

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 found in 1981 and 1987, respectively.

배양미생물과 가축분뇨발효액비의 시비가 골프코스 토양 중 대취분해에 미치는 영향

함선규¹ · 임지연^{1*} · 이영민¹

¹(주)대정골프엔지니어링 부설 대정잔디연구소

The Effect of Thatch Decomposing by Application with Composted Liquid Manure and Microorganism Medium in Golf Course Soil

Suon Kyu Ham¹, Ji Yeon Lim^{1*}, and Yeong Min Lee¹

¹Daejung Turfgrass Research Institute, 2029-1 Unseo-dong, Jung-gu, Incheon, Korea

ABSTRACT. The purpose of this experiment is for investigating how much the amino acid liquid fertilizer and composted liquid manure, culture microorganism effect on the breeding of grasses and knowing the extent of the thatch content through an analysis of the soil. For testing about soil chemical, the quality of grasses, and the extent of the thatch content in the soil, we cultivated 6 kinds of microorganisms having the effect of thatch dissolution and sprayed these 6 microorganisms with composted liquid manure and the amino acid liquid fertilizer on the place Creeping bentgrass have planted. This conduction started from June to October, 2012 and 2013 (The interval: 2 weeks). In the result of the turf growth, there is no big difference between soil chemical and trace element. And we can know Leaf Color Index, Chlorophyll Index and Root Length are almost same as among treatment. In conclusion, the mixing fertilization of culture microorganism and composted liquid manure is better effective than the traditional fertilization. And it can be expected the effect of the quality of grass and Thatch decomposition in soil.

Key words: Creeping bentgrass, Fertilization, Golf courses soil, Microbial decomposition, Thatch

Received on October 21, 2014; Revised on November 04, 2014; Accepted on November 26, 2014

*Corresponding author: Phone) +82-32-741-8516, Fax) +82-32-741-8510; E-mail) jjjwh8511@naver.com

© 2014 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 & #160; (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, & #160; and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 론

골프장의 잔디재배토양은 경운이 불가능하고 많은 사람이나 장비에 의해서 지속적인 답압으로 인해 토양이 굳어지게 된다. 토양 속에는 고사된 잔디뿌리나 예초에 의해 잘려진 잎이 축적되어 있고, 축적된 미분해 유기물은 분해가 느려 토양에 장기간 존재하여 대취(thatch)층을 형성하게 된다. 토양에 축적된 대취는 토양 과습을 유발시켜 잔디 뿌리의 호흡 작용을 어렵게 하며, 과도한 유기물의 축적은 thatch 층을 형성하여 토양의 이화학적성을 악화시키고, 발병의 원인이 된다(Park et al., 1998).

대부분 골프장에서의 대취 관리를 위해 배토(top-dressing),

코어링(coring), 수직깎기(vertical mowing) 및 그루밍(grooming) 등의 기계적인 방법들이 사용되고 있다(McCarty, 2005). 그러나 골프장 관리자들이 집약적으로 유기물 관리를 수행하고 있음에도 불구하고 대취함량이 증가되는 것을 효과적으로 조절하지 못하고 있는데(Huh an Ko, 2008), 그 이유는 축적되는 유기물이 토양 내에 존재하기 때문이라고 여겨진다. 기계적인 관리방법은 잔디표면을 단기적으로 손상시키는 결과를 가져오기 때문에 비파괴적이고 생물학적인 토양 유기물 제거를 위한 연구들이 수행되었지만(Ledeboer and Skogley, 1967; Murdoch and Barr, 1976) 효율적인 결과가 나타나지 않았다.

상토층의 큰 파괴 없이 효과적으로 대취를 제거하는 연구가 진행되고 있으며, 최근 몇 년간 효소, 발효퇴비, 유기

질비료, 배양미생물, 식물 호르몬 같은 생리활성을 가진 물질들이 개발되고 있다. Willis et al. (2006)은 크리핑벤트그래스 그린에서의 생물학적인 대취분해제를 이용하여 2년 동안 시험 결과, 대취층이 감소하였으며, McCarty (2005, 2007)는 크리핑벤트그래스의 그린에서 대취분해제는 대취층 제거에 효과적임을 밝혀졌다.

본 연구는 토양에 축적된 대취의 빠른 분해를 위해 6종의 미생물을 대량 배양하여 가축분뇨발효액비, 조미료부산물인 아미노산액 등 혼합 살포를 통해 대취분해여부를 알아보고자 수행되었다.

재료 및 방법

배양미생물의 분석 및 배양

배양미생물은 연구소에서 2010년 4월부터 2010년 11월까지 8개월 동안 경기도 소재의 골프장에서 잔디 예초물 시료를 채취하여, 예초물 시료 5g을 증류수 45 ml에 30분간 진탕한 후 100 µl를 섬유소 분해배지 Tryptic Soy Agar + 1% carboxymethyl cellulose sodium salt)에 도말한 후 25°C에서 7일간 배양 하였다. 배양 및 형태적 특성에 따라 선 발한 6종의 균주이며, det-3 균주(*Acinetobacter calcoaceticus*)를 제외한 나머지 5종의 균주는 *Bacillus* sp.이다(Table 1). 6종의 균주는 미생물 배양배지(Tryptic Soy Agar + 1% carboxymethylcellulose sodium salt)에 도말한 후 27°C에서 24시간 배양하였다. 계대배양된 plate (6종)는 각각의 TSB (Tryptic Soy broth) 1 L에 일부를 cell culture하여 넣고, 진탕배양기(180 rpm)를 사용하여 35°C에서 24시간 실내대량 배양하였다. 실내에서 배양된 TSB (6종의 미생물) 1 L에 분유 500g, 설탕300g (갈색설탕), NB (Nutrient broth), 수도물 300 L를 혼합하여 액비제조기(MT 350D)를 이용하여 35°C에서 24시간 배양한 미생물(1.2×10^6 cfu ml⁻¹)을 포장에 시비하였다.

가축분뇨와 아미노산액의 특징

배양미생물 살포 시에 희석하는 물 대신에 사용한 가축분뇨액비는 돼지분뇨를 3개월 이상 호기성발효과정을 거쳐 찌꺼기가 제거된 액비이며, 산도 7.5, 전기전도도 6.5 mS cm⁻¹, 총질소 0.07%, 인산 0.01% 및 칼륨 2.2% 등이 함유된 액체비료로, 기타 칼슘, 마그네슘, 나트륨 및 미량원소 등이 미량 함유되었다. 또한 미생물균집조사 결과 곰팡이류 402×10^8 cfu ml⁻¹, 세균류 298×10^8 cfu ml⁻¹ 및 방선균류 98×10^8 cfu ml⁻¹ 등이 함유되어 있었다. 미생물의 토양 중 기능향상을 위해 사용한 아미노산액은 당밀에서 발효과정을 거쳐 글루타민산이 추출된 폐액으로 유기물함량 70%, 산

도(1:10) 4.4, 전기전도도 0.18 mS cm⁻¹, 총질소 4%, 칼륨 1% 정도 수준이나 인산은 거의 없었다.

공시비료 시비

2012년 6월부터 2013년 10월까지 약 1년 5개월 동안 인천광역시 소재의 sky72 골프장의 시험포장에서 수행되었다. 시험포장의 연간 시비량은 질소-인산-칼리가 1년 차에는 21.0-2.3-18.2이고 2년 차는 15.3-0.9-6.6 등의 비율로 각각 월별 분시하였으며, 미량원소는 철, 망간만 미량 시비하였다.

본 연구에 사용한 배양미생물 5종은 잔디예초물퇴비에서 분리하였고, 사전 연구를 통해 대취의 일부 성분인 섬유소 분해정도가 인정되었으며, 가축분뇨액비와의 접종과 대량 배양을 위한 배지선택조건 시험도 실시되었다(Lim et al., 2011). 또한 가축분뇨액비는 지난 2009년부터 3년간 스카이 72, 캐슬파인, 대구, 계룡대 및 88 등의 5개 골프장에서 3년간 살포시험에서 화학비료 시비보다 잔디의 엽색과 뿌리길이 및 대취분해 효과가 있는 것으로 밝혀졌다(RDA, 2011).

2012년 실험에서는 Creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*)로 조성된 하늘코스 2홀 페어웨이에서 수행되었다. 처리는 무처리, 배양미생물처리, 배양미생물과 가축분뇨액비 혼합 처리로 난괴법 3반복의 배치하였다. 배양미생물과 가축분뇨액비 혼합은 부피비 1:6으로 하였으며, 살포량은 80 ml m⁻²로 하였다. 살포시기는 6월부터 10월까지 2주에 1회씩 하였다.

2013년 실험에서는 시비하는 배양미생물의 활성화를 높이기 위해 토양에서의 미생물 먹이역할을 하는 아미노산액을 추가하였다. 아미노산액은 통상 국내 판매중인 미생물제제에 함유되어 있다. 시험장소인 스카이72골프장 하늘코스의 2홀 페어웨이 절반인 12,500 m² 면적에 무처리, 배양미생물처리, 배양미생물과 가축분뇨액비 혼합처리, 배양미생물과 가축분뇨액비 및 아미노산액 혼합처리구로 하였으며, 각 처리구별 면적은 3,125 m² 이고, 운영되는 코스임을 감안하여 완전임의배치법으로 배치하였다. 처리구별 혼합내용을 보면 배양미생물과 가축분뇨액비의 혼합비율은 1:6이고, 아미노산액과 배양미생물 및 가축분뇨액비의 혼합비율은 1:1:5로 하였으며 각 처리구별 혼합액의 살포량은

Table 1. Genetic analysis of microbial fertilize results.

Strain	Scientific Name	Collection No
det-1	<i>Bacillus flexus</i>	KACC 10893
det-2	<i>Bacillus megaterium</i>	KACC 14581
det-3	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	KACC 11541
det-4	<i>Bacillus pumilus</i>	KACC 10917
det-7	<i>Bacillus megaterium</i>	KACC 10482
det-9	<i>Bacillus cereus</i>	KACC 11240

Table 2. Microbial community surveys of composted liquid manure.

Manure	Cell growth (10^8 cfu ml ⁻¹) ^z		
	Fungi	Bacteriomycota	Actinomycete
Composted Liquid Manure	402	298	98

^zGrowth was measured for viable cells by counting forming units (cfu) after dilution plating

80 ml.m²로 하였다. 살포시기는 6월부터 10월까지 2주 간격으로 1회씩 주기적으로 총 10회를 살포하였다.

처리구별 시비는 1톤 자주식액비살포기(SST-2000)를 이용하여 자외선이 약한 17시부터 18시까지 살포하였으며, 공시비료 살포 직후에는 스프링클러를 사용하여 약 15분 간씩 처리구별 살수하여 시비된 혼합액이 토양 속으로 들어가도록 하였다.

토양 화학성 분석, 잔디생육 조사

토양 화학성 분석은 시험 전, 후 총 2회에 pH, 전기전도도(EC), 유기물(O.M), 전질소(T-N), 유효인산(Av-P₂O₅), 양이온치환용량(CEC), 치환성 양이온(K, Ca, Mg, Na), 미량원소(B, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo) 등을 분석하였고, 분석방법은 토양화학분석법(NIAST, 1998)에 준하여 분석하였다.

시비에 따른 잔디생육조사는 이동식장비를 사용하여 엽색지수(TCM 500, SCOUT)와 엽록소지수(CM1000, SCOUT)를 이용하여 2주에 1회씩 조사하였고, 잔디의 뿌리길이와 밀도는 월 1회 조사하였다.

토양 중 대취합량 분석

처리구별 시비 후 월 1회 토양을 채취하여 대취합량을 조사하였다. 대취합량 분석은 직경 1.6 cm의 시료채취기를 사용하여 각 처리별 표토 5 cm 깊이의 토양을 채취하여 살아있는 잔디 뿌리와 런너(runner)를 제거한 후 5 g을 105°C

건조기에서 4시간 건조하여 유리수를 제거하였고, 건조된 각 시료를 도가니에 넣고, 450°C의 전기회화로에서 5시간 태운 후 무게를 정량하여 건조토양 중에 휘산된 유기물함량(무게)을 대취합량으로 간주하였다.

처리구별 통계분석은 $\alpha = 0.05$ 수준에서(Tukey's honestly significant difference analysis)를 이용하여 각 처리 간 유의성 검정을 하였다.

결과 및 고찰

토양 화학성 및 미량원소의 변화

1년 차 시험에서 토양 화학성 분석은 시험전인 5월 10일과 시험 종료일인 10월 11일에 각각 토양을 채취하여 분석한 결과, 10년 이상 관리된 토양이고 매년 거의 동일한 화학비료를 시비하기 때문에 시험 전, 후의 대부분 성분들의 함량은 차이가 크지 않았으며, 유기물함량이 시험 후 토양에서 증가된 반면에 다른 성분들은 유사한 것으로 나타났다. 철과 망간이 시험 후가 시험 전 토양보다 감소하였다. 다만 무처리에 비해 배양미생물과 가축분뇨액비를 혼용한 처리구에서는 토양산도가 약간 증가된 것으로 나타났다(Table 3).

2년차 시험에서 토양분석은 시험전인 5월 29일과 시험 시비중인 8월 26일, 시비종료 후인 11월 1일에 각각 채취하여 분석한 결과, 시험 전, 후의 토양함량을 비교하면 거의 모든 항목에서 차이가 없으며 화학비료에 배양미생물과 가축분뇨액비를 추가적인 시비에도 토양화학성에는 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 따라서 배양미생물, 가축분뇨액비 및 아미노산액의 혼용시비는 토양화학성 변화에는 영향이 거의 없는 것으로 나타났다(Table 3).

잔디생육 조사 결과

잔디생육조사 결과, 1년차 시험에서 엽색지수와 잔디뿌리 길이는 처리구별 거의 동일하나 엽록소지수는 무처리

Table 3. Soil chemical properties for year of 2012 and 2013.

Year	Fert	pH ^x	EC	O.M	T-N	Av-P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Na	CEC
		(1:5)	(dS m ⁻¹)	(%)	(mg kg ⁻¹)	(cmol _c kg ⁻¹)					
2012	CF ^y	6.97	0.029	0.49	0.01	18.7	0.11	1.38	0.33	0.10	2.6
	MC + CLM	7.77	0.026	0.50	0.01	17.6	0.08	1.86	0.39	0.10	3.1
2013	CF	6.27	0.027	0.37	0.02	15.0	0.24	1.44	0.37	0.08	4.7
	MC + CLM	7.00	0.027	0.45	0.01	17.1	0.23	1.56	0.36	0.09	3.4
	MC + CLM + ALF	6.20	0.030	0.30	0.03	18.7	0.20	1.71	0.41	0.08	5.6

^xThe soil properties by application of the test before and after were determined twice.

^yCF = Control Fertilizer; MC + CLM = Microbial Cultures and Composted Liquid Manure; MC + CLM + ALF = Microbial Cultures and Composted Liquid Manure and Amino acid Liquid fertilizer.

Table 4. The Turfgrass growth in creeping bentgrass by different composted liquid manure and microorganism medium in year of 2012.

Year	Fert	Leaf Color Index ^x	Chlorophyll Index	Root Length (cm)	Thatch Content (%)
2012	CF ^y	6.80 a ^z	278 a	12 a	5.09 a
	MC + CLM	6.77 a	290 a	12 a	4.52 b

^xLeaf color index and chlorophyll index was measured every two weeks.

Root length and thatch content was measured every one months.

^yCF = Control Fertilizer; MC + CLM = Microbial Cultures and Composted Liquid Manure; MC + CLM + ALF = Microbial Cultures and Composted Liquid Manure and Amino acid Liquid Fertilizer.

^zMean by Tukey's honestly significant difference 5% level.

에 비해 배양미생물과 가축분뇨액비를 혼용한 처리구에서 더 높게 나타났으며(Table 4), 2년차 시험에서 엽색지수는 무처리보다 처리구가 약간 더 높았으며, 엽록소함량지수도 배양미생물과 가축분뇨액비 및 아미노산액을 혼용한 처리구 2개에서 더 높게 나타났다. 처리구별 시비에 따른 엽색지수와 엽록소지수의 상관관계를 조사한 결과, 엽색지수와 엽록소지수는 시비에 따라 유의성이 없었다(P=0.091)(Table 5). 잔디뿌리길이는 무처리구와 2개 처리구에서 거의 비슷하였으나 잔디밀도는 배양미생물과 가축분뇨액비 혼용처리구가 가장 높았고, 그 다음으로 무처리구, 배양미생물, 가축분뇨액비 및 아미노산액 처리구가 순으로 나타났다. 처리구에서 잔디밀도가 무처리구보다 낮아진 이유는 근처에 5 m 높이의 대형송풍기 2대가 가동되어 공기순환의 영향으로 처리구에 비해 여름철 고온기간 중 하고 현상의 영향을 덜 받은 것으로 사료된다(Table 5).

토양 중 대취함량 조사 결과

재배잔디의 토양에는 농작물과 달리 경운을 할 수 없으며, 골프코스 한지형잔디로 식재된 페어웨이의 토양유기물 함량 기준은 1.5-2.5%(한국잔디연구소 분석기준)이며, 이는 시료조제 시에 1.0 mm 체로 걸러진 토양이지만 본 연

구에서의 조사된 대취함량은 시료를 체로 걸러지지 않은 토양 속의 전체 유기물 함량이다.

토양의 대취함량 조사 결과, 1년 차 시험에서 배양미생물과 가축분뇨액비의 혼용 처리구에서 무처리에 비해 대취함량은 평균 0.57%정도 줄어든 것으로 나타났으며, 이는 배양미생물과 가축분뇨액비의 혼용시비가 무처리에 비해 토양 중 대취분해가 되었음을 의미한다고 본다(Table 4). 2년 차 시험에서 모든 처리구에서 시간이 경과함에 따라 시험 전 토양보다는 대취함량이 감소하는 경향이지만 배양미생물과 가축분뇨액비 및 아미노산액을 혼용한 처리구에서 무처리에 비해 유의적으로 감소함을 나타내었다. 따라서 배양미생물과 가축분뇨액비의 혼용처리는 골프장 페어웨이 토양 중 대취분해에 효과가 있었지만 아미노산액의 첨가에 따른 대취분해 효과는 인정되지 않았다(Table 5).

통상적으로 골프코스에서의 대취제거를 위해서는 스위퍼, 버티칼모잉 및 배토를 하고 있으며, 이러한 갱신작업에도 불구하고 대취가 축적되는 경향이 있으므로 배양미생물이나 가축분뇨발효액비를 사용하는 것도 대취분해에 도움이 될 것으로 사료된다.

요 약

본 연구에서는 골프장 잔디재배 토양에 축적되어 과습을 유발하여 잔디뿌리의 호흡작용을 방해하고 각종 병의 서식처가 되는 토양대취의 분해여부를 조사하기 위해 2012년부터 2년간 토양온도가 높은 기간인 6월부터 10월까지 인천시 중구 소재 스카이72 골프클럽 하늘코스 2홀 페어웨이에서 배양미생물과 가축분뇨액비를 혼용 처리하여 토양화학적, 잔디품질 및 토양 중의 대취분해여부에 대해 조사하였다. 공시 배양미생물은 연구소자체 선별하여 예비실험에서 대취분해 효과가 있었던 6종의 혼합미생물을 1톤 규모로 대량 배양하여 시험에 사용하였으며, 배양미생물에는 가축분뇨액비와 배양미생물의 토양 중 먹이역할을 하는 탄소화합물함유 아미노산액을 혼용하여 처리하였다. 시

Table 5. The Turfgrass growth in creeping bentgrass by different composted liquid manure and microorganism medium in year of 2013.

Year	Fert	Leaf Color Index ^x	Chlorophyll Index	Root Length (cm)	Thatch Content (%)
2013	CF ^y	6.27 a ^z	340 a	15 a	6.57 a
	MC + CLM	6.57 a	358 a	14 a	4.37 b
	MC + CLM + ALF	6.66 a	376 a	14 a	4.88 b

^xLeaf color index and chlorophyll index was measured every two weeks.

Root length and thatch content was measured every one months.

^yCF = Control Fertilizer; MC + CLM = Microbial Cultures and Composted Liquid Manure; MC + CLM + ALF = Microbial Cultures and Composted Liquid Manure and Amino acid Liquid Fertilizer.

^zMean by Tukey's honestly significant difference 5% level.

험결과, 처리구별 토양의 화학성과 미량원소 함유량은 큰 차이는 보이지 않았으나 엽색지수와 엽록소지수 및 잔디 뿌리길이는 거의 동일하게 나타났다. 또한 토양 중 대취함량은 무처리보다 배양미생물과 가축분뇨액비를 혼용한 처리구에서 대취분해정도가 더 높게 나타났다. 따라서 한지형잔디로 식재된 골프코스 페어웨이 관리 시에 잔디품질 유지와 토양 중 대취분해를 위해서는 배양미생물과 가축분뇨액비의 혼합한 시비가 관행적인 화학비료시비보다 더 유리하다고 사료된다.

주요어: 골프코스토양, 대취, 미생물분해, 크리핑벤트그래스, 시비

Acknowledgements

This study was carried out with the support of research project in Rural Development Administration (PJ008456), Republic of Korea.

References

- Gibeault, V.A., Baldwin, R., Bivins, J. and Hanson, D. 1976. Evaluation of biological dethatching materials. *California Turfgrass Culture*. 26(4):29-30.
- Huh, K. and Ko, Y. 2008. Organic matter dynamics on golf course greens. *J. Kor. Ins. landsc. Arch.* 36(3):21-28. (In Korean)
- Ledeboer, F.B. and Skogley, C.R. 1967. Investigations into the nature of thatch and methods for its decomposition. *Agron. J.* 59:320-323.
- Lim, H.J., Kim, Y.S. and Ham, S.K. 2011. Screening of cellulose decomposing microorganisms for functional improvement for SCB liquid fertilizer. *Asian J. Turfgrass Sci.* 25(1):48-51. (In Korean)
- McCarty, L.B., Gregg, M.F., Toler, J.E., Camberato, J.J. and Hill, H.S. 2005. Minimizing thatch and mat development in a newly seeded creeping bentgrass golf green. *Crop Sci.* 45:1529-1535.
- McCarty, L.B., Gregg, M.F. and Toler, J.E. 2007. Thatch and mat management in an established creeping bentgrass golf green. *Agron. J.* 99:1530-1537.
- Murdoch, C.L. and Barr, J.P. 1976. Ineffectiveness of commercial microorganism inoculum in breaking down thatch in common bermudagrass in Hawaii. *HortScience* 11:488-489.
- NIAST. 1988. The analysis of soil and plant. NIAST. Suwon, Korea. (In Korean)
- Park, J.H., Kang, S.Y. and Kim, H.K. 1998. Physiology of *Rhizoctonia solani* AG2-2(IV), *Trichoderma harzianum*, and *Chaetomium cochliodes*, and their utilization of thatch related carbohydrate in *Zoysia japonica*. *Weed Turf. Sci.* 12(4):211-220. (In Korean)
- RDA (Rural Development Administration), Suwon, Korea. 2011. Effects of SCB liquid fertilizer on the turf growth and environment in golf course turf ground. PJ0066352011. (In Korean)
- Willis, G., McCarty, B., Estes, A. and Liu, H. 2006. Chemical thatch control in a creeping bentgrass putting green. *Golf Course Mgmt.* 74(10):96-98.
- Youn, Y.B. and Lee, J.S. 1990. The differences of thatch accumulation by turfgrass species. *Kor. Turfgrass Sci.* 4(2):119-123. (In Korean)