

## 국내 최초 환경부 지정 논 습지 지역인 공검지의 곤충 다양성

김명환·황정호·최은영·박진영\*·박종균†

경북대학교 생태환경대학 생태환경관광학부 생물응용전공  
\*국립생태원

### Insect Diversity on the Paddy Field Wetland, Gonggeom-ji, Sangju, first designed by Ministry of Environment, Korea

Myeong-Hwan Kim·Jeong-Ho Hwang·Eun-Young Choi·Jinyoung Park\*·Jong-Kyun Park†

Department of Applied Biology, Kyungpook National University

\*National Institute of Ecology, Korea

(Received : 14 October 2016, Revised: 23 January 2017, Accepted: 09 February 2017)

#### 요약

본 연구는 2011년 환경부가 보호습지로 지정한 최초의 논습지인 상주 공검지에 서식하는 곤충의 다양성을 평가하기 위해 수행되었다. 채집방법은 직접잡기, 쓸어잡기와 함정트랩을 이용하였으며, 2014년도 3월~11월 중에서 4회 채집하였다. 본 연구에서 총 8목 78과 205속 227종 1,327개체가 확인되었다. 이 중 딱정벌레목이 가장 풍부했고 (42.73%), 노린재목이 두 번째로 많았다(22.47%). 이 연구에서 총 다양성지수는 6.339로 매우 높게 나타났다. 우점도지수는 0.143, 균등도는 0.810로 나타났다. 전체적으로, 종간 경쟁이 높고 군집 안정도 또한 높다. 그러므로 공검지는 안정적인 환경인 환경을 가졌다고 할 수 있다.

핵심용어 : 논습지, 경북 상주, 공검지, 곤충상, 생물다양성

#### Abstract

This study was conducted to know the wetland insect diversity at Gonggeom-ji in Sangju city which is the first designated paddy field wetland protection by the Ministry of Environment of Korea in 2011. Data was collected at four times from March to November in 2014 using by Searching, Sweeping and Pitfall trap methods. In this study a total of 227 species of 205 genera belonging to 78 families from 8 orders were collected and individuals were 1,327. Among them, the order of Coleoptera was the most species-rich (42.73%), Hemiptera was the second order (22.47%). In the total diversity index (H') was 6.339 that means highly positive. Dominant Index (DI) was 0.143, Evenness index (EI) was 0.810. Over all survey periods, interspecies competitiveness was high, and community stability was also high. Therefore Gonggeom-ji wetland revealed stable and positive environmental situation.

Key words : Biodiversity, Gonggeom-ji wetland, Gyeongbuk Sangju, Insect fauna, Paddy field

## 1. 서론

본 대상 지역인 공검지는 경상북도 상주시 공검면 비재로 1333(양정리 199-84)에 위치하고, 중부내륙고속도로를 지나 는 북상주 부근이다. 경상북도 기념물 제121호로 지정되어 있고, 제천 의림지, 김제 벽골제와 더불어 국내에서 가장 오래된 인공저수지 중의 하나이며, 조선시대 3대 저수지로 알려져 있다. 약 1400년 전 후삼국시대에 벼농사를 짓기 위해 조성된 저수지이며(Lim et al., 2011; DREO, 2014), 공검지는 생태적 역사·문화적 가치가 커 일찍부터 주목 받았으며, 자라풀과 물쭉

등 식물과 파충류 양서류 조류 등 160여 가지 동·식물이 서식하는 등 공검지의 가치를 인정하여 환경부는 2011년 6월 이곳을 국내 최초 '논 습지' 보호지역으로 지정하였다(DREO, 2013).

습지는 영구적으로나 계절적으로 습한 상태를 유지하고 이러한 환경에 적응한 식물이 서식한다. 육상생태계(Terrestrial ecosystem)와 수생생태계(Aquatic ecosystem) 사이의 전이지대인 독특한 동적 생태계로 습지에 의지하는 생물상 역시 생산성과 다양성이 높은 것으로 알려져 있고(Dobson and Frid, 2008), 유해 화학물질을 정화시키며, 홍수억제 및 수량조절의 기능을 하고 있을 뿐만 아니라(Mualmoottil et al., 1996) 생태적 생산성이 산림의 20배에 달할 정도로 높아 서식하는 동식물의 종도 다양하여 생태적 보존 가치가 높은 곳이다(Kang and Choi, 2007). 또한 자연적으로 만들어진 자연 습지와

† To whom correspondence should be addressed.  
Department of Applied Biology, Kyungpook National University  
E-mail: entopark@knu.ac.kr

인공습지로 나누어지는데, 우포늪과 같은 습지는 자연습지 중의 하나이고, 논은 대표적인 인공습지 중의 하나이다(Lim et al., 2013). 특히 습지는 지구상에서 가장 영양물질이 풍부하고 생산성이 높은 생태계로 인식되고 있고, 여러 가지 생태적 기능을 제공해 주는 것으로 알려져 있으며, 이러한 습지의 곤충 다양성에 대한 선행 연구가 있었다(Ahn and Park, 2012; Ahn, 2013; Jeong et al., 2010; Kim, 2008). 그러나 논습지에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 하지만 2008년 제10차 람사르 당사국 총회에서 논을 습지의 한 형태로 분류하고 논을 생물다양성 증진이라는 결의문이 채택됨에 따라 논 생물 다양성의 인식과 보전에 대한 사회적 관심이 증가하였다. 또한 논습지는 인접생태계를 연결하는 연결기능과 물의 공급으로 다양한 생물들의 부양공간이 되고 있다(Kwon and Choi, 2009).

그 중 곤충류는 서식지 특이성이 높아 환경지표 생물로서의 가치뿐만 아니라 주변 환경과 밀접한 관계를 나타내고 곤충에 대한 조사는 해당 생태계의 환경질을 측정할 수 있는 기준으로 활용할 수 있다(KNPS, 2006). 또한 조류, 양서류, 파충류 등의 먹이원으로 가치가 높아 습지 생태계 안정성을 유지하는데 중요한 역할을 하는 생물군이다(Kim and Kim, 2013).

본 연구는 이러한 생태적 역사-문화적 가치가 매우 높은 공검지에 서식하는 곤충상을 조사하고, 특히 생물 다양성이 매우 높은 ‘인공 논 습지’의 곤충상 분포도를 조사하여, 공검지 일대의 자연환경관리와 보존에 필요한 정보나 체계적인 관리체계를 구축할 수 있도록 하는 기초자료를 제공하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 조사지역 및 기간

조사 지역인 공검지는 경상북도 상주시 공검면 비재로 1333 (양정리 199-84)에 위치하고, 중부내륙고속도로를 지나는 북상주 부근이며 중심부 저수지와 주변 논을 포함하는 복합적인 인공습지다. 공검지 일대를 주간 조사하였으며, 2014년 3월 ~ 11월까지 총 4회 현지 조사를 진행하였다(Fig. 1, Table 1).

**Table 1.** The surveyed season at the Gonggeom-ji wetland

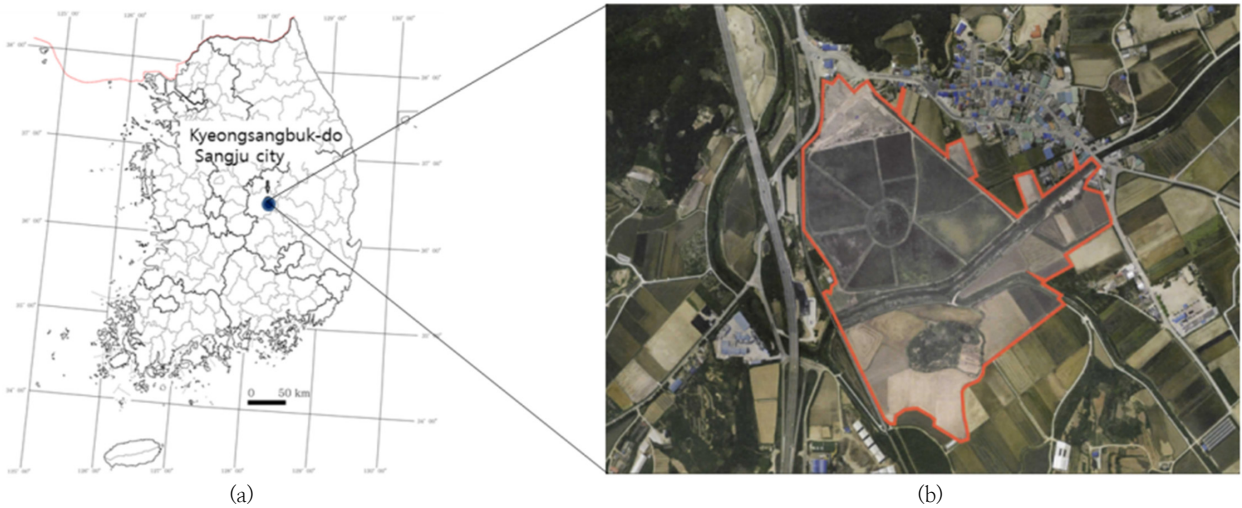
Date of survey	
Spring	2014. 03. 26 ~ 27
Summer	2014. 06. 19 ~ 20, 08. 28 ~ 29
Autumn	2014. 11. 06 ~ 07

### 2.2 조사방법

본 조사는 생물다양성이 풍부한 논 습지에서 진행되었고, 곤충의 행동 습성이 매우 다양하기 때문에 가능한 여러 가지 채집방법으로 육안조사법, 쓸어잡기법, 함정트랩을 활용하였다(Fig. 2).

### 2.3 채집물 보관 및 분류

분류 및 동정에는 각종 도감과 문헌을 참고하였고, 분류가 어려운 종들은 전문가에게 문의하였다. 동정된 종 중 환



**Fig. 1.** An aerial photo of Gonggeom-ji wetland in Sangju, Korea. (a) Map of sites in Sangju, (b) Map of sites in Gonggeom-ji



**Fig. 2.** Collecting methods for all season. (a) Sweeping, (b) Pitfall trap, (c) Searching

경부 지점 고유종, 특정종, 외래곤충종 등을 확인하였으며, 분류체계는 한국곤충명집(1994)에 따라 정리하였다.

**2.4 분석방법**

• 다양도지수(H')

다양도지수는 Margalef(1958)의 정보이론에 의하여 도출된 Shannon-Wiener function(H')을 Llyod and Ghelardi가 변형한 공식을 이용하였다(Pielou, 1969).

$$H' \text{ (Species diversity index)} = -\sum \frac{n_i}{N} \cdot \log_2 \frac{n_i}{N}$$

(  $n_i$  : i종의 개체수,  $N$  : 총 개체수 )

• 우점도지수(DI)

우점도지수는 McNaughton's dominance index(DI)를 이용하여 산출하였다(McNaughton, 1967).

$$DI \text{ (Dominance index)} = \frac{n_1 + n_2}{N}$$

(  $n_1$  : 우점종의 개체수,  $n_2$  : 아우점종의 개체수,  $N$  : 총 개체수 )

• 종풍부도지수(RI)

종풍부도지수는 Margalef(1958)의 지수를 이용하여 산출하였다.

$$RI \text{ (Species richness index)} = \frac{S - 1}{\ln(N)}$$

(  $S$  : 전체 종수,  $N$  : 총 개체수 )

• 종균등도지수(EI)

종균등도지수는 Pielou(1975)의 식을 이용하여 산출하였다.

$$EI \text{ (Evenness index)} = \frac{H'}{\log_2 S}$$

(  $H'$  : 다양도지수,  $S$  : 전체 종수 )

• 유사도 지수(SI)

유사도지수는 Sørensen(1948)의 식을 이용하여 산출하였다.

$$SI \text{ (Similarity index)} = \frac{2 \cdot S}{S_i + S_j}$$

( $S$ : i지점과 j지점의 공통 출현 종수,  $S_i$ : i지점의 총 출현 종수,  $S_j$ : j지점의 총 출현 종수)

**3. 결과 및 고찰**

**3.1 공검지의 곤충 분포현황**

2014년 공검지 곤충상 조사 결과 분포 곤충은 총 8목 78과 205속 227종 1,327개체가 조사되었다. 곤충 분류군별 분포현황은 딱정벌레목 29과 84속 97종으로 가장 많았다. 이외에 노린재목 17과 48속 51종, 벌목 5과 26속 26종, 파리목 10과 20속 21종, 잠자리목 5과 12속 16종, 메뚜기목 6과 9속 10종, 나비목 4과 4속 4종, 집게벌레목 2과 2속 2종순으로 조사되었다. 분류군별 상대적우점률은 딱정벌레목 42.73%로 가장 높은 비율을 나타냈고, 다음으로 노린재목 22.47%, 벌목 11.45%, 파리목 9.25%, 잠자리목 7.05%, 메뚜기목 4.41%, 나비목 1.76%, 집게벌레목 0.88% 순으로 조사되었다(Table 2).

**3.2 분류군별 주간 육상곤충 분포현황**

분류군별 출현한 개체수는 딱정벌레목 720개체(54.3%)로 가장 많았고, 노린재목 292개체(22.0%), 벌목 102개체(7.7%), 잠자리목 93개체(7.0%), 파리목 76개체(5.7%), 메뚜기목 38개체(2.9%), 나비목 4개체(0.3%), 집게벌레목 2개체(0.2%)순으로 총 1,327개체가 조사되었다(Table 3).

**Table 2.** The number of species and relatively dominant ratio in Gonggeom-ji wetland

Order	Family	Genus	Species	Relatively dominant ratio(%)
Coleoptera	29	84	97	42.73
Hemiptera	17	48	51	22.47
Hymenoptera	5	26	26	11.45
Diptera	10	20	21	9.25
Odonata	5	12	16	7.05
Orthoptera	6	9	10	4.41
Lepidoptera	4	4	4	1.76
Dermaptera	2	2	2	0.88
Total	78	205	227	100

**Table 3.** Individual taxa distribution in Gonggeom-ji wetland

Order	Number of individuals	Ratio of individuals(%)
Coleoptera	720	54.3
Hemiptera	292	22.0
Hymenoptera	102	7.7
Odonata	93	7.0
Diptera	76	5.7
Orthoptera	38	2.9
Lepidoptera	4	0.3
Dermaptera	2	0.2
Total	1,327	100

### 3.3 분기별 주간 육상곤충 군집분석

본 조사기간 동안 출현한 전체 분류군에서 우점종은 무당벌레붙이(7.5%)이며, 아우점종은 잎벌레붙이(6.9%)로 조사되었다. 이는 공검지의 대부분 지역이 초지를 이루고 있어 잎벌레류나 노린재류가 서식하기 적합한 것으로 사료된다. 분기별 우점종과 아우점종을 살펴보면 봄(3월)의 우점종은 무당벌레붙이(26.1%), 아우점종은 새똥하늘소(14.5%), 여름(6월)의 우점종은 무당벌레(7.1%) / 참콩풍뎡이(7.1%), 아우점종은 풀색꽃무지(6.6%), 여름(8월)의 우점종은 잎벌레붙이(19.2%), 아우점종은 벼들꼬마잎벌레(10.3%), 가을(11월)의 우점종은 애긴노린재(19.8%), 아우점종은 무당벌레붙이(11.6%)로 조사되었다(Table 4).

우점도(DI)는 군집의 단순도를 측정하는 방법으로 각 조사 계절의 개체수 현존량에 의거하여 우점종과 아우점종을 선정하였다. 봄의 경우 우점도가 가장 높게(0.405) 나타났으며, 여름(6월)은 우점도가 0.208로 가장 낮게 나타났다(Table 5). 봄 조사의 경우 수목이나 초지가 자라나는 시기가 아니며, 주로 육안조사법으로 진행되었다. 그로인해 작은 돌이나 낙엽사이에 성충으로 동면하는 무당벌레붙이가 다수 관찰되어 우점종으로 조사되었고, 아우점종인 새똥하늘소는 기주식물인 두릅나무가 공검지 주변으로 식재되어 있기 때문으로 사료된다(Table 4). 여름(6월) 조사의 경우

우점도가 가장 낮게 나타나는 이유는 수생식물이나 초지가 풍부하게 형성되고, 수목이 울창해지는 시기로 우점도(DI)는 가장 낮고, 다양도(H')는 가장 높은 것으로 사료된다(Table 5).

다양도지수(H')는 종 풍부도와 개체수의 균등한 분포를 나타내는 척도로(Pielou, 1969), 평균 6.339로 매우 양호하다고 볼 수 있으며, 우점도(DI)는 0.143, 종풍부도(RI)는 31.430, 종 균등도(EI) 0.810으로 모든 조사 기간에 걸쳐 종간 경쟁력이 높고, 군집 안정도가 안정하며, 환경상태가 양호한 것을 알 수 있다(NIER, 2013; Park et al., 2014).

유사도지수(SI)는 동질성의 정도를 수치화한 것으로써 출현종을 근거로 두 군집의 유사성을 나타내며, 군집 간 20% 미만일 때 서로 이질적인 집단이고 80% 이상일 때 서로 동질적인 집단으로 본다(Whittaker, 1956). 본 연구의 경우 여름인 6월과 8월간의 유사도를 제외하면 서로 이질적인 집단이었다. 계절 간에 겹치는 종이 매우 적으므로 향후 모니터링 시에도 계절별로 적절히 채집할 필요가 있다고 판단된다. 8월과 11월간의 유사도는 0.194로 이질적인 집단 중 가장 유사도가 높았다. 이는 동면하기 전 무당벌레과와 잎벌레과가 공통종으로 다수 잡혔기 때문으로 보이며 향후 지속적으로 관찰하여 지구온난화연구에 대한 데이터 또는 계절 간 채집시기 결정시 활용할 수 있을 것으로 기대된다(Table 6).

**Table 4.** Dominant species and subdominant species ratio at each season in Gonggeom-ji wetland

Season	Dominant species	Ratio(%)	Subdominant species	Ratio(%)
Spring(March)	<i>Ancylolus pictus asiaticus</i> (무당벌레붙이)	26.1	<i>Pogonocherus seminiveus</i> (새똥하늘소)	14.5
Summer(June)	<i>Harmonia axyridis</i> / <i>Popillia flavosellata</i> (무당벌레) / (참콩풍뎡이)	7.1 / 7.1	<i>Gametis jucunda</i> (풀색꽃무지)	6.6
Summer(August)	<i>Lagria nigricollis</i> (잎벌레붙이)	19.2	<i>Plagioderia versicolora</i> (벼들꼬마잎벌레)	10.3
Autumn(November)	<i>Nysius (Nysius) plebejus</i> (애긴노린재)	19.8	<i>Ancylolus pictus asiaticus</i> (무당벌레붙이)	11.6
Total	<i>Ancylolus pictus asiaticus</i> (무당벌레붙이)	7.5	<i>Lagria nigricollis</i> (잎벌레붙이)	6.9

**Table 5.** Various community analysis in Gonggeom-ji wetland

Quater	DI*	H'	RI	EI
Spring(March)	0.405	3.883	6.377	0.808
Summer(June)	0.208	5.488	13.650	0.866
Summer(August)	0.295	4.907	12.523	0.781
Autumn(November)	0.314	4.700	14.134	0.730
Total	0.143	6.339	31.430	0.810

\* see 2.4

**Table 6.** Comparison of the similarity indices to insect fauna among season in Gonggeom-ji wetland

Season	Spring(March)	Summer(June)	Summer(August)	Autumn(November)
Spring(March)		0.073	0.075	0.070
Summer(June)	0.073		0.264	0.119
Summer(August)	0.075	0.264		0.194
Autumn(November)	0.070	0.119	0.194	

## 4. 결 론

본 연구의 조사 결과 총 8목 78과 205속 227종 1,327개체가 조사되었다. 조사된 분류군별 상대적우점률은 딱정벌레목 97종(42.73%), 노린재목 51종(22.47%), 벌목 26종(11.45%), 파리목 21종(9.25%), 잠자리목 16종(7.05%), 메뚜기목 10종(4.41%), 나비목 4종(1.76%), 집게벌레목 2종(0.88%) 순으로 조사되었다(Table 2). 습지나 물가 주변에서 서식하는 딱정벌레목의 출현이 높았고, 습지 주변으로 버드나무류, 쭉쭉류, 물쭉쭉류와 수생식물 등 초지가 형성되어있으며, 주변으로 농경지가 있어 초본성 곤충류인 노린재류나 잎벌레류의 분포가 높게 나타나는 것으로 판단된다. 또한, 환경부지정종 23종(중복포함)이 조사되었으며, 고유종 7종, 특정종 16종, 외래곤충종 1종이 조사되었다.

2013년 연구된 인공 조성된 습지의 육상곤충 및 저서성 대형무척추 동물분포 특성의 육상곤충 조사 결과 10목 45과 85종 중에서 딱정벌레목 17종(20%), 노린재목과 파리목이 각각 13종(15.3), 잠자리목 12종(14.1), 메뚜기목 8종(9.4%)이 조사되었고(Kim et al., 2013), 전북 고창의 운곡습지의 곤충상에서는 총 11목 57과 149종이 조사되었으며 그 중 나비목 35종(23.48%), 딱정벌레목 33종(22.14%), 노린재목 26종(17.44%), 잠자리목 15종(10.06%), 메뚜기목 14종(9.39%), 벌목 12종(8.05%), 파리목 9종(6.04%) 순으로 조사되었다(Kim and Kim, 2013). 최근에 연구된 시설원예단지과 논습지의 육상곤충 다양성 비교분석 조사에서는 총 9목 38과 76속 80종이 조사되었고, 그 중 노린재목 17종(22.37%), 딱정벌레목 14종(18.42%), 벌목 11종(14.47%), 메뚜기목 9종 11.84%), 파리목과 나비목이 각각 8종(10.53%) 순으로 조사되었다(Son et al., 2016).

선행 연구된 조사 결과와 본 연구의 결과를 살펴보면 일반적으로 농업생태계에서 많이 출현하는 노린재목과 딱정벌레목이 우세하게 출현한 것으로 분석되었다(Choi et al., 2007; Kang et al., 2009). 고창 운곡습지의 경우 나비목이 35종(23.48%)로 가장 많이 조사되었는데, 경작지로 이용하던 곳이 계획적 주민의 이주(원광원자력발전소 입지 등)와 농촌 고령화로 인위적 간섭이 배제되면서 산지형 저층습지로 자연 복원이 진행된 곳(Kim and Kim, 2013)이기 때문으로 사료된다.

본 대상 지역인 공검지에서 선행 연구된 조사 지역들과 비교하였을 때 가장 많이 조사된 딱정벌레목과 노린재목 등에서 많은 종이 확인되고 있어 생물 다양성이 풍부하다고 사료된다. 그 외에도 공검지에는 멸종위기 II급인 가시연꽃과 천연기념물인 조류 원앙, 황조롱이, 소쩍새와 법적 보호종인 수달, 살 등이 서식하고 있어 곤충류는 이런 조류, 양서류, 파충류 등의 먹이원으로 가치가 높은 것으로 분석된다(Kim and Kim, 2013).

따라서 본 연구결과는 생태적 다양성이 우수한 공검지의 자연 환경 및 생태계 관리체계를 구축 하기 위한 중요한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

## References

- Ahn, SJ and Park, CG (2012). Terrestrial insect fauna of the Junam Wetlands area in Korea, *Korean J. of Applied Entomology* 51(2): 121-139. [Korean Literature]
- Ahn, SJ (2013). *Study on insect fauna and diversity of Junam Wetland*, Ph.D. Dissertation, Gyeongsang National University. [Korean Literature]
- Choi, YC, Kim, JG, Choi, JY, Kim, WT, Shim, HS and Park, BD (2007). Evaluation of farm lands located in urban area and industrial complex using insect diversity indices, *J. of the Korea Appl Entomol*, 46(3): 363-373. [Korean Literature]
- Daegu Regional Environmental Office (DREO) (2013). *Gonggeom wetland ecosystem monitoring*, Korea (<http://www.me.go.kr/daegu>). [Korean Literature]
- Daegu Regional Environmental Office (DREO) (2014). *Gonggeom wetland ecosystem monitoring*, Korea (<http://www.me.go.kr/daegu>). [Korean Literature]
- Dobson, M, Frid, C (2008). *Ecology of Aquatic Systems*, 2nd ed. Oxford university Press Inc., New York, NY.
- Jeong, SB, Oh, HS, Jeon, HS, Yang, KS and Kim, WT (2010). Aquatic insects fauna and characteristics of distribution on Jeju Island Wetlands, *J. of Wetlands Research*, 12(2): 35-46. [Korean Literature]
- Kang, BG and Choi, JS (2007). *Junam Wetland*, Jisungsa Publisher. [Korean Literature]
- Kang, BH, Son, JK, Lee, SH and Kim, NC (2009). The vegetation characteristics of small palustrine wetland in rural area, *J. Korea Env. Res. Tech*, 12(3): 33-48. [Korean Literature]
- Kim, DE and Kim, JM (2013). Insect fauna of Ungok Wetland in Gochang, Jeonbuk, Korea, designated as a wetland protection area at Ramsar Convention, *J. of Environmental Science International*, 22(9): 1141-1152. [Korean Literature]
- Kim, WJ, Kim, JO, Shin, HS, Um, HY and Ryu, SM (2013). Distribution characteristics of insects and benthic macro-invertebrates in artificial wetlands, *The Korea Society of Environmental Agriculture*, pp. 284-285 [Korean Literature]
- Kim, HW (2008). *Comparative study on insect fauna between riverine and mountain wetland*, MSc dissertation, Gyeongsang National University. [Korean Literature]
- Korea National Park Service (KNPS). (2006). *The Research of Natural Resources in Hallyeohaesang National Park*, Korea National Park Service. [Korean Literature]
- Kwon, YH and Choi, HG (2009). *The impact of climate change on the ecosystem : The case of wetland plants*, Korean Environment Institute Basic Research 2009-07. [Korean Literature]
- Lim, CG, Kim, YH and Roh, YH (2011). The rice paddy wetland ecotourism resources and suggestions : A case study of Sangju Gonggeumji, *J. of The Korean Association of*

- Regional Geographers*, 17(3): 313–331. [Korean Literature]
- Lim, CG, Roh, YH and Roh, BH (2013). Sangju Gonggeumji rice paddy eco center program design, *The Korean Geographical Society*, pp. 457–459. [Korean Literature]
- Margalef, R (1958). Information theory in ecology, *Genetic System*, 3, pp. 36–71.
- McNaughton, SJ (1967). Relationship among functional properties of california grassland, *Nature*, 216, pp. 168–169.
- Mulamootil, G., B.G. Warner and E.A Mcbean (1996). *Wetlands: Environmental gradients boundaries, and buffers*, 320 pp. Lewis publ., New York, NY.
- National Institute of Environmental Research (NIER) (2013). *Nationwide aquatic ecological monitoring program, Korea* (<http://www.nier.go.kr>), pp. 382–383. [Korean Literature]
- Park, JY, Park, SJ, Cha, JY and Park, JK (2014). Terrestrial insect diversity of the Donggang River in Korea, *J. of Wetlands Research*, 16(3): 337–346. [Korean Literature]
- Pielou, EC (1969). Shannon's formula as a measure of specific diversity, its use and misuse, *The American Naturalist*, 100, pp. 463–465.
- Pielou, EC (1975). *Ecology diversity*, Wiley, New York, NY.
- Sørensen, T. (1948). A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, *Kongelige Danske Videnskabernes Selskab*, 4, pp. 1–34.
- Son, JK, Kong, MJ, Kang, DH, Kang, BH, Yun, SW and Lee, SY (2016). The comparative studies on the terrestrial insect diversity in protected horticulture complex and paddy wetland, *J. of Wetlands Research*, 18(4): 386–393. [Korean Literature]
- Whittaker, R.H. (1956). Vegetation of the great smoky mountains, *Ecological Monographs*, 26(1): 1–80.

Appendix 1. List of insect species and the numbers surveyed at Gonggeom-ji in Sangju, Gyeongbuk, Korea, 2014

Scientific name	Korean name	legally-protected insect species by MOE	Number of individual
Order Lepidoptera	나비목		
Lepidoptera sp.	나비목 sp.		1
Family Nymphalidae	네발나비과		
<i>Polygona c-aureum</i> (Linne)	네발나비		1
Family Pieridae	흰나비과		
<i>Colias erate</i> (Esper)	노랑나비		1
Family Papilionidae	호랑나비과		
<i>Papilio xuthus</i> Linne	호랑나비		1
Order Hemiptera	노린재목		
Family Pentatomidae	노린재과		
<i>Carbula putoni</i> (Jakovlev)	가시노린재		2
<i>Eysarcoris aeneus</i> (Scopoli)	가시칼등굼노린재		2
<i>Eysarcoris gibbosus</i> Jakovlev	등굼노린재		1
<i>Aelia fiebert</i> Scott	매추리노린재		2
<i>Anthemina varicornis</i> (Jakovlev)	나비노린재		6
Family Miridae	장님노린재과		
<i>Lygocoris (Apolytus) lucorum</i> (Meyer-Dur)	조류장님노린재		12
<i>Stenodema (Brachystina) cakaruta</i> (Fallen)	홍배장님노린재		25
<i>Creatiades pallidif</i> (Walker)	날개중선장님노린재		1
<i>Derocoris (Derocoris) ater</i> (Jakovlev)	밀감무늬검장님노린재		3
<i>Adephocoris suturalis</i> (Jakovlev)	변색장님노린재		3
<i>Adephocoris reicheli</i> (Fieber)	나도변색장님노린재		2
<i>Trigonotylus coelestialis</i> (Kirkaldy)	빨간죽각장님노린재		1
<i>Charagochilus angusticollis</i> Linnavuori	흰송털집장님노린재		2
Family Pyrrhocoridae	벌노린재과		
<i>Pyrrhocoris sinuaticollis</i> Reuter	벌노린재		7
Family Cydnidae	방노린재과		
<i>Geocoris pygmaeus</i> (Dallas)	에팔노린재		4
Family Gerridae	소금쟁이과		
<i>Aquarius paludum</i> (Fabricius)	소금쟁이		1
Family Lygaeidae	긴노린재과		
<i>Panaorus japonicus</i> (Stal)	굴죽긴노린재		13
<i>Stigmatonotum rufipes</i> (Motschulsky)	꼬마긴노린재		12
<i>Ninonimus flavipes</i> (Matsumura)	머리혹긴노린재		1
<i>Pachygrontha antennata</i> (Uhler)	다듬이긴노린재		2
<i>Togo hemipterus</i> (Scott)	미디표주박긴노린재		1
<i>Tropidothorax cruceger</i> (Motschulsky)	삼자무늬긴노린재		4
<i>Nysius (Nysius) plebejus</i> Distant	애긴노린재		88
<i>Dinorhopterus pullipes</i> (Distant)	어리만날개긴노린재		1
<i>Panaorus csiki</i> (Horvath)	어리만무늬긴노린재		2
<i>Geocoris (Geocoris) pallidipennis</i> (Costa)	찰막부리긴노린재		1
<i>Parapanomus lateralis</i> (Scott)	죽무늬표주박긴노린재		1
<i>Panaorus albomaculatus</i> (Scott)	흰무늬긴노린재		1
Family Coreidae	허리노린재과		
<i>Riptortus clavatus</i> (Thunberg)	틀다리개미허리노린재		3
<i>Cletus schmidti</i> Kiritschenko	우리가시허리노린재		3
<i>Hygia (Hygia) opaca</i> (Uhler)	애허리노린재		1
<i>Acanthocoris sordidus</i> (Thunberg)	파리허리노린재		1
Family Nabidae	해기노린재과		
<i>Prostemma kiborii</i> (Jakovlev)	노랑날개해기노린재		2
Family Reduviidae	침노린재과		
<i>Oncocephalus breviscutum</i> Reuter	어리큰침노린재		1
<i>Isyndus obscurus</i> (Dallas)	왕침노린재		1
<i>Ectrychotes andreae</i> (Thunberg)	우단침노린재		1
Reduviidae sp.	침노린재과 sp.		1
Family Rhopalidae	장초노린재과		
<i>Stictopleurus punctatovenosus minutus</i> Blote	침혹다리장초노린재		7
<i>Stictopleurus crassicornis</i> (Linne)	혹다리장초노린재		35
Family Plataspidae	알노린재과		
<i>Coptosoma parvipictum</i> Montandon	희마무늬알노린재		1
Family Dictyopharidae	상투벌레과		
<i>Dictyophara nakamori</i> Matsumura	나카노상투벌레		1
Family Ricanidae	큰날개메미충과		
<i>Ricana taeniata</i> Stal	남쪽날개메미충		5
Family Delphacidae	멸구과		
<i>Terthron albovitatum</i> (Matsumura)	등줄멸구		1
Family Derbidae	건날개멸구과		
<i>Diestrombus politus</i> Uhler	주홍건날개멸구		1
Family Cicadellidae	메미충과		
<i>Balclutha</i> sp.1	<i>Balclutha</i> 속 sp.1		4
<i>Balclutha</i> sp.2	<i>Balclutha</i> 속 sp.2		3
<i>Empoasca</i> sp.1	<i>Empoasca</i> 속 sp.1		6
<i>Empoasca</i> sp.2	<i>Empoasca</i> 속 sp.2		10
<i>Cicadella viridis</i> (Linne)	말메미충		1
<i>Gonigagnathus rugulosus</i> (Haupt)	넓은가시메미충		1
<i>Balclutha rubrinervis</i> (Matsumura)	주홍알락메미충		1
Order Coleoptera	딱정벌레목		
Family Dermestidae	수시렁이과		
<i>Attagenus</i> sp.	<i>Attagenus</i> 속 sp.		1
Family Carabidae	딱정벌레과		
<i>Brodycellus</i> sp.	<i>Brodycellus</i> 속 sp.		2
<i>Amara</i> sp.	<i>Amara</i> 속 sp.		2
<i>Amara (Carronotus) gigantea</i> (Motschulsky)	큰등글면지벌레		1
<i>Lachnoleha eribricollis</i> (Morawitz)	노랑가슴면지벌레		1
<i>Harpalus (Harpalus) chalcensis</i> Bates	가느장등마리면지벌레		1
<i>Harpalus</i> sp.1	<i>Harpalus</i> 속 sp.1		1
<i>Harpalus</i> sp.2	<i>Harpalus</i> 속 sp.2		1
<i>Harpalus</i> sp.3	<i>Harpalus</i> 속 sp.3		1
<i>Harpalus</i> sp.4	<i>Harpalus</i> 속 sp.4		10
<i>Dolichus halensis</i> (Schaller)	등활간면지벌레		3
<i>Anisodactylus punctatipennis</i> Morawitz	점박이면지벌레		1
<i>Chlaenius (Chlaenellus) varicornis</i> Morawitz	미취무늬면지벌레		3
<i>Chlaenius (Pachydinodes) virgulifer</i> Chaudoir	글무늬면지벌레		2
<i>Chlaenius (Chlaenius) pallipes</i> Gebler	홍색면지벌레		1
<i>Chlaenius (Ulaenclaus) naeviger</i> Morawitz	쌍무늬면지벌레		9
<i>Odicantha segrona</i> (Bates)	산뿔대장면지벌레		2
<i>Demetrius (Demetrius) marginicollis</i> Bates	엷은면지벌레		5
Family Staphylinidae	반날개과		
<i>Philonthus</i> sp.	<i>Philonthus</i> 속 sp.		1
<i>Paederus (Paederus) parallelus</i> Weise	개미반날개		1
Staphylinidae sp.	반날개과 sp.		3
<i>Tachyporus hysanorum</i> Fabricius	붉은등등줄반날개		1
Family Silvanidae	가느날작벌레과		

Scientific name	Korean name	legally-protected insect species by MOE	Number of individual
Silvanidae sp.1	가늌잡자벌레과 sp.1		1
Silvanidae sp.2	가늌잡자벌레과 sp.2		2
<i>Pannocetus</i> sp.	<i>Pannocetus</i> 속		1
<i>Pannocetus triguttatus</i> Reitter	모레가늌잡자벌레		2
<b>Family Chrysomelidae</b>	<b>말벌과</b>		
<i>Physosmaragdina nigrifrons</i> (Hope)	범나무말벌	Specific species	3
<i>Colaspomona dauricum</i> Mannerheim	고구마말벌		6
<i>Lilloceris (Chujain) gibba</i> (Baby)	곰보납개간가늌말벌		4
<i>Basilepta fulvipes</i> (Motschulsky)	금죽색말벌	Specific species	4
<i>Longitarsus succineus</i> (Foudras)	긴발벼룩말벌		3
<i>Plagiadera versicolora</i> (Laicharting)	버들꼬마말벌		59
<i>Phyllotreta striolata</i> (Fabricius)	벼룩말벌		1
<i>Glyphocassis spilota</i> (Gorham)	납쟁이말벌애물이	Specific species	1
<i>Medythia nigrobilineata</i> (Motschulsky)	두중박이애말벌		3
<i>Altica oleracea</i> (Linne)	바늘꽃벼룩말벌		2
<i>Galerucella griseescens</i> (Joannis)	말기말벌		1
<i>Agelastica coerulea</i> Baly	오리나무말벌	Invasive species	2
<i>Cryptocephalus</i> sp.	<i>Cryptocephalus</i> 속		1
Chrysomelidae sp.1	말벌과 sp.1		1
Chrysomelidae sp.2	말벌과 sp.2		1
<i>Luperus</i> sp.	<i>Luperus</i> 속		2
<i>Barophila acutangula</i> Heikertinger	콩알벼룩말벌		2
<i>Pagria signata</i> (Motschulsky)	콩말벌		1
<i>Monolepta quadriguttata</i> (Motschulsky)	크로바말벌		7
<i>Chrysochus chinensis</i> Baly	중국청담색말벌		3
<i>Galeruca extensa</i> Motschulsky	파말벌	Specific species	4
<i>Crepidodera picipes</i> (Weise)	유리꼬마벼룩말벌		1
<i>Crepidodera pluta</i> (Latreille)	알통다리말벌		23
<b>Family Laguridae</b>	<b>말벌애물이과</b>		
<i>Lagria nigricollis</i> Hope	말벌애물이		91
<b>Family Cerambycidae</b>	<b>하늘소과</b>		
<i>Pegonocherus seminivens</i> Bates	새뿔하늘소		10
<i>Phytoecia rufiventris</i> Gautier	국뿔하늘소	Specific species	2
<i>Agapanthia pilicornis</i> (Fabricius)	남색초원하늘소	Specific species	13
<b>Family Oedemeridae</b>	<b>하늘소말이과</b>		
<i>Xanthochroa luteipennis</i> Marseul	노랑하늘소말이		1
<b>Family Anobiidae</b>	<b>뱃살수말벌과</b>		
<i>Lasioderma serricorne</i> (Fabricius)	귀연말벌		1
<b>Family Coccinellidae</b>	<b>무당벌레과</b>		
<i>Propylaea japonica</i> (Thunberg)	꼬마납쟁이무당벌레	Specific species	32
<i>Illeis koehlei</i> Timberlake	노랑무당벌레		1
<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)	무당벌레	Specific species	27
<i>Scymnus (Neopullus) babai</i> Sassi	바바에기무당벌레	Specific species	21
<i>Anisotoma kobensis</i> Lewis	십구점무당벌레	Specific species	7
<i>Hippodamia (Hippodamia) tridecimpunctata</i> (Linne)	열십점긴다리무당벌레	Specific species	34
<i>Coccinella (Coccinella) septempunctata</i> Linne	칠점무당벌레	Specific species	17
<i>Chilocorus kumense</i> Silvestri	애홍점바위무당벌레	Specific species	1
<i>Chilocorus rubidus</i> Hope	홍점바위무당벌레		1
<b>Family Endomychidae</b>	<b>무당벌레말이과</b>		
<i>Ancylolus picus asiaticus</i> Strohecker	무당벌레말이	Specific species	99
<i>Lycoperidina mandarina</i> Gerstaecker	꼬마무당벌레말이		1
<b>Family Mordellidae</b>	<b>꽃벼룩과</b>		
<i>Mordella brachyura brachyura</i> Mulsant	꽃벼룩		10
<b>Family Melyridae</b>	<b>의병말벌과</b>		
<i>Malichius prolixatus</i> Motschulsky	노랑무늬의병말벌		2
<b>Family Rutelidae</b>	<b>풍뎡이과</b>		
<i>Popillia quadriguttata</i> (Fabricius)	녹색공풍뎡이		14
<i>Popillia flavosellata</i> Fairmaire	황공풍뎡이		25
<i>Blitopertha orientalis</i> (Waterhouse)	등얼룩풍뎡이		2
<i>Anomala chamaeleon</i> Fairmaire	카멜레온풍뎡이		16
<i>Mamela splendens</i> Gyllenhal	풍뎡이		18
<b>Family Byrrhidae</b>	<b>등근가시벌레과</b>		
Byrrhidae sp.	등근가시벌레과 sp.		2
<b>Family Histeridae</b>	<b>물맹꽁이과</b>		
<i>Coelostoma stultum</i> (Walker)	등물뚝물맹꽁이		1
<b>Family Anthicidae</b>	<b>뿔벌레과</b>		
<i>Stricticomus valipes</i> (Marseul)	무늬뿔벌레		1
<b>Family Gyridae</b>	<b>물맹이과</b>		
<i>Gyrinus</i> sp.	<i>Gyrinus</i> 속		1
<b>Family Buprestidae</b>	<b>비단벌레과</b>		
<i>Trachys minuta</i> (Linne)	비드나무종비단벌레		4
<i>Agrilus</i> sp.	<i>Agrilus</i> 속		1
<b>Family Lathrididae</b>	<b>살벌레과</b>		
Lathrididae sp.	살벌레과 sp.		2
<b>Family Helodidae</b>	<b>알꽃벼룩과</b>		
<i>Scirtes japonicus</i> Kiesenwetter	알꽃벼룩		3
<b>Family Melolonthidae</b>	<b>검정풍뎡이과</b>		
<i>Maladera carinicaps</i> (Moser)	알모양우뎡풍뎡이		6
<b>Family Elateridae</b>	<b>땡어벌레과</b>		
<i>Agrypnus scrofa</i> (Candene)	애늑슬큰땡어벌레		1
<b>Family Silphidae</b>	<b>송장벌레과</b>		
Silphidae sp.	애송장벌레과 sp.		1
<b>Family Apionidae</b>	<b>장주둥이바구미과</b>		
<i>Apion (Pseudopiezotrachelus) collare</i> Schilsky	목장주둥이바구미		1
<i>Apion (Piezotrachelus) japonicum</i> Roelofs	영강리장주둥이바구미		1
<b>Family Laguridae</b>	<b>말벌애물이과</b>		
<i>Cerogria janthinipennis</i> (Fairmaire)	큰납쟁이말벌애물이		2
<b>Family Tenebrionidae</b>	<b>기저리과</b>		
<i>Heteronarus curvula</i> Marseul	강변기저리		9
<b>Family Cetonidae</b>	<b>꽃무지과</b>		
<i>Glycyphana fulvipes</i> Motschulsky	검정꽃무지		2
<i>Gametis jucunda</i> Faldermann	철색꽃무지(애초록꽃무지)		25
<b>Family Pyrochroidae</b>	<b>홍날개과</b>		
<i>Pseudoprocne rufula</i> (Motschulsky)	홍날개		9
<b>Family Curculionidae</b>	<b>바구미과</b>		
<i>Baris artemisiae</i> (Herbst)	애바구미		1
Curculionidae sp.1	바구미과 sp.1		1
Curculionidae sp.2	바구미과 sp.2		2
<i>Acalyptus carpini</i> (Fabricius)	버들개알바구미		1
<i>Hypera graeseri</i> Faust	토끼물뚝보바구미		2
<i>Lixus acutipennis</i> (Roelofs)	흰피검죽바구미		1
<b>Family Gryllotalpidae</b>	<b>땅강아지과</b>		
<i>Gryllotalpa orientalis</i> (Burmeister)	땅강아지	Indigenous species	1
<b>Family Tettigidae</b>	<b>모메뚜기과</b>		
<i>Tettix japonica</i> (Bolivar)	모메뚜기	Indigenous species	3



Scientific name	Korean name	legally-protected insect species by MOE	Number of individual
Family Acrididae	매뚜기과		
<i>Oxya japonica japonica</i> (Thunberg)	바예뚜기	Indigenous species	11
Family Pyrgomorphae	침서구매뚜기과		
<i>Tractantomorpha lata</i> (Motschulsky)	침서구매뚜기	Indigenous species	2
Family Gryllidae	귀뚜라미과		
Gryllidae sp.	귀뚜라미과 sp.		1
<i>Loxoblenanus doenitzi</i> Stein	모태가리귀뚜라미	Indigenous species	2
<i>Loxoblenanus arietulus</i> Saussure	알락귀뚜라미	Indigenous species	1
<i>Teleogryllus ennsi</i> (Ohmachi et Matsumura)	왕귀뚜라미	Indigenous species	1
<i>Polanemobius mikado</i> (Shiraki)	종방울벌레	Indigenous species	15
Family Tettigoniidae	여지과		
<i>Duxetia japonica</i> (Thunberg)	줄배쟁이	Indigenous species	1
Order Hymenoptera	벌목		
Hymenoptera sp.	벌목 sp.		1
Family Formicidae	개미과		
Formicidae sp.1	개미과 sp.1		1
Formicidae sp.2	개미과 sp.2		2
<i>Formica (Serviformica) japonica</i> Motschulsky	곰개미		42
<i>Camponotus (Camponotus) japonicus</i> Mayr	일분왕개미		1
<i>Tetramorium caespitum</i> (Linne)	주름개미		10
<i>Monomorium pharaonis</i> (Linne)	애갈개미		7
Family Philanthidae	노래기벌과		
Philanthidae sp.	노래기벌과 sp.		2
Family Ichneumonidae	범시벌과		
<i>Diplazon laetorius</i> (Fabricius)	등에살이몽독범시벌		1
Ichneumonidae sp.1	범시벌과 sp.1		1
Ichneumonidae sp.2	범시벌과 sp.2		1
Ichneumonidae sp.3	범시벌과 sp.3		2
Ichneumonidae sp.4	범시벌과 sp.4		1
Ichneumonidae sp.5	범시벌과 sp.5		1
Ichneumonidae sp.6	범시벌과 sp.6		1
Ichneumonidae sp.7	범시벌과 sp.7		1
Ichneumonidae sp.8	범시벌과 sp.8		2
Ichneumonidae sp.9	범시벌과 sp.9		1
Ichneumonidae sp.10	범시벌과 sp.10		1
Ichneumonidae sp.11	범시벌과 sp.11		9
Ichneumonidae sp.12	범시벌과 sp.12		4
Ichneumonidae sp.13	범시벌과 sp.13		1
Ichneumonidae sp.14	범시벌과 sp.14		1
Family Apidae	꿀벌과		
<i>Apis mellifera</i> Linne	양봉꿀벌		5
<i>Xylocopa appendiculata circumvolans</i> Smith	어리호박벌	Specific species	1
Family Eumenidae	호리벌벌과		
<i>Oreumenes decoratus</i> (Smith)	큰호리벌벌	Specific species	1
Order Odonata	잠자리목		
Family Calopterygidae	물잠자리과		
<i>Calopteryx atata</i> Selys	검은물잠자리		5
Family Ageroniidae	살잠자리과		
<i>Ceragrion melanurum</i> Selys	노란살잠자리		3
<i>Cercion calanorum calanorum</i> (Ris)	등검은살잠자리		20
<i>Ischnura asiatica</i> (Brauer)	아시아살잠자리		14
Family Gomphidae	측범잠자리과		
<i>Sieboldius albardae</i> Selys	어리검주잠자리		1
Family Aeshnidae	왕잠자리과		
<i>Aeschnophlebia longistigma</i> Selys	긴무늬왕잠자리		7
<i>Anax parthenope julius</i> Brauer	왕잠자리		3
Family Libellulidae	잠자리과		
<i>Crocothemis servilla servilla</i> (Drury)	고추잠자리		3
<i>Lyriothemis pachygastra</i> (Selys)	배지매잠자리		4
<i>Rhyothemis fuliginosa</i> Selys	나비잠자리		11
<i>Orthetrum albisylum speciosum</i> (Uhler)	말잠자리		3
<i>Orthetrum lineostigma</i> (Selys)	홍옥말잠자리		2
<i>Sympetrum uniforme</i> (Selys)	진노린잠자리		4
<i>Sympetrum infusatum</i> (Selys)	갯동잠자리		10
<i>Sympetrum depressiusculum</i> (Selys)	고추줄잠자리		2
<i>Sympetrum kunckell</i> (Selys)	흰얼굴줄잠자리		1
Order Dermaptera	짐개벌레목		
Family Forficulidae	짐개벌레과		
<i>Forficula scudderi</i> Bormans	뭇뿔이짐개벌레	Specific and Indigenous species	1
Family Anisolabididae	민집개벌레과		
<i>Anisolabis maritima</i> (Bonelli)	민집개벌레	Indigenous species	1
Order Diptera	파리목		
Family Tephritidae	과실파리과		
<i>Campiglossa</i> sp.1	<i>Campiglossa</i> 속 sp.1		3
<i>Campiglossa</i> sp.2	<i>Campiglossa</i> 속 sp.2		2
<i>Campiglossa</i> sp.3	<i>Campiglossa</i> 속 sp.3		1
<i>Campiglossa</i> sp.4	<i>Campiglossa</i> 속 sp.4		1
<i>Campiglossa</i> sp.5	<i>Campiglossa</i> 속 sp.5		2
Family Scathophagidae	통파리과		
<i>Scathophaga</i> sp.	<i>Scathophaga</i> 속 sp.		47
Family Tipulidae	각다귀과		
Tipulidae sp.	각다귀과 sp.		1
Family Sciaridae	검정날개벼룩파리과		
Sciaridae sp.	검정날개벼룩파리과 sp.		2
Family Sarcophagidae	쉬파리과		
<i>Helicophagella melanura</i> (Meigen)	검정물기쉬파리		1
Family Calliphoridae	검정파리과		
<i>Lucilia</i> sp.	<i>Lucilia</i> 속 sp.		1
Calliphoridae sp.1	검정파리과 sp.1		1
Calliphoridae sp.2	검정파리과 sp.2		4
Calliphoridae sp.3	검정파리과 sp.3		1
Family Tachinidae	기생파리과		
Tachinidae sp.	기생파리과 sp.		1
Family Chironomidae	깔따구과		
Chironomidae sp.	깔따구과 sp.		1
Family Platystomatidae	알락파리과		
<i>Rivellia nigroapicalis</i> Byun et Suh	검검정알락파리	Indigenous species	1
<i>Rivellia apicalis</i> Hendel	민무늬알락파리	Specific species	1
Family Syrphidae	꽃등애과		
<i>Melanostoma mellinum</i> (Linne)	광불이꽃등애		1
<i>Sphaerophoria menthastris</i> (Linne)	꼬마꽃등애	Specific species	2
<i>Helophilus (Helophilus) virgatus</i> Coquillett	수송다미꽃등애	Specific species	1
<i>Episyrphus balteatus</i> (de Geer)	호리꽃등애	Specific species	1