

REVIEW ARTICLE

지속가능한 골프코스를 위한 친환경 잔디 관리 및 자원의 재활용 전략

김영선¹ · 이규승² · 이금주^{1*}

¹충남대학교 원예학과 · ²충남대학교 생물환경화학과

Strategies of Eco-friendly Turfgrass Management And Resource Recycling for A Sustainable Golf Course

Young-Sun Kim¹, Kyu-Seung Lee², Geung-Joo Lee^{1*}

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

²Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

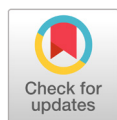
Abstract

As golf was popularized in Korea and its industry developed, superintendents had been taken an interest in managing eco-friendlily turfgrass in golf course and in recycling organic resources such as by-products or wastes that gotten to manage golf course. This study was conducted to review ecofriendly turfgrass management such as integrated nutrient management (INM), integrated pesticide management (IPM), and recycling resources for sustainable golf course. INM in turfgrass management could accomplish by applying slow release fertilizer, functional fertilizer and microbial fertilizer. Application of slow release fertilizer increased fertilizer efficiency and decreased N leaching, and of functional fertilizer or microbial was improved turfgrass growth and quality by prompting root growth and N uptake. Biocides like natural antifungal materials extracting from plant and antagonistic microorganism could apply to control insects or diseases and decrease to use insecticides or fungicides. Recycling resources as liquid fertilizer fermenting livestock manure, soldier fly coasts, turfgrass compost etc. could use to eco-friendly manage turfgrass.

Keywords: Biocides, Eco-friendly turfgrass management, Functional fertilizer, Microbial fertilizer, Slow release fertilizer

서론

잔디는 공원, 도로사면, 묘지 및 스포츠 시설 등에 식재되는 대표적인 지피식물이다(Bae et al., 2013). 이중에서 스포츠 시설에서는 잔디 식재 후에도 잔디의 품질을 유지하기 위해 지속적인 잔디 관리가 이뤄지고 있다(Yoo et al., 2009). 스포츠 시설 중 가장 넓은 면적을 차지하는 곳은 골프장으로 한국골프장경영협회에 따르면 2016년 현재 운영중인 골프장은 483개로 조사되었고, 총 면적은 약



OPEN ACCESS

*Corresponding Author:
Phone. +82-42-821-5734
Fax. +82-42-821-8888
E-mail. gjlee@cnu.ac.kr

Received: June 12, 2019

Revised: June 25, 2019

Accepted: June 25, 2019

© 2019 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.

39,000 ha로 추정되어 2013년 조사된 잔디 재배 농가 면적의 약 12.7배에 해당하는 면적이다(Bae et al., 2013 ; Yoo et al., 2009). 비록 골프장이 잔디가 식재된 모든 지역의 특성이나 관리 형태를 나타내지는 않으나(Bae et al., 2013) 골프코스에서 잔디 생육 개선 및 품질 향상을 위해 지속적인 잔디 관리가 이뤄지고 있다는 점을 고려한다면 골프장의 잔디 관리 기술은 잔디 재배의 관리 기준이 된다고 할 수 있다(Ahn et al., 1992).

잔디는 식물이기 때문에 관리 과정에서 잔디 생육을 촉진하고, 잔디 병해충을 방지하여 잔디 품질을 유지하기 위해 비료나 작물보호제와 같은 농업용 자재의 사용이 필요하다(Yoo et al., 2009). 골프장에서 고품질의 잔디를 유지하기 위해서는 토양 관리(Kweon et al., 2005), 시비 관리(Kim et al., 2009b, c), 병해충 관리(Kim et al., 2018a; Yang et al., 2009), 잡초 관리(Park et al., 2006) 및 수분 관리(Lee, 2012) 등이 이뤄지고 있다. 그러나 이러한 잔디 관리 과정에서 비료 및 농약의 사용이 증가하게 되고, 이는 잔디 관리 비용의 증가뿐 아니라 환경오염 문제의 원인이 되었다(Yoo et al., 2009). 잔디 재배 과정에서 농자재의 사용은 잔디의 생육을 개선하고, 촉진하기도 하지만 과도한 농자재의 사용은 잔디 밭에서 유거와 용탈 등에 의해 주변 하천이나 연못물 오염의 원인이 되기도 하기 때문이다(Kim et al., 2009b, c; Kim et al., 2012a; Lee et al., 2006). 이러한 골프장의 환경오염 문제를 하기 위하여 잔디 품질을 유지하면서 비료와 농약의 사용을 줄이는 친환경적인 잔디 관리에 대한 관심이 증가하게 되었다(Christians, 2005). 본 보고에서는 골프장의 친환경적인 잔디 관리를 위한 비료와 농약의 사용에 대한 국내 연구 사례를 정리해 보고자 한다.

친환경 잔디 관리의 개념

지난 20여년간 농업분야에서 최대 이슈 중 하나는 친환경농업이었다. 친환경농업육성법에 따르면 합성농약, 화학비료 및 항생·항균제 등 화학자재를 사용하지 아니하거나 사용을 최소화하고 농업·수산업·축산업·임업 부산물의 재활용 등을 통하여 농업생태계와 환경을 유지·보전하면서 안전한 농·축·임산물을 생산하는 농업을 친환경농업이라고 규정하고 있다. 친환경농업은 화학비료와 유기합성농약의 과용을 줄여 작물을 재배하고 생산하는 농업으로 저투입 농업, 무농약 농업 및 유기 농업 등으로 분류되었으나 최근에는 제도를 보완하여 무농약 농업과 유기 농업을 친환경농업의 개념으로, 저투입 농업은 농산물우수관리제도(good agricultural practices; GAP)의 개념으로 전환되었다. 농업에서 시작된 “친환경”의 개념은 이제 산업의 각 분야에서 받아들여지고 있으며(Yoo, 2014), 골프장에서도 친환경적인 잔디 관리에 대한 관심과 요구가 높아지고 있다(Christians, 2005).

친환경적인 골프장 관리의 의미는 산림, 수림 등의 천연자원을 최대한 보존하고, 물, 공기, 토양의 오염을 최소화하며, 투입자재인 농약과 비료를 적게 사용하여 지속적인 잔디 품질을 유지하고 생태계를 보존함과 동시에 골프 플레이어의 안전성을 충족시키는 관리 형태를 말한다(KISS, 2005). 광의적인 의미에서 친환경 골프장은 조성부터 조성 후 골프장 관리까지 모든 과정에서 친환경적이어야 하고, 발생하는 폐기물의 재활용 뿐 아니라 지역사회와 환경에 대한 책임까지도 포함하고 있다(Ko et al., 2014). 그러나 골프장의 조성 이후, 골프코스 관리 시 화학비료와 유기합성농약의 사용없이는 골프코스의 잔디 관리가 사실상 어렵기 때문에 화학비료와 유기합성농약의 사용량을 최소화하여 오염원을 줄이는 노력도 골프장의 친환경적 접근 방법이라 할 수 있다(KISS, 2005).

친환경적인 시비 관리

비료는 잔디가 생육하는데 필요한 양분을 공급하고, 품질을 유지하기 위해 사용하며, 특히 질소는 잔디의 생육과 밀접한 관계가 있는 원소로서 인산, 칼륨 및 칼슘 등과 같은 주요 양분의 흡수를 촉진하는 것으로 잘 알려져 있다(Kussow et al., 2012). 잔디 관리 시 질소가 부족하면 잔디 생육이 불량해질 뿐 아니라 각종 병해에 대한 저항성이 감소하여 잔디 병이 발병하기 쉽다(Christians, 2005). 반면에 과량으로 공급될 경우에도 잔디의 과생장으로 토양 중 유기물과 대취 함량이 증가하여 토양 물리성 악화로 잔디 생육 불량에 원인이 된다(Christians, 2005; Yoon and Lee, 1990). 따라서 친환경적인 시비 관리를 위

해서는 잔디 생육에 필요한 양분을 토양 조건이나 생육 조건을 고려하여 시비하고, 시비한 비료 성분의 손실량(용탈, 유실 및 탈질)을 최소화하도록 식물이 최대한 흡수하고 이용하여 양분 효율을 높이는 것이다(Guillard and Kopp, 2004; Kang et al., 2002).

완효성 비료의 효과와 용탈저감

비료는 토양 중에서 방출되는 속도에 따라 속효성 비료(straight fertilizer; SF)와 완효성 비료(slow release fertilizer; SRF) 구분 되고, 주로 잔디의 생육에 필요한 양분을 공급하기 위해 사용된다(Ko et al., 2014).

Lee et al. (2004)은 methylene urea (MU)의 처리 시 크리핑 벤투그래스의 밀도, 뿌리 길이, 잔디 예지물 및 잔디 생육을 증가 시키며, 미생물 비료와 비교하였을 때, 미생물 비료보다 잔디 활착이나 생육을 개선시킨다고 보고하였다.

Chen et al. (2007)은 완효성 비료를 처리한 켄터키블루그래스에서 잔디의 엽색이 증가하고, 피복율이 증가한다고 보고하였다. 또한 완효성 비료 처리 시 용탈량이 감소하여 잔디의 양분 이용율이 증가하고, 환경 중에 유출양이 감소한다고 보고 하였다. 이는 완효성 비료가 토양 중에서 서서히 분해되면서 가용성 질소를 방출하기 때문에 토양 중 용탈이 감소하기 때문이다(Guillard and Kopp, 2004).

Kim et al. (2009a, b)는 한지형 잔디에 완효성 비료를 처리한 후 잔디 품질과 토양 중 질소의 변화를 조사하였다. 완효성 비료의 처리 시 토양 내 가용성 질소 함량(암모니아태 질소, 질산태 질소)이 증가하고, 토양 중 지속 기간이 속효성 비료보다 증가하여 비효 기간이 향상되어 잔디의 생육과 품질을 향상시킨다고 보고하였다. 다만 완효성 비료의 완효성 질소 성분의 종류에 따른 차이는 나타나지 않았다. 하지만 완효성 질소의 종류에 따라 토양 중 분해되는 특성은 다르며, 토양 비옥도에도 차이를 나타낸다(Lee et al., 2001).

Kim et al. (2019)은 서로 다른 완효성 질소 비료를 조합하여 서로 다른 완효성 질소 비료를 혼합하여 잔디에 처리할 경우 질소 흡수를 촉진하여 잔디 중 엽록소 함량이 증가한다고 보고하였다. 이 같은 내용을 종합할 때, 잔디 관리에서 완효성 비료의 이용은 토양 중에서 분해되면서 잔디 생육에 필요한 양분을 서서히 공급함으로써 비효 기간이 증가하고, 질소 흡수를 촉진하여 잔디 생육과 품질을 개선함은 물론 용탈율을 줄이는 것으로 판단된다(Table 1).

기능성 비료의 잔디 생육 효과

기능성 비료는 잔디의 생육 과정에 필요한 양분을 공급하기도 하지만 잔디의 생육을 촉진하거나 품질을 개선하기 위해 사용하는 비료로 완효성 비료와 같이 양분을 공급하는 비료와는 다소 차이를 나타내었다(Kim et al., 2012b; Kim et al., 2016). 기능성 비료는 아미노산 비료, 키토산 비료, 부식산 비료, 사포닌 비료 및 히토티류 비료 등에 대한 연구가 진행되었다(Kim et

Table 1. Effects of slow release fertilizers (SRF) on growth of turfgrass.

Turfgrass species	SRF materials ^a	Properties of turfgrass growth after SRF application	References
Creeping bentgrass	IBDU, OF	Improve turfgrass growth and quality, and increasing available N content in the root zone.	Ham et al., 1997
	MU	Improvement of turfgrass density, clipping yield and root growth	Lee et al., 2004
	MU, IBDU	Improve fertilizer efficiency by increasing available N content in the root zone.	Kim et al., 2009c
Kentucky bluegrass	IBDU+CDU+MU	Prompting N suffer and increasing chlorophyll content	Kim et al., 2019
	Slow release urea MU, IBDU	Enhancement of turfgrass quality Decreasing leaching N. Improvement of fertilizer efficiency by increasing available N content in the root zone., and of turfgrass density.	Chen et al., 2007 Kim et al., 2009b
Zoysiagrass	OF	Increasing clipping yield (about 40%) Improving turfgrass growth after application of mixing organic fertilizer and straight fertilizer.	Ham et al., 1993

^aIBDU: isobutylidene diurea, MU: methylene urea, CDU: cortonylidene diurea, and OF: organic fertilizer.

al., 2011d; Kim et al., 2012b; Kim et al., 2017; Yoon et al., 2006).

아미노산은 질소 동화 과정에서 단백질 합성의 중간 대사물질로서 비료에 대한 연구보다 식물 생리학적 연구가 오랫동안 진행되었다(Liu et al., 2005). 아미노산이 비료의 원료로 이용하기 시작한 것은 단백질의 발효 기술이 발달하면서 발생하는 부산물을 비료로 이용하면서부터이다(Han et al., 2011). 작물에서 아미노산은 무기태 질소로 변환된 후 식물의 뿌리를 통해 흡수되는 것이 정설로 알려져 있으나 Persson and Näsholm (2002)은 ^{13}C 와 ^{15}N 과 같은 동위원소가 결합된 아미노산을 이용하여 아미노산이 분해 과정을 거치지 않고 직접 흡수된다고 보고하였다. 특히 글루탐산과 아스파라긴은 식물체의 nitrate 흡수를 촉진하고, 아미노산 동화 효소의 작용을 활성화하는 것으로 알려져 있다(Padgett and Leonard, 1996). 잔디에 아미노산 비료를 처리 시 뿌리 생육 향상으로 잔디의 양분 흡수를 촉진하여 엽색, 밀도, 및 잔디 생육을 증가시킨다(Jo et al., 2016; Kim et al., 2003; Kim et al., 2012b). 아미노산 비료와 다른 기능성 성분이 혼합되는 경우 잔디 생육과 품질을 개선하기도 하는데, 올리고키토산이 혼합된 아미노산 비료의 경우 잔디 엽색이 개선되어 봄철 그린업을 향상시키고(Chang et al., 2010), 사포닌과 혼합된 아미노산 비료는 질소 흡수를 촉진하여 잔디 생육을 촉진한다(Kim et al., 2014b).

키토산은 곤충류 및 갑각류의 표피를 구성하는 물질로서 식물에 처리 시 생육을 촉진하였다(Hallmann et al., 2001). 처음에는 작물의 생육 촉진 효과가 키토산의 분해 과정에서 생성되는 각종 유기산에 의해 생육이 개선되는 것으로 생각되었으나 키토산을 영양원으로 취하는 미생물이 키토산을 분해하면서 식물 생육을 촉진하는 식물 성장 호르몬을 생성하고, 항균물질을 생성하여 식물병원균의 감염을 억제하기 때문이라는 것이 밝혀졌다(Raafat and Sahl, 2009). 비록 키토산이 비료 성분에 의한 식물 생육 촉진 효과가 미미할지라도 키토산은 미생물의 활성을 통해 작물 생육을 개선하는 기능성 물질이다(Raafat and Sahl, 2009). 키토산이 함유된 기능성 비료를 한지형 잔디에 처리하는 경우 잔디의 지하부 생육이 향상되어 잔디의 엽수, 엽록소 및 잔디 예지물을 증가시킨다(Yoon et al., 2006; Yoon and Kim, 2007).

부식산은 유기물의 분해 과정에서 생성된 부속 물질로 휴믹산, 풀빅산 및 휴민 등으로 나뉘게 된다(Stevenson, 1994). 이 중에서 알칼리 용액에서 추출되는 휴믹산은 중성이나 약알칼리성 용액에서 수용액 상태로 존재하여 비료의 원료로 사용된다(Kim et al., 2018a). 휴믹산은 식물의 뿌리 발달을 촉진하여 양분이나 수분의 흡수를 촉진하고, 미생물의 활성을 촉진시킨다(Hwang, 1999; Zhang and Ervin, 2004). 잔디에 부식산 비료를 처리하는 경우 잔디의 뿌리 생육을 촉진하고, 엽록소 함량이 증가하여 광합성 효율이 개선됨으로써 잔디 생육과 품질이 향상된다(Kim et al., 2018a). 또한 부식산과 함께 효모균(*Saccharomyces cerevisiae*)이나 해조추출물을 혼합하여 잔디에 처리하는 경우 잔디의 양분 흡수 및 생육이 증가되었다(Jeon et al., 2018; Lee et al., 2018).

이외에도 사포닌 비료나 희토류 비료의 처리는 잔디의 밀도가 증가하기는 하였으나 잔디의 생육이나 품질에 미치는 효과는 적었다(Kim et al., 2011d; Kim et al., 2012b). 그러나 사포닌 비료의 경우 아미노산 비료와 혼용하는 경우 잔디의 생육과 품질이 개선되는 것으로 나타나 아미노산 비료와 혼용 시 상승 효과가 나타나는 것으로 판단된다(Kim et al., 2014b).

기능성 비료는 대체적으로 잔디의 뿌리 생육을 촉진하여 잔디 생육에 필요한 양분과 수분의 흡수를 활발하게 함으로써 잔디의 엽록소 함량이 증가하여 잔디의 엽색, 품질 및 생육이 증가시킨다(Table 2). 기능성 비료는 생육용 비료와 같이 잔디 생육에 필요한 양분을 직접적으로 공급하는 것이 아니라 토양 중에 시비된 양분의 흡수를 촉진하여 잔디 생육을 향상시키므로 단독시비에 의한 비료효과는 미미하다(Jo et al., 2016; Kim et al., 2012b). 따라서 기능성 비료의 처리 후 잔디의 생육과 품질을 개선하기 위해서는 생육용 비료와 혼용 처리 시 시비 효과가 생육을 개선하게 된다(Jo et al., 2016).

미생물 비료의 잔디 생육 효과

토양 근권에 서식하는 미생물은 유기물을 분해하여 식물 생육에 필요한 양분을 공급하고, 대사과정에서 옥신(indole-3-acetic acid; IAA)과 같은 식물생장촉진 호르몬을 생성하기도 한다(Prusty et al., 2005). 이렇게 식물의 근권에서 식물의 생육을 촉진하는 세균을 식물생육촉진 근권세균(plant growth promoting rhizobacteria; PGPR)이라고 하며, 이들은 유기물 분해 능력이나 IAA 생성능 및 인산 가용화능 등을 조사하여 선발된 미생물을 제형화하여 미생물 비료로 이용하게 된다(Jeong

et al., 2017; Joa et al., 2007). Hussein et al. (2014)은 인산을 가용화하거나 IAA를 생산하는 *Rhodobacter capsulatus*와 *Azotobacter chroococcu*를 *Brassica rapa*에 처리하였을 때, 발근과 생육을 촉진한다고 보고하였다. Kim (2018a)은 *Saccharomyces cerevisiae*의 IAA 생성능력이 우수하여 양분 흡수를 촉진하여 잔디의 생육과 품질을 개선시킨다고 보고하였다. Suh et al. (2010)은 amylase, protease 및 lipase 활성을 나타내는 *Bacillus* sp.는 토양 유기물을 분해하여 작물의 생육을 증대시킨다고 보고하였고, Lim et al. (2014)은 가축분뇨 발효액비와 미생물 처리 시 크리핑 벤프그래스 포장에 축적된 대취 분해 효과를 나타낸다고 보고하였다. 이러한 PGPR의 처리는 토양 중 유기물을 분해하여 토양 환경 개선 및 식물의 뿌리 생육을 개선하고, 비료 이용율을 높여 잔디의 생육과 품질을 향상시키는 것으로 판단된다(Jung et al., 2011; Suh et al., 2010). 국내 잔디 연구에서 생육촉진을 위해 연구된 미생물은 *Bacillus* spp., *Paenibacillus* sp., *Lactobacillus* spp., *Saccharomyces* spp., *Trichoderma* spp. 등이었으며, 각 미생물의 종류와 제형의 조건 및 시비 방법에 따라 다소 차이를 나타내었으나 대체적으로 잔디의 뿌리 생육을 촉진하여 양분의 흡수를 촉진시킴으로써 잔디의 엽록소 함량, 예지물량, 잔디 밀도 등과 같은 잔디 생육과 품질이 향상되는 것으로 판단된다(Table 3). 그러나 PGPR의 처리 후 잔디나 식물에 대한 생육 효과를 나타내기 위해서는 미생물이 환경에 정착하기 위한 환경조건과 시간이 필요한 것은 단점으로 지적되고 있다(Kim, 2018b).

Table 2. The growth effect of turfgrass after application functional fertilizer (FF).

FF materials ^z	Adding another materials	Properties of turfgrass growth after FF application	References
Amino acid	-	Increasing chlorophyll content, clipping yield, shoot density, root length, N uptake	Kim et al., 2003; Kim et al., 2012b; Jo et al., 2016
	+ Oligochitosan	Improving green up by increasing turf color index in spring	Chang et al., 2010
	+ Saponin	Increase N uptake and clipping yield	Kim et al., 2014b
Chitosan	-	Increase of chlorophyll content, clipping yield and root growth in creeping bentgrass, and of leaf number, root length and clipping yield.	Yoon et al., 2006; Yoon and Kim, 2007
Humic acid	-	Improvement of chlorophyll content, clipping yield, turfgrass growth and quality, and N uptake.	Kim et al., 2017; Kim et al., 2018a
	+ <i>Saccharomyces</i> sp.	Increase of P uptake and clipping yield.	Lee et al., 2018
	+ Sea weed extracts	Increasing clipping yield and N uptake	Jeon et al., 2018
Saponin	-	Improving turfgrass density and root length	Kim et al., 2012b
Rare earth	-	Increasing turfgrass density.	Kim et al., 2011d

^zFF: functional fertilizer.

Table 3. The growth effect of turfgrass after applying microbial fertilizer (MF).

Microbial species of MF ^z	Properties of turfgrass growth after FF application	References
<i>Bacillus</i> spp. <i>Paenibacillus</i> spp.	Increasing chlorophyll content, root length, clipping yield, shoot and root growth	Lee et al., 2004
<i>Lactobacillus confusa</i> <i>Pichia anomala</i>	Prompting clipping yield, N uptake, growth of shoot and root, and turfgrass quality	Kim et al., 2008a, b
<i>Lactobacillus</i> sp. <i>Saccharomyces</i> sp.	Improving root growth and N uptake	Kim et al., 2010b
<i>Trichoderma atroviride</i> <i>T. harzianum</i>	Enhancement of chlorophyll, root growth, shoot density, and N uptake	Lee et al., 2015
<i>B. subtilis</i>	Increasing clipping yield and shoot density	Kim et al., 2016
<i>L. fermentum</i>	Improvement of shoot density	Jo et al., 2017

^zMF: microbial fertilizer.

친환경적인 병해충 관리

잔디의 재배 관리 과정에서 병해충의 발생은 잔디의 생육과 품질을 감소시키며, 이러한 피해를 줄이기 위해서는 발생 후에 치료하는 것보다 발생 전에 예찰과 예방시약을 통해 예방하는 방법이 가장 효과적이다(Ahn et al., 1992; Kato, 2005). 골프장의 병해충 관리를 위하여 대부분 살균제와 살충제를 사용하고 있다. 작물보호제는 독성을 나타내는 물질로서 환경이나 인체에 노출되는 경우 위해성을 나타낼 수 있으므로 안전한 농약 관리를 위해 등록된 품목의 작물보호제를 사용하고, 잔류허용기준에 준하여 약제를 살포하는 것이 필요하다(Lee, 2010; Lee et al., 1996; Park et al., 2010). 한국작물보호협회의 보고에 따르면 2019년 현재 잔디관리를 위해 등록된 작물보호제는 총 439품목이고, 이 중에서 살균제가 300품목, 살충제가 44품목으로 각각 68%와 10%씩 나타내고 있다. 일부 작물보호제 중에서 생물농약이 등록되어 있으나 잔디의 병해충 관리를 위해 등록된 품목은 없으며, 유기농업자재에도 병해충 관리용 자재가 등록되어 있으나 잔디용 관리자재는 없었다.

친환경적인 해충 관리

국내 골프코스 잔디에서 발생하는 해충 피해는 주로 딱정벌레목이나 나비목의 유충이 뿌리나 경엽을 가식하여 발생하는 피해가 많고, 경우에 따라 흡즙에 의해 피해도 발생할 수 있으므로 해충과 기주 식물의 특성을 이해하고(Lee et al., 1998; Shim and Kim, 1994), 골프장에 발생하는 곤충상을 조사하여 해충 별 생육 특성을 조사하는 것은 해충의 발생을 예측하고, 방제시기를 결정하는데 중요하다(Choo et al., 1999; Kim et al., 2011a, b; Lee et al., 1999; Yang, 2005). 또한 해충에 대한 예찰을 통해 해충 발생에 따른 피해를 최소화하기 위해서는 지속적으로 성충의 밀도를 줄여가는 것이 필요하다. 특히 국내의 골프장은 산악지형에 건설된 경우가 많아 산림지역에 쉽게 노출되어 해충의 피해가 많이 발생할 수 있다(Joo, 2005; Yang, 2005). 따라서 해충 발생이 많은 지역에 페르몬트랩 등과 같은 유인제를 이용하여 성충의 밀도를 줄임으로써 해충에 의한 잔디 피해를 감소시킬 수 있다(Kim et al., 2009a). 친환경농업에서 해충 방제에 이용하고 있는 *B. thuringiensis*를 이용함으로써 해충방제에서 살충제의 사용을 줄일 수 있다.(Kim et al., 2013). 이외에도 *Beauveria bassiana*나 *Metarhizium anisopliae* 등과 같이 해충방제 효과가 있는 미생물을 이용하거나(Lee et al., 1997a, b) 식물추출물(matrine, azadirachtin 등)을 이용함으로써 친환경적으로 해충을 방제할 수 있을 것으로 기대되었다(Cho et al., 2009; Kim et al., 2013). 국내 골프장에서 해충 방제에 관한 연구는 미미한 상황이므로 친환경적인 해충 관리를 위한 연구가 필요한 것으로 판단된다.

친환경적인 병해 관리

현재 골프장에서 주로 발생하는 병은 갈색퍼짐병(라지패취), 갈색마름병(브라운패취), 황색마름병(엘로우패취) 및 피티옴병 등이 있고, 잎에 발생하는 동전마름병과 탄저병 등이 있다(Ahn et al., 1992). 잔디의 병을 방제하기 위해서 각 병원균의 분리·동정하여 형태적, 생리적 및 생물학적 특성을 조사하고(Kim et al., 1992; Park et al., 2005; Shim et al., 2000), 살균제의 약효를 검정하여 사용함으로써 살균제의 과용과 연용을 막아 병원균의 저항성을 감소시킬 수 있었다(Kim et al., 2010a). 하지만 잔디 관리를 위해 등록된 약제들은 동일한 계통의 농약들로 비슷한 작용기작을 갖고 있고, 동일한 계통의 농약들이 다양한 잔디 병해 방제를 위해 반복적으로 사용되면서 저항성을 발현하게 되고, 그 결과 살균제 사용 및 잔디 관리 비용이 증가하게 된다(Kim et al., 2010a; Yoo et al., 2009). 예를 들어 동전마름병의 경우 5월경 발병하게 되는 데 이전에 발병한 병해 예방 및 방제를 위해 triazole계 농약을 반복적으로 사용하는 경우 동전마름병원균은 발병하기 전에 이미 약제저항성을 나타낸다(Chang et al., 2013; Kim et al., 2010a). 잔디 병해 방제에서 잔디의 약제저항성을 감소시키기 위해서는 작용기작이 다른 살균제를 교호살포 실시해야 하지만(Chang et al., 2013), 종합적인 병해 관리(IPM)를 통해 농약의 사용을 줄이는 것이 근본적인 해결방안이다(Kato, 2005). Kato (2005)는 친환경적인 잔디 병해 관리를 위해 살균제를 이용한 화학적 방제에 의지하기보다는 잔디 병에 대한 저항성이 있는 품종을 선택하고, 잔디의 경종적 관리 및 길항성 미생물이나 천연 추출물과 같은 생물농약들을 이용하는 종합적인 잔디 병해 관리(IPM)가 필요하다고 보고하였다.

잔디 병원균의 생물학적 방제를 위해 조사된 길항성 미생물들은 *Alcaligenes* sp., *Bacillus* spp., *Burkholderia* sp., *Streptomyces*

spp., *Pseudomonas* spp., *T. harzianum*. 등이다(Table 4). 미생물이 식물병원균에 대해 길항성을 나타내는 작용기작으로는 용균화 작용, 항균물질 생성 및 기생 등이다. Kim et al. (2015)은 토양으로부터 분리한 *Bacillus* spp.는 cellulase와 siderophore에 대한 활성을 나타내어 갈색퍼짐병원균인 *R. solani* AG 2-2 (IV)에 대해 길항성을 나타낸다고 보고하였다. 이외에도 *Bacillus* spp.는 bacillomycin D, fengycin, iturin과 surfactin 등과 같은 항균물질을 생성하여 병원균에 대해 길항성을 나타내는 것으로 알려져 있다(Borriss, 2011; Borriss et al., 2011; Lee et al., 2012a). Lin et al. (2012)은 *Trichoderma* sp.이 식물병원균에 기생하면서 pachybasin과 emodin의 작용으로 식물체 내 방어기작을 나타낸다고 보고하였다. 최근에는 길항균의 방제 효과를 높이기 위해 살균제와 혼용하여 살포하거나 교호살포하는 연구가 진행되고 있으며, 미생물과 살균제를 혼용하여 살포하는 경우 살균제 사용을 약 50% 정도 절감할 수 있었다(Hong et al., 2014; Kim, 2009; Kim, 2018a).

잔디 병원균에 대해 길항성을 나타내는 미생물 처리 시 방제 효과를 높이고 유지하기 위해서는 미생물에 대한 최적의 배양 조건과 제형 조건을 갖추어야 한다(Kim et al., 2015; McLean et al., 2005). 또 다른 연구로 미생물이나 식물이 생성하는 항진균물질을 추출하여 잔디 병해 방제에 이용하고자 하는 연구가 진행되었다(Kim, 2018a; Min et al., 1997). Kang et al. (2013)과 Kwon et al. (2010)은 약용식물에서 분리한 식물추출물이 갈색잎마름병, 동전마름병, 피시움마름병, 탄저병, 누른잎마름병 및 갈색퍼짐병 등에 항진균 활성을 나타낸다고 보고하였다. 그러나 식물추출물을 직접적으로 잔디 병해 방지에 활용하기 위해서는 항진균 활성을 나타내는 추출물의 구조와 특성에 대한 조사와 작용기작 및 독성에 대한 연구가 선행되어야 할 것으로 판단된다.

자원의 재순환

골프장은 재활용 자원의 공급처로서의 기능과 수요처로서의 기능을 모두 갖고 있다. 골프장의 관리 과정에서 생산되는 잔디 예지물은 퇴비 원료로 이용함으로써 재활용 자원의 공급처 기능을 담당하지만 반대로 가축분뇨의 발효 과정에서 생산된 액비를 잔디 재배에 이용하는 재활용 자원의 수요처 기능을 동시에 갖고 있으며, 골프장에서 생산된 부산물을 자체적으로 발효하여 퇴비로 이용하기도 한다(Ha et al., 2005; Ham et al., 2009; Lee et al., 2012b).

골프장에서 발생하는 잔디 예지물은 잔디의 초종에 따라 성분 함량 및 탄질비(C/N ratio)의 차이 때문에 퇴비화가 다르게 나타난다(Ha et al., 2005). 잔디는 초종에 따라 이화학적 특성이 다르게 나타나 한국잔디는 유기물 함량이 높아 탄질율이 높

Table 4. Study for bio-control of turfgrass diseases with microorganisms.

Microbes	Antagonistic against turfgrass diseases	References
<i>Alcaligenes</i> sp.	Brown patch	Ryu et al., 2014
<i>Bacillus</i> spp.	Dollar spot, large patch, Pythium blight	Lim et al., 2011
<i>B. amyloliquefaciens</i>	Brown patch, dollar spot, large patch	Jeong et al., 2017
	Large patch	Ma et al., 2013
<i>B. licheniformis</i>	Large patch	Ryu et al., 2014
<i>B. subtilis</i>	Brown patch	Joeng et al., 2017
	Dollar spot	Ryu et al., 2014; Shin et al., 2006; Jeong et al., 2017
	Large patch	Jung et al., 2008; Ma et al., 2013
	Pythium blight	Jung et al., 2006
<i>Burkholderia</i> sp.	Large patch	Bae et al., 2017
<i>Pseudomonas</i> sp.	Large patch	Ma et al., 2013; Chang et al., 2009
<i>T. harzianum</i>	Dollar spot	Lo et al., 1996
	Pythium blight	Yeom, 1999
<i>Sterptomyces</i> spp.	Brown patch, dollar spot, Typhula blight, yellow patch	Chang et al., 2009
	Large patch	Bae et al., 2017; Song et al., 2012

있고, 크리핑 벤트그래스와 켄터키 블루그래스는 질소 함량이 높아 탄질율이 낮았다(Ha et al., 2005). 퇴비화 시작 후 약 30일 정도 경과 시 발효는 완료되었으나 후숙이 필요하였고, 발효된 퇴비는 약알칼리성을 나타내었으며, 퇴비화 시험 종료 후 퇴비의 품질은 비료공정규격에 적합하였다(Ha et al., 2005). 2010년 이후 잔디 예지물은 골프장에서 녹비로 사용할 수 있어 러프나 수목 식재 지역에 처리가 가능하므로 잔디 예지물의 약 70% 정도를 재활용 할 수 있을 것으로 판단된다(KISS, 2005).

아메리카동애등에는 음식물쓰레기를 감량화하고 처리하는 친환경적인 방법으로 동애등에는 음식물을 섭취하여 생육하고 분변토를 생성하게 된다 (Kim et al., 2011c). 또한 모래와 혼합하는 경우 토양개량제의 기능을 나타내었고(Kim et al., 2011c), 약 7%의 동애등에 분변토를 혼합하여 조성한 모래상토에서 한국잔디의 생육과 품질이 개선되었다(Lee et al., 2013). 그러나 음식물이 주성분인 동애등에 분변토는 토양 중에서 쉽게 분해되어 토양의 개선 효과가 감소하였고, 이를 해결하기 위해 코코피트를 혼합하여 토양개량제로 사용하는 경우 토양공극과 수리전도도를 개선할 수 있었다(Kim et al., 2014a). 동애등에 분변토를 잔디 재배와 토양개량제로 이용할 수 있으나 실제로 골프장에서 음식물을 이용하여 분변토를 생산하기 위해서는 동애등에 사육시설이나 사육방법 및 사육사 등과 같은 문제가 먼저 해결되어야 할 것으로 판단된다.

가축분뇨 발효액비에 관한 연구는 주로 작물 재배를 중심으로 연구가 진행되었으나 작물의 재배 특성 상 정식 이후에는 가축분뇨 발효액비의 지속적인 시비가 어려웠다(Ham et al., 2009). 가축분뇨 발효액비의 사용량 확대를 위해 작물 이외의 연간 사용이 가능한 식물로서 잔디가 선정되었다(Ham et al., 2009) 가축분뇨 발효액비의 가장 큰 문제는 처리 후 악취인데 퇴비단 여과를 통해 얻어진 가축분뇨 발효액비는 발효 및 후숙이 완료되어 악취가 거의 없었고, 잔디 재배에 사용하는 경우 화학비료의 사용을 약 50% 정도 절감할 수 있었다(Ham et al., 2010). 그러나 가축분뇨 발효액비는 성분 함량이 낮아 단위면적당 살포량이 많아 골프장에 적용하는데 다소 어려움이 있어 부족한 성분을 보충하여 처리하는 경우 잔디 생육과 품질이 개선되었고(Ham et al., 2011), 가축분뇨 발효액비의 처리에 따른 토양 및 수질오염은 확인되지 않았다(Kim et al., 2012a). Ham and Kim (2014)은 성분이 추가된 가축분뇨 발효액비의 시비주기는 월 1회가 적절하다고 보고하였고, Lim et al. (2014)은 가축분뇨 발효액비와 미생물제제를 혼용하여 처리하는 경우 토양의 대취가 분해되고 잔디품질이 개선된다고 보고하였다. 가축분뇨 발효액비는 골프장의 잔디 재배에 사용이 가능하나 실제로 이용하기 위해서는 액비의 살포시설과 공급시설 등 개선이나 보완이 필요할 것으로 사료된다.

요약

골프가 대중화되고, 환경에 대한 관심이 증가하면서 골프코스의 친환경적인 잔디 관리와 잔디 관리 과정에서 발생하는 자원의 재활용에 대한 관심이 증가하고 있다. 지속가능한 골프장의 친환경적인 잔디 관리에 대해 검토한 결과, 시비 관리 시 완효성 비료는 비효 기간이 증가하고 토양 중 비료 유효도가 증가하여 잔디의 양분 이용율이 개선되고, 용탈이 감소되었다. 기능성 비료나 미생물 비료는 잔디 뿌리 생육과 질소 흡수를 촉진하여 잔디의 생육과 품질을 향상시켰다. 친환경적인 병해충 관리를 위해서는 식물추출물이나 길항성 미생물과 같은 생물농약을 이용하여 병해충 방제에 이용하되 농약과 혼합살포하거나 교호살포 시 방제 효과가 증가한다. 또한 가축분뇨 발효액비, 동애등에 분변토 및 잔디 예지물의 발효물 등을 재활용하여 잔디 재배에 이용할 수 있을 것으로 기대되었다.

주요어: 기능성 비료, 미생물 비료, 생물농약, 완효성비료, 친환경 잔디 관리

Authors Information

Young-Sun Kim, Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Doctor of Philosophy

Kyu-Seung Lee, Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Professor

Geung-Joo Lee, Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Professor

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)
- Bae, E.J. Cheon, C.W., hong, A.R., Lee, K.S. and Kwak, Y.S. 2017. Turfgrass probiotics reduce population of large patch pathogen and improve growth of zoysiagrass. *Weed turf. Sci.* 6(3):249-261. (In Korean)
- Bae, E.J., Lee, K.S., Kim, D.S., Hn, E.H., Lee, S.M., et al. 2013. Sod production and current status of cultivation management in Korea. *Weed Turf. Sci.* 2(1):95-99. (In Korean)
- Borriss, R. 2011. Use of plant-associated *Bacillus* strains as biofertilizers and biocontrol agents, In *Bacteria in agrobiolgy: plant growth response*. Maheshwari D.K., Eds. pp. 41-76. Springer Heidelberg, Germany.
- Borriss, R., Chen, X.H., Rückert, C., Blom, J., Becker, A., et al. 2011. Relationship of *Bacillus amyloliquefaciens* clades associated with strains DSM 7T and FZB42T: A proposal for *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *amyloliquefaciens* subsp. nov. and *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* subsp. nov. based on complete genome sequence comparisons. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 61:1786-1801.
- Chang, S.W., Chang, T.H., Choi, B.J., Song, J.H., Park, K.S., et al. 2009. Antagonistic effects of *Pseudomonas* spp. against turfgrass pathogenic soil fungi. *Kor. Turfgrass Sci.* 23(2):209-218. (In Korean)
- Chang, S.W., Jung, S.W., Kim, S.H., Par, J.H. and Lee, J.Y. 2013. Control effect on dollar spot disease caused by *Sclerotinia homoeocarpa* under different application rates and intervals with two mixed fungicides. *Weed Turf. Sci.* 2(4):408-412. (In Korean)
- Chang, T.H., Gang, J.Y., Park, S.Y., Chang, S.W. and Lee, Y.S. 2010. Application of liquid amino-fertilizer for greenup promotion during spring season. *Kor. Turfgrass Sci.* 24(1):36-44. (In Korean)
- Chen, W.F., Wang, W. and Qi, Y.J. 2007. Slow release fertilizer decrease leaching loss of nitrogen in sand-based root zone. *Kor. Turfgrass Sci.* 21(2):177-182.
- Cho, M.S., Choi, S.Y., Kim, T.W., Park, C., Kim, D.A., et al. 2009. Insecticidal activity of diamondback moth, *Plutella xylostella* against *Bacillus thuringiensis* and neem oil. *Kor. J. Pesti. Sci.* 13(4):315-324. (In Korean)
- Choo, H.Y., Lee, D.W., Park, J.W. and Lee, J.W. 1999. Comparison of four major scarab beetles, *Ectinohoplia rufipes*, *Adoretus tenuimaculatus*, *Exomala orientalis* and *Popillia quadriguttata* in golf course. *Kor. Turfgrass Sci.* 13(2):101-112. (In Korean)
- Christian, N. 2005. Environmentally sound turfgrass management. *Kor. Turfgrass Sci.* 19(2):177-183. (In

Korean)

- Guillard, K. and Kopp, K.K. 2004. Nitrogen fertilizer from and associated nitrate leaching from cool-season lawn turf. *J. Environ. Qual.* 33:1822-1827.
- Ha, S.M., Chang, K.W., Han, K.P., Hong, J.H. and Lee, J.J. 2005. Changes of physic-chemical properties and maturity assessment during composting of turfgrass clipping types from the golf course. *J. Kor. Res. Rec. Ass.* 13(4):89-99. (In Korean)
- Ham, S.G., Kim, S.T., Kim, H.J. and Lee, S.K. 1997. Effect of IBDU complex and organic fertilizers for creeping bentgrass in golf course. *Kor. Turfgrass Sci.* 11(3):167-172. (In Korean)
- Ham, S.G., Lee, J.J. and Kim, I.S. 1993. Effect of application of organic fertilizer on the growth of Korean lawngrass (*Zoysa matrella* L. Merr.). *Kor. Turfgrass Sci.* 7:61-66. (In Korean)
- Ham, S.K. and Kim, Y.S. 2014. Growth effect and nutrient uptake by application interval of developed slurry composting and biofiltration (DSCB) liquid fertilizer on Kentucky bluegrass. *Weed Turf. Sci.* 39(4):362-369. (In Korean)
- Ham, S.K., Kim, Y.S. and Lim, H.J. 2011. The effect of developed SCB liquid fertilizer on the growth of Kentucky bluegrass. *Asian J. Turfgrass Sci.* 25(1):73-78. (In Korean)
- Ham, S.K., Kim, Y.S. and Park, C.H. 2010. The growth effects of creeping bentgrass by SCB (slurry composting and biofiltration) liquid fertilizer application. *Kor. Turfgrass Sci.* 24(1):56-61. (In Korean)
- Ham, S.K., Kim, Y.S., Kim, T.S., Kim, K.S. and Park, C.H. 2009. The effect of SCB (slurry compostion and biofiler) liquid fertilizer on growth of creeping bentgrass. *Kor. Turfgrass Sci.* 22(1):91-100. (In Korean)
- Han, S.G., Cho, C.H. and Jeon, H.K. 2011. Effect of the hydrolysate of pigs hoof on plant growth and physic-chemical properties. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44(2):200-205. (In Korean)
- Hong, S.J., Kim, J.H., Kim, Y.K. Jee, H.H., Shim, C.K. et al. 2014. Control efficacy of mixed application of microbial and chemical fungicides against powdery mildew of red-pepper. *Kor. J. Pestic. Sci.* 18(4):409-416. (In Korean)
- Hussein, K.A., Jung, Y.S. and Joo, J.H. 2014. Plant growth promoting activities of some rhizosphere bacteria and their effect on *Brassica rapa* growth. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* 47(3):141-146.
- 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)
- Jeon, Y.S., Kim, Y.S., Cho, S.H. and Lee, G.J. 2018. Responses of growth and quality of creeping bentgrass after application of liquid fertilizer containing humic acid and seaweed extract. *Weed Turf. Sci.* 7(4):399-407. (In Korean)
- Jeong, J.Y., Kim, Y.S., Cho, S.H. and Lee, G.J. 2017. Isolation and selection of functional microbes for eco-friendly turfgrass management in golf course form livestock manure compost. *Weed Turf. Sci.* 6(2):157-164. (In Korean)
- Jo, G.W., Kim, Y.S., Ham, S.K., Bae, E.J., Lee, J.P., et al. 2017. Microbial fertilizer containing *Lactobacillus fermentum* improved creeping bentgrass density. *Weed Turf. Sci.* 6(4):322-332. (In Korean)

- Jo, G.W., Kim, Y.S., Ham, S.K., Lee, J.P., Kim, D.H., et al. 2016. Growth and quality changes of creeping bentgrass by application of keratin amino acid fertilizer. *Weed Turf. Sci.* 5(4):260-267. (In Korean)
- Joa, J.H., Lim, H.C., Han, S.G., Chun, S.J. and Suh, J.S. 2007. Characteristics of *Bacillus sphaericus* PSB-13 as phosphate solubilizing bacterium isolated from citrus orchard soil. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* 40(5):405-411. (In Korean)
- Joo, Y.K. 2005. Environmental impact assessment on golf course construction and an example. *Kor. Turfgrass Sci.* 19(2):185-190. (In Korean)
- Jung, W.C., Shin, T.S., Do, K.S., Kim, W.K., Lee, J.H., et al., 2006. Development of antagonistic microorganism for abiological control of Phthium blight of turfgrass. *Res. Plat Dis.* 12(3):260-266. (In Korean)
- Jung, W.C., Shin, T.S., Kim, B.S., In, J.S., Lee, J.H., et al. 2008. Efficacy of antagonistic bacterial for biological control of Rhizoctonia blight (large patch) on zoysiagrass. *Res. Plant Dis.* 14(1):43-50. (In Korean)
- Jung, Y.P., Kyung, K.C., Jang, K.Y. and Yoon, M.H. 2011. Isolation and characterization of plant growth promoting rhizobacteria from waste mushroom bed from *Agaricus bisporus*. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* 44(5):866-871. (In Korean)
- Kang, B.G., Kim, H.J., Lee, G.J., Park, S.G. and Suh, S.T. 2002. Economical efficiency of the sustainable agriculture direct income support system on fertilizer levels of red pepper. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* 35(6):387-394. (In Korean)
- Kang, J.Y., Kim, D.H., Lee, D.G., Kim, I.S., Jeon, M.G., et al. 2013. Screening of antifungal activities of medicinal plants for the control of turfgrass fungal disease. *Weed Turf. Sci.* 2(1):70-75. (In Korean)
- Kato, M. 2005. Integral turf management for reducing pesticide usage in Japanese golf courses. *Kor. Turfgrass Sci.* 19(2):161-175. (In Korean)
- Kim, J.H., Choi, H.Y., Shim, G.Y. and Kim, Y.H. 2010a. Chemical resistance and control of dollar spot caused by *Sclerotinia homoeocarpa* on turfgrass of golf course in Korea. *Kor. Turfgrass Sci.* 24(2):170-175. (In Korean)
- Kim, J.H., Lee, J.P., Ham, S.K., Kim, D.H., Yeom, J.R., et al. 2009a. Possibility of control of turfgrass insect pest, *Popillia quadriguttata* (Coleoptera: Rutelidae) using pheromone trap in golf course. *Kor. Turfgrass Sci.* 23(1):45-60. (In Korean)
- Kim, J.J., Jang, B.K., Lee, S.M., Choo, H.Y., Zhu, M., et al. 2011a. Investigation of host plants and seasonal occurrence of *Popillia flavosellata* (Coleoptera: Rutelidae) in golf courses. *Asian J. Turfgrass Sci.* 25(1):22-29. (In Korean)
- Kim, J.J., Lee, S.J., Jung, Y.H., Lee, S.M, Choo, H.Y., et al. 2011b. Moth (Lepidoptera) fauna of golf course in Jinju, Gyeongsangnamdo, Korea. *Asian J. Turfgrass Sci.* 25(1):30-42. (In Korean)
- Kim, J.N. 2009. Biological control of large patch of zoysiagrass by *Burkholderia cepacia* genomovar I AG28. Ph diss., Kyungbuk National Univ., Daegu, Korea. (In Korean)
- Kim, J.W., Shim, G.Y., Kim, H.J. and Lee, D.H. 1992. Identification and pathogenicity of binucleate rhizoctonia isolates causing leaf blight (yellow patch) in turfgrass. *Kor. Turfgrass Sci.* 6(2):90-112. (In Korean)

- Kim, M.J., Shim, C.K., Kim, Y.K., Jee, H.J., Yun, J.C., et al., 2013. Insecticidal effect of organic materials of BT, neem, and matrine alone and its mixture against major insect pests of organic chins cabbage. Kor. J. Pestic. Sci. 17(3):213-219. (In Korean)
- Kim, Y.S. 2018a. Quality improvement of creeping bentgrass and control of large patch in zoysiagrass by application of microbial fertilizer. Ph diss., Chungnam National Univ., Daejeon, Korea. (In Korean)
- Kim, Y.S. 2018b. Turfgrass management by microbial fertilizer and biocides in golf course. KGCM 132:134-143. (In Korean)
- Kim, Y.S., Ham, S.K. and Lee, S.J. 2010b. Effect of liquid fertilizer contained medium of *Lactobacillus* sp. and *Saccharomyces* sp. on growth of creeping bentgrass. Kor. Turfgrass Sci. 24(2):138-144. (In Korean)
- Kim, Y.S., Ham, S.K. and Jeon, S.J. 2011d. The effects of bastnasite nitrate fertilizer on the growth of creeping bentgrass. Asian J. Turfgrass Sci. 25(1):89-93. (In Korean)
- Kim, Y.S., Ham, S.K. and Lim, H.J. 2012a. Monitoring of soil chemical properties and pond water quality in golf courses after application of SCB liquid fertilizer. Asaian J. Turfgrass Sci. 23(1):44-53. (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. Pennlix). 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 of creeping bentgrass. Kor. Turfgrass Sci. 22(2):185-196. (In Korean)
- Kim, Y.S., Ham, S.K., Lee, J.P. and Hwang, Y.S. 2012b. 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., Ham, S.K., Lee, J.P., Hwang, Y.S. and Lee, K.S. 2014b. 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., Kim, T.S., Ham, S.K., Bang, S.W. and Lee, C.E. 2009b. The effect of compound fertilizer contained slow release nitrogen on turfgrass growth in Kentucky bluegrass and on nitrogen change in root zone. Kor. Turfgrass Sci. 23(1):101-110. (In Korean)
- Kim, Y.S., Kim, T.S., Ham, S.K., Bang, S.W. and Lee, C.E. 2009c. 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., Ma, K.Y. and Lee, G.J. 2015. Antagonistic mechanisms and culture conditions of isolated microbes applied for controlling large patch disease in zoysiagrass. Kor. J. Hort. Sci. Tecnol. 33(4):492-500. (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, C.E., Ham, S.K. and Lee, G.J. 2016. Growth of creeping bentgrass by application of

- compound fertilizer containing microbes. *Weed Turf. Sci.* 5(1):42-50. (In Korean)
- Kim, Y.S., Lee, C.E., Kim, D. and Lee, G.J. 2019. Nitrogen uptake and shoot growth of creeping bentgrass after application of slow release nitrogen fertilizer. *Weed Turf. Sci.* 8(1):57-65. (In Korean)
- Kim, Y.S., Lee, S.B., Ham, S.K., Lim, H.J. and Choi, Y.C. 2011c. Soil physicochemical properties by applied with mixed ratio soldier fly (*Hermetia illucens*) cast. *Asian J. Turfgrass Sci.* 25(1):106-111. (In Korean)
- Kim, Y.S., Lee, S.B., Ham, S.K., Lim, H.J., Choi, Y.C., et al., 2014a. Effects of soil amendment blended with soldier fly casts and coco peat on physicochemical properties of sand soil. *Weed Turf. Sci.* 3(2):143-149. (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 Koreana)
- Kim, Y.S. Lee, T.S., Cho, S.H. and Lee, G.J. 2018a. Application of liquid fertilizer containing humate improving rhizosphere activation and favoring turfgrass quality. *Weed Turf Sci.* 7(1):62-71. (In Koreana)
- Kim, Y.S., Lim, H.J., Ham, S.K., Lee, K.S. and Lee, G.J. 2018b. Suppression of dollar spot caused by *Sclerotinia homoeocarpa* on creeping bentgrass (*Agrostis palustris* Huds.) after applying tebuconazole, chlorothalonil and their mixture. *Weed Turf. Sci.* 7(2):158-165. (In Korean)
- KISS (Koreanstudies Information Service System). 2005. Ecofriendly management of turfgrass on golf course. Korea Sports Promotion Foundation. (In Korean)
- Ko, KY., 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 Koraan)
- 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. *Inter. Scholar. Res. Net. Agron.* 10:1-9.
- Kweon, D.Y., Lee, J.H., Lee, D.I. and Joo, Y.K. 2005. Turfgrass establishment of USGA putting greens related with soil physical properties. *Kor. Turfgrass Sci.* 19(2):95-102. (In Korean)
- Kwon, S.M., Kim, D.H., Chang, T.H. Jeon, M.G., Kim, I.S., et al. 2010. Screening of antifungal medicinal plants for turfgrass fungal disease control. *Kor. Turfgrass Sci.* 24(2):176-181. (In Korean)
- Lee, D.I., Chun, S.U. and Joo, Y.K. 2006. Sorption and leaching studies of fenitrothion and tebuconazole in granular activated carbon and harchoal. *Kor. Turfgrass Sci.* 20(1):47-55. (In Korean)
- Lee, D.W., Choo, H.Y., Lee, T.W., Park, J.W. and Kweon, T.W. 1999. Spatial and temporal distributio of chestnut brown chafer, *Adoretus tenuimaculatus* (Coleoptera: Scarabaeidae) in golf course. *Kor. Turfgrass Sci.* 13(2):113-124. (In Korean)
- Lee, D.W., Choo, H.Y., Chung, J.M., Lee, S.M., Huh, J., et al., 1998. Vegetation of golf courses and local difference of feeding host plant to *Adoretus tnuimaculatus* waterhouse (Coleoptera, Scarabaeidae). *Kor. Turfgrass Sci.* 12(1):1-16. (In Korean)
- Lee, E.T., Cho, S.K., Song, Y.S., Jang, Y.S., Choi, I.H., et al. 2001. Effects of a slow-release fertilizer on onion (*Alium cepa* L.) cultivation in south western area. *Kor. J. Hort. Sci. & Technol.* 19(4):476-482. (In Korean)
- Lee, J.J., Kim, Y.S., Ham, S.K., Lee, C.E. and Lee, G.J. 2015. Growth and quality improvement of creeping

- bentgrass by two fertilizers containing *Trichoderma* species. Weed Turf. Sci. 4(3):249-255. (In Korean)
- Lee, K.J., Lee, J.P. and Kim, D.H. 2004. Effects of 'methylen urea' slow released fertilizer and 'T-Vigor' microbial fertilizer as environmental fertilizer on growth of creeping bentgrass in golf course. Kor. Turfgrass Sci. 18(2):63-70. (In Korean)
- Lee, K.S. 2010. Behavior of pesticides in soil. Kor. J. Pesti. Sci. 14(3):303-317. (In Korean)
- Lee, K.Y., Kim, Y.S., Cho, S.H. and Lee, G.J. 2018. Enhanced phosphorous uptake and growth improvement of creeping bentgrass after application of liquid fertilizer containing humic acid and *Saccharomyces cerevisiae* broth. Weed Turf. Sci. 7(3):259-268. (In Korean)
- Lee, S.B., Kim, Y.S., Ham, S.K., Lim, H.J., Choi, Y.C., et al., 2013. Effect of soldier fly coasts mixed soil on change of soil properties in root zone and growth of zoysiagrass. Weed Turf. Sci. 2(3):298-305. (In Korean)
- Lee, S.K. 2012. Irrigation frequency for Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*) growth. Asian J. Turfgrass Sci. 26(2):123-128.
- Lee, S.M., Lee, D.W., Choo, H.Y. and Park, J.W. 1997a. Pathogenicities of *Beauveria bassiana* GY1-17 against some agro-forest insect pests. Korean J. Appl. Entomol. 36(4):351-356. (In Korean)
- Lee, S.M., Lee, D.W., Choo, H.Y., Moo, Y.S. and Lee, T.W. 1997b. Pathogenicities of entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* J-22 against turfgrass and some agro-forest insect pests. Kor. Turfgrass Sci. 11(3):185-191. (In Korean)
- Lee, S.R., Han, D.S. and Lee, M.G. 1996. Information resources for the establishment of tolerances on pesticide residues in golf courses. Korean J. Environ. Agric. 15(2):262-272.
- Lee, S.Y., Kim, B.Y., Ahn, J.H., Song, J.Y., Seol, Y.J., Kim, W.G. and Weon, H.Y. 2012a. Draft genome sequence of the biocontrol bacterium *Bacillus amyloliquefaciens* strain M27. J. of Bacteriology. 194:6934-6935.
- Lee, T.K., Park, J.S., Lee, M.J., Kim, J.S., Ro, H.M., et al. 2012b. Variation pattern in concentration of inorganic nitrogen form liquid grass fertilizer during aerobic incubation. Korean J. Soil. Sci. Fert. 45(6):1120-1125. (In Korean)
- Lim, H.J., Kim, Y.S. and Ham, S.K. 2011. Screening of cellulose decomposing microorganisms for functional improvement for SCB (slurry composting and biofiltering) liquid fertilizer. Asian J. Turfgrass Sci. 25(1):48-51. (In Korean)
- Lim, J.Y., Ham, S.K., Lee, Y.M. and Cha, Y.G. 2014. Effects of composted liquid manure and microbial agent types on growth and thatch decomposing of creeping bentgrass. J. Kor. Res. Rec. Ass. 22(4):54-61. (In Korean)
- Lin, Y.R., Lo, C.T., Liu, S.Y. and Pen, K.C. 2012. Involvement of pachybasin and emodin in self-regulation of *Trichoderma harzianum* mycoparasitic coiling. J. Agric. Food Chem. 60(9):2123-2128.
- Liu, X.Q., Kim, Y.S. and Lee, K.S. 2005. The effect of mixed amino acids on nitrate uptake and nitrate assimilation in leafy radish. Korean J. Environ. Agric. 24(3):245-252.
- 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.

- Ma, K.Y., Kwark, S.N. and Lee, G.J. 2013. Isolation and selction of antagonistic microbes for biological control of zoysiagrass large patch disease. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 31(6):657-665. (In Korean)
- McLean, K.L., Swanminathan, J., Frampton, C.M., Hunt, J.S., Ridgwaym, H.J., et al. 2005. Effects of formulation on the rhizosphere competence and biocontrol ability of *Trichoderma atroviride* C52. Plnat Pathol. 54:212-218.
- Min, J.Y., Kim, E.M. and Min, T.J. 1997. Development of antibiotics in mushroom-the screening of antifungal activities in basi9diomyetes-. Kor. J. Mycol. 25(4):354-361. (In Korean)
- Hallmann, J., Bell, D., Kopp-Holtwiesche, B. and Sikora, R.A. 2001. Effects of natural products on soil organisms and plant health enhancement. Meded. Rijksuniv. Gent. Fak. Landbouwk. Toegep. Biol. Wet. 66:609-617
- Ryu, J.H., Shim, G.Y. and Kim, K.S. 2014. Inhibition of in vitro growth of tree soil-borne turfgrass diseases by antagonistic bacteria form composted liquid manure. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 32(6):879-886. (In Korean)
- Park, D.S., Kim, K.D., Yeom, J.R., Oh, B.S. and Park, B.S. 2005. Identification and characteristics of *Sclerotinia homoeocarpa* causing dollar spot disease in zoysiagrass. Kor. Tufgrass Sci. 19(2):85-94. (In Korean)
- Padgett, P.E. and Leonard, R.T. 1996. Free amino acid levels and the regulation of nitrate uptake in maize cell suspension cultures. J. Experimental Bot. 47:871-883.
- Park, N.I., Lee, I.Y., Park, J.E. and Kim, H.J. 2006. Control of annual blegrass (*Poa annua* L.) by bispyribac-sodium. Kor. Turfgrass Sci. 20(2):157-165. (In Korean)
- Park, B.J., Son, K.A., Paik, M.K., Kim, J.B., Kwon, H., et al. 2010. Monitoring of neonicotinoid pesticides residues in fruit vegetable and human exposure assessment. Kor. J. Pesti. Sci. 14(2):104-109. (In Korean)
- Persson, J. and Näsholm, T. 2002. Regulation of amino acid uptake in conifers by exogenous and endogenous nitrogen. Planta 215:639-644.
- Prusty, R., Grisafi, P. and Fink, G.R. 2005. The plant hormone indole acetic acid induced invasive growth in *Saccharomyces cerevisiae*. Proceed. Nat. Aca. Sci. of USA. 101(12):4153-4157.
- Raafat, D. and Sahl, H.G. 2009. Chitosan and its antimicrobial potential – a gritical literature survey. Micro. Biotechnol. 2(2):186-201.
- Shim, G.Y. and Kim, I.S. 1994. Occurrence of scale of zoysiagrasses (*Zoysia japonica*) in golf course in Korea. Kor. Turfgrass Sci. 8(2):101-103. (In Korean)
- Shim, G.Y., Min, G.Y., Shin, H.D. and Lee, H.J. 2000. Occurrence dollar spot caused by *Sclerotinia homoeocarpa* in turfgrass of golf course in Korea. Kor. Tufgrass Sci. 14(1):241-250. (In Korean)
- Shin, T.S., Jung, W.C., Do, K.S., Shim, G.Y, Lee, J.H., et al., 2006. Development of antagonistic microorganism for biological control of dollar spot of turfgrass. Kor. Turfgrass Sci. 20(2):191-201. (In Korean)
- Song, C.H., Islam, M.R., Chang, T. and Lee, Y.S. 2012. Isolation and identification of antagonistic bacteria

- for biological control of large patch disease of zoysia caused by *Rhizoctonia solani* AG2-2 (IV). Asian J. Turfgrass Sci. 26(1):8-16.
- Suh, J.S., Kwon, J.S. and Noh, H.J. 2010. Effect of the long-term application of organic matters on microbial diversity in upland soils. Kor. J. Soil Sci. Fert. 43(6):987-994. (In Korean)
- Stevenson, J. 1994. Humus chemistry, genesis, composition, reactions. pp 453-471. Wiley, New York, USA.
- Yang, S.W. 2005. Major scarab beetles in golf course and their control. Kor. Turfgrass Sci. 19(2):191-193. (In Korean)
- Yang, S.W., Shim, G.Y., Kim, J.H., Hong, K.J. and Jeong, Y.G. 2009. Exotic pest, hunting billbug, *Sphenophorus venatus vestitus* Chittenden (Coleoptera, Dryophteoridae) in Korea. Kor. Turfgrass Sci. 23(2):265-270.
- Yeom, J.R. 1999. Biological control of Pythium blight of turfgrass in golf green by *Trichoderma harzianum* ABGC95. Kor. Turfgrass Sci. 13(4):223-234. (In Korean)
- Yoo, H.C. 2014. Recently study of thermal spray for green automotive industry. J. Welding & Joining. 32(3):43-52. (In Korean)
- Yoo, M.J., Lee, J.P., Joo, Y.K. and Kim, D.H. 2009. Analysis of maintenance expense in various golf courses. Kor. Turfgrass Sci. 23(1):61-76. (In Korean)
- Yoon, O.S. and Kim, K.S. 2007. Effects of chitosan on the growth responses of Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.). Kor. Turfgrass Sci. 21(2):163-176. (In Korean)
- Yoon, O.S., Kim, S.B., Kim, K.S. and Lee, J.S. 2006. Effects of chitosan on growth responses of creeping betgrass. Kor. Turfgrass Sci. 20(2):167-174. (In Korean)
- Yoon, Y.B. and Lee, J.S. 1990. Effect of nitrogen fertilization o the growth and thatch accumulation in Korean lawn grass (*Zoysia japonica* Steud). Kor. Turfgrass Sci. 4(2):125-131. (In Korean)
- 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.