

가막살나무속 5 수종의 초식에 대한 방어전략^{1a}

김갑태^{2*} · 김희진³

Defense Strategies against Herbivory of Five Species of the Genus *Viburnum*^{1a}

Gab-Tae Kim^{2*}, Hoi-Jin Kim³

요 약

목본식물의 초식에 대한 방어 전략을 알아보고자 가막살나무속 5수종의 잎에 대하여 형태적 특성, domatia 구조와 수, 초식곤충과 응애 서식 여부 등을 관찰 조사하였다. 본 연구를 위해 원주시, 평창군, 태백시, 태안군, 봉화군, 산청군 및 진주시에 생육 중인 나무에서 엽시료를 채취하여 2009년 5월부터 2011년 10월까지 관찰, 조사하였다. 포식응애와의 상리공생을 위한 domatia에 있어서는 아왜나무는 썸지형, 분꽃나무는 호주머니형이었고, 산분꽃나무, 가막살나무 및 산가막살나무는 털복숭이형 domatia를 발달시키고 있었다. 엽당 domatia 평균 갯수는 산분꽃나무에서 24.0개/엽으로 가장 많았고, 분꽃나무에서 4.9개/엽으로 가장 적었다. 엽 표면의 털은 아왜나무를 제외한 가막살나무속 4수종의 엽신과 엽맥의 성모와 강모가 가장 많았으며, 분꽃나무, 산분꽃나무 및 가막살나무에서는 잎 생장이 완성될 때까지 잎의 표면에서도 성모가 유지됨을 확인하였다. 엽연부의 엽맥 끝에 벡타를 분비하는 화외밀선(EFN)은 가막살나무 5 수종에서 모두 관찰되었다. 가막살나무, 산가막살나무에서는 잎 뒷면 선점(pellucid dot)이 분포하는 것이 좋은 방어전략이라 판단된다. 가막살나무의 선점에서 벡타를 먹는 포식응애들이 다수 관찰되었다. 엽당 응애의 개체수는 수종간 고도의 통계적 유의성이 인정되었으며, 엽당 응애 개체수 평균은 산분꽃나무가 8.1마리로 가장 많았으며, 아왜나무가 2.6마리로 가장 적었다. 이러한 결과는 온대 활엽수종은 생존을 위하여 초식에 대한 다양한 방어전략을 발달시키면서 생육하고 있다고 판단된다. 지속가능한 산림생태계를 위한 수목의 초식에 대한 방어전략에 대한 많은 연구가 요청된다고 사료된다.

주요어: 상리공생, 선점, 화외밀선, domatia, 포식응애

ABSTRACT

To explore on the defense strategies against herbivory of five *Viburnum* 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 Wonju-si, Pyeungchang-gun, Taebaek-si, Tae-an-gun, Bonghwa-gun, Sancheung-gun and Jinju-si were investigated from May 2009 to October 2011. Domatia of *V. carlesii* reveals pocket type, these of *V. burejaeticum*, *V. dilatatum* and *V. wrightii* reveal tuft type, and that of *V. odoratissimum* var. *awabuki* reveals pouch type. Domatia number per leaf proves the highest figures, 24.0/leaf for *V. burejaeticum*, and the lowest, 4.9/leaf for *V. carlesii*. Leaf surface trichomes of four *Viburnum* species except for *V. odoratissimum* var. *awabuki* are mainly stellate and hispid on the leaf-blade and veins, and dense stellate

1 접수 2011년 11월 20일, 수정(1차: 2012년 6월 8일), 게재확정 2012년 6월 9일

Received 20 November 2011; Revised(1st: 8 June 2012); Accepted 9 June 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 본 학회 2011년도 정기총회 및 학술논문발표회에서 발표한 내용(Kim and Kim, 2011)을 보완한 것임.

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

trichomes on the upper leaf surface of *V. carlesii*, *V. burejaeticum*, and *V. dilatatum* are observed till late growing season. Extrafloral nectaries(EFN) on the terminal veins of five *Viburnum* species are observed. Pellucid dots on the lower leaf surface of *V. dilatatum* and *V. wrightii* might be a good defense strategies against herbivores. We observe many predatory mites eating nectar on large pellucid dots of *V. dilatatum*. Predatory mites number per leaf proved highly significant differences among tree species, and mean of mites number was highest values 8.1/leaf for *V. burejaeticum*, and the lowest 2.6/leaf for *V. odoratissimum* var. *awabuki*. These results indicate that temperate broadleave trees develop various defense strategies against herbivores for survival. The more studies on the defense strategies against herbivores of tree species might be needed for sustainable forest ecosystem.

KEY WORDS: MUTUALISM, PELLUCID DOT, EXTRAFLORAL NECTARY, DOMATIA, PREDATORY MITES

서론

생태계를 유지하는 생산자인 식물은 지구상에 출현한 이후로 끊임없이 초식곤충이나 초식동물들의 공격을 받으며, 이에 대한 저항력을 하는 방향으로 진화해왔다. 지금까지 알려진 직접적 방어전략으로는 가시나 여러 종류의 털을 줄기 잎 등에 발생시키거나 대사산물인 화학물질을 분비하여 초식의 피해로부터 벗어나려는 다양한 노력을 기울였고, 간접적 방어 전략으로는 초식에 대한 반응으로 휘발성물질을 발산시켜 포식곤충을 유인하여 초식곤충을 방어하거나, 꽃 이외의 다른 부분에 감로를 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 포식 및 식균성 응애의 피난처 역할을 하는 잎의 미세구조로 개미가 서식하는 보다 큰 공간에 대비시켜 acrodomatia(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 포식성 또는 식균성 응애류가 산란하고 탈피하기도 하는 서식처로 알려졌다.

O'Dowd and Pemberton(1994, 1998)은 한국에서 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, domatia의 유무는 포식 또는 식균성 응애류의 풍부도에 영향을 밝혔다. 이러한 결과는 식물과 응애 간의 상리공생(mutualism)을 주장하는 보고들(Walter, 1996; Kabicek, 2003; Monks

et al., 2007; Weintraub and Palevsky, 2008)과 일치하며, 온대지방에서 응애와 식물간의 상리공생이 빈번하다는 것을 나타낸다고 주장하였다.

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, domatia같은 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 억제효과를, Kim et al.(2010b)은 가래나무의 선모가 식성 절지동물의 밀도억제 효과를 보고한 바 있다. 국내 단풍나무속(Kim et al., 2009a), 층층나무속(Kim et al., 2009b) 몇 수종에 대해 domatia, 포식응애 및 초식절지동물을 조사하여 포식응애와 활엽수종의 상리공생을, Grostal and O'Dowd(1994)는 가막살나무속 *V. tinus*에서 잎의 domatia가 포식응애의 수와 번식에 영향하여 상리공생을 보고한 바 있다.

이 연구는 국내에 분포하는 가막살나무속 수종들의 초식에 대한 방어전략을 탐색하고자 가막살나무속 5수종들을 대상으로 잎의 형태적 특성, domatia 구조, 초식곤충 및 응애의 서식여부를 조사하였다.

재료 및 방법

우리나라에 생육중인 가막살나무(*Viburnum*)속 5수종들의 초식에 대한 방어전략 탐색을 위하여 각 수종에 대하여 생육기간 중에 잎을 채취하여 잎의 형태적 특성과 domatia와 응애류의 서식실태 조사를 수행하였다.

모든 조사와 시험은 2009년 5월 초순부터 2011년 10월 하순까지 진행되었으며, 분꽃나무, 산분꽃나무, 가막살나무, 산가막살나무와 아왜나무를 대상으로 하였다. 원주시, 평창군, 태백시, 태안군, 봉화군, 산청군 및 진주시에 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(脈腋, vein axils)에 있는 domatia수를 20x hand lens를 이용하여 조사하였으며, 10-80x 해부현미경(V8 Discovery, Zeiss, Germany) 하에서 잎의 앞, 뒷면 털의 유무 등 형태학적 특성과 잎에 서식하는 응애, 진딧물 등의 절지동물들을 관찰 및 촬영하였다.

결과 및 고찰

가막살나무(*Viburnum*)속 5수종들의 초식에 대한 방어전략을 Table 1과 Figure 1에 보였다. 포식응애와의 상리공생을 위한 domatia에 있어서는 분꽃나무는 호주머니형(Figure 1A)를 지녔고, 산분꽃나무(Figure 1D), 가막살나무(Figure 1G), 산가막살나무(Figure 1L)는 털북숭이형, 아왜나무는 싹지형(Figure 1O, 1P), domatia를 발달시키고 있었다. 이러한 결과는 Kim *et al.*(2010a)이 활엽수종의 domatia 구조를 보고한 결과에 포함되며, 아왜나무의 domatia는 같은 형

태이며, 단풍나무속에서 (Kim *et al.*, 2009a), 층층나무속에서(Kim *et al.*, 2009b) 밝힌 domatia를 포식응애에게 제공하여 식식성 미소절지동물들을 방어하는 것과 같은 경향이 있었다.

가막살나무속의 5종에 대한 직접적 방어전략으로 엽신과 엽맥의 성모가 가장 일반적이었으며, 분꽃나무, 산분꽃나무 및 가막살나무에서는 잎생장이 완성될 때까지 잎의 표면에서도 성모와 강모가 유지됨을 확인하였다. 초식성 절지동물들이 천적을 피하고자 잎 뒷면에서 먹이를 먹으므로 식해를 피하기 위하여 잎의 뒷면에는 대부분 성모가 밀생함을 확인하였다. 이러한 결과는 Kim *et al.*(2009a)의 털의 밀도가 높은 것은 초식에 대한 방어전략의 하나가 될 수 있을 것이라는 보고나, Kim *et al.*(2010b)이 가래나무의 선모가 훌륭한 방어전략임을 밝힌 것으로 보아 분꽃나무 등의 세 수종은 산가막살나무나 아왜나무보다 밀생한 성모로 초식을 방어하는 직접적인 방어전략을 채택하고 있다고 사료된다.

포식응애와 상리공생을 위해 식물이 만드는 엽당 domatia의 수에서는 산분꽃나무가 24.0개로 가장 많았고, 다음으로 산가막살나무, 가막살나무, 아왜나무 순으로 그 수가 감소하고, 분꽃나무에서 4.9개/엽으로 가장 적었다. 엽당 포식응애의 수에서는 산분꽃나무가 8.1마리로 가장 많았으며, 다음으로 산가막살나무, 분꽃나무, 가막살나무, 아왜나무 순으로 그 수가 감소하는 경향이 있었다.

휘발성물질을 발산시켜 포식곤충을 유인하여 초식곤충

Table 1. The defense strategies against herbivory of five species of the Genus *Viburnum*

Species	Trichome density on leaf blade			Domatia (No./leaf)		Predatory mites/ leaf (Mean±SD)	EFN	Sources
	Type	Upper	Lower	Type	Mean±SD			
<i>Viburnum carlesii</i>	Stellate	++; on blade	+++; on blade and vein	Pocket Tuft	4.9 ±2.0	3.9±2.6	terminal vein * flower like tissue	Wonju, Taean
<i>V. burejaeticum</i>	Stellate, Hispid	++ ; on blade	+++; on blade and vein	Tuft	24.0 ±6.3	8.1±4.6	terminal vein	Bonghwa, Taean
<i>V. dilatatum</i>	Stellate	++ ; on blade	+++; on blade and vein	Tuft	13.6 ±2.7	3.3±2.3	t.v. + pellucid dot	Taean, Sancheung
<i>V. wrightii</i>	Hispid	+ ; on blade	++ ; on vein	Tuft	17.5 ±7.5	5.3±4.5	t.v. + pellucid dot	Taebaek Bonghwa Pyeungchang
<i>V. odoratissimum</i> var. <i>awabuki</i>	-	-	-	Pouch	9.3 ±1.6	2.6±0.9	terminal vein	Taean, Jinju
F-values					50.42* *	7.34**		

** < p=0.01, *2 EFN: Extrafloral nectaries

을 방어하거나, 꽃 이외의 다른 부분에 감로를 분비하여, 개미나 말벌 등을 불러들여 초식곤충이 접근하지 못하게 하는 방법(Heil, 2008)인 화외밀선(Extrafloral nectary)의 형태로 엽연부의 엽맥 끝에 넥타를 분비하는 것은 가막살나무속 5 수종에서 모두 관찰되었고, 가막살나무의 엽병 부근에는 상대적으로 큰 선점(pellucid dot)이 두 개 분포하며 (Figure 1H), 산가막살나무에서는 잎 뒷면에는 작은 선점들이 많이 분포하는 것이 타 수종들에 비하여 좋은 방어전략이라 판단된다. 가막살나무의 큰 선점에서 넥타를 먹고 있는 포식응애들이 관찰되었다(Figure 1K). 분꽃나무의 잎 뒷면에는 성모 이외에 꽃모양의 부드러운 털이 있으며, 이를 포식응애가 먹고 있는 것이 관찰되었으며(Figure 1B), 이 구조가 가막살나무와 산가막살나무에서의 선점과 같은 역할을 할 것이라 추정되나 보다 구체적인 연구가 필요할 것이라 판단된다.

가막살나무속의 5 수종의 잎에서는 단풍나무속(Kim *et al.*, 2009a)이나 층층나무속(Kim *et al.*, 2009b)에서 보고된 진딧물, 나무이 등의 식식성 미소절지동물이 거의 없었다. 이러한 결과는 가막살나무속의 수종들이 단풍나무속이나 층층나무속의 수종들에 비하여 방어전략이 보다 발달했음을 암시한다고 판단된다.

이러한 결과는 온대 활엽수종은 생존을 위하여 초식에 대한 다양한 방어전략을 발달시키면서 생육하고 있다고 판단된다. 지속가능한 산림생태계를 위한 수목의 초식에 대한 방어전략에 대한 많은 연구가 요청된다고 사료된다.

인용문헌

- 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.
- Kabicek, J.(2003) Broad leaf trees as reservoirs for phytoseiid mites(Acari: Phytoseiidae). *Plant Protect. Sci.* 39(2): 65-69.
- Kim, G.T., G.C. Choo and H.J. Kim(2010a) A study on the domatia structure of broad-leaved trees in Korea. *Kor. J. Env. Eco.* 24(3): 258-263. (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 *Acer* species. *Kor. J. Env. Eco.* 23(5): 411-417. (in Korean with English abstract)
- Kim, G.T., D.P. Lyu and H.J. Kim(2009b) Exploring on the defense strategies against herbivory of several *Cornus* species. *Journal of Korean Nature* 2(2): 103-108.
- Kim, G.T., D.P. Lyu and H.J. Kim(2010b) Exploring on the defense strategies against herbivory of *Juglans regia* and *J. mandshurica*. *Jour. Korean For. Soc.* 99(3): 298-303. (in Korean with English abstract)
- 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)
- Lundstroem, A.N.(1887) *Planzenbiologische Studien. II. Die Anpassungen der Pflanzen an Thiere.* Nova Acta Reg. Soc. Sci. Ups. Ser. 3. 13: 1-87.
- 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(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.
- Walter, D.E.(1996) Living on leaves: mites, tomenta, and leaf domatia. *Annu. Rev. Entomol.* 41: 101-114.
- 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.

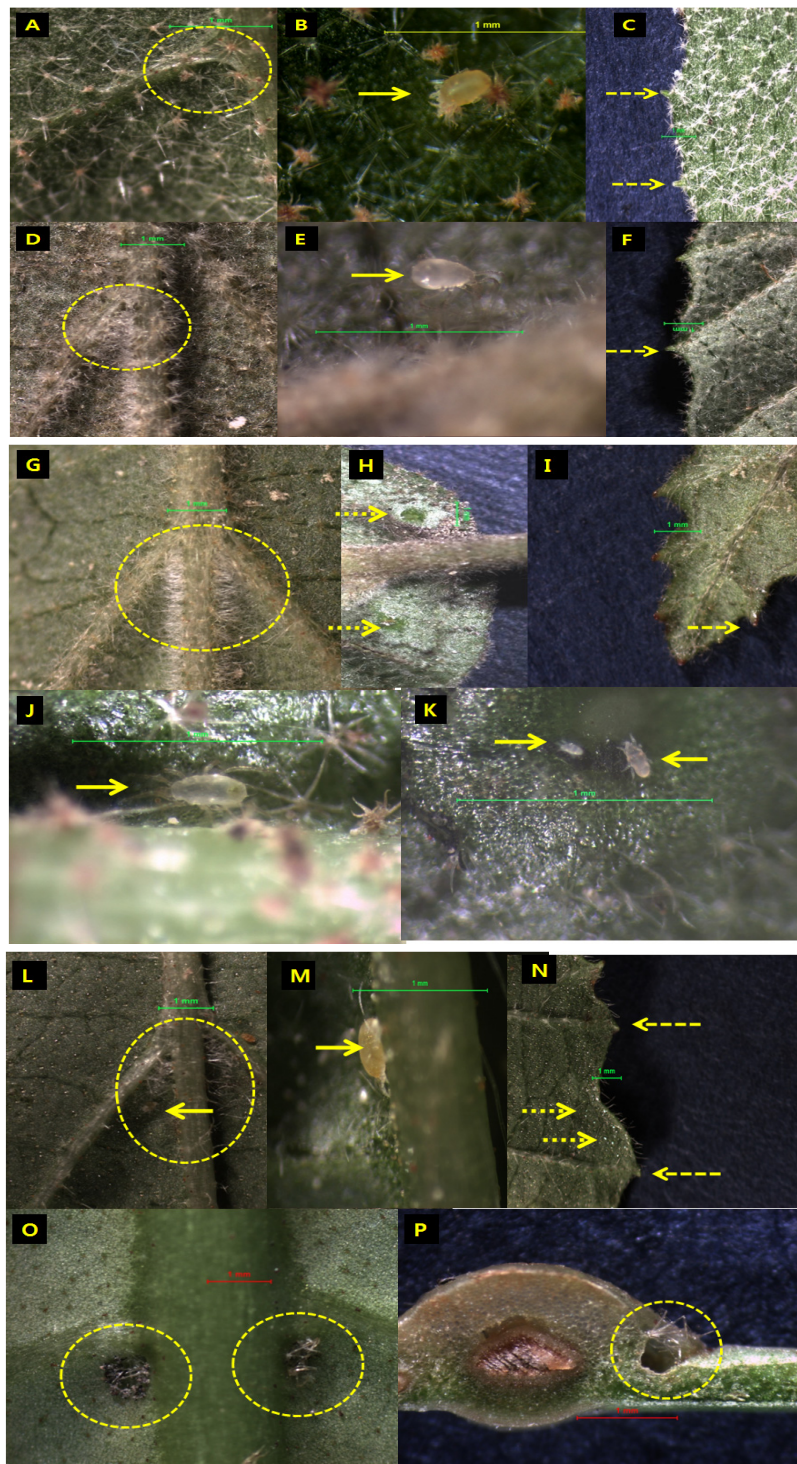


Figure 1. Defense strategies of *V. carlesii*(A, B, C), *V. burejaeticum*(D, E, F), *V. dilatatum*(G, H, I, J), *V. wrightii*(L, M, N) and *V. odoratissimum* var. *awabuki*(O, P). A: Pocket type domatia(⊆), B: predatory mite(→), C: extrafloral nectary(←---), D: Tuft type domatia(⊆), E: predatory mite(→), F: extrafloral nectary(←---). G: Tuft type domatia(⊆), H: pellucid dot(--->), I: extrafloral nectary(←---), J: predatory mite(→), K: predatory mites are eating nectar on pellucid dot. L: Tuft type domatia(⊆), M: predatory mite(→), N: extrafloral nectary(←---), and pellucid dot(--->), O: Pouch type domatia(⊆), P: Cross section, showing pouch type domatia(⊆).