

경북 영주 도심지 발생 말벌류의 종구성 및 계절발생 패턴 연구

정철의* · 김철영 · 박재민¹ · 사공문¹ · 홍기룡¹ · 전진영¹ · 유종근¹

안동대학교 식물학과, ¹경북 영주고등학교

Species Composition and Seasonal Pattern of *Vespa* Hornets (Hymenoptera: Vespidae) in Youngju Residential Area, Gyeongbuk

Chuleui Jung*, C. Y. Kim, J. M. Park¹, M. Sagong¹, K. R. Hong¹,
J. Y. Jeon¹ and J. K. Yoo¹

¹Dept Plant Medicals, Andong National University, Andong, GB 769-749, Korea

²Youngju High School, Youngju, GB, Korea

(Received 3 November 2014; Revised 12 November 2014; Accepted 13 November 2014)

Abstract

There is an increasing threat from *Vespa* wasps in agricultural and socioeconomic level as well. To determine the species composition and seasonal pattern of *Vespa* hornets in the small city residential area, whole year monitoring activity was conducted with help of citizen scientists involved. In Youngju residential area of Gyeongbuk province in Korea, *V. crabro* and *V. ducalis* were dominant followed by *V. analis* and *V. mandarina*. Overwintered queens emerged and were trapped from early May until mid June followed by the workers from mid July with the peak activities in the late September in 2014. Population of an invasive alien species of *V. velutina* seemed low in the study area but the relative abundance increased late of the season. Landscape features such as the size of woodland and green area are positively correlated with the number of *Vespa* caught in the traps. Seasonal patterns of 119 call for removing vespa hornets from the fire station reflected the phenology of the vespa populations in the urban area. Higher frequencies of 119 call from the house and school where young children would be densely populated imply that special care program should be adopted to mitigate the possible human health risks, supported by the long-term educational efforts of biodiversity appreciation. Further challenges exist in the climate change era with the favored condition for the IAS such as *V. velutina*.

Key words: Citizen scientist, 119 call, *Vespa velutina*, Climate change, Risk mitigation, AIS

*Corresponding author. E-mail: cjung@andong.ac.kr

서 론

말벌류는 숲속 생태계에서 각종 곤충을 먹이로 하는 상위 포식자로서, 생태계의 핵심종 역할을 한다. 또한 양봉가들에게는 가을철 가장 위협적인 꿀벌 포식자로서 경제적 손실 뿐 아니라 양봉이 제공하는 각종 생태계 서비스를 저해한다(Levin, 1983; Jung, 2008). 양봉장에 출몰하는 말벌류의 생리, 생태학적 연구 및 꿀벌의 방어행동(예, 봉구형성) 등에 대하여 외국에서 다양한 연구가 진행되었다(Foster and Ratnieks, 2001; da Silba and Jaffe, 2002; Ito and Kasuya, 2005; Ono *et al.*, 2003, 2005). 국내에서도 양봉장 출몰 말벌의 종 구성, 방제 방법 등에 대한 연구가 일부 진행되었고(Lim *et al.*, 1989; Chang *et al.*, 1993, 1994; Jung *et al.*, 2007a, b), 국내 말벌류의 분류에 관한 연구도 상당히 진척되어(Kim *et al.*, 1994, 2006; Kim and Kim, 2011; Choi *et al.*, 2012), 현재 10종(2아종 포함)으로 정리되었다. 이 중 우리나라 내륙지방에 자주 나타나는 종은 좀말벌(*Vespa analis*), 장수말벌(*V. mandarinia*), 검정말벌(*V. dybowskii*), 꼬마장수말벌(*V. ducalis*), 말벌(*V. crabro flavofasciata*), 털보말벌(*V. simillima simillima*)이며(Jung *et al.*, 2007a,b), 등검은말벌은 최근 급속히 분포를 확대하고 있으며(Choi *et al.*, 2012; Jung, 2012), 황말벌(*V. simillima xanthoptera*)은 제주도 등 남부지방에서만 발생이 국한되어 있다.

특히, 2003년경 침입한 것으로 추정하는 등검은말벌(*Vespa velutina nigrothorax*)의 개체군 번성 및 분포 확대는 양봉농가에 대한 경제적 위협 뿐 아니라(Jung *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2010; Jung 2012a,b) 보건적 측면에서 큰 위협이 되고 있다(Akre, 1995; Choi *et al.*, 2012a,b). 도심지 주택가의 말벌류의 밀도 증가 및 생활 노출의 증대는 다양한 형태의 사회경제적인 문제를 야기할 뿐 아니라, 말벌 침과 독으로 인한 위생적 문제를 수반하는 바, 각종 민원의 계기가 되기도 한다. 예를 들면, 경북 영주시 관내 소방서의 말벌집 제거를 위한 출동 건수는 최근 3년간 지속적으로 증가하는 패턴을 보이며(Fig. 1), 소방서의 대응구조의 가장 중요한 업무가 되고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 경북 영주시 주택가를 중심으로 출현 말벌의 종 구성 및 계절발생 패턴을 조사하고, 말벌 발생과

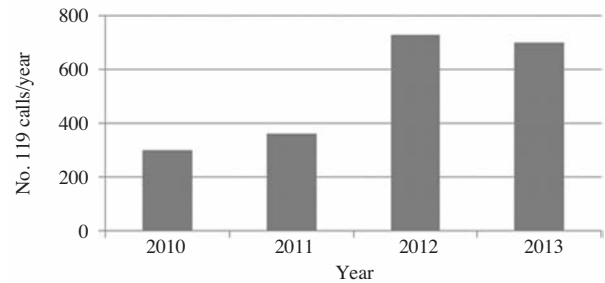


Fig. 1. Frequency distribution of the 119 call per year for removing *Vespa* hornets from 2010 to 2013 in Youngju, GB (Row data from Youngju fire station).

연관된 서식처 특성을 연구하였다. 추가적으로 경북 영주시 소방서의 협조를 받아 말벌집 제거를 위한 출동 건수 자료를 분석하여 향후 도심지 발생 말벌류 위협의 저감 방안을 찾고자 하였다.

재료 및 방법

말벌류 발생 조사

주택가 출몰 말벌류 발생 조사는 경북 영주시 일원 주택가를 대상으로 하였다. 영주시는 우리나라 중부 지역에 위치하고, 인구 10만의 소도시로서, 다양한 경관요소를 갖추고 있을 뿐 아니라, 농업과 자연생태계가 모자이크상을 띄고 있다. 시 중심에서 외곽으로 12개의 상업용 말벌트랩을 설치하였다. 양측 날개터널이 있는 상업용 플라스틱 터널형 편넛트랩은 백색이며 휘발성 유인액이 말벌을 유인하고 난 후 날개부분의 가두리를 통해 포획하는 장치이다(Jung *et al.*, 2007b). 유인액은 참나무수액을 기본 원료로 한 것이다(다목생태기술 참조). 트랩 설치는 2014년 4월 중순에 하였으며, 트랩간 거리는 최소 500m 이상으로 하여, 도심내 트랩 설치가 가능한 녹지대를 선정하였다. 설치 후 1주일 간격으로 10월 말까지 트랩에 포획된 말벌을 수거하여 70% 알콜병에 옮겨 담은 뒤에 냉장 보관하면서 계수 및 종 동정을 하였다. 포획된 말벌류는 표본제작 후 Carpenter(1987), Carpenter and Kojima(1997), Kim *et al.*(1994, 2006), Jung *et al.*(2007a)와

Choi *et al.*(2012)를 바탕으로 분류 동정하였다. 동정된 표본은 안동대학교 곤충생태실 표본실에 보관하였다.

경관분석

말벌류 발생 패턴과 주변 경관 상관도 분석을 위하여, 트랩 설치 주위 반경 500m를 대상으로 거대 경관 요소를 추출하여, 그 상대면적을 추정하였다. 경관 분석은 Daum 지도 스카이뷰를 바탕으로 하여, 침엽수림, 활엽수림, 논, 밭(과수원 포함), 농경지, 나대지, 주택지, 도로, 강 등으로 구분하였다. 해상도는 50m²셀의 50% 이상을 차지하면 하나의 셀로 계수하였다. 이후 각 지점별 발생 말벌 종별 개체수 등과 경관 요소의 크기 등에 대한 자료를 상관분석하였다. 상관분석의 결과는 Pearson correlation matrix로 표현하였다.

보건적 위협 분석

도심지 출현 말벌의 보건적 위협의 지표로 영주시 소방서의 말벌집 제거를 위한 출동 자료를 분석하였다. 자료는 2010년부터 2014년 8월까지의 출동 건수 및 그 결과를 기록한 것이다. 이를 바탕으로 출동 건수의 변화 및 분포, 출동 지역 분포 등을 분석하였다.

결과 및 고찰

영주 도심지역 말벌류의 종구성 및 발생 패턴

국내 발생 10종의 말벌류 중에서 영주시 관내의 주택가 및 도심지에서의 채집된 종은 8종이었으며, 채집된 종에서의 종별 출현빈도는 말벌(42.6%), 꼬마장수말벌(25.3%)과 좀말벌(20.2%)이 상대적으로 높았으며, 장수말벌은 9.6%를 차지하였다. 털보말벌은 7개체, 검정말벌은 1개체만이 포획되었으며, 등검은말벌은 10월 이후 발생이 많았다.

말벌류는 4월말에서 5월 초부터 트랩에 포획되는데, 5~6월 발생이 많다가 6월말 이후 포획수가 급격히 떨어진다. 특히 5월 상~중순(5월 발생량 중 이 시기에 약 66.1%가 조사됨)이 높았으며, 이는 본격적인 먹이

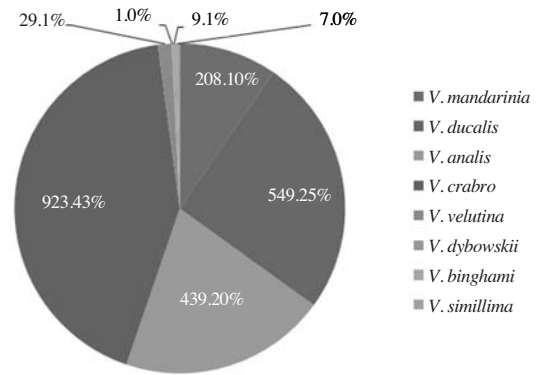


Fig. 2. Species composition of Vespa hornets in Youngju urban area, GB Korea during 2014 season. Number denotes total catches and percentage.

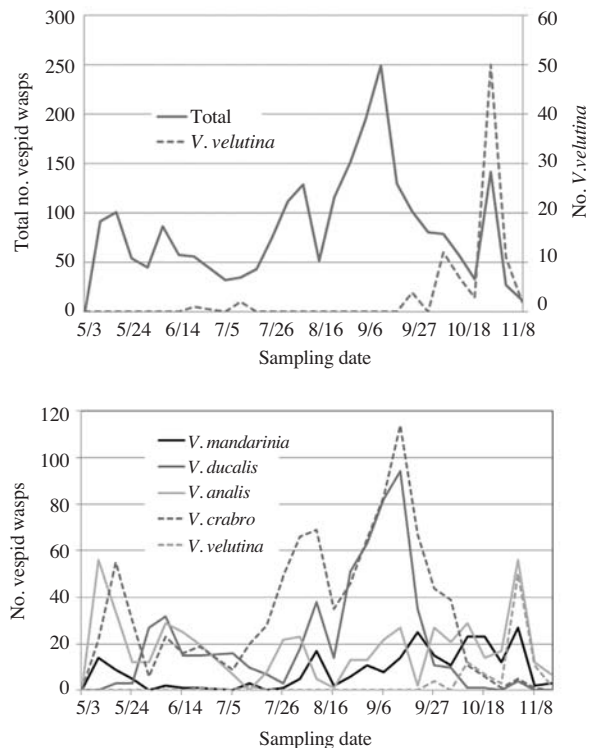


Fig. 3. Seasonal patterns of total number of Vespid wasps catches relative to number of *Vespa velutina* (upper graph), and the dynamics of the major *Vespa* species (lower graph).

활동이 시작되는 시기로써(Martin, 1992), 말벌류의 생태적인 특성과 함께 산림에서 도심지 녹화지역으로의 경관요소에 따라 먹이 채집 영역이 확장된 것과도 관계가 있을 것이다. 이후 7월 중순부터 포획수가 꾸

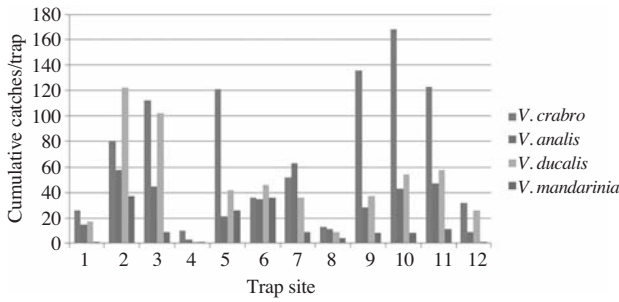


Fig. 4. Cumulative trap catches along the trap site showing large variation of species and numbers of catches to the trap.

준히 증가하여 9월말 포획수가 가장 많다. 이후 10월 말경부터는 포획수가 거의 없다. 특이한 점은 여름철 내내 발생이 매우 적었던 등검은말벌은 10월 중순 이후에 상대밀도가 급격히 늘어났다는 점이다. 이는 Jung(2012)에서도 보고된 바로써, 등검은말벌은 국내 토착 말벌류의 가을철 활동기가 끝나는 12월 초까지도 활동한다는 보고와 일치하는 경향으로, 월동 감응 온도 또는 활동 제한 온도 등에 대한 추가적 연구가 필요한 부분이다. 또다른 특징은 꼬마장수말벌과 말벌은 초기 발생 이후 개체수가 급격히 증가하는 양상을 보이지만, 좀말벌과 장수말벌은 그 개체수 증가가 전혀 이루어지지 않고 있다. 말벌류의 종별 생태적 특성이 잘 알려진 바 없기 때문에 종별 발생량과 패턴의 차이가 지역적 특성인지 또는 도심지 특성이 반영된 것인지는 명확치 않지만, 도심지에서 주택가로 갈수록 장수말벌 발생량이 적다는 보고와는 일치한다 (Choi et al., 2012).

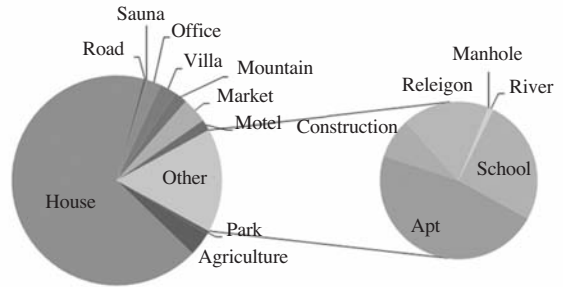
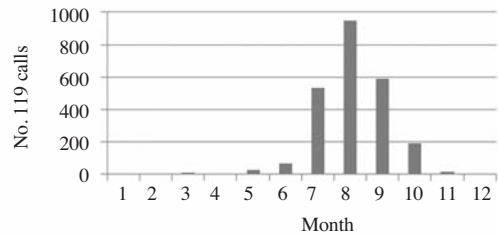


Fig. 5. Monthly pattern of 119 call events for removing Vespid wasps (4 year average/month, upper graph) and the distribution of the location types in Youngju, GB, Korea.

트랩 지점별 발생량과 요인 분석

조사 대상인 12지역의 트랩에서 채집된 종 및 개체수의 변이는 매우 컸다. 또한 일부 트랩 지역에서는 주요종 4종이 골고루 포획되기도 하였으나, 일부 지역(예, 5, 9, 10, 11)에서는 말벌이 특히 많이 포획되었다. 지점별 종별 또는 전체 말벌의 발생상과 환경 요인과의 상관분석은 Table 1에서 제시하였다. 말벌 종간 연관관계 분석에는 말벌과 좀말벌, 꼬마장수말벌 발생량은 양의 상관을 보였으며, 장수말벌은 꼬마장수말벌과 양의 상관을 보이거나 다른 종의 말벌과는 상관도가 없었다. 즉 장수말벌과 꼬마장수말벌은 서로

Table 1. Pearson correlation matrix of Vespa trap catches and landscape factors in Youngju urban area, GB Korea during 2014

Name	Vc	Va	Vd	Vm	Tv	House	Road	Woodland	Deciduous	Conifer	Paddy	Farmland	Refugia	River
<i>V. crabro</i>	1	0.56	0.57	0.25	0.87	0.24	-0.14	0.43	0.70	0.14	-0.49	-0.44	0.74	0.60
		0.05	0.04	0.40	0.00	0.43	0.66	0.17	0.01	0.67	0.09	0.13	0.00	0.03
<i>V. analis</i>		1	0.77	0.51	0.82	0.21	-0.28	0.46	0.23	0.41	-0.25	-0.12	0.16	0.11
			0.00	0.07	0.00	0.48	0.35	0.13	0.47	0.19	0.42	0.69	0.59	0.72
<i>V. ducalis</i>			1	0.63	0.88	0.08	-0.20	0.68	0.17	0.73	-0.22	0.00	0.04	0.04
				0.02	0.00	0.79	0.51	0.01	0.60	0.01	0.48	0.99	0.89	0.89
<i>V. mandarinia</i>				1	0.58	-0.21	-0.14	0.79	0.23	0.83	0.18	0.23	0.03	-0.23
					0.04	0.48	0.65	0.00	0.47	0.00	0.55	0.46	0.92	0.45
Total Vespa					1	0.17	-0.21	0.66	0.51	0.53	-0.36	-0.23	0.45	0.33
						0.58	0.48	0.02	0.09	0.08	0.22	0.44	0.13	0.27

*For each species, the upper line denote the correlation coefficient and the lower the significance level. Vc, Va, Vd, Vm and Tv denote *Vespa crabro*, *V. analis*, *V. ducalis*, *V. mandarinia* and total number of *Vespa* collected from each trap location.

비슷한 서식처 환경을 가지며 공존할 수 있으나, 크기가 다른 좀말벌, 말벌 등은 장수말벌 등 거대말벌이 우점하지 않는 서식처에서 밀도가 높음을 간접적으로 지시한다. 이러한 경향은 Choi *et al.*(2012)의 경쟁관계에서도 나타난다. 말벌의 포획량은 활엽수지역의 크기, 나대지와 하천의 면적과 양의 상관을 보였다 (Table 1). 즉 말벌은 활엽수지역이나 숲이 우거지지 않고 노출이 많은 곳에 상대적으로 서식처를 활용할 가능성이 높음을 알 수 있다. 반면 장수말벌, 꼬마장수말벌 등은 침엽수의 면적 또는 침엽수와 활엽수림 면적의 합으로 표현되는 숲의 면적과 양의 상관을 보였다. 즉, 산림이 우거진 지역에서 말벌류의 발생량이 많은 반면 몸의 크기가 작은 말벌은 주변이 개방되거나 주택이 인근으로 서식처를 활용할 수 있음을 보여준다. 또한 대부분 말벌 종간 상관관계가 양의 방향이라는 점은, 현재 조사 시스템상 서식처의 포화는 일어나지 않다고도 볼 수 있다.

결과의 활용

영주시 소방서의 말벌 벌집 제거를 위한 출동 건수의 월별 분포를 보면 7-9월에 집중되고 8월이 가장 많은 것을 볼 수 있다 (Fig. 5, upper graph). 이는 트랩에 포획된 말벌 수의 분포 패턴과 일치하고 (Fig. 3 참조), 타 지역에서 조사된 자료와도 일치한다 (Jung *et al.*, 2007a). 말벌류는 사회적 집단을 이루며, 봉군 내 요구에 의한 채이활동이 개시되고, 질병 및 기상조건에 한계 폭이 넓으므로 (Wilson, 1971; Rose *et al.*, 1999; Foster and Ratnieks, 2001), 다양한 기상 조건에서도 먹이활동이 가능하다. 말벌 집단은 6월 하순부터 급격히 커지기 시작하면서 8월 중순이 넘어서면 새로운 여왕벌 양성 및 월동 준비를 위하여 단백질원과 당분의 공급이 절대적이며 (Akre, 1995), 이 시기의 영양공급이 다음 해 말벌 집단의 생존에 결정적 영향을 미친다 (Martin, 1992; Ito and Kasuya, 2005). 따라서 8월 이후 탄수화물과 단백질, 그 두 가지 영양분을 공급할 수 있는 자원을 탐색하여야 하며, 도심지에 산재한 각종 음료 및 단백질원(예, 음식물 쓰레기에 포함된 각종 단백질과 탄수화물)은 자연 생태계에서 점차 줄어드는 먹이원의 대안이 될 수 있다. 또한 Choi *et al.*(2012)는

말벌 중 일부 종들은 특이적으로 숲 가장자리 또는 주택가를 중심으로 먹이 서식처를 형성할 수 있음을 주장하며, 이를 하나의 경쟁 회피 기작으로 평가하기도 하였다.

더욱이 최근 인근에 말벌의 밀도가 높아지고 사람들에게 위협을 주는 사례가 늘어났다. 최근 말벌의 밀도 증가는 기후변화, 먹이가 되는 곤충 등 무척추동물의 상대 밀도 변화는 물론 서식처 환경의 변화에 의해 주도되고 있으며, 양봉꿀벌의 밀집도, 외래생물의 침입으로 인한 서식처 이동 (Jung *et al.*, 2008), 도심지의 녹화 지대 증가로 인한 영향 (Choi *et al.*, 2012)으로도 볼 수 있다. 특히 119 출동 건수의 분포를 보면 주택가와 학교 등 어린이들의 활동 공간이 다수 포함된다 (Fig. 5, lower graph). 따라서 지역 생물다양성에 대한 체계적 교육과 함께, 인간 생활에 간섭 요인이 될 수 있는 유해 생물의 안전 관리 방안 개발이 급히 요구된다. 또한 거시적 관점에서는 청소년들의 자연 생태에 대한 이해를 높이고, 동시에 생물종 서식처의 중요성과 생물과 생물간 상호작용 유형의 복잡성 등에 대한 이해를 통해 위험 요인을 감소시키는 방향의 고민이 필요하다.

적 요

최근 말벌류의 출몰로 인한 농업적, 사회경제적 위협이 증가하고 있는 추세이다. 중부지역 지방 소도시 주거환경 내 발생하는 말벌의 종구성 및 계절적 변화를 파악하기 위한 시민참여 모니터링 프로그램이 운영되었다. 경북 영주 주택가에서 말벌, 꼬마장수말벌 등이 우점하고 좀말벌과 장수말벌의 밀도가 높았다. 반면 외래침입종인 등검은말벌은 여름철보다 늦가을에 상대밀도가 높게 나타나는 경향이다. 주택가와 도심지에서의 말벌류 발생에 대한 지점별 정보와 경관의 구성 요인(경관의 면적과 상대적으로 좁은 면적에서의 먹이사냥의 효율성 증가)과 시기별 먹이조건의 변화는 말벌류 발생에 영향을 미치는 것으로 파악되었다. 녹화의 정도는 말벌류 발생과 양의 상관관계를 보였다. 또한 소방서 등에서 말벌집 제거 기록과

청소년의 주거지 내 분포 형태의 연관성을 볼 때, 장기적이고 체계적인 연구를 통하여 말벌류의 위험 관리 방안이 마련되어야 할 것으로 판단된다. 또한 최근의 기후 변화는 외래종인 등검은말벌의 발생을 조장하고 토착종의 밀도 위협 요인이 될 수 있는 바, 다각적인 모니터링과 요인 분석이 요구된다. 이를 통해 주택가 및 도심지에서의 말벌류 위협을 효과적으로 경감하고 동시에 생물다양성에 대한 올바른 이해의 장이 만들어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구과제 PJ010487의 지원을 받았다. 영주고등학교 학생들은 경북도 미래과학자 양성프로그램을 통해 본 연구에 참여하였다. 말벌관련 출동 자료를 제공해 준 경북 영주소방서 박경규센터장과 관계자께도 감사드립니다. 또한 이 연구는 농림부지원 지역곤충자원산업회지원센터 과제의 기재를 활용했습니다.

인용 문헌

- Akre, R.D. 1995. Our stinging friends? The ambivalent yellowjackets. *Amer. Entomol.* 41: 21-29.
- Carpenter, J. 1987. Phylogenetic relationships and classification of the Vespinae (Hymenoptera: Vespidae). *Syst. Entomol.* 12: 413-431.
- Carpenter, J.M. and J. Kojima. 1997. Checklist of the species in the subfamily Vespinae (Insecta: Hymenoptera: Vespidae). *Nat. Hist. Bull. Ibaraki Univ.* 1: 51-92.
- Chang, Y.D., M.Y. Lee and Y.N. Youn. 1994. Visiting patterns and control of giant hornet, *Vespa mandarinia* (Hymenoptera: Vespidae) in apiary. *Korean J. Apic.* 9: 178-180.
- Chang, Y.D., M.Y. Lee, Y.H. Yim and Y.N. Youn. 1993. Species and visiting patterns of wasps (Hymenoptera: Vespidae) in apiary. *Korean J. Apic.* 8: 22-28.
- Choi, M.B., J.K. Kim, J.W. Lee. 2012a. Increase trend of social hymenoptera (wasps and honeybees) in urban area, inferred from moving-out case by 119 rescue services in Seoul of South Korea. *Entomol. Res.* 42: 308-319.
- Choi, M.B., S.J. Martin, J.W. Lee. 2012b. Distribution, spread, and impact of the invasive hornet *Vespa velutina* in South Korea. *J. Asia-Pac. Entomol.* 15: 473-477.
- da Silba, E.R. and K. Jaffe. 2002. Expanded food choice as a possible factor in the evolution of sociality of Vespidae (Hymenoptera). *Sociobiol.* 39: 1-12.
- Elginga, R.J. 2004. *Fundamentals of Entomology*. 6th ed. Prentice Hall. NJ. pp. 512.
- Foster, K.R. and F.L.W. Ratnieks. 2001. Paternity, reproduction and conflict in vespine wasps: a model system for testing kin selection predictions. *Behav. Ecol. Sociobio.* 50: 1-8.
- Ito, Y. and E. Kasuya. 2005. Demography of the Okinawan eusocial wasp *Ropalidia fasciata* (Hymenoptera: Vespidae) I. Survival rate of individuals and colonies, and yearly fluctuation in colony density. *Entomol. Sci.* 8: 41-48.
- Jung, C. 2008. Economic value of honeybee pollination on major fruit and vegetable crops in Korea. *Korean J. Apic.* 23: 147-152.
- Jung, C. 2012. Spatial expansion of an invasive hornet, *Vespa velutina nigrithorax* Buysson (Hymenoptera: Vespidae) in Korea. *Korean J. Apic.* 27: 87-93.
- Jung, C. 2012. Initial stage risk assessment of an invasive hornet, *Vespa velutina nigrithorax* Buysson (Hymenoptera: Vespidae) in Korea. *Korean J. Apic.* 27: 95-104.
- Jung, C., D.W. Kim, H.S. Lee and H. Baek. 2008. Some biological characteristics of a new honeybee pest, *Vespa velutina nigrithorax* Buysson 1905 (Hymenoptera: Vespidae). *Korean J. Apic.* 24: 61-65.
- Jung, C., M.S. Kang and D. Kim. 2007a. Vespidae wasps (Hymenoptera) occurring around apiaries in Andong, Korea: II. Trap catches and seasonal dynamics. *Korean J. Apic.* 22: 63-70.
- Jung, C., M.S. Kang, D. Kim and H.S. Lee. 2007b. Vespidae wasps (Hymenoptera) occurring around apiaries in Andong, Korea I. Taxonomy and life history. *Korean J. Apic.* 22: 53-62.
- Kim, D.W., C. Jung, M.N. Uddin, H-S. Lee, H. Baek, D.Y. Kim and C. Villemant. 2010. Establishment and expansion of *Vespa velutina nigrithorax* in Korea with comparison to French situation. p. 121. In *Proceeding of 10th AAA Conference and ApiExpo*. Bexco, Busan, Korea.
- Kim, J.K. T.Y. Moon and I.B. Yoon. 1994. Systematics of Vespine wasps from Korea, I. Genus *Vespa* Linnaeus (Vespidae, Hymenoptera). *Korean J. Entomol.* 24: 107-115.
- Kim, J.K., M. Choik and T.Y. Moon. 2006. Occurrence of *Vespa velutina* Lepelletier from Korea, and a revised key for Korean *Vespa* species (Hymenoptera: Vespidae). *Entomol. Res.* 36: 112-115.
- Kim, J-K., I-K Kim. 2011. Discovery of *Vespa binghami* (Vespidae: Hymenoptera) in Korea. *Korean J. Syst. Zool.* 27: 105-107.
- Kim, Y.S., M.Y. Lee, M.L. Lee, S.H. Nam and Y.M. Park. 2006. Development of natural luring liquid against the wasps inflicting honeybees. *Korean J. Apic.* 21: 37-42.
- Levin, M.D. 1983. Value of Bee pollination to US agriculture.

- Bull. Ent. Soc. Am. 29: 50-51.
- Lim, B.H., M.L. Lee and K.S. Woo. 1989. Studies on the control of hornet bees (*Vespa* spp.) by feeding attractants. Korean J. Apic. 4: 19-33.
- Martin, S.J. 1992. Development of the embryo nest of *Vespa affinis* (Hymenoptera: Vespidae) in Southern Japan. Ins. Soc. 39: 45-57.
- Ono, M. 2005. Semiochemicals that regulate social behaviour of hornets. Aroma Res. 6: 230-236.
- Ono, M., Terabe, H., Hori, H. and Sasaki, M. 2003. Components of giant hornet alarm pheromone. Nature. 424: 637-638.
- Rose, E.A.F., R.J. Harris and T.R. Glare. 1999. Possible pathogens of social wasps (Hymenoptera: Vespidae) and their potential as biological control agents. New Zeal. J. Zool. 26: 179-190.
- Wilson, E.O. The insect societies. Cambridge. Mass. Harvard Univ. Press. 548 pp.