

도림천 수변지역 조성을 위한 생태적 관리방안 및 하천환경 관리방안에 관한 연구

이 상 돈*⁺ / 김 석 철**

Studies on the Ecological Management and Stream Environment in Dorim Stream for Establishing Eco-wetland Parks

Sang-Don Lee*⁺ / Seok-Chul Kim

요약 : 도심하천은 도심개발과 오염으로 인해 기능이 점차 상실되고 있다. 본 연구는 도림천의 출현 동물상 및 식물상을 파악하여 도심하천의 건강성을 평가하는 지표종을 발굴하고, 습지보전지역의 가능성을 위한 방안을 토론하였다. 도림천에서 안양천에 이르는 구간에 총 113종의 식물종, 포유류 9종, 조류 23종, 양서류 4종, 파충류 2종과 어류 2종이 관찰되었다. 육상곤충은 71종이 관찰되었으며, 습지식생은 매우 다양하며 총 4개의 권역으로 나누었으며, 도심하천의 특징을 나타내는 수변지역 및 습지식물권역(습지식물권역, 반습지식물권역, 습지주변초지 지역, 습지주변교목지역)에 대한 관리방안이 도출되었다.

핵심용어 : 도심하천, 생태습지공원, 습지생태계, 생물다양성, 도림천

Abstract : Urban streams are degrading functional role due to development and pollution. This study chose the representative stream of Do-rim and identified flora and fauna. The ecological survey aimed at identifying indicator of urban streams for measuring urban healthiness and we discussed the possibility of wetland conservation area. From the beginning of Dorim stream to An-yang mixture we were successfully identified 113 species of plants, 9 of mammals, 23 of birds, 4 of amphibians, 2 of reptiles and 2 of fish species. Terrestrial insects were 71 species. The wetland vegetation is quite various and we suggested 4 different vegetation zones (aquatic vegetation zone, emergent zone, riparian-meadow zone, riparian-woodland zone) depending on distance from the flowing water stream and vegetation characteristics for urban stream management.

Keywords : urban stream, eco-wetland park, wetland ecosystem, biodiversity, Do-rim stream

1. 서 론

우리나라의 습지는 최근에 개최된 람사르 당사국총회(COP-10)을 통하여 그 중요성이 더욱 부각되고 있다. 람사르협약은 생태, 사회, 경제, 문화적으로 가치를 지닌 습지지역을 보전하고 현명한 이용을 도모함으로써 습지를 범국가적 수준에서 체계적으로 보전하고자하는 국제협약이다. 우

리나라의 습지 및 하천은 좁은 국토면적에 비해 약 10만종 이상의 다양한 생물종이 서식하고 있는 것으로 나타났다(환경부, 2001, 2004, 한국육수학회, 2001). 이 중 도심하천은 주기적으로 침수와 노출이 반복되는 수문현상에 의해 독특한 퇴적물과 이에 적응하여 서식하는 다양한 생물상으로 구성되어 있는 보전가치가 높은 생태계이다. 습지는 다양한 생물의 서식처이며 오염물질을 정

+ Corresponding author : lsd@ewha.ac.kr

* 이화여자대학교 공과대학 환경공학과

** 청록환경생태연구소

화하는 탁월한 능력을 가지고 있을 뿐만 아니라 단위면적당 높은 생산성을 보유하고 있는 지역이다(Fournier and Breen 1983; Smith and Smith, 2001). 습지는 또한 육상생태계(terrestrial ecosystem)와 수생태계(aquatic ecosystem)가 공존하며 중간지역인 전이대(ecotone)가 존재한다(Pennak, 1989; Silver et al., 1963). 이 습지는 육상생물계와 수중생물계를 잇는 연결통로(corridor)의 역할을 하고 있다. 이와 같이 다양한 서식공간으로 인해 많은 생물종이 존재하게 된다(Cuker et al., 1990).

따라서 본 연구는 최근 개발과 오염으로 인해 서식환경의 변화가 급속도로 일어나고 있는 도심 하천에 각 분류군별 기초조사를 실시하여 도심하천의 생태변화를 모니터링할 수 있는 수변지역 관리권역을 설정하고(Goldsborough and Kemp, 1988; Tanner et al., 1993), 이들 출현종을 바탕으로 이들을 보전하기 위한 비오톱 조성, 녹지자연도산정, 생태자연도 도출 등과 같은 생태계의 변화를 파악할 수 있는 수생태계의 생태보전계획을 구축하여 환경변화에 민감하고 보전이 필요한 수생태계에 대한 관리체계를 구축하고자 한다.

본 과업은 수생태계의 하천내 생물 분포, 상대 풍부도, 종조성 및 보호종 등을 관찰하여 현재 정부에서 추진 진행 중에 있는 “전국 생태네트워크 구축”의 기본 방안에 대한 보완자료로 활용할 수 있다. 환경부 주도 하에 실시된 상기 자연생태조사는 중장기적 수환경 생태기준 마련 및 생태관리 측면이 상당히 미비하다. 따라서 본 연구는 도림천의 생태계 특성을 존중하는 생태공원을 계획하기 위해서는 습지생태의 근간이 되는 생태계 기초 조사를 실시하고, 이를 바탕으로 생물의 보전 및 생물과 인간이 함께 어울릴 수 있는 친수형 환경 공간을 만드는 것이 본 연구의 목표이다.

2. 연구방법 및 조사지역

본 조사를 위해 대상하천은 서울의 관악구, 안양시, 광명시를 관통하는 도림천을 대상으로 실시

하였다. 도림천의 발원지부터 안양천 합수부까지 하천 생태계를 구성하는 생물상을 조사하고 서식처의 특성을 파악하였다. 조사된 결과를 통하여 도림천의 비오톱지도를 작성하도록 하고, 작성된 비오톱 지도를 이용하여 생물다양성의 증진, 생태계교란종 및 외래종의 관리방안제시 및 사람과 자연이 공생할 수 있는 생태공원 조성방향을 제시하도록 한다(Kirk, 1985; Pielous, 1966; Walford, 1946).

따라서 본 연구의 조사항목은 식생(flora), 동물(fauna)로는 포유류(mammalia), 조류(Aves), 곤충(Insects), 어류(Fishes), 저서성대형무척추동물(Macro-invertebrates) 등을 대상으로 하였으며, 조사 범위는 도림천 지방2급구간(관악산 일대-안양천 합수부)이 선정되었다. 각 생물종에 대한 조사방법은 환경부의 전국자연환경조사지침(2002)을 따라 조사를 수행하였다.

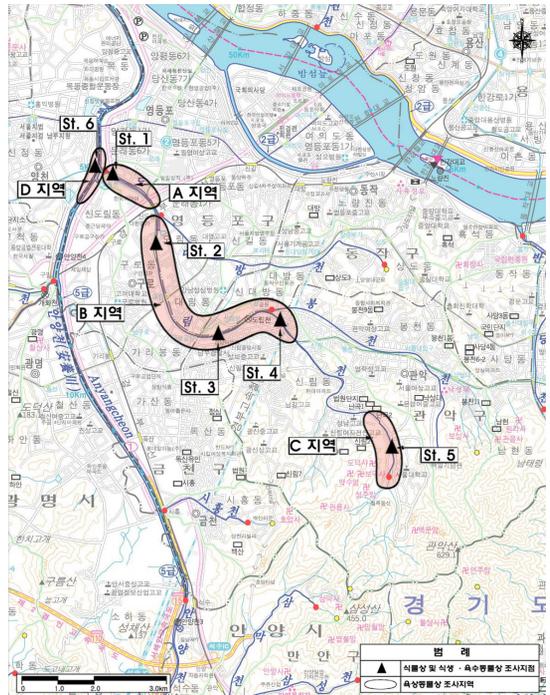


그림 1. 조사지점 위치도

조사지점은 모두 3개의 구간으로 나누었다. 각각의 구간은 지형적 특징이 존재할 뿐 아니라 하

천의 특성을 반영하는 지역이다. A 지역은 도립천 하류구간으로 안양천과 합류하기 직전의 하천이며 수변식생이 잘 발달한 지역이다. B 지역은 도립천 중앙지역으로 모두 3개의 조사정점을 가지고 있으며, 도립천의 핵심구간으로, 수생태, 하천 동식물상이 가장 잘 드러나는 곳이다. C 지역은 도립천의 상류지역으로 관악산의 수계로부터 하천이 발원하는 지역이다. 이 지역은 고도가 비교적 높은 관계로 도립천 하류지역과 다른 생태적 특징이 있는 지역이다. D 지역은 안양천과 도립천이 합류하는 지역으로 안양천의 생물상과 도립천의 생물상이 혼재하는 지역이다(환경부, 2007).

3. 연구결과 및 고찰

본 조사대상 하천인 도립천은 신도립역으로부터 하류구간에 제방부와 고수부지에 식생이 분포하고 있고, 상류역은 대부분 복개되거나 철도, 도로 등이 하천을 점유하고 있으며 제방부는 옹벽으로 이루어져 있어 빈약한 생물상을 나타내고 있다. 도립천 수변부에서 출현한 식물상은 총 33목 62과 140속 179종으로 고마리, 갈대, 여뀌, 환삼덩굴 등이 우점하는 것으로 조사되었다.

동물상은 도심구간의 하천으로 매우 빈약한 것으로 조사되었으며 포유류가 6과 9종으로 상류역인 관악산 일대로 제한되어 출현하고 있으며, 조류는 16과 23종으로 붉은머리오목눈이(*Paradoxornis webbiana*), 흰뺨검둥오리(*Anas poecilorhyncha*) 등이 출현하고, 양서류는 2과 4종, 파충류는 2과 2종, 어류는 1과 2종, 육상곤충은 40과 71종, 저서성대형무척추동물은 14과 15종이 출현하는 것으로 조사되었다. 다음은 각 분류군별 조사내용을 바탕으로 작성된 하천환경 복원계획에 대한 내용이다.

3.1 수변완충지대 및 습지조성방안

본 조사지역의 하천은 주변 도심의 상업시설과 주거지, 도로 등에서 하천으로 오염물질이 직접

유입되고 있어, 하천수질 악화에 영향을 주는 것으로 판단된다. 따라서 하천으로 유입되는 오폐수를 사전에 차집하고, 그 외의 오염원에 대한 도립천의 수질개선과 생물서식처 조성을 위해 소규모 습지를 다양하게 조성하는 것이 좋을 것으로 나타났다. 수변완충지대의 조성으로 하천에 유입되는 오염물질을 차단하고, 완만한 경사와 고른 지표면상에 초본 및 목본류가 식재되어 있는 형태로 집수구역에서의 강우 유출수중의 부유물질, 질소, 인 등을 식물의 표면과 토양침투, 미생물 작용, 뿌리흡수 등의 작용을 통하여 감소시키는 구조로 운영하는 것이 바람직하다(McCafferty, 1981).

하천의 식생은 우리나라처럼 경사가 심한 하천의 특성을 고려하여, 식생의 배열은 키작은 초지, 키큰 초지, 관목의 순으로 조성하도록 한다. 특히, 초본(herbs)의 경우 우수 흐름의 저항을 증가시켜 토양침투를 촉진시키며, 부유물질과 불용성 오염물질을 흡착, 침전에 효과적이며, 관목(shrubs) 및 교목류(trees)는 뿌리를 통한 하천의 안정성과 오염물질의 정화와 생물의 서식처를 제공하는 기능을 한다(Macdonald and Pitcher, 1979). 또한, 식생의 공간적 배치는 종단적으로 사주부 퇴적층, 횡단적으로 홍수의 환경구배를 기준으로 하며, 단일종 중심의 단작형 또는 복수종의 수평적·수직적 다양성을 고려한 군집형을 적용하도록 한다. 하천환경을 구성하는 요인은 하천 종단의 미지형 단위별로 달리 나타나고, 이들 요인에 기인하여 하천 종조성이 달라지므로, 하천의 상·중·하류역에 따라 나타나는 주요 식물종은 다르게 나타났다(표 1).

3.2 도립천 하천주변의 습지 조성방안

습지는 비점오염물질의 영양분이나 부유물질을 저류해야 효과적이지만, 습지가 유역으로부터의 모든 영양분이나 퇴적물을 억제시킨다거나, 소규모 습지 하나로 하류의 수질이 현저히 개선되지는 않는 경향이 있다. 따라서, 여러 가지 조성방안을 고려할 필요성이 있고, 일반적으로 하천주변의 습

표 1. 하천지역의 zoning과 도림천에 나타나는 주요 식물종과 각 zoning의 특징

지역(zone)		하천과의 거리	주요 식물종	비 고
수생식물역 (aquatic plant zone)	하류부	<20m	갈대(<i>Phragmites communis</i>), 줄(<i>Zizania latifolia</i>), 버드나무(<i>Salix koreensis</i>), 애기부들(<i>Typha angustata</i>) 등	넓은 범람현상으로 인해 점토질의 토양이 퇴적되고 갈대나 줄 등의 식물층이 대규모 군락을 형성
정수식물역 (emergent plant zone)	중하류부	20-50m	아까시나무(<i>Robinia pseudo-acacia</i>), 명아주(<i>Chenopodium album</i>), 갯버들(<i>Salix gracilistyla</i>), 선버들(<i>Salix nipponica</i>), 물억새(<i>Miscanthus sacchariflorus</i>), 갈대 등	물의 흐름이 완만하여지고 하상저질은 세립질이고 수변에는 퇴적층이 형성됨. 수변에는 갈대, 물억새 군락이 침수빈도가 낮은 범람현상에는 버드나무류가 하반림을 형성
하원식물역 (riparian meadow zone)	중상류부	50-100m	선버들, 물억새, 갯버들, 달뿌리풀(<i>Phragmites japonica</i>), 고마리(<i>Persicaria thunbergii</i>), 물여뀌(<i>Persicaria amphibia</i>) 등	물의 흐름이 불규칙적으로 일어나는 지역으로 모래 등의 사질토가 퇴적하며 달뿌리풀, 고마리, 여뀌 등의 초본류가 군락을 이룸. 상류보다 다양한 식물종이 형성됨
하반림 (riparian woodland zone)	상류부	>200m	키버들(<i>Salix purpurea var. japonica</i>), 물억새(<i>Miscanthus sacchariflorus</i>), 갯버들, 달뿌리풀 등	빠른 유속으로 인해 토양과 암반의 침식이 일어남. 갯버들, 달뿌리풀 등과 물억새 등의 초본류가 군락을 형성
	계류부	>500m	참느릅나무(<i>Ulmus parvifolia</i>), 갯버들, 신나무(<i>Acer ginnala</i>) 등	육상생태계에 그 영향을 미치며 서식하는 물의 발원지가 됨. 보통 상류의 최상부지역으로 하상에는 거석이 분포함. 계류의 저수로부터 초본류와 달뿌리풀 등이 생육하고 수채와 분리된 상부는 갯버들, 선버들 군락이 생육함

지 조성방안으로는 1) 하천자체에 유량통제 구조물을 설치하거나 또는 하천의 분류에 저류시키는 형태의 습지를 조성, 2) 하천주변에 홍수범람원이 있을 경우 홍수시 하천에서 범람하는 물이 유입되어 퇴적물과 화합물질들이 저류되도록 습지를 조성, 3) 양수에 의해 물을 공급하는 습지 조성방법, 4) 상류의 물을 우회시켜 자연유하를 활용하는 방법 등이 있다.

또한 수변지역은 자연학습장으로 운영이 가능하다. 야생 동·식물에 대한 인식확보 및 자연체험의 기회를 넓히기 위해 아래와 같은 자연학습장의 운영이 필요하고, 본 하천일대 중 조류가 다소 많이 확인되었던 안양천과 도림천의 합수부지역일대와 도림천의 하류지역 혹은 서울대입구주변의 산림지역을 직접 이동하며 주변 생물에 대한 관찰 혹은 체험을 실시할 수 있다.

- A지역에서 확인된 멸종위기사생동물2급인 맹꽂이의 경우, 신도림역주변에서 확인이 되어졌고 하천공사로 인하여 서식지의 훼손이 야기되는 바, 이 지역의 하천공사로 인하여 영향이 예측되는 부지를 중심으로 안양천합수지역까지를 맹꽂이 및 동인지역에서 확인되어진 청개구리와 파충류의 출장지뱀 등의 서식이 가능한 지역으로 복원하여 생태시스템을 구축하여 주는 것이 좋을 것으로 판단된다.
- 현재 신도림역을 중심으로 좌우제방변에서 확인되어진 맹꽂이 및 청개구리 등을 본 지역의 교각하부에 제방을 이용하여 다단적인 습지원을 조성하여 줌으로써 신도림천변에 확산 및 공생을 할 수 있는 여건을 조성하고 이를 통하여 우기 및 본 지역에서 흐르는 물줄기의 정화나 정수역할을 할 수 있도록 하여준다.

표 2. 수생태지역 조성으로 인한 수변식물의 작용 및 수질정화기능, 생태시스템 내용

과정	작 용	수변지역 수질정화 기능	생태시스템
1단계	질소, 인 등을 포함한 부유물질의 침착 식물성플랑크톤 섭식을 통한 미소생물의 성장	BIO-PARK에 재배하는 수생식물의 뿌리는 매트모양으로 퍼져있어 많은 미생물이 서식하도록 함	서식처 조성 및 복원을 통한 양호한 서식환경 조성
2단계	잠자리유충 등 미소생물의 성장 및 미소생물 배설물 등 영양물질에 의한 식물성장	식물성플랑크톤을 섭취한 후에 영양물질을 배출하기도 하고, 대형동물의 먹이가 되기도 함	다양한 서식처의 연결을 통한 네트워크형성
3단계	수생식물에 의한 질소 및 인의 흡수 수질정화를 통한 초화류 및 수생식물 수확	식물성플랑크톤과 영양물질을 감소시킴으로써 수질을 정화한 후, 이들 정화된 물을 항구로 배출함	서식처 확대를 통한 서식환경의 확대

수생태계에 서식하는 생물분류군에 대한 현황 조사, 지표종 선정 및 이들에 대한 사후관리는 위기에 처한 도심하천의 보전을 위해서도 반드시 필요한 연구이며, 이러한 기초조사 결과를 토대로 생물 바이오토피의 조성방안을 제시하여 일반 시민들에게는 질 높은 자연생태환경을 제공하고 환경오염에 취약한 수생태계의 생물종 선정 연구를 통해 훼손된 도심하천의 복원방향을 제시하고자 한다

(Putman and Pierce, 1995).

습지는 여러 가지 다양한 이유와 목적을 위하여 조성·복원되고 있으며, 습지를 조성하는 가장 보편적인 목적은 수질개선, 다른 지역에서 손실되는 습지의 보충, 그리고 야생동물의 서식처 제공 등에 있다(Relyea et al. 2000). 따라서, 비점오염물질 제거를 위한 습지조성은 하천 및 호소를 청결하게 유지하는 것과 습지자원 보충에 기여할 수

표 3. 도림천에 조성되는 각 서식지별 식생유형과 주식생 및 관찰조류의 수변지역 활용방안

서식지유형	주식생	관찰종 및 유도조류	비고	
수 계 의 존 생	하중도 (자갈)	여뀌, 달뿌리풀 등	원앙(<i>Aix galariculata</i>), 청둥오리(<i>Anas platyrhynchos</i>), 흰뺨검둥오리(<i>Anas poecilorhyncha</i>), 백로류(<i>Egretta spp.</i>), 갯작도요(<i>Tringa hypoleucos</i>), 흰목물떼새(<i>Charadrius placidus</i>), 할미새류(<i>Motacilla spp</i>)	휴식지 및 번식지
	하중도 (모래)	줄, 갈풀, 갈대 등	오리류(<i>Anas spp</i>), 도요류(<i>Tringa spp</i>), 할미새류	휴식지 및 채식지
	수변부 (초지)	달뿌리풀, 줄, 갈대 등	오리류, 물닭(<i>Fulica atra</i>)	휴식지 및 번식지
농경지	재배작물(벼 등)	멧비둘기(<i>Streptopelia orientalis</i>), 말뚝가리(<i>Buteo buteo</i>), 황조롱이(<i>Falco linnunculus</i>), 제비(<i>Hirundo rustica</i>), 매까치(<i>Lanius bucephalos</i>), 발종다리 등	채식지	
제방부 (초지형)	달뿌리풀, 갈대군락 등	갯빛개구리매(<i>Circus cyaneus</i>), 황조롱이, 붉은머리오목눈이(<i>Paradoxornis webbiana</i>), 노랑턱멧새(<i>Emberiza elegans</i>), 쑥새(<i>E. rustica</i>), 물까치(<i>Cyanopica cyana</i>) 등	채식지	
제방부 (단목형)	느티나무, 팽나무, 푸조나무 등	멧비둘기, 직박구리(<i>Hypsipetes amaurotis</i>), 박새(<i>Parus major</i>), 참새(<i>Passer montanus</i>), 찌르레기(<i>Sternus cineraceus</i>), 물까치, 까치(<i>Pica pica</i>) 등	채식지	

있고, 습지의 조성이나 복원에 적용되는 생태공학의 원리가 필요하다.

- ① 유지관리가 최소화되도록 설계하고, 시스템 내 식물, 동물, 미생물, 기질, 물흐름 등이 스스로 유지되고 조절될 수 있어야 함
- ② 자연에너지를 최대한 활용하고, 하천의 수두를 최대한 활용하여 자연유하식으로 유입수를 유지함
- ③ 지형조건에 조화롭게 설계되어야 함
- ④ 시스템을 다목적으로 설계하며, 한 개의 주목표와 몇 가지의 부목표를 구분하여 조성함
- ⑤ 시스템을 추이대(ecotone)가 되게 설계함
- ⑥ 시스템을 인공적으로 만들려고 하지 않음
- ⑦ 직사각형 형태의 습지구조, 엄격한 모양의 구조물이나 수로, 규칙적인 형태와 같이 과도하게 인공적인 설계를 하지 않음

본 연구지인 도림천의 경우 다양한 수공간과 수변공간의 창출을 통한 생태적 다양성을 확보하기 위하여 생태적 식생복원이 필요하며, 식생복원을 통한 하천의 건강성(helathiness)을 유지할 수 있으며, 이와 유사한 식생구조를 도입하여 하천 본연의 기능을 증대시킬 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구는 최근 개발과 오염으로 인해 서식환경의 변화가 급속도로 일어나고 있는 서울의 대표적인 도심하천인 도림천에 대해 각 분류군별 기초조사를 실시하여 도심하천의 생태변화를 파악하고, 생태모니터링이 가장 용이하고 수변지역의 변화를 추적할 수 있는 수변식생지역에 대한 관리권역을 설정하여 이를 바탕으로 비오톱조성, 녹지자연도산정, 생태자연도 도출 등과 같은 생태계의 변화를 파악할 수 있는 수생태계의 생태보전계획을 구축하여 환경변화에 민감하고 보전이 필요한 수생태계에 대한 관리체계를 구축하고자 본 연구가 수행되었다.

본 조사대상 하천인 도림천은 신도림역으로부터 하류구간에 제방부와 고수부지에 식생이 분포하고 있고, 상류역은 대부분 복개되거나 철도, 도로 등이 하천을 점유하고 있으며 제방부는 옹벽으로 이루어져 있어 빈약한 생물상을 나타내고 있다. 도림천 수변부에서 출현한 식물상은 총 179종에 이르나 고마리, 갈대, 여뀌, 환삼덩굴 등이 우점하고 있는 도심하천이다. 이들 지역을 대상으로 수생식물권역(aquatic plant zone)을 하류부에 설치하여 갈대, 줄 등의 식생을 조성하며, 정수식물역(emergent plant zone)을 설정하여 교목층을 조성하여 낮은 범람지역에 대한 버드나무류를 조성한다. 하원식물권역(riparian meadow zone)은 중상류부(50-100m)을 조성하여 선버들, 물억새 등을 조성한다. 하반림지역(riparian woodland zone)은 키버들 및 물억새 등을 조성하여 빠른 유속에 따른 토양과 암반의 침식 등을 제어하는 기능을 수행한다.

본 연구를 통해 도출된 수변지역의 관리권역과 각각의 식생은 도림천이 비록 도심에 존재하는 하천이기는 하나 이들 수변권역에 의한 식물종을 통해 생물다양성 및 수변의 침식방지 및 물흐름의 원활한 유지, 하천에 서식하는 어류 등 생물종의 보전 및 관리를 도모할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 수자원확보지속적사업단(1-0-3), 서울지역환경센터의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

한국육수학회, 2001. 한국의 호소환경 조사기법 개발에 관한 연구, 환경부

환경부. 2002. 전국자연환경조사지침

환경부. 2004. 하천식물자료집

환경부. 2007. 수변완충지대 조성 가이드라인.

- Cuker, B. E., P. T. Gama, and J. M. Burkholder, 1990. Type of suspended clay influences lake productivity and phytoplankton community response to phosphorus loading. *Limnology and Oceanography*, 35:830-839.
- Fournier, D.A. and P.A. Breen, 1983. Estimation of abalone mortality rates with growth analysis. *Transactions of the American Fisheries Society* 112: 403-411.
- Goldsborough, W.J. and W.M. Kemp. 1988. Light Responses of a submersed macrophyte: Implications for survival in turbid tidal waters. *Ecology* 69: 1775-1786.
- Kirk, J. T. O., 1985. Effect of suspensoids (turbidity) on penetration of solar radiation in aquatic ecosystems. *Hydrobiologia* 125:195-208.
- McCafferty, W. P. 1981. *Aquatic entomology*. John & Bartlett, Boston.
- Macdonald, P.D.M, and T. J. Pitcher, 1979. Age groups from size-frequency data: a versatile and efficient method of analysing distribution mixtures. *Journal of Fisheries Research Bulletin Canada* 36:987-1001
- Pennak, R. W. 1989. *Fresh-water invertebrates of the United States*. 3rd. Ed. John Wiley & Sons, New York.
- Pielou, E. C. 1966. Shannon's formula as a measure of specific diversity; its use and disuse. *Amer. Nat.*, 100: 463-465.
- Putman, J.H. and C.L. Pierce. 1995. Relationship between environmental variables and size-specific growth rates on Illinois Stream Fishes. *Transactions of the American Fisheries Society* 124: 252-261.
- Relyea, C.D., C.W. Minshall. and R.J. Danahy. 2000. Stream insects as bioindicators of fine sediment. In: *Proceedings Watershed 2000, Water Environment Federation Specialty Conference*, Vancouver, B.C. Canada.
- Silver, S.J., C.E. Warren and P. Doudoroff. 1963. Dissolved oxygen requirements of developing steelhead trout and chinook salmon embryos at different water velocities *Transactions of the American Fisheries Society* 92: 327-343.
- Smith, R. L. and T. M. Smith. 2001. *Ecology and Field Biology*. 6th Ed. Benjamin Cummings, San Francisco.
- Tanner, C.C. J.S Clayton and R.D.S. Wells. 1993. Effects of suspended solids on the establishment and growth of *Egeria densa*. *Aquatic Botany* 45: 299-310.
- Walford, L. A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biological Bulletin*. 90: 141-147.