumulo di glifosato nel suolo e in parte perché il glifosato avvelena e depaupera le popolazioni di organismi del suolo Mn-riducenti. Il Mn ridotto è assorbito dalle piante, mentre il Mn ossidato non lo è; per cui l'equilibrio di microrganismi Mn-riducenti nel suolo è cruciale ai fini della disponibilità di Mn per le piante. La presenza del gene per la tolleranza al glifosato riduce anche l'assorbimento di Mn e l'efficienza fisiologica (tramite l'accumulazione di glifosato nella pianta), e in concomitanza aumenta la severità della malattia.

La virulenza di alcuni patogeni, come i funghi *Gaeumannomyces*, *Magnaporthe Phymatotrichum* e *Corynespora*, e il batterio *Streptomyces*, comporta l'ossidazione di Mn al sito d'infezione (da Mn<sup>2+</sup> a Mn<sup>4+</sup>) che compromette la resistenza della pianta attraverso il sentiero shikimato; ciò perché il Mn ossidato è di nessuna utilità per gli enzimi che nel sentiero usano Mn come co-fattore.

Circa 40 malattie sono conosciute per la loro caratteristica di aumentare la loro capacità di diffusione durante le esecuzioni di programmi di controllo delle malerbe con glifosato e lista di tali malattie sta crescendo, colpendo un ampio spettro di specie: melo, banano, orzo, fagiolo, canola, agrumi, cotone, vite, melone, soia, barbabietola da zucchero, canna da zucchero, pomodoro e grano.

La *Corynespora*, un fungo che determina il marciume delle radici della soia, prima considerata una malattia minore, può determinare un vero danno economico nella soia RR (Roundup Ready). Questo fungo del marciume radicale è più severo quando il glifosato è applicato alla soia alla presenza di erbacce anche se queste non sono l'ospite del patogeno fungino. La ragione è che le erbacce servono a traslocare e rilasciare più glifosato nella rizosfera, a impoverire le popolazioni di organismi Mn-riducenti e a diminuire la disponibilità di Mn per le piante, necessario per sostenere la loro difesa. Tutto ciò agisce sinergicamente per lievitare l'aumento di *Corynespora* e la sua abilità a provocare la malattia.

Complessivamente si è assistito a un incremento di tutte le malattie dei cereali, dopo aver "bruciato" le erbacce con glifosato prima del trapianto. Ciò è risaputo da più di 15 anni. La malattia aumenta anche quando il glifosato è applicato alle soie RR l'anno precedente, confrontato con l'uso di un diserbante non glifosato. Di nuovo, ciò è dovuto alla ridotta disponibilità di Mn; tutti i fattori che riducono la disponibilità di Mn, come il pH basso del suolo, uso spropositato di fertilizzanti di N, aumentano la gravità della malattia. I microrganismi proposti per il controllo biologico della malattia, come il batterio *Bacillus cereus* e il fungo *Trichoderma konigii*, sono tutti forti riduttori di Mn, aumentando la disponibilità di Mn nella rizosfera. In contrasto, l'aggiunta di ossidanti di Mn aumenta tutte le malattie.

Così, oltre alla sua azione di chelazione che rende il Mn non disponibile, il glifosato avvelena gli organismi del suolo Mn-riducenti e fissatori di N, per cui la disponibilità di Mn e N, per le colture potrebbe essere marcatamente compromessa.

L'aumento del marciume alla radice, corona, e piede delle piante di cereali in seguito all'applicazione di glifosato può derivare dagli effetti sinergici di una resistenza ridotta a causa della deficienza di Mn, l'inibizione della crescita della radice dovuto all'accumulo di glifosato all'apice della radice, un aumento di organismi Mn-ossidanti e una diminuzione di organismi Mn-riducenti nella comunità del suolo.

### **Il glifosato aumenta le malattie di *Fusarium* e aumenta anche i patogeni di *Fusarium* nel suolo**

Le malattie causate da *Fusarium* con l'uso estensivo di glifosato sono aumentate. Per esempio, l'uso di glifosato predispone i pomodori al marciume del colletto e della radice da *Fusarium*. I coltivatori di cotone in Australia e negli USA hanno assistito a un ritorno di Fusariosi (ingiallimento e appassimento della pianta) con l'introduzione del cotone Roundup Ready.

L'avvizzimento della spiga dei cereali da *Fusarium* e altre Fusariosi aumentano in seguito ai trattamenti con glifosato. L'avvizzimento della spiga e le micotossine prodotte da funghi occasionali ora sono comuni anche in aree più fredde, dove erano più rare prima dell'uso estensivo di glifosato.

L'area di Palouse di Washington, Idaho e Oregon, negli USA, ha avuto una lunga storia per il pisello, la lenticchia e la produzione di grano su terreni di profondo *loess* (accumulo non stratificato di piccoli granelli di argilla e limo trasportati dal vento), una caratteristica di quella zona. Comunque, le produzioni di pisello e lenticchia sono lentamente diminuite a causa di una riduzione di fissazione simbiotica di azoto (N) e un aumento di malattie da *Fusarium* dovuti all'uso estensivo di glifosato per la produzione di grano con la pratica della non aratura. Ora la produzione di pisello e lenticchia in alcune aziende è antieconomica e la produzione si sta rapidamente trasferendo da Palouse al Montana, dove l'uso del glifosato era stato più limitato.

Una nuova malattia da *Fusarium* è apparsa sulla canola (una varietà di colza: *Brassica napus*) causata da *F. oxysporum* e *F. avenaceum*, ha drasticamente ridotto la produzione nei suoli ricchi e poveri di Alberta e Saskatchewan in Canada, fin dal 2000.

La sindrome di morte improvvisa (SDS) di soia raggiunse "proporzioni epidemiche" nell'America Settentrionale e Meridionale verso la fine degli anni Novanta. La sindrome rimane ancora molto estesa nelle regioni che coltivano soia negli USA, Argentina e Brasile, ed è causata da due specie distinte: *F. viruliforme* in nord America e *F. tucumaniae* in America Meridionale. Il maggior uso di glifosato fu collegato con la SDS, specialmente negli anni più piovosi.

Le ricerche dei primi anni Ottanta rivelarono che l'efficacia dei diserbanti di glifosato è largamente dovuta alla colonizzazione delle radici delle piante infettate da patogeni del suolo (piuttosto che all'inibizione della sintesi di amino acidi aromatici come si era pensato in un primo momento). I due patogeni più importanti a questo riguardo erano i funghi *Pythium* e *Fusarium*, entrambi onnipresenti nei suoli.

Robert Kremer, un microbiologo dell'USDA e la sua equipe di ricerca hanno condotto studi nel Missouri dal 1997 al 2007 per stimare gli effetti del glifosato sulla colonizzazione delle radici di soia e mais TG e sulle popolazioni del fungo *Fusarium* insieme a batteri della rizosfera del suolo. Essi trovarono che le radici di mais e soie TG trattate con glifosato furono pesantemente colonizzate da *Fusarium* quando confrontati con colture TG e convenzionali non trattate con glifosato. Le loro scoperte suggeriscono che il glifosato trasudato dalle radici della pianta può anche servire come alimento per i funghi e stimolare la germinazione delle spore di *Fusarium*, e ciò spiega perché i *Fusarium* dominarono la comunità fungina della rizosfera dopo una lunga esposizione al glifosato.

Un aumento significativo di *Fusarium* fu scoperto in sole due settimane dopo il trattamento con glifosato a dosi raccomandate, ed era da due a cinque volte più alto nella soia TG trattata con glifosato che nella soia TG e soia convenzionale, cioè non TG. Il mais TG trattato con glifosato aveva un livello d'infestazione di *Fusarium* da tre a dieci volte più alto rispetto a quello osservato quando il diserbante usato era l'atrazina.

Un altro studio basato su indagini condotte su colture in campo ed esperimenti su larga scala in Saskatchewan (Canada), ha individuato nel glifosato il più importante fattore nello sviluppo di malattie delle colture. L'avvizzimento della spiga (head blight) in orzo e grano causati da *Fusarium graminearum* era particolarmente vasto. Il *Fusarium graminearum* fu il patogeno isolato più comune in uno studio di quattro anni, infettando il 41.3% di grano tenero e duro analizzati. Secondo lo studio "... la coltivazione di piante suscettibili con un minimo di arature in campi prima trattati con glifosato, risultò nel danno maggiore da FHB (*Fusarium* Head Blight), cioè da *avvizzimento della spiga* in anni favorevoli allo sviluppo della malattia." Ciò è particolarmente preoccupante, poiché le colture Roundup Ready erano state progettate specificamente per i coltivatori che vogliono evitare le arature, e per questa "convenienza" essi ora, invece, potrebbero essere impegnati, inavvertitamente, a preparare le loro colture all'*avvizzimento della spiga* (FHB). Si tratta di coltivatori in buona fede, non informati, ingannati da chi ha avviato il giro d'affari del Roundup Ready: vendita di colture GM e diserbante.



Kremer si rivolse personalmente agli amministratori dell'USDA chiedendo all'agenzia di pubblicare con urgenza un comunicato stampa sui numerosi studi che confermano gli impatti ambientali delle colture TG e del glifosato, ma fu ignorato. Kremer disse: il "loro modo di pensare (cioè degli amministratori dell'USDA) è che se i coltivatori stanno usando la tecnologia del Roundup Ready, l'USDA non può dare informazioni negative su quella tecnologia". Sono cose vere, ma incredibili per un Paese che si proclama tra i più sviluppati e democratici.

### **Il glifosato uccide i microrganismi benefici e fa crescere quelli patogeni**

Ricerche pubblicate nel 1979 già mostravano che il glifosato assorbito attraverso le foglie, dopo il trattamento, era trasferito in modo sistemico verso le radici ed eventualmente rilasciato nella rizosfera, dove esso cambia l'intera ecologia del suolo, risultante in un incremento della colonizzazione delle radici da parte di specie patogene, come *Fusarium* e *Phytophthora* e come *Pythium* per le piante di fagiolo.

Inoltre, il glifosato aumenta l'escrezione di substrati delle radici che possono essere metabolizzati selettivamente dai patogeni, come per esempio amino acidi e lo stesso glifosato, incoraggiando così questi patogeni a crescere magnificamente. Nel frattempo, il glifosato e i suoi prodotti di degradazione come l'AMPA (acido aminometilfosfonico) sono velenosi per gli organismi suscettibili, molti dei quali sono benefici.

Gli *Pseudomonas* sono importanti batteri multifunzionali nella rizosfera che produce numerosi metaboliti secondari, i quali sopprimono i microrganismi dannosi, come i funghi patogeni, inclusi i *Fusarium*, e contribuiscono a ridurre (chimicamente) il Mn, mettendolo così a disposizione delle piante. Il glifosato e la soia TG fanno calare significativamente gli *Pseudomonas* che sono benefici per la rizosfera, incoraggiando così ulteriormente la crescita dei funghi patogeni, attraverso la soppressione dei loro batteri antagonisti.

L'ossidazione e riduzione del Mn sono eseguite principalmente da batteri della rizosfera, e hanno un maggiore impatto sulla disponibilità di nutrienti e il metabolismo della pianta. Un basso rapporto di Mn ridotto rispetto a Mn ossidato fu trovato per la soia TG trattata con glifosato quando confrontato con la soia non TG, suggerendo una minor disponibilità di Mn per le piante. Insomma, nel sopprimere gli *Pseudomonas* che riducono il Mn, il glifosato fa aumentare i batteri che ossidano il Mn, molto probabilmente *Agrobacteri* che tipicamente formano dei biofilms sulla superficie delle radici di soia. Il Mn ossidato è trattenuto dal biofilm. Questi *Agrobacteri* molto probabilmente hanno l'enzima EPSPS insensibile al glifosato, simile all'*Agrobacterium tumefaciens* che ha fornito l'enzima per ottenere le soie TG.

Come già detto prima, il glifosato inibisce anche la crescita del simbiote N-fissatore della soia.

### **Il glifosato avvelena il suolo per tutte le piante**

Il glifosato rilasciato attraverso le radici delle piante morenti (le malerbe) è trasferito alle piante viventi non trattate (con glifosato) attraverso le radici, suggerisce che il glifosato applicato o spruzzato sulle malerbe o altri vegetali lungo i sentieri nei frutteti può essere trasferito agli alberi, causando malattie e perdite di prodotto. C'è l'evidenza che tale trasferimento ad altre piante, attraverso le radici delle piante morenti, è molto più efficace del trattamento diretto nel suolo.

Un esperimento in serra mostrò che il Roundup Ultramax (della Monsanto) spruzzato su una malerba, loglio (*Lolium multiflorum*), a dosi mortali era molto più efficace nell'inibire la crescita delle piantine di girasole seminate nello stesso suolo che la stessa quantità di diserbante spruzzata o mescolata direttamente nel suolo. L'inibizione di crescita fu più pronunciata quando non si fece passare molto tempo tra l'applicazione del diserbante e la semina del girasole. L'effetto d'inibizione di crescita durava da 7 a 21 giorni dall'applicazione del diserbante, sebbene dopo non scompariva completamente. Senza alcun ritardo con la semina di girasole, l'inibizione di crescita fu del 90% quando il diserbante fu applicato all'oglio e del 50-70% quando il diserbante fu applicato al suolo.

L'aumento in shikimato con l'applicazione di glifosato attraverso loglio (l'erbaccia) era da 10 a 100 volte quello del glifosato applicato direttamente al suolo. Il glifosato che avvelenava le piantine di girasole era associato con un danno allo stato nutrizionale del Mn, ancora rilevabile dopo un tempo di attesa massimo di 21 giorni.

In molte specie di piante, il glifosato non è prontamente metabolizzato, ma è preferenzialmente traslocato ai giovani e crescenti tessuti di radici e steli, dove si può accumulare a sostanziali concentrazioni. Questo può facilmente creare punti caldi nel suolo contenente alti livelli di glifosato. I risultati dello studio sono in linea con le osservazioni fatte in campo sui danni alle piante di grano duro in sistemi agricoli senza arature dopo il trattamento con glifosato eseguito prima della semina e comunque eseguito non più di due settimane prima.

## **Conclusioni**

La sperimentazione ha chiaramente dimostrato che le colture tolleranti al glifosato (TG) e l'uso di glifosato rappresentano serie minacce alla sostenibilità dell'agricoltura e produzione di alimenti. Questi impatti ecologici su vasta scala di glifosato e sistemi di agricoltura Roundup Ready dovrebbero essere considerati delle vere e proprie minacce alla salute dell'uomo e degli animali che già di per se giustificano un bando globale dell'uso del diserbante. È da tempo che diciamo che è ora di fermarsi con il glifosato e le colture tolleranti al glifosato (TG), nonché alle colture geneticamente modificate e di concentrare invece le nostre risorse su sistemi di agricoltura biologica e locale che hanno dimostrato di funzionare in maniera sostenibile e di essere più produttivi dei sistemi industriali, basati fondamentalmente sull'uso di prodotti chimici, altamente inquinanti e dannosi per la salute. Per la soluzione dei problemi legati al diserbante glifosato è necessario bandirne immediatamente l'uso. Un'azione che solo una politica informata può mettere in campo. Bisogna fare pressioni affinché i glifosati vengano banditi in tutti Paesi e a tutti i livelli: dal piccolo orto, bordi delle strade, piazzuole, e cos' via, fino ai vasti campi dei sistemi agroindustriali.

**Nota:** Lavoro presentato al 8° Convegno sul tema: "Il Riso: Alimento Fondamentale per la Salute Umana", svoltosi nella Sala Granè Erbatici di Mezzana Bigli (Pavia), il 13 febbraio 2011, e pubblicato sugli Atti del Convegno a cura di Mario Pianesi, Presidente dell'Associazione Internazionale "Un Punto Macrobiotico": 54-73.

(\*) Dott. Pietro Perrino, Dirigente di Ricerca del CNR, già Direttore dell'Istituto del Germoplasma del CNR di Bari, c/o Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Bari.

Tel/fax: 080.5484405 (ab.); cell.: 3391915903; e-mail: pietro.perrino4@gmail.com

## **Bibliografia consigliata (I Parte)**

1. Yamada T. Kremer RJ. De Carmargo e Castro and Wood BW. Glyphosate interactions with physiology, nutrition, and diseases of plants: threats to agricultural sustainability? *Europ J Agronomy* 2009 31, 111-3.
2. Ho MW and Cummins J. Roundup Ready sudden death, superweeds, allergens...time to wipe GM crops off the globe. *Science in Society* 28, 26-27, 2005.
3. Ho MW. Ban glyphosate herbicides now. *Science in Society* 43, 34-35, 2009.
4. Johal GS and Huber DM. Glyphosate effects on diseases of plants. *Eur J Agron* 2009, 144-52.
5. "Scientist warns of dire consequences with widespread use of glyphosate", *The Organic & Non-GMO Report*, May 2010.
6. Ho MW. GM crops facing meltdown in the USA. *Science in Society* 46 (in press).

7. “Scientist finding many negative impacts of Roundup Ready GM crops, USDA doesn’t want to publicize studies showing negative impact”, The Organic & Non-GMO Report, January 2010.
8. Kremer RJ and Means NE. Glyphosate and glyphosate-resistant crop interactions with rhizosphere microorganisms. *European Journal of Agronomy* 2009, 31, 153-61.

### **Bibliografia consigliata (II Parte)**

1. Ho MW. Scientists reveal glyphosate poisons crops and soil. *Science in Society* 46.
2. Cherry B. GM crops increase herbicide use in the united states. *Science in Society* 45.
3. Ho MW. Glyphosate herbicide could cause birth defects. *Science in Society* 43, 36, 2009.
4. Ho MW. Ban glyphosate herbicides *now*. *Science in Society* 43, 34, 2000.
5. Ho MW. GM crops facing meltdown in the USA. *Science in Society* 46 (to appear).
6. Cummins J. Glyphosate resistant weeds, the transgenic treadmill. *Science in Society* 46.
7. “Farmers cope with Roundup-resistant weeds”, William Neuman and Andrew Pollack, *The New York Times*, 3 May 2010.
8. Glyphosate, Wikipedia, 4 May 2010.
9. Yamada T, Kremer RJ, De Carmargo e Castro and Wood BW. Glyphosate interactions with physiology, nutrition, and diseases of plants: threats to agricultural sustainability? *Europ J Agronomy* 2009 31, 111-3.
10. Huber DM. Ag chemical and crop nutrient interactions – current update.
11. Zobiolo LHS, Oliveira RS Jr, Kremer RJ, Constantin J, Yamada N, Castro C, Oliveira FA and Oliveira A Jr. Effect of glyphosate on symbiotic N<sub>2</sub> fixation and nickel concentration in glyphosate-resistant soybeans. *Appl Soil Ecol* 2010, 33, 178-80.
12. Johal GS and Huber DM. Glyphosate effects on diseases of plants. *Eur J Agron* 2009, 144-52.
13. Aoki T, O’Donnell K, Homma Y and Lattanzi AR. Sudden-death syndrome of soybean is caused by phylogenetically distinct species within the *Fusarium solani* species complex – *F. virguliforme* in North America and *F. tucumaniae* in South America. *Mycologia* 2003, 95, 660-84.
14. Means NF and Kremer RJ. Influence of soil moisture on root colonization of glyphosate – treated soybean by *Fusarium* species. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 2007, 38, 1713-20.
15. Kremer RJ and Means NE. Glyphosate and glyphosate-resistant crop interactions with rhizosphere microorganisms. *European Journal of Agronomy* 2009. 31, 3, 153-161.
16. Fernandez MR, Zentner RP, Basnyat P, Gehl D, Selles F and Huber D. Glyphosate associations with cereal diseases caused by *Fusarium* spp. in the Canadian prairies. *Eur J Agron* 2009, 133-43.
17. “Scientist finding many negative impacts of Roundup Ready GM crops, USDA doesn’t want to publicize studies showing negative impact”, The Organic & Non- GMO Report, January 2010.
18. Tesfamariam T, Bott S, Cakmak I, Romheld V and Neumann G. Glyphosate in the rhizosphere – role of waiting times and different binding forms in soils for phytotoxicity to non-target plants. *Eur J Agron* 2009, 31, 126-32.
19. Ho MW. Ban glyphosate herbicides now. *Science in Society* 43, 34-35, 2009.
20. Ho MW, Burcher S, Lim LC, et al. *Food Futures Now, Organic, Sustainable, Fossil Fuel Free*, ISIS and TWN, London, 2008.