

경기도 김포시 모기의 계절적 발생소장 및 얼룩날개모기 유충 발생원의 생태학적 특성

김용기 · 이철민¹ · 이정분² · 배양섭*

인천대학교 생명과학부, ¹국립산림과학원 산림생태연구과, ²국립생물자원관 생물자원총괄과

Seasonal Prevalence of Mosquitoes and Ecological Characteristics of Anopheline Larval Occurrence in Gimpo, Gyeonggi Province, Republic of Korea

Yong Ki Kim, Cheol Min Lee¹, Jeong Boon Lee² and Yang-Seop Bae*

Division of Life Sciences, College of Life Sciences and Bioengineering, University of Incheon, Incheon 406-840, Republic of Korea

¹Division of Forest Ecology, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Republic of Korea

²Biological Resources Coordination Division, National Institute of Biological Resources, Incheon 404-708, Republic of Korea

ABSTRACT: This study was conducted to elucidate the seasonal prevalence of adult mosquitoes and occurrence of anopheline larvae in Gimpo, Gyeonggi province, Republic of Korea. Sampling of adult mosquitoes was carried out 18 times from May to September in 2008, using light traps at six sites. A total of 48,919 individuals belonging to 16 species and 8 genera were collected. *Aedes vexans nipponii* (43%) was the most frequently collected, followed by *Anopheles sinensis* (34%) and *Culex tritaeniorhynchus* (14%). The seasonal prevalence of anopheline mosquitoes had a different occurrence compared to that of *Cx. tritaeniorhynchus*. Anopheline larvae were collected using a standard dipper (size = of 350 ml) at eight habitat types of 203 point locations. Anopheline larvae were confirmed from 138 points (63%). The average larval population per dipper was highest in the lotus plantation (6.9 individuals), followed by irrigation channel (4.5 ind.), dropwort field (3.4 ind.), fallow field (3.1 ind.), paddy field (1.8 ind.), swamp (1.4 ind.), and stream (0.2 ind.). There was no significant relationship observed between larval density and DO, pH, salinity, or distance from blood meal hosts (cowshed, pigsty, chicken-house). In the results of average nearest neighbor analysis (ANNA), the distribution of whole points for mosquito larval collection was clustered, and points with over 4.0 larvae per dipper were randomly distributed. Within the study area Haseong-myeon, those points where over 3.0 larvae were collected were of a dispersed distribution.

Key words: Mosquito, Seasonal prevalence, Larvae density, Average nearest neighbor analysis, Gimpo, Anopheline

초록: 본 연구는 김포시에서 모기성충의 계절적 발생소장과 얼룩날개모기류 유충의 발생을 파악하기 위해서 실시되었다. 성충모기는 6지점에서 유문등을 이용하여, 2008년 5월부터 9월까지 조사되었다. 조사결과 8속 16종 48,919마리가 채집되었다. 금빛숲모기(*Aedes vexans nipponii*)가 43%로 가장 많았고, 중국얼룩날개모기(*Anopheles sinensis*)가 34%, 작은빨간집모기(*Culex tritaeniorhynchus*)가 14%로 이 3 우점종이 전체의 91%를 차지했다. 얼룩날개모기류의 계절적 발생소장은 작은빨간집모기와 비교하여 다른 피크를 보였다. 얼룩날개모기류 유충은 203지점 중 138지점(63%)에서 확인되었다. 지점당 정량조사 결과에서 평균유충밀도는 연꽃 재배지가 6.9개체로 가장 높았으며, 다음으로 수로가 4.5개체, 미나리밭이 3.4개체, 유수지가 3.2개체, 휴경논이 3.1개체, 논이 1.8개체, 습지가 1.4개체, 하천이 0.2개체 순이었다. 유충밀도와 용존산소량, 산도, 염분도, 흙밀월(축사, 돈사, 계사) 사이에 유의한 관계성은 없었다. 최근린평균거리분석(ANNA)의 결과에서, 유충 조사지점간 분포패턴은 전체 조사지점간과 4.0개체 이상 확인된 지점간에서 각각 밀집분포와 불규칙분포였다. 하성면에서는 유충이 3.0 개체 이상 확인된 지점간 분산분포를 나타냈다.

검색어: 모기, 계절적 발생소장, 유충 밀도, 최근린평균거리분석, 김포시, 얼룩날개모기

*Corresponding author: baeys@incheon.ac.kr

Received February 24 2012; Revised July 7 2012

Accepted September 2 2012

모기과(Culicidae) 곤충은 말라리아(malaria), 사상충증(filariasis), 황열(yellow fever), 일본뇌염(Japanese encephalitis), 뎅그열(dengue fever), 웨스트나일(west nile virus) 등 인체, 가축에게 질병을 매개하는 위생곤충으로서 곤충류에선 보기 드물게 전 세계적으로 많은 연구가 진행되어 온 분류군이다. 국내 서식 모기 중 중국얼룩날개모기(*Anopheles sinensis* Wiedemann), 잿빛얼룩날개모기(*An. pullus* Yamada)와 레스터얼룩날개모기(*An. lesteri* Baisas et Hu)는 말라리아(Otsuru, 1949; Kamimura, 1968; White, 1989), 작은빨간집모기(*Culex tritaeniorhynchus* Giles)는 일본뇌염(Wada et al., 1975)의 매개체이기 때문에 이들의 계절적 소장과 유충의 분포특성에 대한 연구는 매우 중요하다. 국내 얼룩날개모기류(Anopheline)에 대한 체계적 연구는 1993년도에 재발생한 삼일열 말라리아 환자로 인하여 재개되었으며(Shim et al., 1997), 모기의 계절적 소장 연구는 미군기지를 중심으로 한 전국 8개 시도 조사(Kim et al., 1995; Kim et al., 1997; Kim et al., 1999; Kim et al., 2001), 울산의 해안가(Jeong and Lee, 2003) 및 주요 농촌과 도시(Ree and Lee, 1991; Yang, 1992; Ree and Lee, 1993; Yoon et al., 1994; Lee et al., 1999; Kim et al., 2000)에서 실시되었다. 또한, 현재에도 질병관리본부를 중심으로 말라리아 유행예측사업이 시, 도의 보건기관에서 실시되고 있다. 국내에서 모기유충에 관한 연구는 유충의 천적에 관한 연구(Yu et al., 1981; Ree and Lee, 1983)와 수답방제에 관한 연구(Shim et al., 1987), 서식밀도에 관한 연구(Lee et

al., 1997), 얼룩날개모기 유충에 관한 연구(Kim et al., 2011) 등이 알려져 있지만, 유충과 발생원의 상관관계에 대한 연구는 거의 수행되지 않았다.

김포시는 김포평야를 이루는 넓은 농경지가 위치해 있기 때문에 김포시 전역에 수로가 발달해 있다. 또한, 모기의 주 흡혈원이라 할 수 있는 축사, 둔사, 계사 등의 393개의 가축농가가 위치해 있어(Gimpo Public Health Center, 2008) 모기가 대량 발생하기에 좋은 환경이다. 본 연구는 김포시에서 서식하는 모기의 계절적 발생소장과 유충밀도를 파악하기 위해서 실시하였다. 또한, 공간분석을 통하여 얼룩날개모기 유충의 발생원의 분포 특성을 중점적으로 검토하였다.

재료 및 방법

조사지의 특징과 계절적 소장조사

김포시는 다양한 가축농가가 위치하고 있으며, 그 중 한우 농가가 140개로 가장 많고, 젓소 농가(75개), 양돈 농가(69개), 산란계 농가(50개), 육계 농가(34개), 육우 농가(25개) 순이었다(Gimpo Public Health Center, 2008). 한우농가는 하성면과 대곶면에 가장 많이 위치해 있으며, 젓소농가는 하성면과 월곶면에 가장 많이 위치해 있다(Fig. 1). 양돈농가도 월곶면, 대곶면에 많이 위치하여 대동물 사육농가는 월곶면, 하성면, 대곶면 등에

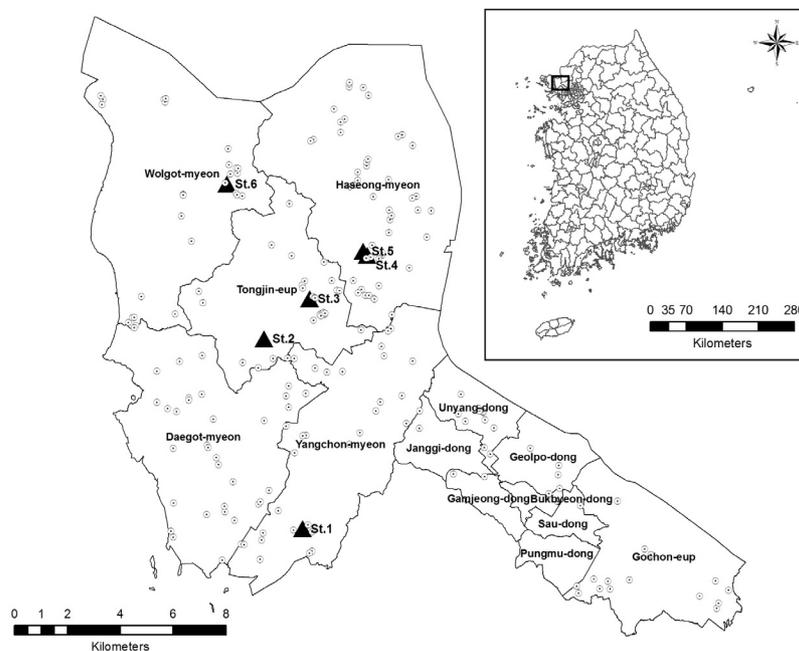


Fig. 1. Investigation areas and adults (▲) and anopheline larval (○) collecting sites in Gimpo, Korea (Adults: St. 1, 2, 3, 4, 5, 6; Larvae: 203 points).

다수 위치한 것으로 나타났다. 육계 농가는 양촌면, 산란계는 통진읍에 주로 분포한다.

조사지는 농경지, 공장 및 주거지, 농경지로 둘러싸인 우사, 산림인근지역, 우사와 돈사의 거리가 가까운 지역 등 환경이 다른 6지점을 설정했다. 그 이유는 김포시 모기의 계절적 발생 소장 뿐만 아니라 주 흡혈원으로 예상되는 가축의 사육시설로 유인된 모기의 밀도를 알아보기 위함이다. 조사지는 St. 1~6으로 표시하였고, WGS84의 좌표체계를 따랐다. St. 1 (N37 36 56.9 E126 36 44.5)은 김포시 양촌면 학운1리의 학운리 마을회관으로 주변은 농경지이다. St. 2 (N37 40 49.6 E126 35 44.0)는 김포시 통진읍 가현2리의 주택지로 주변에 소규모의 공장과 민가가 위치한 주거지역이다. St. 3 (N37 41 39.0 E126 36 53.8)은 김포시 통진읍 서암2리의 우사로 주변은 농경지로 둘러싸여있다. St. 4 (N37 42 32.6 E126 38 22.6)는 김포시 하성면 마곡리에 위치한 우사로 남측으로 농경지 북측으로 마을이 형성되어 있다. St. 5 (N37 42 37.5 E126 38 16.5)는 김포시 하성면 마곡리에 위치한 재래식 돈사로 주변에 도로와 마을이 있다. St. 6 (N37 43 59.2 E126 34 45.3)는 김포시 월곶면 개곡4리의 개곡4리 마을회관으로 논과 산으로 둘러싸여있다.

조사는 2008년 5월부터 9월말까지 매주 1회씩 총 18회에 걸쳐 유문등 조사(Insect light trap, Nozawa type, 신영통상시스템, SC 2000)를 실시하였다. 각 조사지에 유문등을 설치하여 매주 1회씩 일몰 1시간 전에 가동하여 일출 1시간 후인 익일 오전에 수거하였다. 유문등에 부착한 채집망은 직경 30 cm, 길이 80 cm로 제작하여, 하단부에 원형의 ring을 달아 편평하게 하여 표본의 손상을 방지하였다. 우천시에는 조사지정일 전후로 변경하여 비가 오는 날은 조사를 피하였다.

얼룩날개모기 유충발생원조사

얼룩날개모기 유충의 발생밀도를 조사하기 위해서, 김포시에서 가장 많은 수환경을 차지하는 논(Paddy, 84지점), 농사를 짓지 않는 휴경논(Fallow field, 7지점), 미나리 재배지인 미나리밭(Dropwort field, 4지점), 다양한 수생식물이 서식하는 습지(Swamp, 3지점), 연꽃재배지(Lotus plantation, 2지점), 우천시 빗물이 고이거나 혹은 공사장 침사지와 같은 우수지(Puddle, 10지점), 수로(Irrigation channel, 88지점), 하천(Stream, 5지점), 총 203 지점(7월 23일~8월 1일: 100지점, 9월 1일~9월 7일: 103지점)에서 실시하였다. 조사는 dipper (높이: 5.5 cm × 지름: 12 cm)를 이용하여 350 ml의 물을 채취하여 높이 약 5 cm의 직사각형의 백색 간이수조(vat)에 채집한 모기유충을 임시로 담아두고 1령부터 종령유충, 번데기의 개체수를 계수하였다. 조사기록은

얼룩날개모기류와 그 외의 모기로 나누어 현장에서 계수하였고, dipping은 10회 반복하여, 채집된 유충을 1회 채집한 값으로 환산하여 기록하였다.

유충조사 지점에서 수질을 측정하였으며, 다항목 휴대용 수질측정기(HORIBA, U-10)를 사용하여 용존산소량(DO), 염분도(salinity), 산도(pH)를 현장에서 측정하여 기록하였다. GPS 정보는 휴대용 GPS수신기(Garmin, Vista C)를 사용하였고, 유충조사 지점에 대한 좌표를 기록하였다. 기록된 좌표체계는 WGS84좌표체계를 TM방식으로 변환하여 사용하였으며, 유충조사 결과와 수질측정 결과를 기록하였다.

분석방법

성충모기는 유문등 망을 냉동실에 24시간 보관하여 치사시킨 후 육안으로 1차 분류 작업 후 모기류를 대상으로 해부현미경을 이용하여 종 동정 후 종별로 계수하였다. *Anopheles sinensis* s.s.와 현미경상으로 동정이 거의 불가능한 벨렌얼룩날개모기(*An. belenrae* Rueda)와 클라인얼룩날개모기(*An. kleini* Rueda)는 *An. sinensis*로 통합하여 표기하였다.

주흡혈원(feeding resources)인 우사, 돈사, 계사와의 관련성을 분석하기 위하여 김포시보건소에서 관리하는 ‘가축사육현황(Gimpo Public Health Center, 2008)’에 대한 자료 중 사육을 중단한 농가 등을 제외하고 김포시 내 우사 166지점, 계사 72지점, 돈사 66지점에 대해서 주소지와 사육두수 정보를 분석에 이용하였다. 사육농가의 주소지를 지번으로 검색한 후 ArcGIS에서 point로 변환하여 유충조사 지점과 최근거리에 위치한 각각의 가축사육시설과의 거리를 측정하였다. 얼룩날개모기류의 유충밀도와 용존산소량, 산도, 염분도, 그리고 우사, 돈사, 계사와의 최단거리와의 관계를 분석하기 위해서 회귀분석을 실시하였고 통계분석은 SPSS 12.0K를 이용하였다.

얼룩날개모기류 유충의 조사결과를 분석하기 위하여 ArcGIS 9.3의 Spatial Analysis 도구를 사용하였다. 최근린평균거리분석(Average Nearest Neighbor Analysis) 기법으로 분석하였다. 최근린평균거리분석은 가장 인접한 같은 속성을 가진 대상까지의 거리를 측정해 평균을 구하여 무작위적인 분포와 비교한 후 분포의 형태가 정규분포인지 아닌지를 검정하는 분석이다(Yoo et al., 2011). 분석대상이 특정지역에 집중되어 있는지, 불규칙적인 분포인지 혹은 분산하여 분포하는지를 확인할 수 있다(Wong and Lee, 2005). 분석에 사용하는 수식은 다음과 같다.

$$ANN = \frac{D_o}{D_e}, Z_R = \frac{D_o - E_e}{SE_r} \quad (D_o = \sum \frac{d_i}{n} : \text{표본간 실측거리}, D_e =$$

$$\left(2\sqrt{\frac{n}{A}}\right)^{-1} : \text{이상적 분포에 의한 기대거리}, SE=0.26136\sqrt{\frac{A}{n^2}} :$$

표본인근 최단거리의 표준오차, A: 대상지 면적, $Z_R > 1.96$: 분산 분포, $1.96 > Z_R > -1.96$: 불규칙분포, $-1.96 > Z_R$: 밀집분포를 의미함.)

결과 및 고찰

성충 조사 결과와 계절 소장

조사결과 모기는 총 8속 16종 48,919개체가 확인되었다 (Table 1). 각 조사지의 종수와 개체수를 보면 St. 1이 9종 2,669개체, St. 2가 8종 273개체, St. 3이 11종 3,593개체, St. 4가 12종 26,881개체, St. 5가 14종 14,962개체, St. 6이 12종 551개체가 채집되었다. St. 4와 St. 5가 다른 조사지와 비교하여 개체수가 월등히 많이 채집되었다. 두 지점이 우사와 돈사이기 때문으로 판단된다. 반면 St. 3도 우사이지만, St. 4와 St. 5에 비하여 개체수가 적게 조사되었는데, 측사 주변 논과 수로의 방역 여부와 농법에 따라 차이가 발생한 것으로 사료된다. 또한, 조사시 유문 등에 매우 많은 물방개 성충이 채집되었다(Kim, Y.K., unpublished observation). 물방개 유충은 모기유충의 천적으로 알려져 있어 (Ree and Lee, 1983), 본 지점의 경우 모기유충과 물방개의 발생

밀도 사이에 연관성이 있을 것으로 추정되며 이에 대한 추가 조사가 필요할 것으로 생각된다.

우점종은 금빛숲모기(*Aedes vexans nipponii* (Theobald))가 21,040개체(43%)로 가장 많았으며, 중국얼룩날개모기(*An. sinensis*)가 16,764개체(34%), 작은빨간집모기(*Cx. tritaeniorhynchus*)가 6,801개체(14%)로 전체의 91%(44,605개체)를 차지했다. 말라리아와 일본뇌염을 매개하는 얼룩날개모기류와 작은빨간집모기의 계절적 발생소장을 보면, 얼룩날개모기류는 5월 넷째주인 조사 시작일부터 개체수가 증가하였으며 9월 넷째주까지 많은 개체수가 조사되었다(Fig. 2). 얼룩날개모기류는 6월 셋째주에 309개체에서 넷째주에 1,796개체로 개체수가 급격히 증가하면서 발생하였고, 9월 첫째주까지 높은 밀도를 유지하였다가 점차 감소하였다. 김포시 월곶면에 대해 조사된 이전 기록(Shim et al., 1997)에서도 7월부터 9월까지 높은 밀도를 나타냈었다. 반면, 작은빨간집모기는 7월 둘째주에 St. 1 지점에서부터 확인되어, 8월 셋째주에 365개체에서 넷째주는 1,919개체로 개체수가 급격히 증가하였고, St. 5 지점에서는 9월말까지 다소 많은 개체수로 발생하는 특성을 보였으나, 대부분 지역에서 9월 말경부터 발생 밀도가 감소하는 양상을 보였다(Fig. 3). 작은빨간집모기의 비율은 전체 모기 개체수의 14%이지만, 급증한 8월말부터 9월말까지의 발생비율은 35%로 같은 기간 얼룩날개모기 비율인 29%보다 높았다. 작은빨간집모기에 대해서도 김포시 월곶면의

Table 1. Number of mosquitoes collected with light traps at six sites in Gimpo from May to September, 2008

Species ¹⁾	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	Whole sites
<i>Anopheles lesteri</i> *	1	-	-	-	6	3	10
<i>An. pullus</i> *	19	6	212	670	213	3	1,123
<i>An. sinensis</i> *,**	738	99	1,586	8,797	5,375	169	16,764
<i>An. sineroides</i>	-	-	-	-	1	9	10
<i>Aedes vexansnipponii</i>	74	33	578	13,976	6,268	111	21,040
<i>Stegomyia albopicta</i>	-	-	-	1	2	1	4
<i>Hulecoeteomyia koreica</i>	1	5	1	14	38	2	61
<i>Oclerotatus dorsalis</i>	-	-	4	4	8	-	16
<i>Armigeres subalbatus</i>	3	12	2	13	22	1	53
<i>Culex inatomii</i>	-	4	-	5	-	-	9
<i>Cx. bitaeniorhynchus</i>	2	-	3	2	1	1	9
<i>Cx. orientalis</i>	-	-	1	-	-	3	4
<i>Cx. pipienspallens</i>	344	79	482	1,522	358	226	3,011
<i>Cx. tritaeniorhynchus</i> †	1,487	35	713	1,876	2,668	22	6,801
<i>Cx. vagans</i>	-	-	1	1	1	-	3
<i>Mansonia uniformis</i>	-	-	-	-	1	-	1
Species richness	9	8	11	12	14	12	16
Individuals	2,669	273	3,583	26,881	14,962	551	48,919

* : Malaria vector species

** : Including *An. belenrae* and *An. kleini*

† : Japanese encephalitis vector species

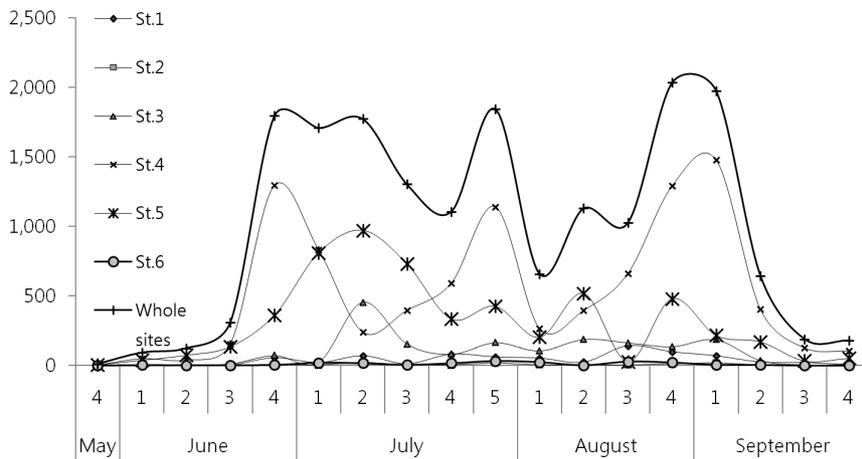


Fig. 2. Seasonal prevalences of *Anopheles* adults at six sites in Gimpo from May to September, 2008.

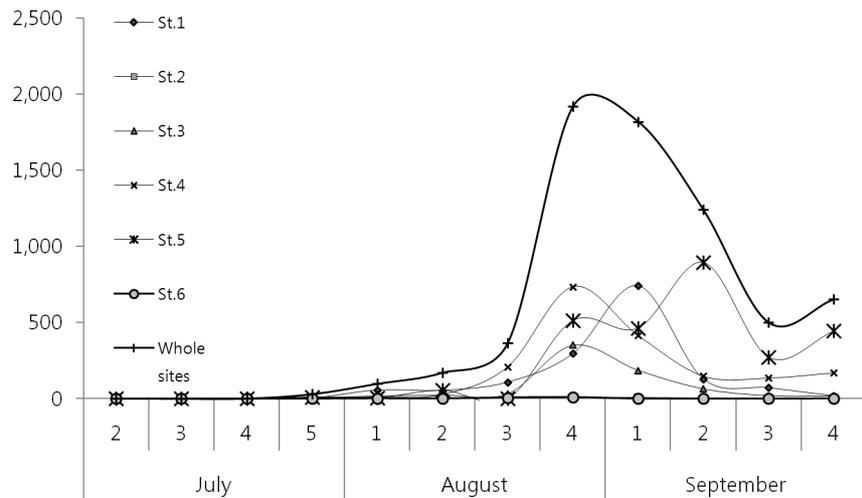


Fig. 3. Seasonal prevalences of *Cx. tritaeniorhynchus* adults at six sites, in Gimpo from July to September, 2008.

과거 조사기록(Shim et al., 1997)과 유사한 양상으로 발생하는 것으로 미루어 볼 때 매년 이와 같은 유형으로 발생할 것으로 추정된다. 김포시의 경우 말라리아 유행지역으로 알려져 있으나, 작은빨간집모기의 발생밀도도 높은 만큼, 일본뇌염발생에 대한 주의도 필요할 것으로 보인다.

얼룩날개모기유충 발생원 조사

서식지 유형별 조사결과

203지점에서 얼룩날개모기 유충이 확인된 곳은 138지점으로서 전체조사지점의 68%로 나타났다(Table 2, Fig. 4). 8개의 서식지 유형에 따른 모기유충의 서식을 확인할 결과, 논, 휴경논, 미나리밭, 연꽃재배지, 유수지는 71%이상의 지점에서 모기유

충이 서식하는 것을 확인할 수 있었다. 반면, 습지, 하천과 수로는 33~56%로 비교적 적은 지점에서 확인되었다. 이는 경기도 북부권역에서 조사한 Kim et al. (2011)의 조사에서 확인된 결과와 비교할 때 논과 수로, 유수지에서는 비슷한 결과로 나타났다. 물이 항상 고여 있거나 유속이 느린 곳에서는 모기유충이 안정적으로 발생하고 있고, 물이 마르거나 유속이 빠른 곳에서는 불안정적으로 발생하는 것으로 생각된다. 총 조사 지점에서 확인된 유충의 수는 409.1개체로서 모기 유충이 확인된 각 지점에서 평균 3.0개체가 확인되었다(Table 2). 연꽃재배지가 6.9개체로 가장 높았으며, 다음으로 수로가 4.5개체, 미나리밭이 3.4개체, 유수지가 3.2개체, 휴경논이 3.1개체, 논이 1.8개체, 습지가 1.4개체, 하천이 0.20개체로 가장 적게 나타났다.

유충의 밀도와 염분도, 산도와의 관계를 회귀분석한 결과, 용존산소량($r^2 = 0.02, P = 0.04$), 염분도($r^2 = 0.00, P = 0.93$)와 산

Table 2. Number of collected sites and individuals of anopheline larvae collected with a dipper at 203 points of eight types, in Gimpo from June to September, 2008

Habitat type	Whole sites	Number of collected sites	Percentage ¹⁾	Individuals	Density ²⁾
Paddy	84	67	80	118.0	1.8
Fallow field	7	5	71	15.5	3.1
Dropwort field	4	3	75	10.1	3.4
Irrigation channel	88	49	56	221.1	4.5
Swamp	3	1	33	1.4	1.4
Lotus plantation	2	2	100	13.7	6.9
Puddle	10	9	90	28.9	3.2
Stream	5	2	40	0.4	0.2
Total	203	138	68	409.1	3.0

¹⁾ Percentage of number of sites collected Anopheles larvae in the whole site.

²⁾ Mean number of individuals of Anopheles larvae collected per one site.

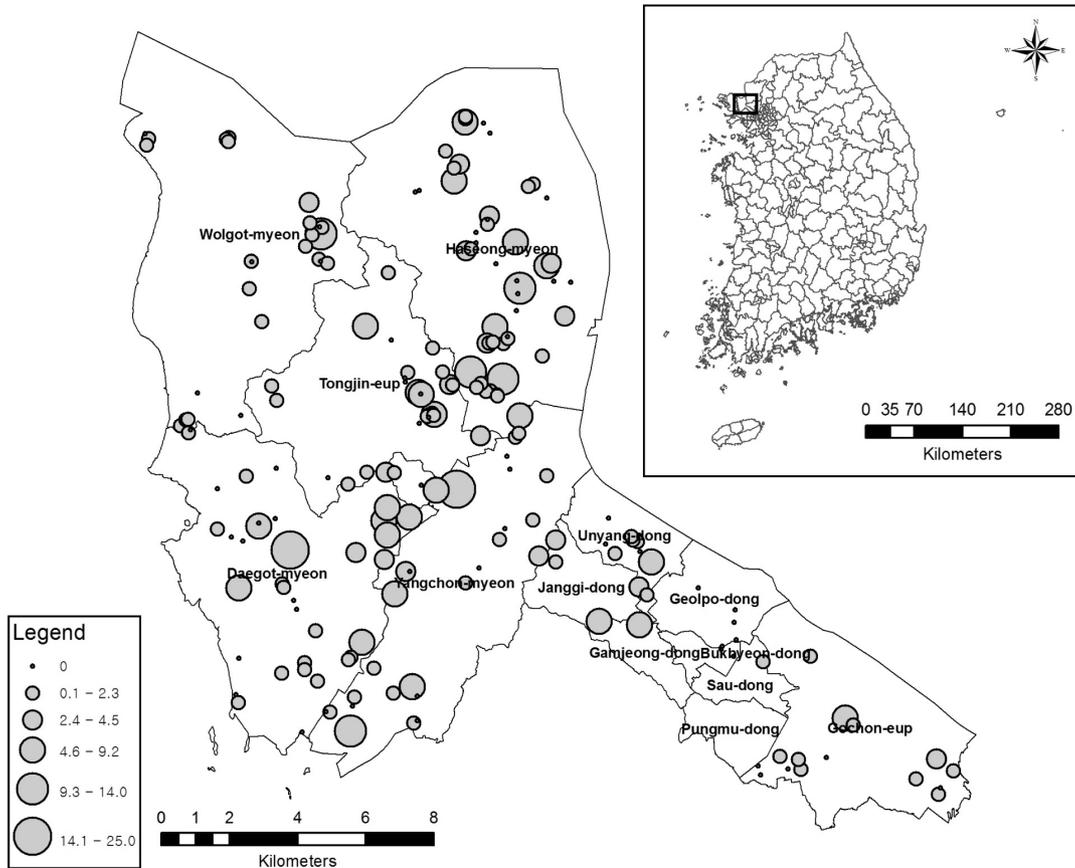


Fig. 4. A graduated symbol map of anopheline larval density of each investigation point (Quantitative values of symbols are represented by natural breaks (Jenks).

도($r^2 = 0.00, P = 0.42$) 중 용존산소량만이 유의한 차이를 보였다. 하지만, 독립계수가 너무 낮기 때문에 실제로는 관계가 없는

것으로 보인다. 물속의 유기물량을 나타내는 질소와 인 그리고 탁도 및 산도와의 연관성은 낮은 것으로 알려져 있기 때문에

(Minakawa et al., 2005), 수환경의 미미한 차이는 얼룩날개모기류 유충의 서식에 있어서 큰 요인으로 작용하지 않는 것으로 보인다.

가축사육농가(흡혈원)와 얼룩날개모기 유충의 분포

모기유충의 발생과 주 흡혈원인 우사, 돈사, 계사와의 상관관계를 알아보기 위하여 유충 조사지점 203지점과 166지점의 우사, 66지점의 돈사, 72지점의 계사, 그리고 3개의 농가를 모두 합한 304지점의 가축사육농가에 대한 최인접거리를 산출하여 회귀분석을 실시하였다. 각 유형별로 최인접거리와 유충의 발생과의 관계를 비교한 결과, 축사($r^2 = 0.018, P = 0.053$), 돈사($r^2 = 0.003, P = 0.443$), 계사($r^2 = 0.006, P = 0.273$), 가축사육농가($r^2 = 0.007, P = 0.220$) 모두에서 특별한 연관성이 나타나지 않았다.

또한 대량사육농가와와의 관련성을 알아보기 위하여, ArcGIS 상에서 사육두수를 natural breaks (Jenks)로 구분한 뒤 상위 2 class에 해당하는 우사, 돈사, 계사와의 최단거리의 관련성을 비교한 결과, 83마리 이상 사육하는 우사($r^2 = 0.005, P = 0.326$), 2,000마리 이상 사육하는 돈사($r^2 = 0.003, P = 0.441$), 32,000마리 이상 사육하는 계사($r^2 = 0.008, P = 0.215$) 모두에서 유의한 관계가 나타나지 않았다. 이러한 이유는 모기의 주흡혈원이 되는 사육농가들이 김포시 전역에 산재되어 있으며, 사육농가의 자체 방역과 농약사용여부 등의 영향요인이 복합적으로 간섭하여 흡혈원과의 상관성을 유추하기 어렵게 만든 것으로 판단된다.

얼룩날개모기의 분포 특성

유충 전체 조사지점인 203지점, 유충이 확인된 138지점과 4.0개체 이상 조사된 35지점, 5.0개체 이상 조사된 31지점 등을

대상으로 최근린평균거리분석을 실시하였다. 그 결과 전체 조사지점에 대한 분포($O/E = 0.51, Z = -13.5, P < 0.01$)와 유충이 확인된 지점에 대한 분포($O/E = 0.54, Z = -10.3, P < 0.01$)는 밀집분포를 나타냈다(Table 3). 유충의 서식지가 수환경으로 제한되어 있음을 감안할 때 유충조사는 무작위적 조사를 실시하였음에도 불구하고, 밀집된 형태로 조사되었음을 의미하였다. 그러나, 4.0개체 이상 조사된 지점에 대한 분포($O/E = 0.87, Z = -1.5, P = 0.15$)와 5.0개체 이상 조사된 지점에 대한 분포($O/E = 0.95, Z = -0.5, P = 0.61$)는 불규칙 분포하는 것으로 확인되었다. 이 결과는 유충의 발생밀도가 높은 지점은 산재해서 발생한다는 것을 의미한다. 김포시 하성면에서 조사된 결과만을 분석하였을 때 더욱 구체적인 결과를 얻었다. 하성면에서 조사한 49지점 중 유충이 확인된 34지점과 3.0개체 이상 확인된 14지점을 비교하였을 때, 하성면 전체 조사지점의 분포($O/E = 0.74, Z = -3.53, P < 0.01$)와 유충이 확인된 지점의 분포($O/E = 0.79, Z = -2.36, P < 0.05$)는 밀집분포로 나타났으나, 3.0개체 이상 확인된 지점은 분산분포($O/E = 1.55, Z = 3.94, P < 0.01$)하는 것으로 나타났다(Table 3). 이것은 유충의 발생밀도가 높은 지점은 등간격으로 떨어져 있음을 의미하고 있다. 따라서, 유충밀도가 높은 지점 주변으로 유충이 분산하여 서식하는 것으로 판단할 수 있으며, 이것은 성충의 산란선호지역이 분산되어 있거나, 산란 후 유충의 생존율이 높은 지역이 있는 것을 의미하는 것으로 판단된다. 그러나, 유충의 서식밀도에 관여하는 수환경, 사육농가의 자체방역, 관리부처에 의한 종합적 방제, 농약사용 유무 등 많은 외부환경요인을 고려하여야 하므로, 발생밀도가 높은 지역을 효율적으로 관리하기 위해서는 유충의 발생밀도가 높은 지역에 대한 정기적인 조사와 흡혈원에 대한 조사, 서식지의 특성에 대한 조사가 다각도로 수행되어야 할 것이다.

Table 3. Differences of the average nearest neighbor at anopheline larval breeding points in Gimpo, Korea

Types of analysis and testing value	Whole sites				Sites in Haseong-myeon		
	Whole (203 points)	Individuals of over 0.1 (138 points)	Individuals of over 4.0 (35 points)	Individuals of over 5.0 (31 points)	Whole (44 points)	Individuals of over 0.1 (34 points)	Individuals of over 3.0 (14 points)
Observed mean distance (m)	383.5	497.0	1207.8	1402.5	293.2	327.1	936.3
Expected mean distance (m)	757.4	914.7	1386.2	1472.9	398.3	414.9	603.8
Observed/Expected mean distance	0.51	0.54	0.87	0.95	0.74	0.79	1.55
Z score	-13.5	-10.3	-1.5	-0.5	-3.53	-2.36	3.94

사 사

본 연구는 김포시보건소의 2008년 모기발생원 및 발생밀도 조사 사업으로 수행되었으며, 연구를 원활히 수행할 수 있도록 도와주신 (주)생태기술연구소의 임직원들과 김포시보건소의 이선희님께 감사드립니다. 이 논문의 일부는 인천대학교 2011년도 자체연구비 지원에 의하여 연구되었다.

Literature Cited

- Gimpo Public Health Center. 2008. Survey of mosquito habitat and density. Gimpo, Korea (Final report). pp. 4-5.
- Jeong, Y.S., Lee, D.K., 2003. Prevalence and seasonal abundance of the dominant mosquito species in a large march near coast of Ulsan. Korean J. Appl. Entomol. 42: 125-132.
- Kamimura, K. 1968. The distribution and habitat of medically important mosquitoes of Japan. Jap. J. Sanit. Zool. 19: 15-34.
- Kim, H.C., Lee, K.W., Robert, L.L., Sardelis, M.R. Chase, F.E., 1995. Seasonal prevalence of mosquitoes collected from light trap in Korea (1991-1992). Kor. J. Entomol. 25: 225-234.
- Kim, H.C., Lee, K.W., Miller, W.B., Strickman, D.A., 2001. Seasonal prevalence of mosquitoes collected from light trap in Korea(1997-1998). Kor. J. Entomol. 31:7-13.
- Kim, H.C., Strickman, D.A. Lee, K.W., 2000. Seasonal prevalence and feeding activity of *Anopheles sinensis* (Diptera: Culicidae) in the Northwestern part of Kyonggi province, Republic of Korea. Kor. J. Entomol. 30: 193-199.
- Kim, H.C., Lee, K.W., Jones, J.W., Worch, G.W., 1997. Seasonal prevalence of mosquitoes collected from light trap in Korea (1993-1994). Kor. J. Entomol. 27: 21-28.
- Kim, H.C., Lee, K.W., Klein, T.A., Strickman, D.A. 1999. Seasonal prevalence of mosquitoes collected from light trap in Korea(1995-1996). Kor. J. Entomol. 29: 181-187.
- Kim, H.C., Rueda, L.M., Wilkerson, R.C., Foley, D.H., Sames, W.J., Chong, S.T., Nunn, P.V., Klein, T.A., 2011. Distribution and larval habitats of *Anopheles* species in northern Gyeonggi Province, Republic of Korea. J. Vec. Ecol. 36: 124-134.
- Lee, D.K., Cho, H.C., Kwon, H.D., Lee, C.N., Ha, S.T., Bin, J.H., Jung, G.Y., 1999. Seasonal prevalence of mosquitoes collected from light trap in Pusan, Korea (1993-1995). Kosin J. Health Sci. 9: 79-86.
- Lee, D.K., Jeon, J.H., Kang, H.S., Yu, H.S., 1997. Analysis of aquatic ecosystems in organic and conventional farming rice fields and mosquito larval populations. Kor. J. Entomol. 27: 203-214.
- Minakawa, N., Munga, S., Atieli, F., Mushinzimana, E., Zhou, G., Githeko, A.K., Yan, G., 2005. Spatial distribution of anopheline larval habitats in western Kenyan highlands: effects of land cover types and topography. Am. J. Trop. Med. Hyg. 73: 157-165.
- Otsuru. M., 1949. A new species of *Anopheles hyrcanus* in Japan. Fukuoka Iagku Zassi. 40: 139-148.
- Ree, H.I., Lee, S.K., 1991. Studies on mosquito population dynamics in Cholla-bugdo, Korea (1985~1990) I. Seasonal and annual fluctuations in population size. Kor. J. Entomol. 21: 141-155.
- Ree, H.I., Lee, S.K., 1993. Studies on mosquito population dynamics in Chollabug-do, Korea (1985-1990) 2. Factors influencing population sizes of *Culex tritaeniorhynchus* and *Anopheles sinensis*. Kor. J. Entomol. 23: 185-194.
- Ree, H.I., Lee, W.J., 1983. Laboratory studies on predation efficacy of some Odonata Nymphs and Coleoptera Larvae against mosquito Larvae. Kor. J. Entomol. 13: 31-38.
- Shim, J.C., Shin, E.H., Yang, D.S., Lee, W.K., 1997. Seasonal prevalence and feeding time of mosquitoes (Diptera: Culicidae) at outbreak regions domestic malaria (*P. vivax*) in Korea. Kor. J. Entomol. 27: 265-277.
- Shim, J.C., Yoon, Y.H., Kim, C.L., Lee, W.J., Lee, B.I., Kim, S.C., 1987. Integrated control of vector mosquitoes in rice fields. Kor. J. Entomol. 17: 83-91.
- Wada, Y.T., Oda, M. Mogi, A. Mori, N. Omori, H. Fujumi, K. Hayashi, J. Mifune, A. Shichijo and S. Matsuo. 1975. Ecology of Japanese encephalitis virus in Japan. II. The population of vector mosquitoes and the epidemic of Japanese encephalitis. Trop. Med. 17: 111-127.
- White, G.B., 1989. Geographical distribution of arthropod-borne diseases and their principal vector. 1. MALARIA, WHO/VBC/89.967, 7-20.
- Wong, D.W., Lee, J., 2005. Statistical analysis of geographic information with ArcView GIS and ArcGIS. John Wiley & Sons, INC. Hoboken, New Jersey, USA. 441 pp.
- Yang, K.H. 1992. Seasonal abundance of mosquito collected by blacklight trap and identification of mosquito host blood sources in Suwon. M.S. thesis. Seoul National Univ. 46 pp.
- Yoo, S.H., Kwon, H.S. Park, J.J., Park, C.H., 2011. Spatial distribution of feeding site and the relationship between density and environmental factors (roosting site, road and residence) of cranes in Cheorwon Basin, Korea. Kor. J. Environ. Ecol. 25: 516-525.
- Yoon, J.H., Park, H.C., Jung, B.G., Sohn, S.R., Park, S.H., 1994. Seasonal prevalence of mosquitoes collected with light trap - At a cow shed in the vicinity of Taegu city, Korea. Kor. J. Entomol. 24: 7-17.
- Yu, H.S., Yun, Y.H., Lee, D.K., Lee, W.J., 1981. Biological control of mosquito larvae breeding in rice paddies in the presence of fish predator. Kor. J. Entomol. 11: 29-37.