

ORIGINAL ARTICLE

## 유기자원 연용이 유기농 옥수수 밭토양의 화학성과 옥수수 수량에 미치는 영향

공민재 · 안필균 · 정정아 · 이초롱 · 이상민 · 안난희\*  
농촌진흥청 국립농업과학원

### The Effect of Organic Materials Application on Soil Chemical Properties and Yield of Corn in Organic Upland Soil

Minjae Kong, Philgyun An, Junga Jung, Chorong Lee, Sangmin Lee, Nanhee An\*  
*National Academy of Agricultural Science, RDA, Jeonju 54875, Korea*

#### Abstract

This study performed to conduct a test to increase the amount of appropriate organic matter input to organic upland soil, soil fertility, and its effect on the chemical changes and yield of corn in soil due to organic use. The pH level of the T1, T5, and T6 treatment zones where livestock excreta was used was raised to 6.0-6.5, the optimal range of the soil in Korea, and it was confirmed that the pH value was appropriate. Electrical Conductivity (EC), organic content (OM), and total nitrogen (T-N) were also identified as a trend of continuous increase. The quantity of corn gradually increased from 74.1% to 96.4% over the four-year period with the use of organic materials compared to the beginning of the test, and the utilization efficiency of nitrogen has also increased. The results of the study were found to have been able to examine the increase in quantity and changes in soil chemistry through crop cultivation using organic materials such as natural materials, green manure crops, and livestock manure compost, and it is also believed that the changes due to various factors such as soil environment, soil microbes, and climate conditions need to be made through continuous research.

**Key words** : Organic, Organic-matter, Soil chemical properties, upland soil

#### 1. 서론

최근 전 세계적으로 선진국의 소득수준이 크게 향상됨에 따라 친환경 웰빙식품, 유기농산물 등에 대한 소비자들의 수요가 지속적으로 증가하는 추세에 있다(Hong et al., 2014; KREI, 2018). 2017년 세계 농경지의 약

1.4%에 해당하는 총 면적 6980만 ha에서 유기농업을 실천중이며 세계 유기농 식품·음료 시장은 970억 달러, 2018년 국내 친환경농산물 시장은 1조 2868억원의 규모이다(KREI, 2019). CODEX 및 IFOAM에서는 토양 관리, 양분의 재순환, 외부의 양분유입 최소화 등 국제 유기농업 기준을 제시하여 체계적인 관리를 요구하고

Received 28 July, 2020; Revised 27 August, 2020;

Accepted 28 August, 2020

\*Corresponding author: Nanhee An, National Academy of Agricultural Science, RDA, Jeonju 54875, Korea  
Phone : +82-63-238-2566  
E-mail : nanhee79@korea.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© 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.

있다(MIFAFF, 2011; MAFRA, 2014). 국내에서는 유기농업 육성계획, 친환경농업 육성 및 유기식품 등의 관리·지원에 관한 법률 등을 제정하여 정책적으로 지원하고 있다(Sohn, 1995). 유기농산물 생산은 화학비료, 농약 등 합성 화학물질을 사용하지 않고 유기물, 미생물을 포함한 천연자재, 풋거름작물 등의 유기자원을 사용하여 작물을 재배하는 것으로 생태계의 순환과정을 통한 토양관리가 필요하다(Shon, 1995; Bak et al., 2018). 하지만 우리나라 유기농가의 경우 가축분퇴비(40%), 유기질비료(39%) 등 특정 유기자원만을 사용하는 경우가 많고 풋거름작물 사용은 현저히 적다(Lee et al., 2006; Lee et al., 2017). 이러한 것은 유기농가에서 풋거름작물 재배 및 활용시 경제적, 시간적 제약, 추가 양분 공급의 문제 등이 발생하여 보다 편리한 자재에 의존한 결과로 보여진다(Cho et al., 2018).

유기자원이 발토양에 오랜기간 사용되었을 때 유기자원에 따른 무기화량, 작물의 양분이용효율 등에 대한 정보 부족으로 작물생장 저조 및 수확량 감소가 일어날 수 있다(Sharpley, 1995; Choi and Rom, 2011). 또한 과다투입으로 인한 토양염류 집적, 불필요한 비료자원 낭비 등 다양한 문제가 발생할 수 있다(Lee et al., 2012a; Lee et al., 2012b).

유기물 공급의 방법에는 가축분 퇴비와 풋거름작물을 이용하는 방법이 있으며 이러한 유기자원을 활용했을 때 작물에 필요한 양분, 미량원소, 토양 물리성 개선, 후작물에 대한 질소공급, 토양 건전성 증가 등의 효과가 있는 것으로 알려져있다(Thorup-Kristensen, K., 1994; Berry et al., 2002; Fageria et al., 2005).

국외에서는 발토양에서 21년간 유기농업과 관행농업의 작물수량을 비교결과 유기농업이 관행농업의 80%까지 확보되었다는 연구도 수행된 바 있다(Pual et al., 2002). 국내 유기자원 사용에 따른 가축분 퇴비의 양분 이용률, 토양 무기태질소의 경시적변화에 대한 연구는 활발하게 추진되고 있으며(Min et al., 1995; Kim et al., 1999; Kang et al., 2002; Jeon et al., 2003; Cho et al., 2011), 논 토양에서 장기간 동일비료를 연용하였을 때 비의 수량 및 토양화학성 변화에 대한 연구들은 지속적으로 수행되고 있다(Yeon et al., 2007; Kim et al., 2012; Kim et al., 2017). 하지만 국내에서 유기농 발토양의 유기자원, 재배방법에 따른 토양변화에 대한 장기

시험 연구는 다소 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 4년간 유기자원 연용이 옥수수 발토양의 화학성 변화 및 작물수량에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 시험구 조성 및 처리내용

본 연구의 시험토양은 유기농 옥수수(*Zea mays* L., চাল옥 4호)를 재배하는 동일비료 장기연용 발 토양으로 2015년 가을부터 조성된 전라북도 완주군 이서면 국립농업과학원 내 (2016년-2019년)에서 수행되었다. 시험포장의 규모는 7×14 m(가로×세로)로 시험처리구는 유기물사용에 따른 가축분퇴비(T1), 풋거름작물(헤어리베치)처리구(T3,4), 경운방법에 따른 경운(T3), 무경운 처리구(T4), 작부체계에 따른 윤작1(T5, 옥수수-밀-콩-밀), 윤작2(T6, 옥수수-헤어리베치-배추-밀) 처리구, 유기농과 관행의 차이를 위한 화학비료 처리구(T2), 대조구(T7, 무비) 총 7처리로 난괴법 3반복으로 배치하여 수행하였다(Fig. 1). 옥수수 재식간격은 70×30 cm로 5월말 ~ 6월초 정식 후 8월 중순에 수확하였으며, 유기물 공급을 위한 가축분퇴비는 유기농업자재 축합비료(돈분 50%, 계분 5%, 우분 10%, 톱밥 10%, 수피 5%)를 사용하였다. 윤작1, 윤작2 처리구는 옥수수 재배가 끝난 후 10월말경 퇴비를 작물별 표준시비량을 질소기준 (밀 8.8 kg/10a, 콩 3 kg/10a, 배추 32 kg/10a)으로 처리하였다.

경운과 무경운, 윤작2(옥수수-헤어리베치-배추-밀)처리구의 풋거름작물은 헤어리베치(*Vicia villosa*, Hairy vetch)로 적정 파종시기에 맞춰 가을에 헤어리베치를 9 kg/10a 수준으로 산파하고 옥수수 정식 2주전 예취 후 전량 토양환원(경운, 윤작2) 및 피복(무경운)하였다. 옥수수 표준시비량(N-P-K, 17.4-3.0-6.9 kg/10a)을 기준으로, 가축분 퇴비는 질소 해당량(17.4 kg/10a)으로 환산하여 전량 밀거름으로 정식 2주전 사용한 후 경운 하였으며 헤어리베치는 건조 후 총 질소량, 건물량을 분석하여 표준시비량 대비 부족한 양은 외부에서 추가적으로 투입하였다. 화학비료는 표준시비량 기준으로 시비하였으며, 질소는 밀거름 50%, 웃거름 50% 나눠 시비하였으며, 인산과 칼리는 전량 밀거름으로 처리하였다.

윤작 처리구에서는 '17년, '19년에 밀과 콩, 배추를 재배하여 옥수수의 수량결과에서는 제외하였다. 토양

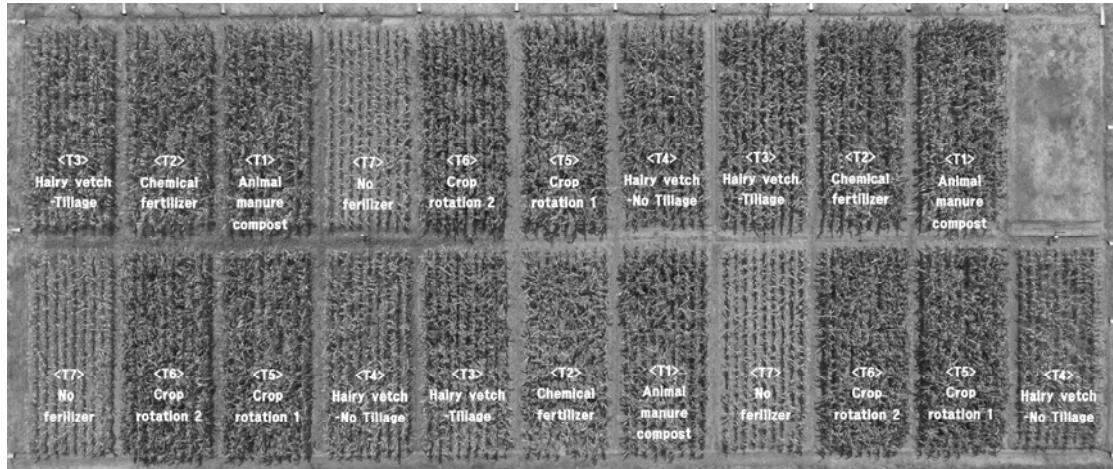


Fig. 1. Study sites.

시료는 매년 시험작물 정식 전인 4월말 ~ 5월초, 수확 후 8월말 경에 표토 15 ~ 20 cm 이내로 토양시료채취기 (Augar)를 사용하여 토양을 채취하였다.

2.2. 토양 화학성 및 식물체 분석

토양 화학성 분석을 위해 채취한 토양은 그늘에서 풍건하여 2 mm 체를 통과된 것을 농촌진흥청 국립 농업과학원에서 제시한 토양 및 식물체 분석법 (NIAS, 2000)을 적용하여 분석하였다. pH, EC는 1:5 초자전극법(Orionstar A211, Thermo, USA), 토양 중 질소와 탄소 분석은 원소분석기(Elementar, US/Vario Max CN, Germany)이용 하였으며, 유기물함량(OM)은 탄소함량에 계수 1.724를 곱하여 산출하였다. 유효인산은 Lancaster법, 치환성 양이온(K)은 1 N ammonium acetate로 침출시킨 후 ICP (Integra XL, GBC Scientific Equipment Pty Ltd., Australia)로 정량분석하였다. 옥수수의 무기성분 분석을 위해 처리 구당 3주씩 채취하였으며, 채취한 식물체 시료는 70°C에서 건조 후 마쇄하여 전 질소는 원소분석기 (Elementar, US/Vario Max CN, Germany)를 이용하여 분석하였다. 질소흡수량은 옥수수 알곡의 질소함량(%)에 건물중(kg/10a)을 곱하여 산출하였다.

2.3. 작물의 생육, 수량조사 및 통계분석

시험작물인 옥수수는 매년 처리구 당 무작위로 옥수

수 7주를 대상으로 생육조사를 실시하였다. 생육조사에는 초장(cm), 경경(mm), 알곡무게(g/주), 수량(kg/10a) 등을 조사하였다. 통계처리는 SPSS 통계프로그램(SPSS Inc., Release 18)을 이용하여 분산분석(ANOVA) 및 Duncan's New Multiple Range Test로 95% 수준에서 평균치 간의 차이에 대한 유의성을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 옥수수의 생육특성 및 수량

초장(cm), 경경(mm), 줄기 건중(g) 및 알곡 건중(g) 등 연차별 옥수수의 생육조사 결과(Fig. 2), 옥수수의 경경, 줄기 건중, 알곡 건중은 유기자원을 연용할수록 증가하는 경향으로 확인되었으며, '16년 ~ '17년 경경을 제외한 초장, 줄기, 알곡의 건중무게에서 처리간 유의성이 확인되었다(p<0.05).

'16년 초장을 비교한 결과, T7(132 cm) 처리구를 제외한 처리간(192~218 cm) 통계적 유의성이 확인되지 않았으나, 3년 연용을 한 '18년에는 T6은 235 cm, T1은 229 cm, T5는 228 cm, T3은 221cm, T2는 220 cm, T4는 200 cm, T7은 171 cm 로 초장이 증가하는 것으로 나타났다(p<0.05). 경경은 '16년(15.3~22.5 mm)에서 '18년(17.6~26.9 mm)의 변화는 크지 않았으나 줄기건중은 '16년에는 유기자원을 사용한 T1, T3, T4, T5, T6 처리구 평균 43.2 g에서 '18년에 평균 61.7 g 으로 증가하였다.

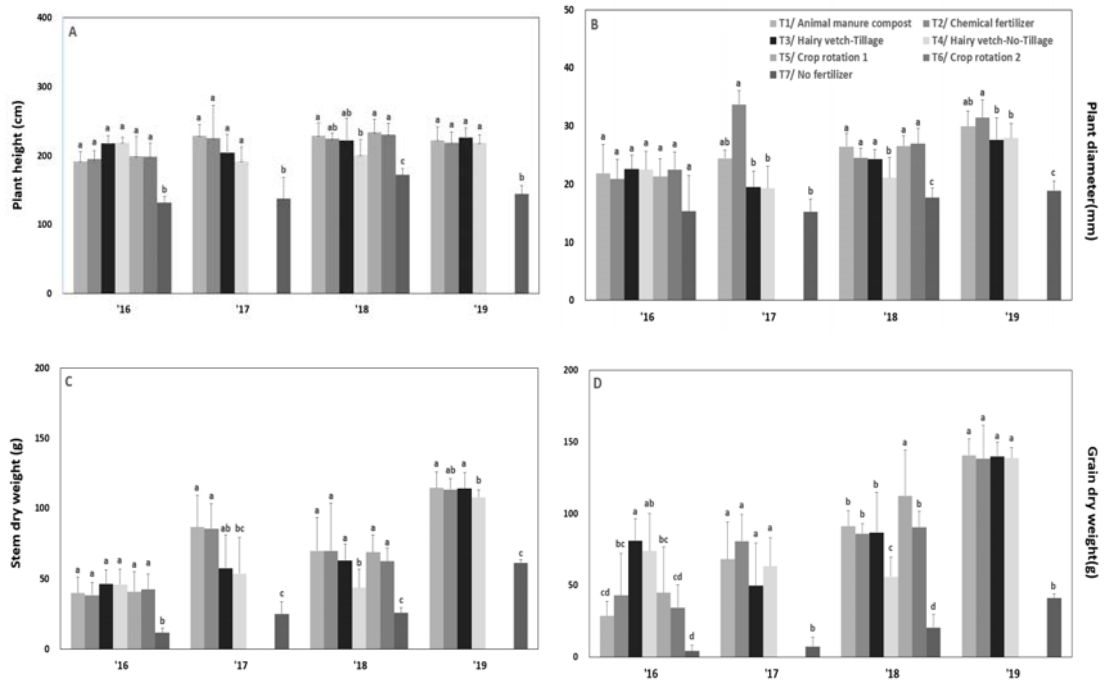


Fig. 2. Annual corn growth survey results. (A: Plant height, B: Plant diameter, C: Stem dry weight, D: Grain dry weight)

또한 알곡건중에서도 '16년 평균 52.7g에서 '18년 평균 87.4g 으로 증가하는 것을 확인하였다. 하지만 T4(꽃겨름작물-무경운) 처리에서 경경, 줄기 건중, 알곡 건중이 '16년 대비 '18년에 변화는 비슷하거나 적은 반면 유기 자원이 사용된 T1, T3, T5, T6 처리구에서 경경, 줄기 건중, 알곡 건중이 증가하는 경향으로 분석되었다.

2016년부터 2019년까지 4년간 유기자원 사용에 따른 옥수수 수량 변화 결과는 다음과 같다(Table 1). 옥수수 수의 수량조사 결과 유기자원이 사용된 T1, T3, T4, T5, T6 처리구는 지속적으로 수량이 증가하는 경향으로 보인 반면 T7 처리구는 '19년에는 수량이 감소하는 것으로 확인되었다.

T2(화학비료) 대비 각 처리별 총 수량을 상대지수(Relative Index, %)로 평가한 결과, T1 처리구는 '16년 초기에 69.1%로 낮았으나 '17년 77.0%, '18년 86.8.0%, 4년차에는 94.1%의 수량으로 증가하였으며, T5 처리구는 '16년 90.3%에서 '18년 117.4%, T6 처리구는 '16년 70.3%에서 '18년 97.5%까지 증가하는 것을

확인 할 수 있었다. 꽃겨름작물을 4년간 사용한 T3, T4 처리구는 '19년 화학비료 대비 93.5 ~ 95.5%까지 수량이 확보가 되었다. 유기자원 연용에 따른 처리별 4년간 옥수수 평균 수량은 화학비료 대비 74.1% ~ 96.3%까지 증가하는 것을 확인 할 수 있었다.

유기자원 사용에 따른 처리별, 연차별 수량 차이 분석 결과, T1 처리구의 연차별 수량은 통계적으로 유의한 결과를 나타냈으나( $P < 0.001$ ), T3과 T7 처리구에서는 연차별 수량의 유의성은 확인되지 않았다. '16년과 '18년의 처리간 차이를 살펴본 결과, '16년에는  $T3 > T4 > T2 \approx T5 > T6 \approx T1 > T7$ 의 순으로 수량 간 차이가 확인되었고, '18년에는  $T5 > T3 > T2 \approx T6 \approx T1 > T4 > T7$ 의 순으로 분석되었다. '17년을 제외한 '16, '18, '19년도에는 유기자원 사용에 따른 처리간 통계적 유의한 차이를 확인할 수 있었다( $p < 0.01$ ). '18년 T5 처리구에서 가장 높은 수량을 보인 것(1606.1 kg/10a, 117.4%)은 밀, 콩 재배를 위한 가축분퇴비가 추가적으로 투입되어 옥수수 수량 증가에 영향을 미친 것으로 사료된다.

**Table 1.** Changes of yields of corn by treatment method in 2016 to 2019 and relative index to chemical fertilizer

Treatment <sup>+</sup>	2016		2017		2018		2019		Average (Relative Index)	F-value <sup>1)</sup>
	Yield (kg/10a)	Relative Index (%)	Yield (kg/10a)	Relative Index (%)	Yield (kg/10a)	Relative Index (%)	Yield (kg/10a)	Relative Index (%)		
T1	347.2 <sup>bcC</sup>	69.1	1008.2 <sup>B</sup>	77.0	1187.1 <sup>abAB</sup>	86.8	1294.5 <sup>A</sup>	94.1	959.2(84.2)	31.04***
T2	502.3 <sup>abB</sup>	100.0	1309.2 <sup>A</sup>	100.0	1368.2 <sup>abA</sup>	100.0	1375.0 <sup>A</sup>	100.0	1138.7(100)	12.13**
T3	808.4 <sup>aA</sup>	160.9	799.9 <sup>A</sup>	61.1	1464.9 <sup>aA</sup>	107.1	1313.5 <sup>A</sup>	95.5	1096.7(96.3)	N.S
T4	735.8 <sup>abB</sup>	146.5	973.8 <sup>AB</sup>	74.4	877.4 <sup>bcB</sup>	64.1	1285.7 <sup>A</sup>	93.5	968.2(85)	4.82*
T5	453.5 <sup>ab</sup>	90.3	-	-	1606.1 <sup>a</sup>	117.4	-	-	1029.8(90.4)	13.73*
T6	353.1 <sup>bc</sup>	70.3	-	-	1333.8 <sup>ab</sup>	97.5	-	-	843.5(74.1)	71.00**
T7	82.8 <sup>cB</sup>	16.5	504.7 <sup>AB</sup>	38.6	551.3 <sup>cA</sup>	40.3	385.8 <sup>AB</sup>	28.1	381.1(33.5)	N.S
F-value <sup>2)</sup>	5.02**		N.S		4.64**		59.78***		-	-

\* Test result is statistically significant at the P =0.05 level(\*), 0.01 level(\*\*), 0.001 level(\*\*\*) ; NS = Not Significant result.,

1) The result is according difference by year, Capital letters. A>B>C...

2) The result is according difference by treatment, Lower case letters. a>b>c...

<sup>+</sup> T1(Animal manure compost), T2(Chemical fertillzer), T3(Hairy vetch-Tillage), T4(Hairy vetch- No-Tillage), T5(Crop rotation 1), T6(Crop rotation 2), T7(No fertilizer)

**Table 2.** Nitrogen uptake of yields of corn by treatment method in 2016 to 2019

Treatment	2016		2017		2018		2019		F-value <sup>1)</sup>
	kg/10a-----								
T1	0.62 <sup>C</sup>	(±0.17)	3.12 <sup>B</sup>	(±1.11)	4.46 <sup>B</sup>	(±0.89)	7.24 <sup>A</sup>	(±0.98)	30.52***
T2	0.96 <sup>C</sup>	(±0.66)	5.13 <sup>B</sup>	(±1.29)	4.79 <sup>B</sup>	(±0.45)	8.29 <sup>A</sup>	(±0.40)	43.89***
T3	2.55 <sup>BC</sup>	(±0.25)	1.98 <sup>C</sup>	(±1.23)	4.62 <sup>B</sup>	(±2.08)	7.56 <sup>A</sup>	(±0.86)	11.54**
T4	2.40 <sup>B</sup>	(±0.75)	2.78 <sup>B</sup>	(±1.26)	2.63 <sup>B</sup>	(±0.65)	7.28 <sup>A</sup>	(±0.14)	25.35***
T5	1.50	(±1.52)	-	-	6.45	(±2.01)	-	-	11.63*
T6	0.96	(±0.53)	-	-	5.15	(±0.45)	-	-	109.5***
T7	0.19 <sup>C</sup>	(±0.16)	0.41 <sup>C</sup>	(±0.14)	1.25 <sup>B</sup>	(±0.49)	2.41 <sup>A</sup>	(±0.36)	28.99***

\* Test result is statistically significant at the P =0.05 level(\*), 0.01 level(\*\*), 0.001 level(\*\*\*) ; NS = Not Significant result.,

1) he result is according difference by year, Capital letters. A>B>C...

\* T1(Animal manure compost), T2(Chemical fertillzer), T3(Hairy vetch-Tillage), T4(Hairy vetch- No-Tillage), T5(Crop rotation 1), T6(Crop rotation 2), T7(No fertilizer)

4년간 옥수수 알곡의 질소 흡수량의 변화를 살펴본 결과(Table 2), 풋거름작물을 연용한 T3 처리구의 질소흡수량은 '16년 2.55 kg/10a에서 '19년 7.56 kg/10a으로 증가하였고 T4 처리구는 '16년 2.40 kg/10a에서 '19년 7.28 kg/10a으로 증가하였다. 또한 가축분퇴비가 연용된

T1, T5, T6 처리구에서도 점차적으로 질소 흡수량이 증가하였다(P<0.05). 옥수수 알곡의 질소흡수량 '16년 대비 '19년의 증가량은 T2(7.3 kg/10a) > T1(6.6 kg/10a) > T3(5.0 kg/10a) > T4(4.9 kg/10a) > T7(2.2 kg/10a) 순으로 확인되었다. 화학비료(T2) 처리구가 질소흡수량이

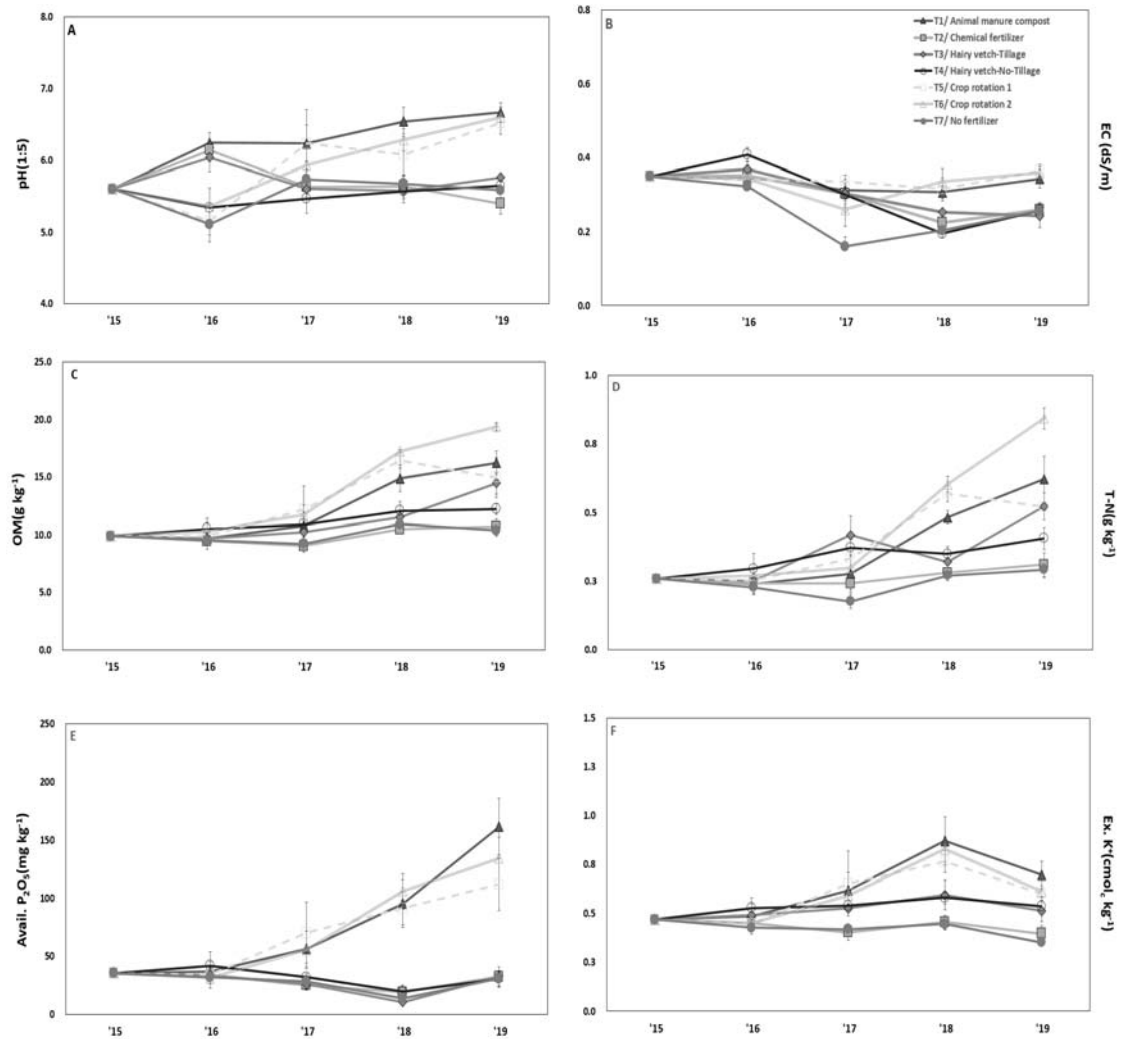


Fig. 3. Changes of pH, electric conductivity (EC), organic matter (OM), total nitrogen (T-N), available phoshate (Av.P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), and exchangeable K (Ex. K<sup>+</sup>) in soil during 2016 to 2019. The vertical bar stands for the standard deviation.

가장 높게 확인되었는데, 이는 토양에 사용된 유기자원이 무기화과정을 거쳐 양분공급이 되지므로 질소공급력이 무기질비료인 화학비료보다 낮기 때문에 나타난 결과로 판단된다(Lim et al., 2008; Lee et al., 2012; Im et al., 2015; Ok et al., 2016).

### 3.2. 유기자원 사용에 따른 토양화학성 변화

유기자원 사용에 따른 토양화학성 분석결과(Fig. 3), pH는 시험초기 5.6이었으며, 4년간 연용한 '19년에는

가축분퇴비가 사용된 T1 처리구는 6.7, T5는 6.5, T6는 6.6으로 상승하여 밭토양으로 활용하기 적절한 pH값으로 확인되었다( $P > 0.05$ , Hong et al., 2010). 반면 T2(5.4), T3(5.8), T4(5.6), T7(5.6) 처리구는 뚜렷한 변화는 나타나지 않았다.

전기전도도(EC)는 시험초기 0.35 dS/m이었으나 4년간 연용한 '19년에는 T1은 0.34 dS/m, T2는 0.26 dS/m, T3는 0.24 dS/m, T4는 0.26 dS/m, T5는 0.36 dS/m, T6는 0.36 dS/m, T7은 0.26 dS/m 으로 낮아지거나 비슷한

경향으로 확인되었다.

토양 유기물함량(OM)은 시험초기 9.9 g/kg 대비 '19년의 처리별 증가량은 T6은 9.48 g/kg, T1은 6.33 g/kg, T5는 5.03 g/kg, T3은 4.55 g/kg, T4는 2.31 g/kg, T2는 0.78 g/kg, T7은 0.47 g/kg 로 점차적으로 증가하는 경향으로 확인되었다. T4 처리구를 제외한 모든 처리구에서 연차별 통계적 유의성이 확인되었다( $P < 0.05$ ). T3는 경우에 의한 토양입단 파괴로 인해 입단 내 유기물 분해가 촉진되고 T4는 T3에 비해 토양에 분해가 어려운 유기물이 증가한 것으로 생각되어(Kim et al., 2017; Ahn et al., 2020), 장기적으로 토양 중 유기물함량의 변화를 살펴볼 필요가 있을 것으로 판단된다(Seo et al., 1998; Cho and Chang, 2007; Ok et al., 2015).

총 질소(T-N)의 변화를 살펴본 결과, 시험초기 0.26 g/kg 대비 '19년의 처리별 증가량은 T6은 0.59 g/kg, T1은 0.36 g/kg, T3은 0.26 g/kg, T5는 0.26 g/kg, T2는 0.05 g/kg, T7은 0.03 g/kg 으로 확인되었다. 4년간 유기자원이 연용된 T1, T3, T4, T5, T6 처리구에서 유의성을 확인할 수 있었다( $P < 0.05$ ).

4년간 토양화학성의 변화 중 유효인산(Av.  $P_2O_5$ )의 증가폭이 가장 빠르게 나타났다. 시험초기 35.5 mg/kg 대비 '19년의 처리별 증가량은 T1은 126.1 mg/kg, T5는 76.3 mg/kg, T6은 99.1 mg/kg 이 증가한 반면( $P < 0.05$ ), 그 외 T2는 2.8 mg/kg, T3는 3.1 mg/kg, T4는 4.9 mg/kg, T7은 4.5 mg/kg으로 낮아졌다. 이는 퇴비가 사용된 처리구(T1, T5, T6)에서는 퇴비 중 인산의 방출, 유효도 증가 등의 영향으로 상승한 것으로 사료된다(Kwak et al., 1990; Kim et al., 2017). 풋거름작물이 사용된 처리구(T3, T4)의 유효인산 함량은 감소하는 경향으로 확인되어 토양 중 유효인산 함량을 일정한 수준으로 유지 하기 위해서는 시비량 조절이 필요할 것으로 생각된다(Park et al., 2018).

토양의 치환성 칼리 함량 변화를 살펴본 결과, T2는 '16년 0.45 cmol/kg 에서 '19년 0.40 cmol/kg, T7은 '16년 0.43 cmol/kg 에서 '19년 0.35 cmol/kg로 각각 0.05 cmol/kg, 0.08 cmol/kg 감소하였다. 풋거름작물이 사용된 처리구 T3는 0.01 cmol/kg, T4는 0.02 cmol/kg으로 변화가 적었다. NIAS(2008)의 8년간 동일유기물 장기연용한 옥수수 밭토양에서 칼리의 함량이 풋거름작물 처리구에서 0.23 cmol/kg에서 0.09 cmol/kg 로 낮아졌으며 이는 옥수수에 의해 흡수된 칼리가 토양에 환원되지 않고 방

출되어 점진적으로 감소했다는 연구결과와 비슷한 양상으로 확인되어 이에 대한 지속적인 조사와 관리가 필요할 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

본 연구는 국내 유기농 밭토양에서 4년간 유기자원 연용이 옥수수 밭토양의 화학성 변화 및 작물수량에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행하였다.

유기자원 연용에 따른 처리별 4년간 옥수수 평균 수량은 화학비료 대비 74.1% ~ 96.3% 까지 증가하였다. 4년간 옥수수 알곡의 질소 흡수량의 변화를 살펴본 결과 유기자원이 연용된 처리구에서 점차적으로 질소흡수량도 증가하는 추세로 확인되었다.

4년간 유기자원을 연용한 시험구의 토양화학성 변화를 살펴본 결과, pH는 가축분퇴비가 사용된 처리구는 상승하였으나 풋거름작물과 화학비료, 무비 처리구의 뚜렷한 변화를 나타내지 않았다. 전기전도도(EC)는 변화는 시험초기 0.35 dS/m에서 0.24 ~ 0.36 dS/m 로 낮아지거나 비슷한 경향으로 확인되었으며, 가축분퇴비와 풋거름작물을 4년간 연용한 처리구는 화학비료, 무비 처리구에 비하여 토양 중 유기물함량이 증가하였다. 또한 총 질소는 화학비료 처리구에 비해 유기자원이 사용된 처리구는 지속적으로 증가하는 것으로 확인되었다. 유효인산 함량은 가축분퇴비가 연용된 T1, T5, T6 처리구의 증가폭이 가장 크게 확인되고 퇴비 중 인산의 방출, 유효도 증가 등의 영향으로 상승한 것으로 사료되며 풋거름작물이 연용된 T3, T4 처리구는 감소하는 경향으로 확인되었다. 치환성 칼리 함량 변화는 4년간 연용했을 때 다소 감소하는 경향으로 옥수수에 의해 흡수된 칼리가 토양에 환원되지 않고 방출되어 점진적으로 감소된 것으로 생각된다.

따라서 유기자원을 4년간 연용했을 때 작물수량 및 토양화학성이 화학비료 처리구에 비해 개선되는 경향을 확인하였으며 가축분퇴비와 풋거름작물과 같은 유기자원을 장기간 연용할 때 유효인산과 칼리의 시비량 조정에 대한 관리방안을 위해 지속적인 연구가 필요하다고 생각된다.

#### 감사의 글

본 연구는 2020년도 농촌진흥청 국립농업과학원 연구

개발사업(과제번호:PJ01352042020)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## REFERENCES

- Ahn, D. R., An, N. H., Kim, D. H., Han, B. H., You, J. H., Park, I. C., Ahn, J. H., 2020, Effects of tillage on organic matters and microbial communities in organically cultivated corn field soils, *Korean J. Environ. Agric.*, 39, 65-74.
- Bak, G. R., Lee, G. J., Kim, T. Y., Jee, S. N., Kim, C. S., Lee, H. B., Lee, E. K., Song, J. K., 2018, Biological characteristics of organic soil applying rye (*Secale cereal L.*) as green manure for the long term, *Korean J. Org. Agric.*, 26, 427-437.
- Berry, P. M., Sylvester-Bradley, R., Philipps, L., Hatch, D. J., Cuttle, S. P., Rayns, F. W., Gosling, P., 2002, Is the productivity of organic farms restricted by the supply of available nitrogen?, *Soil Use and Management*, 18, 248-255.
- Cho, J. L., An, N. H., Nam, H. S., Lee, S. M., 2018, Effects of green manures and complementary fertilization on growth and nitrogen use efficiency of Chinese cabbages cultivated in organic systems, *Korean J. Org. Agric.*, 26, 1-13.
- Cho, J. L., Lee, Y., Choi, H. S., Kim, W. S., 2011, The effects of organic materials on yield and N use efficiency of organic rice grown under frequent heavy rains, *Kor. J. Environ. Agric.*, 30, 138-143.
- Cho, S. H., Chang, K. W., 2007, Nitrogen mineralization of oil cakes according to changes in temperature, moisture, soil depth and soil texture, *Korean Org. Resour. Recycl. Assoc.*, 149-158.
- Choi, H. S., Rom, C. R., 2011, Estimated nitrogen use efficiency, surplus, and partitioning in young apple trees grown in varied organic production systems, *Sci. Hort.*, 129, 674-679.
- Fageria, N. K., Baligar, V. C., Bailey, B. A., 2005, Role of cover crops in improving soil and row crop productivity, *Commun. Soil sci. Plant. Anal.*, 36, 2733-2757.
- Hong, S. G., Lee, S. B., Park, K. L., Lee, M. H., Nam, H. S., Kim, J. H., Yun, J. C., Park, D. S., 2014, Research trends in organic farming technology by Journal Article Analysis, *Korean J. Org. Agric.*, 22, 549-559.
- Im, J. U., Kim, S. Y., Yoon, Y. E., Kim, J. H., Lee, S. B., Lee, Y. B., 2015, Nitrogen mineralization in soil amended with oil-cake and amino acid fertilizer under an upland condition, *Korean J. Org. Agric.*, 23, 867-873.
- Jeon, W. T., Park, C. Y., Cho, Y. S., Park, K. D., Yun, E. S., Kang, U. G., Park, S. T., Choe, Z. R., 2003, Spatial distribution of rice root under long-term chemical and manure fertilization in paddy, *Kor. J. Crop Sci.*, 48, 84-89.
- Kang, S. W., Yoo, C. H., Yang, C. H., Han, S. S., 2002, Effects of rapeseed cake application at panicle initiation stage on rice yield and N-use efficiency in machine transplanting cultivation, *Kor. J. Soil Sci. Fert.*, 35, 272-279.
- Kim, H. W., Choi, H. S., Kim, B. H., Kim, H. J., Choi, K. J., Chung, D. Y., Lee, Y., Park, K. L., 2011, Comparison of characteristics of a paddy soil and growth and production of rice as affected by organic nutrient sources, *J. Bio-Environ. Control.*, 20, 241-245.
- Kim, J. G., Lee, K. B., Lee, S. B., Lee, D. B., Kim, S. J., 1999, The effect of long-term application of different organic material sources on chemical properties of upland soil, *J. Kor. Soil Sci. Fert.*, 32, 239-253.
- Kim, M. S., Kim, S. C., Yun, S. G., Park, S. J., Lee, C. H., 2017, Change in available phosphate by application of phosphate fertilizer in long-term fertilization experiment for paddy soil, *Korean J. Environ. Agric.*, 36, 141-146.
- Kim, M. S., Kim, Y. H., Kang, S. S., Yun, H. B., Hyun, B. K., 2012, Long-term application effects of fertilizers and amendments on changes soil organic carbon in paddy soil, *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 45, 1108-1113.
- Kim, S., Choi, J. S., Kang, S., Park, J. H., Hong, S., Kim, T.S., Yang, W., 2017, Effects of tillage and cultivation methods on carbon accumulation and formation of water-stable aggregates at different soil layer in rice paddy, *Korean Journal of soil science and fertility*, 50, 634-643.
- Korean Rural Economic Institute, 2018, 2018 Agricultural outlook, KREI.
- Korean Rural Economic Institute, 2019, 2019 status of domestic and foreign environment-friendly agricultural products production and consumption and future tasks, KREI.



- Kwak, H. K., Lee, C. S., Lim, S. K., 1990, Influence of soil amendments on phosphorus response and changes of available phosphate amount in paddy soil, Res. Rept. RDA, 32, 52-56.
- Lee, C. H., Lim, T. J., Kang, S. S., Kim, M. S., Kim, Y. H., 2012a, Relationship between cucumber yield and nitrate concentration in plastic film house with ryegrass application, Korean J. Soil Sci. Fert., 45, 943-948.
- Lee, C. R., Ok, J. H., An, M. S., Lee, S. B., Park, K. L., Hong, S. G., Kim, M. G., Park, C. B., 2017, Soil chemical properties of long-term organic cultivation upland, Korean J. Org. Agric., 25, 161-170.
- Lee, S. B., Lee, C. H., Hong, C. O., Kim, S. Y., Lee, Y. B., Kim, P. J., 2009, Effect of organic residue incorporation on salt activity in greenhouse soil, Korean J. Environ. Agric., 28, 397-402.
- Lee, Y., Choi, H. S., Lee, S. M., Jung, J. A., Kuk, Y. I., 2012b, Effects of organic materials on changes in soil nutrient concentrations and nutrient uptake efficiency in sorghum- Sudangrass hybrid (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), J. Bio-Environ. Control., 21, 108-113.
- Lee, Y. H., Lee, S. G., Kim, S. H., Shin, J. H., Choi, D. H., Lee, Y. J., Kim, H. M., 2006, Investigation of the utilization of organic materials and the chemical properties of ool in the organic farms in Korea, Korean J. Org. Agric., 14, 55-67.
- Lim, K. H., Choi, H. S., Kim, H. J., Kim, B. S., Kim, D. I., Kim, S. G., Kim, J. S., Kim, W. S., Lee, Y., 2011, Effects of seeding time on growth and nutrient contribution of ryegrass and hairy vetch, J. Bio-Environ. Control., 20, 134-138.
- Lim, T. J., Hong, S. D., Kim, S. H., Park, J. M., 2008, Evaluation of yield and quality from red pepper for application of pig slurry composting biofiltration, Korean J. Environ. Agric., 27, 171-177.
- Min, K. B., Cho, H. S., Lee, J. I., Nam, Y. K., 1995, Effects of fermented pig manure-sawdust compost of the yield and mineral nutrition of tomato in the plastic film house, J. Kor. Soil Sci. Fert., 28, 88-94.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, 2011, R&D Roadmap for agro-industry, MIFAFF.
- Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs, 2014, Act on supporting the environment-friendly agriculture fosterage and organic food control, MAFRA.
- National Institute of Agricultural Science, 2000, Analysis methods of soil and plant, Rural Development Administration, NIAS.
- National Institute of Agricultural Science, 2006, The standard of fertilizer application crop species, Rural Development Administration, NIAS.
- National institute of Agricultural Science, 2008, Finding the effect of long-term use of the same organic-matter in the upland field, Rural Development Administration, NIAS.
- Ok, J. H., Cho, J. L., Lee, B. M., An, N. H., Shin, J. H., 2015, Monitoring for change of soil characteristics by repeated organic supply of compost and green manures in newly reclaimed organic upland field, Korean J. Org. Agric., 23, 813-827.
- Ok, J. H., Cho, J. L., Lee, B. M., An, N. H., Shin, J. H., Lee, Y., 2016, Effect of oil cake banding application on growth and nutrient use efficiency in maize, Korean J. Org. Agric., 24, 907-917.
- Park, Y. E., Lim, T. J., Park, J. M., Lee, S. E., 2018, Long-term effects of chemical fertilizer and compost applications on yield of red pepper and soil chemical properties, Korean J. Soil Sci. Fert., 51, 111-118.
- Patra, A. K., Jarvis, S. C., Hatch, D. J., 1999, Nitrogen mineralization in soil layers, soil particles and macro-organic matter under grassland, Biol. Fert. Soils., 29, 38-45.
- Pual, M., Andreas, F., David, D., Lucie, G., Padruot, F., Urs, N., 2002, Soil fertility and biodiversity in organic farming, Science, 296, 1694-1697.
- Seo, J. H., Lee, H. J., Kim, S. J., Hur, I. B., 1998, Nitrogen release from Hairy vetch residue in relation to different tillages and plant growth stage, Korean J. Soil Sci. Fert., 31, 137-142.
- Sharpely, A. N., 1995, Dependence of runoff phosphorus on extractable soil phosphorus, J. Environ. Qual., 24, 920-926.
- Shon, J. Y., Kim, J. H., Kang, S. G., Shin, S. H., Shim, K. B., Yang, W. H., Heu, S. G., 2016, Effects of long-term fertilization on rice yield and soil chemical properties in the mid-plain of Korea, Korean J. Crop Sci., 61, 25-32.
- Thorup-Kristensen, K., 1994, The effect of nitrogen catch crop species on the nitrogen nutrition of succeeding crops, Fertilizer Research, 37, 227-234.
- Yeon, B. Y., Kwak, H. K., Song, Y. S., Jun, H. J., Kim, C. H., 2007, Changes in rice yield and soil properties under

continued application of chemical fertilizer for 50 years  
in paddy soil, Korean J. Soil Sci. Fert., 40, 482-487.

- 
- Postdoctoral Researcher. Min-Jae Kong  
National Academy of Agricultural Science, RDA  
alswogud@korea.kr
  - Postdoctoral Researcher. Phil-Gyun An  
National Academy of Agricultural Science, RDA  
dumaum5@korea.kr

- 
- Researcher. Jung-A Jung  
National Academy of Agricultural Science, RDA  
ant4522@korea.kr
  - Researcher. Cho-Rong Lee  
National Academy of Agricultural Science, RDA  
echrong1@korea.kr
  - Senior Researcher. Sang-Min Lee  
National Academy of Agricultural Science, RDA  
sminlee@korea.kr
  - Researcher. Nan-Hee Ahn  
National Academy of Agricultural Science, RDA  
nanhee79@korea.kr