



인위적 교란에 대한 말벌의 방어 기작 연구

김동원^{1,2}, 정철의^{2,*}

¹농촌진흥청 국립농업과학원 잠사양봉소재과, ²국립안동대학교 식물의학과

Study on Defensive Behavioral Mechanism of Vespa Hornets by Anthropogenic External Disturbance

Dongwon Kim^{1,2} and Chuleui Jung^{2,*}

¹Department of Agricultural Biology, National institute of Agricultural Sciences, RDA, Wan-ju 55365, Republic of Korea

²Department of Plant Medicals, Andong National University, Republic of Korea

Abstract

Population densities of vespa hornets are increasing partially due to climate change and alien hornet invasion. Increase of forest area and outdoor activity expose greater risk to human health, while nesting and reproductive biology exacerbate the potential risks when encountered in the wild. We tested the nest-defending behavior of Vespa hornets including defensive range and color preference for attack by *Vespa mandarinia*, *V. velutina* and *V. crabro*. Results showed that that three vespa species all preferred black color for attacking. Defence boundary was approximately 15 m, but the hornets recognized waving disturbance from 10 m away from the nest. This information can be useful when confronted with vespa nest in the wild as well as when safety managers remove the vespa nest in the residential area.

Keywords

Color, Defensive range, Recognition, *Vespa velutina*, *Vespa mandarinia*

서 론

우리나라에 서식하는 말벌과(Family: Vespidae) 내 말벌속(Genus: Vespa)은 2아종을 포함하여 총 10종이 보고되고 있다(Choi *et al.*, 2013). 토착종으로는 장수말벌(*V. mandarinia*), 꼬마장수말벌(*V. ducalis*), 좁말벌(*V. analis parallela*), 말벌(*V. crabro flavofasciata*), 등무늬말벌(*V. crabro crabroniformis*), 털보말벌(*V. simillima simillima*), 황말벌(*V. simillima xanthoptera*), 큰흔눈말벌(*V. binghami*), 검정말벌(*V. dybowskii*)이 있으며, 외래침입종으로 등검은말벌(*V. velutina nigrithorax*)이 있다. 이들 말벌은 자연 생태계에서는 상위 포식자로 생태계 핵심종 역할을 한다(Jung *et al.*, 2014). 이들 말벌은 양봉산업에서 가장 위협적인 꿀벌(*Apis mellifera*) 포식자로서 직

접적인 경제적 손실과 화분매개 생태계 서비스를 감소시킨다(Mishra *et al.*, 1989; Morse, 1990; Abrol, 1994; Jung, 2008; Jung *et al.*, 2014). 공중보건에서는 이들의 도침지출 현에 의해 인간 활동의 제약과 생명에 위협을 주고 있다(Nadolski, 2001; Liu *et al.*, 2015).

2013년 중국 산시성(섬서성, Shanxi Province) 내 세 도시에서 1,675명이 말벌에 쏘여 피해를 입었으며, 42명의 사망자가 발생하였다(Park *et al.*, 2013). 허북성(Hubei province)에서는 2009~2011년에 발생한 벌 쏘임 환자에 대한 사망 분석 결과 벌 쏘임 환자 1,091명 중 5.1%가 사망하였다(Liu *et al.*, 2015). 우리나라의 벌 또는 벌집 제거는 일선 소방서에서 담당하고 있으며, 생활안전 활동으로 분류되어 있다(NFSA, 2016). 말벌 출현의 증가로 인해 소방 현장에서는 벌집제거 민원에 의한 출동건수가 매

년 증가하고 있다(NFSA, 2016). 벌집제거 출동건수는 7월 16%, 8월 35%, 9월 30%로 전체 출동건수의 80% 이상이 7, 8, 9월에 집중되어 있다. 집중기간에는 하루 평균 10회 이상의 출동을 하고 있으며, 주민 생명 위협과 동시에 소방대원의 안전도 위협받고 있다(NFSA, 2016).

위해곤충류의 증가 원인은 기후변화, 먹이 부족, 서식처 파괴로 인한 도심지 출현 증가 등 여러 측면을 통해 확인할 수 있다. 기후변화는 지구의 평균 기온이 상승하여 이에 관련된 기후지표들이 변화는 것을 뜻한다. 지구 평균 기온이 지난 100년 동안 약 0.75°C 상승하였으며, 우리나라는 약 1.8°C 증가하였다(NIMR, 2011). 기후변화로 인해 야기되는 현상은 생물의 계절적 패턴, 분포지역의 변화와 더불어 생물침입을 통한 생태계 교란 등이 있다. 생물침입은 침입받는 생태계의 구조와 기능에 변화를 야기할 뿐 아니라, 사회 경제적 문제를 불러오기도 한다(Lockwood *et al.*, 2007). 더욱이 이상기후 현상으로 인한 국내 생태계의 저항력 감소 및 국제교역의 증가는 외래 생물 침입 기회를 증가시키고 있다(Williamson, 1996; Hill *et al.*, 2010). 서식처 파괴는 생물다양성을 감소시키는 원인뿐만 아니라 생물의 서식처가 산림생태계에서 인간 주거지까지로 확대되고 있다. 주거지에서의 말벌류 발생증가가 이를 뒷받침한다(Jung *et al.*, 2014). 먹이부족은 서식처 확대와 동일한 메커니즘의 일환으로 먹이를 얻기 위해 인간 주거지까지 확대되고 있음을 알 수 있다.

사회성 집단을 형성하는 대부분의 생물들은 벌집 자원을 보호하기 위한 정기적 순찰 활동 및 벌집 방어 영역을 설정한다(Wilson, 1971). 말벌류 역시 봉군의 세력과 위치에 따라 다르지만, 벌집구조 및 내부의 어린 애벌레 및 여왕벌 등을 방어하기 위한 일정양상의 방어 행동을 보인다(Breed *et al.*, 2004). 벌집이 위협받았을 때 나타내는 전형적인 방어 행동은 정찰벌이 위협 인지 후 주위 정보를 수집한다. 이후 위협이 커졌을 때는 정찰벌이 경보 페로몬을 분비하여 동족 개체들과 집단 방어 행동을 전개한다(Visscher *et al.*, 1995).

본 연구는 인위적으로 말벌집을 교란시킨 뒤 말벌 개체의 행동 양상을 연구하였다. 말벌은 외부의 위협이 인지되면 집단적으로 공격을 가한다. 이때 외부 위협에 대한 인지력은 알려진 바가없다. 따라서 외부 교란에 의한 인지력을 평가하였다. 외부 교란에 의한 방어 행동 시 색 반응 선호도와 반응 거리를 평가하였다. 이를 통해 말벌 방어 행동 기작과 벌집제거 또는 야외 활동 시 말벌 공격에

대한 안전거리와 보호복 선발에 대한 생태적 정보를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험 곤충

실험 곤충은 장수말벌, 등검은말벌, 말벌을 이용하였다. 실험은 2016년 9월 초순에 이루어졌다. 야외에서 자연적으로 봉군을 형성한 말벌류를 현장에서 실험하거나 봉군을 채집하여 인위적 서식처를 마련 후 실험에 이용하였다. 인위적 서식처는 양봉용 벌통 내에 등지를 옮겨 준 뒤 사육하였으며, 안동대학교 실험양봉장 내에 설치하였다.

장수말벌(*Vespa mandarinia*): 경북 문경시 내 사과원 옆 무덤에 있는 말벌집을 이용하였다. 개체군 크기는 약 300마리이다. 또한 사과원 내 경계 독에 위치한 등지는 채집 후 안동대학교 실험양봉장에서 유지 관리하였으며, 일벌 성충수는 약 100마리이다.

등검은말벌(*V. velutina nigrithorax*): 말벌집의 위치는 높은 나무 위 꼭대기에 형성하고 있었다. 이에 현장실험의 제약이 있어 말벌집과 성충 일벌을 동시에 채집 후 안동대학교 실험양봉장에서 인위적 서식처를 제공 후 관리하였다. 일벌 성충수는 약 100마리 정도이다.

말벌(*V. crabro flavofasciata*): 안동대학교 실험양봉장 내 양봉용 벌통에 자연적으로 조성한 말벌집 개체군을 이용하였다. 일벌 성충수는 약 200마리이다.

2. 인위적 외부 교란 시 공격 선호색 평가

본 연구에 사용된 색은 주변에서 흔히 관찰되는 색상을 선별하였다. 색상은 하양, 검정, 파랑, 노랑, 빨강을 이용하였다. 각 색상에 이용된 색판지는 일반 문구용 판지를 이용하였다. 판지의 크기는 가로 20 cm, 세로 40 cm를 사용하였다. 판지 양면에는 앞면과 뒷면이 동일한 색을 처리하였다.

실험을 위해 인위적인 거치대를 이용하여 색판지를 설치하였다(Fig. 1). 인위적 거치대는 카메라용 거치대를 이용하였다. 거치대의 높이는 1.5 m로 하였으며, 거치대에 긴 나무막대를 설치하여 각 색판지를 일정간격으로 고정하였다. 각 색판지의 간격은 25 cm이다. 말벌집 출입구와 거치대의 거리는 1~2m로 입구 정면에 설치하였다.

말벌집에 인위적 교란은 긴 막대를 이용하여 말벌집에 3~5회 정도 충격을 가하였다. 교란 후 3분 동안 색판지를

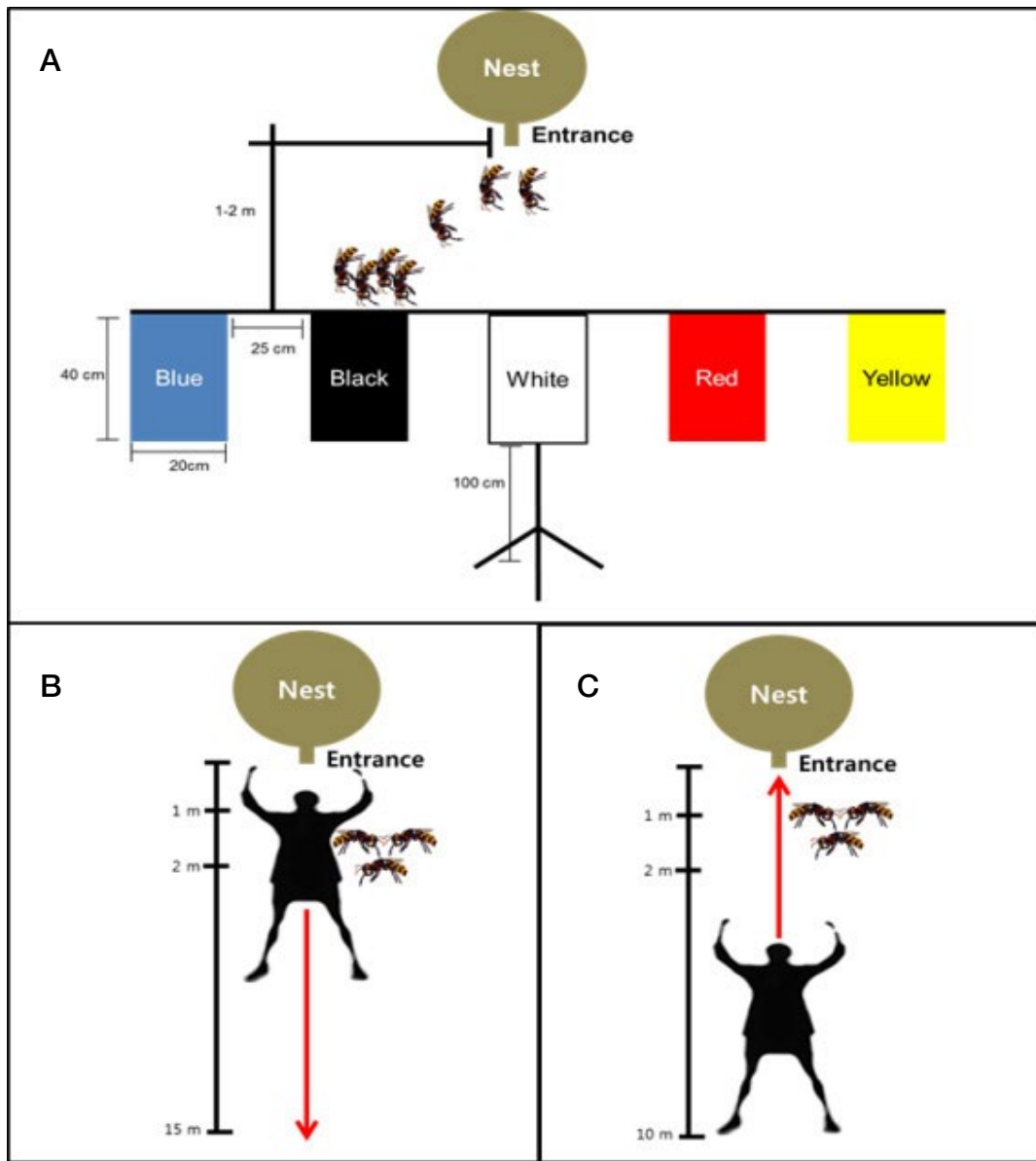


Fig. 1. Experiment design against anthropogenic external disturbance by A: color test, B: attentive boundary distance, C: recognition distance.

향해 날아와 부딪히는 개체수를 계수하였다. 각 실험 곤충에 대한 반복은 3회였다. 반복 평가 시 인위적 교란 후 안정화를 확보하기 위해 시간 간격을 약 10~15분 후 재시험하였다. 또한 색판지의 순서를 무작위로 교체하여 위치 선호에 따른 실험오류를 배제하였다.

3. 인위적 외부 교란 시 공격 거리 평가

실험자는 흰색 말벌 전용 보호복을 착용 후 긴 막대를 이용하여 말벌집을 약 3~5회 충격에 가하였다. 실험자는 말벌집으로부터 1 m 거리에서부터 3초간 정지 후 1 m씩 이

동하였다. 공격 개체수 측정은 실험자의 보호복 근처 약 50 cm에서 접근하는 말벌 성충 개체수를 계수하였다. 평가거리의 말벌 개체가 따라오지 않는 거리까지 평가하였다. 또한 야외 현장에서는 공간제약에 따라 최대 거리까지만 측정하였다.

4. 인위적 외부 교란 인지 평가

실험자는 흰색 말벌 전용 보호복을 착용 후 말벌둥지로 부터 10 m 거리에서부터 실험자가 팔 벌려 뛰기를 10회 실시하여 1분 동안 정지한다. 정지한 동안 실험자에게 접

근하는 말벌 성충 개체수를 계수하였다. 평가거리는 말벌 집으로부터 10 m에서 시작하였다. 이후 1 m 간격으로 이동하며, 말벌집 앞 1 m까지 접근하였다.

5. 자료분석

Oneway ANOVA test를 이용하여 처리 간 평균의 차이를 분석하였으며, 사후 검정은 DMRT (Duncan's Multiple Range Test)를 이용하였다(SAS 9.4 Inc., 2008).

결 과

1. 인위적 외부 교란 시 공격 선호색 평가

인위적 외부 충격에 의한 말벌집 교란 후 말벌류(장수말벌, 등검은말벌, 말벌)의 개체군 방어를 위한 공격은 대부분 검정색에 대해 높게 나타났다. 그리고 흰색, 파란색, 노란색, 빨간색에 대한 공격은 낮았다.

장수말벌에 대한 실험 처리는 3회 하였으며, 각 처리마다 3반복을 통해 평가하였다. 1차 처리에서는 검정색 18.3 ± 4.50 (mean \pm SD)마리, 흰색 1.0마리, 노란색 2.3 ± 2.51 마리, 파란색 1.3 ± 1.52 마리, 빨간색 2.0 ± 1.0 마리로 나타났다(Fig. 2. Top, ANOVA, $F=27.01$, $df=4, 14$, $P<0.001$). 2차 처리에서는 검정색 6.0 ± 1.0 마리, 흰색과 빨간색이 0.3 ± 0.57 마리로 나타났다(Fig. 2. Middle, ANOVA, $F=61.5$, $df=4, 14$, $P<0.001$). 3차 처리에서는 검정색 7.0 ± 1.73 마리, 흰색 0.3 ± 0.57 , 노란색 0.6 ± 0.57 , 빨간색 0.3 ± 0.57 마리로 나타났다(Fig. 2. Bottom, ANOVA, $F=33.54$, $df=4, 14$, $P<0.001$). 통계분석 결과 장수말벌은 색 처리에 대해 유의하게 나타났다.

등검은말벌에 대한 실험 처리는 2회 하였으며, 각 처리마다 3반복을 통해 평가하였다. 1차 처리에서는 검정색 3.6 ± 1.15 마리, 빨간색 1.0마리, 노란색 0.3 ± 0.57 마리, 흰색 0.6 ± 0.57 마리로 나타났다(Fig. 3. Top, ANOVA, $F=14.06$, $df=4, 14$, $P<0.001$). 2차 처리에서는 검정색 4.6 ± 1.52 마리, 노란색 0.6 ± 0.57 마리, 흰색과 빨간색이 0.3 ± 0.57 마리로 나타났다(Fig. 3. Bottom, ANOVA, $F=17.06$, $df=4, 14$, $P<0.001$). 통계분석 결과 등검은말벌은 색 처리에 대해 유의하게 나타났다.

말벌에 대한 실험 처리는 2회 하였으며, 각 처리마다 3반복을 통해 평가하였다. 1차 처리에서는 검정색 $10 \pm$

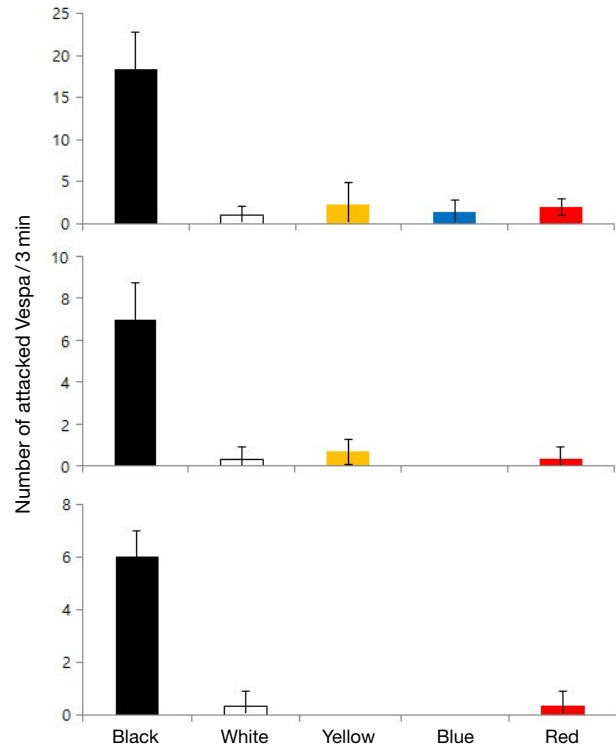


Fig. 2. Attack frequencies to the color plates by *Vespa manarinida* in response to anthropogenic external disturbance (Comparison of the colors response among treatment by oneway ANOVA, $P<0.05$).

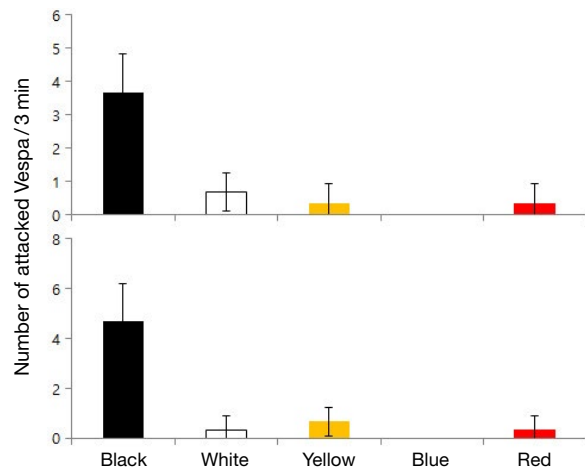


Fig. 3. Attack frequencies to the color plates by *Vespa velutina nigritorax* in response to anthropogenic external disturbance (Comparisons of the colors response among treatment by oneway ANOVA, $P<0.05$).

4.35마리로 검정색에만 반응하였다. 2차 처리에서는 검정색 3.6 ± 5.50 마리, 노란색 0.3 ± 0.57 마리, 흰색 1 ± 1.73 마리로 나타나(Fig. 4. Bottom, ANOVA, $F=1.64$, $df=4, 14$, $P>0.05$) 색 처리에 대한 유의성은 나타나지 않았다.

2. 인위적 외부 교란 시 공격 거리 평가

외부 충격에 의한 말벌집 교란 후 말벌 개체의 공격거리는 장수말벌은 최대 15 m 까지 공격하였으며 등검은말벌과 말벌은 10 m 까지 공격하였다. 장수말벌에 대한 실험은 2반복하였으며, 1반복에서는 1~7 m 까지 15마리가 지속해서 공격하였다(Table 1). 9 m 이후 공격 개체수가 줄었

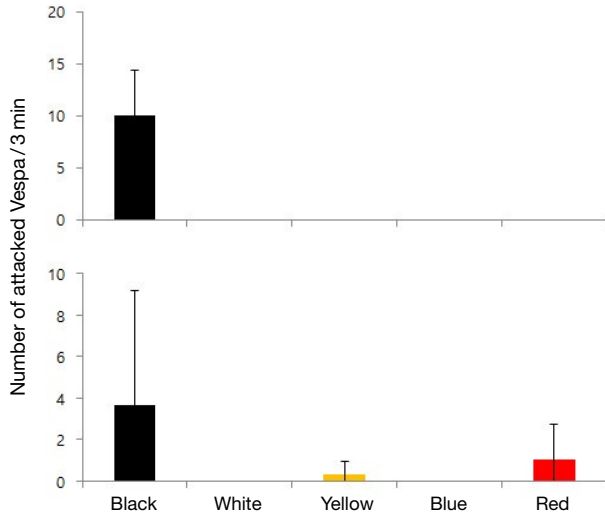


Fig. 4. Attack frequencies to the color plates by *Vespa carbro flavofasciata* in response to anthropogenic external disturbance (Comparisons of the colors response among treatment by oneway ANOVA, $P < 0.05$).

Table 1. Estimation of hornet (*Vespa mandarinia*, *V. velutina nigrithorax*, *V. carbro flavofasciata*) defensive boundary distance by anthropogenic external disturbance (Number of individual hornet, mean \pm SD)

Distance (m)	<i>Vespa mandarinia</i>		<i>V. velutina nigrithorax</i>	<i>V. carbro flavofasciata</i>
	Field	Rearing after field collection	Rearing after field collection	Field
1	15.6 \pm 2.08	5.3 \pm 1.52	4.6 \pm 1.52	11.6 \pm 3.51
2	15.3 \pm 2.08	4.6 \pm 0.57	4.6 \pm 1.52	10.3 \pm 2.51
3	15.6 \pm 2.08	4.0 \pm 1.0	4.3 \pm 2.51	10.3 \pm 2.08
4	15.6 \pm 2.08	2.6 \pm 1.52	1.6 \pm 1.15	6.0 \pm 1.73
5	15.6 \pm 2.08	0.6 \pm 0.57	1.6 \pm 1.15	4.6 \pm 2.88
6	15.6 \pm 2.08	0.6 \pm 0.57	1.0 \pm 1.0	1.6 \pm 1.52
7	15.6 \pm 2.08	0	0.3 \pm 0.57	1.0 \pm 1.0
8	12.6 \pm 2.51	0	0.3 \pm 0.57	0.5 \pm 0.70
9	11 \pm 1	0	0.3 \pm 0.57	0.5 \pm 0.70
10	7.3 \pm 0.57	0	0.3 \pm 0.57	0
15	2.6 \pm 0.57	0	0	0

Table 2. Estimation of recognition distance from hornet nest against external disturbance (Number of individual hornet, mean \pm SD)

Distance (m)	<i>Vespa mandarinia</i>		<i>V. velutina nigrithorax</i>		<i>V. carbro flavofasciata</i>
	Field	Rearing after field collection	Field	Rearing after field collection	Field
1	8.6 \pm 0.57	1.0 \pm 1.0	3.0 \pm 3.0	—	6.6 \pm 3.21
2	—	—	—	—	3.3 \pm 2.51
5	—	—	—	15	—

으며, 15 m 거리에서는 2마리가 공격하였다. 2반복에서는 1 m 에서 5마리가 공격하였으며, 2~3 m 에서는 4마리, 4 m 이후 공격 개체수가 줄어들었으며, 7 m 부터는 공격 개체가 없었다. 등검은말벌에 대한 실험은 1회 실시하였다. 1~3 m 까지 4마리가 공격하였다. 4 m 이후 1마리로 줄어들었으나, 10 m 까지 공격하는 것을 알 수 있었다(Table 1). 말벌에 대한 실험은 1회 하였으며, 1 m 에서 11마리가 공격하였다. 2~3 m 에서는 10마리, 4 m 이후 줄어들었으며, 10 m 이후에는 공격 개체가 없었다(Table 1).

3. 인위적 외부 교란 인지 평가

말벌류(장수말벌, 등검은말벌, 말벌)는 외부 교란 인지 거리는 1~2 m 에서부터 인지하는 것을 알 수 있었다. 장수말벌은 실험은 2반복하였으며, 1반복에서는 1 m 에서 8마리가 외부교란을 인지 후 실험자를 공격하였다. 2반복에서는 1 m 에서 1마리가 공격하였다(Table 2). 등검은말벌의 실험은 2반복하였으며, 1반복에서는 1 m 에서 3마리가 외부교란을 인지 후 실험자를 공격하였다. 2반복에서는 5 m 에서 15마리가 공격하였다. 말벌은 2 m 에서부터 외부 교란을 인지하였으며, 3마리가 실험자를 공격하였다. 1 m 에서는 6마리가 공격하였다.

고 찰

대형 말벌류(Genus: *Vespa*)는 자연생태계 내 곤충류의 최상위 포식자이자 생태계 조절자 역할을 하고 있다. 그러나 꿀벌(양봉꿀벌, 재래꿀벌)에서는 최대의 천적으로 방제해야 하는 대상으로 여겨진다. 또한 국민보건환경측면에서도 말벌은 인간의 생명을 위협하는 보건해충으로 인식되어 있다. 이에 본 연구는 외부교란에 의한 말벌류의 방어 또는 공격 행동 기작을 연구를 하였다.

인위적 외부 교란을 말벌집에 가한 후 장수말벌, 등검은말벌, 말벌 개체들은 대부분 검정색에 대해 높은 공격을 보였다. 그리고 흰색, 파란색, 노란색, 빨간색에 대해 낮은 공격을 보였다. 곤충류에 대한 색 반응 연구는 선호색에 대한 연구가 대부분이다. 벌류 포획을 위한 시트지 색 선호 연구에서는 벌목 애꽃벌과(*Andrenidae*)는 노란색 33마리, 파란색 49마리 포획되었으며, 꿀벌과(*Apidae*)는 노란색 12마리, 파란색 9마리, 말벌과(*Vespidae*)에서는 노란색이 4마리, 파란색이 1마리의 결과를 보고하였다(Hoback *et al.*, 1999). 말벌류 유인트랩 효율을 높이기 위한 연구에서 좀말벌과 말벌은 흰색, 털보말벌은 녹색과 흰색에 유인비율이 높았으며, 장수말벌은 빨간색과 녹색에서 비율이 높았다고 보고하였다(Jung *et al.*, 2007). 그러나 Kim *et al.* (2006)은 검정색에 말벌류의 유인비율이 높았다고 보고하였다. 본 연구와 비슷한 연구에서 땅벌속(*Vespula*) 종을 이용하여 흰색과 검정색에 대한 반응에서는 흰색에 대한 공격비율이 월등히 높았다(McCann *et al.*, 2015)

외부 충격에 의한 말벌집 교란 후 말벌 개체의 공격거리는 장수말벌은 최대 15m 까지 공격하였다. 등검은말벌과 말벌은 10m 였다. 실험에 사용된 장수말벌은 무덤 봉군내에 집을 형성하고 있는 것은 무덤 주변에는 공터였으며, 약 15m 정도 거리에는 소나무류가 식재되어 있었다. 말벌집 주변에 장애물인 나무류가 식재되어 있는 경계까지 외부 교란에 의한 방어 거리로 판단되어지며, 장애물에 의한 경계가 없을 시 방어 영역은 더 넓어질 수 있는 것으로 사료된다. 야외 등검은말벌집 채집 시 말벌집으로부터 12m 거리에서 아무런 외부 교란이 없었으나 채집자가 쏘이는 경우가 있었다. 이는 등검은말벌의 경우는 교목류 상층부에 말벌집을 짓는 특성을 가지고 있으며, 사방에는 교목류가 식재되어 있다. 이에 등검은말벌의 방어 영역은 장애물 유무와 상관없으며, 다른 말벌류보다 방어 영역이 넓은 것으로 추정할 수 있었다.

말벌집에 직접적인 교란이 아닌 실험자가 말벌집에 다가갔을 경우 말벌 개체의 인지 거리는 장수말벌, 등검은말벌, 말벌은 1~2m에서 인지하는 것을 알 수 있었다.

이는 직접적인 외부 교란 시 말벌류는 공격은 검정색에 집중되었다. 이는 사람이 야외 활동 시 밝은 색 옷을 입어 말벌류의 공격을 완화할 수 있으며, 머리카락 색이 검정색임으로 손을 이용하여 머리를 감싸 안으며 피해야 한다. 말벌집에 직접적인 외부 교란 시 말벌의 방어 행동이 더욱 빨리 반응하며, 말벌집에 사람이 다가갔을 시에는 1~2m 거리에서 반응하는 것을 알 수 있었다. 또한 말벌집 서식 주변 환경과 말벌개체군 크기에 따라 공격 거리, 인지 거리 등 방어 행동과 영역이 결정되는 것으로 판단된다. 본 연구는 말벌류의 행동 생태학적 연구이며 이를 이용하여 양봉산업에서의 말벌 방제 연구와 사람들의 야외 활동 시 말벌 대체 요령 등에 활용할 수 있다.

감사의 글

DK는 농촌진흥청 연구과제 PJ01354702의 지원으로 본 논문을 작성하였으며, CJ는 2019년 안동대학교 연구비의 지원을 받았으며, 각 지원에 감사드립니다.

인용 문헌

- 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.
- Breed, M. D., E. Guzmán-Novoa and G. J. Hunt. 2004. Defensive behavior of honey bees: Organization, genetics, and comparisons with other bees. Annu. Rev. Entomol. 49: 271-298.
- Choi, M. B., J. K. Kim and J. W. Lee. 2013. Checklist and distribution of Korean Vespidae revisited. Korean J. Appl. Entomol. 52: 85-91.
- Hill, J. K., H. M. Griffiths and C. D. Thomas. 2010. Climate change and evolutionary adaptations at species' range margins. Annu. Rev. Entomol. 56: 143-159.
- Hoback, W. W., T. M. Svatos, S. M. Spomer and L. G. Higley. 1999. Trap color and placement affects estimates of insect family-level abundance and diversity in a Nebraska salt marsh. Entomologia Experimentalis et Applicata 91: 393-402.
- Jung, C. 2008. Economic value of honeybee pollination on ma-

- for fruit and vegetable crops in Korea. Korean J. Apic. 23: 147-152.
- Jung, C., C. Y. Kim, J. M. Park, M. Sagong, K. R. Hong, J. Y. Jeon and J. K. Yoo. 2014. Species composition and seasonal pattern of vespa hornets (Hymenoptera: Vespidae) in Youngju residential area, Gyoungbuk. Korean J. Apic. 29: 319-325.
- Jung, C., M. S. Kang and D. Kim. 2007. vespids wasps occurring around apiaries in andong, Korea: II. Trap catches and seasonal dynamics. Korean J. Apic. 23: 63-70.
- 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 honeybee. Korean J. Apic. 21: 37-42.
- Liu, Z., S. Chen, Y. Zhou, C. Xie, B. Zhu, H. Zhu, S. Liu, W. Wang, H. Chen and Y. Ji. 2015. Deciphering the venomous transcriptome of killer-wasp *Vespa velutina*. Scientific Reports 5: 1-9.
- Lockwood, J. L., M. F. Hoopes and M. P. Marchetti. 2007. Invasion ecology. 2nd ed., 444p. Wiley-Blackwell, USA.
- McCann, S., O. Moeri, S. I. Jimenez, C. Scott and G. Gries. 2015. Developing a paired-target apparatus for quantitative testing of defense behavior by vespine wasp in response to con-or heterospecific nest defense pheromones. J. Hymenopter Research 46: 151-163.
- Mishra, R., J. Kumar and J. Gupta. 1989. A new approach to the control of predatory wasps of the honey bee. *Apis mellifera*. Indian J. Apic. Res. 28: 126-131.
- Morse, R. 1990. Honey bee pests, predators, and diseases. 430p. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA.
- Nadolski, J. 2001. Nests of social wasps and hornets in town area of Łódź. pp. 89-93. in Biodiversity and ecology of animal populations in urban environments, eds. by P. Indykiewicz, T. Barczak and Kaczorowski., 297p. NICE Bydgoszcz.
- National Fire Service Academy. 2016. Study on the improvement of removal activities of vespa hornet nests by fire-fighters. 133p. Ministry of public safety and security, Korea.
- National Institute of Meteorological Research. 2011. Report on climate change scenarios for IPCC AR5. National Institute of Meteorological Research.
- Park, M., D. Zhang and E. Landau. 2013. Deadly giant hornets kill 42 people in China. CNN.com. Date of access: 10/04/2013.
- Visscher, P. K., R. S. Vetter and G. E. Robinson. 1995. Alarm pheromone perception in honey bees is decreased by smoke. J Insect Behav. 8: 11-18.
- Williamson, M. 1996. Biological invasions. 244p. Chapman & Hall, London.
- Wilson, E. O. 1971. The insect societies. 548p. Belknap/Harvard University Press, Cambridge, MA.