

Positive List System 도입에 따른 열대과일류의 잔류농약 안전성 조사

강향리* · 박용배 · 도영숙 · 정진아 · 이성봉 · 조상훈 · 이효경 · 손지희 · 이미경 · 이병훈 · 박진희 · 윤미혜
경기도보건환경연구원 수원농수산물검사소

A Safety Survey on Pesticide Residues in Tropical Fruits Depending on Implementation of Positive List System

Hyang-Ri Kang*, Yong-Bae Park, Yung-Suk Do, Jin-A Jeong, Seong-Bong Lee, Sang-Hun Cho, Hyo-Kyung Lee, Ji-Hee Son, Mi-Kyoung Lee, Byoung-Hoon Lee, Jin-Hee Park, and Mi-Hye Yoon
Suwon Agro-fishery Products Inspection Center, Gyeonggi-Do Institute of Health and Environment, Suwon, Korea
(Received April 11, 2018/Revised May 14, 2018/Accepted July 11, 2018)

ABSTRACT - Under the “Positive List System (PLS),” a uniform limit of 0.01 mg/kg is applied if the agricultural product does not have a Maximum Residue Limit (MRL) for a pesticide. The purpose of this research is to conduct residual pesticide monitoring on tropical fruits distributed in Gyeonggi-do to investigate the effects of PLS and provide basic materials for establishing MRLs of residual pesticides for tropical fruits produced in Korea. By inspecting 120 tropical fruits distributed in Gyeonggi-do according to Multi-class pesticide multi-residue methods, we detected seven fruits from three kinds of banana, mangoes, and kiwis with six different residual pesticides. Azoxystrobin and chlorpyrifos were detected from bananas, chlorfenapyr from mangoes, and chlorothalonil, iprodione, and procymidone from kiwis. A single case of chlorfenapyr and chlorothalonil was found with a mango and a kiwi produced in Korea, respectively, and by applying PLS we found that they exceeded the MRL of residual pesticide. Thus, it is necessary to set the MRL of residual pesticides for tropical fruits produced in Korea.

Key words : Positive list system (PLS), Tropical fruits, Pesticide residues, Multi-class pesticide multi-residue methods

우리나라는 시장개방 확대와 소비자 기호도의 다양성 등으로 농산물의 절반 이상을 수입에 의존하고 있다. 특히 과일 수입은 2000년 이후 연평균 10% 이상 증가하고 있으며 수입과일의 국내 과일소비시장 점유율도 이미 30%에 달한다¹⁾. 1991년부터 바나나, 파인애플 위주로 수입되다가 2000년대 이후로 자유무역협정(Free Trade Agreement, FTA)이 체결됨에 따라 과일 수입품목과 수입국도 다양해지고 있다²⁾. 지난 100년간 세계 평균 기온이 0.74°C 상승한 것에 비해 우리나라 평균 기온은 1.5°C나 상승하여³⁾ 열대과일 재배에 적절한 기후가 형성되었다. 소비자 트렌드에 맞춰 국내 열대 과일 생산량은 2014년 769.9톤에서 2015년 1,174톤으로 1년 만에 400톤(52.5%) 가량 증가했고, 국내 열대·아열대 과일 재배면적은 2014년 1,345 ha에서 2016년 1,407 ha로 증가하였다⁴⁾. 최근 열대과일이 농

가의 소득원으로 떠오를 조짐이 보이자 정부기관에서도 열대과일의 토착화를 위해 기술 개발과 보급에 적극 나서고 있다.

수요가 증가함에 따라 열대과일의 안전성에 대한 관심도 높아지고 있다. 수입으로 유통되는 열대과일은 운송 과정 중 병해충의 방제를 위해 농약을 사용하고, 창고저장 상태로 이동되어 광분해 효과가 낮아 잔류농약에 대한 위해성이 문제가 된다⁵⁾. 전 세계적으로 식품에 사용 가능한 농약은 550여종에 달하고, 나라마다 농약의 안전성 기준이 달라 550여종의 농약 모두가 수입 농산물에 잠재적인 위해요소로 작용한다⁶⁾. 국내에서 생산되는 열대과일의 경우, 재배 역사가 짧아 농약 사용 지침과 잔류허용기준(Maximum Residue Limit, MRL) 설정이 부족하여 안전성이 입증되지 않은 농약을 사용하는 문제가 있을 수 있다.

국내 잔류농약허용기준은 이론적 일일최대섭취량(Theoretical Maximum Daily Intake, TMDI)이 일일섭취허용량(Acceptable Daily Intake, ADI)의 80%를 초과하지 않은 수준에서 설정하게 되어있다⁷⁾. 농산물의 잔류농약 기준은 잔류허용기준이 있으면 그 기준을 적용하고, 잔류허용기

*Correspondence to: Hyang-Ri Kang, Suwon Agro-fishery Products Inspection Center, Gyeonggi-Do Institute of Health and Environment, Suwon 16561, Korea
Tel: 82-31-290-6605, Fax: 82-31-236-9521
E-mail: hrkang@gg.go.kr

준이 정해지지 않은 것은 Codex Alimentarius Commission (Codex) 기준 및 유사농산물 기준을 적용한다. 하지만 유사농산물 기준 적용은 일일섭취허용량을 고려하지 않기 때문에 안전관리 사각지대가 발생할 수 있다는 문제점이 있다⁶⁾. 주요 선진국들은 자국의 농업과 환경 및 소비자 보호를 위해 수입농산물에 대한 검역을 강화하고 있다. 그 예로 일본(2006. 5.)과 유럽연합(2008. 11.)은 일찍이 ‘농약 허용물질목록 관리제도(Positive List System, PLS)’를 도입하여 시행하고 있고, 미국은 1960년도부터 불검출을 원칙으로 하는 Zero Tolerance를 적용하고 있다⁸⁾.

식품의약품안전처는 포괄적인 잔류농약 안전 관리 강화를 위해 2016년에 PLS를 도입했다⁹⁾. PLS란 국내 또는 수입식품에 사용되는 농약 성분을 등록하고 잔류허용기준을 설정하여, 등록된 농약 이외에는 잔류농약 허용기준을 불검출 수준인 0.01 mg/kg을 적용하는 제도이다. 견과종실류 및 열대과일류는 2016년 12월 31일부터 시행중이고, 그 외 농산물은 2019년 1월부터 시행될 예정이다. PLS 도입으로 열대과일류에 대한 기준이 강화됨에 따라 열대과일 농산물의 부적합률 급증이 예상되었다. 국립농산물품질관리원은 2015년 데이터에 PLS 기준을 적용했을 때 65,957건 중 1.7%였던 부적합률이 6%로 3.5배 증가했다고 보고한 바 있다¹⁰⁾. 열대과일류 및 견과종실류를 우선적으로 시행하는 이유는 해당 농산물의 대다수가 수입에 의존하고 있어 안전하다는 과학적 근거가 부족하기 때문이다⁶⁾. 또한 국내에서 재배되는 열대과일류도 생산량이 급증하고 있으며 똑같이 강화된 기준을 적용받기 때문에 국내 농가도 타격을 받을 것으로 예상된다. 특히 농약회사들은 수익성이 낮은 소면적 재배 작물에 대한 농약 잔류허용기준 설정 등록에 소극적이기 때문에, 상대적으로 소면적 재배 작물인 열대과일류는 농약 잔류허용기준 설정이 되지 않아 PLS가 적용되고 이로 인해 과도한 농약규제가 발생할 수 있다¹¹⁾.

본 연구에서는 경기도 내에서 유통되는 열대과일류의 잔류농약 모니터링을 실시하여 PLS 도입에 따른 PLS의 실효성을 검토하고, 국내 재배 열대과일의 농약 잔류허용기준 설정에 기초자료를 제공하고자 한다.

Materials and Methods

시료

2017년 2월부터 10월까지 경기도 내 대형유통매장 16곳에서 식품의 기준 및 규격고시¹²⁾의 원재료 분류에 따른 열대과일류 중 아보카도, 키위, 바나나 등 10개 품목 총 120건을 수거하여 연구 대상으로 하였다. 시료 및 원산지 내역은 Table 1에 표시하였다.

표준물질 및 시약

전처리 및 분석 과정에서는 acetonitrile (ACN, Burdick

Table 1. The sample list grouped by country of origin

Tropical fruit	Country of origin
Avocado (11)	New Zealand (1), Mexico (3), USA (7)
Banana (27)	Ecuador (3), Peru (1), Philippines (23)
Coconut (5)	Thailand (3), Vietnam (2)
Dragon fruit (4)	Vietnam (4)
Kiwi (32)	Chile (7), Italia (2), Korea (13), New Zealand (10)
Mango (18)	Korea (1), Peru (1), Philippines (9), Taiwan (1), Thailand (6)
Mangosteen (4)	Thailand (4)
Papaya (4)	Philippines (4)
Passion fruit (2)	Korea (2)
Pineapple (13)	Philippines (13)
Total	120

& Jackson, Muskegon, MI, USA), dichloromethane (Burdick & Jackson), acetone (Wako, Osaka, Japan), hexane (Wako), methanol (Wako), sodium chloride (Junsei, Tokyo, Japan), sodium sulfate anhydrous (Junsei) 등의 시약과 초순수제조장치(Millipore, Burlington, MA, USA)에 의해 제조된 3차 증류수를 사용하였다. Liquid Chromatography (LC) 분석 시 사용하는 이동상은 0.2 µm nylon membrane filter (Whatman, Maidstone, Kent, UK)로 여과 후 초음파로 탈기하여 사용하였다.

220종 농약에 대한 표준품은 Dr. Ehrenstorfer (Augsburg, Germany), Wako, Accustandard (New Haven, USA) 및 태산(Anyang, Korea) 제품을 사용하였으며, Gas Chromatography (GC) 분석 대상은 acetone에, LC 분석 대상은 methanol 또는 ACN에 녹여 표준원액으로 하였고 -20°C에 보관하여 사용하였다.

분석방법

잔류농약 분석을 위한 전처리는 식품공전의 다중농약다 성분 분석법 제2법(7.1.2.2.)¹²⁾에 따라 실시하였다. 검체 1 kg 가량을 분쇄하여 50 g을 정밀히 측정하여 ACN 100 mL를 가하고 4,000 rpm에서 2분간 균질화 하였다. 감압 여과 후 여액을 sodium chloride 15 g이 들어있는 500 mL 분액깔때기에 옮기고 강하게 흔든 후 정치하여 층분리 하였다. ACN층을 anhydrous sodium sulfate에 통과시켜 탈수하고, ACN을 첨가하여 100 mL로 정용하였다. ACN을 GC 분석용 및 LC 분석용으로 각각 20 mL 씩 취하여 40°C 이하 수욕상에서 감압 농축하였다. GC 분석을 위해 잔류물을 20% acetone/hexane 4 mL로 용해한 후, hexane 5 mL와 20% acetone/hexane 5 mL로 활성화 시킨 florisil cartridge (1,000 mg, 6 mL, Agilent, USA)로 용출시켜 시험관에 받

왔다. 다시 20% acetone/hexane 5 mL로 용출 과정을 반복하여 동일 시험관에 받아 40°C 이하 수욕상에서 감압 농축하였다. 건조된 잔류물은 20% acetone/hexane 4 mL로 용해하여 0.2 µm polytetrafluoroethylene (PTFE) filter (Whatman)로 여과하여 시험용액으로 하였다. LC 분석의 경우 위의 잔류물을 1% methanol/dichloromethane 4 mL에 용해한 후, dichloromethane 5 mL로 활성화 시킨 amino-propyl cartridge (1,000 mg, 6 mL, Agilent, USA)로 용출시

켜 시험관에 받았다. 다시 1% methanol/dichloromethane 7 mL로 용출 과정을 반복하여 동일 시험관에 받아 40°C 이하 수욕상에서 감압 농축하였다. 건조된 잔류물은 methanol 4 mL로 용해하여 0.2 µm PTFE filter로 여과하여 시험용액으로 하였다.

기기 분석

잔류농약은 gas chromatography (GC)와 liquid chroma-

Table 2. Analysis conditions of gas chromatography (GC)

Instrument	GC/ECD			GC/NPD			GC/TOF-MS		
Inlet	split (1:2), 270°C 1.0 µL injection			splitless, 300°C 1.0 µL injection			splitless, 250°C 1.0 µL injection		
Flow rate	N ₂ 1.0 mL/min			N ₂ 1.0 mL/min			He 1.5 mL/min		
Column	DB-5 (30 m × 0.25 mm, 0.25 µm)			DB-5 (30 m × 0.25 mm, 0.25 µm)			Rtx-5MS (30 m × 0.25 mm, 0.25 µm)		
	Time (min)	Temp. (°C)	Hold (min)	Time (min)	Temp. (°C)	Hold (min)	Time (min)	Temp. (°C)	Hold (min)
Oven temperature (Temp.)	initial	160	1	initial	130	1	initial	70	1.5
	4.7	240	4	8.0	180	1	20	180	1
	13	280	20	4.0	210	3	10	265	1
				10	300	8	5.0	300	4.5
Detector	300°C N ₂ 60 mL/min			310°C N ₂ 5.0 mL/min, H ₂ 3.5 mL/min, Air 60 mL/min			Transfer Line Temp. 260°C Ion Source Temp. 220°C		

Table 3. Analysis conditions of liquid chromatography (LC)

Instrument	LC/PDA			LC/FLD			LC/MSMS		
Mobile phase	A: 15% ACN B: 100% ACN			A: water:methanol:ACN (2:4:4) B: 12% methanol			A: 0.2% formic acid/ 20% methanol B: 0.2% formic acid/methanol		
Flow rate	0.4 mL/min 3.0 µL injection			1.0 mL/min 10.0 µL injection			0.4 mL/min 2.0 µL injection		
Column	BEH C ₁₈ (2.1 mm × 50 mm, 1.7 µm)			Carbamate (3.9 mm × 150 mm, 5.0 µm)			BEH C ₁₈ (2.1 mm × 50 mm, 1.7 µm)		
	Time (min)	A (%)	B (%)	Time (min)	A (%)	B (%)	Time (min)	A (%)	B (%)
Gradient condition	0.0	90	10	0.0	20	80	0.0	100	0
	1.0	90	10	3.0	50	50	1.0	60	40
	2.0	85	15	12	70	30	3.0	40	60
	4.0	70	30	13	20	80	5.0	0	100
	6.5	55	45				6.0	100	0
	8.5	40	60						
	10	20	80						
	11	10	90						
	13	10	90						
	13	90	10						
	15	90	10						
Detector& wavelength (λ)	Photodiode array detector Absorption (Aλ): 254 nm, 310 nm (Ethaboxam)			Fluorescence detector Excitation (Xλ): 340 nm Emission (Eλ): 455 nm			Mass spectrometry		

tography (LC)로 분석하였다. GC (Agilent, Santa Clara, CA, USA)는 electrochemical detector (GC/ECD)와 nitrogen phosphorus detector (GC/NPD)를 사용하였고, 잔류농약이 검출된 시료의 경우 time of flight mass spectrometry (GC/TOF-MS, Leco, St. Joseph, MI, USA)로 확인하였다. LC (Waters, Milford, MA, USA)는 photodiode array detector (LC/PDA)와 fluorescence detector (LC/FLD)를 사용했고, 잔류농약이 검출된 시료는 mass spectrometry (LC/MSMS)로 확인하였다. 기기의 분석 조건은 Table 2, 3과 같다.

유효성 검사

시험법에 대한 유효성 검사는 잔류농약이 검출된 항목을 대상으로 식품공전 잔류농약 분석법 실무해설서¹³⁾에 따라 실시하였다. 회수율은 잔류농약이 검출되지 않은 시료에 표준용액을 0.1 mg/kg 및 1.0 mg/kg 수준으로 첨가한 후 시료 분석 방법과 동일하게 3회 처리하여 측정하였다. 검출한계(limit of detection, LOD) 및 정량한계(limit of quantification, LOQ)는 0.006~5.04 mg/kg 농도 수준에서 7회 측정하여 국제의약품규제조화위원회(International conference on harmonization of technical requirements for registration of pharmaceuticals for human use, ICH)에서 제시한 아래의 산출 방법에 따라 구하였다.

$$\text{LOD} = 3.3 \delta/S$$

$$\text{LOQ} = 10 \delta/S$$

δ = The standard deviation of response

S = The slope of the calibration curve

Results and Discussion

유효성 검사 결과

열대과일류 농산물에서 검출된 잔류농약에 대한 시험법의 유효성 검사 결과는 Table 4에 나타났다. LOD는 0.003~0.01 mg/kg, LOQ는 0.009~0.03 mg/kg이며, 검량선의 직선성은 상관계수가 0.9969에서 0.9999까지로 양호하게 나타났다. 회수율 실험 결과 0.1 mg/kg 농도에서 78.0±7.51 ~ 107±4.68%, 1.0 mg/kg 농도에서 72.0±4.90 ~ 114±1.95%로 나타났다. Codex에서 제시하는 잔류농약 시험법 검증에 대한 허용범위는 0.1 mg/kg 처리수준에서 회수율 70~120%, 분석오차 20%이며, 1.0 mg/kg 처리수준에서 회수율 70~110%, 분석오차 15%이다¹⁴⁾. Chlorpyrifos의 1.0 mg/kg 처리수준에서 회수율이 허용범위를 약간 초과한 것을 제외하고는 모두 허용범위를 충족하였다.

잔류농약 분석 결과

경기도에서 유통되는 열대과일류 120건을 수거하여 잔류농약 검사를 실시한 결과는 Table 5와 같다. 바나나, 망고, 키위 3품목 7건(5.84%)에서 잔류농약이 검출되었으며, 이 중 망고 및 키위가 잔류농약 기준치를 초과하여 부적합 판정(1.67%)되었다. 잔류농약이 검출된 시료 7건 중 수입산은 4건(필리핀 3건, 칠레 1건)이며, 국내산은 3건으로 부적합 농산물 2건은 모두 국내산 농산물이다. 잔류농약 220종을 분석한 결과, 6종의 농약이 검출되었다. 유기인계(chlorpyrifos)가 2건, 다이카복시미드계(iprodione, pro-

Table 4. The validation parameters of analytical method

Pesticide	Range of linearity (mg/kg)	Correlation determination (r^2)	LOD ^{a)} (mg/kg)	LOQ ^{b)} (mg/kg)	Accuracy data	
					Concentration (mg/kg)	Recovery ± RSD ^{c)} (%)
Azoxystrobin	0.031~5.04	0.9999	0.005	0.014	0.1	107 ± 4.68
					1.0	98.5 ± 1.60
Chlorfenapyr	0.012~4.82	0.9999	0.005	0.015	0.1	93.7 ± 0.326
					1.0	105 ± 4.68
Chlorothalonil	0.006~4.83	0.9986	0.004	0.011	0.1	100 ± 4.62
					1.0	72.0 ± 4.90
Chlorpyrifos	0.006~4.83	0.9994	0.003	0.009	0.1	78.2 ± 0.266
					1.0	114 ± 1.95
Iprodione	0.006~4.83	0.9969	0.005	0.014	0.1	78.0 ± 7.51
					1.0	79.4 ± 3.15
Procymidone	0.006~4.83	0.9984	0.010	0.030	0.1	96.1 ± 3.52
					1.0	113 ± 1.13

^{a)}LOD: Limit of detection

^{b)}LOQ: Limit of quantification

^{c)}RSD: Relative standard deviation

Table 5. The list of pesticide detected from samples

Sample	Pesticide	Concentration (mg/kg)	MRL* (mg/kg)	Country of origin	Suitability
Banana	Chlorpyrifos	0.0236	2.0	Philippines	Suitable
		0.0240			Suitable
	Azoxystrobin	0.2270	2.0		Suitable
Mango	Chlorfenapyr	0.0708	PLS	Korea	Unsuitable
Kiwi	Chlorothalonil	0.4607	PLS	Korea	Unsuitable
	Iprodione	0.7036	5.0	Chile	Suitable
	Procymidone	0.2755	7.0	Korea	Suitable

*MRL: Maximum Residue Limit

cymidone)가 2건이었고, 유기염소계(chlorothalonil), 피롤계(chlorfenapyr), 스트로빌루린계(azoxystrobin)가 각각 1건씩이었다.

바나나에서는 azoxystrobin이 0.2270 mg/kg 검출되었고, chlorpyrifos가 0.0236 mg/kg 및 0.0240 mg/kg 검출되었다. Chlorpyrifos는 1965년 미국 Dow chemical사에서 개발한 대표적인 유기인계 살충제로서, 주로 과일의 나방 방제에 사용되며 광범위한 살충 작용을 나타낸다¹⁵⁾. 유기인계 살충제는 카바메이트계 살충제와 함께 acetylcholinesterase (AChE)의 억제제로 살충작용하며 유효성분이 신속하게 분해되어 잔류문제가 없는 것으로 알려져 있다¹⁶⁾. 그러나 저장 기간 동안 바나나의 chlorpyrifos의 농도 감소율이 상당히 적다는 보고¹⁷⁾처럼 수확 후 농약(post-harvest pesticide)인 chlorpyrifos를 바나나의 보관효율성을 높이기 위해 유통·저장 중 처리하였을 것으로 사료된다. 바나나 재배에 문제가 되는 것은 *Mycosphaerella fijiensis*가 유발하는 Black Sigatoka병으로, 새로운 항진균제인 azoxystrobin과 같은 스트로빌루린계 농약이 최근 바나나의 Black Sigatoka 병을 조절하기 위해 사용되고 있다¹⁸⁾. 2015년 유럽연합 식품의 잔류농약 보고서(The 2015 european union report on pesticide residues in food)에서도 바나나에서 azoxystrobin이 세 번째(29.8%)로 많이 검출되었다고 발표했다¹⁹⁾.

국내 생산 망고에서 chlorfenapyr가 0.0708 mg/kg 검출되었다. Chlorfenapyr는 pyrethroid계 살충제에 저항성을 갖는 해충 방제에 적합한 것으로 알려져 있다²⁰⁾. 망고는 제주지역에서 1997년부터 수확이 시작되었고 현재는 남해안 일부 지역에서도 재배되고 있으며, 국산 망고의 경쟁력을 높이기 위해 생산비를 낮추고 생산성을 높이는 것이 요구되고 있다²¹⁾. 그러나 망고에 대한 국내 농약관리지침에 설정되어 있지 않고, 농민들이 관행적으로 쓰던 농약을 사용하여 안전성에 의문이 제기되고 있다.

키위는 우리나라에서는 ‘참다래’로도 불리며 1978년부터 남해안 일대와 제주도에서 주로 재배되고 있다. 다른 과수에 비해 병충해 발생이 적어 재배가 용이한 편이며, 소비도 증가해 난지형 과수로 국내에 정착했다²²⁾. 키위에

서는 chlorothalonil이 0.4607 mg/kg, iprodione이 0.7036 mg/kg, procymidone이 0.2755 mg/kg 검출되었는데, 이들은 모두 살균제로서 키위가 취약한 과실무름병 등을 예방하기 위해 사용되었을 것으로 판단된다. 특히 2016년 『경기도 농산물 잔류농약 통계연보』에 따르면 chlorothalonil과 procymidone은 최근 3년간 농산물에서 가장 많이 검출된 농약으로 나타났다²³⁾.

농약 허용물질목록 관리제도(PLS) 적용

잔류농약 검출 시 열대과일류의 당해 기준이 없는 경우 PLS 적용으로 불검출 수준인 0.01 mg/kg을 적용하기 때문에, PLS 도입 전에 Codex 또는 유사농산물 기준을 적용할 때보다 부적합 판정을 받는 경우가 증가할 것으로 예상되었다. 본 실험결과에서 PLS가 적용된 경우는 키위에서 chlorothalonil과 망고에서 chlorfenapyr인데 PLS 도입 전과 비교하였을 때 적부 판정에 변화가 있는지 보면, 키위에서 검출된 chlorothalonil은 키위 품목 기준이 없으나 유사농산물인 파인애플 기준이 0.01 mg/kg이므로 PLS 도입 전이라도 부적합 판정되었다. 하지만 망고에서 검출된 chlorfenapyr는 망고 기준이 설정되어 있지 않아 과일류 중 최저 기준인 수박 기준 0.1 mg/kg을 적용하게 되어 PLS 도입 전이라면 적합 판정 되었을 것이 PLS 도입 후 부적합 판정 되었다. 2019년 전면적으로 PLS가 시행되면 잔류농약 부적합이 많이 증가할 것으로 예상된다.

잔류농약 허용기준을 초과한 망고와 키위는 국내에서 생산된 농산물이었다. PLS는 수입 농산물에 대한 안전성을 우선적으로 확보하고자 도입된 제도이지만 오히려 국내 농가에 대한 부담이 증가할 수 있으며, 이는 열대과일류 농약 사용 지침이 수립되지 않았기 때문이다. 작물지침서에 따르면 열대과일류에 사용가능한 농약은 바나나, 키위, 파인애플에만 설정되어 있다²⁴⁾. 따라서 국내에서 재배되는 열대과일류 품목과 생산량이 증가하는 현실을 고려하여 생산 단계에서 사용할 수 있는 농약이 추가적으로 설정되어야 할 것으로 판단된다. 또한 다른 과일에 사용하던 농약을 임의로 사용하는 것을 지양하는 등 농민들에 대한

체계적인 교육과 적극적인 PLS 홍보가 필요하다.

현재 고시된 농산물의 잔류농약 기준은 199개 품목에 대하여 463종이며, 이 중 열대과일류는 10품목에 불과하고 설정된 기준 중 키위와 바나나를 제외하면 모두 50개 미만이다¹²⁾. 따라서 국내 재배 열대과일류에 대한 농약 잔류허용기준 설정이 시급한 것으로 판단된다.

국문요약

‘농약 허용물질목록 관리제도(Positive List System, PLS)’는 당해 농산물에 등록된 농약 잔류허용기준이 없으면 일률기준 0.01 mg/kg을 적용하는 제도이다. 본 연구에서는 경기도 내에서 유통되는 열대과일류의 잔류농약 모니터링을 실시하여 PLS의 실효성을 검토하고, 국내 재배 열대과일의 농약 잔류허용기준 설정에 기초자료를 제공하고자 하였다. 경기도 내 유통되는 열대과일류 120건에 대해 다중농약다성분 분석법에 따라 잔류농약 220종을 검사한 결과 바나나, 망고, 키위 3품목 7건에서 6종의 잔류농약이 검출되었다. 바나나에서 azoxystrobin과 chlorpyrifos, 망고에서 chlorfenapyr, 키위에서 chlorothalonil, iprodione, procymidone이 검출되었다. 그 중 국내산 망고에서 chlorfenapyr, 국내산 키위에서 chlorothalonil이 각각 1건씩 검출되었고 PLS 적용 결과 잔류허용기준을 초과하여 부적합 판정되었다. 따라서 국내에서 재배되는 열대과일류를 대상으로 농약 잔류허용기준을 설정할 필요가 있다.

References

- Ji, S.T.: Can it be 'take control of a group by using another group's.' with domestic tropical fruit?, Newsfarm, Available from <http://www.newsfarm.co.kr/news/articleView.html?idxn=17942>
- Korea Rural Economic Institute.: Agricultural prospects 2017, Korea, 523-525 (2017).
- Lee, C.K., Kwak, K.S., Kim, J.W., Son, J.Y., Yang, W.H.: Impacts of climate change and follow-up cropping season shift on growing period and temperature in different rice maturity types. *Korean J. Crop. Sci.*, **56**(3), 233-243 (2011).
- Korea Rural Economic Institute.: Recent Trends and Implications of Tropical Fruit Supply and Demand, Korea, 8-12 (2016).
- Cho Y.S., Kang J.B., Kim Y.H., Jung J.A., Huh J.W., Lee S.H., Lim Y.S., Bae H.J., Kang H.G., Lee J.H., Jung E.S., Lee B.H., Park Y.B., Lee J.B.: A survey on pesticide residues of imported fruits circulated in gyeonggido. *Korean J. Pestic. Sci.*, **16**(3), 195-201 (2012).
- Kim H.J.: Changes in residual pesticide management system with the implementation of Positive List System (PLS), National Agricultural Products Quality Management Service, Nature and Agriculture, Korea, 26-29 (2015).
- Ministry of Food and Drug Safety.: Principles for the establishment criteria for foods, 3rd Ed., Korea (2017).
- Jeon Y.H., Hwang J.I., Ahn J.W., Kim H.Y., Do J.A., Oh J.H., Hwang I.G., Im M.H., Lee J.K., Lee Y.D., Kim J.E.: Multi-residue analysis method for determination of unregistered organophosphorus pesticides in Korea for imported agri-food. *Korean J. Environ. Agric.*, **31**(3), 227-285 (2012).
- Ministry of Food and Drug Safety.: Ministry of Food and Drug Safety Notification (No. 2015-78).
- National Agricultural Products Quality Management Service. Available from <http://www.naqs.go.kr>
- Ahn C.H., Kim Y.H., Eom H.S., Lee G.H., Ryu G.H.: A Study on crop group for pesticide efficacy and crop safety of minor crops. *Korean J. Pestic. Sci.*, **18**(4), 364-375 (2014).
- Ministry of Food and Drug Safety.: Ministry of Food and Drug Safety Notification (No. 2017-57).
- Ministry of Food and Drug Safety.: Analytical Manual for Pesticide Residues in Foods, 5th Ed., Korea (2017).
- Codex Alimentarius Commission.: Guidelines on good laboratory practice in residue analysis (CAC/GL 40-1993, Rev.1-2003)., Italy (2003).
- Han D.H.: Airborne chlorpyrifos concentrations and RBC cholinesterase activity of workers in its formulation workplace. *J. Korean Soc. Occup. Environ. Hyg.*, **22**(2), 91-99 (2012).
- Park D.W., Kim A.G., Kim T.S., Yang Y.S., Kim G.G., Chang G.S., Ha D.R., Kim E.S., Cho B.S.: Monitoring and safety assessment of pesticide residues on agricultural products sold via online websites. *Korean J. Pestic. Sci.*, **19**(1), 22-31 (2015).
- Hwang L.H., Cho T.H., Cho I.S., Eom J.H., Choe B.C., Park Y.H., Kim H.J., Kim J.H.: Residue limits of pesticides in post-harvest treated import fruits during storage. *J. Food Hyg. Saf.*, **25**(3), 245-250 (2010).
- Chin K.M., Wirz M., Laird D.: Sensitivity of *Mycosphaerella fijiensis* from banana to trifloxystrobin. *Plant Dis.*, **85**(1), 1264-1270 (2001).
- European Food Safety Authority.: The 2015 european union report on pesticide residues in food, Italy, 19-20 (2017).
- Kim H.J., Cho H.C., Lee J.H., Ku P.T., Na Y.R., Lee I.S., Kim K.A., Hwang I.Y., Kim C.H.: A study on the pesticide residues of circulating pepper powder in busan area(2010). The Annual Report of Busan Metropolitan City Institute of Health & Environment, **20**(1), 62-66 (2010).
- Korea Rural Economic Institute.: Mango imports and domestic production trends, Korea, 3-4 (2014).
- Cho J.I., Cho J.Y., Park Y.S., Yang S.Y., Heo B.G.: Screening and identification of antifungal *Bacillus* sp. #72 against the pathogenic stem-end rot of kiwi fruit. *Korean J. Community Living Sci.*, **18**(2), 241-246 (2007).
- Gyeonggi-do Institute of Health & Environment.: 2016 Annual report of the pesticide residues in agricultural products, Korea, 78 (2014).
- Korea Crop Protection Association.: Agrochemicals Use Guide Book, Korea (2016). Available from <http://www.koreacpa.org>