

습지보호지역 버드나무림의 식물군락 특성

조광진·임정철·이창수·추연수[†]

국립생태원 습지센터

Characteristics of Plant Community of Willow Forest in the Wetland Protection Areas of Inland Wetlands

Kwang-Jin Cho·Jeoncheol Lim·Changsu Lee·Yeounsung Chu[†]

Wetlands Research Team, Wetland Center, National Institute of Ecology, Korea
(Received : 05 April 2021, Revised : 08 June 2021, Accepted : 08 June 2021)

요약

내륙습지에서 생태적, 환경적으로 중요한 역할을 하고 생태복원의 주요 재료가 되는 버드나무림에 대한 식물사회학적 연구가 수행되었다. 습지보호지역에 발달하는 버드나무림을 대상으로 Z.-M.(Zürich-Montpellier)학파의 방법에 따라 총 61개의 식생자료가 수집되었고 식물군락과 종조성적 특성이 밝혀졌다. 총 237분류군을 포함한 9개의 식물군락이 구분되었다. 높은 상대기여도(r -NCD) 값을 나타내는 버드나무류는 키버들, 왕버들, 선버들, 갯버들, 버드나무로 확인되었다. 종조성 분석결과, 벼과, 국화과, 미나리과, 마디풀과, 콩과 순으로 출현빈도가 높게 나타났으며, 생활형은 일년생식물(휴면형), 단립식물(지하기관형), 중력산포형(산포방법), 직립형(생육형)을 가지는 식물종의 출현율이 높아 Th-R₅-D₄-e로 특징지어졌다. 귀화식물은 12과 24종, 생태계교란 생물은 3과 4종이 관찰되었으며, 귀화율은 10.1%, 교란지수는 41.4%로 분석되었다. NMDS 서열법(non-metric multidimensional scaling)에 의한 식물종과 조사지점 간의 경향성 분석 결과, 조사지점의 해발고도와 습지의 유형이 식물군락의 공간적 분포를 결정하는 주요한 요소인 것으로 밝혀졌다. 비교적 해발고도가 높은 산지형 습지에서 다양성 지수와 균등도 지수가 높게 나타났으며, 해발고도가 낮은 하천형과 호수형 습지에서는 교란지수, 귀화율, 일년생식물 출현비율이 높았다.

핵심어 : 식물사회학적 조사, 식물군락, 상대기여도, 습지보호지역, 버드나무림

Abstract

In wetland protection areas, a phytosociological research was conducted on willow forests, which plays an important ecological and environmental role and is the main material for ecological restoration. A total of 61 relevés were collected according to the Z-M(Zürich-Montpellier) school's method and the characteristics of plant communities and the composition of the species were identified. A total of 9 plant communities including 237 taxa were differentiated. Willow species showing the high r -NCD(relative net contribution degree) value in study areas were *Salix koriyanagi*, *Salix chaenomeloides*, *Salix triandra* subsp. *nipponica*, *Salix gracilistyla* and *Salix pierotii*. Poaceae was the most diverse in species, followed by Asteraceae, Apiaceae, Polygonaceae and Fabaceae. Life form type of willow forests in wetland protection areas was determined to be Th(therophytes)-R₅(non-clonal form)-D₄(clitochores)-e(erect form) type. The naturalized plants and invasive alien species were identified as 24 taxa and 4 taxa, respectively. Naturalized and disturbance indices were 10.1% and 41.4%, respectively. The results of the site-species ordination by Non-Metric Multidimensional Scaling(NMDS), wetland types and altitude gradient were the main ecological factors determining the spatial distribution of plant communities. Diversity index and evenness index were high in mountainous palustrine wetlands with relatively high altitude, and the disturbance index, naturalized index and appearance rate of annual plant were high in riverine and lacustrine wetlands with low altitude.

Key words : Phytosociological research, Plant community, Relative net contribution degree, Wetland protection area, Willow forest

[†]To whom correspondence should be addressed.

Wetlands Research Team, Wetland Center, National Institute of Ecology, Korea
E-mail: hhloveys@nie.re.kr

- Kwang-Jin Cho Wetlands Research Team, Wetland Center, National Institute of Ecology, Korea / Team Manager (kjcho@nie.re.kr)
- Jeoncheol Lim Wetlands Research Team, Wetland Center, National Institute of Ecology, Korea / Senior Researcher (limsu8002@nie.re.kr)
- Changsu Lee Wetlands Research Team, Wetland Center, National Institute of Ecology, Korea / Junior Researcher (cslee2@nie.re.kr)
- Yeounsung Chu Wetlands Research Team, Wetland Center, National Institute of Ecology, Korea / Junior Researcher (hhloveys@nie.re.kr)

1. 서 론

버드나무류(*Salix* spp.)는 홍수와 침식, 퇴적의 교란을 겪는 서식지에서 성장할 수 있는 많은 특성을 지니고 있으며(Karrenberg et al., 2002) 특히 퇴적물을 빠르게 안정화시킬 수 있는 거대한 뿌리 시스템의 활발한 성장률과 생산성(Grissinger and Bowie, 1984; Hupp, 1992; Van Splunder et al., 1996; Shields et al., 1995; Anonymous, 2005)으로 하천과 같은 유수역 및 유수역과 인접한 배후습지에 군락을 형성한다(Lee, 2004; Kim et al., 2009).

국내에는 37종의 버드나무류가 분류되어 있으며(BKP, 2021) 하변 연목림에는 하천유역, 입지 안정성, 수위 등에 따라 버드나무류가 우점하는 13개의 식물군락이 발달하고 있다(Lee, 2004). 이러한 버드나무류의 식물군락은 곤충, 어류, 포유류 등 다양한 분류군의 서식지가 되며(Lee et al., 2007; Park et al., 2013; Kim et al., 2017) 영양변식이 가능하고 적박한 토양에서도 가지와 뿌리의 생장이 빨라 신속히 토양을 안정화하는 특성이 있어 하천복원을 위한 주요 식물재료가 된다(Bentrup and Hoag, 1998; Kim and Lee, 1998).

국내 버드나무류에 생태적 연구는 간척지, 매립지, 하천복원을 위한 재료로서의 활용성을 목적으로 다양한 환경 속에서 나타나는 생육특성을 규명하기 위한 연구(Koo et al., 2006; Yeo et al., 2007; Yeo et al., 2010; Kim et al., 2014)와 현장 조사를 기반으로 특정습지에 발달하고 있는 버드나무류의 공간적 분포, 군락특성 등에 관한 연구가 이루어져 있다(Chun et al., 1998; Lee, 2004; Song, 2001; Song, 2008; Park et al., 2013). 다만, 인위적인 영향으로 습지가 소실되고 생태계의 기능이 저하되고 있는 상황(Yi and Choi, 2001; Shim et al., 2019)에서 습지보호지역에 분포하고 있는 버드나무류로 대표되는 하변 연목림에 대한 생태적 연구는 미진한 실정이다.

본 연구에서는 습지보호지역에 발달하고 있는 버드나무림을 대상으로 군락유형을 구분하고 종조성적 특성을 밝혀 보호지역 관리를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 군락분류

습지보호지역에 발달하고 있는 버드나무림의 군락특성을 파악하기 위해 습지보전법 따라 수행된 습지보호지역 정밀조사 식생자료(ME, 2011b; NIER, 2016, 2018; NIE, 2019)를 활용하였다. 식생조사는 식물사회의 종조성을 강조하는 Z.-M.학파의 방법에 따랐으며(Braun-Blanquet, 1964; Kim and Lee, 2006) 피도계급은 수리분석이 용이하도록 1~9개 등급의 변환통합우점도(Westhoff and van der Maarel, 1973)를 활용하였다(ME, 2011a). 식물군락을 구성하는 출현 식물종의 기여도는 양적, 질적 평가를 통합하여 백분율로 환산한 상대기여도(r -NCD; relative net contribution degree)로 표기하였다(Kim and Manyko, 1994; Kim and Lee, 2006).

군락분류를 위해 R 환경(R Core Team, 2021)의 Vegan package (Oksanen et al., 2021)에서 'hclust' 함수를 사용하여 계층적 군집분석(hierarchical cluster analysis)을 수행하였다(R Core Team, 2021). 군락별 유사도 거리는 'Horn' 계수를 이용하여 비가중산술결합(unweighted pair group method using arithmetic algorithm, UPGMA)방식으로 분류하였다(Sneath and Sokal, 1973).

2.2 생태식물상 분석

분류된 식물군락에서 출현한 식물종은 국가생물종목록(BKP, 2021)에 따라 정리하였고 귀화식물은 Lee et al.(2011)과 Ryu et al.(2017)을 참고하였다. 버드나무림을 구성하는 식물종의 생태적 특성을 파악하고자 생활형을 분석하였다. 생활형은 Lee(1996)을 참고하여 휴면형, 번식형, 생육형으로 정리하였다. 식물군락별 교란강도를 확인하고자 교란지수(Di, disturbance index, Benabdelmoumence et al., 2014; Kim et al., 2019a)와 귀화율(N_i , naturalized index, Numata, 1975)을 분석하였다. 교란지수의 산출식은 $(Ch_i + Th_i) / S_i \times 100$ 으로 i 지역의 지표 식물 종수(Ch_i)와 일년생식물 종수(Th_i)의 합을 i 지역에 출현한 식물종수(S_i)로 나누어 백분율로 나타내었다. 귀화율은 $S_i / N_i \times 100$ 으로 i 지역에 출현한 귀화식물 종수(S_i)를 i 지역에 출현한 식물종수(N_i)로 나누어 백분율로 산출하였다. 교란지수 분석 시 지표식물과 일년생식물은 Lee(1996)의 휴면형(dormancy form)을 참고하였다.

각 조사지점에서 식물군락의 종다양성을 분석하기 위하여, 종별 피도값을 사용하여 다양도 지수(H'; Shannon and Weaver, 1949)와 종균등도 지수(E'; Pielou, 1975)를 산출하였다. 또한, 식물군락의 종조성과 조사지점별 관계를 서열법(ordination)으로 분석하기 위하여 R 환경(R Core Team, 2021)의 Vegan package(Oksanen et al., 2021)에서 'metaMDS' 함수를 사용하여 비계량형다차원척도법(non-metric multidimensional scaling, NMDS)을 실시하였다(Kruskal, 1964). 군락구조의 조사지점 사이 거리는 Bray-Curtis 방식(Bray and Curtis, 1957)으로 산출하였다. 식물종 특성 및 환경 요인과 2차원으로 도식화된 NMDS 결과의 상관관계를 분석하기 위하여 Vegan package(Oksanen et al., 2021)의 'envfit' 함수를 사용하여 상관계수와 유의 수준을 산출하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 군락분류

연구 대상지역은 환경부 지정 습지보호지역 25개소 중 우포늪, 한강하구, 장도습지, 한반도습지, 침실습지, 담양습지, 운곡습지, 영월습지 8개소로 버드나무림과 관련한 61개의 식생자료를 활용하였다(Table 1). 이들 식생조사표를 군집분석한 결과, 키버들, 왕버들, 선버들, 갯버들, 버드나무가 우점하는 9개의 식물군락(키버들군락, 선버들-쇠뿔꽃군락, 버드나무-용단사초군락, 선버들-산조팝군락, 왕버들-선버들군락,

Table 1. The status of the study wetlands

Wetland name(abbreviation)	Locality	No. of relevés	Area(km ²)	Altitude(m)	Type	Survey year
Upo Wetland(UP)	Changnyeong-gun	3	8.651	5	Lacustrine, Riverine	2011
Jangdo Island Wetland(JD)	Shinan-gun	5	0.09	105	Mountainous palustrine	2018
Wolyeoung Wetland(WY)	Jeongeup-si	25	0.375	300	Mountainous palustrine	2016
Han River Estuary(HR)	Goyang-si ~ Ganghwa-gun	2	60.668	0	Riverine	2016
Ungok Wetland(UG)	Gochang-gun	2	1.93	37	Lacustrine	2018
Damyang Riverine Wetland(DR)	Damyang-gun, Buk-gu(Gwangju)	5	0.981	24	Riverine	2019
Hanbando Wetland(HB)	Yeongwol-gun	9	2.772	214	Riverine	2019
Chimsil Wetland(CS)	Gokseong-gun, Namwon-si	10	2.037	49	Riverine	2019

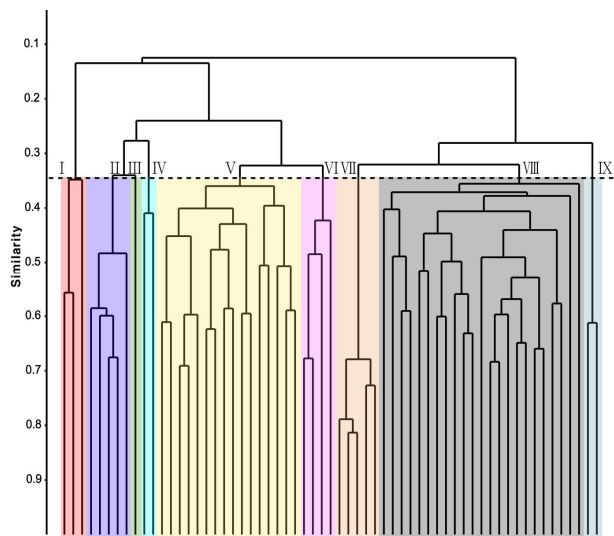


Fig. 1. Cluster dendrogram classified 61 sampled stations into 9 plant communities (I : Sk, II : SaSt, III : CmSp, IV : CeSt, V : StSc, VI : PaSc, VII : MvSp, VIII : PtSp IX : Sg). The abbreviation for plant community is shown in table 4.

왕버들-갈풀군락, 버드나무-나도바랭이새군락, 버드나무-고마리군락, 갯버들군락)이 구분되었다(Fig. 1 and Appendix 1).

키버들군락(I : Sk, *Salix koriyanagi* community)은 영월 한반도습지에서 확인되었고 3개 지점에서 총 37분류군(평균 17.3분류군)이 출현하였다. 주로 자갈이 섞인 모래가 퇴적된 입지의 수변부를 따라 띠형태로 분포하고 있었다. 2층구조로서 수위가 증가함에 따라 범람과 일시적인 정체가 일어나는 입지에 발달하였고 유속의 영향을 더 받는 입지에는 갯버들(r-NCD 25.00, 이하 r-NCD 생략)과 달뿌리풀(25.00)이 나타났다.

선버들-쇠별꽃군락(II : SaSt, *Stellaria aquatica-Salix triandra* subsp. *nipponica* community)은 한반도습지 내 집중 강우 시 범람을 경험하는 하천 고수부지부의 점토와 가는 모래가 섞인 입지에서 관찰되었다. 5개 지점에서 총 62분류군(평균 24.0분류군)이 확인되었고 선버들과 쇠별꽃에 의해 구분되었다. 본 군락의 진단종인 쇠별꽃은 간접빈도가 높은 밭, 과수원에 고빈도로 출현하는 식물로서(Kim et al., 2019b; Lee et al., 2015;

Lee et al., 2017), 분포입지가 평창강과 주천강의 합류부의 특성과 강우로 인해 물리적 변화를 빈번하게 겪는 장소라는 것을 간접적으로 나타낸다고 볼 수 있다. 3층구조로 교목층에 선버들이 우점하고 버드나무가 혼생하고 있었고 초본층의 우점 식물은 장마 전후로 종조성의 변화가 관찰되었다. 장마 이전에는 개밀(57.89), 용단사초(12.63)와 같은 벼과 식물이 고빈도로 출현하였고 장마 이후에는 생태계교란 생물인 가시박(60.53), 환삼덩굴(47.37) 등의 덩굴성 식물이 넓은 면적을 차지하고 있어 이에 대한 관리가 필요해 보였다(NIE, 2019).

버드나무-용단사초군락(III : CmSp, *Carex miyabei-Salix pierotii* community)은 교목층의 버드나무와 초본층 용단사초에 의해 구분되며 관목층에는 뽕나무(44.44), 초본층에는 환삼덩굴(88.89), 개밀(66.67), 애기똥풀(33.33) 등이 빈도 높게 관찰되었다. 한반도습지 고수위대의 두텁게 퇴적된 고운 모래입지에 발달하고 있었다. 제방권 가까이에 위치하면서 토지이용에 따라 서식처가 변형되어 몇몇 장소에 잔존하는 식물군락으로 기재되었다(NIE, 2019).

선버들-산조풀군락(IV : CeSt, *Calamagrostis epigeios-Salix triandra* subsp. *nipponica* community)은 한강하구의 장항습지 내 유속이 느린 고수부지부의 퇴적입지에서 관찰되었다. 본 군락은 2개 지점에서 총 21분류군(평균 12.5분류군)이 확인되었고 선버들과 산조풀에 의해 구분되었다. 교목층에 버드나무가 혼생하고 들깨(62.50), 머느리배꼽(43.75), 강아지풀(21.88) 등의 일년생초본이 빈도 높게 출현하였다. 집중 강우 시 침수를 경험하며 주변 경작활동에 의해 물리적인 교란을 받는 것으로 보인다.

왕버들-선버들군락(V : StSc, *Salix triandra* subsp. *nipponica-Salix chaenomeloides* community)은 우포늪, 침실습지, 담양습지, 운곡습지에서 관찰되었다. 16개 지점에서 총 88분류군(평균 14.1분류군)이 조사되었고 2~3층 구조를 나타내었다. 왕버들과 선버들에 의해 구분되며 환삼덩굴(28.76), 버드나무(22.48), 물억새(18.82), 갈풀(16.93), 달뿌리풀(13.33), 쇠부룻(11.76) 등이 높은 빈도로 출현하였다. 본 군락은 수변부, 고수부지부, 하중도 등 넓은 영역에 걸쳐 발달하고 있으며 선버들, 왕버들을 표징종으로 하고 갈풀을 구분종으로 하는 선버들-왕버들군집과 분포입지가 유사하였다(Lee, 2004).

왕버들-갈풀군락(VI: PaSc, *Phalaris arundinacea*-*Salix chaenomeloides* community)은 섬진강 침실습지의 전역에 분포하는 대표식생으로 왕버들, 갈풀, 큰사상자에 의해 구분되었다. 4개 지점에 총 33분류군(평균 14.5분류군)이 확인되었고 2~3층 구조를 나타내었다. 아교목층의 발달이 빈약하고 초본층에 쇠별꽃(19.29), 갈퀴덩굴(17.14), 소리쟁이(15.00), 살갈퀴(12.86) 등이 높은 빈도로 출현하였다. 본 군락은 Lee(2004)가 기재한 왕버들-갈풀군락의 분포입지와 출현종이 유사하였으나 표징종으로서 제시하고 있는 버드나무는 관찰되지 않았다.

버드나무-나도바랭이새군락(VII: MvSp, *Microstegium vimineum*-*Salix pierotii* community)은 장도습지의 습지 중심부를 기준으로 산지 인접부까지 넓게 분포하고 있었다. 3층 구조로서 아교목층과 관목층의 버드나무와 초본층의 나도바랭이새에 의해 구분되며 질소성분이 많은 곳에서 나타나는 고마리(41.86), 쑥(30.23), 미꾸리남시(34.88), 흰꽃여뀌(32.56) (Choung and Lee, 2001, Lee, 2004, Lim et al., 2005)와 산지 인접군락을 대표하는 짚레나무(37.21), 쩌(16.74), 인동(11.16), 예덕나무(9.77), 땃대이덩굴(8.37) 등이 혼생하고 있었다(Jung and Kim, 1998).

버드나무-고마리군락(VIII: PtSp, *Persicaria thunbergii*-*Salix pierotii* community)은 월영습지의 연목림을 대표하는 식물군락으로 확인되었다. 23개 지점에서 총 105분류군(평균 16.7분류군)이 확인되었다. 교목층 또는 아교목층의 버드나무와 초본층의 고마리에 의해 구분되며 미나리(15.60), 쇠뜨기(12.17), 샷갓사초(10.22) 등이 빈도 높게 출현하였다. 토양환경은 모래 또는 실트의 함량이 높은 입지에 분포하는 경향이 있었다.

갯버들군락(IX: Sg, *Salix gracilistyla* community)은 정읍 월영습지의 해발고도 약 290m 산지 정상부 꼭지부지에 좁은 면적으로 분포하고 있었다. 2개 지점에 총 14분류군(평균 9.0분류군)의 식물종이 관찰되었다. 본 군락은 갯버들로 특징지어지며 고마리(41.18), 미나리(41.18), 바랭이새(35.29) 등이 높은 상대기여도를 나타내었다. 갯버들은 하천 상류역의 고수부지와 수변부의 모래와 자갈이 혼재하는 입지에 발달하는 연목림을 대표하며(Lee, 2004; Song, 2001) 월영습지와 같이 휴경작지에 형성된 묵논형태의 산지습지에도 우점하는 경향이 있다(Kim, 2009).

3.2 생태식물상

습지보호지역의 버드나무림에서는 총 70과 170속 237분류군(미동정 5분류군 제외)이 확인되었다. 버드나무림 내 가장 빈번하게 출현한 과(family)는 벼과(12.7%, 30분류군)로 확인되었으며 다음은 국화과 8.9%(21분류군), 마디풀과 5.5%(13분류군), 미나리과 5.5%(13분류군), 콩과 5.1%(12분류군) 등 순으로 나타났다(Table 2). 생활형은 Th-R₅-D₄-e으로 특징지어졌고 발경작지 주변부에 생육하는 식물의 생활형과 동일하였다(Kim et al., 2015). 세부적으로 휴면형(Dormancy form)은 일년생식물(therophyte)이 86분류군(36.3%)이며, 번식형 중 지하기관형(radicoid form)은 지하나 지상으로 기는 줄기, 뿌리 등과 같은 연결체를 만들지 않는 R₅식물이 132분

Table 2. The main families of willow forest in the wetland protection areas

Family	No. of taxa	Ratio(%)
Poaceae 벼과	30	12.7
Asteraceae 국화과	21	8.9
Apiaceae 미나리과	13	5.5
Polygonaceae 마디풀과	13	5.5
Fabaceae 콩과	12	5.1
Rosaceae 장미과	11	4.6
Cyperaceae 사초과	9	3.8
Lamiaceae 꿀풀과	9	3.8
Brassicaceae 십자화과	8	3.4
Salicaceae 버드나무과	8	3.4
Others(60 families)	103	43.3

류군(55.7%), 산포방법(disseminule form)은 중력산포형(D₄)이 102분류군(43.1%), 생육형(Growth form)은 직립형(e)이 85분류군(35.9%)로 분석되었다(Table 3).

귀화식물은 미국가막사리, 선개불알풀, 망초, 갓 등 12과 24종, 생태계교란 생물은 돼지풀, 단풍잎돼지풀, 가시박, 환삼덩굴로 3과 4종이 관찰되었다(Appendix 1). 귀화율은 10.1%, 교란지수는 41.4%로 분석되었다(Table 4). 귀화율은 인위적인 간섭이 매우 빈번한 밭(18.4%~23.7%, Cho et al., 2014; Cho et al., 2015; Kim et al., 2020), 과수원(18.2%, Kim et al., 2019a)보다는 낮게 분석되었으나 자연성이 높은 국립공원(3.8%~7.2%, Lee, 2020; Lim et al., 2006a; Jang et al., 2007), 산림유전자원보호지역(2.3%~8.5%, Byeon et al., 2013; Byeon et al., 2014; Byeon et al., 2017) 보다는 높게 나타났다. 교란지수는 밭 주변부가 55.0%(Kim et al., 2015), 논 58.6%(Kim et al., 2019a), 과수원 47.0%(Kim et al., 2019a)인 것을 고려하면 습지보호지역 내 버드나무림은 귀화를 분석결과와 유사하게 인위적인 간섭이 빈번한 경작지보다는 서식처가 안정되어 있다고 판단되었다. 습지보호지역은 농경지 및 시가지와 같은 주변 토지이용에 의한 교란 등 인간의 접근이 용이하며, 홍수에 의한 범람 등 물리·화학적 영향을 많이 받는다(Cho et al., 2020). 이로 인해 하층 식생의 교란이 빈번하여 식생발달 초기에 적응성이 높은 일년생식물과 귀화식물의 출현율이 산림보다 상대적으로 높은 것으로 보인다.

귀화율을 식물군락별로 살펴보면 왕버들-갈풀군락이 21.2%로 가장 높았고 다음으로 왕버들-선버들군락(17.0%), 선버들-쇠별꽃군락(14.5%) 순이었으며 산지습지에 분포하는 갯버들군락과 버드나무-나도바랭이새군락에서는 귀화식물이 관찰되지 않았다. 귀화식물은 도로, 경작지와 같이 간섭과 교란이 빈번한 곳에서 출현율이 높고 자연식생에서는 출현율이 낮은 점을 고려할 때, 습지보호지역 내 귀화식물의 출현빈도가 높은 식물군락의 관리를 위해 귀화식물을 물리적으로 제거하는 것이 가장 효과적이지만 자연식생 복원차원에서 장기적인 관리 방안을 모색하는 것도 중요하다고 할 수 있다(Lim and Hwang, 2006b; Lim et al., 2009). 교란지수 또한 귀화율과

Table 3. Life form of vascular plants in willow forest of the wetland protection areas

Life form	Types																				
	Perennial											Annual									
DoF*	Ch		G		H		HH		M		MM		N		Th		HH(Th)				
No. of taxa	12		35		38		23		13		14		16		74		12				
Ratio (%)	5.1		14.8		16		9.7		5.5		5.9		6.7		31.2		5.1				
RaF**	R1-2				R2-3				R3				R4				R5				
No. of taxa	2				38				44				21				132				
Ratio (%)	0.8				16.0				18.6				8.9				55.7				
DiF***	D1		D1,2		D1,4		D2		D2,4		D3		D3,2		D4		D4,1		D4,2		D5,4
No. of taxa	40		2		16		39		8		19		1		102		6		2		2
Ratio (%)	16.9		0.8		6.8		16.5		3.4		8		0.4		43.1		2.5		0.8		0.8
GrF****	b	b-l	b-p	b-ps	e	e,b	l	l-b	n,r	p	p-b	p-l	p-ps	pr	ps	ps-b	r	t	t-p		
No. of taxa	13	6	9	3	85	3	21	7	2	3	1	1	2	10	31	2	4	31	3		
Ratio (%)	5.5	2.5	3.8	1.3	35.9	1.3	8.9	2.9	0.8	1.3	0.4	0.4	0.8	4.2	13.1	0.8	1.7	13.1	1.3		

* Dormancy form: Ch: Chamaephyte, G: Geophyte, H: Hemicryptophyte, HH: Hydatophyte, M: Microphanerophyte, MM: Megaphanerophyte, N: Nanophanerophyte, Th: Therophyte

** Radicoid form: R₁₋₂: plant with rhizomatous mutation of R₁(widest extent of rhizomatous growth) and R₂(moderate extent of rhizomatous growth), R₂₋₃: plant with rhizomatous mutation of R₂ and R₃, R₃: narrowest extent of rhizomatous growth, R₄: clonal growth by stolons and struck roots, R₅: non-clonal growth

*** Disseminule form: D₁: disseminated widely by wind or water, D₂: disseminated attaching with or eaten by animals and man, D₃: disseminated by mechanical propulsion of dehiscence of fruits, D₄: having no special modification for dissemination, D₅: not producing seeds, D_{1,2}: plant with D₁ and D₂, D_{1,4}: plant with D₁ and D₄, D_{2,4}: plant with D₂ and D₄, D_{3,2}: plant with D₃ and D₂, D_{4,1}: plant with D₄ and D₁, D_{4,2}: plant with D₄ and D₂, D_{5,4}: plant with D₅ and D₄

**** Growth form: b: branched form, b-l: b form with liane stem, b-p: b form with procumbent stem, b-ps: b form with pseudo-rosette, e: erect form, l: liane form, l-b: l form with branched form, p: procumbent form, p-b: p form with branched form, p-l: p form with liane form, p-ps: p form with pseudo-rosette, pr: partial-rosette form, ps: pseudo-rosette form, ps-b: ps form with branched form, r: rosette form, t: tussock form, t-p: t form with procumbent stem, e,b: e form and/or b form, n,r: floating form in HH and/ or rosette form

Table 4. Eco-floristic characteristics of willow forest in the wetland protection areas

Community*	Sk	SaSt	CmSp	CeSt	StSc	PaSc	MvSp	PtSp	Sg	Total
No. of taxa	37	62	19	21	88	33	32	105	14	237
No. of naturalized plant	5	9	1	1	15	7	0	4	0	24
No. of therophyte	16	28	5	12	48	21	6	20	4	86
No. of chamaephyte	2	3	1	0	2	1	4	9	0	12
Naturalized index(%)	13.5	14.5	5.3	4.8	17.0	21.2	0.0	3.8	0.0	10.1
Disturbance index(%)	48.6	50.0	31.6	57.1	56.8	66.7	31.3	27.6	28.6	41.4

*Sk: *Salix koriyanagi* community, SaSt: *Stellaria aquatica-Salix triandra* subsp. *nipponica* community, CmSp: *Carex miyabei-Salix pierotii* community, CeSt: *Calamagrostis epigeios-Salix triandra* subsp. *nipponica* community, StSc: *Salix triandra* subsp. *nipponica-Salix chaenomeloides* community, PaSc: *Phalaris arundinacea-Salix chaenomeloides* community, MvSp: *Microstegium vimineum-Salix pierotii* community, PtSp: *Persicaria thunbergii-Salix pierotii* community, Sg: *Salix gracilistyla* community

유사한 양상을 보였다. 다만 선버들-산조팝군락의 경우, 귀화 식물의 출현빈도는 낮았으나 일년생식물의 출현빈도가 높아 귀화율과 비교해 교란지수가 높게 나타났다. 식물상 정보를 토대로 서식처의 안정성을 간접적으로 평가할 경우 귀화식물, 식물의 생활형 등을 종합적으로 고려할 필요가 있었다.

3.3 군락특성

습지보호지역에서 조사된 식생자료를 바탕으로 군락특성을 비교하기 위하여 비모수다차원척도법(NMDS)을 활용하였다(Kruskal, 1964) (stress value 0.1842; Fig. 2). 1축의 우측으로는 월영습지(WY)와 신안 장도습지(JD)에서 조사된 방형구

가 배열되었으며 버드나무-고마리군락(PtSp)과 버드나무-나도바랭이새군락(MvSp)으로 분류되었다(Fig. 2a). 버드나무(Sa.pi), 고마리(Pe.th), 미나리(Oe.ja), 갈대(Ph.au), 골풀(Ju.de), 쇠뜨기(Eq.ar), 쨍레나무(Ro.mu), 돌콩(Gl.so) 등의 식물종이 위치하였다(Fig. 2b). 1축의 좌측으로는 침실습지(CS), 담양하천습지(DY), 우포늪(UP), 한반도습지(HB) 등에서 조사된 방형구가 배열되었으며, 왕버들-선버들군락(StSc), 왕버들-갈풀군락(PaSc), 선버들-쇠별꽃군락(SaSt), 선버들-산조팝군락(CeSt)으로 분류되며 우측에 비해 넓게 분산된 것을 확인할 수 있었다. 이에 따라 왕버들(Sa.ch), 선버들(Sa.tr), 환삼덩굴(Hu.ja), 소리쟁이(Ru.cr), 갈풀(Ph.ar), 물억새(Mi.sa), 개밀(El.ts), 쇠

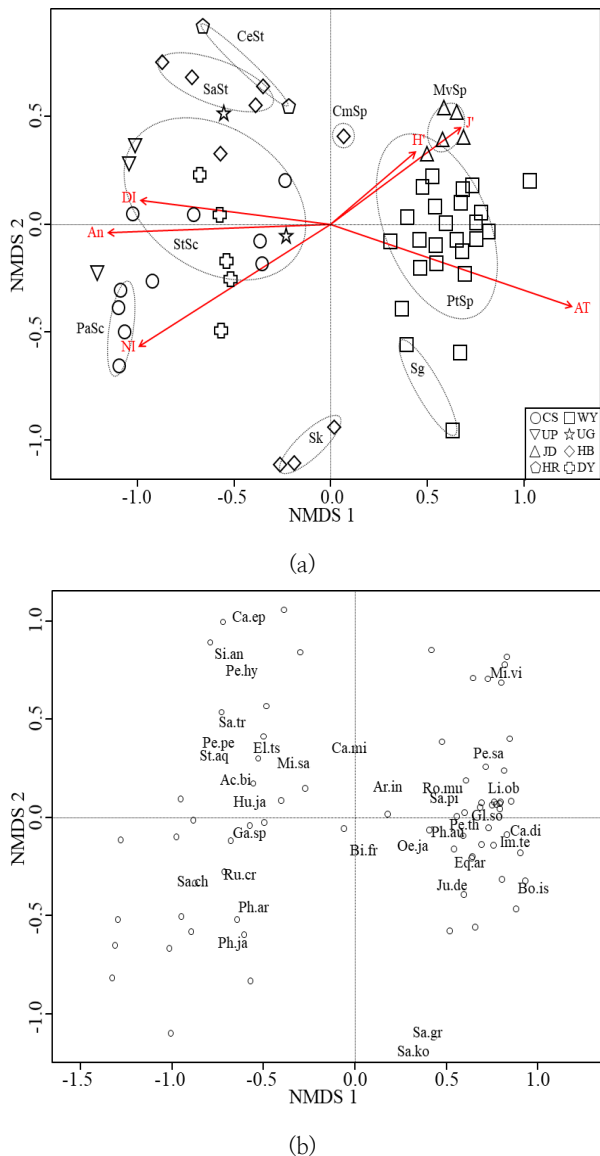


Fig. 2. Biplots of nonmetric multidimensional scaling (NMDS) using vegetation data in the wetlands. (a) arrangement of all quadrats (CS, Chimsil Wetland; UP, Upo Wetland; JD, Jangdo Island Wetland; HR, Han River Estuary; WY, Wolyeoung Wetland; UG, Ungok Wetland; HB, Hanbando Wetland; DY, Damyang Riverine Wetland). (b) Distribution of all species (Ac.bi, *Achyranthes bidentata*; Ar.in, *Artemisia indica*; Bi.fr, *Bidens frondosa*; Bo.is, *Bothriochloa ischaemum*; Ca.di, *Carex dispalata*; Ca.ep, *Calamagrostis epigeios*; Ca.mi, *Carex miyabei*; El.ts, *Elymus tsukushiensis*; Eq.ar, *Equisetum arvense*; Ga.sp, *Galium spurium*; Gl.so, *Glycine soja*; Hu.ja, *Humulus japonicus*; Im.te, *Impatiens textori*; Ju.de, *Juncus decipiens*; Li.ob, *Ligustrum obtusifolium*; Mi.sa, *Miscanthus sacchariflorus*; Mi.vi, *Microstegium vimineum*; Oe.ja, *Oenanthe javanica*; Pe.hy, *Persicaria hydropiper*; Pe.pe, *Persicaria perfoliata*; Pe.sa, *Persicaria sagittata*; Pe.th, *Persicaria thunbergii*; Ph.ar, *Phalaris arundinacea*; Ph.au, *Phragmites australis*; Ph.ja, *Phragmites japonica*; Ro.mu, *Rosa multiflora*; Ru.cr, *Rumex crispus*; Sa.ch, *Salix chaenomeloides*; Sa.gr, *Salix gracilistyla*; Sa.ko, *Salix koriyanagi*; Sa.pi, *Salix pierotii*; Sa.tr, *Salix triandra*; Si.an, *Sicyos angulatus*; St.aq, *Stellaria aquatica*).

별꽃(St.aq) 등의 식물종이 위치하였다. 그리고 2축의 아래쪽으로는 키버들군락(Sk)과 갯버들군락(Sg)으로 분류되는 방형구가 배열되었다.

비모수다차원적도법의 결과와 유의한 식물종 특성 및 환경요인은 고도(AT) ($r^2 = 0.62$, $P = 0.001$), 일년생식물 출현비율(An) ($r^2 = 0.49$, $P = 0.001$), 귀화율(NI) ($r^2 = 0.47$, $P = 0.001$), 교란지수(DI) ($r^2 = 0.36$, $P = 0.001$), 균등도지수(J') ($r^2 = 0.24$, $P = 0.001$), 종다양성 지수(H') ($r^2 = 0.49$, $P = 0.031$)이었다. 이 중 종다양성 지수와 균등도지수 그리고 고도는 월영습지와 신안 장도습지에서 조사된 버드나무-고마리군락과 버드나무-나도바랭이새군락에서 높은 것으로 나타났다. 이는 고도가 상대적으로 높은 산지형 습지이기 때문에 생태계가 안정적으로 유지되어 종다양성 및 균등도지수가 높은 것으로 판단된다(Chatanga and Sieben, 2019). 반면 교란지수, 귀화율, 일년생식물 출현비율은 침실습지, 우포늪, 담양하천습지에서 조사된 왕버들-선버들군락, 왕버들-갈풀군락에서 높았다. 이러한 군락은 저지대의 하천 및 담수에 발달하고 있어 자연적으로 발생하는 교란뿐만 아니라 정비사업, 도로를 통한 종자의 유입 및 확산, 관광객들의 접근 등에 의해 인위적인 교란이 지속해서 발생하기 때문에 판단된다(Bunn and Arthington, 2002; Airoldi et al., 2005).

4. 결 론

본 연구 결과에 따르면, 8개 습지보호지역의 버드나무림에서 총 70과 170속 237분류군이 확인되었다. 이 중 벼과, 국화과, 마디풀과 순으로 출현빈도가 높게 나타났으며, 생활형은 발경작지 주변부에 생육하는 식물과 유사한 Th-R₅-D₄-e로 특징지어졌다. 귀화식물은 12과 24종, 생태계교란 생물은 3과 4종이 관찰되었으며, 귀화율은 10.1%, 교란지수는 41.4%로 분석되었다. 습지보호지역 내 버드나무림은 국립공원과 산림유전자원보호지역보다는 자연성이 다소 낮은 것으로 분석되었으나, 인위적인 간섭이 빈번한 경작지보다는 서식처가 안정된 것으로 판단되었다. 식물상 정보를 토대로 서식처의 안정성을 간접적으로 평가할 경우 귀화식물, 식물의 생활형 등을 종합적으로 고려할 필요가 있다.

습지보호지역 버드나무림의 식물군락은 키버들, 왕버들, 선버들, 갯버들, 버드나무가 우점하는 9개(키버들군락, 선버들-쇠별꽃군락, 버드나무-용단사초군락, 선버들-산조물군락, 왕버들-선버들군락, 왕버들-갈풀군락, 버드나무-나도바랭이새군락, 버드나무-고마리군락, 갯버들군락)로 구분되었다. 이 중 버드나무-고마리군락과 버드나무-나도바랭이새군락은 월영습지와 신안 장도습지에서 주로 확인되었으며, 버드나무, 고마리, 미나리, 갈대, 골풀 등이 우점하고 있었다. 또한 종다양성 지수와 균등도지수가 높게 나타난 것은, 고도가 상대적으로 높은 산지에 위치하고 있어 인위적인 접근에 따른 영향이 낮기 때문으로 판단된다. 반면 왕버들-선버들군락, 왕버들-갈풀군락, 선버들-쇠별꽃군락, 선버들-산조물군락은 침실습지, 담양하천습지, 우포늪, 한반도습지 등에서 확인되며, 왕버들, 선버

들, 환삼덩굴, 갈풀, 물억새, 개밀, 쇠별꽃 등이 우점하였다. 해당습지는 교란지수, 귀화율, 일년생식물 출현비율이 높았는데, 지대가 낮을수록 외래식물의 종풍부도가 증가하며 주변에 도로와 같은 선형 구조의 밀도가 높아, 이러한 경관의 위치가 분산경로 및 교란 요인과 상호작용한 것으로 판단된다. 결론적으로 습지보호지역 버드나무림의 식물군락은 환경 및 특성이 반영된 습지의 유형에 따라 구분이 되었으며, 각 습지의 생태적 특성을 고려한 보전 및 복원계획 수립이 요구되었다. 즉, 왕버들-갈풀군락, 왕버들-선버들군락, 선버들-쇠별꽃군락 등 해당 군락에서 귀화율이 높고 생태계교란 생물이 발견된 경우 해당 군락뿐만 아니라 습지보호지역 경계를 따라 전반적으로 외래생물 제거 작업을 고려하여 보전계획을 수립하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 이러한 연구 결과는 향후 습지보호지역 보전계획 수립 및 습지생태계 변화양상을 모니터링하기 위한 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 국립생태원 “내륙습지 정밀조사(’21) NIE-법정연구-2021-19”의 지원을 받아 수행되었으며, 조사에 참여하신 모든 분과 관계자분들께 감사드립니다.

References

- Airoldi, L, Abbiati, M, Beck, MW, Hawkins, SJ, Jonsson, PR, Martin, D, Moschella, PS, Sundelof, A, Thompson, RC and Aberg, P (2005). An ecological perspective on the deployment and design of low-crested and other hard coastal defence structures, *Coastal Engineering*, 52(10-11), pp. 1073-1087. [DOI:<https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2005.09.007>]
- Anonymous (2005). Streambank soil bioengineering, *technical Note 14-I: NRCS draft stream restoration design handbook*, U.S. Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- Benabdelmoumence, F, Benabadji N, Benchenafi, S and Benmensour, D (2014). Research of the eco-floristic data in to the contribution of groups to halophyte, Hammam Boughrara Area West Algeria, *Eur. Sci. J.*, 10(29), pp. 296-307.
- Bentrup, G and Hoag, JC (1998). *The practical streambank bioengineering guide: Interagency riparian/wetland plant development project*, SDA-Natural Resources Conservation Service, Plant Materials Center, Aberdeen.
- Biodiversity on the Korean Peninsula (BKP) (2021). <https://species.nibr.go.kr>.
- Bunn, SE and Arthington, AH (2002). Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity, *Environmental Management* 30(4), pp. 492-507. [DOI: [10.1007/s00267-002-2737-0](https://doi.org/10.1007/s00267-002-2737-0)]
- Braun-Blanquet, J (1964). *Pflanzensoziologie 3rd ed*, Springer-Verlag, Wien-New York.
- Bray, JR and Curtis, JT (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin, *Ecological Monographs*, 27(4), pp. 326-349. [DOI:<https://doi.org/10.2307/1942268>]
- Byeon, JG, Jang, JW, Yang, JC, Lee, YM, Jung, SY, Ji, SJ, Jang, J, Lee, HJ, Hwang HS and Oh, SH (2013). The flora of vascular plants in Mt. Gariwang Protected Area for forest genetic resource conservation, *South Korea, Korean J. Plant Res.*, 26(5), pp. 566-588. [Korean Literature] [DOI:<https://doi.org/10.7732/kjpr.2013.26.5.566>]
- Byeon, JG, Oh, SH, Lee, KS, Yun, JE, Jang, JW, Jeong, JB, Yang, JC and Kim, HJ (2014). The flora of vascular plants in Mt. Galjeongok-bong Protected Area for forest genetic resource conservation, Baekdudaegan, Korea, *Korean J. Plant Res.*, 27(5), pp. 477-484. [Korean Literature] [DOI:<https://doi.org/10.7732/kjpr.2014.27.5.477>]
- Byeon, JG, Shin, JK, Jung SY and Kim, DK (2017). The flora of protected area for forest genetic resource conservation in the National Yonghyeon Natural Recreation Forest, South Korea, *Korean J. Plant Res.*, 30(2), pp. 219-239. [Korean Literature] [DOI:<https://doi.org/10.7732/kjpr.2017.30.2.219>]
- Chatanga, P and Sieben, EJ. (2019). Ecology of palustrine wetlands in Lesotho: Vegetation classification, description and environmental factors, *Koedoe*, 61(1), pp. 1-16. [DOI:<https://doi.org/10.4102/koedoe.v61i1.1574>]
- Cho, KJ, Kim, MH, Kim MK, Na, YE, Oh, YJ and Choe, LJ (2014). Ecological characteristics of vascular plants by habitat types of dry field in Jeolla-do, Korea, *Korean J. Environ. Agric.*, 33(2), pp. 86-102. [Korean Literature] [DOI:<https://doi.org/10.5338/KJEA.2014.33.2.86>]
- Cho, KJ, Oh, YJ, Lee, WJ, Choi, JO, Sohn, SI, Kim, MH, Yang, DW and Kim, CS (2015). Ecological characteristics of weed species on dry field in the Eastern Region of Korea, *Weed&Turfgrass Science*, 4(3), pp. 188-198. [Korean Literature] [DOI:<https://doi.org/10.5660/WTS.2015.4.3.188>]
- Cho, KJ, Lim, J, Lee, C, Yoon, J, Kim, M and Chu, Y (2020). Characteristics of naturalized plants in the wetland protection areas of inland wetlands. *Ecology and Resilient Infrastructure*, 7(4), pp. 374-387. [Korean Literature] [DOI:<https://doi.org/10.17820/eri.2020.7.4.374>]
- Choung, HL and Lee, HJ (2001). Syntaxonomy and distribution characteristics of the herbaceous vegetation on running waterside in the main stream of Geumho River, Daegu and Gyeongsanbuk-do, Korea. *Korean J. Environ. Biol.*, 19(4), pp. 239-247. [Korean Literature]

- Chun, SH, Hyun, JY and Choi, JK (1998). A study on the distribution patterns of *Salix gracilistyla* and *Phragmites japonica* communities according to micro-landforms and substrates of the stream corridor, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 27(2), pp. 58–68. [Korean Literature]
- Grissinger, EH and Bowie, AJ (1984). Material and site controls of stream bank vegetation, *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 27(6), pp. 1829–1835. [DOI:10.13031/2013.33053]
- Hupp, CR (1992). Riparian vegetation recovery patterns following stream channelization: A geomorphic perspective, *Ecology*, 73, pp. 1209–1226. [DOI: <https://doi.org/10.2307/1940670>]
- Jang, CG, Kim, YY, Ji, SJ, Ko, EM, Yang, JC, Jang, CS, Eom, JA, Yoon, CY, Chang, CS, Lee, CH, Kim KS and Oh, BU (2007). The Floristic study of Chirisan National Park in Korea, *Korean Journal of Plant Taxonomy*, 37(2), pp. 155–196.
- Jung, YK and Kim, W (1998). Distributional characteristics of mantle communities, *Journal of Ecology and Environment*, 21(1), pp. 7–13. [Korean Literature]
- Karrenberg S., Edwards, PJ and Kollmann, J (2002). The life history of Salicaceae living in the active zone of floodplains, *Freshwater Biol.*, 47, pp. 733–748. [DOI:<https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00894.x>]
- Kim MH, Eo J, Kim MK and Oh YJ (2020). Floristic features of upland fields in South Korea, *Korean J. Environ. Biol.*, 38(4), pp. 528–553. [Korean Literature]
- Kim, DH (2009). *A study on the vegetation characteristics and functional assessment of mountain type abandoned paddy field wetland*, Master's Thesis, Chonbuk National University, Jeonju, Korea. [Korean Literature]
- Kim, EJ, Kang, JG, Yeo, HK, and Kim, JT (2014). Study on flooding tolerance of *Salix* species for ecological restoration of the river, *Journal of Wetlands Research*, 16(4), pp. 327–333. [DOI:<https://doi.org/10.17663/JWR.2014.16.4.327>]
- Kim, HJ and Lee, JH (1998). A study on the *Salix*'s Biotechnical application, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 71(3), pp. 143–151. [Korean Literature]
- Kim, HS, Yoon, JD, Yang, H, Choi, HS and Lee, JH (2017). Reproductive characteristics of *Rhodeus pseudosericeus* (Pisces: Acheilognathinae) in the Heukcheon, Namhangang (River), Korea, *Korean Journal of Ichthyology*, 29(4) pp. 235–243. [Korean Literature]
- Kim, JW and Lee, YK (2006). *Classification and assessment of plant communities*, Worldscience Press. [Korean Literature]
- Kim, JW and Manyko, YI (1994). Syntaxonomical and synchorological characteristics of the cool-temperate mixed forest in the southern Sikhote Alin, Russian Far East, *Korean Journal of Ecology*, 17(4), pp. 391–413.
- Kim, JW, Ryu, SW, Lee, KJ, Park, JW, Lee, YK, Shim, JH, Kang, YH, Kim, SK, Joo, GJ, Kim, GY, Lee, CW and Yoon, JK (2009). *Stream Ecology and the Nakdong River*, Keimyung University Press. [Korean Literature]
- Kim, MH, Cho, KJ, Oh, YJ, Yang, D, Park, S, Han, D, Choi, SK, Kim, MK, Choe, LJ, Lee, WJ, Hong, SC, Jung, GB and Na, YE (2015). Characteristics of flora on dry field margins in Korean Peninsula, *Korean J. Environ. Agric.*, 34(2), pp. 77–90. [Korean Literature] [DOI:<https://doi.org/10.5338/KJEA.2015.34.2.11>]
- Kim, MH, Eo, J, Song, YJ and Oh, YJ (2019a). Floristic features of paddy fields in South Korea, *Korean J. Environ. Biol.*, 37(4), pp. 690–706. [Korean Literature] [DOI:<https://doi.org/10.11626/KJEB.2019.37.4.690>]
- Kim, MH, Nam, HK, Eo, J and Song, YJ (2019b). Floristic features of orchards in South Korea, *Korean J. Environ. Biol.*, 37(4), pp. 447–466. [Korean Literature] [DOI:<https://doi.org/10.11626/KJEB.2019.37.4.447>]
- Koo, YB, Woo, KS, Yeo, JK and Kim, YS (2006). Selection of superior poplar and willow clones in growth performance and adaptation abilities at Sudokwon Landfill Site, *Journal of Korean Forest Society*, 95(6), pp. 743–750. [Korean Literature]
- Kruskal, JB. (1964). Non-metric multidimensional scaling: a numerical method, *Psychometria*, 29, pp. 115–129.
- Lee, CY, Park, JS, Kim, EJ, Lee, HD, Hong, EY and Woo, SH (2015). Occurrence and distribution of weeds on upland crop fields in Chungbuk Province of Korea. *Weed Tur. Sci.*, 4(3), pp. 209–218. [Korean Literature] [DOI:<https://doi.org/10.5660/WTS.2015.4.3.209>]
- Lee, IY, Oh, YJ, Hong, SH, Heo, SJ, Lee, CY, Park, KW, Cho, SH, Kwon, OD, Im, IB, Kim, SK, Seong, DG, Chung, YJ, Kim, CS, Lee, J and Seo, HA (2017). Occurrence of weed flora and changes in weed vegetation in orchard fields of Korea, *Weed Tur. Sci.*, 6(1), pp. 21–28. [Korean Literature] [DOI:<https://doi.org/10.5660/WTS.2017.6.1.21>]
- Lee, WT (1996). *Lineamenta florae Koreae*, Academy Press. [Korean Literature]
- Lee, YK (2004). *Syntaxonomy and synecology of the riparian vegetation in South Korea*, Doctoral Thesis, Keimyung University. [Korean Literature]
- Lee, YK, Kwon, SG and Baek, HM (2007). The riparian vegetation characteristics in habitats of *Cottus koreanus* (Cottidae: Osteichthyes), *Korean Journal of Environment and Ecology*, 21(5), pp. 390–399. [Korean Literature]
- Lee, YM, Park, SH, Jung, SY, Oh, SH and Yang, JC (2011). Study on the current status of naturalized plants in South Korea, *Korean Journal of Plant Taxonomy*, 41(1), pp. 87–101. [Korean Literature]

- Lee, YS (2020). *A Study on the flora of Bukhansan National Park*, Master's Thesis, Kongju National University, Kongju, Korea. [Korean Literature]
- Lim, DO, Youn MR and Hwang, IC (2005). Comparison both physicochemical environment and distribution of hydrophytes in rivers of downtown Gwangju Metropolitan City, *Korean J. Environ. Biol.*, 23(2), pp. 120–128. [Korean Literature]
- Lim, DO, Kim, YS and Hwang, IC (2006a). Flora and conservation of Weolchulsan National Park, *Kor. J. Env. Eco.*, 20(2), pp. 130–142. [Korean Literature]
- Lim, DO and Hwang, IC, (2006b). Exotic plants and conservation in Gayasan National Park, *Kor. J. Env. Eco.*, 20(3), pp. 281–288. [Korean Literature]
- Lim, DO, Kim, HS and Park, MS, (2009). Distribution and management of naturalized plants in the northern area of Jeolla Province, Korea, *Kor. J. Env. Eco.*, 23(6), pp. 506–515. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (ME) (2011a). *National wetland survey protocol*, 11-1480000-001174-01, Ministry of Environment. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (ME) (2011b). *Survey on the wetland protected areas (2011)*, 11-1480000-001216-10, Ministry of Environment. [Korean Literature]
- National Institute of Ecology (NIE) (2019). *The 3rd Intensive Survey on the Wetland Protected Areas('19)*, NIE-Legal Research-2019-13, National Institute of Ecology. [Korean Literature]
- National Institute of Environmental Research (NIER) (2016). *Survey on the wetland protected areas (2016)*, 11-1480523-003015-01, National Institute of Environmental Research. [Korean Literature]
- National Institute of Environmental Research (NIER) (2018). *Survey on the wetland protected areas (2018)*, 11-1480523-0033594-01, National Institute of Environmental Research. [Korean Literature]
- Numata, M (1975). *Naturalized plants*, Dai Nippon printing Co., Tokyo, Japan. [Japanese Literature]
- Oksanen, J, Blanchet, FG, Kindt, R, Legendre, P, Minchin, PR, O'Hara, RB, Simpson, GL, Solymos, P, Stevens, MHH and Wagner, H (2021). Package 'vegan', Community Ecology Package. <http://vegan.rforge.r-project.org>.
- Park, JH, Kim, KH and Lee, SB (2013). Analysis of characteristics of plant, soil physical and chemical of *Salix* ssp. on the environment of Namgang Dam Reservoir, *Journal of Korean Forest Society*, 102(2), pp. 161–169. [Korean Literature]
- Pielou, CE (1975). *Ecology Diversity*. Wiley, New York, USA.
- R Core Team (2021). R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria. <http://www.Rproject.org>.
- Ryu, TB, Kim, JW and Lee, SE (2017). The exotic flora of Korea: actual list of neophytes and their ecological characteristics, *Korean Journal of Environment and Ecology*, 31(4), pp. 365–380. [Korean Literature] [DOI:<https://doi.org/10.13047/KJEE.2017.31.4.365>]
- Sneath, PHA and Sokal, RR (1973). *Numerical Taxonomy the Principles and Practice of Numerical Classification*. W.H. Freeman and Co., San Francisco, USA.
- Shannon, CE and Weaver, W (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana. [DOI:[10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x](https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x)]
- Shields, FD, Cooper, CM and Knight, SS (1995). Experiment in stream restoration. *J. Hydraulic Eng.*, 121, pp. 494–502.
- Shim, YJ, Hong, JP and Lee, GS (2019). Prioritizing land purchase in Hwapocheon Wetland Protection Area – Based on habitat suitability index for flagship species –, *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*, 22(2), pp. 59–71. [Korean Literature] [DOI:<https://doi.org/10.13087/kosert.2019.22.2.59>]
- Song, JS (2001). A phytosociological study of the shrubby and herbaceous vegetation of the riverside in the upper stream of Nak-dong River, Korea, *Kor. J. Env. Eco.*, 15(2), pp. 104–117. [Korean Literature]
- Song, JS (2008). A Synecological Study of the Riverside Vegetation of the Upper Stream of Nakdong River, Korea1a – I. Forest and Shrub Vegetation –, *Korean journal of environment and ecology*, 22(4), pp. 443–452. [Korean Literature]
- Van Splunder, I, Voeselek, LACJ, Coops H, Vries, XJAD and Blom, CWPM (1996). Morphological responses of seedlings of four species of Salicaceae to drought, *Can. J. Bot.*, 74, pp. 1988–1995. [DOI:<https://doi.org/10.1139/b96-238>]
- Westhoff, V and van der Maarel, E (1973). The Braun-Blanquet approach. *Classification of Plant Communities*, Whittaker RH (eds), Dr. W Junk by Publisher, Hague-Boston-London. pp. 167–726.
- Yeo, JK, Park, JH, Koo, YB, Kim, HC and Shin, H (2010). Effects of NaCl concentration on the growth of native willow species collected in a coastal reclaimed land, *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 43(2), pp. 124–131. [Korean Literature]
- Yeo, JK, Woo, KS, Koo, YB and Kim, YS (2007). Growth performance and adaptability of three-year-old poplar and willow clones in a riparian area, *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*, 10(5), pp. 40–50. [Korean Literature]
- Yi, GC and Choi, Y (2001). Toward coastal conflicts resolution based on several case studies of wetland conversion disputes in Korea, *Journal of Wetlands Research*, 3(1), pp. 39–48. [Korean Literature]

Appendix 1. Vegetation table of willow forest in the wetland protection areas. Values represent the relative net contribution degree(r-NCD) of species

Plant community	Sk	SaSt	CmSp	CeSt	StSc	PaSc	MvSp	PtSp	Sg	Life form			
										DoF	RaF	DiF	GrF
No. of survey data	3	5	1	2	16	4	5	23	2				
Mean no. of species	17.3	24.0	19.0	12.5	14.1	14.5	17.4	16.7	9.0				
Occurrence species	37	62	19	21	88	33	32	105	14				
Differential species of communities													
<i>Salix koriyanagi</i> Kimura ex Goerz 키버들	100.00	.	.	.	.	.	.	4.06	.	N	R ₄	D ₁	b
<i>Salix chaenomeloides</i> Kimura 왕버들	.	1.58	.	.	100.00	100.00	.	0.07	.	MM	R ₅	D ₁	e
<i>Phalaris arundinacea</i> L. 갈풀	.	.	.	6.25	16.93	53.57	.	2.17	5.88	HH	R ₂₋₃	D _{1,4}	e
<i>Torilis scabra</i> (Thunb.) DC. 큰사상자	.	.	.	.	.	32.14	.	.	.	Th _(w)	R ₅	D ₂	ps
<i>Salix triandra</i> subsp. <i>nipponica</i> (Franch. & Sav.) A.K. Skvortsov 선버들	.	100.00	.	100.00	62.75	.	.	0.87	8.82	M	R ₅	D ₁	e
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth 산조플	.	.	.	62.50	.	.	.	0.05	.	G	R ₂₋₃	D ₄	t
<i>Stellaria aquatica</i> (L.) Scop. 쇠별꽃	.	55.26	.	6.25	6.41	19.29	.	0.05	.	Th _(w)	R ₅	D ₄	b
<i>Salix gracilistyla</i> Miq. 갯버들	25.00	.	.	.	0.20	.	.	0.87	100.00	N	R ₅	D ₁	b
<i>Salix pietrotii</i> Miq. 버드나무	4.17	25.26	100.00	28.13	22.48	.	100.00	100.00	8.82	MM	R ₅	D ₁	e
<i>Carex miyabei</i> Franch. 웅덩이사초	5.56	12.63	55.56	.	.	.	.	.	.	HH	R ₂₋₃	D ₄	t
<i>Persicaria thunbergii</i> (Siebold & Zucc.) H. Gross 고마리	.	1.05	.	.	4.25	.	41.86	45.17	41.18	HH _(th)	R ₄	D _{4,1}	b-p
<i>Microstegium vimineum</i> (Trin.) A. Camus 나도바랭이새	.	.	.	.	.	.	58.14	.	.	Th	R ₅	D ₄	b-p
Companion species													
<i>Humulus japonicus</i> Siebold & Zucc. 환삼덩굴**	20.83	47.37	88.89	21.88	28.76	7.14	.	.	.	Th	R ₅	D ₄	l
<i>Oenanthe javanica</i> (Blume) DC. 미나리	2.78	15.79	.	.	5.23	.	4.65	15.60	41.18	HH	R ₄	D _{1,4}	p-ps
<i>Artemisia indica</i> Willd. 쑥	12.5	0.53	22.22	.	4.58	.	30.23	1.21	.	CH	R ₂₋₃	D ₄	pr
<i>Rumex crispus</i> L. 소리쟁이*	8.33	7.89	22.22	.	6.8	15.00	.	0.05	.	H	R ₅	D ₄	ps
<i>Equisetum arvense</i> L. 쇠뜨기	5.56	.	22.22	.	0.52	.	8.37	12.17	5.88	G	R ₂₋₃	D ₁	e
<i>Galium spurium</i> L. 갈퀴덩굴	.	2.11	22.22	6.25	2.16	17.14	.	0.77	.	Th _(w)	R ₅	D ₂	b-l
<i>Elymus tsukushiensis</i> Honda 개밀	13.89	57.89	66.67	.	2.61	.	.	0.77	.	Th _(w)	R ₅	D ₄	t
<i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Maxim.) Hack. 물억새	.	.	.	12.5	18.82	2.14	9.77	0.24	.	H	R ₂₋₃	D ₁	t
<i>Persicaria perfoliata</i> (L.) H. Gross 머느리배꼽	.	6.32	.	43.75	4.71	5.71	.	.	.	Th	R ₅	D ₄	b-l
<i>Persicaria hydropiper</i> (L.) Delarbre 여귀	2.78	44.74	.	12.5	0.13	.	.	.	.	HH _(th)	R ₄	D _{4,1}	e,b
<i>Achyranthes bidentata</i> var. <i>japonica</i> Miq. 쇠무릎	.	23.16	.	6.25	11.76	5.71	.	.	.	H	R ₅	D ₂	e
<i>Rosa multiflora</i> Thunb. 찔레나무	.	.	.	.	0.13	3.57	37.21	3.29	.	N	R ₃	D ₂	e
<i>Persicaria sagittata</i> var. <i>sieboldii</i> (Meisn.) Nakai 미꾸리납시	.	.	.	.	0.39	.	34.88	0.43	5.88	HH _(th)	R ₄	D _{4,1}	b-l
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud. 갈대	.	.	22.22	9.38	0.13	.	.	5.80	.	HH	R ₁₋₂	D ₁	e
<i>Bidens frondosa</i> L. 미국가막사리*	16.67	6.32	.	.	0.20	.	.	1.33	.	Th	R ₅	D _{1,2}	e
<i>Metaplexis japonica</i> (Thunb.) Makino 박주가리	.	1.58	11.11	6.25	0.13	.	.	.	.	G	R ₂₋₃	D ₁	l
<i>Glycine soja</i> Siebold & Zucc. 돌콩	1.39	.	.	6.25	.	.	0.93	3.09	.	Th	R ₅	D ₃	l-b
<i>Rubia argyi</i> (H. Lev. & Vaniot) H. Hara ex Lauener & D.K.Ferguson 꼭두선이	.	3.16	.	.	0.13	1.43	.	0.05	.	G	R ₃	D ₂	b-l
<i>Stellaria alsine</i> var. <i>undulata</i> (Thunb.) Ohwi 벼룩나물	.	1.05	.	.	0.13	2.14	.	0.05	.	Th _(w)	R ₅	D ₄	b
<i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i> (H. Hara) Ohwi 애기똥풀	.	14.74	33.33	.	0.52	.	.	.	.	Th _(w)	R ₅	D _{4,2}	e
<i>Phragmites japonica</i> Steud. 담뿌리풀	25.00	.	.	.	13.33	3.57	.	.	.	HH	R ₄	D ₁	e
<i>Morus bombycis</i> Koidz. 산뽕나무	.	8.42	.	.	0.07	.	0.93	.	.	MM	R ₅	D ₂	e
<i>Veronica arvensis</i> L. 선개불알풀*	1.39	.	.	.	0.13	7.14	.	.	.	Th _(w)	R ₅	D ₄	b
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist 망초*	.	0.53	.	.	3.14	4.29	.	.	.	Th _(w)	R ₅	D ₁	pr
<i>Celastrus orbiculatus</i> Thunb. 노박덩굴	1.39	4.21	.	.	.	.	.	0.19	.	M	R ₅	D _{2,4}	l
<i>Juncus decipiens</i> (Buchenau) Nakai 골풀	.	.	.	.	0.20	.	0.93	3.86	.	HH	R ₃	D _{1,4}	t
<i>Persicaria nodosa</i> (Pers.) Opiz 명아저여귀	2.78	.	.	.	0.65	0.71	.	.	.	Th	R ₅	D ₄	e
<i>Torilis japonica</i> (Houtt.) DC. 사상자	.	.	.	.	0.20	.	0.93	0.77	.	Th _(w)	R ₅	D ₂	ps
<i>Beckmannia syzigachne</i> (Steud.) Fernald 개피	.	1.05	.	.	0.07	0.71	.	.	.	HH _(thw)	R ₅	D _{1,4}	t
<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm. 전호	.	29.47	22.22	.	.	.	.	.	.	H	R ₃₍₆₎	D ₄	ps
<i>Pilea mongolica</i> Wedd. 모시물통이	9.72	35.79	.	.	.	.	.	.	.	Th	R ₅	D ₄	e
<i>Morus alba</i> L. 뽕나무	.	.	44.44	.	0.13	.	.	.	.	MM	R ₅	D ₂	e
<i>Bothriochloa ischaemum</i> (L.) Keng 바랭이새	.	.	.	.	.	.	.	1.45	35.29	H	R ₂₋₃	D ₄	t
<i>Persicaria japonica</i> (Meisn.) H. Gross ex Nakai 흰꽃여귀	.	.	.	.	0.07	.	32.56	.	.	HH	R ₂₋₃	D _{4,1}	e
<i>Silene baccifera</i> (L.) Roth 덩굴별꽃	2.78	.	22.22	.	.	.	.	.	.	H	R ₅	D ₄	l
<i>Celastrus flagellaris</i> Rupr. 툼지나무	.	1.05	22.22	.	.	.	.	.	.	M	R ₅	D _{2,4}	l
<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv. 강아지풀	.	.	.	21.88	0.13	.	.	.	.	Th	R ₅	D ₄	t

<i>Carex dickinsii</i> Franch. & Sav. 도깨비사초	.	.	.	6.25	.	.	11.16	.	.	H	R ₂₋₃	D ₄	t
<i>Pueraria lobata</i> (Willd.) Ohwi 쉼	.	.	.	.	.	.	16.74	0.05	.	Ch	R ₅₍₆₎	D ₄	l-b
<i>Corydalis raddeana</i> Regel 가는괴불주머니	4.17	7.89	.	.	.	.	.	.	.	Th _(w)	R ₅	D ₃	b
<i>Lonicera japonica</i> Thunb. 인동	.	.	.	.	.	.	11.16	0.43	.	M	R ₃	D ₂₄	l-b
<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern. 갯*	.	.	.	0.52	10.71	.	.	.	.	Th _(w)	R ₅	D ₄	ps
<i>Astragalus sinicus</i> L. 자운영*	.	.	.	0.20	10	.	.	.	.	Th _(w)	R ₅	D ₃	b
<i>Lycopus lucidus</i> Turcz. ex Benth. 십파리	.	.	.	0.13	.	9.77	.	.	.	HH	R ₂₋₃	D ₄	e
<i>Rubus parvifolius</i> L. 명석딸기	.	.	.	.	.	.	0.19	8.82	.	N	R ₅	D ₂	p-l
<i>Hydrocotyle maritima</i> Honda 선피막이	.	.	.	.	.	8.37	0.19	.	.	Ch	R ₄	D ₄	p
<i>Potentilla rosulifera</i> H. Lev. 민눈양지꽃	5.56	2.63	.	.	.	.	.	.	.	Ch	R ₄	D ₄	p-ps
<i>Pilea pumila</i> (L.) A. Gray 큰물통이	.	.	.	.	.	.	1.88	5.88	.	Th	R ₅	D ₄	e
<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. & Schult. 금강아저롱	1.39	.	.	6.25	.	.	.	.	.	Th	R ₅	D ₄	t
<i>Carex dimorpholepis</i> Steud. 이삭사초	.	.	.	5.88	1.43	.	.	.	.	H	R ₃	D ₁₄	t
<i>Barbarea vulgaris</i> R. Br. 유럽나도냉이*	5.56	1.58	.	.	.	.	.	.	.	H	R ₅	D ₄	ps
<i>Impatiens nolitangere</i> L. 노랑물봉선	2.78	4.21	.	.	.	.	.	.	.	Th	R ₄	D ₃	e
<i>Bidens tripartita</i> L. 가막사리	5.56	1.05	.	.	.	.	.	.	.	HH _(th)	R ₅	D ₁₂	e
<i>Ligustrum obtusifolium</i> Siebold & Zucc. 쥐똥나무	.	.	.	.	.	0.93	5.56	.	.	M	R ₅	D ₂	e
<i>Sium ninsi</i> L. 감자개발나물	.	.	.	.	.	.	0.43	5.88	.	HH	R ₅₍₆₎	D ₄	ps
<i>Mosla punctulata</i> (J. F. Gmel.) Nakai 들깨풀	.	.	.	.	.	.	0.24	5.88	.	Th	R ₅	D ₄	e
<i>Lythrum anceps</i> (Koehne) Makino 부처꽃	.	.	.	.	.	.	0.19	5.88	.	G	R ₂₋₃	D ₄₁	e
<i>Bromus japonicus</i> Thunb. 참새귀리	1.39	.	.	4.25	.	.	.	.	.	Th	R ₅	D ₄	t
<i>Trigonotis peduncularis</i> (Trevir.) Steven ex Palib. 꽃마리	4.17	1.05	.	.	.	.	.	.	.	Th _(w)	R ₅	D ₄	b
<i>Viola verecunda</i> A. Gray 콩제비꽃	.	4.21	.	0.39	.	.	.	.	.	H	R ₃₍₆₎	D ₃	b-ps
<i>Hemistepha lyrata</i> Bunge 지칭개	.	.	.	0.13	4.29	.	.	.	.	Th _(w)	R ₅	D ₁	pr
<i>Ixeris polyccephala</i> Cass. 별쌈바귀	.	4.21	.	0.07	.	.	.	.	.	H	R ₅	D ₁	e
<i>Arenaria serpyllifolia</i> L. 벼룩이자리	.	.	.	0.52	2.86	.	.	.	.	Th _(w)	R ₅	D ₄	b
<i>Galium dahuricum</i> Turcz. ex Ledeb. 큰잎갈퀴	2.78	0.53	.	.	.	.	.	.	.	H	R ₂₋₃	D ₂	e
<i>Acer tataricum</i> subsp. <i>ginnala</i> (Maxim.) Wesm. 신나무	.	.	.	0.07	.	3.09	.	.	.	M	R ₅	D ₁	e
<i>Oplismenus undulatifolius</i> (Ard.) Roem. & Schult. 주름조개풀	.	.	.	0.13	.	1.74	.	.	.	H	R ₄	D ₂	p
<i>Geranium thunbergii</i> Siebold ex Lindl. & Paxton 이질풀	1.39	.	.	.	.	0.19	.	.	.	H	R ₅	D ₃	ps-b
<i>Youngia japonica</i> subsp. <i>elstonii</i> (Hocht.) Bab. & Stebbins 뽕리뱅이	.	.	.	0.13	1.43	.	.	.	.	Th _(w)	R ₅	D ₁	ps
<i>Lepidium virginicum</i> L. 콩다닥냉이*	.	.	.	0.13	1.43	.	.	.	.	Th _(w)	R ₅	D ₄	pr
<i>Cardamine flexuosa</i> With. 황새냉이	.	0.53	.	0.98	.	.	.	.	.	Th _(w)	R ₅	D ₃	ps
<i>Paederia foetida</i> L. 계요등	.	.	.	.	.	0.93	0.19	.	.	Ch	R ₃	D ₄	l-b
<i>Clematis apiifolia</i> DC. 사위질빵	.	.	.	0.13	.	.	0.77	.	.	N	R ₄	D ₁	l
<i>Commelina communis</i> L. 닭의장풀	.	.	.	0.13	0.71	.	.	.	.	Th	R ₅	D ₄	b-p
<i>Oxalis corniculata</i> L. 꿩이밥	.	0.53	.	0.07	.	.	.	.	.	Ch	R ₄	D ₃₂	p-b
<i>Leonurus japonicus</i> Houtt. 익모초	.	0.53	.	0.07	.	.	.	.	.	Th _(w)	R ₅	D ₄	pr
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers. 개망초*	.	.	.	0.52	.	.	0.05	.	.	Th _(w)	R ₅	D ₁	pr
<i>Spirodela polytriza</i> (L.) Schleid. 개구리밥	.	.	.	0.2	.	.	0.19	.	.	HH _(th)	R ₅	D ₁	n,r
<i>Oenothera biennis</i> L. 달맞이꽃*	.	.	.	0.13	.	.	0.05	.	.	Th _(w)	R ₅	D ₄₁	pr
<i>Spiraea prunifolia</i> var. <i>simpliciflora</i> (Nakai) Nakai 조팝나무	.	.	.	0.13	.	.	0.05	.	.	N	R ₅	D ₄	e,b

Species that observed in a single plant community: Sk: *Viola patrinii* DC. ex Ging. 흰제비꽃 13.89 H R_{3(w)} D₃ r, *Poa pratensis* L. 왕포아풀* 9.72 H R₂₋₃ D₄ t, *Chenopodium album* L. 명아주 2.78 Th R₅ D₄ e, *Cerastium fontanum* subsp. *vulgare* (Hartm.) Greuter & Burdet 점나도나물 2.78 H R₅ D₄ b, *Equisetum ramosissimum* Desf. 개속새 1.39 G R₂₋₃ D₁ e, *Astilbe chinensis* (Maxim.) Franch. & Sav. 노루오줌 1.39 H R₃ D₄ ps, *Stellaria media* (L.) Vill. 별꽃 1.39 Th_(w) R₄ D₄ b, *Poa sphondyloides* Trin. 포아풀 1.39 H R₅ D₄ t, PaSc: *Vicia sativa* L. 살갈퀴 12.86 Th_(w) R₅ D₃ l-b, *Celtis sinensis* Pers. 팽나무 7.14 MM R₅ D₂ e, *Vicia tetrasperma* (L.) Schreb. 얼치기완두 5.71 Th_(w) R₅ D₃ l-b, *Sporobolus fertilis* (Steud.) Clayton 쥐꼬리새풀 3.57 H R₃ D₄ t, *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. 냉이 2.86 Th_(w) R₅ D₄ ps, *Vicia villosa* Roth 뱃지* 2.14 Th_(w) R₅ D₃ b-l, *Boehmeria tricuspis* (Hance) Makino 거북꼬리 0.71 Ch R₃ D₄ e, StSc: *Persicaria senticosa* (Meisn.) H. Gross ex Nakai 머느리밀씻개 1.37 Th R₅ D₄ b-l, *Phytolacca americana* L. 미국자리공* 1.18 G R₅ D₂ e, *Lactuca indica* L. 왕고들빼기 1.18 Th, Th_(w) R₅ D₁ pr, *Scirpus radicans* Schkuhr 도루박이 1.18 HH R₂₋₃ D_{1,4} t, *Populus × tomentiglandulosa* T. B. Lee 은사시나무 0.78 MM R₅ D₁ e, *Vicia amoena* Fisch. ex Ser. 갈퀴나물 0.65 G R₂₋₃ D₃ l, *Actinostemma lobatum* (Maxim.) Franch. & Sav. 푸경덩굴 0.65 Th R₅ D₄ l, *Ophiopogon japonicus* (Thunb.) Ker Gawl. 소엽맥문둥 0.65 G R_{3(s)} D₂ t, *Elymus ciliaris* (Trin.) Tzvelev 속털개밀 0.65 Th_(w) R₅ D₄ t, *Veronica anagallis-aquatica* L. 큰물칭개나물 0.65 Th_(w) R₅ D₄ e, *Iris pseudacorus* L. 노랑꽃창포* 0.2 G R₃ D₃ ps, *Schoenoplectus tabernaemontani* (C.C. Gmel.) Palla 큰고랭이 0.2 HH R₂₋₃ D_{1,4} e, *Ranunculus sceleratus* L. 개구리자리 0.13 HH(Th_w) R₅ D_{1,4} ps, *Lamium amplexicaule* L. 광대나물 0.13 Th_(w) R₅ D₄ b, *Carex bostrychostigma* Maxim. 길뚝사초 0.13 H R₃ D₄ t, *Datura stramonium* L. 독말풀* 0.13 Th R₅ D₄ e, *Ambrosia artemisiifolia* L. 돼지풀*** 0.13 Th R₅ D₄ e, *Sedum bulbiferum* Makino 말뚝비름 0.13 Th_(w) R₄ D₄ b-p, *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla 매자기 0.13 HH R₂₋₃₍₆₎ D_{1,4} t, *Salvia plebeia* R. Br.

배암차즈기 0.13 Th_(w) R₅ D₄ ps, *Cnidium monnieri* (L.) Cusson 별사상자 0.13 Th_(w) R₅ D₄ ps, *Mazus pumilus* (Burm. f.) Steenis 주름잎 0.13 Th_(w) R₅ D₄ b-ps, *Xanthium orientale* L. 큰도꼬마리* 0.13 Th R₅ D₂ e, *Ranunculus tachiroei* Franch. & Sav. 개구리 미나리 0.07 Th_(w) R₅ D₄ ps, *Persicaria maackiana* (Regel) Nakai ex T. Mori 나도미꾸리나시 0.07 HH(Th) R₃ D₄ e,b, *Xanthium strumarium* L. 도꼬마리* 0.07 Th R₅ D₂ e, *Pinellia ternata* (Thunb.) Ten. ex Breitenb. 반하 0.07 G R_{5(c)} D₄ e, *Melothria japonica* (Thunb.) Maxim. ex Cogn. 새박 0.07 Th R₅ D_{2,4} l, *Calystegia hederacea* Wall. 애기메꽃 0.07 G R₂₋₃ D_{5,4} l, CeSt: *Perilla frutescens* (L.) Britton 들깨 62.50 Th R₅ D₄ e, *Panicum bisulcatum* Thunb. 개기장 9.38 Th R₅ D₄ b-p, *Erechtites hieracifolia* (L.) Raf. ex DC. 붉은서나물* 9.38 Th R₅ D₁ e, *Arthraxon hispidus* (Thunb.) Makino 조개풀 9.38 Th R₄ D₄ b-p, SaSt: *Sicyos angulatus* L. 가시박*** 60.53 Th R₅ D_{2,4} l, *Ambrosia trifida* L. 단풍잎돼지풀*** 15.79 Th R₅ D₄ e, *Poa trivialis* L. 큰새포아풀 3.68 H R₅ D₄ t, *Salix babylonica* L. 수양버들 2.63 MM R₅ D₁ e, *Angelica dahurica* (Fisch. ex Hoffm.) Benth. & Hook. f. ex Franch. & Sav. 구릿대 2.11 G R_{5(s)} D₄ ps, *Prunus padus* L. 귀룽나무 2.11 MM R₅ D₂ e, *Isodon inflexus* (Thunb.) Kudô 산박하 2.11 G R₃ D₄ e, *Lamium album* var. *barbatum* (Siebold & Zucc.) Franch. & Sav. 광대수염 1.58 G R₂₋₃ D₄ e, *Poa hisauchi* Honda 구내풀 1.58 Th_(w) R₅ D₄ t, *Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth 나도개피 1.58 H R₃ D₄ t, *Artemisia selengensis* Turcz. ex Besser 물쭉 1.58 H R₂₋₃ D₄ e, *Angelica polymorpha* Maxim. 궁궁이 1.05 G R₃ D₄ ps, *Barbarea orthoceras* Ledeb. 나도냉이 1.05 HH(Th_w) R₅ D₄ pr, *Sanicula chinensis* Bunge 참반디 1.05 Th_(w) R₅ D₂ ps, *Fallopia dentatoalata* (F. Schmidt) Holub 큰닭의덩굴* 1.05 Th R₅ D₄ l, *Juglans mandshurica* Maxim. 가래나무 0.53 MM R₅ D₄ e, *Artemisia sylvatica* Maxim. 그늘쭉 0.53 H R₂₋₃ D₄ e, *Solanum americanum* Mill. 미국까마중* 0.53 Th R₅ D₂ b, *Thalictrum filamentosum* Maxim. 산썩의다리 0.53 G R₅ D₄ ps, *Chrysosplenium pseudofauriei* H. Lévl. 선쟁이눈 0.53 HH R₄ D₄ b-p, *Rorippa palustris* (L.) Besser 속속이풀 0.53 Th_(w) R₅ D₄ ps, *Chenopodium ficifolium* Sm. 쯤명아주* 0.53 Th R₅ D₄ e, *Aristolochia contorta* Bunge 쥐방울덩굴 0.53 H R₅ D₁ l, CmSp: *Ampelopsis brevipedunculata* (Maxim.) Trautv. 개머루 22.22 N R₃ D_{4,2} l, *Alangium platanifolium* var. *trilobum* (Miq.) Ohwi 박쥐 나무 22.22 N R₅ D₂ e, *Persicaria posumbu* (Buch.-Ham. ex D. Don) H. Gross 장대여뀌 22.22 Th R₄ D₄ e, *Calystegia sepium* (L.) R. Br. 큰메꽃 11.11 G R₂₋₃ D_{5,4} l, PtSp: *Carex dispalata* Boott 삿갓사초 10.22 HH R₂₋₃ D₁ t, *Impatiens textori* Miq. 물봉선 7.25 Th R₄ D₃ e, *Akebia quinata* (Houtt.) Decne. 으름덩굴 3.67 N R₃ D₂ l, *Styrax japonicus* Siebold & Zucc. 때죽나무 3.48 MM R₅ D₄ e, *Hydrocotyle sibthorpioides* Lam. 피막이 3.29 Ch R₄ D₄ p, *Trisetum bifidum* (Thunb.) Ohwi 잠자리피 2.71 H R₃ D₄ t, *Boehmeria plataniifolia* Franch. & Sav. 개모시풀 2.54 Ch R₃ D₄ e, *Geranium sibiricum* L. 쥐손이풀 1.33 H R₅ D₃ ps-b, *Hylodesmum podocarpum* subsp. *oxyphyllum* (DC.) H. Ohashi & R.R. Mill 도둑놈의갈고리 0.97 H R₃ D₂ e, *Arundinella hirta* (Thunb.) Tanaka 새 0.97 H R₂₋₃ D₄ t, *Lindera erythrocarpa* Makino 비목나무 0.87 N R₅ D₂ e, *Leersia japonica* (Honda) Honda 나도겨풀 0.77 HH R₂₋₃ D₄ t-p, *Geum japonicum* Thunb. 뱀무 0.77 Ch R₃ D₂ ps, *Cardamine scutata* Thunb. 큰황새냉이 0.77 HH R₄ D₃ ps, *Pilea peploides* (Gaudich.) Hook. & Arn. 물통이 0.51 Th R₅ D₄ e, *Murdannia keisak* (Hassk.) Hand.-Mazz. 사마귀풀 0.51 HH(Th) R₄ D_{1,4} b-p, *Tephrosia pseudosonchus* (Vaniot) C. Jeffrey & Y. L. Chen 물숨방망이 0.43 H R₅ D₁ ps, *Angelica decursiva* (Miq.) Franch. & Sav. 바다나물 0.43 G R₃ D₄ ps, *Aster yomena* (Kitam.) Honda 쭉부쟁이 0.43 Ch R₃ D₄ pr, *Parthenocissus tricuspidata* (Siebold & Zucc.) Planch. 담쟁이덩굴 0.43 M R₅ D_{2,4} l, *Onoclea sensibilis* L. 야산고비 0.34 G R₂₋₃ D₁ e, *Lindera glauca* (Siebold & Zucc.) Blume 감태나무 0.24 N R₅ D₂ e, *Salix integra* Thunb. 개키버들 0.24 N R₅ D₁ e, *Molinia japonica* Hack. 진퍼리새 0.24 HH R₃ D₁ t, *Daphniphyllum macropodium* Miq. 굴거리나무 0.19 M R₅ D₂ e, *Quercus variabilis* Blume 굴참나무 0.19 MM R₅ D₄ e, *Eupatorium japonicum* Thunb. 등골나물 0.19 G R₃ D₁ e, *Monochoria vaginalis* (Burm. f.) C. Presl 물달개비 0.19 HH(Th) R₅ D_{1,4} ps, *Castanea crenata* Siebold & Zucc. 밤나무 0.19 MM R₅ D₄ e, *Thelypteris glanduligera* (Kunze) Ching 사다리고사리 0.19 G R₂₋₃ D₁ e, *Prunus sargentii* Rehder 산벚나무 0.19 MM R₅ D₂ e, *Lespedeza bicolor* Turcz. 싸리 0.19 N R₅ D₄ e, *Persicaria filiformis* (Thunb.) Nakai ex T. Mori 이삭여뀌 0.19 G R₃ D₂ e, *Albizia julibrissin* Durazz. 자귀나무 0.19 M R₅ D₄ e, *Leersia oryzoides* (L.) Sw. 좁겨풀 0.19 HH R₃ D_{1,4} t-p, *Iris rossii* Baker 각시붓꽃 0.05 G R₃ D₃ ps, *Liriope spicata* (Thunb.) Lour. 개백문동 0.05 G R₃ D₂ r, *Juncus alatus* Franch. & Sav. 날개골풀 0.05 HH R₃ D_{1,4} t, *Aralia elata* (Miq.) Seem. 두릅나무 0.05 M R₅ D_{2,4} e, *Metathelypteris laxa* (Franch. & Sav.) Ching 드문고사리 0.05 G R₂₋₃ D₁ e, *Eupatorium makinoi* var. *oppositifolium* (Koidz.) Kawah. & Yahara 별등골나물 0.05 G R₃ D₁ e, *Elaeagnus umbellata* Thunb. 보리수나무 0.05 M R₅ D₂ e, *Chamerion angustifolium* (L.) Holub 분홍바늘꽃 0.05 G R₃ D₁ e, *Potentilla freyniana* Bornm. 세잎양지꽃 0.05 Ch R₃ D₄ b-ps, *Scirpus karuzawensis* Makino 솔방울고랭이 0.05 HH R₃ D_{1,4} e, *Rumex acetosa* L. 수영 0.05 H R₅ D₄ ps, *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng. 수크령 0.05 H R₃ D₂ t, *Disporum smilacinum* A. Gray 애기나리 0.05 G R₅ D₂ e, *Typha angustifolia* L. 애기부들 0.05 HH R₂₋₃ D₁ t, *Pourthiaea villosa* (Thunb.) Decne. 윤노리나무 0.05 M R₅ D₂ e, *Callicarpa japonica* Thunb. 작살나무 0.05 M R₅ D₂ e, *Agrimonia pilosa* Ledeb. 짚신나물 0.05 G R₃ D₂ ps, *Acorus calamus* L. 창포 0.05 HH R₂₋₃ D₄ r, *Lysimachia clethroides* Duby 큰까치수염 0.05 G R₂₋₃ D₄ e, *Clinopodium multicaule* (Maxim.) Kuntze 탑꽃 0.05 H R₅ D₄ b-p, *Cryptotaenia japonica* Hassk. 파드득나물 0.05 H R₃ D₄ ps, *Epilobium amurense* subsp. *cephalostigma* (Hausskn.) C.J. Chen, Hoch & P.H. Raven 돌바늘꽃 0.05 HH R₃ D₁ e, *Amphicarpaea bracteata* subsp. *edgeworthii* (Benth.) H. Ohashi 새콩 0.05 Th R₅ D₃ 1-b, *Lemna perpusilla* Torr. 좁게구리밥 0.05 HH(Th) R₅ D₁ n,r, *Athyrium niponicum* (Mett.) Hance 개고사리 0.05 G R₂₋₃ D₁ t, MvSp: *Isachne globosa* (Thunb.) Kuntze 기장대풀 22.33 H R₂₋₃ D_{1,4} t-p, *Mallotus japonicus* (L. f.) Müll. 예덕나무 9.77 MM R₅ D₄ e, *Cocculus trilobus* (Thunb.) DC. 땀덩이덩굴 8.37 N R₂₋₃ D₁ l, *Hypericum erectum* Thunb. 고추나물 5.58 H R₃ D₄ e, *Imperata cylindrica* (L.) Raeusch. 띠 4.65 G R₁₋₂ D_{1,4} e, *Rubus hirsutus* Thunb. 장딸기 4.65 N R₂₋₃ D₂ e, *Smilax china* L. 청미래덩굴 3.72 N R_{3(s)} D_{2,4} l, *Cayratia japonica* (Thunb.) Gagnep. 거지덩굴 1.4 G R₂₋₃ D₂ l, *Liriope platyphylla* F. T. Wang & T. Tang 맥문동 0.93 G R_{3(s)} D₂ r, *Rhaponticum uniflorum* (L.) DC. 빼꼭채 0.93 H R₅ D₁ ps, *Vigna angularis* var. *nipponensis* (Ohwi) Ohwi & H. Ohashi 새팔 0.93 Th R₅ D₃ l