



과제구분	기관고유	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제명		연구분야	수행기간	연구실	책임자
경기도 농업환경 및 농산물 잔류농약 평가		농산물안전성	'19~'25	농업기술원 환경농업연구과	한정아
경기지역 생산 농산물의 잔류농약 조사		농산물안전성	'22~'24	농업기술원 환경농업연구과	한정아
색인용어	농산물안전성, 농산물, 잔류농약				

ABSTRACT

This study aimed to investigate pesticide residues in 384 agricultural products marketed in Gyeonggi Province. The QuEChERS method using GC-MS/MS and LC-MS/MS was employed to analyze the residues of 463 pesticides in the samples. Residue levels were at or below the maximum residue limit (MRL) in 52 samples (13.5%), while 16 samples (4.2%) exceeded the MRL. A total of 42 types of residual pesticides were detected, including 14 fungicides, 25 insecticides, 2 herbicides, and 1 antioxidant. Bromobutide was the most frequently detected pesticide. The contaminated agricultural products mainly included leafy vegetables and fruiting vegetables. Over a period of three years, green chili pepper, cabbage, cucumber, and apple were among the most highly contaminated agricultural products. This suggests that these vegetables should be continuously monitored.

Keywords: Agricultural product safety, Agricultural products, Pesticide residue

1. 연구목표

최근 농산물 소비 환경은 단순히 맛과 신선도를 넘어 안전성과 건강을 중시하는 방향으로 변화하고 있다. 특히 농산물 재배 과정에서 사용되는 농약은 작물의 병해충 방제 및 생산성 향상에 필수적이지만, 잔류 농약 성분이 소비자의 건강에 영향을 미칠 수 있다는 점에서 중요한 문제로 부각되고 있다. 이러한 이유로, 농약 잔류량에 대한 철저한 조사와 관리가 소비자의 건강을 보호하고 지역 농산물의 신뢰도를 높이는 데 필수적인 과제로 대두되고 있다. 이에 정부는 식품의약품안전처와 농촌진흥청을 중심으로 잔류농약 허용 기준(Maximum Residue Limit, MRL)을 설정하여 철저한 관리를 시행하고 있으며, 2019년부터는 농약 허용물질목록 관리제도(Positive List System, PLS)를 전면 확대 적용하여 더욱 강화된 농약 관리 체계를 도입하고 있다(Woo et al., 2013, Kang et al., 2018). 또한, 지속적인 시험법 개정과 검사항목 추가 등을 통해 농산물의 안전성을 높이기 위한 다양한 노력을 기울이고 있다. 그럼에도 불구하고, 선행 연구 및 현장 조사 결과에 따르면 여전히 많은 농산물에서 잔류허용 기준을 초과하는 사례가 보고되고 있으며(Park et al., 2022, Son et al., 2023, 이에 대한 소비자의 우려가 지속적으로 제기되고 있다. 특히 경기지역은 수도권 인구의 농산물 소비가 집중된 주요 공급처로, 경기도에서 생산되는 농산물의 안전성 확보는 매우 중요한 과제이다.

본 연구는 2022년부터 2024년까지 G마크 농산물을 포함한 경기도 내 생산 농산물을 대상으로 잔류농약 모니터링을 실시하였으며, 이를 바탕으로 농산물의 안전성 확보 및 소비자 신뢰 제고를 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구에 사용된 농산물은 경기도에서 생산된 농산물로 2022년부터 2024년까지 경기도내 G마크 농산물 판매장, 로컬푸드 직매장 등에서 유통되는 농산물 384건을 대상으로 잔류농약을 검사하였으며, 분석시료 종류는 표 1과 같다.

시료의 전처리 및 분석방법은 식품공전 일반시험법의 다성분시험법 제2법(2020년~2021년 9월) (MFDS, 2019)과 개정된 다성분시험법 제2법(2021년 10월 이후) (MFDS, 2022)을 적용하여 다음과 같은 방법으로 수행하였다. 농산물 시료 500g을 곱게 분쇄하여 10g을 칭량후 수분 10ml을 첨가하여 30분간 정치시킨 후, 1.0% acetic acid가 포함된 acetonitrile(ACN)을 10ml 넣은 후, QuEChERS 추출기를 이용하여 토양 내 잔류농약을 추출한 후, Extraction kit를 시료에 첨가한 후 1분간 강하게 흔들어 혼합하였다. 원심분리기에 3,500rpm에서 5분간 원심분리 후 상등액 1ml을 취한 후 EN general에 옮긴후 1분간 강하게 흔들어주었다. 원심분리기에 12,000rpm에서 5분



간 원심분리 후 상등액을 취한후, syringe 내 cellite 545를 0.5~1cm 두께로 충전한 필터(0.2 μ m)를 통과시켜 최종 분석 시료로 준비하였으며 분석기기는 LC-MS/MS(Waters XevoTQ-S Micro, USA)와 GC-MS/MS(Agilent 7000C Triple Quadrupole, USA)를 사용하였다. 농산물 중 검출된 잔류농약은 식품의약품안전처에 고시된 식품의 기준 및 규격에 따라 식품 중 농약 잔류허용기준을 적용하였고, 별도로 잔류허용기준을 정하지 않은 경우에는 PLS(Positive list system) 기준(0.01mg/kg)을 적용하여 판정하였다.

표 1. 잔류농약 분석 시료 목록(2022~2024년)

대분류	2022년	2023년	2024년
곡류	49(34.8) [↓]	13(10.7)	17(13.9)
서류	1(0.7)	0	8(6.6)
두류	1(0.7)	0	3(2.5)
견과종실류	5(3.5)	0	3(2.5)
과실류	24(17.0)	11(9.0)	5(4.1)
채소류	38(27.0)	68(55.7)	63(52.1)
버섯류	23(16.3)	30(24.6)	21(17.2)
향신식물	0	0	1(0.8)
합 계	141(100)	122(100)	121(100)

[↓](): %

3. 결과 및 고찰

2022년부터 2024년까지 경기지역에서 생산된 농산물의 품목별 잔류농약 분석 결과는 표 2와 같다. 총 384건의 시료가 검사되었으며 이 중 52건(13.5%)에서 잔류농약이 검출되었고, 16건(4.2%)은 기준을 초과하여 부적합 하였다. 품목별로 살펴보면, 채소류가 169건으로 가장 많은 시료가 검사되었으며, 이 중 31건(18.3%)에서 잔류농약이 검출되었고, 14건(8.3%)은 부적합하였다. 과실류의 경우 40건이 검사되었으며, 절반에 해당하는 20건(50.0%)에서 잔류농약이 검출되었으나, 기준을 초과된 것은 1건(2.5%)에 그쳤다. 견과종실류에서는 8건이 검사되었으며, 1건(12.5%)에서 잔류농약이 검출되었고, 이 1건이 부적합 하였다. 반면, 곡류, 서류, 두류, 버섯류, 향신식물에서는 잔류농약이 검출되지 않았다. 채소류는 잔류농약 부적합건수가 더 많았으나, 견과종실류는 검출시 안전기준 초과 비율이 높아 이에 대한 지속적인 관리와 모니터링이 필요할 것으로 생각된다.

표 2. 경기도지역 생산 농산물 품목별 잔류농약 분석 결과(2022~2024년)

대분류	시료점수	검출점수	검출률(%)	부적합건수	부적합률(%)
곡류	79	-	-	-	-
서류	9	-	-	-	-
두류	4	-	-	-	-
견과종실류	8	1	12.5	1	12.5
과실류	40	20	50.0	1	2.5
채소류	169	31	18.3	14	8.3
버섯류	74	-	-	-	-
향신식물	1	-	-	-	-
합 계	384	52	13.5	16	4.2

검출된 농약을 생물학적 작용에 따라 분류하면 표 3과 같다. 총 42종의 농약이 104회 검출되었고, 그 중 살충제 25종이 67회(64.4%), 살균제 14종이 31회(29.8%), 제초제 2종이 4회(3.8%), 산화방지제 1종이 2회(1.9%) 검출되어 살충제가 가장 많이 검출된 것으로 파악되었다. 개별 농약 중에서 빈번하게 검출된 농약은 에토펜프록스(11회), 디노테푸란(9회), 테부코나졸(8회)로 나타났다. 이러한 결과를 통해, 경기도에서 생산되는 농산물의 전반적인 잔류농약 수준은 비교적 안전한 범위 내에 있으나, 일부 농약 성분의 허용 기준 초과 사례가 존재하여 지속적인 관리가 필요하다는 점을 알 수 있었다.

검출된 살충제 중 에토펜프록스는 합성 피레스로이드계로 곤충의 신경계를 공격하여 작용한다. 이 농약은 곤충의 신경세포막에 있는 나트륨 채널을 비정상적으로 개방시켜 신경 신호가 과도하게 전달되게 하여 결국 곤충이 신경 마비로 사망하게 된다(Narahashi, T., 1971). 에토펜프록스는 기존 피레스로이드와 비교하면 광안정성이 개선되어 햇빛 아래에서도 효과가 오래 지속되는 특징으로 인해 농업 분야에서 다양한 작물의 해충 방제를 위해 사용되며, 공중보건 분야에서는 모기장 처리제와 같은 용도로도 활용되고 있다. 최근 부추, 상추, 아욱 등 엽채류에서 잔류 허용 기준을 초과하는 사례가 보고된 바 있어, 2022년 8월부터 특별 관리대상으로 지정되었다.

살충제 중 디노테푸란은 네오니코티노이드 계열로, 해충의 신경계를 표적으로 작용한다. 해충의 니코틴성 아세틸콜린 수용체에 결합하여 신경세포를 지속적으로 활성화시키며, 이로 인해 해충은 신경 마비와 사망에 이르게 된다(Kim et al., 2020). 침투이행성이 높아 토양에 처리된 농약이 작물로 흡수 이행되어 과수나 채소에 발생하는 총채벌레류, 진딧물류 등의 방제에 주로 사용하는 약제이다(Boo, 2018).

테부코나졸은 트리아졸계 살균제로 균사의 ergosterol 생합성을 저해하는 작용을 하여 농작물의 흰가루병, 부제병, 흑수병, 점무늬병 등에 대한 방제효과를 나타내는 것으로 알려져 있다(Tomlin, 2000). Tebuconazole의 경우 벼의 키다리병 방제를 위한 종자 소독부터 잎집무늬마름병 방제, 도복경감 등을 위해 유수형성기, 수잉기, 출수기까지 사용되며, 이외에도 사과, 고추, 복숭아, 잔디 등 다양한 작물에 균 방제를 위해 이용되는 것으로 알려져 있다(KCPA 2015; NIER 2020). 농산물의 농약잔류 문제 해결을 위해서는 특정 제초제와 살충제의 사용을 보다 신중히 관리하고, 농약 잔류량을 최소화할 수 있는 방법을 모색하는 것이 중요하고, 농산물의 안전성을 높이기 위해서는 정기적인 농약잔류 모니터링과 농약사용 지침 준수가 필요할 것으로 생각된다.

표 3. 농약 성분별 분석 결과

용 도	농 약 명	검출횟수	
		≤ MRL ^b	> MRL
살균제	디메토모르프	-	1
	디페노코나졸	1	-
	메트코나졸	1	-
	보스칼리드	1	-
	사이아조파미드	1	-
	카벤다짐	3	-
	테부코나졸	8	1
	트리플록시스트로빈	1	1
	프로사이미돈	1	-
	플루디옥소닐	2	-
	플루트리아폴	5	-
	플룩사피록사드	2	-
	피라클로스트로빈	1	-
	피리메타닐	1	-
	소 계	28	3
제초제	브로모뷰타이드	-	3
	펜디메탈린	-	1
	소 계	-	4

용 도	농 약 명	검출횟수	
		≤ MRL ¹⁾	> MRL
살충제	디노테푸란	9	-
	디니코나졸	1	-
	뷰프로페진	3	2
	사이안트라닐리프롤	2	-
	사이퍼메트린	1	-
	사이플루메토펜	1	-
	설희사플로르	3	-
	스피네토람	1	-
	스피로메시펜	1	-
	스피로테트라멧	2	-
	아세타미프리트	2	-
	아이소프로카브	-	2
	에마멕틴벤조에이트	1	-
	에토펜프록스	11	1
	에톡사졸	1	-
	이미다클로프리트	1	-
	인독사카브	5	1
	클로란트라닐리프롤	1	-
	클로르페나피르	3	-
	테부피림포스	-	1
	티아메톡삼	2	-
	티아클로프리트	1	-
	포레이트	1	-
	플로니카미드	3	-
	플루벤디아마이드	4	-
	소 계	60	7
산화방지제	디페닐아민	0	2
	합계	88	16

¹⁾MRL(Maximum Residue Limit): 식품 중에 잔류가 허용되는 농약 및 동물용의약품의 최대농도(mg/kg)

경기지역 생산 농산물 중 최근 3년 동안 잔류허용기준(MRL)을 초과한 농산물은 표 4와 같다. 품목별로는 고추, 사과, 엇갈이배추에서 검출 빈도가 높았다. 고추는 표면적이 넓고 꼭지 부분이 파여 있는 형태학적 특징을 가지고 있어 농약이 쉽게 고이고 잔류될 가능성이 높다(Kim et al., 2024). 또한 연속수확 작물로서 여러 농약 성분이 동시에 검출될 수 있어 검출 빈도가 높은 것으로 나타났다(Kim et al., 2010). 사과는 재배 기간이 길고 병·해충 제거를 위해 지속적으로 농약을 사용하는 특성이 있으며, 엇갈이배추는 잎이 퍼지는 구조로 인해 농약이 표면에 더 많이 부착될 가능성이 높아 검출률에 영향을 미친 것으로 보인다. 가장 많이 검출된 브로모뷰타이드 성분은 산아미드계(Acid amide group) 제초제로 분류되며, 선택적 제초제로 주로 광엽잡초와 사초과 잡초에 대해 우수한 효과를 발휘한다(Lee et al., 2011). 브로모뷰타이드는 토양에 오래 잔류하는 특성을 가지고 있어 논에서 사용된 후 다양한 경로를 통해 주변 밭으로 이동했을 가능성이 있다. 특히 논과 밭이 가까운 지역에서는 토양 중 잔류 성분이 밭작물에 영향을 미쳤을 가능성이 크다.

본 연구에서는 경기도 내 생산된 농산물에서 잔류농약 검출 사례를 확인하였으며, 일부는 허용기준을 초과하였다. 이에 따라 도내 농산물의 지속적인 잔류농약 모니터링과 함께 생산자 대상의 안전사용기준 교육 및 홍보를 강화할 필요가 있다. 더불어 정기적인 교육 프로그램 운영과 농약 사용 이력 관리 시스템 구축을 통해 보다 안전한 농산물이 유통될 수 있도록 체계적인 관리가 요구된다.

표 4. 농산물에서 잔류허용기준 초과 농약 목록(2022~2024년)

품목	농약명	검출농도(mg/kg)	MRL(mg/kg) ¹⁾
갯	아이소프로카브	0.0761	0.01
고추	인독사카브	1.5868	1.0
고추	테부코나졸	3.6561	3.0
냉이	펜디메탈린	0.0602	0.01
방울토마토	디페닐아민	0.0242	0.01
브로콜리	디메토모르프	0.1188	0.05
사과	에토펜프록스	0.0710	0.01
사과	트리플록시스트로빈	0.0480	0.01
시금치	테부피림포스	0.7119	0.01
엇갈이배추	뷰프로페진	0.0337	0.01
엇갈이배추	아이소프로카브	0.0531	0.01
오이	브로모뷰타이드	0.4678	0.01
오이	브로모뷰타이드	0.2990	0.01
갯(가평갯마을)	디페닐아민	0.0607	0.01
청상추(썬블)	뷰프로페진	0.0550	0.01
호박잎	브로모뷰타이드	0.0548	0.01

¹⁾MRL(Maximum Residue Limit): 식품 중에 잔류가 허용되는 농약 및 동물용의약품의 최대농도(mg/kg)

4. 적 요

경기지역 생산 농산물의 잔류농약 실태를 조사하기 위하여 2022년부터 2024년까지 총 384점을 대상으로 잔류농약을 분석한 결과는 다음과 같다.

- 가. 잔류농약 검출점수는 52건으로 채소류가 31건, 과실류가 20건, 견과종실류가 1건이었으며, 잔류농약 검출률은 과실류가 50%로 가장 높았으며, 채소류는 18.3%, 견과종실류는 12.5%로 나타났다.
- 나. 검출농약은 42종으로 살균제 14종, 제초제 2종, 살충제 25종, 산화방지제가 1종이었으며, 살균제는 총 28건이 검출되었고, 이 중 3건이 허용 기준을 초과하였다.
- 다. 제초제는 총 4건에서 검출되었는데, 모든 사례에서 최대 잔류 한계(MRL)를 초과했으며, 검출 성분은 브로모뷰타이드와 펜디메탈린이었다. 살충제는 총 60건에서 검출되었고, 그 중 7건이 기준치를 초과했으며 기준치를 초과한 살충제 성분은 뷰프로페진과 아이소프로카브이었다. 산화방지제의 경우, 디페닐아민이 2건의 검출 사례에서 모두 잔류 농약 허용 기준을 초과하였다.
- 라. 농약 성분이 검출된 104건 중 16건(15.4%)이 허용 기준을 초과하였고, 제초제와 산화방지제의 경우 모든 검출 사례가 기준치를 초과하였으며, 살균제와 살충제에서도 일부 농약 성분이 기준을 초과하였다.

5. 인용문헌

- Boo K. H. 2018. Residual characteristics of insecticide dinotefuran in asparagus under greenhouse condition. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 19(6), 375-381.
- Kang H. R., Park Y.B., Do Y. S., Jeong J. A., Lee S. B., Cho S. H., Lee H. K., Son J. H., and Lee M. K. et al. 2018. A safety survey on pesticide residues in tropical fruits depending on implementation of positive list system. *Journal of Food Hygiene and Safety*, 33(4), 310-315.
- KCPA. 2015. Guideline of Crop Protection Products (pesticides). Korea Crop Protection Association. Seoul.
- Kim A., Kim B. S., Chon K. M., Lee H., Park Y. K., You A. S., Park H. H., and Yun H. J. 2020. Assessment of contact and oral toxicity of four neonicotinoid insecticides to bumblebees (*Bombus terrestris*). *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 39(2), 106-113.
- Kim G., Kim C. J., Song J., Park E., Kim Y., and Hong J. 2024. Comparative Study on the Detection of Residual Pesticides Based on Morphological Characteristics of Produce. *J Korean Soc Qual Manag.* 52(4) : 729-743.
- Kim, H.J., Cho, H.C., Lee, J.H., Ku, P.T., Na, Y.R., Lee, I.S., Kim, K.A, Hwang, I.Y., and Kim, C.H. 2010. A study on the pesticide residues of circulating pepper powder in



- Busan area. The Annual Report of Busan Metropolitan City Institute of Health & Environment, 20, 62-66.
- Lee I. Y., Kim C. S., Lee J., Moon B. C., and Jeong Y. G. 2011. Biological Characteristics of Bromobutide+Imazosulfuron+Mefenacet GR Using Paddy Fields. Korean J. Weed Sci. 31(4) : 401-404.
- Narahashi, T. 1971. Mode of action of pyrethroids. Bull. World Health. Org. 44, 337.
- NIER. 2020. Guideline for the Safe Use of Pesticides on Golf Course Lawn. National Institute of Environmental Research. Incheon, Korea.
- Park B. K., Kwon S. H., Yeom M. S., Han S. Y., Kang M. J., Joo K. S., Heo M. J. and Kwon M. J. 2022. A Safety Survey of Pesticide Residues on Agricultural Products Marketed in Incheon from 2019 to 2021. J. Food Hyg. Saf. 37(4) : 249-259.
- Son M. H., Kim Y. J., Kim J. E., Baek E. J., Kim B. T., Lee S. N., Park M. K., and Park Y. B. 2023. Monitoring of Residual Pesticides in Local Foods Distributed in the Western Gyeonggi Province. J. Food Hyg. Saf. 38(6) : 489-495.
- Tomlin CD. 2000. The Pesticide Manual: A World Compendium (No. ed. 12). British Crop Protection Council. Alton, UK.
- Woo N., Ko S. H., and Park Y. J. 2013. Monitoring of pesticide residues in vegetables collected in Chungbuk, Korea. The Korean Journal of Food and Nutrition, 26(4), 865-878.

6. 연구결과 활용제목

- 경기지역 생산 농산물의 잔류농약 모니터링('24, 기초활용)

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
						22	23	24
경기지역 생산 농산물의 잔류농약 조사	책임자	환경농업 연구과	농업연구사	한정아	세부과제 총괄	○	○	○
	공동연구자	종자관리소	농업연구사	최준영	시료채취	-	-	○
		친환경미생물 연구소	〃	최종인	시료채취	○	○	-
		환경농업연구과	〃	윤승환	시료채취	○	○	○
		〃	〃	조동현	시료채취	○	○	○
		작물연구과	농업연구관	임성희	성적분석	-	-	○
		환경농업연구과	〃	심상연	성적분석	○	○	-
		〃	〃	박중수	연구자문	○	○	○