pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 36, No. 3, pp. 239~247 (2021)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2021.36.3.239

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

PLS 시행 전후 경기도 유통 농산물의 잔류농약 실태 비교 분석

송서현* · 김기유 · 김윤성 · 유경신 · 강민성 · 임정화 · 유나영
한유리 · 최희정 · 강충원 · 김윤호 · 서정화 · 최옥경
경기도보건환경연구원 농수산물검사부 구리농수산물검사소

Comparative Analysis of Pesticide Residues in Agricultural Products in Circulation in Gyeonggi-do Before and After Positive List System Enforcement

Seo-Hyeon Song*, Ki-Yu Kim, Yun-Sung Kim, Kyong-Shin Ryu, Min-Seong Kang, Jeong-Hwa Lim, Na-Young Yoo, Yoo-Li Han, Hee-Jeong Choi, Choong-Won Kang, Youn-Ho Kim, Jeong-Hwa Seo, Ok-Kyung Choi
Guri Agricultural and Fishery Products Inspection Center, Agricultural and Fishery Products Inspection Division, Gyeonggi Province Institute of Health and Environment, Guri, Korea

(Received February 24, 2021/Revised May 21, 2021/Accepted May 24, 2021)

ABSTRACT - In order to confirm the impact of the Positive List System (PLS) being applied to all agricultural products from January 1, 2019, we analyzed 28,693 points of inspection-related data on agricultural products distributed in Gyeonggi-do from 2018 to 2020. The ratio of cases exceeding the standard for the total inspection performance was 1.0% in 2018, 1.2% in 2019, and 1.2% in 2020. Out of the 114 cases exceeding the standard in 2019, 55 were applied on a Maximum Residue Limit (MRL) of 0.01 mg/kg, and out of the 115 cases exceeding the standard in 2020, 66 were applied on a MRL of 0.01 mg/kg. To improve this, it seems necessary to manage unintentional pollution, conventional use for unregistered crops, and illegal pesticides. Fluquinconazole detection resulted from unintentional contamination, and diazinon, chlorothalonil, and methabenzthiazuron detection resulted from conventional use in unregistered crops. Chinomethionat is a pesticide component that was discarded in the past and its current use has been attributed to the smuggling of pesticides. This study and future monitoring data can be used as reference data for system supplementation and on-site management reinforcement.

Key words : Positive list system, Pesticide residues, Agricultural products, Gyeonggi-do

일상생활에서 매일 섭취하는 먹거리의 안전은 누구에게나 중요한 문제이며 기본적으로 보장받을 권리이다. 그러나 반복되는 식품관련 사고로 국민들은 여러 위해 요인에 대해 막연한 불안감을 가지고 있는 실정이다. 잔류농약은 먹거리 안전을 위협하는 요인 중 하나로 장기간 체내에 축적되어 피해가 발생할 수 있다[1].

*Correspondence to: Seo-Hyeon Song, Guri Agricultural and Fishery Products Inspection Center, Agricultural and Fishery Products Inspection Division, Gyeonggi Province Institute of Health and Environment, Guri 11916, Korea
Tel: +82-31-290-6624, Fax: +82-31-569-0212
E-mail: ssh0801@gg.go.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal 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.

농약은 농작물 생산량 증가와 품질 향상을 위해 사용하는 화학물질로 현대 농업에서 중요한 농자재 중 하나이다. 적절한 농약 사용은 생산성 증대, 노동력 절감, 품질 향상 등 안정적 생산에 도움을 준다. 그러나 안전사용기준을 지키지 않을 경우 농작물과 토양에 잔류하여 인체와 환경에 유해한 영향을 미칠 수 있다[2,3].

우리나라는 농산물의 잔류농약 안전성을 확보하기 위해 1968년부터 잔류농약 모니터링을 하고 있다[4]. 식품의약품안전처에서는 농약 잔류허용기준(maximum residue limits, MRL)을 설정하고 농산물 안전관리를 총괄하며, 농촌진흥청에서는 국내에서 사용 가능한 농약의 안전사용기준(pre-harvest interval, PHI)을 설정한다[5]. 생산 단계 농산물은 「농수산물품질관리법」에 따라 국립농산물품질관리원에서 안전성을 조사하고 있으며, 유통 단계 농산물은 「식품

위생법」에 따라 지방 식품의약품안전청과 시도 보건환경연구원에서 모니터링 하고 있다. 경기도는 현재 4개 공영도매시장 내 현장검사소를 설치하여 운영 중이다.

또한 농산물의 종류가 다양해지고 수입량이 증가하면서 잔류농약에 대한 안전 관리 강화를 위해 농약 허용물질목록관리제도(positive list system, PLS)를 도입하였다. 이는 사용이 가능한 농약을 목록화하고, 등록된 농약 이외에는 사용을 금지하여 잔류허용기준을 정하지 않은 농산물에 일률기준(0.01 mg/kg)을 적용하는 제도이다[6,7].

해외에서는 우리나라보다 먼저 도입 후 시행 중인데 일본은 2006년, EU와 대만은 2008년 도입하였다. 우리나라는 2011년 잔류물질 안전관리 종합계획수립을 시작으로 견과 종실류 및 열대과일류에 우선 적용(2016. 12. 31. 시행)하였고, 2019년 1월 1일부터 모든 농산물에 확대하여 시행하고 있다[7,8].

PLS 시행 전 관련 문헌과 언론 보도는 대부분 비의도적 오염, 소면적 재배작물의 등록 농약 부족 등으로 기준초과 빈도의 증가를 예상하였다[9,10]. 시행 후 1년간 전국 검사자료를 분석한 결과, 예상과 달리 기준초과 비율은 전년대비 비슷한 수준이었고 농약 출하량도 감소하여 제도가 안정적으로 정착하고 있다고 평가하였다[11]. 긍정적 평가가 가능했던 것은 농약 직권등록 및 잔류허용기준 확대, 비의도적 오염 대책 마련 등 초기 단계의 혼란을 줄이기 위한 유관기관의 노력이 있었기 때문이다[12].

본 연구는 모든 농산물에 확대 적용된 PLS가 경기도 유통 농산물의 안전성에 미친 영향을 확인하기 위해 최근 3년간 검사 자료(28,693건)를 대상으로 잔류농약 실태를 비교 분석하였다. 이를 토대로 PLS 시행 초기 단계에서 필요한 제도 보완 및 현장관리 강화의 기초자료를 제공하고자 한다.

Materials and Methods

연구대상

본 연구는 경기도 보건환경연구원 4개 농수산물검사소(수원, 구리, 안양, 안산)에서 최근 3년간 수행한 유통 농산물 검사 자료(28,693건)를 대상으로 하였다. 전체 검사 건수 및 농산물 분류별 검사 건수를 Table 1에 작성하였다.

연구방법

잔류농약 검출 및 잔류허용기준 초과 발생 빈도 및 변화추이를 연도별로 확인하고, 기준초과 빈도가 높은 농약을 중심으로 PLS 시행 전후 특징적 변화를 정리하였다.

분석대상 농약

분석대상 농약은 식품공전의 다종농약 다성분 분석법 제2법[13]으로 분석 가능한 성분을 대상으로 하였다. 경기도에서는 2019년 정밀장비 도입으로 263종(2018)에서 274종(2019. 4. 1.), 341종(2019. 7. 22.)까지 순차적으로 검사 항목을 확대하였다[14,15].

표준물질 및 시약

농약 표준물질은 stock solution (Kemidas, Suwon, Korea) 1,000 mg/L 및 100 mg/L을 사용하였다. Acetonitrile, dichloromethane (Honeywell, Charlotte, NC, USA)과 acetone, hexane, methanol (Wako, Osaka, Japan)을 사용하였다. Sodium chloride, anhydrous sodium sulfate (Junsei, Tokyo, Japan)을 사용하였고, 그 외 시약들은 잔류농약 분석용 및 Guaranteed Reagent를 사용하였다. 정제용 고체상 추출(solid phase extraction, SPE) 카트리지(Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)는 florisil cartridge (1 g, 6 mL)와 aminopropyl cartridge (1 g, 6 mL)를 사용하였다.

분석기기

7890A 장비(Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)로 Gas chromatography (GC) 분석을, 유기염소계 농약은 전자포획(electron capture detector, ECD) 검출기, 유기인계 농약은 질소인(nitrogen phosphorus detector, NPD) 검출기를 사용하였고, 정밀장비 도입 후 TSQ 9000 gas chromatography tandem mass spectrometer system (GC-MS/MS) 장비(Themofisher Scientific Co., Waltham, MA, USA)를 추가로 사용하였다. liquid chromatography (LC) 분석에는 ultraperformance liquid chromatography/photodiode array detector (UPLC/PDA) (Waters, Milford, CT, USA)와 high-performance liquid chromatography/fluorescence detector (HPLC/FLD)로 benzoylurea계 농약과 carbamate계 농약을 분석하고, 정밀장비 도입 후 LC-MS/MS 장비(AB Sciex, Framingham, MA, USA)를 추가로 사용하였다.

농약 잔류허용기준 적용

검출된 농약은 식품의약품안전처 고시「식품의 기준 및 규격」에 따라 고시에서 설정된 '식품의 농약 잔류허용기준(MRLs)'을 적용하였다. 2018년 잔류허용기준을 정하지 않은 농산물의 경우 아래와 같이 순차적으로 기준을 적용하였다. 단, 견과 종실류와 열대과일류는 별도로 잔류허용기준을 정하지 않은 경우 일률기준(0.01 mg/kg)을 적용하는 것을 원칙으로 하였다. ① 해당 농산물의 Codex기준 적용, ② 유사 농산물의 최저기준 적용(소분류>대분류), ③ 해당 농약의 최저기준 적용. 2019년 1월 1일부터는 잔류허용기준을 정하지 않은 농산물의 경우 모두 일률기준(0.01 mg/kg)을 적용하였다.

Table 1. Changes in detection of pesticide residues by classification of agricultural commodities by year

Type	Group	2018			2019			2020		
		No. of samples	No. of detection (%)	No. of violation	No. of samples	No. of detection (%)	No. of violation (PLS*)	No. of samples	No. of detection (%)	No. of violation (PLS)
Cereal grain	-	148	2(1.4)		184	9(4.9)		94	10(10.6)	
Potatoes	-	254	2(0.8)		278	4(1.4)		263	7(2.7)	
Pulses	-	27	1(3.7)		17			23	1(4.3)	
Nuts and seeds	Peanut or nuts	17			28			8		
	Oilseed	2			1			2		
	Seed for beverage and sweets				5	1(20.0)		75		
Fruits	Pome fruits	315	34(10.8)		236	86(36.4)		213	118(55.4)	
	Citrus fruits	149	27(18.1)		102	49(48.0)		128	73(57.0)	
	Stone fruits	63	7(11.1)		80	51(63.8)		66	51(77.3)	
	Berries and other small fruits	110	7(6.4)		160	63(39.4)		139	63(45.3)	
	Assorted tropical and sub-tropical fruits	52	3(5.8)		34	4(11.8)		105	32(30.5)	
Vegetables	Flowerhead brassicas	309	7(2.3)		377	41(10.9)	1(1)	380	47(12.4)	3(2)
	Leafy vegetables	5,082	868(17.1)	84	5224	1543(29.5)	94(48)	5549	2424(43.7)	93(54)
	Stalk and stem vegetables	647	70(10.8)	6	652	167(25.6)	15(4)	727	248(34.1)	7(4)
	Root and tuber vegetables	405	3(0.7)		472	17(3.6)		415	54(13.0)	1
	Fruiting vegetables, cucurbits	803	77(9.6)		695	129(18.6)	1(1)	706	211(29.9)	1(1)
	Fruiting vegetables other than cucurbits	744	92(12.4)	1	657	201(30.6)	2	698	318(45.6)	3(1)
Mushrooms	-	183	1(0.5)		222			206	1(0.5)	
Herbs and spices	Herbs	15			16	2(12.5)	1(1)	117	37(31.6)	7(4)
Other plants	-	5			4			5		
	Total	9,330	1,201 (12.9)	91	9,444	2,367 (25.1)	114(55)	9,919	3,695 (37.3)	115(66)

*A uniform maximum residue limits (MRL) of 0.01 mg/kg applied.

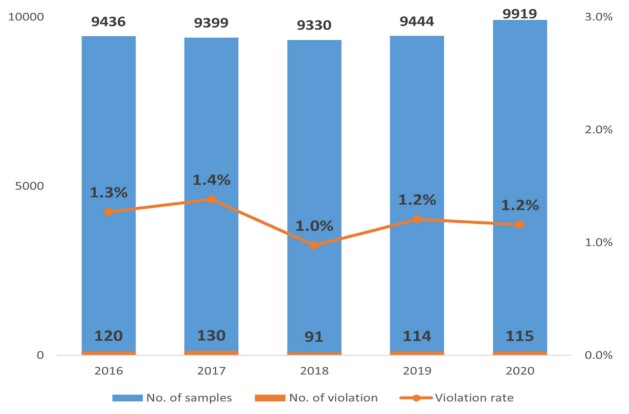

Fig. 1. Status of violation of pesticide residues by year (2016~2020).

Results and Discussion

잔류농약 검출 변화

최근 3년간 경기도 검사자료를 비교한 결과, 전체 검사건수 대비 농약 잔류허용기준 초과 비율은 2018년 1.0%, 2019년 1.2%, 2020년 1.2%로 나타났다. 2019년도는 2018년 대비 0.2%p 증가했고, 2020년도는 전년대비 비슷한 수준을 유지했다(Fig. 1). 매년 기준초과 품목의 분류별 분포는 엽채류, 엽경채류 순으로 높게 나타났으며, 기준초과 중 일률기준 적용이 차지하는 비율도 엽채류에서 가장 높았다. 2019년 전체 55건 중 48건(87%), 2020년 전체 66건 중 54건(82%)이었다. 2020년도에는 허브류의 집중 수거로 기준초과가 증가한 것이 특징적이다(Table 1). 전체 검사

Table 2. Top 15 of detection of pesticide residues in the study by year

Rank	2018		2019		2020	
	Pesticide residue	No. of detection	Pesticide residue	No. of detection	Pesticide residue	No. of detection
1	Procymidone	207	Chlorantraniliprole	401	Chlorantraniliprole	515
2	Dimethomorph	110	Azoxystrobin	269	Etofenprox	476
3	Chlorothalonil	105	Dimethomorph	219	Azoxystrobin	430
4	Chlorantraniliprole	78	Thiamethoxam	205	Imidacloprid	424
5	Azoxystrobin	67	Etofenprox	182	Thiamethoxam	307
6	Cypermethrin	62	Pyraclostrobin	158	Flufenoxuron	243
7	Thifluzamide	62	Flufenoxuron	155	Chlorothalonil	214
8	Chlorfenapyr	56	Flubendiamide	144	Pyraclostrobin	192
9	Bifenthrin	55	Imidacloprid	136	Pyridalyl	183
10	Flubendiamide	55	Boscalid	133	Boscalid	177
11	Diazinon	52	Lufenuron	125	Flubendiamide	177
12	Pyridalyl	51	Pyridalyl	105	Dimethomorph	164
13	Indoxacarb	46	Novaluron	98	Procymidone	158
14	Chlorpyrifos	44	Procymidone	98	Chlorfenapyr	155
15	Diniconazole	34	Chlorothalonil	87	Lufenuron	129

Table 3. Top 15 of violation of pesticide residues by year

Rank	2018		2019		2020	
	Pesticide residue	No. of violation	Pesticide residue	No. of violation (PLS*)	Pesticide residue	No. of violation (PLS)
1	Diazinon	21	Fluquinconazole	22(21)	Diazinon	25(23)
2	Procymidone	15	Procymidone	20	Etofenprox	10
3	Carbofuran	10	Diazinon	12(11)	Procymidone	8
4	Ethoprophos	8	Chlorothalonil	8(7)	Chlorothalonil	8(8)
5	Chlorpyrifos	6	Flubendiamide	6	Fluquinconazole	6(4)
6	Carbendazim	5	Chlorpyrifos	6(2)	Methabenzthiazuron	5(5)
7	Flubendiamide	4	Pendimethalin	5	Flubendiamide	4
8	Diniconazole	4	Methabenzthiazuron	5(5)	Novaluron	3(3)
9	Thifluzamide	2	Fenitrothion	4	Fenitrothion	3
10	Bifenthrin	2	Novaluron	3(2)	Chinomethionat	3(3)
11	Endosulfan	2	Kresoxim-methyl	2(1)	Ethoprophos	3
12	Chlorothalonil	2	Carbofuran	2(1)	Bifenthrin	2
13	Fludioxonil	1	Tebuconazole	2	Carbofuran	2(2)
14	Novaluron	1	Spirodiclofen	1(1)	Chlorpyrifos	2(2)
15	Fluazinam	1	Chinomethionat	1(1)	Pendimethalin	2

*A uniform maximum residue limits (MRL) of 0.01 mg/kg applied.

건수 대비 잔류농약의 검출 비율은 2018년 12.9%, 2019년 25.1%, 2020년 37.3%로 증가하였고, 품목별로는 과일류, 채소류, 향신식물, 곡류에서 연도별로 증가하는 경향이 나타났다(Table 1). PLS 전면 시행으로 이전보다 엄격한 기준이 적용되었으나 기준초과가 차지하는 비율은 큰 변화가 없었는데, 이를 통해 현장에서 농약 안전사용기준을 준수하고 있음을 추측할 수 있다.

검출 빈도가 높았던 성분과 잔류허용기준 초과 빈도가 높았던 성분 중 상위 15순위를 Table 2와 Table 3에 각각 정리하였다. 검출이 증가한 성분은 대부분 사용 가능 작

물 수가 50개 이상인 범용 농약이었다[16]. Diazinon은 최근 3년간 기준초과 상위 3순위 내에 포함된 성분으로 생산단계에 흔히 사용하는 것으로 보이며, carbofuran은 PLS 전면 시행 후 현장관리 강화 등으로 기준초과 빈도가 감소한 것으로 판단된다. Chlorantraniliprole, fluquinconazole, azoxystrobin, methabenzthiazuron 등 2018년 대비 전체적으로 검출이 증가한 것은 정밀장비를 도입한 영향도 있는 것으로 보인다.

특징적 변화 성분

Fluquinconazole

Fluquinconazole 검출은 최근 3년간 자료를 비교했을 때 2018년 3건, 2019년 76건, 2020년 85건으로 증가했고, 검출 대비 기준초과 비율은 2019년 증가(29%) 후 2020년 감소(7%)하는 경향이었다(Fig. 2). 2019년 기준초과 22건 중 21건이 일률기준(0.01 mg/kg) 적용이었고, 그중 20건이 엽채류였다.

Fluquinconazole은 토양 잔류성이 긴 특징이 있는 살균제로 추가 등록이 제한된 성분인데, 사용 가능 작물에 안전사용기준을 준수하지 않은 경우 미등록 후작물에서 토양에 잔류된 성분이 흡수되어 기준초과가 발생할 수 있다[16].

2020년 4월 고시 개정으로 엽채류 그룹기준(0.05 mg/kg)이 신설되어[17] 2020년에는 검출 대비 기준초과 비율이 감소하였으나, 검출은 큰 변화가 없었다. 현장 교육 및 홍보 효과로 농약 사용에 주의를 기울이고 있음을 예상할 수 있지만, 농약 사용 이력 추적이나 후작물 전이 관련 연구를 통해 제도 개선 및 현장관리 강화의 기초자료를 확보할 필요가 있을 것이다.

Procymidone

Procymidone은 2018년 대비 2019년 검출이 50% 정도 감소했지만, 검출 대비 기준초과 비율은 증가하는 경향이 나타났다(Fig. 3A). 2018년 11월 고시개정으로 이전보다 엄격해진 기준(0.05 mg/kg)이 적용되어[18] 2019년 1월부터 4월까지 집중적으로 기준초과가 발생한 것이었다(Fig. 3B). 기준초과 품목의 검출 농도는 고시개정 이전 기준을 적용했을 때 근대 1건(5.39 mg/kg)을 제외하면 모두 기준 이내였다. 이에 대한 대책으로 농촌진흥청에서는 procymidone 무료 교환 행사(2019년 5월 15일-6월 15일)를 진행하였고[19], 2019년 하반기부터 검출 대비 기준초과 비율이 감소하였다.

엽채류와 엽경채류에 잠정기준으로 설정되어 사용 가능 작물 외에는 사용할 수 없으며, 인체 또는 환경 유해 수준으로 추가 등록이 제한된 살균제이다. 2020년 검출이 158건으로 전년대비 다시 증가하는 경향이 나타난 것은 현장에서 대체 약제가 부족해 관행적으로 사용하는 것으로 보인다[20,21]. 또한 토양 반감기가 길어 작물로 흡수 이행될 확률이 높으므로 토양 잔류 시 후작물에도 영향을 줄 수 있다[15]. 대체약제 개발, 토양 잔류농약 관리, 잠정기준의 정식기준 전환을 위한 자료 분석 등 현장에서 수용할 수 있는 대책 마련이 필요해 보인다.

Diazinon

Diazinon은 최근 3년간 연속적으로 기준초과 상위 순위에 포함된 성분 중 하나이다. 2018년 대비 기준 적용이 엄격해졌으나 검출 대비 기준초과 비율은 감소하는 경향

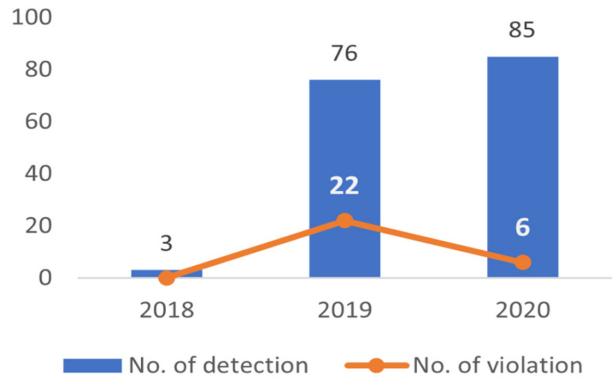

Fig. 2. Comparison of detection and violation of fluquinconazole by year.

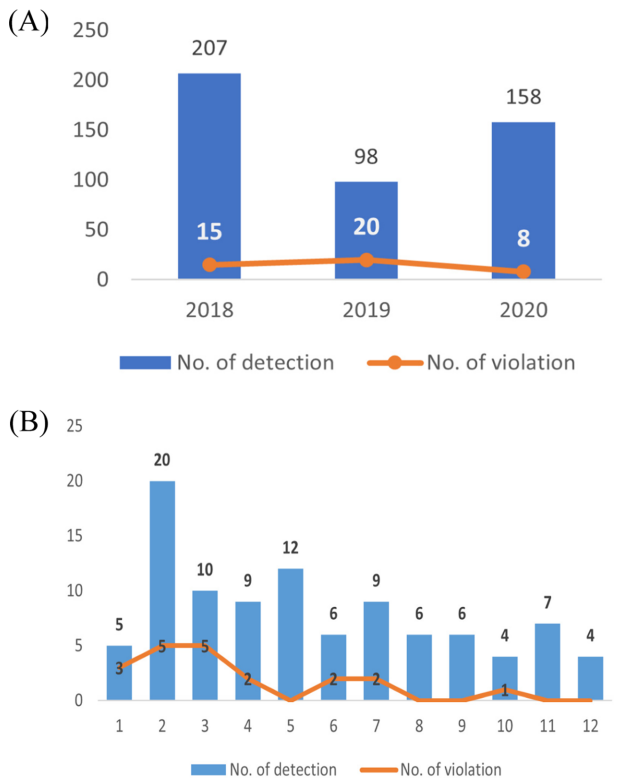

Fig. 3. Comparison of detection and violation of procymidone by year (A), month in 2019 (B).

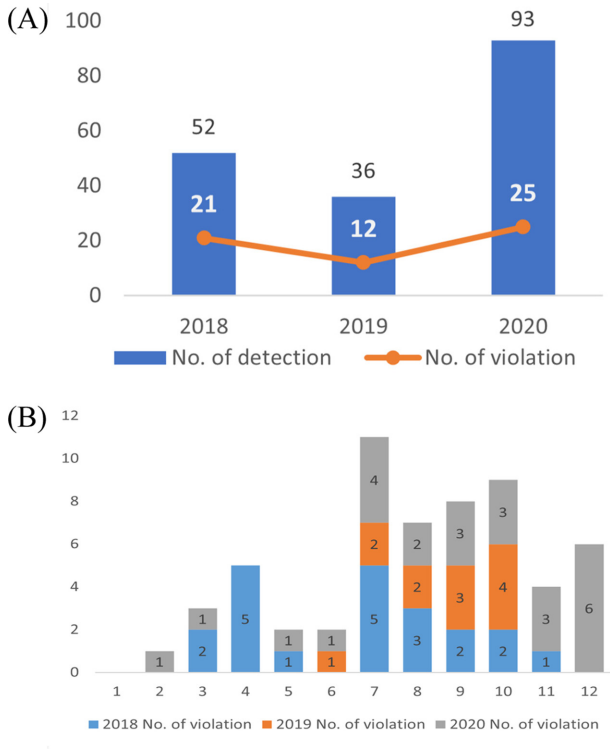

Fig. 4. (A) Comparison of detection and violation of diazinon by year. (B) Distribution of violation of diazinon by month.

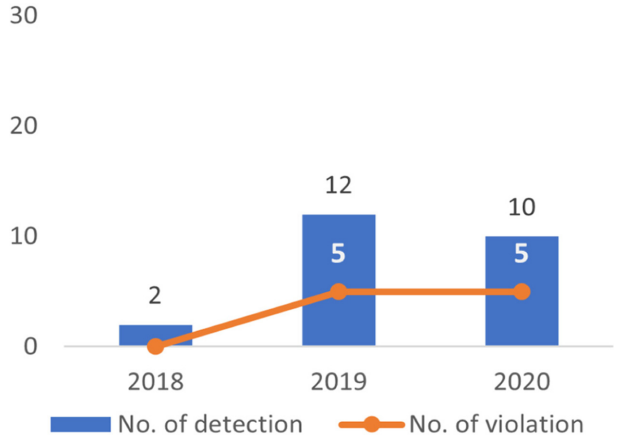

Fig. 5. Comparison of detection and violation of methabenzthiazuron by year.

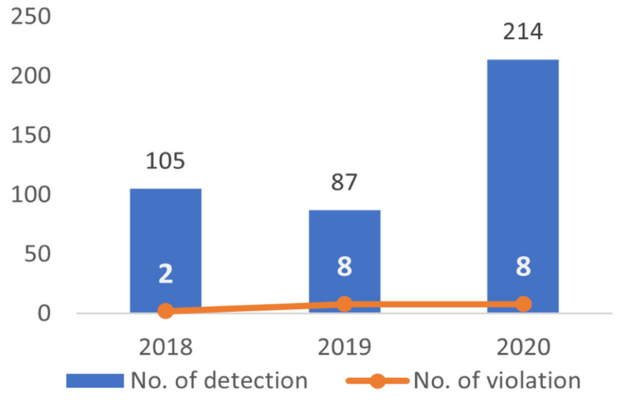

Fig. 6. Comparison of detection and violation of chlorothalonil by year.

이 나타났다(Fig. 4A). 2019년 기준초과 12건 중 11건이 일률기준 적용이었고(Table 3), 셀러리 1건을 제외하면 모두 엽채류로 그 중 쑥갓이 4건으로 빈도가 높았다. 2020년은 2019년 대비 검출과 기준초과 건수가 2배 정도 증가했다(Fig. 4A). 기준초과 25건 중 23건이 일률기준 적용이었고(Table 3), 셀러리 2건을 제외하면 모두 엽채류로 그 중 청경채 7건, 쑥갓 5건, 상추 4건, 참나물 3건 순으로 빈도가 높았다.

Diazinon은 주로 접촉 및 식독작용에 의하여 살충효과를 보이며 흡입독성도 있다. 토양 및 식물체 내에서 비교적 신속하게 분해되므로 잔류성이 낮은 특성이 있으며 광범위하게 사용된다[2]. 최근 3년간 기준초과 발생은 하반기에 빈도가 더 높았는데(Fig. 4B) PLS 전면시행 후에도 현장에서 관행적으로 사용하는 것으로 판단되며, 미등록 작물에 사용하지 않도록 중점적인 관리가 필요해 보인다.

Methabenzthiazuron

Methabenzthiazuron은 2018년 대비 검출과 기준초과 건수가 증가했는데(Fig. 5), 기준초과 모두 일률기준 적용이었다(Table 3). 주로 잡초의 뿌리를 통해 흡수, 광합성을 저해하여 잡초를 제거하는데 토양 중 분해는 매우 늦어 3-6개월간 효과가 지속된다[2]. 현재 마늘과 사료용 목초지에만 사용 가능하며 다른 작물에 사용할 수 없는 성분인데, 최근 3년간 모두 마늘이 아닌 다른 품목에서 검출되었다. 현장에서 관행적으로 미등록 작물에 사용하는 것으로 판단되므로[22] 대체 농약 안내 등 홍보가 필요하다.

Chlorothalonil

Chlorothalonil은 최근 3년간 지속적으로 검출 빈도가 높은 성분 중 하나이다(Table 2). 2019년 기준초과 8건 중 7건이 일률기준 적용이었고, 2020년 기준초과 8건 모두 일률기준 적용이었다(Table 3). PLS 전면 시행으로 기준적용이 엄격해져 2019년, 2020년 모두 기준초과 상위 4순위에 포함되었다. 현장에서 등록된 작물에만 사용하도록 유도할 필요가 있을 것이다.

Chlorothalonil은 생물활성 범위가 넓어 각종 작물의 병해 방제제로 널리 사용되고 있는 살균제로 병원균 포자의 발아를 저해하고 작물체 내 균사의 침입을 저해하여 살균효과를 나타낸다. 침투, 이행성은 없으나 예방효과가 우수하고 약효지속기간도 길며 내성균 유발의 우려가 없는 것이 특징이다[2].

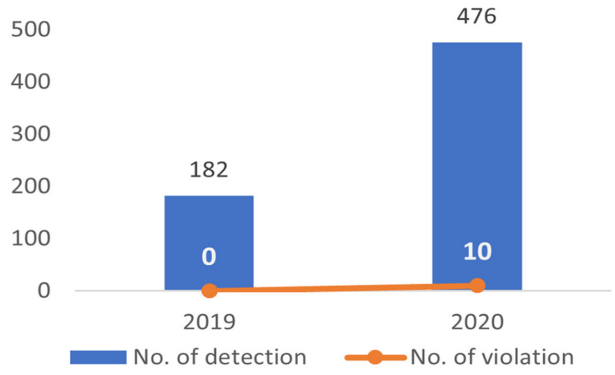

Fig. 7. Comparison of detection and violation of etofenprox by year.

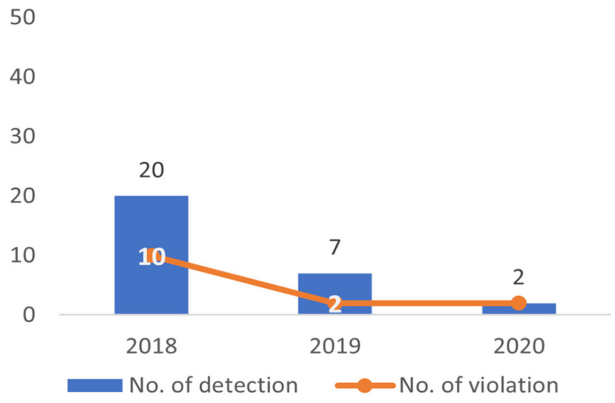

Fig. 8. Comparison of detection and violation of carbofuran by year.

Etofenprox

Etofenprox는 2019년 4월부터 경기도의 분석 항목에 포함된 성분이다. 2019년 대비 2020년 검출이 2.6배 정도 증가하였고, 기준초과는 2019년 0건, 2020년 10건이었다(Fig. 7). Pyrethroid계 살충제로 광범위한 해충에 효과가 있으며, 사용가능한 작물 수가 50개 이상인 범용 농약이다[2,16]. 기준초과 10건 중 6건은 시금치에서 발생했고 개별기준(0.5 mg/kg)을 적용한 것으로 고시 개정 후 기준초과는 없었다. 2020년 10월 고시 개정으로 시금치 개별기준 삭제 후 그룹기준(15 mg/kg)을 적용하게 되므로 기준초과 발생이 줄어들 것으로 예상된다[23]. 현장에서 안전사용기준을 준수하도록 지속적인 관리가 필요할 것이다.

Carbofuran

Carbofuran은 포유동물에 경구독성이 매우 강한 특징이 있어 미국에서는 금지된 살충제이지만 우리나라에서 입제 형태로 사용되고 있다. 광범위한 해충에 대하여 효과가 있으며, 토양 잔류성의 우려는 없다[2,24]. 최근 3년간 경기도의 검사 자료를 분석한 결과, 2018년 대비 검출과 기준초과 빈도가 감소하는 경향이 나타났다(Fig. 8). 2019년 기준초과 2건 중 1건이 일률기준 적용이었고, 2020년 기준초과 2건 모두 일률기준 적용이었다(Table 3). 추가 등록 제한 성분으로 당뇨병이나 암 등의 질병 위험 증가와 관련이 있는 것으로 알려져 있다[24,25]. 기준초과 발생 시 소비자의 불안감을 증폭시킬 수 있으므로 현장에서 대체 약제 안내 등 사용을 줄이는 방향으로 제도를 개선할 필요가 있을 것이다.

기타

Endosulfan은 과거 폐기 농약으로 장기 토양 잔류 문제로 잠정기준으로 설정된 농약 중 하나이다[21]. 최근 3년간 경기도 검사자료에서는 2018년 검출 3건 중 2건이 기준초과였고, 2020년 검출이 1건이었다. 그 외 BHC, DDT, quintozene의 검출 이력은 없었다.

Chinomethionat은 2001년 폐기 농약인데 최근 3년간 검사 자료 분석 결과, 2019년 기준초과 1건, 2020년 3건이 있었다. 밀수 농약[26,27]으로 유통 후 검출된 사례로 판단되며, 현장에서는 미등록 농약을 사용하지 않도록 지속적인 교육 및 홍보가 필요할 것이다.

Conclusion

최근 3년간 경기도에서 유통 중인 농산물의 잔류농약 검사자료 28,693건을 비교분석하였다. PLS 전면시행 후 전체적으로 검출이 증가하는 경향이 나타났고 기준초과는 비슷한 비율을 유지하며 농산물의 안전성에 미친 영향은 크지 않았다. 그러나 전체 기준초과 중 일률기준(0.01 mg/kg) 적용이 차지하는 비율은 2019년 약 48%, 2020년 약 57%로 나타나 이를 개선하기 위한 대책이 필요해 보인다.

일률기준 적용으로 인한 기준초과 발생 빈도를 줄이기 위해서는 비의도적 오염(후작물 영향, 토양 잔류 등)에 대한 관리가 필요하다. 경기도 검사자료에서 fluquinconazole은 2019년 기준초과 빈도가 증가했다가 비의도적 오염이 원인으로 확인되어 엽채류 그룹 기준이 신설된 후 검출대비 기준초과 빈도가 감소하는 경향이 나타났다.

그리고 미등록 작물에 농약을 관행적으로 사용하지 않도록 현장관리 및 교육이 중요하다고 생각한다. Diazinon, chlorothalonil, methabenzthiazuron 등에서 최근 2년간 발생한 기준초과는 대부분 일률기준 적용이었다. 특히 diazinon은 부적합 상위 순위에 포함되어 있으며, 검출과 기준초과 빈도가 증가하는 경향이 나타나 중점적으로 관리할 필요가 있다.

마지막으로 부정 농약을 근절할 수 있는 방법을 모색해야 한다. 경기도 검사자료 중 chinomethionat은 과거에 폐기된 농약 성분으로 밀수 농약 사용이 원인이었는데, 2019

년 1건, 2020년 3건의 기준초과가 발생하였다. 밀수 농약의 단속은 한계가 있으므로 농가의 피해를 막기 위해서는 밀수품 신고 포상제, 처벌 강화 등의 대책이 필요하다.

경기도에서는 2018년부터 공동대응 TF 회의를 개최하여 부적합 발생 동향과 추진상황을 공유하고 있다. 본 연구 결과와 이후 모니터링 자료는 앞으로 제도 보완 및 현장 관리 강화를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

국문요약

본 연구는 2019년 1월 1일부터 전체 농산물에 확대 적용된 농약 허용물질목록관리제도(PLS)가 미치는 영향을 확인하기 위해 2018년부터 2020년까지 경기도 유통 농산물 검사 자료 28,693건을 대상으로 잔류농약 실태를 조사하였다. 전체 검사 실적 대비 기준 초과 비율은 2018년 1.0%, 2019년 1.2%, 2020년 1.2%로 나타났고, 잔류농약 검출 비율은 2018년 12.9%, 2019년 25.1%, 2020년 37.3%로 증가하였다. 2019년 기준초과 114건 중 55건이 일률기준(0.01 mg/kg) 적용이었고, 2020년 기준초과 115건 중 66건이 일률기준 적용이었다. 이를 개선하기 위해서는 비의도적 오염, 미등록 작물에 관행적 사용, 부정 농약에 대한 관리가 필요해 보인다. Fluquinconazole은 비의도적 오염이 원인이었고, diazinon, chlorothalonil, methabenzthiazuron은 미등록 작물에 관행적 사용이 원인이었다. Chinomethionat은 과거에 폐기된 농약 성분으로 밀수 농약 사용이 원인이었다. 본 연구 결과와 이후 모니터링 자료는 앞으로 제도 보완 및 현장 관리 강화를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Seo-Hyeon Song https://orcid.org/0000-0003-2852-2778
Ki-Yu Kim https://orcid.org/0000-0002-4512-7916
Yun-Sung Kim https://orcid.org/0000-0002-0337-8469
Kyong-Shin Ryu https://orcid.org/0000-0002-9684-4843
Min-Seong Kang https://orcid.org/0000-0003-2713-3826
Jeong-Hwa Lim https://orcid.org/0000-0003-3691-4042
Na-Young Yoo https://orcid.org/0000-0002-9810-4953
Yoo-Li Han https://orcid.org/0000-0003-1235-7448
Hee-Jeong Choi https://orcid.org/0000-0002-8471-4718
Choong-Won Kang https://orcid.org/0000-0002-8965-3395
Youn-Ho Kim https://orcid.org/0000-0002-8278-8406
Jeong-Hwa Seo https://orcid.org/0000-0001-7702-7509
Ok-Kyung Choi https://orcid.org/0000-0002-6954-8109

References

1. Lee, J.H., Kwon, S.Y., 2018. A study on the improvement of food safety regulations: Constitutional value of food safety, Seoul, Korea.
2. Kim, J.E., Kim, J.H., Lee, Y.D., Lim, C.H., Heo, J.H., Jung, Y.H., Kyung, G.S. Kim, I.S., Kim, J.H., Moon J.G., Park, H.M., Yoo, O.J., Choi, H., Hong, S.M., 2020. The latest in pesticide science, second ed. Seoul, Korea, pp. 1-109.
3. Rural Development Administration, (2020, September 17). Pesticide safety information system. Retrieved from http://psis.rda.go.kr/psis/cont/contentMain.ps?menuId=PS00324
4. Kwon, C.H., Lim, M.H., Chang, M.I., Jeong, D., Lee, S.C., Yoo, J.Y., Son, J.E., Lee, J.O., (2021, June 18). Residual pesticide monitoring history in Korea. Retrieved from https://www.dbpia.co.kr/Journal/articleDetail?nodeId=NODE01075952
5. Park, K.S., Im, M.H., Choi, D.M., Jeong, J.Y., Chang, M.I., Kwon, K.I., Hong, M.K., Lee, C.W., Establishment of Korean maximum residue limits for pesticides in foods, *Korean J. Pestic. Sci.*, **9**, 51-59 (2005).
6. Ministry of Food an Drug Safety, 2019. Pesticide MRLs in agricultural commodities. Ministry of Food an Drug Safety, Cheongju, Korea, pp. 4.
7. Lee, G.S., 2017. A study on the improvement of safety management through case analysis of major countries around residual pesticides (Report No. 11-1543000-001765-01), final report of ministry of agriculture. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong, Korea, pp. 55-87.
8. Lee, Y.D., (2021, June 18). Status of residual positive list system (PLS) substances in foods. Retrieved from https://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?key=3816940
9. Moon, K.E., Monitoring pesticide residues in agricultural products for comparison before and after applying the Positive List System. Master's thesis, Korea University, Seoul, Korea (2017).
10. Kwak, D.S., (2020, September 13), The full implementation of the PLS system next year... and five years grace. Retrieved from http://www.livesnews.com/news/article.html?no=26838
11. Ministry of Food and Drug Safety, (2020, January 20). Strengthen pesticide management, increase agricultural safety, reduce pesticide use. Retrieved from https://www.mfds.go.kr/brd/m_99/view.do?seq=43917
12. Kim, J.S., Kwon, C.H., Jung, K.H., (2021, June 18). Results and next plans of positive list system (PLS) implementation in agricultural commodities. Retrieved from http://www.korsea.or.kr/file/notice/20200710.pdf
13. Ministry of Food and Drug Safety, (2021, June 25). Multiresidue methods. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=404
14. Gyeonggi Province Institute of Health and Environment, 2019. 2018 Statistical Yearbook of Agricultural Residual Pesticides in Gyeonggi Province. Gyeonggi Province Institute of Health and Environment, Suwon, Korea, pp. 89-95.
15. Gyeonggi Province Institute of Health and Environment, 2020. 2019 Statistical Yearbook of Agricultural Residual

Pesticides in Gyeonggi Province. Gyeonggi Province Institute of Health and Environment, Suwon, Korea, pp. 89-97.
16. Kim, J.E., 2020. Pesticide PLS-related performance analysis and improvement tasks (Report No. 11-1543000-003085-01), final report of the ministry of agriculture. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong, Korea, pp. 71-90.
17. Ministry of Food and Drug Safety, (2021, June 18). Food standards and specifications (Notification No. 2020-24). Retrieved from https://www.mfds.go.kr/brd/m_211/view.do?seq=14471&srchFr=&srchTo=&srchWord=%EC%8B%9D%ED%92%88%EC%9D%98+%EA%B8%B0%EC%A4%80&srchTp=0&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&Data_stts_gubun=C9999&page=2
18. Ministry of Food and Drug Safety, (2021, June 18). Food standards and specifications (Notification No. 2018-91). Retrieved from https://www.mfds.go.kr/brd/m_211/view.do?seq=14282&srchFr=&srchTo=&srchWord=%EC%8B%9D%ED%92%88%EC%9D%98+%EA%B8%B0%EC%A4%80&srchTp=0&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&Data_stts_gubun=C9999&page=3
19. Korean Food & Drug News, (2020, May 20). Procymidone ingredient pesticide exchange event is held. Retrieved from http://kfdn.co.kr/41876
20. Rural Development Administration, 2020. Weekly farming information No. 8. Rural Development Administration, Jeonju, Korea.
21. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2018. Correct pesticide user guide. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong, Korea.
22. Rural Development Administration, 2020. Weekly farming information No. 20. Rural Development Administration, Jeonju, Korea.
23. Ministry of Food and Drug Safety, (2021, June 18). Food standards and specifications (Notification No. 2020-98). Retrieved from https://www.mfds.go.kr/brd/m_211/view.do?seq=14536&srchFr=&srchTo=&srchWord=%EC%8B%9D%ED%92%88%EC%9D%98+%EA%B8%B0%EC%A4%80&srchTp=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&Data_stts_gubun=C9999&page=1
24. Jung, Y.S., Lee, S.H., Baik, E.J., Moon, C.K., Moon, C.H., Carbofuran induces cardiovascular dysfunction in rat. *Pharm. Soc. Korea,* **45**, 739-745 (2001).
25. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2020. Correct Pesticide User Guide by Item, Sejong, Korea.
26. Lee, P.J., (2020, September 2), The distribution of smuggled agricultural materials openly- the government sitting on their hands. Retrieved from http://www.agrinet.co.kr/news/articleView.html?idxno=168148
27. Nutahara, M., Yamamoto, M., Murai T., Photodecomposition of chinomethionat (Morestan®). *Bull. Kochi Inst. Agr. Forest. Sci.,* **16**, 1-6 (1984) (in Japanese).