

## 솔껍질각지벌레(*Matsucoccus thunbergiana*)의 擴散 類型<sup>1</sup>

鄭榮績<sup>2</sup> · 朴永碩<sup>2</sup> · 全胎秀<sup>3</sup> · 申相澈<sup>2</sup> · 朴持斗<sup>2</sup>

### Dispersal Pattern of the Black Pine Bast Scale, *Matsucoccus thunbergiana* (Homoptera : Margarodidae), in Korea<sup>1</sup>

Yeong-Jin Chung<sup>2</sup>, Young-Seuk Park<sup>2</sup>, Tae-Soo Chon<sup>3</sup>, Sang-Chul Shin<sup>2</sup> and Ji-Doo Park<sup>2</sup>

#### 요 약

우리나라 해안지역에 널리 분포하고 있는 해송에 극심한 피해를 주고 있는 솔껍질각지벌레는 1963년 전남 고흥에서 최초로 발생된 것으로 추정되며, 그 후 계속 확산되어 현재 서해안과 남해안 지역으로 분포가 확대되었다. 본 연구는 1983년부터 1999년까지 임업연구원에서 수행한 발생선단지 조사 자료를 토대로 확산방향을 최초 발생지로부터 서해안쪽으로는 북향, 내륙지역으로의 동북향, 남해안쪽으로는 동향 등 3방향으로 구분하여 확산 유형을 분석하였다. 내륙으로의 확산은 해송의 밀도가 높은 곳에서는 연평균 약 4.3km의 확산속도를 보였지만 1990년대 초반부터 해송의 밀도가 낮아지는 곳에서는 속도가 매우 느려졌다. 해송의 밀도가 높은 서해안쪽 북향과 남해안쪽 동향은 확산속도가 각각 연평균 5.9, 3.3km로서 북향으로의 확산속도가 가장 높았다.

#### ABSTRACT

The black pine bast scale (BPBS), *Matsucoccus thunbergiana*, causes serious damage to Japanese black pine forests in the southern part of Korean peninsula. After first detection of its damage in Kohung, Chonnam Province in 1963, the distribution has been expanding gradually year by year. Since 1983, extensive surveys for BPBS distributions have been carried out by Korea Forest Research Institute. We used cumulative data for BPBS distribution and analyzed the dispersal pattern. We divided expansions into three directions such as north along the west coast, northeast towards the inland, and east along the south coast. In the direction of northeast the dispersal rate was approximately 4.3km per year in dense forests of Japanese black pine, but it slowed down since the early 1990s. The annual dispersal rates were approximately 5.9 and 3.3km in north and east directions, respectively.

*Key words* : black pine bast scale, *Matsucoccus thunbergiana*, distribution, dispersal rate

#### 서 론

솔껍질각지벌레(*Matsucoccus thunbergiana* Miller et Park)는 우리나라 해안지역에 분포하고 있는 해송(*Pinus thunbergii*)에 극심한 피해를 주고 있는 주요 해충으로 1963년 全南 高興郡 道陽邑에 위치한 飛鳳山에서 해송이 집단으로 고사

한 후, 그 피해가 인접지역으로 확산되면서 임업연구원에서 그 원인을 조사하던 중에 약 20년이 지난 1983년에 본 해충의 피해임을 최초로 확인하였으며(박기남 등, 1983), Miller와 Park(1987)은 본 종을 신종으로 보고하였다.

본 해충은 다른 솔껍질각지벌레류와 마찬가지로 부화 약충이 바람에 날려 분산하는 것으로 알

<sup>1</sup> 接受 2000年 2月 21日 Received on February 21, 2000.

<sup>2</sup> 林業研究院 Korea Forest Research Institute, Seoul 130-012, Korea.

<sup>3</sup> 釜山大學校 生物學科 Department of Biology, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea.

려져 있으며(Greathead, 1972; McClure, 1977, 1983; Stephens와 Aylor, 1978; 박승찬, 1991), 매년 분포가 확대되어 현재 서해안과 남해안 지역으로 확산되어 있다(정영진 등, 2000). 본 해충의 기주식물인 해송은 지리적으로 우리나라와 일본의 해안 지대에 분포하며 한반도에서 동해안으로는 울진(북위 37°), 서해안으로는 수원(북위 37° 15')까지 분포하며 주로 도서지방과 남해안에서 그 분포 폭이 넓다(Critchfield와 Little, 1966; 박승찬, 1991). 그렇지만 최근들어 동해안의 강릉, 속초, 서해안의 인천 등에도 해송을 조림하고 있어 실제 분포면적은 더욱 넓을 것으로 추정되고 있다(산림청, 1998).

솔껍질깍지벌레는 솔잎혹파리와 마찬가지로 대표적인 침입해충으로서 침입 초기에는 극심한 피해를 주지만 일정 기간이 지나면 밀도가 급격하게 낮아지고 피해목은 회복현상을 보이는 것으로 알려져 있다(박승찬, 1991; 정영진 등, 1998).

따라서 본 연구는 침입종으로서의 솔껍질깍지벌레 확산유형을 분석하고 해송 분포지역의 확산 시기를 예측함으로써 솔껍질깍지벌레 방제의 기초 자료로 활용하기 위해 수행되었다.

**재료 및 방법**

**1. 생물적 자료**

본 연구는 임업연구원에서 1983년부터 매년 조사하고 있는 솔껍질깍지벌레의 발생선단지 자료를 이용하였으며 조사방법은 정영진 등(2000)에 의해서 상세히 보고되었다.

**2. 확산유형**

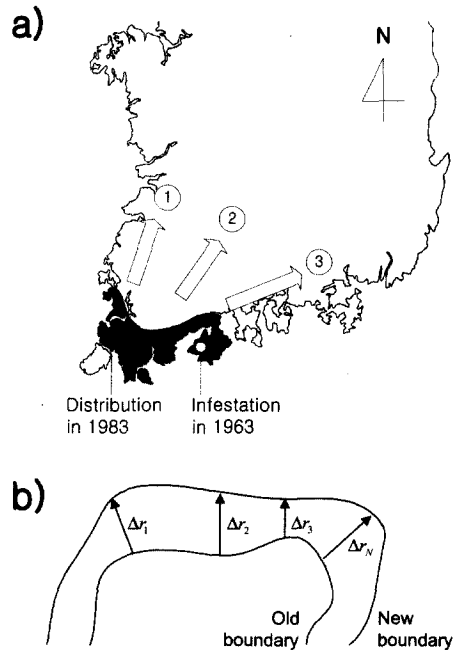
확산방향은 그림 1a와 같이 북향, 동북향, 그리고 동향으로 나누어 분석하였다. 북향으로의 확산은 서해안쪽이며, 동북향은 내륙방향, 동향은 남해안쪽의 확산을 각각 나타낸다. 각 방향에 대하여 당해 연도와 전연도의 피해 확산 선단지 사이의 거리, 즉 연간 확산거리( $\Delta r$ )는 아래와 같은 방법에 따라 산출하였다(그림 1b).

$$\Delta r = \frac{(\Delta r_1 + \Delta r_2 + \dots + \Delta r_N)}{N} \quad N: \text{조사지점수}$$

최초 발생시기부터 경과시간(x)과 누적 확산 거리(y)의 관계는 CurveExpert(1997)을 이용하여 가장 높은 예측성을 가지는 모델을 구하였으며,

이를 이용하여 해송분포지역의 잠재적 피해확산 시기를 분석하였다.

또한 이들 모델 중에서 확산속도가 둔화되어 침입종이 나타내는 정착, 확산, 토착의 단계를 볼 수 있는 유형을 선정하여 침입종의 확산유형에 대해 제시한 Shigesada 등(1995)의 모델과 비교 분석하여 솔껍질깍지벌레의 확산유형을 파악하였다.



**Fig. 1.** Dispersal direction of the black pine bast scale in the southern part of Korean peninsula (a) and neighborhood measure of spread (b)

**결과 및 고찰**

**1. 확산속도**

솔껍질깍지벌레의 피해선단지 조사가 처음 시작된 1983년부터 연도별 누적 확산거리는 그림 2와 같다. 서해안쪽 북향으로의 확산속도는 연평균 5.9km로서 남해안쪽 동향으로의 연평균 확산속도 3.3km보다 훨씬 빠른 것으로 나타났으며, 내륙방면 동북향으로의 확산속도는 1990년대 이전까지는 연평균 4.3km였지만 1990년대부터는 확산속도가 둔화되어 현재는 정체상태를 보이고 있다(그림 2). 서해안쪽 북향의 확산속도가 남해안쪽 동향보다 빠른 것은 솔껍질깍지벌레의 확산이 주로 이루어지는 부화약충기인 5월의 풍향과

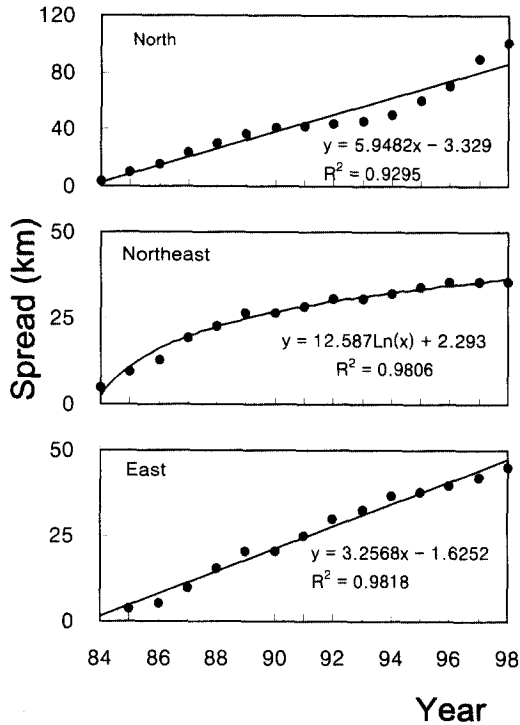


Fig. 2. Range expansion of the black pine bast scale in three directions in southern part of Korean peninsula

밀접한 관련이 있을 것으로 사료된다. 그리고 내륙지역으로의 확산은 1990년대들어 정체되고 있는데 이러한 원인으로서는 기상조건, 임황 및 지황 등 여러 가지 환경요인을 고려해 볼 수 있겠으나 본 해충의 주요 기주식물인 해송의 분포와 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다.

CurveExpert(1997)을 이용한 시간(x; year)에 따른 누적확산거리(y; km)의 각 방향별 관계는 북향은  $y = 5.9482x - 3.329$  ( $R^2 = 0.93$ ), 동향은  $y = 3.2568x - 1.6252$  ( $R^2 = 0.98$ )로서 북향 및 동향으로의 확산은 직선적인 경향을 보이고 있다. 이에 비해 동북향의 경우는  $y = 12.587\ln(x) + 2.293$  ( $R^2 = 0.98$ )로서 현재 확산속도가 매우 둔화된 경향을 나타내고 있다(그림 2).

2. 확산유형

솔껍질각지벌레의 확산속도는 앞에서 살펴본 바와 같이 북향 및 동향으로는 지속적인 확산이 일어나고 있는 반면, 동북향으로의 확산은 그 확산속도가 둔화되어 현재는 정체되고 있어 Shigesada

등(1995)이 제시한 침입종의 확산특징을 나타내고 있다.

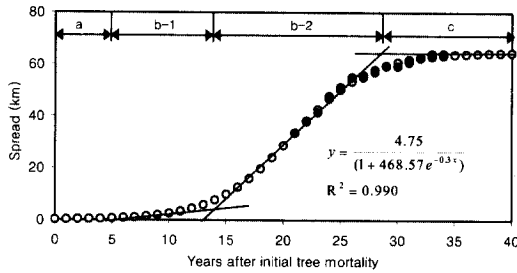
그림 3은 내륙방면 동북향으로의 확산모델을 이용하여 시간에 따른 확산거리를 추정한 것으로 솔껍질각지벌레가 침입종으로서 나타내는 확산특성, 즉 정착, 확산, 토착의 3단계중 확산 및 토착 단계에서 나타나는 현상을 잘 보여주고 있다( $R^2 = 0.98$ ). 그러나 초기 확산자료가 부족하기 때문에 침입종의 일반적인 확산유형모델과 직접적인 비교는 어려우나 Shigesada 등(1995)이 제시한 침입종의 확산유형중 유형 2와 유사한 것으로 판단된다. 이는 솔껍질각지벌레가 새로운 지역에 침입하였을 때 수년에 걸쳐 정착단계를 거친 후 초기에는 낮은 속도(그림 3b-1)로 확산이 이루어지지만 일정기간이 지나면 매우 높은 속도로 확산(그림 3b-2)이 이루어지는 확산속도의 변화가 있으며, 최종적으로는 확산속도가 둔화되어 토착화된다(그림 3c)는 것을 제시해 준다. 따라서 이러한 솔껍질각지벌레의 확산유형특성을 확산이 계속되고 있는 북향 및 동향으로의 방제전략수립에 이용하면 방제 효율을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

3. 확산예측

박승찬 등(1984)은 전남에서 채집한 솔껍질각지벌레를 서울에서 월동시험을 실시한 결과 약 15%의 개체들이 생존한 것으로 보고하였으며, 이를 통해 박승찬(1991)은 저온이 솔껍질각지벌레의 확산제한요인이 되지 못할 것으로 판단하였다. 그림 4는 해송의 자연 분포(Critchfield와 Little, 1966)와 현재 솔껍질각지벌레의 분포지역을 나타내고 있다.

해송의 분포와 솔껍질각지벌레의 확산모델(그림 2)을 이용하여 장기 확산시기를 예측한 결과, 서해안의 경우 충남 서산은 2020년, 경기 수원은 2030년경, 인천은 2035년경에 피해가 확산될 것으로 전망되며 동쪽으로 확산의 경우 부산은 2010년, 경북 울진은 2050년, 강원 강릉은 2080년경에 피해가 확산될 것으로 예상된다.

그러나 이러한 확산 전망은 기상 조건의 변화나 인위적인 전파 등에 따라 달라질 가능성은 충분히 있을 수 있다. 금후 피해확산 예측의 정확성을 보다 높이기 위해서는 솔껍질각지벌레의 온도발육 모델 등을 이용한 개체군의 시간적 동태와 풍향, 풍속 등을 포함하는 공간적 확산에 대한 연구가 요구된다.



**Fig. 3.** Range expansion of the black pine bast scale in the northeast direction in the southern part of Korean peninsula. The black circle (●) and open circle(○) represent field data and predicted data, respectively. a; establishment phase, b; expansion phase, c; saturation phase

**Fig. 4.** Distribution of Japanese black pine(gray color) and black pine bast scale(dark color) in the southern part of Korean Peninsula in 1998

인용문헌

1. 박기남 · 이창근 · 양성일 · 박승찬. 1983. 전남 해안지방 해송림 피해원인 현지조사 결과보고. 임업시험장, 8pp.

2. 박승찬. 1991. 솔껍질깍지벌레의 지리적분포, 생태, 피해 및 방제연구. 한국임학회지, 80 : 326-349.

3. 박승찬 · 김종국 · 박남창. 1984. 솔껍질깍지벌레 생태 및 방제에 관한 연구. 임업시험장 시험연구보고서. 임업시험장, p. 1227-1252.

4. 산림청. 1998. 임업통계연보. 산림청. 406p.

5. 정영진 · 박영석 · 이범영 · 전태수. 1998. 솔잎혹파리 피해만성지역에서의 충영형성을 변동 유형. 산림과학논문집, 59 : 64-69.

6. 정영진 · 배운익 · 박영석 · 최광식 · 이상길 · 이범영. 2000. 우리나라의 솔껍질깍지벌레 피해 발생과 확산과정. 산림과학논문집(인쇄중).

7. CurveExpert. 1997. A Curve Fitting System for Windows (Online URL). <http://www.ebicom.net/~dhyams/cvxpt.htm>.

8. Critchfield, W.B. and E.L. Little, Jr. 1966. Geographic distribution of the pines of the world. USDA Forest Service, Miscellaneous Publication 991. 97p.

9. Greadthead, D.J. 1972. Dispersal of the sugar-cane scale *Aulacaspis tegalensis* (Zhnt.) (Hem., Diaspididae) by air currents. Bulletin of Entomological Research, 61 : 547-558.

10. McClure, M.S. 1977. Population dynamics of the red/pine scale, *Matsucoccus resinosae*: the influence of resinosis. Environmental Entomology, 6 : 789-795.

11. McClure, M.S. 1983. Population dynamics of a pernicious parasite: density-dependent vitality of red pine scale. Ecology, 64 : 710-718.

12. Miller, D.R. and S.C. Park. 1987. A new species of *Matsucoccus* from Korea. Korean Journal of Plant Protection, 26 : 49-62.

13. Shigesada, N., K. Kawasaki and Y. Takeda. 1995. Modeling stratified diffusion in biological invasions. The American Naturalist, 146 : 229-251.

14. Stephens, G.R. and D.E. Aylor. 1978. Aerial dispersal of red pine scale, *Matsucoccus resinosae*. Environmental Entomology, 7 : 556-563.