

킬레이트 유기 미네랄 액비가 ‘죽향’ 딸기의 생육 및 과실품질에 미치는 영향*

노혜지** · 채효석*** · 조향현*** · 이철규****

Effect of Chelated Organic Minerals Liquid Fertilizer on Growth and Fruit Quality in ‘Jukhyang’ Strawberry

Noh, Hye-Ji · Chae, Hyo-Seok · Cho, Hyang-Hyun · Lee, Cheol-Gyu

This study investigated the influence of AGH-Ringer (chelated organic minerals liquid fertilizer) on the growth, yield, and fruit quality of ‘Jukhyang’ strawberry in a hydroponic system. The results revealed that AGH-Ringer group led to significantly higher plant length than that of the control group, and that leaf length and leaf width increased with increasing leaf area. In addition, the fresh and dry weights of leaves and SPAD unit, which measures leaf color also showed a significant increase with AGH-Ringer. However, the length and dry weight of roots did not show significant differences when compared to the control group. In the fruit quality analysis, AGH-Ringer group did not show any difference in fruit length compared to the control group, but it increased both the fruit weight, which, along with the simultaneous increase in fruit width, increased the yield per strawberry. Furthermore, AGH-Ringer group strengthened the red skin color of the fruit, and resulted in significantly greater hardness than that of the control group, but did not have any effect on the soluble solid content and acidity. As shown in the results, the AGH-Ringer group resulted in lesser mineral content and lower to medium EC (electrical conductivity) in comparison to the inorganic mineral hydroponic fertilizer, which was used as a control. However, it increased the leaf growth, fruit weight, and yield, and improved the fruit quality by increasing the soluble solid content in the hydroponic system of ‘Jukhyang’ strawberry. Therefore, based on this study, AGH-Ringer is thought to be a more effective hydroponic fertilizer than the inorganic mineral hydroponic fertilizer. Moreover, the field experiment demonstrated

* 본 연구는 농림축산식품부 첨단생산기술개발사업(과제번호: 114045-3)에 의해 이루어진 것임.

** First author and Corresponding author, (주)메디뉴트롤(hyeji124@naver.com)

*** 한일바이오메드

**** 담양군 농업기술센터

that AGH-Ringer is a useful hydroponic fertilizer convenient for application in farms. This study also proved that AGH-Ringer is a fertilizer that can promote plant nutrition by controlling the salinity of the soil and facilitating the absorption of necessary minerals in future soil cultivation, thereby providing basic data for organic farming.

Key words : *chelated organic minerals liquid fertilizer, elevated hydroponic system, fruit quality, growth, strawberry*

I. 서 론

딸기(*Fragaria* × *ananassa* Duch.)는 호냉성 열매채소로 재배 시 난방비의 부담이 적어 시설재배에 유리한 작물이다. 시설재배 토양은 연중 작물 재배로 과도한 화학비료 시용과 매작기마다 적정량을 상회하는 축분 퇴비를 사용함으로써 질산태 질소에 의한 토양 및 지하수 오염(Choi, 1996)과 작물 내 질산태 질소의 집적으로 안전한 먹거리 생산을 위협하고 있다(Miyajaki, 1977). 딸기재배는 재배 특성상 적엽, 적과 및 수확에 있어서 열악한 작업 자세가 문제로 대두되고 있는데, 2000년대 이후 시설하우스 내부에 고설베드를 설치하고 혼합상토를 충전한 후 양액재배 방법으로 딸기를 생산하는 수경재배가 도입되고 있으나 사용배지의 염류장해로 생육과 품질이 저하되고 있는 실정이다. 딸기의 수경재배에서 수확량과 품질은 혼합상토와 양액비료에 의해 결정되기 때문에 고품질의 과실을 일정하게 얻으려면 식물영양을 위한 적절한 영양소를 공급하는 것은 필수적이다(Sharma, 2002).

최근까지의 연구에서 딸기재배를 위한 상토의 종류와 그 효과에 대한 연구는 활발히 진행되고 있으나(Jun et al., 2006; Lee et al., 2015) 딸기의 수경재배를 위한 양액비료는 1980년대에 개발된 일본원시, 야마자키, 우다가와 및 치바농시와 같은 딸기 전용 배양액이 현재까지 사용되고 있다(Yamazaki, 1982; Udagawa et al., 1988). 수경재배에서 양액비료는 물리적 및 화학적 특성을 고려하여 양분의 흡수특성을 정확하게 파악함으로써 배양액의 조성, 농도를 적절하게 사용하여 식물체의 양호한 생육 및 과일 수량과 품질을 얻을 수 있다(Yamazaki, 1982).

현재 사용되는 양액비료의 조성은 상호 간의 화학반응을 일으켜 침전물이 발생하는데, 예를 들어 칼슘이 포함된 것은 황이나 인산이 포함된 것을 합치면 침전이 생기게 된다. 따라서 현장의 수경재배 시스템에는 양액비료 제조 시 녹이는 순서와 비료를 분리하여 보관해야 하는 경우가 발생하게 되고 이로 인해 A와 B 탱크로 나누어진 양액시스템이 설치되게 된다. 최근까지 양액비료의 사용 편리성과 비료 조성간의 침전이 발생하지 않으면서 식물체의 영양생장과 생식생장을 균형을 맞출 수 있는 액상 양액비료의 개발과 이를 적용한 효과 검토 및 현장 실증이 전무하다.

본 연구에서는 킬레이트 유기 미네랄 액상비료(chelated organic minerals liquid fertilizer)인 AGH-Ringer를 이용하여 고설식 수경재배기술을 확립하기 위하여 국내에서 육성되어 재배 면적이 급증하는 신품종인 '죽향(Jukhyang)' 딸기(Lee et al., 2016)를 대상으로 딸기의 생육 과 과실의 품질을 평가하였다. 또한, 이러한 결과를 통해 딸기 수경재배의 안정적인 정착과 토경재배에서의 연작장해 경감을 통해 유기재배의 적용 가능성을 검토하기 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험비료 및 대상 작물

개발 킬레이트 유기 미네랄 액상비료인 AGH-Ringer는 비료 조성(무기 미네랄) 간의 침전이 발생하지 않도록 vitamin C를 이용하여 유기 미네랄로 킬레이트 하였으며 (주)메디뉴트를(전남, 한국)에서 제조·생산하여 실험에 사용하였다. 대조구로는 농가에서 사용 중인 일본원시 처방액을 사용하였다(Table 1). 본 연구에 사용한 공시작물은 레드펠(모본)과 매향(부분)을 이용하여 교배한 신품종 '죽향(Jukhyang)' 딸기를 사용하였다. 시험포는 담양군 농업기술센터의 시설하우스 내 고설식 수경재배 시스템을 이용하여 실험하였으며 딸기 묘는 2016년 10월 4일에 코코피트 64.9%, 피트모스 15%, 제오라이트 7%, 펄라이트 10%, 도로마이트 2.6%, 습윤제 0.03% 및 비료 0.47%를 충전한 고설수경재배 베드에 실험구당 10주씩 3 반복으로 정식하였다.

Table 1. Macro and micro element contents of nutrient solution for strawberry

Hydroponic solution	Macro element (me · L ⁻¹)						Micro element (me · L ⁻¹)						EC (dS · m ⁻¹)		pH		
	N		PO ₄	K	Ca	Mg	SO ₄	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo	Flowering stage	Harvesting stage	Flowering stage	Harvesting stage
	NO ₃ -N	NH ₄ -N															
Control	4.91	0.99	0.73	5.03	2.40	0.21	1.61	0.09	1.94	0.37	0.06	0.06	0.005	1.04	1.04	6.53	6.53
AGH-Ringer	3.84	1.00	0.37	3.69	1.56	0.15	0.23	0.05	1.00	0.03	0.02	0.03	0.002	0.70	0.89	6.04	6.51

2. 처리구 구성 및 비료 처리내용

시험구인 AGH-Ringer 처리구는 지하수로 2,500배 희석하여 정식 후부터 개화기까지 배양액 EC 0.70 dS · m⁻¹ (pH 6.04)로 유지하여 공급하였으며 개화기 후부터는 EC 0.89 dS · m⁻¹ (pH 6.51)로 조정하였다. 시험구 급액은 점적호수(Netafim, Israel)를 사용하여 타이머로 급액

횡수와 급액량을 조절하였는데 급액량은 딸기 1묘당 1일 3회 총 관주량이 220 mL가 되도록 조정하였다. 대조구는 딸기전용 일본원시 배양액을 EC 1.04 dS·m⁻¹ (pH 6.53)로 딸기 1묘당 1일 3회 총 관주량이 290 mL가 되도록 처리하였다. 전 시험기간 동안 딸기 재배법은 표준 딸기 재배법에 준하여 관리하였다.

3. 생육조사

식물체의 생육은 정식 후 120일 후(수확기 전 단계) 각 처리구마다 10주씩 골취하여 지상부와 근권부로 나누어 조사하였다. 지상부 생육은 초장, 엽병장, 관부직경, 엽장, 엽폭, 엽면적, 엽두께, 엽수, 엽록소 함량 및 잎과 잎자루 건물중을 평가하였으며 근권부의 생육조사 항목은 뿌리길이와 뿌리 건물중을 평가하였다. 관부직경은 지체부 상단 1 cm를 측정하였고, 각 부위별 건물중은 생체중을 측정한 후 80°C 건조기에서 48시간 건조한 후 측정하였다. 총엽면적은 Leaf area meter (LI-3100; LI-COR, Inc., Nebraska, USA)로 조사하였다. 엽록소 함량은 신엽을 기준으로 3번째 옆을 Chlorophyll meter (Model SPAD-502; Minolta Corp., New Jersey, USA)로 측정하였다.

4. 과실 품질분석

딸기 품질분석은 약 80% 착색된 상태의 과실을 수확하여 실험실로 즉시 수송한 다음 수확량, 과장, 과폭 및 과무게를 측정한 후 과피 색, 경도, 가용성 고형물 함량(당도) 및 산 함량을 평가하였다. 과피 색은 딸기 외관의 색이 붉은색으로 착색이 된 과실의 중앙 부분을 Chromameter (CR-300; Minolta Camera Co., Ltd., Osaka, Japan)로 측정한 뒤 L*, a*, b* 값을 구하였다. 측정된 수치를 명도(lightness, L*)와 hue angle로 변환하여 결과를 나타내었다.

$$\text{Hue angle} = \tan^{-1} (b/a)$$

a : 적색도(redness, a*), b: 황색도(yellowness, b*)

딸기의 경도는 시료를 세로 방향으로 1/2 절단한 다음 절단면을 위로 향하게 놓고 시료의 중간 부분을 texture analyzer (TA-XT Express; Stable Micro systems, Surrey, UK)를 이용하여 측정하였다. 이때 탐침의 지름 3 mm flat probe를 장착하고 이동속도는 50 mm·min⁻¹와 침투 깊이 5 mm로 설정하여 얻어진 최대하중을 g/∅5 mm로 표시하여 경도를 평가하였다. 또한 딸기의 당도는 멸균된 거즈를 이용하여 시료를 착즙한 과즙으로 가용성 고형물 함량과 산 함량을 조사하였는데 가용성 고형물 함량은 굴절당도계(PAL-1; Atago Co., Ltd., Tokyo, Japan)로 측정하여 °Brix로 표시하였고 산 함량은 과즙 5 mL에 증류수 35 mL를 가한 후 0.1

N NaOH로 적정하고 구연산으로 환산하였다.

딸기 생체 내 미네랄 함량을 평가하기 위하여 균별로 1 g을 채취하여 70% 질산(HNO₃)을 첨가하고 Microwave Digestion System으로 분해하였다. 이후 초순수 증류수로 희석하고 inductive coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS, PerkinElmer, CT, USA)를 이용하여 각 미네랄을 분석하였다.

5. 통계분석

모든 통계분석은 SPSS (statistical package for the social sciences version 15.0; SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계 프로그램을 사용하였다. 처리구간의 평균의 차이는 Student t-test를 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 대조구와 비교하여 유의성 여부를 표시하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. AGH-Ringer의 특징

개발 킬레이트 유기 미네랄 액상비료인 AGH-Ringer는 무기 미네랄인 2가의 양이온이 vitamin C와 1:2로 결합되어 유기 미네랄의 형태로 킬레이트 하였으며, 이와 유사하게 Ghosh 등(2013)의 보고에서도 vitamin C를 이용한 킬레이트 미네랄(Zinc-chelated Vitamin C)의 효능 연구가 보고된 바 있다. 최근 킬레이트 미네랄은 작물의 영양소 증대(biofortification)를 위한 방법으로 농업분야에 적용되고 있다(Herencia et al., 2008; Lee et al., 2012a). AGH-Ringer는 킬레이트 유기 미네랄 소재로써 이전 연구(Noh et al., 2016)를 통해 작물의 생장과 미네랄 흡수를 고려하여 최적의 미네랄 배합 농도를 확인하여 제조하였다. 또한, AGH-Ringer는 기존의 양액비료의 침전 문제(Fig. 1A)를 개선하여 개발된 수용성의 비침전 액상비료(Fig. 1B)임을 확인하였다. 대조구로 사용된 일본원시 처방액과 시험구인 AGH-

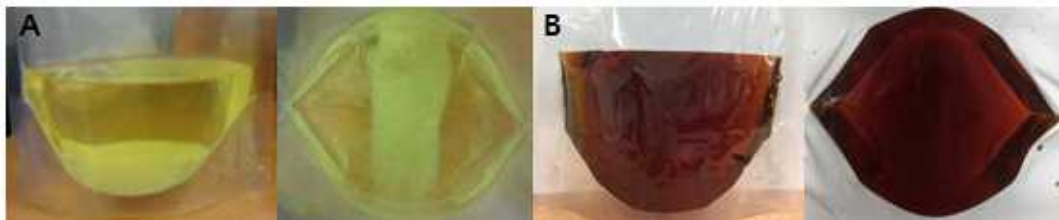


Fig. 1. Comparison of the occurrence of sediment in nutrient solution of Horticultural Research Institute in Japan (A) and nutrient solution of AGH-Ringers (B).

Ringer의 무기물 함량은 Table 1에 나타내었다.

2. AGH-Ringer 관주에 따른 생육 변화

Table 2와 Table 3은 AGH-Ringer의 관주가 ‘죽향’ 딸기의 생육과 식물체 건물중 변화에 미치는 영향을 조사한 결과이다. 초장은 AGH-Ringer 처리구가 대조구에 비해 유의적으로 증가하였으나 엽병장과 관부두께는 군 간의 차이가 없었다. 또한 AGH-Ringer 처리구의 엽장과 엽폭은 대조구에 비해 각각 0.47 cm, 0.7 cm씩 증가함에 따라 엽면적이 유의적으로 커졌으며(Table 2), 특히 잎의 건물중은 대조구 대비 2.43% 증가하였다. 반면 엽두께와 엽수는 대조구와의 차이를 보이지 않았다. 근권부의 생육조사로 뿌리 길이를 평가한 결과에서는 군 간의 차이를 보이지 않았으며 뿌리의 건물중은 AGH-Ringer 처리구가 대조구에 비해 감소를 보였다.

Table 2. Effect of AGH-Ringer on growth characteristics of ‘Jukhyang’ strawberry at 120 days after transplanting

Treatment	Plant height (cm)	Petiole length (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf area (cm ² /plant)	Leaf thickness (mm)	No. of Leaves	Chlorophyll contents (SPAD)	Root length (cm)
Control	54.5	11.0	14.8	8.40	7.47	517	0.25	6.00	49.5	31.1
AGH-Ringer	55.3 ^{*1)}	11.7 ^{ns2)}	13.7 ^{ns}	8.87 [*]	8.17 [*]	632 [*]	0.23 ^{ns}	6.00 ^{ns}	54.1 [*]	30.4 ^{ns}

¹⁾ *: Significant difference at p=0.05 probability level.

²⁾ NS: No significant difference at p=0.05 probability level.

Table 3. Effect of treatment of AGH-Ringer on dry weight of ‘Jukhyang’ strawberry at 120 days after transplanting

Treatment	Leaf		Petiole		Root	
	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Control	15.9	3.65	5.89	1.05	23.1	4.05
AGH-Ringer	19.7 ^{*1)}	5.00 [*]	7.73 [*]	1.19 ^{ns2)}	29.5 [*]	4.30 ^{ns}

¹⁾ *: Significant difference at p=0.05 probability level.

²⁾ NS: No significant difference at p=0.05 probability level.

Chun 등(2003)은 배양액의 농도가 저농도보다는 고농도일수록 엽면적이 커진다고 하였고 대부분의 과채류는 EC 1.0-3.0 dS·m⁻¹에서는 배양액의 농도가 높을수록 생육과 수량이

증가한다는 보고가 있었다(Itaki et al, 1995). 이러한 연구보고와 달리 본 연구결과에서 일본 원시처방액보다 낮은 AGH-Ringer의 배양액 EC로도 일본원시 처방액보다 잎의 생육을 활성화시켰다. 상추(*Lactuca sativa L.*)와 오이(*Cucumis sativus L.*) 작물에 키틴을 이용한 킬레이트 미네랄의 시비는 작물(생체) 내 미네랄 흡수 증가를 통해 작물의 생육(엽장, 엽폭, 생체중 및 건물중)을 증가시킨다고 보고된 바가 있다(Suh et al., 2006). 본 시험에서도 작물의 생체 내 미네랄 함량을 증가시켜 생육이 증가한 것으로 판단된다.

딸기는 본포 정식 후 광합성을 결정하는 엽면적의 확보가 중요한데 엽색도를 측정하는 SPAD는 엽록소 함량을 추정하는 지표로써 본 연구결과에서 AGH-Ringer 처리구는 대조구에 비해 엽록소 함량이 유의적으로 증가하였다. 이러한 AGH-Ringer 관주에 의한 잎의 영양생장은 광합성과도 연관성이 있다고 판단하였다. 게다가 SPAD 수치는 식물의 영양 상태를 나타내는 간접지표(Ryoo, 2014)로써 질소(N) 농도와도 양의 상관관계를 가진다(Peng et al, 1993). 많은 연구에서 킬레이트 미네랄은 기질에 따라 토양 내 질산태 질소의 흡수와 질소동화작용을 증가시켜 식물의 성장 및 생육에 직접적인 영향을 미친다고 보고된 바 있다(Barneix and Causin, 1996). 이러한 연구결과를 고려할 때 AGH-Ringer의 관주는 작물 내 질소의 원활한 공급을 통해 엽록소 함량 증가에 기여했을 것으로 판단된다. 종합해보면 AGH-Ringer는 킬레이트 유기 미네랄의 가장 큰 특징인 식물체 내 미네랄 흡수 증가를 통해 지상부의 생육, 특히 잎의 생육을 활성화 시키고 이것은 양액 내 질소의 원활한 공급에 의한 것으로 설명할 수 있다.

3. AGH-Ringer 관주에 따른 수확량 및 과 크기 변화

AGH-Ringer의 관주에 따른 초기 수확량과 과실의 크기 변화를 평가한 결과는 Fig. 2와 Table 4에 나타내었다. 본포정식 후 1화방 수확기에 AGH-Ringer 처리구의 수확량은 딸기 1묘당 16개로 대조구의 딸기 1묘당 8개에 비해 200% 증가하였다(data not shown). 또한, AGH-Ringer 처리구는 대조구와 비교하여 과장의 변화는 없었지만 과 폭이 1 mm 증가하고 과실의 무게가 1.5 g 증가하였다(Table 4). 이것은 AGH-Ringer에 의한 초기 수확 딸기 무게의 증가는 과 폭의 증가에 기인한 것으로 판단된다.

딸기의 화방별 과실수는 상위 화방일수록 많고, 과실 크기는 화방 내의 순서에 따라 결정되며, 동일 화방 내에서도 상위 과실이 하위에 착과된 과실보다 크다(Janick and Marshall, 1960; Janick and Eggert, 1968; Khanizadeh et al, 1993; Jun et al, 2006; Lee et al, 2012; Lee et al, 2014). 이와 동일하게 13주간 딸기 1묘당 수확되는 딸기의 수량과 수확된 딸기의 개당 무게를 평가한 결과에서 AGH-Ringer 처리구는 13주간 딸기 1묘당 26개의 딸기를 수확하였으며 대조구는 22.8개로 AGH-Ringer 처리구가 대조구보다 13주간 딸기 1묘당 3.2개의 딸기를 더 수확하였다(Fig. 3A). 또한, 13주간 수확한 딸기의 무게가 딸기 1개당 무게 차이는

43.9 g으로 AGH-Ringer 처리구에서 수확된 딸기의 무게가 주당 3.37 g 더 무거웠다(Fig. 3B).



Fig. 2. Comparison of strawberry fruit cultured with nutrient solution of Horticultural Research Institute in Japan and plant cultured with nutrient solution of AGH-Ringer for 'Jukhyang' strawberry at 120 days after transplanting.

Table 4. Effect of AGH-Ringer on size and weight of 'Jukhyang' strawberry fruit at 120 days after transplanting

Treatment	Fruit length (mm)	Fruit width (mm)	Fruit weight (g)
Control	53.4	30.7	20.7
AGH-Ringer	54.4 ^{ns1)}	31.7 ^{*1)}	22.2 [*]

¹⁾ *: Significant difference at $p=0.05$ probability level.

²⁾ NS: No significant difference at $p=0.05$ probability level.

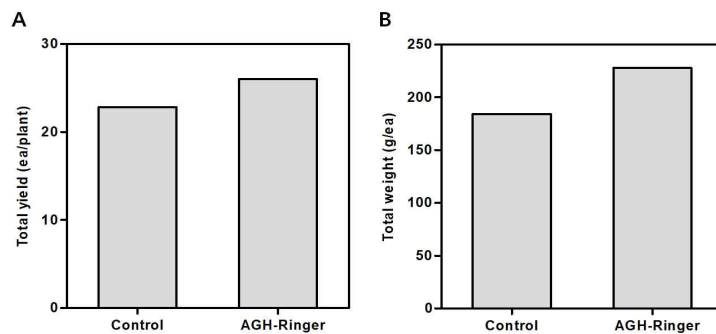


Fig. 3. The effect of AGH-Ringer on total yield (A) and total weight (B) of strawberry fruit during the experiment period.

딸기는 안정적인 과실 생산을 위하여 영양생장과 생식생장의 균형을 유지하는 것이 매우 중요하다(Lee et al., 2014). 유기산을 이용한 킬레이트 미네랄의 시비는 고추의 뿌리 발육을 통한 생산성 증대와 딸기 내 미네랄 함량이 증가를 통한 과일 수를 증가시킨다고 보고된 바 있다(Norman et al., 2006). 본 시험에서도 작물의 생체 내 일부 미네랄의 흡수 증가를 통해 딸기 수확량과 크기(무게)에 영향을 주었을 것으로 판단된다.

4. AGH-Ringer 관주에 따른 딸기 품질평가

Table 5는 딸기 묘 정식 120일 후의 초기 수확물에서 과실의 색, 경도, 가용성 고형물 및 산 함량 분석을 통해 AGH-Ringer 관주에 따른 딸기의 품질을 평가한 결과이다. 과실의 L* 값은 대조구과의 차이를 보이지 않았으나 색차계로 확인되는 hue angle 값이 낮을수록 red purple 색을 나타내는데 AGH-Ringer 처리구가 대조구보다 hue angle 값이 유의적으로 낮았다. 딸기의 저장성 지표인 경도는 AGH-Ringer 처리구가 298 g/Φ5 mm로 258 g/Φ5 mm의 대조구보다 유의적인 증가를 보였다. 딸기의 맛을 좌우하는 가용성 고형물과 산 함량을 평가한 결과에서는 두 처리군 간의 유의적인 차이는 보이지 않았지만 AGH-Ringer 처리구는 대조구에 비해 가용성 고형물 함량이 증가하고 산 함량이 감소하는 경향을 보였다.

Table 5. Effect of AGH-Ringer on skin color, firmness, soluble solids, acidity and mineral contents of ‘Jukhyang’ strawberry fruit at 120 days after transplanting

Treatment	Hunter's color values				Firmness (g/Φ5 mm)	Solids (°Brix)	Acidity (%)	Mineral concentration (%)			
	L*	a*	b*	Hue angle				Ca	Mg	S	P
Control	36.3	32.9	22.9	34.8	258	11.3	0.60	0.0374	0.0208	0.0153	0.0151
AGH-Ringer	36.2 ^{ns2)}	33.4	20.2	31.3 ^{*1)}	298*	11.9 ^{ns}	0.57 ^{ns}	0.0320 ^{ns}	0.0274*	0.0223*	0.0220*

¹⁾ *: Significant difference at p=0.05 probability level.

²⁾ NS: No significant difference at p=0.05 probability level.

Roh 등(1995)과 Winsor 등(1962)의 연구결과에 따르면 토마토의 수경재배에서 배양액의 농도가 높아지면 과실의 당도가 증가한다고 하였다. 일반적으로 과채류에서 배양액의 농도 감소 또는 수분조절은 과의 크기가 작아져서 상대적으로 가용성 고형물의 함량이 높아지는 경우가 많다는 보고가 있었다(Jang and Nukaya, 1997; Chun et al., 2003). 하지만 본 연구에 사용된 AGH-Ringer의 관주는 일본원시 배양액보다 낮은 배양액 농도로 관주하면서 과 크기 증가(Table 4)와 딸기 품질(Table 5)을 동시에 조절할 수 있음을 확인하였다. 게다가 AGH-Ringer의 관주는 딸기 생체 내 다량미네랄인 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 황(S) 및 인(P)을 평가한 결과에서 칼슘을 제외한 마그네슘, 황 및 인의 함량이 대조군보다 유의적으로

높았다. 이러한 결과는 AGH-Ringer가 무기 미네랄보다 식물체 내 미네랄 흡수 증가(Table 5)를 통해 작물의 생육을 증가시켰으므로써 과실의 품질을 향상시켰다고 설명할 수 있다.

IV. 적 요

본 연구는 수경재배시스템에서 킬레이트 유기 미네랄 액상비료인 AGH-Ringer의 관주가 ‘죽향’ 딸기의 생육과 과실 수량 및 품질에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수행하였다. 그 결과 AGH-Ringer는 대조군에 비해 초장의 증가와 함께 엽장과 엽폭이 각각 0.47 cm, 0.7 cm 증가함에 따라 엽면적이 유의적으로 22.2% 증가하였다. 또한, AGH-Ringer에 의해 잎의 생체중과 건물중 및 엽색도를 측정하는 SPAD도 유의적인 증가를 보였다. 하지만 뿌리 길이와 뿌리의 건물중은 대조군과의 차이를 보이지 않았다. 과실 품질평가에서 AGH-Ringer는 대조군보다 과장의 변화는 보이지 않았지만 과 폭의 증가를 통해 과실의 무게가 과실 1개당 1.5 g이 증가하였다. 수확량에서도 AGH-Ringer에 의해 딸기 1묘당 수확량이 대조군에 비해 3.2개 더 수확하였으며 3.37 g 더 무거웠다. 딸기 품질평가 결과에서도 AGH-Ringer는 대조군 대비 과실의 색을 더욱 붉게 변화시키고 경도는 15.5% 증가시켰다. 하지만 가용성 고형물과 산 함량에는 영향을 주지 않았다. 상기와 같은 결과로 볼 때 ‘죽향’ 딸기의 수경재배시스템에서 AGH-Ringer의 관주는 대조군으로 사용된 무기 미네랄 양액비료보다 적은 미네랄 함량과 배양액 EC를 공급하고도 잎의 생육과 더불어 과실의 무게와 수확량을 증가시키고 가용성 고형물 증가를 통한 품질향상을 나타내었다. 결과적으로 본 연구결과를 통해 AGH-Ringer가 관행 무기 미네랄 양액비료 보다 성장과 생육에 효과적이고 농가의 비료 사용에 편리성(비침전)을 더한 유용한 양액비료임을 현장 실증을 통해 확인하였다.

[Submitted, June. 16, 2017 ; Revised, August. 28, 2017 ; Accepted, September. 27, 2017]

References

1. Barneix, A. J. and H. F. Causin. 1996. The central role of amino acids on nitrogen utilization and plant growth. *J. Plant Physiol.* 149: 358-362.
2. Choi, J. D. 1996. The effluent characteristics of pollutants of non-point sources at agricultural basins. *Proceedings of the Korean Rural Environment Council Seminar.*
3. Chun, Y. T., K. C. Cho, and W. S. Kim. 2003. Effect of nutrient solution management by

- growing stages on the development of hydroponically grown cucumber plants. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 44: 17-22.
4. Ghosh, C., S. H. Yang, J. G. Kim, T. I. Jeon, B. H. Yoon, J. Y. Lee, E. Y. Lee, S. G. Choi, and S. G. Hwang. 2013. Zinc-chelated vitamin C stimulates adipogenesis of 3T3-L1 cells. *Asian Australas J Anim Sci.* 26: 1189-1196.
 5. Herencia, J. F., J. C. Ruiz, E. Morillo, S. Melero, J. Villaverde, and C. Maqueda. 2008. The effect of organic and mineral fertilization on micronutrient availability in soil. *Soil Science.* 173: 69-80.
 6. Itaki, T., K. Sasaki, and Y. Udagawa. 1995. *Practical Technique for Hydroponics.* Japan Association of Agricultural Electrification, Tokyo (in Japanese). 93-101.
 7. Jang, H. K. and A. Nukaya. 1997. Relationship between concentration of nutrient solution and uptake of nutrients in Muskmelon grown in rockwool. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 66: 307-312.
 8. Janick, J. and D. A. Eggert. 1968. Factors affecting fruit size in the strawberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 93: 311-316.
 9. Janick, J. and G. E. Marshall. 1960. Yield-size relationship of strawberry varieties. *Fruit Var. Hort. Dig.* 15: 29-32.
 10. Jun, H. J., J. G. Hwang, M. J. Son, M. H. Choi, and M. S. Cho. 2006. Effect of substrates on the growth, yield and fruit quality of strawberry in elevated hydroponic system. *J Bio-Environ. Control.* 15: 317-321.
 11. Khanizadeh, S., M. Lareau, and D. Buszard. 1993. Effect of flower thinning on strawberry fruit weight and its relationship to achene number. In *International Strawberry Symposium.* 348: 351-356.
 12. Lee, C. G., P. H. Jang, J. B. Seo, G. H. Shin, and W. M. Yang. 2014. A new strawberry 'Jukhyang' with high sugar content and firmness. In: *XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014):* II 1117. p. 39-44.
 13. Lee, H. S., H. H. Jang, J. M. Choi, and D. Y. Kim. 2015. Influence of fertilizer type on physiological responses during vegetative growth in 'Seolhyang' strawberry. *Hortic. Sci. Technol.* 33: 39-46.
 14. Lee, J. Y., I. S. Nou, and H. R. Kim. 2012a. Current status in calcium biofortification of crops. *J Plant Biotechnol.* 39: 23-32.
 15. Lee, S. W. and Y. S. Chae. 2012b. Changes in fruit weight and soluble solids content of 'Seolhyang' strawberry by fruit setting order of the flower cluster. *J. Agric. Life Sci.* 46:

- 105-111.
16. Lee, S. W., G. C. Hwang, J. G. Yun, J. K. Hong, and S. J. Park, 2014. Effect of various fruit-loads on yield, fruit quality and growth of 'Seolhyang' strawberry. Protected Hort. Plant Fac. 23: 205-211.
 17. Miyajaki, A. 1977. Nitrate problems in food. Studies on Food Hygiene. 27: 45-58.
 18. Noh, H. J., H. H. Cho, C. K. Lee, and H. K. Kim. 2016. Development of chemical fertilizer substitute type organo-minerals fertilizer field effectiveness evaluation of organo-minerals fertilizers produced based on vitamin for lettuce (*Lactuca sativa L.*). J. Chitin Chitosan. 21: 149-157.
 19. Norman, Q., C. A. Edqards, S. Lee, and R. Byrne. 2006. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. Eur. J. Soil Biol. 42: S65-S69.
 20. Peng, S., F. V. García, R. C. Laza, and K. G. Cassman. 1993. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimate of rice leaf nitrogen concentration. Agron. J. 85: 987-990.
 21. Roh, M. Y., J. H. Bae, Y. B. Lee, K. W. Park, and Y. S. Kwon. 1995. Effect of the concentration of nutrient solution on early yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum Mill.*) in substrate culture. J. Bio. Fac. Env. 4: 68-73.
 22. Ryoo, J. W. 2014. Effects of application rates of liquid pig manure on rice growth, quality and soil properties. Korean J. Org. Agric. 22: 667-682.
 23. Sharma, R. R. 2002. Growing strawberries. International Book Publishing and Distributing Co., Lucknow, UP, India. p. 164.
 24. Suh, J. K., B. G. Jeung, B. W. Moon, and M. Y. Jeung. 2006. Manufacturing process technique of absorption accelerator of natural minerals and determination of its effect. Bio-Environ. Control. 15: 238-244.
 25. Udagawa, Y., C. Dogi, and H. Aoki. 1988. Studies on the practical use of nutrient film technique in Japan. (3) Concentration of nutrient solution and quality of strawberry seedling. Bull. Chiba. Agr. Exp. Stn. 29: 37-47.
 26. Winsor, G. W., J. N. Davies, J. H. L. Messing, and M. I. E. Long. 1962. Liquid feeding of glasshouse tomatoes; The effects of nutrient concentration on fruit quality and yield. J. Hort. Sci. 39: 166-169.
 27. Yamazaki, K. 1982. Management of pH in nutrient solution in hydroponics. Agri. Hort. 57: 711-717.