

ORIGINAL ARTICLE

금강수계 공주보와 백제보의 식물상 변화 분석

김익주* · 노재영¹⁾

공주대학교 생명과학과, ¹⁾(주)생태조사단

Flora Changes in Gongju and Baekje Weir in Geumgang River, Republic of Korea

Eui-Joo Kim, Jae-Young No¹⁾

Department of Biological Sciences, Kongju National University, Gongju 32588, Korea

¹⁾Korea Ecosystem Service, Ansan 15426, Korea

Abstract

A vascular flora survey was conducted in 2020 to identify flora and analyze changes in the numbers of vascular flora species over the past 10 years at Gongju-weir (GW) and Baekje-weir (BW) in the Geumgang River, Republic of Korea. A total of 241 taxa were found in GW and 279 taxa in BW, and 208 taxa (88% of total taxa) were common species. The distribution of invasive species in GW and BW were seven and eight taxa, respectively. Rare plants were not identified in any of the weirs. The Poaceae family dominated in terms of number of species, followed by Asteraceae, Legumes, Cyperaceae, and Polygonaceae. Additionally, Therophytes accounted for a high proportion of Raunkiaer life forms. The numbers of vascular plant species, total taxa, naturalized plants, and invasive species have been increasing over the last 10 years. However, long-term alterations in invasive species before and after the opening of the weirs increased much more significantly in the partially opened BW than in the fully opened GW. These results indicate that the degree of barrier opening does not affect the invasion and establishment of non-native species.

Key words : Vascular plant, Invasive plant, Non-native species, Before and after the weirs' opening, *Humulus japonicus*

1. 서 론

하천은 '크기에 관계없이 구배를 가지고 일정한 물길을 따라 흐르는 수괴'를 의미하며, 연속성을 가지며 (Vannote et al., 1980; Hauer et al., 1996), 구조적·기능적 상호 작용 및 연결을 담당하는 중요한 연결경관 요소(Zonnoveld and Forman, 1990)로서 국가 생태계관리를 위한 핵심적 생태계이다(Naiman et al., 1993; Lee, 1999). 또한, 하천은 물이 흐르는 중심공간인 수역뿐만 아니라 주변의 식생대를 포함하는 육상

생태계를 연결해줌으로써, 생물의 생산성과 종다양성이 매우 높다(Odum, 1983). 하천생태계는 지형적 특성과 환경 변수에 따라 종다양성 변화가 많은데 수심 등의 물리성과 pH, 염분함량, 부영양화 등의 화학성이 직접 관계되며, 유수 등도 식생이나 종다양성에 영향을 미쳐 할 수 있어 독특한 생태계를 구성하고 있다(Lee et al., 1999).

우리나라 하천 생태계는 지난 40년간 댐, 보 건설 등으로 인한 수리·수문학적 조절과 제방에 의한 생태통로의 단절로 생물종 다양성이 감소하고(Joo et al.,

Received 25 September, 2023; Revised 2 November, 2023;

Accepted 2 November, 2023

*Corresponding author : Eui-Joo Kim, Department of Biological Sciences, Kongju National University, Gongju 32588, Korea
Phone : +82-41-850-8508
E-mail : euijoo@kongju.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1997), 하천 식생이 갖고 있던 다양한 생태적 기능들 또한 사라져 여러 문제가 야기되고 있다(Hu, 2010). Ministry of Environment(2007) 조사에 의하면, 당시 전국 지방하천 중 하천의 모습을 유지하고 있는 구간은 약 55%에 불과하고 생태계 회복 가능성이 있는 구간이 약 15%, 그리고 생태계 훼손이 심각하여 회복이 힘든 하천은 30% 정도로 나타났다(Lee et al., 2018). 당시의 하천정비방법은 제방축조를 통한 복단면화, 하도의 직강화, 하폭의 확대 등이었다(Park, 2008). 하지만 하천을 복개하여 공원, 주차장, 도로 등으로 이용하고 있어 하천생태계의 혼란을 초래하고 있으며, 이러한 인공 정비는 동식물의 서식공간을 감소시켰다(Lee, 2016; Lee, 2020).

우리나라 환경부에서는 수생태계를 보존하는 방향으로 전환하고 있으며, 「물환경보전법」에 의거하여 물환경과 하천수생태계의 건강성 확보를 위해 4대강 사업이 수행되었고, 4대강 대권역의 장기 생태 모니터링 사업을 추진하고 있다(National Institute of Environmental Research, 2019). 4대강 살리기 사업은 보 설치, 제방 보강, 하도정비, 환경정비, 생태하천 조성 등을 주요 사업내용으로 하천에 대한 종합적인 정비를 통해 기후변화 대비, 물 문제 해결, 지역균형 발전, 자연과의 조화, 친수 공간 창출 등을 목표로 추진되었다(Min, 2018). 하천은 다양한 생물의 서식환경을 갖추고 있는데, 대부분의 서식 환경은 하천의 형태와 식생에 의해 만들어진다 할 수 있을 정도로 식생의 역할은 매우 중요하며, 하천 형태의 다양함과 본래의 식생 회복이 하천 생태계 회복의 원점이라고 할 수 있다(Lee et al., 1999). 그렇기 때문에 훼손된 자연 하천을 회복하기 위해서는 해당 공간의 환경요인을 고려한 적합한 식생이 조성되어야 하며, 현재 잔존 식생이 무엇이며, 해당 지역의 자연 및 인문 사회 환경을 반영한 그 지역의 식물상을 제대로 파악하여야 한다(Lee and You, 2002; Jeong et al., 2004).

금강 수계에 4대강 사업으로 총 3개의 보인 공주보, 백제보, 세종보가 설치되었으며, 해당 보들은 홍수를 저감하고 수자원을 확보하는 효과가 나타나고 있지만 수질에 대해서는 녹조 발생 등 부정적인 현상 등이 나타나고 있는 실정이다(Ministry of Environment, 2019). 하천 구간에 건설된 인공구조물이 수환경과 생물상에 미치는 영향에 관한 연구는 국외에서 이미 많은 연구가 진행되었으며, 환경에 따른 적합한 식물군락 및 관련 종에 대한 제사가 이루어지고 있다. 그러나 선진 외국은

환경 및 식물 종이 차이가 나고 행정 제도 및 기준(Yamazaki et al., 2000)마저도 다르기 때문에 국내에 적용하기는 어려운 실정이다(Han, 2013). 국내에서는 일부 연구자에 의해서 연구된 바 있으나, 국소 지점의 환경요인 변화가 단일 생물상에 미치는 영향 등 극히 제한적인 연구가 대부분이다(Kim et al., 2008; Han, 2013; Cho et al., 2015; Lee, 2016, 2020; Park, 2020; Han, 2021). 과거 보를 설치 전에 금강 수계를 중심으로 식물상 연구가 수행된 바는 있으나(Kim et al., 2009), 보 설치 후, 공주보와 백제보를 대상으로 한 연구는 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 4대강 사업으로 건설된 금강의 공주보와 백제보의 하천 변에 분포하는 관속식물상을 조사하고, 10년간 관속식물 종수를 비교 분석함으로써 금강 유역의 하천 생태계의 관리 및 회복을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 연구지 개황

금강은 중심수계 유역면적 9,810 km²에 달하는 우리나라 4대강 중의 하나이며, 동경 126°40'25"~128°03'53", 북위 35°34'47"~37°03'03" 범위에 한반도 중서부에 위치한다. 금강 유역에 공주보, 세종보, 백제보 총 3개의 보를 설치하였으며, 그 중 공주보와 백제보를 연구지역으로 선정하였다(Fig. 1).

공주보는 해발고도가 4.5 m에 해당하며, 연 평균 기온 13.1°C, 연간 강수량 1,496 mm이며, 연간 일평균 최고 온도와 최저 온도는 각각 31.5°C, -6.6°C이었다. 백제보는 해발고도가 3.4 m에 위치하며 공주보보다 하류에 위치한다. 연 평균 기온 13.3°C, 연간 강수량 1,625 mm이었으며, 연간 일 평균 최고 온도와 최저 온도는 각각 28.4°C, -5.2°C이었다.

2.2. 연구 방법

2.2.1. 연구 범위 및 시기

연구지의 범위는 공주보 또는 백제보가 설치된 구간을 중심으로 상류와 하류 각 1 km로 총 2 km의 단위 구간이었다. 식물상 조사 시기는 조사지역인 하천 변의 특성을 고려하여 출현하는 식물을 확인하기 쉬우며 개화한 종이 많은 시기로 선정하였다(National Institute

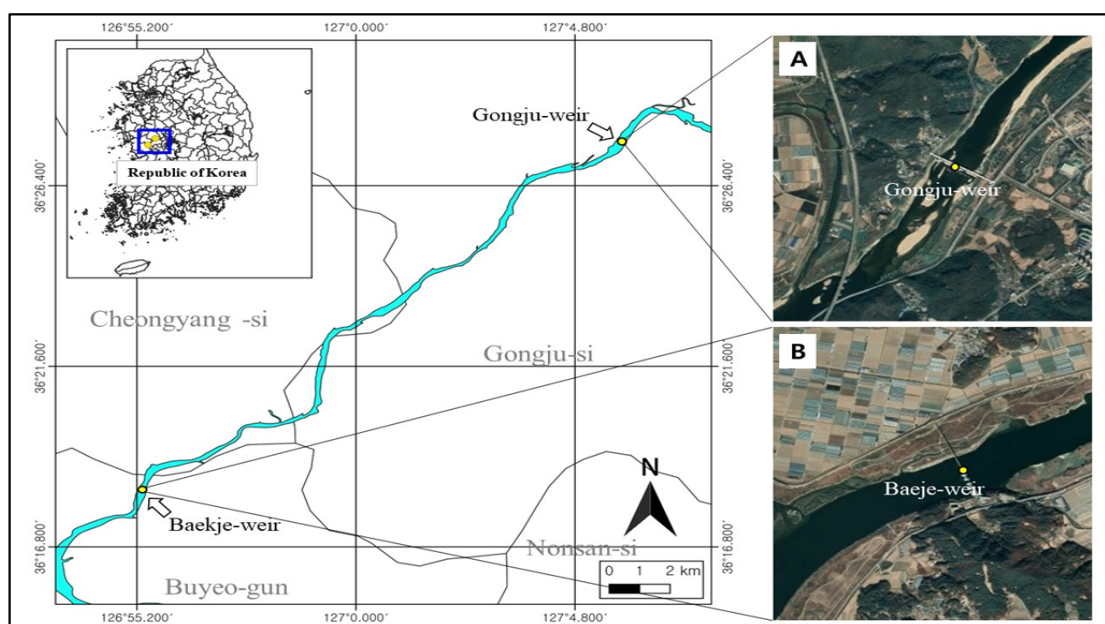


Fig. 1. Map showing the locations of Gongju-weir (top right (A)) and Baekje-weir (bottom right (B)) in the Geumgang River, Republic of Korea. The blue line box in the picture on the left indicates the research site, the sky blue indicates the Geumgang River, and the yellow dots indicate the location of the weirs.

of Environmental Research, 2017). 식물의 최대생육시기를 고려하여, 2020년 8~9월에 하천 식생에서 출현한 관속식물을 대상으로 여름철에서 초가을 사이에 조사하였다.

2.2.2. 식물상 조사 및 분석

식물상 조사는 양치식물과 종자식물을 포함하는 관속식물상을 대상으로 수행하였으며, 연구지 범위인 2 km 범위에서 확인된 모든 식물종의 종명은 “국립환경과학원(2017)의 식물상 조사표”에 직접 기록하였다 (National Institute of Environmental Research, 2017). 연구지에서 오동정일 가능성이 있거나 동정과 분류가 불가능한 종들은 영양기관과 번식기관 등에 대한 영상자료를 확보하였으며, 획득한 자료를 토대로 실내에서 동정을 수행하였다. 환경부의 생태계교란생물 (환경부, 2021)인 16종 식물에 대한 출현 여부를 파악하였고 종명을 기록하였다. 또한, 현장에서 특산식물, 멸종위기식물, 희귀식물 등이 관찰되면 좌표(GPS)와 영상자료 확보와 분포 여부를 기록하였다.

식물의 분류, 동정 및 생활형 분류는 Lee(2003)의

원색대한식물도감, Lee(1997)의 원색한국식물도감, Lee(2006)의 원색한국기초식물도감 그리고 Park(2009)의 한국의 귀화식물도감 등의 문헌을 바탕으로 참고하였다. 아울러, 생태계교란생물을 포함한 관속식물에 대한 학명의 기재는 국가표준식물목록 (2023)에 따랐다.

각 보의 관속식물상의 현황을 파악하고자 식물상, 귀화식물, 생태계교란식물의 종수와 특산식물, 멸종위기식물, 희귀식물의 출현 여부를 분석하였다. 그리고 Sorensen(1948)의 군집유사도지수를 활용하여 관속식물상의 유사성 분석으로 공주보와 백제보의 출현 종을 비교하였다. 유사도 지수를 구하는 식은 $2C/(A+B)$ 이었으며, 여기서 A는 A지점에 출현한 총 종수이며 B는 B지점에 출현한 총 종수이며 C는 두 지점에 공통으로 출현한 종수를 의미한다.

또한, 과별 출현 종수와 비율과 모든 종에 대한 생활형을 Raunkiaer(1934)의 생활형 스펙트럼에 의해서 구분하여 종수 (비율)을 분석하였다. 생활형은 지상식물 중 일년생식물(Th: Therophytes), 반지중식물(H: Hemicytophytes), 지중식물(G: Geophytes), 지표식물

(Ch: Chamaephytes), 수생식물(HH: Hydrophytes), 지상식물 중 교목(MM: Megaphanerophytes), 아교목(M: Microphanerophytes, 지상식물 중 관목(N: Nano phanerophytes) 등으로 구분된다.

한편, 2010년부터 2020년까지 각 보에서 출현하였던 관속식물의 변화상을 알아보고자 2020년을 제외한 나머지 연도의 식물상은 동일한 연구지역에서 조사가 된 국립환경과학원의 2020년 금강수계 보 구간 수생태계 모니터링 보고서를 것을 참조하였다. 그리고 각 연도의 총 종수, 귀화식물 종수 그리고 생태계교란생물의 종수의 증감 변화를 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 관속식물상 현황 및 비교

3.1.1. 식물상

공주보의 식물상은 65과 173속 217종 2아종 21변종 1품종 등 총 241분류군이였다(Appendix 1). 그 중, 귀화식물은 총 52분류군이였으며, 생태계교란생물은 7종(가시박, 애기수영, 돼지풀, 단풍잎돼지풀, 미국쭉부쟁이, 가시상추, 환삼덩굴)으로 출현하였다(Table 1). 한편, 특산식물, 멸종위기식물, 희귀식물 등의 보호종은 확인되지 않았다.

백제보의 식물상은 69과 187속 252종 2아종 24변종 1품종 등 총 279분류군이였다(Appendix 1). 그 중, 귀화식물은 총 53분류군이였으며, 생태계교란생물은 8종(가시박, 가시상추, 단풍잎돼지풀, 돼지풀, 미국쭉부쟁이, 양미역취, 애기수영, 환삼덩굴)으로 출현하였다(Table 1). 한편, 특산식물, 멸종위기식물, 희귀식물 등의 보호종은 확인되지 않았다.

공주보와 백제보의 관속식물상의 유사도 지수를 비교한 결과, 0.88지수로 나타났으며, 전체 312분류군 중에서 공통으로 출현한 종은 208분류군이였다(Appendix 1).

공주보와 백제보의 관속식물은 총 312분류군으로, 국립생물자원관의 2021년 국가생물다양성통계자료집에 의한 한반도 관속식물 4,606분류군의 6.7%에 해당하였다. 또한, 동일지점에서 관속식물 종수 모니터링 결과, 전년도 대비 현재 공주보에서는 16분류군, 백제보에서는 14분류군으로 10분류군 이상 증가하였다. 또한, 같은 해 식물상 조사가 수행된 낙동강 수계 8개 보의 관속식물상은 상주보에서 145분류군이였으며, 낙

단보에서가 128분류군, 구미보에서가 145분류군, 칠곡보에서가 121분류군, 강정고령보에서가 116분류군, 달성보에서가 111분류군, 합천창녕보에서가 107분류군 그리고 창녕함안보에서가 116분류군이였다(Han, 2021). 낙동강 8개의 관속식물의 종수와 금강의 보와 비교하였을 때, 금강수계 공주보와 백제보에서가 낙동강의 보들보다 최대 163분류군이나 더 많았다. 또한, 본 연구 결과인 금강수계 보 내에서도 단독 출현 종은 백제보(71분류군)에서가 공주보(33분류군)에서보다 12% 더 많은 분류군이 출현하였으며, 떡갈나무, 모감주나무, 배롱나무, 뽕나무, 측백나무, 팽나무, 양버즘나무 등의 식재종과 끈끈이대나물, 미국나팔꽃, 독일붓꽃 등의 귀화식물을 포함한 자생식물 등이 출현하였다(Appendix 1).

이처럼 보 별로 관속식물상 수가 차이를 보이는 이유는 지역적, 공간적으로 특징을 가진 식재종 및 귀화식물 등을 포함하고 있기 때문으로 판단된다(Kim et al., 2009). 또한, 공주보보다 백제보에서 다양한 분류군이 조사된 것은 수변공간의 면적이 넓어서 비교적 많은 식물이 나타난 것으로 판단된다 그럼에도 불구하고 백제보와 공주보의 중복종은 67%로 차지하는 것으로 나타나서 높은 중복성을 보이며, 금강수계 내 쉽게 관찰되는 종이자 대표 식물종이라고 판단된다.

3.1.2. 과별 출현 종수

공주보의 과별 출현 종수는 벼과(Poaceae)가 38 분류군(15.8%)으로 가장 많았으며, 그 다음 순은 국화과(Asteraceae)가 30 분류군(12.4%), 콩과(Fabaceae)가 22 분류군(9.1%), 마디풀과(Polygonaceae)이 14 분류군(5.8%), 십자화과(Cruciferae)가 11 분류군(4.6%), 사초과(Cyperaceae)가 10 분류군(4.1%), 장미과(Rosaceae)가 9 분류군(3.7%) 그리고 그 외의 과는 107 분류군(44.4%) 등이였다(Table 2).

백제보의 과별 출현 종수(%)는 벼과(Poaceae)가 41 분류군(14.7%)으로 가장 많았으며, 그 다음 순으로는 국화과(Asteraceae)가 31 분류군(11.1%), 콩과(Fabaceae)가 25 분류군(9.0%), 사초과(Cyperaceae)가 22 분류군(7.9%), 마디풀과(Polygonaceae)가 15 분류군(5.4%), 장미과(Rosaceae)가 14 분류군(5.0%), 십자화과(Cruciferae)가 9 분류군(3.2%) 그리고 그 외의 과는 122 분류군(43.3%) 등이였다(Table 2).

공주보와 백제보의 과별 출현 종수(%)는 벼과

Table 1. List of naturalized and invasive plants distributed in Gongju-weir (GW) and Baekje-weir (BW), Geumgang River, Republic of Korea

Family	Scientific Name	N	I	GW	BW	Family	Scientific Name	N	I	GW	BW
Gramineae	<i>Avena fatua</i>	○	○	○	○	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia supina</i>	○	○	○	○
	<i>Bromus tectorum</i>	○	○	○	○	Onagraceae	<i>Oenothera odorata</i>	○	○	○	○
	<i>Dactylis glomerata</i>	○	○	○	○	Convolvulaceae	<i>Ipomoea purpurea</i>	○	○	○	○
	<i>Lolium perenne</i>	○	○	○	○		<i>Cuscuta pentagona</i>	○	○	○	○
	<i>Festuca myuros</i>	○	○	○	○	Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i>	○	○	○	○
	<i>Festuca arundinacea</i>	○	○	○	○		<i>Veronica peregrina</i>	○	○	○	○
Cannabinaceae	<i>Humulus japonicus</i>		○	○	○	Scrophulariaceae	<i>Veronica arvensis</i>	○	○	○	○
Polygonaceae	<i>Rumex acetocella</i>	○	○	○	○		<i>Veronica persica</i>	○	○	○	○
	<i>Rumex crispus</i>	○	○	○	○		<i>Veronica anagallisaquatica</i>	○	○	○	○
	<i>Rumex conglomeratus</i>	○	○	○	○	Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i>	○	○	○	○
	<i>Rumex obtusifolius</i>	○	○	○	○	Cucurbitaceae	<i>Sicyos angulatus</i>	○	○	○	○
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium ficifolium</i>	○	○	○	○		<i>Triodanis perfoliata</i>	○	○	○	○
Amarantaceae	<i>Amaranthus retroflexus</i>	○	○	○	○		<i>Galinsoga ciliata</i>	○	○	○	○
	<i>Amaranthus lividus</i>	○	○	○	○		<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i>	○	○	○	○
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca americana</i>	○	○	○	○		<i>Ambrosia trifida</i>	○	○	○	○
Caryophyllaceae	<i>Stellaria media</i>	○	○	○	○		<i>Xanthium canadense</i>	○	○	○	○
							<i>Xanthium strumarium</i>	○	○	○	○
							<i>Solidago altissima</i>	○	○	○	○
Cruciferae	<i>Lepidium apetalum</i>	○	○	○	○		<i>Aster pilosus</i>	○	○	○	○
	<i>Lepidium virginicum</i>	○	○	○	○	Compositae	<i>Aster subulatus</i>	○	○	○	○
	<i>Thlaspi arvense</i>	○	○	○	○		<i>Erigeron annuus</i>	○	○	○	○
Rosaceae	<i>Potentilla paradoxa</i>	○	○	○	○		<i>Conyza canadensis</i>	○	○	○	○
Leguminosae	<i>Vicia villosa</i>	○	○	○	○		<i>Senecio vulgaris</i>	○	○	○	○
	<i>Lotus corniculatus</i>	○	○	○	○		<i>Eclipta prostrata</i>	○	○	○	○
	<i>Trifolium pratense</i>	○	○	○	○		<i>Bidens frondosa</i>	○	○	○	○
	<i>Trifolium repens</i>	○	○	○	○		<i>Taraxacum officinale</i>	○	○	○	○
	<i>Medicago sativa</i>	○	○	○	○	<i>Lactuca serriola</i>	○	○	○	○	
Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i>	○	○	○	○	<i>Sonchus oleraceus</i>	○	○	○	○	

* Abbreviation Description: N: Naturalized plant, I: Invasive plant, GW: Gongju-weir BW: Baekje-weir.

(Poaceae)가 45분류군(14.4%)이었으며, 국화과 (Asteraceae)가 34분류군(10.9%), 콩과(Fabaceae)가 27분류군 (8.7%), 사초과(Cyperaceae)가 22분류군 (7.1%), 마디풀과(Polygonaceae)가 16분류군(5.1%) 등으로 나타났으며, 상위 10개 과에 포함되는 식물종은 전체 관속식물분류군의 195분류군(62.5%)으로 차지하였다(Table 2). 각 보 별 또는 공주보와 백제보의 출현 식물종은 일부 과에 편중된 경향을 보였다. 본 연구과 일치하게, 국내 하천에서도 벼과, 국화과, 사초과, 마디

풀과, 콩과 등의 과들이 높은 비율로 우점하고 있는 것으로 보고되었다(Sin et al., 2003; Kim et al., 2009; Lee et al., 2018; Han, 2021).

3.1.3. 생활형

공주보의 전체 241분류군에 대한 생활형의 종수는 일년생식물(Th)은 94분류군(39.0%)으로 가장 많았으며, 반지중식물(H)은 48분류군(19.9%), 수생식물(HH)은 35분류군(14.5%), 교목(MM)은 17분류군(7.1%), 저

Table 2. Total number and ratio of taxa by family in Gongju-weir and Baekje-weir, Geumgang River, Republic of Korea

Weir	Gongju	Baekje	Total
Family	No. of taxa (no.) / Ratio (%)		
Poaceae	38 (15.8)	41 (14.7)	45 (14.4)
Asteraceae	30 (12.4)	31 (11.1)	34 (10.9)
Fabaceae	22 (9.1)	25 (9.0)	27 (8.7)
Polygonaceae	14 (5.8)	15 (5.4)	16 (5.1)
Cruciferae	11 (4.6)	9 (3.2)	12 (3.8)
Cyperaceae	10 (4.1)	22 (7.9)	22 (7.1)
Rosaceae	9 (3.7)	14 (5.0)	14 (4.5)
Others	107 (44.4)	122 (43.3)	142 (45.5)
Total	241 (100.0)	279 (100.0)	312 (100.0)

목(N)은 14분류군(5.8%), 지중식물(G)은 13분류군(5.4%), 지표식물(Ch)은 11분류군(4.6%) 그리고 아교목(M)은 9분류군(3.7%) 순으로 나타났다(Figure 2).

백제보의 전체 279분류군에 대한 생활형의 종수는 일년생식물(Th)은 101분류군(36.3%)으로 가장 많았으며, 반지중식물(H)은 54분류군(19.4%), 수생식물(HH)은 51분류군(18.3%), 교목(MM)은 19분류군(6.8%), 저목(N)은 15분류군(5.4%), 지중식물(G)은 15분류군(5.4%), 지표식물(Ch)은 12분류군(4.3%) 그리고 아교목(M)은 11분류군(4.0%) 순으로 나타났다(Figure 2).

공주보와 백제보에서 출현한 식물의 생활형은 대부

분이 일·이년생 초본이 높은 비율로 차지하였는데, 연구 지역이 식생 천이 초기 단계로 안정화되지 못하고 외부로부터 빈번한 교란 또는 그러한 환경이 되기 쉬운 상태를 보여준다. 또한, 공주보와 백제보의 수변 공간은 출입이 자유로우며, 답압, 제초 등의 인위적인 교란이 빈번하였기 때문에 다년생 식물보다는 교란에 적응력이 높은 일·이년생식물이 많이 출현한 것으로 고려된다(Shin et al., 2003; Kim and Lim, 2006; Han et al., 2007). 또한, 일·이년생 초본은 교란이 발생하면 제일 먼저 유입되고 단기간에 번식산을 하는 생활사의 특징을 가지고 있어서 본 연구지역에서 높은 비율로 나타난 것으

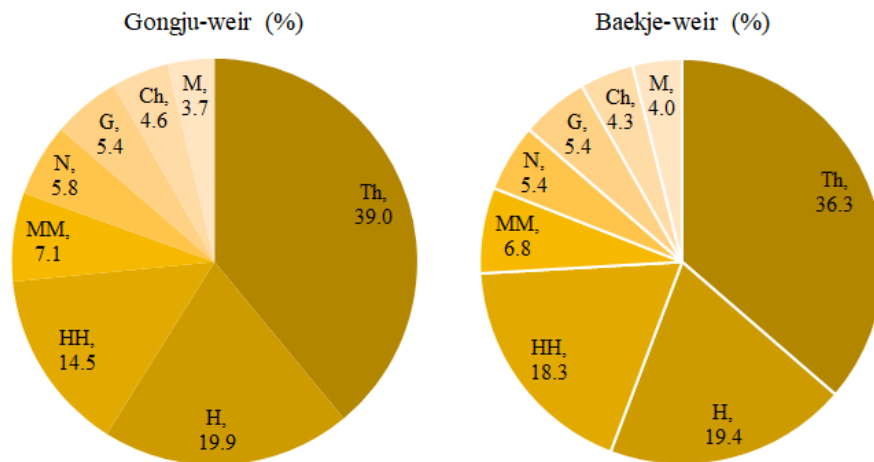


Fig. 2. Ration(%) of Raunkiaer life forms in vascular plants of Gongju-weir (left) and Baekje-weir (right) in the Geumgang River, Republic of Korea. M: Microphanerophytes, Th: Therophytes, H: Hemicryptophytes, G: Geophytes, Ch: Chamaephytes, HH: Hydrophytes, MM: Megaphanerophytes, N: Nanophanerophytes.

로 판단된다. 이로 보아 금강보와 백제보 수변공간을 대표하는 생활형은 일년생식물로 확인되었다.

3.2. 관속식물상의 변화

공주보와 백제보의 10년간 관속식물 종수의 변화는 총 출현 종수, 귀화식물 종수 그리고 생태계교란생물의 종수가 증가하는 경향을 보였다(Fig. 3).

총 출현 종수는 공주보와 백제보 모두 보 설치 공사('10년~'12년) 이후 2013년부터는 증가하는 경향을 보였지만 2015년과 2016년에 다시 감소하였다. 2017년부터 2020년까지 총 출현 종수는 꾸준히 증가하였다. 공주보에서는 2010년에 138종이 출현하였고, 2020년에는 총 241종이 출현하였다. 10년 동안 103종이 증가하였고, 2020년에 가장 많은 종이 출현하였다. 백제보에서는 2010년에 232종이 출현하였고, 2020년에는 총 279종이 출현하였다. 10년 동안 47종이 증가하였고, 2020년에 가장 많은 종이 출현하였다(Fig. 3). 공통적으로 2020년에 가장 많은 종이 출현하였는데, 이는 일·이년생 초본이 증가하고 외래식물의 유입이 증가하였기 때문으로 판단된다.

귀화식물 종수는 공주보에서 2010년에 26종이 출현하였고, 2020년에는 총 57종이 출현하였다. 10년 동안 31종이 증가하였고, 2020년에 가장 많은 종이 출현하였다. 백제보에서는 2010년에 38종이 출현하였고, 2020년에는 총 53종이 출현하였다. 10년 동안 15종이 증가하였고, 2020년에 가장 많은 종이 출현하였다(Fig. 3). 귀화식물은 빈번한 교란과 인간에 의해 간섭받거나 훼손된 지역에서 주로 출현하는데(Han et al., 2007), 공주보와 백제보의 수변공원 이용자들의 잦은 출입으로 인한 답압과 지속적인 식생 관리를 위한 예초 및 제초 등의 활동으로 인하여 계속하여 보 수변공간에서 빈번하게 출현하여 증가한 것으로 판단된다.

생태계교란생물 종수는 공주보에서는 2010년에 2종(단풍잎돼지풀, 돼지풀)이 출현하였고, 2020년에는 7종(가시박, 가시상추, 단풍잎돼지풀, 돼지풀, 미국쑥부쟁이, 애기수영, 환삼덩굴)이 출현하였다. 10년 동안 5종이 증가하였고, 2020년에 가장 많은 종이 출현하였다. 백제보에서는 2010년에 4종(가시박, 단풍잎돼지풀, 돼지풀, 애기수영)이 출현하였고, 2020년에는 총 8종(가시박, 가시상추, 단풍잎돼지풀, 돼지풀, 미국쑥부

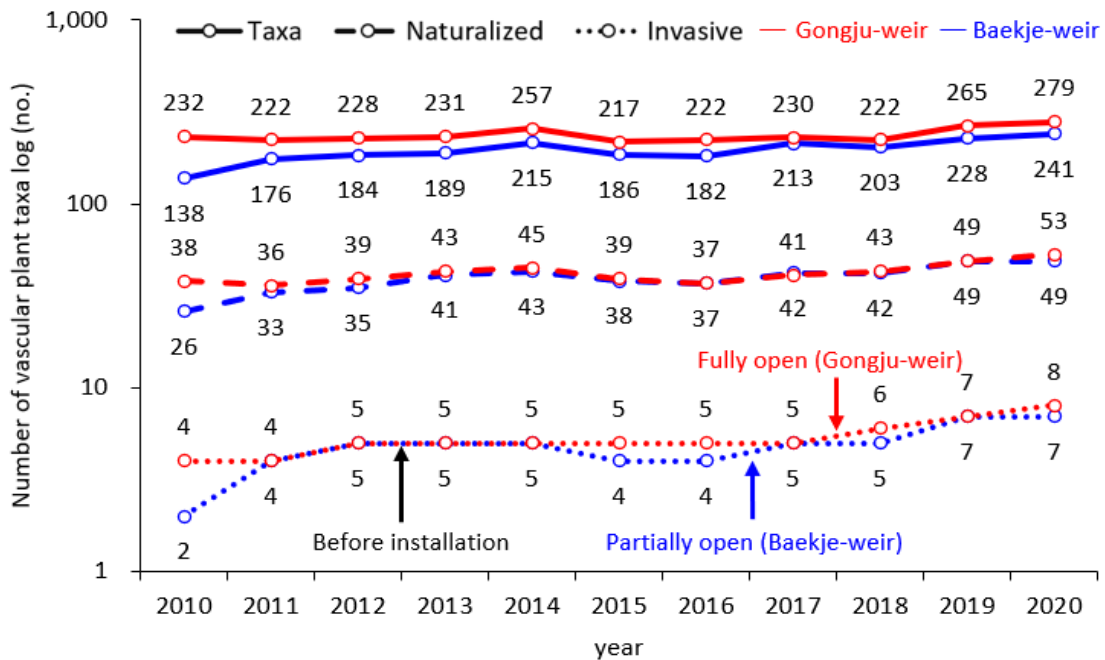


Fig. 3. Changes in the number of vascular plants by the year in Gongju-weir (red) and Baekje-weir (blue), Geumgang River, Republic of Korea. The numbers above the line graph indicate the number of vascular plant taxa.

쟁이, 양미역취, 애기수영, 환삼덩굴)이 출현하였다. 10년 동안 4종이 증가하였고, 2020년에 가장 많은 종이 출현하였다(Fig. 3).

관속식물상 중 생태계교란식물은 생물다양성을 위협하는 가장 주요한 요인 중의 하나로서 생태계에 부정적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 질병 전파 등 인간에게도 피해를 주고 있는 것으로 알려져 있다(National Institute of Ecology, 2015, 2016; Kim et al., 2017). 2020년에 생태계교란식물은 공주보에서 7종이, 백제보에서는 8종이 출현하였다. 두 개의 보에서 동일하게 출현하였던 종은 가시박, 가시상추, 단풍잎돼지풀, 돼지풀, 미국쭈부쟁이, 애기수영, 환삼덩굴이었다. 그 중 특히 환삼덩굴은 하천 변, 제방, 둑, 고수부지, 도로 등 넓게 분포하고 있었는데, 다른 생태계교란식물보다 물리적환경이 상이한 곳에서 더 안정적으로 정착하는 것으로 판단된다(Park, 2020). 실제로 본 조사 대상 지역 내에서도 2020년의 환삼덩굴군락의 면적은 공주보는 13,052.68 m², 백제보는 8,141.81 m²이었으며, 특히 공주보가 백제보보다 출현면적이 넓었고 공주보에서 환삼덩굴군락의 면적이 증가하였다. 이러한 환삼덩굴의 안정적인 정착과 넓은 면적의 군락 형성은 공간의 빠른 잠식을 통해 주변 식물 종들에게 피해를 줄 수 있을 것으로 판단된다(Han, 2021). 환삼덩굴과 마찬가지로 가시박을 포함한 출현한 생태계교란식물들은 대부분이 1년생 덩굴성 초본으로서 다른 식물 종을 피압하여 분포하는 것으로 확인되었다.

이처럼 생태계교란식물의 유입과 군락 형성은 향후 자생하고 있는 식물을 피압하여 식물상의 단순화를 유발할 수 있을 것으로 고려된다(Han, 2021). 보를 개방한 후 증가한 생태계교란식물 종수와 출현 면적의 증가를 방지하기 위해서는 이들의 발생 초기에 제거가 가장 바람직할 것으로 판단된다(Moon and You, 2016). 아울러, 매우 광범위하게 확산된 생태계교란종의 관리를 위해서는 생물학적 방제(Krebs, 1972; Moon and You, 2016)도 고려되어야 한다. 이미 생태계교란식물 중 단풍잎돼지풀의 주요 기주식물은 돼지풀잎벌레로 밝혀졌으며 이를 활용하여 식물 제거 방안과 생물학적 방제 대상 종 등이 주목받고 있는 실정이다(Yamazaki et al., 2000; Zhou et al., 2014; Kim et al., 2017; Lee et al., 2023). 이처럼 광범위하게 분포 면적을 확장하고 있는 생태계교란식물에 대한 생물학적 방제 방법과 그 가능성을 확인하기 위한 초식곤충에 대한 기초연구

가 필요할 것으로 보인다.

한편, 보 개방 전 후의 외래종의 장기간의 변화는 부분 개방한 백제보가 완전 개방한 공주보보다 훨씬 크게 증가하였다. 이러한 결과는 외래종의 침입과 정착에는 보의 개방의 정도는 영향이 없음을 의미하는 것으로 판단된다.

4. 결론

2020년 금강수계 내 금강보와 백제보의 관속식물상의 현황을 파악한 결과, 공통 출현종은 88%로 유사하였으며, 보호종은 출현하지 않았다. 보 별 10년간 관속식물 종수의 경향은 총출현, 귀화식물 그리고 생태계교란식물은 증가하는 경향을 보였다. 다만, 보 개방 전 후의 외래종의 장기간의 변화는 부분 개방한 백제보가 완전 개방한 공주보보다 훨씬 크게 증가하였다. 이러한 결과는 외래종의 침입과 정착에는 보의 개방의 정도가 영향이 없음을 의미한다.

REFERENCES

- Cho, K. T., Jang, R. H., You, Y. H., 2015, Analysis for the relationship of environmental factors and vegetation structure at natural streamside valley and riparian forest in South Korea. *J. Eco. Environ.*, 38, 405-413.
- Han, Y. S., Kim, H. R., Han, S. J., Jeong, J. K., Lee, S. H., Jang, R. H., You, Y. H., 2013, Studies on β -diversity for high plant community turnover in flood plain restoration. *J. Wetlands Res.*, 15, 501-508.
- Han, J. E., Kim, S. Y., Kim, W. H., Lee, J. Y., Kim, J. H., Ro, T. H., Choi, B. H., 2007, Distribution of naturalized plants at stream in middle part of Korea. *Kor. J. of Environ. Biology*, 25, 115-123.
- Han, Y. S., 2021, Plant ecological assessment of waterfront space the weir in the Nakdong river basin, Ph. D. Dissertaion, Kongju National University, Gongju, Republic of Korea.
- Hauer, F. R., Lamberti, G. A., Gilbert, O. L., 1996, Methods in stream ecology, *Biological J. of the Linnean*, 59, 471.
- Hu, E. B., 2010, Studies on the woody Vegetation in the edge of natural river for Ecological Restoration in Korea, Master Dissertaion, Kongju National University, Gongju, Republic of Korea.
- Jeong, J. A., Kim, H. J., Lee, E. H., 2004, The comparison of plants and vegetation transect in a straight and a

- restoration section: A case study of Bulgwang stream in Seoul, Korea. *Kor. J. Env. Eco*, 18, 61-74.
- Joo, G. J., Kim, H. W., Ha, K., 1997, The development of stream ecology and current status, *Kor. J. Eco*, 20, 69-78.
- Kim, D. S., Oh, K. S., Lee, Y. D., Lee, S. Y., Lee, H., Kim, H. J., Kim, D. E., 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, *Kor. J. Environ. Bio.*, 35, 437-445.
- Kim, H. J., Shin, B. K., You, Y. H., Kim, C. H., 2008, A Study on the vegetation of the present-day potential natural state of water for flood plain restoration in South Korea, *J. Eco. Environ.*, 22, 564-594.
- Kim, Y. H., Park, J. M., Jang, C. G., 2009, The comparative study of flora around the Geumgang area. *Kor. J. Environ. Bio.*, 27, 216-229.
- Kim, J. W., Lim, J. C., 2006, A Phytosociological review of the forests (maeulsoop). *Keimyung Kor. Studies J.*, 33, 81-114.
- Krebs, C. J., 1972, The experimental analysis of distribution and abundance, *Ecology*, Harper and Row, New York.
- Lee, W. T., 1996, Coloured Standard Illustrations of Korean Plants, Academy Publishing Co., Seoul, Republic of Korea. 855.
- Lee C. S., Hong, S. K., Cho, H. J., Oh, J. M., 1999, Technology for natural environment restoration, Dongwha Technology, Seoul, Republic of Korea.
- Lee, C. S., You, Y. H., 2002, Ecological consideration for restoration of the degraded urban river, *Kor. J. Eco.*, 25, 113-118.
- Lee, C. B., 2003, Coloured flora of Korea, Hyangmunsa, Seoul, Republic of Korea.
- Lee, Y. N., 2006, New flora of Korea, Kyohaksa, Seoul, Republic of Korea.
- Lee, S. Y., 2016, Health Condition Assessment of Geumgang Aquatic Ecosystems using the Vegetation and Its Meaning to River Management in Korea, Master Dissertaion, Kongju National University, Gongju, Republic of Korea.
- Lee, S. Y., Jang, R. H., Han, Y. S., Jung, Y. H, Lee, S. I., Lee, E. P., You, Y. H., 2018, Health Condition Assessment Using the Riparian Vegetation Index and Vegetation Analysis of Geumgang mainstream and Mihocheon, *Kor. J. Environ. Eco.*, 32, 105-117.
- Lee, S. Y., 2020, Health Assessment Using Vegetation and Flora, and Factor Analysis of the Changes in Keum River, Ph. D. Dissertaion, Kongju National University, Gongju, Republic of Korea.
- Lim, C. H., Pi, J. H., Kim, A. R., Cho, H. J., Lee, K. S., You, Y. H., Lee, K. H., Kim, K. D., Moon, J. S., Lee, C. S., 2021, Diagnostic Evaluation and Preparation of the Reference Information for River Restoration in South Korea, *Int J. Environ. Res. Public Health*, 18, 1724.
- Min, G. S., 2018, Research on the interpretation of the Nakdong River water quality transformation process, Ph. D. Dissertaion, Kongju National University, Gongju, Republic of Korea.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2014, Four Major Rivers Project Survey and Evaluation Report, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Sejong, Republic of Korea.
- Ministry of Environment, 2007, Final report on research on establishing river restoration models, standards, and research plans to restore aquatic ecosystem health (I) Model and plant, Ministry of Environment, Sejong, Republic of Korea, 49-93.
- Ministry of Environment, 2019, Monitoring report of weir operation in the 16 weirs of the 4 major rivers, Ministry of Environment, Sejong, Republic of Korea.
- Moon, H. T., You, Y. H., 2016, Invasion Ecology, Hongneung Science Publishing. Seoul, Republic of Korea.
- National Institute of Ecology, 2015, Alien species we should pay attention to (I), National Institute of Ecology, Sechon, Republic of Korea.
- National Institute of Ecology, 2016, Handbook for field management of invasive species, National Institute of Ecology Sechon, Republic of Korea.
- National Institute of Environmental Research, 2017, Aquatic ecosystem monitoring report in the Nakdong River weir section, Geumgang Water Environment Research Institute, National Institute of Environmental Research, Incheon, Republic of Korea.
- Naiman, R. J., Décamps, H., Pollock, M., 1993, The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity, *ESA*, 3, 209-212.
- Odum, H. T., 1983, System ecology: an introduction, Wiley New York.
- Park, J. H., 2020, The relationships between vegetative succession and soil characteristics on the floodplain in large river ecosystem, and cultivation and growth of *Epilobiumhirsutum* L., Korean endangered hydrophyte in the closed smart farm, Ph. D. Dissertaion, Kongju National University, Gongju, Republic of Korea.
- Park, J. W., 2008, Research on measures to improve laws related to national ecosystem restoration. Korea Legislation Research Institute. Sejong, Republic of Korea.

- Park, S. H., 2009, New Illustrations and Photographs of Naturalized plant of Korea Ilchokak. Seoul, Republic of Korea.
- Sørensen T., 1948, A Method of establishing groups of equal amplitude in plant society based on similarity of species content, K. Danske Vidensk. Selsk. 5, 1-34.
- Shin, D. H., Roh, T. S., Oh, W. Y., Lee, K. S., 2003, Floral change in the urban stream after natural stream work, J. Kor. Insti. Land. Archi., 31, 67-73.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., Cushing, C. E., 1980, The river continuum concept, Canadian J. Fish. Aqu. Sci., 37, 130-137.
- Yamazaki, K. C., Natuhara, Y., 2000, Rapid population growth and food-plant exploitation pattern in an exotic leaf beetle, *Ophraella communa* LeSage (*Coleoptera: Chrysomelidae*), in western Japan, App. Ento. Zoo., 35, 215-223.
- Zonneveld, I. S., Forman, R. T., 1990, Changing landscapes: An Ecological Perspective, Springer-Verlag, New York.
-
- Researcher. Eui-Joo Kim
Department of Biological Sciences, Kongju National University
euijoo@kongju.ac.kr
 - Researcher. Jae-Young No
Korea Ecosystem Service
jayung93@naver.com

Appendix 1. List of flora in Gongju-weir (GW) and Baekje-weir (BW), Geumgang River, Republic of Korea, The superscript alphabet after the scientific name indicates of Raunkiaer life form

Family	Scientific Name	GW	BW	Family	Scientific Name	GW	BW	Family	Scientific Name	GW	BW
Equisetaceae	<i>Equisetum arvense</i> ^G	○	○		<i>Ulmus parvifolia</i> ^{MM}	○	○	Geraniaceae	<i>Geranium sibiricum</i> ^H	○	○
Ginkgoaceae	<i>Ginkgo biloba</i> ^{MM}	○	○	Ulmaceae	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> ^{MM}	○	○	Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i> ^{Ch}	○	○
Pinaceae	<i>Pinus koraiensis</i> ^{MM}	○	○		<i>Zelkova serrata</i> ^{MM}	○	○	Simaroubaceae	<i>Ailanthus altissima</i> ^{MM}	○	○
	<i>Pinus densiflora</i> ^{MM}	○	○		<i>Celtis sinensis</i> ^{MM}	○	○	Euphorbiaceae	<i>Acalypha australis</i> Th	○	○
Cupressaceae	<i>Thuja orientalis</i> ^M	○	○	Moraceae	<i>Morus alba</i> ^{MM}	○	○		<i>Euphorbia supina</i> Th	○	○
	<i>Chamaecyparis obtusa</i> ^{MM}	○	○		<i>Humulus japonicus</i> Th	○	○		<i>Euonymus alatus</i> ^N	○	○
Typhaceae	<i>Typha orientalis</i> ^{HH}	○	○	Urticaceae		○	○	Celastraceae	<i>Celastrus orbiculatus</i> ^M	○	○
	<i>Typha angustata</i> ^{HH}	○	○		<i>Boehmeria spicata</i> ^{Ch}	○	○		<i>Acer ginnala</i> ^M	○	○
Potamogetonaceae	<i>Potamogeton distinctus</i> ^{HH}	○	○	Aristolochiaceae	<i>Aristolochia contorta</i> ^H	○	○	Aceraceae	<i>Acer palmatum</i> ^{MM}	○	○
	<i>Potamogeton crispus</i> ^{HH}	○	○		<i>Rumex acetocella</i> ^H	○	○	Sapindaceae	<i>Koeleruteria paniculata</i> ^{MM}	○	○
Alismataceae	<i>Alisma plantagoaquatica</i> var. <i>orientale</i> ^{HH}	○	○		<i>Rumex crispus</i> ^H	○	○	Vitaceae	<i>Parthenocissua tricuspidata</i> ^M	○	○
Hydrocharitaceae	<i>Vallisneria asiatica</i> ^{HH}	○	○		<i>Rumex conglomeratus</i> ^H	○	○	Violaceae	<i>Viola mandshurica</i> ^H	○	○
	<i>Hydrilla verticillata</i> ^{HH}	○	○		<i>Rumex obtusifolius</i> ^H	○	○			<i>Viola verecunda</i> ^H	○
Gramineae	<i>Pseudosasa japonica</i> ^M	○	○	Polygonaceae	<i>Bilderdykia dumetorum</i> Th	○	○	Lythraceae	<i>Largerstroemia indica</i> ^M	○	○
	<i>Alopecurus aequalis</i> var. <i>amurensis</i> Th	○	○		<i>Persicaria filiforme</i> ^G	○	○			<i>Lythrum anceps</i> ^G	○
	<i>Beckmannia syzigachne</i> ^{HH}	○	○		<i>Persicaria perfoliata</i> Th	○	○	Hydrocaryaceae	<i>Trapa japonica</i> ^{HH}	○	○
	<i>Calamagrostis epigeios</i> ^G	○	○		<i>Persicaria senticosa</i> Th	○	○		<i>Trapa pseudoincisa</i> ^{HH}	○	○
	<i>Calamagrostis arundinacea</i> ^G	○	○		<i>Persicaria thunbergii</i> ^{HH}	○	○	Onagraceae	<i>Oenothera odorata</i> Th	○	○
	<i>Avena fatua</i> Th	○	○		<i>Persicaria hastatosagittata</i> ^{HH}	○	○	Haloragaceae	<i>Myriophyllum verticillatum</i> ^{HH}	○	○
	<i>Trisetum bifidum</i> ^H	○	○		<i>Persicaria sieboldii</i> ^{HH}	○	○		<i>Torilis japonica</i> Th	○	○
	<i>Phalaris arundinacea</i> ^{HH}	○	○		<i>Persicaria lapathifolia</i> Th	○	○	Umbelliferae	<i>Oenanthe javanica</i> ^{HH}	○	○
	<i>Agropyron ciliare</i> Th	○	○		<i>Persicaria hydrocaryon</i> ^{HH}	○	○			<i>Sium suave</i> ^{HH}	○
	<i>Agropyron tsukushinense</i> var. <i>transiens</i> Th	○	○		<i>Persicaria pubescens</i> Th	○	○		<i>Angelica decursiva</i> ^G	○	○
	<i>Bromus tectorum</i> ^H	○	○		<i>Persicaria blumei</i> Th	○	○	Cornaceae	<i>Cornus kousa</i> ^M	○	○
	<i>Bromus japonicus</i> Th	○	○		<i>Polygonum aviculare</i> Th	○	○	Ericaceae	<i>Rhododendron indicum</i> ^N	○	○
	<i>Dactylis glomerata</i> ^H	○	○	Chenopodiaceae	<i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i> Th	○	○	Primulaceae	<i>Androsace umbellata</i> Th	○	○
	<i>Lolium perenne</i> Th	○	○			<i>Chenopodium ficifolium</i> Th	○	○	Ebenaceae	<i>Diospyros kaki</i> ^{MM}	○
	<i>Festuca myuros</i> Th	○	○		<i>Amaranthus retroflexus</i> Th	○	○	Oleaceae	<i>Forsythia koreana</i> ^N	○	○
	<i>Festuca arundinacea</i> ^H	○	○	Amarantaceae	<i>Amaranthus mangostanus</i> Th	○	○	Asclepiadaceae	<i>Metaplexis japonica</i> ^G	○	○
	<i>Poa annua</i> ^H	○	○			<i>Amaranthus lividus</i> Th	○	○		<i>Ipomoea hederacea</i> var. <i>hederacea</i> Th	○
	<i>Poa acroleuca</i> Th	○	○		<i>Achyranthes japonica</i> ^H	○	○	Convolvulaceae	<i>Ipomoea purpurea</i> Th	○	○
	<i>Poa sphondyloides</i> ^H	○	○	Phytolaccaceae	<i>Phytolacca americana</i> ^G	○	○			<i>Calystegia hederacea</i> ^G	○
	<i>Leersia japonica</i> ^{HH}	○	○	Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> Th	○	○		<i>Calystegia japonica</i> ^G	○	○
	<i>Zizania latifolia</i> ^{HH}	○	○		<i>Arenaria serphyllifolia</i> Th	○	○	Polemoniaceae	<i>Cuscuta australis</i> Th	○	○
	<i>Phragmites communis</i> ^{HH}	○	○		<i>Cerastium holosteoides</i> var. <i>hallaisanense</i> ^H	○	○			<i>Cuscuta pentagona</i> Th	○
	<i>Phragmites japonica</i> ^{HH}	○	○		<i>Cerastium pauciflorum</i> ^H	○	○		<i>Phlox subulata</i> ^H	○	○
	<i>Eragrostis ciliaris</i> Th	○	○	Caryophyllaceae	<i>Stellaria aquatica</i> Th	○	○	Polemoniaceae	<i>Trigonotis peduncularis</i> Th	○	○
	<i>Eragrostis ferruginea</i> ^H	○	○			<i>Stellaria media</i> Th	○	○		<i>Bothriospermum tenellum</i> Th	○
	<i>Eragrostis japonica</i> Th	○	○		<i>Stellaria alsine</i> var. <i>undulata</i> Th	○	○	Verbenaceae	<i>Callicarpa japonica</i> ^M	○	○
	<i>Eleusine indica</i> Th	○	○		<i>Dianthus sinensis</i> ^H	○	○		<i>Scutellaria baicalensis</i> ^H	○	○
	<i>Cynodon dactylon</i> ^H	○	○		<i>Silene armeria</i> Th	○	○		<i>Prunella vulgaris</i> var. <i>lilacina</i> ^H	○	○
	<i>Zoysia japonica</i> ^G	○	○		<i>Clematis apiifolia</i> ^N	○	○		<i>Leonurus sibiricus</i> Th	○	○
	<i>Pennisetum alopecuroides</i> ^H	○	○	Ranunculaceae	<i>Ranunculus sceleratus</i> ^{HH}	○	○		<i>Stachys japonica</i> ^H	○	○
	<i>Setaria viridis</i> Th	○	○			<i>Ranunculus japonicus</i> ^H	○	○	Labiatae	<i>Lamium amplexicaule</i> Th	○
	<i>Setaria glauca</i> Th	○	○		<i>Ranunculus chinensis</i> Th	○	○		<i>Salvia plebeia</i> Th	○	○
	<i>Setaria faberii</i> Th	○	○	Lardizabalaceae	<i>Akebia quinata</i> ^N	○	○		<i>Lycopus ramosissimus</i> var. <i>japonicus</i> ^{HH}	○	○
	<i>Panicum bisulcatum</i> Th	○	○		<i>Menispermum dauricum</i> ^N	○	○		<i>Clinopodium chinense</i> var. <i>parviflorum</i> ^H	○	○
	<i>Digitaria sanguinalis</i> Th	○	○	Menispermaceae	<i>Cocculus trilobus</i> Th	○	○		<i>Phlomis umbrosa</i> ^H	○	○
	<i>Eriochloa villosa</i> ^H	○	○	Papaveraceae	<i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i> Th	○	○	Solanaceae	<i>Lycium chinense</i> ^N	○	○
	<i>Echinochloa crusgalli</i> ^{HH}	○	○		<i>Brassica juncea</i> var. <i>integrifolia</i> Th	○	○		<i>Solanum nigrum</i> Th	○	○
	<i>Echinochloa crusgalli</i> var. <i>oryzicola</i> ^{HH}	○	○	Cruciferae	<i>Brassica campestris</i> subsp. <i>napus</i> var. <i>nippo-oleifera</i> Th	○	○	Scrophulariaceae	<i>Mazus pumilus</i> Th	○	○
	<i>Echinochloa crusgalli</i> var. <i>frumentacea</i> ^{HH}	○	○			<i>Lepidium apetalum</i> Th	○		○		<i>Lindernia procumbens</i> ^{HH}

Family	Scientific Name	GW	BW	Family	Scientific Name	GW	BW	Family	Scientific Name	GW	BW
	<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i> ^G	○	○		<i>Lepidium virginicum</i> Th	○	○		<i>Lindernia macrantha</i> ^{HH}	○	○
	<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> ^{HH}	○	○		<i>Thlaspi arvense</i> Th	○	○		<i>Veronica peregrina</i> ^{HH}	○	○
	<i>Miscanthus sacchariflorus</i> ^H	○	○		<i>Cardamine flexuosa</i> Th	○	○		<i>Veronica arvensis</i> Th	○	○
	<i>Miscanthus sinensis</i> ^H	○	○		<i>Cardamine lyrata</i> ^H	○	○		<i>Veronica persica</i> Th	○	○
	<i>Cymbopogon tortillis</i> var. <i>goeringii</i> ^{HH}	○	○		<i>Rorippa indica</i> Th	○	○		<i>Veronica undulata</i> ^{HH}	○	○
	<i>Themeda triandra</i> var. <i>japonica</i> ^H	○	○		<i>Rorippa islandica</i> Th	○	○		<i>Veronica anagallis-aquatica</i> Th	○	○
	<i>Carex neurocarpa</i> ^H	○	○		<i>Rorippa globosa</i> Th	○	○	Acanthaceae	<i>Justicia procumbens</i> Th	○	○
	<i>Carex maackii</i> ^H	○	○		<i>Capsella bursapastoris</i> Th	○	○	Plantaginaceae	<i>Plantago asiatica</i> ^H	○	○
	<i>Carex dimorpholepis</i> ^H	○	○		<i>Draba nemorosa</i> var. <i>hebecarpa</i> Th	○	○		<i>Plantago lanceolata</i> ^H	○	○
	<i>Carex bostrychostigma</i> ^H	○	○	Crassulaceae	<i>Penthorum chinense</i> ^{HH}	○	○	Rubiaceae	<i>Galium spurium</i> Th	○	○
	<i>Carex japonica</i> ^H	○	○		<i>Sedum sarmentosum</i> ^H	○	○	Caprifoliaceae	<i>Lonicera japonica</i> ^M	○	○
	<i>Carex dispalata</i> ^{HH}	○	○	Platanaceae	<i>Platanus occidentalis</i> ^{MM}	○	○	Valerianaceae	<i>Patrinia scabiosaefolia</i> ^H	○	○
	<i>Carex dickinsii</i> ^H	○	○		<i>Spiraea prunifolia</i> var. <i>simpliciflora</i> ^N	○	○		<i>Actinostemma lobatum</i> Th	○	○
	<i>Carex glabrescens</i> ^H	○	○		<i>Stephanandra incisa</i> ^N	○	○	Cucurbitaceae	<i>Melothria japonica</i> Th	○	○
	<i>Eleocharis congesta</i>	○	○		<i>Duchesnea chrysantha</i> ^{Ch}	○	○		<i>Sicyos angulatus</i> Th	○	○
	<i>Eleocharis mamillata</i> var. <i>cyclocarpa</i> ^{HH}	○	○		<i>Potentilla kleiniana</i> ^{Ch}	○	○	Campanulaceae	<i>Triodanis perfoliata</i> ^G	○	○
Cyperaceae	<i>Fimbristylis dichotoma</i> ^{HH}	○	○		<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i> ^{Ch}	○	○	Lobeliaceae	<i>Lobelia chinensis</i> ^H	○	○
	<i>Scirpus radicans</i> ^{HH}	○	○		<i>Potentilla chinensis</i> ^{Ch}	○	○		<i>Galinsoga ciliata</i> Th	○	○
	<i>Scirpus karuizawensis</i> ^{HH}	○	○	Rosaceae	<i>Potentilla paradoxa</i> ^{Ch}	○	○		<i>Helianthus tuberosus</i> ^G	○	○
	<i>Scirpus wichurae</i> ^{HH}	○	○		<i>Rubus crataegifolius</i> ^N	○	○		<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i> Th	○	○
	<i>Scirpus triangulatus</i> ^{HH}	○	○		<i>Rubus parvifolius</i> ^N	○	○		<i>Ambrosia trifida</i> Th	○	○
	<i>Scirpus triquetter</i> ^{HH}	○	○		<i>Rubus idaeus</i> var. <i>microphullus</i> ^N	○	○		<i>Xanthium canadense</i> Th	○	○
	<i>Scirpus tabernaemontani</i> ^{HH}	○	○		<i>Rosa multiflora</i> ^N	○	○		<i>Xanthium strumarium</i> Th	○	○
	<i>Cyperus microiria</i> Th	○	○		<i>Prunus yedoensis</i> ^{MM}	○	○		<i>Solidago altissima</i> ^H	○	○
	<i>Cyperus amuricus</i> Th	○	○		<i>Prunus jamasakura</i> ^{MM}	○	○		<i>Aster yomena</i> ^{Ch}	○	○
	<i>Cyperus difformis</i> ^{HH}	○	○		<i>Pyrus pyrifolia</i> ^{MM}	○	○		<i>Aster pilosus</i> ^H	○	○
	<i>Cyperus nipponicus</i> Th	○	○		<i>Albizia julibrissin</i> ^M	○	○		<i>Aster subulatus</i> Th	○	○
	<i>Kyllinga brevifolia</i> var. <i>leirolepis</i> ^{HH}	○	○		<i>Cassia mimosoides</i> var. <i>nomame</i> Th	○	○		<i>Erigeron annuus</i> Th	○	○
Lemnaceae	<i>Spirodela polyrhiza</i> ^{HH}	○	○		<i>Sophora japonica</i> ^{MM}	○	○		<i>Conyza canadensis</i> Th	○	○
	<i>Lemna paucicostata</i> ^{HH}	○	○		<i>Lespedeza bicolor</i> ^N	○	○		<i>Senecio vulgaris</i> Th	○	○
Commelinaceae	<i>Commelina communis</i> Th	○	○		<i>Lespedeza cuneata</i> ^H	○	○		<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>latilobum</i> ^H	○	○
	<i>Aneilema keisak</i> ^{HH}	○	○		<i>Kummerowia striata</i> Th	○	○		<i>Artemisia selengensis</i> ^H	○	○
Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i> ^{HH}	○	○		<i>Aeschynomene indica</i> Th	○	○		<i>Artemisia montana</i> ^{Ch}	○	○
	<i>Juncus tenuis</i> ^H	○	○		<i>Vicia angustifolia</i> var. <i>segetalis</i> Th	○	○		<i>Centaurea cyanus</i> Th	○	○
Juncaceae	<i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i> ^{HH}	○	○		<i>Vicia tetrasperma</i> Th	○	○	Compositae	<i>Eclipta prostrata</i> Th	○	○
	<i>Juncus papillosus</i> ^{HH}	○	○		<i>Vicia hirsuta</i> Th	○	○		<i>Bidens frondosa</i> Th	○	○
	<i>Juncus krameri</i> ^{HH}	○	○		<i>Vicia villosa</i> Th	○	○		<i>Bidens tripartita</i> ^{HH}	○	○
Liliaceae	<i>Smilax china</i> ^N	○	○		<i>Dunbaria villosa</i> ^G	○	○		<i>Bidens bipinnata</i> Th	○	○
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea batatas</i> ^G	○	○		<i>Rhynchosia volubilis</i> ^G	○	○		<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>ussuriense</i> ^H	○	○
Iridaceae	<i>Iris pseudoacorus</i> ^G	○	○	Leguminosae	<i>Phaseolus nipponensis</i> Th	○	○		<i>Hemistepta lyrata</i> Th	○	○
	<i>Iris germanica</i> ^G	○	○		<i>Pueraria thunbergiana</i> ^{Ch}	○	○		<i>Coreopsis lanceolata</i> ^H	○	○
	<i>Populus deltoides</i> ^{MM}	○	○		<i>Glycine soja</i> Th	○	○		<i>Coreopsis tinctoria</i> Th	○	○
	<i>Salix glandulosa</i> ^{MM}	○	○		<i>Amphicarpaea edgeworthii</i> var. <i>trisperma</i> Th	○	○		<i>Cosmos bipinnatus</i> Th	○	○
Salicaceae	<i>Salix koreensis</i> ^{MM}	○	○		<i>Indigofera pseudotinctoria</i> ^{Ch}	○	○		<i>Taraxacum officinale</i> ^H	○	○
	<i>Salix pseudo-lasiogyne</i>	○	○		<i>Robinia pseudoaccacia</i> ^{MM}	○	○		<i>Ixeris dentata</i> ^H	○	○
	<i>Salix gracilistyla</i> ^N	○	○		<i>Lotus corniculatus</i> ^H	○	○		<i>Lactuca serriola</i> Th	○	○
	<i>Castanea crenata</i> ^{MM}	○	○		<i>Amorpha fruticosa</i> ^N	○	○		<i>Lactuca indica</i> var. <i>laciniata</i> Th	○	○
	<i>Quercus acutissima</i> ^{MM}	○	○		<i>Astragalus sinicus</i> Th	○	○		<i>Sonchus oleraceus</i> Th	○	○
	<i>Quercus variabilis</i> ^{MM}	○	○		<i>Trifolium pratense</i> ^{Ch}	○	○		<i>Youngia japonica</i> Th	○	○
Fagaceae	<i>Quercus dentata</i> ^{MM}	○	○		<i>Trifolium repens</i> ^{Ch}	○	○		<i>Youngia denticulata</i> Th	○	○
	<i>Quercus aliena</i> ^{MM}	○	○		<i>Medicago sativa</i> ^H	○	○		<i>Youngia sonchifolia</i> Th	○	○
	<i>Quercus mongolica</i> ^{MM}	○	○		<i>Medicago ruthenica</i> ^H	○	○				
					<i>Melilotus albus</i> Th	○	○				

* Abbreviation Description: M: Microphanerophytes, Th: Therophytes, H: Hemicryptophytes, G: Geophytes, Ch: Chamaephytes, HH: Hydrophytes, MM: Megaphanerophytes, N: Nanophanerophytes.