

생산단계 참외 중 Metalaxyl-M 및 Flusilazole의 잔류허용기준 설정연구

김다솜 · 김경진 · 김해나 · 김지윤 · 허장현*

강원대학교 농업생명과학대학 바이오자원환경학과

Determination of Pre-Harvest Residue Limits of Pesticides Metalaxyl-M and Flusilazole in Oriental Melon

Da Som Kim, Kyung Jin Kim, Hae na Kim, Ji Yoon Kim and Jang Hyun Hur*

Division of Biological Environment, College of Agriculture and Life Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

(Received on February 5, 2014. Revised on February 18, 2014. Accepted on March, 2014)

Abstract The present study was performed to investigate the pre-harvest residue limit (PHRL) of pesticides namely, metalaxyl-M and flusilazole in oriental melon, and to identify the biological half-life and characteristics of their residues. In this study, pesticides were sprayed once as single spray and double spray on oriental melon. The oriental melon samples were collected at 0, 1, 2, 3, 5, 7, 9 and 11 days before harvest and samples were extracted with QuEChERS method. The residues of both the pesticides were quantified using GC/NPD and LC/MS/MS. The limit of detection was found to be 0.02 mg/kg and 0.01 mg/kg and their recoveries were greater than 95% (95.7% ~ 103.2% for metalaxyl-M and 100.2% ~ 106.8% for flusilazole) for both pesticides. The biological half-lives of both metalaxyl-M and flusilazole were 12 days at single and double spray, respectively. The PHRL of metalaxyl-M and flusilazole was found 1.0 mg/kg and 0.3 mg/kg, respectively for 10 days before harvest. The results of the present study shows the residual level of both the pesticides metalaxyl-M and flusilazole in oriental melon were less than their maximum residual limits.

Key words Oriental melon, Pre-harvest Residue Limit (PHRL), pesticide residue, metalaxyl-M, flusilazole

서 론

농약은 농산물을 재배하는데 있어 핵심적인 농자재로서 농산물 생산량 증가 및 품질 향상에 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 농약의 안전사용기준이 정해져 있음에도 불구하고 농산물 품질검사서에서 매년 부적합 판정을 받아 출하연기 또는 폐기처분 받는 농산물이 빈번히 발생하여 농산물을 섭취하는 소비자의 불안감이 고조되고 있다. 이에 우리나라에서는 농약을 관리하기 위하여 농약 등록 시 수확 전 살포일, 살포량, 살포횟수 등 안전사용기준을 설정하여, 농산물 중 농약 잔류량이 잔류허용기준(Maximum Residue Limit, MRL)을 초과하지 않도록 규제하고 있다(Lee et al., 2008,

Kim et al., 2013). 또한 국립농산물품질관리원에서는 1999 년도부터 유통 직전의 농산물에 대한 지속적인 잔류농약 검사 및 모니터링 연구를 통하여 생산단계 잔류허용기준 설정을 하고 있다(Park et al., 2009). 생산단계 잔류허용기준(Pre-Harvest Residue Limit, PHRL)은 수확 전 농산물에 대한 안전성을 평가하는 기준으로 재배기간 중에 살포된 농약의 잔류량을 수확 전 일정기간 동안 조사한다. 그 후 생물학적 반감기(Biological half-life)를 산출하여 수확 시 잔류량을 예측함으로써 출하시기를 조절한다(Hwang et al., 2012 Kim et al., 2013). 생산단계 농산물의 농약 잔류허용기준은 출하 예정일로부터 출하 10일 전까지 일자별로 설정하고 있으며, 부적합 발생비율이 높은 작물 위주로 매년 기준을 추가하고 있다(Park, 2012).

본 연구의 대상 작물인 참외는 시설재배 작물로 재배 특성상 고온·다습하여 노균병, 흰가루병 등의 병해충이 빈번히 발생하고 있다. 이에 노균병 및 흰가루병 방제에 사용되

*Corresponding author

Tel: +82-33-257-6441, Fax: +82-33-259-5713

E-mail: jhhur@kangwon.ac.kr

는 metalaxyl-M, flusilazole 등의 농약 사용이 불가피한 실정이다. 그러나 metalaxyl-M과 flusilazole의 경우 재배기간 중 분해, 휘산, 세척 등에 의하여 잔류 농도는 감소하지만, 일정수준의 양은 출하되는 시점까지 참외에 잔류할 가능성이 있다(Park et al., 2009). 따라서 본 연구에서는 살균제인 metalaxyl-M과 flusilazole의 잔류량 변화를 측정하여 약제별 잔류특성을 파악하고, 반감기를 산출함으로써 생산단계 잔류허용기준의 산정을 위한 기초자료로서 활용하고자 한다.

재료 및 방법

시험약제

포장 시험에 사용된 농약 제품은 디메토모르프.메탈락실-

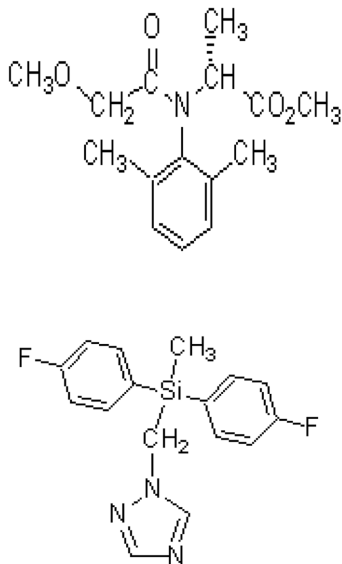


Fig. 1. Chemical structure of metalaxyl-M and flusilazole.

Table 1. Physicochemical properties of metalaxyl-M and flusilazole

M.W.	M.P. (°C)	V.P. (°C)	Activity
279.3	-38.7 (glass transition temperature)	-3.3 mpa (25°C)	Fungicide
315.4	53-55	$< 3.9 \times 10^{-2}$ mpa (25°C)	Fungicide

Table 2. Safe use guidelines of metalaxyl-M and flusilazole and their MRLs

Pesticide	Form	A.I. ^{a)} (%)	Safe use guideline			MRL ^{d)} (mg/kg)
			PHI ^{b)}	MAT ^{c)}	Dilution	
Metalaxyl-M	EW	7	7	2	2,000	1.0
Flusilazole	EW	12.5	3	5	1,000	0.2

자료 : 한국작물보호협회, 농약사용지침서 2014

^{a)}AI: Active ingredient

^{b)}PHI: Pre-harvest interval, day

^{c)}MAT: Maximum Application Times

^{d)}MRL: Maximum residue limit, MFDS

엠 수화제(12.5+7%)[팔파레골드®, 성보화학(주)]의 metalaxyl-M 성분과 플루실라졸 수화제[카리스마®, 동부아그로텍(주)]의 flusilazole 성분으로 시중에서 판매되는 제품을 구입하여 사용하였다. 시험 농약의 구조 및 이화학적 특성은 Fig. 1, Table 1과 같다.

시약 및 기기

참외 중 metalaxyl-M과 flusilazole 분석에 사용된 metalaxyl-M (99.5%)은 Dr. Ehrenstorfer (Germany), flusilazole (98.0%), acetonitrile, dichloromethane은 Merck (Germany)에서 구입하여 사용하였으며, sodium sulfate anhydrous, sodium chloride는 Daejung (Korea)사의 제품을 사용하였다. 또한 시료의 정제 시 Agilent (USA)사의 dispersive SPE kit (PSA, GCB, MgSO₄)제품을 사용하였으며, 배터리충전식의 배부식분무기(KS-PK2000, 토출량: 2.6 L/min., Korea), 세정기(Polytron PT 3100D, Switzerland), 감압농축기(EYELA, Japan), 원심분리기(Allegra X-15R Centrifuge, Beckman coelster, USA)를 사용하였다. Metalaxyl-M과 flusilazole의 잔류량은 각각 GC/NPD (Agilent 7890 GC, USA)와 TSQ Quantum ultra (Thermo scientific, USA)가 장착된 LC/MS/MS (Shiseido nanospace SI-2, Japan)를 이용하여 분석 하였다.

공시 작물 및 약제처리

본 연구에 사용된 공시 작물은 참외(만리장성, *Cucumis melo* var. *makuwa makuwa*)이며, 강원도 춘천시 신북읍 천전리에 위치한 강원대학교 농업생명과학대학 부속농장을 임대하여 시험을 수행하였다. 참외에 대한 시험 농약의 살포는 디메토모르프.메탈락실-엠 수화제, 플루실라졸 수화제를 농약사용지침서(KCPA, 2012)의 안전사용기준에 준하여 희석한 후 배부식분무기를 사용하여 살포하였으며, 참외에 적용한 약제의 안전사용기준 및 잔류허용기준(Maximum

시료 전처리 및 기기분석

시험 농약인 metalaxyl-M과 flusilazole은 살포 2시간 후를 0일로 하여 0, 1, 2, 3, 5, 7, 9, 11일차에 시료를 채취 후 균질화 하였으며, 50 mL centrifuge tube에 10 g씩 칭량 후 밀봉하여 -20°C 이하의 냉동고에 보관하였다. 분석 시 MgSO_4 4 g, sodium chloride 1 g, sodium citrate 1 g, citric acid disodium salt 0.5 g, acetonitrile 10 mL를 가한 후, 약 30초간 흔들여 원심분리(3,500 rpm, 10 min.) 한 뒤, 상등액 6 mL를 취하였다. 이 상등액을 150 mg PSA (Primary

Secondary Amine), 900 mg MgSO_4 가 담긴 15 mL centrifuge tube (dispersive SPE kit)에 첨가한 후 약 30초간 흔들어 주었다. 그 후 원심분리(3,500 rpm, 10 min.)한 상등액을 0.20 μm 필터로 여과하였고, metalaxyl-M은 GC/NPD (Agilent 7890 GC, USA)를 사용하여 분석하였으며, flusilazole은 TSQ Quantum ultra (Thermo scientific, USA)가 장착된 LC/MS/MS (Shiseido nanospace SI-2, Japan)로 분석하였고, 분석 조건은 Table 3, 4, 5와 같다.

Table 3. Instrumental analytical condition of metalaxyl-M (GC/NPD)

Instrument	Agilent GC/NPD 7890 (USA)
Column	Agilent DB-17 (30 m \times 0.25 mm I.D., 0.25 μm)
	Inlet : 250°C
Oven temp.	Oven : 150°C (2 min.) - $20^{\circ}\text{C}/\text{min.}$ - 200°C (10 min.) - $20^{\circ}\text{C}/\text{min.}$ - 270°C (15 min.)
	Detector : 320°C
Flow rate	1.0 mL/min. (Splitless) H ₂ flow 3.0 mL/min. Air flow 120 mL/min. N ₂ flow 5.0 mL/min.
Injection volume	1 μL

결과 및 고찰

공시 농약성분의 표준검량곡선

Metalaxyl-M의 경우 표준품(99.5%, Dr. Ehrenstorfer, Germany) 100.5 mg을 100 mL 용량플라스크에 넣고 acetone에 녹여 1,000 mg/kg stock solution을 조제하였다. 이 stock solution을 희석하여 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0 mg/kg의 working solution을 조제하였으며, 1.0 μL 를 GC/NPD에 주입하여 얻어진 chromatogram상의 피크 면적을 기준으로 검량선을 작성하였다. Flusilazole의 경우 표준품(98.0%, Merck, Germany) 102.0 mg을 100 mL 용량플라스크에 넣고 acetonitrile에 녹여 1,000 mg/kg stock solution을 조제하였다. 참외의 matrix를 고려하여, 분석법과 동일한 방법으로 추출한

Table 4. Instrumental analytical condition of flusilazole (LC/MS/MS)

Instrument	LC/MS/MS, Shiseido nanospace SI-2 (Japan)	
Detector	TSQ Quantum ultra, Thermo scientific (USA)	
Column	Imtakt C ₁₈ (100 mm \times 2 mm I.D., 3 μm)	
Oven temp.	40°C	
Flow rate	0.2 mL/min.	
Injection vol.	3 μL	
Mobile phase	0.1% formic acid in acetonitrile : 0.1% formic acid in distilled water = 75 : 25 (v/v)	
	Ionization mode	Electrospray ionization positive (ESI+)
	Spray voltage	4,000 V
	Vaporizer temp.	400°C
	Ion sweep gas (N ₂)	2.0 units
MS/MS zone	Ion transfer tube temp.	350
	Sheath gas pressure (N ₂)	55 units
	Aux gas pressure (N ₂)	15 units
	Resolution	0.7 amu (FWHM) on Q1 and Q3
	Collision pressure	1.0 mTorr
	Scan type	SRM (Selected Reaction Monitoring)

Table 5. Selected reaction monitoring (SRM) condition of flusilazole in LC/MS/MS

Pesticide	Parent mass (<i>m/z</i>)	Product mass (<i>m/z</i>)	Collision Energy
Flusilazole	316	219	31
	316	247	19

Table 6. Linear equations and correlation factors of metalaxyl-M and flusilazole

Pesticide	Equation	r ²
Metalaxyl-M	y = 26.58x - 0.14	1.00
Flusilazole	y = 92,715,516.76x - 1,327,917.57	0.99

무처리 시료와 단계별로 희석한 표준물질을 1 : 1로 혼합하여 matrix를 matched한 표준검량곡선을 작성하였다. 그 결과 metalaxyl-M과 flusilazole 모두 상관계수(r²)가 0.99 이상으로 높은 직선성을 보여 정량분석에 적합함을 확인하였으며, 표준검량선의 회귀식은 Table 6과 같다.

회수율 및 검출한계

참외 중 각 농약의 검출한계는 metalaxyl-M은 0.02 mg/kg이었으며, flusilazole은 0.01 mg/kg이었고, 회수율 시험은 검출한계의 10배, 50배 수준으로 시료에 표준품을 첨가하여 MgSO₄ 4 g, sodium chloride 1 g, sodium citrate 1 g, citric acid disodium salt 0.5 g, acetonitrile 10 mL를 가한 후, 약 30초간 흔들어 원심분리(3,500 rpm, 10 min.) 한 뒤, 상등액 6 mL를 취하였다. 이 상등액을 150 mg PSA (Primary Secondary Amine), 900 mg MgSO₄가 담긴 15 mL centrifuge tube (dispersive SPE kit)에 첨가한 후 약 30초간 흔들어 주었다. 그 후 원심분리(3,500 rpm, 10 min.)한 상등액을 0.20

Table 7. Recovery and limit of quantitation of the analytical methods

Pesticide	Fortification (mg/kg)	Recovery(%)				LOQ (mg/kg)
		Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Average ± SD ¹⁾	
Metalaxyl-M	0.2	95.7	103.7	103.2	100.7 ± 4.3	0.02
	1.0	101.2	101.9	98.9	100.7 ± 1.6	
Flusilazole	0.1	104.8	110	100.2	105 ± 4.7	0.01
	0.5	106	106.8	105.8	106.2 ± 0.5	

¹⁾SD: Standard deviation

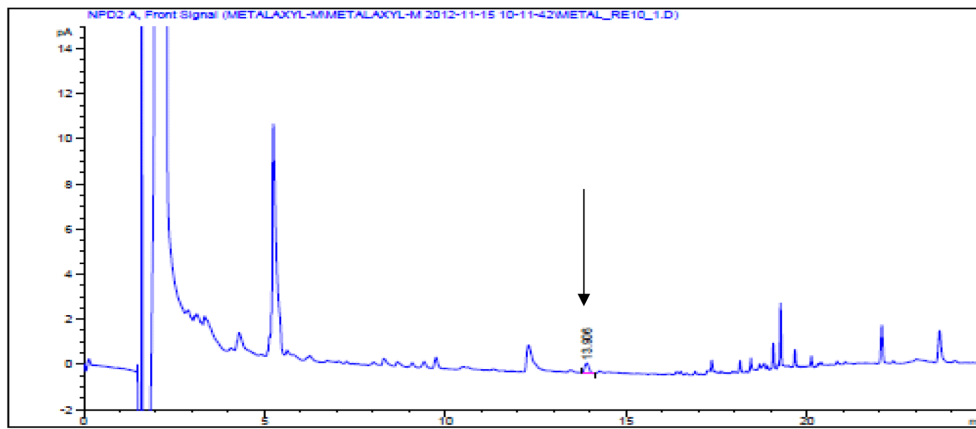


Fig. 2. Recovery chromatogram of metalaxyl-M (LOQ × 10).

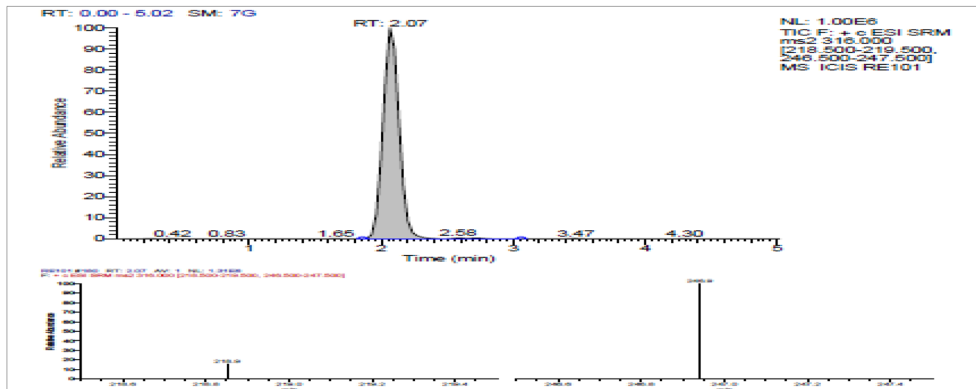


Fig. 3. Recovery chromatogram of flusilazole (LOQ × 10).

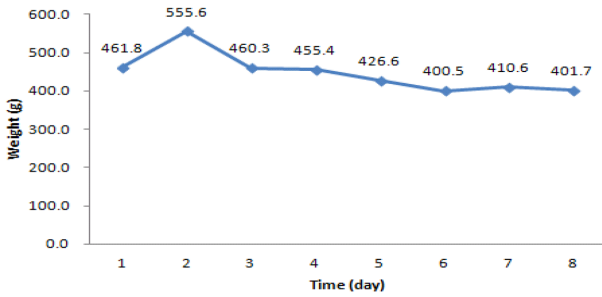


Fig. 4. Variation of oriental melon weight during experimental periods.

µm 필터로 여과하였다. 회수율 시험의 결과 metalaxyl-M은 95.7%~103.2%의 회수율을 보였으며, flusilazole은 100.2%~110%의 회수율을 나타내었다(Table 7, Fig. 2, 3).

재배기간 중 참외의 무게변화

참외의 시료채취기간(2012년 7월 2일~2012년 7월 13일) 중 단위 개체 당 무게변화는 Fig. 4와 같았으며, 본 연구에서는 참외의 비대생장에 의한 희석효과를 배제하고자 성숙기의 참외에 대하여 시험을 수행하였다.

참외 재배기간 중 잔류량 변화

Metalaxyl-M 및 flusilazole은 안전사용기준에 준하여 1회 및 7일 간격 2회 살포하였으며, 최종 약제 살포 후 2시간 후를 0일차로 하여 0, 1, 2, 3, 5, 7, 9, 11일 차의 시료를 채취(2kg/구)하였다. 상기 분석법을 통해 잔류량을 측정 한 결과, metalaxyl-M 1회 처리구의 초기 잔류량은 0.59 mg/kg, 2회 처리구의 초기 잔류량은 0.78 mg/kg으로 1회 및 2회 처리구간의 초기 잔류량은 모두 잠점 잔류허용기준인 metalaxyl(1.0 mg/kg)보다 낮은 수준이었다. 그러나 flusilazole의 경우 1회 처리구의 초기 잔류량은 0.15 mg/kg, 2회 처리구의 초기 잔류량은 0.28 mg/kg이어서 2회 처리구의 경우 MRL보다 높은 수준이었지만 9일차부터 MRL 이하의 잔류량을 나타내는 것을 알 수 있었다.

참외 재배기간 중 생물학적 반감기

참외 중 농약의 일차별 잔류량을 이용하여 metalaxyl-M과 flusilazole의 생물학적 반감기(biological half-life)를 구하였다. 반감기 산출은 시간(t)의 경과에 따른 농도(concentration, C)의 변화[-d(C)/dt = K(C)]로 나타나므로 first kinetic model을 이용하였다(Park, 2005). Metalaxyl-M 및 flusilazole의 생물학적 반감기(biological half-life)를 산출한 결과, metalaxyl-M의 소실곡선은 1회 처리구에서 $y = 0.674e^{-0.06x}$ ($R^2 = 0.919$), 2회 처리구에서 $y = 0.572e^{-0.06x}$ ($R^2 = 0.975$)이었으며(Fig. 5), 생물학적 반감기는 1회, 2회 처리구에서 모두 11일로 나타났다. 또한 flusilazole의 소실곡선의 경우, 1회 처리구에서 $y = 0.259e^{-0.03x}$ ($R^2 = 0.918$), 2회 처리

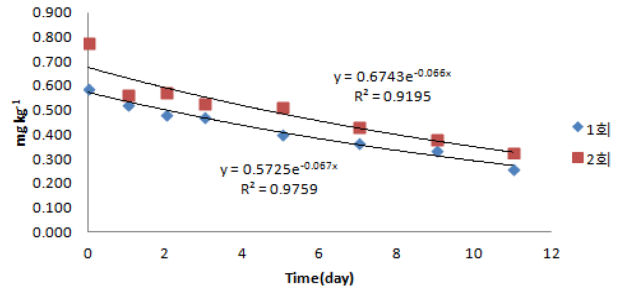


Fig. 5. Half life curve of metalaxyl-M in Oriental melon.

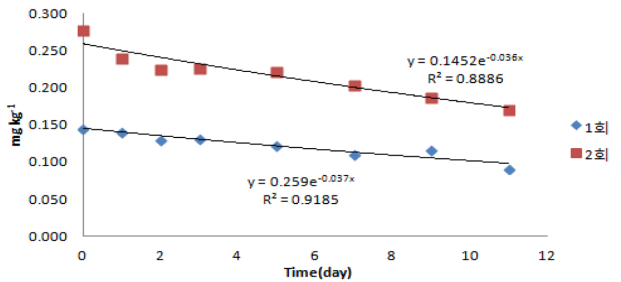


Fig. 6. Half life curve of flusilazole in Oriental melon.

Table 8. Biological half-life of the pesticides in Oriental melon

Pesticide	Application time	Regression curve	Half-life
Metalaxyl-M ¹⁾	1	$y = 0.674e^{-0.06x}$	11
	2	$y = 0.572e^{-0.06x}$	11
Flusilazole	1	$y = 0.259e^{-0.03x}$	20
	2	$y = 0.145e^{-0.03x}$	19

¹⁾Metalaxyl의 기준 적용

구에서 $y = 0.145e^{-0.03x}$ ($R^2 = 0.888$)이었으며(Fig. 6), 생물학적 반감기는 1회 처리구에서 20일, 2회 처리구에서 19일로 나타났다(Table 8).

농작물에 살포된 농약은 재배시설의 환경 또는 작물의 생장에 따라 희석되어 잔류농도에 영향을 미치기 때문에 농약의 실제 감소율을 파악하려면 작물의 증체량에 따른 희석효과를 배제해야 한다(Park, 2009). 선행연구를 살펴보면 박과 채소류 중 빠른 생육속도를 가진 애호박, 오이에 대한 반감기는 acrinathrin 등의 농약에 대하여 1.1~2.1일, 1.3~2.9일로 조사되었지만(Lee, 2008, Lee, 2009), 증체율을 배제할 경우 반감기는 5.1~9.6일로 증체율에 의한 희석효과가 큰 것으로 조사되었다.

생산단계 잔류허용기준(PHRL) 설정

생산단계 잔류허용기준(Pre-Harvest Residue Limit, PHRL)은 생산단계 농산물에 대한 안전성을 평가하는 기준이며, 수확 시 농약의 잔류량이 MRL을 초과하지 않도록 잔류량

Table 9. Recommended pre-harvest residue limit of the pesticides on Oriental melon

Pesticide	Pre-harvest residue limit of the pesticides on Oriental melon										Reduction constant	
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		Harvesting day
Metalaxyl-M	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1	0.057
Flusilazole	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.023

을 설정하는데 기준으로 활용된다. 또한 생산과정 중인 농산물에 출하예정 농산물의 잔류농약에 대한 안전성을 확보할 수 있다(Park, 2009).

본 연구의 공시 농약인 metalaxyl-M 및 flusilazole의 생산단계 농약잔류 허용기준은 국립농산물품질관리원의 농약잔류감소회귀식($PHRL = MRL \times e^{\text{reduction constant} \times \text{pre-harvest interval}}$)에 신뢰구간을 적용시킨 회귀계수를 이용하였다. 출하 10일 전 약제의 잔류량이 metalaxyl-M은 1.8 mg/kg, flusilazole은 0.3 mg/kg로 나타났으며, 출하시기까지 잔류허용기준을 산출하였다(Table 9).

Metalaxyl-M의 경우 농약안전사용기준에 따라 수확 10일 전까지 10일 간격으로 1회, 2회 처리하였을 때 수확 시 최종잔류농도를 예측한 결과 1회 처리 시 0.26 mg/kg이었으며, 2회 처리 시 0.32 mg/kg으로 MRL(1.0 mg/kg) 이하로 나타났다. 또한 flusilazole의 농약안전사용기준에 따라 수확 10일 전까지 10일 간격으로 1회, 2회 처리하였을 경우, 수확 시 최종잔류농도를 예측한 결과, 1회 처리 시 0.12 mg/kg이었으며, 2회 처리 시 0.15 mg/kg으로 참외에 설정된 MRL(0.3 mg/kg) 이하로 나타나, 현재 설정된 metalaxyl-M 및 flusilazole의 안전사용기준을 준수하여 살포한다면 수확 시 참외에 잔류된 농약으로 발생하는 문제는 발생하지 않을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 성과물은(논문, 산업재산권, 품종보호권 등)은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ00921905) 및 한국농약과학회에서 수행한 2012년 국립농산물품질관리원 생산단계 농산물의 농약잔류 허용기준 설정 연구의 지원에 의해 이루어졌으며 이에 깊이 감사드립니다.

Literature Cited

- Hwang, K. W., T. W. Kim, J. H. Yoo, B. S. Park and J. K. Moon (2012) Dissipation Pattern of Amisulbrom in Cucumber under Greenhouse Condition for Establishing Pre-harvest Residue Limit. *Korean Journal of Pesticide Science* 16(4): 288-293.
- KCPA (2012) Agrochemicals Use Guide Book. p.63, 393.
- Kim, K. J., D. S. Kim, S. J. He1, H. J. Ham and J. H. Hur (2013) Establishment of Pre-Harvest Residue Limit (PHRL) of Emamectin benzoate during Cultivation of Amaranth 17(2): 77-83.
- Lee, J. H., H. W. Park, Y. S. Keum, C. H. Kwon, Y. D. Lee and J. H. Kim (2008) Dissipation Pattern of Boscalid in Cucumber under Greenhouse Condition. *Korean Journal of Pesticide Science* 12(1):67-73.
- Lee, Y. J., K. Y. Kwang, D. J. Won, G. H. Gil and K. S. Lee (2003) Residue Patterns of Procymidone, Chlorpyrifos and Cypermethrin in Peaches During Cultivation and Storage Period. *Korean Journal of environmental Agriculture* 22(3): 200-226.
- MFDS (2012) MRLs for Pesticides in Foods.
- Park, D. S., K. Y. Seong, K. I. Choi and J. H. Hur (2005) Field tolerance of pesticides in the strawberry and comparison of biological half-lives estimated from kinetic models. *Korean Journal of Pesticide Science* 9(3):231-236.
- Park, E. J., J. H. Lee, T. H. Kim and J. E. Kim (2009) Residual patterns of strobilurin fungicides in Korean melon under plastic film house condition. *Korean Journal of Pesticide Science* 28(3):281-288.
- Park, J. H., J. S. Lim, J. Y. Yoon, H. R. Moon, Y. H. Han, Y. J. Lee and K. S. Lee (2012) Establishment of Pre-Harvest Residue Limits (PHRLs) of Insecticide Clothianidin and Fungicide Fluquinconazole on Peaches during Cultivation Period. *Korean Journal of Environmental Agriculture* 31(3): 271-276.
- RDA and KCPA (2012) 2012 Guideline of test for pesticide registration.

생산단계 참외 중 Metalaxyl-M 및 Flusilazole의 잔류허용기준 설정연구

김다솜 · 김경진 · 김해나 · 김지윤 · 허장현*

강원대학교 농업생명과학대학 바이오자원환경학과

요약 본 연구는 참외에 대한 살균제 metalaxyl-M과 flusilazole의 잔류량 변화를 측정하여 약제별 잔류특성을 파악하고, 반감기를 산출함으로써 생산단계 잔류허용기준(PHRL, Pre-Harvest Residue Limit) 설정을 위한 기초자료로서 활용하고자 수행하였다. 공시 약제인 metalaxyl-M과 flusilazole은 안전사용기준에 준하여 7일 간격으로 1회, 2회 살포하였으며, 살포 2시간 후를 0일차로 하여 0, 1, 2, 3, 5, 7, 9, 11일차에 수확하였고, 잔류량의 경시변화 결과를 토대로 생물학적 반감기를 산출하였다. 시료는 QuEChERS방법을 이용하여 전처리하였으며, metalaxyl-M의 경우 GC/NPD를 이용하여 분석하였으며, flusilazole은 LC/MS/MS를 이용하여 분석하였다. 참외 중 metalaxyl-M과 flusilazole의 LOQ (Limit of quantitation)는 각각 0.02 mg/kg, 0.01 mg/kg이었으며, metalaxyl-M 회수율은 95.7-103.2%이었고, flusilazole은 100.2-106.8%이었으며, 표준편차는 모두 10% 미만이었다. 참외 중 각 농약에 대한 생물학적 반감기는 flusilazole의 경우 1, 2회 처리구에서 12일이었으며, metalaxyl-M의 경우 23일이었다. 본 연구결과, metalaxyl-M 및 flusilazole의 수확 10일 전 PHRL은 각각 1.5, 0.3 mg/kg로 나타났으며, 수확 시 metalaxyl-M, flusilazole의 잔류농도는 MRL을 초과하지 않을 것으로 예측되었다.

색인어 참외, 생산단계, 잔류농약, metalaxyl-M, flusilazole