

으뜸애플노린재 성충에 대한 착색단고추에 등록된 농약의 저독성 및 잔류독성 평가

최병렬* · 박형만 · 김정환 · 이시우

농업과학기술원 농업해충과

Evaluation of Low Toxic and Residual Toxicity of Pesticides Registered on Sweet Pepper Greenhouse to *Orius strigicollis*

Byeong-Ryeol Choi*, Hyung-Man Park, Jeong-Hwan Kim and Si-Woo Lee

Applied Entomology Division, Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Research and Technology, Suwon Korea

ABSTRACT : For the development of integrated pest management system by harmonizing biological and chemical control, some experiments were carried out to select low toxic pesticides and to evaluate residual toxicity to natural enemies. Leaf dipping method and body dipping method were set up for evaluating toxicity to minute pirate bug, *Orius strigicollis* adult. We had tested 52 kinds of pesticides (33 insecticides, 19 fungicides) commonly used to control greenhouse insects, mites, and disease pests to natural enemies at the recommended concentration. Fourteen insecticides by body dipping method, 12 insecticides by leaf dipping method and 19 fungicides were selected as low toxic pesticides to *O. strigicollis* adult. After insecticide spraying at recommending dose on the sweet pepper plant, we examined residual effect of insecticides by introducing natural enemies on different days. Safety interval for introduction of *O. strigicollis* adult was established according to residual toxicity of pesticides. Safety insecticides at one day after treatment were pyraclofos, methomyl, thiodicarb, esfenvalerate bifenthrin, alpha-cypermethrin, etofenprox, fenvalerate, imidacloprid, acetamiprid, abamectin, emamectin benzoate, spinosad, indoxacarb. However, residual toxicity of neo-nicotinoids last up to 21 days to *O. strigicollis* adults.

KEY WORDS : Minute pirate bug, *Orius strigicollis*, Low toxic, Pesticide, Insecticide, Acaricide, Fungicide

초 록 : 화학적방제와 생물적방제를 상호보완적으로 사용하여 해충을 방제하기 위해 천적에 대한 저독성 약제와 천적의 안전방사시기를 설정하였다. 고추와 착색단고추에 등록되어 있는 52종(살충제 33종, 살균제 19종)의 살충·살균제를 총체침지처리법과 잎침지처리법으로 독성을 평가하였다. 살충제의 총체침지처리 후 애플노린재 성충에 대한 저독성약제는 milbemectin유제 등 14종이었으며, 잎침지처리법에 의한 저독성약제는 12종이었다. 처리한 살균제 19종은 모두 천적에 대해 저독성을 보였다. 약제살포 후 1일에 안전방사 가능한 약제는 pyraclofos, methomyl, thiodicarb, esfenvalerate bifenthrin, alpha-cypermethrin, etofenprox, fenvalerate, imidacloprid, acetamiprid, abamectin, emamectin benzoate, spinosad, indoxacarb 등 14종이었으며, 네오니코티노이드계 농약은 잔류독성이 길게 나타났다.

검색어 : 으뜸애플노린재, *Orius strigicollis*, 저독성, 살충제, 살균제, 살비제

*Corresponding author. E-mail: brchoi@rda.go.kr

착색단고추는 국내에서 '95년부터 본격적으로 재배되기 시작하였으며, 수출농산물로 각광받으면서 재배면적도 '99년에 31.8 ha이었지만 '05년에는 약 437 ha로 크게 증가되었다(농촌진흥청, 2006). 착색단고추 시설재배지에서는 인위적인 환경에 의한 고온과 다습으로 병해충의 발생이 많은데 주요해충으로는 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*), 목화진딧물(*Aphis gossypii*), 점박이응애(*Tetranychus urticae*), 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*), 온실가루이(*Trialetrodes vaporariorum*) 등이 발생되고 있다(농촌진흥청, 2006). 특히 점박이응애는 약제 방제횟수 증가로 인한 저항성계통 출현으로 방제에 많은 어려움을 겪고 있으며, 꽃노랑총채벌레는 작물재배기간 동안 꽃에 큰 피해를 주어 결국 과실의 상품가치를 떨어뜨릴 뿐만 아니라, 여러 바이러스를 매개하여 작물에 직·간접으로 피해를 준다(Bautista and Mau, 1994; Deangelis et al., 1994; German et al., 1992; Kumar et al., 1995). 이와 같이 피해가 크면서도 약제방제가 어려운 응애류, 총채벌레류에 대한 포식성 천적으로 노린재류, 이리응애류가 있다. 이 중 착색단고추 재배지에 발생되는 총채벌레에 대한 포식성천적으로 애꽃노린재류(*Orius* spp.)가 세계적으로 보고되고 있으며(Kim et al., 1999; Song et al., 2001; Kakimoto et al., 2003), 국내에는 애꽃노린재(*Orius sauteri*), 으뜸애꽃노린재(*Orius strigicollis*), 참뿔애꽃노린재(*Orius minutus*), 꽃지애꽃노린재(*Orius nagai*) 4종이 보고되었으며, 파프리카 시설재배지에서 으뜸애꽃노린재를 이용한 총채벌레 방제기술에 대한 연구가 활발하게 수행 중에 있다(Kim et al., 1997; Kim et al., 2001; Song et al., 1997). 이러한 유용한 천적을 선발하여 해충방제를 위해 사용하더라도 시설재배지 내에서는 한 작물에 발생하는 해충의 종이 다양하고, 해충의 밀도가 높아 천적에 의한 방제효과가 저조할 경우, 또한 시설 환경내에서 온·습도가 높아 발병요인으로 작용하므로 추가적으로 살충제를 사용하거나 살균제를 예방적으로 살포해야하므로, 약제를 완전히 배제한 상태에서 천적만으로 해충을 경제적 피해수준 이하로 유지시키기는 매우 어렵다. 또한 생물적 방제인자로서 이용되고 있는 포식성 및 기생성 천적들은 일반적으로 약제에 대해 매우 민감하다는 문제점이 있다(Hassan et al., 1985, 1994). 따라서 생물적 조절인자인 천적의 역할을 보다 증대시키기 위해 해충보다는 천적에 독성이 낮은 선택성 약제를 탐색하고 이용하여 천적과 해충의 밀도를 적정수준으로 조절해야 한다. 따라서 착색단고추에 발생하는 병해충을 효율적으로 방제하기 위해서 화학적 방제와 생물적방제를 상호보완적으로 사용하는 방제기술(Integrated pest management)을 개발하기 위해

(Greathead, 1995), 으뜸애꽃노린재에 대한 저독성 약제를 선발하고, 약제처리 후 작물에 잔류되어 있는 독성을 평가하여 천적의 안전방사시기를 설정하고자 본 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

천적에 대한 저독성약제 선발

실험천적

으뜸애꽃노린재(*O. strigicollis*)는 (주)세실에서 판매하는 상품(우리천적)을 사용 1일 전에 주문하여 저온저장고(7°C)에 보관하고, 생물검정을 위해 사용 3시간 전에 상온에 적응을 시켰다. 먹이는 줄알락명나방(*Cadra cautella*)의 알을 사용하였다. 실험실 조건은 온도 22-25°C, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50-60%로 하였다.

실험약제

실험에 사용한 약제는 고추와 착색단고추에 등록된 살비제 9종, 살충제 24종, 살균제 17종, 전착제 2종 등 52종의 농약 상품을 구입하여 사용시 추천농도로 희석하여 사용하였다. 저독성약제 선발시 약제영향 정도는 국제생물적방제기구(IOBC)에서 설정한 기준에 따라 실내시험에서 4단계로 나누어 ① 치사율이<30%는 영향이 없음, ② 31-80%는 약간 영향이 있고, ③ 81-99%는 영향이 많고, ④ >99%는 악영향이 있는 것으로 평가하였다(Battlett et al., 1994; Hassan et al., 1985).

생물검정법

총채침지법(body dipping method)

애꽃노린재 성충 30마리를 CO₂로 10초간 마취하고 망사(10×10 cm)로 싸서 추천농도로 희석된 약액에(200 ml 비이커)에 10초간 침지하고, 티슈를 이용하여 습기를 제거하였다. 처리된 성충은 붓으로 10마리씩 샬레(Ø 9 cm 샬레)에 0.1% agar를 넣고 그 위에 강낭콩 식물체를 줄기째 잘라 꺾꽂이 하여 넣음에 옮겨주고 먹이로 샬레당 줄알락명나방 알 200개씩을 넣었다. 처리된 페트리디쉬는 25±1°C, 상대습도 65±5%, 광주기 16 : 8 (L : D)로 조정된 항온실 내에 48시간 동안 보관하면서 24시간, 48시간 후의 살충율을 조사하였다. 모든 실험은 3반복으로 수행하였으며 반복당 30마리의 애꽃노린재 성충을 사용하였다.

저독성 평가는 IOBC 설정기준에 맞추어 분류하였다.

잎침지법(leaf dipping method)

잎침지법은 FAO (1982)에서 고안한 방법을 약간 변형하여 사용하였다. 약제 살포 없이 온실에서 재배한 정식 후 20일 된 오이잎을 T자형(5×5 cm)으로 잘라서 추천농도로 희석된 약액(200 ml 비이커)에 30초간 침지한 후 약 30분 동안 흡후드에서 음건하였다. 무처리는 증류수에 동일한 방법으로 처리하였다. 음건한 잎은 0.1% agar가 들어있는 페트리디쉬(Φ 9 cm × H 4.5 cm)에 넣고 애꽃노린재 성충을 10마리씩 접종하고, 먹이로 줄알락명나방 알 200개씩을 넣었다. 처리된 페트리디쉬는 온도, 25±1°C, 상대습도 65±5%, 광주기 16 : 8 (L : D)로 조정된 항온실 내에 48시간 동안 보관하면서 24시간, 48시간 후의 살충율을 조사하였다. 실험은 3반복으로 수행하였으며, 저독성 평가는 IOBC 설정기준에 맞추어 분류하였다.

잔류독성 평가

경엽살포 후 애꽃노린재에 대한 잔류독성 평가

애꽃노린재 성충에 대한 살충제의 잔류독성을 평가하기 위하여 실내에서 잎 침지처리 후 천적의 사충율이 31% 이상의 독성을 보이는 살충제와 살비제를 선발 후 사용하였다. 착색단고추(피에스타)는 1월 중순에 파종 후 4월 하순에 하우스(198 m²)에 정식하고 정식 후 30일이 경과된 후 선발된 약제를 추천농도로 희석하여 식물체에 분무기(20 l)를 이용하여 약액이 흘러내릴 정도로 충분히 살포하였다. 약제처리 후 각각 1, 3, 7, 14, 21, 28, 35일에 잎을 잘라 0.1% 아가가 들어 있는 콤팩트샤레(Φ 9 cm

× H 4.5 cm)에 넣고 잎 위에 줄알락명나방 알을 넣은 후 애꽃노린재 성충을 각 샤레당 10마리씩 접종하였다. 처리 후 1, 2, 3일에 사충율을 조사하였으며, 실험은 3반복으로 수행하였다. 조사된 데이터는 엑셀(Microsoft EXCEL ver 7.0, 2003)로 보정사충율(Abbott, 1925)을 구하여 잔류독성 평가에 의한 안전방사시기를 설정하였다.

양액처리 후 애꽃노린재에 대한 잔류독성 평가

착색단고추(피에스타) 양액재배지에 약제처리 후 애꽃노린재에 대한 잔류독성을 평가하기 위하여 살균제인 prochloraz manganese complex, thiophanate-methyl·trifluzole는 50,000배로 희석하여 양액에 첨가하였다. 약제처리 후 각각 1, 3, 7일에 잎을 잘라 0.1% agar가 들어 있는 콤팩트샤레(Φ 9 cm × H 4.5 cm)에 넣고 그 위에 먹이로 줄알락명나방 알을 넣은 후 애꽃노린재 성충을 각 샤레당 10마리씩 접종하였다. 처리 후 1, 2, 3일에 사충율을 조사하였으며 실험은 3반복으로 수행하였다. 조사된 데이터는 엑셀(Microsoft EXCEL ver 7.0, 2003)로 보정사충율을 구하여 잔류독성 평가에 의한 안전방사시기를 설정하였다.

결과 및 고찰

애꽃노린재에 대한 저독성 약제

고추에 등록된 11종의 살비제를 으뜸애꽃노린재 성충

Table 1. Classification of low toxic acaricides on mortality of *O. strigicollis* adult by body dipping and leaf dipping method

Pesticide	Corrected mortality (%)					
	Body dipping			Leaf dipping		
	IDAT	2DAT	Category	IDAT	2DAT	Category
Chlorfenapyr SC	9.8±8.4	17.3±9.1	1	6.3±3.2	2.6±1.4	1
Bifenazate SC	12.6±6.5	24.9±16.9	1	5.9±4.3	8.5±5.5	1
Flufenoxuron DC	15.8±3.3	15.9±2.4	1	12.0±6.3	9.4±6.2	1
Milbemectin EC	19.6±2.3	27.5±3.4	1	14.1±7.4	12.0±6.3	1
Pyridaben WP	36.0±8.1	39.8±11.9	2	3.4±0.1	15.3±6.7	1
Bifenthrin WP	36.1±5.4	40.3±6.6	2	36.1±2.1	65.3±5.7	2
Tebufenpyrad WP	41.1±8.0	54.5±14.9	2	12.4±9.7	11.7±7.3	1
Abamectin EC	71.2±7.8	74.0±6.7	2	66.0±10.7	87.0±10.0	3
Pyraclofos WP	97.9±2.1	97.8±2.2	3	100.0	100.0	4
Control	2.4±1.1	5.6±3.0		5.3±3.3	10.0±3.4	

* DC: dispersible concentrate, EC: emulsifiable concentrate, EW: emulsion in water, SC: suspension concentrate, SG: water soluble granule, SL: soluble concentrate, WG: water dispersible granule, WP: wettable powder

** Four evaluation categories (IOBC)

① harmless (○: mortality, 0~30%), ② slightly harmful (○: mortality, 30~80%)

③ Moderately harmful (△: mortality, 80~99%), ④ Harmful (×: mortality, 99~100%).

에 대한 독성을 평가한 결과는 table 1과 같다. 직접접촉에 의한 살충율을 평가하기 위한 총체침지처리에서 약제처리 후 2일차에 30%이하의 살충율을 보이는 살비제는 Chlorfenapyr SC, bifenthrin SC, flufenoxuron DC, milbemectin EC이였으며, 31~80%의 치사율을 보이는 살비제는 pyridaben WP, bifenthrin WP, tebufenpyrad WP, abamectin EC 이었다. 약제의 침투이행에 의한 독성을 평가할 수 있는 잎침지처리법에서는 chlorfenapyr SC, bifenthrin SC, flufenoxuron DC, milbemectin EC, pyridaben WP, tebufenpyrad WP등 대부분의 살비제가 저독성을 보였으나, pyraclofos WP는 100%의 치사율을 보여 고독성 약제로 평가 되었다.

실험한 대부분의 살비제는 총체침지처리보다 잎침지처리한 경우 독성이 더 낮았는데 이는 살비제의 특성이 직접 접촉에 의한 치사작용이 높기 때문인 것으로 판단된다.

또한 살비제의 으뜸애꽃노린재에 대한 독성은 살충제에 비하여 전반적으로 낮은 것으로 나타났으나, abamectin의 경우에는 총체침지처리나, 잎침지처리에서도 높은 독성을 보였는데, Paik (2001)은 abamectin의 으뜸애꽃노린재 성충에 대한 사충율이 26.7%로 저독성 약제로 평가하였는데, 이는 동일한 약제이지만 처리하는 방법과 실험곤충의 활성 등에 따라 약제에 대한 감수성의 차이에 의한 것으로 판단된다. 하지만 acequinocyl, bifenthrin, etoxazole, flufenoxuron 등은 약제처리 후 48시간에 사충율이 6.7% 미만으로 으뜸애꽃노린재에 대한 살비제의 영향은 낮은 것으로 보고하였다. 착색단고추에 등록된 살충제의 으뜸애꽃노린재에 대한 독성을 평가한 결과는 table 2와 같다. 총체침지처리에서 저독성(1등급: 30%이하 살충율)을 보이는 약제는 chlorfluazuron SC, acetamiprid WP, spinosad WG, diflubenzuron SC, methoxyfenozide WP, lufenuron

Table 2. Classification of low toxic insecticides on mortality of *O. strigicollis* adult by body dipping and leaf dipping method

Pesticide	Corrected mortality (%)					
	Body dipping			Leaf dipping		
	IDAT	2DAT	Category	IDAT	2DAT	Category
Chlorfluazuron SC	5.4±4.7	8.1±2.3	1	2.3±1.2	5.9±4.2	1
Acetamiprid WP	7.3±3.7	12.4±6.7	1	60.2±7.5	90.5±4.8	3
Diflubenzuron SC	8.5±6.3	8.7±4.5	1	8.7±3.2	6.9±1.5	1
Methoxyfenozide WP	9.7±10.0	9.9±9.1	1	8.2±4.3	6.4±3.5	1
Lufenuron EC	11.0±6.9	8.6±9.0	1	0.01±0.01	1.2±1.2	1
Spinosad WG	12.0±2.5	13.5±4.4	1	27.0±8.7	36.0±11.4	2
Pymetrozine WP	14.1±11.0	13.1±10.1	1	8.9±8.8	8.0±7.9	1
Indoxacarb WG	20.0±3.4	19.4±2.8	1	0.01±0.01	0.01±0.01	1
Imidacloprid WP	21.7±2.4	24.2±2.8	1	60.1±17.5	80.0±9.3	3
Pyriproxyfen EC	24.5±5.4	25.4±5.0	1	48.7±11.5	58.6±9.7	2
Thiamethoxam WG	25.6±4.3	61.2±17.7	2	94.4±3.7	100.0	4
Methomyl SL	34.7±5.0	41.4±6.1	2	98.9±1.1	98.8±1.3	3
Etofenprox EW	43.3±10.2	44.2±11.5	2	21.2±4.8	40.2±14.4	2
Chlorfenapyr·Bifenthrin WP	45.5±7.8	53.6±7.4	2	30.6±9.7	55.6±10.1	2
Emamectin benzoate EC	54.7±16.3	78.1±1.6	2	83.9±11.7	96.1±4.0	3
Clothianidin SC	68.7±6.9	75.7±7.7	2	83.0±6.5	98.9±1.1	3
Fenvalerate EC	80.2±12.7	79.3±13.5	2	23.3±15.8	56.1±5.6	2
Dinotefuran WG	94.4±4.1	94.4±4.1	3	96.9±1.7	98.8±1.3	3
Esfenvalerate EC	97.6±2.5	97.4±2.7	3	44.3±5.6	57.1±10.6	2
Alphathrin EC	98.8±1.3	98.7±1.3	3	78.7±4.0	89.7±5.4	3
Thiacloprid SC	98.9±1.1	98.8±1.2	3	72.8±15.2	75.6±13.8	2
Bifenthrin·Profenofos EC	98.9±1.1	98.8±1.2	3	68.3±11.9	86.3±5.5	3
Lambda-cyhalothrin WP	100.0	100.0	4	49.5±20.2	66.7±18.2	2
Indoxacarb SC	100.0	100.0	4	23.9±4.2	64.9±1.8	2
Control	2.4±1.1	5.6±3.0	-	5.3±3.3	10.0±3.4	-

EC, pymetrozine WP, indoxacarb WG, imidacloprid WP, pyriproxyfen EC이었으며, 31~80%의 살충율을 보이는 약제는 thiamethoxam WG, methomyl SL, etofenprox EW, chlorfenapyr·bifenthrin WP, emamectin benzoate EC, clothianidin SC, fenvalerate EC로 구분되었다. 81~99%의 살충율은 보이는 약제는 dinotefuran WG, esfenvalerate EC, alphathrin EC, thiacloprid SC, bifenthrin·profenofos EC이었으며, 100%의 치사율을 보이는 약제는 lambda-cyhalothrin WP, indoxacarb SC이었다. 잎침지처리에서 30%이하의 사충율을 보이는 약제로는 chlorfluazuron SC, diflubenzuron SC, methoxyfenozide WP, lufenuron EC, pymetrozine WP, indoxacarb WG로 대부분 곤충생장조절제이었으며, 31~80%의 살충율을 보이는 약제는 spinosadWG, pyriproxifen EC, etofenproxEW, chlorfenapyr·bifenthrin WP, thiacloprid SC, fenvalerate EC, esfenvalerate EC, lambda-cyhalothrin EC 등이었으며, 81~99%의 살충율은 보이는 약제는 clothianidin SC, dinotefuran WG, acetamiprid WP, imidacloprid WP, methomyl SL, emamectin benzoate EC, bifenthrin·profenofos EC이었으며, 100%의 치사율을 보이는 약제는 thiamethoxam WG이었다.

착색단고추에 등록된 대부분의 곤충생장조절제(chlorfluazuron, diflubenzuron, methoxyfenozide, lufenuron)는 으름애꽃노린재에 대한 총체침지처리와 잎침지처리에서 저독성을 보였는데 이는 곤충생장조절제의 작용기작이 곤충의 키틴합성을 저해하거나 곤충성장 호르몬에 관여하므로 성충에 대한 독성은 낮은 것으로 평가되었다(Pietrantonio & Benedict, 1999; Elzen, 2001). 반면 합성피레스로이드와 카바메이트계는 잎침지처리에서 애꽃노린재에 대해 독성이 높았는데, Elzen (2001)의 으름애꽃노린재에 대한 동일계통 약제의 독성평가에서 유사한 경향을 보고하였다. 진딧물 방제약제인 acetamiprid와 imidacloprid는 총체침지처리에서 저독성으로 평가되었으나, 잎침지처리에서는 독성이 높았는데 이는 네오니코티노이드계통의 농약은 침투이행성이 높고 식물체내 잔류기간이 긴 특성을 가지고 있기 때문인 것으로 판단된다(Horowitz et al., 1998). 또한 으름애꽃노린재는 총체내 수분유지를 위해 식물체를 흡즙하기 때문에 약액이 이행되어 있는 식물체의 즙액을 흡즙하였을 경우 치사율이 높은 것으로 추측된다(Lee, 1997). Paik (2001)은 잎침지처리에 의한 독성평가에서 emamectin benzoate, imidacloprid, thiamethoxam이 70% 이상의 독성을 보인다고 보고하여 본 실험과 비슷한 결과를 보였다.

곤충의 신경세포의 나트륨 전달을 차단함으로써 해충을

치사시키는 indoxacarb WG에 애꽃노린재를 침지처리한 결과 20%의 사충율을 보였는데, Studebaker & Kring (2003)도 indoxacarb WG를 애꽃노린재에 처리한 결과 독성이 낮았다고 보고하였다. 반면, indoxacarb WG와 indoxacarb SC를 총체침지처리 하였을 경우 치사율이 각각 20, 100%로 나타났는데 이는 농약 제형에 따라 사용하는 보조제 차이에 의한 것으로 추측된다. 총체별레 방제약제인 spinosad에 애꽃노린재를 침지처리(직접접촉) 하였을 경우 약제처리 후 48시간에 사충율은 13.5%로 접촉에 의한 독성은 낮은 것으로 보아 포장에서 분무살포시 직접 접촉 되었을 경우 천적의 밀도에는 영향이 적을 것으로 생각되며, 잎침지처리 후 애꽃노린재에 대한 치사율은 약제처리 후 48시간에 36%로 2등급 독성을 보였는데 이는 천적에 대한 농약독성 평가에서 실내실험실 조건보다 포장에서 독성이 낮게 나타나므로(Hassan et al., 1994) 시설재배지내 약제살포 후 천적에 대한 영향은 적을 것으로 판단되었다.

으름애꽃노린재 성충에 대해 착색단고추에 등록된 살균제 17종과 전착제 2종의 독성을 조사한 결과(Table 3), 처리한 살균제는 애꽃노린재에 대해 30% 이하의 치사율을 보여 독성이 낮은 약제로 판명되었다. 주로 약제의 부착율과 확산을 증대하기 위해 사용하는 전착제 2종도 으름애꽃노린재 성충에 대해 독성이 낮았다. Paik (2001)과 Yasunaga (1993)도 으름애꽃노린재에 대한 살균제의 독성은 살충제에 비하여 현저히 낮았다고 보고하였다. 착색단고추 재배지에 고온과 다습에 의해 발생하는 병 방제를 위해 사용하는 살균제는 으름애꽃노린재에 독성이 낮아 상호보완적으로 이용 가능성이 높을 것으로 판단된다.

애꽃노린재에 대한 잔류독성

경엽살포 후 애꽃노린재에 대한 잔류독성 평가

시설재배 착색단고추에 발생하는 해충을 방제하기 위해 사용하는 농약을 식물체 경엽살포 후 애꽃노린재 성충의 안전방사시기를 설정한 결과는 table 4와 같다.

파프리카에 추천농도로 경엽살포 후 1일에 애꽃노린재 성충을 방사하여 30% 이하의 사충율을 보이는 약제는 pyraclofos, methomyl, thiodicarb, esfenvalerate bifenthrin, alpha-cypermethrin, etofenprox, fenvalerate, imidacloprid, acetamiprid, abamectin, emamectin benzoate, spinosad, indoxacarb chlorfenapyr·bifenthrin 등이었으며, 3일차에 안전한 약제는 bifenthrin·profenofos 혼합제로 보정사충율은 3.3%이었다. 네오니코티노이드 중 thiacloprid는 14

Table 3. Classification of low toxic fungicides on mortality of *O. strigicollis* adult by body dipping and leaf dipping method

Fungicide	Corrected mortality (%)			Category
	1DAT	2DAT	3DAT	
Azoxystrobin SC	0.1±2.1	4.3±2.3	7.5±0.7	1
Copper hydroxide WP	0.1±0.1	1.2±1.3	3.7±3.8	1
Procymidone WP	0.5±3.4	9.1±6.5	5.9±6.9	1
Dichlofluanid WP	1.4±1.0	2.3±1.2	10.2±3.0	1
Trifoxystrobin WP	2.0±4.7	3.2±3.5	1.6±1.1	1
Spreader-sticker SL	3.5±0.1	2.4±1.2	1.3±1.3	1
Oxadixyl propineb WP	3.7±2.2	7.1±5.5	12.1±1.5	1
Kasugamycin WP	4.6±3.0	3.1±4.8	2.6±2.5	1
Polyoxin B SG	4.7±3.0	15.1±3.6	15.4±2.0	1
Thiophanate-methyl·Sulfur SC	5.1±2.6	1.6±2.7	7.7±5.9	1
Dimethomorph·Copper hydroxide WP	5.6±1.0	1.7±3.5	4.3±1.8	1
Tebuconazole EC	9.4±1.6	8.2±4.7	12.0±6.6	1
Dimethomorph WP	10.9±2.0	5.1±1.1	0.8±4.3	1
Propamocarb hydrochloride SL	11.2±9.3	15.5±2.4	14.3±7.3	1
Carbendazim·Kasugamycin WP	11.5±2.8	11.9±6.6	8.4±6.9	1
Ethaboxam WP	12.5±8.3	12.9±8.7	7.6±8.0	1
Tribasic copper sulfate SC	15.0±6.0	16.4±4.9	13.5±5.2	1
Diethofencarb·Carbendazim WP	15.4±6.5	15.3±5.9	16.4±9.4	1
Ethaboxam·Methalaxyl WP	16.8±4.9	17.5±1.4	16.1±3.6	1
Control	4.4±1.1	7.8±1.1	13.3±3.3	-

Table 4. Safety introduction time of *O. strigicollis* on sweet pepper treated by insecticides in the greenhouse

Pesticide	Corrected mortality (%)						
	1DAT	3DAT	7DAT	14DAT	21DAT	28DAT	35DAT
Pyraclufos WP	3.3±3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Methomyl SL	20.0±5.9	10.0±0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Thiodicarb WP	6.7±3.4	6.7±6.8	3.3±3.4	17.8±3.5	3.3±3.4	0.0	0.0
Esfenvalerate EC	9.7±0.3	10.0±5.9	12.4±8.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Bifenthrin WP	16.7±3.4	6.7±6.8	3.3±3.4	18.5±9.9	3.3±3.4	0.0	0.0
Alpha-cypermethrin EC	27.4±12.1	2.8±2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Etofenprox EW	3.3±3.4	6.7±6.7	3.3±3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Fenvalerate EC	3.3±3.4	12.4±8.1	13.7±3.2	6.7±6.8	0.0	0.0	0.0
Lambda-cyhalothrin EC	30.0±5.9	13.3±8.9	6.7±6.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Thiacloprid SC	44.3±3.4	52.5±12.9	33.3±33.9	0.0	6.7±3.4	41.0±14.9	10.0±3.4
Imidacloprid WP	10.0±5.9	0.0	0.0	7.4±7.6	10.4±0.4	6.7±3.4	0.0
Acetamiprid WP	16.7±9.0	3.3±3.4	3.3±3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Thiamethoxam WG	96.7±3.4	59.4±11.1	80.9±5.9	83.5±2.8	3.3±3.4	0.0	3.3±3.4
Clothianidin SC	100.0	90.6±5.4	96.7±3.4	53.3±4.7	17.1±3.0	0.0	6.7±3.4
Abamectin EC	0.0	0.0	6.0±6.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Emamectin benzoate EC	16.7±9.0	6.7±6.8	3.3±3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Spinosad WG	10.0±0	10.0±0	6.7±6.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Indoxacarb SC	0	13.3±9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Chlorfenapyr·bifenthrin WP	3.3±3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dinotefuran WP	53.3±8.9	37.4±37.4	69.6±15.3	25.2±4.2	3.3±3.4	6.7±3.4	0.0
Bifenthrin·profenofos EC	36.7±18.0	3.3±3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Control	0.0	0.0	3.3±3.4	6.7±3.4	3.3±3.4	3.3±3.4	3.3±3.4

일차에 안전하였으며, thiamethoxam과 clothianidin은 21 일차에 안전하였다. Dinotefuran은 약제처리 후 14일에 안전한 약제로 평가되었다.

이상의 결과로 착색단고추에 등록된 약제 중 본 실험에 사용한 유기인계(pyraclofos), 카바메이트계(methomyl)는 잔류독성이 짧게 나타났으며, 또한 피레스로이드계 농약은 포장에서는 5일 이하의 짧은 반감기를 보이는데 (Willis and McDowell, 1987) 본 실험에서도 시험된 피레스로이드계(alpha-cypermethrin, esfenvalerate, bifenthrin, etofenprox, fenvalerate) 농약 대부분은 짧은 잔류독성을 보여 생물적 방제시 천적 투입 전 사용할 수 있는 약제로 판단되었다. Chlorfenapyr와 emamectin benzoate는 엽육에 빠르게 이행되나, 자외선에 노출될 경우 분해가 잘 되는 특성을 보이는데(Lasta and Dybas, 1991) 본 실험에서 약제처리 후 1일차에도 치사율이 30% 이하로 보여 잔류독성이 짧은 특성을 보였다. Spinosad는 벌목 천적에 대해 독성이 높고 잔류독성도 긴 특성을 보이고(Pietrantonio and Benedict, 1999), 익충에 대한 직접접촉 및 잔류독성 평가에서도 높은 독성을 보였으나(Tillman, 2002), 본 실험에서는 접촉독성실험과, 잔류독성시험에서도 안전한 약제로 평가되어 총채벌레 방제시 애꽃노린재와 상호보완적으로 사용이 가능한 것으로 판단되었다. 네오니코티노이드계 농약 중 imidacloprid, acetamiprid은 식물체 분무 후 1일차에 천적을 노출 시킬 경우 30%이하의 사충율을 보였으나, 동일계통인 thiacloprid (14일), thiamethoxam, clothianidin (21일)은 잔류독성이 길게 나타났는데, 이계통의 농약은 수용성이 높아 식물체에 분무하거나 관주하였을 경우 식물체내로 이행이 잘되며 또한 잔류기간이 30일 이상 유지되는 경향을 보이는데(Choi et al., 2001; Tomlin, 2006),

식물을 흡즙하는 천적을 사용하는 시설재배지에서는 사용 후 안전방사를 위해서는 상당히 많은 시일이 소요되므로 사용에 많은 주의가 필요한 것으로 판단되었다.

양액처리 후 애꽃노린재에 대한 잔류독성 평가

착색단고추 양액재배지에 탄저병 방제를 위하여 사용하는 살균제를 양액에 첨가하여 으름애꽃노린재에 성충에 대한 시기별 사충율을 조사하였다(Table 5).

Prochloraz manganese complex WP를 양액에 첨가처리 후 7일차에 작물체의 상(파프리카 신초부위), 중(파프리카 중간높이), 하(하엽부위)의 높이별 잎을 채취하여 애꽃노린재를 접종한 결과 각각 0, 10.4, 0%의 사충율을 보였다. thiophanate-methyl·triflumizole WP를 처리한 후 7일차에 작물의 상, 중, 하 높이별 노출된 애꽃노린재 성충의 사충율은 각각 10, 5.6, 14.5% 이었다. 따라서 착색단고추 재배지에 많이 발생하는 탄저병에 대해 살균제 경엽살포시 많은 시간과 인건비가 소모되지만 살균제를 양액에 첨가하여 사용할 경우, 식물병 예방과 식물을 보호할 수 있고, 약제처리 시간과 방법이 간단하여 생력방제를 할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 2종의 양액에 첨가하여 사용하는 살균제는 애꽃노린재에 대해 저독성을 보이므로 상호보완적으로 사용할 수 있어 효과적인 병해충 방제가 이루어질 것으로 추측된다.

수출농산물인 착색단고추 재배중에는 총채벌레, 복숭아혹진딧물, 목화진딧물, 담배가루이, 온실가루이, 담배거세미나방 등 여러 종류의 해충이 발생하여 피해를 주고 있다. 천적을 이용하여 방제하고 있는 방제대상 해충 외에 다른 해충의 밀도가 증가하면 약제를 이용하여 밀도를 낮추어야 하는데 사용하는 농약의 잔류독성에 의해 방사

Table 5. Safety introduction time of *O. strigicollis* after drench treatment of fungicide on sweet pepper niculture in the greenhouse

Fungicide	Location	Corrected mortality (%)		
		1DAT	3DAT	7DAT
Prochloraz manganese complex WP	Upper	3.3±3.4	0.0	0.0
	Middle	0.0	6.7±3.4	10.4±5.9
	Low	10.0±5.9	16.7±3.4	0.0
Thiophanate-methyl·Triflumizole WP	Upper	7.0±3.6	6.7±6.8	10.0±10.2
	Middle	3.7±3.8	6.7±6.8	5.6±5.7
	Low	3.3±3.4	0.0	14.5±2.8
Control	Upper	3.3±3.4	6.7±3.4	10.0±5.9
	Middle	0.0	0.0	6.7±3.4
	Low	3.3±3.4	0.0	16.7±9.0

* Variety: fiestar, Seeding: 5.13, Transplant: 6.13

** Fungicide treatment day: 8.17 (Prochloraz·manganese complex WP - 50,000×, Thiophanate-methyl·Triflumizole - 50,000×)

한 천적이 피해를 입어 천적에 의한 방제효과가 낮거나, 천적이 착색단고추에 정착하는데 많은 시일이 걸리는 경우가 많다. 따라서 착색단고추에 등록된 약제의 잔류독성 평가에 따라 농약 사용 후 천적 투입시기를 조절함으로써 천적에 미치는 영향을 최소화시켜 천적에 의한 생물적 방제기술을 보다 실용성 있게 사용할 수 있을 것으로 판단되며, 또한 생물적방제와 화학적방제를 상호보완적으로 사용시 농약사용량을 절감하여 안전농산물을 생산 가능할 것으로 생각된다.

Literature Cited

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-276.
- Battlett, K.L., N. Grandy, E.G. Harrison, S. Hasan and P. Oomen. 1994. Guidance document on regulatory testing procedures for pesticides with non-target arthropods. 51pp. SETAC-Europe.
- Bautista, B.G and R.F.L. Mau. 1994. Preferences and development of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) on plant hosts of tomato spotted wilt tospovirus in Hawaii. *Environ. Entomol.* 23: 1501-1507.
- Choi B.R., S.W. Lee, Y.H. Song and Y.B. Ihm. 2001. Residual effect of imidacloprid on *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 40(1): 83-88.
- Deangelis, J.D., D.M. Sether and P.A. Rossignol. 1994. Transmission of impatiens necrotic spot virus in peppermint by western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae). *J. Econ. Entomol.* 87: 197-201.
- Elzen G.W. 2001. Lethal and sublethal effects of insecticide residues on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). *Journal of Economic Entomology* 94: 55-59.
- FAO. 1982. Methods for adult aphids, *In* recommended methods for measurement of pest resistance to pesticides. FAO Pl. Prod. and Prot. Paper. 21: 103-106.
- German, L.T., D.E. Ullman and J.W. Moyer. 1992. Tospoviruses: diagnosis, molecular biology, phylogeny, and vector relationships. *Ann. Rev. Phytopathol.* 30: 315-348.
- Greathead, D.J. 1995. Natural enemies in combination with pesticides for integrated pest management. pp. 183-197. *In* Novel approaches to integrated pest management, eds. by R. Reuveni. 369p. Lewis.
- Hassan, S.A., F. Bigler, D. Blaisinger, H. Bogenschutz, J. Brun, P. Chiverton, E. Dicker, M.A. Easterbrook, P.J. Edwards, W.D. Englert, S.I. Firth, P. Hung, C. Inglesfield, F. Klingauf, C. Kuhner, M.S. Ledieu, E. Naton, P.A. Oomen, W.P.J. Overmeer, P. Pleots, J.N. Robonlet, W. Rieckmann, L. Samsøe-Peterson, S.W. Shives, A. Staubli, J. Steenson, J.J. Tusset, G. Vanwetsinkel and A.Q. Van Zon. 1985. Standard methods to test the side-effects of pesticide on natural enemies of insects and mites developed by the IOBC/WPRS working group "Pesticides and Beneficial Organisms" *Bulletin OEPP/EPPO.* 15: 214-255.
- Hassan S.A, F. Bigler, H. Bogenschutz, E. Boller, J. Brun, J.N.M. Calis, P. Chiverton, J. Coremans-Pelseneer, C. Duso, A. Grove, U. Heimbach, N. Helyer, H. Hokkanen, G.B. Lewis, F. Mansour, L. Moreth, L. Polgar, L. Samøe-Petersen, B. Sauphanor, A. Staubli, G. Sterk, A. Vainio, M. van de Veire. G. Viggiani. 1994. Results of the fifth joint pesticide testing programme, IOBC/WPRS-Working Group Pesticides and Beneficial Organisms. *Entomophaga* 39: 107-119.
- Horowitz, A.R., Z. Mendelson, P.G. Weintraub and I. Ishaaya. 1998. Comparative toxicity of foliar and systemic applications of acetamiprid and imidacloprid against the cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Bull. Entomol. Res.* 88: 437-442.
- Kakimoto, K., N. Ninomoto and T. Noda. 2003. Responses of three *Orius* species collected in Kagoshima to different rearing temperatures and photoperiods. *Jpn.J. Appl. Entomol. Zool.* 47: 19-28.
- Kim, J.H., G.S. Lee, Y.H. Kim and J.K. Yoo. 2001. Species composition of *Orius* spp. (Hemiptera: Anthocoridae) and their seasonal occurrence on several plants in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 40: 211-217.
- Kim, J.H., M.W. Han, G.H. Lee, Y.H. Kim, J.O. Lee and C.J. In. 1997. Development and oviposition of *Orius strigicollis* (Poppius) (Hemiptera: Anthocoridae) reared on three different insect preys. *Korean J. Appl. Entomol.* 36: 166-171.
- Kim, J.H., Y.H. Kim, M.W. Han, G.S. Lee and J.O. Lee 1999. Effect of temperature on the development and oviposition of minute pirate bug, *Orius strigicollis* (Hemiptera: Anthocoridae). *Korean J. Appl. Entomol.* 38: 29-33.
- Kumar, N.K.K., D.E. Ullman and J.J. Cho. 1995. *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) landing and resistance to tomato spotted wilt tospovirus among *Lycopersicon* accessions with additional comments on *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) and *Trialetrodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). *Environ. Entomol.* 24: 513-520.
- Lasta, J.A., R.A. Dybas. 1991. Avermectin, a novel class of compounds: implications for use in arthropod pest control. *Annu. Rev. Entomol.* 36: 91-117.
- Lee, G.H., M.Y. Choi and D.H. Kim. 1997. Effect of pesticides on predator, *Orius sauteri* Poppius (Hemiptera: Anthocoridae). *RDA. J. Crop. Protec.* 39: 61-66.
- Paik, C.H. 2001. Ecological characteristics of *F. occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) on horticultural crops and its predator, *O. sauteri* Poppius (Heteroptera: Anthocoridae). PhD Thesis, Chonbuk National University. Republic of Korea.
- Pietrantonio, P.V. and J.H. Benedict. 1999. Effect of new cotton insecticide chemistries, tebufenozide, spinosad and chlorfenapyr, on *Orius insidiosus* and two *Cotesia* species. *Southwest. Entomol.* 24: 21-29.
- RDA. 2006. Cultivation technology of Paprika, Standard farming. 251pp.
- Song, J.H., S.H. Kang, K.H. Lee and W.T. Han. 2001. Effects of minute pirate bug, *Orius strigicollis* (Hemiptera: Anthocoridae) on control of thrips on hot pepper in greenhouse. *Korean J. Appl. Entomol.* 40: 253-258.
- Song, J.H., S.H. Kang, S.E. Lim, S.W. Hyun and S.K. Jeong. 1997. The collection of *Orius* spp. and their characteristic occurrence in an open-field of eggplant in Cheju. *RDA. J. Crop Protection* 39: 43-47.
- Studebaker GE, Kring TJ. 2003, Effects of insecticides on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) measured by field, green-

- house and Petri dish bioassays. Florida Entomologist 86:178-185.
- Tillman, P.G. 2002. Toxicity of indoxacarb to the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae), and the big-eyed bug, *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). pp. 296-305. In 1st international symposium on biological control of arthropods. January 14-18, 2002. Honolulu, Hawaii.
- Tomlin, C.D.S. 2006. Pesticide Manual. 14th ed. 1350 pp. Surrey, UK.
- Willis, G.H. and L.L. McDowell. 1987. Pesticide persistence on foliage. Rev. Environ. Contam. Toxicol. 100: 23-74.
- Yasunaga, T. 1993. A Taxonomic study on the subgenus *Heterorius* Wagner of the genus *Orius* Wolff from Japan (Hemiptera: Anthocoridae). Jpn. J. Ent. 61: 11-22.

(Received for publication August 30 2007;
accepted November 12 2007)