



전북 완주지역 양봉장 주변에 발생하는 주요 말벌의 발생 동태

김수배^{1,2}, 박보선¹, 민성현¹, 김동원^{1,*}

¹농촌진흥청 국립농업과학원 양봉생태과, ²전남대학교 응용생물학과

Occurrence Patterns of Major Wasp Species around Near Apiary in Wanju, Jeollabuk-do

Su-bae Kim^{1,2}, Bo-sun Park¹, Sung-hyun Min¹ and Dongwon Kim^{1,*}

¹Division of Apiculture, National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

²Department of Applied Biology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Republic of Korea

Abstract

This study was conducted to analyze the population dynamics of wasps occurring around beekeeping farms in Wanju, Jeollabuk-do. While honeybees play a crucial role as pollinators in the ecosystem, wasps are one of the main predators that harm honeybees. Accordingly, this study monitored the occurrence periods and patterns of wasp species through trap monitoring from April to November. The results showed that the wasp population increased by 2.58 times in 2019 compared to the previous year, and by 4.4 times in 2021 compared to the previous year. This significant increase was largely attributed to the higher capture rate of *Vespa velutina nigrithorax* in traps. Observations of changes indicated that the native hornet, *V. simillima simillima*, was affected by *V. velutina nigrithorax*, likely due to similarities in their characteristics and ecological niches. Additionally, it was confirmed that various factors, including climate change, can contribute to the rapid growth of wasp populations. Effective control measures and ecological research are needed during periods of rapid population growth.

Keywords

Population dynamic, *Vespa* species, Honeybee

서론

꿀벌은 인간에게 이로움을 주는 사회성 진화가 잘 이뤄진 생물이다(Winston, 1987). 꿀과 밀랍 등의 양봉산물 채취 이외에도 꿀벌의 방화 활동을 통해 부차적으로 얻을 수 있는 공익가치인 식물의 화분매개 등은 인간에게 큰 이점을 준다(Yoon *et al.*, 2011, 2021). 화분매개자로서 꿀벌의 영향이 커짐에 따라 양봉농가수와 사육 군수는 늘어나는 추세를 보여주고 있으나(농식품부, 2023), 양봉농가가 사육에 갖는 어려움은 점점 더 커져가고 있다. 2009년 발생한 낭충봉아부패병에 의한 대규모 토종벌(*Apis cerena*) 봉군 폐사(Choi *et al.*, 2010), 꿀벌응애 등에 의한

2021~2022년 월동 봉군 폐사(Kim, 2022)는 양봉산업 위기의 대표적 문제이다. 대부분 농작물에서 병해충 발생은 작목 관리와 수확물 생산에 가장 큰 걸림돌이다(Kim and Jung, 2008). 그중 꿀벌은 특히 해충에 큰 피해를 보고 있다. 꿀벌에 발생하는 해충은 꿀벌응애류(Fries *et al.*, 1994; Amdam *et al.*, 2004; Kang *et al.*, 2021), 말벌류(Jung *et al.*, 2007a, 2007b) 꿀벌부채명나방(Choi *et al.*, 2012) 등이 있다.

벌목(Hymenoptera) 중 말벌상과(Vespidae)에 속하는 말벌(*vespa*)은 꿀벌 포식 습성이 2가지로 나뉜다. 개체 집단이 집단으로 봉군 전체를 공격하는 집단 공격형(Kim *et al.*, 2006a; Jung *et al.*, 2007a)과 벌통 밖을 배회하다가 벌

통 입구를 오가는 꿀벌을 공격하는 단독 포식형이다(Jung *et al.*, 2008; Jung, 2012). 집단 공격형의 대표종은 장수말벌(*Vespa mandarina*)로 장수말벌은 꿀벌을 먹이원으로 이용하기 위하여 침입하는 것이 아닌, 벌통 내부의 유충 및 번데기, 꿀을 섭취하기 위하여 봉군 입구에서 일벌을 가해하기 때문에(Oh, 2007; Kim *et al.*, 2017), 봉군에 피해가 큰 말벌이다. 장수말벌의 경우 등검은말벌(*Vespa velutina nigrithorax*)이 침입(Choi, 2004)하여 전국으로 분포·확산되기까지 꿀벌에게 가장 큰 피해를 입히는 말벌종이었다(Chang *et al.*, 1994; Jung *et al.*, 2007a). 단독공격형의 경우 양봉장에 활동하는 개체가 드물어 피해가 적은편이었으나, 외래 해충인 등검은말벌의 전국적 확산에 따라 단독포식형임에도 꿀벌에 가장 큰 피해를 주고 있다. 등검은말벌은 단독 포식형임에도 불구하고 꿀벌에 대한 선호성이 약 80% 이상으로 매우 높고(Arbol, 1994; Perrard *et al.*, 2009), 한 말벌집 내 여러 마리의 여왕벌을 통해 많은 일벌을 양성하여 일벌 개체수가 급격히 늘어난다(Jung *et al.*, 2008). 만약 양봉장에서 등검은말벌을 관리하지 않았을 경우 10봉군을 폐사시킬수 있는 기간은 약 일주일 정도 소요되며, 50봉군은 2~3주 정도 걸리는 것으로 추정한다(Jung *et al.*, 2008). 외래 침입종인 등검은말벌에 대한 천적은 현재 없는 상태이며, 지속해서 개체수가 늘어난다면 양봉산업에 더 큰 피해를 줄 것으로 판단된다.

국내 대량 발생에 의해 생태계교란종으로 지정된(환경부, 2019) 등검은말벌은 국내뿐 아니라, 프랑스를 기점으로 포르투갈, 벨기에, 독일, 영국, 스위스, 네덜란드 등 유럽 전역으로 급격히 분포가 확산하고 있다(Rortais *et al.*, 2010; Roy *et al.*, 2011). 많은 국가에서 등검은말벌에 의한 생태계 교란에 의해, 다양한 등검은말벌 방제 또는 밀도 조절을 위한 연구가 수행되고 있다. 봄철에 초기 방제를 통한 등검은말벌의 피해를 밀도 조절 제시, 착농약 송환법, 물리적방제, 페로몬(Chang *et al.*, 1994; Rose *et al.*, 1999; Kim *et al.*, 2006b; Jung *et al.*, 2007b; Kim *et al.*, 2021) 등을 이용한 화학적 방제 등이 제시되었다.

본 연구에서는 전라북도 완주군에서 환경조건이 다른 세 장소에서 말벌 트랩을 설치하고, 일주일 간격으로 트랩 내 포획된 말벌을 회수하여 분류·동정하였다. 말벌류 동정을 통해 연간 그리고 연중 말벌 종 다양성의 변화, 말벌류 개체수 변화, 서식지 환경조건에 따른 말벌류의 선호 장소의 변화 등을 구명하고자 조사를 진행하였다. 이

를 통해 전북 완주지역에서 발생하는 말벌류의 등검은말벌 침입 이후 군집변화와 말벌류의 생태 특성을 확인할 수 있을 것으로 기대한다.

재료 및 방법

1. 말벌트랩 및 설치 위치

말벌류의 포획에 이용한 말벌트랩(㈜다목에코텍, 말벌포획기)은 중앙부는 원형으로 양쪽 날개부분에 말벌이 가뒤편의 형태의 트랩이다. 트랩설치는 2018년부터 2023년까지 매년 설치하였으며, 해마다 4월 초부터 설치하여, 11월 말까지 설치하여 매주 트랩을 확인하여 트랩 내의 말벌류를 동정하였다. 트랩의 설치 위치는 전라북도 완주군 이서면 국립농업과학원 내 실험양봉장(위도: 35.830268°, 경도: 127.038317°), 약 100 m 떨어진 산림(위도: 35.828383°, 경도: 127.037142°), 양봉장과 직선거리로 약 800 m 떨어진 토봉장(위도: 35.825588°, 경도: 127.045267°)에 각 3개의 총 9개의 트랩을 설치하여 실험에 이용하였다. 트랩의 설치 높이는 산림과 양봉장 내에는 나무 지지대를 이용 1 m 높이에 설치하였으며, 산림과 토봉장에는 나무에 묶는 방식으로 1 m 높이에 설치하였다. 트랩 간의 거리는 20 m의 거리를 두고 설치하였다.

2. 말벌트랩 유인제

실험에 사용된 말벌 유인용 약제는 목초액(장수말벌유인액, (주)야생) + 와인(진로와인, (주)하이트진로)을 1 : 1 비율로 섞은 용액 5 L당 75 g의 설탕(백설탕, (주)CJ제일제당)을 섞은 후 이것을 유인제로 사용하였다. 투입되는 유인제의 양은 약 500 mL이며, 1주일마다 트랩의 말벌류를 회수함과 동시에 부족분을 보충하였다.

3. 자료 분석

트랩 내 포획된 말벌 간의 군집구조를 파악하기 위해, 포획된 말벌의 개체수와 종수, 종다양성지수, 우점도 지수를 산출하여 비교하였다. 종 다양도 지수(Shannon Wiever diversity index, H'), 균등도 지수(J')를 이용하였다. 우점종은 최(1983)가 제시한 방법을 이용하여 전체 종수가 5%가 넘는 종을 선발하였다. 군집구조의 유사도분석은 Jaccard와 Sørenson 유사도 지수로 비교하여 집락분석을

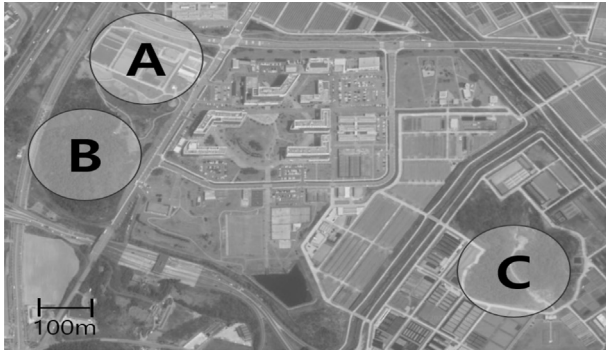


Fig. 1. Trap location, A: *Apis mellifera* Apiary, B: Near forest, C: *Apis cerena* Apiary.

실시하였다(최, 1983; Magrrun, 1988).

$$H' = -\sum (ni/N) \cdot \log_2 (ni/N) \quad (\text{Eq. 1})$$

(ni: the number of species, N: the total number of species)

$$DI = (n1 + n2)/N \quad (\text{Eq. 2})$$

(n1: Dominant species, n2: Subdominant species, N: the total number population)

결 과

1. 연도별 포획 말벌류 종 구성 및 포획 개체 수

전라북도 완주군 이서면 국립농업과학원 내에서 포획된 말벌은 7종이 포획되었으며, 18, 19년도에는 등검은말벌, 쯤말벌(*Vespa analis paralleta*), 장수말벌(*Vespa mandarinia*), 꼬마장수말벌(*Vespa ducalis*), 말벌(*Vespa crabro flabofasciata*), 털보말벌(*Vespa simillima simillima*), 검정말벌(*Vespa dybowskii*) 7종 모두가 포획되었다. 2020, 2022, 2023년도에는 2018, 2019년에 포획된 종 중 검정말벌을 제외한 6종이 포획되었으며, 21년도에는 털보말벌, 검정말벌을 제외한 등검은말벌, 쯤말벌, 장수말벌, 꼬마장수말벌, 말벌 5종이 포획되었다. 말벌트랩에 포획된 말벌의 총 개체 수는 2018년 495개체, 19년 1,281개체, 20년 1,268개체, 21년 5,589개체, 22년 5,010개체로서 18년 대비 19년에 2배 이상 증가, 19~20년에는 정체기를 보이다가 20년 대비 21년 약 4.4배로 가장 큰 폭의 증가세를 보

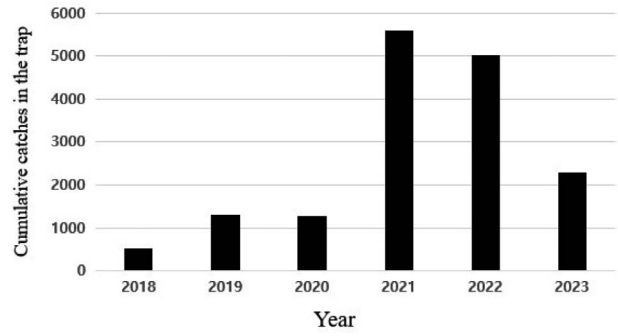


Fig. 2. Cumulative of *vespa* wasps captured in traps each year.

였으며, 21~22년에는 비슷한 수준의 말벌류가 트랩에 포획된 것을 확인할 수 있었다. 23년에는 총 포획된 말벌의 수가 전년 대비 절반 수준인 2,287마리로 확인되었다(Fig. 2).

2. 연도별 포획 말벌류의 군집 변화

연도별로 포획된 말벌류의 군집 변화를 확인한 결과, 2018년에는 43%의 비율을 차지한 꼬마장수말벌이 가장 많았으며, 다음으로 쯤말벌(25%), 말벌(16%), 장수말벌(6%), 등검은말벌, 털보말벌(4%), 검정말벌(1%) 순으로 나타났다. 2019년에는 등검은말벌(41%)이 가장 많이 발생하였으며, 장수말벌, 말벌(16%), 꼬마장수말벌(10%), 털보말벌(5%), 검정말벌(1%), 2020년에는 쯤말벌(38%)이 가장 많이 발생하였으며, 등검은말벌(27%), 장수말벌(20%), 말벌(10%)로 나타났으며, 2021년에는 등검은말벌(83%)이 가장 높은 비율로 포획되었으며, 쯤말벌(9%), 장수말벌(4%), 말벌(3%), 꼬마장수말벌(2%)로 나타났다. 2022년에는 등검은말벌(31%)이 가장 높은 비율로 포획되었으며, 꼬마장수말벌(21%), 쯤말벌(19%), 장수말벌(15%), 말벌(13%)의 비율로 나타났다. 2018, 19, 20, 21, 22, 23년에 털보말벌 또한 포획되었으나, 0.1% 미만의 비율로 출연하여 결과 제시에서 제외하였다.

연도별 우점종은 조사기간 동안 등검은말벌('19, '21, '22) 꼬마장수말벌('18, '23), 쯤말벌('20)로 나타났으며, 아우점종은 등검은말벌('20, '23), 쯤말벌('18, '21), 장수말벌, 말벌('19), 꼬마장수말벌('22)로 나타났다(Table 1). 등검은말벌이 연도별 우점 횟수는 등검은말벌 3회, 꼬마장수말벌 2회, 쯤말벌 1회, 아우점종은 등검은말벌 2회, 쯤말벌 2회, 장수말벌, 꼬마장수말벌 각 1회로 나타났다. 등검은말벌은 2018년을 제외하고, 우점종 또는 아우점종

Table 1. Major dominant species and its proportion each year

Year	Species richness	Dominance Index	Dominant species and its proportion (<i>Vespa</i>)			
			1st dominant Species		2nd dominant Species	
2018	7	0.52	<i>ducalis</i>	43.4	<i>analis parallela</i>	25.2
2019	7	0.53	<i>velutina nigrithorax</i>	41.5	<i>mandarinia</i>	15.6
2020	6	0.53	<i>analis parallela</i>	37.3	<i>velutina nigrithorax</i>	26.6
2021	5	0.23	<i>velutina nigrithorax</i>	82.8	<i>analis parallela</i>	8.8
2022	6	0.53	<i>velutina nigrithorax</i>	32.5	<i>ducalis</i>	20.9
2023	6	0.51	<i>ducalis</i>	28.0	<i>velutina nigrithorax</i>	25.0

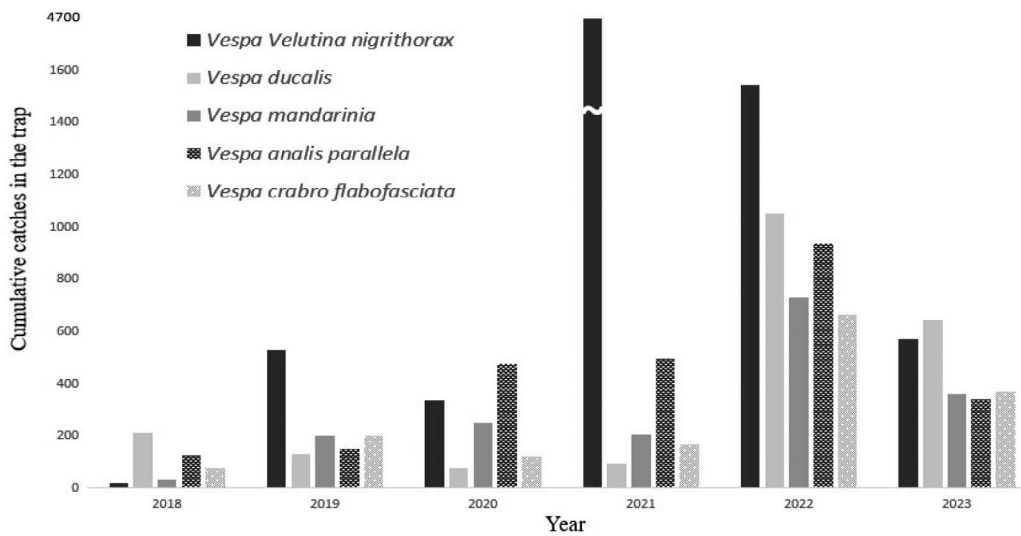


Fig. 3. Comparative population size of *Vespa* communities during survey period (2018~2023).

을 나타내는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 3).

3. 말벌 트랩 설치 위치별 포획 말벌 개체 수 및 비율

말벌 트랩 위치별 말벌류 출현 개체수는 2018년 토봉장에서 242개체, 산림에서 194개체, 양봉장에서 59개체 순으로 나타났다. 2019년에는 산림에서 574개체, 토봉장에서 430개체, 양봉장에서 277개체가 포획되었으며, 2020년에는 산림 516개체, 토봉장 425개체, 양봉장 327개체가 포획되었다. 2021년에는 양봉장에서 2,998개체, 토봉장에서 1,348개체, 산림에서 1,243개체가 포획되었다. 2022년에는 산림에서 1,964개체, 토봉장에서 1,651개체, 양봉장에서 1,309개체가 포획되었다. 2023년에는 산림에서 832개체, 토봉장에서 732개체, 양봉장에서 722개체가 포획되었다. 2019, 2020, 2022, 2023년에는 산림에서 가장 많은

개체가 포획되었고, 2018년에는 토봉장에서 가장 많은 개체가 포획되었으며, 2021년에만 양봉장에서 가장 많은 말벌이 포획되었다.

위치별 우점종의 비율을 살펴보면, 2018년에 우점종을 나타낸 꼬마장수말벌이 토봉장에서 50%, 산림에서 39%, 양봉장에서 21%로 나타났으며, 2019년에 우점종을 나타낸 등검은말벌의 경우 양봉장에서 55%, 산림에서 40%, 토봉장에서 35%의 비율로 포획되었다. 2020년에는 좀말벌이 가장 우점종을 나타내었으며, 양봉장에서 49%, 토봉장에서 35%, 산림에서 33%의 비율을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 2021년에는 등검은말벌이 가장 우점종으로 나타났으며, 양봉장에서 89%, 산림에서 78%, 토봉장에서 73%를 나타내었고, 2022년 또한 등검은말벌이 우점종으로 나타났으며, 양봉장에서 49%, 산림에서 29%, 토봉장에서 20% 비율로 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 2023

년에는 꼬마장수말벌이 우점종으로 나타났으며, 산림에서 36%, 양봉장, 토봉장에서 각각 32%가 비율로 나타나는 것으로 확인할 수 있었다.

말벌 종류별 서식처 출현 비율로 확인해 본 결과, 등검은말벌은 18년부터 포획된 전체 7,716개체 중 3,960개체가 양봉장에서 포획되어, 전체 비율 중 51.3%를 차지하는 것을 나타내었다. 산림과 토봉장의 비율은 23.0%, 25.7%로 각각 나타났다. 연도별로 포획 비율은 18년 양봉장에서 42.1%, 토봉장에서 36.8%, 산림에서 21.2% 비율로 포획되었다. 19년, 20년에는 산림에서 각각 42.9%, 40.8% 가장 높은 비율로 포획되었으나, 21년과 22년, 23년에는 각각 57.8%, 40.5%, 59.3%의 비율로 양봉장에서 가장 많은 수의 등검은말벌이 포획되었다. 좀말벌의 경우 전체 2,525개체 중 912개체가 토봉장에서 포획되어 가장 높은 36.1% 비율을 나타내었고, 양봉장, 산림에서 각각 34.3%, 29.6% 비율로 포획되었다. 연도별 포획 비율에서는 18년, 19년, 20년, 22년에는 산림에서 각각 48.8%, 40.5%, 35.7%, 41%로 가장 높은 비율을 나타내었으나, 21년에는 양봉장에서 52.3%, 23년에는 36.6%로 토봉장에서 가장 높은 비율을 나타내었다. 장수말벌의 전체 1,776개체 중 경우 817개체가 산림에서 포획되었으며, 46.0%의 비율을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 양봉장과 토봉장의 포획은 각각 340, 619개체, 19.1%, 34.9%의 비율로 나타났다. 연도별 가장 높은 포획 비율을 나타내는 장소는 18, 19, 20, 23년에는 산림에서 각각 40.6%, 48.5%, 60.2%, 54.4% 비율로 나타났으며, 21 (64.3%), 22 (40.9%)년에는 토봉장에서 가장 높은 비율로 포획되는 것을 확인할 수 있었다. 꼬마장수말벌은 전체 2,209개체가 6년간 포획되었으며, 산림에서 1,055개체, 47.8%의 비율로 가장 높은 것으로 나타났다. 양봉장과 토봉장에서는 304, 850개체로 각각 13.8%, 38.5% 비율로 나타났다. 연도별 가장 많이 포획된 장소는 18, 20, 21, 22년에는 산림에 각각 56.2%, 63.2%, 45.1%, 50%, 39.9%로 가장 높은 비율로 나타났으며, 19년에만 토봉장에서 46.1%로 가장 높은 비율을 나타내었다. 말벌은 총 1,603개체가 포획되었으며, 토봉장에서 720개체가 포획되어 44.9%로 가장 높은 비율을 나타내었다. 양봉장과 산림은 229, 654개체 14.3%, 40.8%의 비율을 나타내었다. 연도별 가장 많이 포획된 장소는 18, 20, 21년에는 50%, 62.6%, 46.1% 비율로 산림에 가장 많이 포획되었으며, 19, 22, 23년에는 토봉장에서 가장 높은 42.3%, 53.3%, 49.1% 비율을 나타내었다. 털보말벌과 검

정말벌은 18, 19년에 각각 83, 11개체가 포획되었으며, 털보말벌 1개체, 4개체가 각각 22년, 23년에 포획되었다. 두 종 모두 토봉장에 가장 많은 개체가 포획되었으며, 각각 37, 6개체 41.6%, 54.5%의 비율을 나타내었다(Table 2).

4. 말벌류 월별 발생 조사

말벌의 월별 발생 조사 결과 2018년에는 최초 발생이 5월 3주차에 최초 발생하였다. 2019년에는 이보다 빠른 2019년 4월 4주, 20, 21, 22, 23년에는 4월 첫주부터 트랩에 포획되었다. 2018년 최초 포획된 말벌 종은 4월 1주, 좀말벌, 말벌이 가장 먼저 트랩에 포획되었으며, 2019년에는 4월 4주차에 등검은말벌과 말벌이 가장 먼저 트랩에 포획되었다. 2020년에는 4월 1주차에 등검은말벌과 좀말벌이 가장 먼저 포획되었으며, 2022년 4월 1주차에 등검은말벌이 최초 포획되었고, 2023년에는 4월 1주차에 등검은말벌, 말벌, 장수말벌이 최초로 포획되었다. 2018년 4월에는 말벌이 단 한 개체도 포획되지 않았으나, 19년 4개체, 20년 6개체, 21년 71개체, 22년 68개체로 점차 늘어가는 추세를 나타내었다. 2018년에 말벌트랩에 가장 많이 포획된 달은 8월로서 566개체가 포획되었으며, 꼬마장수말벌이 가장 많이 포획되었다. 2019년은 9월과 10월에 각각 880, 884개체가 포획되어 가장 많이 포획된 달이다. 2020년에는 9월달에 415개체가 포획되어 가장 많이 포획된 달로 나타났으며, 2021년에는 10월에만 3,282개체가 포획되었다. 2022년에는 4월에 192개체, 8월에 가장 높은 2,744개체가 포획되었다. 2023년에는 10월에 가장 많은 516개체가 포획되었으며, 4월에는 44개체만이 포획되었다.

고 찰

완주지역에서 등검은말벌의 첫 분포의 확인은 2014년 이루어졌다(Jeong *et al.*, 2016). 완주지역 등검은말벌 첫 관측 이후 2018년부터 2022년까지 전라북도 완주지역에서 발생한 연도별로 말벌류의 말벌 트랩을 이용한 말벌 포획 결과, 2019, 2022년에 개체수가 크게 증가하는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 2). 첫 번째 증가는 2019년으로 이 기간에 트랩에 포획된 총 말벌류는 전년도 대비 약 2.58배 증가하였다. 두 번째 증가는 2021년으로 전년도 대비 약 4.4배의 말벌류들이 트랩에 포획되었다. 말벌류의 트

Table 2. Species composition and abundance of *Vespa* caught in traps from *Apis mellifera* Apiary and Near forest, *A. cerena* apiary in 2018~2023

Vespa species	2018				2019				2020				2021				2022				2023			
	Apiary		Near Forest		Apiary		Near Forest		Apiary		Near Forest		Apiary		Near Forest		Apiary		Near Forest		Apiary		Near Forest	
	AM	AC	AM	AC	AM	AC	AM	AC	AM	AC	AM	AC	AM	AC	AM	AC	AM	AC	AM	AC	AM	AC		
<i>Velatina nigrithorax</i>	8	4	7	153	150	228	126	138	74	2675	973	979	659	618	352	339	97	136						
<i>duccalis</i>	18	76	121	12	58	60	2	27	50	15	36	42	118	406	526	139	247	256						
<i>mandarinia</i>	3	13	16	34	69	97	22	150	77	12	61	132	188	243	299	81	83	196						
<i>analis parallela</i>	23	61	41	38	53	62	160	171	147	259	119	117	282	384	269	104	124	111						
<i>crabro flabofasciata</i>	6	33	39	27	67	105	16	30	77	37	54	78	85	355	225	58	181	130						
<i>simillima simillima</i>	1	6	15	12	28	21	1	-	-	-	-	-	1	-	-	1	3	-						
<i>dybowskii</i>	0	1	3	1	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Total	495		1281		1268		5589		5010		2286													

AM: *Apis mellifera*, AC: *Apis cerena*

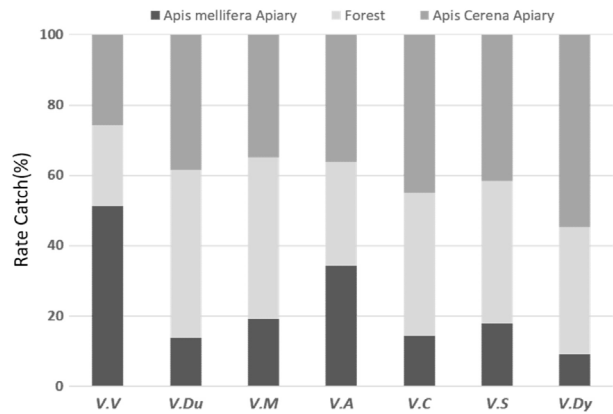


Fig. 4. Appearing rate of total *Vespa* during survey period (2018~2023). V.V: *Vespa velutina nigrithorax*, V.A: *Vespa analis parallela*, V.M: *Vespa mandarinia*, V.Du: *Vespa ducalis*, V.C: *Vespa crabro flabofasciata*, V.S: *Vespa simillima simillima*, V.Dy: *Vespa dybowskii*.

랩 포획량 증가에서 특이점은 등검은말벌의 전년 대비 대량 발생이다. 특히 2018년 등검은말벌 비율(41%)에 비해 2021년은 83%로서 높은 비율을 차지하였다. 완주지역은 2014년 등검은말벌의 개체의 최초 확인(Jeong *et al.*, 2016) 이후 농촌진흥청의 이전에 따른 실험양봉장 설치(2014.7.)로 인해 등검은말벌의 먹이 선호성이 높은 꿀벌이 확보되었기 때문인 것으로 추정할 수 있다. 등검은말벌은 위의 조건을 통해 외래 생물의 침입적 특징인 다른 생태계로의 침입 이후 잠복기를 가지면서 생존과 번식을 이어가다가, 개체군이 팽창하고 확산한 후 어느 정도 자연생태계에서 생태적 지위를 획득하게 된 것으로 사료된다(Ruiz and Carton, 2003).

최근의 기후변화는 따뜻한 겨울로 인해 말벌 월동 성공률을 높여주고 있으며, 장마철의 감소 및 무더운 여름날씨는 말벌류의 빠른번식을 가능케하는 요소로 알려져 있다(Park and Jung, 2016). 본 연구에서 2018년 등검은말벌 비율 증가 이후, 2019년 좀말벌의 개체수의 증가, 2022년에는 꼬마장수말벌, 좀말벌의 증가가 크게 나타났다. 이는 초봄의 따뜻한 날씨로 인한 풍부한 먹이원의 증가와 장마철의 감소, 최근 월동 폐사의 원인으로 지목된 겨울철 따뜻한 기후(Lee *et al.*, 2022; Jung and Bae, 2022) 등 다양한 요인의 변화로 인하여 서식지 기후변화에 더 빠르게 적응하는 외래해충의 증가 이후, 토착 말벌류 또한 영향을 받아 증가하는 것으로 판단된다.

2023년에는 말벌류 포획이 전년도 대비 약 50% 줄었으며(Fig. 2), 전체 말벌 포획 전체 비율에서도 전체의 말벌

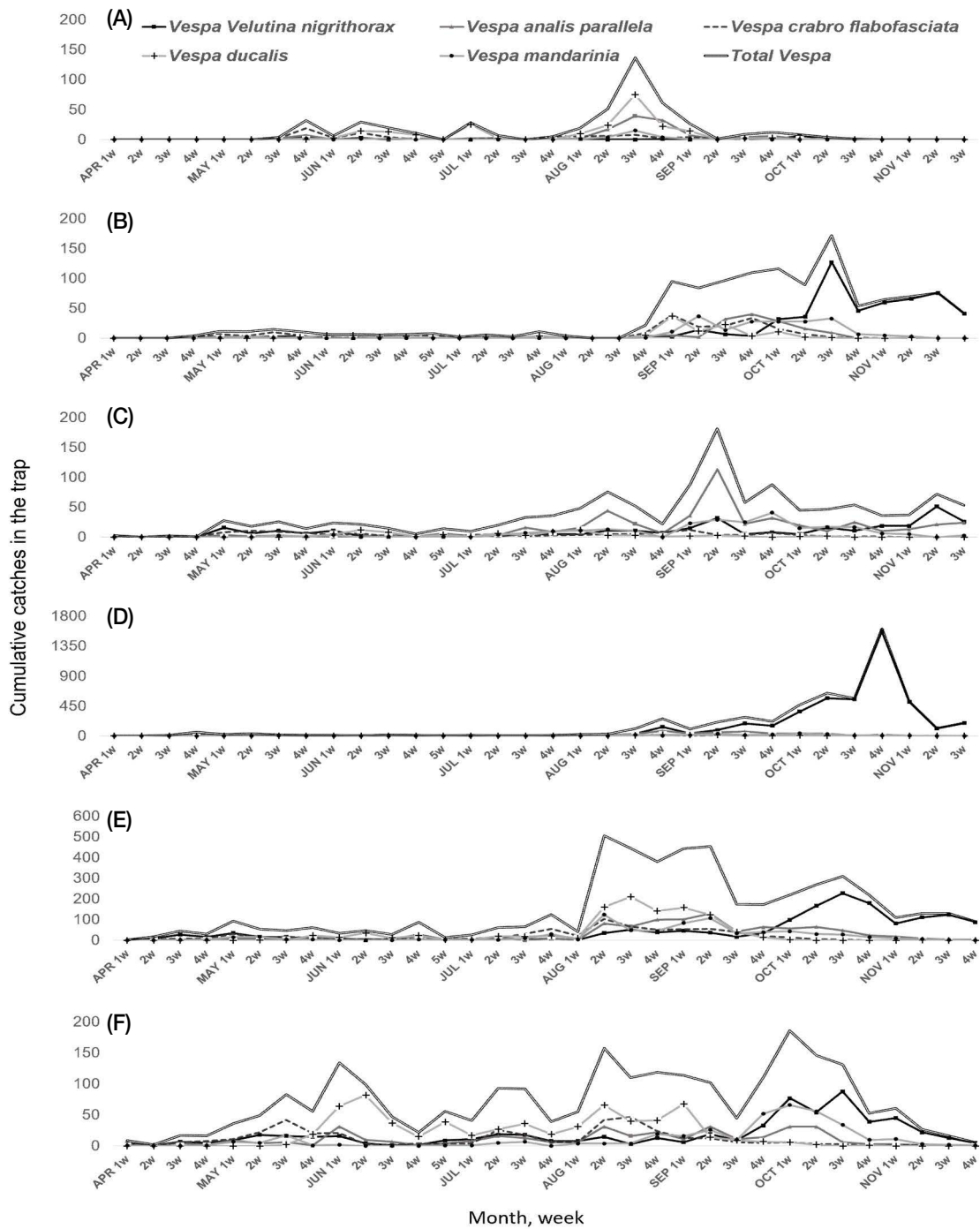


Fig. 5. Annual trap monitoring status from April to November of *Vespa* populations based on the julian calendar; (A) 2018, (B) 2019, (C) 2020, (D) 2021, (E) 2022, (F) 2023.

이 감소(Table 2)하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 말벌의 먹이 활동에 영향을 주는 강우와 관계가 있는 것으로 사료된다. 기상청 공공데이터에 의하면, 말벌류의 포획비율이 높았던 2021년, 2022년은 본격적인 말벌의 세력이 확장되는 시기(7~9월)에 강우 일수 38일, 39일 총 강수량 각

872 mm, 559 mm를 기록한 것에 비해 2023년의 경우 강우 일수 44일, 강수량 1,207 mm로 지난 연도보다 강수량이 확연히 높은 것으로 나타났다. 말벌은 비가 오는 날은 말벌이 활동하지 못하여 먹이활동에 영향을 받는 것으로 알려져 있어(Jung *et al.*, 2008), 말벌 봉군이 세력이 확장되

는 시기에 환경적 요인 변화(강우)에 의해 말벌류의 트랩 포획 비율이 낮아진 것으로 사료된다.

시기별로 말벌의 출현 비율을 보았을 때, 등검은말벌이 우점하는 연도에는 10월에서 11월에 높은 수준의 말벌류 포획 비율을 보였으나(Fig. 5B, D), 다른 말벌류가 우점종으로 나타나는 연도에는 8, 9월이 높은 말벌 포획 비율을 보였다(Fig. 5A, C, E, F), 또한 결과에서는 표현하지 않았으나, 등검은말벌의 경우 다른 말벌류가 전혀 포획되지 않는 기간인 12월에도 트랩에 포획되는 양상을 나타내어 다른 말벌에 비해 강한 내한성을 지닌 것으로 사료된다. 이는 월동타파에도 영향이 있는지는 추가적인 연구를 통해 알아보아야 하겠지만, 이른 봄철에도 여왕벌이 트랩에 최초 포획된 말벌의 비율은 다른 말벌에 비해 등검은말벌이 높은 것을 확인할 수 있었다.

주변 환경에 관한 말벌류 포획 비율(Fig. 4)에서 등검은말벌은 약 50% 이상이 양봉장에서 포획되었다. 등검은말벌은 높은 수준의 꿀벌 선호성(Arbol, 1994; Perrard *et al.*, 2009)을 가지며, 실험장소인 농촌진흥청 내 토봉장에 비해 양봉장에서 관리하는 꿀벌 봉군수가 3배 이상 많아 먹이자원이 풍부한 양봉장에서 포획 비율이 높은 것으로 사료된다. 등검은말벌을 제외하고는 좀말벌만이 양봉장에서 포획 비율이 높은 것으로 나타났으며, 장수말벌, 꼬마장수말벌은 산림을 선호하는 경향이 나타났다. 말벌은 토봉장을 선호하는 경향이 뚜렷히 나타났는데, 전체의 비율 중 44.9%가 토봉장에서 포획되었다.

등검은말벌이 침입하기 전 말벌 군집은 좀말벌이나 털보말벌이 우점하였으나 점차 등검은말벌이 밀도가 증가하고 다른 토착 말벌의 개체 수가 감소하는 현상이 지속해서 보고되었다(Jung *et al.*, 2007b; Choi *et al.*, 2012). 그 원인으로 Choi *et al.*(2012)은 등검은말벌이 몸체 크기, 둥지, 서식처 특성, 먹이 등 이 털보말벌과 생태적 지위가 유사하여, 경쟁의 우위를 점한 등검은말벌 개체군 증가가 털보말벌 개체군에 큰 위협 요인이 될 수 있다고 추정하였다. 마찬가지로 본 연구에서도 털보말벌의 포획 비율이 전체 말벌 포획 비율 중 0.55%에 지나지 않아 등검은말벌(포획 비율, 48.4%)에 의한 털보말벌의 생태적 지위 차지한 것으로 사료된다. 또한 이전 연구에서 우점종으로 보고되었던 좀말벌의 경우(Jung *et al.*, 2007b) 15.8% 포획 비율로 상대적으로 낮아 세력이 약화되는 경향을 보였다. 국내 말벌류 군집 변화는 외래 침입종인 등검은말벌과 다양한 환경 요인의 변화로 인해 가속화되고 있다. 따라서

장기적인 말벌 군집 조사를 통해 양봉산업에 미치는 영향을 파악해야 할 것으로 보인다.

최근 월동 봉군 감소현상(Jung and Bae, 2022; Lee *et al.*, 2022), 꿀벌응에 플루바리네이트 계열 약제 저항성으로 인한 방제에 어려움(Kim and Lee, 2022), 말벌류의 증가 등 꿀벌 농가에 어려움을 가중하는 현상이 발생하고 있다. 등검은말벌은 먹이로서 꿀벌을 선호하고 기후에 잘 적응할 수 있는 외래 침입종이기 때문에 꿀벌에게 더욱 큰 피해를 입힐 여지가 크다. 따라서 변화하는 기후와 관련하여 말벌류에 의한 꿀벌의 피해를 막기 위하여 말벌류 밀도 조절에 관련한 연구가 필요하다.

적 요

2018년부터 2023년 까지 전라북도특별자치도 완주군에서 실시한 말벌류 트랩 이용 모니터링 결과, 2019년과 2021년에 말벌 개체수의 큰폭의 증가가 관찰되었으며, 등검은말벌의 개체수 증가에 따라 비슷한 특성을 지닌 털보말벌의 출현 비율이 확연히 줄어든 것을 확인할 수 있었다. 또한 기후변화와 관련하여 말벌의 개체군의 증가하는 추세가 지연 또는 폭발적으로 늘어날 수 있는 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(주관과제명: 기후변화 대응 응에 및 말벌류해충 발생 특성 및 디지털관리기술 개발, 과제번호: RS-2023-00232224)을 수행하는 과정에서 얻은 결과를 바탕으로 작성되었습니다.

인용 문헌

- 농식품부. 2023. 기타가축통계. p. 60.
 최성식. 1983. 광능지역의 토양미소절지동물상 분석에 관한 연구. 원광대 논문집 18: 185-235.
 Abrol, D. P. 1994. Ecology, behaviour and management of social wasp, *Vespa velutina* Smith (Hymenoptera: Vespidae), attacking honeybee colonies. Korean J. Apic. 9: 5-10.

- Amdam, G. V., K. Hartfelder, K. Norberg, A. Hagen and S. W. Omholt. 2004. Altered physiology in worker honey bees (Hymenoptera: Apidae) infested with the mite *Varroa destructor* (Acari: Varroidae): a factor in colony loss during overwintering. *J. Econ. Entomol.* 97: 741-747.
- Chang, Y. D., M. Y. Lee and Y. N. Youn. 1994. Visiting pattern and control of giant hornet, *Vespa mandarinia* (Hymenoptera: Vespidae), in Apiary. *Korean J. Apic.* 9: 178-180.
- Choi, M. B. 2004. Ecological systematics by morphological and ecological characters of Vespine wasps (Vespidae: Hymenoptera) in Busan and its surrounding area. MS-thesis, Kosin University, 117p.
- Choi, M. B., S. J. Martin and J. W. Lee. 2012. Distribution, spread and impact of the invasive hornet *Vespa velutina* in South Korea. *J. Asia-Pac. Entomol.* 15: 473-477.
- Choi, Y. S., M. Y. Lee, I. P. Hong, N. S. Kim, H. K. Kim, K. G. Lee and M. L. Lee. 2010. Occurrence of sacbrood virus in Korean apiaries from *Apis cerana* (Hymenoptera: Apidae). *J. Apic.* 25: 187-191.
- Choi, Y. S., K. H. Byung, R. Thapa and M. L. Lee. 2012. Transmission of Bee Virus in *Apis cerana* Hives by *Brachymeria ornaticipes* and *Galleria mellonella*. *Korean J. Apic.* 27(2): 123-127.
- Fries, I., S. Camazine and J. Sneyd. 1994. Population dynamics of *Varroa jacobsoni*: a model and a review. *Bee World* 75: 5-28.
- Jeong, S. M., C. Y. Lee, D. W. Kim and C. Jung. 2016. Questionnaire study on the overwintering success and pest management of honeybee damage assessment of *Vespa* hornets in Korea. *Korean J. Apic.* 31(3): 201-210.
- Jung, C., M. S. Kang, D. Kim and H. S. Lee. 2007a. Vespidae wasps (Hymenoptera) occurring around apiaries in Andong, Korea I. Taxonomy and life history. *Korean J. Apic.* 22: 53-62.
- Jung, C., M. S. Kang and D. Kim. 2007b. Vespidae wasps (Hymenoptera) occurring around apiaries in Andong, Korea: II. Trap catches and seasonal dynamics. *Korean J. Apic.* 22: 63-70.
- 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. E. 2012. Spatial Expansion of an Invasive Hornet, *Vespa velutina nigrithorax* Buysson (Hymenoptera: Vespidae) in Korea. *Korean J. Apic.* 27(2): 87-93.
- Jung, C. E. and Y. H. Bae. 2022. Production and Characteristics of Winter Generation Honey Bees, *Apis mellifera*: Discussion with Overwintering Failure. *Korean J. Apic.* 37(3): 265-274.
- Kang, J. E., M. S. Yo, S. K. Seo, B. R. Yun, S. S. Yon and Y. S. Cho. 2021. Prevalence and Transmissible Pathogens of *Varroa* sp. and *Tropilaelaps* sp. in *Apis mellifera*. 37th. Annual Meeting of the Apicultural Society of Korea, with the International Conference, p. 111.
- Kim, B. S., S. M. Jeong, G. E. Kim and C. E. Jung. 2017. Early Alert System of *Vespa* Attack to Honeybee Hive: Prototype Design and Testing in the Laboratory Condition. *J. Apic.* 32(3): 191-198.
- Kim, D. and C. Jung. 2008. Evaluation of chemical susceptibility for the ectoparasitic mite *Varroa destructor* Anderson and Trueman (Mesostigmata: Varroidae) in honeybee (*Apis mellifera* L.) *Korea J. Apic.* 23: 259-268.
- Kim, H.-K. 2022. The effect of honey bee mites on the winter colony losses. *J. Apic.* 37(3): 291-299.
- Kim, J., Y. S. Choi, E. J. Kang, S. B. Kim, K. Kim, B. S. Park and D. W. Kim. 2021. Evaluation of Control Efficiency against *Vespa* spp. (Family: Vespidae) using Method of Release after Applying Pesticide to the *Vespa* Bod. *J. Apic.* 36(3): 105-110.
- Kim, J. K., M. B. Choi and T. Y. Moon. 2006a. Occurrence of *Vespa velutina* Lepeletier from Korea, and a revised key for Korean *Vespa* species (Hymenoptera: Vespidae). *Entomol. Res.* 36(2): 112-115.
- Kim, Y. H. and S. H. Lee. 2022. Current Status of Fluvalinate Resistance in *Varroa destructor* in Korea and Suggestion for Possible Solution. *J. Apic.* 37(3): 301-313.
- Kim, Y. S., M. Y. Lee, M. L. Lee and S. H. Nam. 2006b. Development of natural luring liquid against the wasps inflicting honey bees. *Korean J. Apic.* 2(1): 37-42.
- Lee, S. J., S. H. Kim, J. Y. Lee, J. H. Kang, S. M. Lee, H. J. Park, J. C. Nam and C. E. Jung. 2022. Impact of Ambient Temperature Variability on the Overwintering Failure of Honeybees in South Korea. *J. Apic.* 37(3): 331-347.
- Oh, M. S. 2007. Study on the Environment-friendly Control of the *Vespa mandarina*. *Korean J. Apic.* 22: 101-108.
- Park, J. J. and C. E. Jung. 2016. Risk Prediction of the Distribution of Invasive Hornet, *Vespa velutina nigrithorax* in Korea using CLIMEX Model. *J. Apic.* 31(4): 293-303.
- Perrard, A., J. Haxaire, A. Rortais and C. Villemant. 2009. Observations on the colony activity of the Asian hornet *Vespa velutina* Lepeletier 1836 (Hymenoptera: Vespidae: Vespinae) in France. *Ann. Soc. Entomol. Fr.* 45: 119-127.
- Pielou, E. C. 1969. An introduction to mathematical ecology. Wiley-Interscience, New York.
- Rortais, A., C. Villemant, O. Gargominy, Q. Rome, J. Haxaire, A. Papachristoforou and G. Arnold. 2010. A new enemy of honeybees in Europe: the Asian hornet *Vespa velutina*. p. 11. in Atlas of biodiversity risks- from Europe to the globe, from stories to maps, ed by Settele, J. Pensoft, Sofia, p. 11.
- 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. *N. Z. J.*

- Zool. 26: 179-190.
- Roy, H. E., D. B. Roy and A. Roques. 2011. Inventory of terrestrial alien arthropod predators and parasites established in Europe. *BioControl*. 56: 477-504.
- Ruiz, G. M. and J. T. Carlton. 2003. Invasive species. Vector-sand management strategies. Island Press. Washington. USA. pp. 518.
- Shannon, C. E. and W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication University of Illinois Press, Urbana.
- Winston, M. L. 1987. The biology of the honey bee. Harvard University Press Cambridge, MA. pp. 281.
- Yoon, H. J., K. Y. Lee, M. A. Kim, I. G. Park and Y. C. Choi. 2011. Current status of insect pollinator use in strawberry crop in Korea. *J. Apic.* 26: 143-155.
- Yoon, H. J., K. Y. Lee, Y. B. Lee, M. Y. Lee, S. Kathanan and J. D. Park. 2021. Current status of insect pollinators use for horticultural crops in Korea, 2020. *J. Apic.* 36: 111-123.