

세종특별자치시 전역과 구도심 및 신도심에 따른 모기 밀도 비교 연구

나수미, 도지선, 양영철¹, 유성민², 이훈복^{2,*}

서울여자대학교 대학원 생명환경공학과, ¹울지대학교 보건환경안전학과, ²서울여자대학교 생명환경공학과

A comparative study of mosquito population density according to the Sejong City areas and old city and new city

Sumi Na, Jiseon Doh, Young Cheol Yang¹, Sungmin Ryu² and Hoonbok Yi^{2,*}

Major of Bio & Environmental Technology, Graduate School of Seoul Women's University, Seoul 01797, Republic of Korea

¹Department of Environmental Health and Safety, Eulji University, Seongnam 13135, Republic of Korea

²Major of Bio & Environmental Technology, Seoul Women's University, Seoul 01797, Republic of Korea

***Corresponding author**

Hoonbok Yi

Tel. 02-970-7725

E-mail. yih@swu.ac.kr

Received: 27 May 2021

First Revised: 13 August 2021

Second Revised: 13 September 2021

Revision accepted: 14 September 2021

Abstract: This study was conducted to establish mosquito distribution density and habitat in Sejong city for the prevention of mosquito-borne infectious diseases. The overall distribution of mosquitoes in the Sejong City was investigated, and the population density of mosquitoes in the old and new city was analyzed. Mosquito populations were determined using MOSHOLE and Blacklight traps once a week overnight. We also compared the mosquito population density of the old city and the new city, and the daily mosquito population was calculated using the data from the smart mosquito trap (DMS). Of all the study sites, Geumnam-myeon had the highest number of mosquitoes captured, and the dominant species were *Armigeres subalbatus* and *Culex pipiens pallens*. Mosquito species with the potential for transmitting diseases were mainly found in Yeonseo-myeon (106 individual), and Geumnam-myeon (101). Mosquito collection rates by MOSHOLE trap and Blacklight trap were 58.49% and 41.51%, respectively. We concluded that using CO₂ would be the most suitable approach for collecting mosquitoes. The mosquito population density in the old city (92.05 ± 7.04) was approximately twice that of the new city (51.50 ± 4.05). Since Sejong City is divided into old city and new city, it is difficult to spot remarkable effects in a standardized way. For effective quarantine, differentiation of quarantine must be established. This study results provide a basis for Sejong City's integrated mosquito control guidelines, and therefore effective control of which we believe will help control the spread of mosquito-borne diseases and reduce damage from mosquitoes.

Keywords: mosquito, new city, old city, population, Sejong City

서 론

모기는 인류에게 가장 많이 해를 입히는 생물체로, 연간 최소 80만 명 이상의 사람들이 모기가 매개하는 질병으로 사망하는 것으로 발표되었다(GatesNotes 2016). 환경요인에 민감한 모기는 기후온난화와 교통의 발달로 인한 국제적 교류로 서식지 및 발생양상이 변화하고 있다(Reiter 2001; Bahk and Lee 2017). 전 세계적으로 모기 종은 대략 3,600종 이상으로 알려져 있으며(Harbach 2007), 모기가 매개하는 질병은 대부분 아프리카, 동남아시아 등 개발도상국에서 주로 발생하며(Yeom 2017) 연간 수억 명의 사람들이 모기 매개 질병에 감염되는 것으로 보고되고 있다(WHO 2018).

우리나라에서 모기에 의해 발생하는 질병으로는 주로 일본뇌염과 말라리아가 있고, 총 56종의 모기가 우리나라에 서식하고 있다(Korea Disease Control and Prevention Agency 2018). 이에 질병관리청에서는 모기에 의해 감염되는 질환으로 7종을 법정 감염병으로 지정하여 감시를 하고 있는데 모두 3급 감염병에 포함되어 있으며, 이에 해당하는 감염병은 일본뇌염, 말라리아를 비롯한 황열, 뎅기열, 웨스트나일열, 치쿤구니아열, 지카바이러스 감염증 등이 있다(Korea Disease Control and Prevention Agency 2021, <http://www.kdca.go.kr/npt/biz/npp/portal/nppLwcrLcdMain.do>). 특히 이러한 질병들에 대한 백신은 현재 개발 중에 있지만, 뚜렷한 해결책이 아직 제시되지 않은 실정에 있기 때문에 항상 우리는 이런 질병들에 대하여 예의 주시를 하여야만 한다.

특히 뎅기열은 동남아, 중국, 일본 대만 등에서 이미 유행이 넓게 진행된 상태이며(WHO 2012), 우리나라에 서식하는 흰줄숲모기(*Aedes albopictus*)가 뎅기열을 매개하는 종으로 알려져 온난화가 빠르게 진행되고 있는 국내에서도 감염될 가능성이 점점 높아지고 있다(Chung 2009). 따라서, 현재 이러한 감염 가능성을 줄이기 위해 모기 관련 생태학적 연구의 중요성이 증가되고 있다. 다른 질병 매개체에 비해 모기는 특히 기후와 환경 등 영향을 받는 변수가 많고 생활사가 매우 짧기 때문에 통합적이고 유기적인 새로운 전략의 방제가 요구되며, 이에 따라 발생 감시와 예측이 방제에 필수적이다(Yi *et al.* 2014b; Na and Yi 2020). 그러므로 모기를 직접 채집하여 현재의 모기 서식 환경을 조사하여 데이터를 분석할 필요가 있다(Yi *et al.* 2014a).

모기의 이러한 특성 때문에 방역을 실시하는 자치구에 서는 읍·면·동 간의 협력과 교류는 매우 중요하나 각 보건소 및 보건지소에서는 모기 방제를 실시중에 있음에도 보건소 방역 업무담당자의 잦은 교체와 인력의 부족으로 인해 방역 정보의 체계적인 관리구축이 어려운 실정이다. 또한, 이로 인해 전문적인 경험에 근간한 효율적인 방제에도 한계가 있다. 따라서 세종시에서는 국내 최초로 효과적인 모기 방제 기법을 도출하기 위하여 본 연구를 추진하여 테스트베드 연구를 통한 모기 방제 가이드라인을 추진하였고, 이러한 연구 결과는 각 생태학적 특성에 따른 모기 방제 가이드라인에 접목이 되어서 질병으로부터 국민을 보호할 수 있는 대책을 마련할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구는 세종시의 전반적인 모기 분포 현황을 조사하는 것이며, 우리나라의 일반적인 현황인 구도심의 모기 발생현황과 새롭게 구성된 세종시 행정도시의 특성을 가지고 있는 신도심에 대한 모기 발생 밀도 차이를 비교 분석하기 위한 것을 목적으로 수행되었다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황 및 연구기간

본 연구의 주요 연구지인 세종시는 금강과 미호천이 세종시의 중앙을 흐르는 지역이며, 단층제 광역지방자치단체이고 행정구역 면적은 465.2km²로 서울시의 4분의 3 규모이며, 행정구역상 충청남도 에 속한다. 전체적으로 세종시의 행정구역은 1개읍(조치원읍)을 포함한 9개면(소정면, 전의면, 전동면, 연서면, 연동면, 연기면, 장군면, 부강면, 금남면), 10개 행정동(한솔동, 아람동, 도담동, 종촌동, 고운동, 보람동, 새롬동, 대평동, 소담동, 다정동)으로 구성되어 있고, 2020년 12월 말 총 인구는(외국인 포함) 360,907명으로 이뤄져 있다(Sejong City 2021, <https://www.sejong.go.kr/index.jsp>).

행정중심복합도시가 조성된 곳은 한솔동, 도담동이고, 정부세종청사가 있는 곳은 어진동, 시청 소재지는 보람동이다. 이렇게 새로 형성된 10개의 동 지역을 신도심으로 구분되었다. 신도심은 공동구를 설치하여 도시 미관 개선, 도로 구조의 보전 및 교통의 원활한 소통을 위해 전기·가스·수도 등의 공급설비, 통신시설, 하수도시설 등 지하 매설물을 지하에 설치하였고, 분류식하수처리 방식을 도입하여

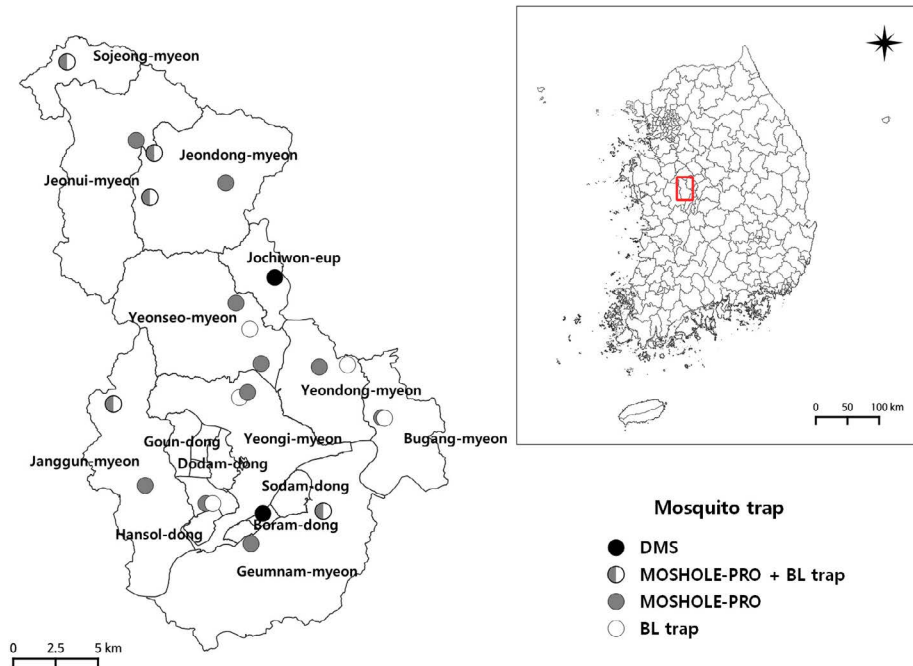


Fig. 1. Mosquito monitoring site in Sejong City. DMS: Digital Mosquito Monitoring system, BL Trap: Blacklight trap.

타 지자체와는 다른 독특한 구조를 띠고 있는 것이 특이할 만하다고 볼 수 있다.

본 연구는 세종특별자치시(이후 세종시)에서 시행하는 모기방역지침을 제시하기 위한 목적으로 세종시 전역(1읍, 9면, 10행정동)에서 모기 현황 파악을 위해 2019년 8월부터 2019년 10월까지 모기 모니터링을 실시하였고(Fig. 1), Digital Mosquito Monitoring system (DMS)의 운영 필요성이 대두되어 2020년 4월부터 10월까지 운영하여 데이터를 비교 분석하였다.

2. 모기 분포 및 모기 밀도 조사를 위한 모기 채집 방법

1) 세종시 전역 모기 분포 조사

세종시 전역에 대한 모기 분포 조사는 드라이아이스를 사용하는 모스홀 트랩(MOSHOLE, ETND, Korea)과 빛으로 모기를 유인하는 유문등(Black light trap, Ultra trap, BT Global, Korea)을 사용하여 2019년 8월부터 10월까지 총 8회를 수행하였다. 일주일에 1회씩 1박 2일간 포집하였고, 모기 트랩은 읍·면·동 면적을 기준으로 50km² 이하인 지역은 MOSHOLE 1대, 유문등 1대 총 2대를 설치하였으며, 50km² 이상인 지역은 MOSHOLE 1대를 더 운영하여 총 3대를 설치하였다.

조사지 선정 기준은 MOSHOLE 트랩과 유문등 트랩 모두 전기 사용이 필요하기 때문에 전기공급이 가능한 곳을 우선적으로 고려하였으며, 시민의 방문이 잦은 곳을 대상으로 선정하였다. 상세 정보는 거주지, 주택가 및 마을회관 또는 유동인구가 많은 편의 시설인 면사무소, 공원, 보건소와 모기 매개 질병감염에 취약한 어린이와 임산부, 노인이 주로 방문하는 보건소 및 보건지소를 대상으로 하였다.

세종시 모기 포집 지점의 밀도 분석 및 구도심과 신도심의 선정 적합성을 판단하기 위해 토지피복지도를 활용하여 두 도심의 지리적 차이를 도출하였다(Ministry of environment. Environmental Geographic Information Service. 2019. <https://egis.me.go.kr/main.do>; Statistics Korea, Statistical Geographic Information Service. 2020. <https://sgis.kostat.go.kr/view/index>). 구도심(조치원읍)과 신도심(보람동)의 토지 피복 비교는 환경부 토지피복도 분류체계를 연계하여 활용하였다. 분류체계는 나지, 농업지역, 산림지역, 수역, 습지, 시가지 및 건조지역으로 총 7개로 나뉘어져 있는 대분류 체계를 사용하였다.

2) 구도심과 신도심 모기 밀도 조사

세종시의 구도심은 다른 지역과 유사한 형태로 이뤄져

있지만, 신도심은 다른 지자체와는 다른 독특한 구조를 가지고 있기 때문에 구도심과 신도심의 모기 발생 유형이 상이 할 것이라는 추측 하에, 구도심과 신도심의 각 1개의 지점을 선정하여 모기 발생 밀도 조사를 실시하였다.

모기 밀도 측정을 위해 CO₂로 모기를 유인하는 스마트 모기 트랩(DMS, ETND, Korea)을 설치하였다. DMS는 원격 모기감시 장치이다. DMS로 포집된 모기는 개체수가 자동으로 계산되며 데이터 서버로 보내 채집된 개체수를 인터넷으로 확인할 수 있다. Kim *et al.* (2020)에 따르면 DMS를 활용한 모기 계수 정확도가 91%라고 연구되었으며, 한국질병관리본부에서 실시한 DMS를 활용한 모니터링에 따르면 장비 계측수와 실제 개체수는 강한 양의 상관관계($R=0.9701$)를 띠며 계수비가 0.82로 나타나 정확도가 높은 것으로 나타났다(Lee *et al.* 2020).

DMS는 구도심은 조치원읍의 세종시보건소에 설치하였고 신도심은 보람동의 세종시청에 설치하였다. 가동 기간은 2020년 4월 1일부터 10월 31일까지 매일 모기 개체수 데이터를 수집하였으며, 분석을 위해 기기별로 이상치를 추출하였고 해당 데이터는 분석에서 제거하였다. 기상 데이터의 경우 기상청의 기상자료개방포털에서(<https://data.kma.go.kr/cmmn/main.do>) DMS 설치위치를 인접한 종간기상관측(ASOS) 세종지점의 데이터를 수집하였으며, DMS 가동기간과 동일한 2020년 4월 1일부터 2020년 10월 31일까지의 기상데이터로 분석하였다.

3. 모기 종 동정, 개체수 및 데이터 분석

1) 세종시 전역 모기 분포 분석

연구기간 동안에 포집된 모든 모기의 종을 일자별, 장소별, 포집 기기별로 동정하였으며, 개체수를 전부 계수하였다. 동정은 Lee (1998)의 한국의 모기 검색표를 바탕으로 종(species) 수준까지 전수 동정하였다.

토지피복도에 따른 모기 발생 밀도 분석을 위해 면·동 지점에서 포집된 모기 평균 개체수를 도출하였으며, 각 면·동의 총 면적을 100%으로 환산하여 토지피복 유형 비율을 산출하였다.

본 데이터를 활용하여 읍·면·동별 총 모기 개체수 및 일 평균 개체수, 종(species)별 총 모기 개체수 및 일 평균 개체수, 질병매개 가능성 종별 총 모기 개체수 등을 분석하였다. 질병매개 가능성 모기 종은 질병을 매개한다고 알려진

흰줄숲모기(*Aedes albopictus*), 얼룩날개모기류(*Anopheles* spp.), 작은빨간집모기(*Culex tritaeniorhynchus*)를 대상으로 계수하였다.

2) 모기 포집 기기별 분석

CO₂를 유인제로 사용하는 MOSHOLE과 빛을 유인제로 사용하는 유문등의 포집 모기 개체수를 전부 계수하고 동정하여 각 기기의 포집 총 모기 개체수 및 일 평균 모기 개체수, 암·수 비율을 도출하였다.

3) 구도심과 신도심 모기 밀도 분석

DMS에서 수집된 모기 개체수 데이터를 활용하여 DMS 총 모기 개체수, DMS 일 평균 모기 개체수 분석을 하였으며, 세종시의 구도심과 신도심의 모기 밀도차를 도출하였다.

4) 데이터 통계 분석

본 연구에서 얻어진 데이터를 2 sample T-test와 ANOVA (Analysis of Variance), 단순회귀분석(Simple linear regression analysis)하였으며, $\alpha=0.05$ 유의수준에서 95%의 신뢰도를 기준으로 통계적 유의성을 확인하였다. 모든 분석은 IBM SPSS statistics 24를 활용하여 분석을 수행하였다.

결 과

1. 세종시 전역 모기 분포 모니터링 분석

1) 성충 모기 개체수

MOSHOLE과 유문등을 활용한 세종시 성충 모기 발생 모니터링 결과는 다음과 같다(Fig. 2). 세종시 모기 개체수 분석결과 총 포집된 모기는 3,632개체였으며 각각 금남면이 710개체(29.63 ± 4.3 , 19.55%), 전의면이 599개체(24.92 ± 2.54 , 16.49%), 전동면이 531개체(22.13 ± 3.3 , 14.62%), 장군면이 506개체(21.08 ± 2.15 , 13.93%), 연서면이 411개체(17.13 ± 2.65 , 11.32%), 소정면이 223개체(13.88 ± 1.85 , 6.14%), 연동면이 216개체(13.5 ± 1.89 , 5.95%), 부강면이 182개체(11.38 ± 3.06 , 5.01%), 새롬동이 142개체(8.88 ± 0.33 , 3.91%), 연기면이 112개체(7 ± 0.95 , 3.08)로 나타났다. 결과적으로 가장 많은 모기가 포집된 곳

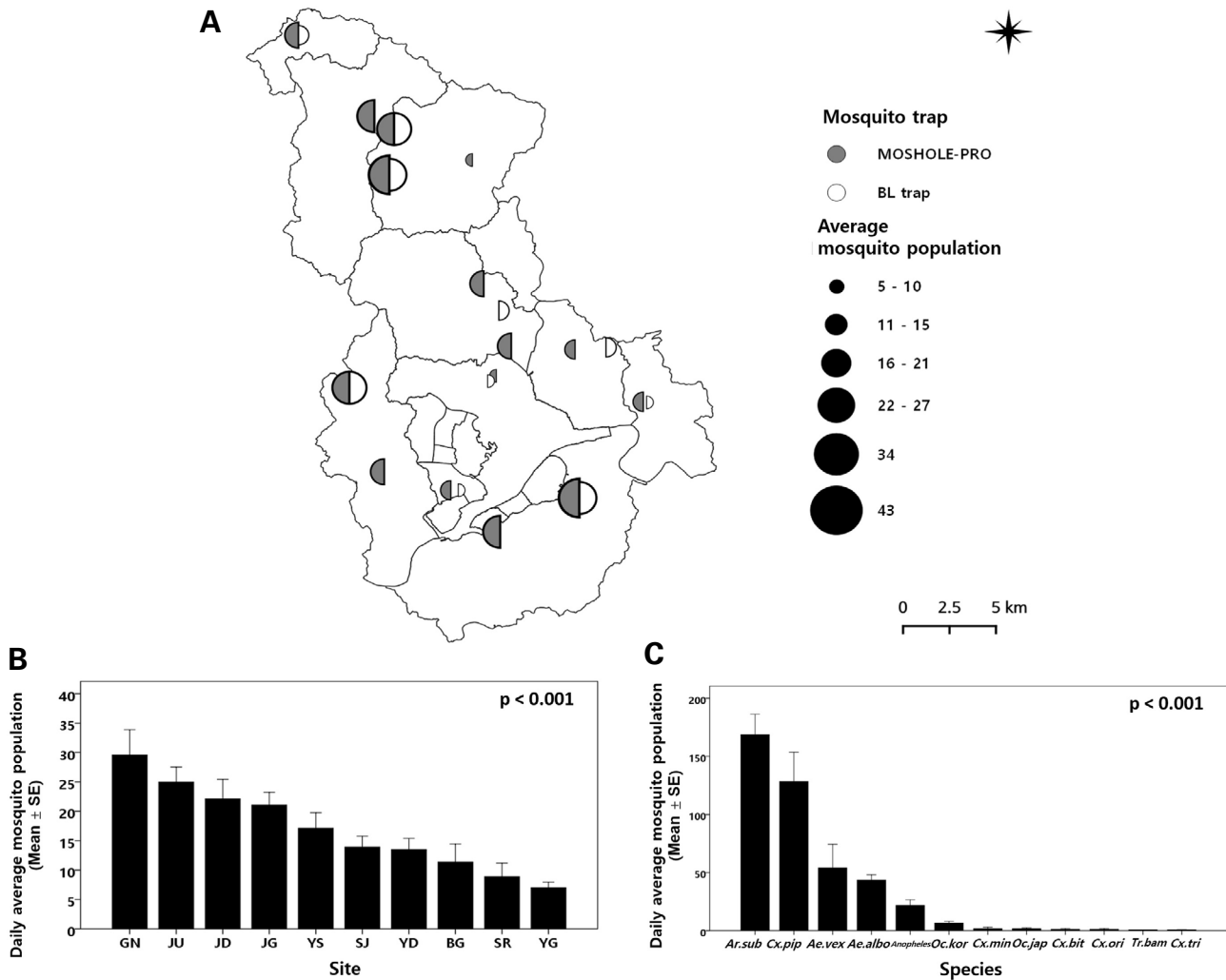


Fig. 2. Mosquito Monitoring results using MOSHOLE and BL Trap (Blacklight trap) (August–October, 2019). A. GIS on average mosquito population. B, C. Daily average mosquito population by location and species (Significant at $p < 0.001$). GN: Geumnam-myeon, JE: Jeonui-myeon, JD: Jeondong-myeon, JG: Janggun-myeon, YS: Yeonso-myeon, SJ: Sojeong-myeon, YD: Yeondong-myeon, BG: Bugang-myeon, SR: Saerom-dong, YG: Yeongi-myeon. *Ar.sub*: *Armigeressubalbatus*, *Cx.pip*: *Culex pipienspallens*, *Ae.vex*: *Aedes vexansnipponii*, *Ae.albo*: *Aedes albopictus*, *Anopheles*: *Anopheles* spp., *Oc.kor*: *Ochlerotatuskoreicus*, *Cx.min*: *Culex mimeticus*, *Oc.jap*: *Ochlerotatus japonicus*, *Cx.bit*: *Culex bitaeniorhynchus*, *Cx.ori*: *Culex orientalis*, *Tr.bam*: *Tripteroidesbambusa*, *Cx.tri*: *Culex tritaeniorhynchus*.

은 금남면으로 나타났다(F -test, $p < 0.001$, Fig. 2).

토지피복도에 따른 모기 발생 밀도를 분석한 결과는 Table 1과 같다. 그 결과 산림지역, 초지지역에서 유의미한 결과로 나타났으며, 각각 토지피복 면적에서 산림지역의 비율이 높을수록 평균 모기 개체수와 양의 관계로 나타났으며 ($y = 0.344x + 3.157$, $R^2 = 0.56$, $p < 0.01$), 초지지역의 비율이 높을수록 음의 관계를 나타냈다 ($y = -1.0983x + 35.817$, $R^2 = 0.56$, $p < 0.01$).

Table 1. Results of Simple linear regression analysis for an average mosquito population according to land cover classification

Land cover classification	Simple linear regression	R^2	p -value
Bare areas	$y = -0.629x + 21.807$	0.31	0.09
Agricultural	$y = 0.2003x + 12.926$	0.07	0.46
Forest	$y = 0.344x + 3.157$	0.56	0.01**
Water bodies	$y = -1.1283x + 19.245$	0.18	0.21
Wetlands	$y = -2.0964x + 20.552$	0.10	0.37
Urban	$y = -0.3743x + 21.127$	0.29	0.11
Grasslands	$y = -1.0983x + 35.817$	0.56	0.01**

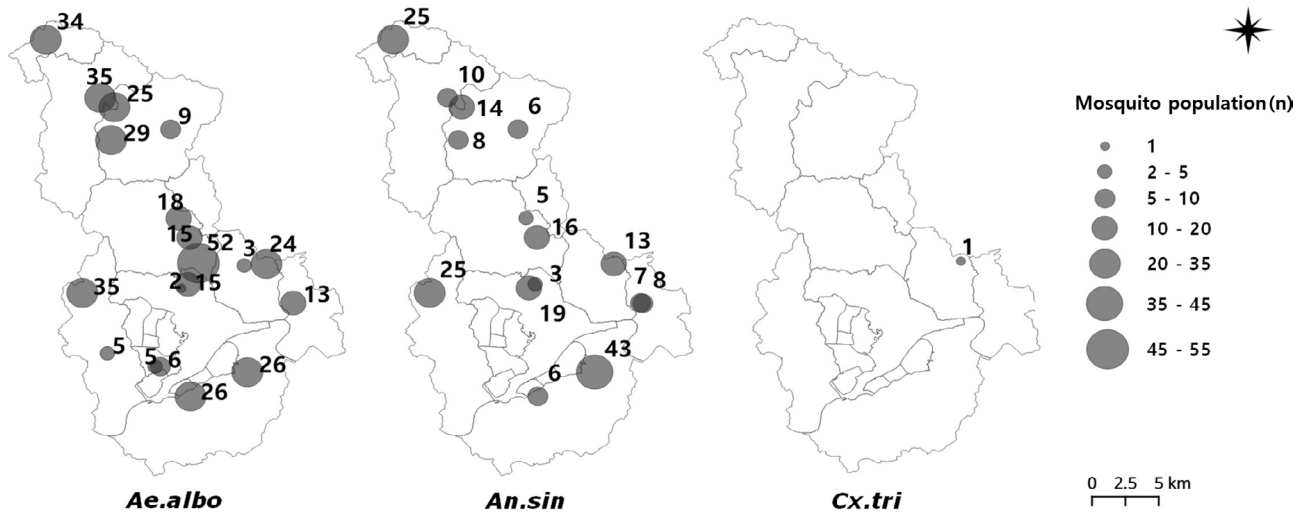


Fig. 3. Mosquito species population with disease transmission potential, determined using MOSHOLE and BL Trap (Blacklight trap) (August–October, 2019).

2) 종(species)별 모기 개체수

암컷 모기 종별 일 평균 모기 개체수 분석결과 총 포집된 암컷 모기는 3,410개체였으며 각각 큰검정들모기 (*Armigeres subalbatus*) 1,352개체 (169.00 ± 17.29, 39.65%), 빨간집모기 (*Culex pipiens pallens*) 1,029개체 (128.63 ± 24.95, 30.18%), 금빛숲모기 (*Aedes vexans nipponii*) 434개체 (54.25 ± 20.03, 12.73%), 흰줄숲모기 (*Aedes albopictus*) 350개체 (43.75 ± 4.30, 10.26%), 얼룩날개모기류 (*Anopheles* spp.) 176개체 (22.00 ± 4.68, 5.16%), 한국숲모기 (*Ochlerotatus koreicus*) 48개체 (6.00 ± 1.40, 1.41%), 미메티쿠스집모기 (*Culex mimeticus*) 6개체 (0.75 ± 0.41, 0.18%), 일본숲모기 (*Ochlerotatus japonicus*) 6개체 (0.75 ± 0.49, 0.18%), 반점날개집모기 (*Culex bitaeniorhynchus*) 3개체 (0.38 ± 0.26, 0.09%), 동양집모기 (*Culex orientalis*) 3개체 (0.38 ± 0.26, 0.09%), 긴얼룩다리모기 (*Tripteroides bambusa*) 2개체 (0.25 ± 0.16, 0.06%), 작은빨간집모기 (*Culex tritaeniorhynchus*) 1개체 (0.13 ± 0.13, 0.03%)로 나타났다. 결과적으로 세종시에서 가장 우점하는 모기 종은 큰검정들모기인 것으로 나타났다 (*F*-test, $p < 0.001$, Fig. 2).

3) 질병 매개 가능성 중 수

질병 매개 가능성이 있는 모기 종 모니터링 결과 흰줄숲모기 (377개체), 얼룩날개모기류 (208개체), 작은빨간집모기 (1개체)가 발견되었으며, 그중 흰줄숲모기가 다량 발생된 것으로 확인되었으며, 질병매개모기는 연서면 (106개

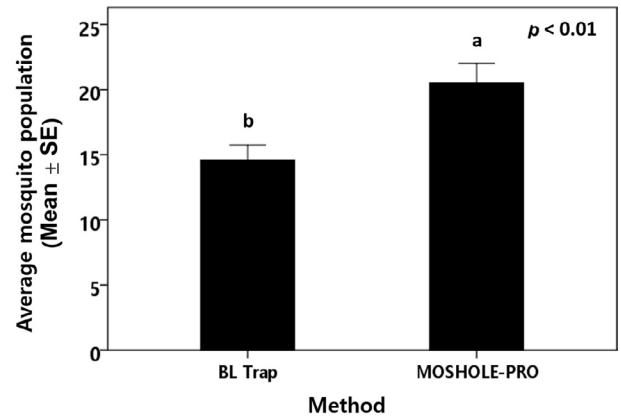


Fig. 4. Analysis of the collective efficiency of MOSHOLE and BL Trap (blacklight trap) (August–October, 2019) (Significant at $p < 0.01$).

체)과 금남면 (101개체)에서 집중적으로 발생한 것으로 나타났다 (Fig. 3).

4) 모기 포집 기기별 모기 데이터 분석

모기 포집 기기별 본 연구기간 동안의 결과는 Fig. 4와 같다. 모기 분포 조사를 위해 사용한 모기 포집 기기는 유문 등 10대, MOSHOLE은 15대를 설치한 것을 감안하여 전체 포집 양보다는 일 평균 모기 개체수로 비교를 하는 것이 정확하며, 일 평균 모기 개체수를 100으로 환산하여 분석한 결과, 총 포집된 3,632개체의 모기 중 유문등이 1,168개체 (14.58 ± 1.15)로 41.51%, MOSHOLE이 2,464개체

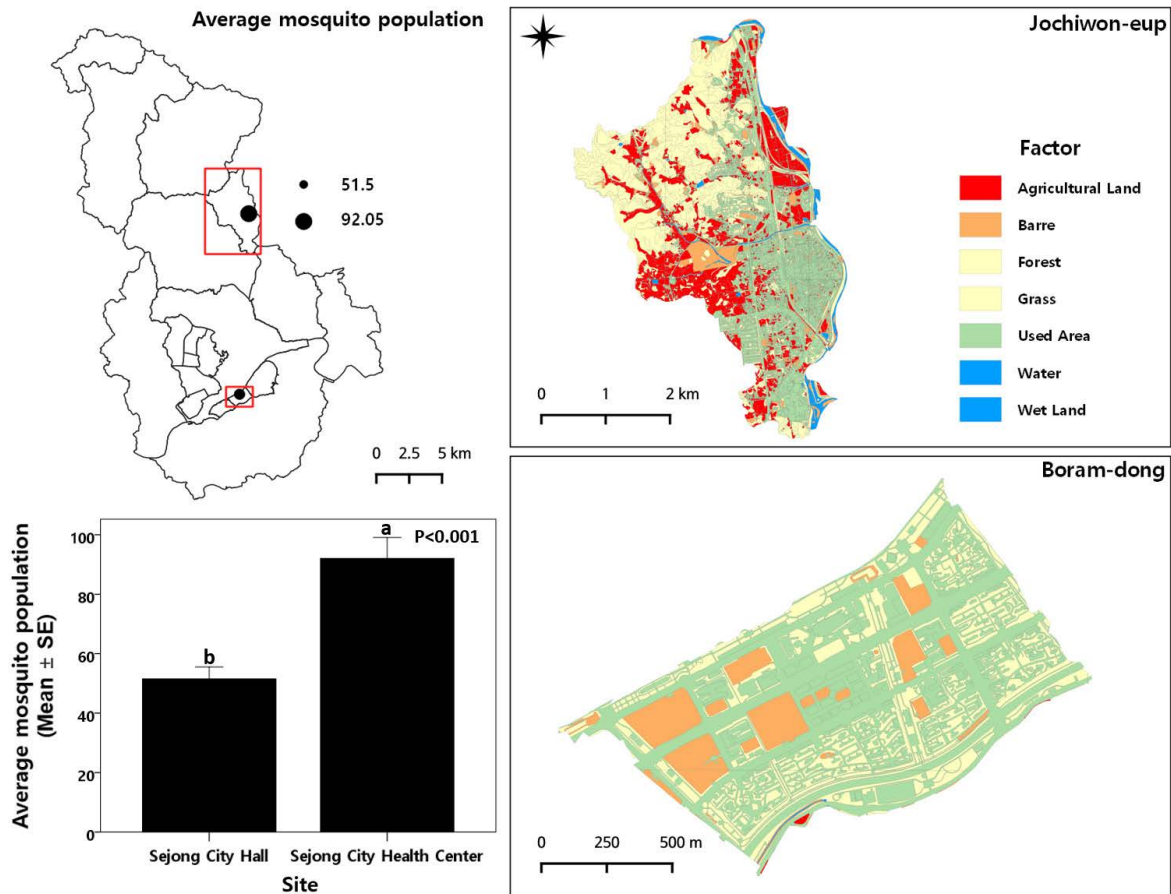


Fig. 5. Mosquito Monitoring result using DMS (Digital Mosquito Monitoring system) (April 1–October 31, 2020). Left, GIS on average mosquito population (Significant at $p < 0.001$). Right, Comparison of land cover map Boram-dong (new city) and Jochiwon-eup (old city).

(20.53 ± 1.48) 58.49%로 나타나 MOSHOLE 기기의 모기 포집률이 더욱 높은 것으로 나타났다(T -test, $p < 0.01$).

모기의 개체수를 효과적으로 줄이기 위해서는 암컷 모기를 타겟하여 포집하는 것이 중요하다. 이에 포집 기기별 암컷과 수컷의 포집 비율을 분석한 결과 유문등의 암컷 포집율은 1,002개체로 85.79%로 나타났으며, MOSHOLE의 암컷 포집율은 2,408개체 97.73%로 나타났다.

2. 구도심과 신도심의 모기 밀도 분석

1) 도심별 토지피복지도 비교

토지피복비교는 대분류 체계를 사용하였으며, 구도심인 조치원읍의 넓이는 약 13.70 km^2 로 나지 0.75 km^2 (5.48%), 농업지역 2.89 km^2 (21.09%), 산림지역 3.25 km^2 (23.71%), 수역 0.19 km^2 (1.36%), 습지 0.21 km^2 (1.54%), 시가화 건조

지역 4.31 km^2 (31.45%), 초지 2.10 km^2 (15.36%)으로 구성되어 있다. 신도심인 보람동의 넓이는 약 1.32 km^2 로 각각 나지 0.17 km^2 (13.02%), 농업지역 0.00 km^2 (0.12%), 산림지역 0.00 km^2 (0.04%), 수역 0.00 km^2 (0.00%), 습지 0.00 km^2 (0.12%), 시가화 건조지역 0.78 km^2 (58.88%), 초지 0.37 km^2 (27.82%)으로 구성되어 있다.

따라서 두 도심은 시가화 건조지역과 산림지역이 큰 차이를 보이며 조치원읍은 시가화 지역 31.45%, 산림지역이 23.71%로 이루어져 있으며, 보람동은 시가화 지역이 58.55%, 산림지역이 0.04%로 이루어져 있어 두 도심이 지리적으로 차이가 있는 것으로 확인되었다.

2) 도심별 모기 개체수

세종시보건소와 세종시청의 일 평균 모기 개체수를 분석한 결과 총 포집된 모기는 29,881개체였으며 각각 구도

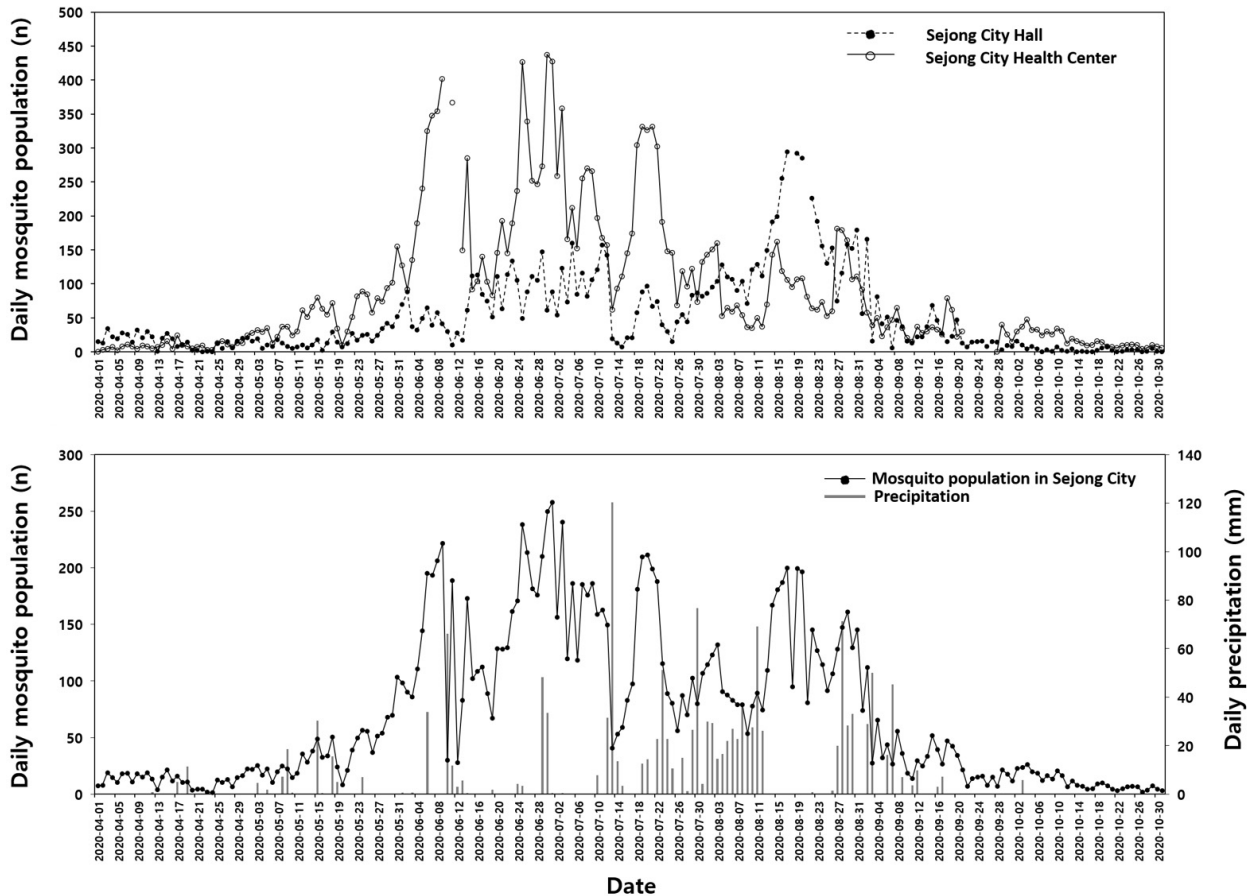


Fig. 6. Daily mosquito population results using DMS (Digital Mosquito Monitoring System) (April 1–October 31, 2020). Above, Daily mosquito population. Below, Daily average mosquito population and precipitation.

심은 총 18,963개체 (63.46%), 일 평균 개체수는 92.05 ± 7.04 , 신도심은 총 10,918개체 (36.54%), 일평균 개체수 51.50 ± 4.05 로 나타나 구도심의 모기 개체수가 월등히 많은 것으로 나타났다 (T -test, $p < 0.001$, Fig. 5).

3) 도심별 모기 양상 시계열

구도심과 신도심의 모기 밀도 분석결과는 다음과 같다 (Fig. 6). 구도심에 해당하는 세종시보건소의 5월부터 꾸준히 모기 개체수가 증가하여 6월 초부터 모기 개체수가 크게 증가하였으며, 7월 중반까지 변동폭이 크게 증가와 감소를 반복하였다. 이는 여름철 집중호우 또는 태풍으로 인하여 일시적으로 모기 개체수가 감소된 것으로 사료되며, 8월로 접어들면서 개체수가 큰 폭으로 감소되는 것으로 나타났다.

신도심에 해당하는 세종시청의 경우 6월 중순부터 모기

개체수가 감소와 증가를 반복하기는 하였으나 큰 폭으로 증가하지는 않았다. 8월경 모기 개체수가 크게 증가하였으나, 9월경 모기 개체수가 급격하게 감소하는 경향을 나타냈다.

결과적으로 구도심과 신도심은 6월을 기점으로 모기 개체수가 크게 차이가 나는 것으로 나타났으며, 9월경부터 밀도가 비슷하게 감소하는 것으로 나타났다.

고 찰

본 연구는 세종시의 전반적인 모기 분포 현황을 조사하였고 우리나라의 일반적인 현황인 구도심에서의 모기 발생현황과 새롭게 구성된 행정도시의 특성을 가지고 있는 신도심에 대한 모기 발생 밀도 차이를 비교하여 모기 매개

체 감염병 예방을 위한 장기적인 방역사업의 계획수립을 위해 수행되었다.

인간에 의한 토지 이용 변화는 모기 개체수 밀도를 증가시키는 주요 요인으로 오랫동안 인식되어 왔다(Norris 2004). 효과적인 모기 방제 및 보건 의료 관리를 위해서는 모기의 생태적 특성에 따라 토지 이용 유형에 따라 적절한 방제 방법을 채택해야 한다. 모기는 토지 피복 유형에 따라 영향을 받으며(Kim *et al.* 2018), 공간적 변수의 차이가 서식지 특성에 영향을 주어 개체군 밀도에 직접적인 영향을 미친다. 이에 Kim *et al.* (2020)는 토지피복도와 연계한 모기 방제법을 제시하였다.

세종시 전역의 모기 분포현황에 대한 모기 개체수 분석 결과 금남면에서 가장 많은 모기가 포집되었으며 서식하는 우점 모기 종은 큰검정들모기, 빨간집모기로 나타났다. 토지피복유형에 따른 평균 모기 개체수를 분석한 결과 산림지역의 비율이 높을수록 모기개체수가 증가하는 것으로 나타났으며, 반면에 초지비율이 높을수록 감소하는 것으로 나타났다. 위 결과로 보아 금남면은 산림의(51.60%) 비율이 높고 초지 비율이 낮아(13.76%) 다른 면·동 지점에 비해 비교적 가장 많은 모기가 포집된 것으로 판단된다. 그러므로 효과적인 방역 수행을 위해 산림지역의 비율이 높은 면 지역의 방역 횟수를 증가해야 것으로 보이며, 동 지역의 경우 면 지역보다 모기 발생량은 적지만 시민의 곤충 민감도가 높으므로 민원에 의한 긴급방역을 횟수를 늘려 면과 동의 방역을 분리하여 방역 가이드라인을 구축해야 할 것으로 사료된다.

질병매개 가능성이 있는 모기 종 분석 결과 연서면과 금남면에서 다수 발견되었으며, 흰줄숲모기, 얼룩날개모기류, 작은빨간집모기 순서로 확인되었다. 그중 흰줄숲모기의 경우 모든 조사 대상 지점에서 확인되었으며, 얼룩날개모기류는 동지점(새롬동)을 제외한 곳에서 확인이 되었다. 얼룩날개모기류는 서식지 특성상 마을이나 축사 주변 논, 수로, 늪에서 주로 서식하여(Korea Disease Control and Prevention Agency 2018) 동 지역에서 발견이 안된 것으로 사료된다.

MOSHOLE과 유문등을 이용한 모기 포집에 대해 분석한 결과, 암컷 모기는 빛보다는 이산화탄소(CO₂)에 유인률이 더 높은 것으로 나타났다. Yi *et al.* (2014a)은 CO₂를 유인제로 사용하는 MOSHOLE 트랩의 효율성을 분석하였으며, 축사에서 연구를 수행한 결과 암컷 모기 방제에 효과적

인 결과를 얻었고 또한 방출하는 CO₂의 농도가 높을수록 포집률이 높아진다고 밝혔다. 유문등은 단순 빛으로 모기를 유인하기 때문에 선택적으로 모기만을 포집하지 못하여 빛을 통해 유인되는 다른 야행성 곤충들도 같이 포획되는 단점이 있다. 또한 유문등은 공원지역에서 가동을 할 경우 공원변에 서식하는 비표적 곤충을 유인하게 되는 악영향을 줄 수도 있다. 때문에 모기를 포집하기 위해서는 모기 포집 효율성과 생태계 안정성 보존을 위해 CO₂를 유인제로 사용하는 모기 포집기를 활용하는 것이 안전하다고 볼 수 있다. Justice and Justice (2016)의 연구에 따르면 유문등에 사용되는 소형 형광등이 비표적 곤충을 유인한다고 밝혔으며, 곤충이 빛 공해에 노출되는 것을 강조하였다. 그러므로 세종시의 방역비용 절감과 방역의 효율성 향상을 위해 CO₂를 이용한 모기 포집기를 사용하는 것을 제안하며, 다만 축사주변은 가축동물로 인해 CO₂ 밀도가 높아 유인 효율을 높이기 위해 유문등을 병행하여 사용하는 것을 제안한다.

구도심과 신도심의 모기개체수 분석을 진행한 결과 구도심의 모기 개체수는 신도심보다 약 2배 정도 개체수가 많은 것으로 나타났으며, 효과적인 모기 방역을 위해 구도심과 신도심의 방역 계획에 대한 차별성이 있어야 할 것으로 사료된다. 구도심의 모기 개체수는 6월 전후로 나뉘며, 9월경에 접어들며 모기 개체수가 급격하게 줄어들며 신도심과 비슷한 양상을 띠는 것으로 나타났다. 본 결과로 보아 6~8월 늦봄과 초여름에 구도심 지역에 성충 방역을 집중 실시해야 할 것으로 보이며 또한 효과적인 성충 방제를 위하여 3~4월경부터 구도심 지역의 유충 방제를 실시해야 할 것으로 보인다. 최근 유충 방제에 대해서도 여러 연구가 수행되고 있으며 Bti 또는 IGR이 주로 사용이 되고 있으나, 최근 생물학적 방제에 대해 관심이 높아짐에 따라, 잔물탱크와 같은 천적 동물을 활용한 생물학적 방제 가능성이 대두되고 있다(Baek *et al.* 2014). 그러나 무분별하게 사용될 시 생태계의 2차 피해가 우려됨에 따라 방생 전 전문가와의 사전검토가 중요하다.

Jeon *et al.* (2020)의 연구에 따르면 모기 생태적 특성을 활용하여 주요 발생지를 중심으로 방제를 실시하였을 때 모기 개체수가 평균 75%가량 감소하였다고 밝혔다. 세종시는 지역이 구도심과 신도심 지역으로 나누어져 있기 때문에 획일적인 방식으로는 눈에 띄는 방역 효과를 보기가 어렵다. 이를 위해 효과적인 모기 방역 기법을 도출하기 위

하여 현재 세종특별자치시에서의 방역사업에 대한 상황과 모기 서식환경을 분석하여 세종특별자치시 지역 특성에 맞게 구도심과 신도심으로 나누어 방역 방안을 고려한 모기 방역 가이드라인을 개발할 필요가 있을 것으로 사료된다. 본 연구는 세종시의 통합적인 모기 방제 가이드라인의 기초작업으로 이루어졌으며, 본 연구의 결과로 세종시의 모기를 매개로 하는 질병 확산을 제어하고, 모기로부터의 피해를 줄이는 데 일조하여 세종시 시민의 안녕을 지킬 수 있기를 바란다.

적 요

본 연구는 모기 매개체 감염병 예방을 위한 방역사업의 계획수립을 위하여 세종시의 모기 밀도 및 서식환경을 분석하여 방역 가이드라인 기초자료를 확립하는 것을 목적으로 수행되었다. 세종시 전반적인 모기분포 현황 조사를 위해 2019년 8월~10월까지 MOSHOLE과 유문등을 사용하여 일주일에 1회 1박2일 간의 모기 개체수를 조사하였으며, 구도심(조치원읍)과 신도심(보람동)의 밀도차 분석을 위해 2020년 4월~10월까지 DMS를 활용하여 매일의 모기 개체수를 조사하였다. 연구 결과 금남면에서 가장 많은 모기가 포집되었으며 서식하는 우점 모기 종은 큰검정들모기, 빨간집모기인 것으로 나타났다. 모기 개체수에 영향을 미치는 토지피복 유형은 산림지역과 초지지역으로 나타났다. 질병 매개 가능성이 있는 모기 종 분석 결과 연서면과 금남면에서 다수 발견되었으며, 흰줄숲모기, 얼룩날개모기류, 작은빨간집모기 순서로 확인되었다. 각각 CO₂와 빛을 유인제로 사용하는 MOSHOLE과 유문등의 채집효율을 비교 분석한 결과, CO₂의 유인률이 높아 모기 포집 효율성과 생태계 안정성 보존을 위해 CO₂를 유인제로 사용하는 것이 적합한 것으로 나타났다. 세종시의 모기 개체수는 구도심이 신도심보다 약 2배 정도 개체수가 많은 것으로 나타났다. 세종시는 구도심과 신도심으로 나누어져 있기 때문에 획일적인 방식으로는 눈에 띄는 방역 효과를 보기가 어려우며 효과적인 방역을 위해서는 방역의 차별성을 두어야 할 것으로 사료된다. 본 연구는 세종시의 통합적인 모기 방제 가이드라인의 기초작업으로 이루어졌으며, 본 연구의 결과로 모기를 매개로 하는 질병 확산을 제어하고, 모기로부터의 피해를 줄이는 데 일조하기를 바란다.

사 사

이 논문은 서울여자대학교 교내연구비의 지원을 받았음 (2021-0189).

REFERENCES

- Baek HM, DG Kim, MJ Baek, CY Lee, HJ Kang, MC Kim, JS Yoo and YJ Bae. 2014. Predation efficiency and preference of the Hydrophilid water beetle *Hydrochara affinis* (Coleoptera: Hydrophilidae) larvae on two mosquitos *Culex pipiens molestus* and *Ochlerotatus togoi* under laboratory conditions. Korean J. Environ. Biol. 32:112-117.
- Bahk HJ and DH Lee. 2017. Domestic and international trend of vector-borne disease. J. Korean Med. Assoc. 60:451-457.
- Chung MH. 2009. Dengue fever. Korean J. Med. 77:165-170.
- ETND. Digital mosquito occurrence information monitoring system. Environmental Technology and Development. Gwangju, Korea. <http://dmsnet.kr/>
- Gates B. Mapping the end of malaria. GateNotes. <https://www.gatesnotes.com/Health/Mapping-the-End-of-Malaria>
- Harbach RE. 2007. The Culicidae (Diptera): A review of taxonomy, classification and phylogeny. Zootaxa 1668:591-638.
- Jeon JH, HW Kim, HI Lee and SH Cho. 2020. Integrated vector management for malaria control in cattle shed. PHWR 13:1313-1322.
- Justice MJ and TC Justice. 2016. Attraction of insects to incandescent, compact fluorescent, halogen, and LED lamps in a light trap: implications for light pollution and urban ecologies. Entomol. News 125:315-326.
- Kim DG, HJ Kim, SM Na, JS Yoo, YJ Bae and HB Yi. 2020. Development of automatic counting and identification trap for mosquito monitoring. Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health 51:280-287.
- Kim JE, HG Lee and DG Kim. 2020. The suggestion for mosquito control methods on mosquito habitat by land cover map classification. Korean J. Environ. Biol. 38:189-196.
- Kim JE, YJ Bae, HG Lee and DG Kim. 2018. Analysis of habitat characteristics of mosquitoes in Danwon-gu, Ansan city, Korea, based on civil complaint data. Entomol. Res. 48:540-549.
- Korea Disease Control and Prevention Agency. 2018. Mosquito Control Guidelines for Major Infectious Diseases. Ministry of Health and Welfare. Sejong, Korea.
- Korea Disease Control and Prevention Agency. 2021. Infection Disease Portal. Ministry of Health and Welfare. Sejong, Korea.

- <http://www.kdca.go.kr/npt/biz/npp/portal/nppLwcrldMain.do>
Korea Meteorological Administration. 2021. Open MET Data Portal. Korea Meteorological Administration. Seoul. <https://data.kma.go.kr/cmmn/main.do>
- Lee HS, WG Lee, HI Lee and SH Cho. 2020. Test operation of digital mosquito monitoring system for vector surveillance. *PHWR* 13:1303–1312.
- Lee KW. 1998. A revision of the illustrated taxonomic keys to genera and species of female mosquitoes of Korea (Diptera, Culicidae). 5th Medical Detachment, 168 Medical Battalion, 18th Medical Command. U.S. Army.
- Ministry of Environment. 2019. Environmental Geographic Information Service. Ministry of Environment. Sejong, Korea. <https://egis.me.go.kr/main.do>
- Na SM and HB Yi. 2020. Application of smart mosquito monitoring traps for the mosquito forecast systems by Seoul Metropolitan city. *J. Ecol. Environ.* 44:1–8.
- Norris DE. 2004. Mosquito-borne diseases as a consequence of land use change. *EcoHealth* 1:19–24.
- Reiter P. 2001. Climate change and mosquito-borne disease. *Environ. Health Perspect.* 109:141–161.
- Sejong City. 2021. Sejong City website. Sejong, Korea. <https://www.sejong.go.kr/index.jsp>
- Statistics Korea. 2020. Statistical Geographic Information Service. Statistics Korea. Daejeon, Korea. <https://sgis.kostat.go.kr/view/index>
- World Health Organization. 2012. Global Strategy for Dengue Prevention and Control 2012–2020. World Health Organization. Geneva.
- World Health Organization. 2018. Zika Virus Disease. World Health Organization. Geneva. <http://www.who.int/csr/disease/zika/en/>
- Yeom JS. 2017. Current Status and outlook of mosquito-borne diseases in Korea. *J. Korean Med. Assoc.* 60:468–474.
- Yi HB, BR Devkota, JS Yu and HJ Kim. 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. *Anim. Cells Syst.* 18:282–290.
- Yi HB, BR Devkota, JS Yu, KC Oh, JH Kim and HJ Kim. 2014b. Effects of global warming on mosquitoes & mosquito-borne diseases and the new strategies for mosquito control. *Entomol. Res.* 44:215–235.

Appendix 1. Monitoring area in Sejong City (2019)

No.	Eup/Myeon/Dong	Area (km ²)	Address	Latitude	Altitude	Method
1	Geumnam-myeon	78.08	Hwangyong 1-gil	36° 28' 53" N	127° 19' 43" E	MOSHOLE Black light trap
			Yongpo-ro	36° 27' 50" N	127° 16' 52" E	MOSHOLE
2	Jeonui-myeon	62.18	Mosangogae-gil	36° 40' 18" N	127° 13' 00" E	MOSHOLE Black light trap
			Mansae-gil	36° 40' 42" N	127° 12' 17" E	MOSHOLE
3	Jeondong-myeon	57.60	Suhoe-gil	36° 38' 53" N	127° 12' 50" E	MOSHOLE Black light trap
			Unjusan-ro	36° 39' 21" N	127° 15' 50" E	MOSHOLE
4	Yeonso-myeon	54.67	Jungtteum-gil	36° 33' 35" N	127° 17' 15" E	MOSHOLE
			Daechep-ro	36° 35' 31" N	127° 16' 15" E	MOSHOLE
			Keunchanggogae-gil	36° 34' 41" N	127° 16' 48" E	Black light trap
5	Janggun-myeon	53.73	Janggichogyo-gil	36° 29' 41" N	127° 12' 41" E	MOSHOLE
			Hwangmichangmal-gil	36° 32' 17" N	127° 11' 25" E	MOSHOLE Black light trap
6	Yeongi-myeon	44.00	Yeongi-gil	36° 32' 40" N	127° 16' 43" E	MOSHOLE
			Dangsan-ro	36° 32' 30" N	127° 16' 24" E	Black light trap
7	Yeondong-myeon	28.30	Naesong-gil	36° 33' 29" N	127° 19' 33" E	MOSHOLE
			Nopeunjeongi-gil	36° 33' 33" N	127° 20' 40" E	Black light trap
8	Bugang-myeon	27.91	Cheongyeon-ro	36° 31' 52" N	127° 22' 01" E	MOSHOLE
			Cheongyeon-ro	36° 31' 51" N	127° 22' 08" E	Black light trap
9	Sojeong-myeon	16.63	Sojeongsaeimgol-gil	36° 43' 12" N	127° 09' 32" E	MOSHOLE Black light trap
10	Saerom-dong	4.86	Saeromjungang-ro	36° 29' 07" N	127° 15' 05" E	MOSHOLE
			Saeromnam-ro	36° 29' 07" N	127° 15' 21" E	Black light trap
11	Jochiwon-eup	13.07	Geongang-gil	36° 36' 20" N	127° 17' 47" E	DMS
12	Boram-dong	1.32	Hannuri-daero	36° 28' 48" N	127° 17' 20" E	DMS

DMS: Digital Mosquito Monitoring system