

# 침입외래식물 단풍잎돼지풀(*Ambrosia trifida* L.)이 식물종다양성과 준위협종 층층둥굴레(*Polygonatum stenophyllum* Maxim.)의 활력도에 미치는 영향 및 서식지 보전을 위한 관리방안

김의주·김미희·이수인·홍용식·이응필·박재훈\*·이승연·조규태·유영한<sup>†</sup>

공주대학교 생명과학과  
\*한국수자원공사 융합연구소

## Impact of *Ambrosia trifida* L. (invasive plant) on the Plant Diversity and Performance of *Polygonatum stenophyllum* Maxim. (near threatened) and Management Suggestion for the Habitat Conservation.

EuiJoo Kim·MiHee Kim·SooIn Lee·Yong Sik Hong·EungPill Lee·JaeHoon Park\*·SeungYeon Lee·  
KyuTae Cho·YoungHan You<sup>†</sup>

Department of Life Science, Kongju National University, Korea

\*K-water convergence institute, K-water, Korea

(Received : 07 August 2018, Revised: 23 August 2018, Accepted: 23 August 2018)

### 요약

침입외래식물인 단풍잎돼지풀(*Ambrosia trifida* L.)이 자생식물의 종수와 고유종인 층층둥굴레(*Polygonatum stenophyllum* Maxim.)의 활력도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 단풍잎돼지풀의 식피율 구배에 따라서 자생식물 종수, 층층둥굴레의 사망률, 영양생장과 생식생장 등의 변화를 2015년 6월부터 2016년 10월까지 관찰하고 분석하였다. 단풍잎돼지풀의 식피율 처리는 각각 100% 제거, 40~60% 제거, 비제거구(대조구)로 하였다. 그 결과 단풍잎돼지풀의 식피율을 40% 이상 제거 할 때, 출현한 식물 종수와 층층둥굴레의 개체수 그리고 영양과 번식측정 항목의 활력도가 높았다. 이를 통해서 단풍잎돼지풀의 식피율을 40% 이상을 제거하는 것은 연구 지역의 식물종다양성과 준위협종인 층층둥굴레의 개체군 보전에 효과적이라고 판단된다.

핵심용어 : 생식생장, 영양생장, 식피율 제거, 서식처 보전, 사망률

### Abstract

This study was carried out to investigate the on the fitness of *Polygonatum stenophyllum* Maxim. along the coverage of *Ambrosia trifida* L. We were measured the number of species, death rate of *P. stenophyllum*, vegetative and reproductive growth of *P. stenophyllum* and analyzed from June 2015 to October 2016. The coverage gradient of *A. trifida* was divided none removed control (Control, C), 40 ~ 60% removed treatment (Treatment 1, T1) and 100% removed treatment (Treatment 2, T2) of *A. trifida*. As a result, When the more than 40% of removal coverage of *A. trifida*, the number of plant species, the number of *P. stenophyllum* and vegetative and reproductive growth of *P. stenophyllum* were higher than none removed the *A. trifida* during the two years. Therefore, We suggest that the removal of more than 40% coverage of *A. trifida* from the habitats is effective in preserving the plant species diversity and conserving the populations of *P. stenophyllum* in this study area.

Key words : Reproductive growth, Vegetative growth, Coverage removal, Conservation of habitat, Death rate

## 1. 서 론

최근 하천생태계는 댐 건설, 직강화, 하천 정비 공사, 유역의 인위적 교란 등에 의해 외래식물의 침입이 용이한 환

경으로 변화되어왔다(Bang *et al.*, 2015; Joo *et al.*, 1997; Mack and D'Antonio, 1998; White and Pickett, 1985). 이를 통해 완전히 정착된 외래식물은 빠른 생장과 광범위한 생리적 내성으로 자생식물의 생태적지위와 서식처 그리고 개체군의 구조와 수도를 변화시키며(Barbour, 1987; Pimentel, 2001), 생물종다양성의 감소를 가져온다(Ehrenfeld, 2003). 이미 해외에서는 외래식물의 침입을 부정적으로 판단하여,

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.  
Department of Life Science, Kongju National University, Korea  
E-mail: youeco21@kongju.ac.kr

침입식물에 따른 자생식물 개체군 구조 변화, 침입식물의 분포 유형 및 현황, 생육 반응, 방제 방법, 잠재적 분포지역 예측, 그리고 자생식물 간의 경쟁관계를 알아보는 등 다양한 연구가 진행되었다(Connell, 1983; Davis, 2001; Lesica and Shelly, 1996; Schoener, 1983). 우리나라에서도 침입식물에 관한 연구가 진행되었는데(Hwang *et al.*, 2013; Jung *et al.*, 2017; Kim and You, 2010; Kim *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2017; Lee *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2006; Park *et al.*, 2017), 침입식물은 하천의 물길을 변화시키고, 제방 및 둔치에 서식하는 초본과 목본을 피압하여 생육을 저해하는 등 생태적 교란을 야기한다고 보고하였다(Cho and Lee 2015; Lee *et al.*, 2015; Ryu *et al.*, 2017; Sin and Cho, 2001).

우리나라 침입외래식물인 단풍잎돼지풀(*Ambrosia trifida* L.)은 국화과(Compositae)의 일년생식물이며 국내 주요하천을 중심으로 대단위 군락을 형성하고 있다(Lee *et al.*, 2010; Sin, 2004; Park *et al.*, 2017; Ryu *et al.*, 2017). 단풍잎돼지풀은 넓은 잎 면적, 다수의 종자생산, 높은 종자발아율, 그리고 타감 물질 등을 통해 자생식물의 생장을 억제시켜 생태계교란 식물로 지정되었다(Choi *et al.*, 2007; Choi *et al.*, 2010; Kong *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 1999).

우리나라 자생식물인 층층동굴레(*Polygonatum stenophyllum*)는 백합과(Liliaceae)의 다년생 식물이며 경기도, 강원도 일대와 충청북도 단양의 강이나 하천 변 모래땅에 서식한다(Hwang, 2015). 층층동굴레는 땅속줄기(rhizome)를 이용한 무성생식과 종자를 이용한 유성생식을 하고 다른 동굴레 속과 달리, 줄기가 곧추서고 4~6개의 잎이 운생하며 층을 이루는 것이 특징이다. 잎은 잎자루가 없고 주맥이 뚜렷하며 광택이 난다(Author's observation). 꽃은 맨 밑을 기준으로 해서 6~7층부터 엽액에 하나의 꽃자루에 2개씩 달리며, 꽃잎은 5장이고 연녹색을 띤다(Author's observation). 열매는 녹색에서 흑색으로 익으며 둥글다. 종자는 황색이고 한 열매에 1~6개가 들어있다. 그리고 지하부는 약 20cm

깊이에 분포한다(Author's observation). 층층동굴레는 국내적색목록 준위협(Near Threatened)종으로 가까운 장래에 멸종우려 범주에 근접하거나 또는 멸종우려 가능성의 위험이 있는 식물이다. 따라서 지속적인 개체군과 유지를 위한 개체 보전과 서식지 복원 등에 대한 연구와 자료가 많이 필요한 실정이다.

본 연구지역인 파주에서 매년 층층동굴레의 개체군 유지와 서식처 보호를 위해 침입식물인 단풍잎돼지풀 제거를 진행하였다. 하지만 이러한 노력에도 불구하고 층층동굴레의 군락은 확산되지 않고 오히려 단풍잎돼지풀의 군락이 넓은 범위로 형성되는 것을 확인하였다. 이를 통해 단풍잎돼지풀의 넓은 잎 면적과 높은 키가 층층동굴레의 생태적 반응에 부정적인 영향을 끼치는 것으로 고려하였다.

따라서 본 연구는 침입외래식물인 단풍잎돼지풀(*A. trifida*)이 자생식물의 종 다양성과 층층동굴레(*P. stenophyllum*)의 활력도에 미치는 영향을 알아보고자 단풍잎돼지풀의 식피를 구배를 주어 출현 종수, 사망률, 영양과 생식생장 반응을 알아보고자 한다. 이를 통해서 층층동굴레의 개체군과 서식지 보전을 위한 효과적인 관리 방안을 제안하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1 조사지개황

조사지역은 층층동굴레의 자생지로 경기도 북부의 임진강 지류에 해당하는 감조하천의 하천변에 위치한 저수하안(37° 49' 00.7" N, 126° 47' 04.6E")으로 표고 6m이며, 행정구역상 경기도 파주시 법원읍 갈곡리에 해당한다(Fig. 1). 또한 조사지에 인접해 하천정비사업이 진행됨에 따라 외부의 인위적인 간섭이 지속적으로 이루어지고 있는 곳이다.

층층동굴레가 생육하는 하안지대에 목본은 출현하지 않으며, 침입외래식물인 단풍잎돼지풀의 개체군이 우점하고,

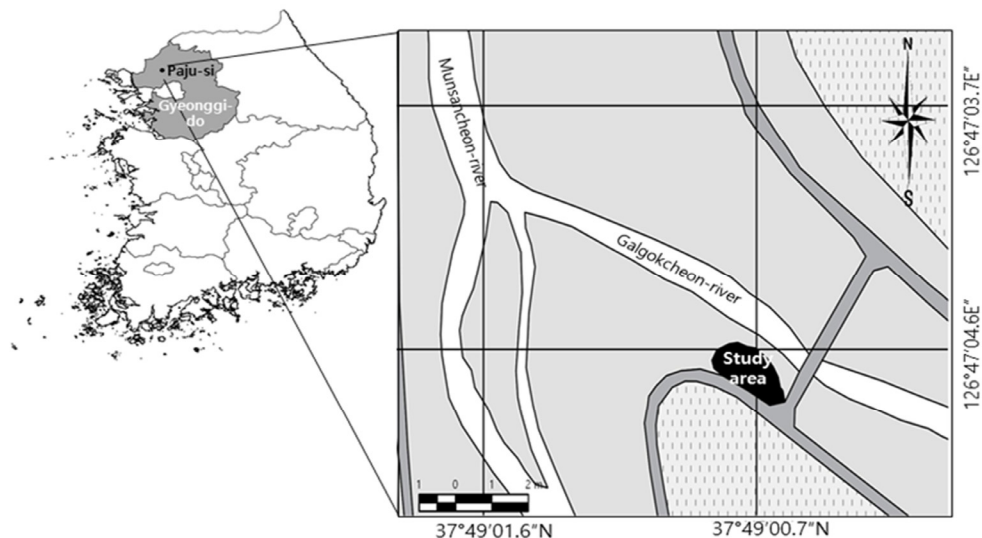


Fig. 1. Map of habitat of *Polygonatum stenophyllum* Maxim. living with *Ambrosia trifida* L.

가는잎췌기풀, 환삼덩굴, 달뿌리풀, 물쭉, 쇠뜨기 등의 식물 종이 분포하였다.

토성은 미사질양토(silt loam)로 범람원 영향권에 있어 유기물 함유가 많은 토양이다.

### 2.2 단풍잎돼지풀 식피울 처리 실험

2015년 6월부터 2016년 10월까지(약 17개월) 층층둥굴레의 생육지를 중심으로 단풍잎돼지풀이 침입 후 정착하여 개체군을 형성한 30지점을 선정하여 영구방형구(1m×1m)를 설치하였다.

단풍잎돼지풀의 식피울 구배는 단풍잎돼지풀을 제거하지 않은 대조구(Control, C), 40~60% 제거한 처리구(Treatment 1, T1) 그리고 100% 완전 제거한 처리구(Treatment 2, T2)로 나누었다. 식피울 구배의 처리는 단풍잎돼지풀의 지상부가 출현할 시 직접 손으로 개체를 뽑아 식피울 값을 유지시켰으며, 각 구배 별 영구방형구의 수는 10개로 동일하게 설치하였다.

### 2.3 식물상조사 및 층층둥굴레 사망률 분석

식물상조사는 층층둥굴레의 열매생성 시기인 2015년과 2016년 6월에 단풍잎돼지풀의 식피울구배 별에 따른 출현 종수를 측정하였다. 그리고 2015년과 2016년 6월과 9월에 영구방형구(1m<sup>2</sup>) 별 층층둥굴레의 개체수를 측정하여 사망률(%)을 계산하였다.

$$\text{사망률}(\%) = (\text{6월 개체수} - \text{9월 개체수} / \text{6월 개체수}) \times 100$$

### 2.4 영양생장 반응 측정

층층둥굴레의 영양생장 반응을 측정하기 위하여 대조구(C)와 단풍잎돼지풀의 제거비율에 따라 구분한 처리구(T1, T2)에서 각각 4개의 방형구를 선택해 개체 당 지상부 길이(cm), 지상부 무게(g), 줄기 무게(g) 그리고 잎 무게(g)를 측정하였다.

지상부는 줄기, 잎, 꽃, 열매 등을 포함한 지면으로 나온 부분으로 그 길이는 자를 이용하여 0.5cm씩 길이를 측정하였으며, 무게는 저울(analytical balance, GX-200, A&D)을 이용하여 소수점 셋째 자리까지 측정하였다.

### 2.5 생식생장 반응 측정

층층둥굴레의 생식생장에 단풍잎돼지풀이 미치는 영향을 알아보기 위하여 대조구(C)와 단풍잎돼지풀의 제거비율에 따라 구분한 처리구(T1, T2)에서 각각 4개의 방형구를 선택해 개체 당 열매 무게(g)와 열매 수(ea)를 측정하였으며, 10월에 열매에서 과육을 제거한 후 종자 무게(g), 총 종자 수(ea)를 측정하였다. 무게는 저울(analytical balance, GX-200, A&D)을 이용하여 소수점 셋째 자리까지 측정하였다.

### 2.6 통계분석

각 환경 구배별에 따른 층층둥굴레의 사망률, 생육 및 번식 반응의 차이를 보기위해 Kolmogorovsmimov test를 이

용하여 정규분포 여부를 확인하였고, 정규분포를 따라 분산 분석(Analysis of variance, ANOVA)을 사용하였다. 구배 별 차이의 유의성은 포스트-훅 검정에 의해 평균치의 피셔 최소 유의차 범위를 5% 유의 수준에서 분석하였고, 통계학적 분석은 STATISTICA 8(Statsoft Co., 2007)를 이용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 식물종다양성 변화

단풍잎돼지풀의 식피울구배별 출현한 식물종수는 2015년(1차년)은 40~60% 제거한 곳(T1)이 27종, 완전 제거한 곳(T2)이 25종 그리고 비제거구(C)가 17종의 순으로 출현하였으며, 2016년(2차년)도 역시 40~60% 제거한 곳(T1)이 27종, 완전 제거한 곳(T2)이 23종 그리고 비제거구(C)는 15종의 순으로 식물종이 출현하였다(Fig. 2).

이는 단풍잎돼지풀의 식피울이 60%이하로 유지되는 것(T1)이 완전히 제거(T2)하거나 제거하지 않는 것(C)보다 식물종의 출현이 높음을 보여주며, 단풍잎돼지풀의 초기 생장시 선택적인 제거가 식물의 출현종수를 증가시킨다는 연구(Abul-Fatih and Bazzaz, 1979)와 같았다. 또한 Ali and Awatif (2007)는 침입식물의 밀도에 따라 하층에 출현하는 식물종수와 종다양성지수가 떨어짐을 밝혔다.

상대적으로 키가 큰 식물은 지표면에 도달하는 광량을 밀폐시켜 하층의 초본식물의 생육을 저해해 종다양성을 떨어뜨리며(Tilman, 1988), Hejda *et al.* (2009)는 침입외래식물의 식피울과 높이가 식물종의 균등성과 다양성을 감소시키는 결정적 요인이라고 하였다.

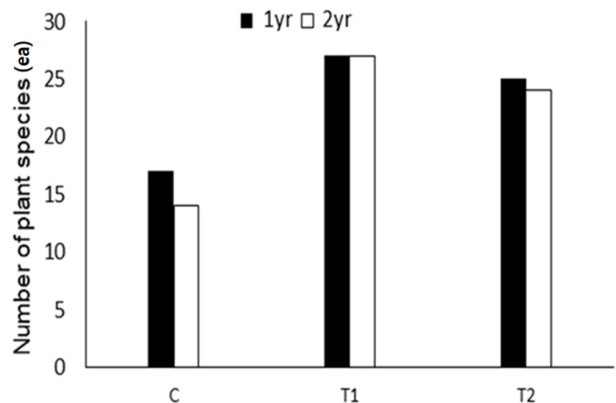


Fig. 2. The number of plant species along the treatment (C, T1, T2) during two years. C: none removal the *A. trifida*, T1: removed of 40~60% of the *A. trifida*, T2: removed of 100% of *A. trifida*.

### 3.2 층층둥굴레의 사망률

단풍잎돼지풀의 식피울구배별 층층둥굴레의 사망률(%)을 분석한 결과, 2015년(1차년)에 비제거구(C)는 34.6%, 40~60% 제거한 곳(T1)이 34.1% 그리고 완전 제거한 곳(T2)이 24.7% 순으로 높았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 2016년(2차년)은 비제거구(C)가 57.4%로 가장

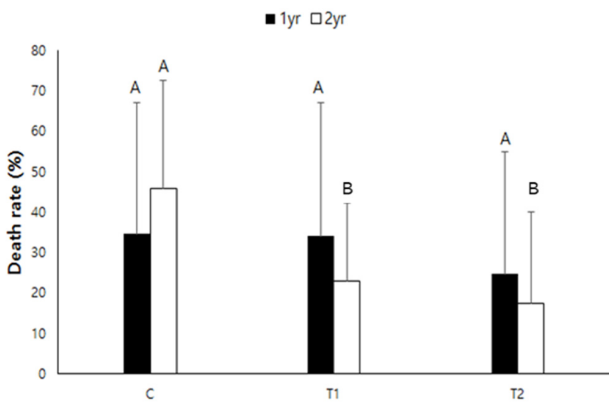


Fig. 3. Death rate (%) of *P. stenophyllum* along the treatment (C, T1, T2) during two years. C: none removal the *A. trifida*, T1: removed of 40~60% of the *A. trifida*, T2: removed of 100% of *A. trifida*. Uppercase means significantly differences among treatment. (Fisher's least significant difference,  $p < 0.05$ ).

높았으며, 그 외 40~60% 제거한 곳(T1)과 완전 제거한 곳(T2)은 각각 12.2%와 10.1%로 낮았다. 이는 단풍잎돼지풀의 식피율이 낮을수록 층층동굴레의 사망률이 낮아지는 경향을 보여준다(Fig. 3).

Jurik (1991)은 단풍잎돼지풀의 밀도에 따른 광량을 측정 한 결과 밀도가 높을수록 차광을 통해 하층 식물의 광환경에 영향을 주어 생육을 저해하였다. 따라서 단풍잎돼지풀은 층층동굴레보다 높은 엽면적비와 큰 키를 통해 수관을 밀폐함으로써 층층동굴레의 광환경을 저해시켜 생육에 부정적인 영향을 미친 것으로 해석된다.

또한 미국 몬테나주의 침입식물인 국화과의 *Centaurea maculosa*을 제거 유무에 따라서 자생종인 *Arabis fecunda*의 개체 수를 알아본 결과, 침입식물을 제거하지 않을 곳이 자생종의 생육을 저해했고 사망률을 증가시켰다(Lesica and Shelly, 1996). 이는 침입종이 타감 물질을 형성해 고유종의 생육에 영향을 준다고 판단하였다. 이처럼 단풍잎돼지풀도 carotene류의 화학물질을 방출하여 타감 작용을 일으켜 층층동굴레의 성장을

억제하여 사망률을 높인 것으로 판단된다(Kong *et al.*, 2007; Kong, 2010; Choi *et al.*, 2007; Kong *et al.*, 2007).

### 3.3 층층동굴레의 영양생장 반응

단풍잎돼지풀의 식피율구배에 따른 층층동굴레의 영양생장 반응(지상부 길이(cm), 줄기 무게(g), 잎 무게(g), 지상부 무게(g))의 결과는 다음과 같다(Fig. 4).

1·2차년 모두 지상부 길이는 단풍잎돼지풀을 40~60% 제거한 곳(T1)과 완전 제거한 곳(T2)은 같았으나 비제거구(C)보다 길었으며(Fig. 4(a)), 줄기 무게, 잎 무게 그리고 지상부 무게 역시 40~60% 제거한 곳(T1)과 완전 제거한 곳(T2)은 같았지만, 비제거구(C)보다 더 높았다(Fig. 4(b-d)). 층층동굴레는 단풍잎돼지풀을 제거한 곳에서 영양생장에 광합성 산물을 많이 투자한 것을 보아 층층동굴레는 수관이 40%이상 열린 곳을 선호하는 것으로 고려된다.

멸종위기식물종인 황근(*Hibiscus hamabo* S. et Z.)은 광량이 높은 곳에서 영양생장이 증가하였지만(Lee *et al.*, 2017), 섬시호(*Bupleurum latissimum*)는 광량이 낮은 곳에서 영양생장이 증가되었다(Ann *et al.*, 2016). 이처럼 식물종의 영양생장은 광환경이 필수요소인 바, 본 결과는 층층동굴레의 수관이 완전히 개방된 곳이나 40~60% 이상 열린 곳을 선호하는 것으로 판단된다.

Jurik (1991)는 주변 식물의 밀도에 따라 각 생물량을 비교해본 결과, 식물은 광에 경쟁하며, 광에 노출량이 많을수록 지상부가 길어지고 생물량이 높아지는 것을 확인하였다. 이러한 이유로 단풍잎돼지풀을 제거한 곳은 층층동굴레가 광에 더 많이 노출이 됨으로 층층동굴레의 영양생장이 더 활발한 것으로 판단된다.

### 3.4 층층동굴레의 생식생장 반응

단풍잎돼지풀의 식피율구배에 따른 층층동굴레의 생식생장 반응 (열매수(ea), 열매무게(g), 종자수(ea), 종자무게(g))의 결과는 다음과 같다(Fig. 5).

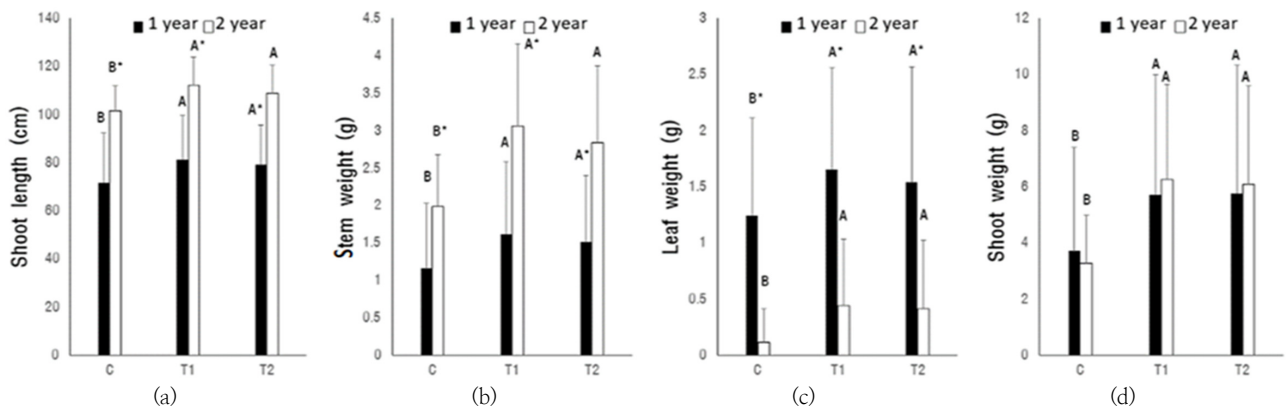


Fig. 4. (a) Shoot length (cm), (b) stem weight (g), (c) leaf weight (g), (d) shoot weight (g) of *P. stenophyllum* along the treatment (C, T1, T2) during two years. C: none removal the *A. trifida*, T1: removed of 40~60% of the *A. trifida*, T2: removed of 100% of *A. trifida*. Uppercase means significantly differences among treatment. Asterisk means significantly difference between 1 year and 2 year (Fisher's least significant difference,  $p < 0.05$ ).

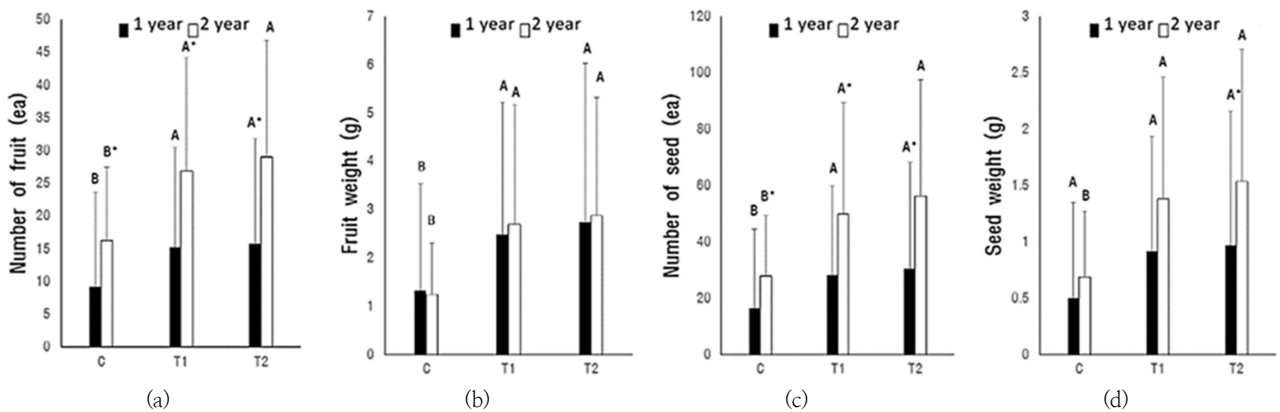


Fig. 5. (a) The number of fruit (ea), (b) fruit weight (g), (c) the number of seed (ea), (d) seed weight (g) of *P. stenophyllum* along the treatment (C, T1, T2) during two years. C: none removal the *A. trifida*, T1: removed of 40~60% of the *A. trifida*, T2: removed of 100% of *A. trifida*. Uppercase means significantly differences among treatment. Asterisk means significantly difference between 1 year and 2 year (Fisher's least significant difference,  $p < 0.05$ ).

1·2차년 모두 열매수, 열매무게 그리고 종자수는 단풍잎돼지풀을 40~60% 제거한 곳(T1)과 완전 제거한 곳(T2)은 같았으며, 비제거구(C)보다 높았다(Fig. 5(a-c)).

종자무게는 2015년(1차년)에 단풍잎돼지풀을 완전 제거한 곳(T2), 40~60% 제거한 곳(T1) 그리고 비제거구(C) 순으로 높았으나 통계적인 유의성은 없었다. 그러나 2016년(2차년)은 단풍잎돼지풀을 40~60% 제거한 곳(T1)과 완전 제거한 곳(T2)은 같았으며, 비제거구(C)보다 높았다(Fig. 5(d)). 이는 층층둥굴레 생식생장의 활력도가 단풍잎돼지풀을 40%이상 제거 할 때 높아지는 것으로 볼 수 있다.

본 연구에서 층층둥굴레의 생식생장이 단풍잎돼지풀의 식피율 구배가 낮을수록 높아진 사실은 Allen *et al.* (2009)이 주변 침입식물의 상관에 의해 변화되는 광량에 영향을 받아 콩(*Glycine max* Merrill)은 광구배가 높을수록 평균 종자무게가 증가하였으며, 갯봄맞이꽃(*Glaux maritima* L.)도 평균 광량이 높을수록 종자무게가 높아진다는 결과와 같았다(Kim *et al.*, 2016).

그러나 Salisbury (1942)는 주변 식물중에 의해 광량이 제한될수록 평균 종자무게가 높아졌으며, 갯봄맞이꽃(*G. maritima*)의 종자수는 평균 광량이 낮을수록 종자수가 가장 높다고 보고된 결과(Kim *et al.*, 2016)와 달랐다

Lesica and Shelly (1996)는 자생종인 십자화과 *A. fecunda*의 생육지에 침입 후 정착한 국화과 침입식물인 *C. maculosa*의 제거구배를 통해 생식생장 반응을 관찰한 바 처리구는 비제거구보다 열매수가 증가하였으며, 이는 침입식물의 타감물질이 자생종의 생식반응에 부정적인 영향을 주었음을 보고하였다.

#### 4. 결 론

본 연구는 침입외래식물인 단풍잎돼지풀이 자생식물의 종다양성과 고유종인 층층둥굴레의 활력도에 어떤 영향을

미치는지를 파악하기 위하여 단풍잎돼지풀의 식피율제거를 2015년 봄에 실시한 후 나타나는 사망률의 변화와 영양생장 및 생식생장의 반응을 2016년 10월까지 측정하고 그 결과를 분석하였다.

그 결과, 출현한 자생식물의 종수는 단풍잎돼지풀을 제거하지 않은 대조구의 것보다 단풍잎돼지풀의 식피율을 40% 이상 제거한 곳에서 높았다. 층층둥굴레의 사망률도 자생식물의 종수의 결과와 유사하게 단풍잎돼지풀의 식피율을 제거하지 않는 곳이 제거한 곳보다 더 높았다. 또한 층층둥굴레의 영양과 생식생장반응은 외래종의 식피율을 40%이상 제거한 곳에서 높았다. 이러한 결과를 통해서 단풍잎돼지풀의 높은 키로 인한 수관 발달이 광을 저해하고 또한 타감물질 방출로 인해서 하층에 있는 층층둥굴레를 비롯한 자생식물의 생육에 부정적인 영향을 주었기 때문으로 판단된다. 따라서 이 지역의 식물종다양성과 고유종인 층층둥굴레 개체군을 보전하기 위해서는 외래종인 단풍잎돼지풀의 식피율을 40% 이하로 유지하도록 개체들을 제거하는 것이 필요하다고 판단된다.

#### 사 사

본 연구는 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초 연구사업임(No. NRF-2018R1D1A1B07050269).

#### References

Abul-Fatih, HA, and Bazzaz, FA (1979). The biology of *Ambrosia trifida* L. I. Influence of species removal on the organization of the plant community. *New Phytologist*, 83(3), pp. 813-816.

Ali, EK and Awatif, AR (2007). Impacts of the invasive exotic *Prosopis juliflora* (Sw.) D.C. on the native flora

- and soils of the UAE, *J. plant ecology*, 190(1), pp. 23–35.
- Allen, DK, Ohlrogge, JB, and Shachar-Hill, Y (2009). The role of light in soybean seed filling metabolism. *The Plant Journal*, 58(2), pp. 220–234.
- Ann, KH, You, YH and Cho, KT (2016). Growth response to light, moisture and nutrients for conservation measures of *bupleurum latissimum*(Apiacea, endangered species) under future climate environment(elevated CO<sub>2</sub>, Concentration and temperature), *J. of environment and ecology*, 30(5), pp. 803–809. [Korean Literature]
- Barbour, MG, Burk, JH and Pitts, WD (1987). *Terrestrial Plant Ecology. 2nd ed*, Benjamin/Cummings Publisher, California. pp. 634.
- Bang, JY, Hu, UB, Kim, HJ and You, YH (2015). Studies on the woody vegetation in the edge of natural river for ecological restoration in Korea. *J. of Wetlands Research*, 17(2), pp. 124–129. [Korean Literature] DOI <http://dx.doi.org/10.17663/JWR.2015.17.2.124>
- Cho, KH and Lee, SH (2015). Prediction of Changes in the Potential Distribution of a Waterfront Alien Plant, *Paspalum distichum var. indutum*, under Climate Change in the Korean Peninsula. *Ecology and resilient infrastructure*, 2(3), pp. 206–215. [Korean Literature] DOI : <http://dx.doi.org/10.17820/eri.2015.2.3.206>
- Choi, HJ, Lim, SH, Kim, KH and Kim, SM (2007). Distribution of Giant ragweed (*Ambrosia trifida* L.) at Northwest of Gangwon, Korea. *Weed and Turfgrass science*, 27(3), pp. 241–247. [Korean Literature]
- Choi, B, Song, DY, Kim, CG, Song, BH, Woo, SH and Lee, CW (2010). Allelopathic effects of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* var. *elatior*) on the germination and seedling growth of crops and weeds. *Korean J. of Weed Science*. 30(1), pp. 34–42.[Korean Literature]
- Connell, JH. (1983). On the prevalence and relative importance of interspecific competition: evidence from field experiments. *American Naturalist*. 122(5), pp. 661–696.
- Davis, MA, Thompson, K, and Grime, JP (2001). Charles S. Elton and the dissociation of invasion ecology from the rest of ecology. *Diversity and Distributions*, 7(1-2), pp. 97–102.
- Ehrenfeld, JG (2003). Effects of exotic plant invasions on soil nutrient cycling processes. *Ecosystems*, 6(6), pp. 503–523.
- Hejda, M, Pyšek, P, and Jarošík, V (2009). Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities. *J. of ecology*, 97(3), pp. 393–403.
- Hwang, SM, Kil, JH, Lee, CW and Kim, YH (2013). Distribution and Host Plants of Parasitic Weed *Cuscuta pentagona* Engelm. *The Plant Resources Society of Korea*, 26(2), pp. 289–302. [Korean Literature]
- Joo, GJ, Kim, HW and Ha, K (1997). The development of stream ecology and current status in Korea. *J. of Ecology and Environment*, 20(1), pp. 69–78. [Korean Literature]
- Jung, YH, Lee, JK, Lee, SI, Lee SY, Jang, RH, Lee, SH, Cho, KT and You, YH (2017). Host plant preference, parasitic site and risk possibility of *Cuscuta pentagona* Engelm, invasive plant in Korea. *Korean J. of Environment and Ecology*, 31(3), pp. 287–296. [Korean Literature]
- Jurik, TW (1991). Population distributions of plant size and light environment of giant ragweed (*Ambrosia trifida* L.) at three densities. *Oecologia*, 87(4), pp. 539–550.
- Kim, DS, Oh, KS, Lee, YD, Lee, SY, Lee, HJ, Kim, HJ and Kim, DE (2017). 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, *Korean Society of Environmental Biology*, 35(4), pp. 437–445. [Korean Literature]
- Kim, HR and You, YH (2010). Effects of Elevated CO<sub>2</sub> Concentration and Temperature on the Response of Seed Germination, Phenology and Leaf Morphology of *Phytolacca insularis* (Endemic species) and *Phytolacca americana* (Alien species). *Korean J. of Environment and Ecology*, 24(1), pp. 62–68.
- Kim, JH, Kim, HS (1999). Monophenone composition and seasonal variations during the growing season of *Ambrosia artemisiaefolia* var. *elatior*. *J. of ecology*, 22(3), pp. 155–161. [Korean Literature]
- Kim, JW, Lee, IY and Lee, JR (2017). Distribution of invasive alien species in Korean croplands. *Weed&Turfgrass Science*, 6(2), pp. 117–123. [Korean Literature]
- Kim, YC, Chae, HH, Oh, HK and Lee, KS (2016). Distributional characteristics and factors related to the population persistence, an endangered plant *Glaux maritima* var. *obtusifolia* Fernald. *Korean J. of Environment and Ecology*, 30(6), pp. 939–961. [Korean Literature]
- Kong, CH, Wang, P and Xu, XH (2007). Allelopathic interference of *Ambrosia trifida* with wheat (*Triticum aestivum*). *Agriculture, ecosystems & environment*, 119(3–4), pp. 416–420.
- Kong, CH (2010). Ecological pest management and control by using allelopathic weeds (*Ageratum conyzoides*, *Ambrosia trifida*, and *Lantana camara*) and their allelochemicals in China. *Weed biology and*

- management*, 10(2), pp. 73–80. [Korean Literature]
- Lee, CS, Cho, YC, Shin, HC, Kim, GS and Pi, JH (2010). Control of an invasive alien species, *Ambrosia trifida* with restoration by introducing willows as a typical riparian vegetation. *J. of Ecology and Environment*, 33(2), 157–164. [Korean Literature] [DOI: 10.5141/JEFB.2010.33.2.157]
- Lee, CW, Kim, DK, Lee HS and Lee, HHM (2015). The Riparian Vegetation Disturbed by Two Invasive Alien Plants, *Sicyos angulatus* and *Paspalum distichum* var. *indutum* in South Korea. *Ecology and resilient infrastructure*, 2(3), pp. 255–263. [Korean Literature]
- Lee, HS, Yoo, HM and Lee, CS (2003). Distribution pattern of white snakeroot as an invasive alien plant and restoration strategy to inhibit its expansion in Seoripool park, Seoul. *J. of Biological Sciences*, 7(3), 197–205. [DOI: 10.1080/12265071.2003.9647705]
- Lee, HW and Lee, CS (2006). Environmental factors affecting establishment and expansion of the invasive alien species of tree of heaven (*Ailanthus altissima*) in Seoripool Park, Seoul. *Integrative Biosciences*, 10(1), 27–40. [DOI: 10.1080/17386357.2006.9647281]
- Lee, SI, Lee, EP, Kim, EJ, Park, JH, Cho, KT, Lee, SY, and You, YH (2017). Growth response and variation of ecological niche breadth of *Hibiscus hamabo*, the endangered plant, according to light, moisture and nutrient under elevated CO<sub>2</sub> concentration and temperature. *Korean J. of environment and ecology*, 31(3), pp. 279–286. [Korean Literature]
- Lesica, P and Shelly, JS (1996). Competitive effects of *Centaurea maculosa* on the population dynamics of *Arabis fecunda*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 123(2), pp. 111–121.
- Mack, MC and D'Antonio, CM (1998). Impact of biological invasions on disturbance regimes. *Trends in Ecology & Evolution*, 13(5), pp. 95–102.
- Park, HC, Lim, JC, Lee, JH and Lee, GG (2017). Predicting the potential distribution of invasive species using the landsat imagery and maxent: focused on “*Ambrosia trifida* L. var. *trifida*” in Korean demilitarized zone. *Korean society of environmental restoration technology*, 20(1), pp. 1–12. [Korean Literature]
- Pimentel, D, McNair, S, Janecka, J, Wightman, J, Simmonds, C, O'connell, C and Tsomondo, T (2001). Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions, Agriculture, *Ecosystems and Environment*, 84(1), pp. 1–20.
- Ryu, TB, Lim, JC, Lee, CH, Kim EJ and Choi, BK (2017). Distribution of invasive species in metropolitan Busan. South Korea. *J. of Life Science*, 27(4), pp. 408–416. [Korean Literature]
- Salisbury, EJ (1942). *The reproductive capacity of plants*. G. Bell And Sons.; London.
- Schoener, TW (1983). Field experiments on interspecific competition. *American Naturalist*. 122(2), pp. 240–285.
- Sin, CM (2004). *Growth characteristics and distribution of harmful non-indigenous plant at north region in Gyeonggi-Provinece*. Master's Thesis, Daejin University, Pocheon, Korea. [Korean Literature]
- Sin, DH and Cho, GH (2001). Vegetation Structure and Distribution of Exotic Plants with Geomorphology and Disturbance in the Riparian Zone of Seunggi Stream, Incheon. *J. of Ecology and Environmen*, 24(5), pp. 273–280. [Korean Literature]
- Tilman, D (1988). *Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities*. Princeton University Press. U.S.A
- White, PS and Pickett, STA (1985). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic press Inc, New York, pp. 3–13.