

솔로몬제도에 생육중인 몇 활엽수종의 초식에 대한 방어전략 탐색¹

김갑태^{2*}

Exploring on the Defense Strategies against Hervivory of Several Broad-leaved Tree Species in Solomon Islands¹

Gab-Tae Kim^{2*}

요 약

솔로몬제도의 열대우림에서 생육중인 활엽수종들의 초식에 대한 방어전략을 알아보하고자 26수종의 잎을 대상으로 domatia 구조와 수, 초식곤충과 포식응애 서식여부 등을 관찰, 조사하였다. Guadalcanal 섬, New Georgia 섬, Tetepare 섬에 생육중인 개체목에서 엽시료를 채취하여 2010년 2월 25일부터 3월 5일까지 채집하여 관찰, 조사하였다. 얻어진 결과는 다음과 같다. 총 26종 중에서 *Terminalia catappa*를 비롯한 6종, 23.08%만이 domatia 구조를 지니고 있었다. 특이하게 *Terminalia catappa*는 싹지형(pouch type) domatia와 구덩이-털복숭이형(pit+tuft type) domatia 두 종류가 관찰되었다. 관찰된 포식응애는 *Terminalia catappa*를 비롯한 세 수종에서만 관찰되었고, 그 개체수도 엽당 0.33~0.40 마리로 정도로 적었다. 수목의 잎을 가해하는 해충은 진딧물, 깍지벌레, 나비목 애벌레, 면충 등이었다. 개미는 진딧물 또는 깍지벌레와 공생관계를 이루고 식물을 가해하고 있었다. 이상의 결과는 남반구에 속하는 Solomon Islands 열대우림의 수목들에서는 domatia가 중재하는 포식성 응애와 수목의 상리공생은 현저하게 적다는 것으로 사료된다.

주요어: 열대우림, 싹지형, 구덩이-털복숭이형, 상리공생

ABSTRACT

To explore on the defense strategies against hervivory of broadleaved tree species growing in tropical rain forest, Solomon Islands, morphological characteristics of the leaf, leaf domatia structure and the number, herbivores insects and mites on the leaves of 26 tree species, collected from the trees growing in Guadalcanal, New Georgia, and Tetepare islands, were investigated from Feb. 25 to March 5, 2010. The results are summarized as follows. Six tree species including *Terminalia catappa*(23.08%) among total 26 species have domatia structure. Especially, domatia of *T. catappa* reveals two types; pouch type and pit+tuft type. Predatory mites are observed on the leaves of only three species including *T. catappa*. Predatory mites' number per leaf or leaflet proved a few, 0.33~0.40. Insect pests destroying the leaf of tree species are such as aphids, Diaspididae sp., larva of Lepidoptera, and Eriosoma sp.(Pemphlogidae). Ants are co-works with aphids and Diaspididae sp., and supports herbivores. These results indicate that protective mutualisms between tree and predatory mites may be less frequent in woody species of tropical rain forest in Solomon Islands.

KEY WORDS: TROPICAL RAIN FOREST, POUCH TYPE, PIT+ TUFT TYPE, MUTUALISMS

1 접수 2010년 8월 31일, 수정(1차: 2010년 10월 18일), 게재확정 2010년 10월 19일

Received 31 August 2010; Revised(1st: 18 October 2010); Accepted 19 October 2010

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

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

서론

솔로몬제도(Solomon Islands)는 오세아니아 남태평양의 파푸아뉴기니 동쪽에 있는 섬나라이다. 1884~85년 북부의 섬들은 독일 보호령이, 1893~98년 중앙부와 동부의 섬들은 영국 보호령이 되었고, 1942년 일본군이 점령했다가 미군에 의해 퇴각했으며 미국이 1945년 영국에 반환하여 영국의 지배를 받다가 1978년 7월 7일 영국 연방으로 독립하였다. Guadalcanal섬(수도 Honiara)을 비롯한 New Georgia, Isabel, Malaita, Choiseul 등의 크고 작은 섬으로 구성된 국토면적 30,000 여 km² 정도의 작은 나라이며(Figure 1), 연평균 기온은 29℃, 연평균 강수량 4,000mm 정도인 열대우림(http://www.eoearth.org/article/Solomon_Islands_rain_forests) 지역이다. 1960년대 후반부터 열대림 개발이 시작되었고, 1995년부터 (주)이건이 솔로몬 정부로부터 토지사용권을 받아 이 건 태평양조림회사(Eagon Pacific Plantation Limited)를 운영하며, 최근 지속가능한 임목생산을 시범적으로 실천하고 있다(Youn, 2004).

식물은 지구상에 출현한 이후로 끊임없이 초식성 절지동물이나 동물들의 공격을 받으며, 이에 대한 방어 전략을 개발하면서 진화해왔다. 지금까지 알려진 직접적 방어 전략으로는 가시나 여러 종류의 털을 줄기 잎 등에 발생시키거나 대사산물인 화학물질을 분비하여 초식으로부터 벗어나려는 노력을 기울였고, 간접적 방어 전략으로는 초식에 대한 반응으로 휘발성물질을 발산시켜 육식성절지동물을 불러들여 초식절지동물을 방어하거나, 꽃 이외의 부분에 꿀을 분비하여(extrafloral nectary, EFN; 花外蜜腺) 초식절지동물들의 천적인 육식성응애, 개미, 말벌, 무당벌레 등을 불러들여 초식절지동물이 접근하지 못하게 하는 방법을 이용하였다(Heil, 2008). 다른 하나는 domatia 라는 구조를 발달시켜 포식성 응애와 식물의 상리공생을 통한 간접적인 방어전략이다. domatia는 흔히 잎의 뒷면 주맥과 측맥 사이에 있는 공간에 만들어진 미세한 공간으로 보통의 경우 육식성 또는 식균성 응애류가 산란하고 탈피하기도 하는 서식처(Pemberton and Turner, 1989) 로 알려졌다. Kim *et al.*(2009a)은 8종의 단풍나무속의 domatia 특성과 서식하는 포식성 응애를 보고하였고, Kim *et al.*(2009b)은 충남 태안군 지역에서 67종의 활엽수를 조사하여 46종(68.7%)에서 domatia 구조를 가지고 있음을, Kim *et al.*(2010a)은 한국산 활엽수에서 관찰되는 domatia의 구조를 몇 가지 형태로 구분됨을 밝혔다. O'Dowd and 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, 살아있

는 응애의 70%와 응애 알의 80%는 domatia에서 관찰되었고, domatia의 유무는 육식 또는 식균성 응애류의 풍부도에 영향을 밝혔다.

이에 이 연구는 열대수목의 초식에 대한 방어전략을 탐색하고자, 솔로몬제도(Solomon Islands)에 생육 중인 26종의 활엽수에 대하여 2010년 2월 25일부터 3월 5일까지 채취한 잎의 형태적 특성, domatia구조, 초식곤충 및 응애의 서식여부를 조사하였다.

재료 및 방법

본 연구는 2010년 2월 25일부터 3월 5일까지 솔로몬제도의 몇 지역(Guadalcanal섬의 Honiara, New Georgia섬의 Munda, Arara, Tetepare 섬; Figure 1)에서 생육 중인 열대수종들의 화기구조, 잎과 열매 등을 조사하고, domatia 수를 20×hand lens를 이용하여 검경하였다. 일부 Domatia 구조를 가진 엽조직을 잘라 70% 알콜에 고정시켜 검역필증을 받아 국내로 운반하여, 10-80x 해부현미경(Zeiss V8 Discovery) 하에서 잎의 앞, 뒷면, domatia 구조 등 형태학적 특성과 잎에 서식하는 절지동물들을 검경 및 촬영하였다. 열대수목의 동정은 현지에서 근무 중인 윤양 박사 도움과 Tropical and Subtropical Trees(Schans, 2004)를 비롯한 몇 권의 열대수목도감(Fernando, *et al.*, 2005; Galloway, 2003; Soepadmo and Wong, 1995; Soepadmo *et al.*, 1996)과 촬영한 사진자료들을 이용하였다.

결과 및 고찰

Table 1에 총 16과 26종의 조사대상목의 과명, 종명, 일반



Figure 1. Map of studied sites in Solomon Islands

Table 1. The defense strategies of twenty six woody species growing in Solomon Islands against herbivory

Family	Species	Common name	Growth form	Habit	Domatia		Predatory mites no./ leaves	Usage	Location
					Type	No./ leaf			
Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i>	Tropical almond	Tree	Deciduous	Pouch, Pit+Tuft	18 12.8	0.4	Ornamental, medicinal, timber	Guadalcanal
	<i>T. brassii</i>	Brown Terminalia	Tree	Evergreen	-	-	-	Timber	New Georgia
	<i>T. calamansanai</i>	Yellow Terminalia	Tree	Deciduous	-	-	-	Timber, medicinal	"
Lecythidaceae	<i>Barringtonia asiatica</i>	Sea Poison Tree	Tree	Evergreen	-	-	-	Ornamental, toxic	"
	<i>B. edulis</i>	Cut Nut	Tree	Evergreen	-	-	-	Ornamental, medicinal, timber	"
Phyllanthaceae	<i>Glochidion album</i>	Malabakang	Shrub	-	-	-	-	-	Tetepare
Euphorbiaceae	<i>Macaranga grandifolia</i>	Parasol Leaf Tree	Tree	Deciduous	-	-	-	Ornamental	"
	<i>Acalypha amantacea</i>	Bogus	Shrub	-	Tuft	10.2	-	"	"
Sapindaceae	<i>Pometia pinnata</i>	Fijian longan Taun	Tree	Evergreen	Tuft	15.5	0.34	Timber, medicinal	New Georgia
	<i>Vitex cofassus</i>	New Guinea teak	Tree	Deciduous	Pit+Tuft	11.7	0.33	Timber, medicinal	New Georgia
Lamiaceae	<i>Tectona grandis</i>	Teak	Tree	Deciduous	-	-	-	Timber, medicinal	New Georgia
Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i>	Mahogany	Tree	Evergreen	-	-	-	Timber, medicinal	"
Myrtaceae	<i>Eucalyptus deglupta</i>	Rainbow gum	Tree	"	-	-	-	Timber, medicinal	"
	<i>Acacia mangium</i>	Forest Mangrove	Tree	"	-	-	-	Timber, medicinal	"
Fabaceae	<i>Tipuana tipu</i>	Tipu Tree	Tree	Semi-evergreen	-	-	-	Ornamental	Guadalcanal
	<i>Casuarina equisetifolia</i>	She-oak	Tree	Evergreen	-	-	-	Ornamental, timber	New Georgia
Casuarinaceae	<i>Allocasuarina littoralis</i>	Black She-oak	Tree	"	-	-	-	Ornamental, medicinal	Guadalcanal
	<i>Ficus benjamina</i>	Weeping fig	Tree	Evergreen	-	-	-	Ornamental, toxic	Tetepare
Moraceae	<i>F. macrophylla</i> subsp. <i>macrophylla</i>	Moreton bay fig	Tree	Evergreen	-	-	-	Ornamental	Guadalcanal
	<i>F. benghalensis</i>	Banyan fig	Tree	Evergreen	-	-	-	Ornamental, medicinal	Guadalcanal
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	Lantana	Shrub	Deciduous	-	-	-	Ornamental, medicinal	Guadalcanal
	<i>Premna odorata</i>	Fragrant premna	Tree	Evergreen	Pit+tuft	8.2	-	Medicinal	Tetepare
Rubiaceae	<i>Morinda citrifolia</i>	Noni	Tree	Evergreen	Tuft	8.4	-	Medicinal	"
Apocynaceae	<i>Plumeria obtusa</i>	Frangipani	Tree	Deciduous	-	-	-	Ornamental	"
Rhizophoraceae	<i>Ceriops tagal</i>	Yellow mangrove	Shrub	Evergreen	-	-	-	Erosion control	New Georgia
Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	Papaya	Tree	Evergreen	-	-	-	Edible, medicinal	"

* -: No data available

명, 성장형, 생태형, domatia type, 엽당 domatia 수, 포식성 응애 수, 용도, 조사위치 등을 보였다. 조사대상 26종 중에서 *Glochidion album*을 비롯한 4종이 관목이었고, 22종은 교목

수종이었다. 대부분은 상록성이었으나 *Terminalia catappa*를 비롯한 7종은 생육환경이 나빠지면 일시에 잎을 떨구는 낙엽성 수종이었다.

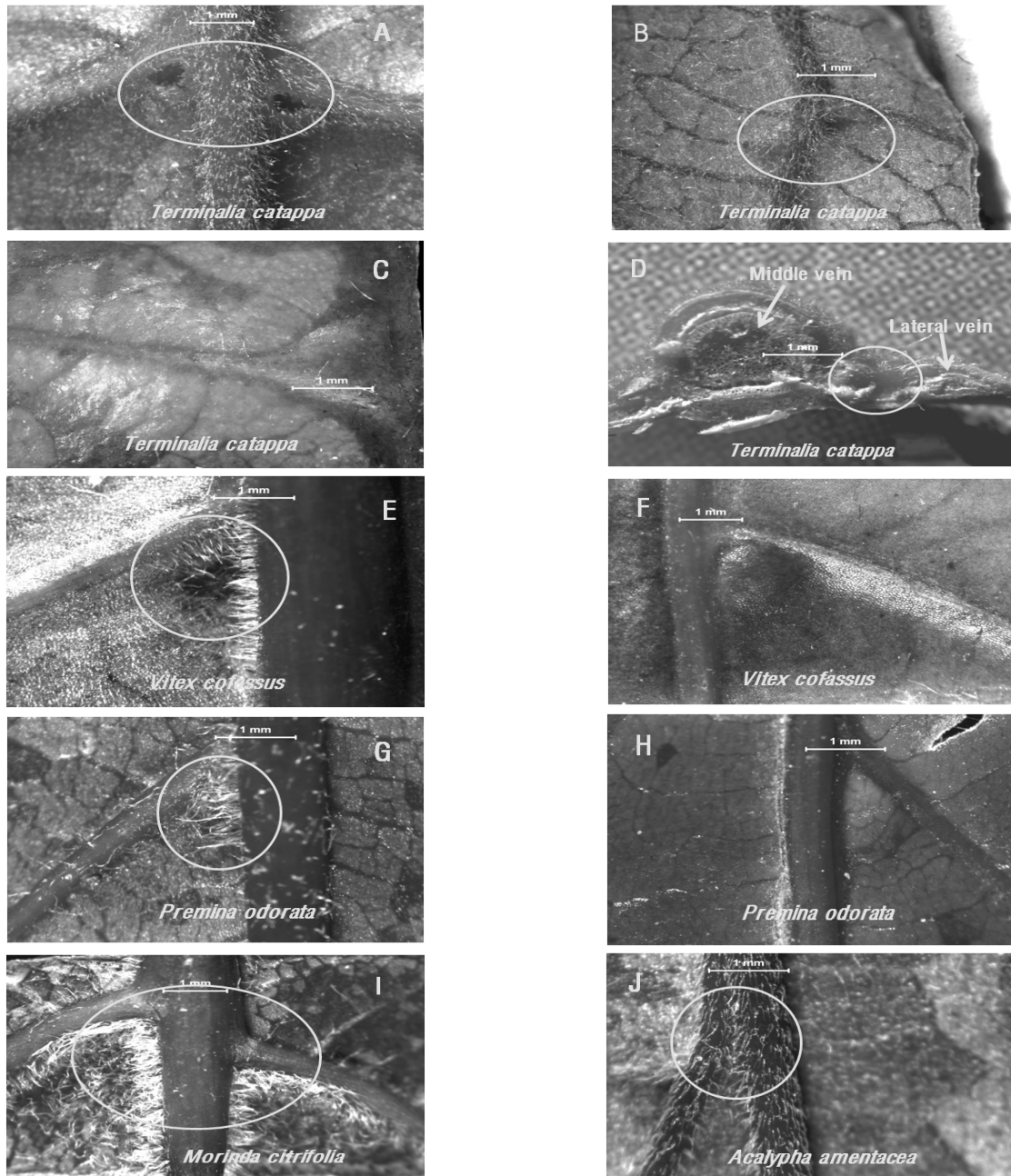


Figure 2. Domatia type(○); *Terminalia catappa*, A: Pouch type; View from the lower leaf surface, showing the openings. B: Pit+tuft types located at the lateral vein. C: View from the upper leaf surface, showing the expansion. D: Cross section, showing pouch type domatia. *Vitex cofassus*, E: Pit+tuft type; View from the lower leaf surface. F: View from the upper leaf surface, showing the expansion. *Premina odorata*, G: Pit+tuft type; View from the lower leaf surface. H: View from the upper leaf surface, showing the expansion. *Morinda citrifolia*, I: Tuft type; View from the lower leaf surface. *Acalypha amentacea*, I: Tuft type; View from the lower leaf surface.

총 26종 중에서 *Terminalia catappa*를 비롯한 6종, 23.08%만이 domatia 구조를 지니고 있었다. 이러한 결과는 우리나라의 충남 태안군 지역에서 67종의 활엽수에서 68.7%(Kim *et al.*, 2009b), 광릉과 점봉산에서 목본식물의 50%(O'Dowd and Pemberton, 1998), 캘리포니아, 하와이 및 코스타리카에서 32개 목본식물 중 31종, 97%(Pemberton and Turner, 1989)는 domatia 구조를 가지고 있음을 보고한 것보다는 낮은 편이었다. 이는 포식성 응애와의 상리공생을 통한 초식에 대한 방어전략의 활용율이 열대림 지역에서는 온대지방에 비하여 낮다는 의미라 판단된다. 이러한 차이는 열대림 지역에서 조사대상 총 26종 중에서 16종, 61.54%가 독성을 지녔거나 약용으로 활용되는 점으로 미루어 2차 대사물질을 통한 방어전략을 보다 많이 활용하기 때문이라 사료된다.

*Terminalia catappa*는 특이하게도 주맥과 측맥 사이에서는 썸지형(pouch type) domatia(Figure 2, A, D), 측맥과 2차 측맥 사이에는 구덩이-털복숭이형(pit+tuft type) domatia(Figure 2, B)가 관찰되었으며, 각각의 domatia는 잎당 평균 각각 18, 12.8개 총 30.8개로 가장 많은 것으로 나타났다. *Vitex cofassus*(Figure 2, E, F)와 *Premina odorata*(Figure 2, G, H)에서는 구덩이-털복숭이형(pit+tuft type) domatia가 관찰되었으며, *Morinda citrifolia*(Figure 2, I), *Acalypha amentacea*(Figure 2, J), 그리고 *Pometia pinnata*에서는 털복숭이형(tuft type) domatia가 관찰되었다. 이러한 결과는 한국의 활엽수에서 주요 토마티아형태를 썸지형, 털복숭이형, 호주머니형, 호주머니+털복숭이형으로 밝힌 Kim *et*

al.(2010a)의 보고, 한국에서 425종의 수목을 조사하여 대부분은 털복숭이형(tuft)과 호주머니형(pocket) domatia 구조였음을 밝힌 보고(O'Dowd and Pemberton, 1994)와는 다른 경향으로 엽신조직이 움푹하게 들어간 구덩형(pit-type)이 많은 편이었다.

관찰된 포식성 응애는 *Terminalia catappa*를 비롯한 세 수종에서만 관찰되었고, 그 개체수도 엽당 0.33~0.40 마리 정도에 불과했다. 이러한 결과는 한국산 층층나무류 5수종에서 1.6~6.0 마리/엽(Kim *et al.*, 2010), 가래나무와 호두나무에서 3.5~4.8마리/엽(Kim *et al.*, 2009b), 한국산 단풍나무류 8수종에서 2.5~9.2 마리/엽(Kim *et al.*, 2009a)에 비하여 매우 적은 수였다. 이러한 결과는 온대지역에 비하여 열대우림 지역에서 domatia가 중재하는 포식성 응애와 수목의 상리공생이 광범위하지 않은 것이라 사료된다.

열대수목의 잎에서 많이 관찰된 해충류를 Figure 3에 보였다. 가장 흔한 곤충류로는 개미였고, 마호가니의 신초에서 관찰된 개미(*Tetramorium bicarinatum*, *Iridomyrmex* sp. *Paratrechina* sp.)는 진딧물과 공생(Figure 3, K), 그리고 깍지벌레와 공생(Figure 3, L) 관계를 이루고 식물을 가해하고 있었다. 한국에서도 개미와 진딧물의 공생은 Kim 등(2010b)에 의하여 층층나무류에서 보고된 바 있다. 그 밖에도 나비목 애벌레(Figure 3, M), 면충(*Eriosoma* sp., Pemphlogidae; Figure 3, N) 등이 식물체를 가해하는 해충이었다.

이상의 결과는 남반구에 속하는 Solomon Islands 열대우림의 수목들에서는 domatia 구조를 가진 수종들도 매우 적

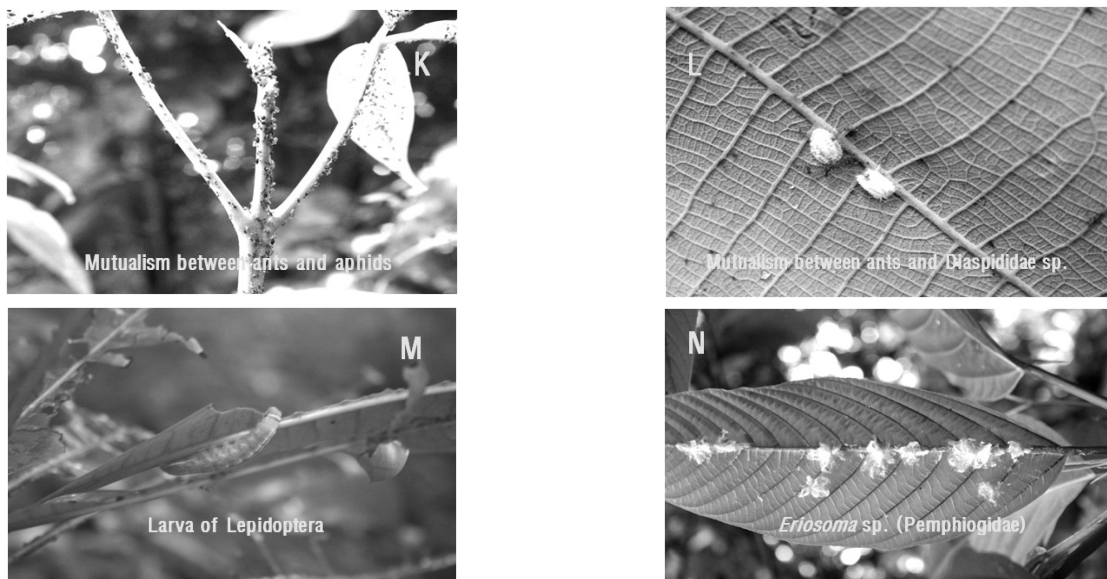


Figure 3. Observed insect pests at the tropical rain forest in Solomon Islands (ants(*Tetramorium bicarinatum*))

은 수이고, 서식하는 포식성 응애도 적은 수가 관찰되어 domatia가 중재하는 포식성 응애와 수목의 상리공생은 온대지방보다는 현저하게 적었으며, 화학적 방어전략을 비롯한 다른 방어전략을 활용하고 있는 것이라 추정된다.

감사의 글

조사과정과 열대수목의 동정을 도와주신 이견산업 태평양조림회사에 근무하는 윤양 박사님, 그리고 벌레무리의 동정을 도와주신 상지대학교 류동표 교수님께 지면을 통해 심심한 감사를 표합니다.

인용문헌

- Fernando, E.S., B.Y. Sun, M.H. Suh, H.Y. Kong and K.S. Koh(2005) Flowering Plants and Ferns of Mt. Makiling. ASEAN-Korea Environmental Cooperation Unit, 368pp.
- Galloway, I.(2003) Wild Plants of Greater Brisbane. Queensland Museum, 372pp.
- Heil, M.(2008) Indirect defense via tritrophic interactions. *New Phytologist* 178: 41-61.
- 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)
- Kim, G.T., D.P. Lyu and H.J. Kim(2010b) Exploring on the defense strategies against herbivory of several *Cornus* species. *Jouranal of Korean Nature* 2(2): 103-108.
- Kim, G.T., D.P. Lyu, T.W. Um and G.C. Choo(2009b) Plant defense strategies against hervivory of several broadleaved tree species in Taean-gun, Chuncheon-gnam-do. Presented at the 2009 annual meeting of the Korean Society of Enviroment and Ecology, Jeonju, Korea, October 15-16. pp. 25-28. (in Korean)
- 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)
- Lundstroem, A.N.(1887) *Planzenbiologische Studien. II. Die Anpassungen der Pflanzen an Thiere.* Nova Acta Reg. Soc. Sci. Ups. Ser. 3. 13: 1-87.
- Nishida, S., H. Tsukaya, H. Nagamasu and M. Nozaki(2006) A comparative study on the anatomy and development of different shapes of domatia in *Cinnamomum camphora*(Lauraceae). *Annals of Botany* 97: 601-610.
- 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.
- O'Dowd, D.J., C.R. Brew, D.C. Christophel and R.A. Norton(1991) Mite-palnt associations from the Eocene of South Australia. *Science* 252: 99-101.
- Pemberton, R.W. and C.E. Turner(1989) Occurrence of predatory and fungivorous mites in leaf domatia. *American Journal of Botany* 76: 105-112.
- Schans, A.V.D.(2004) *Tropical and Subtropical Trees - A Worldwide Encyclopaedic Guide* -. Thames & Hudson, 484pp.
- Soepadmo, E. and K.M. Wong(1995) *Tree Flora of Sabah and Sarawak. Volume One.* Sabah Forestry Department, Forest Research Institute Malaysia and Sarawak Forestry Department, 513pp.
- Soepadmo, E., K.M. Wong and L.G. Saw(1996) *Tree Flora of Sabah and Sarawak. Volume Two.* Sabah Forestry Department, Forest Research Institute Malaysia and Sarawak Forestry Department, 443pp.
- Youn, Y.(2004) Research Report of the Arara Forest from 1997 to 2003. Eagon Pacific Plantation Limited, 42pp.
- <http://www.eoearth.org/article/>