

## 충남 태안군에서 생육중인 활엽수종의 초식에 대한 방어전략 탐색<sup>1a</sup>

김갑태<sup>2\*</sup> · 추갑철<sup>3</sup> · 류동표<sup>2</sup> · 엄태원<sup>2</sup>

### Exploring on the Defense Strategies against Hervivory of Broad-leaved Tree Species Growing in Taean-gun, Chuncheongnam-do<sup>1a</sup>

Gab-Tae Kim<sup>2\*</sup>, Gab-Cheul Choo<sup>3</sup>, Dong-Pyo Lyu<sup>2</sup>, Tae-Won Um<sup>2</sup>

#### 요 약

이 연구는 충청남도 태안군에 생육중인 활엽수종들의 초식에 대한 방어전략을 탐색하고자 67종의 활엽수를 대상으로 방어전략을 결정하는 잎의 형태적 특성, domatia구조, 초식곤충 및 포식응애의 서식여부를 조사하였다. 조사 대상 67종 중에서 46종(68.7%)의 활엽수가 domatia 구조를 채택하고 있는 것으로 나타났다(Table 1). 참가시나무와 태산목 등을 비롯한 21종의 활엽수에서는 domatia 구조가 없었으며, 황매화와 서어나무를 비롯한 31종의 활엽수에서는 엽액 사이에 털이 밀생하여 공간을 만드는 tuft type domatia를 지녔고, 난티잎개암나무와 떡갈나무를 비롯한 12종의 활엽수에서는 pocket 모양구조에 털이 나있는 pocket+tuft type domatia를 지녔고, 왕벚나무와 팔배나무에서는 pocket type domatia를 지녔으며, 아왜나무에서는 pouch type domatia를 지녔음이 확인되었다. 잎 뒷면의 털을 이용한 방어전략으로 태산목에서의 밀용모, 은행양과 포도에서의 밀면모, 보리수나무에서 비늘털 밀생, 칩의 강모 밀생 등이 밝혀졌다. 화외밀선(花外蜜腺; extrafloral nectary, EFN)을 이용한 방어전략은 조사대상 중에서 23종(34.3%)의 활엽수가 이를 채택하고 있는 것으로 나타났다. 대표적인 사례로 앵두나무, 무화과, 가막살나무 및 서어나무 등이었다. 조사 대상 중에서 40종(59.7%)의 활엽수에서 포식응애의 서식이 확인되었으며, 잎에 서식하는 응애 개체수 평균은 떡갈나무에서 23.4마리로 가장 많았다. 잎을 가해하는 미소 절지동물류는 진사진딧물, 단풍알락진딧물, 깍지벌레, 흑응애, 총채벌레 등이었으며, 총 개체수는 흑응애, 깍지벌레, 진딧물, 총채벌레 순이었다. 이들의 천적으로는 포식응애, 말벌, 무당벌레류와 그 애벌레, 진딧물 등이 확인되었다. 이 연구의 결과로 온대 활엽수종에서 상리공생을 포함한 여러 가지 방어전략이 활용되는 경우가 혼함을 확인할 수 있었다.

주요어: domatia, 포식성응애, 진딧물, 상리공생, 화외밀선

#### ABSTRACT

To explore on the defense strategies against hervivory of 67 broadleaved tree species, morphological characteristics of the leaf, leaf domatia structure and the number, herbivores insects and mites on the leaves, collected from the trees growing in Taean-gun, Chuncheongnam-do were investigated. 46 broadleaved tree species(68.7%) had the domatia structures, and 21 species including *Quercus salicina* and *Magnolia grandiflora* did not. 31 species including *Juglans mandshurica* and *Carpinus laxiflora* reveals tuft type, 12 species including *Quercus dentata* and *Corylus heterophylla* reveals pocket+tuft type, and 2 species, *Sorbus*

1 접수 2010년 11월 10일, 수정(1차: 2011년 11월 9일, 2차: 2012년 2월 2일), 게재확정 2012년 2월 3일

Received 10 November 2010; Revised(1st: 9 November 2011, 2nd: 2 February 2012); Accepted 3 February 2012

2 Dept. of Forest Sciences, College of Life Sci. and Resour., Sangji Univ., Wonju(220-702), Korea(ecoregion@sangji.ac.kr)

3 Dept. of Forest Resources, Gyeongnam Nat'l Univ., Jinju(660-758), Korea(sancgc@gntech.ac.kr)

a 이 논문은 본 학회 2009년도 임시총회 및 학술논문발표회에서 발표(Kim et al., 2009b)한 것을 수정, 보완, 발전시킨 것임.

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

*alnifolia* and *Prunus yedoensis* does pocket type, and *Viburnum odoratissimum* var. *awabuki* does pouch type. Domatia number per leaf proves the highest figures, 23.4/leaf for *Quercus dentata*. Plant defense strategies using leaf lower-surface trichomes of *Magnolia grandiflora* reveals dense villous, those of *Populus alba* and *Vitis vinifera* reveals dense pilose, that of *Elaeagnus umbellata* does dense scaly hairs, that of *Pueraria lobata* does dense strigose. Plant defense strategies using extrafloral nectaries were adapted 23 tree species(34.3%). Observed examples are *Prunus tomentosa*, *Ficus carica*, *Viburnum dilatatum* and *Carpinus laxiflora*. Predatory mites were observed on the leaves of 40 tree species(59.7%), and mean values of predatory mites was highest values 23.4/leaf in *Quercus dentata*. Minute arthropods destroying the leaf of broadleaved trees. are such as *Periphylus californiensis*, *P. viridis*, Diaspididae sp., gall mites, thrips, and total numbers observed were odered gall mites, Diaspididae sp., aphids and thrips. Natural enemies of these hervivores arthropods are such as predatory mites, *Chilocorus rubidus*, *Coccinella septempunctata* and the nymph, *Aphidius ervi*. These results indicate that defense strategies including protective mutualisms may be frequent in the temperate broadleave trees.

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

## 서론

식물은 지구상에 출현한 이후로 끊임없이 곤충이나 동물들의 초식의 위협 속에서 성장하며, 이에 대한 방어 전략을 개발하면서 진화해왔다. 지금까지 알려진 직접적 방어 전략으로는 가시나 여러 종류의 털을 줄기 잎 등에 발생시키거나 2차 대사산물인 화학물질을 분비하여 초식으로부터 벗어나려는 노력을 기울였고, 간접적 방어 전략으로는 초식에 대한 반응으로 휘발성물질을 발산시켜 육식곤충을 불러들여 초식곤충을 방어하거나, 꽃 이외의 부분에 꿀을 분비하여(extrafloral nectary, EFN; 花外蜜腺) 개미나 말벌 등의 육식곤충을 불러들여 초식곤충이 접근하지 못하게 하는 방법을 이용하였다(Heil, 2008). 다른 하나의 방어 전략은 Lundstroem(1887)에 의해 소개되었으며, 흔히 잎의 뒷면 주맥과 측맥 사이에 있는 공간에 만들어진 미세한 공간, Domatia 구조를 포식성 또는 식균성 응애류에게 제공하여 간접적으로 초식에 대한 방어전략으로 활용하고 있다. 즉, 포식성 또는 또는 식균성 응애류와 식물간의 상리공생을 domatia라는 구조가 중재하는 셈이다. 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 포식 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. 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 포식성 응애의 생존율을 증가시킴을 보고하였다(Norton *et al.*, 2001).

Skirvin and Williams(1999)는 형태와 구조가 다른 세 원예식물과 초식응애, 포식응애를 대상으로 실내실험을 하여 초식응애의 번식률, 초식응애의 이동성은 식물종간 고도의 유의차가 인정되었으나, 포식응애의 이동성은 유의차가 인정되지 않았으며, 식물의 구조는 초식응애의 밀도가 낮을 때 포식응애가 생존할 가능성에 영향을 것이라 보고하였다. 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 유전공학적인 개량이 천적집단과 효율성을 높일 수 있다고 주장하였다. Kim *et al.*(2006)은 시설재배 농작물을 가해하는 총채벌레의 생물학적 방제를 위하여 천적인 으름애꽃노린재와 오이이리응애의 총채벌레 밀도

Table 1. The defense strategies against herbivory of 67 broadleaved tree species

| Family name     | Species name                                    | Growth form <sup>*1</sup> | Habit <sup>*2</sup> | Domatia |           | Predator ymites no./ leaf | EFN <sup>*3</sup> | No. of observed minute arthropods                 | Common name |
|-----------------|---|---------------------------|---------------------|---------|-----------|---------------------------|-------------------|---|-------------|
|                 |   |                           |                     | Type    | No./ leaf |                           |                   |   |             |
| Salicaceae      | <i>Populus alba</i>                             | T                         | D                   | Tuft    | 12.3      | -                         | -                 |   | 은백양         |
| Juglandaceae    | <i>Platycarya strobilacea</i>                   | T                         | D                   | P/T     | 14.6      | 0.5                       | -                 |   | 골피나무        |
|                 | <i>Juglans mandshurica</i>                      | T                         | D                   | Tuft    | 26.7      | 3.8                       | +                 |   | 가래나무        |
| Betulaceae      | <i>Corylus heterophylla</i>                     | S                         | D                   | P/T     | 11.5      | -                         | -                 |   | 난티잎개암       |
|                 | <i>Carpinus laxiflora</i>                       | T                         | D                   | Tuft    | 15.0      | 5.4                       | +                 | Gall mites; 4                                     | 서어나무        |
|                 | <i>C. turczaninowii</i>                         | T                         | D                   | Tuft    | 15.4      | 1.0                       | +                 | Gall mites; 9                                     | 소사나무        |
|                 | <i>Alnus sibirica</i>                           | T                         | D                   | Tuft    | 16.7      | 4.2                       | -                 | Gall mites; 23                                    | 물오리나무       |
|                 | <i>Quercus serrata</i>                          | T                         | D                   | Tuft    | 6.6       | 6.4                       | -                 | Gall mites; 12, Diapsididae sp.; 1                | 졸참나무        |
| Fagaceae        | <i>Q. dentata</i>                               | T                         | D                   | P/T     | 20.0      | 23.4                      | -                 | Aphids; 4, Gall mites; 26                         | 떡갈나무        |
|                 | <i>Q. mongolica</i>                             | T                         | D                   | P/T     | 13.0      | 1.0                       | -                 | <i>Psylla</i> sp.; 140                            | 신갈나무        |
|                 | <i>Q. salicina</i>                              | T                         | E                   | -       | -         | -                         | +                 |   | 참가시나무       |
| Ulmaceae        | <i>Zelkova serrata</i>                          | T                         | D                   | Tuft    | 14.2      | 1.9                       | -                 |   | 느티나무        |
|                 | <i>Ulmus davidiana</i>                          | T                         | D                   | Tuft    | 23.6      | 1.0                       | +                 |   | 당느릅나무       |
| Moraceae        | <i>Morus bombycis</i>                           | T                         | D                   | Tuft    | 11.2      | 1.4                       | +                 | Gall mites; 5                                     | 산뽕나무        |
|                 | <i>Ficus carica</i>                             | T                         | D                   | P/T     | 14.0      | -                         | +                 |   | 무화과         |
| Magnoliaceae    | <i>Magnolia grandiflora</i>                     | T                         | E                   | -       | -         | -                         | -                 |   | 태산목         |
|                 | <i>Magnolia kobus</i>                           | T                         | D                   | Tuft    | 16.5      | 2.5                       | -                 |   | 목련          |
| Schisandraceae  | <i>Kadsura japonica</i>                         | V                         | E                   | -       | -         | -                         | -                 |   | 남오미자        |
|                 | <i>Lindera obtusiloba</i>                       | S                         | D                   | Tuft    | 19.2      | 1.0                       | -                 |   | 생강나무        |
| Lauraceae       | <i>L. erythrocarpa</i>                          | T                         | D                   | Tuft    | 7.0       | 0.6                       | -                 |   | 비목나무        |
|                 | <i>Machilus thunbergii</i>                      | T                         | E                   | -       | -         | -                         | -                 |   | 후박나무        |
| Lardizabalaceae | <i>Akebia quinata</i>                           | V                         | D                   | -       | -         | -                         | -                 |   | 으름덩굴        |
|                 | <i>Nandina domestica</i>                        | S                         | E                   | -       | -         | -                         | -                 |   | 남천          |
| Berberidaceae   | <i>Berberis amurensis</i> var. <i>latifolia</i> | S                         | D                   | -       | -         | -                         | +                 |   | 왕매발톱나무      |
| Platanaceae     | <i>Platanus occidentalis</i>                    | T                         | D                   | P/T     | 18.3      | -                         | -                 | Gall mites; 4                                     | 양버즘나무       |
|                 | <i>Hydrangea serrata</i> for. <i>acuminata</i>  | S                         | D                   | Tuft    | 7.2       | 2.1                       | +                 | Mulberry thrips; 3                                | 산수국         |
| Saxifragaceae   | <i>Hydrangea macrophylla</i>                    | S                         | D                   | P/T     | 13.1      | 0.9                       | +                 | Mulberry thrips; 1                                | 수국          |
| Pittosporaceae  | <i>Pittosporum tobira</i>                       | T                         | E                   | -       | -         | -                         | +                 |   | 돈나무         |
| Rosaceae        | <i>Prunus yedoensis</i>                         | T                         | D                   | Pit     | 14.7      | 2.0                       | +                 | Gall mites; 10, Aphids; 22                        | 왕벚나무        |
|                 | <i>P. tomentosa</i>                             | S                         | D                   | Tuft    | 11.6      | 11.6                      | -                 | Gall mites; 104                                   | 앵도나무        |
|                 | <i>Sorbus alnifolia</i>                         | T                         | D                   | Pit     | 10.7      | 0.4                       | +                 |   | 팔배나무        |
|                 | <i>Chaenomeles sinensis</i>                     | T                         | D                   | -       | -         | -                         | +                 | <i>Psylla</i> sp.; 4                              | 모과나무        |
| Leguminosae     | <i>Kerria japonica</i>                          | S                         | D                   | Tuft    | 14.6      | 2.9                       | +                 | Tetranychus urticae; 7                            | 황매화         |
|                 | <i>Pueraria lobata</i>                          | V                         | D                   | Tuft    | 22.0      | -                         | -                 |   | 췌           |
|                 | <i>Euodia daniellii</i>                         | T                         | D                   | Tuft    | 9.6       | 1.5                       | -                 |   | 쉬나무         |
| Rutaceae        | <i>Zanthoxylum ailanthoides</i>                 | T                         | D                   | -       | -         | -                         | -                 |   | 머귀나무        |
| Euphorbiaceae   | <i>Mallotus japonicus</i>                       |                           |                     |         |           |                           |                   |   | 예덕나무        |
| Anacardiaceae   | <i>Rhus javanica</i>                            | T                         | D                   | Tuft    | 28.5      | -                         | -                 |   | 붉나무         |
| Aquifoliaceae   | <i>Ilex cornuta</i>                             | S                         | E                   | -       | -         | -                         | -                 |   | 호랑가시        |
| Aceraceae       | <i>Acer palmatum</i>                            | T                         | D                   | Tuft    | 8.3       | 1.4                       | -                 | Aphids; 11, <i>Psylla</i> sp.; 24, Gall mites; 17 | 단풍나무        |
|                 | <i>A. mandshuricum</i>                          | T                         | D                   | T/P     | 5.2       | 1.0                       | -                 |   | 복장나무        |
|                 | <i>A. tataricum</i> subsp. <i>ginnala</i>       | S                         | D                   | Tuft    | 2.6       | 0.6                       | -                 |   | 신나무         |
|                 | <i>A. triflorum</i>                             | T                         | D                   | Tuft    | 12.5      | 1.0                       | -                 | <i>Psylla</i> sp.; 6                              | 복자기나무       |

(Table 1. Continued)

| Family name      | Species name                                      | Growth form <sup>*1</sup> | Habit <sup>*2</sup> | Domatia |           | Predator ymites no./ leaf | EFN <sup>*3</sup> | No. of observed minute arthropods | Common name |
|------------------|---|---------------------------|---------------------|---------|-----------|---------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------|
|                  |   |                           |                     | Type    | No./ leaf |                           |                   |                                   |             |
| Hippocastanaceae | <i>Aesculus turbinata</i>                         | T                         | D                   | -       | -         | 6.3                       | -                 |                                   | 칠엽수         |
|                  | <i>Sapindus mukorossi</i>                         | T                         | D                   | -       | -         | 1.3                       | -                 |                                   | 무환자나무       |
| Sapindaceae      | <i>Koelreuteria paniculata</i>                    | T                         | D                   | Tuft    | 12.8      | 4.2                       | -                 | <i>Psylla</i> sp.; 57, Aphids; 24 | 모감주나무       |
|                  | <i>Berchemia berchemiaefolia</i>                  | T                         | D                   | Tuft    | 6.7       | -                         | -                 |                                   | 망개나무        |
| Rhamnaceae       | <i>Hovenia dulcis</i>                             | T                         | D                   | P/T     | 20.2      | 1.0                       | +                 |                                   | 헛개나무        |
|                  | <i>Vitis vinifera</i>                             | V                         | D                   | P/T     | 11.6      | 1.0                       | -                 |                                   | 포도          |
| Vitaceae         | <i>Vitis flexuosa</i>                             | V                         | D                   | Tuft    | 15.8      | 0.4                       | -                 |                                   | 새머루         |
|                  | <i>Actinidia polygama</i>                         | V                         | D                   | Tuft    | 11.1      | 2.1                       | -                 | Spines on vein                    | 개다래         |
| Theaceae         | <i>Stewartia pseudocamellia</i>                   | T                         | D                   | Tuft    | 2.5       | -                         | +                 | <i>Psylla</i> sp.; 1              | 노각나무        |
|                  | <i>Camellia japonica</i>                          | T                         | E                   | -       | -         | -                         | -                 |                                   | 동백나무        |
| Elaeagnaceae     | <i>Elaeagnus umbellata</i>                        | S                         | D                   | -       | -         | -                         | -                 |                                   | 보리수나무       |
| Araliaceae       | <i>Hedera rhombea</i>                             | V                         | E                   | -       | -         | -                         | -                 |                                   | 송악          |
| Cornaceae        | <i>Cornus officinalis</i>                         | T                         | D                   | Tuft    | 9.3       | 1.7                       | -                 |                                   | 산수유나무       |
|                  | <i>Rhododendron mucronulatum</i>                  | S                         | D                   | -       | -         | -                         | -                 |                                   | 진달래         |
| Ericaceae        | <i>R. brachycarpum</i>                            | S                         | E                   | -       | -         | -                         | -                 |                                   | 만병초         |
| Ebenaceae        | <i>Diospyros kaki</i>                             | T                         | D                   | Tuft    | 9.7       | 0.5                       | -                 |                                   | 감나무         |
| Styracaceae      | <i>Syrax japonicus</i>                            | T                         | D                   | P/T     | 10.8      | 2.0                       | +                 |                                   | 매죽나무        |
| Oleaceae         | <i>Ligustrum japonicum</i>                        | S                         | E                   | -       | -         | -                         | -                 |                                   | 광나무         |
| Verbenaceae      | <i>Callicarpa japonica</i> var. <i>leucocarpa</i> | S                         | D                   | -       | -         | -                         | +                 |                                   | 흰작살나무       |
|                  | <i>Weigela subsessilis</i>                        | S                         | D                   | Tuft    | 4.1       | 1.4                       | +                 |                                   | 병꽃나무        |
| Caprifoliaceae   | <i>Viburnum dilatatum</i>                         | S                         | D                   | Tuft    | 9.0       | 5.0                       | +                 | Gall mites; 8                     | 가막살나무       |
|                  | <i>V. carlesii</i>                                | S                         | D                   | P/T     | 17.6      | 3.9                       | +                 |                                   | 분꽃나무        |
|                  | <i>V. burejaeticum</i>                            | S                         | D                   | Tuft    | 31.2      | 2.0                       | +                 |                                   | 산분꽃나무       |
|                  | <i>V. odoratissimum</i> var. <i>awabuki</i>       | S                         | E                   | Pocket  | 10.0      | 2.0                       | -                 |                                   | 아왜나무        |

\*1: Growth form, T: Tree, S: Shrub, V: Vine

\*2: Habit, D: Deciduous, E; Evergreen

\*3: EFN: Extrafloral nectaries

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 조사, 보고한 바 있고, Ryu et al.(1997)는 식물을 보호하는 식식성응애의 대표적인 포식자 한국산 이리응애의 서식식물과 발생빈도를 조사하여, 밤나무와 뽕나무에서 가장 많은 종과 개체수가 서식하며, 우점종은 긴꼬리이리응애와 순이리응애임을 밝혔다. Kim et al.(2009a, 2010)은 단풍나무속 8종, 가래나무속의 초식에 대한 방어전략을 조사, 비교하였다.

이 연구는 한반도 서부 해안지역인 태안군에 생육중인 활엽수종들의 초식에 대한 방어전략을 탐색하고자 67종의 활엽수를 대상으로 방어전략을 결정하는 잎의 형태적 특성,

domatia구조, 초식곤충 및 응애의 서식여부를 조사하였다.

## 재료 및 방법

태안군에 생육중인 활엽수종의 엽시료는 2009년 7월 5일부터 7월 7일까지 태안국립공원 및 천리포 수목원 주변에서 채취한 총 67종을 대상으로 하였다. 각 수종들은 태안군 일원에서 생육 중인 나무들에서 임의로 3개체씩을 선택하여 성숙한 잎을 3가지에서 3개 이상 채취하여 조사대상으로 하였다.

채취된 잎은 곧바로 플라스틱 백에 넣어 아이스박스에 담아 실험실로 운반하여 냉장실에 보관하면서 조사하였다. 가장 먼저 잎 뒷면의 엽맥 겨드랑이(vein axils)에 있는

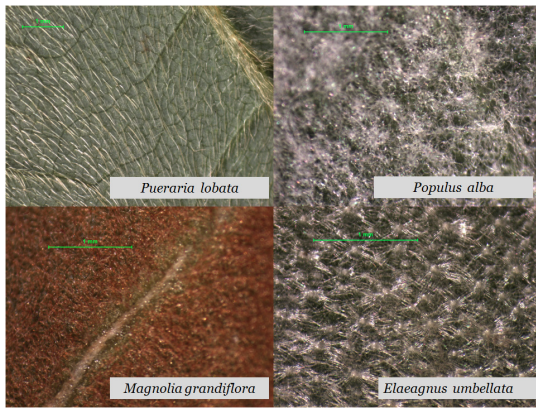


Figure 1. Specific trichomes on the lower leaf surface of four tree species

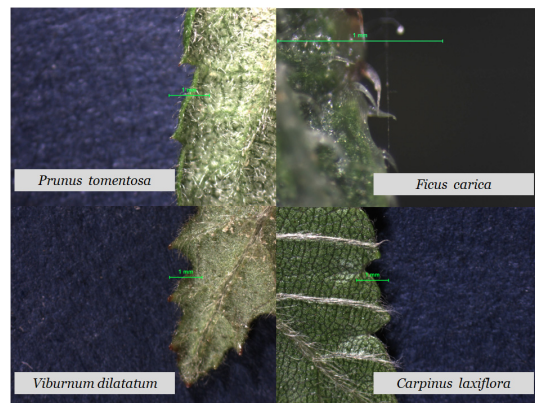


Figure 2. Extrafloral nectaris(EFNs) on the leaf margin of four tree species

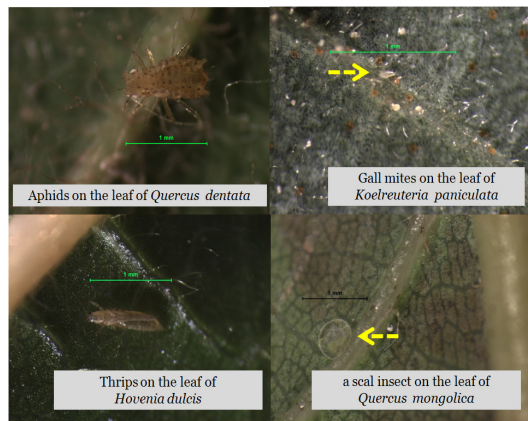


Figure 3. Observed minute arthropods on the leaves of broadleaved tree species

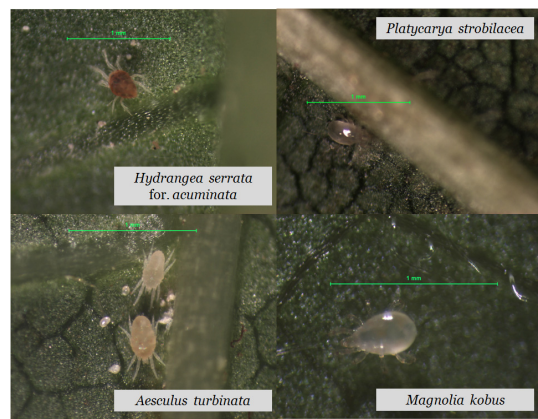


Figure 4. Observed predatory mites on the leaves of broadleaved tree species

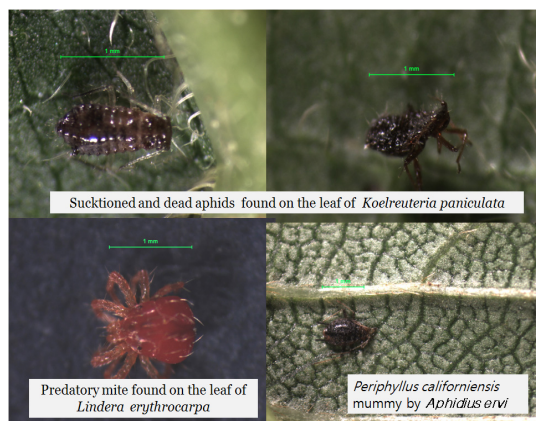


Figure 5. Observed natural enemy's activity on the leaves of broadleaved tree species

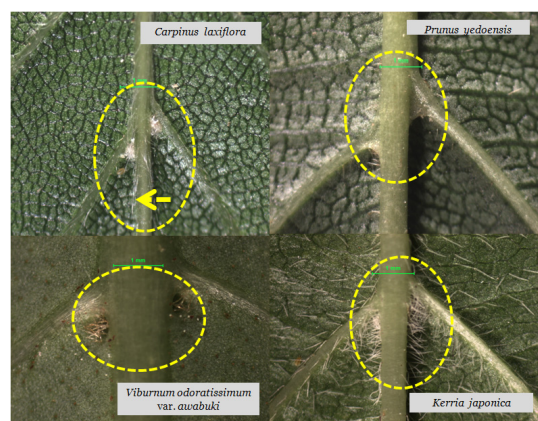


Figure 6. Domatia structures of four species (○) and predatory mites(←)

domatia수를 20× 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 분류동정을 하였으며 동정시 각 분류군별 동정은 고려대학교 한국곤충연구소 출판의 한국곤충생태도감(1998)과 병해충방제도감(2005)과 관련 문헌을 참고하였다. 응애의 분류는 Krantz *et al.*(2009)의 기준으로 하였으며, 응애류의 정확한 종 동정을 위하여 액침표본을 제작하였다. 곤충류와 응애의 표본은 상지대학교 곤충학연구실에 보관하였다. 측정된 수치자료를 바탕으로 수종간 평균비교를 SPSS를 이용하여 통계 분석하였다.

## 결과 및 고찰

67종의 활엽수 엽시료를 조사하여 직접적인 방어전략과 간접적 방어전략으로 나누어 여기에 주요 결과를 Table 1에 보였다. 직접적인 방어전략은 잎에 털을 밀생시켜 미소흡성 절지동물로부터 피해를 감소시키는 전략으로 태산목에서의 용모 밀생, 은백양과 포도에서의 밀면모, 보리수나무에서 비늘털 밀생, 칩의 강모 밀생 등이 대표적 사례였다(Figure 1).

화외밀선(花外蜜腺; extrafloral nectary, EFN)은 식물이 개미, 말벌, 포식응애 등의 육식곤충을 활용하려는 초식곤충에 대한 간접 방어전략(Mathews *et al.*, 2009; Heil, 2008; Heil *et al.*, 2001; Oliveira *et al.*, 1999)이며, 조사 대상 67종 중에서 23종(34.3%)의 활엽수가 이를 채택하고 있는 것으로 나타났다. 대표적인 사례로 앵두나무, 무화과, 가막살나무 및 서어나무의 화외밀선을 Figure 2에 보였다.

조사 대상 67종 중에서 40종(59.7%)의 활엽수에서 포식응애의 서식이 확인되었다. 이 결과는 Kabicek(2003)은 활엽수종이 포식응애의 저장고 역할을 한다고 보고와 같은 경향이라 판단된다. 관찰된 소엽 또는 엽당 포식응애의 개체수는 수종 간 편차가 많았으며, 잎에 서식하는 포식응애 개체수 평균은 떡갈나무에서 23.4마리로 가장 많았다. 이 결과는 Ryu *et al.*(1997)이 한국산 이리응애의 서식식물과 발생빈도를 조사하여, 밤나무와 벗나무에서 가장 많은 종과 개체수가 서식한다는 결과와 조금 달랐다.

수종별로 10개의 잎에서 관찰된 잎을 가해하는 미소곤충류는 진사진딧물, 단풍알락진딧물, 깍지벌레, 흑응애, 총채벌레 등이었으며(Figure 3), 총 개체수는 흑응애, 깍지벌레, 진딧물, 총채벌레 순이었다. 잎당 미소곤충의 개체수는 나무 개체 간 변이가 심하였다. 잎을 가해하는 미소곤충 개체수는 떡갈나무, 신갈나무, 앵두나무, 단풍나무, 모감주나무

등에서 상대적으로 많은 편이었다(Table 1).

그밖의 활엽수를 가해하는 초식 절지동물류의 천적으로는 말벌, 무당벌레류와 그 애벌레, 진딧벌, 비목나무, 산수국, 칠엽수, 굴피나무 및 목련의 잎에서 관찰된 포식응애 등이 관찰되었다. 몇 천적류를 Figure 4,5에 보였다.

다른 하나의 간접적인 방어전략은 식물체의 잎 뒷면 흔히 맥액에 포식 또는 식균성 응애가 산란하고 실 수 있는 공간을 제공하여 식물과 응애간의 상리공생(mutualism)을 증대하는 domatia 구조의 유무이다. 조사 대상 67종 중에서 46종(68.7%)의 활엽수가 domatia 구조를 채택하고 있는 것으로 나타났다(Table 1). 참가시나무와 태산목 등을 비롯한 21종의 활엽수에서는 domatia 구조가 없었으며, 가래나무와 서어나무를 비롯한 31종의 활엽수에서는 엽액 사이에 털이 밀생하여 공간을 만드는 tuft type domatia를 지녔고, 난티잎개암나무와 떡갈나무를 비롯한 12종의 활엽수에서는 pocket 모양구조에 털이 나있는 pocket+tuft type domatia를 지녔고, 왕벚나무와 팔배나무에서는 pocket type domatia를 지녔으며, 아왜나무에서는 pouch type domatia를 지녔음이 확인되었다(Figure 6). 이러한 domatia type은 기보고된 O'Dowd와 Pemberton(1994)의 결과와 대부분 일치하였다.

## 감사의 글

본 연구에서 채집된 응애의 식별을 도와주신 전북대학교 자연과학대학 생물과학부 이원구 교수님께 감사를 드립니다.

## 인용문헌

- Agrawal, A.A. and R. Karban(1997) Domatia mediate plant-arthropod mutualism. *Nature* 387: 562-563.
- Heil, M.(2008) Indirect defense via tritrophic interactions. *New Phytologist* 178: 41-61.
- Heil, M., T. Koch, A. Hilpert, B. Fiala, W. Biland 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, G.T., D.P. Lyu and H.J. Kim(2010) Comparison of the defense strategies against herbivory between *Juglans regia* and *J. mandshurica*. *Journal of the Korean Forestry Society*, Seoul, Korea, October 19, pp. 78-80. (in Korean with English abstract)
- Kim, G.T., D.P. Lyu and H.J. Kim(2009a) Exploring on the defense

- strategies against herbivory of 8 species of the Genus *Acer*. Kor. J. Env. Eco. 23(5): 411-417. (in Korean with English abstract)
- Kim, G.T., D.P. Lyu, T.W. Um and G.C. Choo(2009b) Plant defense strategies against herbivory of several broadleaved tree species in Taean-gun, Chungcheongnam-do. Presented at the 2009 annual meeting of the Korean Society of Environment and Ecology, Jeonju, Korea, October 15-16, pp. 25-28(in Korean with English abstract).
- Kim, G.T., T.W. Um, Dong-Pyo Lyu and G.C. Choo(2009b) Plant Defense Strategies against Herbivory of Several Broad-leaved Tree Species in Taean-gun, Chuncheongnam-do. Pro. Kor. Soc. Env. Eco. Con. 19(2): 25-28. (in Korean)
- Kim, J.H., Y.W. Byeon, Y.H. Kim 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 with English abstract)
- Krantz G.W., D.E. Walter and K. Hans(2009) A Manual of Acarology. 3rd ed. Texas Tech. Univ. Press, 704pp.
- Lee, W.K. and M.O. Ryu(1989) A taxonomic study on the Phytoseiid mites(Acarina: Arachnida) in Korea. The Korean J. Appl. of Entomology. 19(3): 215-225. (in Korean with English abstract)
- Lundstroem, A.N.(1887) Pflanzenbiologische Studien. II. Die Anpassungen der Pflanzen an Thiere. Nova Acta Reg. Soc. Sci. Ups. Ser. 3. 13: 1-87.
- Mathews, C.R, D.G. Bottrell and M.W. Rrown(2009) Extrafloral nectaries alter arthropod community structure and mediate peach(*Prunus persica*) plant defense. Ecological Applications 19(3): 722-730.
- Monks, A., D.M. O'Connell, W.G. Lee, J.M. Bannister and K.J.M. Dickinson(2007) Benefits associated with the domatia mediated tritrophic mutualism in the shrub *Coprosma lucida*. Oikos 116: 873-881.
- 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., V. Rico-Gray, C. Diaz-Castelazo 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., W.K. Lee and T.H. Kim(1997) Habitats and abundances of Korean Phytoseiid mites. Korean J. Appl. Entomol. 36(3): 224-230. (in Korean with English abstract)
- Skirvin, D.J. and M.D.C. Williams(1999) Differential effects of plant species on a mite pest(*Tetranychus urticae*) and its predator (*Phytoseiulus persimilis*): implications for biological control. Experimental and Applied Acarology 23: 497-512.
- 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.