



ORIGINAL ARTICLES

광주광역시 농산물도매시장 판매 업체류에 대한 잔류농약 통계적 분석

류근영* · 김종필 · 박덕웅 · 이다빈 · 송난주 · 조배식 · 서계원 · 김선희

광주광역시 보건환경연구원

A Statistical Analysis of Pesticide Residues on Leafy Vegetables Selling at Agricultural Wholesale Markets in Gwangju

Keunyoung Ryu*, Jongpil Kim, Duckwoong Park, Davin Lee, Nanju Song, Baesik Cho, Kyewon Seo, Sunhee Kim

Health and Environment Research Institute of Gwangju Metropolitan city, Korea

(Received on January 29, 2020. Revised on March 23, 2020. Accepted on March 25, 2020)

Abstract This study was conducted to statistically analyze residual pesticides in the leafy vegetables which were sold at the wholesale markets in Gwangju from 2016 to 2018. As the analysis results of pesticide residues in total 4,483 samples, residual pesticides were detected from 827 samples and the detected concentrations in 93 samples exceeded MRLs (spinach 11, radish leaves 11). Residual pesticides were very frequently detected in 101 Chinese chives. The samples of agricultural products collected to practice monitoring of pesticide residues were 1,555 (34.7%) in Gwangju and 1,060 (23.6%) in Naju and they took over the half (58.3%). The frequently detected pesticides are Azoxystrobin (192) and Dimethomorph (124), and the pesticides which exceeded MRLs are Diazinon (13) and Chlorpyrifos (12). The correlation between violation and detection was significant in 2016 and 2018. High detected samples in most of the crops didn't have a significant correlation with climate factors except for some crops (spinach and temperature, $p < 0.05$; radish leaves and humidity, $p < 0.01$). In addition, the correlation between price and climate factors could be confirmed, but no significant difference in whether the price increase factor affected the increase in pesticide treatment. In this study, it had different correlations in each factor, so it was difficult to think that violation or detection of residual pesticide in agricultural products had a direct relation to the price or climate.

Key words Climate, Leafy vegetables, MRLs, Pesticide residues, Statistical analysis

서 론

현대의 농업산업에서 농약은 농업 생산성의 양적 증대 면에서 농민과 소비자에게 모두 필수적인 농자재가 되었다. 사회가 성숙되어 가면서 소비자들은 건강에 대한 욕구가 높아지고 있어 먹거리에 대한 안전이 농산물 소비의 중요한 선택기준으로 작용하고 있다. 그러나 산업화를 거치면서 인구의 대부분이 도시에 편중됨에 따라 농산물을 구매하고자 하는 소비자는 증가하지만, 반대로 생산자는 감소하고 있다. 이러한 이유로 농업에 종사하는 인력은 소규모화 되고 반대

로 관리하는 규모는 커져가고 있다. 또한 수익을 내기 위한 밀식을 하게 되어 영양분이 부족한 농산물이 병충해에도 약해 이들의 관리를 위해서는 농약의 사용이 필수불가결하게 되었다(Lee et al., 2009; Wang et al., 2013; Kim et al., 2014).

2018년 우리나라 전체 채소류 생산량은 9,186 KMT(Kilo Metric Ton) 이었다(MAFRA, 2019a). 우리나라는 채소류의 섭취 비율이 많은 국가로 OECD 조사(2014년)에 의하면 매일 채소류를 100% 가량 섭취하고 있어 조사대상국 29개국 중 가장 많이 섭취하는 나라이다(OECD, 2019). 특히 채소류 중 엽채류 생산량이 3,025 KMT로 32.9%를 차지하는데 이는 전통적으로 김치 위주의 식생활과 연관이 있고, 그 중 배추김치의 소비가 74.1% 정도를 차지할 정도로 많은 것에

*Corresponding author
E-mail: zetryu@korea.kr

서도 확인할 수 있다(Moon et al., 2019). 우리나라 1인당 채소류 연간 소비량 165.3 kg (2018) 중 단일 품목인 배추가 58.7 kg (35.5%)으로 가장 많이 소비되는 작물이라는 결과로도 확인할 수 있다(MAFRA, 2019b).

광주를 포함한 전라남도 지역은 우리나라 엽채류 생산량 중 약 31.6%인 955 KMT를 생산하는 주요 생산지이다(MAFRA, 2019a). 광주 지역 도매시장인 서부농수산물도매시장과 각화농산물도매시장에서 거래된 엽채류(95 KMT) 중 65.8% (59.9 KMT)가 인근지역에서 생산된 것으로 확인되어 지리적 접근성이 거래량과 큰 관련이 있는 것으로 보인다. 단일지역 기준으로는 광주가 29.4 KMT (32.3%)로 가장 많았고, 다음이 나주로 11.6 KMT (12.7%)였다(Gwangju Metropolitan City, 2019).

채소류의 농약 잔류허용기준(MRLs: Maximum residue limits) 초과(이후 부적합 발생으로 지칭) 경향은 여러 연구 자료에서 엽채류의 발생 빈도가 높은 것으로 나타났다(Yang et al., 2017; Park et al., 2019). 이는 잎이 넓은 생물학적 특성에 때문에 표면에 살포된 농약이 보다 용이하게 부착되어 잔류하기 때문인 것으로 보고있다(Chio et al., 2004). 뿐만 아니라 일부 소규모 농가의 농약사용에 대한 전반적인 이해 부족(Chio et al., 2004)이나 시설작물의 경우 농약 살포 후 관개시설 미 설치 또는 미 사용으로 인한 자연적으로 제거될 수 있는 환경여건이 조성되지 않는 경우로 판단된다. 특히 소면적 재배작물의 경우 잔류허용기준을 유사작물군으로 분류하고 각 군중에서 최소의 기준을 적용하고 있어 다른 작물에 사용한 농약의 관행적 사용으로 유통과정 중 잔류허용기준을 초과하는 경우가 많이 발생한다(Kim, 2017).

일반적으로 식물의 성장은 환경에 많은 영향을 받는다(KREI, 2018). 특히 기후환경은 병충해의 번식과 밀접한 관련이 있어 기후환경의 급격한 변화는 농약 사용의 빈도를 높이는 중요한 요인중의 하나이다. 또한 기후환경은 농산물의 유통가격과 큰 연관이 있는데, 갑작스런 기후환경의 변화는 식물의 생물학적인 성장 저해 요인의 발생이나 물리적인 손상을 야기시켜 농산물의 수급에 큰 영향을 미치기 때문이다(Kwon et al., 2015; KREI, 2018). 이를 고려했을 때 여러 인자들이 작용할 경우 농작물의 성장이 불리한 환경에서의 안전한 성장이나 시장에서의 공급 부족 시 발생하는 가격상승시기를 노려 작물을 빨리 성장시키기 위한 농약의 안전사용기준을 준수하지 않을 가능성도 배재할 수가 없다.

기후는 토양 및 생물환경에 영향을 미치고 농업에서 지리적 환경은 이동성이 없는 농작물에 영향을 주기 때문에 농

업과 기후는 많은 관련이 있으며, 기후변화에 따른 병해충 발생 요인이 증가하고 있다(IPET, 2011). 또한 여름철 고온, 집중호우, 태풍, 장마 그리고 겨울철 한파 등과 같은 잦은 기상변화가 발생하여 주요 농산물의 가격 변동이 발생이 빈번해지고 있어 기후와 가격의 연관성이 커지고 있다(Lee et al., 2012; KREI, 2018). 결국 기후변화는 농작물의 성장에 생물학적인 영향을 끼치고 이는 농약의 사용을 증가시키는 요인이 되고, 기후변화 또한 농작물의 가격상승의 요인이 되고있어 농약 사용에 따른 농산물의 잔류농약 검출 또는 부적합 발생과 관련이 있을 것으로 생각된다.

농약 사용량의 증가는 농산물에 잔류 되는 농약의 증가를 야기시키고 결과적으로 부적합 이나 검출 발생과 관련이 있을 것이라고 가정하게 된다. 그러나 아직까지는 기후 요인과의 연관성에 대한 농산물의 잔류농약 부적합이나 검출 발생과 관련된 연구자료가 없다. 따라서 본연구에서는 광주 지역 도매시장에서 판매되고 있는 엽채류의 실태를 파악하고, 이들 중 일부가 기후(기온, 습도, 강수량), 판매가격 등의 요인에 따른 잔류농약 허용기준 초과 또는 검출 발생에 연관성 여부를 확인하고자 조사분석 하였다.

재료 및 방법

재료

2016년부터 2018년까지 광주광역시내 농산물도매시장에 반입된 농산물 중 엽채류 4,483건을 수거하여 조사하였다(Table 1).

분석대상 농약

분석대상 잔류농약은 식품공전의 다중농약다성분 분석법(제2법)으로 분석이 가능한 농약 중 120종의 농약을 선정하여 검사하였다(Table 2).

농약 표준품 및 시약

농약 표준품은 Dr. Ehrenstorfer GmbH (Germany)와 Wako (Japan) 그리고 AccuStandard (USA) 제품을 사용하였고, 잔류농약 추출을 위해 사용한 용매와 시약은 acetonitrile, acetone, n-hexane, dichloromethane 그리고 sodium chloride로 Merk (Germany) 제품을 사용하였다. 기기분석을 위해 기체크로마토그래프 분석에는 florisil cartridge (Strata, 500 mg/6 mL, phenomenex, USA), 액체크로마토그래프 분석에는 aminopropyl cartridge (Strata, 1 g/6

Table 1. The list of samples collected in agricultural wholesale market from 2016 to 2018

Type Group		2016 (%)	2017 (%)	2018 (%)
Vegetables	Leafy vegetables	1096 (74.5)	1153 (75.9)	1122 (75.2)
	Stalk and stem vegetables	376 (25.5)	366 (24.1)	370 (24.8)

Table 2. List of selected pesticides (120 pesticides)

Acrinathrin	Diethofencarb	Fludioxonil	Mepronil	Pyrimethanil
Aldrin & Dieldrin	Dimepiperate	Flufenoxuron	Metconazole	Pyrimidifen
Anilofos	Dimethoate	Fluquinconazole	Methabenzthiazuron	Pyriproxyfen
Azoxystrobin	Dimethomorph	Flusilazole	Methidathion	Quintozene
BHC	Diniconazole	Flusulfamide	Methoxychlor	Simeconazole
Bifenthrin	Diphenamid	Flutolanil	Methoxyfenozide	Tebufenozide
Boscalid	Diphenylamine	Forchlorfenuron	Nitrapyrin	Tebupirimfos
Bromacil	Dithiopyr	Fosthiazate	Ofurace	Teflubenzuron
Cadusafos	Endosulfan	Fthalide	Oxadixyl	Tefluthrin
Captafol	Endrin	Hexaflumuron	Parathion	Terbutylazine
Captan	EPN	Imazalil	Pendimethalin	Tetradifon
Carbaryl	Etaboxam	Indanofan	Phenthoate	Thiazopyr
Carbofuran	Ethion	Indoxacarb	Phosalone	Thifluzamide
Chinomethionat	Ethoprophos	Iprobenfos	Phosmet	Tolclofos-methyl
Chlorfenapyr	Etoxazole	Iprodione	Pirimiphos-methyl	Tolyfluanid
Chlorothalonil	Etrimfos	Iprovalicarb	Probenazole	Tralomethrin
Chlorpyrifos	Fenamidone	Isofenphos	Prochloraz	Triadimefon
Chlorpyrifos-methyl	Fenhexamid	Isoprothiolane	Procymidone	Tricyclazole
Cyazofamid	Fenitrothion	Kresoxim-methyl	Propisochlor	Trifloxystrobin
Cyprodinil	Fenobucarb	Lufenuron	Prothiofos	Triflumizole
Diazinon	Fenoxanil	Malathion	Pyraclufos	Triflumuron
Dichlofluanid	Fipronil	Mecarbam	Pyraclostrobin	Uniconazole
Dichlorvos	Flonicamid	Mefenacet	Pyrazophos	Vinclozoline
Dicloran	Fluazinam	Mepanipyrim	Pyridalyl	Zoxamide

mL, phenomenex, USA)를 시료정제에 사용하였다.

시료의 추출 및 정제

시료의 추출은 식품공전 시험법 중 다중농약다성분 분석법(제2법)의 아세토니트릴 추출법으로 하였다. 식품공전의 검체 처리기준에 맞게 전처리 한 시료 50 g을 정밀히 취한 후 acetonitrile 100 mL을 넣고 혼합추출분쇄기(SMT PROCESS Homogenizer, JAPAN)를 이용하여 3분간 균질화하였다. 이를 여과지와 부호너깁때기로 감압 여과하고 여액을 NaCl 10~15 g이 들어있는 용기에 넣고 5분간 심하게 흔들어 층이 완전히 분리될 때까지 정치한 후, 상등액 10 mL를 취하여 40°C 이하의 수욕상에서 감압 농축하였다. 추출물의 정제는 최종적으로 기체크로마토그래프 분석 대상의 농약 시료는 acetone 2 mL, 액체크로마토그래프 분석 대상의 농약 시료는 70% acetonitrile 2 mL에 용해하여 시험 용액으로 하였다.

분석기기

기체크로마토그래프 측정 항목은 GC-MSD (Agilent 5977, USA)로 정성분석을 하였으며, 정량분석은 GC-ECD (Agilent 7890, UAS)와 GC-NPD (Agilent 7890, UAS)로 하였다. 액

체크로마토그래프 측정 항목은 LC-MS/MS (Thermo TSQ, USA)를 사용하였다. 기기분석 조건은 Table 3, 4와 같다.

분석법 검증

회수율은 잔류농약이 검출되지 않은 상추에 시료의 함량 기준 1.0 mg kg⁻¹이 되도록 농약 인증표준물질을 첨가한 뒤 3회 반복 시험하여 측정하였다. 검출한계(limit of detection, LOD)와 정량한계(limit of quantification, LOQ)는 ICH (International Conference on Harmonization)에서 제시하는 회귀직선을 통하여 기울기와 잔차의 표준편차로부터 구하였다. 각 농도별 표준용액(5개)을 사용하여 아래의 식으로부터 측정하였다.

$$LOD = 3.3\sigma / S$$

$$LOQ = 10\sigma / S$$

σ = The standard deviation of response

S = The slope of the calibration curve

통계분석

도매시장에 반입된 업체류의 잔류농약의 경향성을 파악하기 위해 도매시장에서 낙찰된 가격 정보는 농업관측 통계정

Table 3. Analytical condition for pesticides with GC (ECD, NPD, MSD)

Instrument	GC-ECD	GC-NPD	GC-MSD
Inlet Temp ^{a)}	250°C	250°C	250°C
Oven Temp.	190°C (0 min) → 15°C/min → 220°C (9 min) → 30°C/min → 300°C (6 min)	190°C (0 min) → 4°C/min → 240°C (0 min) → 20°C/min → 290°C (5 min)	190°C (0 min) → 5°C/min → 250°C (0 min) → 50°C/min → 300°C (3 min)
Detector Temp.	300°C	300°C	300°C
Column	DB-5	DB-5	DB-5MS
Flow rate	1.0 mL/min	1.0 mL/min	mL/min

^{a)}Temp. : temperature

Table 4. LS-MS/MS conditions for analysis of pesticide residues

Instrument	LC-MS/MS
Column	ACQUITY UPLC-BEH C18 (2.1 × 50 mm, 1.7 μm)
Flow rate	0.4 mL/min
Injection volume	1 μL
Mobile phase	A : 0.1 % Formic acid in 2% Methanol B : 0.1 % Formic acid in Methanol
	Time (min) A (%) B (%)
	0.0 95 5
	0.2 95 5
Gradient	4.0 0 100
	4.5 0 100
	4.6 95 5
	6.0 95 5

보시시스템(KREI, 2019) 자료를, 기후정보는 기상자료개방포털(KMA, 2019) 자료를 활용하였다. 통계분석은 SPSS Statics (20, SPSS Inc, Chicago, IL, USA)를 이용하여 처리하였다. 각각의 요인들은 관련성을 확인하기 위해 상관성 분석은 Pearson's correlation coefficient로 유의성 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

회수율, 검출한계 및 정량한계

회수율은 잔류농약이 검출되지 않은 상추에 잔류농약 표준품을 첨가한 뒤 3회 반복 시험하여 측정하였고 전체적으로 79.1-110.8% 사이였고, 상대표준편차(RSD)는 10% 이하였다. 검출한계(limit of detection, LOD)와 정량한계(limit of quantification, LOQ) 측정 결과는 Table 5와 같다.

품목에 따른 부적합 및 검출 발생 현황

광주광역시 소재 도매시장에서 유통되고 있는 엽채류(엽경채류 포함)를 2016년부터 2018년까지 총 4,483건을 수거하여 잔류농약을 검사하였고 검사결과는 Table 6과 같다. 검사대상 시료 중 가장 많은 수(비중%)는 엽갈이배추로

493건(11.0%)을 검사하였으며, 그 다음으로 부추 472건(10.5%), 들깻잎 372건(8.3%), 상추 332건(7.4%), 무잎 307건(6.8%), 시금치 300건(6.7%), 쑥갓 283건(6.3%) 등의 순이었다. 농약의 잔류허용기준을 초과한 시료는 93건이었으며, 농산물 별 부적합 발생 수(각 품종별 부적합률)는 각각 시금치 11건(3.7%), 무잎 11 건(3.6%), 들깻잎 9건(2.4%), 취나물 8건(5.4%), 쑥갓 7건(2.5%) 순이었다. 국내에서 조사된 기간과 지역이 다른 여러 선행연구에서도 시금치, 쑥갓, 취나물, 들깻잎, 무잎 등을 포함한 일부 품목들의 잔류허용기준 초과 빈도가 높은 것으로 보고되고 있다(Kim et al., 2013; Yang et al., 2017; Park et al., 2019). 엽채류에서 많은 잔류농약이 검출되는 이유는 잦은 농약살포(McEwen et al., 1980; Elgueta et al., 2017)와 표면적이 넓은 잎을 가지고 있어 살포된 농약이 부착되어 잔류하기 때문이라고 판단된다(Chio et al., 2004; Alla et al., 2015; Elgueta et al., 2017).

잔류농약이 검출된 시료는 총 827건으로 검출 수(검출률)는 각각 부추 101건(21.4%), 시금치 93건(31.0%), 들깻잎 93건(25.0%), 무잎 87건(28.3%), 엽갈이배추 85건(17.2%) 그리고 취나물 54건(36.7%)로 확인되었다.

Table 5. Validation parameters such as linearity, LOD, LOQ and recoveries of pesticides detected in this study

Pesticide	Detection Type	Recovery ± RSD (%) (n=3)	Correlation coefficient (r2)	LOD (mg kg ⁻¹) (n=5)	LOQ (mg kg ⁻¹) (n=5)
Azoxystrobin	LC-MSMS	90.1 ± 3.4	0.9991	0.041	0.124
Bifenthrin	GC-ECD	100.2 ± 0.2	1.0000	0.005	0.015
Boscalid	LC-MSMS	94.1 ± 3.4	0.9998	0.020	0.059
Cadusafos	GC-NPD	85.2 ± 2.7	0.9995	0.007	0.020
Carbofuran	LC-MSMS	91.1 ± 3.9	0.9978	0.016	0.048
Chlorothalonil	GC-ECD	93.9 ± 1.7	0.9988	0.023	0.071
Chlorpyrifos	GC-NPD	95.5 ± 3.2	0.9995	0.007	0.020
Chlorpyrifos-methyl	GC-NPD	91.6 ± 7.1	0.9991	0.033	0.099
Clorfenapyr	GC-NPD	105.5 ± 1.0	0.9978	0.038	0.117
Diazinon	GC-NPD	86.2 ± 3.8	0.9998	0.003	0.011
Diniconazole	GC-ECD	99.5 ± 0.4	0.9992	0.008	0.026
Endosulfan-sulfate	GC-ECD	92.4 ± 0.9	0.9997	0.005	0.015
Endosulfan-α	GC-ECD	83.6 ± 0.6	0.9996	0.006	0.018
Endosulfan-β	GC-ECD	90.0 ± 0.3	0.9998	0.004	0.013
EPN	GC-ECD	98.4 ± 0.7	0.9999	0.003	0.010
Ethoprophos	GC-NPD	89.9 ± 3.9	0.9996	0.006	0.017
Fenitrothion	GC-NPD	109.5 ± 2.7	0.9997	0.005	0.016
Fludioxonil	GC-NPD	105.5 ± 1.9	0.9996	0.016	0.048
Flufenoxuron	LC-MSMS	100.0 ± 5.7	0.9992	0.043	0.129
Fluquinconazole	LC-MSMS	89.7 ± 8.7	0.9997	0.026	0.078
Fosthiazate	GC-NPD	110.8 ± 1.7	0.9989	0.010	0.029
Indoxacarb	GC-ECD	102.0 ± 0.6	0.9994	0.007	0.021
Kresoxim-methyl	GC-NPD	102.1 ± 1.3	0.9983	0.034	0.102
Lufenuron	LC-MSMS	100.4 ± 2.7	0.9967	0.040	0.122
Metconazole	GC-NPD	93.0 ± 10.0	0.9931	0.025	0.076
Methabenzthiazuron	LC-MSMS	94.3 ± 3.6	0.9999	0.015	0.047
Novaluron	LC-MSMS	79.1 ± 4.3	0.9974	0.016	0.048
Procymidone	GC-ECD	87.1 ± 1.6	0.9997	0.005	0.014
Tebupirimfos	GC-NPD	101.5 ± 2.0	0.9986	0.027	0.083
Tralomethrin	GC-ECD	97.2 ± 7.4	0.9922	0.006	0.021
Trifloxystrobin	LC-MSMS	96.5 ± 3.8	0.9992	0.038	0.116
Triflumizole	GC-NPD	85.0 ± 5.3	0.9989	0.010	0.029

Table 6. The number of agricultural products detected and violated in leafy vegetables

Commodity	No of samples	No of Detection (%)	No of Violation (%)	No of 2 pesticides violation	No of 3 pesticides violation
Amaranth leaves	13	5(38.5)	1(7.7)		
Broccoli	51	1(2.0)	-		
Buckwheat leaves	35	4(11.4)	1(2.9)		
Butterbur	57	7(12.3)	1(1.8)		
Leafy vegetables					
Cabbage	12	1(8.3)	-		
Chamnamul	101	22(21.8)	2(2.0)		
Chard	4	-	-		
Chickweed leaves	2	-	-		
Chicory	197	15(7.6)	3(1.5)		

Table 6. continued

Commodity	No of samples	No of Detection (%)	No of Violation (%)	No of 2 pesticides violation	No of 3 pesticides violation
Chili pepper leaves	29	11(37.9)	1(3.4)	1 Boscalid Kresoxim-methyl	
Chinese mallow	134	21(15.7)	5(3.7)		
Chwinamul	147	54(36.7)	8(5.4)		
Coastal hog fennel	16	2(12.5)	1(6.3)		
Coriander	1	-	-		
Crown daisy	283	50(7.7)	7(2.5)		
Danggwi	50	16(32.0)	5(10.0)	1 Indoxacarb Cadusafos	
Dolnamul	2	1(50.0)	-		
Dried radish leaves	1	1(100.0)	-		
Kale	2	-	-		
Kimchi cabbage	19	5(26.3)	-		
Korean cabbage	33	8(24.2)	5(15.2)	1 Diniconazole, Diazinon	
Lettuce(head)	46	7(15.2)	-		
Leafy vegetables	Lettuce(leaf)	332	36(10.8)	4(1.2)	
Mustard green	2	-	-		
Mustard leaf	81	19(23.5)	1(1.2)		
Others	1	1(100.0)	-		
Pak choi	19	3(15.8)	1(5.3)		
Parsley	4	3(75.0)	-		
Perilla leaves	372	93(25.0)	9(2.4)		
Radish leaves	307	87(28.3)	11(3.6)		
Rape leaves	88	11(12.5)	2(2.3)		
Red-veined dock	1	-	-		
Rucola	1	-	-		
Shepherd's purse	64	9(14.1)	-		
Sonchus-leaf	18	-	-		
Spinach	300	93(31.0)	11(3.7)		
Squash leaves	32	2(6.3)	-		
Ssam cabbage	493	85(17.2)	2(0.4)		
Wormwood	13	3(23.1)	1(7.7)		
Young Barley Leaf	8	1(12.5)	-		
Sub total	3371	677	82	3	0

Table 6. The number of agricultural products detected and violated in leafy vegetables

Commodity	No of samples	No of Detection (%)	No of Violation (%)	No of 2 pesticides violation	No of 3 pesticides violation
Bracken	6	1(16.7)	-		
Celery	9	3(33.3)	1(11.1)	1 Chlorpyrifos-methyl Chlorpyrifos	
Chinese chives	472	101(21.4)	5(1.1)		
Dureup elater	12	-	-		
Green garlic	15	3(20.0)	-		
Stalk and stem vegetables					
Kohlrabi	9	-	-		
Salt sandspurry	144	5(3.5)	-		
Sweet potato vines	184	7(3.8)	1(0.5)		1 Diazinon Indoxacarb Lufenuron
Taro stem	1	-	-		
Water dropwort	161	5(3.1)	1(0.6)		
Welsh onion	64	18(28.1)	3(4.7)		
Wild chive	35	7	-		
Sub total	1112	150	11	1	1
Total	4483	827	93	4	1

잔류농약에 따른 부적합 및 검출현황

부적합 발생 항목에 대한 내용으로는 3년간 고구마줄기는 1품목에서 부적합이 발생하였으나 항목 기준으로는 Diazinon, Indoxacrab, Lufenuron 등 3항목으로 검출되었다. 고구마줄기에서 부적합이 발생한 세가지 농약성분은 모두 엽채류에 대한 기준이 초과된 것으로 소면적 재배 작물 특성상 다른 작물에 사용한 농약을 관행적으로 사용한 것으로 보인다. 이는 일부 농작물의 잔류농약 부적합 발생 원인 조사를 구명하기 위한 설문조사에서도 주요 원인으로 ‘실질적으로 사용할 수 있는 농약이 적거나 없어서’가 가장 큰 비중을 차지한 결과와 유사하다고 보인다(Kim et al., 2018). 다음으로 고춧잎, 당귀잎, 셀러리, 시금치, 쌈추 등에서는 각각 2항목씩 검출되어 부적합 항목 기준으로 99항목에서 기준을 초과한 것으로 확인되었다(Table 7). 주요 부적합 항목으로는 Diazinon이 13건으로 가장 빈번하게 검출되었고, Chlorpyrifos 12건, Diniconazole 10건, Indoxacarb 7 건, Procymidone 7 건 순으로 검출되었다. Diazinon은 열무와 무숙음 등을 포함한 무잎에서 3건, 들깻잎에서는 2건이 검출된 것을 제외하고는 9개 품목에서 기준치를 초과하여 검출되어 사용 빈도가 많은 항목으로 추정된다. Chlorpyrifos도 9개 품목에서 부적합으로 판정되었으며, 시금치에서만 4건의 부적합이 나왔다. Diazinon과 Chlorpyrifos는 Organophosphate계 살충제인 유기인계농약으로 여러 조사 결과에서도 엽채류에서 자주 부적합으로 확인된 잔류농약으로 보고하였고(Kim et

al., 2013; Kang et al., 2015; Elgueta et al., 2017; Yang et al., 2017; Park et al., 2019), Diniconazole은 모두 10건의 부적합 중 들깻잎(5건)과 쌈추(4건) 두 품목에서만 9건의 부적합이 나왔다. Diniconazole은 Triazole계로서 살균제로 사과, 배, 마늘 등에서 붉은별무늬병, 검은별무늬병, 녹병에 대한 살균제로도 사용되나 일부에서는 배추, 일일초 등 식물의 성장을 억제하는 효과를 목적으로 사용되는 것으로 보고되고 있어(Choi et al., 2011; Kang et al., 2015) 들깻잎과 쌈추와 같은 상품의 크기가 상품성에 영향을 끼치는 농작물에서의 많이 사용되고 있는 것으로 보인다(Yang et al., 2017). Procymidone은 Dicarboximide계 침투성 살균제로 채소류에 주로 사용하고 있으며 Diazinon, Chlorpyrifos와 같이 잔류농약의 검출과 부적합이 많이 발생하는 농약성분이다.

부적합이 발생한 엽채류는 농약 제조사의 수익성 문제와 연관되어 대부분 농약이 등록되지 않거나 적은 소면적 재배 작물들이다(Kim, 2017). 이러한 문제로 고추잎의 경우 고추에는 Boscalid가 잔류허용기준 3.0 mg kg⁻¹으로 설정되어 있지만 고추를 생산하는 과정에 부산물로 생산되는 고춧잎이나, 대부분인 엽채류에는 설정 되어있지 않아 고추에 사용한 농약의 이행 등으로 유통과정 중 잔류허용기준을 초과하는 경우가 많이 발생한다는 문제점이 있다. 따라서 이들 소면적 재배작물에 사용되는 농약에 대한 등록 및 기준설정이 시급할 것으로 생각된다.

잔류농약이 검출된 품목은 총 827건으로 이 중 일부 품목

Table 7. Pesticides detected in agricultural products and their MRLs

Classification	Pesticide	No of samples detected	No of samples violated	Detection range (mg kg ⁻¹)	MRLs (mg kg ⁻¹)
Fungicide	Amisulbrom	1	0	0.2	3.0
	Azoxystrobin	192	3	0.0-11.0	0.05-30.0
	Bodcalid	44	4	0.0-17.4	0.3-40.0
	Chlorothalonil	20	3	0.1-21.4	0.5-40.0
	Cyazofamid	24	0	0.0-2.0	0.5-15.0
	Diethofencarb	1	0	2.0	3.0
	Dimethomorph	124	0	0.0-4.0	0-30.0
	Diniconazole	25	10	0.0-3.1	0.05-0.3
	Ethaboxam	21	0	0.0-1.0	1.0-15.0
	Fenbuconazole	2	0	0.0-0.1	0.3-3.0
	Fludioxonil	17	2	0.0-17.0	0.05-40.0
	Fluquinconazole	42	3	0.00-1.25	0.05-3.0
	Iprobenfos	1	0	0.1	0.2
	Iprodione	1	0	2.2	10.0
	Kresoxim-methyl	2	2	3.4-4.0	0.1-2.0
	Metconazole	2	2	0.82-1.1	0.05
	Myclobutanil	1	0	0.2	2.0
	Procymidone	82	6	0.0-34.4	0.1-5.0
	Pyraclostrobin	24	0	0.0-5.0	0.5-20.0
	Pyrimethanil	10	0	0.0-0.5	3.0-10.0
Tricyclazole	4	0	0.00-0.02	0.05-0.2	
Trifloxystrobin	5	2	0.2-3.3	0.5-2.0	
Triflumizole	5	1	0.1-9.3	2.0	
Subtotal	23	650	38		
Herbicide	Methabenzthiazuron	5	1	0.01-0.68	0.05
	Pendimethalin	2	0	0.0-0.04	0.05-0.2
Subtotal	2	7	1		
Insecticide	Acetamiprid	6	0	0.0-0.2	0.2-10.0
	Acrinathrin	3	0	0.2-1.0	5.0
	Bifenthrin	7	1	0.0-1.5	0.05-10.0
	Cadusafos	5	4	0.1-5.32	0.02-0.2
	Carbofuran	14	1	0.00-0.16	0.05-0.5
	Chlorantraniliprole	6	0	0.0-0.3	1.0-10.0
	Chlorfenapyr	13	1	0.1-8.2	2.0-7.0
	Chlorpyrifos	18	12	0.0-3.3	0.01-0.2
	Chlorpyrifos-methyl	2	2	0.36-1.7	0.05-0.2
	Cyfluthrin	1	0	0.3	2.0
	Cypermethrin	3	0	0.2-0.3	5.0
	Diazinon	29	13	0.0-3.14	0.05-0.5
	Endosulfan	1	1	1.0	0.1
	EPN	1	1	12.97	0.05
	Ethoprophos	3	3	0.38-1.75	0.02
	Fenitrothion	6	4	0.03-14.0	0.05-15.0
	Fenpyroximate	1	0	0.0	7.0
Fonicamid	6	0	0.0-0.8	0.05-2.0	

Table 7. continued

Classification	Pesticide	No of samples detected	No of samples violated	Detection range (mg kg ⁻¹)	MRLs (mg kg ⁻¹)
Insecticide	Flufenoxuron	33	2	0.0-2.0	0.2-10.0
	Fosthiazate	10	2	0.2-4.2	0.05-5.0
	Indoxacarb	100	7	0.0-12.8	0.5-20.0
	Lufenuron	32	3	0.0-1.2	0.2-7.0
	Methoxyfenozide	9	0	0.0-1.0	2.0-20.0
	Novaluron	4	1	0.1-1.0	0.05-2.0
	Pyridalyl	37	0	0.0-6.0	0.7-20.0
	Pyriproxyfen	20	0	0.0-0.1	0.2
	Tebufenozide	10	0	0.0-1.0	0.05-10.0
	Tebufenpyrad	3	0	0.1-0.7	5.0
	Tebupirimfos	1	1	0.25	0.01
	Teflubenzuron	8	0	0.0-1.0	0.5-5.0
	Thiacloprid	1	0	0.0	20.0
	Thiamethoxam	5	0	0.0-0.1	0.1-15.0
	Thifluzamide	2	0	0.0-0.03	0.05-0.5
	Tralomethrin	2	1	0.3-1.4	0.2-0.5
Subtotal	34	402	60		
Total	59	1059	99		

에 중복 검출된 경우를 포함하여 모두 1,059항목이 검출되었다. 주요 검출 항목으로는 Azoxystrobin이 192건으로 가장 많이 검출되었고, 다음으로 Dimethomorph 122건, Indoxacarb 99건, Procymidone 82건으로 확인되어 잔류허용기준 초과가 많은 농약성분과는 조금 다른 경향을 보였으나, Indoxacarb와 Procymidone은 검출과 부적합 모두 많았다.

생산지별 현황

광주 지역 도매시장인 서부농수산물도매시장과 각화농산물도매시장에 반입된 업체류의 주요 생산지는 광주·전남 지역(2018년 기준)이었으며, 거래비중은 전체 업체류 95.0 KMT 중 59.9 KMT로 65.8%를 차지하였다. 단일 지역으로는 광주가 29.4 KMT (32.3%)으로 가장 많았고, 다음이 나

주 11.6 KMT (12.7%)이었다(Gwangju Metropolitan City, 2019). 잔류농약 검사를 위해 수거된 농산물은 광주가 1,555건, 나주가 1,060건으로 전체 4,483건 중 58.3%가 이 두 지역에서 출하되었다.

광주와 나주 두 지역에서 3년간 발생한 부적합 건수는 각각 24건과 27건으로 전체 부적합의 54.8%를 차지하여 수거건수와 비례하였으나 나주에서 수거된 농산물에서 수거량 대비 잔류허용기준을 초과한 경우가 건수가 많았다(Table 8). 그러나 연도별로 비교해 보면 2016년, 2017년 그리고 2018년에 각각 광주는 7건(19.4%), 8건(22.9%)과 9건(40.9%) 이었고, 나주는 14건(38.9%), 8건(22.9%)과, 5건(22.7%)로 확인되어 2016년도에 나주의 빈도가 특이적으로 높았고 2017년과 2018년에는 광주가 높아 연도별 부적합율에는 차

Table 8. The number of samples detected and exceed MRLs by year

Area	Total			2016			2017			2018		
	No. analysis	No. detection	No. violation	No. analysis (%)	No. detection (%)	No. violation (%)	No. analysis (%)	No. detection (%)	No. violation (%)	No. analysis (%)	No. detection (%)	No. violation (%)
Gwangju	1550	247	24	513 (34.9%)	52 (25.9%)	7 (19.4%)	552 (36.3%)	111 (33.5%)	8 (22.9%)	485 (32.5%)	84 (28.5%)	9 (40.9%)
Naju	1054	266	27	299 (20.3%)	70 (34.8%)	14 (38.9%)	355 (23.4%)	93 (28.1%)	8 (22.9%)	400 (26.8%)	103 (34.9%)	5 (22.7%)
Other areas	1879	314	42	660 (44.8%)	79 (39.3%)	15 (41.7%)	612 (40.3%)	127 (38.4%)	19 (54.3%)	607 (40.7%)	108 (36.6%)	8 (36.4%)
Total	4483	827	93	1472	201	36	1519	331	35	1492	295	22

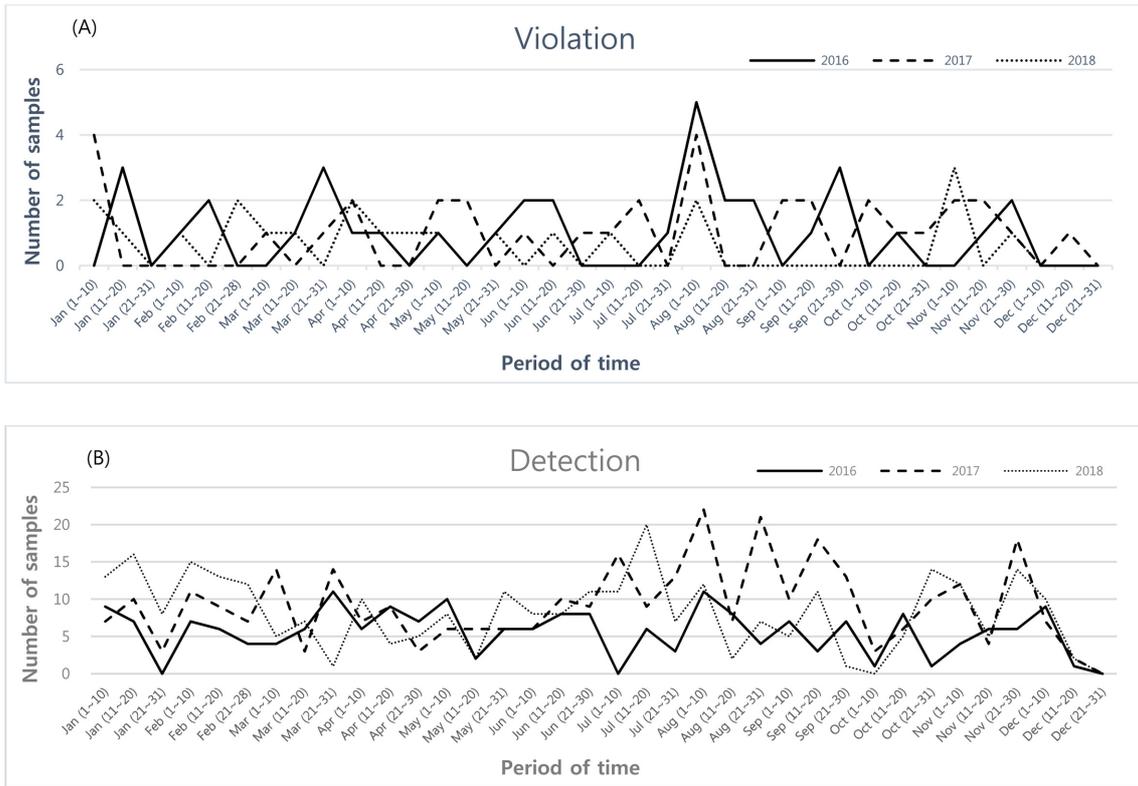


Fig. 1. Relation for each year by factor (from 2016 to 2018). Number of exceed MRLs samples by year, (B) Number of detected samples by year.

이가 있었다.

검출된 시료의 주요 생산지는 전남 나주가 266품목으로 32.2%, 광주가 247 품목으로 29.9%를 차지하였고 전체 검출 건수 중 두지역 생산품목이 62.0%를 차지하였다. 연도별로는 2017년 광주가 111건(33.5%)로 나주 93건(28.1%)보다 많았지만 2016년과 2018년 나주에서 각각 70건(34.8%)와 103건(34.9%)로 광주 52건(25.9%)와 84건(28.5%) 보다 많았다(Table 8).

잔류농약 부적합과 검출 발생 상관관계

본 통계에 사용한 모든 자료는 순기(10일 간격) 단위를 기준으로 하여 처리하였다. 농산물의 잔류농약 부적합 발생은 각 연도별(2016~2018년) 유의적인 상관관계가 없었고 검출 발생 또한 상관관계가 없어 부적합이나 검출 발생이 매년 유사하게 발생하지 않는다고 판단된다(Fig. 1). 이러한 결과는 엽채류의 잔류농약 부적합 발생이 기온이 변화가 농산물의 성장 저하에 큰 영향을 미칠 수 있는 계절별 특성에 따라 유사한 경향으로 발생할 것이라는 예측과는 맞지 않는 것으로 판단된다. 그러나 부적합과 검출 발생 두 요인과의 관계에서는 0.284(p<0.01)의 상관계수를 가져 양의 상관성을 보였으며, 특히 2016년에는 상관계수가 0.529(p<0.01)로 높은 양의 상관성을 보여(Table 9, Fig. 2) 검출 발생건수가

Table 9. Pearson's correlation coefficient between violation and detection (from 2016 to 2018)

Factor	Violation ^{a)}			
	Total	2016	2017	2018
Detection ^{b)}	0.284** ^{c)}	0.529**	0.190	0.384*

^{a)}Detection: Number of detected samples

^{b)}Violation: Number of exceed MRLs samples

^{c)}Pearson's correlation coefficient.

Significantly different between nutrient intakes and serum lipid levels at *p<0.05, **p<0.01.

많은 경우 부적합 발생 확률도 상대적으로 높을 것으로 판단된다.

농산물별 기후 및 가격인자와의 관계

농산물은 잔류농약 부적합 발생 건수가 많은 시금치와 무잎을 대상으로 기후 요인(기온, 습도, 강수량) 및 도매시장 낙찰금액과의 상관성을 확인하였다. 조사 지역은 잔류농약 검출 발생 건수가 많은 지역을 대상으로 하였으며, 시금치는 전체 검출 건수 중 60.6%를 생산한 나주 지역, 무잎은 42.5%를 생산한 광주 지역과 41.4%를 생산한 나주 지역의 기후 요인과 비교하였다.

시금치의 잔류농약 검출 건수 93건 중 56건으로 많았던

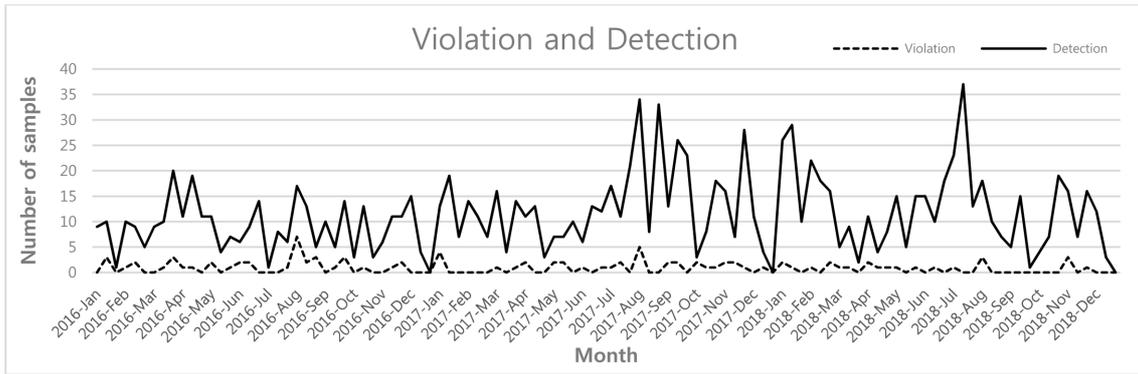


Fig. 2. Relation between violation and detection (from 2016 to 2018).

Table 10. Pearson's correlation coefficient between spinach and each factor (in Naju area)

	Price	Temperature	Humidity	Precipitation	Violation ^{a)}	Detection ^{b)}
Price	1 ^{c)}					
Temperature	0.539**	1				
Humidity	0.434**	0.532**	1			
Precipitation	0.332**	0.375**	0.484**	1		
Violation	-0.006	-0.040	0.055	0.027	1	
Detection	-0.127	-0.230*	0.065	-0.081	0.357**	1

^{a)}Violation: Number of exceed MRLs samples

^{b)}Detection: Number of detected samples

^{c)}Pearson's correlation coefficient.

Significantly different between nutrient intakes and serum lipid levels at *p<0.05, **p<0.01.

나주 지역은 기후(기온, 습도, 강수량), 가격 등 4가지 요인이 각각 유의확률 0.01 수준에서 양의 상관성이 확인되었고, 전체적인 상관관계는 Table 10에 제시하였다. 나주 지역에서 생산된 시금치의 부적합 발생(5건) 요인은 가격, 기후 요인과의 관계에서 유의적인 상관성을 보이지 않았으나, 검출 발생은 기후 요인 중 기온과 상관계수가 -0.230(p<0.05)으로 음의 상관관계를 보였다. 이는 시금치가 내한성이 강해 -10°C 이하에서도 견디지만 내서성이 약해 25°C 이상에서는 생육이 불량하고 30°C 이상이 되면 생육이 정지되고 고온다습 등의 불리한 생육조건에선 병충해, 생리장해 등이 발생하게 되는(Kim et al., 2005; RDA, 2019) 생리적인 특성과 연관 있는 것으로 판단된다. 시금치의 부적합은 대부분 9월부터 이듬해 2월까지 발생하였으며, 검출 발생도 시기가 유사하였다. 경기도에서 조사한 결과에서는 6~9월보다 10월~1월 사이에 부적합과 검출 발생이 높았다고 보고(Kwon et al., 2015)하여 본 조사에서는 부적합과 검출 발생이 9월에 많았던 것을 제외하고 전체적으로 유사한 결과를 보였다. 이 시기에는 여름철 고온다습한 환경에서 잘 발생하는 잘록병(RDA, 2019)과 가을재배 시 저온다습한 환경조건에서 잘 발생하는 노균병(Park et al., 2014)의 발병에 따른 농약의 사용이 증가하기 때문인 것으로 생각된다. 본 조사에서도

가장 빈도수가 높게 검출된 잔류농약 성분들은 Azoxystrobin, Dimethomorph, Chlorothalonil, Cyazofamid, Fludioxonil 등으로 노균병과 잘록병의 방제를 위해 사용 등록 되어있거나, 다른 농산물에 동일 병해충의 방제를 위해 사용 등록되어 있었다. 따라서 시금치의 잔류농약 부적합과 검출 발생에 기후 요인 중 기온의 영향이 작용한다고 판단된다.

무엇은 전체 검출 건수 87건 중 광주 지역과 나주 지역이 각각 37, 36건씩 발생하여 주요 발생 지역 조사되었고 두 지역은 서로 유사한 기후형태를 보이고 있었다. 나주 지역의 기후 요인은 시금치의 결과 예서와 같이 기후 요인(기온, 습도, 강수량)이 모두 유의확률 0.01 수준에서 양의 상관관계를 보였고, 광주 지역은 기온과 습도가 0.662(p<0.01)로 강한 양의 상관관계를 보였다(Table 11). 잔류농약 검출 발생은 광주 지역의 경우 4월에서 10월 사이에 모두 발생하여 일부 기간에 집중되는 경향을 보였다. 가격과의 관계에서는 유의확률 0.05 수준에서 음의 상관성을 보였으며, 다른 요인들과는 모두 유의확률 0.01 수준에서 양의 상관성을 보였다. 그러나 나주 지역에서는 잔류농약 검출이 전 기간에 걸쳐 발생하였으며, 기후 요인 및 가격 이 검출 발생 예서만 상관계수가 0.260(p<0.01)으로 상관성을 보였다. 이는 무잎(열무)의 생리적 특성과 관련된 것으로 열무는 서늘한 기후(15~

Table 11. Pearson's correlation coefficient between radish leaves and each factor (in Gwangju and Naju area)

Naju	Gwangju					
	Price	Temperature	Humidity	Precipitation	Violation ^{a)}	Detection ^{b)}
Price		-0.023	0.164	0.033	-0.149	-0.191*
Temperature	-0.015 ^{c)}		0.662**	0.335**	0.127	0.505**
Humidity	0.202*	0.532**		0.404**	0.101	0.386**
Precipitation	0.093	0.375**	0.484**		0.397**	0.326*
Violation	0.004	0.066	0.146	0.016		0.484**
Detection	0.148	0.177	0.260**	-0.022	0.446**	

a) Violation: Number of exceed MRLs samples

b) PDetection: Number of detected samples

c) Pearson's correlation coefficient.

■ : Gwangju and □ : Naju

Significantly different between nutrient intakes and serum lipid levels at * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

20°C)에서 잘 자라며 생육기간이 짧아 과중 후 20(여름)~30(봄, 가을)일 정도면 수확할 수 있고 연중 재배가 가능하나, 고온 다습한 환경에서는 연부병 등의 병충해가 발생하기 쉽고, 재배 초기 벼룩잎벌레, 파밤나방 등에 의한 피해가 발생하는(RDA, 2019) 단점으로 인해 재배 형태에 따른 방제 목적의 다양성으로 농약 사용 시기에 차이가 있기 때문인 것으로 생각된다. 특히 검출 빈도가 높은 잔류농약 성분인 Dimethomorph, Azoxystrobin, Ethaboxam, Cyzofamid 등은 습도가 높은 시기에 잘 발생하는 노균병의 방제를 목적으로 사용 등록되어 있어 기후와의 연관성이 판단되며, 재배 초기 발생하기 쉬운 벼룩잎벌레의 방제에는 Acetamiprid, Bifenthrin, Acetamiprid, Chlorfenapyr, Chlorpyrifos 등이 그리고 파밤나방의 방제에는 Indoxacarb, Lufenuron, Methoxyfenozide, Pyridalyl 등의 농약성분이 등록되어 있어 재배 시기에 따라 다양한 농약성분들이 사용되는 것으로 판단되었다.

잔류농약 부적합 발생은 광주 지역이 강수와 검출 발생 요인에서 유의확률 0.01 수준에서 상관성이 확인되었으며, 검출된 잔류농약 성분 Bifenthrin과 Diazinon이었다. Bifenthrin은 벼룩잎벌레의 방제를 위해 사용 등록되어 있지만 Diazinon은 무름병을 야기시키는 고자리파리(마늘)와 벼룩잎벌레(배추)의 방제 목적으로 등록되어 있지만 무잎에 동일 병해충의 방제를 목적으로 관행적으로 사용된 것으로 생각된다. 나주 지역은 기후 요인 중 습도와외의 관계에서만 유의확률 0.01 수준에서 양의 상관성을 보였다. 특히 저온다습한 환경에서 잘 발생하는 잣빛곰팡이병의 방제에 사용되는 Boscalid가 2건 검출되어 습도와외의 연관성을 확인할 수 있었다. 이상의 결과 예서와 같이 시금치와 무잎 두 농산물에서는 각각 생리적인 특성과 일부 기후 요인과의 유의적인 상관성을 발견하였고, 부적합과 검출 발생 관계에서 두 요인 간 유

의확률 0.01 수준에서 상관성이 확인되었다.

그러나 시금치와 무잎의 부적합은 광주 지역의 경우 2건 모두 조사대상 기간 중 2017년 한 해에만 발생하였고, 조사기간(3년)동안 광주 2건, 나주 4건 등 총 6건의로 분석 표본수가 적어 결과 해석의 한계를 보였다. 또한, 위에서 기술된 농산물을 제외한 대부분의 농산물에서는 출하지의 다양성과 모니터링 검사의 한계로 인해 가격, 기후 요인, 부적합 발생, 검출 발생과의 유의적인 상관관계는 확인되지 않았다. 향후 주요 생산 지역별 전국적인 부적합 및 검출 발생 내역의 통계가 통합적으로 이루어진다면 표본수의 증가뿐만 아니라 지역적인 기후 요인과의 상세한 비교로 보다 정확한 상관관계에 대한 결과를 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 광주광역시 보건환경연구원 2019년도 연구사업의 지원으로 수행 하였습니다.

Literature Cited

- Alla SG, Loutfy NM, Shendy AH, Ahmed MT, 2015. Hazard index, a tool for a long term risk assessment of pesticide residues in some commodities, a pilot study. Regul. Toxicol. Pharmacol. 73(3):985-991.
- Chio GY, Kim JH, Han BJ, Jeong YM, Seo HY, et al., 2004. Characteristic of decomposition of residual pesticides on diazinon and endosulfan in young radish. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 47(2):238-234. (In Korean)
- Choi SH, Kang JS, Choi YW, Lee YJ, Park YH, et al., 2011. Effect of diniconazole on growth and flowering of *vinca rocea* and *Salvia splendis*. J. Life Sci. 21(7):1004-1008. (In

- Korean)
- Elgueta S, Moyano S, Sepúlveda P, Quiroz C, Correa A, 2017. Pesticide residues in leafy vegetables and human health risk assessment in North Central agricultural areas of Chile. *Food Addit Contam. PART B*. 10(2):105-112.
- Gwangju Metropolitan City. 2019. Transaction performance by production. http://seobu-market.gwangju.go.kr/sub3/sub_3_6_2.asp, http://www.gakhwa-market.gwangju.go.kr/inform/realtime_info.do (agrion). (Accessed Jan. 4. 2020).
- Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET). 2011. R&D trends and prospects of agriculture, forestry and fisheries food in response to climate change. *Naju. Korea*. p. 16-21. (In Korean)
- Kang NS, Kim SC, Kang YJ, Kim DH, Jang JW, et al., 2015. Monitoring and exposure assessment of pesticide residues in domestic agricultural products. *Korean J. Pestic. Sci*. 19(1):32-40. (In Korean)
- Kim BS, Kim YS, Yun CS, Zhang XZ, Yeoung YR, et al., 2005. Fungicide screening for control of summer spinach damping-off caused by *Rhizoctonia solani*. *Korean J. Pestic. Sci*. 9(1):35-40. (In Korean)
- Kim DB, Kim TK, Jin YD, Kwon HY, Lee HS, 2018. Risk assessment of residual pesticide and investigation of violation cause for perilla leaf during the shipping stage. *Korean J. Pestic. Sci*. 22(3):205-215. (In Korean)
- Kim HY, Lee SY, Kim CG, Choi EJ, Lee EJ, et al., 2013. A survey on the pesticide residues and risk assessment for agricultural products on the markets in Incheon area from 2010 to 2012. *Korean J Environ Agric*. 32(1):61-69. (In Korean)
- Kim NH, Lee JS, Kim OH, Choi YH, Han SH, et al., 2014. Monitoring of pesticide residues and risk assessment on agricultural products marketed in the northern area of Seoul in 2013. *J. Fd Hyg. Safety*. 29(3):170-180. (In Korean)
- Korea Meteorological Administration (KMA). 2019. Weather data opening portal. <https://data.kma.go.kr> (Accessed Jun. 11. 2019).
- Korea Rural Economic Institute (KREI). 2018. Changes in the supply and demand environment of major vegetables and countermeasures. *Naju. Korea*. p. 13-63. (In Korean)
- Korea Rural Economic Institute (KREI). 2019. Statistical information of agricultural observation. <http://oasis.krei.re.kr> (Accessed Jan. 4. 2020).
- Kwon SM, Kwon YH, Choi OK, Park MK, Kim KC, et al., 2015. Characteristic of pesticide residues in some leafy vegetables at the whole market in Gyeonggi-do from 2009 to 2013. *J. Fd Hyg. Safety*. 30(2):196-201. (In Korean)
- Lee HJ, Choe WJ, Lee JY, Cho DH, Kang CS, et al., 2009. Monitoring of ergosterol biosynthesis inhibitor (EBI) pesticide residues in commercial agricultural products and risk assessment. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*. 38(12):1779-1784. (In Korean)
- Lee KK, Ko KK, Lee JW, 2012. Correlation analysis between meteorological factors and crop products. *J. Environ. Sci. Intern*. 21(4):461-470. (In Korean)
- McEwen FL, Ritcey G, Braun H, Frank R, Ripley BD, 1980. Foliar pesticide residues in relation to worker re-entry. *Pestic Sci*. 11(6):643-650.
- Ministry of Agricultural Food and Rural Affairs (MAFRA). 2019a. 2018 Green household status of protected vegetables and vegetables production performance. *Sejong. Korea*. p. 19-67.
- Ministry of Agricultural Food and Rural Affairs (MAFRA). 2019b. 2019 Major statistics on agriculture, food and rural affairs 2019. *Sejong. Korea*. p. 345.
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). 2017. Study for Establishment of maximum residue limit of pesticides in minor crops. *Cheongju. Korea*. p. 13.
- Moon EW, Kim SY, Dang YM, Park B, Park EJ, et al., 2019. Comparison of microbial and physicochemical properties between Pogi Kimchi and Mat Kimchi. *J. Korean Soc. Food Cult*. 34(2):217-223. (In Korean)
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). 2019. OECD health at a glance. *Economic References*. <https://stats.oecd.org> (Health》 Non-Medical Determinants of Health》 Food supply and consumption》 Vegetables consumption, daily (survey)) (Accessed Jan. 4. 2020).
- Park JE, Lee MY, Kim SH, Song SM, Park BK, et al., 2019. A survey on the residual pesticides on agricultural products on the markets in Incheon from 2016 to 2018. *Korean J. Environ Agric*. 38(3):205-212. (In Korean)
- Park SH, Lee JH, Woo JH, Choi SY, Park SD, et al., 2014. Control of spinach downy mildew by forced ventilation in greenhouse cultivation. *KOREAN J. ORGANIC AGRIC*. 22(1):147-154. (In Korean)
- Rural Development Administration (RDA). 2019. Crop technology information. <http://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psb/psbk/kidofcomdtyPrd1stCode.ps?menuId=PS00067&sStdPrd1stCode=LP044162&sStdTchnlgyCode=GP01&totalSearchYn=Y#> (Accessed Jan. 5. 2020).
- Wang S, Wang Z, Zhang Y, Wang J, Guo R, 2013. Pesticide residues in market foods in Shaanxi Province of China in 2010. *Food Chem*. 138(2-3), 2016-2025.
- Yang YS, Kang KR, Lee SM, Kim SK, Lee MG, et al., 2017. Survey on pesticide residues and risk assessment of agricultural products from wholesale market in Gwangju (2014-2016) *Korean J. Pestic. Sci*. 21(4):341-354. (In Korean)

● ● 광주광역시 농산물도매시장 판매 업체류에 대한 잔류농약 통계적 분석

류근영* · 김종필 · 박덕웅 · 이다빈 · 송난주 · 조배식 · 서계원 · 김선희

광주광역시 보건환경연구원

요 약 본 연구는 2016년부터 2018년까지 광주 지역 농산물도매시장에서 판매된 업체류의 잔류농약을 통계적으로 분석하기 위해 수행되었다. 총 4,483건을 대상으로 잔류농약 분석 결과 잔류농약이 검출이 827건, 부적합(잔류허용기준초과)이 93건이었다. 부적합 빈도가 높은 농산물은 시금치(11건)와 무잎(11건)이었고, 검출 빈도는 부추에서 101건으로 가장 많았다. 잔류농약 모니터링을 위해 수집된 농산물 중 광주에서 생산된 농산물이 1,555건(34.7%)으로 가장 많았고, 그 다음으로 나주가 1,060건(23.6%)으로 두 지역이 전체의 절반(58.3%) 이상을 차지하였다. 가장 빈번하게 검출된 농약은 Azoxystrobin (192건)과 Dimethomorph (124건)이며, 부적합 판정 농약은 Diazinon (13건)과 Chlorpyrifos (12건)였다. 잔류농약 부적합과 검출 발생은 2016년과 2018년에 유의한 양의 상관성을 보였다. 잔류농약 검출 빈도가 높은 시료 중 일부와 기후 요인 일부가 유의한 상관관계(시금치와 기온, $p < 0.05$; 무잎과 습도, $p < 0.01$)를 보였으나, 대부분의 농산물에서 기후 요인과 뚜렷한 상관성을 확인하지 못했다. 가격과 기후 요인과는 유의한 상관관계가 확인 되었으나 가격과 잔류 농약의 검출 빈도와는 상관관계는 확인되지 않았다. 본 연구에서는 각 요인 마다 서로 다른 상관관계가 확인되어 농산물에서 잔류농약의 부적합이나 검출이 가격이나 기후 요인과 직접적인 관련이 없는 것으로 판단되었다.

색인어 기후, 업체류, 잔류허용기준, 잔류농약, 통계분석

● ●