

12月から加温したブドウ‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’成木の炭水化物及び窒素栄養に及ぼす地温の影響

久保田尚浩・柳沢穰治・島村和夫
(果樹園芸学研究室)

Received July 1, 1986

Effect of Root Temperature on Carbohydrate and Nitrogen Nutrients in Fruiting ‘Muscat of Alexandria’ Vines under Forced Conditions

Naohiro KUBOTA, Johji YANAGISAWA and Kazuo SHIMAMURA
(Laboratory of Pomology)

Investigations were carried out in order to clarify the effect of root temperature on carbohydrate and nitrogen nutrients in six-year-old ‘Muscat of Alexandria’ vines forced from December 18.

The air temperature was kept above 18°C and four plots of root temperatures were adjusted to 13, 20, 27 and 20–27°C. In the 20–27°C plot, the root temperature was kept at 20°C for 18 days until the start of forcing and thereafter at 27°C. In addition to those plots, the two following treatments were set at the root temperatures of 13°C and 27°C to see the effect of budbreak promotion;

- 1) in 13G and 27G, garlic juice was painted on the cane sections and
- 2) in 13H and 27H, the air temperature near the branches was kept above 25°C.

1. The starch content in the rootlets remarkably decreased after starting of treatments in all the plots, and it was lower at 27°C than at 13°C throughout the period of the experiment. A notable difference in the total sugar contents of the rootlets was not observed among the plots. The starch content in the canes decreased after starting of treatments in almost all the plots, especially in the 13H and 27H plots which had additional heating treatment of branches for budbreak promotion. The total sugar content in the canes decreased after starting of treatments in all the plots, especially in the 27G, 27H, and 20–27°C plots, in which budbreak was notably promoted.

The starch and total sugar contents of young shoots in all the conditions were lower with root temperature kept at 27°C than with those kept at 13°C. Glucose, fructose and inositol were the predominant sugars in young shoots, but there was no significant difference in their constituent ratios among the plots.

2. The soluble-nitrogen content in the canes increased towards the bursting stage in all the plots, especially in the 27G and 13H. In the rootlets, it increased just after starting of treatments at 27°C and 20–27°C plots, while the increment at 13°C plot began about two weeks after forcing. Regardless of the treatments of sprouting-promotion, the insoluble-nitrogen content in the young shoots was much higher in root temperatures of 27°C than in those of 13°C, whereas the soluble-nitrogen content was without exception higher in root temperatures kept at 13°C. The amino acid content of young shoots in all the conditions was lower with root temperatures kept at 13°C than with those kept at 27°C, especially in the 13G and 13H plots, in which many of the flower clusters failed to develop. Aspartic acid,

glutamic acid, serine, and amides were the predominant amino acids in young shoots, but little difference in their constituent ratios was found among the plots.

緒 言

岡山県の特産果実であるブドウ‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’を12月のような早い時期から加温すると、2月以降の加温や無加温のものに比べて発芽、新梢生長、花穂発育などが著しく劣り、栽培上大きな問題とされている。

筆者ら^{3,5)}は、これまでにこのような生育不良に対して地中加温の効果が大きく、地温を高めることで、発芽や新梢及び花穂の発育が優れることを鉢植え個体及び実際の生産樹を用いて実験的に明らかにした。さらに、12月のような早い時期からの加温で地中加温の効果が得られる背景を根の生長や生理活性及び樹体内の生長調節物質の変化などの点から検討してきた^{4,6)}。ブドウに限らず果樹の枝梢、根などには多量の炭水化物や窒素化合物が含まれ、それら栄養の変化と生育との間に密接な関係があることは論述するまでもないが、地温はこれらの栄養に対しても大きな影響を及ぼし、このこともまたブドウ樹の生育に深く関係したと推察される。

本報告は、12月から加温した‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’成木の炭水化物と窒素化合物の栄養に及ぼす地温の影響を調査したものである。

材 料 と 方 法

岡山大学農学部附属農場果樹園装置化施設内の地中温度コントロール室に栽植されている6年生‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’12樹(H. F. 台)を供試した。各個体は厚さ5mmの石灰ボードで縦、横、各90cm、深さ30cm(土壌の深さ25cm)に根域を制限したブロック内に栽植されており、各ブロック内には地温を調節するために、深さ10cmの位置に20cm間隔で内径20mmの塩化ビニールパイプが埋設されている。1981年12月18日に各芽座1~3芽を残してせん定した後、ガラス室内を18°C以上に加温するとともに、塩化ビニールパイプに温度制御した水を循環させることにより地温を13、20、27°Cの3段階に調節(13°C区、20°C区、27°C区)した。また、加温に先立ち、11月30日から18日間、地温だけを20°Cに維持し、その後室内加温の開始と同時に地温を27°Cにコントロールした20-27°C区を設けた。地温13°Cと27°Cについては県下の‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’の12月加温栽培で広く行われている二つの発芽促進処理を併用した。その一つはニンニク汁液のせん定部位への塗布処理であり、いま一つは地上部だけの高温処理である。前者を13G区及び27G区、後者を13H区及び27H区とした。発芽、新梢生長、花穂発育等を経時的に調査するとともに、炭水化物及び窒素化合物の消長をみるために細根、母枝及び展葉期の新梢を採取した。

各試料は熱乾燥した後、80%エタノールで抽出、定容後一定量をイオン交換樹脂CG120(H⁺型)とIRA45(OH⁻型)を連結したカラムに通した。この流出液の一定量を乾燥させて得られた糖区分をSWEeleyら⁹⁾や稲葉ら¹⁾の方法に準じてTMS化し、その誘導体を直接ガスクロマトグラフ(島津6AH型)に注入し、同様にして得られた標準曲線から糖を分別定量した。なお、糖の内部標準物質としてペンタエリトリトールを用いた。デンプンの分析には糖のエタノール抽出残渣を過塩素酸抽出した後、煮沸湯煎中で2時間加水分解後中和した。この一定量にアルカリ性銅試薬を加え、沸騰水中で10分間加熱後急冷した後5分間放置した。これにフェノール試薬と脱塩水を加えた後500nmの吸光度を測定し、同様にして得られた標準曲線から糖含量を算出した後デンプン含量を求めた。

可溶性窒素については糖の定量に用いたエタノール抽出液を、また不溶性窒素についてはデンプンの定量に用いたエタノール抽出残渣を用いて、ともにガンニング変法により分析した。アミノ酸については、糖の分画を行った際、イオン交換樹脂 CG 120 (H⁺型) に吸着された画分を 2N アンモニアで溶出し、定容後一定量を乾固させた後 pH 2.2 のクエン酸ナトリウム緩衝液に溶解後ろ過し、アミノ酸自動分析計 (日本電子 JLC 6AH 型) に注入してアミノ酸を分別定量した。また、アスパラギン及びグルタミンのアミドを定量するために、アンモニアで溶出後定容したものから一定量を乾固させ、2N 塩酸に溶解した後沸騰水中で 3 時間加水分解した。これを乾固させた後 pH 2.2 のクエン酸ナトリウム緩衝液に溶解させ、アミノ酸自動分析計に注入した。こうして得られたアスパラギン酸とグルタミン酸から前述の生体抽出物で得られた両者の値を差し引き、アスパラギン及びグルタミンのアミドとして算出した。

結 果

地上部の生育

発芽、新梢生長、花穂発育等は既報⁵⁾の通りで、13°C 区や 20°C 区よりも 27°C 区や 20-27°C 区で優れた。発芽促進処理の併用により、いずれの地温条件でも発芽が著しく促進されたが、低地温での発芽促進処理区 (13G, 13H) では花穂の発育が著しく抑制されたのに対し、27G と 27H の両区では全ての花穂が正常に発育した。

炭水化物栄養

デンプン含量は、母枝では加温後ほとんどの区で減少し、特に高温処理を併用した 13H と

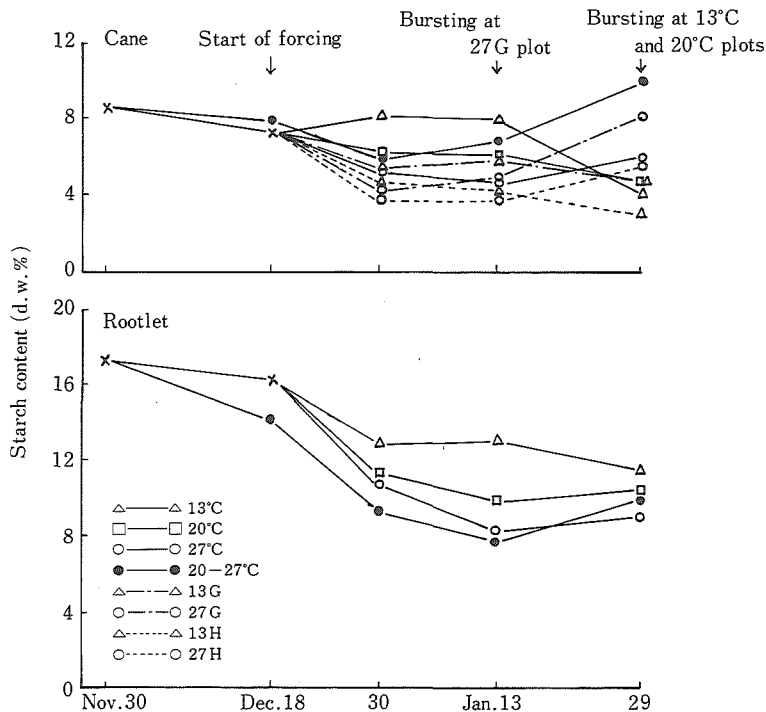


Fig. 1. Effect of root temperature on starch content in canes and rootlets of fruiting 'Muscat of Alexandria' vines forced from December. For sprouting-promotion, garlic juice was painted on the cane sections in 13G and 27G, or the air temperature near the branches was kept above 25°C in 13H and 27H.

27H 両区での減少が大きかった。細根では加温後各区とも急減した後やや増加したが、どの時期においても 13°C 区よりも 27°C 区と 20–27°C 区で少なかった (Fig. 1)。

全糖含量は、母枝では 11 月から加温開始まで増加し、その後は各区とも急減して発芽期を迎えたが、減少の程度は 13°C の各区よりも 27°C の各区で、また発芽促進処理の併用により発芽が促進された区で大きかった。細根の場合、13°C 区では加温後いく分増加して発芽期を迎

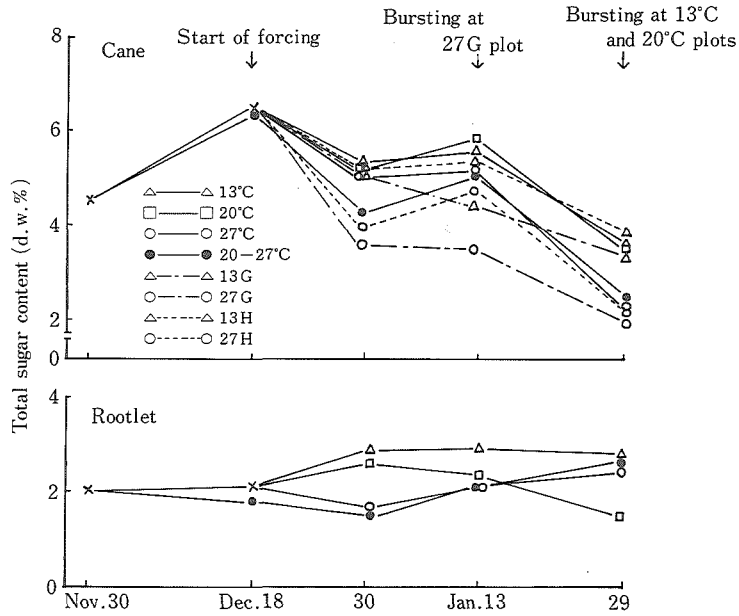


Fig. 2. Effect of root temperature on total sugar content in canes and rootlets of 'Muscat of Alexandria' vines.

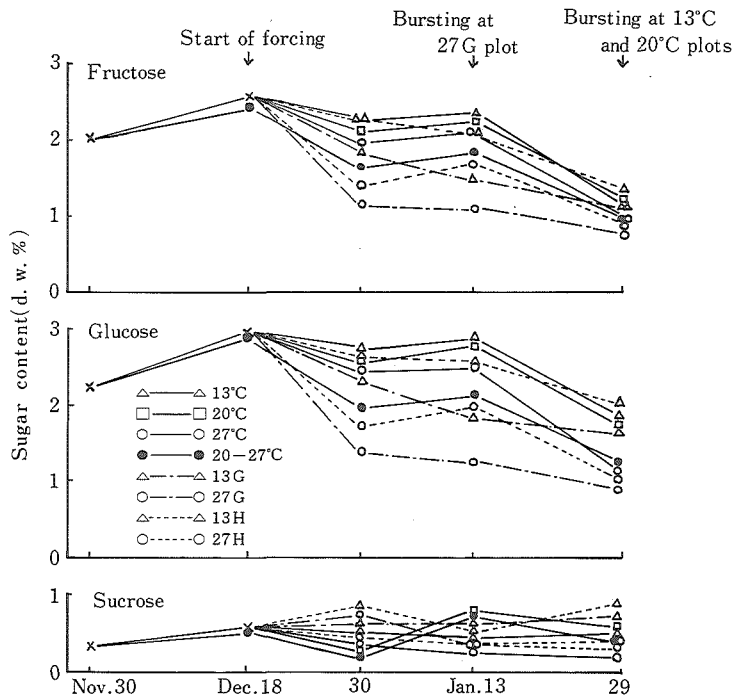


Fig. 3. Effect of root temperature on sugar contents in canes of 'Muscat of Alexandria' vines.

えたが、27°C区と20-27°C区では逆に加温後減少した後増加して発芽期を迎えた (Fig. 2).

母枝の主な糖はブドウ糖と果糖で、他に少量のショ糖とイノシトールが含まれた。ブドウ糖と果糖は全糖の変化とほぼ同様であったのに対し、ショ糖の変化は小さく、また処理区間での差も明らかでなかった (Fig. 3)。なお、細根ではショ糖が最も多く、ついでブドウ糖と果糖がほぼ等量含まれたが、各糖ともサンプリング時期による変動が大きく、一定の傾向はみられなかった (データ省略)。

新梢のデンプン含量は、地温だけの処理では地温が高いほど少なく、また発芽促進処理の併用でも13°Cよりも27°Cの地温で少なかった。糖含量もおおむね地温が高い場合に少なかった。13°C区ではブドウ糖と果糖の他に比較的多くのショ糖が含まれたが、これ以外では各糖の割合に処理区間での大きな差はみられなかった。また、いずれの区も果糖、ブドウ糖に

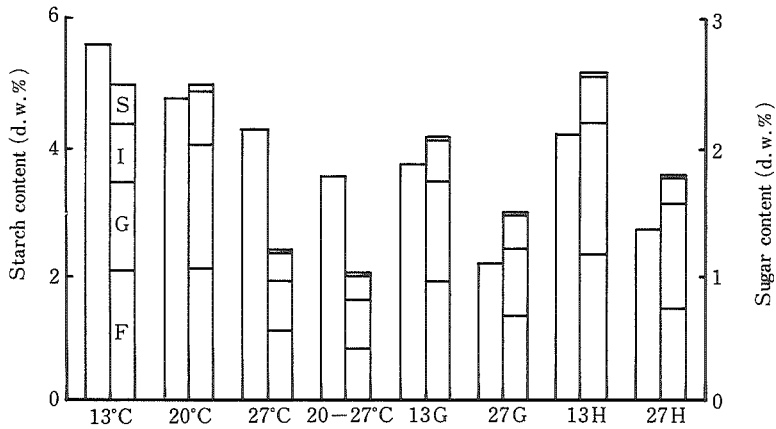


Fig. 4. Effect of root temperature on starch and sugar contents in young shoots of 'Muscat of Alexandria' vines.
S : Sucrose, I : Inositol, G : Glucose, F : Fructose.

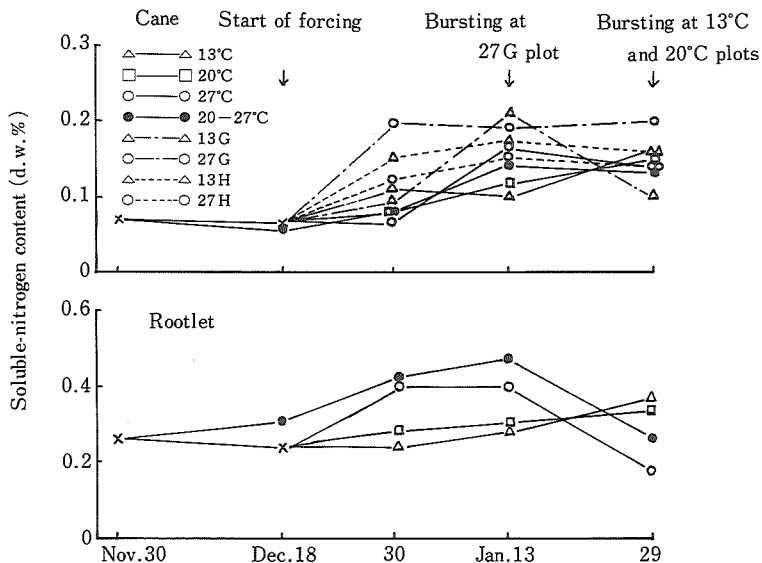


Fig. 5. Effect of root temperature on soluble-nitrogen content in canes and rootlets of 'Muscat of Alexandria' vines.

ついでイノシトールが多かった (Fig. 4).

窒素栄養

可溶性窒素含量は、母枝ではいずれの区も発芽に向けて増加し、特にニンニクや高温による発芽促進処理を併用した区 (13G, 13H, 27G, 27H) での増加が大きかった。細根の場合、27°C と 20–27°C の両区では加温後速やかに増加し、発芽後は減少したのに対し、13°C 区では加温後約 2 週間を過ぎてから増加し始め、その後発芽期まで徐々に増加し続けた (Fig. 5).

全窒素含量 (可溶性窒素 + 不溶性窒素) は、母枝では発芽期に向けて増加する傾向であったが、全体としてサンプリング時期による変動が大きかった。細根では加温開始までは 20–27°C 区での増加が大きく、またその後は 20°C 以上の各区でも増加したが、20°C 区よりも 27°C 区と 20–27°C 区での増加が大きかった。いずれの区も加温開始後 2–4 週目を過ぎると減少した (Fig. 6).

新梢の不溶性窒素は 13°C の各区よりも 27°C の各区で多い傾向であったが、可溶性窒素は逆に 13°C の各区で多い傾向であった (Fig. 7).

新梢のアミノ酸含量 (含アמיד) は、27°C の各区よりも 13°C の各区で少ない傾向であり、特にニンニクや高温による発芽促進処理の併用により花穂の発育が劣った 13G と 13H の両区で少なかった。主なアミノ酸はアスパラギン酸、グルタミン酸、セリンなどで、この他に少量のスレオニン、アルギニン、リジン、バリンや多量のアמידが含まれたが、その組成に処理区間での顕著な差は認められなかった (Fig. 8).

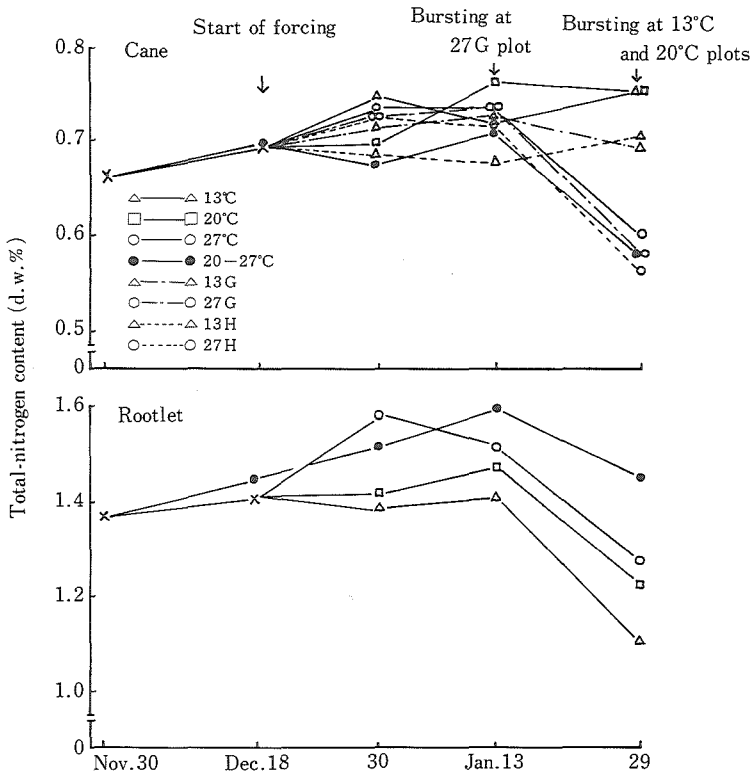


Fig. 6. Effect of root temperature on total-nitrogen content in canes and rootlets of 'Muscat of Alexandria' vines.

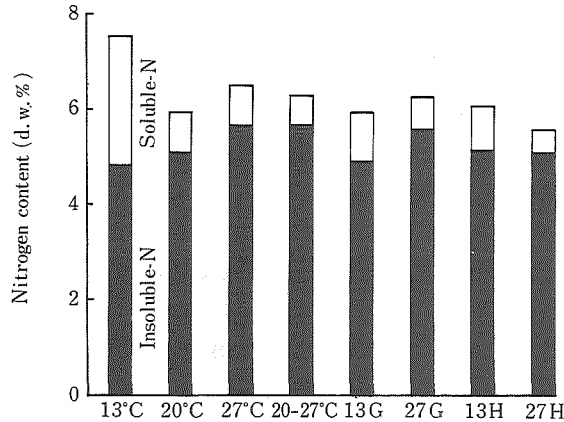


Fig. 7. Effect of root temperature on insoluble- and soluble-nitrogen contents in young shoots of 'Muscat of Alexandria' vines.

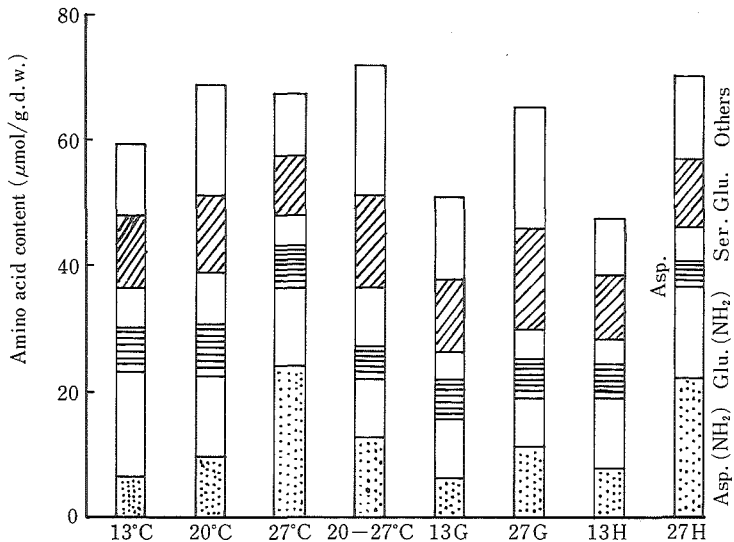


Fig. 8. Effect of root temperature on amino acid contents in young shoots of 'Muscat of Alexandria' vines.

考 察

炭水化物栄養

WINKLER ら¹⁰⁾ は 'カリグナン' ブドウ樹における炭水化物含量の季節的变化を調査し、細根のデンプンは秋冬期に著しく減少し、また母枝では冬期にデンプンが最少となるのに対し、全糖は逆にこの時期に最も増加することを明らかにした。鉢植えの無加温 'マスカット・オブ・アレキサンドリア' を用いた筆者ら²⁾ の調査でもこれとほぼ同様の傾向を認めた。さらに筆者ら²⁾ はその際の加温樹における炭水化物含量の消長から、12月のような早期からの加温であっても、発芽や開花に至る炭水化物栄養の基本的なパターンには無加温樹の変化と大きな相違はなく、むしろその変化が小さく、また短期間に行われることが12月加温でみられる生育不良の大きな要因の一つであることを示唆した。

成木を用いた本実験でも、母枝の糖含量はいずれの地温条件においても加温後発芽に向けて減少したが、その程度は13°Cよりも27°Cの地温で、また高温やニンニク塗布による発芽促進処理により発芽が促進された区ほど大きかった。このことは、地温を高めるほど発芽に必要なエネルギーの供給や新組織形成の材料として糖が有効に利用されたことを示すものである。黒井⁷⁾は石灰窒素処理によりブドウの発芽が促進される一つの要因として呼吸活性の増加に伴う枝梢中の糖の減少を上げている。

三宅ら⁸⁾は、岡山県下の加温時期の異なる‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’の花穂出現期における新梢の炭水化物含量を調査し、12月加温の新梢は2月加温や無加温のものに比べてデンプン、全糖ともに多い傾向であることを報告している。12月加温だけの本実験でも13°Cのような低地温よりも発芽やその後の生育が優れた27°Cの地温でデンプン、糖含量ともに少なかった。これは、地温が低いほど糖の代謝が不活発で、母枝から新梢に送られてきた糖が生長に積極的に利用されることなく新梢に集積していることによるのかも知れない。また、低地温区でデンプンが多いことは、糖が細胞壁の構成を始めとして生長に必要なより高次の物質に合成されることなく、単なる糖だけの結合にとどまっている割合が多いためと推察されるが、この点についてはさらに検討する必要がある。

窒素栄養

本実験では、細根における加温後の可溶性窒素の増加は13°C区や20°C区に比べて27°Cの地温で速やかであった。また、サンプリング時期による変動が大きいものの母枝の可溶性窒素や全窒素はいずれの地温条件でも加温後発芽に向けて増加する傾向であり、特に発芽促進処理の併用により発芽が促進された区での増加が大きかった。このことは、地温を高めることで芽に供給される窒素が多くなり、発芽や新梢生長に対して有効に作用したことを示唆するものである。作物における窒素を始めとした無機養分の吸収が地温条件により大きく異なることはよく知られている。また、筆者ら⁹⁾はブドウ樹の新根の発生や根の生理活性が地温条件によって著しく異なることを明らかにした。これらの事実を総合すると、13°Cよりも27°Cの地温で窒素の吸収が早くから始まり、またその地上部への移行も優れたと推察される。しかしながら、本実験の範囲では母枝におけるこのような窒素の増加が加温後に経根吸収されたものに由来するのか、加温前に既に貯蔵されていたものに由来するのかは明らかでない。

本実験では、新梢の不溶性窒素は13°Cの各区よりも新梢や花穂の発育が優れた27°Cの各区で多く、可溶性窒素は逆に13°Cの各区で多かった。これは、13°Cの各区では母枝を通して新梢に移行してきた窒素のタンパク質などのより高次の窒素化合物への同化が抑制され、新梢や花穂の発育に利用されにくいために、可溶態のまま集積した割合が高かったことによると考えられる。このことは、13°Cの各区では可溶性窒素が多いにも拘らずアミノ態窒素が少なく、特にアスパラギンやグルタミンのアמידが少ないことから推察される。

摘 要

ブドウ樹の炭水化物及び窒素の栄養に及ぼす地温の影響を明らかにするために、12月から加温した6年生の‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’(H. F. 台)について地温を13, 20, 27°Cに調節した区及び加温前18日間地温だけを20°Cに保ち、加温と同時に27°Cに維持した20-27°C区を設けた。また、13°Cと27°Cについてはニンニク汁液の塗布(G)や高温(H)による発芽促進処理を併用した区も設けた。

1) 細根のデンプンは処理後各区とも急減し、またいずれの時期とも13°C区よりも27°C区で少なかった。細根の糖の変化には処理区間での顕著な差はみられなかった。母枝のデンプ

ンは加温後ほとんどの区で減少し、特に高温処理を併用した区での減少が大きかった。母枝の全糖は加温後いずれの区でも減少し、特に発芽の促進された 27G 区、27H 区、20-27°C 区での減少が大きかった。新梢のデンプン及び全糖は 13°C よりも 27°C の各区で少なかった。その主な糖はブドウ糖、果糖、イノシトールで、その組成比には処理区間での顕著な差はみられなかった。

2) 可溶性窒素は、母枝ではいずれの区も発芽に向けて増加し、発芽の促進された 27G や 13H 区での増加が特に大きかった。細根の可溶性窒素は 27°C 区と 20-27°C 区では加温後速かに増加したが、13°C 区では加温後約 2 週間を過ぎてから増加した。新梢の不溶性窒素は 13°C の各区よりも 27°C の各区で多く、可溶性窒素は逆に 13°C の各区で多い傾向であった。新梢のアミノ酸は 27°C の各区よりも 13°C の各区で少なく、特に花穂の発育が著しく劣った 13G と 13H の両区で少なかった。主なアミノ酸はアスパラギン酸、グルタミン酸、セリン、アミドで、その組成比には処理区間での顕著な差は認められなかった。

文 献

- 1) 稲葉昭次, 伊藤卓爾, 中村冷之輔: 岡山大農学報, **50**, 37-42 (1977)
- 2) 久保田尚浩: ブドウ 'マスカット・オブ・アレキサンドリア' の促成栽培における地温条件に関する研究—とくに地中加温の効果について—(京都大学位論文) (1984)
- 3) 久保田尚浩, 島村和夫: 園学雑, **53**, 242-250 (1984)
- 4) 久保田尚浩, 江川俊之, 新田尚美, 島村和夫: 岡山大農学報, **67**, 1-9 (1986)
- 5) 久保田尚浩, 柳沢稔治, 島村和夫: 園学雑, **56** (1) (印刷中)
- 6) 久保田尚浩, 江川俊之, 島村和夫: 園学雑, 投稿中
- 7) 黒井伊作: ブドウ樹の休眠中の石灰窒素処理による生育促進に関する研究, 新潟大農学部紀要, **12** (1974)
- 8) 三宅美智代, 岡本五郎, 島村和夫: 園学要旨, 昭54秋, 106-107 (1979)
- 9) SWEeley, C. C., R. BENTLEY, M. MAKITA and W. W. WELLS: J. Amer. Chem. Soc. **85**, 2497-2507 (1963)
- 10) WINKLER, A. J. and W. O. WILLIAMS: Plant Physiol. **20**, 412-432 (1945)