

인천 승기천의 하안지대에서 지형과 교란에 따른 외래식물의 분포와 식생 구조

신 동 호 · 조 강 현*†

인하대학교 교육대학원 생물교육전공, 인하대학교 생명과학과*

적 요: 인천 승기천의 하안지대에서 하천 지형과 교란 요인에 따른 외래식물의 식물상과 식생구조를 조사하였다. 승기천의 전체 하안 회랑에서 총 53종의 외래식물이 발견되었다. 총중수에서 외래식물이 차지하는 백분율은 6개 조사지점에서 25~33%의 범위이었고, 전체 하안지역에서 평균 24%이었다. 외래식물의 백분율은 교란에 따른 식물 침입에 대한 하안지대의 취약성을 반영하며, 하안 지대에서 생태계 기능의 취약성을 나타내는 지표로서 이용될 수 있었다. 승기천에서 외래식물은 하천의 횡적 구조에서 뚜렷한 분포 유형을 나타내지 않았다. 외래식물의 침입과 증식은 고수부지와 제방사면에서 다소 뚜렷하였다. 여러 교란 요인 중에서 농경과 담압이 외래식물 군집의 침입에 영향을 미치는 중요한 요인이었다.

검색어: 교란, 귀화식물, 도시하천, 식물다양성, 외래식물, 하안식생

서 론

하안지대(riparian zone)는 하천의 배수 체계와 연계된 중요한 경관요소이다 (Malanson 1993). 하안식생은 하천에서 수체와 인접한 곳에서 주기적 혹은 연속적인 범람에 영향을 받는 식물군집으로서 육상생태계와 수중생태계의 전이대에 위치한다 (Mitsch and Gosselink 2000). 하안식생은 하천을 따라 선형 구조를 가지며, 에너지와 물질이 식생을 통과하여 흐르는 열린 체계이고, 기능적으로 상류와 하류 및 육상과 수중생태계를 연결하는 주요한 특성을 가지고 있다 (Naiman and Decamps 1997). 특히 하안식생은 생물 이동을 용이하게 하는 회랑(corridor)역할을 하고 높은 생물풍부도를 나타낸다 (Naiman et al. 1993).

하안지대에서 식물종 풍부도가 높은 것은, 주기적 범람이 식물간 경쟁 강도를 감소시키고 식물군집을 초기 천이단계로 되돌리며 다양한 미소생육지를 제공하는 지형의 복잡성을 제공하기 때문이다 (Pollock et al. 1998). 또한 하안지대에서 높은 식물종 풍부도를 유지하는 이러한 요인은 외래종의 침입에 대한 취약성을 증가시킨다 (Pysek and Prach 1994). 즉 자생종의 종다양성을 유지하는 요인인 교란이 외래종의 지속적인 침입을 용이하게 한다. 더욱이 인위적인 교란에 의하여 외래종이 하안지대로 도입되면 자연적인 교란에 의하여 이들의 확산이 촉진된다 (Hood and Naiman 2000).

최근 우리 나라에서는 하천의 자연적 기능을 도외시키고 공학적 기능만을 강조한 하천정비와 토지이용 제고에 의하여 대부분의 도시하천이 인공화되었다 (우와 김 2000). 즉 토지 이용, 범람 방지 및 수자원의 원활한 공급을 위한 토목공사에 의하여 직강화, 제방축조 및 하천변 변화가 이루어지면서 하천의 생물

서식공간, 자정능 및 친수공간이 상실되었다. 더욱이 도시 하천에서는 수질오염과 더불어 불투수면적 증가와 하수의 분리도수로 인한 유수 감소로 하천의 기능에 치명적인 손상을 입고 있다. 이에 따라서 도시하천의 하안식생은 분포면적이 감소되었을 뿐만 아니라 잔존 식생의 구조와 기능도 매우 교란된 상태에 놓여 있다 (조 2000). 이처럼 교란된 하안지대는 외래식물의 주요 생육지로 되고 있다 (이 1995).

인천에서 대표적인 도시 하천인 승기천은 주변 아파트단지의 생활 하수와 남동공단의 산업 폐수로 인해 수질 오염이 심하고 무분별한 하천정비와 인위적 교란에 의하여 자연 하천으로서의 기능이 상실되었다. 따라서 본 연구의 목적은, 승기천에서 하천 지형과 교란 유형에 따른 외래식물의 식물상과 식생구조를 조사하고 이들 식물의 생태적 특성을 파악하여 하천 생태계의 생물다양성 유지와 하천 복원을 위한 기초 자료를 제공하는데 있다.

조사지 개황

본 연구의 조사지역인 승기천은 하천 길이가 10.3 km로서 인천시 남동구와 연수구의 경계를 따라서 서해로 흐르는 하천이다 (Fig. 1). 원래 승기천은 조수가 역류하는 감조하천이지만 현재는 방조제와 수문에 의하여 해수 유입이 차단되었다. 도심지역을 지나는 상류 구간은 복개되어 있으며 이곳에 대규모 상업지역이 조성되어 있다. 복개가 되지 않은 중, 하류에는 우안에 연수 아파트 단지와 좌안에 남동공단이 위치하고 있다. 승기천은 하천정비에 의하여 대부분 직강화되어 있고 인공적인 호안구조로 바뀌어 있다. 또한 하천으로 유입되는 하수와 우수가 하수처리장으로 차집되어 하천 유량이 매우 적었다. 승기천에서

*† Author for correspondence; Phone: 82-32-860-7698, e-mail: khcho@inha.ac.kr

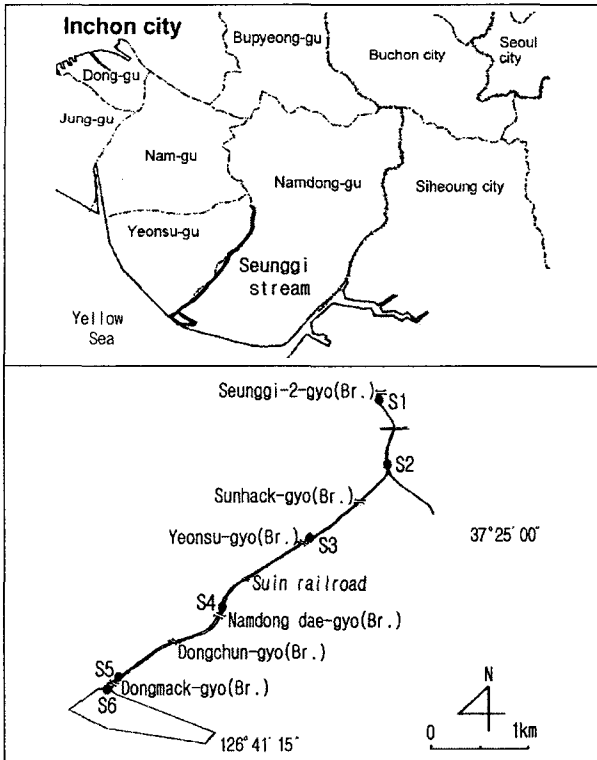


Fig. 1. Map showing the study area. Closed circles indicate sampling sites.

상류로부터 하류까지 하천의 생태환경을 대표할 수 있는 곳에 6개의 조사지점을 선정하였다 (Fig. 1).

조사지점 S1

이곳에서 하천 폭은 75 m이었고 양안의 고수부지 폭이 각각 20 m로서 넓었다. 제방은 높이 3 m이었고 제방 사면의 경사는 30° 이었다. 대부분의 고수부지가 경작지로 이용되어 인간에 의한 교란이 매우 심하였다. 또한 고수부지 중간에 종단방향으로 석축이 길게 축조되어 있었다. 이곳으로부터의 하천 상류에는 상업지역이 위치하며 하천 주변은 농경지이었다.

조사지점 S2

조사지점 S2는 농경지인 개발제한구역에 위치하며 하천 폭이 72 m이었고 양안의 고수부지 폭은 각각 20 m이었다. 제방의 높이는 5 m이었고 제방 사면의 경사는 20° 이었다. 고수부지가 부분적으로 경작지로 이용되고 있고, 저수로변은 석축이나 돌망태로 이루어져 있다. 이곳의 식생은 부분적으로 절취되어 있었으며 답압의 교란이 심하였다.

조사지점 S3

연수교에 위치한 조사지점 S3은 하천 폭이 86 m이었으며 고수부지가 60 m로서 매우 넓었다. 제방의 높이는 7 m이었고 제

방 사면의 경사는 20° 이었다. 고수부지는 부분적으로 경작지로 이용되고 있었으며, 저수로변은 석축으로 축조되어 있었고 고수로 제방은 돌망태로 처리되어 있었다. 우안의 고수부지에는 하수가 유입되어 습지가 형성되어 있었다.

조사지점 S4

남동대교에 위치한 조사지점 S4는 하천 폭이 109 m로서 상류에 비하여 넓었고, 양안의 고수부지 폭은 각각 35 m이었다. 제방의 높이는 7 m이었고 제방 사면의 경사는 20° 이었다. 우안의 고수부지는 경작지로 이용되고 있고, 제방은 돌쌓기로 축조되어 있었다. 좌안 고수부지에는 버드나무 군락이 발달된 습지가 넓은 지역에 남아 있었다.

조사지점 S5

동막교에 위치한 조사지점 S5는 유수지로 유입되는 부분으로서 하천 폭이 120 m이었고, 고수부지 폭은 70 m에 달하였다. 제방의 높이는 6 m이었고 제방 사면의 경사는 10° 이었다. 고수부지에는 소규모의 경작지가 분포하고 있었고 곳곳에 식생이 절취되어 있었다.

조사지점 S6

조사지점 S6는 하류 유수지의 호안에 위치하였는데, 이 유수지는 과거에 갯벌이었던 곳을 간척하여 조성된 곳이다. 제방 사면은 돌쌓기로 축조되어 있었다.

연구 방법

식물상 조사

승기천의 하안에서 식물 채집을 2000년 4월에서 10월 사이에 월별로 실시하였다. 조사지점별로 출현하는 식물 종을 현장에서 기록하거나, 동정이 어려운 식물은 실험실로 운반하여 동정하였다. 자생식물(native plants)의 동정은 이(1999)과 이(1997)에 따랐고, 외래식물(exotic plants)의 동정은 박(1995)과 박(1999b)에 따랐다. 외래식물은 직간접적으로 인간에 의하여 원래의 지리적 범위를 넘어서 옮겨진 식물을 일컫고, 특히 귀화식물(naturalized plants)은 외래식물이 여러 세대를 반복하면서 야생화 내지는 토착화된 식물이다 (박 1999a). 특히 이 연구에서 외래식물은 감오경장 이후에 도입된 신귀화식물로 한정하였다. 각 조사지점에서 외래식물은 제방 위, 제방 사면, 고수부지 및 물가로 지형을 구분하여 채집하였다. 모든 조사지역에서 출현한 외래식물은 생활형과 원산지를 구분하여 정리하였다 (박 1995, 박 1998, 양 1998).

식물군집 구조 조사

외래식물이 우점하는 식물군집에 대하여 2000년 6월에 군집 조사를 실시하였다. 각 식물군집별로 50×50 cm 방형구를 5개 설치하고 식물 종별 피도를 측정하였고, 조사지의 하천 지형과

교란요인을 기록하였다. 교란 요인은 농경, 답압, 식생 절취, 불과 돌망태, 사석, 사석에 토양 퇴적 및 시멘트 블록의 호안으로 구분하였다. 특히 농경은 경작을 위하여 땅이 갈려있거나 파헤쳐진 상태이며, 답압은 사람의 왕래에 의하여 토양이 다져진 상태이다.

자료 처리

외래식물 군집조사에서 얻어진 자료에서 각 종의 상대피도와 상대빈도로부터 중요치를 산출하였다. 식물군집명은 각 군집에서 중요치가 가장 높은 우점종의 이름을 따랐다. 각 외래식물 군집별 생물다양성을 비교하기 위하여, Shannon과 Wiener의 종다양도지수를 계산하였다 (여천생태연구회 1997).

결과 및 고찰

외래식물상

승기천에서 출현한 식물은 218종류이었는데, 이 중에서 외래식물이 16과 53종류(24%), 자생식물이 165종(76%)이었다 (Table 1, 2). 승기천에서 발견된 외래식물 중에서 미국개기장, 왕포아풀, 털뽕새귀리, 소리쟁이, 쯤명아주, 취명아주, 흰명아주, 갯, 다닥냉이, 콩다닥냉이, 개소시랑개비, 아카시나무, 토끼풀, 겹달맞이꽃, 유럽전호, 선개불알풀, 가시상치, 개망초, 망초, 미국가막살이, 붉은써서양민들레, 서양민들레, 큰방가지뚱, 큰비자루국화 등의 24종은 S1에서 S6까지 모든 조사지점에 분포하였다. 조사지점별 출현 외래식물 종수는 하류의 유수지에 인접한 S5에서 44종류로서 가장 많았으며 자연식생인 버드나무 군락이 발달된 S4에서 35종류로서 가장 적었다 (Table 2). 총 출현종수에서 외래식물이 차지하는 백분율은 승기천 전체에서 24%이었다. 특히 이 백분율은 농경, 답압, 식생 절취 등의 교란이 심한 S2와 S1에서 각각 33%와 32%로서 높았고, 자연식생이 잔존하는 S4에서 25%로서 가장 낮았다.

승기천의 외래식물 종수는 기존에 보고된 다른 하천에 비하여 가장 많았다 (Table 3). 승기천의 외래식물 종수인 53종류는 우리나라의 총귀화식물 종수인 280여 종(박 1999a)의 19%에 달하였다. 승기천의 외래식물 백분율은 도시하천인 중랑천, 안양천 및 양재천과 크게 차이가 나지 않았고, 하천정비 등에 의하여 심하게 교란된 난지천, 홍제천 및 불광천보다는 상대적으로 낮았다. 그리고 자연하천에 가까운 남대천과 사기막천보다는 대단히 높게 나타났다. 승기천에서는 직강화와 인공소재의 호안 축조 등의 하천정비와 지속적으로 가해지는 인위적인 교란에 의하여, 출현하는 외래식물의 종류가 다양하고 전체 식물중에 차지하는 외래식물의 비율도 높았다. 또한 인천은 항구도시로서 교역에 의한 외래종의 수입이 용이하기도 하다.

승기천의 외래식물을 생활형으로 분류하면, 초본식물이 대부분을 차지하며 특히 일년생식물이 24종으로서 총종수의 45%에 해당하였다 (Table 4). 이처럼 외래식물 중 일년생식물이 많은 이유는, 일년생식물이 교란된 환경에 선구자로서 정착하기

쉽고 종자생산량이 많은 생태적 특성을 지니기 때문인 것으로 생각된다.

승기천에서 발견된 외래식물의 원산지는 전세계적으로 다양하였는데, 특히 유럽과 북미 원산이 각각 23종과 15종으로서 많았다 (Table 5). 이와 같은 결과는, 이들 지역이 우리나라로부터 지리적으로 멀리 떨어져 있으나 인적, 물적 교류가 활발하기 때문인 것으로 생각된다. 특히 승기천에서 발견된 외래식물은 대부분이 1995년도 이전에 기록된 종들이었다. 그러나 1999년에 처음 기록된 유럽전호는 승기천에서는 물가에 폭넓게 분포하는데 초여름까지 번성한 후 고사하였다 (박 1999b).

하천 지형에 따른 외래식물의 분포

승기천의 제방 위, 제방 사면, 고수부지 및 물가(둔치)에서 외래식물의 출현빈도를 Table 6에 나타내었다. 콩다닥냉이, 큰비자루국화, 큰방가지뚱, 다닥냉이, 개망초, 가시상치, 개소시랑개비, 소리쟁이, 쯤명아주, 망초, 미국가막살리 등은 모든 지형에서 고르게 출현하였다. 반면에 들복새, 큰망초, 나도바랭이, 애기수영, 유럽점나도나물, 붉은써서나물은 제방 위 혹은 사면에서, 붉은써서양민들레, 서양민들레, 토끼풀, 도꼬마리, 미국쑥부쟁이, 큰김의털, 전동싸리, 가는털비름, 왕포아풀, 선개불알풀 등은 물가에서 떨어진 제방과 고수부지에서 주로 발견되었다. 또한 유럽전호, 털뽕새귀리, 말냉이, 메귀리 등은 주로 물가에서 가까운 고수부지와 물가에 분포하였다.

일반적으로 하안식생은 수분 경사에 따라서 뚜렷한 식생의 대상분포를 나타내는데(Mitsch and Gosselink 2000), 승기천의 하안식생에서 외래식물은 하천의 횡적 지형 구조에서 뚜렷한 대상분포를 하지 않고 대체로 폭넓게 분포하였다. 이는 이곳의 하천에서 제방으로부터 물가까지 인간의 교란이 폭넓게 가해지고 있고, 이곳에 환경에 대한 내성 범위가 넓은 선구식물인 외래식물이 침입하기 때문이라고 생각된다 (Zedler and Rea 1998). 특히 승기천의 제방 사면과 고수부지에서는 다른 지형보다 외래식물이 많이 출현되었는데, 이러한 이유는 이곳에서 농경과 답압 등의 인간에 의한 교란이 빈번히 가해지고 있기 때문으로 생각된다.

외래식물 군집의 구조

외래식물 군집별로 발견된 식물의 총종수는 5~28종으로 다양하였고, 이 중 외래식물은 1~10종이 발견되었다 (Table 7). 외래식물 군집별 총종수에 대한 외래식물의 백분율은 20%~53%의 범위이었고 평균 34%이었다. 특히 콩다닥냉이 군집에서 외래식물이 차지하는 백분율이 조사된 군집 중에서 가장 높은 비율을 보였으며, 소리쟁이 군집과 들복새 군집에서 20%로서 가장 낮았다. 승기천에서 외래식물 군집의 다양도지수는 콩다닥냉이 군집이 2.05로서 가장 높았고, 족제비싸리 군집이 1.05로서 가장 낮았다 (Table 7).

일반적으로 외래식물은 종다양도가 높은 지역보다 낮은 지역에 더 쉽게 침입하는데, 이 이유는 다양도지수가 높은 지역에

Table 1. Exotic plants found at each sampling site of Seunggi stream

Scientific name(Korean name)	Sampling site*						Scientific name(Korean name)	Sampling site*					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6		S1	S2	S3	S4	S5	S6
Gramineae (벼과)							<i>Melilotus suaveolens</i> Ledeb. (전동싸리)	○	○			○	
<i>Avena fatua</i> L. (메귀리)						○	Euphorbiaceae (대극과)						
<i>Bromus tectorum</i> L. (털빚새귀리)	○	○	○	○	○	○	<i>Euphorbia supina</i> Rafin. (애기땅빈대)					○	○
<i>Festuca myuros</i> L. (들목새)					○	○	Aceraceae (단풍나무과)						
<i>Poa pratensis</i> L. (왕포아풀)	○	○	○	○	○	○	<i>Acer buergerianum</i> Miq. (중국단풍)		○				○
<i>Chloris virgata</i> Swartz (나도바랭이)	○	○					Onagraceae (바늘꽃과)						
<i>Panicum dichotomiflorum</i> Michx (미국개기장)	○	○	○	○	○	○	<i>Oenothera biennis</i> L. (겉달맞이꽃)	○	○	○	○	○	○
<i>Elymus repens</i> Gould. (구주개밀)						○	Umbelliferae (산형과)						
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb. (큰김의털)				○	○	○	<i>Anthriscus caucalis</i> M. Bieb. (유럽전호)	○	○	○	○	○	○
Polygonaceae (마디풀과)							Convolvulaceae (메꽃과)						
<i>Rumex acetocella</i> L. (애기수영)					○	○	<i>Ipomoea hederacea</i> Jacq. (미국나팔꽃)	○	○	○	○	○	○
<i>Rumex crispus</i> L. (소리쟁이)	○	○	○	○	○	○	Borraginaceae (지치과)						
<i>Polygonum orientale</i> L. (털여뀌)	○	○				○	<i>Symphytum officinale</i> L. (컴프리)	○					
Chenopodiaceae (명아주과)							Scrophulariaceae (현삼과)						
<i>Chenopodium glaucum</i> L. (취명아주)	○	○	○	○	○	○	<i>Veronica arvensis</i> L. (선개불알풀)	○	○	○	○	○	○
<i>Chenopodium album</i> L. (흰명아주)	○	○	○	○	○	○	Compositae (국화과)						
<i>Chenopodium ficifolium</i> Smith (좁명아주)	○	○	○	○	○	○	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i> Descourtils (돼지풀)	○	○	○	○	○	
Amaranthaceae (비름과)							<i>Ambrosia trifida</i> L. (단풍잎돼지풀)		○	○			○
<i>Amaranthus lividus</i> L. (개비름)	○	○	○	○	○		<i>Xanthium strumarium</i> L. (도꼬마리)		○	○	○	○	
<i>Amaranthus patulus</i> Bertoloni (가는털비름)	○	○	○	○	○		<i>Erigeron canadensis</i> L. (망초)	○	○	○	○	○	○
Caryophyllaceae (석죽과)							<i>Erigeron canadensis</i> L. (망초)	○	○	○	○	○	○
<i>Silene armeria</i> L. (끈끈이대나물)						○	<i>Erechtites hieracifolia</i> Raf. (붉은서나물)	○			○		○
<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill. (유럽점나도나물)				○		○	<i>Senecio vulgaris</i> L. (개쑥갓)	○	○			○	○
Cruciferae (십자화과)							<i>Bidens frondosa</i> L. (미국가막살이)	○	○	○	○	○	○
<i>Brassica juncea</i> Czern (갓)	○	○	○	○	○	○	<i>Carduus crispus</i> L. (지느러미영경귀)		○				○
<i>Lepidium apetalum</i> Willd. (다닥냉이)	○	○	○	○	○	○	<i>Coreopsis tinctoria</i> Nutt. (기생초)				○		
<i>Lepidium virginicum</i> L. (몽다닥냉이)	○	○	○	○	○	○	<i>Taraxacum officinale</i> Weber (서양민들레)	○	○	○	○	○	○
<i>Thlaspi arvense</i> L. (말냉이)			○			○	<i>Sonchus oleraceus</i> L. (방가지뚱)	○					
Rosaceae (장미과)							<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill (큰방가지뚱)	○	○	○	○	○	○
<i>Potentilla supina</i> L. (개소시랑개비)	○	○	○	○	○	○	<i>Lactuca scariola</i> L. (가시상치)	○	○	○	○	○	○
Leguminosae (콩과)							<i>Aster pilosus</i> Willd. (미국쑥부쟁이)	○	○			○	○
<i>Robinia pseudo-acacia</i> L. (아카시나무)	○	○	○	○	○	○	<i>Taraxacum laevigatum</i> DC. (붉은써서양민들레)	○	○	○	○	○	○
<i>Amorpha fruticosa</i> L. (죽제비싸리)			○		○	○	<i>Coryza sumatrensis</i> E. Walker. (큰망초)			○	○		○
<i>Trifolium repens</i> L. (토끼풀)	○	○	○	○	○	○	<i>Aster subulatus</i> var. <i>sandwicensis</i> A.G. Jones (큰비자루국화)	○	○	○	○	○	○
							<i>Galinsoga ciliata</i> Blake. (털별꽃아제비)	○		○	○	○	

* Refer to Fig. 1.

서 자생식물이 제한된 자원을 더 완전하게 이용하여 잠재적인 경쟁으로 외래식물의 침입을 방지하기 때문이다 (Stohlgren *et al.* 1998). 그러나 승기천에서 외래식물의 백분율과 종다양도지

수 사이에 유의한 양의 상관관계가 있었다 ($r = 0.51, p = 0.024$) (Table 7). 교란되지 않은 하천의 초본식생은 일반적으로 단일 종이 우점하는 순군락을 이루므로, 교란 후에 외래식물이 침입하면 오히려 종다양성이 증가하는 것으로 생각된다. 또한 승기천의 하안지대에서 빛, 물 및 영양분 등의 자원이 충분하여 침입한 외래식물이 다른 자생식물과 공존할 수 있었기 때문으로 판단된다 (Huston and DeAngelis 1994). 일반적으로 하천변은 빛, 수분 및 영양분 등의 자원이 풍부하여 외래식물이 침입하여 정착하는데 매우 유리한 환경이고, 외래식물이 주변으로 확산되는 주요 공급원으로 작용한다 (Stohlgren *et al.* 1998).

Table 2. Numbers of exotic and native plants at each sampling site of Seunggi stream

Sampling site*	Number of species (%)		
	Exotic plant	Native plant	Total
S1	36 (32)	76 (68)	112 (100)
S2	40 (33)	80 (67)	120 (100)
S3	37 (30)	88 (70)	125 (100)
S4	35 (25)	104 (75)	139 (100)
S5	44 (31)	98 (69)	142 (100)
S6	37 (29)	92 (71)	129 (100)
Total	53 (24)	165 (76)	218 (100)

* Refer to Fig. 1.

Table 3. Comparisons of number of exotic plants in the various streams

Stream	Exotic plants	Percentage of exotic plants (%)	Reference
Seunggi	53	24	This study
Jungrang	47	20	이 1995
Jungrang	32	23	서울특별시 1999
Anyang	29	22	서울특별시 1999
Yangjae	46	21	한국건설기술연구원 2000
Nanji	20	30	서울시정개발연구원 2000
Hongje	28	33	서울시정개발연구원 2000
Bulkwang	27	34	서울시정개발연구원 2000
Namdae	23	14	조 2001 미발표자 자료
Sagimak	11	10	한국건설기술연구원 2000

교란 요인에 따른 외래식물 군집의 분포

승기천의 하안식생은 농경, 담압, 식생 절취 및 돌망태, 사석, 시멘트 블럭 등에 의한 호안 공사 등에 의한 다양한 교란요인에 노출되어 있었다 (Table 8). 특히 여러 인위적인 교란 요인 중에서 농경과 담압이 가장 흔하였다. 좁명이주 군집은 주로 농경에 의한 토양 교란지에서 발견되었으며, 왕포아풀 군집은 돌망태와 사석으로 호안공사가 된 곳에, 애기수영, 토끼풀, 구주개밀 군집은 담압에 의하여 토양이 견고화된 지소에 주로 분포하고 있었다.

다양한 생육지에서 교란은 외래식물의 침입과 밀접히 연관되어 있다 (Hood and Naiman 2000). 자연적인 교란인 범람은 하천에서 공통적인 교란이며, 침식과 퇴적에 의하여 계속적으로 하천의 수로, 제방 및 범람원을 재구성한다 (Leopold *et al.* 1964). 일반적으로 범람 교란의 빈도는 외래식물의 종수 및 백분율과 상관관계가 있다 (DeFerrari and Naiman 1994, Planty-Tabacchi *et al.* 1996). 범람에 의하여 정착된 자생식물과 정착하려는 외래식물 사이의 경쟁력을 감소시킴으로써 하안지대에서 외래식물의 침입이 용이하다.

자연적인 교란뿐만 아니라 인위적인 교란이 외래식물의 침입력을 결정하는 주요 요인으로 알려져 있다 (DeFerrari and Naiman 1994). 특히 외래식물은 자생식물과는 반대로 식생과 토양의 교란에 능동적으로 반응한다 (McIntyre and Lavorel 1994). 예

Table 4. Life-form spectra of exotic plants found in Seunggi stream

Life-form	Herb				Deciduous shrub	Deciduous tree	Total
	Annual	Annual or Biannual	Biannual	Perennial			
Species no.	24	5	11	10	1	2	53
Percentage (%)	45	9	21	19	2	4	100

Table 5. Geographic origin of exotic plants found in Seunggi stream

Origin	Europe	North America	Tropical America	China	South America	Europe -Asia	Europe -Africa	Asia	Total
Species no.	23	15	4	4	2	2	2	1	53
Percentage (%)	42	28	8	8	4	4	4	2	100

Table 6. Distribution of major exotic plants according to topography of Seunggi stream. +++: appearance in 5~6 of 6 study sites by each landform, ++: appearance in 3~4 sites, +: appearance in 1~2 sites.

exotic plant	Landform			
	Bank top	Bank slope	Terrace	Water-front
<i>Festuca parvigluma</i>	++	+		
<i>Conyza sumatrensis</i>	++	++		
<i>Chlorisvirgata</i>	+	+		
<i>Rumex acetocella</i>	+	+		
<i>Cerastium glomeratum</i>	+	+		
<i>Erechtites hieracifolia</i>	+	++		
<i>Ambrosia trifida</i>	+		+	
<i>Euphorbia supina</i>	+		+	
<i>Taraxacum laevigatum</i>	+++	++	+	
<i>Taraxacum officinale</i>	+++	+++	++	
<i>Trifolium repens</i>	+++	+++	+++	
<i>Xanthium strumarium</i>	++	+	+	
<i>Aster pilosus</i>	+	++	++	
<i>Festuca arundinacea</i>	++	++	+	
<i>Melilotus suaveolens</i>	+	+	++	
<i>Amaranthus patulus</i>	++	++	+++	
<i>Poa pratensis</i>	++	++	+++	
<i>Veronica arvensis</i>	++	+	+++	
<i>Lepidium virginicum</i>	+++	+++	+++	++
<i>Aster subulatus</i> var. <i>sandwicensis</i>	+++	++	+++	++
<i>Chenopodium album</i>	+++	++	+++	+
<i>Sonchus asper</i>	+++	++	+++	+++
<i>Chenopodium ficifolium</i>	++	+++	+++	++
<i>Carduus crispus</i>	+	+	+	+
<i>Chenopodium glaucum</i>	++	+	+++	+
<i>Lepidium apetalum</i>	+++	+++	+++	+
<i>Oenothera biennis</i>	+++	+++	+++	+
<i>Erigeron annuus</i>	+++	+++	+++	++
<i>Lactuca scariola</i>	+++	+++	+++	+++
<i>Erigeron canadensis</i>	++	+++	+++	++
<i>Bidens frondosa</i>	++	+++	+++	++
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i>	+	++	++	+
<i>Senecio vulgaris</i>	+	+	++	+
<i>Potentilla supina</i>	++	+++	+++	+++
<i>Rumex crispus</i>	++	+++	+++	+++
<i>Panicum dichotomiflorum</i>	++	+	+++	+
<i>Amaranthus lividus</i>	+	+	+++	+
<i>Brassica juncea</i>	+	++	+++	+++
<i>Anthriscus caucalis</i>		+++	+++	+++
<i>Ipomoea hederacea</i>		++	+	
<i>Bromus tectorum</i>		+	+++	+
<i>Thlaspi arvense</i>		+	+	+
<i>Polygonum orientale</i>		+	+	++
<i>Galinsoga ciliata</i>			+	
<i>Silene armeria</i>			+	
<i>Avena fatua</i>			+	+

Table 7. Comparisons of species diversity of exotic plant communities in Seunggi stream

Community	Number of species (%)			Diversity index
	Exotic plant	Native plant	Total	
<i>Anthriscus caucalis</i>	10 (35)	18 (65)	28 (100)	1.71
<i>Lepidium virginicum</i>	10 (53)	9 (47)	19 (100)	2.05
<i>Chenopodium ficifolium</i>	9 (35)	17 (65)	26 (100)	1.73
<i>Festuca arundinacea</i>	6 (35)	11 (65)	17 (100)	1.42
<i>Poa pratensis</i>	6 (43)	8 (57)	14 (100)	1.37
<i>Erigeron annuus</i>	5 (33)	10 (67)	15 (100)	1.69
<i>Rumex acetocella</i>	5 (39)	8 (61)	13 (100)	1.80
<i>Oenothera biennis</i>	5 (45)	6 (55)	11 (100)	1.96
<i>Erigeron canadensis</i>	4 (29)	10 (71)	14 (100)	2.03
<i>Trifolium repens</i>	4 (33)	8 (67)	12 (100)	1.22
<i>Brassica juncea</i>	4 (44)	5 (56)	9 (100)	1.89
<i>Bromus tectorum</i>	3 (27)	8 (73)	11 (100)	1.90
<i>Aster pilosus</i>	3 (33)	6 (67)	9 (100)	1.20
<i>Festuca myuros</i>	2 (20)	8 (80)	10 (100)	1.31
<i>Ambrosia trifida</i>	2 (29)	5 (71)	7 (100)	1.61
<i>Elymus repens</i>	2 (29)	5 (71)	7 (100)	1.29
<i>Amorpha fruticosa</i>	2 (29)	5 (71)	7 (100)	1.05
<i>Chenopodium album</i>	2 (33)	4 (67)	6 (100)	1.17
<i>Rumex crispus</i>	1 (20)	4 (80)	5 (100)	1.18

들 들면, 초지에서 방목압이 크고 토양 교란이 심한 곳에서 외래종이 자생종에 비하여 우세하며(McIntyre and Lavorel 1994), 포르투갈의 하천변에서는 외래식물 침입이 농경 교란에 영향을 받았다 (Ferreira and Moreira 1995). 이러한 인간 활동이 지속적으로 하천 환경을 교란하면 외래식물 분포에 대한 선택압으로 작용할 것으로 생각된다 (Schmidt and Whelan 1999).

이상과 같이, 교란된 하천은 외래식물에게 산포 회랑 혹은 전달지, 적당한 생육지 및 미래의 폭발적 침입에 대한 번식체 저장고 역할을 함으로써 외래식물 확산에 다양한 기능을 수행하고 있다 (Parendes and Jones 2000). 생태계에서 외래종의 침입은 생물다양성 보전을 위협하는 가장 큰 요인 중의 하나이다 (Wilcove *et al.* 1998). 외래식물은 생물지화학적 순환을 변화시키고, 자생식물에 대한 배타적 경쟁 우위로 자생종의 생존을 위협하고 있다 (Vitousek 1990). 인천의 도시 하천인 승기천에서 하안식생은 다양한 외래식물에 의하여 교란된 상태에 있으며, 이에 대처하여 하안식생에서 생물다양성을 보존하기 위해서는 외래식물의 침입에 대한 정량적인 조사와 지속적인 모니터링이 필수적이라고 생각된다 (Stohlgren *et al.* 1998).

사 사

본 연구에서 채집된 식물의 동정을 확인하여 주신 박수현 선

Table 8. Frequency of exotic plant communities according to disturbance factors

Community	Plowing	Trampling	Streambank armoring				Others	Total
			Gabion	Riprap	Riprap + Soil	Cement block		
<i>Chenopodium ficifolium</i>	11		1		1			13
<i>Poa pratensis</i>		1	5		3			9
<i>Anthriscus caucalis</i>	2		1	3				6
<i>Rumex acetocella</i>		4						4
<i>Trifolium repens</i>		5						5
<i>Erigeron annuus</i>	2			1				3
<i>Elymus repens</i>		3						3
<i>Brassica juncea</i>	1			1				2
<i>Festuca arundinacea</i>		1		1				2
<i>Aster pilosus</i>				1	1			2
<i>Lepidium virginicum</i>					2			2
<i>Festuca myuros</i>	1	1						2
<i>Amorpha fruticosa</i>				1				1
<i>Erigeron canadensis</i>							1 ¹	1
<i>Bromus tectorum</i>				1				1
<i>Chenopodium album</i>		1						1
<i>Oenothera biennis</i>								1
<i>Rumex crispus</i>						1	1 ²	1
Total	17	16	7	9	7	1	2	59

¹ Burning, ² vegetation cutting.

생님, 승기천에서 식물군집 조사를 함께 수행한 이호혜미 님, 자료 정리에 도움을 준 이주환 님에게 깊은 감사를 드립니다.

인용문헌

박수현. 1995. 한국귀화식물원색도감. 일조각, 서울. 371 p.
 박수현. 1998. 서울 난지도의 귀화식물에 관한 연구. 자연보존 101: 40-48.
 박수현. 1999a. 새롭게 발견되는 귀화식물의 현황. 자연보존 106: 10-14.
 박수현. 1999b. 한국 미기록 귀화식물(V X). 한국식물분류학회지 29: 193-199.
 서울시정개발연구원. 2000. 난지도지역 환경성 검토 및 친환경적 정비 방안. pp. 49-52.
 서울특별시. 1999. 서울시 생물종 분포변화에 관한 조사연구. 75 p.
 양영환. 1998. 제주도의 귀화식물 분포에 관한 연구. 자연보존 102: 47-54.
 여천생태연구회. 1997. 현대생태학실험서. 교문사, 서울. 414 p.
 우효섭, 김성태. 2000. 수변 복원의 이해와 외국의 관련 가이드라인의 검토. 한국환경복원녹화기술학회 3: 126-144.
 이영노. 1997. 원색한국식물도감. 교학사, 서울. 1237 p.
 이창복. 1999. 대한식물도감. 향문사, 서울. 990 p.

이창숙. 1995. 서울 중랑천변의 환경변화에 따른 식물현황. 자연보존연구보고서 14: 17-39.
 조강현. 2000. 하천 복원을 위한 하안식생의 구조와 기능에 대한 이해. 한국수자원학회지 33: 29-40.
 한국건설기술연구원. 2000. 국내 여건에 맞는 자연형 하천 공법의 개발. p. 119-151.
 Deferrari, C.M. and R.J. Naiman. 1994. A multi-scale assessment of the occurrence of exotic plants on the Olympic Peninsula, Washington. Journal of Vegetation Science 5: 247-258.
 Ferreira, M.T. and I.S. Moreira. 1995. The invasive component of a river flora under the influence of Mediterranean agricultural systems. In P. Pysek, K. Prack, M. Rejmanek and M. Wade (eds.), Plant Invasion: General Aspects and Special Problem. SPB Academic Publisher, Amsterdam. pp. 117-127.
 Hood, W.G. and R.J. Naiman. 2000. Vulnerability of riparian zones to invasion by exotic vascular plants. Plant Ecology 148: 105-114.
 Huston, M.A. and D.L. DeAngelis. 1994. Competition and coexistence: the effects of resource transport and supply rates. American Naturalists 144: 954-977.
 Leopold, L.B., M.G. Wolman and J.P. Miller. 1964. Fluvial Processes in Geomorphology. W.H. Freeman and Company, San Francisco.

- Malanson, G.P. 1993. Riparian Landscapes. Cambridge University Press, Cambridge. 296 p.
- McIntyre, S. and S. Lavorel. 1994. Predicting richness of native, rare, and exotic plants in response to habitat and disturbance variables across a variegated landscape. *Conservation Biology* 8: 521-531.
- Mitsch, W.J. and J.G. Gosselink. 2000. Wetlands. John Wiley and Sons, New York. 920 p.
- Naiman, R.J. and H. Decamps. 1997. The ecology of interfaces: riparian zones. *Annual Reviews of Ecology and Systematics* 28: 621-658.
- Naiman, R.J., H. Decamps and M. Pollock. 1993. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological Applications* 3: 209-212.
- Parendes, A.L. and A.J. Jones. 2000. Role of light availability and dispersal in exotic plant invasion along roads and streams in the H. J. Andrews Experimental Forest, Oregon. *Conservation Biology* 14: 64-75.
- Planty-Tabacchi, A.M., E. Tabacchi, R.J. Naiman, C. DeFerrari and H. Decamps. 1996. Invasibility of species-rich communities in riparian zones. *Conservation Biology* 10: 598-607.
- Pollock, M.M., R.J. Naiman and T.A. Hanley. 1998. Plant species richness in riparian wetlands: A test of biodiversity theory. *Ecology* 79: 94-105.
- Pysek, P. and K. Prach. 1994. How important are rivers for supporting plant invasion? In L. de Waal, L.E. Child, P.M. Wade and J.H. Brock (eds), *Ecology and Management of Invasive Riverside Plants*, John Wiley and Sons, New York. pp. 23-31.
- Schmidt, K.A. and C. J. Whelan. 1999. Effects of exotic *Lonicera* and *Rhamnus* on songbird nest predation. *Conservation Biology* 13: 1502-1506.
- Stohlgren, T.J., K.A. Bull, Y. Otsuki, C.A. Villa and M. Lee. 1998. Riparian zones as havens for exotic plant species in the central grasslands. *Plant Ecology* 138: 113-125.
- Vitousek, P.M. 1990. Biological invasions and ecosystem processes: towards an integration of population biology and ecosystem studies. *Oikos* 57: 7-13.
- Wilcove, D.S., D. Rothstein, J. Dubow, A. Phillips and E. Losos. 1998. Assessing the relative importance of habitat destruction, alien species, pollution, over-exploitation, and disease. *Bio-science* 48: 607-616.
- Zedler, J.B. and N. Rea. 1998. Introduction. *Wetlands Ecology and Management* 5: 161-163.

(2001년 5월 17일 접수 ; 2001년 9월 21일 채택)

Vegetation Structure and Distribution of Exotic Plants with Geomorphology and Disturbance in the Riparian Zone of Seunggi Stream, Incheon

Shin, Dong Ho and Kang-Hyun Cho*

*Major in Biological Education, Graduate School of Education, Inha University
Department of Biological Sciences, Inha University, Incheon 402-751, Korea**

ABSTRACT : We investigated the flora and vegetation structure of exotic plants along stream geomorphology and disturbance factors in the riparian zone of Seunggi stream, Incheon. Total 53 exotic plant species were found in the riparian corridors of Seunggi stream. The percentage of exotics ranged from 25% to 33% of total species richness, and its mean value was 24% in the whole riparian area. The percentage of exotics reflected the vulnerability of riparian zones to plant invasions by disturbances, and it could be used as an indicator of riparian system dysfunction. The distinct distribution patterns of exotic plants did not found in the lateral topographic features of the stream. Invasion and proliferation of the exotic plants were somewhat remarkable at terraces and bank slopes of the stream. Among various disturbance factors, plowing and trampling were important on the invasion of exotic plant species of Seunggi stream.

Key words : Disturbance, Exotic plant, Plant diversity, Riparian vegetation, Urban stream
