

생태계교란식물인 돼지풀아재비의 발생특성과 관리

이인용, 김승환, 이용호¹, 송해룡², 김백준³, 우성현³, 조아람³, 홍선희*

국립한경대학교 식물자원조경학부, ¹고려대학교 오정리질리언스연구원, ²국립생태원 생태안전연구소, ³국립생태원 외래생물팀

Occurrence characteristics and management of *Parthenium hysterophorus*, an ecosystem disturbing plant

In Yong Lee, Seung Hwan Kim, Yong Ho Lee¹, Hae Ryong Song², Baek Jun Kim³, Sunghyun Woo³,
Aram Jo³ and Sun Hee Hong*

School of Applied Science in Natural Resources & Environment, Hankyong National University, Anseong 17579,
Republic of Korea

¹OJeong Resilience Institute, Korea University, Seoul 02841, Republic of Korea

²Division of Ecological Threat Management, National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Republic of Korea

³Invasive Alien Species Team, National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Republic of Korea

Contribution to Environmental Biology

- It is possible to prevent further spread of *Parthenium hysterophorus*, an ecosystem-disturbing plant, in Korea by identifying the characteristics of occurrence and efficient management methods.

*Corresponding author

Sun Hee Hong
Tel. 031-670-5087
E-mail. shhong@hknu.ac.kr

Received: 9 January 2023

First Revised: 9 February 2023

Second Revised: 21 February 2023

Revision accepted: 6 March 2023

Abstract: In 2022, the Korean Ministry of Environment designated *Parthenium hysterophorus* as an ecosystem-disturbing plant. The purpose of this study was to present a management plan for *P. hysterophorus* considering its distribution, morphological, physiological, and ecological characteristics, and to introduce various control techniques. *P. hysterophorus* is native to Central America and occurs in about 45 countries worldwide. However, in Korea, it only grows in some areas of Tongyeong and Changwon, Gyeong-sangnam Province. *P. hysterophorus* is an annual plant and spreads by seeds, moves between countries in the process of importing and/or exporting agricultural seeds, and spreads by agricultural machinery and vehicles after introduction. *P. hysterophorus* releases parthenin, an allelochemical that suppresses the occurrence of the surrounding vegetation, from its stems and roots. In addition, *P. hysterophorus* causes damage to humans and livestock through various allergens. *P. hysterophorus* can be controlled by physical methods, such as cutting its stems or pulling roots, and by treatment with non-selective herbicides, such as glyphosate. Many biological control research studies have been conducted and, unfortunately, there is no a practical solution so far.

Keywords: allelopathy, ecosystem disturbance plant, *Parthenium hysterophorus*, parthenin

1. 서 론

최근 해외 교류가 활발해지고 물류 교류가 증가함에 따라 외래식물이 늘어나고 있다. 2010년까지 40과 175속 302종 15변종 4품종 총 321분류군이었는데 (Lee *et al.* 2011a), 2020년에는 96과 353속 6아종 11변종 1품종 6잡종의 총 619분류군 (Kang *et al.* 2020)으로 증가하였다. Kim *et al.* (2018)에 의하면, 우리나라의 농경지에서 발생하는 외래잡초는 2005년에는 19과 100종이었으나, 2015년에는 28과 166종으로 늘어났다. 한편, 농경지에 침입하는 외래식물에 의한 피해는 전 세계적으로 나타나며, 미국에서만 연간 손실은 270억 달러 이상으로 추산된다 (Pimentel *et al.* 2005). 침입 외래식물의 피해는 농작물 수확량 손실에 국한되지 않고 생물다양성에 대한 위협 (Moon *et al.* 2008; Oh *et al.* 2008; Kang 2014; Lee *et al.* 2021a)과 사람과 가축에 대한 알레르기 발병 (Lee *et al.* 2021b) 등 다양한 부정적인 영향을 유발한다.

이런 측면에서 환경부에서는 주로 외래생물 중 생태계의 균형을 교란하거나 교란할 우려가 큰 것으로 판단되어 개체수 조절 및 관리가 필요한 생물을 『생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률』에 의거해 생태계교란야생생물로 지정하여 관리하고 있다 (Kim *et al.* 2020). 이 중 생태계교란 식물로는 돼지풀 (*Ambrosia artemisiifolia*), 단풍잎돼지풀 (*A. trifida*)이 처음 지정된 이후 지속적으로 추가되어 2022년 현재 17종으로 늘어나 관리되고 있다 (KLIC 2021; ME

2022). 2022년에 추가 지정된 돼지풀아재비 (*Parthenium hysterophorus*)는 위해성 등급이 1급이고, 경상남도 통영, 마산 등 일부 지역에서만 분포할 뿐 전국적으로 확산되지 않은 침입 외래식물이다. 그러나 돼지풀아재비는 세계 자연보전연맹 (International Union for Conservation of Nature, IUCN)에서 지정한 전 세계 100대 악성 침입 외래식물에 포함되어 있고 아시아, 아프리카 등 45개국에서 주요 문제잡초로 보고되고 있다 (CABI 2022). 이런 이유로 환경부에서는 돼지풀아재비가 전국적으로 확산될 경우에는 국내 고유 식생의 성장을 방해하는 타감작용을 일으키고 인체에 알레르기 등도 유발할 수 있는 등 심각한 피해가 우려되어 사전에 발생지에서 차단시킬 목적으로 지정하였다 (ME 2022).

돼지풀아재비는 국화과에 속하는 한해살이풀로 황무지나 밭둑에서 자라며, 잎의 모양이 ‘돼지풀’과 비슷하여 ‘돼지풀아재비’로 명명하였다 (Park 1996). 우리나라에서는 경상남도 일부 지역에서 분포하고 확산 중인 돼지풀아재비의 형태·생리·생태적 특성, 피해양상 및 제거법 등을 제시하여 더 확산이 진행되기 전에 효율적으로 관리할 수 있는 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 돼지풀아재비의 분포와 확산

돼지풀아재비는 중앙아메리카, 멕시코 북동부가 원산지

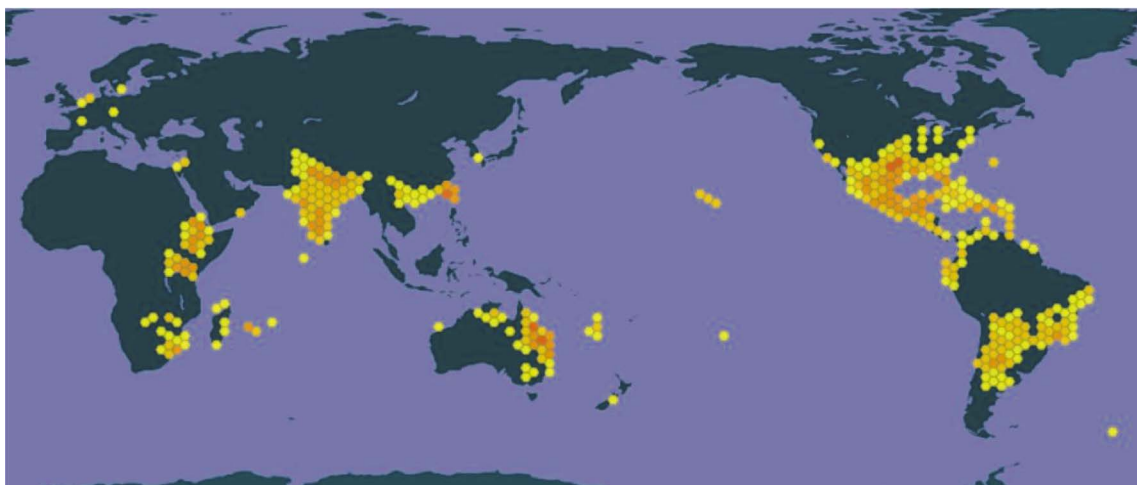


Fig. 1. Distribution of *Parthenium hysterophorus* in the world. Dots indicate the density of occurrence (yellows are low, reds are high). Sources: GBIF 2022.

이다(CABI 2022). 1950년대에 호주와 인도에 우연히 도입된 이후, 곡물이나 목초지 종자를 오염시키는 잡초로 자리를 잡고 있다. 현재는 아시아, 아프리카, 북미, 중앙아메리카, 카리브해, 남미, 유럽 및 오세아니아 등 전 세계 45국에서 분포하고 있다(Fig. 1, EPPO 2018; USDA-ARS 2015; Matzrafi *et al.* 2021; CABI 2022). 우리나라에서는 경상남도 통영에서 최초로 발견된(ME 2022) 후, 경남지역의 고성, 창원에서 확인되고 있다(Fig. 2, Kim and Park 2009; Park 2009). 한편 Lee *et al.* (2011b)은 돼지풀아재비가 남쪽지방에서 귀화도 2로 발생하는 것으로 보고하여 이전에 밝혀진 분포지(Park 1996; Kim and Park 2009)보다 더 많은 지역으로 확산되고 있어 시급하게 적절한 관리방안이 도입되어야 한다. 2021년 현재 돼지풀아재비는 경남 고

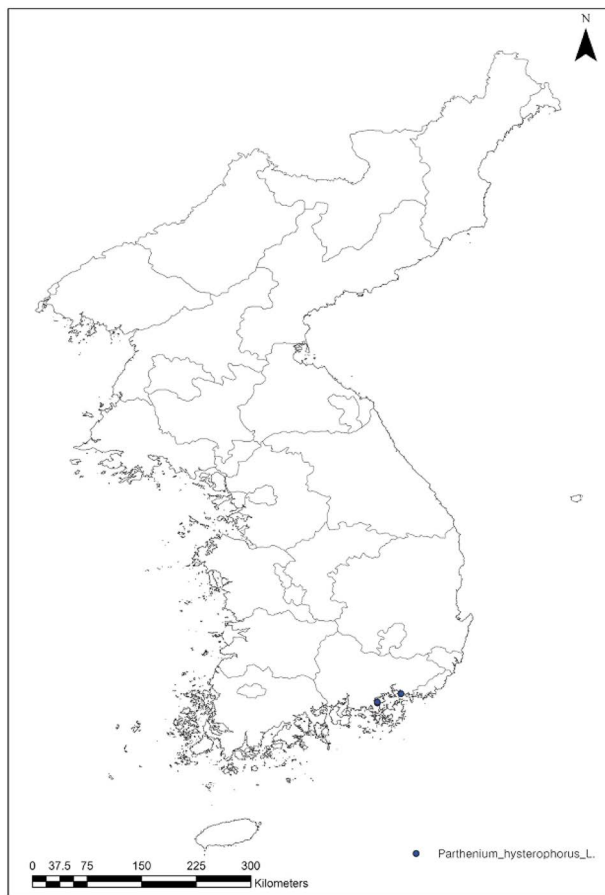


Fig. 2. Distribution map of *Parthenium hysterophorus* in Korea (black spots). Sources: Nationwide Survey of Non-native Species in Korea (NIE 2017); Study of Weed Distribution in Cropland (RDA, 2015); Invasive Plants distribution DB (HNU 2017).

성, 통영, 창원 등지에서 분포하는 것으로 밝혀지고 있다(Naturing 2022).

돼지풀아재비는 한해살이풀인 관계로 다른 지역에는 종자로 확산된다. 특히 돼지풀아재비 종자는 흐르는 물을 통해 전파되거나 바람에 날릴 수 있어 확산을 방지하기가 어렵다. 또한 일단 도입되면 차량 및 농기계에 의해 전파될 수 있으며, 발생 지역에서 비발생 지역으로는 화물, 모래, 토양 및 퇴비에 부착(포함)되어 이동할 수 있다(CABI 2022). 또한 CABI (2022)에 의하면, 인도에서는 미국에서 수입된 곡물과 함께 1810년경에 도입된 것으로 추정하고 있다. 추가적으로 인도를 중심으로 주변국가(파키스탄, 네팔, 방글라데시)에는 도로를 통해 많은 차량들이 이들 국가를 빈번히 드나들면서 확산되었을 것으로 추정하고 있다.

호주에서는 두 가지 유형의 돼지풀아재비가 미국의 북부 및 남부지역으로부터 각각 독립적으로 유입된 것으로 보고되었다(CABI 2022). 아프리카에서는 해외 구호를 위해 기부된 밀 종자를 통해 도입되었거나, 1976~1977년 에티오피아-소말리아 전쟁 중에 도입되었다는 두 가지 추측이 있다(CABI 2022). 바람, 물 및 기타 수단을 통해 먼 거리를 이동할 수 있는 돼지풀아재비 종자의 확산력으로 다시 에티오피아에서 케냐, 모잠비크, 남아프리카 등으로 퍼져 커피 농장의 주요 잡초로 자리를 잡고 있다(Fessehaie *et al.* 2005). 이상과 같이 돼지풀아재비 종자는 자동차, 농업용 기계 및 동물에 의해 쉽게 확산되면서 목초지 종자와 사료를 오염시킬 수 있고, 강과 홍수에 의해서도 운반될 수 있다. 또한 국가 간 국제적인 확산은 주로 교류를 통해 일어난다(Adkins and Shabbir 2014).

CLIMEX 모델링을 사용한 돼지풀아재비의 확산 예측 연구는 호주와 파키스탄 남부까지 분포 범위가 확장할 것으로 예측하였다(Shabbir 2012). 기후변화는 강우 양상을 변화시키고 기온 상승과 대기 중 이산화탄소 농도 증가를 높일 수 있으며, 이는 모두 돼지풀아재비의 분포범위 확장을 촉진시킬 수 있다고 하였다(Bajwa *et al.* 2016). 기후변화로 아프리카 북부, 중국 북부, 동유럽과 북유럽 대부분 지역, 지중해도 침입 위협을 받고 있다. 특히 남부 및 동부 아프리카지역은 더 큰 부정적인 영향을 받을 가능성이 있다(McConnachie *et al.* 2010). 그러나 현재 돼지풀아재비는 유럽에 거의 확산되지 않고 있어 온대 지역에 정착할 가능성은 낮다고 보고되었다(CABI 2022).

우리나라도 수입 농산물과 화물 운송 등에 의해 비의도

적으로 수입된 후 도로를 따라 번지거나 운송 수단에 의해 확산되었을 것으로 추정하고 있다(ME 2022). 그러나 돼지풀아재비는 우리나라 기후조건에 적합하지 않아 다른 지역보다 종자생산량이 적어 경상남도 일부 지역에서만 분포하고 있다. 하지만 급격한 기후변화에 의하여 더욱 확산될 가능성이 있으므로 다양한 관리방법으로 조기에 근절할 수 있도록 관련 기관들의 협력이 필요하다.

3. 형태적 특성

돼지풀아재비의 줄기는 곧게 자라면서 뿌리가 깊게 뻗어 생육하며(Kim and Park 2009; CABI 2022), 윗부분에서 가지를 치고 털이 있다. 일반적인 조건에서는 높이 30~90 cm 이나(Kim and Park 2009; Park 2009), 환경이 좋은 상황에서는 1.5 m 또는 2.5 m까지 자란다(CABI 2022). 잎은 어긋나기(호생, growing in alternation)하며, 윤곽이 달걀모양(난형, egg-shaped) 또는 타원형으로 2회 깃모양겹잎(우상복엽, pinnate compound leaf)으로 길이 8~20 cm, 폭 4~5 cm, 위쪽의 것은 점차 작아진다(Kim and Park 2009). 9~11월에 꽃이 피며, 조밀한 고른우산꽃차례(산방화서, corymb)를 이룬다. 머리모양꽃차례(두화, compound flower)는 백색이며, 지름 3~6 mm, 총포(involute)는 찢잔꼴이며, 총포조각(총포편, involucre scale)은 마름모꼴(능형, rhomb)이다(Kim and Park 2009; CABI 2022). 머리모양꽃차례(두화)의 중앙에 40개 내외의 통꽃(관상화, tubular flower)은 수꽃이며, 가장자리에 5개의 혀꽃(설상화, ligulate flower)은 암꽃이다. 열매인 수과(achene)는 거꿀달걀꼴(도란형, obovoid form)로 길이 1~1.5 mm로 납작하며 위쪽에 스폰 모양의 부속체가 2개 있고 흑색이다(Kim and Park 2009; Park 2009; IKAS 2023).

4. 생리·생태적 특성

돼지풀아재비는 밭, 밭 주변, 길가, 초지, 빈터 등에서 생육하는 한해살이풀로 드물게 습지에서 자란다(Rashmi *et al.* 1999). 이들은 봄에 발생하여 여름에 꽃이 피고 가을에 종자를 맺고 사멸한다(Kim and Park 2009). 발생고도를 보면, 해수면에서 4,286 m까지의 고온 건조 및 반건조,

습윤한 생육지에서 자란다(CABI 2022). 종자 생산량은 개체당 7,000립이다(Kim and Park 2009). 그러나 이 잡초는 발아한 지 1개월이면 개화를 시작하여 6~8개월간 지속하여 식물개체당 20,000개 이상에서 ha당 3억 4천 개의 생존이 가능한 종자를 생산한다(Adkins and Shabbir 2014)는 상반된 보고도 있다. 호주에서 토양 속에 존재하는 돼지풀아재비의 종자량을 확인한 결과, 낮은 지피식물의 흑색점토(black clay)에서는 m²당 3,200~5,100개, 하천에 인접한 사양토(sandy soil)에서는 20,500~44,700개가 있었다(Adkins and Shabbir 2014). 또한 돼지풀아재비의 단일 개체에서 2,400~30,000개의 종자를 생산하며, 다양한 환경에 내성이 강한 것으로 알려져 있다(ME 2022).

돼지풀아재비의 종자는 21/16°C(주/야) 변온의 암조건에서 잘 발아하며(Kim and Park 2009), Matzrafi *et al.* (2021)은 15~25°C 범위가 최적 온도라고 하였다. 또한 종자는 pH 5.5~7.1의 범위에서 100% 발아율을 나타낸다. 휴면성은 얇으나 갓 채취한 종자는 습윤한 토양에서 20%의 발아율을 보이며, 흙 속에 묻힌 지 2년 된 돼지풀아재비 종자는 66.2%에서 11.5%로 발아율이 떨어진다(Kim and Park 2009). Matzrafi *et al.* (2021)은 토양 0~3 cm 깊이에서만 출아한다고 하였다. 열매는 계속되는 명조건 또는 암조건에서 잘 발아한다. 그러나 최대의 발아율은 10 시간의 일장조건에서 나타난다(Pandey and Dubey 1988; Buhler and Hoffman 1999). 돼지풀아재비는 발아 28~42일 후에는 토양수분과 기온조건에 따라 1년 내내 개화한다(Adkins and Shabbir 2014).

돼지풀아재비의 원산지에서는 남미종(South American race)과 북미종(North American race)으로 구별되는 두 가지 종이 있다. 북미종은 현재까지 가장 공통적인 종으로 호주와 세계의 여러 나라로 확산되었으며, 남미종은 개체간의 변이가 크고 북미종과의 형태학적 차이는 노란 꽃을 갖는 것이다. 또 다른 명확한 차이로 타감물질(sesquiterpene lactones)에서 남미종에는 hymenin이 주로 함유되어 있고, 북미종에는 parthenin 함량이 높다(Adkins and Shabbir 2014).

돼지풀아재비의 줄기, 잎, 꽃 및 뿌리에는 parthenin, caffeic acid, fumaric acid 등과 같은 sesquiterpene lactones에 속하는 화합물을 함유하고 있어 타감작용을 일으킨다(Kim and Park 2009; Adkins and Shabbir 2014). 이들 화합물은 기존 식물을 포함하여 광범위한 식물종의 발아와

생장을 선택적으로 저해하여 광합성 및 호흡능력에 영향을 줌으로써 생태계를 교란시킨다(Kim 2005).

5. 피해상황

5.1. 농경지 발생상황과 수량 감소

우리나라에서는 돼지풀아재비에 의해 농작물의 생육저해 및 수확량 감소 등의 직접적인 피해를 받았다는 보고는 없지만, 호주, 인도, 아프리카 등지에서는 다양한 작물의 수확량을 줄이고 목초와 경쟁하는 것으로 알려져 있다. 즉, 호주 Queensland에서 돼지풀아재비는 목초를 황폐화시켜 방목동물의 섭식 능력을 감소시키는 것으로 알려져 있다(Haseler 1976; Chippendale and Panetta 1994). 에티오피아에서도 목초지에 심각한 피해가 있는 것으로 보고되었다(Tamado 2001; Taye 2002). 인도에서는 수확량 손실이 여러 작물에서 최대 40%까지 보고되었고 목초 생산량은 90% 감소되었다(Gnanavel and Natarajan 2013). 특히, 땅콩(*Arachis hypogaea*), 감자(*Solanum tuberosum*), 참깨(*Sesamum indicum*) 등의 발작물과 포도(*Vitis vinifera*), 코코넛(*Cocos nucifera*), 망고(*Mangifera indica*), 파파야(*Carica papaya*) 등 다양한 과수에도 문제가 되고 있다(Tripathi et al. 1991; Mahadevappa 1997; Gnanavel and Natarajan 2013).

또한 호주에서는 사탕수수(*Saccharum officinarum*)와 해바라기(*Helianthus annuus*) 농장에 침입하였고(Parsons and Cuthbertson 1992; Navie et al. 1996), 케냐에서는 커피농장에서 피해를 주고 있다(Njoroge 1989). 에티오피아에서는 발작물[옥수수(*Zea mays*), 기장(*Panicum miliaceum*), 강낭콩(*Phaseolus vulgaris* var. *humilis*) 등], 채소류[감자(*Solanum tuberosum*), 토마토(*Solanum lycopersicum*), 양파(*Allium cepa*)] 및 과수원[망고, 파파야 및 바나나(*Musa × paradisiaca*)]에서 피해를 주고 있다(Taye 2002). 파키스탄에서는 밀(*Triticum aestivum*), 벼(*Oryza sativa*), 사탕수수, 수수, 옥수수 등을 포함한 많은 작물에서 피해를 받고 있다(CABI 2022). 멕시코에서는 발작물[목화, 쌀, 사탕수수, 콩(*Glycine max*), 해바라기, 옥수수, 고추(*Capsicum annuum*) 등], 과수원[감귤류, 망고, 바나나, 포도 등], 화훼류[금잔화(*Calendula arvensis*) 등]에서 피해를 입히는 잡초이다(CABI 2022).

이와 같이 돼지풀아재비는 전 세계 여러 나라의 벼, 밀, 옥수수, 테프(*tef*, *Eragrostis tef*) 및 수수 등과 같은 곡류 생산지에 침입하여 피해를 주고 있다. 특히 인도에서는 40%, 에티오피아에서는 28% 이상으로 작물의 수량을 감소시키고 있다. 벼와 밀 종자에 돼지풀아재비 종자의 오염은 이들 작물의 수출을 위협하고 있다(Adkins and Shabbir 2014). 돼지풀아재비는 목장과 방목지에서 심각하게 피해를 주는 잡초로 호주에는 40% 이상, 인도에서는 90% 이상 목초 생산량을 감소시키고 있고, 특히 호주에서만 매년 \$AU100 백만 달러 피해를 주는 것으로 보고되고 있다(Adkins and Shabbir 2014; CABI 2022).

5.2. 알레르기 또는 알레르겐 및 매개체에 의한 피해

돼지풀아재비는 접촉에 의해 알레르기를 일으킨다(Kim and Park 2009). 특히 사람에게 영향을 미치는 알레르기는 직접적인 접촉이나 공기 매개입자를 통한 두 가지 경로로 전파가 이루어진다. 알레르기로 인한 증상으로는 피부염, 건초열, 천식 및 기관지염 등이 있으며, 항히스타민제로 그 증상이 경감될 수는 있으나 사람에게 따라 항상 효과가 있는 것은 아니다(Adkins and Shabbir 2014). 이 풀은 섭취하는 양에 따라 가축이 30일 이내에 죽기도 한다. 또한 되새김질하는 소(*cattle*, *Bos taurus*), 물소(*buffalo*, *Bubalus bubalis*), 양(*sheep*, *Ovis aries*)의 우유에서 쓴맛을 내기도 하며, 소와 양의 고기에서 불쾌한 냄새를 유발시킨다(Adkins and Shabbir 2014). 그러나 우리나라에서는 돼지풀아재비에 의한 직접적으로 알레르기 피해를 받은 사례는 보고되지 않았다. 따라서 돼지풀아재비가 우리나라에 정착하여 여러 피해가 발생하기 전에 효율적으로 관리하여 박멸하는 것이 중요하다. 한편 Milugo et al. (2021)에 의하면, 돼지풀아재비는 동부 아프리카지역(케냐, 우간다 등)의 모기(*Culicidae*)가 생존할 수 있는 먹이와 피난처를 제공하여 말라리아가 확산되는 것을 조장한다고 하였다.

6. 이 용

다른 많은 잡초와 마찬가지로 돼지풀아재비도 유익한 면이 있다. CABI (2022) 자료에 의하면, 돼지풀아재비로 만든 퇴비는 논잡초 발생을 감소시킨다고 하였다. 이것은 식물체에 포함된 타감물질의 역할이나 토양 중 N, P, K 함

량 증가 등이 일어나기 때문이다. 돼지풀아재비에 존재하는 타감물질은 살충제, 제초제, 살균제 및 살선충제 역할을 한다고 하였다(CABI 2022). 그리고 돼지풀아재비의 추출물은 세균성반점병원균(*Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*)의 성장을 유의하게 억제하고, 돼지풀아재비의 뿌리를 달인 물은 다양한 장 및 피부 질환에 효과가 좋은 약초로 사용된다(CABI 2022). 또한 돼지풀아재비는 납과 니켈로 오염된 토양과 상수원을 정화하는 데 사용될 수 있다는 보고(CABI 2022)도 있다.

7. 다양한 관리방법

7.1. 예방적 관리

돼지풀아재비의 종자는 흐르는 물이나 바람에 날려 전파될 수 있으므로 다른 지역으로 확산을 막는 것은 어렵다. 따라서 돼지풀아재비가 종자를 생산하지 못하도록 개화 또는 종자가 성숙되기 전에 식물체를 뽑거나 절단하여 개체를 죽이는 것이 무엇보다 중요하다. 땅으로 떨어진 종자는 수년간 생존하면서 계속 발아하므로 지속적으로 제거해야 한다.

또한 돼지풀아재비는 물류이동을 통해 종자가 확산된다. 즉 돼지풀아재비에 점유된 들판에 방목하는 가축의 배설물, 부산물 등에 의해 비점유 지역으로 확산될 수 있는 잠재적 위험이 존재하므로 검역을 통해 통제하여야 한다.

7.2. 제도적 관리

새로운 침입 외래식물(생태계교란식물 포함)이 주변에서 발견되면 관계 당국에 보고하는 것이 중요하다. 호주의 경우 새로운 침입 외래식물의 확산 방지를 막기 위해 자연 생태계에서 발견 시 당국에 보고하는 제도가 운영되고 있다. 특히 호주 Queensland주에서는 돼지풀아재비를 2급 유해잡초로 공표하여 토지소유주에게 직접 방제하고 관계 당국에 보고하도록 하고 있다. 또한 New South Wales주에서는 돼지풀아재비를 유해잡초로 분류하여 이들 잡초 군락이 발견되면 3일 이내 지방 관계당국에 보고·관리하여 확산을 막고 있다(Adkins and Shabbir 2014). 우리나라의 경우 『생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률』 제22조2에 의하면 유입주의 생물의 경우 자연 생태계에서 발견되면 지방환경청이나 관계기관에 신고 또는 요청을 통해 위

해성 평가를 받을 수 있고, 방제 등 필요한 조치를 요청할 수 있다(KLIC 2023). 그러나 새로 발견한 생물에 대해서는 직접적인 신고나 보고 의무는 없어 제도적 실효성은 떨어진다. 한편 다른 정부기관인 농촌진흥청에서는 학계에서 보고된 미기록 식물에 대해서는 사후에 위험도 평가를 실시하기도 한다(Lee et al. 2011b).

7.3. 경종적 관리

돼지풀아재비가 전 세계의 다양한 농경지에서 발생하여 수확량 감소 등의 피해를 주고 있지만, 확실하게 경종적으로 관리할 수 있는 방법보다는 제한적으로 발생을 억제시키는 연구만 진행되고 있다. 즉 인도에서는 one-leaf senna (*Cassia uniflora*)를 재배하면 이 식물의 유묘는 돼지풀아재비 새싹의 생장을 억제하여 생육과 건물중 및 개화를 감소시켰다(CABI 2022). 호주에서는 콩과식물이 돼지풀아재비의 생장을 억제하였다(Adkins and Shabbir 2014). 그러나 돼지풀아재비는 도로변, 제방 등 비농경지에도 많이 발생하여 경종적으로 관리할 수 있는 방법이 제한적이다.

7.4. 물리적 관리

돼지풀아재비의 줄기를 절단 또는 일부를 제거하여 확산을 억제하는 과정에서 식물체와 접촉하여 작업자의 접촉성 피부염과 천식 등 건강에 악영향을 미칠 수 있다(Adkins and Shabbir 2014). 한편 돼지풀아재비의 뿌리가 남아 있으면 쉽게 재생할 수 있다. 따라서 돼지풀아재비의 생리특성과 작업자의 건강을 고려하여 재생하지 못하도록 지면과 가깝게 완전히 제거할 수 있는 예초기를 이용하는 것이 효과적이다.

7.5. 화학적 관리

우리나라에서 돼지풀아재비는 극히 일부 지역에 분포하고 있기 때문에 아직 이를 대상으로 제초제를 이용한 화학적 방제연구는 전무하다. 따라서 다른 나라에서 진행된 연구 결과를 확인해 정리하였다.

호주 Queensland에서는 glyphosate와 atrazine, dicamba, 2,4-D, picloram을 각각 섞어서 고농도로 살포하는 방법을 적용하고 있다(Haseler 1976). 황무지나 도로변 등에는 glyphosate 등의 비선택성 제초제, 목초지에서는 met-sulfuron 등의 선택성 제초제를 사용하여 관리할 수 있다

(Adkins and Shabbir 2014). 그러나 paraquat는 어린 돼지풀아재비에는 효과가 있으나 glyphosate는 효과적이지 않다는 상반된 결과도 있다(Kaur *et al.* 2014). 한편 imazapyr, oxadiazon, oxyfluorfen, pendimethalin, thiobencarb와 같은 제초제는 돼지풀아재비에 대해 매우 효과적인 것으로 알려져 있다(Parsons and Cuthbertson 1992). 특히 인도에서 imazethapyr를 녹두(*Phaseolus radiatus*) 밭에서 발생 전 처리(pre-emergence treatment, 토양처리)하면 돼지풀아재비를 효과적으로 방제하는 것으로 보고된 바 있다(Tewari *et al.* 2004). 반면에 bromoxynil + MCPA는 발생 후 처리(post-emergence treatment, 경엽처리)에서 기준량의 1/4 처리에서도 효과적으로 방제되었다(Javaid 2007). 돼지풀아재비 로제트 단계에서 적용된 방제효과를 보면, norflurazon과 clomazone이 각각 100%로 가장 높았고, 그 다음으로 fluometuron (96%), metribuzin (90%), diuron (87%), flumioxazin (84%), chlorimuron (77%) 순이었다(Reddy *et al.* 2007).

7.6. 생물학적 관리

돼지풀아재비는 전 세계적으로 오랜 기간 문제를 일으킨 악성 침입 외래종이며, 많은 나라에서 우점단계에 이르러 물리적, 화학적 방제 기술의 적용이 어려운 상황에서 이를 해결할 타결책으로 생물학적 방제 관련 연구가 활발히 진행되어 왔다. 1977년에서 1991년 사이에 북미 토착종 중 이 풀을 가해하는 절지동물 250종 이상을 탐색하였고, 일부 종에 대해 섭식 특이성이 평가되었다(Cock and Seier 1999; Seier and Djeddour 2000; CABI 2022). 또한 호주에서는 잠엽성 곤충(leaf miner), 줄기 천공충(stem borer), 줄기 충영충(stem galler) 및 종자 가해충(seed feeder)을 포함하는 9종의 특이적 곤충(specialists)들이 돼지풀아재비의 생물학적 방제제로 사용되었다(Navie *et al.* 1996; Evans 1997; Dhileepan *et al.* 2019). 열대 지방에서는 돼지풀아재비에 발병하는 병원체도 조사한 후 생물방제제로 사용 가능성이 평가되었다(Evans 1987b, 1997). 인도(Kumar 1998) 및 에티오피아(Taye 2002)에서 돼지풀아재비와 관련된 절지동물 및 병원체에 대한 수많은 조사 및 연구도 수행된 바 있다.

돼지풀아재비의 생물학적 방제에 가장 많이 사용되는 곤충으로는 잎을 먹는 딱정벌레(*Zygotogramma bicolorata*)와 줄기를 갉아먹는 나방(*Epiblema strenuana*)이 있고, 녹

병균(*Puccinia abrupta* var. *partheniicola*) 역시 생물 제초제로 널리 사용되고 있다(Evans 1987a).

8. 종합고찰

돼지풀아재비 다발생지에서는 농작물의 수확량 감소, 타감물질에 의한 인간과 가축 등에 피해를 주고 있다. 현재까지 우리나라에서 그 발생이 적어 피해와 관련 보고는 전무하다. 특히 돼지풀아재비의 원산지는 열대 중앙아메리카인 관계로 원산지에서 주당 종자 생산량이 20,000개 이상인 반면에 우리나라에서는 1/10 정도로 적기 때문에 초기에 확산을 억제시킬 수 있는 방안이 제시된다면 완전한 박멸도 가능하다. 다만, 기후변화 등으로 우리나라 평균온도가 2~3°C 높아진다면 상황은 반전될 수 있다. 국내에서 밝혀진 돼지풀아재비의 분포지역은 제한적이지만 생태계교란식물에 속해 우선적으로 제거하거나 관계 당국에 보고하는 제도적인 관리가 선행되어야 할 것이다. 돼지풀아재비는 주로 도로변에 발생하는 관계로 경종적인 관리는 어려우며, 종자로 확산이 이루어지기 때문에 도로변에 발생하는 개체라도 어릴 때 발취, 예초하거나 비선택성 제초제의 살포로 종자 결실을 방지하는 것이 확산억제를 위한 최선의 대책이 될 수 있다.

적 요

환경부에서 생태계교란식물로 추가 지정된 돼지풀아재비의 분포, 형태·생리·생태적 특성 그리고 다양한 제거방법 등을 정리하여 효율적인 관리방안을 제시하고자 한다. 중앙아메리카가 원산지인 돼지풀아재비는 전 세계적으로 45개국에서 발생하고 있지만, 우리나라에서는 경상남도 통영 및 창원 지역의 일부지역에서만 생육하고 있다. 이 식물은 한해살이풀로 종자로 확산되며, 수입 농산물에 포함되거나 차량이나 농업용 기계에 부착되어 인근으로 그 영역을 넓히고 있다. 돼지풀아재비의 줄기와 뿌리에서 타감물질인 파르테닌 등이 분비되어 주변 식생의 발생을 억제한다. 또한 다양한 알레르겐을 함유하고 있어 인간과 가축에 피해를 주는 식물이다. 돼지풀아재비와 같은 유해식물이 발생되면 관계기관에 신고하는 제도적인 관리방안이 마련되어야 한다. 돼지풀아재비의 줄기를 절단하거나 제거하는 등

의 물리적 방법 그리고 glyphosate와 같은 비선택성 제초제 처리로 방제할 수 있다. 생물학적 방제연구는 많이 수행되었으나, 우리나라의 법률과 제도의 미비로 국내에 적용 가능한 것은 제한적이다.

CRedit authorship contribution statement

IY Lee: Data curation, Writing-Original draft preparation. SH Kim: Data curation. YH Lee: Data curation, Reviewing. HR Song: Data curation. BJ Kim: Data curation, Reviewing. S Woo: Data curation. A Jo: Data curation, Reviewing. SH Hong: Writing-Reviewing and Editing.

Declaration of Competing Interest

The authors declare no conflicts of interest.

사 사

본 연구는 환경부 연구프로젝트(프로젝트 번호: 2021002270004) 예산 지원으로 수행하였습니다.

REFERENCES

- Adkins S and A Shabbir. 2014. Biology, ecology and management of invasive parthenium weed (*Parthenium hysterophorus* L.). *Pest Manag. Sci.* 70:1023-1029. <https://doi.org/10.1002/ps.3708>
- Bajwa AA, BS Chauhan, M Farooq, A Shabbir and SW Adkins. 2016. What do we really know about alien plant invasion? A review of the invasion mechanism of one of the world's worst weeds. *Planta* 244:39-57. <https://doi.org/10.1007/s00425-016-2510-x>
- Buhler DD and ML Hoffman. 1999. Andersen's Guide to Practical Methods of Propagating Weeds & Other Plants. Weed Science Society of America. Lawrence, KS. pp. 90-91.
- CABI. 2022. Digital Library. CABI compendium - *Parthenium hysterophorus* (parthenium weed). Centre for Agriculture and Bioscience International. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompndium.45573> (accessed on November 1, 2022).
- Chippendale JF and FD Panetta. 1994. The cost of parthenium weed to the Queensland cattle industry. *Plant Prot. Q.* 9:73-76.
- Cock MJW and MK Seier. 1999. Biological control of weeds in particular reference to *Parthenium hysterophorus* L. in Ethiopia. pp. 14-26. In: Proceedings of the 5th Annual Conference of Ethiopian Weed Science Society (Arem 5). Addis Abada, Ethiopia.
- Dhileepan K, R McFadyen, L Strathie and K Naeem. 2019. Biological control. pp. 131-156. In: *Parthenium Weed: Biology, Ecology and Management* (Adkins S, A Shabbir and K Dhileepan, eds.). CAB International. Wallingford, UK. <http://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20183346789> (accessed on December 19, 2022).
- EPPO. 2018. PQR database (available online). European and Mediterranean Plant Protection Organization. <http://www.eppo.int/DATABASES/pqr/pqr.htm> (accessed on October 16, 2022).
- Evans HC. 1987a. Fungal pathogens of some subtropical and tropical weeds and the possibilities for biological control. *Biocontrol News and Information* 8:7-30.
- Evans HC. 1987b. Life-cycle of *Puccinia abrupta* var. *partheniicola*, a potential biological control agent of *Parthenium hysterophorus*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 88:105-111.
- Evans HC. 1997. *Parthenium hysterophorus*: a review of its weed status and the possibilities for biological control. *Biocontrol News and Information* 18:89-98.
- Fessehaie R, M Chichayibebu and M Hailegeorgis. 2005. Spread and ecological consequences of *Parthenium hysterophorus* in Ethiopia. *Arem* 6:11-21.
- GBIF. 2022. *Parthenium hysterophorus* L. Global Biodiversity Information Facility. <https://www.gbif.org/species/3086784> (accessed on November 1, 2022).
- Gnanavel I and SK Natarajan. 2013. *Parthenium hysterophorus* L.: A major threat to natural and agro eco-systems in India. *Int. J. Agric. Environ. Biotechnol.* 6:261-269.
- Haseler WH. 1976. *Parthenium hysterophorus* L. in Australia. *PANS* 22:515-517. <https://doi.org/10.1080/09670877609414342>
- HNU. 2017. Invasive Plants Distribution DB in Korea. Hankyong National University. Anseong, Korea.
- IKAS. 2023. *Parthenium hysterophorus* L. Information of Korean Alien Species. National Institute of Ecology. Seocheon, Korea. <https://kias.nie.re.kr/home/for/for02002v.do?clsSno=10265&searchClsGbn=for> (accessed on March 6, 2022).
- Javaid A. 2007. Efficacy of some common herbicides against *Parthenium* weed. *Pak. J. Weed Sci. Res.* 13:93-98.
- Kang BH. 2014. Development of environmentally-friendly control of burcucumber. p. 261. In: Final Report of Technologies for the Ecosystem Restoration & Management. Ministry of Environment. Sejong, Korea.
- Kang ES, SR Lee, SH Oh, DK Kim, SY Jung and DC Son. 2020. Comprehensive review about alien plants in Korea. *Korean J. Pl. Taxon.* 50:89-119. <https://doi.org/10.11110/kjpt.2020>

- 50.2.89
- Kaur M, NK Aggarwal, V Kumar and R Dhiman. 2014. Effects and management of *Parthenium hysterophorus*: A weed of global significance. *Int. Sch. Res. Notices* 2014:368647. <https://doi.org/10.1155/2014/368647>
- Kim CS, JW Kim, YJ Oh, SH Hong, SJ Heo, CY Lee, KW Park, SH Cho, OD Kwon, IB Im, SK Kim, SG Seong, YJ Chung, J Lee and IY Lee. 2018. Exotic weeds flora in crop fields in Republic of Korea. *Weed Turf. Sci.* 7:1–14. <https://doi.org/10.5660/WTS.2018.7.1.1>
- Kim DS and SH Park. 2009. Weeds of Korea. II. (Sympetaleae). Rijeon Agricultural Resources Publications. Seoul, Korea. pp. 469–471.
- Kim HH, K Mizuno, DB Kim, HS Lee and WS Kong. 2020. Distribution of invasive alien plants on the islands of the Korean Peninsula based on flora data. *Korean J. Environ. Biol.* 38:392–403. <https://doi.org/10.11626/KJEB.2020.38.3.392>
- Kim JB. 2005. Pathogen, insect and weed control effects secondary metabolites from plants. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 48:1–15.
- KLIC. 2021. Biodiversity Conservation and Utilization Act. The Korean Law Information Center. <https://www.law.go.kr> (accessed on October 7, 2022).
- KLIC. 2023. Act on the Conservation and Use of Biological Diversity. The Korean Law Information Center. <https://www.law.go.kr> (accessed on January 18, 2023).
- Kumar PS. 1998. Biological suppression of parthenium with pathogens. pp. 192–210. In: *Biological Suppression of Plant Diseases, Phytoparasitic Nematodes and Weeds* (Singh PS and SS Hussani, eds.). Project Directorate of Biological Control. Bangalore, India.
- Lee IY, SH Kim, YH Lee, SH Hong and KW Park. 2021a. Occurrence characteristics and management plans for ecosystem disturbance plant, *Sicyos angulatus*. *Weed Turf. Sci.* 10:353–363. <https://doi.org/10.5660/WTS.2021.10.4.353>
- Lee IY, SH Kim and SH Hong. 2021b. Occurrence characteristics and management of invasive weeds, *Ambrosia artemisiifolia*, *Ambrosia trifida* and *Humulus japonicus*. *Weed Turf. Sci.* 10:227–242. <https://doi.org/10.5660/WTS.2021.10.3.227>
- Lee J, CS Kim and IY Lee. 2011b. *Cyperus esculentus* L. - A new weed in Korea. *Korean J. Weed Sci.* 31:313–318.
- Lee YM, SH Park, SY Jung, SH Oh and JC Yang. 2011a. Study on the current status of naturalized plants in South Korea. *Korean J. Pl. Taxon.* 41:87–101.
- Mahadevappa M. 1997. Ecology, distribution, menace and management of parthenium. pp. 1–12 In: *Proceedings of the First International Conference on Parthenium Management* (Mahadevappa M and VC Patil, eds.). University of Agricultural Sciences. Dharwad, India.
- Matzrafi M, R Hagai, R Baruch, Y Tuvia and E Hanan. 2021. Distribution and biology of the invasive weed *Parthenium hysterophorus* L. in Israel. *Front. Agron.* 3:639991. <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.639991>
- McConnachie AJ, LW Strathie, W Mersie, L Gebrehiwot, K Zewdie, A Abdurehim, B Abrha, T Araya, F Asaregew, F Assefa, R Gebre-Tsadiq, L Nigatu, B Tadesse and T Tana. 2010. Current and potential geographical distribution of the invasive plant *Parthenium hysterophorus* (Asteraceae) in eastern and southern Africa. *Weed Res.* 51:71–84. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2010.00820.x>
- ME. 2022. News Release-Promotion of New Designation of 2 Species of Ecosystem-Disrupting Species and 162 Species of Invasive Species. Ministry of Environment. Sejong, Korea.
- Milugo TK, DP Tchouassi, RA Kavishe, RR Dinglasan and B Torto. 2021. Root exudate chemical cues of an invasive plant modulate oviposition behavior and survivorship of a malaria mosquito vector. *Sci. Rep.* 11:14785. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94043-5>
- Moon BC, SM Oh, IY Lee, CS Kim, JR Cho and SC Kim. 2008. Change of weed species in burcucumber (*Sicyos angulatus* L.) community and domestic distribution aspect. *Kor. J. Weed Sci.* 28:117–125.
- Naturing. 2022. www.naturing.net. NATURING Inc. Seoul (accessed on October 11, 2022).
- Navie SC, RE McFadyen, FD Panetta and SW Adkins. 1996. The biology of Australian weeds. 27. *Parthenium hysterophorus* L. *Plant Prot. Q.* 11:76–88.
- NIE. 2017. Nationwide Survey of Non-Native Species in Korea (III). National Institute of Ecology. Seocheon, Korea.
- Njoroge JM. 1989. Glyphosate (Round-up 36% ai) low rate on annual weeds in Kenya coffee. *Kenya Coffee* 54:713–716.
- Oh YJ, JH Yoo, BC Moon, SI Shon, SM Oh and SC Kim. 2008. Habitat characteristic and community structures of *Humulus japonicus* in Korea's middle region. *Korean J. Environ. Agric.* 27:72–79.
- Pandey HN and SK Dubey. 1988. Achene germination of *Parthenium hysterophorus* L.: effects of light, temperature, proventance and achene size. *Weed Res.* 28:185–190. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1988.tb01605.x>
- Park SH. 1996. Unrecorded naturalized plants in Korea (VIII). *Korean J. Pl. Taxon.* 26:155–162.
- Park SH. 2009. *New Illustrations and Photographs of Naturalized Plants of Korea*. Ilchokak. Seoul, Korea. pp. 420–421.
- Parsons WT and EG Cuthbertson. 1992. *Noxious Weeds of Australia*. Inkata Press. Melbourne, Australia. p. 692.
- Pimentel D, R Zuniga and D Morrison. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecol. Econ.* 52:273–288. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.01.001>

- doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.10.002
- Rashmi S, SP Singh, D Pathak, R Singh and D Pathak. 1999. Vegetation profile of macro and microphytes of Jagatdev reservoir. *Environ. Ecol.* 17:674–678.
- RDA. 2015. Study of Weed Distribution in Cropland in Korea. Rural Development Administration. Wanju, Korea.
- Reddy KN, CT Bryson and IC Burke. 2007. Ragweed parthenium (*Parthenium hysterophorus*) control with pre-emergence and post-emergence herbicides. *WeedTech.* 21:982–986.
- Seier M and D Djeddour. 2000. Biological Control for Management of Invasive Weeds in Africa: With Particular Reference to Weeds of Conservation Areas and Rangeland. CAB International. Wallingford, United Kingdom. p. 158.
- Shabbir A. 2012. Towards the improved management of parthenium weed: Complementing biological control with plant suppression. PhD Thesis. The University of Queensland. St Lucia, Australia.
- Tamado T. 2001. Biology and management of parthenium weed (*Parthenium hysterophorus* L.) in Eastern Ethiopia. PhD Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala/ Umeå, Sweden.
- Taye T. 2002. Investigation of pathogens for biological control of parthenium (*Parthenium hysterophorus* L.) in Ethiopia. PhD Thesis. Humboldt University of Berlin. Berlin, Germany.
- Tewari AN, JPS Rathi, SN Tiwari and AK Tripathi. 2004. Efficacy of imazethapyr - a selective herbicide in green gram with special reference to *Parthenium hysterophorus* control. *Farm Sci. J.* 13:114–115.
- Tripathi B, A Barla and CM Singh. 1991. Carrot weed *Parthenium hysterophorus* (L.) - overview of the problems and strategy for its control in India. *Indian J. Weed Sci.* 23:61–71.
- USDA-ARS. 2015. Germplasm Resources Information Network (GRIN). USDA Agricultural Research Service. <https://doi.org/10.15482/USDA.ADC/1212393> (accessed on March 6, 2023).