

Effetti fitotossici di acque ad elevato contenuto di boro

Mario Pacetto

Istituto di Patologia vegetale dell'Università di Catania

Sintomi di tossicità da eccesso di boro sono stati osservati su piante di specie diversa in una azienda del territorio di Siracusa.

La concentrazione dell'elemento nelle foglie è risultata: 588 ppm (limone); 164 ppm (pomodoro); 66 ppm (lattuga); 266 ppm (peperone); 206 ppm (zucchino).

I fenomeni osservati sono da attribuire al boro in eccesso presente nell'acqua di irrigazione derivata da due pozzi aziendali (5,9-6,0 ppm).

L'elemento si è accumulato nei terreni dell'azienda fino a raggiungere concentrazioni di 4,3 ppm.

Phytotoxic effects of high boron waters by M. Pacetto. Boron toxicity symptoms on various plant species have been observed in a farm of agricultural district of Siracusa.

The boron content in the leaves resulted as follows: 588 ppm (lemon); 164 ppm (tomato); 66 ppm (lettuce); 266 ppm (pepper); 206 ppm (squash).

The observed phenomena have been caused by the excessive boron content of irrigation waters of two wells (5,9-6,0 ppm).

The boron has accumulated in the soils of the farm up to 4.3 ppm.

In un'azienda del territorio di Avola (Siracusa) si è avuto modo di osservare, su piante appartenenti a specie diverse, fenomeni di tossicità attribuibili ad eccesso di boro. Da informazioni assunte presso gli agricoltori è emerso che le alterazioni, che non erano mai comparse in passato nella azienda in questione e che erano tuttora assenti nei terreni limitrofi, si sono manifestate allorché è stata utilizzata per l'irrigazione l'acqua derivata da due pozzi aziendali di recente esecuzione. In considerazione del fatto che da tempo a questa parte si vanno sempre più intensificando in Sicilia le ricerche e l'utilizzazione di acque sotterranee a fini irrigui, si è ritenuto opportuno riferire sui sintomi presenti sulle piante e sui risultati delle analisi chimiche delle foglie, del terreno e dell'acqua, effettuate al fine di confermare la diagnosi e la causa di quanto osservato.

Sintomatologia

Su piante di limone, tutte di 2 e 3 anni dall'impianto e irrigate per sommersione (metodo «a conche»), la sintomatologia consisteva nella presenza sulle foglie di clorosi internodali di varia tonalità, che, partendo dall'apice e

procedendo lungo i margini, arrivavano ad interessare l'intera lamina. Nelle foglie più vecchie, con il progredire dell'alterazione, si osservano imbrunimenti e necrosi dei margini (Tav. 1). Tale sintomatologia è eguale a quella riportata nella letteratura straniera (Eaton, 1944; Pratt, 1958), e riscontrata in tempi recenti anche in Sicilia, su piante di limone e di arancio sofferenti per eccesso di boro (Raciti e Cutuli, 1975; Raciti e Salerno, 1975).

Anche su altre piante dell'azienda (lattuga, pomodoro, peperone, zucchino, fagiolo, gelso) la sintomatologia osservata, consistente per lo più in ingiallimenti e necrosi delle punte e dei margini dei lembi fogliari (Tav. 1), coincideva con quanto riportato nella letteratura riguardo alla tossicità causata da eccesso di boro (Eaton, l.c.).

Analisi chimiche

Le analisi delle foglie sono state effettuate su campioni con sintomi appartenenti ad alcune delle specie presenti in azienda. Le determinazioni sono state effettuate su materiale essiccato all'aria, finemente macinato e passato al setaccio da 0,5 mm.

Tab. 1 - Contegni in boro (in ppm di sostanza secca) riscontrati in campioni fogliari appartenenti a specie vegetali diverse.

Campione analizzato	Valore riscontrato	Valori normali	Valori eccessivi (associati a sintomi di fitotossicità)	Riferimento bibliografico
Limone (foglie senza sintomi)	194	—	—	—
Limone (foglie con sintomi)	588	152-200	266-1400	Chapman, 1961
Pomodoro (foglie con sintomi)	164	34-150	253-1416	Eaton, 1944
Lattuga (foglie con sintomi)	66	27-43	70-817	Eaton, l.c.
Peperone (foglie con sintomi)	266	34-118	328-822	Eaton, l.c.
Zucchino (foglia con sintomi)	206	—	—	—



A
Tavola 1: Foglie di specie vegetali diverse con sintomi da eccesso di boro. A: Limone; B: Gelso; C: Lattuga; D: Fagiolo.

L'analisi dell'acqua dei due pozzi è stata eseguita secondo i criteri suggeriti dall'U.S. Department of Agriculture Handbook 60 (Chapman e Pratt, 1961). Le determinazioni dei cationi sono state effettuate con spettrofotometro ad assorbimento atomico.

L'analisi del terreno è stata effettuata su miscele di campioni omogeneamente prelevati da due appezzamenti di piante di limone impiantati nel 1979 e nel 1981.

Tutti i parametri sono stati calcolati sull'estratto saturo preparato da terreno essiccato all'aria e passato al setaccio di 2 mm. Anche in questa sede sono stati adottati i metodi suggeriti dall'U.S. Department of Agriculture Han-

dbook 60 (Chapman e Pratt, l.c.), procedendo alla determinazione dei cationi mediante uno spettrofotometro ad assorbimento atomico.

Risultati

I risultati delle analisi di foglie, che mostravano sintomi, sono riportati nella Tab. 1. In essa vengono anche riportati i valori di boro, che secondo la letteratura sono da considerarsi normali e quelli che sono associati a sintomi di fitotossicità nelle specie considerate. Dall'esame dei dati

Tab. 2 - Risultati dell'analisi chimica dell'acqua dei pozzi.

Parametri	Pozzo A	Pozzo B
pH (20°C)	8,05	7,76
Conducibilità 25°C/uS/cm	2472	2640
Cloruri (Cl ⁻) mg/l	83	59
Solfati (SO ₄ ⁻²) mg/l	404	506
Alcalinità totale (CaCO ₃) mg/l	760	735
Carbonati (CO ₃ ⁻²) mg/l	assenti	assenti
Bicarbonati (HCO ₃ ⁻) mg/l	927	897
Sodio (Na ⁺) mg/l	540	563
Calcio (Ca ⁺⁺) mg/l	6,8	6,6
Magnesio (Mg ⁺⁺) mg/l	9,3	8,2
Durezza totale (°F)	5,5	5,0
SAR	31,7	34,5
Litio (Li ⁺) mg/l	0,25	0,25
Boro (B) mg/l	6,0	5,9

appare evidente che nelle foglie di limone il contenuto di boro è risultato molto elevato nelle foglie con sintomi e al limite dei valori normali in quelle apparentemente sane. Anche nei campioni fogliari delle altre specie che ai fini irrigui avevano usufruito dell'acqua dei medesimi pozzi, i contenuti di boro sono risultati superiori ai valori normali riportati in letteratura.

L'analisi dell'acqua dei due pozzi (Tab. 2) ha rivelato un contenuto di boro molto superiore al valore di 0,5 p.p.m., che rappresenta la soglia al di sopra della quale possono verificarsi dei fenomeni di accumulo nel terreno e di tossicità verso le piante (Eaton, l.c.; Wilcox, 1955, citato da Marsh, 1973). L'acqua risultava inoltre caratterizzata da un elevato contenuto di sali, rappresentati soprattutto da solfati e da bicarbonati e da un SAR (rapporto di assorbimento del sodio) molto elevato.

Anche l'analisi dell'estratto saturo del terreno di due appezzamenti di piante di limone impiantati nel 1979 e nel 1981 (Tab. 3) ha mostrato un contenuto di boro solubile molto elevato ove si consideri che già concentrazioni di 0,5 p.p.m. possono produrre effetti dannosi sulle piante (Eaton e Wilcox, 1939). È da rilevare che il contenuto di boro è risultato più elevato nell'appezzamento impiantato da tre anni dove l'azione di accumulo ha potuto esplicarsi per un periodo più lungo. I dati analitici hanno rilevato inoltre un medio contenuto di sali solubili, un elevato contenuto di sodio e un altrettanto elevato valore del SAR.

Considerazioni conclusive

L'insieme delle osservazioni e delle analisi effettuate portano a confermare che i fenomeni fitotossici osservati sono dovuti all'eccesso di boro presente nell'acqua di irrigazione, che si è accumulato nel terreno fino a raggiungere concentrazioni tossiche per le piante. Non può sfuggire, peraltro, il fatto che l'elevato contenuto di sodio e l'elevato valore del SAR potranno aggravare la situazione delle colture arboree. Fenomeni del genere sono stati segnalati associati ad una elevata dotazione naturale dell'elemento nel terreno (Kelly e Brown, 1928; Graham, 1957), ad apporti effettuati con l'acqua di irrigazione (Cooper *et al.*, 1958; Stolzy *et al.*, 1966), o alla eccessiva somministrazione di fertilizzanti borati (Demetriades *et al.*, 1962) o di concimi contenenti una elevata frazione di borati (Raciti e Cutuli, l.c.).

Tab. 3 - Risultati dell'analisi chimica del terreno di due appezzamenti aziendali impiantati in epoca diversa con piante di limone.

Parametri	Appezzamento A (anno d'impianto: 1979)	Appezzamento B (anno d'impianto: 1981)
pH (20°C)	8,04	7,71
Conducibilità (EC 25°C)	2,13	1,91
Cloruri (Cl ⁻)	me/l	2,10
Sodio (Na ⁺)	me/l	12,40
Calcio (Ca ⁺⁺)	me/l	1,38
Magnesio (Mg ⁺⁺)	me/l	1,42
SAR	10,51	6,76
Boro (B)	mg/l	4,3

È noto che negli agrumi i sintomi di tossicità per eccesso di boro possono talvolta apparire allorché il contenuto di questo elemento supera il valore di 200 p.p.m.; di norma però si manifestano solo se vengono superati valori di 250 p.p.m. (Chapman, 1961). Contenuti di boro di 266-839 p.p.m. sono stati riscontrati in foglie di limone con sintomi di tossicità dovuti ad acque di irrigazione ricche del suddetto elemento (Chapman e Kelly, 1943). Sempre a causa dell'elevato contenuto di boro nelle acque, Scofield e Wilcox (1931) hanno riscontrato, in foglie di limone con sintomi di fitotossicità, contenuti di boro fino a 1200 p.p.m. e raramente al di sotto di 600 p.p.m.

Considerata la causa che ha determinato l'insorgere delle alterazioni descritte, appare ovvio che l'impiego di acque a basso contenuto di boro consentirebbe di rimuovere i fenomeni lamentati in tempi relativamente brevi. Si ritiene infine opportuno ricordare che la sensibilità delle specie vegetali al boro è assai variabile (Tab. 4) e può essere influenzata dalla tessitura e dalla composizione del terreno. In terreni di facile drenaggio abbondanti adac-

Tab. 4 - Scala di tolleranza di alcune specie vegetali nei riguardi del boro⁽¹⁾.

Specie sensibili ⁽²⁾	Specie semi-tolleranti	Specie tolleranti
(0,5 ppm)	(1 ppm)	(2 ppm)
Limone	Fagiolo di Lima	Carota
Pompelmo	Patata	Lattuga
Avocado	Pomodoro	Cavolo
Arancio	Zucca	Rapa
Albicocco	Zinnia	Cipolla
Pesco	Avena	Fava
Ciliegio	Mais	Gladiolo
Loto	Frumento	Erba medica
Vite	Olivo	Bietola rossa
Melo	Pisello selvatico	Barbabietola da zucchero
Pero	Cotone	Palma da dattero
Susino	Patata	Asparago
Fagiolo		
Noce		
Pecan		
(1 ppm)	(2 ppm)	(4 ppm)

(¹) Ripresa da: « Western fertilizer handbook ». California Fertilizer Association ed. (1975). I valori si riferiscono al contenuto di boro solubile dell'acqua d'irrigazione. I corrispondenti valori nell'estratto saturo del terreno possono essere anche superiori.

(²) Le piante sono elencate in ordine di crescente tolleranza.

quamenti somministrati in modo da far sì che l'elemento venga portato fuori dalla zona di terreno esplorata dalle radici (Reeve *et al.*, 1955) consentono di ovviare all'inconveniente. Le piante possono inoltre giovare di modeste calcitazioni del terreno (Roach e Bolas, 1940) e di fertilizzazioni azotate, specie quelle a base di nitrato di calcio (Chapman e Vanselow, 1955).

LAVORI CITATI

- Chapman H.D. (1961) - *The status of present criteria for the diagnosis of nutrient conditions in citrus*. In: Reuther W. (ed.). Plant analysis and fertilizer problems, 75-106, *Amer. Inst. Biol. Sci., Washington*.
- Chapman H.D. (1968) - *The mineral nutrition of citrus*. In Reuther W., Webber, H.J. e L.D. Batchelor (eds). The citrus industry. III: 127-289. Univ. Calif. Press.
- Chapman H.D. e Pratt P.F. (1961) - *Methods and analysis for soils, plants and waters*. Univ. Calif. Div. Agr. Sci., Berkeley.
- Chapman H.D. e Vanselow A.P. (1955) - *Boron deficiency and excess*. *Calif. citrog.*, 40, 455-456, 458-460.
- Cooper W.C., Peynado A. e Olson E.O. (1958) - *Response of grapefruit on two rootstocks to calcium additions to high sodium, boron-contaminated, and saline irrigation water*. *Soil Sci.*, 86, 180-189.
- Demetriades S.D., Holevas C.D. e Gavalas N.A. (1962) - *Boron toxicity in citrus trees in Greece*. *Ann. Inst. Phytopath. Benaki, N.S.* 4, 118-121.
- Eaton F.M. (1944) - *Deficiency, toxicity and accululation of boron in plants*. *Journ. agr. res.*, 69, 237-277.
- Eaton F.M. e Wilcox L.V. (1939) - *The behavior of boron in soils*. U.S. Dept. Agr. Tech. Bull. N. 696.
- Graham E.R. (1957) - *The weathering of some boron-bearing materials*. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 21, 505-508.
- Kelly W.P. e Brown S.M. (1928) - *Boron in the soil and irrigation waters of southern California, and its relation to citrus and walnut culture*. *Hilgardia*, 3 (16), 445-458.
- Marsh A.W. (1973) - *Irrigation*. In: Reuther W. (ed.). The citrus industry, VIII: 230-279. Univ. Calif. Press.
- Pratt R.M. (1958) - *Florida guide to citrus insects, diseases and nutritional disorders in color*. Agr. Exp. Station, Gainesville, Florida.
- Raciti G. e Cutuli G. (1975) - *Fitotossicità di un concime contenente boro su limoneti dell'Etna*. *Tecnica agricola*, 6, 541-551.
- Raciti G. e Salerno M. (1975) - *Tossicità da boro su arancio in Sicilia*. *Ann. Ist. Sper. Agrumicoltura*, VII-VIII, 207-218.
- Reeve R.C., Pillsbury A.F. e Wilcox L.V. (1955) - *Reclamation of saline and hig-boron soil in the Coachella Valley of California*. *Hilgardia*, 24, 69-91.
- Roach W.A. e Bolas B.D. (1940) - *Biochemistry*. East Malling Res. Sta. Annual Rept., 22-23.
- Scofield C.S. e Wilcox L.V. (1931) - *Boron irrigation in water*. U.S. Dept. Agr. Tech. Bull., n. 264.
- Stolzy L.H., Harding R.B. e Branson R.L. (1966) - *Foliar absorption of boron by sprinkler-irrigated citrus*. *Calif. Citrogr.*, 51, 204-208.