

폐양액 관비량과 퇴비 시용량이 토마토의 생육과 품질에 미치는 영향

장성호¹ · 강호민² · 김일섭^{2*}

¹절강성 농업과학원 채소과, ²강원대학교 원예학과

Influence of Amount of Waste Nutrient Solution and Compost on Growth and Quality of Tomato Grown by Fertigation

Cheng Hao Zhang¹, Ho-Min Kang², and Il Seop Kim^{2*}

¹Vegetables Institute, Zhejiang Academy of Agricultural Science, Hangzhou, 310021, China

²Department of Horticulture, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

Abstract. Waste nutrient solution (WNS) that composed of nutrient solution of horticultural research institute in Japan and used for culture tomato in perlite hydroponics showed 1.9~2.4 dS/m of EC and 5.5~7.1 of pH. Although $\text{NH}_4\text{-N}$ concentration of WNS decreased remarkably, the others did not change significantly as compared with supplied solution. The growth characteristics such as plant height, stem diameter, leaf length, and leaf width were increased as amount of compost was increased in 1 L WNS supply treatment. But there was not any regular tendency on growth characteristics in 2 L/plant WNS supply treatment. The chlorophyll content of tomato leaf was highest in 1 L/plant WNS supply and 4,000 kg/10a compost treatment. The fresh and dry weight, and yield of tomato fruit also increased with increase of amount of WNS and compost, and they were highest in 1 L WNS supply and 4,000 kg/10a compost treatment. The sugar content of tomato fruits was not influenced by amount of WNS and compost, fructose and glucose and total sugar was highest in 2 L/plant WNS supply and 2,000 kg/10a compost treatment. Therefore fertigation culture used WNS is environmentally friendly and can guarantee yield and quality of tomato fruits and growth of tomato plants.

Key words : chlorophyll, fresh weight, fructose and glucose total sugar, yield

서 론

최근 국내에서 반자동 하우스 및 자동화 유리온실 등의 시설화가 급속히 늘어나고 있는데, 이들 대부분은 수경재배를 실시하고 있다. 또한 우리나라에서 펠라이트와 암면 등을 이용한 비순환식 고품배지경이 전체의 수경재배 면적의 80% 이상을 차지하고 있으며, 작물별 수경재배 현황을 살펴보면 채소류 약 800ha 차지하고 있다. 이러한 비순환식 재배로 1회 급액 후 나오는 20%의 폐양액이 그대로 방출되고 있어 자원의 낭비뿐만 아니라 토양이나 인근 하천에 그대로 방출될 경우 토양과 지하수를 오염시킬 수 있다(Benoit, 1992; Rho 등, 1997). 관비재배는 관수와 시비를 동시에 실

시함으로써 작물이 필요한 시기에 양수분을 적절하게 공급하는 재배방법으로써 양분 유실에 의한 하천 오염을 줄일 수 있는 환경 친화형 농법으로 선진국에서는 보편화되게 응용되고 있다. 폐양액을 이용하여 관비재배와 일반 수경재배를 비교하였을 때 당도를 중요시하는 과채류에서는 폐양액을 이용한 관비재배가 과실의 수량 및 품질 향상에 유리하며, 다른 과채류에서도 수량과 품질이 차이가 나타나지 않아 폐양액을 관비재배에 이용하는 것이 가능한 것으로 사료된다.

관비 재배시 관비액의 급액량은 작물과 토양의 종류, 재배시기, 그리고 관비의 농도에 따라 달라져 많은 연구와 보고가 있어 왔다(Lee 등, 2006; Park 등, 2003). 이러한 관비량은 작물의 생육은 물론 생산비와도 밀접한 관계에 있어 농가 적용이 더욱 중요하다. 관비재배는 토양을 배지로 하는 재배 방법이기 때문에 재배전 퇴비 시용으로 배지인 토양의 물리 화학성을 증진시키

*Corresponding author: kimilsop@kangwon.ac.kr
Received March 3, 2009; Revised April 11, 2009;
Accepted May 26, 2009

는 작업이 필요하며 오이 등에서 보고된 바 있다 (Jung 등, 2000). 또한 토마토의 시설재배에서 퇴비시용은 시설내 이산화탄소 공급, 양분 공급, 토양 개선 등의 효과로 생육과 과실의 당도가 증가한다고 한다 (Yang 등, 1996).

이에 본 연구는 비순환식 수경에서 배출되는 폐양액을 이용한 관비재배 적정 급액량과 퇴비 시비량을 구명하고자 실시하였다.

재료 및 방법

실험에 사용한 토마토 품종은 마이로꾸(사카타종묘)였으며 육묘 후 비닐하우스내 EC 0.5ds/m인 사양질계 토양에서 4월부터 10월까지 관비재배하였다. 처리구는 토마토 비순환식수경재배에서 흘러나온 폐양액(Table 1)을 이용하여 관비량을 주당 1.0L와 2.0L, 퇴비량을 2,000kg/10a와 4,000kg/10a로 달리하였다. 폐양액은 3일 간격으로 1.0L/주와 2.0L/주 수준으로 점적 관비하였으며, 토마토는 3화방 위의 2잎을 남기고 적심 하였다.

생육조사는 처리 후 10일 간격으로 엽수, 엽록소, 엽장, 엽폭 등 일반생육과 과실의 당도, 수량 등을 조사였고, 최종 조사시에 지상부와 지하부의 생체중과 건물중, 수량, 그리고 양분흡수율을 조사하였다. 과실당도는 Abbe 굴절계(ATAGO, NI, Japan)로 가용성 고형물질 함량을 측정하여 Brix로 표시하였으며 당 분석은 3개의 과실을 내중벽부를 10g씩 채취하여 착즙후 3000rpm으로 10분간 원심분리하여 상등액을 0.45 membrane filter로 여과후 10씩 주입하여 high performance liquid chromatography(HPLC)로 분석하였다. 당 분석은 HPLC(MODEL:RID-10A, Shimadzu, Japan)의 RI detector, column은 shim-pack SCR-101N

(7.9mmF×30cm)로 환원당 및 비환원당을 분석하였다.

결과 및 고찰

토마토의 생육시기별 폐양액의 이온별 농도변화는 질산태 질소(NO₃-N), Ca 및 K 함량은 증가하는 경향을 보여 전체적으로 양이온 함량이 높게 나타났으며, 반대로 음이온은 감소하였다. 암모니아태 질소(NH₄-N)의 감소가 가장 컸다. 생육시기별 질산태 질소(NO₃-N), Ca 및 K 함량은 토마토의 전 생육기간 서서히 증가하였고, 암모니아태 질소(NH₄-N), P 및 S 함량은 생육시기별로 천천히 낮아졌다(Table 1). Sonneveld (1981) 그리고 Sonneveld와 Welles(1984)도 과채류의 경우 K는 비교적 쉽게, 반대로 Ca는 어렵게 흡수된다고 하였는데, 본 실험에서는 K과 Ca 모두 폐양액내의 농도가 증가하였다. Ikeda와 Osawa(1981)은 오이는 NO₃⁻ 보다 NH₄⁺ 이온을 우선적으로 흡수하고 토마토는 같은 수준이라고 하였으나, 본 실험에서는 NH₄⁺-N의 감소가 컸다. 토마토 생육시기별 폐양액의 pH는 재배기간동안 토마토는 5.5~7.1를 유지하여 토마토의 생육이 안정적이었고, 3주까지는 높게 나타나다 4주 이후로 가면서 서서히 낮아지는 경향이 나타났다. 이러한 pH의 저하는 생육이 진전됨에 따라 NH₄⁺-N가 흡수량이 급격히 증가하여 식물체로부터 H⁺ 이온을 방출하기 때문인 것으로 사료된다(Park과 Kim, 1998). 일반적으로 작물의 생육에 적합한 양액의 pH는 6.0 좌우인데 (Lee 등, 1994), 대부분의 원예작물이 pH 5.5~6.8의 약산성을 좋아한다고 보고되어 있다(Lunt and Clark, 1959; Penningsfeld, 1971; Yun 등, 2000). EC는 pH와 반대로 정식 3주째까지 감소하다가 그 후 점차적으로 증가하였는데, 토마토의 성장에는 영향을 끼치지 않았다. 3주 이후 EC가 증가한 것은 재배시기가 여름에

Table 1. Changes of mineral concentrations of waste nutrient solution(WNS) in the hydroponics of tomato.

Treatment ²	Mineral concentrations (me · L ⁻¹)							
	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca	PO ₄ -P	Mg	SO ₄ -S	K	
JHR	16.0	1.3	8.0	4.0	4.0	4.0	8.0	
WNS	3 weeks	16.5	0.4	8.6	3.6	3.7	3.8	7.4
	6 weeks	17.1	0	8.9	3.7	3.5	3.5	8.4
	9 weeks	17.3	0	9.4	3.5	4.2	3.4	8.5

²JHR: Nutrient solution of horticultural research institute in Japan; WNS: Waste nutrient solution of JHR.

³Timing of mineral analysis of deposited solution after planting of each plants.

폐양액 관비량과 퇴비 사용량이 토마토의 생육과 품질에 미치는 영향

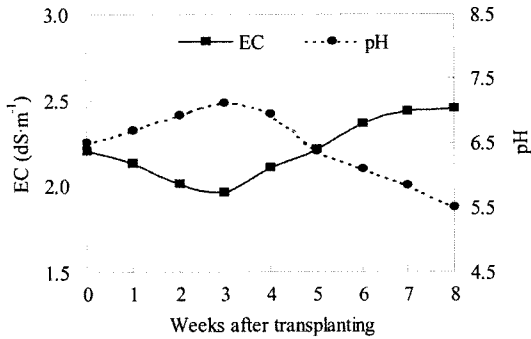


Fig. 1. Changes of EC and pH in hydroponics culture of tomato.

접어들면서 작물의 수분 흡수량이 증가하였기 때문이라 생각된다. 일반적으로 양액 재배시 여름에 겨울보다 양액 농도를 낮게 공급하는데 이 또한 여름철 작물의 수분 흡수량이 높기 때문이다(Park과 Kim, 1998).

토마토 폐양액의 관비량과 퇴비시비량의 증가에 따라 토마토 식물체의 초기생육이 관비량과 퇴비량의 증가에 따라 현저히 좋았으며, 생육 후기에는 주당 1L 관비한 처리에서는 퇴비량의 증가에 따라 생육이 좋았다(Table 2). 그러나 주당 2L 관비한 처리에서는 일정

한 경향이 나타나지 않았으며 퇴비량 4,000kg/10a 처리구에서 과번무하였다. 본 실험에서 공급한 폐양액의 수경재배 공급양액과 큰 차이가 없는 양액농도를 가지고 있어(Table 1) 4,000kg/10a의 추가 퇴비사용은 과다 시비 조건이라 생각된다.

토마토 잎의 엽록소 함량은 주당 1L 관비처리에서 퇴비량의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였으나, 주당 2L 관비처리에서는 일정한 경향이 없었는데 토마토에서는 관비량이 주당 1L, 퇴비량이 4,000kg/10a 처리구에서 가장 높게 나타났다(Table 3). 본 실험에서 사용한 폐양액에는 수경재배 양액과 거의 유사한 수준의 NO₃-N과 Mg를 함유하고 있어(Table 1) 퇴비 무사용구에서도 엽록소 생성에 큰 지장이 없었던 것으로 생각된다. 토마토 잎의 엽록소 함량은 질소시비 등에 영향을 받는데 대체로 SPAD 값으로 50~60 범위인 것으로 알려져 있다(Swiader와 Moore, 2002).

토마토의 생체중과 건물중은 관비량 증가와 퇴비량 증가에 따라 증가하는 경향을 보였는데. 지상부의 생체중은 퇴비량 2,000kg/10a에서 관비량에 의한 차이가 크게 나타났으나 4,000kg/10a에서는 관비량에 의한 차이가 나타나지 않았다. 지상부의 건물중은 관비량 1L

Table 2. Effect of amounts of waste nutrient solution (WNS) and compost on the growth of tomato grown by fertigation.

Amount of WNS (L/plant)	Amount of compost (kg/10a)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
1	0	103.8 c ^z	11.1 d	43.1 c	45.0 c
	2,000	118.0 b	17.1 a	45.1 b	48.6 b
	4,000	142.0 a	17.5 a	46.8 a	50.7 a
2	0	104.5 c	13.2 c	43.5 c	45.8 c
	2,000	121.3 b	16.8 a	44.8 bc	48.9 b
	4,000	124.3 b	15.4 b	45.3 b	49.2 ab

^zMeans separation by duncan's multiple range test at 5% level.

Table 3. Effect of amounts of waste nutrient solution (WNS) and compost on the fresh weight and dry weight of cucumber and tomato grown by fertigation.

Amount of WNS (L/plant)	Amount of compost (kg/10a)	Leaf chloro phyll (SPAD)	Fresh weight (g/plant)			Dry weight (g/plant)		
			Leaf	Stem	Root	Leaf	Stem	Root
1	0	51.6 c ^z	587.6 e	228.6 c	38.6 e	57.4 c	24.8 b	5.8 d
	2,000	57.0 b	713.5 c	265.7 b	45.5 c	68.9 c	28.5 a	7.4 b
	4,000	60.6 a	740.6 b	285.2 a	51.1 a	72.5 b	29.7 a	8.0 a
2	0	52.8 b	626.4 d	238.7 c	41.2 d	61.8 d	25.1 b	6.3 c
	2,000	57.8 a	754.5 ab	268.9 b	48.9 ab	73.9 ab	27.6 ab	7.3 b
	4,000	53.8 b	768.8 a	264.3 b	47.8 bc	75.8 a	27.5 ab	7.8 a

^zMeans separation by duncan's multiple range test at 5% level.

Table 4. Effect of amounts of waste nutrient solution (WNS) and compost on the fruit yields and soluble solid of tomato grown by fertigation.

Amount of WNS (L/plant)	Amount of compost (kg/10a)	Fruit (No./plant)	Fruit weight (g/fruit)	Fruit yields (g/plant)	Soluble solid (°Brix)
1	0	10.1 d ^c	160.6 d	1622.0 e	5.5 d
	2,000	11.8 ab	178.4 b	2105.1 bc	5.8 bc
	4,000	11.7 b	198.7 a	2324.8 a	6.0 ab
2	0	11.2 c	164.5 cd	1842.4 d	5.7 cd
	2,000	12.2 a	176.4 b	2152.1 b	6.2 a
	4,000	11.6 b	169.4 c	1965.0 c	6.1 a

^cMeans separation by duncan's multiple range test at 5% level.

에서 퇴비량 증가에 따라 무게가 증가하였으나 관비량 2L에서 퇴비량에 의해 차이가 나타나지 않았다.

기존의 토마토 관비재배에서는 관비액 농도 1.0~1.5 ds/m로 주당 0.6~1.0L를 점적관개하여 우수한 결과를 얻었다고 하였으며(Lee 등, 2006), 퇴비비용으로 생육과 당도가 증가한다고 하였다(Yang 등, 1996). 토마토의 과당 평균 무게와 수량 모두 관비량 1L에서 퇴비량 증가에 따라 증가하는 경향이었으나, 관비량 2L에서는 퇴비량 2,000kg/10a 처리구에서 많았다(Table 4). 전체적으로 수량과 평균 과중은 관비량 1L, 퇴비량 4,000kg/10a 처리구에서 가장 많았다. 당도는 퇴비량과 관비량에 따른 일정한 경향이 없었으며 관비량 2L, 퇴비량 2,000kg/10a 처리구에서 6.2°Brix로 가장 높게 나타났다. 기존의 토마토 관비연구에서 수확기에는 1.6~2.0mS/m가 가장 적당하다고 하였는데(Choi 등, 2000), 본 실험에 사용한 폐양액은 1.9~2.5mS/cm로 이보다 다소 높았으나, 거의 유사한 수준이었다.

토마토에서 퇴비량과 관수량의 증가에 따라 전체적으로 fructose와 glucose의 함량이 증가하는 경향을 보였으나 관비량 2L, 퇴비량 2,000kg/10a 처리에서 fructose, glucose 및 total sugar 함량이 가장 높게 나타났다. Fructose와 glucose의 비율은 관비량 1L처리에서는 퇴비량 증가에 따라 감소하였으며, 관비량 2L 처리에서는 일정한 경향이 없이 퇴비량 2,000kg/10a 처리에서 높게 나타났다(Fig. 2).

토마토의 주요구성 당에 대한 관능검사에서 감지되는 감미의 정도는 질적으로 차이가 있으며, fructose의 감미는 glucose에 비해 2배 정도 높은 것으로 알려져 있다(Yamaguchi, 1994). Mochizuki 등(1999)은 전당 함량이 높은 품종일수록 fructose와 glucose 함량도 거의 같은 정도로 높아지나 fructose의 비율은 다소

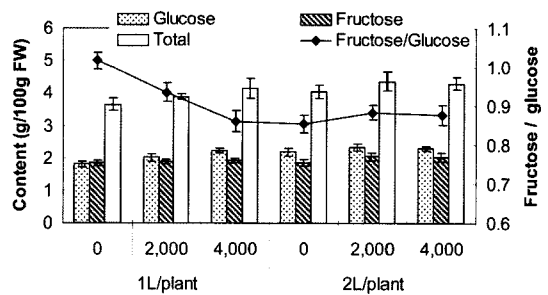


Fig. 2. Effect of amounts of waste nutrient solution (WNS) and compost on the glucose, fructose, total sugar content and fructose and glucose ratio of tomato fruit grown by fertigation. Vertical bars indicate ±SD

낮아진다는 경향을 보고하였는데, 이는 본 실험에서 급액량이 감소할수록 당함량은 증가하나 fructose/glucose 비는 감소하는 경향과 유사하였다(Fig. 2).

그러므로 이상의 결과로 볼 때 폐양액을 이용한 친환경적인 관비재배가 가능하며, 또한 관비재배에서 품질도 보장 할 수 있다고 판단된다.

적 요

토마토의 펄라이트 배지경에서 공급했던 일본원시배 양액의 폐양액은 EC는 1.9~2.4dS/m, pH는 5.5~7.1의 범위였으며 다량 원소의 농도는 NH₄-N가 감소하였을 뿐 대부분 공급양액과 큰 차이가 없었다. 토마토 폐양액의 1L 관비시 퇴비비량의 증가에 따라 토마토의 초장, 경경, 엽장, 엽폭 등 일반생육과 잎의 엽록소 함량이 현저히 좋아지는 경향을 보였으나 2L 관비처리에서는 일정한 경향이 없었다. 토마토 잎의 엽록소 함량은 주당 1L, 퇴비량이 4,000kg/10a 처리구에서 가장 높게 나타났다. 토마토 식물체의 생체중과 건물중도 폐

양액의 1L 관비시 퇴비시비량의 증가에 따라 증가하는 경향이었으나 2L에서는 일정하지 않았다. 토마토의 수량도 일반생육과 비슷한 경향으로 관비량과 퇴비량 증가에 따라 증가하는 경향을 보여 관비량 1L, 퇴비량 4,000kg/10a 처리구에서 가장 많았다. 당도는 퇴비량과 관비량에 따른 일정한 경향이 없었으며 관비량 2L, 퇴비량 2,000kg/10a 처리구에서 fructose, glucose 및 총당함량이 가장 높았다. 그러므로 이상의 결과로 볼 때 폐양액을 이용한 친환경적인 관비재배가 가능하며, 또한 관비재배에서 품질도 보장 할 수 있다고 판단된다.

주제어 : 수량, 엽록소, 초장, 총당함량, fructose, glucose

사 사

본 연구는 강원대학교 농업생명과학원의 지원으로 수행되었습니다.

인 용 문 헌

1. Benoit, F. 1992. Practical guide for simple soilless culture techniques. p. 33. European Vegetable R & D center, Belgium.
2. Choi, H.S., H.J. Lee, Y.M. Seo, J.Y. Lee, and Y.B. Lee. 2000. The cultural fluid selective examination for fertigation of tomato plants and EC investigation. Kor. J. Hort. Sci. & Technol. 18(SUPPL.):183.
3. Ikeda, H. and T. Osawa. 1981. Nitrate and ammonium-N absorption by vegetables from nutrient solution containing ammonium nitrate and the resultant change of solution pH. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 50:225-230.
4. Jung, K.J., H.J. Kim, Y.W. Seo, J.M. Chung, and K.J. Choi. 2000. Change of application of organic matter on physio-chemical property of soil cultured with cucumber under greenhouse. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 18(SUPPL.):702.
5. Lee, C.S., B.L. Huh, Y.S. Song, and H. K. Kwak. 1994. Revised rates of npk fertilizers based on soil testing for vegetable crops. Korean. J. Soil. Fert. 27:85-91.
6. Lee, S.S. S.B. Kim, and Y.B. Park. 2006. Effect of fertigation method on the growth and fruit yield of greenhouse tomatoes. J. Bio-Environ. Cont. 15(SUPPL.):206-210.
7. Lunt, O.R. and B. Clark. 1959. Bark and wood fragments. Forest Products J. April pp.39-42.
8. Mochizuki, T., D. Ishiuchi, and K. Ito. 1999. Varietal differences in sugar contents and their stability to growing and environmental conditions in tomato. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 68:1000-1006.
9. Park, K.W. and Y.S. Kim. 1998. Hydroponics in horticulture. 1st ed. pp. 76-90. Academy Books, Seoul.
10. Park, S.K., Y.H. Lee, Y.B. Lee, K.M. Yu, D.H. Lee, and S.Y. Choi. 2003. Effects of irrigation amount on growth and yield in cucumber fertigation. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 21(SUPPL.):51.
11. Penningsfeld, F. 1971. Symposium on peat in horticulture. Technical Communications 18:1-25.
12. Rho, M.Y., Y.B. Lee, H.S. Kim, K.B. Lee, and J.H. Bae. 1997. Development of nutrient solution suitable for closed system in substrate culture of cucumber. J. Bio-Env. Con. 6:1-14.
13. Sonneveld, C. 1981. Items for application of macroelements in soilless cultures. Acta Hort, 126:187-195.
14. Sonneveld, C. and G.W.H. Welles. 1984. Growing vegetables in substrates in the Netherlands. pp.613-632. ISOSC proceedings.
15. Swiader, J.M. and A. Moore. 2002. SPAD-chlorophyll response to nitrogen fertilization and evaluation of nitrogen status in dryland and irrigated pumpkins. J. of Plant Nutrient 25:1089-1100.
16. Yamguchi, S. 1994. The basic characteristics of taste. pp. 97-118. In: Y. Yamano, and S. Yamaguchi (eds). the science of taste. Asagurashoden Press, Tokyo.
17. Yang, W.M., J.H. Hong, K.J. Park, and B.K. Shon. 1996. Environmental effects on the growth and development of tomato in compositing greenhouse. J. Bio-Environ. Cont. 5:202-209.
18. Yun, H.K., X.R. Li, I.S. Kim, and K.C. Yoo. 2000. Physical-chemical properties in the sand-based media. Inst. of Agr. Sci. Kangwon nat. Univ. J. Agri. Sci. 11:12-19.