

충영을 형성하는 외줄면충 (진딧물상과: 매미목)의 생태

이 원 구 · 황 창 연*

전북대학교 자연과학대학 생물과학부, 전북대학교 농과대학 생물자원과학부*

적 요: 1997년 4월부터 6월 사이에 전북 전주시 천잠산에서 외줄면충(*Paracolopha morrisoni* Baker, 1919)의 충영 형성과 1차 기주식물인 느티나무 잎의 생장과의 관계를 조사하였다. 외줄면충은 느티나무 가지의 3~4번째 잎에 많이 분포하며, 주로 잎의 하단 엽맥에 충영을 형성하였다. 충영은 4월 20일 경에 형성되기 시작하였으며, 4월 23일에는 길이(2.98 mm)와 폭(2.24 mm)이 비슷하였으나 길이의 생장이 빨라져 5월 12일에는 길이(11.05 mm)와 폭(6.60 mm)이 최대로 생장하였는데 이는 잎의 길이 생장과 매우 밀접한 상관관계를 나타내었다. 충영을 절개하여 외줄면충의 발육상황을 조사한 결과, 간모가 3번 탈피하여 5월 8일에 간모 성충이 100% 나타났으며 제2 세대를 체내에 간직하고 있었다. 5월 19일에는 간모 성충의 84.8%가 사망하였다. 제2 세대인 이주형은 5월 12일에 약충이 나타나기 시작하였고 5월 하순에 4회 탈피하여 6월 3일에는 유시 성충이 나타났다. 6월 7일에는 충영의 기부가 열려 유시 성충이 탈출하고 그 후 충영은 갈색으로 변하여 쇠퇴하였다. 이상의 충영 형성과정을 볼 때 간모 세대가 충영의 형성과 생장에 관여하며 제2 세대는 충영의 생장과 관계가 없었다.

검색어: 느티나무, 생활사, 외줄면충, 진딧물, 충영.

서 론

식물체에 발생하는 충영(gall)은 식물조직과 기생성 곤충의 복잡한 상호작용으로 인하여 형성되며 중국이나 인도 및 유럽에서는 1,000여년 전부터 의약, 산업 및 음식물로서 광범위하게 이용되어 왔다(Mani 1992). 충영을 형성하는 곤충은 약 13,000종 정도가 알려져 있는데 이들은 대부분 고도의 기주식물 특이성을 가진다(Forrest 1987, Dreger-Jaffret and Shorthouse 1992). 외줄면충(*Paracolopha morrisoni*)은 느티나무(*Zelkova serrata*)의 잎에 기생하여 충영을 형성하는 곤충으로서 우리 나라(Saito 1931, Akimoto 1985, Lee et al. 1993)를 비롯하여 미국(Baker 1919), 중국(Zhang and Zhong 1983), 일본(Akimoto 1985) 등지에 분포하고 있다.

우리 나라에서는 백(1972)이 우리말 이름을 붙이지 않은 채 *Colopha morikaensis* (Monzen 1929)로 보고된 Saito (1931)의 기록을 인용한 바 있다. 그 후 Akimoto(1985)는 1982년도에 경북 팔공산에서 외줄면충의 간모(fundatrix)를 채집한 기록을 남겼다. Akimoto(1985)의 개정 작업에 의하여 속명과 종명이 바뀐에 따라서 최근에 Lee 등(1993)이 *Paracolopha morrisoni*(Baker 1919)로 바로 잡으면서 외줄면충이라는 우리말 이름을 사용하였다.

그러나 이 종의 생태는 제2 기주식물(secondary host)이 대나무라는 것과 제1 기주식물인 느티나무에서의 생활사 일부만이 밝혀졌을 뿐(Akimoto 1985), 외줄면충과 느티나무의 상호 관계에 관해서는 상세한 정보가 없는 실정이다.

따라서 본 조사는 면충이 제1 기주식물을 침입하는 시기, 충영의 생장과정 및 충영 속에서의 면충의 발육과정 등과 같은 외줄면충의 충영에 관한 생태를 밝혀려고 수행되었다.

재료 및 방법

1997년 4월부터 6월까지 전라북도 전주시 완산구 효자동 천잠산(Fig. 1)에서 외줄면충에 의해서 충영이 형성된 느티나무의 가지와 잎을 무작위적으로 채집하여 가지당 잎 수와 엽맥을 기준으로 충영의 형성 위치를 조사하였다.

기상조건은 전주기상대의 기상자료 중에서 관찰기간에 해당되는 1997년 3, 4, 5, 6월의 평균 기온과 강수량을 과거 30년동안의 평년 수치와 대조하여 비교하였다(Table 1).

4월 23일에 충영 형성 초기의 잎에 비닐 끈을 묶어 표지하였고, 5월 22일까지 3~5일 간격으로 9회에 걸쳐 충영의 길이와 폭, 충영이 형성되어 있는 잎의 길이와 폭을 Virginia calipers(Mod CD-15, Mitutoyo)로 측정하였다.

충영을 절개하고 외줄면충 제1 세대와 제2 세대의 발육 단계를 탈피각의 유무 및 탈피각 수를 참조하여 충태(stadium)를 판정하였으며 무시성충(apterous adult)의 생사 여부를 조사하였다.

외줄면충은 50% lactic acid에 넣어 투명화시킨 다음 Danielsson(1985)의 방법에 따라 PVA 포매액으로 영구 슬라이드 표본을 제작하여 위상차현미경(Nikon, Optiphot-2)으로 관찰하였다.

* 이 연구는 1996년도 한국과학재단 특정기초연구비(96-04-01-15-01-3)의 지원에 의한 결과임.

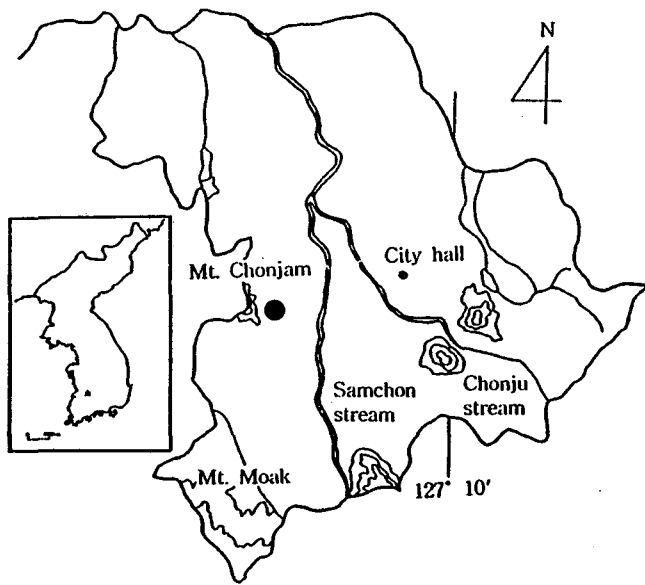


Fig. 1. Map showing the study site (●) at Chonju city, Chonbuk province.

결 과

충영의 형성 위치

외줄면충이 충영을 형성하는 느티나무 가지와 잎의 위치를 조사한 결과는 다음과 같다. 먼저 느티나무 가지 123개를 무작위적으로 채취하여 잎의 수를 조사해 본 결과, 8개의 잎을 가진 경우가 24.4%로 가장 많았고 7~9개의 잎을 가지고 있는 경우가 65.9% 이었다(Table 2).

또한 232개의 느티나무 가지를 채취하여 충영이 형성된 잎을 조사한 결과 52.6%가 가지의 기부로부터 3~4번째, 84.5%가 2~5번째의 잎에 충영을 형성하였다(Table 3).

느티나무의 잎 위에 형성된 605 개의 충영에 대하여 엽맥을 기준으로 충영의 위치를 조사한 결과, 2번째 엽맥의 위치에서 120개인 19.8%로 가장 많았고 67.8%가 5번째 엽맥 이하에서 형성되었으며 그 이상의 엽맥에서는 점차 감소하였다(Table 4).

충영과 잎의 생장

본 조사에서 충영이 처음 확인된 것은 4월 20일 경이었다. 충영은 잎의 아랫면에서 형성되기 시작하여 잎의 윗면으로 자라며 아랫면에 개구부가 있고 윗면에 충영부가 형성되었

Table 1. Meteorological data at Chonju (Korea Meteorological Administration 1997)

		March			April			May			June		
		Early	Middle	Late	Early	Middle	Late	Early	Middle	Late	Early	Middle	Late
Average temperature	'97	6.2	8.4	6.6	10.8	12.8	14.0	18.2	18.7	17.9	20.8	23.7	24.8
	Ordinary year	3.4	5.5	7.2	10.3	12.6	14.8	16.4	17.7	19.5	20.6	22.1	23.2
Precipitation	'97	25.2	14.6	0.2	57.6	3.1	3.3	104.6	29.4	23.2	72.6	66.0	71.4
	Ordinary year	21.4	17.0	21.7	28.2	37.7	33.4	36.0	31.9	29.4	40.4	39.0	67.3

Table 2. Number of the leaves per branch of *Zelkova serrata*

Number of leaves per branch	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
Number of branches (%)	1 (0.8)	2 (1.6)	6 (4.9)	13 (10.6)	25 (20.3)	30 (24.4)	26 (21.2)	10 (8.1)	7 (5.7)	2 (1.6)	1 (0.8)	123

Table 3. Number of the branches and leaves with galls of *Zelkova serrata*

Order of the leaves*	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	Total
Number of branches (%)	6 (2.6)	38 (16.4)	58 (25.0)	64 (27.6)	36 (15.5)	19 (8.2)	6 (2.6)	4 (1.7)	1 (0.4)	232

* Order from the base of branches.

Table 4. Number of the galls according to the leaf veins of *Zelkova serrata*

Order of leaf veins	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	11th	12th	13th	14th	15th	16th	Total
Number of galls (%)	69 (11.4)	120 (19.8)	93 (15.4)	67 (11.1)	61 (10.1)	50 (8.3)	52 (8.6)	45 (7.4)	34 (5.6)	34 (5.6)	22 (3.6)	15 (2.5)	8 (1.3)	2 (3.3)	1 (1.7)	1 (1.7)	605

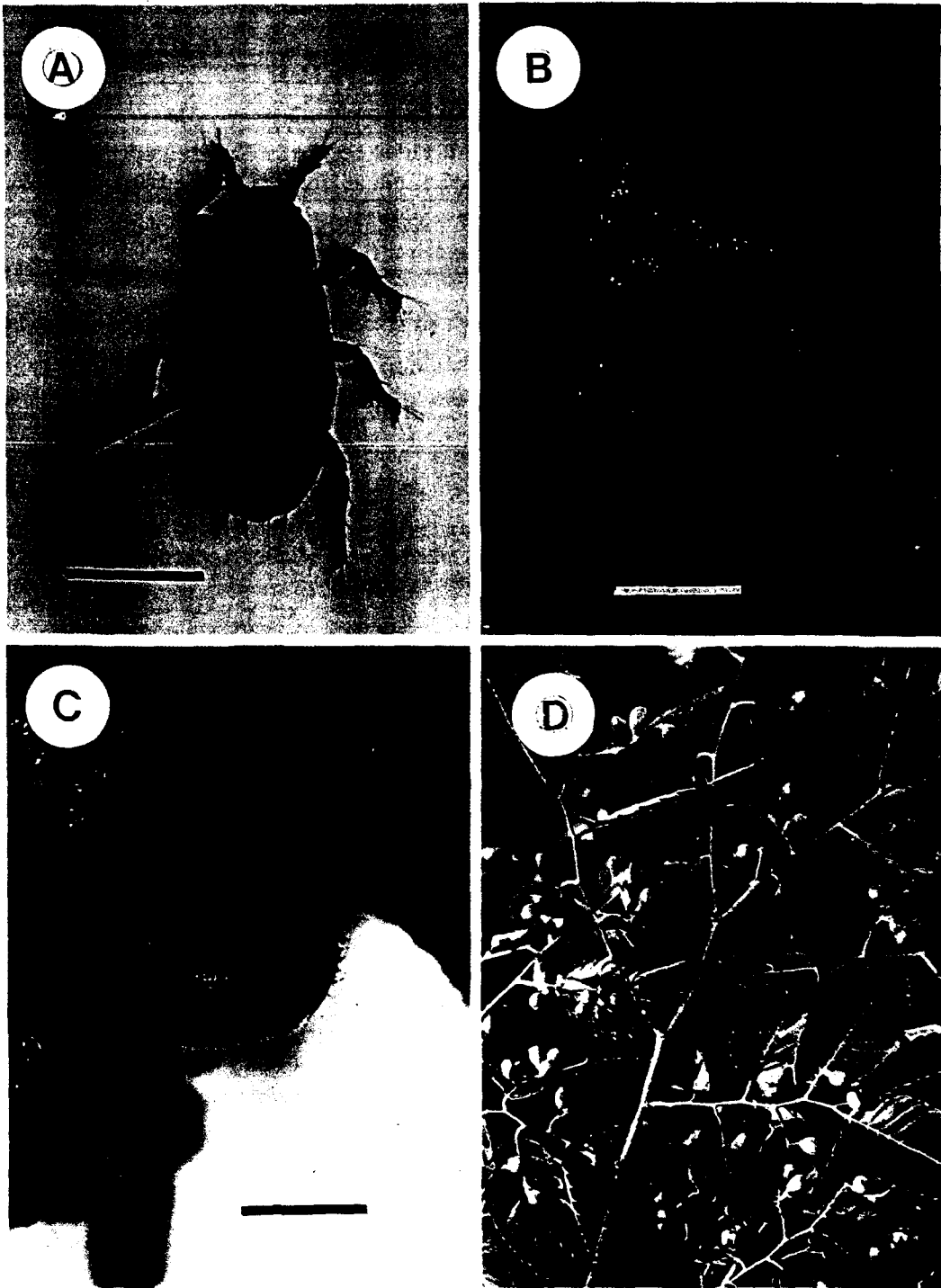


Fig. 2. Gall formation process and fundatrix of *Paracolopha morrisoni*. A. Ventral view of the migrating fundatrix (bar=0.5mm), B. Just formed gall under the elm leaf (bar=2mm), C. Open gall showing a fundatrix larva (bar=2mm), D. Fully grown galls on elm leaves.

다 (Fig. 2). 충영의 성장 상태를 야외에서 조사하기 위하여 4월 23일 충영이 형성된 느티나무 앞에 표지하고 당일 충영의 길이와 폭을 조사한 결과 길이는 2.98 mm, 폭은 2.24 mm이었다. 이처럼 충영의 형성 초기에는 길이와 폭이

비슷하였으나 성장하는 과정에서 길이의 신장이 빨라져 5월 12일에는 길이가 11.05 mm, 폭이 6.60 mm로 완전히 성장하였다 (Table 5, Fig. 3).

충영과 잎의 성장곡선을 비교하기 위하여 충영이 형성된

Table 5. Changes in lengths and widths of the galls induced by *Paracolopha morrisoni* on the leaves of *Zelkova serrata* (unit: mm) (n=30)

Gall	April				May				
	23	28	1	5	8	12	15	19	22
Length	2.98±1.133	5.01±1.498	7.96±2.122	8.63±2.188	9.17±1.618	11.05±1.937	9.42±1.645	8.68±1.646	11.15±1.842
Width	2.24±0.526	3.52±0.800	5.43±1.544	6.11±1.037	5.97±1.078	6.60±0.917	6.32±0.895	5.75±0.959	6.00±0.826

Table 6. Changes in lengths and widths of the leaves of *Zelkova serrata* (unit: mm) (n=30)

Leaf	April				May				
	23	28	1	5	8	12	15	19	22
Length	59.58±11.070	64.29±12.452	76.58±26.306	82.90±19.256	80.66±20.411	91.46±18.777	81.90±17.149	94.14±32.078	82.17±24.269
Width	26.65± 6.256	29.80± 6.474	35.05± 9.254	31.12± 7.929	39.13± 9.661	48.40± 9.255	42.25± 5.894	43.58±15.567	43.08± 8.401

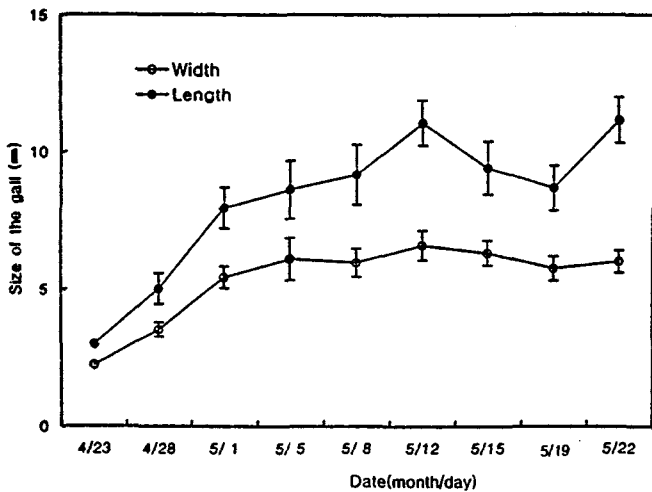


Fig. 3. Growth curves of the galls induced by *Paracolopha morrisoni*.

잎의 크기를 4월 23일부터 5월 22일까지 측정하였다.

면충이 침입하여 2령충이 77.6%인 4월 23일의 느티나무 잎의 길이는 59.58 mm, 폭은 26.65 mm였으나 무시성충이 대부분인 5월 12일에는 길이가 91.46 mm, 폭이 48.40 mm로 잎은 완전히 성장하였다(Table 6, Fig. 4).

간모 세대가 발육하기 시작하고 충영과 잎이 자라기 시작하는 4월 23일부터 간모 세대의 발육이 끝나고 충영과 잎이 최대로 성장되었다고 판단되는 5월 12일까지 6차에 걸쳐서 조사한 측정치(Table 5, 6)를 가지고 충영과 잎의 길이 및 폭 간의 상관정도를 계산해 보았을 때, 충영의 길이와 폭의 생장은 잎의 길이 생장과 유의성이 매우 높았다(0.99**, 0.97**). 또한 충영의 길이와 잎의 폭과는 유의성이 있었으나(0.87*), 충영의 폭과 잎의 폭과는 유의성이 낮은 것(0.77)으로 나타났다(Table 7).

충영내 외줄면충 제1 세대와 제2 세대의 발육

야외에서 충영이 형성된 잎을 채취하여 해부현미경 하

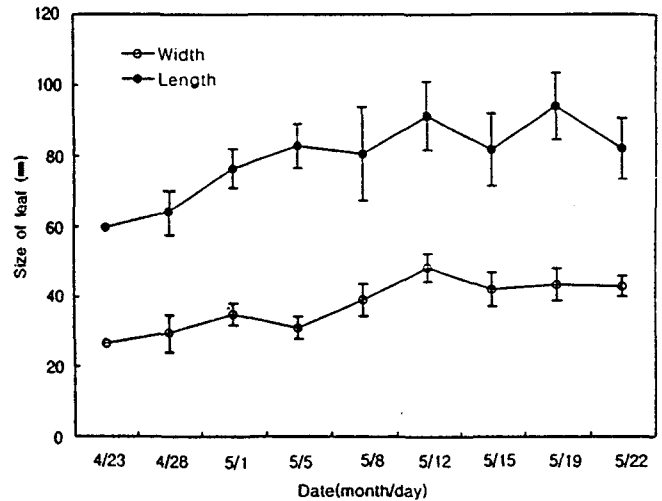


Fig. 4. Growth curves of the leaves of *Zelkova serrata* with galls.

Table 7. Correlation coefficients between growth of the galls induced by *Paracolopha morrisoni* and growth of the leaves of *Zelkova serrata*

		Galls		Leaves	
		Length	Width	Length	Width
Galls	Length	1.00			
	Width	0.98**	1.00		
Leaves	Length	0.99**	0.97**	1.00	
	Width	0.87*	0.77	0.85	1.00

에서 충영을 절개하면서 외줄면충의 발육상황을 조사한 결과, 4월 23일에 77.6%가 간모의 2령충인 점으로 보아 4월 20일을 전후해서 간모가 충영을 형성하기 시작한 것으로 생각되고, 4월 28일에는 79.4%가 2령충, 5월 1일에는 3령충과 간모의 무시성충이 각각 45.2%, 5월 5일에는 무시성충이 91.9%로서 제1세대의 발육기간이 15일에 해당하였

Table 8. Number and percent (in parenthesis) mortality of fundatrix (1st generation) of *Paracolopha morrisoni*

	April		May						
	23	28	1	5	8	12	15	19	22
1st instar	11 (22.4)	4 (11.8)							
2nd instar	38 (77.6)	27 (79.4)	4 (9.6)						
3rd instar		3 (8.8)	19 (45.2)	3 (8.1)					
Apterae viviparous female			19 (45.2)	34 (91.9)	32 (100)	54 (100)	40 (100)	33 (100)	34 (100)
Mortality of apterae (%)						6 (11.1)	9 (22.5)	28 (84.8)	34 (100)

Table 9. Number of emigrants (2nd generation) of *Paracolopha morrisoni* in ten galls per day

	May					June			
	22	24	26	28	30	1	3	5	7
1st instar	10	10	1						
2nd instar		2	5	10	10				
3rd instar		1	10	10	2				
4th instar			10	10	10	10	7		
Alate adult						7	10	4	

다. 무시성충은 모두 제2 세대의 영충을 체내에 간직하고 있었고 5월 19일에 이르러 무시성충의 84.8%가 사망하였다(Table 8).

제2 세대인 이주형(emigrant)은 5월 15일부터 제1약충이 나타나기 시작하였다. 5월 22일부터 2일 간격으로 6월 7일 까지 10개씩의 충영을 절개하여 제2 세대의 변화를 관찰한 결과는 Table 9와 같다. 5월 24일부터 제2 약충과 제3 약충, 5월 26일에는 날개짜(wing bud)을 가진 제4 약충이 출현하였으며, 6월 3일에는 유시성충(alate adult)이 나타났고 6월 5일에는 충영당 15~24개체의 유시성충이 관찰되었다. 6월 8일에는 충영의 기부가 열려 유시형 성충이 날아가고 충영은 갈색으로 변하여 쇠퇴하였다.

고찰

외줄면충은 느티나무를 기주식물로 하며 그 분포범위는 일본, 한국, 중국의 극동지방이다. 우리나라에서는 매우 흔한 충영형성 곤충의 하나이다. 그러나 미국에서는 극동에서 수입된 대나무(*Phyllostachys* sp.) 뿌리에서 발견되었다(Baker 1919). 또한 Mordvilko(1935)는 대만에서 대나무 뿌리에서 외줄면충이 무성적으로 번식한다고 하였다. 그후 대나무는 제2 기주식물로 밝혀졌으며 일본에서는 조릿대(*Sasa* sp.)가 중요하다는 것이 알려져 있다(Akimoto 1985). 따라서 외줄면충은 본래 극동에서 서식하는 종으로서, 미국에는 동양에서 이식한 대나무를 통하여 전파된 것으로 추정된다(Akimoto 1985). 봄에 제1 기주식물인 느티나무에 침입하여 충영을 형성하고, 초여름에 느티나무를 떠나 대나무 및 조릿대와 같은 제2 기주식물로 이주하여 월동하는 생활사를 반복하는 것으로 알려져 있다(Akimoto 1985).

Akimoto(1985)는 간모의 성충 및 제1 약충, 이주형 성충, 이주형 성충으로부터 출산된 제1 약충 및 유성형 성충(sexupara adult)의 형태를 상세히 기재하고 측정 하였으며 채집기록을 남겼다. 한편 Aoki and Kurosu(1986)는 *Pemphigus spyrothecae*의 생활사를 상세히 기록하면서 간모가 제1 기주식물에 충영을 형성하고 4 단계의 약충 시기를 거친 후에 무시형 성충이 된다고 하였다. 무시형 성충이 제2 세대의 약충을 낳으면 다시 4단계의 약충 시기를 지난 후에 유시형 성충이 되어 제2 기주식물로 날아가서 그곳에서 무성적으로 번식한 후 유성형 성충이 되어 제1 기주식물로 되돌아온다는 것을 밝혔다. 따라서 같은 먼충과인 외줄면충도 그와 유사한 생활사를 거치는 것으로 추정되고 있으나 제1 기주식물인 느티나무와의 상호 관계에 관한 연구는 거의 이루어지지 않아 외줄면충이 충영을 형성하는 과정을 생태학적으로 상세히 구명할 필요가 있는 실정이다.

본 조사에서는 1997년 4월 23일에 외줄면충이 충영을 형성하는 초기 단계를 관찰하였다(Fig. 2). 관찰 장소의 지형적 조건은 도시 근교의 낮은 구릉 지대로서 남쪽으로 비탈을 이루고 있었으며 주위에 과수원이 있었다. 기후 조건은 5월 상순에 강우량이 다소 많은 것을 제외하고는 평년과 비슷하였다(Table 1). 느티나무와의 관계를 명확하게 파악하기 위하여 잎과 충영의 변화를 상세히 조사하였다. 나뭇가지당 잎의 수는 8개가 가장 많았고 7-9개가 대부분이었는데 비하여 충영이 형성된 잎은 가지의 기부로부터 3-4번째의 잎이 전체의 절반 이상이었고(Table 3), 5번째 엽맥 이하의 위치에 67.8%의 충영이 형성된 것(Table 4)으로 보아 가지 기부의 잎 또는 잎의 기부 쪽이 간모가 접근하기에 물리적으로 용이한 장소인 것으로 추정되나, 잎의 위치에 따라 수분이나 양분의 공급량이 다르기 때문인지는 앞으로 더 검토해 보아야 할 문제이다.

충영은 잎의 아랫부분이 닫힌 후에 잎의 윗부분으로 신장하여 주머니 모양을 형성하고, 5월 12일에 길이와 폭이 완전히 자랐다(Table 5). 한편 충영이 형성된 잎도 5월 중순에 완전히 생장하였다(Table 6). 충영의 길이 생장은 잎의 길이 생장과 고도의 상관관계(Table 7)를 보임으로서 충영의 생장이 잎의 생장과 잘 일치하고 있음을 알 수 있었다.

충영 내부의 제1 세대 외줄면충의 발육은 충영이 완전히 생장하는 5월 12일까지 3회 탈피하여 간모 성충이 되며 5월 22일에는 100% 사망하였다(Table 8). 따라서 충영을

형성하는 주요 원인은 간모에 있으며 충영이 완성되면 간모는 제2 세대 약충을 낳고 간모의 수명은 약 1개월로 추정되었다.

제2 세대는 5월 15일부터 제1 약충이 나타나고, 4회 탈피하여 유시형 성충이 되었다. 유시형 성충이 되기 직전에 날개싹을 가진 약충의 시기가 있었다. 제2 세대는 15~20일 정도의 발육기간이 소요되고 충영이 완전히 성장한 다음에 나타나므로 충영의 형성과는 관계가 없으며 개체수의 증가와 최종 단계에서 날개를 가져 이동하는 능력을 지니게 된다는 점에서 제1 세대와 큰 차이가 있다.

마지막 단계는 날개를 가진 제2 세대의 성충이 충영을 탈출하여 충영이 쇠퇴하는 과정이었다. 6월 5일에 충영의 기부가 열려서 이주형 유시성충이 날아가고 그 후에 충영은 급격히 갈색으로 변하여 말라 버렸다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 외줄면충의 간모는 충영을 형성하고 3회 탈피하며 충영이 완전히 형성되면 제2 세대를 낳고 죽는다는 점과 제2 세대는 4회 탈피하여 충영당 15~24개체의 유시 성충이 형성된다는 점이 새로이 밝혀졌다. 또한 충영과 잎의 생장을 관찰한 결과 충영의 길이와 폭의 생장은 잎의 길이 생장과 고도의 상관관계가 있는 것으로 밝혀졌고, 따라서 외줄면충의 간모가 느티나무 잎의 성장력을 이용하여 충영 형성을 유도하는 것이라고 추정하였다.

본 연구 결과는 장차 외줄면충의 간모로부터 충영형성 유도물질을 추출할 수 있는 가능성을 제시해 주며 또한 산업적으로 이용가능한 오배자면충(*Schlechtendalia chinensis*)을 위시한 다른 면충의 충영형성 과정과 생태 연구에 비교 자료가 될 것이다.

인용문헌

- 백운하. 1972. 한국동식물도감 13. 곤충류 V. 문교부, 751 pp.
- Akimoto, S. 1985. Taxonomic study on gall aphids, *Colopha*, *Paracolopha* and *Kalten pacharella*(Aphidoidea: Pemphigidae) in east asia, with special reference to their origins and distributional patterns. *Ins. Mats.* 31: 1-79.
- Aoki, S. and U. Kurosu. 1986. Soldiers of a european gall aphid, *Pemphigus spyrothecae*(Homoptera: Aphidoidea): Why do they molt?. *J. Ethiol.* 4: 97-104.
- Baker, A.C. 1919. An undescribed species of *Dryopeia injurious* to *Phyllostachys*(Aphididae: Homoptera). *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 21: 104-106.
- Danielsson, R. 1985. Polyvinol as mounting medium for aphids(Homoptera: Aphidoidea) and other insects. *Entomol. Scand.* 15: 383-385.
- Dreger-Jauffret and J.D. Shorthouse 1992. Diversity of gall-inducing insects and their galls. *In* J. Shorthouse and O. Rohfritsch(eds.), *Biology of Insect-Induced Galls.* Oxford University Press, New York. pp. 8-33.
- Forrest, J. 1987. Gallling aphids. *In* A.K. Minks and P. Harrewijn(eds.), *Aphids; Their Biology, Natural Enemies and Control.* Vol. A. Elsevier, Amsterdam. pp. 341-353.
- Korea Meteorological Administration. 1997. Monthly weather report, 1997. 3, 4, 5, 6. Seoul. Korea.
- Lee, W.K., H.Y. Seo and C.Y. Hwang. 1993. Taxonomic study on pemphigidae(Aphidoidea: Homoptera) from Korea. *Korean J. Syst. Zool.* 9: 237-249.
- Mani, M.S. 1992. Introduction to cecidology. *In* J. Shorthouse and O. Rohfritsch(eds.), *Biology of Insect-Induced Galls.* Oxford University Press, New York. pp. 3-7.
- Mordvilko, A.K. 1935. Die blattlaeuse mit unvollstendigen Generationszyklus und ihre Entstehung. *Ergebn. Fortschr. Zool.* 8: 36-328.
- Saito, K. 1931. Studies on the galls in Korea. *Morioka Kono Dósokai Gakujutsu Ibo.* 7: 1-15.(in Japanese).
- Zhang, G. and T. Zhong. 1983. Economic insect fauna of China. Fasc. 25. Homoptera: Aphidinea, Part I. *Science Press, Beijing.* 387 p.(in Chinese).

(1998년 12월 14일 접수)

Bionomics of Gall-Forming *Paracolopha morrisoni* (Aphidoidea: Homoptera)

Lee, Won-Koo and Chang-Yeon Hwang*

Department of Biology, Chonbuk national University

*Department of Agricultural Biology, Chonbuk National University**

Chonju 651-756, Korea

ABSTRACT: The developmental process of *Paracolopha morrisoni*'s galls on *Zelkova serrata* until the emergence of alatae from the galls was studied at Chonju, Korea. The galls were formed from late April to early May, 1997 and the galls began to open in early June. The length and width of galls and leaves were measured during the period from gall formation to opening. The length and width of galls have been increased until mid May continuously. The galls stopped growing at 12th of May. Fundatrices (the first generation in the gall) began to larviposit from May 15th and the second generation developed in late May. The alatae of the second generation arrived at the final stadium, that was escaped from the gall, in early June. Thus, there were only 2 generations in the gall. The close relationship between gall growth and leaf growth suggests that leaf growth force may have a great influence on gall development.

Key words: Aphid, Elm, Gall, *Paracolopha morrisoni*.
