

Research Article

Open Access

토마토 유기재배에서 혼합유박과 볏짚의 적정시용량 및 토양 물리성에 미치는 영향

임태준,^{1*} 박진면,¹ 이성은,¹ 정현철,² 전상호,² 홍순달³

¹국립원예특작과학원 원예특작환경과, ²국립농업과학원 농업환경부, ³충북대학교 환경생명화학과

Optimal Application Rate of Mixed Expeller Cake and Rice Straw and Impacts on Physical Properties of Soil in Organic Cultivation of Tomato

Tae-Jun Lim,^{1*} Jin-Myeon Park,¹ Seong-Eun Lee,¹ Hyun-Cheol Jung,² Sang-Ho Jeon² and Soon-Dal Hong³
(¹Horticultural & Herbal Crop Environment Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, 441-440, Korea, ²National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, 441-440, Korea, ³Department of Agricultural Chemistry, Chungbuk National University, Cheongju, 361-763, Korea)

Received: 3 May 2011 / Accepted: 2 June 2011

© The Korean Society of Environmental Agriculture

Abstract

BACKGROUND: In this study, 5 different treatments such as non-treatment, mixed expeller cake 1.0 N (standard nitrogen fertilizer), rice straw, rice straw + mixed expeller cake 0.5 N, rice straw + mixed expeller cake 1.0 N were performed over 4 cropping seasons over 2 years in order to identify the optimal application rate of mixture of rice straw and mixed expeller cake, organic source in organic cultivation of tomatoes.

METHODS AND RESULTS: There was no difference in all treatments in case of 200 mg/kg in the nitrate nitrogen content in soil prior to the first cropping season test under the criteria for nitrogen nutrient based on yield of crops, cultivation without fertilizers seems possible. But in the second cropping season, no treatment and rice straw showed the reduction of yield and in the third cropping season, rice-straw + mixed expeller cake 0.5 N treatment showed the significant difference. The content of nitrate nitrogen in soil prior to cropping seasons was evaluated in 160 mg/kg and standard fertilization such as mixed expeller

cake, source of nitrogen, are needed due to the deficiency of nitrogen. In terms of application of organic resources, rice straw showed the effects of improvements on physical properties of soil such as bulk density, cation exchange capacity and humus contents, but the mixed expeller cake did not show any significant differences in improvements on physical properties of soil.

CONCLUSION(s): Fertilizer management in organic cultivation of tomatoes is thought to produce the reliable quantity of crops as well as keep the high quality of soils by using the optimal application rate of mixed expeller cake according to the contents of nitrate nitrogen in soil and rice straw which improves the physical properties of soil.

Key Words: Organic cultivation, Organic resources, Tomato, Standard fertilization, Soil physical properties

서론

최근 환경오염과 식품의 안정성에 대한 소비자들의 인식이 바뀜에 따라 안전 먹거리에 대한 관심이 높아지고 있어 유기농산물에 대한 수요는 지속적으로 증가추세에 있다(Lotter, 2003; Choi *et al.*, 2008; Cho *et al.*, 2009). 유기농산물 중에서 채소류의 생산량은 '01년 9,014톤에서 '09년 54,068톤으로 매년 꾸준히 증가하고 있는 가운데 주요 채소류인 토마

*교신저자(Corresponding author):

Tel: +82-31-290-6263 Fax: +82-31-290-6259

E-mail: taejun06@korea.kr

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

pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO ₃ -N	Av. P ₂ O ₅	Ex.cation (cmol ⁺ /kg)			Soil texture
			(mg/kg)	(mg/kg)	K	Ca	Mg	
7.3	4.4	23	220	648	1.34	8.4	2.1	SL ^z

^zSL, sandy loam.

Table 2. Chemical components of mixed organic fertilizer and rice straw

Organic resources	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	OM	OM/N
	g/kg				
Mixed organic fertilizer	43.2	23.9	15.1	704	16.3
Rice straw	6.8	2.7	21.3	849	124.8

토의 재배면적도 '09년 160 여ha에 9,730톤을 생산하고 있다 (NAQS, 2010).

유기농 토마토 생산을 위한 농가에서의 퇴비 사용은 양분 공급원으로써 혼합유박 등 유기질 비료와 토양 개량원으로는 벚짚 또는 톱밥 퇴비 등을 함께 사용하고 있다. 일반적으로 유기재배 농가에서는 녹비작물을 재배하기도 하나 여름에는 2개월 겨울기간에는 4-5개월 동안 녹비재배 기간이 소요되므로 어려움이 있어 쉽게 이용할 수 있는 벚짚 등과 같은 유기 자원 등을 사용하고 있다(Lee *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2008). 유기자원의 토양 사용은 토양입단 증가, 용적밀도 감소, 수분 보유력 증가 등 토양의 물리적 특성을 개선시킬 뿐 아니라 (Celik *et al.*, 2004; Hati *et al.*, 2006; Gill *et al.*, 2009), 토양 미생물의 활성을 촉진시키는 역할 등 토양에 매우 유익한 기능을 수행하고 있는 것으로 알려져 있다(Marinari *et al.*, 2000; Tu *et al.*, 2006; Chang *et al.*, 2007). 그러나 벚짚은 토양개량효과는 좋으나 작물재배기간 동안 무기화율이 낮아 질소공급능력이 낮으므로(Kim *et al.*, 2004; Yeon *et al.*, 2007), 안정적인 수량을 위해 깻묵, 코코피트 등으로 구성된 혼합유박 등과 같은 질소 공급원이 되는 유기질 비료가 필요하다(Yang *et al.*, 2008; Cho *et al.*, 2009; Lee, 2010). 이러한 이유로 혼합유박을 포함한 유기질 비료의 생산량은 '01년에 144 천톤에서 '09년에 484천톤으로 지속적으로 증가해오고 있다(Kbiz, 2010).

하지만 유기질 비료 등 비료원의 과다사용은 토양 중 질산태 질소의 증가와 함께 토양염류 농도를 증가시키는 원인이 되기도 한다(Lee *et al.*, 2004). 유기재배에서 토양 양분관리의 주요 목표 중의 하나로는 작물을 건전하게 키워 생산과 품질을 높이고 토양의 양분상태를 작물의 생육에 알맞은 수준으로 유지하는 것이다(Heeb *et al.*, 2006; Zhai *et al.*, 2009). 그 중에서 질소는 작물의 안정적인 수확확보를 위해서 무엇보다도 중요한 원소이므로 토양의 양분상태에 따른 적정 유기질 비료 사용량에 대한 기준 제시가 요구된다. 또한 벚짚 등과 같은 유기자원의 연용하는 경우에 대한 토양의 개량효과에 대하여도 연구가 필요하다. 따라서 본 연구는 토마토 유기재배에서 토양의 질산태 질소 수준에 따른 유박과 벚짚의 혼용 사용량의 산정 및 토양 물리적 특성 변화를 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 재배방법

시험 전 토양의 이화학적 성분은 Table 1과 같이 사양토(모래:미사:점토=65:21:14)로 유기물 함량은 토마토 재배에 적당하나, 유효인산과 토양염류 및 치환성 양이온 함량 등이 높은 약알칼리성 토양이었다. 시험에 사용한 혼합유박과 벚짚의 화학 성분은 Table 2와 같으며, 혼합유박의 경우 질소 인산 칼리 함량이 각각 45.6, 23.4, 14.3 g/kg을 보여 비료 공정규격 상(RDA, 2006) 적합하였다. 처리는 무시비구, 벚짚 처리구, 토양검정에 의한 질소 표준시비량(1.0 N)을 사용한 유박 1.0 N 처리구, 유박과 벚짚을 혼용 사용한 유박 0.5 N+벚짚, 유박 1.0 N+벚짚 등 5처리를 두었다. 혼합유박의 사용량은 매 작기 전 토양분석을 실시한 후 작물별 시비처방기준(RDA, 2006)에 따른 질소 사용량을 기준으로 하여 각각의 해당량을 산출하였다(Table 3). 시비는 전량 밑거름으로 하였으며 벚짚은 5,000 kg/ha를 사용하였다. 시험구 당 면적은 5 m²이며 난괴법 3반복으로 처리하였다. 시험에 사용한 품종은 슈퍼도태량이며, 작물 재배기간은 각각 반숙성작형에는 130일(2009년 4월 6일 정식)과 106일(2010년 4월 21일 정식)이었으며, 익제작형에는 100일(2009년 8월 27일 정식)과 96일(2010년 8월 25일 정식)이었다.

분석 및 조사방법

토양 화학성 분석은 2 mm 체를 통과한 풍건 시료에 대해서 토양 pH는 토양과 물의 비율을 1:5로 하여 30분간 진탕 후 pH meter(ORION Model 720A, USA)로 측정하였고, 토양EC는 1:5로 침출한 후 Conductance meter(YSI model 35, USA)로 분석하였다. 토양 유기물은 Tyurin법 (Schollenberger, 1927), 유효인산은 Olsen 법 (Kuo, 1982), 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 켈달(B-316, Buchi, Switzerland)로 증류한 후 황산표준용액 0.01 N로 적정하여 계산하였다 (Mulvaney, 1996). 토양 부식산의 분획 및 휴믹 산의 형태분류는 Kumada(Kumada, 1987)에 의해 제안된 Nagoya법을 따랐으며, 부식 추출액의 분획량은 0.1 N KMnO₄를 이용한 산

Table 3. Application rate of mixed expeller cake and the pre-plant soil nitrate nitrogen content in each cropping season

Treatments	1 st cropping		2 nd cropping		3 rd cropping		4 th cropping	
	Preplant soil NO ₃ -N content (mg/kg)	MEC application rate (kg/ha)	Preplant soil NO ₃ -N content (mg/kg)	MEC application rate (kg/ha)	Preplant soil NO ₃ -N content (mg/kg)	MEC application rate (kg/ha)	Preplant soil NO ₃ -N content (mg/kg)	MEC application rate (kg/ha)
No fertilization	223	0	143	0	120	0	98	0
Rice straw	223	0	126	0	115	0	104	0
MEC 0.5 N+rice straw [†]	223	900	159	1,600	157	1,600	142	1,800
MEC 1.0 N+rice straw	223	1,800	171	3,000	213	2,000	229	1,600
MEC 1.0 N	223	1,800	187	2,700	204	2,200	237	1,500

[†]MEC: mixed expeller cake.

화환원 적정법(Simon and Speichermann, 1938)에 의해 분석하였다. 양이온치환용량은 Ammonium acetate 법(Chapman, 1965)을 이용하여 결정하였다. 토양 물리성 분석에서 토성은 5% Sodium hexametaphosphate를 분산제로 하여 피펫법으로 분석하였으며, 토양입단은 습식체별법(Kemper *et al.*, 1985; Kemper and Rosenau, 1986)으로 용적밀도는 Core 법(Blake and Hartge, 1986)을 이용하여 분석하였다. 식물체 시료는 70°C에서 건조 후 분쇄된 시료를 산분해용액(HClO₄: H₂SO₄=10:1)으로 습식 분해하여 질소는 Kjeldahl법으로, 인산은 ammonium-vanadate-molybdate 법(Gericke and Kurmies, 1952), 칼리는 원자흡광분광분석법으로 측정하였다. 식물체 탄소함량은 Carter의 방법에 따라 회화로(Dasol Scientific Co., DS-84E-1 model, Korea)를 이용하여 강열 감량법으로 정량하였다(Skjemstad and Baldock, 2007). 과실 당도는 과실즙액을 착즙하여 굴절당도계(Atago, PR-101 model, Japan)로 측정하고 산도는 pH meter로 결정하였다.

결과 및 고찰

혼합유박과 볏짚 등을 4작기 동안 처리한 후에 토마토의 과실 특성을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 처리간의 차이는 과중에서는 168~176g를, 당도는 5.2~5.6 °Bx 나타내었으며, 산도는 7.6~8.1%의 값을 보였지만 유의성 있는 차이는 보이지 않았다. 하지만 Fig. 2와 같이 토양 중 질산태 질소함량이 높은 혼합유박 1.0 N과 혼합유박 1.0 N+볶짚 등 처리는 질소함량이 낮은 무처리 및 볏짚 처리와 비교하여 과중은 증가하는 경향을 보였으나 반대로 당도 및 산도에서는 약간 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 토양 중 질소의 감소는 과중을 떨어뜨리지만 당도 및 산도의 증가를 가져오며(Dumas *et al.*, 2003; Heeb *et al.*, 2006), 고추에서 질소시비는 수량을 증가시키는 역할을 하지만 희석효과로 인하여 항산화물질, 비타민 등을 감소시킨다는 결과와 유사하였다(Amor, 2006). 그러므로 토양 중 질소의 부족은 토마토 과중의 감소에 따른 수량의 감소를 가져오지만 당도와 산도를 증가시키는 것으로 판단된다.

토마토의 수량에서는 1작기는 혼합유박 0.5 N+볶짚 처리구에서 65,920 kg/ha로 가장 많은 수량을 얻었으나 모든

Table 4. Characteristics of tomato fruit grown under different treatments at 4th cropping cultivation period

Treatments	Fruit weight (g)	Soluble solids (°Brix)	Acidity (%)
No fertilization	168	5.8	6.7
Rice straw	164	5.8	6.9
MEC 0.5 N+rice straw	172	5.6	6.8
MEC 1.0 N+rice straw	177	5.5	6.7
MEC 1.0 N	179	5.5	6.5
LSD _{0.05}	NS [†]	NS	NS

[†]NS, not significant.

처리구에서 수량의 차이가 없는 동일한 생산량을 올릴 수 있었다(Fig. 1). 2작기에서의 수량은 무시비 32,759 kg/ha와 볏짚 처리구 33,831 kg/ha로 혼합유박 0.5 N+볶짚, 혼합유박 1.0 N+볶짚 및 혼합유박 1.0 N 등 혼합유박 시용구들과의 비교에서 유의성 있는 수량의 감소를 나타내었다. 3작기에서는 혼합유박 0.5 N+볶짚 처리구가 무시비구와 볏짚 처리구보다는 유의성 있는 수량의 증가를 보였으나 혼합유박 1.0 N+볶짚 및 혼합유박 1.0 N 등과의 비교에서는 수확량의 감소를 나타내었다. 이러한 차이의 발생은 시험 전 무시비와 볏짚 처리 등 처리구의 질산태 질소 함량이 223 mg/kg으로부터 작기의 연용에 의해서 토양의 질소함량이 각각 98과 104 mg/kg으로 지속적으로 감소되었기 때문이다(Fig. 2). 또한 혼합유박 0.5 N+볶짚 처리도 무시비 및 볏짚 시용구와 마찬가지로 유사한 경향을 나타내었으나 토양의 질산태 질소 함량은 2작기 161 mg/kg, 3작기 156 mg/kg, 4작기 142 mg/kg 등으로 작기의 지속에 따라서 꾸준히 감소되었으나 감소량은 크지 않았다. 하지만 혼합유박 1.0 N과 혼합유박 1.0 N+볶짚의 처리구에서는 2작기 시험 전 토양에서는 감소하기도 하였지만 시험 전의 토양(223 mg/kg)과 비슷한 질산태 질소 함량 수준을 보였다. 이러한 결과로부터 토양 중의 질산태 질소가 220 mg/kg 수준 이상으로 존재하면 질소 비료자원의 추가적인 시용 없이도 동일한 수량을 얻을 수 있으며, 2작기 무시비 및 볏짚구와 3작기 혼합유박 0.5 N+볶짚구와 같이 시험 전 토양의 질산태 질소가 160 mg/kg 수준 이하에서는

질소의 부족에 따른 수량의 감소를 나타내는 것으로 평가되었다.

혼합유박과 볏짚의 연용처리에 따른 토양의 변화에서(Table 5), 용적밀도는 볏짚, 혼합유박 0.5 N+ 볏짚 및 혼합유박 1.0 N+ 볏짚 등 볏짚을 사용한 처리가 무시비 및 혼합유박 1.0 N와의 비교하여 통계적으로 유의성 있게 감소하는 값을 보였다. 볏짚과 함께 혼합유박을 사용한 처리에서는 처리간의 차이는 없었지만 유박의 사용량 증가에 따라서 용적밀도가 낮

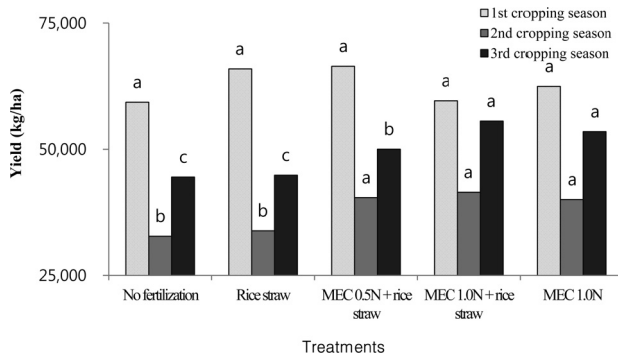


Fig. 1. Comparison of tomato yield under different treatments for the 2-yr period. Data with the same letter in the cropping season indicates no significant difference, and data with different letter indicates significant difference at 0.05 levels according to DMRT test.

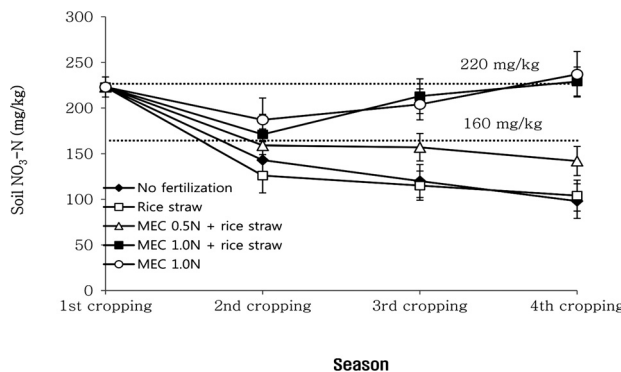


Fig. 2. Changes of soil nitrate nitrogen by continuous application of mixed expeller cake and straw for 4th cropping season. Vertical bars represent standard errors.

아지는 경향이 나타내었다. 토양입단에서도 용적밀도와 마찬가지로 동일한 경향을 나타내었으며 볏짚을 사용한 처리구에서 유의성 있게 증가하는 차이를 보였으며 볏짚처리구 내에서는 혼합유박 사용량 증가에 따라서 토양의 입단률도 증가하는 경향을 나타내었다. 따라서 볏짚은 토양의 용적밀도를 낮추고 내수성 입단을 높혀 토양 물리성을 개선시키는 것으로 판단된다(Marinari *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2004). 양이온치환용량도 무시비와 혼합유박 1.0 N 처리와 비교하여 볏짚, 혼합유박 0.5 N+ 볏짚 및 혼합유박 1.0 N+ 볏짚 등 볏짚을 사용한 처리구에서 유의성 있게 증가하였으며 볏짚처리구 내에서는 혼합유박 1.0 N 사용한 처리구에서 9.41 cmol⁺/kg으로 가장 높은 값을 나타내었다. 부식의 분획은 Kumada(1975)가 제안한 방법으로 하여 전 부식함량(H_T)은 토양 1 g에 의해 소모된 0.1 N KMnO₄의 양으로 처리에 따라서 20.94~22.77의 범위를 보였으며 추출부식(H_E)은 7.58~9.06의 값을 보였다(Table 6). 볏짚, 혼합유박 0.5 N+ 볏짚 및 혼합유박 1.0 N+ 볏짚 등 볏짚을 사용한 처리구는 무시비 및 혼합유박 1.0 N과의 비교하여 총 부식 및 추출 부식 함량의 증가를 가져왔다. 하지만 볏짚을 사용한 처리구 내에서는 혼합유박의 사용에 따른 총 부식 및 추출부식 함량의 증가를 가져오지 못하였는데 이는 볏짚과 혼합유박의 투입량 차이에 따른 것으로 판단된다. 한편 Brady(1990)는 퇴비 등 유기물질이 토양에 투입되

Table 5. Effect of the change of soil quality by supplying continuous mixed expeller cake and straw for 4th cropping season

Treatments	Bulk density (Mg/m ³)	Soil aggregate (%)	CEC ^y (cmol ⁺ /kg)
No fertilization	1.35abz	18.2b	8.60b
Rice straw	1.31ab	22.5a	9.01ab
MEC 0.5 N+rice straw	.30ab	23.7a	9.28a
MEC 1.0 N+rice straw	1.29b	23.1a	9.41a
MEC 1.0 N	1.36a	18.5b	8.56b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at *p*=0.05.

^yCEC, cation exchangeable capacity.

Table 6. Changes of humus composition by supplying continuous mixed expeller cake and straw for 4th cropping season

Treatments	H _T ^z	H _E ^y	H _E /H _T ^x	a ₁ ^w	a ₂	b ₁	b ₂
No fertilization	20.94b ^v	7.58b	36.62	1.73	2.17	2.48	1.20
Rice Straw	22.30a	8.99a	40.60	2.04	2.46	2.27	2.22
MEC 0.5 N+rice straw	21.92a	8.74a	38.31	1.60	2.56	2.26	1.87
MEC 1.0 N+rice straw	22.77a	9.06a	39.84	2.10	2.50	2.18	2.28
MEC 1.0 N	21.14b	8.23ab	42.68	2.56	2.17	2.38	1.89

^zTotal humus; ml of 0.1N KMnO₄ consumed by 1 g soil.

^yExtracted humus; the sum of 0.1N KMnO₄ (ml) consumed by HA and FA of the two extracts per 1 g soil.

^xH_E/H_T(%): Extracted humus as percent of total humus.

^wa and b: The amount of HA and FA, respectively, calculated as ml of 0.1N KMnO₄ consumed by HA and FA of each extract corresponding to 1 g soil.

^vMean separation within columns by Duncan's multiple range test(DMRT) at *p*=0.05.

면 대부분 이산화탄소로 소모되고, 10~30% 정도가 부식의 형태로 남는다고 하였다. 부식함량이 1% 증가함으로 양이온치환용량이 약 2.3 cmol^+/kg 증가하고 보고(Oh, 1978)도 있어 본 시험에서 양이온치환용량이 증가한 것은 부식함량이 증가하여 나타난 것으로 판단된다. 위의 결과로부터 혼합유박 단용에 대한 토양 개량효과는 크지 않지만 벧짚의 시용은 토양 물리성을 개선하는데 큰 효과가 거둘 수 있는 것으로 평가되었다. 그러므로 토마토 유기재배에서의 시비관리는 질소공급 원인 혼합유박과 함께 토양물리성 개량 효과가 뛰어난 벧짚을 같이 시용함으로써 안정적인 수량과 더불어서 토양의 질(quality)도 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

유기농 토마토 재배에서 유기자원인 혼합유박과 벧짚의 혼용에 대한 적정 사용량을 구명하고자, 무처리구, 혼합유박 1.0 N(표준시비구), 벧짚구, 벧짚+혼합유박 0.5 N, 벧짚+혼합유박 1.0 N 등 5처리를 두고 4작기에 걸쳐 2년간 시험을 수행하였다. 작물의 수량을 기준으로 한 질소 양분기준은 1작기에서의 시험 전 토양의 질산태 질소 함량이 220 mg/kg 인 경우 모든 처리에서 수량의 차이가 없어 무시비 재배가 가능한 것으로 판단되었다. 하지만 2작기에서는 무처리 및 벧짚구에서 수량의 감소를 보였으며, 3작기에서는 벧짚+혼합유박 0.5 N처리에서 유의성 있는 차이를 나타내었는데 이러한 수량의 차이를 보이는 시험 전 토양의 질산태 질소의 함량 기준은 160 mg/kg 으로 평가되었으며, 질소 부족에 따른 질소공급원인 혼합유박 등의 표준시비가 요구되었다. 유기자원의 연용에 처리에서 벧짚은 용적밀도, 토양입단, 양이온치환용량, 부식함량 등 토양 물리성을 개선시키는 효과를 보였으나, 혼합유박에서는 토양 물리성 개량에의 유의성 있는 차이를 보이지 않았다. 그러므로 토마토 유기재배에서의 시비관리는 토양 중 질산태질소 함량에 따른 혼합유박의 적정 시비량 적용과 함께 토양물리성 개량 효과가 뛰어난 벧짚을 같이 시용해야 할 것으로 판단되었다.

참고문헌

- Blake, G. R., Hartge, K. H., 1986. p. 363-375. Bulk density. In: Klute, A. (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. SSSA, Madison, WI.
- Celik, I., Ortas, I. and Kilic, S. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *Soil Till. Res.* 78, 59-67.
- Chang, E. D., Chung, R. S., and Tsai, Y. H. 2007. Effect of different application rates of organic fertilizer on soil enzyme activity and microbial population. *Soil Sci. Plant Nutr.* 53, 132-140.
- Chapman, H. D. 1965. Cation-exchange capacity. In: C. A. Black (ed.) *Methods of soil analysis - Chemical and microbiological properties*. *Agronomy* 9: 891-901.
- Cho, H. J., Hwnag, S. W., Han, K. H., Cho, H. R., Shin, J. H., and Kim, L. Y. 2009. Physicochemical properties of upland soils under organic farming. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42, 98-102.
- Choi, D. H., Sung, J. K., Lee, S. M., Lee, Y. H., Kim, J. M., Jung, J. A., and Song, B. H. 2008. Selection of useful organic materials as an additional fertilizer for organic red-pepper production and the application effect. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 41,153-157.
- Del Amor, F. M. 2007. Yield and fruit quality response of sweet pepper to organic and mineral fertilization. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 22, 233-238.
- Gericke, S., Kurmies, B., 1952. Die kolorimetrische phosphorsäurebestimmung mit ammonium-vandat-molybdat und ihre anwendung bei der pflanzenanalyse. *Z. Pflanzenernährung, Dungung und Bodenkunde*. 59, 235-247.
- Gill, J. S., Sale, P. W. G., Peries, R. R., Tang, C. 2009. Changes in soil physical properties and crop root growth in dense sodic subsoil following incorporation of organic amendments. *Field Crops research*. 114, 137-146.
- Hati, K.M., Mandal, K.G., Misra, A.K., Ghosh, P.K., Bandyopadhyay, K.K., 2006. Effect of inorganic fertilizer and farmyard manure on soil physical properties, root distribution, and water-use efficiency of soybean in Vertisols of central India. *Biores, Technol.* 97, 2182-2188.
- Heeb, A., Lundegardh, B., Savage, G. and Ericsson, T. 2006. Impact of organic and inorganic fertilizers on yield, taste, and nutritional quality of tomatoes. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 169, 535-541.
- Kbiz, Republic of Korea. 2010. <http://www.kofic92.or.kr/index.html>.
- Kemper, W.D., Rosenau, R., Nelson, S., 1985. Gas displacement and aggregate stability of soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49, 25-28.
- Kemper, W.D., Rosenau, R., 1986. p 425-442. Aggregate stability and size distribution. In: Page, A. L. (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods*. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, WI.
- Kumada. K. 1987. Chemistry of soil organic matter. *Developments in soil Science*. p. 95-134.
- Kuo, S. 1996. Phosphorus. p. 869-919. In: D.L. Sparks (ed.), *Methods of soil Analysis. Part 3*. SSSA Book Series No 5. SSSA, Madison, WI.

- Lee, Y. J., Choi, D. H., Kim, S. H., Lee, S. M., Lee, Y. H., Lee, B. M. and Kim, T. W. 2004. Long-term changes in soil chemical properties in organic arable farm systems in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 37, 228-234.
- Lee, Y. H., Lee, S. G., Kim, S. H., Shin, J. H., Choi, D. H., Lee, Y. J. and Kim, H. M. 2006. Investigation of the utilization of organic materials and the chemical properties of soil in the organic farms in Korea. *Korean J. Organic Agric.* 14, 55-67.
- Lee, I. B., Kang, S. B. and Park, J. M. 2008. Effect of soil incorporation of graminaceous and leguminous manures on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) growth and soil nutrient balances. *Korean J. Environ. Agric.* 27, 343-348.
- Lee, J. T., 2010. Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. *Scientia Hortic.* 124, 299-305.
- Lotter, D. M. 2003. Organic agriculture, *J. Sustainable Agric.* 21, 59-128.
- Marinari, S., Masciandaro, G., Ceccanti B., Grego. S., 2000. Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. *Bioresource Technology.* 72, 9-17.
- Mulvaney, R. L. 1996. Nitrogen inorganic forms. p. 1123-1184. Methods of soil analysis. Part 3. SSSA Book Series No 5. SSSA, Madison, WI.
- National Agricultural Products Quality Management Service (NAQS), Republic of Korea. 2010. http://www.enviagro.go.kr/portal/info/info_certifi_ok.jsp.
- Oh, W. K. 1978. Effects of organic materials on soil chemical properties. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 11, 161-173.
- RDA. 2006. Fertilizer regulations. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA. 2006. Fertilizer application recommendation for crops. *National Institute of Agricultural Science and Technology*. RDA, p63-64
- Schollenberger, C. J., 1927. An rapid approximate method for determining soil organic matter. *Soil Sci.* 24, 65-68.
- Skjemstad, J. O., Baldock. J. A., 2007. Chapter 21. In: M. R. Carter and E. G. Gregorich (ed.), Soil sampling and methods of analysis, Second edition., SSSA, Boca Raton, FL.
- Simon, K., Speichermann, H. 1938. Beitrage zur Humusuntersuchungsmethodik, *Bodenk. Pflanzenernähr.* 8, 129-152.
- Tu, C., Ristaino, J. B., Hu, S. 2006. Soil microbial biomass and activity in organic tomato farming systems: Effects of organic inputs and straw mulching. *Soil Biology & Biochemistry.* 38, 247-255.
- Yang, C. H., Yoo, C. H., Kim, B. S., Park, W. K., Kim, J. D., and Jung, K. Y. 2008. Effect of application time and rate of mixed expeller cake on soil environment and rice quality. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 41, 103-111.
- Zhai, Z., Ehret. D. L., Forge. T., Helmer. T., Lin, W., Dorais., M., Papadopoulos, A. P., 2009. Organic fertilizers for greenhouse tomatoes: productivity and substrate microbiology. *Hortscience.* 44, 800-809.