

## 광릉긴나무좀(Coleoptera: Platypodidae)의 수간내 분포와 참나무 피해

최원일\* · 이정수 · 최광식 · 김종국<sup>1</sup> · 신상철

국립산림과학원 산림병해충과, <sup>1</sup>강원대학교 산림자원보호학과

## Tree Trunk Level Distribution of Entry Hole by *Platypus koryoensis* (Coleoptera: Platypodidae) and Its Implication to Tree Damage

Won Il Choi\*, Jung-Su Lee, Kwang-Sik Choi, Jong-Kuk Kim<sup>1</sup> and Sang-Chul Shin

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

<sup>1</sup>Department of Forest Resources Protection, Kangwon National University, Korea

**ABSTRACT** : Ambrosia beetle, *Platypus koryoensis*, is a vector of oak wilt disease caused by *Raffaelea* sp. in Korea. The degree of damage by oak wilt disease was dependent on the density of the beetles in the oak trunk, a relationship between the degree of damage by oak wilt disease and the density of beetle on the basis of the number of entry hole was studied. Entry hole distribution within tree trunk was analyzed by the nearest neighbor method. Thirty four oak trees (*Quercus mongolica*) located in survey area were selected and then degree of damage, the number of attack hole/623 cm<sup>2</sup> in upper (50 cm from the surface) and lower (surface) trunk and the nearest neighbor distance between the holes were measured. The number of hole and the nearest neighbor distance in upper and lower part were positively correlated with each other. As the degree of damage was severer, the number of the holes increased, whereas the nearest neighbor distance decreased. The distribution pattern of the hole was changed from clumped one to uniform as the severity of damage increased. These results suggested that *Platypus koryoensis* attacked the oak tree in concentrative manner at initial stage of attack but at final stage, it distributed uniformly to reduce intraspecific competition between the beetles.

**KEY WORDS** : Entry hole, Nearest neighbor, Oak wilt disease, *Platypus koryoensis*, Tree damage

**초 록** : 참나무시들음병의 매개충인 광릉긴나무좀, *Platypus koryoensis* (Murayama)은 한국에서 참나무시들음병원균인 *Raffaelea* sp.를 매개하는 것으로 알려져 있다. 참나무시들음 발병정도는 광릉긴나무좀의 밀도에 의존적인 것으로 추정되고 있다. 이에 수간(樹幹)내 천공수와 집중도가 참나무 피해정도에 미치는 영향을 구명하기 위하여 본 연구를 수행하였다. 수락산 피해지에서 고사목 6그루와 피해목 28그루의 신갈나무의 피해정도, 단위면적당 천공수, 천공간 최근거리를 수간의 상부(지표로부터 50 cm)와 하부(지표면)에서 조사하였다. 상부와 하부에서의 천공수는 양의 상관관계를 보였으며 천공간 최근거리 또한 같은 경향을 보였다. 천공수가 증가할수록 수목의 피해도가 심하였으나 수목의 피해도가 심할수록 천공간 최근거리는 감소하였다. 천공의 분포도 수목의 피해도가 증가할수록 집중분포에서 균일분포로 바뀌었다. 광릉긴나무좀이 초기에는 집중적으로 공격을 하나 수간내 밀도가 증가함에 따라 종내경쟁이 일어나고 경쟁의 결과 개체간 간섭현상이 유도되고 천공의 공간적 분포가 균일하게 변환하게 된다는 것을 암시하는 것이다.

**검색어** : 천공, 최단이웃거리, 참나무시들음병, 광릉긴나무좀, 수목피해

\*Corresponding author. E-mail: wchoi@forest.go.kr

암브로시아 나무좀인 광릉긴나무좀은 참나무시들음병을 일으키는 *Raffaelea* sp.균을 매개하는 것으로 알려져 있다(김경희, 사적교류). 참나무시들음병의 정확한 발병 기작은 알려져 있지 않으나 참나무시들음병에 의해 고사(枯死)된 신갈나무 수간에서의 광릉긴나무좀 밀도는 극히 높은 것으로 알려져 있다(사적관찰). 이는 참나무시들음병의 발병이 광릉긴나무좀과 밀도의존적 관계가 있음을 암시하는 것으로 참나무시들음병 피해를 이해하기 위해서는 광릉긴나무좀의 수간내 밀도와 피해도의 관계 구명이 필수적이라는 것을 의미한다.

긴나무좀류인 *P. quercivorus* Murayama의 임내 성충의 수직분포는 2.5 m이하에 집중되며, 또한 공격위치는 수간 하부에 집중된다고 알려져 있다(Esaki 등, 2002; Esaki 등, 2004; Igeta 등, 2004). 광릉긴나무좀도 유사한 경향을 가지는 것으로 사료된다(사적관찰). 따라서 광릉긴나무좀의 수간내 밀도를 추정하기 위해서는 수간하부에서 표본을 추출하는 것이 적절할 것이다. 또한 광릉긴나무좀은 다른 천공성 해충과 마찬가지로 참나무류의 수간부를 공격하며 성충이 수간 외부로 노출되는 시간이 상대적으로 짧으므로 밀도를 추정에 있어 단위면적당 천공수가 유용한 기준이 될 것으로 사료된다. 실제로 천공성 해충인 *Enaphalodes rufulus*의 수간내 밀도를 추정하기 위해서 피해도와 천공수를 계수하는 표본조사법이 제시되었다(Fierke 등, 2005).

그러므로 본 연구에서는 수간내의 천공수를 기준으로 수간내 광릉긴나무좀 밀도와 신갈나무 피해도와의 관계를 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 시험지

조사는 2006년 참나무시들음병 발생이 보고된 지역으로 서울 노원구 상계동에 위치한 수락산내 신갈나무(*Quercus mongolica* Fischer) 숲에서 수행되었다(위도 37.6°, 경도 127.0°). 조사 산림 면적은 0.5 ha이었으며 산림내 신갈나무의 평균 흉고 직경은 19.9±6.9 cm, 수고는 15.0±1.5 m이었다.

### 조사방법

광릉긴나무좀에 의한 피해 정도는 3단계로 구분되었으

며 피해조사 시기는 2006년 12월이었다. 광릉긴나무좀은 분산시기의 성충을 제외하고는 수간내에서 서식하므로 참나무시들음병의 피해도는 광릉긴나무좀 유충의 섭식에 의한 배설물(frass)의 양을 기준으로 추정하였다. 배설물이 수간 및 피해수목의 하부토양에 다량 발견되고 시들음 증상에 의해 잎이 붉은 색으로 변하면 3단계, 배설물이 다량 수간과 토양에서 발견되나 시들음 증상이 발견되지 않으면 2단계, 배설물이 수간과 토양에서 거의 발견되지 않으면 1단계로 분류하였다. 3단계 피해목 6그루와 임의적으로 28그루의 나무가 선택하여 수목의 피해도와 수관내의 천공분포를 조사하였다. 투명OHP 필름(210 mm × 297 mm)(3 M Visual Systems Division, Austin)을 피해목 지표부분(아래)과 지표에서 위쪽으로 50 cm 위치(위)에 가로방향으로 고정시키고 광릉긴나무좀에 의한 천공이 있는 부분을 송곳으로 표시하였다. 표시된 OHP 필름을 실험실로 가져와 각 천공사이의 거리를 측정하였으며 각 천공사이의 거리는 최단 거리에 위치한 천공과의 거리로 정의하였다.

### 자료분석

천공간 최근거리(Nearest Neighbor Distance)는 다음과 같이 정의되었다.

$$d(NN) = \sum_{i=1}^N \left( \frac{\text{Min}(d_{ij})}{N} \right)$$

여기서  $d(NN)$ 은 최근거리,  $N$ 은 전체 천공수,  $i$ 와  $j$ 는 각 천공에 대한 고유번호,  $\text{Min}(d_{ij})$ 는 천공간 최근거리이다.

천공의 공간 분포형을 판정하는 지표는 아래 식으로 정의되는  $Z$ 값이다.

$$Z = \frac{d(NN) - d(\text{ran})}{SE_{d(\text{ran})}}$$

$Z$ 값이 -1.96과 1.96 사이이면 임의분포, 1.96보다 크면 균일분포, -1.96보다 작으면 집중분포이다(Clark and Evans, 1954).

천공의 분포가 임의일 경우 거리는 다음과 같이 추정된다.

$$d(\text{ran}) = 0.5 \sqrt{\frac{A}{N}}$$

여기서  $A$ 는 조사 면적을 의미한다.

임의 분포일 경우 최근거리 값에 대한 표준오차는 아래의 식과 같이 추정된다.

$$SE_{d(ran)} = \frac{0.26136}{\sqrt{\frac{N^2}{A}}}$$

회귀분석 등 필요한 통계분석은 SAS 프로그램을 이용해서 수행되었다(SAS, 2004).

### 결 과

광릉긴나무좀의 천공수는 수간 상부에서 15.7±2.1개/623 cm<sup>2</sup>, 수간하부에서는 22.5±3.5개/623 cm<sup>2</sup>로 천공수는 수간 하부에서 많았다( $t = -2.70, df = 33, Pr < 0.01$ ). 상부(지상으로부터 50 cm)의 천공수와 하부(지표부)의

천공수는 양의 상관관계를 가지고 있으며 다음과 같이 설명될 수 있었다(Fig. 1a).

$$\text{하부 천공수} = 5.96 + 1.05 \text{ 상부 천공수} (r^2 = 0.44).$$

최근거리도 유사한 경향을 보였다(Fig. 1b).

$$\text{하부의 최근거리} = 1.74 + 0.31 \text{ 상부의 최근거리} (r^2 = 0.42).$$

광릉긴나무좀에 천공수가 증가할수록 신갈나무의 피해도가 증가하였으며, 이는 다음과 같이 묘사될 수 있었다(Fig. 2).

$$\text{피해도} = 1.51 + 0.029 \text{ 천공수} (r^2 = 0.28) (\text{상부})$$

$$\text{피해도} = 1.47 + 0.022 \text{ 천공수} (r^2 = 0.41) (\text{하부})$$

신갈나무 피해도가 증가할수록 최근거리는 감소하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지 않았다(상부  $r^2 = 0.09$ ; 하부  $r^2 = 0.06$ )(Fig. 3).

신갈나무 피해도 증가에 따른 천공 분포는 임의분포에서 균일분포로 변하는 경향을 보였으며 이는 상부보다는 하부에서 더 뚜렷한 경향을 보였다(Fig. 4).

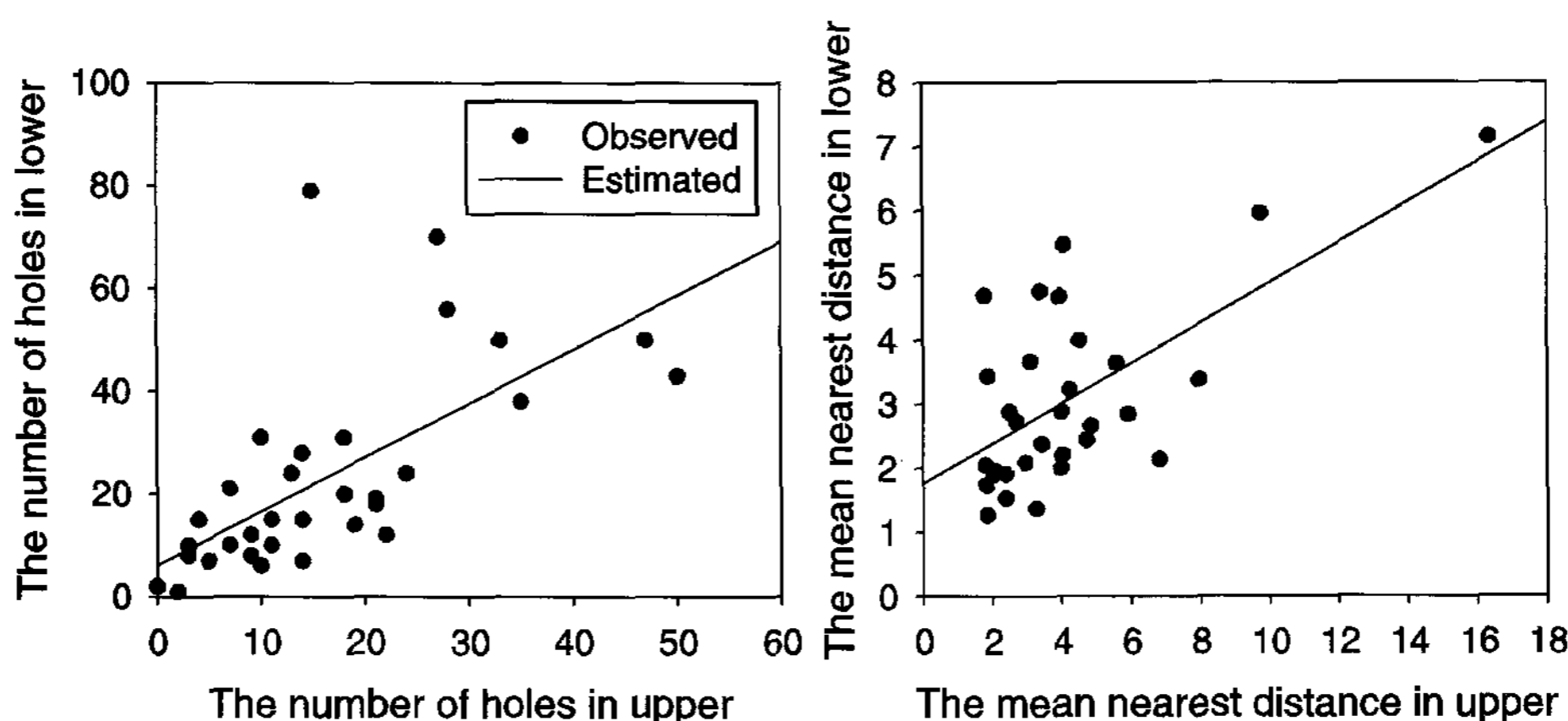


Fig. 1. Relationship between the number of entry holes in upper and lower trunk (A) and relationship between the nearest neighbor distance in upper and lower trunk (B).

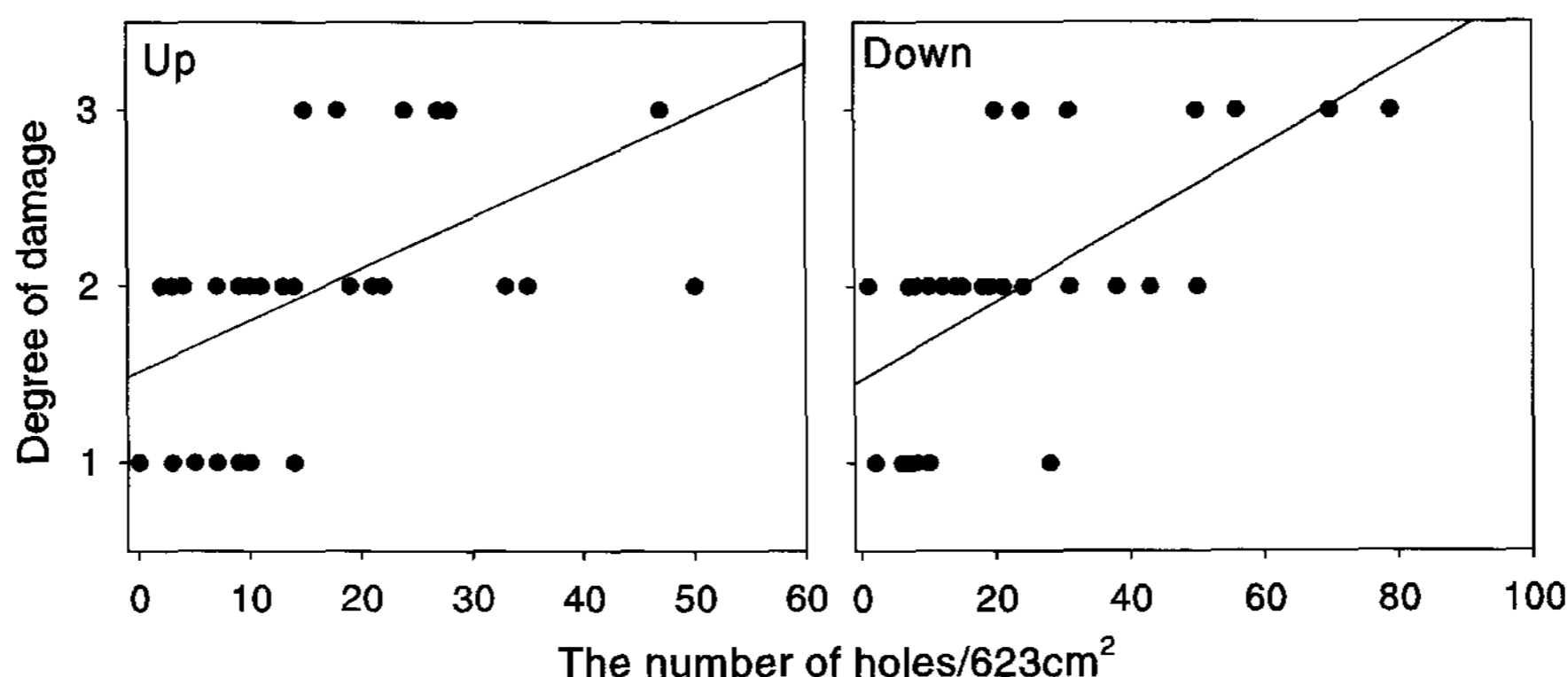


Fig. 2. Relationship between the degree of damage and the number of entry hole / 623cm<sup>2</sup> by *Platypus koryoensis* in upper and lower trunk.

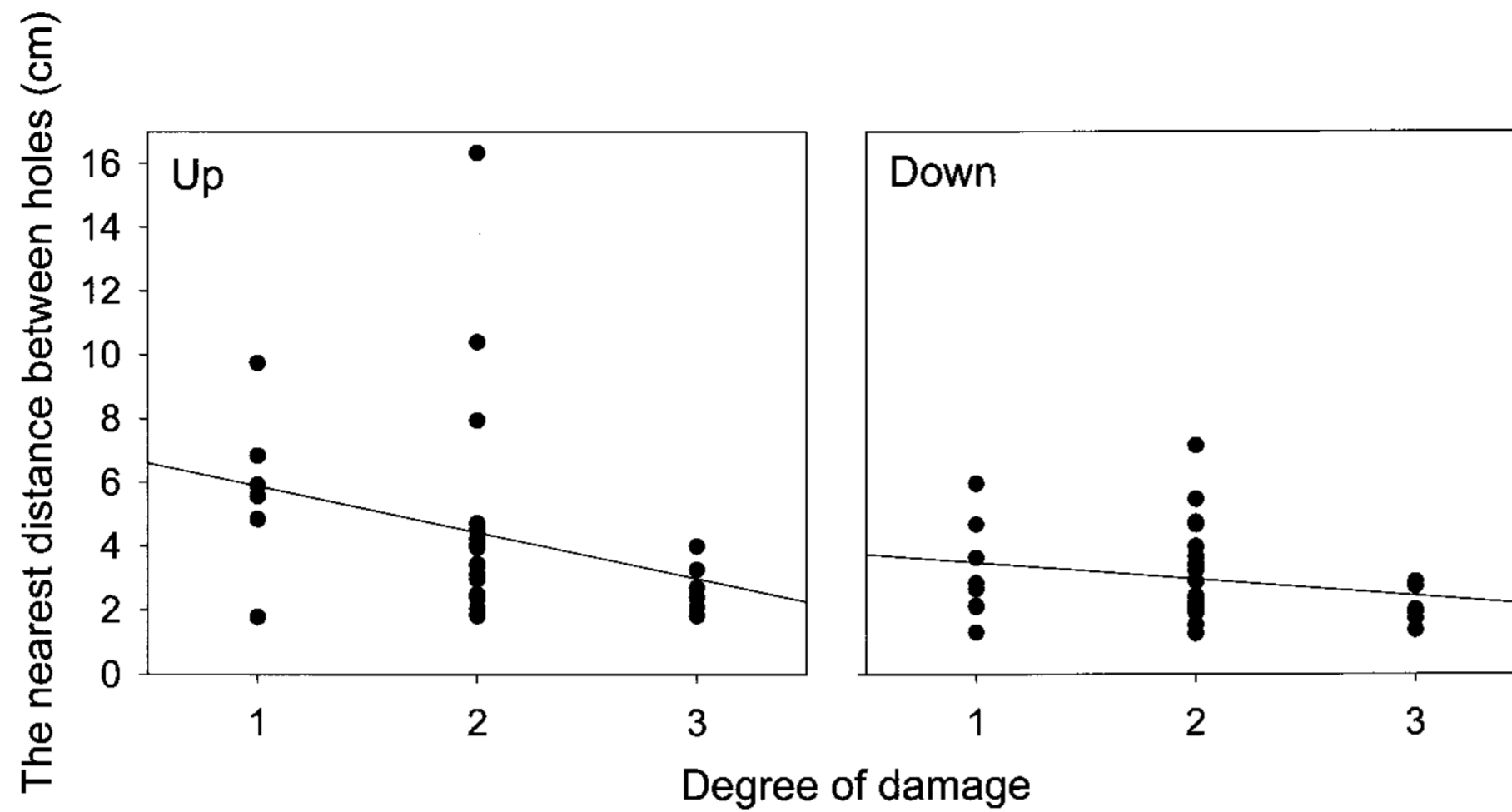


Fig. 3. Relationship between the degree of damage and the nearest neighbor distance of entry hole by *Platypus koryoensis* in upper and lower trunk.

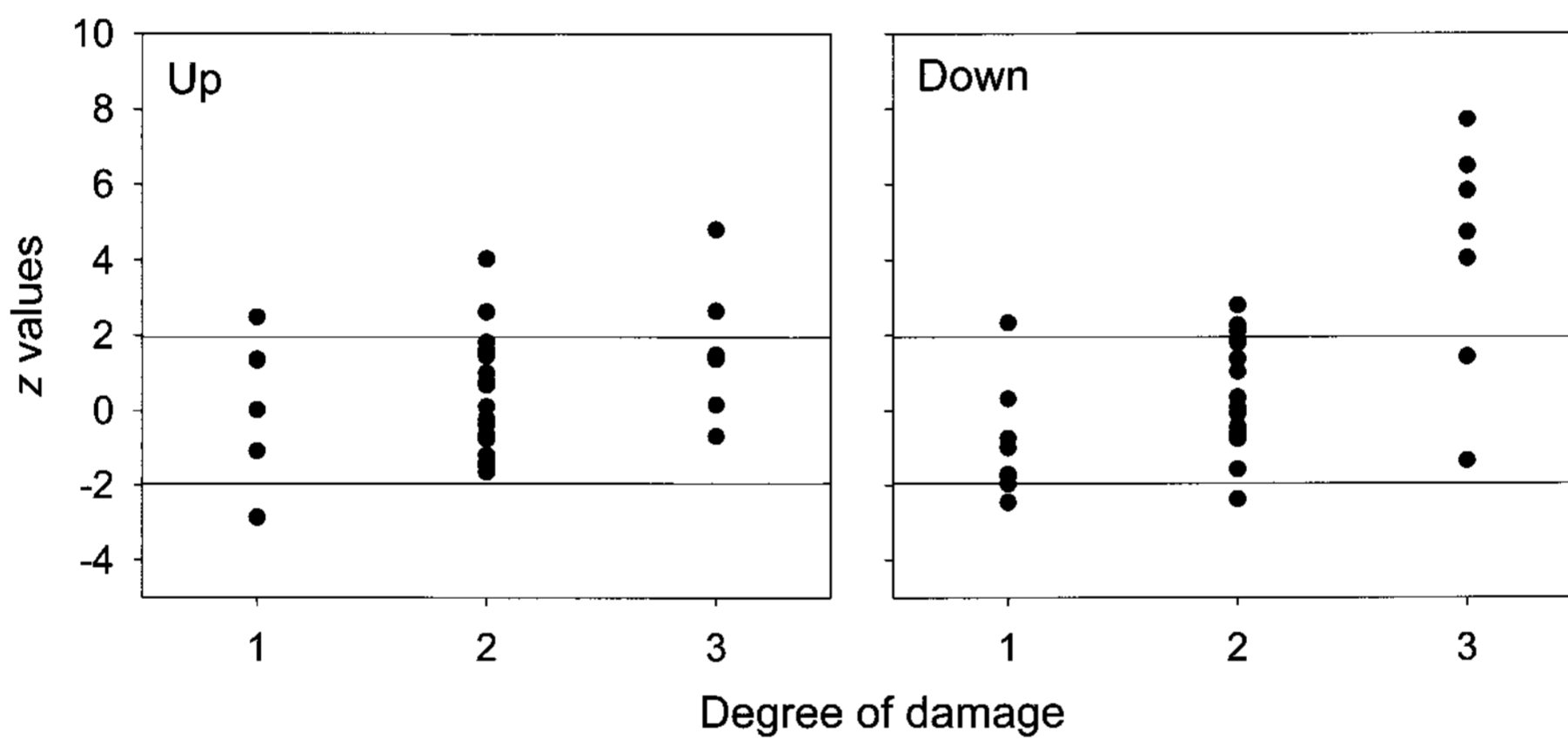


Fig. 4. Influence of the degree of damage on the distribution pattern entry hole in upper (A) and lower (B) trunk. Z values indicate the deviation from expected random distribution. The dots above upper line indicate the uniform distribution, the dot below lower line indicate contagious distribution and the dots between upper line and lower line indicate random distribution.

### 고찰

광릉긴나무좀은 신갈나무의 하부를 주로 공격하는 경향을 보이는 것으로 사료된다. 이러한 경향은 유사한 종인 *Platypus quercivorus*에서도 이미 보도된 바가 있다(Hijii 등, 1991; Igeta 등, 2004). 수간하부에 *P. quercivorus*의 공격이 집중되는 이유를 설명하는 두 가지 가설이 있다. 첫 번째 가설은 수간하부가 상부에 비해 산란을 위한 충분한 공간을 제공한다는 것이다(Hijii 등, 1991). 두 번째 가설은 가는 줄기에서는 암브로시아 진균이 생장하기에 충분한 수분을 유지하기가 어렵다는 것이다. 특히 긴나무좀에 공격을 받았을 경우 아래 수간이 위쪽 수간에 비해 수분이 유지될 확률이 높다는 것이다(Igeta 등, 2004). 광

릉긴나무좀의 경우는 밀도가 증가될수록 천공간의 분포가 균일해진다는 점은 광릉긴나무좀이 서식지를 선택하는데 있어 공간적인 크기가 중요한 역할을 한다는 것을 암시한다. 그리고 밀도가 증가할수록 천공수가 수간 하부에서 상부로 늘어간다는 사실(사적관찰)은 공간적인 요구도가 천공 위치를 선택하는데 있어 중요할 수 있음을 암시하는 것이다. 이와 더불어 긴나무좀류의 수직분포가 주로 지상 5 m 이내에 집중되는 행동적인 특성(Igeta 등, 2004)도 천공이 수간하부에 집중되는 현상과 관련이 있는 것으로 추측된다.

광릉긴나무좀의 밀도가 증가할수록 천공간의 거리는 집중 혹은 임의 분포에서 균일분포로 바뀌는 경향을 보였다. 이러한 행동양식은 나무좀류인 *Ips typographus*에서

도 보고된 바가 있다(Byers, 1984). 이러한 행동양식은 종내경쟁을 감소하기 위한 메커니즘으로 보이며 이는 정착한 후에는 한정된 공간에서 자손을 양육해야 하는 나무 종류에서는 자주 관찰되는 현상이다(Miller와 Keen, 1960; Nilssen, 1978). 그러나 분포양식을 변화시키는 메커니즘에 대해서는 현재까지는 잘 알려져 있지 않으나 소리(Rudinsky와 Michael, 1973), 후각(Byers 1983a, b; Byers 등, 1984), 혹은 메커니즘의 조합에 의한 것이라 추정되고 있다(Rudinsky 등, 1976; Hedden과 Gara, 1976). 현재까지 광릉긴나무좀의 분포양식이 집중분포에서 균일분포로 변하는 메커니즘에 대해서는 보고된 바가 없으며 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

흥미롭게도 광릉긴나무좀 천공수와 신갈나무 피해도는 밀도의존적 관계와 유사한 경향을 보였다. 즉, 광릉긴나무좀 밀도가 증가할수록 참나무의 피해도가 증가하는 경향을 보였다. 이러한 점은 광릉긴나무좀에 의해 매개되는 *Raffaelea*균의 감염과 증식이 광릉긴나무좀 밀도와 양의 상관성이 있을 수 있음을 암시하는 것이기도 하다. 실제로 *Raffaelea*균 접종 실험결과 균 접종 단독으로 병징이 발생되지 않았다(오은성, 사적교류). 하늘소류인 *Enaphalodes rufulus*에 의한 참나무류 *Quercus rubra*의 치사율은 수간내 천공수와 상관관계를 가지고 있었다는 점(Fieke 등, 2005) 천공성 해충의 밀도 추정과 피해도 해석에 있어 단위당 천공 밀도가 주요한 척도가 된다는 점을 암시한다. 참나무 피해도 해석을 위해서는 단위면적당 천공수를 기준으로 한 광릉긴나무좀 밀도추정에 활용할 수 있음을 의미한다.

천공수와 참나무 피해도와의 관계는 수간상부보다는 수간 하부에서 더 뚜렷하여 수간 하부에 대한 광릉긴나무좀의 공격이 참나무 피해에 있어 중요한 요인임을 암시하고 있다. 결론적으로 광릉긴나무좀의 수간내 밀도를 추정하기 위해서는 수간하부에서 표본을 추출하는 것이 적절할 것으로 사료된다.

## Literature Cited

- Bayers, J.A. 1984. Nearest neighbor analysis and simulation of distribution patterns indicates an attack spacing mechanism in the bark beetle, *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae). *Environ. Entomol.* 13: 1191-1200.
- Byers, J.A. 1983a. Bark beetle conversion of a plant compound to a sex-specific inhibitor of pheromone attraction. *Science.* 220: 624-626.
- Byers, J.A. 1983b. Sex-specific response to aggregation pheromone: regulation of colonization density by the bark beetle *Ips paraconfusus*, to their pheromones in the field. *Ibid.* 6: 149-164.
- Clark, P.J. and F.C. Evans. 1954. Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology.* 35: 445-453.
- Esaki, K., N. Kamata, and K. Kato. 2002. A sticky trap for surveying aerial populations of the ambrosia beetle *Platypus quercivorus* (Coleoptera: Platypodidae). *Appl. Entomol. Zool.* 37: 27-35.
- Esaki, K., K. Kato, and N. Kamata. 2004. Stand-level distribution and movement of *Platypus quercivorus* adults and patterns of incidence of new infestation. *Agr. Forest Entomol.* 6: 71-82.
- Fierke, M.K., D.L. Kinney, V.B. Salisbury, D.J. Crook, and F.M. Stephen. 2005. A rapid estimation procedure for within-tree populations of red oak borer (Coleoptera: Cerambycidae). *Forest Ecol. Manag.* 215: 163-168.
- Hedden, R.L., and R.I. Gara. 1976. Spatial attack pattern of a Western Washington Douglas-fir beetle population. *Forest Sci.* 22: 100-102.
- Hijii, N., H. Kajimura, T. Urano, H. Kinuura, and H. Itami. 1991. The mass mortality of oak trees induced by *Platypus quercivorus* (Coleoptera: Platypodidae)-The density and spatial distribution of attack by the beetles-. *J. Jpn. For. Soc.* 73: 471-476 (in Japanese with English summary).
- Igeta, Y., K. Esaki, K. Kato, and N. Kamata. 2004. Spatial distribution of a flying ambrosia beetle *Platypus quercivorus* (Coleoptera: Platypodidae) at the stand level. *Appl. Entomol. Zool.* 39: 583-589.
- Miller, J.M. and F.P. Keen. 1960. Biology and control of the Western Pine Beetle. U.S. Dep. Agric. Misc. Publ. No. 800.
- Nilssen, A.C. 1978. Spatial attack pattern of the bark beetle *Tomicus piniperda* L. (Col., Scolytidae). *Norw. J. Entomol.* 25: 171-175.
- Rudinsky, J.A., and R.R. Michael. 1973. Sound production in Scolytidae: stridulation by female *Dendroctonus* beetle. *J. Insect Physiol.* 19: 689-705.
- Rudinsky, J.A., L.C. Ryker, R.R. Michael, L.M. Libbey, and M.E. Morgan. 1976. Sound production in Scolytidae: female sonic stimulus of male pheromone release in two *Dendroctonus* beetle. *Ibid.* 22: 1675-1681.
- SAS institute. 2004. SAS user's guide. SAS institute, Cary, NC.

(Received for publication January 22 2008;  
revised April 15 2008; accepted June 23 2008)