

유기질 비료의 종류 및 시비량이 마늘의 수량과 질소이용효율에 미치는 영향

김성현^{a†}, 황현영^a, 서혜빈^b, 임재은^b, 박성진^c, 이윤혜^d, 김명숙^c

Response of Yield and Nitrogen Use Efficiency for Garlic on Different Types and Rates of Organic Fertilizer

Kim Seong Heon^{a†}, Hwang Hyun Young^a, Seo Hye Bin^b, Rim Jae Eun^b, Park Seong Jin^c, Lee Yun Hae^d, Kim Myung Sook^c

(Received: Oct. 31, 2019 / Revised: Dec. 5, 2019 / Accepted: Dec. 5, 2019)

ABSTRACT: Organic fertilization (OF) was an effective management strategy to improve crop yield and soil fertility. Determination of optimum application rate has been received great interest as a major research field. In this study, we evaluated optimum application level of three different organic fertilizers; mixed expeller compost (MEC), mixed organic fertilizer (MOF) and organic complex fertilizer (OCF), for garlic cultivation. Treatments consisted of MEC, MOF, OCF (50, 100, 150% of standard nitrogen input), inorganic fertilizer(NPK, N-P₂O₅-K₂O : 250-78-128 kg ha⁻¹) and no-fertilization (control). Overall, the yields of garlic under MEC, MOF and OCF 100% (5,337, 5,617 and 5,276 kg ha⁻¹) were higher than under control (4,496 kg ha⁻¹). The 100% of three OFs treatments showed the highest yield and bulb diameter, similar with NPK, while leaf length and bulb height were not significantly different among all treatments. The 150% of three OFs rather decreased yield. The highest nitrogen use efficiency (38.4 and 38.0%) was observed in MOF 100% and OCF100% , which was the most similar with that in NPK (38.8%). As OF application rate increased, pH was decreased, but soil NO₃-N and NH₄-N were increased. There was no significant difference in soil organic matter (OM), av. P₂O₅ and Ex. cation values. From these results, 100% application of OFs could be recommended as a suitable input level for garlic cultivation, regardless of organic fertilizer types. Further study might be required to evaluate long-term OF application effect on soil health and crop productivity.

Keywords: Organic fertilizer, Garlic, Optimum application rate, nitrogen use efficiency

초 록: 유기질 비료는 작물의 수량과 토양의 비옥도를 증진 시킬 수 있는 주요 농자재로 알려지면서, 유기질 비료의 적정 시비량 설정 연구에 대한 관심이 크게 증대되었다. 이에 본 연구는 유기질 비료의 종류 및 시비량을 달리하여

^a 농촌진흥청 국립농업과학원 박사후연구원(Ph.D., National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration)

^b 농촌진흥청 국립농업과학원 연구원(Research staff, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration)

^c 농촌진흥청 국립농업과학원 연구사(Researcher, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration)

^d 농촌진흥청 국립농업과학원 연구관(Senior researcher, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration)

† Corresponding author(e-mail: ksh4054@korea.kr)

마늘을 재배한 후 마늘의 생육, 수량, 질소이용효율 및 토양의 화학적 특성 변화를 확인하고 이를 통해 유기질 비료의 적정 시비량을 제시하고자 수행되었다. 본 시험의 처리구는 무처리, NPK처리구(N-P₂O₅-K₂O : 250-78-128 kg ha⁻¹), 유기질 비료 처리구로 설정하였으며, 유기질 비료 처리구는 혼합유박(MEC), 혼합유기질(MOF), 유기복합(OCF)을 각각 질소시비량(250 kg ha⁻¹)을 기준으로 50, 100 및 150%로 설정하여 시비하였다. 마늘의 생육은 혼합유박을 제외한 혼합유기질 및 유기복합비료 100% 처리구에서 NPK처리구와 유사한 경향을 보였으나 50% 및 150% 시비시 생육이 저하되는 것을 확인하였다. 마늘의 질소이용효율은 혼합유기질 및 유기복합비료의 100%처리구에서 각각 38.4% 및 38.0%로 NPK처리구(38.8%)와 가장 유사하게 나타났다. 마늘 수확 후 토양 특성으로 pH는 유기질 비료 시비에 따라 낮아졌으나 NO₃-N 및 NH₄-N의 농도는 시비량이 증가함에 따라 높아지는 경향이였다. 치환성 양이온, Av.P₂O₅, OM의 함량은 처리구에 따른 유의적인 차이는 없었다. 위의 결과를 통해 마늘 재배 시 혼합유기질 및 유기복합처리구 100% 시비가 가장 효과적이라고 판단되어지나 과다 및 장기 시비에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

주제어: 유기질 비료, 마늘, 적정시비량, 질소이용효율

1. 서론

마늘은 우리나라의 식생활에서 빼놓을 수 없는 향신 채소로서 1인당 연간 10 kg을 소비하며, 국내 재배면적은 4,000 ha내외로 농업생산액이 5천억원에 달하는 농가의 주요 소득 작물 중 하나로 알려져 있다^{1,2)}. 그러나 최근 중국에서 값싼 마늘의 대량 수입으로 인해 마늘의 경영여건이 열악해져 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 새로운 시비방법이나 재배기술 개발을 통해 경제적으로 생산량을 증대할 수 있는 방안이 필요하다. 이에 다양한 연구가 진행되고 있으며 그 중 하나의 방법이 완효성 비료의 사용이다³⁾.

완효성 비료는 비효의 지속기간이 길고 비료성분의 유실 및 용탈이 적으므로 비효가 높아 작물에 안전하고 지속적인 비효를 기대할 수 있다고 알려져 있다⁴⁾. 완효성 비료를 발작물인 고추와 배추에 시비하여 작물의 생육 및 수량이 증대되었다는 연구결과가 있으며 완효성 비료를 시비한 양파의 경우 양파 저장력이 향상되었다는 보고도 있다³⁾. 뿐만 아니라 논에 시비시 완효성 비료는 토양 중의 암모니아태 질소의 방출을 뒤로 늦춤으로서 생육 후기에 식물체내 질소농도를 높여 수당 및 천립중을 증가시키고 단백질의 함량을 증가시켜 3-10% 증수를 가져왔다는 연구결과가 있다⁵⁾. 이와 같이 작물의 재배 특성에 따라 완효성 비료를 시비한 연구가 다양하

게 진행되고 있다.

유기질 비료는 최근 친환경농업 장려정책에 따라 화학비료 사용을 절감하고 대체 방안으로 농업인에게 추천되고 있다^{4,6)}. 유기질 비료는 비료공정규격상 부산물 비료로 규정되어 있으며, 주요성분인 질소, 인산 및 칼리와 같은 주요성분을 보충하고 있다. 현재 농가에 공급되고 있는 유기질비료의 종류는 단일 원료로 제조된 비료보다 2종 이상의 원료를 혼합하여 제조한 유기질 비료인 혼합유박, 혼합유기질 비료 등과 같은 종류가 주를 이루고 있다⁷⁾. 유기질 비료는 작물에 양분 공급기능과 토양 유기물 공급 원으로서 작물의 생육뿐만 아니라 토양의 건전성을 개선할 수 있다고 알려져 있다⁷⁾. 또한 작물의 양분 공급원으로서 유기질 비료는 질소함량이 가축분 퇴비에 비해 1-3배가량 많으며 존재하는 질소 형태의 대부분이 유기태로 존재하기 때문에 작물의 양분이 용이 효과적이다⁸⁾. 이러한 유기질 비료는 유기화합물의 미생물에 의한 무기화 과정을 거쳐 각종 아미노산, 유기산, 핵산 등을 생성하고 이를 통해 작물 생육에 필요한 양분을 공급하기 때문에 양분 공급 특성이 기존 화학비료에 비해 완효적이다⁷⁾.

유기질 비료와 관련된 연구는 벼, 상추, 적겨자 등과 같은 다양한 작물에 적용하여 생육 특성 및 토양의 특성 등을 조사한 선행연구가 있다^{9,10,11,12)}. 하지만 일부 연구의 경우 작물의 수량을 화학비료의 수준과 맞추기 위해서는 기준량보다 초과 시비해야

된다고 보고하였다¹¹⁾. 이와 같이 작물의 수량을 맞추기 위한 비료의 과다 시비는 토양에 염류를 집적시켜 수분흡수저해, 이온 독성 등과 같은 작용을 통해 작물생육 장애를 일으킨다는 보고가 있다¹³⁾.

이에 본 연구는 생육기간이 길며 해넘이를 하는 작물인 마늘을 시험작물로 선발하여 완효적인 특성을 지닌 유기질 비료를 종류 및 시비량별로 구분하여 실험을 진행하였다. 수확 후 작물의 생육, 질소이용효율, 토양의 화학적 특성 변화에 대한 실험 결과를 통해 유기질 비료의 종류 및 시비량이 마늘의 생육 및 토양에 미치는 영향을 분석하고 최종적으로 마늘 재배에 가장 효과적인 유기질 비료와 적정시비량을 구명하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시험포장 및 처리구 설정

본 시험은 국립농업과학원 내 시험포장에서 2018년 10월 22일부터 2019년 6월 14일까지 재배시험을 수행하였으며 수행기간 중 기온은 평균 8.7°C, 최저 -9.6°C, 최고 32.4°C였으며 누적강우량은 349.8 mm로 최근 3년간 같은 기간의 평균 기온 및 누적강우량과 유사하였다. 본 시험이 진행된 시험포장의 토양특성은 Table 1과 같다.

본 시험의 총 면적은 342 m²이었으며 처리구는 3 m × 3 m 로 처리구 면적이 9 m²이 되도록 설정하였다. 모든 처리구의 배치는 난괴법 3반복으로 구성하였으며, 처리구는 무처리구, NPK, 혼합유박, 혼합유기질, 유기복합비료 처리구로 설정하였다. 유기질 비료의 시비량은 마늘 재배시 추천시비량(N-P₂O₅-K₂O : 250-78-128 kg ha⁻¹)과 Eq.(1) 식을 이용하여 유기질

비료 시비량을 계산하였으며 처리구별 시비량은 추천량의 50, 100 및 150%로 설정하여 혼합유박(질소:인산:칼리=4:2:2), 혼합유기질비료(질소:인산:칼리=5:1:1) 및 유기복합비료(질소:인산:칼리=9:1:2)를 마늘 파종 1주 전 밀거름으로 전량 시비하였다.

$$\begin{aligned} \text{유기질비료시비량}(kg\ ha^{-1}) & \\ = \text{토양검정N시비}(kg\ ha^{-1}) & \quad \text{Eq.(1)} \\ \times \frac{100}{\text{유기질비료질소함량}(\%)} & \end{aligned}$$

2.2. 작물 재배 및 생육조사

마늘은 파종 3일전 마늘 종구를 그물망에 넣어 베노람 수화제 500배액과 디메토유제(로고, 록손) 1000배액을 혼합하여 1시간 침지 후 그늘에 건조하였다. 건조한 종구를 재식거리 20 cm × 10 cm로 하여 처리구당 450주를 파종하였으며 11월 하순에 짚덮기를 실시하였다. 2월 중순 짚 제거를 하였으며 마늘쫑은 출현 즉시 제거해 주었고 6월 상순에 최종 수확하였다. 마늘의 생육 조사는 수확 후 옆장, 구폭, 구장, 생체중 및 건물중을 측정하여 조사하였다.

2.3. 토양·식물체 분석 및 질소이용효율

토양은 비료 시비 전과 작물 수확 후 토양을 채취하여 풍건조건에서 건조하였으며, 2mm 체에 거른 후 토양시료를 조제하였다. 조제한 토양의 분석은 국립농업과학원에서 발간한 토양 및 식물체 분석법¹⁴⁾을 이용해 분석하였다. 토양의 pH 및 EC는 풍건조건에서 건조한 시료와 증류수를 1:5(w/v)비율로 30분 교반하여 pH meter(Orion star A121) 및 EC meter(Orion star A121)로 각각 측정하였다. 유효인산은 Lancaster 법, 치환성 양이온은 1M ammonium acetate(pH 7.0)으로 침출하여 ICP로 K, Ca, Mg 함량을 분석하였으

Table 1. The Chemical Properties of Soil Used for this Experiment

pH	EC	TC	TN	OM	Av.P ₂ O ₅	Cation Ex.			
						K	Ca	Mg	Na
1:5	dS m ⁻¹	---%---		g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	-----cmol _c kg ⁻¹ -----			
6.8	0.2	1.2	0.1	20.7	400.6	0.8	6.7	1.8	0.05

* TC : total carbon, TN : total nitrogen, OM : organic matter

며, 가용성 질소 함량은 2M KCl로 추출한 여액을 이용해 질소자동분석기(Bran-Luebbe, AutoAnalyzer)로 여액 중 $\text{NO}_3\text{-N}$ 및 $\text{NH}_4\text{-N}$ 을 분석하였다.

식물체는 70°C dry oven에서 48시간 건조 후 수분을 정량하였다. 질소의 이용효율을 조사하기 위해 국립농업과학원에서 발간한 토양 및 식물체 분석법¹⁴⁾에 준하여 분석하였다. 총 질소는 HClO_4 를 이용하여 습식분해 후 킬달 장치를 이용하여 분석하였다. 유기질 비료 종류별 질소 이용효율(%)은 Eq.(2)식을 이용하여 산출하였다⁷⁾.

$$\begin{aligned} \text{질소이용효율(\%)} & \text{Eq.(2)} \\ & = \frac{\text{각 처리구 질소흡수량}(\text{kg ha}^{-1}) - \text{무비구 질소흡수량}(\text{kg ha}^{-1})}{\text{질소 총 시비량}(\text{kg ha}^{-1})} \times 100 \end{aligned}$$

2.4. 통계분석

모든 데이터는 ANOVA 분석을 실시하였고, 각 구간에 평균비교는 유의 수준 5%로 Duncan 분석을 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 마늘의 생육 특성 및 수량

유기질 비료 종류 및 시비량에 따른 마늘의 생육 특성은 Table 2와 같다. 마늘의 초장 및 구고는 무처리구를 제외하고는 큰 차이가 없었다. 그러나 구경은 NPK 및 유기질 비료 종류와 상관없이 100% 처리구가 6.10-6.67 cm 범위로 높았고, 무처리 및 각 유기질 비료의 50% 처리구가 가장 낮았다. 마늘 생산량(Fig. 1)은 모든 유기질비료의 100% 처리구에서 NPK처리구와 유사한 생산량을 보였으며, 150% 처리구에서는 생산량이 줄어드는 경향이였다. 기존 연구에서는 유기질 비료를 전량 시비하였을 때 추천량보다 1.5-2배 이상 시비하여야지만 생육특성이 NPK처리구와 유사하다고^{11,12)} 보고하고 있는 반면 본 실험의 경우 100% 시비시 NPK처리구와 유사한 경향을 보였으며 과량 시비한 처리구에서는 생산량이 줄어드는 경향이였다. 마늘은 내비성이 다른 식물에 비해 비교적 강하여 시비량이 증가할수록 수량이 증가하는 경향이 있지만 비료 중 질소의 양이 많아지는 경우 식물체가 웃자람이 일어나고 그로 인해 병해충이나 2차 생장(벌마늘)의 발생이 증가하

Table 2. Growth Characteristics of Garlic According to Type and Application Rate of Organic Fertilizer

Treatment		Leaf length	Bulb		BSI [†]
			Diameter	Height	
			----- cm -----		
Control		58.7b [‡]	4.67c	5.35ab	0.87
NPK		67.5a	6.67a	5.35ab	0.85
MEC*	50	64.5ab	4.86c	5.57ab	0.87
	100	66.5a	6.51a	5.21b	1.25
	150	63.5ab	5.61b	5.82a	0.96
MOF	50	65.4ab	4.43c	5.51ab	0.80
	100	68.7a	6.88a	5.69a	1.21
	150	67.1a	5.54b	5.41ab	1.02
OCF	50	64.9ab	4.66c	5.43ab	0.86
	100	67.9a	6.10a	5.73a	1.06
	150	66.5a	5.95ab	5.40ab	1.10

[†]BSI : bulb shape index, bulb diameter/bulb height

[‡]Numbers with the same letter within a column are not significantly differed(Duncan's test, $P < 0.05$)

*MEC : mixed expeller cake, MOF : mixed organic fertilizer, OCF : organic complex fertilizer

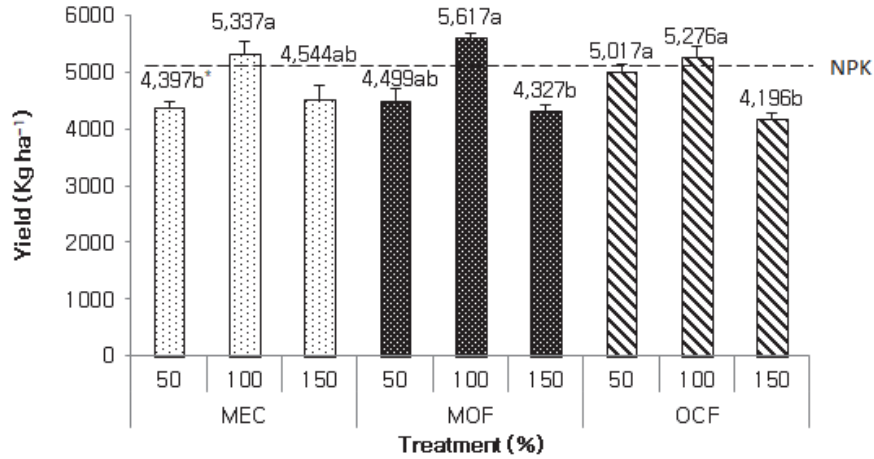


Fig. 1. Yield of garlic according to type and application rate of organic fertilizer.

* Numbers with the same letter within are not significantly differed(Duncan's test, P < 0.05)

Table 3. Nitrogen Uptake Characteristics of Garlic According to Type and Application Rate of Organic Fertilizer

Treatment		Amount of nitrogen uptake (kg ha ⁻¹)	Nitrogen use efficiency (%)
NPK		97.1a [‡]	38.8a
MEC [†]	50	37.2c	29.8b
	100	51.7b	20.7c
	150	51.2b	13.7d
MOF	50	40.0bc	32.0b
	100	96.0a	38.4a
	150	71.0ab	18.9c
OCF	50	40.0bc	32.0b
	100	95.0a	38.0a
	150	54.2b	14.5d

[†]MEC : mixed expeller cake, MOF : mixed organic fertilizer, OCF : organic complex fertilizer

[‡]Numbers with the same letter within a column are not significantly differed(Duncan's test, P < 0.05)

여 생산량이 줄어든다고 알려져 있다¹⁵⁾. 이러한 선행 연구의 결과와 마찬가지로 본 실험에서도 150% 처리구에서는 질소가 과량 투입되어 생산량이 줄어들었다고 판단된다. 마늘의 생육특성을 통해 유기질 비료의 경우 100% 시비가 적합하다고 판단되며, 유기질 비료 종류간의 유의적인 차이는 보이지 않았다.

3.2. 마늘의 질소이용효율

유기질 비료 종류 및 시비량에 따른 마늘의 질소 이용효율에 대해 조사하였다(Table 3). 처리구에 따른 질소 흡수량 및 이용효율은 NPK 처리구가 97.1

kg ha⁻¹ 및 38.8%로 가장 높았으며 유기질 비료를 시비한 처리구 중에는 혼합유기질 및 유기복합 비료의 100% 처리구가 NPK 처리구와 가장 유사한 경향을 보였다. Yang 등¹⁵⁾에 따르면 마늘의 질소 이용효율은 관행 처리구에서 34.9%이며 질소흡수율은 76 kg ha⁻¹로 나타난다고 하였으며, 본 실험의 연구결과와 유사한 경향을 보였다. 반면 유기질 비료 150% 처리구에서는 질소 흡수량은 마늘의 수량 결과와 마찬가지로 과량 시비하였을 때 감소하는 경향이었으며 특히 이용효율은 100%처리구에 비해 1.4-2.6배 가량 감소하였다. 이러한 감소의 이유는 마늘의 생

Table 4. The Chemical Properties of Soil After Garlic Cultivation Using Organic Fertilizers

Treatment	pH	EC	OM	TC	TN	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Av. P ₂ O ₅	
	1:5	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	--- % ---		-----	mg kg ⁻¹ -----		
Control	6.1a [‡]	1.2c	25.9ab	1.5ab	0.2ab	74.4c	15.6f	410.5bc	
NPK	5.8ab	2.0c	24.1b	1.4ab	0.2ab	160.0b	21.2e	405.4bc	
MEC [†]	50	6.2a	1.4c	22.4c	1.3b	0.1b	80.0c	16.5f	390.6bc
	100	6.1a	1.6c	27.6ab	1.6a	0.2ab	111.3bc	17.1f	469.8ab
	150	6.1a	2.0c	29.3a	1.7a	0.2ab	156.8b	16.9f	458.9ab
MOF	50	5.6b	2.9c	25.9ab	1.5ab	0.2ab	168.8b	19.8ef	416.5bc
	100	6.4a	4.5bc	27.6ab	1.6a	0.2ab	258.1ab	36.9d	300.6c
	150	5.1b	4.8bc	27.6ab	1.6a	0.2ab	284.3a	33.4d	387.7bc
OCF	50	4.9b	5.5b	24.1b	1.4ab	0.2ab	273.0a	183.9c	453.7ab
	100	5.0b	8.1a	29.3a	1.7a	0.3a	265.4ab	481.5b	502.8a
	150	5.1b	8.6a	25.9ab	1.5ab	0.3a	225.5b	611.1a	503.4a

* TC : total carbon, TN : total nitrogen, OM : organic matter

† MEC : mixed expeller cake, MOF : mixed organic fertilizer, OCF : organic complex fertilizer

‡ Numbers with the same letter within a column are not significantly differed(Duncan's test, P < 0.05)

육특성상 마늘은 보통 추대기까지 양분의 흡수가 활발하다가 구의 비대가 시작되면 양분의 흡수가 멈추는 특성이 있어 과량의 양분이 시비되어 토양에 존재하고 있지만 생육상의 양분흡수가 필요치 않기 때문에 흡수량이 낮아졌다고 판단된다¹⁵⁾. 질소 이용효율 결과를 토대로 경제적이며 효과적인 시비는 혼합유기질 또는 유기복합비료를 100% 시비하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

3.3. 토양의 화학적 특성 변화

마늘 재배 후 토양의 화학적 특성 변화를 보기 위해 조사한 처리구별 토양 특성은 Table 4와 같다. pH는 유기질 비료 시비 후 낮아졌으나 시비량과는 유의적인 차이가 없었다. 본 연구의 결과는 김 등¹¹⁾과 김 등¹²⁾의 연구결과인 유기질 비료 시비 후 토양의 pH가 적정기준보다 낮았고 시비량에 따른 차이는 없었다는 결과와 유사한 경향이었으며 pH의 변동은 유기질 비료에 포함되어 있는 유기물의 분해 과정으로 인하여 변동되었다고 판단된다¹⁶⁾. EC의 경우 Uhm 등¹⁷⁾의 선행연구 결과 유기질 비료의 시비는 토양 EC를 5.8-16.1% 증가되는 경향을 나타낸다고 보고하였는데 본 실험의 경우도 마찬가지로 유기질 비료의 시비에 따라 증가하였으며, 특히 시

비량이 증가할수록 큰 폭으로 증가하는 경향이였다. 이러한 EC의 증가는 유기질 비료의 경우 발효가 잘 되어진 퇴비와 달리 발효가 진행되지 않는 미부숙¹⁸⁾ 상태이고, C/N비가 퇴비에 비해 낮고 이로 인해 미생물에 의한 질소 무기화가 빨라¹⁹⁾, 토양 중으로 NH₄-N, NO₃-N 등 EC에 영향을 미치는 양분의 공급이 증가되므로²⁰⁾ 토양의 EC가 증가되었다고 사료된다. 본 실험에서도 EC의 증가에 영향을 미치는 인자인 NH₄-N 및 NO₃-N 함량이 유기질 비료의 시비로 인해 증가하는 경향이였으며 혼합유기질 비료 및 유기복합비료가 혼합유박에 비해 증가량이 많았다. 반면에 토양의 Av. P₂O₅, TC 및 OM은 유기질 비료의 종류 및 처리량에 따라 유의적인 차이가 없었다.

유기질 비료 시비에 따른 토양의 K, Ca, Mg 및 Na 함량변화(Table 5)는 유기질비료를 시비한 처리구가 무처리구에 비해 조금씩 증가하지만 통계적으로 유의성있는 증가는 없었으며 이를 통해 유기질 비료의 시비으로 인해 K, Ca, Mg 및 Na의 토양 집적에 대한 문제는 없을 것으로 판단된다. 그러나 유기질 비료의 시비량이 증가함에 따라 작물에 이용되지 않은 NO₃-N 및 NH₄-N와 같은 영양염의 유실을 통한 지하수 오염 등 환경오염문제를 야기시킬 수 있다고 판단된다.

Table 5. Ex. Cation Properties of Soil After Garlic Cultivation Using Organic Fertilizers

Treatment		K	Ca	Mg	Na
		----- cmol _c kg ⁻¹ -----			
Control		0.8b	6.7ab	2.0ab	0.1c
NPK		0.8b	7.0a	2.0ab	0.1c
MEC [†]	50	0.8b	7.5a	2.2a	0.1c
	100	0.9b	7.1a	2.2a	0.2bc
	150	0.8b	7.7a	2.1a	0.2bc
MOF	50	0.9b	7.5a	2.1a	0.1c
	100	3.5a	5.2b	1.7b	0.9a
	150	0.9b	8.5a	2.2a	0.2bc
OCF	50	0.9b	7.3a	2.2a	0.4b
	100	1.0b	7.9a	2.3a	0.6ab
	150	1.0b	7.3a	2.2a	0.6ab

[†]MEC : mixed expeller cake, MOF : mixed organic fertilizer, OCF : organic complex fertilizer

[‡]Numbers with the same letter within a column are not significantly differed(Duncan's test, P < 0.05)

4. 결론

본 연구는 마늘 재배시 유기질 비료를 시비하여 효과적인 생산을 위해 유기질 비료 종류 및 시비량 별 작물의 생육, 질소이용효율 및 토양 특성을 확인하고 유기질 비료의 적정시비량을 제시하고자 하였다. 연구 결과 마늘의 생육 및 수량에 있어서 혼합 유기질 및 유기복합비료 100% 처리구에서 가장 좋은 효율을 보였으며, 50%나 150% 시비시 낮아지는 것을 확인하였다. 재배 후 토양의 화학적 특성의 경우 유기질 비료를 시비한 후에 pH는 저감되었고, EC, NO₃-N 및 NH₄-N 함량이 증가되는 것을 확인하였다. 이로 인해 유기질 비료를 과다 시비할 경우 토양 염류 집적이나 염류의 유실을 통한 오염이 발생할 수 있다고 판단된다. 이에 마늘의 생육, 수량 및 토양의 안정성을 고려한 마늘 재배시 유기질 비료의 시비방법은 혼합유기질 또는 유기복합비료를 질소시비기준으로 전량 100% 시비하는 것이라고 사료된다. 그러나 이는 단기간의 실험이었으므로 장기적인 실험을 통해 일반화 시킬 필요가 있을 것으로 사료된다.

사 사

This study was carried out with the support of “PJ0126232019” Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

1. Ha, H. T., Hwang, J. M. and Park, Y. M., “Comparison of growth and developmental characteristics of northern type local garlic cultivars in euseong resion”, Korea J. Hort. Sci. Technol., 6, pp. 449~502. (2000).
2. MAF, “Agricultural & Forestry statistical yearbook“ Ministry of Agriculture and Forestry, Seoul, Korea. pp. 115.
3. Song, Y. S., Choi, I. H., Chung, B. C. and Choi, W. Y., “Effects of applying slow-release fertilizer on southern type garlic (allium sativum L.) cultivation”, Korean J. Hort. Sci. Technol., 19, pp. 471~475. (2001).
4. RDA, “Fertilizer regulation”, Rural development

- administration, Suwon, Korea. (2017).
5. Hong, J. U. and Lee, Y. J., "The experiment on effect of sulfur coated urea in rice (*Oriza sativa* L.)" The Res. Rep. of PER., RDA, Suwon, Korea. pp. 27~49. (1971).
 6. Yun, H. B., Park, W. K., Lee, S. M., Kim, S. C. and Lee, Y. B., "Nitrogen uptake by chinese cabbage and soil chemical properties as affected by successive application of chicken manure compost", Korean J. Environ. Agric., 28, pp. 9~14. (2009).
 7. Yoon, H. B., Lee, J. S., Lee, Y. J., Kim, M. S. and Lee, Y. B., "Effect of different colored polyethylene mulch on the change of soil temperature and yield of chinese cabbage in autumn season", Korean J. Environ. Agric., 45, pp. 511~514. (2012).
 8. Cho, S. H. and Chang, K. W., "Nitrogen mineralization of oil cakes according to changes in temperature, moisture, soil depth and soil texture", J. of KORRA, pp.149~158. (2007).
 9. Yang, C. H., Yoo, C. H., Kim, B. S., Park, W. K., Kim, J. D. and Jung, K. Y., "Effect of application time and rate of mixed expeller cake on soil environment and rice quality", Korean J. Soil Sci. Fert., 41, pp. 103~111. (2008).
 10. Won, T. J., Cho, K. R., Kang, C. S., Roh, A. S. and Lim, J. W., "effects of different oil cakes on nitrogen use efficiency and lettuce yield in plastic film house soils", Korean J. Soil. Sci. Fert., pp. 445~972. (2009).
 11. Kim, K. C., Ahn, B. K., Ko, D. Y., Kim, J. U. and Jeong, S. S., "Effects of expeller cake fertilizer on soil properties and Tah Tasai chinese cabbage yield on organic greenhouse farm", Korean J. Environ. Agric., 33, pp. 149~154. (2014).
 12. Kim, K. C., Ahn, B. K., Kim, H. G. and Jeong, S. S., "Effect of expeller cake fertilizer application on soil properties and red mustards (*Brassia Juncea* L.) yield in soil of organic farm of plastic film greenhouse", Korean J. Soi; Sci. Fert., 45, pp. 1022~1026. (2012).
 13. Kim, S. C., Ko, B. G., Park, S. J., Kim, M. S., Kim, S. H. and Lee, C. H., "Estimation of optimum organic fertilizer application under fertilizer recommendation system", Korean J. Soil Sci. Fert., 51, pp. 296~605. (2018).
 14. NAIST (national institute of agricultural science and technology), "Method of soil and plant analysis", RDA. Suwon, Korea. (2000).
 15. Yang, C. H., Yoo, C. H., Shin, B. W., Kim, J. D. and Kang, S. W., "Effects of band srotty fertilization on yields and nutrient utilization of garlic(*Allium sativum* L.) in plastic film mulching cultivation", Korean J. Soil Sci. Fert., 39, pp. 380~385. (2006).
 16. Oh, T. S. and Kim, C. H., "Effect of using organic fertilizer on the growth of rice and soil", Korean J. Crop Sci., 58, pp. 36~42. (2013).
 17. 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 J. Environ. Agri., 31, pp. 1~18. (2012).
 18. Kang, S. W., Yoo, C. H., Yang, C. H. and Han, S. S., "Effects of rapeseed cake application at panicle initiation stage on rice yield and N-use efficiency in machine transplanting cultivation", Korean J. Soil Sci. Fert., 35, pp. 272~279. (2002).
 19. Cho, K. R., Won, T. J., Kang, C. S., Lim, J. W. and Park, K. Y., "Effect of mixed organic fertilizer application with rice cultivation on yield and nitrogen use efficiency in paddy field", Korean J. Soil. Sci. Fert., 42(3), pp. 152~159. (2009).
 20. Kang, B. G., Kim, I. M., Kim, J. J., Hong, S. D. and Min, K. B., "Chemical characteristics of plastic film house soil in chungbuk area", Korean J. Soil Sci. Fert., 30, pp. 265~271. (1997).