

남포잎벌의 생태와 방제에 관한 연구¹

金哲洙² · 朴持斗² · 朴永碩² · 李相吉² · 申相濂²

Ecology and Chemical Control of *Caliroa carinata* (Hymenoptera : Tenthredinidae)¹

Chul-Su Kim², Ji-Doo Park², Young-Seuk Park², Sang-Gil Lee² and Sang-Chul Shin²

요 약

1996년부터 경상북도 상주시 소재의 신갈나무림에 남포잎벌(*Caliroa carinata* Zombori)이 대발생하여 많은 피해를 주고 있으나 우리 나라에서는 본 해충에 대해 행해진 연구가 전무한 실정이다. 이에 그 생태를 조사하고 방제를 위한 약제시험을 실시하였다. 성충의 우화시기는 6월 8일부터 7월 5일로 약 1개월간 지속되었고 그 우화최성기는 6월 18일이었다. 암컷 성충은 잎 표면에 산란관을 꽂고 잎 뒷면의 엽맥에 일렬로 산란하며, 산란수는 평균 11개였다. 유충은 6령까지 발육하며 발육기간은 20℃에서 약 19일, 25℃에서 약 17일이었고 영기별로는 2-4일의 발육기간을 보였다. 본 종의 참나무류에 대한 기주 선호성을 조사한 바, 신갈나무와 떡갈나무를 가장 선호하였고, 밤나무는 선호성이 낮았으며, 굴참나무는 전혀 섭식하지 않았다. 또한 유충기에 테부페노자이드 액상수화제, 플루페녹수론 분산성액제, 에토펜프록스 유제, 페니트로치온 유제 등을 피해잎에 살포하고 처리 3일 후의 살충율을 조사한 결과 공시약종 공히 95%이상의 높은 살충율을 보였다. 본 해충의 약제방제적기는 6월하순-7월상순으로 사료되었다.

ABSTRACT

Caliroa carinata (Zombori) has heavily damaged the forests of *Quercus mongolica* in Sangju, Kyongbuk, Korea since 1996. However, information on the ecology and control of this pest was badly scarce. Thus we tried to study the ecology and chemical control of the sawfly through this study. *Caliroa carinata* is one generation per year. The adult sawflies emerged from June 8 to July 5 with peak at June 18. A female adult laid 11 eggs in rows on the backside of a leaf along the midribs and larger veins. Larvae have six instars, and the developmental period required to complete the larval stage was 19 days and 17 days at temperatures of 20℃ and 25℃, respectively. Each larval stage required 2-4 days to complete the development. The sawfly mostly preferred *Quercus mongolica* and *Q. dentata*, while avoiding *Q. variabilis*. Such insecticides as Tebufenozide, Flufenoxuron, Etofenprox, and Fenitrothion were sprayed on host plant leaves infected with test larvae in order to study the mortality. After 3 days of insecticide treatments, the mortalities were thoroughly examined. All insecticides showed higher than 95% of mortalities. Control values were also higher than 93%. The optimal season of insecticide application for pest control was estimated from late June to early July.

Key words : *Caliroa carinata*, *Tenthredinidae*, oviposition, chemical control, temperature, development, host preference

¹ 接受 2000年 10月 21日 Received on October 21, 2000.

² 임업연구원 산림생물과 Division of Forest Biology, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-012, Korea.

서론

1996년부터 경북 상주시 소재의 신갈나무림에 대발생하여 많은 피해를 주고 있는 남포잎벌 (*Caliroa carinata* Zombori)은 1978년 Zombori (1978)가 북한의 남포지역에서 채집, 신종으로 분류 발표한 종으로, 현재 우리 나라에서만 그 분포가 알려져 있다. Lee et al.(2000)은 우리 나라에서 본 종이 북한의 남포지역 외에 경북의 김천, 경주, 경산 및 대구일원과 경남 진주 등에도 분포한다고 보고하고 있어 사실상 우리 나라 전국에 분포할 가능성이 있는 것으로 사료된다.

한편, 남포잎벌의 암컷 성충은 체장이 약 4.5mm, 체색은 흑색을 띠고 있다고 보고되어 있으나(Lee et al. 2000) 그 외 유충 등의 형태적 특징과 기주 식물을 포함한 생태적 특성에 대해서는 전혀 연구된 바가 없는 실정이다.

이에 본 연구는 최근 대발생하고 있는 본 해충에 대한 생태조사와 화학적 방제를 위한 약제선발 시험을 수행하여 본 해충의 효율적인 방제전략 수립을 위한 기초자료로 제공하고자 실시하였다.

재료 및 방법

남포잎벌의 생태조사와 약제선발시험을 위해 야외와 실내에서 병행하여 수행하였으며 야외시험지는 1996년부터 본 종이 매년 대발생하고 있는 경상북도 상주시 화서면 지산리 일원의 신갈나무 (*Quercus mongolica*)림이었으며 세부조사방법은 아래와 같다.

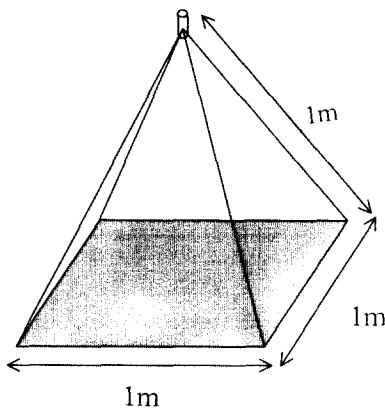


Fig. 1. The emergence trap for collecting *Caliroa carinata*.

1. 우화시기조사

본 해충의 방제적기를 파악하기 위하여 1998년 6월상순부터 7월상순까지 상기의 야외조사지에 임의로 선정된 10개소에 1m² 넓이로 제작된 우화상(Fig. 1)을 설치하였다. 우화상은 알루미늄으로 제작하였고 각 면은 한냉사(망사크기 1mm)로 처리하였으며, 우화상 설치후 우화하는 성충 개체를 매일 채집하여 우화시기를 조사하였다.

2. 산란특성 및 부화율 조사

산란특성은 야외 및 실내조사를 병행하여 실시하였다. 야외에서의 부화율을 조사하기 위하여 1998년 7월 4일부터 7월 8일까지 남포잎벌이 산란한 잎(n=65)을 채취하여 산란수 및 부화수를 조사하였으며, 부화여부는 잎 표피층을 뚫고 나온 혼적여부로 조사하였다.

또한 실내에서는 야외 생육 평균온도와 실험여건을 고려하여 20℃ 및 25℃에서 부화기간과 부화율을 조사하였다. 조사는 성충이 산란한 24시간 이내의 잎을 채취하여 페트리디쉬 사육상자에 담아 각각의 항온조건에서 사육하면서 조사하였고 사육상자내의 습도는 여과지에 물을 공급하여 조절하였다. 조사에 사용된 난수(卵數)는 20℃ 및 25℃에서 각각 195개 및 152개였다.

3. 온도에 따른 유충의 영기별 발육속도 조사

부화한 24시간 이내의 어린 유충을 기주식물 잎에 접종하여 여과지로 습도 처리된 페트리디쉬 사육상자에 담아 20℃ 및 25℃의 항온조건에서 유충의 영기별 발육기간(day)을 조사하였고 이의 역수를 취하여 발육속도(1/day)를 산출하였으며 영기의 구분은 두폭의 크기 측정과 탈피 유무로 확인하였다.

4. 생활사 조사

영기별 발육기간과 야외조사 등을 통해 수집된 생태자료를 기초로하여 남포잎벌의 생활경과표를 작성하였다.

5. 유충의 섭식량 및 기주선호성 조사

부화후 24시간 이내의 어린 유충을 신갈나무 잎에 접종하여 여과지로 습도처리된 페트리디쉬 사육상자에서 사육하여 개체당 섭식량(면적)을 조사하였다. 섭식량은 섭식된 엽면적을 모눈종이를 이용하여 산출하였다.

또한 본 종의 기주선호성을 조사하기 위하여 각 기주식물에 유충 5마리씩을 3반복하여 접종하였고, 공시충에 의해 섭식된 잎의 면적을 조사하였다. 공시충은 여과지로 습도처리된 페트리디쉬 사육상자에 720mm 크기의 공시수종 잎을 투여하여 사육하였다. 그리고 조사에 사용된 기주식물은 신갈나무(*Quercus mongolica*), 떡갈나무(*Q. dentata*), 갈참나무(*Q. aliena*), 졸참나무(*Q. serrata*), 상수리나무(*Q. acutissima*), 속소리나무(*Q. donarium*), 굴참나무(*Q. variabilis*), 밤나무(*Castanea crenata*) 등 8종이었다.

6. 살충시험

화학적 방제를 위한 약제 선발을 위하여 살충 작용기작이 서로 다른 계통의 테부페노자이드 액상수화제, 플루페녹수론 분산성액제, 에토펜프록스 유제, 페니트로치온 유제로 살충효과를 조사하였다(Table 1). 테부페노자이드제는 곤충의 비정상적인 탈피를 유발시켜 섭식을 바로 중단시키는 탈피촉진물질로 작용하며, 플루페녹수론은 곤충의 탈피를 억제하여 처리된 유충을 치사시키는 것이며, 에토펜프록스는 non-ester pyrethroid계 살충제로서 널리 사용되며, 페니트로치온은 cholinesterase 억제제로 작용하는 유기인계 살충제이다(Tomlin 1994).

시험은 약제살포 전에 공시충을 신갈나무에 접종시키고 충분히 분산이 이루어진 후 수동식 분무기를 이용하여 압력을 충분히 가한 상태에서 1회에 걸쳐 기주식물의 잎에 스치도록 분무처리 하였다. 공시충은 3령 유충을 사용하였고 농도는 Table 1과 같이 처리하였으며 약제처리 3일 후에 각각의 살충율을 조사하였다.

7. 통계분석

성충의 우화최성기 산출을 위해 CurveExpert (CurveExpert 1997)를 이용하여 누적우화율의 회기식을 산출하였고 또한 SPSS(SPSS 1997)를 이

용하여 조사항목에 따라 t-검정, 다중비교검정 (Tukey's honestly significant difference) 등을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 우화시기

본 해충의 방제적기를 파악하기 위하여 야외에 우화상을 설치하여 우화시기를 조사한 결과 Fig. 2에서 보는 바와 같이 우화는 6월 8일에 시작되어 7월 5일까지 약 1개월간 지속되었으며 그 우화최성기는 6월 18일이었다. 일일 우화율을 누적한 누적우화율(Y)은 $Y=98.9043/(1+3877.866 * \exp(-0.4570 * X))$ (X; 일)로 나타낼 수 있었고 이에 따라 우화최성기를 산출할 수 있었으며, 이 산출 자료는 야외 조사자료와 매우 높은 일치성을 보였다($R^2=0.9979, P<0.001$).

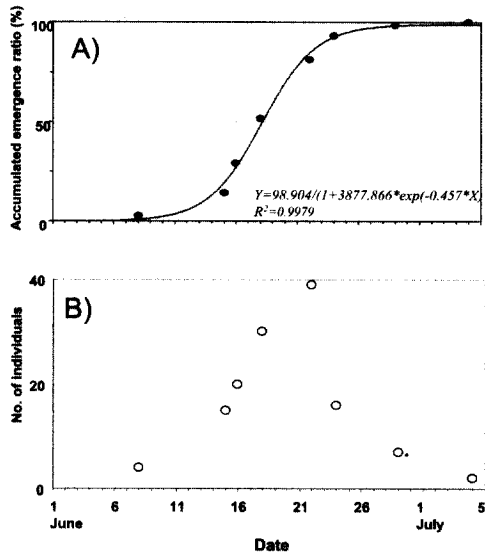


Fig. 2. Emergence pattern of *Caliroa carinata*. (A) Accumulated emergence ratio(%), and (B) the number of individuals emerged a day.

Table 1. Characteristics of insecticides treated to the larvae of *Caliroa carinata*.

Insecticide	Mode of action*	Concentration diluted
Tebufenozide 20%	Ecdysone agonist	4,000
Flufenoxuron 5%	Growth regulator with contact and stomach action	4,000
Etofenprox 20%	Insecticide with contact and stomach action	1,000
Fenitrothion 50%	Cholinesterase inhibitor	1,000

* Data from Tomlin (1994)

2. 산란습성 및 부화율

성충은 잎 표면에 산란관을 꽂고 잎 뒷면의 엽맥에 일렬로 산란하는 습성을 보였다. 야외조사에서 암컷 한 마리는 평균 10.89 ± 6.42 (범위: 1~26)개의 알을 산란하였고 부화율은 87.4%였다.

또한 실내에서 조사된 온도조건에 따른 난 기간 및 부화율은 Table 2와 같이 난기간은 20℃에서 10.4일, 25℃에서는 9.2일로 일일의 차이가 있었고 온도 상승에 따라 발육기간이 달라지는 경향을 보였다(t-test, $P < 0.001$). 한편 부화율은 20℃에서 87.1%, 25℃에서는 88.1%로 다소 증가하였다.

Table 2. Hatch rate (%) and duration of eggs *Caliroa carinata*.

Temperature (°C)	Eggs tested	Hatch rate(%)	Duration of eggs (day)
20	195	87.1	10.4±1.2
25	152	88.1	9.2±1.0

3. 온도에 따른 유충의 영기별 발육속도

본 조사에서 유충은 6령까지 발육하는 것으로 조사되었으며 부화유충에서 노숙유충까지 발육하는데는 20℃에서 19.25일이 소요되었고(발육속도: 0.052/day) 25℃ 온도에서는 17.14일(발육속도: 0.058/day)이 소요되어 25℃에서 약 2일정도 빨리 발육하는 것으로 나타났다. 또한 영기별에 따른 발육기간은 2-4일이었으며, 3령기 이후에는 발육속도가 늦어지는 경향을 보였다(Fig. 3).

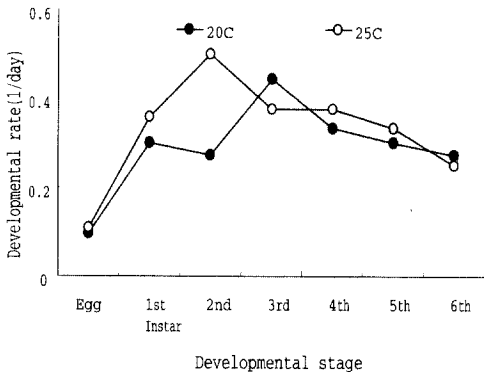


Fig. 3. Changes of developmental rate of *Caliroa carinata* at different developmental stages at different temperatures.

4. 생활사

야외 및 실내조사를 통하여 본 종의 생활사를 정리한 바 Fig. 4와 같다. 성충은 6월상순부터 7월상순에 걸쳐 우화하고 우화최성기는 6월중순부터 하순까지였으며 산란은 6월상순부터 7월중순까지 하였다. 성충은 흑색의 체색을 띠고 있으며 산란은 기주식물 잎 뒷면의 엽맥을 따라 일렬로 행하였다(Fig. 5). 유충은 6월 중순부터 7월하순까지 출현하여 잎을 가해하고 이 시기까지 6령을 거치게 되며 이후 노숙 유충은 7월상순부터 지상으로 떨어져 토양내에서 월동한다. 월동한 유충은 다음해 5월경부터 번데기로 용화한다. 이와 같이 본 종은 우리나라에서 1년 1세대를 경과하는 곤충이다. 북미에서는 진홍참나무 등에서 진홍참나무잎벌(*Caliroa quercuscoccineae*)이 1997년과 1998년 6~7월에 대발생하여 많은 피해를 주었다는 보고가 있으며(USDA Forest Service 2000), 이에 의하면 8월 중순경에 제2세대 유충이 발견된다고 하였고 기상조건에 따라서는 3세대까지 발

Generation	May			June			July			August		
	E	M	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L
Adult				●	●	●	●					
Egg				○	○	○	○	○				
Larva					◇	◇	◇	◇	◇			
Overwintering	◆	◆					◆	◆	◆	◆	◆	◆
Pupa	□	□	□	□	□							

Fig. 4. Summary of life history of *Caliroa carinata*. Symbols E, M, and L represent early, middle, and late parts of each month, respectively.

Fig. 5. *Caliroa carinata* and damage. (A) adult, (B) egg, (C) larva, and (D) damaged leaves.

생한다고 하였다. 금후 우리 나라에서도 기후온난화 등 기상조건 변화에 따라 본 해충의 대발생 가능성이 매우 높을 것으로 사료되어 보다 광범위한 지역에서 정밀한 조사를 실시할 것이 요망된다.

5. 유충의 섭식량 및 기주선호성

참나무류 8수종에 대한 남포잎벌의 섭식 선호도를 조사한 결과 신갈나무의 경우는 모든 공시충이 개체당 144.0mm²를 섭식하여 가장 높은 선호성을 보였으며, 떡갈나무의 경우도 125.0mm²를 섭식하여 높은 선호성을 보였다(Fig. 6)(*P*<0.05). Fig. 5d는 본 종에 의해 피해를 받은 신갈나무 잎을 나타내고 있다. 한편 상수리나무, 졸참나무, 갈참나무는 17.0-31.2mm²를 섭식하여 낮은 선호성을 보였다. 그러나 굴참나무, 속소리나무,

밤나무는 4mm²이하를 섭식하여 선호도가 매우 낮았으며 특히 굴참나무는 전혀 섭식을 하지 않았다. 신갈나무와 떡갈나무를 제외한 다른 수종간에 선호성에 대한 통계적 유의성은 없었다. 따라서 본 해충의 피해는 신갈나무와 떡갈나무에 집중적으로 발생할 것으로 예상되며, 이러한 결과는 1996년부터 경북 상주시 소재의 신갈나무 임지에서 본 해충이 대발생하고 있는 현상과 잘 일치한다고 사료된다.

6. 살충시험

살충제에 의한 남포잎벌 유충의 살충력을 조사한 결과 합성피레스로이드계통인 에토펜프록스와 유기인계통인 페니트로치온에서는 공시충이 100% 치사율을 보였으며, 곤충탈피억제제인 테부페노자이드와 곤충탈피억제제인 플루페녹수론은 각각 95.0%, 96.7%의 치사율을 보여 높은 살충효과를 나타내었다(Table 3). 그리고 공시약종 간에는 살충율의 차이가 다소 있었으나 통계적인 유의성은 없었으며 자연치사율을 고려한 방제기도 전체적으로 93.5 이상으로 매우 높게 나타났다.

최근 해충방제를 위해 많은 살충제가 사용되고 있고 이에 따른 부작용이 많이 보고되고 있으며 심각한 환경문제를 야기하기도 하는 것이 현실이다. 따라서 해충방제시 사용되는 살충제가 대상해충에만 선택적으로 작용하여 환경교란을 최소화하는 것이 요구된다. 이러한 점을 고려할 때 남포잎벌의 방제를 위해서는 테부페노자이드 또는 플루페녹수론과 같은 해충종합관리(integrated pest management; IPM) 개념에 적합한 약제를 선택하여 산림생태계에 영향을 최소화하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 테부페노자이드는 곤충탈피호르몬 유도체로서 나방류 등 해충에 선택적으로 특이한 효과를 갖는 곤충생장조절제(탈피억제)

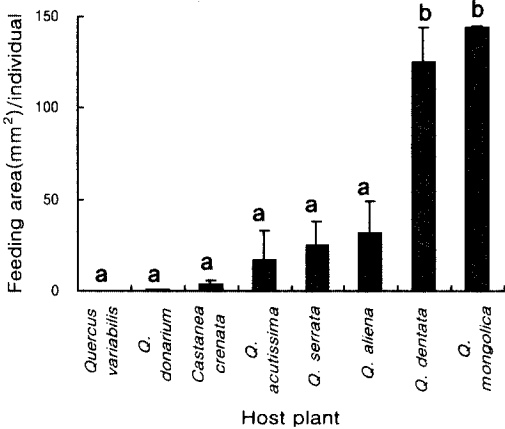


Fig. 6. Host preference by *Caliroa carinata* larvae. Bars represent the standard errors. Same letters on bars are not significantly different (*P*<0.05) by the multiple comparison test of a Tukey's honestly significant difference.

Table 3. Effects of chemical treatments to larvae of *Caliroa carinata*.

Insecticide	Mortality (%)	Control value ¹⁾
Tebufenozide 20% SC	95.0(±5.0)a ²⁾	93.5
Flufenoxuron 5% DC	96.7(±2.9)a	95.7
Etofenprox 20% EC	100.0(±0.0)a	100.0
Fenitrothion 50% EC	100.0(±0.0)a	100.0
Control	23.3(±7.6)	-

¹⁾ Control value = $\frac{(\text{mortality}(\%) \text{ of treatment} - \text{mortality}(\%) \text{ of control})}{(100 - \text{mortality}(\%) \text{ of control})}$

²⁾ Means followed by the same letter are not significantly different (*P*<0.05) by the multiple comparison test of a Tukey's honestly significant difference.

로서 거미류 등 천적과 인축에는 매우 안전한 것으로 알려져 있다(Tomlin 1994, 농약공업협회 1999). 플루페녹수론은 응애 및 나방류 등의 유충의 발육단계에 작용하는 곤충생장조절물질로서 알이 부화하여 성충이 될 때까지의 탈피과정에서 키틴합성을 저해하여 다음의 발육단계로 성장하지 못하게 하는 살충작용을 나타내며, 포식성 응애류 및 유익곤충과 같은 천적에 미치는 영향이 거의 없어 종합적 해충방제에 매우 효율적인 것으로 알려져 있다(Tomlin 1994, 농약공업협회 1999).

한편, 대발생하는 해충의 방제는 화학적 방제의 경우 약종의 선정뿐만 아니라 적절한 방제시기를 결정하는 것이 무엇보다 중요하다. 본 해충 방제를 위한 살충제 이용의 경우, 대부분의 성충이 6월중순에 우화하여 산란하고, 알기간이 약 10일이라는 생태사항을 고려할 때 어린 유충이 발생하는 시기인 6월하순~7월상순에 약제를 처리하는 것이 방제효율을 가장 높일 수 있을 것으로 사료된다.

인용문헌

1. 농약공업협회. 1999. 농약사용지침서. 농약공업협회. 서울. 766 pp.
2. CurveExpert. 1997. A Curve Fitting System for Windows. (Online URL) <http://www.ebicom.net/~dhyams/cvxpt.htm>.
3. Lee, J.W., S.M. Ryu, Y.T. Quan and J.C. Jung. 2000. Symphyta : Tenthredinidae. Economic Insects of Korea 2. Ins. Koreana suppl. 9, 223 pp.
4. SPSS, Inc. 1997. SPSS for Windows ver. 7.5. SPSS Inc.
5. Tomlin, C. 1994. The Pesticide Manual. The British Crop Protection Council and The Royal Society of Chemistry, Bath, UK. 1341 pp.
6. USDA Forest Service. 2000. Scarlet oak sawfly Outbreak. (Online URL). <http://www.hcs.ohio-state.edu/ODNR/Health/sawfly.htm>.
7. Zombori, L. 1978. New sawfly species from Korea (Hymenoptera : Symphyta). Acta Zool. Hung. 24(1-2) : 253-268.