

낙엽송잎벌(*Pachynematus itoi* Okutani) (Hymenoptera: Tenthredinidae)의 생태학적 연구

박지두 · 박일권*

국립산림과학원 산림병해충연구과

Ecological Study of *Pachynematus itoi* Okutani (Hymenoptera: Tenthredinidae)

Ji-Doo Park and Il-Kwon Park*

Division of Forest Insect Pests and Diseases, Korea Forest Research Institute, Seoul, Republic of Korea

ABSTRACT: *Pachynematus itoi* Okutani emerges three times a year, and overwinters as a pre-pupa in cocoon. First emergence of *P. itoi* was from 7th May to third June. Second and third emergence was from 20th June to 13th July and fourth to 25th August, respectively. Mean oviposited egg number was 59, and egg period was about 9 days. Hatching rate was >90%. Oviposited egg number was the highest in the first needle cluster of short shoot followed by second and third. *P. itoi* did not oviposit on single needle (long shoot) of *Larix leptolepis* (Sieb. et Zucc.). Larva had five instars, and larval period was about 20 days. Larva prefer needle cluster of short shoot to single needle of long shoot. Mature larva descended from host tree and pre-pupa in cocoon overwinter at topsoil.

Key words: *Pachynematus itoi* Okutani, *Larix leptolepis* Sieb. et Zucc., Biological characteristic, Emergence, Oviposition

초 록: 낙엽송잎벌은 1년에 3회 발생하는 전형적인 돌발해충으로, 암갈색 고치 속에서 전용 상태로 월동한다. 성충 우화시기는 강원지방에서 1회기가 5월 7일~6월 3일, 2회기가 6월 20일~7월 13일, 3회기는 8월 4일~8월 25일이었다. 산란수는 평균 59개, 난 기간은 평균 9일정도 되었다. 부화율은 90%이상이었다. 낙엽송가지 정단부쪽 제1, 제2, 제3 단지엽에 산란수가 많고 단지엽 뒷면 조직에 알을 절반 정도 삽입하여 산란하였다. 유충의 령기는 5령이고 유충기간은 20일 내외이다. 낙엽송잎벌 유충은 장지엽(신초)보다는 단지엽을 선호하여 섭식하며, 노령유충은 지면으로 낙하하여 낙엽층 속이나, 표토 속에서 고치를 짓고 월동하였다.

검색어: 낙엽송잎벌, 낙엽송, 생물적 특성, 우화, 산란

우리나라의 낙엽송(*Larix leptolepis* Sieb. et Zucc.)림은 2008년 현재 면적이 464,000 ha로 침엽수림에서는 천연 소나무림(1,483,000 ha) 다음으로 넓고 재적도 40,104,000 m³에 달하는 주요 수종으로 1970년대부터 본격적으로 조림되기 시작되었다(Korea Forest Service, 2006). 지금까지 낙엽송을 가해하는 잎벌류로는 솔잎벌과의 이깔나무솔잎벌(*Gilpinia koreana* Takagi)과 솔잎벌(*Nesodiprion japonicus* Marlatt), 잎벌과의 노랑이깔나무잎벌(*Pachynematus laricivorus* Takagi), 검s정이깔나무잎벌(*Pachynematus nigricorpus* Takagi), 낙엽송테두리잎벌(*Pristiphora erichso-nii* Hartig) 등 5종이

알려져 있다(Lee and Chung, 1997). 하지만, 2004년에 새로운 잎벌 피해가 강원도 인제, 양구 낙엽송 임지에서 처음 발견된 이후 춘천, 철원, 원주, 횡성, 태백에서 피해가 발견되었다. 이 잎벌은 우리나라에서는 지금까지 분포가 확인되지 않았던 미기록종으로, Park et al.(2007a)이 낙엽송잎벌로 명하고 국내에서 최초 보고하였다. 낙엽송잎벌(*Pachynematus itoi* Okutani)은 일본, 중국, 북한, 오스트리아에 분포하고 있다(Xiao, 1992). 일본에서는 Okutani (1955)에 의해 처음으로 기록되었으며, 혼슈의 중부지방과 동북지방에 분포한다(Kobayashi and Taketani, 1994). 중국에서는 동북지방인 만주 흑룡강성, 길림성, 요령성에 분포하며 일본낙엽송, 장백낙엽송, 흥안낙엽송, 시베리아낙엽송에 피해를 준다(Xiao, 1992).

*Corresponding author: parkik1@forest.go.kr
Received January 8 2010; revised March 8 2010;
accepted February 3 2010

낙엽송잎벌의 생태 연구는 일본에서는 Takizawa (1957)가 생태, 생활사, 천적에 대한 조사를 하였고, 중국에서는 1985년 흑룡강성에서 처음 발생한 이후 생태, 생활사(Xiao, 1992), 천적에 대한 연구가 이루어졌다(Sheng *et al.*, 1998, 2002; Wang *et al.*, 1996).

본 연구는 낙엽송잎벌의 생물학적 특징을 구명하기 위해 2006~2007년에 본 해충의 피해가 발생하고 있는 철원과 태백지역에서 실시하였다.

재료 및 방법

낙엽송잎벌 우화

2006년 4~8월에 강원도 철원군 서면 와수리 소재 낙엽송잎벌 피해임지에 말레이스트랩(black polyester no-see-um fabric, 96×26 mesh/square inch, 165 × 110 cm, 500ml collecting bottle, Mega View)을 설치하여 채집되는 낙엽송잎벌 우화수를 1~5일 간격으로 조사하였다. 태백지역은 2006년 8월 및 2007년 5~8월에 태백산 도립공원 내 소도동 당골에 말레이스트랩을 설치하고 우화수를 1~5일 간격으로 조사하였다. 낙엽송잎벌 우화율은 2006년 4월경 철원에서 채집한 고치를 홍릉수목원 내에서 솔잎혹파리 우화 조사용 우화상(직경 21 cm)을 사용하여 우화율을 조사하였다.

성충의 성비 수명 등 조사

2006년 6월에 유충을 채집하여 실험실 내에서 사육하면서 우화시켜 성충의 성비, 수명 등을 조사하였다.

산란습성

산림과학원 구내 야외에서 사육중인 월동고치에서 갖

우화된 암컷의 복부를 절개하여 포란수를 조사하였고, 피해 임지에서 낙엽송을 벌목하여 산란된 낙엽송 가지를 채취하여 신초의 잎(장지엽), 1년 이상의 잎(단지엽) 순으로 산란 유무, 산란 수, 산란방법 등을 조사 관찰하였다.

유충의 발육

산란된 낙엽송 가지를 물병에 꽂아 실내에서 사육하며 유충의 탈피시기, 영기별 두폭 크기 등 발육과정과 5령 유충을 페트리접시 내에서 개체 사육하여 섭식량, 용기간 등을 관찰 조사하였다.

결과 및 고찰

낙엽송잎벌 우화 시기

낙엽송잎벌의 우화시기는 강원도 철원군 서면 와수리와 태백산 도립공원 내 소도동 당골 피해임지에 말레이스트랩을 설치하고 채집되는 낙엽송잎벌 수를 정기적으로 조사한 결과 Fig. 1과 같이 년 3회 발생하였고 성충의 우화시기는 철원지방에서 1회기가 5월 7일~6월 3일, 2회기는 6월 20일~7월 13일이었다. 3회기는 태백에서 조사한 결과로 8월 4일~8월 25일이었다. 철원에서 3회기 발생시기 조사에서는 충 밀도가 급격히 줄어드는 경향을 보여 기존에 설치한 말레이스트랩 근처에 추가로 더 설치하고 조사하였지만 채집이 되지 않아 낙엽송잎벌이 발생하고 있던 태백에서 3회기 우화 조사를 하였다. 각 회기별 우화최성기는 5월 하순, 7월 상순, 8월 중순이었다. 낙엽송잎벌의 1세대 기간은 45일 내외, 세대간 발생 간격은 20일 내외이었다. 중국의 동북지방인 만주 흑룡강성, 길림성, 요령성에서 1회기가 5월 중순에, 2회기는 7월 상순에, 3회기는 8월 중순에 우화를 시작한

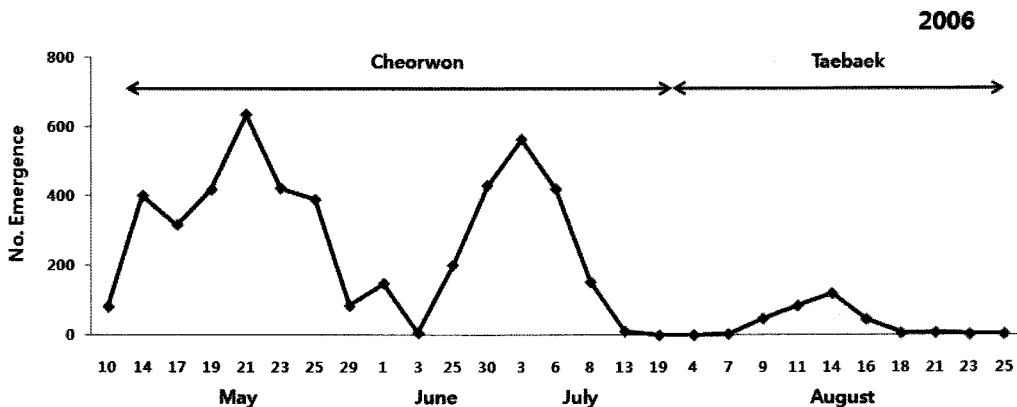


Fig. 1. Seasonal occurrence of *Pachynematus itoi* Okutani in Cheorwon and Taebaek.

다고 보고하였고(Xiao, 1992), 일본 혼슈 지방에서는 1화기는 5월 상순, 2화기는 7월 상순, 3화기는 9월 상순부터 우화한다(Takizawa, 1957). 우리나라에서 낙엽송잎벌 발생 시기는 일본보다는 중국의 동북지방과 유사하였다.

한편 2005년도 2화기 때 피해가 극심했던 철원군 근남면 잠곡리에 2006년 6월 22일에 말레이스트랩을 설치하고 우화조사를 하였다. 그러나 천적기생봉만 채집되었을 뿐 낙엽송잎벌은 전혀 채집되지 않았다. 2006년 철원군 서면 외수리에서 조사한 결과에서도, 2006년도 1화기 유충 가해시기에는 배설물이 낙엽위에 쌓이는 등 밀도가 높았는데 2화기 가해시기에는 배설물이 쌓이는 현상이 보이지 않아 밀도가 급격히 낮아지는 것을 알 수 있었다. 2004년도 피해가 심했던 강원도 인제군, 양구군의 피해지에서 2005년도에는 피해가 보이지 않는 점으로 보아 낙엽송잎벌의 발생패턴은 발생 2년 후에는 밀도가 안정되는 전형적인 돌발 해충이었다. 이런 결과로 보아 급격한 밀도감소가 나타나기 시작하는 시기는 대략 4~5세대부터 임을 알 수 있다. 중국에서는 낙엽송잎벌의 밀도감소 시기를 4~5세대로 보고 있다(Sheng *et al.*, 2002). 이러한 밀도감소는 Park *et al.* (2007b)이 보고한 낙엽송잎벌 천적인 낙엽송잎벌살이뽕족맴시벌(*Endasys liaoningensis* Wang, Sun, Ma & Sheng, 기생율 42%)에 의한 영향이 큰 것으로 판단된다.

낙엽송잎벌의 우화율

2006년 4월 3일 철원에서 채집한 고치를 국립산림과학원 내 야외에서 솔잎혹파리 우화 조사용 우화상(직경 21 cm)을 사용하여 우화율을 조사한 결과, 1,100개의 번데기에서 437마리의 성충이 우화하여 39.7%의 우화율을 보였다. 우화 종료 후, 미탈출 고치를 절개하여 충태별 폐사율을 조사한 결과 전용태가 65.0%, 성충태가 30.6% 이었다.

성비 및 수명

1화기의 유충을 채집하여 실내에서 사육 우화시켜 조사한 암수의 성비는 1 : 0.73(♀:♂)으로 암컷이 조금 많았다. Xiao (1992)는 암수의 성비가 밀도가 높을 때는 1 : 0.75, 밀도가 낮을 때는 1 : 0.4로 보고한 바 있다. Takizawa (1957)는 관찰조사에서는 수컷이 많았고 고치사육 조사에서는 암컷이 많았다고 보고하였다.

교미습성

교미습성은 수컷이 지면 가까이 낮게 날거나 배회하다가 암컷이 우화해 나오면 낙엽, 낙지, 관목, 또는 풀 위에서 정지상태 또는 기어가는 상태로 교미를 하는데 교미시간은 3분가량 되며, 암컷 한 마리에 수컷이 여러 마리가 모여들어 경쟁하였다. 암컷이 우화하고 있는 우화상으로 주변에서 배회하던 수컷 수십 마리가 교미하기 위해 몰려드는 광경이 철원의 피해임지에서 관찰되기도 하였다. 이러한 현상으로 보아 암컷이 성페로몬을 배출하여 수컷을 유인하는 것으로 판단되었다. 수컷은 여러 차례 교미가 가능하다고 보고되어 있다(Xiao, 1992).

산란 습성

낙엽송잎벌 1화기 성충을 대상으로 포란수를 조사한 결과 포란수는 암컷 성충 한 마리당 59±8개였다. 산란은 수관의 중, 상부 바깥쪽 가지의 1년 이상 된 단지엽(短枝葉, short shoot) 뒷면에 산란하는데 산란관으로 잎의 조직을 갈라 알을 1/2 정도 삼입시켜 종 방향 1열로 산란하며 최대7개까지 산란한 것도 관찰되었다(Fig. 2). 산란된 가지를 채취하여 상부의 신초인 장지엽(長枝葉, single needle of long shoot)에서부터, 그 아래 단지엽 다발(needle cluster) 순서로 산란수 등을 조사한 결과 1년생 신초에는 산란하지 않고 대부분

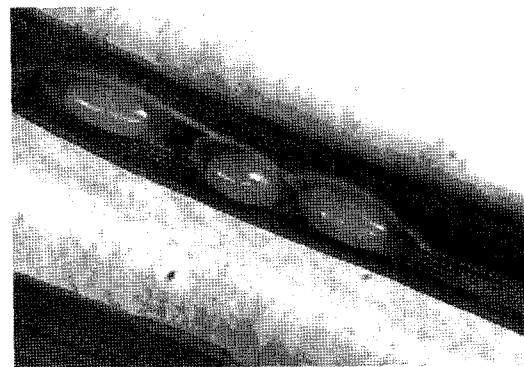


Fig. 2. Egg of *Pachynematus itoi* Okutani on needle cluster of *Larix leptolepis* (Sieb. et Zucc.).

Table 1. Egg distribution on needle cluster of *Larix leptolepis* Sieb. et Zucc

Classification	No. needle cluster oviposited ¹	Total egg number	Egg number per needle cluster (mean±S.E.)
Long shoot (single needle)	0	0	-
First needle cluster of short shoot	22	646(38.4%)	21.5±21.2
Second needle cluster of short shoot	23	551(32.8%)	18.3±18.9
Third needle cluster of short shoot	16	483(28.8%)	16.1±21.1

¹Total number of needle cluster tested, n=30

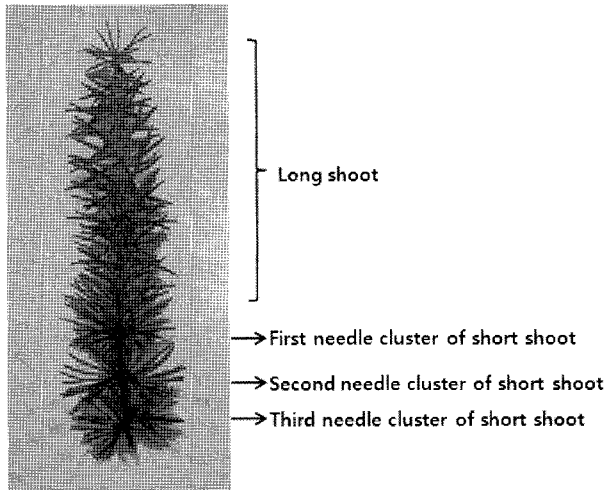


Fig. 3. Long (single needle) and short shoot (needle cluster) of *Pachynematus itoi* Okutani.

이 가지 정단부 쪽의 3개 단지엽 다발에 산란하며 제1, 제2 단지엽 다발에 산란수가 가장 많은 것이 밝혀졌다(Table 1, Fig. 3). Takizawa (1957)도 일반적으로 1~3 단지엽에 많이 산란한다고 보고하였고, Xiao (1992)는 1~7 번째 단지엽 다발에 알이 분포하는데 상부에서 1~2번째 단지엽 다발에 가장 많이 산란하며 암컷 한 마리는 1개 잎 다발에만 산란한다고 보고하였다. 난 기간은 8~10일, 부화율은 90% 이상이며 같은 잎 다발에 산란된 알들은 부화가 시작하면 1~2일내에 모두 부화가 완료된다.

유충의 섭식습성

낙엽송잎벌 유충은 1년생 신초는 거의 섭식하지 않고 2년생 이상 가지의 잎만 섭식하는 특성을 가지며, 가지의 위쪽에서 아래쪽으로 내려오면서 단지엽 다발을 차례로 섭식하였다. 같은 잎벌과인 *Pristiphora erichsonii* (Hartig) 에서도 이러한 특성을 보였으며, Wagner *et al.*(1979)은 신초에 있는 화합물이 기피성을 나타내는 주요 요인이라고 보고하였다. All and Benjamin (1975)은 Swaine jack pine

sawfly (*Neodiprion swainei*) 및 *N. rugifrons*의 유충도 같은 특성을 보이며, jack pine (*Pinus banksiana* Lambert) 신초에 있는 13-keto-8-(14)-podocarpin-18-oic acid 및 dehydroabietic 두 가지 화합물이 기피활성에 관여한다고 보고하였다. 낙엽송잎벌 역시 낙엽송 신초에 있는 물질 때문에 섭식 기피 활성이 있을 것으로 여겨진다.

갓 부화한 낙엽송잎벌 1령 유충은 부화한 앞에서 1~2일 정도 지내며 여러 마리가 옆맥만 남기고 섭식해 피해 받은 잎은 가장자리가 불규칙한 톱날 모양이거나, 잎의 가운데가 잘룩한 모양이 되었다. 2령 유충도 옆맥은 남기고 섭식하였으나, 3령 유충부터는 대부분이 잎을 기부까지 모두 섭식하여, 피해가 심하게 나타나기 시작하였다. 1령 유충에서 4령 유충까지는 군서생활을 하며, 5령 유충은 일부 군서하기도 하나 대부분이 분산하여 섭식하였다.

유충의 발육 및 용 기간

갓 부화한 유충을 실내에서 사육하며 유충의 탈피시기 등 발육과정을 관찰 조사해 본바 4회 탈피하며 탈피각은 섭식하던 잎 끝에 부착시켜 놓았다. 각 영기별 발육기간은 1~3령 총까지는 3일 내외, 4, 5령 총은 4~5일로서 낙엽송잎벌 유충기간은 15~20일 이었다. Takizawa (1957)는 유충기간을 13일, Xiao (1992)는 1화기 유충기간은 1개월에 가깝고 2, 3화기는 15일 정도라고 보고한바 있다. 알 및 번데기 크기 그리고 유충의 두폭을 영기별로 측정된 결과는 Table 2에 나타내었다. 노숙유충은 고치를 짓기 위해 섭식을 중지하고 체내에 있는 배설물을 배출하는데 이때 유충의 체색은 맑아지고 약간 황색을 띤다. 유충의 낙하는 가지나 수간을 타고 지면으로 내려오기도 하지만 직접 잎이나 가지에서 지면으로 낙하하는 것이 더 많다. 낙하한 유충은 곧바로 표토에 잠입해 암적색의 고치를 짓는다. 깊이가 3 cm부근에 가장 많이 고치를 짓는다는 보고가 있다(Takizawa, 1957). 고치를 짓고 성충까지 우화에 소요되는 기간은 약 2주일이며 낙엽송잎벌 1화기의 용기간은 7.7±1.1일 이었다. 9월

Table 2. Size of each stage of *Pachynematus itoi* Okutani

Stage	Egg	Larva (head capsule width)				
		1st	2nd	3rd	4th	5th
Size (mm)	1.3±0.04	0.64±0.06	0.88±0.05	1.21±0.10	1.54±0.11	1.81±0.08

Stage	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct~Mar.
Pre-pupa	⊙ ⊙ ⊙	⊙					
Pupa	◇	◇ ◇ ◇					
Adult		● ● ● ●					
Egg		○ ○ ○ ○ ○					
Larva		★ ★	★ ★ ★				
Pupa			◇ ◇ ◇ ◇				
Adult			● ● ●				
Egg			○ ○ ○ ○ ○				
Larva				★ ★ ★ ★			
Pupa				◇ ◇ ◇			
Adult					● ● ●		
Egg					○ ○ ○ ○ ○		
Larva					★ ★	★ ★	
Pre-pupa						⊙ ⊙ ⊙	⊙ ⊙ ⊙

Fig. 4. Life cycle of *Pachynematus itoi* Okutani.

상순부터 유충이 낙하하여 고치를 짓고 전용 상태로 월동하였다. 이와 같은 결과를 바탕으로 낙엽송잎벌의 생활환은 Fig. 4에 나타내었다.

Literature Cited

All, J.N. and D.M. Benjamin. 1975. A feeding preference bioassay for *Neodiprion* sawflies on jack pine, *Pinus banksiana*. Ann. Entomol. Soc. Am. 68: 553-556.

Kobayashi, F. and A. Taketani. 1994. Forest Insects. 567pp. Yogendo, Tokyo.

Korea Forest Service. 2006. Statistical Yearbook of Forestry. 482pp. Korea Forest Service, Daejeon.

Lee, B.Y. and Y.J. Chung. 1997. Insect pests of trees and shrubs in Korea. 459pp. Seongandang, Seoul.

Okutani, T. 1955. A new larch-sawfly from Japan. (Studies on Symphyta III). Akitu 4: 98-100.

Park, J.D., A. Shinohara, I.K. Park, S.C. Shin and B.K. Byun. 2007a. Discovery of *Pachynematus itoi* Okutani (Hymenoptera: Tenthredinidae) infested on *Larix kaempferi* (Lamb.) Carriere from Korea. Kor. J. Appl. Entomol. 46: 1-4.

Park, J.D., J.W. Lee, I.K. Park, C.S. Kim, S.G. Lee, S.C. Shin, Z. Yang, M. Sheng, M.J. Jeon and B.K. Byun. 2007b. The first record of *Endasys liaoningensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae) parasiting on *Pachynematus itoi* (Hymenoptera: Tenthredinidae) in Korea. J. Asia Pac. Entomol. 10: 297-299.

Sheng, M., L. Gao and J. Wang. 1998. Studies on the parasitoids of *Pachynematus itoi*: I. *Cleptes semiauratus* and *Endasys liaoningensis*. Forest Pest & Dis. 2: 7-8.

Sheng, M., L. Gao, S. Sun, Y. Zhang, H. Zhang, J. Huang and H. Zhang. 2002. Studies on the parasitoids of *Pachynematus itoi* and their control abilities. J. Liaoning Forestry Sci. & Technol. 2: 1-3.

Takizawa, Y. 1957. Studies on a Japanese-sawfly *Pachynematus itoi* Okutani (Tenthredinidae, Hymenoptera). II. The Ecology and its life history. New Entomol. 6: 17-29.

Wagner, M.R., T. Ikeda, D.M. Benjamin and F. Matsumura. 1979. Host derived chemicals: the basis for preferential feeding behavior of the larch sawfly, *Pristiphora erichsonii*

- (Hymenoptera: Tenthredinidae), on tamarack, *Larix laricina*.
Can. Entomol. 111: 165-169.
- Wang, G., J. Sun, S. Ma and M. Sheng. 1996. A new species of *Endasys* Foerster (Hymenoptera: Ichneumonidae) parasiting *Pachynematus itoi* Okutani (Hymenoptera: Tenthredinidae).
Entomotaxonomia 18: 230-232.
- Xiao, G. 1992. Forest Insects of China the second edition (revised & enlarged). 1362pp. China Forestry Publishing House, Beijing.