

국내 주요 모기에 대한 가열연막의 방제효과

정수율 · 민영환 · 정선호 · 강기석 · 정호빈 · 이동규*

고신대학교 의료과학대학 보건환경학부

Evaluations of Thermal Fog for Domestic Mosquito Vector Control

Su-Yule Jeong, Young-Hwan Min, Sun Ho Jung, Gi-Seok Kang, Hyo-Bin Jeong and Dong-Kyu Lee*

School of Health Sciences, College of Medical Sciences, Kosin University, Busan 49104, Korea

ABSTRACT: Portable and vehicle thermal fogs were tested using etofenprox, bifenthrin, and deltamethrin diluted with diesel oil, kerosene, and water against domestic vector mosquitoes, *Aedes albopictus*, *Anopheles sinensis* s.l., *Culex pipiens*, and *Culex tritaeniorhynchus*. The female mosquitoes were confined in small cages suspended on poles at progressively greater distances from the fog release point at an open field. The average mortality rates of four vector mosquitoes to the three insecticides were 52.0% and 64.0% at a portable thermal fogs diluted with diesel oil and water within a 10 m distance, respectively. A vehicle thermal fog had a mean mortality of 34.8% of the females to the insecticides diluted with diesel oil within 50 m. The mortality rates were not significantly different among all the tested distances. At a dilution solvent test, the mortality of the females to the insecticides diluted with kerosene was 1.9 times higher than that of diesel oil.

Key words: Mosquito, Thermal fog, Etofenprox, Bifenthrin, Deltamethrin

초록: 국내 감염병 매개 모기인 흰줄숲모기(*Aedes albopictus*), 중국얼룩날개모기(*Anopheles sinensis* s.l.), 빨간집모기(*Culex pipiens*), 작은빨간집모기(*Cx. tritaeniorhynchus*)를 대상으로 살충제 deltamethrin, etofenprox, bifenthrin를 석유, 등유, 그리고 물로 희석하여 휴대용 가열연막과 차량용 가열연막의 방제효과를 측정하였다. 실험은 야외에서 일정한 거리에 암컷모기가 들어있는 노출장을 매단 스탠드를 세우고 실시하였다. 세 종류의 살충제를 각각 경유에 희석하여 살포한 휴대용 가열연막은 10 m 이내의 모기에 대해 평균 52.0%의 치사율을 보였고, 살충제를 물로 희석하여 사용한 휴대용 가열연막의 모기 치사율은 평균 64.0%였다. 살충제를 경유로 희석한 차량용 가열연막은 모기에 대해 살포 거리 50 m 이내에서 평균 34.8%의 치사율을 보였다. 가열연막용 살충제의 희석제로 사용되는 경유와 등유의 모기 치사효과는 등유가 경유에 비해 1.9배 높게 나타났다.

검색어: 모기, 가열연막, 델타메스린, 에토펜프록스, 바이펜스린

지구 온난화로 인해 모기를 비롯한 감염병 매개종의 분포 변화와 이로 인한 매개 감염병 발생증가가 우려되고 있다(WHO, 2014). 기온과 강우량의 변화는 모기의 성장과 서식지 그리고 분포와 개체 수에 영향을 주어 결과적으로 감염병의 전파시기와 질병 분포를 변화시킨다(Menne and Ebi, 2006; Kim and Tsuda, 2010). 국내의 매개모기로 인한 토착성 감염병으로는 작은빨간집모기(*Culex tritaeniorhynchus* Giles)에 의한 일본

뇌염과 얼룩날개모기류(*Anopheles* spp.)에 의한 말라리아가 있다. 국내의 토착성 감염병은 아니지만 한반도 온난화의 영향에 의해 향후 발생 가능성이 있는 감염병은 흰줄숲모기(*Aedes albopictus* Skuse)가 매개하는 지카열과 뎅기열 그리고 빨간집모기(*Culex pipiens pallens* Coquillett)가 매개하는 웨스트나일열 등이 있다(Reisen et al., 1990; Lee, 2017). 따라서 모기방제를 위해 여러 가지 방법으로 많이 사용하고 있는 가열연막의 효과를 알아볼 필요성이 대두되고 있다.

모기를 방제하는 방법 중에서 가열연막은 매개모기 성충을 방제하기 위한 화학적 방제법으로 전 세계적으로 사용하고 있고(Linley and Jordan, 1992; Rose, 2001), 국내에서도 전국 보

*Corresponding author: leedk@kosin.ac.kr

Received January 10 2022; Revised February 23 2022

Accepted February 24 2022

건소의 96%가 사용하고 있어 주요 모기 방제법 중의 하나이다 (Lee, 2016). 그러나 국내의 모기 방제를 위해 살충제의 희석용 매로 등유(kerosene) 또는 경유(diesel oil)를 사용하는 가열연막에 대한 지침은 국립보건연구원(NIH, 1999), 질병관리본부(KCDC, 2005; 2008; 2011) 그리고 세계보건기구(WHO, 1996; 1997; 2006)의 오래된 자료를 근거로 하고 있으며, 살충제의 희석용매에 따른 가열연막의 방제효과에 대한 연구는 매우 드문 실정이다. 따라서, 그동안 변화되어온 환경과 매개모기에서의 가열연막의 방제효과에 대한 새로운 정보가 요구된다. 이에 가열연막에 대한 정확한 방제효과를 밝힘으로써 과학적인 분석 결과를 토대로 모기방제 효과를 높이고자 하는 것이 본 연구의 목적이다. 따라서 본 연구는 국내 서식 주요 감염병 매개모기인 작은빨간집모기, 빨간집모기, 흰줄숲모기, 얼룩날개모기를 대상으로 국내의 보건소에서 사용 중인 휴대용 가열연막과 차량용 가열연막에 대한 치사효과를 측정하였다. 또한, 살충제를 희석하는 용매를 사용함에 있어서 국내에서는 등유(kerosene)보다 주로 경유(diesel oil)를 희석하여 사용하고 있는데(Lee, 2016), 희석용매에 따른 살충효과가 어떠한 차이가 있는지 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

실험 곤충 및 보관

실험에 사용한 모기는 국내 감염병 매개모기 야생종으로 흰줄숲모기(*Ae. albopictus*), 중국얼룩날개모기(*Anopheles sinensis* s.l.), 빨간집모기(*Cx. pipiens*) 작은빨간집모기(*Cx. tritaeniorhynchus*)였다. 실험용 암컷모기는 실험을 실시한 8월에서 9월 사이에 채집하였는데, 작은빨간집모기와 중국얼룩날개모기는 부산광역시 강서구 둔사와 우사에서 암컷 성충을 채집하였고, 빨간집모기는 경남 양산시 정화초에서 유충을 채집하여 우화한 암컷을 사용하였으며, 흰줄숲모기는 경남 창원시 대숲에서 채집한 암컷을 사용하였다. 채집한 모기는 Collapsible Cage (30.5 cm × 30.5 cm × 30.5 cm) (BioQuip®, Rancho Dominguez, CA, USA) 안에 넣고 10% 설탕물(Sucrose water)을 먹이로 공급하였으며, 고신대학교 곤충사육실에서 온도 27±1°C, 상대습도는 65±5%의 자동온습도 조건과 광주기 14L / 10D에서 보관하였다. 채집과 실험 시 연구자의 안전을 위해 방역안전모와 방역복을 입고 실시하였다.

실험용 살충제

실험에 사용하기 위한 살충제는 국내 보건소에서 가열연막

Table 1. List of insecticides and recommended dilution rates on their labels

Insecticide	Type	A.I. ¹ (%)	Direction ²	
			Dilution	A.I. (%)
Etofenprox	PY ³	10.0	75	0.13
Bifenthrin	PY	10.0	500	0.02
Deltamethrin	PY	1.5	140	0.01

¹A.I. means an active ingredient.

²Direction on the label of each insecticide

³PY means a pyrethroid insecticide.

용 살충제로 가장 많이 사용하고 있는 deltamethrin, etofenprox, 그리고 bifenthrin 3종의 유제(Emulsifiable Concentrate)를 선정하여 시중에서 판매하는 것을 구입하였다(Lee, 2016). 살충제 희석농도는 실험에 사용한 살충제 제품라벨의 지시농도에 따라 활성성분(Active Ingredient, A.I.)이 deltamethrin은 0.01%, etofenprox 0.13%, 그리고 bifenthrin은 0.02%가 되도록 희석하여 사용하였으며(Table 1), 각 살충제 제품의 희석 A.I.는 WHO (2006)에서 추천하는 사용농도 범위 안에 있음을 확인하였다.

휴대용 가열연막 실험

실험은 WHO (1996)와 NIH and KCDC (2005)의 모기에 대한 살충제 표준실험법에 준하여 실시하였다. 실험용 4종의 암컷 성충모기는 흡충관(aspirator)을 이용하여 종별로 25마리씩 생물검정용 노출장(지름 9 cm × 길이 12 cm)에 넣었다. 노출장을 거치할 목재스탠드(높이 100 cm × 폭 50 cm)는 사방이 열린 공간인 고신대학교 운동장에 설치하였고, 한 스탠드 당 4개의 모기종별 노출장을 높이 100 cm 위치에 고정하였다. 목재 스탠드는 거리별 치사효과를 보기 위해 가열연막연무기 분사구로부터 2, 4, 6, 8, 10 m 떨어진 위치에 세웠는데, 해당 거리마다 3개씩의 목재스탠드를 1 m 간격을 두고 횡으로 세웠다. 횡으로 세운 후 종별 노출장을 고정하였다(Fig. 1A). 가열연막 살포시 풍속은 풍속계(LM-81AM, Lutron, London, England)를 사용하여 가열연막 사용법에 따라 풍속 0.3 m/sec~2.8 m/sec 사이에서 실시하였고(KCDC, 2008), 실험장소의 풍향을 확인하여 생물검정 노출장이 고정된 목재스탠드를 바람이 지나가는 방향으로 설치하였다. 가열연막 살포시 기온은 26~28°C였으며, 지열이 약해지는 18:30에 실행하였다. 휴대용 가열연막기는 Swing-Fog (SS150F, Seshin industrial, Yeongcheon, Korea)를 사용하였다. 가열연막의 살충제 희석용매는 실험 종류에 따라 경유(diesel oil), 등유(kerosene) 그리고 물을 사용하였다. 살



(A)



(B)



(C)



(D)

Fig. 1. Lethal efficacy tests with thermal fogs against four vector mosquitoes. (A) Wooden stands with each four mosquito cages. (B) Portable thermal fog diluted with diesel oil or kerosene. (C) Portable thermal fog diluted with water. (D) Vehicle thermal fog.

충제 분사는 휴대용 가열연막기를 어깨에 매고 분사구는 목재 스탠드를 마주 보는 방향으로 하여 횡으로 걸어가며 살포하였고, 이때 이동은 사용법에 따라 1 km/hr (0.28 m/sec) 속도로 진행하였다(Figs. 1B & C). 살포를 종료한 후 10분이 경과한 다음, 생물검정용 노출장을 온도 $27 \pm 2^\circ\text{C}$ 와 습도 $65 \pm 5\%$ 가 유지되는 항온항습실로 옮긴 후, 노출장 속에 있는 모기를 흡충관을 이용하여 237 ml 크기의 종이컵으로 옮긴 다음, 망사로 덮고 그 위에 먹이와 수분 공급을 위해 10% 설탕물을 적신 탈지면을 올려놓았다. 대조군은 처리군에서 200 m 이상 떨어진 야외에 격리된 후 처리군과 동시에 항온항습실로 옮겼다.

차량 장착용 가열연막 실험

차량 장착용 가열연막기는 SS Fog Generator (SS-400F, Se-shin industrial, Daegu, S. Korea)를 사용하였다. 살충제 희석용 매는 휴대용 가열연막실험처럼 국내 보건소에서 사용하는 경우를 사용하였다. 살포거리의 가열연막기로부터 10, 20, 30, 40, 50 m 떨어진 위치에 횡으로 3개씩 목재스탠드를 설치하였다. 목재 스탠드에는 4종의 모기가 각각 들어있는 생물검정용

노출장 4개를 달았다. 가열연막은 풍향이 가열연막기로부터 목재 스탠드 방향 쪽일 때 살포하였으며, 차량 이동속도는 사용법에 따라 8 km/hr를 유지하였다(Fig. 1D). 이 밖의 실험방법은 휴대용 가열연막 실험과 동일하게 하였다.

통계처리

항온항습실로 옮겨진 모기는 24시간 후에 치사(dead) 모기와 아치사(moribund) 모기의 수를 세어 합산하여 기록하였다. 대조군의 치사율이 5~20% 사이인 경우에는 아보트 공식(Abbott, 1925)을 사용하여 치사율을 보정하나 대조군의 치사율은 0.0%였다. 실험결과는 3개의 노출장에서 얻은 치사수에 대해 평균한 값을 검체의 치사율로 계산하였다. 통계처리는 SPSS (PC version 18.0) 통계프로그램을 이용하였으며, 살충제의 종류에 따른 치사율의 차이를 확인하기 위하여 Duncan's multiple range test 와 student *t*-test를 실시하여 확률 0.05 수준으로 분석하였다.

결과

휴대용 가열연막(경유 희석)

경유로 희석시킨 etofenprox, bifenthrin, deltamethrin을 각각 휴대용 가열연막기에 넣고 분사한 결과, 10 m 이내에 있는 4종의 암컷 모기의 평균 치사율은 Fig. 2에서 보는 바와 같다. Etofenprox에 의한 살충효과는 흰줄숲모기에서 비교적 높은 치사율(평균 70%)을 보였으나, 중국얼룩날개모기와 빨간집모기에서는 평균 22%~24%, 그리고 작은빨간집모기에서는 평균 10% 미만으로 매우 낮은 치사율을 보였다. Bifenthrin의 경우에도 흰줄숲모기에서 평균 80% 이상으로 비교적 높은 치사율을 보였으나, 빨간집모기와 중국얼룩날개모기와 작은빨간집모기에서는 각각 평균 58%와 32%와 26%의 치사율을 보였다. Deltamethrin의 가열연막은 흰줄숲모기에서 평균 100%로 매우 높은 치사효과를 보였고, 빨간집모기, 중국얼룩날개모기, 작은빨간집모기에서는 평균 64~73%의 치사율을 보였다. 휴대용 가열연막에 대한 3종의 살충제 중 deltamethrin이 4종 매개모기에 대한 치사율이 평균 76%로 가장 높은 살충력을 보였으나, etofenprox는 평균 31%로 가장 낮은 치사율을 보였다. 휴대용 가열연막기로부터 살포거리 10 m 이내에서 거리에 따른 모기

의 치사효과에 의미있는 차이는 나타나지 않았다($p=0.05$).

휴대용 가열연막(물 희석)

살충제 etofenprox, bifenthrin, 그리고 deltamethrin을 물로 희석시켜 암컷모기에 대해 10 m 거리에서 가열연막을 실시한 결과는 각각 평균 77%, 53%, 그리고 62%로 나타났다(Fig. 3). 모기 종별 치사율에서, etofenprox의 살충효과는 흰줄숲모기에서 평균 100%의 치사율을 보였고, 중국얼룩날개모기와 빨간집모기에서는 평균 79%~81%의 치사율을 보였다. 그러나, 작은빨간집모기에서는 평균 49%의 치사율을 보여 다른 모기종의 치사율보다 의미있게 낮았다($p < 0.05$). Bifenthrin과 deltamethrin의 경우에도 흰줄숲모기에서 각각 평균 82%와 93%로 4개 모기종 중에서 가장 높은 치사율을 보였으며, 빨간집모기는 두 살충제에서 각각 평균 50%와 75%의 치사율을 보였으나, 작은빨간집모기와 중국얼룩날개모기는 모두 42% 이하의 치사율을 보였다. 거리별 치사율을 비교하여 보았을 때, 4종 매개모기 모두 2.0 m 거리에서 평균 95%~100%로 가장 높은 치사율을 보였으며, 경유로 희석한 가열연막과 달리 거리가 멀어질수록 치사율은 낮아지는 경향을 보여서 10 m 떨어진 곳에서는 18%~46%의 치사율을 보였다.

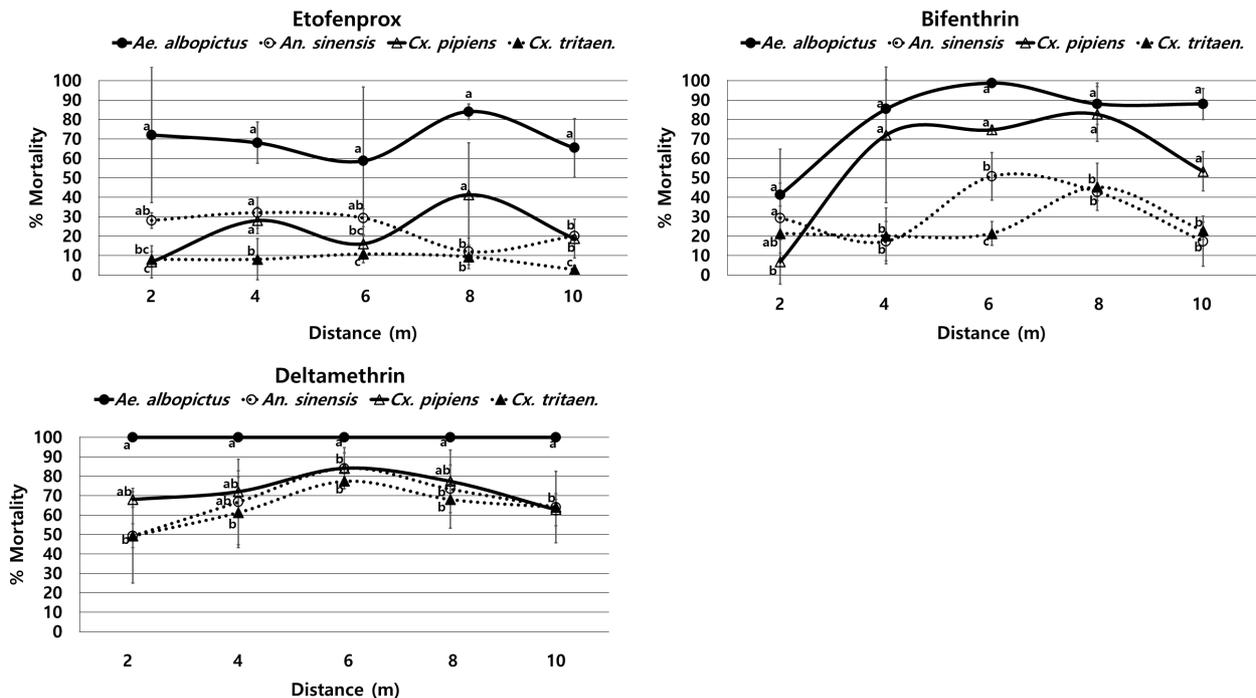


Fig. 2. Average % mortalities of *Anopheles sinensis*s.l., *Aedes albopictus*, *Culex pipiens*, and *Culex tritaeniorhynchus* females to etofenprox, bifenthrin, and deltamethrin diluted with diesel oil using a portable thermal fogger. Means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p > 0.05$).

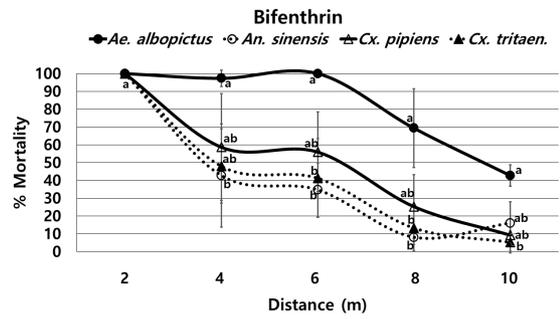
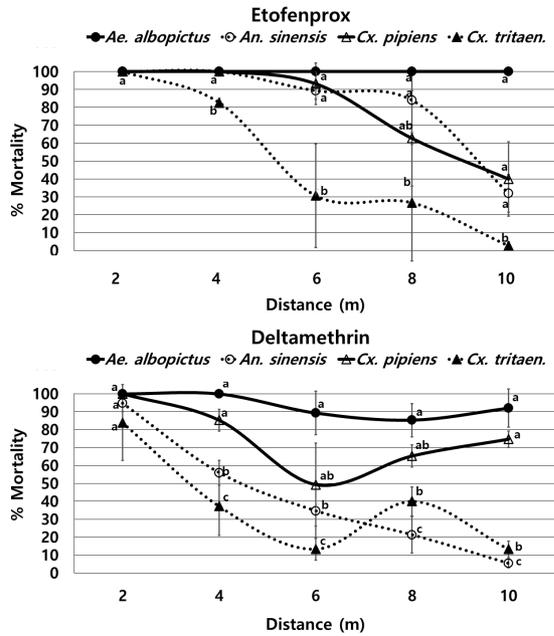


Fig. 3. Average % mortalities of *Anopheles sinensis* s.l., *Aedes albopictus*, *Culex pipiens* and *Culex tritaeniorhynchus* females to etofenprox, bifenthrin, and deltamethrin diluted with water using a portable thermal fogger. Means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p > 0.05$).

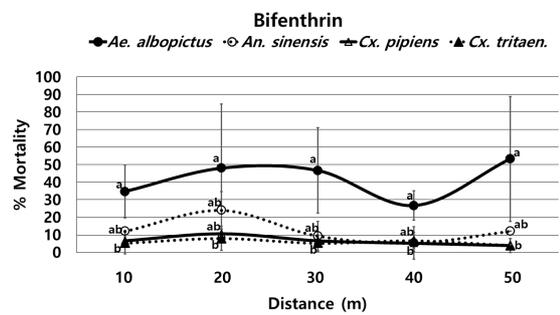
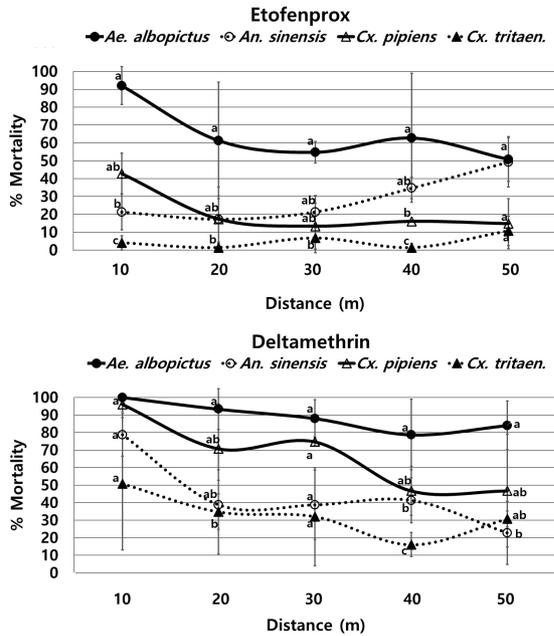


Fig. 4. Average % mortalities of *Anopheles sinensis* s.l., *Aedes albopictus*, *Culex pipiens*, and *Culex tritaeniorhynchus* females to etofenprox, bifenthrin, and deltamethrin diluted with diesel oil using a vehicle thermal fogger. Means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p > 0.05$).

차량용 가열연막

차량용 가열연막기를 이용하여 3종의 살충제를 경우에 희석시켜 살포했을 때 거리 50 m까지의 모기의 치사율은 deltamethrin이

평균 58%로 가장 높았고, etofenprox는 평균 30%, 그리고 bifenthrin은 평균 17%로 가장 낮은 치사율을 보였다(Fig. 4). 모기 종별 치사율을 보면, etofenprox의 살충효과는 흰줄숲모기에서 평균 64%의 치사율을 보였으나, 중국얼룩날개모기와

빨간집모기에서는 평균 29% 미만, 작은빨간집모기에서는 평균 5%의 매우 낮은 치사율을 보였다. Bifenthrin은 흰줄숲모기에서 평균 42%의 치사율을 보였으나, 중국얼룩날개모기와 빨간집모기와 작은빨간집모기에서는 모두 평균 13% 이하의 낮은 치사율을 보였다. Deltamethrin의 살충효과는 흰줄숲모기에서 평균 89%로 가장 높은 치사율을 보였고, 빨간집모기, 중국얼룩날개모기, 작은빨간집모기 순으로 높은 치사율을 보였다. 거리별 치사율에서는 4종 모기에서 10 m~20 m 거리에서 높은 수치를 보였으나 30~50 m 사이의 치사율과 의미있는 차이는 나타나지는 않았다($p=0.05$).

살충제 희석용매

휴대용 가열연막에 etofenprox 살충제를 경유(Diesel oil) 또는 등유(Kerosene)로 희석하여 4종의 모기에 살포한 후 살충효과를 비교한 결과는 Fig. 5와 같다. 희석제에 따른 살충효과를 비교해 보면, 흰줄숲모기에서 경유는 평균 70%, 등유는 평균 99%의 높은 치사율을 보였으나, 중국얼룩날개모기는 각각 평균 24%, 42%, 빨간집모기에서는 각각 평균 22%, 74% 였으며, 작은빨간집모기에서는 각각 평균 8%, 21%의 낮은 치사율을 보였다. 4종 모기에 대한 평균 치사율을 비교하면 경유와 등유는 각각 31%와 59%로 의미있는 차이가 나타나서 등유가 경유

보다 1.9배 높은 살충효과를 나타냈다.

고찰

휴대용 가열연막은 10 m 이내에서, 그리고 차량 연막은 50 m 이내에서 감염병 매개모기 방제에 유효한 것으로 알려져 있다(KCDC, 2005; 2008, 2011). 본 연구에서 휴대용 가열연막에서 세 종류의 살충제를 경유로 희석할 때와 물로 희석할 때의 주요 매개모기종의 치사율은 각각 평균 52.0%와 평균 64.0%를 보였으나 두 살포법에 따른 의미있는 차이는 나타나지 않았다($p=0.05$). 또한 살포거리에 따른 모기의 치사율도 의미있는 차이가 나타나지 않았다($p=0.05$). 이러한 결과들은 풍속과 풍향과 지열에 따라 가열연막의 확산이 항상 일정하지 않음에 따라 분사된 살충제 입자에 영향을 주기 때문으로 해석되었다(KCDC, 2008). 가열연막에서 살포되는 살충제의 입자 크기는 모기의 살충효과에 영향을 주는데 경유로 희석한 가열연막의 살포입자 대부분 직경이 8~30 μm 로(Hoffmann et al., 2008), 이러한 미립자는 살포시의 환경여건에 따라 확산 정도가 달라짐에 따라 많은 영향을 받는 반면에, 물로 희석한 가열연막의 경우에는 분사구에서 거리가 가까울수록 치사율이 높은 경향을 보였다. 이는 가열연막의 물 입자가 가열연막의 기름 입자보다 비중이 높아 물로 희석한 경우 비교적 직진성이 좋고 살충제 입

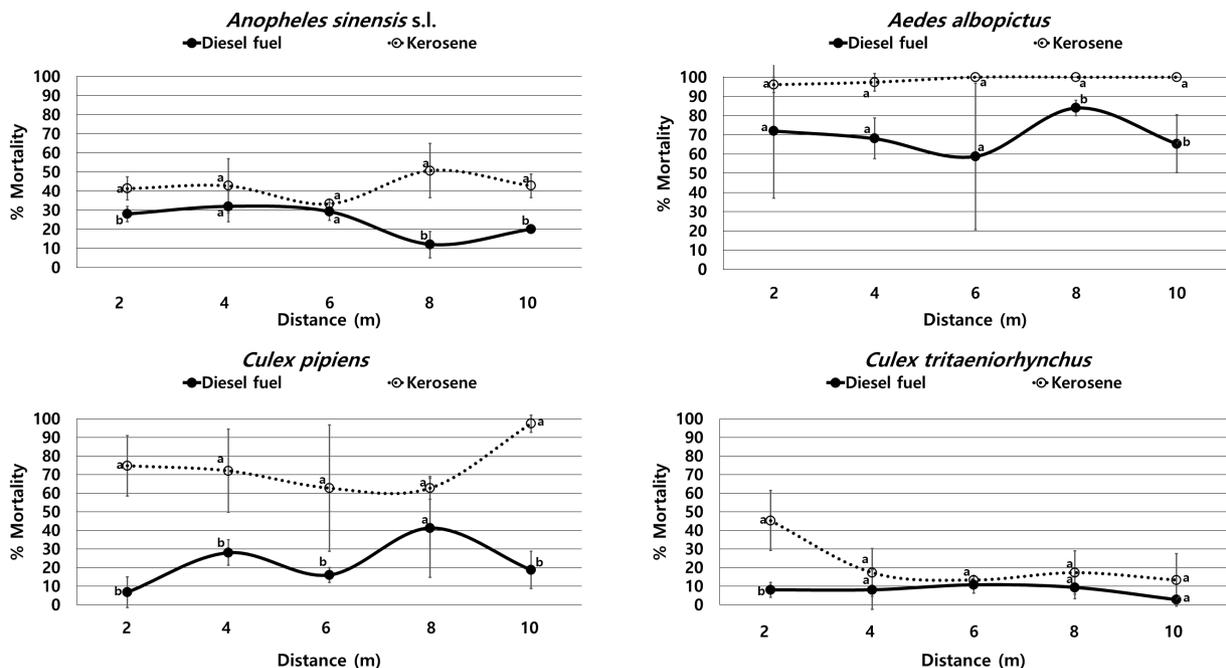


Fig. 5. Comparisons of mortality rates of *Anopheles sinensis s.l.*, *Aedes albopictus*, *Culex pipiens*, and *Culex tritaeniorhynchus* to etofenprox between dilutions of diesel oil and kerosene for a portable thermal fog. Means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p > 0.05$).

자의 분산이 기후 조건에 영향을 덜 받기 때문으로 보였다. 가열연막과 극미량연무(ULV)의 살충효과는 살충제 입자의 크기에 따라 효과가 달라지는데(Rathburn and Dukes, 1989; Hoffmann et al., 2008), ULV의 살충제 입자는 가열연막보다 약간 크며 물로 희석해서 사용하므로 바람이나 지열의 영향을 덜 받는다. 한편, 차량용 가열연막법을 이용하여 세 종류의 살충제를 50 m 이내에서 주요 매개모기 4종에 노출시켰을 때 평균 34.8%의 낮은 치사율을 보였다. 또한, 거리에 따른 모기의 치사율은 살포 지점으로부터 50 m 거리 내에서 의미있는 차이를 보이지 않았는데, 이러한 결과들은 가열연막 살포시 수시로 바뀌는 풍향과 풍속의 영향이 있었던 것으로 추정된다.

희석용매로 등유를 사용하였을 때의 가열연막의 살충력은 경우에 희석하여 살포한 경우에 비해 모기의 치사율이 28% 더 높게 나타났으며, 이러한 결과는 Shim (1999)이 등유로 희석한 가열연막에 노출된 빨간집모기와 얼룩날개모기의 치사율은 경우로 희석한 결과와 비교하여 20%~30% 더 높았다고 보고한 결과와 유사하였다. 이러한 이유는 등유의 비중이 경우보다 10% 정도 낮아 살포되는 살충제의 양이 많아짐에 따라 상대적으로 치사효과에 영향을 주는 것으로 추정된다. 따라서 효과적인 방제효과를 위해 가열연막의 희석용매는 경우보다 등유를 사용하는 것이 권장된다.

한편, 살충제에 노출시킨 4종의 매개모기는 살충제 종류에 따라 치사율의 차이가 큰 것으로 나타났는데 이는 살충제 감수성의 차이로 해석되었다. 국내에 서식하는 모기인 흰줄숲모기, 중국얼룩날개모기, 빨간집모기, 작은빨간집모기에 대한 가열연막의 살충효과는 모기종과 살충제의 종류에 따라 많은 차이가 나타났다. 흰줄숲모기의 경우 다른 모기종에 비해 세 종류의 살충제에서 대부분 높은 살충효과를 보였는데 이는 그동안 흰줄숲모기를 대상으로 방역용 살충제를 거의 사용하지 않았고, 흰줄숲모기의 주요 휴식처가 대부분 숲속이고 주요 산란처도 살충제나 농약에 많이 노출되지 않는 숲속이나 풀숲 속 소형의 물 고인 곳이므로 살충제와 접촉할 기회가 많지 않아 감수성이 높은 것으로 추정되었다(Lee, 2017). 따라서 흰줄숲모기의 방제를 위해 흰줄숲모기의 휴식처 및 산란처 주위로 가열연막을 실시한다면 높은 방제효과를 기대할 수 있을 것으로 보인다. 반면에 가장 낮은 평균치사율을 보인 작은빨간집모기와 중국얼룩날개모기의 경우 각각 일본뇌염과 말라리아를 매개하는 종으로 휴식처는 주로 축사와 인근 밭이고 논에서 주로 발생하므로 살충제와 농약에 많이 노출되어 있음에 따라 살충제에 대한 감수성이 낮아진 것으로 보인다. 도시에서 가장 많이 발생하는 빨간집모기 역시 방역용 살충제의 접촉 기회가 많은 종이어서 살충제에 대한 감수성이 낮은 편으로 보인다.

본 연구의 결과를 통해 매개모기를 방제함에 있어서 휴대용 및 차량용 가열연막을 사용하였을 때 주로 사용하는 살충제와 희석용매에 따른 방제효과의 정도를 밝혔다. 후속연구로는 가열연막이 풀숲과 하수관 같은 폐쇄된 장소에 휴식하고 있는 모기의 방제효과에 대한 보고가 거의 없으므로 향후 이에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

Acknowledgements

The authors would like to thank Schoon Cho, YoonJiJeong, Byeong-Ryeon Kim of Medical Entomology Laboratory at Kosin University for their helps, and Woo-Hyeon Jeon of the county office of Gijang-gun for vehicle thermal fog of this research. The authors would also like to thank the anonymous reviewers for feedback on the earlier version of this manuscript. This research was supported by Research Centers for Disease Control and Prevention (project number: HD17A0001).

저자 직책 & 역할

이동규: 고신대, 교수; 실험설계 및 논문작성
정수을: 고신대, 박사과정; 실험수행, 논문작성
민영환: 고신대, 석사; 실험수행, 논문작성
정선호: 고신대, 박사; 실험수행
강기석: 고신대, 박사과정; 실험수행
정효빈: 고신대, 석사; 실험수행

모든 저자는 원고를 읽고 투고에 동의하였음.

Literature Cited

- Abbott, W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18, 265-267.
- Hoffmann, W.C., Walker, T.W., Fritz, B.K., Gwinn, T., Smith, V.L., Szumlas, D., Quinn, B., Lan, Y., Huang, Y., Sykes, D., 2008. Spray characterization of thermal fogging equipment typically used in vector control, *J. Am. Mosq. Control. Assoc.* 24, 550-559.
- KCDC, 2005. Guidelines for control and management of main vector mosquitoes. Korea Centers for Disease Control and Prevention, Osong.
- KCDC, 2008. Guidelines for disease prevention through control of vectors, pathogens, and rodents. Korea Centers for Disease Control and Prevention, Osong.
- KCDC, 2011. Guidelines for control and management of main

-
- vector mosquitoes. Korea Centers for Disease Control and Prevention, Osong.
- Kim, K., Tsuda, Y., 2010. Seasonal changes in the feeding pattern of *Culex pipiens pallens* govern the transmission dynamics of multiple lineages of avian malaria parasites in Japanese wild bird community. *Mol. Ecol.* 19, 5545-5554.
- Lee, D.-K., 2016. Development of the effective guidelines of residual spraying adulticides for domestic vector mosquito control. Research Report. Korea Centers for Disease Control and Prevention, Osong.
- Lee, D.-K., 2017. Ecological characteristics and current status of infectious disease vectors in South Korea. *J. Korean Med. Assoc.* 60, 458-467.
- Linley, J.R., Jordan, S., 1992. Effects of ultra-low volume and thermal fog malathion, Scourage and naled applied against caged adult *Culicoides furens* and *Culex quinquefasciatus* in open and vegetated terrain. *J. Am. Mosq. Control. Assoc.* 8, 69-76.
- Menne, B., Ebi, K.L., 2006. Climate change and adaptation strategies for human health. Steinkopff-Verlag, Heidelberg.
- NIH, 1999. Guidelines for control of medical insects and rodents. National Institute of Health, Seoul.
- NIH, KCDC, 2005. Diagnoses and test methods of infectious diseases II. National Institute of Health, Korea Centers for Disease Control and Prevention, Osong.
- Rathburn, Jr. C.B., Dukes, J.C., 1989. A comparison of the mortality of caged adult mosquitoes to the size, number and volume of ULV spray droplets sampled in an open and a vegetated area. *J. Am. Mosq. Control. Assoc.* 5, 173-175.
- Reisen, W., Pfuntner, A., Milby, M., Tempelis, C., Presser, S., 1990. Mosquito bionomics and the lack of arbovirus activity in the Chino area of San Bernardino County, California. *J. Med. Entomol.* 27, 811-818.
- Rose, R.I., 2001. Pesticides and public health: integrated methods of mosquito management. *Emerg. Infect. Dis.* 7, 17-23.
- Shim, J.C., 1999. Improvement of a disease prevention method (thermal fog). Research Report. Seoul.
- WHO, 1996. Operational manual on the application of insecticides for control of the mosquito vectors of malaria and other diseases. Div. of Control of Tropical Diseases, World Health Organization, Geneva.
- WHO, 1997. Chemical methods for the control of vectors and pests of public health importance. World Health Organization, WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/1997.1, Geneva.
- WHO, 2006. Pesticides and their application for the control of vectors and pests of public health importance. World Health Organization, WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/2006.1, Geneva.
- WHO, 2014. A global brief on vector-borne diseases. World Health Organization, WHO/DCO/WHO/2014.1, Geneva.