

안성천 수계의 버드나무과 식물의 분포특성에 관한 연구¹

- 월동천, 옥정천, 조령천, 기술천을 중심으로 -

안영희² · 양영철³ · 전승훈⁴

A Study on the Distribution Patterns of *Salicaceae* species at the An-sung Stream¹

- Referred to Woldongcheon, Yokjungcheon,
Joyoungcheon and Gisolcheon -

Young-Hee Ahn², Young-Chul Yang³, Seung-Hoon Chun⁴

요 약

본 연구는 절대하천 식생으로 중요한 위치를 갖는 버드나무과 식물의 분포특성을 파악하고, 또한 이들 분포에 영향을 미치는 환경요인과의 관계성을 규명하기 위하여 안성천 수계의 상류에서 하류에 이르기까지 버드나무과 식물이 우점한 83개의 방형구에 대해 식생요인과 지형특성 및 토양환경의 조사분석을 토대로 수행되었다.

안성천 수계의 버드나무과 식물은 2속 11종이 출현하였고 평균 출현종수는 2.8종으로 조사되었다. 모든 수계에서 버드나무(*S. koreensis*)의 출현빈도가 가장 높았으며 전조사지역에 고르게 분포하는 경향을 보였다. 갯버들(*S. gracilistyla*)은 사토의 토양조건과 하상의 경사가 심하고 유속이 빠른 하천의 상류부와 저수지 하부에 분포하는 것으로 관찰되었다. 키버들(*S. purpurea* var. *japonica*)은 비교적 사토에서 출현빈도가 높았으며 단독으로 우점하는 경우는 드물고 갯버들(*S. gracilistyla*) 및 버드나무(*S. koreensis*)와 혼재하는 경우가 많았다. 왕버들(*Salix glandulosa*)은 사양토와 양질사토에서 출현빈도가 높았고 연중수량이 풍부한 저수지 부근과 하천의 상류에서 운반되어 쌓인 모래 퇴적층인 하중도나 사주에 우점하는 경향을 보였다. 정준상응분석 결과 버드나무과 식물의 분포는 미지형과 경사 등 환경구배에 의한 토양입자와 유기물 함량 등의 환경요인 수준과 밀접한 관련성을 보이는 것으로 밝혀졌다.

주요어 : 버드나무과 식물, 식생분포, 환경요인, 정준상응분석

1 접수 11월 19일 Received on Nov. 19, 2000

2 중앙대학교 생물자원과학계열 Part of Biological Resources Science, Chungang Univ., Ansong, 456-756, Korea (ahn3041@naeri.cc2.cau.ac.kr)

3 중앙대학교 대학원 원예과학과 Dept. of Horticultural Science, Graduate School, Chungang Univ., Ansong, 456-756, Korea(yyc71@hanmail.net)

4 경원대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Kyungwon Univ., Sunnam, 461-701, Korea

ABSTRACT

This study was carried out to clarify the distribution pattern of *Salicaceae* species which are considered as obligatory riparian vegetation, and also the correspondence between their distribution and the environment factors. Eighty-three study sites by stratified sampling were selected from the upstream to the downstream of An-sung stream. Vegetation factors such as coverage by species, disturbance, etc., and environmental factors including microtopography, soil properties, etc., measured and analyzed.

Salicaceae species were identified as total 2 genera, 11 species through all study area, and the average occurring species were 2.8 species. *S. koreensis* among other species showed highest occurring frequency at An-sung streams, and also it was distributed widely through study area. *S. gracilistyla* was mainly found at upstream sites, where sandy soil texture and high longitudinal slope were developed.

S. purpurea var. *japonica* was mostly observed in the sandy soil, the same as *S. gracilistyla* and however, was not dominant but rather mixed with *S. gracilistyla* and *S. koreensis*. On the other hand, distribution of *S. glandulosa* were closely related with littoral zone of the lake and the lower sea level with sandy loam and loamy sand soils of high organic matter content. Under CCA, canonical correspondence analysis, distribution of *Salicaceae* species was positively correlated with environmental gradients such as soil properties along to topography.

KEY WORDS : SALICACEAE, PLANT DISTRIBUTION, ENVIRONMENTAL FACTORS, CCA

서론

하천식생의 역할은 수변에 존재하는 고유한 식생 및 각종 수서 곤충에게 서식처와 피난 장소를 제공함으로써 종 다양성을 유지하고, 호안의 물리적 보호 및 지역 주민의 생활과 연계된 하천 경관의 보존과 친수공간을 조성하며, 오염물질을 거르는 필터 역할뿐만 아니라 공장 등의 공해 발생원과 주택과의 사이에 완충지대로서의 기능 및 기후완화 기능 등 하나의 공간이 다양한 기능을 중복적으로 가진다(井手久登, 1993). 그러나 지금까지 우리 나라의 하천 개발은 국토의 도시화에 따라 토지 이용이 증대되고 하천 유역에서의 생산 활동이 증대되면서 치수와 이수를 주목적으로 개발해 왔으나 최근에 환경에 대한 관심이 높아지고 경제발전으로 생활의 여유가 생기면서 자연환경에 대한 인식이 확산되어 하천의 생태계를 고려한 여러 가지 기술적인 공법을 개발하여 생태적 복원을 모색하고 있는 실정이다(건설기술연구원, 1997). 이러한 인위적인 공법이 하천의 생태계를 완전히 복원시킬 수는 없으나 하천의 기능을 증진시키는 데는 깨끗하고 풍부한 물과 하천변 식생을 통해 자연환경에 적합한 공간이 이루어질 수 있을 것이다. 그렇지만 하천변의 수목

은 홍수시 통수능을 감소시키는 것과 수목이 하류로 유실되어 하류 하천시설물의 기능에 지장을 주므로 치수 측면에서 볼 때 식수는 물론 자생하는 것도 제거하는 편이 좋다고 할 수 있다(杉山惠一, 1992). 그러나 최근에 하천 내 수목에 관한 관리 기준의 필요성이 제기되면서 수목에 대한 기초자료 조사를 위한 연구가 이루어지고 있다(이진원과 유대영, 1997).

지금까지 하천식생에 대한 연구는 주로 수생식물의 분포와 환경요인에 대한 종 조성에 대한 연구(김용범과 임양재, 1990; Kadono, 1990), 외부 환경요인에 영향을 크게 받는 소하천에서 식물분포에 영향을 미치는 환경요인과 식물과의 상관관계에 관한 연구(조도순, 1995), 하천변 식물군락에 대한 식물사회학적 연구(송종석과 송승달, 1996) 등이 주를 이루어 왔고, 최근에는 절대하천 식생으로 알려진 갯버들과 달뿌리풀 군락과 하천 미지형 및 하상저질 등 하천의 물리적인 환경에 따른 분포특성을 규명한 시도도 있다(전승훈 등, 1999). 이처럼 하천관리상 자연환경의 보존은 중요한 과제이며 하천의 환경기능을 향상시키기 위해서는 반드시 하천 내 수목의 관리방안을 고려하여 치수에 지장이 없는 범위에서 하천구역 내의 수목을 제거하기 보다는 적절한 유지관리를 통하여 하천의 환경

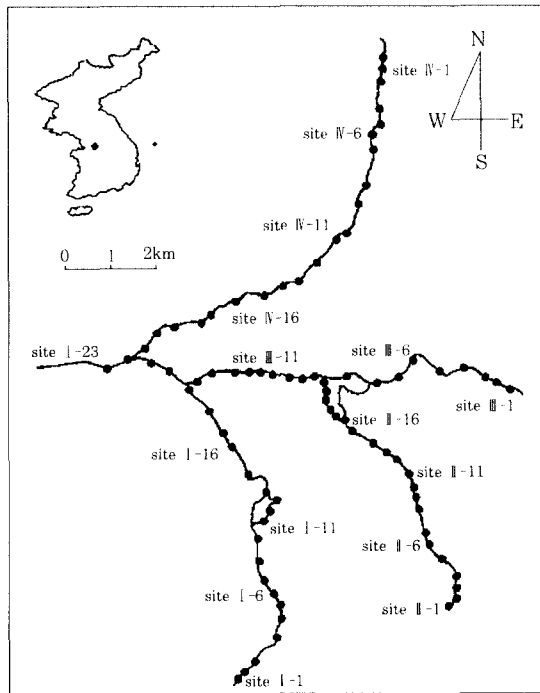


Figure 1. A map showing the eighty-three study site from a creek of An-sung stream (site I : Woldongcheon, site II : Yokjungcheon, site III : Joyoungcheon, site IV : Gisolcheon)

기능을 증진시키는 방안을 강구해야 할 것이다.

따라서 본 조사는 하천 하안대의 자연 식생과 식생 호안 공법의 재료로서 중요한 위치를 점유하고 있는 버드나무과 식물의 군락과 입지조건과의 관계를 조사함으로써 향후 자연생태계의 근접한 안정적인 하천환경의 조성과 자연형 하천관리를 위한 기초자료 및 자원으로의 이용을 목적으로 한다.

대상지의 개요

1. 지리적 위치

조사지역인 안성천은 행정구역상 경기도 안성시 삼죽면과 금광면에 위치하고 유역 직할하천 구간은 동경 126° 50' ~ 127° 00', 북위 36° 50' ~ 37° 20' 에 걸쳐 있으며, 조사하천의 총 연장길이는 59.5km이며 유역면적이 931.5km²로 연결된 평택호 물줄기 중에서 가장 길며 상수원은 물론 농업용수, 공업용수 등 다양하게 이용된다(경기의제21추진협의회, 1999). 하천의 주변에는 공장, 농경지 및 촌락이 곳곳에 형성되어 있고 가축을 사육하는 축사와 위탁시설이 있어 생활하수, 공장폐수, 축산폐수 등 오염원 발생 분포가 넓어 효율적인 관리에 어려움이 따르며 이로 인해 하천주변의 자연환경은 인위적인 인간의 간섭을 받아 왔다고 볼 수 있다.

2. 기후요인

안성천 수계의 기후적 특성은 그 자체를 대상으로 정확히 관측된 기후자료가 없으므로 가장 인접한 지역인 이천의 최근 8년 간(1992~1999년)의 기상자료를 Table 1에 정리하였다. 월평균기온이 최저(1월)~2.5℃에서 최고(7월) 24.6℃의 교차를 갖으며, 연평균기온은 11.6℃이고 연평균강수량은 1,349.4mm로 나타났다.

재료 및 방법

1. 식생요인

안성천 수계에 분포하는 버드나무과 식물의 분포조사는 1999년 5월부터 2000년 3월까지 경기도 안성시 일원의 월동천, 옥정천, 조령천 및 기술천변의 상류

Table 1. General weather conditions of Icheon area(1992-1999)

Factor	Month												Annual
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Mean temp.(℃)	-2.5	-0.1	5.2	12.2	17.0	21.3	24.6	24.5	19.6	12.7	5.9	-0.5	11.6
Meam maxi. temp.(℃)	3.2	6.5	12.0	19.7	23.0	26.3	29.1	29.1	25.3	19.3	11.5	4.6	17.5
Mean mini. temp.(℃)	-7.7	-6.2	-0.8	5.2	10.7	16.2	20.7	20.7	14.5	6.7	0.3	-5.8	6.2
Precipitation(mm)	9.4	22.3	48.8	71.3	99.4	146.4	295.4	382.1	144.8	63.7	43.3	22.5	1,349.4
Relative humidity(%)	64.1	60.5	58.2	55.5	61.3	67.2	75.0	76.6	72.6	69.0	68.1	67.7	66.3

에서 하류까지를 대상으로 현장조사를 수행하였으며, 조사의 효율성을 위해 설정된 조사구는 대다수 식물군집생태연구에서 보편적으로 적용하는 층화추출법(Stratified sampling)을 사용하여 버드나무과 식물군락이 발달된 지점에서 모두 83개의 방형구를 추출하였다. 각 방형구의 크기는 식생층의 높이를 고려하여 7m×7m를 기본으로 하였으나 입지여건에 따라 크기를 다소 신축적으로 적용하였다. 식생조사내용은 우선적으로 수종을 동정하였고, 수종별 피도 백분율을 측정하였다. 피도값은 Braun-Blanquet의 방법을 수정하여 75% 이상, 50~75%, 25~50%, 5~25% 및 5% 미만의 5계급(4, 3, 2, 1, +)으로 나누어 판정하였고(上野直也, 1993), 서열분석에서는 백분율 상대피도로 전환하여 정량적인 분석을 실시하였다.

2. 지형 및 토양요인

식생분포에 영향을 미치는 환경요소를 조사하기 위해 입지조건과 지형특성을 고도계(PRETEL ALTI-D2)와 1/5,000 지형도를 이용하여 해발고(Sea level), 경사(Slope), 하상경사(Longitudinal slope), 횡단상(Verticallandforms) 등을 조사하였다. 토양환경은 조사지점에서 산중식 토양경도계(FUJIWARA SEISAKUSHO, LTD.)를 사용하여 토양경도(Soil strength)를 5반복 측정하고 방형구의 다수지점에서 토양을 5~10cm 깊이에서 채취하여 음건한 후 토양의 특성을 조사하였다. 토양 pH는 음건 토양과 증류수를 1:5의 비율로 1시간 정도 진탕시킨 후 여과하여 pH meter(ORION 420A)로 측정하였다. 유기물 함량(Organic content)은 105℃에서 건조시킨 토양을 600℃의 전기로에서 4시간 연소시킨 후의 잔열 소실량으로 환산하였다. 토성(Soil texture)은 hydrometer법으로 분석하였고 분리된 시료를 토양분석법에서 제시한 공식으로 기하평균직경(GMD, geometric mean diameter)을 계산하였다(Black, 1965).

$$GMD = \exp\left(\frac{\sum wi \ln xi}{\sum wi}\right)$$

여기서, wi = aggregate weight

xi = average diameter

$\sum wi$ = total weight of the sample이다.

3. 서열분석

안성천 수계에 분포하는 버드나무과 식물종의 입지 환경요인과의 관계성을 구명하기 위하여 서열분석

(Ordination analysis)을 실시하였다. 서열분석은 서열분석과정에서 식물종 조성자료와 환경요인 사이의 상관과 다중회귀 관계를 통합, 적용하여 두 요소 사이의 관계를 직접 분석하는 기법인 정준상응분석(CCA, canonical correspondence analysis)을 적용하였다(Kent and Coker, 1994). 자료의 통계분석은 다변량 통계분석 프로그램인 MVSP 3.0을 사용하였다(Kovach, 1998).

결과 및 고찰

1. 버드나무과 식물종명세와 분포특성

안성천 수계에 출현하는 버드나무과 식물은 2속 11종류로 확인되었으며(Tables 2~5), 전조사지점에 대하여 출현율이 10% 이상인 것은 *Salix*의 갯버들(*S. gracilistyla*), 버드나무(*S. koreensis*), 키버들(*S. purpurea* var. *japonica*), 왕버들(*S. glandulosa*)과 *Populus*의 은사시나무(*P. × tomentiglandulosa*), 이태리포플라(*P. euramericana*) 등 6종이고 호랑버들(*S. hulteni*), 수양버들(*S. babylonica*), 능수버들(*S. pseudo-lasiogyne*), 용버들(*S. matsudana* for. *tortuosa*), 양버들(*P. nigra* var. *italica*) 등은 출현율이 10% 이하로 나타났다.

갯버들은 월동천, 옥정천, 조령천 및 기술천의 모든 수계에서 관찰되었고 출현율이 각각 52.2%, 66.7%, 72.2%, 57.1%로 하천의 상류부에 출현빈도와 우점도가 높게 나타났다. 그러나 저수지의 하부에 특이적으로 우점해서 출현했는데, 이는 갯버들이 지속적인 물 흐름에 적응력이 강하고 홍수시의 급한 유속에 도복되었다가도 쉽게 재생할 수 있는 능력을 지녔기 때문으로 사료된다. 버드나무는 월동천, 옥정천, 조령천 및 기술천의 모든 수계에서 광범위하게 출현하였고, 출현율이 각각 91.3%, 90.5%, 94.4%, 85.7%로 이번 조사에서 출현빈도가 가장 높으며, 군락의 우점종이 되는 일이 많았다. 키버들은 월동천, 옥정천, 조령천 및 기술천의 모든 수계에서 관찰되었고 출현율이 각각 47.8%, 33.3%, 50.0%, 23.8%로 나타났으며 단독으로 우점하는 경우는 드물고 갯버들 및 버드나무 등과 혼재하여 분포하는 특성을 보였다. 왕버들은 월동천, 옥정천, 조령천 및 기술천의 모든 수계에서 관찰되었고, 출현율이 각각 21.7%, 42.9%, 38.9%, 19.0%로 상류부에는 특수한 환경을 제외하고 출현하는 일은 드물고 연중수량이 풍부한 저수지 부근과 하

천의 상류에서 운반되어 쌓인 모래 퇴적층인 하중도나 사주에 우점하는 경향을 나타냈다. 은사시나무는 모든 조사지점에서 출현율이 13.3%로 모든 수계에서 관찰되었으며, 실생에 의해 자생적으로 군락이 형성되지는 않았고, 과거 가로수 또는 하천제방 녹화용으로 식재된 것으로 판단된다. 이태리포플러는 모든 조사지점에서 출현율이 16.9%로 기술천에서는 관찰되지 않았고, 실생에 의해 생육 중인 치수를 확인할 수 있었지만 대부분 이전에 하천 제방에 호안 조정용으로 식재된 것으로 독립목으로 생육하는 경우가 많이 관찰되었다.

2. 수계별 버드나무과 식물의 분포특성

모든 안성천 수계에서 버드나무의 출현율이 91.3%로 가장 높았다. 월동천에서는 2속 10종의 버드나무과 식물이 출현하였으며 버드나무, 갯버들, 키버들, 이태리포플러, 왕버들, 은사시나무 순으로 출현율이 높았고 양버들, 호랑버들, 수양버들, 용버들 등은 출현율이 낮게 관찰되었다. 평균 출현종수는 2.7종이었으며 경사가 가파르고 산기슭과 접해있는 지점에서 호랑버들이 관찰되었고 하천 하류부의 단구사면에 호안 조정용으로 식재된 이태리포플러가 독립수로 출현하는 경향을 보였다(Table 2). 옥정천에서는 2속 10종의 버

드나무과 식물이 관찰되었고 버드나무, 갯버들, 왕버들, 키버들, 이태리포플러, 은사시나무, 용버들, 능수버들순으로 출현율이 높았으며 수양버들, 호랑버들 등은 출현율이 낮게 관찰되었다. 특히 수량 및 토양유기물이 풍부한 저수지 주변에 왕버들의 출현빈도와 우점도가 높았고 인가 주변에서는 식재된 것으로 생각되는 능수버들의 출현빈도가 높았다. 다른 수계에 비해 출현종이 많아 하나의 방형구에서 최고 6종이 확인되는 등 평균 출현종수가 3.3종으로 가장 높게 나타났다(Table 3). 조령천에서는 2속 8종의 버드나무과 식물이 확인되었고 버드나무, 갯버들, 키버들, 왕버들, 양버들, 이태리포플러 순으로 출현율이 높았으며 은사시나무와 용버들은 낮은 출현율을 보였다. 특히 상류부와 저수지 하부에 갯버들과 키버들의 출현빈도와 우점도가 높게 나타났으며 평균 출현종수는 2.9종이었다(Table 4). 기술천에서는 2속 9종의 버드나무과 식물이 출현하였고 버드나무, 갯버들, 키버들, 왕버들, 은사시나무 순으로 출현율이 높았으며 능수버들, 호랑버들, 수양버들, 용버들은 낮은 출현율을 보였다. 도로 주변에 가로수로 식재된 은사시나무가 출현하는 경향을 보였고 평균 출현종수는 2.2종을 가장 낮게 나타냈다(Table 5).

Table 2. Vegetation cover class of salicaceous species in Woldongcheon

Species	No. of Site → The low part of a stream																							No. of occurring frequency	Occurring rate (%)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			
<i>Salix gracilistyla</i>	3	2	1	1	1	1	3	2	-	+	-	+	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	12	52.2	
<i>S. koreensis</i>	2	1	3	1	1	+	1	+	1	1	1	-	2	1	1	-	+	1	1	+	+	2	+	21	91.3	
<i>S. purpurea</i> var. <i>japonica</i>	-	2	1	-	-	-	+	+	-	-	+	+	1	1	+	-	-	+	+	-	-	-	-	11	47.8	
<i>S. glandulosa</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2	+	-	-	-	+	-	5	21.7	
<i>S. hulteni</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4.3	
<i>S. babylonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	1	4.3
<i>S. matsudana</i> for. <i>tortuosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	1	4.3
<i>Populus</i> <i>euramericana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	2	-	-	1	1	2	-	-	-	6	26.1	
<i>P.</i> <i>×tomentiglandulosa</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	13.1	
<i>P. nigra</i> var. <i>italica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	8.7	
No. of species	2	3	3	2	2	3	4	3	3	3	3	5	3	3	3	1	2	3	3	2	2	4	1	2.7		

Table 3. Vegetation cover class of salicaceous species in Yokjungcheon

Species	No. of Site II → The low part of a stream																				No. of occurring frequency	Occurring rate(%)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			21
<i>Salix gracilistyla</i>	+	1	2	+	+	+	+	1	+	+	+	+	2	2	-	-	-	-	-	-	14	66.7	
<i>S. koreensis</i>	3	3	2	1	2	1	1	1	-	+	+	2	2	2	-	2	1	2	2	3	2	19	90.5
<i>S. purpurea</i> var. <i>japonica</i>	-	1	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	1	1	-	1	1	7	33.3
<i>S. glandulosa</i>	1	-	1	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	1	2	1	1	-	2	+	9	42.9
<i>S. hulteni</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4.8
<i>S. babylonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	1	4.8
<i>S. pseudolasiogyne</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	-	-	+	4	19.0
<i>S. matsudana</i> for. <i>tortuosa</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	1	4	19.0
<i>Populus</i> × <i>tomentiglandulosa</i>	-	-	-	-	1	2	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	19.0
<i>P. euramericana</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	1	1	-	-	-	-	1	6	28.6
No. of species	4	4	3	4	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	5	4	2	3	6	3.3	

Table 4. Vegetation cover class of salicaceous species in Joyoungcheon

Species	No. of Site III → The low part of a stream																		No. of occurring frequency	Occurring rate (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
<i>Salix gracilistyla</i>	2	1	+	2	+	-	-	-	-	-	1	2	1	2	1	+	1	1	13	72.7
<i>S. koreensis</i>	3	3	2	1	3	2	1	1	1	1	+	1	1	1	+	2	1	-	17	94.4
<i>S. purpurea</i> var. <i>japonica</i>	+	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	+	+	1	+	+	9	50.0
<i>S. glandulosa</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	+	+	+	1	-	1	-	7	38.9
<i>S. matsudana</i> for. <i>tortuosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5.6
<i>Populus</i> × <i>tomentiglandulosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5.6
<i>P. euramericana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	+	-	-	-	-	-	-	2	11.1
<i>P. nigra</i> var. <i>italica</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2	11.1
No. of species	4	3	2	2	2	1	1	3	3	2	2	5	4	4	5	3	4	2	2.9	

3. 토성과 버드나무과 식물의 분포관계

대부분의 버드나무과 식물은 유사한 생태적 특성과 생활사를 가지고 있으며, 종의 분포와 생존과 생장에

있어 중요한 환경요인은 발아부터 실생의 정착시기과정의 토성이라고 알려진 바 있다(Yanai and Kikuzawa, 1991). 모든 버드나무과 식물군락의 조사 지점에 대한 토성 분석결과 사토, 사양토 및 양질사토

Table 5. Vegetation cover class of salicaceous species in Gisolcheon

Species	No. of Site IV → The low part of a stream																				No. of occurring frequency	Occurring rate (%)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			21
<i>Salix gracilistyla</i>	2	1	1	+	+	-	+	-	-	1	-	+	+	2	-	1	-	2	-	-	-	12	57.1
<i>S. koreensis</i>	2	+	+	+	1	1	2	+	+	1	1	3	-	+	1	1	1	1	2	-	-	18	85.7
<i>S. purpurea</i> var. <i>japonica</i>	2	-	+	-	1	-	2	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	23.8
<i>S. glandulosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	1	+	-	-	-	-	4	19.0
<i>S. hulteni</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4.8
<i>S. babylonica</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4.8
<i>S. pseudolasiogyne</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	9.5
<i>S. matsudana</i> for. <i>tortuosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	4.8
<i>Populus</i> × <i>tomentiglandulosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2	-	3	14.3
No. of species	3	3	3	2	3	1	5	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	1	1	1	2.2	

Table 6. Soil texture of salicaceous species

Species	Soil texture	Coverage(%)				Total (%)
		~5%	5~25%	25~50%	50%~	
<i>S. gracilistyla</i>	Sand	15.7	15.7	11.8	2.0	45.1
	Sandy loam	9.8	13.7	3.9	3.9	31.4
	Lomy sand	11.8	3.9	7.8	0.0	23.5
<i>S. koreensis</i>	Sand	8.0	18.7	5.3	2.7	34.7
	Sandy loam	6.7	16.0	12.0	4.0	38.7
	Lomy sand	6.7	9.3	6.7	4.0	26.7
<i>S. purpurea</i> var. <i>japonica</i>	Sand	21.9	18.8	3.1	0.0	43.8
	Sandy loam	15.6	15.6	3.1	0.0	34.4
	Lomy sand	12.5	6.3	3.1	0.0	21.9
<i>S. glandulosa</i>	Sand	16.0	8.0	4.0	0.0	28.0
	Sandy loam	4.0	24.0	12.0	0.0	40.0
	Lomy sand	20.0	12.0	0.0	0.0	32.0

가 각각 36.1%, 37.3%, 26.5%로 나타났다. 토성과 버드나무과 식물의 관계를 살펴보면 갯버들과 키버들은 사토에서 출현빈도가 높게 나타났으며, 왕버들은 사양토와 양질사토에서 출현빈도가 높았고 우점도가 높은 균락은 사양토에서 나타났다. 그리고 버드나무는 분석된 모든 토성에서 우점하는 경향을 보였다(Table 6).

버드나무과 식물종의 분포와 토양과의 관계에 대해

서 Niiyama(1987; 1989)는 *S. subfragilis*가 하천 하류부의 입자가 굵고 비옥한 토양에 우점하는 반면, 갯버들과 분버들(*S. rorida*)은 하천 상류부 선상지의 사력질 토양에 우점하고, 황철나무(*P. maximowiczii*)는 계곡 주변의 역질 토양에 우점한다고 보고한 바 있다. 上野直也(1993)도 내버들(*S. gilgiana*)은 적응하는 토성의 범위가 넓으나, 갯버들은 사력질이나

사토에서 높게 출현한다고 밝힌 바 있다. 본 연구에서 밝혀진 버드나무과 식물의 토성과의 관계성은 대체로 선행연구의 결과와 일치하는 것으로 나타났다.

4. 서열분석

안성천 수계에 자생하는 버드나무과 식물과 다양한 입지 환경과의 관계성을 파악하기 위하여 서열분석을 실시하였다. 하천수계가 변동수위생태계인 점을 고려 하더라도 포플러류의 식재와 하천의 정비 등 시·공간적으로 다양하고 누적적인 인간의 간섭이 작용하였기 때문에 하천 식생분포의 원형을 파악하기란 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 버드나무, 왕버들, 갯버들, 키버들 등 4종의 자생종과 이들의 우점도가 비교적 높은 45개의 조사구를 대상으로 정준상용분석(CCA)을 실시하였다. CCA 분석을 위하여 45개 조사구에 대해 식생요인과 환경요인의 Raw data matrix를 작성하였다(Appendix 1). CCA 분석의 최대장점은 환경요인들과 함께 종서열그래프가 구축되는 Biplot이 만들어진다는 점이다(Kent and Coker, 1994). Biplot은 환경구배의 해석을 높여 주고, 나아가 개별종들이 모든 주요 환경요인들과 어느정도 관계성을 갖는가를 쉽게 이해하도록 해 준다.

Figure 2는 안성천 수계에 출현하는 버드나무과 4종과 해발고, 횡단경사, 종단경사, 토양강도, 토양반응, 토양입자크기, 유기물함량 등 7개의 환경요인을 대상으로 종-환경 Biplot을 나타낸 것이다. 그래프에

서 삼각점은 각 수종의 공간상의 분포위치를 나타내고, 각 환경요인을 반영하는 화살표는 그래프상에서 환경요인의 최대변화방향을 의미하며 화살표의 크기는 그 방향으로의 변화규모에 비례한다. 따라서 긴 화살표는 짧은 화살표보다 서열결과에 미치는 영향이 커서 식생군집의 변이와 더 밀접한 관련을 갖는다. 버드나무과 4종의 분포패턴은 갯버들과 키버들, 버드나무는 비교적 하나의 그룹으로 묶이는 반면, 왕버들은 이들 그룹과 매우 다른 공간상의 위치를 보여 주었다. 전자의 그룹에서도 갯버들은 버드나무보다는 키버들과 매우 밀접한 관계를 보여 주었다. 앞서 밝혀듯이 자생지 환경에서 서로 혼재되어 분포하는 두 수종의 관계를 지지하는 결과라 할 수 있다. 한편 버드나무속 4종과 환경요인과의 관계에서는 매우 흥미 있는 결과를 보여 주었다. 하천 상류지역은 일반적으로 경사가 급하고 유속이 빠르며, 하상입자가 모래이상의 크기를 갖는 풍화마모된 암석입자가 분포하는 반면, 하천 하류지역은 유속이 느리고 경사가 완만한 퇴적구간으로써 모래이하의 크기를 갖는 하상저질이 분포한다. 따라서 Figure 2에서 보는 바와 같이 환경요인사이의 관계에서도 경사와 해발고, 토양입자 등의 환경요인은 상호 밀접한 관계를 보여 주는 반면, 유기물 함량과는 반비례적인 관계를 나타냈다. 하천 중·상류지역에 주로 분포하는 것으로 알려져 있는 갯버들과 키버들은 본 연구에서도 이러한 서식환경의 구배를 잘 보여 주었다. 또한 왕버들은 하천 하류의 퇴적구간에 주로 발생하는 것으로 알려져 있는데, 본 연구에서도 유기물의 함량과 비례하는 것으로 나타나 이러한 분포경향을 뒷받침해 주는 결과를 얻었다. 그리고 버드나무는 7가지

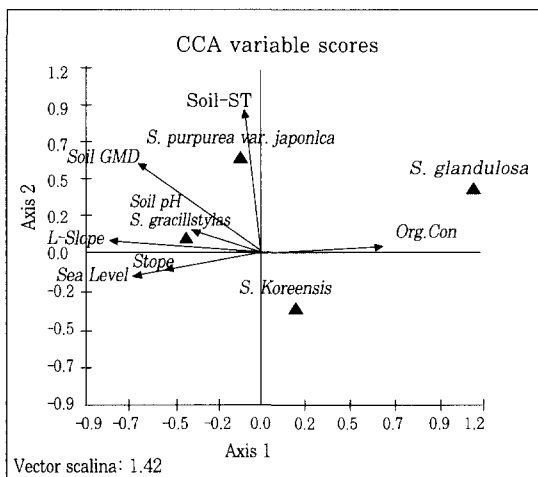


Figure 2. Species/environment biplot from canonical correspondence analysis(MVSP) of the Ah-sung stream(Table 7)

Table 7. Correlations of species ordination axes with environmental factors, eigenvalues and percentage variances explained

Factors	Axis I	Axis II
Soil-ST	-0.062	0.639
Sea Level	-0.537	-0.112
Slope	-0.375	-0.073
L-Slope	-0.578	0.044
Soil GMD	-0.509	0.432
Soil pH	-0.210	0.110
Org. Content	0.462	0.014
Eigenvalue	0.173	0.075
% Cumulative variance explained	67.862	97.408
Species-Enviroments Correlation	0.626	0.620

환경요인과의 관계에서 매우 모호한 위치를 보여 주었다. 실제로 버드나무는 하천상류의 산지계류나 계곡사면의 저습지에서부터 하천하류의 퇴적구간에 까지 광범위한 서식환경범위를 지니는 것으로 알려져 있는데, 본 연구에서도 환경요인들과 중간적 상관관계를 보여 주어 이러한 경향을 지지하는 것으로 나타났다.

한편, 좌표축에 대해 각 환경요인을 의미하는 화살표의 위치는 축설정에 미치는 환경요인의 상관성을 보여주는 결과인데, 해발고, 종단경사, 유기물함량 등이 제1축과 밀접한 관련성을 보여주는 반면, 토양강도는 제2축과 밀접한 관련성을 보여주었다(Table 7). 종-환경 Biplot의 제1축과 제2축에 대한 고유값(Eigenvalue)은 각각 0.173, 0.075로 나타남으로써, 두축이 전체 종-환경자료변이의 약 67%, 30%를 설명해주는 것으로 분석되었다.

5. 고찰

하천변에서 버드나무과 식물의 분포특성에 대해 Christopher *et al.*(1985)은 토양 침수로 인한 버드나무속 식물의 생리적 활력과 분포의 관계에서 침수된 토양(Waterlogged soil)에서의 내성과 수분 스트레스(Moisture stress)에 의해 분포한다고 하였고, Lawrence *et al.*(1986)은 하천의 범람원에서 버드나무속과 사시나무속은 풍부한 종자 산포와 빠른 실생 번식에 의해 신속히 천이가 이루어지고 홍수에 의한 범람원의 침수로 초기에 형성된 식생의 실질적인 생존을 결정한다고 하였다.

Niiyama(1987; 1989)는 하천변에서 버드나무과 식물의 분포특성을 토성의 차이에 의해 구분하였다. 그러나 이처럼 토성의 차이에 의해 서식지의 분리를 설명하는 것은 불완전하고, 많은 버드나무과 식물이 유사한 토성에서 종이 공존하는 것을 종자의 산포시기, 종자 수명, 수형, 종자의 낙하속도 등의 차이에 의한 것이라고 보고하였다(Niiyama, 1990).

Yanai and Kikuzawa(1991)는 서식처가 다른 버드나무과 식물의 다양한 생육 실험결과 이미 종자발아 단계에서부터 환경조건에 대한 적응성의 차이가 나타나는데, 이는 버드나무과 식물이 어느 정도 환경에 대한 적응성을 가지고 있기 때문이며, 上野直也(1993)은 하천변에서 버드나무과 식물의 분포특징을 토양성질, 하상구배, 기온, 강수량, 수형 등과 같은 다양한 환경요인과 분석한 결과 하나의 요인에 강하게 의존하고 있다고 생각되는 종도 있는 반면 종에 따라 환경요인의 의존도가 달라진다고 하였는데, 이는 버드

나무과 식물이 환경요인에 대해 일정한 폭을 가지고 수계마다 변화하기 때문이라고 하였다.

이처럼 일반적으로 하천 생태계에서 버드나무과 식물의 분포를 결정하는 주요 인자는 종의 생리적 특성 및 지형, 토양, 수환경 등 환경요인과 밀접하게 연관되어 있으나, 본 조사에서는 종의 생리적 특성 및 식생의 공간적 분포역과 식물상을 결정하는 인자인 유수와 수위변동 그리고 지하수위의 수직적 변화 등의 수환경 인자가 조사에 제외된 관계로 차후 이들 요인에 대한 포괄적인 조사가 이루어진다면 보다 명확한 분포양상을 구명할 수 있을 것으로 판단된다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 안성천 수계에서 버드나무과 식물의 분포특징은 유수의 힘이 강하게 작용하는 하천의 중·상류부와 저수지 하부의 사토에 우점하는 갯버들과, 토양유기물이 풍부한 저수지 주변과 하천의 하류부 양질사토 및 사양토에 우점하는 왕버들, 그리고 이 두 지역에 모두 분포하는 버드나무로 분포양상을 특징지을 수 있으며, 이러한 결과로부터 자연형 하천의 관리 및 생태적 복원시 적용시키는 것이 바람직하며 이들 버드나무과 식물에 대해 하천에서의 적절한 적용방법 및 정착가능성에 대한 추가적인 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

인용문헌

건설기술연구원(1997) 국내여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발. 환경부 보고서.
 경기의제21추진협의회(1999) 푸른경기21 총괄연구보고서. 121쪽.
 김용범, 임양재(1990) 탄천의 대형수생식물군집의 분포와 환경. 한국생태학회지 13(4): 297-308.
 송종석, 송승달(1996) 낙동강 상류 한천 일대의 하천변 식생의 식물사회학적 연구. 한국생태학회지 19(5): 431-451.
 이진원, 유대영(1997) 하천 내 수목의 내력 시험. 한국수자원학회논문집 30(3): 211-223.
 이창복(1993) 대한식물도감. 향문사. 253-264쪽.
 전승훈, 현진이, 최정권(1999) 하천 미지형 및 하상저질에 따른 갯버들과 달뿌리군락의 분포특성에 관한 연구. 한국조경학회지 27(2): 58-68.
 조도순(1995) 경안천에서 하천변 식생의 분포에 관한 연구. 한국생태학회지 18(1): 55-62.
 井手久登(1993) 綠地 生態學. 朝倉書店. 161-162쪽.
 杉山惠一(1992) 自然環境 復元の 技術. 朝倉書店. 91쪽.
 上野直也(1993) 千曲川水界におけるヤナギ科植物の分

布. 日本生命財團助成研究報告書. 7-44쪽.

Blank, C. A.(1965) Methods of soil analysis. American society of agronomy. USA. pp. 505-506.

Christopher, P. D., Irving, A. M. and Victoria, I. S.(1985) Effects of Soil Waterlogging on the Energy status and Distribution of *Salix nigra* and *S. exigua* in the Atchafalaya River Basin of Louisiana. Amer. J. Bot. 72(1): 109-119.

Kadono, Y.(1990) Aquatic macrophytes of the KAKO river, HYOGO prefecture, southwestern Japan. Jpn. J. Ecol. 40: 151-159.

Kent, M. and P. Coker(1994) Vegetation description and analysis -A practical approach. John Wiley & Sons.

Kovach, W. L.(1998) MVSP - A multivariate statistical package for windows, ver. 3.0 kovach computing services, Pentraeth, Wales, U. K.

Lawrence, R. W., John, C. Z. and F., S. C.(1986) The Role of Life History in Primary Succession on an ALASKAN Floodplain. Ecology. 67(5): 1243-1253.

Niiyama, K.(1987) Distribution of salicaceous species and soil texture of habitats along the ISHIKARI river. Jpn. J. Ecol. 37: 163-174.

Niiyama, K.(1989) Distribution of *Chosenia arbutifolia* and soil texture of habitats along the SATSUNAI river. Jpn. J. Ecol. 39: 173-182.

Niiyama, K.(1990) The Role of Seed Dispersal and Seedling Traits in Colonization and Coexistence of *Salix* Species in a Seasonally Flooded Habitat. Ecol. Res. 5: 317-331.

Niiyama, K.(1995) Life history traits of salicaceous species and riparian environment. Jap. J. Ecol. 45: 301-306.

Yanai, S. and Kikuzawa, K.(1991) Characteristics of seed germination and seedling establishment in three *Salix* species demonstrated by field germination experiment. Jpn. J. Ecol. 41: 145-148.

Appendix 1. Vegetation and environmental data from An-sung stream

Species(%)	No. of Site I													No. of Site III												
	1	2	3	4	5	7	8	13	14	15	17	18	23	1	2	3	4	5	6	7	11	13	14	16	17	18
<i>Salix gracilistyla</i>	55	35	15	10	25	55	30	-	25	10	-	-	-	45	25	5	45	5	-	-	25	25	45	5	10	25
<i>S. koreensis</i>	45	20	55	20	10	20	5	35	10	25	5	15	5	55	55	35	10	60	40	20	5	10	15	30	20	5
<i>S. purpurea</i> var. <i>japonica</i>	-	30	10	-	-	5	5	15	20	5	-	5	-	5	20	-	-	-	-	-	-	15	5	25	5	-
<i>S. glandulosa</i>	-	-	-	-	-	5	-	10	-	-	30	5	-	5	-	-	-	-	-	-	-	5	5	-	25	-
Soil strength(mm)	6	8	7	7	5	5	5	7	7	2.5	7	12	2.5	8	12	8	15	8	10	15	15	12	9	2.5	8	9
Sea level(m)	228	209	201	140	118	106	99	76	62	44	31	26	12	140	117	109	93	83	77	72	43	35	31	28	27	26
Slope(°)	5	15	5	10	15	15	18	5	15	20	5	7	5	8	5	20	17	20	13	13	5	5	5	25	7	7
Longitudinal slope(%)	63	54	35	50	38	22	33	0	40	13	12	9	2	77	62	34	22	10	6	8	10	13	15	3	2	3
Soil GMD(mm)	0.51	0.48	0.63	0.47	1.00	0.63	0.87	0.72	1.04	0.60	1.16	0.79	0.18	0.67	0.36	0.71	2.05	0.63	0.21	1.88	3.00	1.36	1.18	2.63	0.18	1.51
Soil pH	6.5	6.1	5.9	6.2	6.4	6.4	6.1	6.2	6.7	6.4	6.5	7.1	6.0	6.3	5.9	6.2	6.1	6.5	6.0	6.2	6.2	6.4	6.2	6.5	6.1	6.3
Organic content(g/kg)	21	26	13	22	6	11	16	8	16	10	4	19	1	5	17	7	5	6	24	5	2	8	0.6	3	24	3
Vertical landforms*	3	1	1	1	1	1	1	2	2	4	3	3	2	1	3	4	1	4	1	1	3	3	1	4	3	3

* : 1(margin of stream channel), 2(mid-channel bar), 3(floodplain), 4(transitional upland fringe)

Appendix I. (Continued)

Species(%)	No. of Site II					No. of Site IV													
	3	8	11	14	20	1	3	4	5	6	8	10	12	13	14	16	17	18	19
<i>Salix gracilistyla</i>	30	20	5	30	-	45	25	5	5	-	-	25	5	5	45	10	-	45	-
<i>S. koreensis</i>	45	25	5	40	55	40	5	5	25	25	5	15	60	-	5	15	15	10	40
<i>S. purpurea</i> <i>var. japonica</i>	-	-	5	-	10	30	5	-	10	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
<i>S. glandulosa</i>	10	5	-	-	40	-	-	-	-	-	25	-	-	20	-	25	5	-	-
Soil strength(mm)	3	5	2.5	8	2	2.5	10	5	6	7.5	3	7.5	9	7	15	7.5	5.5	4	8
Sea level(m)	168	94	83	71	64	156	122	102	94	81	56	46	35	33	31	28	25	23	21
Slope(°)	5	12	10	12	5	5	15	12	12	15	12	15	15	17	20	5	5	5	5
Longitudinal slope(%)	67	11	11	8	0	70	37	28	42	44	16	11	4	5	3	3	5	5	4
Soil GMD(mm)	0.29	0.51	0.91	0.52	0.28	1.24	1.03	0.63	0.74	0.28	0.59	0.62	0.68	0.53	0.51	0.20	0.50	1.44	0.46
Soil pH	6.6	6.6	6.5	6.3	6.2	6.7	6.4	6.4	6.5	6.3	6.1	6.4	6.5	6.0	6.4	6.3	6.3	6.3	6.2
Organic content(g/kg)	28	23	0.3	7	30	10	13	20	5	33	13	3	9	15	14	20	34	0.4	9
Vertical landforms*	3	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	3	4	1	1	1	1

* : 1(margin of stream channel), 2(mid-channel bar), 3(floodplain), 4(transitonal upland fringe)