

IBA 처리방법과 농도에 따른 딸기 ‘매향’의 측아 발생 억제와 자묘 생육

황희성¹ · 정현우² · 이혜리² · 황승재^{1,2,3,4,5*}

¹경상대학교 대학원 작물생산과학부, ²경상대학교 대학원 응용생명과학부, ³경상대학교 농업생명과학대학 농업식물학과, ⁴경상대학교 농업생명과학연구원, ⁵경상대학교 생명과학연구원

Lateral Bud Suppression and Runner Plants Growth of ‘Maehyang’ Strawberry as Affected by Application Method and Concentration of IBA

Hee Sung Hwang¹, Hyeon Woo Jeong², Hye Ri Lee², and Seung Jae Hwang^{1,2,3,4,5*}

¹Division of Crop Science, Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

²Division of Applied Life Science, Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

³Department of Agricultural Plant Science, College of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

⁴Institute of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

⁵Research Institute of Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

Abstract. This study was conducted to examine the effect by application method and concentration of the indole-3-butyric acid (IBA), which is auxin-based plant growth regulator, on the growth and runner plants production of strawberry in the greenhouse. The seedlings of strawberry were transplanted in the pot (150 × 135 × 90 mm) filled with coir medium on April 12, 2019. The IBA was applied with a foliar spray or drench as 50, 100, 150, and 200 mg·L⁻¹ (50 mL per plant), respectively. The treatment was started on April 29, 2019. The foliar spray and drench treatment of IBA were repeated at 2-week intervals for 9 weeks from the start date of treatment. At 9 weeks after treatment, the petiole length of mother plants was the shortest in the control. The number of runner plants showed a tendency to decrease in the foliar spray. The number of lateral buds showed a tendency to decrease in the IBA treatment, and the least in the foliar with 100 mg·L⁻¹. There was not significantly difference in the fresh and dry weights of the first and second runner plants. However, in the third runner plants, the fresh and dry weights were the greatest in the drench with 100 mg·L⁻¹. Therefore, when considering the growth of third runner plants and lateral bud suppression, the drench with the 100 mg·L⁻¹ could be better application method and concentration of IBA treatment for growth of the third runner plants and runner plants production of strawberry, and the results can be used as a basic research of plant growth regulator application to save the labor force and enhance the seedling quality in strawberry seedling stage.

Additional key words : drench, dry weight, foliar spray, fresh weight, indole-3-butyric acid

서 론

딸기는 국내 주요 시설 원예 작물로서, 2018년 기준 딸기의 재배면적은 수박(9,447ha)과 토마토(6,058ha)에 이어 5,969ha로 3위, 생산량은 수박(400,091톤), 토마토(388,657톤), 오이(342,365톤)에 이은 181,894톤으로 4위를 달성하였다(KOSIS, 2019). 그중에서도 경상남도는 시설 딸기의 주요 생산지로서, 전국 딸기 재배면적의 43.2% 비중을 차지하고 있으며, 전체 딸기 생산량의 45.2%를 생산하고 있다. 또한, 경상남도는 전

국 딸기 수출액의 90.6% 비중을 차지하고 있으며, 과실이 단단하고 저장성과 운반성이 우수한 ‘매향(Maehyang)’을 2004년부터 진주와 밀양 등의 몇몇 지역에서 재배하여 대량 수출하고 있다(Kim과 Hwang, 2016; KREI, 2017; KOSIS, 2019).

딸기의 관부는 동화산물이 저장되는 곳이며(Kim 등, 2011), ‘매향’을 비롯한 한철 딸기는 관부 생장 시 필요한 양분이 분산되는 것을 막기 위해, 육묘기에 관부에서 발생하는 측아를 제거하여 관부직경 8mm 이상의 우량묘를 생산한다(Rho 등, 2007; Kang 등, 2011). 하지만 측아를 제거하는 과정에서 딸기 묘는 지상부와 지하부에 부분적인 스트레스를 받으며, 누적된 스트레스 정도가 심할 경우 묘가 고사할 수 있다(Lee 등, 2006; Lee 등, 2014). 따라서, 시설 딸기의 측아 발생을 줄일

*Corresponding author: hsj@gnu.ac.kr

Received December 19, 2019; Revised January 21, 2020;

Accepted January 22, 2020

수 있다면, 딸기의 우량묘 생산성을 증대시킬 수 있으며, 측아 제거 작업에 필요한 노동력도 절감할 수 있다.

옥신은 대표적인 식물 성장호르몬 중 하나로, 정아우세현상을 통해 정아의 생육은 촉진하면서, 측아의 생육은 억제할 수 있다(Cline, 1991). 옥신계 성장조절제로 Indole-3-acetic acid (IAA), Indole-3-butyric acid (IBA), 1-Naphthaleneacetic acid (NAA), 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) 등이 사용되고 있으며, 그 중 IBA는 IAA와 달리 열과 같은 비생물학적 요인에 의한 분해가 적어 온실과 같은 외부 환경에서도 안정적으로 효력을 발휘하는 장점이 있다(Epstein와 Ludwig-Müller, 1993). 또한, 기내 배양 딸기묘에 IBA를 처리할 경우 엽수 증가 및 지상부 생육 증진 효과 등이 보고된 바 있으나(Zheng, 2004; Barceló, 2019), 온실 환경에서 IBA 처리에 따른 딸기 자묘의 생육에 대한 연구 결과는 미미한 실정이다.

따라서, 본 연구는 온실 환경에서 대표적인 수출용 시설 딸기 품종인 '매향'에 옥신계 성장조절제 중 하나인 IBA를 처리하여, 측아 발생을 억제하고 모주 및 자묘의 생육 증진 효과를 확인하고자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 재배환경

본 연구는 경남 지역의 플라스틱 온실에서 수행되었으며, 2019년 4월 12일에 시설 딸기 '매향'(*Fragaria × ananassa* Duch. cv. Maehyang)을 코이어(Cocopeat Co. Ltd., Dummalasuriya, Srilanka)가 충전된 외경 150mm, 높이 135mm, 내경 90mm인 화분(GS150, Goldstar Chemicals Co. Ltd., Chungju, Korea)에 정식하여 2019년 7월 1일까지 총 81일간 재배하였다. 재배 기간 동안 경상남도농업기술원 딸기 전용 양액(다량 원소: NO_3^- 13.0, NH_4^+ 1.0, H_2PO_4^- 4.0, K^+ 6.0, Ca^{2+} 8.0, Mg^{2+} 4.0, SO_4^{2-} 4.0 $\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$; 미량원소: Fe 3.0, B 0.5, Mn 0.5, Zn 0.2, Cu 0.04, Mo 0.04 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, EC 0.8 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, pH 6.5)을 식물체 당, 1회 60mL씩 점적관수로 하루 5-6회(회당 3분씩) 나누어 공급하였다. 모주 관리를 위해 주기적으로 노엽을 제거하였으며, 1주일 간격으로 측아를 제거하고, 제거한 측아의 수를 기록하였다. 딸기 재배 시 발생하는 주요 병해충인 세균성모무늬병, 흰가루병, 응애, 진딧물, 탄저병, 작은뿌리파리 방제를 위해 각각 tribasic copper sulfate (15%), cyflufenamid (3.5%), abamectin (1.8%), imidacloprid (10%)와 acetamiprid (5%), 그리고 azoxystrobin (21.7%)을 5-7일 주기로 교호 살포하였다. 재배 실험이 진행된 온실 내부의 평균 온도 및 상대 습도는 각각 $22\pm 5^\circ\text{C}$ 와 $58\pm 5\%$ 였다.

2. 성장조절제 처리

2019년 4월 29일에 0, 50, 100, 150, 200 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 농도로 제조한 옥신계 성장조절제인 IBA(Indole-3-butyric acid, Sigma-Aldrich Co. Ltd., MO, USA) 수용액을 딸기 식물체 당 50mL씩을 엽면살포와 배지관주의 2가지 방법으로 처리하였다. 온실 환경에서 IBA가 열 및 태양광에 의해 자연 분해되는 것을 고려하여, Aliyu 등(2011)의 연구를 참고하여, 처리 시작일을 기준으로 2주 간격으로 총 9주간 5회 처리하였다.

3. 조사항목

엽병장, 엽장, 엽폭은 식물체의 성장점을 기준으로 완전히 전개된 세 번째 잎을 기준으로 측정하였다. 관부직경은 버니어 캘리퍼스(CD-20CPX, Mitutoyo Co. Ltd., Kawasaki, Japan)를 이용하여 지제부 상단 1cm 부위를 측정하였다. 런너 길이는 1차 런너를 기준으로 측정하였다. SPAD값은 엽록소 측정기(SPAD-502, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 성장점을 기준으로 완전히 전개된 세 번째 잎에서 측정하였다. 엽면적은 엽면적 측정기(LI-3000, LICOR Inc., NE, USA)를 이용하여 측정하였다. 생체중과 건물중은 전자저울(EW220-3NM, Kern&Sohn GmbH., Balingen, Germany)을 이용하여 측정하였으며, 건물중은 시료를 향한 건조기(Venticell-222, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH., Planegg, Germany)에 72시간 건조 시킨 후 측정하였다. 양액의 EC 수준과 pH는 휴대용 pH/EC 측정계(Enzo 8200m, GONDO Electronic Co. Ltd., Taipei, Taiwan)를 사용하여 측정하였다.

4. 통계분석

실험은 6개체씩 4반복의 분할구배치법으로 배치하였다. 통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 평균간 비교는 Duncan의 다중검정을 이용하여 5% 유의수준에서 각 처리 간 유의성을 검증하였다. 그래프는 SigmaPlot 프로그램(SigmaPlot 12.5, Systat Software Inc., CA, USA)을 이용하여 나타냈다.

결과 및 고찰

IBA 처리에 따른 딸기 모주의 생육을 Fig. 1과 Table 1에 나타내었다. 모주의 엽장, 엽폭, 엽수, 엽면적, 지상부 생체중 및 건물중은 IBA 처리방법 및 농도에 따른 유의적인 차이가 없었다. 옥신은 조직 발달에 관여하는 세포로, 조직이 생겨나는

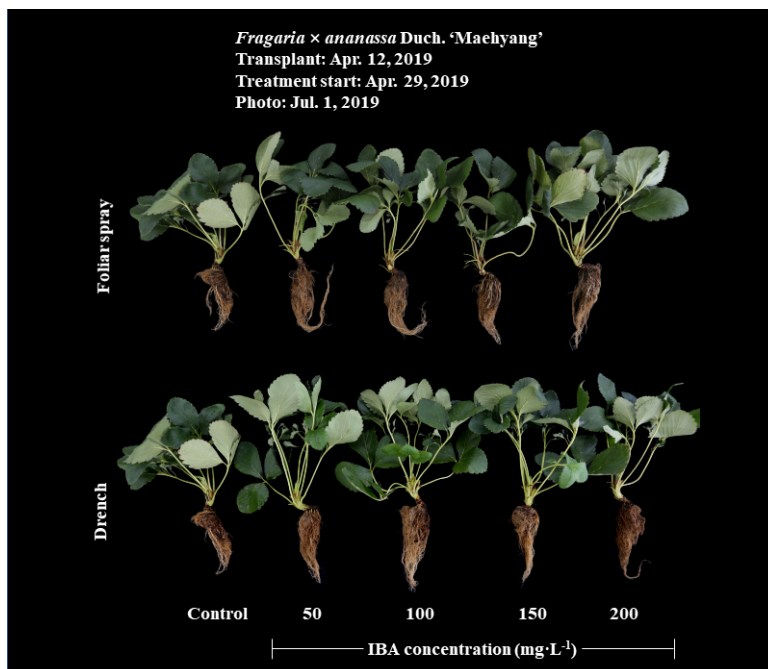


Fig. 1. The growth of ‘Maehyang’ strawberry mother plants as affected by application method and concentration at 9 weeks after IBA treatment.

Table 1. The growth characteristics of ‘Maehyang’ strawberry mother plants as affected by application method and concentration at 9 weeks after IBA treatment.

Application method (A)	Conc. (mg·L ⁻¹) (B)	Petiole length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves	Crown diameter (mm)	SPAD	Leaf area (cm ² /plant)	Shoot fresh weight (g/plant)	Shoot dry weight (g/plant)
Control	0	16.2 c ^z	14.0 a	8.01 ab	7.0 b	17.64 ab	46.58 ab	939.33 a	53.23 a	13.50 b
Foliar spray	50	17.4 bc	14.7 a	9.13 a	7.5 ab	15.88 bc	47.05 ab	1,124.49 a	61.57 a	15.90 ab
	100	17.6 abc	14.2 a	8.32 ab	7.3 ab	14.98 c	48.53 a	1,089.99 a	62.19 a	15.55 ab
	150	19.6 a	14.0 a	8.13 ab	7.7 ab	15.40 c	46.57 ab	1,000.27 a	58.67 a	14.80 ab
	200	19.3 ab	14.8 a	8.32 ab	8.0 ab	15.36 c	44.57 b	1,146.52 a	66.33 a	16.03 ab
Drench	50	18.6 ab	13.7 a	7.73 ab	8.0 ab	17.98 a	48.46 a	1,199.48 a	67.58 a	18.86 a
	100	17.7 abc	13.2 a	7.33 b	7.5 ab	15.78 bc	48.06 a	1,002.84 a	56.69 a	15.62 ab
	150	17.3 bc	14.1 a	8.20 ab	8.5 a	15.31 c	48.98 a	1,131.82 a	62.76 a	16.47 ab
	200	18.7 ab	14.4 a	8.42 ab	7.5 ab	15.58 bc	47.65 a	1,045.19 a	55.85 a	14.63 ab
F-test ^y	A	*	NS	NS	NS	*	*	NS	NS	NS
	B	*	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
	A × B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^zMean separation within columns by Duncan’s multiple range test at $P \leq 0.05$.

^yNS,*: Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05$, respectively.

부위에 우선적으로 분배되어 동화산물을 집중시키고 세포 분열을 촉진시킨다(Nishizawa와Hori, 1988; Sabatini 등, 1999). 따라서, 옥신이 상대적으로 조직 발달이 활발한 자묘에 집중되어 모주의 생육에 유의적인 차이가 없는 것으로 판단된다. 딸기 모주의 엽병장은 모든 IBA 처리에서 대조구보다 유의적

으로 길었는데, 이는 옥신의 식물 엽병 신장효과 때문인 것으로 판단된다(Samarakoon과Horton, 1983). 관부직경은 배지 관주 처리가 엽면살포 처리보다 두꺼웠으며 배지관주 처리 50mg·L⁻¹일 때 가장 두꺼웠다. 옥신은 조직내 축적 정도에 따라 세포에 영양을 집중시켜 조직의 분화 및 발달을 활발하게

할 수 있다(Krouk 등, 2010). 또한, 옥신은 광분해가 가능한 호르몬으로, 광에 의한 분해로 옥신 농도가 적어진 조직은 생장이 더디지게 된다(Yokawa와 Baluška, 2015). 따라서, 배지 관주 처리된 IBA가 배지에 스며들어 엽면살포 처리에 비해 빛에 노출되는 정도가 적었기 때문에 엽면살포 처리에 비해 옥신이 분해되지 않고 식물체 내에 작용하여, 모주의 관부직

경이 굵어진 것으로 판단된다. SPAD 값은 IBA의 처리 농도에 따른 유의적인 차이가 없었지만, 배지관주 처리에서 엽면살포 처리에 비해 높은 값이 측정되었다. 이는, 외부 처리한 IBA의 농도 또는 내부 IBA 농도의 증감에 관계없이 식물의 SPAD 값은 유의적인 차이가 없었다는 여러 연구들과 유사하다(Tetsumura 등, 2017; Kim 등, 2018).

Table 2. The growth characteristics of ‘Maehyang’ strawberry first runner plants as affected by application method and concentration at 9 weeks after IBA treatment.

Application method (A)	Conc. (mg·L ⁻¹) (B)	Petiole length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves	Crown diameter (mm)	SPAD	Leaf area (cm ² /plant)	
Control	0	15.20 a ^z	8.70 a	5.61 a	4.8 a	10.18 ab	44.71 a	302.72 a	
	50	15.50 a	9.32 a	5.77 a	4.8 a	10.38 ab	47.43 a	335.15 a	
	Foliar spray	100	15.72 a	9.47 a	6.05 a	4.8 a	10.08 ab	47.26 a	358.03 a
		150	15.30 a	9.20 a	6.57 a	4.8 a	10.28 ab	46.06 a	293.26 a
		200	17.43 a	9.77 a	6.03 a	4.8 a	10.54 ab	46.26 a	350.77 a
Drench	50	15.36 a	8.91 a	5.70 a	5.0 a	11.76 a	46.63 a	351.22 a	
	100	16.70 a	9.35 a	5.90 a	4.7 a	9.70 b	44.30 a	327.83 a	
	150	16.68 a	9.50 a	6.02 a	5.0 a	9.90 b	45.35 a	336.82 a	
	200	15.58 a	8.75 a	5.40 a	4.8 a	9.83 b	46.25 a	342.32 a	
F-test ^y	A	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
	B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
	A × B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

^zMean separation within columns by Duncan’s multiple range test at $P \leq 0.05$.

^yNS: Nonsignificant.

Table 3. The growth characteristics of ‘Maehyang’ strawberry second runner plants as affected by application method and concentration at 9 weeks after IBA treatment.

Application method (A)	Conc. (mg·L ⁻¹) (B)	Petiole length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves	Crown diameter (mm)	SPAD	Leaf area (cm ² /plant)	
Control	0	10.28 b ^z	7.02 b	4.90 ab	4.0 a	8.96 a	37.30 a	166.72 a	
	50	10.58 ab	6.90 b	4.52 b	4.0 a	8.21 abc	41.75 a	174.13 a	
	Foliar spray	100	10.78 ab	7.50 ab	5.17 ab	4.2 a	7.59 bc	43.12 a	195.68 a
		150	10.28 b	6.97 b	5.03 ab	4.0 a	7.59 bc	41.45 a	160.12 a
		200	12.13 ab	7.17 ab	4.83 ab	4.0 a	8.27 ab	43.28 a	185.43 a
Drench	50	11.80 ab	7.30 ab	4.90 ab	4.0 a	7.51 bc	43.20 a	193.30 a	
	100	12.07 ab	7.40 ab	5.10 ab	3.8 a	8.03 abc	41.90 a	162.60 a	
	150	12.77 a	7.87 a	5.23 a	4.0 a	8.09 abc	41.77 a	196.55 a	
	200	11.40 ab	7.03 b	4.78 ab	4.2 a	7.12 c	38.82 a	183.32 a	
F-test ^y	A	*	NS	NS	NS	**	NS	NS	
	B	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	
	A × B	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	

^zMean separation within columns by Duncan’s multiple range test at $P \leq 0.05$.

^yNS, *, **: Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05, 0.01$, respectively.

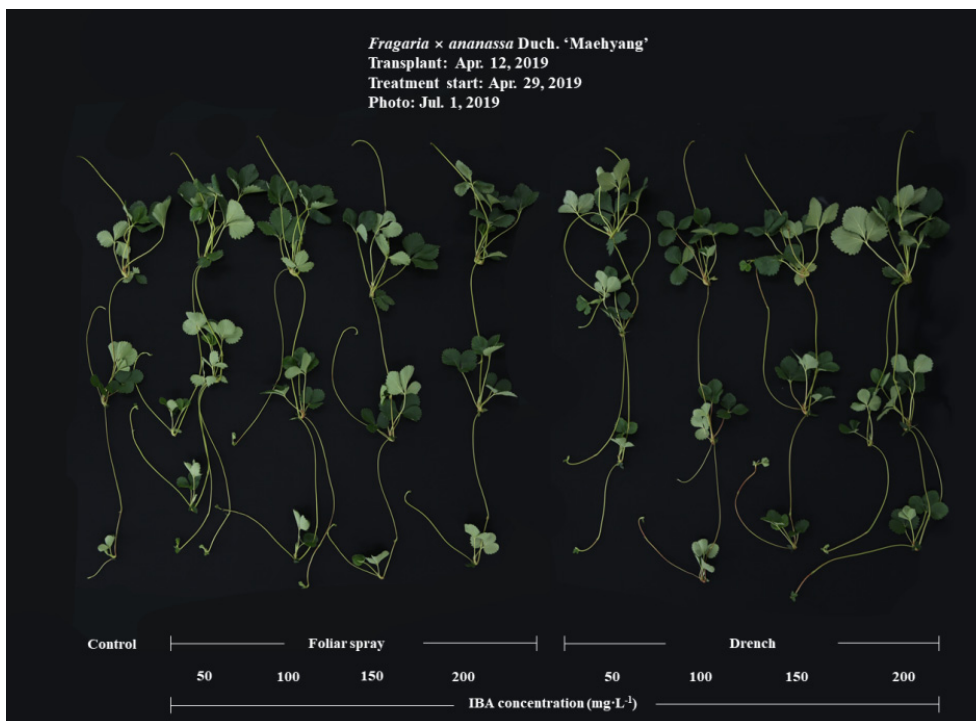


Fig. 2. The growth of 'Maehyang' strawberry runners and runner plants as affected by application method and concentration at 9 weeks after IBA treatment.

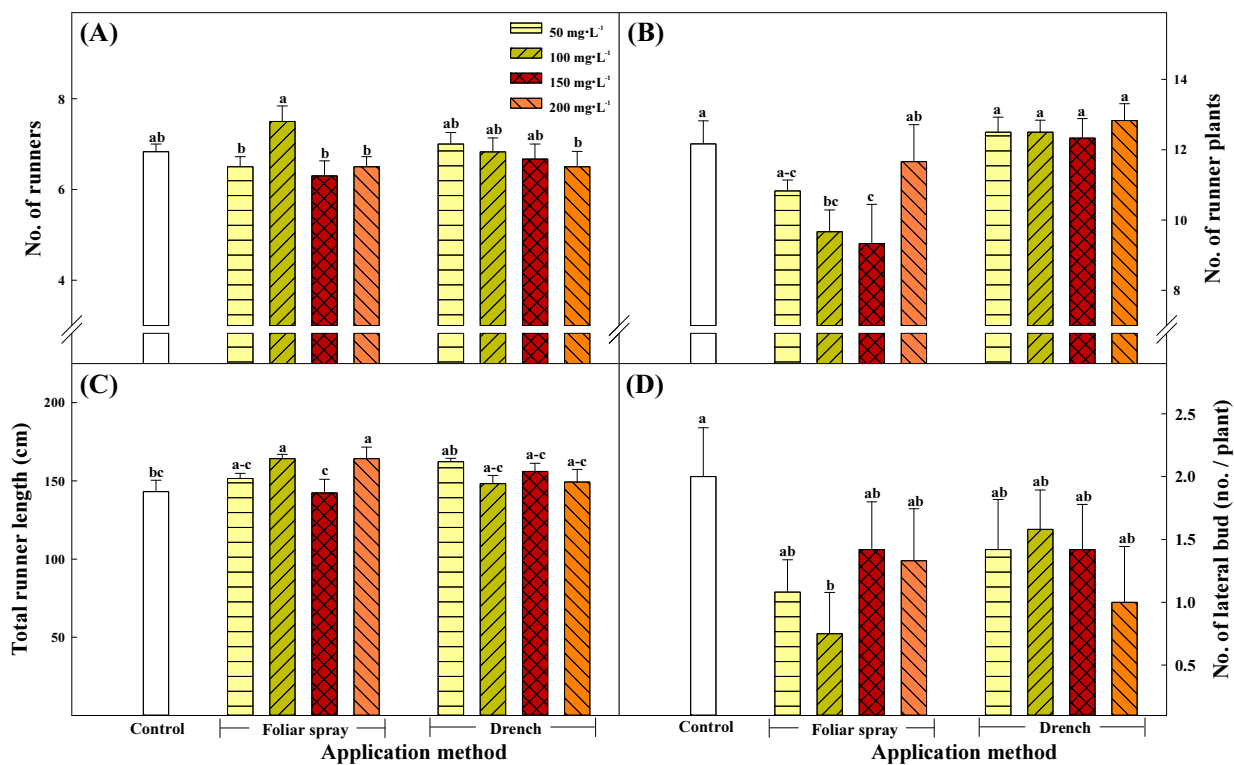


Fig. 3. The number of runners (A), number of runner plants (B), total runner length (C), and number of lateral bud (D) of 'Maehyang' strawberry as affected by application method and concentration at 9 weeks after IBA treatment. Vertical bars indicate standard errors of the means (n = 6). Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

IBA 처리에 따른 딸기 런너와 자묘의 생육을 Fig. 2와 Fig. 3에 나타내었다. 런너 수는 엽면살포 100mg·L⁻¹에서 가장 많았고, 자묘의 수는 대조구와 배지관주 처리에서 높게 나타났다. 옥신은 식물의 세포 분열 및 기관 분화에 관여하며, 엽면살포한 성장조절제는 배지관주에 비해 잎을 통해 빠르게 흡수 및 작용하는데, 빠르게 흡수된 옥신계 성장조절제는 식물 체내 옥신 농도 균형을 붕괴시킴에 따라, 식물의 기관 발달에 부정적인 영향을 끼칠 수 있다(Lee, 2003; Hąc-wydro와 Flasiński, 2015). 따라서, 엽면살포로 IBA가 처리된 식물에서 기관 발달이 저해됨에 따라, 전반적으로 자묘의 수가 적게 나타난 것으로 보인다. 총 런너 길이는 대조구와 비교하였을 때, 엽면살포 처리 100과 200mg·L⁻¹에서 가장 길었다. 위와 같은 현상은 옥신의 신장 촉진 작용에 의한 것으로 판단된다(Depuydt와 Hardtke, 2011). 하지만, ‘매향’ 딸기의 런너 길이는 IBA 농도가 증가함에 따른 정의 상관관계를 보이지 않았다. Kender 등 (1971)과 Singh 등(1960)에 따르면 딸기는 품종에 따라 성장 조절제 처리에 의한 다양한 반응을 나타낸다고 하였다. 따라서, 런너 길이에 IBA가 영향을 끼치는 것에 대한 세부적인 농도 처리실험이 필요한 것으로 판단된다. 측아의 수는 대조구에서 가장 많았으며, 엽면살포 처리 100mg·L⁻¹일 때 가장 적었다. 옥신은 정아의 성장을 촉진 시키고, 측아의 발생을 억제하며, 이를 정아우세현상이라고 한다(Cline, 1991). 따라서, IBA 처리구에서 나타난 측아의 감소는 IBA에 의한 정아우세현상의 결과로 판단된다. 런너 수, 자묘 수, 측아수에서 IBA 처

리 농도 및 방법에 따른 경향성이 뚜렷하게 나타나지 않는 것을 확인할 수 있는데, Murti와 Yeoung (2013)은 ‘Camarosa’와 ‘Redpearl’ 두 품종의 딸기에 각기 다른 농도의 IBA를 처리하였을 때, 지상부 생육에서 차이가 발생하는 것을 확인하였으며, 이는 품종 간 생리적 변화에 대한 민감성의 차이 때문인 것으로 보고하였다. 따라서, ‘매향’ 딸기는 IBA 처리 농도에 따른 생육 변화의 경향성이 적은 품종으로 판단되며, 이에 대한 생리적 연구가 추가적으로 이뤄져야 할 것으로 보인다.

옥신은 식물의 세포 분열에 관여하며, 식물 기관의 신장 및 확장에 관여한다(Ross 등, 2002; Depuydt와 Hardtke, 2011). 또한, 옥신은 식물의 기관 분화 개시 및 발달을 유도하는 호르몬으로(Benková 등, 2003), 기관 형성 및 발달이 활발한 어린 세포로 치등 분배되어 잎, 뿌리, 꽃 등의 형성 및 발달 속도를 향상시킨다(Mattson 등, 2003). 1차 묘의 지상부 생육은 IBA의 처리방법 및 농도에 따른 유의적인 차이가 없었다(Table 2). 2차 묘의 엽병장은 대조구에 비해 IBA 처리구에서 길게 나타났으며, 관부직경은 대조구에서 가장 굵었다(Table 3). 딸기의 관부는 동화산물이 저장되는 곳이며(Kim 등, 2011), 축적된 동화산물은 조직의 발달 및 유지를 위해 소비되어, 그 소비량에 따라 저장기관의 발달이 저하될 수 있다(Park 등, 2002). 2차 묘에서 대조구는 IBA가 처리된 묘에 비해 엽병장의 성장이 적었을 뿐만 아니라, 2차 묘와 런너로 연결된 3차 묘의 생육이 IBA 처리가 된 묘에서 대조구에 비해 더 활발하였음을 고려하였을 때, IBA 처리가 된 묘에 비해 대조구에서 소비된 동

Table 4. The growth characteristics of ‘Maehyang’ strawberry third runner plants as affected by application method and concentration at 9 weeks after IBA treatment.

Application method (A)	Conc. (mg·L ⁻¹) (B)	Petiole length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves	Crown diameter (mm)	SPAD	Leaf area (cm ² /plant)	
Control	0	4.52 d ^f	4.81 bc	3.38 de	2.5 b	6.35 ab	36.12 b	49.14 c	
	50	5.28 cd	4.66 c	3.32 e	2.5 b	5.61 b	37.03 b	55.17 bc	
	Foliar spray	100	7.02 ab	4.93 bc	3.76 b-d	3.0 a	6.00 ab	35.90 b	71.76 a-c
		150	6.80 a-c	5.30 bc	3.63 b-e	3.0 a	7.11 a	41.00 a	72.14 a-c
Drench	200	8.18 a	5.57 ab	4.07 b	3.0 a	7.03 a	36.50 b	75.77 ab	
	50	7.75 ab	5.47 bc	3.90 bc	3.0 a	6.22 ab	35.98 b	64.07 a-c	
	100	8.30 a	6.23 a	4.47 a	3.0 a	6.73 ab	36.83 b	80.66 a	
	150	6.42 bc	4.95 bc	3.52 c-e	2.5 b	6.08 ab	37.68 ab	60.86 a-c	
F-test ^y	200	6.52 bc	5.10 bc	3.75 b-e	3.0 a	6.14 ab	34.47 b	60.70 a-c	
	A	***	*	*	NS	NS	NS	NS	
	B	***	NS	*	*	NS	*	*	
	A × B	NS	**	*	NS	**	NS	NS	

^fMean separation within columns by Duncan’s multiple range test at $P \leq 0.05$.

^yNS, *, **, ***: Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05, 0.01, 0.001$, respectively.

Table 5. The fresh and dry weights of ‘Maehyang’ strawberry runner plants as affected by application method and concentration at 9 weeks after IBA treatment.

Application method (A)	Conc. (mg·L ⁻¹) (B)	Fresh weight (g/plant)			Dry weight (g/plant)		
		First runner plant	Second runner plant	Third runner plant	First runner plant	Second runner plant	Third runner plant
Control	0	13.45 a ^z	6.73 a	2.19 d	3.68 a	1.91 a	0.58 b
Foliar spray	50	15.11 a	6.99 a	2.30 cd	3.90 a	1.75 a	0.58 b
	100	16.02 a	8.04 a	3.04 abc	4.31 a	2.22 a	0.77 ab
	150	14.26 a	6.53 a	2.86 a-d	3.94 a	1.83 a	0.77 ab
	200	16.04 a	7.44 a	3.29 ab	4.22 a	1.99 a	0.84 a
Drench	50	17.37 a	8.05 a	3.06 abc	4.62 a	2.19 a	0.78 ab
	100	14.73 a	7.20 a	3.41 a	3.86 a	1.88 a	0.84 a
	150	15.23 a	7.60 a	2.54 b-d	3.98 a	1.96 a	0.60 b
	200	14.20 a	7.05 a	2.38 cd	3.66 a	1.83 a	0.56 b
F-test ^y	A	NS	NS	*	NS	NS	NS
	B	NS	NS	*	NS	NS	NS
	A × B	NS	NS	*	NS	*	**

^zMean separation within columns by Duncan’s multiple range test at $P \leq 0.05$.

^yNS,*,**: Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05, 0.01$, respectively.

화산물의 양이 적어 상대적으로 관부직경이 굵었을 것으로 판단된다. 3차 묘의 생육은 배지관주 100mg·L⁻¹처리에서 엽병장, 엽장, 엽폭, 엽수, 엽면적이 높은 경향을 보였다(Table 4). 옥신은 식물의 세포 분열을 촉진하며, 이를 통해 기관의 신장 및 발달을 유도한다(Schenck 등, 2010). 따라서 대조구에 비해 IBA 처리구에서 관찰된 잎, 엽병 등의 신장은 옥신의 효과에 의한 것으로 판단된다. 1차 묘와 2차 묘의 생체중 및 건물중은 처리 간의 유의적인 차이가 없었으며, 3차 묘의 생체중은 배지관주 100mg·L⁻¹처리에서 가장 무거웠고, 건물중은 대조구에 비해 배지관주 100mg·L⁻¹처리와 엽면살포 200mg·L⁻¹처리에서 유의적으로 무거웠다(Table 5). 결과적으로 IBA 처리는 3차 묘의 엽병장, 엽장, 엽폭, 엽수, 엽면적, 생체중 및 건물중 등의 생육을 증진시킨 것으로 판단된다. 이러한 결과는 무처리 딸기에 비해 IBA를 처리한 딸기의 자묘에서 지상부 생육이 증진되었다는 Murti와 Yeoung (2013)의 연구 결과와 유사하다. 또한, 옥신은 식물의 발달 단계에 따라 세포 및 조직에 차등 분배되기 때문에(Vanneste와 Friml, 2009), 상대적으로 기관의 분화 및 발달 상태가 초기 단계인 3차 묘에서 1차 묘와 2차 묘에 비해 IBA 처리방법 및 농도에 따른 처리 간에 큰 차이가 나는 것으로 판단된다. Kim 등(2010)은 자묘 생산 기간이 길어질수록 불균일한 묘의 숫자가 증가하여 생산성이 떨어지기 때문에 런너 및 자묘의 생육을 향상시키는 것은 묘의 균일성을 유지하는 것에 있어 중요하다고 보고하였다. 따라

서 IBA의 처리방법과 농도에 따른 3차 묘의 생육 향상은 자묘의 균일성 확보에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다. 따라서, 측아발생의 억제와 3차 묘의 생육을 고려하였을 때, 배지관주 방법으로 IBA 100mg·L⁻¹를 매향 딸기에 처리하는 것이 적절할 것으로 보이며, 딸기의 묘 생산에 필요한 작업량 절감과 묘의 생육 향상 및 균일성 유지에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 시설 딸기(*Fragaria × ananassa* Duch. cv. Maehyang)의 생육과 런너 생산을 위한 옥신계 식물 생장조절제인, IBA의 처리방법 및 농도에 따른 효과를 알아보기 위해 수행되었다. 딸기 묘는 2019년 4월 12일에 코이어 배지가 충전된 화분(150×135×90mm)에 정식 하였다. IBA는 0, 50, 100, 150, 200mg·L⁻¹농도로 각각 엽면살포 및 배지관주 처리로 식물체당 50mL씩 처리하였다. IBA 처리는 2019년 4월 29일에 시작하였다. IBA의 엽면살포 및 배지관주 처리는 처리 시작 일로부터 2주 간격으로 9주간 처리하였다. 처리 9주 후, 묘주의 엽병장은 대조구에서 가장 짧았다. 자묘의 수는 엽면살포 처리에서 감소하는 경향을 보였다. 측아의 수는 IBA 처리에서 감소하는 경향을 보였으며, 엽면살포 100mg·L⁻¹처리에서 가장 적었다. 1차 묘와 2차 묘의 생체중과 건물중은 처리 간 유의적인 차이가 없었다. 하지만, 3차 묘에서 생체중과 건물중

은 배지관주 100mg·L⁻¹ 처리에서 가장 무거웠다. 그러므로, 3차 묘의 생육과 측아 발생 억제를 고려하였을 때, 배지관주 100mg·L⁻¹ 처리가 IBA를 딸기에 처리함에 있어, 3차 묘의 생육과 자묘 생산에 적절한 처리방법 및 농도인 것으로 보이며 위 결과는 딸기 육묘기에 노동력 절감 및 묘소질 향상을 위한 식물생장조절제 활용의 기초자료로서 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

추가 주제어: 건물중, 배지관주, 생체중, 엽면살포, indole-3-butyrac acid

사 사

본 연구는 농림축산식품부 농생명산업기술개발사업(과제 번호 315004-5)의 지원에 의해 수행되었음.

Literature Cited

- Aliyu, O.M., O.O. Adeigbe, and J.A. Awopetu. 2011. Foliar application of the exogenous plant hormones at pre-blooming stage improves flowering and fruiting in cashew (*Anacardium occidentale* L.). *J. Crop. Sci. Biotechnol.* 14:143-150.
- Barceló, M., A. Wallin, J.J. Medina, D.J. Gil-Ariza, G. López-Casado, J. Juárez, J.F. Sánchez-Sevilla, C. López-Encina, J.M. López-Aranda, J.A. Mercado, and F. Pliego-Alfaro. 2019. Isolation and culture of strawberry protoplasts and field evaluation of regenerated plants. *Sci. Hortic.* 256:1-8.
- Benková, E., M. Michniewicz, M. Sauer, T. Teichmann, D. Seifertová, G. Jürgens, and J. Friml. 2003. Local, efflux-dependent auxin gradients as a common module for plant organ formation. *Cell* 15:1899-1911.
- Cline, M.G. 1991. Apical dominance. *Bot. Rev.* 54:318-358.
- Depuydt, S, and C.S. Hardtke. 2011. Hormone signalling crosstalk in plant growth regulation. *Curr. Biol.* 21:365-373.
- Epstein, E, and J. Ludwig-Müller. 1993. Indole-3-butyrac acid in plants: occurrence, synthesis, metabolism and transport. *Physiol. Plant.* 88:382-389.
- Hąc-wydro, K. and M. Flasiński. 2015. The studies on the toxicity mechanism of environmentally hazardous natural (IAA) and synthetic (NAA) auxin – the experiments on model *Arabidopsis thaliana* and rat liver plasma membranes. *Colloids Surf. B. Biointerfaces.* 130:53-60.
- Kang, H.J., H.J. Song, S.J. Park, Z.H. Kim, and S.W. Lee. 2011. Effects of crown diameter on plant growth and fruit yield in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.). *J. Agric. Life Sci.* 45:81-86.
- Kender, W.J., S. Carpenter, and J.W. Braun. 1971. Runner formation in ever-bearing strawberry as influenced by growth-promoting and inhibiting substances. *Ann. Bot.* 35:1045-1052.
- Kim, D.Y., T.I. Kim, W.S. Kim, Y.I. Kang, H.K. Yun, J.M. Choi, and M.K. Yoon. 2011. Changes in growth and yield of strawberry (cv. Maehyang and Seolhyang) in response to defoliation during nursery period. *J. Bio-environ. Control.* 200:283-289 (in Korean).
- Kim, H.M., and S.J. Hwang. 2016. Effect of chlorine dioxide on freshness of ‘Maehyang’ strawberries during export. *Korean J. Hortic. Sci. Technol.* 34:626-633.
- Kim, S.H., M. Abinaya, Y.G. Park, and B.Y. Jeong. 2018. Physiological and biochemical modulations upon root induction in rose cuttings as affected by growing medium. *Hortic. Plant J.* 4:257-264.
- Kim, S.K., M.S. Jeong, S.W. Park, M.J. Kim, H.Y. Na, and C. Chun. 2010. Improvement of runner plant production by increasing photosynthetic photon flux during strawberry transplant propagation in a closed transplant production system. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28:535-539.
- Korea rural economic institute (KREI). 2017. Import and export statistics. <http://www.krei.re.kr> (in Korean).
- Korean Statistical Information Service (KOSIS). 2019. Crop production survey. <http://kosis.kr/index/index.do> (in Korean).
- Krouk, G., B. Lacombe, A. Bielach, F. Perrine-Walker, K. Malinska, E. Mounier, K. Hoyerova, P. Tillard, S. Leon, K. Ljung, E. Zazimalova, E. Benkova, P. Nacry, and A. Gojon. 2010. Nitrate-regulated auxin transport by NRT1.1 defines a mechanism for nutrient sensing in plants. *Dev. Cell.* 18:927-937.
- Lee, J.N., E.H. Lee, J.G. Lee, S.J. Kim, H.Y. Pak, and Y.R. Yong. 2006. Growth and yield by controlled crowns and clusters of ever-bearing strawberry in highland. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 24:26-31 (in Korean).
- Lee, J.N., H.J. Kim, K.D. Kim, D.L. Yoo, J.S. Im, and Y.R. Yeoung. 2014. Growth and yield as affected by controlled crowns of the new ever-bearing strawberry ‘Goha’ in highlands. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 32:41-45 (in Korean).
- Lee, M.Y. 2003. Suppression of stretchiness in pot kalanchoe by various applications of plant growth retardants. Master Diss., Gyeongsang National Univ., Jinju p.3-6.
- Mattsson, J., W. Ckurshumova, and T. Berleth. 2003. Auxin signaling in *Arabidopsis* leaf vascular development. *Plant Physiol.* 131:1327-1339.
- Murti, R.H. and Y.R. Yeoung. 2013. Effects of BA and IBA concentrations and subculture frequent on meristem culture of strawberry. *ARPN J. Agric. Biol. Sci.* 8:405-410.
- Nishizawa, T. and Y. Hori. 1988. Translocation ¹⁴C-assimilates from leaves of strawberry plants in vegetative as affected by leaf age and leaf position. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 54:

- 467-476.
- Park, K.H., Y.T. Chun, W.S. Kim, and S.J. Chung. 2002. Effects of extra side shoot on the growth and fruit yield of hydroponically grown cucumber plants. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 43:549-552 (in Korean).
- Rho, I.L., Y.S. Cho, J.W. Cheong, H.J. Jeong, and H.B. Jeong. 2007. Effect of low-temperature and short-photoperiod treatment during a high-temperature season on flower bud formation and generation acceleration of short-day strawberry. *Hortic. Sci. Technol.* 25:12-16 (in Korean).
- Ross, J.J., D.P. O'Neill, C.M. Wolbang, G.M. Symons, and J.B. Reid. 2002. Auxin-gibberellin interactions and their role in plant growth. *J. Plant Growth Regul.* 20:346-353.
- Sabatini, S. and D. Beis, H. Wolkenfelt, J. Murfett, T. Guilfoyle, J. Malamy, P. Benfey, O. Leyser, N. Bechtold, P. Weisbeek, and B. Scheres. 1999. An auxin-dependent distal organizer of pattern and polarity in the *Arabidopsis* root. *Cell* 99:463-472.
- Samarakoon, A.B., and R.F. Horton. 1983. Petiole growth in *Ranunculus sceleratus*: the role of growth regulators and the leaf blade. *Can. J. Bot.* 61:3326-3331.
- Schenck, D., M. Christian, A. Jones, and H. Lüthen. 2010. Rapid auxin-induced cell expansion and gene expression: a four-decade-old question revisited. *Plant Physiol.* 152:1183-1185.
- Singh, J.P., G.S. Randhawa, and N.L. Jain. 1960. Response of strawberry to gibberellic acid. *Indian J. Hort. Sci.* 17: 21-30.
- Tetsumura, T., S. Ishimura, C. Honsho, and H. Chijiwa. 2017. Improved rooting of softwood cuttings of dwarfing rootstock for persimmon under fog irrigation. *Sci. Hortic.* 224:150-155.
- Vanneste, S., and J. Friml. 2009. Auxin: a trigger for change in plant development. *Cell* 136:1005-1016.
- Yokawa, K., and F. Baluška. 2015. Pectins, ROS homeostasis and UV-B responses in plant roots. *Phytochemistry* 112:80-83.
- Zheng, P., F. Jin, and L. Yan. 2004. Effect of exogenous hormones on growth of strawberry test-tube plantlets in salt stress. *J. Gansu Agric. Univ.* 39:277-280.