

|                            |   |         |                    |
|----------------------------|---|---------|--------------------|
| 과 제 구 분                    | 공동연구                                    | 과 제 번 호 | RS-2021-RD009652   |
| 과학기술분류                     | LB1606                                  | 품목표준코드  | CS-01-CS11         |
| 주 관 과 제 명                  | 농업환경 중 농업유래 유기오염물질 모니터링 및 환경위해성 평가체계 구축 |         |                    |
| 과 제 책 임 자                  | 성 명                                     | 직 급     | 소속기관 및 부서          |
|                            | 이 효 섭                                   | 농업연구사   | 국립농업과학원 잔류화학평가과    |
| 연 구 기 간                    | 2021 - 2025                             | 참여연구기관  | 8개 도원, 경상대, 담양센터 등 |
| 세부과제명                      |   | 부 서     | 세부책임자              |
| 4) 강원지역 농업환경 중 유기오염물질 변동조사 |   | 농업환경연구과 | 김희연                |
| 키 워 드                      | 강원, 유기오염물질, 토양오염, 잔류농약, 모니터링            |         |                    |

## ABSTRACT

In accordance with Article 11 of the "Act on the Promotion of Eco-friendly Agriculture and Fisheries and Management and Support for Organic Foods," this study was conducted to monitor the status of pesticide residues in agricultural soils and irrigation water across Gangwon State over a five-year period (2021–2025) and to evaluate the safety of the agricultural environment. As a major production hub for highland vegetables and upland crops, Gangwon Province is characterized by sloping farmlands that are vulnerable to pesticide runoff and soil transport due to rainfall. Following the implementation of the Positive List System (PLS) in 2019, managing soil residues has become critical to preventing unintentional crop contamination. Furthermore, this study systematically analyzed the occurrence of pesticides in irrigation water and their potential risks to aquatic ecosystems. The five-year monitoring results indicate that pesticide levels in the province's agricultural soils generally remain within safe limits; however, certain persistent compounds require continuous observation. While high concentrations in irrigation water exceeding regulatory standards were extremely rare, seasonal fluctuations correlated with rainfall and application periods were observed. This research provides essential baseline data for developing Korean-specific exposure assessment models and is expected to contribute to establishing a sustainable agricultural environment and a stable foundation for safe crop production in the "Clean Gangwon" region.

### 1 연구목표

「친환경농어업 육성 및 유기식품 등의 관리·지원에 관한 법률」 제11조 제1항과 관련 법령에 따라 농업환경 중 잔류농약 변동조사는 지속 가능한 농업환경 유지와 안전 농산물 생산을 위한 국가적 책무이다.

특히 강원특별자치도는 전국 고랭지 채소 및 주요 발작물의 주요 공급지로서, 생산 단계에서의 철저한 농업환경 잔류농약 관리는 도내 농산물의 경쟁력 강화와 소비자 신뢰 확보를 위한 필수 과제이다. 강원 지역

농경지는 경사지가 많고 사질 토양의 비율이 높아, 강우에 의한 토양 유실 및 농약 성분의 수직·수평 이동 가능성이 타 지역에 비해 상대적으로 높다. 2019년 PLS(농약 허용기준 강화제도) 시행 이후, 토양 내 장기 잔류농약이 후작물로 이행되어 발생하는 ‘비의도적 오염’은 농가 경영의 새로운 위협 요인이 되고 있다. 이에 따라 지난 5년간 강원도 내 주요 시·군 농경지를 대상으로 실시한 잔류농약 변동조사는 토양 환경의 건전성을 평가하고 오염원을 사전 차단하는 데 중요한 기초자료가 된다. 농업용수는 토양과 함께 농산물 안전성을 결정짓는 핵심 요소임에도 불구하고, 현재 수질 안전기준이 설정된 농약은 4종에 불과하여 현장의 다양한 농약 사용 실태를 반영하기에 한계가 있다. 특히 강원도는 한강과 낙동강 등 주요 수계의 상류에 위치하여, 농경지로부터 유출되는 농약이 수생태계와 하류 수자원에 미치는 영향이 크다. 따라서 강원 지역 농업용수 중 잔류농약의 장기 변동을 추적하고, 농업 현장 실정에 맞는 특화된 위해성 평가 체계를 구축하는 것은 도내 농업환경 보전은 물론 국가 수자원 보호 측면에서도 매우 중요하다. 농약의 반감기와 이동성을 고려한 위해성 평가는 선진국형 농업 환경 관리의 핵심이다. 본 연구에서는 강원 지역의 지형 및 토양 데이터를 기반으로 한 잔류농약 노출량 산정의 기초 데이터를 축적함으로써, 우리나라 농업 환경에 최적화된 위해성 평가 지표 개발에 기여하고자 한다.

## 2 재료 및 방법

### <제4세부과제: 강원지역 농업환경 중 유기오염물질 변동조사>

#### (시험 1) 강원 일반 농경지 토양 잔류농약 변동조사

본 연구는 강원 지역 내 일반 농경지의 잔류농약 실태를 정밀하게 파악하고자 2021년부터 2025년까지 5개년 주기로 수행되었다. 조사 대상은 도내 논, 밭, 시설재배지 및 과수원을 포함하며, 농경지 작형별 대표 지점을 선정하여 시료를 확보하였다. 연도별 대상 농경지 및 시료수는 표 1과 같다. 분석 대상 농약은 농경지 토양 잔류농약 모니터링 연구에서 검출 빈도가 5% 이상인 농약, 토양 중 반감기가 30일 이상인 농약, 국립농산물품질관리원의 농산물 잔류농약 모니터링 조사에서 검출 빈도가 5% 이상인 농약을 대상으로 시험농약은 41종(’21), 54종(’22), 60종(’23), 469종(’24, ’25) 이었다. 토양 시료는 대상 필지 내 5개 지점에서 표토를 채취한 후 혼합하여 약 1kg의 분석용 시료를 조제하였다. 채취된 시료는 성분 변질을 방지하기 위해 음건법으로 수분 함량을 6% 미만으로 조절하였으며, 분석 전까지 -20℃의 저온 상태에서 안정화하였다. 잔류농약 분석은 식품의약품안전처의 ‘식품 중 잔류농약 분석법’ 및 QuEChERS법을 적용하였으며, LC-MS/MS와 GC-MS/MS를 활용하여 다성분 동시 분석을 실시하였다.

표 1. 대상농경지 및 시료 채취 수

| 연도   | 대상농경지 | 시료 수 |
|------|-------|------|
| 2021 | 밭     | 75   |
| 2022 | 과수원   | 40   |
| 2023 | 논     | 52   |
| 2024 | 시설재배지 | 41   |
| 2025 | 밭     | 75   |

## (시험 2) 강원 농업용수 잔류농약 변동조사

2021년부터 2025년까지 강원 지역 주요 하천수, 지하수를 대상으로 모니터링을 실시하였다. 주요 농업용수 공급 지역과 논 및 경사진 농경지 토양과 인접한 지역을 선정하였으며 하천수는 매년 12지점을 4, 7, 10월, 지하수는 11지점을 4, 7월 채취하여 유기오염 변동량을 조사하였다. 잔류농약 모니터링 대상 농약은 1999년부터 2008년까지 수행된 농업환경 토양 잔류농약 모니터링 연구에서 검출 빈도가 5% 이상인 농약, 국립농산물품질관리원의 농산물 잔류농약 모니터링 조사에서 검출 빈도가 5% 이상인 농약, 토양 중 반감기가 30일 이상으로 비교적 잔류성이 높은 농약을 대상으로 시험농약은 41종('21), 54종('22), 60종('23), 469종('24, '25) 이었다. 수질 시료는 각 지점의 대표성을 확보할 수 있는 위치에서 채취하였으며, 수계 내 잔류 성분의 효율적인 추출을 위해 액-액 분배법을 변형하여 활용하였으며, 기기분석은 LC-MS/MS 및 GC-MS/MS를 사용하여 다성분 동시 분석을 수행하였다.

### 3 결과 및 고찰

#### <제4세부과제: 강원지역 농업환경 중 유기오염물질 변동조사>

##### (시험 1) 강원 일반 농경지 토양 잔류농약 변동조사

###### 가. 강원 도내 밭 토양의 농약 잔류 실태

2021년 밭 토양 중 잔류농약 분석 결과, 전체 75개 조사 지점 중 검출 빈도가 높은 성분들은 주로 살균제와 살충제로 dimethomorph와 iprodione은 60% 이상의 높은 검출 빈도를 보였다. 검출된 41종의 농약을 용도별로 분류한 결과, 살균제의 비중이 가장 높게 나타났다. Dimethomorph, iprodione, carbendazim, diniconazole 등 살균제 24종, chlorantraniliprole, tebupirimfos, ethoprophos 등 살충제 14종, pendimethalin, alachlor, napropamide 제초제 3종이 검출되었다. 검출된 농약의 농도 범위를 분석한 결과, 대부분 0.1 mg/kg 미만의 저농도로 잔류하고 있었다(표 2).

표 2. 2021년 밭 토양 중 잔류농약 검출 양상

| 연번 | 검출농약                | 검출건수 | 검출률 (%) | 검출 농도(mg kg <sup>-1</sup> ) |       |       |
|----|---------------------|------|---------|-----------------------------|-------|-------|
|    |                     |      |         | 평균                          | 최소량   | 최대량   |
| 1  | Dimethomorph        | 48   | 64      | 0.028                       | 0.003 | 0.406 |
| 2  | Iprodione           | 45   | 60      | 0.016                       | 0.003 | 0.143 |
| 3  | Chlorantraniliprole | 27   | 36      | 0.033                       | 0.003 | 0.543 |
| 4  | Pendimethalin       | 23   | 30.7    | 0.064                       | 0.003 | 1.699 |
| 5  | Diphenylamine       | 19   | 25.3    | 0.006                       | 0.003 | 0.029 |
| 6  | Carbendazim         | 18   | 24      | 0.007                       | 0.003 | 0.042 |
| 7  | Tebupirimfos        | 17   | 22.7    | 0.035                       | 0.003 | 0.760 |
| 8  | Diniconazole        | 15   | 20      | 0.013                       | 0.003 | 0.193 |
| 9  | Flusulfamide        | 15   | 20      | 0.039                       | 0.003 | 0.516 |
| 10 | In-Eqw78            | 13   | 17.3    | 0.017                       | 0.003 | 0.454 |

| 연번 | 검출농약               | 검출건수 | 검출률 (%) | 검출 농도(mg kg <sup>-1</sup> ) |       |       |
|----|--------------------|------|---------|-----------------------------|-------|-------|
|    |                    |      |         | 평균                          | 최소량   | 최대량   |
| 11 | Imidacloprid       | 11   | 14.7    | 0.01                        | 0.003 | 0.303 |
| 12 | Flubendiamide      | 11   | 14.7    | 0.006                       | 0.003 | 0.052 |
| 13 | Metolachlor-Oa     | 8    | 10.7    | 0.012                       | 0.003 | 0.325 |
| 14 | R234886            | 8    | 10.7    | 0.005                       | 0.003 | 0.054 |
| 15 | Pyraclostrobin     | 8    | 10.7    | 0.004                       | 0.003 | 0.03  |
| 16 | Azoxystrobin       | 8    | 10.7    | 0.006                       | 0.003 | 0.074 |
| 17 | Tebuconazole       | 7    | 9.3     | 0.006                       | 0.003 | 0.148 |
| 18 | Procymidone        | 6    | 8       | 0.022                       | 0.003 | 1.363 |
| 19 | Bifenthrin         | 6    | 8       | 0.005                       | 0.003 | 0.080 |
| 20 | Phorate Sulfoxide  | 6    | 8       | 0.013                       | 0.003 | 0.443 |
| 21 | Lufenuron          | 6    | 8       | 0.006                       | 0.003 | 0.150 |
| 22 | Pyridalyl          | 6    | 8       | 0.004                       | 0.003 | 0.04  |
| 23 | Phorate Sulfone    | 6    | 8       | 0.017                       | 0.003 | 0.537 |
| 24 | Terbufos Sulfoxide | 5    | 6.7     | 0.009                       | 0.003 | 0.244 |
| 25 | Methomyl-Oxime     | 5    | 6.7     | 0.004                       | 0.003 | 0.049 |
| 26 | Endosulfan Sulfate | 5    | 6.7     | 0.004                       | 0.003 | 0.053 |
| 27 | Linuron            | 4    | 5.3     | 0.005                       | 0.003 | 0.174 |
| 28 | Fluquinconazole    | 4    | 5.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.026 |
| 29 | Ethoprophos        | 4    | 5.3     | 0.009                       | 0.003 | 0.226 |
| 30 | Fenitrothion       | 4    | 5.3     | 0.004                       | 0.003 | 0.07  |
| 31 | Terbufos           | 4    | 5.3     | 0.008                       | 0.003 | 0.322 |
| 32 | Metconazole        | 3    | 4       | 0.003                       | 0.003 | 0.017 |
| 33 | Alachlor           | 3    | 4       | 0.004                       | 0.003 | 0.069 |
| 34 | Probenazole        | 3    | 4       | 0.007                       | 0.003 | 0.193 |
| 35 | Metolachlor        | 3    | 4       | 0.003                       | 0.003 | 0.046 |
| 36 | Cyantraniliprole   | 3    | 4       | 0.003                       | 0.003 | 0.032 |
| 37 | Chlorpyrifos       | 3    | 4       | 0.012                       | 0.003 | 0.667 |
| 38 | Dinotefuran        | 3    | 4       | 0.004                       | 0.003 | 0.052 |
| 39 | Carbofuran         | 2    | 2.7     | 0.006                       | 0.003 | 0.214 |
| 40 | Chlorfluazuron     | 2    | 2.7     | 0.003                       | 0.003 | 0.016 |
| 41 | Endosulfan (Beta)  | 2    | 2.7     | 0.003                       | 0.003 | 0.019 |
| 42 | Famoxadone         | 2    | 2.7     | 0.043                       | 0.003 | 3.000 |
| 43 | Hexaconazole       | 2    | 2.7     | 0.003                       | 0.003 | 0.022 |
| 44 | Metaflumizone      | 2    | 2.7     | 0.005                       | 0.003 | 0.169 |
| 45 | Novaluron          | 2    | 2.7     | 0.003                       | 0.003 | 0.019 |
| 46 | Prochloraz         | 2    | 2.7     | 0.010                       | 0.003 | 0.467 |
| 47 | Terbufos Sulfone   | 2    | 2.7     | 0.003                       | 0.003 | 0.024 |

| 연번 | 검출농약                     | 검출건수 | 검출률 (%) | 검출 농도(mg kg <sup>-1</sup> ) |       |       |
|----|--------------------------|------|---------|-----------------------------|-------|-------|
|    |                          |      |         | 평균                          | 최소량   | 최대량   |
| 48 | Thifluzamide             | 2    | 2.7     | 0.003                       | 0.003 | 0.034 |
| 49 | Napropamide              | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.038 |
| 50 | Propiconazole            | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.025 |
| 51 | Boscalid                 | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.015 |
| 52 | Fludioxonil              | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.016 |
| 53 | Tebufenpyrad             | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.016 |
| 54 | Phorate                  | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.023 |
| 55 | Trans-Heptachlor Epoxide | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.011 |
| 56 | Flufenoxuron             | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.013 |
| 57 | Triflumizole             | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.013 |
| 58 | Metalaxyl                | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.011 |
| 59 | Carbaryl                 | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.014 |
| 60 | Fluopicolide             | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.010 |
| 61 | Isoprothiolane           | 1    | 1.3     | 0.022                       | 0.003 | 1.439 |
| 62 | Tetraconazole            | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.047 |
| 63 | Cadusafos                | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.016 |
| 64 | Thiamethoxam             | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.026 |
| 65 | P,P-Dde                  | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.010 |
| 66 | P,P-Ddt                  | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.021 |
| 67 | Thiobencarb              | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.024 |
| 68 | Amisulbrom               | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.012 |
| 69 | Deltamethrin             | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.031 |
| 70 | Indoxacarb               | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.023 |
| 71 | Fluxapyroxad             | 1    | 1.3     | 0.004                       | 0.003 | 0.093 |
| 72 | Propamocarb              | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.025 |
| 73 | Difenoconazole           | 1    | 1.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.022 |

2025년 밭 토양 중 잔류농약 분석 결과, 전체 75개 조사 지점 중 살균제가 전체 검출 농약의 절반 이상을 차지하며 가장 높은 비중을 보였다. 2021년과 비교했을 때 전체 검출 종수는 41종으로 동일하나, 세부 성분 구성에서 살충제의 비중이 상승한 특징을 보였다. Dimethomorph, iprodione, diphenylamine, fluopyram 등 살균제 22종, chlorantraniliprole, ethoprophos, dinotefuran 등 살충제 16종, pendimethalin, alachlor, napropamide 제초제 3종이 검출되었다. 총 75개 조사 지점 중 dimethomorph와 iprodione이 여전히 가장 높은 빈도로 검출되었고, 특히 2021년 대비 살충제인 chlorantraniliprole과 제초제 pendimethalin의 검출 빈도가 상승하여 밭 토양 내 정착 농약으로서의 경향이 뚜렷해졌다. 검출된 농약의 농도 범위를 분석한 결과, 전반적인 잔류 수준은 안정적이나 제초제 및 살충제 일부 성분에서 고농도 검출 경향이 유지되고 있었다 (표 3).

2021년과 2025년 분석 결과를 정리해 보면, dimethomorph와 iprodione은 5년간 강원 밭 토양에서

가장 잔류되는 성분으로 확인되었고, chlorantraniliprole(살충제)의 검출 빈도가 36%에서 42.7%로 증가하였다. Endimethalin은 평균 농도(0.071 mg/kg)와 최대 검출량 모두 가장 높은 수준을 유지하고 있다. 토양 흡착력이 강한 특성상 장기 잔류의 가능성이 크므로 지속적인 모니터링이 필요하다. 강원 지역 밭 토양은 범용 살균제 중심의 잔류 체계에서 살충제(chlorantraniliprole 등)의 비중이 확대되는 경향을 보인다. 특히 제초제 pendimethalin은 타 성분 대비 높은 잔류 수준을 유지하고 있어, 지속가능한 토양 환경 보전을 위해 해당 성분의 사용 저감 및 정밀 관리가 요구된다. 대부분의 잔류농약 성분이 2021년과 비교하여 급격한 농도 변화 없이 안정적인 범위를 유지하고 있는데, 이는 농가의 약제 선택 패턴이 일정하게 유지되고 있고, 극단적인 오염보다는 상시적인 저농도 잔류 양상을 띠고 있음을 시사한다.

**표 3. 2025년 밭 토양 중 잔류농약 검출 양상**

| 연번 | 검출농약                | 검출건수 | 검출률 (%) | 검출 농도(mg kg <sup>-1</sup> ) |       |       |
|----|---------------------|------|---------|-----------------------------|-------|-------|
|    |                     |      |         | 평균                          | 최소량   | 최대량   |
| 1  | Dimethomorph        | 44   | 58.7    | 0.025                       | 0.003 | 0.385 |
| 2  | Iprodione           | 41   | 54.7    | 0.014                       | 0.003 | 0.122 |
| 3  | Chlorantraniliprole | 32   | 42.7    | 0.029                       | 0.003 | 0.215 |
| 4  | Pendimethalin       | 25   | 33.3    | 0.071                       | 0.003 | 0.612 |
| 5  | Diphenylamine       | 21   | 28.0    | 0.007                       | 0.003 | 0.045 |
| 6  | Ethoprophos         | 18   | 24.0    | 0.052                       | 0.003 | 0.422 |
| 7  | Carbendazim         | 16   | 21.3    | 0.006                       | 0.003 | 0.038 |
| 8  | Tebupirimfos        | 15   | 20.0    | 0.033                       | 0.003 | 0.288 |
| 9  | Fluopyram           | 14   | 18.7    | 0.024                       | 0.003 | 0.156 |
| 10 | Dinotefuran         | 12   | 16.0    | 0.011                       | 0.003 | 0.089 |
| 11 | Flusulfamide        | 11   | 14.7    | 0.035                       | 0.003 | 0.244 |
| 12 | Diniconazole        | 11   | 14.7    | 0.010                       | 0.003 | 0.076 |
| 13 | Boscalid            | 10   | 13.3    | 0.018                       | 0.003 | 0.112 |
| 14 | Tebuconazole        | 9    | 12.0    | 0.015                       | 0.003 | 0.098 |
| 15 | Alachlor            | 8    | 10.7    | 0.008                       | 0.003 | 0.055 |
| 16 | Azoxystrobin        | 8    | 10.7    | 0.012                       | 0.003 | 0.081 |
| 17 | Fluxapyroxad        | 7    | 9.3     | 0.021                       | 0.003 | 0.134 |
| 18 | Bifenthrin          | 7    | 9.3     | 0.009                       | 0.003 | 0.062 |
| 19 | Napropamide         | 6    | 8.0     | 0.014                       | 0.003 | 0.095 |
| 20 | Thiamethoxam        | 6    | 8.0     | 0.007                       | 0.003 | 0.048 |
| 21 | Flubendiamide       | 5    | 6.7     | 0.019                       | 0.003 | 0.115 |
| 22 | Difenoconazole      | 5    | 6.7     | 0.008                       | 0.003 | 0.042 |
| 23 | Pencycuron          | 4    | 5.3     | 0.005                       | 0.003 | 0.022 |
| 24 | Clothianidin        | 4    | 5.3     | 0.004                       | 0.003 | 0.018 |
| 25 | Metalaxyl           | 4    | 5.3     | 0.006                       | 0.003 | 0.029 |
| 26 | Procymidone         | 3    | 4.0     | 0.010                       | 0.003 | 0.051 |
| 27 | Pyraflufen-ethyl    | 3    | 4.0     | 0.004                       | 0.003 | 0.015 |

| 연번 | 검출농약            | 검출건수 | 검출률 (%) | 검출 농도(mg kg <sup>-1</sup> ) |       |       |
|----|-----------------|------|---------|-----------------------------|-------|-------|
|    |                 |      |         | 평균                          | 최소량   | 최대량   |
| 28 | Imidacloprid    | 3    | 4.0     | 0.005                       | 0.003 | 0.021 |
| 29 | Lufenuron       | 2    | 2.7     | 0.008                       | 0.003 | 0.036 |
| 30 | Myclobutanil    | 2    | 2.7     | 0.004                       | 0.003 | 0.012 |
| 31 | Diethofencarb   | 2    | 2.7     | 0.005                       | 0.003 | 0.019 |
| 32 | Hexaconazole    | 2    | 2.7     | 0.003                       | 0.003 | 0.009 |
| 33 | Trifloxystrobin | 2    | 2.7     | 0.006                       | 0.003 | 0.024 |
| 34 | Cypermethrin    | 1    | 1.3     | 0.012                       | 0.012 | 0.012 |
| 35 | Deltamethrin    | 1    | 1.3     | 0.005                       | 0.005 | 0.005 |
| 36 | Fenitrothion    | 1    | 1.3     | 0.004                       | 0.004 | 0.004 |
| 37 | Isoprothiolane  | 1    | 1.3     | 0.008                       | 0.008 | 0.008 |
| 38 | Metolachlor     | 1    | 1.3     | 0.015                       | 0.015 | 0.015 |
| 39 | Phenthoate      | 1    | 1.3     | 0.006                       | 0.006 | 0.006 |
| 40 | Pyrimethanil    | 1    | 1.3     | 0.009                       | 0.009 | 0.009 |
| 41 | Terbufos        | 1    | 1.3     | 0.022                       | 0.022 | 0.022 |

#### 나. 강원 도내 과수원 토양의 농약 잔류 실태

2022년 과수원 토양 중 잔류농약 분석 결과, 전체 40개 조사 지점 중 검출 빈도가 높은 성분들은 주로 fluxapyroxad와 chlorantraniliprole로 60%의 높은 검출 빈도를 보였다. 검출된 19종의 농약을 용도별로 분류한 결과, 살균제가 12종으로 가장 많았으며, 살충제 6종, 제초제 1종 순이었다. 대부분의 검출된 잔류농약 성분이 0.003~0.040 mg/kg 사이의 저농도 범위를 형성하고 있어, 토양 환경 위해성은 낮은 수준임을 알 수 있었다(표 4).

표 4. 2022년 과수원 토양 중 잔류농약 검출 양상

| 연번 | 검출농약                | 검출건수 | 검출률 (%) | 검출 농도(mg kg <sup>-1</sup> ) |       |       |
|----|---------------------|------|---------|-----------------------------|-------|-------|
|    |                     |      |         | 평균                          | 최소량   | 최대량   |
| 1  | Chlorantraniliprole | 24   | 60.0    | 0.023                       | 0.003 | 0.094 |
| 2  | Fluxapyroxad        | 24   | 60.0    | 0.031                       | 0.003 | 0.237 |
| 3  | Fluquinconazole     | 19   | 47.5    | 0.015                       | 0.003 | 0.065 |
| 4  | Flubendiamide       | 19   | 47.5    | 0.040                       | 0.003 | 0.235 |
| 5  | Boscalid            | 18   | 45.0    | 0.028                       | 0.003 | 0.160 |
| 6  | Difenoconazole      | 9    | 22.5    | 0.009                       | 0.003 | 0.036 |
| 7  | Tebuconazole        | 8    | 20.0    | 0.012                       | 0.003 | 0.040 |
| 8  | Fluopyram           | 8    | 20.0    | 0.014                       | 0.003 | 0.063 |
| 9  | Pyraclostrobin      | 8    | 20.0    | 0.003                       | 0.003 | 0.007 |
| 10 | Carbendazim         | 7    | 17.5    | 0.006                       | 0.003 | 0.018 |
| 11 | Diniconazole        | 7    | 17.5    | 0.008                       | 0.003 | 0.030 |

| 연번 | 검출농약            | 검출건수 | 검출률 (%) | 검출 농도(mg kg <sup>-1</sup> ) |       |       |
|----|-----------------|------|---------|-----------------------------|-------|-------|
|    |                 |      |         | 평균                          | 최소량   | 최대량   |
| 12 | Pencycuron      | 4    | 10.0    | 0.004                       | 0.003 | 0.005 |
| 13 | Azoxystrobin    | 3    | 7.5     | 0.007                       | 0.003 | 0.011 |
| 14 | Thiamethoxam    | 2    | 5.0     | 0.012                       | 0.004 | 0.020 |
| 15 | Clothianidin    | 2    | 5.0     | 0.006                       | 0.005 | 0.008 |
| 16 | Fenitrothion    | 1    | 2.5     | 0.004                       | 0.004 | 0.004 |
| 17 | Myclobutanil    | 1    | 2.5     | 0.004                       | 0.004 | 0.004 |
| 18 | Pendimethalin   | 1    | 2.5     | 0.012                       | 0.012 | 0.012 |
| 19 | Trifloxystrobin | 1    | 2.5     | 0.003                       | 0.003 | 0.003 |

#### 다. 강원 도내 논 토양의 농약 잔류 실태

2023년 논 토양 중 잔류농약 분석 결과, 전체 52개 조사 지점 중 제초제인 oxadiazon이 0.138 mg/kg으로 가장 높은 농도로 검출되었으며 모든 검출 성분의 평균 농도가 0.01 mg/kg 미만으로 매우 낮은 수준으로 검출되었다(표 5).

표 5. 2023년 논 토양 중 잔류농약 검출 양상

| 연번 | 검출농약           | 검출건수 | 검출률 (%) | 검출 농도(mg kg <sup>-1</sup> ) |       |       |
|----|----------------|------|---------|-----------------------------|-------|-------|
|    |                |      |         | 평균                          | 최소량   | 최대량   |
| 1  | Tricyclazole   | 17   | 32.7    | 0.008                       | 0.003 | 0.044 |
| 2  | Oxadiazon      | 11   | 21.2    | 0.014                       | 0.003 | 0.138 |
| 3  | Thifluzamide   | 4    | 7.7     | 0.004                       | 0.003 | 0.006 |
| 4  | Isoprothiolane | 1    | 1.9     | 0.007                       | 0.007 | 0.007 |

#### 라. 강원 도내 시설재배 토양의 농약 잔류 실태

2024년 시설재배지 토양 중 잔류농약 분석 결과, 전체 43개 조사 지점 중 살균제인 isopyrazam(55.8%)과 boscalid(44.2%)의 검출 빈도가 높게 나타났고, 살충제 중에서는 chlorfenapyr(53.5%)가 가장 높은 빈도로 검출되었다. 검출된 24종 농약을 용도별로 분류한 결과, 살균제가 12종, 살충제 12종이었다. 검출된 잔류농약의 농도 분포 특징을 살펴보면, Chlorfenapyr가 0.909 mg/kg으로 전 성분 중 가장 높은 잔류량을 나타냈고, chlorfenapyr(0.076 mg/kg), fluxapyroxad(0.059 mg/kg) 등이 타 성분 대비 높은 평균 잔류 수준을 보였다(표 6).

표 6. 2024년 시설재배지 토양 중 잔류농약 검출 양상

| 연번 | 검출농약         | 검출건수 | 검출률 (%) | 검출 농도(mg kg <sup>-1</sup> ) |       |       |
|----|--------------|------|---------|-----------------------------|-------|-------|
|    |              |      |         | 평균                          | 최소량   | 최대량   |
| 1  | Isopyrazam   | 24   | 55.8    | 0.010                       | 0.003 | 0.110 |
| 2  | Chlorfenapyr | 23   | 53.5    | 0.076                       | 0.003 | 0.909 |

| 연번 | 검출농약                | 검출건수 | 검출률 (%) | 검출 농도(mg kg <sup>-1</sup> ) |       |       |
|----|---------------------|------|---------|-----------------------------|-------|-------|
|    |                     |      |         | 평균                          | 최소량   | 최대량   |
| 3  | Boscalid            | 19   | 44.2    | 0.025                       | 0.003 | 0.269 |
| 4  | Imidacloprid        | 19   | 44.2    | 0.028                       | 0.003 | 0.287 |
| 5  | Chlorantraniliprole | 18   | 41.9    | 0.016                       | 0.003 | 0.129 |
| 6  | Fluxapyroxad        | 17   | 39.5    | 0.059                       | 0.003 | 0.587 |
| 7  | Thiamethoxam        | 16   | 37.2    | 0.048                       | 0.003 | 0.449 |
| 8  | Flubendiamide       | 15   | 34.9    | 0.042                       | 0.003 | 0.430 |
| 9  | Fluopyram           | 13   | 30.2    | 0.038                       | 0.003 | 0.380 |
| 10 | Azoxystrobin        | 12   | 27.9    | 0.028                       | 0.003 | 0.245 |
| 11 | Tebuconazole        | 12   | 27.9    | 0.018                       | 0.003 | 0.124 |
| 12 | Bifenthrin          | 12   | 27.9    | 0.007                       | 0.003 | 0.044 |
| 13 | Clothianidin        | 11   | 25.6    | 0.016                       | 0.003 | 0.108 |
| 14 | Difenoconazole      | 11   | 25.6    | 0.006                       | 0.003 | 0.025 |
| 15 | Penthiopyrad        | 8    | 18.6    | 0.011                       | 0.003 | 0.058 |
| 16 | Tebufenozide        | 7    | 16.3    | 0.012                       | 0.003 | 0.047 |
| 17 | Pyriproxyfen        | 6    | 14.0    | 0.004                       | 0.003 | 0.010 |
| 18 | Lufenuron           | 5    | 11.6    | 0.018                       | 0.003 | 0.076 |
| 19 | Diniconazole        | 4    | 9.3     | 0.005                       | 0.003 | 0.012 |
| 20 | Metconazole         | 3    | 7.0     | 0.006                       | 0.003 | 0.009 |
| 21 | Dinotefuran         | 3    | 7.0     | 0.004                       | 0.003 | 0.006 |
| 22 | Acetamiprid         | 2    | 4.7     | 0.010                       | 0.005 | 0.015 |
| 23 | Carbendazim         | 1    | 2.3     | 0.004                       | 0.004 | 0.004 |
| 24 | Hexaconazole        | 1    | 2.3     | 0.003                       | 0.003 | 0.003 |

## (시험 2) 강원 농업용수 잔류농약 변동조사

### 가. 강원 도내 농업용 하천수 중 농약 잔류 실태

2021년~2025년 농업용 하천수 중 잔류농약 분석 결과, 2021년 11종, 2022년 11종, 2023년 13종, 2024년 27종이 검출되었다. 2021년은 carbofuran, diazinon, dinotefuran, flubendiamide, iprobenfos 등이 주요 검출되었고, 2022년은alachlor, carbofuran, dinotefuran, ethaboxam, flubendiamide 등, 2023년은 fluazinam, iprobenfos, metalaxyl, permethrin, Propiconazole 등, 2024년은alachlor, cinmethylin, dichlofluanid, folpet, propanil, terbacil 등이 검출되었다. 전체 기간 내 가장 많이 검출된 성분은 dinotefuran 및 iprobenfos였다. 농약 용도별 검출 분포는 주로 살충제(dinotefuran, carbofuran)와 살균제(iprobenfos, metalaxyl) 특히 7월과 10월 조사에서 살균제의 검출 빈도가 높아지는 계절적 특성을 보였다. 대부분의 검출 농도는 0.1~0.5 µg/L 수준의 미량으로, 안전한 범위 내에서 관리되고 있는 것으로 나타났다(표 7).

표 7. 2021년~2024년 하천수 잔류농약 검출 양상

| 년도   | 연번 | 검출농약                    | 검출건수 | 검출률 (%) | 검출 농도( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) |       |       |
|------|----|-------------------------|------|---------|-------------------------------|-------|-------|
|      |    |                         |      |         | 평균                            | 최소량   | 최대량   |
| 2021 | 1  | Diazinon                | 3    | 8.3     | 5.667                         | 0.084 | 0.144 |
|      | 2  | Dinotefuran             | 2    | 5.6     | 3.778                         | 0.102 | 0.110 |
|      | 3  | Flubendiamide           | 2    | 5.6     | 3.778                         | 0.085 | 0.088 |
|      | 4  | Carbofuran              | 1    | 2.8     | 1.889                         | 0.127 | 0.127 |
|      | 5  | Oxadiazon               | 1    | 2.8     | 1.889                         | 0.094 | 0.094 |
|      | 6  | Triflumizole            | 1    | 2.8     | 1.889                         | 0.084 | 0.084 |
|      | 7  | Azoxystrobin            | 1    | 2.8     | 1.889                         | 0.146 | 0.146 |
| 2022 | 1  | Chlorantraniliprole     | 2    | 5.6     | 0.067                         | 0.059 | 0.063 |
|      | 2  | Dinotefuran             | 2    | 5.6     | 0.122                         | 0.069 | 0.089 |
|      | 3  | Flubendiamide           | 2    | 5.6     | 0.158                         | 0.063 | 0.089 |
|      | 4  | Carbofuran              | 1    | 2.8     | 0.049                         | 0.067 | 0.067 |
|      | 5  | Ethaboxam               | 1    | 2.8     | 0.152                         | 0.049 | 0.049 |
|      | 6  | Fluopicolide            | 1    | 2.8     | 0.075                         | 0.075 | 0.075 |
|      | 7  | Flusulfamide            | 1    | 2.8     | 0.068                         | 0.068 | 0.068 |
|      | 8  | Alachlor                | 1    | 2.8     | 0.149                         | 0.149 | 0.149 |
| 2023 | 1  | Iprobenfos              | 3    | 8.3     | 0.199                         | 0.077 | 0.373 |
|      | 2  | Metalaxyl               | 2    | 5.6     | 0.087                         | 0.083 | 0.091 |
|      | 3  | Propiconazole(2 isomer) | 1    | 2.8     | 0.091                         | 0.091 | 0.091 |
|      | 4  | Permethrin(2 isomer)    | 1    | 2.8     | 0.088                         | 0.088 | 0.088 |
|      | 5  | Fluazinam               | 1    | 2.8     | 0.086                         | 0.086 | 0.086 |
|      | 6  | Dinotefuran             | 1    | 2.8     | 0.106                         | 0.106 | 0.106 |
|      | 7  | Chlorantraniliprole     | 1    | 2.8     | 0.056                         | 0.056 | 0.056 |
| 2024 | 1  | Ethofumesate            | 5    | 13.9    | 0.103                         | 0.093 | 0.110 |
|      | 2  | Chlorthion              | 4    | 11.1    | 0.307                         | 0.305 | 0.310 |
|      | 3  | Fenthion                | 4    | 11.1    | 0.100                         | 0.100 | 0.100 |
|      | 4  | Folpet                  | 3    | 8.3     | 0.330                         | 0.327 | 0.332 |
|      | 5  | Iprobenfos              | 3    | 8.3     | 0.226                         | 0.184 | 0.247 |
|      | 6  | Acetochlor              | 2    | 5.6     | 0.118                         | 0.118 | 0.118 |
|      | 7  | Dimethipin              | 2    | 5.6     | 0.090                         | 0.089 | 0.090 |
|      | 8  | Ethoprophos             | 2    | 5.6     | 0.132                         | 0.130 | 0.133 |
|      | 9  | Prohydrojasmon          | 2    | 5.6     | 0.167                         | 0.120 | 0.214 |
|      | 10 | Sulfotep                | 2    | 5.6     | 0.072                         | 0.072 | 0.072 |
|      | 11 | Tebupirimfos            | 2    | 5.6     | 0.090                         | 0.089 | 0.090 |
|      | 12 | $\alpha$ -Endosulfan    | 2    | 5.6     | 0.090                         | 0.089 | 0.090 |
|      | 13 | Acetamidrid             | 1    | 2.8     | 0.163                         | 0.163 | 0.163 |

| 년도   | 연번           | 검출농약               | 검출건수 | 검출률 (%) | 검출 농도( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) |       |       |
|------|--------------|--------------------|------|---------|-------------------------------|-------|-------|
|      |              |                    |      |         | 평균                            | 최소량   | 최대량   |
| 2024 | 14           | Chlorpyrifos       | 1    | 2.8     | 0.099                         | 0.099 | 0.099 |
|      | 15           | Cyprodinil         | 1    | 2.8     | 0.118                         | 0.118 | 0.118 |
|      | 16           | Dichlormid         | 1    | 2.8     | 0.060                         | 0.060 | 0.060 |
|      | 17           | Dicrotophos        | 1    | 2.8     | 0.391                         | 0.391 | 0.391 |
|      | 18           | Dieldrin           | 1    | 2.8     | 0.096                         | 0.096 | 0.096 |
|      | 19           | Difenoconazole     | 1    | 2.8     | 0.234                         | 0.234 | 0.234 |
|      | 20           | Endrin             | 1    | 2.8     | 0.096                         | 0.096 | 0.096 |
|      | 21           | Epoxiconazole      | 1    | 2.8     | 0.242                         | 0.242 | 0.242 |
|      | 22           | Ethalfuralin       | 1    | 2.8     | 0.090                         | 0.090 | 0.090 |
|      | 23           | Ethion             | 1    | 2.8     | 0.186                         | 0.186 | 0.186 |
|      | 24           | Ethychlozate       | 1    | 2.8     | 0.237                         | 0.237 | 0.237 |
|      | 25           | Fenitrothion       | 1    | 2.8     | 0.207                         | 0.207 | 0.207 |
|      | 26           | Fenobucarb         | 1    | 2.8     | 0.109                         | 0.109 | 0.109 |
|      | 27           | Flusilazole        | 1    | 2.8     | 0.149                         | 0.149 | 0.149 |
|      | 28           | Methyl trithion    | 1    | 2.8     | 0.294                         | 0.294 | 0.294 |
|      | 29           | Metolachlor        | 1    | 2.8     | 0.142                         | 0.142 | 0.142 |
|      | 30           | Nonachlor-cis      | 1    | 2.8     | 0.100                         | 0.100 | 0.100 |
|      | 31           | Orysastrobin       | 1    | 2.8     | 0.050                         | 0.050 | 0.050 |
|      | 32           | Pirimiphos-methyl  | 1    | 2.8     | 0.113                         | 0.113 | 0.113 |
|      | 33           | Procymidone        | 1    | 2.8     | 0.080                         | 0.080 | 0.080 |
|      | 34           | Propetamphos       | 1    | 2.8     | 0.163                         | 0.163 | 0.163 |
|      | 35           | Prothiofos         | 1    | 2.8     | 0.129                         | 0.129 | 0.129 |
|      | 36           | Spiroxamine        | 1    | 2.8     | 0.135                         | 0.135 | 0.135 |
|      | 37           | Tebuconazole       | 1    | 2.8     | 0.308                         | 0.308 | 0.308 |
|      | 38           | Tebufenpyrad       | 1    | 2.8     | 0.317                         | 0.317 | 0.317 |
|      | 39           | Terbufos sulfone   | 1    | 2.8     | 0.050                         | 0.050 | 0.050 |
|      | 40           | Terbufos sulfoxide | 1    | 2.8     | 0.404                         | 0.404 | 0.404 |
|      | 41           | Triflumizole       | 1    | 2.8     | 0.167                         | 0.167 | 0.167 |
| 42   | $\beta$ -BHC | 1                  | 2.8  | 0.050   | 0.050                         | 0.050 |       |

2021년 ~2025년 농업용 지하수 중 잔류농약 분석 결과, 2021년 12종, 2022년 8종, 2023년 23종, 2024년 45종, 2025년 24종이 검출되었다. 2021년은 chlorantraniliprole이 주요 검출되었고, 2022년은 dinotefuran, clothianidin 등, 2023년은 orysastrobin, fenbuconazole 등, 2024년은 tridiphane, thifluzamide 등, 2025년은 orysastrobin, dinotefuran, chlorantraniliprole, clothianidin, thiamethoxam 등이 검출되었다. 전체 기간 내 가장 많이 검출된 성분은 orysastrobin 및 tridiphane였다. 농약 용도별 검출 빈도는 살충제, 살균제, 제초제 순으로 나타났다. 주요 성분으로는 살균제의 orysastrobin, 제초제의 tridiphane이 가장 높은 비중을 차지했으며, 그 외에 살충제인 clothianidin과 dinotefuran 등도 반복적으로 검출되었다. 강원

지역 지하수의 농약 검출 농도는 극미량 수준에서 안전하게 관리되고 있으나, 제초제 alachlor의 농도 변화는 지속적인 모니터링이 필요하다(표 8).

표 8. 2021년~2024년 지하수 잔류농약 검출 양상

| 년도   | 연번 | 검출농약                     | 검출건수 | 검출률 (%) | 검출 농도( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) |       |       |
|------|----|--------------------------|------|---------|-------------------------------|-------|-------|
|      |    |                          |      |         | 평균                            | 최소량   | 최대량   |
| 2021 | 1  | Chlorantraniliprole      | 2    | 9.1     | 0.162                         | 0.125 | 0.198 |
|      | 2  | Dinotefuran              | 1    | 4.5     | 0.214                         | 0.214 | 0.214 |
|      | 3  | Phosphamidon             | 1    | 4.5     | 0.303                         | 0.303 | 0.303 |
|      | 4  | Thiamethoxam             | 1    | 4.5     | 0.127                         | 0.127 | 0.127 |
|      | 5  | Tricyclazole             | 1    | 4.5     | 0.103                         | 0.103 | 0.103 |
|      | 6  | Alachlor                 | 1    | 4.5     | 0.118                         | 0.118 | 0.118 |
|      | 7  | Dimethomorph             | 1    | 4.5     | 0.127                         | 0.127 | 0.127 |
|      | 8  | Dinotefuran              | 1    | 4.5     | 0.105                         | 0.105 | 0.105 |
|      | 9  | Tricyclazole             | 1    | 4.5     | 0.088                         | 0.088 | 0.088 |
|      | 10 | Metazosulfuron           | 1    | 4.5     | 0.668                         | 0.668 | 0.668 |
|      | 11 | Oxadiazon                | 1    | 4.5     | 0.775                         | 0.775 | 0.775 |
|      | 12 | Clothianidin             | 1    | 4.5     | 0.530                         | 0.530 | 0.530 |
| 2022 | 1  | Dinotefuran              | 3    | 13.6    | 0.117                         | 0.099 | 0.142 |
|      | 2  | Clothianidin             | 2    | 9.1     | 0.669                         | 0.663 | 0.674 |
|      | 3  | Alachlor                 | 1    | 4.5     | 1.034                         | 1.034 | 1.034 |
|      | 4  | Clothianidin             | 1    | 4.5     | 0.083                         | 0.083 | 0.083 |
|      | 5  | Thiamethoxam             | 1    | 4.5     | 0.064                         | 0.064 | 0.064 |
|      | 6  | Flubendiamide            | 1    | 4.5     | 0.057                         | 0.057 | 0.057 |
|      | 7  | Thiamethoxam             | 1    | 4.5     | 0.054                         | 0.054 | 0.054 |
|      | 8  | Thifluzamide             | 1    | 4.5     | 0.157                         | 0.157 | 0.157 |
| 2023 | 1  | Oryastrobin              | 6    | 27.3    | 0.276                         | 0.169 | 0.423 |
|      | 2  | Fenbuconazole            | 2    | 9.1     | 0.074                         | 0.053 | 0.094 |
|      | 3  | Metalaxyl                | 2    | 9.1     | 0.399                         | 0.056 | 0.741 |
|      | 4  | Diphenylamine            | 2    | 9.1     | 0.090                         | 0.087 | 0.093 |
|      | 5  | Thifluzamide             | 2    | 9.1     | 0.099                         | 0.059 | 0.139 |
|      | 6  | Alachlor                 | 1    | 4.5     | 0.072                         | 0.072 | 0.072 |
|      | 7  | Chlorantraniliprole      | 1    | 4.5     | 0.058                         | 0.058 | 0.058 |
|      | 8  | Difenoconazole(2 isomer) | 1    | 4.5     | 0.091                         | 0.091 | 0.091 |
|      | 9  | Dimethomorph(E, Z)       | 1    | 4.5     | 0.113                         | 0.113 | 0.113 |
|      | 10 | Flonicamid               | 1    | 4.5     | 0.920                         | 0.920 | 0.920 |
|      | 11 | Ipconazole               | 1    | 4.5     | 0.057                         | 0.057 | 0.057 |
|      | 12 | Permethrin(2 isomer)     | 1    | 4.5     | 0.058                         | 0.058 | 0.058 |
|      | 13 | Prochloraz               | 1    | 4.5     | 0.148                         | 0.148 | 0.148 |

| 년도   | 연번   | 검출농약               | 검출건수       | 검출률 (%) | 검출 농도( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) |       |       |
|------|------|--------------------|------------|---------|-------------------------------|-------|-------|
|      |      |                    |            |         | 평균                            | 최소량   | 최대량   |
| 2023 | 14   | Thiamethoxam       | 1          | 4.5     | 0.296                         | 0.296 | 0.296 |
|      | 15   | Thifluzamide       | 1          | 4.5     | 0.066                         | 0.066 | 0.066 |
|      | 16   | Azoxystrobin met.  | 1          | 4.5     | 0.140                         | 0.140 | 0.140 |
|      | 17   | Clothianidin       | 1          | 4.5     | 0.690                         | 0.690 | 0.690 |
|      | 18   | Diniconazole       | 1          | 4.5     | 0.073                         | 0.073 | 0.073 |
|      | 19   | Flubendiamide      | 1          | 4.5     | 0.092                         | 0.092 | 0.092 |
|      | 20   | Fludioxonil        | 1          | 4.5     | 0.112                         | 0.112 | 0.112 |
|      | 21   | Fluxapyroxad       | 1          | 4.5     | 0.121                         | 0.121 | 0.121 |
|      | 22   | Tebuconazole       | 1          | 4.5     | 0.850                         | 0.850 | 0.850 |
|      | 2024 | 1                  | Tridiphane | 6       | 27.3                          | 0.180 | 0.174 |
| 2    |      | Thifluzamide       | 4          | 18.2    | 0.129                         | 0.070 | 0.157 |
| 3    |      | Chlorethoxyfos     | 3          | 13.6    | 0.296                         | 0.181 | 0.488 |
| 4    |      | Ethofumesate       | 3          | 13.6    | 0.105                         | 0.091 | 0.117 |
| 5    |      | Monolinuron        | 3          | 13.6    | 0.141                         | 0.117 | 0.169 |
| 6    |      | Butachlor          | 2          | 9.1     | 0.183                         | 0.175 | 0.190 |
| 7    |      | Cyantranilprole    | 2          | 9.1     | 0.063                         | 0.025 | 0.101 |
| 8    |      | Indoxacarb         | 2          | 9.1     | 0.043                         | 0.038 | 0.047 |
| 9    |      | Metalaxyl          | 2          | 9.1     | 0.059                         | 0.044 | 0.074 |
| 10   |      | Metolachlor        | 2          | 9.1     | 0.036                         | 0.033 | 0.039 |
| 11   |      | Triazophos         | 2          | 9.1     | 0.204                         | 0.204 | 0.205 |
| 12   |      | Alachlor           | 1          | 4.5     | 0.161                         | 0.161 | 0.161 |
| 13   |      | Amitraz            | 1          | 4.5     | 6.867                         | 6.867 | 6.867 |
| 14   |      | Amitraz            | 1          | 4.5     | 5.140                         | 5.140 | 5.140 |
| 15   |      | Bromobutide        | 1          | 4.5     | 0.176                         | 0.176 | 0.176 |
| 16   |      | Chlorantranilprole | 1          | 4.5     | 0.047                         | 0.047 | 0.047 |
| 17   |      | Chlorfenson        | 1          | 4.5     | 0.126                         | 0.126 | 0.126 |
| 18   |      | Clothianidin       | 1          | 4.5     | 0.038                         | 0.038 | 0.038 |
| 19   |      | Cyclanilprole      | 1          | 4.5     | 0.035                         | 0.035 | 0.035 |
| 20   |      | Cyromazine         | 1          | 4.5     | 0.048                         | 0.048 | 0.048 |
| 21   |      | Deltamethrin       | 1          | 4.5     | 0.259                         | 0.259 | 0.259 |
| 22   |      | Dichlormid         | 1          | 4.5     | 0.104                         | 0.104 | 0.104 |
| 23   |      | Diethatyl-ethyl    | 1          | 4.5     | 0.145                         | 0.145 | 0.145 |
| 24   |      | Dinotefuran        | 1          | 4.5     | 0.096                         | 0.096 | 0.096 |
| 25   |      | Diphenylamine      | 1          | 4.5     | 0.086                         | 0.086 | 0.086 |
| 26   |      | Famoxadone         | 1          | 4.5     | 0.065                         | 0.065 | 0.065 |
| 27   |      | Fenitrothion       | 1          | 4.5     | 0.407                         | 0.407 | 0.407 |
| 28   |      | Flubendiamide      | 1          | 4.5     | 0.040                         | 0.040 | 0.040 |

| 년도   | 연번                  | 검출농약                | 검출건수 | 검출률 (%) | 검출 농도( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) |       |       |
|------|---------------------|---------------------|------|---------|-------------------------------|-------|-------|
|      |                     |                     |      |         | 평균                            | 최소량   | 최대량   |
| 2023 | 29                  | Fludioxonil         | 1    | 4.5     | 0.046                         | 0.046 | 0.046 |
|      | 30                  | Fluensulfone        | 1    | 4.5     | 0.097                         | 0.097 | 0.097 |
|      | 31                  | Fluopyram           | 1    | 4.5     | 0.185                         | 0.185 | 0.185 |
|      | 32                  | Flutolanil          | 1    | 4.5     | 0.097                         | 0.097 | 0.097 |
|      | 33                  | Fluxapyroxad        | 1    | 4.5     | 0.083                         | 0.083 | 0.083 |
|      | 34                  | Halosulfuron-methyl | 1    | 4.5     | 0.042                         | 0.042 | 0.042 |
|      | 35                  | Heptachlor          | 1    | 4.5     | 0.031                         | 0.031 | 0.031 |
|      | 36                  | Lepimectin A4       | 1    | 4.5     | 0.047                         | 0.047 | 0.047 |
|      | 37                  | Napropamide         | 1    | 4.5     | 0.055                         | 0.055 | 0.055 |
|      | 38                  | Napropamide         | 1    | 4.5     | 0.055                         | 0.055 | 0.055 |
|      | 39                  | o,p'-DDT            | 1    | 4.5     | 0.251                         | 0.251 | 0.251 |
|      | 40                  | Orysastrobin        | 1    | 4.5     | 0.251                         | 0.251 | 0.251 |
|      | 41                  | Propanil            | 1    | 4.5     | 0.412                         | 0.412 | 0.412 |
|      | 42                  | Propham             | 1    | 4.5     | 0.073                         | 0.073 | 0.073 |
|      | 43                  | Tebuconazole        | 1    | 4.5     | 0.195                         | 0.195 | 0.195 |
|      | 44                  | Thiamethoxam        | 1    | 4.5     | 0.060                         | 0.060 | 0.060 |
|      | 45                  | Trinexapac          | 1    | 4.5     | 0.054                         | 0.054 | 0.054 |
| 2025 | 1                   | Orysastrobin        | 8    | 36.4    | 0.775                         | 0.079 | 3.183 |
|      | 2                   | Dinotefuran         | 5    | 22.7    | 0.074                         | 0.048 | 0.116 |
|      | 3                   | Chlorantraniliprole | 3    | 13.6    | 0.143                         | 0.049 | 0.312 |
|      | 4                   | Clothianidin        | 3    | 13.6    | 0.186                         | 0.063 | 0.277 |
|      | 5                   | Thiamethoxam        | 3    | 13.6    | 0.058                         | 0.033 | 0.093 |
|      | 6                   | Cyromazine          | 2    | 9.1     | 0.040                         | 0.040 | 0.040 |
|      | 7                   | Flutolanil          | 2    | 9.1     | 0.128                         | 0.032 | 0.224 |
|      | 8                   | Isopyrazam          | 2    | 9.1     | 0.061                         | 0.047 | 0.074 |
|      | 9                   | Napropamide         | 2    | 9.1     | 0.569                         | 0.040 | 1.098 |
|      | 10                  | Carbaryl            | 1    | 4.5     | 0.173                         | 0.173 | 0.173 |
|      | 11                  | Carbofuran          | 1    | 4.5     | 0.039                         | 0.039 | 0.039 |
|      | 12                  | Cyantraniliprole    | 1    | 4.5     | 0.051                         | 0.051 | 0.051 |
|      | 13                  | Cyclaniliprole      | 1    | 4.5     | 0.098                         | 0.098 | 0.098 |
|      | 14                  | Diniconazole        | 1    | 4.5     | 0.045                         | 0.045 | 0.045 |
|      | 15                  | Fonicamid           | 1    | 4.5     | 0.188                         | 0.188 | 0.188 |
|      | 16                  | Fluopyram           | 1    | 4.5     | 0.110                         | 0.110 | 0.110 |
|      | 17                  | Fluxapyroxad        | 1    | 4.5     | 0.049                         | 0.049 | 0.049 |
| 18   | Halosulfuron-methyl | 1                   | 4.5  | 0.039   | 0.039                         | 0.039 |       |
| 19   | Iprobenfos          | 1                   | 4.5  | 0.056   | 0.056                         | 0.056 |       |
| 20   | Metconazole         | 1                   | 4.5  | 0.059   | 0.059                         | 0.059 |       |

| 년도   | 연번 | 검출농약          | 검출건수 | 검출률 (%) | 검출 농도( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) |       |       |
|------|----|---------------|------|---------|-------------------------------|-------|-------|
|      |    |               |      |         | 평균                            | 최소량   | 최대량   |
| 2025 | 21 | Pyraclonil    | 1    | 4.5     | 0.038                         | 0.038 | 0.038 |
|      | 22 | Tetranilprole | 1    | 4.5     | 0.031                         | 0.031 | 0.031 |
|      | 23 | Thifluzamide  | 1    | 4.5     | 0.134                         | 0.134 | 0.134 |
|      | 24 | Tricyclazole  | 1    | 4.5     | 0.046                         | 0.046 | 0.046 |

## 4 적 요

### <제4세부과제: 강원지역 농업환경 중 유기오염물질 변동조사 >

#### (시험 1) 강원 일반 농경지 토양 잔류농약 변동조사

- 가. 밭 토양은 전반적으로 0.1 mg/kg 미만의 저농도 잔류 양상을 띠며 안정적이나, 흡착력이 강한 특정 농약 성분에 대한 관리가 요구됨
- 나. 과수원 토양은 대부분 0.03~0.04 mg/kg 사이의 극미량 범위로, 토양환경 위해성은 낮은 수준임
- 다. 논 토양은 모든 검출 성분의 평균 농도가 0.01 mg/kg 미만으로 매우 낮은 수준임
- 라. 시설재배지는 살균제와 살충제의 비중이 동일하게 검출되었으며, 특정 살충제의 잔류량이 타 농경지 대비 높게 나타났음

#### (시험 2) 강원 농업용수 잔류농약 변동조사

- 가. 하천수는 분석 정밀도 향상에 따라 검출 종수가 증가하는 추세이며, 계절별 농사 시기에 자주 사용하는 농약의 검출 특성이 나타나고 있으며, 대부분 0.1~0.5 ug/L 수준의 미량으로, 권고 기준치 내에서 안전하게 관리되고 있음
- 나. 지하수는 하천수보다 검출 종수의 증가 폭이 크며, 토양 잔류성이 있거나 침투이행성이 강한 성분들이 주로 검출되었음

## 5 인용문헌

- 이지호, 박병준, 김진경, 김원일, 홍수명, 임건재, 홍무기. 2011. 주요 하천수역에서 검출된 농약의 수생생물에 대한 위해성 평가. 한국농약과학회지. 15(1):48-54.
- 이효섭, 정건희, 김향희, 최지민, 정원태, 홍수명. 2022. 벼 재배 토양 중 butachlor 및 oxadiazon의 수계 노출 행적 구명. 한국농약과학회지. 26(4):330-337.
- 전상오, 황정인, 이상협, 김장억. 2014. 토양에 잔류된 Boscalid 및 Chlorfenapyr의 엇갈리 배추로의 흡수이행. 한국농약과학회지. 18(4):314-320.

황인성. 2020. 국내 하천수 중 잔류농약 모니터링 및 위해성 평가. 충남대학교 박사학위 논문.

Gustafson D.I. 1989. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. Environ. Toxicol. Chem. 8:339-357.

PPDB (Pesticide Properties DataBase). 2024. Physico-chemical properties of Alachlor, Clothianidin and Dinotefuran. <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm>.

Ryan J.A., Bell R.M., Davidson J.M., O'Connor G.A. 1988. Plant uptake of non-ionic organic chemicals from soils. Chemosphere. 17(12):2299-2323.

## 6 연구결과 활용

| 연도(연차)   | 활용방안  | 제 목                                 |
|----------|-------|-------------------------------------|
| 2021(1년) | 컨 설 팅 | 유기오염물질 분석용 시료채취요령 컨설팅               |
| 2023(3년) | 학술발표  | 강원지역 농경지 시료채취 방안 연구 및 현장조사 평가       |
|          | 학술발표  | 강원지역 농업용수 시기별 시료채취 방안 연구 및 현장 조사 평가 |
| 2024(4년) | 컨 설 팅 | 유기오염물질 분석 컨설팅(횡성)                   |
|          | 컨 설 팅 | 유기오염물질 분석 컨설팅(원주)                   |
| 2025(5년) | 영농정보  | 강원지역 농경지 유기오염 물질 모니터링               |
|          | 영농정보  | 강원지역 농업용수 유기오염 물질 모니터링              |
|          | 학술발표  | 강원지역 농경지 유기오염 물질 모니터링               |
|          | 컨 설 팅 | 유기오염물질 분석 컨설팅(횡성)                   |
|          | 컨 설 팅 | 유기오염물질 분석 컨설팅(원주)                   |

  

| 성과지표  | 연도 | 1년차 (2021) |    | 2년차 (2022) |    | 3년차 (2023) |    | 4년차 (2024) |    | 5년차 (2025) |    | 계  |    |
|-------|----|------------|----|------------|----|------------|----|------------|----|------------|----|----|----|
|       |    | 목표         | 실적 | 목표         | 실적 | 목표         | 실적 | 목표         | 실적 | 목표         | 실적 | 목표 | 실적 |
| 학술 발표 | 국제 |            |    |            |    |            |    |            |    |            |    |    |    |
|       | 국내 |            |    |            |    | 2          | 2  |            |    |            | 1  | 2  | 3  |
| 영농 활용 | 기술 |            |    |            |    |            |    |            |    |            |    |    |    |
|       | 정보 |            |    |            |    |            |    |            |    |            | 2  | 0  | 2  |
| 현장컨설팅 |    | 1          | 1  |            |    |            |    | 2          | 2  |            | 2  | 3  | 5  |
| 계     |    | 1          | 1  |            |    | 2          | 2  | 2          | 2  |            | 5  | 5  | 10 |

## 7 연구원 편성

| 구분    | 소속        | 직급      | 성명      | 수행업무    | 참여년도 |     |     |     |     |
|-------|-----------|---------|---------|---------|------|-----|-----|-----|-----|
|       |           |         |         |         | '21  | '22 | '23 | '24 | '25 |
| 과제책임자 | 국립농업과학원   | 농업연구사   | 이효섭     | 과제 총괄   | ○    | ○   | ○   | ○   | ○   |
| 세부책임자 | 농업환경연구과   | 농업연구사   | 김희연     | 세부주관 수행 |      |     |     |     | ○   |
| 공동연구자 | 농업환경연구과   | 농업연구사   | 홍수영     | 세부주관 수행 | ○    | ○   |     |     |     |
|       | 원 예 연 구 과 | 농업연구사   | 김보민     | 세부주관 수행 |      |     | ○   | ○   |     |
|       | 농업환경연구과   | 농업연구사   | 홍성유     | 분석 지원   |      |     |     | ○   | ○   |
|       |           | 농업연구사   | 김동민     | 분석 지원   | ○    | ○   | ○   | ○   | ○   |
|       |           | 농업연구사   | 김민경     | 분석 지원   |      |     |     |     | ○   |
|       |           | 농업연구관   | 허수정     | 과제 자문   | ○    |     |     |     | ○   |
|       |           | 농업연구관   | 김기선     | 과제 자문   |      |     |     | ○   | ○   |
|       |           | 농업연구관   | 고재영     | 과제 자문   | ○    |     |     |     |     |
|       |           | 농업연구사   | 조수현     | 과제 자문   | ○    |     |     |     |     |
|       |           | 농업연구사   | 최병곤     | 과제 자문   |      | ○   |     |     |     |
|       |           | 농업연구관   | 김경대     | 과제 자문   |      |     | ○   |     |     |
|       |           | 농업연구관   | 임수정     | 과제 자문   | ○    | ○   | ○   |     |     |
|       |           | 농업연구관   | 서영호     | 과제 자문   | ○    | ○   |     | ○   |     |
|       |           | 공무직     | 장미영     | 시료채취 지원 |      | ○   |     |     |     |
|       |           | 공무직     | 김남호     | 시료채취 지원 | ○    |     | ○   | ○   | ○   |
| 공무직   |           | 주원영     | 시료채취 지원 | ○       | ○    | ○   | ○   | ○   |     |
| 공무직   | 이준형       | 시료채취 지원 | ○       |         |      |     |     |     |     |