Effects of Different Application Rates of Organic Compound Fertilizer on Young Squash Growth and Soil Chemical Properties under Plastic Film House

Myung Sook Kim^{1*}, Seong Jin Park², Sung Hyun Kim³, Hyun Young Hwang³, Jae Hong Shim², and Yun Hae Lee¹

¹Senior Researcher, Soil & Fertilizer Management Division, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

²Researcher, Soil & Fertilizer Management Division, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

³Post-doctoral Researcher, Soil & Fertilizer Management Division, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

*Corresponding author: msk74@korea.kr

ABSTRACT

Received: August 25, 2020

Revised: August 28, 2020

Accepted: August 31, 2020

ORCID

Myung Sook Kim

<https://orcid.org/0000-0002-4382-0194>

To determine the replacement ratio of organic compound (OC) for basal application of inorganic fertilizers, the effects of different rate of OC on young squash (*Cucurbita moschata*) plant growth and soil chemical properties of plastic film house were investigated. The OC were applied at 50% (OC50+N50), 100% (OC100), and 150% (OC150) as the basal amount of inorganic nitrogen fertilizer recommended by soil fertility test, and the treatment were compared with inorganic NPK and PK treatment. The yield of young squash in OC150 treatment was similar to NPK treatment and higher than PK. In OC50+N50, OC100, and OC150 treatments, nitrate concentration and electrical conductivity (EC) were similar to NPK treatment. Relative nitrogen use efficiency of young squash ranged 17~37%. These results suggest that OC application as the basal dressing at the 150% level could be best rate to minimize nutrient accumulation of soil and to ensure the yield of young squash. Further study is required to evaluate effect of long-term application of OC on soil sustainability and young squash productivity.

Keywords: Organic compound fertilizer, Nitrogen use efficiency, Young squash, Plastic film house soil

Changes of young squash yield according to replacement ratio of basal amount of nitrogen fertilizer with organic compound (OC) fertilizer. N, P, K, and OC mean nitrogen, phosphate, potash fertilizer, and organic compound, respectively.

Treatment	Fresh fruit weight	Relative yield index [†]
	kg/10a	%
PK	8,607b [†]	96.0
NPK	8,960ab	100.0
OC50+N50	8,980ab	100.2
OC100	9,013ab	100.7
OC150	9,350a	104.5

[†]DMRT ($p < 0.05$).

[†]Relative yield of other treatments to NPK treatment.

Introduction

호박은 박과작물에 속하는 1년생 덩굴성 초본식물로 페루, 볼리비아, 칠레 고랭지의 건조지대가 기원지로 알려져 있다 (RDA, 2017). 2018년 호박 생산량은 9,206 ha에서 310,218 ton이 생산되었고, 시설재배지역은 충북이 670 ha (23.0%), 경남이 647 ha (22.2%)로 축성·반축성재배를 많이 하여 재배 면적이 가장 많았으며, 다음이 하우스 조숙재배를 하는 경기 404 ha (13.8%) 순이었다 (RDA, 2017). 호박은 독특한 향미와 조직감으로 오래전부터 국민들에게 친근한 편으로, 과육이 유연하고 전분질이 있으며 감미도 있다 (RDA, 2017).

비료공정규격에서 유기질비료의 비중은 다양하며, 이 중에 하나인 유기복합비료가 있다. 유기복합비료는 식물성 유박 (박), 동물성 잔재물, 천연광물 등 유기물질 2종 이상의 원료를 혼합하여 제조한 것을 말한다 (RDA, 2019). 질소, 인, 칼륨과 같은 작물이 다량으로 흡수하는 비료물질은 주로 유기성 형태의 원료로 천천히 분해되는 특성 때문에 무기질비료보다 양분공급 속도가 느린 편이다 (Cho and Chang, 2007; Uhm et al., 2011). 그 동안의 유기복합비료에 대한 연구는 노지마늘을 재배할 때 표준 밀거름 질소 투입량의 100%를 대체할 수 있다고 발표한 바 있다 (Kim et al., 2019b). 그리고 동일한 유기질비료의 범주에 속하는 혼합유박 (Cho et al., 2001; Uhm et al., 2011, 2016; Kim et al., 2012; Jin, 2017; Kim et al., 2019b)과 혼합유기질비료 (Kim et al., 2009; Uhm et al., 2011)를 단용처리하거나 다른 농자재와의 혼용처리하여 토양환경과 작물 생산성에 미치는 영향 및 적정사용량 산출에 대해 연구가 이루어졌다. 특히, 시설수박 재배 시 혼합유박은 토양점정 질소 사용량 기준의 30~50%를 대체하였을 때 작물 수량이 증가하였고 (Uhm et al., 2011), 시설대파와 적겨자 재배 시 토양점정 해당량이 적절한 사용량이라고 발표하였다 (Kim et al., 2010). 시설유기수박 재배에서 혼합유박과 유기자원 (쌀겨, 밀기울) 혼합처리로 과중은 유박+쌀겨 혼합처리에서 가장 높았으며 (Kim et al., 2019a), 시설배추 및 상추는 혼합유박과 토양미생물제제를 혼합처리 시 과량 처리구에서 미생물제제의 혼용으로 비해가 감소하였다고 하였다 (Cho et al., 2001). 작물의 질소이용율은 작물, 비료, 토양환경 조건에 따라 다양하게 나타났는데, 혼합유기질비료와 유박비료의 사용량이 많을수록 질소이용율은 적어지는 경향이었고 (Kim et al., 2010, 2012), 시설상추 유기농 재배 시 유박의 질소이용율은 봄재배가 가을재배보다 높은 편이었으며 (Won et al., 2009), 노지 가을배추 재배 시 비닐멀칭 여부에 따라 질소이용율이 달라진다고 하였다 (Yun et al., 2011). 시설조건에서 혼합유기질 및 유박 처리시에 pH, 토양유기물, 유효인산, 전기전도도에 통계적으로 차이가 없었으며 (Kim et al., 2010; Uhm et al., 2011, 2016; Kim et al., 2019a), 유박 투입량에 따른 세균, 방선균, 사상균의 처리간 차이는 없었다고 발표하였다 (Kim et al., 2012). 이처럼 유기질비료의 사용이 작물 및 토양환경 조건에 따라 다양하게 나타나며, 유기질비료 중에 한 종류인 유기복합비료의 토양에 투입이 작물 및 토양에 미치는 연구는 부족한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 시설재배지 토양에서 애호박을 재배할 때 무기질 질소비료의 밀거름량을 유기질비료인 유기복합비료로 대체하는 비율과 질소이용효율을 알아내고, 토양화학성에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

Materials and Methods

유기복합비료의 무기질 질소비료 밀거름량 대체비율 분석 공시토양의 화학적 특성은 Table 1과 같다. pH, 치환성 칼륨 (Exch, K), 질산태질소 ($\text{NO}_3\text{-N}$)는 애호박 재배를 위한 시설토양의 적정범위 (NAS, 2019)에 속하였고, 전기전도도는 2.1 dS m^{-1} 로 적정범위 (2.0 dS m^{-1})보다 약간 상회하였으며, 토양유기물 (SOM)과 유효인산 (Avail. P_2O_5)은 적정범위 ($350\sim450 \text{ mg kg}^{-1}$)보다 낮은 편이었다.

Table 1. Chemical properties of soils under study for plastic film house soil.

Soil	pH (1:5H ₂ O)	EC	SOM	Avail. P ₂ O ₅	Exch. K	Exch. Ca	NO ₃ -N	NH ₄ -N
		dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	----- cmol _c kg ⁻¹ -----	-----	----- mg kg ⁻¹ -----	-----
Soil 1	6.4	2.10	12	263	0.73	7.3	140	5
Optimum range for young squash cultivation [†]	6.0~6.5	≤2.00	20~30	350~450	0.70~0.80	5.0~6.0	50~150	-

[†]NAS, 2019.**Table 2.** Application rates of fertilizer soils under study for plastic film house soil.

Treatment	Basal dressing						Top dressing	
	Organic compound fertilizer			Inorganic fertilizer			Inorganic fertilizer	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	K ₂ O
	----- kg 10a ⁻¹ -----							
PK	-	-	-	-	14.3	7.8	-	9.7
NPK	-	-	-	10.7	14.3	7.8	10.7	9.7
OC 50+N50	5.35	1.0	1.5	5.34	13.2	6.2	5.34	10.0
OC 100	10.7	2.1	3.0	-	12.2	4.7	-	10.0
OC 150	16.0	3.1	4.6	-	11.2	3.2	-	10.0

시험처리구는 질소 결측구인 PK, 토양검정사용량 (N-P₂O₅-K₂O = 21.4-14.0-17.0 kg 10a⁻¹)을 사용한 NPK구, 유기복합비료 (OC)를 무기질 질소 (N)비료의 토양검정 밀거름 사용량 (10.7 kg 10a⁻¹) 대비 50%, 100%, 150% 해당량으로 각각 투입한 OC50+N50, OC100, OC150 처리구가 있고, 처리방법은 총 5수준의 3반복으로 실험하였다. 유기복합비료를 투입한 처리구들에 대해 비료성분 (N, P₂O₅, K₂O)이 부족할 경우 무기질비료로 공급하였다 (Table 2). 시험구당 면적은 32.5 m² (3.25 m × 10 m)이고, 완전임의배치법으로 배치하였으며, 토양 물리성 향상을 위해 벧짚을 300 kg 10a⁻¹을 투입하였다. 시판되고 있는 유기복합비료 중에 1개를 선정하였고, 2019년 2월 18일에 토양과 잘 혼합하고 14일이 경과한 후 (3월 4일)에 애호박묘 (품종: 진안)을 70 cm × 70 cm 간격으로 정식하였으며, 8월 5일까지 수확하였다. 공시토양은 유기복합비료를 처리하기 전과 애호박을 최종 수확한 시기에 채취하여 분석하였고, 애호박의 열매, 잎, 줄기는 수확기에 채취하여 총질소, 총인, 총칼륨 함량을 분석하였다.

유기복합비료는 토양에서 분해 시 지온과 수분조건에 따라 크게 달라지기 때문에 토양수분 및 지온센서 (5TE, Decagon)를 7.5~12.5 cm에 2019년 4월 3일부터 8월 5일까지 설치하여 조사하였다. 지온은 4월 3일쯤에 24°C를 나타냈고, 4월 23일경에 16°C까지 낮아졌다가 그 이후에는 점차적으로 증가하여 27°C에 도달하였으며, 평균적으로 22°C의 값을 나타냈다. 그리고 토양용적 수분함량은 21~31%의 범위에 있었으며, 평균적으로 26%의 수치를 나타냈다.

토양 및 식물체 분석 공시 토양과 식물체는 농촌진흥청에서 발간한 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)에 근거하여 분석하였다. 토양의 pH와 전기전도도 (EC)는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 추출하여 측정하였고, 토양유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법으로 720 nm에서, 치환성 칼륨은 1M NH₄OAc (pH 7.0) 완충용액으로 추출

Fig. 1. Change of soil temperature and moisture under field experiment.

하여 유도결합 플라즈마 발광광도계(ICP-OES, GBC)로 측정하였으며, $\text{NO}_3\text{-N}$ 와 $\text{NH}_4\text{-N}$ 함량은 2M KCl로 추출하여 원소자동분석기(Bran+Luebbe)로 측정하였다. 애호박의 총질소(T-N) 함량은 건조 후 분쇄하여 C/N 분석기로 측정하였다. 총인(T-P)과 총칼륨(T-K)은 $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$ 분해법으로 분해하였고, 이 여액을 이용하여 총인은 Vanadate법으로 발색하여 측정하였고, 총칼륨은 유도결합 플라즈마 발광광도계(ICP-OES, GBC)로 측정하였다(NIAST, 2000).

유기복합비료의 비료성분 분석 질소전량, 인산전량, 칼리전량은 비료 품질검사 방법 및 시료채취기준(RDA, 2016)에 따라, 질소전량은 황산 분해 후 킬달증류법으로 분석하였고, 인산전량과 칼리전량은 마이크로웨이브로 산 가수분해 후 ICP(GBC, Integra XL, Australia)로 각각 측정하였다. 유기복합비료는 시판되는 포장지에 질소전량-인산전량-칼리전량이 각각 9.0%, 1.0%, 2.0%인 것을 사용하였는데, 비료 품질검사 방법 및 시료채취기준에 따라 실제로 분석하였을 때 질소전량-인산전량-칼리전량은 10.75-2.10-3.06%로 약간 높았다.

애호박의 수량 조사 및 질소이용효율 계산 2019년 4월 20일부터 8월 5일까지 처리구별 15주의 애호박 식물체로부터 열매를 채취하여 애호박의 생중의 무게를 조사하였다. 그리고 애호박의 질소이용효율은 Eq. 1을 이용하여 산출하였다(Yun et al., 2012).

$$\text{질소이용효율(\%)} = \frac{\text{각 처리구의 질소흡수량}(\text{kg ha}^{-1}) - \text{무비구 질소흡수량}(\text{kg ha}^{-1})}{\text{질소 총 시비량}(\text{kg ha}^{-1})} \times 100 \dots \quad (\text{Eq. 1})$$

통계 분석 모든 데이터는 SAS 프로그램(v. 9.2)으로 통계분석하였고, 시설토양에서 애호박을 재배 시 유기질비료의 무기질비료 밀거름량 대체비율과 이에 따른 토양 화학성 변화를 비교하고자 ANOVA 분석을 실시하였으며, Duncan's multiple test로 검정하였다.

Results and Discussion

유기복합비료의 무기질 질소 비료의 밀거름 대체비율 분석 시설애호박의 수량을 NPK 처리구를 100으로 하여 다른 처리구들의 수량을 상대값으로 비교하였다 (Table 3). PK, NPK, OC50+N50, OC100 처리구간에 애호박에 대한 과증은 통계적으로 유의한 차이가 없었고, PK와 OC150 처리구 사이에서만 유의한 차이가 있었다. 유기복합비료 투입구인 OC50+N50, OC100, OC150 처리구에서 유기복합비료의 밀거름 대체량 비율이 증가함에 따라 수량은 증가하는 경향이었지만, 처리구들 사이에는 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 이로부터 시설재배지에서 애호박을 재배 시 무기질 질소 비료 (N)의 밀거름량을 유기복합비료로 대체할 경우, 수량의 생산성 측면에서는 유기복합비료의 무기질 질소비료 밀거름 대체비율이 150%가 적당하다고 판단된다. 이와 유사한 시설작물 재배실험으로, Uhm et al. (2011)은 시설수박 재배 시 무기질 질소 밀거름 비료량을 혼합유박으로 대체할 경우에 75~125%까지 대체가 가능하고, 나머지 양은 웃거름량을 주는 것을 추천한다고 발표하였다.

애호박 열매의 총질소, 총인산, 총칼리 함량을 처리수준별로 비교하였다 (Table 4). NPK 처리구의 총질소 함량은 PK, OC50+N50 처리구와 각각 통계적으로 유의한 차이가 있었으나, 유기복합비료 처리구 (OC50+N50, OC100, OC150)와는 차이가 없었다. 유기복합비료 처리구 (OC50+N50, OC100, OC150)에서 애호박의 총인과 총칼륨의 흡수량은 다른 처리구들 (PK, NPK)보다 높은 경향이었지만, 유의한 차이는 나타나지 않았다.

Table 3. Changes in young squash yield according to replacement ratio of basal amount of nitrogen fertilizer. N, P, K, and OC mean nitrogen, phosphate, potash fertilizer, and organic compound fertilizer, respectively.

Treatment	Fruit weight	Relative yield index
	kg/10a	%
PK	8,607b	96.0
NPK	8,960ab	100.0
OC 50+N50	8,980ab	100.2
OC 100	9,013ab	100.7
OC 150	9,350a	104.5

[†]DMRT ($p < 0.05$).

[‡]Relative yield of other treatments to NPK treatment.

Table 4. Uptake of nitrogen and relative efficiency of nitrogen for young squash. N, P, K, and OC mean nitrogen, phosphate, potash fertilizer, and organic compound fertilizer, respectively.

Treatment	T-N	T-P	T-K
	kg 10a ⁻¹		
PK	30.2b	3.8a	38a
NPK	42.5a	3.9a	32a
OC 50+N50	33.8b	4.8a	44a
OC 100	36.9ab	4.6a	44a
OC 150	36.8ab	4.6a	43a

[†]DMRT ($p < 0.05$).

Table 5. Chemical properties of soils under pot cultivation. N, P, K, and OC mean nitrogen, phosphate, potash fertilizer, and organic compounds, respectively.

Treatment	pH	EC	SOM	Avail. P ₂ O ₅	Exch. K	Exch. Ca	NO ₃ -N	NH ₄ -N
	1:5H ₂ O	dS/m	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	----- cmol _c kg ⁻¹ -----	----- mg kg ⁻¹ -----		
PK	7.2a	1.16a	10a	423a	0.65a	4.8a	18c	21b
NPK	6.5b	1.43a	10a	389a	0.46a	4.4ab	29ab	27a
OC50+N50	6.4bc	1.35a	10a	395a	0.58a	4.4a	32a	27a
OC100	6.2c	1.22a	10a	444a	0.50a	4.1ab	35a	31a
OC150	6.2c	1.37a	10a	406a	0.47a	3.8b	22bc	31a
Optimum range for young squash cultivation [†]	6.0~6.5	≤2.00	20~30	350~450	0.70~0.80	5.0~6.0	50~150	-

[†]DMRT ($p < 0.05$).[‡]NAS, 2019.

유기복합비료의 토양화학적 성에 미치는 영향 Table 5는 시설농가 포장에서 유기복합비료의 무기질 질소 밑거름량의 50%, 100%, 150% (OC 50+N50, OC 100, OC 150)로 처리하고 애호박을 최종으로 수확한 시기에 토양화학적 변화를 나타낸 것이다.

pH는 PK처리구와 다른 처리구들 (NPK, OC50+N50, OC100, OC150) 사이에는 유의적인 차이가 있었고, NPK 처리구와 OC100, OC150 처리구 사이에서도 유의한 차이를 나타냈다. 본 연구와 다르게 시설수박 (Kim et al., 2019a) 및 시설단호박 (Uhm et al., 2016) 재배 시 최종 수확기에 분석한 pH는 혼합유박의 투입 여부에 상관없이 통계적으로 유의한 차이가 없었다고 발표하였다. Uhm et al. (2016)의 시설수박 포장의 토양은 식양질이고, 본 연구포장의 토양은 사양질 (분석치는 제시하지 않음)로서 토양의 양이온 치환 용량이 시설수박 포장보다 낮았기 때문에 토양의 pH 변화가 컸다고 추정된다. EC, 토양유기물, 유효인산, 치환성 칼륨 함량은 모든 처리구에서 유의적인 차이가 없었다. 특히, 토양유기물 함량은 유기복합비료 처리구와 그렇지 않은 처리구 사이에 차이가 없었는데, 본 시험에 사용된 유기복합비료 비료는 유기물을 70%로 보증하고 있지만, 비료 원료의 특성상 이분해성 원료로 구성되어 있기 때문에 토양에 투입된 후에는 대부분 무기태로 분해되어 토양유기물 증가에 큰 영향을 주지 않았다고 판단된다. Lee et al. (2008)은 유기질비료 (채종유박) 300 kg/10a를 8년간 연용했을 때 토양탄소함량 증가에 크게 기여하지 못하였다고 보고한 바 있다. 치환성 칼륨 함량은 PK 처리구가 가장 높았으며 (0.65 cmol_c kg⁻¹), 다른 처리구들은 PK 처리구보다 낮은 경향이었는데 (0.46~0.58 cmol_c kg⁻¹), PK 처리구에서 애호박 생육량과 칼륨 흡수량이 다른 처리구에 비해 적었기 때문에 토양에 잔류하는 칼륨의 양이 상대적으로 높았다고 판단된다. NO₃-N, NH₄-N는 질소 결측구인 PK처리구와 질소원이 공급된 처리구들 (NPK, OC 50+N50, OC100) 사이에는 유의적인 차이가 있었지만, 질소원이 공급된 처리구들 (NPK, OC 50+N50, OC100) 간에는 차이가 나타나지 않았다.

이로부터 유기복합비료 처리구들 (OC50+N50, OC100, OC150)의 EC, NO₃-N, NH₄-N는 NPK 처리구와 유사하게 나타났다. 본 연구와 유사하게 Uhm et al. (2011)도 시설수박 재배 시험에서 EC, NO₃-N의 함량은 혼합유박 대체량이 높은 처리구에서 시험전과 비슷하거나 조금 낮은 경향이었으므로, 양분집적의 우려가 적다고 발표한 바 있다. 유기복합비료를 토양에 투입하였을 때, 토양검정량에 근거하여 사용하면 염류가 집적될 가능성이 낮다고 판단된다. 이 실험은 1작기 동안 애호박을 재배한 연구결과이기 때문에, 염류 집적은 2년 이상의 장기적인 연구로부터 도출될 필요가 있다고 판단된다.

Table 6. Use efficiency of nitrogen for of young squash cultivated in plastic film house soil. N, P, K, and OC mean nitrogen, phosphate, potash fertilizer, and organic compounds, respectively.

Treatment	Efficiency of nitrogen usage
	%
PK	-
NPK	57
OC50+N50	17
OC100	31
OC150	31

애호박의 질소 이용율 유기복합비료의 처리구별 질소이용율은 Table 6과 같다. NPK 처리구의 질소 이용율은 57%인데 비해 OC50, OC100, OC150 처리구의 질소이용율은 각각 17~31%로 낮게 나타났다. 유기복합비료는 지온 및 토양수분 조건에 영향을 크게 받는데, 본 시험의 지온은 16~27°C이고, 토양용적수분함량은 21~31%을 나타냈다. 다른 연구자들은 지온 및 수분함량을 수치로 제시하지 않았기 때문에 재배시기별로 질소이용율을 비교해 보았다. 대 파 유기농 재배 (10월~이듬해 3월)시 혼합유기질비료의 시용량 (N 0.5, 1.0, 1.5배)이 증가할 때 질소이용율은 낮아지는 경향이었고, 3요소구와 혼합유기질 시용량 (N 1.0배)구의 질소이용율은 각각 22.9%, 23.6%로 대등한 수준이라고 하였다 (Kim et al., 2009). 적겨자를 유기농 방식으로 봄에 재배 (4월~7월)할 때, 유박비료를 질소 (N)성분량 기준으로 35, 52.5, 105 kg ha⁻¹로 처리 시 질소이용율은 38~52% (Kim et al., 2012)라고 발표하였다. 본 시험의 시설애호박을 봄작기 (3월~8월) 재배 시 유기복합비료의 질소이용율 (질소 밀거름 100~150% 투입 시 31%)은 적겨자의 봄작기 재배시에 유박 비료의 질소이용율 (38~52%)과 유사하였으며, 이러한 원인은 봄작기 작물재배 시 지온이 유사한 경향으로 변화하였기 때문이라 추정한다.

이로부터 질소이용율은 지온에 따라 유기질비료가 분해되어 양분공급력이 달라지기 때문에 작물 및 온도 등 다양한 토양환경 조건을 고려한 포장시험이 더 연구되어야 한다고 판단된다.

결론적으로 시설토양에 유기복합비료의 적절한 질소 밀거름 대체비율은 토양환경 조건에 따라 질소흡수량이 달라지기 때문에 질소 이용율을 고려해야 하며, 유기복합비료의 투입은 시설애호박 생육에 필요한 질소를 함유하고 공급할 수 있기 때문에 무기질 질소비료의 밀거름을 대체하는 비료로서 이용도가 높다고 생각된다.

Conclusions

시설애호박 재배 시 안정적으로 수확량 생산과 농경지 과다 시비에 따른 염류집적을 예방하기 위해 유기복합비료의 적정 추천량 기준을 마련하고자 시험하였다. 유기복합비료의 무기질 질소 밀거름량을 대체하는 비율은 애호박의 수량 (과중)이 높고, 투입한 유기복합비료의 토양의 잔류정도가 적은 측면을 고려하였을 때 토양검정 질소 밀거름량 기준의 150%가 적당하리라 판단한다. 그리고 유기복합비료의 질소이용율은 17~37%로 나타났다. 유기복합비료는 무기질비료의 질소 밀거름량을 대체할 수 있고, 애호박 정식 전에 질소 밀거름 기준으로 150%까지 투입하며, 나머지 양은 무기질비료로 공급하는 것이 합리적이라 생각된다. 그러나 이것은 단기간의 포장 재배 실험이므로, 장기적인 포장 재배 실험을 수행할 필요가 있다고 생각된다.

Acknowledgement

This study was conducted by support of NAS research and development project (project number: PJ012623022020).

References

- Cho, S.H., K.W. Chang. 2007. Nitrogen mineralization of oil cakes according to changes in temperature, moisture, soil depth and soil texture. J. Korea Org. Resour. Recycl. Assoc. 15(1):149-158.
- Cho, S.H., T.H. Park, and K.W. Chang. 2001. Effects of *Brassica campestris* L. and *Lactuca sativa* L. yield by application of organic fertilizers and microorganisms. J. of the KOWREC. 9(3):88-92.
- Jin, K.A. 2017. Effects of application rate of mixed expeller cake on soil chemical properties, nitrogen uptake, growth and yield of onion. Thesis of master, Korea National Open University.
- Kim, D.G., S.G. Kim, K.R. Cho, C.S. Kang, and E.S. Lee. 2010. Study on application rate of organic fertilizer for organic cultivation of green onion during winter season. Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, pp. 847-855.
- Kim, K.C., B.K. Ahn, H.G. Kim, and S.S. Jeong. 2012. Effect of expeller cake fertilizer application on soil properties and red mustard (*Brassica Juncea* L.) yield in soil of organic farm of plastic film greenhouse. Korean J. Soc. Soil Sci. Fert. 45(6):1022-1026.
- Kim, M.S., S.J. Park, S.H. Kim, H.Y. Hwang, and S.C. Kim. 2019a. Evaluation of replacement ratio of mixed oilcake for basal application of inorganic fertilizers in watermelon cultivation at the plastic film houses. Korean J. Soil Sci. Fert. 52(4):1-7.
- Kim, S.H., H.H. Hwang, S.J. Park, S.C. Kim, and M.S. Kim. 2019b. Evaluation of preplant optimum application rate of mixed expeller cake in chinese cabbage cultivation at the field. Korean J. Soil Sci. Fert. 27(3):41-48.
- Kim, Y.S., K.J. Lee, S.K. Shin, Y.S. Kim, I.K. Song, I.K. Kim, E.S. Kweon, S.Z. Ju, and D.M. Sa. 2009. Substitution of chemical fertilizers by application of oil cakes. Annual report of Chungcheongbuk-do Agricultural Research and Extension Services, pp. 489-500.
- Lee, S.M., Y.H. Lee, J.K. Sung, D.H. Choi, K.H. Kim, and S.M. Kim. 2008. Study on effect of long-term continuous application of same organic materials on upload soil. Annual Report of National Academy of Agricultural Science. pp. 211-224.
- NAS. 2019. Fertilizer Recommendation for crops (revised). National Institute of Agricultural Science, RDA, Suwon, Korea.
- National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAST). 2000. Methods of soil and plant analysis. NIAST, RDA, Suwon, Korea.
- RDA. 2016. Quality inspection method and sampling standard for fertilizer. pp. 60-163.
- RDA. 2017. Squash-Agricultural Technology Assistant 141(revised). pp. 8-28.
- RDA. 2019. Official standard of commercial fertilizer. pp. 98-158.
- Uhm, M.J., E.J. Kim, S.Y. Jin, C.S. Kim, and J.M. Kim. 2016. Study on utilization of organic resources for environmental-friendly cultivation os sweet pumpkin in greenhouse, Annual report of Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, pp. 166-173.
- Uhm, M.J., J.J. Noh, H.G. Chon, S.W. Kwon, and Y.J. Song. 2011. Application effect of organic fertilizer and chemical fertilizer on the watermelon grwoth ad soil chemical properties in greenhouse. Korean J. Environ. Agric. 31(1):1-8.
- Won, T.J., K.R. Cho, C.S. Kang, C.S. Roh, and A.S. Lim. 2009. Effect of different oil cakes on nitrogen use

efficiency and lettuce yield in plastic film hous soils. Proceeding of Koran Society of Soil Science and Fertilizer. p. 147.

Yun, H.B., J.S. Lee, Y.J. Lee, M.S. Kim, and Y.B. Lee. 2012. Effect of different colored polyethylene mulch on the change of soil temperature and yield of chinese cabbage in autumn season. Korean J. Soc. Soil Sci. Fert. 45(4):511-514.

Yun, H.B., J.S. Lee, Y.J. Lee, R.Y. Kim, Y.S. Song, S.G. Han, and Y.B. Lee. 2011. Chinese cabbage growth effected by black vinyl mulching and organic fertilizer application in spring season. Korean J. Soc. Soil Sci. Fert. 44(6):1107-1111.