

사과원에 서식하는 벌가위벌류(가위벌과, 벌목) 분포 현황

이경용 · 이상범¹ · 박인균 · 강필돈 · 윤형주*

농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부, ¹경상남도 농업기술원 친환경농업과

Distribution Status of Mason Bees, *Osmia* spp. (Hymenoptera: Megachilidae) in Apple Orchard of Korea

Kyeong Yong Lee, Sang Beom Lee¹, In Gyun Park, Pil Don Kang and Hyung Joo Yoon*

Department of Agricultural Biology, The National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju 565-851, Republic of Korea

¹Environment-Friendly Agricultural Research Division, Kyeongnam Agricultural Research and Extension Service, Jinju 660-360, Republic of Korea

(Received 11 November 2014; Revised 20 November 2014; Accepted 21 November 2014)

Abstract

We investigated the distribution, sex ratio, natural enemies, and nesting competition insects of mason bees, *Osmia* spp. in 32 apple orchards during 2006 to 2008. The rate of bee nested was $14.0 \pm 1.7\%$, and "Yeongju" and "Chungju" were the highest rate of nested among 10 locations, which were 2 times higher than average rate of nested. The rate of fauna nested were 66.0% for *Osmia* spp., 21.7% for natural enemies and 11.6% for nesting competition insects. We collected five species of *Osmia* spp. consisting of *Osmia cornifrons*, *O. pedicornis*, *O. taurus*, *O. satoi* and *O. jacoti*. In case of collected five *Osmia* spp, *O. cornifrons* was 69.6%, which was the dominant species and *O. pedicornis* was 13.0% and *O. taurus* was 11.2%, respectively. The collecting rate of *Osmia* spp. was significant difference among each year and 10 locations. The sex ratio of *Osmia* spp. were 1:1.9 in *O. cornifrons*, 1:5.1 in *O. pedicornis* and 1:2.2 in *O. taurus*. The sex ratio of *O. cornifrons* was significant difference among each year and 10 locations. Seven species of natural enemies that attack *Osmia* spp. were collected in apple orchard. *Trogoderma* and *Chaetodactylus* showed the highest rates with 48% and 38% among 7 natural enemies. Also, we collected nine species of nesting competition insects. *Anterhynchium flavomaginatum* showed the highest rates with 38.6% among 9 nesting competition insects.

Key words: Mason bee, *Osmia* spp., Distribution, Natural enemies, Nesting competition insects

서 론

농작물의 수분에 가장 효과적인 화분매개곤충은 벌목 곤충으로 세계적으로 16,000여종이 알려져 있으며(Michener, 2000), 그 중 10여종(꿀벌, 뒤영벌류, 가위

벌류)만이 상업적인 화분매개에 이용되고 있다 (James and Pitts-Singer, 2008). 상업적으로 이용되는 벌목 화분매개곤충 중 사회성 곤충인 꿀벌(honeybee)은 주요 작물 대부분의 화분매개에 이용되고 있고 (McGregor, 1976; Free, 1993), 뒤영벌(bumblebee)는 주

*Corresponding author. E-mail: yoonhj1023@korea.kr

로 토마토와 같은 시설작물의 화분매개에 사용되고 있다(van Heemert *et al.*, 1990; van den Eijnde *et al.*, 1991).

고독성 벌인 가위벌류는 광범위한 목초재배지나 과수의 중요한 화분매개곤충으로서 역할을 하고 있다. 가위벌류 가운데 mason bee라고 불리는 빨가위벌류(*Osmia* spp.)는 벌목(Hymenoptera) 꿀벌상과(Apoidea) 가위벌과(Megachilidae) 빨가위벌속(*Osmia* spp.)의 고독성 벌로 과수원의 중요 화분매개곤충으로 전 세계에서 사용하고 있다(Bosch, 1994). 미국에서는 1970년대부터 미국 자생종인 blue orchard bee, *O. lignaria*가 북미에서 아몬드를 비롯한 여러 과수에서 이용되기 시작하여 현재까지 사용되고 있다(Torchio, 1976; Torchio, 1990; Bosch and Kemp, 2001). *O. rufa*는 영국을 비롯한 중·북부 유럽에서 사과, 체리, 유채의 수분에 사용되고 있고(Raw, 1972; Kristjansson, 1989), *O. cornuta*는 서유럽 중심으로 스페인 아몬드의 중요한 화분매개곤충으로 이용되고 있다(Bosch, 1994). 일본은 빨가위벌류를 1940년대에 사과의 수분에 적합하도록 개발해서 가장 성공적으로 이용하고 있는 나라로, 머리빨가위벌(*O. cornifrons*)을 아오모리현의 사과원에서 처음 사용하기 시작하였다. 최근에는 일본 중부와 북부를 중심으로 사과를 비롯하여 단버찌, 건자두, 블루베리 등 노지 과수 외에, 딸기, 멜론, 수박 등 시설재배 작물에서도 이용법이 연구되고 있다(Maeta 1978, 1990; Maeta *et al.*, 2005, 2006). 중국에서도 노지 과수에 머리빨가위벌을 사용하고 있다(Xu *et al.*, 1994, 1995). 국내에서는 1992년 청송군 한 농가가 일본에서 도입하여 처음 사용하였고(Kim, 1999; Lee *et al.*, 2002), 1990년 중반부터 2000년 초까지 전국 사과주산지의 농업기술센터 중심으로 보급되었다(Lee *et al.*, 2010).

사과꽃 개화시기에 수분을 위하여 사과재배농가의 80%가 자연방화 또는 계획적으로 화분매개곤충을 이용하고 있으며, 사과원의 방화곤충 중 벌목의 주요 방화종은 꿀벌이 50-74%, 그 다음 머리빨가위벌이라고 보고하였다(Lee *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2008). 한국산 빨가위벌류는 8종으로 보고되었고(Lee and Woo, 1994), 산지와 사과원에 각각 5종이 분포하고 있으며, 주요종은 머리빨가위벌, 빨가위벌, 붉은빨가위벌 3종인 것으로 나타났다(Kwon *et al.*, 1997; Lee *et al.*,

2002). 이에 본 연구에서는 주로 사과의 화분매개곤충으로 사용되고 있는 빨가위벌류에 대해서 사과원을 중심으로 분포 현황, 생태적 특성, 천적 및 경쟁종 등을 조사하였다.

재료 및 방법

빨가위벌류 대나무 소통 유인트랩 설치

사과원에서 빨가위벌류의 분포 및 생태적 특성 등을 조사하기 위해서 2006년부터 2008년 사이에 전국 8개도 사과 주산지 16개 시군을 선정하였고, 각 시군별 선도농가 중심으로 2개 씩 총 32개의 사과원을 빨가위벌류의 분포조사 과수원으로 정하였다. 지역별 분포의 일관성을 위해 10개 시군의 과수원은 3년 동안 동일한 채집지역으로 선정하였다.

선정한 32개의 사과원에 빨가위벌류가 휴면을 끝내고 활동하는 시기인 3월 말부터 4월 중순까지(Maeta, 1978), 약 20일간 빨가위벌류 유인트랩을 설치하였다. 유인트랩은 길이 300~350mm(33.2 ± 6.3 cm), 내경 5~8mm(6.9 ± 2.8 mm)의 대나무 소통으로 50개 소통을 고무줄과 철사 등으로 묶어 고정시켜 한 묶음하여 채집 지역별로 2006년 6묶음(300개), 2007년과 2008년에는 4묶음(200개)씩 사용하였다. 유인트랩은 비나 바람의 영향을 적게 받는 사과원의 농자재 창고나 원두막 같은 구조물의 내부 또는 처마에 설치하였으며, 빨가위벌류의 영소활동이 종료되는 시점인 6월 초부터 6월말까지 약 15일간 트랩을 수거하였다.

빨가위벌류의 연도별, 지역별 분포 현황

사과원에서 서식하는 빨가위벌류의 종류를 조사하기 위하여, 2006년부터 2008년사이 32개 사과원에서 수집된 영소가 완료된 유인트랩을 해체하여 빨가위벌류의 고치를 확보하였다. 연도별, 지역별로 확보된 고치는 형태, 색깔, 크기, 배설물의 형태와 색깔 등을 바탕으로 Maeta (1978)가 보고한 빨가위벌류의 동정자료를 참고하여 분류하였다. 분류된 고치는 종류별로 10개의 고치를 무작위로 선택 후 고치를 벗겨내어 내부의 성충을 확보하였다. 확보된 성충의 머리형태, 체장, 체모의 색 등을 바탕으로 Lee and Woo(1994) 및

Kwon and Huh(1995)를 참고하여 최종 동정한 후, 빨가위벌류의 분포현황을 조사하였다.

빨가위벌류의 영소율, 소통 당 고치수, 성비

빨가위벌류 트랩설치 후, 영소활동이 종료되는 시점인 6월 초부터 6월 말까지 약 15일간 수거하였다. 수거된 트랩으로 7월부터 14일간 영소율 조사를 하였다. 영소율은 소통의 입구가 완전히 막힌 것을 완전영소, 입구는 막히지 않았으나 중간까지 막힌 것을 불완전 영소, 전혀 막히지 않은 것을 미영소로 구분하여, 트랩 당 대나무 소통이 영소된 비율을 백분율로 나타내었다. 영소율은 연도별과 지역별로 나누어 조사하였고, 2006년~2008년 3년간 연도별 조사치를 통계 분석하였으며, 지역별 영소율은 3년간 동일한 10개 지역에서의 영소율로 통계 분석하였다.

소통당 평균 고치수는 3년간 채집된 모든 지역을 대상으로 차이를 분석하였고, 지역별 비율과 평균 고치수는 3년간 동일한 10개 지역에서의 분포비율로 통계 분석하였다. 채집된 빨가위벌류의 연도별, 지역별 성비를 조사하기 위하여, 앞서 동정된 빨가위벌류의 고치들의 크기와 소통내의 고치위치를 기준으로 먼저 암수를 구분하였다. 구분된 고치는 암수별로 10개의 고치를 무작위로 선택하여, 고치를 벗겨내 성충 꺼낸 후, 머리방패의 빨모양 돌기 또는 황백색의 털의 유무, 복부 아래쪽의 꽃가루솔(scopa)의 유무에 따라 암수를 최종 구분하여 성비를 조사하였다(Maeta, 1978; Torchio and Tepedino, 1980). 3년간 동일한 10개의 채집지역으로부터 나온 성비로 연도별, 지역별 차이를 통계분석 하였다.

빨가위벌류의 천적 및 경쟁종 조사

빨가위벌류의 고치 외에 다른 곤충이 발견되는 경우, 빨가위벌류의 고치를 가해한 흔적에서 나타나는 곤충을 천적으로, 빨가위벌류 고치가 아닌 다른 곤충의 성충이나 고치, 유충이 수집되는 경우를 경쟁종으로 나누어 분류를 하였다(Lee, 1994). 천적은 빨가위벌류의 가해형태, 성충, 유충의 형태를 바탕으로 일본, 미국, 유럽에서 보고된 빨가위벌류 천적의 가해특성(Maeta, 1978; Qu et al., 2003; Krumić et al., 2005)과 국내

에서 보고된 가해특성을 비교하여 동정하였다(Lee and Woo, 1994; Back, 1999). 경쟁종의 동정은 빨가위벌류와 같이 구멍에 영소활동을 하는 곤충에 관한 보고(Back, 1999; Lee and Shin, 2000; Kim et al., 2003)를 참고하여, 유충형태, 성충형태, 영소형태, 먹이의 잔재 등으로 동정하였다. 이러한 자료를 바탕으로 연도별 사과원에서 빨가위벌류의 천적과 경쟁종의 발생비율을 조사하였다.

통계분석

사과원에서 서식하는 빨가위벌류의 종류별, 연도별, 지역별, 성비와 천적 및 경쟁종에 대한 조사의 통계분석은 'PASW 18' 통계소프트웨어 패키지(IBM Inc., 2009)를 이용하여 Oneway (welch's) ANOVA test, Independence chi-square test, Goodness-of-fit chi-square test로 통계 분석하였다. Oneway ANOVA test는 지역별 빨가위벌의 평균 분포비율, 영소율, 성비 및 천적과 경쟁종의 분포비율에 사용하였고, 사후 검정으로 Tukey HSD로 분석하였다. Independence chi-square test는 연도별 빨가위벌류의 영소율 비교에, Goodness-of-fit chi-square test는 연도별 빨가위벌류의 분포비율 비교분석에 이용하였다.

결과 및 고찰

사과원에서 빨가위벌류의 채집연도별 영소율

2006년부터 2008년까지 사과원에 빨가위벌류 유인 트랩을 설치하여 영소율을 조사한 결과(Table 1), 3년간 총 21,100개 소통 중 2,340개의 소통이 영소되어 평균 $11.4 \pm 1.7\%$ 를 나타냈다. 채집연도별로 영소율을 조사한 결과, 2006년에는 $13.7 \pm 2.8\%$, 2007년은 $13.1 \pm 2.6\%$ 로 비슷한 수준이었으나, 2008년은 $7.4 \pm 3.2\%$ 로 2008년의 경우 2006년과 2007년에 비해 영소율이 1/2 정도로 줄어들었다. 연도별 영소율의 차이는 통계적 유의성은 없었다(Oneway ANOVA test: $F=1.497$, $df=2$, 43 , $p=0.235$). Kitamura (1986)는 기상조건 중 바람이 빨가위벌류의 영소율에 가장 영향을 끼친다고 보고하였다. 이에 2008년의 영소율이 2006년도와 2007년도에 비해 1/2로 줄어든 이유를 기후조건을 보고, 2008년 당시의 조사지역 시군의 기후조건(평균기온, 강수

량, 풍속)을 다른 해와 비교하였을 때, 풍속이 다소 높거나 평균기온이 낮은 경향이었지만 통계적 차이는 없었다. 다만, 5월의 평균 최저기온의 경우 다른 연도 대비 1.2~2.9°C 낮은 결과를 보여주어 (Oneway ANOVA test: $F=4.100$, $df(2,24)$, $p=0.029$), 빨가위벌류의 영소기간 중 저온으로 인하여 영소율이 낮아진 것이 아닐까 생각이 되지만, 조사연도가 3년으로 너무 짧고, 같은 시군 내에도 지역에 따라 기온의 차가 클 수 있으므로 차후 기온과 빨가위벌류의 영소율간의 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다. 또한 농약사용 등을 역추적하여 영소율에 영향이 있었는지 검토해 볼 필요가 있다고 생각된다. Kim(1999)는 1992년 2개 지역의 사과원에서 영소율이 11.7%라고 보고하였고, 1993년 4개 지역의 사과원에서는 영소율이 12.9%로 보고되었는데 (Kim *et al.*, 1993), 이번 조사와 비교할 때 오차범위내의 비슷한 영소율을 보여주었다. 또한 1996년부터 3년간 전국의 산지에 영소율을 조사한 결과 (Lee *et al.*, 2002), 3년 평균 32.4%로서 사과원에서 채집한 본 조사보다 약 3배 높은 영소율을 보여주었다. 따라서 빨가위벌류의 채집을 위해서는 사과원보다 산지에 유인트랩을 설치하여 채집하는 것이 더 효과적이라고 판단된다.

영소된 총 소통에서 수집된 빨가위벌류의 비율을 조사한 결과 (Table 1), 평균 66.7%는 빨가위벌류가 수집되었고 나머지 34.3%는 천적과 경쟁종이 수집되었다 (Table 8, Table 9). 연도별은, 2006년에는 70.1%, 2007년 51.6%, 2008년 80.7%로 나타나, 연도별로 통계적인 차이가 있었다 (Goodness-of-fit chi-square test: $\chi^2=223.759$, $df=4$ $p=0.0001$). Kim (1999)는 1992년 머리빨가위벌을 증식 사용하는 과수원에서 빨가위벌류가 93-96%로 나타났고, 산지경우 평균 56%로 보고하

였다. 이 보고와 비교하여볼 때, 빨가위벌류는 30%정도 비율이 감소하여 오히려 산지의 채집결과와 유사한 결과를 보여주었다. 이는 채집지역인 사과원에서 사용하는 빨가위벌류에 따라 결과가 다소 달라진 것으로 판단되지만, Kim(1999)이 조사한 시기와 본 연구의 조사 시기가 약 14년간의 차이가 있어 기후나 식생의 변화로 인해 빨가위벌류의 밀도가 변했을 가능성도 배제 할 수 없을 것으로 생각되며, 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

빨가위벌류의 채집연도별, 지역별 분포 현황

2006년부터 2008년까지 사과원에서 채집된 빨가위벌류는 머리빨가위벌, 빨가위벌, 붉은빨가위벌, 사토외빨가위벌, 꼬마민빨가위벌 등 총 5종으로 동정되었다 (Table 2). 빨가위벌의 종류별 분포비율을 조사한 결과, 머리빨가위벌이 69.6%로 가장 많았고, 붉은빨가위벌 16.5%, 빨가위벌 13.0%, 능금빨가위벌 5.4%순으로 나타났고, 사토외빨가위벌과 꼬마민빨가위벌은 각각 1.3%, 1.2%로 매우 낮은 수준을 보여주었다. 연도별 분포비율을 조사한 결과, 빨가위벌류 중 머리빨가위벌이 3년간 우점종이었으며, 빨가위벌류 종류에 따라 분포비율은 통계적인 차이가 있었다 (Independence chi-square test: $\chi^2=760.913$, $df=8$ $p=0.0001$). 한편, Kim(1999)에 의해 속리산 일대에서 채집된 빨가위벌류는 총 4종이고, 그 분포비율은 붉은빨가위벌(52%), 머리빨가위벌(27%), 빨가위벌(15%), 꼬마민빨가위벌(5%) 순이었으며, Kim *et al.* (1994)에 의해 광교산 등 4개 지역에서 채집된 빨가위벌류는 3종이고, 붉은빨가위벌(58%), 머리빨가위벌(24%), 빨가위벌(17%)로 붉은빨가위벌이 우점종으로 보고한 것과는

Table 1. The rate of trap nested in apple orchard from 2006 to 2008

Years	n	2006	n	2007	n	2008	n	Total
Rate of trap nested (%)	8,500	13.7±2.8	6,200	13.1±2.6	6,400	7.4±3.2	21,100	11.4±1.7
Rate of <i>Osmia</i> spp in trap nested (%)		70.1		51.6		80.76		66.7

1) Number of locations are 26 in 2006, 15 in 2007 and 23 in 2008.

2) Locatons are included following regions: Gapyeong, Icheon, Yeongwol, Chuncheon, Chungju, Jecheon, Yesan, Dangjin, Muju, Jangsu, Gokseong, Jangseong, Yeongju, Geochang, Milyang.

Table 2. The rate of *Osmia* spp. collected in apple orchards from 2006 to 2008

Years	No. of locations	n	Rate of <i>Osmia</i> spp.(%)				
			<i>O. cornifrons</i>	<i>O. pedicornis</i>	<i>O. taurus</i>	<i>O. stoi</i>	<i>O. jacoti</i>
2006	26	1,114	90.5	3.0	4.0	–	2.5
2007	15	756	55.2	13.8	27.4	3.5	0.1
2008	23	470	61.5	20.7	16.4	0.0	1.4
Total	64	2,340	68.0	13.0	16.5	1.3	1.2

1) Locatons are included following regions: Gapyeong, Icheon, Yeongwol, Chuncheon, Chungju, Jecheon, Yesan, Dangjin, Muju, Jangsu, Gokseong, Jangseong, Yeongju, Geochang, Milyang.

2) There was significant difference among *Osmia* spp. collected in apple orchard from 2006 to 2008 (Independence chi-square test, $p < 0.05$).

큰 차이가 있었다. Lee *et al.*(2002)는 산지에서 머리빨가위벌(45.7%), 빨가위벌(41.8%), 붉은빨가위벌(11.6%) 순으로 채집되어 머리빨가위벌과 빨가위벌이 우점종으로 보고하였는데, 이번 조사와 유사했으나, 분포비율은 다소 차이가 있었다. 한편, 안동과 청송지역의 사과원에서 머리빨가위벌이 69~100%비율을 차지하는 우점종으로 조사되어 이번 조사결과와 유사한 결과를 보여주었다(Kim, 1999).

3년간 채집된 빨가위벌류를 지역별로 분포를 조사한 결과를 Table 3에 나타내었다. 지역별 빨가위벌류의 영소율은 3년간 평균 $14.0 \pm 2.3\%$ 였다. 특히 충주와 영주 지역의 영소율은 27%대로 전체평균보다 2배 이상 높은 영소율을 보여주었다. 영소율이 가장 낮은 무주 지역의 경우는 평균 영소율의 1/2 수준에 불과했다. 빨가위벌류 중에서, 머리빨가위벌은 조사된 모든 지역의 사과원에서 채집이 되었고, 우점종으로 나타났으며, 주로 남부에서 중부지방에 분포하였고, 특히, 분포비율이 가장 높은 지역은 충남 예산으로 채집된 빨가위벌류 중 99%를 차지하였다. 충주를 제외한 모든 지역에서 다른 빨가위벌류에 비해 더 높은 분포비율을 보여 지역에 따른 통계적인 차이가 인정되었다 ($F=2.892$, $df=10,84.218$, $p=0.004$). 빨가위벌은 가평과 장수를 제외한 모든 지역의 사과원에서 채집이 되었고, 머리빨가위벌 다음으로 높은 분포비율을 보였다. 남부를 중심으로 중동부까지 분포하였고, 무주(38.7%)가 빨가위벌의 분포비율이 가장 높았다. 붉은빨가위벌은 충주, 제천을 비롯한 7개 지역에서 채집이 되었고, 빨가위벌 다음으로 분포비율이 높았다. 주로 중부 및 중서부 지방에 분포하였고, 충주(47.3%)와 제천(37.7%)에서 분포비율이 높았다. 사토외빨가위벌과 꼬마민빨가위벌은 종별 분포비율이 평균 10%

이하로서 낮은 비율을 나타냈다. 사토외빨가위벌은 가평과 영주 등 2개 지역, 꼬마민빨가위벌은 충주, 곡성 등 4개 지역에서 채집이 되었다.

사과원이 아닌 야외의 지역별 빨가위벌류의 분포 연구자마다 상이하다. Lee and Woo(1994)는 국내 머리빨가위벌의 경우 전라남도를 제외한 모든 지역에 분포하고, 빨가위벌은 강원도, 전라북도의 중부 남부지역에서 분포하며, 붉은빨가위벌은 경기 충북, 경남 등 중부지역에서 주로 분포한다고 보고하여 이번 조사 결과와 유사했다. Kim *et al.*(1994)는 경기, 강원에서는 붉은빨가위벌이 우점종이고, 충북에서는 빨가위벌이 우점종으로 밝혔다. Lee *et al.*(2002)는 경기, 강원, 충북, 경북에서 빨가위벌이 우점종이며, 강원도에서는 머리빨가위벌이 우점종으로 나타나, 기존의 보고와는 다른 결과를 보고하였다. Kim(1999)와 Lee and Woo(1994)는 청송이나 안동같은 인위적으로 머리빨가위벌이 대량으로 방사가 이루어진 곳에서는 빨가위벌류 중 머리빨가위벌의 비율이 90% 이상이라고 보고하였다. 17개 사과주산지지역에 빨가위벌류의 보급이 1996부터 7년간 시행되었고, 현재 82%의 시군에서 빨가위벌류의 보급이 중단되었다고 보고되었다 (Lee *et al.*, 2010). 이번 조사처럼 연도별, 지역별 모두 머리빨가위벌이 우점종인 이유는 채집 조사지역이 일반 산지가 아닌 사과원이며, 사과원에 이미 머리빨가위벌이 정착해 있을 가능성이 높기 때문일 것으로 판단된다. Kwon *et al.*(1997)은 사과원에서 실제로 이용 가능한 종은 머리빨가위벌, 빨가위벌, 능금빨가위벌, 붉은빨가위벌, 사토외빨가위벌 등 5종으로 보고했고, Kim(1999)은 머리빨가위벌, 빨가위벌, 붉은빨가위벌 등 3종으로 보고했다. 이번 사과원 주변 조사에서는 빨가위벌류는 총 5종이 채집되었고, 머리빨

Table 3. The rate of trap nested and rate of *Osmia* species collected in 10 locations from 2006 to 2008

Province	Locations	n	Rate of trap nested (%)	Rate of <i>Osmia</i> spp. (%)				
				<i>O. cornifrons</i>	<i>O. pedicornis</i>	<i>O. taurus</i>	<i>O. stoi</i>	<i>O. jacoti</i>
Gyeonggi	Gapyeong	3	7.0±3.7	47.3±20.4 ^{ab}	–	31.0±31.0	21.7±11.3	–
Gangwon	Yeongwol	3	6.9±2.4	54.7±15.6 ^{ab}	23.0±1.0	20.7±13.1	–	1.3±1.3
Chungbuk	Chungju	3	27.3±12.6	27.3±8.1 ^b	12.3±6.3	47.3±14.1	–	13.3±13.3
	Jecheon	3	10.7±3.1	57.0±11.5 ^{ab}	3.0±1.5	37.7±11.9	–	2.3±2.3
Chungnam	Yesan	3	13.9±4.6	99.0±1.0 ^a	1.0±1.0	–	–	–
Jeonbuk	Muju	3	6.0±4.2	61.3±19.9 ^{ab}	38.7±19.9	–	–	–
	Jangsu	3	8.6±4.1	86.7±13.3 ^{ab}	–	13.3±13.3	–	–
Jeonam	Gokseong	3	14.2±7.6	64.7±29.3 ^{ab}	28.0±22.0	–	–	7.3±7.3
Gyeongbuk	Yeongju	3	28.5±10.8	71.7±15.0 ^{ab}	17.0±10.8	0.3±0.3	11.0±5.7	–
Gyeongnam	Geochang	3	18.8±4.3	65.3±31.7 ^{ab}	32.0±32.0	2.7±1.8	–	–
Total		30	14.2±2.3	63.5±6.0	16.4±4.5	15.3±4.6	2.4±1.5	2.4±1.5

1) There was significant difference between rate of *O. cornifrons* and locations collected in apple orchard from 2006 to 2008 (welch's ANOVA test, $p < 0.05$).

가위벌이 우점종으로 모든 지역의 사과원에서 채집되었다.

빨가위벌류의 소통 당 고치수

빨가위벌류별 대나무 소통당 채집된 고치수를 Table 4에 나타내었다. 소통당 고치수가 가장 많은 종은 사토외빨가위벌로 소통당 평균 7.4 ± 1.0 개로 나타났다. 그 다음으로 붉은빨가위벌과 꼬마민빨가위벌이 소통당 평균 6~7개의 고치수를 보여주었고, 사과원에서 주로 많이 쓰이는 머리빨가위벌과 빨가위벌은 4.7~5.0개의 고치수로 가장 많은 사토외빨가위벌보다 37%정도 적은 결과를 나타냈다($F=10.317$, $df=5$, 57.361 , $p=0.0001$) (Table 4).

3년간 연도별 소통당 고치수를 분석한 결과(Table 4), 머리빨가위벌은 4.4~5.3개, 붉은빨가위벌은 6.4~7.5개, 빨가위벌 3.9~5.2개로 소통당 고치수가 해마다 차이를 보여주었다($F=4.318$, $df=2$, 383.297 , $p=0.014$). 또

한 전반적으로 2007년의 결과가 다른 해보다 더 높은 소통당 고치수를 보여주었다. Table 5에 3년간 지역별 빨가위벌류의 소통당 고치수를 나타내었다. 머리빨가위벌의 경우, 충주지역이 5.9 ± 0.5 개로 평균보다 약 26%나 많은 고치가 들어있었다. 고치수가 가장 적은 지역은 예산으로 4.0 ± 0.2 개로 나타났으며, 채집지역 간에 통계적으로 유의한 차이를 보여주었다($F=2.443$, $df=9$, 38.114 , $p=0.026$). 빨가위벌은 영월에서 6.0 ± 0.7 개로 가장 많은 소통 당 고치수를 보였고, 무주에서 2.2 ± 0.5 개로 가장 적었다. 특히 다른 종들에 비해 지역별로 고치수가 최대 3배 이상 차이 나는 등 지역별 편차가 매우 컸으며 통계적으로 유의미하였다(Oneway ANOVA test: $F=3.304$, $df=7,252$, $p=0.002$). 붉은빨가위벌은 충주가 7.9 ± 0.7 개로 가장 높았으며, 장수보다 높은 위도에서 5개 이상 높은 경향치를 보였다. 나머지 종류들은 채집된 지역이 5개 지역 미만이므로 큰 의미는 없으나, 지역별로 다소 차이를 보이는 경향이

Table 4. The Number of cocoons per straw in trap of *Osmia* species collected in apple orchards from 2006 to 2008

Years	No. of locations	No. of cocoons per straw in trap				
		<i>O. cornifrons</i>	<i>O. pedicornis</i>	<i>O. taurus</i>	<i>O. stoi</i>	<i>O. jacoti</i>
2006	26	4.4±0.2	3.9±0.5	7.1±1.4	–	6.1±1.6
2007	15	5.3±0.3	5.2±0.2	7.5±0.4	7.4±3.3	2.0
2008	23	4.9±0.2	4.9±0.2	6.4±0.5	–	7.0±1.7
Total	64	4.7±0.1 ^c	5.0±0.2 ^c	7.0±0.3 ^{ab}	7.4±1.0 ^a	6.1±1.1 ^{ab}

1) Locations are included following regions: Gapyeong, Icheon, Yeongwol, Chuncheon, Chungju, Jecheon, Yesan, Dangjin, Muju, Jangsu, Gokseong, Jangseong, Yeongju, Geochang, Milyang.

2) Total number of trap nested is 1,114 in 2006, 756 in 2007 and 470 in 2008.

Table 5. The Number of bees per straw in trap of cocoons collected per trap in 10 locations from 2006 to 2008

Province	Region	n	No. of cocoons per straw in trap				
			<i>O. cornifrons</i>	<i>O. pedicornis</i>	<i>O. taurus</i>	<i>O. stoi</i>	<i>O. jacoti</i>
Gyeonggi	Gapyeong	3	4.7±2.0	–	5.0±1.1	4.0±2.0	–
Gangwon	Yeongwol	3	4.6±0.9	6.0±0.7 ^a	7.7±1.5	v	2.0
Chungbuk	Chungju	3	5.9±0.5	5.4±1.2 ^{ab}	7.9±0.7	–	7.5±6.5
	Jecheon	3	4.3±0.2	4.8±0.3 ^{ab}	7.3±0.4	–	8.5±3.5
Chungnam	Yesan	3	4.0±0.2	4.3±0.9 ^{ab}	–	–	–
Jeonbuk	Muju	3	5.7±1.3	2.2±0.5 ^b	–	–	–
	Jangsu	3	4.4±0.8	–	6.3±0.9-	–	–
Jeonam	Gokseong	3	4.8±0.4	4.7±0.4 ^{ab}	–	–	7.0±1.7
Gyeongbuk	Yeongju	3	4.9±0.3	4.3±0.4 ^{ab}	2.0	8.1±1.1	–
Gyeongnam	Geochang	3	5.4±0.3	5.5±0.2 ^{ab}	3.3±1.2	–	–
Total		30	4.7±0.1	4.9±0.1	7.4±0.4	7.4±1.0	6.9±1.5

1) There was significant difference between number of 2 *Osmia* spp. (*O. cornifrons* and *O. pedicornis*) cocoons per straw in trap and locations collected in apple orchard from 2006 to 2008 (Oneway ANOVA test, p<0.05).

Table 6. The sex ratio of *Osmia* spp collected in apple orchards from 2006 to 2008

Years	No. of locations	Sex ratio of <i>Osmia</i> spp. (Female: male)					
		Total	<i>O. cornifrons</i>	<i>O. pedicornis</i>	<i>O. taurus</i>	<i>O. stoi</i>	<i>O. jacoti</i>
2006	10	1:2.3	1:2.7 ^a	1:1.1 ^b	1:2.3	–	1:2.3
2007	10	1:3.2	1:1.8 ^{ab}	1:7.7 ^a	1:3.2	1:2.4	1:4
2008	10	1:3.2	1:1.2 ^b	1:5.1 ^{ab}	1:3.2	–	1:1.3
Total	30	1:2.9	1:1.9	1:5.1	1:2.2	1:2.4	1:2.4

1) Locatons are included following regions: Gapyeong, Icheon, Yeongwol, Chuncheon, Chungju, Jecheon, Yesan, Dangjin, Muju, Jangsu, Gokseong, Jangseong, Yeongju, Geochang, Milyang.

2) Total number of trap nested is 1,114 in 2006, 756 in 2007 and 470 in 2008.

었다. 빨가위벌류의 종류에 따라 소통당 고치수의 차이는 빨가위벌류의 크기, 영소 및 산란습성 등에서 나오는 차이일 것으로 생각된다. 또한 지역별로 나타나는 고치의 수의 차이는 채집지역의 기후, 식생 등에 따라 암벌의 산란양이 변할 수 있기 때문에 판단된다(Tepedino and Toricho, 1982; Bosch and Kemp, 2001).

빨가위벌류의 성비

2006년부터 3년간 동일한 사과원에 서식하는 빨가위벌류의 평균 암수성비는 1:2.9로서 수벌의 비율이 암벌보다 약 3배정도 높았다(Table 6). 종에 따른 암수성비는 통계적으로 유의미한 차이를 보여주었는데 (F=3.123, df=4, 84, p=0.006), 수벌의 성비가 가장 높은 종은 빨가위벌로 수벌의 비율이 암벌보다 5배 높았다. 빨가위벌을 제외한 다른 종은 수벌의 비율이 암벌 대비 1.9~2.6배로 나타났고, 수벌의 성비가 가장 낮은 종은 머리빨가위벌로 1:1.9이었다.

연도별로 빨가위벌류의 성비의 차이를 조사한 결과, 머리빨가위벌과 빨가위벌이 연도별로 유의미한 차이를 보여주었다. 머리빨가위벌의 경우 2006년~2008년간 수벌의 비율이 2.7~1.2배(F=4.171, df=2, 39, p=0.023), 빨가위벌은 1.1~7.7배까지 차이를 나타내었다(Welch's ANOVA test: F=5.742, df=2, 10,439, p=0.021). 다른 종도 연도마다 성비가 변하는 경향을 보였으나, 통계적으로 유의미한 차이는 없었다. 빨가위벌류는 어미벌이 수벌에 비해 암벌을 생산하는데 더 많은 노력이 들기 때문에, 수벌에 치우쳐진 성비를 보인다(Bosch and Camp, 2001). 6년간 동일한 지역에서 조사된 빨가위벌류의 일종인 *Osmia lignaria*의 성비는 채집지역과 그 해의 기후상황에 따라 유동적이었다(Tepedino and Toricho, 1982). 특히 날씨의 변화에 따른 화분원의 변화는 성비에 영향을 주며, *O. cornuta*를 포함한 몇 종의 고독성 벌은 먹이원이 부족할 때 수벌의 생산이 늘어나는 경향을 보였다(Toricho and Tepedino 1980; Kim, 1999; Bosch and Vicens 2005). 이번 조사에

Table 7 . The sex ratio of *Osmia* spp collected in apple orchards of 8 provinces from 2006 to 2008

Province	No. of locations	Sex ratio of <i>Osmia</i> spp. (Female: male)					
		Total	<i>O. cornifrons</i>	<i>O. pedicornis</i>	<i>O. taurus</i>	<i>O. stoi</i>	<i>O. jacoti</i>
Gyeonggi	3	1:6.9	1:2.1	1:0.3	1:3	1:1	-
Gangwon	3	1:1.6	1:0.8	1:3.1	1:1.6		1:2
Chungbuk	3	1:2.3	1:3.5	1:3.3	1:2.4	-	-
Chungnam	3	1:3.4	1:2.9	1:2.1	-	-	-
Jeonbuk	3	1:3.7	1:3.5	1:4.8	1:1.1	-	-
Jeonam	3	1:2.6	1:1.8	1:4.7	1:0.3	-	1:1.3
Gyeongbuk	3	1:1.7	1:1.4	1:5.1	-	1:3.9	-
Gyeongnam	3	1:6	1:2.1	1:16.6	1:0.6	-	-

1) There was no significant difference between sex ratio of *Osmia* spp. and locations collected in apple orchard from 2006 to 2008 (Oneway ANOVA test, $p>0.05$).

서도 연도별로 뿔가위벌류마다 통계적으로 유의성이 있는 성비를 보여주었다.

지역별 뿔가위벌류의 성비를 조사한 결과(Table 7), 뿔가위벌류의 성비는 지역에 따라 다른 경향을 보여주었으나, 통계적으로 유의미한 차이는 나타나지 않았다. 머리뿔가위벌의 경우 통계적으로 유의미한 차이는 보여주지 않지만, 충북과 전북, 충남에서 암수성비가 1:2.9~3.5로 평균보다 높은 결과를 보여주었고, 강원도에서 가장 낮았다. 뿔가위벌의 경우 지역에 따라 성비의 차이가 매우 컸는데, 가장 비율이 높은 경남은 암수성비가 1:16, 가장 낮은 경기도는 1:1.3으로 수벌의 비율이 10배 이상의 차이를 나타내었다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때, 해마다 뿔가위벌류의 성비는 그 종류별로 매년 차이를 보여주었고, 채집지역에 따라 암수 성비의 차이도 일부 나타났다.

기존에 보고된 국내의 뿔가위벌류의 성비는 보고자마다 다른 양상을 보여주는데, Kwon *et al.*(1997)은 머리뿔가위벌이 1:2.4, 뿔가위벌이 1:12.8로, Kim(1999)은 청송을 비롯한 6개 지역에서 암수성비가 머리뿔가위벌 1:1.7, 뿔가위벌 1:3.6, 붉은뿔가위벌 1:3.5로 보고하였다. 또한 산지에서만 채집한 뿔가위벌류의 성비는 머리뿔가위벌 1:1.9, 뿔가위벌 1:8.4, 붉은뿔가위벌 1:2.3으로 나타났고, 지역에 따라 일부 차이를 보였다(Lee *et al.*, 2000). 대체적으로 머리뿔가위벌은 1:2 내외의 암수성비, 뿔가위벌은 1:4 이상의 성비로 뿔가위벌이 머리뿔가위벌보다 더 높은 수벌 비율을 보였다. 뿔가위벌류의 성비는 소통내경 넓을수록 암벌의 비율이 높아지는 경향을 보이지만, 일정크기 이상에서

는 영소율이 낮아져 성비가 높아도 아무런 의미가 없다(Maeta, 1978; Kim, 1999). 뿔가위벌의 경우, 영소가 가능한 가장 넓은 내경에서도 성비가 1:5.8로 나타나, 낮은 암벌의 비율은 종에 따른 특성으로 판단된다(Jeon *et al.*, 2000). 또한 연도별, 지역별 성비차이가 심하므로 같은 지역에서 더 오랜 기간의 성비조사가 필요할 것으로 생각된다. 현재 뿔가위벌류를 보급하는 기관에서는 매년마다 야외에서 트랩을 이용하여 뿔가위벌류를 수집한 후 농가에 보급하는 방식을 취해왔는데, 봉종별이나 암수에 대한 구분이나 없이 500마리 단위로 합쳐서 “머리뿔가위벌”이라는 명칭으로 보급되고 있다(Lee *et al.*, 2010). 머리뿔가위벌이나 *O. cornuta*의 경우, 과수 1ha를 수분하기 위한 적정한 벌의 밀도는 나무당 꽃의 수와 꽃을 방문하는 암벌의 수에 결정된다(Maeta and Kitamura, 1981; Bosch, 1994; Batra, 1998). 따라서 뿔가위벌류의 종과 암수 성비가 해마다 달라질 경우 농가에 보급되는 뿔가위벌류의 수분효과나 증식률에서도 해마다 차이를 보일 가능성이 매우 높아 뿔가위벌류에 대한 품질보증이 필요할 것으로 보인다.

뿔가위벌류의 천적 및 경쟁종

2006년부터 3년 간 사과원에서 뿔가위벌류와 함께 채집된 뿔가위벌류 가해 천적은 응애류, 수시령이, 표본벌레, 밑들이벌을 비롯한 7종류였다(Table 8). 채집된 천적 중 수시령이와 응애류가 각각 48%, 34%로 가장 높은 비율을 나타냈다. 그 다음으로 좀벌류, 표본벌레, 곰팡이, 밑들이벌 순으로 나타났다. 특히 응애

Table 8. The rate of natural enemies of *Osmia* species collected in apple orchards from 2006 to 2008

Years	No. of locations	Rate of natural enemies of <i>Osmia</i> spp.(%) (No. of natural enemies)					
		Acari	Dermeestidae	Ptinidae	Leucospidae	Eulophidae	Fungi
		<i>Chaetodactylus</i> sp. <i>Tortonia</i> sp.	<i>Trogoderma</i> <i>varium</i>	<i>Ptinus</i> <i>japonicus</i>	<i>Leucospis</i> <i>japonica</i>		
2006	26	40.8 (202)	37.0 (183)	5.5 (27)	– –	9.5 (47)	– –
2007	15	22.6 (95)	66.3 (279)	5.0 (21)	– –	2.6 (11)	3.6 (15)
2008	23	36.5 (96)	36.1 (95)	3.4 (9)	1.1 (3)	9.9 (26)	12.9 (34)
Total	64	34.4 (393)	48.4 (557)	5.0 (57)	0.3 (4.4)	7.3 (84)	4.3 (49)

1) Locations are included following regions: Gapyeong, Icheon, Yeongwol, Chuncheon, Chungju, Jecheon, Yesan, Dangjin, Muju, Jangsu, Gokseong, Jangseong, Yeongju, Geochang, Milyang.
 2) Total number of trap nested is 1,114 in 2006, 756 in 2007 and 470 in 2008.

류는 크기와 색에 따라 두 종류로 구분할 수 있었으며, 일본에서 보고된 *Chaetodactylus* sp.과 *Tortonia* sp.으로 추정되지만 앞으로 정확한 동정이 필요하다. 쯤벌류 또한 성충의 형태 및 가해상태가 일본에서 보고된 *Melittobia acasta*로 추정되지만, 역시 정확한 동정이 필요하다. 연도별로 채집되는 천적의 종류나 비율은 일부 차이가 있었는데, 2006과 2008년의 경우 응애류와 수시령이의 비율이 거의 같았으나, 2007년의 경우 응애류 보다 수시령이가 2배 정도 더 높은 비율을 나타내었다. 뿔가위벌류의 천적은 기생성, 포식성과 병원균으로 구분된다(Maeta, 1978). 일본의 사과원에서는 나타나는 머리뿔가위벌의 천적은 밑들이벌(*Leucospis japonica*), 꼬리쯤벌 일종(*Monodontomerus osmiae*), 쯤벌 일종(*Melittobia acasta*), 세줄알락수시령이(*Trogoderma varium*), 길쭉표본벌레(*Ptinus japonicus*), 응애류(*Chaetodactylus* sp., *Tortonia* sp.) 및 병원성 곰팡이류가 보고되었고, 지역과 시기에 따라 나타나는 종류의 비율이 달랐다(Maeta, 1978). 국내에서는 응애류(*Chaetodactylus* sp.), 다듬이벌레류, 수시령이류, 밑들이벌레류, 청벌레류, 개미류가 뿔가위벌류를 가해하는 천적으로 기록되었고(Lee, 1994), 사과원에서는 수시령이와 응애류(*Chaetodactylus* sp.)만이 보고되었다(Kim, 1999).

사과원에서 뿔가위벌류와 영소를 공유하는 곤충은 호리병벌과(Eumenidae)의 황습감탕벌(*Anterhynchium*

flavomaginatum)을 비롯한 4종, 구멍벌과(Sphecidae)의 어리나나니(*Trypoxylon malaisei*) 등 3종, 대모벌과(Pompilidae) 및 장미가위벌(*Megachilie niponica*) 등 총 9종류가 채집되었다(Table 9). 채집된 영소공유종의 비율은 황습감탕벌(38.6%), 장미가위벌(27.4%), 띠호리병벌(*Discoelius japonicus*)(11.4%)순으로 나타났고, 가장 낮은 비율을 보인 종은 줄감탕벌(*Pararrhynchium ornatus*)이었다. 연도에 따른 영소 공유종에 대한 비율은 차이가 없었다. 감탕벌류는 뿔가위벌류를 직접 가해하지 않으나, 같은 형태의 대나무 소통에 영소함으로 영소장소에 대한 경쟁을 하기도 한다(Lee and Woo, 1994). Lee and Shin(2000)은 경기도에서 대나무 소통 형태의 트랩을 통한 벌목 곤충 조사의 경우, 뿔가위벌류를 제외하면 황습감탕벌이 가장 많이 채집된다고 밝혔고, Kim et al.(2005) 역시 환경영향평가를 위해 같은 형태의 트랩으로 수집된 19종의 벌목 곤충 중 황습감탕벌이 41%를 차지한다고 밝혀, 이번 조사에서 황습감탕벌이 38.6%로 경쟁종 중 우점종으로 나타난 것과 일치하였다. Lee et al.(2002)은 감탕벌류의 경우, 5월 하순부터 6월 중순에 영소를 시작하여 8월 중순까지 영소함으로, 뿔가위벌류만을 채집하기 위해서는 6월 하순경에 유인트랩을 수거해야한다고 보고했다. 이번 조사의 경우 6월 말까지 트랩을 수거했음에도, 황습감탕벌 외에 8종이 채집이 되어 뿔가위벌류만을 수집하기 위한 다른 방법이 강구되어야 한다고

Table 9. The rate of nesting competition insects of *Osmia* species collected in apple orchards from 2006 to 2008

Years	No. of locations	Rate of nesting competition insects of <i>Osmia</i> spp. (%) (No. of nesting competition insects)								
		Eumenidae				Sphecidae			Pompilidae	Megachilidae
		<i>A.f</i>	<i>D.j</i>	<i>S.c</i>	<i>P.o</i>	<i>T.m</i>	<i>C.j</i>	<i>I.n</i>		<i>M.n</i>
2006	26	16.1 (54)	9.3 (31)	4.2 (14)	1.5 (5)	6.0 (20)	6.6 (22)	0.6 (2)	2.1 (7)	53.7 (180)
2007	15	56.4 (211)	5.3 (20)	3.5 (13)	1.6 (6)	6.1 (23)	7.2 (27)	4.8 (18)	1.6 (6)	13.4 (50)
2008	23	44.4 (59)	33.8 (45)	1.5 (2)	1.5 (2)	9.0 (12)	2.3 (3)	3.8 (5)	1.5 (2)	-
Total	64	38.6 (324)	11.4 (96)	3.5 (29)	1.5 (13)	6.6 (55)	6.2 (52)	3.0 (25)	1.8 (15)	27.4 (230)

- 1) *A. f.*: *Anterhynchium flavomaginatum* Smith; *D. j.*: *Discoelius japonicus* Perez; *S. c.*: *Symmorphus captivus* Smith; *P. o.*: *Pararrhynchium ornatus* Smith; *T. m.*: *Trypoxylon malaisei* Gussakovskij; *C. j.*: *Chalybion japonicum* Gribodo; *I. n.*: *Isodontia nigellus* Smith; *M. n.*: *Megachile nipponica* Cockerell
- 2) Locations are included following regions: Gapyeong, Icheon, Yeongwol, Chuncheon, Chungju, Jecheon, Yesan, Dangjin, Muju, Jangsu, Gokseong, Jangseong, Yeongju, Geochang, Milyang.
- 3) Total number of trap nested is 1,114 in 2006, 756 in 2007 and 470 in 2008.

판단된다.

해외에서는 빨가위벌류를 가해하는 주요종인 밑돌이벌류(*Leucospis*), 좀벌류(*Melittobia*), 꼬리좀벌류(*Monodontomerus*), 불개미붙이류(*Trichodes*), 표본벌레류(*Ptinus*), 응애류(*Chaetodactylidae*)에 대하여 생태, 행동, 피해양상 및 방제법 등 많은 연구가 보고되었다(Maeta, 1978; Youssef *et al.*, 1985; Torchio, 1989, 1992; Bosch, 1992; Torchio and Bosch, 1992; Bosch and Kemp, 2001). 그러나 국내에서는 Kwon *et al.*(2012)이 *Melittobia acasta*의 서양뒤영벌 내에서 기생생태를 보고한 것 외에 빨가위벌류를 가해하는 천적 및 감탕벌 같은 경쟁종에 대한 생태, 피해 등에 관한 연구가 전무한 실정이다. Kim(1999)은 빨가위벌류의 천적 및 경쟁종의 비율이 사과원에서 4.9%로 야외에 비해 비율이 적다고 보고하였는데, 이번 조사의 경우, 34.3%로 6배 이상 높은 결과를 보여주었다. 비록 Kim(1999)의 보고가 15년 이전의 결과로 이번 결과와 단적인 비교는 어려우나, 당시와 현재의 기후 및 환경변화 등으로 빨가위벌류의 천적 및 경쟁종 상이 변했을 가능성이 높다. 따라서, 빨가위벌류의 농가보급을 위해서는 천적의 생태, 피해 및 방제 등의 연구가 더욱 필요할 것으로 생각된다.

1990년 중반부터 머리빨가위벌이 사과원에 화분매개곤충으로 보급된 이후(Lee *et al.*, 2010), 2010년 현재

사과에서 사용면적률은 6%에 머물러있다(Yoon *et al.*, 2013), 특히 빨가위벌류는 야외에서 채집 증식 후 이용하는 방법을 취하는 만큼 환경변화에 영향을 받을 수 있다(Bosch *et al.*, 2010). 이번 연구는 사과원을 중심으로 빨가위벌류의 분포현황을 조사하였다. 그 결과, 머리빨가위벌을 비롯한 6종을 확인하였고, 연도 및 지역별 분포를 볼 때 사과원에서 이용 가능한 종은 머리빨가위벌과 빨가위벌로 보여진다. 본 연구 이후에도 빨가위벌류의 효율적인 증식을 위한 생태, 습성을 재정립하고 관련 천적의 피해 및 방제연구가 시급하다고 판단된다. 더 나아가, 빨가위벌류의 안정적인 공급을 위하여 실내 대량증식기술을 위한 휴면 및 산란생리의 기초기반 연구가 더욱 필요할 것으로 생각된다.

적 요

2006년부터 3년 동안 전국 32개 사과원에서 서식하는 빨가위벌류의 종별 분포와 성비 및 빨가위벌류의 천적과 경쟁종을 조사하였다. 빨가위벌류 유인트랩의 평균 영소율은 14.0±1.7%였고, 지역별로는 충주와 영주가 평균 영소율의 2배로 가장 높았다. 영소된 트랩의 비율은 빨가위벌류 66.7%, 천적 및 경쟁종이 34.3%로 나타났다. 사과원에서는 머리빨가위벌, 빨

가위벌, 붉은빨가위벌, 사토외빨가위벌, 꼬마민빨가위벌 등 총 5종이 채집되었다. 빨가위벌류 중 우점종은 머리빨가위벌로 69.6%를 차지하였고, 빨가위벌이 13.0%, 붉은빨가위벌 11.2%순이었다. 3년간 빨가위벌류의 분포비율은 유의미한 차이를 보였고, 지역에 따른 머리빨가위벌의 분포비율도 유의미한 차이가 있었다. 성비의 경우, 빨가위벌류의 평균 암수성비는 1:2.9였으며, 머리빨가위벌은 1:1.9, 빨가위벌은 1:5.1, 붉은빨가위벌은 1:2로 나타났다. 성비는 채집연도에 따라 채집지역에 따라 성비가 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 빨가위벌류의 천적은 7종이 채집되었고, 세줄알락수시렁이(48%)와 응애류(38%)의 비율이 가장 높았다. 빨가위벌의 경쟁종은 9종이 채집되었고, 황습감탕벌(38.6%)로 가장 높은 비율을 보였다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ01001003)의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

인용 문헌

- Back, S.R. 1999. Ecology and protection of bamboo stem-nesting bees. 45th National Science Exhibition. National Science Museum. Daejeon, Korea.
- Batra, S.W.T. 1998. Horn-faced bees for apple pollination. *Am. Bee J.* 138: 364-365.
- Bosch, J. and N. Vicens. 2005. Sex allocation in a solitary bee: do females behave in agreement with Fisher's theory? *Behav. Ecol. Sociobiol.* 59: 124-132.
- Bosch, J. and W.P. Kemp. 2001. How to manage the blue orchard bee, *Osmia lignaria*, as an orchard pollinator. Washington, DC, Sustainable Agriculture Network.
- Bosch, J. 1992. Parasitism in wild and managed populations of the almond pollinator *Osmia cornuta* Latr. (Hymenoptera: Megachilidae). *J. Apic. Res.* 31: 77-82.
- Bosch, J. 1994. Improvement of field management of *Osmia cornuta* (Latreille) (Hymenoptera, Megachilidae). *Apidologie.* 25: 71-83.
- Bosch, J., F. Sgolastrac and W.P. Kemp. 2010. Timing of eclosion affects diapause development, fat body consumption and longevity in *Osmia lignaria*, a univoltine, adult-wintering solitary bee. *J. Insect Physiol.* 56: 1949-57.
- Free, J.B. 1993. *Insect pollination of crops*. 2nd edn. London, Academic Press.
- IBM PASW® Statistics 18.0. 2009. PASW® Core System User's Guide, IBM inc. USA.
- James, R.R. and T.L. Pitts-Singer. 2008. *Bee Pollination in Agricultural Ecosystems*. New York: Oxford University Press. 232pp.
- Jeon, S.J., J.T. Kim and N.W. Kim. 2000. A study on nesting behaviour of *Osmia* spp. (Hymenoptera, Insecta) from Korea. *J. Basic Sci. Res. Kyungsan Univ.* 4(1): 43-55.
- Kim, I.S., G.B. Eum and G.M. Choi. 1993. Study of usage of *Osmia cornifrons* in apple orchard. Annual research report. pp. 869-874. NAAS, Wanju, Korea.
- Kim, I.S., J.C. Yun, G.B. Eum, G.M. Choi, S.W. Lee and Y.J. Kwon. 1994. Study of usage of *Osmia cornifrons* in apple orchard. Annual research report. pp 869-874. NAAS, Wanju, Korea.
- Kim, I.S. 1999. Studies on the ecological characteristics and utilization of *Osmia* spp. as pollinators. 1-44 pp. A thesis for the master degree of Kongju National University.
- Kim, J.G., Y.C. Choi, J.Y. Choi, S.E. Kim, K.Y. Kim, J.K. Kim and J.E. Lee. 2005. Environmental evaluation by using Hymenoptera induced by bamboo pipe traps indicated by *Eumenid* wasp (Hymenoptera: Eumenidae). *J. Appl. Entomol.* 44: 307-315.
- Kitamura Y. 1986. Current status and problem of inset pollinators, *Osmia cornifrons*. *Plant protection* 40(3): 133-166.
- Kristjansson, K. 1989. Investigations on the possibilities of using the solitary bee *Osmia rufa* L. as a pollinator in Denmark. 146 pp. Doctoral thesis, Department of Crop Science, University Copenhagen, Denmark.
- Krunić, M., L. Stanislavljević, M. Brajković, Ž. Tomanović and I. Radović. 2005. Ecological studies of *Osmia cornuta* (Latr.) (Hymenoptera, Megachilidae) populations in Yugoslavia with special attention to their diapause. *Acta. Hort.* 561: 297-301.
- Kwon, Y.J. and E.Y. Huh. 1995. A new species of *Osmia* mason bees from Korea, as a potential pollinator of fruit trees. *Korean J. Apicult.* 10: 147-150.
- Kwon, Y.J., M.R. Amin, S.L. Inn. 2012. Morphological features, development and reproduction of *Melittobia acasta* on *Bombus terrestris*. *Entomol. Res.* 42: 73-78.
- Kwon, Y.J., S.J. Suh, E.Y. Huh, Y.S. Yeo, S.J. Suh and J.H. Chung. 1997. Utilization of pollinating insects in orchard. 116 pp. Institute of Agricultural Science in Gyungbook National University.
- Lee, H.S. and H.K. Shin. 2000. Bamboo and reed stem-nesting Hymenoptera. *Korean J. Apicult.* 15: 21-28.
- Lee, H.S. and K.S. Woo. 1994. Genus *Osmia* (Hymenoptera; Megachilidae) from Korea. *Korean J. Apicult.* 9: 117-130.

- Lee, H.S., S.W. Lee and H.K. Ryu. 2000. The insects foraging on apple orchards in Kyungpook province. Korean J. Apicult. 15: 9-20.
- Lee, K.Y., H.J. Yoon, I.G. Park, C.R. Kwon and S.C. Lee. 2010. Survey on the Current Status of Mason Bees in Apple Orchard of Korea. Korean J. Apicult. 25: 53-61.
- Lee, S.B., D.K. Seo, K.H. Choi, S.W. Lee, H.J. Yoon, H.C. Park and Y.D. Lee. 2008. The visited insects on apple flowers, and the characteristics on pollinating activity of pollinators released for pollination of apple orchards. Korean J. Apicult. 23: 275-282.
- Lee, S.W., K.H. Choi, D.H. Lee, D.A. Kim, H.K. Ryu and Y.I. Lee. 2002. Distribution and collection of *Osmia* bees in the mountain areas of Korea. Korean J. Appl. Entomol. 41: 263-267.
- Maeta Y. and R. Miyanaga. 1999. Distributional records of the seven species of genus *Osmia* in Japan (Hymenoptera, Megachilidae). Bull. Hoshizaki. Green Foundation 3: 141-147.
- Maeta, Y. and T. Kitamura. 1981. Pollinating efficiency by *Osmia cornifrons* (Radoszkowski) in relation to required number of nesting bees for economic fruit production. Honeybee Sci. 2: 65-72.
- Maeta, Y. 1978. Comparative studies on the biology of the bees of the genus *Osmia* in Japan, with special reference to their management for pollination of crops (Hymenoptera, Megachilidae). Bull. Tohoku Natl. Agrci. Exp. Stn. 57: 1-221.
- Maeta, Y. 1990. Utilization of Wild Bees. Farming Japan 24-6: 13-18.
- Maeta, Y., K. Nadano and T. Kitamura. 2005. Relationship between seed yield of chinese milk vetch and density of female bees, *Osmia cornifrons* (Radoszkowski) (Hymenoptera, Megachilidae). Chugoku Kontyu 19: 45-61.
- Maeta, Y., N. Kotaro, F. Katsyra and K. Kenji. 2006. Exploitation of systems to use a univoltine Japanese masin bee, *Osmia cornifrons* (Radoszkowski), throughout the year for pollination of greenhouse crop (Hymenoptera, Megachilidae). Chugoku Kontyu 20: 1-17.
- Mcgregor, S.E. 1976. Insect pollination of cultivated crop plants. Washington, DC, US Department of Agriculture.
- Michener, C.D. 2000. The bees of the world. Baltimore. The Johns Hopkins University Press.
- Qu, D., Y. Maeta, K.J. Nakatsuka, K. Kenji and M. Goubara. 2003. Reproductive strategy in the two species of cleptoparasitic astigmatid mites, *Chaetodactylus nipponicus* and *Tortonia* sp. (Acari: Chaetodactylidae and Suidasiidae), infesting *Osmia cornifrons* (Hymenoptera: Megachilidae) II. Life history, phoretic positions, development and reproductivity. Jpn. J. Entomol. (New Series) 6: 55-73.
- Raw, A. 1972. The biology of the solitary bee *Osmia rufa* (L.) (Megachilidae). Transact. Royal Entomol. Soc. London. 124: 213-229.
- Tepedino, V.J. and P.F. Torchio. 1982. Temporal variability in the sex ratio of a non-social bee, *Osmia ligtiaria propinqua*: extrinsic determination or the tracking of an optimum? Oikos. 38: 177-182.
- Torchio, P.F. 1976. Use of *Osmia lignaria* Say (Hymenoptera: Apoidea, Megachilidae) as a pollinator in an apple and prune orchard. J. of the Kansas Entomol. Soc. 49: 475-482.
- Torchio, P.F. and V.J. Tepedino, 1980. Sex Ratio, Body Size and Seasonality in a Solitary Bee, *Osmia lignaria propinqua* Cresson (Hymenoptera: Megachilidae). Evolution 34(5): 995-1003.
- Torchio, P.F. 1989. Biology, immature development, and adaptive behavior of *Stelis montana*, a cleptoparasite of *Osmia* spp. (Hymenoptera: Megachilidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 82: 616-632.
- Torchio, P.F. 1990. Diversification of pollination strategies for U.S. crops. Environ. Entomol. 19: 1649-1656.
- Torchio, P.F. 1992. Effects of dosage and temperature on pathogenic expressions of chalkbrood syndrome caused by *Ascosphaera torchioi* within larvae of *Osmia lignaria propinqua* (Hymenoptera: Megachilidae). Environ. Entomol. 21: 1086-1091.
- Torchio, P.F. and J. Bosch. 1992. Biology of *Tricrania stansburyi*, a meloid beetle cleptoparasite of the bee *Osmia lignaria propinqua* (Hymenoptera: Megachilidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 85: 713-721.
- van den Eijnde, J., A. de Ruijter, and J. van der Steen. 1991. Method for rearing *Bombus terrestris* continuously and the production of bumblebee colonies for pollination purposes. Acta. Hort. 288: 154-158.
- van Heemert, C., A. de Ruijter, J. van den Eijnde and J. van der Steen. 1990. Year-round production of bumblebee colonies for crop pollination. Bee World 71: 54-56.
- Xu, H.L., W.R. Zhou, S.G. Wei, T. Wang and Y.R. Wt. 1994. Biological study on pollinators of fruit trees *Osmia jacoti*, *Osmia excavata*. J. Fruit Sci. 11: 157-16.
- Xu, H.L., L.I. Yang, Y.J. Kwon and E.Y. Huh. 1995. Current status on the utilization of *Osmia* Bee as pollinators of fruit tree in China (Hymenoptra: Megachilidae). Korean J. Apicult. 10: 111-116.
- Youssef, N.N., W.R. McManus and P.F. Torchio. 1985. Crossinfectivity potential of *Ascosphaera* spp. (Ascomycetes: Ascosphaera) on the bee, *Osmia lignaria propinqua* Cresson. J. Econ. Entomol. 78: 227-231.