

육묘기 '매향' 딸기의 생육, 런너 및 자묘 생산에 미치는 지베렐린 처리방법 및 농도의 영향

강재현¹ · 김현민² · 김혜민² · 정현우² · 이혜리² · 황희성¹ · 정병룡^{1,2,3,4,5} · 강남준^{1,2,3,4,5} · 황승재^{1,2,3,4,5*}

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

Gibberellin Application Method and Concentration Affect to Growth, Runner, and Daughter Plant Production in 'Maehyang' Strawberry during Nursery Period

Jae Hyeon Kang¹, Hyeon Min Kim², Hye Min Kim², Hyeon Woo Jeong², Hye Ri Lee², Hee Sung Hwang¹,
Byoung Ryong Jeong^{1,2,3,4,5}, Nam Jun Kang^{1,2,3,4,5}, 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 aimed to evaluate the effect of application method and concentration of gibberellin A₃ (GA₃) on the growth, runner production, and seedling quality of strawberry plants (*Fragaria × ananassa* Duch. cv. Maehyang) during nursery period. The mother plants of strawberry were transplanted in pot (64 × 27 × 18 cm) filled with commercial growing medium on March 20, 2018. GA₃ concentration was applied as 0, 50, 100 or 200 mg·L⁻¹ with spray or drench to 45 mL per plant at 4 weeks after transplanting, respectively. Nutrient solution was supplied with the EC 1.5 dS·m⁻¹ after the transplanting and supplied 350 mL per pot twice a day (15 min per one time) after rooting. The growth characteristics of mother plants of strawberry were measured at 7 weeks after treatment, and growth characteristics of daughter plants of strawberry were measured at 10 weeks after treatment. Runner length and diameter of mother plant was the longest or thickest in the spray with 200 mg·L⁻¹ than the other treatments, respectively. Soil-plant analysis development (SPAD) value of mother plant was the lowest in spray with 200 mg·L⁻¹. However, leaf length, leaf width, and crown diameter showed no significant differences in all treatment among application method and concentration of GA₃. As the concentration of GA₃ increased, physiological disorder like stretchiness of crown occurred more. The physiological disorder was the most occurred in spray treatment with 200 mg·L⁻¹, but drench treatment occurred less than spray treatment. The number of runners and daughter plants increased with increasing concentration of GA₃ regardless of application methods. In the growth characteristics of the daughter plants, leaf length and leaf width of first daughter plant, plant height, crown diameter, leaf area and SPAD value of second daughter plant, and plant height of third daughter plant were the significantly greatest in drench with 100 mg·L⁻¹ treatment. This results indicate that growth and runner production of mother plants and growth of daughter plants of strawberry were the best achieved by drench application in the 100 mg·L⁻¹ GA₃.

Additional key words : drench, *Fragaria × ananassa*, GA₃, number of runners, spray

서 론

딸기는 장미과에 속하는 초본성 다년생 식물로써

2017년 국내 재배면적은 5,907ha이며, 생산량은 19만 8천 톤으로 세계 9위의 생산량을 기록하고 있는 한국의 대표 과채류 중 하나이다(FAOSTAT, 2013; aT, 2017; KREI, 2017). 딸기는 노지재배와 시설재배 방식이 있는데 이중 시설재배가 98%를 차지하며, 지역별로 경남 36.5%, 충남 20.9%, 전북 12.8%, 전남 14.8%의 비율로

*Corresponding author: hsj@gnu.ac.kr

Received October 6, 2018; Revised October 23, 2018;

Accepted October 25, 2018

분포되어 있다(KOSIS, 2016). 한국의 딸기 수출량은 5,106톤, 수출액은 43,978\$로 신선 과채류 중에서 파프리카 다음으로 많은 수출량을 보이거나 총 생산량에 비해 수출 비중은 2.4%로 매우 낮다(aT, 2017). 주요 수출 품종인 ‘매향’ 딸기는 우리나라에서 재배되는 딸기 품종의 3.3%를 차지하며, 경남 진주지역에서 주로 재배되고 있다(KREI, 2017).

수출 품종인 ‘매향’은 2001년 논산딸기연구소에서 육종 되었으며, ‘매향’의 주요 특성은 초세가 왕성하고 과실의 당도가 높고 산도가 낮으며, 경도가 우수하여 저장성이 좋다. 또한 저온요구도가 낮아 휴면이 얇고 화아분화가 빠르며 장기간 과실의 수확이 가능하여 축성재배에 적합하다(Kim 등, 2004). 국내 딸기의 재배 작형은 첫 수확시기를 당기고 수확기간을 늘리기 위해 반축성 재배에서 축성 재배 작형으로 바뀌는 추세이다. 축성재배는 딸기 묘를 3월 중순에서 하순경에 모주를 정식하고, 정식한 모주로부터 발생한 자묘를 적절한 크기로 키운 후 화아분화시켜, 9월 초순 혹은 중순경 자묘를 정식한다. 이러한 일련의 과정에서 모주의 묘소질과 초기생육은 런너 수와 자묘의 생산량과 묘소질 그리고 딸기의 정식 후 생육과 수량을 결정한다(RDA, 2008, 2015).

딸기 재배에서 자묘의 묘소질은 정식 후 생육과 수량에 결정적인 영향을 미치는 요인이다. 이로 인해 최근 딸기 재배 농가들은 균일하고 충실한 묘를 원하며, 우량묘를 생산하는 것에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 따라 국내에서는 품종에 따른 다양한 재배 작형과 육묘에 대한 연구가 진행되고 있다. 육묘기 런너 절단 시기 및 양분 공급 중단 시기 구명(Kim 등, 2012; Kim 등, 2013), 양액의 EC 농도 구명(Kim 등, 2018), 자묘의 적엽 여부(Kim 등, 2011), 육묘기 완효성비료공급량 구명(Yoon 등, 2018) 등과 같은 다양한 연구가 진행되고 있지만 아직까지 육묘기 딸기의 런너 및 자묘 생산성 향상과 모주의 생장에 관련된 성장조절제 처리에 대한 연구는 미미한 실정이다.

식물의 생육조절을 위해 사용되는 호르몬계열의 성장조절제는 옥신, 지베렐린, 사이토키닌 등이 있다. 그 중 지베렐린은 생육을 촉진하며 개화유도와 성을 결정한다고 알려져 있으며(Lang, 1957), 종자를 발달시키며 꽃가루의 발달과 화분관 생육을 촉진시킨다고 보고된바 있다(Swain과 Singh, 2005). 딸기 재배 시 지베렐린은 휴면을 타파시키고 런너 형성을 촉진시킨다. 또한 뿌리의 신장과 잎의 길이, 꽃가루의 발달 및 꽃가루관 신장도 촉진시킨다(Guttridge와 Thompson, 1964; Thompson, 1969). 그러나 딸기 품종의 지베렐린에 대한 반응은 내재성 호르몬 수준의 차이로 인해 품종간의 차이를 보이며(Lopez-Galarza 등, 1989), 품종에 따른 지베렐린의 명

확한 농도 및 처리방법에 대한 구명이 필요하다.

따라서 본 연구의 목적은 ‘매향’ 딸기의 모주에 지베렐린 처리방법과 적절한 농도를 확인하여 모주의 초기생육과 런너 생산 및 자묘의 묘소질 향상을 통한 현장 적용 가능성을 확인하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 재배환경

완전 전개된 3매의 잎을 가진 균일한 ‘매향’ 딸기 (*Fragaria × ananassa* Duch. cv. Maehyang) 모주만을 선발하여 2018년 3월 20일에 딸기 전용 혼합 상토(BC2, BVB substrates Co. Ltd., De Lier, The Netherlands)로 충전된 딸기 전용 재배 포트(64×27×18cm, Hwaseong Industrial Co. Ltd., Hwaseong, Korea)에 정식 후 6월 27일까지 경상대학교 부속농장 유리온실에서 재배하였다. 재배기간 동안의 관주는 점적테이프를 이용하였고, 네덜란드 Bas Van Buuren (BVB) 조성의 딸기 전용 배양액(다량원소는 NO₃⁻ 8.2, NH₄⁺ 1.1, H₂PO₄⁻ 1.7, K⁺ 4.9, Ca²⁺ 5.2, Mg²⁺ 2.2, SO₄²⁻ 3.5me·L⁻¹, 미량원소는 Fe-EDTA 10.60, H₃BO₃ 0.31, CuSO₄·5H₂O 0.16, MnSO₄·5H₂O 2.54, Na₂MoO₄·2H₂O 0.12, ZnSO₄·7H₂O 2.21mg·L⁻¹)을 원수분석 결과 값에 반영하여 조제 후 사용하였다. 배양액의 공급은 정식 후 EC 수준을 1.5dS·m⁻¹로 맞추어 뿌리활착을 위해 배지가 마르지 않도록 충분히 관수하였다. 뿌리활착 후에는 배양액의 1회 공급량을 딸기 재배 포트 당 200-450mL로 맑은 날에는 하루 1-2회(회당 15분씩) 공급하였고, 흐린 날에는 공급하지 않았다. 재배기간 동안 모주 관리를 위해 주기적으로 액아와 노엽을 제거해 주었고 모주에서 나온 런너는 성장조절제의 효과를 확인하기 위해 제거하지 않았다. 또한 딸기 재배 시 발생하는 주요 병해충인 흰가루, 응애, 진딧물, 탄저병, 작은뿌리파리 방제를 위해 각각 cyflufenamid (3.5%), abamectin (1.8%), imidacloprid (10%)와 acetamiprid (5%), 그리고 azoxystrobin (21.7%)을 5-7일 주기로 살포하였다.

2. 성장조절제처리

본 실험에 사용된 성장조절제는 지베렐린(Gibberellin A₃, GA₃)(Dea-yu gibberellin, Dea yu Co. Ltd., Gyeongsan, Korea)을 이용하였고, 정식 후 30일째 되는 날 Lee 등(2013)과 Ku 등(1998)의 지베렐린을 이용한 딸기모주의 런너 및 자묘생산 연구에서의 GA₃ 농도를 참고하여, GA₃ 50mg·L⁻¹을 기준으로 하여 0, 1, 2, 4배의 지베렐린의 농도인 0, 50, 100, 200mg·L⁻¹로 제조하여 식물체당 45mL씩 각각 엽면살포와 배지관주 하였다.

3. 조사항목

생장조절제 처리방법과 농도에 따른 ‘매향’ 딸기의 생육을 비교하기 위해 생장조절제 처리 후 7주째에 모주의 초장, 엽장, 엽폭, 크라운 직경, 런너 수, 런너 길이, 런너 직경, soil-plant analysis development (SPAD)를 측정하였다. 초장은 가장 큰 잎을 기준으로 측정하였고, 엽장과 엽폭은 처리 후 첫 번째 신엽을 기준으로 측정하였다. 크라운 직경은 버니어 캘리퍼스(CD-20CPX, Mitutoyo Co. Ltd., Kawasaki, Japan)를 이용하여 지제부 상단 1cm를 측정하였다. 런너 수는 처리 후 발생한 런너의 수를 측정하였으며, 런너 길이는 첫 번째 런너를 기준으로 측정하였고, 런너 직경은 모주 쪽 첫 번째 런너 상단의 1cm를 측정하였다. SPAD값은 엽록소 측정기(SPAD-502, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 완전히 전개된 잎을 측정하였고, 모주의 크라운 부위의 생리장해 여부는 각 농도별 처리구에서 12개의 개체를 임의로 선정하여 크라운 부위가 5cm이상 도장한 것을 생리장해가 발생한 것으로 간주하였다. 처리 후 10주째 생장조절제 처리방법과 농도에 따른 런너와 자묘의 생육 특성을 조사하였다. 런너의 생육 특성 조사는 런너 수, 런너 길이, 런너의 생체중 및 건물중을 조사하였고 자묘의 생육 특성 조사는 자묘의 개수, 첫 번째, 두 번째, 세 번째 자묘의 초장, 엽장, 엽폭, 엽면적, 크라운 직경, 생체중 및 건물중, SPAD를 조사하였다. 엽면적은 엽면적 측정기(LI-3000, LICOR Inc., Nebraska-Lincoln USA)를 이용하여 측정하였다. 생체중과 건물중은 전자저울(EW220-3NM, Kem&Sohn GmbH., Balingen, Germany)을 이용하여 측정하였으며, 건물중은 항온 건조기(Venticell-222, MMM Medcenter

Einrichtungen GmbH., Planegg, Germany)에서 72시간 건조 후 측정하였다. 양액의 EC 수준과 pH는 휴대용 pH/EC 측정계(Enzo 8200m, GONDO Electronic Co. Ltd., Taipei, Taiwan)를 사용하여 측정하였다.

4. 통계분석

실험의 배치는 무처리구를 포함한 GA₃의 처리방법과 농도 구명을 위해 처리 당 4개체씩 3반복의 난괴법으로 배치하였다. 통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.4, SAS Institute Inc., Cary, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 평균 간 비교는 던컨의 다중검정(Duncan's multiple range test)을 이용하여 5% 유의수준에서 각 처리간의 유의성을 검증하였다. 그래프는 SigmaPlot 프로그램(Sigma Plot 12.0, Systat Software Inc., San Jose, USA)을 이용하여 나타냈다.

결과 및 고찰

Table 1은 GA₃ 처리 후 7주째에 측정된 딸기 ‘매향’을 비 파괴적인 방법으로 생육을 조사하여 그 결과를 나타냈다. 초장, 엽장, 엽폭은 200mg·L⁻¹의 엽면살포한 처리구에서 유의성 있게 길었고, 런너 길이 또한 200mg·L⁻¹의 엽면살포한 처리구에서 가장 길었다. 런너 직경은 50mg·L⁻¹와 200mg·L⁻¹의 엽면살포한 처리구에서 굵었으나 농도에 따른 정의 상관관계는 보이지 않았다. 그러나 SPAD 값은 200mg·L⁻¹의 엽면살포한 처리구에서 가장 낮게 나타났는데 광질에 따른 SPAD 값 변화연구를 수행한 Bae 등(2017)의 연구에 따르면

Table 1. Growth of mother plant of ‘Maehyang’ strawberry as affected by application method and concentration at 7th weeks after gibberellin treatments in the greenhouse.

Application method	Concentration (mg·L ⁻¹)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Crown diameter (mm)	No. of runners	Runner length (cm)	Runner diameter (mm)	SPAD
Control	0	23.7 c ^z	17.3 c	12.3 b	18.3 a	5.5 ab	91.2 c	2.8 bc	39.8 a
	50	26.7 b	19.1 abc	13.1 ab	18.6 a	6.2 a	115.6 ab	3.1 a	39.5 a
Spray	100	26.8 b	18.5 bc	13.8 a	17.2 ab	5.8 ab	117.6 ab	3.0 ab	38.0 a
	200	29.1 a	21.0 a	14.1 a	18.6 a	5.8 ab	123.8 a	3.1 a	35.7 b
Drench	50	25.8 b	18.9 ab	13.2 b	17.3 a	4.8 ab	96.5 bc	3.0 ab	40.4 a
	100	26.3 b	18.8 ab	13.2 ab	17.2 ab	5.6 ab	101.8 bc	2.9 abc	40.0 a
	200	27.3 b	20.7 a	14.1 a	17.1 ab	5.0 b	105.1 bc	2.9 abc	38.1 a
F-test ^y	A	***	NS	NS	NS	*	***	**	**
	B	***	***	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 $P \leq 0.05, 0.01, 0.001$, respectively.

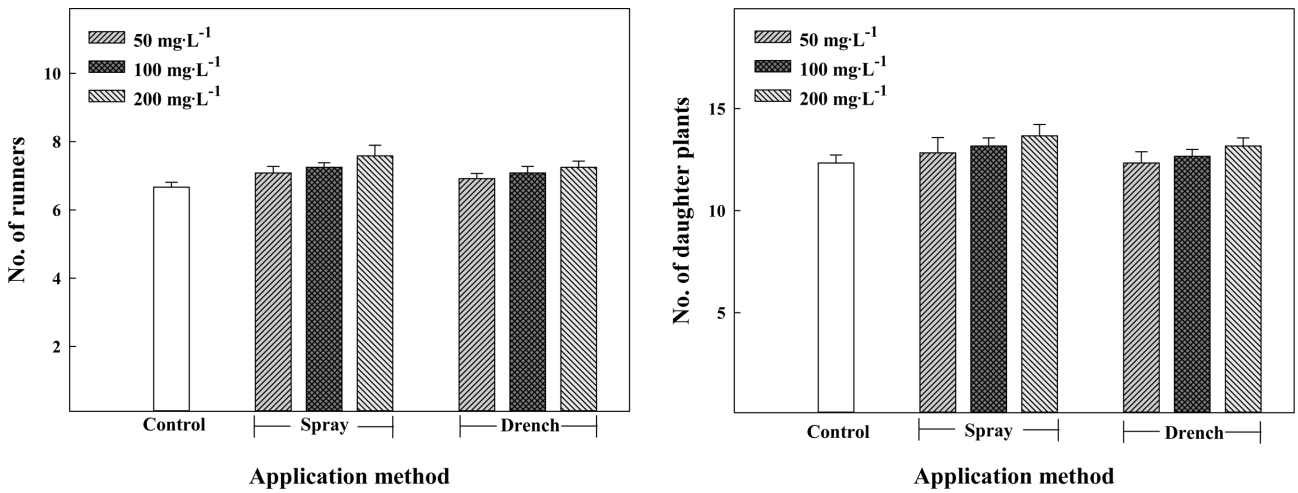


Fig. 1. The number of runners and daughter plants of ‘Maehyang’ strawberry as affected by application method and concentration of gibberellin at 10 weeks after gibberellin treatments in the greenhouse. Vertical bars indicate standard errors of the means (n = 6).

Far-red 광질을 상추에 조사하였을 시 상추 잎세포의 크기를 증가시켜 엽면적이 증가하였고 이로 인해 단위면적당 엽록소 농도가 감소하여 SPAD 값이 감소하는 결과가 나타났다. 본 연구에서도 지베렐린에 의해 딸기 잎세포의 크기가 비대해져 엽면적이 증가하였으며 단위면적당 엽록소 농도의 감소에 의해 SPAD 값이 감소한 것으로 판단된다. 크라운 직경과 런너 수는 GA₃의 처리방법과 농도에 따른 차이를 보이지 않았다. 딸기 재배 시 성장조절제를 엽면살포한 처리는 딸기의 엽수, 크라운 직경, 엽면적과 같은 생육 특성에서 대조구에 비해 생육이 증진되었다(Momenpour 등, 2011). 본 연구에서도 무처리와 GA₃ 처리를 비교하였을 때, GA₃의 처리가 딸기의 생육을 증진시키는 효과를 보였다. 딸기는 고온장일의 육묘기간 동안 대부분의 광합성 산물은 영양생장에 사용되며(RDA, 2012), 이 기간의 GA₃의 처리가 생육을 더욱 촉진시켰다고 판단된다. GA₃의 처리방법에서는 엽면살포가 배지관주보다 생육이 증진되는 효과를 보였다. 성장조절제 처리 시 엽면살포는 잎을 통해서 약제를 흡수하여 빠르게 효과를 볼 수 있는 장점이 있는 반면 많은 양의 성장조절제가 필요하며 배지관주는 효과가 느린 반면 오랫동안 지속해서 저 농도로 많은 효과를 낼 수 있다(Lee, 2003). 그러므로 초기에 GA₃의 영향을 받은 엽면살포한 처리에서 생육이 더욱 증진되었다. 또한 딸기의 GA₃ 처리는 처리방법과 무관하게 농도가 높을수록 초장, 엽장, 엽폭 등이 길어졌다. Lee와 Sugiyama(1971)의 연구에 따르면 딸기의 지베렐린 처리 농도가 높아질수록 엽장, 엽신, 엽면적이 증가하였다. 본 연구에서도 GA₃의 농도가 가장 높은 200mg·L⁻¹의 처리구에서 딸기 식물체의 크기가 가장 크게 증가되었다. GA₃ 처리 후

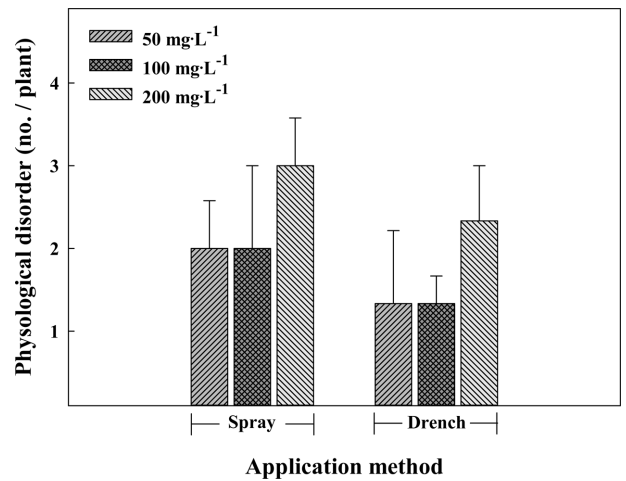


Fig. 2. The number of crown physiological disorders of ‘Maehyang’ strawberry as affected by application method and concentration of gibberellin in the greenhouse. Vertical bars indicate standard errors of the means (n = 3).

10주째에 ‘매향’ 딸기의 런너와 자묘의 수를 측정한 결과는 처리방법과 무관하게 성장조절제 농도가 높을수록 많이 생산되었다(Fig. 1). Guttridge와 Thompson(1964)의 연구에서 딸기에 지베렐린을 처리하였을 시 런너 형성을 촉진시킨다는 결과가 있다. 또한 Momenpour 등(2011)의 지베렐린과 사이토키닌을 처리한 딸기의 자묘 수가 대조구보다 더욱 많이 생성되었다는 연구 결과도 보고되어진 바 있다. 본 연구에서도 ‘매향’ 딸기에 대한 GA₃의 처리에서 런너와 자묘생산의 수가 증가하는 경향을 보였다.

이상의 결과에 따르면 ‘매향’ 딸기의 GA₃ 처리는 처리방법에 무관하게 농도가 높을수록 모주의 생육을 촉진

Table 2. Growth of first daughter plant of ‘Maehyang’ strawberry as affect by application method and concentration at 10 weeks after gibberellin treatments in the greenhouse.

Application method	Concentration (mg·L ⁻¹)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf area (cm ² /plant)	Crown diameter (mm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	SPAD
Control	0	19.2 a ^z	9.2 ab	6.5 ab	347.6 a	9.6 a	15.3 a	3.2 a	43.5 a
	50	16.8 b	8.2 c	5.9 bc	272.1 bc	8.1 cd	10.5 cd	2.3 bc	43.2 a
Spray	100	16.6 b	8.4 bc	6.2 b	270.4 bc	8.5 bc	10.5 cd	2.3 bc	42.9 a
	200	13.8 c	7.2 d	5.5 c	222.4 c	7.5 d	8.8 d	2.1 c	44.0 a
Drench	50	19.4 a	8.6 bc	6.2 b	299.0 ab	8.2 cd	11.8 c	2.6 abc	44.6 a
	100	19.1 a	9.4 a	6.9 a	341.6 a	9.1 ab	14.3 ab	3.2 a	44.2 a
	200	17.3 b	8.6 bc	6.1 b	310.5 ab	8.4 bcd	12.4 bc	2.9 ab	44.0 a
	A	***	***	**	***	NS	***	***	NS
F-test ^y	B	***	**	*	NS	**	NS	NS	NS
	A×B	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 $P \leq 0.05, 0.01, 0.001$, respectively.

Table 3. Growth of second daughter plant of ‘Maehyang’ strawberry as affect by application method and concentration at 10 weeks after gibberellin treatments in the greenhouse.

Application method	Concentration (mg·L ⁻¹)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf area (cm ² /plant)	Crown diameter (mm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	SPAD
Control	0	14.6 bc ^z	7.8 a	5.8 a	206.1 a	7.5 a	8.32 a	1.83 a	45.2 ab
	50	13.5 c	7.2 ab	5.2 b	167.7 b	7.1 a	5.88 b	1.25 c	44.6 ab
Spray	100	15.2 abc	6.8 b	5.3 ab	166.3 b	7.0 a	6.37 b	1.36 c	42.5 c
	200	10.7 d	5.6 c	4.4 c	87.3 c	5.3 b	3.61 c	0.79 d	44.4 b
Drench	50	16.1 ab	6.8 ab	5.5 ab	173.7 ab	6.9 a	6.56 b	1.40 c	44.8 ab
	100	17.0 a	7.1 ab	5.7 ab	207.7 a	7.6 a	8.32 a	1.77 ab	46.5 a
	200	15.3 abc	7.0 ab	5.4 ab	161.5 b	7.1 a	6.77 b	1.50 bc	43.7 bc
	A	***	NS	***	***	**	***	***	*
F-test ^y	B	***	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 $P \leq 0.05, 0.01, 0.001$, respectively.

시켰다. 그러나 GA₃ 처리 농도가 높아질수록 모주의 크라운이 기형적으로 길어지는 현상을 보였다(Fig. 2). 엽면살포가 배지관주보다 더 많은 크라운의 기형이 발생했는데, 이는 Lee(2003)의 연구에서 엽면살포가 잎을 통해 약제를 흡수하여 빠른 효과를 볼 수 있었으며 본 연구도 마찬가지로 엽면살포에서 생장조절제를 빠르게 흡수하여 더 많은 영향을 받았기 때문이라 판단된다. 본 연구는 GA₃ 처리를 통한 모주의 생육과 런너와 우량묘의 생산의 관점으로 실행되었으나 크라운에 기형이 발생하였고 향후 크라운 기형을 낮추면서 모주의 생장을 촉진

시킬 적절한 처리 농도에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

GA₃ 처리 후 10주째에 딸기 모주와 분리되지 않은 첫 번째(Table 2), 두 번째(Table 3), 세 번째(Table 4) 자묘의 묘소질을 측정된 결과, 첫 번째 자묘의 초장은 50mg·L⁻¹의 배지관주한 처리에서 가장 높았으며 엽장, 엽폭은 100mg·L⁻¹의 배지관주한 처리에서, 엽면적, 크라운 직경, 생체중 및 건물중은 대조구에서 유의적으로 높았다(Table 2). 두 번째 자묘는 초장과 엽면적이 100mg·L⁻¹의 배지관주한 처리에서 가장 컸고 SPAD 값

Table 4. Growth of third daughter plant of ‘Maehyang’ strawberry as affect by application method and concentration at 10 weeks after gibberellin treatments in the greenhouse.

Application method	Concentration (mg·L ⁻¹)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf area (cm ² /plant)	Crown diameter (mm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	SPAD
Control	0	10.1 ab ²	5.2 a	3.9 a	68.3 a	5.9 a	7.54 a	0.64 a	45.0 ab
	50	11.5 a	4.8 ab	3.7 a	54.7 a	4.9 b	2.36 b	0.48 abc	45.6 ab
Spray	100	9.6 ab	4.4 bc	3.5 ab	44.2 ab	4.5 ab	1.97 b	0.47 bc	43.6 ab
	200	7.5 b	4.0 c	3.1 b	27.5 b	3.8 c	1.14 c	0.32 c	44.8 ab
Drench	50	11.2 a	4.7 abc	3.7 a	51.6 a	4.8 b	2.32 b	0.58 ab	45.0 ab
	100	11.6 a	4.9 ab	3.8 a	66.4 a	4.9 b	2.65 b	0.55 ab	43.4 b
	200	10.2 ab	4.9 ab	3.9 a	45.2 ab	5.0 b	2.14 b	0.48 abc	46.4 a
	A	*	NS	*	NS	*	*	*	NS
F-test ³	B	*	NS	NS	*	NS	*	*	*
	A×B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

²Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at $P \leq 0.05$.

³NS, *Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05$, respectively.

이 가장 높았다(Table 3). 엽장, 엽폭, 생체중 및 건물중은 대조구에서 가장 높게 측정됐다. 세 번째 자묘도 초장은 100mg·L⁻¹의 배지관주한 처리에서 가장 높았으나 나머지 생육 특성은 대조구가 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났다(Table 4). 처리방법에 있어 묘소질은 배지관주와 낮은 농도 처리에서의 생육이 더 좋은 것으로 확인되었다. 기존의 연구에서 지베렐린은 주근의 발근을 촉진시키고 부정근의 형성을 억제한다는 보고가 있으며 (Fu와 Harberd, 2003; Pamfil과 Bellini, 2011), 본 연구에서도 모주의 지베렐린 처리로 인해 처리구의 지하부 생육이 부진했고, 초기생육에서 지상부의 영양생장에 더 많은 동화산물을 사용함으로써 대조구의 자묘생육이 상대적으로 더 좋았다고 판된다. 본 연구에서 ‘매향’ 딸기의 런너와 자묘 수는 200mg·L⁻¹의 엽면살포한 처리에서 가장 많이 생산되었지만, 높은 농도의 GA₃에서 크라운의 기형이 발생하였고, 묘소질에 있어 부정적인 효과가 나타났다. 딸기 재배에서 육묘는 모주의 생육과 런너 및 자묘 수도 중요하지만, 크라운이 굵고 초장이 길며 세력이 강건한 묘소질을 가져야만 한다. 이는 크라운 직경이 10mm 이상 되는 우량묘는 정식 후 생육과 발달에 필요한 무기양분의 축적이 많아져 꽃수의 증가와 수확량이 많아졌다는 보고가 있으며 (Savini와 Neri, 2004.; Yoshida와 Morimoto, 2010), 딸기 묘의 크라운 크기가 클수록 뿌리 활착 및 식물체 생육이 우수하였고, 개화도 빠르다는 연구결과(Kang 등, 2011)가 있는 만큼 크라운 직경과 같은 묘소질이 딸기재배에 중요한 역할을 한다.

이상의 결과를 종합하면, GA₃의 처리방법과 농도에

따른 딸기 ‘매향’의 모주생육은 GA₃ 엽면살포 200mg·L⁻¹에서 가장 효과적이었으며, 런너와 자묘의 수는 처리방법과 무관하게 높은 농도에서 많이 생산되었다. 그러나 높은 농도의 GA₃을 처리한 실험구에서 크라운이 기형적으로 길게 자라났다. 자묘의 묘소질은 GA₃의 농도가 낮을수록, 엽면살포보다 배지관주에서 우수하였다. 종합적으로 본 연구의 결과로부터 ‘매향’ 딸기 모주의 생육과 런너 및 자묘생산 등의 묘소질을 고려할 때, GA₃를 100mg·L⁻¹로 배지관주 하는 것이 가장 적합한 처리 방법이라 판단된다.

적 요

본 연구는 육묘기 동안 딸기 ‘매향’(*Fragaria × ananassa* Duch. cv. Maehyang)의 생육 및 런너 생산과 묘소질에 있어 지베렐린(GA₃)의 처리방법과 농도에 대한 효과를 평가하기 위해 수행되었다. 딸기 모주는 2018년 3월 20일에 상업적 생육배지로 충전된 포트(64×27×18cm)에 정식하였다. 정식 후 4주째에 GA₃의 농도를 0, 50, 100, 200mg·L⁻¹로 식물체당 45mL씩 각각 엽면살포와 배지관주로 처리하였다. 정식 후 배양액의 EC는 1.5dS·m⁻¹로 공급하였고 뿌리 활착 후 1일 2회 포트 당 350mL(1회당 15분)를 공급했다. 처리 후 7주째에 딸기의 모주의 생육 특성을 측정하였고, 처리 후 10주째에 딸기 자묘의 생육특성을 측정하였다. 모주의 런너 길이와 직경은 200mg·L⁻¹의 엽면살포에서 다른 처리구에 비해 각각 가장 길고 두꺼웠다. 모주의 SPAD값은

200mg·L⁻¹의 엽면살포 처리구에서 유의적으로 가장 낮았다. 그러나 엽장, 엽폭, 크라운 직경은 GA₃의 처리방법과 농도에 대한 모든 처리구 간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. GA₃의 농도가 증가할수록 딸기의 크라운이 기형적으로 길어지는 생리장해가 나타났다. 200mg·L⁻¹의 엽면살포 처리에서 유의적으로 많은 생리장해가 나타났으며 배지관주에서는 엽면살포에 비해 적게 나타났다. 런너와 자묘의 수는 처리방법에 무관하게 GA₃의 농도가 높아질수록 증가하였다. 자묘의 생육 특성에서, 첫 번째 자묘의 엽장과 엽폭, 두 번째 자묘의 초장, 크라운 직경, 엽면적과 SPAD 값, 세 번째 자묘의 초장이 100mg·L⁻¹의 배지관주에서 유의성 있게 가장 우수하였다. 결과적으로, 딸기 모주의 생육과 런너 생산 및 자묘의 생육은 GA₃ 100mg·L⁻¹의 배지관주 처리에서 가장 효과적인 것으로 나타났다.

추가 주제어 : 런너 수, 배지관주, 엽면살포, *Fragaria* × *ananassa*, GA₃

사 사

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

Literature cited

Bae, J.H., S.Y. Park and M.M. Oh. 2017. Supplemental irradiation with far-red light-emitting diodes improves growth and phenolic contents in *Crepidiastrum denticulatum* in a plant factory with artificial lighting. Hort. Environ. Biotechnol. 58:357-366.

FAOSTAT. 2013. Statistic database. <http://faostat3.fao.org>.

Fu, X., and N.P. Harberd. 2003. Auxin promotes *Arabidopsis* root growth by modulating gibberellin response. Nature 421:740-743.

Guttridge, C.G., and P.A. Thompson. 1964. The effect of gibberellins on growth and flowering of *Fragaria* and *Duchesnea*. J. Exp. Bot. 15:631-646.

Kang, H.J., H.J. Song, S.J. Pack, Z.H. Kim, S.W. Lee. 2011. Effect of crown diameter on plant growth and fruit yield in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). J. Agri. Life Sci. 45:81-86 (in Korean).

Kim, D.Y., T.I. Kim, W.S. Kim, Y.I. Kang, H.K. Yun, J.M. Choi, and M.K. Yun. 2011. Changes in growth and yield of strawberry (cv. Maehyang and Seolhyang) in response to defoliation during nursery period. Protected Hort. Plant Fac. 20:283-289 (in Korean).

Kim, D.Y., S. Kim, Y.I. Kang, H.K. Yun, M.K. Yun, T.I. Kim, and J.M. Choi. 2012. Effect of runner cutting time on

growth and yield during nursery of strawberry (cv. Maehyang and Seolhyang). Protected Hort. Plant Fac. 21:385-391 (in Korean).

Kim, D.Y., W.B. Chae, J.H. Kwak, S.H. Park, S.R. Cheong, J.M. Choi, and M.K. Yun. 2013. Effect of timing of nutrient starvation during transplant production on the growth of runner plants and yield of strawberry 'Seolhyang'. Protected Hort. Plant Fac. 22:421-426 (in Korean).

Kim, H.M., H.M. Kim, H.W. Jeong, H.R. Lee, B.R. Jeong, N.J. Kang, and S.J. Hwang. 2018. Growth of mother plants and occurrence of daughter plants of 'Maehyang' strawberry as affected by different EC levels of nutrient solution during nursery period. Protected Hort. Plant Fac. 27:185-190 (in Korean).

Kim, T.I., W.S. Jang, J.H. Choi, M.H. Nam, W.S. Kim, and S.S. Lee. 2004. Breeding of strawberry 'Maehyang' for forcing culture. Korean J. Hortic. Sci. Technol. 22:434-437 (in Korean).

Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation (aT). 2017. Import and export statistics. <http://www.at.or.kr>

Korea Rural Economic Institute (KREI). 2017. Import and export statistics. <http://www.krei.re.kr>

Korean Statistical Information Service (KOSIS). 2016. Import and export statistics. <http://kosis.kr>

Ku J.H., W.B. Kim, J.N. Lee, I.C. Ryu, and Y.H. Om. 1998. Effect of P.E film row cover and gibberellin foliar spray for strawberry multiplication in alpine areas. Kor. J. Hortic. Sci. Technol. 16(SUPPL):4(Abstr.) (in Korean).

Lang, A. 1957. The effect of gibberellin upon flower formation. Proc. Nati. Acad. Sci. U.S.A 43:709-717.

Lee, B.Y., and T. Sugiyama. 1971. Effect of gibberellin on the growth of strawberry plants transferred at various times from field cultivation to the growth chamber. Hort. Environ. Biotechnol. 10:59-64 (in Korean).

Lee, J.E., H.W. Do, D.W. Choi, J.D. Cheung, M.K. Kim, and Y.S. Shin. 2013. Runner production as influenced by gibberellin treatment in mother plant of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.), Kor. J. Hort. Sci. Technol. 31(SUPPL.):55(Abstr.) (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 pp. 3-6.

Lopez-Galarza, S., B. Pascual, J. Algarda, and J.V. Maroto. 1989. The influence of winter gibberellic acid applications on earliness, productivity and other parameters of quality in strawberry cultivation (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) on the spanish mediterranean coast. International Strawberry Symposium 265.

Momenpour, A., T.S. Taghavi, and S. Manochehr. 2011. Effects of benzyladenine and gibberellin on runner production and some vegetative traits of three strawberry cultivars. African J. Agr. Res. 6:4357-4361.

Pamfil, D. and Bellini, C. 2011. Auxin control in the forma-

- tion of adventitious roots. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj*. 39, 307-316.
- Rural Development Administration (RDA). 2008. Cultivation manual of new cultivar 'Meahyang' strawberry. Nonsan, Korea. pp. 7-63 (in Korean)
- Rural Development Administration (RDA). 2012. Cultivation manual of eco friendly strawberry. Nonsan, Korea. pp. 1-84 (in Korean)
- Rural Development Administration (RDA). 2015. Strawberry-grown cultivation seedling technology for producing high-quality good seedlings. Nonsan, Korea. pp. 5-99 (in Korean)
- Savini, G., and D. Neri. 2004. Strawberry architectural model. *Acta Hort.* 649:169-176.
- Swain, S.M., and D.P. Singh. 2005. Tall tales from sly dwarves: novel functions of gibberellins in plant development. *Trends in plant science*. 10:123-129.
- Thompson, P.A. 1969. The effect of applied growth substances on development of the strawberry fruit.: II. Interactions of auxins and gibberellins. *J. Exp. Bot.* 20:629-647.
- Yoon, H.S., J.Y. Kim, J.U. An, Y.H. Chang, and K.P. Hong. 2018. Daughter plant growth, flowering and fruit yield in strawberry in response to different levels of slow release fertilizer during the nursery period. *Korean J. Hortic. Sci. Technol.* 36:20-27 (in Korean).
- Yoshida, Y. and Y. Morimoto. 2010. Flower bud differentiation and flowering of tray grown strawberry 'Nyoho' as affected by plant age and the duration of nutrient starvation. *Sci. Rep. Fac. Agri. Okayama Univ.* 99:49-53