

초식성 곤충유충과 선호 식이식물의 관계

민 병 미

단국대학교 사범대학 과학교육과

Relationship between Herbivorous Insect Larvae and Their Preferring Foodplant

Min, Byeong-Mee

Department of Science Education, College of Education, Dankook University

ABSTRACT

Taxa of the herbivorous insect larvae and their foodplant species were surveyed in a temperate forest of Namhansansung Area, Sungnam City, Kyonggi Province, in 1994~1996 growing season.

Sixty two taxa of insect larvae fed on leaves of 18 woody species in 11 families during three growing season. Larvae began to be detected from the mid-April when the leafing time began. The number of larvae taxa reached to the maximum value(32 taxa) early in May, 1994. It was the time that the value of specific leaf area reached to the maximum. It decreased up to 3~4 taxa in the mid-June.

Taxa of insect larvae were different year by year even in the same season. Most of larvae fed on various plant species, suggesting that they were generalists or polyphagous species. Fagaceae, Betulaceae, Ulmaceae, Rosaceae, Aceraceae, Ericaceae, Oleaceae and Styracaceae were fed on by many taxa of insect larvae, while *Euonymus* spp.(Celastraceae), *Lindera obtusiloba*(Lauraceae) and *Symplocos chinensis* for. *pilosa*(Symplocaceae) were mainly fed on by a few taxon.

Erannis, *Calospilos* and *Phigalia* were observed to feed on various species, but *Illiberis*, *Pryeria* and *Chalocosia* fed on only Rosaceae, *Euonymus* spp.(Cerastraceae) and *Symplocos chinensis* for. *pilosa*(Symplocaceae), respectively. An unidentified larva was observed only on *Lindera obtusiloba* (Lauraceae).

Key words: Herbivorous insect, Generalist, Specialist, Foodplant, Woody plant, Larva, Defensive mechanism.

서론

식물은 1차 소비자인 초식동물에 의하여 에너지를 얻는 수단으로 포식되어 왔다. 이런 과정에서 식물도 초식동물에게 받는 피해를 극소화하려는 방어기작을 획득하는 방향으로 진화하여

왔다(Harborne 1993). 피식에 대한 식물의 방어기작에는 여러 가지가 있으며, 이중 식물 자신이 합성한 2차 화합물을 이용하여 자신을 보호하는 화학적 방어기작은 일부 식물에서 2차 화합물의 구조 및 특성과 함께 잘 밝혀졌다(Feeny 1970, Rauscher 1981, Smith 1989, Dussourd and Denno 1991, Louda and Collinge 1992, Bower and Stamp 1993, Harborne 1993).

한편 식물의 화학적 방어기작을 피하기 위한 수단으로 초식 곤충은 여러 가지의 초식형태를 취하는 역방어기작을 갖고 있으며, 이로 인하여 초식동물은 식이식물종의 선정이나 초식형태에 있어 다양한 현상을 보이고 있다. 이러한 현상의 종합적인 결과로 식이식물종에 따라 초식성 곤충을 크게 특식종 (specialist)과 범식종(generalist)으로 구분하거나(Stamp and Bower 1992) 광식성(polyphagous), 빈식성(oligophagous) 및 단식성(monophagous)으로 나눈다 (Harborne 1993). 이 두 가지 기작, 즉 식물의 방어기작과 초식곤충의 역방어기작에 의하여 식물종-초식곤충종마다 특색있는 관계를 보인다(Stamp and Casey 1993). 이 때문에 이 분야에 대한 연구자료가 많이 축적되었지만 아직 더 많은 자료가 요구되는 실정이다(Harborne 1993). 그런데 근래 들어 식물과 초식동물간의 상호관계에 대한 관심이 높아지고 있다. 그 이유는 첫째, 생물의 공진화적 기작을 규명하는 훌륭한 자료이며 둘째, 해충의 퇴치와 천연물질 개발의 기초를 제공할 수 있기 때문이다(Benson *et al.* 1975). 그러나 이 분야는 곤충학, 식물생화학 및 생태학에서 종합적으로 연구되어야 하는 특성이 있다(Stamp and Casey 1993). 현재 외국에서 식이식물과 초식곤충간의 상호관계에 대한 연구는 체계적이며 많은 자료가 축적된 상태이다. 즉 잎의 전개와 동물의 행동(Aide and Londono 1989, Aide 1993), 곤충의 초식형태(Redfern and Pimm 1988), 식물이 생산하는 2차 화합물의 구조와 특성(Brower *et al.* 1982, Karban and Myers 1989), 초식동물의 역방어기작(Dussourd and Denno 1991), 식물과 초식곤충의 공진화(Feeny 1970, Jermy 1984, Rhoades 1985, Miller and Miller 1986, Harborne 1993) 등에 대한 연구가 매우 활발하다.

국내에서 곤충에 대한 연구는 과(科)나 목(目) 단위의 형태분류와 특정지역의 분포상에 관한 것이 많으며 활발하게 진행되고 있다. 그러나 식물과 초식동물간의 상호관계 혹은 식물의 화학적 방어기작에 대한 것은 매우 부족한 실정이다(김 1984, 임업연구원 1991, 1995).

본 연구의 목적은 식이식물과 초식성 곤충과의 관계를 파악하는데 필요한 기초자료를 얻는 데 있다. 여기서는 경기도 성남시 남한산성 유원지 일대에서 수종 목본식물을 중심으로 식물의 생육초기 유충상의 변화, 수종에 따른 유충의 종류 및 다양성을 조사·요약하였다.

재료 및 방법

본 연구를 위한 야외조사는 1994년 4월부터 1996년 5월까지 경기도 성남시 은행동 남한산성 지역(37° 28' N, 127° 10' E)에서 실시하였다(Fig. 1). 조사 1차년도인 1994에는 민(1994)에

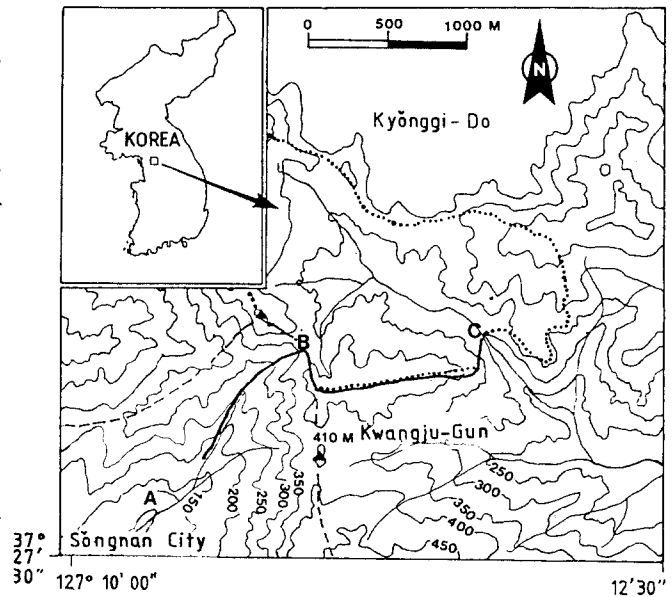


Fig. 1. Map showing the study area. — : surveying route, : Namhansansong citadel, A; recreation ground, B; South Gate, C; East Gate.

따라 목본식물의 개엽이 시작되는 4월부터 1차 염생장이 완료되는 7월까지 주 1회 혹은 2회 실시하였고, 1995년과 1996년에는 1994년의 결과에 준하여 유충의 종류가 가장 많이 출현하는 5월 10일을 중심으로 각각 2회 조사하였다. 본 조사지역은 비교적 좁은 지역(1 km 이내)에 다양한 수종(약 30여 종)이 생육하고(민 1994), 목본식물에 대한 인간간섭이 비교적 적다.

유충조사를 위한 표준목은 등산로를 따라 각 수종별로 3~7개 선정하였다. 이때 표준목의 위치는 등산로와 2~4 m 정도 격리되고 가지의 위치가 유충을 쉽게 관찰할 수 있는 것으로 정하였으며 동일수종간의 거리는 약 30 m 이상을 유지하도록 하였다. 조사대상 수종은 1994년 1차 조사에서 얻은 결과를 토대로 표준목의 수, 상태, 인간간섭 등을 고려하여 11과 18종을 정하였다. 식물의 동정은 이(1981)에 따랐다. 조사지 앞의 양면을 조사하여 곤충 유충의 유무와 함께 잎의 초동까지 면밀히 관찰하여 실제 잎에 상처를 주는 유충만을 기록하고 일부는 채집하여 실험실로 운반한 후 즉시 동정하거나 특징을 기재하고 5% 포르말린에 고정·보관하였다.

나비목(Lepidoptera) 중 나방류는 六浦 등(1991)에 따라 속(屬) 수준으로 동정하고 일부는 임업연구원(1991)을 참고하였다. 동정이 다소 애매하거나 나방류 이외는 체색, 두부전면의 형태, 개안의 배열상태, 자모의 형태, 복각의 수 등에 의하여 구분하였다.

결과 및 고찰

조사 1차년도인 1994년 4월부터 7월까지 출현한 유충의 종류수 변화는 Fig. 2와 같다. 전 조사기간을 통하여 출현한 총 종류수는 40종류이었다. 유충이 처음 발견된 시기는 4월 하순이며, 이후 계속 증가하여 5월 7일에는 32종까지 증가하다가 다시 감소하여 6월 중순 이후로는 3~4 종만 출현하였다. 그런데 민(1994)에 의하면 이 지역에 생육하는 대부분의 목본식물은 4월 초순에 개엽을 시작하고 5월 하순에 잎의 성장을 완료하며, 비엽면적(specific leaf area, SLA)은 철쭉꽃(*Rhododendron sclippenbachii*)과 생강나무(*Lindera obtusiloba*)를 제외하면 5월 10일 이전에 최대치에 도달한다. 따라서 비엽면적이 최대치에 도달하는 시기와 유충의 종류수가 가장 많은 시기는 거의 일치하고 있는 것으로 나타났다. 비엽면적의 값이 크면 초식성 곤충은 식이식물로 이용할 수 있는 연질의 잎이 확보됨을 의미한다.

그런데, Schroeder(1986), Scriber(1977), Reynolds와 Bellward(1989), Stamp와 Bower(1990) 등에 의하면 초식성 곤충 유충이 먹이로 이용할 수 있기 위하여는 잎의 수분함량과 에너지 및 양분(특히 질소원) 함량이 매우 중요하고 이로 인하여 온대지방에서 식물의 개엽시기와 곤충의 산란 및 부화는 밀접한 관계를 맺고 있다(Aide and Londono 1989).

한편 각 수종별로 3년간 5월 10일을 전후하여 출현한 유충의 종류수는 Table 1과 같다. 총 출현종류수는 1994년에 32종류, 1995년에 37종류 및 1996년에 22종류이었고 3년간 조사된 총 종류수는 62종류였다. 따라서 연도에 따라 출현한 종류수에는

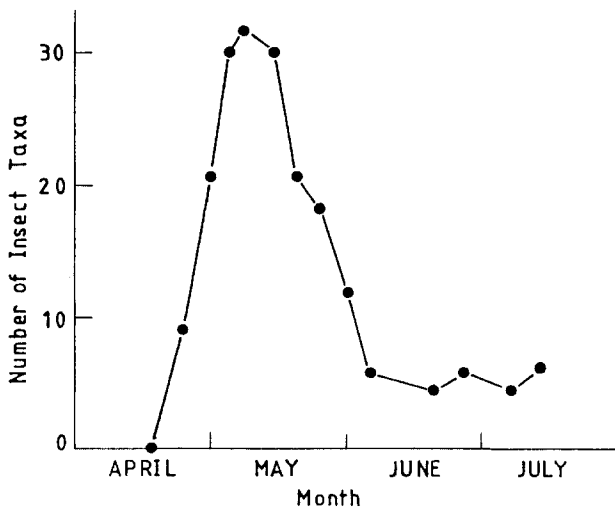


Fig. 2. Changes of taxa number of insect larvae from April to July.

다소 차이가 있었다.

한편 3년간 조사된 곤충 유충의 총 종류수를 수종별로 구분하면 크게 2가지 부류로 구분할 수 있었다. 즉 곤충 유충의 종류수가 10종류 이상 조사된 수종과 그 이하인 것들로 대별되는데, 전자에는 떡갈나무(*Quercus dentata*)를 비롯하여 총 13종이었고, 이들 중 가장 많은 종은 신갈나무(*Quercus mongolica*)와 느릅나무(*Zelkova serrata*)로 18종류의 유충이 포식하였다. 그리고 후자에는 생강나무(*Lindera obtusiloba*)를 비롯하여 5종이었고, 이들 중 회나무(*Euonymus sachalinensis*)와 회잎나무(*E. alatus* for. *ciliato-dentatus*)에 3종류의 초식곤충이 있어 가장 적었다. 이것을 식물의 과에 따라 구분하면 총 11과 중 녹나무과, 노박덩굴과 및 노린재나무과의 수종에는 초식곤충이 적으나 이외 8과에 속하는 수종에는 비교적 다양하였다. 이러한 결과에 의하면 전자의 3과 식물은 특수한 화학적 방어기작 물질을 생산하고 있지만 후자의 식물들은 특수한 화학물질을 생산하지 않는 것으로 추정된다. 그런데 Stamp와 Casey(1993) 및 Harborne(1993)에 의하면 참나무과와 장미과에 속하는 식물종들은 탄닌 외에는 뚜렷한 화학적 방어물질이 없기 때문에 초식곤충이 특수한 역방어기작을 갖지 않더라도 탄닌의 함량이 적은 어린 잎을 포식할 수 있다.

한편 동일 수종에 대하여 연도에 따라, 혹은 동일 연도에 대하여 수종에 따라 조사된 곤충 유충 종류의 상이성을 비교하기 위하여 본 연구에서 처음 시도한 다음과 같은 식으로 그 값을 구하였다.

$$D = \{(n \cdot T / \sum X_i) - 1\} / (n - 1)$$

여기에서 D 는 상이성, T 는 총 종류수, n 은 연수 혹은 수종수, X_i 는 각 수종별 당해연도의 곤충의 종류수이다. 이 식을 이용하면 3년간 주어진 수종에서 조사된 유충상이 동일하면 0, 중복되어 조사된 종류가 전혀 없으면 1의 값이 나온다. 이 식에 의하여 얻어진 결과(Table 1)에 의하면 회나무, 회잎나무 및 귀룽나무를 제외하면 D 값은 모두 0.5 이상으로, 매년 동일지역의 동일 수종에서 포식하는 유충종류가 이질적이었으며, 특히 당단풍(*Acer pseudo-sieboldianum*)의 것은 1.00으로 3년 동안 조사된 종들이 매해 모두 달랐다. 이에 비하여 동일년도의 각 수종에 따른 D 값은 0.25~0.33으로 낮았다. 이러한 결과에 의하면 본 조사지역에 서식하는 곤충은 대부분 다식성 종(polyphagous species) 혹은 범식종(generalist)으로 생각된다. 그리고 동일지역에서 동일시기라도 매년 곤충상이 현저히 달라질 수 있는 것으로 사료된다.

Table 2는 각 수종별로 2년 혹은 3년 동안 공통으로 조사된 유충의 종류를 나타낸 것이다. 여기에서 U 는 미동정된 종류를

Table 1. Number of taxa of insect larvae along the plant species in 1994, 1995 and 1996

Plant species	Year			Total	D
	1994	1995	1996		
<i>Quercus dentata</i>	9	8	2	15	0.68
<i>Q. mongolica</i>	8	10	9	18	0.50
<i>Zelkova serrata</i>	5	11	6	18	0.73
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	6	6	2	12	0.79
<i>Lindera obtusiloba</i>	5	1	1	5	0.57
<i>Prunus leveilleana</i>	3	7	3	12	0.88
<i>P. padus</i>	10	8	5	14	0.41
<i>Crataegus pinnatifida</i>	8	9	4	15	0.57
<i>Sorbus alnifolia</i>	8	6	3	13	0.65
<i>Euonymus sachalinensis</i>	2	1	2	3	0.40
<i>E. macroptera</i>	3	4	1	6	0.63
<i>E. alatus</i> for. <i>ciliato-dentatus</i>	1	3	1	3	0.40
<i>Acer mono</i>	5	4	5	12	0.79
<i>A. pseudo-sieboldianum</i>	6	3	2	11	1.00
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	6	5	3	12	0.79
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	3	2	1	4	0.50
<i>Styrax obassia</i>	9	8	4	17	0.71
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	10	8	6	17	0.56
Total	32	37	22	62	
D	0.25	0.32	0.33		

D; dissimilarity

나타낸다.

식물종별로 볼 때 신갈나무에서 가장 많은 종류가 중복되어 나타났고, 당단풍에서는 전술한 바와 같이 중복 조사된 종류가 전혀 없었다. 한편, 이 결과를 식물의 과별로 비교하면, 두 종 이상인 4과 중 참나무과에서는 과 내 종 사이에 공통분포하는 유충종류가 없었지만 이외에서는 대부분 동일 종류의 유충이 여러 종의 목본식물을 포식하였다. 이러한 결과로 판단할 때 참나무과에는 다양한 초식곤충 유충이 서식할 수 있고, 서식의 여부는 매우 기회적인 것으로 사료된다. 서로 과가 다르지만 느티나무과의 느티나무와 느릅나무과의 느릅나무에서는 *Erannis* sp.(참나무겨울가지나방류)와 *Phigalia* sp.(물결자나방류)가 공통으로 조사되었다. 따라서 이들 두 식물종은 초식곤충에게 유사한 선호도를 제공하는 것으로 생각된다. 녹나무과의 생강나무에서는 오직 한 종류만이 3년 동안 매해 조사되었다. 이 종류는 인시목에 속하는데, 체장 약 30 mm, 연

Table 2. Insect taxa surveyed for 2 years or 3 years along the same plant species. U1~8 indicate unidentified taxa

Plant species	Insect
<i>Quercus dentata</i>	<i>Orthosia</i> , <i>Phigalia</i> , U1
<i>Q. mongolica</i>	<i>Calospilos</i> , <i>Erannis</i> , <i>Spilosoma</i> , U2, U3, U4
<i>Zelkova serrata</i>	<i>Erannis</i> , <i>Phigalia</i> , U5
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	<i>Erannis</i> , <i>Phigalia</i>
<i>Lindera obtusiloba</i>	U6
<i>Prunus leveilleana</i>	<i>Calospilos</i> , <i>Erannis</i> , <i>Illiberis</i>
<i>P. padus</i>	<i>Calospilos</i> , <i>Erannis</i> , <i>Illiberis</i> , <i>Macrophya</i>
<i>Crataegus pinnatifida</i>	<i>Calospilos</i> , <i>Erannis</i> , <i>Illiberis</i>
<i>Sorbus alnifolia</i>	<i>Erannis</i> , <i>Illiberis</i>
<i>Euonymus sachalinensis</i>	<i>Pryeria</i>
<i>E. macroptera</i>	<i>Pryeria</i>
<i>E. alatus</i> for. <i>ciliato-dentatus</i>	<i>Pryeria</i>
<i>Acer mono</i>	<i>Erannis</i>
<i>A. pseudo-sieboldianum</i>	<i>Erannis</i>
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	<i>Erannis</i>
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	<i>Chalocosia</i>
<i>Styrax obassia</i>	<i>Calospilos</i> , U7
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	<i>Phigalia</i> , <i>Wilemarius</i> , <i>Zamacra</i> , U8

두색을 띠고, 복각이 한쌍이며, 전체에 자모가 거의 없고, 두부는 직사각형으로 본 조사에서 정확한 종 동정은 안된 상태이다(U6). 한편 장미과에 속하는 개벚나무, 귀룽나무, 산사나무 및 팔배나무에는 *Calospilos* sp.(버들나방류), *Erannis* sp. 및 *Illiberis* sp.(사과알라나방류)의 3종류 나방류가 공통으로 거의 매년 조사되었다. 그런데 *Illiberis* sp.는 임업연구원(1991)에 의하면 장미과의 목본류를 식이식물로 이용한다. 노박덩굴과의 회나무속에 속하는 3종의 수종에서 *Pryeria* sp.(노랑털알라나방류)가 1994년부터 1996년까지 매해 조사되었다. 한편 단풍나무과와 진달래과 식물에서는 *Erannis* sp.가 2년에 걸쳐 나타났으며, 노린재나무에서는 *Chalocosia* sp.(뒤흰띠알라나방류)가 3개년 동안 계속 관찰되었다. 매죽나무과의 쪽동백에서는 *Calospilos* sp.와 미동정 1종류가 연속 조사되었는데 미동정 1종류(U7)는 연한 잎의 끝을 말고 그 안에 서식하면서 잎을 갉아먹으며 체장 약 15 mm에 두부는 진한 갈색을 띠고 있다. 마지막으로 물푸레나무에는 *Wilemarius* sp.(니토베가지나방류)와 *Zamacra* sp.(가지나방류)를 비롯하여 4종류의 유충이 조사되었다.

이 결과를 유충의 종류에 따라 요약하면 다음과 같다. 즉 *Erannis* sp., *Phigalia* sp. 및 *Calospilos* sp.는 대체로 다양한 식물종을 식이식물로 이용하지만 이들은 생강나무, 노박덩굴과의 식물, 노린재나무, 쪽동백나무 및 물푸레나무는 이용하지 못하고 있다. 그리고 식이식물이 거의 뚜렷하게 한 부류의 식물에만 한정되어 있는 종류에서 유충과 식이식물들은 각각 *Illiberis* sp.와 장미과식물, *Pryeria* sp.와 회나무속식물, *Chalocosia* sp.와 노린재나무 및 미동정(U6) 1종류와 생강나무이었다.

따라서 앞으로 이들에 대하여 좀 더 체계적이고 조절된 환경 하에서 실험을 한다면 식물종과 곤충간의 화학적 방어기작과 역방어기작을 규명할 수 있을 것으로 예상된다. 그리고 본 조사에서 정량적인 자료는 얻지 못하였지만 생강나무, 회나무속 식물, 노린재나무 등에서는 단일 종류이지만 대발생이 종종 관찰되었다. 이들 식물종과 곤충간의 상호작용의 기작이 규명된다면 이 곤충들의 대발생에 효과적으로 대처할 수 있을 것으로 생각된다.

적 요

數種 목본식물의 樹種과 초식성 곤충의 관계를 규명하기 위하여 1994년 4월부터 1996년 5월까지 경기도 성남시 남한산성 구역 내 삼림에서 이 지역의 주요 수종별 서식하는 곤충 유충을 조사하였다.

3년간 11과 18종의 목본식물에서 조사된 초식성 곤충 유충은 총 62종류이었다. 유충은 식물의 개엽이 시작되는 4월 중순부터 관찰되기 시작하여 비엽면적의 값이 가장 큰 5월 7일경 가장 많은 종류가 나타나고 이후로는 잎의 성장완료와 함께 점차 감소하여 6월 중순부터는 3~4종류만이 조사되었다. 한편 매년 같은 기간에 활동하는 초식성 곤충의 종류는 현저한 차이를 보였으며 대부분의 초식성 곤충은 범식성인 것으로 나타났다.

조사된 11과의 목본식물 중 참나무과, 느티나무과, 장미과 등 8과의 식물은 다양한 종류의 초식곤충에게 피식되었지만, 노박덩굴과의 회나무속, 녹나무과의 생강나무, 노린재나무과의 노린재나무는 주로 특정한 1종류에게만 피식되었다. *Erannis* sp., *Calospilos* sp., *Phigalia* sp. 등은 다양한 식이식물을 가지고 있지만 *Illiberis* sp.는 장미과, *Pryeria* sp.는 회나무속, *Chalocosia* sp.는 노린재나무, 미동정 1종류는 생강나무만을 먹이로 이용하여 방어기작-역방어기작의 관계를 규명할 가치가 있는 것으로 사료되었다.

인 용 문 헌

- 金昌煥. 1984. 韓國產 나비類와 그 食餌植物의 分布에 關한 研究. 高麗大學校附設 韓國昆蟲研究所 研究報告 10: 35-124.
- 민병미. 1994. 수 종 목본식물의 개엽 특성에 관한 연구. 한생태지 17: 37-47.
- 이창복. 1981. 대한식물도감. 향문사. 990 p.
- 임업연구원. 1991. 수목병충해도감. 임업연구원. 348 p.
- 임업연구원. 1995. 한국수목해충목록집. 임업연구원.
- 六浦 晃, 山本義丸, 服部伊楚子. 1991. 原色日本蛾類幼蟲圖鑑. 上(238 p.), 下(237 p.). 保育社. 大阪市.
- Aide, T.M. 1993. Patterns of leaf development and herbivory in a tropical understory community. Ecology 74: 455-456.
- Aide, T.M. and E.C. Londono. 1989. The effects of rapid leaf expansion on the growth and survivorship of a lepidopteran herbivore. Oikos 55: 66-70.
- Benson, W.W., K.S. Brown and L.E. Gilbert. 1975. Coevolution of plants and herbivores: passion flower butterflies. Evolution 29: 659-680.
- Bower, M.D. and N. E. Stamp. 1993. Effect of plant age, genotype and herbivory on plant age performance and chemistry. Ecology 74: 1778-1791.
- Brower, L.P., J.N. Seiber, C.J. Nelson, S.P. Lynth and P.M. Tuskes. 1982. Plant determined variation in the cardenolide content, thin-layer chromatography profiles, and emetic potency of Monarch butterflies, *Danaus plexippus*, reared on the milkweed, *Asclepias eriocarpa* in California. J. Chem. Ecol. 8: 579-633.
- Dussourd, D.E. and R.F. Denno. 1991. Deactivation of plant defense: correspond between insect behavior and secretory canal architecture. Ecology 72: 1383-1396.
- Feeny, P.P. 1970. Seasonal changes in oak leaf tannins as a cause of spring feeding by winter moth caterpillars. Ecology 51: 656-681.
- Harborne, J.B. 1993. Introduction to ecological biochemistry. 4th ed. Academic Press. New York. 356 p.
- Jermey, T. 1984. Evolution of insect/plant relation-

- ships. *American Naturalist* 124: 609-630.
- Karban, R. and J.H. Myers. 1989. Induced plant responses to herbivory. *Annual Rev. Ecol. Syst.* 20: 331-348.
- Louda, S.M. and S.K. Collinge. 1992. Plant resistance to insect herbivores: A field test of the environmental stress hypothesis. *Ecology* 73: 153-169.
- Miller, J.R. and T.A. Miller. 1986. *Insect-plant interactions*. Springer-Verlag. New York.
- Rausher, M.D. 1981. Host plant selection by *Battus philenor* butterflies : The roles of predation, nutrition, and plant chemistry. *Ecol. Monogr.* 51: 1-20.
- Redfearn, A. and S.L. Pimm. 1988. Population variability and polyphagy in herbivorous insect communities. *Ecol. Monogr.* 58: 39-55.
- Reynolds, S.E. and K. Bellward. 1989. Water balance in *Manduca sexta* caterpillars: Water recycling from the rectum. *J. Exp. Biol.* 141: 33-45.
- Rhoades, D.F. 1985. Offensive-defensive interactions between herbivores and plants: Their relevance in herbivore population dynamics and ecological theory. *American Naturalist* 125: 205-238.
- Schroeder, L.A. 1986. Changes in tree leaf quality and growth performance of lepidoptera larvae. *Ecology* 67: 1628-1636.
- Scriber, J.M. 1977. Limiting effects of low leaf-water content on the nitrogen utilization, energy budget, and larval growth of *Hyalophora cecropia* (Lepidoptera: Saturniidae). *Oecologia* 28: 269-287.
- Smith, C.M. 1989. *Plant resistance to insects. A fundamental approach*. Wiley. New York. 286 p.
- Stamp, N.E. and M.D. Bowers. 1990. Phenology of nutritional differences between new and mature leaves and its effect on caterpillar growth. *Ecological Entomology* 15: 447-454.
- Stamp, N.E. and M.D. Bowers. 1992. Foraging behavior of specialist and generalist caterpillars on plantain (*Plantago lanceolata*). *Ecological Entomology* 17: 273-279.
- Stamp, N.E. and T.M. Casey. 1993. *Caterpillars*. Chapman & Hall. New York. 587 p.

(1997년 2월 13일 접수)