

습지에서 발생하는 생태계교란야생식물인 물참새피와 털물참새피의 발생특성과 관리방안

이인용, 김승환, 이용호, Adhikari Pradeep, 김동건^{1,*}, 홍선희^{*}

국립한경대학교 식물자원조경학부, ¹삼육대학교 스미스학부대학

Occurrence characteristics and management plans of *Paspalum distichum* and *P. distichum* var. *indutum*

In Yong Lee, Seung Hwan Kim, Yong Ho Lee, Adhikari Pradeep, Dong Gun Kim^{1,*} and Sun Hee Hong^{*}

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

¹Smith Collage of Liberal Arts, Sahmyook University, Seoul 01795, Republic of Korea

*Corresponding author

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

Dong Gun Kim
Tel. 02-3399-1919
E-mail. ecology@syu.ac.kr

Received: 1 July 2022

First Revised: 25 August 2022

Second Revised: 16 September 2022

Revision accepted: 19 September 2022

Abstract: *Paspalum distichum* and *P. distichum* var. *indutum* are perennial weeds of the family Poaceae that prefer moist environments such as waterfronts and waterways. The origin of both species is North America. *P. distichum* is distributed all over the world. However, *P. distichum* var. *indutum* occurs only in the United States, Japan, and Korea. For this reason, in many countries, *P. distichum* and *P. distichum* var. *indutum* are classified as the same species. In other words, *P. distichum* var. *indutum* is a different ecological type of *P. distichum*. Both species can reproduce and spread mainly by rhizome fragments rather than seeds. This rhizome has a characteristic that it does not germinate if it is buried in the ground with depth of more than 3 cm. As a management method for *P. distichum* and *P. distichum* var. *indutum* in agricultural lands (paddy fields), it is effective to combine cultural control and chemical control methods. In other words, combining deep plowing and harrowing can suppress the budding of water sparrow that has invaded paddy fields or fallow paddy fields. After that, these two species that germinate can be controlled by spraying soil treatment herbicides such as butachlor and thiobencarb or foliar treatment herbicides such as cyhalofop-butyl and fenoxaprop-p-ethyl.

Keywords: cyhalofop-butyl, ecosystem disturbance plant, herbicide, *Paspalum distichum*, *P. distichum* var. *indutum*

서 론

잡초는 그 형태, 습성, 적응성이 다양하여 어느 한 기준

으로 분류하는 것은 어렵다. 일반적으로 잡초를 분류하는 방법은 식물분류학적 분류, 형태학적 분류, 생활형에 따른 분류 등 세 가지가 있다. 그 밖에도 잡초는 발생지나 시기,

토양수분 적응성, 초장, 생장형 및 번식법 등에 따라 분류하기도 한다(Kim *et al.* 2021). 여기에서 발생지에 따른 잡초분류를 보면, 논잡초, 밭잡초, 과수원잡초, 목초지잡초, 잔디밭잡초 등으로 구분된다. 또 토양수분 적응성에 따라 수생잡초, 습생잡초, 건생잡초로 나눈다.

발생지에 따라 발생하는 잡초는 농촌진흥청을 중심으로 조사되어 몇 종이 있는지 확인된 바 있다. 즉 논잡초는 28과 90종(Ha *et al.* 2014), 밭잡초는 50과 375종(Lee *et al.* 2015b), 과수원잡초는 63과 492종(Lee *et al.* 2017), 목초지잡초는 52과 275종(Lee *et al.* 2016)이다. 그런데 토양수분 적응성에 따라 발생하는 잡초는 확실히 조사되지 않았다. 논에 발생하는 잡초는 수생(aquatic) 또는 습생잡초(hygrophyte)이고, 밭과 과수원에 발생하는 잡초는 건생잡초(xerophyte)로 볼 수 있지만, 이들은 농경지에 발생하는 잡초만을 제한적으로 조사한 것이기에 토양수분 적응성에 따른 잡초에 포함시키기에는 부족하다.

생태계교란식물 16종 중 담수상태의 수생 또는 습생 조건에서 생육하는 식물은 2종으로 물참새피(*Paspalum distichum* L.)와 털물참새피(*P. distichum* var. *indutum* Shinnery)이다(KLIC 2021). 이들은 일반적으로 논둑이나 수로(water way), 습지에 서식하는 벼과(Poaceae) 식물로 Park (1995)에 의해 처음으로 보고되었다. 이들 식물은 물 흐름 방해 및 물 이용률 저하, 그리고 빠른 확산에 따른 종다양성 저해 등으로 2002년 3월 7일에 생태계교란식물로 지정되었다(KLIC 2021). 우리나라에서는 이 두 종을 다른 식물로 취급하지만(Kim and Park 2009), 해외에서는 물참새피와 털물참새피를 동일종으로 판단하여 평가하는 경향이다(GBIF 2022b). Kim and Park (2009)은 염색체 수가 다른 물참새피($2n=60$)와 털물참새피($2n=40$)를 완전히 다른 식물체라고 하였다. 그러나 물참새피는 이배체와 동일한 세포형의 개체 사이에 유전적 차이가 존재하기 때문에 상당한 가변성이 있다고 하였다(CABI 2022). 즉 6배체($2n=60$) 및 4배체($2n=40$) 개체군이 일반적이거나(Kadono 1985; Shibayama 1988), 아르헨티나에서는 5배체($2n=50$)를 가진 물참새피도 있다고 하였다(CABI 2022). 따라서 털물참새피는 물참새피의 이명(異名) 또는 다른 생태형으로 보는 것이 타당하다고 생각된다. 이런 경향은 IKAS (2022)와 NIE (2022)에서도 찾아볼 수 있다.

그렇지만 우리나라의 여러 문헌이나 자료(Kim and Park 2009; ME 2020; ME and NIE 2021)에서 물참새피와 털물

참새피가 완전히 다른 식물체로 취급하였기에 이들의 분포, 생리·생태적 특성, 경제적 피해, 다양한 방제법 등을 정리하고 확산억제를 위한 종합적인 관리방안을 제시하고자 한다.

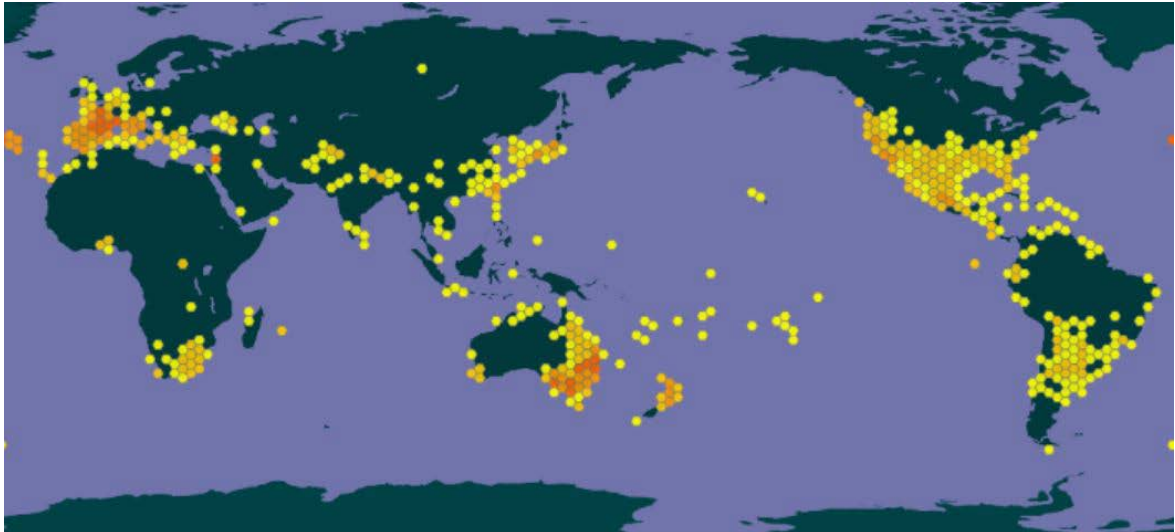
원산지 및 분포와 확산

물참새피와 털물참새피는 습윤지역에서 빠르게 자라며, 경작되지 않은 습지에서 주로 발생한다. 또, 이 두 종은 유속이 느린 저수로 또는 습지, 물가, 제방으로 단절된 홍수터에서 수면을 덮는다. 농경지 주변에서는 수로나 논둑 등에서 발생하여 논으로 침입하는 경향이 많으며, 특히 남부지방의 휴경논과 수로에서 밀생하고 있다(KEITI 2021). 물참새피는 주로 민물 습지에서 생육하나, 때때로 기수(brackish water, 바닷물과 민물이 섞임) 습지에서도 자라 적당한 염분과 고인 물에서도 견딘다(Leithead *et al.* 1971). 이런 특성으로 낙동강 유역에 발생이 많은 것으로 사료된다.

물참새피의 원산지는 북아메리카 또는 열대 아시아 지역으로 우리나라를 비롯한 동아시아에서부터 열대 아메리카, 유럽까지 넓은 지역에서 분포하고 있다(GBIF 2022a, Fig. 1A). 특히 호주, 칠레, 이라크, 스페인 등에서는 물참새피가 심각 위해잡초로, 그리고 유럽 및 지중해 식물보호기구(EPPPO, European and Mediterranean Plant Protection Organization)는 침입 외래식물로, 일본은 중점대책이 필요한 외래종으로 지정되었다(ME and NIE 2021). 물참새피는 습지에서 많이 발생하는 경향으로 벼와 그 밖의 다른 농작물의 주요 잡초로 인도네시아, 스페인, 크로아티아 등에서 침입하여 확산하고 있다(CABI 2022). 털물참새피의 원산지도 북아메리카이나 전 세계적으로는 북아메리카, 우리나라와 일본에만 분포하는 것으로 알려지고 있다(Allred 1982; GBIF 2022b, Fig. 1B). 우리나라에서 물참새피와 털물참새피를 동시에 비교한 것은 Park (2009)이다. 저자들이 이 두 종을 비교하여 그린 세밀화는 Fig. 2와 같다.

우리나라에서 물참새피와 털물참새피는 주로 남부지방에서 중부지방까지 해안선을 따라 분포하며, 전라남도과 경상북도에서 군락을 이루고 있다(Fig. 3). 특히, 낙동강 하류에 광범위하게 확산되어 문제이다(Kim and Park 2009;

(A)



(B)



Fig. 1. Distribution status of *Paspalum distichum* (A) and *P. distichum* var. *indutum* (B) in the world. Dots indicate density of occurrence (yellows are low, reds are high). *Sources: GBIF 2022a (A) and GBIF 2022b (B), respectively.

KEITI 2021). Lim *et al.* (2017)의 보고에 의하면, 낙동강 하구 주변의 모든 생태공원에서 물참새피는 피도 4 또는 5의 단순 우점군락이 넓은 면적으로 분포하고 있는 것으로 확인되었다. 원거리 확산은 종자나 잘린 개체가 물 흐름을 타고 하류지역에 정착하기도 한다(ME and NIE 2021).

기후변화와 관련되어 현재 국내 분포지점에서 MaxEnt (Maximum Entropy Model)를 이용한 확산예측에는 두 종 모두 서해안을 중심으로 퍼질 것이라고 하였다(KEITI 2021, Fig. 4). 그리고 두 종에 대한 RCP (Representative Concentration Pathways) 기후변화 시나리오(4.5와 8.5)에

의하면, 30년 동안 기온과 강수량이 상승할수록 RCP 4.5에서는 분포지는 기존과 동일하나, RCP 8.5에서는 경남지역의 분포지는 감소한 반면에 서해안을 중심으로 더욱 확산될 것이라고 하였다(KEITI 2021). 반면에 RCP 2.6 시나리오를 적용하면, 털물참새피는 전남 서해안과 경남에서 크게 감소하고, 충청과 경북 내륙을 중심으로 증가할 수 있다. 그리고 RCP 8.5 시나리오에서 MaxEnt는 동해안 쪽은 RCP 2.6 시나리오와 유사한 패턴을 보였으나 내륙에서 더 높은 분포 비율이 예측되었다(Cho and Lee 2015; Byeon *et al.* 2018).

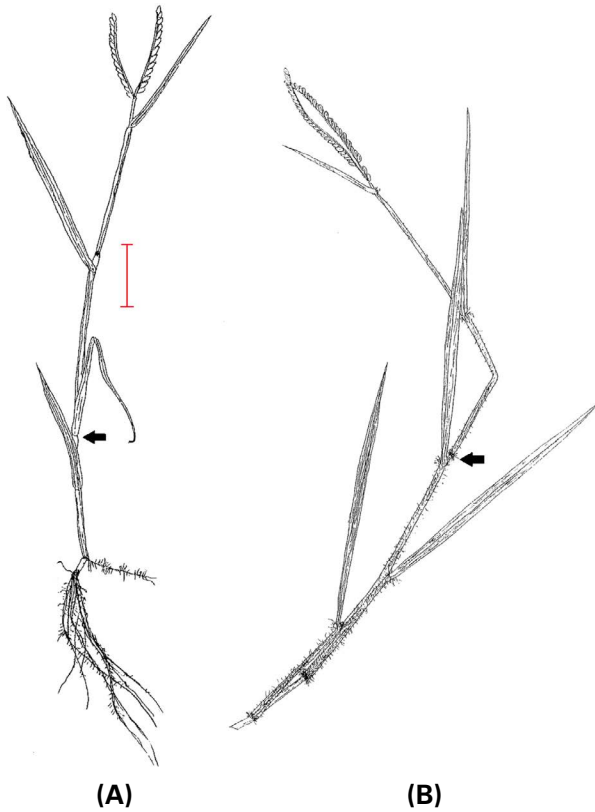


Fig. 2. Comparison of illustrations between *Paspalum distichum* (A) and *P. distichum* var. *indutum* (B). Scale bar, 20 mm. The arrow indicates difference between the two species.

형태적 특성

물참새피와 털물참새피 모두 원줄기는 곧추서며, 높이 20~50 cm, 기부(basement)는 광범위하게 포복하며 마디에서 뿌리가 난다. 털물참새피의 아래쪽의 엽초와 마디, 그리고 잎세에 연하고 긴 백색의 털이 밀생하는 점이 물참새피와 다르다(Kim and Park 2009). 그리고 물참새피의 꽃은 8~9월에 피며, 화서(꽃차례)는 2~3개의 총으로 이루어지며, 2열로 담녹색의 소수가 달리나, 털물참새피는 꽃이 9~10월에 피며, 화서는 2~3개의 총으로 이루어지며, 각각의 총은 2~4줄의 소수가 줄지어 있다(Kim and Park 2009).

털물참새피는 물참새피의 변종(또는 생태형)으로 논과 밭에서 공동으로 발생하며, 물참새피보다 잎이 크고 색이 진하고 포복경이 두껍고 모용(trichome)이 많고 줄기 횡단면의 유관속수가 많을 뿐 아니라 생육량도 더 많다는 특징이 있다(Kim and Park 2009).

생리·생태적 특성

물참새피와 털물참새피는 종자와 영양번식체인 길고 가늘며 마디가 많은 포복경과 근경으로 번식한다. 그 중에서는 근정보다는 급속하게 신장하고 마디에서 수시로 발근하고 분지하는 포복경으로 증식한다. 종자에 의한 번식은 적다(Kim and Park 2009).

물참새피의 종자생산량은 적게는 이삭당 46~50립, 많게는 80~90립 정도이다. 여름에서 가을에 걸쳐 출수하고 임실종자를 생산하는데 종자의 임실율은 개화기간 중의 강수량에 따라 달라진다. 일반적으로 5~20% 정도의 임실율을 보인다. 물참새피는 화분임성은 높는데 종자 생산량은 적다. 이것은 세포분열의 감수분열기에 일어나는 염색체의 불규칙성 때문이다. 물참새피의 낮은 임실률과 종자생산량이 적은 것은 종자번식이 상대적으로 중요하지 않다는 이유가 되고 있다(Kim and Park 2009). 반면에 털물참새피의 종자생산량은 생육장소와 번무 정도에 따라 다르나 이삭당 약 100립(87~117립) 정도이며, 수면에 퍼져 있을 때에는 m²당 약 10만립에 이른다. 종자의 수명은 물속에서 1년 이상이나 생산된 종자의 5~10% 정도가 생존한다(KEITI 2021). 종자는 흐르는 물을 통해 이동하며 확산된다. 종자에는 휴면성이 있는데 임실종자를 5~10°C의 저온과 적당한 습윤조건에 한 달 이상 방치하면 휴면에서 각성된다. 물참새피의 종자는 휴면성이 있는데 겨울 동안의 저온으로 타파된다(Kim and Park 2009). 물참새피 종자의 적정 발아온도는 28~35°C이고 광에 의해 촉진되나, 그 전에 50°C의 건조조건에서 후숙(after ripening)하면 발아가 가속되고, 건조한 종자를 황산(H₂SO₄)에 30~60분 동안 담그면 60~95% 발아된다(Buhler and Hoffman 1999). 털물참새피의 종자의 발아온도는 최저 20°C, 최적 30°C이다(Kim and Park 2009).

물참새피와 털물참새피의 월동경(포복경)은 절단되어도 그 단편에 단 한 개의 마디만 남아 있어도 그 마디에서 쉽게 발근하고 싹이 터서 재생하여 유용한 번식원이 된다. 그러나 썩레질을 한 담수조건에서는 표층에 노출된 단편은 모두 망아하지만 썩레질을 할 때 매몰되거나 산소가 부족한 담수상태에서는 전혀 싹이 트지 않는다(Kim and Park 2009). Lee et al. (2003)은 털물참새피 줄기의 절단한 마디와 구분없이 이식 후 30일에는 30 cm 내외로 재생되는 경향을 보인다고 하였다. 또 이식(매물) 토심별 출아정

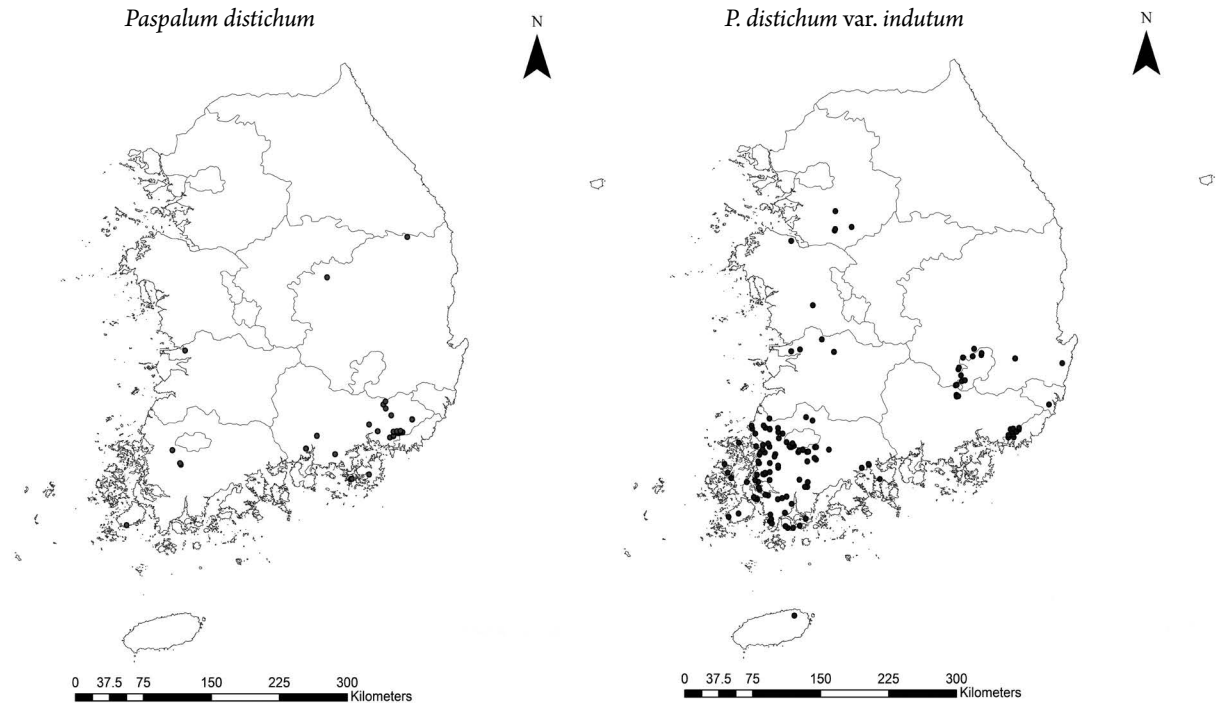


Fig. 3. Distribution status of *Paspalum distichum* (black spots) and *P. distichum* var. *indutum* (black spots) in 2020 in Korea. Sources: NIE 2017; RDA 2015; HNU 2017.

도는 10 cm 깊이까지는 활발하게 출현하여 재생이 되었으나 그 이상 깊은 곳에서는 출아되지 않았다고 하였다.

최적의 조건에서 물참새피는 주당 15~20 cm의 비율로 성장할 수 있으며(Noda and Obayashi 1971), Okuma *et al.* (1983)은 월동하는 물참새피의 줄기를 하천 제방에 심은 지 2~3년 이내에 하천 전체가 잡초의 떠다니는 매트로 덮였다고 보고하였다. 물참새피의 출수는 여름에 시작하며, 꽃은 8~9월에 피는데 평균기온이 15°C 전후일 때까지 출수는 계속된다(Kim and Park 2009). 물참새피는 많은 C₄ 종의 특성과 같이 고온에서 번성하고 높은 습기 조건에 내성이 있으며, 그늘에 매우 민감하다(CABI 2022). 또 물참새피는 반수생 환경(de Datta *et al.* 1979)에 적응한 C₄ 식물(CABI 2022)로 내한성이 없다고 하였으나, 내한성의 기준을 제시하지는 못했다. 우리나라에서 물참새피는 남해안을 중심으로 분포하는 것도 이런 요인이라고 해석할 수 있다.

경제적 피해

물참새피의 벼에 대한 잡초해는 포복경에 의한 증식이

많고 초장이 커서 생육량이 많고 양분 쟁탈을 위한 경쟁력이 현저하게 크기 때문에 일단 논에 발생하면 벼의 생육과 수량을 크게 떨어뜨리는 형태로 나타난다. 물참새피가 많이 발생했던 곳에서는 80~90%의 벼 수량감소를 초래하는 경우도 있으나(CABI 2022), 초장이 짧은 벼 품종의 경우에는 34% 감소된다(Kim and Park 2009). 또 논으로 유입된 물참새피와 털물참새피는 수중용존산소량을 떨어뜨려 벼의 생육을 저해하여 수확량을 감소시키고, 기계 수확 시 농작업을 방해한다(Kim and Park 2009; KEITI 2021).

생태적 위협

물참새피나 털물참새피의 포복경이 물 위를 덮으면, 기존에 서식하고 있는 수생생물들을 위협하여 종 다양성을 침해한다. 수면을 덮은 두 종은 모기 유충의 은신처를 제공하여 수변 주변에 모기 발생을 증가시켜 인축에 피해를 준다. 또 두 종으로 인해 질식하여 사멸한 사체들은 수질 오염을 일으켜서 수생태계에 부정적인 영향을 준다. 특히 두 종이 성장하면서 물 위를 덮은 치밀한 매트는 생태계

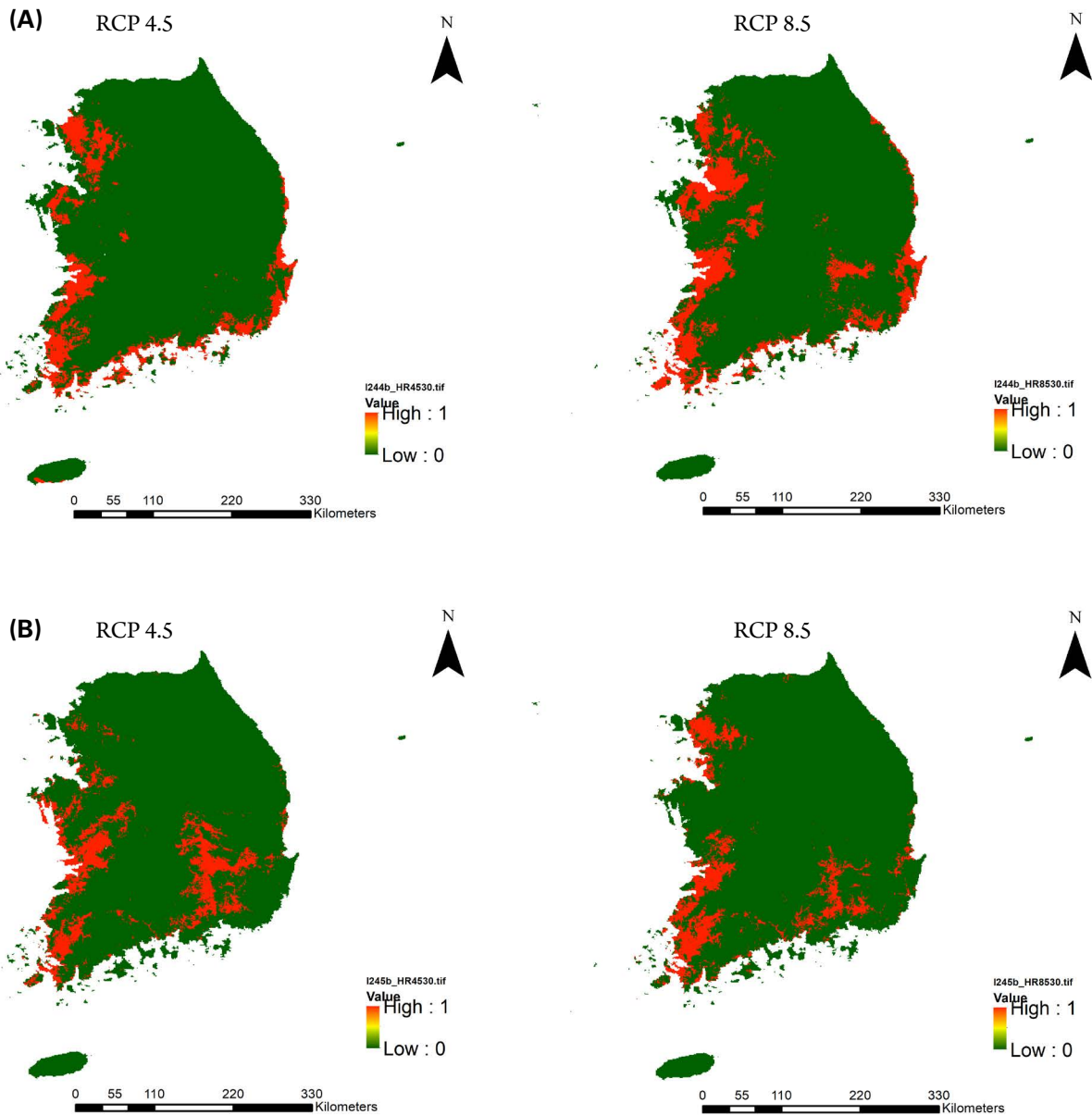


Fig. 4. Prediction of spread of *Paspalum distichum* (A) and *P. distichum* var. *indutum* (B) according to climate change by MaxEnt (Maximum Entropy Model). *Conditions: Under 30 years in RCP (Representative Concentration Pathways) 4.5 and 8.5, respectively. *Sources: KEITI 2021.

교란동물인 뉴트리아의 은신처 및 서식처를 제공하는 역할을 하기도 한다(KEITI 2021). Lee *et al.* (2015a)에 의하면, 털물참새피는 얇은 지하경과 왕성하게 분지하는 포복경을 가지고 있기 때문에 정체되거나 유속이 느린 물 위를 덮는 치밀한 매트를 형성하여 경쟁력이 약한 고유 침수식물이나 키가 낮은 정수식물을 위협하고 있다고 하였다. 그리고 인도, 포르투갈, 그리스에서는 물참새피의 발생으로 하천변의 토종 식물의 성장에 피해를 입었다(CABI 2022).

자연 습지나 수로에서 물참새피가 우세하면 어류 개체수가 감소할 수도 있다(Kumar and Mittal 1993).

이 용

일부 국가(일본, 프랑스, 호주, 열대지방)에서는 물참새피를 귀중한 목초로 취급하였고 홍수가 발생할 수 있는

지역에서는 토양침식 방지를 위해 광범위하게 사용된다 (CABI 2022). 또 호주에서는 물참새피의 두꺼운 피복이 맨땅을 덮어 초목을 돕는 환경적인 이점이 있고, 미국 플로리다에서는 지표 피복으로 선호된다고 하였다. 그리고 중국에서는 중금속에 내성이 있어 납, 아연 및 구리로 오염된 토양의 재생을 돕는다고 하였다. 그리고 부영양수에서 질소와 인을 제거하는 등 수질 정화에 사용되기도 하였다 (CABI 2022). 물참새피의 뿌리는 하천변의 범람과 같은 단기간 침수에는 생존이 가능하지만 장기간의 깊은 홍수는 기존 잎의 광합성을 감소시키고 성장에 해로울 수 있다 (Hsiao and Huang 1989b). 따라서 이와 같이 담수하면 성장을 감소시키는 특성을 이용하여 물리적으로 방제할 수 있는 가능성이 있다.

관리방안

1. 경종적 방제

물참새피와 털물참새피의 포복경 단편 (fragment)은 썩레질로 흙 속에 매몰하거나 산소가 부족한 담수상태에서는 전혀 맹아(bud)하지 않는다. 따라서 심경 (deep plowing)과 썩레질을 조합한 경종적 방법으로 논이나 휴경답에 침입한 두 종을 방제할 수 있다 (Kim and Park 2009; CABI 2022). 따라서 한 해 동안 3회 이상 썩레질을 수행하면 두 종의 밀도를 감소시킬 수 있다 (KEITI 2021; CABI 2022). 즉 경운빈도를 1번에서 3번으로 늘리면 물참새피의 개체수를 상당히 줄일 수 있다 (Bernasor and de Datta 1988). 썩레질은 물참새피의 구근, 줄기 또는 뿌리줄기가 잘라져 확산을 촉진하지만 (Hsiao and Huang 1989a), 깊은 경운은 효과적인 관리방법이다 (Noda and Obayashi 1971).

2. 물리적 방제

물참새피와 털물참새피가 발생한 경작지, 특히 논에서는 가을이나 봄에 논을 15 cm 깊이로 경운하여 포복경과 근경을 건조상태에 노출시켜 이들의 수분함량을 35% 또는 그 이하로 탈수시키면 포복경과 근경의 재생을 방지할 수 있다 (Kim and Park 2009). 두 종의 줄기는 절단되면 마디 주위를 중심으로 싹이 트기 위해 산소가 필요하기 때문에 침수와 깊은 매몰은 성장을 억제한다 (CABI 2022). 따

라서 홍수 등의 침수를 통해 두 종의 줄기를 매몰시키면 제거가 가능하다 (Lee *et al.* 2015a; ME and NIE 2021).

물참새피와 털물참새피는 개화 전에 낮으로 절단한 후 식물체를 제거하여 방제할 수 있다. 즉 개화하거나 종자가 맺히기 전인 5~6월에 1차로 제거하고, 가을에 2차로 지속적인 제거가 필요하다. 특히 다년생이므로 3~4년간 지속적인 관리가 시행되어야 한다 (ME and NIE 2021). 수변부는 낮이나 예초기를 이용하여 제거하고, 수중 개체는 선박에서 낮이나 도구를 이용해 절단 후 걷어내야 한다. 그리고 절단된 개체가 확산하지 않도록 하류부에 거름망을 설치해야 한다 (ME and NIE 2021). 이 두 종의 줄기를 잘라내는 방법 중의 하나가 수륙양용선을 이용하는 것으로 현장실험이 진행 중에 있다 (KEITI 2021). 경우에 따라서는 인력제초도 고려할 수 있다.

3. 화학적 방제

물참새피와 털물참새피를 화학적으로 제거하는 방법은 토양처리제와 경엽처리제 그리고 논독에 처리하는 비선택성 제초제를 이용하는 세 가지로 나눌 수 있다. 논에서 물참새피 방제는 토양처리 제초제인 thiobencarb, molinate, pretilachlor, butachlor 등을 살포하거나, 벼과 전용 경엽처리 제초제인 fenoxaprop, bispyribac-sodium, haloxyfop, quizalofop, fluazifop, sethoxydim 등으로 방제할 수 있다. 그리고 옥수수밭에서는 nicosulfuron이 적당하다 (CABI 2022). Lee *et al.* (2003)에 의하면, 논에 발생된 털물참새피 (경운에 의해 절단된 경우)는 논 초·중기 제초제 사용으로도 효과적으로 방제되며, 여러 경엽처리 제초제 중 cyhalofop-butyl > cyhalofop-butyl · bentazon > fenoxaprop-ethyl 순으로 방제효과를 보였다. 또 논독에 발생한 털물참새피는 clomazone GR를 살포하면 20일까지 75% 방제효과를 유지하였다.

한편, Kim and Park (2009)은 물참새피와 털물참새피의 세포벽은 두꺼워 여러 제초제에 대한 내성이 강해 방제하기가 쉽지 않은데 흡수이행성 비선택성 제초제인 glyphosate만은 이 잡초를 사멸시킨다고 하였다. 이 경우에는 두 종의 잡초가 단독 근락을 형성하고 있을 때만 사용이 가능하다.

4. 생물학적 방제

일부 국가(인도)에서는 물참새피와 털물참새피 방제

를 위하여 물소(*Bubalus bubalis*)를 방목하여 생육을 억제 하였으나 현재 물소의 개체수가 감소하여 물소를 대체하는 동물로는 멧돼지(*Sus scrofa*), 거위(*Anser cygnoides var. orientalis*), 사슴(*Cervus nippon*) 등이 보고되었다(CABI 2022). 그러나 물참새피와 털물참새피는 그늘에 대해 내성이 없기 때문에 애기부들(*Typha angustifolia*), 갈대(*Phragmites communis*) 등과 같이 두 종보다 키가 크거나 비슷한 초장을 가진 식물을 유수(流水)가 느린 하천변이나 습지에 식재하여 억제할 수 있다(KEITI 2021). 그러나 병원균이나 곤충을 이용하여 두 종을 억제 및 제거한 생물학적 방제 연구는 확인할 수 없었다(CABI 2022).

물참새피와 털물참새피의 확산 방지를 위한 종합방제모형

물참새피와 털물참새피는 줄기 절단이나 매몰 등의 물리적 방제를 지속적으로 처리한다면 평균 밀도가 절반 이상 감소시킬 수 있다. 그러나 지속적인 관리가 이루어지지 않는다면 다시 발생할 가능성은 있다. 따라서 두 종을 완벽하게 방제하기 위해서는 물리적인 방제법과 화학적 방제를 함께 병행하는 것이 좋다. 해외에서는 잡초를 절단한 단면에 제초제를 함께 사용하면 방제효과가 약 90%로 증가한다고 보고도 있다(KEITI 2021). 따라서 물참새피와 털물참새피의 줄기를 절단한 후 화학적 방제를 함께 적용하는 것이 좋은 방법 중의 하나로 일반적인 화학적 방제보다 적은 양의 제초제를 사용하고도 큰 효과를 볼 수 있다.

화학적 방제법 이외 간접적으로 이들 잡초의 확산을 억제하는 방법도 있다. Lee *et al.* (2015a)은 하천변 생태계의 보전과 복원을 위한 침입 외래식물의 관리를 고유종에 적합한 수리적 및 지형적 변화를 유도하거나 고유종을 직접 도입하여 외래종에 대한 경쟁력을 약화시키는 간접적인 방법을 제안하였다. 따라서 물참새피와 털물참새피는 그늘에 민감하기 때문에 고마리(*Persicaria thunbergii*), 미나리(*Oenanthe javanica*) 등과 같은 키가 작은 식물보다 애기부들, 갈대 등 키가 큰 고유종을 도입하면 침입 확산을 억제할 수 있을 것이다.

고 찰

습지조건에서 생육하는 생태계교란식물인 물참새피와

털물참새피는 학명이나 발생지가 다르지만 유사한 점이 더 많다. 우리나라에서는 전라 및 경상지역의 논과 수로, 제방, 논둑 등에서 발생하여 문제되고 있고, 확산되면 생태계에 많은 피해를 줄 수 있다. 특히 낙동강변을 따라 조성된 부산광역시 공원(예, 대저생태공원, 삼락습지생태원, 화명생태공원)에서 극우점하여 다른 식생의 생육을 억제하고 있다. 이들을 효과적으로 관리하기 위해서는 절단에 의해 물리적으로 제거하는 방법이 유효할 수 있으나, 줄기가 질기고 물 위에 떠있는 군락의 무게 때문에 처리하기가 쉽지 않다. 이 두 종을 적정 제초제로 방제할 수는 있으나, 수변과 인접하거나 수면 위에 발생하여 화학적 방제가 또 다른 문제가 될 수 있다. 따라서 저수지나 수변에 발생한 물참새피와 털물참새피는 물리적인 방법과 생태적인 방법으로 그 밀도를 서서히 줄여 나가는 것이 효과적일 수 있다. 반면에 농경지(논)에 발생한 이 두 종은 썩레질을 통한 경종적 방제와 적용 제초제를 살포하는 화학적 방제를 병행하면 그 발생정도를 줄일 수 있을 것이다.

적 요

물참새피와 털물참새피는 주로 물가, 수로 등 습기가 많은 환경을 선호하는 벼과 다년생잡초이다. 두 종 모두 원산지는 북아메리카 지역으로 물참새피는 전 세계적으로 분포하고 있지만, 털물참새피는 미국, 일본, 한국에만 발생한다. 이런 연유로 많은 나라에서는 물참새피와 털물참새피는 같은 종으로 분류하는 경향이다. 두 종은 종자보다는 주로 지하경의 단편(조각)에 의해 번식하고 확산한다. 이 지하경은 3 cm 이상의 땅속에 매몰되면 출아하지 않는 특성이 있다. 농경지에서 물참새피와 털물참새피의 관리방안으로는 경종적 방제와 화학적 방제를 병행하는 것이 효과적이다. 즉 심경(deep plowing)이나 썩레질을 조합한 경종적 방법으로 논이나 휴경답에 침입한 두 종의 출아를 억제시킬 수 있다. 그 후 출아하는 두 종에 토양처리제인 butachlor, thiobencarb 등이나 경엽처리제인 cyhalofop-butyl, fenoxaprop-p-ethyl 등을 살포하면 방제될 수 있다.

CRedit authorship contribution statement

IY Lee: Data curation, Writing-Original draft preparation. SH Kim: Data curation. YH Lee: Data curation. A Pradeep: Data curation. DG Kim: Data curation. SH Hong: Writing-Reviewing and Editing.

사 사

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

REFERENCES

- Allred KW. 1982. *Paspalum distichum* L. var. *indutum* Shinnars (Poaceae). *Gt. Basin Nat.* 42:13.
- Bernasor PC and SK de Datta. 1988. Long-term effects of tillage, cultivar and herbicide on weed shift and control in broadcast-seeded flooded rice. *Soil Tillage Res.* 12:197–212. [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(88\)90011-6](https://doi.org/10.1016/0167-1987(88)90011-6)
- Buhler DD and ML Hoffman. 1999. Andersen's Guide to Practical Methods of Propagating Weeds & Other Plants. Weed Science Society of America. Lawrence, KS. p. 91.
- Byeon DH, SH Jung and WH Lee. 2018. Review of CLIMEX and MaxEnt for studying species distribution in South Korea. *J. Asia-Pac. Biodivers.* 11:325–333. <https://doi.org/10.1016/j.japb.2018.06.002>
- CABI. 2022. Invasive Species Compendium, *Paspalum distichum* (knotgrass). Centre for Agriculture and Bioscience International. Wallingford, UK. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/38952> (accessed on February 22, 2022).
- Cho KH and SH Lee. 2015. Prediction of changes in the potential distribution of a waterfront alien plant, *Paspalum distichum* var. *indutum*, under climate change in the Korean Peninsula. *Ecol. Resil. Infrastruct.* 2:206–215. <https://doi.org/10.17820/eri.2015.2.3.206>
- De Datta SK, FR Bolton and WL Lin. 1979. Prospects for using minimum and zero tillage in tropical lowland rice. *Weed Res.* 19:9–15.
- GBIF. 2022a. *Paspalum distichum* L. Global Biodiversity Information Facility. <https://www.gbif.org/species/2705622> (accessed on February 21, 2022).
- GBIF. 2022b. *Paspalum distichum* var. *indutum* Shinnars. Global Biodiversity Information Facility. <https://www.gbif.org/species/2705624> (accessed on February 21, 2022).
- Ha HY, KS Hwang, SJ Suh, IY Lee, YJ Oh, JS Park, JK Choi, EJ Kim, SH Cho, OD Kwon, IB Im, SK Kim, DG Seong, YJ Chung, UJ Lee, CS Kim, J Lee, JE Park and KW Park. 2014. A survey of weed occurrence on paddy field in Korea. *Weed Turf. Sci.* 3:71–77. <https://doi.org/10.5660/WTS.2014.3.2.71>
- HNU. 2017. Invasive Plants Distribution DB. Hankyong National University. Anseong, Korea.
- Hsiao AI and WZ Huang. 1989a. Apical dominance in the shoot and its possible role in the survival of *Paspalum distichum* L. *Weed Res.* 29:327–334. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1989.tb01302.x>
- Hsiao AI and WZ Huang. 1989b. Effects of flooding on rooting and sprouting of isolated stem segments and on plant growth of *Paspalum distichum* L. *Weed Res.* 29:335–344. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1989.tb01303.x>
- IKAS. 2022. Information of Korean Alien Species. National Institute of Ecology. Seocheon, Korea. <https://kias.nie.re.kr/home/for/for02002v.do?clsSno=10039&searchClsGbn=for> (accessed on August 1, 2022).
- Kadono Y. 1985. Distribution of tetraploids of *Paspalum distichum* L. 'Chikugo-suzumenohie' in irrigation reservoirs in the east Harima area, Hyogo Prefecture, southwestern Japan comparison with three aquatic grasses with a similar ecological niche. *Weed Res. Jpn.* 30:47–50.
- KEITI. 2021. Annual Report of 'Development of Optimization Technology (Stage 2) for Invasive Alien Species'. Korea Environmental Industry and Technology Institute. Seoul, Korea. p. 138.
- Kim DS and SH Park. 2009. Weeds of Korea. III. (Monocotyledoneae). Rijeon Agricultural Resources Publications. Seoul, Korea. pp. 363–367, 368–370.
- Kim KU, DH Shin and IJ Lee. 2021. Principles of Weed Control. Kyungpook National University Press. Daegu, Korea. pp. 34–41.
- KLIC. 2021. Biodiversity Conservation and Utilization Act. Korean Law Information Center. <http://www.law.go.kr> (accessed on June 14, 2022).
- Kumar CRA and DD Mittal. 1993. Habitat preference of fishes in wetlands in relation to aquatic vegetation and water chemistry. *J. Bombay Nat. Hist. Soc.* 90:181–192.
- Lee CW, DK Kim, HS Cho and HHM Lee. 2015a. The riparian vegetation disturbed by two invasive alien plants, *Sicyos angulatus* and *Paspalum distichum* var. *indutum* in South Korea. *Ecol. Resil. Infrastruct.* 2:255–263. <https://doi.org/10.17820/eri.2015.2.3.255>
- Lee IY, BC Moon, JE Park, TS Park, OD Kwon, CS Kim and SM Oh. 2003. Regeneration and sprouting by buried soil depth of *Paspalum distichum* var. *indutum* and chemical control. *Korean J. Weed Sci.* 23:334–342.
- Lee IY, CS Kim, JR Lee, KJ Hwang, IJ Kim, DM Kim, HA Seo and HM Jang. 2016. Occurrence of weed flora in pasture of Jeju, Pyeongchang and Seosan region, Korea and changes in weed vegetation. *Weed Turf. Sci.* 5:126–135. <https://doi.org/10.5660/WTS.2016.5.3.126>
- Lee IY, YJ Oh, SH Hong, JK Chou, SJ Heo, CY Lee, KS Hwang, KW Park, SH Cho, OD Kwon, IB Im, SK Kim, DG Seong, YJ Chung, CS Kim, J Lee, HA Seo and HM Jang. 2015b.

- Weed flora diversity and composition on upland field of Korea. *Weed Turf. Sci.* 4:159–174. <https://doi.org/10.5660/WTS.2015.4.3.159>
- Lee IY, SH Hong, YJ Oh, SJ Heo, CY Lee, KW Park, SH Cho, OD Kwon, IB Im, SK Kim, DG Seong, YJ Chung, CS Kim, J Lee and HA Seo. 2017. Occurrence of weed flora and changes in weed vegetation in orchard fields of Korea. *Weed Turf. Sci.* 6:21–27. <https://doi.org/10.5660/WTS.2017.6.1.21>
- Leithhead HL, LL Yarlett and TN Shiflet. 1971. 100 Native Forage Grasses in 11 Southern States. Agriculture Handbook, No. 389. Soil Conservation Service, United States Department of Agriculture. Washington, D.C. p. 216.
- Lim JC, HG Jeong, CH Lee and BK Choi. 2017. Distribution status of *Paspalum distichum* community at the Nakdong-River estuary. *Korean J. Ecol. Environ.* 50:195–206. <https://doi.org/10.11614/KSL.2017.50.2.195>
- ME. 2020. News Release-Notification of Additional Designation of Ecosystem-Disrupting Creatures (December 30, 2020). Ministry of Environment. Sejong, Korea. <http://www.law.go.kr> (accessed on December 28, 2021).
- ME and NIE. 2021. Information for the Field Management of Invasive Alien Species in Korea. Ministry of Environment and National Institute of Ecology. Sejong and Seochon, Korea. pp. 188–193, 230–235.
- NIE. 2017. Nationwide Survey of Non-Native Species in Korea. National Institute of Ecology. Seochon, Korea.
- NIE. 2022. Information of Korean Alien Species, Search for Ecosystem Disturbance Organisms, *Paspalum distichum* var. *indutum* Shinnars. National Institute of Ecology. Seochon, Korea. <https://kias.nie.re.kr/home> (accessed on February 21, 2022).
- Noda K and H Obayashi. 1971. Ecology and control of knotgrass (*Paspalum distichum*). *Weed Res. Jpn.* 11:35–39.
- Okuma M, S Chikura and Y Moriyama. 1983. Ecology and control of a subspecies of *Paspalum distichum* L. Chikugo-suzumenohie growing in creeks in the paddy area on the lower reaches of Chikugo River in Kyushu. 3. Ecological investigations on sprouting stems. *Weed Res. Jpn.* 28:31–34.
- Park SH. 1995. Unrecorded naturalized plants in Korea (VI). *Korean J. Plant Taxon.* 25:51–59.
- Park SH. 2009. New Illustrations and Photographs of Naturalized Plants of Korea. Ilchokak. Seoul. pp. 536–539.
- RDA. 2015. Study of Weed Distribution in Cropland. Rural Development Administration. Jeonju, Korea.
- Shibayama H. 1988. Ecology of aquatic weeds in creeks of the paddy growing area in the lower reaches of the Chikugo river. *Bull. Kyushu Nat. Agric. Exp. St. Jpn.* 25:1–75.