경상북도보건환경연구원보, 제33권 pp. 201~209(2020)
Journal of GBIHE, Vol. 33, pp. 201~209(2020)

도내 골프장 농약잔류량 실태조사

장태권 · 김자현 · 윤인주 · 김정운 · 이은영 · 한혜경 · 김효순

폐기물분석과

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

1. 조사개요

○ 조사기간 : 2020년 4월 ~ 12월, 연 2회(반기별 1회)
○ 조사대상 : 도내 16개 시 · 군 53개 골프장의 토양, 최종유출구 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	53	53				3
포항시	5	• 오션힐스포항(회18홀)	• 오션힐스포항(대9홀)	• 청하이스턴CC(대9홀)	• 포항CC(대18홀)	• 포항체력(9홀)
경주시	12	• 경주신라CC(회36홀)	• 보문GC(대18홀)	• 경주CC(대27홀)	• 마우나오션CC(회18홀)	
		• 가든골프클럽(대9홀)	• 우리GC(대9홀)	• 서라벌GC(대36홀)	• 골프존카운티감포(대18홀)	
		• 디아너스CC(회27홀)	• 선리치GC(대9홀)	• 안강레전드GC(대9홀)	• 이스트힐CC(대18홀)	
김천시	2	• 애플밸리GC(대9홀)	• 포도CC(대18홀)			
안동시	3	• 남안동 CC(회18홀)	• 고은CC(회18홀)	• 휴그린골프클럽(대18홀)		
구미시	3	• 골프존카운티선산(회18홀)	• 골프존카운티구미(대18홀)	• 구미CC(대27홀)		
영천시	5	• 오펠CC(회27홀)	• 영천CC(회27홀)	• 시엘G.C(대9홀)	• 청통골프장(대18홀)	• 충성대체력(9홀)
상주시	2	• 블루원상주골프리조트(대18홀)	• 뉴스프링빌 II (대18홀)			
문경시	1	• 문경레저타운골프장(대18홀)				
경산시	2	• 대구CC(회27홀)	• 인터불고컨트리클럽(회27홀)			
군위군	2	• 구니CC(대18홀)	• 군위오펠GC(대18홀)			
의성군	3	• 엠스클럽의성(대18홀)	• 엠스클럽의성(대9홀)	파라지오CC(대18홀)		
영덕군	1	• 오션비치CC(대27홀)				
청도군	3	• 그레이스CC(대27홀)	• 오션힐스청도GC(회18홀)	• 펜타뷰골프클럽(대9홀)		
고령군	4	• 유니밸리CC(대9홀)	• 마스터피스CC(대18홀)	• 대가야CC(대9홀)	• 오펠CC(대18홀)	
칠곡군	3	• 파미힐스CC(회36홀)	• 구미 마이다스 골프아카데미(대9홀)	• 세븐밸리CC(대18홀)		
예천군	2	• 한맥CC&노블리아(대18홀)				• 예성체력(9홀)

표 2. 조사항목

	대상 농약(30종)
고독성농약(3종)	Dichlofluanid, Tolylfluanid, Tralomethrin
잔디 사용금지 농약(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	2홀	그린	5 ~ 10회 반복 채취하여 혼합	1	2	4
		페어웨이	5 ~ 10회 반복 채취하여 혼합	1		
18홀	3홀	그린	5 ~ 10회 반복 채취하여 혼합	1	2	6
		페어웨이	5 ~ 10회 반복 채취하여 혼합	1		
27홀	4홀	그린	5 ~ 10회 반복 채취하여 혼합	1	2	8
		페어웨이	5 ~ 10회 반복 채취하여 혼합	1		
36홀	5홀	그린	5 ~ 10회 반복 채취하여 혼합	1	2	10
		페어웨이	5 ~ 10회 반복 채취하여 혼합	1		
시료채취 방법	수질 시료(총 3개 지점이상) 가. 유출수가 흐르는 경우 부지경계선의 최종유출구에서 1개 이상 나. 유출수가 흐르지 않는 경우 최종유출구 전단의 집수조나 연못 등에서 시료채취 다. 나머지 시료는 최종유출구 가까운 연못의 2개 지점 이상에서 채취		※ 시료채취량 및 용기 • 토양 : 1 ㎏ 정도(지퍼백) • 수질 : 3~5 L 정도(갈색유리병) ※ 갈색유리병 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 토양(페어웨이)에서 310건 검사 중 129건이 검출되었으며 검출률은 41.6%로 가장 낮고, 수질(연못)에서 208건 검사에 127건이 검출되었으며 검출률은 81.7%로 가장 높았으며, 전체 시료의 유효 평균 검출률은 56.7%로 나타났다.

표 4. 시료별 검사 건수, 잔류농약 유효검출 건수 및 검출률

시료명	검사 건수	유효검출 건수	검출률(%)
토양(그린)	310	132	42.6
토양(페어웨이)	310	129	41.6
수질(연못)	208	127	81.7
수질(최종유출구)	104	85	61.1
계	932	473	56.7

○ 연도별 잔류농약 검출 현황(표 5)

최근 5년간 맹 · 고독성 및 잔디 사용금지농약을 사용한 골프장은 발견되지 않았고, 2020년도 경북 도내 골프장 농약 잔류량 조사에서 검출된 농약성분은 Azoxystrobin, Carbendazim, Fenitrothion, Flutolanil, Iprodione, Oxine-copper, Pyrimethanil, Propamocarb-hydro-chloride, Tebuconazole, Thifluzamide, Thiophanate-methyl, Thiram, Triflumizole으로 환경 잔류성이 낮은 저독성의 농약 13개 항목이 검출되었다.

표 5. 연도별 잔류농약 검출 현황

구 분		2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
검출 골프장수/총 골프장수		46/50	50/50	47/50	48/50	50/53
잔류농약 검출 성분수	계	12	11	6	12	13
	맹 · 고독성 및 잔디 사용금지농약	-	-	-	-	-
	일반(저)독성	12	11	6	12	13

○ 성분별 잔류농약 검출 빈도(표 6, 그림 1, 2, 3)

골프장 사용농약의 성분별 검출 빈도는 토양시료에서 Tebuconazole, Thifluzamide 〉 Azoxystrobin순으로 높았으며, 수질시료에서 Tebuconazole 〉 Thifluzamide 〉 Flutolanil 순으로 나타났으며, 전체 시료에서는 Tebuconazole 〉 Thifluzamide 〉 Azoxystrobin 〉 Cabendazim 순으로 나타났다. 2019년도 전국 골프장의 검출 농약성분은 Tbuconazole 〉 Thifluzamide 〉 Azoxystrobin으로 2020년도 경북도내 골프장의 검출 빈도과 유사한 추이를 보이는 것을 알 수 있었다.

표 6. 성분별 잔류농약 검출 빈도

농약성분명	토양			수질			총계
	그린	페어웨이.	합계	최종유출구	연못	합계	
Azoxystrobin	23	18	41	10	11	21	62
Carbendazim	19	5	24	6	12	18	42
Fenitrothion	5	5	10	1	3	4	14
Flutolanil	3	13	16	8	16	24	40
iprodione	5	7	12	1	3	4	16
Oxine-copper	1	1	2	2	2	4	6
Propamocarb-hydrochloride	.	.	.	.	2	2	2
Pyrimethanil	1	.	1	.	.	.	1
Tebuconazole	45	25	70	33	50	83	153
Thifluzamide	21	49	70	19	26	45	115
Thiophanate-methyl	.	.	.	3	1	4	4
Thiram	.	.	.	2	1	3	3
Triflumizole	9	6	15	.	.	.	15

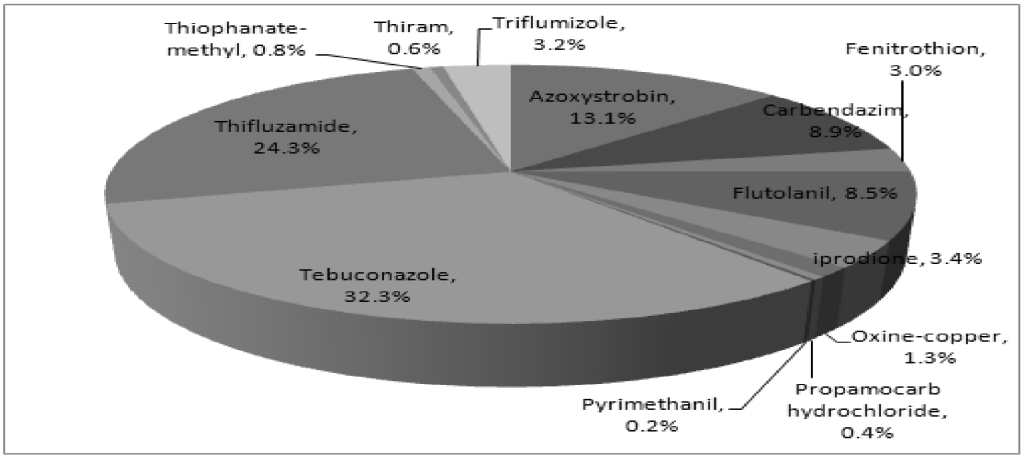

그림 1. 전체시료의 성분별 잔류농약 검출 빈도

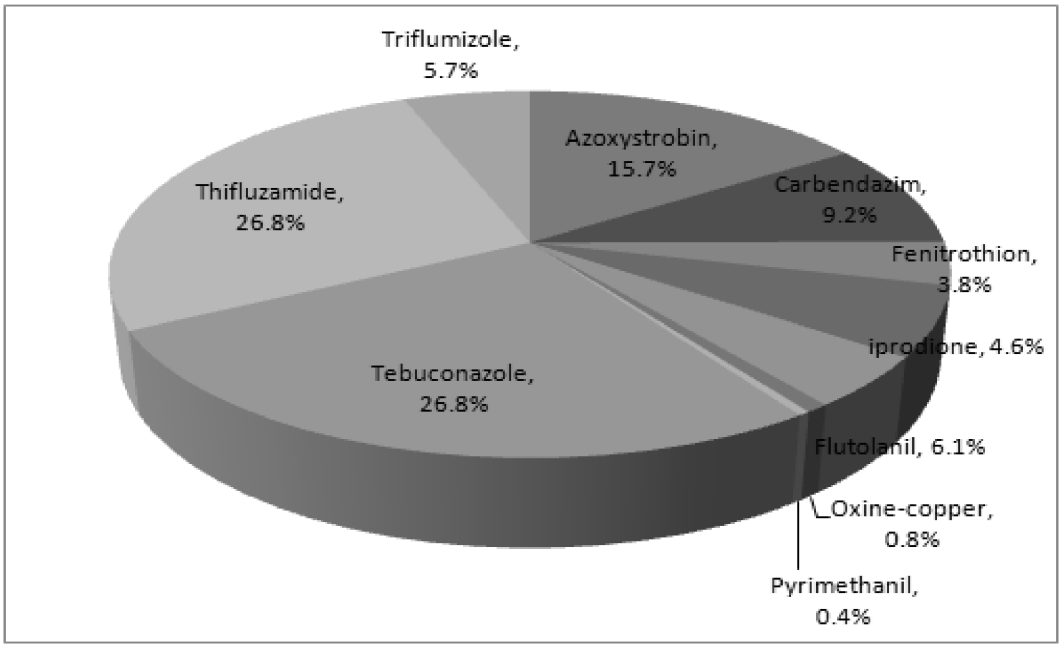

그림 2. 토양시료의 성분별 잔류농약 검출 빈도

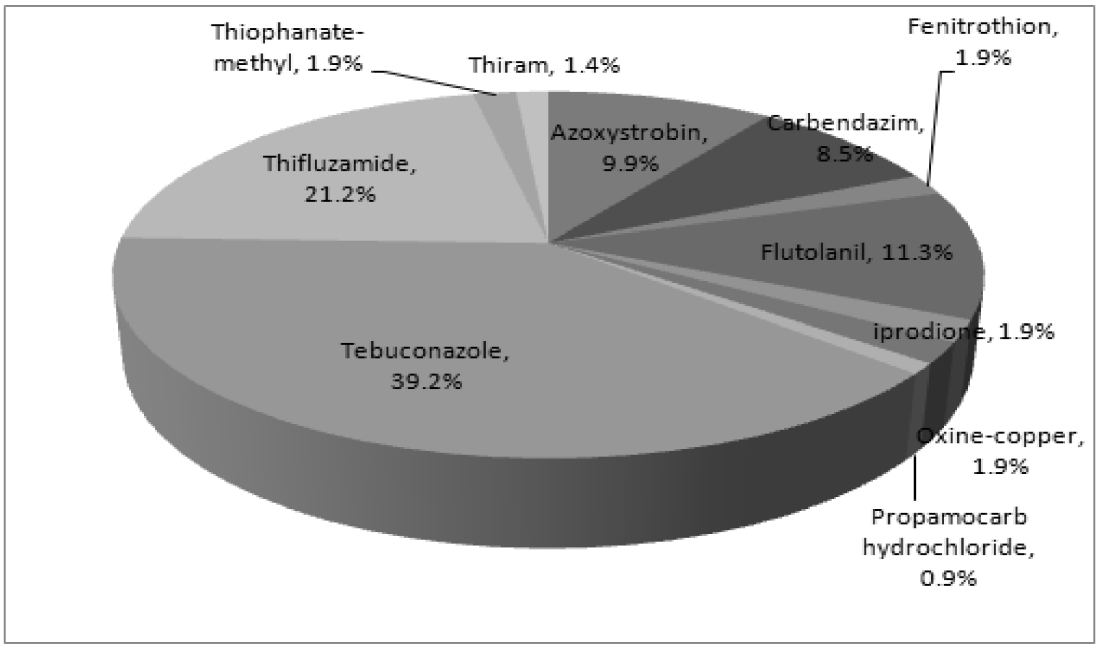

그림 3. 수질시료의 성분별 잔류농약 검출 빈도

○ 성분별 잔류농약 검출농도(표 7, 그림 4, 5)

- 검출된 농약 성분은 사용 용도별 살균제 12종, 살충제 1종이 검출되었으며, 갈색잎마름병 등에 사용되는 살균제가 대부분을 차지하였다.
- 경북도내 운영 중인 골프장 전체에서 각 잔류농약의 농도를 합산한 총 검출 농도는 토양 중 그린 3.82 ㎎/㎏, 페어웨어 4.78㎎/㎏,으로 전체 토양시료에서 8.60 ㎎/㎏,으로 나타났으며, 최종유출구에서 0.1679 ㎎/ℓ, 연못에서 0.2967 ㎎/ℓ으로 전체 수질시료에서 0.4646 ㎎/ℓ가 나타났다.
- 그림4.에서 주요 성분별 잔류농약 총 검출 농도는 토양시료 중 그린은 Thifluzamide > Azoxystrobin > Tebuconazole 순이며, 각각 0.01 ~ 0.13, 0.01 ~ 0.18, 0.01 ~ 0.05 ㎎/㎏ 농도 범위를 나타냈고, 페어웨이는 Thifluzamide > Tebuconazole > Flutolanil 순이며, 각각 0.01 ~ 0.24, 0.01 ~ 0.20, 0.01 ~ 0.19 ㎎/㎏ 농도 범위를 나타냈다.
- 그림5.에서 주요 성분별 잔류농약 총 검출 농도는 수질시료 중 최종유출구는 Tebuconazole > Azoxystrobin > Fenitrothion 순이며, 각각 0.0005 ~ 0.0045, 0.0005 ~ 0.0037 농도 범위를 나타냈고 Fenitrothion은 단일검출로 0.015 ㎎/ℓ으로 나타났다. 연못은 Tebuconazole > Thifluzamide > Fenitrothion 순이며, 각각 0.0001 ~ 0.0148, 0.0005 ~ 0.0066, 0.0115 ~ 0.0184 ㎎/ℓ 농도 범위를 나타냈다.

표 7. 성분별 잔류농약 총 검출농도

구분	토양 (㎎/㎏)			수질 (㎎/L)			용도
	그린	페어웨이	합계	최종유출구	연못	합계	
총 검출농도	3.82	4.78	8.60	0.1679	0.2967	0.4646	
Azoxystrobin	0.81	0.35	1.16	0.0165	0.0195	0.0360	살균제
Carbendazim	0.31	0.08	0.39	0.0065	0.0225	0.0290	살균제
Fenitrothion	0.13	0.17	0.30	0.0150	0.0478	0.0628	살충제
Flutolanil	0.09	0.56	0.65	0.0112	0.0219	0.0331	살균제
iprodione	0.13	0.48	0.61	0.0007	0.0073	0.0080	살균제
Oxine-copper	0.01	0.01	0.02	0.0046	0.0056	0.0102	살균제
Propamocarb-hydrochloride					0.0034	0.0034	살균제
Pyrimethanil	0.01		0.01				살균제
Tebuconazole	0.78	1.08	1.86	0.0630	0.1136	0.1766	살균제
Thifluzamide	0.84	1.73	2.57	0.0411	0.0478	0.0889	살균제
Thiophanate-methyl				0.0078	0.0067	0.0145	살균제
Thiram				0.0015	0.0006	0.0021	살균제
Triflumizole	0.71	0.32	1.03				살균제

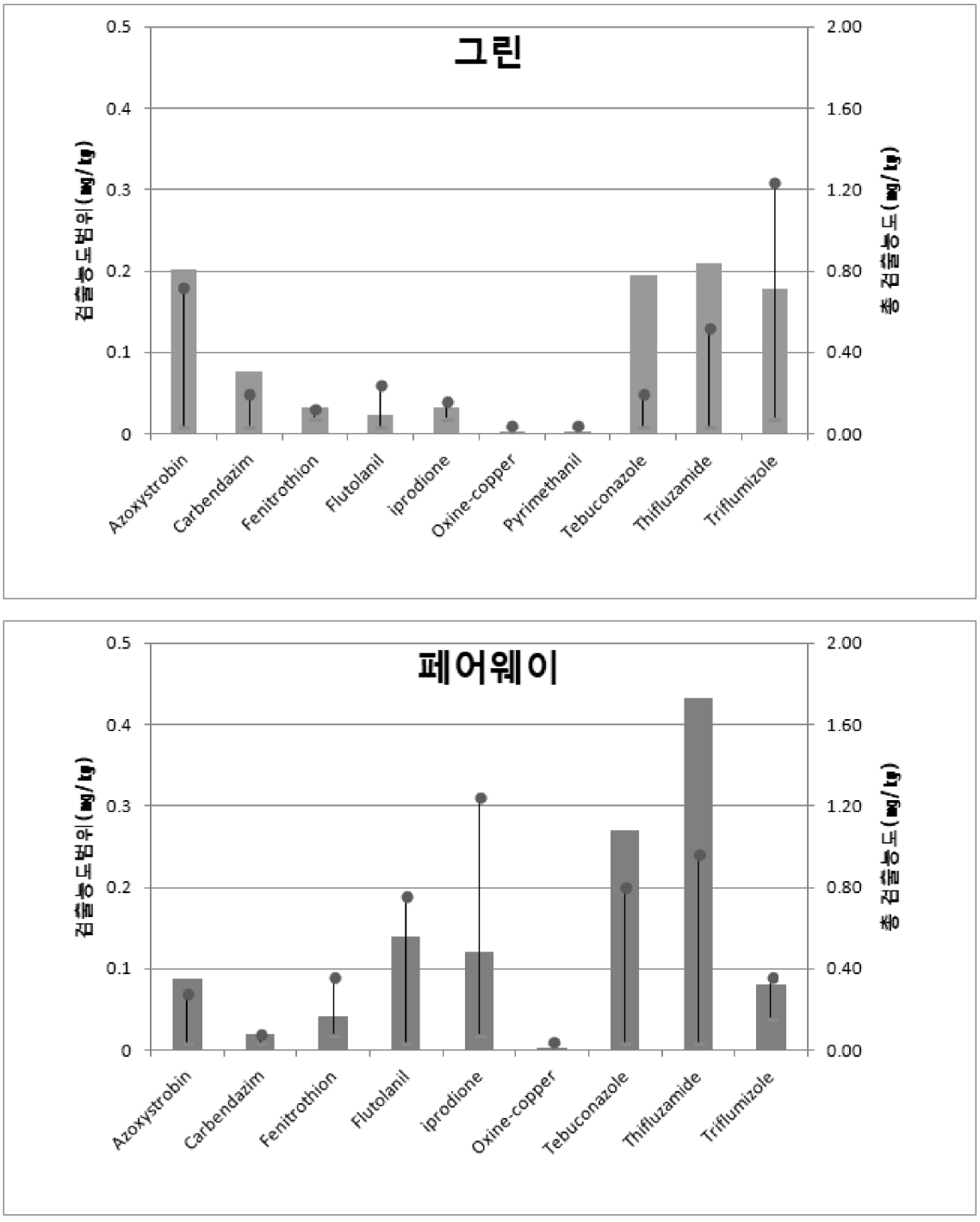

그림 4. 토양시료의 주요 성분별 잔류농약 검출농도

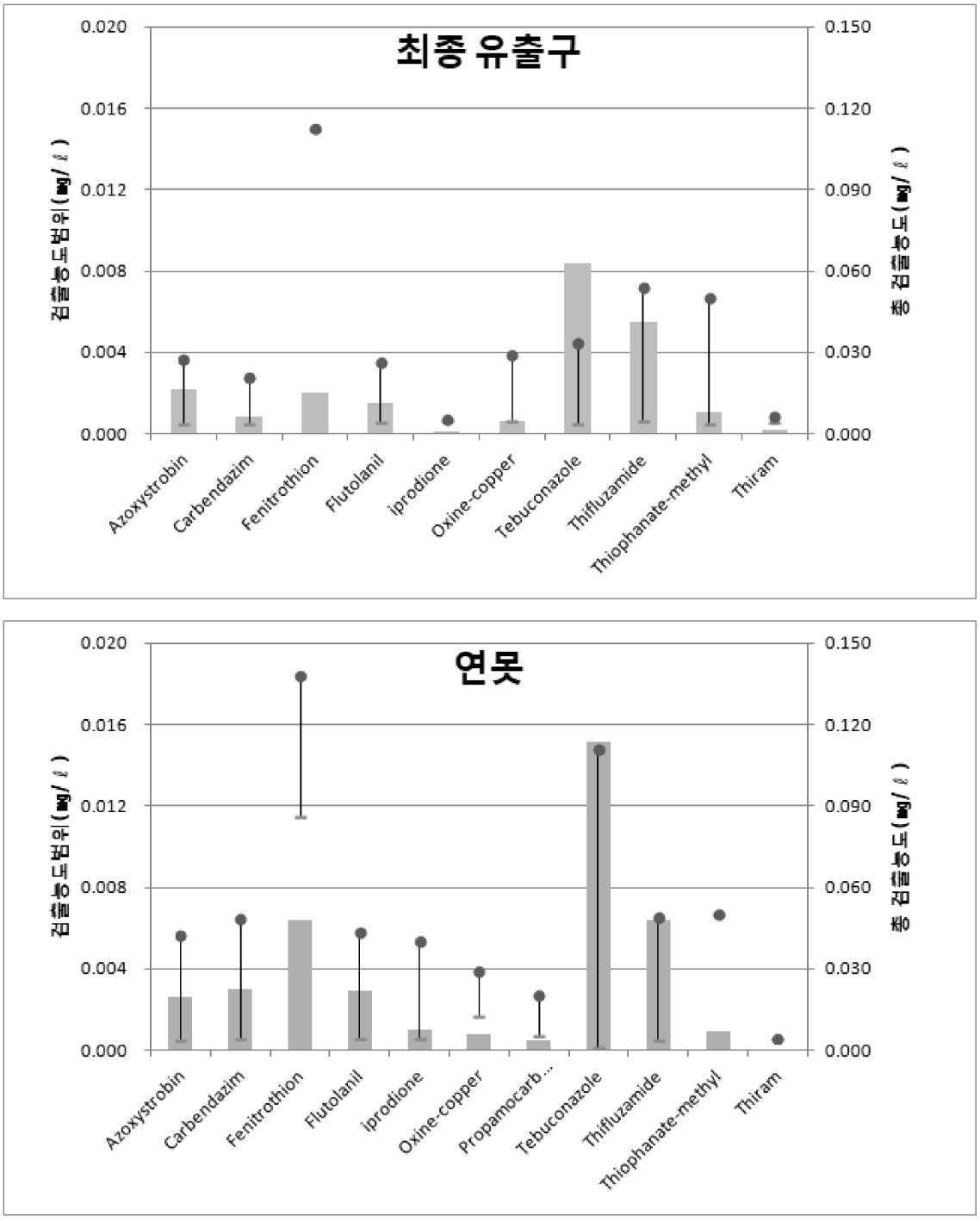

그림 5. 수질시료의 주요 성분별 잔류농약 검출농도

○ 채취시기에 따른 시료별 잔류농약 총 검출농도(표 8)

채취시기에 따른 잔류농약 총 검출농도는 건기(4~6월)에는 그린에서 나머지 채취지점에서는 우기(7~9월)에 더 높은 것으로 나타났다. 토양 시료에서 건기와 우기의 농도차이는 같은 양의 농약을 살포하였을 경우 빗물에 의한 유출의 차이에 따라 나타난 것으로 판단된다. 그린은 잔디가 짧아 유출이 빠르며, 건기에 비해 빠른 생장력으로 트리밍도 잦아짐에 따라 잔류농도가 낮아져 페어웨이와 증감량의 차이를 보였다. 수질시료의 경우 우기(7~9월)에 세척과 유출 효과로 연못과 최종 유출구 모두 건기(4~6월)보다 농도가 높게 나타났다.

표 8. 채취시기에 따른 잔류농약 총 검출농도

시료명	건기	우기	증감량
토양(그린)	2.12 mg/kg	1.70 mg/kg	−0.42 mg/kg
토양(페어웨이)	0.67 mg/kg	0.81 mg/kg	0.14 mg/kg
수질(최종유출구)	0.0156 mg/ℓ	0.0460 mg/ℓ	0.0304 mg/ℓ
수질(연못)	0.0211 mg/ℓ	0.0771 mg/ℓ	0.0560 mg/ℓ

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