

# 지속적 농업을 위한 고성능 토양의 개발 연구-I. 계분 및 돈분퇴비의 연용이 방울토마토(*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*)의 생육 및 토양의 이화학성에 미치는 영향

장기운\* · 조성현 · 이인복

충남대학교 농과대학 응용생물화학부 농화학과

**초 록**: 지속적농업을 위한 고성능토양을 개발하기 위하여 방울토마토를 공시작물로 계분 및 돈분퇴비를 3년간 연용하면서 방울토마토의 생육 및 수량, 그리고 연용후 토양이화학성을 조사하였다. 계분 및 돈분퇴비의 사용량과 사용 횟수가 증가할수록 토마토의 생육량 및 과실수량은 유의성있게 증가하였으며, 뚜렷한 경향은 없으나 대체로 과실의 당도와 과실 개체당 중량 역시 증가하는 경향을 보였다. 그러나 계분 및 돈분퇴비만 사용할 경우 가비중과 경도는 현저히 낮고 공극율은 높았으며, 유기물과 치환성 칼륨의 함량은 높은 반면 치환성 칼슘의 함량이 낮아 일부 토양의 물리성과 화학성이 적정범위에 미달하거나 초과하는 불균형이 나타났다. 결론적으로 퇴비와 화학비료의 조화있는 활용을 통한 지력증진이 필요하다.(1998년 10월 1일 접수, 1998년 10월 20일 수리)

## 서 론

급속한 인구증가에 따른 농산물의 수요증가와 도시팽창에 따른 유효 농경지의 감소로 농업 생산량이 크게 감소됨으로써 미래에는 농산물 수요를 안정적으로 공급하기 어려울 것으로 예측되고 있다. 지속적 농업의 목적은 이 같은 농업 생산성을 지속적으로 유지하는 것이다. 여기서 "지속성"이란 경제적·환경적 측면에서 농산물에 대한 요구를 무한히 충족시킬 수 있는 능력을 의미한다.<sup>1)</sup> 결국 농업 생산성을 지속하기 위해서는 환경보전형 농업을 통한 토양의 건전성 확보가 필수적이다.

무엇보다도 농업의 지속성을 위협하는 큰 요인은 화학비료 및 농약의 과다사용과 장기 연용에 따른 토양악화에 있는 것으로 생각된다.<sup>2,3)</sup> 특히 화학비료의 연용은 토양을 산성화시킬 뿐 아니라 토양 내 염류집적에 의해 토양의 물리성을 악화시킴으로써 잠재적인 농업 생산성을 감소시킨다. 그 때문에 화학비료의 사용량을 줄이는 저투입농업(LISA)과 꾸준한 퇴비사용으로 지력을 유지 또는 증진시키는 것이 절실한 시점이다.

Oshins<sup>4)</sup>는 농업환경을 보전하는 동시에 농업 생산성을 지속시키기 위한 방법의 일환으로 퇴비화한 가축분 사용을 제시하였다. 퇴비화할 경우 가축분의 취급이 용이하고 악취가 감소할 뿐 아니라 침출수 발생을 줄이고 잡초 및 병원균의 제거가 가능하기 때문이다.<sup>6,8)</sup> 더욱이 퇴비사용으로 토양의 물리적, 화학적, 생물학적 특성을 개선할 수 있으며,<sup>9)</sup> 퇴비는 비료성분이 낮고 지효성이므로 토양중 염류집적이 화학비료보다 미약하다.<sup>10)</sup> 그러나 유기질비료의 연용 및 과다 사용은 토양 내 염류집적의 원인이 되며,<sup>11-13)</sup> 그 때문에 환경에

부담이 되지 않도록 지속적인 토양정밀검정을 통한 과학적인 시비관리가 필요하다. 이처럼 다수의 보고에서 볼 수 있듯이 지속 가능한 농업실천을 위한 환경보전형 저투입 유기농업은 아직도 그 구체적인 방향제시가 불분명한 상황이다.

본 연구는 지속 가능한 농업발전을 위한 고성능 토양 개발 연구의 일환으로 화학비료를 지양하고 유기질비료를 연용하는 시험으로서 토마토를 공시작물로 3년간 하우스 조건하에서 계분 및 돈분퇴비를 연용하여 재배한 토마토의 생육과 재배토양의 이화학성 변화에 대한 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 공시재료

본 연구는 1994~1996년 사이에 3년 동안 충남대학교 농과대학 부속농장에 설치된 비닐하우스 내에서 수행하였으며, 실험에 사용된 토양의 이화학적 특성은 Table 1과 같다. 공시퇴비는 충남대학교 응용생물화학부 농화학과 농업환경 화학실험실에서 제조한 계분 및 돈분똥밥발효퇴비를 제공받아 이용하였다(Table 2). 재배에 이용된 작물은 방울토마토(*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*)이며, 품종은 미니캐롤이었다.

### 퇴비처리 및 작물 재배

시험구는 무처리(Control), 계분관행(C-N), 계분퇴비 30 Mg/ha(C-30), 계분퇴비 60 Mg/ha(C-60), 계분퇴비 120 Mg/ha(C-120), 돈분관행(P-N), 돈분퇴비 30 Mg/ha(P-30), 돈분퇴비 60 Mg/ha(P-60), 돈분퇴비 120 Mg/ha(P-120) 등의 9

\*Corresponding author: 장기운, 충남대학교 농과대학 응용생물화학부 농화학과, 대전시 유성구 동구로 101, 451-702, Korea. Tel: 82-42-821-5511, Fax: 82-42-821-5512, E-mail: jklee@nab.chonnam.ac.kr

Table 1. Physico-chemical properties of soil before experiment

pH (1:5)	EC (dS/m)	T-N (g/kg)	OM	Ava.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Exch. cation (cmol <sup>+</sup> /kg)				CEC (cmol <sup>+</sup> /kg)	Distribution of particle size (%)		
					K	Ca	Mg	Na		Clay	Silt	Sand
7.1	0.2	0.4	4	175	0.04	2.6	0.1	0.1	8.1	16	9	75

\*SL(Sandy loam) by USDA method.

Table 2. Chemical properties of the compost used

Composts	pH (1:10)	EC (dS/m)	T-N (g/kg)	T-C	T-P (%)	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	CEC (cmol <sup>+</sup> /kg)
CM <sup>a</sup>	6.9	44	14.7	327	0.81	1.77	1.13	0.45	0.55	42.6
PM <sup>b</sup>	6.9	46	14.9	314	0.72	1.45	0.68	0.43	0.60	43.4

a: Chicken manure compost, b: Pig manure compost

처리구로 하였다. 여기서 무처리는 비료 및 퇴비를 사용하지 않았으며, 관행구는 농촌진흥청의 추천량<sup>14)</sup>에 따라 밀거름으로서 300-202-300 kg/ha 비율의 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O와 10 Mg/ha 비율의 퇴비를 처리하였다. 처리구당 면적은 3 m<sup>2</sup>이며, 처리구는 3반복 난괴법으로 배치하였다.

두 종의 가축분퇴비에 대하여 각 처리구에 해당하는 퇴비량을 사용한 다음 약 10 cm 깊이의 토양과 고루 혼합한 후, 비닐멀칭을 하고 점적관수시설을 설치하였다. 방울토마토 묘목은 실험이 실시된 3년 동안 대전 소재의 금강육묘상사로부터 파종후 50일이 경과한 유묘를 구입하여 75×50 cm 간격으로 처리구당 4주씩 5월초에 정식하였다.

#### 작물 생육, 과실수량 및 과실특성 조사

토마토의 생육은 지상부와 지하부로 구분하여 주당 생중량으로 표시하였으며, 생중량 지수는 1차년도 대조구의 지상부와 지하부를 합산한 전체중량을 100으로 기준하여 계산하였다. 토마토 과실을 2화방 이상의 열매를 대상으로 각 년차 마다 11월초까지 지속적으로 수확하였으며, 10월말까지는 적색과실을 원칙으로 수확하였으나 수확 최종일에는 미성숙 과실도 모두 수확하여 각 처리구의 과실수량에 포함하였다. 과실의 수량지수 역시 1차년도 대조구의 과실수량을 100으로 기준하여 계산하였다. 과실특성을 분석하기 위하여 4~5화방에 결실된 과실의 당도와 과실 개체당 중량을 조사하였으며, 조사결과는 과실당 평균값으로 표시하였다.

#### 퇴비 및 토양분석

퇴비 및 토양의 pH와 EC는 시료:증류수의 비를 1:5로 하여 측정하였고, 유기물함량은 Tyurin법, 총질소는 Kjeldahl 증류법으로 분석하였으며, 양이온치환용량은 N-NH<sub>4</sub>OAc 용액 (pH 7.0)을 이용하여 측정하였고, 치환성 양이온은 N-NH<sub>4</sub>OAc용액(pH 7.0)으로 침출된 것을 ICP로 정량하였다.<sup>15)</sup> 퇴비의 총인은 과염소산분해법 그리고 토양의 유효인산은 Bray No.1법으로 추출후 바나도몰리브덴산을 이용한 비색법으로 측정하였다.<sup>15)</sup> 토양의 토성은 비중계법<sup>16)</sup>으로 분석하였고, 토양경도는 경도계(山中式 KM-271)를 사용하여 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 토마토의 생육

계분 및 돈분퇴비 모두 퇴비의 사용량이 증가할수록, 리고 사용 횟수가 증가할수록 토마토의 지상부 및 지하부의 생중량은 현저히 증가하였으며, 방울토마토의 지상부 및 지하부의 생중량에 미치는 계분과 돈분퇴비의 효과는 상간 유사하였다(Table 3).

계분 및 돈분퇴비의 1차년도 사용구의 경우, 토마토 지상부의 생중량은 C-30과 P-30 처리구가 각각의 관행구 대비에 공히 낮은 생중량을 보인 반면 계분퇴비 처리구의 경우는 C-60 처리구 이상에서, 그리고 돈분퇴비 처리구의 경우는 P-120 처리구에서 각 관행구에 비해 보다 높은 지상부 생중량을 나타내었다. 이처럼 가축분퇴비 30 Mg/ha를 사용한 처리구에 비해 관행구의 지상부 생중량이 높았던 것. 30 Mg/ha의 가축분퇴비에 비해 3요소 표준시비량과 30 Mg/ha의 가축분을 처리한 관행구의 가용성 화학성분 함량이 보다 높기 때문으로 판단된다. 한편 과량의 퇴비시에 의한 토마토의 생육장애는 관찰되지 않았는데, 이는 혐토양 지역을 최근에 개토하여 영양분이 전반적으로 낮아져 적박한 토양이었고(Table 1), 가축분을 발효조에서 충분히 기간동안 부숙시킨 퇴비를 이용하였기 때문에 과량 사용도 불구하고 생육장애는 발생하지 않았던 것으로 보인다. 계분 및 돈분퇴비 사용에 따른 지하부의 생중량 역시 지상부와 유사한 경향으로써 퇴비의 사용량이 증가할수록 뿌리의 생중량은 증가하는 경향이였다. 그러나 계분 및 돈분퇴비의 사용량 증가에 따른 지하부 생중량의 증가정도는 지상부 생중량 증가에 비해 다소 낮은 경향이였으며, 이러한 경향은 3년의 연용기간 동안 유사하였다. 토마토의 전체 중량을 살펴보면, 1차년도의 경우 계분 및 돈분퇴비의 3배 대 처리구인 C-120과 P-120 처리구의 전체 생중량지수가 대조구에 비해 3배 이상 높은 생육증가를 나타내었으며, 계속되는 계분 및 돈분퇴비의 연용에 따라 2차년도에는 7배 이상, 그리고 3차년도에는 11~12배 수준으로 급격한 증진을 보였다. 이러한 결과는 가축분퇴비의 사용으로 토양 pH, 가비중 및 공극도와 같은 물리적 특성뿐 아니라 식물 영양분 및 양분보유능 등의 화학적 특성이 크게 개선되었

**Table 3. Fresh weight of top and root of tomato with repeated application of chicken and pig manure composts**

Treatments	1st year			2nd years			3rd years		
	Top	Root	Total	Top	Root	Total	Top	Root	Total
	(g/plant)								
Control	161	31	192 (100)*	177	45	222 (116)	210	45	255 (133)
C-N	328	50	378 (197)	612	78	690 (359)	1415	93	1508 (585)
C-30	211	42	253 (132)	382	53	435 (227)	998	81	1079 (562)
C-60	483	61	534 (278)	805	107	912 (475)	1676	94	1770 (922)
C-120	586	71	657 (342)	1319	111	1430 (744)	2025	106	2131 (1110)
P-N	415	61	476 (248)	535	75	618 (318)	1690	95	1785 (930)
P-30	318	43	361 (188)	344	51	395 (206)	1073	90	1163 (606)
P-60	371	53	424 (221)	627	58	685 (357)	1845	96	1941 (1011)
P-120	581	66	646 (336)	1321	113	1434 (747)	2195	115	2310 (1203)

\* Data in parenthesis are percentage ratio of total weight of tomato plant to that of control at 1st year.

**Table 4. Fresh weight of tomato fruit with repeated application of chicken and pig manure composts**

Treatments	1st year		2nd years		3rd years	
	Yield (g/plant)	Yield index	Yield (g/plant)	Yield index	Yield (g/plant)	Yield index
Control	1097	100	867	79	355	32
C-N	1969	179	3058	279	4254	388
C-30	1730	158	2247	205	3629	331
C-60	2871	262	3525	321	4740	432
C-120	3414	311	4297	392	5832	532
P-N	2096	191	3015	275	4310	393
P-30	2049	188	2459	224	2527	230
P-60	2963	270	3614	329	4570	417
P-120	3365	307	4204	383	5724	522
CV(%)	20.1		18.5		17.7	
LSD <sub>0.05</sub>	555		764		903	

**Table 5. Fruit weight and sugar content of tomato with repeated application of chicken and pig manure composts**

Treatments	Sugar content (°Brix)			Fruit weight (Fresh weight g/fruit)		
	1st year	2nd years	3rd years	1st year	2nd years	3rd years
Control	6.5	6.3	7.0	12.4	11.8	12.0
C-N	6.9	6.5	7.4	17.2	17.8	18.4
C-30	6.9	6.4	7.3	15.6	16.2	16.4
C-60	6.8	6.7	7.4	17.8	18.6	18.8
C-120	7.0	6.7	7.3	18.8	19.0	19.0
P-N	6.6	6.4	7.4	15.8	15.8	18.4
P-30	6.5	6.3	7.2	14.4	16.0	18.2
P-60	6.6	6.5	7.3	17.2	16.8	18.4
P-120	6.6	6.5	7.3	18.8	18.8	19.0

기 때문이다(Table 6). 또한 작물의 생육과 뿌리의 신장은 작물의 근권에 분포하는 토양 미생물상과 밀접한 연관이 있는 것으로 알려져 있으며, 유 등<sup>19)</sup>은 계분 및 돈분의 사용량이 증가할수록 시용 1주와 15주 후의 근권 토양중 유용세균수가 뚜렷하게 증가한다고 보고한 바 있어 가축분퇴비 사용에 따른 근권 미생물상의 개선이 토마토 생육 증가에 간접적으로 기여했으리라 판단된다.

#### 토마토의 과실수량

계분 및 돈분퇴비의 사용량이 증가할수록, 그리고 시용 횟수가 증가할수록 토마토의 과실수량은 유의성있게 증가하는

경향이었으며(Table 4), 이러한 과실수량의 증가는 Table 3에 제시한 바와 같이 토마토의 지상부 및 지하부 생중량에 대한 계분 및 돈분퇴비의 효과와 유사한 경향이였다.

1차 년도 계분 및 돈분퇴비의 관행구 수량은 대조구에 비해 1.8~1.9배의 증수효과를 보였으며, 계분 및 돈분퇴비 처리구인 C-60과 C-120, 그리고 P-60과 P-120 처리구는 각각의 관행구에 비해 현저히 높은 수량 증가를 보였다. 계분 및 돈분퇴비의 과량 사용에 따라 관행구 수준을 초과하는 증수효과는 2년차와 3년차의 연용시험에서도 유사하였다. 반면에 1차 년도 대조구를 기준으로 한 2차 년도와 3차 년도 대조구의 과실 수량지수는 각각 79와 32로서 급격한 수량

**Table 6. Physical and chemical properties of soil after 3 years cropping in which chicken and pig manure composts were applied annually**

Treatments	Hardness (mm)	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Porosity (%)	pH (1:5)	EC (dS/m)	T-N (g/kg)	OM (g/kg)	Ava.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Exch. cation (cmol <sup>+</sup> /kg)				CEC (cmol <sup>+</sup> /kg)	BS (%)	Ca/Mg Mg/K (Eq. ratio)	
									K	Ca	Mg	Na			Ca	Mg
Control	16.9	1.43	46	6.9	0.2	0.3	2	15	0.02	2.8	0.1	0.1	7.9	38.2	28.0	5.0
C-N	15.6	1.31	51	7.1	0.8	1.0	15	304	1.0	3.0	0.8	0.6	8.5	63.5	3.8	0.8
C-30	14.7	1.09	59	7.2	0.4	1.0	24	184	1.3	3.2	1.7	0.7	9.5	72.6	1.9	1.3
C-60	13.7	1.06	60	7.1	0.6	1.6	34	292	1.6	3.8	2.3	1.0	11.2	77.7	1.7	1.4
C-120	12.4	0.62	77	7.1	1.7	3.3	56	343	2.4	4.4	2.8	2.1	13.3	87.8	1.6	1.2
P-N	16.0	1.35	49	6.8	0.9	2.0	17	232	0.9	2.9	0.6	0.8	10.1	51.5	4.8	0.7
P-30	15.2	1.21	54	7.0	0.7	1.6	33	159	1.3	3.2	1.6	1.0	10.0	71.0	2.0	1.2
P-60	13.2	0.97	63	7.1	1.3	2.6	56	216	1.5	3.7	2.1	1.4	11.0	79.1	1.8	1.4
P-120	12.1	0.61	77	6.8	2.4	3.6	72	372	2.8	4.3	2.5	2.7	13.2	93.2	1.7	0.9
Optimum range	<20	<1.35	50	6-6.5	2~2.5	-	20~30	300~500	0.5~0.75	5~6	1.5~2	-	>15	>80	3~5	2~4

감소를 나타내었다. 이는 Table 6에 제시된 바와 같이 연작 후 토양 내 가용성 인산 및 일부 치환성양이온과 같은 영양 성분의 부족으로 토마토의 영양생장 및 생식생장이 제한되었던 것으로 판단된다. 한편 Table 3과 4에 나타난 식물체의 생중량지수와 과실의 수량지수를 비교해 보면 계분 및 돈분퇴비의 연용에 따라 식물체의 생중량지수는 1년차에 비해 2년차와 3년차에 급격한 증가를 보인 반면, 과실의 수량지수는 생중량지수의 증가율에 미치지 못하였다. 이는 계분 및 돈분퇴비의 시용량이 증가할수록 지상부의 과면부가 심화되는 현상에서 볼 수 있듯이 퇴비로 인해 증가된 토양 내 영양성분이 1차적으로 토마토의 영양생장에 주도적으로 이용되었던 것으로 판단된다.

#### 과실특성

계분 및 돈분퇴비의 시용에 따른 방울토마토의 과실특성을 살펴보기 위하여 과실의 당도와 과실 개체당 중량을 조사한 결과, 1차 년도 계분 및 돈분퇴비 처리구의 당도는 대조구에 비하여 다소 높은 것으로 나타났고, 계분과 돈분퇴비 처리구간에 현저한 차이는 없었으나 계분퇴비 시용구에서 다소 높은 경향을 보였으며, 대체로 보다 높은 퇴비 시용구에서 과실의 당도가 다소 높은 경향이였다(Table 5). 연용 시기별 과실의 당도 변화를 살펴보면 2차 년도의 경우 과실의 당도가 6.3~6.7°Brix 범위로서 1차 년도의 6.5~7.0°Brix 범위와 비교하여 전반적으로 낮았던 반면, 3차 년도에는 7.0~7.4°Brix 범위로서 과실의 당도가 현저히 상승하였다. 이러한 결과로 보아 토마토 과실의 당도에 미치는 가축분퇴비의 연차별 시용효과는 일정한 경향이 없었다.

토마토 과실의 개체당 중량에 미치는 계분 및 돈분퇴비의 효과를 살펴보면, 1차 년도에는 계분 및 돈분퇴비 처리구 모두 대조구에 비해 현저한 증가를 보였으며, 큰 차이는 아니지만 돈분퇴비에 비해 계분퇴비 처리구의 과실 개체당 중량이 다소 높은 경향을 보였다. 가축분퇴비의 시용량이 증가할수록 과실 개체당 중량은 증가하는 경향을 보였으며, 연용기간이 증가함에 따라 과실 개체당 중량 역시 다소 증가하였다. 이상의 결과로 볼 때 계분 및 돈분퇴비의 시용은

토마토의 과실 당도와 과실 개체당 중량을 증가시켰으므로 토마토 과실의 품질향상에 유효한 것으로 판단되며, 이는 가축분퇴비 시용으로 토양의 물리적, 화학적, 생물학적 특성이 현저히 개선된 데 기인하는 것으로 생각된다.

#### 연용후 토양의 이화학적 특성

방울토마토를 3년간 연작한 결과 대조구의 토양경도, 가비중, 공극율 등의 물리적 특성은 다소 개선되었으나 토양 화학성은 전반적으로 악화되었고 특히 시험전 토양의 가용성인산은 175 mg/kg에서 3년 연작후 15 mg/kg으로 현저히 감소하였다(Table 6). 반면에 계분 및 돈분퇴비의 처리량과 시용횟수가 증가할수록 토양경도와 가비중은 감소하고 공극도는 증가하며, 가용성인산, 치환성양이온 함량 및 양이온 교환능과 같은 화학적 특성은 증가하였다. 퇴비시용에 따른 가비중의 감소는 토양 무기교질에 비해 비중이 낮은 유기물 시용에 의한 희석효과에 기인하며, 유기물의 토양 입단화 증진과 가비중의 감소효과로 토양 공극율은 증가한다.<sup>18</sup> Gupta 등<sup>19</sup>은 슬러지중 유기물의 함량이 증가할수록 가비중은 감소한다고 하였으며, Mathers와 Stewart<sup>20</sup>는 11년 동안 가축분을 연용한 토양에서 유기물 함량과 가비중 사이에는 고도의 부의 상관성이 있었다고 보고하였다. 또한 Epstein 등<sup>21</sup>의 연구에 따르면 사양토에 유기물이 풍부한 슬러지 첨가로 토양 화학성이 개선되었으며, 특히 240 metric tons/ha의 슬러지 첨가구의 경우 양이온교환능은 3배 가량 증가하였다.

한편 계분 및 돈분퇴비의 연용후 토양특성의 변화는 김 등<sup>22</sup>의 토양진단기준에 준하여 살펴보고자 하며, 두 퇴비의 관행구, 30 Mg/ha 처리구 및 60 Mg/ha 처리구는 3년 연용 및 연작후 일부 특성을 제외하고는 토양물리성 또는 화학성이 전반적으로 적정수준에 도달하는 것으로 나타났다. 그러나 계분 및 돈분퇴비를 과량 시용한 C-120과 P-120 처리구의 경우는 가비중이 각각 0.62와 0.61 g/cm<sup>3</sup>, 그리고 공극율이 두 처리구 모두 77%로서 지나치게 낮은 가비중과 현저히 높아진 공극율로 인해 식물체의 기계적인 지지가 곤란한 상황에 달하였다. 또한 이들 처리구의 유기물 함량은 각각

57과 72 g/kg으로서 토양 내 적정수준인 20~30 g/kg 수준을 훨씬 상회할 뿐 아니라 치환성칼리 함량이 각각 2.4와 0.8 cmol<sup>+</sup>/kg으로서 적정수준인 0.5~0.75 cmol<sup>+</sup>/kg 수준을 초과하여 적정 Mg/K 비율이 현저히 감소함으로써 토양 내 양분 불균형 현상을 초래하였다. 그 때문에 홍<sup>11)</sup>은 가축분퇴비를 장기 연용할 경우 토양 내 인산과 칼리의 축적이 우려된다고 하였으며, Sharpley 등<sup>29)</sup>은 작물의 N/P율에 비해 가축분의 N/P율이 현저히 낮아 장기 연용시 토양 내 인산의 급적은 필연적이라고 주장하였다. 그러한 보고들을 입증하는 결과로서 가축분퇴비를 3년간 연용하고 작물을 연작한 후 토양 내 가용성인산과 치환성칼리 함량은 대조구와 비교하여 현저한 증가를 보였으며, 3년간 연용 및 연작후 모 든 가축분퇴비 처리구의 치환성칼리 함량은 적정범위를 초과하였고, 가용성인산은 대부분 적정수준에 다소 미달하거나 적정수준의 범위에 도달하였다. 그러나 3년 연용시 대부분의 처리구에서 토양 내 가용성인산 함량이 적정수준에 도달하는 것으로 볼 때 과량의 가축분퇴비를 지속적으로 연용시 토양 내 가용성인산은 적정수준을 초과할 것으로 보인다. 한편 가축분퇴비중 상대적으로 낮은 칼슘함량으로 인해 과량 시용구에서조차 토양 내 치환성칼슘 함량은 적정수준에 미달하는 것으로 나타났으며, 그 결과 가축분퇴비의 시용량이 증가할수록 Ca/Mg 비율이 점차로 감소하는 양분 불균형 현상이 나타났고, 두 퇴비처리구 모두 과량의 120 Mg/kg 비율을 3년간 연용했을 경우에만 적정 염기포화도인 80% 수준에 달하는 결과를 보였다. 그러나 비록 과량 시용일지라도 가축분퇴비의 3년 연용으로는 토양 내 염류 집적이 심하지 않은 것으로 나타났다.

결론적으로 계분과 돈분퇴비의 시용으로 토양 물리성과 화학성이 개선됨으로써 분명 일정기간 동안의 농업생산성 유지는 가능할 것으로 판단되나 가축분퇴비의 시용만으로는 일부 토양 물리성 및 화학성의 균형된 개선이 곤란하므로 지속적인 토양진단 결과에 따라 화학비료와 퇴비의 조화있는 활용을 할 수 있는 환경농업 기술을 시급히 개발할 필요가 있을 것으로 본다.

## 감사의 글

본 연구는 1994년도 한국학술진흥재단의 대학부설연구소 연구과제 연구비에 의하여 연구되었음.

## 참고문헌

1. Crosson, P. (1994) Is US Agriculture Sustainable? *Resources, Autumn*, 117, 10, and 16-19.
2. Elliot, L. F. and J. M. Lynch (1994) Biodiversity and soil resilience. In D. J. Greenland and I. Szabolcs(eds.), *Soil resilience and sustainable land use*. Cab International, Wallingford, UK, 353-364.
3. Lee, H. J. and K. Y. Park (1993) Crop production system for low-input sustainable agriculture in Korea. In Korean Society of Crop Science(ed.), *Low-input sustainable crop production*

- systems in Asia, *Proceedings of the First Asian Crop Science Conference*, September 24-28, 1992, Seoul, Korea, 43-58.
4. Organisation for Economic Co-operation and Development (1995) *Sustainable agriculture: Concepts, issues and policies in OECD countries*, OECD, Paris, France, 15.
5. Oshins, C. (1995) Strategies for encouraging the use of organic wastes in agriculture. In D. L. Karlen, R. J. Wright, and W. O. Kemper(eds.), *Agricultural utilization of urban and industrial by-products*, ASA Special Publication No. 58, Madison, WI, USA, 73-86.
6. Epstein, E (1997) *The science of composting*. Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster, PA, USA, 1-18.
7. Haug, R. T. (1993) *The practical handbook of compost engineering*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, USA, 1-19.
8. de Bertoldi, M., G. Vallini and A. Fera (1985) *Technological aspects of composting including modelling and microbiology*. Proceedings of a seminar organised by the Commission of the European Communities, Directorate-General Science, Research and Development, Environment Research Programme, Oxford, UK, 1984, Elsevier Applied Science Publishers, London and NY, USA, 27-40.
9. Jung, K. Y. (1994) Program for utilizing organic wastes to fertilizer, *Symposium on fertilizer development and policy for 21C*. Kor. Soc. of Soil Sci. and Fert, 48-90.
10. Seo, J. H. (1995) Prospect on demand of organic matter, *Symposium on the utilization of organic wastes for sustainable agriculture*. Kor. Soc. for Organic Farming, KOWREC, 78-57.
11. Hong, J. W. (1994) Suggestion for the development of organic farming, *Symposium on strategy for the development of organic farming in Korea*. RDA Agricultural Sciences Institute, 309-319.
12. Jung, K. Y. (1994) Agricultural utilization of organic wastes from industries. *Symposium on strategy for the development of organic farming in Korea*. RDA Agricultural Sciences Institute, 203-229.
13. Lee, S. E., J. K. Park, J. H. Yoon and M. S. Kim (1987) Studies on the chemical properties of soils under the vinyl-house cultivation. *Res. Rept. RDA(P · M & U)*, 29(1), 166-171.
14. Rural Development Administration (1990) Application of precision analysis data on soil properties: Recommendation of standard fertilization for crops. RDA, 7-51.
15. RDA Agricultural Sciences Institute (1988) *Soil chemical analysis: Soil, plant and microbiology*. RDA Agricultural Sciences Institute, 26-124.
16. Gee, G. W. and J. W. Bauder (1986) Particle size analysis. In A. Klute(ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical mineralogical methods*, 2nd ed., Agronomy Monograph No. 9, ASA and SSSA Publisher, Madison, WI, USA, 383-411.
17. Yoo, S. J., K. S. Hwang, S. I. Kim and K. W. Chang (1996) Effect of organic amendments on rhizosphere microflora of tomato plant. *Kor. Soc. of Soil Sci. and Fertilizer*, 29(3), 297-302.
18. Hill, R. L. and B. R. James (1995) The influence of waste amendments on soil properties. In J. E. Rechcigl(ed.), *Soil amendments and environmental quality*, Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, USA, 311-325.
19. Gupta, S. C., R. H. Dowdy and W. E. Larson (1977) *Hydraulic*

- and thermal properties of a sandy soil as influenced by incorporation of sewage sludges. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **41**, 601-604.
20. Mathers, A. C. and B. A. Stewart, cited by J. E. Rechcigl (ed.), *Soil amendments and environmental quality*, Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, USA, 314.
21. Epstein, E., J. M. Taylor and R. L. Chaney (1976) Effects of sewage sludge and sludge compost applied to soil on some physical and chemical properties. *J. Environ. Qual.*, **5**(4), 422-426.
22. Kim, W., W. Pong, K. Hwang and Y. Park (1990) Studies on the chemical properties of greenhouse soils. Thesis for Joon Moon's Retirement Memorial, **57-61**.
23. Sharply, A. N., J. T. Sims and G. M. Pierzynsky (1994) Innovative soil phosphorus availability indices: Assessing inorganic phosphorus. In J. L. Halvin and J. S. Jacobson(eds.), *Soil testing: Prospects for improving nutrient recommendations*, SSSA Special Publication No. 40, SSSA and ASA Publishers, Madison, WI, USA, 115-142.

---

**Study on the Improvement of Soil for High Efficient and Sustainable Agriculture-I. Effect of Repeated Application of Chicken and Pig Manure Composts on Tomato Growth and Soil Physico-chemical Properties**

Ki-Woon Chang\*, Sung-Hyun Cho and In-Bog Lee(Dept. of Agric. Chem., Division of Applied Biology & Chemistry, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea)

**Abstract** : To find out the repeated application effect of chicken and pig manure composts on tomato growth and soil physico-chemical properties, different rates of the composts were applied to greenhouse soils with low fertility for 3 years and tomato was grown annually. As application rate of compost increased, the growth and fruit yield of tomato increased markedly, and there are also a little increase in sugar content in fruit juice and weight per fruit. When only compost was applied, however, physical and chemical properties in soil showed to be unbalanced such as significantly low bulk density and hardness, and high porosity as well as high organic matter and exchangeable K content, and low exchangeable Ca content than those of optimum range for soil diagnosis. Therefore mixed use of compost and chemical fertilizer is more promising way than the only use of compost to make suitable physico-chemical properties for tomato growth.

---

Key words : Sustainable agriculture, Animal manure compost, Tomato growth, Soil physico-chemical properties

\*Corresponding author