Korean Journal of Environmental Agriculture

Korean J Environ Agric. 2023;42(4):286-296, https://doi.org/10.5338/KJEA.2023.42.4.33
Published online 07 December 2023, Printed 31 December 2023

Online ISSN: 2233-4173
Print ISSN: 1225-3537

Research Article

Open Access

Saccharomyces cerevisiae HS-1와 *Streptococcus thermophiles* HS-2 함유 복합 미생물비료 처리 후 크리핑 벤트그래스의 생육

김영선[1], 이긍주[2*]

[1]대구대학교 과학생명융합대학 원예학과, [2]충남대학교 농업생명과학대학 원예학과

Growth of Creeping Bentgrass after Application of Microbial Fertilizer Containing *Saccharomyces cerevisiae* HS-1 and *Streptococcus thermophiles* HS-2

Young-Sun Kim[1] and Geung-Joo Lee[2*] ([1]Department of Horticultural Science, College of Natural and Life Sciences, Daegu University, Gyeongsan 38453, Korea, [2]Department of Horticultural Science, College of Agriculture Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea)

Received: 03 November 2023/ Revised: 28 November 2023/ Accepted: 30 November 2023

ORCID
Young-Sun Kim
https://orcid.org/0000-0002-5645-7021
Geung-Joo Lee
https://orcid.org/0000-0002-3774-1860

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of soil microbial fertilizer (SMF) containing *Saccharomyces cerevisiae* HS-1 and *Streptococcus thermophiles* HS-2 on the growth of creeping bentgrass. For the pot experiment, the treatments were as follows: no fertilizer (NF), control (3 N g/m^2/month), SMF-1 (control+SMF 2 mL/m^2/time), and SMF-2 (control+SMF 4 mL/m^2/time). For the plot experiment, the treatments were as follows: NF, control, SMFp-1 (control+SMF 1 mL/m^2/time), SMFp-2 (control+SMF 2 mL/m^2/time), and SMFp-3 (control+SMF 4 mL/m^2/time). In the pot experiment, visual turfgrass quality and the uptake amount of nitrogen (N) and potassium (K) were increased under the SMF treatments, whereas the content of chlorophyll (a, b, and a+b) and clipping yield were not considerably different compared with the control. In the pot experiment, the amount of SMF positively correlated with visual turfgrass quality and uptake amount of N and K. In the plot experiment, turfgrass density was increased by 12.9-19.2% under SMFp treatments compared with the control. These results indicated that the application of SMF containing *Sa. cerevisiae* HS-1 and *St. thermophiles* HS-2 improved the quality, density, and growth of creeping bentgrass via prompting the uptake of N and K.

Key words: Creeping bentgrass, K uptake, N uptake, Soil microbial fertilizer, Turfgrass growth

* Corresponding author: Geung-Joo Lee
Phone: +82-42-821-5734; Fax: +82-42-821-8888;
E-mail: gjlee@cnu.ac.kr

서 언

친환경 농업에 대한 관심이 증대되면서 화학비료와 유기합성농약의 사용을 줄이고, 안전한 농산물을 생산하려는 노력이 진행되고 있다[1]. 친환경 농업에서 미생물은 유기물을 분해하여 식물이 영양원으로 이용하도록 돕고, 광물질에서 작물이 무기성분을 이용할 수 있도록 하며, 식물 병원균과 해충을 방제하는데 이용하고 있다[2-5]. 이러한 미생물은 근권에 서식하면서 작물의 생육을 촉진하고, 토양 병원균에 대한 저항성을 나타내기 때문에 식물생육촉진근권미생물(plant growth prompting rhizobacteria, PGPR)이라고 하며, 친환경 농업에서 다양하게 이용하고 있다[6].

잔디는 경기장이나 골프장과 같은 스포츠 시설이나 공원, 수목원 및 정원과 같은 휴식공간 조성에 사용하고 있는 대표적인 지피식물이다[7]. 이러한 시설의 잔디는 조성된 후 지속적

으로 우수한 품질을 유지하기 위해 생육에 필요한 양분의 공급, 토양의 물리화학적 특성 관리 및 병충해 방제를 필요로 한다[8]. 스포츠 시설의 잔디 관리는 경기를 위해 높은 수준의 관리를 요구하고 있으며[8], 고품질의 잔디를 유지하는 것은 플레이어들의 경기력을 향상시키고, 이용자들에게 만족감을 제공한다[9]. 최근에는 경기장의 플레이어 및 이용자의 안전을 위해 화학 농약이나 비료 사용을 줄이고, 잔디 품질을 유지할 수 있는 친환경적인 관리를 필요로 하고 있다[10]. 잔디의 친환경관리를 위해 화학비료를 대신하여 가축분뇨액비를 활용하거나[11] 미생물을 이용하여 잔디의 생육을 개선하고, 병해에 대한 저항성을 개선[12]하는 방안들이 제안되었다.

*Saccharomyces cerevisiae*는 포도당을 에탄올로 발효하는 대표적인 효모균으로 주류 생산에 이용하고 있는 미생물이다[13]. 발효과정에서 다양한 기능성 대사물질을 분비하는 *Sa. cerevisiae*는 식물호르몬인 인돌-3-아세트산(indole-3-acetic acid, IAA)를 생산하는 것으로 알려져 있다[14]. IAA를 생성하는 미생물을 종자 발아 시 처리하는 경우 발아 및 생육이 증대되는 것으로 알려져 있어 PGPR 선발에서 IAA 생성능은 우수 미생물 선발 시 중요한 기준이 되고 있다[15]. *Streptococcus thermophiles*는 *Lactobacillus* spp.와 더불어 우유나 탈지유를 젖산으로 전환시켜 요구르트 생산에 이용하는 대표적인 유산균 중 하나이다[16]. 유산균은 식품의 발효 외에도 유용미생물(effective microorganism, EM)로 사용하고 있으며, 가금류에 급여 시 생육과 육질이 향상되기도 하였다[17]. 이는 *St. thermophiles*는 항산화물질을 생산하기 때문이며[18], *St. thermophiles* 작물재배 연구에 이용된 자료는 확인하기 어려우나 작물의 생육 과정에서 항산화물질은 환경적 스트레스에 대한 저항성을 높이는 것으로 알려져 있다[19]. Kim et al.[20]은 유산균(*Lactobacillus* sp.)과 효모균(*Saccharomyces* sp.)이 배양된 미생물비료 처리 시 크리핑 벤트그래스(*Agrostsis stolonifera* L.)에서 뿌리 생육과 양분 흡수를 촉진하여 잔디 생육과 품질을 개선한다고 보고하였다. 따라서 본 연구는 효모균(*Sa. cerevisiae* HS-1)과 유산균(*St. thermophiles* HS-2)이 함유된 복합미생물제제의 처리 후 크리핑 벤트그래스의 생육을 조사하여 스포츠 시설에서 친환경적인 잔디관리를 위한 복합미생물제제의 적용가능성을 평가하기 위해 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

공시재료

본 연구는 2012년 8월부터 2013년 10월까지 1년 2개월간 대전광역시 소재의 A사 연구용 온실과 경기도 용인시 소재의 B사 증식포장에 수행하였다. 공시비료는 복합비료(N-P_2O_5-K_2O=21-17-17; Namhae Chemical Corp., Yeosu, Korea)와 토양미생물제제(*Sa. cerevisiae* HS-1, 3.6×10^7 cfu mL^{-1}, *St. thermophiles* HS-2, 3.9×10^7 cfu mL^{-1}; Hyosung O&B, Asan, Korea)를 이용하였다. 재배시험에 사용된 공시작물은 크리핑 벤트그래스(*A. stolonifera* L.)를 이용하였고, 포트시험에서는 'Penn A-1'을, 포장시험에서는 'Penncross' 품종을 이용하였다. 연구에 사용된 토양은 미국골프협회(United States Golf Association, USGA)에서 제시한 규격에 적합한 사토(모래)를 사용하였고(Table 1), 토양개량제는 혼합하지 않았다. 포트시험에 사용한 공시모래와 종자는 계룡대 골프장(country club, CC)로부터 공여 받아 사용하였고, 포장시험은 신원 CC에서 1992년 크리핑 벤트그래스를 파종하여 22년간 관리된 증식포장에서 수행되었다. 포트시험과 포장시험을 위해 사용된 토양의 시험 전 토양의 입경분포 및 화학적 특성은 각각 Table 1, 2와 같다.

복합미생물제제 포트시험

복합미생물제제 처리 후 포트에서의 크리핑 벤트그래스 생육특성 조사는 2012년 8월부터 2013년 2월까지 6개월간 수행하였다. 토양은 UGSA 규격에 적합한 모래를 3 inch 육묘용

Table 1. Particle size distribution of sand soil used in the experiment

Experiment	Particle size (mm)						
	4.00 over	4.00-2.00	2.00-1.00	1.00-0.50	0.50-0.25	0.25-0.15	0.15-0.053
Pot	-	1.1	5.7	41.3	44.8	5.9	1.2
Plot	-	0.2	5.2	36.6	48.1	7.9	2.1
USGA standard	0%	10% below		60% over		20% below	10% below

USGA: United States Golf Association.

Table 2. The chemical properties of soil used in this experiment

Experiment	pH	EC	OM	T-N	Av-P_2O_5	Ex-K	CEC
	(1:5)	(dS/m)	(%)		(mg/kg)	($cmol_c$/kg)	
Pot	7.21	0.99	0.46	0.03	18	0.05	2.05
Plot	7.03	0.24	0.99	0.03	20	0.04	2.51

EC: electrical conductivity; OM: organic matter; T-N: total nitrogen; Ex-K: exchangeable potassium; CEC: cation exchangeable capacity.

포트에 충진 후 물다짐을 실시하였고, 잔디 종자는 2012년 8월 6일 10 g m^{-2}으로 파종 후 잔디가 충분히 활착하도록 약 2개월간 관리한 후 11월 5일부터 복합미생물제제 처리하여 잔디 생육 효과를 조사하였다. 시험 전에 20 mm 높이로 일정하게 예지하였다. 시험 기간 중 온실은 동절기 동안 난방기를 이용하여 대기온도와 상대습도가 10-26°C와 60-75%의 범위를 유지하도록 관리하였다.

처리구는 복합미생물비료(soil microbial fertilizer, SMF)의 처리여부 및 처리량에 따라 무처리구(non-fertilizer), 대조구(control, compound fertilizer 3 N g/m^2/month), 미생물비료처리구 1 (SMF-1, SMF 2 mL/m^2/time)과 미생물비료처리구 2 (SMF-2, SMF 4 mL/m^2/time)로 설정하였다. SMF 처리량은 제조사에서 제공하는 처리량을 기준으로 설정하여 추천량과 배량을 각각 SMF-1과 SMF-2로 구분하였다. 잔디 재배는 3 inch (직경 75 mm) 육묘용 포트를 사용하였고, 각 처리구는 완전임의배치법으로 배치하였으며, 처리구별 반복은 3반복으로 수행하였다.

복합비료는 14.3 g/m^2/month (3 N g/m^2/month)을 1,000 mL 수돗물에 희석하여 액상살포기(KS-10-2, Kwang Sung Co., Ltd., Daejeon, Korea)를 이용하여 11월 5일, 12월 3일, 1월 7일, 2월 4일 총 4회 처리하였고, 잔디 생육 기간 중 필요한 양분을 공급하였다. SMF는 처리구별 처리량을 고려하여 1,000 mL 수돗물에 희석하여 액상살포기를 이용하여 11월 5일부터 7일 간격으로 총 16회 실시하였다. 잔디관리는 매일 1-2회씩 잔디 생육을 고려하여 관수를 실시하였고, 시험 기간 중 병충해는 발생하지 않아 농약을 처리하지 않았다.

잔디 생육 조사는 가시적 잔디 품질, 엽록소 함량 및 예지물 함량을 주기적으로 조사하였고, 시험 종료 후에는 잔디 부위별 건물중을 조사하였다. 가시적 잔디 품질은 11월 5일부터 7일 간격으로 총 17회 조사하였고, 조사 결과는 월별 평균하여 잔디 품질을 평가하였다. 가시적 잔디 품질은 National Turfgrass Evaluation Program (NTEP)에서 제시한 방법을 이용하여 잔디 엽의 녹색 정도로 달관 조사하였다(scale: 1-9, 1: worst, 6: acceptable and 9: best). 잔디 예지물과 엽록소 함량은 12월 3일, 1월 7일 및 2월 4일 3회 조사하였고, 예고높이는 20 mm로 하여 70% 에탄올로 세척된 가위를 이용하여 잔디를 채취하였다. 잔디 예지물은 70°C 건조기(JSON-150, JSR, Gongju, Korea)에서 24시간 동안 건조한 후 건물중을 측정하였다. 잔디 예지물 중 건물중 조사 전 0.1 g의 잔디 시료(생물중)를 칭량하고 95% 에탄올(Samchun, Seoul, Korea) 10 mL을 가한 후 막자사발에서 균질화한 후 −4°C의 냉암소에서 48시간 동안 추출하여 UV-분광광도계를 이용하여 648 nm (A_{648})와 664 nm (A_{664})에서 흡광도를 측정하여 아래의 식으로 계산하였다[21].

$$\text{Chlorophyll a} = 13.36A_{664} - 5.19A_{648}$$
$$\text{Chlorophyll b} = 27.45A_{648} - 8.12A_{664}$$
$$\text{Chlorophyll a+b} = 5.24A_{648} + 22.24A_{664}$$

시험이 종료된 2월 28일 잔디 부위별 생장량을 조사하였다. 채취 시료는 수돗물을 이용하여 잔디 식물체가 손상되지 않도록 세척 및 이물질을 제거한 후 지상부(shoot)와 지하부(root)를 분리하여 건물중을 측정하였다. 시험 종료 후 토양과 식물체 분석을 위해 시료를 채취하였고, 토양은 음지에서 풍건한 후 2 mm체를 통과시켜 분석시료로 이용하였으며, 식물체는 지상부의 건물중을 분석시료로 이용하였다.

복합미생물제제 포장시험

SMF 처리 후 포장에서의 크리핑 벤트그래스 생육특성 조사는 2013년 5월부터 10월까지 6개월간 수행하였다. 토양은 UGSA 규격에 적합한 모래와 코코피트가 각각 95%와 5%의 부피비로 혼합된 모래토양으로 조성되었고, 상토층의 깊이는 약 30 cm였다. 시험잔디 품종은 골프장의 조성 당시 품종인 Penncross를 이용하였다.

처리구는 SMF의 처리여부 및 처리량에 따라 무처리구(non-fertilizer), 대조구(control), 미생물비료처리구 1 (SMFp-1, SMF 1 mL/m^2/time), 미생물비료처리구 2 (SMFp-2, SMF 2 mL/m^2/time) 및 미생물비료처리구 3 (SMFp-3, SMF 4 mL/m^2/time)로 설정하였다. 잔디 재배 시험 처리구의 단위는 2 m^2 (1 m × 2 m) 크기로 전체포장은 30 m^2였고, 각 처리구는 난괴법으로 배치하였으며, 처리구별 반복은 3반복으로 수행하였다.

복합비료는 14.3 g/m^2을 1,000 mL 수돗물에 희석하여 액상살포기(KS-10-2, Kwang Sung, Co. Ltd., Daejeon, Korea)를 이용하여 2013년 5월 1일, 5월 30일, 7월 6일, 8월 2일, 9월 5일에 총 5회 처리하였다. SMF는 처리구별 처리량을 고려하여 1,000 mL 수돗물에 희석하여 액상살포기를 이용하여 5월 1, 15, 30일, 6월 14일, 7월 6, 24일, 8월 2, 18일, 9월 5, 26일에 총 10회 실시하였다. 잔디관리는 잔디 생육을 고려하여 매일 2회씩 스프링클러시스템을 이용하여 관수를 실시했고, 잔디예초는 자주식 그린모어(GM262B-AC9, Sibaura, Tokyo, Japan)로 주 2-4회 4 mm 높이로 실시하였다. 시험기간 중 통기작업 및 배토와 같은 토양갱신작업은 수행하지 않았고, 병충해 방제를 위해 살균제인 프로피코나졸 유제(2회, 6월 13일, 8월 18일)와 테부코나졸 유제(1회, 9월 5일)을, 살충제인 페니트로치온유제(2회, 8월 16일, 9월 5일)를 각각 살포하였다.

잔디 생육 조사는 가시적 잔디 품질, 엽색 지수, 엽록소 지수, 예지물 함량 및 잔디 밀도를 조사하였다. 가시적 잔디 품질, 엽색 지수 및 엽록소 지수는 5월 1일부터 총 10회 조사하였고, 조사 결과는 월별 평균하여 잔디 품질을 평가하였다. 가시적 잔디 품질은 NTEP 조사방법으로 잔디엽의 녹색 정도로 달관 조사하였고, 엽색 지수와 엽록소 지수는 각각 Turf color meter (TCM 500, Spectrum Technologies, Inc., Plainfied, IL, USA)와 Chlorophyll meter (CM 1000, Spectrum Technologies, Inc., Plainfied, IL, USA)를 이용하여 측정하였다. 가시적 잔디 품질, 엽색 지수 및 엽록소 지수는 5월 14, 31일, 6월 14일, 7월 6, 24일, 8월 2, 18일, 9월 5, 26일 및 10월 10일에 총 10회 조사하였다. 잔디 밀도는 자체 제작한 잔디 밀도용 코어(1.0 cm^2, 1 cm × 1 cm)를 이용하여 6월 14일,

7월 24일, 8월 18일, 9월 26일에 총 4회 조사하였고, 잔디 예지물은 4.0 mm로 조정된 자주식 그린모어를 이용하여 5월 31일, 7월 6일, 8월 2일, 9월 4일, 10월 10일에 총 5회 조사하였다. 잔디의 예지물은 건물중으로 조사하였고, 건물중 조사는 채취된 잔디시료 중 이물질이 없도록 세척 또는 분리한 후 건조기를 70°C로 조정하여 24시간 동안 건조한 후 무게를 측정하였다.

토양 화학성 및 식물체 분석

시험 종료 후 처리구별 토양 분석은 시험 전(포트시험: 2012년 8월 1일, 포장시험: 2013년 5월 1일)과 종료 후(포트시험: 2013년 2월 28일, 포장시험: 2013년 10월 10일)에 수행되었고, 채취된 시료를 음지에서 풍건한 후 2 mm 체를 통과된 시료를 이용하였다. 분석항목은 pH, 전기전도도(EC, electrical conductivity), 유기물(OM, organic matter), 전질소(T-N, total nitrogen), 유효인산(Av-P_2O_5, available phosphate), 치환성 칼륨(Ex-K, exchangeable potassium) 및 양이온치환용량(CEC, cation exchangeable capacity) 등이었고, 토양화학분석법에 준하여 분석하였다. pH와 EC는 1:5법으로, OM은 Tyurin법으로, T-N은 Kjeldahl 증류법으로, Av-P_2O_5는Bray No.1법으로, 치환성 칼륨과 CEC는 1N-NH_4OAc 침출법으로 각각 분석하였다.

잔디 식물체 분석은 포트시험에서만 수행되었고, 시험 종료 시기(2013년 2월 28일)에 채취된 잔디 예지물로 식물체의 잎과 줄기가 포함된 경엽을 이용하였으며, 채취된 시료(건조시료) 중 0.2 g를 황산 25 mL과 과염소산 1 mL을 첨가하여 Kjeldahl 분해 후 여과 및 정용 후 질소, 인 및 칼륨을 식물체분석법에 준하여 분석하였다. 질소는 Kjeldahl 증류법으로, 인은 UV-spectrophotometer (X-MA1200, Human, Seoul, Korea)를 이용하여 바나도몰리브덴산법으로, 칼륨은 염광광도계(PFP7, Jenway, Staffordshire, UK)를 이용하여 원자흡광법으로 분석하였다. 양분 흡수는 건물중과 잔디 식물체 분석결과를 이용하여 아래와 같은 식으로 조사하였다.

양분 흡수량(g/m^2) = 건물중(g/m^2) × 잔디 중 양분 함량(%)

통계분석

SMF의 처리 후 작물 생육 조사 결과는 SPSS (ver 25.0, IBM, New York, USA)를 이용하여 ANOVA 분석을 실시하였다. Duncan 다중검정을 실시하여 처리구별 평균값의 유의차를 검정하였고, T-검정을 실시하여 대조구와 SMF 처리구간 평균을 비교하였으며, SMF 처리량과 생육지수간 Pearson 상관계수를 실시하여 조사항목간 상관관계를 비교하였다.

결과 및 고찰

복합미생물제제 포트시험

포트시험에서 SMF 처리 후 토양화학성 변화를 조사하였다(Table 3). 시험 전과 시험 종료 후 토양화학성을 비교할 때, 모든 처리구에서 EC와 Av-P_2O_5는 감소하였고, OM과 T-N은 증가하였다(Table 2, 3). EC와 Av-P_2O_5가 감소한 것은 작물의 생장과정에서 필요한 양분을 흡수하였기 때문으로 판단되며, OM과 T-N이 증가한 것은 공시모래에 토양개량제로서 유기물 함량이 높은 코코넛 코이어를 토양개량제로 혼합했기 때문으로 판단된다[22]. 시험 종료 후 각 처리구별 토양화학성 비교에서 토양 무처리구(NF)와 비교할 때, SMF 처리구는 pH는 감소하였고, EC, OM, T-N, Av-P_2O_5, Ex-K 및 CEC는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 대조구와 비교 시 SMF-2 처리구에서 pH가 감소하였고, SMF-1 처리구는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 미생물 비료 처리 시 토양의 pH의 변화는 미생물의 특성에 따라 토양에 미치는 영향은 차이를 나타냈다[23]. Lee et al.[24]은 미생물의 처리 후 pH가 감소하는 것은 미생물이 대사물질로 유기산을 발생시키기 때문이라고 보고하였다.

SMF 처리 후 생육 기간 중 크리핑 벤트그래스의 가시적 잔디 품질 변화를 조사하였다(Table 4). NF와 비교할 때 SMF 처리구는 잔디 품질이 증대되었고, 대조구와 비교할 때, 11월, 12월 및 1월 조사에서는 증대되었고, 2월 조사에서는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 전 생육 기간 동안의 가시적 잔디 품질 조사 평균값으로 비교할 때, SMF 처리구(SMF-1, SMF-2)는 NF나 대조구보다 증대되어 SMF 처리에

Table 3. The chemical properties of soil after SMF application in the pot experiment

Treatment[1)]	pH	EC	OM	T-N	Av-P_2O_5	Ex-K	CEC
	(1:5)	(dS/m)	(%)		(mg/kg)	($cmol_c/kg$)	
NF	7.23a[2)]	0.28a	0.46a	0.03a	18a	0.05a	2.05a
Control	6.93b	0.31a	0.43a	0.02a	31a	0.07a	2.21a
SMF-1	6.80c	0.31a	0.40a	0.02a	24a	0.06a	1.93a
SMF-2	6.46d	0.25a	0.47a	0.02a	28a	0.06a	2.13a

[1)]Treatments were as follow. NF: non-fertilizer, control: compound fertilizer (N-P_2O_5-K_2O=21-17-17; 14.3 g/m^2), SMF-1 (Control+SMF 1 mL/m^2) and SMF-2 (Control+SMF 2 mL/m^2). Compound fertilizer was fertilized in the treatments on November 5, December 3, January 7, and February 4. Soil microbial fertilizer (SMF) containing *Sa. cerevisiae* HS-1 and *St. thermophiles* HS-2 was applied 16 times every week from November 5, 2012 to February 18, 2013.
[2)]Means with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level. EC: electrical conductivity, T-N: total nitrogen, Av-P_2O_5: available phosphate, Ex-K: exchangeable potassium, CEC: cation exchangeable capacity.

Table 4. The changes of visual quality in the creeping bentgrass after applying SMF in the pot experiment

Treatment[1)]	Visual quality (scale: 1-9, 1: worst, 6: acceptable, 9: best)				
	November	December	January	February	Average
NF	6.47d[2)]	6.66c	6.43c	6.29b	6.46c
Control	6.92c	7.14b	7.21b	7.3a	7.14b
SMF-1	7.09b	7.22a	7.29a	7.39a	7.25a
SMF-2	7.15a	7.22a	7.35a	7.30a	7.25a
Correlation[3)]	**	*	**	NS	**

[1)]Treatments were as follow. NF: non-fertilizer, control: compound fertilizer ($N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$=21-17-17; 14.3 g/m^2), SMF-1 (Control+SMF 1 mL/m^2) and SMF-2 (Control+SMF 2 mL/m^2). Compound fertilizer was fertilized in the treatments on November 5, December 3, January 7, and February 4. Soil microbial fertilizer (SMF) containing *Sa. cerevisiae* HS-1 and *St. thermophiles* HS-2 was applied 16 times every week from November 5, 2012 to February 18, 2013.
[2)]Means with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.
[3)]NS, * and ** were not significant and a significant at the 0.05 and 0.01 probability level by correlation coefficient between control and amount applying SMF (N=9).

의해 크리핑 벤트그래스의 가시적 잔디 품질이 증대되었다. SMF 처리량과 가시적 잔디 품질의 상관관계 조사에서 11월, 12월 및 1월에는 정의 상관성을 나타냈으나 2월에는 상관관계를 나타내지 않아 잔디의 생육 시기별 차이를 나타냈다. 시험 종료 후 평균값과 비교 시 정의 상관성(R=0.840**, p=0.005)을 나타내어 SMF의 처리가 크리핑 벤트그래스의 가시적 품질을 개선하는 것을 알 수 있었다.

SMF 처리 후 잔디의 엽록소 함량 변화를 조사한 결과, 엽록소 a, 엽록소 b 및 엽록소 a+b는 각각 322-1,266 μg/g, 151-519 μg/g, 473-1,695 μg/g의 범위로 조사되었다(Table 5). NF와 비교 시 SMF 처리구는 엽록소 함량이 증대되었고, 대조구와 비교 시 처리 시기에 따라 차이를 나타냈다. 엽록소 a 함량은 2월 28일 조사 시 SFM-1 처리구에서 대조구보다 38.9% 증대되었고, 11월 29일, 12월 29일 및 1월 28일 조사에서는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 엽록소 b 함량은 11월 29일 조사에서 SMF-1과 SMF-2 처리구는 대조구보다 각각 75.3%와 94.7%씩 증가하였으나 12월 29일, 1월 28일 및 2월 28일 조사에서는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 엽록소 a+b 함량은 2월 28일 조사에서 SMF-1과 SMF-2 처리구는 대조구보다 60.1%와 28.3%씩 증가하였고, 11월 29일, 12월 29일 및 1월 28일 조사에서는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

시험 기간 중 조사된 결과의 평균값으로 엽록소 함량을 비교할 때, SMF 처리구의 엽록소 함량는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 다만, SMF 처리량과 엽록소 a+b 함량의 상관관계 조사에서 정의 상관성(R=0.687*, p=0.041)을 나타내어 SMF 처리 시 엽록소가 증가하는 경향을 나타내어 추후 보완 연구를 통한 조사가 필요하였다.

미생물은 토양 중에 유기물이나 광물질 형태로 부동화된 양분을 가용화하여 식물이 이용할 수 있도록 유효화하거나[2, 3] 식물 생장을 촉진하는 호르몬을 분비하여 식물의 양분이용 효율을 증대시킨다[15]. 본 연구에서 SMF에 함유된 미생물 중에서 *Sa. cerevisiase* HS-1의 옥신생성능 조사 결과 1,233 μg/mL로 나타나 미생물이 옥신함으로써 잔디의 발근 및 양분 흡수가 증대되어 경엽 중 엽록소 함량이 증가한 것으로 판단된다[15]. *St. thermohhylus* HS-2는 탄수화물 분해능이 우수하여 잔디 생육에 필요한 에너지원을 공급하였기 때문으로 판단된다[25]. 미생물은 저온 시 활동이 감소하기 때문에 저온기에는 지온이 감소하여 토양 중에서 질소의 무기화가 감소하여 잔디의 양분 흡수가 낮아지기 때문으로 판단된다[26].

SMF 처리 후 크리핑 벤트그래스의 예지물을 조사하여 지상부의 생장을 조사하였다(Table 6). 무처리구와 비교할 때 SMF 처리구는 예지물이 증가하였고, 대조구와 비교할 때 11월 29일과 2월 28일 조사에서 예지물이 증대되었고, 12월 29일과 1월 28일 조사에서는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 이는 SMF 처리 시 저온기에 미생물의 생육 및 활성이 약화되어 잔디 생육에 필요한 양분을 가용화하거나 식물생장호르몬의 흡수가 감소하기 때문으로 판단된다[26]. 시험 종료 후 수거된 예지물의 총량은 SMF 처리구에서 NF나 대조구보다 지상부 생장이 증가하는 것을 알 수 있었다. SMF 처리량과 예지물의 상관관계 조사에서 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않아 SMF 처리가 잔디 예지물 증대에 미치는 영향은 미미한 것으로 판단된다. 이는 잔디 예지물이 질소 흡수량과 밀접한 관계를 갖고 있기 때문으로 SMF는 질소를 공급하는 비료가 아니라 잔디의 질소 흡수를 개선시키는 작용을 하기 때문이다[24,27].

시험 종료 후 크리핑 벤트그래스의 잔디 부위별 생장량을 비교하여 SMF의 잔디 생육 효과를 조사하였다(Table 7). 잔디의 지상부 건물중은 480-1,238 g/m^2 정도로, 지하부 건물중은 706-1,137 g/m^2 정도로 조사되었다. SMF 처리구의 지상부와 지하부 건물중은 각각 2.56-2.58배와 1.51-1.61배씩 NF보다 증대되었고, 대조구와 비교 시 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 이는 T/R율 조사 시 지상부 생육 조사를 위해 예지물을 일정한 높이로 예지하였기 때문으로 판단된다. T/R율은 SMF 처리구에서 증가하는 경향을 나타내어 SMF 처리 시 크리핑 벤트그래스의 지상부 생육이 증대되는 것으로 판단된다. SMF 처리량별 상관관계 조사에서 지상부 건물중, 지하부 건물중 및 T/R율은 통계적으로 유의적인 차

Table 5. The changes of chlorophyll content in the creeping bentgrass after applying SMF in the pot experiment

Treatment[1)]	Chlorophyll content (μg/g)				
	Nov 29	Dec 29	Jan 28	Feb 28	Average
Chlorophyll a					
NF	559 b[2)]	637 b	322 b	461 c	495 b
Control	785 ab	1,270 a	857 a	1,035 b	987 a
SMF-1	976 ab	938 ab	1,138 a	1,707 a	1,190 a
SMF-2	1,090 a	1,266 a	1,039 a	1,427 ab	1,205 a
Correlation[3)]	NS	NS	NS	NS	NS
Chlorophyll b					
NF	178 b	164 a	151 b	202 c	174 b
Control	171 b	272 a	391 a	285 ab	280 a
SMF-1	312 a	217 a	519 a	408 a	364 a
SMF-2	333 a	325 a	468 a	267 b	348 a
Correlation	*	NS	NS	NS	NS
Chlorophyll a+b					
NF	737 b	801 b	473 b	664 c	669 b
Control	956 ab	1,543 a	1,248 a	1,321 b	1,267 a
SMF-1	1,288 ab	1,155 ab	1,656 a	2,115 a	1,554 a
SMF-2	1,423 a	1,591 a	1,507 a	1,695 ab	1,554 a
Correlation	NS	NS	NS	NS	*

[1)]Treatments were as follow. NF: non-fertilizer, control: compound fertilizer (N-P_2O_5-K_2O=21-17-17; 14.3 g/m^2), SMF-1 (Control+SMF 1 mL/m^2) and SMF-2 (Control+SMF 2 mL/m^2). Compound fertilizer was fertilized in the treatments on November 5, December 3, January 7, and February 4. Soil microbial fertilizer (SMF) containing *Sa. cerevisiae* HS-1 and *St. thermophiles* HS-2 was applied 16 times every week from November 5, 2012 to February 18, 2013.
[2)]Means with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.
[3)]NS and * were not significant and a significant at the 0.05 probability level by correlation coefficient between control and amount applying SMF (N=9).

Table 6. The changes of clipping yield in the creeping bentgrass after applying SMF in the pot experiment

Treatment[1)]	Clipping yield (dry weight g/m^2)				
	Nov 29	Dec 29	Jan 28	Feb 28	Total
NF	20.3 c[2)]	26.0 b	13.8 b	22.2 c	82.4 b
Control	61.0 b	104.0 a	125.4 a	94.9 b	385.2 a
SMF-1	94.3 a	98.0 a	135.7 a	127.8 a	455.8 a
SMF-2	95.1 a	97.3 a	140.5 a	106.2 b	439.1 a
Correlation[3)]	NS	NS	NS	NS	NS

[1)]Treatments were as follow. NF: non-fertilizer, control: compound fertilizer (N-P_2O_5-K_2O=21-17-17; 14.3 g/m^2), SMF-1 (Control+SMF 1 mL/m^2) and SMF-2 (Control+SMF 2 mL/m^2). Compound fertilizer was fertilized in the treatments on November 5, December 3, January 7, and February 4. Soil microbial fertilizer (SMF) containing *Sa. cerevisiae* HS-1 and *St. thermophiles* HS-2 was applied 16 times every week from November 5, 2012 to February 18, 2013.
[2)]Means with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.
[3)]NS was not significant by correlation coefficient between control and amount applying SMF (N=9).

이를 나타내지 않았다.

SMF 시험 종료 후 잔디 경엽의 양분 함량과 생육 기간 중 흡수한 양분량을 조사하였다(Table 8). 잔디 경엽 중 양분 함량은 질소, 인 및 칼륨의 함량이 각각 1.35-2.52%, 0.11-0.26%, 1.38-3.30%로 조사되었다. 무처리구와 비교할 때, SMF 처리구는 질소, 인 및 칼륨의 함량이 증대되었고, 대조구와 비교할 때, SMF-2 처리구의 칼륨 함량만이 33.6% 증가하였고 다른 성분은 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. SMF 처리량과 잔디 양분 함량별 상관관계 조사에서 칼륨은 정의 상관성(R=0.742*, p=0.022)을 나타냈다.

Table 7. The dry weight of shoot and root in the creeping bentgrass after applying SMF in the pot experiment

Treatment[1)]	Shoot	Root	T/R ratio
	(g/m^2)		
NF	480 b[2)]	706 b	0.68 b
Control	1,049 a	1,137 a	0.93 a
SMF-1	1,229 a	1,134 a	1.11 a
SMF-2	1,238 a	1,065 a	1.17 a
Correlation[3)]	NS	NS	NS

[1)]Treatments were as follow. NF: non-fertilizer, control: compound fertilizer (N-P_2O_5-K_2O=21-17-17; 14.3 g/m^2), SMF-1 (Control+SMF 1 mL/m^2) and SMF-2 (Control+SMF 2 mL/m^2). Compound fertilizer was fertilized in the treatments on November 5, December 3, January 7, and February 4. Soil microbial fertilizer (SMF) containing *Sa. cerevisiae* HS-1 and *St. thermophiles* HS-2 was applied 16 times every week from November 5, 2012 to February 18, 2013.
[2)]Means with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.
[3)]NS was not significant by correlation coefficient between control and amount applying SMF (N=9).

Table 8. The nutrient content and uptake amount of turfgrass leaf in the creeping bentgrass after applying SMF in the pot experiment

Treatment[1)]	Nutrient content (%)			Uptake amount (g/m^2)		
	N	P	K	N	P	K
NF	1.35 b[2)]	0.11 b	1.38 c	1.11 c	0.10 b	1.14 c
Control	2.05 ab	0.19 ab	2.47 b	7.83 b	0.80 ab	9.44 b
SMF-1	2.10 ab	0.30 a	2.72 ab	9.60 ab	1.39 a	12.38 a
SMF-2	2.52 a	0.26 ab	3.30 a	10.93 a	1.17 a	14.44 a
Correlation[3)]	NS	NS	*	*	NS	**

[1)]Treatments were as follow. NF: non-fertilizer, control: compound fertilizer (N-P_2O_5-K_2O=21-17-17; 14.3 g/m^2), SMF-1 (Control+SMF 2 mL/m^2) and SMF-2 (Control+SMF 4 mL/m^2). Compound fertilizer was fertilized in the treatments on November 5, December 3, January 7, and February 4. Soil microbial fertilizer (SMF) containing *Sa. cerevisiae* HS-1 and *St. thermophiles* HS-2 was applied 16 times every week from November 5, 2012 to February 18, 2013.
[2)]Means with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.
[3)]NS, * and ** were not significant and a significant at the 0.05 and 0.01 probability level by correlation coefficient between control and amount applying SMF (N=9).

잔디 건물중과 잔디 경엽 중 양분 함량을 고려하여 생육 기간 중 흡수된 양분 함량을 조사한 결과 질소, 인 및 칼륨의 함량이 각각 1.11-10.93 g/m^2, 0.10-1.17 g/m^2, 1.14-14.44 g/m^2로 조사되었다. 무처리구와 비교할 때, 질소, 인 및 칼륨의 흡수량은 SMF 처리구에서 증대되었고, 대조구와 비교 시 질소는 SMF-2 처리구에서, 칼륨은 SMF-1과 SMF-2 처리구에서 증대되었다. SMF-2 처리에서 질소와 칼륨의 흡수의 증가는 잔디의 지상부 생장(건물중) 및 경엽 중 엽록소 함량을 증대시키는 것으로 판단된다. 특히, 질소는 잔디의 생장에서 다른 성분들의 흡수를 유도하는 중요한 성분으로 알려져 있다[27]. SMF의 처리 시 잔디의 질소 흡수량이 증가하여 잔디 생육 및 품질이 개선된 것으로 판단된다[27].

복합미생물제제 포장시험

포장시험 후 SMF 처리 시 토양의 이화학적 특성에 대해 조사하였다(Table 9). NF나 대조구와 비교 시 SMFp 처리구는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. SMF 처리 시 토양의 이화학적 변화는 포트시험과 다소 차이를 나타냈다. 이는 포트시험은 재배 환경이 제한적이고, 미생물비료의 처리 횟수가 많았으나 포장시험에서는 재배 환경이 노지 환경이고, 미생물비료의 처리가 월 2회 정도로 포트시험보다 낮았기 때문에 미생물에 의한 효과가 미미했던 것으로 판단된다[29].

SMF 처리 후 포장에서의 엽색 지수와 엽록소 지수 변화를 조사하여 잔디 품질을 평가하였다(Table 10). 엽색 지수는 7.74-8.82의 범위로 조사되었고, 생육 시기별로 조사한 결과 약간의 차이는 있었으나 시험 종료 후 생육 기간 중 조사된 평균값으로 비교할 때 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 엽록소 지수는 145-420 정도를 나타냈고, 생육 시기에 따라 처리구별 차이를 나타내어 생육 기간 중 조사된 평균값으로 비교할 때 SMF 처리구는 무처리구보다 증가하였으나 대조구와는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. SMF 처리량별 엽색 지수와 엽록소 지수의 상관관계는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 대조구와 SMFp-2 처리구간 T-검정에서도 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않아 SMF 처리 시 크리핑 벤트그래스의 엽색 지수와 엽록소 지수의 변화에 미치는 효과는 확인하기 어려웠다. 포트시험에서도 가시적 잔디 품

Table 9. The chemical properties of soil after SMF application in the plot experiment

Treatment[1)]	pH	EC	OM	T-N	Av-P_2O_5	Ex-K	CEC
	(1:5)	(dS/m)	(%)		(mg/kg)	($cmol_c$/kg)	
NF	7.03 a[2)]	0.23 a	0.98 a	0.03 a	17 a	0.04 a	2.57 a
Control	6.99 a	0.26 a	0.96 a	0.04 a	25 a	0.04 a	2.54 a
SMFp-1	6.99 a	0.22 a	1.03 a	0.04 a	17 a	0.04 a	2.51 a
SMFp-2	7.06 a	0.24 a	1.09 a	0.04 a	22 a	0.04 a	2.47 a
SMFp-3	7.07 a	0.23 a	1.00 a	0.04 a	17 a	0.05 a	2.57 a

[1)]Treatments were as follow. NF: non-fertilizer, control: compound fertilizer (N-P_2O_5-K_2O=21-17-17; 14.3 g/m^2), SMFp-1 (Control+SMF 1 mL/m^2), SMFp-2 (Control+SMF 2 mL/m^2) and SMFp-3 (Control+SMF 4 mL/m^2). Compound fertilizer was fertilized in the treatments on May 1, May 31, July 6, August 2, and September 5. Soil microbial fertilizer (SMF) containing *Sa. cerevisiae* HS-1 and *St. thermophiles* HS-2 was applied 10 times on May 1, May 15, May 31, June 14, July 6, July 24, August 2, August 18, September 5, and September 26, 2013.
[2)]Means with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.

Table 10. The changes of clipping yield in the creeping bentgrass after applying SMF in the plot experiment

Treatment[1)]	Investigation date (Month/day)									Average
	5/15	5/31	6/14	7/6	7/24	8/2	9/5	9/26	10/10	
Turf color index										
NF	8.12 a[2)]	8.08 a	8.18 b	8.63 a	8.49 a	8.74 a	8.74 a	7.86 a	7.78 a	7.74 a
Control	8.16 a	8.52 a	8.81 a	8.82 a	8.51 a	8.48 b	8.61 a	8.30 a	7.84 a	7.89 a
SMFp-1	8.16 a	8.41 a	8.76 a	9.14 a	8.54 a	8.44 b	8.64 a	8.31 a	7.96 a	7.93 a
SMFp-2	8.17 a	8.52 a	8.82 a	8.87 a	8.57 a	8.52 b	8.74 a	8.36 a	7.94 a	7.94 a
SMFp-3	8.15 a	8.35 a	8.75 a	8.84 a	8.49 a	8.54 ab	8.75 a	8.28 a	7.94 a	7.90 a
Correlation[3)]	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
T-test[4)]	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Chlorophyll index										
NF	208 b	145 b	191 b	189 b	230 a	222 a	240 a	223 a	233 a	209 b
Control	288 ab	203 a	416 a	304 a	232 a	215 a	225 a	233 a	244 a	262 a
SMFp-1	300 a	212 a	414 a	283 a	225 a	216 a	236 a	225 a	244 a	262 a
SMFp-2	295 ab	212 a	420 a	282 a	234 a	214 a	242 a	243 a	252 a	266 a
SMFp-3	273 ab	222 a	395 a	290 a	221 a	208 a	235 a	232 a	246 a	258 a
Correlation[3)]	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
T-test[4)]	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

[1)]Treatments were as follow. NF: non-fertilizer, control: compound fertilizer (N-P_2O_5-K_2O=21-17-17; 14.3 g/m^2), SMFp-1 (Control+SMF 1 mL/m^2), SMFp-2 (Control+SMF 2 mL/m^2) and SMFp-3 (Control+SMF 4 mL/m^2). Compound fertilizer was fertilized in the treatments on May 1, May 31, July 6, August 2, and September 5. Soil microbial fertilizer (SMF) containing *Sa. cerevisiae* HS-1 and *St. thermophiles* HS-2 was applied 10 times on May 1, May 15, May 31, June 14, July 6, July 24, August 2, August 18, September 5, and September 26, 2013.
[2)]Means with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.
[3)]NS was not significant by correlation coefficient between control and amount applying SMF (N=12).
[4)]NS was not significant by t-test between control and SMFp-2 treatment.

질과 엽록소 a+b 함량은 SMF 처리량에 따라 정의 상관성을 나타냈으나(Table 4, 5) 포장시험에서는 확인하기 어려웠다. 이는 포트시험의 경우 예지 간격이 1개월로 비료 시비 후 잔디의 손실이 없으나 포장시험의 경우 주 2-4회 예지를 실시하여 잔디가 손실되었기 때문으로 판단된다[28].

SMF 처리 후 포장에서 잔디 생육을 조사하기 위해 예지물을 조사하였으나 포장의 잔디 관리를 위해 주기적으로 예지를 실시하여 통계적으로 유의적인 차이를 확인하기 어려워(data no shown)[29] 시비에 따른 잔디 생육을 평가하기 위해 크리핑 벤트그래스의 밀도를 조사하였다(Table 11). 잔디 밀도는 잔디의 생육특성에 따라 조사 시기마다 차이를 나타냈다. NF와 비교할 때, 모든 조사에서 SMF 처리 시 잔디 밀도가 증가

Table 11. The changes of clipping yield in the creeping bentgrass after applying SMF in the plot experiment

Treatment[1)]	Turfgrass density (No. of tiller/cm^2)				
	Jul 14	Jul 24	Aug 18	Sep 26	Average
NF	17.3 b[2)]	20.3 c	20.7 d	21.5 b	20.0 c
Control	20.3 ab	27.7 b	24.7 c	23.0 b	24.0 b
SMFp-1	26.3 a	27.0 b	28.0 b	27.1 a	27.1 a
SMFp-2	25.7 a	25.3 b	32.7 a	28.7 a	28.1 a
SMFp-3	25.0 a	32.3 a	30.3 ab	26.9 a	28.6 a
Correlation[3)]	NS	*	*	NS	**
T-test[4)]	NS	NS	**	**	**

[1)]Treatments were as follow. NF: non-fertilizer, control: compound fertilizer (N-P_2O_5-K_2O=21-17-17; 14.3 g/m^2), SMFp-1 (Control+SMF 1 mL/m^2), SMFp-2 (Control+SMF 2 mL/m^2) and SMFp-3 (Control+SMF 4 mL/m^2). Compound fertilizer was fertilized in the treatments on May 1, May 31, July 6, August 2, and September 5. Soil microbial fertilizer (SMF) containing *Sa. cerevisiae* HS-1 and *St. thermophiles* HS-2 was applied 10 times on May 1, May 15, May 31, June 14, July 6, July 24, August 2, August 18, September 5, and September 26, 2013.
[2)]Means with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.
[3)]NS, * and ** were not significant and a significant at the 0.05 and 0.01 probability level by correlation coefficient between control and amount applying SMF (N=12).
[4)]NS and ** were not significant and a significant at the 0.01 probability level by t-test between control and SMFp-2 treatment.

되었고, 대조구와 비교 시 7월 24일, 8월 18일 및 9월 26일 조사에서 SMF 처리구에서 잔디 밀도가 증가되었다. 생육 기간 중 조사된 잔디 밀도 평균값으로 비교할 때, SMFp-1, SMFp-2 및 SMFp-3 처리구는 대조구보다 각각 12.9%, 17.1%, 19.2% 씩 증대되었고, SMF 처리에 의해 잔디 밀도가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 대조구와 SMFp-2의 T-검정 결과, 8월 18일과 9월 26일 조사에서 통계적으로 유의적인 차이를 나타내어 SMF 처리 시 잔디 밀도가 증가하였다. SMF 처리량과 잔디 밀도의 상관관계는 7월 24일과 8월 18일 조사에서 정의 상관성($R_{7/24}$=0.579*, p=0.048; $R_{8/18}$=0.637*, p=0.026)을 나타냈고, 생육 기간 조사된 평균값으로 비교할 때에도 정의 상관성($R_{7/24}$=0.729*, p=0.007)을 나타내어 SMF 처리에 의해 잔디 밀도가 증가하는 것을 확인하였다. 잔디 밀도의 증가는 잔디 생육에서 잔디 생장 및 품질을 평가하는 중요한 요소로 SMF 처리 시 잔디 생육과 품질이 증대되는 것으로 알려져 있다[28].

결론 및 고찰

본 연구는 효모균(*Sa. cerevisiae* HS-1)과 유산균(*St. thermophiles* HS-2)이 함유된 복합미생물제제(soil microbial fertilizer, SMF)의 처리 후 크리핑 벤트그래스의 생육을 조사하였다. 포트시험의 처리구는 무처리구(NF), 대조구(control, 3 N g/m^2/month), SMF-1 (control + SMF 2 mL/m^2/time) 및 SMF-2 (control + SMF 4 mL/m^2/time)이었고, 포장시험은 무처리구(NF), 대조구(control, 3 N g/m^2/month), SMFp-1 (control + SMF 1 mL/m^2/time), SMFp-2 (control + SMF 2 mL/m^2/time) 및 SMFp-3 (control + SMF 4 mL/m^2/time)로 설정하였다. 포트시험에서 대조구와 비교할 때, SMF 처리구는 가시적 잔디 품질 및 질소와 칼륨 흡수량이 증가하였고, 엽록소 함량과 예지물량은 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. SMF 처리량과 가시적 잔디 품질, 질소 흡수량 및 칼륨 흡수량은 정의 상관성을 나타냈다. 포장시험에서는 대조구와 비교할 때, 엽색 지수 및 엽록소 지수는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 잔디 밀도가 12.9-19.2% 증대되었다. 상기 결과들을 종합할 때, 효모균(*Sa. cerevisiae* HS-1)과 유산균(*St. thermophiles* HS-2)이 함유된 복합미생물제제를 처리한 크리핑 벤트그래스는 잔디의 질소와 칼륨 흡수가 증대되어 잔디 품질, 밀도 및 생육을 개선되는 것을 알 수 있었다.

Note

The authors declare no conflict of interest.

References

1. Jeong J (2006) Guideline for basic standard for organic rice cultivation. Korean Journal of Organic Agriculture, 10(4), 1-7.
2. Shin S, Yundendorj K, Lee SS, Lee DH, Kang KH, Kahng HY (2013) Characterization and organic hydrocarbons degradation potential of euryhaline marine microorganism, *Bacillus* sp. EBW 4 isolated from polychaete (*Perinereis aibuhitensis*). Korean Journal of Microbiology, 49(1), 38-45. https://doi.org/10.7845/kjm.2013.005.
3. Park K, Park GT, Kim SM, Lee CY, Son HJ (2008) Conditions for soluble phosphate production by environ-

ment-friendly biofertilizer resources, *Pseudomonas fluorescens*. Journal of the Environmental Sciences, 17 (9), 1033-1037.
https://doi.org/10.5322/JES.2008.17.9.1033.

4. Jung WC, Shin TS, Do KS, Kim WK, Lee JH, Choi KH (2006) Development of antagonistic microorganism for biological control of *Phytium blight* of turfgrass. Research in Plant Disease, 12(3), 260-266.
https://doi.org/10.5423/RPD.2006.12.3.260.
5. Sea S, Kim Y (2011) Development of "Bt-Plus" biopesticide using entomopathogenic bacterial (*Xenorhabdus nematophila*, *Photorhabdus temperate* spp. Temperate). Korean Journal of Applied Entomology, 50(3), 171-178.
https://doi.org/10.5656/KSAE.2011.07.0.24.
6. Huynh Le TT, Jun SE, Kim GT (2019) Current perspectives on the effects of plant growth-promotion rhizobacteria. Journal of Life Science, 29(11), 1281-1293. https://doi.org/10.5352/JLS.2019.29.11.1281.
7. Cho SR, Kim JH, Shim SR (2015) Practical use of several ground covers on a slope revegetation construction. Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology, 18(3), 97-107.
https://doi.org/10.13087/kosert.2015.18.3.97.
8. Yoo MJ, Lee JP, Joo YK, Kim DH (2009) Analysis of maintenance expense in various golf course. Korean Journal of Turfgrass Science, 23(1), 61-76.
9. Kim SK (2003) A master plan for the 2002 world cup sports complex in the Suwon city, Korea. Journal of Korean Institute of Landscape Architecture, 30(6), 119-127.
10. Kato M (2005) Integral turf management for reducing pesticide usage in Japanese golf course. Korean Journal of Turfgrass Science, 19(2), 161-175.
11. Ham SK, Lim JY, Lee YM (2014) Livestock liquid fertilizer utilization study of zoysiagrass growing in the field. Journal of the Korea Organic Resource Recycling Association, 22(4), 11-20.
https://doi.org/10.17137/Korrae.2014.22.4.011.
12. Ryu JH, Shim GY, Kim KS (2014) Inhibition of *in vitro* growth of tree soil-borne turfgrass diseases by antagonistic bacteria from composted liquid manure. Korean Journal of Horticultural Science and Technology, 32(6), 879-886.
https://doi.org/10.7235/hort.2014.14085.
13. Kim JG, Ahn JH (2011) Comparative study on ethanol production with pentose and/or hexose by *Saccharomyces cerevisiae* and/or *Pichia stipites*. Journal of Life Science, 21(3), 335-340.
https://doi.org/10.5352/JLS.2011.21.3.335.
14. Prusty R, Grisafi P, Fink GR (2004) The plant hormone indoleacetic acid induces invasive growth in *Saccharomyces cerevisiae*. Biological Science, 101(12), 4153-4157. https://doi.org/10.1073/pnas.0400659101.
15. Kim DS, Shin HY, Han SI (2022) Isolation of indole-3-acetic acid (IAA) producing *Arthrobacter* sp. and plant growth promotion effect. Journal of the Korean Applied Science and Technology, 39(6), 831-838.
https://doi.org/10.12925/jkocs.2022.39.6.831.
16. Kim DC, In MJ (2016) Preparation and characteristics of yogurt added with Korean rice wine lees powder. Journal of Applied Biological Chemistry, 59(4), 345-349. https://doi.org/10.3839/jabc.2016.058.
17. Kim BK, Hong KJ, Park JH, Kim HS, Kim YJ (2005) Effects of dietary microbes additive on growth performance and meat quality in pigs and broiler chick. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 25(2), 134-140.
18. Abdhul K, Ganesh M, Shanmughapriya S, Kanagavel M, Anbarasu K, Natarajaseenivasan K (2014) Antioxidant activity of exopolysaccharide form probiotic strain *Enterococcus faecium* (BDU7) form Ngari. International Journal of Biological Macromolecules, 70, 450-454.
https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.07.026.
19. Bae EJ, Lee KS, Park NS, Huh MR (2012) Comparison of oxidative damage in zoysiagrass (*Zoysia* spp.) with environmental stress. Journal of Korean Society for People, Plant and Environment, 15(2), 107-113.
20. Kim YS, Ham SK, Lee SJ (2010) Effect of liquid fertilizer contained medium of *Lactobacillsus* sp. and *Saccharomyces* sp. on growth of creeping bentgrass. Korean Journal of Turfgrass Science, 24(2), 138-144.
21. Miazek K, Ledakowicz S (2013) Chlorophyll extraction from leaves, needles and microalgae: A kinetic approach. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 6(2), 107-115.
https://10.3965/j.ijabe.20130602.0012.
22. Cahyo AN, Sahuri S, Nugraha IS, Ardika R (2019) Cocopeat as soil substitute media for rubber (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg.) planting material. Journal of Tropical Crop Science, 6(1), 24-29.
https://doi.org/10.29244/jtcs.6.01.18-29.
23. Hong S, Lee SM, Lee EY (2011) Bioremediation efficiency of oil-contaminated soil using microbial agents. Korean Journal of Microbiology and Biotechnology, 39(3), 301-307.
24. Lee JJ, Kim YS, Ham SK, Lee CE, Lee GJ (2015) Growth

and quality improvement of creeping bentgrass by two fertilizers containing *Trichoderma* species. Weed and Turfgrass Science, 4(3), 249-255. https://doi.org/10.5660/WTS.2015.4.3.249.
25. Lastdrager J, Hanson J, Smeekens S (2014) Sugar signals and the control of plant growth and development. Journal of Experimental Batony, 65(3), 799-807. https://doi.org/10.1093/jxb/ert474.
26. Yao H, Bowman D, Shi W (2011) Seasonal variations of soil microbial biomass and activity in warm- and cool-season turfgrass system. Soil Biology & Biochemistry, 43, 1536-1543. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.03.031.
27. Kussow WR, Soldat DJ, Kreuser WC, Houlihan SM (2012) Evidence, regulation, and on sequences of nitrogen-driven nutrient demand by turfgrass. International Scholarly Research Network ISRN Agronomy, 359284, 1-9. https://doi.org/10.5402/2012/359284.
28. Kim YS, Lee CE, Ham SK, Lee GJ (2016) Growth of creeping bentgrass by application of compound fertilizer containing microbes. Weed and Turfgrass Science, 5(1), 42-50. https://doi.org/10.5660/WTS.2016.5.1.42.