

돈분 액비를 이용한 관비재배가 고추의 생육 및 수량에 미치는 영향

임태준^{1*} · 이인복¹ · 강석범¹ · 박진면¹ · 홍순달²

¹국립원예특작과학원 원예특작환경과, ²충북대학교 농업생명환경대학 농화학과
(2010년 8월 11일 접수, 2010년 9월 23일 수리)

Effects of Fertigation with Pig Slurry on Growth and Yield of Red pepper

Tae Jun Lim^{1*}, In Bog Lee¹, Seok Beom Kang¹, Jin Myeon Park¹ and Soon Dal Hong²(¹Horticultural & Herbal Crop Environment Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, 441-440, Korea and ²Department of Agricultural Chemistry, Chungbuk National University, 361-763, Korea)

Slurry composting biofiltration(SCB) is considered as a treatment to produce a better fertilizer resource than raw pig slurry as it reduces odor and improves nutrients imbalance. For the agricultural use of SCB slurry as a nutrient source with minimum environmental impact, it is important to investigate the effect of different rate of SCB slurry application on nutrient (particularly for nitrogen) uptake and growth of crops. This study was conducted to investigate the influence of fertigation using pig slurry(PS) on growth and yield of red pepper and to evaluate the appropriate PS concentration in fertigation for soils with different nitrate concentration. To evaluate the effects of fertigation applied PS as a substitute of chemical fertilizer(CF), a single application of three different concentrations of PS: N_{0.5} (43 mg/L), N_{1.0} (86 mg/L) and N_{1.5} (131 mg/L) were compared with CF N_{1.0} (89 mg/L) as a control nitrogen fertilizer. Statistical analysis showed that the growths of red pepper were not affected by treatments. In addition, the yields were no significant difference among treatments, though the highest yield was obtained in PS N_{1.0} by 20,580 kg/ha. In soil chemical properties, nitrate nitrogen on soil of between PS N_{1.0} and CF N_{1.0} treatment showed similar patterns although they were higher than the preplant nitrogen content. Also, there was no significant difference in yield of red pepper between PS and CF treatment applied as fertigation on soils where nitrate nitrogen contents of each soil contains 10, 100 and 200 mg/kg respectively. Consequently, the application of PS, such as SCB, as a substitute of CF is available for growth and yield of red pepper, there could be accordingly estimated the optimal fertigation concentration of PS for red pepper cultivation.

Key Words: Fertigation, Pig slurry, Red pepper, Slurry composting biofiltration(SCB)

서 론

작물 생산에 필수적인 다양한 영양성분을 함유하고 있는 유기자원인 가축분 액비의 활용은 양분의 공급 및 지력의 유지뿐만 아니라 유기물질의 순환을 원활히 하는 측면에서도 매우 중요하다(Lee *et al.*, 2003; Paschold *et al.*, 2008). 하지만 가축분뇨의 자원화 이용실태에서 액비 이용률은 연간 발생량의 3.0%로 저조한데(RDA, 2007) 이는 냄새와 사용상의 불편 등으로 판단된다. 하지만SCB(slurry composting-biofiltration) 액비는 하층부에 왕겨와 상층부에 톱밥을 층

진시킨 퇴비상에 돈분 슬러리를 살포하면 고형물은 퇴비단 상층부에 남아 퇴비가 되고 액체는 퇴비단을 통과하면서 미생물에 의해 발효되고 여과되어 냄새가 거의 나지 않는 흑갈색의 비교적 맑은 액체가 된다. 이것을 저장하고 혼합하여 균질화 한 것이 SCB액비이다. 특히, 이 액비는 악취 등의 냄새가 적다는 점과 함께 액비 중의 슬러지 상태가 거의 없는 특징을 보이므로 시설에서 관비재배로의 이용이 가능하게 되어 사용의 어려움도 개선시킬 수 있을 것으로 판단되었다. 또한 이러한 점은 농경지로의 유기자원이 재활용 된다는 측면에서도 부합된다. 현재까지의 가축분 액비에 대한 연구는 양파에서 액비를 밀거름으로 사용하고 3배 희석한 액비를 추비로 이용하는 방법과 고추에서 돈분 액비를 밀거름으로 100-120%를 사용하고 화학비료를 추비로 사용하는 기준을 추천하는 연구가 수행되었으며(Kang *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2006), SCB 액비를 이용한 연구로는 노지 고추 및 배추

*연락처:

Tel: +82-31-290-6263 Fax: +82-31-290-6259
E-mail: taejun06@korea.kr

에서 수량과 품질기준 등을 고려하여 밑거름 질소량에 해당하는 전량을 액비로 사용하고 웃거름으로 화학비료를 시비하는 기준을 추천하였으나(Lim *et al.*, 2008; Lim *et al.*, 2009), 시설재배에서 액비를 이용한 시용량 산정연구 및 관비 재배연구는 보고되어 있지 않다. 하지만 SCB액비는 부유물질이 적어 여과기를 이용하여 손쉽게 제거 될 수 있고 또한 액비 중 질소의 50~60%는 작물이 바로 이용할 수 있는 무기태이고 유기태 질소도 빠른 시일내에 무기화되어 작물에 흡수 이용되므로 시설 관비재배에서 사용이 가능하다(Nakano *et al.*, 2003). 시설토양의 양분상태는 적정 시비량을 초과하는 가축분뇨 및 화학비료의 시용량, 연중 다작 및 경작년수의 증가 등에 따라 토양의 질소 양분상태가 상이하다(Kwak *et al.*, 2003; Kang and Song, 2004). 그러므로 작물의 생산성을 유지하면서 토양의 환경부하를 경감하기 위해서는 토양의 질소 양분상태에 맞는 적절한 관비농도의 설정이 필요하다(Lim *et al.* 2001). 따라서 본 연구의 목적은 SCB 액비를 이용한 관비재배가 고추의 생육 및 수량에 미치는 영향과 더불어서 시설재배에서 토양 중 질산태 질소의 농도가 다른 경우에 적절한 SCB액비의 관비농도를 추정하고자 하였다.

재료 및 방법

시험재료

고추 SCB액비 관비재배 시험은 국립원예특작과학원 시설 하우스 포장에서 수행하였으며 토양 특성은 Table 1과 같다. 사양질(모래:미사:점토= 68:21:11) 토성으로 토양염류 및 질산태 질소는 각각 2.7 dS/m과 114 mg/kg의 함량을 보였다. 시험에 이용한 액비는 질소함량(0.75 g/kg)이 낮고 반대로 칼리함량 (1.85 g/kg)이 질소함량의 2.5배이며, 인산함량 (0.13 g/kg)이 낮은 특징을 나타내었다(Table 2).

실험방법1

시설재배 포장에서의 액비 관비재배 처리 시험은 총 질소 기준으로 SCB 액비 3처리(N_{0.5}, N_{1.0}, N_{1.5})로 조절한 액비 관비구와 대조구로 화학비료 표준구를 두었다. 화학비료구의

경우 인산은 표준 시비량에 해당하는 양을 용과린으로 공급하였으며 칼리의 부족분은 염화칼리로 관비 공급하였다. 시험구 당 면적은 6.5 m²(1.3 × 5 m), 재식거리는 65 × 50 cm로 하여 난괴법 3반복으로 처리하였다. 관비 방법은 토양 수분장력계를 이용하였으며 관수점은 생육 초기에는 -20 kPa, 생육 후기에는 -40 kPa에서 액비 및 비료 관비가 공급 되도록 하였다.

실험방법2

토양질소 함량 차이에 따른 고추 관비농도 설정 시험은 포트재배 하였으며 토양의 질산태 질소 함량을 10, 100, 200, 300 mg/kg의 4수준으로 하여 3반복 처리하였다. 포트는 지름이 40 cm이고 높이가 50 cm의 원통형 아크릴 재질이며 일반 재배 조건과 동일하기 위해 포트 윗면이 토양 지면과 동일한 높이로 매설하였으며 충진 된 토양의 포트 밑으로 뿌리 생육을 억제하기 위해 철 여과망(74μm)을 씌웠다. 토양의 비중은 1.15 Mg/m³가 되도록 충진하였으며 처리는 무질소구, 액비구, 화학비료구를 두었으며 토양검정에 의한 질소 부족분에 대하여 질산태 질소 함량을 적은 순서로부터 각각 120, 80, 40, 10 mg/L의 농도로 무질소구를 제외하고 액비 및 화학비료구에 대하여 공급되도록 하였다. 관수는 시설재배 포장에서의 관리와 동일하게 처리되도록 하였다.

생육조사 및 분석방법

시험 작물은 마니따고추로 정식 5월 7일부터 10월 8일까지 수행하였으며 고추재배는 표준영농교본(농촌진흥청, 2002)에 준하여 관리하였다. 작물 생육은 정식 후 20일 및 75일에 초장, 경경 등을 조사하였다. 2 mm 체를 통과한 풍건 시료에 대해서 분석방법은 농촌진흥청 분석방법에(NIAST, 2000) 준하여 토양 pH는 토양과 물의 비율을 1:5로 하여 초자전극법(720, ORION, USA)으로 측정하였으며, 유기물은 Tyurin 법, 유효인산은 Lancaster 법, 치환성 K, Ca, Mg은 1 N CH₃COONH₄(pH 7.0) 완충용액으로 침출하여 ICP-OES(MX2, GBC, Australia)를 사용하여 측정하였다. 질산태 질소는 2 M KCl로 침출하여 켈달장치(B-316, Büchi, Switzerland)로 증류한 후 황산표준용액 0.01 N로 적정하

Table 1. Physicochemical properties of the soil used for the field experiment

pH (1:5)	EC (dS/ m)	OM (g/kg)	NO ₃ -N ----- (mg/kg)	NH ₄ -N ----- (mg/kg)	Av. P ₂ O ₅	Ex.cations(cmol ⁺ /Kg)			Soil texture
						K	Ca	Mg	
6.9	2.7	12	114	17	413	0.42	7.3	1.6	SL

Table 2. Chemical characteristics of the pig slurry

pH	Total N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		----- (g/kg) -----	
7.5	0.75	0.13	1.85

여 계산하였다.

식물체 시료는 70°C에서 건조 후 분쇄된 시료를 산분해용액(HClO₄:H₂SO₄=10:1, v/v)으로 습식 분해하여 질소는 Kjeldahl법으로, 인산은 Vanadate법, 칼리는 원자흡광분광분석법으로 측정하였다.

통계처리

통계분석은 SAS프로그램(Enterprise guide 4.2)을 이용하였으며, Duncan의 다중검정을 통해 각 처리간의 통계적 유의성을 비교 검토하였다.

결과 및 고찰

SCB 액비 N_{0.5}, N_{1.0} 및 N_{1.5}의 질소 관비농도는 각각 45, 86, 131 mg/L이었으며 화학비료 N_{1.0}의 관비는 92 mg/L의 농도로 처리하였다(Table 3). 작물 재배기간 동안의 일일 평균 관비량은 1.6 mm/day이었으며, 검정요구량에 대한 실 공급량의 비율로 나타낸 비료투입비율은 109-116%의 범위를 보였다. 비료투입비율은 모든 처리에서 실 공급량의 비율이 높았으나 처리간의 차이는 크지 않았으며 초과로 투입된 비료 투입량도 높지 않았다. 이는 고추 재배기간 동안의 수준별 관비농도 처리가 적절하였음을 나타낸다고 할 수 있다. 관비에 따른 고추의 생육 및 수량은 Table 4과 같다.

정식 후 75일에 조사한 고추의 생육은 화학비료구에서 가장 좋았으나 모든 처리에서 처리간의 차이는 없었다. 고추의 수량에서도 마찬가지로 SCB 액비 N_{1.0} 처리에서 가장 많은 수확량(20,580 kg/ha)을 보였으나 유의성 있는 통계적 차이는 없었다. 그러므로 SCB 액비와 화학비료는 동일한 농도로 관비재배를 하면 고추의 생육 및 수량은 차이가 없을 것으로 판단되었다. 이러한 결과는 작물이 필요로 하는 토양에 질소가 존재하면 질소원의 구분없이 화학비료와 액비 처리구간의 작물의 생육 및 수량에는 차이가 발생하지 않는다고 보고와 동일하였다(Daudén and Quilez, 2004). SCB 액비 및 화학비료를 관비한 결과 고추의 양분흡수량은 Table 5와 같다. 질소 흡수량은 SCB액비 N_{0.5}처리보다 SCB 액비 N_{1.0} 및 화학비료 관비구에서 증가하였으나 이 이상으로의 시비에서는 오히려 감소하였다. 작물재배기간에 토양 중 질산태 질소의 농도 변화에서 SCB액비 N_{0.5}처리는 질산태 질소의 농도가 114 mg/kg에서 103 mg/kg으로 약간 감소하는 경향을 보였으나, SCB 액비 N_{1.0}, N_{1.5}과 화학비료 관비구에서는 정식 전 질소 농도보다 증가하였다(Fig. 1). 이는 양분흡수량의 결과에서(Table 5) 시비량 증가는 작물체의 흡수를 지속적으로 증가시키지 못하고 토양에 잔류량을 증가시키는 결과와 일치하였다. 이러한 결과는 토마토 재배에서 질소를 관비했을 때 토양 검정시비량 80%에서 수량이 많았고 생육이 가장 좋았다는 보고가 있어(Lee et al., 2007) 질소 기준으로 관비 재배에는 토양 검정시비량 100%보다 시비량을 줄여 줄 필요

Table 3. Nitrogen concentration of fertigation and total amount of N fertigated for the treatments

Treatment	Concentration (mg/L)	N requirement rates (A) (kg/ha)	N application rates (B) (kg/ha)	B/A ratios
PS N _{0.5} ^{a)}	45	103	117	1.13
PS N _{1.0}	86	206	224	1.09
PS N _{1.5}	131	309	341	1.10
CF N _{1.0} ^{b)}	92	206	240	1.16

^{a)}PS: pig slurry; N concentration: N_{0.5} (43 mg/L), N_{1.0} (86 mg/L) and N_{1.5} (131 mg/L).

^{b)}CF: chemical fertilizer; N concentration: N_{1.0} (89 mg/L).

Table 4. Comparison of growth and yield of red pepper treated with chemical fertilizer versus different pig slurry treatments

Treatment	75 Days after planting			Yield (kg/ha)
	Plant height (cm)	Plant width (cm)	Stem diam. (mm)	
PS N _{0.5} ^{a)}	93a ^{c)}	94a	14.7a	17,670a
PS N _{1.0}	98a	91a	15.2a	20,580a
PS N _{1.5}	95a	91a	14.6a	18,120a
CF N _{1.0} ^{b)}	101a	93a	15.3a	20,200a

^{a)}PS: pig slurry; N concentration: N_{0.5} (43 mg/L), N_{1.0} (86 mg/L) and N_{1.5} (131 mg/L).

^{b)}CF: chemical fertilizer; N concentration: N_{1.0} (89 mg/L).

^{c)}Values followed by the same letter in the same column do not differ significantly (P>0.05).

Table 5. Nutrient uptake of red pepper grown in chemical fertilizer versus different pig slurry treatments

Treatment	Input			Nutrient uptake		
	N	P	K	N	P	K
	----- (kg/ha) -----			----- (kg/ha) -----		
PS N _{0.5} ^{a)}	117	19	229	133	54	158
PS N _{1.0}	224	36	439	151	62	177
PS N _{1.5}	341	55	668	139	57	163
CF N _{1.0} ^{b)}	240	105	240	149	60	174

^{a)}PS: pig slurry; N concentration: N_{0.5} (43 mg/L), N_{1.0} (86 mg/L) and N_{1.5} (131 mg/L).

^{b)}CF: chemical fertilizer; N concentration: N_{1.0} (89 mg/L).

Table 6. Comparison of yield of red pepper N fertigation applied chemical fertilizer versus pig slurry based on different soil NO₃-N content

Soil NO ₃ -N (mg/kg)	N fertilization	N fertigation concentration (mg/L)	Yield (g/plant)
10	No fertilization	0	381b†
	Chemical fertilizer	120	747a
	Pig slurry	120	773a
100	No fertilization	0	620ab
	Chemical fertilizer	80	788a
	Pig slurry	80	803a
200	No fertilization	0	729a
	Chemical fertilizer	40	769a
	Pig slurry	40	735a

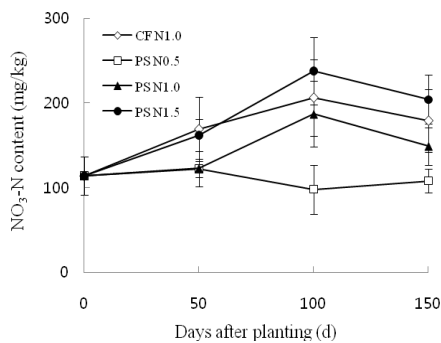


Fig. 1. Comparison of nitrate nitrogen (NO₃-N) content on soil treated with chemical fertilizer(CF) versus different pig slurry(PS) treatments for growing seasons. Nitrate nitrogen content on soils was analyzed every 50 days intervals. Values are means ± SE of 3 replicates.

가 있는 것으로 판단되었다.

시설 토양의 질소 양분량의 차이에 따른 액비와 화학비료를 이용한 질소 관비 농도는 Table 6과 같이 설정하였다. 이러한 농도 기준은 작물별 시비처방기준과 물 요구량을 고려하여 산정되었는데 시험 후 실제 각 수준별 질소 관비로 공

급된 투입량은 토양검정 질소 요구량의 89-94%로 검정 요구량과 거의 차이가 없었다. 그리고 토양의 질산태 질소 농도가 10 mg/kg 일 때 질소관비를 120 mg/L로 처리한 경우에 가장 높은 토마토 수량을 보였다는 결과(Kirda *et al.*, 2003) 등을 고려하였을 때 위의 관비농도 수준은 적정하다고 판단되었다. 무시비 처리에서는 토양의 질산태 질소가 10 mg/kg에서 가장 적은 수량을 보였으며 질소 함량 증가에 따라서 고추의 수량은 증가하였다. 토양의 질소함량을 달리하였을 때 화학비료와 액비를 관비로 공급한 경우 고추의 수량은 질소의 수준에 상관없이 처리간의 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 액비 중의 유기태 질소가 무기태로 전환되어 작물에 흡수 이용됨을 알 수 있으며, 토마토에서 화학비료와 식물추출 액비를 관비로 공급한 경우 수량에의 차이가 없다는 보고와 동일하였다(Nakano *et al.*, 2003). 이상의 결과들을 종합하여 보면 시설고추에서SCB액비를 이용한 관비재배가 가능하며 화학비료를 대체할 수 있는 유기자원으로 판단되었다.

요 약

냄새와 양분의 불균일을 개선한 SCB 액비의 농경지로의

적용을 위해서는 작물에의 이용률 증대 및 환경에의 영향을 최소화하는 적절한 질소 양분관리가 중요하다. 본 연구는 액비를 이용한 관비가 고추의 생육 및 수량에 미치는 영향과 더불어서 토양의 질산태 질소 함량이 다른 경우에 액비의 관비농도를 추정하고자 하였다. 화학비료 표준량(N_{1.0}) 대비 액비 N_{0.5}, N_{1.0} 및 N_{1.5} 관비농도를 이용한 고추의 생육 비교에서는 처리간의 차이를 보이지 않았고, 수량에서도 액비 N_{1.0} 처리에서 가장 높은 수량(20,580 kg/ha)를 나타내었지만, 모든 처리에서 처리간의 유의성은 없었다. 고추 재배기간에 토양 중 질산태 질소는 시험 전 토양(114 mg/kg)과 비교하여 액비 N_{0.5}에서는 약간 감소(103 mg/kg)하였으나 액비 N_{1.0} 및 화학비료 처리에서는 다소 증가하는 경향을 보였다. 또한 토양의 질산태 질소가 10, 100, 200 mg/kg의 함량 수준에서 액비 및 화학비료의 관비농도를 120, 80, 40 mg/L로 각각 조정하였을 때 비료원에 따른 구분없이 처리간의 동일한 수량을 생산할 수 있었다. 이상의 결과에서 시설고추에서 SCB액비를 활용한 관비재배는 이용 가능하며 화학비료 사용량을 절감할 수 있는 대체자원으로 평가되었다.

참고문헌

Daudén, A., Quilez, D., 2004. Pig slurry versus mineral fertilization on corn yield and nitrate leaching in a Mediterranean irrigated environment, *Europ. J. Agron.* 21, 7-19.

Kang, B G., Kim, H. J., Lee, G. J., Park, S. G., 2004. Determination of the optimum application rate of pig slurry for red pepper cultivation, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 37(6), 388-395

Kang, S.S., Hong, S.D., 2004. Estimation of optimum application rate of nitrogen fertilizer based on soil nitrate concentration for tomato cultivation in plastic film house, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 37(2), 74-82

Kirda, C., Baytorun, N., Derici, M.R., Dasgan, H.Y., 2003. Nitrogen fertilizer recovery and yield response of greenhouse grown and fertigated tomato to root -zone soil water tension, *Turk. J. Agric. For.* 27, 323-328.

Kwak, H. K., Seong, K. S., Lee, N. J., Lee, S. B., Han, M. S., Roh, K. A., 2003. Changes in chemical properties and fauna of plastic film house soil by application of chemical fertilizer and composted pig manure, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 36(5), 304-310.

Lee, C S., Shin, K Y., Lee, J. T., Lee, G. J., 2003. Determination of nitrogen application level for Chinese cabbage with application of poultry manure compost in highland, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 36(5), 280-289.

Lee, I.B., Lim, J.H., Park, J.M., 2007. Effect of reduced nitrogen fertigation rates on growth and yield of tomato, *Korean. J. Environ. Agric.* 26, 306-312.

Lee, J. T., Ha, I. J., Kim, H. D., Moon, J. S., Kim, W. I., Song, W. D., 2006. Effect of liquid pig manure on growth, nutrient uptake of onion and chemical properties in soil, *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 24(2), 148-156.

Lim, J. H., Lee, I. B., Kim, H. L., 2001. A criteria of nitrate concentration in soil solution and leaf petiole juice for fertigation of cucumber (*Cucumis sativus* L.) under greenhouse cultivation, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 34(5), 316-325.

Lim, T. J., Hong, S. D., Kim, S. H., Park, J. M., 2008. Evaluation of yield and quality from red pepper for application rates of pig slurry composting biofiltration, *Korean. J. Environ. Agric.* 27(2), 171-177.

Lim, T. J., Hong, S. D., Kang, S. B., Park, J. M., 2009. Evaluation of the preplant optimum application rates of pig slurry composting biofiltration for Chinese cabbage, *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 27(4), 572-577.

Nakano, A., Uehara, Y., Yamauchi, A., 2003. Effect of organic and inorganic fertigation on yield, 15N values, and C values of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. Cv. saturn), *Plant and Soil.* 255, 343-349.

NIAST. 2000. Method of soil and plant analysis, National Institute of Agricultural Science and Technology. RDA, Suwon, Korea.

Paschold, J. S., Wienhold, B. J., McCallister, D. L., Ferguson, R. B., 2008. Crop nitrogen and phosphorus utilization following application of slurry from swine fed traditional or low phytate corn diets, *Agron. J.* 100, 997-1004.

RDA (Rural Development Administration). 2007. Research accomplishments of recycling technology from livestock manure, RDA, Suwon, Korea. pp. 9-21.