

솔수염하늘소(*Monochamus alternatus*) 성충의 형태 측정과 암수 구분

이상명 · 정영진¹ · 김동수 · 최광식¹ · 김영걸 · 박정규^{2*}

남부산림연구소, ¹국립산림과학원 산림병해충과, ²경상대학교 농업생명과학원

Adult Morphological Measurements: An Indicator to Identify Sexes of Japanese Pine Sawyer, *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae)

Sang-Myeong Lee, Yeong-Jin Chung¹, Dong-Soo Kim, Kwang-Sik Choi¹, Young-Gul Kim and Chung-Gyoo Park^{2*}

Southern Forest Research Center, Jinju, Republic of Korea

¹Korea Forest Research Institute, Seoul, Republic of Korea

²Institute of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Republic of Korea

ABSTRACT : Numerical measurements were made for fresh weight, body length and width, head width, and color and length of antenna of Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* adults, a primary vector of pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* in Korea. We measured 563 females and 601 males that emerged out of dead pine logs from 2001 to 2002. General linear model analysis showed that measurements of fresh weight, body length, and body width were significantly higher in females than in males. Head width was not significantly different between sexes. Antennal length of males was significantly longer than that of females. For females and males respectively, average fresh weights were 0.305 g and 0.277 g, body lengths 20.97 mm and 19.93 mm, body widths 6.52 mm and 6.18 mm, head widths 3.78 mm and 3.70 mm, and antennal lengths 31.19 mm and 45.49 mm. Antennal length or ratio of antennal length to body length overlapped in some ranges between 2 sexes. Therefore antennal length itself or ratio of antennal length to body length could not be used as a definite criterion to discriminate sexes. However, check on color of the antennae of 4,033 adults revealed without exception that basal part of every segment of flagellum of female antenna was covered with whitish-grey hairs, while whole part of every segment of male flagellum was covered with brownish-black hairs. This characteristics might be a best way to differentiate sex of this species.

KEY WORDS : Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus*, Pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, Numerical measurement, Sex discrimination

초 록 : 2001년부터 2002년까지 소나무재선충의 매개체인 솔수염하늘소 성충의 생체중과 체장, 체폭, 두폭, 더듬이의 길이 및 색깔 등을 조사하였다. 소나무재선충에 감염되어 고사된 소나무를 일정한 길이로 잘라 우화망실 안에 두고 우화하는 솔수염하늘소 성충을 채집하여 조사하였다. 분산분석결과 생체중, 체장, 체폭의 측정치는 암컷이 수컷보다 높았고, 두폭은 암수간에 차이가 없었으며, 촉각의 길이는 수컷이 더 길었다. 암컷(n=563)과 수컷(n=601)의 평균 생체중은 각각 0.305 g과 0.277 g, 체장은 20.97 mm와 19.93 mm, 체폭은 6.52 mm와 6.18 mm, 두폭은 3.78 mm와 3.70 mm, 촉각의 길이는 31.19 mm와 45.49 mm이었다. 촉각의 길이나 체장과 촉각 길이의 비율은 암수간에 중

*Corresponding author. E-mail: insectpark1@hanmail.net

복되는 범위가 많아서 이것을 기준으로 암수를 구분할 수는 없었다. 그러나 성충(n=4,033) 측각의 털 색깔을 조사한 결과, 예외 없이 암컷 측각의 모든 편절 마디의 기부쪽 절반 정도가 회백색의 미모로 덮여 있으나, 수컷 측각의 편절마디는 전체적으로 흑갈색의 미모로 덮여 있었기 때문에, 이 특징으로 암수를 쉽게 구분할 수 있었다.

검색어 : 솔수염하늘소, 소나무재선충, 개체측정, 성감별

소나무재선충은 소나무(*Pinus densiflora*), 해송(*P. thunbergii*), 마미송(*P. massoniana*), 유구송(*P. luchuen-sis*), 대만이엽송(*P. taiwanensis*) 등에 병징을 일으켜 소나무를 죽게 한다(Mamiya, 1988; Kishi, 1995; Enda, 1997). 우리나라에서는 부산광역시 동래구 온천2동 금정산 일원의 소나무와 해송에서 1988년 10월에 처음으로 이 선충에 의한 피해 발생이 확인된 이래(Yi *et al.*, 1989; Choi *et al.*, 2003), 피해가 계속 확산되고 있으며 현재는 울산, 부산, 경남 일원 뿐만 아니라 경북의 구미시와 전남의 목포시까지 분포가 확대되고 있다(Chung, 2002). 소나무재선충에 감염된 소나무와 해송은 대부분 감염된 지 불과 3개월 이내에 완전히 고사되는데, 매개충인 솔수염하늘소는 고사목이나 쇠약목에 산란을 하고, 부화한 유충이 고사목 내에서 발육, 월동한 후에 이듬해 5월부터 성충으로 우화한다. 현재 우리나라의 소나무재선충병 방제는 소나무 내에 서식하는 선충 자체를 죽이는 것보다는 매개충인 솔수염하늘소를 박멸하는 쪽으로 초점이 맞추어져 있어서 감염목을 벌채한 후 메탐소디움액제로 훈증처리하거나, 매개충의 후식을 방지하기 위하여 메프유제를 항공살포하고 있다(Korea Forest Service, 2003). 그러나 우리나라에서는 아직까지 솔수염하늘소에 대한 연구결과가 미흡하여 효과적인 방제체계 수립에 어려움이 있다. 따라서 본 논문에서는 기초연구로서 소나무재선충병에 의해 고사된 소나무에서 우화된 솔수염하늘소 성충의 여러가지 형질을 측정하고 암수 구별법을 조사하여 앞으로의 연구나 방제체계 수립에 필요한 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

시험충 확보를 위한 공시목의 벌채, 조제 및 우화망실 내 설치

2001년과 2002년에 경남 진주시의 가좌동과 정촌

면 일원의 야산에서 소나무재선충병에 의한 고사목을 벌채하여 주간(主幹)을 약 1 m 정도의 길이로 잘라 공시목으로 사용하였다. 공시목은 진주시 가좌동에 있는 임업연구원 남부임업시험장의 구내에 설치된 야외의 대형 우화망실에 세로로 세워두었다.

우화 성충의 성비 조사

2001년과 2002년에 우화망실에 세워둔 공시목에서 매일 우화하는 성충을 포획하여 Fig. 1의 외부생식기의 모양에 따라 암수를 구분하고 성비를 산출하였다.

암수 성충의 개체특성과 더듬이의 색깔 조사

2002년과 2003년에 공시목에서 우화하는 성충을 매일 포획하여 암수별로 생체중, 체장, 체폭, 두폭을 측정하였다. 총 조사한 성충은 암컷이 563마리이었고, 수컷이 601마리이었다. 생체중은 디지털저울(OHAUS TS400A)을 이용하였으며 체장, 체폭, 두폭, 더듬이의 길이 등은 디지털캘리퍼스(CD-20CP)를 이용하였다. 체장은 머리 끝부분부터 시초의 끝부분까지, 체폭은 시초를 접었을 때의 폭을, 두폭은 뺨부분의 너비를, 더듬이의 길이는 기절에서부터 편절의 끝부분까지 측정하였다. 더듬이의 색깔은 1999년부터 2002년까지 우화한 성충 4,033마리를 대상으로 하였다. Fig. 1의 외부생식기로 암수를 구분한 후 더듬이 편절의 색을 비교하였다.

결과 및 고찰

우화 성충의 성비

솔수염하늘소 암수 성충의 전체적인 모습은 Fig. 2와 같다. 소나무재선충에 의한 고사목에서 우화하는 성충의 성비는 해에 따라 0.48-0.54 범위로써 평균 0.51이었다(Table 1). 일본의 경우 조사자에 따라 성비



Fig. 1. External sex organs of *M. alternatus* adults; female (left) and male (right) (Hokuryukan, 1965).

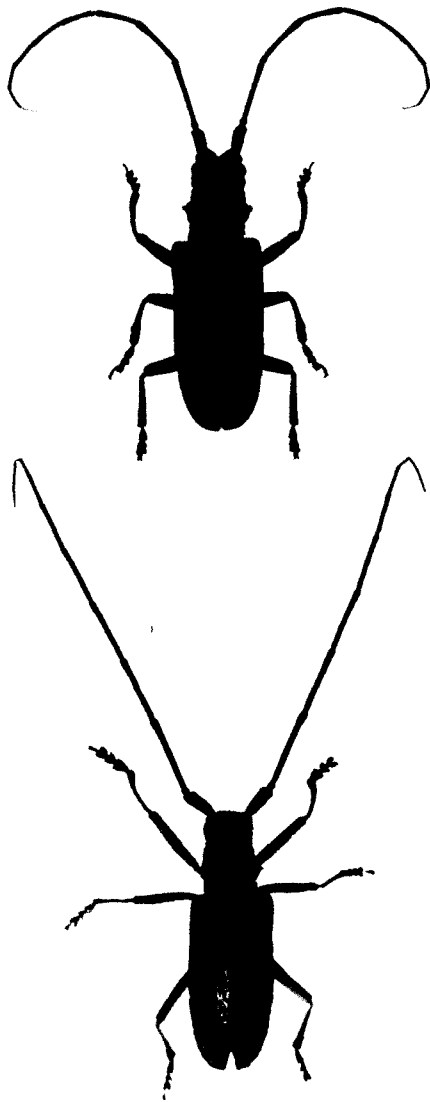


Fig. 2. Appearance of female (upper) and male (under) *M. alternatus* adults. Note the length of antenna to the body length.

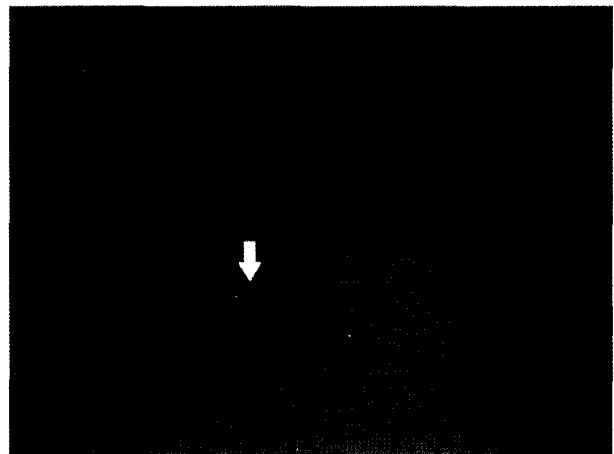


Fig. 5. Antenna of male (above) and female (below) adults of *M. alternatus*. Basal half of every segment of flagellum of female antenna was covered with whitish-grey hairs, but in the case of male antennae, whole segment of flagellum was covered with brownish-black hairs.

Table 1. Sex ratio of *M. alternatus* adults emerged from pine tree logs

Year	No. of adults emerged		Sex ratio
	♀	♂	
2000	588	500	0.54
2001	153	140	0.52
2002	484	514	0.48
Total or mean	1,225	1,154	0.51

가 0.41에서 0.64까지로 차이가 있으나 이들의 평균치는 0.51이라고 하여, 본 조사 결과와 동일하였다 (Kishi, 1995). 그러나 성충의 성비는 산지(產地)나 해에 따라서 변이는 있으나 보통 1:1이며 累代에 걸친 사육을 하면 암컷이 많아지는 경향이 있으므로 (Okuda,

Table 2. Morphological measurements on *M. alternatus* adults

Measurement*	Sex	Mean ± SD	Maximum	Minimum
Fresh weight (g)	Female	0.305 ± 0.097	0.640	0.072
	Male	0.277 ± 0.099	0.644	0.075
Body length (mm)	Female	20.97 ± 2.31	27.59	13.99
	Male	19.93 ± 2.32	26.74	12.20
Body width (mm)	Female	6.52 ± 0.82	9.47	3.97
	Male	6.18 ± 0.80	8.42	3.80
Head width (mm)	Female	3.78 ± 0.44	4.99	1.93
	Male	3.70 ± 1.24	4.97	2.27
Antennal length (mm)	Female	31.19 ± 4.14	48.14	28.51
	Male	45.49 ± 9.81	72.97	22.17

* Measurements of 563 females and 601 males.

1971) 환경조건에 따라서 성비 구성이 다소 변화할 가능성이 있는 것으로 생각된다.

성충의 생체중과 크기

2001년과 2002년에 공시목에서 갓 우화탈출한 암컷 563마리와 수컷 601마리를 채집하여 생체중과 크기를 측정하였다(Table 2). 암컷 성충의 생체중은 최대 0.640 g, 최소 0.072 g, 평균 0.305 g, 수컷 성충은 최대 0.644 g, 최소 0.075 g, 평균 0.277 g으로서 암컷이 수컷에 비해 무거웠다(GLM analysis, df = 1162,1; F = 23.47; P = 0.0001). 일본에서도 대부분의 암컷이 수컷에 비해 다소 무거운 것으로 보고된 바 있으며(Hosoda, 1974; Ochi and Katagiri, 1974; Arihara, 1982; Igarashi, 1985), 성충은 우화탈출 10일 후에는 후식을 하면서 체중이 약 100 mg 정도 증가하지만 그 이후 난소성숙기와 산란기에는 거의 증가하지 않는다(Enda, 1973). 성충의 체장은 암컷이 평균 20.97 mm (13.99-27.59 mm), 수컷은 평균 19.93 mm (12.20-26.74 mm)로 암컷이 다소 긴 편이었다(GLM analysis, df = 1162,1; F = 54.69; P = 0.0001). 성충의 체폭은 암컷이 평균 6.52 mm (3.97-9.47 mm), 수컷은 평균 6.18 mm (3.80-8.42 mm)로서 체장과 마찬가지로 암컷이 다소 넓은 편이었다(GLM analysis, df = 1162,1; F = 45.98; P = 0.0001). 성충의 두폭은 암컷이 평균 3.78 mm (1.93-4.90 mm), 수컷은 평균 3.70 mm (2.27-4.97 mm)로서 암수간에 차이가 없었다(GLM analysis, df = 1162,1; F = 1.88; P = 0.1707). 성충의 더듬이의 길이는 암컷이 평균 31.19 mm (28.51-48.14 mm), 수컷이 평균 45.49 mm (22.17-72.97 mm)로서 수컷의 더듬이가 더 길었다(GLM analysis, df = 1162,1; F = 1031.21; P = 0.0001). 일반적으로 하늘소류의 암수는 더듬이의 길이로 구분한다. 그

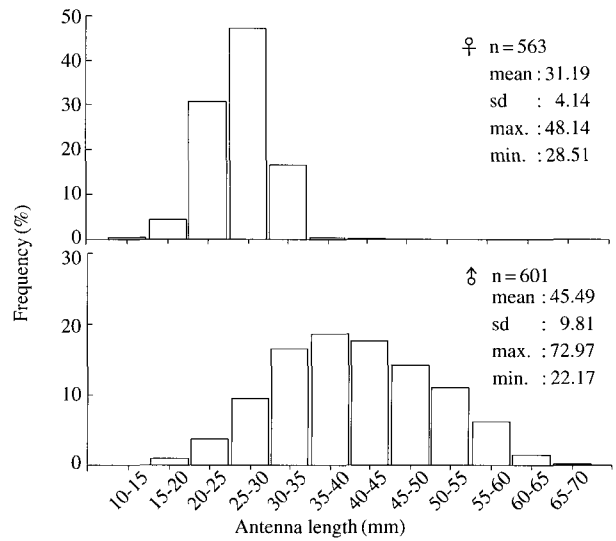


Fig. 3. Antennal length of *M. alternatus* adults.

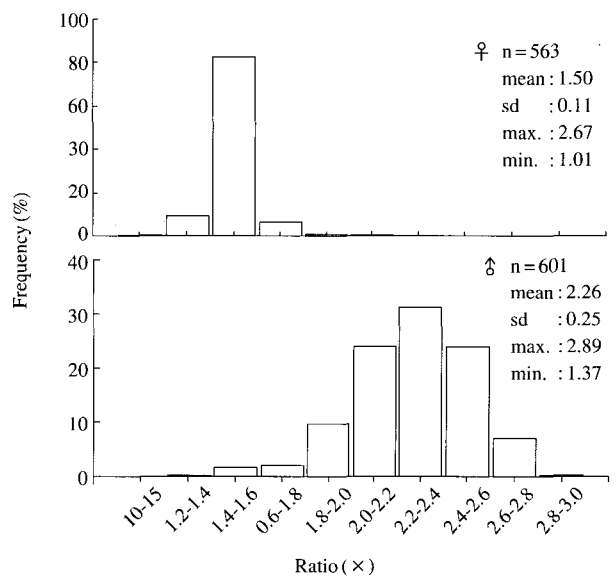


Fig. 4. Ratio of antennal length to body length of *M. alternatus* female and male adults.

러나 솔수염하늘소의 경우 더듬이의 길이만으로 암수를 판단할 경우 Fig. 3에서 보는 바와 같이 더듬이의 길이가 35 mm 이하인 솔수염하늘소의 수컷은 암컷으로 잘못 판단 될 수 있다.

Fig. 4는 솔수염하늘소 성충의 체장에 대한 더듬이의 비율을 나타낸 것이다. 암컷의 더듬이는 체장의 1.01-2.67배(평균 1.50배), 수컷은 1.37-2.89배(평균 2.26배)이었다. 이러한 결과는 일본 솔수염하늘소 암컷의 1.4-1.6배, 수컷의 2.0-2.5배(Hokuryukan, 1965;

Makihara, 1988)와 유사한 결과이다. 체장에 대한 더듬이 길이의 비율로써 암수를 구분할 경우, 그 비율이 1.8배 이하인 수컷(총 601마리 중에서 5마리, 0.83%)은 암컷으로 오판할 가능성이 크다고 할 수 있다 (Fig. 4). 따라서 보다 정확한 암수 구분방법을 찾기 위하여 암수의 더듬이의 색깔을 조사하였다. 1999년부터 2002년까지 공시목에서 우화 탈출한 4,033마리 성충의 더듬이 색깔을 조사한 결과, 예외 없이 암컷의 경우에는 모든 편절 마디의 기부쪽 절반 정도가 회백색의 미모로 덮여 있으며, 수컷의 경우에는 모든 편절 마디가 전체적으로 흑갈색의 미모로 덮여 있기 때문에 육안으로도 쉽게 구분이 가능하였다(Fig. 5). 일본에서도 암컷 더듬이는 제3마디부터 끝마디까지 각 마디의 절반 아래쪽에는 회백색의 미모가 있다고 하였다(Makihara, 1988).

Literature Cited

- Arihara, T. 1982. Weight of the pine Sawyer and its longevity. Transactions of the 34th Meeting of the Tohoku Branch of the Japanese Forestry Society, pp.134~135.
- Choi, K.S., Y.J. Chung, S.C. Shin and J.D. Park. 2003. The distribution and infestation of the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, in Korea. Korea-Japan Joint Conference on Applied Entomology and Zoology, Busan, Korea. pp.36~37.
- Chung, Y.J. 2002. Occurrence and spread of pine wilt disease in Korea. Tree Protection 7: 1~7.
- Enda, N. 1973. Relationship between feeding amounts and weight change of pine Sawyer. Transactions of the 84th Meeting of the Japanese Forestry Society, pp.321~322.
- Enda, N. 1997. The damage of pine wilt disease and control in Asia. Forest Pests 46: 182~188.
- Hokuryukan, 1965. Iconographia insectorum Japonicorum colore naturali edita. Vol. 2. Hokuryukan Co. Ltd. Tokyo, Japan. 301 pp.
- Hosoda, R. 1974. Relationship between the size of pine Sawyer adult and the number of pine wood nematodes in its host. Transactions of the 25th Meeting of the Kansai Branch of the Japanese Forestry Society, pp.306~309.
- Igarashi, M. 1985. Ecological characteristics of the pine Sawyer in Tohoku District. Annual Report of Tohoku Branch Station of Forest Experiment Station 26: 103~112.
- Kishi, Y. 1995. The pine wood nematode and the Japanese pine Sawyer. Thomas Company Limited, Tokyo, Japan. 302 pp.
- Korea Forest Service. 2003. Guideline for the control of forest diseases and insect pests. Korea Forest Service, Daejeon, Korea. 198pp.
- Makihara, H. 1988. Kinds and life history of vector insects; History of and current research on pinewood nematode. pp.44~64. national association for forest pests control. Tokyo, Japan.
- Mamiya, Y. 1988. History of pine wilt disease in Japan. Journal of Nematology, 20: 219~226.
- Ochi, K. and K. Katagiri. 1974. Ecological studies on the Japanese pine Sawyer, *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae) (II); Size and shape of field population adults. Journal of Japanese Forestry Society, 56: 399~403.
- Okuda, M. 1971. Continuous rearing of the pine Sawyer under constant temperatures. Transactions of the 22th Meeting of the Kansai Branch of the Japanese Forestry Society, pp.133~134.
- Yi, C.K., B.H. Byun, J.D. Park, S.I. Yang and K.H. Chang. 1989. First finding of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Buhner) Nickle and its insect vector in Korea. Research Reports of Forestry Research Institute 38: 141~149.

(Received for publication 11 November 2003;
accepted 14 January 2004)