

부식산 및 해조추출물 함유 액상비료 처리에 의한 크리핑 벤투그래스의 생육과 품질

전용삼^{1,†} · 김영선^{1,†} · 조성현² · 이금주^{1,*}

¹충남대학교 원예학과 · ²효성오앤비(주)

Responses of Growth and Quality of Creeping Bentgrass after Application of Liquid Fertilizer Containing Humic acid and Seaweed extract

Yongsam Jeon^{1,†}, Young-Sun Kim^{1,†}, Sung-Hyun Cho², and Geung-Joo Lee^{1,*}

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

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

[†]These authors contributed equally to this work.

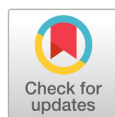
Abstract

This study was conducted to evaluate the effect of liquid fertilizer containing humic acid and seaweed extract (LHSE) 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), HSE-1 (CF+1.0 mL m⁻² LHSE), HSE-2 (CF+2.0 mL m⁻² LHSE), and HSE-3 (CF+4.0 mL m⁻² LHSE). After treating LHSE on creeping bentgrass, chemical properties of the treated pot soil were found to be no significant among treatments. As compared to CF, visual quality, chlorophyll content and content of N, P and K in the tissue were not significantly different in LHSE treatments. However, clipping yield and uptake of N, P and K in HSE-3 treatment were increased by 34%, 42%, 50% and 50% than those of CF, respectively. Considering the activities of antioxidant enzyme or anti-aging cytokinin of the humic acid and seaweed extract, the increased uptake of nitrogen, phosphorus and potassium which are significantly correlated with LHSE treatments seemed to be associated with proper root protection or maintaining of root function under higher temperature and thereby improved shoot growth of creeping bentgrass.

Key words: Creeping bentgrass, Humic acid, Liquid fertilizer, Seaweed extract

서론

크리핑 벤투그래스는 난지형잔디인 한국잔디에 비해 녹색기간이 길고, 잔디의 줄기밀도가 높으며, 낮은 예고와 답압에 대한 저항성이 높아 골프장의 그린그라운드에서 주로 이용하고 있다(Ahn et al., 1992; Choi et al., 2012). 크리핑 벤투그래스는 한지형잔디로서 생육환경이 적합한 봄철과 가을철에 생육이 왕성하고, 고온다습한 여름철에는 생육이 불량해진다(Ahn et al., 1992). 특히 여름철에



OPEN ACCESS

***Corresponding Author:**

Phone. +82-42-821-5734

Fax. +82-42-821-8888

E-mail. gjlee@cnu.ac.kr

Received: November 24, 2018

Revised: December 15, 2018

Accepted: December 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.

는 잔디의 뿌리 호흡 증가로 지하부 생육이 저하되어 잔디의 양분 및 수분흡수가 불량해져 잔디의 생육 및 품질을 감소시킨다(Huang et al., 2001). 그러므로 잔디의 생육과 품질을 유지하기 위해서는 건강한 잔디 뿌리를 유지하도록 하는 것이 중요하다(Ahn et al., 1992; Lee et al., 2008).

잔디의 뿌리 생육 개선을 위한 연구는 토양환경의 개선, 적절한 수분관리 및 시비관리에 대한 연구가 진행되었으며(Kim et al., 2002; Lee et al., 2008; Lee et al., 2012), 이중에서도 시비관리를 통한 뿌리 생육 개선에 대한 다양한 연구가 이뤄지고 있었다. 잔디의 뿌리 생육 개선을 위한 시비관리에 이용되는 비료는 주로 아미노산비료, 키토산비료, 부식산비료 및 미생물비료 등과 같은 기능성비료들이다(Kim, et al., 2003; Kim et al., 2010a; Kim et al., 2018; Yoon and Kim, 2007). 이들의 처리는 잔디의 뿌리 생육을 촉진하여 잔디의 양분 및 수분 흡수, 잔디 생육 및 잔디 품질을 개선하는 것으로 잘 알려져 있다(Kim, et al., 2014; Kim et al., 2010a; Kim et al., 2018; Yoon and Kim, 2007).

부식산은 토양의 유기물에서 추출한 부식물질로서 잔디의 뿌리 발달을 도와 잔디의 생육과 품질을 개선할 뿐 아니라 다양한 작용기를 가지고 있어서 토양개량제나 미생물의 담체로 이용할 수 있는 것으로 알려져 있고(Kim et al., 1998; Kim et al., 2010b; Kim et al., 2018), 해조추출물은 해조류를 가공한 부식물질로서 식물에 필요한 다양한 양분과 식물호르몬인 씨토키닌(cytokinin)을 함유하고 있어 잔디의 뿌리 개선 및 노화를 감소시켜 잔디 품질과 생육이 개선되는 것으로 알려져 있다(Khan et al., 2009; Zhang and Ervin, 2008). Zhang and Ervin (2004)는 잔디의 뿌리 생육을 개선하는 부식물질은 부식산과 해조추출물을 혼용하여 한지형잔디에 처리하였을 경우 잔디의 생육과 품질의 개선효과가 나타난다고 보고한 바 있어 부식산과 해조추출물을 혼합하여 제형화 한 기능성비료의 잔디 처리시 잔디의 생육 및 품질이 개선될 것으로 기대되었다.

따라서 본 연구는 부식산과 해조추출물을 함유하는 액비(liquid fertilizer containing humic acid and seaweed extract; LHSE)를 크리핑 벤틀그래스에 시비하였을 때, 잔디의 생육과 품질 등을 조사하여 한지형잔디에 대한 생육 증진 효과를 평가하고자 한다. 본 연구를 통하여 긍정적인 생육 촉진 효과가 밝혀진다면 부식산과 해조추출물을 혼합한 기능성비료의 제형화와 현장 적용에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

재료 및 방법

시험기간 및 공시재료

본 연구는 2015년 6월부터 11월까지 6개월 동안 대전광역시 소재의 효성오앤비(주) 실외 연구 재배동에서 수행되었다. 공시잔디는 대덕사이언스CC에서 1997년에 파종이 된 후 약 19년간 증식포장에서 관리된 크리핑 벤틀그래스(*Agrostis palustris* H.) 'Pennecross' 품종을 이용하였다. 잔디 생육에 필요한 양분을 공급하기 위해 공시비료는 복합비료[compound fertilizer: N-P₂O₅-K₂O=21-17-17, NAMHAE Chemical CORP., Yeosu, Korea]와 부식산(humic acid, 5%, liquid)과 해조추출물(seaweed extract, 99%, powder) 함유 액비[liquid fertilizer containing humic acid and seaweed extract (LHSE): N-P₂O₅-K₂O-B₂O₃-Mo=7-0-3-0.05-0.0005, Hyosung O&B Co., Ltd., Daejeon, Korea]를 사용하였다. LHSE는 갈탄에서 추출한 부식산 원료와 해조추출물이 각각 10%와 1% 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 LHSE를 1,000배 희석액을 처리한 처리구 1 (HSE-1; CF+LHSE), 500배 희석액을 처리한 처리구 2 (HSE-2; CF+2LHSE) 및 250배 희석액을 처리한 처리구 3 (HSE-3; CF+4LHSE) 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 벤틀그래스(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 8일 및 9월 20일에 3.5 g N ai. m²씩 3회 시비하였다. LHSE는 2015년 6월 30일부터 10월 26일까지 7일 간격으로 HSE-1 (1.0 mL m² LHSE), HSE-2 (2.0 mL m² LHSE) 및 HSE-3 (4.0 mL m² LHSE)를 1,000 mL의 수돗물에 희석하여 물조리개로 총 17회 관주시비(희석액 1,000 mL m²)하였다. 시험기간 중 수분의 공급은 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 22일부터 일주일 간격으로 10월 26일까지 총 18회 조사하였다(1=worst, 9=best and 6=acceptable). 잔디의 생육을 평가하기 위해 2015년 8월 8일, 9월 18일 및 11월 5일에 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, 시료는 이물질 제거 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(Amon, 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 따른 토양 화학성의 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 항목에 포함된 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 유의차 및 상관성을 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 토양산도(pH), 전기전도도(EC), 질소, 유효인산 및 치환성 칼륨에서 시험 전과 후의 차이는 나타나지 않았고, 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 본 연구결과와 유사하였다.

잔디 품질 및 생육 조사

잔디의 가지적 품질은 LHSE 시비 후 조사 시기에 따라 다소 차이는 있으나 7.1-7.3의 범위로 조사되었다(Table 2). 무처리구(NF)와 비교할 때 LHSE 처리구(HSE-1, HSE-2, HSE-3)는 6-7월에는 처리에 따른 큰 차이를 보이지 않았으나, 무처리구의 약 6.8과 비교하여 LHSE 처리구는 7.2로서 전반적으로 가지적 품질의 향상을 가져온 것으로 조사되었다. 이는 8월 10일 크리핑 벤틀그래스의 정상적인 생육을 위해 복합비료가 대조구와 LHSE 처리구에 처리되어 잔디 품질이 증가한 것으로 판단된다. 대조구(CF)와 비교한 경우에는 9월과 10월에는 LHSE를 각각 500배와 250배로 희석하여 처리한 HSE-2와 HSE-3 처리구에서 가지적 품질이 일부 향상이 된 것을 확인하였으나, 시험 종료 후 전 생육기간 동안 조사된 가지적 품질의 평균은 통계적으로 부식산과 해조추출물의 처리효과를 보여주지 못하였다. 수용성 부식산의 처리가 뿌리의 생육 발달로 수분과 양분의 흡수가 증가하여 크리핑 벤틀그래스의 품질 및 생육을 증가시킨다고(Kim et al., 2018) 보고된 바 있어 본 연구의 결과와 다소 차이는 있었으나 LHSE의 처리 후 약 3개월 경과 후인 9월과 10월의 가지적 잔디 품질 조사에서 지속적으로 좋은 품질이 유지되는 결과를 나타내어 LHSE를 잔디에 처리 시 잔디 품질이 개선될 것으로 판단되었다.

LHSE 시비 후 잔디 잎의 엽록소 a, 엽록소 b 및 총엽록소 함량은 조사 시기에 따라 차이를 있었으며, 시기적으로 8월 8일과 9월 18일 조사에서 높았고, 11월 5일 조사에서 급격히 감소하는 것으로 나타났다(Table 3). 잔디의 생육시험 기간 중 LHSE 처리구의 엽록소 a, 엽록소 b 및 총엽록소 함량의 평균값은 각각 1,191-1,395 µg g⁻¹, 390-457 µg g⁻¹, 1,581-1,853 µg g⁻¹

Table 1. Chemical properties of pot soil analyzed before and after treatment of liquid fertilizer containing humic acid and seaweed extract.

Treatments ^y	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	O.M.		Av-P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex-K (cmol _c kg ⁻¹)
			(g kg ⁻¹)			
Before	7.55a ^z	0.22a	2.3b	0.1a	19.5a	0.51a
After						
NF	7.66a	0.22a	2.4b	0.1a	19.5a	0.45a
CF	7.30a	0.15a	2.3b	0.1a	19.5a	0.51a
HSE-1	7.23a	0.16a	3.0a	0.1a	22.6a	0.57a
HSE-2	7.58a	0.17a	3.0a	0.1a	28.7a	0.75a
HSE-3	7.80a	0.20a	3.5a	0.1a	25.6a	0.75a

^yTreatments were follows. NF: no fertilizer; CF: control fertilizer; HSE-1: CF + 1.0 mL m⁻² liquid fertilizer containing humic acid and seaweed extract (LHSE); HSE-2: CF + 2.0 mL m⁻² LHSE; HSE-3: CF + 4.0 mL m⁻² LHSE. CF supplied was applied at 3.5 g N ai m⁻² rate on June 30, August 10 and September 20, respectively. The LHSE 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.

^zMeans with same letters within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at P≤0.05 level.

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 처리구 별 차이는 크지 않았다. HSE-3 처리구는 엽록소b와 총엽록소 함량이 NF 처리구보다 증가했던 반면에 CF 처리구와의 비교에서는 9월 18일에 일부 증가된 것을 제외하고는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않아 LHSE처리에 따른 잔디

Table 2. Visual quality of creeping bentgrass applied with liquid fertilizer containing humic acid and seaweed extract.

Treatments ^y	Visual quality (1: low - 9: high)					Mean
	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	
NF	7.12a ^z	7.21a	6.79b	6.90e	6.81c	6.96b
CF	7.15a	7.26a	7.17a	7.17d	7.16b	7.18a
HSE-1	7.16a	7.27a	7.22a	7.21cd	7.20b	7.21a
HSE-2	7.14a	7.24a	7.25a	7.29ab	7.26a	7.23a
HSE-3	7.14a	7.27a	7.26a	7.30a	7.28a	7.25a

^yTreatments were follows. NF: no fertilizer; CF: control fertilizer; HSE-1: CF + 1.0 mL m⁻² liquid fertilizer containing humic acid and seaweed extract (LHSE); HSE-2: CF + 2.0 mL m⁻² LHSE; HSE-3: CF + 4.0 mL m⁻² LHSE. CF supplied was applied at 3.5 g N ai m⁻² rate on June 30, August 10 and September 20, respectively. The LHSE 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.

^zMeans with same letters within a 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 treated with liquid fertilizer containing humic acid and seaweed extract.

Treatments ^y ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Aug. 8	Sep. 18	Nov. 5	Mean
Chlorophyll a				
NF	1,469a ^z	1,428ab	499c	1,199a
CF	1,705a	1,419ab	808ab	1,311a
HSE-1	1,480a	1,362b	729bc	1,191a
HSE-2	1,419a	1,516ab	844a	1,260a
HSE-3	1,681a	1,681a	824ab	1,395a
Chlorophyll b				
NF	492a	511ab	189c	397bc
CF	582a	475ab	274ab	444abc
HSE-1	470a	456b	244bc	390c
HSE-2	571a	493ab	282a	449ab
HSE-3	567a	532a	273ab	457a
Total chlorophyll				
NF	1,994a	1,939ab	688b	1,540b
CF	2,287a	1,894ab	1,082a	1,754ab
HSE-1	1,951a	1,819b	973ab	1,581ab
HSE-2	1,990a	2,009ab	1,126a	1,708ab
HSE-3	2,248a	2,213a	1,098a	1,853a

^yTreatments were follows. NF: no fertilizer; CF: control fertilizer; HSE-1: CF + 1.0 mL m⁻² liquid fertilizer containing humic acid and seaweed extract (LHSE); HSE-2: CF + 2.0 mL m⁻² LHSE; HSE-3: CF + 4.0 mL m⁻² LHSE. CF supplied was applied at 3.5 g N ai m⁻² rate on June 30, August 10 and September 20, respectively. The LHSE 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.

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

잎의 엽록소 함량에 미치는 영향은 확인할 수 없었다.

LHSE 처리에 따른 잔디 생육량을 조사하기 위해 잔디 예지물량을 조사한 결과 16.5-41.8 g m⁻²로 조사되었다(Table 4). NF 처리구와 비교할 때 LHSE 처리구는 8월 8일 조사에서는 생육량이 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, 9월 18일과 11월 5일 조사에서는 LHSE 처리구의 예지물량이 확연히 증가하였다. LHSE 처리구와 CF 처리구의 잔디 예지물량을 비교할 때 LHSE 처리 시 잔디 예지물량이 증가하는 경향을 보였으며, 특히 LHSE가 500-1,000배 희석된 HSE-1과 HSE-2 처리구보다 250배 희석된 HSE-3 처리구에서 CF 처리구보다 약 34% 정도 생육량이 증가하였다. 이는 부식산의 처리가 고온에 의한 뿌리 피해를 일부 경감시켜주는 기능을 유지함으로써 양분 및 수분흡수가 양호하여 잔디의 생육이나 생장을 증가시키고(Kim et al., 2018), 해조추출물과 혼합 처리하는 경우 추출물 속의 씨토키닌과 같은 식물생장호르몬이 잔디뿌리의 노화를 방지하여 잔디의 지하부 생육 향상에 따른 지상부 생장의 증가와 연관이 있을 것으로 해석할 수 있다(Zhang and Ervin, 2004). 따라서 후속 연구를 통해 지하부 뿌리의 노화 지연 및 생장 등에 대한 조사를 통해 그 기작에 실증적 이해가 필요할 것으로 생각된다.

Table 4. Dry weight of creeping bentgrass clippings applied with liquid fertilizer containing humic acid and seaweed extract.

Treatments ^y	Dry weight of clipping (g m ⁻²)			
	Aug. 8	Sep. 18	Nov. 5	Total
NF	9.4a ^z	3.9c	3.3c	16.5c
CF	11.0a	11.4b	8.8b	31.2b
HSE-1	10.8a	12.9ab	8.7ab	32.5b
HSE-2	9.5a	15.0ab	12.4ab	36.9ab
HSE-3	12.3a	15.8a	13.6a	41.8a

^yTreatments were follows. NF: no fertilizer; CF: control fertilizer; HSE-1: CF + 1.0 mL m⁻² liquid fertilizer containing humic acid and seaweed extract (LHSE); HSE-2: CF + 2.0 mL m⁻² LHSE; HSE-3: CF + 4.0 mL m⁻² LHSE. CF supplied was applied at 3.5 g N ai m⁻² rate on June 30, August 10 and September 20, respectively. The LHSE 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.

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

Table 5. The nutrient content and uptake in the creeping bentgrass leaf tissues after application of liquid fertilizer containing humic acid and seaweed extract.

Treatments ^y	Nutrient content (%)			Uptaken amount of nutrient (g m ⁻²)		
	N	P	K	N	P	K
NF	2.07a ^z	0.15b	1.81a	0.34c	0.03c	0.30d
CF	2.16a	0.20a	1.68a	0.67b	0.06b	0.52c
HSE-1	2.06a	0.20a	1.79a	0.67b	0.07ab	0.58bc
HSE-2	2.10a	0.21a	1.86a	0.77b	0.08ab	0.69ab
HSE-3	2.28a	0.21a	1.87a	0.95a	0.09a	0.78a

^yTreatments were follows. NF: no fertilizer; CF: control fertilizer; HSE-1: CF + 1.0 mL m⁻² liquid fertilizer containing humic acid and seaweed extract (LHSE); HSE-2: CF + 2.0 mL m⁻² LHSE; HSE-3: CF + 4.0 mL m⁻² LHSE. CF supplied was applied at 3.5 g N ai m⁻² rate on June 30, August 10 and September 20, respectively. The LHSE 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.

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

Table 6. The correlation between each growth factor and application amount of liquid fertilizer containing humic acid and seaweed extract.

VQ	TCh	DWc	NU	PU	KU
0.781	0.343	0.827	0.922	0.790	0.787
***	ns	***	***	***	***

Growth factors were follows. VQ: Visual quality; TCh ($\mu\text{g g}^{-1}$): total chlorophyll content; DWc (g m^{-2}): dry weight of clipping; 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 0.001 probability level, respectively.

LHSE 처리 후 잔디 잎 중에 함유된 무기 성분 함량 조사 결과 질소, 인 및 칼륨은 각각 2.06-2.28%, 0.15-0.21% 및 1.68-1.87%의 범위 안에 있었다(Table 5). LHSE 처리구에서 질소와 칼륨은 NF 처리구와 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 인은 NF 처리구보다 증가하였다. 대조구(CF)와 비교 시에는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. LHSE의 처리 후 질소, 인 및 칼륨의 흡수량은 각각 0.34-0.95 g m^{-2} , 0.03-0.09 g m^{-2} , 0.30-0.78 g m^{-2} 로 조사되었고, LHSE 처리구는 NF 처리구보다 흡수량이 2-3배 증가하였다. 대조구의 양분 흡수량과 비교할 때, 질소와 인의 흡수량은 HSE-3 처리구에서, 칼륨의 흡수량은 HSE-2와 HSE-3 처리구에서 증가하는 경향을 보였다. Kim et al. (2018)은 부식산 함유 액비의 처리에 의해 크리핑 벤트그래스의 양분 흡수가 증가한다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 잔디의 양분 흡수는 잔디의 생육과 품질의 개선시키는 데 중요한 요인이며(Kim et al, 2017), 이는 부식산과 같은 기능성 성분을 함유하는 액비를 처리 시 잔디의 지하부의 생육이 개선되어 양분 흡수가 증가하기 때문으로 판단된다(Kim et al., 2018). 또한 해조추출물과 부식산을 혼용하여 처리하는 경우 추출물 안에 있는 양분 및 씨토키닌과 같은 노화억제 성장조절제의 작용으로 잔디의 뿌리 생육이 개선되어 잔디 지상부 생육 및 근권부 양분 흡수가 증가한 것으로 판단된다(Zhang and Ervin, 2004).

LHSE 처리량에 따른 크리핑 벤트그래스의 생육 지수들과의 상관성을 조사하였다(Table 6). LHSE 처리량의 증가에 따라 잔디의 가시적 품질, 예지물량, 질소 흡수량, 인 흡수량 및 칼리 흡수량은 정의 상관성을 나타내었고($P < 0.001$), 이는 부식산 함유 액비를 크리핑 벤트그래스에 처리한 Kim et al. (2018)의 결과와 유사하였다.

고찰

부식산 중에서 알칼리성 용액에 용해되는 휴믹산(humic acid)은 주로 토양 근권에 분포하면서 다양한 작용기를 갖고 있어 토양의 양이온치환용량을 높이고, 미생물의 활성을 증대시켜 식물의 지하부와 지상부 생육을 개선시키는 콜로이드 물질이다(Hwang, 1999; Shin et al., 2002; Stevenson, 1994). 부식산은 수용액 상태로 이용이 가능하며 액상 기능성 비료의 첨가 물질로 이용하고 있다(Kim et al., 2017). 부식산을 크리핑 벤트그래스에 처리하는 경우 잔디의 뿌리 발달을 촉진하여 양분 흡수를 증가시키고, 광합성의 증가로 잔디 생육과 품질이 향상된다(Kim et al., 2018; Zhng and Ervin, 2004). 또한 부식산의 처리는 잔디 생육이 불량한 환경 조건(고온, 건조, 과습 등)에서 항산화효소인 SOD (super oxide dismutase)의 활성을 증가시켜 내건성이 증가하여 뿌리 생육을 개선시키는 것으로 보고되었다(Zhang et al., 2003).

해조추출물은 바다에서 생육하는 조류를 가공하여 생산한 부식물질로서 영양소, 아미노산, 비타민 및 식물호르몬 류 등을 함유하고 있다(Khan et al., 2009). 특히 해조추출물에는 식물호르몬인 씨토키닌을 함유하고 있으며, 잔디에 처리 시 잔디 내 씨토키닌의 함량이 증가되어 항산화 효소의 활성을 높이고, 단백질합성을 촉진하며 광합성 효율을 증대시켜 잔디 품질을 개선시킨다(Zhang and Ervin, 2004). 또한 고온과 건조 스트레스 조건 하에서 SOD의 활성도를 증가시켜 잔디 뿌리 기능을 개선하고 뿌리 노화를 감소시키는 것으로 알려져 있다(Khan et al., 2009; Zhang and Ervin, 2008).

Zhang and Ervin (2004)은 크리핑 벤트그래스에서 부식산과 해조추출물의 혼용 처리 시 잔디 생육과 품질을 개선시킨다

고 보고한 바 있다. 이는 크리핑 벤트그래스에 부식산이나 해조추출물을 처리하는 경우 잔디의 SOD활성도가 증가되어 잔디의 뿌리 노화를 감소시키고, 뿌리 생육 및 양분 흡수가 촉진되어 광합성 효율 및 잔디 품질이 증가하기 때문으로 판단된다(Khan et al., 2009; Zhang and Ervin, 2004; Zhang and Ervin, 2008). 이들 결과들을 통해 추론할 때, 본 연구에서도 부식산과 해조추출물의 혼용 처리는 여름철 고온에 의해 발생한 활성 산소종들에 의한 항산화 효소 및 항산화 물질들로 인하여 뿌리의 노화가 지연 또는 보호되어 크리핑 벤트그래스의 양분 흡수량(Table 5)를 증가시켜주는 기작에 일부 도움을 주어 잔디 품질(Table 2)과 생육이 (Table 4) 증가된 것으로 판단된다.

요약

본 연구는 휴믹산(humic acid)과 해조추출물(seaweed extracts) 함유 액비(LHSE)의 시비에 따른 잔디의 생육과 품질의 변화를 확인하기 위해 잔디의 가시적 품질, 엽록소 함량, 예지물량, 양분 함량 및 흡수량을 조사하였다. 처리구는 대조구(CF), LHSE 1,000배 처리구(HSE-1), LHSE 500배 처리구(HSE-2) 및 LHSE 250배 처리구(HSE-3)로 구분되었다. LHSE 처리 후 토양의 변화는 나타나지 않았다. LHSE 처리구와 대조구를 비교하였을 때 가시적 품질, 엽록소 함량 및 양분 함량 등은 통계적 유의차를 나타내지 않았고, 잔디 예지물량과 양분 흡수량은 HSE-3 처리구에서 증가하였다. LHSE의 처리량은 가시적 품질, 예지물량 및 양분 흡수량과 정의 상관성($P < 0.001$)을 나타내었다. 이 결과들을 종합해 볼 때 크리핑 벤트그래스에서 휴믹산과 해조추출물의 혼용 처리는 잔디의 양분 흡수 증가로 잔디 품질과 생육이 개선되는 것을 확인 할 수 있었다.

주요어: 크리핑 벤트그래스, 부식산 함유 액비, 뿌리 생육, 잔디 품질

Acknowledgement

This research was supported by the academic research fund of Chungnam National University.

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.
- Choi, D.H., Park, N.I., Choi, S.H., Park, K.W., Kim, J.W., et al. 2012. Composition and invading problem of interspecies turfgrass on golf course. Korean J. Weed Sci. 32(3):174-179. (In Korean)
- Huang, B., Liu, X. and Xu. Q.2001. Supraoptimal soil temperatures induced oxidative stress in leaves of creeping bentgrass cultivars differing in heat tolerance. Crop Sci. 41:430-435.
- 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)
- Khan, W., Rayirath, U.P., Subramanian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., et al. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. J. Plant Growth Regul. 28:386-399.
- Kim, H.S., Roh, J.Y., Lee, D.W., Chang, 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, I.C., Joo, Y.K. and Lee, J.H. 2002. Correlation of soil physical properties and growth of turfgrass on the ground of Olympic-main stadium. Kor. Turfgrass Sci. 16(1):31-40. (In Korean)
- Kim, Y.S., Ham, S.K. and Lee, S.J. 2010a. 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. 2010b. 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., Lee, J.P., Hwang, Y.S. and Lee, K.S. 2014. Effects of two amino acid fertilizers on growth of creeping bentgrass and nitrogen uptake. Weed Turf. Sci. 3(3):246-252. (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. 2017. 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, 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)
- NIAST. 1998. Methods of soil chemical analysis. NIAST, RDA, Suwon, Korea. (In Korean)
- 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)
- 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.
- 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, X., Ervin, E.H. and Schmidt, R.E. 2003. Physiological effects of liquid application of a seaweed extract and a humic acid on creeping bentgrass. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 128(4):492-496.
- Zhang, X. and Ervin, E.H. 2008. Impact of seaweed extract-based cytokinins and zeatin riboside on creeping bentgrass heat tolerance. Crop Sci. 48:364-370.