

Chlorose-Bekämpfung im Mandarinenanbau der Ägäischen Region (Türkei) durch Blatt- und Bodendüngung verschiedener Fe-Präparate.

Treatment of chlorosis in mandarine orchards of the Aegean Region (Turkey) by soil an foliar application of different Fe-compounds.

Von Idris Kovanci*), Hüseyin Hakerlerler*), Murat Oktay*) und Werner Höfner**)

1. Einleitung

Der Anbau von Mandarinen besitzt im Gebiet um Izmir eine große wirtschaftliche Bedeutung (7). Die in Plantagen mit Oberflächenbewässerung angebauten Satsuma-Mandarinen (*Citrus unshiu* Marc. auf *Poncirus trifoliata*-Unterlagen) leiden aber häufig unter Chlorose, als deren Ursache in mehreren Untersuchungen vor allem der hohe CaCO_3 -Gehalt der Böden in Verbindung mit intensiver Bewässerung und daraus resultierenden hohen Bikarbonatkonzentrationen im Boden erkannt wurde (7; 10). Daß diese Chlorose auf Fe-Mangel beruht, beweisen die engen Korrelationen zwischen den Gehalten der Blätter an Chlorophyll und aktivem Fe ($r = 0,97^{***}$), zwischen Peroxidaseaktivität und aktivem Fe ($r = 95^{**}$) und zwischen Chlorophyllgehalt und Peroxidaseaktivität ($r = 0,95^{**}$) (10).

Obwohl eine nachhaltige Verbesserung des Fe-Status dieser Plantagen vermutlich nur über die Verbesserung der Drainage- und Bewässerungstechnik zu erwarten ist (12; 7), erfordert das akute Auftreten der Chlorose oft eine schnellwirksame Fe-Düngung, um irreversible Schäden durch Blattfall und Triebnekrosen zu verhindern. Aus diesem Grund wurden 1982/83 die nachstehend beschriebenen Blatt- und Bodendüngungsversuche mit verschiedenen Fe-Chelaten und Fe-Sulfat in einer stark chlorotischen Mandarinenplantage in Gümüldür (70 km südwestlich von Izmir) durchgeführt.

2. Material und Methoden

2.1 Boden

Als Versuchsstandort diente eine 15 Jahre alte Plantage mit jährlich wiederkehrender Chlorose. Der Alluvialboden ist als tiefgründiger Lehm mit neutraler Bodenreaktion und hohen CaCO_3 - und HCO_3 -Gehalten anzusprechen (Tab. 1). Die Nitrat- und P-Gehalte des Oberbodens spiegeln die Frühjahrsdüngung mit NP-Dünger wieder. Die verfügbaren Gehalte an Fe liegen höher als die des Zn.

*) Prof. Dr. I. Kovanci, Dozent Dr. H. Hakerlerler, Dr. M. Oktay, Ege Universitesi Ziraat Fak. Toprak Bölümü, Izmir-Bornova, Türkei

***) Prof. Dr. W. Höfner, Inst. f. Pflanzenernährung, Südanlage 6, D-6300 Gießen

2.2 Versuchsanlage

2.2.1 Bodendüngungsversuch

Am 4.6.1982 wurde mit 4facher Wiederholung (4 Bäume mit jeweils einem Baum Abstand innerhalb und zwischen den Reihen) folgende Düngung ausgebracht:

Sequestren 138 Fe: a = 100 g, b = 200 g, c = 300 g/Baum
(= Fe EDDHA, 6 % Fe)

Nervanaid-Fe: a = 25 g, b = 50 g, c = 100 g/Baum
(Fe EDTA 13,2 % Fe)

FeSO₄ · 7 H₂O: a = 250 g, b = 500 g, c = 1000 g/Baum
(20 % Fe)

Die Fe-Verbindungen wurden in einer Furche unter dem äußeren Baumkronenrand angefeuchtet und eingearbeitet.

2.2.2 Blattdüngungsversuch

Die Spritzung der Fe-Verbindungen wurde wegen kühler Witterung im Juni erst am 8.7.1982 auf einem räumlich von Bodendüngungsversuch getrennten Plantagenteil ebenfalls in 4facher Wiederholung durchgeführt nach folgendem Plan:

Ferriplex: 10 l 0,1 %ige Lösung je Baum und Spritztermin
(FeEDDHA, 6 % Fe)

Nervanaid-Fe: 10 l 0,1 %ige Lösung je Baum und Spritztermin
(Fe EDTA, 13,2 % Fe)

FeSO₄ · 7 H₂O (20,0 % Fe): 10 l 0,25 %ige Lösung je Baum und Spritztermin

Die Spritzung wurde am 29.7., 12.8. und 15.9.1982 wiederholt. Den Spritzbrühen wurde Harnstoff bis 0,2 % und Netzmittel in Spuren zugesetzt. Sequestren 138 Fe war ein käufliches Produkt der Fa. Ciba Geigy; Nervanaid-Fe und Ferriplex wurden uns dankenswerter Weise von ABM Chemicals Ltd., Woodley Stockport Cheshire, England, überlassen.

2.3 Blattproben

Vor Versuchsbeginn (4.6. bzw. 8.7.1982) und im Spätherbst (15.10.1982) wurden von den Bäumen aller Varianten Blattproben entnommen. Um eine Nachwirkung zu erfassen, wurden nach einem Jahr (9.6.1983) nochmals Blattproben entnommen. Jede Probe bestand aus 80 Blättern je Baum, wobei die 4. Blätter von nichtfruchttragenden Trieben genommen wurden. Die Oberflächen der Blätter wurden mit einem feuchten Wattebausch gereinigt. Anschließend wurden die Blätter getrocknet bei 70° C, gemahlen und der Analyse zugeführt.

2.4 Methoden

2.4.1 Bodenanalyse

Bei der vor Versuchsbeginn durchgeführten Untersuchung des Bodens wurde pH in Wasser, CaCO₃ nach Scheibler, organische Substanz nach Rauterberg und Kremkus (11), HCO₃ nach Boxma (3), Gesamt-N nach Aufschluß mit Salizyl-Schwefelsäure und NO₃-N nach Kacar (5) bestimmt. P wurde nach Bingham (1), K im 1n NaOAc-Extrakt erfaßt. Für die Bestimmung der verfügbaren Gehalte an Fe, Zn, Mn und Cu benutzten wir die DTPA-Extraktion (8).

2.4.2 Blattanalyse

Die Mikroelementgehalte wurden nach nasser Veraschung, die Werte für aktiv Fe nach Extraktion mit 1 n HCl (9) mittels AAS erfaßt.

2.4.3 Varianzanalyse

Für die varianzanalytische Auswertung der Ergebnisse wurden die Differenzen der Fe-Gehalte zwischen Versuchsbeginn und Versuchsende verwendet.

3. Ergebnisse

Die vor Versuchsbeginn ermittelten Gesamt-Fe-Gehalte der Blätter zwischen 60 und 76 ppm stiegen durch die Bodenapplikation aller Fe-Formen bis zum 15.10.1982 auf über 100 ppm an (Tab. 2a). Dabei führte weder die Fe-Form, noch die Höhe der Fe-Gabe zu einem signifikanten Unterschied. Die Gehalte an aktiv Fe nahmen durch Sequestren 138 Fe stärker zu als durch die beiden anderen Fe-Formen. Hier erreichte im Mittel aller 3 Fe-Formen die mittlere Fe-Gabe die höchsten Werte. Die Blattdüngung ergab bei höheren Ausgangswerten eine stärkere Zunahme der Gesamt-Fe-Gehalte im Blatt mit den höchsten Werten nach FeSO_4 -Spritzung. Auch die Gehalte an aktiv Fe wurden durch FeSO_4 am stärksten, durch Nervanid weniger und am wenigsten durch Ferriplex gesteigert (Tab. 2b).

Nach etwa 1 Jahr hatten die 4. Blätter der nichtfruchttragenden Triebe ähnliche Gesamt-Fe-Gehalte wie die vergleichbaren Blätter vor Versuchsbeginn (Tab. 3). Die Werte für aktiv Fe lagen am 9.6.1983 dagegen doppelt so hoch wie vor Versuchsbeginn 1982. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten traten 1983 weder bei Gesamt-Fe noch bei aktiv Fe auf. Die 1983 zusätzlich ermittelten Zn- und Mn-Gehalte der Blätter lagen in allen Varianten relativ niedrig bei 15 ppm Zn und 15 ppm Mn und schieden damit als Chloroseursachen (Ionenwechselwirkungen) aus.

4. Diskussion

Es gilt als unbestrittene Tatsache, daß auf Böden mit hohen pH-Werten Mangelercheinungen der meisten Mikronährstoffe durch Chelate am besten korrigiert werden, wenn eine Bodenapplikation des Düngers erfolgen soll. Bei Betrachtung der Gesamt-Fe-Gehalte der Blätter (Tab. 2a) scheint das zunächst im vorliegenden Versuch nicht bestätigt worden zu sein, da alle Fe-Formen zu annähernd gleichen Fe-Gehalten führten. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Fe-Gehalte der gedüngten Fe-Formen und der unterschiedlichen Düngergaben (die in Anlehnung an Empfehlungen der Hersteller und der Literatur (4) gewählt wurden und z. T. durch begrenzte Mengen an Versuchsprodukten bedingt waren) ergibt sich jedoch, daß die Bodendüngung der Chelate einen größeren Wirkungsgrad als die des Fe-Sulfats besitzt (Tab. 4a). Bei Spritzung der verschiedenen Fe-Formen wird dieser Effekt ebenfalls bestätigt (Tab. 4b), obwohl das hier verwendete Ferriplex lt. Herstellerangabe photolabil und damit weniger beständig ist. Wahrscheinlich hat die 4fach wiederholte Spritzung diesen Mangel ausgeglichen.

Unter Berücksichtigung der Relation applizierte zu aufgenommener Fe-Menge, als deren Maß die Gesamt-Fe-Gehalte der Blätter dienen können, wird das Fe aus beiden Chelaten bei Bodenapplikation etwa gleich gut, gegenüber dem aus Fe-Sulfat aber erheblich besser aufgenommen und verlagert (Tab. 4a). Das gleiche gilt für die Blattapplikation (Tab. 4b), wobei die Bewertung durch das Fehlen vergleichbarer Aufwandmengen allerdings nicht ganz zweifelsfrei erfolgen kann

Da bei Fe-Mangel die Gesamt-Fe-Gehalte der Blätter oft kein geeignetes Kriterium darstellen (2), erscheinen die Gehalte an aktiv Fe für die Bewertung der physiologischen Wirkung der verschiedenen Fe-Formen von besonderer Bedeutung. Sequestren über den Boden gedüngt ergab gegenüber Nervanid und FeSO_4 gesichert höhere Aktiv-Fe-Gehalte in den Blättern, womit die besondere Effizienz des Sequestrens bei der Chlorosebehandlung auf stark kalkhaltigen Standorten unterstrichen wird (Tab. 2a). Im Wirkungsgrad unterscheidet es sich aber nicht von Nervanid bei vergleichbarer Fe-Gabe (Tab. 4a). Die Blattapplikation ergab für Gesamt-Fe und aktiv Fe die höchsten Werte nach Fe-Sulfatspritzung. Allerdings lag auch hier der Wirkungsgrad für Fe-Sulfat niedriger als bei Ferriplex (dem Analogen zu Sequestren), das auch gegenüber Nervanid besser abschneidet. Beim aktiv Fe fällt der Anteil des aufgenommenen Fe von $0,9 \cdot 10^{-5}$ (bei Ferriplex) nur auf $0,4 \cdot 10^{-5}$ (bei FeSO_4), und das, obwohl bei Fe-Sulfat die 10fache Fe-Menge verabreicht wurde. Hier scheint der Schluß berechtigt, daß die bessere physiologische Wirkung bei Blattapplikation (und unter den niederschlagsarmen Bedingungen des Sommers am Versuchsstandort!) durch das Fe-Sulfat und nicht durch die Chelate erzielt wurde.

Bei der Wahl der zur Chlorosebekämpfung geeigneten Fe-Form besitzt aber nicht nur die Frage der physiologischen Wirksamkeit, sondern auch die des ökonomischen Einsatzes der Dünger eine ausschlaggebende Bedeutung. Geht man von einem mindestens 10fach höheren Preis für Fe-Chelate gegenüber Fe-Sulfat aus, dann ist zwar eine Sequestrendüngung über den Boden zu vertreten, zumal hier die Langzeitwirkung des stabilen Fe-Chelats noch hinzukommt, bei Blattdüngung aber eine Spritzung mit Fe-Sulfat zu bevorzugen. Das wird auch von den aktiv Fe-Gehalten des Folgejahres unterstützt, bei dem sich allerdings wegen großer Schwankungen die ange deuteten Tendenzen nicht absichern ließen.

5. Zusammenfassung

In einer 15jährigen Mandarinenplantage mit Fe-Mangelchlorosen wurden Blatt- und Bodendüngungsversuche mit Sequestren 138 Fe, Nervanid-Fe, Ferriplex und $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ durchgeführt.

Als Maß der Düngerwirkung wurden die Gehalte der Blätter an Gesamt-Fe und aktiv Fe bestimmt.

Bei Bodendüngung der Fe-Verbindungen wurden die Gesamt-Fe-Gehalte der Blätter ohne signifikante Unterschiede zwischen den Varianten gesteigert. Die Gehalte an aktiv Fe nahmen am stärksten in der Sequestren-Variante zu.

Die Blattdüngung führte zu den höchsten Gehalten der Blätter an Gesamt-Fe und aktiv Fe durch Fe-Sulfat.

Eine Nachwirkung beider Applikationsarten läßt sich 1 Jahr nach Versuchsbeginn nur im Gehalt der Blätter an aktiv Fe erkennen, wobei keine Unterschiede zwischen den Varianten auftraten.

Aufgrund dieser Ergebnisse kann zur Chlorosebekämpfung in Mandarinenplantagen des Versuchsstandorts Sequestren als Bodendüngung und $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ als Blattspritzung empfohlen werden.

Summary

In a 15 years old mandarine orchard with Fe chlorosis soil and leaf application of Sequestren 138 Fe, Nervanid-Fe, Ferriplex and $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ was studied.

The leaf content of total and active Fe was taken as a measure for fertilizer efficiency.

Soil application of the different Fe-compounds led to an increase of total-Fe-content in the leaves without differences between the trials. The content of active iron in the leaf was most increased by Sequestren.

Leaf application resulted in the highest contents of total and active iron by $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$.

A residual effect of both kinds of application could be noticed 1 year after the start of the experiment only in the active Fe contents without differences between the trials. According to these results Sequestren 138 as soil application and $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ as leaf spray can be recommended for the treatment of chlorosis in mandarine orchards at the place of investigation.

Literaturverzeichnis

1. Bingham, F. T., 1949: Soil test for phosphat. - California Agriculture 3 (7), 11-14
2. Booß, A.; Kolesch, H.; Höfner, W., 1983: Bestimmung des „aktiven Eisens“ in Pflanzen durch Extraktion mit Citratpuffer. - Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 146, 401-404
3. Boxma, R., 1972: Bicarbonate as the most important soil factor in lime-induced chlorosis in the Netherlands. Plant and Soil 37, 233-243
4. Demetriades, S.D.; Gavalas, M.A. i Papdopoulos, S.E., 1966: Trials für the control of lime-induced chlorosis in fruit trees in Greece. II. Further observations on peach trees. Ann. Inst. Phytopath. Benaki, N.S. 7 (3), 119-126
5. Kacar, B., 1962: Plant and soil analysis. - University of Nebraska, College of Agriculture, Dept. of Agron., Lincoln (Nebraska) USA.
6. Kovanci, I.; Colakoglu, H.; Oktay, M., 1980: Satsuma mandarinlerinde görülen klorozun peroksidaz enzim aktivitesiyle iliskisi. - E. Ü. Ziraat Fakült. Dergisi 17, 83-93
7. Kovanci, I.; Hakerlerler, H.; Höfner, W., 1978: Ursachen der Chlorosen an Mandarinen (*Citrus reticulata* blanco) der Ägäischen Region. - Plant and Soil 50, 193-205
8. Lindsay, W.L.; Norvell, W.A., 1978: Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42, 421-428
9. Llorente, S.; Leon, A.; Torecillas, A.; Alcaraz, C., 1976: Leaf iron fractions and their relation with iron chlorosis in citrus. - Agrochimica 20, 204-212
10. Oktay, M., 1983: Satsuma mandarinlerinde (*Citrus unshiu* Marcovitch) görülen klorozu etkiletmenler üzerinde bir arastirma. - E.Ü. Fakültesi, Doktora, 185-187
11. Rauterberg, E.; Kremkus, Fe., 1951: Bestimmung von Gesamthumus und alkalilöslichen Humusstoffen im Boden. z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk. 54 (99), 240-249
12. Wallace, A.; Romney, E.M.; Alexander, G.V., 1976: Lime-induced chlorosis caused by excess irrigation water. Comm. Soil Sci. and Plant Analysis 7, 47-49

Tabelle 1: Bodenanalysenwerte der Mandarinen-Plantage „Gümüldür“

Table 1: Soil analysis data from mandarine orchard „Gümüldür“

Bodenschicht	pH	CaCO ₃ %	org. Subst. %	HCO ₃ ppm	Ges.-N %	NO ₃ -N ppm	P ppm	K m.e./ 100 g	Fe	Zn	Mn	Cu
									ppm	ppm	ppm	ppm
0–25 cm	7,75	7,9	2,12	348	0,17	20	6,2	0,82	4,2	1,2	23,8	3,7
25–50 cm	7,85	8,2	1,34	329	0,11	6	1,8	0,56	4,0	2,3	11,8	2,5

Tabelle 2: Fe-Gehalte (ppm i. TM) von Mandarinenblättern vor und nach Fe-Düngung (Mittel aus 4 Wiederholungen)

Table 2: Fe-content (ppm i. DM) of leaves from mandarines before and after Fe-supply (mean of 4 replicates)

a) Bodendüngung

Variante		Ges.-Fe		aktiv-Fe	
		4. 6. 82	15. 10. 82	4. 6. 82	15. 10. 82
Sequestren 138 Fe	a	65,5	106	5,7	11,2
	b	63,7	123	5,4	15,9
	c	76,0	114	5,8	12,5
Nervanid-Fe	a	68,5	111	6,2	8,9
	b	66,5	110	5,0	9,5
	c	59,7	106	5,4	10,0
FeSO ₄ · 7 H ₂ O	a	61,5	105	6,2	8,2
	b	60,5	114	6,0	11,9
	c	65,0	103	5,6	8,3

Varianzanalyse*): keine signifikanten Unterschiede

Varianzanalyse:	Fe-Form:	Sequestren	Nervanid	FeSO ₄
Mittelwerte:		7,53 (A)	3,94 (B)	3,53 (B)
GD _{5%} :		2,86		
Fe-Stufen:		1	2	3
Mittelwerte:		3,41 (B)	6,96 (A)	4,64 (AB)
GD _{5%} :		2,86		

b) Blattdüngung

Variante	Ges.-Fe		aktiv-Fe	
	8. 7. 82	15. 10. 82	8. 7. 82	15. 10. 82
Ferriplex	84,0	198	6,4	20,7
Nervanid	92,5	200	6,6	41,8
FeSO ₂ · 7 H ₂ O	101,2	420	7,3	87,5

Varianzanalyse:

Fe-Form:	Ferriplex	Nervanid	FeSO ₄
Mittelwerte:	114 (B)	108 (B)	319 (A)
GD _{5%} :	72,18		

Varianzanalyse:

Fe-Form:	Ferriplex	Nervanid	FeSO ₄
Mittelwerte:	14,3 (C)	35,2 (B)	80,2 (A)
GD _{5%} :	10,72		

*) gleiche Buchstaben: kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten
verschiedene Buchstaben: signifikanter Unterschied mit p = 5%

Tabelle 3: Fe-, Zn- und Mn-Gehalte (ppm i. TM) in Mandarinenblättern 1 Jahr nach Fe-Düngung. (Mittel aus 4 Wiederholungen)

Table 3: Fe-, Zn- and Mn-content (ppm i. DM) of leaves from mandarines 1 year after Fe-supply (means of 4 replicates)

Bodendüngung					Blattdüngung				
Variante		Ges.-Fe	akt. Fe	Zn Mn	Variante	Ges.-Fe	akt. Fe	Zn Mn	
Sequestren	a	60	10	14 15	Ferriplex	117	15	14 16	
	b	57	11	13 12					
	c	58	11	14 12	Nervanaid	107	12	14 16	
Nervanaid	a	64	11	13 15	FeSO ₄ · 7 H ₂ O	82	18	14 16	
	b	59	10	14 13					
	c	65	11	13 13					
FeSO ₄	a	76	13	14 16					
	b	58	10	13 14					
	c	61	9	13 14					

Tabelle 4: Verhältnis von applizierter Fe-Menge zum Ges.-Fe- und aktiv-Fe-Gehalt der Blätter, 5 Monate nach Fe-Düngung

Table 4: Relation between the applied amount of Fe and the leaf content of total and active Fe, 5 months after Fe-supply

a) Bodendüngung

		a appl. Fe.-Menge Baum (g)	b Ges.-Fe-Geh.i.Blatt (ppm i. TS)	Relation a/b	c aktiv-Fe i. Blatt (ppm i. TS)	Relation a/c
Sequestren	a	6	106	$1,7 \times 10^{-5}$	11	$0,2 \times 10^{-5}$
	b	12	123	$1,0 \times 10^{-5}$	16	$0,1 \times 10^{-5}$
	c	18	114	$0,7 \times 10^{-5}$	13	$0,07 \times 10^{-5}$
Nervanaid	a	3,2	111	$3,5 \times 10^{-5}$	9	$0,3 \times 10^{-5}$
	b	6,4	110	$1,7 \times 10^{-5}$	10	$0,2 \times 10^{-5}$
	c	12,7	106	$0,8 \times 10^{-5}$	10	$0,08 \times 10^{-5}$
FeSO ₄ · 7 H ₂ O	a	50	105	$0,2 \times 10^{-5}$	8	$0,02 \times 10^{-5}$
	b	100	114	$0,1 \times 10^{-5}$	12	$0,01 \times 10^{-5}$
	c	200	103	$0,05 \times 10^{-5}$	8	$0,004 \times 10^{-5}$

b) Blattdüngung

Ferriplex	2,4	198	$8,3 \times 10^{-5}$	21	$0,9 \times 10^{-5}$
Nervanaid	5,1	200	$3,9 \times 10^{-5}$	42	$0,8 \times 10^{-5}$
FeSO ₄ · 7 H ₂ O	20,7	420	$2,0 \times 10^{-5}$	88	$0,4 \times 10^{-5}$