

지하집모기(*Culex pipiens molestus*)의 방제를 위한 환경친화적 살충제의 생물검정

최수연 · 오세찬 · 조민수 · 백승경 · 김진수 · 김다아 · 길미라 · 윤영남 · 유용만*

충남대학교 농업생명과학대학 농생물학과

Bioassay of Environment-friendly Insecticides for Management of Mosquito, *Culex pipiens molestus*

Su-Yeon Choi, Se-Chan Oh, Min-Su Cho, Seung-Kyoung Paek, Jin-Su Kim, Da-A Kim, Mi-Ra Gil, Young-Nam Youn and Yong-Man Yu*

Dept. Applied Biology, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Korea

ABSTRACT : Bioassay of mosquito, *Culex pipiens molestus*, larva was investigated by several environment-friendly insecticides. These insecticides were Novaluron as chitin synthesis inhibitor, Methoxyfenozide as ecdysone agonist, Pyriproxyfen as juvenile hormone mimic, and Spiromesifen as lipid biosynthesis inhibitor. The 50% lethal concentration (LC₅₀) of these insecticides were 0.00039, 0.07193, 0.65006 and 0.04839 ppm, respectively. Novaluron has lower concentration than any other insecticide. To determine the treatment time against larval stages, insecticides were applied to different larval stages of *C. pipiens molestus*. Mortality ratios of mosquito larva treated with Novaluron were 100.0, 84.5, 71.0 and 48.5% on 2, 4, 7 and 10 days after hatching from eggs, respectively. Otherwise, with the other insecticides, mortality ratios were under 80% with 2 days old larva. When exposure periods were tested to 3 or 4 days old larva against 4 insecticides, at least 3 hours were needed to 100% control effect against Novaluron, and over 12 hours with other insecticides.

KEY WORDS : *Culex pipiens molestus*, Novaluron, Methoxyfenozide, Pyriproxyfen, Spiromesifen, Bioassay

초 록 : 몇 가지 환경 친화적 살충제를 사용하여 지하집모기 유충에 대한 생물활성을 조사하였다. 본 실험에 사용한 약제로는 키틴합성저해제인 Novaluron, 탈피촉진제인 Methoxyfenozide, 탈피억제제인 Pyriproxyfen 그리고 지질생합성저해제인 Spiromesifen을 사용하였다. 지하집모기의 유충에 대한 약제별 반수치사농도는 각각 0.00039, 0.07193, 0.65006 그리고 0.04839 ppm으로 키틴합성저해제인 Novaluron가 가장 낮은 농도를 보였다. 모기 유충방제에 필요한 효과적인 약제 처리시기를 결정하기 위하여 모기 유충의 령기에 따른 약제 감수성 실험을 실시한 결과, Novaluron은 부화 후 2일차, 4일차, 7일차 및 10일차에서 각각 100%, 84.5%, 71% 그리고 48.5%의 방제가로 IGR약제의 특징이 나타났다. 또한, Methoxyfenozide, Pyriproxyfen 그리고 Spiromesifen은 부화 후 2일차에서 80%이하의 살충효과로 Novaluron과 비교하여 낮은 방제가를 나타냈었다. 한편 모기유충에 대한 효과적인 약제 노출시간을 알아본 결과 Novaluron은 100% 살충효과를 나타내는데 3시간이 필요하였고, 나머지 약제들은 12시간 이상의 노출시간에서도 100% 방제효과를 나타내지 못하였다.

검색어 : 지하집모기, Novaluron, Methoxyfenozide, Pyriproxyfen, Spiromesifen, 생물검정

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

모기는 주로 여름철에 발생하여 사람의 생활에 많은 성가심을 유발하고 여러종류의 전염성 질병을 매개하는 것으로 알려져 있다. 대표적인 예로 말라리아, 일본 뇌염, 뎅그열 및 필라리아(filariasis) 등이 있다(Farid *et al.*, 2001). 특히 전세계적으로 분포하는 것으로 알려진 *Culex* 속 모기들은 인류의 건강에 많은 위협을 주고 있다. 최근에는 미국 동부에서는 *Aedes*와 *Culex* 속에 속하는 모기들이 West Nile 바이러스를 매개하는 것으로 알려져 있으며(Gottlieb, 2000; Johnson *et al.*, 2003), St Louis 뇌염 바이러스는 *Culex tarsalis*에 의해서 매개된다는 보고가 있고(Tsai and Mitchell, 1989; Reisen *et al.*, 1993), 이집트에서는 Rift valley fever를 매개한다고 보고되었다(Meegan, 1979; Hoogstraal *et al.*, 1979). 한편, 국내에서 주로 작은빨간집모기(*Culex tritaeniorhynchus*), 빨간집모기(*Culex pipiens pallens*), 지하집모기(*Culex pipiens molestus*), 중국얼룩날개모기(*Anopheles sinensis*), 금빛숲모기(*Aedes vexans nipponii*), 큰검정들모기(*Armigeres subalbatus*) 등이 알려져 있으며, 전체 11속 53종이 보고되어 있다.

이중에서 지하집모기는 이집트에서 유래하여 영국, 프랑스 그리고 중동지역 순으로 발견된 이후 현재는 세계적으로 넓게 분포하고 있다. 우리나라에서는 1989년 이후 대도시에서 분포하고 있다고 보고된 이후로 전국적으로 분포하고 있음이 확인되었다(Shim *et al.*, 1982; Lee and Lee, 1992). 지하집모기는 지하 환경에 적응한 계통으로 동절기에도 활동을 하며, 좁은 공간에서도 교미를 할 수 있는 협소 교미성이다. 또 흡혈 하지 않아도 1회는 산란할 수 있지만(무흡혈 산란성), 그 다음은 사람으로부터 흡혈을 해야만 산란을 반복할 수 있다. 유충 기간은 약 10일로, 산란으로부터 2주일 정도시간이 경과되면 성충으로 우화 한다. 최근 도심지역 지하공간의 활용이 많아짐에 따라 모기에 의한 피해 사례도 늘어나고 있는 실정이다. 특히 지하집모기는 사람을 흡혈 하여, 알레르기 반응에 의한 가려움과 붓기를 일으키며 사상충증을 매개하기도 하며, 비록 실험실에서의 결과이기는 하지만 일본뇌염을 매개시킬 수 있다고 보고된바 있다(Weng *et al.*, 2000).

이와 같은 모기 피해를 방지하기 위해 전 세계적으로 많은 노력을 기울이고 있으며, 대부분 유기염소계, 유기인계, 카바메이트계, 합성피레스로이드계 등의 살충제를 이용하여 혼연살포 방법으로 모기 성충을 방제 하여 오고 있다. 그러나 이러한 살충제의 혼연살포 방법은 적은 비용과 효과가 빠르다는 장점이 있으나, 살충제가 함유하고 있는 독성물질이 사용자에게 직접 접촉할 수 있는 기회가

많아지게 됨에 따라서 공중보건이나 생태적 환경에 잠재적인 위험을 내포하고 있다. 이러한 문제점을 해결하는 하나의 방법으로서 최근에는 유충만을 선택적으로 죽일 수 있는 환경 친화적인 곤충성장조절제(Insect Growth Regulators, IGRs)가 사용되기 시작하였다. IGRs는 곤충의 발육에 관련된 생화학적 복합체로서 곤충과 발육 및 대사 작용 다른 생물체에게는 영향을 주지 않는 물질로 선택성이 높은 친환경적 살충제로 알려져 있다. IGRs계통의 살충제는 일반 화학농약들보다 유용생물들에 대해서도 비교적 안전하고 다른 살충제에 비하여 낮은 농도로도 효과적인 방제가 가능하며 넓은 기주범위를 가지고 있다. 또한 곤충 호르몬 유사물질을 이용한 것으로 인축 및 자연 생태계에도 저독성이고 빨리 분해가 되기 때문에 최근에는 농업해충의 방제를 위한 종합적 해충방제(IPM) 프로그램에서도 상당히 주목 받고 있는 물질이다(Schoonover and Larson, 1995). 또한 IGRs는 무척추동물의 비표적 생물에게 최소한의 독성을 가지면서 호르몬 활성으로 모기 유충에 강한 활성을 나타내는 것으로 알려져 있어 모기방제의 또 다른 방법으로 제공되고 있다. 이러한 환경친화적 방제제로 사용되고 있는 IGRs계통의 살충제로는 키틴합성 저해제(Chitin synthesis inhibitor), 유약호르몬 유사체(Juvenile hormone mimics), 탈피 촉진제(ecdysone agonists) 등이 있으며 이들은 농업해충, 저장해충(Tripathi, 2000)과 위생해충의 방제제로 사용된다. 이러한 IGRs계통의 살충제는 나비목과 딱정벌레목에서 많은 연구가 이루어지고 있으나, 파리목 특히 수서 곤충에 대하여는 많은 연구가 이루어지지 않고 있다(Beckage *et al.*, 2004). 특히 Novaluron (Arredondo-Jiménez and Valdez-Delgado, 2006)과 Methofenozide (Beckage *et al.*, 2004)는 최근 세계적으로 모기 유충을 방제하는데 사용되고 있다. 또한 본 실험에서는 IGRs 약제뿐만 아니라 온실가루이(whiteflies), 응애(spider mite)와 다른 절지동물의 방제를 위해 Bayer CropScience에서 개발한 지질생합성 약제인 Spiromesifen도 사용하였다. Spiromesifen은 spirocyclic phenyl-substituted tetronic acids의 새로운 화학분류에 속하며 지질생합성 저해를 초래하는 작용기작을 가진다(Nauen *et al.*, 2002).

본 연구에서는 인축 및 생태계에 안전한 IGRs 약제를 이용하여 지하집모기(*C. pipiens molestus*)에 대한 살충효과를 나타내는 약제를 선발하기 위하여 작용기작 및 령기별, 노출시간별 살충효과를 검토하여 방제자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

공시충의 사육

실험에 사용된 지하집모기(*C. pipiens molestus*)는 대전광역시 유성구 궁동지역에 위치하고 있는 지하집모기 발생지역에서 유충을 채집하여 사용하였다. 채집된 유충은 습도 $75\pm 5\%$ RH와 온도 $27\pm 2^\circ\text{C}$ 인 실내에서 치어사료와 Yeast (Difco)를 적당비율 혼합한 유충먹이를 제공하면서 사육하였고, 번데기가 되면 polyethylene cup (D×H = 70×40 mm)에 옮겨주고, 성충으로의 우화를 유도하였다. 성충으로 우화된 지하집모기는 10% 설탕물을 공급해주면서 산란을 유도하였고, 산란을 위한 혈액원으로 쥐를 넣어주었다. 산란된 알은 polyethylene cup에 옮겨 부화를 유도하고 부화된 유충은 유충먹이를 공급하면서 부화일 별로 분리하여 사육하였다. 모기의 사육에 사용된 물은 수도물을 받아서 3일이 경과된 물이나 정수기에서 정수된 물을 사용하였다. 살충제 생물검정에 사용한 지하집모기 유충은 실내에서 3-4세대를 경과한 유충을 사용하였으며, 알에서 부화한 후 3-4일이 되는 2령 유충을 사용하였다.

시험 약제

본 실험에서 사용된 약제는 농약으로 시판되고 있는 제품을 구입하여 사용하였으며 1차 실험으로 IGRs로 등록된 약제인 키틴합성저해제는 5종(Novaluron, Lufenuron, Diflubenzuron, Chlorfluazuron, Teflubenzuron), 탈피촉진제는 2종(Methoxyfenozide, Tebufenozide)과 유약호르몬 유사체 1종(Pyriproxyfen) 그리고 지질생합성 저해제 1종(Spiromesifen) 등 9종류로 실시하였다. 예비 실험에서 각 작용기작별로 살충효과가 우수한 4종류를 선발하여 본 실험을 실시하였다.

생물검정

모기유충에 대한 생물활성검정은 polyethylene cup에 물 40 ml를 채워서 부화 후 3-4일된 유충 25마리씩 넣고 유충먹이를 제공하였으며, 1시간의 적응시간을 둔 후, 약제 희석액 1 ml를 표면에 떨어뜨린다. 약제 처리 후 24시간 간격으로 모든 유충이 사망하든가 혹은 성충이 우화할 때까지 사충율을 조사하였으며, 실험은 3반복으로 실시하였다. 모기 유충의 반수치사농도 값은 작용기작에 의하여 선발된 약제별로 유충이 모두 사망하는 농도와 생존하

는 농도를 제외한 결과를 Probit 분석 프로그램으로 반수치사농도(LC₅₀)를 조사하였다. 또한 령기에 따른 사충율은 부화 후 2, 4, 7, 10일이 경과된 유충을 polyethylene cup에 모기유충을 대상으로 실시하였다. 노출시간별 사충율 조사는 부화 후 3-4일된 유충 15마리씩 넣어 사용하였으며, 약제별로 LC₉₀ 농도의 희석액을 처리하고 3시간, 7시간, 12시간이 경과된 후, 이들 유충들을 200 mesh의 그물망을 이용하여 유충을 거르고 깨끗한 물로 세척시킨 후 40 ml의 깨끗한 물에 넣고, 24시간 간격으로 성충으로 우화할 때까지 유충의 생존 유무를 조사하였다. 또한 Novaluron의 경우에는 좀 더 세밀한 노출시간을 측정하기 위하여 30분과 1, 3시간의 노출 후 사망률을 조사하였다.

결과 및 고찰

작용기작별 약제 선발

모기유충에 살충효과가 있는 약제의 작용기작별 그룹에서 가장 높은 효과를 나타내는 약제를 1종씩 선발하기 위하여 예비 실험을 수행하였다. 먼저 위생곤충약제 및 농약으로 사용되고 있는 5종의 키틴합성저해제로서 Novaluron, Diflubenzuron, Chlorfluazuron, Lufenuron, Teflubenzuron 약제를 0.000217 ppm 농도로 처리했을 때 다른 약제 보다 Novaluron이 17%의 사충율을 보여 선발하였다. 탈피 촉진제에 속하는 Methoxyfenozide와 Tebufenozide 약제를 0.043478 ppm으로 처리했을 경우에는 Methoxyfenozide가 23%의 사충율을 보여 Tebufenozide 약제보다 높은 사충율을 나타냈다. 유약호르몬 유사체인 Pyriproxyfen과 지질생합성저해제인 Spiromesifen 약제는 0.217391 ppm으로 처리했을 때, 각각 17%와 65%의 사충율을 보였다. 따라서 각 작용기작별 살충력이 우수한 약제로는 키틴합성저해제인 Novaluron, 탈피촉진제인 Methoxyfenozide, 유약호르몬 유사체인 Pyriproxyfen 그리고 지질생합성저해제인 Spiromesifen 등 4종류를 선발하였다.

반수치사농도(LC₅₀) 및 안전성

약제의 각 작용기작별 시험에서 선발된 4종류의 약제를 부화 3-4일된 모기유충에 대하여 살충력을 검정 하였다. 모기유충에 대한 반수치사농도 값은 Table 1에서 같이 키틴합성저해제인 Novaluron이 0.00039 ppm으로 가장

Table 1. Activity of several insecticides against larvae of *Culex pipiens molestus*

Insecticide	Slope±SE	LC ₅₀ (95%CL. ppm)
Novaluron	3.134±0.568	0.00039(0.00027-0.00055)
Methoxyfenozide	2.810±0.361	0.07193(0.05471-0.09443)
Pyriproxyfen	5.658±4.974	0.65006(0.13833-3.05040)
Spiromesifen	4.609±0.960	0.04839(0.03000-0.07582)

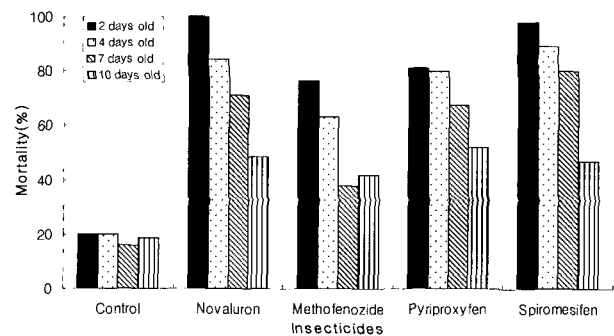
Table 2. Toxicity of several insecticides against organism

Insecticide	Fish (LC ₅₀)	Algae (EC ₅₀)	Worms (LC ₅₀)
Novaluron	>1.0 mg/l	Non-toxic	Non-toxic
Methoxyfenozide	>4.2 mg/l	>3.4 mg/l	>1213 mg/kg soil
Pyriproxyfen	>0.325 mg/l	>0.064 mg/l	-
Spiromesifen	-	-	>1000 mg/kg soil

높은 농도로 나타났다. 반면에 유약호르몬 유사체인 Pyriproxyfen 약제는 누에에 100 pg으로도 생물효과가 나타나며 딱정벌레목, 나비목, 파리목 등 매우 넓은 기주범위를 갖고 있으나 모기 유충에 대하여서는 0.65006 ppm으로 시험된 약제로 가장 높게 나타났다(Monconduit & Mauchamp, 1998). 모기유충이 서식처에서 생활하는 수서생물들에 대한 안전성은 Table 2에서 조사한 반수치사농도(LC₅₀)와 안전평가기준(Tomlin, 2006)으로 나타나고 있다. Novaluron과 Methoxyfenozide는 기준치 이하의 농도로 환경독성 중 수서에 생활하는 어류, 조류, 환형동물류에 모두 안전하나 Pyriproxyfen은 어독성이 높고, Spiromesifen은 수서 생태계에 대한 결과는 아직 조사되지 않았다. 따라서 Novaluron과 Methoxyfenozide 약제는 수서 생태계에서 사용하여도 안전할 것으로 조사되었다.

모기유충의 령기별 사충율 조사

야외에서는 다양하게 모기유충의 령기가 혼재되어 있고, 또한 IGRs 계통 약제의 특성인 살충력의 지효성 효과를 조사하기 위해 실시하였다. 시험된 대부분의 약제에서 어린 령기의 유충에서 노령유충으로 갈수록 사충율이 감소하였다. 그러나 Fig. 1에서 볼 수 있는 것같이 Methoxyfenozide 약제는 다른 약제와는 달리 부화 7일차 유충이 종령 10일차 유충에 비해 낮은 효과를 보였는데, 이는 탈피 촉진제가 유충에서 번데기로의 용화되는 과정에서 기형이 되어 죽는 것으로 보아 종령 유충보다 전령유충에 더 살충력을 나타내는 것으로 추측된다. Nauen *et al.* (2002)는 Spiromesifen이 노령유충 보다 어린 유충단계에서 특히 활성을 보인다고 하였다. 이러한 결과는 본 실험

**Fig. 1.** Mortality ratio of *C. pipiens molestus* larva against Novaluron, Methoxyfenozide, Pyriproxyfen, and Spiromesifen as IGR larvicides according to different larval ages from hatching.

에서도 부화 후 2, 4, 6일차인 유충이 전령 유충인 부화 후 10일차 유충에 비해 훨씬 높은 사충율을 보였다(Fig. 1). Novaluron은 모든 령기에서 약제 처리 후 3일까지 빠른 살충력을 보였으며 4일부터 서서히 효과를 나타냈으나 Pyriproxyfen, Methoxyfenozide 및 Spiromesifen은 Novaluron과는 달리 모든 령기에서 처음부터 10일차까지 서서히 살충효과를 나타내었다. 따라서 발생초기의 어린 유충 시에 약제를 적용하거나 각 령기의 유충이 혼재 시에는 2회 이상의 약제 살포했을 때 방제효과가 높을 것으로 사료된다.

모기 유충의 죽는 증상 관찰

유충의 죽는 양상은 Fig. 2에서 볼 수 있는 것같이 Novaluron을 처리한 Fig. 2B는 무처리구인 Fig. 2A와 비교하여 충체 내가 불투명하며 검정색으로 손상된 것같이

보였고, 또한 표피층의 키틴 형성의 저해로 얇아져 외부의 물질과 충체 내가 불균형을 이루어 소화기관이 파괴되어 흔적을 찾아볼 수가 없었다. Methoxyfenozide를 처리한 Fig. 2C는 약제의 영향을 받은 유충의 마디 사이가 검게 변색되어 죽었다. 이와 현상은 Carton *et al.* (2000)이 탈피 촉진제에 영향을 받은 *Leptinotarsa decemlineata* 유충이 빠른 탈피로 유도되어 섭식을 멈추며, 시기가 지나 탈피를 못한 큐티클 층이 검게 변색되는 것을 보고한 내용과 매우 유사한 것을 알 수 있었다. Pyriproxyfen을 처리한 Fig. 2D는 무처리구인 Fig. 2A 유충에 비해 충체의 길이는

길었으나 폭이 좁은 것으로 보아 이는 탈피 및 섭식이 저해되어 이러한 현상이 나타나는 것으로 누에에서는 이와 유사한 결과가 보고된 바 있다(Leonardi *et al.*, 1996). 한편, Fig. 2E는 지질생합성저해제로서 Spiromesifen을 처리한 것으로 충체가 작고 꼬리쪽에서 탈피각을 완전히 벗지 못한 상태로 죽었다.

한편, IGR계통의 살충제를 모기 유충단계에서 처리하고 시간이 경과하면서, 번데기가 형성되는 시기에 일어나는 현상을 Fig. 3에서 볼 수 있다. 번데기의 경우, Fig. 3B는 번데기로 탈피하는 과정에서 탈피각을 완전히 벗지

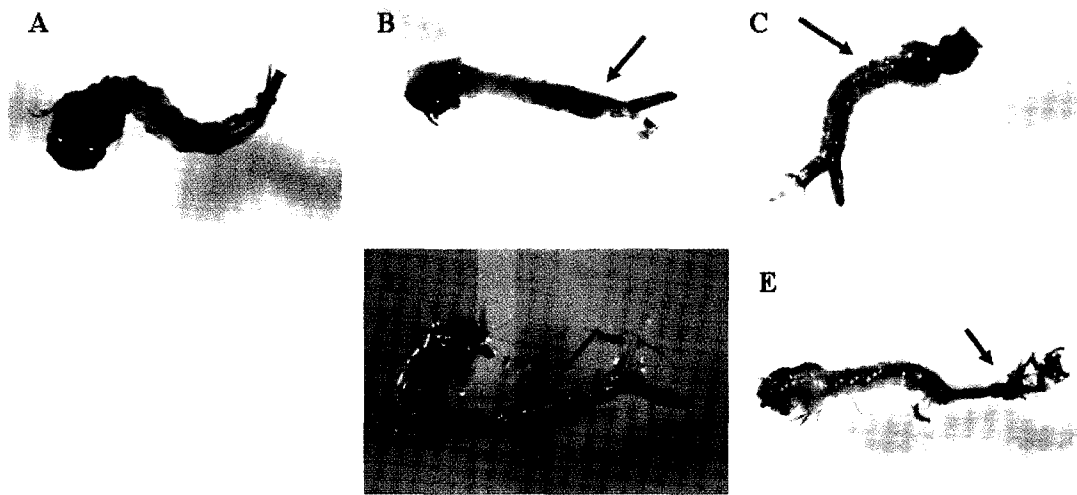


Fig. 2. The appearance of *C. pipiens molestus* larva treated with insecticides. A: Control; B: Novaluron; C: Methoxyfenozide; D: Pyriproxyfen; E: Spiromesifen. Red arrows indicate differences compare with healthy larva during larval stages.

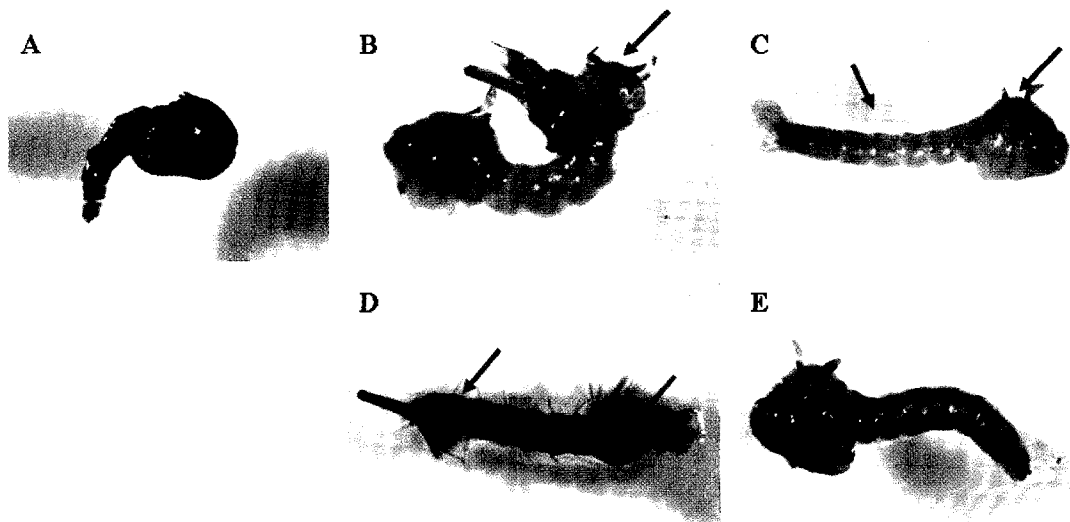


Fig. 3. The appearance of *C. pipiens molestus* larva treated with insecticides during pupation. A: Control; B: Novaluron; C: Methoxyfenozide; D: Pyriproxyfen; E: Spiromesifen. Red arrows indicate differences compare with healthy pupa during pupation stages and blue arrow indicates a larval trace without molt.

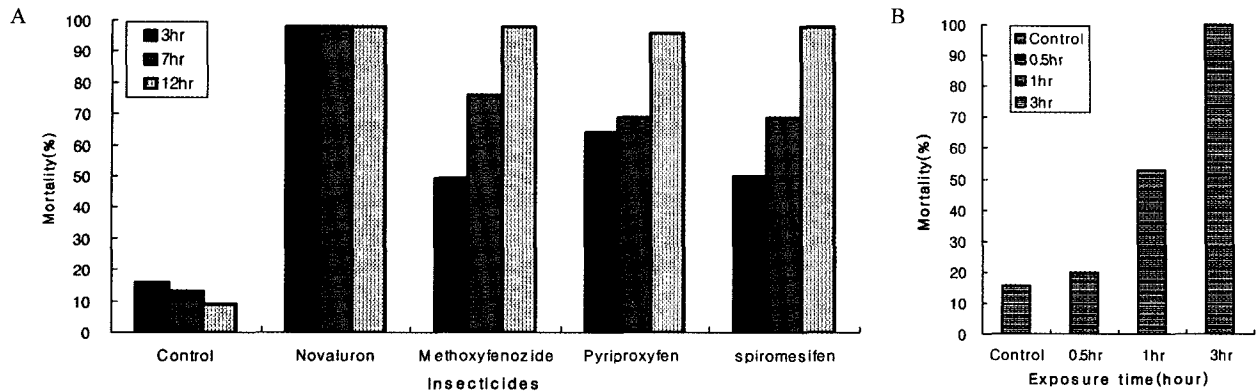


Fig. 4. Mortality ratio of *C. pipiens molestus* larva against Novaluron, Methoxyfenozide, Pyriproxyfen, and Spiromesifen as IGR larvicides according to different exposure times for 3, 7 and 12 hours (A). Figure B shows mortalities of mosquito larva for 0.5, 1 and 3 hours exposure to Novaluron.

못한 상태로 죽었으며, Fig. 3C와 E는 머리와 가슴부분은 번데기 상태이나 배 부분은 노령유충의 모습을 하고 있으며, Fig. 3D는 번데기로 성장하지 못한 채 죽은 것으로 가슴부위에 탈피를 하려고 했던 흔적이 보인다. 이와 같은 결과는 Nancy *et al.* (2004)가 IGR 계통의 약제를 모기 유충에 처리했을 때 대부분 유충과 번데기 사이의 기형유충이 된다고 보고한 바와 매우 유사한 결론을 얻을 수 있었다.

노출시간별 사충을 조사

지하집모기(*C. pipiens molestus*)는 최근 도시의 난방시설로 사용되는 지하의 집수시설이 증가함에 따라서 겨울에도 유충이 많이 발견되고 있다(Lee and Lee, 1992; Sohn, 1996). 지하집모기의 서식지는 고여 있는 물에서 뿐만 아니라 흐르거나 넘치는 물 등에 발생하므로 이러한 유충방제를 위해서 최소 필요한 노출시간을 조사하였다(Fig. 4A). 실험에 사용된 4약제 중 Novaluron을 제외한 나머지 3약제(Methoxyfenozide, Pyriproxyfen, Spiromesifen)은 적어도 12시간 이상을 노출해야만 80-90% 정도의 살충효과를 나타내었다. 그러나 Novaluron은 3시간 정도의 노출시간에서도 12시간 이상 노출한 다른 3종류의 약보다도 높은 살충력을 나타내었다. 또한 Novaluron은 1시간의 노출 시 약 50%의 살충력을 나타내었다(Fig. 4B). 따라서 지하수역이나 물의 유수가 많은 장마철인 7-9월에는 Novaluron 약제를 처리하여 모기유충을 방제할 때는 3시간 정도의 물이 정체 가능 시 사용하는 것이 효과적이라고 사료된다.

사 사

본 연구는 2007년도 (주)국보제약의 연구비지원에 의하여 수행되었다.

Literature Cited

- Arredondo-Jiménez, J.I. and K.M. Valdez-Delgado. 2006. Effect of Novaluron (Rimon[®] 10EC) on the mosquitoes *Anopheles albimanus*, *Anopheles pseudopunctipennis*, *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* and *Culex quinquefasciatus* from Chiapas, Mexico. *Med. Veter. Entomol.* 20: 377-387.
- Beckage, N.E., K.M. Marion, W.E. Walton, M.C. Wirth, F.F. Tan. 2004. The Comparative larvicidal toxicities of three ecdysone agonists on the mosquitoes *Aedes aegypti*, *Culex quinquefasciatus* and *Anopheles gambiae*. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 57: 111-122.
- Carton, B., A. Heirman, G. Smagge and L. Tirry. 2000. Relationship between toxicity, kinetics and in vitro binding of the nonsteroidal ecdysone agonists in the cotton leafworm and the Colorado potato beetle. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent.* 65: 311-322.
- Farid, H.A., R.E. Hammad, M.M. Hassan, Z.S. Morsy, I.H. Karmal, G.J. Weil and R.M.R. Romzy. 2001. Detection of *Wuchereria bancrofti* in mosquitoes by the polymerase chain reaction: a potentially useful tool for large-scale control programmes. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 95: 29-32.
- Gottlieb, S. 2000. West Nile virus detected in mosquitoes in Central Park. *Bull WHO* 78(N9): 1168.
- Hoogstraal, H., J.M. Meegan, G.M. Khalil, F.K. Adham. 1979. The Rift Valley fever epizootic in Egypt 1977-1978 2. Ecological and entomological studies. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 73(6): 624-629.
- Johnson, B.W., T.V. Chambers, M.B. Crabtree, J. Arroyo, T.P. Monath, B.R. Miller. 2003. Growth characteristics of the veterinary vaccine candidate ChimeriVax[™]-West Nile (WN) virus in *Aedes*

- and *Culex* mosquitoes. *Med. Veter. Entomol.* 17(3): 235-243.
- Lee, D.K. and W.J. Lee. 1992. Overwintering mosquito population of *Culex pipiens molestus* in the underground structures in Pusan. *Korean J. Appl. Entomol.* 22(4): 273-279.
- Leonardi, M.G., S. Cappellozza, P. Lanne, L. Cappellozza and P. Parenti. 1996. Effects of the topical application of an insect growth regulator (fenoxycarb) on some physiological parameters in the fifth instar larvae of the silkworm *Bombyx mori*. *Comp. Biochem. Physiol. B.* 113: 361-365.
- Meegan, J.M. 1979. The Rift Valley fever epizootic in Egypt 1977-1978 1. Description of the epizootic and virological studies. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 73(6): 618-623.
- Monconduit and Mauchamp. 1998. Effects of ultralow doses of fenoxycarb on juvenile hormone-regulated physiological parameters in the silkworm, *Bombyx mori* L. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 37(2): 178-189.
- Nancy E. Beckage, Ken M. Marion, William E. Walton, Margaret C. Wirth, Frances F. Tan 2004. Comparative larvicidal toxicities of three ecdysone agonists on the mosquitoes *Aedes aegypti*, *Culex quinquefasciatus* and *Anopheles gambiae*. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 57: 111-122.
- Nauen, R., T. Bretschneider, E. Bruck, A. Elbert, U. Reckmann, U. Wachendorff and R. Tiemann. 2002. BSN 2060: A novel compound for whitefly and spider mite control. The BCPC Conference: Pests and Diseases 1: 39-44.
- Reisen, W.K., R.P. Meyer, S.B. Presser, J.L. Hardy. 1993. Effect of Temperature on the Transmission of Western Equine Encephalomyelitis and St. Louis Encephalitis Viruses by *Culex tarsalis* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Entomol.* 30(1): 151-156.
- Schoonover, J.R. and L.L. Larson. 1995. Laboratory activity of spinosad on non-target beneficial arthropods. *Arthropod. Manage.* 20: 357.
- Shim, J.C., Y.H. Yoon, C.L. Kim, W.J. Lee, E.H. Shin, K.N. Yeon and H.K. Hong. 1982. Collection and life cycle of unreported *Culex pipiens molestus* in Korea. *Rep. Nat'l. Inst. Health Kor.* 26: 235-240.
- Sohn, S.R. 1996. Seasonal prevalence and composition rate of *Culex pipiens* group occurring in the basement of an apartment, Taegu, Korea. *Kor. J. Appl. Entomol.* 26(1): 21-27.
- Tomlin, C.D.S. 2006. *The Pesticide Manual*. 14th ed., 703-963 pp. BCPC Publications, 7 Omni Business Centre, Omega Park, Hampshire, UK.
- Tripathi, A.K. 2000. Chitin synthesis inhibitors as Insect-pest control agent. *Biotech. Appl. IPM*: 41-48.
- Tsai, T.F. and C.J. Mitchell. 1989. St. Louis encephalitis in The arboviruses. *Epidemiology and ecology*, Vol IV, ed by Monath TP, CRC Press, Boca Raton, FL: 113-143.
- Weng, M.H., J.C. Lien, C.C. Lin, C.W. Yao. 2000. Vector Competence of *Culex pipiens molestus* (Diptera: Culicidae) from Taiwan for a Sympatric Strain of Japanese Encephalitis Virus. *J. Med. Entomol.* 37(5): 780-783.

(Received for publication August 8 2007;
accepted August 27 2007)