

주암호 복내천 인공습지 조성 후 식물의 생활형에 대한 4년간의 변화 연구¹

김창환² · 명현^{2*}

Four-year Survey on Transitions of the Life Form of Plants after Developing Human-made Wetlands along Boknaecheon of Juam Lake¹

Chang-Hwan Kim², Hyun Myung^{2*}

요약

본 논문은 주암호 복내천 인공습지 조성 후 4년간 식물 변화를 Numata식의 생활형을 이용하여 분석하였다. 2002년 12월에 준공된 주암호 복내천 인공습지의 식재종은 10과 13속 12종 3변종으로 총 15종류가 식재되었다. 식재종의 3가지 성질의 생활형을 보면 휴면형(Dormancy form)은 다년생수생식물(HH)이 6종으로 가장 많고, 지하기관형은 R₅, R₃, R₂₋₃이 각각 4종, 산포기관형은 풍수산포형(D1)이 10종, 생육형은 직립형(e)이 가장 많았다. 인공습지 준공 후 5년이 경과된 모니터링의 최종년도에 조사된 3가지 성질의 생활형은 종수와 개체수는 증가하였으나 생활형 구성비(%)에 대한 경향성은 큰 변화는 없었다. 휴면형은 1년생육상식물(Th)이 43종, 24.29%, 지하기관형은 R₅가 산포기관형은 D₄형과 D₁형, D_{1,4}형이 전체의 77.39%를 차지하고 있었다. 생육형은 직립형(e), 총생형(t), 일시적로제트형(pr), 분지형(b), 로제트-직립형(ps) 순으로 조사되었으며, 이들 종들이 전체의 64.97%를 차지하고 있다. 결과적으로 주암호 복내천 인공습지의 경우 휴면형은 천이가 진행될수록 다년생식물의 구성비율이 높아 습지 천이의 선구종들인 1년생식물이 우점하는 식생형이 점차적으로 안정된 다년생 습지식생의 유형으로 천이가 진행되고 있음을 알 수 있다. 번식형은 지하기관형인 단립식물(R₅)이 우세하나 달뿌리풀 등과 같은 땅위에 연결체를 만드는 R4식물로 천이가 진행될 것으로 보이며, 산포기관형은 습지의 특성상 바람이나 물에 의하여 운반되는 풍수산포형과 수변 목본식물의 발달로 인한 중력산포형이 유리할 것으로 판단된다. 생육형은 습지의 경우 총생형이 우세할 것으로 판단되며 육상은 인위적·자연적 교란에 의하여 다양한 유형의 생육형이 공존할 것으로 판단된다.

주요어 : 휴면형, 지하기관형, 산포기관형, 생육형

ABSTRACT

Employing the Numata-type life form, the paper analyzed changes of plants for 4 years at the Human-made Wetlands along Boknaecheon of Juam Lake since its creation. The number of the species planted at the Human-made Wetlands along Boknaecheon of Juam Lake, which was completed in December 2002, were 15 in total including, 10 families, 13 genera, 12 species and 3 varieties. As for the three-featured life forms of the planted species, there were 6 perennial hydatophytes, recording the biggest number of species in dormancy

1 접수 2008년 6월 25일, 수정(1차 : 2008년 12월 16일, 2차 : 2009년 1월 20일), 게재확정 2009년 1월 29일

Received 25 June 2008; Revised(1st : 16 December 2008, 2nd : 20 January 2009); Accepted 29 January 2009

2 전북대학교 환경자원학부 Chonbuk National University Division of Environmental and Resource, Iksan(570-752), Korea

* 교신저자 Corresponding author(beldel660@forest.go.kr)

form; species each of R₅, R₃, R₂₋₃ respectively in radicoïd form; 20 species of geomantic disseminule form (D₁) in disseminule form and erected type(e) existed the most in growth form. With regard to the 3 features of life form identified during the final year of the monitoring that lasted 5 years after the completion of the Wetlands, the number of species and individuals was found to have increased but there was no significant change of tendency as against the composition ration(%) of life form. There were 43 species of therophytes (Th) that covered 24.29% in dormancy form, while R₅ was prevalent in radicoïd form and D₄, D₁, and D_{1,4} composed 77.39% of the whole disseminule form. Growth form was surveyed in the order of erected type (e), bunch type (t), temporal rosette type (pr), branch type (b) and straight rosette type (ps) and these species comprised 64.97% of the whole flora. Consequently, in case of the artificial wetlands along the Boknaecheon of Juam Lake, it turned out that the vegetation type in which pioneer species of succession, or gradually stabilized perennial vegetation favoring Wetlands because the higher dormancy form has its perennial plants' composition ratio getting, the more its succession is progressing. Even though single grained plants (R₅) belonging to radicoïd in breeding form, succession is predicted to take place considering the fact that they actually belong to R₄ plants like *Phragmites japonica* that form a connection on the surface of the earth. In addition, it is judged that geomantic disseminule form (D₁) conveyed by water and gravitational disseminule form favored by the development of waterside woody plants (D₄) seem to be better fit to this area in disseminule form. As for growth form, bunch type (t) is judged to become prevalent on the Wetlands while a good variety of phanerophytes will coexist on the earth due to artificial as well as natural disturbances.

KEY WORDS : DORMANCY FORM, RADICOÏD, DISSEMINULE FORM, GROETH FORM

서론

생활형은 생물의 생활양식을 반영하고 있는 형태로서 특정한 환경조건에 밀접하게 적응하고, 주요 환경요소 등의 상호작용, 공존하는 식물들간의 직접적인 경쟁 등을 나타낸 것이다(Yim *et al.*, 1991). 생물의 계통적 위치와는 무관하고 동일종이라도 환경에 따라 별도의 생활형을 나타내는 경우도 있으며, 계통적으로 다른 종이라도 유사한 생활형을 갖는다(Iwanami, 1996). 식물의 생활형은 식물군집에서 종 조성 뿐만 아니라 보통의 환경요소에 대한 군집의 반응 또는 공간의 사용, 군집내에서의 경쟁관계에 관한 정보를 제공해 준다(Muller-Dombois and Ellenberg, 1974). 또한 생활형은 생육형, 영양의 독립여부, 잎의 통성, 휴면아의 위치 그리고 생활환경의 계절 현상의 일부 또는 전부를 포함한다(Yim *et al.*, 1991). 생활형의 분류는 Humbolt(1805)가 식물의 생육형에 근거하여 식생형을 기술한 이후 Braun-Blanquet (1928)와 Raunkiaer(1934)에 의해 식물의 상관 연구에 사용되기 시작했다. 식물에서 가장 일반적으로 사용되고 있는 Raunkiaer의 생활형은 생활 불량시(한기 및 건조기)를 견디는 저항아(抵抗芽)의 지표면에 대한 높이를 기초로 한 것인데, 각지의 식물상에서 생활형의 비율을 생활형 표준스펙트

럼과 비교하여 그 토지의 기후를 아는 수단으로 이용한다. 따라서 식물의 생활형이란 식물이 그의 생육환경에 순응하여 살아오면서 오랜 동안에 적응되어온 모양과 기능을 유형화 한 것이며 Raunkiaer가 제안한 것이 가장 일반적으로 이용되고 있다(Iwanami, 1996).

그러나 최근에는 Raunkiaer의 생활형을 구체화시켜 표현한 Numata식(Lee, 1996)의 방식을 채용하여 식물의 휴면형(Raunkiaer의 생활형), 번식형(지하기관형과 산포기관형) 및 생육형을 총체적으로 나타내는 Biological type을 사용하여 특정 환경하에서의 식물의 적응형태를 분석하여 환경의 지표로 이용한다.

본 논문은 주암호 복내천 인공습지 조성 후 식물의 생활형에 대한 4년간의 변화를 Numata식의 생활형을 이용하여 분석한 후 향후 인공습지 조성과 관련된 식재식물 선정에 대한 정보를 제공하는데 있다.

대상지 현황 및 조사방법

1. 대상지 현황

주암호 복내천 인공습지는 환경관리공단에서 2002년에

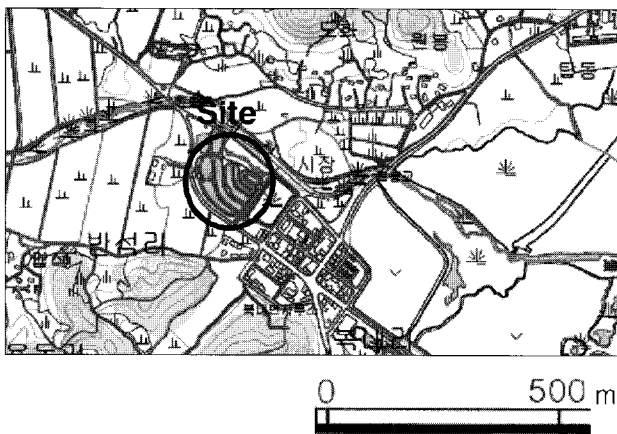


Figure 1. A site map of the Human-made Wetlands along Boknaecheon of Juam Lake

주암호의 수질개선을 위하여 조성한 수질정화용 인공습지이다. 습지의 설치면적은 약 23,000m²이며 그중 저류지가 평균수심 1.5m에 용량 3,225m³, 연못-습지부가 수심 0.2~0.7m에 용량 3,726m³, 방류전의 마이크로폴이 평균수심 1.2m에 용량 960m³으로 조성되었다(Pa가, 2005).

인공습지가 위치한 주암호는 순천시, 담양군, 보성군, 화순군, 장흥군 등 1시 4군이 포함되며, 유역면적은 1,144.6km²에 달한다.

주암호와 가장 근접한 순천관측소의 기상자료(1973~2000년)를 보면 연평균기온은 12.5°C이다. 주암호유역이 남해안에 인접하고 섬진강유역에 속하여 연평균강수량은 1,487.5mm로서 우리나라의 3대 다우지역에 속하며, 6~9월의 강수량이 전체 강수량의 66.0%를 차지한다(김종일, 2002).

2. 식물상

본 조사지역의 식물상 조사를 위하여 2004년~2007년까지 계절에 따라 출현시기가 다른 종의 조사와 정확한 식물 동정을 위하여 매년 3월, 5월, 7월, 9월에 4회 조사를 실시하였다. 현지답사를 통하여 확인된 모든 관속식물의 출현종을 기록하고 일부 종은 사진촬영 및 채집을 실시하였으며 미확인 식물은 실험실로 운반하여 동정하였다.

식물의 분류와 동정은 Lee(1980)의 대한식물도감, Lee(1996)의 원색한국기준식물도감 그리고 Lee(1996)의 한국식물도감을 참조하였으며, Raunkiaer(1934)의 생활형을 구체화 시켜 표현한 Numata식(Lee, 1996)의 생활형을 구분 집계하였다.

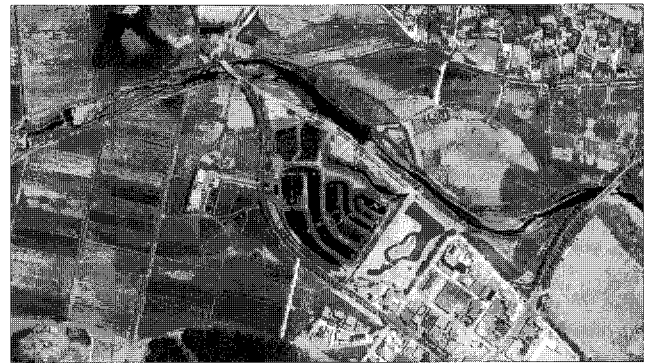


Figure 2. A photo taken from a satellite of the Human-made Wetlands along Boknaecheon of Juam Lake

조사결과

1. 식재종 생활형

2002년 12월에 준공된 주암호 복내천 인공습지의 식재종은 10과 13속 12종 3변종으로 총 15종류가 식재되었다(Table 1).

이들 식재종의 3가지 성질의 생활형을 보면 휴면형(Dormancy form)은 다년생수생식물(HH)이 6종으로 가장 많고, 지중식물(G)이 3종, 반지중식물(H)과 미소지상식물(N)이 각각 2종, 수생식물(HH(rd))과 지표식물(Ch)이 각각 1종이 식재되었다. 지하기관형은 R₅, R₃, R₂3이 각각 4종으로 같았으며, R₄가 2종, R_{1,2}가 1종이 식재되었으며, 산포기관형은 풍수산포형(D₁)이 10종, D_{1,4}, D_{4,1}, D_{1,4}, 자동산포형(D₃)형이 각각 1종씩 식재되었다. 식재된 식물의 생육형은 직립형(e)이 갈대, 달뿌리풀, 세모고랭이, 수련, 부처꽃, 금불초 등이며, 총생형(t)은 애기부들, 물억새, 줄이 식재되었다. 로제트직립형(ps)으로는 노랑꽃창포와 미나리가 식재되었으며 분지형(b)으로는 갯버들, 키버들의 목본성 수종과 노랑어리연꽃의 부엽식물이 식재되었다.

2. 인공습지 조성 후 생활형의 변화

1) 휴면형의 변화

식재된 15종의 휴면형 변화를 보면 15개월이 경과된 2004년도 1차 모니터링 결과에서는 1년생식물(Th)을 비롯하여 1년생수생식물(HH(Th)), 월동하는 1년생식물(Th(w))이 새로이 정착하였다. 식재되지 않은 식물들 중 1년생식물(Th), 1년생수생식물(HH(Th)), 월동하는 1년생식물(Th(w))의 침입 후 정착에 성공하는 종이 다른 휴면형을 갖는 식물보다 많았다. 월동하는 1년생식물은 모니터링 기간(4년)동안

Table 1. Species planted at the Human-made Wetlands along Boknaecheon of Juam Lake

Family	Species planted	Family Name	Scientific Name	Life form			
				L	R	D	G
부들과	애기부들	Typhaceae	<i>Typha angustata</i>	HH	R ₂₋₃	D ₁	t
벼과	물억새	Gramineae	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	H	R ₃	D ₁	t
	갈대		<i>Phragmites communis</i>	HH	R ₁₋₂	D ₁	e
	달뿌리풀		<i>Phragmites japonica</i>	HH	R ₄	D ₁	e
	줄		<i>Zizania latifolia</i>	H	R ₂₋₃	D ₁	t
사초과	세모고랭이	Cyperaceae	<i>Scirpus triquetus</i>	HH	R ₂₋₃	D _{1,4}	e
붓꽃과	노랑꽃창포	Iridaceae	<i>Iris pseudoacorus</i>	G	R ₃	D ₃	ps
버드나무과	갯버들	Salicaceae	<i>Salix gracilistyla</i>	N	R ₅	D ₁	b
	키버들		<i>Salix purpurea</i> var. <i>japonica</i>	N	R ₅	D ₁	b
수련과	수련	Nymphaeaceae	<i>Nymphaea tetragona</i> var. <i>angusta</i>	HH	R ₃	D ₁	e
부처꽃과	부처꽃	Lythraceae	<i>Lythrum anceps</i>	G	R ₂₋₃	D _{4,1}	e
산형과	미나리	Umbelliferae	<i>Oenanthe javanica</i>	HH	R ₄	D ₁₋₄	p-ps
용담과	노랑어리연꽃	Gentianaceae	<i>Nymphoides peltata</i>	HH(rd)	R ₅	D ₁	b
국화과	쑥부쟁이	Compositae	<i>Aster incisus</i>	Ch	R ₃	D ₄	pr
	금불초		<i>Inula britannica</i> var. <i>chinensis</i>	G	R ₅	D ₁	e

* L: Life form, R: Radicoid form, D: Disseminule form, G: Growth form

2배가 증가하여 가장 큰 변화를 보였으며, 1년생수생식물(HH(Th))은 처음 1~2년간은 침입하여 정착하는 종이 많았으나 2년 이상 경과한 시점부터는 종수의 변화가 없었다. 이러한 경향은 지중식물(G), 지표식물(Ch), 미소지상식물(N)에서도 같은 현상을 보였다. 한편 다년생수생식물(HH)은 6종이 식재되었으나 2004년도 1차 모니터링에서는 21종이 조사되어 3배 이상의 종수가 증가되었으며 2005년도, 2006년도, 2007년도 모니터링 조사에서는 매년 3종씩 증가하였다.

2) 지하기관형의 변화

2002년도에 식재된 식물의 지하기관형은 R₅, R₃, R₂₋₃이 각각 4종으로 같았으며, R₄가 2종, R₁₋₂가 1종이 식재되었

다. 식재된 15종의 지하기관형의 변화를 보면 1년 이상 경과된 2004년 1차 모니터링 결과에서는 R₅가 78종으로 가장 많았으며, R₄(16종), R₂₋₃(14종), R₃(13종) 순으로 나타났으나 R₁₋₂는 변화가 없었다.

4년간의 모니터링 결과를 보면(Figure 4) R₅가 매년 증가하였으나 증가 비율은 점차적으로 낮았으며, R₂₋₃은 매년 2종씩 증가 하였다. 그러나 대부분의 다른 유형은 거의 변화가 없었다.

3) 산포기관형의 변화

식재된 식물의 산포기관형은 풍수산포형(D₁)이 10종, D_{1,4}, D_{4,1}, D₁₋₄, D₃형이 각각 1종씩 식재되어 대부분은 D₁유형의 식물이 식재되었다. 1차 모니터링시 식재된 15종중

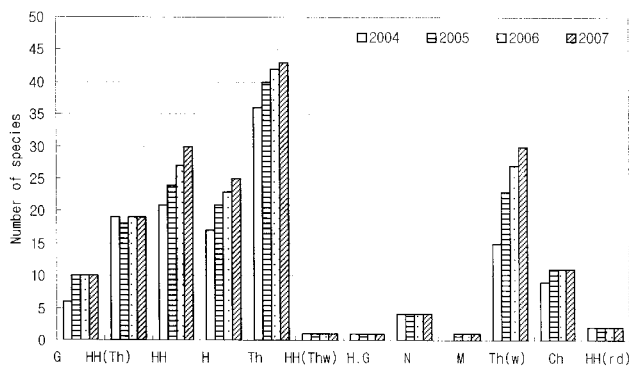


Figure 3. Changes in Dormancy form since creation of the Human-made Wetlands

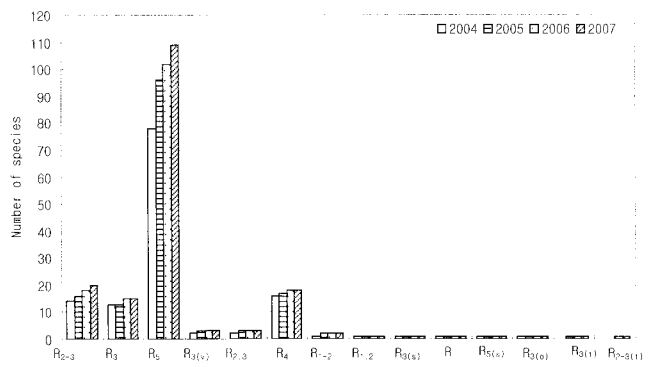


Figure 4. Changes in Radicoid form since creation of the Human-made Wetlands

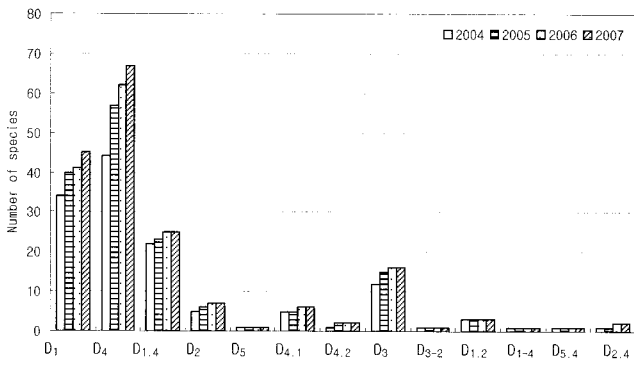


Figure 5. Changes in Disseminule form since creation of the Human-made Wetlands

산포기관형의 변화를 보면 2004년도 1차 모니터링 결과에서는 중력산포형(D4)이 44종으로 가장 많아 준공당시 가장 많이 식재된 풍수산포형(D1)보다 10종이 더 많았다.

가장 많은 종이 식재된 D1형은 34종으로 식재 당시 보다 24종이 증가 하였으며, D1.4유형과 D3유형의 식물들도 초기 정착에 유리한 번식유형을 갖는 식물로 조사되었다.

4) 생육형의 변화

식재된 식물의 생육형은 직립형(e)이 6종으로 가장 많았고, 총생형(t)과 분지형(b)이 각각 3종씩 식재되었으나 2004년도 1차 모니터링 결과에서는 직립형이 27종, 총생형이 24종, 분지형 9종으로 조사되어 직립형과 총생형은 종수의 변화가 매우 컸다.

4년간의 모니터링 결과를 보면(Figure 6) 직립형과 총생형은 매년 종수가 증가하였으나 다른 유형은 종수의 변화가

없거나 변화 비율이 낮았다.

고 찰

북내천 하류 가장자리에 위치한 인공습지의 유형은 유입된 하천수를 정화하기 위하여 만들어진 수로습지 형태와 주변 지표수가 모일수 있도록 닫힌 형상의 웅덩이 습지형으로 대별된다(Smith *et al.*, 1995a;1995b).

조성된 인공습지의 식물 서식환경은 자갈·모래토양으로서 고온·건조에 생육이 가능한 내건성 식물의 생육지인 제방과 법면지, 수역(水域)으로서 습지, 호안과 습지사이의 수변지로 구분된다.

분포하는 각각의 식물들은 인공습지가 갖는 다양한 환경요인에 대응하는 생활형을 가지고 공간적 입지선택과 시간적 입지선택 후 정착과 소멸을 반복하고 있다.

식재된 식물은 다년생초본이 86.7%, 목본류가 13.3%로서 대부분이 다년생초본으로서 쑥부쟁이를 제외하면 수역과 수변지역에서 주로 분포하는 식물들이 식재되었다. 1년 이상이 경과한 2004년 1차 모니터링 이후 4년간 휴면형의 변화에 대한 모니터링결과 1년생 육상식물의 정착율이 가장 높았다. 수생식물은 식재된 1년생 식물은 없었으나 1~2년이 경과된 시점에서 19~20종이 증가하여 많은 수의 종 증가율을 보였다. 일반적으로 인공습지의 식물은 식재 및 식재 후 관리방법 등에 의하여 나타나거나 토지적 요인에 의하여 주로 결정 되는데(奥田과 左々木寧, 1996) 주암호 북내천 인공습지의 경우 수역은 식재 및 식재 후 관리에 의하여 주로 결정되었으며 호안, 법면지 등은 주변 식생에 영향을 받은 것으로 보인다.

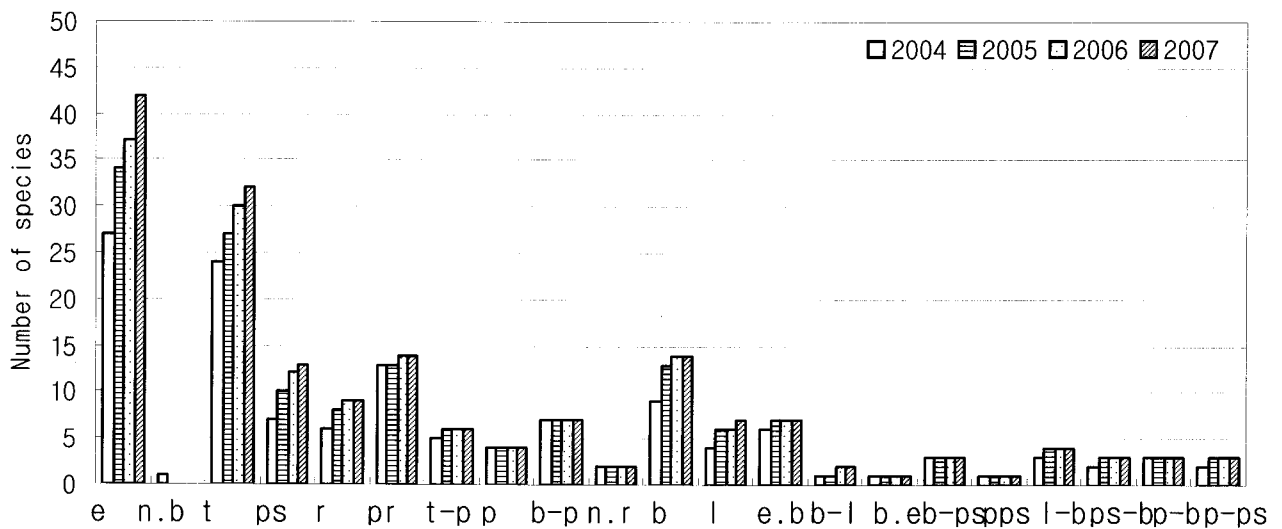


Figure 6. Changes in Growth form since creation of the Human-made Wetlands

특히 제방, 법면지 등은 수분이 제한요인으로 작용하는 곳으로서 자갈·모래토양으로 토양이 척박하며, 토목공사로 표토가 제거된 뒤 나지 상태의 입지 구조를 나타내고 있어 천이선구종 정착을 유리하게 하여 질소나 인산이 부족한 척박한 토지에서 생육이 왕성한 1년생 초본식물의 정착을 만들어낸 결과로 보인다(김준민, 1984). 그러나 1년생 수생식물의 증가는 번식방법과 번식이 용이한 습지구조 그리고 식재된 대형수생식물의 낮은 피도 등이 큰 제한요인으로 작용하지 않은 결과로 보이지만 관리가 이루어지지 않는다면 시간의 경과와 함께 습지식생 천이가 진행되어 다년생 대형 수생식물의 밀도와 피도가 증가하면서 1년생 수생식물의 개체수 및 종수의 감소가 매우 빠르게 진행될 것으로 보인다.

번식형 중 지하기관형 번식은 지하나 지상에 연결체를 만들지 않는 단립식물인 R₅형이 습지와 제방 양 장소에서 정착 초기에는 매우 유리한 것으로 나타났으며, 산포기관형은 중력산포형(D₄)과 풍수산포형이 인공습지 조성 초기에 정착비율이 높은 것으로 조사 되었다.

이러한 현상도 천이선구종으로서 1년생 식물의 정착과 관계가 있는데 1년생 육상식물과 수생식물의 종자공급, 번식방법, 인공습지 초기 생육환경에서의 경쟁적 우위를 점유할 수 있는 빠른 생육과 생활환 등이 크게 작용한 결과로 보인다.

결과적으로 주암호 복내천 인공습지의 경우 휴면형은 1년생 식물의 구성비율이 높으나 다년생식물의 구성비율도 높아 습지 천이의 선구종들인 1년생 식물이 우점하는 식생형이 점차적으로 안정된 다년생 습지식생의 유형으로 천이가 진행되고 있음을 알 수 있다. 번식형은 지하기관형인 단립식물(R₅)이 우세하나 달뿌리풀 등과 같은 땅위에 연결체를 만드는 R₄식물로 천이가 진행될 것으로 보이며, 산포기관형은 습지의 특성상 바람이나 물에 의하여 운반되는 풍수산포형과 수변 목본식물의 발달로 인한 중력산포형이 유리할 것으로 판단된다. 생육형은 습지의 경우 총생형이 우세할 것으로 판단되며 육상은 인위적·자연적 교란에 의하여 다양한 유형의 생육형이 공존할 것으로 판단된다.

결론

본 논문은 주암호 복내천 인공습지 조성 후 4년간 식물 변화를 Numata식의 생활형을 이용하여 분석 하였다.

2002년 12월에 준공된 주암호 복내천 인공습지의 식재종은 10과 13속 12종 3변종으로 총 15종류가 식재되었다. 식재종의 3가지 성질의 생활형을 보면 휴면형(Dormancy form)은 다년생 수생식물(HH)이 6종으로 가장 많고, 지하기관형은 R₅, R₃, R_{2,3}이 각각 4종, 산포기관형은 풍수산포

형(D₁)이 10종, 생육형은 직립형(e)이 가장 많았다.

인공습지 준공 후 5년이 경과된 모니터링의 최종년도에 조사된 3가지 성질의 생활형은 종수와 개체수는 증가하였으나 생활형 구성비(%)에 대한 경향성은 큰 변화는 없었다. 휴면형은 1년생 육상식물(Th)이 43종, 24.29%, 지하기관형은 R₅가 산포기관형은 D₄형과 D₁형, D_{1,4}형이 전체의 77.39%를 차지하고 있었다. 생육형은 직립형(e), 총생형(t), 일시적로제트형(pr), 분지형(b), 로제트-직립형(ps) 순으로 조사되었으며, 이들 종들이 전체의 64.97%를 차지하고 있다.

결과적으로 주암호 복내천 인공습지의 경우 휴면형은 1년생 식물의 구성비율이 높으나 다년생식물의 구성비율도 높아 습지 천이의 선구종들인 1년생 식물이 우점하는 식생형이 점차적으로 안정된 다년생 습지식생의 유형으로 천이가 진행되고 있음을 알 수 있다. 번식형은 지하기관형인 단립식물(R₅)이 우세하나 달뿌리풀 등과 같은 땅위에 연결체를 만드는 R₄식물로 천이가 진행될 것으로 보이며, 산포기관형은 습지의 특성상 바람이나 물에 의하여 운반되는 풍수산포형과 수변 목본식물의 발달로 인한 중력산포형이 유리할 것으로 판단된다. 생육형은 습지의 경우 총생형이 우세할 것으로 판단되며 육상은 인위적·자연적 교란에 의하여 다양한 유형의 생육형이 공존할 것으로 판단된다.

인용문헌

- 김종일(2002) 주암호 광역상수원 유역종합정비 방안, 광주전남발전연구원
- 김준민(1984) 한국식물의 생태, 현대과학신서, p. 226.
- Park, Y.J.(2005) A study on the Design of Constructed Wetland for Water Quality Management. Graduate School Kumoh National Institute of Technology, pp. 7.
- Lee, Y.N.(1996) Flora of Korea. Kyohak Publishing, pp. 1239
- Lee, W.T.(1996) Coloured Standard Illustrations of Korean Plants. Academy Publishing Co., pp. 1688.
- 奥田重俊, 左々木寧(1996) 河川環境と水邊植物-植生の保全と管理-. ソフトサイエンス社, pp. 2690.
- Lee, T.B.(1980) Coloured Flora of Korea. Hyangmoon, pp. 990.
- Yim, Y.J., G.H. · Park, J.K. Shim(1991) Geographical Significance of Raunkiaer's Life Form Spectra in South Korea. Publication Committee for Retirement Commemoration Professor Yang-Jai Yim, Vol. 1: pp. 399-414.
- Iwanami Shoten(1996) Iwanami's Dictionary of Biology Academy Publishing Co., pp. 2068.
- Braun-Blanquet, J.(1928) Pflanzensoziologie. Springer-Verlag, 1st ed., Berlin, 1928, 2nd ed., Vienna, 1951. 631 pp. 3rd ed.,

- Vienna, New York, 1964. pp. 865.
- Muller-Dombois, D and H. Ellenberg.(1974) Aims and Methods of vegetation Ecology. New York, pp. 547.
- Humbolt, A. von.(1805) Essai sur la geographie des plants. In phytosociology. Academic press, USA. 99. pp. 1-15.
- Raunkiaer, C.(1934) Life form of plants and Statistical Plant Geography. Charendon Press, Oxford.
- Smith, R. Daniel, Alan Ammann, Candy Bartoldus, Mark M. Brinson(1995a). An Approach for assessing Wetland Functions Using Hydrogeomorphic Classification. Reference Wetlands, and Functional Indices. US Army Corps of Engineers Report WRP-DE-9. pp. 10-33.
- Smith, R.D., A. Ammann, C. Bratoldus, and M.M. Brinson(1995b). An approach for assessing wetland functions using hydrogeomorphic classification, reference wetlands, and functional indices. Technical Report WRP-DE-9. Waterways Experiment Station, U.S. Army Corps of Engineers, Vicksburg, MS. pp. 7-25.

Appendix 1. List of vascular plants of the Human-made Wetlands along Boknaecheon of Juam Lake

Family	Scientific Name	Species planted	2004년	2005년	2006년	2007년	Life form			
							L	R	D	G
Equisetaceae	속새과 <i>Equisetum arvense</i>	쇠뜨기	○	○	○	○	G	R ₂₋₃	D ₁	e
Marsileaceae	네가래과 <i>Marsilea quadrifolia</i>	네가래				○	HH	R ₂₋₃	D ₁	e
Salviniaceae	생이가래과 <i>Salvinia natans</i>	생이가래	○				HH(Th)	R ₃	D ₁	n,b
Typhaceae	부들과 <i>Typha angustata</i>	애기부들	○	○	○	○	HH	R ₂₋₃	D ₁	t
	<i>Typha orientalis</i>	부들		○	○	○	HH	R ₂₋₃	D ₁	t
Sparganiaceae	흑삼등과 <i>Sparganium stoloniferum</i>	흑삼등	○	○	○	○	HH	R ₅	D ₄	ps
Potamogetonaceae	가래과 <i>Potamogeton distinctus</i>	가래	○	○	○	○	HH	R ₂₋₃	D ₁	r
	<i>Potamogeton fryeri</i>	선가래			○	○	HH	R ₂₋₃	D ₁	r
	<i>Potamogeton crispus</i>	말즘				○	HH	R ₂₋₃	D ₁	e
	<i>Potamogeton brechtoldii</i>	실말				○	HH	R ₅	D ₁	e
Alismataceae	택사과 <i>Alisma plantago-aquatica</i> var. <i>orientale</i>	질경이택사		○	○	○	HH	R ₅	D ₁	r
	<i>Sagittaria aginashi</i>	보풀	○	○	○	○	HH	R ₅	D ₁	r
Hydrocharitaceae	자리풀과 <i>Hydrocharis dubia</i>	자리풀	○	○	○	○	HH	R ₂₋₃	D ₁	pr
	<i>Hydrilla verticillata</i>	검정말	○	○	○	○	HH	R ₅	D ₁	e
	<i>Ottelia alismoides</i>	물질경이	○	○	○	○	HH(Th)	R ₅	D ₁	r
Gramineae	벼과 <i>Agropyron tsukushinense</i> var. <i>transiens</i>	개밀				○	Th(w)	R ₅	D ₄	t
	<i>Agropyron yesonense</i>	자주개밀				○	Th(w)	R ₅	D ₄	t
	<i>Alopecurus aequalis</i> var. <i>amurensis</i>	뚝새풀		○	○	○	Th(w)	R ₅	D _{1.4}	t
	<i>Arundinella hirta</i>	새	○	○	○	○	H	R ₂₋₃	D ₄	t
	<i>Digitaria sanguinalis</i>	바랭이	○	○	○	○	Th	R ₄	D ₄	t-p
	<i>Digitaria violascens</i>	민바랭이	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₄	t-p
	<i>Echinochloa crusgalli</i> var. <i>echinta</i>	물피		○	○	○	HH(Thw)	R ₅	D _{1.4}	t
	<i>Echinochloa curs-galli</i>	돌피	○	○	○	○	HH(Th)	R ₅	D _{1.4}	t-p
	<i>Eleusine indica</i>	왕바랭이	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₄	t
	<i>Eragrostis ferruginea</i>	그령	○	○	○	○	H	R ₃	D ₄	t
	<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>	피		○	○	○	G	R ₁₋₂	D ₁	e
	<i>Isachne globosa</i>	기장대풀	○	○	○	○	H	R ₂₋₃	D _{1.4}	t-p
	<i>Leersia japonica</i>	나도겨풀	○	○	○	○	HH	R ₂₋₃	D _{1.4}	t-p
	<i>Lolium perenne</i>	호밀풀		○	○	○	Th(w)	R ₅	D ₄	t
	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	물억새	○	○	○	○	H	R ₃	D ₁	t
	<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	억새	○	○	○	○	H	R ₃	D ₁	t
	<i>Oplismenus undulatifolius</i>	주름조개풀	○	○	○	○	H	R ₄	D ₂	p
	<i>Panicum dichotomiflorum</i>	미국개기장	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₄	b-p
	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	수크령	○	○	○	○	H	R ₃	D ₂	t
	<i>Phragmites communis</i>	갈대	○	○	○	○	HH	R ₁₋₂	D ₁	e
<i>Phragmites japonica</i>	달뿌리풀	○	○	○	○	HH	R ₄	D ₁	e	
<i>Setaria glauca</i>	금강아지풀	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₄	t	
<i>Setaria viridis</i>	강아지풀	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₄	t	
<i>Sporobolus elongatus</i>	취꼬리새풀			○	○	H	R ₃	D ₄	t	
<i>Zizania latifolia</i>	줄	○	○	○	○	H	R ₂₋₃	D ₁	t	
<i>Zoysia japonica</i>	잔디	○	○	○	○	H.G	R ₁₋₂	D ₄	t-p	
Cyperaceae	사초과 <i>Cyperus amuricus</i>	방동사니	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₄	t
	<i>Cyperus glomeratus</i>	물방동사니	○	○			HH(Th)	R ₅	D _{1.4}	t
	<i>Cyperus iria</i>	참방동사니	○	○	○	○	HH(Th)	R ₅	D _{1.4}	t
	<i>Cyperus microiria</i>	금방동사니	○	○	○	○	HH(Th)	R ₅	D _{1.4}	t
	<i>Cyperus orthostachys</i>	쇠방동사니	○	○	○	○	HH(Th)	R ₅	D _{1.4}	t

Appendix 1. (Continued)

Family	Scientific Name	Species planted	2004년 2005년 2006년 2007년				Life form				
			2004년	2005년	2006년	2007년	L	R	D	G	
Cyperaceae	사초과	<i>Cyperus sanguinolentus</i>	방동사니대가리	○	○	○	○	HH(Th)	R ₅	D _{1,4}	t
		<i>Eleocharis kuroguwai</i>	올망개	○	○	○	○	HH	R _{2,3}	D _{1,4}	t
		<i>Fimbristylis dichotoma</i>	하늘지기	○	○	○	○	HH(Th)	R ₅	D _{1,4}	t
		<i>Fimbristylis miliacea</i>	바람하늘지기			○	○	HH(Th)	R ₅	D _{1,4}	t
		<i>Kyllinga brevifolius</i> var. <i>leiolepis</i>	파대가리	○	○	○	○	HH	R ₃	D _{1,4}	t
		<i>Scirpus fluviatilis</i>	매자기			○	○	HH	R ₂₋₃₍₀₎	D _{1,4}	t
		<i>Scirpus tabernaemontani</i>	큰고랭이	○	○	○	○	HH	R ₅	D ₁	e
		<i>Scirpus triangulatus</i>	송이고랭이	○	○	○	○	HH	R ₃	D _{1,4}	t
		<i>Scirpus triqueter</i>	세모고랭이	○	○	○	○	HH	R ₂₋₃	D _{1,4}	e
Lemnaceae	개구리밥과	<i>Lemna paucicostata</i>	좁개구리밥	○	○	○	○	HH(Th)	R ₅	D ₁	n,r
		<i>Spirodela polyrhiza</i>	개구리밥	○	○	○	○	HH(Th)	R ₅	D ₁	n,r
Commelinaceae	닭의장풀과	<i>Aneilema keisak</i>	사마귀풀	○	○	○	○	HH(Th)	R ₄	D _{1,4}	b-p
		<i>Commelina communis</i>	닭의장풀	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₄	b-p
Pontederiaceae	물옥잠과	<i>Monochoria vahinalis</i> var. <i>plantaginea</i>	물닭개비	○	○	○	○	HH(Th)	R ₅	D _{1,4}	ps
Juncaceae	골풀과	<i>Juncus alatus</i>	날개골풀	○	○	○	○	HH	R ₃	D _{1,4}	t
		<i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i>	골풀	○	○	○	○	HH	R ₃	D _{1,4}	t
		<i>Juncus tenuis</i>	길골풀			○	○	H	R ₃	D _{2,4}	t
Liliaceae	백합과	<i>Hemerocallis fulva</i>	원추리	○	○	○	○	G	R ₃₍₆₎	D ₅	t
Iridaceae	붓꽃과	<i>Iris pseudoacorus</i>	노랑꽃창포	○	○	○	○	G	R ₃	D ₃	ps
Salicaceae	버들과	<i>Salix gracilistyla</i>	갯버들	○	○	○	○	N	R ₅	D ₁	b
		<i>Salix purpurea</i> var. <i>japonica</i>	키버들	○	○	○	○	N	R ₅	D ₁	b
Cannabinaceae	삼과	<i>Humulus japonicus</i>	환삼덩굴	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₄	l
Polygonaceae	마디풀과	<i>Persicaria blumei</i>	개여뀌	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₄	e,b
		<i>Persicaria hydropiper</i>	여뀌	○	○	○	○	HH(Th)	R ₄	D _{4,1}	e,b
		<i>Persicaria lapathifolia</i>	흰여뀌		○	○	○	Th	R ₅	D ₄	e,b
		<i>Persicaria nipponensis</i>	넓은잎마꾸리남시	○	○	○	○	HH(Th)	R ₄	D _{4,1}	e,b
		<i>Persicaria nodosa</i>	큰개여뀌	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₄	e
		<i>Persicaria senricosa</i>	머느리밀씻개	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₄	b-l
		<i>Persicaria sieboldii</i>	마꾸리남시			○	○	HH(Th)	R ₄	D _{4,1}	b-l
		<i>Persicaria thunbergii</i>	고마리	○	○	○	○	HH(Th)	R ₄	D _{4,1}	b-p
		<i>Polygonum aviculare</i>	마디풀	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₄	b,e
		<i>Rumex acetosa</i>	수영				○	H	R ₅	D ₄	ps
		<i>Rumex crispus</i>	소리쟁이	○	○	○	○	H	R	D ₄	pr
Chenopodiaceae	명아주과	<i>Chenopodium sibiricum</i> var. <i>entrorubrum</i>	명아주	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₄	e
		<i>Chenopodium ficifolium</i>	좁명아주			○	○	Th	R ₅	D ₄	e
Amaranthaceae	비름과	<i>Achyranthes japonica</i>	쇠무릎	○	○	○	○	H	R ₅	D ₂	e
		<i>Amaranthus lividus</i>	개비름			○	○	Th	R ₅	D ₄	e
Phytolaccaceae	자리공과	<i>Phytolacca americana</i>	미국자리공		○	○	○	G	R ₅	D ₂	e
Aizoaceae	석류풀과	<i>Mollugo phentaphylla</i>	석류풀	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₄	b-ps
Aizoaceae	쇠비름과	<i>Portulaca oleracea</i>	쇠비름	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₄	b
Caryophyllaceae	석죽과	<i>Cerastium holosteoides</i> var. <i>allaissonense</i>	접나도나물	○	○	○	○	H	R ₅	D ₄	b
		<i>Stellaria alsine</i> var. <i>undulata</i>	벼룩나물	○	○	○	○	Th	R ₄	D ₄	b
		<i>Stellaria aquatica</i>	쇠별꽃	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₄	b
		<i>Stellaria media</i>	별꽃	○	○	○	○	Th	R ₄	D ₄	b
Nymphaeaceae	수련과	<i>Nymphaea tetragona</i> var. <i>angusta</i>	수련	○	○	○	○	HH	R ₃	D ₁	e
Ceratophyllaceae	붕어마름과	<i>Ceratophyllum demersum</i>	붕어마름	○	○	○	○	HH	R ₅	D ₁	e

Appendix 1. (Continued)

Family	Scientific Name	Species planted	2004년	2005년	2006년	2007년	Life form				
							L	R	D	G	
Ranunculaceae	미나리아재비과 <i>Ranunculus chinensis</i>	젓가락나물		○	○	○	Th(w)	R ₅	D ₄	ps	
	<i>Ranunculus sceleratus</i>	개구리자리			○	○	HH	R ₅	D _{1,4}	ps	
Menispermaceae	새모래덩굴과 <i>Cocculus trilobus</i>	땃대이덩굴	○	○	○	○	N	R _{2,3}	D ₁	l	
Papaveraceae	양귀비과 <i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i>	애기똥풀	○		○	○	Th(w)	R ₅	D _{4,2}	e	
Cruciferae	십자화과	<i>Cardamine flexuosa</i> var. <i>fallax</i>	좁쌀냉이			○	○	Th(w)	R ₅	D ₃	ps
		<i>Cardamine flexuosa</i>	황새냉이	○	○	○	○	Th(w)	R ₅	D ₃	ps
		<i>Draba namorosa</i> var. <i>hebecarpa</i>	꽃다지	○	○	○	○	Th(w)	R ₅	D ₄	ps
		<i>Rorippa indica</i>	개갓냉이	○	○	○	○	Th(w)	R ₅	D ₄	pr
Rosaceae	장미과	<i>Duchesnea chrysantha</i>	뱀딸기	○	○	○	○	Ch	R ₄	D ₂	pps
		<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i>	양지꽃	○	○	○	○	Ch	R ₃	D ₄	b-ps
		<i>Potentilla kleiniana</i>	가락지나물			○	○	○	Ch	R ₅	D ₄
Leguminosae	콩과	<i>Aeschynomene indica</i>	자귀풀	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₄	e
		<i>Amphicarpaea edgeworthii</i> var. <i>trisperma</i>	새콩	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₃	I-b
		<i>Astragalus sinicus</i>	자운영		○	○	○	Th(w)	R ₅	D ₃	b
		<i>Cassia mimosoides</i> var. <i>nomame</i>	차풀	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₃	e
		<i>Glycine soja</i>	돌콩	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₃	l-b
		<i>Kummerowia striata</i>	매듭풀	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₄	e.b
		<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리	○	○	○	○	N	R ₅	D ₄	e
		<i>Lespedeza cuneata</i>	비수리		○	○	○	H	R ₅	D ₄	b
		<i>Phaseolus niponensis</i>	새팥	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₃	l
		<i>Pueraria thunbergiana</i>	참	○	○	○	○	Ch	R _{5(s)}	D ₄	l-b
	<i>Trifolium repens</i>	토끼풀	○	○	○	○	Ch	R ₄	D ₄	p	
	<i>Vicia terasperma</i>	얼치기완두		○	○	○	Th(w)	R ₅	D ₃	l-b	
Geraniaceae	취손이풀과	<i>Geranium sibiricum</i>	취손이풀	○	○	○	○	H	R ₅	D ₃	ps-b
		<i>Geranium thunbergii</i>	이질풀	○	○	○	○	H	R ₅	D ₃	ps-b
Oxalidaceae	괭이밥과	<i>Oxalis corniculata</i>	괭이밥	○	○	○	○	Ch	R ₄	D _{3,2}	p-b
Euphorbiaceae	대극과	<i>Acalypha australis</i>	깨풀	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₃	e
		<i>Euphorbia humifusa</i>	땅빈대	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₃	e.b
Vitaceae	포도과	<i>Vitis flexuosa</i>	새머루		○	○	○	M	R ₃	D _{4,2}	l
Violaceae	제비꽃과	<i>Viola mandshurica</i>	제비꽃			○	○	H	R _{3(v)}	D ₃	r
Lythraceae	부처꽃과	<i>Lythrum anceps</i>	부처꽃	○	○	○	○	G	R _{2,3}	D _{4,1}	e
		<i>Rotala indica</i>	마디꽃	○		○	○	HH(Th)	R ₄	D _{1,4}	p-b
Hydrocaryaceae	마름과	<i>Trapa japonica</i>	마름	○	○	○	○	HH(rd)	R ₅	D _{1,2}	p-b
Onagraceae	바늘꽃과	<i>Ludwigia prostrata</i>	여뀌바늘	○	○	○	○	HH(Th)	R ₅	D _{1,4}	e
		<i>Oenothera odrata</i>	달맞이꽃	○	○	○	○	Th(w)	R ₅	D _{4,1}	pr
Haloragaceae	개미뿔과	<i>Myriophyllum verticillatum</i>	물수세미		○	○	○	HH	R _{2,3}	D ₁	b
Umbelliferae	산형과	<i>Hydrocotyle maritima</i>	선피막이	○	○	○	○	Ch	R ₄	D ₄	p
		<i>Oenanthe javanica</i>	미나리	○	○	○	○	HH	R ₄	D _{1,4}	p-ps
		<i>Sium suave</i>	개밭나물	○	○	○	○	HH	R ₅	D ₄	ps
Gentianaceae	용담과	<i>Nymphoides peltata</i>	노랑어리연꽃	○	○	○	○	HH(rd)	R ₅	D ₁	b
Asclepiadaceae	박주가리과	<i>Metaplexis japonica</i>	박주가리	○	○	○	○	G	R _{2,3}	D ₁	e
Convolvulaceae	메꽃과	<i>Calystegia hederacea</i>	애기메꽃	○	○	○	○	G	R _{2,3}	D _{5,4}	l
		<i>Cuscuta japonica</i>	새삼				○	Th	R ₅	D ₄	I
		<i>Cuscuta australis</i>	실새삼		○	○	○	Th	R ₅	D ₄	l
Boraginaceae	지치과	<i>Trigonotis peduncularis</i>	꽃마리	○	○	○	○	Th(w)	R ₅	D ₄	b

Appendix 1. (Continued)

Family	Scientific Name	Species planted	2004년 2005년 2006년 2007년				Life form					
			L	R	D	G	L	R	D	G		
Labiatae	꿀풀과	<i>Lamium amplexicaule</i>			○	○	Th(w)	R ₅	D ₄	b		
		<i>Leonurus sibiricus</i>			○	○	Th(w)	R ₅	D ₄	pr		
		<i>Mosla dianthera</i>	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₄	e,b		
		<i>Mosla punctulata</i>	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₃	e		
		<i>Prunella vulgaris</i> var. <i>lilacina</i>	○	○	○	○	H	R ₄	D ₄	p-ps		
		<i>Salvia plebeia</i>		○	○	○	Th(w)	R ₅	D ₄	ps		
		<i>Stachys riederi</i> var. <i>japonica</i>		○	○	○	H	R ₂₋₃	D ₄	e		
Solanaceae	현삼과	<i>Lindernia macrantha</i>	○	○	○	○	HH(Th)	R ₅	D _{1,4}	b-p		
		<i>Mazus pumilus</i>	○		○	○	Th(w)	R ₅	D ₄	b-ps		
		<i>Veronica anagallis-aquatica</i>				○	Th(w)	R ₅	D ₄	e		
		<i>Veronica arvensis</i>			○	○	Th(w)	R ₅	D ₄	b		
		<i>Veronica didyma</i> var. <i>lilacina</i>	○	○	○	○	Th(w)	R ₄	D ₄	b-p		
		<i>Veronica persica</i>	○	○	○	○	Th(w)	R ₅	D ₄	e		
		<i>Veronica undulata</i>			○	○	Th(w)	R ₅	D ₄	e		
Lentibulariaceae	통발과	<i>Utricularia japonica</i>	○	○	○	○	HH	R ₅	D ₄	p		
Acanthaceae	취꼬리망초과	<i>Justucia procumbens</i>	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₃	b-p		
Plataginaceae	질경이과	<i>Plantago asiatica</i>	○	○	○	○	H	R ₃₍₆₎	D _{2,4}	r		
Compositae	국화과	<i>Ambrosia trifida</i>			○	○	○	○	Th	R ₅	D ₄	e
		<i>Artemisia feddei</i>	○	○	○	○	○	○	Ch	R ₂₋₃	D ₄	pr
		<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	○	○	○	○	○	○	Ch	R ₂₋₃	D ₄	pr
		<i>Aster yomena</i>	○	○	○	○	○	○	Ch	R ₃	D ₄	pr
		<i>Bidens bipinnata</i>	○	○	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₂	e
		<i>Bidens frondosa</i>	○	○	○	○	○	○	Th	R ₅	D _{1,2}	e
		<i>Bidens tripartita</i>	○	○	○	○	○	○	Th	R ₅	D _{1,2}	e
		<i>Carpesium abrotanoides</i>			○	○	○	○	Th(w)	R ₂₋₃	D ₂	e
		<i>Coreopsis lanceolata</i>					○	○	H	R ₅	D ₁	e
		<i>Cosmos bipinnatus</i>	○	○	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₁	e
		<i>Eclipta prostrata</i>	○	○	○	○	○	○	Th	R ₅	D _{1,4}	e
		<i>Erigeron annuus</i>	○	○	○	○	○	○	Th(w)	R ₅	D ₁	pr
		<i>Erigeron canadensis</i>	○	○	○	○	○	○	Th(w)	R ₅	D ₁	pr
		<i>Erechtites hieracifolia</i>	○	○	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₁	e
		<i>Gnaphalium affine</i>			○	○	○	○	Ch	R ₅	D ₁	ps-b
		<i>Helianthus tuberosus</i>			○	○	○	○	G	R ₃₍₆₎	D ₄	e
		<i>Hemistepta lyrata</i>	○	○	○	○	○	○	Th(W)	R ₅	D ₁	pr
		<i>Inula britannica</i> var. <i>chinensis</i>			○	○	○	○	G	R ₅	D ₁	e
		<i>Ixeris dentata</i>			○	○	○	○	H	R ₅	D ₁	ps
		<i>Lactuca indica</i> var. <i>laciniata</i>	○	○	○	○	○	○	Th	R ₅	D ₁	pr
<i>Lactuca raddeana</i>	○	○	○	○	○	○	Th(w)	R ₅	D ₁	pr		
<i>Sonchus oleraceus</i>	○	○	○	○	○	○	Th(W)	R ₅	D ₁	pr		
<i>Taraxacum mongolicum</i>	○	○	○	○	○	○	H	R _{3(v)}	D ₁	r		
<i>Taraxacum officinale</i>	○	○	○	○	○	○	H	R _{3(v)}	D ₁	r		
<i>Youngia japonica</i>	○	○	○	○	○	○	Th(W)	R ₅	D ₁	ps		