



ORIGINAL ARTICLES

충남도내 미국선녀벌레의 분포확산과 식물추출물의 살충활성

최용석¹ · 이건우¹ · 김민중^{2*}¹충청남도농업기술원 친환경농업과, ²국립산림과학원 산림병해충연구과Range Expansion of *Metcalfa pruinosa* (Say) (Hemiptera: Flatidae) in Chungnam Province and Insecticidal Activities of Some Plant ExtractsYong-Seok Choi¹, Gun-Woo Lee¹, Min-Jung Kim^{2*}¹Bio-environmental division, Chungnam Agricultural Research and Extension Services, Yesan 32418, Republic of Korea²Forest Entomology and Pathology Division, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Republic of Korea

(Received on September 26, 2023. Revised on October 31, 2023. Accepted on November 7, 2023)

Abstract Since its first report of *Metcalfa pruinosa* (Say) in 2009, it has rapidly expanded, causing substantial economic damage to various agricultural crops in Korea. We investigated both the temporal and spatial patterns of spread of *M. pruinosa* in Chungnam province, as well as the efficacy of eco-friendly plant extracts for its control. The results revealed an increasing trend in the density of *M. pruinosa* across the province. This trend is supported by an increase in the number of observed infestation sites. The estimated distribution area for *M. pruinosa* in Chungnam province grew significantly between 2011 and 2014. By 2017, *M. pruinosa* had spread to encompass a polygonal area that included all 43 survey points, indicating its province-wide spread. While the rate of occurrence in agricultural lands displayed a clear annual increase, non-agricultural lands showed no significant change. As for pest control, plant extracts were evaluated for their effectiveness. Pyrethrum, derris, and neem extracts showed high control rates of 85.9%, 91.0%, and 85.8% in the laboratory, and 84.5%, 80.0%, and 77.4% in the field, respectively. In contrast, *Sophora ginseng* extract was less effective. In conclusion, *M. pruinosa* has reached a critical level of infestation in Chungnam province, particularly in agricultural areas, and is expected to continue to increase in density. Our findings suggest that organic farming materials containing pyrethrum, derris, and neem extracts are effective in controlling *M. pruinosa* nymphs.

Key words *Metcalfa pruinosa*, Distribution, Range expansion, Insecticidal activity, Chungnam province

서 론

미국선녀벌레(*Metcalfa pruinosa* (Say))는 2009년 최초로 보고된 이후 경제적으로 중요한 농작물인 과수, 원예작물, 임산물 등에 심각한 피해를 야기하고 있다(Kim et al., 2011). 이러한 침입해충은 세계적으로 국제교역량의 증가, 교통의 발달, 기후변화, 등으로 인해 유입 및 확산이 가속화되고 있다(Bale et al., 2002). 최근 국내에서 발생하여 피해를 주는 침입해충 중에서 매미충류는 꽃매미(*Lycorma delicatula*),

갈색날개매미충(*Ricania sublimata*), 미국선녀벌레이며(*Metcalfa pruinosa*) 이들의 확산 및 대발생으로 인해 생태계의 교란과 경제적 피해가 증가하고 있다(Kim and Kil, 2014; Back et al., 2019; Kim et al., 2019; Namgung et al., 2020). 미국선녀벌레는 현재 국내에서 뽕나무, 포도나무, 인삼 등에 주로 피해를 입히고 있으나 주요 농작물에 정량적인 피해 보고는 미비한 편이다. 하지만 이탈리아의 경우, 콩의 수확량이 30~40% 정도까지 감소한 보고도 있었으며(Ciampolini et al., 1987), 일반명인 citrus flatid planthopper에서 알 수 있듯이 감귤류에서 잠재적으로 피해를 야기할 수 있는 해충이다(Dean and Bailey, 1961; Mead, 1969; Alma et al., 2005). 또한, 토마토나 가지와 같은 채소류에서

*Corresponding author
E-mail: 2017-24294@snu.ac.kr

도 피해가 보고되고 있다(Souliotis et al., 2008).

미국선녀벌레는 국내에서 5월 초부터 월동알에서 부화하여 5년의 탈피과정을 거쳐 성충이 된다(Kim et al., 2020). 약충기에는 농작물을 비롯한 초본 및 목본 식물을 가해한다. 성충은 보통 7월중하순 부터 9월까지 발생하며, 산란을 위해 목본 기주로 이동하여 식물에 흡즙 피해를 일으킨다(Kim and Lee, 2021). 미국선녀벌레는 기주범위가 굉장히 넓은 해충으로 원산지인 미국에서는 50과 120종, 이미 전역으로 확산한 유럽은 78과 330종 이상의 목본과 초본식물을 기주로 삼을 수 있는 것으로 알려져 있다(Dean and Bailey, 1961; Wilson and Lucchi, 2000; Bagnoli and Lucchi, 2000; Alma et al., 2005). 국내에서는 약충 78과 227종, 성충 87과 233종의 기주식물이 보고된 바 있다(Seo et al., 2019). 따라서, 넓은 기주 범위 때문에 과수 작물, 밭작물, 임산물 등 다양한 농작물에서 피해가 발생할 가능성이 높다.

미국선녀벌레의 국내 현재 및 미래 잠재적 분포를 예측한 연구들은 향후 미국선녀벌레의 분포 면적과 발생 피해가 지속적으로 발생할 수 있다고 제안하였다(Byun et al., 2017; Kim et al., 2019). 또한 인간의 활동에 의한 확산 가능성이 여러 연구에 의해 제시되어, 자연적인 확산보다 빠르게 분포 면적을 확대할 가능성이 높다(Lauterer, 2002; Strauss, 2010; Kim and Kil, 2014; Kim et al., 2019). 따라서 미국선녀벌레의 확산 및 분포 현황에 대한 지속적인 모니터링이 필요하며, 농경지에서 경제적 피해를 저감할 수 있는 대책이 지속적으로 요구되고 있다.

농경지에서 해충의 밀도를 조절하기 위해 화학적 방제를 실시하는 것은 농작물 생산성을 보호하는 중요한 방제 수단이다. 그러나 과도한 사용은 환경 파괴, 지하수의 오염, 인체에 대한 해를 야기할 뿐만 아니라, 식물 잔류 문제에 대한 소비자의 관심이 높아지면서 화학약제의 사용을 줄이려는 노력이 계속되고 있다(Isman, 2000; Ahn, 2006; Isman, 2006). 국내에서는 2019년부터 농약허용물질목록제도(Positive List System; PLS)에 따라 미등록 약제의 사용이 전면 금지되었다(Lee et al., 2018). 식물유래 살충제에 대한 관심은 해충이 살충제에 대한 저항성을 발현하고 환경에 대한 관심이 높아지면서 증가해왔다. 많은 식물성 에센셜 오일은 기피성 및 억제성, 기호성 감소, 단백질 가용성 변경을 통한 성장 억제, 효소 억제 및 직접적 독성과 같은 다양한 기능을 나타낼 수 있다(Harborne, 1993). 따라서 살충성 식물추출물과 같은 화학약제 대체 수단의 활용 가능성에 대한 평가가 필요하다. 특히 미국선녀벌레가 농경지로 유입되어 피해를 주는 시기가 수확시기와 비슷한 작물에서는 화학약제의 사용이 어렵기 때문에 식물추출물 같은 대체제의 선별이 필요하다.

본 연구의 목적은 충남 도내에 발생한 미국선녀벌레의 발생 초기부터 현재까지 지역별 발생 분포와 밀도 변화를 파악

하는 것이다. 아울러 미국선녀벌레의 방제를 위해 화학약제를 대체할 수 있는 몇 가지 식물추출물의 살충 활성을 시험하고 방제 효율을 평가하였다. 이 결과를 통해 지역별 미국선녀벌레의 발생 양상을 보고하고, 농경지에서 피해 저감 대책을 세우기 위한 근거자료들을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

미국선녀벌레의 분포 확산

충남지역에 미국선녀벌레가 보고된 2011년부터 현재까지의 발생밀도를 조사하였다. 2011년, 2014년, 2017년, 2022년의 4개년 동안 조사가 수행되었다. 조사는 미국선녀벌레가 대부분 4-5령 시기인 7월 상순에 아카시나무(*Robinia pseudoacacia*)를 대상으로 수행되었다. 아카시나무는 미국선녀벌레 알의 월동처로 잘 알려져 있기 때문에 아카시나무를 조사기주로 선정하였다(Choi et al., 2018). 각 조사지점에서 조사자 눈높이의 50 cm 내의 가지나 줄기에 붙어 있는 개체수를 조사하였다. 조사는 매년 동일지점 43개소에서 수행되었고, 연도별로 분포가 확산됨에 따라 추가적인 조사가 이루어졌다(2011년: 51개, 2014년: 60개, 2017년: 107개, 2022년 147개) (Fig. 1). 모든 조사지점의 위도, 경도, 고도를 기록하였다.

각 연도별 전체 조사지점에 대한 밀도데이터를 이용하여 조사기간 동안의 미국선녀벌레 밀도 변화를 비교하였다. 본 데이터는 미국선녀벌레의 확산이 시작되었던 2011년부터 구축되어, 발생 지역이 증가함에 따라 연도간 조사 밀도의 등분산성을 가정하기 어렵다. 따라서 분석은 비모수적 검정인 Kruskal-Wallis 순위합 검정을 통해 수행되었으며, Bonferroni 교정을 통한 유의수준에서 Mann-Whitney U 검정으로 사후 분석을 실시하였다. 43개의 동일한 지점에서 조사된 데이터를 이용하여 미국선녀벌레의 확산 현황을 파악하였다. 전체 43개 지점의 밀도데이터를 미국선녀벌레의 존재 유무를 나타내는 이진 데이터로 변환하였다(존재:1, 부재:0). 이를 이용해서 연도별 미국선녀벌레의 발생 지점 비율을 산출하고, 카이제곱 검정을 통해 발생비에 차이가 있는지 확인하였다. 아울러 확산 속도를 추정하기 위해 미국선녀벌레의 연도별 분포 면적을 추정하였다. 추정은 43개의 고정 조사구 지점들 중 미국선녀벌레가 발견된 지점들을 모두 포함하는 다각형의 면적을 계산하는 방식으로 이루어졌다. 모든 분석은 R 4.1.2.에서 수행되었다(R core team, 2022).

미국선녀벌레 약충에 대한 식물추출물의 방제효과

미국선녀벌레 약충에 대한 5종 식물추출물의 방제효과 조사를 위하여 시중에서 가장 많이 사용되고 있는 데리스, 님, 제충국, 고삼 4종에 대한 방제효과를 조사하였다(Table 1). 각 식물추출물의 원료는 국내 원료회사인 두애니(충북 충주)

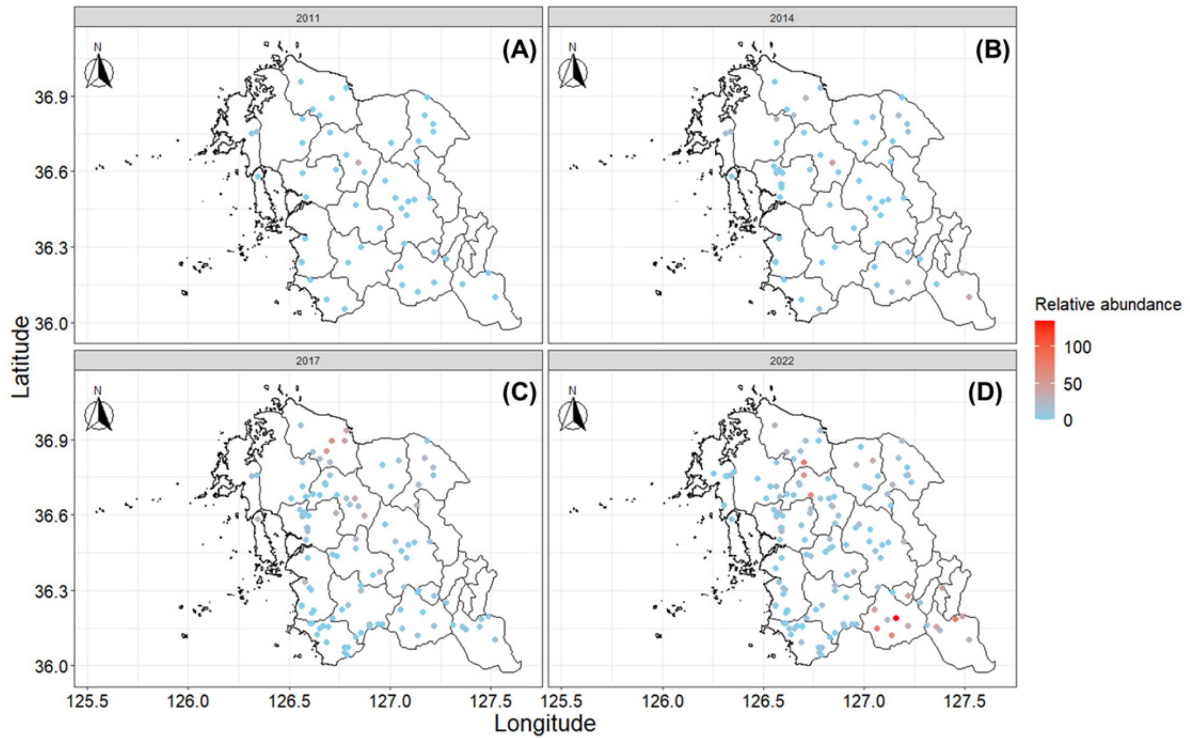


Fig. 1. Sampling location for estimating the relative density of *Metcalfa pruinosa* in Chugnam province in (A) 2011, (B) 2014, (C) 2017, and (D) 2022.

Table 1. Ingredients of plant extracts used to control *Metcalfa pruinosa* nymphs

Plant extracts	Active ingredients	Content of AI ^{b)} (%)	Dilution Concentrate
Derris	Rotenone	1	500
Neem	Azadirachtin	0.5	500
Gosam	Matrine	3	500
Pyrethrum	Pyrethrin	0.2	500
Tween 80 (Cont ^{a)})	-	1	500

^{a)} Tween 80 was used as a surfactant in all extracts

^{b)} AI is active ingredient of plant extract

를 통하여 구입하였고 유화제로 Tween 80 1% (삼전화학; 서울)를 사용하였다. 식물추출물 원료의 유효성분은 주로 시장에서 판매되고 유기농업자재로 목록공시된 제품내 함량을 고려하였으며 이를 유효성분함량으로 표기하였다. 실내 검정을 위하여 지름 12 cm의 플라스틱 포트에 콩을 파종하고 약 20 cm 이상 되도록 육묘하였으며 6월 상순 아카시나무 또는 감나무에서 부화한 약충이 붙어 있는 가지들을 채집하여 콩 유묘에 접종하였다. 접종된 콩에 정착한 약충의 마리수를 카운팅하여 30마리 이상이 되도록 콩 유묘를 아크릴 케이지(50 × 50 × 50 cm)에 넣었다. 아크릴 케이지는 통기가 잘 되도록 측면에 80 mesh의 스텐망을 설치하였다. 식물추출물에 대한 원료 함량은 Table 1과 같다. 시판되는 식물추출물들은 일반적으로 500배 혹은 1,000배로 희석하여 사용

할 것을 추천하고 있기 때문에, 추천 농도를 고려하여 본 실험에서는 모든 처리에서 동일하게 500배 희석을 적용하였다. 실외 살충력 검정을 위한 대상 작물은 미국선녀벌레의 약충에 의해 피해가 심한 감을 대상으로 하였다. 약제 처리 후 약충의 이탈을 방지하기 위하여 지름 50 cm, 길이 100 cm의 천망(60 mesh)을 이용하여 미국선녀벌레 약충이 붙어있는 가지들을 씌웠다. 실험은 약충의 발견이 쉬운 6월 상순에 실시하였고 충남 예산군 신암면 충남농업기술원 주변의 감나무에서 이루어졌다. 이 시기에 약효에 영향을 줄 수 있는 비 등의 기상영향은 없었다. 실험은 신뢰성을 얻기 위해 처리구당 평균 50마리 이상이 되도록 가지수를 결정하고 식물추출물을 살포하였다.

실내와 실외 시험 모두 희석농도는 동일하게 처리하였으

Table 2. Insecticidal toxicities of plant extracts against *Metcalfa pruinosa* nymphs in laboratory and field

Plant extracts	Laboratory		Field	
	Pre-density	Mortality (mean ± SD, %)	Pre-density	Mortality (mean ± SD, %)
Derris	58.7	96.7 ± 1.0ab ^{a)}	106.0	82.6 ± 2.9ab
Neem	66.7	92.1 ± 0.5b	85.0	78.5 ± 6.3b
Gosam	70.0	35.1 ± 5.7c	76.3	24.3 ± 3.6c
Pyrethrum	54.3	92.0 ± 1.1a	74.0	88.6 ± 1.5a
Tween 80 (Cont ^{a)})	58.0	5.6 ± 1.3d	107.7	5.1 ± 0.8d

^{a)} Means with the same letters in a row are not significantly differently Tukey's HSD ($p < 0.05$) test

며 3반복 실시하였고 처리전 사전 밀도와 처리 3일 후 생충 수를 조사하였다. 방제효과는 무처리구 대비 보정사충율로 표현하였다.

$$\text{보정사충율 (\%)} = \frac{(\text{처리사전 밀도} - \text{생충수})}{\text{처리사전 밀도}} \times 100 - \frac{(\text{무처리 사전밀도} - \text{생충수})}{\text{무처리 사전밀도}} \times 100$$

약제별 사충율은 평균(Mean)과 표준편차(Standard deviation)로 표기되었고 평균간 유의차 검정은 Bonferroni 다중 검정을 실시하였다(SAS Institute, 2004).

결 과

미국선녀벌레의 분포 확산

조사기간 동안 충남지역에서 미국선녀벌레 밀도는 증가

추세를 보였다 ($\chi^2 = 70.7$; $df = 3$; $p < 0.0001$) (Fig. 2A). 조사 지점들에서의 연도별 평균밀도(표준편차)는 2011, 2014, 2017, 2022년 순으로 각각 1 (5.1), 6 (9.8), 8(11.0), 13 (18.6)마리로 증가하였다. 또한 발생 지점들의 비율도 증가하여 이 기간동안에 개체군 성장과 함께 활발한 확산이 이루어진 것으로 추정되었다($\chi^2 = 101.5$; $df = 3$; $p < 0.0001$) (Fig. 2B). 고정 조사구 43개소에서 미국선녀벌레가 발생한 지점의 비율은 2011, 2014, 2017, 2022년 순으로 7%, 59%, 95%, 98%로 나타났다.

미국선녀벌레 약충에 대한 식물추출물의 방제효과

이번 연구에서 사용된 데리스, 님, 고삼, 제충국 4종의 보정사충율은 실내, 실외 실험 기준으로 데리스 91.0%와 80.0%, 님 85.8%와 77.5%, 제충국 85.9%와 84.5%로 데리스, 님, 제충국의 보정사충율은 70% 이상의 살충효과를 보였던 반면 고삼의 보정사충율은 실내 34.1%, 실외 22.6%로 사용된 식물추출물 중 가장 낮은 살충 효과를 보였다.

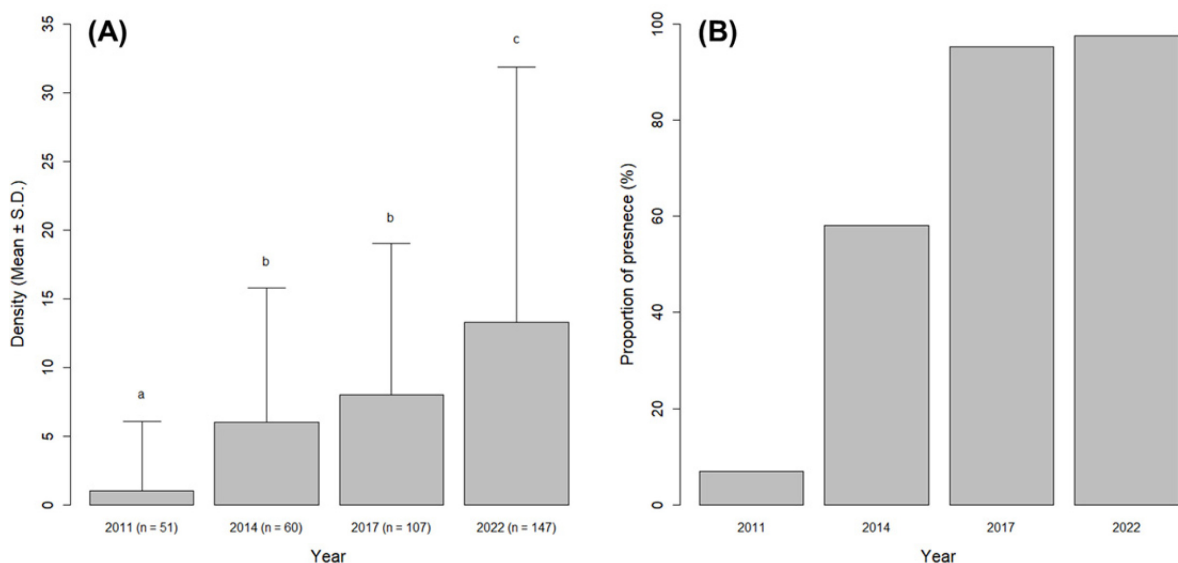


Fig. 2. (A) Average density of *Metcalfa pruinosa* across monitored years. Different letters above the bars indicate statistically significant differences in density, as determined by the Kruskal-Wallis rank sum test with Bonferroni correction ($p < 0.0083$). (B) Percent proportion of monitoring sites where *Metcalfa pruinosa* was found, out of 43 sites observed over the years.

고 찰

미국선녀벌레는 충청도내에 2010년 처음 보고된 이래 급격한 밀도증가를 보이면서 현재는 충남 전역에 확산한 것으로 잠정 추정되어 왔다. 기존의 조사는 농경지를 중심으로 미국선녀벌레 발생에 대한 사전 정보를 바탕으로 진행하므로 분포 확산과 밀도 변화에 대한 객관적인 평가가 어려웠다. 또한, 농경지 조사의 경우에는 방제 활동의 영향으로 미국선녀벌레의 밀도 변화가 조사 연도에 따라 심하게 변하여, 개체군 밀도 증가 추이를 판단하기 어려웠다. 반면, 이번 조사에서는 비 농경지를 조사하여 객관적 데이터를 얻었다. 이를 통해 분석을 진행한 결과 미국선녀벌레가 처음 보고된 이후 2014년까지 급격한 분포 면적 확산을 보였으며 발생 지점에서 개체군 증가는 현재도 계속되고 있는 것으로 나타났다. 2017년을 기점으로 미국선녀벌레가 충남 전역으로 대부분 확산한 것으로 보이며, 개체군 증가가 지속되고 있는 만큼 다양한 농작물에서 피해 확산이 예상된다. 따라서 미국선녀벌레 관리를 위한 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 보인다.

미국선녀벌레는 목본기주에만 산란하지만, 약충은 목본보다 초본을 더 선호하는 것으로 알려져 있다(Choi et al., 2018). 본 연구에서 보고한 것과 같이 미국선녀벌레가 충청남도 전 지역으로 이미 확산되어 밀도가 증가하고 있는 만큼 밭작물이나 주변에 산란기주가 많은 임산물 재배지에서 약충 발생이 증가할 것으로 예상된다. 이미 유럽과 미국에서는 미국선녀벌레에 대한 밭작물에서 발생과 경제적피해가 보고된 바 있다(Dean and Bailey, 1961; Wilson and Lucchi, 2000; Bagnoli and Lucchi, 2000; Alma et al., 2005; Souliotis et al., 2008). 우리나라에서도 과수원과 밭으로 유입된 미국선녀벌레 약충들이 경제적피해를 야기할 가능성이 매우 높을 수 있다.

미국선녀벌레에 등록된 화학약제수는 제형을 달리하였을 때 1909종(Pesticide safety information system, 2020)으로 거의 모든 주요 농작물에 등록되어 있다. 하지만, 화학 약제 살포의 환경적 부담을 감안할 때 친환경 약제 연구도 필요하다. 이번 연구 결과를 살펴보면, 데리스, 님, 제충국이 미국선녀벌레에 대해 높은 방제효과를 보인 반면, 고삼은 그 효과가 미비했다. 이는 Park et al. (2019)의 연구 결과와 일치한다. Park et al. (2019)은 미국선녀벌레 약충과 성충에 대하여 시판되는 식물추출물을 활용한 살충효과를 조사하였는데 데리스, 님, 제충국이 함유된 시판자제에서 방제효과가 높음을 확인한 바 있으며 일부 님을 함유하고 있음에도 효과가 저조했던 부분은 님의 원재인 Azadirachtin의 함유량이 낮았던 원인인 것으로 추정하였다. 또한 고삼은 미국선녀벌레에 효과가 낮아 본 연구와 유사한 결과를 보고하였다. 따라서, 농경지에서 화학 약제 이외에 데리스, 님, 제충국을

활용한 친환경 약제의 적용이 가능할 것으로 보인다.

Kim et al. (2013)은 2002년 배추좀나방(*Plutella xylostella*)에 대하여 실시한 124종의 식물추출물들(Kim et al., 2002) 중에서 미국선녀벌레에 대한 살충효과가 확인된 에센셜 오일의 0.25~10% 스프레이 제형을 만들어 성충에 대한 살충효과를 검정하였고 cinnamon technical, cinnamon #500, cinnamon green leaf, pennyroyal, citronella java, origanum 에센셜 오일들이 미국선녀벌레의 약충과 성충 모두에 대하여 독성이 있음을 확인하였다. 하지만, 이러한 오일류의 실질적인 사용에 있어서는 인체의 안전성과 잠재적인 작용 방식에 대한 추가적 연구가 필요한 실정이며 경제성 면에서도 효능과 안전성 및 기능성의 향상을 통하여 비용을 절감할 수 있는 제제 및 제형의 개발이 필요하다.

현재 국내에 총해 관리용으로 목록고시된 식물추출물의 대부분은 제충국, 고삼, 님, 데리스 등에서 추출한 주요성분인 Pyrethrin, Matrine, Azadirachtin, Rotenone을 살충성 주원료로 함유하고 있으며 가장 많이 판매되고 현장에서 사용되고 있다(Park et al., 2019). 이 주요 성분들은 화학합성농약의 사용량을 줄일 수 있는 대안으로 여겨진다. 실제로 딸기에서 화학 합성농약 방제력과 식물추출물 방제력 간의 효과 비교가 이루어졌으며 그 성능이 검증되어 화학 합성농약의 대체제로써 가능성이 있음이 확인된 바 있다(Nam et al., 2015). 농경지에 발생하는 미국선녀벌레의 방제를 위해서는 제충국, 님, 데리스를 주 원료로 함유하는 식물추출물이 화학 약제 사용량을 감소시키거나 화학 약제 일부를 대체할 수 있을 것으로 기대된다. 년 1세대 발생하는 미국선녀벌레는 화학 약제에 대하여 감수성이나 이 해충이 농작물로 유입되는 시기는 알에서 부화한 약충이 바람이나 비 같은 기계적 영향에 의하여 땅에 떨어져 농작물로 이동하기 때문에 6월에서 7월이 주 유입시기이며 들개 같은 일부 밭작물이나 블루베리같은 관목성 과실류는 수확시기에 접어들기 때문에 화학 약제를 대체할 수 있는 친환경적인 방제수단이 요구된다.

현재까지 미국선녀벌레는 일부 농경지에서만 문제를 야기하는 돌발해충으로 여겨져 왔다. 하지만, 이번 연구 결과는 충청남도 지역에서 미국선녀벌레는 전 지역으로 이미 개체가 확립되어 있고, 그 개체군의 밀도는 증가하고 있음을 보여 주었다. 이러한 결과로 볼 때, 미국선녀벌레 발생이 많았던 지역을 중심으로 과수원과 밭에서 정기적인 밀도 조사가 필요할 것으로 생각되며, 인접 산림 지역과 미국선녀벌레가 초기 발생한 지역에서 제충국, 님, 데리스를 주 원료로 하는 유기 농업 자재를 활용하여 개체군 밀도를 관리해 줄 필요가 있을 것으로 보인다. 미국선녀벌레의 농경지내 발생량을 관리함으로써, 미국선녀벌레의 농경지에서의 경제적 피해를 늦추거나 막아낼 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 어젠다 연구과제(PJ015090052021)와 국립산림과학원 연구과제(FE0300-2023-01-20)를 수행하는 과정에서 얻은 결과를 바탕으로 작성되었다.

Author Information and Contributions

Yong-Seok Choi, Bio-Environmental Division, Chungnam Agricultural Research and Extension Services, Researcher and author, <https://orcid.org/0000-0002-4822-9918>

Geon-U Lee, Bio-Environmental Division, Chungnam Agricultural Research and Extension Services, Researcher, <https://orcid.org/0009-0003-2819-1478>

Min-Jung Kim, Forest Entomology and Pathology Division, National Institute of Forest Science, Researcher and coresponding author, <https://orcid.org/0000-0001-5949-5296>

이해상충관계

저자는 이해상충관계가 없음을 선언합니다.

Literature cited

- Alma A, Ferracini C, Burgio G, 2005. Development of a sequential plan to evaluate *Neodryinus typhlocybae* (Ashmead) (Hymenoptera: Dryinidae) population associated with infestation in North western Italy. *Environ, Entomol.* 34(4):819-824.
- Ahn YJ, Kim SI, Kim HK, Tak JH, 2006. Naturally occurring house dust mites control agents: development and commercialization, In M. Rai and M. C. Carpinella (eds.), *Naturally occurring bioactive compounds*, pp. 269-289. Elsevier, London, United Kingdom.
- Baek S, Kim MJ, Lee JH, 2019. Current and future distribution of *Ricania shantungensis* (Hemiptera: Ricaniidae) in Korea: Application of spatial analysis to select relevant environmental variables for MaxEnt and CLIMEX modeling. *Forests* 10(6):490.
- Bagnoli B, Lucchi A, 2000. Dannosità e misure di controllo integrato. In: Lucchi, A. (Ed.) *La Metcalfa negli ecosistemi italiani*, ARSIA Regione Toscana, Firenze, Italy. pp.65-88.
- Bale JS, Msters GJ, Hodkinson ID, Awmack C, Bezemer TM, et al., 2002. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology.* 8(1):1-6.
- Byeon DH, Jung JM, Lohumi S, Cho BK, Jung S, et al., 2017. Predictive analysis of *Metcalfa pruinosa* (Hemiptera: Flatidae) distribution in South Korea using CLIMEX software. *J. Asia Pac. Biodivers.* 10(3):379-384.
- Choi YS, Whang IS, Lee GJ, Na MS, Park DK, et al., 2018. Monitoring methods for *Metcalfa pruinosa* (Say) (Hemiptera: Flatidae) eggs on acacia branches. *Kor. J. Appl. Entomol.* 57(4):297-302.
- Ciampolini M, Grossi A, Zottarelli G, 1987. Damage to soyabean through attack by *Metcalfa pruinosa*. *Informatore Agrario.* 43(15):101-103.
- Dean HA, Bailey JC, 1961. A flatid planthopper, *Metcalfa pruinosa*. *J. Eco. Entomol.* 54(6):1104-1106.
- Harborne JB, 1993. *Introduction to ecological biochemistry*, 4th ed. Academic Press.
- Isman MB, 2000. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Prot.* 19(8-10):603-608.
- Isman MB, 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.* 51:45-66.
- Kim DE, Kil J, 2014. Occurrence and host plant of *Metcalfa pruinosa* (Say) (Hemiptera: Flatidae) in Korea. *J. Environ. Sci. Inter.* 23(8):1385-1394.
- Kim MJ, Baek S, Lee JH, 2020. Egg hatching and first instar falling models of *Metcalfa pruinosa* (Hemiptera: Flatidae). *Insects* 11(6):345.
- Kim MJ, Lee JH, 2021. Immigration and population simulation models for *Metcalfa pruinosa* nymphs in crop fields. *Crop Prot.* 144:105608.
- Kim MJ, Baek S, Lee SB, Lee SK, Park B, et al., 2019. Current and future distribution of *Metcalfa pruinosa* (Say) (Hemiptera: Flatidae) in Korea: Reasoning of fast spreading. *J. Asia Pac. Entomol.* 22(3):933-940.
- Kim JR, Ji CW, Seo BY, Park CG, Lee KS, et al., 2013. Toxicity of plant essential oils and their spray formulations against the citrus flatid planthopper *Metcalfa pruinosa* Say (Hemiptera: Flatidae). *Kor. J. of Pest. Sci.* 17(4):419-427.
- Kim JR, Yeon SH, Kim HS, Ahn YJ, 2002. Larvicidal activity against *Plutella xylostella* of cordycepin from the fruiting body of *Cordyceps militaris*. *Pest Manag. Sci.* 58(7):713-717.
- Kim SJ, Lee DH, Nam JC, Lee DY, Kim JW, 2019. Ecology and chemical control of two stink bugs in apple orchards. *Korean. J. Pestic. Sci.* 23(4):280-288. (In Korean)
- Kim Y, Kim M, Hong KJ, Lee S, 2011. Outbreak of an exotic flatid, *Metcalfa pruinosa* (Say) (Hemiptera: Flatidae), in the capital region of Korea. *J. Asia Pac. Entomol.* 14(4):473-478.
- Lauterer P, 2002. Citrus flatid planthopper – *Metcalfa pruinosa* (Hemiptera: Flatidae), a new pest of ornamental horticulture in the Czech Republic. *Plant Prot. Sci.* 38(4):145-148.
- Lee SK, Jeon SW, Jeong IH, Park SK, Lee SB, et al., 2018. Insecticidal activity of *Valeriana fauriei* oils extracted by three different methods against *Ricania shantungensis*. *J. Appl. Biol. Chem.* 61(1):47-50.
- Mead FW, 1969. Citrus flatid planthopper, *Metcalfa pruinosa* (Say). Homoptera: Flatidae. *Entomol. Circular, Florida DA*

- 85:1-2.
- Nam MH, Kim HS, Kim TI, Lee EM, 2015. Comparison of environmental-friendly and chemical spray calendar for controlling diseases and insect pests of strawberry during nursery seasons. *Res. Plant Dis.* 21:273-279.
- Namgung H, Kim MJ, Baek S, Lee JH, Kim H, 2020. Predicting potential current distribution of *Lycorma deli-catula* (Hemiptera: Fulgoridae) using MaxEnt model in South Korea. *J. Asia Pac. Entomol.* 23(2):291-297.
- Online contents: RDA (2020) Pesticide safely information system. <http://psis.rda.go.kr/psis/index.ps>
- Park B, Lee SK, Jeong IH, Park SK, Lee SB, et al., 2019. Susceptibility of *Metcalfa pruinosa* and *Hyphantria cunea* to some commercial organic materials. *Kor. J. Pestic. Sci.* 23(4):274-279.
- Rozman V, Kalinovic I, Korunic Z, 2007. Toxicity of naturally occurring compounds of Lamiaceae and Lauraceae to three stored product insects. *J. Stored Prod. Res.* 43(4):349-355.
- SAS Institute. 2004. SAS OnlineDoc®, version 8.01, SAS Institute, Cary, NC.
- Seo HS, Park DK, Hwang IS, Choi YS, 2019. Host plants of *Metcalfa pruinosa* (Say) (Hemiptera: Flatidae) nymph and adult. *Korean J. Appl. Entomol.* 58:363-380.
- Souliotis C, Papanikolaou NE, Papachristos D, Fatouros N, 2008. Host plants of the planthopper *Metcalfa pruinosa* (Say) (Hemiptera: Flatidae) and observations on its phenology in Greece. *Hellenic Plant Protection Jour.* 1:39-41.
- Strauss G, 2010. Pest risk analysis of *Metcalfa pruinosa* in Austria. *J. Pest. Sci.* 83:381-390.
- Wilson SW, Lucchi A, 2000. Aspetti sistematici, corologici, ecologici, In *La Metcalfa negli ecosistemi italiani*; Lucchi, A. Ed.: ARSIA Regione Toscana, Firenze, Italy, pp.13-28.

충남도내 미국선녀벌레의 분포확산과 식물추출물의 살충활성

최용석¹ · 이건우¹ · 김민중^{2*}

¹충청남도농업기술원 친환경농업과, ²국립산림과학원 산림병해충연구과

요 약 미국선녀벌레는 2009년 처음 발생한 이후 지속적으로 확산하여 다양한 농작물에 심각한 경제적 피해를 야기하고 있다. 본 연구에서는 충남 도내의 시군을 대상으로 미국선녀벌레 밀도의 시간적, 공간적 분포 변화를 조사하였다. 충남지역 미국선녀벌레의 밀도는 증가추세를 보였으며 발생지점들의 비율도 증가하여 활발한 확산이 이루어진 것으로 추정되었다. 충남지역 미국선녀벌레의 추정 분포면적은 2011년 대비 2014년 크게 증가하였고 2017년부터는 43개의 모든 조사구를 포함하는 다각형 면적에 도달하여 충남지역 전역에 확산한 것으로 추정되었다. 미국선녀벌레 약충에 대하여 식물추출물인 데리스, 님, 제충국은 모두 80% 이상의 살충활성을 보였으나 고삼은 30% 이하의 낮은 살충활성을 보였다. 따라서, 농경지에 발생하는 미국선녀벌레 약충의 방제를 위해서는 제충국, 님, 데리스를 주 원료로 함유하는 유기농업자재가 효과적일 것으로 판단된다.

색인어 미국선녀벌레, 분포, 현황, 분포확산, 살충활성, 충청남도