

Research Article

Open Access

지베렐린 엽면살포가 ‘궁천조생’ 감귤의 착화와 과실품질에 미치는 영향

강석범,^{1*} 문영일,² 한승갑,¹ 김용호,¹ 채치원,¹ 최영훈¹

¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 감귤시험장, ²온난화대응농업연구센터

Effect of Foliar Application of GA₃ on the Flower Bud Formation and Fruit Quality of Satsuma Mandarin (*C. unshiu* Marc. cv. Miyagawa)

Seok-Beom Kang,^{1*} Young-Eel Moon,² Seung-Gab Han,¹ Yong-Ho Kim,¹ Chi-Won Chae¹ and Young-Hun Choi¹
(¹Citrus Research Station, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Seogwipo, 699-946, Korea, ²Agricultural Research Center for Climate Change, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Jeju, 690-150, Korea)

Received: 18 November 2013 / Revised: 25 November 2013 / Accepted: 16 December 2013

© 2013 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

BACKGROUND: Control of alternate bearing satsuma mandarin in Jeju is very important to maintain the optimum price of fruit and get the sustainable income of farmers. Unlike orange, Satsuma mandarin is well known to sensitive on alternate bearing. We carried out the experiment to know the effect of foliar application of GA₃ on the flowering and fruit quality of satsuma mandarin (*C. unshiu* Marc. cv. Miyagawa).

METHODS AND RESULTS: To experiment, the treatments consist of control, different concentration of GA₃ (25, 50 and 100 mg/L), machine oil emulsion 100 times and mixture of various concentration of GA₃ (25 and 50 mg/L) with machine oil emulsion 100 times which it was applied on 15 year-old Miyagawa satsuma mandarin at December 29, 2011. Foliar application of GA₃ in winter reduced the flowering of satsuma mandarin. Flower-leaf ratio was significantly reduced at 100 mg/L GA₃, while no differences observed in low concentration of GA₃ (25 and

50 mg/L). However, it was significantly decreased to 0.19 in application of GA₃ 25 and 50 mg/L with machine oil emulsion 100 times mixture. Number of leaves per fruit was significantly increased as foliar application of GA₃ also it reduced the fruits remarkably. Soluble solid contents and Hunter's a of peel color ratio showed no difference among GA₃ single treatments, but it was reduced in GA₃ 25 and 50 mg/L with machine oil emulsion 100 times mixtures significantly. From the results, it has been found that higher GA₃ concentration can reduce the number of flowers on the alternate bearing of satsuma mandarin. However, it was found that lower concentration of GA₃ with machine oil emulsion mixture 100 times can reduce flowering.

CONCLUSION(S): The foliar application of GA₃ (100 mg/L) can alleviate alternate bearing. Also, mixture of lower concentration of GA₃ with machine oil emulsion 100 times can retard flowering more significantly while it needs further confirmation.

Key words: Alternate bearing, Flowering, Fruit quality, GA₃

*교신저자(Corresponding author),

Phone: +82-64-730-4173; Fax: +82-64-730-4111;

E-mail: hortkang@korea.kr

서론

온주밀감은 다른 과수에 비해 해거리를 심하게 하는 과종이다(Iwahori and Oohata 1981; Ogata. *et al.*, 1995). 감귤재배지에서 해거리가 발생하면 착과량이 적은 해에는 생산량 감소에 의한 가격 폭등과 다음해에 발생할 과다착과로 과잉생산에 의한 감귤 가격폭락이 반복되는 문제가 발생되고 있다. 이에 온주밀감에서의 해거리를 경감하기 위해 손으로 하는 기계적인 적화방법은 많은 비용이 발생되어 현실적으로 어렵고 수확기에 부분적으로 비상품과를 적과하는 방법을 이용하고 있다(Falivene and Hardy, 2008a). 따라서 온주밀감에서는 과다착과가 예상되는 해를 대비하기 위해 NAA와 같은 화학적 적화 및 적과에 대한 연구들이 수행되고 있다(Iwahori and Oohata, 1976; Falivene and Hardy, 2008b). 그러나 적화제로 나온 제제들도 외부의 기상환경에 민감하게 반응하여 안정적인 착화량 조절에는 어려움이 있는 실정이다. 이에 감귤에서 과다착과에 의한 해거리를 경감시키기 위해 다양한 방법들이 연구되고 있는데 그 중 생장조절제를 이용한 해거리 경감연구들이 연구가 많이 진행되고 있다. 특히 생장조절제중 지베렐린은 작물의 영양생장에 밀접하게 관여하는 식물호르몬으로 감귤류의 부피경감, 수확기 연장 및 저장성 증진(Greany *et al.*, 1994; Pozo *et al.*, 2000)에도 이용하고 있지만, 감귤의 꽃눈분화기에 수관 살포로 꽃눈분화를 억제하여 다음해 착화량을 줄였다는 보고들이 있다(Pharis and King, 1985; Takaki *et al.*, 1989; Moon *et al.*, 2003).

그러나 생장조절제인 지베렐린은 고농도로 이용하게 되면 과실의 착색이 불량해지는 문제도 있기에 이용에는 주의가 해야 한다. 한편 기계유유제는 감귤에서는 응애류의 방제(Huang and Zhang, 1990)에 주로 이용되는데 지베렐린과 혼용살포시 그 효과가 오래 지속된다는 보고가 있다(Takahara *et al.*, 1990).

따라서 본 연구는 '궁천' 조생 감귤의 꽃눈발생에 미치는 지베렐린의 엽면살포 효과를 검증하여 노지 감귤의 해거리 경감기술을 개발하기 위한 기초자료를 만들기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

시험재료

시험재료는 제주특별자치도 서귀포시 남원읍 하례리에 위치한 농촌진흥청 국립원예특작과학원 감귤시험장에서 관리되고 있는 탕자대목에 접목된 15년생 '궁천' 조생 온주밀감(*Citrus unshiu* Marc. cv. Miyagawa)을 이용하였으며 포장관리는 국립원예특작과학원 감귤시험장 포장관리에 준하여 하였다. 시험처리를 위해 생육과 착화량이 균일한 28주의 나무를 선정하여 7처리 4반복의 난괴법으로 2011년 12월부터 2012년 12월까지 시험을 수행하였다.

시험처리

시험처리는 무처리구인 대조구를 포함해서, GA₃(Sigma chemical co., USA) 단용처리(25, 50, 100 mg/L), 기계유유제(한국삼공, 95%) 100배, GA₃ 25 mg/L + 기계유유제

100배, GA₃ 50 mg/L + 기계유유제 100배의 7처리를 과실 수확이 끝난 2011년 12월 29일에 수관전체에 걸쳐 고무 엽면 살포하였다. 처리시에는 시험처리가 끝난 후 엽면에 살포된 지베렐린(GA₃) 약제가 충분히 수체에 흡수되도록 처리후 1~2 일내에 비나 눈이 오지 않는 날을 선정하여 처리를 하였다.

착화량 및 착과량 조사

착화량은 1주당 동서남북 4방위에서 잎이 200~300매 달린 4개의 측지를 표지하여 전체의 잎수를 센 후 5월 15일 꽃이 만개되기 전에 꽃수를 조사하여 그 비율을 구업 1매당 꽃수와 열매 1개당 잎수로 산정하였다. 착과량은 동일한 조사가지에 대해 2차 생리적 낙과가 끝난 후 착과된 과실수와 착업된 잎수를 7월 23일에 조사하였다.

과실품질 조사

수확 당일에 각 나무당 10과씩을 무작위로 선정하여 과실의 횡경과 종경은 버니어캘리퍼스로 측정하고, 착색도는 색차계(CR-400, Minolta, Japan)을 이용하여 각 과실의 적도면 3곳에 대해 Hunter's a값을 측정 후 평균값으로 나타내었다. 같은 과실에 대해 과중을 측정된 과피를 벗기고 과육중을 재었으며 과피두께는 각각의 과실 껍질 4개를 모아서 버니어캘리퍼스로 측정 후 평균하였다. 과육 시료를 착즙 후 당 함량은 굴절당도계(PR-101, Atago, Japan)로 측정하였으며 산 함량은 5 mL의 과즙에 증류수 20 mL를 넣고 0.1 N NaOH로 pH 8.1에 이르기 까지 들어가는 적정량을 구연산으로 환산하였다. 과실의 당산비는 당도에 산함량을 나뉜 값을 구하였다.

통계처리

본 시험에서 얻어진 자료에 대해서 통계프로그램 SAS Enterprise Guide 3.0을 이용하여 던칸다중검정($p=0.05$)으로 처리간의 유의성을 분석하였다.

결과 및 고찰

온주밀감의 해거리 경감을 위하여 노지 '궁천'조생을 시험 품종으로 하여 지베렐린과 기계유유제를 이용한 착화량 조절 시험을 수행하였다. 지베렐린은 식물의 생장호르몬 중 생식생장을 억제하고 영양생장을 유도하는 호르몬으로 자연계에 많은 종류가 있지만 GA₃(지베렐린)가 작물재배에서 다양하게 이용되고 있다. GA₃를 작물에 이용할 때는 식물체가 효과적으로 흡수하게 하기 위해 엽면살포를 주로 이용하고 있는데 감귤에서는 이를 통해 수체내 꽃눈분화를 억제하여 다음해 꽃눈발생을 줄여 해거리 발생 조절에 효과를 얻고 있다(Monselise and Halevy, 1964; Hirose, 1968; Lenz and Karnatz, 1975; Iwahori and Oohata, 1981; Guardiola *et al.*, 1982; Davenport, 1983).

GA₃ 엽면살포가 '궁천' 조생 온주밀감의 착화에 미치는 영향은 Fig. 1에 나타내었다. 수확이 끝난 후 겨울철 지베렐린을 엽면살포 한 결과 무처리구에 비해 지베렐린 처리구들에

서 봄철 착화량이 뚜렷하게 감소함을 확인할 수 있었다. 구엽당 화엽비로 보면 낮은 농도의 지베렐린 25 mg/L 에서는 0.85로 대조구의 0.87과 비교해 차이가 없었지만 지베렐린 농도가 높아짐에 따라 지베렐린 100 mg/L 에서는 0.26로 화엽비가 뚜렷하게 감소됨을 확인할 수 있었다. 반면 기계유유제를 단독으로 살포했을 때는 화엽비에 큰 차이를 나타내지는 않았지만 지베렐린 25와 50 mg/L에 기계유유제를 혼용살포했을 때 꽃의 착화량이 뚜렷하게 감소하여 화엽비도 다른 처리구들에 비해 유의하게 낮은 결과를 나타냈다.

특히 처리구 중 가장 낮은 수준인 지베렐린 25 mg/L와 기계유유제 혼용살포에서 화엽비가 0.19를 나타내어 지베렐린 50 mg/L과 기계유유제를 혼용살포한 처리구(0.19)와 같은 가장 낮은 수준의 화엽비를 나타내었는데 이는 지베렐린 100 mg/L 단용처리(0.26)에서도 볼 수 없었던 결과로 기계유유제를 혼용살포시 낮은 수준에서도 효율적으로 착화량을 줄일 수 있음을 확인하였다. Takahara 등(1990)도 지베렐린을 단용처리할 때보다 95% 기계유유제를 50배와 100배로 지베렐린에 혼용살포 하였을 때나 97% 기계유유제를 100배 혼용살포 하였을 때 봄철 온주밀감의 꽃눈발생 억제효과가 뚜렷하였다고 하여 본 시험의 결과와 유사한 결과를 나타내었다.

지베렐린 처리를 이용한 감귤 꽃눈조절에 대해서 Guardiola 등(1982)은 11월초부터 봄철 발아기까지 지베렐린 처리가 스위트오렌지(*C. sinensis* (L.) Osbeck), 온주밀감(*C. unshiu* Marc.), 클레멘타인 만다린(*C. reticulata* Blanco)의 꽃눈분화를 낮췄다고 하였다. Munoz-Fambuena 등(2012)은 스위트 오렌지에 GA₃ 살포시 대조구에 비해 100 마디당 꽃수가 대조구에 비해 72% 까지 감소됐다고 하였으며 Moon 등(2003)은 온주밀감에서 GA₃ 처리에 의해 착화수는 유의하게 감소하였고 GA₃ 처리 농도가 높아짐에 따라 착과율도 증가하였다고 하여 감귤에 지베렐린 처리가 꽃눈발생을 감소시키고 있음을 알 수 있었다.

지베렐린 엽면살포가 노지 '궁천'조생 온주밀감의 착과량에 미치는 영향은 Table 1에 나타내었다. 생리적 낙과가 끝난 후 남아있는 착과량에 대해 조사한 결과 무처리인 대조구에서는 조사결과지 당 착과량은 38.8개, 과일당 엽수는 776매

로 처리 중 착과량은 가장 높고 반면 착엽수는 적었다. 그러나 지베렐린 처리구에서는 착과량이 감소하고 과일당 엽수는 많아지는 결과들을 나타냈다. 특히 지베렐린 단용처리구에서는 농도가 높아짐에 따라 유의하게 착과량이 감소하는 결과를 나타냈다. 반면 기계유유제를 단독으로 엽면살포했을 때는 차이를 나타내지 않았지만 지베렐린 단용처리구에 기계유유제를 혼용살포 했을 때는 단용처리구에 비해 처리효과가 더 높게 나타났다. 지베렐린 25 mg/L에 기계유유제를 혼용했을 때 착과량이 17.8개에 과일당 엽수는 68매로 지베렐린 25 mg/L 단용처리구(착과량 24.5개)의 43매에 비해 착과량 감소에 따른 엽수 증가를 확인할 수 있었으며 지베렐린 50 mg/L에 기계유유제 혼용살포에서는 13.8개에 과일당 엽수는 70매로 지베렐린 50 mg/L 단용처리구(착과량 23.8개)의 41매에 비해 처리효과가 더 크게 나타나 착과수를 더욱 감소시킴을 확인할 수 있었다. 그러나 본 시험에서는 지베렐린 100 mg/L 단용처리 했을 때 착과율은 10.8개에 과일당 엽수는 123매로 착과량을 처리구내에서 가장 효과적으로 제어하였다. 이러한 결과는 Fig. 1의 지베렐린 25와 50mg/L에 기계유유제 100배를 혼용살포한 처리구의 화엽비 감소율이 보다 많았던 것에 비해 지베렐린 100 mg/L 단용살포에서 착과율이 가장 적었다는 것은 실질적으로 화엽비 대비 착과율에 미치는 영향이 지베렐린 고농도에서 크다는 것을 나타낸다고 볼 수 있으며 앞으로 이 부분에 대해 보다 많은 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

지베렐린 처리가 온주밀감의 과실품질에 미치는 영향은 Table 2에 나타내었다. 과실의 직경과 과중은 대조구인 무처리구에 비해 지베렐린 처리구에서 다소 커지는 경향을 나타냈다. 반면 과실내 당함량은 대조구에 비해 지베렐린 단용처리구에서는 차이가 없었으나 착화량 감소효과가 높았던 지베렐린 25와 50 mg/L에 기계유유제를 혼용살포 한 처리구에서 0.7 Brix 감소하는 결과를 나타내었으며 착색도를 나타내는 Hunter's a 값도 지베렐린 단용처리에서는 차이가 없었으나 지베렐린과 기계유유제를 혼용살포 한 처리구에서 뚜렷하게 값이 떨어져 착색이 지연되는 결과를 나타냈다.

Table 1. Effect of foliar application of GA₃ on the fruiting of 'Miyagawa' satsuma mandarin in open field

Treatment	No. of fruit (ea/branch)	No. of leaves (ea/branch)	No. of leaves per fruit(ea)
Control	38.8a ^{ab}	776c	20.2b
GA ₃ 25 mg/L	24.5ab	1051abc	42.9ab
GA ₃ 25 mg/L + Machine oil emulsion 100 times	17.8ab	1207ab	68.0ab
GA ₃ 50 mg/L	23.8ab	971bc	40.9ab
GA ₃ 50 mg/L + Machine oil emulsion 100 times	13.8b	965bc	70.2ab
Machine oil emulsion 100 times	31.0ab	949bc	31.8ab
GA ₃ 100 mg/L	10.8b	1323a	123.1a

^aDMRT at p = 0.05

^bDate: July 23, 2012

Table 2. Effect of foliar application of GA₃ on the fruit quality of 'Miyagawa' satsuma mandarin in open field

Treatment	Fruit diameter (mm)	Fruit weight (g)	Peel thickness (mm)	Soluble Solids (°Bx)	Acidity (%)	Sugar-acid ratio	Hunter's a values
Control	62.7a ^{ab}	101b	2.7ab	10.5a	1.23b	8.53a	21.1ab
GA ₃ 25 mg/L	63.5a	104ab	2.7ab	10.6a	1.53a	6.95a	19.9ab
GA ₃ 25 mg/L + Machine oil emulsion 100 times	68.3a	133a	2.8a	9.8a	1.36ab	7.20a	18.8ab
GA ₃ 50 mg/L	62.8a	103ab	2.4b	10.5a	1.24b	8.58a	22.5a
GA ₃ 50 mg/L + Machine oil emulsion 100 times	66.0a	119ab	2.7ab	9.8a	1.49a	6.72a	13.4b
Machine oil emulsion 100 times	64.4a	108ab	2.6ab	10.6a	1.24b	8.67a	24.0a
GA ₃ 100 mg/L	63.8a	108ab	2.4b	10.7a	1.44ab	7.44a	22.7a

^aDMRT at $p = 0.05$

^bDate: November 12, 2012

본 시험에서 Fig. 1.과 Table 1에서 살펴본 바와 같이 지베렐린 처리시 기계유유제를 혼용했을 때는 25~50 mg/L에서는 지베렐린 단독처리에 비해 착화량과 착과량을 떨어뜨리는데 더 효과적인 결과를 나타냈으나 과실의 품질에 있어서는 지베렐린 100 mg/L 처리구에 비해 당함량이 낮은 결과를 나타냈다. 즉 저농도의 지베렐린에서도 기계유유제 혼용살포로 지베렐린의 착화억제 효과는 오래 지속되었지만 이러한 영향이 과실의 당함량과 착색에도 부정적인 효과를 미쳐 지베렐린에 기계유유제를 혼용할 경우에는 과실의 당도 감소시키지 않고 적절히 착과도 줄일수 있는 적정 혼용수준을 찾아야 할 것으로 판단되었다. Takahara 등(1990)도 지베렐린에 기계유유제를 혼용살포시 약효가 더욱 확실하게 영향을 끼친다고 하였는데 실질적인 지베렐린의 재배현장에서의 이용을 위해서는 과다착과가 예상될 때 해거리도 경감시키고 과실의 품질도 떨어뜨리지 않는 처리수준을 찾는 것이 중요하였다.

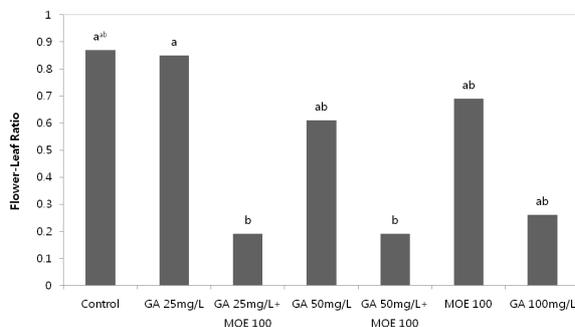


Fig. 1. Effect of foliar application of GA₃ on the flowering of 'Miyagawa' satsuma mandarin in open field. ^aDMRT at $p = 0.05$. ^bDate: May 15, 2012. ^cMOE 100: Machine Oil Emulsion 100 times.

본 시험에서는 지베렐린 100 mg/L 처리에서 수체의 착화량과 착과량도 줄이고 과실의 품질도 떨어뜨리지 않아 효과적인 역해거리를 유발하기 위한 좋은 지베렐린 처리수준이

라고 판단되나 지베렐린 25~50 mg/L에 기계유유제 100배를 혼용 살포한 처리구 또한 과실의 착색지연과 당함량 저하는 수확시기를 조금만 늦춘다면 해결될 수 있기에 앞으로 검토할 만한 혼용살포 처리라고 생각된다.

노지 감귤재배에서 해마다 찾아오는 해거리는 감귤재배 농가들에게 결코 바람직하지 않는 현상이다. 이 감귤의 생리적 현상인 해거리를 방지할 목적으로 지베렐린과 기계유유제를 적절히 사용하면 인위적으로 해거리를 조절하여 농가가 원하는 시기에 착화를 보다 효율적으로 유도할 수 있을거라 판단되며 앞으로 보다 많은 연구들이 다양한 품종과 재배작형에서 이루어진다면 감귤이 보다 안정적으로 생산되어 적절한 가격을 유지할 것으로 판단된다.

References

- Davenport, T.L., 1983. Daminozide and gibberellin effects on floral induction of *Citrus latifolia*, *HortScience* 18, 947-949.
- Falivene, S., Hardy, S., 2008. Hand thinning citrus, *Primefact* 789, 1-3a.
- Falivene, S., Hardy, S., 2008. Chemical thinning citrus, *Primefact* 788, 1-3b.
- Greany, P.D., McDonald, R.E., Schroeder, W.J., Shaw, P.E., Aluja, M., Malavasi, A., 1994. Use of gibberellic acid to reduce citrus fruit susceptibility to fruit flies, *American Chemical Society Symposium* 557, 39-48.
- Guardiola, J.L., Monerri, C., Agusti, M., 1982. The inhibitory effect of gibberellic acid on flowering in Citrus, *Physiol. Plan.* 55, 136-142.
- Hirose, K., 1968. Control of citrus flower bud formation. 1. The effect of gibberellic acid spraying on flower bud formation in satsuma orange, *Bull. Horot. Res. Sta.* 8, 1-11.

- Huang, Q.Q., Zhang, H., 1990. Control effects of machine oil emulsion on scale insects and mites on Citrus, *Fujian Agricultural Science and Technology* 5,9-10.
- Iwahori, S., Oohata, J.T., 1976. Chemical thinning of 'Satsuma' mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit by 1-naphthaleneacetic acid: Role of ethylene and cellulase, *Scientia Horticulturae* 4(2),167-174.
- Iwahori, S., Oohata, J.T., 1981. Control of flowering of satsuma mandarins (*Citrus unshiu* Marc.) with gibberellin, *Citriculture* 247-249.
- Lenz, F., Karnatz, A., 1975. The effect of GA₃, Alar, and CCC on citrus cuttings, *Acta Hort.* 49, 147-155.
- Monselise, S.P., Halevy, A.H., 1964. Chemical inhibition and promotion of citrus flower bud induction, *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 84, 141-146.
- Moon, Y.E., Kim, Y.H., Kim, C.M., Ko, S.O., 2003. Effects of foliar application of GA₃ on flowering and fruit quality of very early-maturing satsuma mandarin, *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 21(2), 110-113.
- Munoz-Fambuena, N., Mesejo, C., Gonzalez-Mas, M.C., Iglesias, D.J., Primo-Millo, E., Agusti, M., 2012. Gibberellic acid reduces flowering intensity in sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) by repressing CiFT gene expression, *J. Plant Growth Regul.* 31, 529-536.
- Ogata, T., Ueda, Y., Shiozaki, S., Horiuchi, S., Kawase, K., 1995. Effect of gibberellin synthesis inhibitors on flower setting of satsuma mandarin, *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 64(2), 251-259.
- Pharis, R.P. King, R.W., 1985. Gibberellins and reproductive development in seed plants, *Ann. Rev. plant Physiol.* 36, 517-568.
- Pozo, L., Kender, W.J., Burns, J.K., Hartmond, U., 2000. Effects of gibberellic acid on ripening and rind puffing in 'Sunburst' mandarin, *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 113, 102-105.
- Takahara, T., Hirose, K., Iwagaki, I., Ono, S., 1990. Enhancement of the suppression effect on flower-bud formation in citrus varieties by addition of machine oil emulsion to gibberellin, *Bull. Fruit Tree Res. Stn.* 18, 77-89.
- Takaki, T., Tomiyasu, A., Matsushima, M., Suzuki, T., 1989. Seasonal changes of GA-like substances in fruit and current shoots of satsuma mandarin trees, *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 58, 569-573.