

## Vergleichende Untersuchungen über die Empfindlichkeit von 6 Unterlagensorten der Weinrebe gegenüber Phosphat- induziertem Zink-Mangel

von

H. MARSCHNER und A. SCHROPP

### Comparative studies on the sensitivity of six rootstock varieties of grapevine to phosphate-induced Zn deficiency

**Summary.** — In pot experiments with the rootstock varieties 143 A M.G., 125 AA, 26 G., 5 C, 5 BB and 8 B, increasing phosphate fertilization of a soil deficient in zinc led to a decrease in the zinc content of the younger leaves in all six varieties. Extreme growth depressions of the shoots and symptoms of zinc deficiency in the young leaves, however, appeared only in the varieties 5 BB and 8 B.

In water culture experiments, by contrast, increasing phosphate concentrations led to no decrease at all or only to a slight one of the zinc content in the younger leaves, and growth depressions or distinct symptoms of zinc deficiency appeared in none of the six varieties, although the phosphorus content in the young leaves increased to a considerably greater degree than in the soil experiment. The P/Zn ratio rose thereby in these leaves to over 1000 without the occurrence of zinc deficiency symptoms.

With a constant rate of zinc uptake through the roots and translocation into the young, growing leaves, the "critical" zinc concentrations in these leaves can apparently be very low (below 14  $\mu\text{g Zn/g}$  dry matter), even with very high phosphorus contents. In the soil, particularly under outdoor conditions, however, the uptake rate of zinc may vary considerably (e.g. in the case of high fluctuations of the soil water content), so that only higher zinc contents of the leaves reflect that on the average the translocation rate of Zn into the leaves during leaf development was sufficient.

The occurrence of zinc deficiency induced by phosphate in the varieties 5 BB and 8 B in the soil, but not in the nutrient solution, can probably be attributed to the smaller root system in comparison with the other varieties. Under unfavourable environmental conditions, especially when root growth is restricted by low light intensities, both these varieties should be particularly susceptible to Zn deficiency.

### Einleitung

In Verbindung mit hohen Phosphat-Düngergaben wird die Gefahr eines induzierten Zn-Mangels bei Kulturpflanzen verstärkt, vor allem auf Böden mit höheren pH-Werten und hohem Kalkgehalt (ROSCOE *et al.* 1964, BUCHER 1970, MELTON *et al.* 1970). Umstritten ist, ob es sich dabei um Verminderung der Zn-Verfügbarkeit im Boden (SCHROPP und MARSCHNER 1977), Hemmung der Zn-Aufnahme bzw. Zn-Verlagerung (TRIER und BERGMANN 1974, DWIVEDI *et al.* 1975) bzw. „physiologische Inaktivierung“ von Zn im Sproß aufgrund eines weiten P/Zn-Verhältnisses (BOAWN und BROWN 1968) handelt.

Zn-Mangel tritt auch in deutschen Weinbaugebieten auf, sowohl an Saar und Mosel (GÄRTEL 1968, 1974) als auch im Würzburger Gebiet (BUCHER 1970), wobei zwar in beiden Fällen auf die Bedeutung des P/Zn-Verhältnisses in den Weinreben für

das Auftreten von Zn-Mangel hingewiesen wird, obwohl die Angaben über die kritischen „Grenzwerte“ für Zn bzw. P/Zn stark unterschiedlich sind.

Die Ergebnisse in der Literatur über Mechanismus und Ausmaß eines Phosphat-induzierten Zn-Mangels sind nicht zuletzt deshalb widersprüchlich, weil die Untersuchungen nicht mit denselben Pflanzenarten bzw. Sorten einer Art durchgeführt wurden. Ähnlich wie bei den Wildpflanzen können aber auch bei den Kulturpflanzen Art- und Sortenunterschiede im Aneignungsvermögen für Pflanzennährstoffe bzw. in der Empfindlichkeit gegenüber induziertem Mangel, besonders bei Spurennährstoffen, beobachtet werden. Das Vorhandensein dieser genetischen Variationsbreite auch im Mineralstoffwechsel erschwert einerseits die Vergleichbarkeit der Ergebnisse, bietet andererseits aber die Möglichkeit systematischer Ausnutzung bei Selektion und Anbau.

Genotypische Unterschiede im Zn-Aneignungsvermögen konnte z. B. bei Mais (HALIM *et al.* 1968), Hirse (SHUKLA *et al.* 1973) und Weizen (SHUKLA und RAY 1974) nachgewiesen werden. Entsprechende Untersuchungen bei Weinreben über Zn-Aneignungsvermögen bzw. Empfindlichkeit gegenüber Phosphat-induziertem Zn-Mangel liegen nicht vor. Dagegen sind bei Weinreben schon lange Sortenunterschiede gegenüber Fe-Mangel („Kalkchlorose“) bekannt (STELLWAAG und KNICKMANN 1955).

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, 6 Unterlagensorten in Gefäßversuchen mit Kalkboden bzw. in Wasserkultur hinsichtlich Zn-Aneignungsvermögen und Empfindlichkeit gegenüber Phosphat-induziertem Zn-Mangel zu untersuchen. Da im Weinbau fast ausschließlich Pfropfreben verwendet werden, war das Verhalten der Unterlagensorten von besonderem Interesse.

## Material und Methoden

### 1. Versuch im Boden<sup>1)</sup>

Für diesen Versuch wurde ein  $Km_1$ -Mergelboden aus dem Raum Würzburg<sup>1)</sup> mit folgenden Analysendaten verwandt: pH 7,6 (KCl); 30% Karbonatgehalt; 2,5 mg P/100 g Boden (nach OLSEN *et al.* 1974); 0,2 mg Zn/kg Boden (nach TRIERWEILER und LINDSAY 1969); 45% Sand; 43% Schluff und 12% Ton, davon 80% Illit, 10% Montmorillonit und 10% Wechsellagerungsminerale. Weitere Angaben siehe SCHROPP (1976).

Vor Versuchsbeginn wurde der Boden mit einer einheitlichen Grunddüngung versehen (mg/100 g): 13 K und 11 P ( $KH_2PO_4/Ca(H_2PO_4)_2$ ), 23 N ( $Ca(NO_3)_2$ ), 10 Mg ( $MgSO_4$ ) sowie Spurennährstoffe (mg/kg): 5 Fe (Fetrilon), 16 Mn ( $MnSO_4$ ), 4 Cu ( $CuSO_4$ ), 0,5 B ( $H_3BO_3$ ) und 0,5 Mo (Ammoniummolybdat).

Neben dieser einheitlichen Grunddüngung von 11 mg P erfolgte noch eine gesteigerte Phosphat-Düngung mit  $Ca(H_2PO_4)_2$  auf 111 bzw. 222 mg P/100 g Boden. Jede der drei Phosphat-Düngungsvarianten bestand aus 4 Parallelgefäßen. Als Versuchsgefäße dienten Plastikeimer mit je 3 kg Boden. Die Bepflanzung erfolgte im Juni 1974 mit vorher in Torf bewurzelten Stecklingen, je eine Pflanze/Gefäß. Bereits nach 6 Wochen traten bei allen Pflanzen unabhängig von der Höhe der Phosphat-Düngung extrem starke Zn-Mangelsymptome auf, die auch durch 2malige Nachdüngung mit je 1 mg Zn/kg Boden nicht mehr innerhalb dieser Vegetationsperiode behoben werden konnten. Auf eine Auswertung dieser ersten Vegetationsperiode wurde daher verzichtet.

<sup>1)</sup> Herrn Dr. BUCHER — Landwirtschaftliches Untersuchungsamt Würzburg — danken wir für seine wertvolle Unterstützung bei der Beschaffung des Bodens.

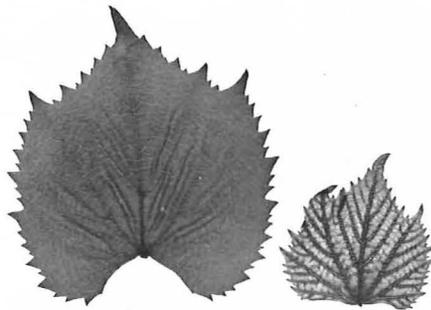
Nach Überwinterung der Pflanzen in einem Raum mit 5—10 °C wurden vor dem Austrieb der Pflanzen im Gewächshaus (ab Februar 1975) nochmals einheitlich allen Gefäßen 3 mg Zn/kg Boden zugesetzt. Das weitere Wachstum der Pflanzen erfolgte in der Vegetationshalle. Die Ernte wurde am 24. 4. 1975 vorgenommen, wobei eine Fraktionierung des Sprosses in junge Blätter (die 7 oberen), alte Blätter und übrigen Sproß erfolgte. Auf die Analyse der Wurzeln wurde verzichtet.

## 2. Versuch in Nährlösung

Der Versuch wurde in Kunststoffgefäßen (PVC) mit 1 l Nährlösung unter kontrollierten Klimabedingungen (24 °C/17 °C Tag/Nacht, 60—80% relative Luftfeuchtigkeit, 10.000 Lux Lichtintensität, 16-Stundentag) durchgeführt. Die Grundnährlösung hatte folgende Zusammensetzung: Massennährstoffe (mM/l): 2,0 Ca und 4,0 NO<sub>3</sub> (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), 1,1 K und 0,1 P (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>/K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 0,65 Mg und 1,15 SO<sub>4</sub> (MgSO<sub>4</sub>/K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), Spurennährstoffe: 2 × 10<sup>-2</sup> Fe (FeEDTA), 2 × 10<sup>-3</sup> Mn (MnSO<sub>4</sub>), 2 × 10<sup>-4</sup> Cu (CuSO<sub>4</sub>), 3,9 × 10<sup>-4</sup> Zn (ZnSO<sub>4</sub>) = 25 µg Zn/l, 2 × 10<sup>-2</sup> B (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>), 2 × 10<sup>-4</sup> Mo (Ammoniummolybdat).

Einfluß des Zn-Versorgungsgrades auf das Spreitenwachstum von Blättern vergleichbarer Insertionshöhe. — Links: Normale Zn-Versorgung, rechts: Zn-Mangel.

Effect of Zn nutritional status on the growth of blades from leaves comparable in age. — Left: Normal Zn supply, right: Zn deficiency.



Die Stecklinge wurden in Reagenzgläsern zunächst in Leitungswasser und nach der Bewurzelung in 1/10 verdünnter Nährlösung herangezogen. Nach 3 Wochen Wachstum erfolgte Übertragung der Stecklinge in die Versuchsgefäße mit voller Nährlösung. Nach 2 Wochen wurde die Phosphat-Konzentration bei einer Variante auf 1,0 mMol und bei einer weiteren Variante auf 5,0 mMol durch Zusatz von Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> erhöht. Jede Variante bestand aus 4 Parallelgefäßen. Die Nährlösungen wurden ständig belüftet und je nach Größe der Pflanzen im Abstand von 3 bis 7 Tagen vollständig erneuert. Der pH-Wert der Nährlösungen betrug 5,2 und stieg innerhalb von 2—4 Tagen auf etwa 7,5 an.

Die Versuchsdauer betrug 8 Wochen, bei der Ernte erfolgte Trennung in junge Blätter (7 oberste Blätter) und übrigen Sproß und Wurzeln.

## 3. Aufarbeitung des Pflanzenmaterials

Nach der Ernte erfolgte Trocknung bei 105 °C und Veraschung. Phosphat wurde kolorimetrisch und Zn mit dem Atomabsorptions-Spektralphotometer bestimmt.

## Ergebnisse

### 1. Versuch im Boden

Die steigende Phosphat-Düngung zum Boden wirkte sich bei den 6 Unterlagensorten recht unterschiedlich aus (Tabelle 1). Während bei den Sorten 143 A M.G.,

Tabelle 1

Einfluß steigender Phosphat-Düngung zum Boden auf Sproßwachstum und P- und Zn-Gehalte sowie das P/Zn-Verhältnis in den jungen Blättern von 6 Unterlagensorten der Weinrebe

Effect of increased phosphate application to the soil on short growth, content of P and Zn and P/Zn ratio in young leaves of 6 rootstock varieties of grapevine

Düngung mg P/100 g Boden	Wuchs- höhe cm	T.S. Sproß g	junge Blätter		
			mg P/g T.S.	µg Zn/g T.S.	P/Zn
143 A M.G.					
11	138	29,4	2,58	21,8	118
111	141	28,9	2,74	20,4	134
222	135	30,9	2,70	13,5	200
125 AA					
11	162	15,6	2,94	37,4	79
111	149	16,5	2,79	21,9	127
222	151	20,4	2,66	16,0	166
26 G.					
11	133	20,2	2,55	18,9	135
111	118	19,5	2,74	17,1	160
222	134	22,3	3,00	14,8	203
5 C					
11	165	18,6	2,86	26,9	106
111	153	18,6	2,65	17,7	150
222	133	17,0	2,80	16,2	173
5 BB					
11	180	16,0	2,27	27,0	84
111	212	19,0	2,61	24,8	105
222	81	4,6	3,38	12,0 <sup>1)</sup>	282
8 B					
11	193	19,4	2,60	27,4	95
111	165	16,7	2,58	16,5	156
222	103	8,0	3,84	20,6 <sup>1)</sup>	186

<sup>1)</sup> Zn-Mangelsymptome.

Tabelle 2

Einfluß steigender Phosphat-Düngung zum Boden auf den Gehalt an P und Zn in älteren Blättern. Mittelwerte der 6 Unterlagensorten

Effect of increasing phosphate application to the soil on P and Zn content of the old leaves. Average of the 6 rootstock varieties

Düngung mg P/100 g Boden	ältere Blätter		
	mg P/g T.S.	µg Zn/g T.S.	P/Zn
11	1,32	32,6	40
111	1,53	23,2	66
222	3,05	20,9	146

125 AA, 26 G. keine nennenswerten Wachstumsunterschiede zu beobachten waren (vgl. Wuchshöhe und TS-Produktion) und bei der Sorte 5 C nur gegen Ende der Vegetationsperiode bei der höchsten Phosphat-Düngung leichte Zn-Mangelsymptome

und verminderte Zuwachsrate (vgl. Wuchshöhe) zu verzeichnen waren, kam es bei den Sorten 5 BB und 8 B im Verlaufe der Vegetationsperiode bei der höchsten Phosphat-Düngung zu zunehmender Wachstumsdepression und Auftreten von starken Zn-Mangelsymptomen an den jüngsten Blättern. Die Trockensubstanzbildung war bei diesen beiden Sorten bei der höchsten Phosphat-Düngung entsprechend drastisch vermindert. Neben gehemmtem Längenwachstum der Sprosse sind Hemmung des Blattspreitenwachstums, verbunden mit Interkostalchlorose und offener Stielbucht die typischen Zn-Mangelsymptome. Dieselben Symptome treten auch bei den anderen Sorten bei fehlendem oder unzureichendem Zn-Angebot auf (Abb.).

Die P- und Zn-Gehalte der jüngsten Blätter zeigen bei allen Sorten einen einheitlichen Trend: Die starke Erhöhung der Phosphat-Düngung führt zu keiner wesentlichen Erhöhung der P-Gehalte, mit Ausnahme der beiden Sorten 5 BB und 8 B bei den höchsten Düngungsstufen; in diesen Fällen handelt es sich aber wahrscheinlich um einen „Konzentrationseffekt“ aufgrund der starken Wachstumsdepression.

Die Zn-Gehalte sind bei der niedrigen Phosphat-Düngung bei den einzelnen Sorten unterschiedlich hoch, durch die Erhöhung der Düngergaben aber einheitlich

Tabelle 3

Einfluß steigender Phosphat-Konzentrationen in der Nährlösung auf das Sproßwachstum und die P- und Zn-Gehalte sowie das P/Zn-Verhältnis in den jungen Blättern von 6 Unterlagensorten. Zn-Angebot einheitlich 25 µg/l. Versuchsdauer 8 Wochen

Effect of increasing phosphate concentrations in the nutrient solution on shoot growth, content of P and Zn and on P/Zn ratio in young leaves of 6 rootstock varieties of grapevine. Uniform Zn concentration of 25 µg/l; duration of the experiment 8 weeks

Phosphat-Konzentration mMol/l	T.S. Sproß g	junge Blätter		
		mg P/g T.S.	µg Zn/g T.S.	P/Zn
143 A M.G.				
0,1	15,5	2,86	18,8	152
1	15,9	6,24	15,7	397
5	14,6	11,53	14,4	801
125 AA				
0,1	16,0	3,18	15,4	206
1	14,0	8,28	13,5	613
5	14,3	13,88	13,7	1013
26 G.				
0,1	17,6	2,85	15,3	186
1	20,6	6,32	10,5	602
5	22,7	11,68	13,0	898
5 C				
0,1	13,6	2,76	14,5	190
1	11,7	12,20	14,3	853
5	11,5	16,06	14,6	1100
5 BB				
0,1	15,9	2,51	12,0	209
1	16,9	9,97	12,7	785
5	16,0	16,79	13,8	1217
8 B				
0,1	15,5	2,15	18,4	117
1	12,2	8,62	16,5	522
5	14,0	10,86	13,6	799

stark abgesenkt. Eine Ausnahme bildet nur die Sorte 8 B bei der höchsten Düngungsstufe, wobei es sich ebenfalls wie beim P-Gehalt um einen „Konzentrations-effekt“ aufgrund starker Wachstumsdepression handeln dürfte.

Durch die steigende Phosphat-Düngung wurde bei allen Sorten das P/Zn-Verhältnis in den jungen Blättern größer, allerdings fast ausschließlich infolge der absinkenden Zn-Gehalte.

Im Gegensatz zu den jüngeren Blättern (Tabelle 1) führte in den älteren Blättern die steigende Phosphat-Düngung zu eindeutiger Erhöhung der P-Gehalte (Tabelle 2). Die Zn-Gehalte sanken in diesen älteren Blättern ähnlich ab wie in den jüngeren. Zwischen den Sorten bestanden beim Anstieg im P-Gehalt bzw. Absinken des Zn-Gehaltes keine wesentlichen Unterschiede, weshalb in Tabelle 2 nur die Mittelwerte aller 6 Sorten wiedergegeben sind. Die Erweiterung des P/Zn-Verhältnisses kommt somit in den älteren Blättern sowohl durch steigenden P-Gehalt als auch absinkenden Zn-Gehalt zustande.

Tabelle 4

Sproß- und Wurzelwachstum in Nährlösung bei 2 Unterlagensorten von Weinreben. Versuchsdauer 8 Wochen

Shoot and root growth of 2 rootstock varieties of grapevine in nutrient solution. Duration of the experiment 8 weeks

Sorte	Sproß	Wurzel	Sproß/Wurzel	Haupt- wurzel	Neben- u.
	g T.S.				Seiten- wurzeln
	g T.S.				g T.S.
143 A M.G.	27,3	5,6	4,9	1,5	4,1
5 BB	24,5	3,7	6,6	1,2	2,5

Bei den niedrigen Phosphat-Düngergaben sind die P-Gehalte der älteren Blätter absolut niedrig und auch relativ niedriger als in den jüngeren Blättern; selbst bei der höchsten Phosphat-Düngergabe liegen die P-Gehalte in den Blättern noch im Bereich normaler Versorgung, P-Überschuß lag somit in keinem Fall vor.

Bei der Sorte 143 A M.G. trat bei den beiden hohen Phosphat-Düngergaben ausgeprägte Fe-Mangelchlorose auf, die nur durch laufende Blattspritzungen mit FeEDTA verhindert werden konnte.

## 2. Versuch in Nährlösung

Steigende Phosphat-Konzentrationen in der Nährlösung hatten bei allen 6 Sorten keinen Einfluß auf die Trockensubstanzproduktion (Tabelle 3). Das steigende Phosphat-Angebot spiegelte sich klar in starker Erhöhung der P-Gehalte in den jungen Blättern wider, die Zn-Gehalte sanken jedoch nicht oder nur leicht ab. Leichte Zn-Mangelsymptome an den jüngsten Blättern traten bei den beiden höheren Phosphat-Konzentrationen in der Nährlösung während der Vegetationsperiode nur vorübergehend auf; Sortenunterschiede konnten dabei nicht festgestellt werden.

Bedingt durch die gegenüber dem Versuch im Boden (Tabelle 1) niedrigeren Zn-Gehalte, aber wesentlich höheren P-Gehalte der jüngeren Blätter erweiterten sich die P/Zn-Verhältnisse bei hohen Phosphat-Konzentrationen in der Nährlösung z. T. auf über 1000 in den jungen Blättern.

Die beim Versuch im Boden aufgetretene Empfindlichkeit der beiden Sorten 8 B und 5 BB gegenüber Phosphat-induziertem Zn-Mangel konnte somit in Nährlösung nicht bestätigt werden. Bei diesem sowie anderen in Nährlösung durchge-

fürten Versuchen (SCHROPP 1976) war das relativ kleine Wurzelsystem dieser beiden Sorten gegenüber anderen Sorten, z. B. 143 A M.G., aufgefallen. Es wurde deshalb nochmals ein Vergleichsversuch in Nährlösung mit den Sorten 5 BB und 143 A M.G. durchgeführt (Tabelle 4). Während die Unterschiede im Sproßwachstum zwischen den beiden Sorten gering sind, fällt bei der Sorte 5 BB wiederum ein deutlich kleineres Wurzelsystem auf, wobei dies sowohl die Haupt- und noch stärker die Neben- und Seitenwurzeln betrifft.

### Diskussion

Bei Wachstum in Nährlösung treten zwischen den 6 Sorten weder eindeutige Unterschiede im Zn-Aneignungsvermögen (Zn-Gehalte bei niedrigem P-Angebot) noch in der Empfindlichkeit gegenüber Phosphat-induziertem Zn-Mangel auf. Die bei Wachstum in Nährlösung generell niedrigen und trotz steigender P-Gehalte nur wenig veränderten Zn-Gehalte der jungen Blätter zeigen auch, daß bei konstantem Zn-Angebot im Wurzelbereich auch eine gleichbleibende Zn-Verlagerung in die Sproßspitzen gewährleistet ist und damit der Zn-Bedarf bzw. der „Zn-Grenzwert“ niedrig sein kann. Demnach kann bei konstanter Zn-Einlagerung in die wachsenden Sproßspitzen die gleichzeitige Phosphat-Einlagerungsrate auch stark ansteigen und zu sehr hohen P-Gehalten führen, ohne Zn-Mangel zu induzieren. Damit kann auch das P/Zn-Verhältnis in den jungen Blättern ohne offensichtliche Zn-Mangelsymptome auf über 1000 ansteigen. Dieses Ergebnis spricht gegen eine z. B. von BOAWN und BROWN (1968) hervorgehobene wesentliche Bedeutung der „physiologischen Inaktivierung“ von Zn durch hohe P-Gehalte im Blattgewebe. Auch RAHIMI und BUSSLER (1975) können bei Versuchen mit Mais in Wasserkultur keinen Einfluß des P/Zn-Verhältnisses im Sproß auf das Auftreten von Zn-Mangelsymptomen finden.

Im Gegensatz zu den Nährlösungsversuchen treten beim Wachstum im Boden sowohl deutliche Unterschiede im Zn-Aneignungsvermögen der einzelnen Sorten als auch in der Empfindlichkeit gegenüber Phosphat-induziertem Zn-Mangel auf. Besonders deutliche Unterschiede im Zn-Aneignungsvermögen bestehen zwischen den Sorten 125 AA und 26 G., wo bei der niedrigen Phosphat-Düngungsstufe der Zn-Gehalt in den jungen Blättern 37,4  $\mu\text{g/g}$  T.S. (125 AA) bzw. 18,9  $\mu\text{g/g}$  T.S. (26 G.) beträgt (Tabelle 1).

Während zumindest bei anderen Pflanzenarten über die Ursachen der genotypischen Unterschiede im Fe-Aneignungsvermögen (pH-Absenkung, Abscheidung reduzierend wirkender Substanzen aus den Wurzeln bei Fe-Mangel-Streß) schon eingehende Untersuchungen vorliegen (BROWN und AMBLER 1970, MARSCHNER *et al.* 1974), fehlen die entsprechenden Informationen für Zn (SHUKLA *et al.* 1973, SHUKLA und RAY 1974). Bei den eigenen Untersuchungen konnte ebenfalls bei keiner der 6 Unterlagensorten eine durch Zn-Mangel hervorgerufene pH-Absenkung im Wurzelbereich nachgewiesen werden.

Für das Absinken der Zn-Gehalte in den Blättern mit steigender Phosphat-Düngung dürfte in erster Linie eine Verminderung der Zn-Verfügbarkeit im Boden verantwortlich sein (SCHROPP und MARSCHNER 1977) und nicht eine Hemmwirkung von Phosphat bei der Aufnahme oder Verlagerung von Zn in der Pflanze (SCHROPP 1976).

Das kritische P/Zn-Verhältnis in den jungen Blättern lag bei dem Versuch im Boden bei etwa 200, bei einem anderen Versuch mit einem vergleichbaren Boden um 170 (SCHROPP und MARSCHNER 1977). Von GÄRTEL (1960) wird das kritische P/Zn-Verhältnis im Mittel mit 600, von BUCHER dagegen mit 80—90 angegeben. Je nach Ver-

suchsbedingungen (Nährlösung, Boden, Standort) kann somit das „kritische“ P/Zn-Verhältnis, aber auch der Zn-Gehalt, in den jungen Blättern stark unterschiedlich sein. Offenbar ist die Konstanz des Zn-Angebotes zur Wurzel bzw. die Konstanz der Einlagerungsrate in die wachsenden Blätter wichtiger als z. B. der jeweilige Gehalt an Zn oder P zum Zeitpunkt der Probenahme. Vorübergehender Zn-Mangel zum Zeitpunkt des intensiven Blattwachstums, z. B. gehemmte Zn-Aufnahme infolge vorübergehender Bodenaustrocknung oder durch niedrige Bodentemperaturen (ROSCOE *et al.* 1964, SHARMA *et al.* 1968) kann auch durch nachträgliche verstärkte Zn-Einlagerung in diese Blätter nicht mehr rückgängig gemacht werden. Dies kommt auch dadurch zum Ausdruck, daß die typischen Zn-Mangelsymptome (vgl. Abb.) auch durch nachträgliche Zn-Zufuhr nicht mehr verschwinden (SCHROPP 1976). Je gleichmäßiger das Zn-Angebot über die Wurzeln sein wird, desto niedriger dürfte der „kritische“ Zn-Gehalt und desto weiter das „kritische“ P/Zn-Verhältnis in den Blättern liegen.

Die überraschend großen Sortenunterschiede in der Empfindlichkeit gegenüber Phosphat-induziertem Zn-Mangel bei Wachstum im Boden und das Fehlen entsprechender Sortenunterschiede in Nährlösungskultur sind vermutlich auf die Unterschiede im Wurzelwachstum zwischen den Sorten zurückzuführen. Während in Nährlösungskultur die Ionenkonzentration an der Wurzeloberfläche weitgehend konstant gehalten wird und somit die Wurzeloberfläche eine geringere Bedeutung für die Gesamtaufnahme an Ionen hat, wird im Boden die Aufnahmerate für viele Pflanzennährstoffe durch die Diffusionsrate zur Wurzeloberfläche und damit indirekt durch das Wurzelwachstum und die Größe des Wurzelsystems bestimmt. Dies konnte z. B. für die Phosphat-Aufnahme recht überzeugend von BREWSTER *et al.* (1976) gezeigt werden. Da durch hohe Phosphat-Düngergaben die Zn-Verfügbarkeit im Boden sinkt (SCHROPP und MARSCHNER 1977), werden Sorten mit relativ kleinem Wurzelsystem (z. B. 5 BB) rascher unter Phosphat-induziertem Zn-Mangel leiden als Sorten mit großem Wurzelsystem (z. B. 143 A M.G.).

Bei einer Einstufung von Sorten nach der Größe des Wurzelsystems bzw. nach dem Sproß/Wurzel-Verhältnis ist jedoch die starke Beeinflussbarkeit durch Umweltfaktoren, z. B. Licht, zu berücksichtigen. Bei Weinreben führt z. B. Langtag gegenüber Kurztag zu einseitiger Förderung des Sproßwachstums und Hemmung des Wurzelwachstums und entsprechender Vergrößerung des Sproß/Wurzel-Verhältnisses (ERLENWEIN 1965). Ähnlich wie Kurztag wirkt sich auch Verminderung der Lichtintensität ungünstig auf das Wurzelwachstum aus: Bei Versuchen in Nährlösungen mit der Sorte Silvaner (SCHROPP 1976) wurde durch Verminderung der Intensität des normalen Tageslichtes (Juni bis September) auf 20–40% das Sproßwachstum kaum, das Wurzelwachstum aber stark vermindert, wodurch sich das Sproß/Wurzel-Verhältnis von 2,3 bei normalem Tageslicht auf 4,7 bei verminderter Lichtintensität erweiterte. Gleichzeitig sanken die P- und Zn-Gehalte in den jungen Blättern auf fast die Hälfte ab, was außerdem auf entsprechend verminderte Stoffwechselaktivität der Wurzeln bei verminderter Belichtung der Sprosse hinweist. Vergleichbare Ergebnisse über den Einfluß der Lichtintensität auf das Sproß/Wurzel-Verhältnis und auf die Zn-Aufnahme erzielten auch EDWARDS und KAMPRATH (1974) bei Mais.

Umweltfaktoren können daher über Veränderungen des Sproß/Wurzel-Verhältnisses auch indirekt die Nährstoffaufnahme beeinflussen. Sorten mit einem genetisch bedingten, relativ großen Wurzelsystem werden aber auch unter ungünstigen Umweltbedingungen und niedriger Pflanzenverfügbarkeit eines Nährstoffes, z. B. Zn, eine geringere Empfindlichkeit gegen Mangel an diesem Nährstoff (= höhere „Effizienz“ bei der Aufnahme) zeigen als Sorten mit einem genetisch bedingten kleinen Wurzelsystem.

Die bei Weinreben gefundenen Sortenunterschiede im Wurzelsystem und in der Empfindlichkeit gegenüber Phosphat-induziertem Zn-Mangel zeigen die Möglichkeiten, durch Wahl geeigneter Unterlagen — deren Wachstum andererseits durch die aufgepfropften Edelreissorten modifiziert werden kann — auch unter ungünstigen Standortbedingungen die Gefahr von Zn-Mangel zu vermindern.

### Zusammenfassung

In Gefäßversuchen mit den Unterlagensorten 143 A M.G., 125 AA, 26 G., 5 C, 5 BB und 8 B führte steigende Phosphat-Düngung eines Zn-armen Bodens zum Absinken der Zn-Gehalte in den jüngeren Blättern bei allen 6 Sorten. Starke Wachstumsdepressionen des Sprosses und Zn-Mangelsymptome an den jungen Blättern traten aber nur bei den Sorten 5 BB und 8 B auf.

In Wasserkulturversuchen kam es dagegen bei steigenden Phosphat-Konzentrationen zu keiner oder nur geringfügiger Absenkung der Zn-Gehalte in den jüngeren Blättern, und bei keiner der 6 Sorten traten Wachstumsdepressionen oder deutliche Zn-Mangelsymptome auf, obwohl die P-Gehalte in den jungen Blättern wesentlich stärker anstiegen als beim Versuch im Boden. Dadurch stieg das P/Zn-Verhältnis in diesen Blättern ohne Auftreten von Zn-Mangelsymptomen auf über 1000 an.

Bei gleichbleibender Rate der Zn-Aufnahme durch die Wurzeln und Einlagerung in die jungen, wachsenden Blätter kann der Zn-Grenzwert in diesen Blättern auch bei sehr hohen P-Gehalten offenbar bei allen 6 Sorten sehr niedrig liegen (unter  $14 \mu\text{g Zn/g T.S.}$ ). Im Boden, insbesondere unter Freilandbedingungen, dürfte die Aufnahme von Zn aber größeren Schwankungen unterliegen (z. B. bei Bodenaustrocknung), wodurch erst höhere Zn-Gehalte der Blätter eine im Mittel ausreichende Einlagerungsrate von Zn widerspiegeln.

Das Auftreten von Phosphat-induziertem Zn-Mangel bei den Sorten 5 BB und 8 B im Boden, nicht aber in Nährlösung, ist vermutlich auf die schwächere Wurzelbildung gegenüber den anderen Sorten zurückzuführen. Unter ungünstigen Umweltbedingungen, vor allem, wenn durch niedrige Lichtintensitäten das Wurzelwachstum vermindert ist, wird bei diesen beiden Sorten die Gefahr des Auftretens von Zn-Mangel besonders groß sein.

### Literatur

- BOAWN, L. C. and BROWN, J. C., 1968: Further evidence for a P-Zn imbalance in plants. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 32, 94—97.
- BREWSTER, J. L., BHAT, K. K. S., and NYE, P. H., 1976: The possibility of predicting solute uptake and plant growth response from independently measured soil and plant characteristics. IV. The growth and uptake of rape in solutions of different phosphorus concentration. *Plant and Soil* 44, 279—293.
- BROWN, J. C. and AMBLER, J. E., 1970: Further characterization of iron uptake in two genotypes of corn. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 34, 249—253.
- BUCHER, R., 1970: Vorläufige Untersuchungsergebnisse über die Bedeutung einer gestörten Zn-Ernährung bei Reben für das Zustandekommen des Chlorosesyndroms auf Karbonatböden. *Weinberg u. Keller* 17, 427—445.
- DWIVEDI, R. S., RANDHAWA, N. S., and BAUSAL, R. L., 1975: Phosphorus-zinc interaction: I. Sites of immobilization of zinc in maize at a high level of phosphorus. *Plant and Soil* 43, 639—648.
- EDWARDS, J. H. und KAMPRATH, E. J., 1974: Zinkakkumulation von Maiskeimpflanzen wird durch Phosphor, Temperatur und Lichtintensität beeinflusst. *Agron. J.* 66, 479—482.

- ERLENWEIN, H., 1965: Einfluß von Klimafaktoren auf das Wachstum von *Vitis*-Arten und -Sorten. *Vitis* 5, 94—109.
- GÄRTEL, W., 1960: Zinkmangel bei Reben. *Weinberg u. Keller* 7, 302—311.
- —, 1968: Phosphatüberdüngung — Ursache von Zinkmangel bei Reben. *Dt. Weinbau* 23, 916—918.
- —, 1974: Die Mikronährstoffe — ihre Bedeutung für die Rebenernährung unter besonderer Berücksichtigung der Mangel- und Überschüßerscheinungen. *Weinberg u. Keller* 21, 435—508.
- HALIM, A. H., WASSOM, C. E., and ELLIS, R. jr., 1968: Zinc deficiency symptoms and zinc and phosphorus interactions in several strains of corn (*Zea mays* L.). *Agron. J.* 60, 267—271.
- MARSCHNER, H., KALISCH, A., and RÖMHELD, V., 1974: Mechanism of iron uptake in different plant species. *Plant Anal. and Fertil. Probl.*, 7th Internat. Colloquium Hannover, p. 273—281.
- MELTON, J. R., ELLIS, B. G., and DOLL, E. C., 1970: Zinc, phosphorus and lime interactions with yield and zinc uptake by *Phaseolus vulgaris*. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 34, 91—93.
- OLSRN, S. R., COLE, C. V., WATANABE, F. S., and DEAN, L. A., 1954: Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Dept. Agricult. Circ. 939, 1—19.
- RAHIMI, A. and BUSSLER, W., 1975: Der Einfluß unterschiedlicher Zn-Gaben auf die Entwicklung von Mais. *Landw. Forsch.* 31, 1. Sonderh., 138—150.
- ROSCOE, E. jr., DAVIS, F., and THURLOW, D. L., 1964: Zinc availability in calcareous Michigan soils as influenced by phosphorus level and temperature. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 28, 83—86.
- SCHROPP, A., 1976: Einfluß hoher P-Zusätze zum Nährsubstrat auf den Zn-Gehalt und das P/Zn-Verhältnis in den Blättern verschiedener Unterlagen- und Edelreissorten der Weinrebe. *Diss. TU Berlin*, D 83, Nr. 52.
- — and MARSCHNER, H., 1977: Wirkung hoher Phosphatdüngung auf die Wachstumsrate, den Zn-Gehalt und das P/Zn-Verhältnis in Weinreben (*Vitis vinifera*). *Z. Pflanzenernähr. u. Bodenk.* (im Druck).
- SHARMA, K. C., KRANTZ, B. A., BROWN, A. L., and QUICK, J., 1968: Interactions of Zn and P with soil temperature in rice. *Agron. J.* 60, 622—655.
- SHUKLA, K. C., ARORA, S. K., SINGH, Z., PROSAD, K. G., and SATAYA, N. M., 1973: Differential susceptibility in some sorghum (*Sorghum vulgare*) genotypes to zinc deficiency in soil. *Plant and Soil* 39, 423—427.
- — and RAY, H., 1974: Influence of genetic variability on zinc response in wheat. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 38, 477—479.
- STELLWAAG, E. und KNICKMANN, E., 1955: Die Ernährungsstörungen der Rebe, ihre Diagnose und Beseitigung. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- TRIER, K. und BERGMANN, W., 1974: Ergebnisse zur wechselseitigen Beeinflussung der Zink- und Phosphatsäureernährung von Mais (*Zea mays* L.). *Arch. Acker- u. Pflanzenb. u. Bodenk.* 18, 65—75.
- TRIERWEILER, J. F. and LINDSAY, W. L., 1969: EDTA-Ammonium carbonate soil test for zinc. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 33, 49—59.

Eingegangen am 3. 2. 1977

Prof. Dr. H. MARSCHNER  
Fruwirthstr. 20  
7000 Stuttgart 70  
Dr. A. SCHROPP  
Hermann-Ehlers-Str. 11  
6730 Neustadt/Wstr.