

국내 주요 모기유충과 천적어류의 Abate®와 Abate-S®에 대한 감수성

Susceptibility of Medically Important Mosquito Larvae and Larvivorous Fishes to Abate® and Abate-S® in Korea

이동규 · 유효석¹

Dong-Kyu Lee and Hyo Sok Yu¹

Abstract – A study was performed on the susceptibility of Abate® and Abate-S® against 3rd instar larvae of 5 species of mosquitoes including *Anopheles sinensis*, *Aedes dorsalis*, *Culex inatomii*, *Cx. pipiens pallens*, *Cx. tritaeniorhynchus* and mosquito larvivorous fishes such as Chinese muddy loaches (*Misgurnus mizolepis*) and crucian carps (*Carassius carassius*) in September, 1998. *Cx. pipiens* larvae showed that the LC₅₀s of both Abate® and Abate-S® were 0.006 ppm. The LC₉₅ values of this mosquito species appeared 0.070 ppm of Abate® and 0.035 ppm of Abate-S® which were more susceptible than the dosage (1.0 ppm) recommended from WHO. *An. sinensis* larvae appeared 0.009 ppm of LC₅₀ and 0.025 ppm of LC₉₅. The larvae of *Cx. inatomii* and *Ae. dorsalis* showed the most highly susceptible to Abate-S® among the 5 mosquito species with LC₅₀ values of 1.9×10^{-7} ppm and 1.1×10^{-7} ppm respectively, and the LC₉₅ values were 5.2×10^{-6} ppm and 1.4×10^{-4} ppm, respectively. On the other hand, *Cx. tritaeniorhynchus* appeared least affected by Abate-S®, and was brought 0.048 ppm of LC₅₀ and 0.808 ppm of LC₉₅. These two insecticides were much less toxic to the fishes than mosquito larvae showing the LC₁ value of Chinese muddy loaches at 24.145 ppm of Abate and 10.750 ppm of Abate-S®. This fish species showed that the LC₅₀s of Abate® and Abate-S® were 27.567 ppm and 14.775 ppm, respectively. In case of crucian carps, their LC₁ values were 7.914 ppm of Abate® and 6.480 ppm of Abate-S®. Therefore, the maximum safe dosages of the insecticides to the fishes were 8 times as high as the values of LC₉₅ of the mosquito larvae. This study suggests that Abate® and Abate-S® demonstrated highly potential insecticides for further larger scale operational integrated control in some proper aquatic places if other aquatic invertebrates are also safe to the insecticides.

Key Words – Abate, Temephos, Mosquito larva, Fish, Abate-S, Susceptibility

초 록 – 1998년 9월에 경남 일원에서 채집한 5종의 모기(*Anopheles sinensis*, *Aedes dorsalis*, *Culex inatomii*, *Cx. pipiens pallens*, *Cx. tritaeniorhynchus*)의 3령기 유충과 모기천적어류인 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*) 및 붕어(*Carassius carassius*)를 대상으로 Abate®와 Abate-S®의 감수성을 조사하였다. *Cx. pipiens pallens*에 대한 Abate®와 Abate-S®의 LC₅₀는 모두 0.006 ppm이었다. 이들의 LC₉₅는 각각 0.070 ppm과 0.035 ppm으로 이들에 대한 WHO의 제시사용농도인 1.0 ppm에 비하여 매우 높은 감수성을 보였다. *Cx. tritaeniorhynchus*의 유충에 대한 Abate-S®의 LC₅₀과 LC₉₅는 각각 0.048 ppm과 0.808 ppm을 보인 반면, *Cx. inatomii*와 *Ae. dorsalis*는 Abate-S®에 감수성이 매우 높아서 LC₅₀는 각각 1.9×10^{-7} 과 1.1×10^{-7} ppm이었으며 LC₉₅는 각각 5.2×10^{-6} ppm과 1.4×10^{-4} ppm이었다. *An. sinensis*에 대한 Abate-S®의 LC₅₀는 0.009 ppm였으며 LC₉₅는 0.025 ppm이었다. 이 두 살충제는 모기유충에 비하여 미꾸라지와 붕어에 현저히 낮은 독성을 나타내어 미꾸라지에 대한

고신대학교 자연과학부 생명과학과 (Department of Biological Sciences, Kosin University, Pusan 606-701, Korea)

¹ 서울대학교 농업생명과학대학 응용생물화학부 (Division of Applied Biology & Chemistry, College of Agriculture & Life Sciences, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea)

LC₁은 Abate®에서 24.145 ppm, Abate-S®에서 10.750 ppm이었으며 LC₅₀는 Abate®에서 27.567 ppm, Abate-S®에서 14.775 ppm이었다. 붕어의 경우에, LC₁은 Abate®에서 7.914 ppm 그리고 Abate-S®에서 6.480 ppm으로 비교적 안전한 것으로 나타났다. Abate®와 Abate-S®의 붕어에 대한 LC₅₀는 각각 19.898 ppm과 8.568 ppm으로 모기유충에 비하여 감수성이 매우 낮게 나타났다. 본 실험결과 미꾸라지와 붕어에 안전한 Abate®와 Abate-S®의 최대농도는 모기 유충의 95.0% 치사농도의 8배 이상으로 나타나서 다른 수서 무척추동물에 안전하다면 이들 천적어류와 살충제를 동시에 이용한 특정 수역에서 모기의 종합적 방제 (Integrated Control)를 수행하는데 매우 유용하게 사용될 수 있을 가능성을 보였다.

검색어 - 아베이트, 테메포스, 모기유충, 어류, 아베이트-S, 감수성

최근 지구 온난화 현상과 엘니뇨 현상에 의한 기온의 상승 및 강우량의 증가가 모기를 비롯한 위생곤충에 의한 질병의 증가를 가져오고 있다는 사실이 Patz *et al.* (1996)에 의해 보고된 바 있다. 우리 나라에서도 근년에 기온이 상승하고 있으며 환경의 변화에 따른 모기의 대발생에 의해 보건상의 문제를 일으키고 있다. 특히 울산공업단지 인근의 늪지대에서는 *Culex inatomii*의 대발생 (Ree, 1998)으로 인하여 기존의 성충구제를 위주로 한 방제방법으로는 해결하기 어려운 실정이다. 우리 나라에서는 그동안 모기의 방제를 위하여 가열연막에 의한 성충구제를 주로 실시하여 왔으나 근본적이고 효과적인 방제를 위해서는 유충구제를 병행하는 것이 효과적이라고 할 수 있다. 그러나 유충구제를 위해서 사용되는 대부분의 살충제는 모기 유충뿐만 아니라 모기의 천적을 비롯한 각종 수서동물까지도 치사시킴으로써 환경문제와 더불어 모기방제의 문제점으로 대두되어 왔다 (Ree *et al.*, 1981; Lee *et al.*, 1997; Lee, 1998). 더구나 말라리아매개종인 중국얼룩날개모기 (*Anopheles sinensis*)와 일본뇌염매개종인 작은빨간집모기 (*Culex tritaeniorhynchus*)의 주요 발생원인 논에서는 오랫동안 농약을 많이 사용하여 이들 모기유충에 대해 많은 종류의 살충제가 이미 높은 저항성을 가지고 있음이 Shim *et al.* (1995a, b)에 의해 보고된 바 있다. 이에 따라 비구제대상 동물에는 저독성이면서 모기유충만을 선택적으로 구제하는 살충제의 개발과 사용이 필요하게 되었고 미국을 비롯한 선진국에서는 현재 선택적 살충제인 *Bacillus thuringiensis israelensis* 제제의 사용이 일반화되었으며, 그동안 미국, 일본 그리고 동남아시아 국가에서 모기 유충 구제에는 매우 효과적이거나 수서동물에는 저독성을 보이는 temephos (Abate®)를 많이 사용하여 왔다 (WHO, 1988). temephos는 유기인계 살충제로 흰쥐 암컷의 경구 LD₅₀ 값은 13,000 mg/kg으로 그 독성이 극히 낮으며 사람에게도 매우 안전하여 5일 동안 1인당 256 mg을 섭취하여도 중독 증상이 전혀 나타나지 않는 것으로 보고되었다 (Laws *et al.*, 1967). 세계보건기구 (WHO)는 temephos 1.0 ppm을 식용수로 사용할 수 있음을 인정하였다 (WHO, 1973). 이러한 근거로 태국

과 말레이시아 등의 동남아시아 국가에서는 *Aedes aegypti* 유충을 구제하기 위하여 Abate® 1.0 ppm을 식용수에 넣어 공급하여 왔는데 (WHO, 1988) 이렇게 할 수 있는 이유는 Abate®가 1.0 ppm 정도에서는 사람에게 전혀 영향을 주지 않으며 식수에서도 축적되지 않기 때문이라고 Laws *et al.* (1967, 1968)은 보고하였다. 또한, temephos는 환경오염에도 큰 영향이 없는 것으로 알려져 있는데 이는 태양광선에 쉽게 분해되므로 장기간 축적이 되지 않으며 (Rosen, 1972) 어류와 많은 종류의 수서곤충을 비롯한 수서동물에도 안전한 것으로 알려져 있어서 (Worthing and Walker, 1983; Ree, 1993) temephos를 이용하여 모기유충 구제를 실시한다면 다른 살충제 사용에 비하여 생태계 교란을 최소로 막을 수 있을 것으로 예측되고 있다. 그러나 국내에서는 그동안 모기유충과 수서동물 특히 담수어류에 대한 temephos의 독성효과를 보고한 예가 드물어 앞으로 모기의 효율적이고 적극적인 방제를 위한 기초 자료를 얻고자 하는 것이 본 연구의 목적이다.

재료 및 방법

1. 실험용 살충제

본 실험에 사용된 2종의 살충제는 유기인계인 temephos 제제로 Abate® (American Cyanamid Co.)와 Abate-S® (CESCO)를 4°C의 냉장고에 보관하며 사용하였다. Abate®의 유효성분인 temephos는 50%의 유제 (EC)이며 Abate-S®의 유효성분은 temephos 20%와 fenthion 2%의 혼합제로 유제 (EC)이다.

2. 공시충 및 어류

실험에 사용된 5종의 모기는 모두 1998년 9월중 야외에서 채집된 중국얼룩날개모기 (*Anopheles sinensis*), 등줄숲모기 (*Aedes dorsalis*), 이나도미집모기 (*Culex inatomii*), 빨간집모기 (*Cx. pipiens pallens*), 작은빨간집모기 (*Cx. tritaeniorhynchus*)였다. 이중에 *An. sinensis*와 *Cx. tritaeniorhynchus*는 경남 밀양시 인근의 우사에서 이미 흡혈한 개체를 흡충관을 이용하여 채집하여 모기망 (15×25×15 cm)에 넣은 후 10%의

설탕물을 공급하고 저온상태의 ice box에 넣어 모기 사육실로 운반하였다. 이들은 모기 사육실에서 모기 사육조(40×50×35 cm)로 옮긴 후 26±2°C의 항온과 60±10%의 상대습도와 1일 12시간의 빛을 유지하면서 3~4일 후 산란하도록 하였다. 산란한 모기의 알은 2.0 리터의 증류수가 담긴 에나멜 pan(36×23×5 cm)으로 옮기고 유충으로 부화하도록 하였다. 유충의 먹이로는 송아지사료(진양사료)와 에비오제(삼일제약)를 10:1의 비율로 섞어 미세한 분말로 만든 것을 유충령기에 따라 Gerberg *et al.* (1969)이 제시한 양만큼 매일 공급하였다. 한편, *Ae. dorsalis*와 *Cx. inatomii*는 경남 울산시 오대오천마을의 저습지에서 유충으로 채집하였으며, *Cx. pipiens pallens*는 경남 김해시의 미나리밭에서 유충상태로 채집하였다. 채집된 모기유충들은 플라스틱병(지름 8×길이 15 cm)에 물과 함께 넣은 후 저온의 ice box에 넣어 실험실로 운반하였다. 이들은 상기 에나멜 pan에 옮겨진 후 해부현미경과 광학현미경을 통하여 분류하여 종을 확인한 다음 역시 전술한 방법으로 사육실에서 사육하였다. 본 실험에서 각 종의 모기는 모두 3령기 유충을 사용하였다.

실험에 사용한 담수어류는 모기 유충의 우수한 천적인 미꾸라지(*Misgurnus muzolepis*) (Lee, 1998)와 붕어(*Carassius carassius*)의 2종이었다. 이들 어종은 모두 경남 밀양의 논, 논도랑, 개울 등지에서 트랩을 사용하여 채집한 후 실험실로 운반하였다. 운반된 어류는 모두 어항에 넣고 관상용 어류 먹이와 분말로 만든 송아지사료를 섞어 매일 적당량 공급하였다.

3. 감수성 실험

실험방법은 세계보건기구가 표준방법으로 만든 모기유충 실험법을 따랐다(WHO, 1970). 각 살충제를 100%로 하여 1.0 g을 재어 5.0 ml 에탄올에 용해시켜 5분간 교반한 다음 94.0 ml의 에탄올로 10,000 ppm(W/V)으로 희석하여 stock solution으로 하고 이것을 다시 에탄올로 1,000 ppm, 100 ppm, 10 ppm 순으로 희석 용해시켜 예비실험을 실시하였다. 모기유충의 독성 실험은 예비실험 자료를 중심으로 4~5개의 중간농도를 조제한 다음 500 ml의 beaker에 224 ml의 증류수에 1 ml의 각 살충제농도별 용액을 넣고 교반하였다. 한편, 50 ml beaker에는 25 ml의 증류수를 담아 25마리의 유충을 넣어 두고 내용물을 유충과 함께 미리 만들어 둔 농도별 살충제 속에 넣어 전액을 총 250 ml로 만들고 24시간동안 25°C 항온과 12시간의 조명하에서 노출시켰다. 모기의 치사율을 계산하기 위하여 처리 24시간 후 치사한 유충과 정상적인 동작을 하지 못하는 아치사 유충을 합하여 기록하여 백분율로 환산하였다. 본 실험은 매 실험마다 대조군을 두었으며 대조군에서 10% 이상 치사율이 생겼을 때는 무효화하고

재실험을 실시하였으며, 그 이하인 경우에는 Abbott 공식(Abbott, 1925)에 적용하여 치사율을 교정하였다.

한편 천적어류에 대한 독성실험은 모기유충실험과 동일한 방법으로 실시하였으며, 실험은 플라스틱 용기(32×42×20 cm)를 사용하고 물의 용량은 10.0 liter를 채운 후 10,000 ppm의 stock solution을 이용하여 계획된 3-5개의 농도로 맞추었다. 실험에 사용된 어류는 종류에 따라 각각 10마리씩 해당 실험용기에 넣었으며, 매 실험마다 대조군을 두고 비교하였다. 모기유충 실험과 어류 실험은 모두 3회 반복실험을 하였다. 실험한 모기유충과 천적어류는 probit analysis (Finny, 1971)에 의한 중간농도의 치사율을 이용하여 LC₁, LC₅₀ 및 LC₉₅ 값을 산출하여 나타냈다.

결과 및 고찰

1. 모기 유충에 대한 살충효과

Abate®와 Abate-S®의 5종의 모기 유충에 대한 LC₅₀ 값 및 LC₉₅ 값은 Table 1에서 보는 바와 같다. 국내 도시와 농촌 모두에서 높은 서식밀도를 보이고 있는 *Cx. pipiens pallens* 유충은 0.070 ppm의 Abate®와 0.035 ppm의 Abate-S®에서 95% 치사율을 보였으며 이들의 LC₅₀ 값은 모두 0.006 ppm이었다. 이러한 결과는 Lee *et al.* (1996)의 실험결과인 경기도 평택지역과 문산지역의 *Cx. pipiens pallens* 유충이 Abate® 0.25 ppm에 의해 서식지역에 따라 각각 87.7%와 100.0%의 치사율을 보인 경우보다 감수성이 높게 나타난 것이다. 이밖에 *An. sinensis*, *Ae. dorsalis*, *Cx. inatomii* 그리고 *Cx. tritaeniorhynchus*의 유충은 Abate-S®의 0.808 ppm 이하 농도에서 모두 95% 치사율을 보였는데, 특히 *Cx. inatomii*와 *Ae. dorsalis*는 Abate-S®에 감수성이 매우 높아서 LC₉₅ 값은 각각 5.2×10⁻⁶과 1.4×10⁻⁵ ppm을 나타냈으며 LC₅₀ 값은 각각 1.9×10⁻⁷과 1.1×10⁻⁷이었다. 이러한 감수성은 이 두 종의 공시충이 모기 발생률이 매우 높은 울산시 오대, 오천마을에서 채집된 것도 한 원인으로 작용되었을 가능성이 있는 것으로 생각되는데 이것은 이 지역이 1985년에 조성된 석유공업단지 인근의 저습지로 그동안 살충제에 별로 노출되지 않았던 지역이기 때문이다. *An. sinensis*의 Abate-S®에 의한 치사율은 *Cx. pipiens pallens*의 치사율과 흡사하여 0.025 ppm에서 95% 치사율을 보였으며 LC₅₀ 값은 0.009 ppm이었다. 반면, 5종의 모기 중에 *Cx. tritaeniorhynchus*는 Abate-S®에 감수성이 가장 낮아 LC₅₀ 값은 0.048 ppm을 보였으며 LC₉₅ 값은 0.808 ppm에서 관찰되었는데 이러한 결과는 Abate-S®의 유효성분인 Abate®와 fenthion이 모두 동종 모기에 대해 감수성이 비교적 낮은 것에 기인되는 것으로 여겨진다(Shim *et al.*, 1995a). 그러나, 말레이시아의 논

에 서식하는 동종 모기에 대한 Abate®의 LC₅₀ 값은 0.0001 ppm (WHO, 1988)으로 감수성이 매우 높은 것으로 보고되었다. Abate®는 유기물질에 흡수가 잘 되므로 생활오수가 있는 개천이나 하수물에 서식하는 *Cx. pipiens pallens*와 같은 모기 유충에는 살충력이 약화되는 경향이 있다 (Daorai and Menzer, 1977). 그럼에도 불구하고 동남아시아에서는 1966년에 Abate®와 fenthion을 사용하여 *Cx. pipiens*와 *Aedes*종의 모기 유충구제에 매우 높은 구제효과를 보았으며 사용한 후 4년동안 살충제 저항성을 발견하지 못하였다 (Self and Tun, 1970). 본 실험결과로 미루어, Abate®와 Abate-S®의 국내 모기 유충에 대한 감수성은 충분하여 모두 세계보건기구(WHO)에서 제시한 모기 유충구제 농도인 1.0 ppm보다 훨씬 저농도에서 95% 치사율을 보인 만큼 실제로 최종회석농도가 1.0 ppm이 되도록 처리한다면 말라리아 매개모기인 *An. sinensis*를 비롯한 5종의 국내 주요 발생모기의 유충을 충분히 치사시킬 수 있을 것으로 조사되었다.

2. 천적 어류에 대한 감수성

실험에 사용된 두 종의 담수어류, 미꾸라지와 붕어는 Table 2에서 보는 바와 같이 모기 유충에 비하여 Abate®와 Abate-S® 모두에 현저히 낮은 독성을 보였다. 미꾸라지에 대한 Abate®의 LC₁ 값은 24.145 ppm 이었고 LC₅₀ 값은 27.567 ppm이었으며 LC₉₅ 값은 30.277 ppm이었다. Abate-S®에서는 LC₁ 값이 10.750

ppm이었고 LC₉₅ 값은 18.501 ppm이었다. 이 살충제의 미꾸라지에 대한 LC₅₀ 값은 14.775 ppm으로 나타났다. 한편, 붕어의 경우에는 Abate® 7.914 ppm 그리고 Abate-S® 6.480 ppm에서 치사율 1.0%로 나타났다. Abate®와 Abate-S®에 의한 붕어의 LC₉₅ 값은 각각 38.187 ppm과 10.438 ppm으로 나타났다. Abate®와 Abate-S®의 붕어에 대한 LC₅₀는 각각 19.898 ppm과 8.568 ppm으로 나타나서 전반적으로 미꾸라지보다 감수성이 높게 나타났다. 이와 같이 두 종류의 temephos 제제에서 이들에 의한 담수어류에 나타나는 독성 정도는 Abate-S®가 Abate® 보다 약간 더 강한 것으로 관찰되었는데 이는 Abate-S®에 포함된 fenthion 2.0%의 영향 때문으로 생각된다. 또한, WHO (1988)에 의하면, Abate® 200 ppm에서 모기천적 어류인 *Gambusia affinis*나 구피(*Lebistes reticulatus*)에 안전하다고 하였으나, Swabey et al. (1967)이 관찰한 결과에서 청정수역에 서식하는 송어(*Salvelinus fontinalis*)는 1.0 ppm에서 24시간내에 치사하지는 않았으나 2.0 ppm에서 행동의 변화를 보였다고 하였다. 따라서 앞으로 담수생태계를 교란하지 않으면서 모기 유충을 구제하기 위한 Abate®나 Abate-S®의 안전한 사용을 위해서는 보다 다양한 종류의 수 서동물에 대한 독성영향을 조사하여야 할 것으로 보인다. 그러나 본 실험에 사용한 두 종의 담수어류는 국내에서 주로 문제가 되고 있는 *An. sinensis*와 여러 종의 *Culex* 모기가 살고 있는 논, 연못, 저습지 등에 많이 살고 있는데 본 실험결과 이

Table 1. Twenty-four hour probit analyses of toxicities for Abate® and Abate-S® against various 3rd instar mosquito larvae. Concentrations are given from active ingredient in ppm

Species	Compound	Slope ± SE	LC ₅₀ (95% CL)	LC ₉₅ (95% CL)
<i>An. sinensis</i>	Abate-S	3.69 ± 0.43	0.009 (0.008~0.01)	0.025 (0.02~0.034)
<i>Ae. dorsalis</i>	Abate-S	0.78 ± 0.10	1.1 × 10 ⁻⁷ (5.8 × 10 ⁻⁸ ~1.8 × 10 ⁻⁷)	1.4 × 10 ⁻⁵ (5.1 × 10 ⁻⁶ ~6.8 × 10 ⁻⁵)
<i>Cx. inatomii</i>	Abate-S	1.14 ± 0.13	1.9 × 10 ⁻⁷ (1.3 × 10 ⁻⁷ ~2.8 × 10 ⁻⁷)	5.2 × 10 ⁻⁶ (2.6 × 10 ⁻⁶ ~1.5 × 10 ⁻⁵)
<i>Cx. pipiens</i>	Abate	1.53 ± 0.25	0.006 (0.004~0.008)	0.070 (0.044~0.168)
<i>Cx. pipiens</i>	Abate-S	2.21 ± 0.25	0.006 (0.005~0.007)	0.035 (0.025~0.058)
<i>Cx. tritaenior.</i>	Abate-S	1.35 ± 0.16	0.048 (0.033~0.065)	0.808 (0.510~1.624)

Table 2. Twenty-four hour probit analyses of toxicities for Abate® and Abate-S® against larvivorous fishes. Concentrations are given from active ingredient in ppm

Sp.	Compound	Slope ± SE	LC ₁ (95% CL)	LC ₅₀ (95% CL)	LC ₉₅ (95% CL)
<i>M. mizolepis</i>	Abate	40.41 ± 6.86	24.145 (22.531~25.020)	27.567 (27.164~27.966)	30.277 (29.501~31.796)
	Abate-S	16.85 ± 2.97	10.750 (9.092~11.706)	14.775 (14.187~15.453)	18.501 (17.236~21.199)
<i>C. carassius</i>	Abate	5.81 ± 1.37	7.914 (3.479~10.794)	19.898 (17.582~22.251)	38.187 (30.737~66.737)
	Abate-S	19.18 ± 3.47	6.480 (5.592~6.976)	8.568 (8.269~8.937)	10.438 (9.777~11.877)

들에 안전한 최대농도는 모기 유충의 95.0% 치사농도의 8배 이상이 되므로 국내에서 모기의 종합적 방제 (Integrated Control)를 위한 실제적인 사용에는 이들 살충제에 의한 기타 수서 무척추동물의 독성영향에 대한 추후 연구에서 어떤 영향이 나타나지 않는 한 큰 문제가 없을 것으로 보인다. 따라서 본 살충제는 한국산 주요 모기유충 방제에 매우 유용하게 사용될 수 있을 가능성을 나타냈다.

사 사

이 연구를 수행하는 과정에서 실험동물의 채집과 실험을 도와준 고신대학교 곤충실험실의 박상희, 윤영섭, 장규식, 박진숙에게 감사드리며, 공시살충제를 제공하여 준 심재철 박사님께 감사드린다.

인 용 문 헌

- Abbott, W.S. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265~267.
- Daorai, A and R.E. Menzer. 1977. Behaviour of Abate in microorganisms isolated from polluted water. *Arch. environ. Contam.* 5: 229~240.
- Finney, D.Y. 1971. Probit analysis. 327pp. Cambridge Univ. Press. London.
- Gerberg, E.J., T.M. Hopkins and J.W. Gentry. 1969. Mass rearing of *Culex pipiens* L. *Mosq. News.* 29: 382~385.
- Laws, E.R., F.R. Morales, W.J. Hayes and C.R. Joseph. 1967. Toxicology of Abate in volunteers. *Arch. enviro. Health.* 14: 289~291.
- Laws, E.R.Jr., V.A. Sedlak, J.W. Miles, C.R. Joseph, J.R. Lacomba and A.D. Riviera. 1968. Field study on the safety of Abate for treating potable water and observations on the effectiveness of a control programme involving both Abate and Malathion. *Bull. WHO* 46: 439~445.
- Lee, D.K., J.H. Jeon, H.S. Kang and H.S. Yu. 1997. Analyses of aquatic ecosystems in organic and conventional farming rice fields and mosquito larval populations. *Korean J. Entomol.* 27(3): 203~214.
- Lee, D.K. 1998. Effect of two rice culture methods on the seasonal occurrence of mosquito larvae and other aquatic animals in rice fields of Southwestern Korea. *J. Vector Ecol.* 23(2): 161~170.
- Lee, K.W., H.C. Kim, S.H. Lee, G.W. Korch and T.A. Klein. 1996. Susceptibility and resistance to diagnostic doses of insecticides on vector and nuisance mosquitoes in Korea. *Korean J. Entomol.* 26(3): 249~256.
- Patz, J.A., P.R. Epstein, T.A. Burke and J.M. Balbus. 1996. Global climate change and emerging infectious diseases. *J. Amer. Med. Assoc.* 275(3): 217~223.
- Ree, H.I., H.K. Hong, J.C. Shim, J.S. Lee, H.W. Cho and C. L. Kim. 1981. A study on seasonal prevalence of the populations of the mosquito larvae and other aquatic invertebrates in rice fields in Korea. *Korean J. Zool.* 24(3): 151~161.
- Ree, H.I. 1993. Medical entomology. 3rd ed., 391pp. Ko-moon-Sa.
- Ree, H.I. 1998. Occurrence of *Culex inatomii* Kamimura and Wada (Diptera, Culicidae) in a large marsh adjacent to the coast of Ulsan, Korea. *J. Amer. Mosq. Cont. Assoc.* 14(3): 344~345.
- Rosen, J.D. 1972. The photochemistry of several pesticides. pp. 435~447 in *Environmental toxicology of pesticides*, eds. by F. Matsumara. Academic Press, New York.
- Self, L.S. and M.M. Tun. 1970. Summary of the field trials (1964~1969) in Rangoon, Burma using organophosphorus larvicides and oils against *Culex pipiens fatigans* in polluted water. WHO/VBC/70.187.
- Shim, J.C., H.K. Hong and D.K. Lee. 1995a. Susceptibilities of *Culex tritaeniorhynchus* larvae (Culicidae, Diptera) to insecticides. *Korean J. Entomol.* 25(1): 13~20.
- Shim, J.C., H.K. Hong, S.H. Koo and D.K. Lee. 1995b. Susceptibilities of *Anopheles sinensis* larvae (Culicidae, Diptera) to various insecticides. *Korean J. Entomol.* 25(1): 69~76.
- Swabey, Y.H., C.F. Schenk and G.L. Parker. 1967. Evaluation of two organophosphorus compounds as blackfly larvicides. *Mosq. News.* 27: 149~155.
- WHO. 1970. Insecticides resistance and vector control. WHO. techn. Rep. Ser. 443: 279.
- WHO. 1973. Safe use of pesticides. 20th Rep. of WHO Expert Comm. on Insecticides, Wld. Health Org. techn. Rep. Ser. No. 513, p.26.
- WHO. 1988. Data sheet on the impact of pesticides on non-target organisms. No. 1 temephos. 39pp. WHO/VBC/88.955.
- Worthing, C.R. and S.B. Walker. 1983. *The Pesticide Manual.* 7th ed., 695pp. The British Crop Protection Council, Lavenham.

(1999년 2월 18일 접수, 1999년 7월 20일 수리)