

산국의 수량, 무기물 및 유효성분에 미치는 ABA와 SA의 효과

이경동* · Abdel R. M. Tawaha** · 양민석* ,*** †

*경상대학교 농업생명과학원, **Jordan University, ***경상대학교 응용생명과학부

Effect of ABA and Salicylic Acid on Yields, Mineral Contents and Active Components of *Chrysanthemum boreale* M.

Kyung Dong Lee* , Abdel R. M. Tawaha** , and Min Suk Yang* ,*** †

*Institute of Agriculture & Life Sci., Gyeongsang Natl. Univ., Chinju 660-701, Korea.

**Dept. of Crop Production, Faculty of Agriculture, Jordan Univ. of Sci. & Techn., P.O. Box 3030, Jordan.

***Division of Applied Life Science, Gyeongsang Natl. Univ., Chinju 660-701, Korea.

ABSTRACT : *Chrysanthemum boreale* M. is an important medicinal plant that has been historically used in herbal medicine and in the health food throughout East Asia. This study was conducted to investigate the influence of abscisic acid (ABA) and salicylic acid (SA) on plant growth, mineral content and effective components, such as essential oil, amino acid and cumambrin A, by means in order to increase the productivity and the quality of flowerheads in the plant. Yields of flowerheads were increased by 12.7%, 21.7% and 15.5% by ABA, SA and both treatments, respectively, as compared with the control. Inorganic nutrient content was changed by PGRs; SA treatment was increased by nitrogen, phosphorus and magnesium content but decreased by potassium of *C. boreale* M. flowerheads. Total content of amino acid was increased by SA but decreased by ABA treatment. Essential oil content and yields were increased to 9.7% and 33.8% by SA treatment. Moreover, the content of terpene, monoterpenoids and sesquiterpenoids, were improved by ABA treatment, especially, germacrene-D content was increased by 39.1%, as compared to control. In addition, yields of cumambrin A, sesquiterpene compound exhibiting blood-pressure activity, increased in all PGRs treatments, but its concentration in the *C. boreale* M. flowerheads only increased by ABA and both treatment. The experiment suggests that PGRs using ABA and SA could increase the yields and quality of *C. boreale* M. flowerheads.

Key words : *Chrysanthemum boreale* M., plant growth regulator, essential oil, terpene

서 론

산국 (*Chrysanthemum boreale* M.)은 황색계 야생菊花로서 多花性이고 향기가 좋아 약용과 관상용으로 겸할 수 있는 유용한 식물자원이다. 한방에서는 산국 (*C. boreale*)과 감국 (*C. indicum*)의 꽃을 혼용하여 일반적으로 야국화라고 하며 두통, 제풍열, 창열, 해독 등에 사용되고 있다

(Choi, 1992; Ko, 1991). 산국은 terpene계 화합물인 정유성분을 다량 함유하고 있으며, 생리활성으로는 바이러스 및 미생물에 대한 억제효과가 뛰어나고 암세포에도 강한 저해활성작용을 가진 것으로 보고되어 있다(Dan & Andrew, 1986). 특히 이 식물에서 분리된 cumambrin A는 우수한 혈압강하 효과가 있음이 검증된 바 있으며(Hong *et al.*, 1999), sesquiterpene lactone계 화합물로

† Corresponding author : (Phone) +82-55-751-5467 (E-mail) leekd1@hotmail.com

Received October 18, 2004 / Accepted November 6, 2004

서 mevalonate 경로를 경유하는 과정 중 farnesyl pyrophosphate (FPP)를 거쳐 생합성되는 것으로 알려져 있다 (Chappell, 1995). Abscisic acid (ABA)는 식물호르몬으로서 mevalonate 경로를 따라서 생합성되어지는 terpene계 화합물이고 carotenoid류와 식물호르몬인 gibberellin (GA)이 만들어지는 생합성경로이나 (Chappell, 1995), salicylic acid (SA)는 phenylpropanoid 경로를 통해서 생합성되는 phenol계 식물생장조절제이다 (Durner *et al.*, 1997). 이 식물생장조절제들은 서로 다른 생합성경로를 가지고 있어서 이들의 처리가 산국 꽃의 유효성분들 중 terpene계 화합물에 영향을 줄 것으로 판단된다. Oh & Chae (1993)는 몇몇 식물생장조절제들이 basil 같은 향료식물의 방향성분에도 영향을 준다고 하였다.

ABA와 SA의 주요 생리기능을 보면, ABA는 식물 성장 과정에 관여하는 호르몬으로 식물체의 휴면, 수분장애, 염류장애 등의 환경 스트레스와 관련이 있으며 식물이 환경에 적응하여 살아갈 수 있게 하는데 주요한 역할을 한다 (Pruvot *et al.*, 1996; Taylor *et al.*, 1990; Raschke, 1975). SA는 에틸렌 생합성의 억제 (Leslie & Romani, 1986), 개화 유도 (Cleland & Ben-Tal, 1982), 생물간 상호작용의 화학인자 자극 (Raskin, 1992), K⁺ 흡수의 억제 (Glass & Dunlop, 1974), 질소환원의 활성화 (Jain & Stivastra, 1981) 등의 효과가 있다고 알려져 있다. SA에 관한 연구는 대부분 terpene계 화합물보다는 phenol계 화합물에 집중되고 있으며 그 예로 Shin *et al.* (1995)은 포도에서 SA의 처리가 phenol계인 anthocyanin의 생합성을 크게 증가한다는 것을 보고한 바 있다.

그러나 아직까지 식물생장조절제 처리가 식물의 terpene계 화합물에 미치는 구체적인 연구는 거의 없다. 따라서 본 연구에서는 양질의 산국 꽃을 대량으로 생산하기 위하여 식물생장조절제인 ABA와 SA처리가 산국 꽃의 수량, 무기성분 및 유효성분의 함량에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

재료 및 방법

재배

본 실험에 사용된 산국 (*Chrysanthemum boreale* M.)은 경남 농업기술원 약초시험장에서 분양을 받아 2001년 5월 30일에 균일한 모를 생산하여 산후 18 kg씩 충전된 Wagner pot (1/2000a)에 재배하였다. 재배시 산국의 뿌리가 가뭄과 온도 스트레스를 받지 않도록 포장내의 토양 바닥을 40×40×50 cm 크기의 구멍이를 파고 배수구를 만들어 포트를 배치하였으며, 2일마다 물을 주어 마르지 않도록 했다. 실험에 사용된 토양은 점토 17%, 미사 56%,

모래 27%였으며, pH는 5.6, 유기물은 6.1 g kg⁻¹, 칼슘의 치환성 양이온은 4.4 cmol⁺ kg⁻¹로 척박한 산토양의 특성을 가지고 있었다. 재배를 위한 기본 시비량은 N-P₂O₅-K₂O = 150-80-80 kg ha⁻¹로 전량 기비로, 요소, 용성인비 및 염화칼리를 사용하였다. Abscisic acid (ABA)와 salicylic acid (SA)의 처리는 8월 1일, 9월 2일, 10월 1일 3차례 50 μM을 잎에 분무하여 처리하였다.

시험구 배치는 난괴법 4반복으로 배치하였다. 수확은 산국 꽃이 만개하기 직전인 10월 21일에 실시하였으며, 생육과 수량조사는 농사시험연구조사기준 (RDA, 1995)에 준하여 실시하였다.

무기성분 분석

개화기에 수확하여 잎, 줄기, 꽃을 분리하고 실온에서 10일간 음건한 후 분쇄하여 분석용 시료로 사용하였다. 식물체 각 부위의 질소함량은 Kjeldahl 법으로 분석하였으며, 인산은 Vanadate 법으로, 칼리, 마그네슘, 칼슘 등의 양이온들은 원자흡광분석법 (Atomic absorption spectrophotometer, Shimadzu 660)으로 분석하였다. 토양분석은 농업기술연구소의 토양화학분석법 (RDA, 1988)에 준하여 실시하였다.

아미노산 분석

아미노산 함량은 Sakano (1981)의 방법을 변형하여 건조된 0.5 g의 시료를 6 N-HCl을 가하여 100℃에서 24시간 동안 가수분해시킨 후 감압농축하고, 이 농축액을 sodium citrate buffer (pH 2.2)에 녹여 아미노산 자동분석기 (LKB-Biochrom 20, Pharmacia)를 이용하여 분석하였다. 이때 column은 Bio 20 PEEK sodium feedstuff를 사용하였고, buffer는 sodium citrate (pH 3.2-6.5)를 사용하였으며, flow rate는 ninhydrin 25 ml hr⁻¹로 조정하였다.

정유 분석

산국 꽃의 정유함량을 조사하기 위하여 꽃이 만개하기 직전에 채취하여 -70℃에 보관하여 사용하였다. 정유를 추출하기 위해 Schultz (1977)와 Likens & Nikerson (1964)에 언급된 Likens-Nickerson 장치 (J & W Scientific, USA)를 이용하여 100℃에서 2시간동안 증류하고, diethylether를 이용하여 포집하였다. 포집된 정유 속의 수분을 제거하기 위해서 황산나트륨을 가하여 여과하고 diethylether를 제거하기 위하여 4℃에서 N₂ gas를 이용하여 제거하였다. 정유 함량은 생체시료의 무게와 수증기 증류에 의해 얻어진 정유의 무게에 대한 백분율로 환산하였다.

정유성분의 분석은 gas chromatography (Jeol JMS-700

spectrometer)와 gas chromatography/mass spectrometer (GC/MS, HP6890, Hewlett Packard Co.)를 사용하였다. Column은 DB-5, 60 m×0.32 mm ID을 사용하였고, carrier gas는 N₂를 oven의 온도는 50℃에서 5분간 유지시킨 다음 2℃ min⁻¹ 230℃까지 올린 후 30분간 유지하였다. Injector와 detector의 온도는 220℃와 230℃로 하였으며, FID detector를 이용하였다. GC/MS의 column은 HP-5MS 30 m×0.25 mm×0.25 μm, interface temperature는 250℃, injection temperature는 280℃, electron energy는 70 eV, carrier gas는 He을 이용하였고 1.0 ml min⁻¹로 흐르게 하고 분석하였다. 분석된 피크는 Willey libraries (USA)의 retention time과 비교하여 정유 성분을 확인하고 정량하였다.

Cumambrin A 분석

Cumambrin A는 Kimata *et al.* (1979)의 방법을 변형하여 시료 1 g를 CHCl₃에 48시간 방치시킨 다음 여과지 (Watman No. 2)로 여과하고 여액을 40℃에서 감압농축하여 HPLC (Waters 201, Waters, USA)로 정량분석을 하였다. 분석조건으로는 column과 detector는 Adsorbosphere silica 5μ와 Lamda-max를 사용하였다. Column의 온도와 시료 주입량은 각각 25℃와 5 μl min⁻¹이었고, 시료분석과장은 254 nm, 그리고 이동상은 dichloromethane(49) :

isopropanol(1) 혼합용매로 분석하였다. 위의 분석조건으로 cumambrin A의 retention time(min)은 6.59인 것으로 조사되었다.

결과 및 고찰

식물생장조절제인 ABA와 SA의 처리가 산국의 생육과 건물수량에 미치는 영향을 조사한 결과, 생육의 차이는 인정되지 않았으나 (Table 1), 식용과 약용으로 주로 사용되는 꽃의 건물수량은 ABA, SA과 혼합처리구 (ABA+SA)는 무처리구보다 각각 12.7, 21.7, 15.5%가 증수되었다. 식물호르몬인 ABA처리구보다는 SA처리구가 꽃의 건물수량이 많았는데 이는 SA를 처리했을 때 개화 유도를 조장하고 (Raskin, 1992) 이에 따라 꽃의 수량을 증가시킨 것으로 판단된다. Hampton & Oosterhuis (1990)은 면화의 개화기때 SA처리하면 꼬투리수가 증가하였다고 했으며, 도꼬마리 (Cleland & Ajami, 1974)에서는 꽃의 건물수량을, mung bean (Kling & Meyer, 1983)에서는 꼬투리수와 건물수량을 증가시켰다는 보고가 있다. 또한 Khan *et al.* (2003)은 대두에서 SA처리가 광합성효율을 증가시켰다고 하였다. 이러한 결과를 종합해 보면 SA처리가 무처리에 비하여 초장과 가지수가 증가함으로 해서 건물수량을 늘린 것으로 판단된다.

Table 1. Yield and growth characteristics treated with ABA and SA in *C. boreale* M

| Treatments | Dry weight (g plant ⁻¹) | | | | Growth characteristics at harvesting | | |
|-------------------|-------------------------------------|------|------|--------|--------------------------------------|--------------|---------------------------------|
| | Total | Leaf | Stem | Flower | Plant height (cm) | Stem (Ø, cm) | Branches (plant ⁻¹) |
| Control | 103.5 | 16.2 | 66.1 | 21.2 | 104 | 1.15 | 35.0 |
| ABA | 113.5 | 18.5 | 71.1 | 23.9 | 101 | 1.21 | 35.7 |
| SA | 115.3 | 18.7 | 70.8 | 25.8 | 116 | 1.19 | 37.3 |
| ABA+SA | 113.5 | 18.1 | 70.9 | 24.5 | 112 | 1.18 | 36.3 |
| LSD ₀₅ | 7.0 | 1.1 | 4.7 | 1.6 | 7.2 | 0.20 | ns |

무기성분 함량의 변화는 Table 2에 보인바와 같다. 질소의 함량은 무처리에 비하여 SA처리에서 다소 증가하였으나 SA+ABA혼합처리에서는 SA단용보다 낮아 상승효과는 없었다. SA처리구에서 질소의 함량이 증가하는 것은 질소환원이 활성화 (Jain & Stivastra, 1981)와 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다. 또한 질소성분이 산국의 생육과 수량에 큰 영향을 주며, 식물체내의 질소 함량이 증가할수록 수량도 크게 증가하였다는 보고 (Lee & Yang, 2003)가 이를 뒷받침하고 있다. 그리고 정유생산에 영향을 줄 수 있을 것으로 판단되어지는 인산과 마그네슘함량

Table 2. Mineral composition of flowerheads of *C. boreale* M. at harvest.

| Treatments | N | P | K | Ca | Mg |
|-------------------|---|-----|------|-----|-----|
| | ----- g kg ⁻¹ (dry weight) ----- | | | | |
| Control | 13.2 | 2.1 | 20.7 | 5.1 | 26 |
| ABA | 13.7 | 2.0 | 21.8 | 5.1 | 27 |
| SA | 14.4 | 2.2 | 18.8 | 5.8 | 3.1 |
| ABA+SA | 14.1 | 2.0 | 19.8 | 5.1 | 29 |
| LSD ₀₅ | 1.4 | 0.3 | 2.6 | 0.5 | 0.4 |

산국의 수량, 무기물 및 유효성분에 미치는 ABA와 SA의 효과

또한 SA처리에서 증가하는 경향을 보였다. 그러나 SA처리에서 칼륨의 함량은 질소의 함량과는 반대로 감소하는 경향을 나타내었는데, Glass & Dunlop (1974)도 같은 결과를 보고한바 있다.

꽃의 아미노산별 함량을 조사한 결과는 Table 3에서 보인바와 같다. 꽃에서 가장 함량이 높은 보인 아미노산은 proline이었으며, SA처리구와 혼합처리구에서는 proline

함량이 무처리구보다 각각 17.2%와 24.7%, 전체 아미노산 함량에서도 9.5%와 19.1%가 증가하였다. leucine, methionine, valine을 제외하고는 대부분의 아미노산이 SA처리에서 증가하였는데, SA처리에 의한 질소함량의 증가가 이러한 결과를 야기한 것으로 사료된다. 또한 Björkman *et al.* (1991)은 질소의 시비량이 증가할수록 아미노산함량이 증가한다는 보고와 같은 경향인 것으로 사료되었다.

Table 3. Amino acid contents of flowerheads of *C. boreale* M.

| Treatments | Control | ABA | SA | ABA+SA | LSD ₀₅ |
|---------------|---------------------------------|-----|------|--------|-------------------|
| | g kg ⁻¹ (dry weight) | | | | |
| Alanine | 2.1 | 23 | 29 | 26 | 0.21 |
| Arginine | 23 | 28 | 27 | 35 | 0.15 |
| Aspartic acid | 4.1 | 48 | 53 | 57 | 0.42 |
| Cystine | 1.6 | 1.3 | 1.7 | 2.1 | 0.16 |
| Glutamic acid | 54 | 52 | 59 | 63 | 0.51 |
| Glycine | 27 | 2.1 | 27 | 30 | 0.11 |
| Histidine | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 0.10 |
| Isoleucine | 2.1 | 1.9 | 24 | 27 | 0.17 |
| Leucine | 35 | 3.1 | 28 | 3.1 | 0.29 |
| Lysine | 34 | 30 | 35 | 36 | 0.16 |
| Methionine | 0.8 | 0.8 | 0.3 | 1.1 | 0.02 |
| Phenylalanine | 25 | 29 | 26 | 28 | 0.24 |
| Proline | 93 | 84 | 10.9 | 11.6 | 1.78 |
| Serine | 26 | 23 | 28 | 23 | 0.12 |
| Threonine | 24 | 22 | 26 | 28 | 0.11 |
| Tyrosine | 1.4 | 1.1 | 1.4 | 1.9 | 0.04 |
| Valine | 26 | 24 | 23 | 22 | 0.22 |
| Total | 50.1 | 48 | 54.3 | 58.8 | 2.34 |

ABA처리구에서는 무처리구보다 총아미노산 함량이 다소 낮은 경향을 보였으며 이는 proline의 함량이 크게 낮은데서 기인된 것으로 판단된다. 대두에서는 ABA를 처리가 proline의 함량을 감소시켰으며 (Kim *et al.*, 1993), 보리의 전체 단백질의 함량을 감소시켰다고 (Foroutan-Pour, 1994) 하였다.

꽃의 정유의 함량의 변화는 Fig. 1에 보인바와 같다. 정유의 함량은 ABA, SA와 혼합처리구에서 무처리구보다 각각 2.4, 9.7, 6.9%가 증가하였으며, 단위생산 수량에서도 15.9, 33.8, 23.8%가 증수되었다. 식물의 성장조건에 따른 외부환경요인 (빛, 영양상태, 무기원소 종류, 각종 스트레스와 성장제한 요인들)에 의해서 식물의 정유성분을 변화시킬 수 있다는 보고들 (Nykaenen, 1989; Haelvae,

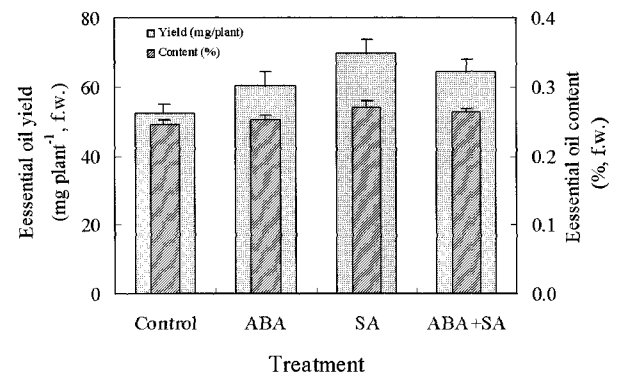


Fig. 1. Effect of ABA and SA on essential oil contents and yields of flowerheads of *C. boreale* M. Error bars represent \pm SE (n=4).

1987; Kothari *et al.*, 1987; Tuomi *et al.*, 1984; Rao *et al.*, 1983)을 보면 이런 식물생장조절제의 처리가 방향성 식물의 정유성분을 변화시킨다는 것을 유추할 수 있었다.

꽃의 정유성분을 GC로 분석한 결과, 주요 성분은 camphor (16-19%)의 함량이 가장 많았으며, 그 다음으로는 β -caryophyllene, *cis*-chrysanthenol, caryophyllene

epoxide, germacrene D였다 (Table 4). 국화과 식물의 정유성분은 대부분 terpene계 화합물들로 알려져 있는데 (Dan & Andrew, 1986), 본 연구에서는 총 monoterpeneoid 경우 무처리구보다 ABA처리구에서 6.8%가 증가하였으나 SA처리구와 혼합처리구에서는 함량변화가 미미하였다.

Table 4. Change of major terpene component(%) in essential oil of *C. boreale* M. flowerheads.

| Compounds | Control | | ABA | | SA | | ABA+SA | |
|-------------------------------|--------------|-----------------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|
| | Mean | SD [†] | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD |
| Camphene | 3.26 | 0.117 | 3.47 | 0.146 | 3.38 | 0.098 | 3.05 | 0.107 |
| β -pinene | 2.68 | 0.114 | 2.74 | 0.097 | 2.91 | 0.108 | 2.94 | 0.103 |
| 1,8-cineol | 1.28 | 0.155 | 1.57 | 0.171 | 1.66 | 0.162 | 1.49 | 0.161 |
| Camphor | 16.41 | 0.889 | 16.92 | 0.690 | 16.06 | 0.748 | 16.43 | 0.771 |
| <i>cis</i> -chrysanthenol | 4.65 | 0.160 | 5.52 | 0.189 | 4.51 | 0.167 | 5.07 | 0.192 |
| Total monoterpenoids | 28.28 | | 30.22 | | 28.52 | | 28.98 | |
| β -elemene | 1.68 | 0.080 | 1.75 | 0.089 | 1.47 | 0.081 | 1.42 | 0.086 |
| β -caryophyllene | 5.22 | 0.200 | 6.01 | 0.228 | 5.86 | 0.219 | 5.88 | 0.215 |
| epi-sesquiphellandrene | 1.38 | 0.061 | 1.89 | 0.079 | 1.32 | 0.042 | 2.06 | 0.067 |
| Germacrene D | 3.25 | 0.168 | 4.52 | 0.183 | 3.61 | 0.118 | 4.29 | 0.171 |
| Caryophyllene oxide | 3.99 | 0.156 | 4.04 | 0.168 | 4.07 | 0.173 | 4.16 | 0.182 |
| Total sesquiterpenoids | 15.52 | | 18.21 | | 16.33 | | 17.81 | |

[†] SD: standard deviation.

총 sesquiterpenoid계 화합물의 경우, 무처리구보다 ABA처리구에서 17.3%로 크게 증가하였는데 이는 ABA의 처리가 monoterpeneoid보다는 이의 생합성경로가 같은 sesquiterpenoid의 sesquiterpene cyclase가 활성화로 인하여 정유의 함량을 더 높여주는 것으로 판단된다. sesquiterpenoid 중에서는 germacrene D, *cis*-chrysanthenol, β -caryophyllene가 대조구보다 크게 증가하여 각각 39.1, 18.7, 15.1%의 증가폭을 보였다. 이로써 식물생장조절제의 처리가 특정 방향성 화합물의 함량을 어느 정도 조절할 수 있을 것으로 판단되었다.

산국 꽃에 다량 함유되어 있는 cumambrin A의 함량은 Fig. 2에 보인 바와 같이 ABA처리구와 혼합처리구에서 각각 14.1%와 5.0% 증가하였다. Cumambrin A는 terpene계물질로서 ABA와 같이 mevalonate pathway의 과정을 거쳐서 생합성되는 물질로서 ABA처리가 산국의 sesquiterpene cyclase에 영향을 주어 cumambrin A의 함량을 증가시킨 것으로 판단된다. 그러나 SA처리구 cumambrin A의 함량을 다소 감소시켰으므로 ABA와는 달리 다른 경로를 가지며 상대적으로 phenol계 화합물들이 증가와 관련이 있을 것으로 사료되었다. 그 예로 포도

에서 SA의 처리가 phenol계 화합물인 anthocyanin 함량을 증가시켰음이 보고되어 있다 (Shin *et al.*, 1995). Cumambrin A의 단위당 생산 수량을 보면, ABA처리구는 무처리구보다 28.5%, SA와 혼합처리구도 각각 19.2%와 21.3%가 증수되었다. SA처리구는 cumambrin A의 함량을 오히려 감소시켰으나 산국 꽃의 수량증가로 인하여

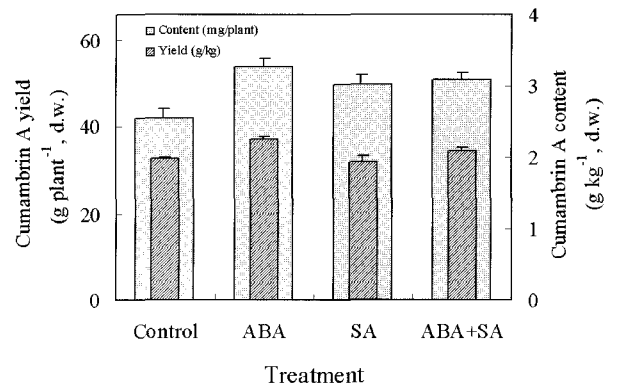


Fig. 2. Effect of ABA and SA on cumambrin A contents and yields of flowerheads of *C. boreale* M. Error bars represent \pm SE (n=4).

cumambrin A의 전체 생산 수량을 증가시키는 결과를 나타냈다. 따라서 식물생장조절제의 처리가 산국의 유효성분인 terpene계의 cumambrin A와 특정 terpene들의 성분 함량을 인위적으로 변화시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

적 요

우수한 자생식물자원인 산국의 수량과 유효성분을 높이기 위해 식물생장조절제 ABA와 SA를 처리한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 꽃의 건물수량은 ABA, SA과 ABA+SA 처리구에서 무처리구보다 증가되었으며, ABA 처리구보다는 SA 처리구가 증수되었다.
2. 무기성분의 함량변화는 SA 처리구가 다른 처리구들에 비하여 질소, 인산, 마그네슘의 함량이 증가하였으나 칼륨의 흡수는 오히려 감소하였다.
3. 아미노산함량은 S A처리구와 ABA+SA 처리구는 ABA 처리구보다 높았다.
4. 생장조절제처리기는 정유함량을 증가시켰으며, 그 반응은 monoterpenoid계 화합물보다는 sesquiterpenoid계 화합물에서 더 민감하였다.
5. Cumambrin A의 함량은 ABA 처리구에서 증가하였고, SA 처리구에서는 차이가 없었다.

LITERATURE CITED

- Björkman C, Larsson S, Gref R (1991) Effects of nitrogen fertilization on pine needle chemistry and sawfly performance. *Oecologia* 86:202-209.
- Chappell J (1995) The biochemistry and molecular biology of isoprenoid metabolism. *Plant Physiol.* 107:1-6.
- Choi YJ (1992) Korean Popular Customs Plants. Academy, p. 53, Seoul, Korea.
- Cleland CF, Ajami A (1974) Identification of the flower-inducing factor isolated from aphid honeydew as being salicylic acid. *Plant Physiol.* 54:904-906.
- Cleland CF, Ben-Tal Y (1982) Influence of giving salicylic acid for different time periods on flowering and growth in the long-day plant *Lemna gibba* G3. *Plant Physiol.* 70:287-290.
- Dan B, Andrew G (1986) Chinese Herbal Medicine. Eastland, p. 59, Seattle, USA.
- Durner J, Shah J, Klessig DF (1997) Salicylic acid and disease resistance in plants. *Tre. Plant Sci.* 2:266-274.
- Foroutan-Pour K (1994) Aspects of barley post-anthesis nitrogen physiology. M.Sc Thesis, McGill University, Canada.
- Glass ADM, Dunlop J (1974) Influence of phenolic acid on iron uptake: IV. Depolarization of membrane potentials. *Plant Physiol.* 54:855-858.
- Haelvae S (1987) Studies on fertilization of dill (*Anethum graveolens*) and basil (*Ocimum basilicum*). III. Oil yield of basil affected by fertilization. *J. Agric. Sci. Finland* 59:25-29.
- Hampton RE, Oosterhuis DM (1990) Application of phenolic acids to manipulate boll distribution in cotton. *Arkansas Farm Res.* 39:11-14.
- Hong YG, Yang MS, Park YB (1999) Effect of cumambrin A treatment on blood pressure in spontaneously hypertensive rats. *Korean J. Pharmacogn* 30:226-230.
- Jain A, Stivastra HS (1981) Effects of salicylic acid on nitrate reductase activity in maize seedlings. *Physiol. Plant* 51:339-342.
- Khan W, Prithviraj B, Smith DL (2003) Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *J. Plant Physiol.* 160:485-492.
- Kim D, Kim Y, Heo C, Kang D, Lee Y, Chung D (1993) Effect of plant growth regulators on the growth, yield and chemical components of soybean seed. *RDA, J. Agri. Sci.* 35:89-98.
- Kimata H, Hiyama C, Aiura M (1979) Application of high performance liquid chromatography to the analysis of crude drugs. *Chem. Pharm. Bull.* 27:1836-1841.
- Kling GJ, Meyer MM (1983) Effect of phenolic compounds and indoleacetic acid on adventitious root initiation in cuttings of *Phaseolus aureus*, *Acer saccharinum*, and *Acer griseum*. *HortSci.* 18:352-354.
- Ko KS (1991) Coloured Wild Plants of Korea. Academy, p. 32, Seoul, Korea.
- Kothari SK, Singh V, Singh K (1987) Effect of rates and methods of phosphorus application on herb and oil yields and nutrient concentrations in Japanese mint (*Mentha arevensis* L.). *J. Agri. Sci.* 108:691-693.
- Lee KD, Yang MS (2003) Effects of swine manure compost application on the yield, nitrogen uptake and effective component of *Chrysanthemum boreale* M. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 11:371-376.
- Leslie CA, Romani RJ (1986) Salicylic acid: A new inhibitor of ethylene biosynthesis. *Plant Cell Reports.* 5:144-146.
- Likens ST, Nikerson GB (1964) Detection of certain oil constituents in brewing products. *Proc. Am. Soc. Brew. Chem.* 5:13-17.
- Nikaenen I (1989) The effect of cultivation conditions on the composition of basil oil. *Flavor Fragrance J.* 4:125-128.
- Oh BI, Chae YA (1993) Effects of carbon and nitrogen sources on the essential oil production and its composition in callus culture of *Mentha piperita* L. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 1:58-62.
- Park JS, Chung JD, Kim HY (2001) Influence of temperature, GA and ABA on the flowering and flower stalk elongation of *Cymbidium goeringii*. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 42:469-472.
- Pruvot G, Massimino J, Peltier G, Rey P (1996) Effect of low temperature, high salinity and exogenous ABA on the synthesis of two chloroplastic drought-induced proteins in *Solanum tuberosum*. *Physiol. Plant.* 97:123-131.
- Rao BRR, Rao EVSP, Singh SP (1983) Influence of NPK fertilization on the herbage yield essential oil content and essential oil yield bergamot mint (*Mentha citrata*). *Indian Perfumer.* 27:77-79.

- Raschke K** (1975) Stomatal action. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 26:309-340.
- Raskin I** (1992) Role of salicylic acid in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 43:439-463.
- RDA(Rural Development Administration)** (1995) Standard Investigation Methods for Agricultural Experiment, pp. 601, RDA, Suwon, Korea.
- RDA(Rural Development Administration)** (1988) Methods of Soil Chemical Analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Sakano K** (1981) Regulation of aspartatekinase isoenzyme levels in cultured cells of *Vinca rosea*. *Plant Cell Physiol.* 14:1343-1353.
- Schultz TH, Flath RA, Mon TR, Egging SB, Tweauishi R** (1977) Isolation of volatile components from a model system. *J. Agric. Food Chem.* 25:446.
- Shin DS, Yu SR, Choi KS** (1995) Effects of salicylic acid on anthocyanin synthesis in cell suspension cultures of *Vitis vinifera* L. *Kor. J. Plant Tissue Culture.* 22:59-64.
- Taylor JS, Bhalla MK, Robertson JM, Piening LJ** (1990) Cytokinins and abscisic acid in hardening winter wheat. *Can. J. Bot.* 68:1597-1601.
- Tuomi J, Niemela P, Haukioja E, Siren S, Neuvonen S** (1984) Nutrient stress: An explanation for plant anti-herbivore responses to defoliation. *Oecologia* 61:208-210.