(Aus dem Institut für Pflanzenernährung der Universität Gießen)

Neue Fe-Dünger zur Chlorosebekämpfung bei Weinreben (Vitis vinifera L.)

Von N. Saatci, Ch. Natt und W. Höfner (Mit 8 Abbildung)

Zusammenfassung

In zweijährigen Gefäßversuchen wurde mit zwei unterschiedlich chloroseanfälligen Rebunterlagen und einem kalziumkarbonathaltigen Boden die Eignung neu entwickelter Fe-Dünger zur Bekämpfung von Fe-Mangelchlorosen untersucht. Diese neuen Düngertypen enthalten Fe als FeEDTA alleine und/oder FeSO₄ und sind mit einer Harzhülle umgeben, aus der nach Wassereintritt das Fe über einen Zeitraum bis zu sechs Monaten langsam austreten kann. Als Vergleichsdünger wurde Sequestren 138 mit FeEDDHA als Fe-Quelle eingesetzt.

Parallel hierzu wurde das Löslichkeitsverhalten dieser Fe-Dünger in Auswaschungsversuchen mit Boden und Quarzsand im Labor studiert. Als Bewertungskriterien für die Wirksamkeit der Dünger auf den Fe-Status der Pflanzen wurde der Gehalt der jüngsten Blätter an Fe, Cu, Zn und Mn, an Chlorophyll und an organischen Säuren quantitativ erfaßt. Hinweise auf die Pflanzenverfügbarkeit des Fe im Boden sollte der Gehalt an gelöstem Fe in der Bodenlösung geben.

Die Fe-Konzentration der Auswaschungsversuche und der Bodenlösung bestätigen, daß Sequestren, Prototyp I (FeEDTA, umhüllt) und Prototyp III (FeEDTA + FeSO₄, umhüllt), die Menge an pflanzenverfügbarem Fe im Boden steigern. Die Fe-Gehalte der Blätter stiegen an, wobei Sequestren stets zu signifikant höheren Werten gegenüber der Kontrolle führten. Dennoch war auch bei den Prototypen I und III eine deutliche chlorosemindernde Wirkung auf Grund höherer Gehalte an Chlorophyll bei gleichzeitig niedrigeren Gehalten an organischen Säuren zu erkennen. Es traten keine Chlorosesymptome wie in der Kontrolle und der mit umhülltem FeSO₄ gedüngten Variante auf. In allen Fe-Düngervarianten konnte ein ausgeprägter Fe: Mn-Antagonismus im Blatt nachgewiesen werden.

Schlüsselworte: Weinreben, Chlorose, Fe-Dünger.

New iron fertilizers for control of chlorosis in grape vine (Vitis vinifera L.)

Summary

In two year pot experiments the effect of new iron fertilizers on chlorosis were tested with a susceptible and a non susceptible grape vine rootstock, which were grown on a calcareous soil. The iron sources FeEDTA, FeSO₄ and a combination of both were coated with a natural resin material, which allows water to pene-

trate the resin coating and slowly release iron over a six month period. For comparing the new iron fertilizers with a commonly used fertilizer Sequestren 138 with FeEDDHA as Fe-chelat was used.

In laboratory experiments the solubility of the new fertilizers were tested by leaching fertilized soil and sand. The effectiveness of the fertilizers on chlorosis was measured by the content of Fe, Cu, Zn and Mn, of chlorophyll and organic acids in the youngest leaves.

The iron concentration in the eluent of the leaching experiments as well as in the soil solution prove a higher availability of iron for plants due to fertilizing the soil with Sequestren, Prototype I (coated FeEDTA) and Prototype III (coated FeEDTA+FeSO₄). In all iron treatments the iron content of the youngest leaves increased, but significantly only in the Sequestren 138 treatment. Although the increase of the iron content in the Prototype I and III treatments were not as high as in the Sequestren treatment a clear positive effect on chlorosis was obvious. The content of chlorophyll increased evidently while the content of organic acids decreased and no chlorosis symptoms occurred. Chlorosis symptoms appeared in the control and in the FeSO₄ treatment. In all iron fertilizer treatments a strong Fe: Mn antagonism was found.

Key-words: grape vine, chlorosis, iron fertilizer.

1. Einleitung

Fe-Chlorose in wirtschaftlich bedeutenden Kulturen wie zum Beispiel Weinreben führt über Ertragsverluste und/oder Qualitätsdefekte zu einer Beeinträchtigung der Produktivität (Oktav 1984). Standorte, auf denen Fe-Chlorose auftreten, sind häufig Kalkböden, die durch hohe HCO₃-Gehalte und hohe pH-Werte gekennzeichnet sind.

Bikarbonat als direkte und indirekte Ursache der Fe-Chlorose wurde im Freiland (Kovancı et al. 1978) und unter kontrollierten Bedingungen in Gefäßversuchen mit Boden (Bübl 1981, Mengel et al. 1984b, Kolesch et al. 1984, Alcantara et al. 1988) sowie in Nährlösung (Coulombe et al. 1984, Dofing et al. 1989) nachgewiesen. Ebenfalls sind hohe Boden-pH-Werte als eine Ursache für die Fe-Chlorose zu betrachten (Mengel et al. 1984 a).

Eine mögliche Bekämpfung der Fe-Chlorose besteht neben der Züchtung chlorosefester Sorten und/oder der Verbesserung der Bodenbedingungen, in der Fe-Düngung. Unter den oben genannten Standortbedingungen (hoher pH-Wert sowie HCO₃- und Ca-Gehalt) sind aber nur Fe-Chelate mit hoher Stabilitätskonstante, wie Fe-EDDHA als Bodenapplikator effektiv (Boxma und Luit 1983), selten jedoch ökonomisch (Özgümüs 1987). Unter den vielen, bisher bekannt gewordenen neuartigen Fe-Düngern (RAESE und Staift 1988, REED 1988, REED et al. 1988) nehmen die in den eigenen Untersuchungen verwendeten Prototypen insofern eine Sonderstellung ein, da durch die Umhüllung von Granulaten kostengünstigerer Fe-Verbindungen (FeSO₄, FeEDTA) mit einem natürlichen Harzmaterial deren Löslichkeitsverhalten im Boden stark variiert. Das Eisen wird über einen Zeitraum bis zu sechs Monaten allmählich in die Bodenlösung abgeben. Dadurch wird eine Fe-Düngerwirkung selbst bei solchen Fe-Verbindungen erzielt, die ohne Umhüllung als Fe-Dünger auf Böden mit pH-Werten >7 nicht geeignet sind, zum Beispiel FeEDTA (Sahrawat 1988). Diese neuen Dünger wurden im Labor auf ihre Löslichkeit im Boden und in zweijährigen Gefäßversuchen auf ihre Wirkung gegen die Fe-Chlorose untersucht. Als Versuchspflanzen dienten zwei Unterlagen von Weinreben (chloroseanfällig: Couderc 3309 und chlorosefest: Kober 5BB) benutzt. Die Chlorose wurde durch Wassersättigung des Bodens und durch zusätzliche HCO₃-Gaben ausgelöst.

2. Material und Methoden

2.1 Auswaschungsversuche

Im ersten Auswaschungsversuch wurde in Säulen aus Polystyrol (24,5 cm Höhe, 5,5 cm Durchmesser) 650 g Boden "Alzey" (siehe Tab. 1) eingefüllt. Die Fedünger, in der Höhe von 20 ppm Fe, wurden in 3—4 cm Tiefe eingebracht. Während 94 Tagen fand eine tägliche Bewässerung mit 10 ml $\rm H_2O$ dest. statt. Im Effluat, aufgefangen in 700-ml-Plastikschalen, wurden jeden siebenten Tag am Atom-Absorptions-Spektralphotometer (Perkin Elmer 5000) die Fe-Menge bestimmt. Das gesamte Effluat wurde filtriert (Blauband Schleicher & Schüll 589³) und auf 100 ml mit $\rm H_2O$ dest. aufgefüllt. Der zweite Versuch dauerte 101 Tage und die Säulen enthielten 800 g Feinsand (Quarzsand) mit 20 ppm Fe. Bewässerung und Fe-Analyse erfolgten analog zum ersten Versuch. Jede Variante hatte drei Säulen und der erste Versuch mit Boden umfaßte folgende Varianten:

Kontrolle, ohne Fe-Zugabe
 Sequestren 138, 6 % Fe als FeEDDHA
 Prototyp I, 8 % Fe als FeEDTA, umhüllt, pilliert
 Prototyp II, 19 % Fe als FeEDTA (0,5) + FeSO₄ (0,5), umhüllt, pilliert
 Fe EDTA, 14,8 % Fe als FeEDTA, nicht umhüllt

Im zweiten Versuch wurden die Behandlungen 1, 2 und 6 durchgeführt sowie ein 10 % Fe enthaltendes FeEDTA (umhüllt, pilliert) eingesetzt.

2.2 Gefäßversuche

1988 und 1989 wurde Boden aus Alzey für den Versuch verwendet. Nach der Entnahme des Bodens aus einer Rebanlage in Alzey wurde der Boden getrocknet, auf 1 cm abgesiebt und in Kick-Brauckmanngefäße (8 kg Boden/Gefäß) eingefüllt. Die Nährstoffgehalte des Bodens sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1 Nährstoffgehalte und pH-Werte des im Gefäßversuch eingesetzten Bodens

| Nährstoffe | 1988 | 1989 | |
|--------------|--------------------------------|-------------------------------|--|
| P_2O_5 | 53,0 mg/100 g Boden | 36,9 mg/100 g Boden | |
| K₂O CaCO₃ | 127,4 mg/100 g Boden 34.0 % | 63,3 mg/100 g Boden 25.3 % | |
| pH Fe | 7,4 | 7,4 | |
| Fe Cu | 9,6 ppm 5,9 ppm | 10,7 ppm 21,3 ppm | |
| Zn | 16,5 ppm | 19,7 ppm | |
| Mn | 19,3 ppm | 6,8 ppm | |

Die Höhe der Fe-Düngung betrug 75 ppm und es wurden acht Gefäße pro Variante eingesetzt. Als Stickstoffdüngung wurden je 0.3 g N/Gefäß in Form von Ca(\mathbf{NO}_3)₂ × 4 H₂O zu Beginn des Versuchs und nach der ersten Ernte gegeben, insgesamt 0.6 g N/Gefäß. In periodischen Abständen von ca. drei Wochen wurden Gefäße auf über 100 % der Wasserhaltekapazität gegossen, so daß nach einern Tag 200 ml Überstauwasser aus den Gefäßen entnommen werden konnte. Nach anschließender Filtration fand die Bestimmung der Mikronährstoffe ebenfalls am AAS statt. Da der pH-Wert auf dem hohen Niveau >7 gehalten werden

sollte, wurde jede Woche eine Gabe von 400 ppm KHCO3 zum Gießwasser gegeben.

Die Gefäßversuche umfaßten folgende Varianten:

- 1. Kontrolle, ohne Fe-Zugabe
- 2. Sequestren 138, 6 % Fe als FeEDDHA
- 3. Prototyp I, 8 % Fe als FeEDTA, umhüllt, pilliert 4.¹) Prototyp II, 19 % Fe als FeSO₄, umhüllt, pilliert
- 5. Prototyp III, 8 % Fe als FeEDTA (0.5) + FeSO₄ (0.5), umhüllt, pilliert
- 1) Variante 4 wurde 1989 aus dem Versuch genommen.

Die Versuche in beiden Jahren umfaßten die Unterlagen Couderc 3309 und Kober 5BB. Beide wurden in der Gefäßversuchsstation des Instituts als Stecklinge im Vorjahr bewurzelt und dann als zweijährige Pflanzen mit einer Pflanze/Gefäß in den Versuch genommen. Die Unterlage 5BB ist chlorosefest und ging aus den beiden Kreuzungspartnern Berlandieri×Riparia hervor; die Unterlage Couderc 3309 ist chloroseanfällig und entstand aus den Kreuzungspartnern Berlandieri×Rupestris (Kolesch 1985). Zu drei Terminen fand eine Probenahme an den Pflanzen statt. In beiden Versuchsjahren wurden die Blätter nach folgendem Schema geerntet:

| | 1. Probenahme | 2. Probenahme | 3. Probenahme |
|------|-------------------------|--------------------------|--|
| 1988 | 4. + 5. Blatt | 4.+5. Blatt | Restpflanzen (alle nicht verholzten Teile) |
| | 6. Woche | 17. Woche | 20. Woche nach Versuchsbeginn |
| 1989 | 1.—5. Blatt 8. Woche | 1.—5. Blatt 13. Woche | Restpflanzen (alle Blätter) 13. Woche nach Versuchsbeginn |

Dabei zählte das jüngste voll entwickelte Blatt als erstes Blatt und es wurde dann nach unten weitergezählt.

Das Blattmaterial wurde für die Mikronährstoffanalyse bei 75° C getrocknet, anschließend staubfein gemahlen und mittels Naßveraschung aufgeschlossen (Saatci 1990). Die Elemente wurden direkt am Atom-Absorptions-Spektralphotometer gemessen.

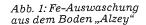
Die für die Chlorophyllanalyse (Kolesch 1985) vorgesehenen Blätter wurden tiefgefroren bis zur Verarbeitung aufbewahrt. Die Messung der Proben fand bei 645 nm und 663 nm am Photometer (Spektralphotometer Zeiss PM 6) statt. Blattmaterial für die Bestimmung organischer Säuren wurde 1988 bei 75° C getrocknet, 1989 in einer Gefriertrocknungsanlage 24 h lang getrocknet und anschließend im Gefrierschrank gelagert. Die Bestimmung basiert auf einer modifizierten Arbeitsvorschrift nach Merkel und Jungk (1973) und Nauholz (1989). Gemessen wurde an einer HPLC-Anlage mittels der "reversed-phase-chromatography".

Die Mikronährstoffgehalte der Bodenlösung wurden nach Filtration mittels Blaubandfilter (Schleicher und Schüll 589^3) und Ansäuerung mit 0,5 n HNO $_3$ am Atom-Absorptions-Spektralphotometer gemessen.

3. Ergebnisse

3.1 Auswaschungsversuche im Labor

In Auswaschungsversuchen mit Boden und Sand sollte zunächst das Nachlieferungsvermögen der umhüllten Fe-Dünger im Vergleich zu den nicht umhüllten Fe-Chelaten FeEDTA und FeEDDHA getestet werden. Im Versuch mit Boden vom Standort Alzey, der auch in den Gefäßversuchen zum Einsatz kam, ergab



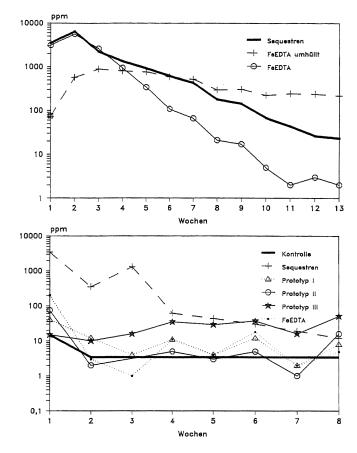


Abb. 2: Fe-Auswaschung aus Feinsand

sich ein hoher Fe-Gehalt im Sickerwasser für die Sequestrenvariante bis zur fünften Woche (Abb. 1). Die Fe-Gehalte der Prototypen I bis III erreichten in den ersten drei Wochen nur 1 bis 2 % dieser Fe-Konzentration. Danach gleichen sich die Werte der Prototypen dem Sequestren an und blieben höher als der Wert der Kontrolle. Das nicht umhüllte FeEDTA gab in der ersten Woche seine größte Fe-Menge an das Sickerwasser ab, danach sank die Fe-Konzentration auf ganz niedrige Werte im Bereich der Kontrolle ab.

Der mit Feinsand durchgeführte Versuch bestätigte die gute Löslichkeit des Sequestren (Abb. 2), ließ aber auch eine gute Löslichkeit des nicht umhüllten FeEDTA über längere Zeit im Quarzsand erkennen, die vermutlich durch den im Vergleich zum Boden Alzey niedrigeren pH-Wert in den Quarzsandsäulen bedingt war. Das umhüllte FeEDTA war in seiner Fe-Abgabe an das Sickerwasser deutlich verzögert gegenüber dem nicht umhüllten FeEDTA.

3.2 Gefäßversuche unter Freilandbedingungen

Die Fe-Gehalte des Überstauwassers (Abb. 3) unterstreichen die schnelle Löslichkeit von Sequestren. Zur ersten Probenahme (6. Woche nach Versuchsbeginn) lagen die Gehalte am höchsten und fielen zur zweiten Probenahme (17. Woche nach Versuchsbeginn) hin deutlich ab. Umgekehrt erreichte der Pro-

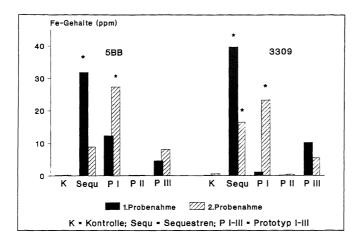


Abb. 3: Fe-Gehalte im Überstauwasser der Gefäßversuche zu zwei Terminen (1988; Kober 5BB, Couderc 3309)

totyp I zur zweiten Probenahme seine höchsten Werte, was die langsamere Freisetzung des Fe verdeutlicht. Bei Prototyp III war eine Erhöhung der Fe-Gehalte zu erkennen, jedoch ohne klare Differenzierung zwischen ersten und zweiten Probetermin. Prototyp II (FeSO₄) erreichte dieselben Werte wie die Kontrolle, das heißt das Fe schien bereits zum ersten Termin nicht mehr frei in der Bodenlösung vorzuliegen.

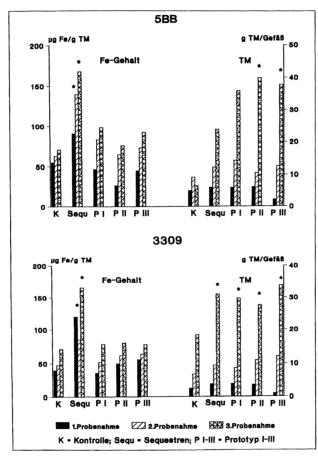
Die höchsten Fe-Gehalte der Blätter erreichte in beiden Unterlagen und Versuchsjahren die Sequestrenvariante (Abb. 4 und 5). Im Versuchsjahr 1988, in dem in der unbehandelten Variante starke Chlorosesymptome zu beobachten waren, bewirkte die Fe-Düngung in allen Düngervarianten eine deutlich verbesserte Pflanzenentwicklung, was sich auch in den Trockengewichten (TG) der 4.+5. Blätter niederschlug (Abb. 4). Während zu Beginn der Vegetation (1. Probenahme) noch keine Unterschiede in den TG zu erkennen waren, hoben sich gegen Ende derselben (3. Probenahme) die Fe-Düngervarianten deutlich gegenüber der Kontrolle ab. Dabei war kein grundlegender Unterschied zwischen den Unterlagen zu erkennen.

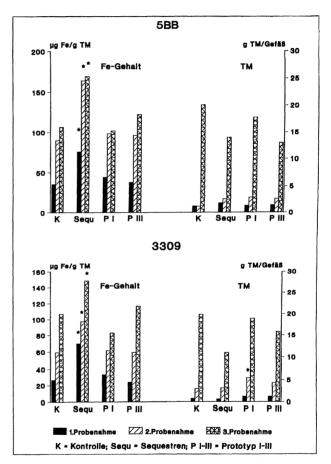
1989 war dagegen keine verbesserte Trockenmasse-Ausbildung auf Grund der Fe-Düngung zu erkennen (Abb. 5). In diesem Jahr traten keine Chlorosesymptome in der Kontrolle auf.

Die Bestimmung der Gehalte an organischen Säuren und Chlorophyll als ein Hinweis auf die Effizienz von Fe-Düngern gegen Chlorose, zeigt eine zumeist signifikante Reduzierung der organischen Säuren bei der Unterlage 3309 in beiden Jahren nach Sequestren- und Prototyp I-Applikation (Abb. 6 und 7). Dem steht in diesen beiden Varianten die signifikante Erhöhung der Chlorophyllgehalte gegenüber.

In der wüchsigeren Unterlage 5BB lag 1989 keine Differenzierung im Gehalt der organischen Säuren vor, aber ein deutlicher Anstieg im Chlorophyllgehalt aller Fe-Düngervarianten (Abb. 7).

Die Berechnung der Mikronährstoffgehalte in allen geernteten Pflanzenteilen und über beide Unterlagen zeigt eine nur einmal signifikante Erhöhung, sonst nur geringe Unterschiede im Cu-Gehalt (Tab. 2 und 3). Der Zn-Gehalt fiel 1988 bei Sequestren signifikant ab und steigt in den Prototypvarianten zum Teil signifikant an, während im Jahr 1989 keinerlei Veränderung zu ermitteln war. Der Mn-Gehalt fiel in allen Fe-gedüngten Varianten ab, am stärksten in der Sequestrenvariante, aber auch signifikant in den Prototyp I- und II-Varianten.





Fe-Gehalt und Trockengewicht von jüngsten Blättern zu drei Terminen (Kober 5BB, Couderc 3309) Abb. 4 (links) 1988 Abb. 5 (rechts) 1989

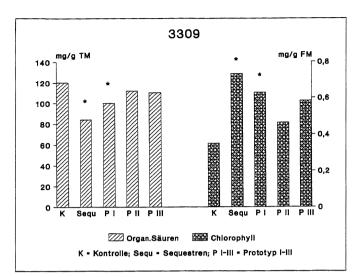


Abb. 6: Gehalt an organischen Säuren und Chlorophyll in jüngsten Blättern der Unterlage Couderc 3309 (1988)

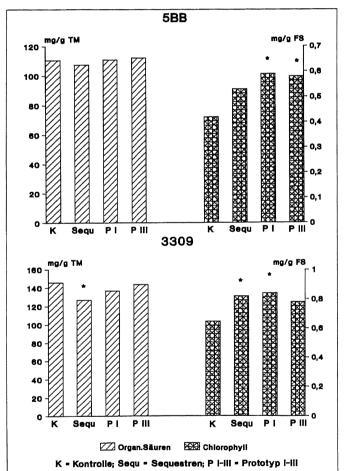


Abb. 7: Gehalt an organischen Säuren und Chlorophyll in jüngsten Blättern der Unterlagen Kober 5BB und Couderc 3309 (1989)

Tabelle 2

Mikronährstoffgehalte in allen geernteten Pflanzenteilen der Unterlagen Kober 5BB und
Couderc 3309 (Versuchsjahr 1988)

| Variante | Fe | Cu | Zn | Mn |
|--------------|-----------------------|---------|---------|--------|
| variance | μg/g TM | | | |
| Kontrolle | 78,3 b ¹) | 7,8 bc | 68,6 b | 82.7 a |
| Sequestren | 176,6 a | 9,8 ab | 48,6 c | 41,3 b |
| Prototyp I | 89,6 b | 8,4 abc | 84,8 a | 58,3 b |
| Prototyp II | 90,7 b | 7,5 c | 77,7 ab | 81,8 a |
| Prototyp III | 90,7 b | 10,0 a | 81,4 ab | 57,7 b |

¹⁾ voneinander abweichende Buchstaben sind signifikant bei 5 % nach Tukey-Test verschieden

Tabelle 3

Mikronährstoffgehalte in allen geernteten Pflanzenteilen der Unterlagen Kober 5BB und
Couderc 3309 (Versuchsjahr 1989)

| Variante | Fe | Cu μg/g | Zn TM | Mn | |
|-------------|------------------------|------------|----------|---------|--|
| Kontrolle | 144,3 b ¹) | 12,1 c | 79,9 a | 105,1 a | |
| Sequestren | 247,4 a | 15,4 ab | 75,3 a | 71,9 c | |
| Prototyp I | 149,1 b | 14,2 ab | 79,3 a | 97,3 ab | |
| Prototyp II | 154,3 b | 13,9 bc | 76,3 a | 93,7 ab | |

¹⁾ voneinander abweichende Buchstaben sind signifikant bei 5 % nach Tukey-Test verschieden

4. Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Untersuchungen war die Prüfung neu entwickelter Fe-Düngerformen auf ihre Eignung zur Vermeidung oder Bekämpfung von Chlorose bei Kulturpflanzen. Die Fe-Gehalte der Auswaschungsversuche und des Überstauwassers der Gefäßversuche (Abb. 1-3) zeigen eine verbesserte Fe-Versorgung auf Grund der Düngung mit Sequestren und dem umhüllten FeEDTA. Dennoch stiegen die Fe-Gehalte in den Blättern der FeEDTA-Variante nur im Versuchsjahr 1988 (Abb. 4) an, 1989 (Abb. 5) jedoch nicht. Die Sequestrendüngung konnte dagegen die Fe-Gehalte der Blätter in jedem Versuch steigern. Dies wird ebenfalls deutlich bei der Verrechnung über die beiden Versuchsjahre der Unterlage 5BB (Tab. 4), wo nur die Sequestrenvariante eine deutliche Steigerung zeigte. Auch Reed et al. (1988) fanden im Vergleich verschiedener Dünger die höchsten Fe-Gehalte bei Sequestrendüngung. Die annähernd gleichen Fe-Gehalte der FeSO4-gedüngten Variante des Versuches ließen aber dennoch deutliche Chlorosesymptome erkennen, so daß der Gesamt-Fe-Gehalt kein gutes Indiz für die Wirksamkeit des Düngers auf die Chlorose darstellte. Fardossi und Danneberg (1984a) fanden ebenfalls keine nennenswerten Unterschiede im Fe-Gehalt zwischen chlorotischen und nichtchlorotischen Blättern.

Eine positive Wirkung der Prototypen erscheint jedoch dennoch gegeben, da vermutlich durch die gute Fe-Versorgung das Pflanzenwachstum in den Prototyp-Varianten 1988 deutlich verbessert war, so daß die TG höher als in der Kontrolle lagen. Diese gute Wirkung auf das TG im Vergleich zu den Kontrollpflanzen wird besonders beim Prototyp I auch im zweijährigen Durchschnitt deutlich (Tab. 4 und 5). Diese Ergebnisse decken sich mit denen von Fardossi und Danneberg (1984 a, 1984 b, 1985), die bei bikarbonatinduzierter Chlorose eine reduziertes Wachstum und Trockensubstanzbildung fanden.

Auch der Prototyp II, als umhülltes FeSO₄ erreichte 1988 in beiden Unterlagen hohe TG (Abb. 4), zeigte aber dennoch leichte Chlorosesymptome, so daß diese Variante im Folgejahr nicht mehr eingesetzt wurde. Die Düngung von FeSO₄ alleine bei Pfirsich (Reed et al. 1988) oder modifiziert mit Zusatzstoffen (Gelpolymer, Harnstoff [NH₂]₄SO₄; Mortvedt und Mikkelsen 1991) bei Sorghum führte nicht zur Behebung von Chlorosesymptomen.

Tabelle 4

Einfluß verschiedener Fe-Dünger auf den Gehalt an Fe, Chlorophyll, organischen Säuren und das Trockengewicht von Blättern der Unterlage Kober 5BB (Angaben in % zur Kontrolle; zweijähriger Durchschnitt für Fe-Gehalt und TM)

| Variante | Fe-Gehalt | TM | TM Chlorophyll org. Säuren in % | | |
|----------------------------|------------|-------------------|---------------------------------|-----------|--|
| Kontrolle | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| Sequestren | 194 | 152 | 126 | 98 | |
| Prototyp I Prototyp III | 107 104 | $\frac{153}{102}$ | 141 138 | 98 102 | |

Tabelle 5

Einfluß verschiedener Fe-Dünger auf den Gehalt an Fe, Chlorophyll, organischen Säuren und das Trockengewicht von Blättern der Unterlage Couderc 3309 (Angaben in % zur Kontrolle; zweijähriger Durchschnitt)

| Variante | Fe-Gehalt | TM | Chlorophyll in % | org. Säuren |
|--------------|-----------|-----|---------------------|-------------|
| Kontrolle | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Sequestren | 221 | 97 | 168 | 79 |
| Prototyp I | 109 | 131 | 154 | 89 |
| Prototyp III | 120 | 135 | 143 | 95 |

Es ist bekannt, daß Fe-Mangelchlorosen in Abhängigkeit von der Witterung verschieden stark in Erscheinung treten. Diese Witterungseinflüsse, die sich auch auf die bei trockenem Wetter im Drahthaus der Gefäßversuchsstation aufgestellten Versuche auswirkten, sind sehr wahrscheinlich für die 1988 viel stärker als 1989 auftretende Chlorose verantwortlich. Den Unterschied in der Chloroseintensität zwischen beiden Versuchsjahren zeigt ein Vergleich der Chlorophyllgehalte der Unterlage 3309, die 1989 (Abb. 7) schon in der Kontrolle, aber auch in den Fe-Düngungsvarianten höher liegen als 1988 (Abb. 6).

Die Chlorophyllgehalte der Fe-Düngervarianten lagen deutlich über denen der Kontrolle (Tab. 4 und 5), wobei der Unterschied zwischen der Kontrolle und der Prototyp I-Variante immer signifikant war (Abb. 6 und 7). Nach erfolgter Fe-Düngung stiegen in Untersuchungen von Fernandez-Lopez et al. (1991) besonders der Chlorophyll-a- und der β-Karotingehalt an, und die Chlorosesymptome gingen zurück. Der Zunahme im Chlorophyllgehalt stand ein Rückgang in den organischen Säuren der Sequestren- und Prototyp I-Varianten, besonders in der chloroseanfälligen Unterlage 3309 gegenüber (Tab. 4 und 5), was als ein Hinweis auf ein Zurückdrängen der Chlorose durch eine bessere Fe-Versorgung angesehen werden kann. Die bei Couderc 3309 teils signifikante Reduzierung im Gehalt der organischen Säuren bestätigt zahlreiche frühere Literaturangaben über den Zusammenhang von Chlorose und organischen Säuren (DeKock und Morrison 1958, Su et al. 1961, Nauholz 1989). Höfner und Grieb (1979) fanden unter Fe- und Mo-Mangel bei Mais und Sonnenblumen eine Erhöhung des Gesamtsäuregehal-

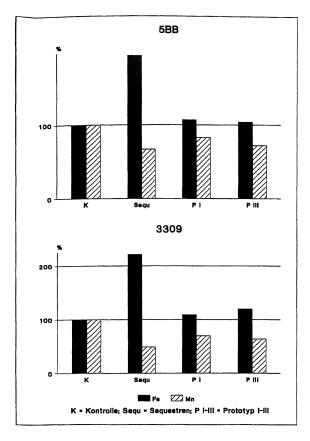


Abb. 8: Relative Veränderung im Gehalt an Fe und Mn in jüngsten Blättern der Unterlagen Kober 5BB und Couderc 3309 (Angaben in % zur Kontrolle; zweijähriger Durchschnitt)

tes. Sie haben festgestellt, daß die Säureanreicherung eine Folge von Stoffwechselstörungen ist. Nach Sun et al. (1987) waren die Succinat-, Malat- und Citratgehalte bei dem Apfelpflänzling (York Imperial) ohne Fe-Düngung höher als in Fegedüngten Pflanzen.

Ein zusätzlicher Hinweis auf die Wirksamkeit eines Fe-Düngers und der durch ihn verbesserten Fe-Aufnahme der Pflanzen kann auch in dem Verhältnis der Fe- und Mn-Gehalte im Blatt zueinander gesehen werden. Die Wechselwirkung von Fe und Mn im Stoffwechsel der Pflanzen ist seit Somers und Shive (1942) als Fe-Mn-Antagonismus bekannt und wurde von mehreren Autoren (Scherer und Höfner 1980, Parkpian und Anderson 1986, Zaharieva 1986, Al-Showk et al. 1986, Wikoff und Moraghan 1986) bestätigt. Die Düngung mit FeEDDHA konnte die Mn-Gehalte im Sproß von Flachs senken, was durch den Anstieg der Fe-Gehalte hervorgerufen wird (Moraghan 1979). Dieses trifft auch für die Sequestrenvariante in beiden Unterlagen der eigenen Versuche zu (Abb. 8) und unterstreicht die Wirksamkeit dieses Düngers. In den Varianten des umhüllten FeEDTA und der Mischung aus FeEDTA+FeSO₄ geht der Mn-Gehalt ebenfalls deutlich zurück, während die Fe-Gehalte jedoch nur leicht ansteigen.

In der Literatur sind zahlreiche Angaben über chloroseanfällige und chloroseresistente Sorten bei Reben bekannt (Olsen und Brown 1980, Mengel und Malissiovas 1982, Kolesch 1985). Die stärkere Chloroseanfälligkeit der Unterlage Couderc 3309 kann durch die eigenen Ergebnisse in der Kontrollvariante unterstrichen werden. Eine Fe-Düngung führte somit auch zu einem deutlicheren Anstieg

der Chlorophyllgehalte, als bei der wüchsigeren Unterlage Kober 5BB (Tab. 4

Im Vergleich der Wirksamkeit der Dünger zeigt sich die besonders gute Wirkung des Sequestrens in dem höchsten Fe-Gehalt und hohen Chlorophyllgehalten bei gleichzeitig niedrigen Gehalten an organischen Säuren. Die Prototypen I und III steigern ebenfalls, wenn auch weniger stark als Sequestren den Fe-Gehalt der Blätter. Für die Wirksamkeit besonders der Prototypen I als Fe-Quelle spricht zusätzlich der gegenüber der Kontrolle um ca. 50 % erhöhte Chlorophyllgehalt und die niedrigen Gehalte organischer Säuren. Vergleichsweise zu Sequestren sind die Wirkungen der Prototypen I und III zwar schwächer, gegenüber der Kontrolle führen sie aber zu einem deutlich besseren Fe-Versorgungsgrad der Pflanzen und zu einer größeren Menge an pflanzenverfügbarem Fe im Boden.

Literatur

- Alcantara, E., F. J. Romera and M. D. de la Guardia, 1988: Genotypic differences in bicarbonate-induced iron chlorosis in sunflower. J. Plant Nutr. 11, 65—75. -Showk, A. M., R. L. Westermann and D. L. Weeks, 1986: Iron chlorosis in soybeans. J.
- Plant Nutr. 9, 355-371.
- BOXMA, R. and B. VAN LUIT, 1983: The use of iron chelates in compound fertilizers containing trace elements. Commun., Soil Sci. and Plant Anal. 14, 321-333.
- Bübl, W. 1981: Eisen-Chlorose bei der Weinrebe. Löslichkeit und Verteilung von Eisen in grünen und chlorotischen Blättern sowie Bedeutung des Bikarbonats. Dissertation FB 19 der Universität Gießen.
- Coulombe, B. A., R. L. Chaney and W. J. Wiebold, 1984: Use of bicarbonate in screening soybeans for resistance in iron chlorosis. J. Plant Nutr. 7, 411-425.
- DEKOCK, P. C. and R. I. MORRISON, 1958: The metabolism of chlorotic leaves II. Organic acids. Biochem. J. 70, 272-277.
- Dofing, S. M., E. J. Penas and J. W. Maranville, 1989: Effect of bicarbonate in iron reduction by soybean roots. J. Plant Nutr. 12, 797-802.
- FARDOSSI, A. und O. H. DANNEBERG, 1984 a: Untersuchungen zur Eisenphysiologie der Weinrebe im Zusammenhang mit der Chlorose. Teil 1: Eisenmangel- und Eisensteigerungsversuche mit Weinreben. Die Bodenkultur 35, 221-231.
- Fardossi, A. und O. H. Danneberg, 1984b: Untersuchungen zur Eisenphysiologie der Weinrebe im Zusammenhang mit der Chlorose. Teil 2: Die Induktion von Chlorose durch Hydrogencarbonat. Die Bodenkultur 35, 305—315.
- Fardossi, A. und O. H. Danneberg, 1985: Untersuchungen zur Eisenphysiologie der Weinrebe im Zusammenhang mit der Chlorose. Teil 3: Die Wechselwirkung von Hydrogencarbonat und Eisen. Die Bodenkultur 36, 1—10.
- Fernandez-Lopez, J. A., L. Almela, J. M. Lopez-Roca and C. Alcaraz, 1991: Iron deficiency in Citrus Limon: Effects on photochlorophyllase synthetic pigments and chlorophyllase activity. J. Plant Nutr. 14, 1133—1144.
- HÖFNER, W. und R. GRIEB, 1979: Einfluß von Fe- und Mo-Mangel auf den Ionengehalt momokotyler und dikotyler Pflanzen unterschiedlicher Chloroseanfälligkeit. Z. Pflanzenern. und Bodenkd. 142, 626-638.
- KOLESCH, H., M. OKTAY and W. HÖFNER, 1984: Effect of iron chlorosis-inducing factors on the pH of the cytoplasm of sunflower (Helianthus annuus). Plant and Soil 82, 215-221.
- Kolesch, H., 1985: Die Eisenmangelchlorose der Weinrebe (Vitis vinifera L.). Einfluß von Bikarbonat und Phosphat unter Berücksichtigung der genetisch fixierten Chloroseanfälligkeit zweier Unterlagen. Dissertation FB 19 Universität Gießen.
- Kovancı, I., H. Hakerlerler und W. Höfner, 1978: Ursachen der Chlorosen an Mandarinen
- (Citrus reticulata blanco) der Ägäischen Region. Plant and Soil 50, 193—205.

 Mengel, K. and N. Malissiovas, 1982: Light dependent proton excretion by roots of entire vine plants (Vitis vinifera L.). Z. Pflanzenern. und Bodenkd. 145, 261—267.

 Mengel, K., M. T. Breininger and W. Bübl., 1984 a: Bicarbonate the most important factor
- inducing iron chlorosis in vine grapes on calcareous soil. Plant and Soil 81, 333—344. Mengel, K., W. Bübl and H. W. Scherer, 1984b: Iron distribution in vine leaves with
- HCO₃-inducing chlorosis. J. Plant Nutr. 7, 715—724.

 Merkel, G. W. und A. Jungk, 1973: Die Bestimmung nichtflüchtiger Carbonsäuren in Pflanzensubstanz. Z. Pflanzenern. und Bodenkd. $1\overline{34}$, 1-9.

- Moraghan, J. T., 1979: Manganese toxicity in flax growing on certain calcareous soils low in available iron. Soil. Sci. soc. Amer. 43, 1177—1180.
- Mortvedt, J. J. and R. L. Mikkelsen, 1991: Grain sorghum response to granular formulations of iron sources and gel polymers. Vortrag anläßlich des VIth International Iron Symposium, Utah State University, Logan, 14.—19-07-1991; im Druck bei J. Plant Nutrition
- Nauholz, E., 1989: Photoreduktion von Fe im Zusammenhang mit dem Metabolismus organischer Säuren. Dissertation FB 19 Universität Gießen.
- Özgümüs, A., 1987: Bitkilerde demir klorozu. Ulud. Üniv. Zir. Fak. Derg. $\it 6$, 117-128.
- Октау, М., 1984: Satsuma mandarinlerinde (Citrus Unshiu Marcovitch) görülen kloroza etkili etmenler üzerinde bir arastırma. E. Ü. Z. F. Derg 21/1, 223—235.
- Olsen, R. A. and J. C. Brown, 1980: Factors related to iron uptake by dicotyledonous plants. I. pH and reductant. J. Plant Nutr. 2, 629-645.
- PARKPIAN, P. and W. B. Anderson, 1986: Iron availability from a steel industry by-product. J. Plant Nutr. 9, 1027—1038.
- RAESE, J. T. and D. C. STAIFT, 1988: Chlorosis of "Anjou" pear trees reduced with foliar sprays of iron compounds. J. Plant Nutr. 11, 1379-1385.
- REED, D. W. M., 1988: Effect of urea, ammonium and nitrate on foliar absorption of ferric
- citrate. J. Plant Nutr. 11, 1429—1437.
 Reed, D. W. M., C. G. Lyons and G. R. McEachern Jr., 1988: Field evaluation of inorganic and chelated iron fertilizers as foliar sprays and soil application. J. Plant Nutr. 11,
- 1369—1378. Saaтcı, N., 1990: Die Wirkung neuer Fe-Dünger auf Chlorose bei Weinreben *Vitis vinifera* L. Dissertation FB 19 Universität Gießen.
- Sahrawat, K. L., 1988: Extractable iron in two soils of contrasting pH fertilized with ferrous sulfate, FeEDTA, FeEDDHA. Fertil. Research 16, 31-35.
- Scherer, H. W. und W. Höfner, 1980: Wechselwirkung von Fe, Mn und Zn bei Aufnahme und Transport durch Mais (*Zea mays* L.) und Sonnenblumen (*Helianthus annuus* L.). Z. Pflanzenphysiol. 97, 25—34.

- Z. Pflanzenphysiol. 97, 25-34.
 Somers, J. J. and J. W. Shive, 1942: The iron-manganese relation in plant metabolism. Plant Physiology 17, 582-602.
 Su, L. Y. and G. W. Miller, 1961: Chlorosis in higher plants as related to organic acid content. Plant Physiology 36, 415-420.
 Sun, X.-P., S. Y. Wang, Y.-A. Tong, R. F. Korcak and M. Faust, 1987: Metabolic changes in iron-deficient apple seedlings. J. Plant Nutr. 10, 1021-1030.
 Wikoff, L. and J. T. Moraghan, 1986: Different iron-manganese relationships in two flax cultivars. J. Plant Nutr. 0, 830-840.
- cultivars. J. Plant Nutr. 9, 839-849.
- Zaharieva, T., 1986: Comparative studies of iron inefficient plant species with plant analysis. J. Plant Nutr. 9, 939—946.

(Manuskript eingelangt am 10. Februar 1992, angenommen am 26. März 1992)

Anschrift der Verfasser:

Dr. Nilgun Saatcı, E. Ü. Ziraat Fak., 35040 Bornova-Izmir, Türkei; Dr. Christine Natt und Prof. Dr. Dr. h. c. Werner Höfner, Institut für Pflanzenernährung, Südanlage 6, D-6300 Gießen, Deutschland