

도내 골프장 농약잔류량 실태조사

장태권 · 손하린 · 이해근 · 김정운 · 김신희 · 나채근

폐기물분석과

- 맹 · 고독성 농약사용감시 및 농약의 안전사용기준을 준수
- 골프장 이용객 및 주민건강 보호와 주변 환경오염을 예방

1. 조사개요

- 조사기간 : 2022년 4월 ~ 12월, 연 2회(반기별 1회)
- 조사대상 : 도내 16개 시 · 군 54개 골프장의 토양, 최종유풀구 및 연못
- 조사항목 : 골프장 사용(금지)농약 성분 30개 항목

표 1. 도내 골프장 현황

시 · 군	계	골 프 장 명				비 고(군부대)
계	54	51				3
경주시	13	• 경주신라CC(회36홀)	• 서라벌GC(회18홀, 대18홀)	• 경주CC(대27홀)	• 코오롱호텔가든(대9홀)	• 루나엑스GC(대24홀)
		• 마우나오션CC(회18홀)	• 우리GC(대9홀)	• 보문GC(대18홀)	• 골프존카운티감포(대18홀)	
		• 블루원디아너스CC(회27홀)	• 선리지GC(대9홀)	• 안강레전드GC(대9홀)	• 이스트힐CC(대18홀)	
포항시	5	• 오션힐스포항CC(회18홀)	• 오션힐스포항CC(대9홀)	• 청하이스턴CC(대9홀)	• 포항CC(대18홀)	• 포항체력단련(9홀)
김천시	2	• 애플밸리CC(대9홀)	• 포도CC(대18홀)			
안동시	3	• 안동레이크골프클럽(대18홀)	• 안동리버힐CC(회18홀)	• 남안동 CC(회18홀)		
구미시	3	• GC선산(회18홀)	• GC구미(대18홀)	• 구미CC(회18, 대9홀)		
영천시	5	• 오펜GC(회27홀)	• 오션힐스 영천CC(회27홀)	• 시엘골프클럽(대9홀)	• 골프존카운티청통(대18홀)	• 충성대체력단련(9홀)
상주시	2	• 블루원상주CC(대18홀)	• 뉴스프링빌2CC(대18홀)			
문경시	1	• 문경GC(대18홀)				
경산시	2	• 대구CC(회27홀)	• 인터볼고CC(회27홀)			
군위군	2	• 구니CC(대18홀)	• 군위오펜GC(대18홀)			
의성군	3	• 엠스클럽의성(대18홀)	• 엠스클럽의성(대9홀)	• 파리지오CC(대18홀)		
영덕군	1	• 오션비치 골프&리조트(대27홀)				
청도군	3	• 그레이스CC(대27홀)	• 오션힐스청도GC(회18홀)	• 펜타뷰골프클럽(대9홀)		
고령군	4	• 유니밸리CC(대9홀)	• 마스터피스CC(대18홀)	• 대가야CC(대9홀)	• 고령오펜CC(대18홀)	
칠곡군	3	• 파미힐스CC(회36홀)	• 구미마이다스GA(대9홀)	• 세븐밸리CC(대18홀)		
예천군	2	• 한맥CC&노블리아(대18홀)				• 예천체력단련(9홀)

II. 조사사업

표 2. 조사항목

대상 농약(30종)	
고독성농약(3종)	Dichlofluanid, Tolyfluanid, Tralomethrin
잔디 사용금지농약(7종)	Fipronil, Dichlorovos, Phorate, Dimethoate, Edifenphos, Fosthiazate, Carbaryl
일반항목(18종)	Azoxystrobin, Carbendazim, Chlorpyrifos, Diazinon, Dichlobenil, Fenitrothion, Flutolanil, Iprodione, Pyrimethanil, Tebuconazole, Thifluzamide, Thiophanate-methyl, Trifloxystrobin, Triflumizole, Cadusafos, Diniconazol, Propamocarb-hydrochloride, Acephate
선택항목(2종)	Oxine-copper, Thiram

2. 조사방법

○ 시료채취방법

골프장의 농약사용량 조사 및 농약잔류량 검사방법 등에 관한 규정 제5조(시료채취방법)에 근거하여 시료를 채취하였다.

○ 분석방법

시료의 전처리는 골프장의 농약사용량 조사 및 농약잔류 검사방법 등에 관한 규정에 의해 실시하였으며, 시험용액은 GC-MS, LC-MS/MS로 분석하였다.

표 3. 골프장 규모별 토양, 수질 시료채취(수)방법 및 시료별 검사 건수

골프장규모 (홀수)	시료채취		토양시료 반복채취 수	시료수	시료수/홀	전체시료수
	홀수	지점				
9홀	2개 홀	그린	5~10회 반복 채취하여 혼합	1	2	4
		페어웨이	5~10회 반복 채취하여 혼합	1		
18홀	3개 홀	그린	5~10회 반복 채취하여 혼합	1	2	6
		페어웨이	5~10회 반복 채취하여 혼합	1		
27홀	4개 홀	그린	5~10회 반복 채취하여 혼합	1	2	8
		페어웨이	5~10회 반복 채취하여 혼합	1		
36홀	5개 홀	그린	5~10회 반복 채취하여 혼합	1	2	10
		페어웨이	5~10회 반복 채취하여 혼합	1		
시료채취방법	수질 시료(총 3개 지점이상)		※ 시료채취량 및 용기			
	가. 유출수가 흐르는 경우 부지경계선의 최종유출구에서 1개 이상		• 토양 : 1 kg 정도(지퍼백)			
	나. 유출수가 흐르지 않는 경우 최종유출구 전단의 집수조나 연못 등에서 시료채취		• 수질 : 3~5 L 정도(갈색유리병)			
			※ 갈색유리병			
	다. 나머지 시료는 최종유출구 가까운 연못의 2개 지점 이상에서 채취		질산 및 정제수로 씻은 후, 아세톤으로 세정하고 120℃에서 2시간 정도 가열 후 방냉			
			※ 시료 보관 : 4℃에서 최대 7일(추출 후 40일)보관			

3. 조사결과

○ 시료별 잔류농약 검출현황(표 4)

시료별 잔류농약 유효검출 건수는 수질(연못)에서 215건 검사 중 108건이 검출되었으며, 검출률은 50.2%로 가장 높았다. 토양은 그린과 페어웨이에서 각 319건 검사에 107건이 검출되었고 검출률은 33.5%로 나타났으며, 전체 시료의 유효 평균 검출률은 39.0%로 나타났다.

표 4. 시료별 검사 건수, 잔류농약 유효검출 건수 및 검출률

시료명	검사 건수	유효검출 건수	검출률(%)
토양(그린)	319	107	33.5
토양(페어웨이)	319	107	33.5
수질(연못)	215	108	50.2
수질(최종유통구)	106	52	49.1
계	959	374	39.0

○ 연도별 잔류농약 검출 현황(표 5)

최근 5년간 맹·고독성 및 잔디 사용금지농약을 사용한 골프장은 발견되지 않았고, 2022년도 경북도내 골프장 농약 잔류량 조사에서 검출된 농약성분은 Acephate, Azoxystrobin, Carbendazim, Diazinon, Diniconazole, Flutolanil, Iprodione, Oxine-copper, Propamocarb-hydrochloride, Pyrimethanil, Tebuconazole, Thifluzamide, Thiophanate-methyl, Thiram, Triflumizole로 환경잔류성이 낮은 저독성 일반농약 15개 항목이 검출되었다.

표 5. 연도별 잔류농약 검출 현황

구 분	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년
검출 골프장수/총 골프장수	47/50	48/50	50/53	51/53	53/54
계	6	12	13	15	15
잔류농약 검출 성분수					
맹·고독성 및 잔디 사용금지농약	—	—	—	—	—
일반(저)독성	6	12	13	15	15

II. 조사사업

○ 성분별 잔류농약 검출 빈도(표 6, 그림 1, 2, 3)

골프장 사용농약의 성분별 검출 빈도는 토양시료에서 Tebuconazole > Azoxystrobin > Thifluzamide 순으로 높았으며, 수질시료에서는 Tebuconazole > Thifluzamide > Flutolanil 순으로 나타났다. 토양과 수질시료를 합한 전체시료에서 검출빈도는 Tebuconazole > Thifluzamide > Azoxystrobin > Flutolanil 순으로 나타났다. 2021년도 전국 골프장의 검출 농약성분은 Tbuconazole > Thifluzamide > Azoxystrobin 순으로 이번 조사사업 검출빈도와 동일한 추이를 보였다.

표 6. 성분별 잔류농약 검출 빈도

농약성분명	토양			수질			총계
	그린	페어웨이	합계	최종유통구	연못	합계	
Acephate	0	0	0	18	27	45	45
Azoxystrobin	50	45	95	26	42	68	163
Carbendazim	14	1	15	6	12	18	33
Diazinon	0	0	0	0	1	1	1
Diniconazole	1	0	1	3	2	5	6
Flutolanil	4	18	22	30	47	77	99
Iprodione	1	2	3	1	2	3	6
Oxine-copper	0	0	0	2	0	2	2
Propamocarb hydrochloride	0	0	0	1	1	2	2
Pyrimethanil	1	0	1	0	0	0	1
Tebuconazole	75	57	132	44	78	122	254
Thifluzamide	26	61	87	35	64	99	186
Thiophanate-methyl	0	0	0	2	1	3	3
Thiram	6	2	8	1	1	2	10
Triflumizole	1	0	1	0	0	0	1

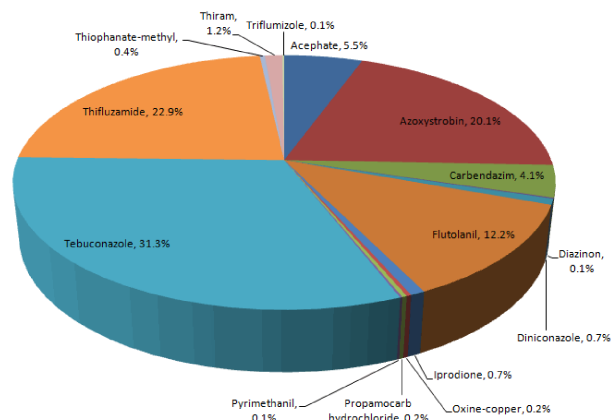


그림 1. 전체시료의 성분별 잔류농약 검출 빈도

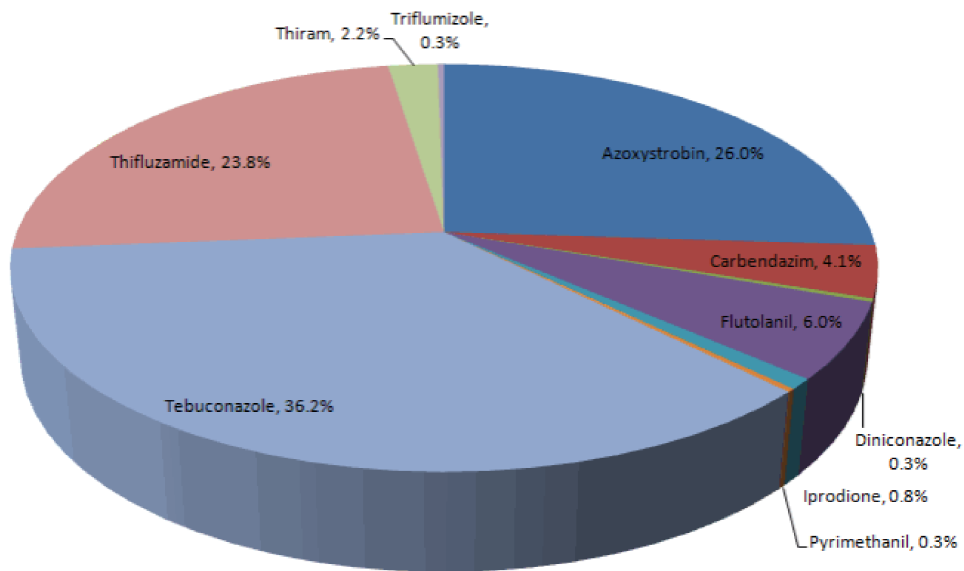


그림 2. 토양시료의 성분별 잔류농약 검출 빈도

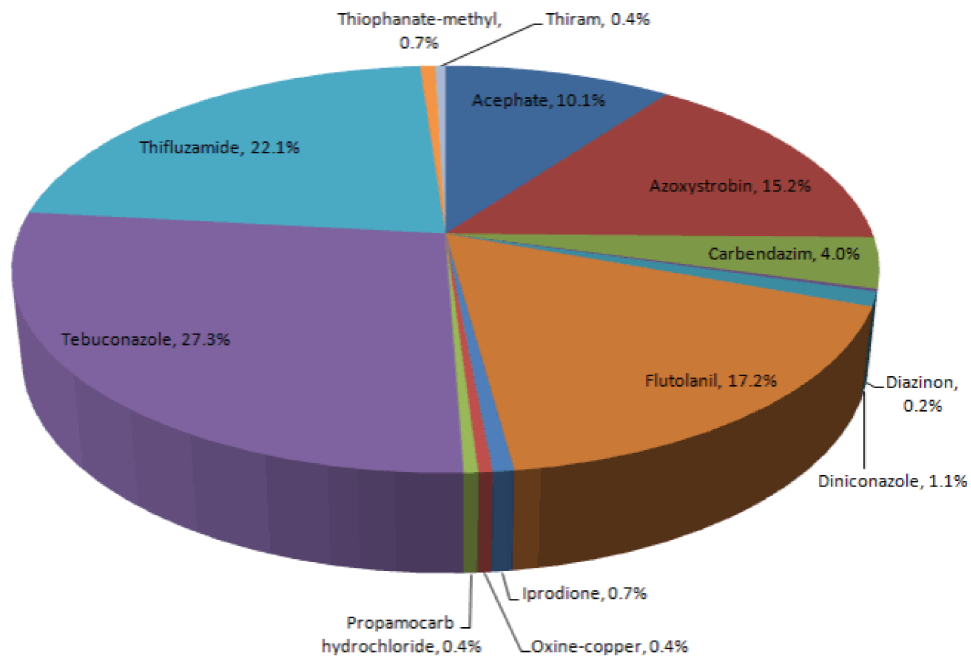


그림 3. 수질시료의 성분별 잔류농약 검출 빈도

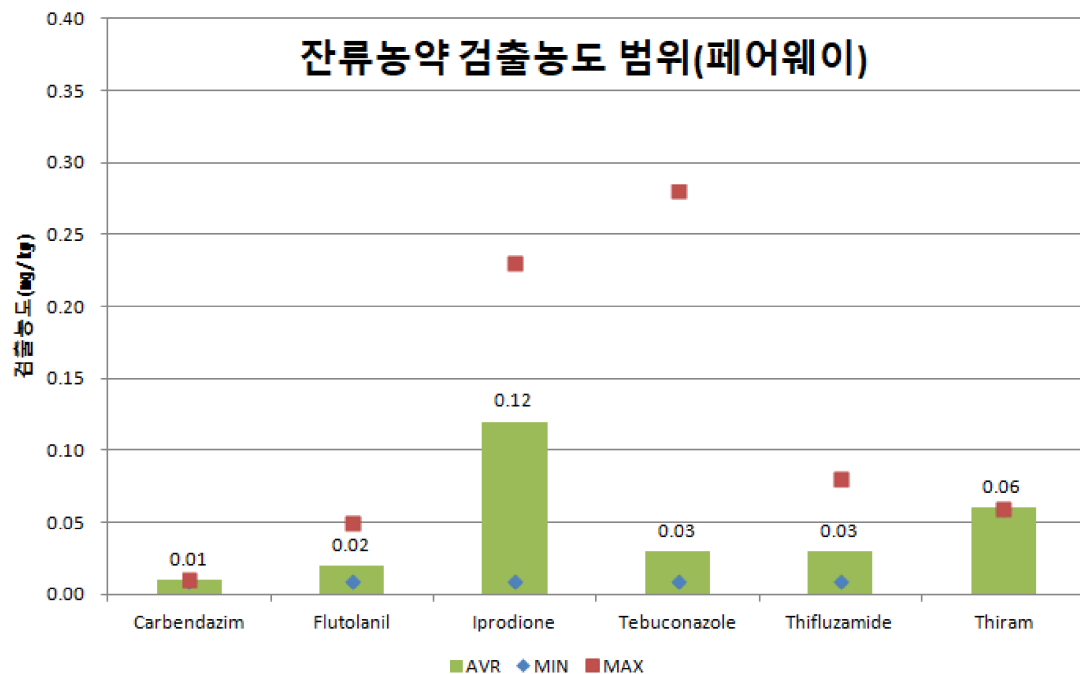
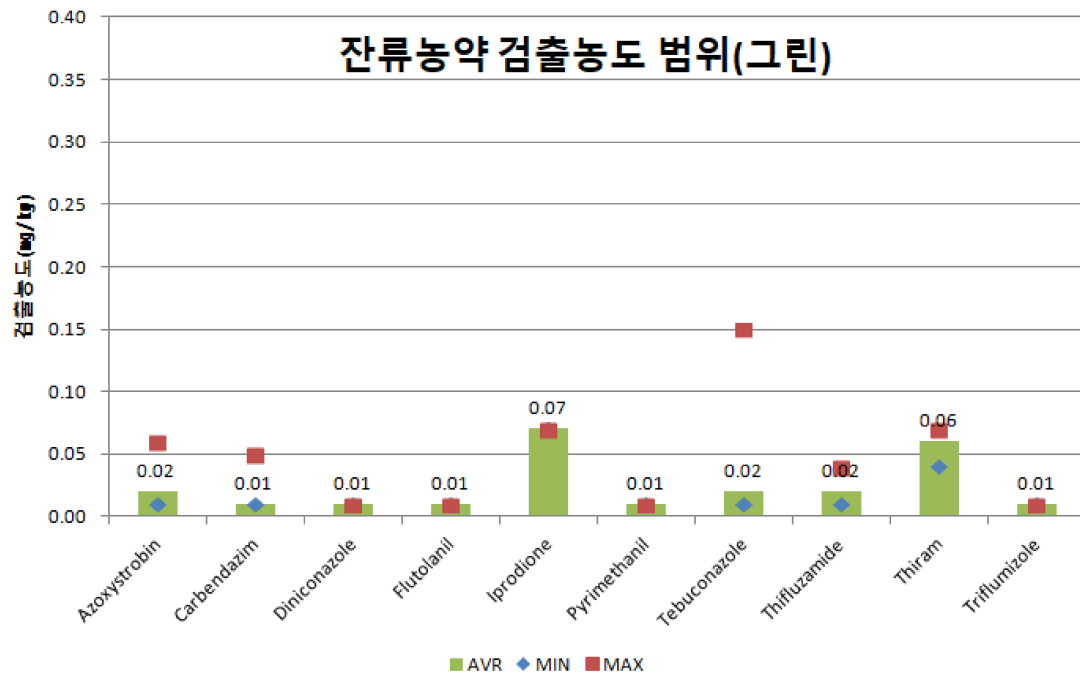
II. 조사사업

○ 성분별 잔류농약 검출농도(표 7, 그림 4, 5)

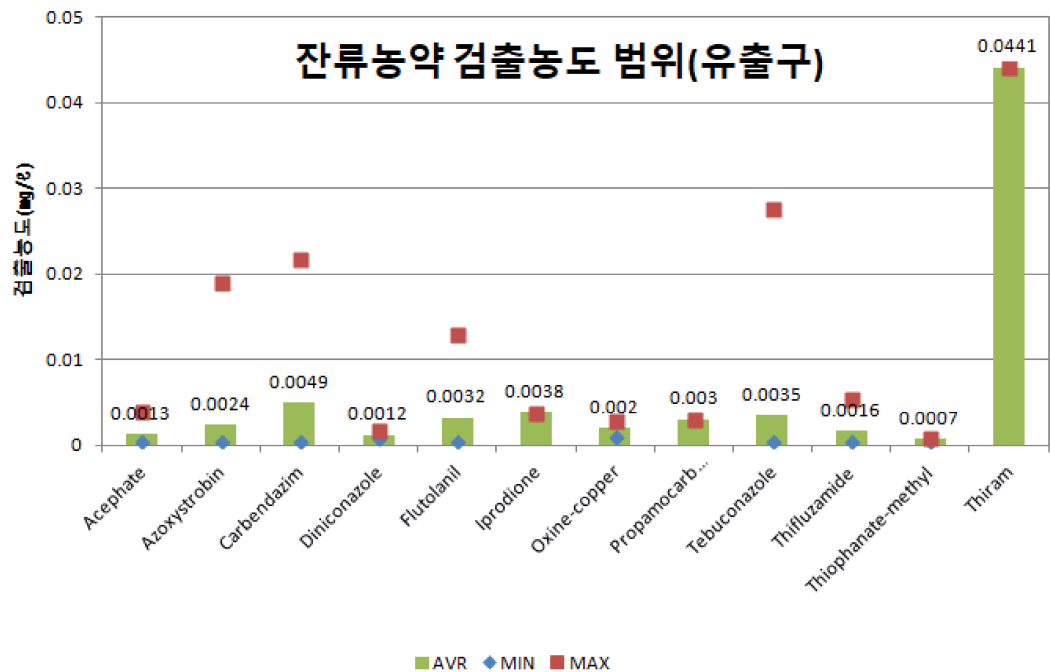
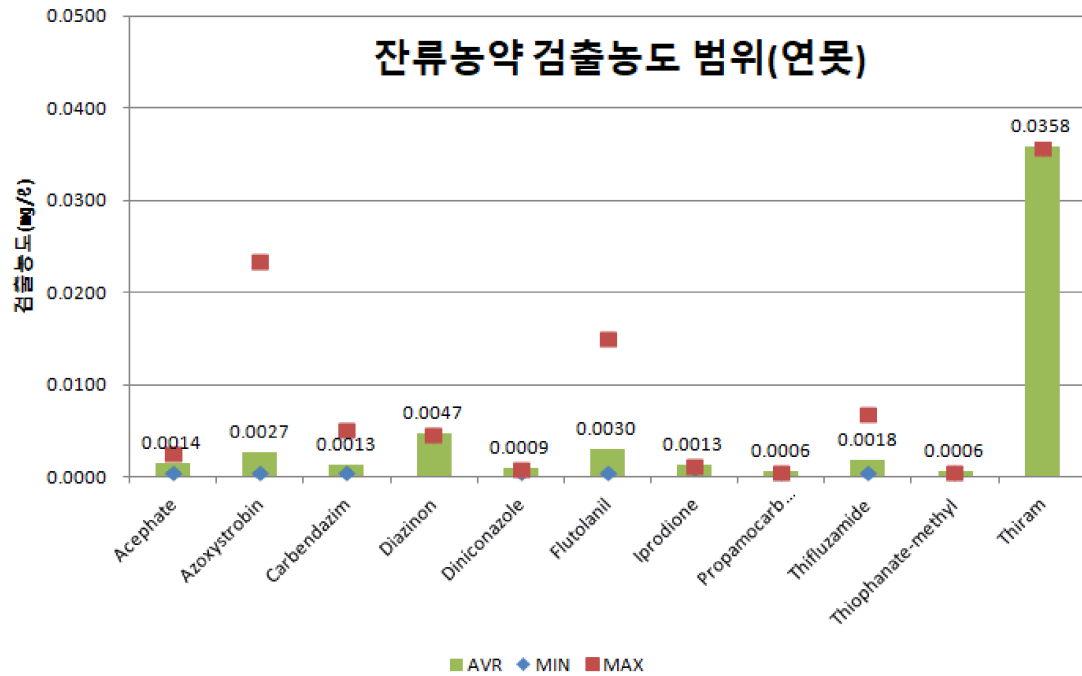
- 검출된 농약 성분은 사용 용도별 살균제 13종, 살충제 2종이 검출되었으며, 라이족토니아마름병, 갈색잎마름병 등에 사용되는 살균제가 대부분을 차지하였다.
- 경북도내 골프장 전체에서 각 잔류농약의 농도를 합산한 총 검출 농도는 토양 중 그린 3.41 mg/kg, 페어웨이 5.46mg/kg,으로 전체 토양시료에서 8.87 mg/kg,으로 나타났으며, 최종유통구에서 0.4838 mg/ℓ, 연못에서 0.6656 mg/ℓ 으로 전체 수질시료에는 1.1494 mg/ℓ 가 나타났다.
- 그림4.에서 주요 성분별 잔류농약 평균농도는 토양시료에서 단일 검출을 제외하면 그린에서 Thiram > Azoxystrobin > Thifluzamide 순으로 높았으며, 각각 0.04~0.07, 0.01~0.06, 0.01~0.04 mg/kg 농도 범위를 나타냈다. 페어웨이는 Iprodione > Azoxystrobin > Tebuconazole 순이며, 각각 0.01~0.23, 0.01~0.22, 0.01~0.28 mg/kg 농도 범위를 나타냈다.
- 그림5.에서 주요 성분별 잔류농약 평균농도는 수질시료에서 단일검출을 제외하면 유통구에서 Carbendazim > Tebuconazole > Flutolanil 순이며, 각각 0.0006~0.0218, 0.0006~0.0277, 0.006~0.0130 mg/ℓ 의 범위를 나타냈다. 연못은 Flutolanil > Azoxystrobin > Thifluzamide 순이며, 각각 0.0006~0.0152, 0.0006~0.0236, 0.0006~0.0069 mg/ℓ 를 나타냈다.

표 7. 성분별 잔류농약 총 검출농도

구분	토양 (mg/kg)			수질 (mg/L)			용도
	그린	페어웨이	합계	최종유통구	연못	합계	
총 검출농도	3.41	5.46	8.87	0.4838	0.6656	1.1494	
Acephate	불검출	불검출	불검출	0.0236	0.0371	0.0607	살충제
Azoxystrobin	0.79	1.32	2.11	0.0620	0.1131	0.1751	살균제
Carbendazim	0.19	0.01	0.20	0.0296	0.0158	0.0454	살균제
Diazinon	불검출	불검출	불검출	불검출	0.0047	0.0047	살충제
Diniconazole	0.01	불검출	0.01	0.0036	0.0017	0.0053	살균제
Flutolanil	0.04	0.35	0.39	0.0949	0.1425	0.2374	살균제
Iprodione	0.07	0.24	0.31	0.0038	0.0025	0.0063	살균제
Oxine-copper	불검출	불검출	불검출	0.0040	불검출	0.0040	살균제
Propamocarb hydrochloride	불검출	불검출	불검출	0.0030	0.0006	0.0036	살균제
Pyrimethanil	0.01	불검출	0.01	불검출	불검출	불검출	살균제
Tebuconazole	1.40	1.71	3.11	0.1561	0.2002	0.3563	살균제
Thifluzamide	0.54	1.71	2.25	0.0577	0.1157	0.1734	살균제
Thiophanate-methyl	불검출	불검출	불검출	0.0014	0.0006	0.0020	살균제
Thiram	0.35	0.12	0.47	0.0441	0.0358	0.0799	살균제
Triflumizole	0.01	불검출	0.01	불검출	불검출	불검출	살균제



II. 조사사업



○ 채취시기에 따른 시료별 잔류농약 총 검출농도(표 8)

채취시기에 따른 잔류농약 총 검출농도는 건기(4~6월)에는 보다 우기(7~9월)에는 더 높은 농도를 나타냈으며, 유출이 없는 연못은 건기보다 우기에 더 높은 검출농도를 나타냈다. 토양 시료에서 건기와 우기의 차이는 농약을 살포하였을 때 빗물에 의한 유출에 따른 것으로 판단된다. 그린은 잔디가 짧아 유출이 빠르며, 건기에 비해 빠른 성장력으로 코스관리에 따른 트리밍도 잦아짐에 따라 우기에 더 낮은 농도를 나타냈다. 수질시료의 경우 유출의 유무에 따라 다른 결과가 나타났다. 우기(7~9월)에 토양에 잔류된 농약이 강우에 의해 씻겨 연못으로 흘러들었고, 유출이 일어나지 않는 연못의 경우 강우 초기에 고농도의 세척수 유입과 누적으로 유출이 일어나는 연못보다 잔류농약의 검출농도가 높은 것으로 나타났다.

표 8. 채취시기에 따른 잔류농약 총 검출농도

시료명	건기	우기	증감량	증감률
토양(그린)	2.86 mg/kg	0.55 mg/kg	-2.31 mg/kg	-80.8%
토양(페어웨이)	3.86 mg/kg	1.60 mg/kg	-2.26 mg/kg	-58.5%
수질(유출구)	0.2942 mg/ℓ	0.1896 mg/ℓ	-0.1046 mg/ℓ	-35.6%
수질(연못)	0.3033 mg/ℓ	0.3670 mg/ℓ	▲0.0637 mg/ℓ	▲21.0%

4. 활용방안 및 기대효과

- 매년 시·군과 합동으로 농약잔류량 조사로 농약사용 안전기준 마련 및 농약사용량 최소화 유도
- 골프장에서 사용되는 주요 농약에 대한 정밀 모니터링을 통해 주변 환경자원 및 주민 건강 보호
- 골프장 내 유출 특성 파악으로 비점오염저감대책 기초자료로 활용

