Der Proteinstoffwechsel der Jungreben in der Rebschule

Von HEINZ SCHAEFER

Landes-Lehr- und Forschungsanstalt für Wein- und Gartenbau, 6730 Neustadt/Weinstr.

Die Bedeutung der Kohlenhydrate für die Vermehrung der Reben ist schon lange bekannt. Jeder Praktiker weiß, daß nur gut ausgereiftes Holz mit einem hohen Reservestoff-Reservoir für die Veredlung und für die Stecklingsanzucht geeignet ist. Kohlenhydratanalysen sind aber nur dann von Interesse für die Rebenveredlung, wenn abnorm wenig dieser Speicherstoffe im Holz vorliegt. Es müssen daher andere, in der Rebe begründete Faktoren vorliegen, die über den Veredlungserfolg entscheiden und bei den Analysen der Kohlenhydrate nicht erfaßt werden. Es erschien uns wahrscheinlich, daß stickstoffhaltige Substanzen dabei eine größere Rolle spielen.

Über den Stoffwechsel von Stickstoff-(N-)haltigen Substanzen in den verschiedenen Rebenorganen wissen wir jedoch, abgesehen von den Blättern und Trauben, noch sehr wenig. Das ist insofern erstaunlich, weil doch diese Stoffe, zu denen auch die Eiweiße (Proteine) und Enzyme gehören, eine äußerst wichtige Rolle sowohl im Betriebs- als auch im Baustoffwechsel spielen. Mir sind keine Arbeiten bekannt, die sich *eingehend* mit dem Haushalt dieser Stoffe in Jungreben beschäftigt haben. Das gilt vor allem für die Proteine. Der Grund für diesen auffallenden Mangel an Information ist nicht nur, daß man diese Stoffklasse bisher als unwichtig für praxisbezogene Erkenntnisse hielt und daß man vor der vermehrten Arbeitsbelastung durch diese aufwendigeren Analysen zurückscheute, sondern daß bis vor kurzem kein Verfahren bekannt war, um die Proteine und Enzyme aus der Rebe extrahieren zu können.

Da uns der Stoffwechsel der Proteine in den Wurzeln und verholzten Rebenorganen aus den verschiedensten Gründen interessierte, haben wir in den vergangenen Jahren Methoden ausgearbeitet, mit denen es nunmehr möglich ist, die löslichen Proteine und Enzyme aus diesen Rebenteilen zu isolieren und ihre Konzentration bezw. Aktivität quantitativ zu bestimmen (SCHAEFER 1977, 1978). Mit Hilfe dieser Verfahren haben wir im Rahmen der Rebenveredlung folgende Untersuchung durchgeführt:

(Berlandieri x Riparia) 125 AA x *Cinerea,* Na 5004-793,
Riparia x Rupestris) *193 G* *x Rip.* 1G, Na 371-83, und
(Aramon x Riparia) 143 B x 13G, N I 86-23

wurden gleichzeitig mit Müller-Thurgau veredelt. Wir wählten diese Unterlagen zum Teil deshalb aus, da infolge später Versuchsplanung keine gängigen Unterlagen mehr verfügbar waren. Überdies wollten wir unterschiedliche Rebensorten untersuchen. So enthielt die 1. Unterlage Erbgut von V. *cinerea.* Solche Kreuzungen bieten bekanntlich oft gewisse Schwierigkeiten bei der Veredlung und sind häufig schlechte Kallusbildner. Die beiden übrigen Sorten bilden normalerweise einen guten Kallus und sind gut zu veredeln. Jedoch waren sie genetisch sehr verschieden voneinander. Die eine Sorte ist eine reine Amerikaner-Kreuzung, die andere eine interspezifische. Wir nahmen daher an, daß sich vielleicht im Stoff-

Vortrag anläßl. d. 15. Fachtagung der Deutschen Rebenveredler am 22. - 24. 2. 1978 in Geisenheim (Rhg.), durch Kohlenhydrat- und Enzymanalysen (erweiterte Fassung).

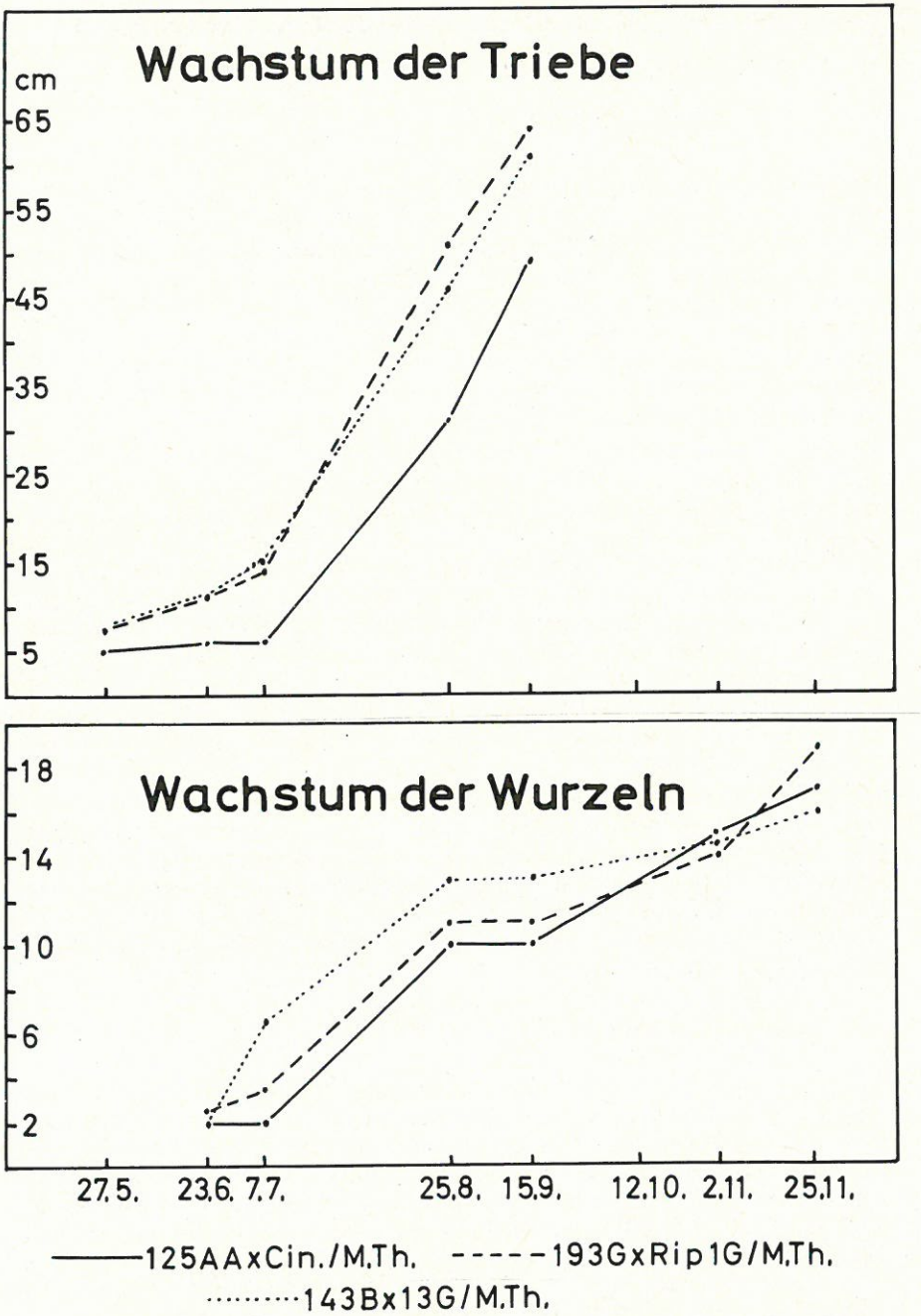

Abb. 1: Das Wachstum der Triebe und Wurzeln der untersuchten Rebensorten.
The growth of shoots and roots of the vine cultivars tested.

wechsel gewisse Unterschiede ergeben würden. In der Tat zeigt die Abbildung 1, daß die erste Sorte, wie es bei solchen Kreuzungen oft vorkommt, in der Bewurzelung und im Wachstum der Triebe anfängliche Verzögerungen aufwies. Die beiden übrigen Sorten verhielten sich in Bezug auf den Wuchs der Triebe gleich, das Wurzelwachstum war bei der 3. Sorte am günstigsten.

Der Stoffwechsel der Sorte M.T./125 AA x Cin. konnte aus Materialgründen nur bis zum 25. November verfolgt werden.

Im folgenden werden die gemessenen Konzentrationen der analytischen Substanzen in g pro 100 g Frischgewicht (%) (SCHAEFER u. SCHRODT 1972) ausgedrückt. In den Abbildungen wird der Gehalt an Protein der Deutlichkeit halber nicht als Protein-N, sondern, mit dem Faktor 6,25 multipliziert, direkt als Protein in % angegeben. Unter Gesamtkohlenhydraten verstehen wir die Summe von löslichen Zuckern und Stärke, bezogen auf Glukose.

Untersuchungen über den Kohlenhydrat-Haushalt

Obwohl wir über den Verlauf der Veränderungen im Gehalt an Kohlenhydraten von der Veredlung bis in den Sommer hinein genügend Bescheid wissen, (EIFERT 1962), wurden diese Untersuchungen dennoch wiederholt und zwar 1) um eventuelle Unterschiede zwischen verschiedenen Rebensorten feststellen zu können, und 2) weil wir wissen wollten, ob es Unterschiede bei den chemisch und physiologisch so verschiedenartigen Stoffgruppen der Kohlenhydrate und der N-haltigen Substanzen im jahreszeitlichen Verhalten gibt. Um die Ergebnisse mit denen früherer Autoren vergleichen zu können, wurde die Konzentration dieser Stoffgruppe auf das Trockengewicht bezogen.

Der Verlauf der Kurven der Gesamt-Kohlenhydrate in den verschiedenen Organen (Abbildung 2) zeigt, abgesehen von einigen geringen Schwankungen, im Frühjahr und Sommer generell die gleichen Tendenzen bei den einzelnen Rebensorten; im Herbst ergaben sich jedoch einige durch die Unterlagen bedingte Abweichungen. So erschien Ende Dezember ein 2. Maximum in den Wurzeln von M.T./143 B x 13G. Ende Januar war dort infolge eines starken Abbaues der Gehalt aber genau so groß wie bei der anderen Sorte. Bei derselben Kombination trat in den Trieben ein 2. Maximum auf, gefolgt von einem schwächeren Abbau. Sortenspezifische Unterschiede wurden bereits von BOUARD (1967a) beschrieben.

Der Verlauf der Kurven der Stärke und der löslichen Zucker war bei den drei Sorten ebenfalls sehr ähnlich, es wird daher nur auf das Beispiel M.T./193 G x Rip 1G (Abbildung 3) verwiesen.

Der Stoffwechsel der Kohlenhydrate verlief bei den untersuchten Sorten so, wie es von anderen Autoren beschrieben wurde. Während des Vortreibens und der Abhärtung und dann bis zu dem Zeitpunkt, an dem durch genügendes Blattwachstum die Assimilation größer wurde als die Respiration, wurde etwa die Hälfte der Reserve, vornehmlich Stärke, verbraucht, um das Leben der Reben aufrechterhalten und Wurzeln und Triebe bilden zu können. Diese Ergebnisse entsprechen also den Angaben von EIFERT 1962, vergl. auch BUTTROSE 1966). Mit zunehmender Assimilation und nachlassender Wuchskraft wurden in allen Rebenorganen Kohlenhydrate in Form von Stärke als Reservestoffe eingelagert. Diese Akkumilierung erreichte ein Maximum noch vor der Laubverfärbung, wie auch an älteren Reben beobachtet worden ist (WINKLER u. WILLIAMS 1945; EIFERT

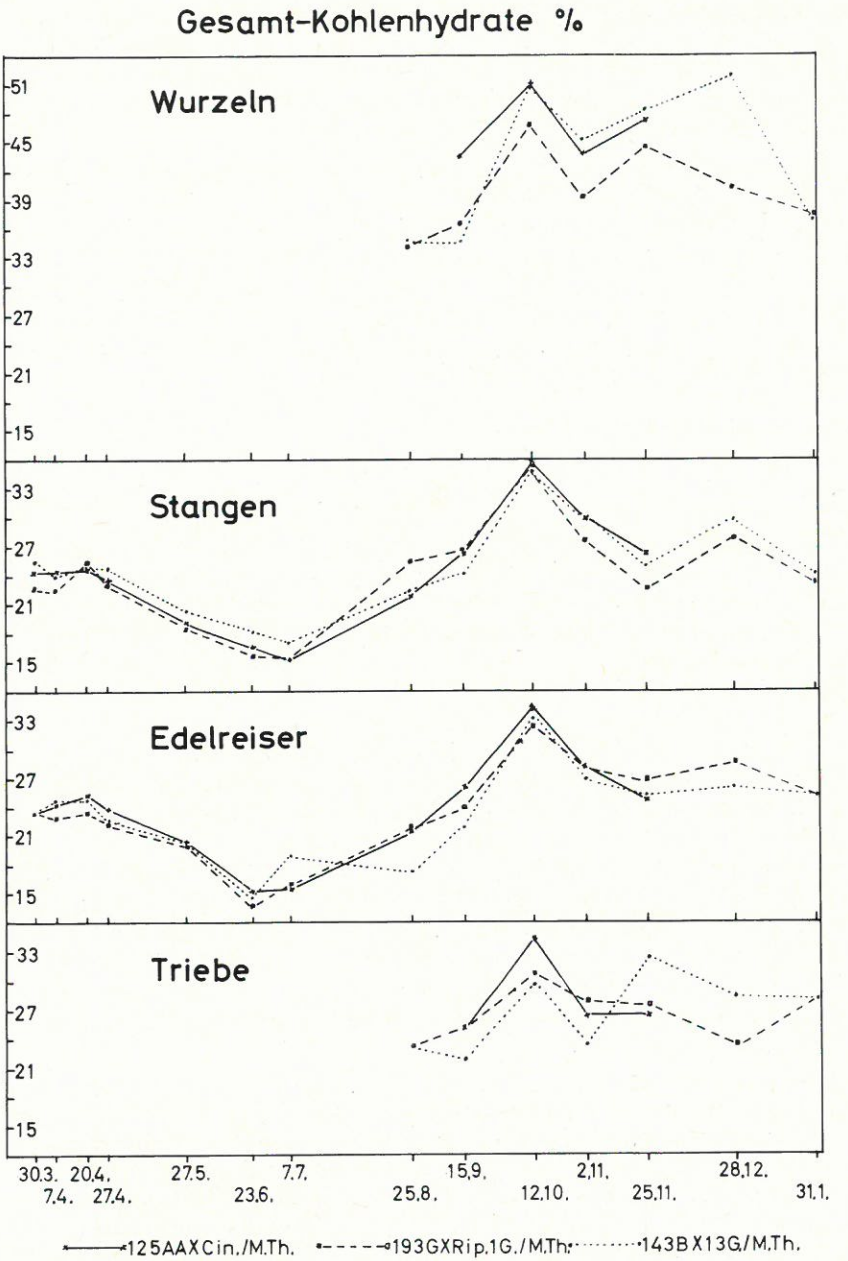

Abb. 2: Veränderungen im Gehalt an Gesamtkohlenhydraten in Jungreben von 3 verschiedenen Rebensorten. – Seasonal changes in the concentrations of total carbohydrates in roots, rootstocks, scions and shoots of 3 cultivars in the nursery.

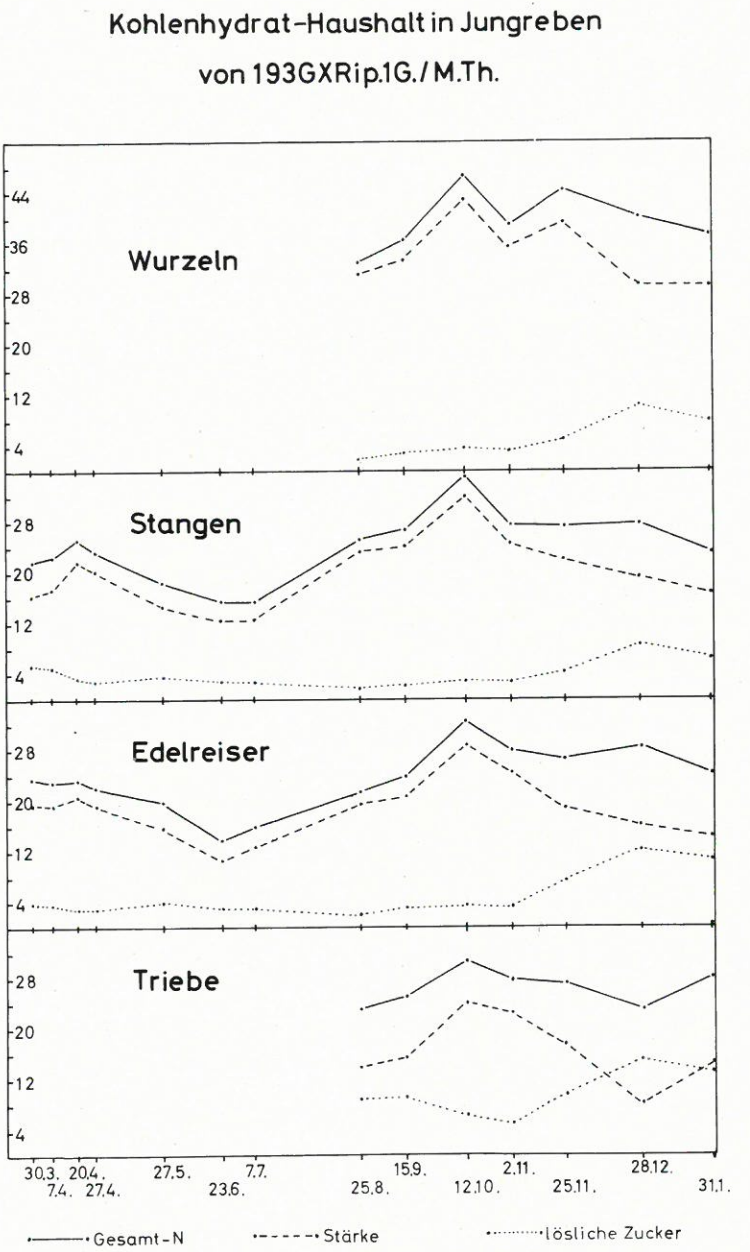

Abb. 3: Veränderungen im Gehalt an Gesamtkohlenhydraten, Stärke und löslichen Zuckern in Jungreben von Müller-Thurgau/193G x Rip 1G. – Seasonal changes of total carbohydrates, starch and soluble sugars in roots, rootstocks, scions and shoots of Müller-Thurgau/193G x Rip 1G in the nursery.

1961, 1962; BOUARD 1967a,b). In der Wurzelstange und im Edelreis folgte auf das herbstliche Maximum sehr schnell eine stärkere Abnahme der Kohlenhydrate bis zur völligen Holzreife, danach verlangsamte sich die Atmung. Einen besonders hohen Gehalt an Kohlenhydraten erreichten die Wurzeln (CAPUCCI 1941).

Deutlich erkennbar ist in der Abbildung 3 auch das Ansteigen der Konzentration der löslichen Zucker bei gleichzeitigem Stärkeabbau in den Trieben (Zucker-Stärke-Interkonversion, WINKLER u. WILLIAMS 1945; EIFERT 1961, 1962; u.a.). Diese Umwandlung wurde im Edelreis und in der Wurzelstange immer geringfügiger und war in den Wurzeln nur noch schwach angedeutet (so auch WINKLER u. WILLIAMS).

Der Kohlenhydratstoffwechsel in den Jungreben ist also dem der älteren Reben sehr ähnlich, so daß nicht detaillierter darauf eingegangen wird. Die Untersuchungen zeigen aber auch, daß wir es in unserem Fall mit völlig normalen und gesunden Reben zu tun haben, so daß uns eine gute Ausgangsbasis für die folgenden Ausführungen über den Stoffwechsel der N-haltigen Substanzen und der Proteine vorliegt.

Der Stoffwechsel der N-haltigen Substanzen

Wir betrachten zunächst den Verlauf des Gehaltes an Gesamt-N und Protein in den verschiedenen Teilen der Pfropfkombination Müller-Thurgau auf 193 G x Rip 1G vom Zeitpunkt der Veredlung bis zum 31. Januar. Wir haben die Reben länger als üblich in der Rebschule belassen, um zu sehen, welche Veränderungen im Verlauf des Winters eintreten. Wie die Abbildung 4 zeigt, können wir mehrere Phasen unterscheiden.

1) *Veredlung bis Einschulen*

In der 1. Phase erfolgt zunächst während des Vortreibens eine Abnahme des Gehaltes an Gesamt-N in Stange und Edelreis, der dann bis nach dem Einschulen mehr oder weniger konstant bleibt. Die Bewurzelung ist zu dieser Zeit noch sehr gering, am 27. Mai waren die Triebe etwa 5-10 cm lang, die Blättchen noch sehr klein. Sehr beachtlich ist in dieser Zeit die Mobilisierung, d.h. der Abbau von Proteinen, wohl ein Beweis dafür, daß zumindest ein Teil der verschwindenden N-haltigen Substanzen aus der Proteinreserve stammt und nun zum Aufbau der neuen Gewebe (Wurzeln und Triebe) benötigt wird.

Die leichte Zunahme des Gesamt-N im Edelreis und die entsprechende Abnahme in der Wurzelstange während der Abhärtung könnten darauf hinweisen, daß bereits schon eine gewisse Verbindung zwischen den beiden Organen durch den Kallus hindurch besteht. Während des Abhärtens wird in Stange und Edelreis wieder etwas Protein synthetisiert.

2) *1. Monat nach Einschulen bis 23. Juni*

Im ersten Monat nach dem Überführen der Reben in die Rebschule sind keine auffälligen Bewegungen im Stoffwechsel zu erkennen, das Wachstum der Triebe und Wurzeln ist noch sehr gering. Die ersten Würzelchen führen der Stange schon etwas Stickstoff zu, der zum Teil als lösliches Protein eingelagert wird. Das Edelreis führt N-haltige Substanzen für den Aufbau der Triebe und Blättchen ab, wobei auch Eiweiß verbraucht wird.

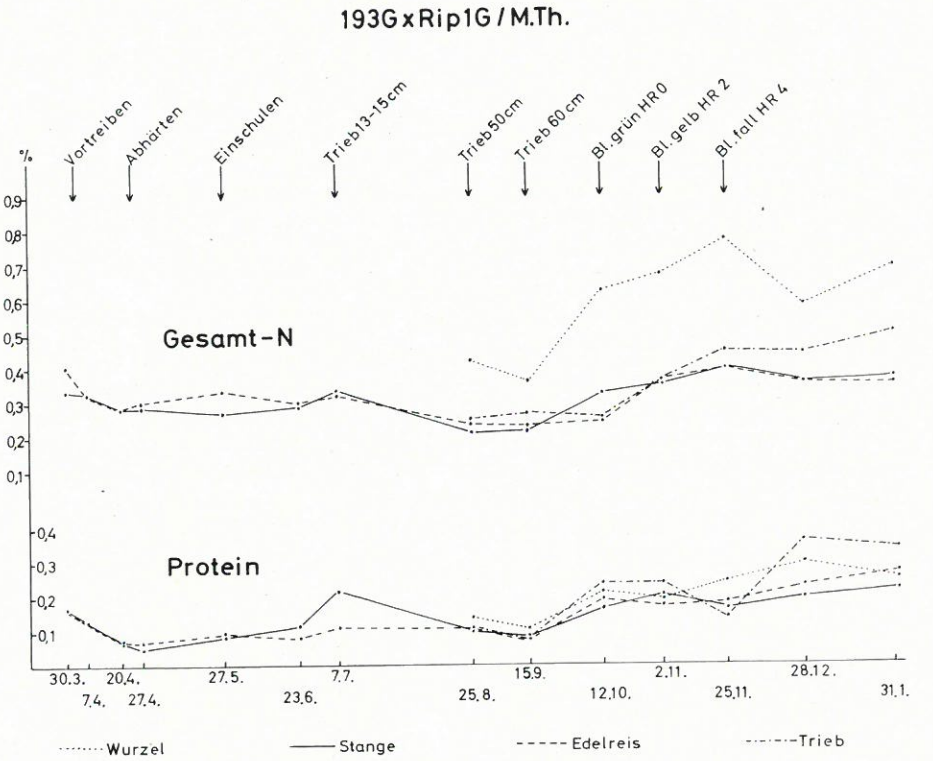

Abb. 4: Veränderungen im Gehalt an Gesamt-N und löslichem Protein in verschiedenen Teilen von Jungreben der Sorte M.Th/193G x Rip 1G. – Seasonal changes in the concentrations of total N and soluble proteins in roots, rootstocks, scions and shoots of M.Th./193G x Rip 1G in the nursery.

3) *23. Juni - 7. Juli*

In den nächsten 14 Tagen erkennen wir ein stärkeres Ansteigen von Gesamt-N besonders in der Wurzelstange, wobei auch ein kräftiger Proteingipfel auftritt. Das Wachstum der Wurzeln und Triebe ist in dieser Periode sehr schwach, vermutlich bedingt durch eine Hitzeperiode. Es sind aber schon genügend Wurzeln von ca. 3 cm Länge vorhanden, um Stickstoff zuzuführen. Dieser wird aber nicht ganz abtransportiert, und so kommt es zu einer Speicherung in der Wurzelstange, besonders in Form von löslichem Eiweiß, während dessen Spiegel im Edelreis konstant bleibt.

4) *bis Ende August*

In der Zeit von Anfang Juli bis Mitte August setzt ein sehr starkes Wachstum der Triebe, Blätter und Wurzeln ein (Abb. 1). Parallel damit erfolgt eine stärkere Abnahme von Gesamt-N im Edelreis und in der Stange und von Protein in der Stange, nicht aber im Edelreis. Der Transport von N-haltigen Substanzen durch den Kallus

funktioniert offenbar schon recht gut, so daß im Edelreis mehr ein Gleichgewichtszustand herrscht und der Stickstoff für den Aufbau der Triebe und Blätter zumeist aus der Wurzelstange bezw. Wurzel stammt.

5) *bis Mitte September*

In den nächsten drei Wochen, einer Trockenperiode, sistiert das Wachstum der Wurzeln, nicht aber das der Triebe. Zufuhr und Verbrauch von N-haltigen Substanzen halten sich die Waage. Daß aber diese Substanzen für das Triebwachstum noch benötigt werden, erkennt man an der weiteren Mobilisierung der Proteine in den beiden Organen.

6) *ab Mitte September*

Ab Mitte September verändert sich das Bild des Stoffwechsels völlig. Die Triebe werden geschnitten, die Holzreife wird vorbereitet, ist aber noch nicht äußerlich erkennbar. Die vorhandene Wurzelmasse kann Stickstoff im Überschuß aufnehmen. Dieser akkumuliert zunächst stark, dann schwächer, in allen Organen, besonders in den Wurzeln. Dabei wird auch wieder, vor allem in den Trieben und Wurzeln, Protein gebildet. Das Vergilben der Blätter ist, wie wir wissen, von einem Proteinabbau und Abtransport begleitet, der nun auch anfangs Oktober in den Trieben vorübergehend einsetzt.

7) *Nach dem Blattfall*

Nach dem Blattfall erfolgt zunächst eine Abnahme von Gesamt-N in den Wurzeln, dann aber bald wieder ein Anstieg. Die übrigen Organe behalten ihren Stickstoffgehalt in etwa bei. Es wird noch Protein synthetisiert und zwar besonders stark in den Trieben nach Abschluß der Holzreife. Ab Dezember tritt scheinbar die Winterruhe ein.

Vergleich der drei Pfropfkombinationen

Da die drei Unterlagen immer mit Edelreisern derselben Sorte und Herkunft veredelt wurden, läßt sich auch der Einfluß der Unterlagen auf den Stoffwechsel das Edelreises und umgekehrt feststellen. Wir gehen dabei aus praxisnahen Gründen von einer Ausschulung Ende November aus.

1) *Kohlenhydrate*

Im Haushalt der Kohlenhydrate ist praktisch kein Unterschied zwischen den drei Pfropkombinationen feststellbar, einerlei, ob man die Analysenwerte auf das Frisch- oder das Trockengewicht bezieht. Am Ausschultermin war der Gehalt an Gesamtkohlenhydraten in Wurzelstange und Edelreis bei allen Sorten fast gleich hoch, in den Wurzeln und Trieben der Reben mit 143B x 13G lag die Menge der Kohlenhydrate höher als bei den anderen Sorten. Das Reservepolster ist aber bei allen Sorten sehr zufriedenstellend. Nicht ausgeschulte Reben zweier Sorten verfügten gegen Ende Januar über ein gleich hohes Reservoir an Kohlenhydraten.

2) *Gesamt-N*

Die Tendenz der Kurven des Gesamt-Stickstoffs (Abbildung 5) ist bei den drei Sorten mehr oder weniger gleich, wenn man von einigen wohl unerheblichen Schwankungen absieht. Die N-Konzentration in der Stange und zum Teil auch in den übrigen Organen der Sorte mit Cinerea-Erbgut liegt häufig etwas höher. Diese

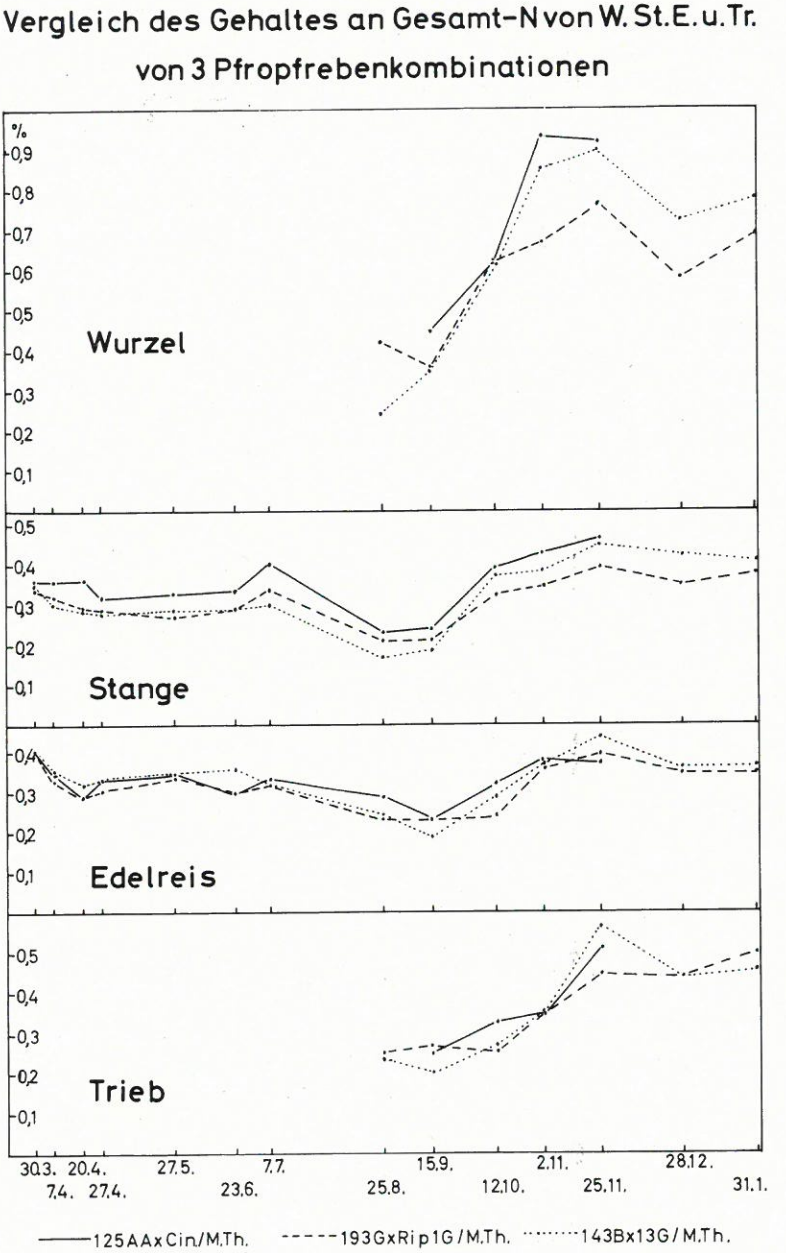

Abb. 5: Veränderungen im Gehalt an Gesamt-N in verschiedenen Teilen von Jungreben von 3 Rebensorten. – Seasonal changes in the content of total N in roots, rootstocks, scions and shoots of 3 cultivars in the nursery.

Unterlage nimmt anscheinend mehr Nährstoff und somit Stickstoff mit der Wurzel auf und transportiert letzteren als langsamwüchsige Rebe nicht so schnell weiter. Am Ausschultermin verfügen die Wurzeln und Triebe von Müller-Thurgau auf 125 AA x Cin. und auf 143A x 13G über mehr Gesamt-N als 193G x Rip 1G.

3) *Proteine*

Größere Abweichungen gibt es beim Gehalt an löslichem Protein (Abbildung 6). Es fällt zunächst auf, daß in den Wurzeln der *Cinerea*-Unterlage ab August etwa doppelt so viel Protein eingelagert wird wie bei den anderen Sorten. Das hängt vermutlich damit zusammen, daß zu diesem Zeitpunkt die Wüchsigkeit dieser Sorte noch geringer ist als die der übrigen Reben. Noch auffälliger aber ist der Sortenunterschied in der Wurzelstange. In der Zeit von Ende Juni bis 7. Juli akkumulieren die Proteine bei zwei Sorten in der Stange sehr stark, nicht aber bei der *Cinerea*-Unterlage, bei der die Proteinsynthese bis Mitte September außerordentlich schwach ist. Warum hier im Frühsommer scheinbar keine Proteinsynthese stattfindet, obwohl zu dieser Zeit auch bei dieser Sorte eine N-Anreicherung erfolgte, ist nicht ganz klar. Vielleicht benötigt diese Sorte mehr Protein für den Betriebsstoffwechsel oder für den Aufbau der neuen Gewebe, man denke z.B. an ihr kräftiges Laub- und Wurzelwerk. In der Tat scheint diese Unterlage während der Wachstumszeit mehr Proteine aus der Stange als die anderen Sorten zu verbrauchen. Das geht aus dem überdurchschnittlich hohen Gehalt in der Wurzel Ende August und aus dem stärkeren Anstieg der Werte im Herbst hervor. Bei dieser Sorte setzt die Holzreife auch etwas später ein, folglich kann in den Trieben noch mehr Protein eingelagert werden. Leider konnten wegen Materialmangels keine Analysen nach dem 25. November durchgeführt werden, daher liegen uns keine Angaben über die winterliche Speicherung vor.

Ende November enthalten alle drei Sorten in Wurzel, Stange und Edelreis gleiche Proteinmengen. Wenn die Reben nicht ausgeschult werden, dann verfügt 143B x 13G über das höchste Proteinreservoir in Wurzel, Edelreis und Trieb.

4) *Löslicher N*

Hierzu gehören die Substanzen, die in 80%igem Äthanol löslich sind und vor allem aus Aminosäuren und Amiden bestehen. Stärkere Anhäufungen dieser Stoffe können daher auf Mobilisierung von Eiweißen schließen lassen, falls sie nicht sofort weiter umgebaut oder abtransportiert werden.

In den meisten Organen sind keine auffälligen Sortenunterschiede erkennbar, nur bei den Wurzeln (Abbildung 7). Deren Ursachen sind aber im Augenblick noch schwer deutbar. Der starke Anstieg des löslichen N am 2. November in den Wurzeln der *Cinerea-Unterlage ist korreliert mit einer kräftigen Zufuhr von Gesamt-N* bei gleichzeitigem Proteinabbau, während bei M.Th./143B x 13G bei ebenfalls starker Akkumulierung von Gesamt-N die Abnahme des löslichen N einer gleichzeitigen Proteinsynthese entspricht. Eine solche Beziehung gibt es aber nicht bei M.Th./193G x Rip 1G.

Die jahreszeitlichen Schwankungen sind relativ gering, lediglich im Herbst treten einige Gipfel in den Kurven auf (s. auch NASSAR u. KLIEWER 1966), die eventuell mit der Holzreife in Beziehung stehen. Eine Zunahme von löslichen N-haltigen Substanzen resultiert in manchen Fällen nicht aus dem Abbau der löslichen

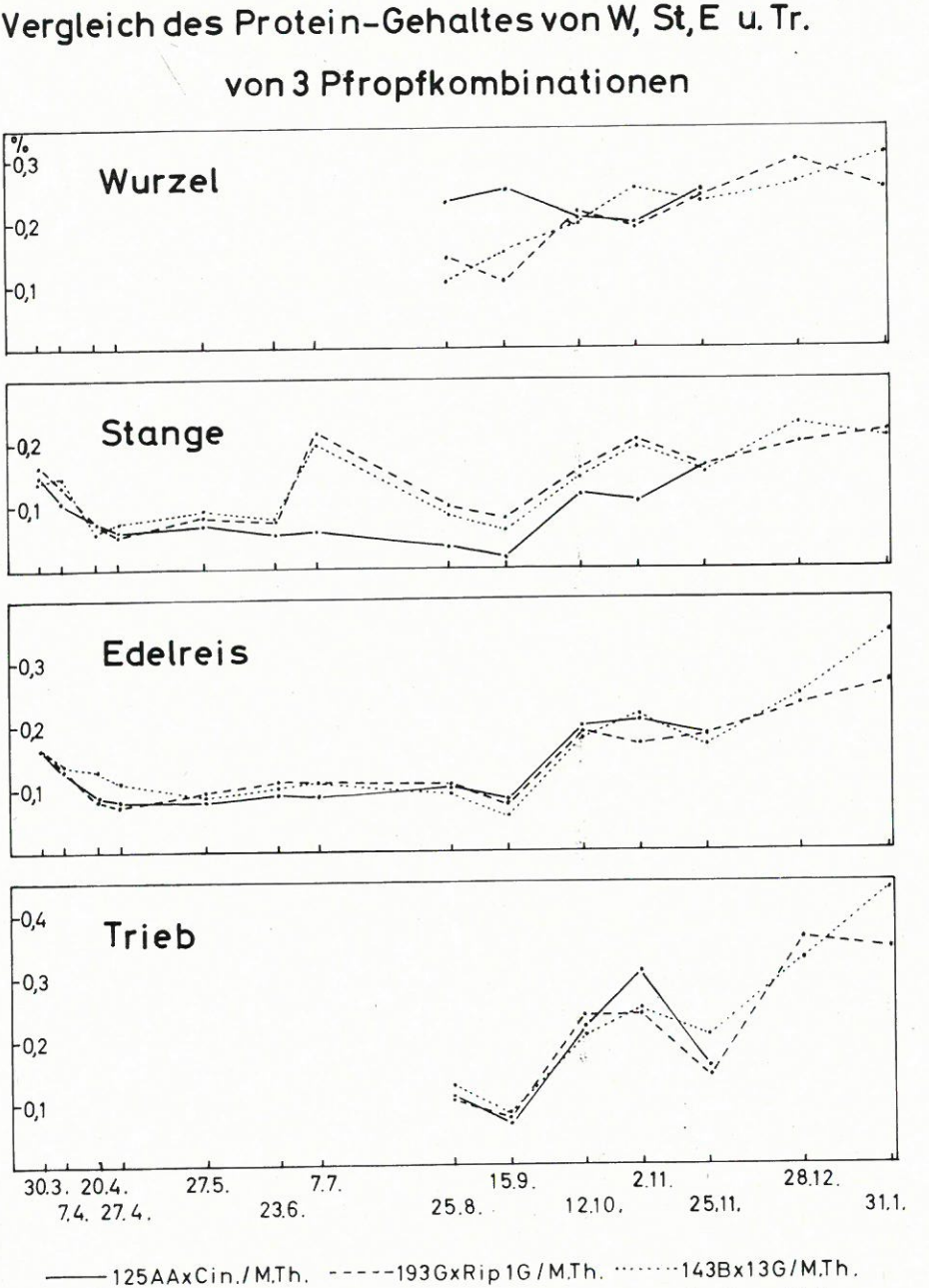

Abb. 6: Veränderungen im Gehalt an löslichem Protein in verschiedenen Teilen von Jungreben von 3 Rebensorten. – Seasonal changes in the content of soluble proteins in roots, rootstocks, scions and shoots of 3 cultivars in the nursery.

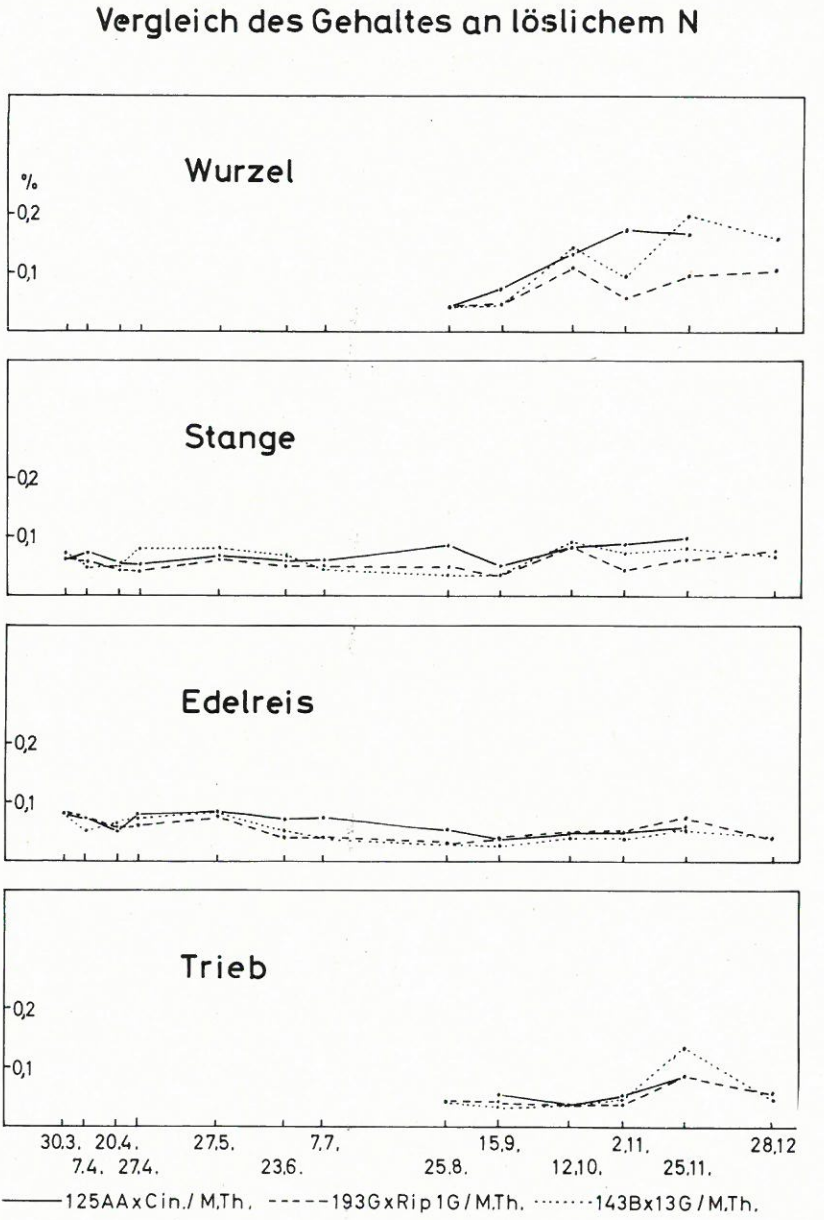

Abb. 7: Veränderungen im Gehalt an löslichen N-Verbindungen in verschiedenen Teilen von Jungreben von 3 Rebensorten. – Seasonal changes in the content of soluble N-compounds in roots, rootstocks, scions and shoots of 3 cultivars in the nursery.

Proteine, sondern geht auf Kosten der puffer- und alkoholunlöslichen N-Verbindungen.

Im Winter wurde keine Anhäufung beobachtet. Das könnte darauf hinweisen, daß dieser Substanzgruppe keine oder keine entscheidende Bedeutung für die Frostresistenz zukommt. Allerdings wies KLIEWER (1967) eine Steigerung solcher Substanzen im Laufe des Herbstes und Winters in den verholzten Teilen älterer Reben nach.

5) *Unlösliche N-Verbindungen*

Das sind alle N-haltigen Substanzen, die bei der Extraktion mit 80%igem Äthanol nicht gelöst werden. Dazu gehören auch die löslichen Proteine, die in gepufferter Extraktionslösung löslich sind und auf die in dieser Abhandlung das Hauptgewicht gelegt wird (sie machen aber nur einen relativ kleinen Teil der ganzen Fraktion aus); dazu gehören auch in Puffer unlösliche Proteine und eventuell noch andere N-haltige Substanzen. In der Literatur wird die gesamte Fraktion der unlöslichen N-Verbindungen häufig als „Protein" bezeichnet, jedoch ist diese Annahme meines Erachtens noch nicht entschieden. Auf eine erschöpfende graphische Darstellung wird hier verzichtet, als Beispiel wird jedoch der Verlauf der Konzentrationsveränderungen in den Jungreben der Sorte M.Th./193G x Rip 1G vorgestellt (Abbildung 8), zusammen mit den Kurven von Gesamt-N und löslichem N. Da die Menge der unlöslichen N-Verbindungen aus der Differenz zwischen Gesamt-N und löslichem N resultiert, verlaufen ihre Kurven mehr oder weniger parallel zu denen des Gesamt-N, falls die Konzentration der löslichen N-Verbindungen nicht deutliche Abweichungen von den normalen Werten aufweist.

Es ist erkennbar, daß diese Fraktion den Hauptteil der Gesamtmenge der N-Verbindungen ausmacht. Zu- und Abtransport von N-haltigen Substanzen betreffen daher auch meist diese Fraktion. Aus dem Vergleich der Abbildungen 6 und 8 ist ersichtlich, daß der pufferlösliche Teil dieser Fraktion, nämlich das lösliche Protein, während des Vortreibens und in der Hauptwachstumszeit besonders stark betroffen ist. Der Aufbau der löslichen Proteine scheint normalerweise nicht auf Kosten des nachweisbaren Pools der löslichen N-Verbindungen, sondern aus dem alkohol- und puffer-unlöslichen Teil dieser Fraktion zu erfolgen.

Die Bedeutung der stickstoffhaltigen Substanzen

Die N-haltigen Substanzen spielen u.a. auch in Form von Enzymen eine überragende Rolle im Betriebsstoffwechsel der Lebewesen. Daneben werden sie zum Aufbau neuer Zellen und Gewebe benötigt. Bei den ganz jungen Pfropfreben muß der Stickstoff zur Bildung und zum ersten Wachstum der Triebe zunächst also aus dem Edelreis und für die Bildung der Wurzeln aus der Wurzelstange kommen, da in den frühesten Stadien nach der Veredlung noch kein Transport durch den Kallus, der ja erst gebildet werden muß, und noch keine Zufuhr aus dem Boden mangels Bewurzelung möglich ist. Auch bei der Bildung des Kallus werden solche Substanzen benötigt.

Wie wir gesehen haben (Abb. 4), konnten wir während des Vortreibens auch eine Abnahme des Gesamt-N nachweisen. Desgleichen beobachteten wir eine solche Abnahme in Stange und Edelreis auch in den übrigen Zeiten starken Wachstums, nach der Vollendung des Kallus. Dementsprechend fanden wir eine Zunahme

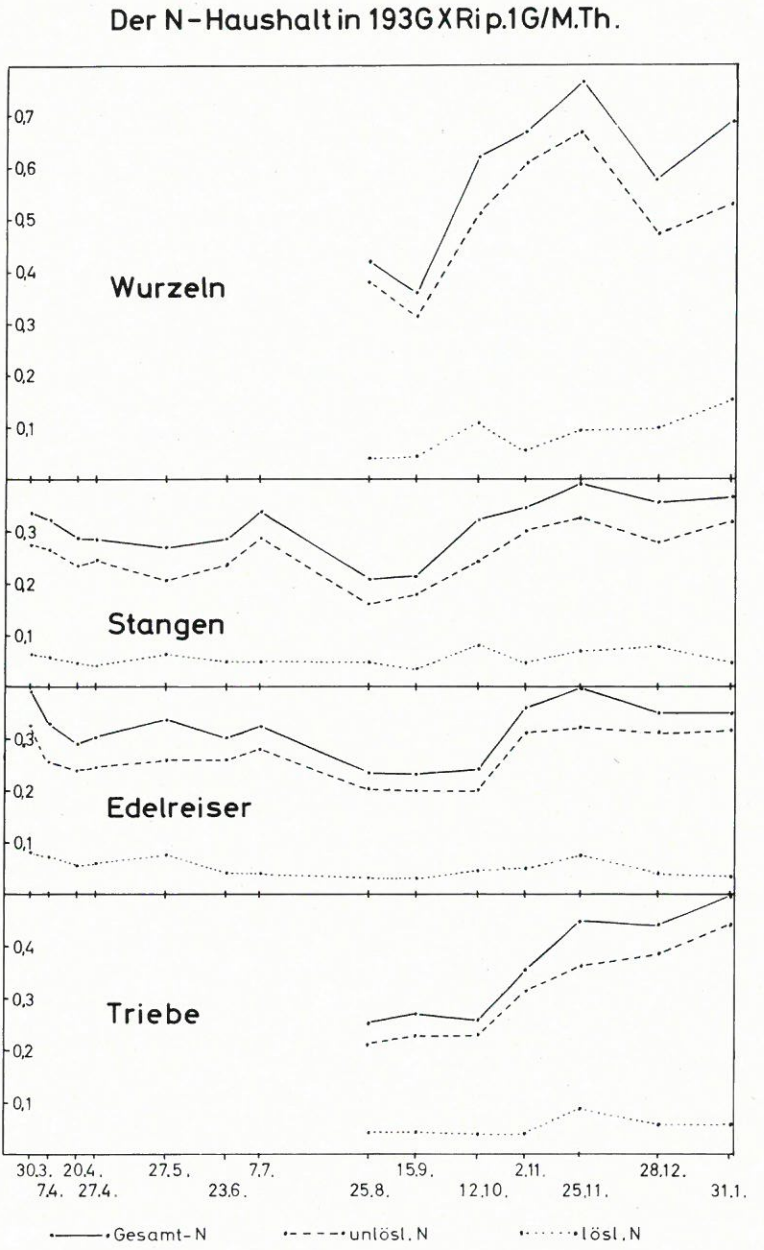

Abb. 8: Veränderungen im Gehalt von Gesamt-N, löslichen und unlöslichen N-Verbindungen in verschiedenen Teilen von Jungreben der Sorte M.Th./193G x Rip 1G. Seasonal changes in the concentrations of total N and soluble and insoluble N-compounds in roots, rootstocks, scions and shoots of M.Th./193G x Rip 1G in the nursery.

dieser Stoffe in den Perioden schwachen und gehemmten Wachstums. Wir konnten ferner feststellen, daß zu den letztgenannten Terminen auch eine Zunahme der löslichen Proteine auftrat.

Der Aufbau neuer Gewebe erfolgt also zu einem großen Teil auf Kosten der pufferlöslichen und der pufferunlöslichen Proteine (so auch GHOSH u. BASU 1974). Nach KLIEWER (1967) soll in (älteren) Reben zu Beginn des Wachstums eine größere Menge an löslichen N-Verbindungen vorliegen, während des Wachstums aber eine Proteinsynthese stattfinden. KLIEWER hat aber nicht das lösliche Protein bestimmt, sondern mehr allgemein die alkoholunlösliche N-Menge. Aus der Abbildung 9 gehen die Zusammenhänge deutlich hervor. Bei geringem Wachstum sammeln sich die N-haltigen Substanzen an, besonders in der Wurzelstange. Gleichzeitig tritt bei zwei Rebensorten eine starke Eiweißsynthese auf. In dieser Zeit ist die Akkumulierung von Gesamt-N und Protein im Edelreis aber viel schwächer. In der Zeit vom 7. Juli bis Ende August schnellt das Triebwachstum hoch, damit ist eine starke Abnahme von Gesamt-N und auch von Protein in der Stange, weniger aber im Edelreis, verbunden. Trotz der besonders hohen Konzentration von Gesamt-N am 7. Juli in der Stange der *Cinerea*-Kreuzung verläuft hier aber das Wachstum der Triebe noch schwächer als bei den anderen Sorten. Demnach hat es den Anschein, als hinge das Wachstum stark mit der verfügbaren Menge an mobilisierbarem Eiweiß zusammen.

Da diese Stoffwechselvorgänge, besonders was die löslichen Proteine betrifft, im Edelreis bei weitem nicht so kräftig verlaufen wie in der Wurzelstange, scheint diese letztere, auch aufgrund ihrer größeren Masse, der Hauptlieferant für die N-haltigen Substanzen, die für die Trieb- und Blattbildung benötigt werden, zu sein. Die Wurzelstange ist vermutlich auch die Sammelstelle für den aus den Wurzeln antransportierten Stickstoff. Das Edelreis spielt demnach hier vermutlich die Rolle einer „Durchgangsstation", verarmt allerdings auch an solchen Stoffen.

Wie wir gesehen haben, erfolgt im Herbst in allen vier untersuchten Organen ein starker Anstieg der N-haltigen Substanzen (ALEXANDER 1957; KLIEWER 1967). Dieser Vorgang ist auch bei anderen Holzpflanzen bekannt. Dabei ist auch die Synthese von löslichem Protein in allen Organen sehr stark. Ein Teil dieses Proteins wird aber während der Holzreife in den Trieben verbraucht (25.11., Abb. 4). Es ist bekannt, daß es mehrere Wege zur Bildung des Holzstoffes Lignin gibt, darunter einen, der über gewisse Aminosäuren und somit über die Proteinspaltung verläuft. Das scheint bei der Rebe der Fall zu sein. Später wird auch im Trieb wieder Protein aufgebaut, und so finden wir gegen Ende der Vegetationsperiode relativ hohe Konzentrationen an Gesamt-N und unlöslichem und löslichem Protein in allen verholzten Organen vor. Dabei dürfte dem starken Vorkommen von N-haltigen Substanzen in den Wurzeln, trotz des im Vergleich zur Stange relativ geringen Volumens und Gewichtes, große Bedeutung zukommen (in den Wurzeln ist auch der Gehalt an Reservekohlenhydraten außerordentlich hoch!), da diese in einer Form (nämlich hohe Konzentration an löslichem Protein und löslichen N-Verbindungen) vorliegen (KLIEWER 1967), die für das schnelle Wachstum und für die Neubildung von Geweben besonders vorteilhaft erscheint. Eine noch stärkere Konzentration von Protein liegt, zumindest in den unteren Internodien der Triebe vor, wenn auch hier die Fraktion des löslichen N im Spätherbst und Winter nicht angereichert wird.

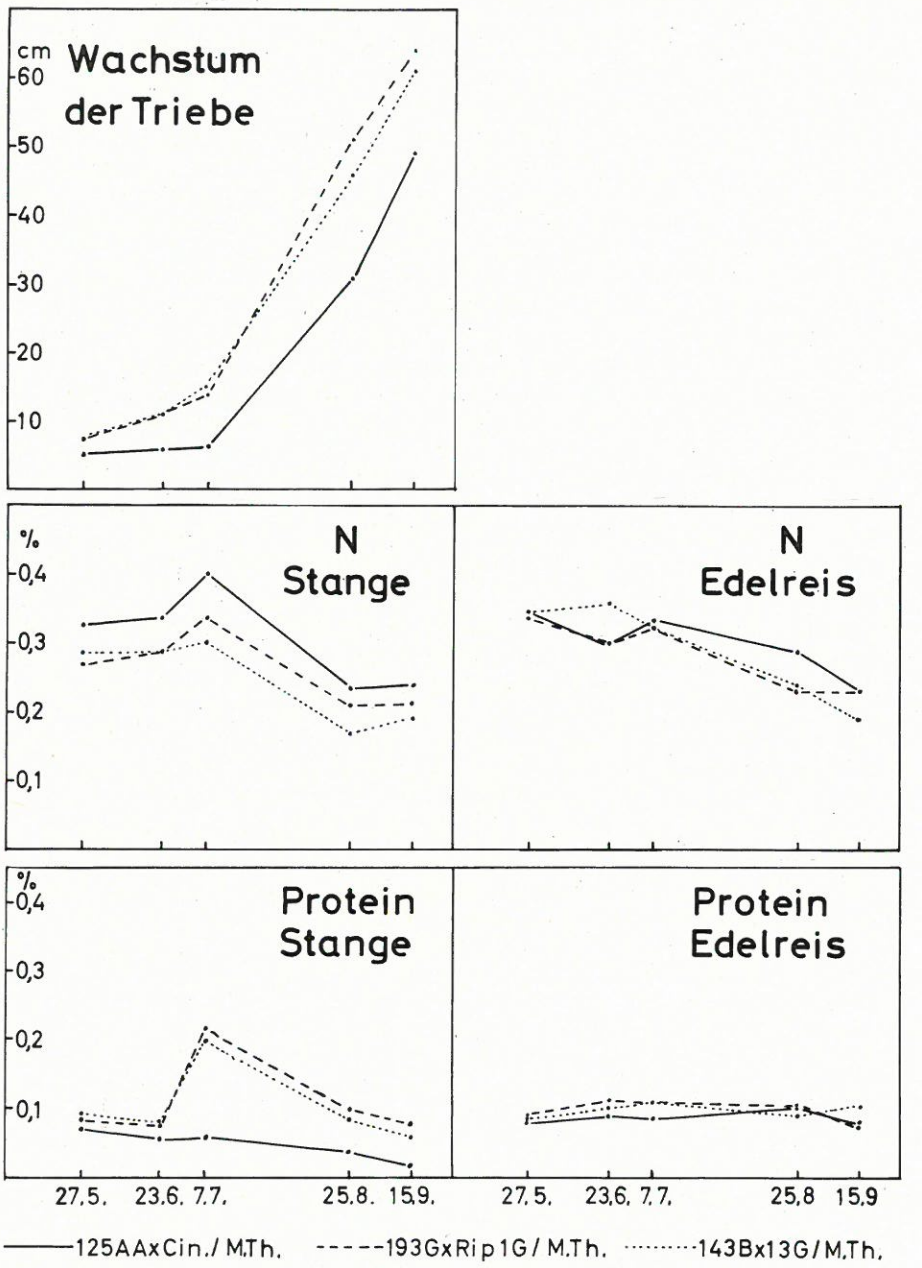

Abb. 9: Vergleich des Wachstums der Triebe und der Veränderungen im Gehalt an Gesamt-N und löslichem Protein in Wurzelstange und Edelteis der 3 untersuchten Rebensorten. – Comparsion of the growth of shoots and of the seasonal changes in the content of total N and soluble proteins in rootstocks and scions of the 3 cultivars studied.

Eine ähnliche Kurve für den Gesamt-N im Herbst bis Frühjahr in Wurzeln, Stange und Trieb von *Rupestris du Lot* veröffentlichte auch CAPUCCI (1941).

Elektrophoretische Untersuchungen

Neben den erwähnten Analysen wurden zu den aufgeführten Terminen auch elektrophoretische Untersuchungen über das Verhalten der löslichen Proteine und einer Reihe von Enzymen durchgeführt. Aus der Breite und der Anfärbungsintensität der Banden dieser Substanzen kann man auch gegebenenfalls auf größere Schwankungen der Aktivität der Enzyme und somit des betroffenen Stoffwechsels schließen. Es handelt sich hier um Untersuchungen mit mehr orientierendem Charakter um festzustellen, welche der geprüften Enzyme von besonderer Bedeutung zu gewissen Terminen sein könnten, und welche Veränderungen im Muster der aufgetrennten Proteine im Verlauf der Veredlung und des Rebenwachstums auftreten. Die Ergebnisse der Enzymanalysen werden in der Tabelle 1 zusammengefaßt.

Während des Vortreibens und Abhärtens ist die Aktivität der Katalase, der sauren Phosphatase und der Phosphorylase besonders stark in der Stange. Dieser Befund deutet auf die starke Atmungstätigkeit in dieser Periode, bei der Kohlenhydrate abgebaut werden. Diese Vorgänge laufen besonders stark in der Stange ab, im Edelreis wird die Aktivität dieser Enzyme während des Abhärtens meist viel schwächer. Ähnliches gilt auch für die Leucinaminopepidase (am schwächsten bei der Cinerea-Unterlage), da während des Vortreibens ein stärkerer Proteinabbau stattfindet. Im späten Frühling und Sommer ist die Aktivität der meisten Enzyme in Stange und Edelreis meist sehr gering, dort findet in der Hauptsache die Abwanderung von Kohlenhydraten und N-haltigen Substanzen in die Wurzeln und Triebe statt, wobei eine relativ niedrige Aktivität der Enzyme für die Steuerung dieser Vorgänge ausreichend erscheint. Die Stoffwechselintensität ist daher in den neugebildeten Organen, Wurzeln und Trieben, erhöht, so daß hier die Zeiten minimaler Enzymtätigkeit, meist im August-September, kürzer sind als in Stange und Edelreis. Die heiße trockene Periode im Juni und Anfang Juli, in der es zu einer Akkumulierung von Protein und Gesamt-N kam, führt allerdings zu einer vorübergehenden Steigerung der Aktivität der Polyphenoloxidase und Phosphorylase in Stange und Edelreis. Ab Mitte September bezw. im Oktober und November, der Periode der starken Einlagerung von Reservestoffen und der Zeit des Laubfalls und der Holzreifebildung, steigt die Aktivität der meisten Enzyme folgerichtig an, wobei ein Maximum häufig am 25. November erreicht wird. Es ist dies die Periode einer sehr starken Stoffwechseltätigkeit, die sich zum Teil noch in den Januar hinein erstreckt. Von einer Winterruhe ist also nichts zu bemerken. Darauf haben schon CAPUCCI (1941) und ALEXANDER (1957) aufmerksam gemacht. Die vermehrte Aktivität der Peroxidase und Polyphenoloxidase hängt dabei zum Teil auch mit der Holzreifebildung zusammen, sie dürfte aber auch Ausdruck von mehr oder weniger starken respiratorischen Vorgängen sein, da nach dem Kohlenhydrat-Maximum im Herbst wieder ein Absinken der Werte erfolgt. Die sehr starke Aktivität der sauren Phosphatase besonders im Oktober und November deutet auch auf Translokation von Kohlenhydraten hin (vergl. WEINHAUS 1969), da in dieser Zeit die Laubverfärbung und der Blattbefall eintreten.

Interessant ist der Befund, daß die Aktivität der Leucinaminopeptidase im Edelreis, besonders im Sommer, viel stärker als in der Wurzelstange ist, so daß das

Tabelle 1: Ergebnisse der elektrophoretischen Enzymuntersuchungen in Jungreben

Enzym	Wurzeln		Wurzelstangen		Edelreiser		Triebe	
Peroxidase	+++	Okt. - Jan.	+++	Okt. - Jan.	+++	Okt. - Jan.	+++	Okt. - Jan.
	+	Sommer	+	ab Abhärten, im Sommer	+	Sommer	+	Sommer
Polyphenoloxidase	+++	Okt. - Jan.	+++	23.6., Mitte Sept. - Jan.	+++	23.6., Vortreiben, Sept. - Dez.	+++	Okt. - Nov.
	+	Aug. - Sept.	+	Mai-Juli, 25.11.	+	Abhärten-Juli	+	Aug. - Sept., ab Ende Nov.
Katalase	+++	steigend bis 25.11.	+++	Vortreiben u. Abhärten, Nov.	+++	Vortreiben, Nov.	+++	steigend bis 25.11.
	+	August	++	Okt.	++	Vortreiben		
			+	Einschulen - Sept.	+	Abhärten - Juni, bes. 193GxRip.1G	+	August
saure Phosphatase	+++	Okt.	+++	bis Einschulen (aber schwach bei Cin.); Okt.-Nov.,	+++	bis Einschulen Okt. - Nov.	+++	ab Okt.
	+	Sept.	+	Mai - Sept.	+	Mai - Sept.	+	Aug. - Sept.
Phosphorylase	+++	Nov.	+++	bis Einschulen (schwach b.Cin) 23.6., Nov. - Dez.	+++	Vortreiben, 23.6, Nov. - Dez.	+++	Nov. - Dez.
	+	Aug. - Sept.	+	Mai - Sept.	+	Mai - Sept.	+	Okt.
Leucinamino-peptidase	+++	Okt., Ende Nov.	+++	Vortreiben, ab Ende Nov.	+++	ab Sept. außer 2.11.	+++	ab Sept. außer 2.11.
	+	Aug., 2.11.	+	übrige Zeit	+	Vortreiben u. Abhärten bei Cin., Mai - Juli, 2.11.	+	2.11. u. übrige Zeit

+++ = starke, ++ = mittlere, + = schwache Aktivität, beurteilt nach Bandenbreite und Anfärbeintensität

Edelreis doch die Funktion einer Schaltstation für den Proteintransport haben dürfte.

Zwischen den Aktivitäten der geprüften Enzyme und der Kallusbildung scheint keine Beziehung zu bestehen. Jedoch ist ein Einfluß der verschiedenen Unterlagen auf das Edelreis im Verlaufe des Jahres zu erkennen: Die Zahl der Isoenzyme einiger Enzyme und/oder ihre Aktivität (Peroxidase, Polyphenoloxidase, saure Phosphatase, Phosphorylase und Katalase) ist in den Edelreisern etwa vom Abhärten an etwas unterschiedlich.

Das elektrophoretische Proteinmuster ist bei allen geprüften Sorten und Organen mehr oder weniger gleich, es werden aber quantitative Unterschiede in der Breite und Anfärbungsintensität einzelner Banden gefunden. In der Zeit zwischen Veredlung und Anfang Juli treten nur insofern Veränderungen ein. als nach dem Vortreiben 1-4 Proteinbanden, je nach Organ und Rebensorten, eine geringere Eiweißkonzentration anzeigen. Diese Abnahme verläuft weiter bis Mitte Oktober in der Wurzelstange, im Edelreis aber beginnen einige Banden stärker zu werden. Zur Zeit der Vergilbung der Blätter und des Beginns der Holzreifebildung erfolgt in der Wurzelstange, nicht aber im Edelreis, eine relativ starke Zunahme der Konzentration einer Reihe von Proteinbanden, die zur Zeit des Blattfalls und der guten Holzreife eine vorübergehende Abschwächung und danach wieder Verstärkung, auch im Edelreis erfährt. In den Wurzeln gleichen sich die Banden im Sommer, zur Zeit des Blattfalls tritt hier keine Abnahme auf, sondern die Banden werden bis in den Sommer hinein noch etwas stärker. Das Eiweißmuster der Triebe verhält sich ungefähr so wie das der Stange, nach Eintritt der Holzreife ist aber wieder eine Mengenzunahme in einer Reihe von Banden zu beobachten.

Die elektrophoretischen Analysen bestätigen das Ergebnis der quantitativen Untersuchungen, es zeigt sich aber, daß nur bestimmte Proteine und nicht alle von den Schwankungen der Konzentrationen betroffen werden, so daß Unterschiede in der Funktion der einzelnen Proteine mit Sicherheit bestehen. Näheres darüber ist aber noch nicht bekannt.

Stoffwechsel und Anwuchsprozente

Die Ergebnisse zeigen, daß keine gravierende Unterschiede im Einfluß der Unterlage auf das Edelreis in Bezug auf den Stoffwechsel vorliegen, wenn man von der geringeren Proteinsynthese in der Wurzelstange der *Cinerea*-Kreuzung absieht, die letztlich aber ohne nennenswerte Wirkung auf das spätere Wachstum der Triebe geblieben ist. Diese Unterlage hatte allerdings anfangs das Wachstum der Triebe stark beeinflußt, wobei es sich aber nur um eine Wachstumsverzögerung handelte, die später wieder aufgeholt wurde. Es ist möglich, daß diese Verzögerung durch ein zu geringes Reservoir an mobilisierbarem Protein hervorgerufen worden ist. Hinzu kommt der Befund, daß die Aktivität der Leucinaminopeptidase im Edelreis und die der sauren Phosphatase und der Phosphorylase in der Wurzelstange der Kombination M.Th./125AA x Cin. während des Vortreibens und Abhärtens schwächer war als bei den anderen Sorten. Es sind aber noch weitere Untersuchungen notwendig, um diese Frage zu klären.

Nach Vegetationsabschluß wurden folgende Anwuchsergebnisse (1. und 2. Sorte) ermittelt:

M.Th./125AA x Cin.	58,2%
M.Th./193G x Rip 1G	69,1%
M.Th./143B x 13G	56,8%

Die anfängliche Wachstumsverzögerung bei der ersten Sorte ist ohne Einfluß auf das Anwuchsergebnis geblieben. Da besonders große Unterschiede im hier beschriebenen Stoffwechsel der verschiedenen Rebensorten nicht aufgetreten sind, ist die Höhe der Anwuchsprozente bei der 2. Sorte etwas erstaunlich. Bei den Bonitierungen am 27. Mai und 23. Juni wurde der beste Kallus bei der Sorte mit *Cinerea*-Erbgut als Unterlage festgestellt, der der übrigen Sorten war etwa in gleicher Weise entwickelt. Stoffwechselunterschiede fanden sich hier nur insofern, als das Edelreis von 193G x Rip 1G zwischen Abhärten und Ende Juni elektrophoretisch eine geringere Katalaseaktivität aufwies als die übrigen Sorten. Das könnte von Einfluß auf die Entfaltung bezw. Hemmung der Wuchsstoffwirkung sein (vergl. GASPAR u. DINANT 1967). Daß die Wuchsstoffe auch bei der Kallusbildung eine Rolle spielen, ist ja bekannt. Unterschiede in der Aktivität bezw. Isoenzymzahl der Peroxidase waren aber nicht vorhanden. Auch hier sind weitere Untersuchungen notwendig.

Schlußfolgerungen

Aus den vorliegenden Untersuchungen können folgende Schlüsse gezogen werden:

1) Für das Wachstum der Rebe sind N-haltige Substanzen und zwar besonders in der Form von löslichem Protein von höchster Bedeutung.
2) Wir haben die stickstoffhaltigen Substanzen, wie es üblich ist, nur als %N ausgedrückt. Mengenmäßig würde 1 g dieses N etwa 5-6 g N-haltiger Substanz entsprechen unter der Annahme, daß diese Verbindungen vorwiegend als Aminosäuren und Amide vorliegen. Demnach enthielten unsere Wurzeln ca. 5% und die übrigen Organe ca. 2-2,5% N-haltige Substanzen im Herbst, bezogen auf das Frischgewicht. Da diese Substanzen, vor allem die löslichen Proteine, sich zu Beginn von Ruhezeiten ansammeln und später für neues Wachstum mobilisiert werden, kann man sie als *Reserve- oder Speicherstoffe* ansehen. Neben den Kohlenhydraten treten in den verholzten Teilen der Rebe also auch N-haltige Substanzen, zum Teil in Form von löslichem Protein, als Reservestoffe auf, deren Bedeutung nicht unterschätzt werden darf.
3) Vom Standpunkt der Versorgung der Rebe mit Energie und Substanz ist es für den Physiologen wenig verständlich, daß die Rebentriebe und auch die Rebenwurzeln meist so kurz geschnitten werden, so daß wertvolle Reservestoffe verloren gehen.

Versuche, solche und ähnliche Fragen zu klären, sind vorgesehen oder im Gange.

Zusammenfassung

Der Stoffwechsel der Kohlenhydrate und N-haltigen Substanzen (Gesamt-N, äthanollöslicher N, äthanolunlöslicher N, pufferlösliche Proteine und einige Enzyme) von Jungreben von drei Rebensorten wurde zwischen der Veredlung und dem Winter quantitativ und elektrophoretisch untersucht.

Die Kohlenhydrate nehmen bis zur Blattbildung und selbständigen Assimilation ab und steigen dann im Laufe des Spätsommers und Herbstes in allen Organen wieder an. Dadurch wird eine starke Reserve gebildet.

Vor und bei geringem Wachstum werden N-haltige Substanzen in stärkerem Maße angehäuft, um zu Beginn von Zeiten starken Wachstums (Wurzel-, Trieb- und Blattbildung) in die neugebildeten Gewebe abtransportiert zu werden. Dabei scheinen vor allem die löslichen Proteine eine große Rolle zu spielen.

Im Herbst tritt in Wurzel, Stange, Edelreis und Trieb eine starke Akkumulierung von Gesamt-N und löslichem Protein auf, weniger aber von löslichen N-Verbindungen. Die N-haltigen Substanzen und darunter besonders die löslichen Proteine haben also die Funktion von Reservestoffen.

Der Einfluß der Unterlage auf das Edelreis scheint mit dem Stoffwechsel der löslichen Proteine und einiger Enzyme in Zusammenhang zu stehen.

Während des Vortreibens und Abhärtens ist die Aktivität der Katalase, sauren Phosphatase, Phosphorylase und Leucinaminopeptidase besonders stark in der Wurzelstange. Im Sommer ist die Aktivität der meisten Enzyme sehr gering, steigt aber im Herbst wieder an. Das gilt auch für die Peroxidase und Polyphenoloxidase, was vermutlich mit der Holzreife in Beziehung steht. Auch im Winter ist die Aktivität einiger Enzyme sehr stark, so daß man von einer physiologischen Winterruhe nicht sprechen kann. Ein Einfluß der Unterlagen auf das Edelreis ist auch bei den Enzymen feststellbar.

Summary

The Protein Metabolism in Young Vines in the Nursery

The metabolism of carbohydrates and of nitrogenous substances (total N, ethanol soluble and insoluble N, buffer soluble proteins, some enzymes) has been studied in young grafts from the day of grafting until midwinter.

The concentration of carbohydrates decreases until the formation of leaves and active assimilation and increases again in all organs during late summer and autumn.

Before and during the period of slowing growth a massive accumulation of nitrogenous substances is observed in rootstocks and scions which are translocated to the newly formed roots and shoots in the period of active growth. There seems to be an especially increased demand for soluble proteins for the formation of new tissues.

In autumn total N and soluble proteins are accumulated in roots, rootstock, scions and canes, but this does not concern the soluble nitrogenous compounds. During winter, N substances, especially the soluble proteins, are therefore postulated to function as storage reserves.

The influence of the rootstocks on the growth of the scions is related to the protein metabolism and to the activity of certain enzymes.

In the first weeks after grafting the activities of catalase, acid phosphatase, phosphorylase and leucine aminopeptidase are especially large in the rootstocks. In the summer months the activity of most enzymes decreases to a very low level and increases again in autumn. That is also true for peroxidase and polyphenol oxidase which presumably play a part in the wood formation. During winter the activities of some enzymes remain on a very high level. Differences in the activities of some enzymes in canes and scions are due to the influence of the rootstocks.

Dank: Herrn Dr. Schumann und Mitarbeitern gebührt besonderer Dank für die Durchführung der Rebenveredlung, für die Rebenpflege in der Rebschule sowie für wertvolle Anregungen.

Literatur

ALEXANDER, D. McE.: Seasonal fluctuations in the nitrogen content of the Sultana vine. – Aust. J. agr. Res. 8, 162-178, 1957.

BOURAD, J.: Variations de la teneur en glucides de la base des sarments de Vigne au cours d'un cycle végétatif complet: existence d'un rythme endogène. – C.R.Acad.Sc. Paris, *264,* 1860-1863, 1967a.

BOUARD J.: Variations de la teneur en glucides le long du sarment au cours d'un cycle végétatif complet. Nouvelle conception de la notion de „bois aoûté». – C. R. Acad. Sc. Paris *264,* 2122-2125, 1967b.

BUTTROSE, M. S.: Use of carbohydrate reserves during growth from cuttings of grape vine. – Aust. J. Biol. Sci. *19,* 247-256, 1966.

CAPUCCI, C.: Variazioni nel periodo di quiescenza degl idrati di carbonio e dell' azoto in barbatelle di *Rupestris du Lot.* -Riv. Frutticoltura *5,* 73-84, 1941.

EIFERT, J., M. PANCZEL u. A. EIFERT: Änderungen des Stärke- und Zuckergehaltes der Rebe während der Ruheperiode. - Vitis 2, 257-265, 1961.

EIFERT, J.: Die Änderungen der Reservekohlenhydrate des Rebholzes und die Bedeutung des Kohlehydratstoffwechsels für die Verwachsungsvorgänge bei der Pfropfrebe. – Weinberg und Keller *9,* 403-415, 1962.

GASPAR, TH. u. M. DINANT: Interactions entre le manganèse, le 2,4-dichlorophénol, la peroxydase et la catalase dans la destruction de l'acide β-indolylacétique. – Bull. Soc. Roy. Sci. Liège *36,* 533-545, 1967.

GHOSH, S. K. u. R. N. BASU: Metabolic chances during the regeneration of roots of cuttings. – Ind. J. Exp. Biol. *12,* 166-168, 1974.

KLIEWER, W. M.: Annual cyclic changes in the concentration fo free amino acids in grapevines. – Am. J. Enol. Vitic. *18,* 126-137, 1967.

NASSAR, A. R. u. W. M. KLIEWER– Free amino acids in various parts of *Vitis vinifera* at different stages of development. – Proc. Am. Soc. Hort. Sci. *89,* 281-294, 1966.

SCHAEFER, H.: Über die Extraktion von Proteinen und Enzymen aus verholzten Rebenorganen. I. Extraktion für die elektrophoretische Auftrennung. – Wein-Wiss. *32,* 269-288, 1977.

SCHAEFER, H.: Über die Extraktion von Proteinen und Enzymen aus verholzten Rebenorganen. II. Extraktion für die quantitative Proteinbestimmung. – Wein-Wiss. *33,* 81-102, 1978.

SCHAEFER, H. u. W. SCHRODT: Beobachtungen über den Stickstoffhaushalt von kühlgelagerten Reben unter besonderer Berücksichtigung der Bezugsgrößenwahl. – Weinberg und Keller *19,* 569-583, 1972.

WIENHAUS, H.: Die Aktivität der Phosphaten im Rebholz und deren Beziehungen zum Kohlenhydratmetabolismus während verschiedener Temperaturbedingungen in der winterlichen Ruheperiode. – Vitis *8,* 105-113, 1969.

WINKLER, A. J. u. W. O. WILLIAMS: Starch and sugars of *Vitis vinifera,* – Plant Physiol. *20,* 412-432, 1945.