



2024년 말라리아 위험지역에서의 말라리아 매개모기 감시 현황

한보경 , 김현우 , 주정원 , 이희일*

질병관리청 진단분석국 매개체분석과

초 록

목적: 말라리아 퇴치를 위해서는 환자의 조기진단 치료와 더불어 매개모기 감시 및 관리가 중요하다. 국내 말라리아는 비무장지대(demilitarized zone) 인근 지역에서 주로 발생하고 있으며, 2024년 환자의 94.1%는 서울, 인천, 경기, 강원 지역에서 발생하였다. 따라서 본 원고에서는 말라리아 위험지역에서 매개모기 밀도 변화를 감시한 결과를 정리하여 공유하고자 하였다.

방법: 2024년은 확대된 말라리아 위험지역을 반영하여 총 76개 지점에서 4월에서 10월까지 매개모기를 채집·동정하였고, 밀도 변화는 채집된 개체수를 모기지수(trap index, 채집 개체수/트랩 수/채집일)로 환산하여 분석하였다. 또한, 말라리아 유행 양상을 예측하기 위해 매개모기에서 삼일열원충(*Plasmodium vivax*) 감염 현황을 확인하였고, 최소양성률을 산출하였다.

결과: 2024년 누적 매개모기지수는 120.6으로, 2023년 대비 66.6%, 평년(2020-2022년) 대비 59.3% 증가하였다. 2024년에는 27주에 첫 번째 정점(18.2)을 보였으며, 장마 동안의 많은 비에 의해 매개모기지수는 감소하였다가 이후 다시 증가하는 양상을 나타냈다. 매개모기 증가 시점에서 5-6주 후 말라리아 환자 발생도 재증가하였다. 삼일열원충 유전자 검출 결과, 파주시에서 31주 차, 32주 차, 34주 차에 채집된 매개모기 총 3 pool에서 양성 확인되어 최소양성률은 0.15로 확인되었다. 2023년과 동일한 3 pool에서 검출되었지만, 2024년 매개모기 밀도 증가로 인해 최소양성률은 전년(0.21) 대비 감소하였다.

결론: 말라리아 매개모기 감시는 말라리아 퇴치를 위한 필수 요소이다. 따라서, 유행 지역의 말라리아 발생을 낮추기 위해서 지속적인 매개체 감시를 강화하고, 감시 결과로 주의보/경보 발령을 통한 대국민 홍보 및 적극적인 매개모기 방제가 이루어지는 것이 중요하다.

주요 검색어: 말라리아; 얼룩날개모기; 매개체 전파 감염병

서 론

말라리아는 국내에서 발생하는 주요 모기 매개 감염병 중 하나로, 우리나라는 삼일열말라리아가 토착화되어 있으며, *Plasmodium* 속 원충에 감염된 얼룩날개모기(*Anopheles*

속)에 의해 전파된다[1]. 국내에는 8종의 얼룩날개모기 (*Anopheles sinensis*, *An. kleini*, *An. pullus*, *An. lesteri*, *An. belenrae*, *An. sineroides*, *An. koreicus*, *An. lindesayi*)가 서식하며, 이 중 *An. koreicus*를 제외한 7종이 말라리아 원충을 전파할 수 있는 것으로 알려져 있다[2].

Received March 27, 2025 Revised May 23, 2025 Accepted June 13, 2025

*Corresponding author: 이희일, Tel: +82-43-719-8560, E-mail: isak@korea.kr

Copyright © Korea Disease Control and Prevention Agency



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) which permits unrestricted distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



KDCA
Korea Disease Control and Prevention Agency

핵심 요약

① 이전에 알려진 내용은?

대한민국은 삼일열말라리아가 발생하는 말라리아 풍토병 국가이며, 말라리아 재퇴치를 위하여 질병관리청 매개체분석과에서는 2009년부터 말라리아 위험지역의 매개모기 감시를 수행하고 있다.

② 새로이 알게 된 내용은?

2024년에는 말라리아 위험지역이 76개 지점으로 확대됨에 따라 채집 및 원충 조사가 강화되었다. 매개모기의 전년 대비 누적 모기지수는 66.6% 증가했으며, 최소양성률은 0.15로 나타났다. 또한, 매개모기 감시 결과에 따른 주의보 및 경보 기준이 강화되어, 2023년보다 주의보는 약 25일 앞당겨 발령되었고, 시·군·구 단위로 경보 발령이 가능하게 되었다.

③ 시사점은?

위험지역 확대에 따라 매개모기 밀도 및 원충 조사 지점이 증가하면서 매개체 관리 대상 지역도 늘어났다. 또한, 감시 결과를 기반으로 주의보 및 경보 발령이 전년 대비 신속히 이루어져 말라리아 발생 감소에 기여했을 것으로 판단된다. 따라서, 말라리아 매개모기의 감시와 방제 활동에 대한 지속적인 노력이 필요하다.

국내 말라리아 발생은 주로 북한과 인접한 비무장지대(demilitarized zone)에서 보고되며, 2024년에는 전국에서 659건이 확인되었다[3]. 서울, 인천, 경기, 강원 지역이 전체 국내 발생 환자의 94.1% (620건)를 차지하며, 2024년에는 서울특별시 13개 구가 말라리아 위험지역으로 추가되었다[1,3].

얼룩날개모기는 서식 환경과 생태적 특성에 따라 분포가 달라지고, 강우량·기온·습도 등의 환경 요인에 의해 개체군 변동이 발생한다[4]. 따라서, 말라리아 전파를 효과적으로 차단하기 위해서는 매개모기의 생태와 분포 변화를 지속적으로 감시하고, 이를 바탕으로 방제 전략을 마련하고 수행하는 것이 중요하다[5].

질병관리청 매개체분석과는 2009년부터 말라리아 매개모기 감시를 위해 국내 말라리아 위험지역에서 매개모기 밀도 및 분포 감시 사업을 수행하고 있다. 이 사업은 지자체 및 국방부와 협력하여 매개모기의 계절별 발생 밀도와 원충 보유율을 주기적으로 분석하고 있다. 해당 감시 결과는 질병관리청 누리집을 통해 매주 공개되며, 주의보 및 경보 체계를 통해 말라리아 감염 주의 정보를 제공하고 있다(표 1).

본 연구에서는 2024년도 국내 말라리아 위험지역에서 수행된 말라리아 매개모기 감시 결과를 보고함으로써, 매개체 감시 중요성과 방제 시기 등을 결정하는 정책 수립에 기여하고자 한다.

방 법

1. 모기 채집 및 분류

2024년 말라리아 매개모기 채집은 서울, 인천, 경기, 강원 지역 중 말라리아 위험지역으로 지정된 민가 주변 62개 지점과 군부대 14개 지점에서 실시되었다(보충 그림 1; available

표 1. 말라리아 주의보 및 경보 발령 기준

구분	발령 기준	범위	주체
주의보	매개모기 일평균 개체수 ^{a)} 0.5 이상인 시·군·구가 3곳 이상인 경우	전국	질병관리청 (매개체분석과)
경보	주의보 발령 이후 한 가지 이상 해당 시: ① 첫 군집 사례 발생 시	해당 시·군·구	해당 시·도
	② 매개모기 일평균 개체수 ^{a)} 가 동일 시·군·구에서 2주 연속 5.0 이상인 경우 채집된 모기로부터 말라리아 원충이 검출된 경우	전국	질병관리청 (매개체분석과)

^{a)}매개모기 일평균 개체수(모기지수[trap index]): 채집 개체수/트랩 수/채집일.

online). 채집은 해당 지역의 보건소, 보건의료원, 군부대, 군 예방의무근무대, 보건환경연구원의 협조를 통해 이루어졌으며, 모기 발생 시기에 맞춰 4월부터 10월까지 매주 정기적으로 진행되었다.

채집 방법은 지역별로 서울특별시는 유문등(black light trap)을 이용해 주당 1일 채집하였으며, 인천·경기·강원의 민간 지역은 LED 트랩(black light LED trap)을 활용해 주당 7일, 군부대는 주당 2일 모기를 채집하였다.

각 지점에서 채집된 모기는 실체현미경을 이용해 암컷 모기와 종별로 분류한 뒤 계수하고, 해당 데이터는 질병관리청 방역통합정보시스템(VectorNet, <https://eid.kdca.go.kr>)에 취합되었다. 이후 질병관리청 매개체분석과에서 모기지수(trap index; 채집 개체수/트랩 수/채집일)로 변환하여 시기별, 지역별 차이를 비교·분석하였다.

2. 원충감염률 조사

삼일열원충(*Plasmodium vivax*) 감염률 조사는 서울, 인천, 경기 북부, 강원 보건환경연구원 및 군 예방의무근무대에서 수행하였다. 매주 채집 지점당 최대 200마리의 모기를 실험하였으며, 한 튜브당 최대 10마리씩을 풀링(pooling)하여 DNA를 추출하였다.

추출된 DNA는 삼일열원충의 small subunit rRNA 유전자를 표적으로 한 이중 중합효소연쇄반응(nested polymerase chain reaction) 검사를 통해 분석하였다[6]. 양성 의심 검체는 질병관리청 매개체분석과에서 추가 실험 및 유전자 서열 분석

을 통해 최종 확인하였다. 또한, 풀링한 매개모기 중 최소한 1개체 이상이 양성임을 의미하는 최소양성률(minimum infection rate)은 (양성 pool 수/실험 개체수)×1,000으로 산출하였다.

3. 정보 공유

매개모기 밀도 및 원충 감염률 조사 결과는 매주 업데이트되어 질병관리청 누리집(<https://www.kdca.go.kr>)의 간행물·통계 → (통계) 감염병발생정보 → 주간건강과질병 → 주요 감염병 통계를 통해 제공되었다.

결 과

2024년에는 76개 지점에서 31주 동안 채집된 말라리아 매개모기지수의 합은 120.6으로 집계되었다. 이는 2023년(72.4) 대비 66.6%, 평년(75.7) 대비 59.3% 증가한 수치다. 전체 채집모기에서 말라리아 매개모기가 차지하는 비율은 2024년 32.6%로, 평년(31.5%) 대비 1.1%p 증가했으나, 2023년(37.9%) 대비해서는 6.4%p 감소하였다(표 2).

2024년에는 27주 차에 매개모기지수가 18.2로 정점을 기록하였으며, 이는 2023년 26주 차의 정점(9.2) 대비 97.8% 증가한 수치이다(그림 1A). 이러한 초여름의 급격한 모기지수 증가는 파주시 조산리에서 발생한 매개모기 밀도에 주로 기인하는 것으로 나타났다. 그러나 파주시 조산리를 제외하여도 초여름 기간 동안 매개모기 밀도는 여전히 평년 및 전년 대비

표 2. 2024년도 주별 누적 모기지수의 평년 및 전년 대비 비교

구분	조사 지점 수	전체모기		매개모기		매개모기 비율
		누적 모기지수 ^{a)}	증감률	누적 모기지수	증감률	
평년 (2020-2022년)	50	240.0	-	75.7	-	31.5%
2023년	50	191.2	-	72.4	-	37.9%
2024년	76	370.5	평년 54.4% 전년 93.8%	120.6	평년 59.3% 전년 66.6%	32.6%

^{a)}주별 모기지수의 합.

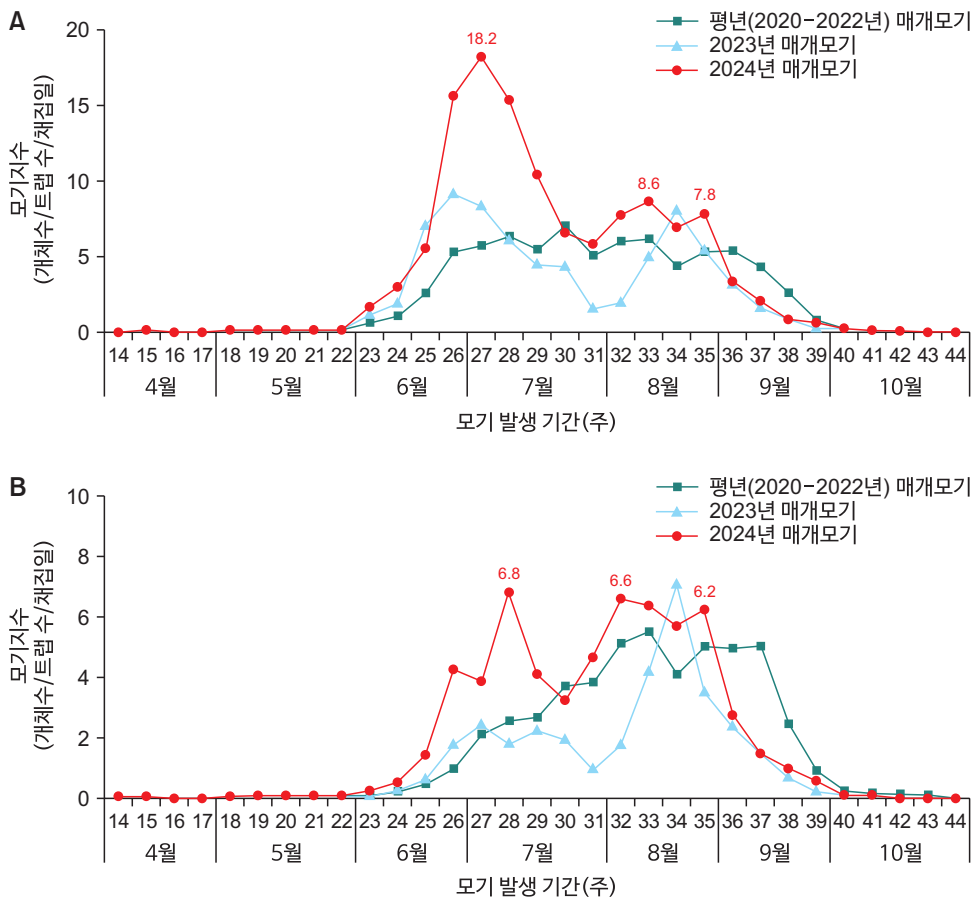


그림 1. 2024년 주별 말라리아 매개 모기지수 (A) 전체 채집 지점의 주별 매개모기지수 (76개 지점), (B) 파주시 조산리를 제외한 채집 지점의 주별 매개모기지수(75개 지점).

두 배 이상 높은 수준을 보였다(그림 1B). 2024년 5월 중순부터 평균 기온이 모기 발생에 적절한 온도에 도달하고, 5월에 내린 강수로 인해 유충 서식 환경이 조성되면서 모기지수가 증가한 것으로 해석된다(그림 1, 2).

23주 차의 모기 채집 결과를 바탕으로 2024년 6월 18일에 말라리아 주의보가 발령되었다. 이는 2023년 주의보 발령 일인 7월 12일보다 약 25일 빠른 시점이었다. 이러한 변화는 주의보 발령 기준을 2023년 ‘2주 연속 매개모기지수 2 이상’에서 2024년 ‘매개모기지수 0.5 이상인 시·군·구가 3곳 이상인 경우’로 조정한 결과이다. 주의보 발령 시기를 앞당김으로써 방제 등 조치를 통해 환자가 모기를 감염시키는 것을 차단하여 말라리아 위험도를 낮추는 데 기여하였다(표 1).

7월 위험지역에 내린 강한 비로 인해 유충과 알이 유실되면서 모기 밀도가 감소하는 양상을 확인하였다(그림 2).

장마 후에는 물웅덩이가 형성되어 유충 서식지가 확대되

면서 33주 차와 35주 차에 모기 밀도가 재증가하는 경향을 보였다. 이러한 밀도 증가 양상에 뒤이어 약 5-6주가 경과한 이후 말라리아 환자도 증가하였다(그림 3).

2024년 원충보유조사에서는 총 3 pool에서 양성 모기가 확인되었으며, 31주, 32주, 34주 차에 파주시 내 군부대에서 채집된 모기로부터 각각 1 pool씩 양성이 검출되었다(보충 그림 1; available online). 2024년 원충감염 확인 실험에 사용된 총 매개모기 개체수는 20,392마리이며, 최소양성률은 0.15로 집계되었다. 2023년과 동일하게 3 pool에서 양성이 검출되었으나, 2024년에는 매개모기 밀도 증가로 실험 개체수가 늘어나면서 최소양성률이 전년(0.21) 대비 0.06 감소하였다. 첫 양성 모기 확인 이후, 2024년 8월 7일 전국적인 말라리아 경보가 발령되었다. 또한, 2024년에는 말라리아 매개모기 밀도에 따른 경보 기준을 시·군·구 단위로 발령할 수 있도록 조정하여, 철원군(7월 11일), 강화군(7월 17일), 양구군(7월

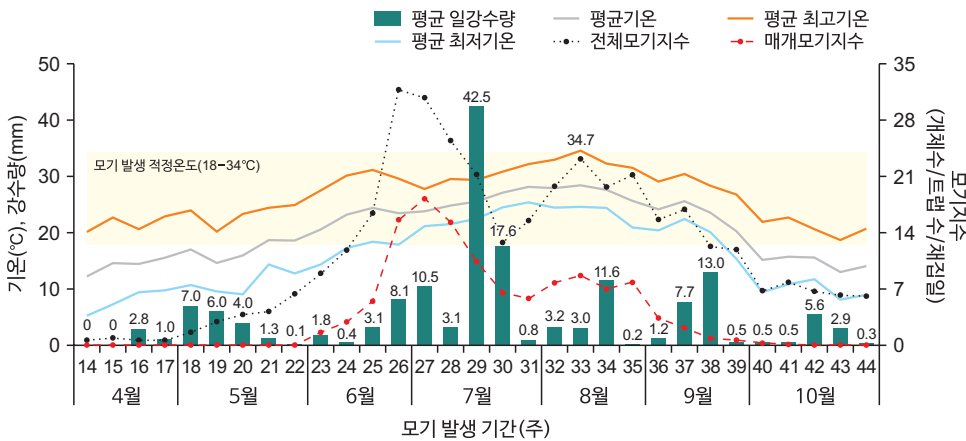


그림 2. 2024년 평균 기온 및 평균 일강수량과 매개모기지수

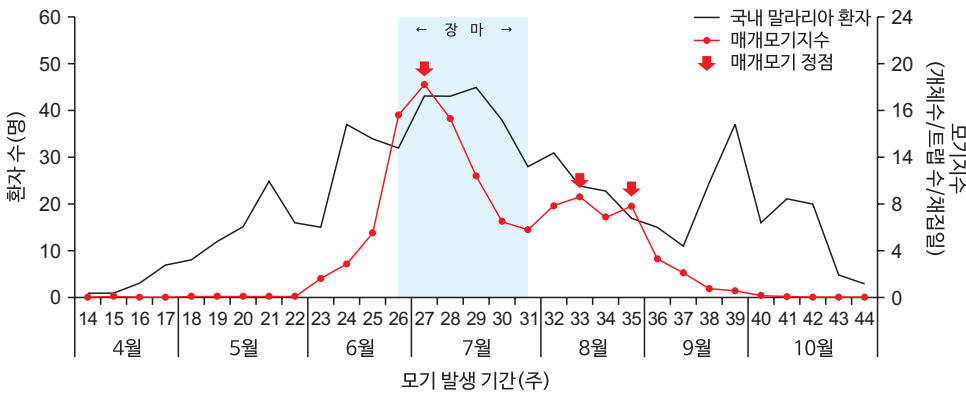


그림 3. 주별 매개모기지수 및 국내 말라리아 환자 수

30일)에서 전국 발령 이전에 지역별 경보가 선제적으로 이루어졌다.

논 의

2024년 말라리아 매개모기의 발생 밀도는 2023년 및 평년 대비 전반적으로 증가하였다. 이는 초여름 기온 상승과 열대야의 장기 지속 등 매개모기 성장에 유리한 기상 조건이 복합적으로 작용한 결과로 해석된다. 실제로 2024년 전국 연평균 기온은 14.5°C로, 기상 관측 이래 최고치를 기록하였으며, 이는 이전 최고였던 2023년(13.7°C)보다도 0.8°C 높은 수치였다. 열대야 일수도 연간 24.5일로, 평년(1991-2020년) (6.6일) 대비 약 3.7배 증가하며 최고치를 기록하였다. 2024년 연 강수량은 1,414.6 mm로 평년(1991-2020년)과 유사하였으나, 여름철 강수량의 78.8%가 장마철(6월 하순-7월 하

순)에 집중되어[7], 일시적으로 매개모기 밀도 감소에 영향을 준 것으로 보인다.

2024년 초여름 말라리아 매개모기의 급격한 증가는 파주시 조산리의 영향을 받은 것으로 파악되었다. 조산리는 북한과 인접한 통제 지역으로 2024년에 매개모기 비율이 51.2% 이상 차지하는 지역이다. 조산리 인근 관문점 기상 자료에 따르면, 장마 전 평균 최고 기온이 30°C 이상인 날이 다수 기록되어 모기 발생에 유리한 조건이 형성된 것으로 추정된다[8]. 조산리는 논 중심의 토지 구성과 농촌 생활이 이루어지는 환경 특성상 기온 변화에 직접적인 영향을 받아 매개모기 밀도가 다른 지역보다 크게 증가한 것으로 보인다. 또한, 2024년 채집 지점 중 조산리를 포함하여 36개 민간지역에서 기존의 유문등이 LED 트랩으로 교체되었으며, 이 점도 모기 채집량 증가에 일정 부분 영향을 미쳤을 가능성이 있다.

장마 기간 중인 29주에는 파주시와 연천군에 짧은 시간

동안 강하게 내린 비로 인해 모기 밀도가 급감하였다[9]. 이처럼 우리나라의 기후 특성상, 기온 상승과 함께 증가하는 매개 모기 밀도는 장마 등 기상 악조건으로 인해 일시적으로 감소했다가, 장마 이후 생성된 물웅덩이로 인해 유충 서식에 유리한 환경이 조성되면서 다시 증가하는 양상을 보인다. 특히, 장마 이후에 발생한 모기는 환자로 이어질 가능성이 있어, 물웅덩이 제거 등 적극적인 유충 방제가 필요함을 시사한다.

매개모기인 얼룩날개모기는 주로 도심보다는 농촌 지역에서 서식하는 특징이 있다[10]. 그러나, 유충은 논뿐만 아니라 산과 인접한 개울이나 습지 등 다양한 환경에서도 발생할 수 있기 때문에[10,11], 말라리아 예방을 위해서 도심을 포함한 매개모기 서식 가능 지역에 대한 철저한 관리가 요구된다.

2024년은 매개모기 감시에 따른 주의보 및 경보 기준을 조정함에 따라 주의보는 전년 대비 약 25일 빠르게 발령되었고, 경보는 전국 경보 발령 이전에 철원군, 강화군, 양구군에 먼저 발령되었다. 위험지역에서 주의보, 경보 발령이 선제적으로 적용됨에 따라 말라리아 감염 예방 홍보 및 매개모기 서식지 집중 방제 강화가 이루어졌고, 이러한 대응이 말라리아 발생 감소에 기여한 것으로 보인다.

매개모기 감시 결과를 기반으로 효과적인 방제와 예방이 연계되는 통합 관리 체계를 지속적으로 강화해 나가는 것은 말라리아 재퇴치라는 궁극적인 목표를 달성하는 데 있어 매우 중요한 전략 중 하나이다. 이를 실현하기 위해 촘촘하고 정확한 감시체계를 운영하고, 신속한 방제 활동을 병행하는 노력을 지속해야 한다.

Declarations

Ethics Statement: Not applicable.

Funding Source: None.

Acknowledgments: None.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of

interest to declare.

Author Contributions: Conceptualization: HWK, JWJ, HIL. Data curation: BGH, HWK. Formal analysis: BGH, HWK. Investigation: BGH. Methodology: BGH, JWJ, HIL. Project administration: HWK, JWJ, HIL. Supervision: HWK, JWJ, HIL. Visualization: BGH. Writing – original draft: BGH. Writing – review & editing : HWK, JWJ, HIL.

Supplementary Materials

Supplementary data are available online.

References

1. Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA). 2024 Malaria management guidelines. Cheongju: KDCA; 2024 Feb. Report No.: 11-1790387-000538-10.
2. Lee SY, Kim HC, Klein TA, et al. Species diversity of Anopheles mosquitoes and Plasmodium vivax infection rates, Gyeonggi province, Republic of Korea during 2020. *J Med Entomol* 2022;59:1778-86.
3. Infectious disease portal [Internet]. Korea Disease Control and Prevention Agency; 2024 [cited 2025 Feb 27]. Available from: <https://npt.kdca.go.kr/pot/is/rginEDW.do>
4. Rocklöv J, Dubrow R. Climate change: an enduring challenge for vector-borne disease prevention and control. *Nat Immunol* 2020;21:479-83.
5. World Health Organization (WHO). Global technical strategy for malaria 2016-2030, 2021 update. WHO; 2021.
6. Snounou G, Viriyakosol S, Zhu XP, et al. High sensitivity of detection of human malaria parasites by the use of nested polymerase chain reaction. *Mol Biochem Parasitol* 1993;61:315-20.
7. Korea Meteorological Administration Press Release (January 9 2025). 2024: the hottest year on record in the Republic of Korea. [cited 2025 Jun 10]. <https://www.kma.go.kr/kma/news/press.jsp?mode=view&num=1194448>
8. Korea Meteorological Administration (KMA). Automated Weather System (AWS) real-time data [Internet]. KMA

- [cited 2025 Mar 8]. Available from: <https://data.kma.go.kr/data/grnd/selectAwsRltmList.do?pgmNo=56>
9. Korea Meteorological Administration Press Release (September 5 2024). Summer 2024 climate characteristics. [cited 2025 Mar 8]. Available from: <https://www.kma.go.kr/kma/news/press.jsp?mode=view&num=1194405>
 10. Rueda LM, Brown TL, Kim HC, et al. Species composition, larval habitats, seasonal occurrence and distribution of potential malaria vectors and associated species of Anopheles (Diptera: Culicidae) from the Republic of Korea. *Malar J* 2010;9:55.
 11. Seoul National University (SNU). 2022-2023 definition of the latest indigenous habitat of malaria mosquitoes and laboratory analysis of insecticide resistance [Internet]. SNU; 2024 [cited 2025 Mar 10]. Available from: <https://www.snu.ac.kr/research/highlights?md=v&bbsidx=145486>

Surveillance Report

Malaria Vector Surveillance in 2024

Bo Gyeong Han , Hyun Woo Kim , Jung-Won Ju , Hee-Il Lee* Division of Vectors and Parasitic Diseases, Department of Laboratory Diagnosis and analysis,
Korea Disease Control and Prevention Agency, Cheongju, Korea

ABSTRACT

Objectives: Effective malaria control requires early diagnosis, treatment, and vector mosquito management. In 2024, 94.1% of domestic malaria cases were reported in Seoul, Incheon, Gyeonggi, and Gangwon Provinces in the Republic of Korea. The Korea Disease Control and Prevention Agency annually surveys the mosquito density to provide vector information in malaria-risk areas.

Methods: In 2024, 76 sites, including the expanded malaria-risk areas, were surveyed from April to October. The collected mosquitoes were identified to species, and density was calculated as the trap index (TI), defined as the number of mosquitoes per trap per night. *Anopheles* mosquitoes were tested for infection of *Plasmodium vivax* by molecular method. The minimum infection rate (MIR) was calculated as (number of positive pools/number of tested mosquitoes)×1,000.

Results: Cumulative TI reached 120.6 in 2024, showing a 66.6% increase than 2023 and a 59.3% increase from the 2020–2022 average. The first peak (TI 18.2) was observed at week 27. After a temporary drop in the rainy season, mosquito population was increased, followed by a rise in malaria cases after 5–6 weeks. Malaria-positive mosquitoes were detected in three pools (MIR=0.15) at 31st, 32nd, and 34th weeks in Paju-si. Although the number of positive pools is the same as in 2023 (MIR=0.21), MIR decreased due to increasing of *Anopheles* density.

Conclusions: Vector surveillance is a core strategy for malaria elimination. To reduce incidence in endemic regions, it is essential to respond promptly to advisory/warning issued based on continuous monitoring, and implement vector control measures.

Key words: Malaria; *Anopheles*; Vector borne diseases

*Corresponding author: Hee-Il Lee, Tel: +82-43-719-8560, E-mail: isak@korea.kr

Introduction

Malaria is a major vector-borne disease in the Republic of Korea (ROK), where it is endemic and transmitted by *Anopheles* mosquitoes [1]. Eight *Anopheles* species present in the ROK (*Anopheles sinensis*, *An. kleini*, *An. pullus*, *An.*

lesteri, *An. belenrae*, *An. sineroides*, *An. koreicus*, and *An. lindesayi*), of which seven, excluding *An. koreicus*, are known as malaria vectors [2].

In 2024, 659 domestic malaria cases were confirmed, with the majority reported from the regions adjacent to the demilitarized zone near the Democratic People's Republic of Korea

Key messages

① What is known previously?

Plasmodium vivax is endemic in the Republic of Korea. The Korea Disease Control and Prevention Agency has monitored *Anopheles* population density in malaria-risk areas since 2009.

② What new information is presented?

In 2024, surveillance and *P. vivax* testing were intensified expanded to 76 sites. The cumulative trap index increased by 66.6% compared to that in 2023, and the minimum infection rate was 0.15. The revised advisory/warning criteria shortened it by approximately 25 days and enabled warnings at the city/province level.

③ What are implications?

Expansion of surveillance broadened the vector control scope, and earlier advisory/warning possibly contributed to the reduced burden of malaria. These results highlight the ongoing need for surveillance and control of malaria vectors.

(DPRK) [3]. The regions of Seoul, Incheon, Gyeonggi, and Gangwon province accounted for 94.1% (620 cases), and 13 districts in Seoul were newly designated as malaria-risk areas in

2024 [1,3].

The distribution of *Anopheles* mosquitoes varies with ecological characteristics and is influenced by environmental factors such as rainfall, temperature, and humidity [4]. Therefore, to effectively interrupt malaria transmission, it is essential to continuously monitor the distribution of vectors and implement control strategies accordingly [5].

Since 2009, the Division of Vectors and Parasitic Diseases (DVPD) at the Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA) has conducted a surveillance program to monitor the density and distribution of malaria vectors in malaria-risk areas of the ROK. This program, conducted in collaboration with local governments and the Ministry of National Defense, periodically monitors the seasonal abundance of vector mosquitoes and the infection rate of *P. vivax*. The surveillance results are published weekly on the KDCA website and support the issuance of public health advisory and warnings for malaria risk (Table 1).

This report aims to contribute to the malaria control policies by reporting the results of mosquito vector surveillance conducted in malaria-risk areas of the ROK in 2024,

Table 1. Malaria advisory and warning issuance criteria

Category	Issuance criteria	Scope	Authority
Advisory	When the average daily number of vector mosquitoes ^{a)} is 0.5 or higher in three or more cities/counties/districts	Nationwide	KDCA (KDCA DVPD)
Warning	Issued after an advisory when at least one of the following conditions is met: ① The first cluster case occurs ② The average daily number of vector mosquitoes ^{a)} remains 5.0 or higher for two consecutive weeks in the same city/county/district	Relevant city/county/district	Relevant city/province
	When malaria parasites are detected in collected mosquitoes	Nationwide	KDCA (KDCA DVPD)

KDCA=Korea Disease Control and Prevention Agency; DVPD=Division of Vectors and Parasitic Diseases. ^{a)}The average daily number of vector mosquitoes (trap index): mosquito/trap/day.

highlighting the importance of vector monitoring and control.

Methods

1. Mosquito Collection and Identification

In 2024, malaria vectors mosquitoes were collected from 62 residential-area sites and 14 military base located within malaria-risk areas in the Seoul, Incheon, Gyeonggi, and Gangwon provinces (Supplementary Figure 1; available online). Weekly collection was conducted weekly from April to October, the active mosquito season, in collaboration with local public health centers, military base, military preventive medicine units, and the Institute of Health & Environment.

Collection methods varied by region: mosquitoes were collected one day a week using black light traps in Seoul; seven days a week using black light LED traps in civilian areas of Incheon, Gyeonggi, and Gangwon; and two days a week at military base.

All collected female mosquitoes were identified under the stereomicroscope. These data were compiled in the VectorNet system (<https://eid.kdca.go.kr>). The DVDP subsequently calculated the data into a trap index (TI; defined as the number of female mosquitoes collected per trap per day) to analyze temporal and regional variations.

2. *Plasmodium vivax* Infection Rates

Infection rates of *P. vivax* were assessed by the Institutes of Health & Environment in Seoul, Incheon, northern Gyeonggi, and Gangwon, and by military preventive medicine units. Each week, up to 200 female *Anopheles* mosquitoes per site were tested for DNA extraction, pooled with a maximum of 10 individuals per tube.

The extracted genomic DNA was analyzed for the *P. vivax* small subunit rRNA gene using a nested polymerase chain reaction assay [6]. Suspected positive pools were sent to the KDCA for reproducibility via further testing and gene sequencing. The minimum infection rate (MIR), which assumes at least one infected mosquito per positive pool, was calculated as (number of positive pools/total mosquitoes tested)×1,000.

3. Provide and Share the Information on Vector Surveillance

Surveillance data on vector density and *P. vivax* infection rates were updated weekly and made public available on the KDCA website (<https://www.kdca.go.kr/index.es?sid=a3>) in the “Archives” - “National Infectious Diseases Statistics” section.

Results

In 2024, the cumulative TI for malaria vectors collected over 31 weeks at 76 sites reached 120.6, representing a 66.6% increase from 2023 (72.4) and a 59.3% increase compared to the average year (2020–2022) (75.7). The proportion of malaria vectors among all collected mosquitoes was 32.6% in 2024, an increase of 1.1%p from the average year (31.5%) but a decrease of 6.4%p from 2023 (37.9%) (Table 2).

The malaria vector TI peaked at 18.2 in week 27 of 2024, representing a 97.8% increase from the 2023 peak of 9.2, which occurred in week 26 (Figure 1A). This sharp early-summer increase in TI was found to be primarily driven by high vector densities in Josan-ri, Paju-si. However, even excluding data from Josan-ri, vector density during the early summer remained more than double that of 2023 and the average year

Table 2. Comparison of TI of collected mosquitoes in 2024

Division (yr)	No. of survey site	Total mosquito		Malaria vector mosquito		Proportion of malaria vector mosquito
		Accumulate of weekly TI	Proportion of change	Accumulate of weekly TI	Proportion of change	
Normal year (2020–2022)	50	240.0	-	75.7	-	31.5%
2023	50	191.2	-	72.4	-	37.9%
2024	76	370.5	Normal year 54.4% Previous year 93.8%	120.6	Normal year 59.3% Previous year 66.6%	32.6%

TI=trap index.

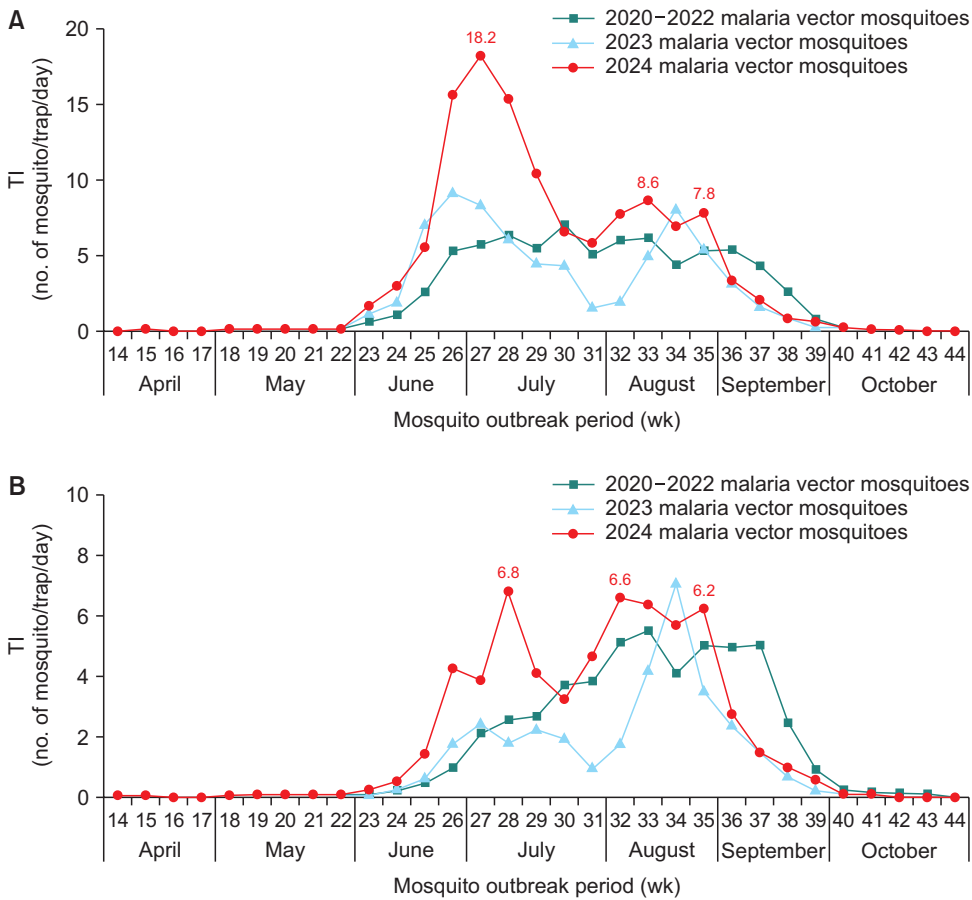


Figure 1. Weekly malaria vector TI in 2024

(A) Weekly vector TI of all collection sites (76 sites), (B) weekly vector index of collection sites excluding Josan-ri, Paju-si (75 sites). TI=trap index.

(Figure 1B). This rise is likely attributable to average temperatures reaching levels suitable for mosquito proliferation from mid-May 2024, combined with May rainfall that created favorable larval habitats (Figures 1, 2).

On the basis of collection results from week 23, a national malaria advisory was issued on June 18, 2024. This

was approximately 25 days earlier than 2023 (July 12). This change was due to an adjustment in the advisory criteria from “a TI ≥ 2 for two consecutive weeks” in 2023 to “a TI ≥ 0.5 in three or more municipalities (cities, counties, or districts)” in 2024. Earlier issuance of the advisory is estimated to have contributed to reducing malaria risk by enabling early vector

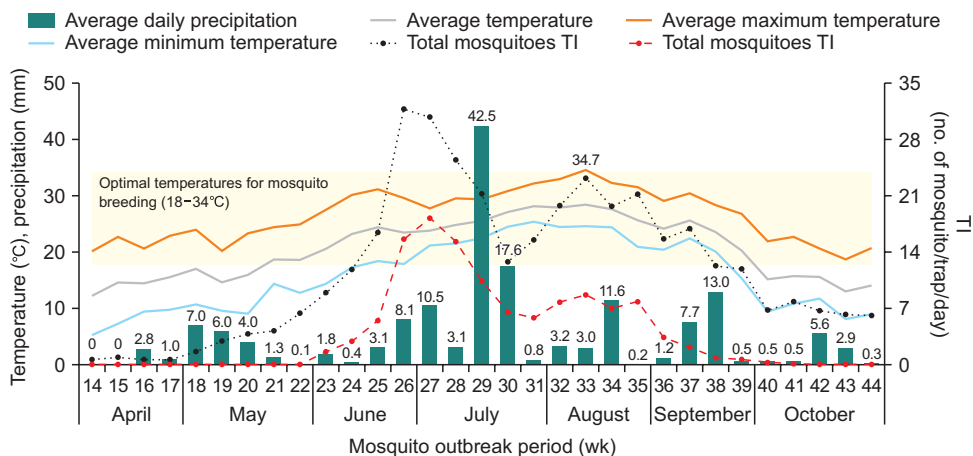


Figure 2. Average temperature, daily precipitation, and malaria vector TI in 2024
TI=trap index.

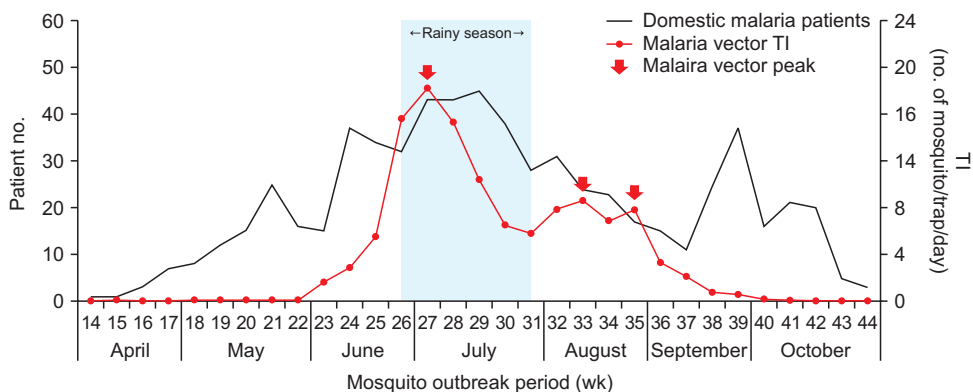


Figure 3. Weekly malaria vector TI and number of domestic malaria patients
TI=trap index.

control that interrupts patient–mosquito transmission (Table 1).

The heavy rainfall in malaria-risk areas likely washed away larvae and eggs, leading to a subsequent decline in mosquito density (Figure 2).

Following the rainy season, an expansion of larval habitats due to puddle formation led to a resurgence in mosquito density, with secondary peaks in weeks 33 and 35. This increase in vector density was followed by a rise in human malaria cases approximately five to six weeks later (Figure 3).

In the 2024 *P. vivax* survey, three mosquito pools were positive for *P. vivax* DNA; they were collected from military base in Paju-si during weeks 31, 32, and 34 (Supplementary Figure 1; available online). A total of 20,392 malaria vector mosquitoes were tested for malaria infection in 2024, yielding an MIR of

0.15. Although the number of positive pools was the same as in 2023 (n=3), the MIR decreased 0.06 from 0.21 because a larger number of *Anopheles* mosquitoes were tested in 2024 as a result of higher vector density. Following the detection of the first positive mosquito pool, a nationwide malaria warning was issued on August 7, 2024. Moreover, the 2024 criteria were revised to enable density-based warnings at the municipal level, allowing for early regional warning in Cheorwon-gun (July 11), Ganghwa-gun (July 17), and Yanggu-gun (July 30) prior to the issuance of a nationwide warning.

Discussion

In 2024, the population density of malaria vectors was markedly higher than 2023 and the average year (2020–2022).

This increase is likely the result of a combination of favorable meteorological conditions, including elevated early-summer temperatures and a prolonged period of tropical nights, which are conducive to vector development. Indeed, the national average yearly temperature in 2024 was 14.5°C, the highest since record-keeping began and 0.8°C warmer than the previous record set in 2023 (13.7°C). The number of tropical nights also reached a record of 24.5, approximately 3.7 times climatological normal (1991–2020) of 6.6. While the annual precipitation in 2024 (1,414.6 mm) was comparable to the climatological normal (1991–2020), 78.8% of the summer rainfall was concentrated during the rainy season (late June to late July) [7], which appears to have temporarily suppressed vector density.

The sharp increase in malaria vectors in early summer 2024 was largely driven by malaria vector population in Josan-ri, Paju city. Josan-ri, a controlled-access area near the DPRK, is a region where malaria vectors constituted over 51.2% of the total mosquito catch in 2024. According to meteorological data from nearby Panmunjom, numerous days with average maximum temperatures exceeding 30°C were recorded before the rainy season, presumably creating favorable conditions for mosquito proliferation [8]. Due to its mostly rice paddy and rural setting, Josan-ri appears to have experienced a greater increase in vector mosquito density compared to other regions. Additionally, the replacement of conventional black light traps with black light LED traps at 36 civilian sites in 2024, including in Josan-ri, may have also contributed to the increased mosquito catch.

During the 29th week of the rainy season, mosquito density decreased sharply in Paju-si and Yeoncheon-gun due to heavy rain over a short period of time [9]. In the ROK, vector mosquito density typically increases with rising temperatures

but is temporarily suppressed by adverse weather conditions such as the rainy season. However, following the rainy season, the formation of puddles creates favorable habitats for larvae, leading to a subsequent resurgence in mosquito populations. Notably, post-rainy season mosquitoes are more likely to contribute to human infections, highlighting the importance of active larval control strategies such as eliminating standing water.

Anopheles mosquitoes predominantly inhabit rural rather than urban areas [10]. However, as larvae can develop in various aquatic habitats including streams, wetlands near mountains, and not only rice paddies [10,11], rigorous management of all potential breeding sites, including peri-urban environments, is essential for malaria prevention.

In 2024, revisions to the surveillance-based criteria led to the national advisory was issued approximately 25 days earlier than in 2023. Regional warning for Cheorwon-gun, Ganghwa-gun, and Yanggu-gun were also issued before the nationwide warning based on *P. vivax* mosquito detection. This early vector control approach in high-risk areas enhanced public awareness and intensified local vector control efforts, which likely contributed to a reduction in malaria incidence.

Strengthening an integrated management system that connects vector surveillance remains a key strategy for achieving the goal of malaria re-elimination. This requires the sustained operation of a meticulous and accurate surveillance system, coupled with rapid control activities.

Declarations

Ethics Statement: Not applicable.

Funding Source: None.

Acknowledgments: None.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Author Contributions: Conceptualization: HWK, JWJ, HIL. Data curation: BGH, HWK. Formal analysis: BGH, HWK. Investigation: BGH. Methodology: BGH, JWJ, HIL. Project administration: HWK, JWJ, HIL. Supervision: HWK, JWJ, HIL. Visualization: BGH. Writing – original draft: BGH. Writing – review & editing : HWK, JWJ, HIL.

Supplementary Materials

Supplementary data are available online.

References

1. Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA). 2024 Malaria management guidelines. Cheongju: KDCA; 2024 Feb. Report No.: 11-1790387-000538-10.
2. Lee SY, Kim HC, Klein TA, et al. Species diversity of Anopheles mosquitoes and Plasmodium vivax infection rates, Gyeonggi province, Republic of Korea during 2020. *J Med Entomol* 2022;59:1778-86.
3. Infectious disease portal [Internet]. Korea Disease Control and Prevention Agency; 2024 [cited 2025 Feb 27]. Available from: <https://npt.kdca.go.kr/pot/is/riginEDW.do>
4. Rocklöv J, Dubrow R. Climate change: an enduring challenge for vector-borne disease prevention and control. *Nat Immunol* 2020;21:479-83.
5. World Health Organization (WHO). Global technical strategy for malaria 2016–2030, 2021 update. WHO; 2021.
6. Snounou G, Viriyakosol S, Zhu XP, et al. High sensitivity of detection of human malaria parasites by the use of nested polymerase chain reaction. *Mol Biochem Parasitol* 1993;61:315-20.
7. Korea Meteorological Administration Press Release (January 9 2025). 2024: the hottest year on record in the Republic of Korea. [cited 2025 Jun 10]. <https://www.kma.go.kr/kma/news/press.jsp?mode=view&num=1194448>
8. Korea Meteorological Administration (KMA). Automated Weather System (AWS) real-time data [Internet]. KMA [cited 2025 Mar 8]. Available from: <https://data.kma.go.kr/data/grnd/selectAwsRltmList.do?pgmNo=56>
9. Korea Meteorological Administration Press Release (September 5 2024). Summer 2024 climate characteristics. [cited 2025 Mar 8]. Available from: <https://www.kma.go.kr/kma/news/press.jsp?mode=view&num=1194405>
10. Rueda LM, Brown TL, Kim HC, et al. Species composition, larval habitats, seasonal occurrence and distribution of potential malaria vectors and associated species of Anopheles (Diptera: Culicidae) from the Republic of Korea. *Malar J* 2010;9:55.
11. Seoul National University (SNU). 2022-2023 definition of the latest indigenous habitat of malaria mosquitoes and laboratory analysis of insecticide resistance [Internet]. SNU; 2024 [cited 2025 Mar 10]. Available from: <https://www.snu.ac.kr/research/highlights?md=v&bbsidx=145486>