

솔수염하늘소의 유충침입공과 성충탈출공의 측정과 소나무 내 분포

정영진 · 이상명¹ · 김동수¹ · 최광식 · 이상길¹ · 박정규^{2*}

임업연구원 산림병해충과, ¹임업연구원 남부임업시험장, ²경상대학교 생명과학연구소

Measurement and Within-tree Distribution of Larval Entrance and Adult Emergence Holes of Japanese Pine Sawyer, *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae)

Yeong-Jin Chung, Sang-Myeong Lee¹, Dong-Soo Kim¹, Kwang-Sik Choi, Sang-Gil Lee¹ and Chung-Gyoo Park^{2*}

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

¹Nambu Forest Experiment Station, Korea Forest Research Institute, Jinju, Republic of Korea,

²Life Science Institute, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Republic of Korea

ABSTRACT : Larval entrance and adult emergence holes of Japanese pine sawyer (*Monochamus alternatus*), primary vector of pinewood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*), were measured in dead pine logs from 1999 to 2002. Their distributions within pine log were also analyzed. More numbers of entrance and emergence holes were distributed on crown than trunk part as 56.2 and 27.7 holes/m², respectively. Higher proportions of entrance (27.5%) and emergence holes (22.4%) were distributed on the log with 8 to 10 cm diameter; the larger or the smaller logs had fewer holes. Surface area of entrance hole was 65.8 mm² and diameter of emergence holes was 7.0 mm in average. Average depth of pupal chamber was 24.8 mm from surface to the bottom of the chamber, and its volume ranged from 200 to 2,000 mm³. Average distance between entrance and emergence holes on bark surface was 3.3 cm. Gallery length from the beginning of entrance hole to the end of emergence hole was 46.2 mm.

KEY WORDS : *Monochamus alternatus*, Pinewood nematode, Distribution, Measurement, Larval entrance hole, Adult emergence hole

초 록 : 1999년부터 2002년까지 경남 진주의 소나무재선충에 의한 피해임지 내에서 고사목을 대상으로 솔수염하늘소 유충침입공과 성충탈출공 및 번데기방의 크기와 갱도길이 등을 측정하고, 소나무 내 분포를 분석하였다. 소나무 내 솔수염하늘소의 유충 침입공수는 1 m²당 수관부가 56.2 개인데 비해 수간부는 27.7개로서 수관부가 훨씬 많았다. 직경이 8-10 cm인 공시목에 침입공의 27.5%와 우화공의 22.4%가 분포하였고 이보다 굵거나 가는 공시목에는 적었다. 침입공의 형태는 타원형으로 입구의 표면적은 평균 65.8 mm²이었다. 성충탈출공은 원형으로서 직경은 평균 7.0 mm 이었다. 공시목의 표면에서 번데기방까지의 깊이는 평균 24.8 mm 이었고 번데기 방의 부피는 200-2,000 mm³이었다. 성충의 탈출공은 수관부가 수간부보다 많았으며, 공시목의 직경이 8-10 cm에서 22.4%로 가장 많이 분포하였다. 유충 침입공과 성충 탈출공까지의 목질부 표면에서 직선거리는 평균 3.3 cm 이었으며, 침입공에서 탈출공까지의 갱도 길이는 평균 46.2 mm 이었다.

검색어 : 솔수염하늘소, 소나무재선충, 소나무내 분포, 유충침입공, 성충탈출공

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

우리 나라에서 소나무재선충에 의한 피해는 1988년 10월에 부산광역시 동래구 온천2동 금정산 일원의 소나무(*Pinus densiflora*)와 해송(*P. thunbergii*)에서 처음으로 확인된 이래(Yi *et al.*, 1989; Choi, *et al.*, 2003), 그 피해가 현재는 울산, 부산, 경남 뿐만 아니라 경북 구미시와 전남 목포시까지 확대되고 있다(Chung, 2002). 소나무재선충은 스스로 다른 나무로 이동할 수 있는 능력이 없기 때문에 매개충에 의해서만 이동이 가능하데, 현재까지 알려진 매개충은 *Monochamus*속 하늘소로서 우리 나라에서는 남부지방에 널리 분포하는 솔수염하늘소(*M. alternatus*)가 소나무재선충을 매개하는 것으로 알려져 있다(Korea Forest Research Institute, 2003). 소나무재선충은 매개충이 건전한 나무 가지의 수피(樹皮)를 갉아 먹는 후식(後食, maturation feeding)을 할 때와 수피를 찢어서 산란을 할 때 생기는 상처를 통해 건전한 나무로 옮겨진다(Mamiya and Enda, 1972; Morimoto and Iwasaki, 1972; Wingfield and Blanchette, 1983; Edwards and Linit, 1992).

솔수염하늘소의 유충은 산란 후 35-45일까지는 수피 밑에서 내수피를 먹고 자라다가 7월 하순 또는 8월부터 침입공을 만들어 목재 내부로 들어가는데, 이때의 충태는 대부분 4령충이며 일부 3령충도 있다(Morimoto and Mamiya, 1977). 유충상태로 월동을 마친 솔수염하늘소는 목재 내부에서 용화한 후 이듬해 5월 중순부터 우화하기 시작한다(Kim *et al.*, 2003).

소나무재선충병을 방제하기 위하여 현재 산림청에서는 감염되어 죽은 나무를 벌채하여 집재한 후 메탐소디움염제로 훈증처리하고 있으며, 예방적으로 매개충인 솔수염하늘소의 후식을 방지하기 위하여 성충우화시기에 메프유제를 항공 살포하고 있다(Korea Forest Service, 2003). 소나무재선충병의 피해확산의 정도나 방제효과는 소나무재선충을 보유한 솔수염하늘소의 밀도에 직접 관련이 있을 것으로 생각된다. 또한 성충의 탈출공수는 유충의 침입공수와 밀접한 관련이 있기 때문에(Enoki and Ito, 1979), 솔수염하늘소 성충 밀도에 대한 적절한 평가는 목재내부로 침입한 유충의 수와 소나무 내 분포에 대한 정확한 정보를 필요로 한다고 할 수 있다.

따라서 본 논문은 1999년부터 4년 동안 솔수염하늘소 유충의 침입공과 목재 내부의 번데기방 및 성충의 탈출공을 측정하고, 소나무 내에서의 분포상황을 조사하여 앞으로의 연구나 방제체계 개발에 기초자료를

제공하고자 하였다.

재료 및 방법

공시목의 벌채, 조제 및 우화망실 내 설치

소나무재선충병의 피해임지인 경남 진주시 가좌동과 정촌면 일원의 야산에서 솔수염하늘소 유충의 침입 흔적이 있는 고사목(枯死木)을 벌채하여 공시목으로 사용하였다. 1999년과 2000년에는 20그루를, 2001년에는 24그루를, 2002년에는 36그루를 매년 2월부터 4월 사이에 벌채하였다. 1999년과 2000년에는 주간(主幹)과 가지를 임의의 크기로 절단하였으나, 2001년과 2002년에는 공시목의 주간을 임의로 수관부(樹冠部)와 수간부(樹幹部)로 나눈 후(Fig. 1) 각 부위별로 상·중·하부의 주간과 가지를 약 1 m 내외의 길이로 절단하였으며, 가지는 직경이 3 cm 이상 되는 것만 공시재료로 하였다. 공시목은 경남 진주시 가좌동에 있는 임업연구원 남부임업시험장의 구내에 설치된 야외의 대형 우화망실에 세로로 세워두었다. 우화망실은

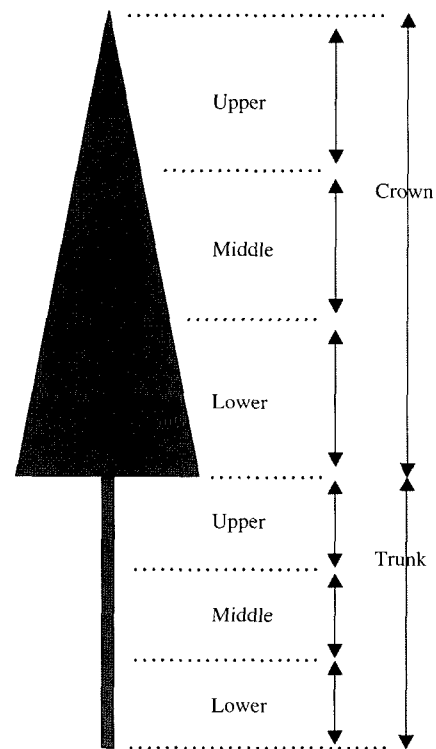


Fig. 1. Arbitrary partition of stem of pine tree into crown and trunk levels for the study of distribution of larval entrance and adult emergence holes of *M. alternatus*.

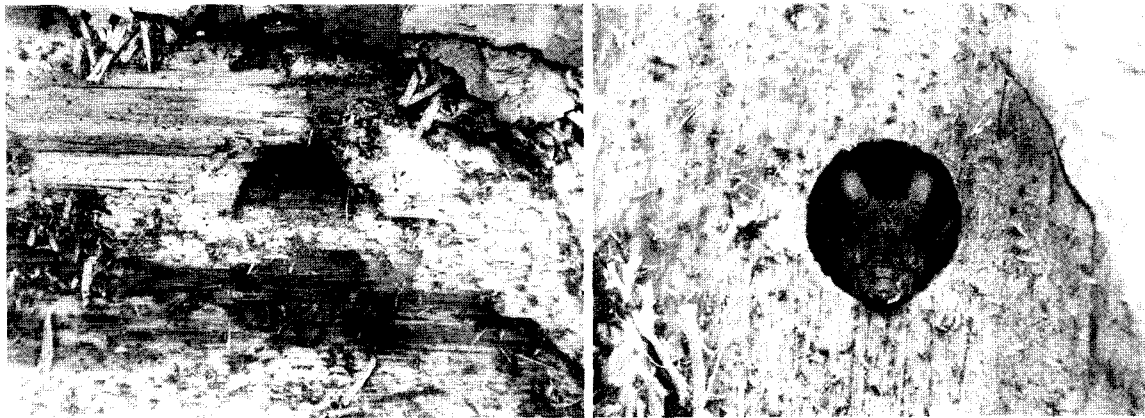


Fig. 2. Shape of larval entrance (left) and adult emergence holes (right) of *M. alternatus*.

길이 650 cm × 넓이 480 cm × 높이 300 cm의 반원형의 쇠파이프 구조물 위에 성충 탈출을 방지하기 위하여 직경 3 mm 비닐을 코팅한 철망을 씌워서 만들었다.

유충 침입공의 소나무 내 분포와 크기 조사

솔수염하늘소 성충의 우화탈출이 종료된 9월에 공시목의 수관 및 수간 부위별로 수피를 벗겨가면서 유충침입공의 수와 크기를 조사하였다. 2001년에는 24 그루, 2002년에는 36그루에 있는 모든 침입공을 전수 조사하였는데 조사한 총 침입공의 수는 1,704개이었다. 유충 침입공은 Fig. 2와 같이 모양이 다소 불규칙하고 변이가 심하기 때문에 크기 계산이 용이하도록 타원형으로 간주하였다. 디지털캘리퍼스(CD-20CP)로 각 침입공의 장경과 단경을 측정한 후, 타원형의 면적 (장경 × 단경 × π)을 산출하였다.

번데기방의 깊이와 크기 조사

번데기방의 깊이

솔수염하늘소 유충은 침입공에서부터 약간 나선형으로 파고 들어가서 목질부 내에 번데기방을 형성하게 된다. 침입공에서부터 번데기방의 목설(木屑)이 존재하는 부분까지의 거리를 번데기방의 깊이로 간주하여(Fig. 3의 gallery 길이) 디지털캘리퍼스(CD-20CP)의 길이봉(Depth measuring blade)을 이용하여 측정하였다.

번데기방의 크기

번데기방은 Fig. 3과 같이 타원체에 가깝다. 번데기방의 크기를 조사하기 위해서는 번데기방이 손상되지

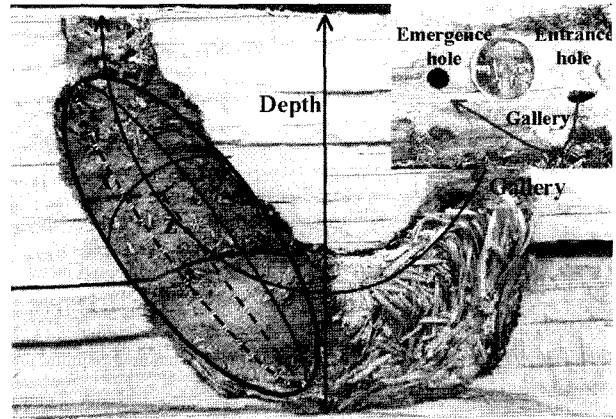


Fig. 3. Measurement of depth and gallery length of pupal chamber of *M. alternatus*.

않도록 공시목을 세심하게 절단해야 한다. 본 조사에서는 침입공과 탈출공에서 각각 2-3 cm 정도 더 떨어진 곳에서 공시목을 자른 후, 작은 손도끼로 침입공과 탈출공을 수직으로 2등분하여 목질부 내 번데기방을 식별하였다. 디지털캘리퍼스(CD-20CP)를 이용하여 번데기 방 내부의 2개의 단경(x, y)과 1개의 장경(z)을 측정하고, $(4\pi \times x \times y \times z) / 3$ 의 공식으로 번데기방의 체적을 산출하였다.

성충 탈출공의 분포와 크기 및 침입공과의 간격 조사

소나무 내 분포와 크기 조사

성충 탈출공의 분포와 크기는 유충 침입공의 분포와 크기를 조사할 때 같이 조사하였다. 2001년과 2002년에 솔수염하늘소 성충의 우화탈출이 종료된 9

월에 각 공시목별로 수관 및 수간 부위별로 주간과 가지의 시료를 대상으로 수피를 제거한 후 성충 탈출 공수를 전수 조사하였고, 디지털캘리퍼스(CD-20CP)를 이용하여 탈출공의 직경을 측정하였다. 성충은 외부로 탈출하기 위해 튼튼한 입틀을 이용해서 목질부를 갉아 통로를 만들기 때문에 탈출공은 Fig. 2와 같이 거의 구형에 가깝다.

성충 탈출공과 유충 침입공과의 간격 조사

공시목의 수관 및 수간 부위별 주간과 가지 시료를 대상으로 침입공과 탈출공과의 직선거리, 침입공에서 번데기방까지 및 번데기방에서 탈출공까지의 거리를 조사하였다. 직선거리는 공시목의 수피를 제거한 목질부 표면에 나타나는 침입공과 탈출공과의 거리를 조사하였고, 실제거리는 침입공에서부터 번데기방까지, 번데기방에서 탈출공까지의 목질부내에서 이동한 거리를 측정하였다. 직선거리는 디지털캘리퍼스(CD-20CP)로 측정하였다

결과 및 고찰

유충침입공과 성충탈출공의 소나무 내 분포

유충침입공의 분포

소나무 내 수관 및 수간 부위별 유충 침입공의 분포를 길이단위와 면적단위로 조사하였다(Table 1). 공시목은 굵기가 서로 다르기 때문에 길이와 직경을 측정하여 면적당 침입공의 분포를 산출하였다. 공시목의 상중하의 유충침입공의 수는, 수관부에서는 1 m 당 평균 15.5개인데 비해 수간부에서는 11.6개이었고, 1 m² 당 평균 침입공의 수는 수관부 58.2개와 수간부 27.7

Table 1. Within-tree distribution of larval entrance and adult emergence holes of *M. alternatus*

| Class | Level | No. of entrance holes (mean ± sd)* per | | No. of emergence holes (mean ± sd)* per | |
|-------|-------|--|------------------------------|---|------------------------------|
| | | Log length (1 m) | Log area (1 m ²) | Log length (1 m) | Log area (1 m ²) |
| Crown | Upper | 12.1 ± 9.9 | 63.8 ± 52.0 | 3.4 ± 4.2 | 17.7 ± 20.1 |
| | Mid | 18.4 ± 10.6 | 65.1 ± 39.7 | 5.3 ± 5.4 | 19.3 ± 18.5 |
| | Lower | 16.0 ± 9.3 | 45.9 ± 28.5 | 3.9 ± 4.2 | 11.7 ± 13.6 |
| | Mean | 15.5 ± 3.2 ^a | 58.2 ± 10.7 ^a | 4.2 ± 1.0 ^a | 16.2 ± 4.0 ^a |
| Trunk | Upper | 14.9 ± 9.8 | 37.7 ± 27.1 | 3.1 ± 3.8 | 8.2 ± 10.4 |
| | Mid | 12.5 ± 9.8 | 29.2 ± 23.6 | 2.8 ± 3.6 | 6.6 ± 9.2 |
| | Lower | 7.5 ± 8.5 | 16.1 ± 18.6 | 1.6 ± 2.1 | 3.4 ± 4.5 |
| | Mean | 11.6 ± 3.8 ^a | 27.7 ± 10.9 ^b | 2.5 ± 0.8 ^a | 6.1 ± 2.4 ^b |

Means of crown and trunk followed by the same letter do not significantly different at P=0.05 by t-test.

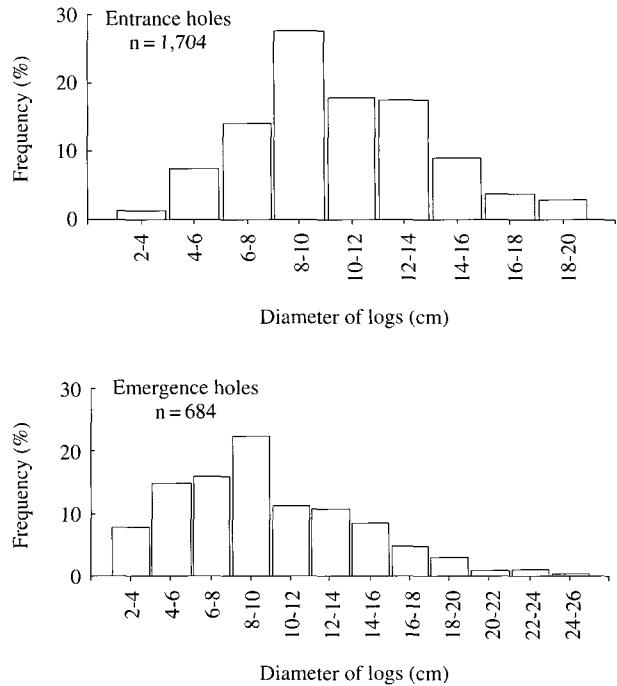


Fig. 4. Frequency distribution of larval entrance (above) and adult emergence holes (below) by log diameter.

개로서, 공시목 길이당 침입공의 수는 통계적 차이가 없었지만(t-test, df = 4; t = 1.3568; P = 0.2464) 공시목 면적당 침입공의 수는 수간부보다는 수관부에 더 많이 분포하고 있었다(t-test, df = 4; t = 3.4683; P = 0.0256). 수관부와 수간부에서 부위별 유충의 침입공은 상부나 중부보다는 하부에 더 적게 분포하는 경향이었는데, 이러한 결과는 Ido (1972)의 조사 결과와 동일하다고 생각된다. Ido (1972)는 유충 침입공이 지제부(地際部)로부터 30 cm 내의 주간과 정아(頂芽)로부터 70 cm 내의 상부 신초에는 거의 없다고 하였다. 그러나 예외적으로 1 m 단위로 본 수관부에서의 침입공 수는 중하부에 오히려 많은 것으로 나타났다.

어떤 굵기의 공시목에 유충 침입공이 가장 많은지를 보기 위하여, 공시목의 등급에 따른 유충 침입공의 수를 비교한 결과는 Fig. 4와 같다. 공시목 1 m당 유충 침입공의 수는 직경이 8-10 cm인 공시목에 가장 많았고(27.5%) 이보다 굵거나 가늘어지면 감소하는 경향이었는데, 이것은 Enoki and Ito (1979)가 솔수염하늘소 유충의 침입공이 수고 6-7 m, 직경 9-10 cm의 주간에 가장 많이 분포한다는 보고와 유사하였다.

성충탈출공의 분포

공시목의 성충탈출공의 수는, 수관부에서는 1 m 당

평균 4.2개인데 비해 수관부에서는 2.5개이었고, 1 m² 당 평균 탈출공의 수는 수관부 16.2개와 수간부 6.1개로서, 공시목 길이당 탈출공의 수는 통계적 유의차가 없었지만(*t*-test, *df* = 4; *t* = 2.3278; *P* = 0.0804) 면적당 탈출공의 수는 수간부보다는 수관부에 더 많이 분포하고 있었다(*t*-test, *df* = 4; *t* = 3.752; *P* = 0.0199) (Table 1). 수관부와 수간부에서 부위별 성충의 탈출공은 하부보다는 상부나 중부에 많이 분포하는 경향이였다. 성충탈출공의 이러한 분포는 유충 침입공의 분포양상과 동일한 현상인데, Okuda (1975)도 12년생 해송에서의 탈출공은 상부 40%, 중부 40%, 하부 15% 및 가지에 5%의 비율로 분포한다고 하였다.

공시목의 경급별 탈출공의 분포를 보면(Fig. 4), 직경이 8-10 cm인 공시목에 가장 많이(22.4%) 분포하였으며, 더 굵거나 가늘어질수록 탈출공의 수는 감소하였다. 성충탈출공의 이러한 분포 현상은 유충의 침입공의 분포 양상과 동일한 현상인데, 성충의 탈출공수는 유충의 침입공수에 영향을 받으며(Enoki and Ito, 1979), 직경이 5-15 cm인 목재에 단위 면적 당 탈출공수가 가장 많다고 한 보고(Hagiwara *et al.*, 1973)와 같은 결과이다.

한편 공시목의 면적 당 수관부의 성충탈출공의 수는 유충침입공의 수의 27.8% (16.2/58.2 × 100)에 불과하고, 수간부의 탈출공의 수는 침입공의 22.0% (6.1/27.7 × 100)에 불과한 것을 알 수 있다(Table 1). 이러한 수적인 차이가 월동 령기인 3-4령충 이후부터 이듬해 봄에 우화할 때까지의 사망률을 반영하는 것인지는 직접적인 조사자료가 없어 알 수 없으나 매우 흥미있는 조사 자료라고 생각된다.

유충침입공, 번데기방 및 성충탈출공의 크기

유충침입공의 크기

유충침입공의 크기는 총 조사한 침입공의 크기별 빈도분포, 소나무의 직경 및 부위에 따른 침입공의 크기를 분석하여 산출하였다(Table 2). 유충침입공 입구의 평면적은 50-70 mm²인 것이 46.2%로 가장 많았고, 평균 65.8 ± 17.6 mm² (21.78-144.45 mm²)이었다. 공시목의 직경에 따른 유충침입공 입구의 평면적을 조사한 결과(Table 3) 최소 49.04 mm², 최대 74.02 mm²로 나타났으며, 공시목의 직경이 아주 작을 경우를 제외하면 공시목의 크기에 따른 침입공의 입구 면적은 차이가 없는 것으로 판단된다.

Table 2. Measurements of larval entrance holes, pupal chambers, and adult emergence holes of *M. alternatus*

| Measurements of | n | Mean ± SD | Minimum | Maximum |
|---|-------|-------------|---------|---------|
| Area of entrance hole (mm ²) | 1,704 | 65.8 ± 17.6 | 21.8 | 144.5 |
| Depth of pupal chamber (mm) | 53 | 24.8 ± 15.8 | 13.8 | 45.9 |
| Distance from larval entrance hole to the beginning of pupal chamber (mm) | 46 | 30.6 ± 17.3 | 9.9 | 80.6 |
| Length of pupal chamber (mm) | 46 | 24.6 ± 7.9 | 7.7 | 42.3 |
| Gallery length from the end of pupal chamber to emergence hole (mm) | 46 | 9.0 ± 4.7 | 2.6 | 28.5 |
| Diameter of emergence hole (mm) | 607 | 7.0 ± 1.0 | 4.4 | 10.1 |
| Distance between entrance and emergence hole (cm) | 607 | 3.3 ± 1.5 | 0.2 | 12.2 |
| Gallery length from entrance to emergence hole (mm) | 46 | 46.2 ± 18.6 | 30.0 | 111.5 |

Table 3. Distribution of size of entrance holes by diameter of logs

| Log diameter (cm) | Size of entrance holes on logs (mean ± sd, mm ²)* |
|-------------------|---|
| 2-4 | 49.04 ± 12.34 ^a |
| 4-6 | 62.49 ± 18.83 ^{ab} |
| 6-8 | 66.18 ± 19.25 ^b |
| 8-10 | 63.03 ± 16.55 ^b |
| 10-12 | 62.48 ± 16.98 ^b |
| 12-14 | 64.29 ± 15.73 ^b |
| 14-16 | 72.37 ± 18.93 ^c |
| 16-18 | 74.02 ± 19.33 ^c |
| 18-20 | 68.06 ± 16.66 ^{bc} |

Means followed by the same letter are not significantly different at *P* = 0.05 by Turkey's studentized range test.

번데기방의 깊이

솔수염하늘소는 4월 말경에 피해목의 번데기방 내에서 우화하여 5월 중순부터 번데기방 상부의 목재와 수피에 원형(4-10 mm)의 탈출공을 만들고 외부로 탈출한다(Kim *et al.*, 2003). 유충은 침입공을 통하여 목질부 내로 잠입하여 월동을 위한 번데기방을 형성하는데, 이때 섬유상의 톱밥을 만들어 침입개도를 막아 외부와 차단시킨다. 대부분의 유충은 침입공으로부터 거의 수직으로 내려와 목재의 중심부인 수(髓)와 평행으로 번데기방을 형성한다. 번데기방의 깊이는 15-30 mm인 것이 전체의 약 74%로서 가장 많았으며, 평균 24.8 ± 15.8 mm (13.8-45.9 mm)이었다(Table 2).

번데기 방의 체적과 크기

솔수염하늘소의 번데기방은 대부분이 침입공으로부터 목질부 중심부로 향해 있지만 침입공과 번데기방까지의 갱도는 직선이거나 또는 굽어져 있었고, 번데

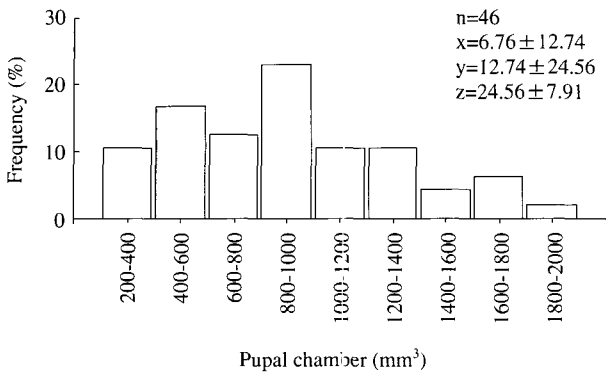


Fig. 5. Frequency distribution of pupal chamber volume of *M. alternatus*.

기방의 위치가 항상 침입공의 위치와 수직적이지는 않았다. 번데기 방의 폭, 높이, 길이의 반경(각각 x, y, z)을 측정하여 체적($4\pi \cdot x \cdot y \cdot z / 3$)을 계산한 결과, 평균 폭은 6.76 ± 12.74 mm, 높이는 12.74 ± 24.56 mm, 길이는 24.56 ± 7.91 mm이었고, 부피는 200-2,000 mm³로 변이가 심하였다(Fig. 5). 예외적이기는 하지만 번데기 방은 침입공과 탈출공이 있는 목질부 내에만 존재하는 것은 아니다. 본 조사과정에서 확인된 바로는 수피와 목질부 사이에도 존재하는 것으로 나타났다. 즉 유충이 목질부 내로 들어가지 않고 두터운 수피를 이용하여 목질부 사이에 번데기방을 만들어 월동을 한 후 우화하여 탈출하기도 하였다. 한편 유충의 침입공에서부터 번데기방 입구까지의 갱도길이는 평균 30.6 mm (9.9-80.6 mm)이었고, 번데기방의 길이는 평균 24.6 mm (7.7-42.3 mm)이었으며, 번데기방의 끝에서 우화공까지의 갱도길이는 평균 9.0 mm (2.6-28.5 mm)이었다(Table 2).

성충 탈출공의 크기

술수염하늘소 성충이 번데기방에서 우화하여 소나무의 목질부를 가해하여 탈출할 때 생성되는 탈출공 출구의 직경은 평균 7.0 mm (4.4-10.1 mm)이었다(Table 2). 이러한 탈출공의 크기를 공시목의 부위별로 구분하여 정리해 본 결과, 탈출공의 크기는 수관에서 평균 7.12 mm, 수간에서 평균 6.72 mm로서 수관부의 탈출공의 표면적이 더 넓었다(*t*-test, *df* = 4; *t* = 4.8522; *P* = 0.0083) (Table 4).

성충 탈출공과 유충 침입공과의 거리

공시목의 목질부 표면에서의 유충 침입공에서부터 성충 탈출공까지의 직선거리는(Table 2) 평균 3.3 ± 1.5

Table 4. Diameter of emergence holes by parts of pine tree

| Class | Level | Diameter of emergence hole (mm) | | |
|-------|-------|---------------------------------|---------|---------|
| | | Mean ± SD | Maximum | Minimum |
| Crown | Upper | 7.03 ± 0.95 | 9.6 | 4.8 |
| | Mid | 7.09 ± 0.94 | 9.4 | 4.6 |
| | Lower | 7.24 ± 1.09 | 9.4 | 2.9 |
| | Mean | 7.12 ± 0.11 ^a | 9.5 | 4.1 |
| Trunk | Upper | 6.76 ± 1.01 | 9.5 | 4.4 |
| | Mid | 6.65 ± 0.88 | 8.8 | 4.9 |
| | Lower | 6.81 ± 1.10 | 10.1 | 4.8 |
| | Mean | 6.72 ± 0.08 ^a | 9.5 | 4.7 |

Means of crown and trunk followed by the same letter do not significantly different at *P* = 0.05 by *t*-test.

cm (0.2-12.2 cm)이었으며, 2-4 cm 정도의 범위에 있는 것이 약 58%를 차지하였다. 한편 유충의 침입공에서 성충의 탈출공까지 갱도의 길이는 40-90 mm의 범위가 가장 많았으며(평균 46.2 mm), 그 이하나 이상인 경우는 드물었다(Table 2).

Literature Cited

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. pp. 36-37. In Proceedings of Korea-Japan Joint Conference on Applied Entomology and Zoology, Busan, Korea.

Chung, Y.J. 2002. Occurrence and spread of pine wilt disease in Korea. Tree Prot. 7: 1-7.

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.

Enoki, M. and T. Ito. 1979. Ecological studies on the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae) (2) Population dynamics in infested pine trees. Bull. Osaka Agric. Res. Cener 16: 61-66.

Hagiwara, Y., Y. Nakajima and S. Ogawa. 1973. Note on ecology of Japanese pine sawyer. Bull. Fukuoka Pref. For. Exp. Stat. 2: 29-44.

Ido, N. 1972. Vertical distribution of pine sawyer entrance hole in young pine trees. pp. 177-179. In Transactions of the 23th Meeting of the Kansai Branch of the Japanese Forestry Society.

Kim, D.S., Y.J. Chung, S.M. Lee, K.S. Choi 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.

Korea Forest Service. 2003. Guideline for the control of forest diseases and insect pests. Korea Forest Service, Daejeon, Korea. 198 pp.

Korea Forest Research Institute. 2003. Annual research report of forest pests monitoring in 2002. Korea Forest Research Institute. Seoul, Korea. 259 pp.

Mamiya, Y. and N. Enda. 1972. Transmission of *Bursaphelenchus lignicolus* (Nematoda: Aphelenchoidae) by *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae). Nematologica 18: 159-162.

Morimoto, K. and A. Iwasaki. 1972. Role of *Monochamus alter-*

- natus* (Coleoptera: Cerambycidae) as a vector of *Bursaphelenchus lignicolus* (Nematoda: Aphelenchoididae). J. Jap. For. Soc. 54: 177~183.
- Morimoto, K. and Y. Mamiya. 1977. Pine wilt disease and its control. Japanese Forestry Association, Tokyo, Japan.
- Okuda, M. 1975. Relationship of emergence site and number of pinewood nematodes in pine sawyer. pp. 216~219. *In* Transactions of the 26th Meeting of the Kansai Branch of the Japanese Forestry Society.
- Wingfield, M.J. and R.B. Blanchette. 1983. The pine-wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, in Minnesota and Wisconsin: insect associates and transmission studies. Can. J. For. Res. 13: 1068~1076.
- 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. Res. Rep. For. Res. Inst. 38: 141~149.

(Received for publication 24 October 2003;
accepted 27 November 2003)