

# 단풍나무류 8 종의 초식에 대한 방어전략 탐색<sup>1</sup>

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

## A Study of the Defense Mechanism against Herbivores of 8 Species of the Genus *Acer*<sup>1</sup>

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

### 요 약

목본식물의 초식에 대한 방어 전략을 알아보기 위하여 8종의 단풍나무속 수종의 잎에 대하여 형태적 특성, domatia 구조와 수, 초식곤충과 응애 서식 여부 등을 관찰 조사하였다. 조사대상 수목들은 강원도 치악산, 청태산, 방태산, 태백산과 원주시에 생육 중인 8수종에서 엽시료를 채취하여 2009년 4월부터 7월까지 관찰, 조사하였다. 얻어진 결과는 다음과 같다. 당단풍, 고로쇠 및 복장나무의 domatia는 tuft type, 단풍나무, 신나무, 복자기와 시닥나무는 pocket+tuft type, 산겨릅나무는 pocket type 임이 밝혀졌다. 엽당 domatia 평균 갯수는 산겨릅나무에서 20.2개/엽으로 가장 많았고, 신나무에서 4.2개/엽으로 가장 적었다. 엽표면의 털은 단풍나무, 당단풍, 신나무 및 복장나무는 융모(villous), 고로쇠나무와 복자기는 연모(pilose), 시닥나무는 강모(strigose)였다. 일반적으로 털의 밀도는 잎 뒷면이 앞면보다 높았다. 단풍나무, 당단풍, 산겨릅나무 및 시닥나무에서만 엽맥의 말단부에 소량의 단물이 분비됨을 확인하였다. 엽당 응애의 개체수는 수종간 고도의 통계적 유의성이 인정되었으며, 엽당 응애 개체수 평균은 시닥나무가 9.2마리로 가장 많았으며, 다음으로 복장나무, 당단풍, 복자기가 순이었다. 단풍나무류 잎을 가해하는 미소절지동물류는 진사진딧물, 단풍알락진딧물, 나무이, 흑응애, 매미충 등이었으며, 총개체수는 흑응애, 진사진딧물, 나무이, 단풍알락진딧물, 매미충 순이었다. 이들의 천적으로는 육식성 응애, 말벌, 그 약충, 광대노린재 약충, 등이 확인되었으며, 고동털개미와 곰개미는 진딧물과 상리공생을 하여 단풍나무류의 초식피해를 가중시킴을 확인하였다. 육식성 응애가 진사진딧물을 공격하여 체액을 빨아먹는 것을 확인하였으며, 이는 domatia가 중재하는 응애와 식물의 상리공생의 증거라 판단된다. 이러한 결과는 온대 활엽수종에서 이러한 응애와의 상리공생이 보편화되어 있음을 암시하는 것이라 사료된다.

주요어: domatia, 육식성응애, 진딧물, 상리공생, 화외밀선

### ABSTRACT

This research is intended to discover physiological and biochemical defense mechanisms against herbivores of 8 species of the genus *Acer* by examining the morphological characteristics of the leaf, the structure and number of leaf domatia, herbivores insects and mites feeding on leaves, which were collected from the trees growing in Mt. Chiak, Mt. Cheongtae, Mt. Jungwang, Mt. Bangtae, Mt. Taebaek and Wonju City. This research was conducted from May through July, 2009, and the results are as follows.

1. 접수 2009년 7월 20일, 수정(1차 2009년 10월 19일), 게재확정 2009년 10월 20일

Received 20 July 2009; Revised(1st : 19 October 2009); Accepted 20 October 2009

2. 상지대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Sciences, College of Life Sci. & Resour., Sangji Univ., Wonju, 220-702, Korea

3. 서울대학교 대학원 산림자원학과 Dept. of Forest Sciences, Graduate school, Seoul Natl. Univ. Seoul, 151-291, Korea

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

The domatia of *A. pseudosieboldianum*, *A. pictum* subsp. *mono* and *A. mandshuricum* belongs to tuft type; that of *A. palmatum*, *A. triflorum* and *A. tschonoskii* pocket+tuft type; and that of *A. tegmentosum* pocket type. The number of domatia per leaf turned out to be the highest in the case of *A. tegmentosum* (20.2), and the lowest in the case of *A. ginnala* (4.2). Leaf surface trichomes of *A. palmatum*, *A. pseudosieboldianum*, *A. ginnala* and *A. mandshuricum* are covered with villi; those of *A. pictum* subsp. *mono* and *A. triflorum* with soft, pilose type of hair, and those of *A. tschonoskii* with stiff, strigose hair. The trichome density of lower leaf surface is found to be higher than that of the upper leaf surface. Only in the case of *A. palmatum*, *A. pseudosieboldianum*, *A. tegmentosum* and *A. tschonoskii*, a small amount of nectar is found to be secreted from the distal vein parts of the leaf margin. The number of mites on each leaf are found to be significantly different among tree species, and average mites number per leaf was the highest in the case of *A. tschonoskii* (9.2/leaf), and *A. mandshuricum*, *A. pseudosieboldianum*, and *A. triflorum* follow it in decreasing order. Minute insects attacking the leaf of *Acer* spp. include *Periphyllus californiensis*, *P. viridis*, *Psylla* spp, and gall mites, and the number of these insects are found in *Periphyllus californiensis*, *Psylla* spp, *P. viridis*, and Cicadellidae sp. in decreasing order. The natural enemies of these herbivores insects are predatory mites, such as *Chilocorus rubidus*, *Coccinella septempunctata* and the nymph, *Aphidius ervi*, *Poecilacorix lewisi* and its larva, and *Poecilacorix lewisi*. *Lasius japonicus* and *Formica japonica* are symbiotic with aphids, and supports herbivores. Finally, our research confirmed that predatory mites attack *Periphyllus californiensis* and suck the body fluid of their victim. This proves that mites form a symbiotic relationship with plants through the mediation of leaf domatia. This also indicates that a protective mutualism may be more conspicuous in temperate broad-leaved trees.

**KEY WORDS: DOMATIA, PREDATORY MITE, APHID, MUTUALISM, EXTRAFLORAL NECTARY**

## I. 서론

식물은 지구상에 출현한 이후로 끊임없이 초식곤충이나 동물들의 공격을 받으며, 이에 대한 방어 전략을 개발하면서 진화해왔다. 지금까지 알려진 직접적 방어 전략으로는 가시나 여러 종류의 털을 줄기 잎 등에 발생시키거나 대사 산물인 화학물질을 분비하여 초식으로부터 벗어나려는 노력을 기울였고, 간접적 방어 전략으로는 초식에 대한 반응으로 휘발성물질을 발산시켜 육식성곤충을 불러들여 초식곤충을 방어하거나, 꽃 이외의 부분에 꿀을 분비하여 (extrafloral nectary, EFN; 花外蜜腺) 개미나 말벌 등을 불러들여 초식곤충이 접근하지 못하게 하는 방법을 이용하였다(Heil, 2008). 다른 하나의 방어 전략은 Lundstroem(1887)에 의해 발견, 소개되었으며, 그는 식물의 잎 뒷면에 육식 및 식균성 응애의 피난처 역할을 하는 잎의 미세구조를 확인하고 개미가 서식하는 보다 큰 공간에 대비시켜 acrodo-

matia(mite house)라 소개하였다. 최근 domatia라는 용어를 더 많이 쓰고 있으며, 이는 home 또는 dwelling을 뜻하는 라틴어 'domus'에서 만들어진 용어로 흔히 잎의 뒷면 주맥과 측맥 사이에 있는 공간에 만들어진 미세한 공간으로 보통의 경우 육식성 또는 식균성 응애류가 산란하고 탈피하기도 하는 서식처로 알려졌다. O'Dowd와 Pemberton(1998)은 한국의 광릉과 점봉산에서 수관층 응애의 분포와 풍부도를 조사하여 우점종을 포함한 목본식물의 50%는 domatia 구조를 가지고 있고, 24종의 수종에 대하여 잎의 domatia와 응애류의 서식실태를 조사하여 응애와 목본식물의 상리공생을 확인하였으며, 살아있는 응애의 70%와 응애 알의 80%는 domatia에서 관찰되었고, domatia의 유무는 육식 또는 식균성 응애류의 풍부도에 영향함을 밝혔다. 이러한 결과는 식물과 응애 간의 상리공생(mutualism)을 주장하는 보고들(Port and Scopes, 1981; Walter, 1996; Kabicek, 2003; Monks et al., 2007; Weintraub and Palevsky, 2008)과 일치하며, 온대지방에서 응애와 식물간의 상리공생이

빈번하다는 것을 나타낸다고 주장하였다. O'Dowd *et al.*(1991)은 호주의 에오세기 담팔수과와 녹나무과 식물의 화석에서 현재와 비슷한 식물과 응애의 상호작용을 확인하여 4,000만 년 전 호주 남부지방에서 식물과 응애의 상호작용이 광범위하게 이루어졌다고 보고하였다. Norton *et al.*(2000)은 포도속의 나무에서 응애 밀도는 domatia를 가진 잎이 현저히 높았으며, 클론간 비교에서 큰 domatia를 가진 잎이 작은 것보다 응애 밀도가 높았음을 밝혔다. 포도속(*Vitis riparia*) 잎의 domatia가 두 종의 유익한 응애를 건조, 과습 및 육식곤충들로부터 응애를 보호하며, 애꽃노린재류(*Orius spp.*)등의 천적곤충이 함께 서식하는 조건에서 식균성 응애와 육식성 응애의 생존율을 증가시킴을 보고하였다(Norton *et al.*, 2001). Agrawal and Karban(1997)은 목화 잎에서 초식 응애를 잡아먹는 노린재류(*Geocoris spp.*)를 확인하고 응애 피해가 일반적인 작물에서 살충제 처리를 대체할 자연적인 생물학적 방제가 가능함을 밝혔고, domatia 같은 엽형질을 개선시키는 식물육종 또는 유전공학적 개량이 천적집단과 효율성을 높일 수 있다고 주장하였다. Kim *et al.*(2006)은 시설재배 농작물을 가해하는 총채벌레의 생물학적 방제를 위하여 천적인 으뜸애꽃노린재와 오이이리응애의 총채벌레 밀도 억제효과를 보고하였다. Lee and Ryu(1989)는 한국산 이리응애는 민첩한 작은 절지동물로 응애(spider mite)나 애응애(false spider mite)에 대한 천적으로 가장 중요하며, 3종의 미기록종을 포함한 5종을 조사보고한 바 있고, Ryu *et al.*(1997)는 식물을 보호하는 식식성응애의 대표적인 포식자 한국산 이리응애의 서식식물과 발생빈도를 조사하여, 밤나무와 벚나무에서 가장 많은 종과 개체수가 서식하며, 우점종은 긴꼬리이리응애와 순이리응애임을 밝혔다.

이 연구는 국내에 분포하는 활엽수종들의 초식에 대한 방어전략을 탐색하고자 단풍나무속의 몇 수종을 대상으로 2009년 4월부터 7월까지 잎의 형태적 특성, domatia구조, 초식곤충 및 응애의 서식여부를 조사하였다.

## II. 재료 및 방법

모든 조사와 시험은 2009년 4월 초순부터 7월 하순까지 진행되었으며, 단풍나무속의 단풍나무, 당단풍나무, 고로쇠, 신나무, 산겨릅나무, 시닥나무, 복자기, 복장나무 등의 8종을 대상으로 하였다. 각 수종들은 치악산, 중앙산, 청태산, 방태산, 태백산, 원주시 일원에서 생육 중인 나무들에서 임의로 3개체씩을 선택하여 완전히 전개된 잎을 3가지에서 3개 이상 채취하여 조사대상으로 하였다.

채취된 잎은 곧바로 플라스틱 백에 넣어 아이스박스 안에 담아 실험실로 운반하여 냉장실에 보관하면서 조사하였

다. 가장 먼저 잎 뒷면의 엽맥 겨드랑이(vein axils)에 있는 domatia수를 20x hand lens를 이용하여 조사하였으며, 10-80x 해부현미경(Zeiss V8 Discovery) 하에서 잎의 앞, 뒷면 털의 유무 등 형태학적 특성과 잎에 서식하는 응애, 진딧물 등의 절지동물들을 관찰 및 촬영하였다. 곤충류는 해부현미경하에서 실체사진을 촬영후 건조표본을 제작하면서 분류 동정을 하였으며 동정시 각 분류군별 동정은 고려대학교 한국곤충연구소 출판의 한국곤충생태도감(1998)과 병해충방제도감(2005)과 관련 문헌을 참고하였다. 응애의 분류는 Krantz 등(2009)의 기준으로 하였다. 측정된 수치자료를 바탕으로 수종간 평균비교를 SPSS를 이용하여 통계 분석하였다.

## III. 결과 및 고찰

8종의 단풍나무속 수종들의 잎에서 domatia 구조와 수, 응애의 수, 털의 종류, 털의 밀도 등의 형태적 특성과 잎에서 서식하는 미소절지동물의 종류와 개체수에 대한 조사 결과를 Table 1에 보였다.

각 수종당 원주시, 치악산, 청태산, 중앙산, 방태산, 태백산에서 2009년 4월부터 7월까지 채취된 잎 30개 이상을 대상으로 조사한 결과의 평균값을 보였다. 당단풍, 고로쇠 및 복장나무에서는 엽맥 사이에 털이 밀생하여 공간을 만드는 tuft type domatia를 지녔고, 단풍나무, 신나무, 복자기와 시닥나무에서는 pocket 모양구조에 털이 나있는 pocket+tuft type domatia를 지녔고, 산겨릅나무는 pocket type domatia를 지녔음이 확인되었다(Figure 1). 이러한 domatia type은 기보고된 O'Dowd and Pemberton(1994)의 보고와 일치하나 복자기의 domatia를 tuft type으로 보고했으나 저자들은 pocket+tuft type으로 분류하였음이 서로 다르다. 이는 미세한 차이로 서로 다른 type이라고 주장할 소지가 있으며, 정확한 수종의 동정이나 시료채취 지역의 차이에 의한 변이일 수도 있다고 사료된다.

각 수종별 엽 또는 소엽 당 domatia 평균 갯수는 산겨릅나무에서 20.2개/엽으로 가장 많았고, 신나무에서 4.2개/엽으로 가장 적었다. 엽당 domatia의 수는 수종간 고도의 통계적 유의성이 인정되었으며, 산겨릅나무/ 시닥나무/ 단풍나무/ 당단풍, 복장나무, 복자기/ 신나무, 고로쇠나무, 산겨릅나무 등의 5개 그룹으로 나뉘었다. 엽당 domatia의 수에서도 O'Dowd와 Pemberton(1994)는 단풍나무 16.5/엽, 복자기 10.0/엽, 산겨릅나무 29.0개/엽으로 본 결과보다 많은 것으로 보고하였고, 당단풍 6.4개/엽, 신나무 2개/엽, 고로쇠나무 3.5개/엽, 시닥나무 11.5개/엽으로 본 결과보다 적은 것으로 보고하였다. 이는 지역별, 개체별로 변이가 크기 때문에 같은 종일지라도 서로 다른 결과를 얻었던 것이라

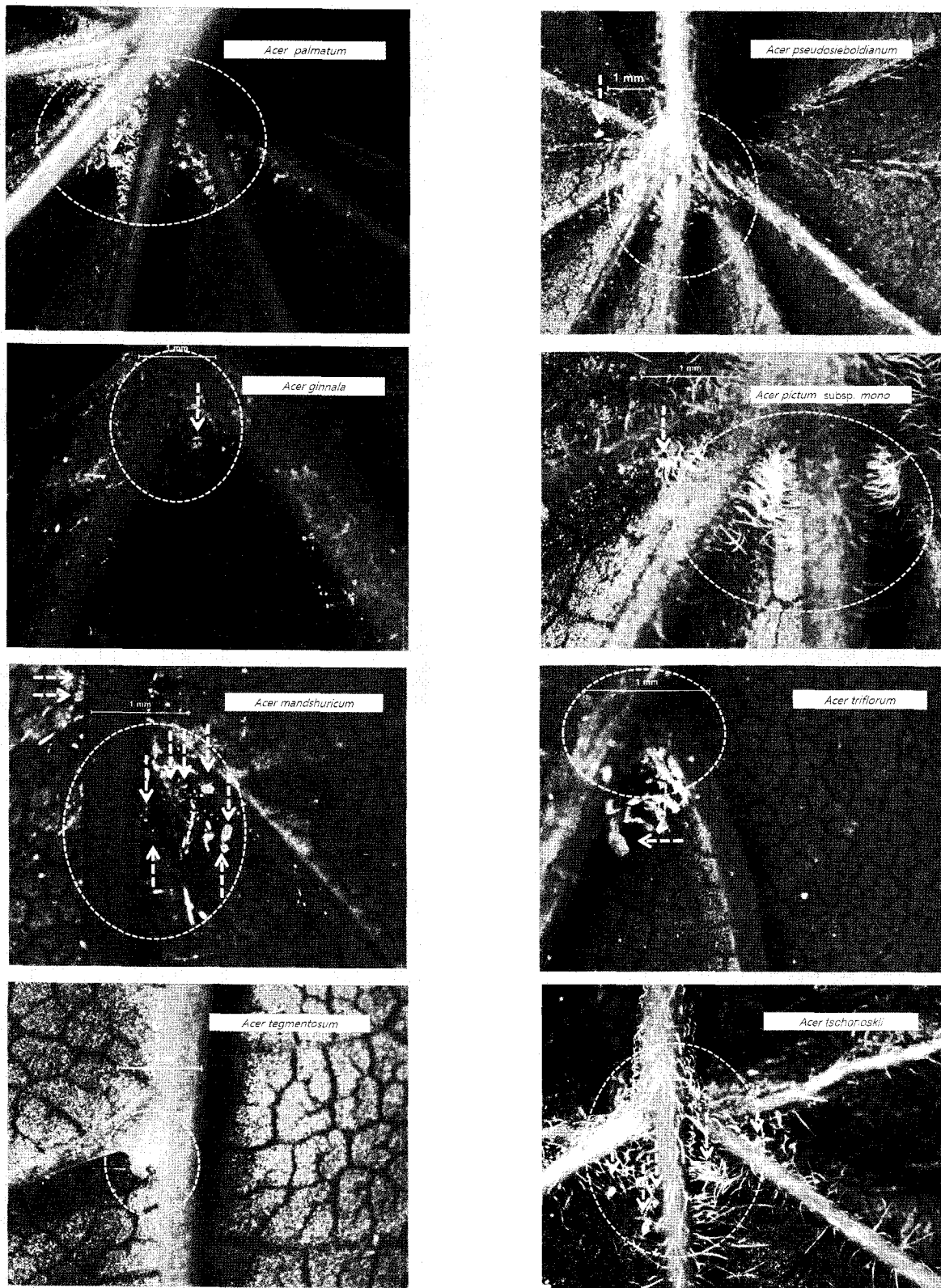


Figure 1. Domatia structures of 8 *Acer* species(○) and predatory mites(←--).

Table 1. The defense strategies against herbivory of 8 *Acer* species

Species	Type of Domatia <sup>*1</sup>	Domatia no. / leaf	Predatory mites no. / leaf	Type of trichome	No. of trichome /mm <sup>2</sup>		EFN <sup>*2</sup>	Observed Arthropods (Total No./30 leaves)	Remarks <sup>*3</sup>
					Upper	Lower			
<i>Acer palmatum</i>	P/T	12.1c	2.5 a	villous, on vein	0.5 a	0.8 a	+	<i>Periphyllus californiensis</i> : 64 <i>P. viridis</i> : 8 <i>Psylla</i> sp.:60	Wonju
<i>A. pseudosieboldianum</i>	T	9.5 b	5.8 b	villous, on vein & blade	3.1 c	6.9 c	+	<i>P. californiensis</i> : 32 <i>P. viridis</i> : 5/ <i>Psylla</i> sp. 68 / Gall mites; 280,	Wonju, CA, CT, BT, JW, TB
<i>A. ginnala</i>	P/T	4.2 a	2.7 a	villous, on vein	-	-	-	<i>P. californiensis</i> :: : 18 <i>Psylla</i> sp.:6 Gall mites; 328	Wonju CA, CT, BT, JW,
<i>A. pictum</i> subsp. <i>mono</i>	T	5.2 a	2.9 a	pilose, on vein	-	-	-	<i>P. californiensis</i> ::: 12 <i>Psylla</i> sp.:21	CA, CT, BT, JW,
<i>A. mandshuricum</i>	T	9.5 b	6.4 b	villous, on vein	-	-	-	<i>P. californiensis</i> :::17 <i>Psylla</i> sp.:6 /Gall mites:22	CA, CT, BT, JW, leaflet
<i>A. triflorum</i>	P/T	5.8 a	5.7 b	pilose, on vein & blade	4.7 d	4.9 b	-	<i>P. californiensis</i> ::: 35 The larva of Scutelleridae sp. :16,	CA, TB leaflet
<i>A. tegmentosum</i>	P	20.2 e	3.3 a	-	-	-	+	<i>P. californiensis</i> :2 <i>Psylla</i> sp.:13 / Cicadellidae sp. :2,	CT, BT, JW,
<i>A. tschonoskii</i>	P/T	16.3 d	9.2 c	strigose, on vein & blade	2.2 b	5.3 b	+	<i>P. viridis</i> : 12/ <i>Psylla</i> sp.:45 Gall mites:14	CA, CT, BT, JW, TB
<b>F-values</b>		<b>54.63**</b>	<b>7.92**</b>		<b>109.8**</b>	<b>86.9**</b>			

<sup>\*1</sup> T: Tuft type, P: Pocket or Pit type, <sup>\*2</sup> EFN: Extrafloral nectaries  
<sup>\*3</sup> CA: Mt. Chiak, CT: Mt. Cheongtae, BT: Mt. Bangtae, JW: Mt. Jungwang, TB: Mt. Taebaek  
 Differences in letters in vertical columns indicates difference at 5% level for Duncan test.

사료된다. 그리고 앞서의 domatia type과 마찬가지로 실제 현미경으로 관찰하면서 domatia로 인정여부가 주관적 판단에 따라 조금씩 차이가 나타날 것이라 추정된다.

단풍나무속 8종의 엽표면에서 털은 산겨릅나무를 제외하고 맥상에는 털이 나 있으며, 털의 종류는 단풍나무, 당단풍, 신나무 및 복장나무는 융모(villous), 고로쇠나무와 복자기는 연모(pilose), 시닥나무는 강모(strigose)였다. 대체로 잎의 뒷면이 앞면보다 보다 많은 털을 지녔고, 위치별 털의 밀도는 수종 간에 고도의 통계적 유의차가 인정되었다. 털이 많은 수종들이 잎의 domatia 수도 대체로 많은 경향을 보인다. 잎의 털은 초식곤충은 물론 육식곤충에게도 영향하며, 육식응애의 포식율의 중간경쟁에도 영향한다는 Seelmann *et al.*(2007)의 보고와 더불어 털이 많은 잎은 domatia도 많고, 육식응애의 서식확률도 높은 것이 일반적(Walter and O'Dowd, 1992; Grostal and O'Dowd, 1994; Matos *et al.*, 2006)임을 감안하면 털의 밀도가 높은 것은 초식에 대한 방어전략의 하나가 될 수 있을 것이라 판단된다.

엽에서 관찰된 엽당 응애의 개체수는 수종간 고도의 통계적 유의성이 인정되었으며, 시닥나무/ 당단풍, 복장나무, 복자기/ 단풍나무, 신나무, 고로쇠나무, 산겨릅나무 등 3개의 그룹으로 나뉘었다. 잎에 서식하는 응애 개체수 평균은 시닥나무가 9.2마리로 가장 많았으며, 다음으로 복장나무, 당단풍, 복자기가 많은 경향을 보였다. 한국산 육식응애(이

리응애류)는 민첩한 작은 절지동물임(Lee and Ryu, 1989)을 감안할 때, 조사된 응애의 70-80%는 육식응애류라 사료된다. 엽당 domatia가 많은 수종들에 서식하는 응애 개체수가 많은 경향을 보였다. 이러한 결과는 Walter와 O'Dowd (1992), Grostal과 O'Dowd(1994) 및 Matos *et al.*(2006)의 보고와 같은 경향으로 domatia가 중재하는 식물과 육식응애의 상리공생을 확인할 수 있는 하나의 사실이다.

화외밀선(花外蜜腺; extrafloral nectary, EFN)은 식물이 개미, 말벌, 육식응애 등의 육식곤충을 활용하려는 초식곤충에 대한 간접 방어전략(Mathews *et al.*, 2009; Heil, 2008; Heil *et al.*, 2001; Oliveira *et al.*, 1999)이나, 단풍나무, 당단풍, 산겨릅나무 및 시닥나무에서만 엽맥의 말단부에 소량의 단물이 분비됨을 확인하였다.

수종별로 조사된 30개의 잎에서 관찰된 잎을 가해하는 미소절지동물류는 진사진딧물(*Periphyllus californiensis*:), 단풍알락진딧물(*P. viridis*), 나무이(*Psylla* sp.), 혹응애(Gall mites), 매미충(Cicadellidae sp) 등이었으며, 총 개체수는 혹응애, 진사진딧물, 나무이, 단풍알락진딧물, 매미충 순이었다(Table 1). 엽당 미소절지동물의 개체수는 나무 개체간 변이가 심하였다. 잎을 가해하는 미소절지동물 개체수는 신나무, 당단풍, 단풍나무에서 상대적으로 많았으며, 고로쇠나무, 복자기 및 산겨릅나무에서는 상대적으로 적은 편이었다.

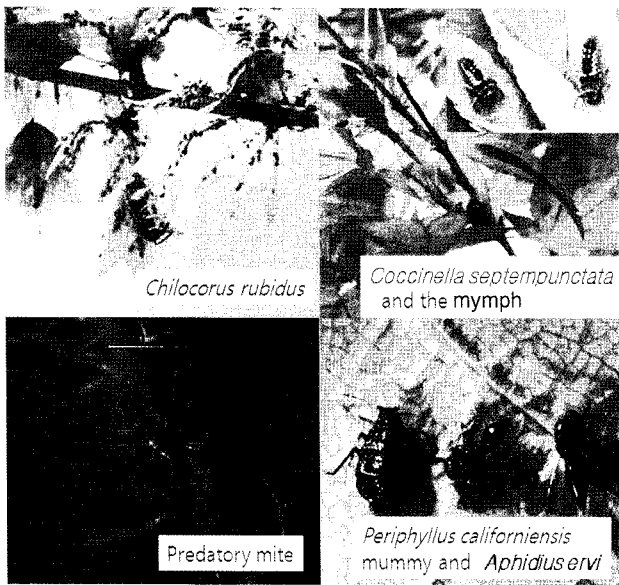
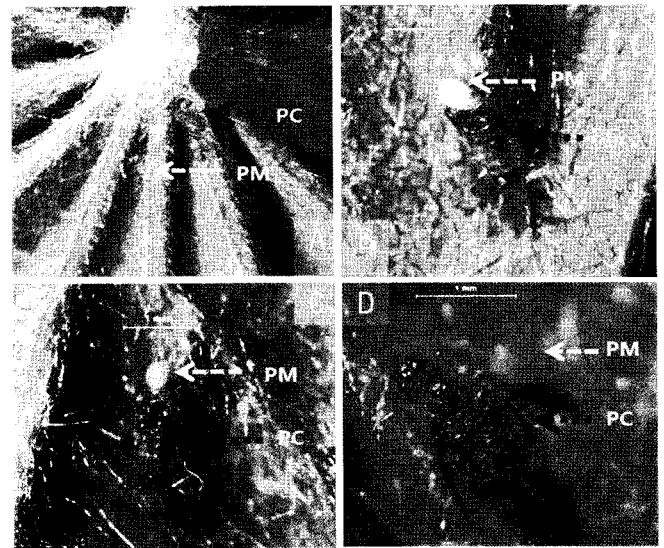


Figure 2. Natural enemies of aphids on the leaves of *Acer* species

단풍나무류의 잎을 가해하는 미소절지동물류의 천적으로서 말벌, 칠성무당벌레와 그 애벌레, 진딧벌 등이 관찰되었으며(Figure 2), 고동털개미와 곰개미는 남쪽의 열대나 아열대 지방에서 식물과 상리공생하는 밀드리카미(*Crematogaster brevispinosa* Mayr)의 보고 사례(Oliveira *et al.*, 1999)와는 달리 진딧물과 상리공생을 하며 단풍나무류의 초식피해를 가중시킴을 확인하였다. 당단풍나무 외 2종의 단풍나무류 잎에서 진딧벌류가 산란하여 몸통이 부풀어진 진딧물의 미이라(mummy)가 관찰되었다(Figure 2).

엽시료를 실체현미경에서 관찰하던 중 당단풍나무 잎에서 육식성 응애가 진사진딧물을 공격하여 체액을 흡즙하는 현장을 촬영하였다. 진사진딧물 배마디 등면에 주둥이를 삽입하고 흡즙하는 응애를 주기적으로 촬영하였으며, 48시간 경과 후 응애는 몸집이 커져 진딧물에서 떨어지고 진딧물은 몸통이 부분적으로 쪼그라들어 죽었다(Figure 3). 이러한 관찰은 domatia가 중재하고 육식성 응애와 단풍나무류 간의 상리공생이 야외에서 활발하게 이루어진다는 증거이며, 일반적으로 초식응애류를 잡아먹는 것으로 알려진 육식응애가 진딧물까지 잡아먹는다는 확증을 제공한 것이라 사료된다. 이런 확인은 실험적으로 응애와 식물간의 상리공생을 확인한 Kasai *et al.*(2002), Weintraub와 Palevsky(2008) 등의 보고를 뒷받침하며, O'Dowd와 Pemberton(1994)이 한국에서 식물과 응애의 상리공생이 광범위하게 이루어진다고 보고의 확증을 제공하는 의미가 있다.

## 인용문헌



PC: *Periphylus californiensis* PM: Predatory mite

Figure 3. Evidence of mutualism between Predatory mites and *Acer* species mediated by domatia. A: PC and PM are unconcerned, B: PM attacked PC, C: PM is sucking PC's body fluid during 48hrs D: After 48hrs, PC died.

- Agrawal, A.A. and R. Karban. (1997) Domatia mediate plant-arthropod mutualism. *Nature* 387: 562-563.
- Grostal, P. and D.J. O'Dowd. (1994) Plants, mites and mutualism: leaf domatia and the abundance and reproduction of mites on *Viburnum tinus* (Caprifoliaceae). *Oecologia* 97: 308-315.
- Heil, M. (2008) Indirect defense via tritrophic interactions. *New Phytologist* 178: 41-61.
- Heil, M., Koch, T., Hilpert, A., Fiala, B., Biland, W. and K.E. Lisenmair. (2001) Extrafloral nectar production of the ant-associated plant, *Macaranga tanarius*, is an induced, indirect, defensive response elicited by jasmonic acid. *Ecology* 98(3): 1083-1088.
- Kabicek, J. (2003) Broad leaf trees as reservoirs for phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae). *Plant Protect. Sci.* 39(2): 65-69.
- Kim, J.H., Byeon, Y.W., Kim, Y.H. and C.G. Park. (2006) Biological control of thrips with *Orius strigicollis* (Poppius) (Hemiptera: Anthocoridae) and *Amblyseius cucumeris* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae) on greenhouse green pepper, sweet pepper and cucumber. *Korean J. Appl. Entomol.* 45(1): 1-7. (in Korean)
- Korea Agriculture Information Institute and Korea Forest Research Institute (2005) *Diagnosis and Control of Pests in Horticultural Crops and Trees*. Haksulpynsugwan 1,050pp. (in Korean)
- Krantz G.W. and Walter, D.E. and K. Hans. (2009) *A Manual*

- of Acarology. 3rd ed. Texas Tech. Univ. Press, 704pp.
- Lundstroem, A.N. (1887) Pflanzenbiologische Studien. II. Die Anpassungen der Pflanzen an Thiere. Nova Acta Reg. Soc. Sci. Ups. Ser. 3. 13: 1-87.
- Lee J.W. (1998) Insects' Life in Korea. I. Apterygota, Exopterygota (in part), and Aquatic Insects. Korean Entomological Institute, Korea University. Seoul. 246pp. (in Korean)
- Lee, W.K. and Ryu, M.O. (1989) A taxonomic study on the Phytoseiid mites(Acarina: Arachnida) in Korea. The Korean J. Appl. of Entomology. 19(3):215-225. (in Korean)
- Mathews, C.R., Bottrell, D.G. and M.W. Rrown. (2009) Extrafloral nectaries alter arthropod community structure and mediate peach(*Prunus persica*) plant defense. Ecological Applications 19(3): 722-730.
- Matos, C.H.C., Pallini, A., Chaves, F.F., Schoereder, J.H. and A. Janssen. (2006) Do domatia mediate mutualistic interactions between coffee plants and predatory mites? Entomologia Experimentalis et Applicata 118: 185-192.
- Monks, A., O'Connell, D.M., Lee, W.G. Bannister, J.M. and K.J.M. Dickinson. (2007) Benefits associated with the domatia mediated tritrophic mutualism in the shrub *Coprosma lucida*. Oikos 116: 873-881.
- Norton, A.P., English-Loeb, G. and E. Belden. (2001) Host plant manipulation of natural enemies: leaf domatia protect beneficial mites from insect predators. Oecologia 126: 535-542.
- Norton, A.P., English-Loeb, G., Gadoury, D. and R.C. Seem. (2000) Mycophagous Mites and foliar pathogens: leaf domatia mediate tritrophic interactions in grapes. *Ecology* 81(2): 490-499.
- O'Dowd, D.J., Brew, C.R., Christophel, D.C. and R.A. Norton. (1991) Mite-palnt associations from the Eocene of South Australia. *Science* 252: 99-101.
- O'Dowd, D.J. and R.W. Pemberton. (1994) Leaf domatia in Korean plants: floristics, frequency, and biogeography. *Vegetatio* 114: 137-148.
- O'Dowd, D.J. and R.W. Pemberton. (1998) Leaf domatia and foliar mite abundance in broadleaf deciduous forest of North Asia. *American Journal of Botany* 85(1): 70-78.
- Oliveira, P.S., Rico-Gray, V., Diaz-Castelazo, C. and C. Castillo-Guevara. (1999) Interaction between ants, extrafloral nectaries and insect herbivores in Neotropical coastal sand dunes: herbivore deterrence by visiting ants increases fruit set in *Opuntia stricta*(Cactaceae). *Functional Ecology* 13: 623-631.
- Port, C.M. and N.E.A. Scopes. (1981) Biological control by predatory mites (*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot) of red spider mite(*Tetranychus urticae* Koch) infesting strawberries grown in 'walk-in' plastic tunnels. *Pl. Path.* 30: 95-99.
- Ryu, M.O., Lee, W.K. and T.H. Kim. (1997) Habitats and abundances of Korean Phytoseiid mites. *Korean J. Appl. Entomol.* 36(3):224-230. (in Korean)
- Seelmann, L., Auer, A., Hoffmann, D. and P. Schausberger. (2007) Leaf pubescence mediates intraguild predation between predatory mites. *Oikos* 116: 807-817.
- Walter, D.E. (1996) Living on leaves: mites, tomenta, and leaf domatia. *Annu. Rev. Entomol.* 41: 101-114.
- Walter, D.E. and D.J. O'Dowd. (1992) Leaves with domatia have more mites. *Ecology.* 73(4): 1514-1518.
- Weintraub, P. and E. Palevsky. (2008) Evaluation of the predatory mite, *Neoseiulus californicus*, for spider mite control on greenhouse sweet pepper under hot arid field conditions. *Exp. Appl. Acrol.* 45: 29-37.