

## [研究報文]

ジベレリン A<sub>3</sub> と硫酸アンモニウムとの混用処理がブドウ ‘デラウェア’  
の無核果粒の生長と品質に及ぼす影響ウンサー マロム・小原 均・竹村謙志・堀 隆哉・大川克哉・松井弘之  
千葉大学園芸学部 〒271-8510 松戸市松戸 648Effects of Gibberellin A<sub>3</sub> and Ammonium Sulfate on Growth and Quality of Seedless  
Delaware BerriesMarom UNGSA, Hitoshi OHARA, Kenji TAKEMURA, Takaya HORI, Katsuya  
OHKAWA, and Hiroyuki MATSUI

Faculty of Horticulture, Chiba University, Matsudo, Chiba 271-8510, Japan

Seedless Delaware grapes are commercially produced by the application of gibberellin A<sub>3</sub> (GA<sub>3</sub>) at a concentration of 100 mg·L<sup>-1</sup>. The effects of GA<sub>3</sub> at lower concentrations when used in combination with ammonium sulfate [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, (AMS)] on the growth and quality of the seedless berries were investigated. Mixtures of 50, 75 and 100 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> and 0, 10, 20 and 30 mM AMS were applied to clusters 10 days before and 11 days after full bloom (DAFB). The optimum pH of the mixture of 100 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> and 30 mM AMS for the growth and quality of the seedless berries was in the range of 3 to 7. Early berry growth was promoted by the application of mixtures of 75 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> and 10 to 30 mM AMS, and approximately 1.5-fold increase in the mean weight of the berries compares to that of berries treated with GA<sub>3</sub> alone was observed at 24 DAFB. An increase in the number of cell layers in the pericarp of berries treated with a mixture of 75 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> and 30 mM AMS was observed 3 and 18 DAFB. At harvest, the weight of berries treated with a mixture of 75 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> and 30 mM AMS was similar to that of berries treated with 100 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> alone. The addition of 10 or 20 mM AMS had no effect on berry weight.

**Key words:** ammonium sulfate [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>], Delaware, gibberellin A<sub>3</sub> (GA<sub>3</sub>), grape, seedlessness

## 緒 論

近年、農業の多用による大気、土壌および水質などの環境汚染が大きな問題となっており、農業による環境負荷を低減する方法を開発することが必要である。また、農業の一種として取り扱われている植物生長調節物質は、これまでに数多く開発されており、一部は農業登録され、発根促進、開花調節、摘果、落果防止、果実肥大、着色促進および成熟促進など広く利用されている(4, 14)。

Faderら(8, 9, 10, 11, 12)は、成熟したトマトから酵素学的に分離したクチクラ膜(CM)を用いた一連の研究において、合成オーキシンであるナフタレン酢酸[1-Naphthaleneacetic acid (NAA)]に硝酸アンモニウム[NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (AMN)]を添加すると、NAAのCM透過性を著しく促進することを明らかにしている。また、著者ら(15)は、ブドウ‘デラウェア’の無核化に使用するジベレリン A<sub>3</sub> (GA<sub>3</sub>) に AMN (25 mM)

を混用処理すると、GA<sub>3</sub>の標準処理濃度(100 mg·L<sup>-1</sup>)を半減(50 mg·L<sup>-1</sup>)しても品質的に同等の果房(果粒)が得られることを明らかにした。

そこで本研究では、同じアンモニウム化合物である硫酸アンモニウム[(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (AMS)]を GA<sub>3</sub> と混用処理することにより、AMNと同様に GA<sub>3</sub> 処理濃度の低減化が可能かどうかについて調査した。

## 材料と方法

本実験には、千葉大学園芸学部研究圃場栽植の8年生‘デラウェア’を供試した。実験に用いた花(果)房は第1花(果)房(結果枝の最も基部に着生した房)のみとし、結果枝上のその他の果房は満開15日後に全て摘除した。なお、実験1および実験2ともに各処理区当たり20花(果)房を供試した。

**実験 1. 処理液の pH の影響** : 100 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> と 30 mM AMS との混用処理液の pH は、Table 1 に示したように、3, 5, 7, 9 および 11 になるように 0.1

2003年6月18日受理

N HCl および 0.1 N NaOH で調整した。無核化を誘起するため、第 1 回目の処理は満開 10 日前と第 2 回目の処理は満開 11 日後の 2 回、それぞれの pH の混用処理液（展着剤として 0.1 %アブローチ BI を含む）に花（果）房を浸漬した。収穫期には、果房当たりの無核果粒率や果粒数、果房長、果粒重、糖度、滴定酸度および果房当たり 1.5 g 以上の果粒の割合を調査し、処理区間で比較した。

**実験 2. GA<sub>3</sub> と AMS の濃度の影響** : Table 3 に示したように、GA<sub>3</sub> の濃度は 50、75 および 100 mg · L<sup>-1</sup>、AMS の濃度は 0、10、20 および 30 mM とし、それらを組み合わせた 12 処理区を設けた。なお、処理日と展着剤の加用濃度および収穫期の調査は実験 1 と同様に行った。また、75 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> に AMS を混用した区と混用しなかった区では、満開期から収穫期まで定期的に各果房から 2 粒、総計 40 果粒を採取し、果粒重を測定後、それらは FAA（ホルマリン：酢酸：90 %エタノール=5：5：90）液で固定、保存した。これらの中で、満開 3 日後と 18 日後に採取した果粒は、常法でパラフィン縦断切片（15 μm 厚）を作製し、光学顕微鏡下で果粒中央部の果皮（外壁と内壁）の細胞の層数と大きさを測定した。なお、収穫期には、実験 1 と同様に果房の形質と品質を調査した。

### 結果と考察

100 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> と 30 mM AMS との混用処理液の pH の違いが、収穫期の‘デラウェア’果房の形質および品質に及ぼす影響を Table 1 に示した。果房当たりの無核果粒率は pH 3~9 の間ではほぼ 100 %であったが、pH 11 では 47 %と著しく低かった。果房長

は、pH 11 で 11.3 cm と最も短く、pH 9 で 12.8 cm と最も長くなったが、処理区内での差が大きく、処理区間で有意な差異がみられなかった。しかし、果房当たり着粒数は、pH 3~9 までは pH が高くなるにつれて減少する傾向がみられたが、pH 11 では pH 3 とほぼ同じ値を示した。果粒重は、pH 5 と pH 7 でやや高い値を示し、次いで pH 3 と pH 9 であったが、pH 11 ではその値が最も低くなった。糖度は、pH 3~9 の間では 18~20 %で有意な差がみられなかったが、pH 11 では約 14 %と著しく低かった。滴定酸度は、pH 11 で著しく高かったが、それ以外の pH ではほぼ同じ値を示した。また、果粒重 1.5g 以上の割合は、pH 5 と pH 7 で 46~49 %と高かったが、その他の pH では 22~38 %であった (Fig. 1)。このように pH 3~9 に比較して pH 11 では果粒重、糖度および滴定酸度の

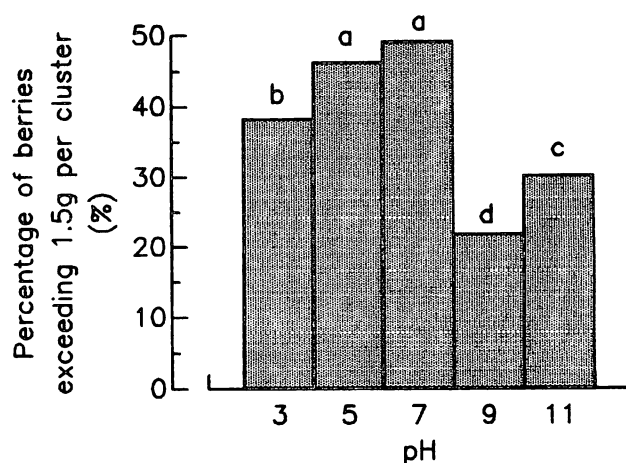


Fig.1.Effects of pH of mixture of 100 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> and 30 mM AMS on percentage of berries exceeding 1.5g per cluster of seedless Delaware grapes. Different letters indicate significant difference at 5% level.

Table 1. Effects of pH of mixture of 100 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> and 30 mM AMS on characteristics of seedless Delaware grapes at harvest.

Treatment (pH)	Seedless berry set per cluster (%)	Cluster length (cm)	Number of berries per cluster	Berry weight (g)	Brix (%)	Titrateable acidity <sup>z</sup> (%)
3	99.3	12.2	93.0 b <sup>y</sup>	1.31 a	19.9 a	0.67 b
5	98.9	11.8	82.6 ab	1.43 a	18.7 a	0.67 b
7	99.7	12.4	75.2 a	1.45 a	18.4 a	0.59 c
9	99.2	12.8	76.4 a	1.28 ab	18.1 a	0.65 b
11	47.0	11.3	93.2 b	1.10 b	14.3 b	1.47 a

<sup>z</sup> Calculated as tartaric acid.

<sup>y</sup> Numbers followed by the same letters within columns are not significantly different at the 5% level.

値が劣っていた。この原因として、GA<sub>3</sub> は強アルカリ性下で C-3β 水酸基の反転、ラクトン環の転移あるいはラクトン環の開環が起こり、GA<sub>3</sub> の一部が不活性化したためと考えられる (1)。したがって、pH 11 では GA<sub>3</sub> 効果の低下により、果房のほぼ半数の果粒が有核果粒となり、成熟が遅れたものと考えられる。以上の結果から、100 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> と 30 mM AMS との混用処理液の pH は 3~7 が適していると考えられる。なお、100 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> と 30 mM AMS との混用処理液の pH 実測値は 4.02 であったことから、実際栽培では pH の調整は不要と考えられる。一方、Fader ら (8, 12) は、酵素的に分離したトマトの CM を用いた AMN による <sup>14</sup>C-NAA の透過性の促進に関する研究で、好適 pH は 5.2 であると報告している。本実験結果では好適 pH の幅が広がったが、この違いは、1) 彼らは NAA の透過量に焦点を合わせているのに対して、著者らはブドウ ‘デラウェア’ の無核果粒率と品質から判断しているため、2) 実験に用いたトマトの CM とインタクトのブドウとの違い、3) 用いた植物生長調節物質が NAA と GA<sub>3</sub> と違っているためかもしれない。

75 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> と 10~30 mM AMS との混用処理が ‘デラウェア’ 果粒の初期生長に及ぼす影響を示したのが Fig. 2 である。満開 15 日以後、AMS を混用した区では、濃度に関わらず混用しなかった区に比較して明らかに果粒重が増加した。初期生長に対する AMS の効果を果皮組織の細胞層数と細胞径から調査した結果は Table 2 である。細胞層数は、満開 3 日後および 18 日後ともに AMS を混用した区では混用しなかった区に比べて有意に増加した。また、細胞径は満開 3 日後では AMS を混用した区で有意に小さかったが、満開 18 日後には両区間で差異がな

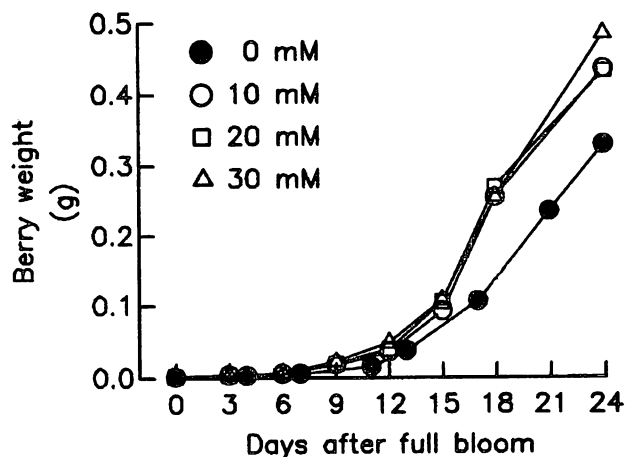


Fig. 2. Effects of mixtures of 75 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> and AMS on early growth of seedless Delaware berries. Berry weight was calculated as the total weight of berries divided by number of berries on the grounds that the berry size was very small.

くなくなった。前報 (15) において、50 および 100 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> と 10、25 および 50 mM AMN との混用液 (pH 3.42~4.08) を処理すると初期生長が著しく促進されたが、細胞層数には変化なく、細胞径が大きくなった。また、その効果が最大となった時期は満開 9~12 日後で、満開 18 日後には AMN を混用した区と混用しなかった区の間でほとんど差異がなくなった。本実験では、1 回目の処理が満開 10 日前で、2 回目の処理が満開 11 日後であり、細胞層数の増加にどちらの処理が効果的であったのかは明らかでない。しかし、AMS を混用した場合は満開 24 日後でも両区に著しい差異が認められた。GA<sub>3</sub> は、ブドウ果粒の初期生長を促進することが報告されている (3, 7, 13)。また、Fader ら (9, 10, 11) はトマトの CM を用いた実験で、AMN は NAA の透過性を促進することを報告している。これらのことから、AMS は、AMN を

混用した場合と同様に、果粒内への GA<sub>3</sub> の透過性を高めることにより初期生長を著しく促進したと推察されるが、AMS を混用した方が長期間果粒重に差異が認められたことから、AMS は 2 回目の処理においても GA<sub>3</sub> の透過性を高める可能性がうかがわれた。したがって、AMS と AMN とでは、そ

Table 2. Effect of 75 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> with or without 30 mM AMS on number of cell layers and cell size in the pericarp of seedless Delaware berries.

Treatment	Number of cell layers		Cell size (μm)	
	3	18	3	18
	DAFB <sup>2</sup>	DAFB	DAFB	DAFB
GA <sub>3</sub>	23.4	55.9	13.9	57.0
GA <sub>3</sub> + AMS	28.0	64.0	12.7	62.2
Significance <sup>3</sup>	**	**	**	NS

<sup>2</sup> Days after full bloom.

<sup>3</sup> NS, \*\*; Effect not significant or significant at P<0.05.

Table 3. Effects of various mixtures of GA<sub>3</sub> and AMS on characteristics of seedless Delaware grapes at harvest.

Treatment		Seedless berry set per cluster (%)	Cluster length (cm)	Number of berries per cluster	Berry weight (g)	Brix (%)	Titratable acidity <sup>z</sup> (%)
GA <sub>3</sub> (mg · L <sup>-1</sup> )	AMS (mM)						
50	0	97.3	11.8	76.9 b <sup>y</sup>	1.25 b	20.1	0.71
	10	99.7	11.8	79.2 b	1.12 c	20.4	0.67
	20	99.6	11.5	74.7 b	1.23 b	20.8	0.68
	30	99.9	11.6	67.1 c	1.29 b	20.8	0.69
75	0	97.0	12.6	82.2 b	1.25 b	18.8	0.68
	10	99.6	12.8	86.4 a	1.19 b	18.7	0.78
	20	99.7	11.9	88.0 a	1.21 b	20.0	0.74
	30	99.2	11.4	79.3 b	1.37 ab	20.4	0.72
100	0	99.6	12.2	79.6 b	1.38 ab	19.6	0.63
	10	99.9	11.7	81.4 b	1.29 b	18.4	0.75
	20	99.7	12.4	83.6 b	1.39 ab	18.9	0.71
	30	99.9	11.7	75.9 b	1.43 a	18.4	0.70

<sup>z</sup> Calculated as tartaric acid.<sup>y</sup> Numbers followed by the same letters within columns are not significantly different at the 5% level.

の作用性が異なっているのかもしれない。

GA<sub>3</sub> および AMS の処理濃度の違いが収穫期の果房の形質と品質に及ぼす影響を比較したのが Table 3 である。無核果粒率、果房長、糖度および滴定酸度にはすべての処理区間で有意な差がみられなかったものの、無核果粒率は AMS を混用しない GA<sub>3</sub> 単用区間では処理濃度が低いほど低下する傾向がみられたのに対し、50 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> および 70 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> に AMS を混用すると 100 mg · L<sup>-1</sup> 単用区と同等になる傾向がみられた。果房当たりの着粒数は、AMS を混用しない GA<sub>3</sub> 単用区間では有意な差がみられなかったが、50 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> に 30 mM AMS を混用した区では有意に減少し、75 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> に 10 mM あるいは 20 mM AMS を混用すると逆に有意に増加した。果粒重に対する影響をみると、GA<sub>3</sub> 単用区間では有意な差はみられなかったものの、50 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 区および 75 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 区では 100 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> に比べて軽かった。しかし、50 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> にいずれの濃度の AMS を混用しても 100 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 単用区と同等の重さにならなかったが、75 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> に 30 mM AMS を混用すると 100 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 単用区と同等の重さとなり、さらに 100 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> に 30 mM

AMS を混用すると 100 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 単用区以上の重さとなった。この結果は、GA<sub>3</sub> と 30 mM AMS を混用すると GA<sub>3</sub> 濃度を 75 mg · L<sup>-1</sup> まで低下させることが可能であり、さらには一般に使用されている 100 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> に 30 mM AMS を混用すると果粒肥大が促進されると考えられる。ただし、GA<sub>3</sub> に AMN を混用した場合は GA<sub>3</sub> 濃度を 50 mg · L<sup>-1</sup> まで低減可能であったが (15)、AMS ではその濃度まで低減することはできなかった。なお、前述のように AMS の添加効果は、Fader ら (9, 12) のトマトでの結果および著者ら (15) の結果から推察すると、AMS が果粒内への GA<sub>3</sub> の透過量を増加させたことが一因と考えられるが、そのメカニズムは明らかでない。しかし、GA<sub>3</sub> が果粒内に透過するための最初の制限要因は CM であることが知られている (2, 5, 6)。したがって、AMS は GA<sub>3</sub> の CM 透過性に関連しているのかもしれない。このメカニズムが明らかになれば、農業で使用されている多くの植物生長調節物質および化学農薬の使用量の低減化も可能となるかもしれない。

## 要 約

ジベレリン A<sub>3</sub> (GA<sub>3</sub>) に硫酸アンモニウム (AMS) を添加することにより、ブドウ‘デラウェア’の無核化に使用されている GA<sub>3</sub> の基準濃度 (100 mg · L<sup>-1</sup>) を低減することが可能かどうかについて調査した。GA<sub>3</sub> (50、75、100 mg · L<sup>-1</sup>) と AMS (0、10、20、30 mM) との混用処理液に満開 10 日前と 11 日後の 2 回、花房あるいは果房を浸漬した。混用処理液 (100 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> + 30 mM AMS) の pH を 3~11 まで調整し、無核果粒率および無核果粒の生長と品質から好適 pH を検討したところ、3~7 であった。また、pH5 と 7 では他の pH に比べて果房当たり 1.5g 以上の果粒割合を増加させた。GA<sub>3</sub> (75 mg · L<sup>-1</sup>) と AMS (10、20、30 mM) との混用処理は果粒の初期生長を著しく促進し、開花 24 日後の果粒重は、いずれの濃度の AMS との混用区でも GA<sub>3</sub> 単用区との約 1.5 倍となった。そこで、GA<sub>3</sub> 単用区と 30 mM AMS との混用区とで比較した結果、開花 3 日後および 18 日後の果皮 (外壁 + 内壁) の細胞層数が混用区で有意に多かった。収穫時の無核果粒率、果房長、糖度および滴定酸度には 75 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 単用区およびすべての濃度の AMS との混用区と 100 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 単用区との間で有意な差がみられず、また、果粒重は 30 mM AMS との混用区では 100 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 単用区とほぼ同じであったものの、10 mM および 20 mM AMS との混用区ではそれより劣っていた。これらの結果から、30 mM の AMS を GA<sub>3</sub> と混用処理すると GA<sub>3</sub> の基準濃度を低減することが可能と考えられた。

## 文 献

1. Cross, B. E., J. F. Grove and A. Morrison. Gibberellic acid. Part XVIII. Some rearrangements of ring A. J. Chem. Soc. 2498-2515 (1961).
2. Bukovac, M. J., H. P. Rasmussen and V. E. Shull. The cuticle: surface and function. Scanning Electron Microsc. 3: 213-223 (1981).
3. Ito, H. and Y. Motomura. Exogenous gibberellin as responsible for the seedless berry development of grapes. II. Role and effects of the prebloom gibberellin application as concerned with the flowering, seedlessness and seedless berry development of Delaware and Campbell Early grape. Tohoku J. Agric. Res. 23:15-32 (1970).
4. 岩垣 功. 植物生長調節剤. p. 171-175. 吉田義雄・長井晃四郎・田中寛康・長谷嘉臣編. 最新果樹園芸技術ハンドブック. 朝倉書店. 東京 (1991).
5. Jansen, L. L. Enhancement of herbicide activity: Relation of structure of ethylene oxide ether-type nonionic surfactants to herbicide activity of water-soluble herbicides. J. Agric. Food Chem. 12: 223-227 (1964).
6. Leon, J. M. and M. J. Bukovac. Cuticle development and surface morphology of olive leaf with reference to penetration of foliar applied chemicals. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 554-560 (1978).
7. Naito, R., K. Miura and K. Matsuda. Effects of the prebloom application of GA combined with BA and urea on the set and growth of seedless berries in Delaware grapes. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 43: 215-223 (1974).
8. Fader, G. R., L. Patricia and M. J. Bukovac. Effects of spray additives on cuticular transfer of NAA. HortScience 30: 802 (Abstr.) (1995).
9. Fader, G. R., L. Patricia and M. J. Bukovac. Further study on enhancement of transcuticular penetration of NAA with spray additives. HortScience 31: 598 (Abstr.) (1996).
10. Fader, G. R., and M. J. Bukovac. Enhancement of transcuticular penetration of NAA with ammonium nitrate and Triton X surfactants as spray additives. HortScience 32: 525 (Abstr.) (1997).
11. Fader, G. R., and M. J. Bukovac. Effects of pH and NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> as spray additives on penetration of NAA through isolated tomato fruit cuticle. HortScience 33: 549 (Abstr.) (1998).
12. Fader, G. R., T. Ogata and M. J. Bukovac. Studies on the mode of action of NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> as spray additives on penetration of <sup>14</sup>C-NAA through isolated tomato fruit cuticle. HortScience 34: 547 (Abstr.) (1999).
13. Shiozaki, S., T. Miyagawa, T. Ogata, S. Horiuchi and K. Kawase. Differences in cell proliferation and enlargement between seeded and seedless grape

- berries induced parthenocarpically by gibberellin. J. Hort. Sci. 72: 705-712 (1997).
14. 行永寿二郎. 植物生長調節物質の利用. p. 101-110. 杉浦 明編. 新編果樹園芸ハンドブック. 養賢堂. 東京 (1991).
  15. Ungsa, M., K. Kato, K. Takemura, T. Hori, H. Ohara, K. Ohkawa and H. Matsui. Effect of the combination of gibberellic acid and ammonium nitrate on the growth and quality of seedless berry in Delaware grape. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 72: 366-371 (2003).