

성충에 처리한 IGRs계 살충제가 집파리의 산란과 불임에 미치는 영향

박정규 · 최상용* · 김종수* · 김두호** · 이흥수***

경상대학교 농과대학 식물자원환경학부(농어촌개발연구소) · 경상대학교 수의과대학*
농촌진흥청 연구관리국** · 경남농업기술원***
(1999년 4월 1일 접수)

Fecundity and egg viability of house fly exposed to insect growth regulators

Chung-gyoo Park, Sang-young Choe*, Jong-shu Kim*, Doo-ho Kim**, Heung-su Lee***

*College of Agriculture and * College of Veterinary Medicine, Gyeong-sang National University
Research Management Bureau, Rural Development Administration**
Gyeongnam Agricultural Research and Extension Service****

(Received Apr 1, 1999)

Abstract : Two-day old house fly adults were exposed to six insect growth regulators, flufenoxuron, teflubenzuron, triflumuron, diflubenzuron, methoxyfenozide, tebufenozide, as a feed additive (milk+5% sugar+chemical) in the laboratory for 6 days. The number of eggs deposited by the exposed-adults, viability of the eggs, and F₁ larval development were checked. All the IGRs tested were found to have no adverse effect on the reproduction of house fly, except methoxyfenozide (210ppm). The most effective inhibitor to egg hatch was flufenoxuron, followed by teflubenzuron, triflumuron, and diflubenzuron. Exposure to flufenoxuron (over 5ppm), teflubenzuron (over 25ppm), triflumuron (over 125ppm), and diflubenzuron (over 125ppm) reduced egg hatchability to 0 to 1.3%, but lower concentrations of these IGRs were less effective (6.3 to 46.3% egg hatchability). Almost all the larvae emerged from eggs deposited by the adults exposed to diflubenzuron (62.5ppm) and teflubenzuron (12.5ppm) failed to develop into pupae, causing total mortalities of 98% and 100%, respectively. However, two IGRs, methoxyfenozide and tebufenozide, did not inhibit egg hatch and F₁ larval development, except methoxyfenozide (210ppm) treatment. These results suggest that these 4 IGRs may be used in the development of autosterilization system for house fly control. However, further work is required to develop delivery systems capable of transferring an effective dose to the fly under field conditions.

Key words : house fly, IGR, autosterilization, F₁ development.

서 론

Benzoylurea계와 같은 곤충성장조절물질(Insect growth regulators: IGRs)은 여러가지 해충에 대해서 chitin 합성을 저해하거나 촉진시킴으로써 유충의 정상적인 발육을 방해하며^{5,16,18,23} 성충에 대해서는 난소에서 완전히 발육한 胚子라 할지라도 부화하지 못하게 하여 궁극적으로 불임효과를 유발하며 부화하더라도 유충발육 중의 정상적인 탈피를 저해하여 결국 죽게 한다^{9,13,19}. 또한 이들 화합물은 포유동물이나 친척에 대한 독성이 낮고¹⁸ 신경독을 나타내는 약제와 작용기작이 달라서 수종의 유기인계나 카바메이트계, 합성피레스로이드계 등의 살충제에 저항성을 보이는 해충이 교차저항성을 나타내지 않기도 하기 때문에^{7,11} 해충 종합방제의 한 수단으로 주목받고 있다.

집파리는 전세계적으로 분포하는 중요한 위생해충으로서 특히 축산지대에서 축분(畜糞)에 대량으로 번식함으로써 축사관리작업에 불편을 주고²² 각종 병원성 세균, 바이러스, 선충 등을 기계적으로 매개하며 사람의 주거지역으로 날아들어 생활에 큰 불편을 주고 있다¹⁶. 축사에 발생하는 집파리나 그외의 파리류 해충을 방제하기 위하여 IGRs 계통의 살충제에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. Diflubenzuron, penfluron, Bay Sir 8514(triflumuron) 등을 face fly(*Musca autumnalis*)의 성충에 처리하였을 때 부화억제효과가 있고¹⁹ 부화한 유충에 대해서도 치사효과가 있으며¹³ 집파리 성충에도 불임을 유발하는 것으로 알려져 있다^{4,9,10}. 또한 이들 약제를 실제 축사에 적용하였을 경우의 방제효과도 검토되고 있는데 diflubenzuron 알약이나 cyromazine을 소나 닭에 먹임으로써 집파리와 stable fly를 방제하고자 시도하였고^{2,14} 화학불임제를 처리한 bait를 이용하여 집파리²¹나 blowfly²⁴를 방제하는 방법도 연구되었다.

우리나라에는 현재 10여종의 IGRs 계통의 살충제가 나비목, 파리목, 응애류 등의 여러가지 해충에 대해 등록되어 있다. 그중에서 필자들이 알고 있는 한, teflubenzuron과 flufenoxuron의 집파리 유충에 대한 발육억제효과나 성충에 대한 불임효과는 국내의적으로 아직까지 검토된 바가 없으며 triflumuron도 다른 약제와의 효과가 비교된 바가 없다. 따라서 저자 등은 이러한 살충제와 그외의 몇가지 IGRs 계통의 살충제를 집파리 유충먹이에 섞어

주었을 때 유충의 발육과 성충의 수명, 산란수, 부화율에 미치는 영향을 검토하였으며^{16,17} 본 실험에서는 이러한 살충제를 성충의 먹이에 섞어 투여해주었을 때 성충의 산란수와 산란된 알의 부화율 및 부화한 유충의 발육에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

실험약제 : 실험에 사용된 약제는 diflubenzuron 14% WP(1-(4-chlorophenyl)-3-(2,6-difluorobenzoyl) urea), teflubenzuron 5% SC(1-(3,5-dichloro-2,4-difluorophenyl)-3-(2,6-difluorobenzoyl) urea), triflumuron 25% WP(1-(2-chloro-benzoyl)-3-(4-trifluoromethoxyphenyl) urea), flufenoxuron 5% DC(1-[4-(2-chloro-*a,a,a*-trifluoro-*p*-tolylxy)-2-fluorophenyl]-3-(2,6-difluorobenzoyl) urea), tebufenozide 8% WP(N-tert-butyl-N'-(4-ethylbenzoyl)-3,5-dimethyl benzohydrazide), methoxyfenozide 21% DC(N-tertbutyl-N-3,5-dimethylbenzoyl-N'-3-methoxy-2-methylbenzoylhydrazine)의 6종으로서 시중에서 제품을 구입하여 사용하였다.

실험곤충 : 이 실험에 사용된 집파리(*Musca domestica*)는 1997년 4월 경남 함양군의 豚舍에서 채집한 충을 27±0.5℃, 16L:8D 조건의 항온기 내에서 '어린병아리용 사료'(제일제당주식회사)와 톱밥을 1:1(v/v)로 섞어서 사육하였으며 채집한 이후부터 실험에 사용할 때까지 어떤 농약에도 접촉되지 않았다. 기타 실험곤충의 사육 방법은 박¹⁶과 동일하다.

약제의 회석과 성충에 급여 : 음료용 우유(서울우유 또는 축협우유)에 백설탕 5%(w/v)를 녹이고 이 용액에 약제를 회석하였다. 모든 약제를 공히 1,000배, 2,000배, 4,000배의 농도로 회석하였다. 채란용 작은 용기(57φ × 65mm)에 약액을 약 30ml 넣고 kitchen towel 한 장을 구겨서 채란용 용기안에 넣어 약액을 kitchen towel에 흡수시켰다. 이 채란용 용기를 좀더 큰 플라스틱 원통(123φ × 96mm)안에 넣고 羽化한지 2일된 파리 암컷과 수컷을 각각 5마리씩 넣어주었다. 이렇게 하면 파리의 성충이 우유를 먹을 때 자연적으로 약액을 먹게 되거나 몸에 접촉하게 되며 암컷 성충이 kitchen towel의 구겨진 틈새 사이에 산란하게 된다. 이 실험에 사용한 성충은 우화후 2일간 한 cage 내에 있었으므로 이미 교미가 끝났다고 볼 수 있다. 이 실험은 모든 처리 공히 5반복으로 하였다.

산란수와 부화율 조사 : 산란용 플라스틱 원통에 성충을 넣어준 다음날 kitchen towel에 산란된 알의 수를 조사하고 매일 신선한 약액이 담긴 새로운 채란용 용기를 넣어 주었다. 산란수는 우화 4일 후(약액에 접촉시킨지 2일 후)부터 6일간 매일 조사하였다. 산란수 조사가 끝난 알은 부화율을 조사하기 위하여 ϕ 87mm×15mm의 멸균 petri-dish에 물에 적신 filter paper를 한 장 깔고 그 위에 각 반복별로 20개의 난을 배열해두었다. 48시간 후에 해부현미경 하에서 부화여부를 조사하였다. 부화율 조사는 우화 7일 후(약액에 접촉시킨지 5일 후)에 산란된 알을 이용하였다.

결과 및 고찰

산란수에 미치는 영향 : Methoxyfenozide 210ppm(1,000배액) 처리에서는 산란수가 무처리의 18%까지 감소하였으나 다른 모든 처리에서는 무처리의 산란수와 같거나 더 많아서 약제에 의한 산란수 감소의 영향을 볼 수 없었다(Fig 1). 西東²³은 flufenoxuron과 cyromazine 500ppm

Fig 1. Fecundity of house fly exposed to insect growth regulators(IGRs). The 2-day old flies were exposed to IGRs as a feed additive(milk+5% sugar+chemical). The flies of control check were fed only with milk mixed with sugar(5%). See Table 1. for the active ingredient(AI) concentrations(μ g/g) of each IGR corresponding to the dilution level.

을 강낭콩에 살포하고 아메리카잎굴파리를 2일간 접촉시킨 결과 산란수에는 차이가 없다고 하였으며 Wilson²⁷도 cyromazine을 노랑초파리 성충에 고농도로 처리했을 때 수명, 産性, 수정능력에 영향이 없다고 하였다. 우리 실험실에서 이루어진 결과에서도 수종의 IGRs를 집파리

3령 유충에 처리하였을 때 우화한 성충의 산란수나 산란된 알의 부화율이 영향을 받지 않았다¹⁷.

Ahn *et al*¹은 점박이용애의 암컷 2령 약충에 flufenoxuron을 단독 또는 alphacypermethrin과 혼합하여 처리하였을 경우 산란된 알의 부화율은 감소하였으나 산란수에는 영향이 없다고 하였고 Kim *et al*¹²은 톱다리개미허리 노린재의 성충에 diflubenzuron 1 μ g 또는 0.01 μ g을 국소처리했을 때 산란수가 0~58% 감소하였는데 이것은 성충의 난소발육이 저해되기 때문이라고 하였다. Elek과 Longstaff⁶는 수종의 IGRs를 처리한 밀에 거저쌀도둑거저리, 쌀바구미, 머리대장가는납작벌레 등의 저곡해충의 성충을 접촉시킨 결과 diflubenzuron을 제외한 chlorfluazuron, triflumuron, teflubenzuron, flufenoxuron 처리에서 산란수가 감소했다고 하였다. 또한 Soltani와 Soltani-Mazouni²⁶는 codling moth의 번데기에 diflubenzuron을 국소처리한 결과 우화한 성충의 난소세포의 크기와 수 및 난소 내의 단백질 함량이 감소하였는데 이러한 난황형성과정을 저해하기 때문에 성충의 산란수나 난의 viability가 떨어진다고 하였다. 한편 Gordon *et al*⁸은 diflubenzuron을 cabbage maggot의 유충에 처리하였을 때 성충으로의 우화나 임신에 영향이 없었으나 번데기에 처리하였을 때는 임신이 크게 감소했다고 하였다.

이상의 연구결과를 볼 때 IGRs 계통의 약제가 곤충의 산란수에 미치는 영향은 곤충과 처리약제의 종류, 처리농도, 처리시기 등에 따라 차이가 있을 것으로 생각되며 본 실험에서 성충에 처리한 IGRs가 집파리의 임신에 영향이 없다는 사실은 톱다리개미허리노린재나 codling moth에서 처럼 난소의 발육이나 난소내 단백질의 합성 등에 관한 연구를 통하여 뒷받침되어야 할 것으로 생각된다.

부화율에 미치는 영향 : Fig 2는 IGRs를 성충에 처리하였을 때 산란된 알의 부화율을 나타낸 것이다. 실험에 사용한 약제 중에서 triflumuron, diflubenzuron, teflubenzuron 및 flufenoxuron은 chitin 합성저해제로서 집파리 성충의 불임에 큰 영향이 있었으나 methoxyfenozide와 tebufenozide는 무처리와 거의 차이가 없었으며 다만 methoxyfenozide 210ppm(1,000배액)에서 무처리(90%)보다 낮은 부화율(42.5%)을 나타내었다. Methoxyfenozide와 tebufenozide는 이 실험에 사용된 다른 약제와는 달리 탈피호르몬 수용체와 결합하여 탈피를 촉진시키는 작용이 있는 약제로서 주로 나비목 곤충에 대해 이상발육을 일

Fig 2. Hatchability of eggs deposited by house flies exposed to insect growth regulators(IGRs). The number of eggs used for hatchability test were 40 to 100 in each treatment. In the control check, the flies were fed with milk mixed with sugar(5%). See Table 1, for the active ingredient(AI) concentrations($\mu\text{g/g}$) of each IGR corresponding to the dilution level.

오키는 것으로 알려져 있기 때문에^{3,15} 본 실험에서 이들 두 약제가 집파리에 대해 불임효과가 낮게 나타난 것을 이해할 수 있다. 다만 Methoxyfenozide의 경우 약제의 농도가 210ppm과 105ppm(2,000배액)으로 높았을 때의 부화율이 각각 42.5%, 65%로서 무처리에 비하여 낮았지만 이 정도로써는 파리방제를 위하여 실제로 사용했을 때 방제효과를 기대하기가 어렵다고 생각된다.

Flufenoxuron은 5ppm(4,000배액)의 낮은 농도에서도 전혀 부화가 되지 않아서 처리한 약제 중에서 가장 효과가 좋았으며 teflubenzuron은 25ppm(2,000배액) 이상의 농도에서 부화가 99% 억제되어 flufenoxuron 다음으로 효과적이었다. Triflumuron과 diflubenzuron은 125ppm(2,000배액) 이상의 농도에서는 알의 부화가 98.7% 이상 억제되었으며 62.5ppm(4,000배액)의 농도에서는 부화율이 각각 6%와 23.8%로 증가하였다.

西東²³은 flufenoxuron과 cyromazine 500ppm을 살포한 강낭콩에 아메리카잎굴파리를 2일간 접촉시킨 결과 산란된 알의 부화율이 현저히 감소했다고 하였는데 본 실험에서는 5ppm의 낮은 농도에서도 부화가 100% 억제되었다. Howard와 Wall⁹은 50%의 설탕액과 10%의 triflumuron 용액에 침지한 polyester strip을 24시간동안 집파리 사육상자의 천장에 매달아 놓은 결과 부화율이 47% 감소했다고 하였다. 또한 이들은 triflumuron 1 μg 을 집파리 암컷 성충에 topical 처리하였을 때 산란된 알의 95% 이상이 부화하지 못하였다고 하였으며 또한 20%의 tri-

flumuron 용액에 침지한 polycotton cloth에 60분간 접촉시킨 집파리 성충이 낳은 알은 100% 부화가 억제되었고 처리효과가 1주일간 지속되었다고 하였다¹⁰. 이와같은 triflumuron의 부화억제효과는 본 실험에서도 같은 결과를 나타내었는데 본 실험에서는 62.5ppm(4,000배액)에서도 부화율이 93.7%나 억제되었다. 다른 연구자의 연구결과와 달리 본 실험에서 낮은 농도에서도 부화율이 현저히 억제되는 것은 실험에 사용한 집파리계통 간의 차이나 처리시간 등 실험방법 간의 차이로 생각된다. Howard와 Wall^{9,10}은 고농도의 약액을 미량 국소처리하거나 strip을 약액에 적신 후 파리를 24시간동안 접촉시킨 반면에 본 실험에서는 저농도의 약액을 성충의 먹이(설탕+우유액)에 섞어주었기 때문에 성충이 섭식할 때 약액이 먹이와 함께 소화관으로 들어가기도 하고 또 걸터다닐 때 발마디의 표피를 통해 침투할 수 있도록 하였을 뿐만 아니라 처리시간도 6일간 계속하였기 때문으로 생각된다.

Pickens와 Demilo¹⁹는 acetone에 희석한 diflubenzuron(25% WP)을 적신 filter paper에 암컷 face fly(*Musca autumnalis*)를 15분간 접촉시킨 결과 77%의 난부화 억제효과가 있다고 하였다. Chang⁴은 penfluron, diflubenzuron, triflumuron(Bay Sir 8514)을 집파리에 주사하였을 때 불임에 미치는 영향이, diflubenzuron 보다는 penfluron과 triflumuron이 더 효과적이라고 하였다. 갈색거저리(*Tenebrio molitor*)나 거짓쌀도둑거저리 등의 저극해충에 대해서도 diflubenzuron이 flucyclozuron이나 triflumuron, teflubenzuron 보다 chitin 합성 저해효과²⁶나 fecundity 저하효과⁶가 떨어진다고 하였다. 본 실험에서는 62.5ppm(4,000배액)의 농도에서 diflubenzuron이 23.8%의 부화율을 나타내었고 triflumuron은 같은 농도에서 6.3%의 부화율을 나타내어 triflumuron이 더 효과적이어서 위의 결과와 일치된다고 할 수 있다.

F₁ 부화유충의 발육에 미치는 영향 : Table 1은 약제처리를 받은 성충이 낳은 난 중 정상적인 난에서 부화한 유충이 번데기가 되는 비율을 나타낸 것이다. Flufenoxuron과 triflumuron의 모든 처리, teflubenzuron의 50ppm과 25ppm 처리, diflubenzuron의 250ppm과 125ppm 처리에서는 부화하는 유충의 수가 적어서 유충의 발육비율을 구할 수 없었는데(표중의 '표시'), 이는 Fig 2에서 본 바와 같이 이들 약제의 해당농도에서 성충에 대한 불임효과가 컸기 때문이다. Teflubenzuron 12.5ppm에서는 부화유충의 2.7%(난을 포함한 총사망율; 99%)만이 번데기가 되었고 diflubenzuron 62.5ppm 처리에서는 19마리의 부화

Table 1. Effect of some IGRs treated at housefly adult as a feed additive on the development of F₁ larvae

IGRs	× dilution(AI, µg/g)	No. larvae from eggs	No. pupae developed	Pupation(%±SD)
Flufenoxuron	1000 (20)	0	-	- ^a
	2000 (10)	0	-	-
	4000 (5)	0	-	-
Triflumuron	1000 (250)	0	-	-
	2000 (125)	5	0	-
	4000 (62.5)	1	0	-
Teflubenzuron	1000 (50)	1	0	-
	2000 (25)	1	0	-
	4000 (12.5)	37	1	2.7±4.2b ^b
Diflubenzuron	1000 (250)	1	0	-
	2000 (125)	0	-	-
	4000 (62.5)	19	0	0.0±0.0b
Tebufenozide	1000 (80)	74	58	78.1±18.9a
	2000 (40)	57	28	49.1±50.0a
	4000 (20)	82	63	74.3±22.9a
Methoxyfenozide	1000 (210)	17	12	61.7±16.5a
	2000 (15)	39	28	65.8±37.9a
	4000 (52.5)	73	59	81.0±25.0a
Control(milk + sugar)	-	72	57	80.6±22.5a

a: Percentage pupation could not be calculated due to few number of larvae emerged from eggs (see Fig 2).

b: Means followed by the same letter are not significantly different ($p < 0.05$, Duncan's Multiple Range Test, SAS Institute 1989). The percentage pupation was transformed into arc-sine $\sqrt{}$ before ANOVA.

유충이 모두 번데기 시기까지 자라지 못하였다(총사망율; 100%). 그러나 tebufenozide와 methoxyfenozide는 성충에 처리하였을 경우 부화유충의 발육에는 영향이 없는 것으로 나타났다.

西東²³은 flufenoxuron과 cyromazine을 처리한 일에 산란된 아메리카잎굴파리의 알에서 부화한 유충이 번데기 시기까지 생존하는 비율도 감소했다고 하였으며 Parrella *et al*¹⁸도 cyromazine과 Ro 13-5223은 아메리카잎굴파리의 유충의 발육이나 성충羽化에 영향을 미친다고 하였다. Howard와 Wall¹⁰은 triflumuron 0.5µg을 집파리 암컷 성충에 국소처리하였을 때 부화한 유충의 80%가 번데기가 되지 못하였다고 하였다. Knapp와 Herald¹³는 diflubenzuron과 penfluron 및 triflumuron의 face fly에 대한 불임효과를 조사하고 이들 약제의 농도에 따른 난에 대한 부화억제효과는 그렇게 크지 않고 오히려 F₁ 유충의

치사에 미치는 효과가 더 크다고 하였다. 본 실험에서는 teflubenzuron(12.5ppm)과 diflubenzuron(62.5ppm) 처리에서만 유충이 부화하여 flufenoxuron이나 triflumuron의 경우 성충에 처리한 약제의 부화유충에 대한 영향을 검토할 수 없었으나 기존의 연구결과를 볼 때 이들 약제들도 집파리 유충의 발육을 저해할 것으로 예상된다.

이상의 결과를 종합해보면 flufenoxuron, triflumuron, teflubenzuron, diflubenzuron을 성충에 처리하였을 경우 성충이 낳은 난의 부화율이 크게 감소하며 알에서 부화한 유충에 대해서도 발육을 저해하는 것으로 나타났다. 더욱이 이들 4약제는 유충에 처리하였을 경우 다른 IGR 약제에 비하여 유충의 발육에 미치는 영향이 크기 때문에¹⁶ 집파리 방제용으로 유망한 약제라고 생각된다. 뿐만 아니라 집파리는 畜糞에서 대량번식하여 각종 병원성 세균, 바이러스, 선충 등을 가축에게 매개하여 질병을 유발

함으로써 가축의 생산성을 저하시키며, 인수공통전염병의 매개체 역할도 하므로 이러한 IGR 약제를 사용함으로써 파리가 매개하는 가축질병을 예방하고 축사의 환경을 개선할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 이들 약제를 실제 야외조건에서 사용할 경우 약제를 파리에 접촉시키는 방법, 처리농도, 처리시기 등에 관한 연구가 추가로 이루어져야 할 것이다.

결 론

Diflubenzuron, teflubenzuron, triflumuron, flufenoxuron, methoxyfenozide, tebufenozide 등 6종의 곤충성장조절물질(insect growth regulators; IGRs)을 집파리 성충의 먹이(우유+설탕 5%)에 일정 농도로 섞어주면서 이들 약제가 성충의 산란수, 산란된 알의 부화율, 부화한 유충의 발육에 미치는 영향을 검토하였다.

Methoxyfenozide(210ppm)를 제외한 모든 약제가 성충의 산란수에 미치는 영향은 없었다. Diflubenzuron(125ppm 이상), triflumuron(125ppm 이상), teflubenzuron(25ppm 이상), flufenoxuron(5ppm 이상)은 알의 부화율을 1~1.3% 까지 크게 감소시켰고 이 농도의 1/2 농도인 teflubenzuron 12.5ppm과 diflubenzuron 62.5ppm에서는 6.3%와 46.3%가 부화하였다. 그러나 부화한 유충은 98% 이상이 번데기 시기까지 자라지 못하고 사망하였다. Methoxyfenozide 210ppm 처리를 제외하면 methoxyfenozide와 tebufenozide는 난에 대한 부화억제효과나 부화유충에 대한 발육억제 효과가 없었다. 따라서 diflubenzuron, triflumuron, teflubenzuron, flufenoxuron 등의 4 약제는 포유동물에 독성이 낮고 집파리 등을 효과적으로 구제할 수 있으므로 야외 축사 등에서의 파리류 해충방제용으로 유용하게 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글 : 이 논문은 농촌진흥청의 대형공동연구 농업특정연구사업으로 수행된 연구내용의 일부이며, 연구비 지원에 감사드린다.

참 고 문 헌

1. Ahn YJ, Kwon M, Yoo JK, et al. Toxicity of flufenoxuron alone and in mixture with alphacypermethrin or fenbutatin oxide to *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi*(Acari: Tetranychidae). *J Econ Entomol*, 86(5):1334-1338, 1993.
2. Axtell RC, Edwards TD. Efficacy and nontarget effects of Larvadex[®] as a feed additive for controlling house flies in caged-layer poultry manure. *Poultry Science*, 62:2371-2377, 1983.
3. Butler L, Kondo V, Blue D. Effects of tebufenozide (RH-5992) for gypsy moth(Lepidoptera: Lymantriidae) suppression on nontarget canopy arthropods. *Environ Entomol*, 26(5):1009-1015, 1997.
4. Chang SC. Laboratory evaluation of diflubenzuron, penfluron, and Bay sir 8514 as female sterilants against the house fly. *J Econ Entomol*, 72:479-481, 1979.
5. Clarke BS, Jewess PJ. The inhibition of chitin synthesis in *Spodoptera littoralis* larvae by flufenoxuron, teflubenzuron and diflubenzuron. *Pestic Sci*, 28:377-388, 1990.
6. Elek JA, Longstaff BC. Effect of chitin-synthesis inhibitors on stored-product beetles. *Pestic Sci*, 40:225-230, 1994.
7. Farkas R, Papp L. Monitoring of susceptibility to cyromazine and diflubenzuron in house fly(*Musca domestica* L.) populations in Hungary. *Parasitologia Hungarica*, 24:99-107, 1991.
8. Gordon R, Young TL, Cornect M, et al. Effects of two insect growth regulators on the larval and pupal stages of the cabbage maggot(Diptera : Anthomyiidae). *J Econ Entomol*, 82(4):1040-1045, 1989.
9. Howard J, Wall R. The use of triflumuron on sugar-baited targets for autosterilization of the housefly, *Musca domestica*. *Entomol Exp Appl*, 77(2):159-165, 1995a.
10. Howard J, Wall R. The effects of triflumuron, a chitin synthesis inhibitor, on the housefly, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *Bull Entomol Res*, 85(1):71-77, 1995b.
11. Keiding J, Jespersen JB, El-Khodary AS. Resistance risk assessment of two insect development inhibitors, diflubenzuron and cyromazine, for control of the house fly *Musca domestica*. Part I : Larvicidal tests with insecticide-resistant laboratory and Danish field populations. *Pestic Sci*, 32:187-206, 1991.
12. Kim GH, Ahn YJ, Cho KY. Effects of diflubenzuron on longevity and reproduction of *Riptortus clavatus*

- (Hemiptera: Alydidae). *J Econ Entomol*, 85(3):664-668, 1992.
13. Knapp FW, Herald F. Mortality of eggs and larvae of the face fly(Diptera: Muscidae) after exposure of adults to surface treated with Bay Sir 8514 and fenfluron. *J Econ Entomol*, 76:1350-1352, 1983.
 14. Miller RW. Inhibition of house flies and stable flies (Diptera: Muscidae) in field-spread dairy bedding from cattle treated with diflubenzuron boluses. *J Econ Entomol*, 87(2):402-404, 1994.
 15. Oberlander H, Silhacek DL, Leach CE. Interactions of ecdysteroid and juvenoid agonists in *Plodia interpunctella* (Hubner). *Arch Insect Biochem Physiol*, 38(2):91-99, 1998.
 16. 박정규. IGR계 살충제가 집파리 유충의 발육에 미치는 영향. *한국농약과학회지*, 2(3):137-146, 1998.
 17. 박정규, 김두호. 유충의 먹이에 처리한 IGR계 살충제가 집파리의 성충과 부화율에 미치는 영향. *한국농약과학회지*, 3(1):78-83, 1999.
 18. Parrella MP, Christie GD, Robb KL. Compatibility of insect growth regulators and *Chrysocharis parksi* (Hymenoptera: Eulophidae) for the control of *Liliomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *J Econ Entomol*, 76:949-951, 1983.
 19. Pickens LG, Demilo AB. Face fly : Inhibition of hatch by diflubenzuron and related analogues. *J Econ Entomol*, 70(5):595-597, 1977.
 20. Rawlins SC, Jurd L. Influence of the mode of administration of benzyphenols and benzyl-1,3 benzo-dioxoles on screwworm fertility. *J Econ Entomol*, 74: 215-217, 1981.
 21. Rawlins SC, Woodard DB, Coppedge JR, et al. Management of an insecticide-resistant house fly(Diptera: Muscidae) population by the strategic use of a benzyphenol chemosterilant. *J Econ Entomol*, 75:728-732, 1982.
 22. Renn N. The efficacy of entomopathogenic nematodes for controlling housefly infestation of intensive pig units. *Medical and Veterinary Entomology*, 12:46-51, 1998.
 23. 西東 力, 大石剛裕, 池田二三高等. マメハモグリバエ *Liriomyza trifolii* (Burgess)에對する各種殺蟲劑の效力. *日本應用動物昆蟲學會誌*, 36(3):183-191, 1992.
 24. Smith KE, Wall R. Effects of targets impregnated with the chitin synthesis inhibitor triflumuron on the blowfly *Lucilia sericata*. *Entomologia experimentalis et applicata*, 87(1):85-92, 1998.
 25. Soltani N, Soltani-Mazouni N. Diflubenzuron and oogenesis in the codling moth, *Cydia pomonella* (L.). *Pestic Sci*, 34(3):257-261, 1992.
 26. Soltani N, Chebira S, Delbecque JP, et al. Biological activity of flucycloxuron, a novel benzoylphenylurea derivative, on *Tenebrio molitor* : comparison with diflubenzuron and triflumuron. *Experientia*, 49:1088-1091, 1993.
 27. Wilson TG. Cyromazine toxicity to *Drosophila melanogaster*(Diptera: Drosophilidae) and lack of cross-resistance in natural population strains. *J Econ Entomol*, 90(5):1163-1169, 1997.