

솔껍질깍지벌레에 대한 7종류 한약재 추출물의 살충활성

송진선¹ · 이채민² · 이상명² · 김동수³ · 최용화⁴ · 이동운^{2*}¹원예특작과학원 원예특작환경과, ²경북대학교 생태환경대학 생태학과,
³국립산림과학원 남부산림자원연구소, ⁴경북대학교 생태환경대학 생태환경시스템학부Insecticidal Activity of 7 Herbal Extracts against Black Pine Bast scale, *Matsucoccus thunbergianae*Jin Sun Song¹, Chae Min Lee², Sang Myeong Lee², Dong Su Lee³, Young Hwa Choi⁴ and Dong Woon Lee^{2*}¹Horticultural & Herbal Crop Environment Division, National Horticulture of Horticultural & Herbal Science, Suwon, Gyeonggi-do 441-440, Republic of Korea²Department of Ecological Science, College of Ecology and Environment Sciences, Kyungpook National University, Sangju 742-711, Republic of Korea³Southern Forest Resources Research Center of the Korea Forest Research Institute, Jinju 600-300, Republic of Korea⁴School of Ecology and Environmental System, College of Ecology and Environment Sciences, Kyungpook National University, Sangju 742-711, Republic of Korea.

(Received on September 13, 2013. Revised on September 28, 2013. Accepted on October 13, 2013)

Abstract The black pine bast scale, *Matsucoccus thunbergianae* is one of the most serious insect pest in Japanese black pine, *Pinus thunbergii* forest in Korea. Insecticidal activity of 10 folds hot water extracts from 7 herbal plants (*Atractylodes lancea*, *Eugenia caryophyllata*, *Lonicera japonica*, *Melia azedarach*, *Quisqualis indica*, *Sophora flavescens* and *Taraxacum mongolicum*) were tested against different stage of *M. thunbergianae* using spray method both in laboratory and field. Efficacies of herbal extracts were different depending on stage of *M. thunbergianae*. *Q. indica* sprayed with hand sprayer produced the highest corrected mortality of 95.7% on intermidiated nymph stage, however, *A. lancea* produced the highest corrected mortality (51.3%) on pupae of *M. thunbergianae* in laboratory. *Q. indica* and *A. lancea* were highly effective against female *M. thunbergianae* in laboratory, however, corrected mortality was lower than other stage (40.0%). Efficacy of *Q. indica* was similar to effective insecticide, fenitrothion 50% EC against *M. thunbergianae* in field trials. These results indicated that *Q. indica* could be an environmental friendly control agent of *M. thunbergianae*.

Key words Black pine bast scale, Environmental friendly control, Plant extracts, *Quisqualis indica*

서 론

현재 세계적으로 천적에는 독성이 낮고 해충에는 광범위한 살충효과를 보이며, 생태계에는 부정적인 영향을 주지 않는 식물유래 해충방제 물질에 대한 많은 연구가 수행되고 있다(Prakash and Rao, 1997; Koul and Wahab, 2004).

식물유래 물질은 약제저항성 발달의 가능성이 적고, 인축 및 생태계에 부작용이 적으며 화학농약에 비하여 상대적으로 안전성이 높은 장점을 가지고 있는데, 해충 방제효과가 있는 물질들은 주로 기피 및 섭식 저해 작용, 성장 및 발육 저해 작용, 불임작용, 신경마비 작용 등이 있으며 생장억제제로서 사용되어지고 있고, terpenoid계, alkaloid계, flavonoid계, saponin계, phenol계 등의 물질들을 다량 포함하고 있다(Huff, 1980; Schmutterer, 1988; Koul, 2005).

이러한 식물유래 물질을 이용한 해충방제 연구는 다양한 분야에서 시도되고 있고, eugenol이나 azadirachtin, nicotine,

*Corresponding author

Tel: +82-54-530-1212, Fax: +82-54-530-1218

E-mail: whitegrub@knu.ac.kr

pyrethrin, rotenone 등의 식물유래 물질들은 상업화되어 해충방제제로 이용되고 있다(Prakash and Rao, 1997; Copping and Duke, 2007).

우리나라에서도 먹거리에 대한 불안요소를 제거하고, 고품질, 고소득 작물 생산을 위한 방안으로 친환경 안전농산물 생산을 유도하기 위하여 친환경농업육성법이 제정됨에 따라, 식물유래 물질을 이용한 병해충 방제에 대한 다양한 연구들이 수행되고 있으며 식물유래 물질을 이용한 친환경 농자재의 종류도 증가하고 있다(Chun et al., 1999; Lee et al., 2000; Kim, 2005; Ha et al., 2010).

암석이 많은 척박한 토양 조건에서도 잘 자라며 병이나 해충의 피해가 적은 우리나라 해안 및 도서지방의 곰솔림에 솔껍질각지벌레가 만연되어 치명적인 피해를 나타내고 집중고사 현상을 유발하고 있는데, 1963년 전남 고흥군 도양읍 비봉산에서 발생하기 시작하여 1980년대에는 전남 남해안 지역과 경남 하동, 남해, 삼천포 등지로 확산되다가 2000년대 이후에는 경남 남해안 전역과 부산, 울산 지역으로 확산되어 해안가 곰솔림에 큰 위협이 되고 있다(Park, 1991; Kim and Oh, 1992; Kim and Lee, 1998).

우리나라의 산림 면적은 전국토의 65% 이상을 차지하고 있는데 침엽수림에서 천연 소나무림이 1,481천 ha(54.9%)를 점유하고 있다(KFRI, 2007; Lee et al., 2008). 따라서 해안가 주변의 곰솔림에 만연되어 피해가 확산되고 있는 솔껍질각지벌레의 방제는 산림보호에 있어 중요한 과제의 하나이다.

솔껍질각지벌레는 여름철에 하면을 하고, 겨울철인 12월부터 다음해 2월까지 후약충이 가해를 하는데 가는 실모양의 구침을 수피에 꽂고, 수액을 흡즙하여 피해를 준다. 솔껍질각지벌레의 피해를 받은 곰솔은 인피부에 갈색반점이 발생되며 해충의 밀도가 높은 경우 극심한 수세약화를 일으키는데, 수관 하부 가지의 일부가 갈색으로 변하고 점차 진전되면 이러한 피해목은 수액이동으로 연륜 성장이 감소하고, 단위면적당 세포수가 감소하여 가지 또는 나무전체가 고사한다(Park and Park, 1985; Park, 1994).

솔껍질각지벌레 방제를 위한 연구로는 딱정벌레목, 노린재목, 벌목, 집게벌레목 및 거미류와 같은 천적자원을 조사

한 바 있으며(Kim and Lee, 1998), 접촉독제를 이용한 살충제의 수관살포, 침투성 살충제의 수간주사 및 항공살포와 같은 화학적 방제, 간벌과 피해목 제거와 같은 임업적 방제가 이루어지고 있다(Lee and Chung, 1997; Lee et al., 2008). 그러나 천적을 이용한 생물적 방제에 대한 연구는 미미한 실정이며 적용한다고 하더라도 피해진전 지역에서의 급성적 피해를 제어하는 것은 어려우며, 피해 후 어느 정도 해충밀도가 안정된 지역에서의 장기적인 밀도 억제에 활용할 수 있는 방법이다(Kim and Lee, 1998). 또한 산림이라는 방대한 면적에서 실질적인 활용에 어려움이 있다. 그리고 수간주사는 방제의 실효성은 높으나 많은 인력과 비용이 발생하기 때문에 광범위한 면적에 적용하는 데에는 한계성이 있다(Mendel and Rosenberg, 1988; Lee et al., 2008).

따라서 본 연구는 솔껍질각지벌레에 대한 환경친화적이면서 실용적으로 활용할 수 있는 화학농약 대체물질을 선발하기 위하여 살충활성이 있는 것으로 알려진 한약재를 이용하여 실내와 야외실험을 수행하였다.

재료 및 방법

솔껍질각지벌레

실험에 사용된 솔껍질각지벌레는 경상남도 남해군 창선면 일대의 곰솔 피해목에서 채집하여 실험에 이용하였다. 솔껍질각지벌레는 충태별(후약충, 수컷 번데기, 성충, 난낭)로 채집하였는데 각 충태의 발생시기에 피해 곰솔의 가지나 줄기를 채취하여 가정용 지퍼팩에 넣어 실험실로 운반하여 실험에 사용하였다.

한약재 선발

Kim and Lee (2013)와 Lee et al. (2011)의 연구에서 이용되었던 살충 활성 가능성을 가지고 있는 한약재 중 예비실험을 통하여 7종을 선발하였으며(Table 1) 지렁이에 대한 독성이 강한 차나무(*Thea sciensis* L.)의 tea saponin 추출물(Lee et al., 2010)이 유효성분으로 함유되어 있는 달용이[(주)KCP]도 함께 이용하였다. 한약재는 한약방에서 구입하여 사용하였고, 대조약제로는 차나무의 뿔땀각지벌레

Table 1. List of plant extracts used for insecticidal activity against *Matsucoccus thunbergianae*

Family name	Scientific name	Korean name	Used part
Caprifoliaceae	<i>Lonicera japonica</i>	금은화	Flower
Combretaceae	<i>Quisqualis indica</i>	사군자	Fruit
Compositae	<i>Taraxacum mongolicum</i>	포공영	Hole plant
Compositae	<i>Atractylodes lancea</i>	창출	Root
Leguminosae	<i>Sophora flavescens</i>	고삼	Root
Meliaceae	<i>Melia azedarach</i>	멀구슬	Fruit
Myrtaceae	<i>Eugenia caryophyllata</i>	정향	Flower bud

(*Ceroplastes pseudociferus*)에 대한 방제약제로 등록되어 있으면서(KCPA, 2012) 솔껍질깍지벌레에 대한 살충활성이 높은(Lim et al., 2013) fenitrothion 50% EC를 사용하였다.

한약재 추출물 조제

각 한약재는 서울의 경동시장에서 구입하여 실험실 내에서 1주 동안 음건하여 건조시킨 뒤, 분쇄기(Hanil HMF370, Korea)를 사용하여 고운 분말이 될 때까지 분쇄하였다. 분쇄된 분말은 1000 ml Erlenmeyer flask에 시료 40 g과 증류수 400 ml를 넣고, 고압멸균기(JEIO Tech AC-12, Korea)를 사용하여 121°C, 1.5기압 조건에서 20분간 멸균시켜 온수추출하였다. 추출한 후 직경 150 mm Sanyo filter paper (No 2, Japan)를 사용하여 고형물을 걸러 낸 다음, 액상물만을 500 ml cell culture flask에 담아 냉장 보관하여 사용하였다.

솔껍질깍지벌레 후약충에 대한 살충활성 검증

솔껍질깍지벌레 후약충에 대한 한약재 추출물의 실내 활성 검증은 2차에 걸쳐 수행하였다. 1차 실험은 가정 원예용 500 ml 소형 분무기를 이용하여 실험을 수행하였다. 한약재 추출물은 10배액으로 처리하였으며 대조약제로 fenitrothion 50% EC 1000배액을 사용하였고, 친환경농자재인 달용이 [(주)KCP] 500배액도 처리하였다. 처리는 솔껍질깍지벌레가 자연발생 한 경남 남해의 자연 발생지 곰솔림에서 솔껍질깍지벌레 후약충의 서식 밀도가 높은 가지를 20-30 cm 길이로 전정가위로 절단하여 실험실에 가져와서 각각의 추출물을 약액이 충분히 흘러내리도록 살포하였다. 살포 후 처리한 가지들은 신문지 위에서 30분 동안 음건시킨 후, 5-7 cm 길이로 절단하여 Incu Tissue (65.4 × 65.4 × 98.2 mm, SPL, Korea)에 넣은 다음, 항온항습기(25 ± 1°C, 70~80%) (JEIO Tech GC-1000 TLH, Korea)에 보관하였다. 실험은 4 반복으로 처리하였으며 무처리는 살균수만 살포하였다. 처리 30일 후 솔껍질깍지벌레의 치사여부를 해부현미경(Nikon SMZ-1000, Japan)하에서 조사하였는데 우화 후 탈피각이 붙어 있는 경우는 살아있는 것으로 판정하였으며, 우화하지 못하고 딱딱하게 굳어 있는 경우는 죽은 것으로 판정하였다.

2차 실험은 약제살포탑(Potter spray tower; Burkard Manufacturing Ltd., Rickmansworth, UK)을 이용하여 수행하였다. 후약충이 서식하고 있는 곰솔 가지를 야외에서 채취 한 후 5-7 cm 길이로 잘라 Insect breeding dish (90 × 40 mm)에 직경 90 mm Advantec filter paper (No 2, Japan) 1장을 깔고, 길이방향으로 놓아두었다. Insect breeding dish를 약제살포탑 내에 넣은 다음 한약재 온수추출물 10배액을 1 ml 씩 살포하였다. 무처리는 살균수 1 ml 만을 처리 하였다. 실험은 한 개의 Insect breeding dish를 한 반복으로 3반복 실시하였으며 14일 후 생사 유무를 조사하였는데 조사방법은 1차 실험과 동일하게 하였다.

솔껍질깍지벌레 수컷 번데기에 대한 살충활성 검증

솔껍질깍지벌레 수컷 번데기에 대한 실험은 한약재 온수추출물 10배액과 친환경농자재인 달용이 500배액을 이용하여 실험하였는데 대조약제로는 fenitrothion 유제 1000배액을 처리하였다. 처리는 Insect Breeding Dish (90 × 40 mm)에 90 mm Advantec filter paper (No 2, Japan) 1장을 깔고, 자연발생지 곰솔에서 채집한 수컷 번데기 15마리씩을 접종한 후 약제살포탑을 이용하여 1 ml 씩을 살포하였다. 무처리는 살균수 1 ml 만을 처리 하였다. 실험은 3반복으로 실시하였으며 14일 후 우화된 개체수를 조사하였다.

솔껍질깍지벌레 암컷성충에 대한 살충활성 검증

솔껍질깍지벌레 암컷 성충에 대한 한약재 추출물의 살충활성도 수컷 번데기에 대한 실험과 동일하게 수행하였다. 6가지 한약재의 온수 추출물을 이용하였으며 fenitrothion 1000배액을 대조약제로 사용하였고, 친환경농자재인 달용이 500배액을 약제살포탑을 이용하여 1 ml 씩 살포하였다. 무처리는 살균수 1 ml 만을 처리 하였다. 실험은 3반복으로 수행하였는데 암컷 성충의 경우 산란을 하기 위하여 흰 솜뭉치와 같은 분비물을 내어 놓는데(Lee and Chung, 1999) 이러한 것들이 몸을 싸고 있으면 치사여부를 판정하기 어렵다(Lim et al., 2013). 따라서 처리 1일후와 5일후에 이러한 분비물을 내어 놓은 개체수를 조사하였으며 5일째에 분비물을 내어 놓지 않은 개체를 대상으로 치사여부를 조사하였다. 실험은 3반복으로 실시하였다.

솔껍질깍지벌레 알에 대한 살란효과 검증

솔껍질깍지벌레 알에 대한 살충활성 검증도 수컷 번데기에 대한 실험과 동일한 방법으로 수행하였다. Insect breeding dish (90 × 40 mm)에 90 mm Advantec filter paper (No 2, Japan)를 1장 깔고, 여기에 솔껍질깍지벌레의 난낭이 부착되어 있는 나무 수피부분을 칼로 도려내어 놓았다. 각각의 Insect breeding dish를 약제살포탑에 넣고, 한약재 추출물과 대조약제를 각각 1 ml 씩 살포하였다. 무처리는 살균수 1 ml 만을 처리 하였으며 실험은 3반복 실시하였는데 처리 40일 후 부화되어 난낭 외부로 탈출한 약충 수를 조사하였다.

야외실험

경상남도 남해군 창선면의 솔껍질깍지벌레 자연 발생 임분에서 후약충을 대상으로 실험을 수행하였다. 실험은 5년생 이내 수고가 2 m 이내의 곰솔을 대상으로 수행하였는데 시기를 달리하여 두 차례 수행하였다.

1차 실험은 2012년 2월 16일 실시하였는데 포공영과 창출, 사군자, 고삼, 금은화 10배 온수추출물과 대조약제인 fenitrothion 1000배액 및 친환경농자재인 달용이[(주)KCP] 500배액을 처리하였다. 처리는 솔껍질깍지벌레의 서식밀도

가 높은 가치를 대상으로 비닐 테이프로 표식을 한 다음 가정원예용 분무기를 이용하여 약액이 흘러내릴 정도로 살포하였다. 효과 조사는 5월 12일에 하였는데 처리 부분의 가치를 20-30 cm 길이로 전정가위를 이용하여 절단 한 뒤, 지퍼팩에 넣어 실험실로 운반 후, 해부현미경 하에서 치사여부를 조사하였다. 우화 후 탈피각만 남은 개체는 살아있는 것으로 판정하였으며 우화하지 못하고 딱딱하게 굳어 있는 것은 죽은 것으로 판정하였다. 처리는 한 개의 가치를 한 반복으로 4반복 수행하였으며 무처리는 물만 살포하였다. 처리당일의 평균온도는 3.5°C였으며 최저온도는 0.2°C, 최고온도는 7.9°C였으며 강수는 없었다(http://www.kma.go.kr).

2차 실험은 3월 26일 처리하였으며 처리방법은 1차 실험과 동일하였고, 조사도 5월 12일 동일한 날짜에 동일한 방법으로 수행하였다. 처리 한 한약재는 포공영과 정향, 멀구슬, 창출, 사군자, 고삼, 금은화였고, 한 개의 가치를 한 반복으로 4반복 수행하였으며 무처리는 물만 살포하였다. 처리당일의 평균온도는 7.0°C였으며 최저온도는 0.6°C, 최고온도는 13.7°C였으며 강수는 없었다(http://www.kma.go.kr).

통계분석

각각의 실험결과들 중 백분율 자료는 $\arcsin\sqrt{\%}$ 변환하여 Tukey's HSD test로 처리평균간 차이를 분산 분석하였다 (Analytical software, 2003). 결과는 변환전의 값으로 표현하였으며 평균 \pm 표준오차로 표기하였다.

결과 및 고찰

솔껍질각지벌레 후약충에 대한 한약재 온수추출물의 효과를 조사한 결과 처리 별로 차이가 있었으며(가정용분무기; $df=9, 30, F=23.5, P<0.0001$, spray tower; $df=9, 20,$

$F=8.88, P<0.0001$), 가정용 소형 분무기를 이용하여 실험한 결과가 spray tower로 처리한 것에 비하여 방제 효과가 높았다(Table 2). 가정용 스프레이 처리에서는 사군자와 정향 처리에서 방제가가 각각 95.7, 90.3%로 가장 높았으며 대조약제인 fenitrothion 처리에서는 100% 치사되었다. Spray tower 처리에서는 대조약제인 fenitrothion의 효과는 높았으나 한약재 처리구의 방제가는 상대적으로 낮았고, 포공영과 사군자 처리의 방제가가 68.6, 65.7%를 나타내어 한약제들 중에서는 방제가가 가장 높았다.

번데기의 경우 후약충에 비하여 살충활성이 낮게 나타났는데 창출과 금은화에서 비교적 방제가가 높게 나타났으나 통계적 유의성은 없었다($df=9, 20, F=1.23, P<0.3326$, Table 3).

솔껍질각지벌레 암컷성충에 대한 살충활성 검정은 처리 후 흰 솜뭉치와 같은 알주머니 분비비율과 알주머니 비형성 암컷들의 치사율을 조사하였는데 알주머니를 분비하는 비율은(Table 4) tea saponin과 fenitrothion 처리 시 1일후에 모든 암컷이 솜털모양의 알주머니 형성물질을 분비하였으나 다른 한약재 추출물 처리에서는 5일후에도 무처리와 차이가 없었다(1일차; $df=8, 18, F=34.4, P<0.0001$, 5일차; $df=8, 18, F=52.7, P<0.0001$).

모든 한약재 추출물이 알주머니 형성물질을 분비하지 않은 솔껍질각지벌레 암컷 성충에 대한 치사효과가 있었는데 특히 사군자와 창출 추출물 처리가 솔껍질각지벌레 암컷 성충에 살충효과가 높았다(Table 4, $df=6, 14, F=8.02, P<0.0007$). Tea saponin과 fenitrothion 처리에서는 처리 1일후 모든 개체가 알을 낳기 위한 면을 분비하여 치사여부를 확인할 수 있는 개체가 잔존하지 않았다.

난낭에서 부화 된 알의 활동력을 알아보기 위하여 난낭 외부로 분산된 부화약충의 비율을 조사한 결과 정향과 사군

Table 2. Effect of plant extracts on control efficacy of intermediate nymph of *M. thumbergiana* at 30 and 14 days after treatment using hand sprayer and potter spray tower, respectively

Treatment	Dilution (folds)	Survival rate (mean \pm SE, %)		Corrected mortality (%)	
		Potter spray tower	Hand sprayer	Potter spray tower	Hand sprayer
<i>S. flavescens</i>	10x	37.8 \pm 14.8b*	45.5 \pm 5.4bc	51.4	45.0
<i>L. japonica</i>	10x	51.1 \pm 6.0ab	33.7 \pm 4.6bc	34.3	59.3
<i>E. caryophyllata</i>	10x	37.8 \pm 6.0b	8.0 \pm 4.3de	51.4	90.3
<i>M. azedarach</i>	10x	55.6 \pm 6.0ab	48.3 \pm 4.0bc	28.6	41.6
<i>Q. indica</i>	10x	26.7 \pm 7.8bc	3.6 \pm 2.2de	65.7	95.7
<i>T. mongolicum</i>	10x	24.4 \pm 2.3bc	50.4 \pm 7.4abc	68.6	39.0
<i>A. lancea</i>	10x	35.6 \pm 2.3bc	23.2 \pm 7.1cd	54.3	71.9
Tea saponin	500x	55.6 \pm 8.2ab	63.7 \pm 12.2ab	28.6	22.9
Fenitrothion	1000x	2.2 \pm 2.3c	0.0 \pm 0.0e	97.1	100.0
Control	-	77.8 \pm 6.0a	82.6 \pm 4.1a		

*Means followed by same letters within each column are not significantly different (Tukey's HSD test, $P<0.05$).

Table 3. Effect of plant extracts on control efficacy of pupae of *M. thunbergianae* at 20 days after exposure in laboratory

Treatment	Dilution (folds)	Survival rate (mean±SE, %)	Corrected mortality (%)
<i>S. flavescens</i>	10x	64.5±12.0	25.6
<i>L. japonica</i>	10x	53.3±3.9	38.5
<i>E. caryophyllata</i>	10x	57.8±9.1	33.3
<i>M. azedarach</i>	10x	80.0±6.8	7.7
<i>Q. indica</i>	10x	60.0±10.4	30.8
<i>T. mongolicum</i>	10x	73.3±6.8	15.4
<i>A. lancea</i>	10x	42.2±6.0	51.3
Tea saponin	500x	71.1±8.2	17.9
Fenitrothion	1000x	68.9±9.1	20.5
Control	-	86.7±3.9	

Table 4. Effect of plant extracts on mean formation rate of ovisac and mortality of ovisac unformed female of *M. thunbergianae*

Treatment	Dilution (folds)	% mean ovisac formation±SE		Mortality of ovisac unformed female (mean±SE, %)	Corrected mortality (%)
		1 DAT	5 DAT		
<i>S. flavescens</i>	10x	22.2±2.3b*	42.2±6.0d	57.8±6.0a	45.7
<i>L. japonica</i>	10x	13.3±3.9b	51.1±6.0d	48.9±6.0ab	34.3
<i>E. caryophyllata</i>	10x	40.0±0.0b	46.7±3.9cd	53.3±3.9ab	40.0
<i>Q. indica</i>	10x	22.2±2.3b	40.0±3.9d	60.0±3.9a	48.6
<i>T. mongolicum</i>	10x	37.8±13.8b	68.9±8.2bc	31.1±8.2bc	11.4
<i>A. lancea</i>	10x	15.5±9.9b	40.0±3.9d	60.0±3.9a	48.6
Tea saponin	500x	100.0±0.0a	100.0±0.0a	-	-
Fenitrothion	1000x	100.0±0.0a	100.0±0.0a	-	-
Control	-	26.7±3.9b	77.8±4.6b	22.2±4.6c	

*Means followed by same letters within each column are not significantly different (Tukey's HSD test, $P < 0.05$).

Table 5. Mean dispersal rate of hatching nymph from an ovisac of *M. thunbergianae* at 42 days after exposure with plant extracts

Treatment	Dilution (folds)	Dispersal rate from ovisac (mean±SE, %)
<i>S. flavescens</i>	10x	52.2±3.1abc*
<i>L. japonica</i>	10x	50.5±3.9abc
<i>E. caryophyllata</i>	10x	35.0±6.2c
<i>M. azedarach</i>	10x	49.7±9.2abc
<i>Q. indica</i>	10x	36.3±5.1bc
<i>T. mongolicum</i>	10x	45.3±6.9bc
<i>A. lancea</i>	10x	39.6±6.4a
Tea saponin	500x	62.1±1.7ab
Fenitrothion	1000x	42.2±4.2bc
Control	-	72.5±4.0a

*Means followed by same letters within the column are not significantly different (Tukey's HSD test, $P < 0.05$).

자 처리에서 각각 35%와 36.3%로 가장 낮았다(Table 5, $df = 9, 20, F = 4.85, P < 0.0016$).

살내실험에서 선발되었던 한약재추출물을 이용하여 계절 별로 솔껍질각지벌레의 후약충에 처리한 결과, 겨울철 처리 나(Table 6, $df = 7, 24, F = 12.6, P < 0.0001$) 봄철 처리 (Table 6, $df = 9, 30, F = 23.4, P < 0.0001$) 모두에서 사군자의 방제효과가 가장 높았다. 사군자 처리구의 보정사충율은 겨울철 처리(71.7%)에 비하여 봄철 처리(79.6%)에서 다소 높게 나타났다.

솔껍질각지벌레에 대한 한약재 추출물의 살충 활성을 확인한 결과, 한약재의 종류나 솔껍질각지벌레의 발육시기에 따라 상이한 효과를 보였다. 후약충이 번데기나 암컷 성충에 비하여 상대적으로 한약재 추출물에 대한 감수성이 높았으며 후약충과 암컷 성충의 경우 사군자의 살충활성이 높았으나 번데기의 경우 창충의 효과가 높았다. 한편 후약충의 경우 처리 방법별에 따라 한약재 추출물의 활성이 차이가 있어 포공영과 고삼 처리를 제외하고는 spray tower 처리에 비하여 가정 원예용 소형 분무기를 이용한 처리가 방제효과가 더 높았다. 이러한 차이는 spray tower의 경우 1 ml의 약량만 처리되는데 반해 가정 원예용 소형 분무기 처리는 더 많은 약량이 처리가 되었기 때문으로 생각되는데 포공영과

Table 6. Efficacy of plant extract against intermediate nymph *M. thunbergianae* depending on spray season (winter and spring) in *Pinus thunbergii* forest of Namhae, Gyeongnam

Treatment	Dilution (folds)	Spray at 16 Feb.		Spray at 26 March	
		Mortality (mean±SE, %)	Corrected mortality (%)	Mortality (mean±SE, %)	Corrected mortality (%)
<i>S. flavescens</i>	10x	32.1±3.6bcd*	22.5	21.1±2.8cd	14.8
<i>L. japonica</i>	10x	23.1±2.7cd	12.2	42.4±13.1bc	37.8
<i>E. caryophyllata</i>	10x	32.3±5.5bcd	22.7	-	-
<i>M. azedarach</i>	10x	48.6±7.5b	41.3	-	-
<i>Q. indica</i>	10x	82.2±5.8a	79.6	73.8±1.8ab	71.7
<i>T. mongolicum</i>	10x	40.7±5.1bc	32.4	24.4±3.4cd	18.3
<i>A. lancea</i>	10x	25.8±3.2bcd	15.4	46.2±10.0bc	41.9
Tea saponin	500x	28.6±1.8bcd	18.5	31.6±10.0cd	26.0
Fenitrothion	1000x	76.9±3.6a	73.5	81.4±5.8a	79.9
Control	-	12.4±3.6d	-	7.4±2.5d	-

*Means followed by same letters within each column are not significantly different (Tukey's HSD test, $P < 0.05$). *M. thunbergianae* mortality was checked at 12 May.

같이 spray tower처리에서 치사율이 더 높은 경우는 약제 처리량보다 살포 된 약제 입자 크기의 미세성 등과 같은 다른 요인이 관여되었을 것으로 추정되지만 구체적인 원인은 실험이 필요할 것으로 생각된다.

솔껍질깍지벌레의 발육단계별 한약재 추출물의 효과는 후 약충인 2령충에서 가장 높았고, 수컷 번데기나 암컷 성충과 같이 충체가 성장할수록 감소하는 경향을 보였는데 Choi et al. (2012)은 갈색날개매미충에 대한 친환경 방제자재 선발 연구에서도 약충에 대한 살충력이 충체가 성장할수록 약효가 현저히 감소하는 경향을 보인다고 하여 본 연구의 결과와 유사한 경향을 보고하였다. 또한 Nagappan (2012)도 열대집모기(*Culex quinquefasciatus*)에 대한 차풀류의 일종인 *Cassia didymobotrya* 에탄올 추출물 처리 시 노숙화 될수록 감수성이 떨어지고 유충에 비하여 번데기 때 감수성이 더 낮게 나타난다고 하였다. 굴과실파리(*Bactrocera dorsalis*)나 오이과실파리(*B. cucurbitae*)의 경우 linalool과 cuclure 혼합물에 대한 치사율이 암수와 발육 기간에 따라 차이를 보였다(Chang et al., 2009). 이러한 차이는 성별이나 발육시기에 따라 달라지는 체벽의 물리, 화학적 구성이나(Chapman, 1998) 면역반응 등의 차이에 의한 것으로 생각된다.

암컷 성충에 대한 한약재 추출물의 효과 검증에서 알을 낳기 위하여 솜뭉치 모양의 면을 분비하는 솔껍질깍지벌레의 비율은 처리 1일 후 한약재 추출물처리에서는 무처리와 차이가 없었으나 솔껍질깍지벌레에 살충효과가 우수한 fenitrothion이나 지렁이에 독성이 강한 tea saponin의 경우 모든 개체들이 면을 분비하였다. 솔껍질깍지벌레와 동속에 속하는 *M. matsumurae*의 경우 산란 직후 대부분 죽는데(Foldi, 2004) 솔껍질깍지벌레도 비슷한 양상을 보이고 있다. 따라서 fenitrothion처리 직후 알주머니를 분비하는 것은 치

사직전의 암컷 성충이 산란을 위하여 비정상적으로 알주머니를 분비하는 것으로 생각된다.

야외실험에서는 2월과 3월 처리 모두 사군자 추출물 처리에서 71.7%와 79.6%의 방제가를 보여 대조약제로 사용한 fenitrothion과 차이가 없었다. 또한 Lee et al. (2000)이 neem을 이용하여 솔껍질깍지벌레의 환경친화적 방제 실험을 한 결과와 비슷한 수준을 보여 실용적인 측면에서도 사군자를 이용 가능할 것으로 생각된다.

앞으로는 사군자로부터 살충 활성을 가지는 물질의 분리와 이들의 효능평가 및 살충 활성을 증대시킬 수 있는 방안 등에 대해 추가적인 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다. 또한 사군자도 식물체의 부위별에 따라 생리적 활성이 다르게 나타나므로(Sahu et al., 2012) 이러한 부분에 대한 추가적인 연구도 필요할 것으로 생각된다.

감사의 글

살내 생물검정과 야외실험에 도움을 준 이석준, 정영학, 정창연, 유은주에 감사를 표합니다.

Literature Cited

- Analytical Software (2003) Statistix 8 user's manual. Tallahassee, FL. pp. 369.
- Chang, C. L., I. K. Cho and Q. X. Li (2009) Insecticidal activity of basil oil, trans-anethole, estragole, and linalool to adult fruit flies of *Ceratitidis capitata*, *Bactrocera dorsalis*, and *Bactrocera cucurbitae*. J. Econ. Entomol. 102:203-209.
- Chapman, R. F. (1998) The insects: structure and function. Cambridge University Press. Cambridge, UK.

- Choi, D. S., D. I. Kim, S. J. Ko, B. R. Kang, K. S. Lee, J. D. Park and K. J. Choi (2012) Occurrence ecology of *Ricania* sp. (Hemiptera: Ricaniidae) and selection of environmental friendly agricultural materials for control. *Kor. J. Appl. Entomol.* 51:141-148.
- Chun, J. C., S. E. Kim, J. C. Kim and K. Y. Cho (1999) Identification of natural insecticidal compound in medicinal plants against diamondback moth. *Kor. J. Pesticide Sci.* 3: 13-19.
- Copping, L. G. and S. O. Duke (2007) Natural products that have been used commercially as crop protection agents. *Pest Manag. Sci.* 63:524-554.
- Foldi, I. (2004) The Matusococcidae in the mediterranean basin with a world list of species (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea). *Ann. Soc. entomol. Fr.* 40:145-168.
- Ha, P. J., T. S., Kim, S. H. Lee, H. Y. Choo, S. H. Choi, Y. S. Kim and D. W. Lee (2010) Effect of neem and mustard oils on entomopathogenic nematodes and silkworm. *Kor. J. Pesticide Sci.* 1:54-64.
- Huff, R. K. (1980) The synthesis of 3-(2,2-dichloro vinyl)-1-methylcyclopropane-1, 2-dicarboxylic acid. *Pestici. Sci.* 11: 141-147.
- KCPA (2012) User's manual of pesticides. Korea Crop Protection Association.
- Kim, J. B. (2005) Pathogen, insect and weed control effects of secondary metabolites from plants. *J. Korean Soc. Appl. Chem.* 48:1-15.
- Kim, K. C. and H. B. Lee (1998) Natural enemies of the black pine bast scale (*Matsucoccus thunbergiana*) in the black pine forests. *Korean J. Appl. Entomol.* 37:73-80.
- Kim, K. C. and K. I. Oh (1992) Bionomics, host range and analysis of damage aspects on black pine bast scale, *Matsucoccus thunbergiana* (Homoptera: Coccoidea), in the coastal area of southwest Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 31:386-395.
- Kim, T. S. and D. W. Lee (2013) Insecticidal activity of herbal extracts on *Myzus persicae*. *Kor. J. Soil Zool.* 17:19-23.
- Korea Forest Research Institute (KFRI) (2007) Prompt reports of forest science. 07-18. Seoul. Korea.
- Koul, O. (2005) Insect antifeedants. CRC press. Boca Raton, USA.
- Koul, O. and S. Wahab (2004) Neem: today and in the new millennium. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherlands.
- Lee, B. Y., and Y. J. Chung (1997) Insect pests of trees and shrubs in Korea. Seongandang Publishing Co. Seoul, Korea.
- Lee, D. W., Y. Hong, Y. H. Jung, S. H. Choi, H. Y. Choi and J. S. Yun (2010) Occurrence of earthworm and effect of plant extracts on earthworm in golf courses. *Kor. Turfgrass Sci.* 24:1-8.
- Lee, J. S., E. H. Ham, H. Y. Choo, S. J. Lee and D. W. Lee (2011) Acaricidal efficacy of herbal extracts against *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). *J. Agricul. Life Sci.* 45:151-162.
- Lee, S. G., J. D. Park and Y. J. Ahn (2000) Effectiveness of neem extracts and carvacrol against *Thecodiplosis japonensis* and *Matsucoccus thunbergiana* under field conditions. *Pest Manag. Sci.* 56:706-710.
- Lee, S. M., D. S. Kim, C. S. Kim, H. Y. Choo and D. W. Lee (2008) Possibility of simultaneous control of pine wilt disease and *Thecodiplosis japonensis* and or *Matsucoccus thunbergiana* on black pine (*Pinus thunbergii*) by abamectin and emamectin benzoate. *Kor. J. Pesticide Sci.* 4: 363-367.
- Lim, E. G., D. S. Kim, S. M. Lee, K. S. Choi, D. W. Lee, Y. J. Chung and C. G. Park (2013) Effect of fenitrothion on different life stages of black pine bast scale, *Matsucoccus thunbergiana*. *J. Asia-Pacific Entomol.* 16:55-59.
- Mendel, Z. and U. Rosenberg (1988) Trials to control *Matsucoccus josephi* (Homoptera: Margarodidae) with fenoxycarb. *J. Econ. Entomol.* 81:1143-1147.
- Nagappan, R. (2012) Evaluation of aqueous and ethanol extract of bioactive medicinal plant, *Cassia didymobotrya* (Fresenius) Irwin & Barneby against immature stages of filarial vector, *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). *Asian Pacific J. Tropical Biomedicine.* 2:707-711.
- Park, C. S. and N. C. Park (1985) Life history and summer diapause of the black pine bast scale, *Matsucoccus* n. sp., in Korea. *Res. Rep. For. Res. Inst. Korea* 32:11-16.
- Park, S. C. (1991) Geographical distribution, biology, and research for the control of *Matsucoccus* pine bast scales (Homoptera: Coccoidea: Margarodidae). *Jour. Korean For. Soc.* 80:326-349.
- Park, S. C. (1994) Within distribution of *Matsucoccus thunbergiana* on *Pinus thunbergiana*. *Korean J. Appl. Entomol.* 33:114-121.
- Prakash, A. and J. Rao (1997) Botanical pesticides in agriculture. CRC press. USA.
- Sahu, J., P. K. Patel and B. Dubey (2012) *Quisqualis indica* Linn: A review of its medicinal properties. *Int. J. Pharm. Phytopharmacol. Res.* 1:313-321.
- Schmutterer, H. (1988) Natural pesticides from the neem tree. *Proc. 1st Int. Neem Conf.* pp. 33-259.

솔껍질깍지벌레에 대한 7종류 한약재 추출물의 살충활성

송진선¹ · 이채민² · 이상명² · 김동수³ · 최용화⁴ · 이동운^{2*}

¹원예특작과학원 원예특작환경과, ²경북대학교 생태환경대학 생태과학과,
³국립산림과학원 남부산림연구소, ⁴경북대학교 생태환경대학 생태환경시스템학부

요 약 솔껍질깍지벌레(*Matsucoccus thunbergianae*)는 우리나라 곰솔림의 주요 문제해충의 하나이다. 온수 추출한 7종류의 한약재 추출물(창출: *Atractylodes lancea*, 정향: *Eugenia caryophyllata*, 금은화: *Lonicera japonica*, 멀구슬: *Melia azedarach*, 사군자: *Quisqualis indica*, 고삼: *Sophora flavescens*, 포공영: *Taraxacum mongolicum*) 10배액을 이용하여 스프레이법으로 실내와 야외에서 솔껍질깍지벌레에 대한 살충활성을 조사하였다. 솔껍질깍지벌레의 발육 단계에 따라 한약재 추출물의 효과는 다양하게 나타났다. 후약충에 대해서는 사군자의 보정사충율이 95.7%로 가장 높았으며 수컷 번데기에 대해서는 창출처리에서 51.3%로 가장 높았다. 암컷 성충에 대해서는 사군자와 창출 처리의 보정사충율이 가장 높았으나 다른 발육 단계에 비하여 40.0%의 낮은 효과를 보였다. 야외처리 시에는 사군자 처리가 솔껍질깍지벌레에 살충효과가 우수한 fenitrothion 50%EC와 유사한 효과를 보였다. 따라서 사군자는 솔껍질깍지벌레의 환경친화적 방제인자로 활용가능성이 있을 것으로 생각된다.

색인어 솔껍질깍지벌레, 식물추출물, 사군자, 환경친화적방제