

Stickstoffernährung und Wasserhaushalt bei Reben

von

A. SCIENZA¹⁾ und H. DÜRING

Nitrogen supply and water relations in grapevines

S u m m a r y . The effects of different levels of nitrogen supply to open air-grown grapevines, var. Cabernet franc, Riesling, Bacchus, Forta and B-7-2, were studied analyzing the amounts of total N in several organs as well as the abscisic acid (ABA) contents and the water relations of the leaves.

1. A rise of N supply was correlated with an increased content of total N in all organs. N deficiency (0 or 0.5 g N per plant) considerably increased the ABA content compared to 1, 2 or 4 g N per plant.
2. The leaf water potential of detached leaves of Bacchus and Forta decreased during wilting more rapidly when plants were supplied with 180 kg N per ha than with 120 or 60 kg N per ha. It is suggested, therefore, that a high N supply is negatively correlated to drought resistance of leaves.
3. Towards the end of the growing season (end of August) a high N supply (4 g N per pot) led to more unexpanded and expanded, physiologically active leaves, while the number of senescent leaves was reduced compared to plants with a low N supply (2 g N per pot).
4. Stomatal resistance of Riesling was higher with 4 g N per pot than with 2 g N per pot; grafted on Kober 5 BB stomatal resistance was at its lowest, grafted on Kober 125 AA stomatal resistance was at its highest.

Einleitung

Die Ausbildung xeromorpher Strukturen durch Umwelteinflüsse ist bei zahlreichen Mesophyten nachgewiesen worden; zu den wichtigsten Faktoren zählen eine unzureichende Wasserversorgung, eine geringe Luftfeuchtigkeit, hohe Lichtintensitäten und ein windreicher Standort (Literatur bei STÄLFELT 1956). Aber auch die pflanzenverfügbaren Nährstoffe können zu Veränderungen der morphologischen Strukturen und physiologischen Reaktionen führen (TUMANOW 1927, zit. STÄLFELT 1956). Bei Reben berichtete ALLEWELDT (1964) von einer Hemmung des Wurzelwachstums und einem verminderten Verzweigungsgrad der Wurzeln bei hoher N-Düngung, und ERLLENWEIN (1965) stellte bei gesteigerten N-Gaben eine Erweiterung des Sproß-Wurzel-Verhältnisses fest. Daß eine unterschiedliche N-Düngung neben der Blattstruktur auch den Blattwasserhaushalt beeinflussen kann, zeigen die grundlegenden Untersuchungen von MOTHES (1932) „zur kausalen Analyse der Xeromorphose“ bei *Nicotiana rustica*, *Coleus*, *Tradescantia* und *Zea mays*. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den modifizierenden Einfluß der N-Düngung auf den N- und Abscisinsäure- (ABS)-Gehalt, die Transpiration und das Wasserpotential der Blätter einzelner Sorten zu untersuchen.

¹⁾ Istituto di Coltivazione Arborea, Facoltà di Agraria, Università Cattolica, Piacenza; Istituto di Coltivazione Arborea, Università degli Studi, Milano. Italia.

Material und Methoden

Ein Teil der Versuche wurde an Cabernet-franc-Reben unter Freilandbedingungen nahe Piacenza in Italien durchgeführt, wobei 4jährige Topfpflanzen, gepfropft auf Kober 5 BB, in 10-l-Gefäßen kultiviert wurden. Der Boden bestand aus 50 % Sand, 40 % Torf (pH ca. 6—7) und 10 % Ton. Die Pflanzen wurden nach dem Austrieb während der ca. 5monatigen Versuchsdauer mittels Tröpfchenbewässerung (1 l/d) bewässert, d. h. bei einer verfügbaren Bodenfeuchte von 90—100 % gehalten. Die Messung der Bodenfeuchte erfolgte mit einem Boujoucos-Bodenfeuchtemesser der Firma Beckman, München. Zur Zeit des Austriebs sowie 4 und 8 Wochen nach dem Austrieb wurden die Reben mit 0,5 g P_2O_5 , 0,75 g K_2O , 0,2 g MgO , 0,3 g CaO , 1,2 g MnO , 0,2 mg B und 1,0 mg Fe-EDTA je Gefäß gedüngt. N wurde gleichzeitig in Form von Ammoniumnitrat gegeben, und zwar 0, 0,5, 1,0, 2,0 und 4,0 g N je Gefäß. Es wurden 50 Pflanzen je Variante, insgesamt also 250 Pflanzen kultiviert. Die an den Sorten Bacchus und Forta vorgenommenen Versuche wurden auf dem Versuchsgelände der BFAR mit 6jährigen wurzelechten bzw. auf Kober 5 BB gepfropften Pflanzen durchgeführt, die seit 3 Jahren mit 60, 120 bzw. 180 kg N/ha in Form von Kalkammonsalpeter (Frühjahr) und Kalksalpeter (nach der Blüte) gedüngt werden. Zur Untersuchung des Einflusses der N-Düngung bzw. der Unterlage auf die stomatare Resistenz und das physiologische Alter der Blätter wurden 2jährige Pflanzen der Sorte B-7-2, wurzelecht, und gleichaltrige Rieslingreben auf den Unterlagen Kober 5 BB, SO 4, 26 G und Kober 125 AA in Mitscherlich-Gefäßen (6 l) im Freiland kultiviert. Die Pflanzen wurden mehrfach im Verlauf der Vegetationsperiode mit insgesamt 2 bzw. 4 g N (als Ammoniumnitrat), 1,5 g P_2O_5 und 2,25 g K_2O je Gefäß sowie einer CaO -, MgO -, MnO -, B- und Fe-haltigen Lösung gedüngt.

Die N-Bestimmung der Blätter erfolgte nach ALLEN und WHITFIELD (1965); 50 mg Blattmaterial (Trockengewicht) wurden mittels Mikro-Kjeldahl aufgeschlossen, und das produzierte Ammonium wurde kolorimetrisch bestimmt. Zum Nachweis der ABS wurden die Blätter nach der von DÜRING und SCIENZA (1975) beschriebenen Methode extrahiert und anschließend mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie identifiziert und quantifiziert (Einzelheiten s. SCIENZA *et al.* 1978). Die stomatare Resistenz wurde mit einem Diffusive Resistance Meter (Modell Li 60) der Firma Lambda (USA) gemessen; das Wasserpotential wurde nach SCHOLANDER *et al.* (1965) bestimmt.

Ergebnisse

1. Abscisinsäure

In Tabelle 1 ist der Einfluß einer steigenden N-Düngung auf die Gesamt-N-Gehalte in Blättern, Sproßachsen und Wurzeln sowie auf den ABS-Gehalt der Blätter wiedergegeben. Während sich in den Sproßachsen und Wurzeln die N-Gehalte bei 4 g N/Gefäß gegenüber der 0-Variante nahezu verdreifacht haben, sind die Zunahmen in den Blättern deutlich geringer. Eine Düngung mit mehr als 1 g N/Gefäß führt in den Blättern zu keinen weiteren Zunahmen an Gesamt-N. Die ABS-Gehalte sind bei 0 und 0,5 g N im Vergleich zu den übrigen Varianten deutlich erhöht.

2. Wasserpotential

6jährige Freilandpflanzen der Sorten Bacchus und Forta, wurzelecht bzw. gepfropft auf Kober 5 BB, wurden 3 Jahre lang mit 60, 120 bzw. 180 kg N/ha gedüngt.

Der Einfluß dieser Düngung auf die N-Gehalte der Blätter ist in Tabelle 2 dargestellt. Bei der Sorte Bacchus bewirkt eine unterschiedliche N-Düngung keine nennenswerte Veränderung der N-Gehalte der Blätter, bei den auf Kober 5 BB gepfropften Varianten sind in allen Fällen höhere N-Gehalte festzustellen. Demgegenüber steigen die N-Gehalte der Blätter bei der Sorte Forta in allen Fällen mit

Tabelle 1

Einfluß der Stickstoffdüngung auf den Gesamtstickstoffgehalt in den Blättern, Sproßachsen und Wurzeln sowie auf den Abscisinsäuregehalt der Blätter · Cabernet franc/Kober 5 BB

Effect of N supply on the total N contents of the leaves, canes and roots and on the abscisic acid contents of the leaves · Cabernet franc/Kober 5 BB

Düngung (g N/Gefäß)	Gesamt-N-Gehalt (% der Tr.Subst.)			ABS-Gehalt der Blätter (µg/g Tr.Gew.)
	Blätter	Sproßachsen	Wurzeln	
0	2,03	0,40	0,60	3,3
0,5	2,39	0,48	0,94	2,9
1	2,73	0,58	1,08	1,7
2	2,64	1,02	1,61	1,5
4	2,77	1,33	1,73	1,8
GD 5 %	0,35	0,12	0,42	0,66

Tabelle 2

Einfluß der Stickstoffdüngung auf den Gesamtstickstoffgehalt im Blatt und das mittlere Wasserpotential abgeschnittener Blätter 10, 20 und 30 min nach dem Welkebeginn · Sorten Bacchus und Forta wurzelecht und auf Kober 5 BB, Freiland

Effect of N supply on the total N contents of the leaves and on the average water potentials of detached leaves 10, 20 and 30 min after the onset of wilting · Field-grown Bacchus and Forta plants ungrafted and grafted on Kober 5 BB

Sorte/Unterlage	N-Düngung (kg/ha)	Gesamt-N-Gehalt der Blätter (% der Tr.Subst.)	Mittleres Wasserpotential 10, 20, 30 min nach Welkebeginn ¹⁾ (-bar)
Bacchus wurzelecht	60	2,75	7,5
	120	2,79	7,7
	180	2,75	8,8
Bacchus/ Kober 5 BB	60	2,99	7,1
	120	2,93	7,3
	180	3,01	9,1
Forta wurzelecht	60	2,24	5,0
	120	2,36	5,8
	180	2,60	7,3
Forta/ Kober 5 BB	60	2,39	6,3
	120	2,69	7,1
	180	2,91	9,7

¹⁾ Mittelwerte aus 8 Einzelmessungen.

zunehmender N-Düngung an, wobei auch hier bei den gepfropften Varianten insgesamt höhere N-Gehalte gemessen wurden. Die Blätter der wurzelechten und der gepfropften Varianten der Sorte Bacchus enthalten jeweils höhere N-Gehalte als die der entsprechenden Varianten der Sorte Forta.

Die Werte des mittleren Blattwasserpotentials 10, 20 und 30 min nach Welkebeginn zur Indikation der Blatttrockenresistenz sind ebenfalls in Tabelle 2 wiedergegeben. Man erkennt, daß in allen Versuchen die mittleren Wasserpotentiale bei 120 und 180 kg N/ha höher liegen als bei 60 kg N/ha. Die Unterschiede der bei 60 und 180 kg N ermittelten mittleren Wasserpotentiale sind in allen Fällen signifikant ($GD = 5\%$). Während bei Bacchus der Einfluß der Pfropfung nicht signifikant ist, bewirkt bei Forta die Unterlage Kober 5 BB eine Erhöhung der mittleren Wasserpotentiale in allen Düngungsstufen. Zwischen den auf Kober 5 BB gepfropften Sorten Bacchus und Forta besteht kein nennenswerter Unterschied, doch unterscheiden sich die Wasserpotentialwerte der wurzelechten Reben beider Sorten, indem bei Bacchus in allen Düngungsstufen geringere mittlere Wasserpotentiale ermittelt wurden als bei Forta.

Anders als bei Bacchus ist also bei Forta der von der N-Düngung und der Unterlage abhängige N-Gehalt der Blattspreiten negativ mit dem mittleren Wasserpotential der Blätter korreliert ($r = -0,9656$).

3. Stomatäre Resistenz

Messungen der stomatären Resistenz gegen Ende der Vegetationsperiode (Ende August) an nicht ausgewachsenen, ausgewachsenen und seneszenten Blättern der Sorte B-7-2 ergaben — mit Ausnahme der seneszenten Blätter, die zur Zeit der Versuchsdurchführung eine teilweise oder totale Gelbfärbung zeigten — bei einer Düngung mit 4 g N stets höhere Werte als bei vergleichbaren Blättern der 2-g-N-Stufe (Tabelle 3). Darüber hinaus war innerhalb der Düngungsstufen bei den nicht ausgewachsenen Blättern stets die geringste, in den seneszenten Blättern die höchste stomatäre Resistenz festzustellen. Der Anteil der Blätter in den einzelnen physiologischen Altersstufen ist infolge unterschiedlicher N-Düngung recht verschieden. So

Tabelle 3

Einfluß der Stickstoffdüngung auf die stomatäre Resistenz und das physiologische Alter von Blättern der Sorte B-7-2, wurzelecht

Effect of the N supply on stomatal resistance and the physiological age of leaves · B-7-2 ungrafted

Physiologisches Alter der Blätter	N-Düngung (g N/Gefäß)	Stomatäre Resistenz ($s \cdot cm^{-1}$)	Anzahl der Blätter
Nicht ausgewachsene Blätter	2	7,2	6
	4	13,8	13
Ausgewachsene Blätter	2	12,2	19
	4	18,3	22
Seneszente Blätter	2	43,5	8
	4	40,9	2
Blätter insgesamt	2		33
	4		37

Tabelle 4

Einfluß der Stickstoffdüngung auf die stomatäre Resistenz von Blättern der Sorte Riesling, gepfropft auf verschiedene Unterlagen

Effect of N supply on stomatal resistance of leaves · Riesling grafted on several rootstocks

Riesling gepfropft auf	N-Düngung (g N/Gefäß)	Stomatäre Resistenz (s · cm ⁻¹)	Standard- abweichung
Kober 5 BB	2	8,4	0,77
	4	15,5	1,70
SO 4	2	11,0	1,48
	4	15,9	1,73
26 G	2	13,7	4,65
	4	24,4	4,10
Kober 125 AA	2	20,5	3,28
	4	30,5	4,90

war nach einer Düngung mit 4 g N die Anzahl der nicht ausgewachsenen Blätter etwa verdoppelt, der Anteil der ausgewachsenen Blätter geringfügig erhöht und die Zahl der seneszenten Blätter deutlich reduziert.

Zur Ermittlung der Abhängigkeit der stomatären Resistenz von der N-Versorgung und der Unterlage wurde Riesling, auf Kober 5 BB, SO 4, 26 G und Kober 125 AA gepfropft, mit 2 bzw. 4 g N/Gefäß versorgt. Aus Tabelle 4 ist ersichtlich, daß bei allen Pfropfkombinationen eine Verdoppelung der N-Gaben die stomatäre Resistenz in allen Fällen deutlich erhöht, d. h. die Transpiration vermindert. Die einzelnen Unterlagen beeinflussen ihrerseits die stomatäre Resistenz, indem sowohl bei N-Gaben von 2 als auch von 4 g/Gefäß die stomatäre Resistenz in der Reihenfolge Kober 5 BB, SO 4, 26 G, Kober 125 AA ansteigt.

Diskussion

Ein Vergleich der N-Gehalte wurzelechter und gepfropfter Pflanzen der Sorten Bacchus und Forta zeigt, daß diese bei Forta, nicht aber bei Bacchus, mit der N-Düngung korrelieren. Die fehlende Korrelation bei Bacchus mag auf das insgesamt deutlich höhere Niveau der N-Gehalte in den Blattspreiten dieser Sorte zurückzuführen sein. Offensichtlich korrelieren die N-Gehalte der Blattspreiten beider Sorten mit deren Wüchsigkeit. So sind bei der sehr wüchsigen Sorte Bacchus auf der ebenfalls als sehr wüchsig bekannten Unterlage Kober 5 BB die höchsten, bei der schwachwüchsigen Sorte Forta (wurzelecht) die geringsten N-Gehalte festzustellen.

Die Werte des Wasserpotentials welkender Blätter spiegeln das Trockenresistenzverhalten der Blätter wider (DÜRING und SCIENZA 1980), d. h. mit einer steigenden N-Düngung geht eine Abnahme der Trockenresistenz der Blätter einher. Über ähnliche Ergebnisse bei Reben berichtet auch BOZHINOVA-BONEVA (1970), in deren Versuchen die N-Düngung den Wasserverlust der Blätter erhöhte und die Wiederherstellung des Turgors der Blätter nach einer Welkephase verzögerte.

Wenn man die Werte von Bacchus auf Kober 5 BB und Forta wurzelecht vergleicht, wird auch in diesem Versuch der negative Einfluß einer starken Wüchsigkeit auf den Grad der Trockenresistenz deutlich.

Ein Kriterium xeromorpher Blätter ist die hohe Stomatanzahl je Flächeneinheit (STÄLFELT 1956). Die bei geringer N-Düngung in den vorliegenden Untersuchungen stets beobachtete geringere stomatäre Resistenz läßt sich somit durch eine höhere flächenrelative Stomatanzahl erklären; diese dürfte auch für die geringe stomatäre Resistenz der nicht ausgewachsenen Blätter verantwortlich sein, da — wie frühere Untersuchungen gezeigt haben (DÜRING 1980) — bei den meisten *Vitis*-Arten die nicht ausgewachsenen Blätter höhere Stomatafrequenzen je Flächeneinheit aufweisen als die ausgewachsenen. Interessant in diesem Zusammenhang erscheinen die Ergebnisse von SAUTTER (1971) zum Einfluß der N-Düngung auf die Photosynthese der Reben; bei 2 g N/Pflanze wurde das Optimum der Photosynthese, bei 4 g N/Pflanze dagegen bereits eine Depression der Photosynthese beobachtet. Diese Depression könnte aufgrund der vorliegenden Ergebnisse durch eine teilweise Schließung der Stomata ausgelöst worden sein.

Außer durch die N-Düngung wird die stomatäre Resistenz offenbar von der Unterlage beeinflusst; so ist bei Verwendung der sehr wüchsigen Unterlage Kober 5 BB eine geringere stomatäre Resistenz festzustellen als bei den weniger wüchsigen Unterlagen.

Verallgemeinernd läßt sich sagen, daß wachstumshemmende Faktoren, wie schwachwüchsige Unterlagen oder N-Mangel, das Wachstum der Zellen beeinträchtigen, indem sie „kleinzellige anatomische Strukturen“ herbeiführen und somit eine xeromorphe Entwicklung einleiten (MOTHES 1932). In diese Vorstellungen fügen sich sehr gut die Resultate der ABS-Analyse ein, die hohe Hemmstoffgehalte bei N-Mangel erkennen lassen. Ähnliche Veränderungen der ABS-Gehalte wurden bei Reben, aber auch bei Sonnenblumen und Tomaten, bereits früher beobachtet (DÜRING 1972, MICHAEL 1974, GOLDBACH *et al.* 1975, DAIE *et al.* 1979).

Zusammenfassung

Unter Freilandbedingungen wurde bei den Rebsorten Cabernet franc, Riesling, Bacchus, Forta und B-7-2 der Einfluß unterschiedlich hoher Stickstoffgaben auf den Gesamt-N-Gehalt einzelner Organe, den Abscisinsäure- (ABS)-Gehalt der Blätter und den Wasserhaushalt untersucht.

1. Mit einer steigenden N-Düngung war in allen untersuchten Organen eine Zunahme des Gehaltes an Gesamt-N verbunden. Die ABS-Gehalte waren bei N-Mangel (0 oder 0,5 g N/Gefäß) gegenüber den Varianten mit höheren N-Gaben deutlich erhöht.
2. Bestimmungen des Blattwasserpotentials bei den Sorten Bacchus und Forta, wurzelecht und gepfropft auf Kober 5 BB, zeigten bei hoher N-Düngung im Verlaufe des Welkeprozesses eine raschere Abnahme des Wasserpotentials, was auf eine negative Korrelation zwischen der Höhe der N-Düngung und der Blatttrockenresistenz hindeutet.
3. Eine höhere N-Düngung (4 g N/Gefäß) führte gegen Ende der Vegetationsperiode (Ende August) bei der Sorte B-7-2 gegenüber 2 g N/Gefäß zu einem höheren Anteil nicht ausgewachsener und ausgewachsener, physiologisch aktiver Blätter; der Anteil der seneszenten Blätter war reduziert.

4. Die stomatäre Resistenz von Rieslingpflanzen war bei 4 g N/Gefäß gegenüber 2 g N/Gefäß erhöht; bei Kober 5 BB als Unterlage wurde die geringste, bei der Unterlage Kober 125 AA die höchste stomatäre Resistenz ermittelt.

Literatur

- ALLEN, M. and WHITFIELD, A. B., 1965: Rapid methods for the routine determination of the major nutrient elements and iron and of manganese in leaves of fruit trees. Ann. Rept. East Malling Res. Sta., 143—145.
- ALLEWELDT, G., 1964: Über die Nachwirkung von Umweltfaktoren auf das vegetative Wachstum von Rebenstecklingen im Folgejahr. Z. Acker- Pflanzenbau 119, 178—194.
- BOZHINOVA-BONEVA, J., 1970: Der Einfluß von Mineraldüngemitteln auf die Trockenresistenz der Rebe (russ.). Fiziol. Rast. 17, 128—132.
- DAIE, J., SEEDLEY, S. D. and CAMPBELL, W. F., 1979: Nitrogen deficiency influence on abscisic acid in tomato. HortScience 14, 261—262.
- DÜRING, H., 1972: Der Jahresgang der Abscisinsäure in vegetativen Organen von Reben (*Vitis vinifera* L. cv.) und seine Beeinflussung durch Thermo- und Photoperiodismus. Diss. Univ. Hohenheim.
- — —, 1980: Stomatafrequenz bei Blättern von *Vitis*-Arten und -Sorten. *Vitis* 19, 91—98.
- — und SCIENZA, A., 1975: Zur Rolle der endogenen Abscisinsäure bei Wassermangel in Reben. *Vitis* 14, 20—26.
- — and — — —, 1980: Studies on drought resistance of *Vitis* species and cultivars. Paper presented at the 3rd International Symposium on Grape Breeding, June 15—18, 1980, Davis, Ca.
- ERLENWEIN, H., 1965: Einfluß der Ernährung und des Pfropfparters auf das Wurzelwachstum von *Vitis*-Arten und -Sorten. *Vitis* 5, 161—186.
- GOLDBACH, EVA, GOLDBACH, H., WAGNER, H., and MICHAEL, G., 1975: Influence of N-deficiency on the abscisic acid content of sunflower plants. *Physiol. Plant.* 34, 138—140.
- MICHAEL, G., MOUNLA, M. A. KH. and GOLDBACH, H., 1974: Nitrogen fertilizer application, hormone activity and crop production. Proc. 7th Intern. Colloquium Hanover (FRG) 307—316.
- SAUTTER, L., 1971: Einfluß der NPK-Düngung auf die Photosynthese der Reben. Diss. Univ. Hohenheim.
- SCHOLANDER, P. F., HAMMEL, H. T., BRADSTREET, E. D. and HEMMINGSEN, E. A., 1965: Sap pressure in vascular plants. *Science* 148, 339—346.
- SCIENZA, A., MIRAVALLE, R., VISAI, C., and FREGONI, M., 1978: Relationships between seed number, gibberellin and abscisic acid levels and ripening in Cabernet Sauvignon grape berries. *Vitis* 17, 361—368.
- STALFELT, M. G., 1956: Morphologie und Anatomie des Blattes als Transpirationsorgan. In: RUKLAND, W. (Hrsg.): *Handbuch der Pflanzenphysiologie* Bd. III, 324—341. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg.

Eingegangen am 3. 11. 1980

Dr. H. DÜRING
BFA für Rebenzüchtung
Geilweilerhof
D 6741 Siebeldingen