

È uno dei prodotti fitosanitari maggiormente impiegati per la difesa da avversità crittogamiche e batteriche. La sua pericolosità dipende presumibilmente dalle modalità e dalle quantità utilizzate.



**PIERANGELA SCHIATTI
SARA NUTRICATO**
Prober
Bologna

Numerosi sono stati negli ultimi anni i momenti d'incontro e i dibattiti inerenti l'impiego del rame (Cu) e la possibilità di ridurre le dosi di applicazione.

Il rame è uno dei prodotti fitosanitari maggiormente impiegati per la difesa delle colture da avversità crittogamiche e batteriche. Il suo utilizzo, a dosi elevate per unità di superficie, in particolare su alcune specie, lo ha però portato sul "banco degli imputati" in qualità di metallo pesante che si accumula nel terreno. Come è noto, la "giuria" che ha definito la normativa, rappresentata dalla Commissione europea, lo ha dichiarato "colpevole, ma necessario", definendone un determinato impiego massimo ad ettaro, tramite il regolamento Ce 473/2002. Questo significa che, presumibilmente, la pericolosità del rame dipende dalle modalità e dalle quantità utilizzate.

È allora lecito domandarsi quale sia il livello di tossicità del rame per le colture e in quale misura il suo accumulo influisca sull'attività biologica del terreno.

I QUANTITATIVI AMMISSIBILI

L'abbondanza del rame nella crosta terrestre è di circa 70 parti per milione: è naturalmente presente nell'ambiente sotto forma di solfuri e, più raramente, come ossidi, carbonati, silicati o anche come rame nativo. Tracce possono essere tro-

Quali livelli di **TOSSICITÀ** ha il **RAME** che si accumula nel **TERRENO?**



Prodotto fitosanitario a base di rame. (Foto Schiatti)

vate in quasi tutte le pietre o suoli e la sua concentrazione è variabile.

I trattamenti antiparassitari con prodotti cuprici rappresentano un'importante fonte di contaminazione da rame. Una volta nel suolo, questo metallo pesante non subisce alcuna degradazione né chimica, né fotolitica o alcuna metabolizzazione; l'evaporazione è nulla e l'unico tipo di asportazione di rilievo è costituito dall'azione dilavante della pioggia. Pervenuto nel terreno, lo ione rameico interagisce con argille e sostanze organiche per formare composti insolubili.

In Italia, la concentrazione di rame nel terreno varia da 2 a 375 parti per milione (Fregoni e Corallo, 2001). Tali valori sono

in relazione alla differente origine geologica, alla diversa dotazione ed alla differente tessitura e reazione: ad esempio, il maggiore contenuto in argilla (colloidi minerali) determina un contenuto in rame superiore. Non è semplice stabilire quale sia il valore di concentrazione di Cu nel terreno che provoca il superamento della soglia di tossicità. Tale valore dipende da alcune caratteristiche del suolo, come il pH, e dalla presenza di sostanze colloidali.

Da considerare, inoltre, che i valori possono variare in base ai metodi di analisi adottati a causa dell'efficienza d'estrazione dei solventi impiegati (Boublas, 2001). In base ai riferimenti normativi esistenti

(utilizzo di fanghi di depurazione; Dl 22/97 sulla qualità dei suoli; Dm 471/99 sui siti utilizzabili per verde pubblico e privato; delibera della Giunta regionale dell'Emilia-Romagna dell'11/05/98 sull'apporto degli effluenti zootecnici in zone vulnerabili), si ritiene che un contenuto superiore a 100 parti per milione di rame possa rappresentare la soglia di attenzione.

INFLUENZA SUL TERRENO

Quando l'accumulo di rame supera una certa concentrazione, può diventare tossico e avere delle ripercussioni negative sulle piante e sulla pedofauna. In tali terreni viene inoltre alterata la composizione microbiologica ed enzimatica e si determina una acidificazione del suolo.

La tossicità, più che al contenuto totale di rame, è dovuta alla porzione prontamente disponibile (Cu scambiabile) per gli organismi che, a sua volta, dipende dalle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche dei suoli. Infatti, una volta nel terreno, il rame subisce reazioni di immobilizzazione da parte di vari componenti (carbonati, ossidi di ferro) o può essere

assorbito dai colloidali (minerali argillosi, frazione organica e sostanze umiche).

A pH maggiori di 7, il rame precipita sotto forma di idrossido ($\text{Cu}(\text{OH})_2$), che è praticamente insolubile in acqua. Quando il pH del suolo si abbassa, la sensibilità al Cu è maggiore, soprattutto se in tali suoli la sostanza organica e i minerali argillosi sono scarsi.

Data l'affinità del rame per le molecole umiche, la sua ritenzione da parte dei minerali argillosi è tanto maggiore quanto minore è il contenuto di sostanza organica. Tale circostanza spiega l'alta percentuale di rame nella frazione residuale degli orizzonti profondi.

La sostanza organica è anche il substrato nutritivo per i microrganismi del suolo: ciò significa che se la sostanza organica del suolo diminuisce, nella quantità rimanente la concentrazione di Cu aumenta e la microflora, costretta ad alimentarsi di essa, è più facilmente soggetta a tossicità. È così che, con il tempo, la diminuzione di sostanza organica e il contenuto di rame nel suolo possono provocare un calo della popolazione microbica o modifiche del-

la sua attività, come è stato dimostrato a carico di *Azotobacter*, *Clostridium*, *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*. Al contrario, una buona dotazione di sostanza organica permette di immobilizzare il rame e di essere substrato nutritivo per i microrganismi del suolo (Agnelli et al., 2002).

Tra gli organismi terricoli aventi notevole rilevanza dal punto di vista agrario, ritroviamo gli *Oligocheti*, rappresentanti della macrofauna edafica, ai quali appartiene il gruppo dei *Lumbricidi*, che riveste un'importanza quantitativa all'interno del suolo (Parisi, 1974). Scavando nel terreno gallerie sia in senso orizzontale che verticale, essi esplicano un'azione di frammentazione delle particelle e drenano il terreno, facilitando così gli scambi gassosi e rimescolando in senso verticale il terreno stesso.

Inoltre, l'azione dei lombrichi arricchisce la fertilità del terreno e facilita la produzione di *humus*. In terreni ricchi di Cu si è riscontrata una diminuzione nel numero di carabidi e di lombrichi (Paoletti e Bertocelli Broto, 1985) che si nutrono di sostanza organica in avanzato stato di

decomposizione e che vivono in profondità, fra 10 e 20 centimetri (endogei).

I lombrichi, invece, che si nutrono di sostanza organica poco decomposta e che vivono scavando gallerie nel terreno (per cui si trovano sia in superficie che in profondità e sono detti anecici) o in superficie, fino a 5 centimetri circa (epigei), sono più tolleranti al Cu. Il rame, infatti, ostacola la decomposizione dei detriti vegetali del terreno e determina una diminuzione dei lombrichi che se ne nutrono (*Sommaggio et al.*, 1997).

GLI EFFETTI SULLE COLTURE

La concentrazione del Cu nella pianta è mediamente pari a 6-50 parti per milione: tuttavia essa è molto variabile, sia in base all'organo considerato, che ai trattamenti cui è stata soggetta. Il rame influenza quasi tutte le vie metaboliche ed agisce sulla sintesi della lignina e sulla germinazione del polline (*Boublas*, 2001); favorisce inoltre l'accrescimento apicale, aumenta la traspirazione ed è indispensabile per la sintesi della clorofilla e dei

complessi proteici che agiscono durante la fotosintesi.

Generalmente è difficile osservare danni per eccesso di rame sulle colture arboree e sulla vite in particolare, in quanto la pianta sfugge alle elevate dosi di Cu nel terreno perché l'apparato radicale si sviluppa soprattutto fra 20 e 100 centimetri di profondità, dove cioè il tenore di rame è molto basso. La sua tossicità si manifesta sulle foglie con sintomi simili alla clorosi ferrica, mentre le radici si presentano corte, grosse e con capacità di scambio cationico alterata (*Fregoni et al.*, 2001).

Nei suoli con un pH uguale a 4, la tossicità nei confronti delle piante si manifesta con quantitativi di rame disponibile di 25 mg/kg; nei suoli con pH uguale a 6 con quantitativi di 100 mg/kg. Nei vigneti su suoli calcarei e con pH intorno ad 8, anche con contenuti di Cu molto alti, non sono stati osservati fenomeni di tossicità sulle colture in quanto il rame risulta insolubilizzato sotto forma di idrossido. Nei suoli calcarei, il rame viene bloccato in superficie sotto forma di idrossidi o di carbonati (*Fregoni e Corallo*, 2001).

LA GESTIONE AGRONOMICA

Da quanto esposto risulta che i terreni a

maggiore rischio di tossicità del rame sono quelli a pH basso, con scarsa dotazione di sostanza organica e di argille, che sono poco diffusi in Italia e che, quindi, con una cor-

retta gestione, dovrebbero esserlo ancora meno nelle aziende condotte con tecniche di agricoltura biologica.

Le pratiche agronomiche che favoriscono l'aumento o la conservazione della sostanza organica riducono i rischi di tossicità per le colture e l'attività microbica. Quando possibile, si suggerisce di ricorrere ad una rotazione colturale che permetta di alternare colture che fanno largo uso di Cu con quelle meno esigenti sotto questo aspetto.

La "colpevolezza" del rame dipende quindi non solo da fattori intrinseci al metallo stesso, ma anche dalle scelte agronomiche e dalle quantità di impiego, che devono variare in funzione della pressione dei patogeni, dei periodi vegetativi e dal tipo di formulato impiegato. ■

I RISULTATI DI UN'INDAGINE SU TRENTA APEZZAMENTI

Parallelamente alle prove riguardanti la tossicità del rame sulle colture, sempre nell'ambito del progetto "Accumulo di rame nel terreno", finanziato dalla legge regionale 28/98, è stata condotta un'indagine dopo diversi anni di gestione in agricoltura biologica. Sono stati confrontati 30 appezzamenti su tre colture (vite, pero e seminativi) con un diverso livello di utilizzo di rame e su terreni con differenti caratteristiche legate, in particolare, al contenuto in calcare (calcare totale maggiore del 10% e inferiore al 3%).

Non è stato valutato il pH dei suoli in quanto la maggior parte di essi nella pianura emiliano-romagnola hanno pH neutro o sub-alcalino e i suoli a reazione acida sono limitati. In ognuno dei 30 appezzamenti selezionati si sono realizzate una serie di trivellate pedologiche che hanno permesso di collegare il suolo presente ad una delle tipologie dell'Archivio regionale, definito dal Servizio geologico sismico e dei suoli. Nello specifico, sono stati prelevati campioni composti di terreno a due profondità (0-20 centimetri e 20-50 centimetri) nelle colture arboree e ad un'unica profondità (0-50 centimetri) in quelle erba-

cee, determinando su ciascuno il contenuto in rame assimilabile (estratto in DTPA) e in rame totale. I valori di Cu assimilabile riscontrati nei 50 campioni prelevati sono stati ampiamente sotto i 100 milligram-

mi/chilogrammo, quindi entro i limiti massimi indicati per legge (decreto legge 99/92 sull'utilizzo di fanghi di depurazione in agricoltura e Dm 471/99 relativo alla bonifica dei siti contaminati). I valori di rame totale hanno superato la soglia di 100 milligrammi/chilogrammo in 14 casi su 50 e sempre negli appezzamenti coltivati a vite o pero. Nelle erbacee si è rilevato, inoltre, che il maggior contenuto in rame è localizzato nello strato più superficiale, dimostrando come il metallo abbia una scarsa mobilità per lisciviazione nel profilo del suolo. I valori riscontrati negli appezzamenti a seminativo sono stati generalmente inferiori rispetto a quelli vitati.

Per quanto riguarda la differenza tra appezzamenti con suolo calcareo rispetto a quelli non calcarei, sembra che questo carattere non abbia un'influenza significativa sul livello di accumulo di rame (e quindi probabilmente sulla mobilità del Cu nel suolo).

Contemporaneamente sono stati esaminati anche i quantitativi distribuiti negli ultimi cinque anni e si è cercato di verificare una correlazione tra questi e l'entità di rame accumulato nel suolo, che però non è risultata significativa. È possibile che servano più anni di rilevazioni rispetto ai cinque esaminati per trovare una correlazione, oltre al fatto che potrebbe essere utile fare indagini su qual è il livello di contenuto di rame del fondo naturale (in assenza di apporti artificiali) e sull'entità effettiva della lisciviazione per una valutazione precisa dell'effetto dell'intervento antropico. ■

Andrea Bertacchini - I.ter, Bologna

Rame nel suolo (valori medi dei 30 appezzamenti).		
	RAME ASSIMILABILE (ppm)	RAME TOTALE (ppm)
VITE	21,3	86,7
PERO	18,5	87,8
SEMINATIVO	9,0	48,9
significatività	*	**