

## Transpiration und Mineralstoffeinlagerung der Weinbeere

von

H. DÜRING und F. OGGIONI<sup>1)</sup>

### Transpiration and accumulation of mineral nutrients in grape berries

**Summary:** 3 weeks after full bloom clusters of Silvaner vines were treated with a Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-olive oil-emulsion (E) or with liquid paraffin (P), respectively, in order to promote or delay transpiration of the berries.

1. Transpiration ( $\mu\text{l H}_2\text{O} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ) of untreated berries decreased by about 80 % during the experiment (30—85 d after full bloom); treatment with E increased, treatment with P decreased transpiration.
2. The Ca content ( $\text{mg} \cdot \text{berry}^{-1}$ ) of untreated or P-treated berries increased slowly, while in E-treated berries the Ca accumulation increased rapidly. In E-treated berries the Mg and K contents were increased also, but the differences were less often significant.
3. P-treated berries did not significantly differ from untreated berries with respect to their Ca, Mg or K contents.
4. The Ca accumulation in berries and the transpiration rate of these berries are closely correlated ( $r = +0.7505$ ).

**Key words:** berry, transpiration, translocation, calcium, magnesium, potassium.

### Einleitung

Der Entwicklungsverlauf der Weinbeeren ist durch eine ganze Reihe von morphologischen und physiologischen Veränderungen gekennzeichnet (GEISLER und RADLER 1963; HARRIS *et al.* 1968; COOMBE 1976; ALLEWELDT 1977; DÜRING 1977; CARROL und MARCY 1982). So durchlaufen die Weinbeeren nach der Blüte in der Phase I ihrer Entwicklung ein Stadium, in dem neben anderen Prozessen eine hohe Respiration und eine geringfügige Photosyntheseaktivität sowie eine relativ hohe Transpiration festgestellt wurden (KRIEDEMANN 1968; PANDEY und FARMAHAN 1977; FRIEDEN 1984). Nach der Véraison sind diese Prozesse weitgehend eingeschränkt. Untersuchungen von SCHRADER *et al.* (1976) lassen erkennen, daß es während der Beerenentwicklung auch zu Veränderungen im Mineralstoffgehalt der Beeren kommt, wobei sich die Gehalte bzw. Konzentrationen der einzelnen Nährstoffe in den Beeren unterschiedlich entwickeln (HRADZINA *et al.* 1984; POSSNER und KLEWER 1985).

Ausgehend von der Vorstellung, daß eine Veränderung der Transpirationsintensität der Beeren möglicherweise die Einlagerung derjenigen Mineralstoffe in die Beere beeinflusst, deren Transport von der Fließrate des Transpirationsstromes abhängt (HYLMÖ 1953; KRAMER 1969), wurde die Transpirationsrate der Beeren vor der Véraison experimentell erhöht bzw. vermindert und anschließend der Calcium-, Magnesium- und Kaliumgehalt der Beeren bestimmt.

<sup>1)</sup> Istituto di Coltivazione Arborea, Facoltà di Agraria, Università degli Studi, 20133 Milano, Italia.

### Material und Methoden

2jährige traubentragende Reben der Sorte Silvaner (*Vitis vinifera* L.) wurden in 3-l-Töpfen unter den Bedingungen der Gefäßstation der BFAR in Einheitserde (150 mg N, 250 mg K<sub>2</sub>O, 150 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 150 mg MgO je l Erde) kultiviert und regelmäßig mit mineralischem Dünger und Wasser versorgt. Insgesamt wurden vom Knospenausrieb bis zum Versuchsende 2 g N, 1,2 g K<sub>2</sub>O, 0,6 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sowie 0,2 g Mg und Spurenelemente verabreicht.

21 d nach der Vollblüte wurden die Pflanzen in drei Gruppen mit je 7 Pflanzen aufgeteilt. Die Trauben wurden zu diesem Termin mit folgenden Lösungen besprüht:

- Gruppe 1: Emulsion (2 % wäßrige Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-Lösung + 2 % Olivenöl) — zur Erhöhung der Transpiration
- Gruppe 2: flüssiges Paraffin — zur Verminderung der Transpiration
- Gruppe 3: unbehandelte Kontrolle

31, 40, 49, 58, 66, 76 und 85 d nach der Vollblüte wurde jeweils eine Beere je Traube abgeschnitten und gewogen. Nach 4 h Aufbewahrung (21 ± 1 °C, ohne Licht) wurde zur Bestimmung der Transpiration jede Beere erneut gewogen und anschließend 24 h lang bei 100 °C getrocknet. Nach einer Veraschung bei 600 °C wurde die Asche mit 6N HCl gelöst. Die Bestimmung von Ca, Mg und K erfolgte mit einem Atomic Absorption Spectrophotometer 3030 der Firma Perkin-Elmer.

Da die Nährstoffgehalte eines Termins auch vom unterschiedlichen Beerengewicht einer Stichprobe beeinflußt waren, wurde, sofern die Voraussetzungen gegeben waren, das Beerengewicht mit Hilfe der Kovarianzanalyse auf einen Mittelwert korrigiert. Die Werte der Mineralstoffgehalte wurden somit aus den korrigierten Einzelbeerengewichten errechnet.

### Ergebnisse

Einleitende Untersuchungen der Mineralstoffgehalte in Weinbeeren an Freilandpflanzen der Sorte Müller-Thurgau hatten gezeigt, daß Ca, Mg und K während der Beerenentwicklung in unterschiedlicher Höhe eingelagert werden (Tabelle 1). So war die durchschnittliche tägliche Ca-Einlagerung in die Beeren nach Reifebeginn gegenüber dem Vorreifestadium um etwa 48 % reduziert, die Mg-Einlagerung um etwa 42 %, die K-Einlagerung dagegen nur um etwa 4 %. Voruntersuchungen an einer Reihe von Rebsorten hatten darüber hinaus gezeigt, daß die Transpiration der Beeren im Verlaufe ihrer Entwicklung abnimmt (DÜRING, unveröffentlicht; FRIEDEN 1984). Um die ein-

Tabelle 1

Die durchschnittliche Ca-, Mg- und K-Einlagerung in Beeren der Sorte Müller-Thurgau vor und nach der Véraison im Freiland · Zeitpunkt der Véraison: 51 d nach der Vollblüte

The average Ca, Mg and K accumulation in field-grown berries (cv. Müller-Thurgau) before and after véraison · Date of véraison: 51 d after full bloom

d nach Vollblüte	Entwicklungsstadium	$\mu\text{g} \cdot \text{Beere}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$		
		Ca	Mg	K
16–51	Vor Reifebeginn	10,63	3,16	32,03
51–96	Nach Reifebeginn	5,50	1,82	30,83

leitend aufgestellte Hypothese eines Zusammenhanges zwischen Mineralstoffeinlagerung und Transpirationsintensität zu untermauern, wurden bei der Sorte Silvaner zu mehreren Entwicklungszeitpunkten die Transpiration und die Nährstoffgehalte der Beeren untersucht.

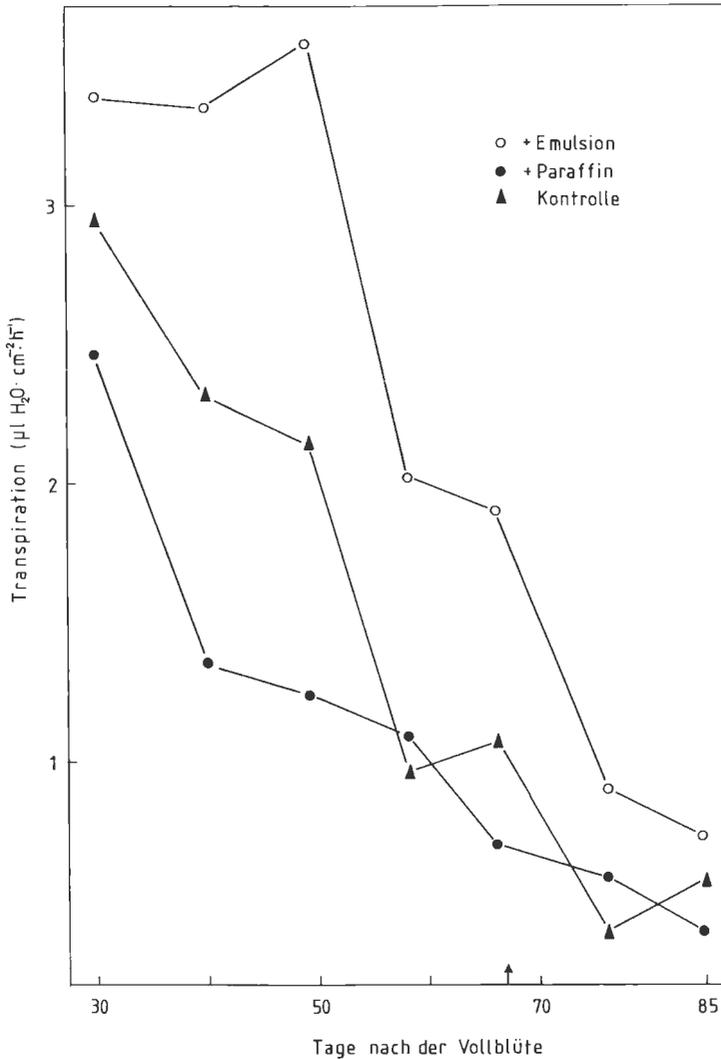


Abb. 1: Die Transpiration von Beeren der Sorte Silvaner im Verlaufe ihrer Entwicklung. Die Trauben wurden 21 d nach der Vollblüte zur Erhöhung der Transpiration mit einer Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-Olivenöl-Emulsion, zur Verminderung der Transpiration mit Paraffin behandelt. — Pfeil = Zeitpunkt der Véraison.

Transpiration rate of berries (var. Silvaner) during their development. To increase transpiration a Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-olive oil emulsion, to decrease transpiration paraffin was applied to the clusters 21 d after full bloom. — Arrow means time of véraison.

Messungen der Transpiration 30—85 d nach der Vollblüte an unbehandelten abgechnittenen Beeren der Sorte Silvaner ergaben bei Bezug der Transpiration auf die Oberflächeneinheit der Beere generell eine Abnahme der Transpiration, wobei sich ein Minimum etwa 76 d nach der Vollblüte oder 10 d nach der *Véraison* andeutet (Abb. 1). Eine Behandlung der Beeren mit einer  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -Öl-Emulsion ließ die Abnahme der Transpiration erst 50 d nach der Vollblüte einsetzen; bis zum Versuchsende war die Transpirationsrate der Beeren dieser Variante gegenüber der Kontrolle erhöht. Eine Behandlung der Trauben mit flüssigem Paraffin führte dagegen 30 bis ca. 60 d nach der Vollblüte zu einer Verminderung der Transpiration der Beeren gegenüber der Kontrolle, anschließend lag die Transpirationsrate etwa auf dem Niveau der Kontrolle.

Das Ergebnis der Analyse der Ca-, Mg- und K-Gehalte ( $\text{mg} \cdot \text{Beere}^{-1}$ ) unbehandelter und behandelter Beeren ist in Abb. 2 dargestellt. Die Ca-Gehalte der unbehandelten Kontrolle nehmen — ähnlich wie die Ca-Gehalte der mit Paraffin behandelten Variante — im Untersuchungszeitraum geringfügig zu. Demgegenüber ist die Ca-Einlagerung in die Beeren nach Behandlung mit einer  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -Öl-Emulsion bis zum Versuchsende deutlich erhöht. Auch die Mg-Einlagerung ist durch eine solche Behandlung, verglichen mit der Kontrolle und der mit Paraffin behandelten Variante, erhöht. Allerdings ist die Wirkung einer Behandlung mit Emulsion schwächer ausgeprägt als bei Ca. Die K-Einlagerung ist in allen Varianten, verglichen mit der des Ca und Mg, sehr

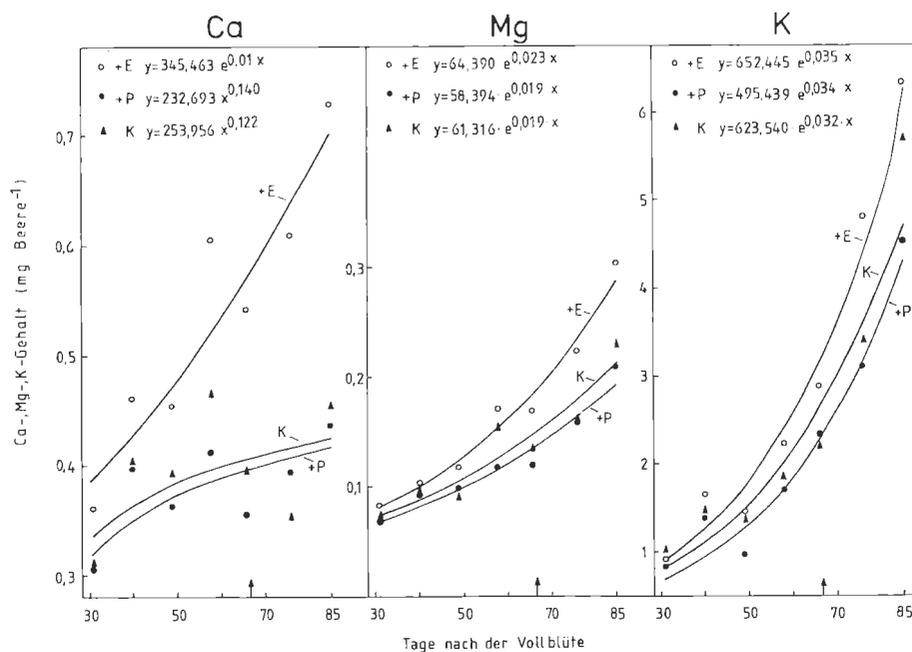


Abb. 2: Der Ca-, Mg- und K-Gehalt von Beeren der Sorte Silvaner im Verlaufe ihrer Entwicklung. + E = + Emulsion, + P = + Paraffin, K = Kontrolle. Ca: + E:  $r = 0,7958^{**}$ , + P:  $r = 0,5438^{**}$ , K:  $r = 0,3469^*$ . Mg: + E:  $r = 0,9663^{***}$ , + P:  $r = 0,9584^{***}$ , K:  $r = 0,9181^{***}$ . K: + E:  $r = 0,9701^{***}$ , + P:  $r = 0,9170^{***}$ , K:  $r = 0,9318^{***}$ . Signifikanz \*:  $P = 5\%$ , \*\*:  $P = 1\%$ , \*\*\*:  $P = 0,1\%$ .

The Ca-, Mg- and K-contents of berries (cv. Silvaner) during their development. — + E = + Emulsion, + P = + Paraffin, K = control.

Tabelle 2

Die Signifikanz der Ca-, Mg- und K-Gehalte zwischen Kontrolle und Behandlung mit Emulsion (K – E) und zwischen Kontrolle und Behandlung mit Paraffin (K – P)

The significance of the Ca, Mg and K contents between control and emulsion treatment (K – E) and between control and paraffin treatment (K – P)

d nach Vollblüte	Ca		Mg		K	
	K – E	K – P	K – E	K – P	K – E	K – P
31	NS	NS	NS	NS	NS	NS
40	5%	NS	NS	NS	0,2%	NS
49	NS	NS	0,1%	NS	5%	NS
58	5%	NS	NS	NS	NS	NS
66	1%	NS	1%	NS	NS	NS
76	5%	NS	NS	NS	2%	NS
85	2%	NS	5%	NS	NS	NS

hoch. Auch hier ist, bezogen auf die Kontrolle, nach einer Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-Öl-Behandlung eine etwas höhere, nach Paraffinbehandlung eine etwas geringere K-Einlagerung zu beobachten. Aus Tabelle 2 geht hervor, daß eine Behandlung mit Emulsion mit fortschreitender Versuchsdauer zu signifikanten Unterschieden bei der Ca-Einlagerung führt. Nach einer Behandlung mit Emulsion weisen dagegen die Mg- und K-Gehalte der Bee-

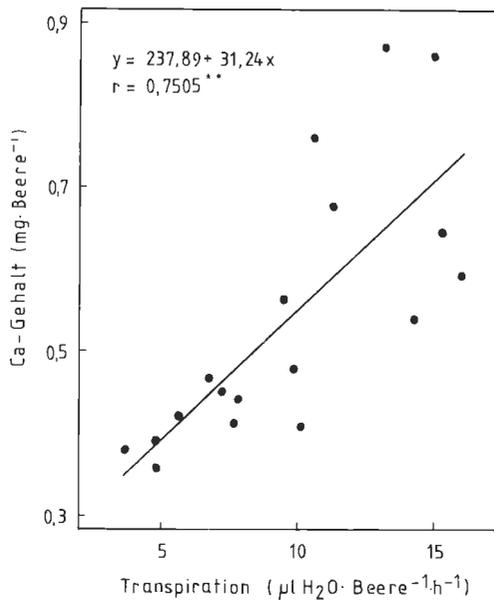


Abb. 3: Die Beziehung zwischen dem Ca-Gehalt behandelter und unbehandelter Beeren der Sorte Silvaner und ihrer Transpiration 85 d nach der Vollblüte. Signifikanz \*\*: P = 1 %.

The relation between the Ca content of treated and untreated berries (cv. Silvaner) and their transpiration rate 85 d after full bloom. Significance \*\*: P = 1 %.

ren weniger häufig signifikante Unterschiede zur Kontrolle auf; die Wirkung einer Paraffinbehandlung auf die Ca-, Mg- und K-Einlagerung ist in allen Fällen nicht signifikant.

Die vorliegenden Befunde machen somit deutlich, daß bei einer experimentell ausgelösten Steigerung der Transpiration der Beeren eine erhöhte Einlagerung von Mineralstoffen, vor allem von Ca, vorliegt. Diese enge Beziehung zwischen der Ca-Einlagerung in die Beeren und der Transpirationsrate ( $r = +0,7505$ ) veranschaulicht Abb. 3.

### Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse zur Transpiration der Beeren lassen eine Abnahme der Transpiration vom 30. bis 85. d nach der Vollblüte erkennen. Eine Abnahme der Transpiration war in dieser Entwicklungsphase auch erkennbar, wenn die Transpirationsrate auf eine Beere oder auf das Beerenfrischgewicht bezogen wurde. Mögliche Ursachen dieser Einschränkung der Wasserabgabe sind in der Differenzierung und Verdickung der Kutikula zu suchen, wie sie CONSIDINE und KNOX (1979) in der ersten Phase des Beerenwachstums feststellten. Nach Untersuchungen von RADLER (1965) und TODOROFF und KARADIMTSHEWA (1968) wird das kutikuläre Wachs auf den Beeren hauptsächlich in den ersten 20—25 d nach der Blüte gebildet; anschließend nimmt die Wachsmenge je Beere zwar weiter zu, bezogen auf die Flächeneinheit jedoch ab, so daß die Wachsmenge kaum als Erklärung der abnehmenden Transpiration herangezogen werden kann. In welchem Umfang die von BLAICH *et al.* (1984) in der Kutikula der Beeren nachgewiesenen Perforationen zur Transpiration beitragen, wird in weiterführenden Untersuchungen abzuklären sein. Neben der kutikulären dürfte auch die stomatäre Transpiration der Beeren eine, wegen der geringen Dichte der Stomata allerdings untergeordnete Rolle spielen (BELIN 1972; BESSIS 1972; SWIFT *et al.* 1973); dennoch kann vermutet werden, daß die während der ersten Wachstumsphase abnehmende Funktionsfähigkeit der Stomata und ihre Umwandlung in Lentizellen zur Abnahme der Transpiration beiträgt. Die Applikation einer  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -Öl-Emulsion, wie sie zur Beschleunigung der Trocknung der Beeren bei der Rosinenproduktion verwendet wird, führte auch in diesen Versuchen zu einer Erhöhung der Transpiration der Beeren. Hierbei wird nach Untersuchungen von CHAMBERS und POSSINGHAM (1963) nicht das Wachs entfernt, sondern in seiner Struktur verändert, so daß die Permeabilität für Wasser erhöht wird.

Die Ergebnisse dieser Arbeit machen deutlich, daß die Einlagerung von Mg und K in die Beeren offenbar nur geringfügig durch eine Veränderung der Transpirationsrate beeinflussbar ist. Demgegenüber ist bei Ca eine deutliche Abhängigkeit der Einlagerung von der Wasserabgabe der Beeren erkennbar. Auch Untersuchungen an Früchten der Tomate, des Pfeffers und der Bohne sowie bei Kartoffelknollen lassen positive Korrelationen zwischen der Transpirationsrate der Speicherorgane und ihrem Ca-Gehalt erkennen (WIERSUM 1966; KRÄUS und MARSCHNER 1974; MIX und MARSCHNER 1976). Nach BANGERTH (1979) beschränken sich Ca-Mangelercheinungen meist auf Organe und Gewebe mit niedriger Transpiration und hohem Assimilatbedarf. In diesem Zusammenhang erscheint die Hypothese von ANSIAUX (1959) und WIERSUM (1966), nach der rasch wachsende, schwach transpirierende Gewebe Wasser bevorzugt über das Phloem und weniger über das Xylem einlagern, für zukünftige Untersuchungen über die Mechanismen des Transportes in die Weinbeeren von Interesse. Die vorliegenden Befunde sowie Untersuchungen zur Struktur und Funktion des Xylems in

Trauben (LANG *et al.*, in Vorbereitung) deuten darüber hinaus an, daß die Funktionsfähigkeit des Xylems in Traubenstielen und Beeren während der Beerenreife partiell eingeschränkt ist.

### Zusammenfassung

Zur Förderung bzw. Hemmung der Transpiration von Weinbeeren wurden Trauben der Sorte Silvaner 3 Wochen nach der Vollblüte mit einer  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -Olivenöl-Emulsion (E) bzw. flüssigem Paraffin (P) behandelt.

1. Die Transpiration ( $\mu\text{l H}_2\text{O} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ) unbehandelter Beeren nahm im Versuchszeitraum (30—85 d nach der Blüte) um etwa 80 % ab; sie war nach Behandlung der Beeren mit E erhöht, nach Behandlung mit P gegenüber der Kontrolle vermindert.
2. In unbehandelten und mit Paraffin behandelten Trauben nahmen die Ca-Gehalte ( $\text{mg} \cdot \text{Beere}^{-1}$ ) nur schwach zu; nach Behandlung mit E war dagegen eine rasche Erhöhung der Ca-Einlagerung erkennbar. Auch die Mg- und K-Gehalte der Beeren waren nach Behandlung mit E erhöht, allerdings waren die Unterschiede hier weniger häufig signifikant.
3. Nach einer Behandlung mit P waren gegenüber der Kontrolle keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Ca-, Mg- und K-Einlagerung in die Beeren zu erkennen.
4. Zwischen der Ca-Einlagerung in die Beeren und ihrer Transpiration besteht eine enge Korrelation ( $r = +0,7505$ ).

### Danksagung

Für wertvolle Hinweise und Anregungen danken die Autoren Herrn Dr. A. LANG, D. S. I. R., Department of Physics and Engineering Laboratory, Lower Hutt, New Zealand, und für seine finanzielle Unterstützung dem C. N. R., Italien.

### Literatur

- ALLEWELDT, G.; 1977: Wachstum und Reife der Weinbeere. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. **10**, 25—34.
- ANSIAUX, J. R.; 1959: La composition minérale des fruits et la voie de transport des ions alimentaires vers ceux-ci. Ann. Physiol. Vég. (Bruxelles) **4**, 53—88.
- BANGERTH, F.; 1979: Calcium-related physiological disorders of plants. Ann. Rev. Phytopathol. **17**, 97—122.
- BELIN, J. M.; 1972: Recherches sur la répartition des levures à la surface de la grappe de raisin. Vitis **11**, 135—145.
- BESSIS, R.; 1972: Etude de l'évolution des stomates et des tissus péristomatiques du fruit de la vigne. C.R. Acad. Sci. (Paris) **274**, 2158—2161.
- BLAICH, R.; STEIN, U.; WIND, R.; 1984: Perforationen in der Cuticula von Weinbeeren als morphologischer Faktor der Botrytisresistenz. Vitis **23**, 242—256.
- CARROL, D. E.; MARCY, J. E.; 1982: Chemical and physical changes during maturation of muscadine grapes (*Vitis rotundifolia*). Amer. J. Enol. Viticult. **33**, 168—172.
- CHAMBERS, T. C.; POSSINGHAM, J. V.; 1963: Studies of the fine structure of the wax layer of Sultana grapes. Austral. J. Biol. Sci. **16**, 818—825.

- CONSIDINE, J. A.; KNOX, R. B.; 1979: Development and histochemistry of the cells, cell walls and cuticle of the dermal system of fruit of the grape, *Vitis vinifera* L. *Protoplasma* **99**, 347—365.
- COOMBE, B. G.; 1976: Development of fleshy fruits. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **27**, 207—228.
- DÜRING, H.; 1977: Fisiologia dell'accrescimento e della maturazione delle bacche. *Vignevini* **4** (2), 17—22.
- FRIEDEN, K.-H.; 1984: Transpiration und CO<sub>2</sub>-Gaswechsel von Trauben verschiedener Rebsorten. *Diss. Univ. Bonn*.
- GEISLER, G.; RADLER, F.; 1963: Entwicklungs- und Reifevorgänge an Trauben von *Vitis*. *Ber. Dt. Bot. Ges.* **76**, 112—119.
- HARRIS, J. M.; KRIEDEMANN, P. E.; POSSINGHAM, J. V.; 1968: Anatomical aspects of grape berry development. *Vitis* **7**, 106—119.
- HRADZINA, G.; PARSOUS, G. F.; MATTICK, L. R.; 1984: Physiological and biochemical events during development and maturation of grape berries. *Amer. J. Enol. Viticult.* **35**, 220—227.
- HYLMÖ, B.; 1953: Transpiration and ion absorption. *Physiol. Plant.* **6**, 333—405.
- KRAMER, P. J.; 1969: *Plant and Soil Water Relationships: A Modern Synthesis*. McGraw Hill Book Company, New York.
- KRAUS, A.; MARSCHNER, H.; 1974: Einfluß der Tag/Nacht-Periodik auf Knollengewicht und Ca-Verlagerung in Stolonen von Kartoffelpflanzen. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* **137**, 116—123.
- KRIEDEMANN, P. E.; 1968: Observations on gas exchange in the developing Sultanina berry. *Austral. J. Biol. Sci.* **21**, 907—916.
- MIX, G. P.; MARSCHNER, H.; 1976: Calciumgehalte in Früchten von Paprika, Bohne, Quitte und Hagebutte im Verlauf des Fruchtwachstums. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* **139**, 537—549.
- PANDEY, R. M.; FARMAHAN, H. L.; 1977: Changes in the rate of photosynthesis and respiration in leaves and berries of *Vitis vinifera* grapevines at various stages of berry development. *Vitis* **16**, 106—111.
- POSSNER, D. R. E.; KLIEWER, W. M.; 1985: The localisation of acids, sugars, potassium and calcium in developing grape berries. *Vitis* **24**, 229—240.
- RADLER, F.; 1965: Reduction of loss of moisture by the cuticle wax components of grapes. *Nature* **207**, 1002—1003.
- SCHRADER, U.; LEMPERLE, E.; BECKER, N. J.; BERGNER, K. G.; 1976: Der Aminosäure-, Zucker-, Säure- und Mineralstoffgehalt von Weinbeeren in Abhängigkeit vom Kleinklima des Standortes der Rebe. *Wein-Wiss.* **31**, 160—175.
- SWIFT, J. G.; BUTTROSE, M. S.; POSSINGHAM, J. V.; 1973: Stomata and starch in grape berries. *Vitis* **12**, 38—45.
- TODOROFF, G.; KARADIMTSHEWA, B.; 1968: Über die Menge des Wachsüberzuges der Weinbeere und deren Transpiration. *Mitt. Klosterneuburg* **13**, 257—265.
- WIERSUM, L. K.; 1966: Calcium content of fruits and storage tissue in relation to the mode of water supply. *Acta Bot. Neerl.* **15**, 406—418.

Eingegangen am 26. 2. 1986

Priv. Doz. Dr. H. DÜRING  
BFA für Rebenzüchtung  
Geilweilerhof  
D-6741 Siebeldingen