Journal of Wetlands Research, Vol. 15, No. 1, pp. 19-24 (2013)

습지생태계의 공익적 서비스 연구
1. 자생어류을 이용한 모기유충의 효과적인 생태학적 제어방법

정헌모 · 김해란 · 유영한+

공주대학교 생물학과

A Study on the Ecosystem Service of Wetland
1. Effective Biological Control of the Mosquito Larvae using Native Fishes

Heon Mo Jeong · Hae Ran Kim · Young Han You+

Department of Biology, University of Kongju

요 약

토종어류를 이용한 효율적인 생태학적 모기 방제 방법을 제안하기 위해 서산지역에 서식하는 토종어류를 이용하여 모기를 제어할 수 있는 최적 조건을 알아보았다. 어류 종류별에 따른 모기유충 포식률과 온도차에 따른 포식활동의 변화를 알아본 결과, 32℃의 환경에서는 왜몰개가 가장 높은 포식률을 보였고 미꾸라지가 가장 낮은 포식률을 보였다. 반면 낮은 온도의 환경에서는 왜몰개와 얼룩동사리가 가장 빠른 시간에 높은 포식률을 보인 반면, 미꾸라지는 온도와 상관없이 어류 6종 중에 모기유충 포식률이 가장 낮았다. 수심에 따른 어류 종류별 모기유충 포식률은 왜몰개와 참붕어가 수조의 아랫부분에서, 붕어와 얼룩동사리는 수조 바닥부분에서 높은 포식률을 보였고, 미꾸라지는 수조 바닥부분에서 모기유충을 섭식하였다. 그리고 대륙송사리는 수표면에서 95%의 높은 포식률을 보였다. 서로 다른 위치에서 먹이활동을 하는 어류 3종을 선정하여 모기유충 50마리를 포식하는데 걸리는 시간을 측정한 결과, 왜몰개 2마리는 10분, 대륙송사리 2마리는 21분 그리고 미꾸라지 2마리는 45분이 걸렸다. 반면 미꾸라지와 왜몰개를 각각 1마리씩 넣었을 때는 8분, 미꾸라지와 대륙송사리를 넣었을 때는 17분이 걸렸다.

핵심용어 : 기후변화, 장구벌레, 생태학적 방제, 포식, 어류

Abstract

To assess on the biological control potential with the native fishes, *Aphyocypris chinensis, Oryzias sinensis, Misgurnus mizolepis, Pseudorasbora parva, Carassius auratus, Odontobutis interrupta* were tested in relation to optimal condition controling mosquitoes in Seosan region. As a result of larvivorous activity for predation rate and temperature difference along kinds of native fishes, predation rate of *Aphyocypris chinensis* was the highest and predation rate of *Misgurnus mizolepis* was the lowest under the 23℃. Contrastively, predation rate of *Aphyocypris chinensis* and *Odontobutis interrupta* was the highest in least time. Predation rate of *Misgurnus mizolepis* was the lowest under the all temperature among six species fishes. *Aphyocypris chinensis* and *Pseudorasbora parva* in low, *Carassius auratus, Misgurnus mizolepis* and *Odontobutis interrupta* in bottom appeared high predation rate along the water depth. And predation rate of *Oryzias sinensis* was high as 95% at surface. As a result of measuring time taken to predate 50 mosquito larvae by 3 species fishes, two *Aphyocypris chinensis* took 10minutes, two *Oryzias sinensis* took 21min., two *Misgurnus mizolepis* took 45min. But one *Aphyocypris chinensis* and *Misgurnus mizolepis* took 8min., one *Misgurnus mizolepis and Oryzias sinensis* took 17min.

Keywords : climate change, ecological control, mosquito larvae, predation, native fishes

+ To whom correspondence should be addressed.
youeco21@kongju.ac.kr

1. 서 론

모기는 인류의 생존, 생활 및 문화의 번영을 위협하는 질병 매개체이다. 모기는 지구상에 약 3,500종이 알려져 있고, 한국에서는 9속 56종이 기록되어 있다.

최근 지구 온난화에 의한 기온상승 및 강우량의 증가는 모기를 비롯한 위생곤충에 의한 질병의 증가를 야기시키고 있다(Lee and Yu, 1999). 우리나라에서도 말라리아가 지구온난화로 인하여 전에는 없었던 중부 북부지방까지 출현하고 있고, 매년 출현 시기도 앞당겨지고 있다. 이에 따라 모기와 관련된 질병발병건수도 증가하고 있는 실정이다(Shin and Lim, 2004). 한편 한반도는 기후변화에 의하여 기온이 상승하고 있고 이에 따라 2005년 최대 262명이었으나 2006년 최대 240명, 2007년 최대 400명으로 증가하여 최근 말라리아 질환자가 늘고 있는 것으로 보고되었다(Shin, 2011).

이와 같은 모기 피해를 방지하기 위해 전 세계적으로 많은 시간과 비용을 사용하고 있다. 대부분 유기염소계, 유기인계 및 카바메이트계 등의 유기합성 살충제를 이용하여 훈연살포 방법으로 모기성충을 방제하여 오고 있다. 그러나 살충제의 남용 및 부적절한 사용은 생태계의 원하지 않는 다른 유용 생물을 죽이고, 먹이그물을 통한 생물농축 등으로 또 다른 환경 문제를 일으키고 있는 실정이다(Choi *et al*, 2007). 최근에는 모기의 유전자를 변화시켜 모기의 수를 줄이거나 질병매개를 차단하려는 연구가 진행 중이지만, 이로 인해 발생될 수 있는 생태계 교란이나 적용방법에 문제가 있다.

따라서 환경에 미치는 영향을 최소화하면서 모기의 위해활동을 줄이게 하거나 질병매개를 감소 또는 방해하게 하는 등 종합적인 모기방제전략이 필요하다(FCCMC, 2009). 종합적 모기방제전략이란 살충제를 사용하는 화학적 방제, 천적을 이용하여 모기유충 밀도를 감소시키는 생물학적 방제 그리고 모기가 발생되는 장소나 인공물을 변경 또는 제거시키는 물리적 방제 등을 함께 사용하는 방제방법을 말한다(Lee, 2009). 이 중 생물학적 방제법은 적당한 조건에서 모기유충 발생을 억제할 수 있을 뿐만 아니라 유기살충제 사용을 줄일 수 있고 모기의 살충제 저항성 발현을 감소시킬 수 있어서 모기의 종합적 방제전략에 매우 중요한 역할을 한다.

현재까지 우리나라의 하천이나 논에 서식하는 대륙송사리, 왜몰개, 미꾸라지 등이 모기 유충의 천적으로 밝혀졌다(Yu *et al,* 1982, Yu *et al,* 1983). 그 중 대륙송사리와 미꾸라지는 일부 지역에서 모기유충의 방제를 위해 사용되고 있다. 그러나 이들 어류는 그들이 서식하고 있는 환경이 제한적이고, 선택된 담수어종이 다양하지 못한 한계를 가지고 있다.

한편, 습지는 CO_2 조절, 기후조절, 물조절, 물질순환, 생물종 다양성 유지, 레크리에이션과 문화 등의 매우 다양한 생태계 서비스 기능을 갖는다(Costanza *et al,* 1997). 그 중 생물종 다양성 유지는 습지에 사는 생물들이 먹이그물을 통하여 상호연결되어 기능하는 것으로서, 건전한 습지에서는 모기와 같은 해충은 포식자에 의하여 자연스럽게 방제되고 있다. 그러나 아직 습지생태계의 병해충 방제와 같은 공익적 역할에 대한 학술적인 연구나 보고는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 우리나라 습지에서 흔히 서식하는 자생담수어류를 이용하여 효율적인 생태학적 모기 방제 방법을 찾기 위하여 시도되었다.

2. 실험 및 방법

2.1 실험재료

모기유충은 공주대학교 내 온실 주변에 설치된 수조에서 채집하였으며 실험에 사용된 모기 유충은 모두 3령기를 사용하였다.

실험에 사용한 담수어류는 왜몰개(*Aphyocypris chinensis*), 대륙송사리(*Oryzias sinensis*), 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*), 참붕어(*Pseudorasbora parva*), 붕어(*Carassius auratus*) 그리고 얼룩동사리(*Odontobutis interrupta*) 등 총 6종이다(Table 1). 이들 어종은 서산지역의 논과 논도랑 등지에서 트랩을 사용하여 채집한 후 실험실로 운반하였다. 운반된 어류는 수조에 넣은 후 1~2일 적응 시킨 후, 실험을 실시하였다.

Table 1. Fishes used in study

Korean name	Scientific name
왜몰개	*Aphyocypris chinensis*
대륙송사리	*Oryzias sinensis*
미꾸라지	*Misgurnus mizolepis*
참붕어	*Pseudorasbora parva*
붕어	*Carassius auratus*
얼룩동사리	*Odontobutis interrupta*

실험에 사용된 어류 6종의 평균무게는 왜몰개 0.7g, 대륙송사리 0.4g, 미꾸라지 1.9g, 참붕어 1.5g, 붕어 1.2g 그리고 얼룩동사리 0.4g 이다.

2.2 실험방법

어류의 종류별 모기 유충의 포식성을 알아보기 위해 각 수조(가로31cm x 세로18cm x 높이19cm)에 6종의 어류를 각각 3마리씩 넣고, 2~3일 적응 시킨 후, 모기유

충 30마리씩 넣어 5분 간격으로 남아 있는 장구벌레의 수를 기록하였다.

모기의 산란 시기는 초여름인 5월부터 초가을인 9월 사이이다. 기온이 떨어지는 가을에도 모기유충이 발생하는데 이를 포식하는 어류 중에는 낮은 수온에 영향을 받아 포식활동에 변화를 보인다. 따라서 모기유충에 대한 어류의 포식성이 온도에 의해 영향을 받는지 알아보기 위해 위의 실험을 각각 야외(32℃)와 실내(23℃)에서 수행하였다.

수심에 따라 그 곳에서 서식하는 어류의 종류는 다양하다. 따라서 어류 6종을 대상으로 이들이 물 속 어느 위치에서 주로 먹이를 섭식하는지 알아보기 위해 약 40cm까지 물이 채워진 원형 수조(지름 20cm x 높이 50cm)에 장구벌레 50마리를 넣고 어류 6종의 포식률을 관찰하였다. 위치는 바닥, 하층(수심 10-20cm), 중층(수심 21-30cm), 수표면(31-40cm)으로 나누었다. 위의 결과를 토대로 서로 다른 위치에서 먹이활동을 하는 어류 3종을 선정하여 모기유충 50마리를 포식하는데 걸리는 시간을 측정하였다.

대상어류는 왜몰개, 대륙송사리 그리고 미꾸라지이다. 수조에 각각 왜몰개 2마리, 대륙송사리 2마리, 미꾸라지 2마리, 미꾸라지 1마리+대륙송사리 1마리 그리고 미꾸라지 1마리+왜몰개 1마리를 넣고 모기유충 50마리를 포식하는데 걸리는 시간을 측정하였다.

위의 실험은 각각 5회 반복 하였다.

3. 결과 및 고찰

서산 지역 내 다양한 습지를 대상으로 모기유충의 발생률을 조사한 결과, 하수구를 제외한 농수로, 논웅덩이 및 연못 등에서는 모기유충을 발견할 수 없었다(Fig. 1). 모기유충이 발생되지 않은 곳에는 한 가지 공통점이 있었다. 이는 습지 내에 다양한 담수어류 종들이 서식하고 있다는 것이다(Fig. 2).

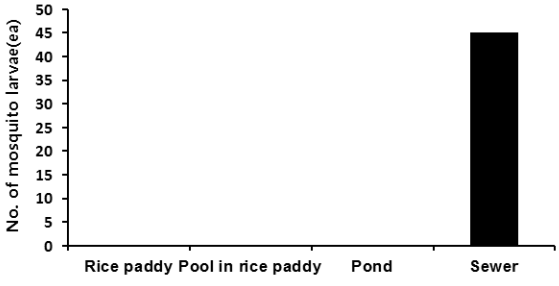

Fig. 1. Number of mosquito larvae along wetland.

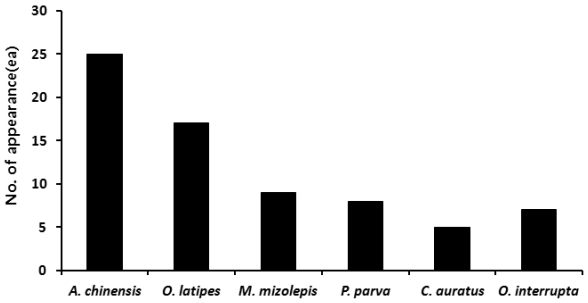

Fig. 2. Number of freshwater fishes inhabiting in wetland in Soesan region.

수질오염 등으로 인해 파괴된 습지에는 모기유충의 가장 강력한 포식자인 물고기가 생존하기 어려워 모기 발생률이 다른 곳에 비해 높다.

모기는 아주 작은 면적에서도 산란을 한다(Fig. 3). 이러한 작은 웅덩이나 건조한 계절에 쉽게 말라버리는 곳은 어류가 서식하기 어렵기 때문에 모기유충을 방제하기가 어렵다.

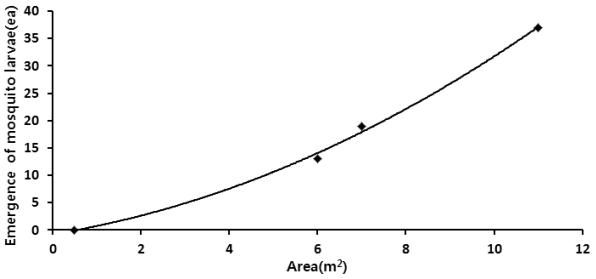

Fig. 3. A minimum area occuring mosquito larvae.

3.1 어류 실험 결과

어류 종류별에 따른 모기유충 포식률과 온도차에 따른 포식활동의 변화를 알아보기 위해 32℃와 23℃에서 실험을 수행한 결과(Fig. 4), 32℃의 환경에서는 왜몰개>대륙송사리>붕어>얼룩동사리>참붕어>미꾸라지 순으로, 왜몰개가 가장 높은 포식률을 보였고 미꾸라지가 가장 낮은 포식률을 보였다(Fig. 4A). 반면 낮은 온도의 환경에서는 왜몰개=얼룩동사리>대륙송사리=붕어>참붕어>미꾸라지 순으로, 왜몰개와 얼룩동사리가 가장 빠른 시간에 높은 포식률을 보인 반면(Fig. 4B), 미꾸라지는 온도와 상관없이 어류 6종 중에 모기유충 포식률이 가장 낮았다.

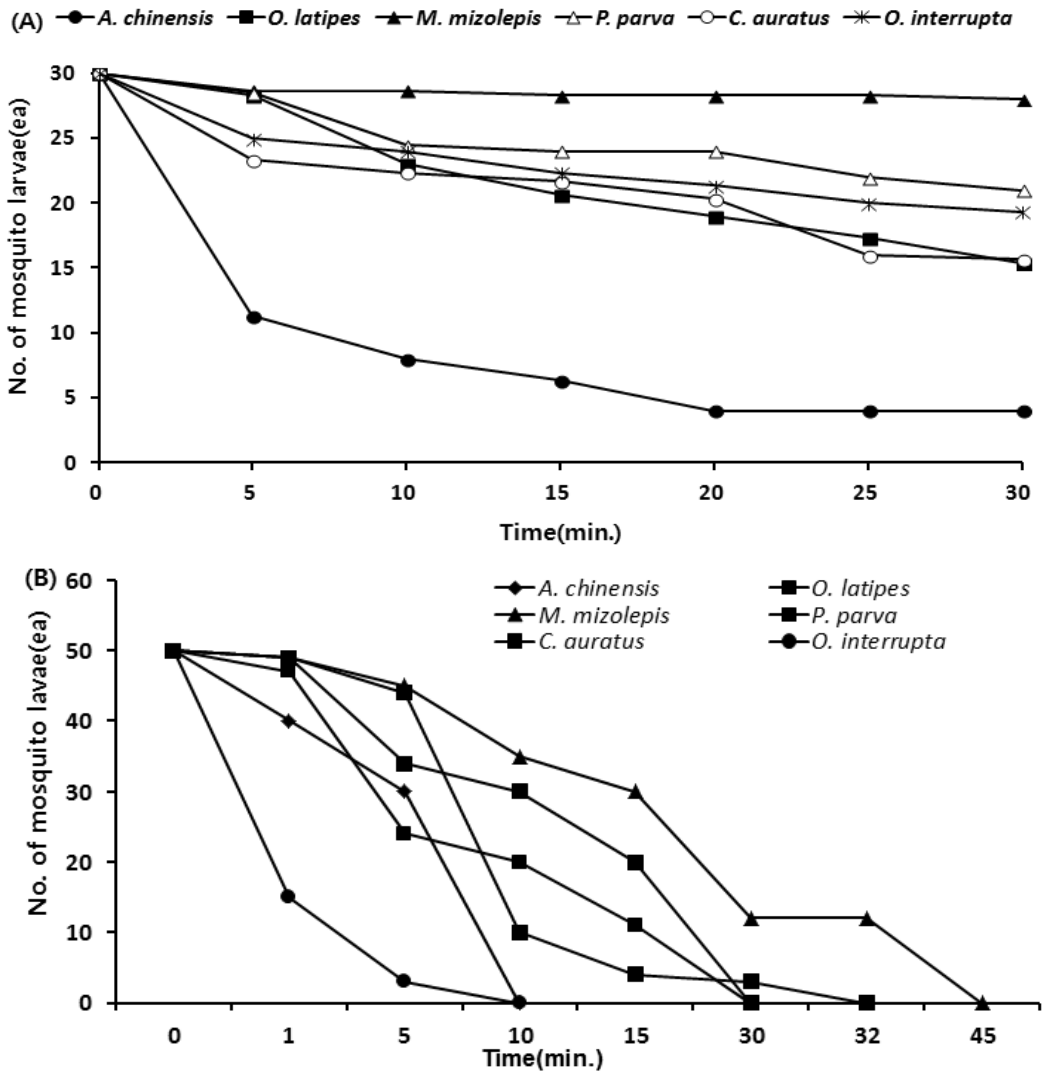

Fig. 4. Number of predation of mosquito larvae along fishes(A: 32℃, B: 23℃).

수심에 따른 어류 종류별 모기유충 포식률을 알아본 결과(Fig. 5), 왜몰개와 참붕어는 수조의 아랫부분에서 80%의 포식률을 보였다. 반면 붕어와 얼룩동사리는 수조 바닥부분에서 50%이상의 포식률을 보였고, 미꾸라지는 100% 모두 수조 바닥부분에서 모기유충을 섭식하였다. 그리고 대륙송사리는 수표면에서 95%의 높은 포식률을 보였다.

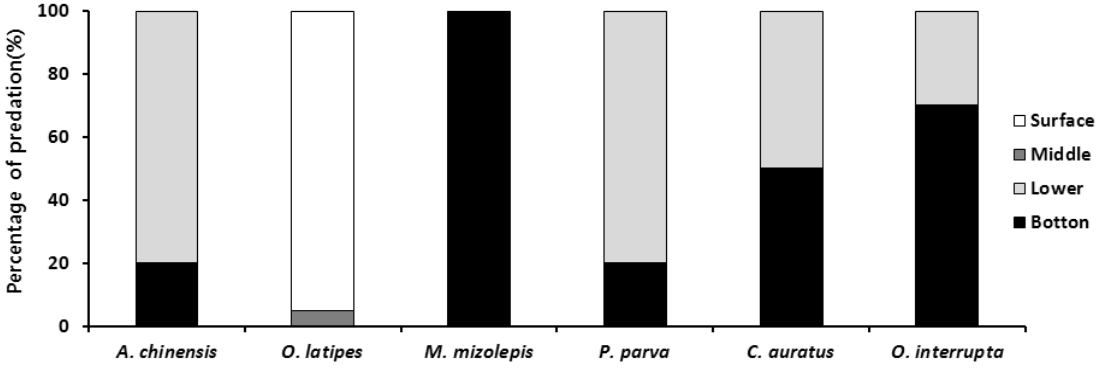

Fig. 5. Predation rate of mosquito larvae along water depth(%).

위의 결과를 토대로 서로 다른 위치에서 먹이활동을 하는 어류 3종을 선정하여 모기유충 50마리를 포식하는데 걸리는 시간을 측정한 결과(Fig. 6), 왜몰개 2마리는 10분, 대륙송사리 2마리는 21분 그리고 미꾸라지 2마리는 45분이 걸렸다. 반면 미꾸라지와 왜몰개를 각각 1마리씩 넣었을 때는 8분, 미꾸라지와 대륙송사리를 넣었을 때는 17분이 걸렸다.

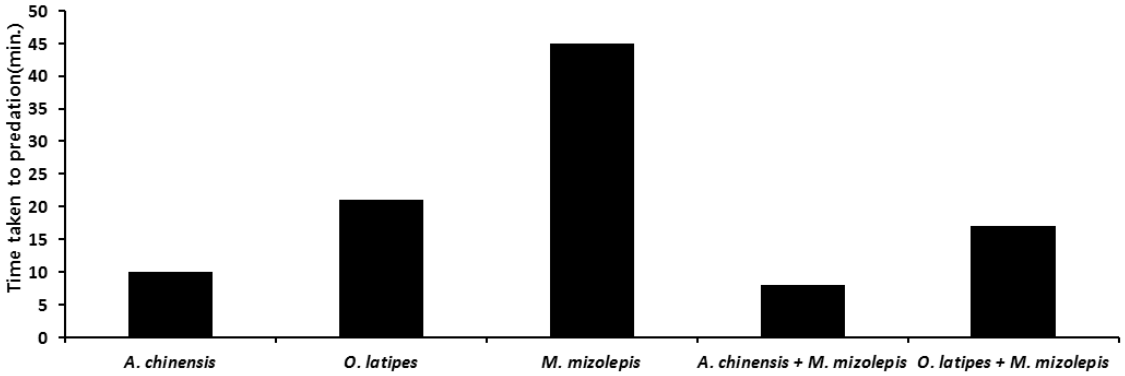

Fig. 6. Time three species fishes take to predating mosquito larvae in separate location.

4. 결과 및 고찰

매년 여름마다 모기로 인한 직·간접적 피해가 증가하고 있다. 올해도 어김없이 모기와 관련된 피해 사례가 끊임없이 보고되고 있다. 그러나 우리가 조사한 서산지역의 논이나 연못 등 습지 주변에서는 모기를 발견할 수 없었다. 그 이유는 습지 내에 다양한 담수 어류 종들이 서식하고 있었기 때문이다.

서산지역 내에 자생하는 어류들을 대상으로 모기유충의 포식률을 알아본 결과, 모기유충을 포식하는데 걸리는 시간에는 종에 따라 차이가 있지만, 6종 모두 모기유충을 섭식하는 것을 확인할 수 있었다. 최근 미꾸라지와 대륙송사리 등이 일부 지역에서 모기방제를 위해 사용되어지고 있다. 그러나 본 연구 결과에 따르면, 어류는 물속에서 생활하는 위치가 각각 다르다. 대륙송사리는 수 표면에서, 왜몰개는 수심 아랫부분에서, 그리고 미꾸라지는 바닥에서 주로 생활하고 먹이를 섭식한다. 따라서 어류를 이용하여 모기를 방제하기 위해서는 한 종보다는 여러 종을 적용시키는 것이 효과적이다. 이처럼 어류를 이용한 모기방제는 효과가 즉각적이며, 생태계 교란 및 생물농축 등을 일으키는 살충제의 사용을 줄일 수 있는 장점이 있다. 그러나 건조에 취약하다는 단점이 있어 쉽게 말라버리는 웅덩이에는 적용하기에 어려움이 있다.

모기를 방제하기 위해 어류를 인위적으로 처리하기에 앞서, 이들이 서식하고 있는 다양한 습지 내 환경을 보전하고 관리하는 것이 모기를 방제하는데 가장 우선적으로 해야 할 일이라고 판단된다.

감사의 글

본 논문은 환경부의 국가장기생태연구사업(2011-2012)에 의하여 수행되었음에 감사를 드립니다.

References

Choi, SY, Oh, SC, Cho, MS, Paek, SK, Kim, JS, Kim, DA, Gil, MR, Youn, YN, Yu, YM (2007). Bioassay of environment-friendly insecticides for management of mosquito, *Culex pipiens molestus*, *Korean J. of Appl. Entomol*., 46(2), pp. 261-267.

Costanza, R, Ralph, DA, Rudolf, DG, Stphen, F, Monica, G, Bruce, H, Karin, L, Shahid, N, Robert, VO, Jose, P, Robert, G, Raskin, PS, and Marjan, VDB (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, 387, pp. 253- 260.

FCCMC. (2009). *Florida Mosquito Control 2009*. pp. 259.

Gullan, PJ, Cranston, PS (2000). *The Insects-An Outline of Entomology*. 2nd ed. Blackwell Science, pp. 219- 220.

Lee, DK, Yu, HS (1999). Susceptibility of medically important mosquito larvae and larvivorous fishes to Abate® and Abate-S® in Korea, *Korean J. of Appl. Entomol.*, 38(2), pp. 165-169.

Lee, WJ (2009). *Development of Effective Integrated Control Against Mosquitoes Including Malaria Vectors*. Ministry of Health and Welfare, pp. 137.

Shin, HS (2011). Malaria prevalence rate and weather

factors in Korea, *Health and Social Welfare Review* 31(1), pp. 217-237.

Shin, YC, Lim, JK (2004). *A study on Establishing Infrastructure for Preparation of Third National Report with the United Nations Framework Convention on Climate Change - Building the Ground for the Vulnerability, Impact, and Adaptation Plan for Climate Change*. Korea Energy Economics Institute. pp. 249.

Yu, HS, Lee, DK Lee, WJ (1982). *Mosquito Control by the Release of Fish Predator, Aphyocypris Chinensis in Natural Mosquito Breeding Habitats of Rice Paddies and Stream Seepage in South Korea,* Report of NIH Korea, 18(18), pp. 265-272.

Yu, HS, Lee, DK, Na, JO, Ban, SJ (1983). *Integrated Control of Mosquitoes by Combined Use of Bacillus Thiringiensis var. Israelensis and Larvivorous Fish, Aplocheilus Sinensis in Simulated Rice Paddies in South Korea,* Report of NIH Korea 19(19), pp. 115-123.

○ 논문접수일 : 2012년 11월 12일
○ 심사의뢰일 : 2012년 11월 16일
○ 심사완료일 : 2013년 02월 08일