

根域制限したブドウ‘巨峰’樹の休眠期から開花期に至る炭水化物と窒素栄養の変化

王 世平¹・岡本五郎²・平野 健²¹岡山大学大学院自然科学研究科 700-8530 岡山市津島中 3-1-1²岡山大学農学部 700-8530 岡山市津島中 1-1-1

Effects of Rooting-zone Restriction on the Changes in Carbohydrates and Nitrogenous Compounds in ‘Kyoho’ Grapevines during Winter Dormancy and Early Shoot Growth

Shiping Wang¹, Goro Okamoto² and Ken Hirano²¹The Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, Tsushima-naka 3-1-1, Okayama 700-8530²Faculty of Agriculture, Okayama University, Tsushima-naka 1-1-1, Okayama 700-8530

Summary

Changes in carbohydrates and nitrogenous compounds in ‘Kyoho’ grapevines, grown under restricted rooting-zone conditions and in non-restricted conditions (control), were analysed during winter dormancy until full bloom. There were no significant differences in levels of sugars and starch, and total-N between the treated and control during winter dormancy. At bud-burst, however, vines with restricted rooting-zone contained more sugars in small roots but lower N level in the trunk and cane, compared to those with unrestricted rooting volume. Similar trends were observed in xylem sap collected from the trunk base at bud burst, young shoots disbudded 2 and 3 weeks after bud burst, and shoots and flower clusters at full bloom. Relationships between the nutritional status and retarded shoot growth, accompanied with improved berry set, in vines grown under restricted rooting-zone are discussed.

Key Words: ‘Kyoho’ grape, rooting-zone restriction, vine nutrition, shoot growth, berry set.

緒 言

‘巨峰’などの4倍体ブドウを根域制限栽培すると、新梢の生長が抑制され、結実や果実の成熟が良好になる(今井ら, 1987, 1990, 1991; 岡本・今井, 1989 a). このような根域制限の効果は、根のすべてが狭い根域内に密集するため、土壤中の養水分の不足が頻繁に起こること、新根が短く、分岐が多くなるなど根の形態が変化し(王ら, 1997)、養分吸収や根中での各種の養分や内生ホルモンの生成が変わることなどの結果と考えられる。しかし、根域制限されたブドウ樹の体内養分が普通の地植え樹とどのように異なり、それが新梢の生長や結実性などどのように関連するかは、明らかにされていない。

ブドウ樹が発芽し、開花・結実期に至るまでの初期生育には、前年に樹体内に蓄えられた貯蔵養分と、当年の新根や新葉で生産される養分の両方が利用される(中川, 1960; 岡本, 1979; Gladら, 1994)。従って、根域制限の効果を経済生理学的に解明するには、冬季の貯蔵養分と開花期に至る体内養分の変化を知る必要がある。

本報告は、根域制限栽培した‘巨峰’樹の休眠期から満

開期までの炭水化物および窒素化合物の変化を、地植え樹と比較したものである。

材料および方法

1994年3月に、岡山大学農学部(岡山市津島)内のトンネル被覆したブドウ園で、SO4台の1年生‘巨峰’苗18樹を防根シート(ユニチカ製, BDKラブシート)で根域制限した植え穴(0.5×0.5 m, 深さ20 cm)に植え、別の13樹は1.3 m間隔で地植えとした。いずれもN:60 ppmを含む総合液肥2 lを週2回与え、無着果で1新梢を生育させた。液肥の成分や施与の方法は既報(王ら, 1997)と同様である。翌年は、地上50 cmの高さに水平に誘引した母枝から根域制限樹は2新梢、地植え樹は6新梢を垂直に生育させた。両区とも当初各樹に3果房を着生させたが、根域制限樹では結果枝の登熟が不良であったため、ベレゾーン前に摘除した。地植え樹では果房当たりの着粒数が10粒程度で着果負担が小さく、新梢の生長も旺盛であったので成熟期まで着果させた。

落葉後の12月上旬に各2樹を掘り上げ、小根(直径5 mm以下)と大根、幹、熟枝に分け、凍結乾燥後、粉末試料とした。なお、樹体各部の乾重(2樹の平均)は、

小根には両区に大差はなく、大根と幹は地植え区が根域制限区の約1.5倍、母枝は5.6倍であった。

1996年の発芽期(4月14日)に、各区2樹を幹の基部で切断し、溢れ出る樹液を採取した。24時間後、樹体全体を前記と同様に解体した。4月下旬と5月上旬に摘芽を行い、両区とも各樹6新梢に制限した。その際、摘芽した芽(若い新梢)の中から4月下旬には長さ約5cmで2枚が展葉しているものを、5月上旬には約15cmで5枚展葉期のものをサンプリングした。花穂は5月下旬に1新梢1花穂とし、花穂当たり約250花蕾に整房した。満開期(6月3日)に発芽期と同様に樹液の採取と樹体各部のサンプリングを行った。また、新梢は基部(成葉着生部)と先端部(幼葉着生部)の茎と葉に分け、花穂は穂軸と小花に分けた。満開3週後に各区10果房について着粒数と有核果率を、成熟期に果粒中の種子数を調査した。

分析用の乾燥粉末試料は80%エタノールで抽出し、イオン交換樹脂カラムによりアミノ酸区分と糖区分に分け、アミノ酸自動分析計(日本電子JLC-300)でアミノ酸を、ガスクロマトグラフィー(日立GC-163)で糖を個別定量した。また、エタノール抽出残渣を用いて過塩素酸抽出法によりデンプンを定量した。全窒素はCNコーダーで、樹液のNH₄-N、NO₃-N、P、K、Ca、Mgの濃度をイオンクロマトグラフィー(島津LC-10A)で測定した。

結 果

1. 樹体各部の炭水化物の変化

休眠期と発芽期の樹体各部の糖、デンプン濃度は第1図に示すとおりである。糖の組成としては、両区のどの部位でもシュクロースが主体であり、他にグルコースとフルクトース、糖アルコールのイノシトールが存在し

た。これらを合計した全糖の濃度で比較すると、休眠期の小根、大根、母枝では根域制限樹の方がやや高い傾向であった。デンプンも小根と母枝では根域制限樹の方が高かったが、大根では地植え樹が高かった。発芽期には各部位ともデンプン濃度が低下し、糖濃度は増加した。とくに、根域制限樹の細根と地植え樹の大根ではその傾向が顕著であった。

発芽後に摘芽した2枚展葉、5枚展葉の芽の糖含量は、明らかに根域制限樹の方が高く、フルクトース、グルコース、シュクロースのいずれにも差が認められた(第1表)。デンプン濃度も5枚展葉の芽では根域制限樹の方が高かった。

満開期の各部の糖、デンプン濃度は第2図のとおりである。発芽期に比べ、デンプンは各部位で、糖は幹と母枝で大きく減少した。両区を比較すると、根域制限樹では小根、幹、新梢、花穂の穂軸、小花の糖濃度が地植え樹より高い傾向であった。デンプン濃度は、地植え樹の大根で根域制限樹より高かった以外、両区に差がなかった。

Table 1. Effect of rooting-zone restriction on the levels of sugar, starch and total N in disbudded young shoots of 'Kyoho' grapevines.

Treatment	Sugars (%)					Starch (%)	Total N (%)
	Fructose	Glucose	Inositol	Sucrose	Total		
Shoots at 5 cm long							
Restricted	0.67	0.74	0.11	0.72	2.24	0.72	2.36
Unrestricted	0.35	0.41	0.10	0.27	1.12	0.55	3.56
Significance ^z	*	*		*	**		*
Shoots at 15 cm long							
Restricted	1.11	1.00	0.06	0.61	2.79	1.28	2.02
Unrestricted	0.41	0.40	0.04	0.39	1.24	0.69	2.89
Significance ^z	**	*		*	**	*	**

^z Significant difference at p = 0.05 (*) and 0.01 (**) by t-test.

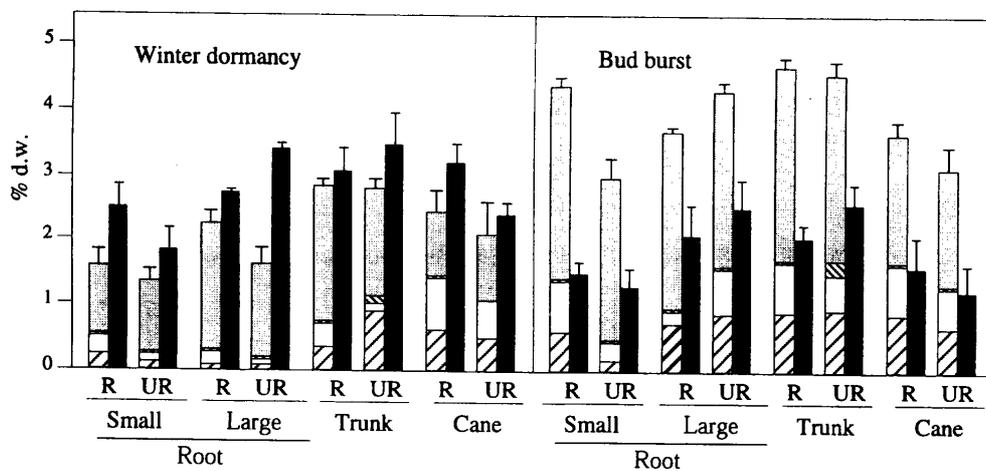


Fig. 1. Effect of rooting-zone restriction on sugar and starch levels in various parts of 'Kyoho' grapevines both at winter dormancy and at bud burst. R, vines with restricted rooting-zone; UR, vines with unrestricted rooting-zone. ▨, fructose; □, glucose; ▩, inositol; ▤, sucrose; ■, starch. Vertical bars indicate SDs.

2. 樹体各部の窒素の変化

休眠期と発芽期の樹体各部の全窒素濃度は第3図に示すとおりである。休眠期には両区で大差なかったが、発芽期には各部位とも地植え樹の増加が著しく、とくに幹と母枝では根域制限樹の約1.4, 1.9倍となった。2枚展葉期と5枚展葉期の若い新梢の全窒素濃度も地植え樹の方が高かった(第1表)。満開期の各部の全窒素濃度は第4図のとおりである。根域制限樹では小根と大根の濃度が発芽期より低下したのに対し、地植え樹では逆に増加した。幹、母枝では両区とも減少したが、とくに地植え区の減少が著しかった。新梢、花穂各部の窒素濃度はいずれも地植え樹の方が高かった。

3. 樹液の糖、無機成分、アミノ酸

地植え樹の幹から得られた樹液の量は、根域制限樹の

約2倍であった。発芽期、満開期とも糖成分としてフルクトース、グルコース、イノシトールが分析され、シュクロースは痕跡程度であった。両区を比較すると、いずれの時期も根域制限樹の方が糖濃度が高く、とくにグルコースでは差が大きかった(第2表)。また、NH₄-Nには明らかな差はなかったが、NO₃-Nは地植え樹が根域制限樹の約2倍高かった。また、発芽期にはPとKの濃度が地植え樹の方が高く、Caは両時期とも根域制限樹の方が高かった。アミノ酸では、発芽期の樹液はグルタミンが、満開期はグルタミン酸、スレオニン、グルタミンが主成分であった。区間で比較すると、根域制限樹の樹液は両時期とも全アミノ酸濃度が地植え樹の約半分であった。また、発芽期にはスレオニン以外の各種のアミノ酸で2~3倍の差が認められたが、満開期には根

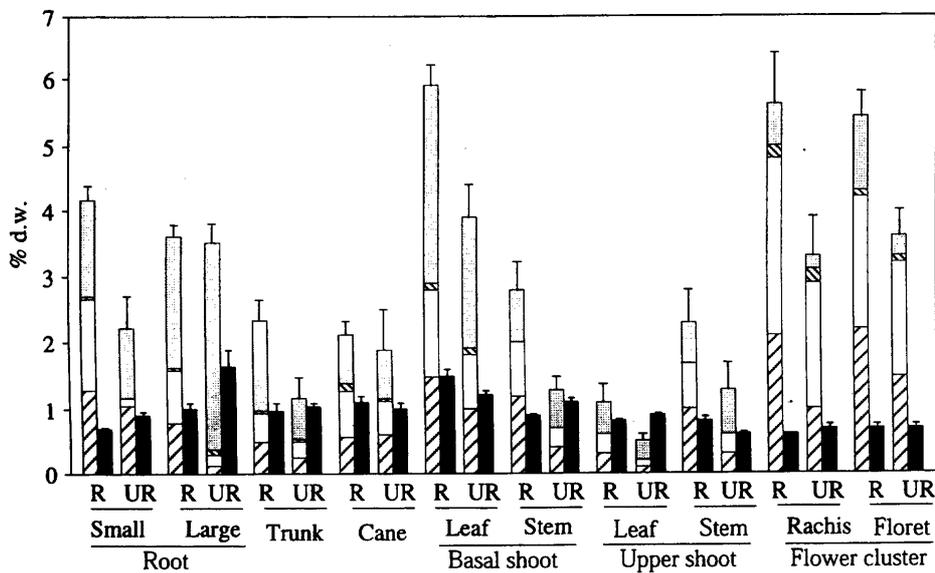


Fig. 2. Effect of rooting-zone restriction on sugar and starch levels in various parts of 'Kyoho' grapevines at full bloom. R, vines with restricted rooting-zone; UR, vines with unrestricted rooting-zone. ▨, fructose; □, glucose; ▩, inositol; ▤, sucrose; ■, starch. Vertical bars indicate SDs.

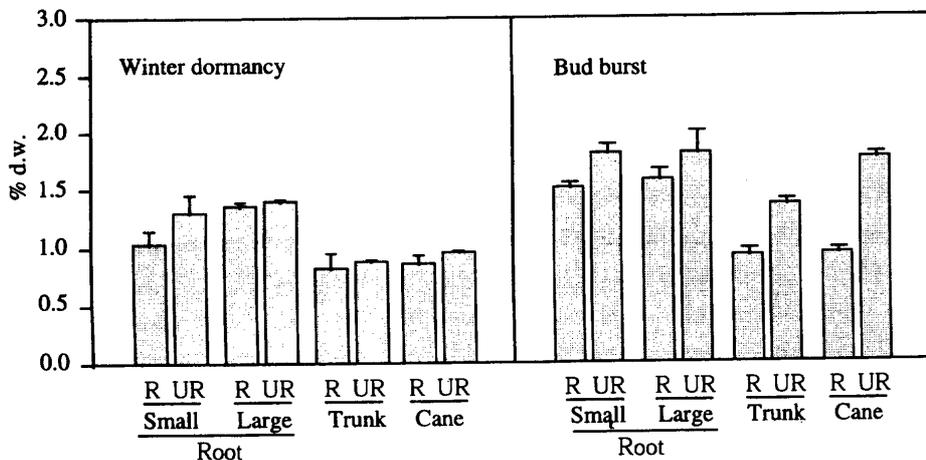


Fig. 3. Effect of rooting-zone restriction on total N levels in various parts of 'Kyoho' grapevines both at winter dormancy and at bud burst. R, vines with restricted rooting-zone; UR, vines with unrestricted rooting-zone. Vertical bars indicate SDs.

域制限区のグルタミンは著しく減少し、スレオニンが地植え区の約7倍に増加し、グルタミン酸を除く他のアミノ酸も地植え区と同程度の濃度となった(第3表)。

4. 新梢の生長と結実

根域制限樹では地植え樹よりも発芽が約3日早かったが、5月中旬以降の新梢生長は地植え樹の方がより旺盛であった(第5図)。満開期の小花も地植え樹の方が大き

かったが、花振るいが激しく、無核小粒が多く着生した。根域制限樹では着粒率、有核果率が高く、含種子数も多かった(第4表)。

考 察

本実験では、供試材料の育成2年目(1995年)は根域制限区では地植え区よりも新梢数を少なくし、果実も

Table 2. Effect of rooting-zone restriction on the levels of sugar and N in xylem sap collected from the trunk base of 'Kyoho' grapevines at bud burst and full bloom.

Treatment	Tapping rate (ml/hr)	Sugars (%)			Sugars (%)					
		Fructose	Glucose	Inositol	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P	K	Ca	Mg
But burst										
Restricted	5.2	0.6	3.7	0.3	15.8	1.9	0.3	80.6	74.5	8.5
Unrestricted	13.2	0.4	1.0	0.4	25.0	1.4	3.8	153.9	44.3	9.9
Significance ^z	**		**		**		**	**	**	
Full bloom										
Restricted	6.5	0.7	2.6	1.0	1.19	1.0	2.3	122.0	64.5	14.7
Unrestricted	14.6	0.3	0.9	0.3	20.4	1.5	1.0	114.4	58.8	12.0
Significance ^z	**	*	**	**	**			*	*	

^z Significant difference at p = 0.05 (*) and 0.01 (**) by t-test.

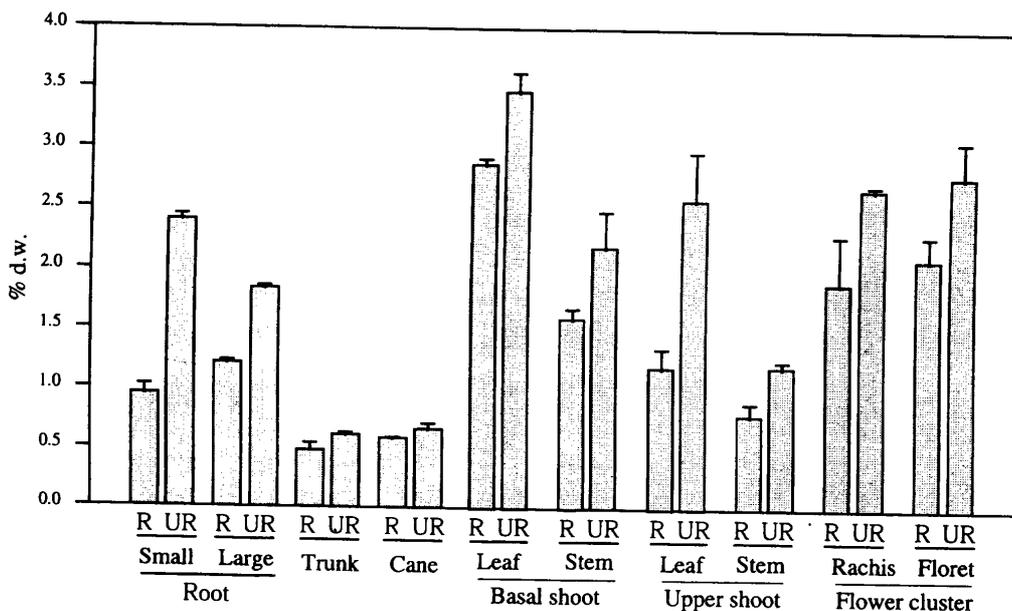


Fig. 4. Effect of rooting-zone restriction on total N levels in various parts of 'Kyoho' grapevines at full bloom. R, vines with restricted rooting-zone; UR, vines with unrestricted rooting-zone. Vertical bars indicate SDs.

Table 3. Effect of rooting-zone restriction on the levels of amino acids (nmol/ml) in xylem sap collected from the trunk base of 'Kyoho' grapevines at bud burst and full bloom.

Treatment	ASP	THR	GLU	GLN	VAL	INEU	PHE	ARG	PRO	Others	Total
But burst											
Restricted	27.5	24.3	9.8	1524.1	51.4	15.7	32.6	9.5	8.9	49.7	1753.7
Unrestricted	34.5	0.0	19.8	3387.3	122.7	36.3	54.6	28.8	16.4	47.0	3747.7
Full bloom											
Restricted	17.4	439.1	345.0	6.5	126.1	65.9	31.2	1.5	16.0	156.1	1159.8
Unrestricted	9.1	61.6	794.4	707.9	127.3	64.4	27.7	7.9	16.9	120.1	1932.9

ASP : aspartic acid, THR : threonine, GLU : glutamic acid, GLN : glutamine, VAL : valine, ILEU : isoleucine, PHE : phenylalanine, ARG : arginine, PRO : proline.

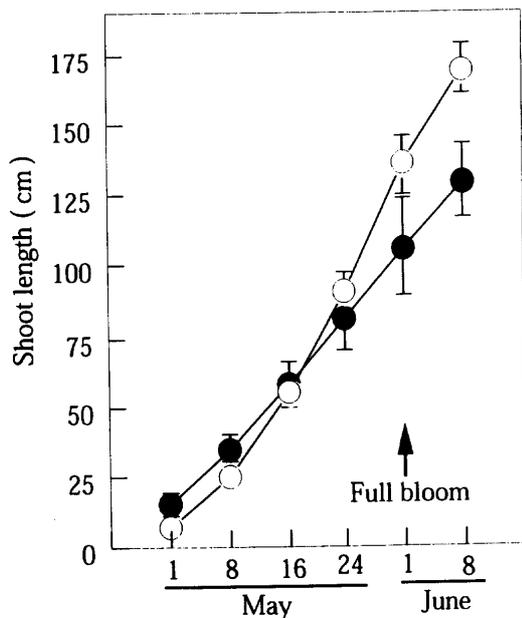


Fig. 5. Growth curves of 'Kyoho' grapevines with restricted rooting-zone (●) and with unrestricted rooting-zone (○). Vertical bars indicate SDs.

Table 4. Effect of rooting-zone restriction on floret development and berry set in 'Kyoho' grapevines.

Treatment	Floret fresh weight ^z (mg)	Berry set %	Percent of seeded berries (%)	No. of seeds per seeded berry
Restricted	13.2	21.9	98.4	1.9
Unrestricted	18.2	3.1	50.6	1.1
Significance ^y	**	**	**	**

^z Measured at full bloom.

^y Significant difference at $p = 0.05$ (*) and 0.01 (**) by t-test.

途中で摘除した。これは、1年間の根域制限で根群の量や広がりが大きく制限されたことから、地上部と地下部のバランスを取るためと、翌年の結果母枝として茎を十分充実させるための処置である。地植え樹の着果負担量は通常の着果レベルからみれば軽微であり、そのことの影響はあまり大きくなかったと思われるが、いずれにしても、本実験の結果はこのような育成経過を経た「巨峰」樹についてのものとして理解すべきである。

Bar-Yosefら (1988) は、10~200 l容のコンテナで5年間育てたリンゴ「ゴールデンデリシャス」の樹体生長と養水分吸収を調査し、根域容積の小さい樹ほど土壌からの水分と窒素の吸収量が少ないことを示した。また、Mark・Marra (1994) はモモの「Nemaguard」について、根域容量が小さいと葉内のN, P, K, Ca, Mg, B, Feの含量が低いことを報告している。本実験でも、根域制限された「巨峰」樹では、発芽期および満開期に幹から採取した樹液の量は地植え樹の約40%であり、NO₃-Nやアミノ酸の濃度も地植え樹より明らかに低かった。本実験

では、一定濃度の液肥を根の分布する範囲に定期的に灌注し、土壌溶液中の窒素濃度をできるだけ等しい状態に維持した。また、養分吸収が行われる小根の量は両区で大差が認められなかったことから、根域制限樹の根は地植え樹より窒素の吸収活性が低いと推察される。一方、発芽期から満開期に至る樹液中のアミノ酸構成比の変化をみると、根域制限樹では発芽期の主要成分であったグルタミンの減少が地植え樹より激しいことが特徴である。グルタミンは一般的に植物体内における余剰アミノ酸として存在すると考えられる。従って、根域制限樹では発芽期後の新梢生長に体内のアミノ酸が利用されてしまい、根からの補給が間に合わない状態になっていることが推察される。ただし、他の各種のアミノ酸濃度は地植え樹と大差ないことから、花器の発達や受精など質的な発育に必要なアミノ酸の不足はなく、結実も良好であったのではないと思われる。

一方、発芽期、満開期の根の糖濃度は根域制限樹の方がはるかに高く、この傾向は両時期の樹液についても同様である。これは、根域制限樹では発芽期、満開期に根中のデンプンが地植え樹よりも大きく減少した結果であろう。ただし、糖の種類別の濃度には両区に一定の傾向は見いだせない。根域制限がデンプンから分解された糖の代謝や転流に及ぼす影響については、現段階では考察できない。いずれにしても、炭水化物の養分に関しても両区の根は機能的な相違があることが示唆される。

以上のような両区の根や樹液の窒素、炭水化物濃度の相違の結果として、根域制限樹では発芽直後の芽や満開期の新梢各部の糖濃度が高く、窒素濃度が低い栄養的特性が生み出されたと考えられる。

果樹では、窒素の供給が少ないと新梢の生長が抑えられ、葉や果実が小型になることは極く一般的な現象である (小林ら, 1952; 福田・近藤, 1957; 細井・井上, 1957; 岡本ら, 1989 b; 土屋, 1970)。本実験で、根域制限樹の新梢の生長速度が途中から遅くなり、満開期の新梢や小花が地植え樹より小型であったのは、上述の根域制限樹の窒素栄養の特徴からみて当然である。根域制限樹の方が発芽が早かったのは、地植え樹より根群の分布が浅く地温の上昇が速かったためであろう。

根域制限樹で結実が良好となる一つの理由は、新梢や花穂への糖の供給が多いためと思われる。冬季のブドウ樹体内に炭水化物の貯蔵量が少ない場合、結実不良になること (中川, 1960)、「マスカット・オブ・アレキサンドリア」ではホウ素散布や摘心によって結実率が高くなるが、この場合、開花開始期に葉内や小花の糖含量が対照区よりも高くなることが示されている (小林・岡本, 1967; 岡本・小林, 1971)。また、根域制限樹では花穂の窒素濃度が低いことも、結実を良好にした一因と思われる。著者らはすでに、「巨峰」の新梢を開花期前に摘心

すると花穂の窒素濃度が著しく高まるが、同時に胚珠の受精率が低く、有核果の着生が不良になること(岡本ら, 1980), ブドウ小花の *in vitro* 培養において、培地の窒素濃度を高めると雌ずいは著しく大きくなるが、胚珠の発育や花粉管生長が強く阻害されること(岡本ら, 1989c; Okamoto・Omori, 1991)を認めている。

以上のように、本実験の範囲内では、'巨峰'に対する根域制限の効果は、苗木時代から新梢の生長が抑制されるとともに、結実樹齢に達してからも春季の窒素の吸収が制限されると同時に、貯蔵デンプンの利用が促進されることによると言える。しかし、'巨峰'の新梢の生長や結実に対して、内生ホルモンの活性やそのバランスも大きな影響を与えることが示されている(Naito・Kawashima, 1976, 1980; 小松・中川, 1991)。根域制限樹と地植え樹について、内生ホルモンについての分析と検討が必要である。

摘 要

根域制限栽培された'巨峰'ブドウ樹について、休眠期から開花期に至る体内の炭水化物および窒素化合物の変化を調査し、普通の地植え樹と比較した。12月上旬の両樹各部の糖、デンプン、全窒素濃度に大きな相違はなかった。発芽期には、樹体各部のデンプンが減少し、糖濃度が上昇したが、根域制限樹の小根ではその変化がとくに大きかった。窒素濃度の上昇は地植え樹の幹や母枝で著しかった。幹から採取した樹液や若い新梢でも根域制限樹の方が糖濃度が高く、窒素濃度は低かった。この傾向は満開期の樹液、新梢各部、花穂でも同様であった。これらの根域制限樹の栄養条件の特徴と新梢の生長、結実性との関係について考察した。

引用文献

- Bar-Yosef, B., S. Schwartz, T. Markovitch, B. Lucas and R. Assaf. 1988. Effect of root volume, and nitrate solution concentration on growth, fruit yield and temporal N and water uptake rates by apple trees. *Plant and Soil* 107: 49-56.
- 福田 照・近藤権一. 1957. 桃樹の栄養に関する研究(第4報)結実樹に及ぼす3要素施用濃度及び比率の影響. *京都大園芸集録* 8: 16-23.
- Glad, C., J. Farineau, J. L. Regnard and J. F. Morot-Gaudry. 1994. The relative contribution originating from two seasonal ¹⁵N supplies to the total nitrogen pool present in the bleeding sap and in whole *Vitis vinifera* cv. Pinot noir grapevines at bloom time. *Am. J. Enol. Vitic.* 45: 327-332.
- 細井寅三・井上 宏. 1957. 基肥(窒素)施用期の相違と葡萄幼樹生長及び果実収量との関係. *農及び園*. 31: 723-724.
- 今井俊治・岡本五郎・遠藤融郎. 1987. 密植・根域制限によ

- る4倍体ブドウの早期成園化と結実安定. *広島果樹試報*. 12: 1-9.
- 今井俊治・志俣政夫・古井シゲ子・藤原多見夫. 1990. 根域制限下におけるブドウ'巨峰'の樹体生長と果実生産. *近畿中国農研*. 79: 44-79.
- 今井俊治・藤原多見夫・田中茂穂・岡本五郎. 1991. 根域制限栽培のブドウ'巨峰'の樹体生長と果実発育に及ぼす土壌水分の影響. *生物環境調節*. 9: 133-140.
- 小林 章・福田 照・内藤隆次. 1952. 葡萄幼樹の生長作用と三要素の施用濃度との関係. *京都大食研報告*. 8: 56-65.
- 小林 章・岡本五郎. 1967. Muscat of Alexandriaにおける摘心およびホウ素の葉面散布が体内栄養ならびに結実に及ぼす影響(第1報). *園学雑*. 36: 31-35.
- 小松喜春・中川昌一. 1991. ブドウ'巨峰'の結実と小花中の内生植物ホルモンとの関係. *園学雑*. 60: 309-317.
- Mark, R. and F. Marra. 1994. Responses of young peach trees to root confinement. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119: 223-228.
- Naito, R. and T. Kawashima. 1976. Promotion of berry set in grapes by growth retardants. III. Effects of the pre-bloom application of SADH and CCC on gibberellin and cytokinin activity in florets of grape varieties, Kyoho and Muscat of Alexandria. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 45: 135-142.
- Naito, R. and T. Kawashima. 1980. Promotion of berry set in grapes by growth retardants. IV. Comparison of SADH cluster dipping, shoot pinching and flower thinning with regards to their effects on berry set in Kyoho grape. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 49: 297-310.
- 中川昌一. 1960. 果樹栽培生理新書「葡萄」. p. 159-162. 朝倉書店. 東京.
- 岡本五郎. 1979. ブドウ樹が秋に同化した¹⁴C-物質の翌春における体内分布と移行. *京都大園芸学術研究集録* 9: 6-12.
- 岡本五郎・小林 章. 1971. Muscat of Alexandriaにおける摘心およびホウ素散布が体内栄養ならびに結実に及ぼす影響(第2報). *園学雑*. 40: 212-224.
- 岡本五郎・渡辺好昭・島村和夫. 1980. ブドウ'巨峰'の強勢な新梢に対する開花前の摘心及びB-9散布が花穂栄養と結実に及ぼす影響. *岡山大農学報*. 56: 1-10.
- 岡本五郎・今井俊治. 1989a. 根域制限によるブドウ'ピオーネ'の有核果の着粒増加. *岡山大農学報*. 74: 15-20.
- 岡本五郎・藤井雄一郎・島村和夫. 1989b. ユスラウメ台モモ樹の生育と果実品質に及ぼす培養液濃度の影響. *生物環境調節*. 27: 83-87.
- 岡本五郎・山室美輪子・島村和夫. 1989c. *In vitro*で培養したブドウ花蕾中の胚のうの発達と花粉管生長に及ぼす無機塩、糖、ホルモン濃度の影響. *岡山大農学報*. 73: 11-16.
- Okamoto, G. and N. Omori. 1991. Effect of levels of minerals, phytohormones and pistil extracts on *in vitro* ovule development and pollen tube growth in excised grape pistils. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 60: 521-529.
- 王 世平・岡本五郎・平野 健. 1997. 埋め込み方式、盛土方式で根域制限栽培したブドウ'ピオーネ'樹の生育と果実発育の比較. *園学雑*. 66: 253-259.
- 土屋長男. 1970. 葡萄栽培新説(増補版). p. 287-292. 山梨県果樹園芸協会. 山梨.