Weed Turf. Sci. 9(1):63-73
https://doi.org/10.5660/WTS.2020.9.1.63

Print ISSN 2287-7924
Online ISSN 2288-3312

RESEARCH ARTICLE

크리핑 벤트그래스에서 철과 아연이 첨가된 가축분뇨 발효액비의 처리효과

김영선[1,2] • 함선규[3] • 이긍주[4*]

[1]대구대학교 생명환경학부(원예학전공), [2]대구대학교 자연과학연구소, [3]㈜대정골프엔지니어링 부설 대정잔디연구소, [4]충남대학교 원예학과/스마트농업학과

Growth and Quality of Creeping Bentgrass after Application of Livestock Liquid Fertilizer Containing Iron and Zinc

Young-Sun Kim[1,2], Suon-Kyu Ham[3], Geung-Joo Lee[4*]

[1]Division of Life & Environmental Science (Horticulture Major), Daegu University, Gyeongsan 38453, Korea

[2]Institute of Natural Sciences, Daegu University, Gyeongsan 38453, Korea

[3]Daejung Turfgrass Research Institute, Incheon 22381, Korea

[4]Department of Horticulture and Department of Smart Agriculture Systems, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

Abstract

This study was conducted to evaluate the availability of livestock manure as functional fertilizer materials by investigating the growth and quality of creeping bentgrass after applying microelement fertilizer (MiF) containing livestock manure, iron (Fe) and zinc (Zn). Treatments were as follows. No fertilizer (NF), control fertilizer (CF), M1 (CF+1.0 mL m^{-2} MiF), M2 (CF+2.0 mL m^{-2} MiF), M3 (CF+4.0 mL m^{-2} MiF), and NM (2.0 mL m^{-2} MiF). Compared with NF, growth and quality of creeping bentrgass in NM treatment were not significantly different. After applying MiF, the quality and growth of creeping bentgrass and nutrient content in its leaf was similar to those of CF. However, correlation between Fe uptake amount in the turfgrass leaf and MiF treatments was significantly positive (P<0.05). These results indicated that MiF containing livestock manure, Fe and Zn might be applied on the creeping bentgrass, and expected an availability of livestock manure as another fertilizer source of various functional fertilizer.

Key word: Creeping bentgrass, Iron (Fe), Livestock manure, Microelement fertilizer (MiF), Zinc (Zn)

Check for updates

OPEN ACCESS

***Corresponding Author**:
Phone) +82-42-821-5734
Fax) +82-42-821-8888
E-mail) gjlee@cnu.ac.kr

Received: March 02, 2020

Revised: March 17, 2020

Accepted: March 20, 2020

ⓒ 2020 The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http: //creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 언

2012년 런던협약을 준수하면서 가축분뇨액비의 해양투기가 전면 금지되면서 국내에서 해양투기로 처리하던 약 5%의 가축분뇨액비의 재활용에 관한 연구가 진행되어 왔다(Ham and Kim,

2014). 가축분뇨는 바이오가스를 생산하거나 발효 과정을 거쳐 퇴 · 액비로 재활용되고 있다(Lee et al., 2017). 그 중에서도 가축분뇨액비는 함유 양분이 낮아 단위면적당 시비량이 많고, 원료 및 발효정도에 따라 함유 성분량이 다르게 나타나기 때문에 시비 전 검정이 필요하였다(Ham and Kim, 2011). 또한, 작물은 식재 전 시비량이 많고, 식재 후에는 시비량이 적기 때문에 시기별 균일한 액비의 소비가 어려워 연중 균일하게 사용할 수 있는 가축분뇨액비의 신수요처가 필요로 하였다(Ham and Kim, 2011; Kang et al., 2010).

골프장의 잔디는 정기적인 깍기작업이 진행되고, 일정한 생육과 품질을 유지하기 위해서는 시비관리가 필요하기 때문에 연간 균일하게 가축분뇨액비를 사용할 수 있는 신 수요처로서 적합하였다(Kang et al., 2010). 그러나 가축분뇨액비는 함유 양분의 농도가 낮아서 화학비료에 비해 많은 시비 노력을 필요로 하였다(Ham et al., 2009). 이러한 문제를 해결하기 위해 가축분뇨액비에 수용성 비료를 처리하여 잔디 관리에 이용하고자 하는 연구도 진행되었으나 화학비료를 처리하는 것보다 많은 노력이 필요하였다(Ham and Kim, 2011).

잔디 관리에서 관수 및 시비 효과를 나타내는 가축분뇨액비를 이용하기 위해서는 많은 시비 노력이 필요하므로 가축분뇨액비를 지속적으로 소비하기 위한 새로운 활용 방안이 필요하다(Ham and Kim, 2014). 가축분뇨액비에는 잔디의 생육을 개선하거나 각종 병원균에 길항성을 나타내는 유용미생물을 함유하고 있으며, 다양한 유기물과 부식산을 함유하고 있어 미생물의 배양액이나 기능성 물질로 사용이 가능하다(Lim et al., 2011). 이러한 유용미생물이나 기능성 물질들을 잔디 관리에 활용하기 위해 가축분뇨액비를 기능성 비료의 원료로 이용할 경우 가축분뇨액비의 신 수요처 발굴 및 다양화에 이용할 수 있을 것이다(Ham et al., 2009; Lim et al., 2014). 미량원소 중에서 철은 황화를 억제하여 식물의 엽색을 개선하는 원소로 잘 알려져 있고, 아연은 각종 트립토판을 생성하거나 효소 반응에 이용되는 미량원소로서 잔디 생육 및 품질개선 위해 사용하는 미량원소비료로 잘 알려져 있다(Ahn et al., 1992).

따라서 본 연구는 가축분뇨액비에 철과 아연을 첨가하여 조제한 미량원소복합비료(microelement fertilizer containing iron and zinc [MiF])를 크리핑 벤트그래스(*Agrostis palustris* H.)에 시비하였을 때, 잔디의 생육과 품질 등에 미치는 영향을 조사하여 가축분뇨 발효액비의 미량원소복합비료 및 기능성 비료로서의 활용 가능성을 평가하고자 한다.

재료 및 방법

시험기간 및 공시재료

본 연구는 2009년 6월부터 11월까지 6개월 동안 인천광역시 소재의 SKY72 골프장의 증식포장에서 수행되었다. 공시잔디는 2006년 파종되어 약 3년간 증식포장에서 관리된 크리핑 벤트그래스(*A. palustris* H.) 'Penn A-1' 품종을 이용하였다. 잔디 생육에 필요한 양분을 공급하기 위해 공시비료는 복합비료(compound fertilizer: N-P_2O_5-K_2O=11-5-7, Pungnong Co. Ltd., Seoul, Korea)와 가축분뇨 미량원소복합비료(microelement fertilizer containing iron and zinc [MiF]: Fe 0.1%, Zn 0.05%)를 사용하였다. 가축분뇨액비는 국립축산과학원으로부터 공여 받아 사용하였고, 미량원소 중 철(Fe)과 아연(Zn)은 각각 킬레이트철(EDTA-Fe)과 염화아연($ZnCl_2$)을 가축분뇨액비에 첨가하여 제조하였다. 제조 후 미량원소의 반응에 의한 침전은 발생하지 않았다.

처리구 설정

처리구는 비료의 종류 및 시비량에 따라 무처리구(no fertilizer; NF), 대조구(control fertilizer [CF]; N-P_2O_5-K_2O=11-5-7), CF 처리 후 MiF를 1,000배 희석액을 처리한 처리구 1 (M1; CF+MiF), 500배 희석액을 처리한 처리구 2 (M2; CF+2MiF) 및 250배 희석액을 처리한 처리구 3 (M3; CF+4MiF), 그리고 MiF 단독처리구(NM)로 구분하였다.

실험 포장의 각 실험구별 면적은 3 m^2 (1 m × 3 m)였고, 총 면적은 63 m^2이었으며,실험구 배치는 난괴법(3반복)으로 하였다. 공시비료 중 복합비료는 6월 8일, 8월 14일, 9월 18일 및 10월 18일에 2.75 g N ai. m^{-2}씩 4회 시비하였다. MiF는 6월 8일부터 10월 20일까지 14일간격으로 M1 (1.0 mL m^{-2} MiF), M2 (2.0 mL m^{-2} MiF), M3 (4.0 mL m^{-2} MiF) 및 NM (1.0 mL m^{-2} MiF)를 1,000 mL의 수돗물에 희석하여 물조리개로 총 12회 관주시비(희석액 1,000 mL m^{-2})하였다. 예초는 그린모어(TORO-3250, TORO, Minnesota, USA)를 이용하여 5.5 mm 높이로 실시하였고, 통기작업은 봄철에 1회 실시하였으나 시험기간 동안에는 실시하지 않았고, 배토는 2 mm두께로 3회(6월 19일, 7월 30일, 9월 28일) 실시하였다. 병해 방제를 위해 테부코나졸 유제(tebuconazole 25%, FarmHannong Co., Ltd., Seoul, Korea)와 이프로디온 수화제(iprodione 50%; FarmHannong Co. Ltd., Seoul, Korea)를 각각 3회(6월 19일, 8월 14일, 9월 30일)와 2회(7월 2일, 9월 7일) 살포하였다.

생육 조사 및 분석 방법

잔디 생육 조사는 처리구별 엽색지수, 엽록소지수 및 예지물량을 조사하였다. 엽색지수와 엽록소지수는 각각 Turf color meter (TCM 500, Spectrum Technologies, Inc., Plainfield, IL, USA)와 Chlorophyll meter (CM 1000, Spectrum Technologies, Inc., Plainfield, IL, USA)를 이용하여 측정하였고, 2009년 6월 8일부터 11월 3일까지 7일 간격으로 총 22회 측정하였으며, 조사 결과는 월별 평균을 해 잔디의 시각적 품질 변화를 조사하였다. 잔디의 생육을 평가하기 위해 6월 30일, 8월 4일, 9월 8일, 10월 15일 및 11월 3일에 잔디 예지물 함량을 총 5회 조사하였다. 잔디 예지물 함량을 조사하기 위해 5.5 mm 높이로 셋팅된 그린모어를 이용하여 채취하였고, 시료는 이물질을 제거한 후 65℃ 드라이오븐(JSON-150, JSR, Gongju, Korea)에서 24시간 건조하여 건물중을 측정하였다.

시험에서 공시비료 처리에 의한 토양의 변화를 조사하기 위해 시험 전(6월 7일)과 시험 종료 후(11월 3일) 총 2회 실시하였다. 토양시료는 자체 제작된 토양시료 채취용 코어(지름 2 cm, 깊이 10 cm)를 이용하여 각 처리구별 4개씩 토양시료를 채취하였고, 분석을 위해 음지에서 풍건한 후 2 mm체를 통과한 시료를 이용하였다. 분석 항목은 pH, 전기전도도(electrical conductivity, EC), 유기물(organic matter, O.M) 함량, 전질소(total nitrogen, T-N), 유효 인산(available phosphate, Av-P_2O_5), 치환성 칼륨(exchangeable potassium, Ex-K), 치환성 칼슘(Ex-Ca), 치환성 마그네슘(Ex-Mg), 철(Fe) 및 아연(Zn) 등이었고, 분석 방법은 토양 화학 분석법(NIAST, 1998)에 준하여 실시하였다. pH와 EC는 1:5법으로, O.M은 Tyurin법으로, T-N은 Kjeldahl 증류법으로, Av-P_2O_5는 Bray No.1법으로, 치환성 양이온(Ex-K, Ex-Ca, Ex-Mg, Ex-Na)은 1N-NH_4OAc 침출법으로, 미량원소(Fe, Zn)는 1N-HCl 침출법으로 각각 분석하였다.

식물체 분석은 시험 종료 시기인 11월 3일 채취된 잔디 예지물을 건조하여 분석 시료로 이용하였다. 분석 영양소는 잔디 생육의 주요 구성성분인 질소, 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 철, 아연 등을 포함하였다. 잔디 식물체 분석은 식물체 분석법(NIAST, 1998)에 준하여 실시하였고, 질소는 Kjeldahl 증류법으로, 인은 UV-spectrophotometer (U-2800, Hitachi, Tokyo, Japan)를 이용하여 바나도몰리브덴산법으로, 그리고 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 철 및 아연은 유도결합플라즈마(inductively coupled plasma [ICP]; Integra XL, GBC, Victoria, Australia)를 이용하여 원자분광법으로 각각 분석하였다. 양분 흡수는 건물중과 잔디 조직 분석 결과를 이용하여 아래 식과 같이 조사하였다(Kim et al., 2001).

양분 흡수량(g m^{-2} or mg m^{-2}) = 잔디 예지물 건물중(g m^{-2}) × 잔디 중 양분 함량(% or mg kg^{-1})

통계처리는 SPSS (ver. 12.1.1, IBM, New York, USA)을 이용하여 Duncan 다중검정과 t-검정을 통해 처리구간 평균값의 유의차를 검정하였고, 상관계수를 조사하여 항목별 상관성을 검정하였다.

결과

토양의 무기 성분 함량

시험 전 토양은 pH 6.98로 중성이었고, 유기물과 전질소는 각각 10.2 g kg^{-1}과 0.38 g kg^{-1}이고, 유효인산 73 mg kg^{-1} 및 치환성 칼륨 0.14 $cmol_c$ kg^{-1}으로 한지형잔디의 생육에 적합하였다(Table 1; Ahn et al., 1992). 시험 종료 후 토양 화학성을 비교한 결과, 처리구는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않아 가축분뇨 미량원소복합비료(MiF)의 처리에 의한 토양 화학성의 차이는 확인할 수 없었다.

Table 1. Chemical properties of soil analyzed before and after treatment of microelement fertilizer containing iron and zinc.

Treatments[y]	pH (1:5)	EC (dS m^{-1})	O.M.	T-N	Av-P_2O_5 (mg kg^{-1})	Exchangeable cations				Fe	Zn
			(g kg^{-1})			K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	(mg kg^{-1})	
						($cmol_c$ kg^{-1})					
Before	6.98	0.64	10.21	0.38	72.8	0.14	7.80	0.48	0.37	21.2	2.2
After											
NF	7.42a[z]	0.38a	9.49a	0.30a	26.0a	0.07a	5.64a	0.25a	0.19a	11.5a	0.01a
CF	7.38a	0.43a	8.78a	0.28a	29.4a	0.08a	5.27a	0.28a	0.20a	10.6a	0.26a
M1	7.33a	0.38a	8.52a	0.27a	16.0a	0.07a	4.40a	0.24a	0.23a	10.0a	0.05a
M2	7.27a	0.51a	9.07a	0.30a	19.3a	0.07a	5.16a	0.25a	0.17a	9.2a	0.09a
M3	7.33a	0.46a	9.13a	0.32a	29.4a	0.07a	5.48a	0.27a	0.20a	12.5a	0.19a
NM	7.33a	0.38a	8.23a	0.30a	26.0a	0.07a	5.22a	0.27a	0.18a	13.5a	0.07a

[y] Treatments were as follows. NF: No fertilizer; CF: Control fertilizer; M1: CF+1.0 mL m^{-2} microelement fertilizer containing iron and zinc (MiF); M2: CF+2.0 mL m^{-2} MiF; M3: CF+4.0 mL m^{-2} MiF; NM: 2.0 mL m^{-2} MiF. CF supplied was applied at 2.75 g N ai m^{-2} rate on June 8, August 14, September 18, and October 18, respectively. The MiF treatments were implemented 12 times on June 8, June 22, July 6, July 21, July 20, August 4, August 17, August 31, September 8, September 23, October 15, and October 20. Analytic soil was sampled on June 7 (before) and November 3 (after).

[z] Means with same letters within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$ level.

잔디 품질 및 생육 조사

MiF 시비 후 크리핑 벤트그래스의 엽색지수와 엽록소지수를 통하여 잔디의 엽색 및 품질의 변화를 확인하였다(Table 2). 엽색지수와 엽록소지수는 9월까지는 점차 증가하였고, 이후 서서히 감소하는 경향을 나타내었다.

엽색지수는 9월까지는 처리구별 통계적 유의차를 나타내지 않았으나 10월과 11월에는 무처리구(NF)와 비교할 때, MiF 단독 처리구(NM)에서는 NF와 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 대조구(CF)와 MiF 처리구(M1, M2, M3)는 무처리구(NF) 보다 증가하였다. 대조구와 비교할 때, 10월 조사에서 M3 처리구의 엽색지수가 증가하기도 하였으나, 다른 시기에는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않은 것으로 보아 MiF 처리가 엽색지수의 변화에 미치는 영향은 미미하였다. 시험기간 중 조사된 엽색지수 평균값으로 NF와 NM 비교(t-검정)와 CF와 M1간 비교(t-검정)에서도 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다(자료는 제시하지 않음).

엽록소지수는 NF와 NM 처리구는 8월까지는 증가하고, 9월부터는 감소하는 경향을 나타내었고, CF와 M1, M2 및 M3 처리구에서는 9월까지 증가한 후 10월부터 감소하는 경향을 나타내었다. NF와 CF의 엽록소지수 지속 기간이 다소 차이를 나타낸 것은 NF와 NM 처리구의 경우 봄철에 시비되었던 비료들이 8월까지 소진되어 9월부터 감소한 것으로 판단된다. 반면에 CF, M1, M2 및 M3 등은 잔디 생육에 필요한 양분을 주기적으로 시비해 주었기 때문으로 판단된다. NF와 비교할 때, MiF 처리구들의 엽록소지수는 증가하였고, CF와 비교할 때, 10월의 M2와 M3처리구에서 높았던 것을 제외하고는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 생육기간 동안 조사된 엽록소지수의 평균값으로 NF와 NM을 비교(t-검정)하고, CF와 M1을 비교(t-검정)할 때, 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다(자료는 제시하지 않음).

Table 2. Turf color index and chlorophyll index of creeping bentgrass applied with microelement fertilizer containing iron and zinc.

Treatments[y]	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Mean
Turf color index							
NF	7.09ab[z]	6.98b	7.10a	7.16b	6.63c	6.48b	6.91b
CF	7.01b	7.09a	7.05a	7.32a	7.05b	6.81ab	7.05a
M1	7.09ab	7.07a	7.03a	7.35a	7.04b	7.13a	7.12a
M2	7.15a	7.07a	7.08a	7.30a	7.12ab	6.99a	7.12a
M3	7.08ab	7.04ab	7.09a	7.34a	7.14a	7.08a	7.13a
NM	7.08ab	7.02ab	7.09a	7.21b	6.69c	6.48b	6.93b
Chlorophyll index							
NF	260ab	233c	256a	236c	179c	188b	225b
CF	272ab	253a	256a	278ab	246b	248a	259a
M1	277a	253a	250a	284a	253ab	247a	261a
M2	267ab	252a	258a	253abc	266a	248a	257a
M3	263ab	251ab	261a	287a	268a	245a	262a
NM	254b	240bc	265a	241bc	178c	168b	224b

[y] Treatments were as follows. NF: No fertilizer; CF: Control fertilizer; M1: CF+1.0 mL m^{-2} microelement fertilizer containing iron and zinc (MiF); M2: CF+2.0 mL m-2 MiF; M3: CF+4.0 mL m^{-2} MiF; NM: 2.0 mL m^{-2} MiF. CF supplied was applied at 2.75 g N ai m^{-2} rate on June 8, August 14, September 18, and October 18, respectively. The MiF treatments were implemented 12 times on June 8, June 22, July 6, July 21, July 20, August 4, August 17, August 31, September 8, September 23, October 15, and October 20.
[z] Means with same letters within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$ level.

시험 종료 후 (11월 3일) 잔디 밀도를 평가하기 위해 잔디의 줄기수를 조사한 결과 10.7-13.9 ea cm^{-2}의 범위를 나타내었고, 처리구별 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다(Fig. 1). NF과 NM을 비교하고, CF와 M1을비교할 때 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않아 MiF의 처리에 따른 잔디 밀도에 미치는 영향은 확인 할 수 없었다.

MiF 처리 후 크리핑 벤트그래스의 예지물은 87.8-105.4 g m^{-2}의 범위를 나타내었다(Table 3). NF와 비교할 때, MiF 처리구는 10.5-20.1% 정도 증가하였고, CF와는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. NF와 NM의 비교(t-검정)에서와 CF와 M1의 비교(t-검정)에서 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않아 MiF의 처리에 따른 잔디 예지물 증가 효과는 확인할 수 없었다.

MiF가 처리된 크리핑 벤트그래스에서 잔디 잎 조직에 함유된 양분 함량과 양분 흡수량을 조사하였다(Table 4). 잎 조직 중 양분 함량은 무처리구와 비교할 경우 질소와 아연은 M1에서, 칼리는 M1, M2, M3에서 증가하였고, 대조구와 비교할 때, MiF 처리구들은 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 잔디 잎 조직 중 Fe와 Zn 함량을 NF와 NM을 비교하고, CF와 M1을 비교할 때, 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않아 MiF의 처리에 의한 Fe와 Zn의 함량에 미치는 영향은 미미하였다. 양분 흡수량에 대한 조사에서 NF와 비교할 때, 질소와 마그네슘의 흡수량은 M2와 M3에서, 칼륨 흡수량은 M1, M2 및 M3에서, 아연 흡수량은 M1에서 증가하였다. CF와 비교할 때, MiF 처리구들은 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

MiF는 Fe과 Zn이 함유된 미량원소복합비료다. 이들의 처리에 의해 잔디 잎 조직 중 Fe와 Zn의 함량이 증가하거나 흡수량의 증가에 미치는 효과는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다(Table 4). 단, Fe의 경우 M3와 CF의 t-검정에서는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내어 MiF 처리 시 흡수량이 증가하였다(자료는 제시하지 않음). Fe와 Zn의 처리에 따른 잔디 잎조직 내에서의 변화 및 흡수 경향을 파악하기 위해 처리량 별 철과 아연의 공급량과 잎 조직 내 함량과 흡수량의 상관관계를 조사하였다(Fig. 2). 아연은 MiF 처리량에 따라 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 철은 MiF 처리량에 따라 잎 조직 중 Fe 흡수량에서 정의 상관성($P<0.05$)을 나타내었다.

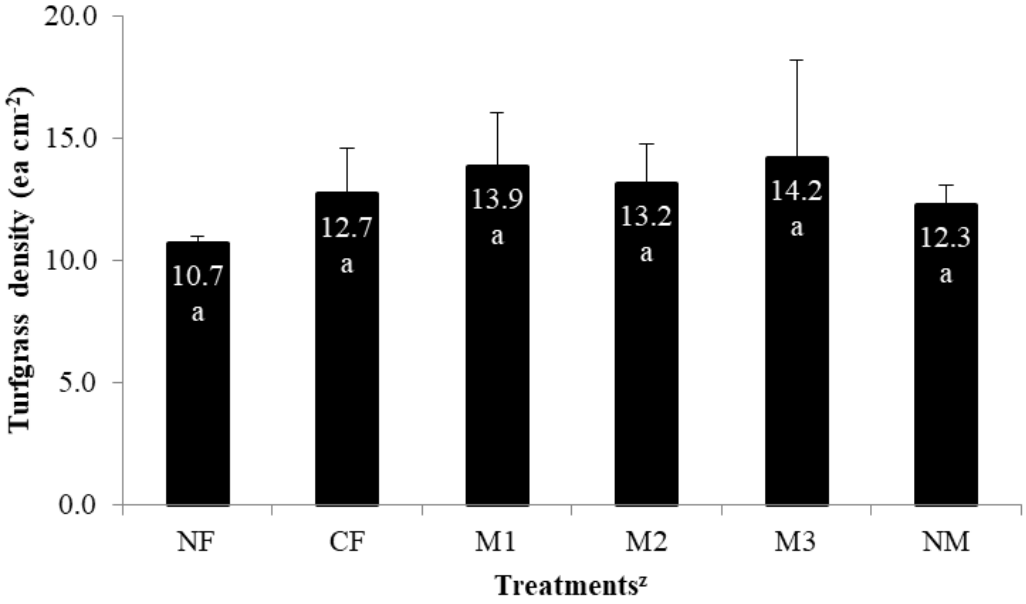

Fig. 1. Turfgrass density of creeping bentgrass applied with microelement fertilizer containing iron and zinc. Turfgrass density was investigated on November 3. Error bars indicates standard deviation and different letters indicates significant different at $P \leq 0.05$ level according to Duncan's multiple range test.
[z] Treatments were as follows. NF: No fertilizer; CF: Control fertilizer; M1: CF+1.0 mL m^{-2} microelement fertilizer containing iron and zinc (MiF); M2: CF+2.0 mL m^{-2} MiF; M3: CF+4.0 mL m^{-2} MiF; NM: 2.0 mL m^{-2} MiF. CF supplied was applied at 3.0 g N ai m^{-2} rate on June 30, August 4, September 8, October 15, and November 3, respectively. The MiF treatments were implemented 12 times on June 8, June 22, July 6, July 21, July 20, August 4, August 17, August 31, September 8, September 23, October 15, and October 20.

Table 3. Clipping yields of creeping bentgrass applied with microelement fertilizer containing iron and zinc.

Treatments[y]	Dry weight of clipping (g m^{-2})					
	Jun 30	Aug 4	Sep 8	Oct 15	Nov 3	Total
NF	24.5ab[z]	12.8a	26.0a	11.4b	13.2b	87.8b
CF	25.7a	12.3a	22.8a	14.0ab	23.7a	98.5a
M1	25.0ab	10.8a	25.8a	14.0ab	21.5a	97.0a
M2	26.2a	11.3a	29.2a	16.4a	22.3a	105.4a
M3	24.1ab	11.6a	29.6a	15.8a	22.2a	103.4a
NM	21.7b	10.6a	29.3a	11.4b	13.1b	86.1b

[y] Treatments were as follows. NF: No fertilizer; CF: Control fertilizer; M1: CF+1.0 mL m^{-2} microelement fertilizer containing iron and zinc (MiF); M2: CF+2.0 mL m^{-2} MiF; M3: CF+4.0 mL m^{-2} MiF; NM: 2.0 mL m^{-2} MiF. CF supplied was applied at 3.0 g N ai m^{-2} rate on June 30, August 4, September 8, October 15, and November 3, respectively. The MiF treatments were implemented 12 times on June 8, June 22, July 6, July 21, July 20, August 4, August 17, August 31, September 8, September 23, October 15, and October 20.
[z] Means with same letters within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$ level.

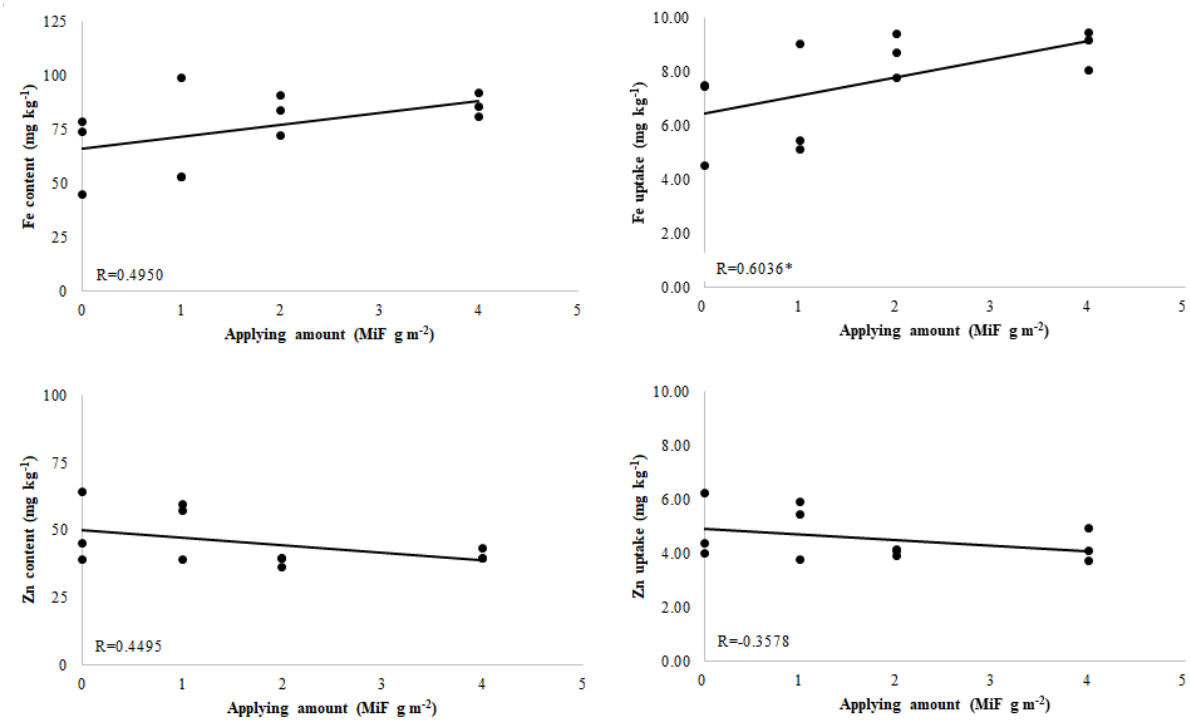

Fig. 2. Correlation coefficient between applying amount of microelement fertilizer (MiF) and the content and uptake of Fe and Zn.
* represents a significance at the 0.05 probability.

Table 4. The nutrient content and uptake of creeping bentgrass applied with microelement fertilizer containing iron and zinc.

Treatments[y]	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn
Nutrient content			(%)			(mg kg^{-1})	
NF	2.80b[z]	0.23a	0.76b	0.63a	0.32ab	58.2a	37.7b
CF	3.52ab	0.31a	0.90a	0.51a	0.32ab	65.8a	49.5ab
M1	4.53a	0.46a	0.91a	0.51a	0.33a	68.2a	52.0a
M2	3.43ab	0.25a	0.91a	0.55a	0.32ab	82.1a	38.4ab
M3	3.71ab	0.32a	0.91a	0.57a	0.33a	86.2a	40.8ab
NM	2.80b	0.23a	0.71b	0.69a	0.30b	81.5a	38.0ab
Nutrient uptake			(g m^{-1})			(mg m^{-1})	
NF	2.46b	0.20a	0.67b	0.56a	0.28bc	5.1a	3.3b
CF	3.47ab	0.30a	0.89a	0.50a	0.32ab	6.5a	4.9a
M1	4.43a	0.46a	0.88a	0.49a	0.32ab	6.7a	5.0a
M2	3.62ab	0.26a	0.96a	0.58a	0.33a	8.6a	4.0ab
M3	3.84a	0.34a	0.94a	0.59a	0.34a	8.9a	4.2ab
NM	2.41b	0.20a	0.61b	0.59a	0.26c	7.0a	3.3b

[y] Treatments were as follows. NF: No fertilizer; CF: Control fertilizer; M1: CF+1.0 mL m^{-2} microelement fertilizer containing iron and zinc (MiF); M2: CF+2.0 mL m^{-2} MiF; M3: CF+4.0 mL m^{-2} MiF; NM: 2.0 mL m^{-2} MiF. CF supplied was applied at 3.0 g N ai m^{-2} rate on June 30, August 4, September 8, October 15, and November 3, respectively. The MiF treatments were implemented 12 times on June 8, June 22, July 6, July 21, July 20, August 4, August 17, August 31, September 8, September 23, October 15, and October 20.
[z] Means with same letters within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$ level.

고 찰

환경부의 보고에 따르면 2017년 국내에서 발생하는 가축분뇨는 연간 약 6,440만톤으로 추정된다(Ministry of environment, 2018). 2012년 런던협약의 시행으로 해양투기가 금지된 가축분뇨액비는 퇴비화나 액비화와 같은 자원화, 위탁처리 및 공공처리를 통해 처리되고 있으며, 그 중에서 가축분뇨의 재활용이 가능한 자원화와 위탁처리는 전체 처리량의 약 95%를 차지하고 있다(Ministry of environment, 2018). 가축분뇨의 발생은 계절별로 약간의 차이를 보이기도 하지만(Lee et al., 2017) 일정량이 지속해서 발생되며, 자원화한 퇴비나 액비를 작물재배에 이용하는 시기는 작물의 식재나 정식 전의 일정 기간에 한정되어 있다(Kim et al., 2017). 특히, 가축분뇨액비는 영양분의 농도가 낮고, 이동 및 보관이 어려우며 보관 중 가스나 악취가 발생하기도 한다(Ko et al., 2006).

재배 과정에서 지속적인 시비로 생산량이 증가하는 채소류 작물의 경우 가축분뇨액비를 재배과정 중 관비로 사용이 가능하나(Ryoo, 2012), 식품의 위생상 문제가 발생할 수 있어 관비 시비 시 제한적일 수 있다(Yu et al., 2013). 식품의 원료로 사용되지 않는 사료작물(Jo, 2006)이나 수목(Park et al., 2008) 및 잔디(Kang et al., 2010)등은 채소류 작물에 비해 가축분뇨의 시비가 용이하고, 지속적인 시비가 가능하다. 특히 골프장의 잔디는 넓은 면적에서 녹색이 유지되는 동안 지속적으로 사용할 수 있어 가축분뇨액비의 신 수요처로서 골프장은 적합하였다(Kang et al., 2010) .

가축분뇨액비를 골프장의 잔디 관리에 이용하는 경우 화학비료의 사용을 줄이고(Ham et al., 2010), 대체가 가능하였다(Ham et al., 2009). 가축분뇨액비는 함유 양분이 낮고, 시비 노력이 많이 발생하여 이를 보완하기 위해 가축분뇨액비에 부족한 성분을 보충하여 잔디에 시비함으로써 잔디 관리 시 가축분뇨액비의 시비 방법을 개선할 수 있었다(Ham and Kim, 2011). 그러나 가축분뇨액비는 시료 유입 시기나 유입원의 종류 및 발효 방법에 따라 비료 성분의 함량이 다르게 나타나므로 잔디에 필요한 양분을 일정하게 공급하기 어려우므로 잔디 생육에 필요한 양분을 보충하여 시비하기 위해서는 사용 전 가축분뇨액비의 성분 함량을 평가하는 것이 중요하였다(Ham and Kim, 2011; Ham et al., 2010). 잔디 생육에 필요한 양분을 적절한 혼합한 가축분뇨액비는 일정한 비료 특성을 나타내어 잔디 생육 시기 별 최적의 시비량을 결정할 수 있었다(Ham and Kim, 2014).

가축분뇨액비를 골프장에 시비하는 과정에서 고려해야 하는 사항은 토양과 주변 수계에 미치는 영향에 대한 환경 평가라 할 수 있다(Kim and Ham, 2009). Kim et al. (2012)은 가축분뇨액비를 처리한 지역 주변에서 토양과 연못물의 특성을 비교한 결과 주변 환경에 미치는 효과는 차이를 나타내지 않는다고 보고하여 가축분뇨액비의 처리에 의한 골프장 토양 및 수질 환경이 미치는 영향은 미미하였다. 또한, 가축분뇨액비 처리 시 토양 중 유기물 함량을 감소시키고, 토양의 물리성 개선에 효과를 나타내었다(Huh and Ko, 2008; Kim et al., 2012). 특히, 가축분뇨액비와 미생물을 함께 처리하였을 경우 골프장 토양의 유기물의 분해 및 이용을 증대시켜 토양 환경이 개선되었고, 잔디의 생육과 품질이 증대되었다(Lim et al., 2014). 이는 미생물의 작용으로 토양의 유기물을 분해하고, 토양의 공극을 개선하여 토양의 물리성을 개선하기 때문으로 알려져 있다(Huh et al., 2009).

가축분뇨액비를 이용하여 골프장의 잔디를 관리하기 위해서는 많은 시비 노력과 시간이 필요하므로 스프링클러 시스템과 연결되어 있어야 하고, 이를 보관하기 위한 보관 탱크 및 이동 시설과 같은 기반 시설이 갖춰져야 한다는 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 가축분뇨액비의 기능성 비료 원료로서 이용에 대한 검토가 필요하다(Lim et al., 2011). 기능성 비료로 주로 아미노산(Kim et al., 2003), 부식산(Kim et al., 2018) 및 미생물(Kim et al., 2010) 등을 주원료로 하여 4종복합비료(Kim et al., 2018), 미량원소복합비료(Kim et al., 2010) 및 미생물비료(Cho et al., 2017) 등으로 등록되어 있다. 이중에서도 미량원소복합비료는 혼합하는 미량원소의 함량이 적고, 원료의 안정성이 높으며, 기능성원료의 특성이 잘 나타나는 품목이라고 할 수 있다(Kim et al., 2010).

비료공정규격에서는 철(0.1%), 아연(0.05%), 구리(0.05%), 망간(0.1%), 붕소(0.05%) 및 몰리브덴(0.0005%)을 미량원소로 지정하고 있다. Ryoo (2012)는 가축분뇨액비의 처리 시 방울토마토(*Lycopersicon esculentum*)에서 철과 아연의 함량 개선에 효과가 없다고 보고한 바 있어 식물의 철과 아연의 흡수를 개선시키기 위해서는 보충하여 처리하는 것이 적절한 것으로 판단된다. 특히 잔디와 같은 화본과 식물에서는 화분형성이나 생육에 중요한 역할을 나타내므로 아연을 처리하는 것이 필요한 것으로 추정된다(Rashid and Ryan, 2004). Kim et al. (2010)은 철이 함유된 기능성 비료의 처리하는 경우 잔디 생육에서 잔디의 엽색이나 엽록소 함량 및 생육 증대는 쉽게 나타나지 않았다고 보고하였다. 본 연구에서도 철과 아연을 함유하는 가축분뇨액비(미량원소복합비료)의 처리에 의한 잔디의 생육 및 품질 증대에 대한 효과는 확인하지 못하여(Table 2 and Table 3) Kim et al. (2010)의 결과와 유사하였다. 그러나 MiF의 시비량에 따라 크리핑벤트그래스의 잎 조직 중 철 흡수량이 증가하는 경향(Fig. 2)을 나타내어 가축분뇨를 미량원소복합비료와 같은 기능성 비료의 원료로 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

가축분뇨액비를 기능성 비료의 원료로 사용하고자하는 연구는 미생물 분야에서 먼저 시도되었다. Lim et al. (2011)은 가축분뇨액비를 미생물비료의 배지로 이용할 수 있다고 보고하였고, Lim et al. (2014)는 가축분뇨액비와 미생물을 혼합하여 처리 시 잔디 생육과 품질이 개선되었다고 보고한바 있다. Yang et al. (1998)은 가축분뇨를 포함한 유기질 부산물 비료의 분해과정에서 다양한 부식산이나 아미노산과 같은 부 기능성 물질을 함유하고 있으며, Lim et al. (2017)은 가축분뇨의 분해과정에서 다양한 유기산이 발생하기 때문이라고 보고하였다. 가축분뇨액비의 작물 및 식물의 재배를 위해 사용하는 것 외에 미량원소복합비료나 미생물비료와 같은 기능성 비료의 원료로 활용이 가능한 것으로 보이며, 이에 대한 다른 식물에 대한 연구가 필요한 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 가축분뇨액비에 잔디 생육에 필요한 미량원소인 철과 아연을 첨가한 미량원소복합비료(MiF)의 처리에 의한 크리핑 벤트그래스의 생육과 품질에 조사하여 가축분뇨액비가 기능성 비료의 원료로서 적합한지 평가하고자 수행하였다. 처리는 무처리구(NF), 대조구(CF), MiF 처리구1 (M1; CF+1 mL m^{-2}), MiF 처리구2 (M2; CF+2 mL m^{-2}), MiF 처리구3 (M3; CF+4 mL m^{-2}) 및 MiF 단독 처리구(NM; 2 mL m^{-2})였다. MiF를 처리하였을 때, 크리핑 벤트그래스의 잔디 품질, 잔디 생육 및 잔디 잎 중 양분 함량은 대조구와 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 하지만 잔디에서 Fe 흡수량과 MiF의 처리량은 정의 상관관계를 나타내었다(P<0.05). 이들 결과를 종합할 때, 가축분뇨액비에 철과 아연을 함유한 미량원소복합비료는 크리핑 벤트그래스의 관리에 이용할 수 있었으며, 잔디 관리에서 기능성 비료의 원료로 활용이 가능함을 알 수 있었다.

주요어: 가축분뇨액비, 미량원소복합비료, 아연, 철, 크리핑 벤트그래스

Authors Information

Young-Sun Kim, Division of Life & Environmental Science (Horticulture Major), Daegu University, Professor; Institute of Natural Sciences, Daegu University, Researcher

Suon-Kyu Ham, Daejung Turfgrass Research institute, Chief Technology Officer

Geung-Joo Lee, Department of Horticulture and Department of Smart Agriculture Systems, Chungnam National University, Professor

References

Ahn, Y.T., Kim, S.T., Kim, I.S., Kim, J.W., Kim, H.J., et al. 1992. Standard and practice for management in golf course. KTRI, Seongnam, Korea. (In Korean)

Cho, G.W., Kim, Y.S., Ham, S.K., Bae, E.J., Lee, J.P., et al. 2017. Microbial fertilizer containing *Lactobacillus fermentum* improved creeping bentgrass density. Weed Turf. Sci. 6(4):322-332. (In Korean)

Kim, Y.S. and Ham, S.K. 2009. The effect of rainfall, irrigation and fertilizer application on water properties of pond in golf course. Kor. Turfgrass Sci. 23(1):1-8. (In Korean)

Ham, S.K. and Kim, Y.S. 2014. The effect of composted liquid manure on the growth of zoysiagrass. J. Kor. Org. Resour. Rec. Associ. 22(4):45-53. (In Korean)

Ham, S.K. and Kim, Y.S. 2011. The effect of developed SCB liquid fertilizer on the growth of creeping bentgrass. Asian J. Turfgrass Sci. 25(1):100-105. (In Korean)

Ham, S.K., Kim, Y.S. and Park, C.H. 2010. The growth effects of creeping bentgrass by SCB (slurry composting and biofilteration) liquid fertilizer application. Kor. Turfgrass Sci. 24(1):56-61. (In Korean)

Ham, S.K., Kim, Y.S., Kim, T.S., Kim, K.S. and Park, C.H. 2009. The effect of SCB (slurry composition and biofilter) liquid fertilizer on growth of creeping bentgrass. Kor. Turfgrass Sci. 23(1):91-100. (In Korean)

Huh, K.Y., Kim, I.H. and Markus, D. 2009. Assessment of microbial decomposition in soil organic matter accumulation with depth in golf greens. J. Kor. Insti. Lands. Architec. 37(4):64-71. (In Korean)

Huh, K.Y. and Ko, B.G. 2008. Organic matter dynamics on golf course greens. J. Kor. Insti. Lands. Architec. 36(3):21-28. (In Korean)

Jo, I.H. 2006. The effect of application of cattle slurry on dry matter yield and feed values of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). Kor. J. Org. Agric. 14(1):69-83. (In Korean)

Kang, B.K., Jung, H.H. and Kim, K.S. 2010. Effect of slurry composted biofiltered solution as organic fertilizer on the growth of zoysiagrass. Hort. Envirion. Biotechnol. 51(6):507-512.

Kim, J.W., Kim, C.H., Baeck, J.H., Lee, D.J., Choi, Y.S., et al. 2001. An introduction to soil and fertilizer. pp. 240-258. Sunjin Press, Goyang, Korea. (In Korean)

Kim, Y.S., Ham, S.K. and Lee, S.J. 2010. Effect of liquid fertilizer contained medium of *Lactobacillus* sp. and *Saccharomyces* sp. on growth of creeping bentgrass. Kor. Turfgrass Sci. 24(2):138-144. (In Korean)

Kim, Y.S., Ham, S.K. and Lim, H.J. 2012. Monitoring of soil chemical properties and pond water quality in golf courses after application of SCB liquid fertilizer. Asian J. Turfgrass Sci. 26(1):44-53. (In Korean)

Kim, Y.S., Lee, K.S. and Ham, S.K. 2003. The effect of liquid fertilizer contained amino acids on the growth of bentgrass *(Agrositis palustris* Huds) and the chemical characteristics of soil. Kor. Turfgrass Sci. 174(4):147-154. (In Korean)

Kim, Y.S., Lee, T.S., Cho, S.H. and Lee, G.J. 2018. Application of liquid fertilizer containing humate improving rhizosphere activation and favoring turfgrass quality. Weed Turf. Sci. 7(1):62-71. (In Korean)

Kim, Y.S., Lee, T.S., Cho, S.H., Jeong, J.Y., An, J.Y., et al. 2017. Growth effect of mixed organic fertilizer blending poultry manure compost in leaf vegetables. J. Kor. Org. Resour. Rec. Associ. 25(3):45-54. (In Korean)

Ko, H.J., Choi, H.L., Kim, K.Y., Lee, Y.G. and Kim, C.N. 2006. Evaluation of odors and odorous compound from liquid animal manure treated with different methods and their application to soils. J. Anim. Sci. & Technol. 48(3):453-466. (In Korean)

Lee, D., Moon, H.S., Son, J. and Bae, J. 2017. A study on establishment of technical guideline of the installation and operation for the efficient bio-gasification facility of fig manure and food waste (I): Results of the field investigation. J. Kor. Org. Resour. Rec. Associ. 25(2):91-100. (In Korean)

Lim, J.S., Hwang, O.H., Lee, S.R., Cho, S.B., Kwag, J.H., et al. 2017. Optimizated pH and mitigated ammonia emission in pig manure slurry by soluble carbohydrate supplementation. J. Kor. Org. Resour. Rec. Associ. 25(1):103-110. (In Korean)

Lim, J.Y., Ham, S.K., Lee, Y.M. and Cha, Y.G. 2014. Effects of composted liquid manure and microbial agent types on growth and thatch decomposing of creeping bentgrass. J. Kor. Org. Resour. Rec. Associ. 22(4):54-61. (In Korean)

Lim, H.J., Kim, Y.S. and Ham, S.K. 2011. Screening of cellulose decomposing microorganisms for functional improvement for SCB (slurry composting and biofiltering) liquid fertilizer. Asian J. Turfgrass Sci. 25(1):48-51. (In Korean)

Ministry of environment. 2018. Production and treatment of livestock manure. https://index.go.kr/potal/stts/idxMain/selectPoSttsIdxMainPrint.do?idx_cd=1475&board_cd=INDX_001. (Accessed Jan. 21, 2020). (In Korean)

NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology). 1998. Methods of soil chemical analysis. NIAST, RDA, Wanju, Korea. (In Korean)

Park, J.H., Yeo, J.K., Koo, Y.B., Lee, W.W., Kim, H.C., et al. 2008. Effects of slurry composting and biofilteration liquid fertilizer on growth characteristic of poplar clones in a reclaimed land mounding soil. Kor. J. Soil Sci. Fert. 41(5):318-323. (In Korean)

Rashid, A. and Ryan, J. 2004. Micronutrient constraints to crop production in soils with Mediterranean-type characteristics: A Review. J. Plant Nutr. 27: 959-975.

Ryoo, J.W. 2012. Effect of the mixed treatment of electrolyzed micronutrients with nutrient solution and SCB slurry on mineral content and growth of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). Kor. J. Org. Agric. 20(3):385-397. (In Korean)

Yu, Y.M., Kim, J.W., Choi, I.W., Youn, Y.N. and Lee, Y.H. 2013. Bacterial contamination levels in strawberry parts according to their cultivation methods. Kor. Soci. Food. Preserv. 20(3):323-329. (In Korean)

Yang, J.E., Kim, J.J., Shin, MK. and Park, Y.H. 1998. Amino acids in humic acids extracted from organic by-product fertilizer. Kor. J. Soil Sci. Fert. 31(2):128-136. (In Korean)