

Bifenthrin과 Imidacloprid의 호박 중 잔류특성

이은영 · 노현호 · 박영순 · 강경원 · 이광현 · 이재윤 · 박효경 · 윤상순¹ · 진중우¹ · 한상국¹ · 경기성*

충북대학교 농업생명환경대학 응용생명환경학부, ¹국립농산물품질관리원 충북지원

(2009년 5월 19일 접수, 2009년 6월 4일 수리)

Residual Characteristics of Bifenthrin and Imidacloprid in Squash

Eun Young Lee, Hyun Ho Noh, Young Soon Park, Kyung Won Kang, Kwang Hun Lee, Jae Yun Lee, Hyo Kyung Park, Sang Soon Yun¹, Chung Woo Jin¹, Sang Kuk Han¹ and Kee Sung Kyung*

School of Applied Life Science and Environment, College of Agriculture, Life and Environmental Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, ¹Chungbuk Provincial Office, National Agricultural Products Quality Management Service, Cheongju 361-825, Korea

Abstract

In order to elucidate the residual characteristics of the insecticides, bifenthrin and imidacloprid, the pesticides were sprayed onto the squash and their residues were analyzed with GC-ECD and HPLC. Detection limits of the pesticides were 0.005 mg kg⁻¹ and recoveries of bifenthrin and imidacloprid in squash were from 100.87 to 104.31 and from 79.71 to 92.54%, respectively. Half-lives of bifenthrin and imidacloprid in squash were from 1.8 to 2.9 and from 1.5 to 2.5 days, respectively. Initial concentration of bifenthrin and imidacloprid sprayed at the recommended rate and double rate of recommendation were less than their MRLs. And also, residual concentrations of the pesticides were rapidly decreased in squash with time. At harvest, estimated daily intakes (EDIs) of the pesticides were less than 0.6% of their acceptable daily intakes (ADIs).

Key words Bifenthrin, Imidacloprid, Pesticide residue, Squash

서 론

현대시대의 농약은 농산물을 재배하는데 있어서 핵심적인 농자재로 농산물 생산량 증가를 비롯하여 품질을 향상시키고 노동력을 절감시키는 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 농약의 안전사용기준이 정해져 있는데도 불구하고 잘못된 사용으로 작물에 많은 양의 농약이 잔류하게 되면서 이를 섭취하는 소비자의 불만은 점점 고조되고 있다. 국립농산물품질관리원 조사 결과에 따르면 출하 전 농산물의 경우 2006년에 총 65,890점의 시료에서 750점, 2007년에는 총 69,083점의 시료에서 1,477점, 2008년에는 총 62,121점의 시료에서 1,436점의 시료가 부적합관정을 받아 2.7-3.6%의 부적합률을 보였다(김, 2007;

고 등, 2002; 국립농산물품질관리원, 2009).

농약 잔류허용기준을 초과한 농산물의 경우 용도전환, 출하연기, 현장계도 및 폐기 처분 등의 조치가 이루어지고 있으며, 이러한 경우는 농산물을 생산하고 유통하는 비용은 물론 부적합 농산물의 처리비용이 발생하여 농민은 그 손실을 감수해야 한다. 또한 수확 후 농산물의 안전성이 판단되는 동안 유통되어진 농산물이 잔류허용기준을 초과하였더라도 수거할 방법이 없어 부적합 농산물이 유통 될 가능성이 있어 생산 단계에서 관리되지 않은 농산물의 경우 사회적 문제로 커질 우려가 있다. 이러한 부적합 농산물의 유통을 차단하기 위해서는 생산단계에서의 잔류량을 예측하고 농약의 잔류허용기준을 별도로 설정 할 필요성이 있다고 판단된다(김 등, 2002; 고 등, 2004; 이 등, 2009).

호박은 우리나라 사람이 즐겨먹는 농산물로 소화흡수가 잘

*연락처 : Tel. +82-43-261-2562, Fax. +82-43-271-5921

E-mail: kskyung@chungbuk.ac.kr

되는 당질과 비타민 A의 함량이 높은 작물로서 재배기술의 발달로 연중 생산되고 있으며 국립원예특작과학원의 조사에 따르면 1998년도의 노지재배 면적은 4,430 ha, 생산량은 81,529톤이며 시설재배 면적은 3,271 ha, 생산량은 73,069 톤이었다(국립원예특작과학원, 2004).

본 연구의 대상농약인 bifenthrin과 imidacloprid는 감귤, 고추, 수박, 오이, 감, 배, 사과, 복숭아, 호박 등 주로 과채류에서 진딧물류와 총채벌레류 방제에 사용되고 있는 살충제이다(한국작물보호협회, 2009). 따라서 우리나라에 등록 사용되고 있는 bifenthrin과 imidacloprid의 수확전 잔류량을 예측하기 위하여 시험 농약을 시설재배 포장에 살포하여 경시적 농약 잔류 특성을 조사하고, kinetics 해석에 따른 합리적 회귀식과 생물학적 반감기를 산출(김 등, 2003; 이 등, 2003)하여 시험농약의 잔류허용기준(MRL)과 비교 평가 후 그 결과를 생산단계에서의 농약 잔류허용기준을 설정하기 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

시험농약

Pyrethroid계 살충제인 bifenthrin(순도 98.0%)과 neonicotinoid계 살충제인 imidacloprid(순도 98.0%)를 시험 농약의 표준품으로 사용하였으며, 각 농약의 이화학적 특성 및 화학구조식은 표 1과 2와 같다(Tomlin, 2003). 살포용 농약으로 bifenthrin과 imidacloprid 합제인 비펜트린·이미다클로프리트 수화제(bifenthrin 2%, imidacloprid 8%)를 안전사용기준에 따라 조제한 표준희석살포용액(기준량)과 표준희석살포용액의 2배농도로 조제한 살포용액(배량)을 수확예정 7일 전인 2009년 5월 14일 동력 분무기로 120 L/10 a의 살포율로 작물에 균일하게 1회 살포하였다. 시험에 사용된 약제의 종류와 안전사용기준 그리고 잔류허용기준(maximum residue limit, MRL)은 표 3과 같다(한국작물보호협회, 2009; 식품의약품안전청, 2008).

Table 1. Physicochemical properties of bifenthrin and imidacloprid

Pesticide	Molecular weight	logK _{ow}	Vapour pressure (mPa, 25°C)	Solubility
Bifenthrin	422.9	>6	0.024	In water <1 µg/l. Soluble in acetone, chloroform, diethyl ether, dichloromethane, and toluene. Slightly soluble in heptane and methanol.
Imidacloprid	255.7	0.57 (21°C)	9 × 10 ⁻⁷ mPa, 4 × 10 ⁻⁷ mPa (20°C)	In water 0.61 g/l (20°C). In dichloromethane 67, isopropanol 2.3, toluene 0.69 (all in g/l, 20°C); in n-hexane <0.1 g/l (ambient temperature).

Table 2. Chemical structures of bifenthrin and imidacloprid

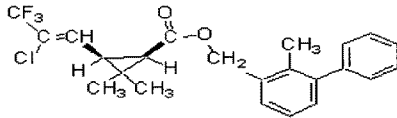
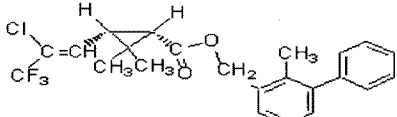
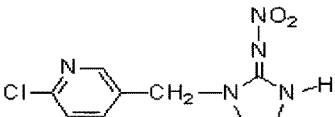
Pesticide	Chemical structure	Chemical name (IUPAC)
Bifenthrin	(Z)-(1R)-cis- 	2-methylbiphenyl-3-ylmethyl (Z)-=(1RS,3RS)-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-enyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate Roth: 2-methylbiphenyl-3-ylmethyl (Z)-(1RS)-=cis-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-enyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate
	(Z)-(1S)-cis- 	
Imidacloprid		1-(6-chloro-3-pyridylmethyl)-N-nitroimidazolidin-2-ylideneamine

Table 3. Pesticide products for spraying and their safe use guidelines and maximum residue limits

Pesticide	Formulation	A.I. ^{a)} content (%)	Standard dilution rate	Safe use guideline		MRL ^{d)} (mg kg ⁻¹)
				PHI ^{b)} (day)	MAF ^{c)} (time)	
Bifenthrin	WP ^{e)}	2	2,000	2	3	0.2
Imidacloprid	WP	8	2,000	2	3	0.5

^{a)}Active ingredient.

^{b)}Pre-harvest interval.

^{c)}Maximum application frequency.

^{d)}Maximum residue limits.

^{e)}Wetaable powder

시험작물 및 포장

애호박(*Cucumis sativus*, 품종:미소)은 충북 청원군 강내면 소재 비닐하우스에서 2009년 2월 25일 정식한 후 관행법에 따라 재배하였으며, 2009년 5월 14일에 각 처리구에 농약을 살포하였다. 시험포장은 길이 90 m × 폭 2.8 m의 면적에 약제처리별 3반복으로 시험구를 배치하였다. 교차오염을 방지하기 위하여 반복구 간 2.0 m × 0.5 m의 완충지대를, 기준량과 배량 처리구 사이에는 6.0 m × 0.5 m의 완충지대를 두었으며, 재식밀도는 30 cm이었다. 또한 시험기간 중 비닐하우스내 온도 및 습도를 측정하기 위하여 Thermo Recorder (Model TR-72S, T&D CORP, Japan)를 설치하여 1 시간 간격으로 온도와 습도를 측정하였다.

시료채취 및 증체를 조사

경과일수별 증체율은 약제 살포 후 0.17, 2, 3, 5, 6, 7일에 각 처리구에서 20개씩 3반복으로 생육정도가 균일한 호박을 채취하여 각각의 무게를 측정후 Microsoft사의 Microsoft Excel program(version 2007)을 이용하여 호박의 일자별 무게 변화를 그래프로 작성하였다. 무게측정이 끝난 시료는 마쇄하여 분석용 시료로 사용하였다.

시험농약의 검량선 작성 및 잔류농약 분석

시험농약의 표준물질은 bifenthrin은 acetone에 imidacloprid는 acetonitrile에 녹여 1,000 mg L⁻¹이 되도록 stock solution을 만든 다음 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 5.0, mg L⁻¹으로 희석하여 각각 농약을 GC-ECD(electron capture detector)와 HPLC-DAD(diode array detector)에 주입하여 얻은 피크면적으로 검량선을 작성하였다. 호박 중 잔류농약의 분석은 마쇄한 시료 20 g에 acetone 100 mL를 가하여 10,000 rpm에서 5분간 균질화한 후 Büchner funnel에 여지를 깔고 Celite 545를 통과시켜 흡인 여과하였으며, acetone 50 mL로 용기 및 잔사를 씻어 앞의 여과액과 합하였다. 여과액을 1,000 mL 분액 여두에 옮기고 포화식염수 100 mL과 증류수 400 mL을 넣고 dichloromethane 50 mL를 가한 후 Resipro shaker(SR-2W, TAITEC, Japan)를 이용하여 270 rpm에서 5분간 진탕하는 방법으로 2회 분배하였다. Dichloromethane 분배액을 무수 황산 나트륨에 통과시켜 탈수한 후 35℃에서 감압농축 하였다.

Florisil(60-100 mesh) 5 g을 glass column(1 cm ID × 22 cm L.)에 건식 충전한 후 약 2 g의 무수 황산나트륨을 Florisil 상부에 넣고 *n*-hexane 50 mL로 세정하여 안정화 시켰다.

Bifenthrin은 상기 농축시료를 10 mL의 *n*-hexane에 녹여

Table 4. GC-ECD conditions for the analysis of bifenthrin in squash

Instrument	: Agilent 6890 Gas Chromatograph, Agilent, U.S.A.
Column	: HP-5, 30 m L. x 0.25 mm I.D. x 1.00 µm film thickness
Detector	: Electron Capture Detector (ECD)
Temperature	: Oven: Initial temperature 200℃, increased 300℃ at a rate of 10℃/min, maintained for 5min. Injector: 250℃ Detector: 310℃
Flow rate	: 1 mL/min
Split ratio	: 50:1
Injection vol.	: 1 µL

column 상부에 가하여 흘리고 *n*-hexane:dichloromethane:acetonitrile(49.65:50:0.35, v/v/v) 50 mL로 용출하여 35°C에서 감압농축 하였고, imidacloprid는 상기 농축시료를 10 mL의 *n*-hexane:dichloromethane(80:20, v/v)에 녹여 column 상부에 흘리고 *n*-hexane:dichloromethane:acetonitrile(45:50:5, v/v/v) 30 mL를 흘려버렸으며, dichloromethane:acetonitrile(50:50, v/v) 20 mL로 용출하여 35°C에서 감압농축 하였다.

Bifenthrin과 imidacloprid의 농축 견고된 시료는 2 mL의 acetone과 acetonitrile에 각각 재용해한 후 GC-ECD와 HPLC-DAD로 분석하였으며, 기기분석조건은 표 4 및 5와 같다.

회수율 시험

회수율 시험은 무처리 호박 시료 20 g에 시험농약의 표준 용액을 검출한계의 10배와 50배가 되도록 처리한 후 시료의 조제 방법과 동일하게 조제하여 분석하였다.

Table 5. HPLC-DAD conditions for the analysis of imidacloprid in squash

Instrument	: HP 1200 Series High Performance Liquid Chromatograph, Hewlett Packard, U.S.A.	
Column	: Supelcosil™ LC 18, 250 × 4.6 mm (5 μm)	
Detector	: Diode array detector (DAD)	
Wavelength	: 270 nm	
Mobile phase	: Water:Acetonitrile (80:20, v/v)	
Flow rate	: 1.1 mL/min	
Injection vol.	: 10 μL	

Table 6. Linear equations of calibration curve for the quantification of the pesticide residues in squash

Pesticide	Linear equation	r
Bifenthrin	$y = 300.29x + 22.402$	0.9998
Imidacloprid	$y = 5.8443x - 2.2885$	0.9998

Table 7. Recoveries and limits of detection of the analytical methods

Pesticide	Fortification level (mg kg ⁻¹)	Recovery±SD ^{a)} (%)	Coefficient of variation	MDA ^{b)} (ng)	LOD ^{c)} (mg kg ⁻¹)
Bifenthrin	0.05	103.26±1.16	1.42	0.05	0.005
	0.25	101.63±1.27	1.25		
Imidacloprid	0.05	92.26±0.25	0.27	0.5	0.005
	0.25	80.10±0.63	0.78		

^{a)}Mean values of triplicates with standard deviation.

^{b)}Minimum detectable amount.

^{c)}Limit of detection.

잔류농약의 생물학적 반감기 산출

호박 중 잔류농약의 생물학적 반감기는 Microsoft사의 Microsoft Excel program(version 2007)을 이용한 지수곡선식으로 산출하였다. 이 때 사용한 kinetics model은 소실율이 시간(t)의 경과에 따라 농도(C)에 의존하는 first order kinetics model이었다(양 등, 1995; 박 등, 2005).

잔류농약의 ADI대비 식이섭취율 산출

호박에 대한 시험농약의 식이섭취량인 EDI(estimated daily intake)와 일일섭취허용량인 ADI(acceptable daily intake)를 기준으로 산출한 식이섭취율은 다음 식으로부터 계산하였다. 호박의 일일섭취량(daily food intake)은 12.73 g(식품의약품안전청, 2006), ADI는 한국인 평균체중인 55 kg을 적용하였다(이 등, 1995; 이 등, 2007).

- 추정식이섭취량 EDI(estimated daily intake, mg/day/man)
= 잔류농도(mg kg⁻¹) × 12.73 g
- 성인의 일일섭취허용량 = ADI × 55 kg
- ADI대비 식이섭취율 = (식이섭취량/일일섭취허용량) × 100

결과 및 고찰

검량선, 검출한계 및 회수율 시험

시험농약의 표준물질을 분석하여 얻은 검량선의 직선식(linear equation)과 상관계수(r)는 표 6과 같이 시험농약의 검량선은 모두 직선성이 양호하였다. 시험법의 검출한계는 모두 0.005 mg kg⁻¹이었고 분석법에 의한 시험농약의 회수율 시험은 표 7에 제시 한 바와 같이 bifenthrin과 imidacloprid의 회수율은 모두 80.10 - 103.26% 범위였고 변이계수 또한 0.27 - 4.46으로 높은 재현성을 보였다.

호박의 증체율과 기상조건

약제 살포 후 경과일별 호박의 증체율은 채취한 시료의 무게를 측정하여 평균무게를 이용하여 산출하였고 증체율은 그림 1과 같으며, bifenthrin과 imidacloprid의 증체율은 각각 1783.19 ± 32.61%와 1786.56 ± 18.38%이었다. 또한 시험 기간 중 시설 하우스 내 온도와 습도의 범위는 각각 10.1 - 41.9°C와 28 - 99% 범위 이었다.

경시적 농약잔류 특성

수확 예정 7일전에 약제를 살포한 후 0.17, 2, 3, 5, 6, 7일

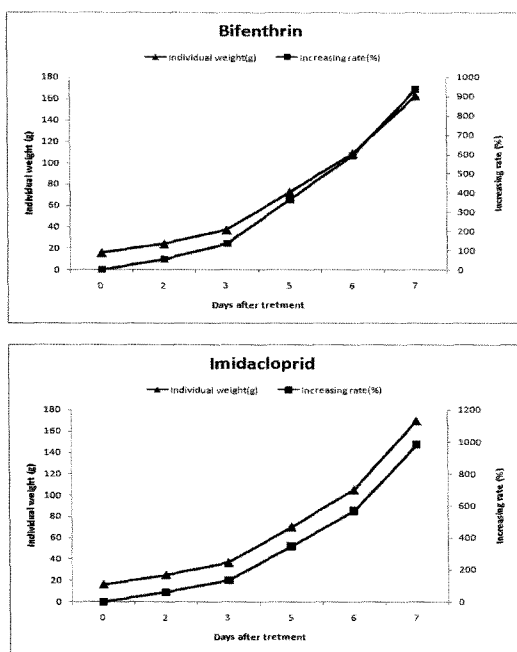


Fig. 1. Growth rate of squash during the experimental periods.

에 시료를 채취하여 잔류량을 계산한 결과 수확예정일인 농약살포 7일 후 시험농약의 소실율은 표 8과 같다. 호박에 살포한 두 약제의 경시적 잔류량의 변화는 약제간 다소 차이는 있으나 살포 후 시간이 지남에 따라 그 잔류수준은 빠른 속도로 감소하였다.

Bifenthrin과 imidacloprid의 초기 잔류량은 기준량에서 0.075과 0.194 mg kg⁻¹이었고 배량에서는 0.136와 0.257 mg kg⁻¹이었다. 수확예정일에서의 소실율(dissipation rate)은 bifenthrin의 경우 기준량과 배량 처리구에서 각각 92.54과 93.38%, 수확예정일의 농도는 MRL의 2.5와 4.5% 수준이었다. 또한, imidacloprid의 소실율은 기준량과 배량 처리구에서 각각 82.99와 75.09%이었으며, 수확예정일의 농도는 MRL의 6.6과 12.8% 이었다. 두 농약의 초기 잔류량은 모두 MRL 미만이었으며, 수확예정일에서의 농약 잔류량이 모두 MRL 이내이기 때문에 안전하다고 판단된다. 이는 김 등 (2007)의 pyrethroid계 살충제의 배추 중 잔류특성 연구에서 살포 직후 농도가 잔류허용기준 미만이었다는 연구 결과와 유사하였고, 김(2007a, 2007b)의 호박 및 호박잎 중 imidacloprid와 bifenthrin 수화제의 잔류분석 및 안전사용기준 설정 연구에서의 잔류량 결과와 유사하였다.

잔류농약의 생물학적 반감기

호박에 살포한 시험농약의 소실곡선식과 생물학적 반감기는 표 9에, 소실곡선은 그림 2에 제시한 바와 같이 반감기는 시험약제 모두 3일 이내였다.

Bifenthrin의 소실곡선식은 기준량과 배량 시험구에서 각각 $y = 0.0682e^{-0.395x}$ ($r=0.99$)와 $y = 0.14e^{-0.295x}$ ($r=0.86$)이었으며, 소실곡선식에 의한 반감기는 기준량과 배량 처리구에서 각각 1.8일과 1.5일이었다.

Imidacloprid의 소실곡선식은 기준량과 배량 시험구에서

Table 8. Dissipation rates of the pesticide residues in squash 7 days of the prearranged harvest after spraying

Pesticide	Application dose	MRL ^{a)} (mg kg ⁻¹)	Initial concentration (mg kg ⁻¹)	Concentration at harvest (mg kg ⁻¹)	% MRL ^{b)} at harvest (%)	Dissipation ^{c)} (%)
Bifenthrin	Recommended	0.2	0.067	0.005	2.5	92.54
	Double		0.136	0.009	4.5	93.38
Imidacloprid	Recommended	0.5	0.194	0.033	6.6	82.99
	Double		0.257	0.064	12.8	75.09

^{a)}Maximum residue limit.

^{b)}Calculated from the equation, (concentration at harvest/MRL)×100.

^{c)}Calculated from the equation, (C₀ - C₇)×100/C₀

(C₀ : concentration at day 0, C₇ : concentration at harvest).

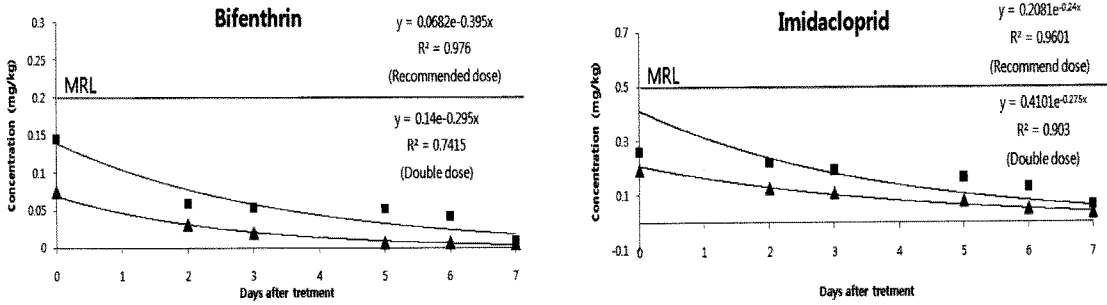


Fig. 2. Dissipation of bifenthrin and imidacloprid in squash under greenhouse conditions.

Table 9. Regression curves and biological half-lives of the pesticides in squash under greenhouse conditions

Pesticide	Application dose	Regression curve ^{a)}		Half-life (day)
		Equation	r	
Bifenthrin	Recommended	$y = 0.0682e^{-0.395x}$	0.9878	1.8
	Double	$y = 0.14e^{-0.295x}$	0.8611	1.5
Imidacloprid	Recommended	$y = 0.208e^{-0.240x}$	0.9794	2.9
	Double	$y = 0.410e^{-0.275x}$	0.9877	2.5

^{a)}Based on the first-order kinetics.

Table 10. DT₅₀, DT₇₅, and DT₉₀ of the pesticides in squash under greenhouse conditions

Pesticide	Application dose	DT ₅₀ ^{a)}	DT ₇₅ ^{b)}	DT ₉₀ ^{c)}
Bifenthrin	Recommended	1.8	3.5	5.8
	Double	1.5	3.1	5.1
Imidacloprid	Recommended	2.9	5.8	9.6
	Double	2.5	5.0	7.6

^{a)}Time for 50% loss.

^{b)}Time for 75% loss.

^{c)}Time for 90% loss.

각각 $y = 0.208e^{-0.240x}$ ($r=0.98$)와 $y = 0.410e^{-0.275x}$ ($r=0.99$)이었으며, 반감기는 기준량과 배량 시험구에서 각각 2.9일과 2.5일이었다. Bifenthrin과 imidacloprid 모두 토양 및 환경 중 반감기가 짧은 것을 확인할 수 있었다(Tomlin, 2003). 이는 두 시험약제의 시간에 따른 분해와 더불어 작물의 생육에 따른 희석효과 등으로 반감기가 짧아진 것으로 생각되었다(김 등, 2007, 윤 등, 2008).

잔류농약 분석결과로부터 얻은 소실곡선식을 이용하여 시험농약의 DT₅₀, DT₇₅ 및 DT₉₀을 산출한 결과는 표 10에 나타난 것과 같이 살포된 농약이 75와 90%가 분해되는데 걸린 기간은 3-6일이었다. 또한, bifenthrin과 imidacloprid의 초기잔류량은 모두 MRL 미만 이었다. 결과적으로 농약의 안전 사용기준에 따라서 시험 약제를 살포할 경우 약 3일안에 50% 이상 분해되었다. 이상의 결과를 이용하면 출하 전에 분석하

여 얻은 잔류량으로부터 출하시 예상되는 잔류량을 실용적으로 산출할 수 있고 작물의 출하시기를 결정하는데 도움이 될 수 있을 것으로 생각되었다.

잔류농약의 ADI대비 식이섭취율

호박에 대한 시험농약의 식이섭취량인 EDI(estimated daily intake)와 일일섭취허용량(ADI)을 기준으로 산출한 식이섭취율은 표 11에 제시하였다.

Bifenthrin의 ADI 대비 EDI 비율은 시료채취 초기에 기준량살포구와 배량살포구에서 각각 5.02, 9.23%이었으며, 수확예정일에는 각각 0.32, 0.57%이었다. Imidacloprid의 경우는 시료채취 초기에 기준량 살포구와 배량 살포구에서 각각 0.08, 0.1%이었고 수확예정일에는 각각 0.01, 0.03%이었다. Bifenthrin과 imidacloprid는 수확예정일에 ADI대비

Table 11. Estimated daily intake of the pesticides by intake of squash

Pesticide	Application dose	DAS ^{a)}	MRL ^{b)} (mg kg ⁻¹)	Residue (mg kg ⁻¹)	EDI ^{c)} (mg kg ⁻¹)	ADI ^{d)} (mg/day/man)	%ADI ^{e)}
Bifenthrin	Recommended	0	0.2	0.079	0.0010	1.1	5.02
		7		0.005	0.0001		0.32
	Double	0		0.145	0.0018		9.23
		7		0.009	0.0001		0.57
Imidacloprid	Recommended	0	0.5	0.193	0.0025	3.14	0.08
		7		0.033	0.0004		0.01
	Double	0		0.260	0.0033		0.10
		7		0.064	0.0008		0.03

^{a)}Days after spraying.

^{b)}Maximum residue limit.

^{c)}EDI(estimated daily intake, mg/day/man) = Residual concentration(mg kg⁻¹) × 12.73 g.

^{d)}ADI × 55 kg (average Korean body weight).

^{e)}%ADI = (EDI/ADI) × 100.

EDI 비율이 모두 0.6% 미만으로 안전한 것으로 평가되었다.

감사의 글

이 연구는 2009년 국립농산물품질관리원의 생산단계 농산물의 잔류농약 허용기준 설정 연구의 연구비 지원으로 수행된 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

>> 인 / 용 / 문 / 헌

Kim, Y.S., Park, J.H., Park, J.W., Lee, Y.D., Lee, K.S. and Kim, J.E. (2002) Persistence and dislodgeable of chlorpyrifos and procymidone in lettuce leaves under greenhouse condition. *Korean J. Environ. Agri.* 21(2), 149~155.

Tomlin, C. D. S. (2003) In the Pesticide Manual (13th), British Crop Protection Council, UK, pp. 88~89, pp. 562~564.

고광용, 이용재, 원동준, 박혜진, 이규승 (2002) 들깨잎의 재배 및 저장기간중 Procymidone 및 Bifenthrin의 잔류량변화. *한국환경농학회지*. 22(1):47~52.

고광용, 김급희, 이규승 (2004) 포도의 재배 및 저장기간 중의 Procymidone 및 Chlorothalonil의 잔류량변화. *한국환경농학회지*. 23(1):47~51.

국립농산물품질관리원 (2009) 2008 농산물 안전성조사 결과보고서.

김대규, 김주광, 이은영, 박인영, 노현호, 박영순, 김태화, 진중우, 김광일, 윤상순, 오상균, 경기성 (2007) Pyrethroid계 살충제의 배추 중 잔류특성. *농약과학회지*. 11(3):154~163.

김성수, 이상민, 구민영, 박동식, 허장현 (2003) 목초 중 Methoxyfenozide

와 Etofenprox의 잔류 분석 및 안전성 평가. *농업과학연구* 14:59~66.

김영숙, 박주향, 박종우, 이영득, 이규승, 김장익 (2003) Chlorpyrifos 및 Chlorothalonil의 사과 생산단계별 잔류특성. *한국환경농학회지* 22(2):130~136.

김정환 (2007) 식품과 농약(1) 농약 중요성과 종류, 식품과 농약, 한국식품위생안전성학회 2(1):48~52.

김종길, 김성수, 함현주, 박동식, 허장현 (2007a) 호박 및 호박잎 중 Imidacloprid 8% 수화제의 잔류분석 및 안전사용기준 설정. *강원대학교 농업과학연구소 논문집* 18:13~17.

김종길, 김성수, 이경희, 박홍열, 박동식, 허장현 (2007b) 호박 및 호박잎 중 Bifenthrin 2% 수화제의 잔류분석 및 안전사용기준 설정. *강원대학교 농업과학연구소 논문집* 18:7~11.

농촌진흥청 국립원예특작과학원 (2004) 작물별재배기술.

박동식, 성기용, 최규일, 허장현 (2005) Kinetic models에 의한 딸기 중 농약의 생물학적 반감기 비교와 생산단계잔류허용기준 설정. *한국농약과학회지* 9(3):231~236.

식품의약품안전청 (2006) 국민건강영양조사보고서.

식품의약품안전청 (2008) 식품의 농약 잔류허용기준. p.50, p.63.

양재의, 박동식, 한대성 (1995) 포장조건에서 Kinetic Models로부터 산출한 Benfuresate 및 Oxolinic acid의 토양 중 반감기 비교평가. *한국환경농학회지* 14(3):302~311.

윤상순, 심석일, 김광일, 안명수, 윤택환, 김윤정, 황효선, 진중우, 한상국, 오상균, 신중호, 진용덕, 이은영, 경기성 (2008) 상추 중 Lambda-cyhalothrin과 Deltamethrin의 잔류 특성. *농약과학회지* 12(2):148~154.

이서래, 이미경, 김남형 (1995) 한국인에 의한 농약의 이론적 최대 섭취량 및 안전지표의 산정. *한국식품과학회지* 27(4):618~624.

이용재, 고광용, 원동준, 길근환, 이규승 (2003) 복숭아의 재배 및 저장기간 중 Procymidone, Chlorpyrifos 및 Cypermethrine의 잔류량 변화. *한국환경농학회지* 22:220~226.

이은영, 노현호, 박영순, 강경원, 김주광, 진용덕, 윤상순, 진중우, 한상국, 경기성 (2009) Etofenprox와 Methoxyfenozide의 배추

중 잔류특성. 농약과학회지 13(1):13~20.
이제봉, 신진섭, 박연기, 유아선, 홍순성, 임진재, 강규영 (2007) 국
내등록농약의 일일섭취허용량(ADI) 설정. 한국농약과학회지
11(4):289~298.

이종화, 박희원, 금영수, 권찬혁, 이영득, 김정환 (2008) 시설 내 오이 재
배 중 살균제 Boscalid의 잔류특성. 농약과학회지. 12(1):67~73.
한국작물보호협회 (2009) 농약사용지침서. 삼정인쇄공사, p. 460.

Bifenthrin과 Imidacloprid의 호박 중 잔류특성

이은영 · 노현호 · 박영순 · 강경원 · 이광현 · 이재윤 · 박효경 · 윤상순¹ · 진중우¹ · 한상국¹ · 경기성*

충북대학교 농업생명환경대학 응용생명환경학부, ¹국립농산물관질관리원 충북지원

요 약 현재 우리나라 호박에 등록되어 사용하고 있는 살균제인 bifenthrin과 imidacloprid를 시설재배지에 살포한 후 생
물학적 소실곡선식을 이용하여 수확 전 약제살포 후 경과일수별 잔류량을 예측하였다. 두 시험 농약의 검출한계는 0.005
mg kg⁻¹이었고, 분석법의 회수율은 bifenthrin와 imidacloprid에서 각각 100.87-104.31%, 79.71-92.54%이었다. 시험농약
의 반감기는 기준량 처리구에서 bifenthrin과 imidacloprid에서 각각 1.8일, 1.5일 이었고, 배량 처리구에서는 각각 2.9일,
2.5일 이었다. 시험농약의 약제 살포직후 농도는 잔류허용기준 미만이었으며, 수확예정일의 잔류량으로 산출한 시험농약의
ADI 대비 EDI의 비율은 기준량과 배량 처리구에서 모두 0.6% 미만으로 안전한 것으로 평가되었다.

색인어 Bifenthrin, Imidacloprid, 농약 잔류, 호박