

습지식물의 적정 서식 환경 : I. 줄과 애기부들*

권기진 · 이보아 · 변채호 · 남종민 · 김재근

서울대학교 생물교육과

The Optimal Environmental Ranges for Wetland Plants :

I. *Zizania latifolia* and *Typha angustifolia**

Kwon, Gi Jin · Lee, Bo Ah · Byun, Chae Ho · Nam, Jong Min and Kim, Jae Geun

Seoul National University, Department of Biology Education.

ABSTRACT

The optimal environmental ranges of the establishment phase for the distribution of *Zizania latifolia* and *Typha angustifolia* was determined to develop a set of basic data and criteria of planting substrate for the restoration, conservation and management of wetlands. The study was carried at 17 wetlands in the Kyunggi-do and Gyeongsangnam-do region where inland wetlands place intensively in June, 2005. Total 127 quadrats were sets in growing areas of *Zizania latifolia* and *Typha angustifolia*. NO₃-N, K, Ca, Mg and Na in the water variables and soil texture, LOI (loss on ignition), soil pH and soil conductivity in the soil variables were analyzed. The optimal range of water depth for the distribution of *Zizania latifolia* was -5~39cm, NO₃-N content of water was <0.01~0.19ppm, K content of water was 0.1~5.9ppm, Ca content of water 0.5~44.9ppm, Mg content of water was 1.2~11.9ppm, Na content of water 3.4~29.9ppm, water conductivity was 48~450 μ S/cm, respectively. The optimal range of LOI for the distribution of *Zizania latifolia* was 1.7~11.9%, soil conductivity was 25.5~149.9 μ S/cm, respectively. The optimal range of water depth for the distribution of *Typha angustifolia* was -20~24cm, NO₃-N content of water was <0.01~0.19ppm, K content of water was 0.2~2.9ppm, Ca content of water 0.6~19.9ppm, Mg content of water was 0.2~5.9ppm, Na content of water 3.5~19.9ppm, water conductivity was 96~450 μ S/cm, respectively. The optimal range of LOI for the distribution of *Typha angustifolia* was 2.4~15.9%, soil conductivity was 17.6~149.9 μ S/cm, respectively. The optimal soil texture were loam, silt loam and sandy loam in both species. The lower water depth (-20~40cm) is appropriate to increase biodiversity in both species dominated community and it is better to maintain

* 이 논문은 2005년 정부재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(R08-2004-000-10225-0).

Corresponding author : Kim, Jae Geun, Dept. of Biology Education, Seoul National University, Seoul 151-742,
Tel : +82-2-880-7896, E-mail : jaegkim@snu.ac.kr

water depth of 40~100cm for water purification. Both species appear frequently in the soil with high silt content.

Key Words : *Distribution, NO₃-N, Optimal variable range for distribution, Soil texture, Water depth.*

I. 서 론

습지는 육상생태계와 수생생태계 사이의 전이대이며, 양 생태계의 가장자리에 위치해 있는 공간이다. 지구상에 존재하는 가장 중요한 자연생태계 중의 하나인 습지는 생산성과 생물다양성이 높고 수려한 경관을 조성하며, 홍수조절, 야생동물의 서식처 제공, 수질정화 등 중요한 기능을 수행 한다(Mitsch and Gosselink, 2000; Cronk and Fennessy, 2001). 그러나 습지는 자연적인 과정이나 인위적인 간섭에 의해서 훼손되거나 소멸되어 왔고, 최근에 습지의 중요성이 부각되면서 보전, 복원, 관리를 위한 노력들이 활발히 진행되고 있다(홍성기 등, 2005).

습지는 크게 물과 토양으로 대표되는 무생물 환경과 이곳에 서식하고 있는 생물환경으로 구성되어 있다(Mitsch and Gosselink, 2000). 습지식물은 습지를 구성하는 가장 중요한 생물환경요소(Cronk and Fennessy, 2001)로서 습지를 인식하는 우선지표(김귀곤, 2003)이며 습지생태계의 근본을 이룬다. 따라서 습지의 보전, 복원, 관리를 위해 우선적으로 국내 토착습지식물과 서식환경간의 상호관계를 파악하여 기본 지침을 마련하는 것이 중요하다. 국내에서 이루어지는 대부분의 연구가 습지식물의 분포에 영향을 주는 환경요인(백명수 등, 1997; 신현철 등, 1997; 임병선 · 이점숙, 1998; Min and Kim, 1999; 김자애 등, 2001; 김영식 등, 2002; 이광우 등, 2002)이나 영양염류 흡수능(이충일 · 광영세, 2000; 정연숙 · 노찬호, 2002), 습지의 특징과 식물사회학적 연구(송종석 · 송승달, 1996; 조강현 · 김준호, 1994b; 조영호 · 김원, 1998; 명현 등, 2002)에 초점을 맞추고 있다.

그러나 이와 같은 연구는 특정종과 그 분포환경범위에 대한 구체적 기준을 제시하지 못하고 있으며 이로 인해 조성된 습지에서 식생의 생육상태가 불량하거나(김현규, 1999) 조성시와 조성후의 식생이 달라지는 등 습지조성에 어려움을 겪고 있다. 일부 연구에서 구체적 기준을 제시하고 있으나 수심과 같은 물리적 환경에 국한(조강현 · 김준호, 1994b; 강호철 · 주용규, 1999; 이광우 등, 2002)되거나 3곳의 한정된 조사지의 결과(김현규, 1999)이므로 실제 습지식물 관리에 활용할 수 있는 구체적 지식 및 지침은 미비한 실정이다. 습지식물 초기성장 단계의 적절한 환경은 이후 식물의 성장과 분포에 중대한 영향을 미치며(Yamasaki, 1981) 습지의 복원은 일반적으로 식물군락의 새로운 성립을 포함(Fraser and Karnezisi, 2005)하므로 초기 정착기의 습지 환경은 복원에 중요하다. 따라서 습지관리와 조성을 위해 특정종과 종의 초기성장단계의 분포환경범위에 대한 연구가 필요하다.

줄(*Zizania latifolia*)과 애기부들(*Typha angustifolia*)은 대표적 수생식물로 생산력이 크며(조강현, 1992) 영양염류 흡수능이 높고(Ansola et al., 1995; 이충일 · 광영세, 2000; 정연숙 · 노찬호, 2002) 경관이 아름다워 습지의 중요종으로써 많은 연구가 이루어져 왔다. 또한 지역의 기후와 토양에 적응하여 넓은 지역에서 자생하며 오염에 내성이 크므로(Whigham et al., 1989; Demirezen and Aksoy, 2004) 인공 습지의 주요조성 종으로 사용되어 왔다(정연숙 · 노찬호, 2002).

줄은 벼과(Gramineae)에 속하는 다년생 초본으로 일본, 대만, 중국 등 아시아에 주로 분포하는 것으로 알려져 있다(양환승 등, 2004). 5대강 유역을 비롯하여, 한국 전역에 걸쳐 분포하는 식

생단위이며(이율경 · 김종원, 2005), 흔히 얇은 물속에서 군락을 이룬다(환경부, 2002). 애기부들은 부들과(Typhaceae)에 속하는 다년생 초본으로 전 세계적으로 분포하는 것으로 알려져 있다(Graebner, 1900). 애기부들은 옹화서와 자화서가 떨어져 있다는 점으로 큰잎부들(*T. latifolia*)과 구분되고 자화서의 길이가 길다는 점으로 꼬마부들(*T. laxmanni*)과 구별되며, 옹화서의 길이가 길다는 점에서 부들(*T. orientalis*)과 형태적으로 뚜렷이 구분된다(김창균 등, 2001). 5대강 유역에 넓게 관찰(이율경 · 김종원, 2005)되며 각지의 연못, 하천 근처의 물속에서 군생한다(환경부, 2002).

본 연구에서는 습지의 보전, 복원, 관리를 위한 과학적이고 구체적인 근거를 마련하기 위해 중요한 줄과 애기부들이 집중해서 분포하며 출현율이 높은 환경범위를 최적환경으로 정의하고 이들 종의 성장초기 환경요인 범위를 분석하여 습지 관리에 필요한 기초 자료와 습지조성에 필요한 식재기반 지침을 제시하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 연구 장소

내륙 습지가 집중되어 분포하는 수도권과 경상남도 지역을 중심으로 2004년 4월에서 5월에 걸쳐 사전답사를 통해 관찰되는 식물군락과 이들

이 발달되어 있는 생육지의 환경을 파악 한 후 17개 습지를 조사지역으로 선정하여 본 연구를 수행하였다. 서울시 은평구에 위치한 진관내동 습지는 생태계보전지역으로 북한산국립공원 경계 내에 위치하고 있다. 과거에 논농사를 짓던 묵은논형 습지로 수생식물들이 번성하여 자연성이 높으며 전체면적은 16,639m²이다. 구로구에 위치한 공동저수지의 전체면적은 10,202m²이다. 경기도 시흥시에 위치한 과림저수지와, 도창저수지는 해발고도가 40m 이하이며 마전저수지는 해발고도 100m 이하의 얇은 구릉성 산지에 둘러싸여 있는 저수지 배후습지로 전체면적은 각각 218,000m², 229,800m², 239,800m²이다. 경기도 광명시에 위치한 안터저수지는 전체면적이 17,914m²이며 구릉성 산지에 둘러싸인 소택지로 금개구리서식처이다. 경기도 구리시에 위치한 장자못은 호수형 습지로 인공저수지이며, 전체면적 103,500m²이고, 이문안 저수지는 인가에 둘러싸인 소택지로 전체면적 19,927m²이다. 경기도 남양주시와 구리시를 경유하여 한강에 합류하는 소하천인 왕숙천과, 양평군에 위치한 한강의 유역인 남한강의 남종면 일대와 경안천에서 조사지를 선정하였다.

경상남도에 위치한 연구장소는 낙동강 하류 연안의 지류 내에 분포하는 자연습지로 낙동강 하구로부터 50~170km 구간의 해발고도 30m 이

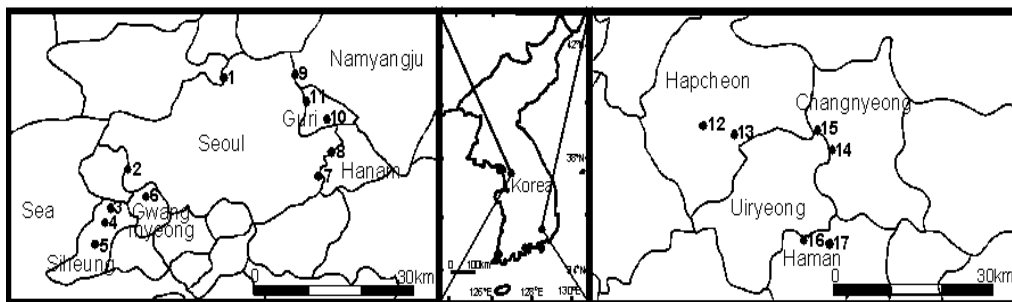


Figure 1. The study areas 1 : Jinkwannae dong wetland, 2 : Kungdong reservoir, 3 : Gwarim reservoir, 4 : Dochang reservoir, 5 : Majon reservoir, 6 : Anto reservoir, 7 : Gyeongan stream, 8 : Namhan river, 9 : Wangsuk stream, 10 : Changjamot, 11 : Imunan reservoir, 12 : Paksilji, 13 : Chongyangji, 14 : Taehakji, 15 : Mokpo swamp, 16 : Taepyeongnup, 17 : Chinnalunp.

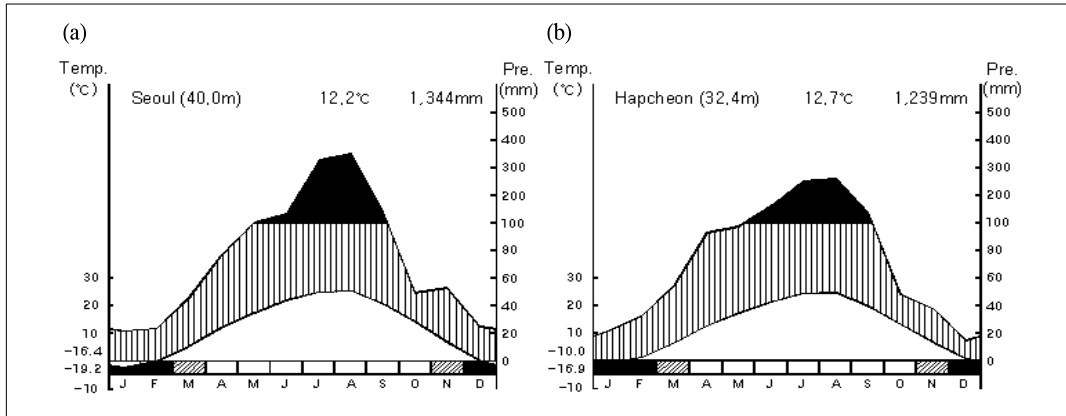


Figure 2. Climate diagram (a) Seoul (b) Hapcheon.

하 저평한 지대에 분포한다. 함안군 범수면 대송리 외송과 내송에 위치한 대평늪과 질날늪은 소하천 중류에 위치한 소택지이며 전체면적은 각각 1148,500m²와 228,500m²이다. 함천군 대양면 정양리에 위치한 정양지와 용주면 평산리에 위치한 박실지는 소하천의 합류점에 위치한 소택지이며, 전체면적은 각각 316,000m²와 399,000m²이다. 창녕군 유어면 선소리 유등에 위치한 대학지는 소하천의 상류에 위치한 묵논으로 전체면적 145,000m²이며, 창녕군 이방면 옥촌리에 위치한 묵포는 토평천 중류에 위치한 소택지로 전체면적 530,284m²이다(Figure 1).

본 연구장소 내의 수도권 지역(서울, 인천, 양평)의 연평균 기온은 10.8~12.2°C, 연강수량은 1152.3~1344.2mm이었고, 경상남도 지역(함천, 거창, 진주)의 연평균 기온은 11.5~13.1°C, 연강수량은 1238.6~1489.9mm이었다(Figure 2).

2. 식생 조사

본 연구는 습지식물 생장의 초기단계이며 장마 전인 2005년 6월 14일~28일에 17개 조사지에서 수행되었다. 각 조사지에서 1m×1m 방형구를 식물군락의 크기에 비례하여 무작위적으로 설치한 후 브라운-브랑케(Braun-Blanquet)의 식물사회학적인 방법을 변형하여 피도, 개체수, 초고, 군도를 측정하였으며(김재근 등, 2004) 식물의

동정은 이창복(2003)에 따라서 실시하였다.

3. 환경 요인 분석

막대 자를 이용하여 수심을 측정하였으며 수온(Testo 110), 전기전도도(Corning checkmate II)는 현장에서 각 방형구별로 측정하였고, 영양염류 분석을 위해 채수하여 실험실로 운반하였다. 지표수가 존재하지 않는 조사지에서는 토양에 작은 웅덩이를 파고 습윤 토양으로부터 물이 고이게 한 뒤 수환경 요인 측정 및 채수를 수행하였다. 수환경요인 중 NO₃-N은 Hydrazine법(Kamphake et al., 1967)으로 비색 정량 하였으며 K, Ca, Mg, Na는 원자흡광광도계(VARIAN, Model AA240FS)로 정량 하였다.

각 방형구에서 5개 지점의 토양을 원형 채토기로 깊이 약 5cm까지 채토하여 비닐주머니에 밀봉 한 후 실험실로 운반하였다. 습윤토양과 증류수를 1 : 5(W/W)로 혼합하여 30분간 진탕 시키고 2시간 방치한 후 상등액의 pH(Fisher, Model AP63)와 전기전도도(Corning, Model 311)를 측정하였다. 작열감량(Loss on Ignition; LOI)은 105°C에서 48시간 건조 시킨 무게와 550°C로 4시간 동안 작열 시킨 무게의 차이로 구하였다(Boyle, 2004). 토성은 비중계분석(Carter, 1993)으로 모래, 미사, 점토의 함량을 구한 후 USDA의 토성 삼각표를 이용하여 결정하였다.

4. 자료 처리

각 방형구에서 측정된 종별 상대 피도와 상대 밀도의 합으로 우점도를 구하였으며, 개체수 대신 종별 상대 피도와 Shannon - Weaver(1949)의 종다양도지수 식($H' = -\sum P_i \log P_i$)을 이용하여 종다양도를 구하였다(김재근 등, 2004). pH, 전기전도도, 작열감량, 모래, 미사, 점토함량의 6개 토양 환경요인 사이의 관계와 수심, 수온, 전기전도도, NO₃-N, K, Ca, Na, Mg함량의 8개 수환경 요인으로 SPSS(SPSS 11.2 for window)를 이용하여 상관관계를 구하였고 분석 결과 통계적으로 유의한 ($p < 0.01$) 항목을 이용하여 상관 관계도를 작성하였다. 줄과 애기부들의 적정분포환경범위(ORD; Optimal variable Range for Distribution)를 결정하기 위해 환경요인 별로 Sturges의 공식에 의하여 구간(Class)을 나누고 출현율(Occurrence= i 번째 구간의 방형구수/전체 방형구수 $\times 100$)과 밀도(Abundance), 피도(Cover), 우점도(I.V.=Importance Value), 종다양도(H')를 이용하여 막대그래프를 작성하였다(채영암 등, 2005).

밀집해서 분포하고 있으며 환경요소의 전체범위에서 차지하는 비율이 좁은 범위를 결정하기 위해 출현율이 높은 구간에서부터 낮은 구간으로

누적 출현율을 계산하였으며, 환경요소가 전체범위에서 차지하는 비율을 분석하였다. 분석결과 60% 이상의 누적 출현율을 나타내는 구간의 범위가 전체 범위의 1/2을 넘지 않았다. 따라서 본 연구에서 ORD를 명료하게 결정하기위해 1) $60\% \leq ORD \leq 90\%$ 출현율 범위 2) $ORD \leq [\text{환경요인 최고값(Maximum value)} - \text{최저값(Minimum value)}] / 2$ 의 두 가지 조건을 고려하였다.

III. 결 과

1. 군락의 종조성과 환경요인 특성

1) 줄과 애기부들 군락의 종조성

17개 조사지역의 127개 방형구 중 줄은 83개, 애기부들은 61개 방형구에서 출현하였다. 이 중 줄과 애기부들이 함께 출현하는 방형구는 17개였으며 이것은 전체 방형구의 13%로 매우 낮은 수치를 나타냈다. 18과 26종의 식물이 줄과 함께 분포하였으며, 23과 32종의 식물이 애기부들과 함께 분포하였다.

줄 군락의 경우 큰고랭이(30%), 고마리(29%), 애기부들(21%)은 상재도 계급 II로서 상대적으로 높은 비율로 줄과 함께 출현하였고, 뚜껍덩굴

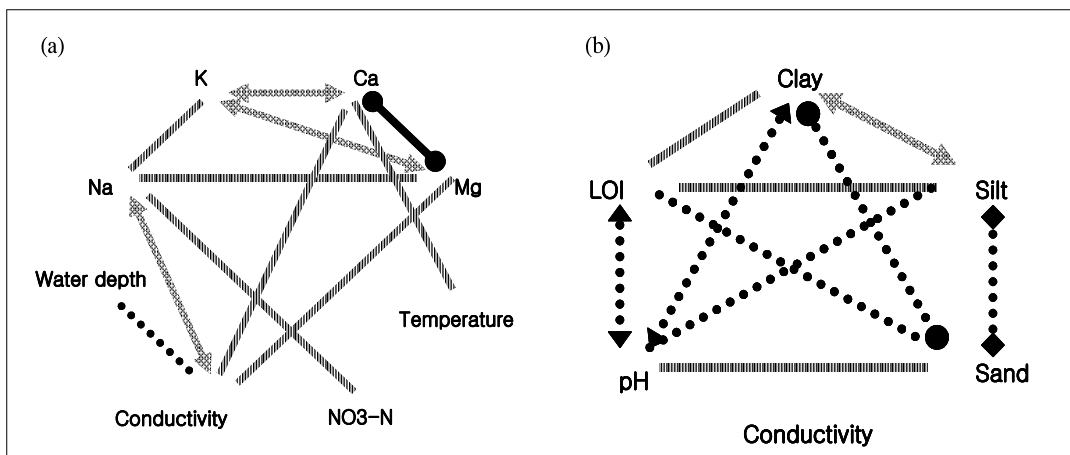


Figure 3. Diagram of Pearson correlation coefficient between environment variable (a) water environments variable (b) soil environments variable ($p < 0.01$).

(+) $0.2 < r < 0.4$; (||||) $0.4 < r < 0.6$; (---) $0.6 < r < 0.8$; (●●●●) $0.2 < r < 0.4$; (◀●●●▶) $0.4 < r < 0.6$; (●●●●●) $0.6 < r < 0.8$; (◆◆◆◆) $0.8 < r < 1.0$.

(17%), 좁개구리밥(13%), 부들(10%), 물옥잠(8%), 벼풀(8%), 마름(7%), 생이가래(7%), 사마귀풀(7%), 매자기(7%), 개피(6%)는 상재도 계급 I 로 비교적 낮은 출현율을 나타냈다.

애기부들 군락의 경우 고마리(46%)가 상재도 계급 III으로 매우 높은 출현율로 애기부들과 함께 분포하였고, 줄(28%), 부들(21%)이 상재도 계급 II, 돌콩(12%), 미나리(10%), 매자기(10%), 큰고랭이(8%), 세모고랭이(7%), 질경이택사(7%)는 상재도 계급 I 로 비교적 낮은 출현율을 보였다.

2) 환경요인 사이의 관계

환경 요인의 상관분석 결과 수환경 8개 요인 중 K, Ca, Mg 사이에서 높은 양의 상관성이 나타났으며 이 중 Ca와 Mg는 매우 높은 양의 상관성($r=0.747$, $p<0.01$)을 보였다(Figure 3). Na는 전기전도도와 높은 양의 상관성($r=0.417$, $p<0.01$)을 나타냈다.

토양환경 6개 요인은 수환경 요인에 비해 상대

적으로 높은 음의 상관성을 보였으며 전기전도도를 제외한 5개 요인 사이에 다양한 상관성이 나타났다. 미사와 모래는 가장 높은 음의 상관성($r=-0.968$, $p<0.01$)이 있고, 점토와 모래는 비교적 높은 음의 상관성($r=-0.642$, $p<0.01$)을 보였으며 점토와 미사는 비교적 높은 양의 상관성($r=0.429$, $p<0.01$)을 보였다. 점토와 pH($r=-0.458$, $p<0.01$), 작열감량과 pH($r=-0.560$, $p<0.01$)는 비교적 높은 음의 상관성을 나타냈다.

2. 줄의 적정 생육 환경

1) 수환경

수심이 최소 -15cm에서 최대 95cm인 서식처에서 생육하는 것으로 나타났으며 ORD는 5~39cm로 71%가 분포하였다(Table 1). 가장 깊은 85~95cm 구간에서의 출현율은 2%로 구간 중 가장 낮은 값을 나타냈다(Figure 4). ORD에서의 피도, 밀도, 우점도의 중간값(39%, 20개/m², 91%)은 나머지 범위의 중간값(42%, 30개/m², 101%)

Table 1. Total environments range of distribution(TOR) and optimal environments range of distribution(ORD) of *Zizania latifolia* and *Typha angustifolia*.

	<i>Zizania latifolia</i> (n=83)		<i>Typha angustifolia</i> (n=61)	
	TOR	ORD	TOR	ORD
Water depth (cm)	-15 ~ 95	-5 ~ 39	-20 ~ 82	-20 ~ 24
NO ₃ -N (ppm)	<0.01 ~ 1.14	<0.01 ~ 0.19	<0.01 ~ 1.28	<0.01 ~ 0.19
K (ppm)	0.1 ~ 13.3	0.1 ~ 5.9	0.2 ~ 8.9	0.2 ~ 2.9
Ca (ppm)	0.5 ~ 122.3	0.5 ~ 44.9	0.6 ~ 63.9	0.6 ~ 19.9
Mg (ppm)	1.2 ~ 24.9	1.2 ~ 11.9	0.2 ~ 16.4	0.2 ~ 5.9
Na (ppm)	3.4 ~ 71.1	3.4 ~ 29.9	3.5 ~ 50.4	3.5 ~ 19.9
Conductivity (μS/cm)	48 ~ 805	48 ~ 450	96 ~ 805	96 ~ 450
Temperature (°C)	21.6 ~ 33.3	not determinate	18.4 ~ 30.7	not determinate
Soil Texture*	S, LS, SC, CL, L, SIL, SAL	L, SIL, SAL	S, LS, SC, CL, L, SIL, SAL	L, SIL, SAL
Soil Loss on ignition (%)	1.7 ~ 27.5	1.7 ~ 11.9	2.4 ~ 29.9	2.4 ~ 15.9
Soil Conductivity (μS/cm)	25.5 ~ 345.0	25.5 ~ 149.9	17.6 ~ 310.0	17.6 ~ 149.9
pH	3.5 ~ 7.5	not determinate	3.5 ~ 7.5	not determinate

Soil Texture *S : Sand, LS : Loamy sand, SC : Sandy clay loam, CL : Clay loam, L : Loam, SIL : Silt loam, SAL : Sandy loam

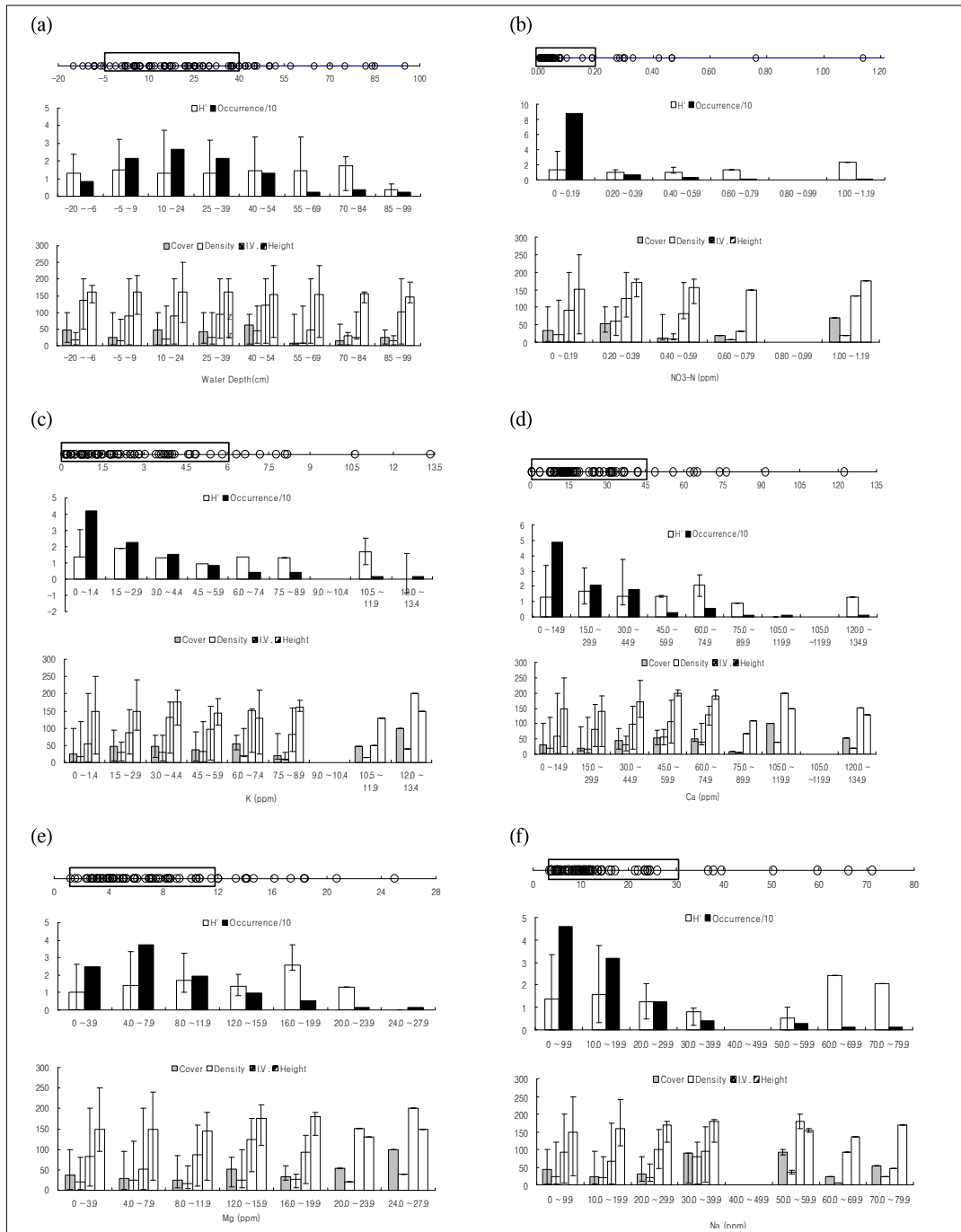


Figure 4. Distribution patterns of *Zizania latifolia* according to environments variables (a) water depth (b) NO₃-N (c) K (d) Ca (e) Mg (f) Na (g) water conductivity (h) water temperature (i) soil texture (j) Loss on ignition (k) soil conductivity (l) soil pH. The circles on the line represent the samples (quadrat locations) distributed on the gradient of the corresponding environmental factors. The box on the line shows the optimal range (ORD) of each corresponding environmental variable. H' (Species diversity), Density (No./m²), Cover (%), I.V. (important value, %), Height (cm) = the average height of *Zizania latifolia*.

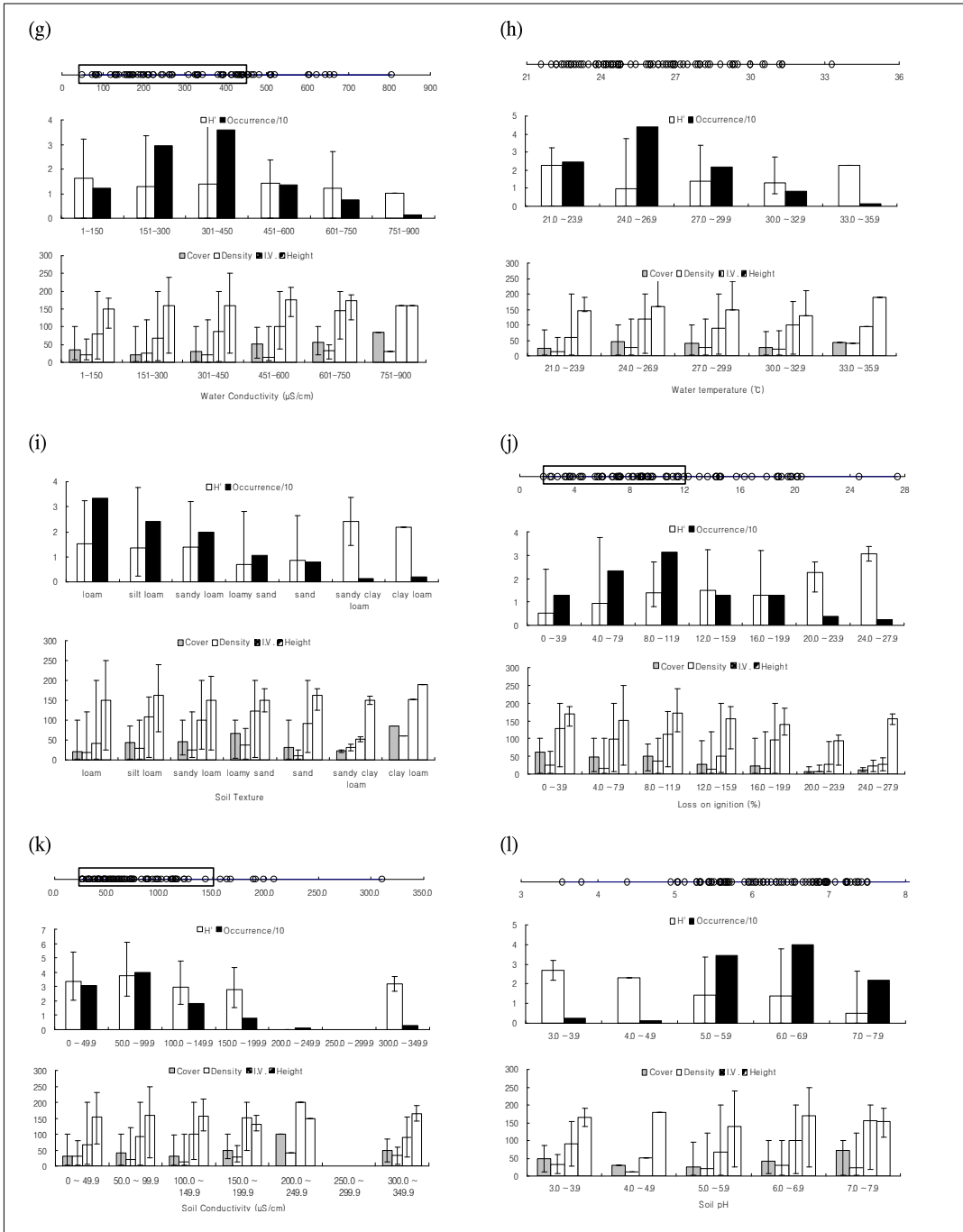


Figure 4. continued.

보다 낮았으나, 초고는 평균 153cm와 159cm로 큰 차이가 없었다. 상재도II 종인 큰고랭이, 고마리, 애기부들은 65~75%의 높은 출현율로 ORD

에 분포하였으며 상재도 I 종 중 좁개구리밥, 사마귀풀, 매자기, 개피는 약 83%의 높은 출현율로 분포하였다. 85~95cm 구간에서 종다양도가 가장

낮고 우점도가 높아 순군락 형성 가능성이 매우 높았다(Figure 4).

NO₃-N이 최소 <0.01ppm에서 최대 1.14ppm인 서식처에서 생육하며 ORD는 <0.01~0.19ppm로 약 88%가 분포하였다(Table 1). 0.60ppm이상의 구간에서는 1% 이하의 출현율을 보였다(Figure 4). 상재도Ⅱ 종은 모두 92% 이상의 매우 높은 출현율로 ORD에 분포하였으며 이 중 애기부들은 가장 높은 수치인 100%로 출현하였고 상재도Ⅰ 종 모두 80% 이상의 높은 출현율로 분포하였다. ORD를 제외한 구간에서 농도가 증가할수록 우점도가 낮아졌으나, 1~1.19ppm에서 높은 우점도를 나타냈다(Figure 4).

줄이 분포한 장소의 K, Ca, Mg, Na의 범위는 각각 0.1~13.3ppm, 0.5~122.3ppm, 1.2~24.9ppm, 3.4~71.1ppm이며, ORD는 0.1~5.9ppm, 0.5~44.9ppm, 1.2~11.9ppm, 3.4~29.9ppm으로 각각 88%, 88%, 82%, 78%가 분포하였다(Table 1). 전기전도도가 최소 48 μ S/cm에서 최대 805 μ S/cm인 서식처에서 생육하며 ORD는 48~450 μ S/cm로 약 89%가 분포하였다(Table 1).

2) 토양환경

모래와 미사의 함량이 높은 양토(loam, 33%), 미사질양토(silty loam, 24%), 사양토(sandy loam, 20%)에서 약 77%가 분포하였으며, 점토의 함량이 높은 사질식양토(sandy clay loam)와 식양토(clay loam)에서는 2% 이하로 출현율이 매우 낮았다(Figure 4). ORD에서 상재도Ⅱ의 큰고랭이, 고마리, 애기부들 모두 70~80%의 높은 출현율로 분포하였으며 사마귀풀(67%)을 제외한 상재도Ⅰ의 모든 종이 80~90%의 매우 높은 출현율로 분포하였다. 사질 식양토의 경우 우점도가 낮고 종다양도가 높았으며 식양토에서는 우점도와 종다양도가 모두 높았다(Figure 3).

LOI가 최소 1.7%에서 최대 27.5%인 서식처에서 생육하며 ORD는 1.7~11.9%로 약 67%가 분포하였다(Table 1). LOI가 가장 높은 24.0~27.9%

구간에서의 출현율은 3%로 구간 중 가장 낮은 값을 나타냈다(Figure 4). 상재도Ⅱ의 세종 모두 50~65%의 줄보다 낮은 출현율로 분포하였으며 이 중 큰고랭이는 가장 낮은 수치인 52%로 출현하였고 상재도Ⅰ 종은 50~87%의 다양한 출현율로 함께 출현하였으며 좁개구리밥, 마름, 생이래와 같은 부엽식물은 90~100%의 매우 높은 출현율로 줄과 함께 ORD에 분포하였다. LOI가 높은 20~27.9% 범위에서 종다양도가 높고 우점도가 낮아 줄의 순군락 형성이 어려운 것으로 나타났다(Figure 4).

전기전도도가 최소 25.5 μ S/cm에서 최대 345.0 μ S/cm인 서식처에서 생육하며 ORD는 25.5~149.9 μ S/cm로 약 89%가 분포하였다(Table 1).

3. 애기부들의 적정 생육 환경

1) 수환경

수심이 최소 -20cm에서 최대 82cm인 서식처에서 생육하는 것으로 나타났으며 ORD는 -20~24cm로 약 69%가 분포하였다(Table 1). 가장 깊은 70~84cm 구간에서의 출현율은 7%로 구간 중 가장 낮은 값을 나타냈다(Figure 5). 상재도Ⅲ인 고마리는 79%의 출현율로 ORD에 분포하였으며, 상재도Ⅱ인 줄과 부들은 65~85%의 높은 출현율로 애기부들과 함께 출현하였고 상재도Ⅰ 종 중 미나리(33%)의 출현율이 가장 낮았고 매자기(100%)와 세모고랭이(100%)가 가장 높았다. 70~82cm 구간에서 종다양도가 가장 낮고 우점도가 높아 순군락 형성 가능성이 매우 높았다(Figure 5).

NO₃-N이 최소 <0.01ppm에서 최대 1.28ppm인 서식처에서 생육하며 ORD는 <0.01~0.19ppm로 약 85%가 분포하였다(Table 1). 고마리는 89%의 출현율로 ORD에서 애기부들과 함께 출현하였으며 상재도Ⅱ인 줄과 부들은 100%, 76.9%의 높은 출현율로 ORD에 분포하였으며 상재도Ⅰ 종은 60~100%의 다양한 범위에서 출현하였으며, 돌콩, 매자기, 질경이택사는 100% ORD에 분포하였다. 0.20~0.39ppm 구간에서 종다양도가 낮고

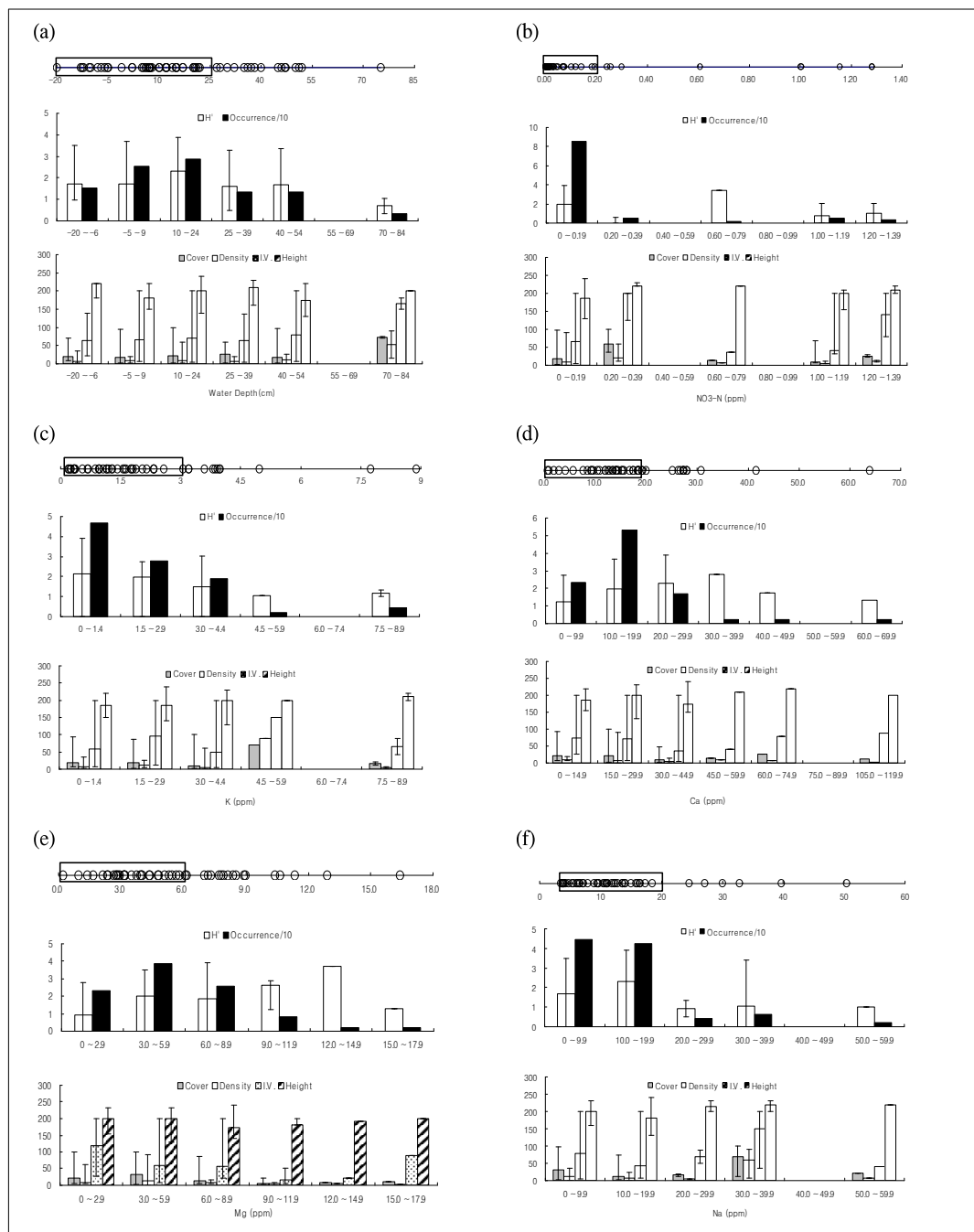


Figure 5. Distribution patterns of *Typha angustifolia* according to environments variables (a) water depth (b) $\text{NO}_3\text{-N}$ (c) K (d) Ca (e) Mg (f) Na (g) water conductivity (h) water temperature (i) soil texture (j) Loss on ignition (k) soil conductivity (l) soil pH. The circles on the line represent the samples (quadrat locations) distributed on the gradient of the corresponding environmental factors. The box on the line shows the optimal range (ORD) of each corresponding environmental variable. Density (No./m^2), Cover (%), I.V.(important value, %), Height(cm)= the average height of *Typha angustifolia*.

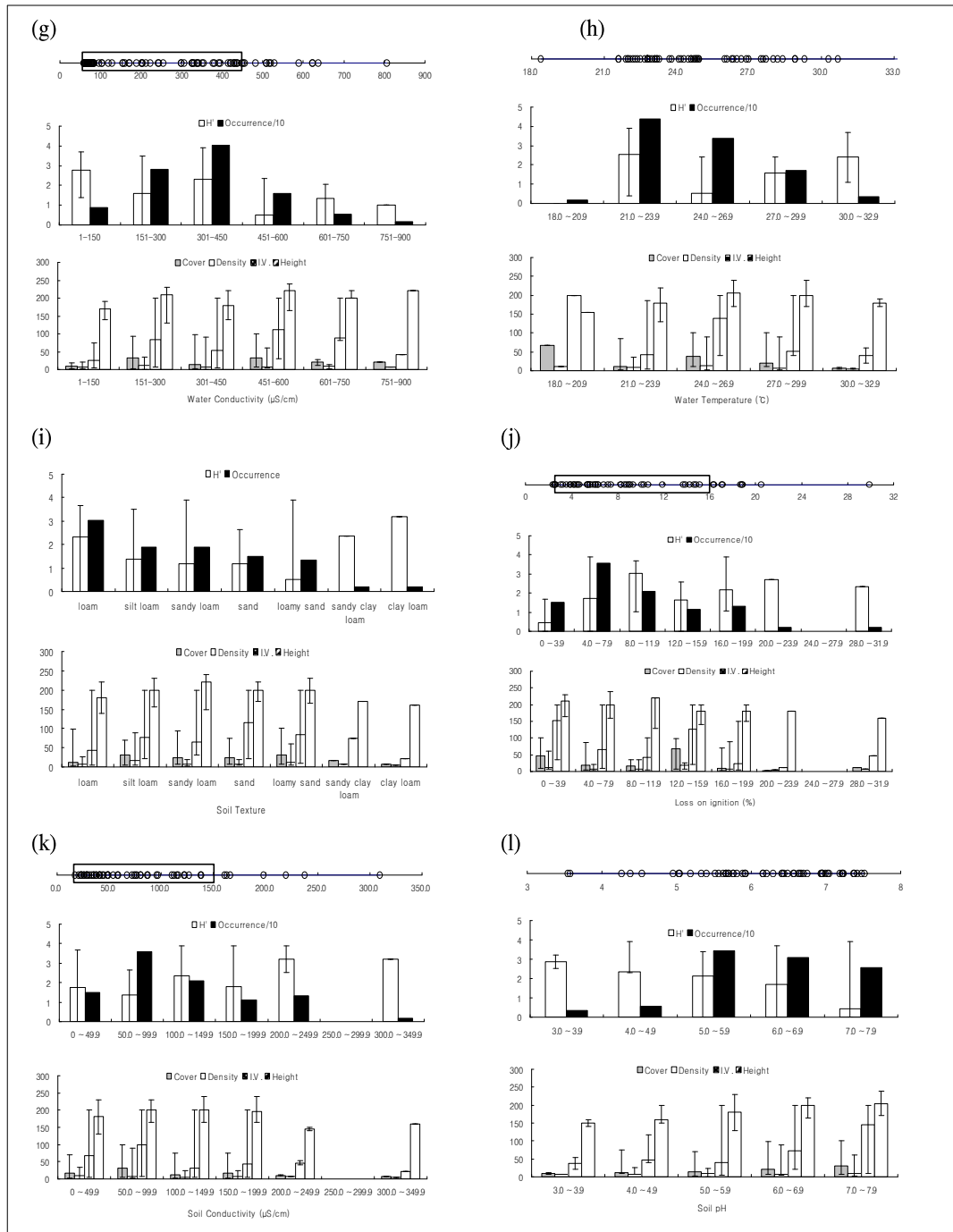


Figure 5. continued.

우점도가 높아 순군락 형성 가능성이 매우 높았다(Figure 5).

애기부들이 분포한 장소의 K, Ca, Mg, Na의 범

위는 각각 0.2~8.9ppm, 0.6~63.9ppm, 0.2~16.4ppm,

3.5~50.4ppm이며, ORD는 0.2~2.9ppm, 0.6~

19.9ppm, 0.2~5.9ppm, 3.5~19.9ppm으로 각각

75%, 76%, 64%, 88%가 분포하였다(Table 1). 전기전도도가 최소 96 μ S/cm에서 최대 805 μ S/cm인 서식처에서 생육하며 ORD는 96~450 μ S/cm로 약 77%가 분포하였다(Table 1).

2) 토양환경

모래와 미사의 함량이 높은 양토(30%), 미사질양토(19%), 사양토(19%)에서 약 68%가 분포하였으며, 점토의 함량이 높은 사질식양토와 식양토에서는 2% 이하로 출현율이 매우 낮았다(Figure 5). 고마리는 79%의 출현율로 ORD에서 애기부들과 함께 출현하였으며 상재도 II인 줄과 부들은 71%, 77%의 높은 출현율로 ORD에 분포하였으며 상재도 I 종은 60~100%의 다양한 범위에서 출현하였으며 미나리, 세모고랭이는 100% ORD에서 분포하였다. 식양토의 경우 종다양도가 매우 높고 우점도가 매우 낮아 순군락 형성이 어려운 것으로 나타났다(Figure 5).

LOI가 최소 2.4%에서 최대 29.9%인 서식처에서 생육하며 ORD는 2.4~15.9%로 약 83%가 분포하였다(Table 1). 고마리는 71%의 출현율로 ORD에서 애기부들과 함께 출현하였으며 상재도 II인 줄은 77%, 부들은 100% ORD에 분포하였으며 상재도 I 종은 50~100%의 다양한 범위에서 출현하였으며 미나리, 큰고랭이, 질경이 택사는 100% ORD에 분포하였다. LOI가 높은 16~31.9% 범위에서 종다양도가 높고 우점도가 낮아 애기부들의 순군락 형성이 어려운 것으로 나타났다(Figure 5).

전기전도도가 최소 17.6 μ S/cm에서 최대 310 μ S/cm인 서식처에서 생육하며 ORD는 17.6~149.9 μ S/cm로 약 72%가 분포하였다(Table 1).

IV. 고 찰

1. 적정분포수심

수생 식물의 경우 수심에 따른 종의 분포가 다르게 나타나므로 수심은 수생 식물의 분포와

군락 구조를 결정하는 매우 중요한 요인이다(Spence, 1967; Keddy, 1983; Mitsch and Gosselink, 2000; Coops et al., 2004). 수심은 빛을 제한하고 저토의 화학적 변화에 영향을 미치므로 식물의 생장에 영향을 준다(Grace and Wetzel, 1982). 줄과 애기부들의 성장과 분포 또한 수심의 영향을 크게 받는다(조강현·김준호, 1994b; 이광우 등, 2002). 본 연구에서 줄의 ORD는 -5~39cm이며 애기부들의 ORD는 -20~24cm로 줄이 더 깊은 곳에서 생육하는 것으로 나타났다. 이것은 줄의 평균 분포수심을 50cm로 보고한 이윤경과 김종원(2005)의 결과와 유사하나 줄과 애기부들의 적정 생육수심이 100cm(Marble, 1992; 강호철·주용규, 1999)이며 애기부들이 줄보다 더 깊은 수심에서 분포(강호철·주용규, 1999; 이광우 등, 2002)하는 것으로 보고한 연구결과와 일치하지 않는다.

이와 같은 차이는 연구 시기의 차이에 의한 수위변동과 적정분포범위 및 한계분포수심의 차이, 조사지소별 차이에 기인하는 것으로 사료된다. 강호철과 주용규(1999)의 연구는 장마 이후 8월에 진행되었으며 본 연구는 가장 수위가 낮은 장마 전 6월에 수행되었다. 장마전후로 수위가 약 40cm 변동한 연구보고(Lee et al., 2005)가 있으므로 연구시기에 따른 차이로 판단 할 수 있다. 실제로 이광우 등(2002)은 장마 전 7월에 연구를 수행하여 줄과 애기부들의 한계분포수심을 100cm로 보고하였으며 이는 최대분포수심이 약 95cm인 본 연구결과와 일치한다. 본 연구결과는 이들 종들의 성장 초기 수심에 국한되므로 추후에 연구시기에 따른 수위변동을 고려하여 계절에 따른 적정수심에 대한 연구가 필요하다.

야외조사 시 수위가 매우 높은 곳에서 애기부들이 생육하는 것을 바탕으로 적정분포수심이 줄보다 애기부들이 높다는 결론을 도출하는 것은 한계가 있다. 수위가 낮은 곳에서 줄과 애기부들 모두 군락을 형성하기 때문이다. 따라서 야외조사 결과와 본 연구의 ORD 결과를 종합해 볼 때

애기부들이 줄보다 깊은 수심에 대한 내성이 큰 것으로 판단 할 수 있다. 부들속 종은 수위가 상승함에 따라 경엽부의 생장을 통해 초고가 증가하며(Grace, 1987) 범람에 대해 내성을 가지고 있다(Squires and van der Valk, 1992). 수위 상승에 따른 경엽부의 빠른 생장은 저산소 환경에 대한 수생식물의 적응전략(Cronk and Fennessy, 2001)으로서 줄과 애기부들 모두에서 보이는 현상(조강현 · 김준호, 1994a)이다. 그러나 애기부들의 초고가 평균 192cm인 것에 비해 줄의 초고가 평균 155cm 인 본 연구 결과를 통해 애기부들이 깊은 수심에서 경쟁적 우위를 차지함을 유추 할 수 있다. Grace와 Wetzel(1982)은 큰잎 부들과 애기부들의 수심 차이에 의한 생태적 지위 분할에 대한 연구에서 애기부들은 경쟁자가 없는 경우 수심 20~120cm에서 분포하지만 경쟁자가 있는 경우 좁은 잎과 큰 키를 이용하여 낮은 수심에서의 극심한 경쟁을 피해 깊은 수심에서 우위를 점함을 보였다. 이광우 등(2002)은 애기부들과 줄이 같은 지역에서 출현하는 경우 애기부들이 좀 더 수심이 깊은 쪽에 분포한다고 지적하고 있으므로 두 종이 공존하지 않는 경우 애기부들은 깊은 수심보다 낮은 수심에서 더 높은 출현율로 서식함을 알 수 있다.

줄과 애기부들 모두 ORD와 나머지 범위에서의 밀도, 피도, 우점도 비교 결과 모두 ORD에서 낮게 나타났다. 이것으로 약 -20~40cm의 수심에서 줄과 애기부들이 높은 출현율로 생육하며, 다양한 종과 함께 분포하므로 완전한 순군락을 이루지 않으며, 수심이 약 40~100cm에서는 출현율은 감소하지만 줄과 애기부들의 깊은 수심에 대한 내성으로 인해 순군락 형성 가능성이 높음을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 습지 복원 시 기초 자료로서 매우 중요하다. 습지복원 및 조성은 그 목적이 수질 정화, 경관조성 등으로 다양하다. 인공습지 조성의 목적이 수려한 경관 조성이라면 줄과 애기부들의 경우 순군락 형성으로 인해 경관이 단조로워지는 단점(강호철 · 주용규, 1999)

이 있으므로 생태적으로 다양한 서식처를 제공하여 종다양성을 증가시키는 것이 유익하다. 따라서 수심을 -20~40cm로 조성하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 그러나 수질 정화를 목적으로 조성할 경우 생산력이 크며 영양염류 흡수능이 뛰어난 줄과 애기부들의(Ansola et al., 1995; 이충일 · 광영세, 2000; 정연숙 · 노찬호, 2002) 순군락 조성이 유익하므로 수위를 40~100cm로 조성하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

2. 적정분포토성

토성은 습지식물의 분포와 구조를 결정하는 중요한 요인이다(Collins et al., 1987; 임병선 · 이점숙, 1998; 김자애 등, 2001; 김영식 등, 2002). 점토는 유기물과 함께 영양분을 보유하는 능력이 모래에 비해 크므로(Troeh and Thompson, 1993) 정수식물의 식재지반에 모래의 함량이 지나치게 많으면 영양물질이 부족하여 식물의 생육이 빈약하다(김현규, 1999; 김귀곤, 2003). 그러나 점토의 함량이 많으면 수체의 탁도가 높아져 침수식물의 분포를 방해(김귀곤, 2003)하므로 수생식물의 생육을 위해 적절한 토성을 결정하는 것이 중요하다. 본 연구결과 줄과 애기부들 모두 실트의 함량이 높은 양토(loam), 미사질양토(silty loam), 사양토(sandy loam)에서 주로 분포하였다. 이것은 일본의 부들류 식재 시 양토 이하의 고운 흙이 적합하다는 연구 결과(이창석 등, 1999)와 일치하지 않지만 한국 자연습지의 토성조사를 바탕으로 김현규(1999)가 제시한 토성기준(미사질양토, 사양토)과 일치한다. 실제로 사양토에서 줄군락이 번성하였다(조강현 · 김준호, 1994b).

3. 적정분포유기물함량

토양환경 요인 중 유기물 함량은 토성과 함께 습지식물의 분포와 군락구조를 결정하는 중요한 요인이다(임병선 · 이점숙, 1998; 김자애 등, 2001; 김영식 등, 2002). 수생식물이 흡수한 영양소는 고사 후 낙엽으로 되어 물속에 잠기고, 유기

물의 분해를 통해 무기화되어 유리되므로 유기물은 습지의 영양소 순환과 보유에 중요한 역할을 한다(Jordan et al., 1990). 그러나 과도한 유기물 축적은 차광과 타감작용으로 인해 수생식물의 생산성과 경쟁에 영향(McNaughton, 1968; Sharma and Gopal, 1983; Jordan et al., 1990)을 미치므로 적절한 유기물 함량은 수생식물의 분포에 중요하다. 본 연구에서 줄과 애기부들의 ORD는 모두 약 2~16%로 서로 비슷한 것으로 나타났다. 이것은 줄과 애기부들 군락의 유기물 함량이 4.4%, 7.3%라고 보고한 조강현(1992)의 연구결과와 일치하지만 애기부들 우점 지역의 유기물함량을 8.2~36%로 보고한 결과(Wilcox and Simonin, 1987)보다는 낮으며 습지식물의 서식에 바람직한 토양유기물함량을 1.4~2.9%로 규정한 연구결과(김현규, 1999)보다는 높다. 이와 같은 차이는 최대분포한계와 적정분포범위의 차이와 채취 토심의 차이에 기인하는 것으로 사료된다. 본 조사 결과 유기물함량의 최대값이 약 30%였으므로 최대분포한계가 이전 연구결과와 유사하며 김현규(1999)의 경우 토양을 30cm까지 채취하였으므로 본 연구결과 보다 낮은 유기물 함량을 보인 것으로 판단된다.

4. 적정분포를 위한 수체와 토양의 이화학적 환경요인의 범위

저토에 뿌리를 박고 있는 수생식물의 경우 주로 뿌리를 통하여 영양소를 흡수(Huebert and Gornam, 1983)하므로 수체의 영양소보다 토양의 영양소가 수생식물에게 더 중요하다(Wilcox and Simonin, 1987). 그러나 애기부들과 줄의 뿌리는 수체와 저토의 계면에도 분포(조강현, 1992)하고 있으며 수체로부터의 영양소가 저토로 확산될 수 있으므로 수체의 영양소 역시 두 종의 분포와 성장에 영향을 미친다. 또한 높은 염도로 인해 근권의 삼투압이 낮아지게 되면 수분흡수가 어려워져 생장이 감소(이충일 · 광영세, 2000)하므로 적절한 토양과 수체의 이화학적 환경은 수생식물의 분포

에 중요하다. 줄과 애기부들은 하천 변의 유속이 느리고 수질의 부영양화가 진행된 곳에서 서식(이울경 · 김종원, 2005)하며 부들속 종이 종종 부영양화의 지표로 인식되므로 높은 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도의 ORD를 예상할 수 있다. 그러나 본 연구에서 줄과 애기부들의 수체 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도의 ORD는 $<0.01\sim 0.19\text{ppm}$ 로 낮은 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도에서 ORD가 결정되었으며 조강현(1992)은 줄 군락의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도를 0.4ppm 으로 보고한 바 있다. 줄과 애기부들 모두 토양 pH 5.5~7.5에서 90%이상 분포하고 있었으며 이것은 습지식물의 서식에 바람직한 토양 pH를 5.6~6.8로 규정한 연구결과(김현규, 1999)와 곡류에 적합한 pH 범위인 5.5~7.0(Brady and Weil, 2002)와 유사하다. 약 $20\sim 150\mu\text{S}/\text{cm}$ 토양전기전도도에서 두 종 모두 높은 출현율로 분포하는 것으로 나타났으며 이 범주는 습지조성 시 바람직한 토양전기전도도 범위를 $40\sim 90\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 규정한 김현규(1999)의 결과와 줄군락 서식지의 $135\mu\text{S}/\text{cm}$ 연구결과(조강현, 1992)를 포함한다. 약 $50\sim 450\mu\text{S}/\text{cm}$ 수체의 전기전도도에서 두 종 모두 높은 출현율로 분포하였다.

5. 생태적 지위와 경쟁

줄과 애기부들의 야외 조사결과 두 종의 혼합 군락의 출현은 거의 없음에도 불구하고 주요 환경요인범위에서 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 줄과 애기부들의 분포에 주요 환경요인 이외의 다른 요소가 영향을 미칠 것임을 예상할 수 있다. 부들속 종의 성립과 확장에서 종자는 먼 거리의 산포에 필수적이며 지하경은 좁은 범위의 군락화에 필수적인 메커니즘이다(McNaughton, 1966). 따라서 줄과 애기부들의 분포 유형에 대해 종자 발아 측면과 군락 형성 후 군락의 확장 및 침입 방어의 두 가지 측면에서 고찰 해 볼 수 있다. 그러나 이들 종의 생태적 지위 분할에 대한 연구는 부족한 실정이며 추후에 더 많은 연구가 이루어져야 한다.

V. 결 론

1. 17개 조사지역의 127개 방형구 중 줄은 83개, 애기부들은 61개 방형구에서 출현하였다. 이 중 줄과 애기부들이 함께 출현하는 방형구는 17개였다. 18과 26종의 식물이 줄과 함께 분포하였으며, 23과 32종의 식물이 애기부들과 함께 분포하였다.

2. 수환경에서 줄과 애기부들의 적정분포환경 요인 범위는 수심의 경우 -5~39cm, -20~24cm $\text{NO}_3\text{-N}$ 은 <0.01~0.19ppm, <0.01~0.19ppm K은 0.1~5.9ppm, 0.2~2.9ppm Ca은 0.5~44.9ppm, 0.6~19.9ppm Mg은 1.2~11.9ppm, 0.2~5.9ppm Na은 3.4~29.9ppm, 3.5~19.9 ppm이며, 전기전도도는 48~450 $\mu\text{S/cm}$, 96~450 $\mu\text{S/cm}$ 이다.

3. 토양환경에서 줄과 애기부들의 적정분포환경 요인 범위는 LOI의 경우 1.7~11.9%, 2.4~15.9% 전기전도도는 25.5~149.9 $\mu\text{S/cm}$, 17.6~149.9 $\mu\text{S/cm}$ 였으며 줄과 애기부들 모두 양토, 미사질양토, 사양토에서 높은 출현율을 보였다.

인 용 문 헌

강호철 · 주용규. 1999. 자연습지의 구조적 특성과 갈대(*Phragmites japonica*)의 적정생육수심. 한국전통조경학회 17(4) : 191-200.

김귀곤. 2003. 습지와 환경. 서울 : 아카데미서적.

김영식 · 김창환 · 이경보. 2002. 서열법에 의한 만경강 하천식생의 분석. 한국환경과학회지 11(10) : 1031-1037.

김자에 · 조강현 · 이효혜미. 2001. 동해안 석호에서 군개 간척습지의 식생 구조. 한국생태학회지 24(1) : 27-34.

김재근 · 박정호 · 최병진 · 심재한 · 권기진 · 이보아 · 이양우 · 주은정. 2004. 생태조사방법론 2. 서울 : 보문당.

김창균 · 신현철 · 최홍근. 2001. 한국산 애기부들에 대한 분류학적 검토. 한국식물분류학

회지 31(4) : 359-373.

김현규. 1999. 인공습지 조성을 위한 수생식물의 식재기반 조성 기준에 관한 연구. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.

명현 · 권상준 · 김창환. 2002. 하천의 생태적 복원을 위한 식생학적 진단. 한국조경학회지 30(5) : 98-106.

백명수 · 임경수 · 조도순 · 이도원. 1997. 발안천에서 토양 환경에 따른 하천 주변의 식생분포. 한국생태학회지 20(6) : 451-459.

송중석 · 송승달. 1996. 낙동강 상류 한천 일대의 하천변 식생의 식물학회학회 연구. 한국생태학회지 19(5) : 431-451.

신현철 · 김영식 · 조강현 · 최홍근. 1997. 아산시 일대 수생식물 분포와 수환경의 관계-침수 식물을 중심으로. 한국육수학회지 30(4) : 423-429.

양환승 · 김동성 · 박수현. 2004. 잡초. 서울 : 이전농업자원도서.

이광우 · 김민경 · 안창연 · 심우경. 2002. 팔당호 호안에서 수심과 경사에 따른 식생분포의 특성. 한국환경복원녹화기술학회지 5(2) : 1-8.

이울경 · 김종원. 2005. 한국의 하천식생. 대구 : 계명대학교출판부.

이창복. 2003. 대한식물도감. 서울 : 향문사.

이창석 · 홍선기 · 조현제 · 오종민 역(스기야마게이이찌 등 저). 1999. 자연환경복원의 기술. 서울 : 동화기술.

이충일 · 곽영세. 2000. 정수식물의 내염성 및 $\text{NH}_4\text{-N}$ 흡수제거능 평가. 한국생태학회지 23(1) : 45-49.

임병선 · 이점숙. 1998. 한국 서남해안 습지의 식물 군집에 미치는 토양요인. 한국생태학회지 21(4) : 321-328.

조강현. 1992. 팔당호에서 대형수생식물에 의한 물질순환과 질소와 인의 순환. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.

조강현 · 김준호. 1994a. 수심에 따른 줄 개체군의

- 경엽부 생장 비교. 한국생태학회지 17(1) : 59-67.
- 조강현 · 김준호. 1994b. 팔당호 연안대에서 대형 수생식물의 분포. 한국생태학회지 17(4) : 435-442.
- 조영호 · 김원. 1998. 낙동강의 수생식물에 관한 연구. 환경과학학회지 12 : 43-48.
- 정연숙 · 노찬호. 2002. 양어장 배출수의 수처리 를 위한 수생관속식물의 적용 : II. 정수식 물 인 줄 및 애기부들의 식물섬에서의 생장 과 영양염류의 흡수력. 한국생태학회지 25 (1) : 45-49.
- 채영암 · 구자옥 · 서학수 · 이영만 · 정승근. 2005. 신고기초생물통계학. 서울 : 향문사.
- 홍성기 · 강호정 · 김은식 · 김재근 · 김창희 · 이 은주 · 이재천 · 이점숙 · 임병선 · 정연숙 · 정홍락. 2005. 생태복원공학. 서울 : 라이프 사이언스.
- 환경부. 2002. 하천식물자료집. 환경부 보고서.
- Ansola, G., C. Fernandez and E. D. Luis. 1995. Removal of organic matter and nutrients from urban wastewater by using an experimental emergent aquatic macrophyte system. Ecological Engineering 5 : 13-19.
- Boyle, J. 2004. A comparison of two methods for estimating the organic matter content of sediments. Journal of Paleolimnology 31 : 125-127.
- Brady, N. C., and R. R. Weil. 2002. The nature and properties of soils. Pearson New Jersey : Education Inc.
- Carter, M. R. 1993. Soil sampling and methods of analysis. Florida : Lewis Publishers.
- Collins, C. D., R. B. Sheldon and C. W. Boylen. 1987. Littoral zone macrophyte community structure distribution and association of species along physical gradients in lake george, New York, U.S.A. Aquatic Botany 29 : 177-194.
- Coops, H., J. T. Vulink and H. N. Egbert. 2004. Managed water levels and the expansion of emergent vegetation along a lakeshore. Limnologica 34 : 57-64.
- Cronk, J. K., and M. S. Fennessy. 2001. Wetland plants-biology and ecology. Florida : CRC press.
- Demirezen, D., and A. Aksoy. 2004. Accumulation of heavy metals in *Typha angustifolia*(L.) and *Potamogeton pectinatus*(L.) Living in Sultan Marsh(Kayseri, Turkey). Chemosphere 56 : 685-696.
- Fraser, L. H., and J. P. Karnezisi. 2005. A comparative assessment of seedling survival and biomass accumulation for fourteen wetland plant species grown under minor water-depth differences. Wetlands 25(3) : 520-530.
- Grace, J. B. 1987. The impact of preemption on the zonation of two *Typha* species along lakeshore. Ecological Monographs 57(4) : 283-303.
- Grace, J. B., and R. G. Wetzel. 1982. Niche differentiation between two rhizomatous plant species : *Typha latifolia* and *Typha angustifolia*. Canadian Journal of Botany 60 : 46-57.
- Graebner, P. 1900. Typhaceae. Das Pflazenreich. Regni vetetabilis conspectus. IV. 8(김창균 등 2001; 재인용).
- Huebert, D. B., and P. R. Gorham. 1983. Biphasic mineral nutrition of the submersed aquatic macrophyte *Potamogeton pectinatus* L. Aquatic Botany 16 : 269-284.
- Jordan, T. E., D. F. Whigham and D. L. Correll. 1990. Effects of nutrient and litter manipulations on the narrow-leaved cattail, *Typha angustifolia* L. Aquatic Botany 36 : 179-191.
- Kamphake, L. J., S. A. Hannah and J. M. Cohen. 1967. Automated analysis for nitrate by

- hydrazine reduction. *Water Research* 1 : 205-216.
- Keddy, P. A. 1983. Shoreline vegetation in Axe Lake, Ontario : effects of exposure on zonation patterns. *Ecology* 64(2) : 331-344.
- Lee, B. A., G. J. Kwon and J. G. Kim. 2005. The relationship of vegetation and environmental factors in Wangsuk stream and Gwarim reservoir : I. water environments. *The Korean Journal of Ecology* 28(6) : 365-374.
- Marble, A. D. 1992. *A Guide to Wetland Function Design*. Florida : Lewis Publishers.
- McNaughton, S. J. 1966. Ecotype function in the *Typha* community-type. *Ecological Monographs* 36(4) : 297-325.
- McNaughton, S. J. 1968. Autotoxic feedback in relation to germination and seedling growth in *Typha latifolia*. *Ecology* 49(2) : 367-369.
- Min, B. M., and J. H. Kim. 1999. Plant distribution in relation to soil properties of reclaimed lands on the West Coast of Korea. *Journal of plant Biology* 42(4) : 279-286.
- Mitsch, W. J., and J. G. Gosselink. 2000. *Wetlands*. New York : John Wiley and Sons Inc.
- Sharma, K. P., and B. Gopal. 1983. Light regulated seed germination in *Typha angustata* Bory et Chaub. *Aquatic Botany* 16 : 377-384.
- Shannon, C. E., and W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. Urbana : Univ. Illinois Press.
- Spence, D. H. N. 1967. Factors controlling the distribution of freshwater macrophytes with particular reference to the lochs of Scotland. *The Journal of Ecology* 55(1) : 147-170.
- Squires, L., and A. G. van der Valk. 1992. Water-depth tolerances of the dominant emergent macrophytes of the Delta Marsh, Manitoba. *Canadian Journal of Botany* 70 : 1860-1867.
- Troeh, F. R., and L. M. Thompson. 1993. *Soils and soil fertility*. New York : Oxford university press.
- Whigham, D. F., T. E. Jordan and J. Miklas. 1989. Biomass and resource allocation of *Typha angustifolia* L.(Typhaceae) : The effect of within and between year variations in salinity. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 116(4) : 364-370.
- Wilcox, D. A., and H. A. Simonin. 1987. A chronosequence of aquatic macrophyte communities in dune ponds. *Aquatic Botany* 28 : 227-242.
- Yamasaki, S. 1981. Growth responses of *Zizania Latifolia*, *Phragmites Australis* and *Miscanthus Sacchariflorus* to varying inundation. *Aquatic Botany* 10 : 229-239.

接受 2005年 12月 9日