

황색 끈끈이트랩을 이용한 솔껍질각지벌레 (Homoptera: Margarodidae) 예찰

이창준 · 김동수¹ · 정영학² · 이상명² · 이석준³ · 이동운^{4*}

임업진흥원, ¹국립산림과학원 산림바이오소재연구소, ²(주)에스엠바이오비전, ³동방아그로, ⁴경북대학교 생태환경관광학부

Monitoring of Black Pine Bast Scale, *Matsucoccus thunbergiana* (Homoptera: Margarodidae) Using Yellow Sticky Trap

Chang Jun Lee, Dong Soo Kim¹, Young Hack Chung², Sang Myeong Lee², Suck Jun Lee³ and Dong Woon Lee^{4*}

Korea Forestry Promotion Institute, Deajeon 35209, Korea

¹Forest Biomaterials Research Center, National Institute of Forest Science, Jinju 52817, Korea

²SMBio Vision Co., Jinju 52828, Korea

³Dongbang Agro Corporation, Buyeo 33216, Korea

⁴Major of Applied Biology, School of Ecological Environment and Tourism, Kyungpook National University, Sangju 37224, Korea

ABSTRACT: The black pine bast scale (BPBS), *Matsucoccus thunbergiana* (Homoptera: Margarodidae), is one of the most serious insect pests of Japanese black pine (*Pinus thunbergiana*) in Korea. The density of BPBS varies by tree, branch, and location, making it difficult to monitor them. This study investigated to find a monitoring method for distribution and occurrence of BPBS on Japanese black pine using the yellow sticky trap. The density of male BPBS on sticky trap and nymphs from the branch of Japanese black pine was highly correlated in various surveyed sites. The number of male BPBS that attracted to the yellow sticky traps was higher in upper crown than the lower crown of *P. thunbergiana* but this was not statistically significant. The density of BPBS nymphs increases with the increase of the diameter of the branch, but the differences were not significant from 1 to 2.5 cm. BPBS was highly distributed in bottom-faced branch than the upper-faced branch of *P. thunbergiana*. Therefore, we suggest, the yellow sticky trap for the monitoring of BPBS and when examining the nymph density in branch, it is recommended that the bottom-faced branch of the 2-2.5 cm diameter branch be examined.

Key words: Density, Japanese black pine, *Matsucoccus thunbergiana*, Monitoring, Sticky trap

조 록: 솔껍질각지벌레(*Matsucoccus thunbergiana*)는 우리나라 곰솔(*Pinus thunbergiana*)림의 주요 해충종의 하나이다. 솔껍질각지벌레는 단목(丹木)마다 밀도에 차이가 있고, 수관 내 가지별로도 밀도차이가 있어 예찰이 어렵다. 따라서 본 연구는 황색 끈끈이트랩을 이용하여 솔껍질각지벌레의 분포나 발생을 예찰할 수 있는 방법을 제시하기 위하여 수행되었다. 곰솔림에서 끈끈이 트랩에 유인된 솔껍질각지벌레 수컷 성충의 밀도와 가지 내 약층의 밀도는 높은 상관관계를 보였다. 끈끈이트랩에 유인된 솔껍질각지벌레 수컷성충의 밀도는 곰솔의 상층부가 하층부보다 높았으나 통계적 차이는 없었다. 곰솔 가지의 단위면적당 솔껍질각지벌레 밀도는 흉고직경이 클수록 높아지는 경향을 보였으며 1~2.5 cm 사이의 굵기 내에서는 통계적 차이가 없었다. 곰솔 가지의 방향이 지면을 향하는 쪽이 반대 방향을 향하는 쪽에 비하여 솔껍질각지벌레의 밀도가 높았다. 솔껍질각지벌레의 예찰에 끈끈이 트랩의 사용을 제안하며, 가지에서의 밀도는 2~2.5 cm 굵기의 가지를 선택하여 지면쪽의 밀도 조사를 추천한다.

검색어: 솔껍질각지벌레, 예찰, 밀도, 분포, 끈끈이트랩

*Corresponding author: whitegrub@knu.ac.kr

Received April 18 2018; Revised May 27 2018

Accepted July 3 2018

솔껍질깍지벌레(*Matsucoccus thunbergiana*)는 1963년 전남 고흥에서 최초로 발생한 것으로 추정되는데 1983년 전남 고흥, 목포, 무안 등지의 남해안지대 12,000 ha의 해송(*Pinus thunbergii*)림에서 피해가 확인된 이후 서남해안으로 확산되고 있다(Park and Park, 1985; Miller and Park, 1987; Chung et al., 2000a, 2000b; Lim et al., 2012). 일본으로부터 도입된 것으로 추정되고 있는 솔껍질깍지벌레는 년 1회 발생하여 곰솔과 소나무(*Pinus densiflora*)를 비롯한 7종의 *Pinus*속 소나무류를 기주로 하고 있는데 피해를 받은 소나무들은 수간에서 가지가 생존하고 있는 하위부로부터 고사된다(Park and Park, 1985; Miller and Park, 1987; Kim and Oh, 1992). 곰솔에 대한 솔껍질깍지벌레의 피해가 만연하고 피해지가 확산됨에 따라 산림당국에서는 매년 솔껍질깍지벌레에 대한 예찰 활동을 벌이고 있는데 피해도 조사를 통한 발생 상황 조사를 수행하고 있다(Korea Forest Service, 2008). 솔껍질깍지벌레의 정착이 진행되고 있는 임지나 가지 고사가 일어나지 않는 지역 또는 방제제의 효과를 검증할 경우 솔껍질깍지벌레의 밀도 조사가 필수적인데, 현재 솔껍질깍지벌레의 밀도 조사는 가지를 채취하여 껍질 아래 또는 인피부에 서식하고 있는 깍지벌레를 현미경으로 조사하는 방법을 쓰고 있다(Lim et al., 2012).

솔껍질깍지벌레의 피해는 수령이나 수관 위치, 혼효도, 입목 밀도 등에 따라 차이를 보이고(Kim and Oh, 1992), 수상분포 양상도 신규발생지와 구피해지 간에 차이를 보이거나 주간이나 1, 2차 측지의 분포 양상에 차이를 보인다(Park, 1994). 따라서 솔껍질깍지벌레 밀도의 비교를 위해서는 이러한 다양한 요인들을 고려하여야 하는데 Park (1994)은 솔껍질깍지벌레의 단목 당 밀도 추정을 위해서는 오차범위 20% 내에서 필요한 곰솔의 공시 가지 수가 수관중부의 내부, 수관하부의 중부 및 내부에서 채취한 10~20 cm, 20~30 cm인 2차 측지 이하 부속지로서 각각 21개, 11개라고 추정 한 바 있다. 그러나 실제 야외에서 이러한 조건의 가지를 찾아 채취하여 조사하는 것은 조사 대상목의 선정과 대상 가지의 선정 등에 있어 제약이 많고, 많은 시간과 노력이 필요하며 처음 조사를 하는 초보자의 경우 조사 대상 가지를 선정하기가 현실적으로 어렵다. 또한 솔껍질깍지벌레는 암컷 성충의 경우 체장 4.0 mm, 체폭 2.2 mm 정도로 비교적 크지만 수컷 3령충의 경우 체장 1.9 mm, 체폭 1.0 mm 내외로 작고, 1령충의 경우 체장 367 μ m, 체폭 181 μ m로 매우 크기가 작아(Miller and Park, 1987) 현미경으로 대부분 관찰을 하기 때문에 채취한 전체 가지를 조사할 수가 없어 일정한 부분을 표식하여 조사하는데(Lim et al., 2012) 동일 조사 가지라 하더라도 솔껍질깍지벌레의 밀도 분포에 차이를 보이기 때문에 조사 대상 부위 선정에 대한 조사자 간 차이가 생길 수도 있다.

따라서 본 연구는 솔껍질깍지벌레 밀도 조사 시 효율적인 조사 가지 선정을 위해 가지 굵기 별 밀도와 현미경 조사 시 현미경으로 관찰하는 가지의 관찰면에 따른 밀도 차이를 조사하였다. 아울러 솔껍질깍지벌레의 임내 발생 밀도 비교나 지역적 밀도 비교와 같은 단목 단위가 아닌 임분 단위의 밀도 조사나 초기 정착 시기에 밀도가 낮아 수관 내에 서식하는 솔껍질깍지벌레의 직접 조사가 어려운 경우에 활용할 수 있는 방법으로 끈끈이 트랩을 활용 가능성을 조사하였다.

재료 및 방법

조사지역과 조사목의 선정

곰솔 가지와 수관 내 솔껍질깍지벌레의 분포를 2년간 조사하였다. 1차년도인 2010년도에는 경남 진주시 평거동과 경남 남해군 창선면 동대리의 곰솔림에서 가지 굵기와 가지 부위별, 흉고직경 별 및 수관 위치 별 밀도를 조사하였으며 황색끈끈이 트랩 조사도 병행하였다. 2차년도인 2011년에는 1차년도 조사 지역인 진주와 남해지역 이외에 부산시 서구 암남동과 포항시 남구 구룡포읍 석병리 일대의 곰솔림에서 황색 끈끈이 트랩을 설치한 뒤 주관 가지 내 솔껍질깍지벌레의 밀도와 황색끈끈이 트랩에 유인된 솔껍질깍지벌레의 수를 비교하였다.

1차년도 조사지역 중 진주 곰솔림에서는 산 아래로부터 산정부 방향으로 50 m 간격으로 네 지점을 선정하여 솔껍질깍지벌레의 수관 내 밀도 조사와 끈끈이 트랩 설치를 위한 수고 7 m 이상의 나무를 선정하였으며 남해지역은 산 아래에서 산정부 방향으로 50 m 간격으로 세 지점에서 대상 나무를 선정하였다. 2차년도 추가 조사지인 부산과 포항에서는 산 아래로부터 50 m 내외의 지점부터 30~50 m 이격거리를 두고, 5곳에 대상 나무를 선정하였다.

곰솔의 흉고직경별 솔껍질깍지벌레 밀도

1차년도에 경남 진주와 남해 지역에서 황색끈끈이 트랩을 설치한 7개 지점의 10 × 10 m² 내에 있는 곰솔(끈끈이 트랩 설치 나무 포함)을 대상으로 흉고직경과 가지 내 솔껍질깍지벌레의 밀도를 조사하였다. 전체적으로 64주의 곰솔을 대상으로 조사하였는데 흉고직경은 직경자(Komelon, 신일사이언스, 대한민국)를 이용하였고, 솔껍질깍지벌레 가지 내 밀도는 수관의 상, 중, 하부에서 채취한 가지 5 cm²에 분포하는 솔껍질깍지벌레의 밀도를 조사하여 평균하였다. 수관의 구분은 Kim and Oh (1992)의 방법으로 설정하였는데 하층 부분에 가지가 없는 경우에는

상부와 중부의 가지만 이용하여 밀도를 조사하였다. 전체 조사목의 흉고직경은 5~21.7 cm였는데 가지 내 밀도조사는 곰솔 가지의 지표면 부분과 반대 방향의 솔껍질깍지벌레 밀도 비교 및 굵기 별 밀도 조사 시 수행한 방법으로 하였다.

곰솔 가지의 지표면 부분과 반대 방향의 솔껍질깍지벌레 밀도 비교 및 굵기 별 밀도

채취한 가지에서 솔껍질깍지벌레를 현미경으로 조사할 경우 현미경 시야에 들어오는 면적이 제한적이다. 따라서 0.5 cm 내외의 코르크 보어(borer)로 표식을 한 다음 관찰하는데(Lim et al., 2012) 가지의 한쪽 면을 조사하는 것이 현미경의 초점 조작용을 최소화 할 수 있어 쉬운 방법이다. 그러나 같은 가지 내에서도 솔껍질깍지벌레의 밀도가 부위에 따라 다르기 때문에 가지의 지표면 방향과 반대편 방향을 구분하여 밀도를 조사하였다. 또한 가지가 너무 굵은 경우 현미경 하에서 관찰이 어렵고, 가지가 너무 가늘면 깍지벌레의 분포가 제한적이다. 따라서 현미경 상으로 조사하기 용이하면서 조사의 객관성 확보하기 위하여 3월 25일 진주와 남해지역의 ‘흉고직경별 솔껍질깍지벌레 밀도’ 조사 시의 시료를 10 cm 내외로 잘라 지퍼백에 넣어 실험실로 운반 한 후 버니어캘리퍼스(530-101 N15, Nitutoyo, Japan)를 이용하여 중앙부분의 직경을 재고, 직경 0.5 cm 코르크보어로 지표면 쪽을 향하고 있던 가지 부분과 하늘 쪽을 향하고 있는 가지 부분을 구분하여 각각 10곳에 표식을 하고, 현미경 하에서 솔껍질깍지벌레의 수를 조사하였다. 1447개의 가지를 대상으로 조사하였는데 각각의 가지는 직경 0.5 cm 미만, 0.5~1 cm, 1~1.5 cm, 1.5~2.0 cm, 2.0~2.5 cm로 구분하였다.

황색끈끈이 트랩을 이용한 솔껍질깍지벌레 밀도 조사

황색끈끈이 트랩을 이용한 솔껍질깍지벌레 밀도조사 가능성을 알아보기 위하여 수관 내 분포하는 솔껍질깍지벌레 밀도와 끈끈이 트랩에 유인된 솔껍질깍지벌레 수컷 수와의 상관관계를 2년 간 조사하였다.

1차년도에는 끈끈이 트랩의 수관 내 적정 설치 위치를 추정하기 위하여 수관 위치별 조사를 수행하였다. 수관 위치는 Kim and Oh (1992)의 방법으로 설정하였는데 각 조사지역에서 임의로 선정 한 곰솔(진주지역 4그루, 남해지역 3그루)을 대상으로 25 × 15 cm 크기의 황색 평판트랩(주)그린바이오텍(경북경산)을 수관 상, 중, 하부로 구분하여 3월 20일에 설치하였다. 이후 3/28, 4/3, 4/16, 4/23에 트랩을 교체하였고, 교체 시 마다 트랩에 유인되는 솔껍질깍지벌레 수컷 성충 수를 조사하였다.

수관 내 가지에서의 밀도는 앞서 기술한 흉고직경별 밀도조사에서 수행한 조사 결과를 이용하였는데 끈끈이 트랩을 설치한 주변 100 m² 내의 상부와 중부, 하부 곰솔 나뭇가지를 3월 20일에 고절가위로 절취하여 지퍼백에 넣어 실험실로 운반한 뒤 지표면을 향하는 가지 부분의 솔껍질깍지벌레 밀도를 현미경 하에서 조사하였다.

각 단목 별로 수관 위치에 따른 가지 내 솔껍질깍지벌레 밀도는 상부와 중부의 가지는 모두 조사가 되었지만 대부분의 조사목이 하부 가지가 없어 수관 상부와 중부 가지 내 솔껍질깍지벌레 밀도를 비교하였다.

가지와 끈끈이 트랩에 포획된 솔껍질깍지벌레 밀도 비교

수관 가지 내 솔껍질깍지벌레 밀도와 끈끈이 트랩에 유인된 솔껍질깍지벌레 밀도 사이의 상관관계는, 1년 차에는 수관 위치에 따른 솔껍질깍지벌레 조사의 결과 중 3월 20일 가지에서 조사된 솔껍질깍지벌레 밀도와 전체 조사기간 동안 각 나무의 수관 위치별로 설치 한, 세 개 트랩에 유인된 수컷 성충 수의 평균값을 이용하였다. 2년 차에는 1차년도와 유사한 방법으로 조사를 하였는데 5그루의 곰솔을 대상으로 황색끈끈이 트랩을 3월 15일 설치하고, 3/23, 3/31, 4/11, 4/23, 5/1에 트랩에 포획된 솔껍질깍지벌레 수컷 성충 수를 조사하였다. 가지 내 밀도조사는 1차년도와 동일한 방법으로 수행하였는데 고절가위로 절취하여 실험실로 운반 한 가지에서 밀도 조사 시 코르크보어로 표식을 하는 것을 대신하여 0.5 × 10 cm² 크기의 흡이 파진 플라스틱 판을 나뭇가지 위에 올려놓은 뒤 해당 면적에 분포하는 솔껍질깍지벌레의 수를 현미경 하에서 조사하였다.

통계분석

각 조사목의 흉고직경과 수관 상, 중, 하부의 솔껍질깍지벌레 밀도와의 상관관계와 가지에서 조사된 솔껍질깍지벌레 밀도와 전체 조사기간 동안 각 나무의 수관 위치별로 설치한 끈끈이 트랩에 유인된 수컷 성충 수 간의 상관관계는 엑셀프로그램을 이용하여 분석하였다. 가지의 지면방향과 하늘방향에 따른 솔껍질깍지벌레의 밀도의 차이 및 단목별 수관 상부와 중부의 솔껍질깍지벌레 밀도 차이는 t-test로 비교하였다. 황색 끈끈이 트랩에 포획된 솔껍질깍지벌레 성충의 수는 설치한 각각의 단목 내 트랩에 유인된 전체 수를 이용하여 분산분석하였다. 상관분석 외 통계분석은 SAS program(SAS Institute, 2011)을 사용하였다.

결 과

곰솔의 흉고직경별 솔껍질각지벌레 밀도

솔껍질각지벌레는 곰솔의 경급이 높을수록 밀도가 높아지는 경향이었으나 결정계수는 낮게 나타났다 ($y = 0.173x + 0.155$, $R^2 = 0.076$).

곰솔 가지의 지표면 부분과 반대 방향의 솔껍질각지벌레 밀도와 가지 굵기별 밀도

동일 가지에서 솔껍질각지벌레는 지표 면 쪽이 하늘 쪽 보다 높은 밀도를 보였다.

진주지역에서는 지표면 쪽 가지의 솔껍질각지벌레 밀도가 5.6마리/1.96 cm²로 하늘 쪽 가지의 밀도 1.91마리/1.96 cm²에 비하여 높았으며 ($|t| < 0.0001$), 남해지역에서도 지표면 쪽 가지의 밀도가 4.73마리/1.96 cm²로 하늘 방향 가지의 밀도 2.07마리/1.96 cm²에 비하여 높았다 ($|t| < 0.0001$). 전체적으로도 지표면 방향 위치 가지의 솔껍질각지벌레 밀도가 5.32마

리/1.96 cm²로 하늘 쪽 가지의 밀도 2.11마리/1.96 cm²에 비하여 2배 이상 높았다 ($|t| < 0.0001$).

곰솔의 가지 굵기 별 솔껍질각지벌레의 밀도는 2.0~2.5 cm 크기에서 가장 높았으나 1.0~2.0 cm 구간과 통계적 차이는 없었다 ($df = 4, 1442, P < 0.05$) (Table 1).

황색끈끈이 트랩을 이용한 솔껍질각지벌레 밀도 조사

황색끈끈이 트랩에 유인된 솔껍질각지벌레 수컷 성충의 수관 별 분포는 Fig. 1과 같다. 진주와 남해지역 모두 수관 상부에서 솔껍질각지벌레 유인수가 가장 많았으며 중부, 하부의 순으로 적었으나 통계적 유의차는 없었다 (진주지역: $df = 2, 9, F = 0.47, P = 0.6378$, 남해지역: $df = 2, 9, F = 0.17, P = 0.8485$). 끈끈이 트랩이 설치된 주변 곰솔림의 수관 가지 내 밀도도 위치별로 통계적 차이가 없었다 (진주지역: $df = 2, 8, F = 2.29, P = 0.1638$, 남해지역: $df = 2, 6, F = 0.31, P = 0.7416$).

또한 단목별로 곰솔 가지 내 솔껍질각지벌레의 수관 내 분포는 상부와 중부 사이에 밀도차이가 없었다. 진주지역에서는 수관 상부의 밀도가 1.03마리/2 cm²로 중부의 1.82마리/2 cm²와

Table 1. Density of *Matsucoccus thunbergiana* depending on diameter of the branch of *Pinus thunbergii* collected from naturally infested forest in Jinju and Namhae

Branch diameter (cm)	(n)	Mean no. <i>M. thunbergiana</i> /2 cm ²
0.2 - 0.5	50	2.41c*
0.5 - 1.0	646	3.18bc
1.0 - 1.5	554	4.22ab
1.5 - 2.0	176	4.26ab
2.0 - 2.5	21	5.14a

*Means followed by the same letters within a column are not significantly different (Tukey's Studentized Range Test, $P = 0.05$).

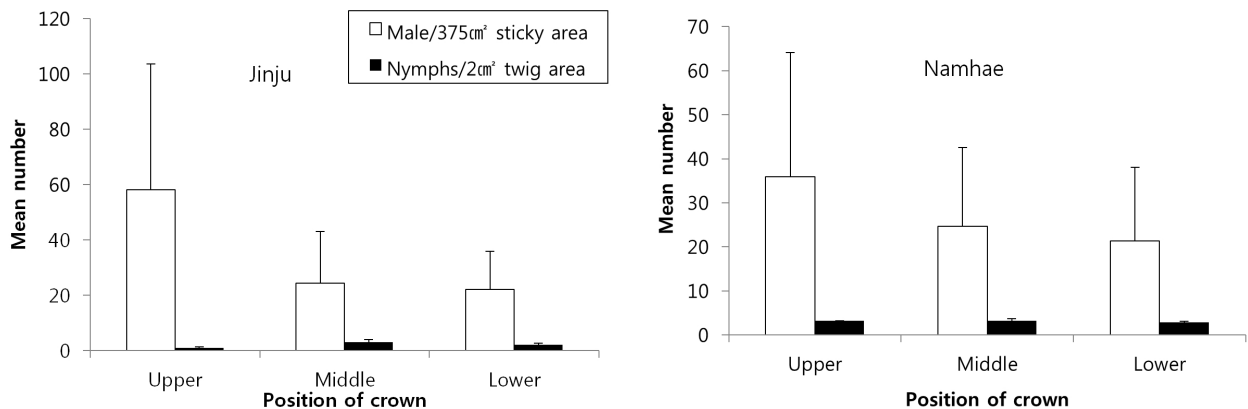


Fig. 1. Number of *Matsucoccus thunbergiana* males in yellow sticky traps and nymphs on branch of *Pinus thunbergii* in a naturally infested forest with *Matsucoccus thunbergiana*. Bars represent standard errors.

차이가 없었으며 ($|t| < 0.1478$) 남해지역에서도 수간 상부의 밀도가 2.98마리/1.96 cm²로 중부의 3.62마리/1.96 cm²와 차이가 없었다 ($|t| < 0.1478$).

가지와 끈끈이트랩에 포획된 솔껍질깍지벌레 밀도 비교

2010년도에 끈끈이트랩을 설치한 진주지역 조사목에서 솔껍질깍지벌레 가지 내 밀도는 끈끈이트랩에 유인된 수컷 성충수와 매우 높은 상관관계를 보였다(Table 2).

2011년도 조사에서 솔껍질깍지벌레 가지 내 밀도와 끈끈이트랩에 유인된 수컷 성충수와 상관관계는 모든 지역에서 양의 상관을 보였는데 결정계수는 남해지역에서만 0.3549로 낮게 나타났고, 부산과 포항, 진주지역에서는 각각 0.8913, 0.8321, 0.7906의 높은 결정계수를 나타내었다(Table 2).

고찰

솔껍질깍지벌레는 비행능력을 가진 수컷 성충을 제외하고는 단목 간의 이동이 매우 제한적이어서 단목간의 밀도변이가 심하고, 이로 인해 임분 내에서 솔껍질깍지벌레에 의한 곰솔의 피해도 점상으로 발생하고 있다(Kim and Oh, 1992; Park, 1994). 따라서 개체군동태학적 연구에서는 지상 단위면적당 총밀도보다는 단목당 총밀도 조사가 바람직한데 단목 당 총밀도를 조사하는 것도 매우 제한점이 많다(Park, 1991, 1994). 솔껍질깍지벌레는 총체의 크기가 작고, 주로 인편이나 수피 틈새에 서식하기 때문에 관찰이 곤란하여 조사부위를 한정하여 최소한의 면적에서 조사하는 것이 용이한 방법이지만 현실적으로 솔껍질깍지벌레 약충은 수관이나 가지 별로도 차이가 있고, 가지의 절간이나 마디의 연령, 같은 연령의 절간에서도 부위에 따라 밀도 차이를 보일 수 있어 표본추출법의 정립이 절실한 실정이다(Park, 1991; Kim and Oh, 1992). 본 연구는 이러한 필요성에 따라 표본조사의 시간을 줄이면서 합리적으로 밀도를 비교할 수 있는 방법을 강구하기 위하여 수행하였다.

솔껍질깍지벌레의 발생지 확산을 예측하는 데 활용할 수 있는 방법의 하나로 성페로몬을 이용한 방법이 개발되어 있다(Park et al., 1994a, 1994b). 솔껍질깍지벌레는 수컷이 유시형이기 때문에 페로몬트랩을 이용한 예찰이 가능하지만 페로몬의 영향을 받는 유효거리가 10 m에 불과하고, 수관 울폐도에 따라 유인력에 차이를 보이며 수컷의 비행은 바람의 영향을 많이 받는다(Park et al., 1994b, 2000). 따라서 자발적 비행에 의한 페로몬 트랩으로의 유인이 일반적인 나방류에 비하여 유인반경이 제한적이고, 바람과 같은 기류에 의한 이동이 많기 때문에 끈끈이트랩과 같은 유인트랩의 활용도 가능할 것으로 생각되어 끈끈이트랩의 유용성을 검증하였다. 끈끈이트랩은 곤충 발생예찰에 사용되는 방법의 하나로 애매미충류나 애무늬고리장님노린재(*Apolygus spinolae*)의 발생예찰에도 활용된 바 있다(Lee et al., 2014a, 2014b).

본 연구에서 이용한 황색끈끈이트랩은 지역에 따라 편차가 있기는 하였지만 곰솔 가지에 서식하는 솔껍질깍지벌레 밀도와 상관관계가 높게 나타나 단목 내 밀도 비교는 곤란하지만 임분 간 밀도 비교는 유용성이 높을 것으로 판단된다. 한편 수관 내에서 솔껍질깍지벌레의 분포는 통계적 유의성은 없었지만 끈끈이트랩 조사 시 수관 상부가 가장 높고, 수관 아래로 내려올수록 낮아지는 경향을 보였는데 Park et al. (2000)이 합성페로몬의 지상 높이별 위치에 따른 솔껍질깍지벌레 수컷의 유인 연구의 결과와는 반대의 경향을 보였다. 즉 수관 울폐도에 관계 없이 수관 1 m나 2 m 높이에 비하여 낮은 위치인 지면으로부터 0.1 m 높이에 설치한 페로몬트랩에 유인되는 수컷 성충의 수가 많이 차이를 보였다(Park et al., 2000). 이는 본 조사를 수행한 조사지들의 곰솔 단목들의 평균수고가 7 m 내외로 높고, 하층의 가지들이 상층 가지들의 피압에 의해 대부분 고사되어 없는 상태로 솔껍질깍지벌레가 분포하는 가지가 하층에 거의 없었다. 따라서 실제 수상(樹上) 내 서식하는 솔껍질깍지벌레의 밀도가 상층 가지 부분이 높고, 하층 가지 부분이 낮았기 때문에 생각된다. 또한 페로몬을 설치할 경우 비록 하층 가지가 빈약하여 서식밀도가 낮더라도, 중층이나 상층부의 가지에 서식

Table 2. Correlation of *Matsucoccus thunbergianae* density between adult males attracted to yellow sticky traps and nymphs on branches of *Pinus thunbergii*

Years of monitoring	Locations	Regression equation	R ²
2011	Jinju	Y = 105.57x - 25.971	0.9913
2012	Busan	Y = 17.335x + 101.36	0.8913
	Jinju	Y = 5.0958x + 159.92	0.7906
	Namhae	Y = 2.2918x + 485.64	0.3549
	Pohang	Y = 5.8621x + 245.01	0.8321

하는 수컷들이 바람에 영향을 받지 않고, 페로몬이 있는 지표면 쪽으로 쉽게 이동이 가능하기 때문에 페로몬 트랩에서는 설치 높이가 낮은 곳에서도 유인이 많이 되었을 것으로 생각된다.

한편 본 조사에서는 비록 수관 상부에 설치한 끈끈이트랩에 유인된 솔껍질각지벌레 수컷의 수가 많았지만 수관 높이 별에 따른 통계적인 유의성 차이가 없고, 끈끈이트랩에 유인된 수컷 성충의 밀도와 가지 내 서식하는 솔껍질각지벌레 밀도와 높은 상관관계를 보이는 것을 감안하면 끈끈이트랩의 설치 높이는 1 m 내외에 설치하여도 될 것으로 판단된다.

솔껍질각지벌레 피해 임지 내에서 솔껍질각지벌레의 밀도는 흉고직경이 클수록 높아지는 경향을 보였으나 상관관계는 매우 낮았다. 이는 선행연구에서도 피해목의 수령에 따른 피해율이 7~20년생에서 비교적 높고, 유령목이나 노령목에서는 낮게 나타났던 것(Kim and Oh, 1992)과 단목 간에도 밀도 변이가 심한 피해특성(Park, 1994) 때문인 것으로 생각된다.

주간 내에서 약충의 수상분포는 구피해지와 신규피해지 관계없이 주간의 총약충밀도의 5%가 넘는 절간이 4~8년생, 직경 1.5~4 cm에서 높게 나타난다고 하여(Park, 1994) 현미경 상에서 관찰이 용이하면서도 밀도가 높은 절간을 찾기 위하여 2.5 cm 이하 굵기의 가지 내 솔껍질각지벌레의 밀도를 조사한 결과 2.5 cm 굵기에서 가장 밀도가 높긴 하였으나 1.0 cm 굵기까지와 통계적 유의성 차이는 없었다. 따라서 가지 내에서 솔껍질각지벌레 조사 시 2.0 cm 내외 굵기의 가지를 대상으로 밀도를 조사하면 굵기에 따른 서식 밀도의 편차를 줄이면서 현미경 관찰은 용이한 조사가 될 것으로 생각된다.

한편 지표면으로 위치한 가지 부분의 밀도가 하늘 방향을 보고 있는 가지 부분에 비하여 솔껍질각지벌레의 밀도가 높았는데 이는 직사광선이 노출 되지 않는 지표면 방향의 가지 표피층이 반대방향에 비하여 덜 경화되어 각지벌레의 흡즙이 용이하기 때문으로 생각된다. 아울러 가지의 방향에 따라 직사광선에 노출되는 광량의 차이나 수분 보습의 차이 등에 차이가 있을 것으로 생각되지만 구체적 상관성에 관해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 따라서 수관 내 가지에서 솔껍질각지벌레의 밀도를 조사하기 위해서는 4~5년생 가지들 중 직경 2 cm 내외의 가지를 선정하여 지표면 방향의 가지 부분에 존재하는 밀도를 조사하면 될 것으로 판단된다. 아울러 단목을 대상으로 한 밀도 조사가 아닌 지역이나 임분간 밀도 비교 시는 솔껍질각지벌레 수컷을 대상으로 황색 끈끈이트랩을 1 m 내외의 높이에 걸어 두고, 유인되는 솔껍질각지벌레 수를 비교하면 될 것으로 생각된다. 향후 솔껍질각지벌레의 밀도가 낮아 피해목이나 피해가지가 발생하지 않는 지역에서의 솔껍질각지벌레 분포조사의 경우 황색 끈끈이트랩을 이용한 방법을 제시한다.

사 사

본 연구는 국립산림과학원의 ‘동일기주에서 소나무재선충병과 솔껍질각지벌레의 상호관계 구명’ 과제의 일부 지원에 의해 이루어진 것입니다.

Literature Cited

- Chung, Y.J., Bae, W.I., Park, Y.S., Choi, K.S., Lee, S.G., Shin, S.C., 2000a. Distribution of black pine bast scale, *Matsucoccus thunbergianae* (Homoptera: Margarodidae), infections in Korea. *KFRI. J. Sci.* 63, 85-89.
- Chung, Y.J., Park, Y.S., Chon, T.S., Shin, S.C., Park, J.D., 2000b. Dispersal pattern of the black pine bast scale, *Matsucoccus thunbergianae* (Homoptera: Margarodidae), in Korea. *J. Korean For. Soc.* 89(3), 306-309.
- Kim, K.C., Oh, K.I., 1992. Bionomics, host range and analysis of damage aspects on black pine bast scale, *Matsucoccus thunbergianae* (Homoptera: Coccoidea), in the coastal area of southwest Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 31, 386-395.
- Korea Forest Service, 2008. Manual of occurrence survey and control practice and ecology of black pine bast scale. Korea Forest Service, 72 pp.
- Lee, S.J., Lee, C.M., Song, J.S., Lim, T.H., Han, S.S., Lee, S.M., Kim, H.H., Cho, M.R., Lee, D.W., 2014a. Seasonal occurrence of *Arboridia* spp. in grapevine export complexes of Korea. *J. Agric. Life Sci.* 48(1), 79-88.
- Lee, S.J., Lee, C.M., Song, J.S., Lim, T.H., Lyu, D., Han, S.S., Kim, H.H., Cho, M.R., Lee, D.W., 2014b. Damages of grapevines by *Apolysgus spinolae* (Hemiptera: Miridae) depending on localities and managements types of grape orchard in grape export complexes of Korea. *J. Agric. Life Sci.* 48(3), 191-201.
- Lim, E., Lee, S.M., Kim, D.S., Kim, J.B., Lee, S.H., Choi, K.S., Park, C.G., Lee, D.W., 2012. The spread of black pine bast scale, *Matsucoccus thunbergianae* (Hemiptera: Margarodidae) in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 51(1), 59-65.
- Miller, D.R., Park, S.C., 1987. A new species of *Matsucoccus* (Homoptera: Coccoidea: Margarodidae) from Korea. *Korean J. Plant Prot.* 26(2), 49-62.
- Park, S.C., 1991. Geographical distribution, biology, and research for the control of *Matsucoccus* pine bast scales (Homoptera: Coccoidea: Margarodidae). *J. Korean For. Soc.* 80, 326-349.
- Park, S.C., 1994. Within-tree distribution of *Matsucoccus thunbergianae* on *Pinus thunbergiana*. *Korean J. Appl. Entomol.* 33, 114-121.
- Park, S.C., Park, N.C., 1985. Life history and summer diapauses of the black pine bast scale, *Matsucoccus* n. sp., in Korea. *Res. Rep. For. Res. Inst. Korea* 32, 11-16.
- Park, S.C., Wi, A.J., Kim, H.S., 1994a. Response of *Matsucoccus*

-
- thunbergianae* males to synthetic sex pheromone and its utilization for monitoring the spread of infection. J. Chem. Ecol. 20(9), 2185-2196.
- Park, S.C., Wi, A.J., Kim, H.S., 2000. Flight of *Matsucoccus thunbergianae* males in response to synthetic pheromone placed at various heights above ground and the wind speed. J. Korean For. Soc. 89(1), 135-140.
- Park, S.C., Wi, A.J., Mori, K., 1994b. Flight of *Matsucoccus thunbergianae* males and their response to the synthetic sex pheromone (Homoptera: Coccoidea: Margarodidae). Korean J. Appl. Entomol. 33(4), 250-256.
- SAS Institute, 2011. SAS/STAT® 9.3 user's guide. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.