

방울 토마토 재배 시 퇴비단 여과 액비의 이용가능성

김은영 · 박봉주 · 오명민*

충북대학교 농업생명환경대학 원예과학과

Availability of Slurry Composting and Biofiltration for Cultivation of Cherry Tomato

Eun-Young Kim, Bong-Ju Park, and Myung-Min Oh*

Department of Horticultural Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763 Korea

Abstract. In this study, the availability of slurry composting and biofiltration (SCB) solution as an alternative for synthetic nutrient solution was determined by monitoring the growth, fruit yield, and fruit quality of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* L. 'Unicon'). Treatments for nutrient solution were consist of SCB 1/2N, 1N, 2N, and commercial nutrient solution 1N (CNS 1N) based on nitrogen concentration ($218.32 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) of cherry tomato nutrient solution (control 1N). All nutrient solution including SCB solution (440~520 mL per day) was supplied to rock wool medium using a timer. After 31 days of transplanting, fresh and dry weights of shoots, leaf area, plant height, stem diameter, SPAD value and number of node were measured. After measuring growth characteristics of tomato plants, total fruit yield, ratio of marketable fruit yield, fruit weight, total soluble solids content, total acidity, total phenolic concentration, and antioxidant capacity were determined once a week for 7 weeks. As a result, among the SCB treatments, SCB 1/2N was similar to control 1N and CNS 1N in terms of fresh and dry weights of shoots, leaf area, stem diameter, number of node, and SPAD value. Increased N concentration of SCB inhibited the growth of tomato plants. Total fruit yield of SCB 1/2N was 47% of that of control 1N which showed the best result. Percentage of marketable fruit yield in SCB 1/2N was about 58%. Soluble solids contents, total acidity, total phenolic concentration and antioxidant capacity was the highest in SCB 2N and the other treatments were not shown any difference. Blossom-end rot rarely occurred in control 1N and CNS 1N while SCB treatments without Ca induced the physiological disorder of 7~19%. In conclusion, SCB 1/2N was good for the vegetative growth of cherry tomato plants but reduced yield and quality of fruit compared with control 1N and CNS 1N. Thus, it is possible to apply SCB solution to grow cherry tomato plants hydroponically but in the consideration of fruits yield and quality additional supply of several minerals would be required.

Additional key words : antioxidant capacity, blossom-end rot, electrical conductivity, fruit quality, nutrient solution, total phenolic concentration, total fruit yield.

서 론

퇴비단 여과 액비(slurry composting and biofiltration; SCB)는, 왕겨나 톱밥으로 구성된 퇴비단을 여과지와 함께 충전시키고 그 위에 돈분 슬러리를 살포하여, 미생물에 의해 돈분 슬러리가 발효되고 여과되어 나온 액체를 말한다. 퇴비단을 통과하여 나온 액비는 일반 가축액비에 비해 저농도이고, 미생물에 의해 분해되기 때문에 유기질 비료원으로 주로 이용되는 퇴비에 비해 냄새가 덜

하다. 또한 불순물도 적어 식물이 무기양분 공급원으로 이용이 가능한 생물학적으로 안정된 유기질 비료로 알려져 있다(Kang 등, 2010).

사회가 발전함에 따라 식생활 수준의 향상에 따른 축산물의 소비량이 증가하였고, 그에 따른 가축 분뇨의 발생량도 증가되었다. 대표적으로 소와 돼지는 하루 평균 17.7kg/마리 정도의 분뇨를 배출하고 있으며, 이에 따른 처리가 문제시 되고 있다(RDA, 2013). 더군다나 최근 2012 런던 협약에 의해 가축 분뇨 해양배출이 전면 금지됨에 따라 가축 분뇨 처리에 대한 문제가 대두되고 있다. 이에 대한 한 가지 대안으로 가축 분뇨를 액비화하여 작물 재배에 이용하도록 하는 연구가 진행되고 있다(Seo 등, 2011). 가축의 분뇨는 식물이 생육하는데 필

*Corresponding author: moh@cbnu.ac.kr
Received September 17, 2013; Revised October 23, 2013;
Accepted November 5, 2013

요로 하는 무기 양분을 함유하고 있기 때문에, 이를 액화하여 비료로서 작물에 재활용 할 수 있는 가능성이 있다(Lee 등, 2003). 특히 SCB 액비는 앞에서 언급한 여러 장점 때문에 최근 식용 작물과 산림에 적용되고 있다(Kwon 등 2009; Lee 등, 2011).

원에 작물에 대한 SCB 액비 적용 연구는 대부분 노지 채소인 고추, 배추, 오이, 상추 등을 중심으로 수행되었으며, SCB는 기비의 형태로 사용되었다(Lee 등, 2006; Lim 등, 2008, 2009; Seo 등, 2011). 대체적으로 SCB 액비를 사용하여 재배한 노지 채소의 생산량이 무기질 비료를 사용한 경우와 비교했을 때 큰 차이를 보이지 않아 그 이용가능성이 확인이 되었다. 한편, 2010년 전체 채소 생산액의 약 24%를 차지하는 시설 과채류에 대한 SCB 적용 사례는 보고되고 있지 않고 있다. 캐나다를 중심으로 한 북아메리카에서는 유기 액비를 이용한 시설 내 친환경 수경 재배가 연구되고, 농가에도 그 기술이 부분적으로 적용되고 있다(Jarecki 등, 2005; Dorais, 2007). 시설 재배에 SCB 액비를 사용하기 위해서는 과프리카나 토마토와 같은 과채류 재배에 주로 이용되는 수경재배의 배양액을 대신할 수 있어야 한다. 따라서, 이 실험의 목적은 시설 내에서 SCB 액비가 수경 재배용 배양액 대신 사용되었을 때 방울 토마토의 생육과 과실 수량 및 특성에 미치는 영향을 분석하여, 향후 SCB 액비를 이용한 친환경 수경 재배 기술 개발의 가능성을 확인하고 그에 관한 기초정보를 획득하는 것이다.

재료 및 방법

1. 재배환경

본 실험은 2012년 5월 15일부터 8월 8일까지 충북대학교 농업생명환경대학 부속농장에 위치한 고층고형 단동 플라스틱 하우스(폭 5.3m, 길이 30m, 동고 3m, 측고 2m)에서 수행되었다. 파종 후 45일된 균일한 방울 토마토 신품종(*Solanum lycopersicum* L. 'Unicon')를 200주 구입한 후, 암면 블록(6.5 × 6.5 × 7.5cm, Grodan, The

Netherlands)에 뿌리를 활착시키기 위해 가식하였다. 뿌리 활착 후, 지하수로 포수시킨 암면 슬래브(100 × 15 × 7.5cm, 한국유알암면, Korea)에 가식한 방울 토마토 묘를 정식하였고, 슬래브당 2주, 처리구당 총 방울 토마토 24주를 배치하였다. 방울 토마토의 재배는 농진청 표준 영농교본 토마토 재배법(RDA, 2001)에 준하였다. 측지 제거는 주 1회 실시하였으며, 착과 방법은 진동방법으로 손으로 화방을 흔들어 주었다. 재배기간 동안 평균 온도는 주야 32.1/24.5°C, 평균 상대 습도 67.5%, 일일 평균 적산 일사량은 10.96mol/day였다.

2. SCB 처리

실험의 처리구는 대조구(방울 토마토 전용 일본원시양액, control)의 N(218.3mg · L⁻¹, 1N)을 기준으로, SCB 처리구와 과채류 전용 시판양액(commercial nutrient solution, CNS)(D사, Korea)처리구를 SCB 1/2N, SCB 1N, SCB 2N, CNS 1N으로 나눴다. 처리구 별 EC와 미네랄함량은 Table 1과 같다. 양액의 pH는 pH 미터(HI8424, Hanna, Italy)로 측정 하였으며, 1M의 HCl을 이용하여 5.5~6.5로 유지하였으며, 전기전도도는 EC 미터(HI8633, Hanna, Italy)로 측정하였다. 양액 내 성분 함량 분석은 농업과학원 표준분석법에 준하여 실시하였다(NAAS, 2009). N은 켈달측정장치(Kjeltec™ 2300, Foss tecator AB, Denmark)를 이용하여 측정하였고, P는 Vanadate법으로 분광광도계(Lambda 25, Perkin Elmer, USA)를 이용하여 측정하였고, K과 Ca, Mg 함량은 ICP (Optima 5300DV, Perkin Elmer, USA)에 의해 측정되었다. 유기물 함량 측정에는 Tyurin 적정법이 사용되었다. SCB 액비의 배양액은 타이머 제어에 의해 하루에 주 당 440~520mL를 점적판을 통해 공급하였으며 배액율은 약 10~12.5%였다.

3. 생육 측정

생육측정은 정식 후 32일째 화방이 5~6개 나온 토마토 식물체를 이용하여 실시하였다. 측정 항목으로는 초장,

Table 1. Electrical conductivity, several mineral contents and organic matter of synthetic nutrient solution and SCB solution used in this study.

Treatment ²	EC (dS · m ⁻¹)	N (mg · L ⁻¹)	P (mg · kg ⁻¹)	K (mg · kg ⁻¹)	Mg (mg · kg ⁻¹)	Ca (mg · kg ⁻¹)	Organic matter (%)
Control 1N	1.9	218.3	26.9	188.6	44.4	138.9	-
CNS 1N	1.9	218.7	18.2	266.3	14.6	133.0	-
SCB 1/2N	2.4	108.7	10.4	234.4	0.2	-	0.1
SCB 1N	4.6	217.3	20.9	468.8	0.4	-	0.2
SCB 2N	8.4	434.7	41.7	937.5	0.7	-	0.4

²Control: synthetic nutrient solution for tomato plants, CNS: commercial nutrient solution for fruit vegetable, SCB: slurry composting and biofiltration.

지상부 생체중과 건물중, 엽면적, 줄기직경, 마디수, 엽록소 함량을 조사하였다. 지상부 생체중은 기부를 자른 뒤에 전자저울(EK-6100I, 한국A&D Co., Ltd., Korea)을 이용하여 측정하였고, 건물중은 70°C의 항온 건조기(FS-420, Advantec, Japan)에서 72시간 동안 건조시킨 다음 건물중을 측정하였다. 엽면적은 엽면적계(Li-3000A, Li-Cor, USA)를 이용하여 측정하였고, 줄기 직경은 기부를 기준으로 측정하였다. 엽록소 함량은 SPAD meter(SPAD 502, Minolta, Japan)를 이용하여 정단으로부터 4번째 마디의 끝에 위치한 완전 전개된 잎의 SPAD 값으로 나타내었다.

4. 과실 수량 및 특성

과실은 정식 후 32일 제 생육 측정 후 일주일에 한번 씩 총 7회 수확 하였다. 수확 후 과실의 총 생산량, 상품성 과실 비율, 당도와 산도, 총 페놀 농도, 항산화도, 배꼽썩음병 발생률을 측정하였다. 상품성 과실의 기준은 방울 토마토의 농산물 표준 규격에 의해 분류하였다. 과실 당도는 3회째 수확한 방울 토마토를 휴대용 당도계(Poket PAL-1, Atago, Japan)를 이용하여 측정하였고, 산도는 4회째 수확한 방울 토마토를 페놀프탈레인 방법으로 적정하여 측정하였다(Oh, 2012). 과실의 총 페놀 농도와 항산화도 측정을 위해서 과실을 믹서기로 갈은 후 그 샘플을 -70°C의 초저온 냉동고(NF-300SE, Nihon freezer co., ltd., Japan)에 분석 전까지 보관하였다.

총 페놀 농도는 Folin-ciocalteau방법(Ainsworth와 Gillespie, 2007)을 수정하여 이용하였다. 분석을 위하여 보관된 샘플을 녹인 다음 1mL을 채취하여 3mL의 80%(v/v) 아세톤을 넣어 섞은 후, 4°C 암상태에서 12시간 보관하였다. 이 후 분석법은 Son 등(2012)과 동일하게 수행되었다. 영점을 위해 추출 샘플 대신 80%(v/v) 아세톤으로 사용하여 만들었으며, 분광광도계(UV-1800, Shimadzu, Japan)로 765nm에서 흡광도를 측정하였다. 방

울 토마토 과실의 총 페놀 농도는 단위 생체중(g)당 gallic acid(mg)(Acros Organics, Belgium)으로 표현하였다. 항산화도는 ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenziazoline-6-sulfonic acid))를 이용한 방법(Awika 등, 2003; Miller와 Rice-Evans, 1996)을 수정하여 측정하였다. 추출법은 총 페놀 농도와 동일 하였으며, -20°C 암상태에서 12시간 동안 보관하였다. 이후 분석 과정 또한 Son 등(2012)과 동일한 방법으로 수행 되었다. 방울 토마토 과실의 항산화도는 단위 생체중(g)당 trolox(mmol)[(6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxyl acid)(Sigma-Aldrich, USA)]로 표현하였다.

5. 통계처리

실험은 난괴법으로 디자인 되었으며, 처리당 3반복을 두었으며 반복당 3개체, 총 9개체를 샘플로 하여 생육 특성 및 총 페놀 농도, 항산화도에 대한 데이터를 얻었다. 분석은 SAS(Statistical Analysis System, 9.2 Version) 통계 프로그램을 이용하여 분산분석 analysis of variance (ANOVA)을 하였고, 처리 간 평균값은 Duncan의 다중 검정법을 이용하여 그 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 생장

SCB 액비와 질소농도 처리는 방울 토마토의 생장에 영향을 주었다. SCB 액비 처리 중에 SCB 1/2N은 Control 1N 및 CNS 1N과 대부분의 항목에서 유의적 차이를 보이지 않으면서 다른 SCB 처리구보다 우수한 생장을 유도하였다(Table 2). 지상부 생체중과 건물중, 엽면적, 줄기직경, SPAD값, 마디수에서 SCB 1/2N 처리구는 Control 1N과 CNS 1N과 비교해서 유의적으로 차이를 나타내지 않았다. SCB 1N의 경우, 지상부 생체중과 건물중 및 엽면적이 Control 1N의 약 54~64% 수준에 그쳤다. SCB

Table 2. Growth characteristics of cherry tomato plants subjected to synthetic nutrient solution and SCB solution at 31 days of transplanting.

Treatment ^z	Shoot		Leaf area (cm ² /plant)	Plant height (cm/plant)	Stem diameter (mm)	SPAD value	No. of node
	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)					
Control 1N	449.93 a ^y	58.61 a	4168.71 a	115.33 b	13.22 a	56.82 ab	26.44 a
CNS 1N	443.34 a	61.23 a	4061.56 a	116.44 b	13.33 a	56.49 ab	25.67 a
SCB 1/2N	442.03 a	54.82 a	4188.08 a	137.89 a	11.44 a	59.80 a	27.00 a
SCB 1N	241.45 b	33.99 b	2667.93 b	108.56 b	11.44 a	62.09 a	25.44 a
SCB 2N	116.27 c	19.23 c	815.40 c	82.00 c	7.22 b	53.02 b	19.78 b
Significance ^x	*** ^y	***	***	***	***	***	***

^zControl: synthetic nutrient solution for tomato plants, CNS: commercial nutrient solution for fruit vegetable, SCB: slurry composting and biofiltration.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test.

*** Significant at P = 0.001, respectively.

2N에서는 그 감소 정도가 SCB 1N보다 더욱 증가하였다. 이러한 생장 억제 현상은 SCB의 높은 EC 농도에 의해 기인된 것으로 판단된다. Table 1에서 보는 바와 같이 SCB 1N은 그 질소 농도가 Control 1N과 거의 동일하지만, K의 과잉으로 EC가 Control 1N보다 2.4배 높았다. Cuartero와 Rafael(1999)는 토마토 재배 시 토양의 고농도 염류는 광합성 동화산물의 지하부 축적을 유도하여 지상부보다 지하부 생육을 촉진하였다고 보고하였고, 토마토 이외의 다른 작물, 즉 상추, 고추, 펜지 등에서도 지상부 생육의 저해 현상이 보고되었다(Gent, 2003; Navarro 등, 2003; Rhee, 2007, van Iersel, 1999). EC가 높은 양액이 배지에 공급될 경우 배지의 수분포텐셜이 정상적인 EC의 양액이 공급된 배지에 비해 낮아져 식물체의 뿌리로 원활한 수분의 이동이 억제됨으로 인해 일차적인 생육의 장애가 일어나게 되고 그 결과, 세포막의 완전성과 대사, 활성산소축과 같은 독성물질의 생산을 유도하여 식물의 기능을 저해시켜 세포가 괴사하며, 추가적으로 외부환경에 대한 저항성이 감소되어 생장률 향상이 저해될 수 있다(Zhang과 Davis, 1991; Taiz와 Zeiger, 2006). 한편 초장에서는 Control 1N와 CNS 1N 처리구 보다 SCB 1/2N 처리구에서 초장이 약 1.2 배 높은 값을 나타냈지만, SCB 처리구내에서는 SCB 배양액 내 질소의 농도가 증가함에 따라 그 값이 유의적으로 감소하였다. 줄기 직경은 Control 1N과 CNS 1N에 비해 SCB 처리구가 유의적으로 낮았다. 엽록소 함량 (SPAD value)에서는 SCB 2N을 제외한 모든 처리에서 큰 차이를 보이지 않았다. 결국 질소함량이 절반 정도 낮은 SCB 1/2N은 Control 1N과 CNS 1N에 비교했을 때 토마토 식물체의 생장에는 큰 차이를 보이지 않아 시설 내 양액재배에 사용 가능성을 확인할 수 있었다.

2. 과실의 생산량 및 품질

재배 기간 동안 과실의 총 생산량은 Control 1N에서 가장 높았으며, 그 다음은 CNS 1N이었다(Table 3). SCB 액비 처리 중 가장 양호한 생육을 보였던 1/2N 처리구는 과실 생산량에서는 Control 1N 총 생산량의 47%를 기록하였고, SCB 2N에서는 유의적으로 가장 낮은 과실 생산량을 보였다. 상품성 과실 비율은 Control 1N과 CNS 1N에서 약 92~93%로 높게 나타난 반면에 SCB 1N과 1/2N 처리구는 약 58%로 낮게 나타났다. 과실중 또한 총 생산량과 상품성 과실 비율의 결과와 비슷한 경향을 나타냈다. SCB 처리구에서 토마토 과실 생산량 감소 및 상품성 과실비율 감소의 주된 원인은 앞서 토마토 묘의 생육결과와 마찬가지로 높은 EC를 들 수 있다. 하지만 SCB 1/2N은 묘의 영양생장이 Control 1N과 CNS 1N과 비슷했다는 점에서 과실 생산량이 대

Table 3. Fruit yield of cherry tomato subjected to synthetic nutrient solution and SCB solution for 7 weeks.

Treatment ^z	Total fruit yield (g/plant)	Percentage of marketable fruit yield (%)	Fruit weight (g/fruit)
Control 1N	713.68 a ^y	92.47 a	12.31 a
CNS 1N	510.85 b	93.41 a	10.74 ab
SCB 1/2N	402.00 c	57.81 b	8.25 b
SCB 1N	311.35 c	58.07 b	9.98 ab
SCB 2N	83.44 d	11.11 c	4.70 b
Significance ^x	***	***	***

^zControl: synthetic nutrient solution for tomato plants, CNS: commercial nutrient solution for fruit vegetable, SCB: slurry composting and biofiltration.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test.

*** Significant at P = 0.001, respectively.

표하는 생식 생장의 감소는 또 다른 원인의 결과로 생각된다. 토마토 전용 양액인 Control 1N의 주요 무기 성분의 구성비율을 표준으로 간주하고 이를 기준으로 보았을 때, SCB는 Control 1N의 무기 양분 구성 비율과 크게 달라 균형 있는 토마토 배양액이라고 할 수 없었다. 예를 들어 K는 과잉인 반면 Mg와 Ca는 과부족이었다 (Table 1). 특히 K는 Ca, Mg와 길항관계에 있기 때문에 지나친 K의 식물체내의 흡수는 Ca와 Mg의 흡수를 제한하여 토마토 생장 및 과실의 크기와 무게에 부정적인 영향을 주었다(Kabu와 Toop, 1970; Rubio 등, 2009). 또한 Hao와 Papadopoulos (2003)의 연구에서 Ca와 Mg의 불균형은 토마토 과실의 생산량 및 무게의 저하를 초래하였으며 멜론 재배에서도 N과 P의 농도 비율이 멜론의 생산량에 영향을 끼쳤다고 보고되었다(Ben과 Kafkafi, 2002).

방울 토마토 과실의 당도에서는 SCB 1N과 2N에서, 그리고 산도는 모든 SCB 처리구에서 상대적으로 Control 1N와 CNS 1N보다 높게 나타났다(Table 4). SCB 처리구내에서는 질소 농도가 증가할수록 당도와 산도가 증가하는 경향을 보였다. 당도와 산도에서 가장 낮은 값을 보인 Control 1N과 가장 높은 값을 보인 SCB 2N 처리구를 비교했을 때 각각 1.8배와 2.2배 차이를 나타냈다. 이 결과는 EC 농도가 증가함에 따라 방울 토마토와 대과종 토마토에서 당도와 산도의 함량이 증가한다는 다른 연구들과도 일치한다(Gough와 Hobson, 1990, Mizrahi, 1982; Mizrahi 등, 1988). SCB 처리에서 보여진 것과 같은 고농도의 EC처리는 과실 비대기에 과실로의 수분 이동을 제한하여 상대적 수분 부족을 초래하며, 수분부족은 스트레스로 작용하여 작물의 당도와 산도를 증가시킨 것으로 판단된다(Wu와 Kubota, 2008).

과실의 총 페놀농도와 항산화도는 SCB 2N 처리구를 제외하고 유의적 차이가 없었다. SCB 2N 처리구의 과

Table 4. Fruit quality of cherry tomato subjected to synthetic nutrient solution and SCB solution.

Treatment ^z	Soluble solids content (°Brix)	Total acidity (%)	Total phenolic concentration (GAE mg/g FW)	Antioxidant capacity (mmol TEAC/g FW)	Percentage of blossom-end rot (%)
Control 1N	5.42 d ^y	0.87 d	0.15 b	0.57 b	-
CNS 1N	7.71 bc	0.94 cd	0.14 bc	0.52 b	-
SCB 1/2N	7.62 c	1.25 b	0.15 b	0.51 b	19.59
SCB 1N	8.39 b	1.03 bc	0.15 b	0.52 b	13.77
SCB 2N	9.80 a	1.93 a	0.21 a	1.08 a	7.67
Significance ^z	***	***	***	***	-

^zControl: synthetic nutrient solution for tomato plants, CNS: commercial nutrient solution for fruit vegetable, SCB: slurry composting and biofiltration.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test.

*** Significant at $P = 0.001$, respectively.

실 향산화도는 다른 처리구에 비해 약 2배 높았다. 이러한 결과 또한 SCB 2N 처리구에서의 높은 EC에 의한 염 스트레스의 발생의 결과로 생각할 수 있다. Ehret 등 (2013)은 EC 농도가 증가할수록 토마토의 향산화도가 증가한다고 보고하였다. 하지만, SCB 2N 처리구에서 과실중은 다른 처리구에 비해 상대적으로 낮았기 때문에 향산화도를 농도를 나타낼 때 작은 분모 값에 의해 수치적으로 높은 값을 나타낼 수 있는 가능성은 배제할 수 없다.

배꼽썩음병은 Control 1N과 CNS 1N에서는 거의 발생되지 않은 반면에, SCB 액비 처리구에서는 액비의 농도가 감소하면서 점점 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 Table 1에서 나타난 것처럼 SCB 처리구에는 Ca가 함유되지 않았기 때문에, 배꼽썩음병 이 발생한 것으로 판단된다(Saure, 2001). 또한 다른 이온의 과잉에 의해 발생한 높은 EC는 뿌리에서 흡수되는 이온의 양을 더욱 감소시켜 목부를 통한 과실로 수송되는 이온의 상당량을 제한한 것으로 생각된다(Ho와 Adams, 1989).

결 론

결론적으로 SCB처리 중 SCB 1/2N 처리구는 Control 1N과 CNS 1N 처리구와 비교해서 영양생장적인 측면에서는 큰 차이를 보이지 않았지만, 방울 토마토 과실의 생산 측면에서는 저조한 생산량을 나타냈다. 따라서, SCB 액비는 온실 내 방울토마토 재배에 이용될 수 있는 가능성은 어느 정도 확인되었지만, 과실의 생산량과 상품성을 고려한다면 개화기 및 과실 비대기에 무기양분의 균형을 위해 추가적으로 무기질 비료의 공급이 필요할 것으로 판단되었다. 또한 항상 동일한 무기성분을 갖는 SCB 액비 생산 방법 표준화에 대한 연구도 앞으로 SCB 액비 사용의 활성화를 위해 필요할 것이다.

적 요

본 실험은 SCB(slurry composting and biofiltration) 액비의 방울 토마토(*Solanum lycopersicum* L. 'Unicon') 수경재배 이용가능성을 알아보기 위해 실시 되었다. 배양액처리 대조구로는 방울 토마토 전용 배양액(Control 1N)을 사용하였고, 이 배양액의 질소량($218.32\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)을 기준으로 시판양액 1N(CNS 1N), SCB 1/2N, SCB 1N, SCB 2N을 타이머 제어에 의해 하루에 440~520mL을 공급하였다. 31일 동안 재배한 후 지상부 생체중과 건물중, 엽면적, 초장, 줄기직경, SPAD값, 마디수를 조사하였으며, 그 후 주 1회 총 7번의 과실을 수확하여 총 생산량과 상품성 과실 비율, 과실중, 당도와 산도, 과실의 총 페놀 농도 및 향산화도, 배꼽썩음병 발생률을 조사하였다. 그 결과 SCB처리 중에는 SCB 1/2N은 지상부 생체중 · 건물중, 엽면적, 줄기직경, 마디수 및 SPAD 값에서 Control 1N 및 CNS 1N과 유의적 차이를 보이지 않으면서 우수한 생육을 유도하였다. SCB는 질소 농도가 증가하면서 점차로 생육의 저해현상을 보였다. 과실의 총 생산량은 Control 1N에서 가장 높았으며, SCB 처리중 생장이 가장 좋았던 SCB 1/2N 처리구는 Control 1N 총 생산량의 47%를 기록하였다. 상품성 과실 비율도 SCB 1N과 SCB 1/2N 처리구는 약 57~58%로 낮게 나타났다. 당도와 산도, 총 페놀 농도와 향산화도에서는 SCB 2N에서 가장 높은 수치를 보였고, 나머지 처리구와 대조구에서는 유의적으로 차이를 보이지 않았다. 배꼽썩음병은 Control 1N, CNS 1N에서는 발생하지 않았지만, SCB 2N, 1N, 1/2N 처리구는 각각 약 7, 13, 19%의 발생률을 나타내었다. 결론적으로 SCB 1/2N 처리는 Control 1N과 CNS 1N과 비교해서 방울 토마토의 영양생장에는 양호한 결과를 보였지만, 과실의 수량과 품질을 유지하지는 못했다. 따라서 SCB 액비는 방울 토마토 시설 수경 재배에서 배양액으로의 가능성은 확인하였지만, 과실의 생산량과 상품성을 고려한다면 개화기

및 과실 비대기에 추가적인 무기 양분의 공급이 필요할 것으로 판단되었다.

추가 주제어 : 항산화도, 배꼽 썩음병, 전기 전도도, 과실 품질, 배양액, 총 페놀 농도, 총 과실 생산량

사 사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(PJ007824042013)의 지원에 의해 이루어진 것임.

Literature Cited

- Ainsworth, E.A. and K.M. Gillespie. 2007. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin-Ciocalteu reagent. *Nature Protocols* 2:875-877.
- Awika, J.M., L.W. Rooney, X.Wu, R.L. Prior, and L. Cisneros-Zevallos. 2003. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. *J. Agr. Food Chem.* 51:6657-6662.
- Ben, G.O. and U. Kafkafi. 2002. Melon fruit quality as affected by timing, duration, and concentration of phosphate and nitrogen sources in recycled hydroponic system. 25:1563-1583.
- Cuartero, J. and F.M. Rafael. 1999. Tomato and salinity. *Sci. Hort.* 78:83-125.
- Dorais, M. 2007. Organic production of vegetable: state of the art and challenges. *Can. J. Plant Sci.* 87:1055-1066.
- Ehret, D.L., K. Usher, T. Helmer, G. Block, D. Steinke, B. Frey, T. Kuang, and M. Diarra. 2013. Tomato fruit antioxidants in relation to salinity and greenhouse climate. *J. Agric. Food Chem.* 61:1138-1145.
- Gent, M.P.N. 2003. Solution electrical conductivity and ratio of nitrate to other nutrients affect accumulation of nitrate in hydroponic lettuce. *HortScience* 38:222-227.
- Gough, C. and G.E. Hobson. 1990. A comparison of the productivity, quality, shelf life characteristics and consumer reaction to the crop from cherry tomato plants grown at different levels of salinity. *J. Hort. Sci.* 65:431-439.
- Hao, X. and P. Papadopoulos. 2003. Effects of calcium and magnesium on growth, fruit yield and quality in a fall greenhouse tomato crop grown on rockwool. *Can. J. Plant Sci.* 83:903-912.
- Ho, L. and P. Adams. 1989. Effects of diurnal changes in the salinity of the nutrient solution on the accumulation of calcium by tomato fruit. *Ann. Bot.* 64:373-382.
- Jarecki, M.K., C. Chong, and R.P. Voropney. 2005. Evaluation of compost leachates for plant growth in hydroponic culture. *J. Plant Nutr.* 28:651-667.
- Jeong, K.H., D.H. Lee, J.K. Kim, J.H. Kwak, and Y.H. Yoo. 2013. Is waste? Resources are? No. 95. RDA interobang, Suwon, Kyeonki-do, Korea. p. 16.
- Kabu, K.L. and E.W. Toop. 1970. Influence of potassium-magnesium antagonism on tomato plant growth. *Can. J. Plant Sci.* 50:711-715.
- Kang, B.K., H.H. Jung, and K.S. Kim. 2010. Effect of slurry composted and biofiltered solution as organic fertilizer on the growth of zysiagrass. *Hort. Environ. Biotechnol.* 51:507-512.
- Kwon, Y.H., U. Lee, S.I. Hwang, and E.S. Baik. 2009. The characteristics of growth and fruiting in chestnut trees by SCB (slurry composting and biofiltration) liquid fertilizer. *J. Kor. For. Soc.* 98:676-680 (in Korean).
- Lee, J.T., I.J. Ha, H.D. Kim, J.S. Moon, W.I. Kim, and W.D. Song. 2006. Effect of liquid pig manure on growth, nutrient uptake of onion and chemical properties in soil. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 24:148-156 (in Korean).
- Lee, C.H., K.Y. Shin, J.T. Lee, and G.J. Lee. 2003. Determination of nitrogen application level for Chinese cabbage with application of poultry manure compost in highland. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 336:280-289 (in Korean).
- Lee, S.B., K.M. Cho, C.H. Yang, Y.J. Oh, T.I. Park, and K.J. Kim. 2011. Effects of split application of SCB liquid fertilizer on rice yield and soil chemical property in Honam plain field. *Kor. J. Crop Sci.* 56:140-145 (in Korean).
- Lim, T.J., S.D. Hong, S.B. Kang, and J.M. Park. 2009. Evaluation of the preplant optimum application rates of pig slurry composition biofiltration for Chinese cabbage. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 27:572-577 (in Korean).
- Lim, T.J., S.D. Hong, S.H. Kim, and J.M. Park. 2008. Evaluation of yield and quality from red pepper for application rates of pig slurry composting biofiltration. *Kor. J. Environ. Agri.* 27:171-177 (in Korean).
- Miller, N.J. and C.A. Rice-Evans. 1996. Spectrophotometric determination of antioxidant activity. *Redox Rpt.* 2:161-171.
- Mizrahi, Y. 1982. Effects of salinity on tomato fruit ripening. *Plant Physiol.* 69:966-970.
- Mizrahi, Y., E. Taleisnik, V. Kagan-Zur, Y. Zohar, R. Offenbach, E. Matan, and R. Golan. 1998. A saline irrigation regime for improving tomato fruit quality without reducing yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 133:202-205.
- National Academy of Agricultural Science (NAAS). 2009. Method of soil analysis, National Academy of Agricultural Science. RDA, Suwon, Korea.
- Navarro, J.M., C. Garrido, V. Martinez, and M. Carvajal. 2003. Water relations and xylem transport of nutrient in pepper plants grown under two different salts stress regimes. *Plant Growth Regulat.* 41:237-245.
- Oh, S.I. 2012. Characteristics and reduction of berry cracking in 'Heukgoosul' and 'Tamnara' grapes (*Vitis labruscana* B.). PhD. Diss., Univ. of Chungbuk, Cheongju, Korea.
- Rhee, H.C., M.W. Cho, S.Y. Lee, G.L. Choi, and J.H. Lee. 2007. Effect of salt concentration in soil on the growth,

- yield, photosynthetic rate, and mineral uptake of tomato in protected cultivation. J. Bio-Environ. Control 16:328-332 (in Korean).
- Rubio, J.S., F. Garcia-Sanchez, F. Rubio, and V. Martinez. 2009. Yield, blossom-end rot incidence, and fruit quality in pepper plants under moderate salinity are affected by K⁺ and Ca²⁺ fertilization. Sci. Hort. 119:79-87.
- Rural Development Administration (RDA). 2001. Tomato culture (Standard textbook for farming-106). RDA press, Suwon.
- Saure, M.C. 2001. Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) – a calcium- or a stress-related disorder? Sci. Hort. 90:248-253.
- Seo, Y.H., M.S. Ahn, A.S. Kang, and Y.S. Jung. 2011. Influence of continuous application of low-concentration swine slurry on soil properties and yield of tomato and cucumber in a green house. Kor. J. Soil Fert. 44:773-778 (in Korean).
- Son, K.H., J.H. Park, D.I. Kim, and M.M. Oh. 2012. Leaf shape index, growth, and phytochemicals in tow leaf lettuce cultivars grown under monochromatic light-emitting diodes. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 30:664-672.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2006. Plant physiology: Stress physiology. 4th ed. Life Science, Sunderland, M.A.
- van Iersel, M. 1999. Fertilizer concentration affects growth and nutrient composition of subirrigated pansies. Hort-Science 34:660-663.
- Wu, M. and C. Kubota. 2008. Effects of high electrical conductivity of nutrient solution and its application timing on lycopene, chlorophyll and sugar concentrations of hydroponic tomatoes during ripening. Sci. Hort. 116:122-129.
- Zhang, J. and W.J. Davies. 1991. Antitranspirant activity in xylem sap of maize plants. J. Exp. Bot. 42:317-321.