한국환경농학회지 제28권 제1호 (2009)
Korean Journal of Environmental Agriculture Vol. 28, No. 1, pp. 9-14

연구보문

계분퇴비 연용횟수에 따른 배추의 질소 흡수량 및 토양화학성 변화

윤홍배* · 박우균 · 이상민 · 김석철 · 이용복*

농촌진흥청 국립농업과학원

(2009년 3월 5일 접수, 2009년 3월 20일 수리)

Nitrogen Uptake by Chinese Cabbage and Soil Chemical Properties as Affected by Successive Application of Chicken Manure Compost

Hong-Bae Yun*, Woo-Kyun Park, Sang-Min Lee, Suk-Chul Kim, and Yong-Bok Lee* (National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, 441-707, Korea)

ABSTRACT: Applying livestock manure compost to soil can enhance soil fertility and crop productivity. However, little information is available on the effect of continuous application of manure compost on crop growth in Korea. The object of this study was to investigate the residual and continuous application effect of chicken manure compost on chinese cabbage yield and soil chemical properties. The experiment was conducted in the pot (0.5 m^2) without bottom buried in the soil and set up in a completely randomized design with three replication. The treatment consists of chemical fertilizer with nitrogen (NPK, N-P_2O_5-K_2O 320-78-198 kg/ha) and without nitrogen (PK, N-P_2O_5-K_2O 0-78-198 kg/ha), and chicken manure compost at a rate corresponding to 320 (COM1) and 640 (COM2) kg N/ha. This experiment was carried out for three cropping seasons with chinese cabbage. Chemical fertilizer, NPK and PK, was applied every cropping season. In the first cropping season, compost was applied in nine pots (COM-A). In the second cropping season, compost was applied in the six pots of COM-A (COM-AA) and in three pots of COM-A compost was not applied (COM-AN). In next cropping season, compost was applied in the three pots of COM-AA (COM-AAA) and in the other three pots of COM-AA compost was not applied (COM-AAN). COM-AN pots remained without compost application in the third cropping season (COM-ANN). Yields of chinese cabbage of COM1-AAA and COM2-AAA were reached 78 and 96% as compared with NPK, and nitrogen utilization rate was about 85% (COM1-AAA) and 97% (COM2-AAA) as compared with NPK. Residual N uptake rates during the second and third cropping season after compost application at the first cropping season were 49.7 (COM1-AN) and 35.6% (COM1-ANN) in COM1, and 56.9 (COM2-AN) and 37.4% (COM2-ANN) in COM2 compared with NPK treatment. After three cropping seasons, soil pH and contents of available phosphorus, exchangeable potassium and soil organic matter were increased with continuous application of chicken manure compost.

Key Words: Nitrogen uptake, Chicken manure compost, Soil chemical properties

서 론

가축분의 농경지 시용 효과는 토양의 구조개선, 수분 보유능 향상, 유기물 함량 증대 및 화학비료 절감 등으로 잘 알려져 있다[1-4]. 그리고 작물 수량성 측면에 있어서는 가축분 단용이 화학비료 단용 시용에 비해 대등 또는 높다는 연구결과도 다수 보고 된 바 있다[5-8]. 그러나 가축분뇨를 주원료로 만든 퇴비는 질소 함량에 비해 인산의 함량이 높고, 칼리와 같은 양분 함량도 높아 장기 연용 할 경우 염류집적과 같은 문제점을 야기할 수 있다. 대표적인 예로서, 시설 하우스재배 및 유기농업 실천농가에서 가축분뇨 퇴비를 장기 연용하면 인산 및 질산태 질소 함량 증가에 의한 염류집적 및 양분 불균형 현상이 나타난다[9-11]. 가축분 퇴비를 3년간 연용한 경우 토양의 질산태 질소 함량은 영향을 받지 않았으나, 유기물, 인산 및 치환성 칼륨 함량은 시용량에 따라 증가 되었다[12]. 그러나 10년 이상 가축분 퇴비를 장기 연용한 경우 토양 중 질산태 질소 함량이 현저히 증가되었다[13,14]. 그리고 Change와 Janzen[15]에 의하면 20년간 가축분 퇴비 중 유기태 질소

*연락저자:
Tel: +82-31-290-0321, +82-31-290-0319
Fax: +82-31-290-0208
E-mail: soiltest@kg21.net, hbaeyun@rda.go.kr

의 무기화율은 약 56%에 이른다고 발표 하였다. Eghball 등[6]은 가축분과 가축분 퇴비 시용시 질소 보다는 인산을 기준으로 시용 할 경우 시용량이 적기 때문에 토양 중 염류집적이 경감된다고 하였다.

한편, 우리나라의 경우 발생되는 가축분의 83%가 퇴액비로 자원화 되어 농경지에 환원되고 있다[16]. 그러나 가축분 퇴비는 양분 함량이 높은 유기자재임에도 불구하고 현장에서는 이를 단지 유기물 공급원으로 생각하여 과다 시용하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 가축분 퇴비 시용시 토양 양분의 효율적 관리 및 화학비료 대체효과 구명을 위한 기초자료를 얻고자 밭 토양의 노지조건에서 배추를 재배하여 질소 이용율 및 토양 화학성 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

공시퇴비 및 토양의 특성

본 연구에서 이용한 가축분 퇴비는 계분톱밥퇴비(이하 계분퇴비)로 화학적 특성은 Table 1에 나타낸 바와 같다.

공시토양은 사양토이며 화학성은 Table 2에 나타낸 것과 같다. 유효인산 함량은 밭 토양 적정 범위(300~500 mg/kg)에 속하지만, 유기물 함량은 적정 함량(20~30 g/kg)에 못 미치는 비옥도가 다소 낮은 토양 이였다[17].

시험방법

시험은 경기도 수원 소재 농업과학기술원 구내 포장에 설치되어 있는 0.5 m^2의 대형 무저 포트에서 실시하였다. 작물은 배추를 공시하여 3작기(봄-가을-봄) 연속 재배하였다. 배추는 육묘용 포트에서 재배 후 처리별 공히 4 포기를 정식하였다. 3작기 동안 계분퇴비 처리 방법은 Table 3과 같다. 첫 번째 작기에 9개의 포트에 퇴비를 시용하였고(COM1-A), 두 번째 작기에는 이중 6개 포트에 퇴비를 시용하였고(COM1-AA), 나머지 3개의 포트에는 퇴비를 시용하지 않았다(COM1-AN). 그리고 세 번째 작기에는 2작기 연속으로 퇴비를 시용한 6개의 포트 중 3개에는 퇴비를 시용하였고(COM1-AAA), 나머지 3개에는 퇴비를 시용하지 않았으며(COM1-AAN), 두 번째 작기에 퇴비를 시용하지 않은 포트에도 퇴비를 시용하지 않았다(COM1-ANN). 그리고 질소 시비량 기준 2배의 퇴비를 시용한 처리(COM2)에서도 동일 방법으로 실시하였다.

Table 1. The chemical properties of chicken compost used in this experiment

Cropping season	T-N	C/N ratio	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	water content
	---------- %, dw ----------						%
1st, 2nd	1.93	13.7	4.32	3.86	5.99	2.12	26.0
3rd	2.06	13.2	4.05	4.56	7.88	2.21	36.7

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

pH (1:5)	T-N	Av. P_2O_5	OM	Exchangeable cations			
				K	Ca	Mg	Na
	g/kg	mg/kg	g/kg	---------- $cmol_c$/kg ----------			
6.0	0.84	352	13.1	0.16	6.0	1.22	0.11

Table 3. Scheme of compost application during three times cropping season

Application level of compost	First cropping season	Second cropping season	Third cropping Season
COM1 (320 kg N/ha)	A†	A	A
	A	A	N
	A	N	N
COM2 (640 kg N/ha)	A	A	A
	A	A	N
	A	N	N

† A and N indicate that chicken manure compost was applied or not each cropping season.

Table 4. Amount of nutrients applied each cropping season by compost

Treatment	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	Compost
	---------- kg/ha ----------					DM, ton/ha
COM1	320	687	663	662	348	16.2
COM2	640	1,374	1,325	1,324	697	32.4

대조구(NPK)에는 노지배추에 대한 표준 시비량 (N-P_2O_5-K_2O)인 320-78-198 kg/ha를 기준으로 환산하여 16-3.9-9.9 g/pot로 시용하였다[18]. 그리고 질소 이용율을 계산하기 위해서 무질소(PK)구에 인산과 칼륨을 대조구와 동일하게 시비하였다. 계분퇴비 시용구에는 배추 재배 전 기간 동안 화학비료를 전혀 시용하지 않았다. 계분퇴비는 대조구의 질소 표준시비량 320 kg/ha 해당량(COM1)과 2배 수준의 640 kg/ha 해당량(COM2)을 각각 배추 정식 2주 전에 시용하였다. 퇴비 처리구에서 작기 별로 토양에 투입된 양분과 퇴비의 양은 Table 4와 같다.

토양과 식물체 분석 및 질소 이용율

배추는 수확 후 건조시켜 수분을 정량한 다음 분쇄하여 성분 분석에 사용하였다. 토양 및 식물체 질소분석은 산 분해 후 켈달 증류법, 토양 인산은 Lancaster 방법, 식물체 인산은 산 분해 후 Ammonium molybdate법에 의한 비색 측정, 양이온은 토양 및 식물체 모두 분해 후 여액을 ICP로 분석하는 등 농업과학기술원에서 발간한 토양 및 식물체 분석법에 준하였다[19]. 배추의 질소 이용율은 질소 시용구의 질소 흡수량에서 질소 무시용구의 질소 흡수량을 뺀 값을 질소 시용량으로 나누어 계산하였다.

결과 및 고찰

배추 수량

계분퇴비 시용 수준 및 연용 횟수에 따른 배추의 수량은 Fig. 1 및 Fig. 2와 같았다. 배추 수량은 NPK 처리구에서 계분퇴비를 3작기 연속 시용한 COM1-AAA 및 COM2-AAA 보다 22 및 4% 높았다. 계분퇴비 시용구 중에서는 640 kg N/ha 해당량을 3작기 연속 처리한 COM2-AAA에서 배추 수량은 가장 높았다. 계분퇴비 시용 횟수에 따른 수량 증가는 NPK 처리구 대비 COM1에서는 1작기 시용시(COM1-A) 70%, 2작기 연속시용(COM1-AA)시 76%, 3작기 연속시용(COM1-AAA)시 78%였으며, COM2에서는 1작기 시용시(COM2-A) 83%, 2작기 연속시용(COM2-AA)시 87%, 3작기 연속시용(COM2-AAA)시 96%로 연용 횟수가 늘어남에 따라 배추 수량은 다소의 증가 하는 현상을 나타내었다.

일본 農林水産性[20]에 의하면 배추에 생 계분을 단독 시용할 경우 ha당 20톤 시용이 배추 수량 및 양분 공급측면에서는 적정량이지만, 연용할 경우 양분집적 등 부정적인 측면을 고려할 경우 채소에 적정 시용량은 질소 표준 시비량의 60%라고 하였다. 그러나 본 시험에서와 같이 비옥도가 다소 낮은 경우 화학비료를 혼용하지 않고 계분퇴비 중 질소만을 고려하여 배추를 재배할 경우 표준시비 질소 해당량 320 kg

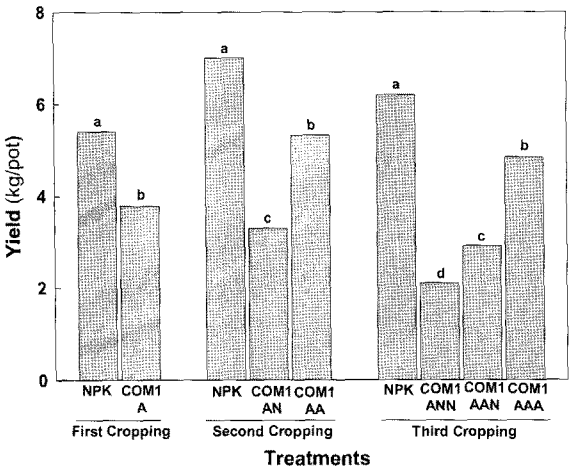

Fig. 1. Yields of Chinese cabbage in different treatments of nitrogen application rate of 320 kg N/ ha by compost. Different letters above bars within same cropping season indicate significant differences at $P<0.05$.

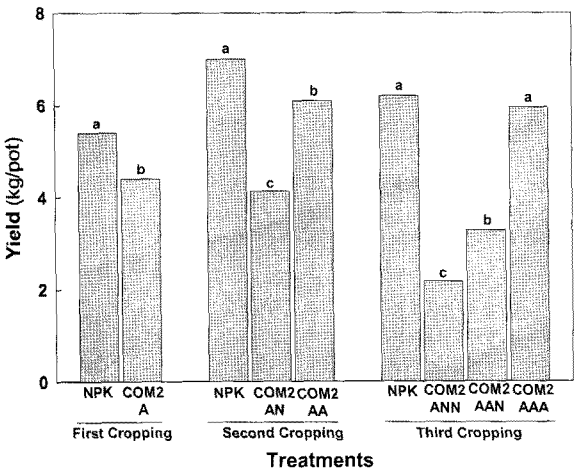

Fig. 2. Yields of Chinese cabbage in different treatments of nitrogen application rate of 640 kg N/ ha by compost. Different letters above bars within same cropping season indicate significant differences at $P<0.05$.

N/ha를 3작기 연속 시용하여 재배할 경우 일지라도 질소 공급량은 부족하다고 판단된다. 그러나 표준 질소 시비량의 2배량인 640 kg N/ha를 3작기 연속 시용한 경우 NPK 처리구와 비슷한 배추 수량을 보였다.

질소 흡수량 및 이용율

처리별 배추의 질소 흡수량은 Fig. 3 과 Fig. 4에 나타낸 바와 같다. COM1 시용구의 질소 흡수량은 NPK 처리구 대비 1작기 시용(COM1-A)시 73.3%, 2작기 연용(COM1-AA)시 76.1%, 3작기 연용(COM1-AAA)시 85%에 상당하였으며, COM2 시용구의 질소 흡수량은 1작기 시용(COM2-A)시 84.2%, 2작기 연용(COM2-AA)시 87.4%, 3작기 연용(COM2-AAA)시 97.4%에 상당하는 흡수량을 나타내었다.

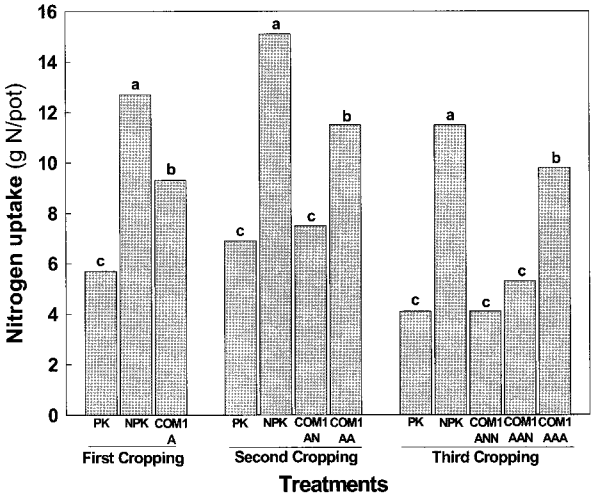

Fig. 3. Amount of nitrogen uptake by Chinese cabbage in different treatments of nitrogen application rate of 320 kg N/ ha by compost. Different letters above bars within same cropping season indicate significant differences at $P<0.05$.

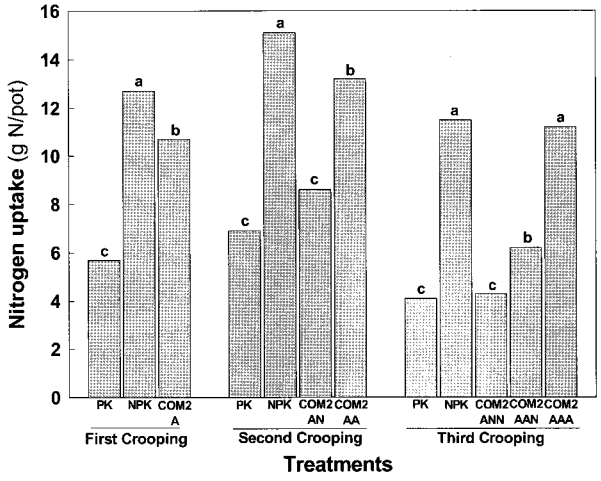

Fig. 4. Amount of nitrogen uptake by Chinese cabbage in different treatments of nitrogen application rate of 640 kg N/ ha by compost. Different letters above bars within same cropping season indicate significant differences at $P<0.05$.

계분퇴비 시용시 토양 잔여 질소의 공급 특성은 다음과 같았다. 계분퇴비 1작기 시용 후 1작기 및 2작기 무시용 처리구의 질소 흡수량은 NPK 처리구 대비 COM1-AN에서는 49.7%, COM1-ANN에서는 35.6%이었고, COM2-AN에서는 56.9%, COM2-ANN에서는 37.4%로 나타났다. 그리고 COM1-AN과 COM2-AN의 질소 흡수량은 질소 무처리구인 PK 처리구보다 높았지만, COM1-ANN과 COM2-ANN 사이에는 큰 차이가 없었다. 따라서 계분퇴비의 잔효 질소 공급능은 처리 후 1작기에는 영향을 미쳤으나, 두 번째 작기에는 미미한 것으로 나타났다.

Fig. 5는 삼요소와 계분퇴비 연속시용에 의한 질소 이용률을 나타내었다. NPK 처리구에서는 3작기 평균 약 47%를 보인 반면, 계분퇴비를 3작기 연속 시용하여 재배한 COM1-AAA와 COM2-AAA 처리구에서는 질소 이용률이 각각 28.7%와 19.5%로 삼요소구에 비해 매우 낮았다. 계분퇴비 연용의 경우 질소 이용률은 두 처리 수준 모두 연용 횟수가 경과할수록 약간 증가하는 경향을 보였다. 이는 앞 작기에 시용한 계분퇴비의 잔효에 의한 것으로 판단된다. 그리고 COM2 처리구는 COM1 처리구에 비해 훨씬 낮은 질소 이용률을 나타냄에 따라 퇴비 시용량이 많아질수록 질소 이용효율 측면에서 매우 불리함을 알 수 있었다.

토양 화학성의 변화

삼요소 및 계분퇴비 시용에 의한 배추 재배 3작기 동안의 토양화학성 변화는 Fig. 6에 나타내었다. NPK 처리구의 토양 pH는 시험전에 비해 3작기 배추 재배 후 큰 변화가 없었

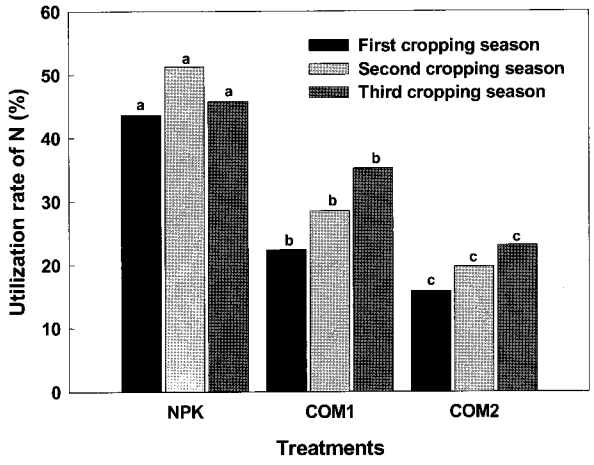

Fig. 5. Changes of nitrogen utilization rate in continuous application of compost for three cropping seasons. Different letters above bars within same cropping season indicate significant differences at $P<0.05$.

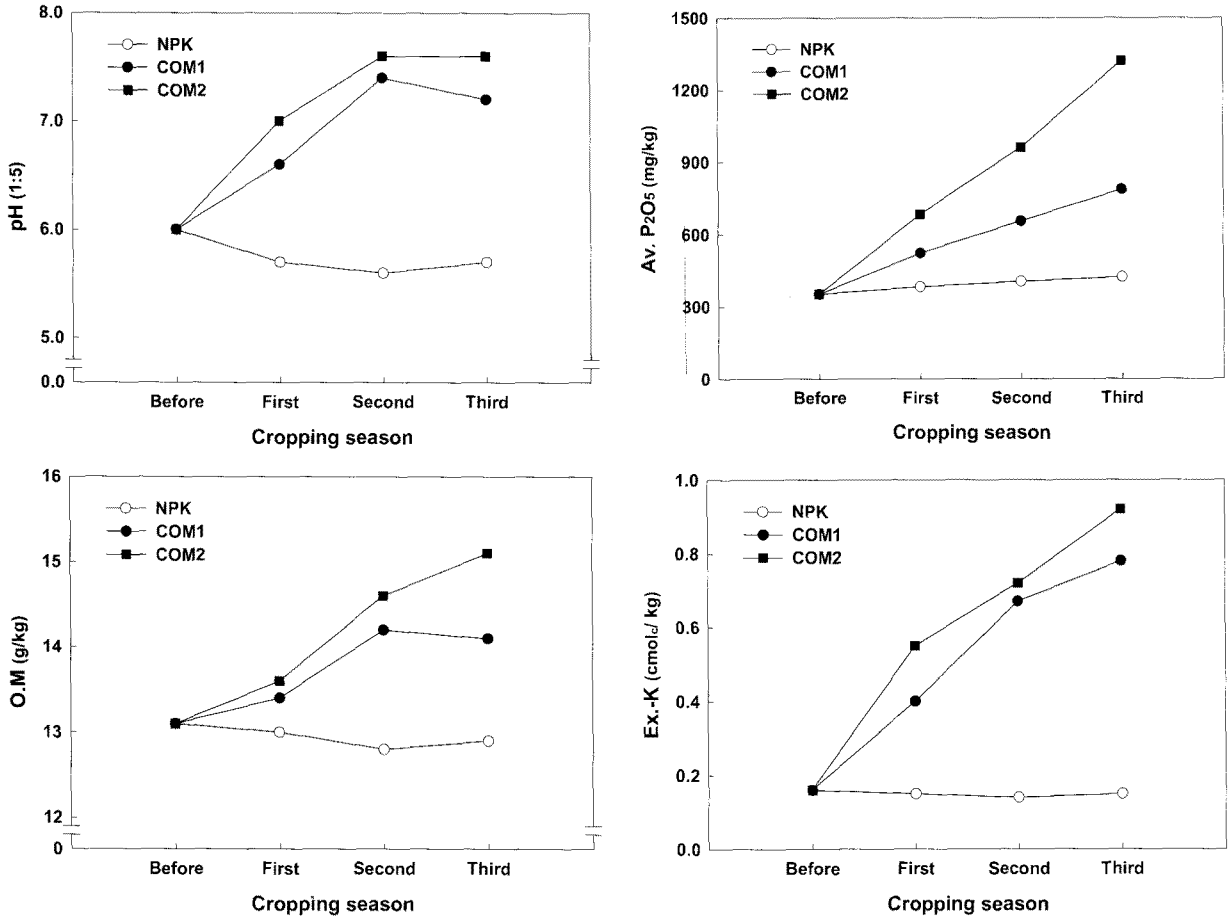

Fig. 6. Changes of soil chemical properties with continuous application of compost for three cropping seasons.

다. 그러나 계분퇴비를 3작기 연속 시용한 COM1-AAA와 COM2-AAA구에서는 모두 시험 전에 비해 약 1단위 정도 pH가 상승하였으나 계분퇴비 시용수준 사이에는 큰 차이가 없었다. 토양 유효인산 함량은 NPK 처리구에서는 시험 전에 비해 3작기 경과 후 1.2배의 미미한 증가폭을 나타냈으나, 계분퇴비 3작기를 연용한 COM1에서는 2.2배, COM2에서는 3.7배의 큰 증가폭을 나타내었다. 그리고 토양 치환성 칼륨 함량도 NPK 처리구의 경우는 변화가 거의 없었으나 계분퇴비를 3작기 연용한 COM1과 COM2 처리구에서 크게 증가하였다. 이는 Kinoshita 등[21]이 보고한 퇴비를 연용한 토양에서 P, K, Mg, Ca가 집적된다는 결과와 동일한 것이다. 퇴비 시용에 따른 토양 유기물 함량 증가에 대하여 Park[22]은 시용량, 토양의 이화학적 성질에 따라 차이는 있으나, 대부분 3년 연용한 이후부터는 점차 증가하여 일정한 수준에 도달된다고 하였다. 계분퇴비를 연용한 본 연구에서의 토양 유기물 함량의 증가를 보면, COM1 연용구에서는 2작기 이후 증가가 없었으며, COM1구의 배량을 시용한 COM2 연용구에서는 3작기까지 꾸준히 증가하는 경향을 나타내었다.

요 약

본 연구는 계분퇴비를 질소 함량 기준으로 320 kg N/ha(COM1) 및 640kg N/ha(COM2) 을 3작기 시용 후 배추 수량과 토양의 이화학적 특성에 미치는 연용 및 잔효를 평가하였다. 배추 수량은 COM1 및 COM2 3작기 연용 처리구에서 삼요소 처리구(NPK) 대비 각각 78 및 96%를 나타내었다. 이때 질소 이용률은 NPK 처리구와 비교하여 COM1 및 COM2에서 각각 85 및 97%이었다. 첫 작기에 시용한 계분퇴비 처리구의 두 번째 및 세 번째 작기의 잔여 질소 흡수량은 NPK 처리구 대비 COM1의 경우 49.7% 및 35.6%, COM2의 경우 56.9% 및 37.4%를 나타내었다. 그리고 세 번째 작기의 COM1과 COM2의 잔여 질소 흡수량은 무질소 처리구(PK)와 큰 차이가 없었다. 한편, pH를 비롯한 토양 화학성의 변화를 조사한 결과 유효인산, 치환성 칼리, 유기물 함량은 계분퇴비를 연속시용 함에 따라 매 작기 증가하는 양상을 나타내었으며, 특히 유효인산 및 치환성 칼리 함량의 증가가 두드러졌다.

참고문헌

1. Reganold, J. P. (1988) Comparison of soil properties as influenced by organic and conventional farming systems. *Am. J. Alternative Agric.* 3, 144-155.
2. Sommerfeldt, T. G., Chang, C. and Entz, T. (1988) Long-term annual manure applications increase soil organic matter and nitrogen, and decrease carbon to nitrogen ratio. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52, 1668-1672.
3. Clark, M. S., Horwath, W. R., Shennan, C. and Scow, K. M. (1998) Changes in soil chemical properties resulting from organic and low input farming practices. *Agron. J.* 90, 662-671.
4. Grandy, A. S., Porter, G. A. and Erich, M. S. (2002) Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and aggregation in potato cropping systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66, 1311-1319.
5. Eghball, B. and Power, J. F. (1999) Composted and noncomposted manure application to conventional and no-tillage systems: Corn yield and nitrogen uptake. *Agron. J.* 91, 819-825.
6. Eghball, B. and Power, J. F. (1999) Phosphorus- and nitrogen-based manure and compost applications: Corn production and soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63, 895-901.
7. Mastsi, T., Lithourgidis, A. S. and Gagianas, A. A. (2003) Effects of injected liquid cattle manure on growth yield of winter wheat and soil characteristics. *Agron. J.* 95, 592-596.
8. Cherney, D. J. R., Cherney, J. H. and Mikhailova, E. A. (2002) Orchardgrass and tall fescue utilization of nitrogen from diary manure and commercial fertilizer. *Agron. J.* 94, 405-412.
9. Kim, P. J., Lee, S. M., Yun, H. B., Park, Y. H., Lee, J. Y. and Kim, S. C. (2000) Characteristics of phosphorus accumulation in organic farming fields. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 33, 234-241.
10. Shin, Y. K., Lee, Y. H. and Hwang, K. N. (1994) Annual reach report. NIAST, Suwon.
11. Lee, Y. J., Choi, D. H., Kim, S. H., Lee, S. M., Lee, Y. H., Lee, B. M. and Kim, K. M. (2004) Long-term changes in soil chemical properties in organic arable farming systems in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 37, 228-234.
12. Schlegel, A. J. (1992) Effect of composted manure on soil chemical properties and nitrogen use by grain sorghum. *J. Prod. Agric.* 5, 153-157.
13. Gao, G. and Chang, C. (1996) Changes in CEC and particle size distribution of soils associated with long-term annual application of cattle feedlot manure. *Soil Sci.* 161, 115-120.
14. Chang, C., Sommerfeldt, T. G. and Entz, T. (1991) Soil chemistry after eleven annual application of cattle feedlot manure. *J. Environ. Qual.*, 20, 474-480.
15. Chang, C. and Janzen, H. H. (1996) Long-term fate of nitrogen from annual feedlot manure application, *J. Environ. Qual.* 25, 785-790.
16. 농촌진흥청 (2007) 가축분뇨 자원화 연구동향 및 향후 연구 추진 방향 분석.
17. 농업과학기술원 (2008) 농업환경연구 업무편람. p. 152-159.
18. NIAST (1999) Fertilization standard on crops, National Institute Agriculture Science & Technology. Suwon.
19. NIAST (2000) The methods of soil and plant analysis. National Institute Agriculture Science & Technology. Suwon.
20. 農林水産省 (1985) 農耕地 有機物施用技術. 農林水産省農業研究編. p. 51.
21. Kinoshita, T, Takei, A. and Arisawa, M. (1986) Studies on the method of application of animal manures mixed with sawdust to vegetables, Agricultural research center Japan. 18, 142-150.
22. Park, C. S. (1978) Effects of organic material application on the growth and yield of crops in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 11, 175-193.