

우리나라 국화과 식물의 화기구조와 방화 곤충 연구^{1a}

김갑태^{2*} · 류동표² · 김희진³

Floral Characteristics of Asteraceae Flowers and Insect Pollinators in Korea^{1a}

Gab-Tae Kim^{2*}, Dong-Pyo Lyu², Hoi-Jin Kim²

요 약

우리나라에 생육하는 국화과 식물들의 화기구조와 화분매개충의 상호관련성을 밝히고자, 2010년 4월부터 2011년 10월까지 꽃을 찾는 곤충들을 조사하였으며 꽃들의 화기구조를 관찰하였다. 나비목 곤충이 38, 꽃등에과를 비롯한 파리목 곤충의 방화빈도 등급의 합이 38, 벌목 곤충들이 36의 높은 방화빈도를 보였다. 꽃무지과를 비롯한 딱정벌레목의 방화빈도 등급의 합이 6으로 가장 낮았다. 주요 화분매개충은 벌목 13종(꿀벌과 11종, 개미과 2종), 나비목 29종(배추흰 나비과 5종, 네발나비과 12종, 뱀눈나비과 3종, 팔랑나비과 3종, 부전나비과 2종, 왕나비과 1종 및 나방류 2종), 파리목 16종(기생파리과 1종, 꽃등에과 12종 및 집파리과 1종), 딱정벌레목 6종(꽃무지과 2종, 하늘소과 2종, 잎벌레과 1종 및 꽃벼룩과 1종) 등 65종으로 나타났다 개망초는 방화곤충이 31종으로 가장 많았고, 다음으로 등골나물이 15종, 까실쑥부쟁이가 13종 순으로 낮아졌다. 솜방망이, 씌바귀, 금불초, 지느러미영경귀, 곰취, 단풍취, 수리취, 고려영경귀, 이고들빼기 및 산국은 모두 방화곤충이 2종으로 매우 적었다. 나비목 곤충들은 황색이나 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

To search for the co-relationships between insect-pollinators and the plant species of Asteraceae, insects visiting in flower and the flowers in Korea, were studied from April 2010 to October 2011. The sum of flower visiting degrees are shown 38 in Lepidoptera, 38 in Diptera, 36 in Hymenoptera, and the lowest 6 in Coleoptera, respectively. 65 insect species are identified pollinators, Hymenoptera 13 species(Apidae 11 sp., Formicidae 2 sp.), Lepidoptera 29 species(Pieridae 5sp., Nymphalidae 12 sp., Satyridae 3 sp., Hesperidae 3 sp., Lycaenidae 2 sp., Danaidae 1 sp., Moth 2 sp.), Diptera 16 species(Tachinidae 1 sp., Syrphidae 12 sp., Muscidae 1sp., Others 2 sp.), and Coleoptera 6 species(Cetoniidae 1 sp., Cermbycidae 3 sp., Chrysomelidae 1 sp., Mordellidae 1 sp.). 31 pollinator species visits the flower of *Erigeron annuus*, next 15 pollinator species does the flower of *Eupatorium japonicum*, and then 13 pollinator species does the flower of *Aster ageratoides*. Only 2 pollinator species visit the flower of *Tephrosia kirilowii*, *Ixeridium dentatum*, *Inula britannica* var. *japonica*, *Carduus crispus*, *Ligularia fischeri*, *Ainsliaea acerifolia*, *Synurus deltoides*, *Cirsium setidens*, *Crepidiastrum*

1 접수 2011년 12월 19일, 수정(1차: 2012년 3월 16일), 게재확정 2012년 3월 17일

Received 19 December 2012; Revised(1st: 16 March 2012); Accepted 17 March 2012

2 상지대학교 산림과학과 Dept. of Forest Sciences, Sangji Univ., Wonju(220-702), Korea

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

a 이 연구는 산림과학기술개발사업(2010-2012)의 연구비 지원에 의하여 수행한 연구임.

* Corresponding author(gtkim@sangji.ac.kr)

enticulatum and *Dendranthema boreale*. Pollinators of Lepidoptera visit more frequently white flower than yellow or purple one. This study found out that mutualistic relations between plants and insect pollinators is carried out in Korea.

KEY WORDS: MUTUALISM, INSECT POLLINATOR, FLOWER COLOR

서 론

곤충에 의한 수분과정은 충매 식물의 생존과 인류의 식량 자원 생산에 매우 중요한 과정이다. 곤충은 다양한 생태계에서 화분매개, 종자 포식 또는 종자산포를 담당하며, 유묘 발생과 식생의 동태에 결정적으로 영향하며, 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 호소하고 있으며, Choi *et al.*(2010)과 Kim *et al.*(2008)은 국내에서 이 병원인 꿀벌바이러스(sacbrood virus, SBV)를 확인하였음을 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 화기구조와의 관련성은 아프리카붓꽃(*Gladiolus longicollis*)과 박각시(*Agrius convolvuli*)에 대한 Alexandersson and Johnson(2002)의 보고, 해변냉이(*Lobularia maritima*)와 개미(*C. micans*)에 대한 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 타가수분하

는 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 수분제한으로 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 생육하는 국화와 식물들의 화기 구조와 화분 매개충의 상호 관련성을 밝히고자, 2010년 4월부터 2011년 10월까지 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), 황성군 청태산자연휴양림 주변, 홍천군 가리산자연휴양림 주변, 평창군 진부면 장전리 중왕산, 오대산 월정사와 상원사 주변, 평창군 한국자생식물원, 인제군 점봉산 너른골, 단양군 소백산 죽령-비로봉의 북사면 지역 등을 조사 대상지로 하였다.

2. 조사 방법

2010년 4월부터 2011년 10월 12일까지 개화한 국화와 식물의 꽃을 방문하는 곤충이 꿀과 꽃가루를 채취하는 것을 맑은날 오전 10시 경부터 17시 까지 관찰·기록하고 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 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.

국화과 식물의 두상화가 달리는 모양에 따라, 단정화서 7종, 수상화서 2종, 원추화서 1종, 산방상화서 10종, 산형상화서 3종 총상화서 1종으로, 화관 모양은 통상화만 달리는 9종, 설상화만 달리는 4종, 통상화와 설상화가 달리는 11종으로, 화색은 흰색 5종, 노란색 11종, 자주색 8종으로, 화관통의 길이는 5mm 미만 7종, 5mm 이상 8mm 이하, 12종, 9 mm 이상 5종으로 각각 구분하였다.

일부 곤충은 채집하여 표본을 만들고 상지대 곤충학 연구실에 보관하고 있으며, 촬영된 사진도 환경생태연구실에 보관하고 있다. 일부 분류군은 산림곤충다양성연구소장 박상

욱 박사와 식물검역기술개발센터의 이흥식 박사 및 한국나비도감의 저자 김성수 박사님의 도움으로 동정하였다.

3. 통계분석

국화과 식물의 화기특성 자료와 주요 분류군별 화분 매개충의 방화빈도 등급 간의 관련성을 SPSS(ver 12.0) 통계프로그램을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 국화과 식물의 화기 특성

이 연구에서 조사된 국화과 24종 식물의 화서, 화관형태, 통상화관의 길이, 화색과 관찰시기는 Table 1과 같다.

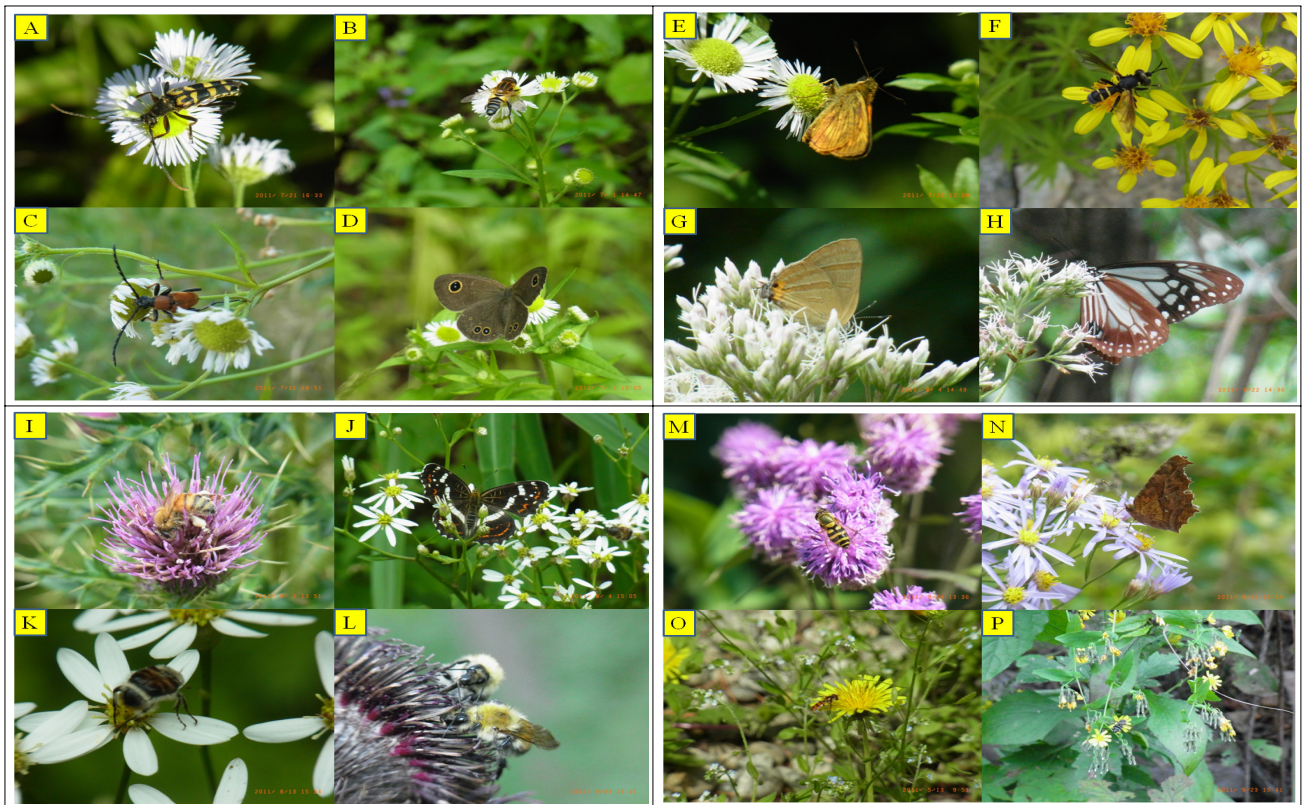


Figure 1. Main pollinators and herb species

(A: *Leptura arcuata* and *Erigeron annuus*, B: *Helophilus virgatus* and *E. annuus*, C: *Corymbia rubra* and *E. annuus*, D: *Ypthima argus* and *E. annuus*, E: *Ochlodes venata* and *E. annuus*, F: *Monoceromyia pleuralis* and *Sinosenecio koreanus*, G: *Rapala caerulea* and *Eupatorium japonicum*, H: *Parantica sita* and *Eupatorium japonicum*, I: *Apis mellifera* and *Cirsium rhinoceros*, J: *Araschnia burejana* and *Aster scaber*, K: *Trichius succinctus* and *Aster scaber*, L: *Bombus ussuriensis* and *Synurus deltoides*, M: *Metasyrphus frequens* and *Saussurea pulchella*, N: *Polygonia c-aureum* and *Aster tataricus*, O: *Allograpta balteata* and *Taraxacum officinale*, P: *Didea alneti* and *Crepidiastrum denticulatum*)

Table 1. Floral characteristics of the Compositae flowers observed in this study

Sub-family	Tribe, Genus	Flower species (Korean name)	Inflorescence	Corolla shape*	Length of tublar (mm)	Color of corolla	Observed date 2010-2011
Tubifl-orae	Cynareae	<i>Carduus crispus</i> (지느러미영경귀)	solitary	Tf	6-8	purple	Jun.- Jul. '11,
		<i>Cirsium rhinoceros</i> (바늘영경귀)	solitary	Tf	7-8	purple	Aug. '11
		<i>Cirsium setidens</i> (고려영경귀)	solitary	Tf	7-10	purple	Sep. '10,'11
		<i>Synurus deltoides</i> (수리취)	solitary	Tf	9-10	purple	Sep. ~Oct. '11
		<i>Saussurea pulchella</i> (각시취)	corymb	Tf	8-10	purple	Sep. ~Oct. '11
	Mutisieae	<i>Ainsliaea acerifolia</i> (단풍취)	spike	Tf	7.5	white	Aug. '10,'11
	Inuleae	<i>Inula britannica</i> var. <i>japonica</i> (금불초)	solitary	Tf	6-8	yellow	Jun.- Jul. '10
	Eupat-oreae	<i>Eupatorium japonicum</i> (등골나물)	corymb	Tf	5-6	white	Aug.~Sep. '10,'11
	Aster-aceae	<i>Aster scaber</i> (참취)	corymb	Rf +Tf	4-5	white	Sep.~Oct. '10,'11
		<i>Aster ageratoides</i> (까실쑥부쟁이)	corymb	Rf +Tf	4-5	purple	Aug.~Sep. '10,'11
		<i>Aster tataricus</i> (개미취)	corymb	Rf +Tf	4-5	sky-blue	Aug.~Sep. '10,'11
		<i>Aster koraiensis</i> (벌개미취)	corymb	Rf +Tf	6	purple	Jul.~Aug. '11
		<i>Erigeron annuus</i> (개망초)	corymb	Rf +Tf	6-7	white	Jun.~Aug. '10,'11
		<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>asiatica</i> (미역취)	corymbial spike	Rf +Tf	5-5.5	yellow	Aug.~Sep. '11
	Senec-ioneae	<i>Tephrosieris kirilowii</i> (솜방망이)	corymbial umbel	Rf +Tf	8.0	yellow	May '10,'11
		<i>Sinosenecio koreanus</i> (국화방망이)	corymb	Rf +Tf	6-8	yellow	Aug. '11
		<i>Ligularia fischeri</i> (곰취)	raceme	Rf +Tf	8.0	yellow	Aug.~Sep. '10,'11
		<i>Syneilesis palmata</i> (우산나물)	panicle	Tf	9-10	white	Jul. '11
	Heli-antheae	<i>Helianthus annuus</i> (해바라기)	solitary	Rf +Tf	12-15	yellow	Jul.~Aug.'11
	Anthem-ideae	<i>Dendranthema boreale</i> (산국)	umbel like	Rf +Tf	5-7	yellow	Sep.~Oct. '11
Ligulifl-orae	Tarax-acum	<i>Taraxacum officinale</i> (서양민들레)	solitary	Rf	1-2	yellow	May~Jun. '10,'11
	Ixeris	<i>Ixeridium dentatum</i> (썸바귀)	corymb	Rf	1.5-2.0	yellow	May~Jun. '11
	Youngia	<i>Crepidiastrum sonchifolium</i> (고들빼기)	corymb	Rf	1.5-2.0	yellow	Jun. '10,'11
		<i>Crepidiastrum denticulatum</i> (이고들빼기)	umbel like	Rf	2.5	yellow	Sep.~Oct. '11

국화과 식물은 작은 꽃들이 화병 없이 화탁에 모여 달리는 두상화서이며, 통상화를 주로 피우며 유관이 없는 엉거시아과와 설상화 위주의 꽃과 유관이 발달하는 민들레아과로 나뉜다. 화서는 줄기나 가지 끝에 하나의 두상화가 달리는 단정화서형이 서양민들레를 포함한 7종, 각시취를 포함한 산방화서형이 10종, 산국을 포함한 산형화서형이 2종, 미역취를 포함한 2종이 수상화서형 등으로 나타났다. 화색은 흰것으로 개망초를 포함한 5종, 노란색이 금불초를 포함한 11종, 자주색이 고려영경귀를 비롯한 8종으로 나타났다. 하늘색인 개미취는 자주색에 포함시켰다. 화관통의 길이는 민들레를 포함한 4종의 설상화만 피우는 식물종에서 상대적으로 짧았고, 통상화나 통상화와 설상화를 피우는 식물종

에서 상대적으로 길었으며, 1~2mm에서 12~15mm의 범위로 식물종에 따라 상이하였다.

2. 국화과 꽃 종류 및 곤충 분류군별 방화곤충의 종류와 방화 빈도

Table 2는 식물종별 방화곤충의 총 목록이다. 24종의 국화과 식물 중에서 개망초는 방화곤충이 31종으로 가장 많았고, 다음으로 등골나물이 15종, 까실쑥부쟁이가 13종 순으로 낮아졌다. 솜방망이, 썸바귀, 금불초, 지느러미영경귀, 곰취, 단풍취, 수리취, 고려영경귀, 이고들빼기 및 산국은 모두 방화곤충이 2종으로 매우 적었다. 이러한 결과와

Table 2. List of insect pollinators observed on Compositae flowers

Flower species (Korean name)	Insect pollinators (Korean name)			No. of pollinator species
	Hymenoptera(벌목) /	Lepidoptera(나비목) /	Coleoptera(딱정벌레목) / Diptera(파리목)	
<i>Tephrosieris kirilowii</i> (솜방망이)	/	/	<i>Gametis jucunda</i> (폴색꽃무지), <i>Nonarthra cyanea</i> (점날개잎벌레) /	2
<i>Taraxacum platycarpum</i> (서양민들레)	<i>Apis mellifera</i> (양봉꿀벌), <i>Nomada</i> sp.(알락꽃벌 일종) /	<i>Tetralonia nipponensis</i> (일본애수염줄벌), <i>Lasius alienus</i> (누운털개미) /	<i>Artogeia melete</i> (큰줄흰나비) / <i>Oedemera lurida</i> (민가슴하늘소붙이) / <i>Allograpta balteata</i> (호리꽃등에)	8
<i>Ixeridium dentatum</i> (씀바귀)	<i>Andrena</i> sp.(애꽃벌 일종) /	/	/ <i>Allograpta balteata</i> (호리꽃등에)	2
<i>Crepidiastrum sonchifolium</i> (고들빼기)	<i>Andrena</i> sp.(애꽃벌 일종) /	/	/ <i>Allograpta balteata</i> (호리꽃등에), Syrphidae sp.(꽃등에 일종)	3
<i>Inula britannica</i> var. <i>japonica</i> (금불초)	<i>Apis mellifera</i> (양봉꿀벌) /	<i>Brenthis ino</i> (작은표범나비) /	/	2
<i>Carduus crispus</i> (지느러미영경귀)	Tenthredinidae sp.(잎벌 일종) /	<i>Artogeia napi</i> (줄흰나비) /	/	2
<i>Erigeron annuus</i> (개망초)	<i>Lasioglossum apristum</i> (고동배꼬마꽃벌), <i>Andrena</i> sp.(애꽃벌 일종) /	<i>Artogeia apae</i> (배추흰나비), <i>Artogeia candida</i> (대만흰나비), <i>Gonepteryx rhamni</i> (멧노랑나비), <i>Neptis sappho</i> (애기세줄나비), <i>Ypthima motschulskyi</i> (물결나비), <i>Ypthima argus</i> (애물결나비), <i>Ypthima amphithea</i> (석물결나비), <i>Argynnis paphia</i> (은줄표범나비), <i>Fabriciana pallescens</i> (은점표범나비), <i>Brenthis ino</i> (작은표범나비), <i>Mimathyma schrenckii</i> (은판나비), <i>Limenitis camilla</i> (줄나비), <i>Hesperia florinda</i> (꽃팔랑나비), <i>Ochlodes venatus</i> (수풀떠들썩팔랑나비), <i>Bibasis aquilina</i> (독수리팔랑나비), <i>Lobocla bifasciata</i> (왕팔랑나비), <i>Lycaena Phlaeas</i> (작은주홍부전나비), <i>Balataea octomaculata</i> (여덟무늬알락나방) /	<i>Leptura arcuata</i> (긴알락꽃하늘소), <i>Corymbia rubra</i> (붉은산꽃하늘소), <i>Trichius succinctus</i> (호랑꽃무지), <i>Gametis jucunda</i> (폴색꽃무지), <i>Helophilus virgatus</i> (수중다리꽃등에), <i>Eristalis tenax</i> (꽃등에), <i>Eristalis cerealis</i> (배짚은꽃등에), <i>Allograpta balteata</i> (호리꽃등에), Syrphidae sp.(꽃등에 일종), Muscidae sp.(집파리 일종), Mordellidae sp.(꽃벼룩 일종)	31
<i>Aster scaber</i> (참취)	<i>Andrena</i> sp.(애꽃벌 일종) /	<i>Araschnia burejana</i> (거꾸로여덟팔나비), <i>Melanargia epimede</i> (조흰뱀눈나비) /	<i>Trichius succinctus</i> (호랑꽃무지) / Syrphidae sp.(꽃등에 일종), Muscidae sp.(집파리 일종), <i>Tachina luteola</i> (노랑털기생파리)	7
<i>Syneilesis palmata</i> (우산나물)	/	<i>Ochlodes venatus</i> (수풀떠들썩팔랑나비), <i>Artogeia napi</i> (줄흰나비), <i>Argyronome ruslana</i> (큰흰줄표범나비) /	/	3
<i>Ligularia fischeri</i> (곰취)	/	<i>Brenthis ino</i> (작은표범나비) /	/ <i>Eristalis tenax</i> (꽃등에)	2
<i>Aster koraiensis</i> (별개미취)	<i>Lasius niger</i> (고동털개미) /	/	/ <i>Eristalis tenax</i> (꽃등에), <i>Syrpita pipiens</i> (알통다리꽃등에)	3
<i>Helianthus annuus</i> (해바라기)	<i>Andrena</i> sp.(애꽃벌 일종), <i>Lasioglossum apristum</i> (고동배꼬마꽃벌) /	/	/ <i>Eristalis tenax</i> (꽃등에), <i>Eristalis cerealis</i> (배짚은꽃등에)	4
<i>Cirsium rhinoceros</i> (바늘영경귀)	<i>Apis mellifera</i> (양봉꿀벌) /	<i>Clossiana selene</i> (작은은점선표범나비), <i>Araschnia burejana</i> (거꾸로여덟팔나비), /	/ <i>Eristalis tenax</i> (꽃등에)	4
<i>Eupatorium japonicum</i> (등골나물)	<i>Apis mellifera</i> (양봉꿀벌), <i>Lasioglossum mutillum</i> (어리흰줄애꽃벌), <i>Andrena</i> sp.(애꽃벌 일종), <i>Bombus ussuriensis</i> (우수리뒤영벌) /	<i>Araschnia burejana</i> (거꾸로여덟팔나비), <i>Leptidea amurensis</i> (기생나비), <i>Rapala caerulea</i> (범부전나비), <i>Parantica sita</i> (왕나비), <i>Argynnis paphia</i> (은줄표범나비), <i>Argyronome ruslana</i> (큰흰줄표범나비), <i>Obeidia tigrata</i> (노랑날개무늬가지나방) /	/ <i>Monoceromyia pleuralis</i> (벌붙이꽃등에), <i>Eristalis cerealis</i> (배짚은꽃등에), <i>Helophilus virgatus</i> (수중다리꽃등에), <i>Helicophagella melanura</i> (검정불기쉬파리)	15
<i>Sinosenecio koreanus</i> (국화방망이)	/	/	/ <i>Eristalis tenax</i> (꽃등에), <i>Monoceromyia pleuralis</i> (벌붙이꽃등에), <i>Eristalis cerealis</i> (배짚은꽃등에)	3
<i>Ainsliaea acerifolia</i> (단풍취)	/	/	/ <i>Volucella jeddona</i> (대모꽃등에), <i>Volucella</i> sp.(대모꽃등에 일종)	2
<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>asiatica</i> (미역취)	<i>Apis mellifera</i> (양봉꿀벌) /	<i>Polygonia c-aureum</i> (네발나비) /	/ <i>Eristalis cerealis</i> (배짚은꽃등에)	3

(Table 2. Continued)

Flower species (Korean name)	Insect pollinators (Korean name)				No. of pollinator species
	Hymenoptera(벌목)	Lepidoptera(나비목)	Coleoptera(딱정벌레목)	Diptera(파리목)	
<i>Aster tataricus</i> (개미취)	<i>Apis mellifera</i> (양봉꿀벌) / <i>Polygonia c-aureum</i> (네발나비), <i>Argyronome laodice</i> (흰줄표범나비) / / <i>Eristalis tenax</i> (꽃등에), <i>Helophilus virgatus</i> (수중다리꽃등에), <i>Monoceromyia pleuralis</i> (벌불이꽃등에), <i>Eristalis cerealis</i> (배짧은꽃등에), <i>Allograpta balteata</i> (호리꽃등에), Muscidae sp.(집파리 일종)				9
<i>Aster tataricus</i> (까실쭉부쟁이)	<i>Apis mellifera</i> (양봉꿀벌), <i>Andrena</i> sp.(애꽃벌 일종)/ <i>Cyntia cardui</i> (작은멋쟁이나비) / / <i>Eristalis cerealis</i> (배짧은꽃등에), <i>Metasyrphus frequens</i> (물결넓적꽃등에), <i>Allograpta balteata</i> (호리꽃등에), <i>Eristalis tenax</i> (꽃등에), Bombyliidae sp.(재니등에 일종), <i>Paragus coreanus</i> (고려꽃등에), <i>Monoceromyia pleuralis</i> (벌불이꽃등에), <i>Volucella jeddona</i> (대모꽃등에), Muscidae sp.(집파리 일종), <i>Tachina luteola</i> (노랑털기생파리),				13
<i>Saussurea pulchella</i> (각시취)	<i>Bombus ussuriensis</i> (우수리뒤영벌), / <i>Artogeia apae</i> (배추흰나비), <i>Cyntia cardui</i> (작은멋쟁이나비) / / <i>Metasyrphus frequens</i> (물결넓적꽃등에), <i>Eristalis cerealis</i> (배짧은꽃등에), <i>Eristalis tenax</i> (꽃등에), Muscidae sp.(집파리 일종)				7
<i>Cirsium setidens</i> (고려영경귀)	<i>Bombus consobrinus wittenburgi</i> (황토색뒤영벌) / <i>Gonepteryx aspasia</i> (각시맷노랑나비) / /				2
<i>Synurus deltooides</i> (수리취)	<i>Bombus ussuriensis</i> (우수리뒤영벌), / / / <i>Didea alneti</i> (명꽃등에)				2
<i>Crepidiastrum enticulatum</i> (이고들빼기)	<i>Bombus ussuriensis</i> (우수리뒤영벌) / / / <i>Didea alneti</i> (명꽃등에)				2
<i>Dendranthema boreale</i> (산국)	<i>Andrena</i> sp.(애꽃벌 일종)/ / / <i>Eristalis tenax</i> (꽃등에)				2

Table 3. Degree of visiting frequency of insect pollinators to the flowers of Compositae

Flower species (Korean name)	Degree of visiting frequency*																		Σ	
	Hymenoptera			Lepidoptera								Coleoptera				Diptera				
	A	B	Σ	C	D	E	F	G	H	I	Σ	J	K	L	Σ	M	N	O		Σ
<i>Carduus crispus</i> (지느러미영경귀)	1		1	1							1				0				0	2
<i>Cirsium rhinoceros</i> (바늘영경귀)	1		1	1	1						1				0		1		1	3
<i>Cirsium setidens</i> (고려영경귀)	1		1	1	1						2				0				0	3
<i>Synurus deltooides</i> (수리취)	2		2								0				0				0	2
<i>Saussurea pulchella</i> (각시취)	3		3	1							1				0		2	1	3	7
<i>Amsliala acerifolia</i> (단풍취)	1		1								0				0		2		2	3
<i>Inula britannica</i> var. <i>japonica</i> (금불초)	2		2		1						1				0				0	3
<i>Eupatorium japonicum</i> (등골나물)	2		2	1	2			1	1	3	1				0		2		2	13
<i>Aster scaber</i> (잡취)	2		2		2						2	1			1	1	1	1	4	9
<i>Aster ageratoides</i> (까실쭉부쟁이)	1		1		1						1				0	1	3	1	5	7
<i>Aster tataricus</i> (개미취)	1		1		1						1				0		3	1	4	6
<i>Aster koraiensis</i> (별개미취)	1	1	2								0				0	1			1	3
<i>Erigeron annuus</i> (개망초)	3		3	2	3	2	3	1			11		1	1	2		2	1	3	19
<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>asiatica</i> (미역취)	1		1		1						1				0		1		1	3
<i>Tephrosia kirilowii</i> (숨방망이)			0								0	2			2				0	2
<i>Sinosenecio koreanus</i> (국화방망이)			0								0				0		2		2	2
<i>Ligularia fischeri</i> (곰취)	1		1	1	1						2				0		2		2	5
<i>Syneilesis palmata</i> (우산나물)			0	1	2						3				0				0	3
<i>Helianthus annuus</i> (해바라기)	2		2								0				0		2		2	4
<i>Dendranthema boreale</i> (산국)	2		2								0				0				0	2
<i>Taraxacum officinale</i> (서양민들레)	2	1	3	2							2		1		1			1	1	7
<i>Ixeridium dentatum</i> (씀바귀)	2		2								0				0		2		2	4
<i>Crepidiastrum sonchifolium</i> (고들빼기)	2		2								0				0		2		2	4
<i>Crepidiastrum denticulatum</i> (이고들빼기)	1		1								0				0		1		1	2
Σ	34	2	36	10	16	2	4	2	3	1	38	3	2	1	6	2	29	7	38	118

Steffan-Dewenter and Tschamntke(1999)의 멸종위기종에서 식물과 화분매개곤충의 상호작용이 중요하며, Huang and Guo(2002)는 중국백합의 격리된 소집단에서 수분제한, Hirayama *et al.*(2005)은 자용이숙하는 별목련에서 반날개과의 곤충에 의한 수분불충분이 충실종자 생산에 문제임을 지적한 보고들로 보아 북미원산의 개망초가 우리나라에서 넓게 퍼져나가고 있는 것은 많은 방화곤충을 불러들여 수분 성공율이 높음도 하나의 이유라 생각된다. 24종의 국화과 식물을 찾는 방화곤충에는 재래꿀벌이 관찰되지 않았으며, 이러한 결과는 Choi *et al.*(2010)과 Kim *et al.*(2008)이 보고한 꿀벌바이러스(sacbrood virus, SBV)에 의한 낭충봉아부패병의 피해 때문이라 추정된다. 일본 남부까지 이동한다는

왕나비는 등골나물의 꽃에서만 꿀을 빼는 것이 관찰된 것은 특이한 결과였다.

식물종에 따른 화분매개충의 방화빈도 등급 합은 개망초가 19로 가장 높았고, 다음으로 등골나물이 13으로 높았으며, 지느러미영경귀, 수리취, 솜방망이, 국화방망이, 산국 및 이고들빼기는 방화빈도 등급 합이 2로 가장 낮았다(Table 3). 곤충 분류군별 방화빈도를 보면 네발나비과 및 흰나비과 등의 나비목 곤충이 38, 꽃등에과를 비롯한 파리목 곤충이 38, 벌목 곤충이 36의 높은 방화빈도를 보였다(Table 3). 꽃무지과를 비롯한 딱정벌레목의 방화빈도는 6으로 가장 낮았다. 이러한 결과는 국화과 식물에서도 Mader *et al.*(2011)이 보고한 벌류, 나비류, 파리류 및 딱정벌레류가

Table 4. Species list of insect pollinator in relation to the insect taxa

Order	Family (No. of species)	Pollinator species
Hymenoptera	Apidae(10)	양봉꿀벌 <i>Apis mellifera</i> , 참뒤영벌 <i>Bombus opulentus</i> , 어리흰줄애꽃벌 <i>Lasiglossum mutillum</i> , 우수리뒤영벌 <i>Bombus ussurensis</i> , 삼포로뒤영벌 <i>Bombus hypocrita sapporoensis</i> , 황토색뒤영벌 <i>Bombus consobrinus wittenburgi</i> , 고동배꼬마꽃벌 <i>Sphecodes pallidulus</i> , 일본애수염줄벌 <i>Tetralonia nipponensis</i> , 애꽃벌 일종 <i>Andrena</i> sp., 알락꽃벌 일종 <i>Nomada</i> sp.
	Formocidae(2)	누운털개미 <i>Lasius alienus</i> , 고동털털개미 <i>Lasius japonicus</i> ,
	Pieridae(5)	큰줄흰나비 <i>Artogeia melete</i> , 멧노랑나비 <i>Gonepteryx rhamni</i> , <i>Artogeia apae</i> , 대만흰나비 <i>Artogeia canidia</i> , 줄흰나비 <i>Artogeia napi</i> , 기생나비 <i>Leptidea amurensis</i>
Lepidoptera	Nymphalidae(12)	작은표범나비 <i>Brenthis ino</i> , 애기세줄나비 <i>Neptis sappho</i> , 은점표범나비 <i>Fabriciana pallescens</i> , 줄나비 <i>Limnitis camilla</i> , 거꾸로여덟팔나비 <i>Araschnia burejana</i> , 큰흰줄표범나비 <i>Argyronome ruslana</i> , 작은은점선표범나비 <i>Clossiana selene</i> , 은줄표범나비 <i>Argynnis paphia</i> , 흰줄표범나비 <i>Argyronome laodice</i> , 네발나비 <i>Polygonia c-aureum</i> , 작은멋쟁이나비 <i>Vanessa cardui</i> , 은판나비 <i>Mimathyma schrenckii</i>
	Satyridae(4)	물결나비 <i>Ypthima motschulskyi</i> , 애물결나비 <i>Ypthima argus</i> , 석물결나비 <i>Ypthima amphithea</i>
	Hesperidae(3)	꽃팔랑나비 <i>Hesperia florinda</i> , 수풀머들썩팔랑나비 <i>Ochlodes venatus</i> , 왕팔랑나비 <i>Lobocla bifasciata</i>
	Lycaenidae(2)	범부전나비 <i>Rapala caerulea</i> , 작은주홍부전나비 <i>Lycaena Phlaeas</i>
	Danaidae(1)	왕나비 <i>Parantica sita</i>
	Moth(2)	여덟무늬알락나방 <i>Balataea octomaculata</i> , 노랑날개무늬가지나방 <i>Obeidia tigrata</i>
	Cetoniidae(2)	풀색꽃무지 <i>Gametis jucunda</i> , 호랑꽃무지 <i>Trichius succinctus</i>
Coleoptera	Cerambycidae(3)	민가슴하늘소붙이 <i>Oedemera lurida</i> , 긴알락꽃하늘소 <i>Leptura arcuata</i> , 붉은산꽃하늘소 <i>Corymbia rubra</i>
	Chrysomelidae(1)	점날개잎벌레 <i>Nonarthra cyaneum</i>
	Mordellidae(1)	꽃벼룩 일종Mordellidae sp.
	Tachinidae(1)	노랑털기생파리 <i>Tachina luteola</i>
Diptera	Syrphidae(1)	호리꽃등에 <i>Allograpta balteata</i> , 수중다리꽃등에 <i>Helophilus virgatus</i> , 꽃등에 <i>Eristalis tenax</i> , 배짱은꽃등에 <i>Eristalis cerealis</i> , 벌불이꽃등에 <i>Monoceromyia pleuralis</i> , 육점박이꽃등에 <i>Metasyrphus komabensis</i> , 물결넓적꽃등에 <i>Metasyrphus nitens</i> , 알통다리꽃등에 <i>Syritta pipiens</i> , 고려꽃등에 <i>Paragus coreanus</i> , 멍꽃등에 <i>Didea alneti</i> , 대모꽃등에 일종 <i>Volucella</i> sp., 꽃등에 일종Syrphidae sp.
	Muscidae(1)	집파리 일종Muscidae sp.
	Others(2)	검정불기쉬파리 <i>Helicophagella melanur</i> , 재니등에 일종Bombyliidae sp.

주요 화분매개충임을 확인하였다. 벌목 곤충류는 액체상태의 먹이를 섭취하는 씹어빨는 형(chewing-lapping type)의 구기로 가슴과 부속지 부위에 있는 많은 털로, 나비목 곤충은 긴 주둥이를 이용해서 액체상태의 먹이를 빠는 흡관형(siphoning-type) 구기로 부속지에 있는 털로, 파리목 곤충류는 아랫입술이 퇴화하여 활기에 적당한 흡취형(sponging-type) 구기로 가슴과 부속지의 털로, 딱정벌레목 곤충은 잘 발달된 큰 턱으로 먹이를 자르고 작은 턱과 아랫입술로 먹이를 식도로 밀어 넣는 씹는형(chewing-type) 구기를 가지며 가슴 배면과 부속지의 털로 화분매개 한다는 Park(2001) 보고로 보아 국화와 식물의 화기구조와 관련하여 나타난 방화빈도라 추정된다.

화분매개충의 과별로는 꿀벌과의 방화빈도 등급의 합이 34로 가장 높았고, 다음으로 꽃등에과가 29, 네발나비과가 16, 배추흰나비과가 10 등의 순으로 낮아졌다. 이는 국화와 식물의 수분에 꿀벌과, 꽃등에과, 네발나비과 및 배추흰나비과의 곤충류가 매우 중요한 역할을 한다는 의미를 갖는다.

Table 4에 화분매개충의 종목록을 보였다. 주요 화분매개충은 벌목 12종(꿀벌과 10종, 개미과 2종), 나비목 29종(배추흰나비과 5종, 네발나비과 12종, 뱀눈나비과 3종, 팔랑나비과 3종, 부전나비과 2종, 왕나비과 1종 및 나방류 2종), 파리목 16종(기생파리과 1종, 꽃등에과 12종 및 집파리과 1종), 딱정벌레목 7종(꽃무지과 2종, 하늘소과 2종, 잎벌레과 1종 및 꽃벼룩과 1종) 등 64종으로 나타났다.

Table 5에 화서 형태별 주요 화분매개충 분류군별 방화빈도의 평균과 통계분석 결과를 보였다. 파리목의 곤충류에서만 통계적 유의성이 인정되었으며, 산방화서형과 총상화서에서 파리목 곤충들의 높은 방화빈도를 보였다. 이러한 결과는 파리목 곤충류는 전체 화서가 큰 식물종을 자주 방문한다는 의미라 추정된다.

Table 6에 화관형태(통상화, 설상화)별 주요 화분매개충 분류군별 방화빈도의 평균과 통계분석 결과를 보였다. 모든 곤충분류군에서 화관형태간의 통계적 유의차가 인정되지 않았으나, 상대적으로 벌목은 통상화를, 파리목은 설상화와 통상화가 함께 있는 꽃을 보다 자주 방문함을 의미한다.

Table 5. Flower visiting frequencies of main pollinators by inflorescence type for each insect order

Inflorescence(n)	Hymenoptera	Lepidoptera	Coleoptera	Diptera	Σ
Solitary (7)	1.71	1.00	0.14	0.57	3.43
Spike (2)	1.00	0.50	0.50	1.00	3.00
Panicle (1)	0.00	3.00	0.00	0.00	3.00
Corymb-type (10)	1.80	2.30	0.20	2.80	7.20
Umbel-type (3)	1.00	0.00	0.67	0.33	2.00
Raceme (1)	1.00	3.00	0.00	2.00	6.00
F-values	1.37NS	0.64NS	0.56NS	5.40**	1.75NS

NS Not significant, **p<0.01; d.f. between group 5, total 23

Table 6. Flower visiting frequencies of main pollinators by corola type for each insect order

Corola type (n)	Hymenoptera	Lepidoptera	Coleoptera	Diptera	Σ
Tubiflorous (9)	1.44	1.89	0.00	0.56	3.89
Ray flower (4)	2.00	0.75	0.25	1.50	4.50
Tf + Rf (11)	1.09	1.36	0.45	2.27	5.45
F-values	1.37NS	0.29NS	1.96NS	2.77NS	0.38NS

NS Not significant, ; d.f. between group 3, total 23

Table 7. Flower visiting frequencies of main pollinators by tublar length for each insect order

Tublar length (n)	Hymenoptera	Lepidoptera	Coleoptera	Diptera	Σ
< 5mm (7)	1.71	0.86	0.29	3.00	5.57
5 ≤ ≤8mm (12)	1.33	2.08	0.33	1.40	4.92
9 mm ≤ (5)	1.60	1.20	0.00	0.67	3.80
F-values	0.43NS	0.58NS	0.70NS	3.93*	0.38NS

NS Not significant, **p<0.01, *p<0.05; d.f. between group 3, total 23

Table 8. Flower visiting frequencies of main pollinators by corola color for each insect order

Corola color (n)	Hymenoptera	Lepidoptera	Coleoptera	Diptera	Σ
White (5)	1.40	4.60	0.40	2.20	9.00
Yellow (11)	1.36	0.64	0.36	1.09	3.55
Purple (8)	1.38	0.63	0.00	1.63	3.63
F-values	0.00NS	8.43**	1.38NS	0.50NS	5.16*

NS Not significant, ; d.f. between group 3, total 23

Table 7에 화관통의 길이별 주요 화분매개충 분류군별 방화빈도의 평균과 통계분석 결과를 보였다. 화관의 길이를 등급화하여 화분매개충의 목별 통계분석 결과는 파리목에서만 통계적 유의성이 인정되었으며, 화관통 길이가 짧을수록 파리목 곤충들의 방화빈도가 높게 나타났다. 이러한 결과는 파리목 곤충들의 짧은 구기구조로 화관통 길이와 방화빈도가 반비례하는 것이라 추정된다. 나비목에서도 화관통의 길이가 5~8mm의 꽃에 가장 많은 나비목 곤충이 방문하여 구기구조가 긴 박각시와 글라디올러스의 화관통 길이와의 관련성을 보고한 Alexandersson and Johnson(2002)의 보고와는 다른 경향이였다.

Table 8에 화색별 주요 화분매개충 분류군별 방화빈도의 평균과 통계분석 결과를 보였다. 화관색갈별 화분매개충의 목별 통계분석 결과는 나비목과 전체합에서만 통계적 유의성이 인정되었으며, 나비목 곤충들은 황색이나 자주색에 비하여 백색의 꽃에 상대적으로 높은 방화빈도를 보였다. 이러한 결과는 나비목 곤충들의 시각구조와 관련된 것이라 사료되며, 벌과 벌새에 대한 선호도를 색소차이로 설명한 Schemske and Bradshaw, Jr.(1999)와 유사한 결과라 사료된다.

이 연구로 국화과 식물의 화기구조와 화분매개곤충 간의 상리공생을 어느 정도 파악하였다. 곤충의 화분매개는 이형유전자 증가와 식물의 적응성 향상의 주요한 수단이다. 식물의 생존과 농림업의 생산성은 물론 멸종위기종의 보전에에도 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 박상욱 박사, 식물검역기술개발센터의 이흥식 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.
- 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: 1,009-1,015.
- 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.
- 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.
- Mader, E., M. Shepherd, M. Vaughan, S.H. Black and G. LeBuhn(2011) *Attracting Native Pollinators*. Storey Publishing, 371pp.
- 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 monkey-flowers(*Mimulus*). PNAS 96(21): 11,910-11,915.
- Schowalter, T.D.(2006) Insect Ecology; An Ecosystem Approach. 2nd ed. Academic Press, 572pp.
- Steffan-Dewenter, I. and T. Tschamtkke(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. Oecologia 121: 432-440.
- Yumoto, T.(1988) Pollination systems in the cool temperate mixed coniferous and broad-leaved forest zone of Yakushima island. Ecological Research 3: 117-129.