

Weed & Turfgrass Science was renamed from both formerly Korean Journal of Weed Science from Volume 32 (3), 2012, and formerly Korean Journal of Turfgrass Science from Volume 25 (1), 2011 and Asian Journal of Turfgrass Science from Volume 26 (2), 2012 which were launched by The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea founded in 1981 and 1987, respectively.

수로와 강변의 습지에 발생한 수생잡초의 분포 및 방제 현황

변종영^{1*} · 김상우¹ · 이증주² · 박기웅³

¹한국과학기술정보연구원 ReSEAT 프로그램, ²경상대학교 식물의학과, ³충남대학교 식물자원학과

Distribution and Control of Aquatic Weeds in Waterways and Riparian Wetlands

Jong Yeong Pyon^{1*}, Sang Woo Kim¹, Jeung Ju Lee², and Kee Woong Park³

¹ReSEAT Program, Korea Institute of Science & Technology Information, Daejeon, 305-806, Korea

²Department of Plant Medicine, IALS, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

³Department of Crop Science, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

ABSTRACT. Many irrigated and drainage canals, reservoirs, lakes, and rivers are choked by the explosive growth of aquatic weeds, resulting in enormous direct loss in Korea. Distribution of aquatic weeds and exotic invasive plant species in irrigation and drainage waterways, and riparian wetlands was reviewed to provide basic information for management of aquatic weeds and invasive plant species in wetlands. Dominant emergent weeds in canals, reservoirs and lakes were *Phragmites communis*, *Leersia japonica*, *Zizania latifolia*, *Conyza canadensis*, *C. annuus*, *Rumex crispus*, *Panicum dichotomiflorum*, *Bidens frondosa*, and *Oenothera odorata*. Dominant emergent weeds in wetlands of rivers include *Digitaria sanguinalis*, *P. communis*, *R. crispus*, *Artemisia princeps*, *Humulus japonicus*, *Echinochloa crusgalli*, *B. frondosa*, and *Persicaria thunbergii*. In irrigation and drainage canals and lakes, dominant submersed weeds were *Hydrilla verticillata*, *Najas minor*, *Potamogeton malaianus*, *P. crispus*, *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum verticillatum*, *Salvinia natans*, and *Trapa natans*. Dominant exotic weeds in wetlands include *Trifolium repens*, *O. odorata*, *C. annuus*, *B. frondosa*, *Avena fatua*, *Ambrosia artemisiifolia*, *X. strumarium*, and *P. dichotomiflorum*. Approaches to aquatic weed control were mechanical, chemical and biological control techniques. Periodic monitoring of aquatic weeds and exotic weeds, and their integrated management studies are needed in waterways and riparian wetlands in Korea.

Key words: Aquatic weeds, Distribution, Exotic weeds, Weed control, Wetland

Received on December 1, 2014; Revised on February 16, 2015; Accepted on February 27, 2015

*Corresponding author: Phone) +82-42-869-0682, Fax) +82-42-869-0699; E-mail) jypyon@cnu.ac.kr

© 2015 The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 론

수생잡초는 물에서 자라서 생활사를 마치는 식물로서 수생 생태계에 직접적으로 영향을 미친다. 수로 주변에 발생된 잡초는 물의 유속을 감소시켜 관개수로의 이용효율을 저하시키고, 관개수로 잡초종자를 농경지로 유입시켜 잡초 번식을 조장하고 있으므로 수로주변에 발생하는 잡초를 적절히 방제되지 않으면 다음 해에 관개할 때 잡초발생원이 된다.

침수잡초는 습지에 번성하면 용수로와 배수로에서 물의

유속을 감소시킴으로써 물이 증발되고 땅속으로 누수가 많으며, 주변지역에서 수위를 높게 하여 침수를 유도할 수도 있다. 외국에서 수생잡초의 피해를 살펴보면 미국 서부에서는 관개수로와 배수로의 약 30%가 수생잡초의 발생으로 인하여 문제가 심각하며, 농지의 50%가 수생잡초를 방제하지 않으면 관개할 수 없다(Mitchell, 1974). 외국에서는 이들 외래 수생식물의 경제적, 생태적 부정적 영향이 증대됨에 따라 수생식물에 관한 연구가 많이 이루어지고 있는 실정이다.

국내에서도 관개로와 배수로에서 많은 수생잡초가 발생하여 관개와 배수에 막대한 지장을 초래하고 있으므로 인력으로 수생잡초를 제거하기 위하여 한국농어촌공사에서는 매년 약 100억 원 이상의 예산을 지출하고 있다. 그러나 이와 같은 수생잡초의 문제에도 불구하고 수생잡초의 방제에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 논문은 수생잡초의 경제 및 환경에 미치는 영향, 수생잡초의 분포 및 방제에 관한 현황에 관한 정보를 분석하여 우리나라에서 수생잡초에 대한 관리방향을 제시하고자 하였다.

수생잡초의 경제적 영향

경제적 이슈는 19세기 말에 부레옥잠이 멕시코만 연안 여러 주(Florida, Alabama, Mississippi, Louisiana, Texas)에서 발생하기 시작하여 수로를 급속하게 점유하게 됨에 따라 국가적 관심사가 되었다(Rockwell, 2003).

미국 어업야생동물국은 Florida와 Louisiana에서 부레옥잠과 *Alternanthera philoxeroides*에 의한 어류와 야생동물 피해는 1년에 20,000천 달러로 추정하였다(Lynch et al., 1950). 미국 서부의 17개 주에서는 1957년에 110,000 마일의 수로에 수생잡초가 만연되었으나 이들 수로의 60,000 마일에만 관리되었다(Gangstad, 1982).

미국 남동부에서 *A. philoxeroides*가 급속히 전파됨에 따라 1959년에 연방정부 프로그램이 확대되었으며(Gunkel and Barko, 1998), 확대된 프로젝트는 1963년에 187천 달러의 비용으로 연간 14,000천 달러의 이득을 낸 것으로 추정하였다(Gangstad, 1982). 10년 후에 Louisiana주에서는 거의 4,000 천 달러가 수생잡초 방제에 사용되었지만(Wunderlich, 1968), 한 주에서 수산, 배수, 어류 및 야생동물, 항해, 보건 분야에서 부레옥잠에 의한 1년 손실은 35,000천 달러로 추정하였다(USAID, 1971). Florida에서 연간 6,000천 달러가 수생잡초 방제 목적으로 사용되었는데 방제효과는 82,000천 달러였고, 구체적으로 살펴보면 홍수예방 30,467천 달러, 토지이용률 증가 49,498천 달러, 휴양 1,794천 달러, 어류 및 야생동물 395천 달러, 항해 51천 달러의 이득이 있다고 추정하였다(Huser, 1968).

수생잡초의 환경적 영향

수생잡초는 물에서 자라서 생활사를 마치는 식물로서 수생 생태계에 직접적으로 영향을 미친다. 과도한 수생잡초의 식생은 수초가 물로부터 많은 양의 영양분을 흡수하여 물의 플랑크톤의 밀도를 낮게 하여 양어 생산을 감소시킨다(Lancer and Krake, 2002). 물의 유속이 감소되면 인접지역에 부분적 침수를 유발하며, 특히 인도에서는 운하에서 수생잡초 때문에 약 30-40% 유속이 감소되었다고 보고하

였다(Mehta et al., 1973).

잡초의 생장이 무성하면 유속감소로 인하여 각종 잔여물이 퇴적되어 황폐화를 가속시키므로 준설을 통하여 퇴적물을 자주 제거하였다(Lancer and Krake, 2002). 그리고 수생잡초는 물에 있는 상당한 양의 양분을 흡수함으로써 플랑크톤 가용성을 줄여주며, 또한 산소량 수준을 감소시켜 양어 생산에 부정적 영향을 미쳤다(Lancer and Krake, 2002).

또한 물속에서 막대한 양의 생물적 바이오매스가 분해되면 탄산가스와 일산화탄소가 생산되어 대기에 배출하는 환경조건을 만들며, 분해기간은 육지에서보다 훨씬 빠르게 진행되어 불쾌한 냄새를 유발하여 수질을 악화시킨다. 수생잡초의 생장이 무성하면 모기의 발육에 이상적인 조건을 부여하여 유행성 뇌염을 전염시킬 수 있고, 수생잡초는 질병의 병원균 매개곤충 벡터로 작용하며, 레크리에이션 관점에서 물의 미적 가치를 크게 해칠 수 있다(Lancer and Krake, 2002). 침수잡초는 항해, 낚시, 수영 등의 활동을 제한하고, 수질을 오염시키며, 인축에 대한 보건문제를 일으키기도 한다(Lancer and Krake, 2002).

관개와 수자원을 위한 물의 수요 증가, 수생 생태계에 영향을 미치는 외래침입 수생잡초와 강 주변 잡초의 지속적인 증가, 양식 양어생산과 조류관련 영향의 증가로 인하여 수생식물의 부정적 영향은 최근에 크게 확대되고 있으며, 이들 외래 수생식물의 경제적 및 생태적 부정적 영향이 증대되고 있다(Schmidt and Kannenberg, 1998).

수생식물의 분류

수생식물은 서식지에 따라 정수(挺水) 수생식물(emergent aquatic plant), 침수(沈水) 수생식물(submersed aquatic plant), 부엽(浮葉) 수생식물(floating-leaved aquatic plant)과 부유(浮遊) 수생식물(free-floating plant)로 분류할 수 있다(Sculthorpe, 1967).

정수식물은 수심 0.5-1.5 m에서 식물체 경엽부가 물 위로 나오는 식물이며, 목본식물도 포함된다. 대부분 수로주변의 정수식물로 분류되는 중요한 속(genus)은 *Typha*, *Polygonum*, *Phragmites*, *Alternanthera*, *Scirpus*, *Ipomea*, *Tamarix*, *Cephalanthus*, *Populus*, *Juncus*, *Cyperus*, *Monocharia* 등이 포함된다. 주요 정수식물은 갈대, 나도겨풀, 애기부들, 줄, 큰고랭이, 물옥잠, 택사, 창포, 바늘골, 미나리, 고마리, 연꽃, 개연꽃이 포함된다.

부유식물로 분류되는 속은 *Eichhornia*, *Pistia*, *Lemna*, *Salvinia*, *Nymphaea*, *Brasenia* 등이다. 부엽식물은 수심 0.25-3.5 m에서 출현하고 잎이 수면에 뜨는 식물이며, 마름, 어린연꽃, 가래, 수련, 자라풀 등이 포함된다. 부유식물은 식물체 지하부가 기질에 고착되어 있지 않으면서 식물체 전체가 수면에 떠 다니는 자유부유식물(부레옥잠, 생이가래, 개구리밥, 줄개구리밥, 통발, 물상추)과 뿌리내린 부유식물

(연, 뿔말, 미국나팔꽃)로 세분할 수 있다.

침수식물은 투명도가 높은 물에서 수심 10-11 m까지 모든 수심에서 경엽부가 물 속에 잠겨있는 식물이며, 수면 아래에서 발아, 성장, 번식하며, 뿌리와 영양번식기관은 수면 아래에 있는 토양에 남아있다. 침수식물로 분류되는 속은 *Potamogeton*, *Elodea*, *Myriophyllum*, *Ceratophyllum*, *Utricularia*, *Ranunculus*, *Heteranthera*, *Zanichellia* 등이 있다(Lancer and Krake, 2002). 침수식물은 수심이 낮은 수생식물(조류, 말즘, 나자스말류, 나사말류, 실말)과 수심이 깊은 수생식물(이삭물수세미, 검정말, 붕어마름, 줄말, 거머리말, 새우말, 통발류)로 구분할 수 있다.

국내 수로주변의 잡초 분포

국내에서 분포하는 수생식물은 총 162종이 확인되었으며, 정수식물은 45.5%로 가장 많이 분포하였고, 침수식물은 25.0%, 부엽식물은 19.2%, 부유식물은 10.3%를 차지하였다(Lim, 2010). 정수식물 중에는 갈대, 미나리, 나도겨풀, 줄이 많이 분포하였고, 침수식물은 검정말이 가장 흔하게 분포하고, 말즘, 붕어마름, 이삭물수세미 순으로 흔하게 분포하였으며, 부엽식물은 마름, 가래, 가는가래 등이 분포하였고, 부유식물은 좁개구리밥과 개구리밥이 흔하게 분포하였다(Lim, 2010).

Pyon and Shim (1982)이 국내에서 관개수로와 배수로에서 발생하는 수생잡초의 분포를 조사한 바에 의하면 수로의 주변에는 화분과 잡초가 많이 분포하였으며, 특히 바랭이는 30.3%, 줄은 21.7%로 많이 발생되었고, 그 다음 갈대, 나도겨풀, 여뀌, 고마리 등 잡초 순으로 비교적 많이 발생되었으며, 동진강 하류지역인 만경과 진봉에서는 내염성 식물인 매자기가 많이 발생하였다(Table 1). 그리고 침수잡초로는 붕어마름, 물수세미, 말즘이 많이 분포하였으며, 그 이외에 나사말, 마름, 개연꽃도 비교적 많이 분포하였다.

Kim et al. (1990b)이 경남과 경북지역 수로주변에서 잡초 식생을 조사한 바에 의하면 경남지역은 피, 여뀌, 고마리 군

락으로 분포하였다. 피 군락에서는 쑥, 쇠부름, 수염가래, 여뀌 군락에서는 고마리, 미국가막사리, 환삼덩굴, 소리쟁이, 강아지풀, 토끼풀, 조개풀, 쇠뜨기, 고마리 군락에서는 미국가막사리, 환삼덩굴, 닭의잡풀, 바랭이, 쑥, 피, 망초 등이 우점하였다. 그리고 경북지역에서는 환삼덩굴-미국가막사리 군락, 까마중 군락, 고마리-환삼덩굴 군락, 환삼덩굴 군락, 고마리 군락이 분포하였다. 환삼덩굴-미국가막사리에서는 바랭이가 우점하였고, 까마중 군락에서는 바랭이, 개비름이 우점하였다. 고마리-환삼덩굴 군락에서는 나도겨풀, 여뀌, 바랭이, 토끼풀, 질경이, 왕바랭이가 우점하였으며, 환삼덩굴 군락에서는 고마리, 피, 속속이풀, 바랭이, 소리쟁이, 고마리 군락에서는 바랭이가 우점하였다.

국내의 농업용 수리시설인 저수지, 간척담수호, 용수로, 배수로 등을 포함하여 농업에 이용되는 농경습지에서 발생하는 수생식물의 출현빈도는 정수식물 중에는 갈대 88%, 애기부들 77%, 나도겨풀 65%, 고마리 62%이고, 침수식물에서는 말즘 58%, 붕어마름과 다섯가시붕어말 42%, 이삭물수세미와 검정말이 각각 38% 출현하였으며, 부유식물은 좁개구리밥 65%, 개구리밥 42%, 부엽식물은 마름 81%, 어리연꽃이 38% 분포하였다(Ji, 2008). 또한 습지에서 수심별 잡초의 중요도(importance value)를 조사한 바에 의하면 수심 5 cm 이하에서는 사마귀풀, 고마리, 물달개비, 골풀, 미국가막사리, 개십싸리 등에서 높은 중요도를 보였으며, 수심 20 cm에서는 물달개비, 사마귀풀, 고마리, 쇠털골, 기장대풀, 미국가막사리는 더 낮은 수준의 중요도를 보였다(Ji, 2008).

국내 강 주변에 발생한 잡초 분포

강 주변의 식생은 낙동강 일대에서 식생에 관한 식물상 및 식생천이에 대한 연구가 일부 이루어진 편이지만 주로 낙동강 하구에 한정되었다. Kim et al. (1990a)은 낙동강 강변의 잡초식생을 조사하였으며, 광엽잡초가 75%로 주된 초종을 이루었으며, 발생빈도로 보면 바랭이, 갈대, 소리쟁이 등은 61%로 가장 빈번히 발생하는 초종이고, 환삼덩굴 58%,

Table 1. Distribution of major emergent and submersed aquatic weeds in Korea (Pyon and Shim, 1982).

Emergent species	Frequency (%)	Submersed species	Frequency (%)
<i>Digitaria sanguinalis</i>	30.3	<i>Ceratophyllum demersum</i>	37.9
<i>Leersia japonica</i>	13.8	<i>Myriophyllum verticillatum</i>	31.8
<i>Phragmites communis</i>	14.0	<i>Najas graminea</i>	18.0
<i>Polygonum hydropiper</i>	9.4	<i>Nuphar japonicum</i>	6.0
<i>Zizania latifolia</i>	21.7	<i>Potamogeton crispus</i>	31.4
		<i>Potamogeton cristatus</i>	9.4
		<i>Potamogeton oxyphyllus</i>	19.0
		<i>Trapa natans</i>	3.8
		<i>Vallisneria asiatica</i>	31.1

Table 2. Frequency of emergent aquatic weeds in Nakdong River (Kim et al., 1990a).

Weed species	Frequency (%)	Weed species	Frequency (%)
<i>Artemisia princeps</i>	58	<i>Imperata cylindrica</i>	21
<i>Bidens frondosa</i>	47	<i>Persicaria perfoliata</i>	26
<i>Chenopodium album</i>	24	<i>Persicaria thunbergii</i>	45
<i>Conyza canadensis</i>	24	<i>Phragmites communis</i>	61
<i>Cyperus amuricus</i>	42	<i>Polygonum hydropiper</i>	37
<i>Digitaria sanguinalis</i>	61	<i>Rorippar islandica</i>	26
<i>Echinochloa crusgalli</i>	53	<i>Rumex crispus</i>	61
<i>Equisetum arvense</i>	24	<i>Setaria viridis</i>	45
<i>Humulus japonicus</i>	58	<i>Xanthium strumarium</i>	40

쑥 58%, 돌피 53%, 미국가막사리 47%, 고마리 45%의 발생 빈도를 보이는 우점잡초이었다(Table 2). 잡초군락은 환삼덩굴, 여뀌, 고마리, 사철쑥, 개여뀌-강아지풀-바랭이, 갈대군락으로 나눌 수 있었는데, 환삼덩굴 군락에서는 바랭이, 여뀌가 우점하였으며, 여뀌 군락에서는 고마리, 돌피, 갈대, 미국가막사리가 우점하였다. 고마리 군락에서는 주요 우점잡초는 개여뀌, 쑥, 사철쑥 군락에서는 쇠뜨기, 강아지풀, 갈대가 우점하였다. 개여뀌-강아지풀-바랭이 군락에서는 금방동사니, 쑥, 도꼬마리, 환삼덩굴, 여뀌, 쇠뜨기, 등이 우점하였고 갈대 군락에서는 금강아지풀, 환삼덩굴, 바랭이, 새, 고마리, 강아지풀, 락 등이 많이 발생하였다.

국내 강에서 발생한 침수잡초 분포

국내 주요 강에서 볼 수 있는 침수잡초를 살펴보면 낙동강 수계에서는 나자스말, 말, 대가래, 붕어마름, 가시연꽃, 어리연꽃, 생이가래, 소귀나물, 자라풀 등이며(Chung and Choi, 1985), 낙동강 하구에서는 검정말, 말즘, 나사말, 이삭물수세미, 텍사 등이다(Chung and Choi, 1983; Table 3).

한강에서 발생한 침수잡초는 검정말, 나자스말, 대가래, 말즘, 붕어마름, 생이가래, 나사말, 말, 물질경이, 이삭물수세미 등이며(Chung and Choi, 1981; Table 3), 영산강에서는 검정말, 나자스말, 대가래, 말즘, 붕어마름, 생이가래, 가시연꽃, 물질경이, 소귀나물, 어리연꽃, 자라풀, 텍사 등이 발생하였다(Kim et al., 1999; Table 3).

Table 3. Distribution of dominant submersed weeds in the wetlands of rivers, Korea.

Submersed aquatic weeds	Nakdong River water course ^w	Nakdong River estuary ^x	Hangang River ^y	Youngsan River ^z
<i>Alisma cannaliculatum</i>		0		0
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0		0	0
<i>Euryale ferox</i>	0			0
<i>Hydrilla verticillata</i>		0	0	0
<i>Hydrocharis dubia</i>	0			0
<i>Myriophyllum spicatum</i>		0	0	
<i>Najas graminea</i>	0		0	0
<i>Nymphoides indica</i>	0			0
<i>Ottelia alismoides</i>			0	0
<i>Potamogeton crispus</i>		0	0	0
<i>Potamogeton malaianus</i>	0		0	0
<i>Potamogeton oxyphyllus</i>	0		0	
<i>Potamogeton trifolia</i> var. <i>edulis</i>	0			0
<i>Salvinia natans</i>	0		0	0
<i>Vallisneria asiatica</i>		0	0	

^w Chung and Choi, 1985, ^x Chung and Choi, 1983, ^y Chung and Choi, 1981, ^z Ihm et al., 1994

Lim (2010)이 1997년부터 2007년까지 수생식물을 현장에서 조사한 바에 의하면 한강에는 좁은잎말을 비롯하여 109종의 수생식물이 분포하여 가장 많은 수생식물이 분포하였으며, 특히 큰잎부들은 다른 수계보다 한강에 많이 분포하였으며, 나사말은 낙동강과 함께 한강에 대표적으로 분포하였으며, 낙동강에는 107종의 수생식물이 분포하였고, 자라풀, 노랑어리연꽃, 나사말, 유전마름이 많이 분포하였다. 금강에는 85종의 수생식물이 가장 많이 분포하였고, 새우가래, 긴혹삼릉이 흔하게 분포하였으며, 영산강에는 90종의 수생식물이 분포하였고, 자라풀, 남방개, 물참새피 등이 분포하였으며, 섬진강에는 83종의 수생식물이 분포하였고, 새마디꽃은 섬진강에만 분포하였다.

국내 습지에 발생한 외래잡초 분포

국내에서 외래잡초는 279종이 분포하여 자연 생태계를 교란하고 있으며(Park, 2009), 습지에서 외래잡초의 분포를 살펴보면 경기, 충남, 전북, 전남 4개도 모든 지역에 발생된 외래잡초는 토끼풀, 달맞이꽃, 개망초, 망초, 미국가막사

리, 메귀리, 돼지풀, 도꼬마리이고, 소리쟁이, 까마중, 미국개기장, 개비름, 큰땅빈대, 콩다닥냉이, 청비름, 털비름이며, 좁명아주는 경남, 미국미역취와 큰개불알풀은 전남과 전북, 뚝탄지는 경남에서 발생하였다(Kim et al., 1990b; Kil et al., 1989; Table 4).

저수지, 하천변, 강변에 발생한 외래잡초를 살펴보면 미국개기장, 미국가막사리, 토끼풀, 소리쟁이, 망초, 개망초는 모든 지역에서 발생되었고, 달맞이꽃, 도꼬마리, 돼지풀, 좁명아주는 저수지, 하천 및 영산강변에서 발생되었으며, 물참새피, 털물참새피, 털별꽃아재비는 낙동강 주변에만 발생하였다(Ji, 2008; Kim et al., 1990a; Kim et al., 1999; Table 5).

외국의 주요 수생잡초 분포

얕은 물이나 물에 인접한 지대에서 발생하는 수로주변의 잡초는 애기부들, 큰잎부들, 부들, 갈대, 닭의장풀류, 알방동사니 등이 널리 분포한다(Lancar and Crake, 2002). 습지 혹은 소택지와 같이 침수되거나 포화된 두 조건에서 자란 수로 주변잡초는 물달개비, 생이가래류, 바람하늘지기, 피막이, 마름 등을 열거할 수 있다. 부유수생잡초는 생이가래, 개구리밥, 물개구리밥, 좁개구리밥류, 미국나팔꽃, 뿔말 등이 있다. 얕은 수심에서 자라는 침수잡초는 조류, 말즘, 나자스말류, 나사말류, 실말 등이 있다(Lancar and Crake, 2002).

미국에서 경제적으로 그리고 환경적으로 문제되고 있는 수생잡초는 침수잡초로 *Egeria densa*, 부레옥잠, *Salvinia molesta*, 검정말, *Ludwegia peploides*, 이삭물수세미,

Table 4. Dominant exotic aquatic weeds in southern regions of Korea.

Exotic aquatic weeds	Kyungnam Province ^y	Kyungbuk Province ^y	Jeonnam & Jeonbuk Provinces ^z
<i>Amaranthus lividus</i>	0	0	
<i>Amaranthus retroflexus</i>		0	0
<i>Amaranthus viridis</i>	0	0	
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0	0	0
<i>Avena fatua</i>	0	0	0
<i>Bidens frondosa</i>	0	0	0
<i>Chenododium ficifolium</i>	0		
<i>Conyza annuus</i>	0	0	0
<i>Conyza canadensis</i>	0	0	0
<i>Euphorbia maculata</i>		0	0
<i>Helianthus annuus</i>	0		
<i>Lepidium virginicum</i>		0	0
<i>Oenothera odorata</i>	0	0	0
<i>Panicum dichotomiflorum</i>		0	0
<i>Rumex crispus</i>	0		0
<i>Solanum nigrum</i>	0	0	
<i>Solidago serotina</i>			0
<i>Trifolium repens</i>	0	0	0
<i>Veronica persica</i>			0
<i>Xanthium strumarium</i>	0	0	0

^yKim, et al., 1990b, ^z Kil et al., 1989

Table 5. Dominant exotic aquatic weeds in canals, lakes and rivers in Korea.

Exotic aquatic weeds	Canals and lakes ^x	Nakdong River ^y	Youngsan River ^z
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0		0
<i>Bidens frondosa</i>	0	0	0
<i>Chenopodium ficifolium</i>	0		0
<i>Conyza annuus</i>	0	0	0
<i>Conyza canadensis</i>	0	0	0
<i>Galinsoga ciliata</i>		0	
<i>Oenothera odorata</i>	0		0
<i>Panicum dichotomiflorum</i>	0	0	0
<i>Paspalum distichum</i>		0	
<i>Paspalum distichum var. indutum</i>		0	
<i>Rumex crispus</i>	0	0	0
<i>Trifolium repens</i>	0	0	0
<i>Xanthium strumarium</i>	0		0

^x Ji, 2008, ^y Kim et al., 1990a, ^z Kim et al., 1999

Table 6. Currently registered herbicides used in aquatic sites in the US (Parochetti et al., 2008).

Herbicide	Max rate	Action	Concerns on submersed uses
Carfentrazone-ethyl	0.8 pt/A	Contact	Emergent and floating plants
Diquat	0.37 ppm	Contact	Hydrilla and Eurasian watermilfoil
Endothal	5.0 ppm	Contact	Hydrilla and Eurasian watermilfoil
2,4-D amine (G)	2.0 ppm	Systemic	Eurasian watermilfoil and water hyacinth
Triclopyr amine	2.5 ppm	Systemic	Eurasian watermilfoil
Fluridone	0.15 ppm	Systemic	Submersed weed control
Glyphosate	6.0 pt/A	Systemic	Emergent and floating plants
Imazapyr	3 - 4 pt/A	Systemic	Emergent and floating plants
Penoxsulam	0.15 ppm	Systemic	Hydrilla and Eurasian watermilfoil
Imazamox			US EPA Experimental Use Permit
Quinclorac			US EPA Experimental Use Permit
Bispyribac-sodium			US EPA Experimental Use Permit
Flumioxazin			US EPA Experimental Use Permit

Myriophyllum aquaticum, *Potamogeton* spp (*P. nodosus*, *P. pectinatus*, 말즘, *P. gramineus*)이다(Lancar and Crake, 2002).

강 및 수로주변 수생잡초는 *Lythrum salicaria*, *Typha* spp, *Arundo donax*, *Melaleuca quinquenervia*, *Spartina alternifolia*, *Tamarix* spp, 조류는 *Cladophora* spp, *Rhizoclonium* spp, *Spirogyra* spp, *Caulerpa taxifolia* 등이다(Anderson, 2003).

미국 농무성(USDA, 1977)에 의하면 수로에서의 주요 수생 잡초 발생 추정면적은 부레옥잠은 405,000 ha로서 가장 심하며, 다음으로 이삭물수세미는 202,000 ha이고, *Alternanthera philoxeroides*, *Egeria densa*, 검정말, *Pistia stratiotes*는 소면적에 발생하였다.

동남아시아 8개국에서 많이 발생되고 있는 잡초는 부레옥잠, *Pistia stratiotes*, 검정말, *Nelumbo nucifera*, *Scirpus grossus*, *Panicum repens*, *Typha angustifolia*, 물달개비, *Salvinia molesta*, *Salvinia cucullata* 등이다(Soerjani et al., 1974).

인도에서 발생하는 수생잡초는 약 160종이고, 이 중 가장 문제되는 수생잡초는 부레옥잠, *Ipomoea aquatica*, *Typha angustata*, 붕어마름, *Salvinia molesta*, *Nelumbo nucifera*, *Alternanthera philoxeroides*, 검정말, *Vallisneria spiralis*, *Chara* spp., *Nitelia* spp., *Potamogeton* spp. 등이다(Sushilkumar, 2011). 아프리카에서 가장 심각한 수생잡초는 부레옥잠, *Pistia stratiotes* 과 남아메리카 원산지인 *Saivinia molesta*이다(FAO, 2003).

외국에서 수생잡초의 방제 현황

미국을 비롯한 서구 국가에서는 수생잡초를 방제하기 위하여 주로 제조제에 의존하고 있다. 관개농업에서 관개로 및 배수로에서 잡초를 방제하려면 경제적인 면을 고려하기 때문에 제조제에 의한 수로잡초를 방제할 필요성이 점

점 증가하고 있다.

수생잡초는 관개수로, 배수로, 수영장, 연못 등 다양한 곳에서 피해를 주기 때문에 예방적, 기계적, 생물적, 화학적 방법으로 방제하고 있으며, 최근에 종합적 방제에 관한 연구도 이루어지고 있다.

물리적, 기계적 및 생태적 방제: 물리적 방제는 소규모로 잡초가 발생한 곳에서는 인력으로 낮이나 예취기로 잡초를 베거나 뽑는 방법을 이용할 수 있다. 대부분의 수생잡초는 새로운 싹이 발생할 수 있는 지하기관인 지하경이나 인경을 가지고 있기 때문에 효과적으로 방제하기 위하여 지하부 생장(뿌리와 지하경)을 수확하는 것이 매우 중요하다.

넓은 면적 저수지나 혹은 호수에서는 모터작동 잡초수확기를 이용하여 잡초를 제거하며, 식생을 효과적으로 관리하기 위하여 시즌에 몇 차례 제거하여 잡초가 수면위로 자라는 것을 막아준다(Lancer and Krake, 2002). 그 이외에 체인 끌기, 준설작업, 라이닝 공법, 화염방사기를 통한 고온 처리(45-55°C) 등을 열거할 수 있다(Lancer and Krake, 2002).

침수잡초를 방제하기 위한 생태적 방법으로 수위(water level)를 낮게 변화시켜 잡초를 방제한다. 침수잡초를 건조하게 하거나 저온에 노출시켜 잡초를 방제할 수 있다. 인도에서는 수로에서 침수잡초 뿌리를 고사시키기 위하여 배수를 하여 잡초가 태양에 노출시켜 6개월 동안 재생을 예방하였다(Schmidt and Kannenberg, 1998).

생물적 방제: 생물적 방제는 잡초를 방제하기 위하여 천적을 이용한다. 예를 들면 장기적 관리계획에서 일부 곤충은 이삭물수세미와 털부처꽃 방제에 이용되었다. 세계적인

로 가장 심각한 수생잡초인 부레옥잠을 방제하기 위하여 미국에서는 천적인 바구미(*Neochetina bruchi*)를 인도에 도입하여 방제하였으며(Jayanth, 1998), 또 다른 바구미(*Euhrychiopsis lecontei*)는 이삭물수세미 방제에 이용되었다(Sheldon and Creed, 1995). 해충 이외에 백조와 같은 물새는 작은 연못에서는 잡초를 완전히 제거할 수 있지만 육식 동물로부터 보호해야 한다(Lancer and Krake, 2002).

가장 폭넓게 이용되는 생물방제 대상은 잉어의 일종인 초어(grass carp, white amur)이다. 초어는 중국과 러시아 원산이고, 15~20년 살 수 있다. 초어는 대부분의 침수식물을 먹는다. 그러나 초어는 일부 식물 초종을 더 잘 먹으므로 이삭물수세미 혹은 매트형성 조류와 같은 문제잡초를 섭식하기 전에 가래와 같은 토착 식물을 흔히 먹는다(Lancer and Krake, 2002). 그러나 초어는 개구리밥과 좁개구리밥에는 효과가 없었다.

초어 집단은 물에서 지하식생을 절멸시킬 가능성이 있기 때문에 식생이 물고기와 야생생물에 중요한 천연호수와 습지에는 결코 방출하지 않도록 해야 한다. 미국 인디애나주에서 초어 밀도는 15~30 마리 $acre^{-1}$ 이고 크기는 10~12인치 이어야 하며, 이보다 더 작은 초어는 배스(bass)와 같은 약탈자에 의하여 빠르게 제거될 수 있다(Lembi, 2009). 대부분의 연못에서는 초어 밀도를 낮게 하여 일부 식생은 물고기 서식지로 남게 한다. 그러나 골프장 연못과 같이 관상적인 목적으로 사용되는 식생에는 초어의 밀도를 높여서 이용할 필요가 있다.

아프리카 원산지의 담수어인 틸라피아(tilapia)는 미국 South Carolina에서 대부분 조류방제에 매우 효과적이지만 온대지방에서는 월동이 안 되기 때문에 매년 치어를 공급해야 하는 단점이 있다(Whetstone, 2005).

화학적 방제: 적절하게 사용된다면 제초제는 물고기와 야생생물에 피해를 주지 않고 수생식생을 방제할 수 있다. 일부 제초제는 선택적으로 수생잡초를 방제할 수 있다. 또한 수생잡초 제초제는 일부 지역에 처리하고 다른 지역에 처리하지 않는 것이 바람직할 때 수생식물 관리 계획에 맞출 수 있다. 제초제는 이삭물수세미와 같은 외래잡초를 효과적으로 방제할 수 있다(McCarthy, 2005).

미국에서 제초제는 환경보호처에 등록된 제초제만 사용하여야 하며, 제초제의 사용 설명서에 따라 처리되어야 한다. 환경보호처에 등록된 제초제의 부작용으로부터 환경을 보호하기 위한 세 종류 요인은 물에서 극도로 낮은 양으로 사용해야 하고, 제초제는 물에서 오래 동안(보통 며칠 이내) 지속되지 않으며, 제초제가 사람 혹은 동물의 지방조직에 축적되지 않아야 한다(Lancar and Krake, 2002).

미국에서 2004년 이전에는 8개의 제초제만이 일부 지역

에서 등록되어 사용되어 왔다. 수생잡초 제초제로 glyphosate, fluridone, triclopyr이 1977부터 2002년 사이에 등록되었고, 2002년 이래 추가적으로 imazapyr, carfentrazone-ethyl, penoxsulam이 등록되었다. 현재 imazamox, quinclorac, bispyribac-sodium, flumioxazin 제초제는 실험용 목적으로 등록되었다(Parochetti et al., 2008; Table 6).

Lembi (2009)에 의하면 미국 인디애나주에서는 침수식물인 가래, 나자스말과 *Elodea canadensis*에는 endothal, diquat, fluridone, 침수식물인 물수세미와 붕어마름에는 2,4-D, triclopyr, fluridone, 자유부유식물인 좁개구리밥, *Wolffia columbiana*에는 diquat, fluridone, 뿌리내린 부유식물인 수련과 개연꽃에는 glyphosate, 그리고 정수식물인 부들, 버드나무와 기타 다년생 식물에는 glyphosate를 각각 추천하였다.

국내에서 수생잡초의 관리방향

국내에서는 관개수로와 배수로에서 막대한 피해를 주는 수생잡초를 제거하기 위하여 한국농어촌공사에서는 전국 94개 지사를 통하여 매년 약 100억 원 이상 예산으로 관내 수로에서 인력에 의한 용수 및 배수로의 수초제거 및 퇴적된 토사 준설작업을 실시하여 침수에 의한 장마철 재해를 사전 예방하여 피해를 최소화하고 있다. 그러나 근래에는 농촌인력의 고령화와 노동력 수급에 한계가 있어 다목적 준설선(바지선)을 제작하여 굴삭기를 태워 수생잡초를 제거하기도 한다.

제초제를 이용한 수생잡초 방제는 나도겨풀과 줄을 대상으로 paraquat와 glyphosate 효과를 검정하였고, 침수잡초인 붕어마름과 말즘을 대상으로 2,4,5-TP와 fluridone 효과를 검정하였다(Pyon and Shim, 1982). 그러나 수생잡초에 대한 제초제의 살초효과와 작물과 환경에 미치는 영향을 평가하여 등록하기 때문에 아직 수생잡초 방제를 위한 제초제는 없는 실정이다.

따라서 우리나라에서도 관개배수로 관리를 담당하고 있는 한국농어촌공사를 중심으로 생력으로 수생잡초를 방제하기 위하여 미국에서 수생잡초 방제용으로 등록된 제초제를 대상으로 한국작물보호협회에서 주관하는 제초제 품목 등록시험을 통과하여 앞으로 등록될 제초제를 이용한 생력 수생잡초 방제가 실용화될 수 있기를 기대한다.

요 약

수로, 하천, 호수, 강 주변에서 발생하는 수생잡초는 양성한 성장으로 관개, 배수에서 유속 감소, 수생 생태계에 영향 등으로 막대한 피해를 입히고 수생잡초를 방제하기 위하여 많은 비용을 지출하고 있다. 따라서 본 연구는 수로, 하천, 강 주변 습지와 수중에서 발생하는 수생잡초와

침입식물의 분포 및 방제에 관한 정보를 분석하여 수생잡초의 효과적인 관리대책 수립에 필요한 자료를 제공하고 자 하였다. 수로, 저수지, 호수 주변의 수생잡초는 갈대, 나도겨풀, 줄, 망초, 개망초, 소리쟁이, 개기장, 미국가막사리, 부들, 주요 강변의 습지에서는 바랭이, 갈대, 소리쟁이, 쭉, 환삼덩굴, 피, 미국가막사리, 고마리가 우점하였다. 수로 및 호수에서 발생한 침수잡초는 검정말, 나자스말, 대가래, 말즘, 붕어마름, 생이가래, 마름이 우점하였다. 습지에서 외래잡초는 토끼풀, 달맞이꽃, 개망초, 망초, 미국가막사리, 메귀리, 돼지풀, 도꼬마리, 미국개기장, 소리쟁이가 우점하였다. 수생잡초 방제는 기계적, 화학적, 생물적 방법에 의존하고 있으며, 앞으로 우리나라에서 습지에서 수생잡초와 외래잡초를 방제하기 위하여 수생잡초의 주기적인 모니터링과 기계적, 화학적 방제를 포함한 종합잡초관리 체계에 관한 연구가 요망된다.

주요어: 수생잡초, 분포, 귀화잡초, 잡초방제, 습지

Acknowledgement

This research was supported by the ReSEAT program funded by the Korean Ministry of Science, ICT and Future Planning through the National Research Foundation of Korea and the Korea Lottery Commission grants.

References

- Anderson, L.W.J. 2003. A review of aquatic weed biology and management research conducted by the United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. *Pest Manage. Sci.* 59:801-803.
- Chung, Y.H. and Choi, H.K. 1981. Flora and distribution of vascular hydrophytes from the Han River. *J. Korean Plant Taxa.* 11:43-52. (In Korean)
- Chung, Y.H. and Choi, H.K. 1983. Flora and distribution of vascular hygro- and hydrophytes from the estuary of Nakdong River. *Kor. J. of Botany* 26(4):197-206. (In Korean)
- Chung, Y.H. and Choi, H.K. 1985. Flora and distribution of vascular hydrophytes from the water course of Nakdong River. *Kor. J. Environ. Biol.* 3(1):29-44. (In Korean)
- FAO. 2003. Management of problematic aquatic weeds in Africa. Corporate Document Repository, Agriculture and Consumer Protection.
- Gangstad, E.O. 1982. Weed control methods for recreation facilities management. CRC Press, London, UK.
- Gunkel, R.C. and Barko, J.W. 1998. An overview of the aquatic plant control research program. *J. Aquatic Plant Manage.* 36:23-24.
- Huser, T.E. 1968. Economics of aquatic weed control in the central and southern Florida flood control district. *Hyacinth Control J.* 7:16-17.
- Im, I.B., Lee, S.L., Huh, S.M. and Lee, S.Y. 1994. Physio-ecological characteristics and control of *alopecurus aequalis* Sobol. var. *amurensis* (Kom.) ohwi.-1. gemination and emergence under several environmental conditions. *Kor. J. Weed Sci.* 14(4):239-244.
- Jayanth, K.P. 1988. Role of exotic weevils in the biological control of floating aquatic weeds: *Eichhornia crassipes* and *Salvinia molesta*, Proc. Workshop on Management of Aquatic Weeds, Punjab, 21 Nov. 1987.
- Ji, K.J. 2008. Characteristics of hydrophytes distribution in agricultural wetlands in Korea. *Korea Commission on Irrigation & Drainage J.* 15(2):62-76. (In Korean)
- Kil, B.S., Yun, K.W., Rho, B.J. and Kim, C.H. 1989. Flora and distribution of aquatic vascular plants in Cholla-nam-bukdo, *Kor. J. Limnology* 22(2):111-126. (In Korean)
- Kim, H.S., Ihm, B.S. and Lee, J.S. 1999. Distribution of specific plants and hydrophytes in the wetland of Youngsan River. *Kor. J. Plant Resources* 12(4):303-311. (In Korean)
- Kim, K.U., Kwon, S.T., Back, K.W. and Kim, H.Y. 1990a. Floristic composition and community dynamics along the Nakdong River. *Kor. J. Weed Sci.* 10(2):67-74. (In Korean)
- Kim, K.U., Kwon, S.T., Back, K.W. and Kim, H.Y. 1990b. Weed vegetation analysis by two dimensional ordination analysis along the waterway of Kyungnam and Kyungpook Provinces. *Kor. J. Weed Sci.* 10(2):75-82. (In Korean)
- Lancer, L. and Krake, K. 2002. Aquatic weeds and their management. International Commission on Irrigation and Drainage.
- Lembi, C.A. 2009. Identifying managing aquatic vegetation. *Aquatic Plant Manage.*, Purdue Extension APW-3-W, Purdue University, USA.
- Lim, Y.S. 2010. Distribution characteristics of hydrophytes in Korea. PhD Diss., Soonchunhyang Univ., Asan, Korea.
- Lynch, J.J., King, J.E. and Chamberlain, T.K. 1950. Effects of aquatic weed infestations on the fish and wildlife of the Gulf States. United States Department of Interior, Fish and Wildlife Service, Special Scientific Report No. 39.
- McCarthy, G. 2005. Aquatic vegetation management. Dept. of Environmental Protection, State of Connecticut, USA.
- Metha, I., Krishina, R. and Taunk, A.P. 1973. The aquatic weed control problems in the Chambal irrigated area and its control using grass carp fish. Regional Seminar on Noxious Aquatic

- Vegetation in Tropics, New Dehli, India.
- Mitchell, D.S. 1974. An appraisal of the problems of aquatic weeds. In Mitchell, D.S. (ed.), *Aquatic Vegetation and Its Use and Control*. UNESCO, Paris, pp. 116-118.
- Park, S.H. 2009. New Illustration and Photographs of Naturalized Plants of Korea, Ilchokak, Seoul, Korea. (In Korean)
- Parochetti, J., Arsenovic, M., Gestinger, K., Stubbs, D. and Haller, W. 2008. Addressing the need for herbicides for aquatic weeds in irrigation water in the US. *Outlook on Pest Management*, June 2008:112-116.
- Pyon, J.Y. and Shim, I.S. 1982. Distribution and control of aquatic weeds in irrigation and drainage canals. *Kor. J. Weed Sci.* 2(2):169-174. (In Korean)
- Rockwell, H.W. 2003. Survey of the literature on the economic impact of aquatic weeds. Ph D Diss., University of Florida, USA.
- Schmidt, J.C. and Kannenberg, J.R. 1998. How to identify and control water weeds and algae. 5th Ed., Applied Biochemists, WI, USA.
- Sculthorpe, C.D. 1967. *The biology of aquatic vascular plants*. Arnold Publ., London, England.
- Sheldon, S.P. and Creed Jr, R.P. Jr. 1995. Use of native insects as biological control for an introduced weed. *Ecol. Appl.* 5(4):1122-1132.
- Soerjani, M., Pancho, J.V. and Vuong, N.V. 1974. Aquatic weed problems and control in Southeast Asia, Southeast Asia. *Workshop on Aquatic Weeds*. BIOTROP, Bogor, Indonesia. pp. 1-3.
- Sushilkumar, S.S. 2011. Aquatic weeds problems and management in India. *Indian J. Weed Sci.* 43:118-138.
- USAID(US Agency for International Development). 1971. Economic damage caused by aquatic weeds (Preliminary Survey). TA/OST 71-5.
- USDA(US Department of Agriculture. 1977). Report of the SEA Research Planning Conference on Aquatic Weed Control, Davis, California: Science and Education Administration.
- Whetstone, J.M. 2005. Aquatic weed control, HGIC1714. Clemson University, <http://www.clemson.edu/extension/hgic>. (Accessed Feb. 2, 2015)
- Wunderlich, W.E. 1968. Aquatic plant control and dollar. *Hyacinth Control J.* 7:28-29.