

시설재배지에서 유기복합비료 시용량에 따른 상추 생육 및 토양화학성에 미치는 영향

김명숙^{at}, 박성진^a, 김성현^a, 황현영^a, 심재홍^a, 이윤혜^a

Effects of Application Amount of Organic Compound Fertilizer on Lettuce Growth and Soil Chemical properties under Plastic film house

Myung-Sook^{at}, Seong-Jin Park^a, Sung-Hyun Kim^a,
Hyun-Young Hwang^a, Jae-Hong Shim^a, Yun-Hae Lee^a

(Received: Jul. 7, 2020 / Revised: Sep. 18, 2020 / Accepted: Sep. 18, 2020)

ABSTRACT: The Project supporting organic fertilizer started in 1999 as a national policy. In farmhouse, over application of mixed organic compound fertilizer(OC) caused salt accumulation in plastic film house soil. To replace inorganic fertilizer with OC fertilizer, this study was investigated the effect of OC application on yield and soil chemical properties for lettuce cultivation in plastic film house. The OC fertilizer was applied at 50(OC50+N50), 100(OC100), and 150(OC150) % level of the basal amount of nitrogen fertilizer in soil testing recommendation. And these were compared to NPK(nitrogen, phosphat, and potash fertilizer) and PK treatment. The yield of lettuce in OC100 was similar to that of NPK treatment. In OC 50, 100 and 150 treatments, pH had a tendency to increase than that of NPK treatment. Nitrate nitrogen(NO₃-N) and electrical conductivity(EC) were similar to NPK treatment. These showed that nutrients from OC fertilizer were less likely to accumulate in soil than NPK. Also, use efficiency of nitrogen in OC100 treatment were similar to NPK treatment. These results suggest that OC application as the basal dressing at the 100% level could be best to prevent a nutrient accumulation of soil and to increase the yield and commercial quality for lettuce.

Keywords: Organic compound fertilizer, Replacement ratio of inorganic nitrogen fertilizer, Plastic film house soil, Lettuce

초 록: 국가정책사업인 유기질비료 지원사업은 1999년부터 시작되었고, 유기질비료의 과다 시용은 시설재배지의 양분 집적을 초래했다. 시설상추 재배 시 안정적인 수량 확보와 과다 시비로 인한 환경오염을 예방하기 위해 유기복합비료의 적정 추천량 기준을 설정하고자 시험하였다. 유기복합비료의 무기질 질소 기비량의 대체비율은 토양검정 질소 기비량(8.6 kg 10a⁻¹)을 기준으로 100%에서 작물수량이 높았다. 토양의 질산태질소와 전기전도도도 무기질비료 처리구보다 낮은 함량을 나타냈다. 또한, 기비량 100%를 유기복합비료로 대체한 경우에 질소이용율은 23%로 무기질비료 처리구와 유사하게 나타났다. 이러한 결과로부터 상추의 수량을 증가시키고 토양 중에 투입된 비료성분의 토양 잔류 정도를 최소화하는 관점에서는 유기복합비료를 무기질 질소 기비량의 100%를 대체하는 것이 타당하다고 판단된다.

주제어: 유기복합비료, 무기질 질소의 대체비율, 시설재배지, 상추

^a 국립농업과학원 토양비료과 농업연구관(Soil researcher, Soil & Fertilizer Management Division, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration)

[†] Corresponding author(e-mail: msk74@korea.kr)

1. 서론

상추는 엽상추(칭치마, 청축면, 적축면, 적치마)가 주를 이루며¹⁾, 2019년 3,773ha에서 93,543톤이 생산되었고, 이 중에서 시설재배면적은 3,041ha에서 79,030톤이 생산되었다²⁾. 상추는 전체 쌈채소 중 가장 많은 점유율을 차지하고 있으며, 친환경 재배로 안전한 먹거리로서 여겨지고 있다¹⁾. 또한, 정부의 화학비료 사용량 감축 정책³⁾에 따라 유기질비료 사용량도 매년 꾸준히 증가하여 왔고, 2016년 526천톤, 2017년 539천톤, 2018년 509천톤을 공급하였다⁴⁾. 이러한 정부정책으로 인해 친환경 농업과 고소득의 경제성 작물을 재배하는 농가에서 유기질비료의 사용량도 증가하여 왔다⁵⁾. 또한, 유기질 비료를 포함한 비료의 과다 시용은 토양 중 질산태 질소, 토양 염류를 증가하는 원인으로 여겨지고 있다^{6),7)}. 농경지를 적절한 양분 수준으로 잘 관리하기 위해서는 비료를 적정하게 투입하여 작물을 건전하게 키우는 것이 중요하다⁸⁾. 그 중에서 질소는 작물이 다량으로 흡수하는 필수원소로서, 안정적으로 작물의 생산성을 얻기 위해 토양의 양분상태에 따른 유기질비료의 적정한 추천량의 제시가 필요하다.

비료공정규격에서 유기복합비료는 유기질비료의 한 종류로서, 식물성유박(박), 동물성 잔재물, 천연 광물 등 유기물질 2종 이상의 원료를 혼합하여 제조한 것을 말한다⁹⁾. 유기복합비료의 질소함량은 4~10%이고, 무기질비료에 비해 천천히 분해되는 특성이 있다¹⁰⁾. 유기복합비료는 노지마늘 재배 시 기비 질소사용량의 100%를 대체할 수 있다고 발표한 연구가 있다¹¹⁾. 그 이외에 유박 및 혼합유기질비료에 관해 연구가 주로 이루어졌다. 시설상추 재배 시 유박

(아주까리유박, 채종유박, 팜박, 대두박)의 투입으로 질소이용율, 수량성을 평가하여 적정사용량을 산출하였고¹²⁾, 유기질비료의 추천시비량 처리 시 수량이 가장 좋았으며, 과다한 양을 처리한 구에서는 비해가 발생하였으나, 미생물제제의 혼용에 의해 비해가 현저히 감소하였다고 발표하였다⁶⁾. 그리고 시설조건에서 혼합유기질 및 유박 처리 시 pH, 토양유기물, 유효인산, 전기전도도에 영향은 있지만 통계적으로 차이가 없었다고도 발표하였다^{5),13),14)}. 이러한 연구자료에서 볼 때, 유기복합비료를 이용한 시설작물의 적정 추천량을 설정하는 연구는 부족한 편이라고 할 수 있다.

그래서 본 연구에서는 시설상추 재배 시 무기질비료인 질소 기비 대체비율과 토양의 화학성, 그리고 상추의 질소이용율을 평가하고자 연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 유기복합비료의 무기질 질소비료 기비량 대체비율 평가

공시토양은 토양전기전도도 적정범위($\leq 2.00 \text{ dS m}^{-1}$)¹⁵⁾ 근처(2.04 dSm^{-1})인 시설농가의 상추 재배했던 포장을 선정하였고, 토양의 화학적 특성은 Table 1과 같다.

본 시험의 처리구는 질소 결측구인 PK구, 토양검정비료 사용량(N-P₂O₅-K₂O= 17.2-7.1-24.8 kg 10a⁻¹)¹⁵⁾을 투입한 NPK구, 유기복합비료(OC)를 무기질 질소(N)의 기비량(8.6 kg 10a⁻¹) 대비 50%, 100%, 150%로 투입한 처리구(OC50+N50, OC100, OC150)로 구분하였고, 총 5수준에 3반복으로 실험하였다. 처리

Table 1. Chemical Properties of Soil Used in this Study

Soil	pH (1:5H ₂ O)	EC (dSm ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Avail.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch.K (cmol _c kg ⁻¹)	NO ₃ -N (mg kg ⁻¹)	NH ₄ -N (mg kg ⁻¹)
Plastic film house soil	7.0	2.04	21	371	0.11	26	12
Optimum range for lettuce cultivation†	6.5~7.0	≤ 2.00	20~30	250~450	0.40~0.60	50~200	-

†RDA, 2019

구별 비료 사용량은 Table 2와 같고, 처리구당 면적은 20 m²이며, 시험구 배치는 완전임의배치법으로 하였다.

유기복합비료를 토양과 경운하여 잘 혼합하였고, 유기복합 비료를 투입한 지 14일이 경과한 후(2018년 10월 23일)에 상추(품종: 선풍골드)를 정식하였으며, 2018년 12월 5일부터 이듬해인 2019년 4월 17일까지 수확하였다. 토양은 유기복합비료를 처리하기

전과 상추를 최종 수확한 후에 채취하여 분석하였고, 상추의 잎과 줄기는 최종 수확기에 채취하여 총 질소, 총인, 총칼륨 함량을 분석하였다. 시설상추를 재배하는 동안의 토양수분/온도센서(5TE, Decagon)를 이용하여 지온과 수분함량을 측정하였고, 이들의 평균치는 Fig. 1 같다. 평균 지온은 12°C로서 최소, 최대 수치는 각각 7, 22°C였고, 용적수분함량은 평균 30%로, 26~38%의 범위에 분포하였다.

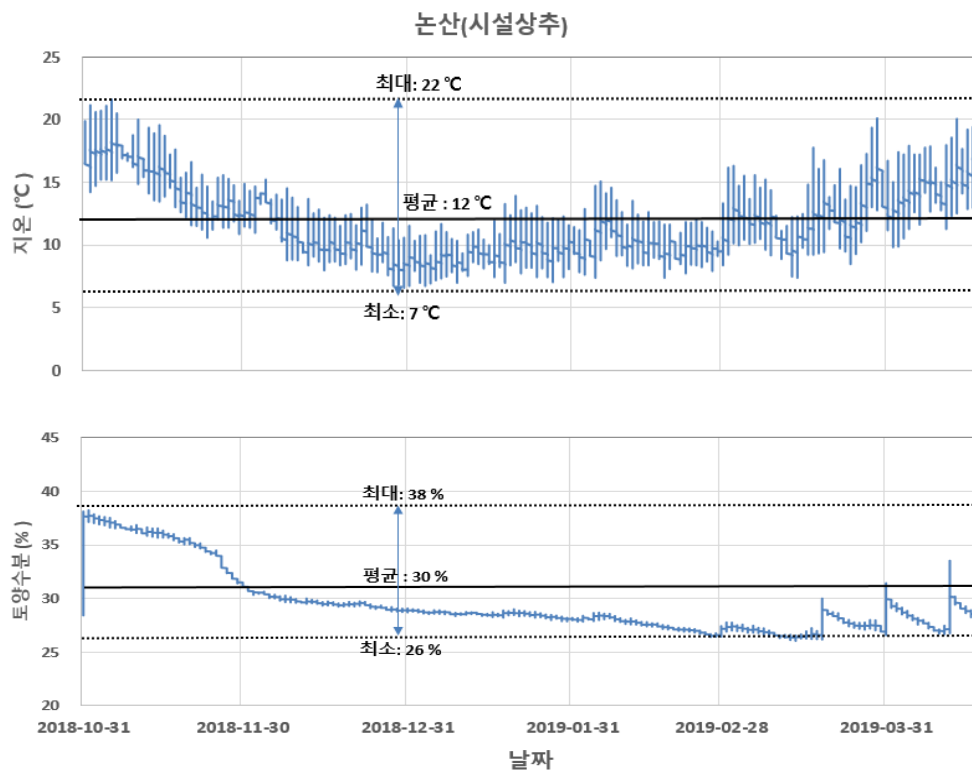


Fig. 1. Change of soil temperature and moisture under field experiment.

Table 2. Treatment Conditions Used in this Study (kg 10a⁻¹)

Treatment	Basal dressing				Top dressing	
	Organic compound fertilizer		Inorganic fertilizer		Inorganic fertilizer	
	Nitrogen (N)	Nitrogen (N)	Phosphate (P ₂ O ₅)	Potash (K ₂ O)	Nitrogen (N)	Potash (K ₂ O)
PK [†]	0	0	7.1	12.4	-	12.4
NPK	0	8.6	7.1	12.4	8.6	12.4
OC50+N50	4.3	4.3	6.3	12.4	8.6	10.0
OC100	8.6	0	5.4	12.4	8.6	10.0
OC150	12.9	0	4.6	8.7	4.3	10.0

[†]N, P, K, and OC mean nitrogen, phosphate, potash fertilizers, and organic compound fertilizer, respectively.

상추 수량은 처리구당 70주씩 채취하여 무게를 측정하였고, 질소 이용율은 식1과 같이 계산하였다.

$$\text{질소 이용 효율(\%)} = \frac{\text{유기복합 처리구의 질소흡수량(kg/10a)} - \text{무처리구의 질소흡수량(kg/10a)}}{\text{질소비료의 총투입량(kg/10a)}} \times 100 \quad \text{Eq.(1)}$$

2.2. 토양 및 식물체 분석

pH와 전기전도도(EC)는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 추출하여 측정하였고, 토양유기물(OM)은 Tyurin 법, 유효인산은 Lancaster법으로 720 nm에서 비색계(U-3000, Hitachi)로 측정하였다. 교환성 칼륨(Exch. K)함량은 1 M NH₄OAc (pH 7.0) 완충용액으로 추출하여 유도결합 플라즈마 발광광도계(GBC, Integra XL, Australia)로 측정하였고, NO₃-N와 NH₄-N 함량은 2M KCl로 추출하여 원소자동분석기(Bran+Luebbe)로 측정하였다¹⁶⁾. 상추의 총질소(T-N) 함량은 건조 후 분쇄하여 C/N 분석기로 측정하였다. 상추의 총인(T-P)과 총칼륨(T-K) 함량은 건조 후 분쇄한 시료를 0.5 g 칭량하고 농황산(conc.H₂SO₄)을 10 mL와 50%의 과염소산(HClO₄) 10 mL를 가하여 분해 후 여과하여 총인은 vanadate 발색법으로 분석하였고, 총칼륨은 플라즈마 발광광도계 (GBC, Integra XL, Australia)로 측정하였다¹⁶⁾.

2.3. 유기복합비료 분석

질소전량, 인산전량, 칼리전량은 비료 품질검사 방법 및 시료채취기준에 따라, 질소전량질소는 황산 분해 후 킬달증류법으로 분석하였으며, 인산전량과 칼리 전량은 마이크로웨이브로 산 가수분해 후 ICP (GBC, Integra XL, Australia)로 각각 측정하였다¹⁷⁾.

유기복합비료는 포장지에 질소전량-인산전량-칼리전량은 9.0-1.0-2.0%가 표기되어 있었고, 실제 유기복합비료를 분석했을 때 질소전량-인산전량-칼리전량은 10.75-2.10-3.06%로 포장재에 표기된 함량보다 약간 높게 나타났다.

2.4. 통계 분석

모든 데이터는 SAS 프로그램 (v. 9.2)으로 통계분석하였고, 시설토양에서 상추를 재배 시 유기복합비료의 시용에 따른 무기질 질소 기비량의 대체비율과 토양화학적 특성을 비교하고자 ANOVA 분석을 실시하였고, Duncan's multiple test로 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 유기질비료의 무기질 질소비료 기비량의 대체비율 평가

시설상추의 수량을 NPK 처리구를 100으로 하여 다른 처리구들의 상대값인 상대 수량 지수(Relative yield index)를 비교한 결과, NPK, OC50+N50, OC100, OC150 처리구들과 PK(질소 결핍구) 처리구 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 그러나, 유기복합 처리구들(OC50+N50, OC100, OC150) 사이에는 통계적 유의한 차이가 나타나지 않았다. 상대 수량 지수는 NPK 처리구에 비해 PK는 58%, 유기복합 50~150% 처리구는 89~93%의 값을 나타냈다 (Table 3).

상추 수확 시기별로 수량 변화를 살펴보면, 정식 후 57일째(2018년 12월 19일)에는 처리구들 사이에

Table 3. Fresh Weight and Relative Yield Index of Lettuce According to Application Level of Organic Compound Fertilizer

Treatment	Fresh weight (kg 10a ⁻¹)	Relative yield index [‡] (%)
PK [†]	3,058 ^{b†}	58
NPK	5,280 ^a	100
OC50+N50	4,820 ^a	91
OC100	5,174 ^a	93
OC150	4,641 ^a	89

Results are the mean of 3 independent experiments.

[†]N, P, K, and OC mean nitrogen, phosphate, potash fertilizers, and organic compound fertilizer, respectively.

[‡] means separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level of significance.

수량의 차이가 크지 않았으나, 정식 후 100일째(2019년 1월 31일)에 OC100, OC150 처리구들은 NPK, OC50 처리구보다 수량이 높아지는 경향이 있었다. 이러한 현상은 지온이 낮은(7~15°C) 겨울철(11월~1월)에 유기복합비료의 투입비율(100, 150%)이 높아짐에 따라 토양 중 분해 속도가 느려지고, 이로 인해 작물로의 질소 공급력이 낮아지기 때문에 상추의 초기생육단계에서 수량이 적었다고 판단된다. 이와 다르게 지온이 상승하는 2월부터 4월까지는 NPK 처리구, 유기복합 처리구(OC50, OC100, OC150) 사이에는 수량의 차이를 나타내지 않았다(Fig. 2).

피마자박, 대두박 및 탈지강을 토양과 혼합하여 실내향온배양을 실시한 실험에서, 배양온도가 낮으면(10°C) 무기태 질소의 생성량이 배양온도가 높을 때(30°C)보다 1.5배 낮았다⁶⁾고 발표하여 분해온도가 유기질비료의 양분 공급력에 큰 영향을 준다는 것을 알 수 있다. 겨울철에 유기복합비료는 지온이 낮아 분해율이 낮기 때문에 추비로 무기질비료의 공급이 반드시 필요하리라 생각된다.

본 실험에서 무기질 질소(N) 기비량을 유기복합비료로 대체할 경우에 수량의 통계적 차이는 없지만, 다른 처리구보다 수량이 높은 경향을 나타내는 기비량을 100%로 대체하는 추천량이 적당하리라 판단된다. 이와 유사한 연구로서, Uhm et al.(2011)은

혼합유박비료를 무기질 질소 기비량의 75~125%까지 대체가 가능하고 나머지 양은 웃거름으로 사용하는 것을 추천하였으며¹⁴⁾, 대파 재배(2007년 10월~2008년 3월) 시 혼합유기질비료를 토양검정사용량으로 전량 기비로 투입하는 것을 추천하였다¹³⁾.

상추가 흡수한 총질소, 총인, 총칼리 함량을 유기복합비료를 처리한 수준별로 비교해 본 결과, 총질소, 총인, 총칼륨 함량은 OC50+N50, OC100, OC150 처리구와 PK 처리구와는 통계적 유의한 차이가 있었으나, 유기복합비료 처리구(OC50+N50, OC100, OC150), NPK 처리구 사이에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 총질소, 총인, 총칼륨의 함량은 유기복합비료의 무기질 질소 기비량의 대체비율이 100%까지는 질소, 인, 칼륨의 함량이 증가하는 경향을 나타냈었고, 이것은 유기복합비료의 사용은 토양으로부터 상추로의 질소, 인, 칼륨의 공급력을 향상시키는 경향이 있다고 해석된다(Table 4).

3.2. 유기복합비료 투입이 토양화학성에 미치는 영향

시설상추농가 포장에서 유기복합비료를 무기질 질소 기비량의 50%, 100%, 150%로 처리한 후 최종 수확기에 OM, NH₄-N는 모든 처리구에서 차이가 없었다. 이는 시설조건에서 혼합유기질 및 유박 처리

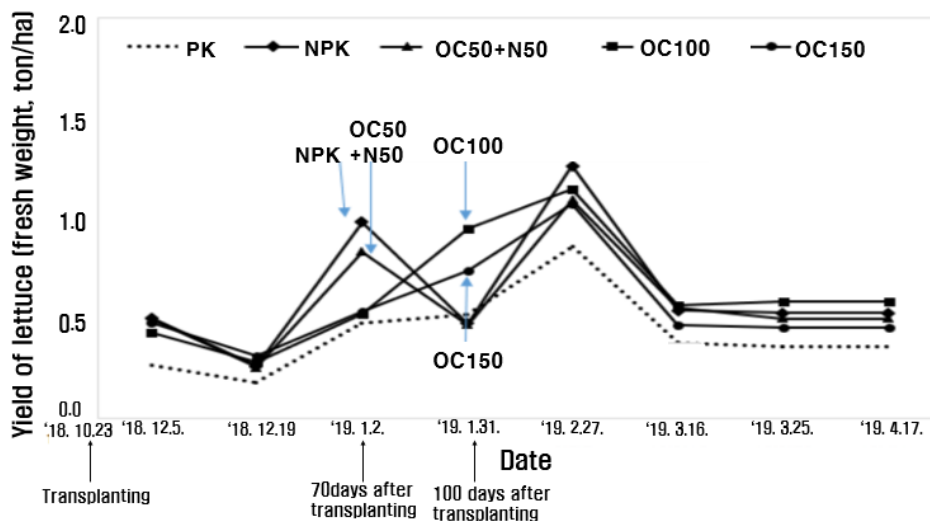


Fig. 2. Changes of fresh weight of lettuce by time after application of organic compound fertilizer from autumn of 2018 to spring of 2019.

Table 4. Inorganic Nutrient Uptaken by Lettuce by Treatment of Organic Compound Fertilizer (kg 10a⁻¹)

Treatment	T-N	T-P	T-K
PK [†]	28.4 ^{b‡}	3.4 ^c	58.1 ^b
NPK	46.9 ^a	5.7 ^a	96.0 ^a
OC50+N50	36.1 ^b	5.5 ^{ab}	83.7 ^a
OC100	38.5 ^{ab}	6.0 ^a	94.1 ^a
OC150	32.9 ^b	5.1 ^b	87.8 ^a

[†]N, P, K, and OC mean nitrogen, phosphate, potash fertilizers, and organic compound fertilizer, respectively.

[‡]means separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level of significance.

Table 5. Chemical Properties of Soils by Treatment of Organic Compound Fertilizer at the Stage of Lettuce Harvesting

Treatment	pH (1:5H ₂ O)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Avail.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch.K (cmol _c kg ⁻¹)	NO ₃ -N (mg kg ⁻¹)	NH ₄ -N (mg kg ⁻¹)
PK [†]	7.2 ^{c‡}	4.61 ^b	24 ^a	486 ^a	0.15 ^a	1.8 ^b	7.4 ^a
NPK	7.3 ^{bc}	5.13 ^a	25 ^a	490 ^a	0.12 ^{ab}	5.1 ^a	7.4 ^a
OC50+N50	7.5 ^a	4.65 ^{ab}	24 ^a	467 ^{ab}	0.09 ^b	2.1 ^b	6.7 ^a
OC100	7.3 ^{abc}	4.97 ^a	26 ^a	464 ^{ab}	0.10 ^b	7.2 ^a	7.0 ^a
OC150	7.4 ^{ab}	4.98 ^a	25 ^a	435 ^b	0.09 ^b	6.4 ^a	6.3 ^a
Optimum range for lettuce cultivation [‡]	6.5~7.0	≤2.00	20~30	250~400	0.40~0.60	50~200	-

[†]N, P, K, and OC mean nitrogen, phosphate, potash fertilizers, and organic compound fertilizer, respectively.

[‡]means separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level of significance.

[‡]RDA, 2019

시 무기질비료 처리구(NPK)와 비교해 토양유기물 함량에 통계적으로 유의한 차이가 없었다고 발표한 기존의 연구결과와 유사하였다^{13),14)}. 유기복합 비료는 유기물을 70%로 보충하고 있지만, 비료 원료의 특성상 쉽게 분해되는 특성이 있어서, 토양에 투입된 후에는 대부분 무기화로 분해되기 때문에 토양유기물 증가에 큰 영향을 주지 않았다고 판단된다. 토양의 EC, NO₃-N 함량은 유기복합 처리구들(OC100, OC150)에서 PK구보다 통계적으로 유의하게 높았으나, NPK 처리구와는 유사하게 나타났다. Exch. K은 유기복합 처리구들(OC50+N50, OC100, OC150)의 함량이 PK보다 비교적 적게(0.05~0.06 cmol_c kg⁻¹) 나타났다. 이것은 작물이 칼륨을 흡수하는 정도에 따라 토양 중의 Exch. K 함량은 감소하기 때문이라고 판단된다. 시설수박 재배 시험에서 EC, NO₃-N의 함량은 혼합유박 대체량이 높은 처리구에서 시험전과 비슷하거나 조금 낮은 경향을 나타내므로, 양분집적의 우려가 적다고 발표한 기존 연구결과¹⁴⁾와 유사하

다고 판단된다. 무기질 질소(N) 기비량을 유기복합 비료로 대체할 경우에 100%까지 대체가 가능하다고 생각된다 (Table 5).

3.3. 유기복합비료 투입에 따른 상추의 질소 이용율

상추의 질소이용율은 무기질비료 처리구(NPK)에서 24%인데 비해 유기복합 처리구인 OC50+N50, OC150에서 각각 18%, 16%로 낮아졌다. 그러나 OC100 처리구는 NPK 처리구와 유사하게 나타났다(Fig. 3).

봄작기에 상추를 재배할 때, 토양검정시비구의 질소 100%에 해당하는 유박을 토양에 투입하면 질소이용율은 25.3~34.2%로 나타난다고 발표하였는데¹²⁾, 본 연구에서는 약간 낮은 수치였지만 큰 차이는 아니라고 판단된다. 가을철에 혼합유박을 투입하여 재배한 배추의 질소이용율은 비닐 무멀칭 재배시 26~29%로 나타났으나, 비닐 멀칭 재배시 39~51%로 높아진다는 연구결과에서 알 수 있듯이 지온의

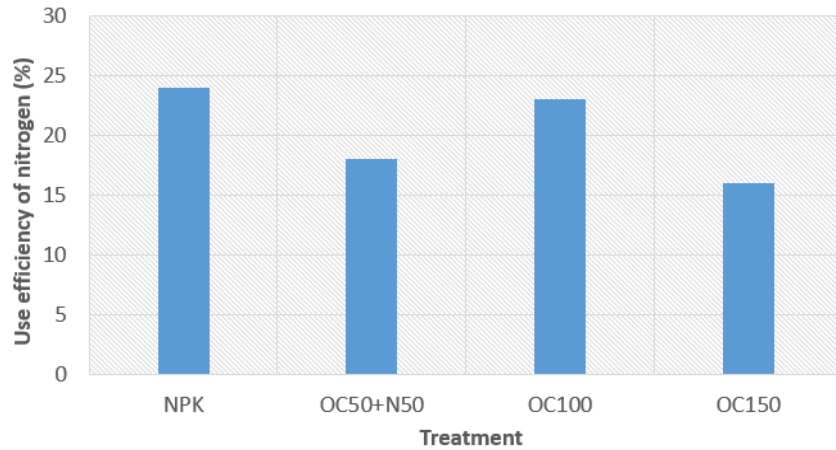


Fig. 3. Use efficiency of nitrogen for of lettuce cultivated in plastic film house soil. N, P, K, and OC mean nitrogen, phosphate, potash fertilizer, and organic compound fertilizer, respectively.

작물의 질소이용율에 큰 변화에 주는 요인이다. 이로부터 유기복합비료 투입 시 작물의 질소 이용율을 높이려면 지온이 낮은 겨울 또는 봄 재배보다는 지온이 높은 여름조건보다 농경지에 투입하여 작물을 재배하는 것이 유리하다고 판단된다.

결론적으로 시설상추 겨울 재배지에 유기복합의 적절한 기비량을 대체하는 비율은 100%이고, 유기복합비료의 투입은 지력을 유지하고, 무기질 질소비료의 기비량을 대체하는 비료로서 그 활용성이 높다고 판단된다.

정식전에 질소 기비 기준으로 100%까지 투입하고, 나머지 양은 무기질비료를 공급하는 것이 적당하리라 생각된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ012623022020)의 지원에 의해 이루어진 것임.

4. 결론

시설상추 재배 시 안정적인 수량 확보와 과다시비에 따른 염류집적을 예방하기 위해 유기복합의 적정 추천량을 설정하고자 시험하였다. 유기복합의 무기질 질소 기비량의 대체비율은 상추의 수량인 높고, 토양 양분의 잔류량이 적은 기준을 적용했을 때, 토양검정 질소 기비의 100%를 투입하는 것이 적당하리라 판단한다. 겨울철의 유기복합를 투입하고 상추를 재배하였을 때 질소이용율은 9~21%로 나타났다. 이는 유기복합비료의 투입량을 계산할 때 고려할 필요가 있다. 유기질비료인 유기복합비료로 무기질비료의 질소 기비량을 대체할 수 있고, 상추

References

1. Rural Development Administration, "Lettuce-an guide to agricultural technology 160", 3rd ed., Rural Development Administration, pp. 8~22. (2018).
2. Korean Statistical Information Service(KOSIS) site, "National statistics: survey of agricultural area", url; <http://kosis.kr/index/indexdo>, access date; 2020.03.25.
3. Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs, "The national third five-year plan for environmental agriculture", Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs, pp. 21~26. (2010).
4. Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs,

- “Practice guideline of project of organic fertilizer”, Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs, (2019).
5. Kim, M. S., Park, S. J., Kim, S. H., Hwang, H. Y. and Kim, S. C., “Evaluation of replacement ratio of mixed oilcake for basal application of inorganic fertilizers in watermelon cultivation at the plastic film house soil”, *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 52(4), pp. 318~324. (2019).
 6. Jo, S. H., Park, T. H. and Chang, K. W., “Effects of *Brassica campestris* L. and *Lactuca sativa* L. Yield by application of organic fertilizers and microorganisms”, *Journal of the Korea Waste Recycling Council*, 9(2), pp. 88~92. (2001).
 7. Lee, Y. J., Choi, D. H., Kim, S. H., Lee, S. M., Lee, Y. H., Lee, B. M. and Kim, T. W., “Long-term changes in soil chemical properties in organic arable farm systems in Korea”, *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 37(4), pp. 228~234. (2004).
 8. Lim, T. J., Park, J. M., Lee, S. E., Jung, H. C., Jeon, S. H. and Hong, S. D., “Optimal Application Rate of Mixed Expeller Cake and Rice Straw and Impacts on Physical Properties of Soil in Organic Cultivation of Tomato”, *Korean Journal of Environment Agriculture*, 30(2), pp. 105~110. (2011).
 9. Rural Development Administration, “Official Standard of commercial fertilizer”, Rural Development Administration, pp. 159~301. (2019).
 10. Cho, S. H. and Chang, K. W., “Nitrogen mineralization of oil cakes according to changes in temperature, moisture, soil depth and soil texture”, *Journal of Korea Organic Resource Recycling Association*, 15(1), pp. 149~158. (2007).
 11. Kim, S. H., Hwang, H. Y., Seo, H. B., Rim, J. E., Park, S. J., Lee, Y. H. and Kim, M. S., “Response of yield and nitrogen use efficiency for garlic on different types and rates of organic fertilizer”, *Journal of the Korea Waste Recycling Council*, 27(4), pp. 35~42. (2019).
 12. Won, T. J., Cho, K. R., Kang, C. S., Roh, C. S. and Lim, A. S., “Effect of different oil cakes on nitrogen use efficiency and lettuce yield in plastic film house soils”, *Proceeding of Korean Society of Soil Science and Fertilizer*, pp. 147. (2009).
 13. Yun, H. B., Lee, J. S., Lee, Y. J., Kim, R. Y., Song, Y. S., Han, S. G. and Lee, Y. B., “Chinese cabbage growth effected by black vinyl mulching and organic fertilizer application in spring season”, *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 44(6), pp. 1107~1111. (2011).
 14. Uhm, M. J., Noh, J. J., Chon, H. G., Kwon, S. W. and Song, Y. J., “Application effect of organic fertilizer and chemical fertilizer on the watermelon growth and soil chemical properties in greenhouse”, *Korean Journal of Environment Agriculture*, 31(1), pp. 1~8. (2011).
 15. Rural Development Administration, “Fertilizer Recommendation for crops”, 4rd ed., Rural Development Administration, pp. 150~151. (2019).