

Der Infektionszeitpunkt als Kriterium für parasitäres oder mykotrophes Verhalten von *Aureobasidium pullulans* auf *Vitis riparia*

von

R. BLAICH und DORIS RUSTER

The time of infection as a criterion for parasitic or mycotrophic behaviour of *Aureobasidium pullulans* on *Vitis riparia*

S u m m a r y . — Under sterile conditions a mycorrhiza may be formed between *Vitis riparia* and *Aureobasidium pullulans*.

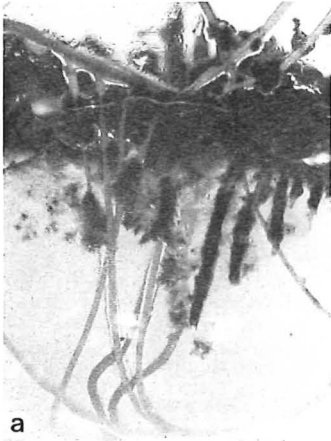
The root cells of cuttings with less than 4 internodia are penetrated by the fungus and the plants die, whereas in older plants an ectomycorrhiza-like hyphal sheath is formed, the hyphae penetrating only between the cells of the upper cell layer. These plants show elongation of the internodia, adventitious roots are formed, colour and profile of the leaves are changed, and branching of the stem occurs leading sometimes to the formation of a „witches' broom“. Some of these changes are induced by the fungus also without a direct contact to the plant and even by the addition of cell-free culture medium.

A. pullulans excretes amino acids, predominantly aspartic acid and glutamic acid. These substances also induce branching of the plant and formation of adventitious roots, but no growth acceleration. Similar effects are obtained by the application of indolylic acetic acid. Gibberellic acid induces only the formation of adventitious roots.

Einleitung

Beimpfungen steriler Stecklinge von *Vitis riparia* mit verschiedenartigen Pilzen hatten gezeigt, daß die Pflanzen durch die meisten Myzelien geschädigt und zumeist getötet werden.

Eine Ausnahme bildet *Aureobasidium pullulans*, das mit den Pflänzchen eine Mykorrhiza-ähnliche Beziehung eingeht (BLAICH 1977), manchmal aber ebenfalls Schädigungen hervorruft. Die Ursachen für dieses wechselnde Verhalten und für die auftretenden morphologischen Änderungen an der befallenen Pflanze sollten nun näher untersucht werden, insbesondere weil über Rebmikorrhiza bisher nur wenige Untersuchungen vorliegen (Literatur bei BLAICH 1977) und *A. pullulans* bislang nur als Saprophyt oder Schwächeparasit bekannt war. Auf mögliche Ausnahmen hiervon deuten auch Beobachtungen von PUGH und BUCKLEY (1971), wonach z. B. Ahornsamen stets mit Sporen dieses Pilzes assoziiert sind, ohne daß Schädigungen sichtbar werden; in diesem Zusammenhang waren mykotrophe Eigenschaften in Betracht gezogen worden.



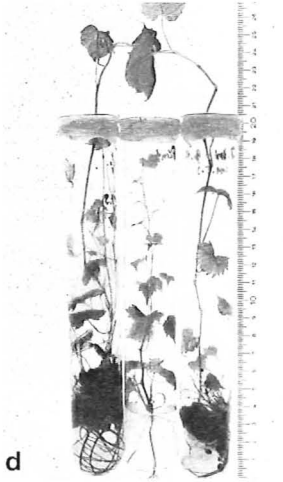
a



b



c



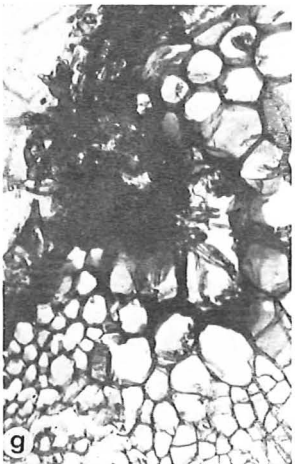
d



e



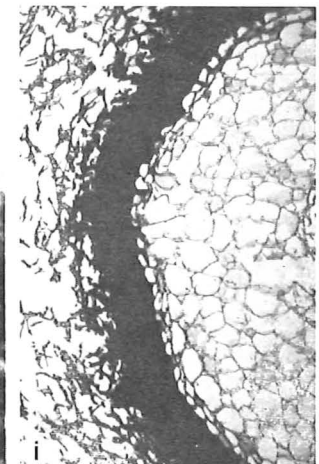
f



g



h



i

Material und Methoden

a) Reben

Sterile Pflanzen von *V. riparia* wurden durch Stecklinge in mit Parafilm verschlossenen Reagenzgläsern (40 × 200 mm) auf je 25 ml Substrat vermehrt. Dieses bestand aus einer modifizierten Lösung nach LINSMAYER-SKOOG und war mit 0,6 % Agar verfestigt: KNO₃ — 1,9 g / NH₄NO₃ — 0,8 g / MgSO₄ — 0,4 g / CaCl₂ · 6H₂O — 0,45 g / KH₂PO₄ — 0,25 g / MnSO₄ — 0,02 g / H₃BO₃ — 15 mg / ZnSO₄ — 5 mg / Na₂MoO₄ — 0,25 mg / CuSO₄ — 25 µg / KJ — 1 mg / CoCl₂ — 25 µg / FeSO₄ (EDTA) — 0,1 mg / meso-Inosit — 0,1 g / Thiamin — 0,4 mg / Saccharose — 30 g / H₂O dest. ad 1000 ml.

Der pH-Wert dieses Mediums wurde auf 5,5 eingestellt. Die Pflanzen standen unter Fluora-Beleuchtung bei durchgehend 28 °C im 14-h-Tag. Nach Erreichen der gewünschten Altersstufe (zwischen 1 und 10 Internodien Länge) wurden jeweils 10 Gläschen durch Myzelstückchen von *A. pullulans* auf der Agaroberfläche beimpft (unter Vermeidung eines direkten Pilzkontaktes mit der Pflanze).

b) Pilzmaterial

A. pullulans gelangte auf dem gleichen Medium (ohne Agar) wie die Reben zur Vermehrung. Eine Kultur wurde jeweils 8—12 Wochen bei 28 °C in 1-l-Fernbachflaschen gehalten, bevor sie zur Infektion verwendet bzw. das Kulturfiltrat auf Inhaltsstoffe untersucht wurde. Für die Versuche mit zellfreiem Kulturmedium wurde dieses auf einem Faltenfilter vom Myzel abgetrennt, nach Messung des pH-Wertes durch ein Zellulosenitrat-Filter (Porenweite 0,15 µm) sterilfiltriert und je 2 ml auf die Agaroberfläche der Reagenzgläser gegeben. Ein Einstich im Agar erleichterte das Vordringen der Lösung zu den Wurzeln der Pflänzchen.

Vitis-riparia-Stecklinge in steriler Agar-Kultur, die mit *Aureobasidium pullulans* infiziert sind:

a) Wurzelwerk mit teilweise Myzelüberzug. — b) Stecklinge im 3-Internodien-Stadium mit *A. pullulans* beimpft und von diesem abgetötet. — c) Adventivwurzeln aus dem 1. Internodium eines *V. riparia*-Stecklings, der im 7-Internodien-Stadium beimpft wurde. — d) Übermäßiges Längenwachstum von Internodien nach Beimpfung im 7-Internodien-Stadium (Mitte: Kontrolle). — e) Krümmung von Blattflächen und -stielen unter dem Einfluß der Pilzinfektion. — f) Bildung eines Hexenbesens nach Zugabe von Pilz-Kulturmedium zum Substrat. — g) Querschnitt durch eine Pilzläsion in der Wurzelrinde. — h) Chlamydosporenbildung im Pilzmyzel an einer geschädigten Wurzel. — i) Querschnitt durch die Wurzel eines gesunden Stecklings mit dichtem Myzelmantel (schwarz). Man beachte, daß die Hyphen nur eine Zellschicht tief zwischen die Rindenzellen dringen.

Cuttings of *Vitis riparia* in a sterile culture on an agar substrate, infected at different times with *Aureobasidium pullulans*:

a) Root system covered partially with mycelium. — b) Cuttings, infected at a stage of 3 internodia with *A. pullulans* and killed subsequently. — c) Adventitious roots from the 1st internodium of a cutting infected at a 7-internodia stage. — d) Enhanced growth of cuttings infected at a 7-internodia stage (in the middle: control). — e) Deformation of leaves due to root infection. — f) Formation of a witches' broom due to addition of cell-free culture filtrate. — g) Transversal section through a lesion in the root of a young plantlet, caused by *A. pullulans*. — h) Chlamydospores in the mycelium of *A. pullulans* on a damaged root. — i) Transversal section through a root of a healthy plant with a dense hyphal sheath (black). Note the hyphae penetrating only between the cells of the first layer.

Tabelle 1

Einige Daten von *Vitis-riparia*-Pflänzchen, die nach unterschiedlichen Zeiträumen sterilen Wachstums mit *Aureobasidium pullulans* beimpft wurden

Number of internodia, leaves and roots, and length of plantlets of *Vitis riparia* at different times after inoculation with *Aureobasidium pullulans*

Anzahl der Internodien ¹⁾	Untersuchte Merkmale	Versuchsdauer (Wochen) ²⁾						
		2	3,5	5	6,5	8,5	10,5	15
I	Blätter (n)	2/2 ³⁾	2/6	2/8	2/9	2/11	3/13	3/15
	Wurzeln (n)	2/1	2/6	2/6	2/6	2/6	2/6	2/6
	Adventivwurzeln (n)	0	3	3	3	3	3	3
	Sproßlänge (cm)	1/1	2/8	2/9	2/10	2/12	3/15	3/18
II	Blätter (n)	2/3	3/6	3/8	4/9	4/10	4/13	4/20
	Wurzeln (n)	2/3	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4
	Adventivwurzeln (n)	0	0	4	5	5	5	5
	Sproßlänge (cm)	2/5	3/7	3/7	4/8	4/9	4/12	4/21
III	Blätter (n)	3/3	4/8	4/10	5/11	5/12	6/16	7/20
	Wurzeln (n)	3/3	3/4	3/4	3/5	3/5	3/5	3/5
	Adventivwurzeln (n)	0	5	6	6	6	6	6
	Sproßlänge (cm)	4/7	5/9	5/10	6/11	6/12	8/17	8/22
IV	Blätter (n)	5/5	6/7	7/9		7/10	7/11	9/15
	Wurzeln (n)	2/3	2/4	2/4		2/4	2/4	3/5
	Adventivwurzeln (n)	0	6	6		6	7	9
	Sproßlänge (cm)	6/6	8/10	8/12		9/14	9/15	18/18
V	Blätter (n)	6/8	7/9	8/11	10/13	11/14		
	Wurzeln (n)	2/3	2/3	2/3	5/3	5/3		
	Adventivwurzeln (n)	0	3	5	5	6		
	Sproßlänge (cm)	8/9	10/10	13/11	17/13	18/15		
VI	Blätter (n)	8/9	8/9	9/10	10/13	12/14		
	Wurzeln (n)	2/3	2/3	5/4	5/4	5/4		
	Adventivwurzeln (n)	0	4	4	5	5		
	Sproßlänge (cm)	9/8	10/10	11/11	17/14	19/15		
VII	Blätter (n)	10/9	11/11	12/12	13/14	15/16		
	Wurzeln (n)	3/3	4/3	5/3	5/3	5/3		
	Adventivwurzeln (n)	2	4	6	7	7		
	Sproßlänge (cm)	10/8	13/10	16/11	18/13	23/15		
VIII	Blätter (n)	10/10	10/12	13/13	14/14	17/18		
	Wurzeln (n)	3/4	3/4	4/4	4/4	5/4		
	Adventivwurzeln (n)	5	7	7	8	8		
	Sproßlänge (cm)	10/10	13/12	17/13	20/15	23/17		
IX	Blätter (n)	11/11	12/13	14/15	15/16	18/19		
	Wurzeln (n)	3/3	3/4	4/4	4/4	5/4		
	Adventivwurzeln (n)	6	7	7	7	8		
	Sproßlänge (cm)	13/12	16/14	18/15	21/17	24/18		

c) Hormonversuche

2 ml einer Lösung von Indolyl-3-Essigsäure (0,5 ml/l bzw. 0,25 mg/l) und Gibberellinsäure (1 mg/l) wurden auf den eingestochenen Agar gegeben. Diese Konzentrationen waren auf Grund von Angaben von MATSUJAMA und MISAWA (1966) gewählt worden, welche die IES-Produktion von *Taphrina*-Arten untersucht hatten.

d) Aminosäurentests

Das Lyophilat von 500 ml zellfreiem Kulturmedium wurde in 50 ml dest. Wasser gelöst, die enthaltenen Proteine mit Äthanol ausgefällt und vom Überstand 1 ml auf einem Aminosäureanalysator (Biocal 2000) untersucht. Die ermittelten Hauptbestandteile (Glu und Asp) wurden einzeln oder als Mischungen zu je 10 Testpflanzen auf den Agar gegeben und die Wirkungen beobachtet.

e) Mikroskopische Untersuchungen

Die zu untersuchenden Pflanzenteile wurden in 70 %igem Alkohol/Formol/Essigsäure (90/5/5) fixiert und zum Teil nach der Lactophenol-Anilinblau-Methode am Stück präpariert. Den Rest verarbeitete man nach der Einbettung in Paraplast zu Mikrotomschnitten. Als optimale Färbung für diese erwies sich die Perjod-Schiff-Reaktion (alle Methoden bei GERLACH 1969).

f) Messung des Pilzeinflusses

Um die Auswirkungen des Pilzbefalls auf die Pflanzen zu quantifizieren, wurden deren Blätter und Wurzeln gezählt sowie die Höhe der Reben in 1- bis 2wöchigen Abständen gemessen und mit Werten steriler Kontrollpflanzen verglichen. Die Infektionen erfolgten bei unterschiedlichem Alter der Pflanzen. 10 Pflanzen wurden beimpft, nachdem das 1. Blatt entfaltet war, 10 weitere, nachdem sich das nächste Internodium ausgebildet hatte, usw. Die ältesten Pflanzen wiesen bei der Infektion 10 Internodien auf. Jeweils 10 sterile Pflanzen dienten zur Kontrolle.

Ergebnisse

a) Ausbreitung der Infektion

Nach der Inokulation breitete sich der Pilz zunächst auf der Agaroberfläche aus. Vom Wurzelhals aus begann er in die Tiefe zu wachsen; nach 2—6 Wochen war ein Teil der Wurzeln mit einem dichten Hyphenmantel umgeben (Abb., a).

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Anzahl der Internodien ¹⁾	Untersuchte Merkmale	Versuchsdauer (Wochen) ²⁾						
		2	3,5	5	6,5	8,5	10,5	15
X	Blätter (n)	12/12	20/13	20/15	22/15	24/16		
	Wurzeln (n)	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4		
	Adventivwurzeln (n)	5	7	7	7	8		
	Sproßlänge (cm)	10/11	13/13	14/14	23/15	24/16		

¹⁾ Zustand zum Zeitpunkt der Beimpfung.

²⁾ Die Versuchsdauer ist vom Zeitpunkt der Beimpfung an gerechnet.

³⁾ Die Zahlenpaare (Mittelwerte aus je 10 Messungen) geben links vom Schrägstrich den Wert der beimpften Pflanze, rechts den der unbeimpften Kontrolle an.

Wurzeln sehr junger Pflanzen wurden nicht so dicht überzogen, sondern verfärbten sich nur schwarzbraun. Aus dem Pilzmyzel diffundierte währenddessen ein bräunlicher Farbstoff in den Agar.

Während der pH-Wert von nicht infiziertem Agar durch den Pflanzenwuchs nach einigen Wochen von ursprünglich 5,5 auf etwa 4 absank, stieg er bei Pilzbewuchs auf 7,5—8. Dies entspricht den Werten, welche eine Flüssigkultur des Pilzes innerhalb des gleichen Zeitraums annahm.

b) Wirkung auf die Pflanze

Die Auswirkungen des Pilzbefalls auf die Anzahl der Blätter und Wurzeln und auf die Länge der Pflanze sind in Tabelle 1 dargestellt. Daraus wird ersichtlich, daß es vom Alter des Stecklings abhing, wie dieser auf eine Infektion reagierte. Jüngere Pflanzen wurden mit der Zeit ganz vom Myzel besiedelt und gingen ein (Abb., b). Waren zur Zeit der Beimpfung schon mindestens 4 Internodien ausgebildet, so war bereits ein Teil der Pflanzen in der Lage zu überleben. Nach dem 5. Internodium war keine Wachstumsverzögerung mehr festzustellen; es trat im Gegenteil etwa 3 Wochen nach der Infektion eine stimulierende Wirkung ein. Diese wirkte sich zunächst auf die Wurzelbildung aus. Einerseits wurden im Agar mehr und stärker verzweigte Wurzeln gebildet als bei den Kontrollpflanzen; zum anderen erschienen am 1., gelegentlich auch am 2., Internodium eine größere Anzahl von Adventivwurzeln. Diese wuchsen ohne sichtbare Infektion durch die Pilzschicht nach unten. Häufig war aber ihre Polarität gestört, so daß sie sich nach oben verzweigten und im Luftraum Wurzelhaare ausbildeten (Abb., c).

Auch das Längenwachstum wurde durch die Pilzinfektion beeinflußt. Internodien, die sich nach der Pilzbesiedelung bildeten, waren meist 3- bis 4mal länger als die vorhergehenden oder solche von Kontrollpflanzen. Dasselbe galt auch für die Blattstiele (Abb., d). Dieser Effekt ging allerdings spätestens nach dem 4. neugebildeten Internodium wieder zurück, so daß er sich in der Gesamtlänge der Pflanze nicht sehr stark bemerkbar machte (Tabelle 1).

Veränderungen an den Blättern kamen ebenfalls vor. Hier fiel zunächst eine dunklere Färbung auf, des weiteren prägten sich die Blättzähne stärker aus. Außerdem begannen die Oberseiten von Blattstielen und Blättern stärker zu wachsen; viele Blätter krümmten sich so stark, daß sie z. T. mit der Unterseite nach oben zeigten (Abb., e).

Dieses Phänomen trat an jungen Pflanzen (bis zum 4. Internodium) besonders stark, und zwar an sämtlichen Blättern auf. Bei älteren Pflanzen war es schwächer ausgeprägt und betraf nur noch die jüngeren Blätter.

c) Wirkung von zellfreiem Pilzkulturmedium

Versuche zur Wirkung von Kulturfiltrat wurden unternommen, nachdem beobachtet worden war, daß der Pilz nach der Infektion auch ohne sichtbaren Kontakt zur Pflanze deren Wuchs beeinflussen konnte.

Es zeigte sich, daß — mit Ausnahme der Internodienstreckung — alle beschriebenen Effekte auch durch Zusatz von zellfreiem Kulturmedium erzielt werden konnten.

Die Stecklinge wurden in diesem Falle sofort nach der Vermehrung mit Kulturfiltrat versetzt. Nach 3 Wochen wies etwa die Hälfte bereits bis zu 3 vollentfaltete Blätter mit den oben beschriebenen Veränderungen auf (einschließlich gelegentlicher Bildung von Hexenbesen; Abb., f), ebenso 2 lange und stark verzweigte Wurzeln. Die Kontrollpflanzen hatten zur gleichen Zeit noch keine Blätter entfaltet, und

Wurzeln fehlten oder waren höchstens 0,5 mm lang. Die unregelmäßige Reproduzierbarkeit dieser Ergebnisse führen wir auf die unterschiedlichen Eigenschaften der Kulturfiltrate zurück (pH-Wert, Zusammensetzung). Der Grund hierfür ist bisher ungeklärt.

Tabelle 2

Aminosäurenanalyse eines synthetischen Flüssigmediums von *Aureobasidium pullulans* nach 5 Wochen Kulturdauer

Amino acid analysis of a synthetic cultural medium after a 5 weeks growth of *Aureobasidium pullulans*

Aminosäuren	µg/ml
Glutaminsäure	38,6
Asparaginsäure	20,2
Serin	9,3
Valin	8,1
Tyrosin	8,0
Threonin	7,9
Isoleucin	6,1
Leucin	5,8
Alanin	5,0
Phosphoäthanolamin	4,8
Glycin	4,6
Ammoniak	4,0
β-Alanin	3,6
α-Aminobuttersäure	3,0
Prolin	2,8
Taurin	2,5
Phenylalanin	2,5
übrige Aminosäuren jeweils	<2,0

d) Wirkung von Aminosäuren

Um zu untersuchen, ob ein Teil der Pilzwirkungen auf „Düngungseffekte“ zurückzuführen sei, wurde wirksames Pilzkulturfiltrat einer Aminosäurenanalyse unterzogen. Das Ergebnis ist in Tabelle 2 dargestellt. Die Hauptbestandteile wurden einzeln oder gemischt (die Effekte waren dabei gleich) in den entsprechenden Konzentrationen dem Agar zugesetzt.

Bei 70 % der älteren Pflanzen trieb aus dem ursprünglichen Stecklingsauge ein zweiter, gelegentlich auch ein dritter Trieb aus. Diese waren oft dicker als der erste und zunächst rotgefärbt. Gelegentlich konnte auch an den oberen Teilen der Pflanze eine gesteigerte Tendenz zur Bildung von Seitentrieben beobachtet werden. Des Weiteren war die Rinde in Längsrichtung oft einseitig aufgeplatzt. Auch die Wurzelbildung war etwas verstärkt, aber nicht im selben Maße wie bei pilzinfizierten Pflanzen.

e) Wirkung von Hormonen

Da ein Teil der Effekte zweifellos nicht auf eine bessere Ernährung der Pflanze durch Ausscheidungen des Pilzes zurückgeführt werden konnte, wurde versucht, sie durch Hormongaben zu simulieren.

Indolyl-3-Essigsäure bewirkte in beiden verwendeten Konzentrationen eine sehr starke Adventivwurzelbildung am 1. Internodium. Sie trat 2—3 Wochen nach der Behandlung dicht über dem Agar auf, wo ein direkter Kontakt zur Hormonlösung bestand. Zusätzlich war, wie bei der Aminosäurenbehandlung, ein einseitiges Aufplatzen der Rinde zu beobachten. Internodienstreckung kam nie vor, wohl aber verstärkte Verzweigung der Pflanze (manchmal hexenbesenartig, wie in Abb., f), auch traten manchmal die bei Pilzbefall beobachteten typischen Änderungen von Blattform und -farbe auf. Dies konnte durch Gibberellinabgaben nicht erzielt werden. Dieser Wuchsstoff führte lediglich zu starker Adventivwurzelbildung und zu Schädigungen an Blättern und Knospen, obwohl darauf geachtet worden war, daß die letzteren nicht direkt mit dem Hormon in Berührung kamen.

f) Mikroskopische Untersuchungen

Wurzeln: Bei jüngeren Pflanzen, die durch Kontakt mit *A. pullulans* geschädigt waren, zeigte sich, daß die Pilzhypphen an vielen Stellen mehrere Zellagen tief, zum Teil bis zur Entodermis, in die Rinde eingedrungen waren und dort die Zellen zerstört hatten. In der Umgebung der Läsionen waren viele intrazelluläre Hyphen zu beobachten (Abb., g). Daneben traten aber stets Bereiche auf, in denen die Wurzel nur von einem Pilzmantel bedeckt war, ohne daß eindringende Hyphen gefunden wurden. Gelegentlich wies das Myzel um geschädigte Wurzeln starke Chlamydosporenbildung auf (Abb., h). Diese wurde bei gesunden Pflanzen nie beobachtet.

Ältere Pflanzen, welche ihrem äußeren Erscheinungsbild nach keine Schäden durch den Pilzbefall aufwiesen, zeigten auch an den Wurzeln keine Zerstörungen. Die Wurzeln waren z. T. von einer plektenchymatischen Myzellage bedeckt; von dieser aus drangen die Hyphen zwar zwischen die Zellen der äußersten Rindenschicht ein, intrazellulärer Wuchs trat aber nur ganz vereinzelt auf (Abb., i).

Der plektenchymatische Pilzmantel war, soweit vorhanden, völlig geschlossen und sehr dicht. Wurzelhaare fehlten an diesen Stellen, allerdings war das Wurzelsystem einer Pflanze nie völlig von Pilz umspinnen.

Sproß: Vergleichende Messungen von Länge und Durchmesser der Mark- und Epidermiszellen „geschossener“ Internodien brachten keinen signifikanten Unterschied zu den nichtinfizierten Pflanzen.

Diskussion

Hier kann nicht die Frage erörtert werden, ob es sich bei den beschriebenen mykotrophen Beziehungen um eine echte Mykorrhiza handelt. Dies ist weniger eine Sach- als eine Definitionsfrage (siehe auch MARKS und FORSTER 1973). Am ehesten würde noch die Bezeichnung Ektendomykorrhiza passen. Die bisher beschriebenen Rebmykorrhizen sind jedoch rein endotroph (POSSINGHAM and GROOT OBBINK 1971, DEAL *et al.* 1972, GEBBING *et al.* 1977); die Assoziation zwischen *V. riparia* und *A. pullulans* ist sicher rein artefiziell, praktische Bedeutung hat daran lediglich der Aspekt des beobachteten Übergangs vom parasitären Verhältnis zur unschädlichen oder sogar nützlichen Beziehung und die Beobachtung, daß *A. pullulans* offensichtlich Stoffe mit hormoneller Wirkung ausscheidet.

In Analogie zu den von uns beobachteten Hexenbesen berichtete JUMP (1938) über auffällige Verzweigungen an *Pinus resinosa* im Zusammenhang mit dem Vorkommen von *A. pullulans*, die er auf Hormonaktivitäten zurückführte. Unsere Er-

gebnisse deuten darauf hin, daß solche Stoffe eine Rolle spielen, daß aber ein großer Teil der Effekte auf die Aminosäurenversorgung der Pflanze zurückgeht. Diese könnte ihrerseits aber eine Wirkung auf den IES-Haushalt der Rebe ausüben. ANDREAE und GOOD (1957) und ZENK (1960, 1962) zeigten, daß IES u. a. mit Asparaginsäure Konjugate bilden kann, wodurch die letztere zum Teil inaktiviert wird.

Die vorliegenden Ergebnisse reichen für eine tiefergehende Diskussion solcher komplexer Zusammenhänge nicht aus. Derzeit wird in weiteren Untersuchungen eine Klärung der Mechanismen versucht, welche die älteren Pflanzen in die Lage versetzen, den Pilz erfolgreich abzuwehren bzw. zu adaptieren, da hier ein relativ unspezifischer Mechanismus vermutet wird, dessen Kenntnis der Bearbeitung von Resistenzfragen im allgemeinen zu gute kommen könnte.

Zusammenfassung

Unter sterilen Bedingungen auf Agarsubstrat können die Wurzeln von *V. riparia* durch *Aureobasidium pullulans* Mykorrhiza-ähnlich besiedelt werden.

Erfolgt die Infektion an Stecklingen, die weniger als 4 Internodien aufweisen, so dringt der Pilz tief in Wurzelrinde und -zellen ein. Die entstehenden Läsionen führen zum Tod der Pflanze. Bei älteren Pflanzen bildet sich um einen großen Teil der Wurzeln eine plektenchymatische Myzelhülle, wobei die Hyphen nur zwischen die Rindenzellen dringen, und zwar meist nur eine Zellschicht tief. Diese Pflanzen zeigen eine starke Internodienstreckung, am 1. Internodium erscheinen zahlreiche Adventivwurzeln, die Blätter zeigen eine kräftigere Färbung und ein verändertes Aussehen. Der Sproß verzweigt sich stärker, manchmal hexenbesenartig. Manche dieser Veränderungen können auch durch Zugabe von zellfreiem Kulturmedium des Pilzes hervorgerufen werden. *A. pullulans* scheidet zahlreiche Aminosäuren in das Kulturmedium aus, hauptsächlich Asparagin- und Glutaminsäure. Durch Zugabe dieser Stoffe zum Substrat können manche der Pilzeffekte ebenfalls hervorgerufen werden, jedoch nicht die verstärkte Internodienstreckung. Ähnlich wirkt Indolyl-3-Essigsäure. Gibberellinsäure induziert unter diesen Bedingungen nur Adventivwurzeln.

Literatur

- ANDREAE, W. A. and GOOD, N. E., 1957: Studies on 3-indoleacetic acid metabolism. IV. Conjugation with aspartic acid and ammonia as processes in the metabolism of carboxylic acids. *Plant Physiol.* 32, 566—572.
- BLAICH, R., 1977: Versuche zur künstlichen Mykorrhizabildung bei *Vitis riparia*. *Vitis* 16, 32—37.
- DEAL, D. R., BOOTHROYD, C. W. and MAI, W. F., 1972: Replanting of vineyards and its relationship to vesicular-arbuscular mykorrhiza. *Phytopathology* 62, 172—175.
- GEBBING, H., SCHWAB, A. and ALLEWELDT, G., 1977: Mykorrhiza der Rebe. *Vitis* 16, 279—285.
- GERLACH, D., 1969: Botanische Mikrotechnik. Georg-Thieme-Verlag, Stuttgart.
- JUMP, J. A., 1938: A study of forking in red pine. *Phytopathology* 28, 798—811.
- MARKS, G. C. and FOSTER, R. C., 1973: Structure, morphogenesis and ultrastructure of ectomykorrhizae. In: MARKS, G. C. and KOZLOWSKI, T. T. (Eds.): *Ectomykorrhizae*, 1—41. Academic Press, New York, London.
- MATSUJAMA, N. and MISAWA, T., 1966: Studies on the hypertrophic disease caused by *Taphrina* species. IV. Production of auxins and hemiauxins by pathogens. *Tohoku J. Agric. Res.* 17, 37—49.
- POSSINGHAM, J. V. and GROOT OBBINK, J., 1971: Endotrophic mykorrhiza and the nutrition of grape vines. *Vitis* 10, 120—130.

- PUGH, G. J. F. and BUCKLEY, N. G., 1971: *Aureobasidium pullulans*: An endophyte in sycamore and other trees. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 57, 227—231.
- ZENK, M. H., 1960: Enzymatische Aktivierung von Auxinen und ihre Konjugierung mit Glycin. *Z. Naturforsch.* 15 c, 436—441.
- — , 1962: Aufnahme und Stoffwechsel von α -Naphthyl-Essigsäure durch Erbsenepikotyle. *Planta* 58, 75—94.

Eingegangen am 30. 10. 1978

Priv.-Doz. Dr. R. BLAICH
BFA für Rebenzüchtung Geilweilerhof
D - 6741 Siebeldingen