Korean Journal of Environmental Agriculture

Korean J Environ Agric. 2017;36(1):43-49. Korean
Published online 2017 March 29. https://doi.org/10.5338/KJEA.2017.36.1.07

Online ISSN: 2233-4173
Print ISSN: 1225-3537

Research Article

Open Access

시설 내 오이(*Cucumis sativus* L.) 재배 중 Penthiopyrad 및 Pyriofenone의 잔류특성과 생산단계 잔류허용기준 설정

임수빈[1], 김지윤[1], 허경진[1,2], 김희곤[1], 허장현[1,2*]

[1]강원대학교 농업생명과학대학 환경융합학부, [2]강원대학교 친환경농산물안전성센터

Establishment of Pre-Harvest Residue Limits and Residue Characteristics of Penthiopyrad and Pyriofenone in Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Under Greenhouse Condition

Su-Bin Leem[1], Ji-Yoon Kim[1], Kyung-Jin Hur[1,2], Hee-Gon Kim[1] and Jang-Hyun Hur[1,2*] ([1]School of Natural Resources and Environmental Science, College of Agriculture and Life Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea, [2]Environment Friendly Agricultural Products Safety Center, Chuncheon 24341, Korea)

Received: 10 February 2017 / Revised: 1 March 2017 / Accepted: 24 March 2017

ORCID
Su-Bin Leem
http://orcid.org/0000-0002-9807-597X
Jang-Hyun Hur
http://orcid.org/0000-0003-0526-9028

Abstract

BACKGROUND: Greenhouse crops are one of agricultural products consumed largely in Korea. Cucumber is a typical example as main vegetables of greenhouse crops. Thus, pesticide residue analysis is an important requirement to guarantee pesticide safety of cucumber. This work was aim to investigate the residues of penthiopyrad and pyriofenone in cucumber after harvest.

METHODS AND RESULTS: Cucumber was subjected to treat with penthiopyrad and pyriofenone at a level of recommended dose 0, 1, 2, 3, 5, 7 and 10 days before harvest under greenhouse conditions. The samples were extracted with organic solvent by using a homogenizer and purified on solid phase cartridge column followed by LC-MS/MS analysis. The recovery levels of penthiopyrad and pyriofenoneranged from approximately 81 to 93% with the method limit of 0.005 mg/kg and coefficient of variation less than 10%. Penthiopyrad and pyriofenone were detected at a level less than maximum residue limit in cucumber at 10 days before. The half-lives of penthiopyrad and pyriofenone were determined to 2.4 ~ 2.6 days.

CONCLUSION: Penthiopyrad and pyriofenone are suggested to use in cucumber 10 days before harvest to reach their levels less than maximum residue limit.

Key words: Biological half-life, Cucumber, Penthiopyrad, Pyriofenone, Pre-harvest residue limits (PHRLs)

*Corresponding author: Jang-Hyun Hur
Phone: +82-33-257-6441; Fax: +82-33-241-6640;
E-mail: jhhur@kangwon.ac.kr

서 론

오이는 2015년 전체 271,040 ton의 높은 생산량을 가진 작물로 연중 생산 출하를 위하여 전체 생산량의 85% (240,212 ton) 이상이 시설재배로 생산되고 있다(MAFRA, 2016). 시설재배는 재배환경을 인위적으로 조절하여 작물의 연중 생산 출하를 가능하게 하였으나 생육 시기를 조절하기 위한 온난 다습한 환경은 병해충의 발병을 증가시키는 요인으로 작용하였다(Lee *et al.*, 2005).

오이에 발생하는 주요 병해충은 잿빛곰팡이병, 노균병, 흰가루병, 온실가루이, 균핵병, 응애류 등으로, 오이의 전반적인 부위에 발병하며 지속적으로 발생하기 때문에 이를 방제하기 위해 농가에서는 화학적 방제법인 농약에 의존하고 있다(Lee

Table 1. Safe use guidelines for penthiopyrad and pyriofenone in Cucumis sativus L

Pesticides	Formulation	A.I[a] (%)	Dilution	Safe use guidelines		MRL[d] (mg/kg)
				PHI[b] (day)	MNA[c] (time)	
Penthiopyrad	EC[e]	20	4,000	2	3	0.5
Pyriofenone	SC[f]	10	2,000	2	3	0.7

[a]A.I.: Active ingredient, [b]PHI: Pre-harvest interval, [c]MNA: Maximum number of application, [d]MRL: Maximum residue limit, MFDS, [e]EC: Emulsifiable concentrate, [f]SC: Suspension concentrate

et al., 2009; Nam *et al.*, 2010). 관행재배에서 오이에 주로 사용되는 농약은 penthiopyrad 및 pyriofenone 외 64종으로, 연속수확 작물의 특성상 병해충의 완전방제가 어려워 농가당 10종의 농약을 혼용하여 사용하고 있다(Lee *et al.*, 2005). 병해의 확산방지 및 내성방지를 위해 사용된 농약은 발병 초기에 예방적으로 살포되거나 교차적으로 사용하여 오이의 품질유지 및 수량향상에 기여하고 있다(Kim and park, 2002).

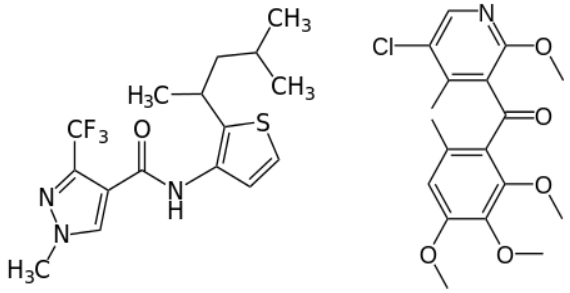
오이에 등록된 penthiopyrad 및 pyriofenone은 신속한 약효발현 및 병원균의 포자형성 저해작용이 강력한 신규물질로 오이에 발생하는 병해충에 대하여 기존 약제가 내성이나 저항성을 나타낼 때 효능이 뛰어나다고 알려져 있다(KCPA, 2015). 국내에서는 오이에 대한 두 약제의 잔류허용기준(Maximum Residue Limit, MRL)을 0.5 mg/kg, 0.7 mg/kg으로 설정하여 유통되는 농산물의 안전성을 확보하고자 노력하고 있다. 한편으로는 유통되는 농산물뿐만 아니라 유통 전 생산과정에서의 농산물 안전기준인 생산단계 잔류허용기준(Pre-Harvest Residue Limit, PHRL)을 적용하여 출하 전 농산물의 안전성을 강화하고자 하였다. 생산단계 잔류허용기준의 도입은 수확 전 작물 재배 시기의 잔류량을 예측하고, 일자별 잔류량을 산출함으로써 잔류허용기준 초과 가능성을 사전에 방지할 수 있어 매년 생산단계 잔류허용기준을 추가하여 농산물의 안전관리에 기여하고 있다(Park. *et al.*, 2011; Ha *et al.*, 2012; MAFRA, 2016).

따라서 본 연구는 오이 중 살균제 penthiopyrad 및 pyriofenone의 생산단계부터 출하단계까지 경시적 잔류특성을 파악함으로써 생물학적 반감기를 산출한 후, 생산단계에서 잔류허용기준 설정을 위한 유통 전 농산물에 대한 안전성평가의 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험농약 및 시험포장

시험농약은 유효성분 함량이 20%인 penthiopyrad 유제(상표명: 크린캡, 경농(주)) 및 10%인 pyriofenone 액상수화제(상표명: 옵션, 동부팜한농(주))를 시중에서 구입하여 사용하였고, 본 연구의 공시작물인 오이는 '백다다기' 품종을 선정하였다. 경상북도 구미시 도개면 가산 1리(포장1)와 약 21 Km 거리상에 위치한 경상북도 상주시 진천로(포장2)의 포장을 임차하여 시험을 수행하였다. 포장별 50 m 의 시험구획을



Penthiopyrad Pyriofenone

Fig. 1. Chemical structure of penthiopyrad and pyriofenone.

두고 약제처리를 위해 3반복 배치하였으며, 각 처리구 사이에 교차오염 방지를 위한 1 m의 완충구간를 두어 2016년 4월 2일부터 4월 15일까지 14일간 시험을 수행하였다. 두 약제의 살포용액은 작물보호지침서의 안전사용기준에 따라 제조하였으며, 동력식분무기를 사용하여 기준량 1회 균일하게 살포하였다(Table 1, KCPA, 2015).

시약, 재료 및 기구

본 연구의 공시약제인 penthiopyrad 및 pyriofenone의 표준품은 Dr. Ehrenstorfer GmbH (Germany)에서 구입하여 사용하였으며, 순도는 각각 98.2%, 97.33%으로 화학구조식은 Fig. 1과 같다(Turner, 2015). 추출 및 분석을 위해 Junsei Chemical사(Japan)에서 구입한 acetonitrile 및 dichloromethane을 사용하였으며, methanol 및 water는 Merck사(Germany)에서 GR급을 구입하여 사용하였다. Sodium sulfate anhydrous, sodium chloride는 DAE JUNG사(Korea)에서 구입하였으며, 시료의 정제를 위한 NH2 solid phase extraction (SPE) cartridge (1 g)는 Phenomenex사(USA)로부터 구입하여 사용하였다. Homogenizer와 vacuum rotary evaporator는 각각 일본의 Nissei사와 EYELA사로부터 구입하여 사용하였다. 잔류분석을 위해 HPLC, DIONEX UltiMate 3000 (Thermo Scientific, USA)를 사용하였고, TSQ Quantum Max (Thermo Science, USA)를 장착하여 사용하였다.

시료채취 및 잔류분석

농약살포 후 2시간 후를 0일차로 하여 0, 1, 2, 3, 5, 7, 10일차에 상품성이 있는 시료를 대상으로 처리구당 2 kg 이상

Table 2. Analytical conditions for the determination of penthiopyrad and pyriofenone in *Cucumis sativus* L

HPLC	DIONEX UltiMate 3000 (Thermo Scientific, USA)		
Detector	TSQ Quantum Access Max (Thermo science, USA)		
Column	Shiseido Capcell Core-C_{18} (2.7 μm, 2.1 mm I.D.×150 mm)		
Oven temp.	40℃		
Flow rate	0.3 mL/min.		
Injection vol.	1.0 uL		
Mobile phase	0.1% formic acid+0.5 mM ammonium formate in Water:0.1% formic acid in Acetonitrile=A:B		
	Time (min.)	A (%)	B (%)
	0.0	95	5
	2.0	95	5
	3.0	10	90
	6.0	10	90
	6.5	95	5
	10.0	95	5
Ion source	ESI +		
Spray voltage	3,500 V		
temperature	Vaporizer: 350℃, Capillary: 320℃		
gas pressure (N_2)	Ion sweep: 1.0 unit, Sheath: 35.0 unit, Aux: 10.0 unit		

Table 3. Selected Reaction Monitering (SRM) condition of penthiopyrad and pyriofenone

Compound	Precursor ion	Product ion	CE	Q1 PW	Q3 PW	Retention time
Penthiopyrad	360.158	177.068	30	0.7	0.7	7.77 min.
		256.061	19	0.7	0.7	
		276.067	13	0.7	0.7	
Pyriofenone	366.100	166.110	35	0.7	0.7	8.17 min.
		184.060	23	0.7	0.7	
		209.120	23	0.7	0.7	

채취하여 밀봉한 후 즉시 분석 장소로 운반하였다. 드라이아이스를 첨가한 후, 각 처리구 별로 세절 및 혼합하였으며, -20℃ 이하의 냉동고에 보관하여 분석시료로 사용하였다. Penthiopyrad 및 pyriofenone의 추출용매는 잔류분석 시 보편적으로 사용되는 acetonitrile을 선정하였다. 시료 20 g에 acetonitrile 100 mL를 첨가한 후, homogenizer로 3분간 고속(10,000 rpm) 마쇄·추출한 후, acetonitrile을 유거하여 감압·농축하였다. 여액은 증류수 100 mL와 포화식염수 50 mL를 첨가한 separatory funnel에서 dichloromethane으로 50, 50 mL 2회 분배하여 극성 불순물을 제거하였다. 분배액을 anhydrous sodium sulfate층을 통과시켜 탈수하고, 감압·농축한 뒤 dichloromethane 5 mL로 재용해 하였다. Penthiopyrad 및 pyriofenone의 정제는 SPE법을 적용하였으며, NH_2 1 g이 충진된 cartridge를 이용하였다. Dichloromethane 5 mL로 pre-washing하여 활성화 시킨 cartridge에 추출액전량을 loading하고, 혼합용매(dichloromethane:methanol=95:5, v/v)를 5 mL 전개시킨 후, penthiopyrad 및 pyriofenone을 용출시켰다. 이 용출액을 감압·농축하고 acetonitrile 2 mL로 재용해한 후, 필터링(0.2 μm membrane filter)하였으며, LC-MS/MS에 주입하여 chromatography상의 peak 면적을 기준으로 잔류농약을 정량하였다(Table 2, 3).

분석법 검증

분석과정의 적합성을 판단하기 위하여 수행한 회수율 시험은 분석정량한계(Method Limit of Quantification, MLOQ)의 10배(0.05 mg/kg), 50배(0.25 mg/kg) 수준으

Table 4. Linear equation of calibration curve for the quantification of the pesticide residues in *Cucumis sativus* L.

Pesticide	Linear equation	R^2
Penthiopyrad	y=23,312,661.04x+51,749,80821	0.9987
Pyriofenone	y=43,761,803.01x+237,167.5128	0.9997

Table 5. Recovery rate and MLOQ for penthiopyrad and pyriofenone in *Cucumis sativus* L

Pesticide	Fortification level (mg/kg)	Recovery (%)				MLOQ[a] (mg/kg)
		1	2	3	AVG±C.V.[b]	
Penthiopyrad	0.05	92.8	94.9	95.4	94.3±1.5	0.005
	0.25	94.9	93.1	93.2	93.7±1.1	
Pyriofenone	0.05	87.3	89.8	83.4	86.8±3.8	0.005
	0.25	81.2	82.7	81.0	81.7±1.1	

[a]Method of Limit of Quantification, [b]Coefficient of variation

로 수행하였다. 무처리 오이 시료 20 g에 penthiopyrad 및 pyriofenone 표준용액 1 mg/kg, 5 mg/kg을 정확히 1 mL 가하여 3반복 처리하였으며, 균일하게 혼합하여 30분간 방치한 후 상기의 분석과정을 수행하여 회수율을 산출한 결과 분석법의 신뢰성을 확보하였다.

결과 및 고찰

표준검량선 작성

잔류 농약의 정량분석을 위해 표준품 penthiopyrad (98.2%) 및 pyriofenone (97.33%)을 acetonitrile에 녹여 1,000 mg/kg stock solution을 조제하였다. 이 후 최소검출량(Minimum Detectable Amount, MDA) 수준인 0.05 mg/kg부터 2.0 mg/kg까지 동일용매의 단계별 희석을 통해 표준용액을 조제한 후 무처리 시료로 재용해하여 matrix matched한 표준검량선을 작성하였다. 표준검량선의 결정계수(R^2)는 두 약제 모두 0.99 이상으로 높은 직선성을 나타내었으며, 잔류농약 정량분석의 적합함을 확인하였다(Table 4).

분석정량한계 및 회수율

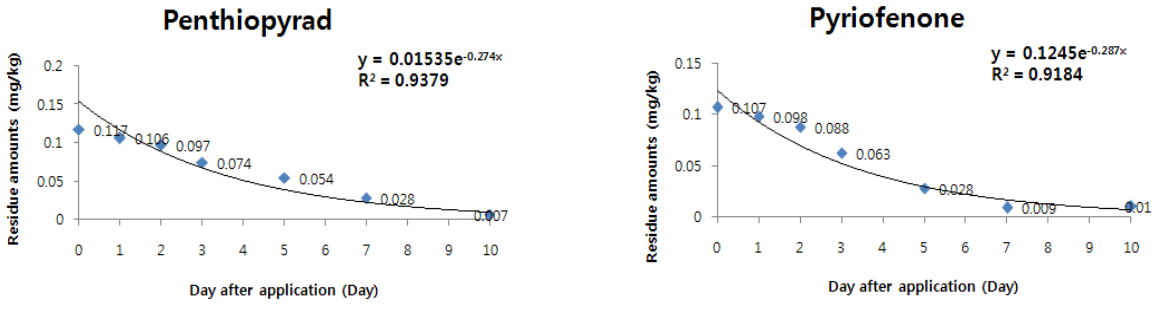
분석정량한계는 시료 전처리 및 분석과정을 통틀어 분석물질을 정량할 수 있는 한계치를 의미한다(Lee *et al.*, 2009). 오이 중 penthiopyrad 및 pyriofenone에 대한 분석정량한계는 0.005 mg/kg이었으며, 두 약제의 MRL로 설정되어있는 0.5 mg/kg, 0.7 mg/kg 수준을 정량하는데 적합한 수준으로 판단되었다. 분석과정 적합성의 판단 및 검증을 위하여 2수준(10 MLOQ, 50 MLOQ)으로 3반복 시험 수행한 결과 모두 유효회수율 범위인 70~120% 및 변이계수(표준편차/평균치 x100) 10%이하의 수준을 만족하였다(Table 5). LC-MS/MS를 사용하여 상기 분석 방법으로 분석한 penthiopyrad 및 pyriofenone의 머무름 시간은 각각 7.77 min., 8.17 min.이었다.

시설 내 기상조건 및 중량

오이 재배 기간 동안 포장 1, 포장 2의 시설재배 평균기온 및 습도 범위는 각각 19.8~26.9℃, 17.6~24.8℃ 및 63.8%~88.1%, 46.5%~88.6%로 기록되었으며, 농약살포 후 수확한 오이의 개체중량은 포장 1, 2에서 각각 179.1~234.2 g, 165.0~209.7 g이었다. 오이는 시설재배지의 온습도와 크게 상관없이 높은 증체율을 보인 연구결과를 근거로 오이의 증체율변화는 생육환경의 영향이 적음을 확인하였다(Lee *et al.*, 2009).

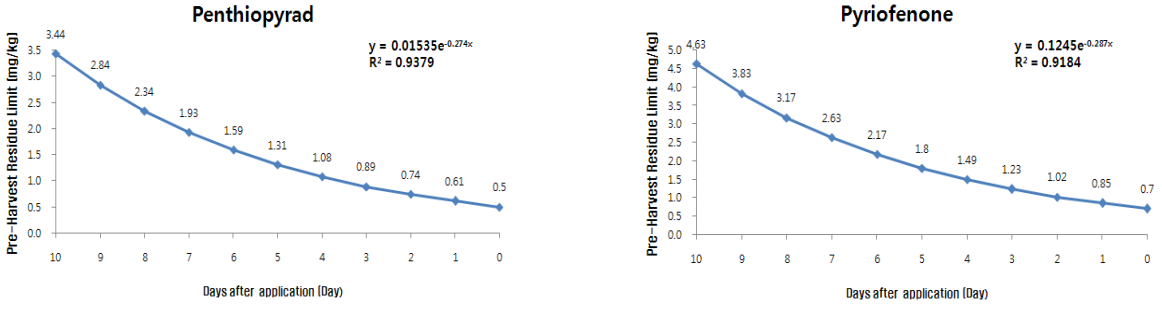
잔류특성과 생물학적 반감기

본 연구에서는 시설재배 오이 중 penthiopyrad 및 pyriofenone의 일자별 잔류량을 측정하여 약제의 잔류특성을 파악하였다. Penthiopyrad의 포장 1과 포장 2에서의 초기 부착량은 각각 0.122 mg/kg, 0.117 mg/kg이었으며, pyriofenone의 경우 포장 1에서 0.091 mg/kg, 포장 2에서 0.107 mg/kg이었다. 농약의 초기부착량 결정요인은 작물의 종류 및 표면특성, 재배형태 및 재배방식, 살포농약성분의 이화학적 특성과 제제형태 및 농약 살포방법 등으로 알려져 있다(Kanazawa, 1992). Moon 등(2016)의 살포기기에 따른 농약 사용 후 부착량에 대한 연구결과에 의하면 동력식분무기 사용 시 스피드스프레이어보다 상대적으로 초기 부착량이 낮다고 보고하였다. 또한 과채류에 속하는 사과, 복숭아 등 형태적으로 움푹패인 부위를 가진 작물에 대하여 상대적으로 높은 부착량을 보인 결과가 보고된 바 있으며, 비표면적이 큰 포도의 경우 비표면적이 작은 과채류보다 높은 부착량을 나타낸다는 연구결과가 있다(Kim *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2004). 오이의 경우 형태적으로 움푹패인 특정부위가 없으며, 상대적으로 비표면적이 작은 작물로 본 연구결과 초기 부착량이 낮게 검출된 것으로 판단되며, 농약 살포방법 및 살포기기 또한 부착량에 영향을 준 것으로 사료된다(Moon *et al.*, 2016).



A B

Fig. 2. Half life curve of penthiopyrad and pyriofenone during cultivation of *Cucumis sativus* L. (A: Penthiopyrad, B: Pyriofenone)



A B

Fig. 3. Recommended PHRL of penthiopyrad and pyriofenone in *Cucumis sativus* L. cultivation period (A: Penthiopyrad, B: Pyriofenone).

두 약제 처리 10일 경과 후의 포장 1과 포장 2의 잔류량은 penthiopyrad의 경우 0.008 mg/kg, 0.007 mg/kg이었으며, pyriofenone의 경우 0.008 mg/kg, 0.010 mg/kg으로 시간이 경과함에 따라 잔류량이 감소하는 경향을 확인하였다. 오이는 약제 처리 후 10일차에 증체율이 20배 이상 증가된다는 연구결과에 근거하여 오이의 비대생장이 잔류량의 희석효과로 잔류량 감소가 나타난 것으로 사료된다(Lee *et al.*, 2009). 비대생장에 의한 잔류량의 희석효과를 비교하기 위하여 과실류인 사과, 복숭아와 박과채소류인 애호박에 동일 약제를 처리한 연구결과를 참고하였다. 비대생장 하지 않는 사과, 복숭아의 경우 동일 약제를 처리하였을 때 시간 경과에 따른 농약잔류 분해속도가 느린 경향을 보여 비대생장에 의한 희석효과를 확인할 수 있었다(Kim *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2003; Park *et al.*, 2011). 본 연구에서 경시적 잔류특성을 파악함으로써 두 약제의 잔류감소곡선이 큰 폭의 기울기로 나타나는 것을 확인하였다(Fig. 2).

각 시험포장에서 수행한 연구를 통해 산출된 잔류량의 평균치로 식품의약품안전처에서 제공한 회귀분석 검정표에 대입하여 잔류감소 회귀식을 계산한 후 k값을 이용해 생물학적 반감기를 0.639/k식으로 산출하였다(Kim *et al.*, 2013; MFDS, 2016). 산출결과 penthiopyrad 및 pyriofenone의 반감기는 포장 1과 포장 2에서 각각 2.6일, 2.5일 및 2.5일, 2.4일로 포장간의 반감기 차이는 크지 않았다. 오이 중 boscalid 및 amisulbrom의 반감기는 1.9일과 3.6일로 나타난 Lee 등(2008)과 Hwang 등(2012)의 연구결과로 보아, 본 연구결과 나타난 반감기와 유사한 것을 확인하여 오이의 경우 대체적으로 짧은 반감기 추이를 갖는 것으로 사료된다. 오이의 경우 생육특성과 매끄러운 형태를 가져 농약부착이 상대적으로 불리하게 작용되며, 연속수확재배의 특성상 수확시기와 약제처리시기가 짧으므로 연속재배작물인 오이에 분해가 빠르게 일어나는 저잔류성 약제를 선택하여 처리한 것으로 사료된다(Kim *et al.*, 2002). 본 연구의 대상약제인 penthiopyrad 및 pyriofenone의 경우 pH 4~9에서 가수분해에 안정하나 빠르게 광분해하는 특성을 가지고 있어 오이의 짧은 반감기 추이에 영향을 미쳤다고 사료된다(RDA, 2013). 또한 Lee 등(2005)의 연구결과에서 작물의 반감기요소는 약제의 이화학적 특성에 따른 초기부착량 및 작물의 증체율의 영향이 크다는 결과를 참고하여, 본 연구결과 두 약제의 저잔류성 특성과 빠른 증체율이 생산단계 중 두 약제의 반감기 추이에 주된 영향을 주었을 것으로 판단된다(Lee *et al.*, 2009; Hwang *et al.*, 2012; Han *et al.*, 2013).

Pre-Harvest Residue Limit (PHRL) 설정

생산단계 잔류허용기준(Pre-Harvest Residue Limit, PHRL)은 생산단계부터 출하단계까지 농약잔류소실 양상과 생물학적 반감기를 산출하여 파악한 후, 생산단계 농산물에 대한 사전 분석을 통하여 출하 이전에 잔류농약의 안전성을 평가하는 기준이다. 즉, 수확 시 잔류량을 예측하여 출하 시점에 MRL을 초과할 가능성이 있는 농산물을 판별하여 폐기처분 또는 출하연기의 조치를 사전에 방지하고 출하 가능일자를

산정하는데 필요한 기준으로 활용된다(Park *et al.*, 2005).

본 연구는 오이 생산단계 중 penthiopyrad 및 pyriofenone을 처리한 각 포장의 일자별 잔류량을 분석하여 잔류감소 회귀식을 산출하였다. 신뢰구간을 적용한 회귀식은 포장 1, 포장 2에서 각각 $y=0.1433e^{-0.266x}$(R^2=0.9461), $y=0.1535e^{-0.274x}$ (R^2=0.9379) 및 $y=0.0999e^{-0.277x}$(R^2=0.9543), $y=0.1245e^{-0.287x}$(R^2=0.9184)이었으며, 이를 바탕으로 PHRL 곡선을 작성하였다. PHRL 곡선을 바탕으로 한 두 약제의 수확 10일 전 생산단계 잔류허용기준이 각각 3.44 mg/kg, 4.63 mg/kg 수준 이하로 나타난다면 오이 수확 시 잔류량은 penthiopyrad 및 pyriofenone의 MRL인 0.5 mg/kg, 0.7 mg/kg 수준 이하로 나타날 것으로 사료된다(Fig. 3). 본 연구결과 산출된 생산단계 잔류허용기준을 활용한다면 국내 오이 생산농가의 출하 전 안전농산물 생산에 기여함에 따라 소비자에게 안전한 농산물을 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 시설재배 작물인 오이의 생산단계 중 penthiopyrad 및 pyriofenone의 시간경과에 따른 잔류량을 감소식으로 회귀식을 계산한 후, 생물학적 반감기를 산출함으로써 생산단계 잔류허용기준을 설정하여 농가의 안전한 농산물생산에 기여하고자 수행하였다. Penthiopyrad 및 pyriofenone는 작물보호지침서의 안전사용기준에 준하여 기준량 1회 처리하였고, 각각 포장 1과 포장 2 지역으로 나누어 처리하였다. 약제살포 2시간 후를 0일차로하여 0, 1, 2, 3, 5, 7, 10일차에 시료를 채취하였다. 두 약제 모두 추출 및 정제를 위해 acetonitrile, dichloromethane, SPE NH_2 cartridge를 사용하였고 LC-MS/MS를 이용하여 분석하였으며, 분석정량한계는 0.005 mg/kg이었다. 분석정량한계의 10배, 50배 수준으로 농약을 처리하여 수행한 결과 penthiopyrad 및 pyriofenone의 회수율은 각각 92.8～95.4%, 81.0～89.8% 이었으며, 표준편차는 두 약제 모두 10% 미만이었다. 오이 중 두 약제에 대한 포장 1, 포장 2의 생물학적 반감기는 penthiopyrad의 경우 각각 2.6일과 2.5일, pyriofenone의 경우 각각 2.5일과 2.4일로 나타났다. Penthiopyrad 및 pyriofenone의 잔류량을 바탕으로 오이 수확 10일 전 잔류량이 3.44 mg/kg, 4.63 mg/kg이하로 나타난다면 수확 시 두 약제의 잔류량은 MRL (Penthiopyrad: 0.5 mg/kg, Pyriofenone: 0.7 mg/kg) 수준 이하일 것으로 사료된다. 본 연구결과를 바탕으로 오이 중 penthiopyrad 및 pyriofenone의 생산단계 잔류허용기준이 설정된다면 오이 재배농가에서 유통단계 뿐만 아니라 생산단계에서 안전한 농산물을 생산하는데 기여할 것으로 사료된다.

Acknowledgement

This work was supported by Korea institute of planning and evaluation for technology in food, agriculture, forestry and fisheries (IPET) through (Agri-Bio industry technology development program), funded by ministry of agriculture, food and rural affairs (MAFRA) (314086-3) also, that was part of the “Establishment of Pre-Harvest Residue Limit of Pesticides for Agriculture products in 2016“, Ministry of Food and Drug Satety, Republic of Korea.

References

Ha, H. Y., Ra, D. S., Shin, W. C., Im, G. J., & Park, J. E. (2012). Survey of pesticide use in fruit vegetables, fruits, and rice cultivation areas in Korea. The Korean Journal of Pesticide Science, 16(4), 395-400.

Han, Y. H., Lee. C. Y., Park. K. D., Park. K. W. & Lee. K. S. (2013). Residues of new fungicide, isopyrazam on cucumber and oriental melon. Korean Jounal of Pesticide Science, 17(1), 13-19.

Hwang, K. W., Kim, T. W., Yoo, J. H., Park, B. S., & Moon, J. K. (2012). Dissipation pattern of amisulbrom in cucumber under greenhouse condition for establishing pre-harvest residue limit. The Korean Journal of Pesticide Science, 16(4), 288-293.

Kanazawa, J. (1992). Environmental Sciences of Pesticide, pp.55-56, Cooperative Publication, Japan.

Kim, K. J., Kim, D. S., Heo, S. J., Ham, H. J., & Hur, J. H. (2013). Establishment of pre-harvest residue limit (PHRL) of emamectin benzoate during cultivation of amaranth. The Korean Journal of Pesticide Science, 17(2), 77-83.

Kim, Y. G. & Park. C. K. (2002). Control technology of pest in cucumber for exportance. The Korean Society for Bio-Environment Control Simpojium and other publications, pp. 61-82.

Kim, Y. S., Park, J. H., Park, J. W., Lee, Y. D., Lee, K. S., & Kim, J. E. (2002). Persistence and Dislodgeable Residues of Chlorpyrifos and Procymidone in Lettuce Leaves under Greenhouse Condition. Korean Journal of Environmental Agriculture, 21(2), 149-155.

Kim, Y. S., Park, J. H., Park, J. W., Lee, Y. D., Lee, K. S., & Kim, J. E. (2003). Residue levels of chlorpyrifos and chlorothalonil in apples at harvest. Korean Journal of Environmental Agriculture, 22(2), 130-136.

Korea Crop Protection Association (2015). 2015 Guideline of test for pesticide registration, pp. 87-318.

Lee, E. Y., Noh, H. H., Park, Y. S., Kang, K. W., Lee, K. H., Park, H. K., Yun. S. S., Jin. C. W., Han. S. K. & Kyung, K. S. (2009). Residual characteristics of Neonicotinoid Insecticide dinotefuran and thiacloprid

in cucumber. The Korean Journal of Pesticide Science, 13(2), 98-104.

Lee, H. D., Ihm. Y. B., Kwon. H. Y., Kim. J. B., Kyung. K. S., Park. S. S., Oh. B. Y., Im. G. J. & Kim. J. E. (2005). Characteristics of Pesticide residue in/on cucurbitaceous fruit vegetables applied with foliar spraying under greenhouse. The Korean Society of Pesticide Science, 9(4), 359-364.

Lee, H. D., Kyung, K. S., Kwon, H. Y., Ihm, Y. B., Kim, J. B., Park, S. S., & Kim, J. E. (2004). Residue characteristics of hexaconazole and chlorothalonil in several fruits. The Korean Journal of Pesticide Science, 8(2), 107-111.

Lee, M. G., Hwang, J. M., & Lee, S. R. (2005). The usage status of pesticides for vegetables under greenhouse cultivation in the southern area of Korea. The Korean Journal of Pesticide Science, 9(4), 391-400.

Lee, J. H., Park, H. W., Keum, Y. S., Kwon, C. H., Lee, Y. D., & Kim, J. H. (2008). Dissipation pattern of boscalid in cucumber under greenhouse condition. The Korean Journal of Pesticide Science, 12(1), 67-73.

Lee, J. H., Jeon, Y. H., Shin, K. S., Kim, H. Y., Park, E. J., Kim, T. H., & Kim, J. E. (2009). Biological half-lives of fungicides in Korean melon under greenhouse condition. Korean Journal of Environmental Agriculture, 28(4), 419-426.

Lee, Y. J., Go, G. Y., Won, D. J., Gil, G. H. and Lee, G. S. (2003) Residue Patterns of Procymidone, Chlorpyrifos and Cypermethrin in Peaches During Cultivation and Storage Period. Korean Journal of Environmental Agriculture, 22(3), 220-226.

Moon. S. H., Kwon. H. Y., Hong. S. M., Kim. S. S., Son K. A. & Lim. C. H. (2016). Comparison of pesticide residue amounts in apple trees applied by different sprayers and spray volumes. The Korean Society of Pesticide Science, 20(3), 264-270.

Nam, M. H., Chio. J. P., Kim. H. J., Lee. J. J., Lim. K. H., Kim. Y. G., Kim. H. T. & Jeun. Y. C. (2010). Controlling activity of Bacillus subtilis KB-401 against cucumber powdery mildew caused by Sphaerotheca fusca. Korean Jounal of Pesticide Science, 14(1), 49-53.

Park, D. S., Seong, K. Y., Choi, K. I., & Hur, J. H. (2005). Field tolerance of pesticides in the strawberry and comparison of biological half-lives estimated from kinetic models. The Korean Journal of Pesticide Science, 9(3), 231-236.

Park. H. K., Noh. H. H., Lee. G. H., Lee. J. Y., Park. Y. S., Kang. K. W., Lee. E. Y., Yun. S. S., Jin. C. W. & Kyung. K. S. (2011). Residual characteristic of chlorpyrifos in squash and estimation of its residues before harvest. The Korean Journal of Pesticide Science. 15(4), 463-470.

Turner, J. A. (2015). The Pesticide Manual: A World Compendium. pp.855-984, British Crop Protection Council, UK.