

네 가지 다른 온도가 흰줄숲모기(*Aedes albopictus*) 유충 성장에 미치는 영향

나수미·장혜지*·박소정*·이은영*·도지선*·홍승비*·이훈복*[†]

서울여자대학교 대학원 생명환경공학과
*서울여자대학교 생명환경공학과

The effect of four different temperatures on the growth of *Aedes albopictus* larva

Sumi Na·Hyeji Jang*·Sojung Park*·Eunyoung Lee*·Jiseon Doh*·Seungbie Hong*·Hoonbok Yi*[†]

Department of Bio & Environmental Technology, Graduate School of Seoul Women's University

*Department of Bio & Environmental Technology, Seoul Women's University

(Received : 15 January 2018, Revised: 22 February 2018, Accepted: 11 May 2018)

요약

본 연구는 기후변화로 모기 매개 질병이 확산되고 있는 범지구적 차원에서 주요 질병을 매개하는 흰줄숲모기(*Aedes albopictus*) 유충의 생장이 여러 가지 온도 조건에 따라 어떻게 변화하는지를 확인하기 위하여 수행되었다. 흰줄숲모기 유충 120개체를 채집하여 120개의 20ml 유리용기(vial)에 한 개체씩 넣어 12개의 수조(17×24×18 cm³)에 유리용기를 10개씩 분리하고, 3반복수의 수조를 4가지 온도(17°C, 21°C, 24°C, 28°C)로 조절된 배양기에 배치시켰다. 각 수조는 1령 3개체, 2령 3개체, 3령 2개체, 4령 2개체로 구성하여 흰줄숲모기 유충의 온도에 따른 우화율 및 성장 단계 별 평균 사망률, 온도에 따른 성장 단계별 최저 사망률, 온도에 따른 평균 수중 생존기간에 대한 연구를 27일 동안 진행하였다. 그 결과, 온도에 따른 평균 우화율은 21°C에서 20.00 ± 5.77%, 17°C, 24°C, 28°C에서 3.33 ± 3.33%로 나타났다. 성장 단계별 평균 사망률은 1령이 19.24 ± 3.65%, 2령이 16.48 ± 3.25%, 3령이 23.54 ± 5.06%, 4령이 40.74 ± 7.08%로 나타났다. 온도에 따른 성장 단계별 최저 사망률은 1령이 17°C에서 13.33 ± 6.67%, 2령이 21°C에서 7.41 ± 7.41%, 3령이 24°C에서 10.74 ± 6.43%, 4령이 28°C에서 20.37 ± 5.46%로 나타났다. 온도에 따른 평균 수중 생존기간은 17°C는 26.33 ± 0.67일, 21°C는 23.33 ± 1.33일, 24°C는 20.00 ± 2.52일, 28°C는 11.67 ± 1.20일로 나타났다. 전체적인 결과를 통해, 흰줄숲모기 유충의 생장은 21°C가 가장 적절한 온도인 것으로 나타났으며, 성장 단계 중 4령에서 가장 많은 개체가 사망하는 것으로 나타났다. 직접적인 온도 설정을 이용한 흰줄숲모기 유충에 대한 연구 결과는 향후 모기 방제방법의 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

핵심용어 : 사망률, 수중 생존기간, 온도, 우화율, 흰줄숲모기

Abstract

We investigated to know the growth patterns of *Aedes albopictus* larva at the four different temperature conditions. Each of 120 individuals was placed into a 20ml vial and 12 sets (a set of 10 vials) were separated into 12 water tanks (17×24×18 cm³). Each water tank was composed of 3 the 1st instar, 3 the 2nd instar, 2 the 3rd instar, and 2 the 4th instar. Three sets of water tanks were placed under the four different incubator temperatures (17°C, 21°C, 24°C, 28°C). We found that the eclosion rates were 20.00 ± 5.77% at 21°C and 3.33 ± 3.33% at other temperatures. For the mosquito larva mortality rate, 1st instar was 19.24 ± 3.65%, 2nd instar was 16.48 ± 3.25%, 3rd instar was 23.54 ± 5.06%, and 4th instar was 40.74 ± 7.08%. The lowest mortality rate in growth stages according to temperature was 13.33±6.67% at 17°C in 1st instar larva, 7.41±7.41% at 21°C at 2nd instar larva, 10.74±6.43% at 24°C in 3rd instar larva, and 20.37±5.46% at 28°C in 4th instar larva. The survival period of mosquitoes in underwater were 26.33 ± 0.67 days at 17°C, 23.33 ± 1.33 days at 21°C, 20.00 ± 2.52 days at 24°C, and 11.67 ± 1.20 days at 28°C. From our results the most effective temperature to the normal growth of mosquito larva was 21°C, and the highest mortality rate was shown at the 4th instar stage of larva growth. Our results would provide the basic data for the mosquito larva's growth pattern.

Key words : *Aedes albopictus*, Eclosion rate, Mortality rate, Survival period, Temperature

[†] To whom correspondence should be addressed.
Department of Bio & Environmental Technology, Seoul Women's
University
E-mail: yih@swu.ac.kr

1. 서 론

현대 산업화 이후 화석연료 등의 사용으로 이산화탄소의 배출이 증가함에 따라 기후 온난화가 전 세계적으로 문제되고 있으며(Kim, 2011), 이러한 기후변화는 대기의 구성과 기후의 다양성에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 지구온난화로 인해 과거 100년간 우리나라 평균 기온은 약 1.7°C 증가하여 지구 평균 기온 0.74°C를 상회하고 있으며, 열대야의 발생이 100년마다 4~10일씩 증가한다고 보고되고 있다(Shim et al., 2012; IPCC, 2007). 국립기상연구소 자료에 따르면, 10년간(1996~2005년) 우리나라 15개 지점의 평균기온이 14.1°C로 평년(1971~2000년) 대비 0.6°C 상승하였고, 봄과 겨울의 상승폭이 0.7°C로 가장 크게 나타났다(Heo and Kwon, 2007). 물로 영구적 또는 일시적으로 잠겨있는 육상생태계와 수생태계의 접이지대인 습지는 CO₂ 조절, 기후조절, 물조절, 물질순환, 생물종 다양성 유지, 레크리에이션과 문화 등 매우 다양한 생태계 서비스를 제공하고 있는 곳이다(Costanza et al, 1997).

모기는 뛰어난 환경 적응력으로 인류의 과학 발전 속도보다 더욱 빠르게 지구 온난화 현상과 더불어 그 개체수를 늘리고 있다(Lee, 2006). 대기의 온도뿐만 아니라 습지의 온도 변화로 인한 모기 개체수의 변화도 매우 중요한 연구 대상이다. 특히 해외와의 교역 확대로 국외에서 유입되는 감염병이 증가하고 있는 현 추세에서 기온 및 수온이 상승하고 있는 국내에서 토착화된 우려가 깊어지고 있다. 모기는 세상에서 가장 치명적인 동물 중 하나이다. 세계 절반 이상의 인구가 지카 바이러스(Zika virus), 뎅기열(Dengue Fever), 치쿤구니아열(Chikungunya Fever) 그리고 황열(Yellow Fever)을 옮기는 모기가 서식하는 지역에 살고 있으며 이미 매년 모기로 인한 질병으로 수백만 명의 사망자가 발생하고 있다(WHO; World Health Organization, 2017). 흰줄숲모기(*Aedes albopictus*)는 지카바이러스, 황열, 뎅기열, 치쿤구니아열와 함께 개와 고양이에게 치명적인 심장사상충 감염을 일으키는 사상충(*Dirofilaria immitis*)을 전파하고 그 밖의 여러 가지 질병을 옮기는 벡터로 인간에게 매우 치명적인 곤충이다(Seo, 2017).

모기 매개 질환은 기후변화에 영향을 크게 받으며 특히, 기온, 강수량, 습도 등에 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Kim, 2009). 기온이 높아지면 발육기간을 단축시키고, 모기가 성충이 되는 비율을 증가시키며 또한 알의 수를 증가시켜 결과적으로 모기의 개체수가 증가하게 된다. 모기 매개 질병이 전파되는데 가장 중요한 것은 모기의 생존율로 기온이 높아지면 생존율이 높아지는 경향성을 보인다는 연구결과도 있다. 일일 최고 기온과 평균기온은 병원체가 매개체에 감염되는 비율과 관계가 있다는 보고도 있다(Jang and Jo, 2003; Yi et al., 2014b).

본 연구는 자연생태계의 중요성뿐만 아니라, 살충제를 과다하게 이용하게 됨으로써 얻게 될 습지생태계의 악영향을 제고하였고, 효율적인 모기 방제 방법을 제안하기 위해 온

도가 흰줄숲모기 유충의 성장에 미치는 영향을 연구하기 위해 다음과 같은 두 가지 가설을 설정하였다. 첫째, 온도가 높을수록 모기의 우화율이 높을 것이다. 둘째, 온도가 높을수록 모기의 수중 생존기간이 짧을 것이다.

지구온난화의 가속화에 따라 모기 개체수의 증가와 모기 매개 질병으로 인한 질환 발병률이 높아지고 있어 모기 방제에 대한 연구가 절실하게 요구되고 있다(Xue et al., 2015; Yi et al., 2014a). 모기 매개 질병을 원천 차단하기 위해서는 모기 우화 전 유충 단계에서 방제하는 것이 중요하다. 이에 본 연구는 직접적인 온도 설정을 이용한 흰줄숲모기 유충의 온도에 따른 우화율 및 성장 단계 별 평균 사망률, 온도에 따른 성장 단계별 최저 사망률, 온도에 따른 평균 수중 생존기간 등을 분석하여 모기 방제 방법의 기초 자료로 활용하고자 수행하였다.

2. 연구방법

2.1 연구대상 채집 및 연구조건

본 연구는 2017년 7월 12일, 서울시 노원구에 위치한 서울여자대학교(37° 37'42.2"N 127° 05'25.9"E)의 빗물 하수구에서 흰줄숲모기(*Aedes albopictus*) 장구벌레 120개체를 채집하여 진행하였다. 흰줄숲모기 동정은 도감을 참조하였다(Lee, 2004). 120개의 유리용기(vial)에 흰줄숲모기 한 개체씩 넣어 12개의 수조(17×24×18cm³)에 10개씩 분리하였고, 4가지 온도로 조절된 배양기에 수조 3개씩 배치시켰다. 각 수조에 흰줄숲모기를 성장 단계별로 1령 3개체, 2령 3개체, 3령 2개체, 4령 2개체로 구성하였다. 우화된 모기의 개체수 파악을 위해 각 수조의 상층을 밀봉하였으며, 작은 구멍을 뚫어 대기와 같은 환경을 조성하였다. 온도 조건은 17°C, 21°C, 24°C, 28°C로 처리구를 구성하였다(Fig. 1.). 정확한 결과를 위해 동일한 산소량과 동일한 일조량(D:N=12:12)을 구성하였으며, 매일 동일한 시각에 온습도계, 수온계를 이용하여 배양기 내부의 온도, 습도와 유리용기의 수온을 측정하였다. 본 연구는 2017년 7월 12일부터 8월 7일까지 총 27일간 진행되었다.

2.2 온도에 따른 우화율 측정

각각 다른 온도조건 17°C, 21°C, 24°C, 28°C에 배치된 수조 3개를 매일 동일한 시간에 꺼내어 우화된 개체를 기록하였다. 개체가 우화할 때마다 육안으로 관찰하여 개체수를 세었으며, 번데기에서 우화하여 유리용기 밖으로 날아다니는 개체만을 기록하였다.

2.3 성장 단계별 사망률, 온도에 따른 성장 단계별 최저 사망률 측정

각각 다른 온도조건 17°C, 21°C, 24°C, 28°C에 각각 배치된 수조 3개를 매일 동일한 시간에 꺼내어 사망 개체수를 기록하였다. 관찰은 육안으로 진행 되었는데, 관찰은 육안으로

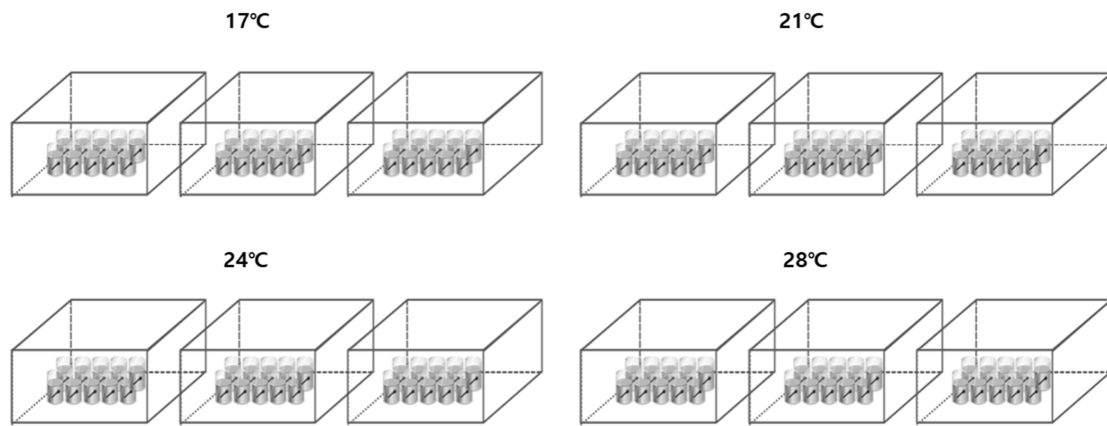


Fig. 1. Experimental design for the mosquito's larval survival rate, the average death rate and the growth rates. 120 vials were assigned to one individual of *Aedes albopictus*, 10 vials were separated into 12 water tanks, 10 vials of each tank were consisted of 3 the 1st instar, 3 the 2nd instar, 2 the 3rd instar, and 2 the 4th instar. A set of 3 water tanks was placed in the four incubators adjusted to the four different temperatures, 17°C, 21°C, 24°C and 28°C.

진행하였으며, 보다 정확한 결과를 얻기 위해 생존여부가 불확실한 개체는 추가적으로 유리용기를 흔들어 보거나 막대를 개체에 접촉하는 등 물리적인 힘을 가했을 때, 움직임이 없는 개체만을 기록하였다. 죽은 개체는 즉시 따로 분리시켰다.

2.4 온도에 따른 수중 생존기간 측정

각각 다른 온도조건인 17°C, 21°C, 24°C, 28°C에 배치된 수조 3개를 매일 동일한 시간에 꺼내어 모기의 성장 단계를 기록하였다. 성장 단계는 1령, 2령, 3령, 4령, 번데기로 나누어 측정하였다. 수중 생존기간은 각 수조별 연구 시작 일로부터 종료일까지를 의미하며, 수조에 모든 개체가 사망하거나 우화하여 개체가 남아있지 않은 일자를 연구종료일로 기록하였다.

2.5 통계처리

네 가지 온도 조건, 17°C, 21°C, 24°C, 28°C에서 사육한 120개체 모기의 온도에 따른 우화율, 성장 단계별 사망률, 온도에 따른 성장 단계별 최저 사망률을 모두 기록하였다. 우화율과 성장 단계별 사망률의 경우 각각의 수조에서 사망한 개체와 우화한 개체를 이용하여 각 수조마다의 우화율과 성장 단계별 사망률을 구하여 각 온도별 평균과 표준오차를 구하였다. 온도에 따른 수중 생존기간의 경우 각 수조별 개체의 전체 사망까지 소요된 일자를 기록하여 온도에 별로 결과와 표준오차를 평균 내어 기록하였다. 마지막으로 온도에 따른 개체의 평균값이 서로 유의하게 다른지 신뢰도 구간을 95%로 잡아 F-test를 통하여 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 실험구별 평균온도, 평균수온, 평균습도

네 가지 온도조건 실험구의 평균온도는 17°C는 17.01 ±

0.23°C, 21°C는 21.58 ± 0.15°C, 24°C는 24.46 ± 0.25°C, 28°C는 28.51 ± 0.52°C인 것으로 나타났다(F-test p<0.001, Fig. 2a).

네 가지 온도조건 실험구의 평균수온은 17°C는 16.80 ± 0.28°C, 21°C는 20.87 ± 0.12°C, 24°C는 24.69 ± 0.19°C, 28°C는 27.99 ± 0.25°C인 것으로 나타났다(F-test p<0.001, Fig. 2b).

네 가지 온도조건 실험구의 평균습도는 17°C는 48.54 ± 1.63%, 21°C는 46.32 ± 1.54%, 24°C는 51.87 ± 1.20%, 28°C는 73.00 ± 2.07%인 것으로 나타났다(F-test p<0.001, Fig. 2c).

3.2 흰줄숲모기의 온도에 따른 평균 우화율, 성장 단계별 평균 사망률, 온도에 따른 성장 단계별 최저 사망률, 온도에 따른 평균 수중 생존기간

본 연구는 흰줄숲모기 장구벌레 120개체를 17°C, 21°C, 24°C, 28°C에서 분리 사육하여 온도에 따른 평균 우화율, 성장 단계별 평균 사망률, 온도에 따른 성장 단계별 최저 사망률, 온도에 따른 평균 수중 생존기간에 미치는 영향을 확인하였다.

온도 조건별 흰줄숲모기의 평균 우화율은 17°C는 3.33 ± 3.33%, 21°C는 20.00 ± 5.77%, 24°C는 3.33 ± 3.33%, 28°C는 3.33 ± 3.33%인 것으로 나타났다. 21°C에서 우화율이 가장 높은 것으로 나타났으며, 온도 조건별 네 그룹간의 평균 우화율은 통계적으로 차이가 있었으며, 흰줄숲모기의 우화에 21°C가 가장 긍정적인 영향을 미치는 것으로 확인되었다(F-test p< 0.05, Fig. 2d, Table 1). 이는 Rozilawati 등(2016)의 다양한 온도 조건(15°C, 20°C, 25°C, 30°C, 35°C, 40°C)에 따른 흰줄숲모기 유생의 발달에 관한 연구에서 20°C에서 모기의 우화율이 가장 높은 것으로 밝혀졌으며, 이는 본 연구의 결과와 일치하였다.

흰줄숲모기의 성장 단계 별 평균 사망률은 1령은 19.24 ± 3.65%, 2령은 16.48 ± 3.25%, 3령은 23.54 ± 5.06%,

4령은 $40.74 \pm 7.08\%$, 번데기는 $0.00 \pm 0.00\%$ 인 것으로 나타났다. 모든 실험군에서 4령이 가장 많이 사망한 것으로 나타났으며 위 결과는 통계적으로 유의한 결과를 보여주었다(F-test $p < 0.001$, Fig. 2e, Table 2). 위의 결과로 보아 흰줄숲모기 성장 단계 중 4령이 가장 불안정한 시기인 것으로 판단된다. Kobayashi and Wada(1984)는 무흡혈 산란계 토고숲모기(*Aedes(Finlaya) togoi*)와 지하집모기(*Culex pipiens molestus*)에 대한 연구에서 4령기 유충 후기의 영양이 매우 중요하다고 보고하였다. 이러한 연구 결과는 토고숲모기, 지하집모기와 같은 유형의 모기류인 흰줄숲모기 또한 유충 시기의 영양 공급이 성장에 영향을 끼칠 수 있을 것으로 판단되며, 이러한 결과로 4령 개체의 사망률이 높을 것으로 예측되었다.

흰줄숲모기의 온도에 따른 성장 단계별 최저 사망률은 1령의 경우 17°C에서 $13.33 \pm 6.67\%$, 2령의 경우 21°C에서 $7.41 \pm 7.41\%$, 3령의 경우 24°C에서 $10.74 \pm 6.43\%$, 4령의 경우 28°C에서 $20.37 \pm 5.46\%$, 번데기의 경우 모든 온도 조건에서 $0.00 \pm 0.00\%$ 로 나타났다. 이에 온도에 따

른 성장 단계별 사망률을 통계분석 하였으나 위 결과는 통계적으로 유의하지 않았다(Table 2).

온도에 따른 평균 수중 생존기간은 실험 시작일인 2017년 7월 12일부터 실험 종료일인 2017년 8월 7일까지 개체가 가장 오랜 기간 생존한 온도는 17°C이었으며, 17°C, 21°C, 24°C, 28°C 순으로 개체의 수중 생존기간이 짧은 것으로 나타났다. 17°C는 26.33 ± 0.67 일, 21°C는 23.33 ± 1.33 일, 24°C는 20.00 ± 2.52 일, 28°C는 11.67 ± 1.20 일로 나타났다(F-test $p < 0.001$, Fig. 2f). 이는 또한 Rozilawati 등(2016)의 다양한 온도 조건(15°C, 20°C, 25°C, 30°C, 35°C, 40°C)에 따른 흰줄숲모기 유생의 발달에 관한 연구에서 20°C, 25°C, 15°C 순으로 모기의 수중 생존기간이 긴 것으로 나타났으나, 본 연구에서는 17°C가 가장 수중 생존기간이 길어 본 결과와 상이하였다. Rozilawati 등(2016)의 연구의 경우 온도에 따른 모기 사망률 그래프에서 15°C와 25°C의 경우 초반 급격한 사망을 나타냈으며 적은 개체만이 오랜 기간 살아남았으나, 20°C의 경우 많은 개체가 오랜 기간 살아남아 더욱 생존에 적절한 온도는 20°C인 것으로

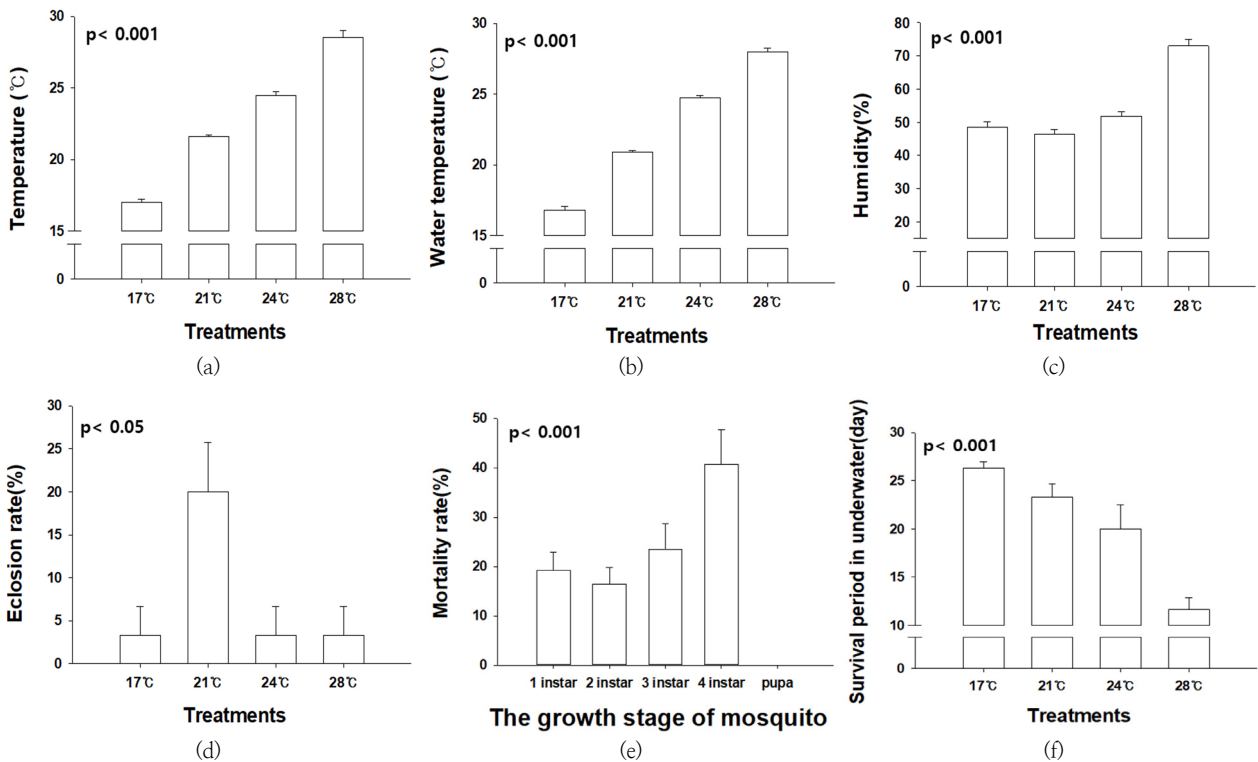


Fig. 2. (a) The average temperature to experimental treatments. (b) The average water temperature to experimental treatments. (c) The average humidity to experimental treatments. (d) The average eclosion rate of mosquito at the four different temperature conditions. (e) The average mosquito mortality rate according to the five different growth stages of mosquitoes. (f) The average survival period in underwater of mosquito at the four different temperature conditions.

Table 1. The average eclosion rate of mosquito at the four different temperature conditions(S.E. stands for standard error). (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$).

Eclosion rate (%)	17°C	21°C	24°C	28°C	p-value
	(mean ± S.E)	(mean ± S.E)	(mean ± S.E)	(mean ± S.E)	
	$3.33 \pm 3.33\%$	$20.00 \pm 5.77\%$	$3.33 \pm 3.33\%$	$3.33 \pm 3.33\%$	*

Table 2. The average mosquito mortality rate according to the five different growth stages of mosquitoes. Bold mean ± S.E meant minimum mortality at each growth stage of mosquito. There was no any mortality rate at pupa growth stage and this table indicated as tree time value for the four treatments(S.E. stands for standard error) (*: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001).

(a)

Mortality rate (%)	17°C (mean ± S.E)	21°C (mean ± S.E)	24°C (mean ± S.E)	28°C (mean ± S.E)	p-value
1 instar	13.33 ± 6.67	18.45 ± 12.72	24.44 ± 7.29	20.74 ± 0.74	-
2 instar	13.70 ± 3.16	7.41 ± 7.41	20.37 ± 5.46	24.44 ± 7.29	-
3 instar	13.70 ± 8.76	35.25 ± 13.34	10.74 ± 6.43	34.44 ± 2.94	-
4 instar	59.26 ± 14.80	38.89 ± 20.03	44.44 ± 8.01	20.37 ± 5.46	-
Pupa	0.00±0.00				-

(b)

Mortality rate (%)	1 instar (mean ± S.E)	2 instar (mean ± S.E)	3 instar (mean ± S.E)	4 instar (mean ± S.E)	Pupa (mean ± S.E)	p-value
	19.24 ± 3.65	16.48 ± 3.25	23.54 ± 5.06	40.74 ± 7.08	0.00±0.00	***

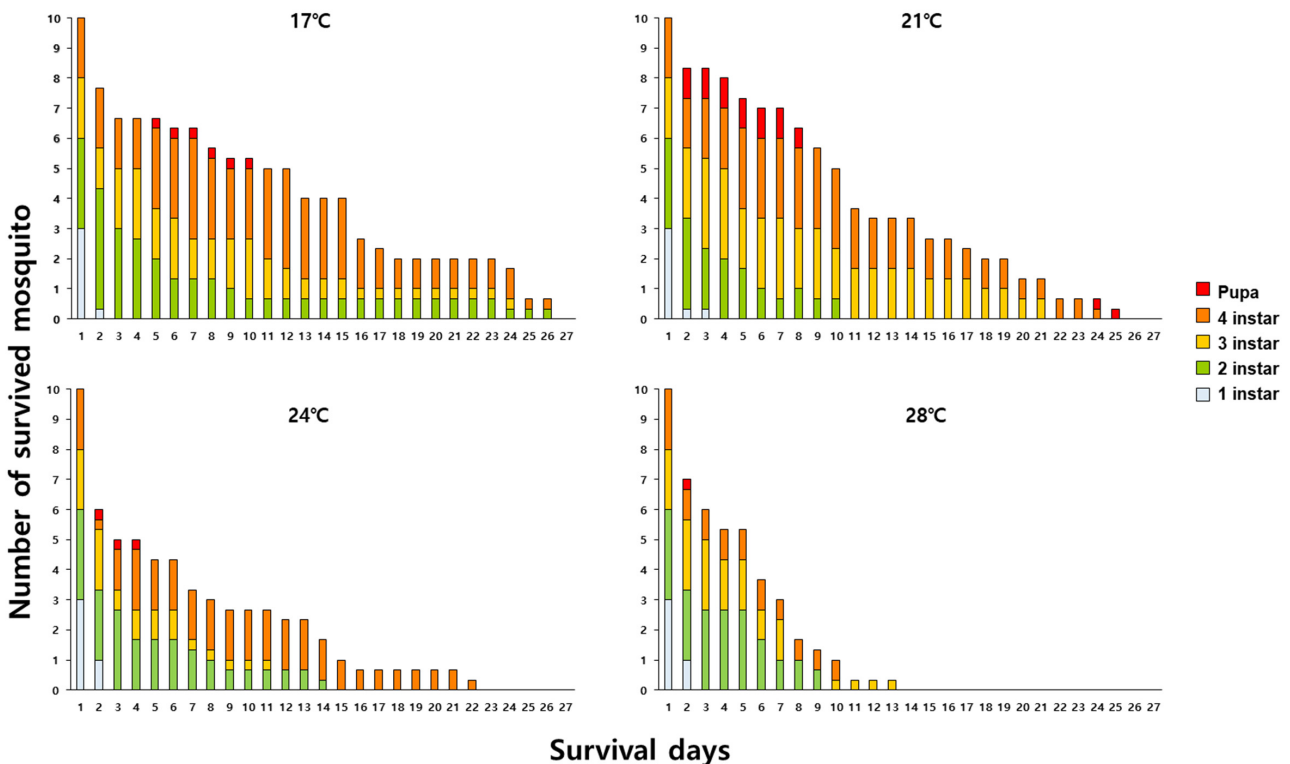


Fig. 3. The cumulative average survival individual and survival period in underwater at four temperature conditions.

보였다. Rozilawati 등(2016)의 연구는 본 연구의 결과와 차이가 있으나 더욱 정확한 결과를 위해서 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

4. 결 론

지구온난화의 가속화로 따라 모기 개체수의 증가와 모기 매개 질병으로 인한 질환 발병률이 높아지므로 모기 방제에 대한 연구가 필수적이다. 이에 본 연구는 효율적인 모기 방제 방법을 고안하는데 기초자료로 활용하기 위해 수행되

었다. 흰줄숲모기의 우화율은 21°C에서 20.00 ± 5.77%로 가장 높은 것으로 나타났다. 성장 단계별 평균 사망률은 4령이 40.74 ± 7.08%로 가장 높아 흰줄숲모기 성장 단계 중 4령이 가장 불안정한 시기인 것으로 판단되었다. 흰줄숲모기는 성장 단계가 높을수록 높은 온도에서의 사망률이 감소하므로 높은 온도를 선호하는 것으로 나타났다. 또한 성장 단계별로 적정온도가 있는 것으로 확인되었지만 통계적 유의성이 부족하였으므로 이와 관련된 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 온도에 따른 흰줄숲모기의 수중 생존기간은 17°C는 26.33 ± 0.67일, 21°C는 23.33 ±

1.33일, 24°C는 20.00 ± 2.52일, 28°C는 11.67 ± 1.20일로 나타나, 온도가 증가함에 따라 수중 생존기간이 짧아지는 것으로 나타났다. 결과적으로 흰줄숲모기는 21°C가 생존에 가장 긍정적인 영향을 미치는 온도로 확인되었다. 직접적인 온도 설정을 이용한 흰줄숲모기 유충의 온도에 따른 우화율 및 성장 단계 별 평균 사망률, 온도에 따른 성장 단계별 최저 사망률, 온도에 따른 평균 수중 생존기간에 대한 연구가 매우 적어 우리의 연구 결과가 모기 방제 방법의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대되며, 본 연구의 결과를 활용하여 친환경적 모기방제의 적절한 시기를 도출한다면 습지에 서식하는 모기 유충뿐만 아니라 성충 모기를 효과적으로 방제할 수 있을 것이다.

사 사

이 논문은 2018학년도 서울여자대학교 교내학술연구비의 지원을 받았음.

References

- Costanza, R, Ralph, DA, Rudolf, DG, Stephen, 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. [DOI: 10.1038/387253a0]
- Heo, IH and Kwon, WT (2007). Temperature Change of Recent 10 Years (1996–2005) in Korea, *J. of climate research*, 2(2), pp. 79–93. [Korean Literature]
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jang, JY, Jo, SH (2003). *Evaluation of climate change impact on Korea and adaptation program*, KEI Report. Ajou university.
- Kim, DJ (2009). The Climate Change Adaptation Strategies for Infectious Diseases, *Health and welfare policy forum*, 154, pp. 23–38. [Korean Literature]
- Kim, SH (2011). *A study of the distribution and epidemiological surveillance of Culex triaeniorhynchus (Diptera: Culicidae), a vector of Japanese encephalitis in Korea: 1985–2009*, Master's Thesis, Korea University.
- KOBAYASHI, KZ and WADA, YSTK (1984). The relation between nutrition of each larval stage and autogeny of adult mosquito, *The Japan Society of Medical Entomology and Zoology*, 35(1), pp. 57–62.
- Lee, DG (2006). *Evaluation of major infectious disease-related mosquito control projects at public health centers*, Kosin University.
- Lee, SY (2004). *Our insect book*. Yearim dang.
- Rozilawati, H, Masri, SM, Tanaselvi, K, Zairi, J, Nazni, WA and Lee, HL (2016). EFFECT OF TEMPERATURE ON THE IMMATURE DEVELOPMENT OF Aedes albopictus Skuse. *SOUTHEAST ASIAN J. OF TROPICAL MEDICINE AND PUBLIC HEALTH*, 47(4), 731–746.
- Seo, HJ (2017). *Correlation Study between Vector Mosquito Density and Climatic Factors in Pyeongtaek-city, 2012~2016*. Master's Thesis, Dankook University.
- Shim, HS, Myeong, IS, Hong, SG, Lee, YG, Lee, SG, Lee, GS, Park HH, Choi, HS and Ko, HG (2012). Status and damage caused by emergent pests caused by climate change, *The Korean Society of Pesticide Science*, pp. 11–18. [Korean Literature]
- WHO (2017). <http://www.who.int/csr/disease/zika/en/>.
- Xue, RD, Smith, ML, Yi, HB and Kline, DL (2015). Field Evaluation of a Novel Mos-Hole Trap and Naphtha Compared with BG Sentinel Trap and Mosquito Magnet X Trap to Collect Adult Mosquitoes, *J. of the American Mosquito Control Association*, 31(1), pp. 110–112. [DOI: 10.2987/14-6425.1]
- Yi, HB, Devkota, BR, Yu, JS and Kim HJ (2014a). A research for an eco-friendly mosquito control by using a new mosquito trap (Mos-hole trap) in a cowshed in Yeosu of Korea, *Animal Cells and Systems*, 18(4), pp. 282–290. [DOI: 10.1080/19768354.2014.938697]
- YI, HB, DEVKOTA, BR, YU, JS, OH, KC, KIM, JH and KIM HJ (2014b). Effects of global warming on mosquitoes & mosquito-borne diseases and the new strategies for mosquito control, *Entomological Research*, 44(2014), pp. 215–235. [DOI: 10.1111/1748-5967.12084]