

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
증장기Code		RIMS Code			
연구과제 및 세부과제		연구분야 (Code)	수행 기간	연구실	책임자
축산분뇨 액비활용 연구		환경생태 ES0203	'02 ~'06	강원도원 환경농업과	김승경
1) 시설재배시 돈분뇨 액비의 연속시용이 토양환경에 미치는 영향		농업환경 ES0203	'02 ~'06	강원도원 환경농업과	최준근
2) 고추 재배지 돈분뇨액비의 시용기준 설정		농업환경 ES0203	'05 ~'06	강원도원 환경농업과	최준근
색인용어	고추, 돈분뇨액비, 시용기준, 시설재배지, 노지				

ABSTRACT

This study was conducted to determine the optimum application rate of swine liquid manure for pepper cultivation. The swine liquid manure used in this study had trace elements(heavy metals) under the regulation level. Treatments were chemical fertilizer treatment at a recommended rate based on soil testing and swine liquid manure treatments of 75%, 100%, 125%, and 150% on a basis of nitrogen. Most of the soil chemical properties tested after the experiment did not show critical difference among treatments. The result may indicate that application of swine liquid manure would not increase soil heavy metals level if the application rate is based on basal nitrogen fertilizer amount recommended to the soil. Soil exchangeable calcium slightly increased in the second year. Trace elements levels after the study were similar among treatments. Growth and yield of pepper for swine liquid manure treatments were not different from those for chemical fertilizer treatment.

1. 연구목표

육류 소비량의 증가와 더불어 가축 사육 두수가 1960년 소 1.0백만, 돼지 1.4백만, 닭 12백만두에서 2004년 각각 2.2백만, 8.9백만, 107백만두로 증가하였다. 이에 따라 가축분뇨 발생량도 증가하여 2004년 41백만톤으로 추정되며, 이중 79%는 퇴비화, 1.2%는 액비화, 9.1%는 정화처리, 5.7%는 해양투기하였다(이 등, 2006). 2012년 해양투기의 금지로 이에 해당하는 가축 분뇨는 퇴비나 액비로 활용하여야 할 것으로 보이며, 특히 손쉽게 접근할 수 있고 퇴비에 비해 비용이 매우 경제적인 액비의 활용이 요구되어진다.

그동안 정부의 가축분뇨 자원화 정책으로 축산 농가에 가축분뇨 처리 시설을 지속적으로 지원하여 전국적으로 2003년 기준 약 1,400여개의 액비 저장조가 설치되었다. 그러나 시설을 정상 가동하지 않거나 농지에 설치된 액비 저장조를 제대로 활용하지 않고 부실하게 방치되는 경우가 많아, 김 등(2005)에 따르면 조사대상 60 농가중 7%가 액비 저장조를 가동하지 않고 있었다. 또한, 완전히 부속되지 않은 퇴·액비를 사용함으로써 악취에 따른 민원의 발생과 작물에 피해를 입히는 부작용을 초래하고 있다.

김 등(2005)은 조사 농가의 21%가 악취로 인한 민원 경험이 있는 것으로 보고하였다.

경종과 축산이 함께하는 순환농업을 실천하려면 친환경적이거나 재배면에서 액비활용에 대한 검토가 필요하다. 이를 위해서는 기존의 액비 저장조의 활성화가 시급하므로 작물별 돈분뇨 발효액비의 시용기준 설정이 필요한 실정이다. 따라서 본 연구는 고추재배시 토양에 대한 과부하를 방지하는 한편 수량은 유지하기 위한 돈분뇨 액비의 시용기준을 확립하고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

액비는 철원 지역의 농가에 설치된 돈분뇨액비 저장조에서 발효된 액비 상층부를 수거하여 화학성분 및 중금속 함량을 분석한 후 실험에 사용하였다. 고추 재배는 조숙 작형으로 노지 및 비가림하우스 재배를 실시하여 5월 상순에 정식하였다.

액비의 시용은 시험포장의 토양을 검정한 다음 시비량을 결정하였으며, 관행의 화학비료 시비구를 대조로 하여 질소 시비량을 기준으로 각각 75, 100, 125, 150%로 선정하고 고추 정식전 포장 전면에 살포하였다. 인산과 가리의 시용은 사용된 액비의 성분과 고추 기준시비량을 보정하여 처리별 부족분에 대하여 화학비료를 추가 사용하였다. 추비는 처리별 구분없이 화학비료를 동일하게 기준시비량에 맞추어 3회 분시하였다.

처리구별 고추의 생육상황과 수량성을 조사하고 수확 후 토양을 채취하여 화학성분 및 중금속 함량을 조사 분석하였다. 시험구는 2005년에 난괴법 3반복, 2006년에는 단구제로 배치하였다.

3. 결과 및 고찰

시험에 사용된 돈분뇨 액비의 주요 양분함량을 분석한 결과(표 1), 질소, 인산, 가리 성분이 각각 0.22, 0.07 및 0.37%로 시험 수행에 문제가 없었으나, 질소 성분이 가축분뇨발효액비 공정규격(0.3% 이상)에 다소 부족한 것으로 나타났다.

표 1. 시험에 사용된 돈분뇨 액비의 이화학적 조성 (단위 : %)

T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	NaCl
0.22	0.07	0.37	0.02	ND	0.07

또한 액비에 포함된 중금속 성분을 분석한 결과(표 2), 가축분뇨발효액비 공정규격의 중금속 성분 허용치 보다 매우 낮게 나타나 시험포장에 살포하는데 토양 오염 등의 문제점은 없는 것으로 조사되었다.

표 2. 시험에 사용된 돈분뇨 액비의 중금속 함량 (단위 : mg/kg)

	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg	As
사용액비	0.15	0.51	5.13	0.85	0.03	16.34	ND	0.01
공정규격	0.5	30	50	5	15	130	0.2	5

시험전 토양의 화학성은 표 3과 같다. 시설재배지의 유효인산과 치환성 양이온의 함량이 노지보다 높아 전기전도도가 높았다. 우리나라 시설재배지의 평균 인산과 칼리 함량은 1,092 mg/kg과 1.27cmol⁺/kg으로 적정 함량인 350-500mg/kg과 0.7-0.8cmol⁺/kg를 초과하여 70-80%의 시설하우스 토양이 적정값보다 높은데(정 등, 1998), 본 시험에 쓰인 시설재배지의 경우 조성한 지 얼마되지 않아 염류가 집적되지 않은 것으로 보인다.

표 3. 시험전 재배지 토양 화학성

구분	pH	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ext. Cation(cmol ⁺ /kg)		
					K	Ca	Mg
노지	6.4	0.13	18	394	0.88	4.0	1.0
시설	6.0	0.62	19	435	0.93	4.9	1.3

시험후 토양 화학성을 살펴보면(표 4), pH는 처리에 관계없이 시험전과 큰 차이가 없었다. 유효인산과 치환성 칼리는 2년간 큰 차이가 없었으나, 전기전도도, 치환성 석회와 고토는 시설하우스에 있어 약간 증가하는 경향을 나타내었다. 전기전도도와 유효인산 함량은 처리간에 큰 차이를 보이지 않았는데, 이는 액비 시용구의 경우 부족한 인산과 칼리를 화학비료로 보충하고 추비를 화학비료로 처리했기 때문인 듯하다. 고추재배시 축분 액비를 시용할 때 시설재배지와 노지 모두 질소 기비 시비량을 기준으로 하여 처리하고 부족한 인산과 칼리를 용과린과 염화칼리로 보충한 다음 추비를 화학비료로 처리하면, 토양 화학성에 있어 화학비료 처리구와 큰 차이가 없음을 시사해준다.

표 4. 시험후 토양 화학성

구분	처리	pH	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ext. Cation(cmol ⁺ /kg)		
						K	Ca	Mg
노지	75%	6.5	0.11	18	388	0.66	3.4	0.9
	100%	6.2	0.12	18	419	1.01	3.5	1.1
	125%	6.3	0.10	17	409	0.94	4.1	1.4
	150%	6.3	0.11	17	403	0.95	4.8	1.7
	관행시비	6.4	0.12	17	318	0.83	4.2	1.3
시설	75%	6.4	0.74	21	432	0.62	5.2	1.4
	100%	6.3	1.19	22	426	0.75	6.0	1.7
	125%	6.4	0.42	22	442	0.81	5.1	1.6
	150%	6.2	1.22	21	392	1.03	5.3	1.7
	관행시비	6.0	1.02	20	358	1.01	4.5	1.3

시험 전 토양내 중금속 함량을 분석한 결과를 표 5에 나타내었다. 우리나라 시설재배지의 토양중 가용성 구리와 아연은 평균 3.7mg/kg과 23mg/kg이며(정 등, 1997), 정 등(2006)이 최근 경상도 지역의 고추 시설재배지의 가용성 구리와 아연을 조사한 결과 각각 3.2mg/kg, 22mg/kg로, 본 실험에 쓰인 포

장의 구리와 아연 함량은 우리나라 시설재배지 및 고추 재배지의 평균보다 낮았다. 카드뮴, 납, 비소에 있어서도 우리나라 시설재배지의 평균 함량인 0.21mg/kg, 2.5mg/kg, 0.65mg/kg(정 등, 1997)보다 낮았다.

표 5. 시험전 재배지 토양의 중금속 함량

구분	중금속 함량(mg/kg)							
	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg	As
노지	0.06	0.39	1.1	0.27	1.9	2.5	0.01	0.04
시설	0.03	0.40	1.2	0.27	1.4	3.7	0.02	0.04

시험후 8종의 중금속 모두 처리간 함량의 차이가 뚜렷하지 않았다(표 6). 시험전 토양과 비교하여서도 큰 차이를 나타내지 않아, 2년간 액비를 기비의 질소 기준으로 75-150% 처리하여도 중금속의 집적 양상은 보이지 않았다. 농작물에 피해를 줄 염려가 있는 토양중 가용성 카드뮴, 구리와 아연의 함량은 25mg/kg, 20-100mg/kg과 150-500mg/kg(김, 1993)으로 알려져 있는데, 이에 비해 매우 낮아 축산 액비의 처리로 인한 중금속 오염으로 작물이 해를 입을 우려는 없는 것으로 판단된다.

표 6. 시험후 재배지 토양의 중금속 함량

구분	처리	중금속 함량(mg/kg)							
		Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg	As
노지	75%	0.05	0.54	1.2	0.28	1.4	2.9	0.01	0.05
	100%	0.05	0.53	0.8	0.34	1.2	2.2	0.01	0.05
	125%	0.03	0.49	0.7	0.30	1.3	2.2	0.01	0.06
	150%	0.05	0.51	0.7	0.29	1.3	2.0	0.01	0.06
	관행시비	0.05	0.55	1.1	0.28	1.2	1.9	0.02	0.05
시설	75%	0.06	0.46	1.1	0.32	1.1	3.8	0.01	0.05
	100%	0.03	0.44	1.0	0.33	1.2	3.7	0.01	0.06
	125%	0.05	0.40	1.2	0.30	1.2	4.6	0.01	0.05
	150%	0.01	0.40	1.5	0.29	1.2	3.7	0.01	0.05
	관행시비	0.04	0.39	0.9	0.30	1.2	3.4	0.01	0.05

돈분뇨 액비의 처리량에 따른 고추의 생육상황을 조사한 결과(표 7), 기존 화학비료를 살포한 대조구에 비해 액비를 75, 100, 125 및 150%를 처리한 시험구 모두 큰 차이를 나타내지 않았는데 이는 2년 차의 시험에서도 동일한 양상을 보였다.

표 7. 처리별 고추의 생육상황

시험년도	재배유형	처리별	초장 (cm)	주경장 (cm)	경태 (cm)
2005	노지	75%	107	32	1.4
		100%	98	32	1.3
		125%	103	33	1.5
		150%	104	32	1.4
		관행시비	108	34	1.5
	시설	75%	155	33	1.4
		100%	154	33	1.3
		125%	152	33	1.3
		150%	155	33	1.3
		관행시비	148	34	1.3
2006	노지	75%	103	32	1.3
		시설	103	31	1.4
		125%	102	32	1.3
		150%	107	33	1.4
		관행시비	108	33	1.5
	시설	75%	153	32	1.4
		100%	149	33	1.5
		125%	153	33	1.4
		150%	150	33	1.4
		관행시비	152	33	1.5

또한 처리별 고추의 수량(표 8)을 비교해 보면 2005, 2006년 모두 처리간 큰 차이가 없었으나 2005년에 비해 2006년에 노지에 비해 비가림 하우스 시설재배에서 수량이 전체적으로 많았다.

표 8. 고추의 수량성

시험년도	재배유형	처리별 생과중(kg/10a)				
		75%	100%	125%	150%	관행시비
2005	노 지	1,692	1,620	1,784	1,816	1,768
	시 설	2,388	2,388	2,560	2,164	2,172
2006	노 지	1,840	1,576	1,800	1,384	1,368
	시 설	2,620	2,360	2,744	2,784	3,044

이상의 시험 결과를 볼 때, 고추 재배지에서 화학비료를 대체하기 위하여 돈분뇨 발효액비를 기비로 사용할 경우, 시용 기준량을 전후로 하여 150%까지 살포하여도 고추의 수량 및 토양환경에도 큰 문제가 없는 것으로 나타났다. 따라서 돈분뇨 발효액비의 고추밭 시용시 중금속 등 유해물질이 기준치 이하인 경우에는 살포량의 차이가 있어도 재배적인 면이나 환경적인 측면에서도 문제가 없을 것으로 생각된다.

4. 적 요

고추 재배지에 화학비료를 대체하기 위한 돈분뇨 발효액비의 시용기준을 설정하고자 2005년부터 2년간 시험을 수행한 결과는 다음과 같다.

- 가. 시험에 사용된 돈분뇨 액비의 양분 성분 및 중금속 함량은 시험을 수행하는데 문제가 없었다.
- 나. 시험전후 토양성분은 대체로 큰 차이가 없었으며, 처리간에도 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다.
- 다. 시험후의 토양내 중금속 함량은 처리간 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다.
- 라. 처리간 고추의 생육 및 수량은 노지, 시설재배 공히 큰 차이가 없었다.

5. 인용문헌

- Campbell, C. M., M. Schnitzer, W. B. Stewart, J. V. C. Biederbeck and F. Selles. 1986. Effect of manure and fertilizer on properties of a Black Chernozem in southern Saskatchewan. *Can. J. Soil Sci.* 66:601-613.
- 김복영. 1993. 토양오염 실태와 개선대책. 환경보전농업을 위한 토양관리 심포지엄. 한국토양비료학회. 별권 p. 68-98.
- 김태일, A.J. Barroga, 양창범, 김민균. 2005. 축분뇨 액비 저장조의 운영실태 및 악취 물질 발생량 조사. *축산시설환경*. 11(3):189-196.
- 이연, 윤홍배, 이기상. 2006. 한국농업에서의 질소 관리. 농업 생태계의 질소 동태 및 효율적 관리 국제 심포지엄. p. 33-44. 농촌진흥청
- 정찬, 전병태. 1989. 가축분이 초지의 토양과 생산성에 미치는 영향. *한국초지학회지* 9:48-55.
- 정구복, 정기열, 조국현, 정병간, 김규식. 1997. 시설재배지 토양 및 채소류중 중금속함량 조사. *한국토양비료학회지* 30(2):152-160.
- 정병간, 최정원, 윤을수, 윤정희, 김유학, 정구복. 1998. 우리나라 시설재배 원예지 토양 화학적 특성. *한국토양비료학회지* 31(1):9-15.
- 정이근. 1999. 가축분뇨퇴비·액비 제조와 이용. 농업과학기술원.
- 정종배, 김복진, 유관식, 이승호, 신현진, 황태경, 최희열, 이용우, 이윤정, 김종집. 2006. 시설재배 토양과 작물 잎 중의 미량원소 함량 관계. *한국환경농학회지*. 25(3):217-227.
- 농촌진흥청. 2004. 가축분뇨(액비) 이용기술 개발.
- Sommerfeldt, T. G. C., Chang and T. Entz. 1988. Long-term annual manure applications increase soil organic matter and nitrogen and decrease carbon to nitrogen ratio. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52:1667-1672.
- 육완방. 1998. 퇴비 및 액비 연용시 지력증진 및 환경영향 평가. 농림부.

6. 연구결과 활용

- 돈분뇨 액비의 고추재배지 시용기준 확립 : 영농활용

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도	
						05	06
2) 고추 재배지 돈분뇨 액비의 시용기준 설정	책임자	강원도원 환경농업과	농업 연구사	최준근	세부과제 총괄	○	○
	공동 연구자	"	"	서영호	조사, 분석		○
	"	"	"	문윤기	"	○	
	"	"	"	김세원	시료검정	○	○
	"	"	농업 연구관	김승경	시험지원	○	○