

## 남강 유역에서 환경 구배에 따른 버드나무속의 분포와 생태적 지위

이인순 · 이팔홍 · 손성곤 · 김철수 · 오경환<sup>†</sup>

경상대학교 사범대학 과학교육학부 및 환경보전연구소

**적 요:** 버드나무속(*Salix*)을 대상으로 각 중별 생태적 지위폭, 생태적 지위 중복역 및 분포에 미치는 환경 요인을 규명하기 위하여 2000년 7월부터 9월까지 남강 유역에서 버드나무속의 군집 구조, 종조성, 저토 환경 등을 조사하였다. 조사지역에 출현한 버드나무속 11분류군의 기저직경을 토대로 상대우점도에 따라 구분한 우점종은 버드나무였고, 그 다음으로 선버들, 갯버들, 왕버들 등의 순이었다. 저토 환경은 pH 5.3~6.3, 전기전도도 14~351  $\mu\text{mho/cm}$ , 함수량 0.1~3.4%, 유기물량 0.5~7.3%, 총질소량 0.01~0.2%, 유효인량 0.1~0.4 mg/100 g, 점토 1.7~22.0%, 미사 0.2~40.8%, 모래 39.7~98.0% 등이었고, 조사지점의 해발고도는 20~620 m 그리고 연평균기온은 9.3~13.0°C 등의 범위이었다. 토성의 차이를 자원 상태의 차이로서 취급하여 정량화한 생태적 지위폭은 왕버들이 0.77로서 가장 넓었고, 버드나무 0.69, 선버들 0.54 등의 순이었다. 종간 경쟁의 정도를 나타내는 생태적 지위 중복역은 키버들과 개키버들이 0.94로서 가장 높았고, 눈갯버들과 키버들 0.92, 눈갯버들과 개키버들 0.87 등의 순이었다. 버드나무속 11분류군과 11가지 환경요인과의 상관관계를 분석한 결과, 갯버들은 전기전도도, 함수량, 총질소량, 점토, 미사, 연평균기온 등과 음의 상관관계를, 모래 및 해발고도와는 양의 상관관계를 보였다. 눈갯버들은 전기전도도, 함수량, 유기물량, 점토, 미사, 연평균기온 등과 음의 상관관계를, 총질소량, 모래, 해발고도 등과 양의 상관관계를 보였다. 선버들은 모래 및 해발고도와 음의 상관관계를, 함수량, 총질소량, 점토, 미사, 연평균기온 등과 양의 상관관계를 보여 갯버들과는 반대의 결과를 보였다. 남강 유역에서 버드나무속의 분포에 영향을 미치는 환경요인은 저토의 토성, 함수량, 총질소량, 해발고도 및 연평균기온이었다.

**검색어:** 버드나무속, 토성, 생태적 지위폭, 생태적 지위 중복역

### 서 론

우리나라 대부분의 하천변에 생육하고 있는 버드나무과(Salicaceae)에 속하는 버드나무속(*Salix*)은 전 세계에 약 300~500종이 주로 북온대와 아한대에 분포하고, 남반구에는 소수의 종이 분포하나 말레이제도에 분포하지 않으며, 주로 낙엽 관목이거나 교목이고 드물게 상록성인 경우도 있다 (Elias 1980, Cronquist 1981, Argus 1986, Clapham *et al.* 1987, 이 1990, 이 1997).

버드나무속은 수분이 많은 냇가, 하천변 및 산골짜기의 습지가 생육적지로서 사주와 하천 제방을 안정화시키는 목본성 개척식물의 우점종이며(Dorn 1976, Johnson *et al.* 1985, Niyama 1990, Ottenbreit and Staniforth 1992), 높은 산포력과 발아율, 빠른 초기 성장 속도, 침수에 대한 유묘의 높은 저항력 등을 나타내며, 하천변의 나지에 빠르게 침입, 정착하여 군락을 발달시킨다 (石川愼吾 1980).

버드나무속의 서식지 분포 범위는 성체보다 종자의 발아와 정착에 필요한 수분 요구도, 토성, 저토의 영양 염류 상태 등에 의해 결정되며, 범람은 버드나무속의 분포를 제한하는 중요한

요인이다 (McLeod and McPherson 1973, Nanson and Beach 1977, Noble 1979, Diogini *et al.* 1985, Argus 1986, Krasny *et al.* 1988).

생태적 지위는 생태적 지위폭(ecological niche breadth)과 생태적 지위 중복역(ecological niche overlap)으로 구분하여 이들을 정량화하는 방법이 연구되어 왔다 (Levins 1968, Schoener 1970, Colwell and Futuyma 1971, Hulbert 1978, Abrams 1980). 생태적 지위폭은 생물의 최저와 최고 내성 한계 사이의 폭, 즉 내성의 범위를 말하는데, 생태적 지위폭이 좁은 종은 특수한 서식지가 필요하므로 종의 분포역이 한정되고, 개체수가 적은데 비하여, 넓은 종은 환경 변화에 잘 적응할 수 있어 분포역이 넓게 나타난다 (Pianka 1983). 생태적 지위 중복역은 환경 요인 또는 환경 자원의 이용이 같거나 서로 비슷할 때 나타나는데 경쟁의 정도는 생태적 지위 중복역의 크기에 따른다 (Schoener 1970, Hanski 1978, Hulbert 1978).

버드나무속은 인공호나 교란된 호수의 경계면에서 침식사면의 안정화, 물질 생산 및 분해, 오염물질의 제거, 생물 서식처의 제공 등의 기능을 가지고 있고(신 1987), 하안의 침식 방지, 사면의 원활한 배수 및 사면 지지 또는 재해 복구 등의 생태적 환경 복원에 많이 이용되고 있다 (Niyama 1995). 또한 맹아력이 높고 비교적 생장이 양호하여 가로수나 공원으로 많이 식재되

<sup>†</sup> Author for correspondence; Phone: 82-55-751-5656, e-mail: ohkh@nongae.gsnu.ac.kr

고 있을 뿐만 아니라 최근에는 바이오매스 에너지의 생산과 제지 산업 등에서의 중요성이 부각됨으로써 유전과 교배가 주목을 받아 왔다 (Anderson *et al.* 1983, 조 1995, Sennerby-Forsse and Zsuffa 1995). 그러나 버드나무속은 목재로서의 가치를 높이기 위한 유전적 개량과 화분 알레르기의 예방 연구 등이 요구된다 (김 1984). 이와 같이 환경 복원과 경관 요소에 적용 가능성이 높은 버드나무속 군집의 보존과 활용을 위해서는 그 군집의 분포와 생태학적 특징, 특히 각 군집의 분포에 미치는 환경의 영향 등에 대한 연구가 요구된다.

본 연구는 남강의 발원지인 덕유산에서 낙동강과의 합류 지점인 경남 함안군 대산면에 이르는 남강 유역에 분포하는 버드나무속의 군집 구조, 종조성, 저토 환경과 기후 등을 조사하여 각 종별 생태적 지위폭, 생태적 지위 중복역 및 버드나무속의 분포에 미치는 환경의 영향을 규명하기 위하여 수행되었다.

**조사지 개황**

본 연구는 남강의 발원지인 덕유산에서 낙동강과의 합류 지점인 경남 함안군 대산면 기항나루까지의 남강유역에서 버드나무속이 많이 분포하고 있는 30개 지소를 선정하여 수행하였는데, 각 조사지점의 위치는 Fig. 1과 같다.

각 조사지점의 해발고도는 20~620 m이고 연평균기온은 9.3~13.0°C의 범위였는데, 연평균기온의 경우 거창, 산청, 마산 관측소 및 진주측후소의 1972~1999년까지의 자료(기상청 1972~1999)를 토대로 각 측후소가 위치한 해발고도에서 -0.55°C/100 m의 기온감률을 적용하여 계산하였다.

**조사 방법**

**군집 구조의 조사**

2000년 7월부터 9월까지 버드나무속이 많이 분포하고 있는 30개 지점을 임의로 선정하여 조사장소의 특성에 따라 2×2, 5×5, 10×10 m 등의 방형구 중에서 하나를 설치하여 각 방형구에서 버드나무속의 개체별 기저 직경을 측정하고 기저 단면적을 계산하였다. 전체 조사지역에서 출현한 버드나무속 11분류군의 기저 단면적을 토대로 상대 우점도에 의해 우점종을 결정하였다.

$$\text{상대 우점도}(\%) = \frac{\text{한 종의 기저 단면적}}{\text{모든 종의 기저 단면적}} \times 100$$

**토양 환경의 조사**

식생 조사시 각 조사 지소별로 저토 시료를 채취하여, 비닐 주머니에 밀봉하여 실험실로 옮겨 음건시킨 후 2 mm체로 선별하고 유리병에 보관하면서 분석하였다. pH와 전기전도도는 건조 시료와 증류수의 비를 1:5(W/W)로 하고 10분간 진탕시킨 후,

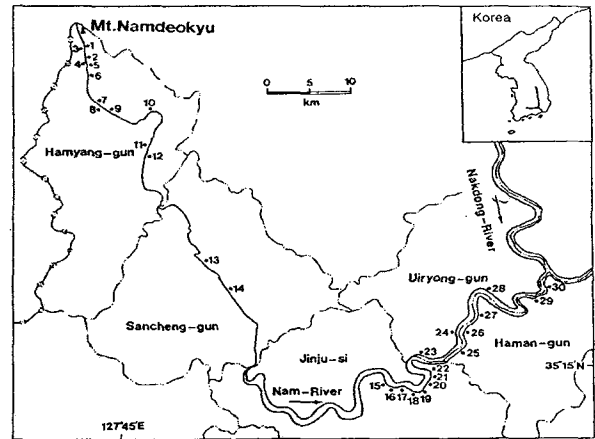


Fig. 1. Locality of thirty sampling sites in the Nam-River watershed, Gyeongsangnam-do, Korea.

pH는 pH meter(Dong Woo Medical Co., DP-215)로, 전기전도도 (conductivity, Con.)는 전도도 측정기(Chemtrix type 700)로 각각 측정하였다. 함수량(water content, wc.)는 생중량과 105°C에서 48시간 건조시킨 무게의 차이로 구하였고, 유기물량은(organic matter, O.M.)은 105°C에서 48시간 건조시킨 무게와 500°C의 전기로에서 4시간 동안 작열시킨 무게의 차이로 구하였다.

총질소(total nitrogen, T-N)와 유효인량(available phosphorus, A-P)은 Allen *et al.*(1974)의 방법에 따라 측정하였다. 총질소는 시료 0.5 g에 황산과 과산화수소 5:7(v/v) 혼합용액 12 mL를 가하고 Kjeldahl 분해장치에서 분해시킨 후 여과·정량하여 micro-Kjeldahl법에 의해 측정하였으며, 유효인량은 Truog의 방법에 의해 2.5% ammonium molybdate용액과 2.5% stannous chloride 용액을 각각 2 mL씩 가하여 발색시켜 700 nm에서 spectrophotometer(Spectronic 21)로 비색·정량하였다. 토성 분석(partical-size analysis)은 Black *et al.*(1965)에 따라 모래(sand), 미사(silt) 및 점토(clay)로 구분하였다.

**생태적 지위폭과 생태적 지위 중복역의 정량화**

토성은 토양의 잠재적 비옥도를 결정하기 때문에 토성의 차이를 자원 상태의 차이로서 취급하여 생태적 지위폭 및 중복역을 정량화하였다 (Colwell and Futuyama 1971, Niiyama 1987). 30개의 조사 지점에서 채취한 저토를 모래(sand), 미사(silt) 및 점토(clay)의 비율에 따라 Brower and Zar(1977)의 삼각도표법을 이용하여 토성을 다섯 가지로 구분하였다.

**생태적 지위폭의 정량화**

각 종의 생태적 지위폭(niche breadth)은 Levins(1968)의 식에 의해 다음과 같이 정량화하였다.

$$B_i = 1 / \sum P_{ij}^2 S$$

$$B_{ij} = N_{ij} / \sum N_{ij}$$

$B_{ij}$  = Niche breadth of species  $i$

$N_{ij}$  = Average relative abundance of species  $i$  in the  $j$  th soil texture

$S$  = Number of soil texture levels

**생태적 지위 중복역의 정량화**

Schoener(1970)의 niche overlap index를 사용하여 각 종의 생태적 지위 중복역을 정량화하였다.

$$O_{ih} = 1 - 1/2 \cdot \sum |P_{ij} - P_{hj}|$$

$$P_{ij} = N_{ij} / \sum N_{ij}$$

$$P_{hj} = N_{hj} / \sum N_{hj}$$

$O_{ih}$  ; Niche overlap of between species  $i$  and  $h$

$N_{ij}, N_{hj}$  ; Average relative abundance of species  $i$  and  $h$  in the  $j$ th soil texture

버드나무속의 각 분류군간 상대적 경쟁도를 밝히기 위하여 생태적 지위 중복역을 토대로 cluster 분석을 실시하여 dendrogram을 작성하였다.

**버드나무속의 분포에 미치는 환경 요인 분석**

환경 구배에 따른 버드나무속 개체군의 분포 상태를 밝히기 위하여 각 조사지점별 각 분류군의 상대 기저면적과 해발고도, 연평균기온 및 저토의 아홉 가지 환경요인을 토대로 조사지역에 출현한 버드나무속 11분류군과 열한 가지 환경 요인과의 상관관계를 산출하였다.

**결과 및 고찰**

**버드나무속의 군집 구조**

본 조사지역에서 출현한 버드나무속의 기저적경을 토대로 산출한 기저면적에 의한 상대우점도를 Table 1에 나타내었다. 우점종은 버드나무였고, 그 다음은 선버들, 갯버들, 왕버들 등의 순이었으며, 떡버들이 가장 낮았다. 한편 이(1998)는 충북 월악산 용하계곡에서 갯버들, 버드나무, 눈갯버들, 왕버들, 강계버들, 호랑버들, 용버들의 순으로 분포한다고 밝힌 바 있다.

각 조사지점이 위치하고 있는 해발고도, 하천 바닥을 구성하고 있는 자갈의 크기, 하천의 형태 등을 기준으로 본 조사지역을 상류(Site No. 1~10), 중류(Site No. 11~14) 및 하류(Site No. 15~30)로 구분하여 각 종의 분포 범위를 살펴본 결과 상류에서만 분포하는 종(떡버들, 당키버들), 상류와 중류에 분포하는 종(갯버들, 눈갯버들, 개키버들), 중류와 하류에 분포하는 종(선버들), 하류에서만 분포하는 종(참오굴잎버들), 그리고 상·중·하류에 걸쳐 모두 분포하는 종(버드나무, 키버들, 능수버들, 왕버들) 등의 다섯 그룹으로 나눌 수 있었다. 한편, Niiyama

Table 1. Relative basal area (%) of eleven *Salix* species in the Nam-River watershed

Site No.	<i>Salix</i> spp.*										
	Sa	Sr	Sj	Sm	Sp	Sh	Sk	Su	Sl	Ss	Sn
1	78.0	22.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	75.0	25.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	85.0	15.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	21.4	-	50.0	17.4	-	-	11.2	-	-	-	-
5	59.0	11.2	20.3	-	-	-	9.5	-	-	-	-
6	61.7	-	-	-	26.9	11.4	-	-	-	-	-
7	35.0	65.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	100.0	-	-	-	-
9	8.0	7.1	7.3	-	-	-	77.6	-	-	-	-
10	-	4.7	3.5	-	-	-	44.6	9.2	38.0	-	-
11	-	-	-	-	-	-	59.7	-	40.3	-	-
12	46.0	9.5	-	-	-	-	25.5	-	19.0	-	-
13	28.7	23.0	15.0	8.0	-	-	11.5	6.9	-	-	6.9
14	23.1	7.6	46.2	-	-	-	15.4	-	-	-	7.7
15	-	-	-	-	-	-	7.4	-	-	1.7	90.9
16	-	-	-	-	-	-	4.4	-	7.9	24.9	62.8
17	-	-	-	-	-	-	100.0	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	83.3	-	-	-	16.7
19	-	-	-	-	-	-	13.3	-	-	-	86.7
20	-	-	-	-	-	-	19.3	-	53.4	-	27.3
21	-	-	-	-	-	-	87.2	-	12.8	-	-
22	-	-	-	-	-	-	71.1	-	-	1.4	27.5
23	-	-	-	-	-	-	14.7	7.6	-	7.1	70.6
24	-	-	-	-	-	-	15.6	-	46.3	-	38.1
25	-	-	-	-	-	-	30.4	-	1.6	-	68.0
26	-	-	0.7	-	-	-	61.2	-	-	0.8	37.3
27	-	-	-	-	-	-	50.9	-	-	-	49.1
28	-	-	-	-	-	-	3.9	-	14.2	0.5	81.0
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.0
30	-	-	-	-	-	-	3.0	-	-	7.5	89.1
Total	520.9	190.1	143.0	25.4	26.9	11.4	917.7	23.7	233.5	36.8	770.6

\* Sa; *Salix gracilistyla*, Sr; *S. graciliglans*, Sj; *S. purpurea* var. *japonica*, Sm; *S. purpurea* var. *multinervis*, Sp; *S. purpurea* var. *smithiana*, Sh; *S. hallaisanensis*, Sk; *S. koreensis*, Su; *S. pseudo-lasiogyne*, Sl; *S. glandulosa*, Ss; *S. siuzevii*, Sn; *S. nipponica*

(1987)는 Ishikari-River의 하천 형태를 곡대, 선상지대, 중간대, 삼각주대 등의 네 가지로 구분하고 버드나무과의 9종과 *Alnus hirsuta*의 분포 배열을 조사하여 삼각주대와 중간대 4종, 선상지대 3종, 곡대 3종이 분포하는 세 그룹으로 구분하였다. 그리고 이(1998)는 충북 월악산 용하계곡에서 버드나무속의 배열 패턴을 곡대·선상지대·중간대에 고루 분포하는 갯버들, 선상지대·중간대에 분포하는 버드나무와 눈갯버들, 일정한 배열 패턴을 갖지 않는 강계버들의 세 그룹으로 구분하였다.

이와 같이 조사지역에 따라 약간씩 배열 패턴이 다른 이유는 하천의 형태적 구분 기준이 일정하지 않고 버드나무속의 분포가 저토의 토성 및 영양염류의 상태, 하천이 위치하고 있는 해발고도 등에 의해 결정되기 때문으로 사료된다 (McLeod and McPherson 1973, Nanson and Beach 1977, Noble 1979).

### 저토 환경

조사지역에서 저토의 특성을 분석한 결과는 Table 2와 같이 pH  $5.89 \pm 0.20$  (5.3~6.3), 전기전도도  $81.15 \pm 69.33$  (13.9~351  $\mu\text{mho/cm}$ ), 함수량  $1.34 \pm 1.18$  (0.1~3.36%), 유기물량  $2.24 \pm 1.49$  (0.5~4.6%), 총질소량  $0.10 \pm 0.07$  (0.01~0.2%), 유효인량  $0.19 \pm 0.13$  (0.1~0.4 mg/100 g) 점토  $10.81 \pm 5.63$  (1.7~22.0%), 미사

$14.73 \pm 13.27$  (0.2~40.8%), 모래  $74.44 \pm 13.27$  (39.7~98.0%) 등이었다. 대부분 지역의 저토는 모래의 함량이 높았으며 하류로 갈수록 모래의 함량이 감소하고 점토와 미사의 함량이 높아졌다.

### 생태적 지위폭과 생태적 지위 중복역

#### 생태적 지위폭

각 조사 장소의 토성과 *Salix* 11개 분류군의 상대 기저 면적과의 관계를 나타낸 결과는 Fig. 2와 같다.

갯버들과 눈갯버들은 모래의 함량이 높은 지역에서 주로 분포하며, 버드나무, 왕버들, 선버들은 모래와 미사의 비율이 다소 높은 지역에서 주로 분포하였다. 이는 갯버들은 모래와 자갈

Table 2. pH, conductivity(Con.), water content(Wc.), organic matter(O.M), available phosphorus(A-P), total nitrogen(T-N) and soil texture of sediment in the Nam-River watershed

Site No.	pH	Con. ( $\mu\text{mho/cm}$ )	Wc. (%)	O.M. (%)	A-P (mg/100g)	T-N (%)	Soil texture			
							Clay(%)	Silt(%)	Sand(%)	Classification
1	5.9	36	0.1	1.6	0.24	0.04	4.6	0.4	95.0	Sand
2	5.9	22	0.1	0.6	0.29	0.01	5.0	1.0	94.0	Sand
3	6.0	40	0.1	1.5	0.28	0.04	3.3	1.2	95.0	Sand
4	5.7	59	0.2	2.0	0.33	0.04	6.7	3.3	90.0	Sand
5	5.9	14	0.3	1.0	0.26	0.01	10.0	2.0	88.0	Sand
6	5.9	107	1.9	4.1	0.19	0.15	15.9	17.5	66.6	Sandy loam
7	6.0	15	0.1	0.5	0.13	0.01	1.7	0.3	98.0	Sand
8	6.3	351	0.2	1.0	0.12	0.02	5.0	0.2	94.8	Sand
9	5.8	62	0.6	2.4	0.08	0.06	6.7	8.5	84.8	Loamy sand
10	5.9	33	0.1	1.3	0.08	0.02	5.0	3.5	91.5	Sand
11	5.7	72	1.4	3.3	0.10	0.11	10.0	15.2	74.8	Sandy loam
12	6.0	39	0.7	1.1	0.07	0.04	10.0	3.3	86.7	Loamy sand
13	5.9	17	0.1	1.1	0.05	0.01	8.3	1.5	90.2	Sand
14	6.0	19	0.3	0.8	0.03	0.01	1.7	3.3	95.0	Sand
15	6.0	120	2.9	2.9	0.28	0.17	18.5	16.5	65.0	Sandy loam
16	5.8	129	3.2	3.8	0.19	0.18	14.0	31.0	55.0	Sandy loam
17	5.7	89	3.3	2.7	0.16	0.17	18.4	16.6	65.0	Sandy loam
18	5.3	79	3.4	1.5	0.05	0.15	13.3	21.7	65.0	Sandy loam
19	6.1	57	0.8	2.4	0.06	0.09	10.0	15.2	74.8	Sandy loam
20	6.0	52	0.6	1.5	0.04	0.04	9.5	12.2	78.3	Loamy sand
21	5.7	124	1.8	5.0	0.05	0.18	14.4	38.9	46.7	Loam
22	6.0	77	1.4	2.4	0.03	0.09	10.0	18.5	71.5	Sandy loam
23	6.0	41	0.8	1.9	0.03	0.08	11.7	13.5	74.8	Sandy loam
24	5.6	108	3.3	2.0	0.38	0.18	19.5	40.8	39.7	Loam
25	6.3	230	2.2	1.7	0.37	0.19	6.3	18.7	75.0	Loamy sand
26	6.0	95	2.7	4.6	0.40	0.18	17.5	39.2	43.3	Loam
27	6.0	59	2.3	1.8	0.31	0.14	15.7	31.0	53.3	Sandy loam
28	5.6	96	2.6	7.3	0.40	0.20	17.9	40.6	41.5	Loam
29	5.9	52	1.0	1.9	0.28	0.18	11.7	8.3	80.0	Sandy loam
30	5.8	140	2.3	1.8	0.31	0.06	22.0	18.0	60.0	Sandy clay loam
$\bar{x} \pm \text{SD}$	$5.89 \pm 0.20$	$81.0 \pm 69.4$	$1.36 \pm 1.18$	$2.25 \pm 1.49$	$0.19 \pm 0.13$	$0.10 \pm 0.07$	$10.81 \pm 5.63$	$14.73 \pm 13.27$	$74.44 \pm 13.27$	



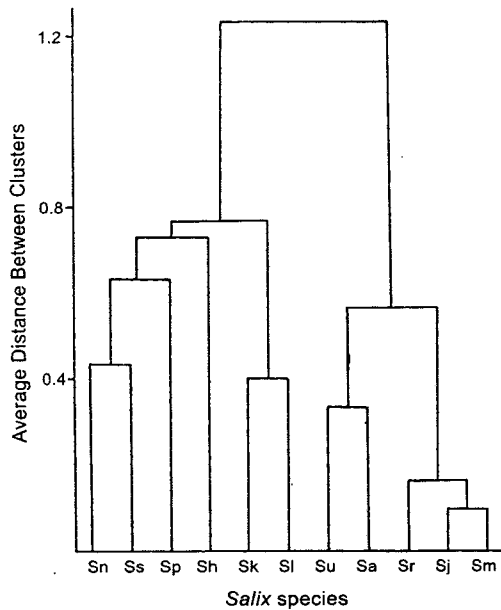


Fig. 3. Dendrogram for the eleven *Salix* species obtained by the average linkage cluster analysis based on the niche overlap index. Species codes are the same as in Table 1.

연 자원에 대한 경쟁이므로 동일한 생태적 지위를 가지면 경쟁

은 피할 수 없으며, 또한 경쟁의 정도는 생태적 지위 중복역의 너비에 관계가 있으므로 생태적 지위 중복역으로서 경쟁도를 측정하는 것은 큰 의미가 있다고 사료된다 (이 1985).

**버드나무속의 분포에 미치는 환경 요인 분석**

버드나무속의 분포와 환경 요인과의 관계를 밝히기 위하여 해발고도, 연평균기온, 저토의 9가지 특성 등 11가지 환경요인과 버드나무속의 각 분류군별 상대 우점도 간의 상관 관계를 Pearson의 상관 계수를 이용하여 분석한 결과를 Fig. 4에 나타내었다.

갯버들, 눈갯버들 및 선버들이 환경 요인과의 상관 관계가 높았는데, 갯버들은 전기전도도 및 점토와는 5%, 함수량, 총질소량, 미사, 연평균기온 등과는 1% 유의수준에서 음의 상관을, 모래 및 해발고도와는 1% 유의수준에서 양의 상관관계를 보였다. 눈갯버들은 전기전도도, 유기물량, 연평균기온 등과 5%, 함수량, 점토, 미사와는 1% 유의수준에서 음의 상관을 보였고, 해발고도와는 5%, 총질소량 및 모래와는 1% 유의수준에서 양의 상관 관계를 보였다. 그리고 선버들은 모래 및 해발 고도와는 1% 유의수준에서 음의 상관을, 함수량 및 미사와는 5%, 총질소량, 점토, 연평균기온 등과는 1% 유의수준에서 양의 상관 관계를 보여 갯버들과는 반대의 결과를 보였다. 따라서 갯버들과 눈갯버들은 저토의 모래의 함량이 높고 해발고도가 높은 곳에 주로 분포하며, 선버들은 미사와 점토의 함량이 높아 함수량이 높

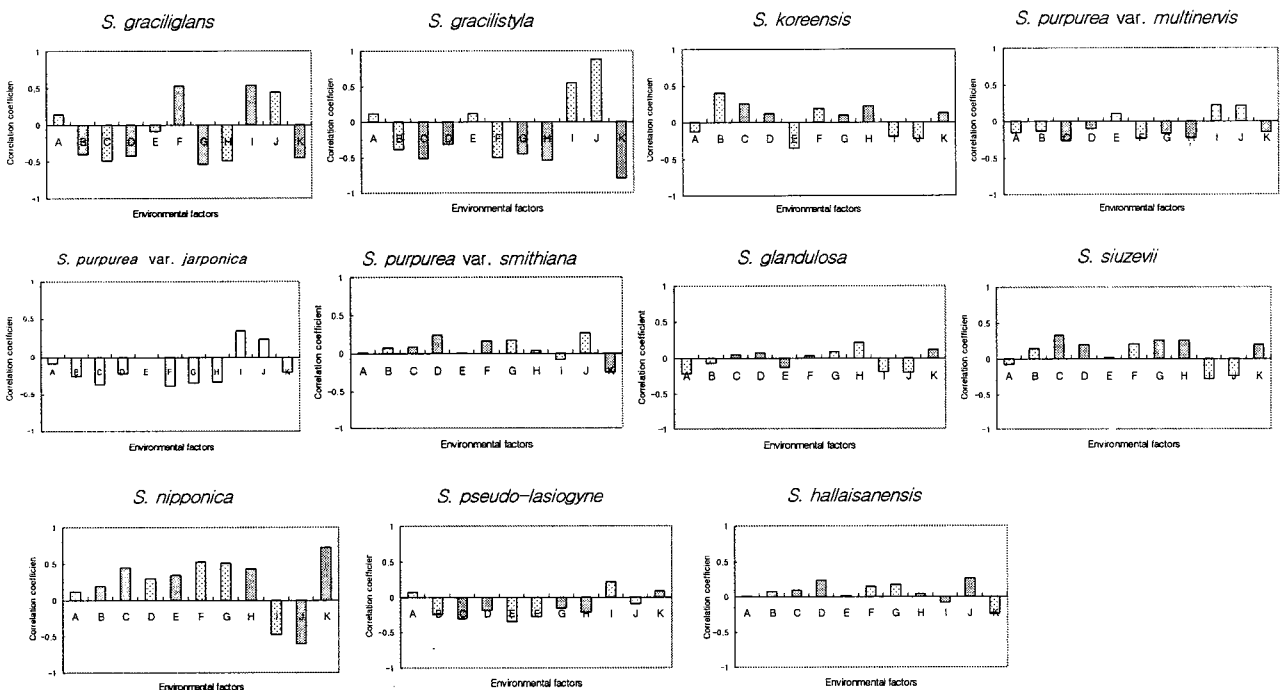


Fig. 4. Correlation coefficients between the relative basal area of eleven *Salix* species and eleven environmental factors in the Nam-River watershed A; pH, B; conductivity, C; water content, D; organic matter, E; available phosphorus, F; total nitrogen, G; clay, H; silt, I; sand, J; altitude, K annual mean temperature.

고 해발고도가 낮은 곳에 주로 분포한다는 것을 알 수 있다.

남강 유역에서 버드나무속의 분포에 영향을 미치는 환경 요인은 저토의 토성, 함수량, 총질소량, 해발고도 및 연평균기온이라고 할 수 있다.

### 인용문헌

- 기상청. 1972~1999. 기상연보. 동진문화사, 서울.
- 김계환. 1984. *Salix viminalis*의 화분 형태에 관한 연구. 한국임학회지 66: 64-67.
- 신용석. 1987. 인공호수 경계부의 생태적 특성을 고려한 경관 복원방안에 관한 연구. 서울대 석사학위 논문. 151 p.
- 이규태. 1998. 월악산 용하계곡에 생육하는 버드나무속의 분포 및 토성에 관한 연구. 충북대학교 교육대학원 석사학위 논문. 30 p.
- 이영노. 1997. 원색 식물도감. 교학사, 서울. 1237 p.
- 이창복. 1990. 수목학. 향문사, 서울. 331 p.
- 이희선. 1985. 환경구배에 따른 몇 식물의 생태적 지위에 관한 연구. 서울대 박사학위 논문. 114 p.
- 조성중. 1995. 한국산 버드나무속 화분형태학적 유연관계에 관한 연구. 전북대 석사학위 논문. 53 p.
- 石川愼吾. 1980. 北海道地方の河邊に發達するヤナギ林について. 高知大學 學術研究報告 29: 73-78.
- Abrams, P. 1980. Some comments on measuring niche overlap. *Ecol.* 61: 44-49.
- Allen, S.E., H.M. Grimshaw, J.A. Parkinson and C. Quarmby. 1974. Chemical analysis of ecological materials. Blackwell Scientific Pub., Oxford. 565 p.
- Anderson, H.W., C.S. Papadopol and L. Zsuffa. 1983. Wood energy plantations in temperate climates. *Forest Ecology and Management* 6: 281-306.
- Argus, G.W. 1986. The Genus *Salix* (Salicaceae) in the Southeastern United States. *Systematic Bot. Monogr.* 9: 1-170.
- Black, C.A., D.D. Evans, L.E. Ensminger, J.L. White and F.E. Clark. 1965. Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, Wisconsin. 1512 p.
- Brower, J.E. and J.H. Zar. 1977. Field of laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Co., Dubuque. pp. 41-44.
- Clapham, A.R., T.G. Tutin and D.M. Moor. 1987. Flora of The British Isles, (3rd ed.). Cambridge University Press, Cambridge. pp. 318-330.
- Colwell, R.K. and D.J. Futuyma. 1971. On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecol.* 52: 567-576.
- Cronquist, A. 1981. Order Salicales Lindley 1833. In An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, New York. pp. 432-435.
- Diogini, C.P., A. Mendelssohn and V.I. Sullivan. 1985. Effects of soil water-logging on the energy status and distribution of *Salix nigra* and *S. exigua*(Salicaceous) in the Atchafalaya river basin of Louisiana. *Amer. J. Bot.* 72(1): 109-119.
- Dorn, R.D. 1976. A synopsis of American *Salix*. *Can. J. Bot.* 54: 2769-2789.
- Elias, T.S. 1980. The complete trees of North America. Field guide and natural history. Van Nostrand Reinhold Company, New York. pp. 456-503.
- Hanski, J.L. 1978. Some comments on the measurement of niche metrics. *Ecol.* 59: 168-174.
- Hulbert, S.H. 1978. The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecol.* 59: 67-77.
- Johnson, W.B., C.E. Sasser and J.G. Gosselink. 1985. Succession of vegetation in an evolving river delta, Atchafalaya Bay, Louisiana. *J. Ecol.* 73: 973-986.
- Krasny, M.E., J.C. Zasada and K.A. Vogt. 1988. Adventitious rooting in four Salicaceae species in response to a flooding event. *Can. J. Bot.* 66: 2597-2598.
- Levins, R. 1968. Evolution in changing environments. Princeton Univ. Press, Princeton. 120 p.
- McLeod, K.W. and J.K. McPherson. 1973. Factors limiting the distribution of *Salix nigra*. *Bull. Torrey Bot. Club.* 45: 301-306.
- Nanson, G.C. and H.F. Beach. 1977. Forest succession and sedimentation on a meandering-river floodplain, Northeast British Columbia. *Can. J. Bot.* 4: 229-251.
- Niiyama, K. 1987. Distribution of Salicaceous species and soil texture of habitats along the Ishikari River. *Jap. J. Ecol.* 37: 163-174.
- 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.
- Noble, M.G. 1979. The origin of *Populus deltoides* and *Salix interior* zones on point bars along the Minnesota River. *Amer. Mid. Nat.* 102: 59-67.
- Ottenbreit, K.A. and R.J. Staniforth. 1992. Cycle and age structure of ramets in an expanding population of *Salix exigua* (sandbar willow). *Can. J. Bot.* 70: 1141-1146.
- Pianka, E.R. 1983. Evolutionary ecology (3rd ed.). Harper & Row. 253 p.
- Schoener, T.W. 1970. Non-synchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. *Ecol.* 51: 408-418.
- Sennerby-Forsse, L. and L. Zsuffa. 1995. Bud structure and resprouting in coppiced stools of *S. eriocephala* Mich., and *S. amygdaloides* Anders. *Trees* 9: 224-234.

(2001년 8월 11일 접수 ; 2001년 9월 20일 채택)

---

## Distribution and Community Structure of *Salix* Species along the Environmental Gradients in the Nam-River Watershed

Lee, In-Soon, Pal-Hong Lee, Sung-Gon Son, Cheol-Soo Kim and Kyung-Hwan Oh  
Division of Science Education and Research Institute of Environmental Protection,  
Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

**ABSTRACT** : Community structure of the *Salix* and physico-chemical properties of sediment were studied from July to September, 2000 in Nam-River watershed for the purpose of inquiring niche breadth, niche overlap and the environmental factors affecting the distribution of *Salix* species. Among eleven *Salix* species, the dominant species was *Salix koreensis*, while the rests were such order as *S. nipponica*, *S. gracilistyla* and *S. glandulosa* by the relative abundance based on the basal area. Mean values and the ranges of sediment properties such as pH, conductivity, water content, organic matter, total nitrogen, available phosphorus, clay, silt and sand were 5.3~6.3, 14~351  $\mu\text{mho/cm}$ , 0.1~3.4%, 0.5~7.3%, 0.01~0.2%, 0.1~0.4 mg/100 g, 1.7~22.0%, 0.2~40.8%, 39.7~98.0%, respectively. Altitude and annual mean temperature of each site were 20~620 m and 9.3~13.0°C, respectively. Niche breadth was estimated by considering the differences of the soil texture as the differences of state of source. *S. glandulosa* was the broadest at the level of 0.77, while the rests were such order as *S. koreensis*, *S. nipponica* were 0.69, 0.54, respectively. The niche overlap showing the level of interspecific competition was the largest as 0.94 between *S. purpurea* var. *japonica* and *S. purpurea* var. *multinervis*, while *S. graciliglans* and *S. purpurea* var. *japonica* 0.92, *S. graciliglans* and *S. purpurea* var. *multinervis* 0.87, respectively. According to the analysis of the correlation between eleven species of *Salix* and eleven environmental factors, *S. gracilistyla* showed the negative correlation with conductivity, water content, total nitrogen, clay, silt and annual mean temperature, and showed the positive correlation with total nitrogen, sand and altitude. *S. graciliglans* showed the negative correlation with conductivity, water content, organic matter, clay, silt and annual mean temperature, and showed the positive correlation with total nitrogen, sand and altitude. *S. nipponica* showed the negative correlation with sand and altitude, and showed the positive correlation with water content, total nitrogen, clay, silt and annual mean temperature. *S. nipponica* showed the opposite results of *S. gracilistyla*. Soil texture, total nitrogen, water content, altitude and annual mean temperature were affecting the distribution of *Salix* species in Nam-River watershed.

**Key words** : *Salix*, Soil texture, Niche breadth, Niche overlap

---