

Research Article



CrossMark

Open Access

동애등에분 처리 시 상추와 무의 생육 및 토양화학적 변화

김영선¹, 이금주^{2*}

¹대구대학교 과학생명융합대학 원예학과, ²충남대학교 농업생명과학대학 원예학과/스마트농업학과

Growth of Lettuce and Young Radish and Changes of Soil Chemical Properties after Application of Soldier Fly Compost

Young-Sun Kim¹ and Geung-Joo Lee^{2*} (¹Department of Horticultural Science, College of Science and Life Convergence, Daegu University, Gyeongsan 38453, Korea, ²Department of Horticulture and Department of Smart Agriculture Systems, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea)

Received: 12 June 2023/ Revised: 21 June 2023/ Accepted: 27 June 2023

Copyright © 2023 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.

ORCID

Young-Sun Kim

<https://orcid.org/0000-0002-5645-7021>

Geung-Joo Lee

<https://orcid.org/0000-0002-3774-1860>

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects on soil chemical properties and plant growth after applying soldier fly compost (SFC). Treatments were as follows. No fertilizer (NF), control, SFC1 (SFC 250 kg/10a), SFC2 (SFC 500 kg/10a) and SFC3 (SFC 1,000 kg/10a). As compared to control in the pot test, organic matter (OM) and exchangeable sodium (Ex-Na) of SFC3 treatment were increased, and growth and nutrient uptake of young radish were not significantly different. Correlation coefficient between soil chemical factors like total nitrogen (T-N), OM, and CEC and uptake of nitrogen (N) and phosphorus (P) was significantly positive ($p \leq 0.05$). Compared to control in the field test, electrical conductivity, T-N, OM, Av.-P₂O₅, and CEC was increased, and lettuce growth was not significantly different. Correlation coefficient between application amount of SFC and T-N, OM, and Av.-P₂O₅ was significant positively ($p \leq 0.05$). These results indicated that the application of SFC improved nutrient availability of soil by increasing OM and CEC.

Key words: Cation exchangeable capacity (CEC), Nutrient uptake, Organic matter (OM), Soldier fly compst (SFC), Total nitrogen (T-N)

서 언

아메리카동애등에(*Hermetia illucens* L.)는 파리목의 동애등에과 곤충으로 부산물을 처리하기 위해 이용하는 환경정화 곤충이다[1,2]. 아메리카동애등에는 음식물 쓰레기와 같은 유기성 폐자원의 분해에 이용하고 있으며, 음식물 발효물과 곤충 번데기 혼합물을 부산물비료나 사료 등으로 이용한다[3,4]. 동애등에부산물은 비료공정규격에서 동애등에분으로 명명하고 있으며, 이것은 퇴비에 사용가능한 원료를 먹이로 하여 생산한 분을 후숙과정을 거쳐 제조한 것을 의미하며 부숙유기질비료의 원료로 사용이 가능하다.

동애등에분은 부산물비료의 그 밖의 비료에 해당하며, 부숙유기질비료(퇴비)나 토양개량제로서의 특성에 대한 연구가 진행되었다. 동애등에분은 부숙유기질비료(퇴비)로 사용이 가능하며[4], 강낭콩(*Phaseolus vulgaris* L.)에서 비료 처리 시 엽면적 및 전체 생육이 증대되는 효과를 나타내어 퇴비로서 이용이 가능하였다[4]. 배추(*Brassica rapa*)에 동애등에분 처리 시 퇴비와 유사한 생육 특성 및 생산량을 나타내어[5] 비료로 이용할 수 있다.

동애등에분은 잔디구장의 모래상토로 활용이 가능하여 한국잔디(*Zoysia japonica*) 식재토양에 개량제로 처리하였을 때,

* Corresponding author: Geung-Joo Lee
Phone: +82-42-821-5734; Fax: +82-42-821-8888;
E-mail: gjlee@cnu.ac.kr

잔디의 생육과 품질이 증대되었으며[6], 이는 동애등애분의 토양개량효과 외에도 토양 중 분해되어 양분 공급 효과를 나타냈기 때문이다[4]. 음식물류동애등애분을 잔디재배를 위해 모래상토에 토양개량제나 부숙유기질비료로 처리 시 근권 내 염분 함량의 증가는 확인되지 않았다[6]. Kim et al. [6]은 잔디가 식재된 토양이 배수성이 높은 모래상토로 관수 시 용탈되었기 때문이라고 보고하였다.

국내의 동애등애분은 음식물쓰레기를 원료로 하고 있어 부산물비료 내 염분의 함량이 높을 수 있고[7], 염분이 높은 유기물원은 토양 내 염류집적으로 작물의 양분흡수 및 생육을 감소시키는 것으로 알려져 있다[8]. 따라서 동애등애분을 부산물비료로 처리한 경우 작물 재배에서 토양의 특성 변화 및 작물의 생육 특성에 관한 연구가 필요하다. 본 연구는 동애등애분의 토양 처리 후 작물의 생육과 토양의 이화학적 변화에 미치는 영향을 조사하여 동애등애분의 토양 처리 효과를 평가하고자 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

공시재료

본 연구는 2009년 4월부터 2010년 10월까지 1년 7개월간 인천광역시 소재의 스카이 72 골프클럽 내 A사 연구 포장에서 수행하였다. 공시비료는 복합비료(N-P₂O₅-K₂O=11-5-17; Pungnong Co. Ltd., Seoul, Korea), 요소(Urea, 46% N, Namhae Chemical Corp, Yeosu, Korea), 염화칼리(potassium chloride, 60% K₂O; Pungnong Co. Ltd., Seoul, Korea) 및 동애등애분(soldier fly compost; SFC)을 이용하였고, SFC의 이화학적 특성은 Table 1과 같다. 공시비료 중 SFC는 음식물 쓰레기를 먹이로 처리한 SFC를 이용하였고, 국

립농업과학원으로부터 공여 받아 사용하였다. 공시토양은 SKY 72 골프장의 조성 시 토양인 간척지 토양을 이용하였고, 토성은 사양토였다. 조사된 토양화학성 결과들은 상추(*Lactuca sativa*) 및 열무(*Raphanus sativus*)를 재배하는 밭토양으로 비교할 때 농촌진흥청에서 제시하는 적정기준에서 토양산도는 적정범위보다 높으나 다른 항목들은 적정범위를 나타내어 SFC에 대한 토양 중 특성 변화와 작물 재배 특성을 평가하기에 적합하였다(Table 2). 관개용수는 인천공항공사에서 연구포장으로 공급하는 중수돗물을 저수지에 저장하여 이용하였다. 중수돗물은 중성(pH 7.0)으로 공급되지만 수질 중 질소(1.5 mg/L)와 인산 함량(0.09 mg/L)이 높아 저수지 저장 시 시험기간 중 부영양화되어 알칼리성(pH 9.2)을 나타냈다. 재배시험에 사용된 공시작물은 상추와 열무를 이용하였고, 농자재 판매상에서 종자[상추(적치마, 세계종묘, 광주, 한국), 열무(춘향이열무, 팜한농, 서울, 한국)]를 구매하여 사용하였다. 포트시험에서 SFC의 처리에 의한 지상부와 지하부의 생육을 조사하기 위해 열무를 이용하였고, 포장시험 토양이 간척지 토양으로 알칼리성을 나타낼 것으로 우려되어 열무보다 알칼리성에 대한 저항성이 우수한 상추를 선정하여 시험하였다.

동애등애분 포트시험

상토를 포설한 트레이에 열무를 2010년 5월 21일에 파종하여 약 4주간 유묘를 관리하였다. 작물 정식 15일 전에 화학비료의 배합 후 농촌진흥청에서 제시한 열무의 표준시비량에 준하여 전층시비하고 15일이 경과한 후 생육 상태가 비슷한 유묘를 선별하여 2010년 6월 15일에 정식하였다. 처리구는 무처리구(non fertilizer; NF), 화학비료를 처리한 대조구(control; N-P₂O₅-K₂O=10.9-4.4-7.8), SFC 처리구1 (SFC1; SFC 250 kg/10a), SFC 처리구2 (SFC2; SFC 500 kg/10a) 및

Table 1. The properties of fertilizers used in this experiment

Fertilizer	WC	OM	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	NaCl
	(%)					
Compound fertilizer	-	-	11	5	7	-
Urea	-	-	46	-	-	-
Potassium chloride	-	-	-	-	60	-
Soldier fly compost	10.6	94.0	2.21	-	-	1.08

WC: water content; OM: organic matter.

Table 2. The chemical properties of soil used in this experiment

Plant	pH	EC	T-N	OM	Av-P ₂ O ₅	Exchangeable cation				CEC
	(1:5)	(ds/m)	(%)	(%)	(mg/kg)	K	Ca	Mg	Na	
Lettuce	7.15	0.22	0.03	0.23	42.7	0.17	2.64	0.62	0.24	4.31
Young radish	7.86	0.50	0.02	0.29	14.0	0.10	6.99	0.32	0.07	5.70

EC: electrical conductivity; T-N: total nitrogen; OM: organic matter; Av-P₂O₅: available phosphate; CEC: cation exchangeable capacity.

SFC 처리구3 (SFC3; SFC 1,000 kg/10a)로 구분하였다. 작물 재배는 1/5000a 와그너포트를 사용하였고, 각 처리구는 완전임의배치법으로 배치하였으며, 처리구별 반복은 3반복으로 수행하였다. 대조구는 공시비료 중 복합비료, 요소 및 염화칼리를 이용하여 표준시비량에 적합하도록 배합하여 시비하였다. 관수는 인천공항공사에서 제공하는 중수돗물을 관개용수로 이용하여 매일 1-2회 실시하였으며, 시험 기간 중 병충해는 발생하지 않았다. 작물의 생육 조사는 작물의 생육 상태를 판단하여 작물 정식 후 47일이 경과한 8월 1일에 실시하였다.

동태등에본 포장시험

상토(원예용 상토)를 포설한 트레이에 상추 종자를 2009년 4월 15일에 파종하여 약 4주간 유품을 관리하였다. 시험 작물의 정식 전 농촌진흥청에서 제시된 상추의 표준시비량에 준하여 화학비료와 SFC를 전층시비하고, 15일이 경과한 후 생육이 비슷한 유품을 선별하여 2009년 5월 13일 정식하였다. 처리구는 SFC의 처리량에 따라 비료를 처리하지 않은 무처리구(non-fertilizer; NF), 화학비료를 처리한 대조구(control; N-P₂O₅-K₂O=10.2-4.9-8.7), SFC 처리구1 (SFC1; SFC 250 kg/10a), SFC 처리구2 (SFC2; SFC 500 kg/10a) 및 SFC 처리구3 (SFC3; SFC 1,000 kg/10a)로 설정하였다. 실험 포장의 각 처리구별 면적은 1 m² (1 m × 1 m)를 사용하였으며, 각 처리구는 난괴법으로 배치하였고, 처리구별 반복은 3반복으로 수행하였다. 관수는 매일 1-2회 실시하였고, 관개용수는 생육 초기에는 중수돗물을 이용하였으나 뿌리 활착 후에는 토양 수분과 강우에 의해 수분을 공급하였다. 시험 기간 중 병충해는 발생하지 않았으며, 작물의 생육 조사는 작물의 생육 상태를 판단하여 작물 정식 후 43일이 경과한 6월 25일에 실시하였다.

토양 분석 및 작물 생육 조사

시험 종료 후 처리구별 토양 분석은 시험 전과 종료 후에 수행되었고, 채취된 시료를 음지에서 풍건한 후 2 mm체를 통과된 시료를 이용하였다. 분석항목은 pH, 전기전도도(EC, electrical conductivity), 유기물(OM, organic matter), 전질소(T-N, total nitrogen), 유효인산 (Av.-P₂O₅, available phosphate), 치환성 칼륨(K, exchangeable potassium), 치환성 칼슘(Ca, exchangeable calcium), 치환성 마그네슘(Mg, exchangeable magnesium), 치환성 나트륨(Na, exchangeable sodium), 양이온치환용량(CEC, cation exchangeable capacity) 등이었고, 토양화학분석법에 준하여 분석하였다. pH와 EC는 1:5법으로, OM은 Tyurin법으로, T-N은 Kjeldahl 중류법으로, Av.-P₂O₅는 Bray No.1법으로, 치환성 양이온과 CEC는 1N-NH₄OAc 침출법으로 각각 분석하였다.

작물 생육 조사 내용은 엽수, 엽장, 엽폭, 뿌리길이, 생물중 및 건물중 등을 조사하였다. 열무에서는 엽수, 엽장, 뿌리길이 및 지상부 건물중을, 상추에서는 엽수, 엽장, 엽폭, 생물중 및 건물중을 조사하였다. 엽수는 작물의 총 엽수를, 엽장과 엽폭은 최장 엽의 횡경과 종경 길이를, 뿌리길이는 주근의 길이를, 생물중과 건물중은 개체별 총 무게를 측정하였다.

통계분석

SFC의 처리량 및 작물 생육 조사 결과는 SPSS (ver 25, IBM, New York, USA)를 이용하여 던컨다중검정을 통해 처리구별 평균값을, Pearson 상관계수를 통해 상관관계를 비교하였다.

결과 및 고찰

동태등에본 포트시험

SFC 처리 후 열무의 재배 시험 후 토양화학성 변화를 조사하였다(Table 3). 무처리구(NF)와 비교할 때, pH, EC, T-N, Ca, CEC 등은 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, OM과 Av-P₂O₅는 증가하였으며, K와 Mg는 감소하였다. 대조구와 비교할 때, OM은 증가하였고, 다른 토양 화학성 지수는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. SFC의 처리량과 토양 화학성 지수간의 상관관계 조사에서 pH, Av-P₂O₅, 치환성 양이온, CEC 등은 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, EC, T-N 및 OM 등은 정의 상관관계($p \leq 0.05$)를 나타냈다. 공시토양은 유기물이 0.23%로 유기물이 거의 없는 비경작지 토양으로 유기물원인 SFC의 공급에 의해 유기물 함량과 전기전도도가 증가한 것으로 판단된다(Table 2, 3). 비록 시험 전보다 토양 내 질소 함량이 증가하지는 않았으나 SFC 처리량과 정의 상관성을 나타낸 것은 SFC 처리에 의한 질소 공급 효과로 판단된다. SFC는 부속유기질비료 및 유기질비료의 원료로서 토양 내 유기물을 공급할 수 있고, 토양개량의 효과를 나타내어 토양 중에서 유기물 함량 증가와 질소 공급의 효과를 나타내기도 한다[6]. 염분을 함유하고 있는 SFC의 처리에도 불구하고 SFC 처리량과 치환성 나트륨이 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않는 것은 시험 기간에 장마로 인해 집중 강우로 토양 중 나트륨이 세탈되었기 때문으로 생각된다.

SFC 처리 후 열무의 생육을 조사하였다(Table 4). NF와 비교할 때, SFC 처리구의 엽수, 엽장, 뿌리길이 및 지상부 건물중은 증가하였고, 대조구와 비교할 때, SFC 처리구의 열무의 생육은 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. SFC 처리량에 따른 각 생육지수별 상관관계 조사에서 엽수, 엽장, 뿌리길이 및 지상부 건물중은 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않아 SFC 처리에 의한 열무의 생육 증대 효과는 확인할 수 없었다. Yu et al. [9]은 부속유기질비료를 통해 공급된 음식물류의 처리량은 고추(*Capicum ammuum* L.)의 생육에 영향을 미치지 않는다고 보고하여 본 연구의 결과와 유사한 결과를 나타냈다. 반면에 Kim et al. [10]은 음식물류가 발효되지 않고, 유기질비료에 혼합하여 작물에 처리되는 경우 비료 공정규격 이하에서는 작물 생육에 영향을 미치지 않으나 그 이상을 혼합하는 경우 작물의 건물중은 감소하는 경향을 나타낸다고 보고한 바 있다.

SFC 처리 후 열무의 지상부 중 양분의 함량과 흡수를 조사하였다(Table 5). 시험 종료 후 열무 잎의 질소, 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 및 나트륨의 함량은 0.31-1.82%, 0.27-0.36%,

Table 3. Changes of soil chemical properties in the young radish after applying soldier fly compost

Treatment ¹⁾	pH	EC	T-N	OM	Av-P ₂ O ₅	Exchangeable cation				CEC
						K	Ca	Mg	Na	
	(1:5)	(ds/m)	(%)		(mg/kg)	(cmol ⁺ /kg)				
NF	7.58a ²⁾	0.67a	0.02a	0.22c	19.4b	0.32a	8.58a	0.65a	0.06b	5.90a
Control	7.71a	0.55a	0.02a	0.34bc	67.2a	0.20b	8.53a	0.49b	0.10a	5.70a
SFC1	7.70a	0.53a	0.03a	0.27bc	60.8a	0.15b	7.65a	0.47b	0.08ab	6.07a
SFC2	7.80a	0.53a	0.03a	0.48ab	64.0a	0.15b	8.39a	0.40b	0.09ab	5.87a
SFC3	7.77a	0.59a	0.03a	0.66a	67.2a	0.17b	8.33a	0.47b	0.10a	6.00a
Correlation ³⁾	0.414 ^{NS}	0.559 [*]	0.625 [*]	0.738 ^{**}	0.034 ^{NS}	-0.268 ^{NS}	0.038 ^{NS}	-0.177 ^{NS}	0.034 ^{NS}	0.257 ^{NS}

¹⁾Treatments were as follows. NF: non-fertilizer; Control: blending fertilizer with compound fertilizer, urea, and potassium chloride (N-P₂O₅-K₂O=10.2-4.9-8.7); SFC1: SFC 250 kg/10a; SFC2: SFC 500 kg/10a; SFC3: SFC 1000 kg/10a. These fertilizers were applied before 15 days planting lettuce.

²⁾Means with same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test $p \leq 0.05$ level.

³⁾Correlation coefficient between each soil chemical factor and applying amount of SFC (n=11).

^{NS}, * and ** represent not significant difference, significant at the 0.05 and 0.01 probability level by correlation coefficient, respectively.

Table 4. The growth of young radish after applying soldier fly compost

Treatments ¹⁾	No. of leaves	Leaf length	Root length	Shoot dry weight
	(ea/plant)	(cm)		(g/plant)
NF	4.0b ²⁾	14.0b	1.8b	0.42b
Control	11.3a	34.1a	5.9a	5.39a
SFC1	8.3ab	31.8a	7.3a	3.70a
SFC2	11.0a	33.9a	7.3a	4.51a
SFC3	13.0a	31.9a	7.3a	5.20a
Correlation ³⁾	0.348 ^{NS}	-0.207 ^{NS}	0.313 ^{NS}	-0.081 ^{NS}

¹⁾Treatments were as follows. NF: non-fertilizer; Control: blending fertilizer with compound fertilizer, urea, and potassium chloride (N-P₂O₅-K₂O=10.9-4.4-7.8); SFC1: SFC 250 kg/10a; SFC2: SFC 500 kg/10a; SFC3: SFC 1000 kg/10a. These fertilizers were applied before 15 days planting young radish.

²⁾Means with same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test $p \leq 0.05$ level.

³⁾Correlation coefficient between each soil growth factor and applying amount of SFC (n=11).

^{NS} represents not significant difference by correlation coefficient.

1.42-1.93%, 2.01-3.97%, 0.22-0.34%, 0.22-0.44%로 조사되었다. NF와 비교할 때, SFC 처리구의 양분 중에서 칼슘과 마그네슘 함량이 증가하였고, SFC3 처리구에서 나트륨 함량이 증가하였다. 대조구와 비교할 때, SFC 처리구는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. SFC 처리량과 양분 함량 간의 상관관계조사에서 질소와 인은 정의 상관관계($p \leq 0.05$)를 나타냈다. 시험 종료 후 양분별 흡수량을 조사할 때, 질소, 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 및 나트륨의 흡수량은 0.53-9.89 g/plant, 0.14-1.92 g/plant, 0.70-12.44 g/plant, 0.92-18.93 g/plant, 0.10-1.67 g/plant, 0.10-2.14 g/plant을 나타냈다. SFC 처리구는 모든 처리구에서 NF보다 양분 흡수량이 증대되었고, 대조구와는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. SFC 처리량과 양분 흡수량의 상관관계조사에서 질소와 인은 정의 상관관계($p \leq 0.05$)를 나타냈다.

Kussow et al.[11]은 식물 재배에서 질소 처리량 증가는 식물 조직 내 질소 흡수를 증대시키고, 질소 흡수의 증가는 식물의 인이나 칼륨의 흡수를 유도한다고 보고한 바 있다. 본 연구에서 SFC 처리량 증가에 의한 질소 공급 증가로 인의 흡수를 증가한 것으로 판단된다. 하지만 칼륨의 변화는 확인할 수 없었다.

동태등에는 포장시험

SFC 처리 후 토양 화학성의 변화를 조사하였다(Table 6). NF와 비교할 때, pH는 SFC3 처리구에서 감소하였고, 전기전도도(EC), 전질소(T-N), 유기물(OM), 유효인산(Av-P₂O₅), 치환성 칼슘(Ca), 치환성 나트륨(Na) 및 양이온치환용량(CEC) 등은 SFC3 처리구에서 증가하였다. SFC의 처리량과 토양의 이화학적 변화에 대한 상관관계를 조사할 때, pH는 부의 상관

Table 5. The content and uptake in the leaf in the young radish after applying soldier fly compost

Treatments ¹⁾	N	P	K	Ca	Mg	Na
Nutrient content (%)						
NF	1.33a	0.35a	1.42a	2.01b	0.22a	0.22b
Control	1.70a	0.36a	2.37a	2.90ab	0.25a	0.29ab
SFC1	1.31a	0.27a	1.93a	3.97a	0.34a	0.44a
SFC2	1.40a	0.34a	2.29a	3.70a	0.25a	0.39ab
SFC3	1.82a	0.35a	2.08a	3.73a	0.33a	0.41ab
Correlation ³⁾	0.786**	0.542*	0.069 ^{NS}	-0.094 ^{NS}	0.086 ^{NS}	-0.110 ^{NS}
Nutrient uptake (g/plant)						
NF	0.53b	0.14c	0.70b	0.92b	0.10b	0.10b
Control	9.89a	1.92a	12.44a	15.91a	1.37a	1.61a
SFC1	5.02ab	1.02b	6.95a	13.71a	1.21a	1.49a
SFC2	6.33ab	1.55ab	10.35a	16.70a	1.14a	1.78a
SFC3	9.48a	1.77ab	10.49a	18.93a	1.67a	2.14a
Correlation	0.685**	0.671*	0.448	-0.264 ^{NS}	-0.255 ^{NS}	-0.168 ^{NS}

¹⁾Treatments were as follows. NF: non-fertilizer; Control: blending fertilizer with compound fertilizer, urea, and potassium chloride (N-P₂O₅-K₂O=10.9-4.4-7.8); SFC1: SFC 250 kg/10a; SFC2: SFC 500 kg/10a; SFC3: SFC 1000 kg/10a. These fertilizers were applied before 15 days planting young radish.

²⁾Means with same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test $p \leq 0.05$ level.

³⁾Correlation coefficient between each soil growth factor and applying amount of SFC (n=8).

^{NS}, * and ** represent not significant difference, significant at the 0.05 and 0.01 probability level by correlation coefficient, respectively.

성($p \leq 0.05$)을 나타냈고, T-N, OM 및 Av-P₂O₅는 정의 상관성($p \leq 0.05$)을 나타냈다.

SFC의 처리 후 포장시험에서 따른 근권토양의 pH는 포트 시험과 다른 경향을 나타냈다. 이는 포트시험의 경우 골프장에서 관개용수로 이용하는 중수돗물이었으나 포장시험의 경우에는 중수돗물과 강우를 함께 이용했기 때문으로 판단된다. 포트 시험에서 관개용수로 이용한 중수돗물은 pH가 9.2로 알칼리

성을 나타내어 장마 후 관수 시 중수돗물을 지속적으로 이용하여 토양 pH를 상승한 것으로 판단된다.

시험 종료 후 SFC 처리구에서 대조구보다 OM과 T-N이 증가한 것은 SFC의 처리로 유기물이 공급되었기 때문이며, 일 반적으로 토양 내 OM은 토양 내 T-N과 CEC를 증가시켜 토 양의 비옥도가 개선되는 것으로 판단된다[12]. 다만 SFC 처리 시 토양 내 치환성 나트륨 함량이 증가하므로 염류집적이 우

Table 6. Changes of soil chemical properties after soldier fly compost in the lettuce

Treatment ¹⁾	pH (1:5)	EC (ds/m)	T-N (%)	OM	Av -P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable cation				CEC
						K	Ca	Mg	Na	
NF	7.21a ²⁾	0.25b	0.03c	0.20c	32.7b	0.24a	3.02b	0.85a	0.33b	4.37b
Control	7.13ab	0.32b	0.03c	0.22c	46.1b	0.24a	3.05b	0.82a	0.38b	4.37b
SFC1	7.08ab	0.51ab	0.04bc	0.64b	46.1b	0.28a	3.42ab	0.97a	0.58ab	4.97ab
SFC2	6.98ab	0.54ab	0.05b	0.84b	69.5b	0.29a	3.75ab	1.00a	0.55ab	4.87ab
SFC3	6.93b	0.78a	0.09a	1.79a	136.3a	0.31a	4.14a	1.07a	0.89a	5.83a
Correlation ³⁾	-0.606 ^{NS}	0.473 ^{NS}	0.925**	0.847**	0.741*	0.262 ^{NS}	0.563 ^{NS}	0.290 ^{NS}	0.505 ^{NS}	0.505 ^{NS}

¹⁾Treatments were as follows. NF: non-fertilizer; Control: blending fertilizer with compound fertilizer, urea, and potassium chloride(N-P₂O₅-K₂O=10.2-4.9-8.7); SFC1: SFC 250 kg/10a; SFC2: SFC 500 kg/10a; SFC3: SFC 1000 kg/10a. These fertilizers were applied before 15 days planting lettuce.

²⁾Means with same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test $p \leq 0.05$ level.

³⁾Correlation coefficient between each soil chemical factor and applying amount of SFC (n=8).

^{NS}, * and ** represent not significant difference, significant at the 0.05 and 0.01 probability level by correlation coefficient, respectively.

Table 7. The growth of lettuce after applying soldier fly compost

Treatments ¹⁾	No of leaves (ea/plant)	Leaf length (cm)	Leaf width	Fresh weight (g/plant)	Dry weight
NF	13.2c ²⁾	12.8b	6.3c	25.1b	2.9b
Control	21.4ab	15.8a	9.6a	71.3a	7.2a
SFC1	17.8bc	13.8ab	7.4bc	28.4b	2.7b
SFC2	18.3bc	15.0ab	8.0abc	36.3ab	3.5b
SFC3	23.4a	14.8ab	8.3ab	54.9ab	5.3ab
Correlation ³⁾	-0.110 ^{NS}	-0.261 ^{NS}	0.340 ^{NS}	-0.097 ^{NS}	-0.129 ^{NS}

¹⁾Treatments were as follows. NF: non-fertilizer; Control: blending fertilizer with compound fertilizer, urea, and potassium chloride (N-P₂O₅-K₂O=10.2-4.9-8.7); SFC1: SFC 250 kg/10a; SFC2: SFC 500 kg/10a; SFC3: SFC 1000 kg/10a. These fertilizers were applied before 15 days planting lettuce.

²⁾Means with same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test $p \leq 0.05$ level.

³⁾Correlation coefficient between each growth factor and applying amount of SFC (n=11).

^{NS} represents not significant difference by correlation coefficient.

려되므로 과량으로 사용하거나 연작 시 작물의 생육 감소에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다[10].

엽분을 다량으로 함유하는 부산물비료를 처리하는 경우 토양 내 엽분 함량을 증대시키는 결과를 초래하고[13], 시설재배의 경우 강우차단과 유기물 및 엽류의 축적으로 토양 내 엽류 집적의 원인으로 작용하는 것으로 알려져 있다[14]. 따라서 SFC를 농업토양 현장에 적용하는 경우 토양검정 후 토양의 특성을 조사한 후 시비하는 것이 필요하다[15].

SFC 처리에 의한 상추의 생육을 조사한 결과는 Table 7과 같다. 엽수는 13.2-21.4 ea/plant를, 엽장과 엽폭은 각각 12.8-15.8 cm와 6.3-9.6 cm을, 그리고 생물중과 건물중은 각각 25.1-71.3 g/plant와 2.9-7.2 g/plant를 나타냈다. 무처리구와 비교할 때, 대조구와 SFC3 처리구는 엽수에서 각각 62.7%와 77.8%씩, 엽장에서 각각 23.2%와 15.9%씩, 엽폭에서 각각 51.2%와 30.4%씩 증가하였다. 대조구와 비교할 때, SFC 처리구는 엽수와 엽장은 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 엽폭, 생물중 및 건물중은 SFC3 처리구에서 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. SFC의 처리량과 상추의 생육지수간의 상관관계 조사에서 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 건물중으로 상추의 생육을 평가할 때, SFC 처리구에서 화학비료 처리구와 유사한 생산량을 나타내기 위해서는 최소 1000 kg/10a 이상을 사용해야하는 것으로 판단된다. Kim et al. [16] 은 배추에서 무기질비료의 질소 이용율은 약 24%이나 유기질비료의 질소 이용율은 16%로 화학비료의 질소 이용율의 75% 정도에 불과하다고 보고하여 SFC 처리 시 질소 이용율이 감소한 것으로 판단된다. 또한 대조구와 질소 공급량이 동일한 SFC2 처리구의 건물중이 대조구보다 감소한 것은 엽분의 영향으로 판단된다. Kim et al. [10]은 엽분을 다량으로 함유한 음식물류 폐기물 건조분말 처리 시 질소 공급량에 관계없이 엽채류의 생육을 감소시키며, 엽분이 1% 이상 증가한 경우 상추의 생육을 감소시킨다고 보고하였고, 연작의 피해 여부에 대한 조사가 필요하다고 하였다. 따라서 부숙유기질비료로서 SFC를 작물재배에 이용하기

위해서는 연작에 따른 토양환경의 변화에 대한 조사가 필요한 것으로 판단된다.

결론

본 연구는 동애등애분(SFC) 처리 후 토양과 작물생육에 대한 특성 변화를 조사하기 위하여 수행하였다. 처리구는 무처리구, 대조구, SFC1 처리구(SFC 250 kg/10a), SFC2 처리구(SFC 500 kg/10a), 그리고 SFC3 처리구(SFC 1,000 kg/10a)로 설정하였다. 포트시험에서 대조구와 비교할 때, SFC3 처리구의 유기물과 치환성 나트륨은 증가하였고, 열무의 생육 및 양분의 흡수량은 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. SFC 처리량에 따라 전질소, 유기물 및 양이온치환용량과 같은 토양 요인과 질소와 인의 흡수량은 정의 상관관계($p \leq 0.05$)를 나타냈다. 포장시험에서 대조구와 비교할 때, SFC3 처리구는 전기전도도, 전질소, 유기물, 유효인산, 치환성칼슘 및 양이온치환용량이 증가되었고, 상추의 생육은 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. SFC 처리량에 따라 전질소, 유기물 및 유효인산은 정의 상관관계($p \leq 0.05$)를 나타냈다. 상기 결과들을 종합할 때, SFC의 처리는 토양 중 유기물 함량과 양이온치환용량의 증가로 토양의 양분 유효도를 증대시킨다는 것을 확인하였다.

Note

The authors declare no conflict of interest.

References

- Kim JI (1997) Newly recording two exotic insects species from Korea. Journal of Korean Biota, 2, 223-225.
- Kim SH (2010) Recently policy and progress for decreasing food wastes. Journal of Korea Organic

- Resources Recycling Association, 18(4), 13-19.
3. Holmes LA, Vanlaerhoven SL, Tomberlin JK (2012) Relative humidity effects on the life history of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Environmental Entomology*, 41(4), 731-1042. <https://doi.org/10.1603/EN12054>.
 4. Choi YC, Park KH, Lee Y, Moon SK, Choi H (2013) Effect analysis of compost derived by black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) using plant growth analysis method. *Journal of Sericultural and Entomological Science*, 51(2), 107-113. <https://doi.org/10.7852/jses.2013.51.2.107>.
 5. Choi Y, Choi J, Kim J, Kim M, Kim W, Park K, Bae S, Jeong G (2009) Potential usage of food waste as a natural fertilizer after digestion by *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *International Journal of Industrial Entomology*, 19(1), 171-174.
 6. Lee SB, Kim YS, Ham SK, Lim HJ, Choi YC, Park KH (2013) Effect of soldier fly casts mixed soil on change of soil properties in root zone and growth of zoysiagrass. *Weed and Turfgrass Science*, 2(3), 298-305. <https://doi.org/10.5660/WTS.2013.2.3.298>.
 7. Lee CH, Park SJ, Kim MS, Yun SG, Ko BG, Lee, DB, Kim SC, Oh TK (2015) Characteristics of compost produced in food waste processing facility. *Journal of Agricultural Science*, 42(3), 177-181. <http://dx.doi.org/10.7744/cnujas.2015.42.3.177>.
 8. Yoo J H, Kim JH, Lee JH, Chun JH, Deogratus L, Kang YG, Woo HN, Oh TK, Kim SH (2020). Effect of organic fertilizer mixed with dehydrated food waste powder on growth of leaf lettuce. *Korean Journal of Agricultural Science*, 47(4), 1021-1027. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20200085>.
 9. Yu YS, Chang GW, Lee JW (2001) Effect of the application of residual food compost on growth of red pepper (*Capicum ammuum* L.) and physicochemical properties of soil. *Journal of Korea Organic Resources Recycling Association*, 9(4), 81-88.
 10. Kim YS, Kim D, Lee GJ (2019) Physicochemical properties of a mixture of dried food waste powder with organic fertilizer and effects on the growth of major leafy vegetable. *Journal of Korea Organic Resources Recycling Association*, 27(4), 5-13. <https://doi.org/10.17137/korrae.2019.27.4.5>.
 11. Kussow WR, Soldat DJ, Kreuser WC, Houlihan SM (2012) Evidence, regulation, and consequences of nitrogen-driven nutrient demand by turfgrass. *International Scholarly Research Network ISRN Agronomy*, 359284, 1-9. <https://doi.org/10.5402/2012/359284>.
 12. Park YD (2019) Soil physicochemical properties of forest and steppe areas near Ulaanbaatar, Mongolia. *Journal of Agriculture and Life Science*, 53(5), 105-114. <https://doi.org/10.14397/jals.2019.53.5.105>.
 13. Lee SE (2000) Sodidity difference between paddy and upland soil as affected by food waste compost application. *Journal of Korean Society of Soil Science and Fertilizer*, 33(2), 92-99.
 14. Lee YJ, Choi JH, Sim SJ, Ha TH, Lee HG (2014) A field study on electro kinetic removal of salts from greenhouse soil. *Korean Chemical Engineering Research*, 52(1), 126-132. <http://dx.doi.org/10.9713/ker.2014.52.1.126>.
 15. Choi WY, Lee KS, Ko JC, Park HK, Kim SS, Kim BK, Kim CK (2004) Nitrogen fertilizer management for improving rice quality under different salinity conditions in tidal reclaimed area. *Korean Journal of Crop Science*, 49(3), 194-198.
 16. Kim MS, Park SJ, Kim SH, Hwang HY, Shim JH, Lee YH (2020) Effects of application amount of organic compound fertilizer on lettuce growth and soil chemical properties under plastic film house. *Korean Journal of Organic Agriculture*, 53(3), 382-390. <https://doi.org/10.7745/KJSSF.2020.53.3.382>.