

RESEARCH ARTICLE

부식산 및 효모균 배양액 함유 액상비료 처리에 따른 크리핑 벤투그래스의 인 흡수 및 생육 증대 효과

이가연^{1†} · 김영선^{1†} · 조성현² · 이금주^{1*}

¹충남대학교 원예학과, ²호성오앤비(주)

Enhanced Phosphorous Uptake and Growth Improvement of Creeping Bentgrass after Application of Liquid Fertilizer Containing Humic acid and *Saccharomyces cerevisiae* Broth

Ka Youn Lee^{1†}, Young-Sun Kim^{1†}, Sung-Hyun Cho², Geung-Joo Lee^{1*}

¹Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Hyosung O&B Co. Ltd., Daejeon 34054, Korea

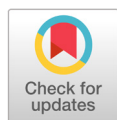
Abstract

This study was conducted to evaluate the effect of liquid fertilizer containing humic acid and *Saccharomyces cerevisiae* broth (LHS) on changes of turfgrass growth by investigating visual quality, chlorophyll content, dry weight of clipping, and nutrient content in leaf tissues. Treatments were designed as follows; control fertilizer (CF), HS-1 (CF+1.0 mL m⁻² LHS), HS-2 (CF+2.0 mL m⁻² LHS), and HS-3 (CF+4.0 mL m⁻² LHS). After treatment of LHS on creeping bentgrass, soil pH in the treated plots was decreased than that of CF. As compared to CF, visual quality, chlorophyll content and content of N, P and K were not significantly different in the LHS treatments. However, clipping yield and phosphorus uptake of HS-2 were significantly increased by 22% and 33%, respectively. These results showed that application of LHS improved the phosphorus uptake and growth of creeping bentgrass, which would be an alternative management tool for the cool season turfgrass under stress conditions.

Keywords: Creeping bentgrass, Humic acid, Liquid fertilizer, *Saccharomyces cerevisiae*

서론

지피식물은 지표를 낮게 덮는 식물을 말하는 것으로 초본류와 이끼류 등이 있으며, 초본류 중에서 지표나 정원 등의 녹화를 위해 대표적으로 사용되는 식물이 잔디이다(Cho et al., 2015). 잔디는 다른 지피식물에 비해 균일한 색상을 오랫동안 유지하고, 밀도가 높으며, 상대적으로 다른 지피식물에 비



OPEN ACCESS

*Corresponding Author:

Phone. +82-42-821-5734

Fax. +82-42-821-8888

E-mail. gjlee@cnu.ac.kr

[†] These authors contributed equally to this work.

Received: September 12, 2018

Revised: September 19, 2018

Accepted: September 20, 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.

해 예고가 낮고 관리가 용이하기 때문에 운동장, 축구장, 야구장 및 골프장과 같은 스포츠 시설의 지피식물로 많이 이용되고 있다(Ahn et al., 1992; Shim and Seo, 1995).

스포츠 시설에 식재된 잔디는 잦은 답압과 낮은 예고 등으로 생육 과정에서 다양한 스트레스를 받게 되고, 이러한 생육환경에서 잔디의 생육과 품질을 유지하기 위해서는 건강한 뿌리관리가 중요하다(Ahn et al., 1992). 이를 위해 토양관리, 시비관리, 수분관리 및 병충해관리 등과 같은 종합적인 잔디관리가 수행되고 있으며, 이 중에서도 토양관리와 시비관리는 잔디 뿌리 생육에 가장 큰 영향을 주는 요소라 할 수 있다(Ahn et al., 1992; Kim et al., 2018; Lee et al., 2008). 특히, 토양은 잔디의 뿌리가 생육하는 곳으로 적합한 생육환경이 되도록 관리하는 것이 가장 중요하지만 토양환경은 계절의 변화, 강우 및 잔디의 생육 특성에 따라 다르게 변화하므로(Kim et al., 2002; Lee et al., 2012) 건강한 잔디 뿌리 관리를 위해서는 적절한 시비관리가 필요하게 된다(Kim et al., 2010b; Kim et al., 2018).

아미노산비료(Kim et al., 2003), 키토산비료(Yoon and Kim, 2007), 부식산비료(Kim et al., 2018) 및 미생물비료(Kim et al., 2010b) 등은 이러한 환경 속에서 잔디의 생육과 품질을 향상시키는 기능성 비료들이다. 이들은 잔디가 생육하기에 불량한 환경에서 뿌리 생육을 개선하여 수분과 양분공급이 원활이 이뤄지도록 함으로써 잔디의 생육과 품질을 개선하는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2018). 특히, 부식산은 토양 중에 처리 시 분해나 용탈에 의한 손실이 적고, 토양의 근권에 분포하여 잔디의 뿌리 발달을 도우며, 잔디의 생육과 품질을 개선하는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2018). 이와 더불어 미생물비료는 근권에서 유기물을 분해하여 잔디에 필요한 양분을 공급하거나 토양 병원균과의 길항작용으로 병해를 예방하기도 한다(Jeong et al., 2017). 그 중에서도 효모균(*Saccharomyces cerevisiae*)은 *Bacillus* sp.나 유산균과 더불어 많이 사용되는 농업용 미생물로서 식물의 지상부와 지하부 생장에 중요한 역할을 하는 식물생장호르몬인 indole acetic acid (IAA)를 생산하여 식물 생육을 개선하는 것으로 알려져 있다(Deka Bouruah et al., 2010; Kim et al., 2010a; Prusty et al., 2005). 부식산은 다양한 작용기를 갖고 있어 미생물을 이용하여 제형화 하는 경우 미생물의 담체로 활용이 가능하고(Kim et al., 1998; Lee et al., 2000), 효모균과 부식산을 비료로 제형화하여 처리하는 경우 잔디의 지하부 생육을 증진시킬 수 있을 것으로 판단된다(Deka Bouruah et al., 2010; Kim et al., 2018).

따라서 본 연구는 부식산과 효모균 배양액을 함유하는 액비(liquid fertilizer containing humic acid and *Saccharomyces cerevisiae* broth; LHS)를 크리핑 벤트그래스에 시비하였을 때, 잔디의 생육과 품질 등을 조사하여 부식산 및 효모균 배양액 함유 액비의 한지형잔디 크리핑 벤트그래스에 대한 생육 효과를 평가하고자 실시되었다.

재료 및 방법

시험기간 및 공시재료

본 연구는 2015년 6월부터 11월까지 6개월 동안 대전광역시 소재의 효성오앤비(주) 실외 연구 재배동에서 수행되었다. 공시 잔디는 대덕사이언스CC에서 1997년 파종되어 약 19년간 증식포장에서 관리된 크리핑 벤트그래스(*Agrostis palustris* H.) 'Penncross' 품종을 이용하였다. 잔디 생육에 필요한 양분을 공급하기 위해 공시비료는 복합비료[compound fertilizer: N-P₂O₅-K₂O=21-17-17, (주)남해화학, 전남, 한국]과 부식산(humic acid, 5%, liquid)과 효모균 배양액 (*S. cerevisiae* broth) 함유 액비[liquid fertilizer containing humic acid and *S. cerevisiae* broth (LHS): N-P₂O₅-K₂O-B₂O₃-Mo=1-5-4-0.05-0.0005, 효성오앤비(주), 대전, 한국]를 사용하였다. LHS는 갈탄에서 추출한 부식산 원료와 효모균(*S. cerevisiae*) 배양액이 각각 10%와 30% 함유되어 있었고, 비료의 종류는 제4종 복합비료였다.

처리구 설정

처리구는 비료의 종류 및 시비량에 따라 무처리구(no fertilizer; NF), 대조구[control fertilizer (CF); N-P₂O₅-K₂O=21-17-17],

CF 처리 후 LHS를 1,000배 희석한 처리구1 (HS-1; CF+LHS), 500배 희석한 처리구2 (HS-2; CF+2LHS) 및 250배 희석한 처리구3 (HS-3; CF+4LHS) 으로 구분하였다.

실험 포장의 실험구 단위는 1/6000 a (ø15 cm)크기의 시험용 포트였고, 실험구 배치는 완전임의배치법(3반복)으로 하였다. 시험 포트의 조성은 2015년 6월 17일에 시험용 모래를 포트에 충전하고, 2일간 물다짐 후 자체 제작한 홀커터(ø10.8 cm)를 이용하여 대덕사이언스CC에서 채취된 크리핑 벤프그래스(ø10.8 cm, depth 3 cm)를 6월 22일에 이식하였고, 활착이 완료된 6월 29일부터 재배시험 및 생육 조사를 수행하였다. 공시비료 중 복합비료는 2015년 6월 30일, 8월 10일 및 9월 20일에 3.5 g N ai. m²씩 3회 시비하였다. LHS는 2015년 6월 30일부터 10월 26일까지 7일간격으로 HS-1 (1.0 mL m² LHS), HS-2 (2.0 mL m² LHS) 및 HS-3 (4.0 mL m² LHS)를 1,000 mL의 수돗물에 희석하여 물조리개로 총 17회 관주시비(희석액 1,000 mL m²)하였다. 시험기간 중 수분의 공급을 물조리개를 이용하여 수돗물을 공급하였고, 위조가 발생하지 않도록 관리하였다. 예초는 알코올로 잘 소독된 가위를 이용하여 20.0 mm 높이로 실시하였고, 시험기간 중 병해충은 발생하지 않았다.

생육 조사 및 분석 방법

잔디 생육 조사는 처리구별 잔디의 가시적 품질, 엽록소 함량, 예지물 함량, 잔디 잎 조직 중 양분함량 및 흡수율을 조사하였다. 잔디의 가시적 품질은 National Turfgrass Evaluation Program (NTEP)에서 제시한 방법에 준하여 2016년 6월 22일, 6월 30일, 7월 6일, 7월 13일, 7월 20일, 7월 27일, 8월 3일, 8월 10일, 8월 17일, 8월 24일, 8월 31일, 9월 7일, 9월 15일, 9월 23일, 9월 30일, 10월 10일, 10월 20일, 10월 26일에 총 18회 조사하였다(1=worst, 9=best and 6=acceptable). 잔디의 생육을 평가하기 위해 2015년 8월 4일, 9월 23일 및 11월 3일에 잔디 예지물 함량을 총 3회 조사하였고, 이 때 채취된 시료를 이용하여 엽록소 함량을 분석하였다. 잔디 예지물 함량을 조사하기 위해 알코올로 잘 소독된 가위를 이용하여 20.0 mm 높이로 채취하였고, 시료를 이물질을 제거한 후 75°C 드라이오븐(JSON-150, JSR, Gongju, Korea)에서 24시간 건조하여 건물중을 측정하였다. 잔디의 엽록소 함량의 측정은 일정량의 잔디 시료를 DMSO (dimethylsulfoxide)를 추출 용매로 냉암소에서 48 시간 추출하여 UV-spectrophotometer (X-MA 1200, Human, Seoul, Korea)를 사용하여 645 nm와 663 nm에서 흡광도를 측정하고, 아래와 같은 식으로 엽록소 a와 b 및 총 엽록소 함량을 계산하였다(Arnon, 1949).

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

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

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

포트 시험에서 공시비료 처리에 의한 토양의 변화를 조사하기 위해 시험 전(2015년 6월 17일)과 시험 종료 후(2015년 11월 10일) 총 2회 실시하였다. 채취된 토양 시료는 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) 등 이었고, 분석 방법은 토양 화학 분석법(NIAST, 1998)에 준하여 실시하였다. pH와 EC는 1:5법으로, O.M은 Tyurin법으로, T-N은 Kjeldahl 증류법으로, Av-P₂O₅는 Bray No.1법으로, 치환성 칼륨은 1N-NH₄OAc 침출법으로 각각 분석하였다.

식물체 분석은 시험 종료 시기인 10월 31일 채취된 잔디 예지물을 건조하여 분석 시료로 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, Seoul, Korea)를 이용하여 바나도몰리브덴산법으로, 칼륨은 염광광도계(flame photometer; PFP7, JENWAY, Staffordshire, UK)를 이용하여 각각 분석하였다.

통계처리는 SPSS (ver. 12.1.1, IBM, New York, USA)을 이용하여 Duncan 다중검정을 통해 처리구간 평균값의 유의차를 검정하였다.

결과 및 고찰

토양의 무기 성분 함량

시험 전 토양은 pH와 EC가 각각 7.6와 0.22 dS m⁻¹로 잔디재배가 가능한 토양이었다. 시험 전과 후의 토양의 화학적 특성은 전기전도도(EC), 질소, 유기물, 유효인산 및 치환성 칼륨에서 시험 전과 후의 차이는 나타나지 않았고, 토양산도(pH)는 시험 후에 LHS 처리구(HS-1, HS-2, HS-3)에서 감소하였으며, 시험 종료 후 처리구별 토양화학성의 변화는 대부분의 항목에서 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다(Table 1). Kim et al. (2018)은 부식산을 함유하는 액비를 크리핑 벤틀그래스에 처리 시 토양의 pH에는 영향을 미치지 않는다고 보고하여 시험 종료 후 토양의 pH가 감소한 것은 부식산보다는 효모균(*S. cerevisiae*)의 영향으로 판단된다. *Trichoderma* spp.나 *Bacillus* sp.등을 함유하는 비료를 한지형잔디에 처리하는 경우 토양의 pH가 감소되었으며, 이는 미생물이 생육 과정에서 다양한 유기산을 발생하기 때문으로 판단된다(Lee et al., 2015a, b; Kim et al., 2016).

잔디 품질 및 생육 조사

LHS 시비 후 잔디의 가지적 품질은 조사 시기에 따라 다소 차이는 있으나 7.1~7.3의 범위로 조사되었다(Table 2). 무처리구(NF)와 비교할 때, LHS 처리구(HS-1, HS-2, HS-3)는 가지적 품질이 6-8월에는 비슷하거나 증가하였고, 9월 이후부터는 무처리구보다 증가하여 생육 기간 동안 평균값으로 가지적 품질을 비교할 때 NF 처리구보다 LHS 처리구에서 증가하였다. 반면에 LHS 처리구를 대조구(CF)와 비교한 경우에는 전 생육 기간 동안 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않아 LHS의 처리에 따른 잔디 품질의 변화를 확인할 수 없었다. 수용성 부식산의 처리가 뿌리의 생육 발달로 수분과 양분의 흡수가 증가하여 크리핑 벤틀그래스의 품질 및 생육을 증가시킨다고(Kim et al., 2018; Liu and Cooper, 2000) 보고된 바 있으나 본 연구에서는 동일한 결과를 확인할 수 없었다. 이는 본 연구에 사용된 기능성 비료에는 잔디의 가지적 품질에 영향을 주는 질소 함량이 선행연구에 사용된 부식산 함유 액비보다 부족했기 때문으로 판단된다(Kim et al., 2017b; Kim et al., 2018).

LHS 시비 후 잔디의 엽록소 a, 엽록소 b 및 총엽록소는 조사 시기에 따라 다소 차이를 나타내었으며, 8월 8일과 9월 18일 조사에서 높았고, 기온의 감소로 한지형잔디의 생육이 점차 감소하는 11월 5일 조사에서 낮게 나타났다(Table 3). 잔디의 생

Table 1. Chemical properties of soil analyzed before experiment and after treated liquid fertilizer containing humic acid and *S. cerevisiae* broth.

Treatments	pH (1:5)	EC	O.M.	T-N	Av-P ₂ O ₅	Ex-K
		(dS m ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(cmolc kg ⁻¹)
Before	7.6a	0.22a	2.3a	0.1a	19.5a	0.51a
After						
NF	7.6a	0.22a	2.8a	0.1a	16.4a	0.69a
CF	7.3a	0.15a	2.3a	0.1a	19.5a	0.51a
HS-1	6.8b	0.14a	3.1a	0.1a	22.6a	0.39a
HS-2	6.4c	0.15a	3.1a	0.1a	19.5a	0.48a
HS-3	6.3c	0.15a	2.7a	0.1a	22.6a	0.59a

CF supplied was applied at 3.5 g N ai m² rate on June 30, August 10 and September 20, respectively. Three LHS treatments were implemented 17 times on June 30, July 6, July 13, July 20, July 27, August 3, August 10, August 17, August 24, August 31, September 7, September 15, September 23, September 30, October 10, October 20, and October 26.

NF, no fertilizer; CF, control fertilizer; HS-1, CF+1.0 mL m² liquid fertilizer containing humic acid and *S. cerevisiae* broth (LHS); HS-2, CF+2.0 mL m² LHS; HS-3, CF+4.0 mL m² LHS.

a-c: Means with same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at P≤0.05 level.

육시험 기간 중 LHS 처리구의 엽록소 a, 엽록소 b 및 총엽록소의 평균값은 각각 1,223-1,375 $\mu\text{g g}^{-1}$, 402-453 $\mu\text{g g}^{-1}$, 1,626-1,828 $\mu\text{g g}^{-1}$ 의 범위로 조사되어 NF (1,132 $\mu\text{g g}^{-1}$, 397 $\mu\text{g g}^{-1}$, 1,596 $\mu\text{g g}^{-1}$)이나 CF (1,311 $\mu\text{g g}^{-1}$, 444 $\mu\text{g g}^{-1}$, 1,754 $\mu\text{g g}^{-1}$)와 비교 시 처리구별 차이를 나타내지 않았다. HS-1 처리구는 모든 조사기간 동안 CF보다 엽록소 함량이 증가하는 경향을 보였으나 t검정결과에서 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않았다(자료는 제시하지 않음).

LHS 처리에 따른 잔디 생육량을 조사하기 위해 잔디 예지물량을 조사한 결과, 16.5-38.2 g m^{-2} 로 조사되었다(Table 4). 8월 4일 조사에서는 HS-2 처리구에서 CF 처리구 보다 증가하였고, 9월 18일과 11월 5일 조사에서는 LHS 처리구의 예지물량이 CF 처리구와 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. HS-3 처리구의 예지물 함량이 8월 4일 조사에서 HS-2보다 낮고, CF와 유사한 결과를 보여 비해가 아닌 크리핑 벤트그래스를 포트에 이식한 후 잔디의 정착 과정에서 나타난 처리구간 차이로 보인다. 시험 종료 후 시험기간 중 수집된 총 예지물량은 HS-2 처리구는 대조구보다 22% 정도 증가하였고, HS-1 처리구와 HS-3 처리구는 대조구와 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 비록 LHS를 처리한 모든 처리구에서 크리핑 벤트그래스의 예지물량이 통계적으로 유의적인 차이를 나타낸 것은 아니지만 LHS를 처리 후 대조구보다 9-22% 정도 예지물의 증가를 보였다. 부식산이 식물에 처리되었을 경우 식물의 호흡, 광합성 향상 및 뿌리신장 등을 개선하여 식물의 생육이나 생장을 증가시키고(Asenjo et al., 2000; Cacco and Dell'Agnolla, 1984; Kim et al., 2017a; Russo and Berlyn, 1990; Türkmen et al., 2003; Vaughan, 1974), 효모균 처리 시 지하부의 생육이 개선되어 잔디생육이 증가되는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2010b). 선행연구자들의 결과로 추정할 때, LHS의 처리시 부식산과 효모균의 작용으로 크리핑 벤트그래스의 지하부 생육이 개선되어 잔디 예지물량이 증가한 것으로 추정된다.

LHS 처리 후 잔디 중 함유된 무기 성분 함량 조사 결과, 질소, 인 및 칼륨은 각각 1.99-2.37%, 0.15-0.25% 및 1.68-1.87%의 범위를 나타내었다(Table 5). LHS 처리구에서 질소와 칼륨은 NF 처리구와 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 인은 NF 처리구보다 증가하였으며, CF 처리구와 비교할 경우 HS-1 처리구와 HS-2 처리구는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, HS-3 처리구에서 인 함량이 0.25%로 증가하였다. LHS의 처리 후 질소, 인 및 칼륨의 흡수량은 0.34-0.80 g m^{-2} , 0.03-0.09 g m^{-2} , 0.30-0.70 g m^{-2} 로 조사되었고, LHS 처리구는 NF보다 흡수량이 각각 0.08 g m^{-2} , 0.09 g m^{-2} 로 증가하였다. CF 처리구의 양분 흡수량과 비교할 때, 질소와 칼륨의 흡수량은 CF 처리구와 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 인의 흡수량은 HS-2 처리구와 HS-3 처리구에서 증가하였다. 잔디에서 부식산의 처리는 인의 흡수를 증대시키고

Table 2. Visual quality of creeping bentgrass as applied liquid fertilizer containing humic acid and *S. cerevisiae* broth.

Treatments	Visual quality (1: low - 9: high)					Mean
	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	
NF	7.11a	7.21b	6.82b	6.97b	6.94b	7.01b
CF	7.15a	7.26ab	7.17ab	7.17a	7.16a	7.18a
HS-1	7.12a	7.24ab	7.19ab	7.26a	7.18a	7.20a
HS-2	7.14a	7.27a	7.22a	7.22a	7.20a	7.21a
HS-3	7.15a	7.26ab	7.24a	7.22a	7.20a	7.21a

CF supplied was applied at 3.5 g N ai m^{-2} rate on June 30, August 10 and September 20, respectively. Three LHS treatments were implemented 17 times on June 30, July 6, July 13, July 20, July 27, August 3, August 10, August 17, August 24, August 31, September 7, September 15, September 23, September 30, October 10, October 20, and October 26. Three LHS treatments were implemented 17 times on June 30, July 6, July 13, July 20, July 27, August 3, August 10, August 17, August 24, August 31, September 7, September 15, September 23, September 30, October 10, October 20, and October 26.

NF, no fertilizer; CF, control fertilizer; HS-1, CF+1.0 mL m^{-2} liquid fertilizer containing humic acid and *S. cerevisiae* broth (LHS); HS-2, CF+2.0 mL m^{-2} LHS; HS-3, CF+4.0 mL m^{-2} LHS.

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

(Hunter and Anders; 2004), 인의 흡수 증대는 잔디의 뿌리 생육을 개선시키는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2010b). 또한 Kim et al. (2010b)은 *Saccharomyces* sp.를 함유하는 미생물제제를 한지형잔디에 처리하는 경우 잔디뿌리의 인 흡수가 증

Table 3. Chlorophyll content in leaves of creeping bentgrass as applied liquid fertilizer containing humic acid and *S. cerevisiae* broth.

Treatments	Aug. 8	Sep. 18	Nov. 5	Mean
Chlorophyll a ($\mu\text{g g}^{-1}$)				
NF	1,469a	1,428a	499b	1,132b
CF	1,705a	1,419a	808a	1,311a
HS-1	1,816a	1,499a	809a	1,375a
HS-2	1,804a	1,370a	821a	1,332a
HS-3	1,527a	1,400a	743ab	1,223ab
Chlorophyll b ($\mu\text{g g}^{-1}$)				
NF	492a	511a	189b	397a
CF	582a	475a	274a	444a
HS-1	606a	487a	267a	453a
HS-2	611a	452a	278a	447a
HS-3	499a	458a	250ab	402a
Total chlorophyll ($\mu\text{g g}^{-1}$)				
NF	1,961a	1,939a	688b	1,596a
CF	2,287a	1,894a	1,082a	1,754a
HS-1	2,422a	1,985a	1,076a	1,828a
HS-2	2,416a	1,821a	1,099a	1,779a
HS-3	2,026a	1,857a	993ab	1,626a

CF supplied was applied at 3.5 g N ai m^{-2} rate on June 30, August 10 and September 20, respectively. Three LHS treatments were implemented 17 times on June 30, July 6, July 13, July 20, July 27, August 3, August 10, August 17, August 24, August 31, September 7, September 15, September 23, September 30, October 10, October 20, and October 26. Three LHS treatments were implemented 17 times on June 30, July 6, July 13, July 20, July 27, August 3, August 10, August 17, August 24, August 31, September 7, September 15, September 23, September 30, October 10, October 20, and October 26.

NF, no fertilizer; CF, control fertilizer; HS-1, CF+1.0 mL m^{-2} liquid fertilizer containing humic acid and *S. cerevisiae* broth (LHS); HS-2, CF+2.0 mL m^{-2} LHS; HS-3, CF+4.0 mL m^{-2} LHS.

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

Table 4. Dry weight of clipping of creeping betngrass as applied liquid fertilizer containing humic acid and *S. cerevisiae* broth.

Treatments	Dry weight of clipping (g m^{-2})			
	Aug. 8	Sep. 18	Nov. 5	Total
NF	9.4b	3.9b	3.3b	16.5c
CF	11.0b	11.4a	8.8a	31.2b
HS-1	10.0b	14.9a	9.5a	34.5ab
HS-2	12.9a	14.7a	10.6a	38.2a
HS-3	10.8b	13.7a	9.6a	34.1ab

CF supplied was applied at 3.5 g N ai m^{-2} rate on June 30, August 10 and September 20, respectively. Three LHS treatments were implemented 17 times on June 30, July 6, July 13, July 20, July 27, August 3, August 10, August 17, August 24, August 31, September 7, September 15, September 23, September 30, October 10, October 20, and October 26.

NF, no fertilizer; CF, control fertilizer; HS-1, CF+1.0 mL m^{-2} liquid fertilizer containing humic acid and *S. cerevisiae* broth (LHS); HS-2, CF+2.0 mL m^{-2} LHS; HS-3, CF+4.0 mL m^{-2} LHS.

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

가하여 지하부 생육을 향상시키고, 잔디의 지상부 생육과 품질이 증가된다고 보고하였다. 선행연구결과를 통해 추정할 때, HS-2 처리구와 HS-3 처리구에서 인의 흡수량이 증가한 것으로 보아 LHS 처리구의 잔디 뿌리 생육이 증가되었을 것으로 판단된다.

고찰

수용성 부식산의 대표적인 물질인 휴믹산(humic acid)은 식물의 분해 과정에서 생산되는 부식물질 중 하나로 알칼리성 용액에 용해되는 특징을 나타내고, -COOH, penollic-OH, alcoholic-OH 및 -NH₂나 -SH 등과 같은 다양한 작용기를 갖고 있어 이온교환능력이 높은 콜로이드 물질이다(Stevenson, 1994). 휴믹산은 주로 식물의 근권에 분포하고 있으며 (Shin et al., 2002), 근권에서 미생물의 활성도를 증대시키고(Hwang, 1999), 식물의 지하부 및 지상부의 생육을 향상시킨다(Kim et al., 2018). 또한, 수용액 상태로 이용이 가능하기 때문에 액상비료로 이용할 수 있고(Kim et al., 2017b), 부식산의 처리는 크리핑 벤트그래스의 뿌리 발달을 촉진하여 양분이나 수분의 흡수 및 잔디의 생육과 품질을 증대시킨다(Zhang and Ervin, 2004).

효모균은 주로 식품의 발효에 이용하였으나 그 이용의 범위가 점점 확대되어 농업용 미생물로도 다양하게 이용되고 있고 (Deka Bouruah et al., 2010), 고초균, 유산균과 더불어 농업용 미생물로 가장 많이 이용하고 있는 미생물이다(Kim et al., 2010b; Kim et al., 2016). 효모균 중에서 *S. cerevisiae*는 가장 일반적으로 많이 사용되는 농업용 효모균이며, 단독으로 사용하기 보다는 유산균과 혼용하여 복합미생물제제로 이용되고 있고(Kim et al., 2008), 한지형잔디에 처리하는 경우 한지형잔디의 지하부 생육과 양분 흡수를 촉진하여 잔디 품질과 생육을 촉진하는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2010b). 특히, *S. cerevisiae*는 식물생장 호르몬인 IAA를 생성하는 미생물로 알려져 있으며(Prusty et al., 2005), 돌연변이과정을 통해 작물의 지하부 생육을 개선할 수 있는 IAA 생성능력이 향상되기도 하였다(Deka Bouruah et al., 2010). 식물 호르몬인 IAA를 생산하는 미생물은 작물의 뿌리 생육을 촉진하여 마디의 식물 잎이나 마디 생육을 증진시키고, 작물의 종류에 따라 뿌리 생육을 촉진하는 IAA 농도는 다르며, 적정농도 이상에서는 식물의 뿌리 생육을 억제하였다(Deka Bouruah et al., 2010).

Kim et al. (2018)은 부식산 함유 액비를 처리하는 경우 한지형잔디의 뿌리 발달하여 잔디의 생육과 품질이 증가한다고 보고하였다. 부식산 처리 후 잔디의 뿌리가 발달하는 것은 옥신계열의 식물 호르몬(O'Donnell, 1973)이나 폴리아민의 함량(Young and Chen, 1997)에 영향을 받는다고 알려져 있다. 이 중에서 옥신계열의 식물 호르몬은 식물의 통기 조직과 곁뿌리를 발달시켜 과습이나 건조 등에 의한 뿌리의 호흡 장애를 안정화하는 것으로 알려져 있다(Ho et al., 2015; Kim et al., 2010a).

Table 5. The content and uptaken amount of nutrient in creeping bentgrass leaf tissue after application of liquid fertilizer containing humic acid and *S. cerevisiae* broth.

Treatments	Nutrient content (%)			Uptaken amount of nutrient (g m ⁻²)		
	N	P	K	N	P	K
NF	2.07a	0.15c	1.81a	0.34b	0.03d	0.30b
CF	2.32a	0.20b	1.68a	0.71a	0.06c	0.52ab
HS-1	2.16a	0.20b	1.87a	0.74a	0.07bc	0.65a
HS-2	1.99a	0.21b	1.83a	0.76a	0.08ab	0.70a
HS-3	2.37a	0.25a	1.73a	0.80a	0.09a	0.59a

CF supplied was applied at 3.5 g N ai m⁻² rate on June 30, August 10 and September 20, respectively. Three LHS treatments were implemented 17 times on June 30, July 6, July 13, July 20, July 27, August 3, August 10, August 17, August 24, August 31, September 7, September 15, September 23, September 30, October 10, October 20, and October 26. Clippings of creeping bentgrass for analysis of N, P, and K was sampled on November 5, 2015.

NF, no fertilizer; CF, control fertilizer; HS-1, CF+1.0 mL m⁻² liquid fertilizer containing humic acid and *S. cerevisiae* broth (LHS); HS-2, CF+2.0 mL m⁻² LHS; HS-3, CF+4.0 mL m⁻² LHS.

a-c: Means with same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at P≤0.05 level.

본 연구에서 부식산과 효모균(*S. cerevisiae*) 함유 액비를 한지형잔디에 처리할 경우 잔디의 생육과 품질이 향상될 것으로 기대되었으나 한지형잔디의 생육 및 품질 개선 효과는 상대적으로 낮았다(Table 2, 4). 이는 본 연구에서 사용된 LHS가 한지형 잔디의 생육과 시각적 품질에 영향을 주는 질소 성분이 상대적으로 적었기 때문으로 판단된다(Kim et al., 2018). 또한 *S. cerevisiae*가 IAA를 생성하기 위해서는 기질로서 트립토판이나 펩톤과 같은 유기물을 요구하게되는데 Table 1에서 제시된 바와 같이 토양 중 유기물 함량이 낮아 *S. cerevisiae*의 활성도가 낮았기 때문으로 추정된다(Prusty et al., 2005).

요약

본 연구는 부식산과 효모균(*Saccharomyces cerevisiae*) 함유 액비(LHS)의 시비에 따른 잔디의 생육과 품질의 변화를 확인하기 위해 잔디의 가시적 품질, 엽록소 함량, 예지물량, 양분 함량 및 흡수량을 조사하였다. 처리구는 대조구(CF), LHS 1,000배 처리구(HS-1), LHS 500배 처리구(HS-2) 및 LHS 250배 처리구(HS-3)로 구분되었다. LHS 처리 후 토양 pH는 감소하여 약산성을 나타내었다. LHS 처리구와 대조구를 비교하였을 때, 가시적 품질, 엽록소 함량 및 양분 함량 등은 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 잔디 예지물량이 증가되었고, 인 흡수량은 HS-2 처리구에서 각각 22%와 33%씩 증가하였다. 이 결과들을 종합해 볼 때, 크리핑 벤트그래스에서 부식산과 효모균 함유 액비의 시비는 500배 희석액 처리 시 인의 흡수를 촉진하고, 잔디의 지상부 생장을 증가시키는 것을 확인 할 수 있었다.

주요어: 크리핑 벤트그래스, 부식산, 액비, 효모균(*Saccharomyces cerevisiae*)

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)
- Arnon, 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.
- Cho, S.R., Kim J.H. and Shim, S.R. 2015. Practical use of several ground covers on a slope revegetation construction. J. Kor. Env. Res. Tech. 18(3):97-107. (In Korean)
- Deka Bouruah, H.P., Chauhan, P.S., Yim, W.J., Han, G.H. and Sa, T.M. 2010. Comparison of plant growth promoting *methylobacterium* spp. and exogenous indole-3-acetic acid application on red pepper and tomato seedling development. Kor. J. Soil Sci. Fert. 43(1):96-104.
- 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)
- Jeong, J.Y., Kim, Y.S., Cho, S.H. and Lee, G.J. 2017. Isolation and selection of functional microbes for eco-friendly turfgrass management in golf course from livestock manure compost. Weed Turf. Sci. 6(2):157-164. (In Korean)
- Kim, H.S., Roh, J.Y., Lee, D.W., Chagn, J.H., Je, Y.H., et al. 1998. Formulation of a new *Bacillus thuringiensis* strain NT0423. Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 26(4):258-264. (In Korean)
- Kim, J.S., Shim, J.S. and Kim, M.J. 2010a. Physiological response of Chinese cabbage to salt stress. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 28(3):343-352. (In Korean)
- Kim, I.C., Joo, Y.K. and Lee, J.H. 2002. Correlation of soil physical properties and growth of turfgrass on the ground of olympic-mainstadium. Kor. Turfgrass Sci. 16(1):31-40. (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., 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. 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., Lee, C.E., Ham, S.K. and Lee, G.J. 2016. Growth of creeping bentgrass by application of compound fertilizer containing microbes. Weed Turf. 5(1):42-50. (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)
- 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)
- Lee, H.S., Lee, S.O., Ryu, B., Kim, H. and Lee, Y.W. 2015a. Cultivation of *Saccharomyces cerevisiae* using defatted rice bran hydrolyzed in near-critical water as a culture medium. Kor. Chem. Eng. Res. 53(2):211-215. (In Korean)
- Lee, J.D., Chon, J.M., Jung, S.C., Park, S.S., Ahn, H.G., et al. 2000. Adsorption characteristics of offensive odor substance on acid- or alkali- deposited activated carbons. Appli. Chem. 4(2):208-211. (In Korean)
- Lee, J.H., Choi, J.Y., Lee, S.H. and Joo, Y.K. 2008. 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.H., Jung, G.R., Lee, J.M. and Joo, Y.K. 2012. Analysis and improvement practice of drainage problem on soil profile at the golf course fairway. *Asian J. Turfgrass Sci.* 26(2):129-134. (In Korean)
- Lee, J.J., Kim, Y.S., Ham, S.K., Lee, C.E. and Lee, G.J. 2015b. Growth and quality improvement of creeping bentgrass by two fertilizers containing *Trichoderma* species. *Weed Turf.* 4(3):249-255. (In Korean)
- Liu, C. and Cooper, R.J. 2000. Humic substances influence creeping bentgrass growth. *Golf Course Management* 67(8):49-53.
- NIAST (National Institute of Agricultural Sciences and Technology). 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.
- Prusty, R., Grisafi, P. and Fink, G.R. 2005. The plant hormone indole acetic acid induced invasive growth in *Saccharomyces cerevisiae*. *Proceed. Nat. Aca. Sci. of USA.* 101(12):4153-4157.
- 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.
- Shim, J.S. and Seo, B.K. 1995. A study on the seasonal color characteristics of warm season- and cool season-cover grasses I. Leaf color character of wild plant. *Kor. Turfgrass Sci.* 9(1):43-51. (In Korean)
- 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, NY, 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.