

Research Article

Open Access

유기농 시설하우스 토양에서 유박 시용이 토양특성 및 다채 생육에 미치는 영향

김갑철,^{1*} 안병구,¹ 고도영,¹ 김주,¹ 정성수¹

¹전라북도농업기술원 기후변화대응과

Effects of Expeller Cake Fertilizer on Soil Properties and Tah Tasai Chinese Cabbage Yield in Organic Greenhouse Farm

Kab-Cheol Kim,^{1*} Byung-Koo Ahn,¹ Do-Young Ko,¹ Ju Kim¹ and Seong-Soo Jeong¹ (¹Climate Change Response Division, Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan 570-704, Korea)

Received: 29 May 2014 / Revised: 17 June 2014 / Accepted: 19 June 2014

Copyright © 2014 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

BACKGROUND: To evaluate the application level of expeller cake fertilizer(ECF), we have investigated soil chemical properties, leaf mineral contents and yield of tah tasai Chinese cabbage in a plastic film greenhouse.

METHODS AND RESULTS: Five levels of fertilizer were applied as 0%(ECF 0), 50%(ECF 50), 75%(ECF 75), 100%(ECF 100) and 150%(ECF 150) by base 1,848 kg/ha of ECF. In 2012, tah tasai Chinese cabbage was planted on April 28 in a silt loam soil and harvested on July 12. Commercial yields were measured 10 times from May 10 to July 12. Electrical conductivity (2.24~3.09 dS/m), available P₂O₅(484~581 mg/kg) and exchangeable cations(K⁺, Ca²⁺ and Mg²⁺) were tended to increase by the application of ECF. However, the range of those was not significant. The contents of T-N, K, Ca and P of tah tasai Chinese cabbage leaves were 62.2~66.5 g/kg, 44.3~48.7 g/kg, 5.1~5.9 g/kg and 5.6~6.2 g/kg, respectively. The nitrogen utilization rate of tah tasai Chinese cabbage was 39.4~51.6%, and it

was decreased with increased application amount of ECF. The yield of tah tasai Chinese cabbage was 9,806 to 12,730 kg/ha on the basis of application amount of ECF and it was not increased in spite of increased ECF.

CONCLUSION: The optimum dose of application of ECF for cultivation of tah tasai Chinese cabbage was ranged from 924 kg/ha(as ECF 50) to 1,386 kg/ha(as ECF 75). Environment-friendly and economical amount of applied fertilizer is more important than yield for cultivation of tah tasai Chinese cabbage.

Key words: Expeller cake fertilizer, Soil chemical property, Tah tasai Chinese cabbage

서론

친환경 농산물 생산에 관심이 있는 소비자가 갈수록 늘어나는데 이는 건강과 환경에 관한 걱정과 관심 때문이다. 소비자가 원하는 안전하며 맛이 좋고 신선한 고품질 농산물을 생산하기 위해서는 건강한 토양환경 조성이 중요하다. 2012년 전라북도의 친환경 인증면적은 10,371 ha로 이 중 무농약인증 이상이 전체면적의 79%를 차지하며, 유기농 재배면적은 2,559 ha 정도이다.

*교신저자(Corresponding author): Kab-Cheol Kim
Phone : +82-63-290-6192; Fax : +82-63-290-6198;
E-mail : kimk@korea.kr

유기농업을 하려면 지력을 증진시키기 위한 토양의 적절한 관리는 매우 중요한 일이라 할 수 있다. 지력 유지 및 향상을 위하여 각종 유기물이 사용되고 있으며, 특히 퇴비, 가축분 및 작물잔사 등의 과다사용에 의한 양분의 과잉공급과 양분불균형 등으로 토양환경의 악화가 우려되고 있다.

우리나라 시설재배지 토양의 pH 6.0, 전기전도도(EC, Electrical Conductivity) 2.94 dS/m, 유효인산 1,092 mg/kg, 치환성칼륨 1.27, 석회 6.0, 고토 2.5 cmol_c/kg으로 pH를 제외하고 화학성분들의 함량이 높았으며, 전라북도 시설하우스의 토양화학성분 함량을 분석한 결과도 pH 6.4, 전기전도도 4.3 dS/m, 유효인산 968 mg/kg, 치환성칼륨 1.75, 석회 11.4, 고토 4.4 cmol_c/kg으로 같은 경향을 보였다. Lee 등 (2006)은 유기농 재배지에 사용된 유기물 자원의 양분투입량은 질소와 인산 등 3요소 성분이 과다하게 공급되었으며, 이러한 영향은 다음 작물을 재배할 때까지 지속되어 사용량을 줄일 필요가 있다고 보고 하였다. 유기농 재배지 토양은 염류 집적에 의한 피해가 우려되기 때문에 유기농업을 지속하기 위해서는 토양 내 양분의 과잉집적을 방지하고 농업환경보전을 위한 토양의 질을 향상시키기 위해 많은 노력을 기울여야 한다(Sohn *et al.*, 1996). 지속적이고 안정된 작물재배를 위해서는 과부족한 양분이 없도록 토양양분을 고려한 유기질 비료를 선택적으로 사용하는 유기물 사용기술에 대한 기술정립이 요구되는데 다체에 대한 시비기준은 없으며 유기질비료 시험연구도 부족하다(Kim *et al.*, 2012).

따라서 본 연구에서는 염류 및 인산 등이 집적된 유기농 시설하우스 토양에서 다체 재배시 유박사용이 토양화학성 및 생육에 미치는 영향을 조사 하였다.

재료 및 방법

시험방법

다체 유기농재배를 위한 유박 시비시험은 전라북도 김제시 백학동 유기농 시설하우스 토양(전북통, 미사질양토)에서 수행 하였으며 시험 전 토양의 화학성은 Table 1과 같다. 시험에 사용된 유기질 비료는 입상 유박비료(아주까리 70%, 채종유박

Table 1. Chemical properties of used soil in this experiment

pH	EC (1:5) (dS/m)	OM (g/kg)	Avail. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. Cations (cmol _c /kg)		
				K	Ca	Mg
6.2	2.94	26.3	561	1.19	5.1	3.6

EC, Electrical Conductivity; OM, Organic matter

Table 2. Chemical properties of used expeller cake fertilizer in this experiment

OM	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	Water content (%)
							(g/kg)
705	37.9	22.1	13.6	7.6	31.0	1.6	14

OM, Organic matter

20%, 대두박 10%)로 비료성분 함량은 유기물 705 g/kg, 질소 37.9 g/kg, 인산 22.1 g/kg, 칼리 13.6 g/kg이었다 (Table 2).

다체(비타민채, 아시아종묘)는 35일간 육묘한 묘를 흑색비닐 멀칭을 하여 재식밀도는 20×20 cm, 처리구당 면적은 22 m²로 하여 4월 28일부터 7월 12일까지 재배하였다. 첫 수확은 5월 10일 하였으며 시험기간 동안 10회 수확을 하였다. 유박비료의 사용량은 다체에 대한 시비기준이 없어 상추의 질소 시비기준 70 kg/ha(유박비료 1,848 kg/ha)을 시비기준으로 하였으며, 유박비료 사용은 정식 2주전에, 시험구는 임의배치 3반복으로 하였다. 시험구는 유박비료에 함유된 질소성분량을 환산하여 유박비료 시비량을 달리 처리한 Expeller Cake Fertilizer(ECF) 0(유박비료 0 kg/ha), ECF 50(유박비료 924 kg/ha), ECF 75(유박비료 1,386 kg/ha), ECF 100(유박비료 1,848 kg/ha), ECF 150(유박비료 2,772 kg/ha) 5 처리구로 하였다.

식물체 및 토양분석

식물체 분석시료는 3회(5월 28일, 6월 10일, 6월 22일) 채취하여 분석 하였으며, 토양시료는 유박비료 살포 전과 다체 수확 후에 채취하여 분석 하였다. 분석방법은 국립농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법에 준하여 실시하였다. 토양 pH와 EC는 풍건토양과 증류수를 1:5(w/v)비율로 희석하여 pH Meter(EUTECH COND 600, Dakota, Singapore)와 EC Meter(EUTECH ECOSCAN, Dakota, Singapore)로 각각 측정하였고, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법으로 비색(HP8453 UV-Vis, Agilent, Waldbrom, Germany) 측정하였다. 치환성양이온은 1N CH₃COONH₄(pH 7.0)으로 추출하여 유도결합플라즈마분광광도계(GBC, Inductively Coupled Plasma, Victoria, Australia)로 측정하였다. 식물체, 유박비료의 총 질소는 황산으로 습식분해 후 칼달중류법(Kjeltec 2400-Analyzer, Hoganas, Sweden)으로 분석하였으며, 분석한 자료의 통계적인 분석은 SPSS(12.0)를 사용하여 Duncan의 다중검정을 실시하였다.

토양미생물 조사

토양미생물상 조사용 시료는 수확 후 채취하여 분석 하였다. 호기성 세균, *Bacillus* sp.는 Yeast glucose(YG)배지를 사용하여 분리하였고, 사상균은 Rose bangal 한천배지, 방선균은 전분 Casein 한천배지를 각각 사용하였다. 각각의 배지에 토양희석액을 도말한 후 호기성 세균, 사상균, 방선균은 25℃에서 3일간 배양 후 조사하였고, *Bacillus* sp.는 토양희석액을 80℃ 수조에서 20분간 방치한 후 배지위에 접종하고 3일 후에 조사하였다. Microbial biomass C는 토양시료를 클로로포름으로 혼중하여 0.5 M K₂SO₄ 용액으로 추출한 후 중크롬산 용액과 황산·인산 혼합액으로 분해하고 황산제1철 암모니움 용액으로 적정 하였다. 탈수소효소(Dehydrogenase) 활성도 측정은 CaCO₃와 3% TTC (2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride)용액을 혼합한 후

여과하여 UV/Vis Spectrophotometer(HP8453 UV-Vis, Agilent, Waldbrom, Germany)로 485 nm에서 흡광도를 측정하였다.

결과 및 고찰

토양화학성 변화 및 미생물상 분포

시설하우스 토양에서 유박 사용량을 달리 하여 다채를 재배한 후 토양화학성을 분석한 결과는 **Table 3**과 같다. 시험 후 토양 pH는 유박 사용 전에 비해 낮아졌으며, 유박 사용량에 따른 pH는 5.8~6.0 범위로 차이는 없었다. 시설재배지 토양의 적정기준(6.0~6.5)보다 낮았는데, 시설하우스에서 돈분퇴비 등을 사용 후 상추, 시금치를 재배한 토양(Kwak *et al.*, 2003), 유박비료를 사용하여 적겨자를 재배한(Kim *et al.*, 2012) 토양의 pH 변화와 같은 경향이였다.

EC는 2.24~3.09 dS/m, 유기물 22.3~29.4 g/kg. 인산은 484~581 mg/kg, 칼륨은 0.96~1.29 cmol_c/kg로 유박 사용량에 따라 차이를 보였으며, 칼슘, 마그네슘도 같은 경향이였으나 변화폭은 크지 않았고 통계적 유의성은 없었다. 상추재배에서 돈분퇴비의 사용량에 따른 칼슘, 마그네슘은 인산 함량에 비해 차이가 작았다는(Kwak *et al.*, 2003) 결과와 같은 경향이였다. 이는 유박의 칼슘, 마그네슘 함량이 낮아 시험구에 사용된 양이 적었기 때문으로 생각되어지는데, 본시험에 사용된 마그네슘은 7.0~21.1 kg/ha 이었다. 유기질비료로는 N, P, K 사용량을 조절할 수 없어 인산 등 양분이 토양

에 집적된 시설재배지 토양에서는 토양 화학성에 따른 유기질 비료 선택이 필요하다고 하였다(Kim *et al.*, 2012). Oh 등(2001)은 유기농 자재를 동일하게 연용한 토양에서 인산, 칼륨 등의 함량이 증가하는 경향으로 적정 유기물 사용을 통한 지속적인 유기농산물 생산이 가능하도록 하기 위해서는 사용하려는 유기물 자원의 화학성과 재배토양의 화학성을 분석하여 과부족한 성분이 없도록 적당한 유기물을 선택하여 사용량을 결정하여야 할 것으로 판단된다.

유박을 사용 후 토양미생물상 분포를 조사한 결과는 **Table 4**와 같다. 호기성 세균과 방선균은 각각 22.5~29.1 ×10⁶, 22.3~28.5×10⁴ CFU soil/g으로 유박비료 사용량이 많을수록 높아지는 경향을 보였으나 통계적으로 유의적 차이는 없었다. 호기성 세균은 시설재배지에서 염류농도가 높은 토양이 적정한 토양보다 높았다는 보고와 (Lee and Ha, 2011), Kim 등(2012)이 조사한 결과와 같은 경향이였다. 사상균도 사용량에 따라 33.4~39.1×10⁴ CFU soil/g이었으나, 처리간의 유의적 차이는 없었다. 토양미생물을 대표하는 정량적 지표인 Microbial biomass C 함량은 63.2~78.5 μg/g 범위로 ECF 150 사용구에서 높았다. Microbial biomass C 함량이 높은 것은 호기성세균과 토양의 유기물에 기인된 것으로 생각 되는데, Lee 등(2011) 보고에 의하면 밭토양의 미생물 다양성은 지형과 토성의 영향이 크며 토양유기물과 미생물체량은 유의적인 상관관계이다. 토양 Dehydrogenase 활성은 토양생태계의 건전성을 판별하는 지표로 이용되고 있다. 유기질비료 사용량에 따른 Dehydrogenase 활성은 사용

Table 3. Chemical properties of the soil after experiment

Treatment [†]	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Avail. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. Cations (cmol _c /kg)		
					K	Ca	Mg
ECF 0	5.9a [‡]	2.24a	22.3a	484a	0.96a	3.7a	2.5a
ECF 50	5.8a	2.69ab	25.7ab	524ab	1.17ab	4.6b	3.4b
ECF 75	5.8a	2.67ab	26.5b	535ab	1.19ab	4.6b	3.5b
ECF 100	5.9a	2.87b	27.1b	565b	1.25b	4.8b	3.7b
ECF 150	6.0a	3.09b	29.4b	581b	1.29b	5.1b	3.87b

[†] ECF, Expeller Cake Fertilizer; EC, Electrical Conductivity; OM, Organic matter

[‡] Treatment with the same letter with a column are not significantly different (Duncan test, *p* < 0.05)

Table 4. Soil microbial distribution of the soil after experiment

Treatment [†]	Aerobic bacteria (×10 ⁶)	<i>Bacillus</i> sp. (×10 ⁵)	Fungi (×10 ⁴)	Actinomycetes (×10 ⁴)	Microbial biomass C (μg/g)	Dehydrogenase (mg/kg)
	(CFU soil/g)					
ECF 0	22.5a [‡]	14.5a	33.4a	22.3a	63.2a	22.1a
ECF 50	24.9a	15.1a	35.5a	23.0a	63.6a	22.6a
ECF 75	27.5a	14.8a	39.1a	25.1a	65.7a	23.7a
ECF 100	28.6a	17.3a	38.2a	28.5a	68.1a	24.5a
ECF 150	29.1a	16.3a	35.6a	25.3a	78.5b	25.1a

[†] ECF, Expeller Cake Fertilizer

[‡] Treatment with the same letter with a column are not significantly different (Duncan test, *p* < 0.05)

량에 따라 높아지는 경향으로 22.1~25.1 mg/kg 범위에 있으나 차이는 없었다. Kwak 등(2003)은 돈분퇴비의 사용량이 많은 농가관행구의 시험구에서 Dehydrogenase 활성이 높았다는 보고와 같은 경향이며, Lee 등(2011)이 제시한 적정 효소활성 값의 범위 내에 있어 토양건전성이 유지되고 있기 때문에 토양생태계를 건전하게 유지하기 위하여 토양근관내의 유익한 미생물수를 증가시키기 위해서는 토양양분관리와 더불어 생태계의 다양성을 지속할 수 있는 체계를 구축해야 할 것으로 판단된다.

잎의 무기성분함량과 질소이용율

수확기 다채의 무기성분 함량을 분석한 결과는 Fig. 1, 2 와 같다. T-N는 62.2~66.5 g/kg로 무처리에 비해 유박비료 처리구에서 높았다. K는 44.3~48.7 g/kg, Ca는 5.1~5.9 g/kg, P는 5.9~6.2 g/kg 범위로 시비량의 증감에 따라 무기성분 함량은 차이를 보이지 않아 양분공급은 부족하지 않

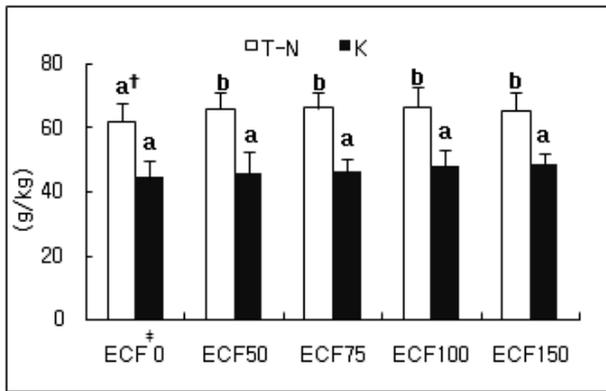


Fig. 1. Contents of nitrogen and potassium in tah tasai Chinese cabbage leaves at harvest stage.

† Treatment with the same letter with a column are not significantly different (Duncan test, $p < 0.05$)
‡ ECF, Expeller Cake Fertilizer

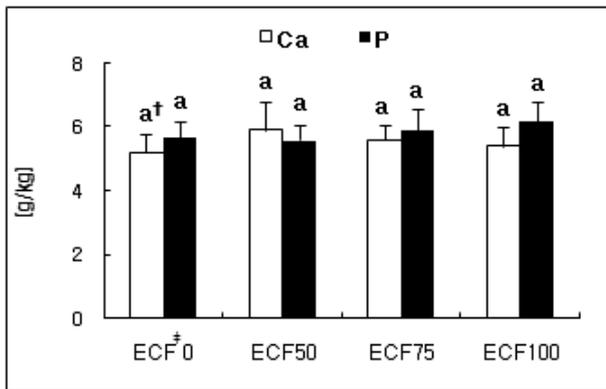


Fig. 2. Contents of calcium and phosphorous in tah tasai Chinese cabbage leaves at harvest stage.

† Treatment with the same letter with a column are not significantly different(Duncan test, $p < 0.05$)
‡ ECF, Expeller Cake Fertilizer

은 것으로 생각되며, 유박비료 사용량을 가장 적게 처리한 ECF 50 시험구에서도 식물체 영양성분 부족은 없는 것으로 판단된다. Lee 등(2005)은 토양에 과다 집적되고 작물이용도가 낮은 인산, 칼슘, 마그네슘과 기존 토양과 부산물 비료를 통해 공급된 미량원소 등은 관비로서 공급하지 않아도 된다고 보고 하였다. Fig. 3은 유박비료 처리별 질소이용율을 구하여 나타낸 것으로 39.4~51.6% 범위로 유박비료 사용량이 많을수록 질소이용율은 적어지는 경향으로 ECF 75 > ECF 50 > ECF 100 > ECF 150 처리구 순 이었다. 작물의 양분 이용율은 pH, 토성, 온도, 수분함량, 퇴비종류 등에 따라 달라지는데 계분퇴비(Kim *et al.*, 1998), 혼합유기질비료의 사용량이 증가될수록 질소이용율이 낮아지는 경향과 같으며 (Cho *et al.*, 2009), Kwak 등(2003)은 상추재배에서 화학비료나 돈분퇴비의 사용량 증가에 따른 무기성분 함량이나 흡수량의 차이가 적다고 보고 하였다. 이는 시험 전 토양의 EC 농도나, 토양화학성분 중 인산, 무기물 등이 시설재배지 적정 기준보다 높아 과잉 집적된 이들 성분을 작물이 이용한 것으로, 동일한 재배조건에서는 토양에 집적된 토양성분을 작물이 이용할 수 있도록 토양환경을 개선해 주는 것이 먼저 이루어져야 하며 비료의 과다사용을 자제하는 것이 건전한 토양환경을 유지시킬 것으로 생각되었다.

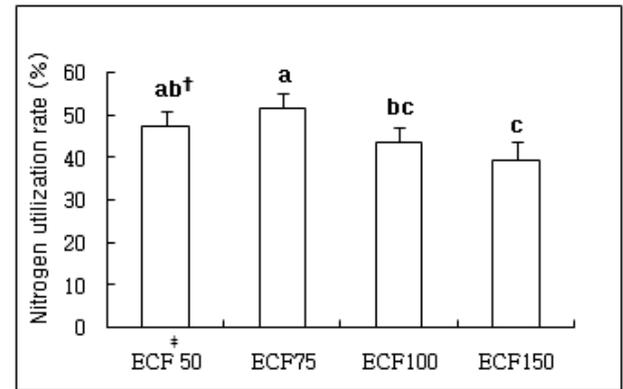


Fig. 3. Nitrogen utilization rate of expeller cake fertilizer.

† Treatment with the same letter with a column are not significantly different(Duncan test, $p < 0.05$).
‡ ECF, Expeller Cake Fertilizer

생육특성 및 수량

유박 사용량에 따른 다채의 엽장, 엽폭 등의 생육 및 수량성을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 엽장은 13.8~15.0 cm, 엽폭은 6.1~7.1 cm 범위로 ECF 150 사용구에서 7.1 cm로 가장 넓었으나 유박비료 사용량간에 유의적 차이는 없어 ECF 50 사용구에서도 생육에 필요한 비료양이 공급된 것으로 생각된다. 다채의 수량은 유박비료 사용량에 따라 12,431~12,774 kg/ha 범위로 유박사용량이 증가해도 상품수량 증수는 없는 것으로 나타났다. 시설재배지 토양에서 상추 재배시 시비량이 적어도 수량 감소는 없으며, 시금치의 경우 시비량이 많은 시험구에서 감소되었다는 보고와 같은 경향이었다 (Kwak *et al.*, 2003). Kim 등(1998)은 가축분 퇴비 30

Table 5. Yield and yield components of tah tasai Chinese cabbage according to expeller cake fertilizer application

Treatment [†]	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of commercial leaves per hill	Commerical yield (kg/ha)	Commerical rate (%)
ECF 0	13.8a [‡]	6.1a	18.6a	9,806a	70.5a
ECF 50	14.3b	6.7a	22.1b	12,431b	83.9b
ECF 75	14.8b	6.6a	22.4b	12,664b	84.1b
ECF 100	14.7b	6.9a	21.8b	12,774b	84.6b
ECF 150	15.0b	7.1a	22.5b	12,730b	84.4b

[†] ECF : Expeller Cake Fertilizer

[‡] Treatment with the same letter with a column are not significantly different (Duncan test, $p < 0.05$)

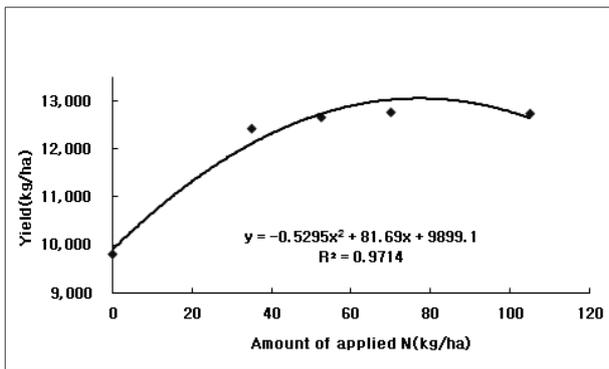


Fig. 4. Relationship between yield of tah tasai Chinese cabbage and application levels of expeller cake fertilizer.

Mg/ha 사용보다 50 Mg/ha 사용에서 규격상품화율이 떨어졌으며, 토마토 재배시 돈분퇴비 사용이 많은 사용구에서 수량이 낮아졌다고 하였다(Min *et al.*, 1995). 작물의 시비량을 산출하기 위해서는 최고 수량보다 경제적이고 친환경적인 시비관리가 필요한데, 경제적 수준의 적정시비량은 경제적 이윤을 고려하여 최고 수량의 95%를 낼 수 있는 시비량이다(Kwak *et al.*, 2001). 유박 유기질비료 질소시비수준과 다채 수량에서 얻은 2차 회귀곡선은 Fig. 4와 같으며 회귀곡선식은 $y = -0.5295X^2 + 81.69X + 9899.1$, $R^2 = 0.9714$ 이었다. 회귀곡선식에 의한 최고수량을 낼 수 있는 질소 시비량은 77 kg/ha 이며 수량은 13,050 kg/ha로 최고 수량의 95% 수준인 12,396 kg/ha를 얻을 수 있는 질소시비량은 42 kg/ha로 계산되었다.

요 약

다채 유기농 재배를 위한 유기질비료 유박의 적정사용기 준을 마련하고자 시설하우스에서 유박비료를 질소성분량 70 kg/ha(ECF 100)을 기준으로 35(ECF 50), 52.5(ECF 75), 105(ECF 150) kg/ha 수준으로 처리하여 토양환경, 다채 생육 및 수량특성을 조사하였다. 시험 후 토양 pH는 유박 사용 전에 비해 낮아졌으며, 유박 사용량에 따른 pH는 5.8~6.0 범위로 차이는 없었다. EC는 2.24~3.09 dS/m, 인산은 484~587 mg/kg로 유박 사용량이 증가할수록 증가하는 경향

이였으며, Ca, Mg 등의 양이온도 증가하였으나 유의성은 없었다. 호기성 세균과 방선균, Dehydrogenase 활성은 각각 $22.5 \sim 29.1 \times 10^6$, $22.3 \sim 28.5 \times 10^4$ CFU soil/g, 22.1~25.1 mg/kg 범위이며, 사상균도 사용량에 따라 $33.4 \sim 39.1 \times 10^4$ CFU soil/g 이었으나 유의성은 없었다. 수확기 다채 잎의 T-N은 62.2~66.5 g/kg, K는 44.3~48.7 g/kg, Ca는 5.1~5.9 g/kg, P는 5.9~6.2 g/kg 범위였다. 유박비료의 질소 이용율은 39.4~51.6% 이었으며, 유박비료 사용량이 많을수록 질소이용율은 적어지는 경향이였다. 다채의 수량은 유박비료 사용량에 따라 12,431~12,730 kg/ha 범위로 유박비료 사용량이 증가해도 수량증수는 없는 것으로 나타났다. 다채 재배시 최고 수량보다는 경제적이고 친환경적인 양분관리가 필요한데, 본 시험에서는 질소 42 kg/ha 시비량으로 최고 수량의 95% 수준인 12,396 kg/ha 얻을 수 있었다.

References

Cho, K.R., Won, T.J., Kang, C.S., Lim, J.W., Park, K.Y., 2009. Effects of mixed organic fertilizer application with rice cultivation on yield and nitrogen use efficiency in paddy field. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42,152-159.

Jung, B.G., Choi, J.W., Yun, E.S., Yoon, J.H., Kim, Y.H., Jung,G.B., 1998. Chemical properties of the horticultural soils the plastic film houses in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 31, 9-15.

Kwak, H.K., Song, Y.S., Yeon, B.Y., Oh, W.K., Jung, S.J., 2001. Improvement of a nitrogen fertilizer recommendation model by introducing a concept of the Mitscherlich-Baule-Spillman equation. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 34, 311-315.

Kwak, H.K., Seong, K.S., Lee, N.J., Lee, S.B., Han, M.S., No, G.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, 304-310.

Kim, J.G., Lee, K.B., Lee, D.B., Lee, S.B., Kim, S.J., 1998. Effect of chicken manure compost application on the

- growth of vegetables and nutrients utilization in the upland soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 31, 177-182.
- Kim, K. C., Ahn, B.K., Kim, H. G., Jeong, S.S., 2012. Effect of expeller cake fertilizer application on soil properties and red mustards (*Brassica Juncea* L.) yield in soil of organic farm of plastic film greenhouse. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45,1022-1026.
- Lee, Y.H., Lee, S.T., Lee, S.D., Kim, Y.B., 2005. Chemical characteristics of soil and groundwater in plastic film house fields under fertigation system. *Korean J. Environ. Agric.* 24, 326-333.
- Lee, Y.H., Lee, S.G., Kim, S.H., Shin, J.H., Choi, D.H., Lee, Y.J., Kim, H.M., 2006. Investigation of the utilization of organic material and the chemical properties of soil in the organic farms in Korea. *Korean J. Organic Agric.* 14, 55-67.
- Lee, Y.H., Ha, S.K., 2011. Impacts of chemical properties on microbial population from upland soils in gyeongnam province. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44, 242-247.
- Min, K.B., Cho, H.S., Lee, J.I., Nam, Y.K., 1995. Effect of fermented pig manure-sawdust compost on the yield and mineral nutrition of tomato in the plastic film house. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 28, 88-94.
- Oh, J.S., Sung, L.J., Kang, K.H., Kim, H.T., Chung, W.B., Jeong, S.J., 2001. Effect of continuous application of organic farming materials on the soil physicochemistry property and plant growth, yield and components of tomato. *Korean J. Organic Agric.* 9, 75-90.
- Sohn, S.M., Han, D.H., Kim, Y.H., 1996. Chemical characteristics of soils cultivated by the conventional farming, greenhouse cultivation and organic farming and accumulation of NO_3^- in Chinese cabbage and lettuce. *Korean J. Organic Agric.* 5, 149-164.