

Mykorrhiza der Rebe

von

H. GEBBING, A. SCHWAB und G. ALLEWELDT

Mycorrhiza of vines

Summary. — Two cultivars (Silvaner and Aris) were investigated with regard to the influence of mycorrhiza on growth and phosphate uptake.

- 1) Growth and morphology of the endotrophic mycorrhiza of vines are described.
- 2) The longitudinal growth of the shoots is stimulated by mycorrhiza as well as their fresh weight, especially with the cv. Aris.
- 3) Mycorrhiza stimulates the phosphate uptake in case of minor mineral nutrition.

Einleitung

Mykorrhiza ist eine weit verbreitete Lebensgemeinschaft zwischen Pilzen und den Wurzeln verschiedener Pflanzen. Es gibt nur wenige Pflanzenfamilien, die keine derartige Symbiose eingehen (SIEVERS 1958). Diese weite Verbreitung der Pilze zeigt, daß sie in fast allen Böden und unter extremsten Bedingungen lebensfähig sind. Die Mykorrhizabildung wurde auch an vielen Kulturpflanzen nachgewiesen. Bereits Anfang dieses Jahrhunderts wird die endotrophe Mykorrhiza bei Weinreben beschrieben (s. POSSINGHAM und GROOT OBBINK 1971). Diese Autoren stellten ferner fest, daß die endotrophe Mykorrhiza in allen australischen Weinbaugebieten anzutreffen ist. In ihren Experimenten zeigten Rebsämlinge mit den Symbionten einen besseren Wuchs und einen höheren Phosphorgehalt.

Um den Verbreitungsgrad der Mykorrhiza im deutschen Weinbau zu ermitteln, wurden Wurzelproben in verschiedenen Weinbaugebieten gesammelt und untersucht. Es stellte sich dabei heraus, daß alle Proben eine mehr oder minder starke Mykorrhizabildung aufwiesen. Eine Verpilzung der Wurzel konnte bei allen untersuchten Keltertraubensorten festgestellt werden, gleichgültig ob sie gepfropft waren oder wurzelecht angebaut wurden. Ebenso zeigten im Gewächshaus angezogene Pflanzen einen mitunter erheblichen Pilzbefall. Auch an anderen *Vitis*-Arten ließ sich eine Mykorrhizabildung nachweisen. BLAICH (1977) berichtet über eine künstliche Mykorrhizabildung bei *Vitis riparia*.

Material und Methoden

Für die Versuche im Gewächshaus wurden Zweiaugenstecklinge der Rebsorten Silvaner und Aris verwendet. Das Substrat bestand aus Einheitserde und Quarzsand im Verhältnis 1 : 10. Die Beimpfung der Pflanzen erfolgte mit Wurzelstückchen, die auf Verpilzung getestet waren; diese wurden entweder an zwei oder an vier

Stellen in das Substrat eingebracht (Beimpfungsstärke 0,5 bzw. 1,0). Als Dünger wurde je Pflanze 0,56 g (halbe Düngung) oder 1,15 g (volle Düngung) HAKAPHOS — perfekt gegeben.

Die Abtötung der Wurzeln zur Feststellung der Mykorrhiza erfolgte mit AFE-Fixiergemisch (Äthanol/Formaldehyd/Essigsäure 18/1/1); anschließend wurden diese in Laktophenol aufgehellt und mit Anilinblau angefärbt (GERLACH 1969). Der Phosphatgehalt von Trieben und Blättern wurde nach GERICKE und KURMIES (1952) bestimmt. Nach Veraschung der Probe wird ein Farbkomplex erzeugt (Ammoniumvanadat-Molybdat), der im Spektralphotometer bei 436 nm gemessen wird.

Ergebnisse

1. Morphologische Untersuchungen

Die Hyphen des Pilzes weisen eine starke Verzweigung auf und können große Strecken der Wurzel durchziehen, wobei Hyphen von 2—3 cm Länge keine Seltenheit darstellen (Abb. 1). Der Hyphendurchmesser schwankt zwischen 2 und 12 μm . Dabei sind die Haupthyphen meist um 7 μm dick, die Nebenhypen weisen Durchmesser von 3—4 μm Stärke auf.

Die Hyphen verzweigen sich dichotom und besitzen in unregelmäßigen Abständen eckige Vorsprünge (Abb. 2). Der Hypheninhalt ist meist gleichmäßig angefärbt, teilweise auch von granulierter Struktur.

Beim Eindringen der Außenhyphen in die Rhizodermis wird ein Appressorium ausgebildet. In den ersten Stadien wächst der Pilz vorwiegend interzellulär, später dringt er aber auch in die Wirtszellen ein. In den ersten subepidermalen Schichten werden dabei charakteristische schlingenförmige Windungen angelegt. In tieferen Zellschichten erweitern sich die Pilzhypen stark, wobei Septen und Anastomosen sichtbar werden. Es scheint dies ein Schutz gegen den Angriff der Wirtspflanze zu sein. Weiterhin konnte ein Verdauungsstadium festgestellt werden, bei welchem die Pflanzenzelle mit einer granulösen flockigen Masse angefüllt ist, die mehr oder weniger intensiv angefärbt erscheint (Abb. 3). Eine Arbuskelbildung konnte jedoch nicht beobachtet werden. Ferner können terminale Anschwellungen auftreten, die sich weiter zu Vesikeln entwickeln. Diese sind von runder bis ovaler Form und mit

Abb. 1: Stark befallene Rebwurzel. Die Pilzhypen zeigen starke Verzweigung und sind an den Enden verdickt. Vergrößerung 45 \times .

Abb. 2: Pilzmycel. Hyphen verschiedener Stärke, dichotome Verzweigung und eckige Vorsprünge (Pfeile). Vergrößerung 60 \times .

Abb. 3: Verdauungsstadien. Der Pilz scheint in den intensiv gefärbten Wurzelzellen der Verdauung durch den Wirt zu unterliegen. Vergrößerung 370 \times .

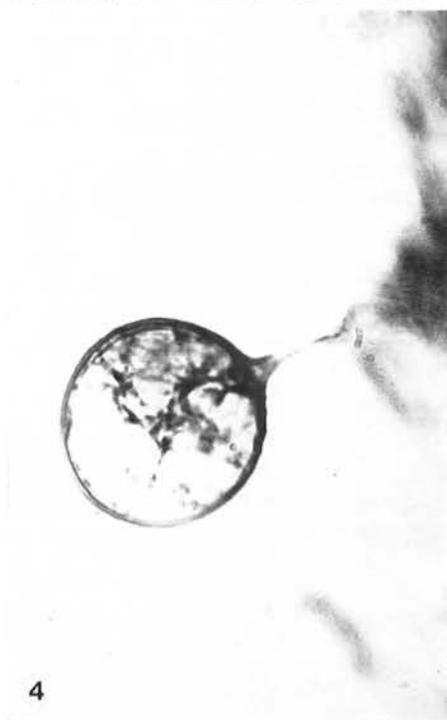
Abb. 4: Außenvesikel. Netzartige Struktur, keine Verschlussbildung am Vesikelhals. Vergrößerung 370 \times .

Fig. 1: Heavily infected vine root. The fungus hyphae show wide ramification and are thickened at the ends. $\times 45$.

Fig. 2: Fungus mycelium. Hyphae of different thickness, dichotomic ramification and cornered projections (arrows). $\times 60$.

Fig. 3: Digestion stages. In the intensively coloured root cells, the fungus seems to be digested by the host. $\times 370$.

Fig. 4: External vesicle. Reticular structure, no occluding of the vesicle collum. $\times 370$.



einer Traghyphe verbunden. Innenvesikel hatten einen Durchmesser von 25—35 μm , Außenvesikel waren größer, bis ca. 100 μm Durchmesser (Abb. 4). Die Traghyphe mündet ohne Erweiterung, Abschnürung oder andere Vesikelhalsbildungen in die Vesikel ein. Es konnte weder Abschnürung noch Septenbildung an der Einmündungsstelle beobachtet werden. Daneben treten in den Rindenzonen älterer Wurzeln zitronen- bis eiförmige Vesikel auf, die mit keiner Traghyphe in Verbindung stehen. Sie weisen eine Länge von 80—120 μm und einen Durchmesser von 40—60 μm auf. Ihre Anfärbbarkeit ist wesentlich geringer als die der oben beschriebenen terminalen Vesikel.

2. Wachstum der Versuchspflanzen

Die experimentellen Untersuchungen an den Rebsorten Silvaner und Aris ergaben mit Ausnahme der Düngungsstufe 0 bei Silvaner eine Förderung des Trieb-längenwachstums durch die Mykorrhiza. Die Wachstumssteigerung betrug bis zu 52 % gegenüber der Kontrolle (Tabelle). Bei der Sorte Aris war der höchste Triebzuwachs in der mittleren Düngungsstufe festzustellen, während beim Silvaner der größte Zuwachs erst bei der vollen Düngung zum Ausdruck kommt. Die fördernde Wirkung der Mykorrhiza zeigt sich auch deutlich an den Frischgewichten der Sprosse. Hier wird allerdings bei Silvaner in den ungedüngten Varianten eine Depression durch die Beimpfung sichtbar. Bei den gedüngten Pflanzen erfolgt jedoch ein Anstieg des Triebfrischgewichtes, das bei voller Düngung sein Maximum erreicht. Bei der Sorte Aris dagegen wird das Maximum schon bei halber Düngung erreicht; in der vollen Düngungsstufe zeigt sich wieder ein Rückgang des Triebfrischgewichtes. Der Wassergehalt der behandelten Pflanzen zeigt im Durchschnitt um 5 % höhere Werte als die Kontrollen.

3. Die Aufnahme von Phosphor

Rebblätter und Rebtriebe von verpilzten Pflanzen weisen zum Teil einen höheren Phosphorgehalt auf als Rebpflanzen ohne Mykorrhiza. Dabei konnte die größte Steigerung im Phosphatgehalt bei der ungedüngten Variante gemessen werden. Die Sorte Aris zeigt eine Steigerung im Blatt und im Trieb (Abb. 5), die Sorte Silvaner dagegen nur in den Blättern (Abb. 6). Mit steigendem Nährstoffangebot geht der fördernde Einfluß der Mykorrhiza auf die Phosphataufnahme zurück.

Einfluß der Mykorrhiza auf Triebwachstum und Substanzbildung des Triebes
Influence of mycorrhiza on growth and substance formation of shoots

Variante		Trieb-längenzuwachs				Frischgewicht des Triebes			
Düngung	Beimpfung	Silvaner		Aris		Silvaner		Aris	
		cm	%	cm	%	g	%	g	%
0	0	29	100	21	100	79,9	100	79,5	100
	0,5	15	52	23	110	57,0	71	80,3	101
	1,0	21	72	32	152	59,0	74	83,7	105
0,5	0	67	100	60	100	170,0	100	121,6	100
	0,5	71	106	84	140	173,2	102	173,0	142
	1,0	85	127	88	147	186,8	110	187,1	154
1,0	0	72	100	91	100	208,1	100	200,4	100
	0,5	96	133	98	108	234,5	113	225,9	113
	1,0	94	131	104	114	229,7	110	240,6	120

Die in den Versuchen beobachtete Förderung der Phosphataufnahme durch die Mykorrhiza in nährstoffarmen Böden konnte auch Ross (1971) bei der Sojabohne feststellen. Hier war die Ertragssteigerung bei niedrigem Phosphatgehalt des Bodens am größten und auch der Phosphatgehalt der Blätter am höchsten.

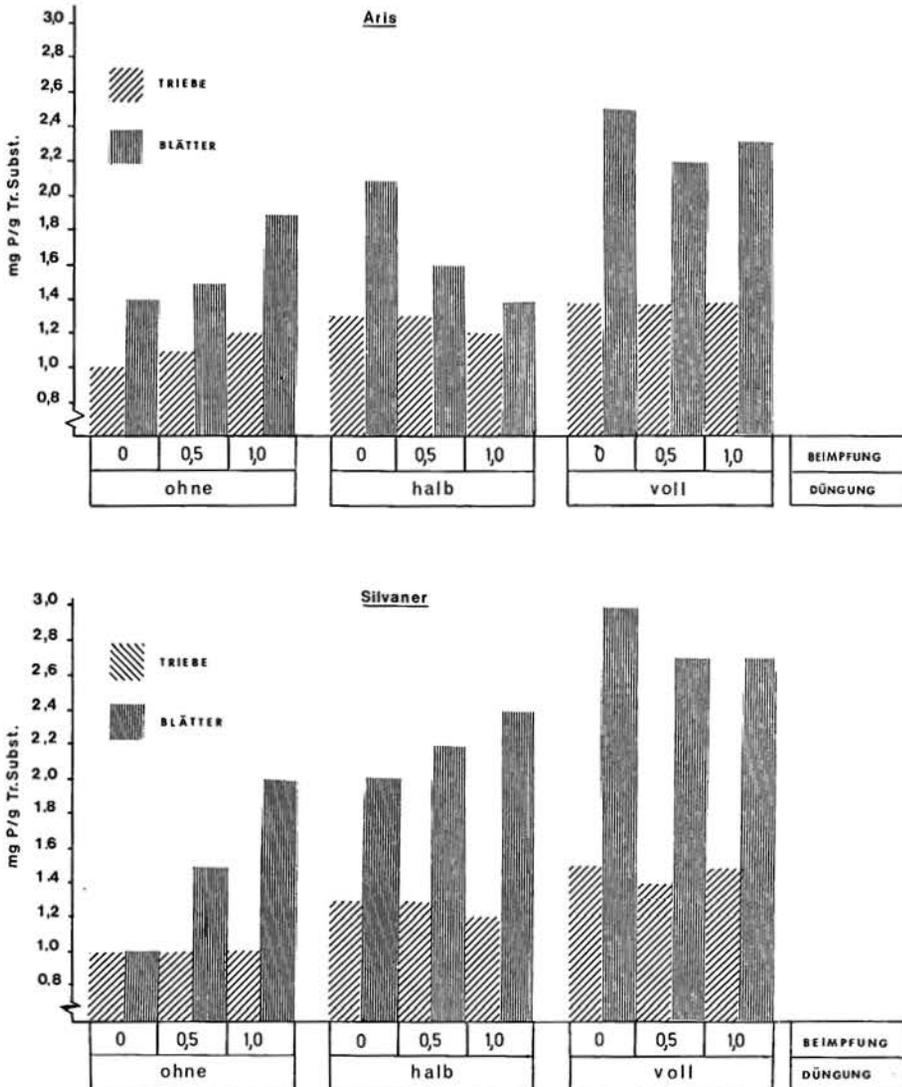


Abb. 5: Phosphorgehalt der Triebe und Blätter bei der Rebsorte Aris (oben).
 Abb. 6: Phosphorgehalt der Triebe und Blätter bei der Rebsorte Silvaner (unten).
 Fig. 5: Phosphate content of shoots and leaves of the cv. Aris (above).
 Fig. 6: Phosphate content of shoots and leaves of the cv. Silvaner (below).

Diskussion

Der Endophyt der Rebe weist morphologisch eine große Ähnlichkeit mit den Mykorrhiza-bildenden Pilzen anderer landwirtschaftlicher Kulturpflanzen auf. Eine Bildung von Arbuskeln konnte nicht beobachtet werden, sondern nur eine intrazelluläre Knäuelbildung. Dieses Verdauungsstadium wurde ebenfalls von SIEVERS (1958) beobachtet und als „tolyphage“ Verdauung beschrieben. Auch RIVES (1923) sprach von einer Knäuelbildung; er konnte aber auch ebenso wie POSSINGHAM und GROOT OBBINK (1971) Arbuskel feststellen. Die übrigen morphologischen Beobachtungen stimmen mit denen der oben genannten Autoren gut überein.

Einen positiven Einfluß auf das Wachstum von Rebsämlingen bei Vorhandensein einer Mykorrhiza konnten POSSINGHAM und GROOT OBBINK (1971) feststellen; das Ausmaß der Wachstumsförderung war jedoch größer als in den vorliegenden Untersuchungen. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, daß diese Autoren in ihren Versuchen Sämlinge verwendeten, während die hier vorgelegten Befunde an Stecklingen gewonnen wurden.

Eine erhöhte Phosphoraufnahme durch infizierte Pflanzen konnte von vielen Autoren nachgewiesen werden. Dabei wurde die größte Steigerung in ungedüngten phosphorarmen Böden ermittelt (HAYMANN und MOSSE 1971). Mit steigender Nährstoffversorgung ließ sich eine Abnahme der Verpilzung beobachten. Es ist davon auszugehen, daß in allen Weinbergsböden eine Mykorrhizabildung vorliegt. Im Hinblick auf eine optimale Phosphatdüngung der Böden, namentlich auf zur Chlorose neigendem Boden, wäre es daher von Interesse festzustellen, welche Umweltbedingungen die Mykorrhiza begünstigen und in welchem Umfang gegebenenfalls eine Phosphatdüngung ohne Ertragseinbuße bei Reben herabgesetzt werden könnte. Darüber hinaus fehlen noch Angaben darüber, in welchem Ausmaß die Mykorrhiza bei der Rebenvermehrung und, im Rahmen der Züchtung, bei der Sämlingsanzucht vorliegt und inwieweit sie Vermehrung und Anzucht fördern könnte. Die Beantwortung dieser Fragen bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten.

Zusammenfassung

An zwei Rebsorten (Silvaner und Aris) wurde der Einfluß der Mykorrhiza auf Wachstum und Phosphataufnahme untersucht:

1. Wachstum und Morphologie der endotrophen Mykorrhiza der Rebe werden beschrieben.
2. Durch die Mykorrhiza wird das Trieb­längenwachstum und, besonders bei Aris, auch das Frischgewicht der Triebe gefördert.
3. Die Mykorrhiza fördert bei geringer Mineralstoffernährung die Phosphataufnahme.

Literaturverzeichnis

- BLAICH, R., 1977: Versuche zur künstlichen Mykorrhizabildung bei *Vitis riparia*. *Vitis* 16, 32–37.
- GERICKE, S. und KURMIES, B., 1952: Die kolorimetrische Phosphorsäurebestimmung mit Ammonium-Vanadat-Molybdat und ihre Anwendung in der Pflanzenanalyse. *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk.* 59, 235–247.
- GERLACH, D., 1969: Botanische Mikrotechnik, Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- HAYMAN, D. S. and MOSSE, B., 1971: Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. I. Growth of *Endogone*-inoculated plants in phosphate-deficient soils. *New Phytol.* 70, 19–27.

- POSSINGHAM, J. V. and GROOT OBBINK, J., 1971: Endotrophic mycorrhiza and the nutrition of grape vines. *Vitis* 10, 120—130.
- RIVES, L., 1923: Le court-noué et les mycorrhizes endotrophes de la vigne. *Rev. Viticult.* 59, 385.
- ROSS, J. P., 1971: Effect of phosphate fertilization on yield of mycorrhizal and nonmycorrhizal soybeans. *Phytopathology* 61, 1400—1403.
- SIEVERS, E., 1958: Zur Mykorrhiza der Reben und ihrem Verhältnis zur Reiskrankheit. *Weinberg u. Keller* 5, 139—146

Eingegangen am 20. 7. 1977

Dr. H. GEBBING
Institut für Obst-, Gemüse- und Weinbau
Universität Hohenheim
Postfach 106
D-7000 Stuttgart 70