

Weed & Turfgrass Science was renamed from both formerly Korean Journal of Weed Science from Volume 32 (3), 2012, and formerly Korean Journal of Turfgrass Science from Volume 25 (1), 2011 and Asian Journal of Turfgrass Science from Volume 26 (2), 2012 which were launched by The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea founded in 1981 and 1987, respectively.

Trichoderma 종 미생물비료 시비에 따른 Creeping bentgrass 생육 및 품질 향상

이종진¹ · 김영선^{2*} · 함선규³ · 이창은⁴ · 이금주^{1*}

¹충남대학교, ²효성오앤비(주), ³대정골프엔지니어링, ⁴씨앤엘케미컬

Growth and Quality Improvement of Creeping Bentgrass by Two Fertilizers Containing *Trichoderma* Species

Jong-Jin Lee¹, Young-Sun Kim^{2*}, Suon-Kyu Ham³, Chang-Eun Lee⁴, and Geung-Joo Lee^{1*}

¹Chungnam National University, Daejeon 361-763, Korea

²HyosungO&B Co. Ltd., Daejeon 305-811, Korea

³Daejung-golf Engineering Co. Ltd., Hwasung 499-881, Korea

⁴C&L Chemical Co. Ltd., Seoul 121-850, Korea

ABSTRACT. *Trichoderma* spp. were famous fungi used for turfgrass management in golf course. This study was conducted to evaluate effects of two microbial fertilizers containing *Trichoderma harzianum* and *T. atroviride* on the growth and quality of creeping bentgrass with turf color index, chlorophyll index, root length, shoot number, clipping yield and nutrient content. Treatments were designed as follow; non-fertilizer (NF), control fertilizer (CF), *T. harzianum* (TH), and *T. atroviride* (TA). Chlorophyll index and root length of TH and TA were increased than these of CF and shoot number and content and uptake of nitrogen (N) of TA higher than these of CF. The N content in turfgrass tissue was significantly related to shoot number, root length and N uptake ($P<0.05$) and shoot number was positively relate to chlorophyll index ($P<0.05$). These results indicated that application of *Trichoderma harzianum* and *T. atroviride* improved a growth and quality of creeping bentgrass by promoting N uptake.

Key words: Nitrogen uptake, Shoot density, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma atroviride*, Turf growth and quality

Received on February 27, 2015; Revised on April 27, 2015; Accepted on April 18, 2015

*Corresponding author: Phone) +82-42-821-5734, Fax) +82-42-624-4068; E-mail) ¹gilee@cnu.ac.kr, ²zeroline75@empas.com

© 2015 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/3.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 론

1997년 친환경농업육성법이 제정된 이후 친환경 농업 및 관련 농산물의 유통이 농업분야의 최대 이슈가 되었다. '친환경'이라는 용어는 농업에서 시작되었지만 현재는 산업 전반에 걸쳐 사용되고 있다. 미국에서는 1980년부터 환경을 고려한 코스관리를 위하여 화학비료 사용을 줄이기 위해 종합적인 영양분관리(integrated nutrient management; INM)와 합성농약의 사용을 줄이기 위한 종합적인 농약관리(integrated pesticide management; IPM)의 개념이 잔디밭 관리에 도입하여 골프장의 친환경적인 잔디관리를 위한 연

구가 진행되었다(Christian, 2005). 한국에서는 1990년대 잔디관리에 대한 연구가 본격적으로 이뤄지기 시작하였고, 2000년대에 이르러 친환경적인 잔디관리를 위한 연구에 관심을 갖게 되었다(Ko et al., 2014).

작물재배에서 INM은 재배지의 토양비옥도와 재배작물의 양분요구량을 조사하고, 이를 바탕으로 적합한 시비를 수행하며, 지역 내 부존양분을 최대한 이용하여 화학비료의 사용을 줄이는 관리방법을 말한다(Yang et al., 2008). 지역 내 부존양분을 최대한 이용하기 위해 기능성비료나 미생물비료를 이용하여 작물의 양분이용을 증가시키기 위해 노력하고 있다. 잔디관리에서도 이러한 비료들을 이용하여

양분이용과 시비효율을 증가시키기 위한 연구가 진행되고 있다. 아미노산 제분과 키토산 같은 기능성비료 시비 시 양분이용이 증가하여 잔디생육과 품질이 향상되고(Kim et al., 2003; Yoon et al., 2006; Kim et al., 2012), 미생물비료는 잔디의 뿌리생육을 증가시켜 잔디 생육과 품질이 향상되므로(Kim et al., 2008a, 2008b) 잔디관리자들은 잔디의 생육과 품질 향상을 위해 코스관리에 이용하고 있다.

미생물은 잔디밭 식재층 토양에 거주하면서 질소고정이나 인산가용화, 단백질 분해 및 옥신(auxin) 등을 생산하여 식물의 생육을 촉진하고(Kim et al., 2011), 잔디병에 대한 길항성을 나타내어 생물학적 방제에 이용되기도 한다(Lim et al., 2011). 1794년에 처음 발견된 *Trichoderma* spp.는 식물의 근권에 존재하며, 가장 빈번하게 분리되는 비병원성 토양곰팡이로서 식물병원균 균사체에 기생하거나 식물체 내 방어기작을 나타내는 것으로 알려져 있다(Persoon, 1794; Harman et al., 2004; Francesco et al., 2008). Yang et al. (2013)은 *T. harzianum*의 처리가 고추의 생육을 촉진하고, 고추 역병균에 대해 유도저항성을 나타낸다고 보고하였다. *Trichoderma* spp.는 잔디에 주로 발생하는 동전마름병, 피티움병 및 갈색잎마름병에 길항성을 나타내어 병 발생빈도를 감소시키는 효과가 있다 (Guerrero et al., 2008; Lo et al., 1996, 1997). 또한 *Trichoderma* spp.는 식물표면에 균체를 형성하여 식물생육에 필요한 양분을 가용화하여 식물이 이용할 수 있도록 도와주고(Harman et al., 2004), 식물호르몬을 생성하여 식물생장을 촉진하는 식물생장촉진 미생물이다(Hassanein, 2012). 하지만 잔디 관리에 대한 *Trichoderma* spp.의 연구는 주로 잔디병원균과의 길항성에 관한 연구가 주를 이루고 있어 실제로 *Trichoderma* spp.에 대한 잔디의 생육촉진과 품질향상에 대한 연구는 부족한 실정이었다.

따라서 본 연구는 두 종류의 *Trichoderma* spp. 미생물비료를 크리핑벤트그래스(*Agrostis palustris* H.)에 처리하여 잔디의 생육과 품질 및 양분흡수를 조사함으로써 *Trichoderma* spp. 미생물비료의 잔디에 대한 생육향상에 미치는 영향을 평가하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구는 2011년 6월부터 10월까지 5개월 동안 인천광역시 소재의 SKY72 골프클럽 증식포장에서 수행하였다. 공시잔디는 2006년 파종되어 약 6년간 관리된 크리핑벤트그래스(*A. palustris* H.) 'Pennlinks' 품종을 이용하였다.

공시비료

공시비료는 잔디생육에 필요한 양분을 공급하기 위해 복합비료(control fertilizer (CF); N-P₂O₅-K₂O=10-10-10, 일본

를 사용하였고, *Trichoderma* spp.의 종류에 따라 잔디생육 및 품질을 확인하기 위해 *T. harzianum* (TH)과 *T. atroviride* (TA)를 보증균으로 하는 미생물비료를 이용하였다. *T. harzianum*을 보증균으로 하는 미생물비료의 생균수는 3.0×10⁶ cfu g⁻¹으로 (주)그린케어(한국)로부터 공여 받아 사용하였고, 제형은 수화제였다. *T. atroviride*를 보증균으로 하는 미생물비료의 생균수는 1.0×10⁶ cfu g⁻¹으로 (주)씨앤엘케미컬(한국)로부터 공여 받아 사용하였고, 제형은 입제였다. 공여 받은 미생물비료는 잔디생육에 영향을 주는 질소, 인산 및 칼리는 포함하지 않았다.

처리구 설정 및 시험포 관리

실험구 단위는 3 m² (1 m × 3 m) 크기로 전체 포장은 36 m²였고, 실험구는 난괴법 3반복으로 배치하였다. 처리구는 비료처리여부에 따라 무처리구 (NF: non-fertilizer), 대조구 (CF: control fertilizer), *T. harzianum* 처리구 (TH) 및 *T. atroviride* 처리구 (TA)로 구분하여 시험하였다. 복합비료의 시비는 3 g N m⁻²의 복합비료를 정확히 준비하여 CF, TH 및 TA처리구에 매월 1회 시험구획에 골고루 살포하였고, TH와 TA는 미생물비료의 추천시비량에 따라 1L의 수돗물에 희석하여 처리구와 처리시기별로 시험용분무기(광성분무기, KS-10-1, 한국)를 이용하여 월 2회 시비하였다. 시험 기간 동안 복합비료는 총 5회 시비하였고, TH와 TA는 총 10회 시비하였다.

재배기간 중 잔디깎기는 3궤모어(TORO, TORO-3250, USA)로 주 2~3회 5~6 mm 높이로 실시하였고, 통기작업은 수행하지 않았으며, 배토는 3 mm 두께로 8월 30일 1회 실시하였다. 병충해 방제를 위해 테부코나졸 유제(6월 16일, 6월 30일, 8월 26일)와 페니트로치온 유제(8월 26일, 9월 9일)를 각각 3회와 2회씩 살포하였다. 테부코나졸 유제의 살포 시에는 TH나 TA에 영향을 미칠 것을 고려하여 약 5-7 일 정도 살포간격의 차이를 두었다.

생육 조사 및 분석 방법

잔디생육조사는 처리구별 엽색지수와 엽록소지수를 turf color meter (Spectrum, TCM 500, USA)와 chlorophyll meter (Spectrum, CM 1000, USA)를 각각 이용하여 6월부터 7~10일 간격으로 총 20회 조사하였다. 잔디 예지물은 5.5 mm 예고로 세팅 된 3궤모어를 이용하여 조사 일마다 예초하여 수거, 드라이오븐(VS-1203PJ-300, (주)비전과학, 한국)에서 24시간 건조시킨 후 건물중을 측정하였고, 월 1회 조사하여 10월까지 총 4회에 걸쳐 조사하였다. 미생물처리에 의한 잔디생육효과의 분석을 위해 잔디밀도와 뿌리길이를 조사하였고, 잔디밀도는 9월 29일과 10월 20일에 코어 (1 cm × 1 cm)를 이용하여 시료를 채취한 다음 줄기수를 3개씩 조사하였다. 잔디 뿌리 길이는 9월 7일과 10월 19일

에 홀커터(10.8 cm)를 이용하여 시료를 채취한 다음 측정하였다. 잔디밀도와 뿌리길이 조사에 사용한 코어와 홀커터는 자체 제작하여 사용하였다.

토양의 화학성을 조사하기 위해 시험 전(5월 26일)과 시험 종료 후(10월 31일)에 자체 제작한 토양 시료 채취기를 이용하여 각 처리구별로 5개 이상의 시료를 토양 10 cm 깊이로 총 2회 채취하였고, 음지에서 풍건한 후 2 mm 체를 통과시켜 분석에 이용하였다. 토양분석은 pH, 전기전도도(electrical conductivity; EC), 유기물(organic matter, O.M), 총질소(total nitrogen, T-N), 유효인산(available phosphate, Av-P₂O₅), 양이온치환용량(cation exchangeable capacity, CEC), 치환성 양이온(exchangeable cations, K, Ca, Mg, Na) 등을 조사하였고, 분석방법은 토양화학분석법(NIAST, 1998)에 준하였다.

잔디 엽분석은 마지막 예지물 조사시기인 10월 13일 채취된 잔디 예지물을 건조하여 시료로 사용하였다. 분석항목은 잔디 생육에 주요 구성성분인 질소, 인, 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 등을 식물체분석법(NIAST, 1998)에 준하여 실시하였다. 양분 흡수 및 이용을 평가하기 위해 건물중과 잔디조직분석결과를 이용하여 양분 흡수량과 양분 이용율을 아래 식과 같이 조사하였다(Kim et al., 2001).

$$\text{양분 흡수량(g m}^{-2}\text{)} = \text{건물중(g m}^{-2}\text{)} \times \text{잔디 중 양분 함량(\%)}$$

통계처리는 SPSS 12.1.1을 이용하여 Duncan 다중검정을 통해 처리구간 유의차와 상관성을 검정하였다.

결과 및 고찰

토양의 무기 성분 함량

Trichoderma spp. 비료의 시비에 따른 토양의 변화를 확인

하기 위해 시험 전 토양과 시험 종료 후 조사하였다(Table 1). 전기전도도와 유기물, 질소, 인산, 칼리, 칼슘 및 마그네슘 등은 시험 전보다 시험 후에 감소하였다. 이는 골프장에서 증식포장관리를 위해 시료 채취 10일 전에 잔디관리용 복합비료(N-P₂O₅-K₂O-CaO-MgO=11-5-7-20-4, (주)풍농, 한국)를 약 25 g m⁻² 정도 살포하였기 때문으로 판단되었다. Kim et al. (2009)은 상기 잔디관리용 복합비료를 37.7 g m⁻² 시비 시 제시된 비효기간은 약 30일 정도였다. 이를 바탕으로 시험 전 비료의 시비량을 바탕으로 비효 지속 기간은 약 23일 정도로 예상되었고, 비효 지속 기간을 고려하여 시비 후 24일이 경과한 시료채취 14일 후부터 재배시험을 수행하였다.

시험 후 토양분석 결과를 비교할 때, 토양산도를 제외한 나머지 항목들은 처리구에 따른 차이가 나타나지 않았다. Rahman et al. (2011)은 *Trichoderma* spp. 미생물들이 서식하는 장소의 pH가 5.4~6.8 정도로 약산성을 나타낸다고 보고하여 TH와 TA에서 시험 후 토양 pH가 NF나 CF보다 감소한 것으로 판단된다.

잔디 품질 조사

미생물비료에 따른 잔디의 엽색변화를 측정하기 위해 엽색지수와 엽록소지수를 측정하였다. 엽색지수는 처리구별로 차이는 있으나 6~8월까지 7.0±0.05정도로 시험초기의 엽색을 유지하였고, 9월부터는 시험초기보다 감소하는 경향을 보였다(Fig. 1A). 엽록소지수는 6~8월까지 엽색지와 마찬가지로 시험초기와 비슷한 엽색을 보였고, 9월에 감소한 이후 증가하는 결과를 보였다(Fig. 1B). 이는 8월 말과 9월 초에 시험포장에서 조류가 발생하여 9월의 잔디엽색과 밀도가 감소된 것으로 판단된다.

시험기간 중 측정된 엽색지수와 엽록소지수의 평균값으로 미생물비료의 시비에 따른 잔디 품질을 평가하였다. 엽

Table 1. Change of soil chemical properties before and after the study.

Treatment ^z	pH	EC	O.M ^y	T-N	Av-P ₂ O ₅	Ex-Cation ^x				CEC ^v
						K	Ca	Mg	Na	
						(cmol _c kg ⁻¹)				
Before	6.24 b ^u	0.73 a	1.17 a	0.15 a	230 a	0.15 a	2.88 a	0.65 a	0.14 a	2.30 a
NF	7.41 a	0.57 b	0.94 b	0.04 b	24 b	0.12 b	1.49 b	0.22 b	0.14 a	2.23 a
CF	7.52 a	0.43 b	0.74 b	0.03 b	33 b	0.11 b	1.41 b	0.21 b	0.11 a	2.43 a
TH	6.48 b	0.32 b	0.90 b	0.07 b	37 b	0.11 b	1.30 b	0.28 b	0.12 a	2.20 a
TA	6.64 b	0.33 b	0.93 b	0.04 b	46 b	0.11 b	1.42 b	0.30 b	0.12 a	2.20 a

^zTreatments were as follows. NF: non-fertilizer; CF: control fertilizer; TH: *Trichoderma harzianum* + CF; TA: *T. atroviride* + CF.

^yO.M: Organic matter.

^xEx-Cation: Exchangeable cation.

^vCEC: Cation exchangeable capacity.

^uMeans with same letters within columns are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

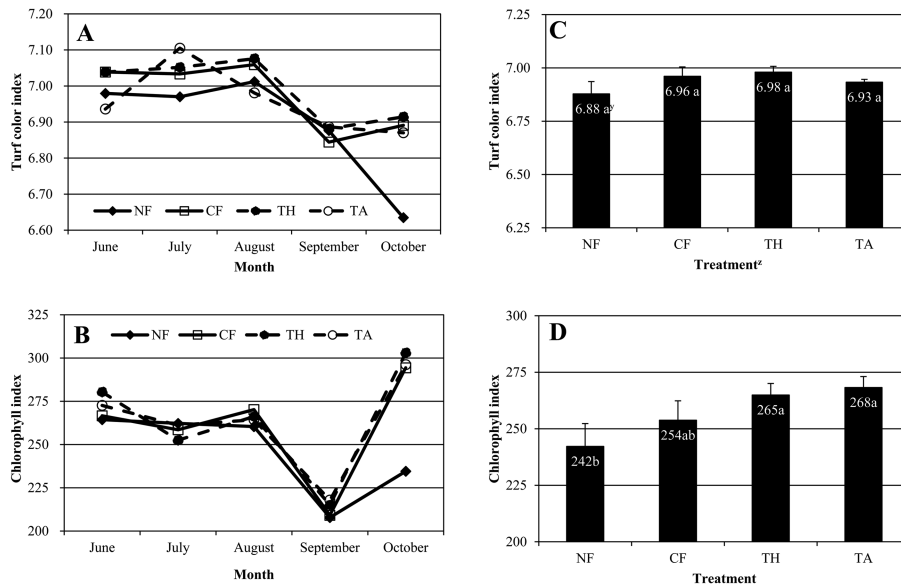


Fig. 1. Turf color index and chlorophyll index of creeping bentgrass by application TH and TA. A: The monthly change of turf color index; B: The monthly change of chlorophyll index; C: The average of turf color index during the study; D: The average of chlorophyll index during the study. Treatments were as follows. NF: non-fertilizer; CF: control fertilizer; TH: *Trichoderma harzianum* + CF; TA: *T. atroviride* + CF. Application of CF was applied with spray 5 times interval 30 days from June 9, 2011 and those of TH and TA 10 times interval 15days. Data of turf color index and chlorophyll index were collected 20 times from June 9, 2011. Error bars indicated standard deviation and different letters indicated significant different at $p=0.05$ level according to DMRT test at 5% level.

Table 2. The root length and shoot number of creeping bentgrass by application of TH and TA.

Treatment ^a	Root length (mm)		Shoot number (ea cm ⁻²)	
	September 7	October 19	September 29	October 20
NF	75.0 b ^b	78.0 b	20.7 a	32.0 b
CF	80.3 ab	93.2 ab	21.2 a	36.0 ab
TH	84.2 a	90.2 ab	20.5 a	36.0 ab
TA	80.0 ab	96.8 a	22.3 a	38.2 a

^aTreatments are as follow. NF: non-fertilizer; CF: control fertilizer; TH: *Trichoderma harzianum* + CF; TA: *T. atroviride* + CF.

^bMeans with same letters within columns are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

색지수는 통계적 유의성을 나타내지 않아 미생물비료의 처리에 따른 엽색지수의 변화는 나타나지 않았다(Fig. 1C). 엽록소지수는 엽색지수와 달리 TH와 TA에서 265와 268을 나타내어 대조구보다 4.4%와 5.7% 증가하는 결과를 보였다(Fig. 1D). Kim et al. (2008b)은 유산균과 효모균을 잔디에 시비하였을 때, 잔디의 엽록소지수가 화학비료처리구보다 질소흡수가 증가하여 13% 이상 증가한다고 보고하여 본 연구와 비슷한 결과를 나타내었다.

처리구별 잔디뿌리길이는 9월7일과 10월 19일에 각각 75.0~84.2 mm와 78.0~96.8 mm로 조사되었다(Table 2). 모든 처리구는 무처리구보다 잔디뿌리길이가 증가하였고, 9월 7일 조사에서는 TH가 가장 높았고, 10월 19일에는 TA가 가장 높았다. 잔디 생육시기별로 차이는 있으나 *Trichoderma* spp.를 시비한 처리구에서 잔디 뿌리길이가 증가하는 결과

를 보였다. 오이재배에서 *Trichoderma* spp.의 처리시 엽폭, 뿌리생육량, 초장 및 엽록소함량 등이 증가하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다(Lo and Lin, 2002). 또한, 유산균과 효모균의 처리에서도 잔디의 뿌리 길이가 화학비료 처리구보다 7~8% 정도 증가되어 미생물비료의 시비가 지하부 생육을 촉진함으로써 잔디생육과 품질이 향상되었다고 보고되었다(Kim et al., 2008a, 2008b).

처리구별 잔디밀도는 9월29일과 10월 20일에 각각 20.7~22.3개 cm⁻²와 32.0~38.2개 cm⁻²로 조사되었다(Table 2). 9월 29일에는 처리구별로 차이를 나타내지 않았으나 10월 20일에는 무처리구보다 CF, TH 및 TA처리구에서 잔디밀도가 증가하였고, 대조구와 비교할 때에도 TA처리구는 약 6% 정도 증가하여 가장 높았다. Hassanein (2012)은 다양한 *Trichoderma* spp.가 잔디의 근권에 서식하면서 식물생

Table 3. The clipping yield (g m^{-2}) of creeping bentgrass by application of TH and TA.

Treatment ^z	Date				Total
	July 20	August 20	September 20	October 13	
NF	9.78 b ^y	21.81 b	0.42 a	2.53 a	34.54 b
CF	11.27 a	25.74 a	0.38 a	3.19 a	40.57 a
TH	12.55 a	23.21 ab	0.52 a	2.75 a	39.03 ab
TA	11.17 a	25.21 a	0.53 a	1.98 a	38.90 ab

^zTreatments are as follow. NF: non-fertilizer; CF: control fertilizer; TH: *Trichoderma harzianum* + CF; TA: *T. atroviride* + CF.

^yMeans with same letters within columns are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 4. The nutrient content in the tissue and nutrient uptake of creeping bentgrass after experiment.

Treatment ^z	Nutrient content (%)						Nutrient content (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	Na	N	P	K	Ca	Mg	Na
NF	3.90 b ^y	0.31 a	2.61 b	0.51 a	0.20 a	0.08 a	1.35 b	0.11 a	0.90 a	0.18 a	0.07 a	0.03 a
CF	4.36 ab	0.33 a	2.87 a	0.51 a	0.21 a	0.08 a	1.79 a	0.14 a	1.17 a	0.21 a	0.08 a	0.03 a
TH	4.06 ab	0.36 a	2.89 a	0.51 a	0.21 a	0.08 a	1.58 ab	0.14 a	1.13 a	0.20 a	0.08 a	0.03 a
TA	4.71 a	0.34 a	2.83 a	0.49 a	0.20 a	0.08 a	1.82 a	0.13 a	1.10 a	0.19 a	0.08 a	0.03 a

^zTreatments are as follow. NF: non-fertilizer; CF: control fertilizer; TH: *Trichoderma harzianum* + CF; TA: *T. atroviride* + CF.

^yMeans with same letters within columns are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

장호르몬인 인돌아세트산(Indole-3-acetic acid; IAA)을 생산한다고 보고하여 TH와 TA처리시 잔디 뿌리 생육이 증가하는 것으로 생각된다.

잔디 예지물 조사

Trichoderma spp. 미생물비료의 시비에 따른 잔디의 생육을 평가하기 위해 처리구별 예지물을 조사하였다(Table 3). 시험기간 중 TH와 TA의 처리에 따른 잔디 예지물의 변화는 CF와 비슷하거나 낮아서 미생물비료의 시비에 따른 잔디 예지물의 증가는 확인 할 수 없었다. 시험 종료 후 가장 높은 잔디생육량을 나타낸 처리구는 CF였고, TH와 TA는 유사한 결과를 보였다. *Trichoderma* spp.의 처리는 식물의 근권에서 IAA와 아미노산을 생산하여 작물의 지상부 생육을 증가시킨다고 보고되었으나(Hassanein, 2012; Lo and Lin, 2002) 본 연구의 결과와는 다소 차이를 보였다. 작물의 경우 시험 종료 시까지 지상부가 유지되었으나 본 시험에서는 실제 퍼팅그린과 같이 관리되는 증식포장에서 시험되었기 때문에 잔디 관리를 위해 매주 2~3회씩 예지되어 예지물량 조사를 위해 월 1회 수거된 예지물량으로는 확인할 수 없었기 때문에 판단되며, 추후 포트시험을 통해 상기 내용을 보완해야 할 것으로 보인다.

잔디 조직의 무기성분 함량 및 흡수량

잔디에 함유된 양분의 함량은 질소, 인 및 칼리가 각각

3.90~4.71%, 0.31~0.36%, 2.61~2.89%의 범위를 나타내었다(Table 4). 잔디 중 질소와 칼리가 NF보다 CF, TH 및 TA 처리구에서 높게 나타났고, CF와 비교할 때, TH는 질소와 칼리의 함량 모두 CF와 비슷하였고, TA는 질소함량이 CF보다 높으나 칼리함량은 CF와 유사하였다.

잔디 시험 중 채취된 예지물에서 양분 흡수량을 비교하여 비료 시비에 따른 시비효과를 조사하였다(Table 4). 질소, 인 및 칼리의 흡수량은 각각 1.35~1.82 g m^{-2} , 0.11~0.14 g m^{-2} , 0.9~1.17 g m^{-2} 의 범위를 나타내었다. *Trichoderma* spp.의 처리에 의한 잔디의 양분흡수는 질소흡수에서는 차이가 있었으나 다른 원소는 처리구별 차이를 나타내지 않았다. TA는 CF와 같이 질소 흡수량이 높았으나 TH는 CF보다는 낮았다. Kim et al. (2010)은 유산균과 효모균을 시비 시 질소 흡수가 증가하여 잔디뿌리길이 증가한다고 보고하여 TH보다 TA에서 잔디뿌리길이 증가한 것은 TA의 질소흡수가 TH보다 증가하였기 때문으로 판단된다.

일반적으로 *T. harzianum*은 *Sclerotinia homoeocarpa*를 억제하는 효과가 있어 살균제 대체효과가 있었고(Guerrero et al., 2008), *Pytium* sp.와 *Rhizoctonia solani*에서도 길항성을 나타내어 근권의 병원균 발생빈도가 감소된다(Lo et al., 1996, 1997). *T. atroviride* C52는 미생물의 제형조건에 따라 토양 중에서 밀도가 다르므로 식물의 생물학적 방제효과를 높이기 위해서는 미생물이 토양에 잘 정착할 수 있는 제형화 방법과 시비방법이 필요하다(McLean et al., 2005).

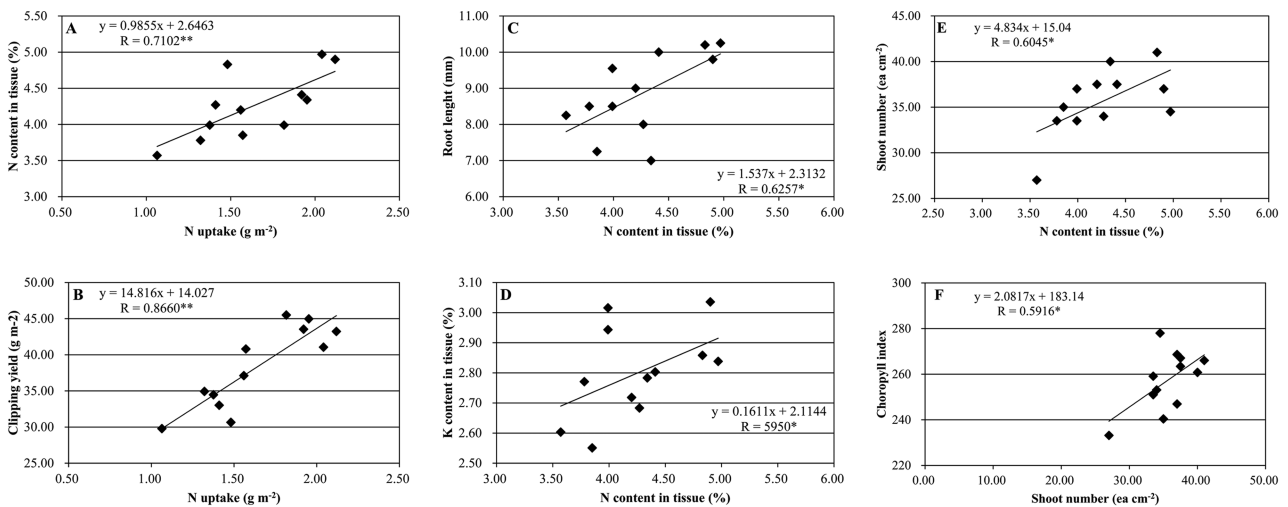


Fig. 2. The relationship among growth factors in creeping bentgrass by application of TH and TA. A: N content in tissue and N uptake; B: clipping yield and N uptake; C: root length and N content in tissue; D: K content in tissue and N content in tissue; E: shoot number and N content in tissue; F: chlorophyll index and shoot number.

또한, 식물병 방제효과가 우수하여 생물학적 방제에 주로 이용되는 *Trichoderma* spp.는 각종 식물병에 대한 길항성 효과 뿐 아니라 작물의 엽면적, 뿌리생육량, 식물의 초장 및 엽록소함량의 증대와 같은 식물생육 촉진효과를 보였다(Lo and Lin, 2002).

본 연구에서도 두 종의 *Trichoderma* spp. 미생물비료의 처리에 따른 잔디의 생육과 품질변화에 미치는 영향을 평가하기 위해 잔디 생육 인자 별 상관관계를 조사하였다(Fig 2). 잔디의 질소흡수는 잔디 조직 중 질소함량과 잔디 건물 중에서 정의 상관성($P < 0.01$)을 나타내어 질소흡수의 증가가 잔디 생육 향상에 영향을 미치는 중요한 인자임을 알 수 있었다(Fig 2A, B). 이는 Kussow et al. (2012)의 결과와 일치하는 것으로 잔디의 질소흡수는 잔디생육 및 인, 칼리 및 칼슘의 흡수에도 영향을 미친다. 또한, 잔디 조직 중 질소함량은 잔디밀도와 잔디뿌리길이 및 칼리함량과 정의 상관관계($P < 0.05$)를 나타내어 Kim et al. (2012)의 결과와 일치하는 결과를 보였고(Fig. 2C, D, E), 잔디밀도는 잔디의 엽록소지수와 정의 상관관계($P < 0.05$)를 나타내어 잔디의 시각적 품질 향상과 밀접한 관계를 나타내었다(Fig. 2F). 이러한 결과들을 통해 *T. atroviride*의 처리는 한지형 잔디의 질소흡수를 촉진되게 하여 잔디의 질소함량이 증가되어 잔디밀도, 잔디생육 및 잔디품질이 향상을 돕는 것으로 재확인되었다. 이는 *Trichoderma* spp.가 뿌리 표면에 균체를 형성하는 식물생장을 촉진하는 균으로 식물 물질대사변화에 영향을 주고, 식물성장에 필요한 영양분의 흡수를 촉진하여 식물생육과 병에 대한 저항성을 나타내는 진균이기 때문이다(Harman et al., 2004). 또한 식물생장호르몬인 IAA 나 지베렐린을 생산하고, 식물생육을 향상시키는 아미노산을 생산하기 때문에 판단된다(Hassanein, 2012).

요 약

Trichoderma spp.는 골프장에서 잔디관리를 위해 사용하는 대표적인 미생물이다. 본 연구는 두 종류의 *Trichoderma* spp. 미생물비료의 잔디 생육과 품질에 미치는 효과를 평가하기 위해 수행되었다. 처리구는 비료의 종류에 따라 무처리구(non-fertilizer; NF), 대조구(control fertilizer; CF), *Trichoderma harzianum* 처리구(TH) 및 *T. atroviride* 처리구(TA)로 설정하여 처리한 후 엽색지수와 엽록소지수, 잔디 뿌리길이, 잔디밀도, 잔디 예지물 및 잔디 중 양분함량 등을 측정하여 잔디생육과 품질을 평가하였다. TH와 TA에서 엽록소지수와 잔디뿌리길이가 CF보다 증가하였고, TA는 CF보다 잔디밀도와 질소함량 및 질소 흡수량이 증가하였다. 잔디 생육인자 별 상관관계에서 잔디 중 질소함량은 잔디밀도와 잔디뿌리길이 및 질소 흡수량에서 정의 상관성을 보였으며, 잔디밀도는 엽록소지수와 정의 상관성을 나타냈다. 이러한 결과들을 종합할 때, *Trichoderma harzianum* 및 *T. atroviride*의 미생물비료 처리는 잔디의 질소흡수를 촉진하여 지상부와 지하부의 생육 증가 및 품질을 향상시킬 수 있다는 것을 알 수 있었다.

주요어: 질소흡수, 잔디밀도, *Trichoderma atroviride*, *Trichoderma harzianum*, 잔디생육 및 품질

Acknowledgement

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

References

- Christian, N. 2005. Environmentally sound turfgrass management. Kor. Turfgrass Sci. 19(2):177-183.
- Francesco, V., Sivasithanmparam, K., Ghisalbertic, E.L., Marra, R., Woo, S.L., et al. 2008. *Trichoderma*-lantantogen interactions. Soil Bio. Biochem. 40:1-10.
- Gurrero, C., Vitoriano, J., Neto, L. and Dionisio, L. 2008. Control of fungi diseases on turfgrass using *Trichoderma harzianum*. Wseas Trans. Environ. Devel. 9(4):736-754.
- Hassanein, N.M. 2012. Biopotential of some *Trichoderma* sp. against cotton root rot pathogens and profiles of some of their metabolites. Afr. J. Microbiol. Res. 6(23):4878-4890.
- Harman, G.E., Howell, G.R., Viterbo, A., Chet, I. and Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts, nature review Microbiology 2:43-56.
- Kim, J.W., Kim, C.H., Baeck, J.H., Lee, D.J., Choi, Y.S., et al. 2001. An introduction to soil and fertilizer. Sunjin Press, Goyang, Korea. pp. 240-258. (In Korean)
- Kim, T.S., Ko, M.J., Lee, S.W., Han, J.H., Park, K.S., et al. 2011. Antifungal and proteolytic activity and auxin formation of bacterial strain isolated from highland forest soils of Halla mountain. Kor. J. Pesticide Sci. 15(4):495-501. (In Korean)
- Kim, Y.S., Ham, S.K., Kim, T.S. and Jeong, H.S. 2008a. Effect of liquid fertilizer contained fermentation of *Lactobacillus confusa* and *Pichia anomala* on growth of creeping bentgrass (*A. palustris* Huds. CV. Pennliks). Kor. Turfgrass Sci. 22(1):49-56. (In Korean)
- Kim, Y.S., Ham, S.K., Kim, T.S. and Jeong, H.S. 2008b. 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. 2010. Effect of liquid fertilizer contained medium of *Lactobacillus* sp. and *Saccharomyces* sp. on growth of creeping bentgrass. Kor. Turfgrass Sci. 24(2):138-144. (In Korean)
- Kim, Y.S., Ham, S.K., 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., Kim, T.S., Ham, S.K., Bang, S.W. and Lee, C.E. 2009. The effect of compound fertilizer contained slow release nitrogen on turfgrass growth in creeping bentgrass and on change in soil nitrogen. Kor. Turfgrass Sci. 23(1):111-122. (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 (*Agrotis palustris* Huds) and chemical characteristics of soil. Kor. Turfgrass Sci. 17(4):147-154. (In Korean)
- Ko, K.Y., Kwon, J.W., Gil, G.H., Kim, G.H., Kim, S.H., et al. 2014. Agro-chemical and environment. Gahyun press. pp. 426-460. (In Korean)
- Kussow, W.R., Soldat, D.J., Kreuser, W.C. and Houlihan, S.M. 2012. Evidence, regulation, and consequences of nitrogen-driven nutrient demand by turfgrass. International Scholarly Research Network Agronomy 10:1-9.
- Lim, H.J., Kim, Y.S. and Ham, S.K. 2011. Screening of cellulose decomposing microorganism for functional improvement for SCB (slurry composting and biofiltering) liquid fertilizer. Kor. Turfgrass Sci. 25(1):48-51. (In Korean)
- Lo, C.T. and Lin, C.Y. 2002. Screening strains of *Trichoderma* spp for plant growth enhancement in Taiwan. Plant Pathol. Bull. 11:2015-220.
- Lo, C.T., Nelson, E.B. and Harman, G.E. 1996. Biological control of turfgrass diseases with a rhizosphere competent strain of *Trichoderma harzianum*. Plant Dis. 80(7):736-741.
- Lo, C.T., Nelson, E.B. and Harman, G.E. 1997. Improved biocodntrol efficacy of *Trichoderma harzianum* 1295-22 for foliar phases of turf diseases by use of spray applications. Plant Dis. 81(10):1132-1138.
- McLean, K.L., Swanminathan, J., Frampton, C.M., Hunt, J.S., Ridgwaym, H.J., et al. 2005. Effects of formulation on the rhizospher competence and biocontrol ability of *Trichoderma atroviride* C52. Plnat Pathol. 54:212-218.
- NIAST. 1998. The chemical analysis of soil. NIAST, Suwon, Korea. (In Korean)
- Persoon, C.H. 1794. Dispositio methodica fungorum. Neues Magazin für die Botanik 1:81-128.
- Rahman, A., Begum, M.F., Rahman, M., Bari, M.A., Ilias, G.N.M., et al. 2011. Isolation and identification of *Trichoderma* species from different habitats and their use for bioconversion of solid waste. Turk. J. Biol. 35:183-194.
- Yang, J.E., Chung, J.B., Kim, J.E. and Lee, K.S. 2008. Ag-environmental science. CIR Press. pp. 318-362. (In Korean)
- Yang, N.R., Lee, S.W., Kim, H.T. and Park, K.S. 2013. Growth promotion and induction of systemic resistance against *Phytophthora capsici* on red-pepper plant by treatment of *Trichoderma harzianum* MPA167. Kor. J. Pesticide Sci. 17(4):394-401. (In Korean)
- Yoon, O.S., Kim, S.B., Kim, K.S. and Lee, J.S. 2006. Effects of chitosan on growth response of creeping bentgrass (*Agrotis palustris* H.). Kor. Turfgrass Sci. 20(2):167-174. (In Korean)