

Status and Management Strategy of Pesticide Use in Golf Courses in Korea

Dongjin Kim · Jeongki Yoon · Jiyoung Yoo · Su-Jung Kim · Jae E. Yang*

우리나라 골프장의 농약사용 실태 및 관리방안

김동진 · 윤정기 · 유지영 · 김수정 · 양재의*

Received: 28 February 2014 / Accepted: 8 April 2014 / Published Online: 30 September 2014
© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2014

Abstract Objective of this paper is to assess the available data on the pesticide uses and regulations in the golf courses, and provide the nationwide systematic management options. Numbers of golf courses in Korea are rapidly increasing from 2000s and reached at 421 sites by the end of 2011. Accordingly pesticide usage has been increased with years in direct proportion to the increasing number of golf courses. Amounts of pesticide applied in 2011 were 118,669 kg as of an active ingredient and were in the orders of fungicides (54.9%) > insecticides (24.4%) > herbicides (13.3%) > growth regulators (0.1%). Average pesticide usages in 2011 were 280.9 kg per golf course and 5.4 kg ha⁻¹. Frequencies of the residual pesticide detections in green and turf were higher than those in fairway and soil, respectively. Residue of highly toxic pesticides was not detected in golf courses. Ministry of

Environment in 2010 has developed the ‘golf course pesticide monitoring and management system’ which is the advanced on-line registry for kind and amount of pesticides applied in each golf course. This system is intended for monitoring of the pesticide uses and residual levels and protecting the environmental pollution from pesticides in the golf course. In 2009, management of pesticides in the golf courses became the task of Ministry of Environment, being merged from many federal agency and ministries. The protocol for the site-specific best management practices, on which to base results from the risk assessment, should be set for pesticides in the golf to minimize the environmental impacts.

Keywords best management practices · golf course · monitoring and management system · pesticide residues · pesticide use

D. Kim
Wonju Regional Environment Office, Ministry of Environment, Wonju 220-170, Republic of Korea

J. Yoon · J. Yoo
The Korea National Institute of Environmental Research, Incheon 404-170, Republic of Korea

S.-J. Kim
Department of Biological and Environmental Science, Dongguk University, Seoul 100-715, Republic of Korea

J. E. Yang
Department of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Republic of Korea

*Corresponding author (J. E. Yang: yangjay@kangwon.ac.kr)

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 non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

골프는 수영에 이어 우리나라 국민이 가장 선호하고 있는 운동 종목이고 골프인구는 계속 증가될 것으로 전망된다(MCST, 2008). 이에 따라 1990년에 49개에 불과하였던 국내 골프장 수는 2000년 초반 이후 급격히 증가하여 2011년에는 총 421개에 이르고 있으며, 현재 건설 중이거나 계획 중인 골프장도 약 100여 개가 있다.

농약은 농작물을 해치는 균(菌), 곤충, 응애, 선충(線蟲), 바이러스, 잡초 및 병해충 등을 방제(防除)하는 약제를 통칭하고 있다(MAFRA, 2013). 농약은 작물의 종류 또는 재배시기의 선택성 확대, 작물재배 지역의 물리적 한계의 확대 등을 가능케 하여 농업생산량의 획기적인 증가를 가져와 인류의 식량부족을 해소하는데 크게 기여를 하고 있는 과학적 산물이다(Yang, 1998; JIHE, 2008).

골프장에서 병해충과 잡초방제를 위해 농약의 사용은 불가피하다. 그러나 특정지역의 골프장에서 농약이 체계적으로 관리되지 못하고 과다하게 살포되는 경우 주변의 토양과 수계환경을 오염시킬 뿐 아니라 주변 생물체에 위해를 보여줄 우려가 있다. 이런 이유로 인해 골프장에서 농약의 사용은 환경파괴와 환경오염의 대상으로 인식되어 사회적, 환경적 논쟁의 대상이 되고 있다(Shim, 1998). 우리나라에서는 2000년대 이후 환경오염 우려에 따라 미생물이나 자연에서 생성된 물질을 유효성분으로 활용하여 만든 다양한 친환경농약이 개발·보급되고 있으며, 2013년 1월 기준으로 농업진흥청 농약관리시스템에 1,558개 품목의 농약이 등록·관리되고 있다. 그러나 이런 농약은 주로 작물재배에 사용되고 있으며, 골프장에 적용하는 데는 한계가 있다.

Suzuki 등(1998)에 의하면 골프장에 사용된 농약은 농경지에 비해 잠재적 오염원이 될 가능성이 매우 높다고 평가하고 있다. 캐나다 Alberta주 환경보호국 자료에 따르면 Kananaskis Golf Club 등 4개 골프장의 내부 및 인근하천에서 2,4-D, mecoprop, quinterozone, dicamba 등이 검출되었으며, 지하수 관측정에서도 2,4-D, mecoprop, dicamba, carbothiin 등 농약성분이 검출되었다(Alberta Environmental Protection, 1998). 우리나라에서도 Lee 등(1996)에 의하면 1990년대 초 골프장 배출수에서 captafol, captan, chlororthanonil, diazinon, dicofol, fenitrothion, trichlorfon 등 7개 성분이 2–49 $\mu\text{g L}^{-1}$ 범위에서 검출되었고, 토양에서 고독성농약으로 알려진 demeton-S-metyl, EPN, methidathion 등이 0.07–4.43 mg kg^{-1} 검출되었다. Park 등(1996)은 골프장 저수조에서 chlorpyrifos, fenitrothion 등이 미량 검출된 것을 확인하였다. 환경부 환경백서 및 기타 자료에 의하면 1991–2011년까지 골프장에는 1–11종의 고독성농약이 사용되었거나 검출된 기록을 확인할 수 있어 국내에서도 골프장의 농약사용으로 인한 환경피해가 우려되고 있다(Park 등, 1996; Lee 등, 1996).

골프장에서는 코스관리를 위하여 다양한 종류의 농약을 사용하고 있으나 농약의 관리 실태를 파악하기는 쉽지 않은 실정이다. 환경부 보도자료에 따르면 최근까지 일부 골프장에서 고독성농약인 methidathion이 검출되거나, 또는 잔디에 사용될 수 없는 농약이 잔디나 토양에서 검출되는 등 농약관리에 문제점을 드러내고 있다. 특히 우리나라의 회원제 골프장에서는 농약사용량 및 잔류량 검사 등에 관한 자료수집이 원활하지 못한 실정이다. 또한 골프장에서의 농약사용과 관련된 연구논문이나 보고서 등이 매우 제한적이어서 농약사용에 의한 환경피해 및 영향범위 등을 확인하기가 매우 어렵다.

우리나라에서 골프장 농약사용과 관리는 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」(환경부)과 「체육시설의 설치·이용에 관한 법률」(문화체육관광부)에서 이원화되어 실시됨에 따라 체계적인 관리와 정책 집행이 어려웠으나, 2009년부터 이 업무를 환경부로 일원화하였다. 아울러 2010년 초에 ‘골프장 농약 사용 실태 관리시스템’을 개발하여 골프장에서의 농약사용에 관한 자료를 전산화하기 시작하였다(환경부 토양지하수정보시스템). 이러한 선진화된 관리체계를 통해 골프장에서의 농약사용량 모니터링 및 환경시료에서의 잔류농약 검사를 수행할 수 있는 기반을 마련하게 되었다.

본 논문에서는 우리나라 골프장에서의 농약사용량 현황, 농약 잔류량 실태 및 관리상 문제점 등을 분석하여 친환경적 농약 관리 정책의 기반을 구축할 수 있는 방안을 제시하고자 한다. **골프장 현황.** 2011년을 기준으로 전국 16개 시·도에 운영 중인 골프장 수는 총 421개로서(환경부 토양지하수정보시스템) 경

기도 133개, 강원도 46개, 경상북도 44개, 제주도 39개, 전라남도 31개 등으로 분포되어 있다. 이들 5개 지자체에 분포된 골프장 수는 293개소로 전국 골프장 수의 70%에 달하고 있다. 골프장 수는 매년 증가 추세이고 아울러 사용되는 농약의 양도 비례하여 증가되고 있다(Fig. 1). 우리나라에 운영 중인 골프장의 총 면적은 379.53 km^2 로 국토면적(100,148 km^2)의 0.38%에 상응하며, 행정구역 면적 대비 골프장면적은 제주도 1.76%, 경기도 1.31%, 부산시 0.94%, 인천시 0.56%, 대전 0.37% 등이다. 그러나 다른 시도에 비해 골프장 수가 많았던 강원도와 경상북도는 각각 0.22%, 0.19%로 낮은 면적분포를 보였다.

골프장 농약사용과 관리에 관한 제도. 환경부는 1991년에 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」(舊수질환경보전법)에 수질, 토양 또는 농산물의 농약잔류허용기준을 환경부장관이 설정할 수 있도록 관련 조항을 신설하였고, 골프장을 신고대상 배출시설로 지정하여 골프장 내에 저류조를 설치하게 하였으며, 맹고독성농약의 사용을 제한하도록 하였다. 그 이후 2000년 12월 ‘농약에 의한 환경오염방지 업무처리지침’을 제정하여 수질 중의 농약잔류허용기준 등을 마련하였고, 2003년 6월 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」에 골프장의 농약사용을 제한하는 조항을 신설하여 골프장에서의 맹고독성농약을 사용하지 못하도록 하였다. 환경부는 2006년 6월 ‘골프장 농약잔류량 검사방법’을 고시하여 골프장에서의 농약잔류량 분석방법이 마련되었다.

문화체육관광부에서는 1989년에 제정된 「체육시설의 설치·이용에 관한 법률」을 1994년에 전부 개정하면서 골프장의 농약사용 및 검사에 관한 규정을 신설하였고, 1995년에 ‘골프장의 입지기준 및 환경보전 등에 관한 규정’을 고시하여 골프장 시설의 농약사용량 조사와 농약잔류량 검사를 하도록 하였다. 또한 2005년 8월에 ‘골프장의 입지기준 및 환경보전 등에 관한 규정’을 개정·고시하여 골프장의 농약사용량과 토양, 잔디 및 유출수에 대한 농약잔류량 검사 시기 및 시료채취방법 등에 관한 규정을 제정하였다.

농림축산식품부의 「농약관리법」에서는 골프장을 포함하여 우리나라에서 이용되고 있는 모든 농약의 제조·수입·판매 및 사용에 관한 사항을 규정·관리하고 있다. 이 법에서는 등록된 농약을 품목별로 구분하고 안전사용기준을 마련하여 적용대상 농작물 이외의 농약사용을 엄격히 금지하고 있다. 특히 2011년에 개정된 ‘골프장의 농약사용량 조사 및 농약잔류량 검사방법’ 등에 관한 규정에서는 「농약관리법」 제23조 및 같은 법 시행령 제19조에 의한 ‘농약의 안전사용기준’에 관한 조항을 신설하고, 골프장의 농약잔류량 검사결과 잔디에 사용될 수 없는 농약이 검출된 경우 관련 규정에 따라 처벌을 하고 있다.

이와 같이 골프장의 농약관리 업무가 환경부 및 문화체육관광부 등 다른 부처에서 추진됨에 따라 체계적인 관리가 어렵다고 판단되어 국무총리실에서 2009년 12월 골프장 업무의 일원화를 권고결정하게 되었고, 관련 업무를 모두 환경부로 이관하게 되었다. 이에 따라 환경부에서는 2011년 1월 ‘골프장 농약 잔류량 검사방법’ 고시를 ‘골프장의 농약사용량 조사 및 농약잔류량 검사방법’ 등에 관한 규정’으로 전부 개정하였고, 문화체육관광부에서는 「체육시설의 설치·이용에 관한 법률」에 골프장 농약사용 및 검사에 관한 조항을 삭제하였다.

환경부에서는 골프장에서의 종합적 농약사용관리 등을 위해 2010년 2월 ‘골프장 농약 사용실태 관리시스템’을 개발하여 골프장에서의 농약사용에 관한 database를 구축하기 시작하였다. 이에 관한 정보는 환경부 토양지하수정보시스템에서 제공하고

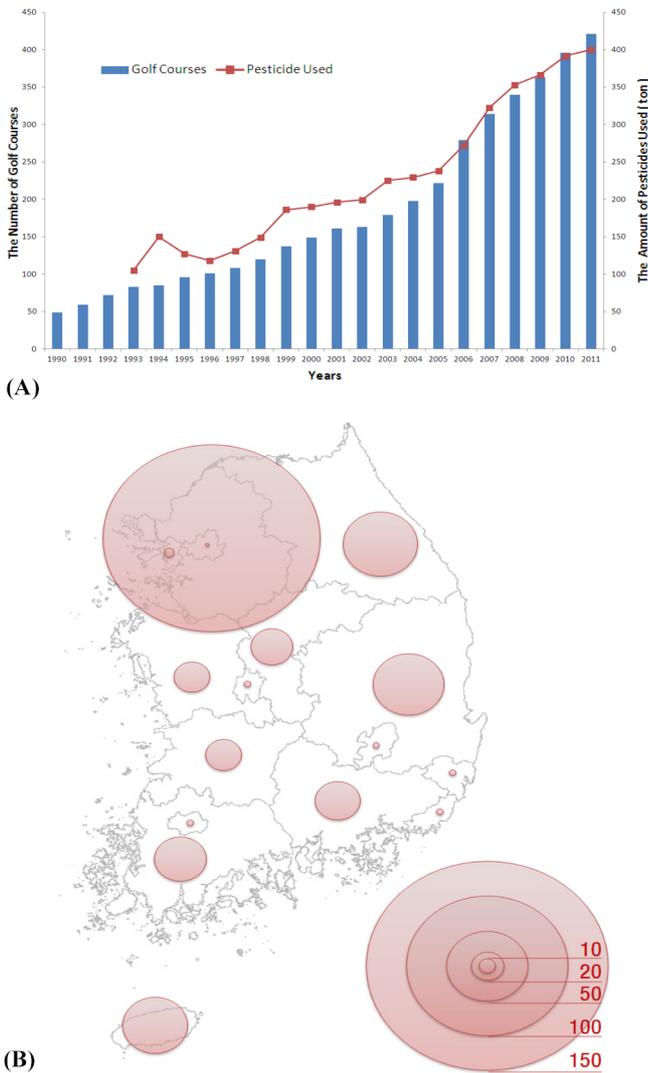


Fig. 1 The yearly changes of golf courses (A) and their geographical distributions (B) in Korea.

있다. 이를 통해 부처 간 업무 이원화에 따라 자료축적이 어려웠던 ‘농약사용량 조사’ 등을 체계적으로 관리할 수 있는 기반이 마련되었다.

골프장 농약사용실태 관리시스템. 우리나라는 1991년부터 골프장의 농약사용량을 조사하기 시작하였으나, 2011년에 이르러 환경부의 관련 규정에 따라 시장·군수·구청장이 매년 반기마다 골프장의 맹·고독성농약의 사용여부와 골프장에 사용된 농약사용량 등을 체계적으로 보고하게 되었다.

골프장의 농약사용량 조사는 전국에 운영 중인 회원제, 대중제 및 체력단련장(국방부) 등 6홀 이상의 골프장을 대상으로 실시하고 있다. 2010년 이전에는 매년 반기마다 각 골프장 운영자가 관할 시장·군수·구청장에게 농약 총사용량(실물량, 성분량), 사용된 농약 품목 수, 농약살포면적 등으로 구분하여 보고하였다. 그러나 이러한 보고 자료는 사용된 농약의 종류와 각 농약별 사용량 등에 관한 통계자료로서의 활용이 어려운 실정이고, 2006년부터 조사하기 시작한 농약사용면적의 경우도 골

프장운영자가 개략적인 면적을 보고함으로써 농약사용량 평가가 객관화되지 못하는 문제점을 가지고 있었다.

이에 따라 환경부에서는 2010년에 ‘골프장 농약 사용실태 관리시스템’을 개발하여 골프장 현황관리카드를 작성하고 운영 중인 골프장의 시설현황을 세분화하여 골프장 전체면적을 크게 ‘농약 사용면적’과 ‘농약 미사용면적’으로 나누어 관리하고 있다. ‘농약 사용면적’은 골프장시설 중에 농약이 직접 살포되는 green, 연습용 green, fairway, rough, teeing ground, 조성녹지, 기타 살포면적 등 7개 지역으로 구분하고, ‘농약 미사용면적’은 농약이 살포되지 않는 도로(진입도로, 카트도로), 주차장, 클럽 하우스, 티하우스, 원형보전지역, bunker, 저유지, 배수지, 기타 시설 등 11개 지역으로 구분하여 관리하고 있다. 또한 농약사용량의 경우 매년 2회에 걸쳐 국내에 등록된 ‘농약 등록 DB자료’를 기초로 하여 골프장에서 사용된 농약품목별로 각각 사용량을 보고하도록 함으로써 사용된 각 농약의 실물량과 성분량을 산출하고, 사용된 농약품목을 체계적으로 확인할 수 있다.

농약 잔류량 검사는 토양, 잔디 및 유출수 시료에 대해 실시하고 있다. 토양과 잔디 시료는 green과 fairway로 구분하여 각각 채취하고, 유출수 시료는 골프장에서 부지경계선 밖으로 유출되는 물을 채취한다. 시료 채취 시기는 매년 4-9월까지 2회 이상 채취하여 분석을 실시하고, 시료는 골프장 규모에 따라 18홀 미만이면 2개 홀, 18홀은 3개 홀, 18홀 이상인 경우 9홀이 증가할 때 마다 1홀을 추가하여 조사하도록 하고 있다.

골프장 농약 잔류량 조사항목은 1994-2005년까지는 유기인계(organophosphorus) 농약 13종, 유기염소계(organochlorinated) 농약 4종, pyrethroid 계 농약 3종 등 총 20항목을 조사하였다. 2006년 ‘골프장 농약잔류량 검사방법’(환경부고시 제2006-68호)이 제정되면서 맹고독성농약으로 분류된 13종, 기본항목 17종 및 선택항목 10종 등 총 40종을 조사하고 있다(Table 1). 각 조사항목별 분석방법은 환경부의 ‘골프장의 농약사용량 및 농약잔류량 검사 등에 관한 규정’에 따라 GC, GC-MS, HPLC 등을 이용한 동시 다성분 및 단성분 분석방법 등으로 실시되고 있다.

농약사용량 조사에 관한 일부 외국의 사례를 살펴보면, 미국은 중앙정부에서 골프장의 농약사용 등에 관한 규정을 갖고 있지 않으나 New Jersey주 환경보호국에서는 NJPCP (New Jersey Pesticide Control Program)에 따라 1990년부터 골프장의 농약사용량을 3년 주기로 조사하는 관리 프로그램을 운영하고 있다. 일반적으로 골프장의 농약 관리는 USGA (United States Golf Association), GCSAA (Golf Course Superintendent Association of America) 등 민간단체에서 Green Section 및 Environmental Program, PAES (President’s Award for Environmental Stewardship)와 같은 민간 주도의 자발적 환경관리 프로그램을 통해 골프장의 농약사용관리 및 친환경 관리를 실시하고 있다. 캐나다 Ontario주에서는 2009년 제정된 「Pesticide Act」에 따라 골프장 농약 사용량을 매년 주기적으로 보고하고 검증을 실시하고 있다(Ontario Regulation, 2009; New Jersey Department of Environmental Protection, 2011).

일본의 경우 1989년 골프장에 사용된 농약으로 인한 상수원 오염이 사회적으로 문제가 되어 환경청에서 「골프장에서 사용되는 농약에 의한 수질오탁의 방지에 관련된 잠정지도지침」(1990. 5), 농림수산성은 「골프장 농약사용의 적정화에 대하여」(1990. 7) 등을 지방자치단체에 시달하고, 지방자치단체에서는 “골프장 농약사용 적정화 지도요강” 등 지침을 마련하여 골

Table 1 Residual analysis of pesticides in golf courses in Korea

Year	Classification	Pesticides subject to residual analysis
Before 2005 (20)	Organophosphorus Pesticides (13)	DDVP ¹⁾ , Chlorpyrifos ²⁾ , Diazinon ²⁾ , Dimethoate ¹⁾ , EPN ²⁾ , Fenithrothion ²⁾ , Methyl demeton ¹⁾ , Methidathion ¹⁾ , Phentoate ¹⁾ , Parathion ¹⁾ , Malathion ³⁾ , Phosmet ¹⁾ , Phosphamidon ³⁾
	Organochlorinated Pesticides (4)	Chlorothalonil ²⁾ , Dicofol ²⁾ , Captane ²⁾ , Endosulfan ³⁾
	Pyrethroid Pesticides (3)	Tralomethlin ³⁾ , Deltamethlin ³⁾ , Lamda Cyhalothlin ³⁾
After 2006 (40)	Highly Toxic Pesticides (13)	Benfuracarb, Endosulfan, EPN, Methidathion, Parathion, Triazophos, Demeton-S-methyl, Dichlorvos, Methamodophos, Methomyl, Monochrotophos, Omethoate, Phosphamidon
	Common Pesticides (17)	Captane, Daconil, Oxine-copper, Thiophanate-methyl, Tolclofos-methyl, Carbofuran, Chlorpyrifos, Cyhalothrin, Deltamethrin, Diazinon, Dicofol, Fenitrothion, Phentoate, Pyraclofos, Tralomethrin, Bensulide, Pendimethalin
	Optional Pesticides (10)	Iprodione, Thiram, Amitraz, Bromopropylate, Chlorpyrifos-methyl, Fenpropathrin, Furathiocarb, Phosalone, Propargite, Tetradifon

¹⁾Recommended by Ministry of Culture and Sports.

²⁾Recommended by both Ministry of Culture and Sports and Ministry of Environment.

³⁾Recommended by Ministry of Environment.

장의 농약사용 관리 등을 운영하고 있다.

호주의 경우는 특별한 관련법규나 규정 등은 없으나, 다만 골프경기 운영에 따라 tee, IP (Interpoint), green 등 관리지역과 rough와 같은 비관리지역으로 구분하고 경기운영과 관련 없는 비관리지역은 자연 상태로 방치시켜 동식물 서식지로 활용하도록 권장하고 있는 정도이다.

골프장 농약 사용량 현황. 2013년 1월 기준으로 국내 농약제조 및 수입품목으로 등록된 농약은 1,562종이다. 이 중 살균제 543종, 살충제 450종, 혼합제 50종, 제초제 461종, 성장조정제 49종, 기타 9종 등이 등록되어 있다. 농림수산식품부의 「농약관리법」에서는 농약을 품목별로 적용대상 농작물 및 병해충, 사용 시기 또는 사용가능 횟수 등 세부 안전사용기준을 마련하고 있으며, 골프장 잔디에 사용되는 농약도 품목을 등록하여 관리하고 있다. 2011년 8월 기준으로 잔디에 사용될 수 있는 농약 품목은 총 189종으로 살균제 104종, 살충제 19종, 제초제 64종, 성장조정제 2종 등이 등록되어 있다(KCPA, 2012).

우리나라 골프장의 수와 면적은 매년 증가되고 있으며, 이와 비례하여 농약사용량도 계속 증가되고 있다. 환경부 자료에 따르면 1993년에 국내 운영 중인 골프장 83개에서 사용된 농약이 실물량 기준으로 105 ton이었으나, 2011년에는 421개 골프장에서 약 4배가 증가된 399.9 ton이 사용되었다. 또한 1990–2011년까지 골프장 전체면적(ha) 대비 농약사용량은 10.2–14.8 kg ha⁻¹로 조사되고 있다(Table 2).

2010년 이전에 조사된 골프장 농약사용량 자료는 객관적으로 신뢰하기 어려운 실정이어서 본 연구에서는 2010–2011년에 조사된 자료를 바탕으로 우리나라 골프장의 농약사용 실태를 비교·분석하였다. 농약은 농촌진흥청의 ‘농약표시기준’에 따라 용기포장 단위별로 농약의 유효성분(active ingredient) 함량과 안정제계면활성제 등 보조성분 함량으로 구분되어 있다. 골프장 농약 사용실태 관리시스템에서는 골프장의 농약사용량은 농약 용기에 표기된 전체용량을 ‘실물량’, 농약의 유효성분 함량을 ‘성분량’으로 각각 구분하여 통계자료를 구축하고 있다. 본 논문에서는 주로 농약의 성분량을 기준으로 검토하였다.

종류별 농약 사용량. 국내 골프장에 사용된 농약의 유효성분 함량은 2010년 115,545.1 kg, 2011년 118,669.4 kg으로 조사되었

다. 농약 종류별로는 살균제(54.9–60.8%) > 살충제(23.5–24.4%) > 제초제(12.7–13.3%) > 성장조정제(0.1%) > 살균·살충제(0.01–0.1%) 순으로 사용량이 많았다. 2010년에 비해 2011년 농약사용량은 살균제를 제외하고 대부분 증가하였다(Table 3).

골프장에서 잔디관리를 위해 살균제가 살충제나 제초제에 비해 많이 사용된다. 우리나라 골프장에 식재된 잔디 종류는 green에는 주로 Bentgrass (한지형 잔디, cool-season grass)가 식재되어 있고, 넓은 면적을 차지하고 있는 fairway, rough 및 tee에는 한국형 잔디(난지형 잔디, warm-season grass)가 식재되어 있다. 특히 한국형 잔디는 비료 요구도도 낮고 내병성이 우수하나, 녹색기간이 짧고 갈색마름병(라지 패취병)에 취약하여 골프장에서의 살균제 사용량이 많은 것으로 판단된다(MOE, 2009).

골프장에 사용된 농약품목 수는 1994–2009년까지 96–282종이었으나 해마다 그 수는 증가되고 있다. 다만 2004년까지는 148종으로 적은 편이었으나, 2005년 이후부터 252종 이상으로 급격히 증가 하는 등 사용농약품목 수의 변동 폭이 매우 심했다. 특히 DB가 구축되기 시작한 2010년에는 229종, 2011년은 216종으로 다양한 농약품목이 사용된 것을 확인할 수 있었다(Table 3). 다만 2009년 이전에 조사된 자료는 골프장 운영자의 보고에 의존되어 이루어 졌으며 사용된 농약품목이 누락되거나 또는 잘못 표기하여 중복되는 등 부정확하여 통계자료로서 가치가 낮은 것으로 판단된다.

품목별 농약사용량. Table 4는 골프장에서 사용된 농약별 사용량을 보여주고 있다. 골프장에 사용된 농약 중에 사용량이 가장 많은 농약은 2010년에는 fenitrothion (살충제) > iprodione (살균제) > metalaxylmancozeb (살균제) > tebuconazole (살균제) > thiopahanate-methyl (살균제) > chlorpyrifos-methyl (살충제) 등의 순서였고, 이들 각각 농약은 전체 농약사용량의 50% 이상을 차지하고 있었다. 2011년에는 fenitrothion (12.52%), iprodione (8.13%), chlorpyrifos-methyl (6.03%), metalaxylmancozeb (5.92%), thiopahanate-methyl (5.49%), tebuconazole (5.04%) 순이었으며, 2010년에 비해 살충제인 fenitrothion 및 chlorpyrifos-methyl 사용량이 증가하는 것으로 조사되었다.

2010년과 2011년 골프장에 사용된 농약 중 살균제는 dicarboxymid계 농약인 iprodione이 전체 살균제 농약의 13.7–

Table 2 The yearly trends in quantity and rates of pesticide application in golf courses in Korea

Year	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Numbers of golf course	49	59	72	83	85	96	101	108	120	137	149
Area (10 ³ ha)	-	-	-	9.63	11.12	11.26	11.6	12.2	13	14.4	15.5
Pesticide use (ton)	-	-	-	105	150	127	118	131	149	186	190
Pesticide use rate (kg ha ⁻¹)	10.8	11.2	11.0	10.9	14.8	11.2	10.2	10.7	11.5	12.9	13.2
Year	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Numbers of golf course	161	163	179	198	222	279	314	340	363	396	421
Area (10 ³ ha)	16.7	17.1	18.4	19.9	22.1	22.6	29.4	31.5	32.8	35.9	37.9
Pesticide use (ton)	196	199.3	225.2	229.2	237.9	272.4	322.6	352.9	366.4	391.8	399.9
Pesticide use rate (kg ha ⁻¹)	11.7	11.7	12.2	11.5	10.8	12.03	12.8	11.2	11.2	10.9	10.5

Data during 1990-1992 were based on the white paper of the Ministry of Environment and others were estimated based on reports and briefings by Ministry of Environment.

Table 3 Quantities of pesticides applied in golf courses in Korea during 2010-2011

	Total	Fungicide	Insecticide	Herbicide	Mixture*	Growth regulators	Others	
2010	Kinds of pesticide used	229	97	68	51	3	5	
	Total quantity, kg	391,811.4 (100.00)	217,104.4 (55.4) [§]	129,197.2 (33.0)	34,890.4 (8.9)	204.1 (0.05)	1,018.9 (0.3)	9,396.5 (2.4)
	Active ingredient quantity, kg	115,845.1 (100.0)	70,478.0 (60.8)	27,174.4 (23.5)	14,756.7 (12.7)	117.4 (0.1)	172.7 (0.1)	3,145.9 (2.7)
2011	Kinds of pesticide used	216	94	58	51	3	6	
	Total quantity, kg	399,922.8 (100.00)	219,534.4 (54.9)	129,415.4 (3.4)	39,786.4 (9.9)	101.5 (0.0)	1,014.1 (0.3)	10,071.1 (2.5)
	Active ingredient quantity, kg	118,264.5 (100.0)	70,021.4 (59.2)	28,862.8 (24.4)	15,749.2 (13.3)	11.5 (0.0)	165.3 (0.1)	3,454.2 (2.9)

*Mixture is the blend of fungicide and insecticide.
[§] Numbers in parenthesis indicate % of total quantity.

14.4%로 가장 많이 사용되었고, metalaxylmancozeb 10.0–11.0%, tebuconazole 8.5–9.7%, thiopahanate-methyl 9.3–9.6%, flutolanil 5.7–5.9%, pencycuron 5.3–6.2% 등 순으로 사용되었다.

Shim 등(1994; 1995)에 의하면, 국내 골프장에 발생하는 곰팡이 병원균 중 *Rhizoctonia spp.*에 의한 브라운패치병, 라지패취병, 각종 마름병 등 토양전염성병의 발생빈도가 높으며, 일반적으로 크리핑벤트그래스(*Agrostis stolonifera* L.)가 식재된 putting green에서 *S. homoeocarpa* 병원균이 동전마름병을 유발시켜 문제가 된다고 보고하고 있다. 따라서 국내 골프장의 경우 fairway에 식재된 한국형잔디와 green에 식재된 한지형잔디에 발생하는 갈색잎마름병, 동전마름병 등 곰팡이 병원성균을 대처하기 위해 iprodione과 tebuconazole 및 thiopahanate-methyl 등 살균제 농약이 많이 사용된 것으로 판단된다(Chang 등, 2012).

살충제는 organophosphorous계 농약인 fenitrothion이 살충제 농약사용량 중 51.3–53.2% 사용되었으며, chlorpyrifos-methyl 22.6–24.7%, ethofenproxdiazinon 9.6–9.8%, etofenprox 3.5–4.0%, machine oil과 thiamethoxam은 각각 1.8, 1.6%가 사용되었다(Table 4).

국내 골프장에서 발생하는 주요 해충은 풍뎅이류와 나방류이며, Choo 등(1999)은 골프장에 발생하는 풍뎅이는 8속 12종으로 등얼룩풍뎅이(*Exomala orientalis*)와 주둥무늬차색풍뎅이(*Adoretus tenuimaculatus*)가 광범위하게 분포되어 있고 등얼룩

풍뎅이 유충의 밀도가 높은 골프장이 잔디의 피해가 심한 것으로 보고되고 있다. 또한 Kim 등(2011)의 경남지역 골프장의 나방상 연구에서 나방류는 검거세미나방(*Agrotis ipsilon*), 잔디밤나방(*Spodoptera depravata*), 멸강나방(*Pseudaletia separata*) 등이 많은 피해를 준다고 보고되고 있어 organophosphorous계 및 Pyrethroid계의 살충제가 많이 사용된 것으로 판단된다.

제초제의 경우 carbamate계 농약인 asulam sodium이 제초제 농약사용량 중 19.0–23.4%가 사용되었으며, mecoprop 16.7–17.3%, napropamide 11.8–13.2%, pendimethalin 11.4–12.3%, prodiamine 6.9–10.1%가 사용된 것으로 조사되었다(Table 4). 국내 골프장에 주로 발생하는 잡초는 바랭이(*Digitaria sanguinalis* L.), 새포아풀(*Poa annua* L.), 파대가리(*Killinga brevifolia* var. *leiolepis* Hara.), 토끼풀(*Trifolium pratense* L.), 매듭풀(*Kummerovia striata* (Thunb.) Schindl), 쑥(*Artemisia japonica* Thunb.), 망초(*Erigeron candensis* L.), 쇠뜨기(*Equisetum arvense* L.) 등 1년생 또는 다년생 잡초들로서 이중 바랭이 및 새포아풀 등 방제를 위한 농약사용이 많았던 것으로 판단된다(Kim 등, 1990).

생장보조제는 carboxylic acid ester계의 생장억제제인 trinexapac-ethyl가 전체 사용량의 82.0–89.9%를 차지하였으며, butralin·decylalcohol 5.8%, prohexadione-calcium 3.6–17.4%, 성장촉진제인 아토닉(Sodium-5-mononitro-guaiaco)은 0.5–0.6%로 소량

Table 4 Relative abundance of pesticide application in golf course in 2010 and 2011

Pesticides	2010			Pesticides	2011		
	Active ingredient (kg)	% of class	% of total		Active ingredient (kg)	% of class	% of total
Fungicides							
iprodione	10,093.9	14.3	8.7	iprodione	9,618.3	13.7	8.1
metalaxylmancozeb	7,722.7	11.0	6.7	metalaxylmancozeb	7,003.8	10.0	5.9
Tebuconazole	6,812.4	9.7	5.9	thiopahanate-methyl	6,497.5	9.3	5.5
thiopahanate-methyl	6,730.8	9.6	5.8	tebuconazole	5,964.8	8.5	5.0
flutolanil	4,178.6	5.9	3.6	pencycuron	4,323.7	6.2	3.7
pencycuron	3,739.6	5.3	3.2	flutolanil	4,024.6	5.7	3.4
Insecticides							
fenitrothion	14,465.5	53.2	12.5	fenitrothion	14,807.6	51.3	12.5
chlorpyrifos-methyl	6,129.8	22.6	5.3	chlorpyrifos-methyl	7,134.1	24.7	6.0
ethofenproxdiazinon	2,491.8	9.2	2.2	ethofenproxdiazinon	2,834.7	9.8	2.4
etofenprox	1,092.5	4.0	0.9	etofenprox	1,019.0	3.5	0.9
thiamethoxam	427.9	1.6	0.4	machine oil	505.4	1.8	0.4
Herbicides							
sulam sodium	3,449.0	23.4	3.0	sulam sodium	2,997.2	19.0	2.5
mecoprop	2,555.4	17.3	2.2	mecoprop	2,632.9	16.7	2.2
napropamide	1,940.6	13.2	1.7	pendimethalin	1,939.1	12.3	1.6
pendimethalin	1,683.1	11.4	1.5	napropamide	1,861.2	11.8	1.6
prodiamine	1,019.8	6.9	0.9	prodiamine	1,587.3	10.1	1.3
Growth regulators							
trinexapac-ethyl	155.2	89.9	0.1	trinexapac-ethyl	135.5	82.0	0.1
butralindecylalcohol	10.1	5.8	0.0	prohexadione-calcium	28.7	17.4	0.0
prohexadione-calcium	6.2	3.6	0.0	atonik	0.9	0.5	0.0
Mixture							
carcarpropamid · fludioxonil · imidacloprid	100.8	85.9	0.1	metam-sodium	8.25	71.7	0.0
Others							
spreader	1,669.8	53.1	1.4	spreader	1577.1	45.7	1.3
siloxane	827.4	26.3	0.7	siloxane	1012.2	29.3	0.9
caba	633.5	20.1	0.6	caba	861.0	24.3	0.7

사용되었다. 살균제-살충제 혼합제는 carpropamid · fludioxonil · imidacloprid와 metam-sodium이 각각 85.9%, 71.7% 사용되었다. 그 밖에 사용된 농약으로는 전착제(polyoxy ethylene alkyl aryl ether-sodiumligno sulfonate) 45.7–53.1%, siloxane 26.3–29.3%, 카바(blend of alkylaryl polyethoxylate and sodium salt of alkylsulfonated alkylate) 20.1–24.9% 등이 사용되었다 (Table 4).

캐나다 Alberta주에서 1990–1991년까지 91개 골프장에 대한 농약사용량을 조사한 결과에 따르면 농약품목별 사용량은 살균제(64%) > 제초제(34%) > 살충제(2%) 등으로 살충제 사용량이 가장 적었다. 가장 많이 사용된 농약은 살균제의 경우 thiram, quinterozone, phenyl mercuric acetate, mercurous/mercuric chloride, carbathiin, oxycarboxin, chlorothalonil, iprodione, benomyl, thiophanate-methyl, maneb 등, 제초제는 2,4-D, mecoprop, dicamba, glyphosate, MCPA, paraquat, napropamide, chlorsulfuron 등, 살충제는 Malathion, diazinon, insecticidal soap, carbaryl, dimethoate, methoxychlor 등의 순으로 사용되었다(Alberta Environmental Protection, 1998).

또한 미국 New Jersey주의 농경지 및 골프장 농약사용량보

고서(2003–2011)에 따르면 2003년 농경지의 농약품목별 사용량은 살균제(40%) > 제초제(29%) > 살충제(19%) 등 순이었다. 반면에 2005년에 조사된 골프장의 경우 살균제(87%) > 살충제(7%) > 제초제(5%) > 생장보조제(1%) 등 순으로 조사되었고, 2011년 조사에서도 살균제(85%) > 살충제(8%) > 제초제(5%) > 생장보조제(2%) 등 순이었다. 골프장에 사용된 농약은 살균제의 경우 fosetyl-al, iprodione, chlorothalonil, thiopahanate-methyl, propamocarb HCl, mancozeb 등, 살충제는 oil, cabaryl, chlorpyrifos, trichlorfon, imidacloprid 등, 제초제는 dithiopyr, 2,4-D, bensulide, dicamba, mecoprop 등 순으로 조사되었다(New Jersey Department of Environmental Protection, 2003; 2005; 2011).

골프장별 농약사용량. 우리나라 골프장의 평균 농약사용량은 성분량 기준으로 2010년에 292.5 kg, 2011년에 280.9 kg이었으며, 골프장 농약사용면적(green 등 7개) 대비 농약사용량은 2010년에 5.5 kg ha⁻¹, 2011년에 5.4 kg ha⁻¹로 조사되었다(Table 5). 골프장별 농약사용량과 골프장 면적(농약사용지역) 대비 농약사용량은 연도별로 약간 상이하기는 했지만 일부 골프장에 국한되어 많이 사용하는 것으로 조사되었다. 이러한 골프장의 농약사용량은 일반 농경지에 사용된 총 농약사용량(성분량 기준) 대비

Table 5 Ranks of golf courses based on the amounts and rates of pesticides applied to each of golf courses in 2010 and 2011

2010					2011			
	Golf Course	Amount (kg), (%)	Golf Course	Rates (kg ha ⁻¹)	Golf Course	Amount (kg) (%)	Golf Course	Rates (kg ha ⁻¹)
Total		115,845.1				118,264.5		
Avg.		292.5		5.5		280.9		5.4
Max		1,638.1		30.8		1,784.5		21.9
1	SK	1,638.1 (1.4)	YR	30.8	EE	1,784.5 (1.5)	GS	21.9
2	JW	1,623.4 (1.4)	NH1	22.0	SK	1,545.5 (1.3)	NH1	21.0
3	EE	1,543.9 (1.3)	NH2	20.4	GY	1,335.3 (1.1)	NH2	20.5
4	GY	1,524.9 (1.3)	LH	19.3	GS	1,204.2 (1.0)	PG	18.8
5	SR	1,345.4 (1.2)	KP	18.8	AG	1,186.4 (1.0)	KP	18.8
6	AG	1,280.5 (1.1)	HS	16.4	LB	999.5 (0.8)	GR	18.1
7	JJ	1,261.9 (1.1)	HY	15.4	TD	974.9 (0.8)	SN	17.4
8	HY	1,148.6 (1.0)	JW	15.2	TN	950.3 (0.8)	SS	17.1
9	HP	1,008.6 (0.9)	GJ	15.2	SA	918.0 (0.8)	BA	16.3
10	GJ	913.9 (0.8)	SD	14.7	JJ	904.4 (0.8)	LG	15.9

Table 6 Total amounts of pesticide applied for agricultural purposes in Korea

	1970	1980	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Total active ingredient quantity (ton)	3.7	16.1	25.1	26.1	28.2	25.8	24.6	25.3	24.5	24.1	24.3	25.4	22.8	20.4	19.1
Active ingredient per hectare (kg ha ⁻¹)	1.6	5.8	10.4	12.4	13.5	12.8	12.7	13.0	12.8	12.9	13.1	13.8	12.2	11.2	10.6

Ministry of Agriculture, Forestry, Fishery and Food.

0.6% 수준이며, 농경지 단위면적당 농약사용량인 10.6 kg ha⁻¹에 비해 1/2 수준 이었다(Table 6).

골프장별 농약사용량은 골프장 면적 및 농약사용 면적이 비교적 넓은 골프장들이 많은 편이었으며, 단위면적당 농약사용량은 2010년에 0.0–30.8 kg ha⁻¹, 2011년에 0.0–21.9 kg ha⁻¹로 최저 사용량 또는 평균 사용량에 비해 매우 큰 차이를 보였다. 또한 골프장면적과 상관없이 NH1 및 NH2골프장은 매년 농약사용량이 많은 편 이었다. 골프장별 농약사용량은 관리방안, 기후, 지역 및 토양 등에 따라 다양하므로 순위에는 일정한 경향이 없는 편 이었다.

Fig. 2와 같이 2010년 및 2011년 농약사용량의 t-검정 결과, 유의확률이 유의수준(0.05)보다 낮은 0 또는 0에 가까운 값을 나타내고 있어 정규분포를 가지지 않으며, 중앙값이 각각 4.8±3.814 kg ha⁻¹, 4.5±3.652 kg ha⁻¹으로 표준편차가 매우 큰 것으로 확인되었다. 특히 농약사용량이 10 kg ha⁻¹ 이하인 골프장의 누적확률 분포가 90%이상 차지하고 있어 농약사용량이 많은 소수의 골프장에 의해 전체 평균값 및 편차 등에 많은 영향을 주는 것을 알 수 있었다.

외국의 경우, 캐나다 Alberta주의 골프장 농약 사용과 모니터링 보고서(1998)에서 골프장별로 평균 농약사용량은 76.9 kg이며, 골프장 단위면적당 농약사용량은 1.2 kg ha⁻¹로 조사되었다. 또한 미국 New Jersey주의 경우 골프장별 평균 농약사용량은 2005년 705.4 kg, 2011년 580.1 kg으로 우리나라 골프장 보다 많이 사용되었으며, 골프장 코스별로 농약사용량은 greens/tees 47% (2005: 43%)로 가장 많았고, fairway 45% (2005: 50%), rough 8% (2005: 7%) 등 이었다.

독성 등급별 농약 잔류량. 농약은 병·해충과 잡초 등 생물을 방제할 수 있는 화합물로 개발되었기 때문에 농약의 종류에 따라 상이하기는 하지만 일정한 독성을 지니게 된다. 세계보건기구(WHO)는 농약을 독성에 따라 맹독성, 고독성, 일반 독성 및 저독성 농약으로 구분하고 있고, 급성독성이 가장 높은 것이 맹독성 농약이다. 우리나라도 이에 준하여 농약을 분류하고 있다. 농약의 독성 등급 분류는 농약의 사용자뿐 아니라 취급자, 관리자 및 환경생태계의 안전을 위하여 필요한 것이다. 우리나라는 농약을 등록제로 관리하고 있다. 등록을 위해서는 해당 농약의 잔류성, 독성, 안전성, 품질 등에 관한 연구 자료를 제출하여 심의절차를 거쳐야 한다. 이 과정을 거치지 않고 농약이 시판되는 경우 이는 무등록 농약에 해당된다. 예전에는 4가지 등급에 해당되는 농약들이 시판되었으나 2010년을 기점으로 맹독성과 고독성 농약들은 품목고시에서 제외되어 시판되지 않으며 저독성 농약들이 대부분을 차지하고 있다.

1) 일반독성 및 저독성 농약성분 검출
우리나라는 1994년부터 골프장의 green 및 fairway의 토양과 잔디를 대상으로 매년 2회에 걸쳐 40여종의 농약잔류량 검사를 실시해 오고 있다. 2000–2011년까지 상·하반기, 모두 합쳐 매년 20–253개 골프장에서 잔디 및 토양에 대해 농약잔류량을 검사한 결과, 최대 14종의 잔류농약성분이 검출되었다. 특히 2010년의 경우 NSD 및 SF골프장의 유훈수에서 diazinon, iprodione 등 2개 성분이 각각 0.9, 0.6 µg L⁻¹ 검출되기도 하였다(Table 7).

골프장의 잔류농약 성분은 조사시기별로 상반기보다 하반기가 높은 검출율을 보였다. 검출빈도는 2010년에 green-잔디 >

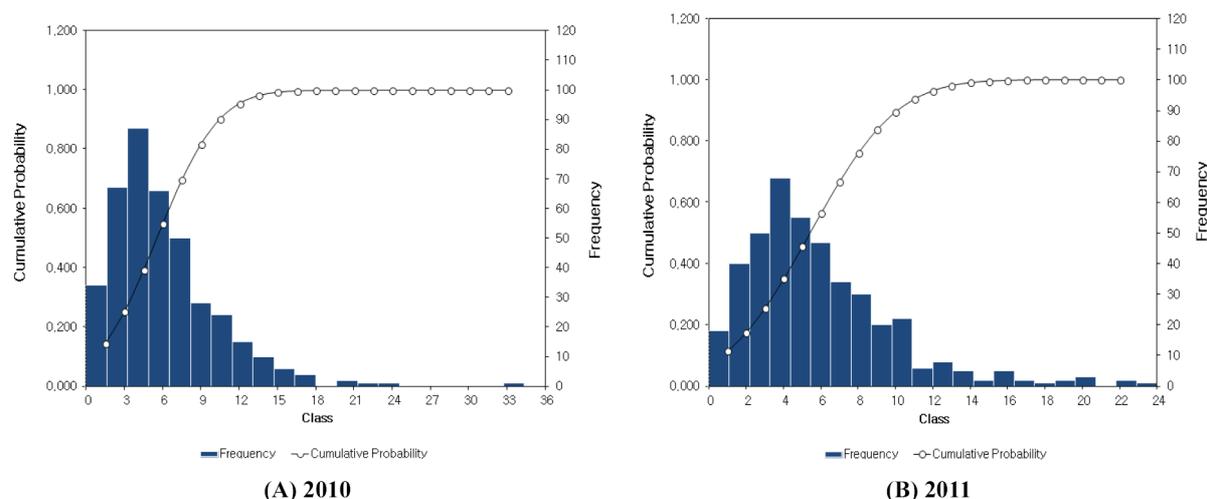


Fig. 2 Distribution of regular probability for the pesticide usage of golf courses by area (ha).

fairway-잔디 > fairway-토양 > green-토양 순으로, 2011년에는 green-잔디 > fairway-잔디 > green-토양 > fairway-토양 순으로 조사되어 농약이 직접 살포된 잔디에서 많은 검출빈도를 보였다. 골프장에 살포된 농약은 대부분 잔디와 표토 사이의 대취층에 농약성분이 흡착되고 나머지는 표토 5 cm 또는 7–8 cm에 흡착되어 하루로 쉽게 이동되지 않으며, 토양에 흡착된 농약성분은 토양미생물에 의해 분해됨에 따라 토양의 농약성분 검출빈도가 낮은 것으로 판단된다.

2010년 농약 잔류량 검사결과, 14개 성분의 농약이 검출되었으며, 이들의 검출빈도가 pendimethalin > iprodione > chlorpyrifos-methyl > fenitrothion > deltamethrin > diazinon 등의 순이었다. 2011년에는 11종의 잔류농약 성분이 검출되었으며, fenitrothion > pendimethalin > chlorothalonil > chlorpyrifos-methyl > deltamethrin > iprodione 등 순으로 검출빈도가 높았다.

검출된 농약성분 중에 농약사용량이 가장 많았던 fenitrothion (14,212.7 kg)은 green 잔디 및 토양에서 각각 173.16, 38.34 mg kg⁻¹으로 제일 높게 조사되었으며, 그 다음으로 사용량이 많았던 iprodione (10,006.2 kg)은 green 잔디에서 155.13 mg kg⁻¹, green 토양에서는 pendimethalin (104.9 kg)이 10.60 mg kg⁻¹으로 가장 높게 조사되었다. fairway에서는 잔디에서 chlorpyrifos-methyl (4,123.9 kg)이 151.16 mg kg⁻¹, 토양에서는 fenitrothion이 6.79 mg kg⁻¹로 가장 높게 검출되었다.

2011년에는 11종의 잔류농약 성분이 검출되었으며, 검출빈도가 높은 농약은 fenitrothion > pendimethalin > chlorothalonil > chlorpyrifos-methyl > deltamethrin > iprodione > tolclofos-methyl > diazinon > chlorpyrifos > thiophanate-methyl 등 순이었다. 검출된 농약성분 중에 chlorpyrifos (chlorpyrifos · diflubenzuron 374.5 kg + chlorpyrifos 8.5 kg + chlorpyrifos · cypermethrin 0.63 kg)가 green-잔디에서 57.49 mg kg⁻¹, green-토양에서는 tolclofos-methyl (859.8 kg)이 2.63 mg kg⁻¹으로 제일 높게 조사되었다. 그 다음으로는 농약사용량이 가장 많았던 fenitrothion (14,807.6 kg)이 green-잔디 및 green-토양에서 각각 54.2, 0.63 mg kg⁻¹로 높게 검출되었다. fairway에서는 잔디 및 토양에서 pendimethalin (1,939.0 kg)이 각각 55.55, 1.61 mg kg⁻¹으로 가장 높게 검출되었다.

특히 2010–2011년 골프장 농약잔류량 검사결과, 골프장 잔디에 사용할 수 없는 captane 성분이 fairway-잔디에서 0.17 mg kg⁻¹, carbofuran은 green-잔디에서 0.66–1.03 mg kg⁻¹, chlorothalonil이 green-토양에서 0.36 mg kg⁻¹, cyhalothrin이 fairway-토양에서 0.42 mg kg⁻¹ 검출되었다. daconil (chlorothalonil)의 경우 2011년에 잔디품목으로 사용승인이 되면서 농약사용량은 325.5 kg까지 급격히 증가되었으며 골프장 green 및 fairway의 잔디와 토양에서 0.05–45.69 mg kg⁻¹까지 검출되었다.

이에 반해 농약사용량이 많았던 metalaxyl·mancozeb (7,003.8–7,722.7 kg)와 tebuconazole (5,964.8–6,812.4 kg)의 경우 잔류농약 검사항목에 포함되지 않아 모든 조사지점에서 잔류량을 확인할 수 없었다. 또한 2010년의 경우 광주시(2개소), 충청남도(17개소) 지역의 모든 골프장에서 농약성분이 검출되지 않았으며, 2011년에는 광주시(2개소), 경상북도(44개소), 충청남도(21개소), 전라남도(31개소) 지역의 모든 골프장에서 농약성분이 검출되지 않았다. 특히 광주시와 충청남도는 2년 동안 농약성분이 전혀 검출되지 않았다. 충청남도, 전라남도 및 경상북도는 우리나라 전체 골프장 농약사용량의 각각 3.8, 6.3, 11.5%를 사용한 지역이다.

2) 맹독성과 고독성 농약의 사용 및 검출

골프장에는 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제61조의 규정에 따라 잔디 및 수목 등에 맹독성 또는 고독성농약의 사용을 엄격히 제한하고 있으며, 다만 수목의 해충·전염병을 방제하기 위하여 관할 행정기관의 장이 불가피하다고 인정하는 경우에만 사용을 허용하고 있다.

국내 골프장의 경우 Lee 등(1996)은 문화체육부의 자료를 인용하여 1991–1994년 국내 골프장의 green 및 fairway-토양에서 고독성농약인 demton-S-methyl이 0.07 mg kg⁻¹, EPN이 0.03–4.43 mg kg⁻¹, endosulfan이 1.28 mg kg⁻¹, methidathion이 0.10 mg kg⁻¹ 검출된 것을 확인하였다. 또한 환경부의 환경백서(1990–1996) 및 보도자료(1999–2011)에 따르면, 2007년까지 매년 일부 골프장에서 phosphamidon, monocrotophos, methidathion, endosulfan, omethoate, EPN 등 고독성농약이 사용되었고, 골프장의 잔디 및 토양에서 endosulfan, phosphamidon, monocrotophos, methidathion, EPN, dichlorvos 등 고독성 농약성분이 최고

Table 7 Results of the annual pesticide residue analyses in golf courses in Korea

	2011	2010	2009	2008	2007
Numbers of golf course where residues were detected	170	185	192	253	161
	11	14	13	12	14
Numbers and kinds of pesticides detected	- chlorothalonil - chlorpyrifos - chlorpyrifos-methyl - cyhalothrin ¹⁾ - deltamethrin - diazinon - fenitrothion - iprodione - pendimethalin - thiophanate-methyl - tolclofos-methyl	- captane ¹⁾ - carbofuran ¹⁾ - chlorothalonil ¹⁾ - chlorpyrifos - chlorpyrifos-methyl - deltamethrin - diazinon - fenitrothion - iprodione - methidathion ²⁾ - pendimethalin - thiophanate-methyl - tolclofos-methyl - tralomethlin	- carbofuran ¹⁾ - chlorothalonil ¹⁾ - chlorpyrifos - chlorpyrifos-methyl - deltamethrin - diazinon - dicofol - fenitrothion - iprodione - pendimethalin - pyraclofos - thiophanate-methyl - thiophanate-methyl - tolclofos-methyl	- chlorpyrifos - chlorpyrifos-methyl - deltamethrin - diazinon - fenitrothion - iprodione - metalaxyl - pendimethalin - pyraclofos - thiophanate-methyl - tolclofos-methyl - tralomethlin	- bensulide - carbofuran ¹⁾ - chlorpyrifos - chlorpyrifos-methyl - deltamethrin - diazinon - fenitrothion - iprodione - metalaxyl - pendimethalin - phenthoate ¹⁾ - pyraclofos - thiophanate-methyl - tolclofos-methyl

¹⁾The banned pesticides.

²⁾Highly toxic pesticide.

6.48 mg kg⁻¹까지 검출되기도 하였다(Lee 등, 1996).

2010년 전국 골프장 농약사용실태조사 결과, IC골프장 green-잔디에서 organophosphorus계 고독성 농약인 methidathion이 0.49–0.85 mg kg⁻¹ 검출되었다. 국내 골프장에서는 2006년 이후부터 고독성농약의 사용실적이 보고되지 않았으며, 2008년 이후부터는 고독성 농약성분이 검출되지 않고 있다(Table 8).

종합토론

골프장에서 살균, 살충 및 제초는 전 세계적으로 거의 농약에 의존하고 있다. 그러나 골프장에 농약사용을 적절하게 관리하지 못할 경우 사용되는 농약이 토양에 잔류되거나 수계로 유출되어 환경적, 사회적 문제를 초래하고 있어서 이를 관리할 필요성이 제기되고 있다. 골프장에서 사용되는 농약의 종류와 사용량, 잔류량 등에 관한 자료가 구축되지 않으면 이를 관리할 수 있는 방안 마련이 어려운 실정이다. 이를 위해 미국, 호주 등 몇 개 국가에서는 제도적으로 농약관리 방안을 마련하고 있으며 이에 상응하는 제도와 정책을 개발하여 시행하고 있다.

골프장에서 환경친화적 농약사용과 관리는 수요자와 환경생태계에 동시에 유익한 방안이므로 국가적 차원에서 이에 관한 정책의 발굴이 시급하게 요구되는 시점이다. 우리나라에서는 농약사용에 관한 제도와 관리를 환경부로 일원화하고, “골프장 농약사용실태 관리시스템”(2010년)을 개발, 운영하고 있으며, “친환경 운영 우수 골프장 인증제”(2012년)를 도입하여 운영 중인 골프장에 대해 생태환경, 수자원, 환경오염 등 6개 분야 19개 항목을 평가하여 인증서 수여 등 인센티브를 부여함으로써 자발적인 환경관리를 유도하고 있다. 이러한 제도의 시행이 성숙되고 농약에 관한 환경주의가 생태중심적(eco-centric)으로 선진화될 경우 골프장에서의 농약의 관리제도는 민간 주도적으로 이행되어야 할 것이다.

우리나라 골프장의 농약사용량은 0.0–1,784.5 kg 범위로 최소 및 최대사용량의 편차가 매우 크며, 일부 소수의 골프장에의 농

약사용량이 매우 많은 실정이다. 이는 골프장에서의 적절한 농약사용과 관리를 위한 제도적 보완이 필요함을 시사해 주고 있다. 우리나라는 골프장에서 발생하는 병해충의 예방 및 관리를 위한 농약사용 요령, 혹은 관리지침 뿐 아니라 교육제도 등이 없는 실정이다. 또한 골프장의 농약사용이 고독성·맹독성농약의 사용규제 및 농약품목별 안전사용기준 등 한정된 관리 규정만 있을 뿐 농약사용 전반에 대한 관리방안이나 토양 및 잔디의 농약잔류허용기준 또는 권고기준 등이 마련되어 있지 않아 체계적인 관리가 어렵다.

우리나라는 골프장의 농약사용에 관련된 업무를 환경부로 일원화하여 추진하고 있으나 아직까지 법령과 행정규칙 등이 체계적으로 정비되지 않은 상태이다. 즉 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」에 골프장의 농약사용 제한 및 보고, 수질 및 토양의 농약잔류허용기준 설정 등에 관한 규정이 마련되어 있을 뿐 허용기준 등이 설정되어 있지 않으며, 관련 행정규칙도 ‘골프장의 농약사용량 조사 및 농약잔류량 검사에 관한 규정’(환경부고시 제2011-3호)만 설정되어 있을 뿐 제도적으로 농약사용량을 줄이거나 농약관리 및 사용량의 부적정 보고 등에 대한 감시기능과 처벌 등에 관한 규정은 없다. 따라서 현행 수질 관련 법령에 규정된 조항들을 「토양환경보전법」으로 이관할 필요가 있으며, 관련제도를 개선·발전시켜 환경피해를 예방하고, 지속적인 모니터링과 관련 연구 및 기술개발을 통해 체계적인 관리방안 마련이 요구되고 있다.

현재 우리나라 골프장에서는 총 220개 이상의 농약품목이 사용되고 있으며, 골프장의 잔디와 토양에서 농약사용량이 많은 살균제 및 살충제 성분이 가장 많이 검출되고 있다. 최근에는 골프장에서 고독성농약의 사용량이 보고된 적은 없으며, 아울러 고독성농약 성분도 검출되지 않고 있다. 그러나 골프장에 사용된 농약의 종류와 품목 그리고 단위 면적 당 살포량 등에 관해 편차가 크고, 농약 잔류량의 경우도 농약의 종류, 조사 시기, 분석방법 또는 조사기관 마다 상이한 결과를 나타내고 있는 실정이다. 이에 관한 대책 마련이 필요하다고 판단되나 획일적인 방안의 제시는 불가능하게 여겨진다.

Table 8 Status on application of the highly toxic pesticides and their residues in golf courses

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
Use	11	8	5	9	9	5	0	
Pesticides (kg)	methidathion endosulfan phosphamidon (5,432)*	N.C.	N.C.	phosphamidon monocrotophos methidathion omethoate	phosphamidon monocrotophos methidathion endosulfan	phosphamidon endosulfan	-	
Detection	N.C.	N.C.	N.C.	1	7	5	5	
Ingredient (mg kg⁻¹)	N.C.	N.C.	N.C.	EPN (N.C.)	phosphamidon (N.C.) endosulfan (N.C.)	endosulfan (N.C.) EPN (N.C.)	endosulfan (N.C.) dichlorvos (N.C.)	
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
Use	6	3	5	1	0	0	0	
Pesticides (kg)	phosphamidon (124.5)	phosphamidon (270.5)	phosphamidon (57)	phosphamidon (60)	-	-	-	
Detection	6	5	4	6	5	3	2	
Ingredient (mg kg⁻¹)	endosulfan 0.037–1.54	endosulfan 0.011–2.138	endosulfan 0.012–0.405	endosulfan 0.008–0.105	endosulfan 0.014–1.34	endosulfan 0.006–0.401	endosulfan 0.041–0.532	
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Use	0	1	0	0	0	0	0	0
Pesticides (kg)	-	phosphamidon (2)	-	-	-	-	-	-
Detection	4	2	2	1	0	0	1	0
Ingredient (mg kg⁻¹)	endosulfan 0.021–0.696	endosulfan 0.008–0.344	endosulfan 6.48 monocrotophos 0.10	endosulfan 0.11–0.52	-	-	methidathion 0.49–0.58	-

The Gyoungyang Daily News, 1990. 11. 21.

N.C.: Not confirmed.

골프장에서 농약사용, 관리 및 주변 생태계 및 인간에 미치는 영향 등을 평가하기 위해서는 위해성평가의 도입이 우선적으로 이행되어야 한다. 이를 위해 골프장과 주변 지역에서의 지속적인 지하수 모니터링, 골프장 주변 수계의 농약유출량 조사 및 예측 등 정밀조사를 실시할 뿐 아니라 농약에 대한 위해성평가 프로토콜의 정립과 활용되는 핵심 변수들에 관한 자료의 확보가 필요하다.

골프장에서의 농약사용과 관리는 개별 골프장에 적합한 지역 특이적 최적 관리방안(site-specific best management practices)이 우선적으로 마련되는 것이 바람직하다(WREO, 2001). 이를 위해 골프장에서 사용되는 농약의 토양 내 잔류특성과 농약의 흡착, 용탈, 유출효과 등에 관한 연구, 골프장 잔디 및 토양특성에 따른 농약사용량 추천, 잔류농약류의 생화학적 상호 반응 등에 관한 연구가 필요하다.

우리나라는 골프장의 농약사용 및 농약잔류량 검사, 환경오염피해에 대한 기초연구, 환경오염 저감기술 등 관련 인프라가 매우 부족한 실정이다. 따라서 향후 정부에서는 관련제도를 정비하고, 개선·발전시켜 골프장에 의한 환경피해를 최소화하여 골프장이 친환경적으로 운영될 수 있도록 지속적인 관심과 지원이 이루어져야 할 것이다.

초 록

골프장에서 제초와 병해충방제를 위해 농약의 사용은 필수적인 요소이다. 농약은 적절하게 관리되지 않을 경우 주변 환경과 생태계에 악영향을 초래할 수 있다. 그러나 우리나라의 경우 골프장의 농약사용에 관한 구체적인 통계나 체계적 관리방안이 없는 실정이었다. 본 논문에서는 골프장에서 사용되는 농약의 실태를 파악하고 이를 국가적 차원에서 체계적으로 관리할 수 있는 방안에 관해 조사하였다. 골프의 대중화로 인해 우리나라의 골프장은 급격히 증가하여 2011년 말 기준으로 421개소가 운영되고 있으며 이는 면적으로 379.53 km²이다. 이와 더불어 농약사용량도 매년 증가하고 있으며 2011년에는 216품목의 농약이 성분량 기준으로 총 118,669.4 kg이었고, 살균제(54.9%) > 살충제(24.4%) > 제초제(13.3%) > 생장조정제(0.1%) 순이었다. 2011년 골프장별 평균 농약사용량은 성분량으로 280.9 kg이었으며, 단위면적당 평균 농약사용량은 5.4 kg ha⁻¹이었으나 이는 일반 농경지에서의 사용량의 50%에 해당되는 것이다. 골프장별 사용량은 0.0–21.9 kg ha⁻¹ 범위로 편차가 매우 컸다. 골프장내 잔류농약성분의 검출빈도는 green > fairway, 잔디 > 토양 순이었다. 과거에는 일부 골프장에서 고독성농약을 사용하거나 검출되

기도 하였으나 최근에는 사용하지도 않으며 검출되지도 않았다. 골프장의 농약사용의 실태를 파악하고 농약에 따른 환경피해를 예방하기 위해서 환경부에서는 2010년 초에 ‘골프장 농약 사용 실태 관리시스템’(환경부 토양지하수정보시스템)을 개발하였다. 이 시스템을 통해 골프장에서의 농약사용 모니터링과 잔류 농약 검사에 관한 선진화된 관리체계를 구축하였다. 농약 잔류량 검사는 토양, 잔디 및 유출수 시료에 대해 실시하고 있고 검사 시료는 골프장의 규모에 따라 결정할 수 있도록 정하였다. 우리나라는 골프장의 농약사용에 관련된 업무를 여러 부처에서 담당하다가 2009년부터 환경부로 일원화하여 추진하고 있으나 아직까지 법령과 행정규칙 등이 체계적으로 정비되지 않은 상태이다. 골프장에서의 농약사용과 관리 및 주변 생태계와 인간에 미치는 영향 등을 파악하기 위해서는 개별 골프장에 적합한 지역특이적 최적 관리방안(site-specific best management practices)이 우선적으로 마련되는 것이 바람직하며, 이는 위해서는 위해성평가의 도입이 우선적으로 이행되어야 할 것이다. 우리나라는 골프장의 농약사용 및 농약잔류량 검사, 환경오염피해에 대한 기초연구, 환경오염 저감기술 등 관련 인프라가 매우 부족한 실정이다. 따라서 향후 정부에서는 관련제도를 정비하고, 개선·발전시켜 골프장에 의한 환경피해를 최소화하여 골프장이 친환경적으로 운영될 수 있도록 지속적인 관심과 지원이 이루어져야 할 것이다.

주제어 골프장 · 농약관리시스템 · 농약사용량 · 농약잔류량 · 최적관리방안

감사의 글 우리나라 골프장 농약실태조사를 위해 많은 노력을 가져주신 전국 시도 및 시도보건환경연구원 담당공무원분들께 감사를 드립니다.

References

Alberta Environmental Protection (1998) Golf course pesticide use and monitoring, Alberta, Canada.
 Chang SW, Jung SW, Kim S, Park JH, and Lee JY (2012) Synergistic interaction of fungicides in mixtures under different conditions of dollar spot disease caused by *Sclerotinia homoeocarpa*. *Asian J Turfgrass Sci* **26**, 96-101.
 Choo HY, Lee DW, Park JW, and Lee JW (1999) Comparison of four major scarab beetles, *ectinohoplia rufipes*, *adoretus tenuimaculatus*, *exomala orientalis* and *popillia quadriguttata* in golf courses. *Kor Turfgrass Sci* **13**, 101-12.

JIHE (2008) Study on Guideline of Pesticide and Fertilizer Uses in Jeju Golf Courses. Jeju Institute of Health and Environment, Jeju Special Self-Governing Province, Korea.
 KCPA (2012) Annual Report of Agrochemicals. Korea Crop Protection Association, Korea.
 Kim JJ, Lee SJ, Jung YH, Lee SM, Choo HY, and Lee DW (2011) Moth (Lepidoptera) fauna of golf courses in Jinju, Gyeongsangnamdo, Korea. *Asian J Turfgrass Sci* **25**, 30-42.
 Kim KU, Choi ST, Kim HY, An YT, Kim IS (1990) Weed Flora of Golf Fields in Korea. *Korea J Turfgrass Sci* **4**(1), 31-41.
 Lee SR, Han DS, and Lee MG (1996) Information resources for the establishment of tolerances on pesticide residues in golf courses. *Korean J Environ Agric* **15**, 262-72.
 MAFRA (2013) Agrochemicals Control Act, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Korea.
 MCST (2008) Survey of National Households on Physical Activity Participation in 2008. Ministry of Culture, Sports and Tourism, Korea.
 MOE (2009) Management Strategy on Pesticides in Soils. Ministry of Environment, Korea.
 New Jersey Department of Environmental Protection (2003) Pesticide control program. Pesticide evaluation and monitoring. Agricultural pesticide use in new jersey: 2003 Survey. USA.
 New Jersey Department of Environmental Protection (2005) Pesticide control program. Pesticide evaluation and monitoring. Golf course pesticide use in New Jersey: 2005 Survey. USA.
 New Jersey Department of Environmental Protection (2011) Pesticide program. Pesticide evaluation and monitoring. Golf course pesticide use in New Jersey: 2011 Survey. USA.
 Ontario Regulation 63/09 (2009) Pesticide Act, Ontario, Canada.
 Park YK, Lee CH, Lee SH, and Kim JW (1996) Characteristics of pesticide discharge in the Nakdong river basin: Evaluation of pesticide discharge from farmland and golf links. *Korean J Soc Environ Eng* **18**, 627-36.
 Shim GY (1995) Etiology and ecology of rhizoctonia diseases on turfgrasses and their control in golf courses in Korea. PhD Thesis, Gyeongsang National University, Korea.
 Shim GY (1998) The programs to reduct amount of used agrochemicals by biological control in golf courses in Korea. *Korean J. Technol Soc Water Waste Water Treatment* **6**, 95-111.
 Shim GY, Kim JW, and Kim HK (1994) Occurrence of rhizoctonia blight of zoysiagrasses in golf courses in Korea. *Korean J Plant Pathol* **10**, 54-60.
 Suzuki T, Kondo H, Yaguchi K, Maki T, and Suga T (1998) Estimation of leachability and persistence of pesticides at golf courses from point-source monitoring and model to predict pesticide leaching to groundwater. *Environ Sci Technol* **32**, 920-9.
 WREO (2001) Survey of Pesticide Residues in Golf Course and Improvement Measures. Wonju Regional Environment Office, Ministry of Environment, Korea.
 Yang H (1998) In *Revised Pesticide Science*, (3rd ed). Hyangmunsa Pub. Co., Korea.