

미국 습지의 실태, 보호, 보존과 복원¹⁾

최 영 동²⁾

미국 퍼듀대학교 - 칼류멧 생물학과 교수

습지라 하면 영구적 혹은 일시적으로 물에 젖어있거나 잠겨있는 땅을 칭한다. 주로 저지대에 위치해 있기에 저습지라고도 불리우며, 젖어있는 상태에서 형성된 독특한 토양(hydric soil)과 이러한 환경에 적응한 종의 식물(hydrophyte)들로 특징지어진다. 미국 내의 습지관리를 총괄하는 미육군공병단(US Army Corps of Engineers)의 기준에 따르면, 연중 3주 혹은 그 이상 연속해서 물에 젖어 있거나 잠겨있는 토지는 습지로 분류된다. 지난 수십년 동안 습지에 관한 연구는 매우 활발하게 진행되어 왔고, 이러한 연구의 결과로 홍수방지, 수질정화, 야생동물의 서식처 제공, 심지어는 식량생산 등 습지의 많은 순기능이 알려지게 되었다(Mitsch and Gosselink 2007).

미국의 습지는 크게 바다와 접해있는 해안습지(coastal wetlands)와 내륙에 산재한 담수습지(freshwater wetland)로 구분된다. 해안습지(사진 1)는 주로 대서양을 접하고 있는 미 동부의 해안지역과 멕시코만과 접해 있는 미 남부의 해안지역에 집중되어있다. 해안습지는 다시 연안 해수습지(tidal salt marsh), 연안 담수습지(tidal freshwater marsh), 그리고 맹그로브 습지(mangrove swamp)로 세분된다. 연안 해수습지는 직접 바다와 접해있기에 해수의 염도가 높으며, 주로 미 북동부의 해안을 따라서 위치해있는데 총 면적은 약 2백만 헥타르로 추정된다. 연안 담수습지는 연안 해수습지보다 내륙쪽에 위치해 있기에 염도가 비교적 낮으나, 밀물 때에는 여전히 조수의 영향을 받는다. 총면적은

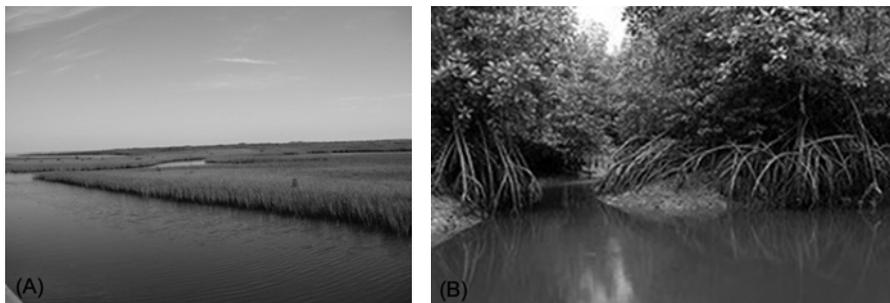


사진 1. 미국 동부의 대서양 연안과 남부의 멕시코만 연안을 따라서 산재한 (A) 연안 해수습지(salt marsh)와 (B) 맹그로브 습지(mangrove swamp)의 전경.

1)Current Status, Conservation and Restoration of the Wetlands in U.S.

2)CHOI, Young D., Dept. of Biological Sciences, Purdue University Calumet, USA, E-mail: ydchoi@purduecal.edu



사진 2. 미국의 내륙 담수습지의 유형들: (A) marsh라고 불리는 초지 형태의 늪, (B) swamp라고 불리는 숲 형태의 늪, 그리고 (C)이탄이 퇴적된 습원.

약 65만 헥타르로 추산된다. 맹그로브 습지는 아열대성 기후권역인 미 동남부 연안과 남부 연안의 일부에서만 볼 수 있는데, 이곳에는 그 이름이 뜻하는 바와 같이 맹그로브(mangrove)라는 독특한 나무가 식생을 우점하고 있다. 대부분의 맹그로브 습지가 집중되어 있는 플로리다주에만 약 17만5천 헥타르가 존재하는 것으로 추산된다(Mitsch and Gosselink 2007).

한편, 내륙의 담수습지(사진 2)는 사초(*Carex* spp.), 골풀(*Juncus* spp.) 그리고 부들(*Typha* spp.) 같은 초본식물들이 식생을 우점하는 초지형태의 늪(marsh)과 삼나무(*Taxodium* spp.), 오리나무(*Alnus* spp.) 그리고 물푸레나무(*Fraxinus* spp.) 같은 목본식물들이 주종을 이루는 숲 형태의 늪(swamp)으로 구분된다. 하천변 혹은 범람원에 위치해있는 습지들을 모두 통틀어서 하천변 습지(riparian wetlands)라고 한다. 한냉대성 기후권역인 미국 북부와 캐나다, 알래스카에 있는 늪의 바닥에는 이탄(peat)이 퇴적된 경우가 많은데, 이러한 늪을 이탄습원(peatland)이라고 한다. 이탄습원은 호수가 육지화되는 천이과정의 단계이며, 천이의 정도와 습원수의 산도(pH)에 따라 알카리성 습원(fen)과 산성 습원(bog)으로 세분된다. 알카리성 습원의 단계에서는 외부 고지대로부터 물이 유입도 되고, 보다 낮은 지대로 유출도 된다. 또한 모암(bedrock)

인 석회암의 영향으로 습원수는 중성 내지 약 알칼리성(pH = 7-8)을 보인다. 하지만 유기물질(organic matter)과 이탄이 계속 퇴적되면 습지는 외부로부터 차단되어 산성 습원으로 천이된다. 이 단계에서는 빗물을 제외하고는 외부로부터의 물의 유입이 없으며 유출도 매우 미미하거나 아예 없다. 또한 습지 내 유기물질의 분해과정에서 만들어진 유기산의 영향으로 인해 습원수는 강한 산성(pH = 3-4)을 나타낸다. 산성 습원은 결국 육지화되어 초지나 숲으로 천이된다. 한편, 미국과 캐나다의 중서부 초원에는 약 1만4천 년 전에 시작된 빙하의 퇴각과정 중에 형성된 수많은 크고 작은 웅덩이에 발달된 초지 형태의 늪들이 산재해 있는데 이를 초원못(prairie pothole)이라고 칭한다(Mitch and Gosselink 2007).

알래스카와 하와이를 제외한 미 48개주에 있는 내륙 담수습지의 총 면적은 약 4천2백만 헥타르에 달하는 것으로 집계된다. 이는 1780년대의 추정치 8천9백만 헥타르에서 절반 이상이 줄어든 수치이다(Jonson 1994, Gibbs 2000). 지난 230년간 남한 국토면적의 거의 5배에 달하는 습지가 없어진 셈이다. 특히 20세기 초반과 중반에 걸쳐서 일어난 농업혁명으로 인하여, 미 중서부의 거의 모든 습지는 인위적인 배수(drainage)를 거쳐서 농업용지로 전환되었다(Keddy et al.

2009). 이러한 습지의 파괴에는 미국연방정부도 한몫하여서, 습지를 농지로 바꾸는 농부들에게 미 농무성(Department of Agriculture)이 장려금을 지급하기도 하였다(Mitch and Gosselink 2007). 따라서 미 중서부의 광활한 곡창지대는 모두가 배수된 습지와 초지(prairie)에 조성되었다고 보아도 무방하다. 이렇게 농경지로 전환된 습지 중의 상당부분은 20세기 후반에 급격한 도시화를 거치면서 또 한 번의 변화를 맞게 된다. 특히 대도시의 확산으로 인하여 많은 위성도시들과 이에 따른 제반시설(도로, 주차장, 쇼핑몰, 거주지역 등)이 예전의 습지에 들어선 것이다(사진 3). 이렇게 무분별하게 진행되어온 습지 파괴 및 훼손은 수많은 생태적 그리고 경제적 피해의 원인이 되었음은 주지의 사실이다(Costanza *et al.* 1997, Keddy *et al.* 2009). 미 대륙에서의 습지파괴의 유형은, 앞서 언급한 바와 같이 (1) 농경지로의 전환을 위한 인위적 배수, (2) 건설자재(모래, 자갈

등)의 채취, 저수용량의 증대, 혹은 경관미화를 위한 준설, (3) 개발을 위한 매립, 그리고 (4) 하천정비를 위한 범람원 제거 등을 들 수 있다. 또한 인근 농지와 주거지역의 정원 같은 비점오염원에서 유출되는 표면수 및 침출수와 함께 유입되는 잔존비료 및 농약에 의한 부영양화와 수질오염, 도로와 주차장 등의 건설에 의한 지표면 불투수층의 확대로 야기되는 지하수위의 하강, 도로나 철도 등에 의한 표면수 흐름의 차단, 과도한 도시하수와 침출수의 유입으로 인한 하천수위의 상승, 농경지에서 유실된 과도한 토사의 퇴적(sedimentation), 그리고 외래종의 침입으로 인한 생태계 교란 등은 그나마 남아 있는 습지의 자연생태구조와 기능을 심각하게 훼손시키고 있다(Choi and Bury 2003, Chun and Choi 2009).

습지파괴 및 훼손의 대표적인 사례는 미시시피강에서 찾아볼 수 있다. 미시시피강은 미 북부 미네소타주에 소재한 이타스카 호



사진 3. 극심하게 변형·훼손된 하천변 습지. 미국 중서부 인디애나주의 북서부 하몬드시(Hammond) 근처에 위치한 하천, 리틀 칼류멧 강(Little Calumet River) 주변 지역의 항공사진이다. 하천과 습지는 제방에 의하여 격리되었고, 매립 및 배수된 습지는 한때 농경지로 전환된 적이 있었으나, 현재는 골프장, 쇼핑몰, 고속도로, 그리고 주택들이 들어섰다. 또한 준설로 인하여 수심이 깊어진 못도 보인다 (사진 출처: Indiana State Department of Natural Resources).

수(Lake Itasca)에서 발원하여 장장 4,070 km에 걸쳐서 미 본토 대륙을 종단하여 남부 루이지애나주를 관통한 후 멕시코만으로 흘러드는 거대한 하천이다(US National Park Service 2011). 하지만 지난 200여년간 무분별한 개발로 인하여 미시시피강의 자연적인 원형은 없어진지 오래다. 강 상류지역(Upper Mississippi River)에서는 2천만 헥타르 이상의 하천변 습지가 있었으나 이들의 절반 이상이 농경지로 전환되었고, 하천 내의 천연 모래톱과 하중도, 그리고 범람원 등은 하천 정비사업의 일환으로 제거되었다(Hey and Philippi 1995, Keddy *et al.* 2009). 특히 미네소타주 미네아폴리스시와 중류의 시발점인 미주리주 세인트루이스시 사이의 1,069 km 구간에는 대형선박의 운항을 위해서 수심을 깊게 하려고 29개의 보가 건설되었다 (사진 4, US Army Corps of Engineers 2011). 이러한 하천개발사업은 예기치 못했던 많은 문제점들을 야기하였다. 우선, 범람원들이 사라지면서 하천 주변지역들은 상습적인 홍수피해를 입게 되었다. 건설된 보들이 홍수를 예방할 수 있을 것이라는 당초의 기대와는 달리 홍수피해는 줄지않고 오히려 늘어나기만 했



사진 4. 미시시피강 상류에 건설된 제1호 보(Lock & Dam #1)의 전경. 미네소타주의 미네아폴리스시 인근에 위치해있다 (사진 출처: US Army Corps of Engineers).

다(Hey and Philippi 1995). 더군다나 보에는 토사가 쌓여서 저수용량이 줄고 보의 주변에도 토사가 퇴적되어, 홍수방지의 효과는 더욱 미미해졌다. 미국 본토에는 192개의 지역에 총 238개의 보가 있는데 이들의 대부분은 1950대 이전에 세워진 것으로, 그 절반 이상이 노후하여 제 기능을 하지 못하고 있으며 2020년에 이르러서는 80% 이상이 홍물화될 전망이다. 노후된 보의 재건비용은 아무리 적게 잡아도 1250억 달러(한화로 환산하면 140-150조원)를 넘을 것으로 추산된다(Grier 2005). 보의 수명을 100년으로 잡으면 보수 및 유지비용을 제외한 재건설비용으로만 향후 매년 최소한 1조 4천억원과 이에 대한 은행이자를 쏟아부어야 한다는 계산이다. 이와 같은 이유로 인하여 미시시피강의 보에 관한 찬반논란은 수십년이 지난 아직도 계속되고 있다. 심지어, 일부에서는 보 자체가 홍수피해 증가의 원인이라는 주장이 제기되기도 한다(Films for the Humanities and Sciences 1997). 또한 강물을 따라서 하류로 흘러가야할 토사가 보에 막히면서, 강 하류지역의 미시시피 삼각주에 토사가 제대로 공급되지 않아서 강 하구습지의 생태계가 고사상태에 이르게 되었다(Shaffer *et al.* 2005, Day *et al.* 2007, Keddy *et al.* 2007). 하천변 습지와 범람원이 사라지면서 하천의 수질정화능력도 심각하게 저하되었다. 무려 3억2천만 헥타르를 상회하는 방대한 수계(watershed)유역(그림 1)에서 수많은 지류와 지천들을 통해서 유입되는 잔존농약과 비료, 토사, 그리고 기타 오염물질을 감당하지 못하여 미시시피강의 수질은 날로 악화되고 있다. 이로 인해 미시시피강 하구와 멕시코만이 만나는 뉴올리언스시 앞 바다의 수중 용존산소량은 사실상 0 ppm에 가까운 무산소(anoxia) 혹은 저산소(hypoxia)상태를 벗어나지 못하고 있다(그림 1, US Geological

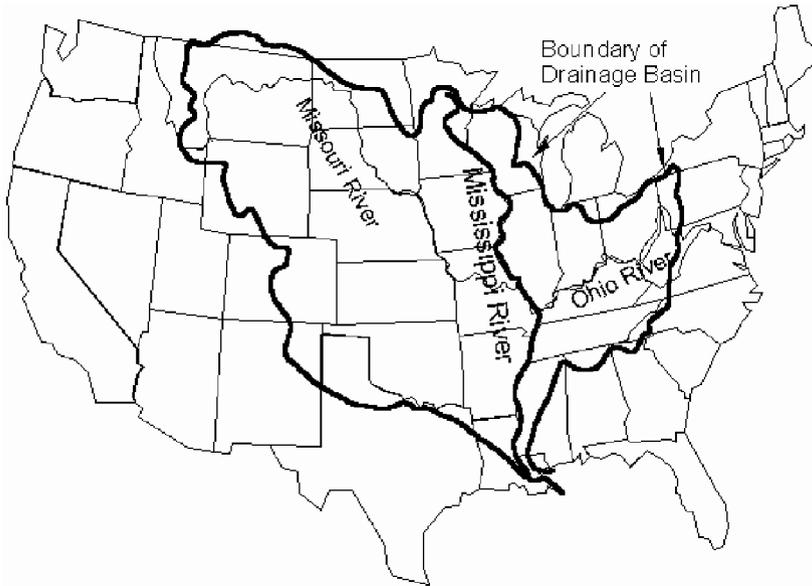


그림 1. 미국 미시시피강의 수계. 미시시피강은 미네소타주 이타스카 호수에서 발원하여 미주리주 세인트루이스시 부근에서 주요 지천인 미주리강(Missouri River)과 오하이오강(Ohio River)이 합류된 후, 테네시주를 거쳐서 루이지애나주를 관통하여 뉴올리언스시 앞바다 멕시코만으로 흘러들어간다. 수계의 전체 면적은 약 3억2천만 헥타르인데, 이는 미 전체 국토의 약 1/3에 해당하며 남한국토면적의 32배를 상회한다 (지도 출처: Dale Easley, University of Dubuque, Iowa).

Survey 2008).

20세기 초·중반까지만 해도, 습지는 모기와 같은 해충이나 독사들이 창궐하는 백해무익한 땅으로만 여겨져왔다. 일부 영화나 소설에는 습지에서 괴물이 출현하는 등 무시무시한 공포의 대상으로 묘사되기도 하였다. 하지만 습지의 순기능이 알려지면서, 20세기 후반에 들어서는 습지는 혐오와 제거의 대상이 아니라 보호와 보존의 대상으로 바뀌게 된다. 따라서 연방정부, 각 주정부와 지방정부, 그리고 수많은 비영리 자연보호단체들, 심지어는 영리를 목표로 하는 중소기업 그리고 대기업들까지 나서서 습지의 보호와 보전 그리고 복원에 참여하고 주도하기도 한다(US Environmental Protection Agency 2011). 한 예로, 1977년에 제정된 미 연방수질관리법 404조(Federal Clean Water Act - Section 404)에는 습지로 지정된 토지

의 개발은 전면금지하도록 규정되어있다. 다만 부득이한 경우에만 극히 제한적인 개발이 허용되지만 이는 미육군공병단의 허가를 받아야하며, 또한 이로 인해 손실된 습지는 동일한 수계구역 내에 대체습지를 조성해야 한다. 이러한 취지 하에 1988년의 부시행정부 이래로 미 연방정부는 더 이상의 습지손실을 용인하지 않는다는 정책기조(no-net-loss wetland policy)를 유지하고 있다(US Department of Agriculture 2011). 하지만, 사유지에는 이러한 정책이 해당이 되지 않고 습지선정의 기준조차 명확하지 않아서 정책시행에 혼선을 빚고 있으며, 그 와중에 아직도 습지가 적지 않게 사라져가고 있다는 주장이 제기되고 있다(National Wildlife Federation 2011).

습지의 복원은 보호·보존과 함께 미 국민의 큰 관심을 받으며 전국적으로 추진·실행



사진 5. 복원된 하천변 습지의 전경. 일리노이주 중부 스프링필드시(Springfield) 인근에 소재한 에미퀸(Emiquon) 습지는 미시시피강의 주요 지류 중의 하나인 일리노이강(Illinois Rivers)의 범람원이다. 과거 농경지였던 2890 헥타르 (약 9백만 평)의 토지를 미국 내 최대 비영리 환경보호단체인 네이처 컨서번시(The Nature Conservancy)가 매입하여 습지로 복원하였다 (사진 출처: The Nature Conservancy).

되고 있다(Hey and Philippi 1995, Young 1996, Zedler 2000). 한 예로 미연방환경보호청(US Environmental Protection Agency)은 500여개의 수계유역에서 해당 지역사회와의 공조 하에 대대적인 습지복원사업을 펼치고 있다(US Environmental Protection Agency 2001). 또한 전환된 농경지를 다시 습지로 복원하는 사업도 한창이다. 한때 습지를 농경지로 전환하는 것을 장려했던 미연방농무성은 이제는 농경지의 일부를 습지로 복원하는 농부들에게 모두 5개의 프로그램(Conservation Reserve Program, Conservation Reserve Enhancement Program, Wetland Reserve Program, Environmental Quality Incentives Program, and Wildlife Habitat Incentives Program)을 통하여 토지보상금 혹은 장려금을 지급하고 있으며, 이를 위한 기술지원과 지도(Conservation Technical Assistance Program)도 제공하고 있다. 이러한 방식으로 농경지가 습지로 복원이 되면 하천의 수질오염이나 홍수피해가 상당부분 줄어들 것으로 기대되고 있다(Brinson and

Eckles 2011). 앞에서 언급한 바와 같이 미국 습지의 대부분은 농경지로 전환되었기에, 복원 역시 농경지를 습지로 바꾸는데 중점을 두고 있다(Hey and Philippi 1995, Detenbeck *et al.* 1999). 이러한 복원은 대개 토지의 침수유도로 시작된다. 예를 들면, 농경지 깊숙히 묻어둔 배수관과 인근의 배수로를 폐쇄하면 지하수위가 높아져 결국 지표면이 물에 젖거나 잠기게 된다. 침수된 토지에 이미 침투한 외래종 식물의 제거·퇴치작업이 이어져 진행되고, 마지막으로 해당지역의 토종식물로 구성된 식생이 복원된다(사진 5). 또한 필요에 따라서 토종동물과 미생물이 투입되기도 한다. 한편, 제방을 허물어서 범람원을 복원하고 직강화된 하천을 원래의 모습과 가깝게 구비쳐 흐르도록 지형을 변경하여 모래톱과 하중도가 복원되도록 유도하기도 한다. 이렇게 복원된 습지들은 생태계의 구조와 기능이 얼마나 회복되었는지, 외래종이 재침투하여 또다시 생태계의 교란이 일어나지 않는지, 예기치 못한 생태계의 훼손이 일어나지 않는지, 그리고 기타 여러가지 사항

들을 장기간 지속적, 그리고 수시로 점검하고 관리를 해야한다(Perrow and Davy 2002). 하지만 많은 노력에도 불구하고 습지복원은 경제적 그리고 기술적인 제한이 있을 수밖에 없다. 복원을 위한 막대한 토지의 구입 비용은 제쳐두고라도, 복원된 습지들의 상당수가 목적을 달성하지 못하는 경우가 허다하다(Galatowitsch and van der Valk 1996, Zedler and Callaway 1999). 아무리 현대의 과학기술이 발달하였다고 하더라도 과거 수천, 수만년간 형성되어온 자연습지를 그대로 재현할 수는 없는 것이다(Choi 2007, Choi *et al.* 2008). 따라서 습지의 복원이 물론 중요하지만, 그보다는 현재 남아있는 기존 습지들의 보호 및 보존이 우선적으로 시행되어야 한다고 생각된다.

참고문헌 및 자료

- Brinson, M. M. and Eckles, S. D., 2011. U.S. Department of Agriculture conservation program and practice effects on wetland ecosystem services: a synthesis. *Ecological Applications*, 21: S116-S127.
- Choi, Y. D., 2007. Restoration ecology to the future: a call for new paradigm. *Restoration Ecology*, 15: 351-353.
- Choi, Y. D. and Bury, C., 2003. Process of floristic degradation in urban and suburban wetland in northwestern Indiana, USA. *Natural Areas Journal*, 23: 320-331.
- Choi, Y. D., Temperton, V. M., Allen, E. B., Grootjans, A. P., Halassy, M., Hobbs, R. J., Naeth, A. A. and Torok, K., 2008. Ecological restoration for future sustainability in a changing environment. *Ecoscience*, 15: 53-64.
- Chun, Y. M. and Choi, Y. D., 2009. Expansion of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. (common reed) into *Typha* spp. (cattail) wetlands in northwestern Indiana, USA. *Journal of Plant Biology*, 52: 220-228.
- Costanza, R. d'Arge, R. deGroot, R. Farber, S. Grasso, M. and Hannon, B. *et al.*, 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260.
- Day, J. W. Boesch, D. F. Clairain, E. J. Kemp, G. P. Laska, S. B. and Mitsch, W. J. *et al.*, 2007. Restoration of the Mississippi Delta: lessons from hurricanes Katrina and Rita. *Science*, 315: 1679-1684.
- Detenbeck, N. E., Galatowitsch, S. M., Atkinson, J. and Bell, H. Evaluating perturbations and developing strategies for inland wetlands in the Great Lakes basin. *Wetlands*, 19: 789-820.
- Films for the Humanities and Sciences. 1997. Video: The Mississippi Flood. Princeton, NJ, USA.
- Galatowitsch, S. M. and van der Valk, A. G., 1996. Characteristics of recently restred wetlands in the prairie pothole region. *Wetlands*, 16: 75-83.
- Gibbs, J. P., 2000. Wetland loss and biodiversity conservation. *Conservation Biology*, 14: 314-317.
- Grier, D. V., 2005. The declining reliability of the US inland waterway system. US Army Corps of Engineers - Institute for Water Resources, Alexandria, VA, USA.
- Hey, D. and Philippi, N. S., 1995. Flood reduction through wetland restoration: the upper Mississippi River basin as a case history. *Restoration Ecology*, 3: 4-17.
- Keddy, P. A., Campbell, D., McFalls, T., Shaeffer, G., Moreau, R., Dranguet, C. and Heleniak, R., 2007. The wetlands of lakes Pontchartrain and Maurepas: past, present and future. *Environmental Reviews*, 15: 1-35.
- Keddy, P. A., Fraser, L. H., Solomeshich, A. I., Junk, W. J., Campbell, D. R., Arroyo, M. T. K. and Alho, C. J. R., 2009. Wet and wonderful: the world's largest wetlands are conservation priorities. *Bioscience*, 59: 39-51.
- Mitsch, W. J. and Gosselink, J. G., 2007. *Wetlands* (4th ed). Wiley Publisher, Hoboken, NJ, USA.
- National Wildlife Federation. 2011. Nowhere near no-net-loss. NWF website <http://cf.nwf.org/wildlife/pdfs/nowherenonerloss.pdf>
- Perrow, M. R and Davy, A. J., *Handbook of ecological restoration: Volume 2, Restoration in practice*. Cambridge University Press, Cam-

- bridge, UK.
- Shaffer, G. P., Gosselink, J. G. and Hoepfner, S. S., 2005. The Mississippi River alluvial plain. 272-315 in *The world's largest wetlands*(Fraser, L. H. and Keddy, P. A. editors). Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- US Army Corps of Engineers - St. Paul District. 2011. Upper Mississippi Navigation Charts. USACE - St. Paul District website <http://www2.mvr.usace.army.mil/NIC2/mrcharts.cfm>
- US Department of Agriculture. 2011. Federal wetland policies and national trends. USDA website <http://www.ers.usda.gov/publications/aer765/aer765f.pdf>
- US Environmental Protection Agency. 2001. Wetland restoration. USEPA Publication 843-F-01-002e.
- US Environmental Protection Agency. 2011. America's wetlands, our vital link between land and water. USEPA website <http://water.epa.gov/type/wetlands/toc.cfm>
- US Geological Survey. 2008. The Gulf of Mexico hypoxic zone. USGS Website http://toxics.usgs.gov/hypoxia/hypoxic_zone.html
- US National Park Service. 2011. Mississippi River facts. US NPS website <http://nps.gov/miss/river-facts.htm>
- Young, P., 1996. The “new science” of wetland restoration. *Environmental Science and Technology*, 30: 292-296.
- Zedler, J. B., 2000. Progress in wetland restoration ecology. *Trends in Ecology and Evolution*. 15: 402-407.
- Zedler, J. B. and Callaway, J. C., 1999. Tracking wetland restoration: Do mitigation sites follow desired trajectories *Restoration Ecology*, 7: 69-73.