

살포량 감소에 의한 살충제 Acetamipride의 작물 부착량과 나방류 방제효과

김영신 · 장지웅 · 진나영¹ · 유용만¹ · 윤영남¹ · 임치환*

충남대학교 농업생명과학대학 생물환경화학학과, ¹충남대학교 농업생명과학대학 응용생물학과

Adhesion Amount of Acetamipride on Plant and the Pest Control Effect According to the Reduced Application Amount

Young-Shin Kim, Ji-Woong Jang, Na-Young Jin¹, Yong-Man Yu¹, Young-Nam Youn¹ and Chi-Hwan Lim*

Department of Bio Environmental Chemistry, College of Agricultural and Life Science,
Chungnam National University, Daejeon 305-764, South Korea

¹Department of Applied Biology, College of Agricultural and Life Science, Chungnam National University,
Daejeon 305-764, South Korea

(Received on August 22, 2015. Revised on September 14, 2015. Accepted on September 17, 2015)

Abstract This study was conducted to obtain basic data for deriving the appropriate application amount of insecticide for effective pest control. We have investigated the correlation among the application amount of insecticide, the adhesion amount of active ingredient and the pest control effect. The linear standard curve of acetamiprid was $R^2 = 0.9994$, and the scope of the recovery factor was between 71% and 93% with less than 6% of the coefficient of variation. During the test conducted in 2015, the application amount was reduced to 302 L/10a which was 70 L less than the previous year and the spraying pressure was reduced as well. After analyzing the adhesion amount of active ingredient, it was found that a correlation coefficient of adhesion amount of the active ingredients became lower from 82% to 69%, that indicated insecticide liquid was evenly distributed compared to 2014. Also more than 95% of control effect was displayed, thereby indicating that there is a close relation with the correlation coefficient of the adhesion amount of active ingredient. It also presented that the adhesion amount of active ingredient on the ground was 2.2 times more than that on the leaves of apple trees.

Key words acetamiprid, adhesion amount, Apple leaf-miner, application amount, oriental fruit moth

서 론

현재 우리나라의 사과나무재배 면적은 꾸준히 증가하고 있으며 가격 또한 지속적으로 상승하여 다른 과종에 비해 높게 형성되어 있어 많은 농가들이 사과재배에 도전하고 있는 추세이다(통계청, <http://kostat.go.kr>). 사과나무는 다른 과수와 마찬가지로 적절한 방제시기를 놓칠 경우 병해충 피해가 크기 때문에 농약사용이 많아 1990년대까지는 년 평균 15~20회로 높은 관행방제가 이루어졌으나, 1992년 국제환

경회의에서 합의한 리오선언에 따라 농약사용을 50%이상 절감하는 방안을 마련하게 되었다. 우리나라에서는 사과원의 농약사용 절감과 방제효율을 높이는 방제체계 연구의 성과로 2000년도에 평균 8~10회로 감소된 방제체계에 대한 보고서가 발표되었다(Uhm et al., 2004). 그럼에도 불구하고 한국에서의 농약 살포량은 IPM(병충해 종합관리)체계가 정착되어 있는 국가들에 비해 평균 5배 이상 많은 양이 살포되고 있다고 보고되었다(FAO 2013, Jang et al., 2015). 이는 살포횟수 감소와는 달리 살포 물량에 있어서는 줄지 않았음을 의미하며, 흘러내릴 정도로 살포하여야 한다는 농약 사용지침서의 표기와 많이 살포할수록 방제효과가 높을 것이라는 농민의 의식과 무관하지 않은 것으로 보여 진다.

*Corresponding author
E-mail: chlim@cnu.ac.kr

Table 1. Spraying status of pesticide

	2014	2015
Insect pests	Oriental fruit moth (<i>Grapholita molesta</i>), Apple leaf-miner (<i>Phyllonorycter ringoniella</i>)	
Insecticide (a.i. %)	Acetamiprid (8%)	
SS sprayer	Low 2nd-3rd level	Low 2nd level
Spraying pressure	2,000 rpm, 20 bar	1,700-1,800 rpm, 20 bar
Application amount per 10a/spraying time per 10a	372 L/18 min	302 L/18 min

2007년 사과재배 농민들에 대한 설문조사에서도 병충해의 방제효과가 미흡한 원인으로 살포물량 부족으로 생각한다는 응답이 가장 많은 것으로 조사되어진 보고서도 이를 방증하고 있다(Lee et al., 2007). 위의 조사에서처럼 방제효과를 증진시키기 위해 농약의 과량 살포가 관행적으로 이루어지고 있는 점과 현재 적정살포 물량의 기준이 모호한 점이 외국에 비해 높은 농약 살포량을 나타내는 원인으로 보여진다.

최근 GAP(good agricultural practices)제도가 확대 추진됨에 따라 적절한 농산물 관리가 요구되고 있으며 지속적으로 저농약 방제체계로의 변환이 이루어지고 있다(MFAFF 2011, Jang et al., 2015). 외국의 경우 사과원 병충해 방제를 위해 방제방법, 방제시기 및 노즐개선을 통하여 살포물량을 지속적으로 줄이고 있다. 이는 살포물량이 줄어들어 따라 노동력이 경감하고 약액의 낭비를 막을 수 있으며, 더불어 환경오염을 막아 친환경 농산물의 생산기반을 조성할 수 있기 때문이다. 농약의 과다 살포로 인하여 많은 약제가 농장 토양에 떨어지거나 비산되어 낭비될 뿐만 아니라 환경오염을 증가시키는 원인이 된다. 현재 우리나라 사과원은 살포 횟수는 많이 경감하였으나 10a당 살포물량이 300 L 이상인 농가가 전체 조사 농가의 70%를 상회하며 평균 살포량은 약 445 L이었다(2014년 농촌 진흥청의 설문조사, 미발표). 이는 유럽 농가의 10a당 평균 200~300 L인 살포량에 비하면 현저히 높은 수준이다. 농약 살포량이 많다고 해서 유효성분의 부착량이 증가하고 병해충 방제효율이 비례적으로 높아지는 것이 아니기 때문에, 살포시 토양흡착 및 비산 등으로 인하여 소실되는 약량을 줄여 적정물량의 농약이 고르게 부착될 수 있도록 하는 것이 더욱 중요하다 할 수 있다. 그러나 현재까지 살포물량에 따른 부착량과 병충해 방제효과와의 상관관계에 대한 연구가 미비하며, 적정 살포물량에 대한 기준도 마련되어 있지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 농약 사용량을 줄이고 환경 및 농약 사용자의 안전을 고려하며 효율적으로 해충을 방제할 수 있는 적정 살포물량을 도출하는 연구기반을 마련하고자, 살포량과 유효성분의 부착량, 해충 방제효과와의 상관관계를 분석하여 보고하고자 한다.

재료 및 방법

시험약제 및 시험포장

본 연구에 사용한 농약은 acetamiprid 8% 수화제(상표명: 모스피란)이었다. 약제 살포와 해충 발생 조사는 충남 공주군 신평면에 위치한 1.5 ha의 포장에 식재된 7년생과 18년생으로 이루어진 사과농장과 충남 예산군 신양면 연리와 대덕리에 위치해 있으며 수령이 3~7년으로 평지에 저수고의 나무로 이루어진 두 곳의 사과원에서 실시하였다. 약제는 SS 분무기(HTI-5004WSII, Hansung T&I Co., Ltd, Korea)를 이용하여 2014년과 2015년에 각각 살포량을 달리하여 살포하였다(Table 1). 사과원 전체에 일정거리를 두고 12곳의 장소를 선정하여 실험대상 나무를 정하고 한 그루당 6장의 patch를 설치하여 농약살포 후 수거하여 유효성분의 부착량을 분석하고 분포도를 조사하였다. 나방류의 성페로몬 트랩은 한 과수원당 한 개씩 중간위치에 1.5 m 높이로 설치하고, 약제를 살포하기 15일 전부터 60일 동안 트랩에 포획된 나방수를 주기적으로 조사하여 방제효과를 평가하였다. 끈끈이 교체주기는 약 14일이었으며 루어 교체주기는 30일이었다.

시약 및 기구

작물 부착량 농약분석에 사용한 약제는 acetamiprid 표준품(98.0%)으로 Waco chemical (Japan)사의 제품이었으며, HPLC 분석용 용매인 acetonitrile은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)제품이었고 분석용 syringe filter (PTFE 0.45 µm/25 mm)는 Advantec (Japan)에서 구입하여 사용하였다. Shaker는 Vision scientific (Korea)사의 기기를 사용하였다. 농약 부착량을 평가하기 위해 사용한 patch는 두께가 1 mm인 α-cellulose를 가로 세로 10 cm의 크기로 잘라 알루미늄 호일로 뒷면을 덮고 알루미늄 종이 patch 포켓에 싸서 노출 표면적이 50 cm²가 되도록 제작하여 사용하였다(Choi et al., 2006, Kim et al., 2011). 본 연구에 사용한 acetamiprid의 화학구조 및 이화학적 특성은 Table 2와 같다. 또한 분석기기는 Shimadzu LC/MS-2020 (Japan)를 사용하였으며 상세한 분석 조건은 Table 3과 같다. 해충 포집을 위한 성페로몬 트랩은 그린아그로텍사의 페로몬트랩 set를 사용하였다.

분석 정량한계(LOQ) 측정과 재현성 검증

Acetamidprid (98%) 표준품 102 mg을 acetonitrile 100 mL에 녹여 1000 mgL⁻¹의 stock solution을 조제한 후 단계적으로 acetonitrile로 희석하여 0.01, 0.02, 0.04, 0.2, 0.4, 2.0, 4.0 mgL⁻¹의 standard solution을 조제하였다. 농약이 처리되지 않은 patch 한 장을 25 mL의 acetonitrile로 추출하여 PTFE syringe filter로 여과하고, 위의 standard solution과 각각 1:1 (v/v)로 혼합하여 matched standard를 조제하였다 (Kim et al., 2014). 각각의 농도가 0.005, 0.01, 0.02, 0.1, 0.2, 1.0, 2.0 mgL⁻¹로 조제된 matched standard를 2 µl씩 LC/MS에 주입하여 chromatogram상 signal과 noise 비율(S/N)이 10 이상인 농도를 LOQ로 정하였으며, LOQ와 10 LOQ를 각각 6회 반복 주입하여 분석한 다음, chromatogram상 머무름 시간, peak의 면적과 높이 값의 변이를 계산 검토하여 기기의 분석 재현성 및 안정성을 검증하였다(Kim et al., 2012).

Table 2. Uses and chemical properties of acetamidprid

Common name	Acetamidprid
Use	<i>Aphis, Spodoptera, Trialeurodes, Myzus, etc.</i>
Toxicology	LD ₅₀ for female rats 146 mg/kg
MRLs	0.1~20 mg/kg
Molecular weight	222.7

Chemical structure

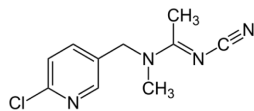


Table 3. LC/MS operating conditions for the analysis of acetamidprid

HPLC	Instrument	Hewlett Packard Series II 1090(USA)
	Column	Phenomenex, Kinetex 2.6 µm C18 100A, (100 mm × 4.6 mm)
	Oven Temp.	40°C
	Injection Volume	2 µl
	Run time	25 min
	Flow rate	0.2 mL/min
	Mobile phase	acetonitrile : water/ 40:60(v/v)
MS	Instrument	Shimadzu LC/MS-2020, Japan
	Tuning Mode	Auto
	Acquisition Mode	SIM (Positive)
		Ion Monitored 223 m/z
		Retention time 7.3 min
		Interface ESI
		Detector Voltage 1.30 kv
		Interface Voltage 4.50 kv
		DL temp. 250°C
		Heat block Temp. 200°C
	Nebulizing gas 1.5 L/min	
	Drying gas 15 L/min	

표준검량선 작성

Acetamidprid의 matched standard용액 0.005, 0.01, 0.02, 0.1, 0.2, 1.0, 2.0 mgL⁻¹을 2 µl씩 LC/MS에 주입 분석하여 표준검량선을 작성하였다.

Patch중의 acetamidprid 부착량 분석

Cellulose patch를 찢고 있는 알루미늄 호일과 포켓을 제거한 후 무게를 측정하고 각각의 patch를 500 mL용량의 glass jar에 신속히 담아 acetonitrile 50 mL를 첨가한 후 teflon cover로 밀봉하여 10°C에서 1시간 shaking하여 시료를 추출하였다. 각각의 추출물을 PTFE syringe filter로 여과하여 분석 시료로 사용하였다.

회수율 분석

Acetamidprid 표준용액을 LOQ, 10 LOQ 100 LOQ가 되게 cellulose patch에 처리하고 30분간 실온에서 방치하여 용매를 휘발시킨 후, 상기의 분석법과 동일한 추출 및 정제과정을 거쳐 분석하였다.

결과 및 고찰

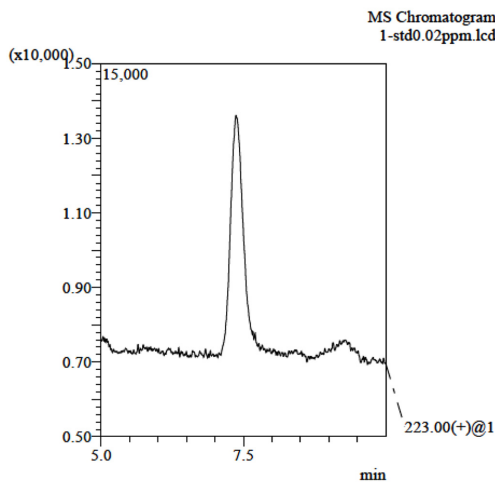
정량한계 측정 및 재현성 검증

Cellulose patch에 부착된 acetamidprid의 부착량을 분석한 결과, chromatogram상 S/N이 3 이상인 검출한계(LOD)는 0.01 ng이었으며, acetamidprid를 신뢰성 있게 정량할 수 있는 chromatogram상의 최소량인 정량 한계(LOQ)는 0.04 ng이었다(Fig. 1). 또한 분석의 재현성 검증시험으로 본 실험에서 측정된 LOQ와 10 LOQ를 연속으로 6회씩 분석한 결과,

Table 4. Reproducibility of analysis of acetaminprid

Level		Reproducibility	
		Average \pm S.D.	C.V. ^{a)}
LOQ (0.04 ng)	t_R	7.383 \pm 0.01	0.16
	Area	82552 \pm 1684.05	2.04
	Height	5276 \pm 52.56	1.00
10 LOQ	t_R	7.39 \pm 0.005	0.07
	Area	761684 \pm 7629.81	1.00
	Height	49580 \pm 380.60	0.77

^{a)}C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average \times 100

**Fig. 1.** Chromatogram of instrumental LOQ of acetaminprid.

머무름 시간(t_R), 피크면적(area), 피크높이(height)의 반복 분석간 변이 계수가 3%이하로 식품의약품안전처의 기준을 만족하여 재현성 있는 분석을 수행할 수 있는 분석방법으로 판단하였다(Table 4).

표준검량선의 직선성

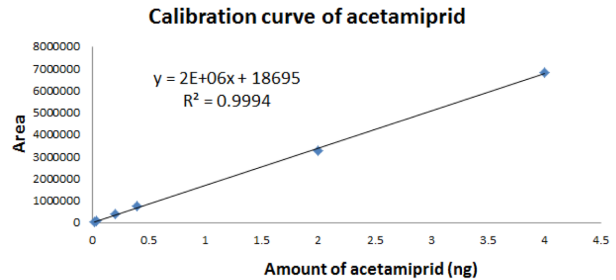
Acetaminprid matched standard의 검량선의 직선성은 $R^2 = 0.9994$ 로 우수하여 정량분석을 수행할 수 있음을 확인하였다(Fig. 2).

회수율

Patch에 흡착된 농약이 제대로 추출되어 회수되는지 검정하기 위해서 LOQ(0.02 mgL⁻¹), 10 LOQ(0.2 mgL⁻¹), 100 LOQ (2 mgL⁻¹)가 되도록 acetaminprid 표준용액을 patch에 처리하고 회수율을 측정하였다. 그 결과 추출효율은 모두 71~93%, 변이계수가 6% 이하로 patch에 흡착된 잔류농약 분석에 적합함을 확인하였다(Table 5).

살포 농약의 부착량 분포도와 방제효과

Acetaminprid의 부착량 분포도와 복숭아 순나방과 사과굴 나방의 방제효과와의 상관관계를 조사하기 위하여 충남 공주

**Fig. 2.** Calibration curve of acetaminprid.**Table 5.** Recovery of Acetaminprid from cellulose patch

Fortified Conc. (ppm)	Average \pm S.D.	C.V. ^{a)}
0.02	75.86 \pm 3.92	5.16
0.2	91.92 \pm 1.11	1.21
2.0	87.00 \pm 1.17	1.35

^{a)}C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average \times 100

의 사과원에 2014년과 2015년에 걸쳐 모스피란 수화제를 살포하였다. 이 사과원에서는 매년 4월 중순에 약제를 평균 372 L/10a살포하고 있었으나 2015년에는 약 70 L 감소된 302 L/10a를 살포하였다. 또한 동일한 SS 분무기를 사용하되 분무압을 하향 조절함으로써 살포 약액이 좀 더 고르게 분포될 수 있게 하였다. 사과원의 나무위치에 따른 acetaminprid의 부착량을 분석한 결과, 변이계수가 2014년에는 82%였으나 2015년도에는 69%로 낮게 조사되었다(Table 6). 또한 2014년도 실험 결과 나무 위치에 따른 유효성분의 최저 부착량은 1.6 μ g/50 cm²이었으나 2015년도에는 3.98 μ g/50 cm²로 2배 이상 높게 나타났다(Table 7). 이는 약제가 전년도에 비해 균일하게 분포되어 있음을 의미하며 방제효과도 95% 이상으로 만족한 결과를 얻을 수 있었다. 이는 노즐의 크기, 살포압력 등을 개선하여 부착량을 높이고 골고루 살포되게 함으로써 살포량을 현저히 줄일 수 있음을 알 수 있게 한다.

또한 평지에 위치해 있으며 수령이 3년에서 7년으로 저수고의 나무로 이루어진 충남 예산에 있는 다른 두 곳의 사과

Table 6. Adhesion amount of acetamiprid on apple trees in apple orchard of Kongju area, Korea

Pesticide	Year of experiment	Adhesion amount (µg/50 cm ²)	S.D.	Coefficient of variation (%)	Effect of pest control (%)
Acetamiprid	2015	28.66	± 19.68	69	oriental fruit moth > 95 Apple leaf-miner > 95
	2014	89.14	± 73.51	82	oriental fruit moth 100 Apple leaf-miner 100

Table 7. Comparison of adhesion amount of acetamiprid on apple trees

Location (Year of experiment)		Kongju (2014)	Kongju (2015)	Yesan 1 (2015)	Yesan 2 (2015)
Adhesion amount of acetamiprid (µg/50 cm ²)	Lowest	1.67	3.98	15.41	16.86
	Highest	252.88	58.96	66.61	73.81

Table 8. Adhesion amount of acetamiprid on apple trees in apple orchard of Yesan area, Korea

Pesticide	Location of experiment	Adhesion amount (µg/50 cm ²)	S.D.	Coefficient of variation (%)	Effect of pest control (%)
Acetamiprid	Yesan 1	41.61	± 19.16	46	oriental fruit moth > 95
	Yesan 2	33.52	± 18.33	55	oriental fruit moth > 95

원을 조사하여 공주 사과원의 결과와 비교·분석하였다. 이곳의 평균 살포량은 360 L/10a로 공주 사과원보다 적은 양의 농약을 살포하고 있었으며, 나무위치에 따른 유효성분 부착량의 상관계수는 평균 50%로 공주의 사과원에 비해 균일하게 살포되고 있는 것으로 나타났다(Table 8). 이는 사과원이 평지에 위치하여 약제 살포가 용이하며, 저수고 밀식 재배인 점 그리고 공주지역 사과원의 부착량과 비교해 볼 때 현재보다 살포량을 줄여도 해충 방제효과에는 영향을 미치지 않을 수 있음을 예측할 수 있었다.

본 실험을 통하여 서로 다른 지형과 수령의 사과원 세 곳에서 농약 살포량과 부착량의 분포도 및 해충 방제가를 비교한 결과, 한국에서의 사과원 평균 농약 살포량 400 L/10a는 과량임을 명확히 알 수 있었으며, 분무조건과 살포방법 등을 개선한다면 유럽에서의 평균 살포량에 근접한 수준까지 낮출 수 있음을 예측할 수 있었다.

또한 사과원 토양에 떨어지는 유효성분의 부착량을 분석한 결과, 과수에 부착되는 양과 비교해 2.2배까지 높은 분석치를 나타내었다(Fig. 3). 효과적인 해충방제를 위해서는 적절한 양의 농약살포가 중요하며 과다 살포한다고 해서 방제효과가 비례적으로 증가하지 않는다는 것을 알 수 있었으며, 농약의 과다살포는 토양 또는 하천으로 유입되는 양을 증가시켜 환경오염을 유발시킬 수 있으며 또한 살포자의 농약노출 기회를 증가시키고 생산단가 상승의 원인이 되므로 이를 개선하기 위해서는 적정 살포물량 및 살포방법의 기준설정이 시급해 보인다. 앞으로 본 실험을 기초로 좀 더 다양한 살포 물량과 살포방법 개선연구가 수반되어야 할 것으로 보여 진다.

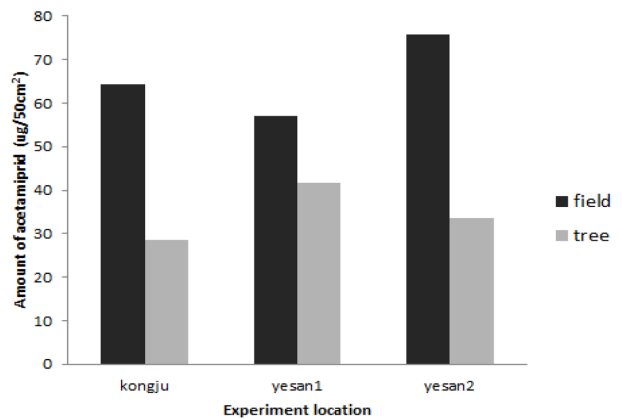


Fig. 3. Comparison of adhesion amount of acetamiprid on apple tree and field in the apple orchard.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 PJ010043)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 이에 감사드립니다.

Literature Cited

Choi, H., J. K. Moon, K. H. Liu, H. W. Park, Y. B. Ihm, B. S. Park and J.H. Kim (2006) Risk assessment of human exposure to cypermethrin during treatment of mandarin fields. Archives of environmental contamination and toxicology 50(3):437-442.

FAO (Food and Agriculture Organization) (2013) FAO Statistical Yearbook 2013 World Food and Agriculture. Rome, Italy.

- Jang, I., H. M. Kim, S. W. Lee, K. H. Choi and S. J. Suh (2015) Analysis of Pesticide Applications on Apple Orchards in Geochang, Korea. Korean J. Pestic. Sci. 19(2):93-100.
- Kim, E., H. Lee, H. Choi, J. K. Moon, S. S. Hong, M. Jeong, K. H. Park, H. Lee, A. X. Hua and J. H. Kim (2011) Method Validation for Monitoring of Agricultural Worker Exposure to Insecticide Fenthion. Kor. J. Pestic. Sci. 15(4):357-365.
- Kim, E., J. Lee, J. Sung, J. Lee, Y. Shin and J.H. Kim (2014) Exposure and Risk Assessment for Operator Exposure to Insecticide Acetamiprid during Water Melon Cultivation in Greenhouse using Whole Body Dosimetry. Kor. J. Pestic. Sci. 18(4):247-257.
- Kim, E., Y. J. Hwang, S. Kim, H. Lee, S. Hong, K.H. Park and J. H. Kim(2012) Operator exposure to indoxacarb wettable powder and water dispersible granule during mixing/loading and risk assessment. Korean J. Pestic. Sci. 16(4): 343-349.
- Lee, S. W., D. H. Lee, K. H. Choi and D. A. Kim (2007) A report on current management of major apple pests based on census data from farmers. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 25(3): 196-203.
- MFAFF (Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries) (2011) 2011~2015 3rd eco-friendly agriculture promotion by 5 year project. MFAFF. Seoul, Korea.
- Uhm, J. Y and S. W. Lee (2004) Effective control of apple diseases and pests with reduced use of chemicals. Apple Research Institute. Kyungpook National University.

살포량 감소에 의한 살충제 Acetamipride의 작물 부착량과 나방류 방제효과

김영신 · 장지웅 · 진나영¹ · 유용만¹ · 윤영남¹ · 임치환*

충남대학교 농업생명과학대학 생물환경화학과, ¹충남대학교 농업생명과학대학 응용생물학과

요약 본 연구는 농약 살포량과 유효성분의 부착량 그리고 해충방제 효과와의 상관관계를 조사하여 효율적 해충 방제를 위한 적정 농약 살포량을 도출하는 기초 자료를 얻고자 실시되었다. 시험약제의 유효성분인 acetamiprid의 표준검량선의 직선성 $R^2=0.9994$, 회수율 71~93%, 변이계수 6% 이하로 농약 잔류분석기준에 적합하였다. 2015년도 실험에서는 살포량을 전년도보다 70 L 감량한 302 L/10a로하고 살포압을 낮추어 살포한 후 유효성분의 부착량을 비교 분석한 결과, 부착량의 상관계수가 82%에서 69%로 낮게 조사되어 전년도에 비해 고르게 살포되었음을 알 수 있었다. 약제 살포량을 줄였음에도 해충에 대한 방제가가 95%이상 우수한 것으로 나타나, 유효성분 부착량의 상관계수와 밀접한 관계가 있는 것으로 보여 진다. 또한 사과원 토양 표면의 유효성분 부착량을 분석한 결과 과수에 부착되는 양과 비교해 2.2배까지 높게 부착되는 것으로 분석되었다.

색인어 acetamiprid, 부착량, 살포량, 복숭아 순나방, 사과굴나방