

경운깊이 및 퇴비 시용량이 고추 생육에 미치는 영향

이경자* · 김영상 · 송인규

충청북도농업기술원

Effect of Tillage Depth and Amount of Compost on Red Pepper Growth

Gyeong-Ja Lee*, Young-Sang Kim, and In-Gyu Song

Chungbuk Agricultural Research and Extension Services, Cheongweon 363-883, Korea

Experiments were conducted to find out the optimum amount of compost and tillage depths in pepper cultivation. Red pepper was grown in different plots with 10 cm, 30 cm, and 50 cm in tillage depth, and was applied with 1 ton, 3 ton, and 5 ton $10a^{-1}$, respectively. The pH value in soil showed lower level after experiment than before experiment, however, the contents of the EC, Av. P_2O_5 , K, Ca, Mg, and Na were increased after experiment. The chemical contents in soil after experiment showed higher level in compost 5 ton $10a^{-1}$. The growth of red pepper in field was enhanced in the compost treatment of 3 ton, 5 ton $10a^{-1}$, and tillage 50 cm plot. In tillage 10 cm plot, yields of red pepper showed the highest amount as 5,880 kg ha^{-1} with compost 3 ton $10a^{-1}$. In tillage 30 cm plot, the yields of red pepper showed the highest as 5,610 kg ha^{-1} with compost 5 ton $10a^{-1}$. The T-N contents and uptake in the red pepper plant increased in the compost in 3 ton $10a^{-1}$ and 5 ton $10a^{-1}$ compared to 1 ton $10a^{-1}$. These results suggest that different amounts of compost should be applied when we cultivate crops with different tillage depth.

Key words: Red pepper, Tillage depth, Chemical contents

서 언

퇴비는 작물성장에 필요한 모든 성분들이 들어 있어 인체의 보약과도 같은 것이라 오래전부터 토양의 질을 높일 수 있는 유기자원으로 활용되어 왔다. 그러나 요즘 시판되고 있는 부산물 퇴비는 종전에 사용하였던 건조 퇴비나 구비와는 성질이 달라 종전의 퇴비보다 질소, 인산, 칼리 등 영양성분을 다량 함유 (Lee et al., 2004) 하고 있을 뿐 만 아니라 그 종류에 따라 토양 미생물 상에 미치는 영향이 다르다 (Calbrix et al., 2007; Chang et al., 2008; Ros et al., 2006; Stark et al., 2007). 따라서 적절하게 사용하지 않으면 작물생장에 큰 피해를 줄 수 있고 (Hwang et al., 2004), 토양중의 EC 농도 증가 (Hwang et al., 2002), 유출수 및 유거수의 총 질소, 총인 및 전기전도도를 높임 (Park et al., 2005) 으로서 환경오염을 유발시킬 수 있다. 적정량의 부산물 퇴비사용은 토양 환경을 작물 생육에 유리하게 만든다. Yun et al. (1996)은 퇴비를 시용함으로써 유기물, 유효

인산, 치환성 염기 함량의 증진으로 비료량을 줄일 수 있고, 토양 유실량이 줄어들 뿐 만 아니라, 공극율, 내수성 입단, 유효수분이 증가하여 작물생육을 촉진시킨다고 보고하였다. 또한 Kim et al. (2004)은 밭에서 퇴비처리하는 유기물 함량 및 내수성 입단을, 용적밀도, 통기성 등 토양물리성이 현저히 좋아진다고 보고하였다. Weon et al. (2004)은 토양에 퇴비를 시용하면 토양중 미생물체량 및 효소 활성이 증가함을 보이면서 토양중 미생물을 증가시킨다고 주장하였다. Park et al. (2008)은 고추 포장에서 퇴비의 시용은 토양의 pH와 미생물 군락을 변화시키고, 토양 유기물과 칼리함량을 증가시키며, 탈수소 효소활성 증가에 효과적이라고 보고 하였다. 그러므로 적절한 퇴비 시용은 퇴비중에 들어 있는 양분이 무기화 되어 작물에 흡수 이용됨으로서 비료 사용을 줄일 수 있고, 부식증가에 의한 입단화로 토양중 보비 및 보수력을 증가시킬 수 있을 뿐 만 아니라 또한 토양중 미생물 종을 다양화 시켜 작물에 이롭게 작용 할 수 있다. 고추는 재배기간이 긴 작물로서 전 생육기간에 걸쳐 적정 수준의 양분이 공급되어야만 충분한 생육과 수량을 확보할 수 있다. 따라서 고추 재배지는 물리 화학적 특성을 개량하여 토양의 양분 공급력을 높힐필요가 있다. 그러나 토양 경운깊에 따른 퇴비 시용량이 결정되어

접수 : 2010. 11. 2 수리 : 2010. 12. 13

*연락처 : Phone: +82432205547

E-mail: gyeongja@korea.kr

있지 않아, 토양 물리성 개선을 목적으로 깊게 경운할 경우에는 공급해야할 퇴비 함량을 알 수 없다. 따라서 본 연구에서는 경운 깊이별로 퇴비함량을 구명하기 위하여 경운깊이 10 cm, 30 cm 및 50 cm에서 10a 당 1 톤, 3 톤 및 5 톤의 퇴비를 사용하고 토양의 화학적 특성 변화 및 고추 생육을 조사하였다.

재료 및 방법

고추재배 고추 재배전 토양의 화학적 특성은 Table 1과 같이 칼슘함량이 8.8 cmol_c kg⁻¹이고 산도가 7.7인 알칼리성 토양이었다. 시험에 이용된 퇴비는 시판 유통되는 부산물 퇴비로 화학적 특성은 Table 2와 같이 T-N 25.90 g kg⁻¹, P₂O₅ 16.38 g kg⁻¹, K₂O 20.18 g kg⁻¹, CaO 46.70 g kg⁻¹, MgO 14.31 g kg⁻¹ 및 Na₂O 4.20 g kg⁻¹ 이었다. 시험처리는 퇴비 1 톤 10a⁻¹, 3 톤 10a⁻¹ 및 5 톤 10a⁻¹을 표면에 처리하고 토심 10 cm, 30 cm 및 50 cm 깊이로 경운한 후 고추를 재배하였다. 화학비료는 고추 재배전 토양을 분석하여 모든 처리에 같은 량으로 사용하고 처리별로 퇴비 량만 달리하여 처리하였다. 인산은 전량 기비로 사용하였고, 질소 및 칼리는 기비와 추비로 나누어 분시 하였다. 추비는 정식 후 50일 및 100일에 각각 분시 하였다. 5월 6일에 고추를 정식하여 9월 30일까지 총 4차례에 걸쳐 고추를 수확하여 건조시켜 생산량으로 계산하였다.

분석방법 토양의 화학성 및 식물체 분석은 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법에 준하여 실시하였다 (NIAST, 2000). 토양의 pH 와 EC는 시료와 증류수를 1:5의 비율로 혼합하여 30분간 진탕한 후, pH는 pH meter (Radiometer M-92, Denmark)로 측정하였고, EC는 Conductivity meter (YSI-32, Ohio, USA)로 측정하여 5배한 값으로 나타내었으며, 유기물 함량은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster 법으로 비색측정 하였다 (Varian

Cary 50, Australia). 질산태 질소는 Kjeldahl 법으로 측정하였고, 양이온인 K, Ca, Mg 및 Na는 1 N ammonium acetate로 침출하여 ICP (Varian Vista-Pro, Australia)로 분석하였다. 식물체는 70°C에서 건조 후 분쇄된 시료를 산분해용액 (HClO₄ : H₂SO₄ = 10:1)으로 습식 분해하여 전질소는 Kjeldahl 법으로, 인산은 Vanadate 법으로 그리고 K는 ICP (Varian Vista-Pro, Australia)로 분석하였다. 퇴비분석은 농업과학기술원 가축분뇨 퇴비·액비 주성분 및 유해 물질 분석법 (NIAST, 1999)에 준하여 실시하였다. 질소함량은 시료에 분해 촉진제와 H₂SO₄를 가하여 분해하여 증류하는 Kjeldahl 법으로 측정하였으며, 인산은 양이온 및 중금속 측정을 위해 분해한 시료를 5 ml에 발색시약 5 ml을 첨가한 후 30°C 항온기에서 15분간 발색시킨 후 파장 470 nm에서 비색계 (Varian Cary 50, Australia)로 측정하였다. 양이온은 시료 1 g을 HNO₃ 20 ml 첨가한 후 전열판에서 분해하여 ICP (Varian Vista-Pro, Australia)로 측정하였다.

결과 및 고찰

토양의 화학적 특성변화 고추재배 전후 토양 분석결과는 Table 3과 같다. 고추재배 후 토양의 pH는 경운깊이 및 퇴비 사용량과는 관계없이 모든 처리에서 재배전 토양보다 낮아졌고, EC를 비롯한 Av.P₂O₅, K, Ca, Mg 및 Na는 재배전보다 높아졌다. 이것은 Kim et al. (2007)이 강원도 고령지 채소 재배지의 유기물 사용량과 토양관계를 조사한 결과 유기물 사용량이 많을수록 토양의 양분함량이 높아진다는 결과와 같다. 유기물을 비롯한 무기성분 함량은 퇴비 5 톤 10a⁻¹ 처리에서 퇴비 1 톤 10a⁻¹ 및 3 톤 10a⁻¹ 처리에 비해 높았으며, 경운깊이 10 cm에서 경운깊이 30 cm 및 50 cm에 비하여 높았다. 이것은 비화산회 발토양에서 가축분 퇴비의 사용량이 증가함에 따라 토양 EC 및 인산함량이 증가한다는 Hwang et al. (2002)의 보고와 분뇨잔사로

Table 1. Chemical properties of soil used for experiment.

pH	EC	OM	Av. P ₂ O ₅	Exchangeable cation			
				K	Ca	Mg	Na
(1:5)	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹			
7.7	1.56	20.6	398	0.47	8.8	1.9	0.33

Table 2. Chemical characteristics of compost used in the experiment.

T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O
g kg ⁻¹					
25.90	16.38	20.18	46.70	14.31	4.20

Table 3. Change in chemical properties of soil after red pepper cultivation.

Tillage -depth	Compost	pH	EC	OM	Av.P ₂ O ₅	Exchangeable Cation			
						K	Ca	Mg	Na
cm	ton	(1:5)	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹			
Before-experiment		7.7	1.56	20.6	398	0.47	8.8	1.9	0.33
10	1	7.1	1.75	15.6	397	0.96	9.1	1.7	0.20
	3	7.1	2.11	21.9	603	1.00	9.2	2.3	0.47
	5	7.0	2.91	20.3	640	1.13	9.4	2.4	0.48
30	1	7.3	2.07	14.7	470	0.87	8.8	1.9	0.45
	3	7.4	2.32	13.4	465	0.78	9.6	2.2	0.69
	5	7.2	2.86	18.7	592	1.04	8.6	2.4	0.58
50	1	6.8	1.61	15.7	373	0.84	7.1	1.6	0.29
	3	7.0	1.46	15.4	386	1.15	6.6	1.7	0.20
	5	6.6	3.07	22.0	528	2.25	7.3	2.2	0.44

만든 퇴비 연용시 pH가 낮아진다는 Kim et al. (1999)의 보고와 같은 결과이다. 또한 Park et al. (2008)의 보고와 같이 퇴비의 사용량이 증가하면 모든 양분이 증가한 결과와 같다. 본 연구 결과에 따르면 경운깊이를 얇게 하여 고추를 재배할 경우에는 퇴비 사용량을 줄이고, 경운깊이를 깊게하여 재배할 경우에는 퇴비사용량을 다소 증가 시키는 것이 토양 염류 축적을 방지 할 수 있을 것이다. 앞으로 시비량 산출은 토양의 화학성 뿐만 아니라 토양 물리성 및 토양에 사용되는 퇴비의 양분함량을 고려한 정밀한 시비량 결정이 이루어져야할 것이라 사료된다.

고추 생육 및 수량 고추 정식 후 50일과 100일에 각 처리구별로 생육상황을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 정식 후 50일 생육은 경운 깊이에 관계없이 퇴비 3 톤 10a⁻¹ 및 5 톤 10a⁻¹처리에서 퇴비 1 톤 10a⁻¹처리에 비해 좋았으며, 경운 깊이 50 cm에서 경운 깊이 10 cm 및 30 cm에 비해 좋았다. 정식 후 100일 생육은 퇴비 처리 간에 뚜렷한 차이는 없었으나, 경운 깊이 50 cm에서 경운 깊이 10 cm 및 30 cm에 비해 좋았다. 이것은 토양을 깊게 경운하여 토양중 통기성 등 물리성이 개선됨으로서 뿌리의 활력이 좋아져 생육이 좋아진 것으로 생각된다. Kim et al. (2001)은 작물 재배시 심토 반전하여 토양 통기성을 높이고 근권을 확대시킴으로서 수량을 증가시킬 수 있음을 보고하였다. 본 연구에서 고추수량은 수확기에 숙과를 총 4차례에 걸쳐 수확하여 건조하여 총 합량으로 계산하였다. 고추의 수량은 Fig. 1에서와 같이 경운 깊이 10 cm에서 퇴비 1 톤 10a⁻¹, 3 톤 10a⁻¹ 및 퇴비 5 톤 10a⁻¹처리에서 각각 4,870, 5,880 및 5,720 kg ha⁻¹로 퇴비 3 톤 10a⁻¹ 처리 및 5 톤 10a⁻¹ 처리에서 1 톤 10a⁻¹처리에 비해 각각 21% 및 17%

증가하였다. 경운 깊이 30 cm에서는 퇴비 1 톤 10a⁻¹, 3 톤 10a⁻¹ 및 5 톤 10a⁻¹ 처리에서 각각 4,640, 5,610 및 5,940 kg ha⁻¹로 퇴비 5 톤 10a⁻¹처리에서 가장 높았으나, 퇴비 1 톤 10a⁻¹처리에서는 경운 깊이 10 cm의 퇴비 1 톤 10a⁻¹처리 보다 오히려 5% 정도 감소하였고, 퇴비 5 톤 10a⁻¹ 처리는 경운 깊이 10 cm의 3 톤 10a⁻¹ 처리의 수량과 거의 비슷하였다. 경운 깊이 50 cm에서 퇴비 1 톤 10a⁻¹, 3 톤 10a⁻¹ 및 5 톤 10a⁻¹ 처리의 수량은 각각 4,200, 4,780, 5,280 kg ha⁻¹로 경운 깊이 10 cm 및 30 cm의 수량에 비해 현저히 떨어졌다. 경운 깊이 50 cm의 퇴비 1 톤 10a⁻¹ 처리의 수량은 경운 깊이 10 cm의 퇴비 1 톤 10a⁻¹에 비해 14% 감소하였다. 경운 깊이 50 cm의 3 톤 10a⁻¹처리에서 수량은 경운 깊이 10 cm의 퇴비 1 톤 10a⁻¹처리와 거의 비슷하였고, 경운 깊이 50 cm의 퇴비 5 톤 10a⁻¹처리에서의 수량은 경운 깊이 10 cm의 퇴비 3 톤 10a⁻¹처리에 비해 수량이 10% 감소하였다. 이와 같이 경운 깊이 50 cm에서 수량이 감소된 것은 토양을 깊게 경운하였기 때문에 토양중 양분함량이 다소 부족하였던 것으로 판단된다. 경운 깊이에 따라 비료량이 달라졌다면 다른 결과가 나올 수도 있겠으나, 본 연구에서는 토양검정시비량으로 화학비료를 사용하고 퇴비량을 달리처리한 후 경운을 하였으므로 경운 깊이 50 cm 처리에서는 퇴비 1 톤 10a⁻¹ 및 3 톤 10a⁻¹처리에서 뿐만 아니라 퇴비 5 톤 10a⁻¹ 처리에서조차도 토양에 양분이 적었던 것으로 판단된다. 본 연구에서 보여준 결론은 토양검정시비량에 의해 같은 양으로 화학비료를 사용할 경우에 토심을 깊게 경운하여 고추를 재배하고자 할 경우에는 퇴비를 많이 사용해야 하며, 토심을 얇게 경운하여 재배하고자 할 경우에는 퇴비량도 적어야한다는 결론이다. 본 연구결과에서 고추의 수량은 경운 깊이 10 cm에서는 퇴비를 3 톤 10a⁻¹

Table 4. Growth of red pepper at 50 days and 100 days after planting.

Tillage depth	Compost	50 days		100 days	
		Plant height	Stem diameter	Plant height	Stem diameter
cm	ton	cm	mm	cm	mm
10	1	84.6	18.1	122.6	18.4
	3	84.7	18.5	122.2	19.1
	5	85.4	18.5	122.1	18.5
30	1	84.8	17.9	122.3	18.2
	3	84.7	18.4	125.6	19.0
	5	87.1	19.9	125.7	18.9
50	1	91.1	19.1	136.4	19.5
	3	94.2	19.9	132.0	19.8
	5	91.4	19.8	134.2	20.1

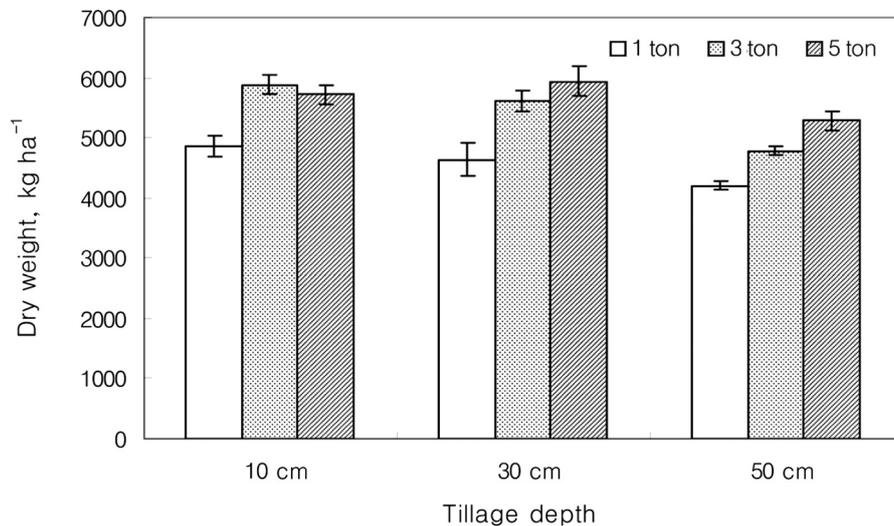


Fig. 1. Fruit dry weight of red pepper by tillage depth and amounts of compost.

사용하는 것이 가장 좋았고, 경운 깊이가 30 cm에서는 퇴비를 5 톤 $10a^{-1}$ 사용하는 것이 가장 좋았으며, 경운 깊이가 50 cm에서는 퇴비 5 톤 $10a^{-1}$ 사용이 가장 좋은 것으로 나타났다. 그러나 경운 깊이가 50 cm에서는 퇴비 사용량이 증가하면서 지속적으로 수량이 증가 추세에 있어 퇴비 5 톤 $10a^{-1}$ 이상 사용 가능성을 시사하고 있다. 이와 같은 결과는 본 시험에 이용된 퇴비의 양분함량을 염두해 두어야만 한다. Kim et al. (2004)은 퇴비 연용시 입단율, 용적밀도, 통기성 등 토양물리성이 좋아진다고 보고하였으나, 최근에 시판되고 있는 가축분 퇴비는 전통적인 유기질 퇴비에 비해 질소, 인산, 칼리의 함량이 현저히 높을 뿐 아니라 여러 유해물질을 포함 (Lee et al., 2004)하고 있으므로 작물 재배시 토양 상태를 고려하여 적정량의 퇴비를 사용해야만 작물생육 및 수량을 증가시킬 수 있다. 본 연구의 결과와 같이 경운 깊이가 10 cm에서 퇴비 5 톤 $10a^{-1}$ 사용이 3 톤 $10a^{-1}$ 사용보다 수량이 감소된 것은 고추가 다른 채소작물에 비

하여 생육기간이 길고, 비료의 요구도가 큰 작물이기는 하지만, 기본 화학비료를 사용하고 유기물 퇴비를 많이 사용하여 과량의 양분투입으로 오히려 수량이 떨어짐을 보여준 것이라 판단된다. 따라서 퇴비 사용량이 같더라도 경운깊이에 따라 작물의 생육상태가 달라지므로 작물재배시 토양 및 투입되는 퇴비의 양분함량 뿐만 아니라 경운깊이를 고려하여 비료 및 퇴비 사용량을 결정해야 할 것이라 사료된다.

고추의 N, P, K 함량 및 흡수량 고추 식물체를 열매, 잎 및 줄기로 구분하여 T-N, P 및 K를 분석한 결과 Table 5와 같다. 경운 깊이가 10 cm, 30 cm 및 50 cm에서 고추 과실, 잎 및 줄기의 T-N은 퇴비 3 톤 $10a^{-1}$ 및 5 톤 $10a^{-1}$ 처리에서 퇴비 1 톤 $10a^{-1}$ 처리에 비해 높았으며, P 및 K는 특별한 경향이 없었다. 고추 부위별 T-N, P 및 K의 함량은 잎 및 열매에서 줄기에 비해 높았고, 성분별로는 모든 부위에서 K 함량이 가장

Table 5. Contents of N, P and K in red pepper.

Tillage -depth	Compost	Leaf			Stem			Fruit		
		T-N	P	K	T-N	P	K	T-N	P	K
cm	ton	g kg ⁻¹			g kg ⁻¹			g kg ⁻¹		
	1	39.6	2.2	46.0	14.1	1.7	34.4	22.9	3.1	23.0
10	3	41.3	3.1	46.1	15.7	1.4	26.0	22.6	2.7	22.2
	5	41.4	2.0	49.5	17.1	1.8	25.7	23.3	3.4	22.1
30	1	39.5	2.4	43.5	12.8	2.3	38.5	23.0	3.0	23.3
	3	43.1	2.4	42.9	15.1	1.3	26.1	23.5	3.0	23.2
	5	41.1	3.2	42.4	15.8	1.1	24.4	23.4	3.0	24.2
50	1	38.5	3.0	43.9	10.6	1.6	32.6	24.1	3.0	25.0
	3	41.6	3.0	46.4	12.7	1.4	25.6	24.8	3.0	23.5
	5	40.5	2.8	40.8	16.8	1.9	31.1	23.9	3.0	25.2

Table 6. Uptake of N, P and K by red pepper plan

Tillage -depth	Compost	T-N			P			K		
		Fruit	Leaf	Stem	Fruit	Leaf	Stem	Fruit	Leaf	Stem
cm	ton	kg 10a ⁻¹			kg 10a ⁻¹			kg 10a ⁻¹		
	1	11.2	4.4	1.9	1.4	0.3	0.2	13.9	5.0	4.6
10	3	13.5	4.6	2.5	1.7	0.3	0.2	13.2	5.1	3.8
	5	13.3	4.2	2.3	1.8	0.2	0.3	13.9	4.9	3.8
30	1	10.7	3.1	1.5	1.3	0.2	0.3	11.3	3.4	4.6
	3	13.0	4.7	3.1	1.5	0.3	0.3	13.7	4.6	5.4
	5	12.0	3.6	2.7	1.6	0.3	0.2	13.2	3.8	4.1
50	1	8.6	4.2	2.2	1.3	0.3	0.3	10.1	4.7	6.6
	3	10.8	4.9	2.5	1.4	0.3	0.3	12.7	5.2	4.5
	5	11.5	5.8	4.2	1.6	0.4	0.5	13.4	5.6	6.2

높고, T-N, P 순으로 높았다. 고추 부위별 건물중과 고추 각 부위별 T-N, P 및 K 함량으로 산출한 T-N, P 및 K 흡수량은 Table 6과 같다. T-N의 흡수량은 퇴비 3 톤 10a⁻¹ 및 5 톤 10a⁻¹ 처리에서 퇴비 1 톤 10a⁻¹ 처리에 비해 더 많이 흡수되었으나, 경운 깊이별로는 뚜렷한 차이가 없었다.

본 연구에서는 고추 노지 재배시 경운 10 cm에서는 질소함량이 25 g kg⁻¹인 퇴비를 3 톤 10a⁻¹ 살포하고, 경운 30 cm에서는 질소함량이 25 g kg⁻¹인 퇴비를 5 톤 10a⁻¹을 살포하여 재배하는 것이 고추의 생육 및 수량이 가장 좋은 결과를 보였다. 그러나, 최근 시판 되는 부산물 퇴비의 질소함량은 각각의 제품별로 상당한 차이를 보이므로 반드시 분석하여 사용해야 할 것으로 사료된다.

요 약

노지 고추재배시 경운 깊이에 따른 유기물 함량을 구명하여 지속적 안전생산에 활용하고자 경운 깊이는 10,

30 및 50 cm로 하고 퇴비의 양을 1, 3 및 5 톤 10a⁻¹으로 처리하여 고추를 재배한 결과 다음과 같다.

- (1) 시험후 토양의 pH는 모든 처리에서 시험전 토양보다 낮아졌으며 EC를 비롯한 Av, P₂O₅, K, Ca, Mg, Na는 시험전보다 높았다. 퇴비 시용량 별로는 퇴비 1 톤 10a⁻¹ 및 3 톤 10a⁻¹ 처리에 비해 퇴비 5 톤 10a⁻¹에서 높았다.
- (2) 고추 생육은 퇴비 1 톤 10a⁻¹ 처리에 비하여 퇴비 3 톤 및 5 톤 10a⁻¹에서 좋았으며, 경운깊이 10 cm 및 30 cm에 비해 경운깊이 50 cm에서 좋았다.
- (3) 고추 수량은 경운깊이 10 cm에서는 퇴비 3 톤 10a⁻¹ 처리에서 5,880 kg ha⁻¹으로 가장 좋았고, 경운 깊이가 30 cm에서는 퇴비 5 톤 10a⁻¹ 처리에서 5,610 kg ha⁻¹으로 가장 좋았다.
- (4) 고추식물체의 T-N 함량 및 흡수량은 퇴비 3 톤 10a⁻¹ 및 5 톤 10a⁻¹ 처리에서 1 톤 10a⁻¹ 처리에 비해 높았다.

인용문헌

- Calbrix, R.L., S. Barray, O. Chabrierie, L. Fourrie, and K. Labal. 2007. Impact of organic amendments on the dynamics of soil microbial biomass and bacterial communities in cultivated land. *Appl. Soil Ecol.* 35:511-522.
- Chang, C.Y., C.C. Chao, and W.L. Chao. 2008. Community structure and functional diversity of indigenous fluorescent *Pseudomonas* of long-term swine compost applied maize rhizosphere. *Soil Biol. Biochem.* 40:495-504.
- Hwang, K.S., Q.S. Ho, and B.S. Yoo. 2004. Aspects of nutrient transportation after animal manure application in Jeju field soil. *J. Environ. Qual.* 23:133-137.
- Hwang, K.S., Q.S. Ho, H.D. Kim, and J.H. Choi. 2002. Changes of electrical conductivity and nitrate nitrogen in soil applied with livestock manure. *J. Environ. Qual.* 21:197-201.
- Kim, J.G., K.B. Lee, S.B. Lee, D.B. Lee, and S.J. Kim. 1999. The effect of long-term application of different organic material sources on chemical properties of upland soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 32:239-253.
- Kim, L.Y., H.J. Cho, and K.H. Han. 2004. Changes of physical properties of soils by organic material application in farm land. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 37:304-314.
- Kim, L.Y., H.J. Cho, B.K. Hyun, and W.P. Park. 2001. Effects of physical improvement practices at plastic film house soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 34:92-97.
- Kim, S.J., J.E. Yang, and Y.O. Shin. 2007. Effects of organic fertilizer applications on soil properties and the development of chinese cabbage (*Brassica campestris*) in the alpine regions of Korea. *Kor. J. of Org. Agri.* 15: 85-91.
- Lee, C.H., Y.M. Yoon, Y.S. Ok, S.K. Lim, and J.G. Kim. 2004. Chemical properties distributions of commercial organic by-product fertilizers. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 37:1-6.
- NIAST. 1999. Preparation and utilization of manure compost and liquefied manure. RDA, Suwon.
- NIAST. 2000. Methods of the soil-plant analysis. RDA, Suwon.
- Park, K.C., T.R. Kwon, K.S. Jang, and Y.S. Kim. 2008. Short-term effects of cultivars and compost on soil microbial activities and diversities in red pepper field. *K. J. Environ. Agri.* 27:139-144.
- Park, C.S., J.H. Joo, W.J. Lee, K.Y. Yoo, J.E. Yang, and Y.S. Ok. 2005. Nitrogen and phosphorus loss with runoff and leachate from soils applied with different agricultural by-product composts. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 38: 307-312.
- Ros, M., J.A. Pascual, C. Garcia, M.T. Hernandez, and H. Insam. 2006. Hydrolase activities, microbial biomass and bacterial community in a soil after long-term amendment with different composts. *Soil Biol. Biochem.* 38: 3443-3452.
- Stark, C., L.M. Condron, A. Stewart, H.J. Di, and M. O'Callaghan. 2007. Influence of organic and mineral amendments of microbial soil properties and processes. *Appl. Soil Ecol.* 35:79-93.
- Weon, H.Y., J.S. Kwon, Y.K. Shin, S.H. Kim, J.S. Suh, and W.Y. Choi. 2004. Effects of composted pig manure application of enzyme activities and microbial biomass of soil under chinese cabbage cultivation. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 37:109-115.
- Yun, B.K., S.J. Oh, S.K. Kim, and I.S. Byu. 1996. Effects of compost application on soil loss and physico-chemical properties in lysimeters. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 29: 336-341.