

〈Original article〉

## 제주도에서의 외래종 돼지풀잎벌레 분포 및 외래종 돼지풀 제거를 위한 생물학적 방제 대상종으로의 활용 가능성

김도성 · 오기석<sup>1</sup> · 이영돈<sup>2</sup> · 이수영<sup>3</sup> · 이희조<sup>4</sup> · 김현정<sup>5</sup> · 김동연<sup>4,\*</sup>

생물보전연구소, <sup>1</sup>(주)한국유용곤충연구소, <sup>2</sup>제주특별자치도 세계유산·한라산연구원, <sup>3</sup>제주특별자치도 한라산국립공원관리사무소, <sup>4</sup>국립생태원 생태보전연구실, <sup>5</sup>서울여자대학교 생물학과

### The Distribution of the Exotic Species, *Ophraella communa* LeSage (Coleoptera, Chrysomelidae) and Their Applicability for Biological Control against Ragweed *Ambrosia artemisiifolia* L. on Jeju Island

Do-Sung Kim, Ki-Seok Oh<sup>1</sup>, Yeong-Don Lee<sup>2</sup>, Su-Young Lee<sup>3</sup>, Heejo Lee<sup>4</sup>,  
Hyun-Jung Kim<sup>5</sup> and Dong-Eon Kim<sup>4,\*</sup>

The Institute for Conservation of Wild Species, Daejeon 34704, Republic of Korea

<sup>1</sup>Korea Beneficial Insects Lab. Co., Ltd. Gokseong 57507, Republic of Korea

<sup>2</sup>World Heritage and Mt. Hallasan Research Institute, 72 Sumokwon-gil, Jeju 63143, Republic of Korea

<sup>3</sup>Hallasan National Park, 2070-61 1100Rd, Jeju 63077, Republic of Korea

<sup>4</sup>Division of Ecological Conservation, National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Republic of Korea

<sup>5</sup>Department of Biology, Seoul Women's University, Seoul 01797, Republic of Korea

**Abstract** - An analysis of recent studies and a field survey were conducted to investigate the distribution of the exotic species *Ophraella communa* LeSage (Coleoptera, Chrysomelidae) and the results' applicability for biological control against ragweed, which disturbs the island's ecosystem. The ragweed beetle (*O. communa*) can be found anywhere on the host plant *Ambrosia artemisiifolia* L., which grows in Jeju Island. Moreover, ragweed beetles possess the following characteristics: a high host plant specificity, a high-temperature resistance, an excellent mobility, and multivoltinism. Ragweed is extensively distributed and gradually expands its habitat further on Jeju Island. For this reason, it is recommended to take advantage of *O. communa* for the biological control of ragweed instead of pesticides or direct removal, considering that Jeju is endowed with many natural reserves and unique insular traits.

**Keywords** : exotic species, host plant, invasive alien species

\* Corresponding author: Dong-Eon Kim, Tel. 041-950-5397,  
Fax. 02-970-5974, E-mail. eco0106@nie.re.kr

## 서 론

외래종 돼지풀잎벌레 (*Ophraella communa* LeSage)는 북미 원산으로 2000년 대구에서 처음 보고되어 2001년 경기도, 비무장지대, 충북, 충남, 경남 등에서 발견되어 이미 전국적으로 분포하고 있는 것으로 추정되고 있다(Kwon *et al.* 2001; Sohn *et al.* 2002). 동아시아 지역 중 일본에서는 1996년 지바현(Chiba)에서 처음 발견되어, 1997년에 인접지역의 여러 곳에서 확인되었고, 2000년 35개현, 2001년도에는 39개현으로 발견지역이 확장되었다(Ohno 1997; Takizawa *et al.* 1999; Moriya and Shiyake 2001; Moriya *et al.* 2002). 중국에서는 2001년 난징(Nanjing)에서 발견되어 남쪽으로 번져나가 2005년에 저장성(Zhejiang)과 장시성(Zhangxi)에 출현하였다(Zhou *et al.* 2005). 타이완에서는 1996년에 처음 보고되었고, 1997년도에 북부지역 다수의 장소에서 분포하는 것으로 나타났다(Wang and Chiang 1998). 동아시아 지역으로의 돼지풀잎벌레 유입 시기는 1996년도 이전으로 추정되나 북미에서 수입한 가축용 목초에 묻어 왔는지 인근 국가에서 정착한 개체가 들어온 것인지 등의 확실한 유입경로에 대해서는 알려져 있지 않다.

돼지풀잎벌레는 다화성으로 연 4~6회 발생하고 성충으로 월동하는 것으로 알려졌다(Watanabe and Hirai 2004; Lee *et al.* 2007; An 2011). 생활사 연구에서 온도 25°C, 습도 60%, 광주기 16 : 8 h 조건에서 난기 6일, 부화에서 성충까지 18일, 성충 후 산란시작일은 5일로 확인되었다(Moriya 1999). 또한 사육실험에서 20°C에서 79.3일이었던 사육기간이 32°C에서 24.6일로 나타나 온도가 높아질수록 짧아지는 경향을 보여 다양한 온도에서 사육기간의 조절이 가능성이 확인되었다(Zhou *et al.* 2010).

돼지풀잎벌레는 생태계 교란 외래식물인 돼지풀(*Ambrosia artemisiifolia* L.)과 단풍잎돼지풀(*A. trifida* L.)을 주요 기주 식물(Yamazaki *et al.* 2000)로 하여 이를 제거하기 위한 생물학적 방제 대상종으로 더 주목받고 있다(Lee *et al.* 2007; Guo *et al.* 2011; Bosio *et al.* 2014; Zhou *et al.* 2014).

돼지풀은 북미 원산으로 캐나다 온타리오(Ontario)와 퀘벡(Quebec) 및 해안가 열린 초지대에서 가장 풍부한 잡초 중에 하나로 주요 자생지는 길가, 집 주변, 휴경지와 목초지이며 봄과 초여름 사이 10~30°C 정도에서 가장 잘 자라는 것으로 알려져 있다(Bassett and Crompton 1975). 돼지풀은 19세기에 아시아, 유럽, 호주로 유입되어 다른 식물의 생육을 저해하며 증식·확산 속도가 매우 빨라 생태계 교란식물로 위해성이 높은 것으로 평가되었다(Kiss 2007; Kil *et al.* 2013).

돼지풀의 한국유입은 Lee (1968)에 의하여 처음 기록되었으나 실제로는 훨씬 이전인 한국전쟁 무렵으로 추정된다

(Park 1995). 제주특별자치도의 돼지풀은 해안으로부터 영실 지역까지 분포하며 우점도와 군도가 가장 높은 곳은 조천읍 선흘리(345 m)이고, 가장 낮은 곳은 서귀포 영실(1,020 m)이다(Yang and Kim 2003).

돼지풀잎벌레는 2000년 대구 발견 이후 이미 전국적인 분포가 예상되는 가운데 Oh (2006)의 제주특별자치도 외래생물 분포조사에서는 확인되지 않았다가 Kil (2010)등에 의해서 처음으로 확인되었다. 그러나 2010년도의 조사에서는 국지적인 지역에서 분포가 확인되어 제주특별자치도 전 지역으로 확산되었는지에 대해서는 명확하지 않았다. 이에 본 연구에서는 2015년 제주특별자치도 외래생물조사 중 부속 섬을 제외한 전 지역을 대상으로 돼지풀잎벌레의 분포지역을 조사하고 최근 연구된 이들의 생태적 습성을 바탕으로 생물학적 방제 활용성을 탐색하고자 한다.

## 연구 방법

### 1. 시기 및 지역

돼지풀잎벌레의 분포지역 조사는 2015년 5월부터 9월까지 매월 5일씩 총 25일 동안 진행하였으며 총 177개 지역을 조사하였다. 조사 격자는 22개 격자로 나누어 가급적 제주특별자치도 전 지역이 조사되도록 하였다(Fig. 1).

### 2. 연구방법

돼지풀잎벌레 분포 조사는 기주식물인 돼지풀의 자생을 확인하고 조사 지역에서 쓸어잡기와 육안조사를 병행하였다. 그리고 주변에서 새로운 식물을 섭식하는지도 조사하였다. 서식지 유형은 조사 지역의 지리정보인 고도와 좌표 그리고 토지이용현황에 따른 도심, 농촌주거지, 농경지, 휴경지, 과수원, 오름, 하천변, 해안가로 분류하였다. 또한 생물학적 방제 가능성을 알아보기 위하여 그간 발표된 연구결과를 함께 분석하였으며 제주도라는 섬의 특수성을 감안하여 판단하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 분포와 서식지 형태

돼지풀잎벌레는 한라산국립공원을 제외한 제주도 전 지역에서 분포하는 것으로 나타났다(Fig. 2; Appendix 1). 최고 고도는 서귀포시 안덕면 광평리(523 m) 주변이며 최저 고도는 해안가에 인접한 초지이다. 서식지 유형은 하천, 휴경지, 임도, 해안가 등으로 주로 인간에 의해서 교란된 장소

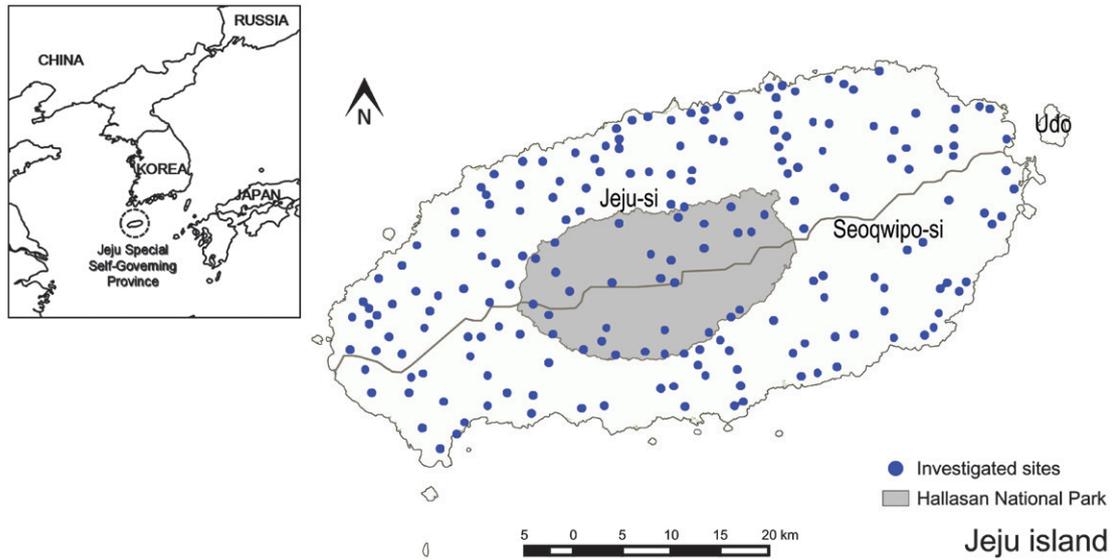


Fig. 1. All 177 investigated of *Ophraella communa* on Jeju Island between May and September 2015.

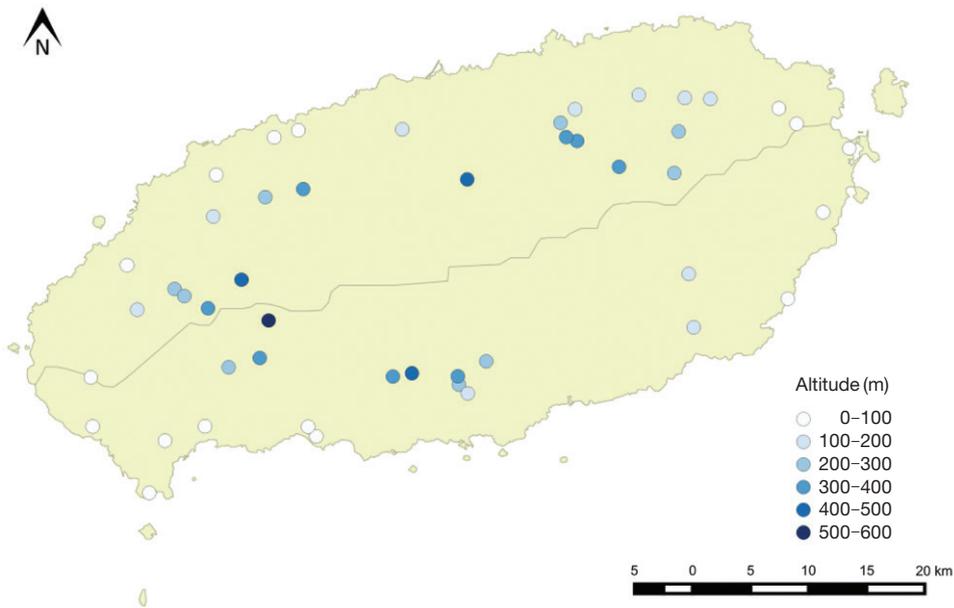


Fig. 2. The occurrence of *Ophraella communa* on Jeju Island between May and September 2015.

이며 조사 지역 중 기주식물인 돼지풀이 있는 모든 곳에서 서식하고 있었다. 기주식물은 영실 이상의 고도에서는 생육을 저해 받고 있어 아직까지 분포하지 않는 것으로 나타나 (Yang and Kim 2003) 돼지풀잎벌레는 한라산국립공원을 경계로 해안가까지 넓게 분포하고 있을 것으로 판단된다. 유럽에서도 돼지풀이 존재하는 모든 곳에서 돼지풀잎벌레가 확인되고 있을 뿐만이 아니라 다양한 서식지 형태에서 관찰되고 있다 (Müller-Schärer *et al.* 2014).

## 2. 기주식물과 산란습성

돼지풀잎벌레의 기주식물은 돼지풀, 나도돼지풀 (*Ambrosia psilostachya* DC.), 돼지풀아재비 (*Parthenium hysterophorus* L.) 외 15종이 알려져 있다 (Table 1). 제주도에서 기주식물은 돼지풀로 나타났으나 내륙의 경우는 돼지풀, 단풍잎돼지풀 (*A. trifida* L.)을 주요 기주식물로 한다 (Lee *et al.* 2007). 특히 단풍잎돼지풀은 돼지풀잎벌레의 원산지인 북미에서는 기

Table 1. Host-plants list of *Ophraella communa*

Hostplant	Korean name	Life form	References
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	돼지풀	Field	Futuyma 1990; Palmer and Goeden 1991; Funk and Futuyma 1995; Lee <i>et al.</i> 2007;
<i>Ambrosia psilostachya</i> DC.	나도돼지풀	Field	
<i>Ambrosia trifida</i> L.	단풍잎돼지풀	Field	Takizawa <i>et al.</i> 1999; Zhang <i>et al.</i> 2005; Miyatake and Ohno 2010
<i>Ambrosia integrifolia</i> Fern	둥근잎돼지풀	Field	An 2011
<i>Xanthium strumarium</i> L.	도꼬마리	Field	Enura 1999; Takizawa <i>et al.</i> 1999
<i>Xanthium canadense</i> var. <i>glabratum</i>	큰도꼬마리	Field	
<i>Xanthium italicum</i> More	가시도꼬마리	Field	
<i>Helianthus annuus</i> L.	해바라기	Field, Cultivated land	Palmer and Goeden 1991; Emura 2000; Dernovicia <i>et al.</i> 2006; Zhou <i>et al.</i> 2011a
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	돼지풀아재비	Field	Palmer and Goeden 1991
<i>Ambrosia confertiflora</i> DC.	-	Field	
<i>Ambrosia cumanensis</i> von Humbolt	-	Field	
<i>Iva axillaris</i> Persh,	-	Field	
<i>Xanthium strumarium</i> L.	-	Field	
<i>Helianthus ciliaris</i> DC.	-	Field	
<i>Ratibida pinnata</i> (Vent.)	-	Field	
<i>Glycine soja</i> Sieb. et Zucc.	돌콩	Field, Cultivated land	
<i>Acalypha australis</i> L.	개풀	Field, Cultivated land	
<i>Humulus japonicus</i> Siebold & Zucc.	환삼덩굴	Field	

주식물로써는 알려지지 않은 종으로 동아시아에서 기주식물으로써 새롭게 관찰된 종이다(Miyatake and Ohno 2010). 돼지풀잎벌레 먹이실험에서 돼지풀, 단풍잎돼지풀 등의 순으로 선호하는 것으로 나타났으나 산란은 잎이 넓은 단풍잎돼지풀을 선호하였다(Yamazaki *et al.* 2000). 그리고 산란수는 식물의 생체량(패치 크기)과 식근 정도, 식물의 높이에 따라서 증가하고 개별적 요인보다는 복합적인 요인에 의하여 증가하며 꽃의 수가 많거나 결실기가 가까운 가을에는 점차 감소하는 것으로 나타났다(Cao *et al.* 2011).

### 3. 분산

Tanaka (2009)의 연구에 의하면 돼지풀잎벌레의 비행습성 연구를 위해 23시간 동안 관찰한 결과, 조사된 개체수의 20~26%는 60분 이상 비행을 하였지만, 반면에 30% 이상은 23시간 동안 아예 비행을 하지 않았다. 그리고 돼지풀잎벌레의 최대 비행시간은 23시간 동안 385분, 23 km/23 h의 비행능력이 있고 비행 횟수는 1~3일보다는 4일 이후에 증가하는 것으로 나타났다. 또한 일조시간이 길수록 활성도는 높아지고 가을 4세대는 활동력이 낮아져 일광시간이 14시간 이하가 되면 휴면단계에 들어가는 것으로 나타났다(Watanabe 2000; Tanaka and Yamanaka 2009). 비행능력에 대한 다른 연구에서는 세대당 82 km, 연간 329 km로 추정되었다(Yamamura *et al.* 2007). 따라서 제주특별자치도의 면적

을 감안하면 기주식물이 분포하는 지역에서는 돼지풀잎벌레가 1년 이내에 서식 가능할 것으로 예상되어 이러한 분산 능력을 감안한다면 돼지풀의 제거 효과를 높일 수도 있을 것으로 추정된다.

### 4. 개체군 변화

돼지풀잎벌레의 개체군 크기에 관한 연구에서 돼지풀잎벌레와 단풍잎돼지풀 간에는 계절적으로 개체군 크기를 달리하는 것으로 나타났는데 기주식물과 돼지풀잎벌레 개체군 크기는 매년 세대별로 기주식물량에 따라서 상호 양의 상관관계를 보였다(Miyatake and Ohno 2010). 그리고 월동은 큰도꼬마리(*Xanthium canadense*)의 마른 잎에서 하고 산란은 이듬해 봄 4월에 돼지풀이나 단풍잎돼지풀에 한다. 이처럼 월동을 위한 성충의 이동에서 큰도꼬마리의 분포가 생존에 중요한 역할을 하여 개체군 크기에 영향을 주는 것으로 조사되었다(Watanabe and Hirai 2004). 돼지풀잎벌레의 반응에서 세대 간에는 공간구조에 대한 상호작용으로 먹이의 풍부함은 돼지풀잎벌레의 개체군 크기를 크게 만들었다. 그러나 시간이 경과함에 따라 분산하여 돼지풀을 효과적으로 감소시키지는 못하였다(Yamanaka *et al.* 2007). 이는 곤충과 식물의 공진화와 관련되어 한쪽의 일방적인 증가보다는 상호관계에 의하여 변성하려는 전략으로 판단된다. 따라서 돼지풀을 효과적으로 제거하기 위해서는 돼지풀잎벌레의 밀도를

높여 단기간에 해당지역의 식물을 섭식하도록 하는 것이 필요한 것으로 연구되었다(Kiss 2007; Zhou *et al.* 2014).

## 5. 위해성

외래종에 대한 연구는 1963년 이전에는 나타나지 않았다가 1970년대부터 늘어나면서 2000년대에는 급격하게 증가하였다(Kenis *et al.* 2008). 그러나 많은 연구에서 외래종의 위해성 평가를 위해서 장기간에 걸쳐 평가해야 함에도 시간 경과에 대한 언급은 부족하였다. 따라서 외래종에 대한 평가는 단기간 및 장기간에 걸친 영향에 대한 예측이 필요하며, 이를 위해서는 많은 경험적 데이터 분석으로 외래종에 대한 이해와 관리가 필요하다(Strayer *et al.* 2006).

돼지풀잎벌레는 돼지풀과 단풍잎돼지풀의 생태계교란 심각성으로 인하여 주로 생물학적 방제 대상종으로의 활용가능성에 대하여 많은 연구가 진행되었으며 아직까지 생태계나 농업활동에 관한 피해는 보고되지 않고 있다. 그러나 특정 지역에서 서식밀도가 매우 높고 작물인 해바라기를 기주 식물로 하고 점차 새로운 식물을 가해한다는 점에서 돼지풀잎벌레를 생물학적 방제종으로 사용하기 위해 이에 대한 장기생태 모니터링을 병행하여 연구할 필요성은 있으나 아직까지 돼지풀잎벌레가 야외 생태계를 교란하거나 작물에 피해를 주는 사례 연구결과는 없었다.

## 6. 생물학적 방제 활용 가능성

현재까지 돼지풀잎벌레의 생물학적 방제 평가에 대한 견해는 일치하지 않고 있어 이에 대한 활발한 연구가 진행되었다. 돼지풀잎벌레는 작물인 해바라기(*Helianthus annuus* L.)를 섭식하고 있어 방제 대상종으로 적합하지 않으며(Palmer and Goeden 1991), 유충과 성충은 비록 돼지풀보다는 선호하지 않지만 해바라기에서도 생활사를 유지할 수 있는 것으로 나타나 결실기에는 피해를 입을 수 있다고 하였다(Emura 2000). 그리고 Kil (2010) 등의 연구결과 야외에서 돼지풀 주변에 서식하는 해바라기, 돌콩(*Glycine soja* Sieb. et Zucc.), 깨풀(*Acalypha australis* L.), 환삼덩굴(*Humulus japonicus* Siebold & Zucc.)에도 식해가 확인되어 먹이 범위를 넓혀가는 것으로 나타났다.

그러나 다른 연구에서는 야외에서 해바라기를 기주식물로 선택하는 경우는 적었으며 주로 성충단계에서 해바라기 잎을 가해하여 그 피해는 미미한 수준으로 평가하였다(Zhou *et al.* 2011a). 또한 돼지풀과 해바라기가 인접한 곳에서의 군집크기 비교에서도 208대 49로 4.2배라는 현격한 차이를 보였다(Dernovicia *et al.* 2006). 뿐만 아니라 국내의 연구에서도 돼지풀잎벌레가 생물학적 방제 대상종으로 충분한 가능

성을 제시함과 문제가 되는 해바라기 섭식문제에 관한 연구 결과도 돼지풀잎벌레가 해바라기에서 완전한 생활사를 유지하지 못한 것으로 연구되었다(Lee *et al.* 2007). 따라서 사람의 직접제거와 제초제 같은 고전적인 제거 방법으로 돼지풀의 제거에는 한계를 보이고 있으며 돼지풀의 확산이 세계로 빠르게 확대되고 있어 잠재적인 생물학적 조절방법의 도입이 필요하다 하였다(Bohar 1996). 이에 유럽에서는 다양한 천적을 이용한 생물학적 제어 후보 물질의 우선순위를 논의하고 돼지풀에 대한 섭식자나 질병 등을 제안하였다(Gerber *et al.* 2001).

돼지풀잎벌레는 유럽에서 서식지 형태를 가리지 않고 돼지풀이 존재하는 모든 곳에서 서식이 가능하여 생물학적 방제에 가능성이 높은 종으로써 돼지풀 제거에 가능성이 있는 것으로 평가되었다(Kiss *et al.* 2003; Müller-Schärer *et al.* 2014). 또한 중국에서는 2007년부터 생물학적 방제종으로 활용하여 효과를 보고 있으며 이를 근거로 대량 사육을 위한 사료 연구가 진행되었다(Liu *et al.* 2008; Zhou *et al.* 2011b). 그리고 기존에 해바라기 작물에 대한 해충에 대한 우려는 돼지풀잎벌레 유충은 표적 잡초보다 비 표적 식물에서 훨씬 더 높은 사망률을 보였고 표적 식물에 대한 강력한 산란 선호도를 나타내었으며 경제적으로 중요한 해바라기 작물에는 알을 낳지 않았다. 이 결과는 해바라기 작물이 돼지풀잎벌레 산란에 사용될 위험이 없음을 시사한다(Cao *et al.* 2011).

돼지풀잎벌레를 이용한 생물학적 방제 성과로 국내에서는 돼지풀잎벌레와 반원무늬애기잎말이나방(*Epiblema sugii* Kawabe)을 함께 이용한 결과 엽면적은 50%, 종자생산은 24.8%를 감소시켰다(Lee *et al.* 2007). 중국에서도 투입된 돼지풀잎벌레의 밀도가 높을수록 제거 효과는 높았으며 포기당 12개체씩 투입한 곳에서는 돼지풀이 씨가 맺기 전에 제거가 가능하였다(Zhou *et al.* 2014). 또 다른 연구에서 돼지풀 생육초기에는 포기당 1.07개체, 생육이 완료된 식물에는 12개체 이상을 방사할 것을 제안하였다(Guo *et al.* 2011). 따라서 여러 연구결과 돼지풀잎벌레를 이용한 돼지풀의 제거는 효과가 있는 것으로 판단되어 제주특도와 같이 보호지역이 많고 섬이라는 특수성을 감안한다면 돼지풀을 제거하기 위하여 농약이나 직접제거에는 한계가 있다. 따라서 제주도에서는 제한된 지역을 중심으로 시범적으로 실내에서 증식된 돼지풀잎벌레를 방사하여 그 효과를 평가한 후 생물학적 방제에 이용하는 것을 고려할 수 있을 것으로 본다.

## 적 요

본 연구는 제주도에서 외래종 돼지풀잎벌레의 분포와 생

태계 교란식물인 돼지풀에 대한 생물학적 방제 활용가능성을 알아보기 위하여 야외조사와 최근에 연구된 결과를 종합적으로 분석하였다. 그 결과, 제주도에서 돼지풀잎벌레는 기주식물인 돼지풀이 있는 모든 곳에서 관찰되었으며, 기주식물에 대한 특이성이 매우 강하고, 다화성으로써 온도에 대한 내성과 비행능력이 뛰어난 것으로 연구되었다. 돼지풀은 제주특별자치도 전역에 이미 광범위하게 퍼져 있고 점차 서식지를 넓혀 가고 있는 것이 확인되었다. 본 연구결과를 바탕으로 돼지풀 제거를 위해서 돼지풀잎벌레를 활용하는 것을 제안한다. 특히 제주도와 같이 천연보호구역이 많고 섬이라는 지리적 특성을 감안하면 돼지풀을 제거하기 위하여 농약이나 직접 제거보다는 돼지풀잎벌레를 이용한 생물학적 방제를 고려할 필요가 있다.

## 사 사

이 논문은 국립생태원 생태보전연구실의 지원을 받아 수행된 연구임(외래생물 전국 서식 실태조사-과제번호: 기반연구-2015-09, 외래생물 등의 생태계위해성평가 및 위해우려종 발굴(III)-과제번호: 수탁연구-2016-09).

## REFERENCES

- An SL. 2011. Leaf beetle (Chrysomelidae) of Korea. Nat. Sci. Mus. p. 466 (in Korean).
- Bassett IJ and CW Crompton. 1975. The biology of Canadian weeds. 11. *Ambrosia artemisiifolia* L. and *A. psilostachya* DC. Can. J. Plant Sci. 55:463-476.
- Bohar GY. 1996. Possibilities of biological control of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* var *elatior* (L.) descourt.) with fungal pathogens. Növénység. ISSN: 0133-0829.
- Bosio G, V Massobrio, C Chersi, G Scavarda and S Clark. 2014. Spread of the ragweed leaf beetle, *Ophraella communa* LeSage, 1986 (Coleoptera Chrysomelidae), in Piedmont Region (northwestern Italy). Boll. Soc. Entomol. Ital. 146:17-30.
- Cao Z, L Meng and B Li. 2011. Oviposition selection of *Ophraella communa* (Coleoptera: Chrysomelidae) on common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) in the field. Acta Entomol. Sinica 54:1297-1304.
- Cao Z, H Wang, L Meng and B Li. 2011. Risk to nontarget plants from *Ophraella communa* (Coleoptera: Chrysomelidae), a potential biological control agent of alien invasive weed *Ambrosia artemisiifolia* (Asteraceae) in China. Appl. Entomol. Zool. (Jpn.) 46:375-381.
- Dernovic SA, MP Teshlera and AK Watsona. 2006. Is sunflower (*Helianthus annuus*) at risk to damage from *Ophraella communa*, a natural enemy of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*)? Biocontrol Sci. Technol. 16:669-686.
- Emura K. 1999. The ragweed beetle *Ophraella communa* LeSage (Coleoptera: Chrysomelidae) which injures harmful exotic plants. Plant Protec. 53:138-141 (in Japanese).
- Emura K. 2000. The ragweed beetle, *Ophraella communa* LeSage. Agri. Hortic. 75:210-214 (In Japanese).
- Funk DJ, DJ Futuyma, G Orti and A Meyer. 1995. A history of host associations and evolutionary diversification for *Ophraella communa* (Coleoptera: Chrysomelidae): new evidence from mitochondrial DNA. Evolution 49:1008-1017.
- Futuyma DJ. 1990. Observations on the Taxonomy and Natural History of *Ophraella* Wilcox (Coleoptera: Chrysomelidae), with a Description of a New Species. J. N. Y. Entomol. Soc. 98:163-186.
- Gerber E, U Schaffner, A Gassmann, HL Hinz, M Seier and H Muller-Scharer. 2011. Prospects for biological control of *Ambrosia artemisiifolia* in Europe: learning from the past. Weed Res. 51:559-573.
- Guo JY, ZS Zhou, XW Zheng, HS Chen, FH Wan and YH Luo. 2011. Control efficiency of leaf beetle, *Ophraella communa*, on the invasive common ragweed, *Ambrosia artemisiifolia*, at different growing stages. Biocontrol Sci. Technol. 21: 1049-1063.
- Kenis M, M-A Auger-Rozenberg, A Reques, L Timms, C Péré, MJW Cock, J Settele, S Augustin and C Lopez-Vaamonde. 2008. Ecological effects of invasive alien insects. 2009. Biol. Invasions 11:21-45.
- Kil JH, YH Kim, DH Lee, CW Lee, SM Hwang, DE Kim, HM Kim, JM Kim and MJ Kim. 2010. Detailed studies on invasive alien species and their management (V). NIER. p. 106 (in Korean).
- Kil JH, YH Kim, HM Kim, DE Kim, DH Lee, SM Hwang, JC Lee, HC Shn and SY Kim. 2013. Field guide to the invasive alien species in Korea. NIER. p. 240 (in Korean).
- Kiss L. 2007. Why is biocontrol of Common ragweed, the most allergenic weed in eastern Europe, still only a hope? pp. 80-91. In Biological control: a global perspective (Vincent C, MS Goettle and G Lazarovits eds.). Cromwell Press, Trowbridge.
- Kiss L, L Vajna, G Bohar, K Varga, U Paksiri, S Takamatsu and D Magyar 2003. Phyllachora epidemic on common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*): a unique natural control phenomenon in Hungary in 1999. pp. 17-18. In Workshop on biocontrol of weeds with pathogens, Lincoln, New Zealand (Bourdote G and S Lamoureaux eds.). Agresearch,

- Lincoln, New Zealand.
- Kwon YJ, SJ Seo, JA Kim, GS Choi, DN Kim, DH Ko and JH Park. 2001. A serviced report for planning and designing Taegu Eco-park, Sect. Insects Research service entrusted from KIEM, Keimyung University. p. 52 (in Korean).
- Lee IY, JY Park, SM Oh, JE Park and OS Kwon. 2007. Selection of insects for potential biological control of *Ambrosia trifida*. Kor. J. Weed Sci. 27:309–317 (in Korean).
- Lee TB. 1968. Plant resources of Korea. Bul. Seoul Nat. Univ. For. 5:84–107 (in Korean).
- Liu F, BP Li and L Meng. 2008. A preliminary study on semi-artificial diets for *Ophraella communa* (LeSage) (Chrysomelidae: Coleoptera), a potential biological control agent of invasive *Ambrosia artemisiifolia*. J. Environ. Entomol. 2008:238–243.
- Miyatake T and T Ohno. 2010. Seasonal abundance of exotic leaf beetle *Ophraella communa* LeSage (Coleoptera: Chrysomelidae) on two different host plants. Appl. Entomol. Zool. 45:283–288.
- Moriya S. 1999. Successive rearing of ragweed beetle, *Ophraella communa* LeSage (Coleoptera: Chrysomelidae) in Japan. Annu. Rep. Kanto-Tosan Plant Prot. Soc. 46:115–117.
- Moriya S and S Shiyake. 2001. Spreading the distribution of an exotic ragweed beetle, *Ophraella communa* LeSage. Jap. J. Entomol. 4:99–102.
- Moriya S, K Tanaka, K Yamamura, T Shimizu and S Shiyake. 2002. Expansion of the distribution range of the ragweed beetle, *Ophraella communa* LeSage, (Coleoptera: Chrysomelidae) and its natural enemies in Japan. Annu. Rep. Kanto-Tosan Plant Prot. Soc. 49:131–133.
- Müller-Schärer H, STE Lommen, M Rossinelli, M Bonini, M Boriani, G Bosio and U Schaffner. 2014. *Ophraella communa*, the ragweed leaf beetle, has successfully landed in Europe: fortunate coincidence or threat? Eur. Weed Res. Soc. 54:109–119.
- Oh HS. 2006. Distribution of invasive alien species and their Management for Studies in Jeju Island. JETC. p. 412 (in Korean).
- Ohno M. 1997. Invasion of *Ophraella communa* LeSage into Japan. Nat. Insects 32:35 (in Japanese).
- Palmer WM and RD Goeden. 1991. The host range of *Ophraella communa* Lesage (Coleoptera: Chrysomelidae). Coleopt. Bull. 45:115–120.
- Park SH. 1995. Naturalized Plants of Korea. Ilchogak. Seoul. p. 371 (in Korean).
- Sohn JC, SL An, JE Lee and KT Park. 2002. Notes on exotic species, *Ophraella communa* LeSage (Coleoptera: Chrysomelidae) in Korea. Korean J. Appl. Entomol. 41: 145–150 (in Korean).
- Strayer DL, VT Eviner, JM Jeschke and ML Pace. 2006. Understanding the long-term effects of species invasions. Trends Ecol. Evol. 21:645–651.
- Takizawa H, A Saito, K Saito, Y Hirano and M Ohno. 1999. Invading insect, *Ophraella communa* LeSage. 1986. Range expansion and life history in Kanto district, Japan. Gekkan-Mushi, Tokyo 338:26–31.
- Tanaka K. 2009. Genetic Variation in Flight Activity of *Ophraella communa* (Coleoptera: Chrysomelidae): Heritability Estimated by Artificial Selection. Environ. Entomol. 38: 266–273.
- Tanaka K and T Yamanaka. 2009. Factors Affecting Flight Activity of *Ophraella communa* (Coleoptera: Chrysomelidae), an Exotic Insect in Japan. Environ. Entomol. 38:235–241.
- Wang CL and MY Chiang. 1998. New record of a fastidious chrysomelid, *Ophraella communa* LeSage (Coleoptera: Chrysomelidae), in Taiwan. Plant Prot. Bull. 40:185–188.
- Watanabe M. 2000. Photoperiodic control of development and reproductive diapause in the leaf beetle *Ophraella communa* LeSage. Entomol. Sci. 3:245–253.
- Watanabe M and Y Hirai. 2004. Host-use pattern of the ragweed beetle *Ophraella communa* LeSage (Coleoptera: Chrysomelidae) for overwintering and reproduction in Tsukuba. Appl. Entomol. Zool. 39:249–254.
- Yamamura K, S Moriya, K Tanaka and T Shimizu. 2007. Estimation of the potential speed of range expansion of an introduced species: characteristics and applicability of the gamma model. Popul. Ecol. 49:51–62.
- Yamanaka T, K Tanaka, A Otuka and ON Bjørnstad. 2007. Detecting spatial interactions in the ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) and the ragweed beetle (*Ophraella communa* LeSage) populations. Ecol. Res. 22:185–196.
- Yamazaki K, C Imai and Y Natuhara. 2000. Rapid population growth and food-plant exploitation pattern in an exotic leaf beetle, *Ophraella communa* LeSage (Coleoptera: Chrysomelidae), in western Japan. Appl. Entomol. Zool. 35:215–223.
- Yang YH and MH Kim. 2003. Studies on the distribution and vegetation of *Ambrosia artemisiifolia* var. *elatior* community group in Jeju Island. Korean J. Plant. Res. 16:15–24.
- Zhang LJ, XK Yang, WZ Li and JZ Cui. 2005. A new record of *Ophraella communa* of mainland China. Chin. Bull. Entomol. 42:227–228.
- Zhou ZS, HS Chen, XW Zheng, JY Guo, W Guo, M Li, M Luo and FH Wan. 2014. Control of the invasive weed *Ambrosia artemisiifolia* with *Ophraella communa* and *Epiblema strenuana*. Biocontrol Sci. Technol. 24:950–964.
- Zhou ZS, JY Guo, HS Chen and FW Wan. 2010. Effects of temperature on survival, development, longevity, and fe-

cundity of *Ophraella communa* (Coleoptera: Chrysomelidae), a potential biological control agent against *Ambrosia artemisiifolia* (Asterales: Asteraceae). *Environ. Entomol.* 39:1021–1027.

Zhou ZS, JY Guo, JP Michaud, M Li and FW Wan. 2011a. Variation in cold hardiness among geographic populations of the ragweed beetle, *Ophraella communa* LeSage (Coleoptera: Chrysomelidae), a biological control agent of *Ambrosia artemisiifolia* L. (Asterales: Asteraceae), in China. *Biol.*

*Invasions* 13:659–667.

Zhou ZS, JY Guo, XW Zheng, M Luo, HS Chen and FH Wan. 2011b. Reevaluation of biosecurity of *Ophraella communa* against sunflower (*Helianthus annuus*). *Biocontrol Sci. Technol.* 21:1147–1160.

Received: 30 June 2017

Revised: 29 October 2017

Revision accepted: 30 October 2017

Appendix 1. 48 Records of *Ophraella communa* LeSage on occurrences in Jeju Island in 2015

Date	Town	Coordinates	Altitude (m)	Habitat type
20, May	Sincheon-ri, Pyoseon-myeon, Seogwipo-si	N33°20.936' E126°51.727'	5	Beach
21, May	Gueum-ri, Aewol-eup, Jeju-si	N33°28.381' E126°23.305'	40	Volcanic cone
22, May	Sangmo-ri, Andeok-myeon, Seogwipo-si	N33°11.961' E126°16.401'	4	Grassland
11, Jun	Ilgwa-ri, Daejeong-eup, Seogwipo-si	N33°15.030' E126°13.268'	19	Scrub
12, Jun	Bongseong-ri, Aewol-eup, Jeju-si	N33°21.814' E126°21.499'	420	Volcanic cone
7, Jul	Hwasun-ri, Andeok-myeon, Seogwipo-si	N33°15.041' E126°19.483'	71	Grassland
21, Jul	Siorum, Seohodong Seogwipo-si	N33°17.492' E126°30.920'	444	Scrub
21, Jul	Seogwang-ri, Andeok-myeon, Seogwipo-si	N33°17.768' E126°20.789'	243	Scrub
21, Jul	Honinji, Seongsan-eup, Seogwipo-si	N33°24.933' E126°53.686'	32	Grassland
21, Jul	Sangga-ri, Aewol-eup, Jeju-si	N33°26.657' E126°20.102'	72	Fallow ground
21, Jul	Seonheul-ri, Jocheon-eup, Jeju-si	N33°27.025' E126°42.383'	369	Volcanic cone
21, Jul	Seonheul-ri, Jocheon-eup, Jeju-si	N33°30.343' E126°43.475'	149	Volcanic cone
23, Jul	Seohodong Seogwipo-si	N33°17.340' E126°29.867'	396	Scrub
23, Jul	Gasi-ri, Pyoseon-myeon, Seogwipo-si	N33°22.084' E126°46.248'	150	Volcanic cone
10, Aug	Dongheung-ro, Seogwipo-si	N33°16.962' E126°33.519'	269	Scrub
10, Aug	Daeheul-ri, Jocheon-eup, Jeju-si	N33°28.218' E126°40.061'	348	Scrub
11, Aug	Tosan-ri, Pyoseon-myeon, Seogwipo-si	N33°19.615' E126°46.520'	107	Grove
11, Aug	Samuiak, Ara Idong, Jeju-si	N33°26.444' E126°33.975'	442	Volcanic cone
12, Aug	Sagye-ri, Andeok-myeon, Seogwipo-si	N33°14.374' E126°17.268'	36	Grassland
12, Aug	Jungmundong, Seogwipo-si	N33°14.576' E126°25.630'	46	Fallow ground
12, Aug	Jungmundong, Seogwipo-si	N33°15.020' E126°25.180'	85	Rural
12, Aug	Gwangpyeong-ri, Andeok-myeon, Seogwipo-si	N33°19.931' E126°22.998'	523	Rural
12, Aug	Geumak-ri, Hallim-eup, Jeju-si	N33°21.385' E126°17.804'	214	Rural
12, Aug	Ojo-ri, Seongsan-eup, Seogwipo-si	N33°27.878' E126°55.135'	10	Beach
13, Aug	Dongheung-ro, Seogwipo-si	N33°16.562' E126°34.008'	196	Grove
13, Aug	Dongheung-ro, Seogwipo-si	N33°17.353' E126°33.456'	326	Grove
13, Aug	Sindo-ri, Daejeong-eup, Seogwipo-si	N33°17.295' E126°13.168'	61	Grassland
13, Aug	Hangyeong-myeon, Jeju-si	N33°20.429' E126°15.734'	111	Rural
13, Aug	Geumak-ri, Hallim-eup, Jeju-si	N33°22.483' E126°15.170'	81	Scrub
13, Aug	Eoem-ri, Aewol-eup, Jeju-si	N33°24.735' E126°19.937'	150	Grassland
13, Aug	Sogil-ri, Aewol-eup, Jeju-si	N33°25.625' E126°22.814'	260	Scrub
13, Aug	Dukcheon-ri, Gujwa-eup, Jeju-si	N33°28.654' E126°45.688'	236	Volcanic cone
7, Sep	Goseong-ri, Aewol-eup, Jeju-si	N33°25.999' E126°24.911'	302	Volcanic cone
7, Sep	Domo-ri, Hangyeong-eup Jeju-si	N33°28.711' E126°24.637'	40	Rural
9, Sep	Geumak-ri, Hallim-eup, Jeju-si	N33°20.495' E126°19.647'	351	Volcanic cone
9, Sep	Geumak-ri, Hallim-eup, Jeju-si	N33°21.059' E126°18.338'	285	Volcanic cone
9, Sep	Songdang-ri, Gujwa-eup, Jeju-si	N33°26.739' E126°45.443'	269	Volcanic cone
9, Sep	Waheul-ri, Jocheon-eup, Jeju-si	N33°28.398' E126°39.452'	310	Rural
9, Sep	Jongdal-ri, Gujwa-eup, Jeju-si	N33°29.010' E126°52.215'	60	Scrub
9, Sep	Waheul-ri, Jocheon-eup, Jeju-si	N33°29.056' E126°39.142'	241	Scrub
9, Sep	Daeheul-ri, Jocheon-eup, Jeju-si	N33°29.680' E126°39.947'	151	Grove
9, Sep	Sangdo-ri, Gujwa-eup, Jeju-si	N33°29.721' E126°51.232'	53	Grassland
9, Sep	Deokcheon-ri, Gujwa-eup, Jeju-si	N33°30.155' E126°47.440'	138	Volcanic cone
9, Sep	Deokcheon-ri, Gujwa-eup, Jeju-si	N33°30.204' E126°46.027'	133	Grove
10, Sep	Sanghyo-dong, Seogwipo-si	N33°18.045' E126°35.029'	267	Scrub
10, Sep	Sangcheon-ri, Andeok-myeon, Seogwipo-si	N33°18.199' E126°22.506'	352	Volcanic cone
10, Sep	Ora2-dong, Jeju-si	N33°28.753' E126°30.387'	130	Volcanic cone