GIUSEPPE FRISON

ENCC/SAF
ISTITUTO DI SPERIMENTAZIONE PER LA PIOPPICOLTURA
CASALE MONFERRATO (ALESSANDRIA)

Prove sulla cura della clorosi ferrica del pioppo

L'INFORMATORE AGRARIO

Estratto da: « *L'Informatore Agrario* » - Verona, XLII (48), 1986

Prove sulla cura della clorosi ferrica del pioppo

Giuseppe Frison

Con l'estendersi della pioppicoltura dal suo habitat naturale a terreni ex agrari meno profondi, meno sciolti e più calcarei, si è assistito a manifestazioni sempre più frequenti di una turba fisiologica, attribuita a ferrocarenza, che si manifesta con l'ingiallimento delle foglie seguito da necrosi e dall'arresto dell'accrescimento nei casi più gravi.
Le prove fatte hanno dimostrato che la clorosi ferrica del pioppo in vivaio può essere curata efficacemente mediante trattamenti precoci per via radicale con Sequestrene 138 Fe (EDDHA) alla dose di 3 g/m² o con prodotti equivalenti. La cura ha un costo che incide di circa il 5% sul prezzo medio delle pioppelle per cui è sopportabile.
Altrettanto efficaci si sono dimostrati i trattamenti in pioppeto dove però il costo, anche per la necessità di dosi più elevate e per il più basso valore del materiale prodotto, diventa eccessivo

Il pioppo cresce naturalmente lungo i fiumi nei terreni sciolti, freschi e profondi formatisi con le alluvioni. In questi ambienti, dove l'accrescimento è in genere soddisfacente, la sua coltivazione non presenta particolari difficoltà e non si hanno manifestazioni di carenze nutrizionali di importanza rilevante.

In Italia, dove la pioppicoltura ha assunto un notevole ruolo economico, da alcuni decenni oltre ai terreni delle aree golenali sono stati via via utilizzati anche terreni agrari, spesso più pesanti, più calcarei e con profili di minor potenza. In queste situazioni il pioppo non trova sempre disponibilità di elementi nutritivi adeguate alle sue esigenze, per cui possono insorgere stati di sofferenza più o meno intensi caratterizzati, specialmente dove vi è eccesso di calcare attivo, da ingiallimento fogliare cui fa seguito, nei casi più gravi, la necrosi dei tessuti, una riduzione dell'accrescimento e, infine, talvolta, la morte della pianta.

Tale fenomeno clorotico è stato osservato in vivaio, soprattutto in varie zone della Valle Padana, e in misura minore dell'Italia centro-meridionale, dove può provocare danni considerevoli con perdite dal 20 al 40% della produzione. E' diffuso anche in pioppeto nel Friuli, nel mantovano e in particolare nel Monferrato dove da oltre una decina d'anni il pioppo sta sostituendo la vite in zone collinari notoriamente calcaree (*foto 1*).

L'ingiallimento fogliare in vivai del Centro e del Meridione è stato oggetto di uno studio (G. Giulimondi, 1972) nel quale però si afferma che il fenomeno era « molto probabilmente legato alle condizioni di ristagno idrico del suolo ospitante ».

In realtà sin dal 1968 manifestazioni di clorosi sono state osservate in vivai nella Valle Padana anche su terreni con buone condizioni di drenaggio, ma con elevato contenuto di calcare, in occasione di prove di concimazione fosfatica e azotata. Dosi elevate di fosforo o di azoto, sia da solfato sia da urea, non hanno contribuito ad alleviare la clorosi, ma ne hanno anzi accentuata l'intensità (G. Frison, 1974).

Fenomeni di ingiallimento sono stati segnalati anche in Turchia dove negli anni 1965-68 J. E. Courtois ha effettuato una ricerca con la quale ha potuto mettere in evidenza notevoli differenze nei composti fosforati tra foglie clorosate e foglie non clorosate. In particolare veniva notato che l'accumulazione dell'acido fitico nelle foglie clorosate provoca il bloccaggio del ferro necessario al metabolismo delle foglie e in particolare per la sintesi della clorofilla. La relazione tra clorosi e deficienza di ferro nelle foglie era così messa in evidenza.

L'ipotesi che si trattasse di clorosi ferrica si andava sempre più rafforzando e ben presto se ne dimostrava la fondatezza attraverso numerose indagini che per circa una quindicina d'anni l'Istituto di sperimentazione per la pioppicoltura di Casale Monferrato ha condotto sia per la conferma della diagnosi, lo studio dell'eziologia e la valutazione dei danni, che per la messa a punto di metodi di prevenzione e soprattutto di cura della fisiopatia in questione. Al convegno della Cip tenutosi a Casale Monferrato nel 1982 sono stati presentati i primi risultati relativi a tali argomenti (Frison *et al.*, 1982, Anselmi *et al.*, 1982) e in questa nota vengono messi a fuoco quelli concernenti la cura della clorosi ferrica, dato il notevole interesse pratico che questo aspetto riveste.

SINTOMATOLOGIA E CAUSE

Per clorosi ferrica si intende quell'ingiallimento delle foglie della pianta che può essere eliminato o alleviato con opportune applicazioni di sali di ferro.

Nella fase iniziale la turba si manifesta sulle foglie apicali (*foto 2*) attraverso una depigmentazione internervale che tende ad accentuarsi con il persistere delle cause che originano la carenza, fino ad assumere una colora-

Foto 1 - *Veduta panoramica di un pioppeto in collina (San Giorgio Monferrato) con manifestazioni di clorosi ferrica*

zione bianco-giallina che si estende progressivamente alle zone prossime alle nervature che rimangono verdi (*foto 3*). Le foglie più vecchie, che hanno potuto avvalersi del ferro disponibile e quindi già formate completamente prima dell'inizio dell'ingiallimento sulla pianta, rimangono verdi perché il ferro in esse contenuto non migra verso le foglie più giovani o in via di formazione. Si può così assistere alla presenza sulla stessa pianta di foglie gialle sulla parte apicale dei rametti e di foglie verdi in quella basale (*foto 4*). Nei casi più gravi le foglie si disseccano ai bordi per poi cadere. Le piante così defogliate intristiscono e la crescita si arresta.

Nei vivai di pioppo la ferrocarenza si può manifestare sin dal primo anno, assumendo così forme anche molto gravi, o soltanto nel corso del secondo. Anche in quest'ultimo caso le conseguenze possono essere gravi, malgrado il miglior accrescimento delle pioppelle, per la devitalizzazione del cimale e dei rami turionali delle piante o, per lo meno, per la loro scarsa lignificazione.

Foto 2 - *Clorosi ferrica su pioppella in vivaio con necrosi sulle foglie apicali*

La fisiopatia talvolta colpisce le piante più deboli, quelle dominate, ma spesso infierisce in maniera uniforme su ampie superfici. Essa può fare la sua comparsa nel periodo primaverile (maggio) oppure a fine estate. Quando compare precocemente nel corso della stagione vegetativa può diminuire o aumentare di intensità a seconda dell'andamento climatico o degli interventi colturali attuati a livello del terreno (irrigazione in primis) o della pianta.

In particolare è stato notato in vivaio che la ceduazione (*foto 5*) e la spaziatura fitta esaltano la clorosi probabilmente perché, data l'alta produzione di biomassa, il ritmo di assorbimento dei vari elementi nutritivi non è compensato adeguatamente dal ritmo con cui gli stessi elementi vengono messi a disposizione nella soluzione circolante del terreno e gli eventuali squilibri possono essere resi più facili.

Le pioppelle gravemente danneggiate in vivaio non sono idonee per la messa a dimora. Quelle colpite in forma più lieve, senza cioè subire necrosi sul cimale e sui rametti laterali, a dimora manifestano la clorosi sui primi germogli che però rinverdiscono abbastanza rapidamente appena le radici di nuova emissione iniziano la loro attività assorbente. Ciò normalmente avviene entro giugno se nel nuovo terreno non vi è carenza di ferro o presenza di altri fattori predisponenti la fisiopatia.

In pioppeto la clorosi può manifestarsi sin dal primo anno o in quelli successivi a seconda del potere clorosante del terreno. Talvolta si manifesta al 4° o al 5° anno su piante che fino a quel momento hanno avuto un accrescimento eccezionale o, comunque, normale.

In questi ultimi anni si è assistito ad un notevole intensificarsi della manifestazione della clorosi ferrica che è andata assumendo aspetti veramente preoccupanti sia per i vivai che per i pioppeti.

Tra le cause che hanno provocato l'aumento della frequenza e della intensità della fisiopatia, oltre alla maggior diffusione del pioppo in terreni meno profondi, più pesanti e più calca-

Foto 3 - *All'ingiallimento della foglia segue la necrosi dei tessuti che dai bordi si estende alle zone internervali: soltanto vicino alle nervature principali il lembo rimane verde*

Foto 5 - *Manifestazioni di clorosi ferrica in vivaio ceduo nel mantovano*

Foto 4 - *Manifestazione di clorosi ferrica su pioppelle al secondo anno (si noti la presenza sullo stesso ramo di foglie verdi, quelle basali, e di foglie gialle, quelle apicali)*

Foto 6 - *Profilo di un terreno con strato calcareo a circa 60 cm dalla superficie. Lo spessore del terreno frequentemente si riduce fino ad avere l'affioramento dello strato calcareo biancastro*

Foto 7 - *Pioppeto nel mantovano nel terreno di cui alla foto 6 con manifestazioni di clorosi ferrica. (Si noti in primo piano la presenza di calcare biancastro in superficie)*

rei (*foto 6, 7, 8*) di quelli tipici del suo habitat naturale e dell'impiego di cloni più sensibili, vanno annoverate principalmente le seguenti:

— la sostituzione dei concimi semplici, che contenevano anche ferro, con concimi complessi caratterizzati da un notevole grado di purezza;

— la sempre minore disponibilità di letame maturo e quindi l'impiego di sostanza organica con elevato rapporto C/N e di sovesci;

— l'effettuazione di arature più profonde, rese possibili dalla disponibilità di trattori sempre più potenti, che rimescolano, riportandolo anche in superficie, il calcare degli strati di accumulo più profondi;

— l'accumolo nel terreno di microelementi, in particolare zinco e manganese, attraverso massicci interventi antiparassitari;

— l'impiego sempre più frequente di dosi massicce di concimi azotati e fosfatici;

— la maggior diffusione dell'irrigazione nei terreni argillosi, spesso con l'impiego di acque molto dure.

Come si può facilmente dedurre dall'esame delle cause elencate una scelta oculata degli interventi di ordine agronomico potrebbe giovare all'attenuazione della manifestazione del fenomeno. Va però detto che il risultato di una tale scelta, certamente positivo e comunque conveniente, si manifesta in tempi relativamente lunghi, mentre la gravità della situazione impone, particolarmente per il vivaio, di trovare rimedi efficaci e di effetto immediato. Di qui la necessità di attuare interventi curativi diretti; a tale scopo è stata impostata una serie di prove di trattamenti con chelati di ferro per via fogliare e per via radicale sia in vivaio che in pioppeto.

TRATTAMENTI CURATIVI

Applicazioni per via fogliare

In vivaio

E' stata effettuata una prima serie di prove nel 1976 con Quelacros 56

Foto 8 - *Piante di pioppo morte o gravemente colpite dalla clorosi ferrica in Friuli (Torsa di Talmassons)*

(composizione non indicata dalla ditta produttrice) ed una seconda serie di prove nel 1982 con Sequestrene 330 Fe a base di Fe DTPA (sale ferrico dell'acido dietilendiaminopentacetico).

Nel 1976 le prove sono state fatte:

— a Bigarello (Mantova) in un vivaio al secondo anno di vegetazione (F_2R_2) dei cloni « I-214 » e « Pan »;

— a Palazzolo dello Stella (Udine) in un vivaio al secondo anno di vegetazione (F_2R_2) dei cloni « I-214 », « Pan » e « Luisa Avanzo » ed in un barbatellaio ceduo (F_1R_2) del clone « I-214 ».

A Bigarello l'ingiallimento è comparso in agosto del 1975, con intensità abbastanza lieve, ma è ricomparso a maggio del 1976 in forma più grave. A Palazzolo dello Stella la clorosi si è manifestata a cominciare dall'inizio della seconda stagione vegetativa (maggio 1976) senza differenze evidenti tra le piante dei tre cloni, ma con intensità abbastanza forte in tutti quanti.

In entrambe le località i trattamenti fogliari sono stati effettuati impiegando 20 hl/ha di una soluzione acquosa all'1‰ di Quelacros 56, con l'aggiunta di un bagnante.

Le irrorazioni sono state fatte il 10 giugno, il 15 giugno, il 21 giugno ed il 30 giugno 1976 a Bigarello e nei giorni 11 giugno, 16 giugno, 21 giugno e 1 luglio 1976 a Palazzolo dello Stella.

Dopo il terzo trattamento su gran parte delle piante irrorate si è notato un certo rinverdimento delle foglie che però in nessun caso interessava tutta la lamina, ma soltanto chiazze isolate (*foto 9* e *10*). Una quindicina di giorni dopo il 4° trattamento ed in particolare verso la fine di luglio l'effetto degli interventi curativi si dimostrava insufficiente ad evitare la recrudescenza della malattia, ridiventata grave particolarmente sulle foglie di nuova emissione, anche in concomitanza di precipitazioni o di irrigazioni abbondanti.

Ci si è resi conto che i trattamenti fogliari con Quelacros 56 hanno effetti piuttosto labili per cui si renderebbe necessario ripetere settimanalmente le irrorazioni per tutta la stagione vegetativa, o gran parte di essa, con notevole dispendio di lavoro e di danaro.

Le prove della seconda serie (1982) sono state effettuate:

— a Migliaro (Ferrara) in un barbatellaio ceduo (F_1R_2) dei cloni « Luisa Avanzo », « Bellini » e « Bellotto »;

— a Sarmato (Piacenza) in un vivaio al secondo anno di vegetazione (F_2R_2) del clone « Luisa Avanzo »;

— a Palazzolo dello Stella (Udine) in un vivaio al secondo anno di vegetazione (F_2R_2) del clone « Cima ».

In tutte e tre le località la clorosi si è manifestata alla fine di maggio in forma dapprima lieve e successivamente sempre più intensa fino alla fine di luglio per alleviarsi in maniera evidente durante il mese di agosto sulle piante colpite meno gravemente, come si è potuto osservare su quelle testimone.

I trattamenti sono stati effettuati irrorando sulle foglie da 12 a 20 hl/ha, a seconda della massa fogliare da bagnare, di una soluzione acquosa di Se-

Foto 9 (a sinistra) e 10 (a destra) - *Effetto dei trattamenti per via fogliare con Sequestrene 330 Fe in vivaio: si noti* (foto 10) *il rinverdimento del lembo a chiazze*

questrene 330 Fe all'1,25‰ con l'aggiunta di un bagnante.

Le irrorazioni sono state effettuate:

— a Migliaro nei giorni 14 giugno, 21 giugno, 28 giugno, 5 luglio, 12 luglio, 19 luglio, 26 luglio, 2 agosto e 9 agosto 1982;

— a Sarmato nei giorni 2 luglio, 8 luglio, 16 luglio, 22 luglio, 30 luglio, 6 agosto, 13 agosto e 20 agosto 1982;

— a Palazzolo dello Stella nei giorni 15 giugno, 22 giugno, 29 giugno, 6 luglio e 13 luglio 1982.

I primi accenni di rinverdimento, sempre a piccole chiazze sul lembo fogliare, sono stati osservati tra il secondo ed il terzo trattamento (10-12 giorni dal primo). Con l'aumentare del numero dei trattamenti aumentava la superficie fogliare rinverdita senza però interessare mai interamente il lembo fogliare o le foglie giovani, ancora in fase di distensione, che avevano ricevuto un numero di trattamenti inferiore al totale.

In sostanza, analogamente alle prove della serie precedente, anche dopo 5-9 trattamenti, pur essendosi rilevata una certa efficacia, le irrorazioni non hanno dimostrato di rappresentare una soluzione valida sul piano pratico sia per i risultati non del tutto soddisfacenti che per il notevole impegno di lavoro e di costo.

In pioppeto

E' stata effettuata una serie di prove nell'estate 1976 in piantagioni del clone « I-214 » al secondo anno dalla messa a dimora a San Giorgio Monferrato (Alessandria) e al quarto anno dall'impianto a Torsa di Talmassons (Udine) (*foto 11*).

I trattamenti sono stati effettuati irrorando le foglie con 20 hl/ha di una soluzione all'1‰ di Quelacros 56 con l'aggiunta di un bagnante nei giorni 12 giugno, 17 giugno, 22 giugno e 2 luglio 1976 a Torsa di Talmassons e nei giorni 15 giugno, 22 giugno, 2 luglio e 10 luglio a San Giorgio.

Sono state trattate un centinaio di piante per ogni località scegliendone altrettante, con la stessa intensità di attacco, come testimone.

Anche in pioppeto, analogamente a quanto è stato osservato in vivaio, il rinverdimento delle foglie ha interessato soltanto piccole chiazze del lembo fogliare ed in ogni caso i 4 trattamenti effettuati, pur essendo stati sufficienti per alleviare in maniera significativa l'ingiallimento, non hanno dato un esito soddisfacente sulla ripresa della crescita e quindi sul piano pratico.

Applicazione per via radicale

In vivaio

L'alternativa ai trattamenti fogliari è rappresentata dai trattamenti per via radicale con chelati di ferro. In questo caso l'unico problema è quello di portare la soluzione contenente il ferro allo stato assimilabile a livello delle radici nella concentrazione adatta all'assorbimento.

Sul piano tecnico a tale scopo è sembrata molto idonea l'irrigazione con il metodo a goccia sia per la modalità di distribuzione dell'acqua sia per la buona possibilità di dosaggio dei prodotti da somministrare.

Utilizzando degli impianti di irrigazione a goccia, nel corso della stagione vegetativa 1982 sono state avviate due prove, ciascuna su circa un paio di ettari di superficie, in vivai con manifestazioni di clorosi, situati in zone abbastanza diverse per caratteristiche pedoclimatiche e precisamente:

— a Sarmato (Piacenza) - clone « Luisa Avanzo »;

— a Migliaro (Ferrara) - cloni vari.

A Sarmato è stato scelto un vivaio commerciale al secondo anno di vegetazione (F_2R_2) che nel corso della prima stagione vegetativa non aveva avuto manifestazioni evidenti di clorosi ferrica. La fisiopatia ha fatto la sua comparsa a cominciare dal mese di maggio del secondo anno con netta tendenza ad accentuarsi in seguito ad irrigazione o a piogge e ad alleviarsi leggermente col protrarsi della stagione calda ed asciutta.

Il vivaio è stato diviso in 4 parcelle di cui due sono state irrigate e trattate con Sequestrene 138 Fe e le altre due sono state irrigate allo stesso modo e con le stesse quantità di acqua ma non trattate con Sequestrene 138 Fe (testimone). Ogni parcella era composta da

Foto 11 - *Trattamento fogliare contro la clorosi ferrica in pioppeto a Torsa di Talmassons*

Tabella 1 - Calendario dei trattamenti e quantità di Sequestrene 138 Fe distribuito ad ha tramite l'irrigazione a goccia in vivai di pioppo colpiti dalla clorosi ferrica

Sarmato (Piacenza)		Migliaro (Ferrara)	
data di somministrazione	quantità (kg)	data di somministrazione	quantità (kg)
3.7.82	4 (*)	4.8.82	5
6.7.82	4	6.8.82	5
7.7.82	7	9.8.82	5
8.7.82	7	11.8.82	5
9.7.82 (**)	7	13.8.82	5
14.7.82	1	16.8.82 (**)	1
16.7.82	1	18.8.82	1
19.7.82	1	20.8.82	1
27.7.82	1	23.8.82	1
		25.8.82	1
Totale	33	Totale	30

(*) La concentrazione del Sequestrene 138 Fe nella soluzione che usciva dai gocciolatori era di circa 100 ppm nei primi 5 trattamenti e di circa 20 ppm i quelli successivi. (**) Alle date contrassegnate con asterisco il rinverdimento delle foglie era già evidente in tutti i vivai, a Sarmato in maniera addirittura spettacolare.

Foto 12 - *Effetto dei trattamenti in vivaio per via radicale con Sequestrene 138 Fe somministrato tramite irrigazione a goccia (parcella trattata a sinistra) a Sarmato (Piacenza)*

9 file di pioppelle e per la somministrazione dell'acqua, con o senza il chelato di ferro, è stata sistemata una linea adacquatrice per ogni fila di pioppelle con gocciolatori distanti m 1 l'uno dall'altro della portata di 4 litri/h, ad eccezione della fila centrale. L'esclusione di questa fila aveva lo scopo di verificare se le piante non servite dalla linea adacquatrice potevano alimentarsi espandendo le proprie radici fino alle file laterali, distanti m 2,20 e servite dall'impianto di irrigazione. In caso di risposta affermativa, soprattutto ai fini dell'irrigazione, sarebbe stato sufficiente disporre le linee adacquatrici su file alterne, risparmiando il 50% del materiale.

A Migliaro il vivaio utilizzato, sempre al secondo anno di vegetazione, comprendeva cloni in parte commerciali (« Luisa Avanzo » e « Bellini ») ed in parte sperimentali (« Bellotto » e « Guariento »). La clorosi si è manifestata nel secondo anno di vegetazione a cominciare dal mese di giugno con evidente tendenza ad accentuarsi o ad alleviarsi in funzione delle condizioni di temperatura ambiente e di umidità del suolo.

Anche in questo caso il vivaio è stato diviso in quattro parcelle di cui due sono state trattate, tramite l'impianto di irrigazione a goccia, e due sono servite da testimone (irrigate a goccia senza l' aggiunta del prodotto).

Per la somministrazione dell'acqua, con o senza il chelato di ferro, è stata sistemata una linea adacquatrice per ogni fila di pioppelle con gocciolatori distanti m 1 l'uno dall'altro della portata di 4 litri/h.

In tutti e due i vivai i trattamenti sono stati fatti con Sequestrene 138 Fe (Fe EDDHA = sale sodico ferrico dell'acido etilendiaminodiidrossifenilacetico) alla dose di 3 g/m^2 distribuiti attraverso l' impianto di irrigazione a goccia in un arco di tempo di circa tre settimane (*tabella 1*).

E' stato scelto il Sequestrene 138 perché l'EDDHA è un agente chelante molto forte, adatto ai terreni molto calcarei, con persistenza notevole se non viene dilavato dalla rizosfera.

Per quanto riguarda la modalità pratica di somministrazione del chelato va detto che si preparava una soluzione madre di Sequestrene (5 kg sciolti in 300 litri di acqua) la quale tramite una pompa veniva iniettata nella rete irrigua nel giro di un paio d'ore. Poiché in tale arco di tempo venivano somministrati circa 50 m^3 di acqua, la concentrazione del prodotto nella soluzione che usciva dai gocciolatori per arrivare alle radici delle piante era di circa 100 p.p.m.

Nel vivaio di Sarmato (Piacenza), dove i trattamenti sono iniziati il 3 luglio (*tabella 1*), si assisteva ad un quasi immediato rinverdimento delle foglie, ben evidente dopo appena 6 giorni dall'inizio della somministrazione del chelato. Le piante trattate miglioravano rapidissimamente (*foto 12*) e riprendevano a crescere vigorosamente (*foto 13, 14, 15*). Gli effetti si sono visti dapprima sulle foglie apicali, e ciò conferma che la traslocazione del ferro avviene in direzione acropeta, e successivamente anche su tutte le altre dei rami turionali mentre su quelle dei rami laterali più bassi, meno vigorosi, l'ingiallimento persisteva più a lungo

Foto 13 (a sinistra), 14 (al centro) e 15 (a destra) - *I rami della pianta clorotica presentano internodi più brevi* (foto 13: a sinistra *ramo da pianta clorotica*, a destra *da pianta normale) ma con la cura l'accrescimento riprende normalmente (ramo dopo il rinverdimento per la cura con nodi ravvicinati formatisi in fase clorotica — foto 14 — e a distanza normale formatisi dopo il trattamento* — foto 15)

Tabella 2 - Analisi fisico-chimiche del terreno prelevato il 2-8-1982 dal vivaio di Sarmato trattato o non con Sequestrene 138 Fe (EDDHA NaFe) per via radicale

Caratteristiche	Parcelle irrigate		Filare non irr. in parcelle irr.		Valori di F
	senza Seques.	con Seques.	senza Seques.	con Seques.	
Scheletro %	ass.	ass.	ass.	ass.	—
Granulometria:					
— sabbia grossa %	2,10	1,98	2,15	1,78	1,60 n.s.
— sabbia fine %	18,80	19,02	18,00	19,22	1,43 n.s.
— limo %	37,15	36,80	38,50	37,25	0,97 n.s.
— argilla %	41,95	42,20	41,35	41,75	1,05 n.s.
Reazione in pH	7,60	7,57	7,58	7,65	2,50 n.s.
Carbonio organico %	1,63	1,66	1,69	1,78	2,10 n.s.
Sostanza organica (C × 1,724) %	3,35	3,38	3,41	3,51	2,10 n.s.
Azoto (N_2) %	0,142	0,145	0,146	0,161	2,83 n.s.
Fosforo ass. (P_2O_5) ppm	117,37	114,00	98,50	149,75	1,67 n.s.
Potassio scamb. (K_2O) ppm	110,00	112,50	103,50	122,75	0,72 n.s.
Calcio scamb. (CaO) ppm	6.665	6.630	6.689	6.546	0,79 n.s.
Magnesio scamb. (MgO) ppm	568	565	554	543	0,54 n.s.
Calcare totale %	10,41	10,11	9,15	9,88	1,77 n.s.
Calcare attivo %	7,24	6,29	6,53	6,88	0,58 n.s.
Ferro ass. ppm	63,06	63,06	61,25	59,13	0,46 n.s.
Manganese ass. ppm	4,56	4,25	3,75	4,38	0,99 n.s.
Rame ass. ppm	1,46	1,35	1,35	1,35	1,61 n.s.
Zinco ass. ppm	1,10	1,12	1,10	1,25	0,71 n.s.
Boro ass. ppm	0,62	0,64	0,64	0,75	1,27 n.s.
Molibdeno ass. ppm	0,14	0,23	0,18	0,16	1,16 n.s.

n.s. = non significativo.

Tabella 3 - Analisi chimica delle foglie prelevate il 2.8.1982 dal vivaio di Sarmato (PC), trattato o non con Sequestrene 138 Fe (EDDHA NaFe) per via radicale

Caratteristiche	Parcelle irrigate		Filare non irr. in parcelle irr.		Valori di F
	senza Seques.	con Seques.	senza Seques.	con Seques.	
Contenuto in acqua:					
— % peso fresco	77,87	73,83	68,35	69,20	30,86 **
— % peso secco	357,31	283,90	216,16	224,88	19,65 **
Ceneri % s.s.	10,56	7,31	8,62	7,59	17,13**
Azoto % s.s.	3,593	3,524	2,605	3,100	8,85 **
Fosforo % s.s.	0,382	0,311	0,185	0,231	27,55 **
Potassio % s.s.	2,034	1,415	1,717	1,447	6,06 **
Calcio % s.s.	1,824	1,223	1,758	1,568	4,12 *
Magnesio % s.s.	0,505	0,349	0,508	0,455	4,64 *
Ferro ppm s.s.	96,87	142,62	84,25	106,00	22,22 **
Manganese ppm s.s.	21,75	13,13	13,50	14,50	7,41 **
Rame ppm s.s.	6,30	6,03	6,58	4,15	3,44 *
Zinco ppm s.s.	45,38	24,00	37,00	27,50	12,72 **
Boro ppm s.s.	39,25	32,25	35,50	25,00	1,70 n.s.
Molibdeno ppm s.s.	0,19	0,29	0,16	0,38	1,05 n.s.

n.s. = non significativo; * = significativo per P = 0,05; ** = significativo per P = 0,01.

con tendenza ad attenuarsi senza però sparire completamente.

L'effetto dei trattamenti appare vistoso anche sull'accrescimento. Infatti, a fine anno, le pioppelle trattate rispetto a quelle irrigate con la stessa quantità di acqua ma senza il Sequestrene apparivano in media 60 cm più alte, con un incremento di circa il 20% dell'accrescimento medio annuo. Le pioppelle del testimone, nel corso del mese di agosto, sono migliorate leggermente soprattutto quelle colpite con minore intensità. Le perdite, comunque sono state dell'ordine del 50%.

Nel vivaio di Migliaro (Ferrara) l'effetto dei trattamenti è apparso evidente ma non in maniera così positiva come a Sarmato. Ciò può essere attribuito sia al fatto che nella seconda località i trattamenti sono iniziati soltanto il 4 agosto (*tabella 1*), più di un mese dopo, sia al fatto che nelle piante del testimone l'ingiallimento è regredito in maniera più vistosa. La maggiore attenuazione dell'ingiallimento avutasi durante il mese di agosto sia a Migliaro che a Sarmato può essere attribuita, almeno in parte, alla minor durezza delle acque impiegate per l'irrigazione. Infatti le acque di Sarmato presentavano, in media, una durezza, espressa in gradi francesi (g di $CaCO_3$ per 100 litri di acqua), totale di 43, permanente di 13 e temporanea di 30, contro una durezza totale di 19,5, permanente di 8,2 e temporanea di 11,3 di quelle di Migliaro.

L'insieme dei risultati mette in evidenza che per avere la massima efficacia i trattamenti devono essere effettuati precocemente pur avendo il chelato di ferro dimostrato di agire anche nelle distribuzioni tardive e su piante alquanto sofferenti.

Negli anni successivi, oltre alla distribuzione a goccia, sono state provate altre modalità di somministrazione per via radicale della soluzione contenente il chelato di ferro, sempre con ottimi risultati. Con esito positivo è stata provata anche la somministrazione al terreno di chelati allo stato granulare.

L'esperienza ha dimostrato che gli effetti dei trattamenti con Sequestrene 138 Fe possono avere, spesso, persistenza biennale purché fatti con dosi di almeno 3 g/m².

Visti gli effetti nettamente positivi dei trattamenti per via radicale con il Sequestrene 138 Fe si è voluto verificarne gli effetti anche sui contenuti minerali delle foglie. A tale scopo, limitatamente al vivaio di Sarmato, dove i trattamenti erano cominciati all'inizio dell'estate, quindi abbastanza precocemente, si è proceduto al prelevamento di una serie di campioni di foglie e di un'altra di terreno.

Le foglie sono state prelevate dalla parte mediana dei rami turionali, scartando quelle apicali ancora in accrescimento per distensione. Ogni campione è stato costituito dalle foglie prelevate da una decina di piante.

Sono stati prelevati 4 campioni da ciascuna parcella irrigata (trattata o non con Sequestrene) e dal filare non irrigato in essa compreso.

Il terreno è stato prelevato in corrispondenza delle piante campionate per le foglie a cm 30 dalla linea adacquatrice e per una profondità di una trentina di centimetri.

Tutti i campioni, di foglie e di terreno, sono stati prelevati il 2 agosto 1982.

I dati delle analisi sono riportati rispettivamente nelle *tabelle 2* e *3*.

Dall'esame dei dati pedologici non vengono rilevate differenze significative tra le tesi per nessuno dei parametri considerati, compreso il contenuto in ferro assimilabile (*tabella 2*).

A livello delle foglie invece (*tabella 3*) le differenze tra le tesi risultano altamente significative (P = 0,01) per il contenuto in acqua e delle ceneri, per il tenore di azoto, di fosforo, di potassio, di ferro, di manganese e di zinco, risultano significative (P = 0,05) per il tenore in calcio, in magnesio e in rame mentre non risultano significative per il contenuto in boro ed in molibdeno.

In particolare va segnalato che tra le piante irrigate quelle trattate con Sequestrene presentano tenori significativamente più elevati in Fe e più bassi in acqua, ceneri, fosforo, potassio, calcio, magnesio, manganese e zinco.

Le piante del filare asciutto, rispetto a quelle delle parcelle irrigate, complessivamente presentano tenori più bassi in azoto e in fosforo. Questo dato è molto importante perché dimostra che sull'assorbimento di questi elementi plastici un ruolo di primaria importanza viene svolto dall'umidità del terreno.

Le piante del filare asciutto interno alle parcelle trattate con Sequestrene, rispetto a quelle del filare asciutto interno alle parcelle non trattate, presentano un più alto contenuto in ferro e un più basso contenuto in calcio. Questo dato dimostra che in vivaio, anche in terreno argilloso, le pioppelle al secondo anno sono riuscite ad assorbire il ferro somministrato a circa m 2 di distanza

dalla fila in quantità sufficiente per correggere in parte la carenza e per essere rilevato analiticamente. La distanza di 2 metri dalla linea adacquatrice era invece troppo elevata per garantire una idonea alimentazione idrica delle pioppelle del filare asciutto che sono rimaste di dimensioni inferiori rispetto a quelle bagnate. E' chiaro che per l'irrigazione occorre disporre i gocciolatori su tutte le file.

Dai dati sopraesposti risulta evidente che la somministrazione di Sequestrene 138 Fe per via radicale consente un assorbimento rapido del Fe con effetto quasi immediato sul metabolismo delle pioppelle, che riprendono a crescere regolarmente.

Il risultato anche dal punto di vista pratico viene considerato molto importante.

Tabella 4 - Calendario dei trattamenti e quantità di Sequestrene 138 Fe distribuite su piante di pioppo di 8 anni del clone «BL Costanzo» (Zona Meli) e del Clone «I-214» (Zona Fornello) gravemente colpite dalla clorosi ferrica a San Giorgio Monferrato (Alessandria)

Data di somministrazione	Quantità di Sequestrene (kg)	Quantità di acqua (hl)	N° di piante trattate	Zona trattata
Zona Meli - Clone «BL Costanzo»				
16.7.82	2	15	10	r m 2
19.7.82	1	15	10	r m 2
9.8.82	1	15	10	r m 2
13.8.82	1	15	10	r m 2
Zona Fornello - Clone «I-214»				
19.7.82	1	15	5	r m 2
9.8.82	1	15	5	r m 2

Il 27 luglio il rinverdimento delle foglie era già in atto in entrambe le zone ed appariva evidente in maniera spettacolare, il 17 agosto, sulle piante del clone «BL Costanzo».

In pioppeto

Le prove sono state fatte in un pioppeto ubicato in collina, a San Giorgio Monferrato (Alessandria), su piante di 8 anni dalla messa a dimora (10 di età effettiva) dei cloni « BL Costanzo » e « I-214 ».

Allo scopo sono state scelte 20 piante del primo clone e 10 del secondo, tutte gravemente colpite dalla clorosi ferrica, di cui metà sono state trattate e le altre sono state utilizzate come testimone. Entrambi i gruppi sono stati confrontati ad un terzo gruppo di piante (10+5) completamente verdi. La somministrazione del prodotto è stata fatta bagnando il terreno intorno alle piante per un raggio di m 2 con una soluzione a base di Sequestrene 138 Fe nelle quantità e alle concentrazioni indicate nella *tabella 4*.

Si è ritenuto opportuno di impiegare elevati volumi di acqua e alti quantitativi di prodotto sia per riuscire a bagnare tutto il terreno del profilo esplorato dalle radici, sia in considerazione del fatto che le piante scelte erano molto sofferenti per la carenza di ferro che persisteva già da alcuni anni.

In questo modo ci si prefiggeva di verificare se il fenomeno della clorosi ferrica oltre una certa soglia di intensità diventa irreversibile o se invece rimane curabile finché la pianta è in vita.

I risultati dei trattamenti, malgrado l'epoca tardiva in cui sono iniziati e lo stato di grave sofferenza delle piante ormai di età relativamente avanzata, sono stati positivi. Il processo di rinverdimento è avvenuto più lentamente che in vivaio, ma pur sempre in maniera molto rapida se si considera che si è verificato in meno di un mese nonostante la somministrazione del prodotto in stagione ormai avanzata. A metà agosto le foglie di nuova formazione apparivano completamente verdi e l'intensità di clorosi su quelle più vecchie si era notevolmente attenuata. Nel frattempo le foglie più giovani delle piante del testimone non trattato mantenevano sempre un alto livello di intensità di clorosi e in molti casi necrotizzavano (*foto 16* e *17*).

I risultati dei trattamenti hanno confermato, in maniera inequivocabile, che la cura può essere molto efficace anche su piante gravemente colpite.

Anche in questo caso per mettere in evidenza l'effetto del trattamento per via radicale con Sequestrene sull'assorbimento minerale, limitatamente alle piante del clone « BL Costanzo », sono stati prelevati dei campioni di foglie oltre che da alberi oggetto del trattamento (n. 10 alberi) anche da piante non trattate, sia colpite da clorosi (n. 10 piante) sia senza sintomi di ingiallimento (foglie verdi) (altre 10 piante).

Per ogni tesi sono stati prelevati 5 campioni di foglie e altrettanti di terreno.

Le foglie di ciascun campione sono state prelevate da due piante e opportunamente mescolate. Il terreno è stato prelevato in corrispondenza delle due piante da cui sono state prese le foglie ed è stato interessato lo strato più superficiale per uno spessore di cm 40.

I dati analitici sono riportati in *tabella 5* per il terreno e in *tabella 6* per le foglie.

A livello del terreno tra le zone con piante clorotiche e quelle con piante verdi mediamente non si rilevano differenze significative se non per il tenore in ferro, correlabile quest'ultimo alle dosi massicce utilizzate per la cura. Il contenuto in rame appare elevato in tutte tre le tesi e a questo proposito giova ricordare che il pioppeto è stato costituito su terreno adibito in precedenza a vigneto, durato per parecchi decenni prima dell'impianto del pioppeto. I trattamenti rameici contro la Peronospora possono aver arricchito il suolo dell'elemento in questione.

A livello delle foglie le piante trattate con Sequestrene, rispetto a quelle non trattate, clorotiche, presentano un più basso contenuto in fosforo, in potassio ed in calcio, un più alto contenuto in ferro e, rispetto a quelle non trattate ma verdi, presentano un più alto contenuto in azoto, fosforo, potassio e in ferro ma un più basso contenuto in calcio.

Infine, le piante con clorosi, rispetto a quelle verdi, presentano più alti contenuti in acqua, azoto, fosforo, potassio e addirittura in ferro. Ovviamente si tratta di ferro fisiologicamente inattivo.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Con l'estendersi della pioppicoltura dal suo habitat naturale a terreni ex agrari meno profondi, meno sciolti e più

Foto 16 e 17 - *Effetto del trattamento per via radicale con Sequestrene 138 Fe su piante gravemente colpite: pianta trattata* a sinistra, *testimone* a destra

calcarei, si è assistito a manifestazioni sempre più frequenti di una turba fisiologica, attribuita a ferrocarenza, che si manifesta con l'ingiallimento delle foglie seguito da necrosi e dall'arresto dell'accrescimento nei casi più gravi.

L'applicazione per via fogliare di chelati di ferro (Sequestrene 330 Fe e Quelacros 56) sul piano pratico si è rivelata insoddisfacente perché l'effetto è limitato soltanto ad una parte della superficie fogliare trattata ed ha una persistenza troppo breve.

Trattamenti per via radicale con il Sequestrene 138 Fe (EDDHA), alle dosi di circa 3 g/m², hanno invece dimostrato che la clorosi ferrica del pioppo può essere curata con risultati positivi in tempi molto brevi. Ciò farebbe pensare che la fisiopatia sia causata da un'insufficiente disponibilità di ferro nella rizosfera. E' stato osservato che sulla pianta clorotica coesistono spesso foglie verdi (quelle basali) e foglie gialle (quelle apicali). Questo sta a significare che non vi è traslocazione di ferro attivo dalle foglie più vecchie verso quelle più giovani e quindi che in tale situazione la mobilità del ferro è stata bloccata anche nella pianta. I trattamenti per via radicale provocano il rinverdimento delle foglie apicali e successivamente anche di quelle sottostanti, interessando però in misura minore quelle dei rametti più bassi meno attivi.

Sulla base di queste considerazioni si può affermare che tra le cause della clorosi ferrica del pioppo ve ne sono alcune che agiscono mantenendo bassa la concentrazione del ferro assimilabile nel terreno, o che ne ostacolano l'assorbimento radicale, ed altre che ne impediscono la mobilità e l'utilizzazione all'interno della pianta.

In ogni caso l'insorgenza del fenomeno è favorita dallo stato fisiologico della pianta stessa che è la risultante di alcuni fattori di natura pedoclimatica (basse temperature, elevate precipitazioni, regime idrico del suolo inadeguato) e di altri fattori agronomici (elevata densità di impianto, ceduazione, apporti inopportuni di sostanza organica, eccessiva concimazione azotata e fosfatica).

Le prove fatte hanno dimostrato che la clorosi ferrica del pioppo in vivaio può essere curata efficacemente mediante trattamenti precoci per via radicale con Sequestrene 138 Fe (EDDHA) alla dose di 3 g/m² o con prodotti equivalenti. La cura ha un costo che incide di circa il 5% sul prezzo medio delle pioppelle per cui è sopportabile.

Altrettanto efficaci si sono dimostrati i trattamenti in pioppeto dove però il costo, anche per la necessità di dosi più elevate e per il più basso valore del materiale prodotto, diventa eccessivo.

Poiché però l'esito delle prove ha confermato inequivocabilmente la diagnosi (ferrocarenza) diventa ora più facile ricorrere a rimedi meno costosi tra i quali vanno presi in considerazione anche quelli di carattere agronomico, anche se saranno di efficacia minore e di azione più lenta. Non viene trascurata nemmeno la via genetica per la individuazione di cloni adatti a terreni con alto potere clorosante, che, pur rappresentando una soluzione a lunga scadenza, è sempre auspicabile.

Tabella 5 - Analisi fisico-chimiche del terreno prelevato il 20-9-1982 dal pioppeto di San Giorgio trattato o non con Sequestrene 138 Fe (EDDHA NaFe) per via radicale

Caratteristiche	Piante in zona clorotica		Piante in zona verde	Valori di F
	trattate con Sequest.	non tratt. con Seq.		
Scheletro %	2,60	3,80	1,24	0,66 n.s.
Granulometria:				
— sabbia grossa %	2,00	1,88	2,00	0,16 n.s.
— sabbia fine %	33,14	34,48	36,88	0,55 n.s.
— limo %	43,44	41,70	42,12	0,10 n.s.
— argilla %	21,42	21,94	19,00	1,28 n.s.
Reazione in pH	7,60	7,62	7,559	1,05 n.s.
Carbonio organico %	0,97	1,102	1,008	0,74 n.s.
Sostanza organica (C × 1,724) %	1,672	1,900	1,738	0,74 n.s.
Azoto (N_2) %	0,099	0,121	0,106	0,97 n.s.
Fosforo ass. (P_2O_5) ppm	112	163	186	2,45 n.s.
Potassio scamb. (K_2O) ppm	126	173	126	0,99 n.s.
Calcio scamb. (CaO) ppm	6.029	6.090	5.849	0,84 n.s.
Magnesio scamb. (MgO) ppm	701	885	856	1,23 n.s.
Calcare totale %	11,56	9,86	6,06	4,47 *
Calcare attivo %	7,08	6,60	2,22	11,21 **
Ferro ass. ppm	34,18	8,28	14,00	5,33 *
Manganese ass. ppm	5,8	6,0	6,5	0,13 n.s.
Rame ass. ppm	6,04	3,22	2,74	9,80 **
Zinco ass. ppm	2,04	2,20	1,70	0,37 n.s.
Boro ass. ppm	0,42	0,92	0,74	3,82 n.s
Molibdeno ass. ppm	0,164	0,164	0,242	3,16 n.s

n.s. = non significativo; * = significativo per P = 0,05; ** = significativo per P = 0,01.

Tabella 6 - Analisi chimica delle foglie prelevate il 20-9-1982 dal pioppeto di San Giorgio trattato o non con Sequestrene 138 Fe (EDDHA Fe) per via radicale

Caratteristiche	Piante in zona clorotica		Piante in zona verde	Valori di F
	trattate con Sequest.	non tratt. con Seq.		
Contenuto in acqua:				
— % peso fresco	63,48	67,55	59,60	6,50 *
— % peso secco	173,84	208,15	147,56	6,39 *
Ceneri % s. s.	9,88	12,26	12,09	3,29 n.s.
Azoto % s.s.	2,532	2,692	2,006	4,56 *
Fosforo % s.s.	0,172	0,241	0,123	10,05 **
Potassio % s.s.	1,358	2,066	0,902	10,18 **
Calcio % s.s.	1,986	2,452	2,744	2,73 n.s.
Magnesio % s.s.	0,378	0,464	0,590	3,19 n.s.
Ferro ppm s.s.	219,8	118,4	79,2	26,86 **
Manganese ppm s.s.	43,8	39,2	65,4	4,12 *
Rame ppm s.s.	8,28	10,24	7,46	3,81 n.s.
Zinco ppm s.s.	25,6	49,2	35,4	1,77 n.s.
Boro ppm s.s.	43,40	65,20	59,80	6,42 *
Molibdeno ppm s.s.	0,244	0,175	0,298	2,81 n.s.

n.s. = non significativo; * = significativo per P = 0,05; ** = significativo per P = 0,01.

Giuseppe Frison
Encc/Saf
Istituto di sperimentazione per la pioppicoltura
Casale Monferrato (Alessandria)

BIBLIOGRAFIA

Anderson W. B. - 1982 - *Diagnosis and correction of iron deficiency in field crops - an overview.* Journal of Plant nutrition, 5 (4-7), 785-795.

Anselmi N., Frison G., Boccone A. - 1982 - *Research on damages caused by 'Iron Chlorosis' to poplars (Preliminary notes).* FAO/ICP/DIS, XXIII Meeting, Casale Monferrato, September 6-10, 1982.

Cavazza L., Patruno A. - 1979 - *L'impiego dei composti di ferro in agricoltura.* Rivista di Agronomia, XIII, 2: 239-274.

Courtois J. E. - 1969 - *Etude de la chlorose.* Rapport technique, Volume II, FAO/SF: 41/TUR-6, Rome.

Frison G. - 1974 - *Ricerche sulla concimazione del pioppo euroamericano 'I-214' in vivaio.* Cellulosa e Carta, XXV, 7-8: 3-20.

Frison G., Anselmi N., Boccone A. - 1982 - *Research on iron chlorosis of poplars.* FAO/CIP/DIS, XXIII Meeting, Casale Monferrato, September 6-10, 1982.

Giullmondi G. - 1972 - *Fenomeni di ingiallimento del pioppo in vivaio.* Cellulosa e Carta, XXIII, 7, 7-15.

Hochberg M. and Lahav N. - 1976 - *Soluble iron in several soils fertilized by Sequestrene 138 Fe.* Agrochimica, XX (2-3): 213-221.

Holmes R. S. and Brown J. C. - 1955 - *Chelates as correctives for chlorosis.* Soil Science, 80: 167-179.

Juste C., Pouget R. - 1972 - *Appréciation du pouvoir chlorosant des sols par un nouvel indice faisant intervenir le calcaire actif et le fer facilement extractible. Application au choix des porte-greffes de la Vigne.* C.R. Acad. Agric. Fr., 58, 352-357.

Wallace A., Shannon L. M., Lunt O. R. and Impey R. L. - 1957 - *Some aspects of the use of metal chelates as micronutrient fertilizer sources.* Soil Sci. 84: 27-41.

Wallace A. and Lunt D. R. - 1960 - *Iron chlorosis in horticultural plants.* Proc. Ann. Hort. Sci., 75, 819-841.

Wallace A. - 1966 - *Ten years of iron EDDHA in correcting iron chlorosis in plans.* Current topics in Plant Nutrition. Univ. of Calif., Los Angeles: 1-2.

Wallace A. and Mueller R. T. - 1978 - *Complete neutralization of a portion of calcareous soil as a means of preventing iron chlorosis.* Agron. Jour. 70: 888-890.