

Research Article

부식산 액상비료 시비에 의한 크리핑 벤투그래스 지하부 생육증가와 품질향상

김영선^{1,2}, 이태순¹, 조성현^{1*}, 이금주^{2**}

¹효성오앤비(주), ²충남대학교 원예학과

Application of Liquid Fertilizer Containing Humate Improving Rhizosphere Activation and Favoring Turfgrass Quality

Young-Sun Kim^{1,2}, Tae-Soon Lee¹, Sung-Hyun Cho^{1*}, and Geung-Joo Lee^{2**}

¹Hyosung O&B Co., Ltd., Daejeon 34054, Korea

²Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea



OPEN ACCESS

*Corresponding author:

Phone. +82-42-867-8835

Fax. +82-42-624-4068

E-mail. esphyun@naver.com

**Co-corresponding author:

Phone. +82-42-821-5734

Fax. +82-42-821-8888

E-mail. gjlee@cnu.ac.kr

Received: March 5, 2018

Revised: March 22, 2018

Accepted: March 24, 2018

© 2018 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.

Abstract

This study was conducted to evaluate the effect of liquid fertilizer containing humate (LFH) on changes of turfgrass quality and growth by investigating visual quality, chlorophyll content, dry weight of clipping, and nutrient content in leaves tissue. Treatments were designed as follows; control fertilizer (CF), HF-1 (CF+1.0 mL m⁻² LFH), HF-2 (CF+2.0 mL m⁻² LFH), and HF-3 (CF+4.0 mL m⁻² LFH). As compared with CF, soil chemical properties of LFH treatments were not significantly. Visual quality and root dry weight of LFH treatments were higher than that of CF. Chlorophyll content, clipping yield and nitrogen uptake of HF-2 and HF-3 were increased 11.2-11.8%, 15.3-30.0%, 22-42% by application of LFH. The LFH level was positively correlated with visual quality, chlorophyll content, clipping yield or nutrient uptake amount. These results indicated that the application of LFH improved the growth and quality of creeping bentgrass by increasing nutrient uptake and by prompting root growth.

Keywords: Creeping bentgrass, Liquid fertilizer containing humate (LFH), Root growth, Turfgrass quality

서론

한지형 잔디 중 켄터키 블루그래스나 크리핑 벤투그래스는 밀도가 높고, 낮은 예고나 답압에도 저항성이 강하며, 녹색기간이 길어서 골프장의 티나 그린에 주로 사용되는 잔디이다(Ahn et al., 1992). 한지형 잔디의 적정 생육온도는 15-24°C로서 생육적온을 나타내는 봄철과 가을철

에는 좋은 품질을 보여주지만, 여름철에는 생육적온보다 높은 고온 다습한 환경 조건으로 인하여 토양의 물리적, 화학적, 생물학적 특성이 변화를 초래함으로써(Kay and Gronevelt, 1974) 잔디 생육이 불량해 지거나 잔디품질을 감소시키는 원인이 된다(Ahn et al., 1992; Carrow, 1996; Lee et al., 2008a). 따라서 고온기에 한지형 잔디의 생육을 개선하고, 품질을 유지하기 위해서는 건강한 뿌리를 유지하는 것이 중요하다(Lee et al., 2008a).

하절기 고온하에서 한지형 잔디의 뿌리 생육이 불량해지는 것은 고온다습한 토양조건에 의해 뿌리호흡이 불량해지기 때문으로 알려져 있다(Lee et al., 2008a). 토양 중 고온다습한 조건을 해결하기 위해 차광을 통해 지온을 낮추는 방법이나 토양개신작업을 통한 통기성 및 배수성을 개선하여 토양 중 수분 함량을 낮추는 방법들이 제시된 바 있으나 플레이가 이뤄지는 골프장의 그라운드에 적용하기는 곤란한 점들이 있기 때문에 그 대안으로 잔디관리용 기능성비료를 이용하여 잔디뿌리회복을 위한 연구가 진행되었다.

아미노산비료(Kim et al., 2003)나 키토산비료(Yoon and Kim, 2007), 규산비료(Lee et al., 2008b) 및 미생물비료(Kim et al., 2008; Kim et al., 2010b)와 같은 기능성비료를 이용하는 경우 지하부(뿌리)의 생육이나 밀도가 증가하여 잔디품질이 개선된다고 알려져 있다. 이외에도 부식산은 잔디의 지하부 생육을 촉진하는 기능성물질로 알려져 있으나 국내의 잔디연구에는 주로 고상부식산을 이용하여 토양개량제로서의 특성에 대한 연구가 보고되었다(Kim et al., 2010c). 최근에는 토양유기물로부터 액상으로 부식산을 추출하는 기술이 개발되어 액상비료의 원료로 사용하게 되었고, 이러한 부식산 함유 액상비료의 한지형 잔디에 대한 생육 효과를 연구하였다(Kim et al., 2017b).

부식산을 잔디에 처리하는 경우 잔디품질, 지하부 생육, 건조스트레스에 대한 저항성 및 엽록소 함량 등이 증가하는 것으로 알려져 있다(Zhang and Evin, 2004). Kim et al. (2017b)은 부식산을 함유하고 있는 비료의 시비가 한지형 잔디의 잔디밀도나 뿌리길이를 증가시킨다고 보고한바 있으나, 퍼팅그린에서의 시험은 대개는 일반적으로 비료를 사용한 잔디관리가 이뤄지고 있어 부식산 함유비료의 시비에 의한 잔디의 생육에 미치는 효과를 평가하기에는 부족함이 많다.

따라서 본 연구는 포트시험을 통해 부식산이 함유된 액비(liquid fertilizer containing humate; LFH)를 크리핑 벤트그래스에 시비하였을 때, 잔디의 생육과 품질 등을 조사하여 부식산 함유 액비의 한지형 잔디에 대한 생육효과를 평가하고자 한다.

재료 및 방법

시험기간 및 공시재료

본 연구는 2014년 9월부터 2015년 2월까지 6개월 동안 대전광역시 소재의 효성오앤비(주) 유리온실에서 수행되었다. 공시잔디는 동지역의 대덕사이언스CC에서 1997년 파종되어 약 17년간 증식포장에서 관리된 크리핑 벤트그래스(*Agrostis palustris* H.) 'Penncross' 품종을 이용하였다. 시험에 이용한 토양은 USGA규격에 적합한 모래를 이용하였고, 토양개량제는 혼합하지 않았다. 잔디 생육에 필요한 양분을 공급하기 위해 공시비료는 복합비료 [compound fertilizer: N-P₂O₅-K₂O = 21-17-17, Namhae chemical CORP, Jeonnam, Korea]와 부식산 함유 액비 [liquid fertilizer containing humate (LFH): N-P₂O₅-K₂O-Cu-Zn = 5-2-4-0.05-0.05, Hyosung O&B Co., Ltd., Daejeon, Korea]를 사용하였다. 시험에 사용한 부식산 함유 액비(LFH)는 갈탄에서 추출한 부식산(5% 부식산)원료가 40% 함유되어 있었고, 비료의 종류는 제4종 복합비료였다.

처리구 설정

처리구는 비료의 종류 및 시비량에 따라 대조구[control fertilizer (CF); N-P₂O₅-K₂O = 18-2-18], LFH를 1,000배 희석한 처리구1 (HF-1; CF+LFH), 500배 희석한 처리구2 (HF-2; CF+2LFH) 및 250배 희석한 처리구3 (HF-3; CF+4LFH)으로 구분하였다.

실험 포장의 실험구 단위는 1/6000a (ø15 cm) 크기의 시험용 포트였고, 실험구 배치는 완전임의배치법(3반복)으로 배치하였다. 시험포트의 조성은 2014년 9월 5일에 시험용 모래를 포트에 충전하고, 2일간 물다짐 후 자체 제작한 홀커터(ø10.8 cm, depth 5 cm)를 이용하여 대덕사이언스CC에서 채취된 크리핑 벤트그래스를 9월 12일에 포트에 이식하였으며, 활착이 완료된 10월 1일부터 재배시험 및 생육조사를 수행하였다. 공시비료 중 복합비료는 5.0 g N ai. m⁻²를 포트조성 시 1회 모래에 전층시비하였고, 잔디재배시험기간 중에는 2014년 11월 7일, 12월 11일 및 2015년 1월 21일에 3.0 g N ai. m⁻²씩 3회 시비하여 총 9.0 g N ai. m⁻²을 시비하였다. LFH는 2014년 10월 1일부터 7일간격으로 HF-1 (1.0 mL m⁻² LFH), HF-2 (2.0 mL m⁻² LFH) 및 HF-3 (4.0 mL m⁻² LFH)를 1,000 mL의 수돗물에 희석하여 물조리개로 총 22회 관주시비(희석액 1,000 mL m⁻²)하였다. 시험기간 중 예초는 알코올로 잘 소독된 가위를 이용하여 10.0 mm 높이로 2014년 11월 10일, 12월 10일, 2015년 1월 20일 및 2015년 2월 28일에 총 4회 실시하였다. 시험기간 중 병해충은 발생하지 않았다.

생육 조사 및 분석 방법

잔디 생육 조사는 처리구별 잔디의 가지적 품질, 엽록소 함량, 예지물, T/R ratio, 잔디 잎 조직 중 양분함량 및 흡수율을 조사하였다. 잔디의 가지적 품질은 National Turfgrass Evaluation Program (NTEP)에서 제시한 방법에 준하여 2014년 10월 1일, 10월 10일, 10월 20일, 10월 30일, 11월 7일, 11월 14일, 11월 24일, 12월 2일, 12월 8일, 12월 16일, 12월 24일, 12월 31일, 2015년 1월 9일, 1월 16일, 1월 23일, 1월 30일, 2월 6일, 2월 13일, 2월 20일, 2월 27일에 총 20회 조사하였다(1 = worst, 9 = best and 6 = acceptable). 잔디의 생육을 평가하기 위해 2014년 11월 10일, 12월 10일, 2015년 1월 20일, 2월 28일에 잔디 예지물을 총 4회에 걸쳐 수거하여 조사하였고, 이 때 채취된 시료를 이용하여 엽록소 함량을 분석하였다. 시험이 종료된 2015년 2월 28일에는 잔디 부위별 생장량을 조사하기 위해 지상부(shoot), 지하부(root) 및 T/R ratio를 조사하였다. 잔디 예지물은 알코올로 잘 소독된 가위를 이용하여 15.0 mm 높이로 채취하였고, 시료를 이물질 제거 후 70°C 드라이오븐(JSON-150, JSR, 공주, 한국)에서 24시간 건조하여 건물중을 측정하였다. 잔디의 엽록소 함량의 측정에는 일정량의 잔디시료를 DMSO (dimethylsulfoxide)를 추출용매로 냉암소에서 48시간 추출하여 UV-spectrophotometer (X-MA 1200, Human, 서울, 한국)를 사용하여 645 nm와 663 nm에서 흡광도를 측정하고, 아래와 같은 식으로 엽록소 a와 b 및 총 엽록소 함량을 계산하였다(Arnon, 1949).

$$\text{Chlorophyll a} = 12.7 A_{663} - 2.69 A_{645}$$

$$\text{Chlorophyll b} = 22.9 A_{645} - 4.68 A_{663}$$

$$\text{Total Chlorophyll (a+b)} = 20.21 A_{645} + 8.02 A_{663}$$

포트시험에서 공시비료 처리에 의한 토양의 변화를 조사하기 위해 시험 전(2014년 9월 20일)과 시험 종료 후(2015년 2월 28일) 총 2회 실시하였다. 채취된 토양시료는 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-P₂O₅) 및 치환성 칼륨(exchangeable potassium; Ex-K) 등이었고, 분석 방법은 토양 화학 분석법(NIAST, 1998)에 준하여 실시하였다. pH와 EC는 1:5법으로, O.M은 Tyurin법

으로, T-N은 Kjeldahl 증류법으로, Av-P₂O₅는 Bray No.1법으로, 치환성 칼륨은 1N-NH₄OAc 침출법으로 각각 분석하였다.

식물체 분석은 시험 종료시기인 10월 31일 채취된 잔디 예지물을 건조하여 분석시료로 이용하였다. 분석 영양소는 잔디 생육의 주요 구성성분인 질소, 인 및 칼륨 등을 포함하였다. 잔디 식물체 분석은 식물체 분석법(NIAST, 1998)에 준하여 실시하였고, 질소는 Kjeldahl 증류법으로, 인은 UV-spectrophotometer (X-MA 1200, Human, 서울, 한국)를 이용하여 바나도몰리브덴산법으로, 칼륨은 염광광도계(flame photometer; PFP7, JENWAY, Staffordshire, UK)를 이용하여 각각 분석하였다.

통계처리는 SPSS 12.1.1을 이용하여 Duncan 다중검정을 통해 처리구간 평균값의 유의차 및 상관성을 검정하였다.

결과 및 고찰

토양의 무기 성분 함량

시험 전 토양은 pH와 EC가 각각 6.5와 0.22 dS m⁻¹로 잔디재배가 가능한 토양이었다. 시험 전과 후의 토양의 화학적 특성은 pH, 질소, 유기물, 유효인산 및 치환성 칼륨에서 시험 전과 후의 차이는 나타나지 않았고, 전기전도도(EC)는 시험 후에 감소하였으며, 시험 종료 후 처리구별 토양화학성의 변화는 통계적으로 유의차를 보이지 않아 부식산 함유 액비(LFH)의 시비에 따른 토양의 변화는 나타나지 않았다(Table 1). 이 결과는 LFH의 시비 시 토양의 이화학성 변화에 영향을 미치지 않았다고 보고된 이전의 결과들과 유사하였다(Choi et al., 2011).

Table 1. Chemical properties of soil analyzed before experiment and after treated liquid fertilizer containing humate.

Treatments ^y	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	O.M. (g kg ⁻¹)	T-N	Av-P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex-K (cmol _c kg ⁻¹)
Before	6.50a ^z	0.22a	1.92a	0.07a	8.02a	0.03a
After						
NF	6.20a	0.14b	1.82a	0.07a	16.04a	0.03a
CF	6.38a	0.11b	1.80a	0.07a	10.02a	0.03a
HF-1	6.23a	0.13b	1.99a	0.08a	10.02a	0.03a
HF-2	6.38a	0.10b	1.92a	0.07a	12.03a	0.03a
HF-3	6.45a	0.09b	1.79a	0.07a	9.02a	0.03a

^yTreatments were follows. NF: no fertilizer; CF: control fertilizer; HF-1: CF+1.0 mL m⁻² liquid fertilizer containing humate (LFH); HF-2: CF+2.0 mL m⁻² LFH; HF-3: CF+4.0 mL m⁻² LFH. CF supplied was applied at 5.0 g N ai m⁻² rate by blending with sand on September 10, when it was not planted turf of creeping bentgrass, and at 3.0 g N ai m⁻² rate on November 10, December 10 and January 20, respectively. Three LFH treatments were implemented 21 times on October 1, October 10, October 20, October 30, November 7, November 14, November 21, November 28, December 5, December 12, December 19, December 26, January 2, January 9, January 16, January 23, January 30, February 6, February 13, and February 20.

^zMeans with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.

잔디품질 및 생육 조사

LFH 시비 후 잔디의 가시적 품질의 변화는 크리핑 벤틀그래스의 생육적온을 보였던 10월에는 7.06-7.17의 범위를 나타내었으나 11월에는 평균기온 8.5°C로 생육적온보다 낮아져 가시적 품질이 10월에 비해 감소하였다. 잔디 생육을 유지하기 위해 온풍기를 이용하여 가온을 실시하였던 12월 이후에는 평균기온이 20±3°C 정도를 나타내었고,

잔디의 가시적 품질이 증가하였다(Table 2). LFH처리구는 무처리구(NF)나 대조구(CF)보다 잔디의 가시적 품질이 증가하였고, LFH의 시비량에 따라 품질이 더 증가되는 경향을 보였다. 이는 수용성 부식산의 처리가 뿌리의 생육 발달로 이어져 수분과 양분의 흡수가 증가되어 궁극적으로 크리핑 벤트그래스의 품질 및 생육을 증가시킨다는 Liu and Cooper (2000)의 결과와 유사하였다.

LFH 시비 후 잔디의 엽록소 a, 엽록소 b 및 총엽록소는 시간의 경과에 따라 증가하였다(Table 3). LFH를 처리하였을 때 조사시거나 각 처리구에 따라 약간의 차이는 있으나 엽록소 a, 엽록소 b 및 총엽록소 함량은 NF보다 높았으나 CF와는 비슷하거나 약간 증가하였다. 잔디의 생육시험 기간 중 LFH 처리구의 엽록소 a, 엽록소 b 및 총엽록소의

Table 2. Visual quality of creeping bentgrass as applied liquid fertilizer containing humate.

Treatments ^y	Visual quality (1: low - 9: high)					Mean
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	
NF	7.06d ^z	6.64d	6.52e	6.59d	6.60d	6.68e
CF	7.11c	6.91c	7.16d	7.27c	7.30c	7.15d
HF-1	7.14b	6.95bc	7.20c	7.32b	7.34b	7.19c
HF-2	7.16ab	7.00ab	7.24b	7.35a	7.38b	7.22b
HF-3	7.17a	7.02a	7.27a	7.37a	7.42a	7.25a

^yTreatments described on Table 1.

^zMeans with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.

Table 3. Chlorophyll content in leaves of creeping bentgrass as applied liquid fertilizer containing humate.

Treatments ^y	Chlorophyll a ($\mu\text{g g}^{-1}$)				Mean
	Nov. 10	Dec. 10	Jan. 20	Feb. 28	
NF	582b ^z	849c	928b	1,570b	982c
CF	690ab	1,113b	2,032a	2,116a	1,488b
HF-1	628ab	1,248ab	2,104a	2,210a	1,548ab
HF-2	797a	1,225b	2,168a	2,317a	1,627a
HF-3	725ab	1,486a	2,199a	2,233a	1,661a
	Chlorophyll b				
NF	143b	153c	240b	430b	241c
CF	160b	220b	515a	663a	389b
HF-1	158b	248ab	531a	708a	411ab
HF-2	280a	232b	550a	785a	462a
HF-3	198ab	289a	558a	707a	438ab
	Total chlorophyll				
NF	725b	1,002c	1,167b	1,999b	1,223c
CF	850b	1,334b	2,547a	2,779a	1,877b
HF-1	787b	1,496b	2,635a	2,918a	1,959ab
HF-2	1,077a	1,458b	2,718a	3,101a	2,088a
HF-3	924ab	1,775a	2,756a	2,940a	2,099a

^yTreatments described on Table 1.

^zMeans with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.

평균값은 각각 1,548-1,661 $\mu\text{g g}^{-1}$, 411-462 $\mu\text{g g}^{-1}$, 1,959-2,099 $\mu\text{g g}^{-1}$ 의 범위로 조사되어 NF (982 $\mu\text{g g}^{-1}$, 241 $\mu\text{g g}^{-1}$, 1,223 $\mu\text{g g}^{-1}$) 보다 높았고, CF (1,488 $\mu\text{g g}^{-1}$, 389 $\mu\text{g g}^{-1}$, 1,877 $\mu\text{g g}^{-1}$)와 비교 시 HF-1 처리구는 CF와 비슷하였으나 HF-2 처리구와 HF-3 처리구는 CF보다 증가하였다. CF와 비교할 때, LFH 처리구의 엽록소 a, 엽록소 b 및 총엽록소 함량은 H-2에서 각각 9.3%, 16.0% 및 11.2% 씩, H-3에서 각각 11.6%, 12.6% 및 11.8% 씩 증가하였다. 이러한 결과는 부식산의 처리에 따라 엽록소가 증가한다는 Zhang and Ervin (2004)의 결과와 동일하였고, 엽록소 함량의 증가가 잔디의 가시적 품질 향상에 기여한 것으로 판단된다(Kim et al., 2012).

LFH 처리에 따른 잔디 생육량을 조사하기 위해 잔디 예지물량을 조사한 결과, 총 예지물량은 53.7-154.7 g m^{-2} 으로 조사되었다(Table 4). 11월 11일 조사에서는 처리구별 차이를 나타내지 않았으나 12월 10일, 1월 20일 및 2월 28일 조사에서는 LFH 처리구의 예지물량이 CF와 비슷하거나 증가하여 총 예지물량은 HF-2 처리구와 HF-3 처리구에서 15.3%와 30.7%씩 증가하였다. 이는 부식산의 처리가 식물생육에서 세포막투과성, 산소 섭취량 증가에 따른 식물 호흡 개선, 엽록소 함량 증가에 따른 광합성 향상 및 뿌리신장 등을 개선하여 식물의 생육이나 생장을 증가시킨다는 기존 연구자들의 연구결과들과 유사하였다(Vaughan, 1974; Cacco and Dell'Agnolla, 1984; Russo and Berlyn, 1990; Asenjo et al., 2000; Türkmen et al., 2003; Kim et al., 2017a). Kim et al. (2012)은 잔디품질과 엽록소는 잔디 생육을 나타내는 잔디 예지물과 정의 상관관계를 나타낸다고 보고하였다. 본 연구에서도 LFH처리 시 엽록소 함량과 잔디의 가시적 품질 및 크리핑 벤트그래스의 예지물이 증가한 것으로 나타나 엽록소 함량의 증가에 따른 잔디 생육과 품질이 증가한다는 Kim et al. (2012)과 Zhang and Ervin (2004)의 결과와 일치하였다.

Table 4. Dry weight of clipping of creeping bentgrass as applied liquid fertilizer containing humate.

Treatments ^y	Dry weight of clipping (g m^{-2})					
	Nov. 10	Dec. 10	Jan. 20	Feb. 28	Total	Mean
NF	23.8a ^z	6.9c	12.2c	10.8e	53.7d	6.68e
CF	26.3a	14.7b	28.1b	49.2d	118.3c	7.15d
HF-1	23.3a	16.8ab	29.6b	56.7c	126.5c	7.19c
HF-2	22.6a	19.2a	30.9b	63.7b	136.4b	7.22b
HF-3	25.5a	20.4a	34.3a	74.6a	154.7a	7.25a

^yTreatments described on Table 1.

^zMeans with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.

시험 종료 후 잔디의 지상부와 지하부의 건물중을 조사하여 T/R ratio를 조사하였다(Table 5). 지상부의 건물중은 258-462 g m^{-2} 로 조사되었고, LFH처리구는 NF보다 증가하였으나 CF와는 유의차를 나타내지 않았다. 지하부의 건물중은 193-288 g m^{-2} 로 조사되었고, LFH처리구는 NF나 CF보다 증가하여 부식산 처리에 의해 지하부 생육량이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 잔디에서 잎의 생육에 영향이 없으나 식물의 뿌리구조와 생육 및 내건성이 증가한다는 Hunter and Anders (2004)의 결과와 일치하였다. 부식산의 처리에 의해 뿌리 생육이 증가하여 T/R ratio는 감소하였고, 이는 미생물비료의 처리에 의해 지상부 생육은 유의차가 없으나 지하부 생육이 증가하여 T/R ratio가 감소된다는 Kim et al. (2010a)의 결과와 일치하였다.

LFH 처리 후 잔디 중 함유된 무기 성분 함량 조사 결과, 질소, 인 및 칼륨은 각각 0.96-3.32%, 0.08-0.17% 및 1.05-1.99%의 범위를 나타내었고, NF와는 큰 차이를 보였으며, 특히 HF-3의 경우는 칼륨을 제외한 질소와 인은 전반적으로 CF보다 증가하는 경향을 보였다(Table 6). LFH처리구에서 질소와 칼륨은 CF와 비슷하였고, 인은 CF보다 증가하였다. LFH의 처리 후 질소, 인 및 칼륨의 흡수량은 0.56-5.13 g m^{-2} , 0.56-0.26 g m^{-2} , 0.56-2.77 g m^{-2} 로 조사

되었고, LFH처리구는 NF보다 흡수량이 증가하였다. CF의 양분 흡수량과 비교할 때, 질소는 HF-2처리구와 HF-3처리구에서 증가하였고, 인과 칼륨은 HF-3처리구에서 흡수량이 증가하였다. Hunter and Anders (2004)는 부식산의 처리에 의해 인의 흡수가 증가하여 잔디 생육이 증가하고, Kim et al. (2007)은 질소와 칼륨 함량이 증가하여 토마토 생육이 증가한다고 보고하였다. 본 연구에서도 부식산의 처리에 의해 전반적으로 양분의 흡수가 증가하고, 잔디 생육 및 품질이 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

LFH 처리에 의한 잔디의 생육 및 품질에 미치는 영향을 평가하기 위해 LFH의 처리량에 따른 각 생육지수 별 상관성을 조사하였다(Table 7). 잔디의 생육을 나타내는 지수인 잔디품질, 엽록소 함량, 잔디 예지물(건물중), 질소 흡수량, 인 흡수량 및 칼륨 흡수량 등은 LFH의 처리량과 정의 상관성($P < 0.01$)을 나타내었다. 반면에 LFH의 처리에 의해 잔디 지하부 생육량이 증가하나(Table 5) LFH의 처리량에 따른 처리구별 유의차는 나타나지 않아 추후 부식산 처리량에 따른 잔디 지하부 생육에 대한 추가연구가 필요하였다. 이 결과들을 종합할 때, LFH의 처리는 크리

Table 5. Dry weight of shoot and root in creeping bentgrass as applied liquid fertilizer containing humate.

Treatments ^y	Dry weight (g m ⁻²)		T/R ratio
	Shoot	Root	
NF	258b ^z	193c	1.33c
CF	427a	252b	1.70a
HF-1	421a	293a	1.44bc
HF-2	448a	297a	1.51abc
HF-3	462a	288a	1.60ab

^yTreatments described on Table 1. The dry weight of shoot and root or T/R ratio were investigated on March 20.

^zMeans with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.

Table 6. The content and uptaken amount of nutrient in creeping bentgrass leaf tissue after application of liquid fertilizer containing humate.

Treatments ^y	Nutrient content (%)			Uptaken amount of nutrient (g m ⁻²)		
	N	P	K	N	P	K
NF	0.96b ^z	0.08c	1.05c	0.56d	0.04c	0.56c
CF	3.04a	0.14b	1.99a	3.61c	0.17b	2.36b
HF-1	2.95a	0.15ab	1.86b	3.73c	0.19b	2.36b
HF-2	3.24a	0.15ab	1.82b	4.42b	0.20b	2.48ab
HF-3	3.32a	0.17a	1.79b	5.13a	0.26a	2.77a

^yTreatments described on Table 1. Clippings of creeping bentgrass was sampled on February 28, 2015.

^zMeans with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.

Table 7. The correlation between each growth factor and application amount of liquid fertilizer containing humate.

VQ ^z	TCh	DWc	R	NU	PU	KU
0.9283	0.6796	0.8974	0.3698	0.8763	0.8256	0.6358
***	**	***	ns	***	***	**

^zGrowth factors were follows. VQ: Visual quality; TCh ($\mu\text{g g}^{-1}$): total chlorophyll content; DWc (g m^{-2}): dry weight of clipping; R (g m^{-2}): dry weight of root; NU (g m^{-2}): N uptake amount; PU (g m^{-2}): P uptake amount; KU (g m^{-2}): K uptake amount.

ns, *, ** and *** represent not significant and a significance at the 0.05, 0.01 and 0.001 probability level, respectively.

핑 벤트그래스의 뿌리 생육이 개선되어 양분 흡수가 증가되었으며, 또한 잔디 중 엽록소 함량이 높아졌으며 그에 따른 잔디품질 및 생육이 개선되는 것을 확인 할 수 있었다.

고 찰

토양 유기물 중 하나인 부식물질(humic substances)은 동물이나 식물이 분해 과정에서 발생하는 천연고분자물질이며, 수용액에서 pH의 용해도에 따라 휴믹산(humate), 풀빅산(fulvate) 및 휴민(humin)으로 분류된다(Stevenson, 1994). 수용액 상태의 부식산은 -COOH, phenolic-OH, alcoholic-OH 및 -NH₂나 -SH 등이 작용기를 갖고 있어 높은 이온교환능력을 나타내는 콜로이드물질이다(Stevenson, 1994). 부식물질 중 수용성인 휴믹산과 풀빅산은 토양수분의 이동에 따라 토양 중에서 이동하게 되며, 분자량이 적은 풀빅산의 이동이 용이하고, 상대적으로 분자량이 큰 휴믹산은 식물의 근권에 주로 분포하고 있다(Shin et al., 2002). 휴믹산은 미생물(*Arthrobacter crystallopoietes*)의 영양원으로 사용되지 않으나 미생물의 활성도를 증대시키고(Hwang, 1999), 식물의 지하부 및 지상부의 생육을 촉진한다(Hamza and Suggars, 2001). 부식산의 처리는 크리핑 벤트그래스의 뿌리 발달을 촉진하여 양분이나 수분의 흡수 및 잔디의 생육과 품질을 증대시킨다(Zhang and Ervin, 2004). 부식산 처리 시 잔디 뿌리를 발달시키는 명확한 근거는 없으나 옥신계열의 식물호르몬(O'Donnell, 1973)이나 폴리아민의 함량(Young and Chen, 1997)에 영향을 받는다는 연구가 보고되었다. 옥신계열의 식물호르몬은 식물의 통기조직을 발달시켜 수분 함량이 높은 토양조건에서 생육이 가능하도록하고, 결뿌리의 발달을 촉진하는 것으로 알려져 있다(Ho et al., 2015). 식물의 생육과정에서 식물체의 성장과 발달에 관여하는 유기화합물인 폴리아민은 스트레스 조건(염, 삼투압, 한발, 산화스트레스 등) 하에서 뿌리 중 폴리아민 함량이 감소하는 것으로 알려져 있다(Kim and Hyun, 2011). 식물의 뿌리에서 발생하기 쉬운 스트레스는 과습이나 건조 등에 의한 뿌리호흡장애라고 할 수 있으며, 이 과정에서 과산화수소(H₂O₂)나 활성산소(O₂)가 발생하게 되는데 이는 항산화효소들의 작용으로 안정화 된다(Kim et al., 2010a). 한지형 잔디에서 부식산의 처리는 이러한 항산화효소활성의 증가로 과산화수소나 활성산소에 의한 뿌리 피해가 감소하고 내건성이 증가하여 뿌리 생육이 개선되는 것으로 알려져 있다(Zhang et al., 2002). 본 연구에서 부식산 함유 액비의 처리 시 잔디의 뿌리 생육량이 증가하는 것도 이러한 이유로 판단된다(Table 5). 잔디의 뿌리 발달은 질소 흡수를 촉진시키고, 잔디 잎 중 엽록소 함량을 증가시켜 광합성 효율이 증가됨으로써 잔디의 생육과 품질을 개선시키는 것으로 알려져 있다(Zhang et al., 2002; Kim et al., 2012). 이들 결과들을 통해 추론할 때, 본 연구에서도 부식산 함유 액비의 처리는 한지형 잔디의 엽록소 함량(Table 3)을 증가시킴으로써 잔디 생육(Table 4)과 품질(Table 2)이 개선되는 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 부식산 함유 액비(LFH)의 시비에 따른 크리핑 벤트그래스의 생육과 품질의 변화를 확인하기 위해 잔디의 가지적 품질, 엽록소 함량, 예지물량, T/R ratio, 양분 함량 및 흡수량을 조사하였다. 처리구는 대조구(CF), LFH 1,000배 처리구(HF-1), LFH 500배 처리구(HF-2) 및 LFH 250배 처리구(HF-3)로 구분되었다. LFH 처리 전후에 토양화학성은 차이를 나타내지 않았다. LFH처리구와 대조구를 비교하였을 때, 가지적 품질과 뿌리 생육량은 LFH처리구에서 증가하였고, 엽록소 함량, 잔디 예지물, 질소 흡수량은 HF-2처리구와 HF-3처리구에서 각각 11.2-11.8%, 15.3-30.8%, 22-42%씩 증가하였다. LFH처리량에 따라 가지적 품질, 엽록소 함량, 잔디 예지물 및 양분 흡수량은

정의 상관성을 나타내었다. 이 결과들을 종합해 볼 때, 크리핑 벤투그래스에서 부식산 함유 액비의 시비는 잔디의 잎 조직 중 잔디지하부의 생육이 증가하여 양분 흡수를 개선함으로써 잔디품질과 생육이 증가하는 것을 확인 할 수 있었다.

주요어: 크리핑 벤투그래스, 부식산 함유 액비, 뿌리 생육, 잔디품질

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)
- Anon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24(1):1-15.
- Asenjo, M.C.G., Gonzalez, J.L. and Maldonado, J.M. 2000. Influence of humic extracts on germination and growth ryegrass. Commun. Soil Sci. Plant. Anal. 31:101-114
- Cacco, G. and Dell'Agnola, G. 1984. Plant growth regulator activity of soluble humic complexes. Can. J. Soil Sci. 64:225-228.
- Carrow, R.N. 1996. Summer decline of bentgrass green. Golf Course Management 4:51-56.
- Choi, H.S., Li, X., Kim, W.S. and Lee, Y. 2011. Effects of nutrient source on soil physical, chemical, and microbial properties in an organic pear orchard. Kor. J. Environ. Agric. 30(1):16-23. (In Korean)
- Hamza, B. and Suggars, A. 2001. Biostimulants: Myths and realities. Turfgrass Trends 10(8):6-10.
- Ho, J.Y., Maeng, S.H. and Park, W.J. 2015. Effects of ethylene precursor, auxin and methyl jasmonate on the aerechyma formation in primary root of maize (*Zea mays*). J. Life Sci. 25(2):37-43. (In Korean)
- Hunter, A. and Anders, A. 2004. The influence of humate on turfgrass growth and development of creeping bentgrass. Acta Hort. 661:257-264.
- Hwang, S.H. 1999. Influence of starvation and humic acid on soil microbial 2-hydroxypyridine metabolism. J. Kor. Soil Environ. Soc. 4(1):13-23. (In Korean)
- Kay, B.D. and Gronevelt, P.H. 1974. On the interaction of water and heat transport in frozen and unfrozen soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 38:395-400.
- Kim, H.G., Seo, D.C., Cheong, Y.H., Kang, C.S., Sohn, B.K., et al. 2007. Effects of different humates on growth and fruit quality of tomato plant. Kor. J. Environ. Agric. 26(4):313-318.
- Kim, J.S. and Hyun, T.K. 2011. Effect of NaCl stress on the growth, antioxidant materials, and inorganic ion content in head lettuce seedlings. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 29(5):433-440. (In Korean)
- Kim, J.S., Shim, J.S. and Kim, M.J. 2010a. Physiological response of chimese cabbage to salt stress. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 28(3):343-352. (In Korean)
- Kim, M.J., Shim, C.K., Kim, Y.K., Park, J.H., Han, E.J. et al. 2017a. Effect of the concentration of humate on growth and yield of organically cultivated hot-pepper. J. Kor. Resour. Rec. Assoc. 25(1):67-78. (In Korean)
- Kim, Y.S., Ham, S.K. and Lee, S.J. 2010b. 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. 2010c. Change of soil physicochemical properties by mixed ratio of 4 types of soil amendments used in golf course. Kor. Turfgrass Sci. 24(2):205-210. (In Korean)
- Kim, Y.S., Ham, S.K., Kim, T.S. and Jeong, H.S. 2008. Effect of liquid fertilizer containing medium of *Lactobacillus confusa* and *Pichia anomala* on growth in creeping bentgrass. Kor. Turfgrass Sci. 22(2):185-196. (In Korean)

- Kim, Y.S., Ham, S.K., Lee, J.P. and Hwang, Y.S. 2012. The growth effects of creeping bentgrass by application of liquid fertilizer with saponin and liquid fertilizer with amino acid. *Asian J. Turfgrass Sci.* 26(1):54-59. (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 (*Agrostis palustris* Huds) and the chemical characteristics of soil. *Kor. Turfgrass Sci.* 17(4):147-154. (In Korean)
- Kim, Y.S., Lee, T.S., Cho, S.H. and Lee, G.J. 2017b. Growth and quality changes of creeping bentgrass by application of liquid fertilizer containing humic acid. *Weed Turf. Sci.* 6(3):272-281. (In Korean)
- Lee, J.H., Choi, J.Y., Lee, S.H. and Joo, Y.K. 2008a. Effect of high-humidity and high temperature at Kentucky bluegrass growth in summer. *Kor. J. Turfgrass Sci.* 22(2):133-140. (In Korean)
- Lee, J.P., Yoo, T.Y., Moon, S.J., Ham, S.K. and Kim, D.H. 2008b. Effect of silicate on creeping bentgrass growth of green at the golf course during summer in Korea. *Kor. Turfgrass Sci.* 22(2):217-224. (In Korean)
- Liu, C. and Cooper, R.J. 2000. Humic substances influence creeping bentgrass growth. *Golf Course Management* 67(8):49-53.
- MacCarthy, P., Malcolm, R.L., Clapp, C.E. and Bloom, P.R. 1985. An introduction to soil humic substances. pp 1-12. In: MacCarthy et al. (Eds.) *Humic substances in soil and crop sciences, selected reading*, Soil Sci. Soc. of Am., Madison, WI, USA.
- NIAST. 1998. *Methods of soil chemical analysis*. NIAST, RDA, Suwon, Korea. (In Korean)
- O'Donnell, R.W. 1973. The auxin-like effects of humic preparations from leonardite. *Soil Sci.* 116:106-112.
- Russo, R.O. and Berlyn, G.P. 1990. The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture. *J. Sust. Agric.* 1:19-42.
- Shin, H.S., Rhee, D.S., Chung, K.H. and Lee, C.W. 2002. Molecular size distribution and spectroscopic characterization of humic and fulvic acids extracted from soils in different depth. *Analy. Sci. Technol.* 15(4):373-380. (In Korean)
- Stevenson, J. 1994. *Humus chemistry, genesis, composition, reactions*. pp 453-471. Wiley, New York, USA.
- Türkmen, Ö., Dursun, A., Turan, M. and Erdinç, C. 2003. Calcium and humate affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedling under saline soil conditions. *Acta. Agri. Scandinavica* 54:168-174.
- Vaughan, D. 1974. Possible mechanism for humate action on cell elongation in root segments of *Pisum sativum* under aseptic conditions. *Soil Biol. Biochem.* 6:241-247.
- Yoon, O.S. and Kim, K.S. 2007. Effects of chitosan on the growth response of Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.). *Kor. Turfgrass Sci.* 21(2):163-176. (In Korean)
- Young, C.C. and Chen, L.F. 1997. Polyamines in humic acid and their effect on radical growth of lettuce seedlings. *Plant and Soil.* 195:143-149.
- Zhang, X. and Ervin, E.H. 2004. Cytokinin-containing seaweed and humate extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. *Crop Sci.* 44:1737-1745.
- Zhang, Z., Schmidt, R.E., Ervin, E.H. and Doak, S. 2002. Creeping bentgrass physiological responses to natural plant growth regulators and iron under two regimes. *HortScience* 37(6):898-902.