

# 우리나라 꿀풀과와 산형과 식물의 화기 구조와 방화 곤충<sup>1a</sup>

김갑태<sup>2\*</sup> · 류동표<sup>2</sup> · 김희진<sup>3</sup>

## Floral Characteristics of Labiatae and Umbelliferae Flowers and Insect Pollinators in Korea<sup>1a</sup>

Gab-Tae Kim<sup>2\*</sup>, Dong-Pyo Lyu<sup>2</sup>, Hoi-Jin Kim<sup>3</sup>

### 요약

우리나라에 생육하는 꿀풀과와 산형과 식물들의 화기구조와 화분매개충의 상호관련성을 밝히고자, 2010년 4월부터 2012년 8월까지 꽃을 찾는 곤충들을 조사하였으며 꽃들의 화기구조를 관찰하였다. 꿀풀과 식물을 찾는 벌목 곤충의 방화빈도 등급의 합이 21, 나비목 곤충들이 16의 높은 방화빈도를 보였다. 꽃무지과를 비롯한 딱정벌레목과 꽃등애를 비롯한 파리목 곤충들의 방화빈도 등급의 합은 1로 매우 낮았다. 산형과 식물을 찾는 파리목 곤충의 방화빈도 등급의 합이 27, 벌목 곤충들이 24, 꽃무지를 비롯한 딱정벌레목 곤충들이 21, 그리고 나비목 곤충들의 방화빈도 등급의 합은 13으로 나타났다. 식물종에 따른 화분매개충의 방화빈도 등급 합은 산형과의 기름나물이 24로 가장 높았고, 다음으로 구릿대가 13으로 높았으며, 꽃이 작은 편인 꿀풀과의 꽃층층이꽃, 석잠풀, 오리방풀이 등이 방화빈도 등급 합이 2로 가장 낮았다. 곤충 분류군별 방화빈도에서는 벌목 곤충이 57, 파리목 곤충이 46으로 높았으며, 나비목과 딱정벌레목 곤충은 23으로 낮은 편이었다. 참당귀는 방화곤충이 17종으로 가장 많았고, 다음으로 배초향 15종, 꿀풀 13종, 기름나물 13종, 구릿대 11종의 순으로 낮아졌다. 꽃층층이꽃과 오리방풀에서는 각각 좀뒤영벌과 어리황뒤영벌 1종만이 방화하였다. 딱정벌레목과 파리목 곤충들은 꿀풀과 식물의 꽃 보다 산형과 식물의 꽃에 높은 방화빈도를 보였다. 파리목과 나비목 곤충들은 자주색에 비하여 백색의 꽃에 상대적으로 높은 방화빈도를 보였다. 이 연구로 국화과 식물의 화기구조와 화분 매개 곤충 간의 상리공생적 상호관계를 어느 정도 파악하였다.

주요어: 상리공생, 화분매개충, 화색

### ABSTRACT

This research was carried out for revealing the co-relationships between insect-pollinators and the plant species of Labiatae and Umbelliferae, insects visiting in flower and the flowers in Korea, were studied from April 2010 to August 2012. The sum of flower visiting degrees in Labiatae are shown 21 in Hymenoptera, 16 in Lepidoptera, and the lowest 1 in Diptera and Coleoptera, respectively. The sum of flower visiting degrees in Umbelliferae are shown 27 in Diptera, 24 in Hymenoptera, 21 in Coleoptera, and 13 in Lepidoptera, respectively. 17 pollinator species visited the flower of *Angelica gigas*, next 15 pollinator species did the flower of *Agastache rugosa*, 13 pollinator species did the flower of *Prunella vulgaris* var. *lilacina*. 13 pollinator species foraged on the flower of *Peucedanum terebinthaceum*. and then 11 pollinator species on the flower of *Angelica dahurica*. Only 1 pollinator species visited the flower of *Clinopodium chinense* var. *grandiflora* and *Isodon*

1 접수 2012년 10월 7일, 수정(1차: 2013년 2월 4일), 게재확정 2013년 2월 5일

Received 7 October 2012; Revised(1st: 4 February 2013); Accepted 5 February 2012

2 상지대학교 산림과학과 Dept. of Forest Sciences, College of Life Sci. and Resour., Sangji Univ., Wonju(220-702), Korea

3 국립산림품종관리센터 Dept. of Seed and Seedling Management, Kor. For. Seed and Var. Center, Chungju(380-941), Korea

a 이 논문은 산림과학기술훈발사업(2010-2012)의 연구비 지원에 의하여 수행한 연구임.

\* 교신저자 Corresponding author(gtKim@sangji.ac.kr)

*excisus*. Pollinators of Coleoptera and Diptera visit more frequently to the flowers of Umbelliferae than those of Labiatae. Pollinators of Lepidoptera and Diptera visit more frequently white flower than purple one. This study found out that mutualistic relations between plants and insect pollinators in Korea.

**KEY WORDS: MUTUALISM, INSECT POLLINATOR, FLOWER COLOR**

## 서론

곤충에 의한 수분과정은 충매 식물의 생존과 인류의 식량 자원 생산에 매우 중요한 과정이다. 곤충은 다양한 생태계에서 화분매개, 종자 포식 또는 종자산포를 담당하며, 유묘발생과 식생의 동태에 결정적으로 영향을 미치며, 이형유전자 증가와 식물의 적응성 향상의 주요한 수단이다(Schowalter, 2006).

최근 단작농업의 확대, 농약사용 증가, 서식처의 분획화로 인한 곤충 종과 밀도의 감소(National Research Council, 2007)가 일반적인 농업생산 및 자연 생태계에서의 수분시스템에 문제가 될 것을 보고한 바 있다(Steffan-Dewenter *et al.*, 2005; Allen-Wardell *et al.*, 1998). 최근 우리나라에서도 양봉농가와 과수, 채소 재배농가가 낭충봉아부패병의 피해가 심해 어려움을 겪고 있으며, Choi *et al.*(2010)과 Kim *et al.*(2008)은 국내에서 이 병의 원인균인 꿀벌바이러스(sacbrood virus, SBV)를 확인하여 보고한 바 있다. 국내에서 Jung(2008)은 꿀벌의 화분매개를 통해 파생된 우리나라의 주요 과일과 채소 생산액은 5.9조원으로 추정되며, 이는 국내 1차 양봉생산액(3500억)의 약 18배에 이르는 수준이라 주장하였고, 노각나무의 수분 매개자는 우수리뒤영벌, 좀뒤영벌, 장미가위벌, 흰줄꼬마꽃벌 등(Kwon *et al.*, 2011), 참당귀와 일당귀의 방화곤충을 조사하여 벌목, 파리목(Kim *et al.*, 2011)이 대부분이었음을 보고한 바 있다.

Mader *et al.*(2011)은 화분매개충은 벌류, 파리류, 나비와 나방류, 딱정벌레류 등이 있음을 보고하였고, Steffan-Dewenter and Tschamtker(1999)는 서식처의 연결성이 벌 군집의 다양성과 풍부성 뿐만 아니라 주요 작물과 야생의 멸종위기종에서 식물과 화분매개곤충의 상호작용을 유지하는데 중요함을 보고하였다. Wilcock and Neiland(2002)는 수분실패의 위험은 식물체가 화분매개충을 너무 특수화하거나 선택적일 때 발생하고 이러한 문제는 희귀종의 보전, 복원, 작물 생산성 유지 및 임목의 지속가능한 이용에 필요하다고 하였다.

화분 매개충과 화기 구조와의 관련성은 아프리카붓꽃(*Gladiolus longicollis*)과 박각시 일종(*Agrius convolvuli*)에 대한 Alexandersson and Johnson(2002)의 보고, 해변냉이(*Lobularia maritima*)와 개미(*Camponotus micans*)에 대

한 Gómez(2000) 등의 보고가 있다. 한편, Schemske and Bradshaw, Jr.(1999)는 벌은 안토시아닌과 카로티노이드 색소가 낮은 큰 꽃을 선호하고, 벌새는 안토시아닌 함량이 높은 벵타가 많은 꽃을 선호하는 등으로 파리속(*Mimulus*)에서 화분매개동물에 영향을 주는 유전자는 화기구조의 진화와 번식격리에 영향을 미침을 밝혔다. Moeller(2005)는 타가수분하는 바늘꽃과 식물의 꽃을 찾는 벌은 49종이나 특수종인 벌이 가장 자주 방문하며 일반종들 보다 많은 화분을 옮기며, 이러한 상호작용은 개체의 번식성공에 의해 개체군 유지와 공생하는 관계를 촉진한다고 보고하였다. Huang and Guo(2002)는 충매하는 멸종위기종 중국백합(*Liriodendron chinense*)의 격리된 소집단에서 심각한 수분 제한으로 종자/자방의 비율이 0.84-1.88%에 불과했음을, Hirayama *et al.*(2005)은 자웅이숙하는 별목련(*Magnolia stellata*)은 반날개과의 벌레에 의한 불충분한 수분과 이웃꽃가루받이에 의하여 종자생산이 크게 제한됨을 보고하였다.

이에 이 연구는 우리나라에 자생하는 꿀풀과와 산형과 식물들의 화기 구조와 화분 매개충의 상호 관련성을 밝히고자, 2010년 4월부터 2012년 8월까지 꽃을 찾는 곤충들을 관찰, 촬영하고 화기 구조와 화분 매개충을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사 대상지

원주시의 치악산(판부면 금대리 계곡, 신림면 성남리의 성황림 주변), 백운산(원주시 판부면 서곡리 백운산자연휴양림 주변), 횡성군 청태산 자연휴양림 주변, 홍천군 가리산 자연휴양림 주변, 평창군 진부면 장전리 중왕산, 오대산 월정사와 상원사 주변, 평창군 한국자생식물원, 단양군 소백산 죽령-비로봉의 북사면 지역 등을 조사 대상지로 하였다.

### 2. 조사 방법

2010년 4월부터 2012년 8월 24일까지 개화한 꿀풀과와 산형과 식물의 꽃을 방문하는 곤충이 꿀과 꽃가루를 채취하는 것을 맑은날 오전 10시 경부터 17시 까지 관찰·기록하

고 촬영하였다. 식물종별 화분매개충의 주요 분류군별 방화빈도를 Yumoto(1988), Calzoni and Speranza(1998)의 방법을 변형하여 한 식물종의 꽃을 관찰한 10분간 5회 이상 동종의 곤충이 방화하면 3으로, 2-4회 방화하면 2로, 1회이면 1로 등급화 하였으며, 조사원 2-3명이 동일한 방법으로 화분 매개충의 방화를 관찰하고 촬영, 기록하였다. 꽃을 방문하는 화분매개충을 주요 분류군(Mader *et al.*, 2011)과 조사한 자료를 바탕으로 벌목, 나비목, 딱정벌레목 및 파리목으로 대분류하고 주요 과별로 정리하였다.

꿀풀과와 산형과 식물들 중에서 산형화서 8종, 수상화서 7종 및 취산화서 1종이며, 화관 모양은 순형화만 달리는 8종, 장미형 이판화인 작은 꽃이 달리는 산형화과 8종이며, 화색은 꿀풀과의 광대수염 1종과 산형과의 어수리를 비롯한 7종 중 8종이 흰꽃이고, 산형과의 참당귀 1종과 꿀풀과의 벌개덩굴을 비롯한 7종 중 8종이 자주꽃이었다.

일부 곤충은 채집하여 표본을 만들고 상지대 곤충학 연구실에 보관하고 있으며, 촬영된 사진도 환경생태연구실에 보관하고 있다. 일부 곤충들의 분류군은 외부의 전문가들의 도움으로 동정하였다.

### 3. 통계분석

국화과 식물의 화기특성 자료와 주요 분류군별 화분 매개충의 방화빈도 등급 간의 관련성을 SPSS(ver 19.0) 통계프로그램을 이용하여 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 꿀풀과와 산형과 식물의 화기 특성

이 연구에서 조사된 광대수염을 포함한 꿀풀과의 8종, 어수리를 포함한 산형과 8종 등, 총 16종 초본식물의 화서형태, 화색과 관찰시기는 Table 1과 같다.

합판화아강 통화식물목에 속하는 광대수염을 비롯한 꿀풀과의 식물 종들은 화관의 위쪽의 2개와 아래쪽에 3개의 열편을 가지는 순형화라는 특성을 지니고 있고, 이판화아강 산형화목에 속하는 산형과 식물 종들은 대부분 작은 꽃들이 비슷한 길이의 소화경에 달리는 산형화서 또는 겹산형화서이며, 유관이 발달하여 향기를 지니는 특성을 가지고 있었다.

16종의 식물 중에서 광대수염을 비롯한 꿀풀과 8종은 수상화서이거나 수상화서 비슷한 형태를 보였고, 어수리를 비롯한 산형과 8종은 산형화서를 보였다.

### 2. 꿀풀과와 산형과의 식물 종에 따른 곤충 분류군별 방화곤충의 종류와 방화 빈도

식물종에 따른 화분매개충의 방화빈도 등급 합은 산형과의 기름나물이 24로 가장 높았고, 다음으로 구릿대가 13으로 높았으며, 꽃이 작은 편인 꿀풀과의 꽃층층이꽃, 석잠풀, 오리방풀이 등이 방화빈도 등급 합이 2로 가장 낮았다 (Table 2). 곤충 분류군별 방화빈도에서는 벌목 곤충이 57,

Table 1. Floral characteristics of the flowers investigated in this study

Family	Species (Korean name)	Inflor-escence	Color of corolla	Observed date 2010~2012
Labi-atae	<i>Lamium album</i> var. <i>barbatum</i> (광대수염)	Spikelike	White	Jun. '10,'11
	<i>Meehaniania urticifolia</i> (벌개덩굴)	Spikelike	Purple	May~Jun. '10,'11
	<i>Prunella vulgaris</i> var. <i>lilacina</i> (꿀풀)	Spikelike	Purple	Jun.~Aug. '10,'11,'12
	<i>Stachys japonica</i> (석잠풀)	Spikelike	Purple	Aug. '11,'12
	<i>Clinopodium chinense</i> var. <i>grandiflora</i> (꽃층층이꽃)	Spikelike	Purple	Aug. '11
	<i>Agastache rugosa</i> (배초향)	Spike	Purple	Aug.~Sep. '11
	<i>Isodon excisus</i> (오리방풀)	Cyme	Purple	Aug. '11
	<i>Elsholtzia ciliata</i> (향유)	Spike	Purple	Sep.~Oct. '11
	Umbellif-erac	<i>Heracleum moellendorffii</i> (어수리)	Umbel	White
<i>Angelica dahurica</i> (구릿대)		Umbel	White	Jul.~Aug. '11
<i>Sanicula chinensis</i> (참반디)		Umbel	White	Jul. '11
<i>Peucedanum terebinthaceum</i> (기름나물)		Umbel	White	Jul.~Aug. '11
<i>Libanotis coreana</i> (털기름나물)		Umbel	White	Aug. '11
<i>Angrlica gigas</i> (참당귀)		Umbel	Purple	Aug.~Sep. '10,'11
<i>Angelica polymorpha</i> (궁궁이)		Umbel	White	Jun.~Jul. '11,'12
<i>Torilis japonica</i> (사상자)	Umbel	White	Sep. '11	

Table 2. Degree of visiting frequency of insect pollinators to the flowers of Labiatae and Umbelliferae

Family	Plant species	Degree of visiting frequency*																ΣΣ		
		Hymenoptera			Lepidoptera					Coleoptera				Diptera						
		A	B	Σ	C	D	E	F	G	Σ	H	I	J	Σ	K	L	M		N	Σ
Labiatae	<i>Lamium album</i> var. <i>barbatum</i>	2	1	0						1				1					1	3
	<i>Meehania urticifolia</i>	3		0	1	2		1		3		1		4					5	8
	<i>Prunella vulgaris</i> var. <i>lilacina</i>	3		0	1	3		2		4				6					6	9
	<i>Agastache rugosa</i>	3		0		3	3			3				3		1			3	10
	<i>Clinopodium chinense</i> var. <i>grandiflora</i>	2		0						0				0					0	2
	<i>Stachys japonica</i>	2		0		0	0			0				0		0			0	2
	<i>Isodon excisus</i>	2		0						0				0					0	2
	<i>Elsholtzia ciliata</i>	3		3						3				3		0			3	3
	Σ	20	1	3	2	8	3	3	0	14	0	1	0	17	0	1	0	0	18	39
Umbelliferae	<i>Heracleum moellendorffii</i>	2		0						0	2	2	1	0		2	2		5	11
	<i>Angelica dahurica</i>	2	2	0		2			1	4	1	1		5	1	3			8	13
	<i>Sanicula chinensis</i>		2	0						2				2		2			2	4
	<i>Peucedanum terebinthaceum</i>	3	3	0	1	2			2	6	3	3		8	3	2		2	17	24
	<i>Libanotis coreana</i>	2	1	0						1		3		1		3		1	4	10
	<i>Angrlica gigas</i>	3	2	0		2	1			4	1			4		2			5	11
	<i>Angelica polymorpha</i>	1		0						0	1			0	2	1			3	5
	<i>Torilis japonica</i>		1	0			1		1	1	1	2		2				1	1	7
	Σ	13	11	0	1	6	2	0	4	18	9	11	1	22	6	15	2	4	45	85
ΣΣ	46	11	57	2	12	3	3	3	23	8	14	1	23	5	25	1	8	46	149	

\* A: Apidae, B: Formicidae, C: Pieridae, D: Nymphalidae, E: Papilionidae, F: Hesperidae, G: Moth, H: Cetoniidae, I: Cerambycidae, J: Mordellidae, K: Tachinidae, L: Syrphidae, M: Empididae, N: Muscidae

파리목 곤충이 46으로 높았으며, 나비목과 딱정벌레목 곤충은 23으로 낮은 편이었다(Table 2). 이러한 결과는 꿀풀과와 산형과 식물에서도 Kim *et al.*(2012)과 Mader *et al.*(2011)이 보고한 벌류, 나비류, 파리류 및 딱정벌레류가 주요 화분매개충임을 확인하였다. 꿀풀과 식물을 찾는 벌목 곤충의 방화빈도 등급의 합이 21, 나비목 곤충들이 16의 높은 방화빈도를 보였다. 꽃무지과를 비롯한 딱정벌레목과 꽃등애를 비롯한 파리목 곤충들의 방화빈도 등급의 합은 1로 매우 낮았다. 산형과 식물을 찾는 파리목 곤충의 방화빈도 등급의 합이 27, 벌목 곤충들이 24, 꽃무지를 비롯한 딱정벌레목 곤충들이 21, 그리고 나비목 곤충들의 방화빈도 등급의 합은 13으로 나타났다.

식물분류군 과별 화분매개충의 과별 방화빈도에서 꿀풀과에서 꿀벌과가 20으로 가장 높은 방화빈도 등급 합을 보였고, 다음으로 산형과에서 하늘소과가 15, 산형과에서 꿀벌과가 13, 산형과에서 개미과가 11, 하늘소과가 11 등의 순으로 낮아졌다.

식물종별 방화곤충 목록을 Table 3에 보였다. 조사 대상 16종의 식물 중에서 참당귀에 가장 많은 종인 17종의 화분매개충이 방화하였고, 그 다음으로 배초향 15종, 꿀풀과 기

름나물 13종, 구릿대 11종의 순으로 낮아졌으며, 꽃층충이 꽃과 오리방풀에서는 각각 좀뒤영벌과 어리황뒤영벌 1종만이 방화하는 것으로 나타났다. 참당귀, 배초향, 꿀풀, 기름나물, 구릿대 등이 상대적으로 수분에 성공할 확률이 높으며, 충실종자 생산에 성공적인 전략을 갖추었다고 추정된다. 이러한 결과는 Kim *et al.*(2012)이 국화과의 개망초에서 방화곤충이 31종이라고 밝힌 보고에 비하여 조금 낮은 값이었다. 이러한 결과와 Steffan-Dewenter and Tschardt(1999)의 멸종위기종에서 식물과 화분매개곤충의 상호작용이 중요하며, Huang and Guo(2002)는 중국백합의 격리된 소집단에서 수분제한, Hirayama *et al.*(2005)은 자웅이숙하는 별목련에서 반날개과의 곤충에 의한 수분불충분이 충실종자 생산에 문제임을 지적한 보고들로 보아 참당귀, 배초향, 꿀풀, 기름나물, 구릿대 등이 우리나라에서 넓게 퍼져나가고 있는 것은 많은 방화곤충을 불러들여 수분성공율이 높음도 하나의 이유라 생각된다. Wilcock and Neiland(2002)는 수분실패의 위험은 식물체가 화분매개충을 너무 특수화하거나 선택적일 때 발생한다는 보고로 보아 꽃층충이꽃과 오리방풀의 경우 다른 수분전략이 없다면 종의 유지에 문제가 발생할 수도 있을 것이라 사료된다. Choi *et al.*(2010)과

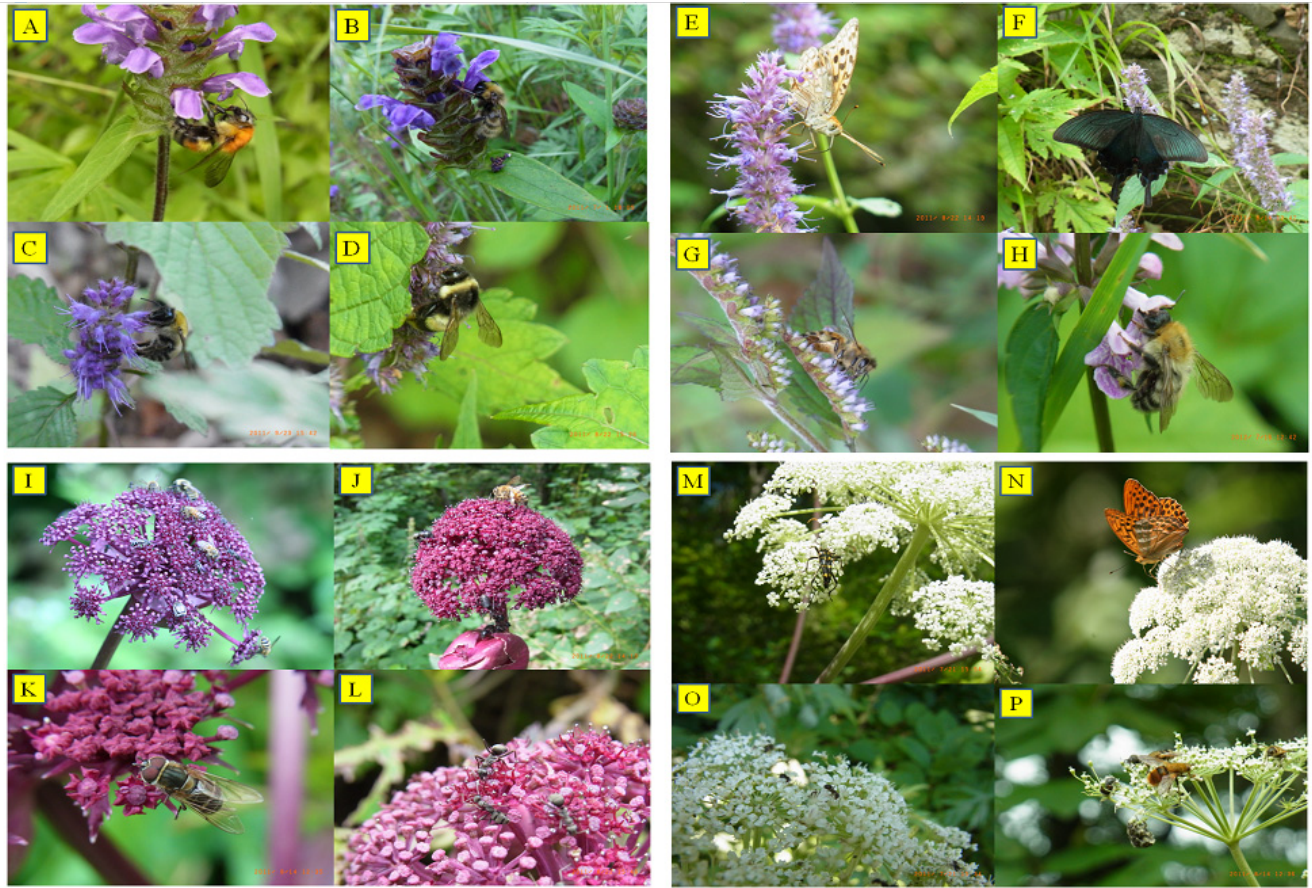


Figure 1. Main pollinator and herb species

(A: *Bombus consobrinus wittenburgi* and *Prunella vulgaris* var. *lilacina*, B: *Bombus ussurensis* and *Prunella vulgaris* var. *lilacina*, C: *Bombus ussurensis* and *Agastache rugosa*, D: *Bombus hypocrita sapporoensis* and *Agastache rugosa*, E: *Fabriciana pallescens* and *Agastache rugosa*, F: *Papilio maackii* and *Agastache rugosa*, G: *Apis mellifera* and *Elsholtzia ciliata*, H: *Eucera spuratipes* and *Stachys japonica*, I: *Apis cerana*, *Apis mellifera*, *Trichius succinctus* and *Angelica gigas*, J: *Apis mellifera*, *Camponotus atrox* and *Angelica gigas*, K: *Eristalis arbustorum* and *Angrlica gigas*, L: *Formica japonica* and *Angelica gigas*, M: *Leptura arcuata* and *Angelica dahurica*, N: *Argynnis paphia* and *Angelica dahurica*, O: *Lasius alienus* and *Peucedanum terebinthaceum*, P: *Tachina luteola* and *Peucedanum terebinthaceum*)

Kim *et al.*(2008)은 국내에서 이 병원인 꿀벌바이러스(sacbrood virus, SBV)를 확인하였고, Kim *et al.*(2012)이 24종의 국화과 식물을 찾는 방화곤충에는 재래꿀벌이 관찰되지 않았음을 보고한 바와 달리 본 조사에서는 참당귀와 구릿대에서 재래꿀벌의 방화를 확인하였다(Table 3).

Table 4에 식물분류군별-꿀풀과와 산형과- 주요 화분매 개충 목별 방화빈도의 평균과 통계분석 결과를 보였다. 모든 방화곤충의 방화빈도는 산형과가 꿀풀과에 비하여 높게 나타났다. 딱정벌레목과 파리목에서만 식물과 간 방화빈도에서 고도의 통계적 유의성이 인정되었다. 꿀풀과에서는 하늘소과를 비롯한 딱정벌레목, 꽃등을 비롯한 파리목의 방화빈도가 매우 낮았으며, 산형과에서는 이들의 방화빈도가

높게 나타난 결과이다. 이러한 결과는 곤충 목간의 먹이 섭취 형태와 구기 구조의 차이(Park, 2001)가 꿀풀과의 순형 화관과 산형과의 작은 꽃이 모여 큰 화서를 이루는 등의 화기특성으로 방화빈도에 차이가 난 것이라 사료된다. 벌목의 꿀풀과와 산형과의 방화빈도에는 유의차가 인정되지 않았으나, 꿀벌과에서는 꿀풀과의 방화빈도가 20, 산형과의 방화빈도가 13으로 차이가 있고(Table 2), 꿀풀과에서는 대부분의 꿀벌과가 뒤영벌속(*Bombus*)의 종들이었으며, 산형과에서는 양봉꿀벌, 재래꿀벌 및 애꽃벌류가 대부분이었다(Table 3). 그리고 개미과의 방화빈도는 꿀풀과에서는 1로 매우 낮았으나, 산형과에서는 방화빈도가 11로 높은 편이었다. 이러한 결과도 곤충과의 먹이 섭취 형태와 구기 구조의

Table 3. List of insect pollinators observed on the flowers

Family	Species	Insect pollinators (Korean name)				No. of PS*
		Hymenoptera(벌목)	Lepidoptera(나비목)	Coleoptera(딱정벌레목)	Diptera(파리목)	
	<i>Lamium album</i> var. <i>barbatum</i> (광대수염)	<i>Bombus</i> sp.(뒤영벌 일종), <i>Bombus consobrinus wittenburgi</i> (황토색뒤영벌), <i>Paratrechina flavipes</i> (스미스개미)				3
	<i>Meehanian urticifolia</i> (벌개덩굴)	<i>Apis mellifera</i> (양봉꿀벌), <i>Bombus ignitus</i> (호박벌), <i>Xylocopa appendiculata circumvolans</i> (어리호박벌), <i>Bombus consobrinus wittenburgi</i> (황토색뒤영벌), <i>Crocisa emarginata</i> (두리알락꿀벌), <i>Argynnis paphia</i> (은줄표범나비), <i>Thymelicus leoninus</i> (줄꼬마팔랑나비), <i>Gonepteryx aspasia</i> (각시멧노랑나비), <i>Pidonia gibbicolis</i> (줄각시하늘소)				9
	<i>Prunella vulgaris</i> var. <i>lilacina</i> (꿀풀)	<i>Apis mellifera</i> (양봉꿀벌), <i>Bombus ussuriensis</i> (우수리뒤영벌), <i>Xylocopa appendiculata circumvolans</i> (어리호박벌), <i>Bombus ignitus</i> (호박벌), <i>Tetralonia nipponensis</i> (일본애수염줄벌), <i>Bombus consobrinus wittenburgi</i> (황토색뒤영벌), <i>Thymelicus leoninus</i> (줄꼬마팔랑나비), <i>Gonepteryx aspasia</i> (각시멧노랑나비), <i>Thymelicus leoninus</i> (줄꼬마팔랑나비), <i>Argynnis paphia</i> (은줄표범나비), <i>Fabriciana pallescens</i> (은점표범나비), <i>Lobocla bifasciata</i> (왕팔랑나비), <i>Pidonia gibbicolis</i> (줄각시하늘소)				13
Labiatae	<i>Agastache rugosa</i> (배초향)	<i>Apis mellifera</i> (양봉꿀벌), <i>Bombus ussuriensis</i> (우수리뒤영벌), <i>Bombus hypocrita sapporoensis</i> (삼프로뒤영벌), <i>Tetralonia nipponensis</i> (일본애수염줄벌), <i>Araschnia burejana</i> (거꾸로여덩팔나비), <i>Papilio maackii</i> (산제비나비), <i>Lobocla bifasciata</i> (왕팔랑나비), <i>Cyntia cardui</i> (작은멧쟁이나비), <i>Clossiana selene</i> (작은은점표범나비), <i>Fabriciana pallescens</i> (은점표범나비), <i>Atrophaneura alcinous</i> (사향제비나비), <i>Monoceromyia pleuralis</i> (별붙이꽃등에), <i>Volucella pellucens tabanoides</i> (어리대모꽃등에), <i>Eristalis cerealis</i> (배짧은꽃등에), <i>Metasyrphus frequens</i> (물결넓적꽃등에)				15
	<i>Clinopodium chinense</i> var. <i>grandiflora</i> (꽃층층이꽃)	<i>Bombus ardens ardens</i> (좁뒤영벌)				1
	<i>Stachys japonica</i> (석죽풀)	<i>Bombus ignitus</i> (호박벌), <i>Eucera spurtipes</i> (수염줄벌), <i>Thymelicus leoninus</i> (줄꼬마팔랑나비)				3
	<i>Isodon xcisus</i> (오리방풀)	<i>Bombus ussuriensis</i> (우수리뒤영벌)				1
	<i>Elsholtzia ciliata</i> (향유)	<i>Apis mellifera</i> (양봉꿀벌), <i>Bombus tersatus</i> (어리황뒤영벌), <i>Andrena</i> sp.(애꽃벌 일종)				3
	<i>Heracleum moellendorffii</i> (어수리)	<i>Andrena</i> sp.(애꽃벌 일종), <i>Lasioglossum</i> sp.(꼬마꽃벌 일종) / <i>Neptis sappho</i> (애기세죽나비), <i>Trichius succinctus</i> (호랑꽃무지), <i>Corymbia rubra</i> (붉은산꽃하늘소), <i>Mordella brachyura brachyura</i> (꽃벼룩), <i>Eristalis cerealis</i> (배짧은꽃등에), Empididae sp.(춤파리 일종), Muscidae sp.(집파리 일종)				9
	<i>Angelica dahurica</i> (구릿대)	<i>Andrena</i> sp.(애꽃벌 일종), <i>Apis cerana</i> (재래꿀벌), <i>Lasioglossum</i> sp.(줄꼬마꽃벌 일종), <i>Ammophila sabulosa infesta</i> (나나나), <i>Lasius alienus</i> (누운털개미), <i>Argynnis paphia</i> (은줄표범나비), <i>Fabriciana pallescens</i> (은점표범나비), <i>Nemophora staududingerella</i> (큰자루긴수염나방), <i>Trichius succinctus</i> (호랑꽃무지), <i>Eristalis tenax</i> (꽃등에), <i>Tachina luteola</i> (노랑털기생파리)				11
	<i>Sanicula chinensis</i> (참반디)	<i>Polyrhachis</i> sp.(가시개미 일종) / <i>Eristalis cerealis</i> (배짧은꽃등에), <i>Allograpta balteata</i> (호리꽃등에), Syrphidae sp.(꽃등에 일종)				4
	<i>Peucedanum terebinthaceum</i> (기름나물)	<i>Andrena</i> sp.(애꽃벌 일종), <i>Sphaerophoria</i> sp.(꼬마꽃등에 일종), <i>Lasius niger</i> (고동털개미), <i>Myrmica</i> sp.(빨개미 일종), <i>Araschnia burejana</i> (거꾸로여덩팔나비), <i>Limenitis camilla</i> (줄나비), <i>Nemophora staududingerella</i> (큰자루긴수염나방), <i>Trichius succinctus</i> (호랑꽃무지), <i>Leptura arcuata</i> (긴알락꽃하늘소), <i>Pidonia gibbicolis</i> (줄각시하늘소), <i>Pidonia puziloi</i> (넉집각시하늘소), <i>Tachina luteola</i> (노랑털기생파리), Muscidae sp.(집파리 일종)				13
Umbelliferae	<i>Libanotis coreana</i> (털기름나물)	<i>Andrena</i> sp.(애꽃벌 일종), Ichneumonidae sp.(뿔시벌 일종), <i>Corymbia rubra</i> (붉은산꽃하늘소), <i>Oedemerina robusta</i> (납색하늘소붙이), <i>Chlorophorus motschulskyi</i> (우리범하늘소), <i>Metasyrphus frequens</i> (물결넓적꽃등에), <i>Eristalis cerealis</i> (배짧은꽃등에), Muscidae sp.(집파리 일종)				8
	<i>Angelica gigas</i> (참당귀)	<i>Apis mellifera</i> (양봉꿀벌), <i>Apis cerana</i> (재래꿀벌), <i>Andrena</i> sp.(애꽃벌 일종), <i>Tetralonia nipponensis</i> (일본애수염줄벌), <i>Bombus ussuriensis</i> (우수리뒤영벌), <i>Campsomeris annulata</i> (애베벌), <i>Formica japonica</i> (곰개미), <i>Camponotus atrox</i> (한국홍가슴개미), <i>Lasius alienus</i> (누운털개미), <i>Papilio maackii</i> (산제비나비), <i>Argynnis paphia</i> (은줄표범나비), <i>Trichius succinctus</i> (호랑꽃무지), <i>Mallota tricolor</i> (삼색꽃등에), <i>Eristalis arbustorum</i> (덩굴꽃등에), <i>Paragus coreanus</i> (고려꽃등에), <i>Eristalis</i> sp.(꽃등에 일종), Muscidae sp.(집파리 일종)				17
	<i>Angelica polymorpha</i> (궁궁이)	<i>Trichius succinctus</i> (호랑꽃무지), <i>Eristalis tenax</i> (꽃등에), <i>Tachina luteola</i> (노랑털기생파리)				3
	<i>Torilis japonica</i> (사상자)	<i>Andrena</i> sp.(애꽃벌 일종) / <i>Argynnis paphia</i> (은줄표범나비), <i>Baptria tibiale</i> (흰머리큰물결자나방) / <i>Trichius succinctus</i> (호랑꽃무지), <i>Corymbia rubra</i> (붉은산꽃하늘소), <i>Pidonia gibbicolis</i> (줄각시하늘소), <i>Eristalis tenax</i> (꽃등에), Empididae sp.(춤파리 일종)				8

\* PS\* means pollinator species

Table 4. Flower visiting frequencies of main pollinators by plant family for each insect order

Plant family(n)	Hymenoptera	Lepidoptera	Coleoptera	Diptera	Σ
Labiatae(8)	2.50	2.00	0.13	0.13	
Umbelifere(8)	3.00	1.63	2.63	3.38	
F-values	0.53 <sup>NS</sup>	0.09 <sup>NS</sup>	11.38**	23.90**	

<sup>NS</sup> Not significant, \*\* p <0.01 ; d.f. between group 1, total 15

Table 5. Flower visiting frequencies of main pollinators by corola color for each insect order

Corola color (n)	Hymenoptera	Lepidoptera	Coleoptera	Diptera	Σ
White (8)	2.63	1.25	2.50	3.13	
Purple (8)	2.88	2.38	1.25	1.38	
F-values	0.13 <sup>NS</sup>	0.92 <sup>NS</sup>	7.99*	11.52**	

<sup>NS</sup> Not significant, \* p <0.01, \*\* p <0.01 ; d.f. between group 1, total 15

차이(Park, 2001) 때문이라 사료된다.

Table 5에 화색별 주요 화분매개충 분류군별 방화빈도의 평균과 통계분석 결과를 보였다. 화관색갈별 화분매개충의 목별 통계분석 결과는 나비목과 파리목에서 통계적 유의성이 인정되었으며, 파리목과 나비목 곤충들은 자주색에 비하여 백색의 꽃에 상대적으로 높은 방화빈도를 보였다. 이러한 결과는 국화와 식물에서 24종에서 나비목 곤충들이 백색의 꽃에 방화빈도가 높았음을 보고한 Kim *et al.*(2012)과, 벌과 벌새에 대한 선호도를 색소차이로 설명한 Schemske and Bradshaw, Jr.(1999)와 유사한 결과라 사료된다.

이 연구로 꿀풀과와 산형과 식물의 화기구조와 화분매개 곤충 간의 상리공생을 어느 정도 파악하였다. 곤충의 화분매개는 이형유전자 증가와 식물의 적응성 향상의 주요한 수단이다. 식물의 생존과 농림업의 생산성은 물론 멸종위기종의 보전에도 영향하며, 식물과 곤충의 상리공생으로 건전한 생태계 유지에 필요한 연구 분야이다. 지구온난화로 인한 생태계 변화를 겪으며 식물과 곤충의 상리공생, 화분매개에 대해 앞으로 더 많은 연구가 필요할 것이라 사료된다.

## 감사의 글

본 조사에 참여한 상지대학교 늘푸른솔 회원들에게 고마움을 전하며, 곤충분류에 도움을 주신 산림곤충다양성연구소장 박 상욱 박사, 식물검역기술개발센터의 이 홍식 박사, 한국나비도감의 저자 김성수 박사님께 지면을 통해 깊이 감사드립니다.

## 인용문헌

Alexandersson, R. and S.D. Johnson(2002) Pollinator-mediated selection on flower-tube length in a hawkmoth-pollinated *Gladiolus* (Iridaceae). Proceedings of The Royal Society

Biological Sciences 269: 631-636.

Allen-Wardell, G., P. Bernhardt, R. Bitner, A. Burquez, S. Buchmann, P. Allen, V. Dalton, P. Feinsinger, M. Ingram, D. Inouye, C.E. Jones, K. Kennedy, P. Kevan, H. Koopowitz, R. Medellin, G.P. Nabhan, B. Pavlik, V. Tepedino, P. Torchio and S. Walker(1998) The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. Conservation Biology 12(1): 8-17.

Calzoni, G.L. and A. Speranza(1998) Insect controlled pollination in Japanese plum(*Prunus salicina* Lindl.). Scientia Horticulturae 72: 227-237.

Choi, Y.S., M.Y. Lee, I.P. Hong, N.S. Kim, H.K. Kim, K.H. Byeon and H.J. Yoon(2010) Detection of honeybee virus from bumblebee(*Bombus terrestris* L. and *Bombus ignitus*). Korean Journal of Apiculture 25(4): 259-266. (in Korean with English abstract)

Gómez, J.M.(2000) Effectiveness of ants as pollinators of *Lobularia maritima*: effects on main sequential fitness components of the host plant. Oecologia 122: 90-97.

Hirayama, K., K. Ishida and N. Tomaru(2005) Effects of pollen shortage and self-pollination on seed production of an endangered tree, *Magnolia stellata*. Annals of Botany 95: 1009-1015.

Huang, S.-Q. and Y.-H. Guo(2002) Variation of pollination and resource limitation in a low seed-set tree, *Liriodendron chinense* (Magnoliaceae). Botanical Journal of the Linnean Society 140: 31-38.

Jung, C.E.(2008) Economic value of honeybee pollination on major fruit and vegetable crops in Korea. Korean J. Apiculture 23(2): 147-152. (in Korean with English abstract).

Kim, G.T., D.P. Lyu and H.J. Kim(2012) Floral characteristics of Asteraceae Flowers and Insect Pollinators in Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 26(2): 200-209. (in Korean with English abstract)

Kim, H.K., Y.S. Choi, M.L. Lee, M.Y. Lee, K.G. Lee and N.H. Ahn(2008) Detection of sacbrood virus(SBV) from the honey

- bee in Korea. Korean Journal of Apiculture 23(2): 103-109. (in Korean with English abstract)
- Kwon, H.J., Y.P. Kim, K.R. Choe and H.K. Song.(2011) Pollination Mechanism of *Stewartia koreana* Nakai (Theaceae) in Korea. Korean J. Apiculture 26(2): 157-161. (in Korean with English abstract).
- Mader, E., M. Shepherd, M. Vaughan, S.H. Black and G. LeBuhn (2011) Attracting Native Pollinators. Storey Publishing, 371pp.
- Moeller, D.A.(2005) Pollinator community structure and sources of spatial variation in plant-pollinator interactions in *Clarkia xantiana* spp. *xatiana*. Oecologia 142: 28-37.
- National Research Council (2007) Status of Pollinators in North America. The National Academies Press, Washington, 307pp.
- Park, K.T.(2001) Insect Resources - Entomology. Academy Book, pp. 34-36. (in Korean)
- Schemske, D.W. and H.D. Bradshaw, Jr.(1999) Pollinator preference and the evolution of floral traits in monkeyflowers (*Mimulus*). PNAS 96(21): 11910-11915.
- Schowalter, T.D.(2006) Insect Ecology; An Ecosystem Approach. 2nd ed. Academic Press, 572pp.
- Steffan-Dewenter, I. and T. Tschardt(1999) Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. Oecologia 121: 432-440.
- Steffan-Dewenter, I., S.G. Potts and L. Packer(2005) Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. Trends in Ecology and Evolution 20(2): 651-652.
- Wilcock, C. and R. Neiland(2002) Pollination failure in plants: why it happens and when it matters.2002. Trends in Plant Science 7(6): 270-277.
- Yumoto, T.(1988) Pollination systems in the cool temperate mixed coniferous and broad-leaved forest zone of Yakushima island. Ecological Research 3: 117-129.