加温時期の異なるブドウ‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’ 樹の窒素栄養に及ぼす地温の影響

久保田尚浩・島村和夫

岡山大学農学部 700 岡山市津島

Effects of Root Temperature under Forcing Conditions on Nitrogen Contents in ‘Muscat of Alexandria’ Vines

Naohiro KUBOTA and Kazuo SHIMAMURA

Faculty of Agriculture, Okayama University, Tsushima, Okayama 700

Summary

Investigations were carried out to clarify the effects of root temperature on nitrogen contents in potted or benching ‘Muscat of Alexandria’ vines grafted on ‘Hybrid Franc’ rootstock. Root temperature was controlled to 13°C and 27°C from December and from February, under forcing conditions. Seasonal changes in nitrogen contents in unheated vines were also determined for comparison.

1. In unheated vines, the seasonal change in insoluble nitrogen content of all oranges such as rootlets, lateral roots, trunk, and cane, was small, though the contents of soluble and amino nitrogens in roots increased gradually toward the bursting stage, and also increased at that stage in canes. In heated vines, the insoluble nitrogen content in roots decreased markedly after the start of the treatments in all plots, especially at 27°C, but only a slight difference in the soluble nitrogen content was observed. In forcing from both December and February, amino nitrogen content in rootlets was markedly lower at 13°C than at 27°C. At 13°C from December, amide content in rootlets was notably low. Little difference in the contents of insoluble and amino nitrogens in canes was found between the two temperatures for forcing from both December and February, whereas soluble nitrogen content in canes began to decrease before the bursting stage at both root temperatures from December, especially at 27°C, where budbreak was promoted.

2. The concentration of total nitrogen in bleeding sap was high at leafing stage of the heated ones. At 13°C from December, nitrogen concentration and the ratio of amino nitrogen to total nitrogen in sap were very low.

3. The contents of total, insoluble and amino nitrogen in shoots were greater in the forcing from February than from December, and at 27°C than at 13°C. There was little difference between the two temperatures in the soluble nitrogen content of shoots, regardless of the time of forcing. At 13°C from December, where growth of shoots and clusters was markedly inhibited, the amide content was notably low.

4. In vines forced from December, ¹⁵N content in both soluble and insoluble fractions in rootlets, canes, and shoots was markedly greater at 27°C than at 13°C. That is, ¹⁵N content in the insoluble fraction in shoots treated at 27°C was about twice as much as that at 13°C.

緒 言

著者ら(15, 17) は、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した

1988年8月3日 受理

場合にみられる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、発芽や花穂発育が著しく優れることを報告した。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(13)、及び樹体内の炭水化物(16)や生長調節物質(14)などの点から検討してきた。

ブドウ樹の生長が窒素を始めとした無機養分の利用と密接に関係していることは論述するまでもなく、その吸収や移行に地温が深く関与することはよく知られている。このことから、加温促成されるブドウ樹で新梢や花穂の生育が地温によって異なる背景として、樹体内の無機栄養、特に窒素栄養が地温条件によって相違したことが考えられる。窒素の吸収や移行と地温との関係については多くの作物で調査されているが(3, 6, 22, 31)、加温条件下で両者の関係をみたものは少ない。

ここでは、12月と2月から加温した‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’樹の窒素栄養に及ぼす地温の影響を調査し、地上部の生育との関係を考察した。

材料及び方法

イブリ・フラン台の3年生‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’を1/2000aのワグナーポットに植え、実験に供するまでガラス室外で育成した。1980年12月13日(12月加温)と翌年2月15日(2月加温)から各処理区の開花期まで、17℃以上に加温したガラス室内で地温を13℃と27℃に調節した。処理開始後は、中村(22)がブドウ‘デラウェア’で用いたのと同じ組成の培養液を1週間毎に施与した。なお、12月加温樹については、 ^{15}N の吸収と移行をみるために、処理開始後約1週間毎に30.4 atom%重窒素硫酸 $[(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ の窒素成分として80 ppm溶液を1 lずつ施与した。各個体を処理開始から開花期まで経時的に掘り上げ、部位別にサンプリングした。また、1981年12月18日(12月加温)と翌年2月16日(2月加温)から加温条件下で地温を13℃と27℃に調節したベンチ植え4年生‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’樹について、結果母枝の切り口からいっ泌する樹液、並びに各地温区における展葉期の新梢をサンプリングした。比較のために、無加温樹についても同様のサンプリングを行った。なお、サンプリングの時期や方法及び試料の調整並びに精製方法は炭水化物を分析した既報(16)で述べた通りである。

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さを用いて、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)に吸着した画分を2 Nアンモニア水溶液で溶出し、その後は常法に従い、アミノ酸自動分析計(日本電子JLC-6AH型)で測定した。また、アミドを定量するために、溶出液の一定量を乾固させ、2 N塩酸に溶解後、沸騰水中で加水

分解した後、先ほどと同様の操作を行い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を算出した。樹液については全窒素をフォリンネスラー法で、硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)とアンモニア態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)をイオンメーター(オリオン801A型)で、アミノ態窒素をアミノ酸自動分析計で測定した。

^{15}N の分析はDumas法(7, 18)によった。すなわち、前述の可溶性と不溶性窒素の分析を行った試料についてガンニング変法により分解後ケルダール蒸留し、発生するアンモニアガスを1 N塩酸にトラップした後、濃縮した。その一定量を片側を閉じたパイレックスガラス管に入れ、減圧にして水分を除去し、さらにシリカゲルを入れたデシケータ内で1晩以上放置した。これに燃焼吸収用試薬($\text{CuO}:\text{CaO}$, 1:1 w/w)を加え、 10^{-3} toor以下で封入した後、600℃で3時間反応させた。こうして得られた放電管の中の ^{15}N を ^{15}N アナライザー(日本分光NIA-1型)で測定した。同様にして得られたブラunk値を差し引いて ^{15}N atom % excessを算出した。

結 果

地上部の生育に関する結果は既報(16)で述べた通りである。すなわち12月、2月加温ともに13℃区よりも27℃区で発芽が早く、発芽率が高く、新梢生長が優れ、特に12月加温で地温による差が顕著であった。花穂の発育は、12月加温では13℃区よりも27℃区で著しく優れたが、2月加温では地温による差は小さかった。

不溶性窒素含量は、無加温樹では各部位とも11月以降2～3月までわずかに増加し、その後は発芽に向けて減少した。加温樹の場合、結果母枝の不溶性窒素含量は、2月加温では両区とも発芽に向けて著しく減少したのに対し、12月加温では発芽期まで増加した後、急減した。この変化は13℃区よりも27℃区で大きかった。細根の不溶性窒素含量は、12月加温の13℃区では処理後約1か月間はその際の無加温樹の変化とほぼ同様で、発芽期になって減少したが、これ以外の区では処理直後から減少した。幹及び太根の不溶性窒素含量の変化はそれぞれ結果母枝及び細根の場合とほぼ同様であった(第1図)。

可溶性窒素含量は、無加温樹の場合、根では11月以降発芽期まで少しずつ増加したが、結果母枝と幹では発芽期の増加が大きかった。加温樹の場合結果母枝の可溶性窒素含量は、2月加温では両区とも発芽期まで増加した後、減少したが、増加の程度は13℃区よりも27℃区で大きかった。一方、12月加温では処理後両区とも増加したが、発芽前から減少し、特に27℃区での変化が大

Fig. 1. Effects of root temperature under forcing conditions on insoluble nitrogen content in cane, trunk, lateral roots, and rootlets of 'Muscat of Alexandria' vines. Arrows denote bursting time.

きかった。幹の可溶性窒素含量は、両加温時期とも結果母枝とほぼ同様の变化を示した。細根の可溶性窒素含量は、2月加温では常に27°C区で多かったが、12月加温では地温による差は明らかでなかった。他方、太根の場合、2月加温では地温による差はみられなかったが、12月加温では開花期を除いては27°C区で多かった(第2図)。

無加温樹のアミノ酸含量(アミドを含む)は、根、結果母枝ともに発芽に向けて増加し、特に細根の2月以降の増加が著しかった。加温樹のアミノ酸含量は、結果母枝では両加温時期とも地温による差は小さかったが、細根では処理後の増加は両区とも12月よりも2月加温で、また両加温時期とも13°C区よりも27°C区で大きく、特に12月加温で地温による差が著しかった。なお、両部位のアミノ酸含量は、いずれの地温でも12月よりも2月加温で多かった(第3図)。

各処理区の発芽期におけるアミノ酸は、結果母枝、細根ともにアルギニンが最も多く、この他にアスパラギン酸、グルタミン酸、セリン、スレオニン等とともに多量

Fig. 2. Effects of root temperature under forcing conditions on soluble nitrogen content in cane, trunk, lateral roots, and rootlets of 'Muscat of Alexandria' vines. Arrows denote bursting time.

Fig. 3. Effects of root temperature under forcing conditions on the content of total free amino acids (including amides) in cane and rootlets of 'Muscat of Alexandria' vines. Arrows denote bursting time.

のアミド(アスパラギンとグルタミン)が含まれた。12月加温における13°C区の細根でアミドが少ない他は、その割合に処理区間での大きな差はみられなかった(第4図)。

樹液の全窒素濃度は、無加温樹では落葉期と展葉期に高く、発芽期に低かった。加温樹の樹液の全窒素濃度は、いずれの地温でも発芽に向けて高まる傾向であったが、13°C区の場合、2月加温では著しく増加したのに対し、12月加温での増加は小さく、特にアミノ態窒素の増加が小さかった。無機態窒素濃度($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$)は、

Fig. 4. Effects of root temperature under forcing conditions on free amino acid and amide contents in cane (upper) and rootlets (lower) of 'Muscat of Alexandria' vines at bursting time in each plot.

Fig. 5. Effects of root temperature under forcing conditions on nitrogenous components in bleeding sap from canes.

無加温樹では落葉期に最も高く、発芽期と展葉期に著しく低かったが、加温樹ではいずれの地温でも処理直後よりも発芽期に高かった。12月加温の13°C区では全窒素に占める無機態窒素の割合が高かった。なお、いずれの場合にもアミノ態と無機態以外の窒素が50%以上を占めた(第5図)。

Fig. 6. Effects of root temperature under forcing conditions on nitrogenous components in young shoots of vines.

Fig. 7. Effects of root temperature on ^{15}N content in cane (upper) and rootlets (lower) of 'Muscat of Alexandria' vines heated from December.

新梢の窒素含量は、可溶性、不溶性区分ともいずれの地温条件でも12月加温よりも2月加温で多かった。両加温時期とも可溶性窒素には地温による大きな差はみられなかったが、不溶性窒素は13°C区よりも27°C区で幾分多かった。アミノ酸含量は2月加温よりも12月加温で少なく、またいずれの加温時期でも27°C区よりも13°C区で少なかった。主なアミノ酸はスレオニン、アス

Table 1. Effects of root temperature on ^{15}N content in young shoots of 'Muscat of Alexandria' vines heated from December.

Root temperature	Total N (% DW)	Soluble N		Insoluble N	
		N% of dry weight	^{15}N atom % excess	N% of dry weight	^{15}N atom % excess
13°C	4.25	1.15	0.65	3.10	0.61
27°C	4.28	0.92	0.85	3.36	1.24

パラギン酸, グルタミン酸, セリン, アルギニンで, この他に微量のバリン, リジンなど多量のアミドが含まれた. 12月加温の13°C区でアミドが著しく少ない他は, その割合に処理区間での顕著な差は認められなかった(第6図).

細根の ^{15}N は可溶性, 不溶性区分ともに処理後いずれの地温でも増加し, 特に可溶性区分での増加が大きく, また増加の程度は13°C区よりも27°C区で大きかった. 13°C区ではこの増加が開花期まで続いたが, 27°C区では開花期には減少した. 結果母枝の ^{15}N は, 13°C区では可溶性, 不溶性区分ともに発芽期までの変化は小さく, その後開花期に向けて急増したが, 27°C区では両区分とも発芽期にかなり多く, また開花期には不溶性区分は増加したのに対し可溶性区分は逆に減少した. 新梢の ^{15}N 含量は, 可溶性, 不溶性の両区分とも27°C区で多く, 特に不溶性区分では13°C区の約2倍であった(第7図, 第1表).

考 察

ブドウに限らず果樹の根の窒素, 特に可溶性窒素が冬期から発芽期にかけて増加することはよく知られており(5, 11, 12, 24), 本実験でも無加温樹ではこれと同様の傾向を示した. また, 12月, 2月加温でも13°C, 27°Cの両区とも処理後発芽に向けて根の可溶性窒素が増加したが, 変化の様相は加温時期や部位により幾分異なった. すなわち, 根の可溶性窒素は, 2月加温では細根, 太根ともに処理後速やかに増加し, 特に27°C区の細根での増加が大きかったのに対し, 12月加温の細根での増加は緩やかで, 地温による差も小さかった. 一方, 可溶性窒素のうちのアミノ態窒素は, いずれの地温でも12月よりも2月加温での増加が速やかで, また両加温時期とも27°C区の増加が大きかった. 窒素形態によるこのような相違が何に起因するかは明らかでない, 他方, 根の不溶性窒素はいずれの加温時期及び地温でも発芽に向けて減少し, 特に27°C区での減少が大きかった. このことから, 根の可溶性窒素の増加は不溶性窒素が可溶化したためとも考えられるが, 一方窒素を始めとした無機養分の吸収が地温条件により異なることはよく知られている(3, 4, 6,

22, 23, 31). ^{15}N を用いた本実験でも, 12月加温樹の窒素の吸収は13°C区よりも27°C区で多かった. このことから, 加温後に吸収された窒素もまた根の可溶性窒素の増加に関与したと考えられる. 地温条件によるこのような加温後の窒素吸収の違いは, 既報(13)の新根の発生や根の生理活性の相違によるところが大きいと考えられる.

ブドウを始めとした果樹の結果母枝あるいは芽における休眠期から発芽期にかけての窒素の動態は報告者によって異なる. すなわち, 結果母枝あるいは芽の可溶性または全窒素が発芽期もしくは気温が上昇するまでほとんど増加しないか, 増加しても僅かな例としてブドウ(5, 20), リンゴ(2, 21), カンキツ(8, 9)があり, 一方冬期から発芽期にかけて徐々に増加する例としてブドウ(11, 24)がある. このような相違の原因は明らかでないが, 本実験の無加温樹の結果は前者の報告とほぼ一致した. 他方, 加温した場合の結果母枝や幹の可溶性窒素は, いずれの加温時期及び地温でも処理後増加する傾向であった. また, 2月加温では両部位とも発芽期にピークに達し, その後は減少したが, 12月加温においては幹では発芽期に, また結果母枝では発芽前にピークに達した後, 減少した. 発芽期に向けてこのような窒素の増加は樹液でも認められ, いずれの加温時期でも13°C区よりも27°C区で, またいずれの地温でも12月よりも2月加温で大きかった. このことは, 12月よりも2月加温で, また13°C区よりも27°C区で窒素の吸収や移行が大きいくことを示唆するものである. さらに, 12月加温では樹液のアミノ態窒素が13°C区で著しく少ないこと, また結果母枝の ^{15}N -不溶性窒素が27°C区よりも13°C区で少ないことなどを総合すると, 13°C区では無機態窒素からさらに高次の窒素化合物への変化も小さかったと推察される.

本実験では, 細根や結果母枝に含まれるアミノ酸としてアルギニン, アスパラギン酸, グルタミン酸, アミド等が認められ, 特に細根ではアルギニンが多く, これまでの報告(5, 11)とほぼ一致した. アルギニンはリンゴ(30)やモモ(28, 29)でも多量に存在し, アミノ酸の

貯蔵形態の一つとされている。12月加温の13℃区の細根ではアミドが著しく少なかったが、このことはこの区における窒素同化の低さを示唆するものである。アミドはブドウの樹液にも多量に存在し(27)、窒素の移動形態の一つとされている(26)。なお、本実験の樹液ではアミノ酸や無機態以外の窒素がかなりの量を占めた。それは、可溶性のタンパクが主であると思われるが、この点についてはさらに検討する必要がある。

本実験では展葉期の新梢の全窒素は、いずれの地温でも12月よりも2月加温で多く、またいずれの加温時期でも13℃区よりも27℃区で幾分多かった。加温時期によるこのような相違は三宅ら(19)の報告とほぼ一致するもので、2月加温に比べて12月加温では結果母枝から新梢への窒素の供給が少なかったと思われる。これより推察すると、12月加温では可溶性、不溶性区分ともに13℃区よりも27℃区で多いことが考えられる。しかし、不溶性窒素は27℃区で幾分多かったが、可溶性窒素には地温による大きな差は認められなかった。これは、13℃区では新梢に移行してきた窒素のタンパク質などへの同化が抑制され、新梢や花穂の発育に有効に利用されなかったことを示唆している。このことは、12月加温の13℃区では新梢に可溶性窒素が多いにもかかわらず、アミノ態窒素が少ないことから推察される。

新梢や花穂などのいわゆる新生器官の生長に対して、貯蔵窒素が大きく影響することはこれまでの報告(1, 2, 5, 9, 21, 25)からも明らかである。ところが、本実験の12月加温樹の新梢には加温開始後に吸収された¹⁵Nが含まれ、特に新梢や花穂の生育が優れた27℃区の不溶性区分に¹⁵Nが多かった。このことは、貯蔵窒素だけでなく加温後に吸収された窒素もまた新梢や花穂の発育に大きく寄与していることを意味している。伊藤・小林(5)は、ブドウの花器発育に対する冬期における窒素吸収の重要性を示唆している。ところが12月のような早期からの加温では、伊藤・小林(5)が重要としている冬期における窒素の吸収過程を経ることなく加温が開始されるわけであるから、加温後の窒素の吸収や移行の違いは新生器官の形成に対して大きく影響したと考えられる。

以上のように、12月加温においても発芽とその後の新梢生長に向けてのブドウ樹体内の窒素の動きは、結果母枝のアミノ酸を除いては、いずれの地温条件でも基本的には無加温樹の場合とほぼ同じであった。ところが、13℃のような低地温では加温後の根の活性の増加が遅く、また小さいために根での窒素の吸収・同化が抑制されただけでなくその地上部への移行及びそこでの同化も抑えられ、このことが発芽や発芽後の新梢並びに花穂の発育

不良に関係したと思われる。なお、加温ブドウ樹の生育と窒素との関係については、加温開始までに樹体内に蓄えられていた窒素と加温後に吸収された窒素に分けて、その動態をさらに詳細に検討する必要がある。

摘 要

イブリ・フランを台木とした鉢植え及びベンチ植え‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’樹について、加温条件下で12月と2月から地温を13℃と27℃に調節し、発芽や開花に至る樹体内の窒素栄養に及ぼす影響を調査した。比較のために無加温樹についても同様の分析を行った。

1. 無加温樹の場合、不溶性窒素の変化は各部位とも小さかったが、可溶性とアミノ態窒素は、根では11月以降発芽期まで緩やかに、また結果母枝と幹では発芽期に増加した。加温樹の場合、根では不溶性窒素が各区とも急減し、特に27℃区の減少が大きかったが、可溶性窒素の処理区間差は小さかった。細根のアミノ態窒素は、両加温とも27℃区よりも13℃区で少なく、特に12月加温の13℃区ではアミドが少なかった。結果母枝の場合、不溶性窒素とアミノ態窒素の処理区間差は小さかったが、12月加温では発芽前から減少し、特に発芽の優れた27℃区での減少が大きかった。

2. 樹液の全窒素濃度は、無加温樹では展葉期に、加温樹では各区とも発芽期に最も高かった。12月加温の13℃区では他の区に比べて全窒素濃度が著しく低く、また全窒素に対するアミノ態窒素の割合も低かった。

3. 新梢の全窒素、不溶性窒素及びアミノ態窒素は、両地温とも12月よりも2月加温で、また両加温とも13℃区よりも27℃区で多かった。可溶性窒素には両加温とも地温による差は小さかった。12月加温の13℃区ではアミドが著しく少なかった。

4. 12月加温樹における細根、結果母枝及び新梢の¹⁵Nは、可溶性、不溶性区分ともに13℃区よりも27℃区で多く、特に新梢の不溶性区分では13℃区の約2倍であった。

謝 辞 ¹⁵Nの分析に際して、多大なるご援助を頂いた農水省四国農業試験場土壤2科研究室の各位に感謝の意を表す。

引用文献

1. 赤尾勝一郎・久保田収治・林田至人. 1978. 温州ミカン樹の春季新生器官形成時における樹体内貯蔵窒素特に秋肥窒素の利用について(その1). 園学雑. 47: 31-38.
2. ALDRICH, W. W. 1931. Nitrogen intake and translocation in apple trees following winter

- and spring sodium nitrate applications. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 28: 532-538.
3. CARY, P. R. 1971. Growth of 'Washington Navel' and 'Late Valencia' orange cuttings, as affected by root temperature, nutrient supply and crop load. *Hort. Res.* 11: 143-155.
 4. DAVIS, P. M. and J. C. LINGLE. 1961. Basis of shoot response to root temperature in tomato. *Plant Physiol.* 36: 153-161.
 5. 伊藤操子・小林 章. 1973. 開花前の栄養がブドウ花房の発育と結実に及ぼす影響 (第3報) 窒素施用時期の影響. *園学雑.* 42: 113-121.
 6. 位田藤久太郎. 1976. 農学講座. 生物生産と環境調節 (2) 地温と養分の吸収. *農及園.* 54: 691-697.
 7. 加藤忠司. 1974. アンモニウム塩, 硝酸塩, アミド態窒素, アミノ酸および全窒素に含まれる重窒素の測定について. *四国農試報.* 28: 151-157.
 8. 加藤忠司. 1982. 作物の生長と窒素の転流 (10) ミカンを中心とした果樹の生長と窒素の転流. *農及園.* 57: 1473-1478.
 9. KATO, T., S. KUBOTA and S. BANBANG. 1982. Uptake of ^{15}N -nitrate by citrus trees in winter and repartitioning in spring. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 50: 421-426.
 10. KHAIRI, M. M. A. and A. E. HALL. 1976. Effects of air and soil temperature on vegetative growth of citrus. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101: 337-341.
 11. KIEWER, W. M. 1967. Annual cyclic changes in the concentration of free amino acids in grapevines. *Amer. J. Enol. Vitic.* 18: 126-137.
 12. KOBAYASHI, A., T. HOSOI, H. INOUE and H. YUKINAGA. 1965. Root activity and suitable application time of nitrogen in the dormant period of grapes. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 34: 291-296.
 13. 久保田尚浩・江川俊之・島村和夫. 1987. 加温時期の異なるブドウ 'マスカット・カブ・アレキサンドリア' の根の生長及びその活性に及ぼす地温の影響. *園学雑.* 56: 280-286.
 14. 久保田尚浩・新田尚美・江川俊之・島村和夫. 1986. 加温時期の異なるブドウ 'マスカット・オブ・アレキサンドリア' の生育と内生生長調節物質に及ぼす地温の影響. *岡山大農学報.* 67: 1-9.
 15. 久保田尚浩・島村和夫. 1984. 加温時期の異なるブドウ 'マスカット・オブ・アレキサンドリア' の発芽, 新梢生長及び花穂発育に及ぼす地温の影響. *園学雑.* 53: 242-250.
 16. 久保田尚浩・島村和夫. 1989. 加温時期の異なるブドウ 'マスカット・オブ・アレキサンドリア' 樹の炭水化物栄養に及ぼす地温の影響. *園学雑.* 58: 303-309.
 17. 久保田尚浩・柳沢穰治・島村和夫. 1987. 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' 成木の発芽, 新梢生長及び花穂発育に及ぼす地中加温の効果. *園学雑.* 56: 16-23.
 18. 三井進午・吉川春寿・中根良平・熊沢喜久雄. 1980. 重窒素利用研究法. 学会出版センター. 東京.
 19. 三宅美智代・岡本五郎・島村和夫. 1979. ブドウの加温栽培に関する生理学的研究 (第1報) 早期加温のマスカット樹における新しょう及び花穂の発育不良とその栄養状態. *園学要旨.* 昭54秋: 106-107.
 20. 水谷房雄・白方宣江・広田龍司・門屋一臣. 1984. 休眠期から発芽期にかけてのブドウ芽内部での養分の動態. *園学要旨.* 昭59春: 66-67.
 21. MOCHIZUKI, T. and J. KAMAKURA. 1971. Nitrogen nutrition of apple trees III Utilization of nitrogen absorbed in winter. *Bull. Fac. Agr. Hirosaki Univ.* 17: 110-113.
 22. 中村怜之輔. 1968. ブドウ 'デラウェア' の根圏温度に関する研究. 京都大学学位論文.
 23. NORDIN, A. 1977. Effect of low root temperature on ion uptake and translocation in wheat. *Physiol. Plant.* 39: 305-310.
 24. 岡本五郎. 1980. 施設栽培における果樹の生理生態—とくにブドウの加温促成に伴う樹体内栄養の変化. *園学シンポジウム要旨.* 昭55秋: 32-41.
 25. O'KENNEDY, B. T., M. J. HENNERTY and J. S. TITUS. 1975. Changes in the nitrogen reserves of apple shoots during the dormant season. *J. Hort. Sci.* 50: 321-329.
 26. PATE, J. S. 1980. Transport and partitioning of nitrogenous solutes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31: 313-340.
 27. ROUBELAKIS-ANGELAKIS, K. A. and W. M. KIEWER. 1979. The composition of bleeding sap from 'Thompson Seedless' grapevines as affected by nitrogen fertilization. *Amer. J. Enol. Vitic.* 30: 14-18.
 28. TAYLOR, B. K. and B. ENDE. 1967. The nitrogen nutrition of peach tree II Storage and mobilization of nitrogen in young trees. *Aust. J. Biol. Sci.* 20: 389-411.
 29. TAYLOR, B. K. and B. ENDE. 1970. The nitrogen nutrition of peach tree VI Influence of autumn nitrogen applications on the accumulation of nitrogen, carbohydrate, and macroelements in 1-year-old peach trees. *Aust. J. Agric. Res.* 21: 693-698.
 30. TROMP, J. 1970. Storage and mobilization of nitrogenous compounds in apple trees with special reference to arginine. p. 143-159. In: *Physiology of Tree Crops.* L. C. LUCKWILL and C. V. CUTTING (eds.). Academic Press. New York.
 31. WALLACE, A. 1953. Nitrogen absorption and translocation by citrus cuttings at different root temperatures. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 61: 89-94.