

## 북방수염하늘소(*Monochamus saltuarius*)의 수종별 우화시기

한주환<sup>1</sup> · 유종현<sup>1</sup> · 구창덕<sup>2</sup> · 윤창만<sup>3</sup> · 최광식<sup>4</sup> · 신상철<sup>4</sup> · 김길하<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>충청북도산림환경연구소, <sup>2</sup>충북대학교 농업생명환경대학 산림과학과,

<sup>3</sup>충북대학교 농업생명환경대학 식물의학과, <sup>4</sup>국립산림과학원 산림병해충연구과

## Emergence Timing of the Pine Sawyer Beetle, *Monochamus saltuarius* (Coleoptera: Cerambycidae) by Tree Species

Ju-Hwan Han<sup>1</sup>, Jong-Hyun You<sup>1</sup>, Chang-Deok Koo<sup>2</sup>, Changmann Yoon<sup>3</sup>, Kwang-Sik Choi<sup>4</sup>, Sang-Chul Shin<sup>4</sup> and Gil-Hah Kim<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Chungbuk Forest Research Institute, Miweon, <sup>2</sup>Dept. of Forest Science, Chungbuk National University,

<sup>3</sup>Dept. of Plant Medicine, Chungbuk National University, <sup>4</sup>Korea Forest Research Institute, Seoul

**ABSTRACT :** This study was performed to investigate the emergence timing and daily emergence from the different tree species logs (Korean white pine, Pine, and Japanese larch) at Cheongwon, Chungcheongbuk-do from 2006 to 2008. Pine sawyer adults began to emerge on early May (2~10th day) and finished on mid-June (4~20th day) in the Korean white pine and pine logs. However, pine sawyer adults began to emerge on mid-May (13th day) and finished late May (27th day) in Japanese larch logs. Japanese larch logs shows shorter emergence timing of pine sawyer adult compare to those of other two tree species. Emergence timing shows no difference between males and females. Sex ratios of emerged adult in 2007 were 0.55 from Korean white pine, 0.46 from Pine, and 0.59 from Japanese larch; it shows no difference among tree species. Female and male adults emerged throughout 24 hrs; 22.8% of the total adults emerged from 12~14:00 (22.8%) and adults emerged lowest from 06~08:00. Of the adults emerged from the logs, 98.9% was univoltine and the rest was biennial which emerged next year.

**KEY WORDS :** Pine sawyer adult, *Monochamus saltuarius*, Emergence timing, Daily emergence timing, Korean white pine, Pine tree, Japanese larch

**초 록 :** 충북 청원에서 2006년도부터 2008년까지 북방수염하늘소 성충의 수종(잣나무, 소나무, 낙엽송)에 따른 우화시기와 일중 우화 탈출시간을 조사하였다. 성충은 잣나무와 소나무에서 5월 초순(2~10일)에 우화를 시작하였으며, 6월 중순(4~20일)에 끝났다. 하지만 낙엽송에서는 5월 중순(13일)에 우화를 시작하여 5월 하순(27일)에 끝나 두 수종에 비하여 우화기간이 짧았다. 우화시기는 수컷과 암컷 간에 차이가 없었다. 2007년에 우화한 성충의 성비는 잣나무에서 0.55, 소나무 0.46, 낙엽송 0.59로 수종간 차이는 없었다. 일중 우화탈출은 24시간 내내 이루어졌고 최대 우화탈출은 12~14:00 시로 가장 높았고(22.8%), 06~08:00시간이 가장 낮았다. 성충은 1년에 1세대 발생 비율이 98.9%이고, 2년 1세대 발생 성충의 비율은 1.1%이었다.

**검색어 :** 북방수염하늘소, 우화시기, 일중 탈출시간, 잣나무, 소나무, 낙엽송

\*Corresponding author. E-mail: khkim@chungbuk.ac.kr

하늘소속(*Monochamus*)의 해충들은 다른 해충들과 마찬가지로 적당한 환경이 주어지면 그 밀도가 급격히 증가하여 침엽수림에서 경제적으로 중요한 해충이 된다(Morewood *et al.*, 2002). 이 해충들은 주로 목부를 가해하는데, 성충은 건전한 나무의 어린가지를 가해하며 병들거나 약한 나무에 알을 낳고, 유충은 목부와 사부를 가해하여 이차적으로 피해를 준다(Edwards and Linit, 1992). 하지만 하늘소류는 소나무 시들음병(pine wilt disease)을 일으키는 병원체인 소나무재선충, *Bursaphelenchus xylophilus*의 매개충으로서 더욱 중요한 의미를 갖는다(Mamiya, 1988; Kishi, 1995; Enda, 1997).

소나무재선충의 전파는 지난세기에 솔수염하늘소(*M. alternatus*)의 매개에 의해서 일본과 극동아시아로 급격히 퍼져나갔다(Evans *et al.*, 1996). 소나무재선충병은 일본과 지리적으로 가까운 우리나라에서는 1988년 10월에 부산에서 발견된 이래(Lee *et al.*, 1989), 2007년에는 강원 춘천·원주, 경기 남양주·포천, 2008년에는 경북 상주, 경남 산청에서도 소나무재선충이 발생하였고(KFRI, 2007), 최근 2009년도에 충북 옥천군과 경북 영덕군에서도 재선충이 발생하여, 그 피해지역이 계속 확산중이다(산림과학원, 미보고). 특히, 최근에 중부지방의 잣나무림에서 소나무재선충을 북방수염하늘소가 매개한 것으로 밝혀졌기에(KFRI, 2007), 한국 삼림의 주요 수종을 보호하기 위해서 소나무재선충의 매개충인 북방수염하늘소의 우화시기 및 발생소장에 대한 정확한 정보를 파악하는 것이 중요하다.

현재까지 매개충으로서 하늘소 속 해충들은 북미에서 *Monochamus titillator*(Luzzi *et al.*, 1984), *M. carolinensis* (Necibi and Linit, 1998)와 *M. scutellatus*(Wingfield and Blanchette, 1983)가, 포르투갈에서 *M. galloprovincialis* (Sousa *et al.*, 2001)가, 그리고 일본, 중국 대만과 한국에서는 솔수염하늘소가 소나무재선충의 매개충으로 보고되었다(Takizawa and Shoji, 1982; Lee *et al.*, 1989). 북방수염하늘소도 일본에 이어 한국에서도 매개충으로 보고됨(KFRI, 2007)에 따라 전세계적으로 소나무재선충의 매개충들은 소나무림에서 주요 관심대상 해충 중에 하나이다. 지금까지 국내에서 북방수염하늘소에 대한 연구로는, 지역적 분포(Kwon *et al.*, 2006), 발생소장(Han *et al.*, 2007), 교미행동(Kim *et al.*, 2006a; Kim *et al.*, 2006b), ipsenol과 ipsdienol에 대한 유인효과(Ahn *et al.*, 2008)등이 보고되었지만 소나무재선충의 방제를 위하여 수종별, 일별, 월별 우화시기 등의 생물적, 생태적 기초연구는 아직 미흡한 편이다.

북방수염하늘소 성충의 우화 탈출시기 조사는 주로 후식 예방을 위한 약제살포 적기를 파악하는 것이 주목적이지만 연도별이나 지역 간에 우화시기의 차이가 심해서 예측이 어려운 실정이다(Kim *et al.*, 2003). 따라서 본 연구는 우리나라 중부지역에서 최근 3년간 수종(잣나무, 소나무, 낙엽송)별 북방수염하늘소 성충의 우화시기와 일중 우화탈출시간을 파악하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 실험근총

북방수염하늘소(*Monochamus saltuarius*)를 확보하기 위해 공시목으로 잣나무(*Pinus koraiensis*)는 2005~2007년간 충북 청원, 진천, 보은, 옥천 잣나무림 별채지에서, 소나무(*P. densiflora*)는 2005~2007년간 충북 청원지역 별채지에서, 낙엽송(*Larix leptolepis*)은 2006년 충북 청원 지역의 야산에서 별채목을 가지와 잎을 제거하고 수피가 있는 상태로 약 1m의 길이로 잘라 2006~2008년간 충북 청원에 소재한 충청북도 산림환경연구소로 옮겨 공시목으로 사용하였다. 공시목은 직경이 10~15 cm, 길이가 100 cm인 것을 40개씩을 1반복으로 사용하였으며, 철망(16 mesh)을 씌운 우화실 (① 590(가로) × 490(세로) × 210 cm(높이), ② 800(가로) × 230(세로) × 180 cm(높이), ③ 630(가로) × 940(세로) × 245 cm(높이))내에 우물정(井)자로 쌓아두었다. 이 실험의 반복수는 5반복으로 시험을 하였다.

### 성충의 탈출시기와 성비 조사

성충의 탈출시기와 기간은 햇빛이 자연스럽게 들어오는 우화실에서 2006~2008년은 잣나무와 소나무에서 2007년은 낙엽송에서 탈출하는 성충을 포획하여 조사하였으며, 더 이상 성충이 우화하지 않을 때까지 매일 오후 2시경에 조사하였다. 또한 우화실내 공시목에서 우화한 성충을 포획하여 성충의 더듬이 길이와 외부생식기로 암수를 구분하여 성비(♀/♀+♂)를 산출하였다.

### 일일중 성충 우화 시간 조사

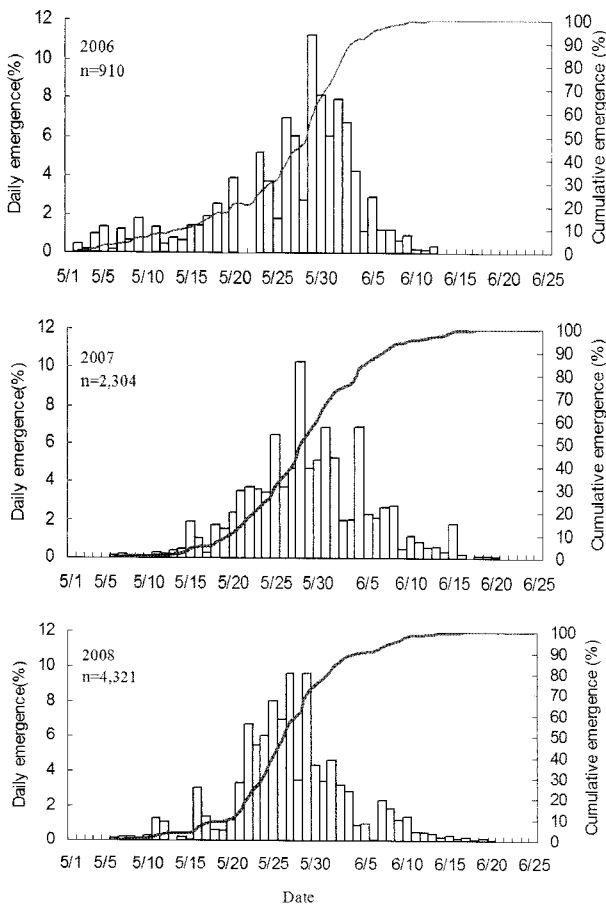
2007년에 북방수염하늘소 성충의 일일 우화상황을 조사하기 위하여 우화 최성기로 추정되는 5월 28일부터 6월 2일까지 6일 동안 매 2시간 간격으로 우화하는

성충을 채집하여 시간대별, 수종별(잣나무, 소나무, 낙엽송)로 우화상황을 조사하였다.

## 결과 및 고찰

### 우화성충의 우화시기와 기간

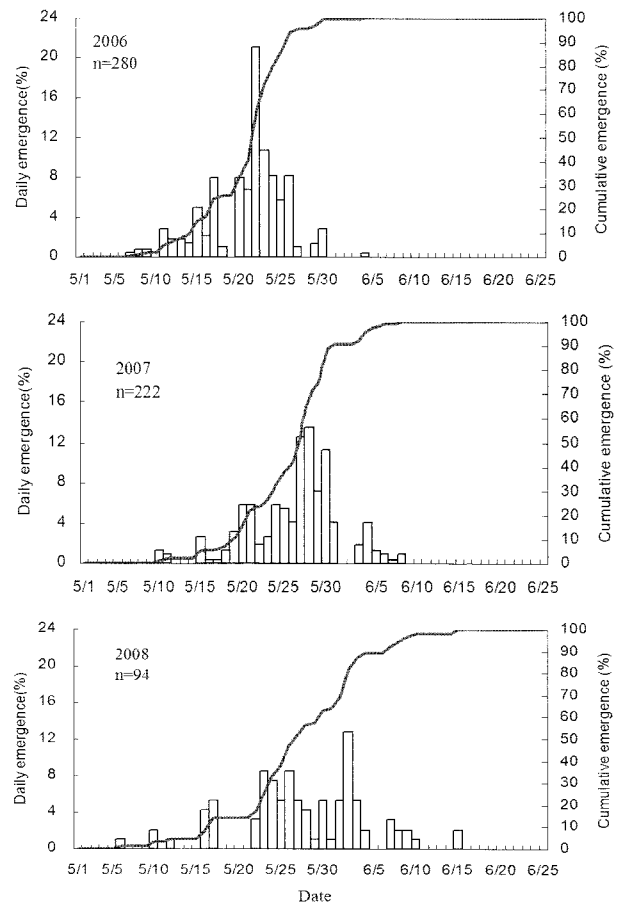
충북 청원 미원지역에서 2006년부터 2008년까지 잣나무 공시목 우화망실에서 북방수염하늘소 성충의 우화시기는 Fig. 1과 같다. 잣나무에서 우화한 북방수염하늘소 성충의 우화상황은 우화초일이 2006년은 5월 2일, 2007년과 2008년은 모두 5월 6일, 50% 우화일은 2006년은 5월 29일, 2007년과 2008년은 각각 5월 28일, 5월 27일 이었으며, 우화종료일은 2006년은 6월 12일, 2007년과 2008년 모두 6월 20일이었다.



**Fig. 1.** Phenology of daily (bars) and cumulatively (line) emerged *Monochamus saltuarius* adults on *Pinus koraiensis* logs from Cheongwon-gun in 2006~2008. To compare with the year, some data (2006) was cited from Han et al. (2007).

소나무 공시목에서는 성충의 우화상황에서 우화초일이 2006년은 5월 7일, 2007년은 5월 10일, 2008년은 5월 6일이었고, 50% 우화일은 2006년은 5월22일, 2007년과 2008년 모두 5월 27일이었으며, 우화종료일은 2006년은 6월 4일, 2007년은 6월 8일, 2008년도는 6월 15일이었다(Fig. 2). 낙엽송에서는 2007년도에 우화초일이 5월 13일, 50% 우화일이 5월23일, 우화종료일은 5월 27일이었다(Fig. 3). 낙엽송에서 북방수염하늘소의 우화성충의 우화시기는 2007년도에만 조사가 되어 부족한 점이 있다. 하지만 본 실험에서는 북방수염하늘소가 낙엽송에서도 섭식을 하며 생활을 하는 것을 밝힌 것에 의의가 있고, 낙엽송은 잣나무나 소나무에 비하여 아직 기주로 밝히기엔 우화성충의 개체수가 현저히 적게 나타나서, 이에 대한 원인 규명 연구가 필요하다.

북방수염하늘소의 우화율은 맑고 따뜻한 날이 흐리고



**Fig. 2.** Phenology of daily (bars) and cumulatively (line) emerged *Monochamus saltuarius* adults on *Pinus densiflora* logs from Cheongwon-gun in 2006~2008. To compare with the year, some data (2006) was cited from Han et al. (2007).

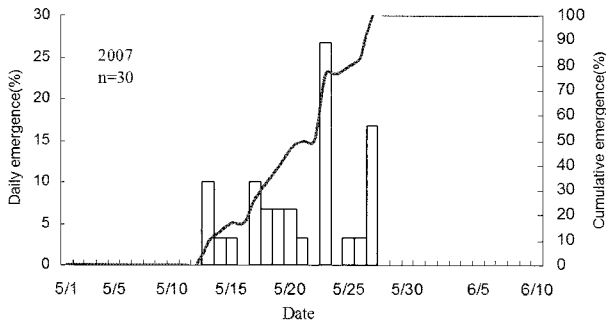


Fig. 3. Phenology of daily (bars) and cumulatively (line) emerged *Monochamus saltuarius* adults on *Larix leptolepis* logs from Cheongwon-gun in 2007.

비오는 날 보다 높았으며, 비오는 날에는 거의 우화하지 않았다. 날씨에 따라 우화성향이 많이 좌우되는 것으로 보이지만 이에 대해서는 추후 자세한 연구가 수행되어야 할 것이다. 일본의 경우 우화시기는 지역별로 차이가 있어 高野 지역은 3월 초순~4월 하순, 香川 지역은 4월 중순~5월 상순, 岩手 지역은 5월 하순~6월 하순이었다 (Ochi, 1969; Takizawa, 1983; Enda and Igarashi, 1988). 북방수염하늘소의 우화 첫날은 5월 초순으로, 수종별 우화상황을 보면 잣나무에서의 성충우화는 소나무에서 보다 우화초일이 2006년은 5일, 2007년은 4일 일찍 우화를 시작했지만 2008년은 우화초일이 같았다. 50% 우화일은 잣나무보다 소나무가 2006년과 2007년 각각 7일과 1일이 빨랐으며, 2008년은 50% 우화일은 같았다. 우화종료일도 소나무가 잣나무 보다 2006년도는 8일, 2007년도는 12일, 2008년도는 5일 일찍 종료하였다(Figs. 1 and 2). 수종별 우화시기의 차이는 수종간 수피의 표면특성과 두께차이와 관련이 있을 것으로 생각되나 향후 좀 더 자세한 연구가 필요하다.

북방수염하늘소의 잣나무에서 우화최성기는 5월 28~29일, 소나무에서는 5월 22~27일(Figs. 1 and 2)로 솔수염하늘소의 6월 24~25일(Kim et al., 2003) 보다 1개월 정도 빨랐으며, 이 두 종의 우화시기가 다르다는 것을 알 수 있다. 솔수염하늘소의 우화최성기는 조사 시기에 따라 차이를 나타내는데, 1989년부터 1998년까지 6월 하순으로 보고되었으며(KFRI, 2003), 1999년부터 2002년까지는 6월 10일경으로 보고되었다(Kim et al., 2003). 이러한 경향은 1989년부터 1998년까지의 4월과 5월 평균기온이 12.8℃, 17.4℃에서 1999년부터 2002년까지는 13.4℃와 18.2℃로 각각 0.6℃, 0.8℃ 높아져 평균기온이 상승에 따라 우화최성기가 빨라지는 것으로 보고하였다(Kim et al., 2003).

### 수종별 우화 성비 및 잣나무에서 암수별 우화시기

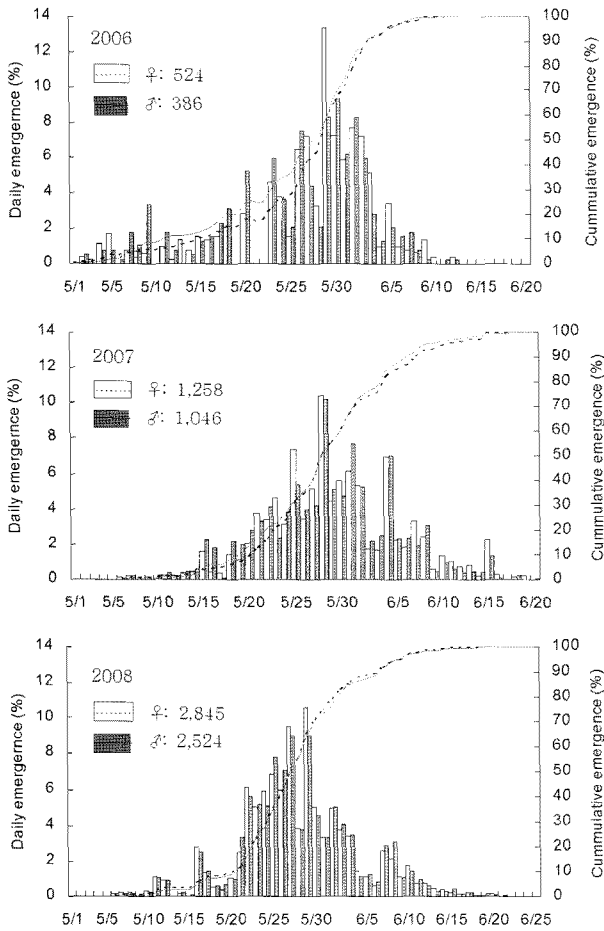
이전의 연구에서 Han et al. (2007) 등은 2006년도에 잣나무에서 우화한 북방수염하늘소 성충의 암컷비율은 0.58이라고 보고한 바 있다. 본 연구에서 2007년과 2008년까지 잣나무에서 우화한 성충의 암컷비율은 2007년도에 0.55 (Table 1), 2008년도에 0.53이었다. 이에 3년간의 우화성비의 평균은 0.54로 조사되었다. 이에 비하여 소나무에서는 0.46, 낙엽송에서는 0.59로 나타났다. 일반적으로 우화한 암수 성비의 조사에서 0.50의 비율로 발생하지만 소나무에서 솔수염하늘소의 경우 일본에서도 조사자에 따라 다양한 성비(0.41~0.64)를 보였으며 (Kishi, 1995), 국내에서도 비슷한 결과(0.48~0.54)를 보였다(Lee et al., 2004).

하지만 연도와 수종에 따라서는 우화성비가 어떻게 달라지는지 보고된 바가 없다. 본 실험에서도 이전보고와 비교하여 잣나무에서 2006~2008년까지 성비가 각각 0.58, 0.55, 0.53으로 조사되어 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 또한 수종에 따라서도 우화성비에 영향을 주었는데 본 실험에서 2007년도에 수종별 성충의 우화성비는 잣나무, 소나무, 낙엽송에서 각각 0.55, 0.46, 0.59로 수종에 따라 성비의 차이는 없는 것으로 나타났다(Table 1).

북방수염하늘소 우화시기에 따라 성충의 성비를 알아 보기 위하여 암수별 잣나무에서 2006년부터 2008년까지 우화상황을 조사하였다(Fig. 4). 소나무와 낙엽송은 우화성충의 개체수가 잣나무에 비하여 적어, 보다 정확한 실험을 위하여 잣나무에 중점을 두었다. 잣나무에서 암수별 우화초일은 2006년은 5월 2일, 2007년과 2008년은 5월 6일로 암컷과 수컷 모두 같았으며, 50% 우화일에서 2006년도는 수컷이 암컷보다 1일 빨랐고, 2007년과 2008년 암컷과 수컷 모두 같았다. 우화종료일은 2006년은 6월 12일로 암컷과 수컷이 같았고, 2007년은 수컷이 암컷보다 1일 일찍 종료하였으며, 2008년도에

Table 1. Sex ratio of *Monochamus saltuarius* adults emerged from *Pinus densiflora*, *P. koraiensis* and *Larix leptolepis* in 2007

| Tree species         | Year | No. of adults emerged |       | Female ratio (♀/♀+♂) |
|----------------------|------|-----------------------|-------|----------------------|
|                      |      | ♀                     | ♂     |                      |
| <i>P. koraiensis</i> | 2007 | 2,692                 | 2,173 | 0.55                 |
| <i>P. densiflora</i> | 2007 | 200                   | 231   | 0.46                 |
| <i>L. leptolepis</i> | 2007 | 58                    | 40    | 0.59                 |

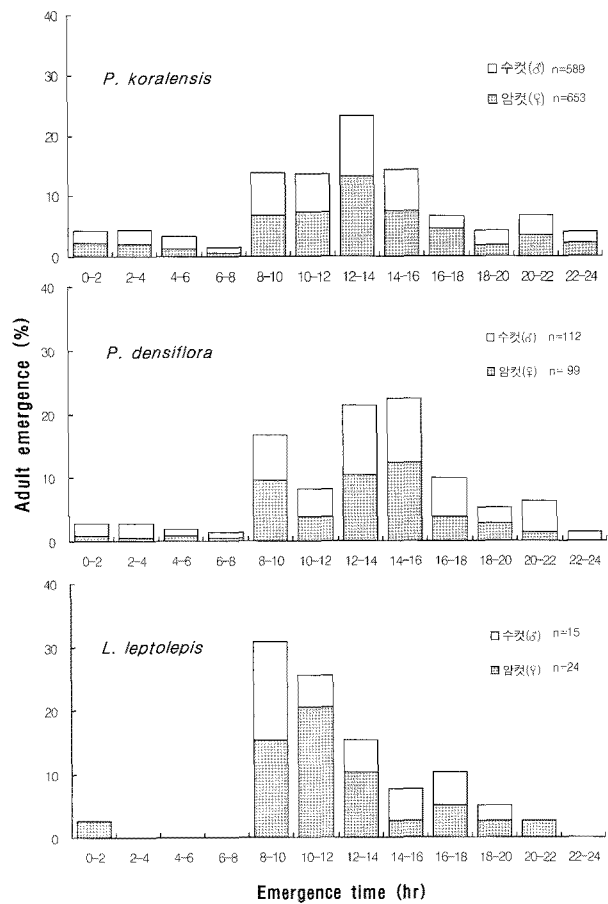


**Fig. 4.** Phenology of daily (bars) and cumulatively (line) emergence of male and female *Monochamus saltuarius* from 2006 to 2008. To compare with the year, some data (2006) was cited from Han et al. (2007).

는 6월 20일로 암컷과 수컷이 같이 종료하였다. 전체적으로 암수 간 우화상황은 같은 조건 하에서는 같은 것으로 보인다. 솔수염하늘소의 경우 수컷의 50% 우화일이 암컷보다 해에 따라 1~4일이 빨랐다고 보고하였다 (Kim et al., 2003).

**성충의 일중 우화탈출**

Fig. 5은 2007년 5월 28일부터 6월 2일까지 6일 동안 매 2시간 간격으로 조사한 일일 중 시간대별 우화 성충의 우화 결과이다. 잣나무에서 성충은 암수 구분 없이 24시간 내내 우화하였으며, 시간대별로 우화한 개체 비율은 12~14시 사이가 22.8%로 가장 높았으며, 14~16시 사이가 15.3%, 08~10시 사이가 14.6%로 나타났고, 06~08시 사이가 1.5%로 우화율이 가장 낮았다. 우화



**Fig. 5.** Daily emergence rhythm of *Monochamus saltuarius* adults from *Pinus densiflora*, *P. koraiensis*, and *Larix leptolepis* in 2007.

성충의 우화는 08~16시까지 전체 65.8%를 차지하였다. 소나무에서도 성충은 암수 구분 없이 대부분 24시간 내내 우화하였으며, 시간대 별로 보면 14시~16시가 가장 높았고 그 다음 12~14시, 8~10시간대로 조금 차이는 있었지만 주요 우화시간대는 08~16시로 비슷하게 나타났다. 낙엽송에서의 우화시간은 0~2시, 8~22시까지 일부 시간대에서만 우화하였고, 특히 수컷은 낮 시간대(8~20시)에만 우화하는 것으로 나타났다. 하지만 낙엽송에서 우화한 조사된 개체수가 적어 다른 잣나무와 소나무의 결과와 비교하기엔 무리가 있다. 시간대별로 보면 8~10시와 10~12시 사이에 가장 높은 우화율을 보이는 것으로 보아 소나무와 잣나무에서의 우화시간대와 달랐다. 솔수염하늘소의 일중 우화는 10~12시 사이가 19.0%로 가장 높게 나타났으며, 8~10시 사이가 13.3%, 20~24시 사이가 11.8%순으로 높았으며 02~08시까지는 우화수가 현저히 낮아서 (Kim et al., 2003), 북방수염하늘소의 일중 우화시기와 다소 차이가 있다.

**Table 2.** Composition of two types of life cycles of *Monochamus saltuarius* adults emerged from *Pinus koraiensis* logs

| Year       | Adults emerged |      | Emergence period    |
|------------|----------------|------|---------------------|
|            | Number         | %    |                     |
| Univoltine | 2,023          | 98.9 | 2007. 5. 22 ~ 6. 25 |
| Biennial   | 22             | 1.1  | 2008. 5. 25 ~ 6. 02 |
| Total      | 2,045          | 100  |                     |

## 발생세대

잣나무 우화실에서 1년 1세대 또는 2년 1세대를 경과하는 개체의 비율을 조사한 결과, 전체 성충 중 98.9%는 당년에 우화하였고, 1.1%는 다음해에 우화하였다(Table 2). Kishi (1995)는 1년 1세대 충은 보통 성숙유충으로 월동한 후 이듬해 번데기가 되는데 비해, 2년 1세대 충은 늦게 우화한 성충이 늦게 산란된 알에서 유충이 충분한 영양 섭취할 시간이 부족하여 미성숙 상태의 유충으로 월동하고, 이듬해 성숙유충이 된 후 월동과정을 거쳐 다음해 성충이 된다고 하였다. 한국에서 솔수염하늘소의 경우 2년 1세대 우화율은 2.4%로 보고되었으며(Kim *et al.*, 2003), 일본의 경우 동북지방 한랭지에서 8월 하순 이후 산란된 것과 관동지방 서쪽의 산간부나 고지대에서 9월 이후에 산란된 것에서 2년 1세대 충의 비율이 높았다(Makihara, 1988). 우리나라에서도 임지의 북쪽면에 있는 쇠약목에 늦은 시기에 산란된 알에서 부화한 유충은 발육이 부족한 상태로 월동에 들어갈 경우 2년 1세대로 발생할 가능성 크다고 생각된다.

## 사 사

본 연구는 산림청 지정 소나무재선충 연구사업단의 연구비 지원과 교육인적자원부의 제2단계 두뇌한국 21 사업으로 수행한 결과이다.

## Literature Cited

- Ahn H.G., M.K. Kim, J.O. Yang, D.J. Noh, S.H. Kang and G.H. Kim. 2008. Attractive efficacy of ipsenol and ipsdienol against *Monochamus saltuarius* Gebler (Coleoptera: Cerambycidae). Korean J. Pestic. Sci. 12: 391-396.
- Enda, N. 1997. The damage of pine wilt disease and control in Asia. Forest Pests 46: 182-188.
- Enda N. and M. Igarashi. 1988. The development in relation to temerature of *Monochamus saltuarius* Gebler (Coleoptera: Cerambycidae). Trans. Mtg. Kanto Br. Jpn. For. Soc. 40: 181-182.
- Edwards, O.R. and M.J. Linit. 1992. Transmission of *Bursaphelenchus xylophilus* through oviposition wounds of *Monochamus carolinensis* (Coleoptera: Cerambycidae). J. Nematol. 24: 133-139.
- Evans, H.F., D.G. McNamara, H. Braash, J. Chadoeuf and C. Magnusson. 1996. Pest risk analysis (PRA) for the territories of the European Union (as PRA area) on *Bursaphelenchus xylophilus* and its vectors in the genus *Monochamus*. OEPP/EPPO Bull. 26: 199-249.
- Han, J.H., C. Yoon, S.C. Shin and G.H. Kim. 2007. Seasonal occurrence and morphological measurements of Pine Sawyer, *Monochamus saltuarius* adults (Coleoptera: Cerambycidae). J. Asia-Pacific Entomol. 10: 63-67.
- KFRI. 2003. Annual research report of forest pests monitoring in 2002 (in Korean). 20, 259pp. Korea Forest Research Institute, Seoul.
- KFRI. 2007. Damage characteristics and control strategies of pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* in Korea White pine forest. pp 1-12. Korea Forest Research Institute, Seoul.
- Kim D.S., S.M. Lee, Y.J. Chung, K.S. Choi, Y.S. Moon and C.G. Park. 2003. Emergence ecology of Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae), a vector of pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. Korean J. Appl. Entomol. 42: 307-313.
- Kim, M.K., J.S. Kim, J.H. Han, Y.J. Kim, C. Yoon and G.H. Kim. 2006a. Mating behavior of pine sawyer, *Monochamus saltuarius* Gebler (Coleoptera: Cerambycidae). J. Asia-Pacific Entomol. 9: 275-280.
- Kim, J.S., M.K. Kim, J.H. Han, C. Yoon, K.S. Choi, S.C. Shin and G.H. Kim. 2006b. Possible presence of pheromone in mating behavior of the pine sawyer *Monochamus saltuarius* Gebler (Coleoptera: Cerambycidae). J. Asia-Pacific Entomol. 9: 347-352.
- Kishi, Y. 1995. The pine wood nematode and the Japanese pine sawyer. Thomas Company Limited, Tokyo, Japan. pp. 302.
- Kwon, T.S., J.H. Lim, S.J. Sim, Y.D. Kwon, S.K. Son, K.Y. Lee, Y.T. Kim, J.W. Park, C.H. Shin, S.B. Ryu, C.K. Lee, S.C. Shin, Y.J. Chung and Y.S. Park. 2006. Distribution patterns of *Monochamus alternatus* and *M. saltuarius* (Coleoptera: Cerambycidae) in Korea. J. Korean For. Soc. 95: 543-550.
- Lee, S.M., Y.J. Chung, D.S. Kim, K.S. Choi, Y.G. Kim and C.G. Park. 2004. Adult morphological measurements: An indicator to identify sexes of Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae). Korean J. Appl. Entomol. 43: 85-89.
- Lee, C.G., B.H. Byeon, J.D. Park, S.I. Yang and K.H. Chang. 1989. Occurrence of pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* and its vector in Korea. A collection of Forest research papers. 38: 141-149.
- Luzzi, M.A., R.C., Wilkinson, and A.C. Tarjan. 1984. Transmission of the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, to slash

- pine trees and log bolts by a cerambycid beetle, *Monochamus titillator*, in Florida. *J. Nematol.* 16: 37-40.
- Makihara, H. 1988. Kinds and life history of vector insects: History of and current research on pinewood nematode. National Association for Forest Pests Control. Tokyo, Japan. pp. 44-64.
- Mamiya, Y. 1988. History of pine wilt disease in Japan. *J. Nematology* 20: 219-226.
- Morewood, W.D., K.E. Hein, P.J. Katinic and J.H. Borden. 2002. An improved trap for large wood-boring insects, with special reference to *Monochamus scutellatus* (Coleoptera: Cerambycidae). *Can. J. Forest Res.* 32: 519-525.
- Necibi, S. and M. Linit 1998. Effect of *Monochamus carolinensis* on *Bursaphelenchus xylophilus* dispersal stage formation. *J. Nematol.* 30: 246-254.
- Ochi, K. 1969. Ecological studies on Cerambycid injurious to pine trees(II). biology of two *monochamus* (Coleoptera: cerambycidae). *Journal of the Jpn. For. Soc.* 51(7): 188-192.
- Sousa, E., M.A. Bravo, J. Pires, P. Naves, A.C. Penas, L. Bonifacio and M.M. Mota. 2001. *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda; Aphelenchoididae) associated with *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera; Cerambycidae) in Portugal. *Nematologica* 3: 89-91.
- Takizawa, Y. 1983. Life history of *Monochamus saltuarius* (Gebler). *Tran. Mtg. Tohoku Branch Jpn. For. Soc.* 35: 145-146.
- Takizawa, Y. and T. Shoji. 1982. Distribution of *Monochamus saltuarius* Gebler, and its possible transmission of pinewood nematodes in Iwate Prefecture. *Forest Pests* 31: 4-6.
- Wingfield, M.J. and R.A. Blanchette. 1983. The pine-wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, in Minnesota and Wisconsin: insect associates and transmission studies. *Can. J. For. Res.* 13: 1068-1076.

(Received for publication May 27 2009;  
revised June 17 2009; accepted June 22 2009)