

Vitis 14, 190—197 (1975)

Fachbereich Angewandte Biologie, Fachbereich Ernährungswissenschaften und Fachbereich
Physik der Justus-Liebig-Universität Gießen

Ermittlung der Kalium- und Calciumverteilung in Traubenschachsen von *Vitis vinifera* mit Hilfe der Röntgenstrahlenmikroanalyse am Rasterelektronenmikroskop

von

W. FEUCHT, E. FORCHE und J. PORSTENDÖRFER

Determination of the K/Ca ratio in rachises of the vine clusters (*Vitis vinifera* L.) by an X-ray microanalyser with a scanning electron microscope

S u m m a r y . — The present study was conducted on rachises of *Vitis vinifera* L. during the early phase of stalk necrosis disease ('Stiellähme').

Amounts of K and Ca were recorded by an energy dispersion X-ray analyser with a scanning electron microscope.

Samples were taken from healthy and diseased plants, the affected plants being divided into seemingly healthy and slightly necrotic tissues.

In the case of the healthy-looking tissue from diseased plants, the ratio of K/Ca is high when compared with healthy plants. This tendency is accentuated in tissues with visible symptoms in the early phase of stalk necrosis disease.

The imbalance between K and Ca was considerable, especially in the large parenchyma cells of the cortex and was less accentuated in the xylem and on the surface of the rachis.

Einleitung

Das Problem degenerierender Sproßachsen bei Fruchtständen von Reben („Stiellähme“) wurde wiederholt und unter Einbeziehung umfangreicher Literatur beschrieben (ALLEWELDT und HIFNY 1972, THEILER 1973).

Ein wichtiger Teilaspekt kommt dem membranstabilisierenden Calcium (MARIKOS 1962) und aufgrund bekannter kationischer Wechselbeziehungen insbesondere bei *Vitis vinifera* (GÄRTEL 1967, DJABARIAN 1970) auch dem Kalium und Magnesium zu. Diese Mineralstoffe wiederum sind physiologisch im Zusammenhang mit dem Säurestoffwechsel (ALLEWELDT und HIFNY 1972, BANGERTH 1973) und dem Kohlenhydratumsatz und -transport (MENCEL und VIRO 1974) zu beurteilen.

Der exakte analytische Nachweis der Kationendichte und -verteilung innerhalb des Achsengewebes stößt indessen auf methodische Schwierigkeiten. In den Anfangsstadien der Stiellähme, die für die Erfassung der kausalen Zusammenhänge besonders wichtig sind, handelt es sich um eng lokalisierte sich desintegrierende, jedoch noch nicht nekrotische Zellkomplexe, die mit den üblichen Methoden, z. B. über die Veraschung, nur unzureichend zu erfassen sind. Unter anderem müßten die sich desintegrierenden Zellen unter dem Mikroskop identifiziert und aus dem Stengelgewebe herauspräpariert werden, um eine Verfälschung der Befunde durch angrenzendes gesundes Material auszuschließen.

Deshalb wurde unter Verwendung eines Röntgenspektrometers (energiedispersives System) in Verbindung mit einem Rasterelektronenmikroskop (Stereoscan 4) ein anderer Weg eingeschlagen, da hiermit die Alkali-Ionen kleinster Zellkomplexe direkt erfaßt werden können. Über die Methodik und die Resultate wird im Folgenden berichtet.

Material und Methoden

Die Trauben des Limberger-Klons 419/5 entstammen den Rebanlagen der Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau in Weinsberg/Baden-Württemberg.

Beim Auftreten der ersten Stiellähmesymptome wurden 1972 und 1973 jeweils 15 gesund erscheinende und 15 erkrankte Trauben entnommen. Unter dem Binokular wurden die Traubenziele nach solchen Nekrosen untersucht, die noch relativ klein waren. Bereits fortgeschrittene Krankheitsstadien wurden nicht untersucht, da durch Sekundärprozesse möglicherweise erhebliche Veränderungen im ursprünglichen Schadensbild entstehen können. Die Sproßsegmente wurden teils dem Hauptstiel, teils den Seitenstielen entnommen. Bei den gesund erscheinenden Kontrollen wurden jeweils entsprechend lokalisierte und ähnlich große Segmente entnommen. Alle Proben wurden nach der Präparation im Vakuum getrocknet und luftdicht aufbewahrt.

Für die Analyse wurden die Präparate in einer Bedampfungsanlage mit Kohle (200—400 Å) bedampft. Die Oberfläche der Probe wurde mit dem Rastermikroskop betrachtet und anschließend eine Elementanalyse auf Kalium und Calcium mit Hilfe eines energiedispersiven Systems durchgeführt. Der verwendete Si/Li-Detektor hat eine Energieauflösung von 160 eV (bei 6 KeV). Da es bei den Untersuchungen nur auf das Kalium/Calcium-Verhältnis ankam, störte die relativ strukturreiche, rauhe Probenoberfläche nicht. Es wurden Linien- und Flächenanalysen auf Stieloberfläche und Stielquerschnitt durchgeführt.

Bei dem Linienanalysenverfahren wurde das Röntgenspektrometer auf ein Element (K oder Ca) eingestellt und seine Konzentration entlang einer Geraden gemessen, während der Elektronenstrahl über die Probe fuhr. Die gemessene Intensitätsverteilung des eingestellten Elementes längs der Scanlinie wurde über einen Ratemeter direkt mit einem x/t -Schreiber registriert oder in einem Vielkanalanalysator gespeichert (Betrieb: Vielkanalzählung). Um auch eine Flächenverteilung eines Elementes von der Probenoberfläche zu erhalten, wurde das Ausgangssignal des Spektrometers zur Modulierung der Kathodenstrahlröhre im Rastermikroskop verwendet. Es war somit möglich, nach Aufnahme der Probenoberfläche (Sekundärelektronen-Bild) anschließend eine Elementverteilung von der gleichen Stelle der Probenoberfläche aufzunehmen.

Resultate

1. Messungen an der Stieloberfläche

Die Proben des Jahres 1972 wurden longitudinal an der Achsenoberfläche untersucht. Da die Analysentiefe im Material nur ca. 20 μm beträgt (20 KeV Elektronen), werden hierbei nur die Epidermis und die unmittelbar darunter liegenden Zellen erfaßt. In diesem Rindenbereich kann, wie THEILER (1970) sowie HIFNY und ALLEWELT (1972) festgestellt haben, eine nekrotische Veränderung mit den Symptomen der Stiellähme auftreten. Möglicherweise ist jedoch der gesamte erkrankte Gewebekomplex, der meist noch tiefer in die Rinde reicht, durch die Messung nicht voll erfaßt worden.

Das Material wurde in 3 Klassen eingeteilt: Bei gesund aussehenden Traubenziele wurde an unbeschädigten Stellen gemessen (G). Eine weitere Serie von Proben wurde von kranken Trauben, jedoch aus gesund erscheinendem Gewebe entnommen (K/G). Die dritte Segmentgruppe stammt ebenfalls aus kranken Traubenachsen mit kleinen sich desintegrierenden Gewebekomplexen, die jedoch noch nicht mit melanoiden Farbstoffen durchsetzt waren, was eine starke Schädigung angezeigt hätte (K/K). Es wurde Wert darauf gelegt, die relativen Kationensummen zu Beginn der Krankheit zu erfassen, weil dadurch viel eher Rückschlüsse auf die Krankheitsursachen möglich sind.

Die Meßdaten ergeben einen deutlichen Unterschied zwischen den gesunden und kranken Stielpartien. Die Relation Kalium/Calcium ist dort, wo die Symptome der Stiellähme auftreten, stets höher als im gesunden Gewebe. In der Tabelle 1 sind die Werte aus 2 Jahren zusammengestellt. Sie zeigen innerhalb eines Jahres jeweils

Tabelle 1

Kalium/Calcium-Quotient an der Oberfläche von Traubenstielen gesunder und kranker Pflanzen (Mittelwerte von jeweils 15—25 Segmenten mit je 3 Meßstellen)
Potassium/calcium ratio at the surface of rachises from healthy and diseased plants (mean values from 15—25 segments with 3 measuring points each)

Gewebe		K/Ca	
		1972	1973
gesund (G)	\bar{x}	7,73	0,62
	s	$2,84 \pm 37\%$	$0,23 \pm 37\%$
krank/gesund (K/G)	\bar{x}	—	2,00
	s	—	$1,48 \pm 74\%$
krank/krank (K/K)	\bar{x}	12,38	5,80
	s	$1,82 \pm 15\%$	$3,04 \pm 52\%$

Alle Werte sind hochsignifikant ($P < 1\%$) bzw. signifikant ($P < 5\%$).

dieselbe Tendenz auf. Zwischen den beiden Jahren bestehen jedoch erhebliche Differenzen. Vor allem 1972 ist das Kalium/Calcium-Verhältnis beim gesunden Gewebe (G) sehr hoch, es unterscheidet sich jedoch signifikant vom kranken Gewebe (K/K) desselben Jahres. Auf die relativ großen Streuungen im 2. Versuchsjahr ist hinzuweisen. Möglicherweise sind sie durch Spritzbehandlungen und Luftverschmutzungen verursacht. Durch die hochempfindliche Meßtechnik werden auch geringe lokale „Verunreinigungen“ erfaßt.

2. Kalium/Calcium-Quotient an Querschnitten der Traubenachsen

Es erschien wünschenswert, nicht nur den äußersten Achsenbereich (Tabelle 1), sondern an Hand von Querschnitten auch das übrige Stengelgewebe einschließlich der Festigungselemente im Xylem und Bast zu erfassen.

Der in der Aufsicht ziemlich homogen erscheinende Xylembereich mit breiten, meist biserialen Holzstrahlen wurde an drei günstigen Meßstellen erfaßt (Abb. 1 a).

Ähnliche Messungen im Kambial- und Phloembereich wurden nicht durchgeführt, da diese Gewebe durch den Trocknungsprozeß stark eingesunken sind und sich für diese Analyse aus Gründen der geringen Ansprechwahrscheinlichkeit nicht anbieten.

Als zweite günstige Meßstelle, wiederum für jeweils 3 Messungen, bot sich das großzellige Rindenparenchym an, weil es sowohl homogen als auch horizontal auf der Schnittoberfläche orientiert ist (Abb. 1 a).

Das kleinerzellige Rindenkollenchym ist durch den Trocknungsprozeß sehr stark nach außen abgewinkelt und deshalb nicht geeignet.

In Abb. 3 ist ein Beispiel für je eine Einzelmessung im Rindenbereich wiedergegeben. Im gesunden Gewebe einer gesunden Pflanze (G) ist der Calciumgehalt höher als der Kaliumgehalt. Beim gesund erscheinenden Gewebe kranker Traubenstiele (KG) verschiebt sich der Anteil der Kationen stärker zugunsten des Kaliums. Dieser Trend verstärkt sich noch mehr im als krank definierten Gewebe von

Stielen, die aufgrund stärkerer Nekrosen (die nicht analysiert wurden) äußerlich sichtbar krank waren (KK).

Tabelle 2

Kalium/Calcium-Quotient an Querschnitten von Traubenstielen gesunder und kranker Pflanzen (Mittelwerte von jeweils 10—12 Segmenten mit je 3 Meßstellen)
Potassium/calcium ratio at transverse sections of rachises from healthy and diseased plants (mean values from 10—12 segments with 3 measuring points each)

Gewebe		K/Ca	
		Xylem	Rindenparenchym
gesund	\bar{x}	0,22	0,48
(G)	s	$0,07 \pm 34\%$	$0,09 \pm 19\%$
krank/gesund	\bar{x}	0,35	1,83 n.s.
(K/G)	s	$0,08 \pm 24\%$	$0,51 \pm 28\%$
krank/krank	\bar{x}	0,48	2,13 n.s.
(K/K)	s	$0,17 \pm 36\%$	$0,90 \pm 42\%$

Alle Werte sind hochsignifikant ($P < 1\%$) bzw. signifikant ($P < 5\%$), ausgenommen die Differenz zwischen 1,83 und 2,13 (= n.s.).

Die gesamten Meßwerte aus Xylem und Rindenparenchym sind in der Tabelle 2 zusammengefaßt. Es zeigt sich generell, daß im Xylembereich der Kalium/Calcium-Quotient geringer als im Rindensektor ist. Demnach nimmt die relative Kaliummenge, verglichen mit Calcium, in der Rinde zu.

Vergleicht man gesundes und krankes Gewebe, so ergibt sich folgendes Bild: Mit zunehmender Erkrankung (von KG zu KK) findet sich mehr Kalium im Gewebe als Calcium. Dieser Effekt ist in der Rinde stärker ausgeprägt als im Xylem.

Es überrascht jedoch, daß auch das Xylem eine disharmonische Kationenverteilung überhaupt aufweist, da anatomische Krankheitssymptome in diesem Sproßbereich bislang nicht festgestellt worden sind.

In Abb. 1 a ist eine REM-Aufnahme aus einem quergeschnittenen erkrankten Traubenstielsegment dargestellt. Links im Bilde befindet sich das Xylemgewebe. Der grabenartige Einbruch entspricht dem weicheren Kambium und Phloem, das beim Trocknen eingesunken ist, und rechts erscheint das Rindenparenchym. Seine vergleichsweise großen Zellen sind in Abb. 1 a in Form von weitporigen Strukturen erkennbar. Das kleinerzellige Kollenchym und die Epidermis sind nicht abgebildet, da dieser Teil des Querschnittes beim Trocknen in einem sehr starken Winkel nach unten gekrümmt wurde. Daraus resultiert eine drastische Unschärfe auf dem Foto.

In Abb. 1 b und 1 c ist die dazugehörige relative Kalium- und Calciumkonzentration dargestellt. Hohe Punktdichte in der Aufnahme bedeutet hohe Elementkonzentration.

Die beiden Elementverteilungsbilder machen deutlich, daß trotz der rauen Querschnittsoberfläche eine Charakterisierung der Kationenverteilung möglich ist. Die Kaliumkonzentration (Abb. 1 b) ist insgesamt stärker und besonders ausgeprägt im Rindenparenchym. Das Calcium ist gleichmäßiger verteilt (Abb. 1 c).

Abb. 2 zeigt die typische Veränderung des Kalium/Calcium-Verhältnisses entlang der in Abb. 1 a, b, c gezeigten weißen bzw. schwarzen Linie auf dem Stielquerschnitt einer kranken Pflanze. Der Line Scan beginnt somit im Xylem und durchläuft das Kambium und Phloem bis zum Rindenparenchym.

Abb. 1: REM-Aufnahme eines Querschnittes aus einem kranken Traubenstiel (KK). a) Von links nach rechts: Xylem, Kambium-Phloem als Vertiefung, Rindenparenchym. b) Elementverteilung (helle Punkte) für Kalium und c) für Calcium. — Weißer bzw. schwarzer Querstrich entspricht der in Abb. 2 dargestellten Line Scan für KK.

REM photograph of a transverse section from a diseased rachis (KK). a) From left to right: Xylem, cambium and phloem as a recess, cortex parenchyma. b) Element distribution (bright spots) for potassium and c) for calcium. — White or black line corresponds to the line scan for KK as shown in Fig. 2.

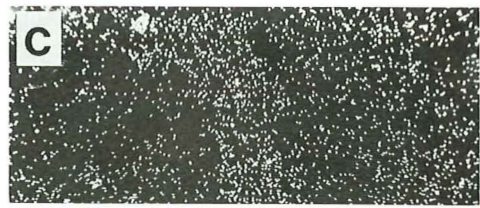
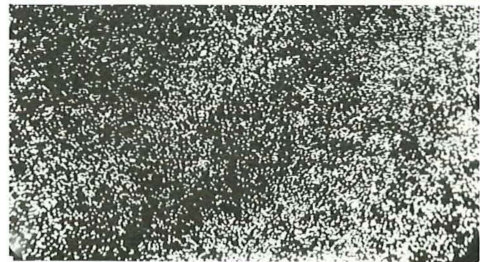
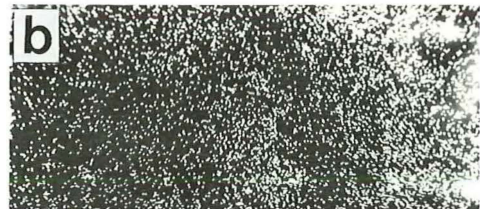
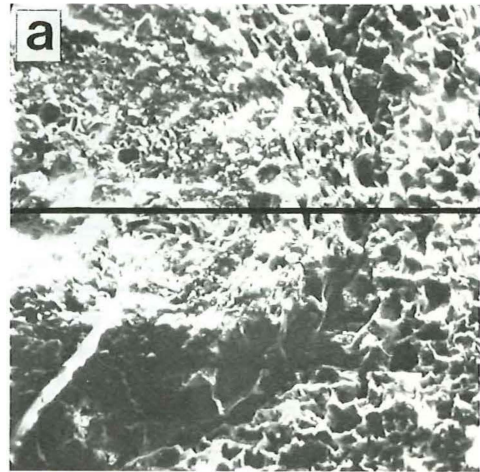
Im gesunden Gewebe bewegt sich der Kalium/Calcium-Quotient mit geringen Schwankungen in horizontaler Richtung. Völlig anders ist der Verlauf der Kurve im erkrankten Stielgewebe. Der Quotient Kalium/Calcium nimmt in der Rinde um das Mehrfache zu.

Diskussion

Alles in allem zeigen die vorliegenden Daten, daß die Stielähme bei einem weiten Kalium/Calcium-Verhältnis der Traubenachsen bevorzugt auftritt. So gesehen ist der Zellzusammenbruch zeitlich mit einem gestörten Verhältnis der betreffenden Alkali-Ionen gekoppelt. Damit ergeben sich Parallelen zu Zellnekrosen in calciumarmen Geweben der Apfelfrüchte (BANGERTH 1973, LEWIS und MARTIN 1973).

Der besondere Wert der ermittelten Resultate liegt in der exakten Lokalisierung der disharmonischen Kationenverteilung innerhalb des Stielgewebes durch die Mikrosonde im Mikrobereich.

Die Kalium / Calcium-Schere öffnet sich am weitesten im großzelligen Rindenparenchym, wo das Zellumen, je nach Rebsorte 80 oder 100 μm erreichen kann (THEILER 1970,



FEUCHT, 1971); sie schließt sich jedoch wieder etwas im Bereich des äußeren kollenchymartigen und kleinerlumigen Rindengewebes.

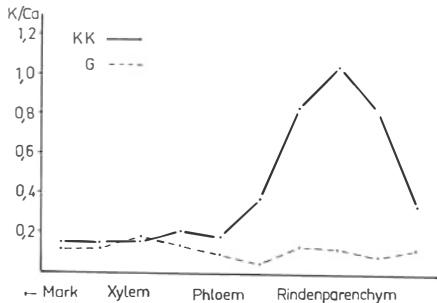


Abb. 2

Abb. 3 →

Abb. 2: Kalium/Calcium-Verhältnis auf einer Markierungslinie (Line Scan), die vom Xylem bis zum Rindenparenchym verläuft.

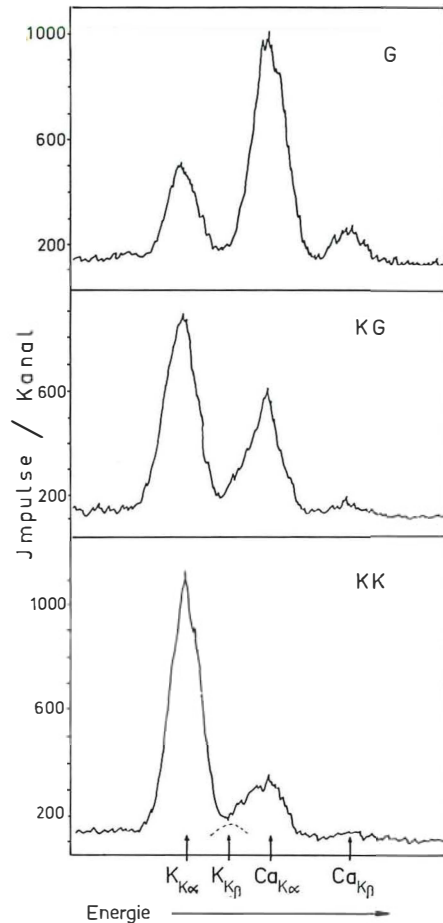
Abb. 3: Einzelmessungen von Impulsen für Kalium und Calcium im Rindenbereich.

G = gesund, KG = scheinbar gesund, KK = nekrotisch.

Fig. 2: Potassium/calcium ratio on a marking line (line scan) extending from xylem to cortex parenchyma.

Fig. 3: Single measurements of impulses for potassium and calcium in the cortex range.

G = healthy, KG = seemingly healthy, KK = necrotic.



Soweit die Entstehungsorte der Krankheit im inneren Rindenbereich liegen, muß aufgrund der Calcium-Mangelbedingungen ursächlich an einen irreversiblen Strukturverlust der Membranen und Zellwände gedacht werden. Dazu sind diese dünnwandigen und großlumigen Zellen mit geringem Plasmaanteil und großer Vakuole prädestiniert, denn ihre Ontogenese hatte eine hohe plastische Dehnbarkeit und eine Lockerung der Zellwandmatrix durch Calciumentzug zur Voraussetzung. COOL und BONNER (1957) haben hierzu grundsätzliche Versuche bei Tomate und Mais angestellt. Ein Mangel an Calcium kann bei Gurken die Zellmembranen ungewöhnlich permeabel machen (DVOŘÁK und ČERNOHORSKÁ 1972), und ein Leck bei einem der zellinternen Kompartimente vermag die Zellorganisation und die Enzymproteine empfindlich zu stören (SACHER 1962). Sowohl die Vakuolen als auch die Zellwände enthalten Enzyme, die eine Autolyse verursachen können (MATILE 1969, LEE *et al.* 1967).

Die mögliche Mitwirkung des Kaliums ist u. a. in Verdrängungseffekten zu suchen (MENGEL 1970), wodurch Magnesium- und Calcium-Ionen von den Bindungsstellen an den Pektinen getrennt werden (SOMERS 1973). Am Tonoplast besteht nach PIERCE und HIGINBOTHAM (1970) vermutlich ein aktiver Influx für Kalium, wodurch der osmotische Druck der Zellen erhöht wird. Zellexpansion und Dünnwandigkeit sind die Folge, einhergehend mit einem geringeren Zelluloseanteil der Festigkeitsgewebe (WILSON 1961). Abgesehen von all diesen grundsätzlichen Fakten, bleibt bei den Traubenstielen die starke Bevorzugung des Kaliums und die Benachteiligung des Calciums durch das Rindenparenchym in den Ursachen unklar. Man hätte das weiteste Kalium/Calcium-Verhältnis am ehesten im Phloembereich erwartet, wo das Kalium, wie erneut bestätigt, eine stimulierende Wirkung auf den Kohlenhydrattransport hat (MENGEL und VIRO 1974). Zwar weisen die mehr zentral orientierten Achsengewebe, wie die Messung im Xylembereich ergibt, ebenfalls einen signifikant höheren Kaliumanteil auf, wenn das Gewebe erkrankt ist. Verglichen mit der Rinde ist die Störung des Ionengleichgewichts jedoch gering.

Die ausgeprägte Querverschiebung des Kaliums in das Rindenparenchym der Traubenachsen darf nicht unabhängig von einer möglichen, unter Umständen altersbedingten, Retranslokation des Calciums betrachtet werden. Der an sich schon geringe Calciumgehalt in den Traubenachsen (DIABARIAN 1970) wird vermutlich durch das Auftreten von organischen Säuren bei Beginn der Stiellähme verstärkt (ALLEWELDT und HIFNY 1972), wobei aufgrund der Elementanalyse zu folgern ist, daß die gebildeten Calcium-Chelate aus dem Rindengewebe forttransportiert werden.

Zusammenfassung

Bei einem Limberger-Klon wurden Untersuchungen durchgeführt, welche Beziehungen zwischen der Kalium/Calcium-Relation und der Stiellähmeerkrankung aufzeigen. Hierfür wurde ein Verfahren mit dem Rasterelektronenmikroskop und einem Röntgenspektrometer angewandt. Es gestattet die Analyse kleinster Gewebekomplexe im Anfangsstadium der Krankheit. Untersucht wurden völlig gesunde und kranke Pflanzen — bei letzteren sowohl gesund erscheinende Stellen an Traubenstielen als auch schwach erkrankte Gewebe. Die Messungen erfolgten an der Stieloberfläche und an Querschnitten.

Alle Untersuchungen zeigen, daß mit Beginn der Stiellähmkrankheit der Kalium/Calcium-Quotient größer wird. Davon sind die Oberfläche, das Rindenparenchym und auch das Xylem betroffen. Die größte Disharmonie zwischen Kalium und Calcium besteht im großzelligen Rindenparenchym.

Die Arbeit wurde mit Unterstützung des Strahlencentrums der Justus-Liebig-Universität in Gießen durchgeführt. Frau B. HINDORF sowie Herrn und Frau NACHIT danken wir für die technische Mithilfe.

Literatur

- ALLEWELDT, G. und HIFNY, H. A. A., 1972: Zur Stiellähme der Reben. II. Kausalanalytische Untersuchungen. *Vitis* **11**, 10—28.
- BANGERTH, F., 1973: Investigations upon Ca related physiological disorders. *Phytopathol. Z.* **77**, 20—37.
- COOIL, B. J. and BONNER, J., 1957: The nature of growth inhibition by calcium in the avena coleoptile. *Planta* **48**, 696—723.
- DIABARIAN, A., 1970: Zeitliche Veränderungen der Makroelemente in einjährigen Organen der Rebe (*Vitis vinifera* L. Sorte Riesling). Diss. Univ. Gießen.
- DVORÁK, M. and ČERNOHORSKA, J., 1972: Comparison of effects of calcium deficiency and IAA on the pumpkin plant (*Cucurbita pepo* L.). *Biol. Plant.* **14**, 28—38.

- FEUCHT, W., 1971: Über das Wundgewebe bei den Rappen der Rebe. Wein-Wiss. 26, 262—271.
- GÄRTEL, W., 1967: Untersuchungen über Welkeerscheinungen und Nekrosen an Traubenstielen. Forschungsring d. Dt. Weinbaues bei der DLG, Jahresber.
- HIFENY, H. A. A. und ALLEWELDT, G., 1972: Untersuchungen zur Stiellähme der Reben. I. Die Symptomatologie der Krankheit. Vitis 10, 298—313.
- LEE, S., KIVILAAIN, A. and BANDURSKI, R. S., 1967: In vitro autolysis of plant cell walls. Plant Physiol. 42, 968—972.
- LEWIS, T. L. and MARTIN, D., 1973: Longitudinal distribution of applied calcium and of the naturally occurring calcium, magnesium, and potassium in Merton apple fruits. Austral. J. Agricult. Res. 24, 363—371.
- MARINOS, N. G., 1962: Studies on submicroscopic aspects of mineral deficiencies. I. Calcium deficiency in the shoot apex of barley. Amer. J. Bot. 49, 834—841.
- MATILE, P., 1969: Enzymologie pflanzlicher Zellkompartimente. Ber. Dt. Bot. Ges. 82, 397—405.
- MENGEL, K., 1970: Nährstoffantagonismen und ihre Bedeutung für die Pflanzenernährung. In: ZELLER, A. (Hrsg.): Ber. Vortragstagung „Chemie und landwirtschaftliche Produktion“, 99—117. Verlag Landwirtsch.-chem. Bundesversuchsanst., Wien.
- — and VIRO, M., 1974: Effect of potassium supply on the transport of photosynthates to the fruits of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). Physiol. Plant. 30, 295—300.
- PIERCE, W. S. and HIGINBOTHAM, N., 1970: Compartments and fluxes of K^+ , Na^+ and Cl^- in avena coleoptile cells. Plant Physiol. 46, 666—673.
- SACHER, J. A., 1962: Permeability characteristics and amino acid incorporation during senescence (ripening) of banana tissue. Plant. Physiol. 41, 701—708.
- SOMERS, G. F., 1973: The affinity of onion cell walls for calcium ions. Amer. J. Bot. 60, 987—990.
- THEILER, R., 1970: Anatomische Untersuchungen an Traubenstielen im Zusammenhang mit der Stiellähme. Wein-Wiss. 25, 381—417.
- — , 1973: Anordnung der Leitbündel in einjährigen Trieben und ihren Organen, *Vitis vinifera* L. Wein-Wiss. 28, 260—277.
- WILSON, C., 1961: Cell wall carbohydrates in tobacco pith parenchyma as affected by boron deficiency and by growth in tissue culture. Plant Physiol. 36, 336—341.

Eingegangen am 12. 5. 1975

Prof. Dr. W. FEUCHT
Institut für Obstbau
Justus-Liebig-Universität
6300 Gießen
Ludwigstr. 27