

# 비닐하우스 경작에 따른 팔당호 유역의 수질특성 및 오염도 평가

## Characteristics and Assessment of Water Quality by Vinyl House Cultivation in Pal-dang Lake Basin

안태웅\*, 최이송\*\*, 오종민\*\*\*

Tae Woong Ahn, I Song Choi, Jong Min Oh

### 요 지

일반적으로 비닐하우스내의 농작물 경작은 자연환경과 차단된 조건에서 작물을 집약적으로 재배하므로 비료의 사용량이 많아 오염원으로 작용하고, 휴작기에 비닐을 제거·방치하므로 비닐 표면에 집적된 오염물은 강우 시 유출되어 이들로 인한 주변 하천수 및 지하수 오염을 가중시킨다. 따라서 팔당호 유역내 하천부지에서 비닐하우스 등이 집단화 되어 있어 이로 인해 팔당호 유역내 수질에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 또한 팔당호 유역내 하천부지에서 대단위 비닐농가가 집단적으로 조성되어 있는 것으로 조사되었으며, 팔당호 유역내 산발적으로 비닐하우스 농가가 형성되어 있는 것으로 조사되었다. 이들 비닐하우스로부터 비강우 시에는 유출 오염수는 없는 것으로 파악되었으나, 강우 시 강우유출수가 표면 유출되는 과정에서 오염수가 팔당호로 직접 유입되어 팔당호 수질에 영향을 미치는 것으로 파악되었다. 팔당호 유역의 비닐하우스 경작에 의한 수질특성 조사 결과, SS 농도는 북한강 372~446 mg/l, 남한강 488~547 mg/l, 경안천 345~415 mg/l로 조사되었으며, BOD 농도는 북한강 12.2~15.3 mg/l, 남한강 13.3~16.8 mg/l, 경안천 15.6~18.8 mg/l로 조사되었고, COD 농도는 북한강 23.9~26.8 mg/l, 남한강 25.2~26.0 mg/l, 경안천 26.4~32.9 mg/l로 조사되었다. 또한 T-N 농도는 북한강 17.39~23.64 mg/l, 남한강 17.87~22.09 mg/l, 경안천 18.34~19.55 mg/l로 조사되었으며, T-P 농도는 북한강 1.425~1.795 mg/l, 남한강 1.519~1.767 mg/l, 경안천 1.727~1.827 mg/l로 조사되었다. 또한, 오염부하량으로부터 산정된 비닐하우스의 하천에 미치는 오염부하기여율은 SS의 경우 17.3%, BOD 4.5%, COD 5.2%, T-N 11.0%, T-P 7.4%로 조사되었다. 이는 비닐하우스 농가에서 유출되는 SS 및 T-N, T-P 오염부하량이 하천에 미치는 영향이 상대적으로 높다는 것을 의미하며, 이는 비닐하우스 주변이 주로 나대지로 되어 있고 비료 또는 영양물질이 많기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 탄소성 유기물질을 나타내는 BOD 및 COD의 오염부하기여율은 주변 토양과 큰 차이를 보이지 않았다. 결국 비닐하우스의 재배는 토양 표면피복의 효과적인 관리 및 영양물질에 대한 관리가 이루어지지 않을 경우 팔당호에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.

**핵심용어 : 비닐하우스, 수질특성, 강우유출수, 팔당호 유역, 오염부하기여율**

### 1. 서 론

일반적으로 하천 및 호소 내 수질변화는 자연적인 물질순환 과정 안에서 해석이 가능하다고 알려져 있다. 하지만 근래에는 자연적인 자정능력의 한계를 넘어서는 오염물질의 유입이 수질변화의 근본적인 원인을 제공하고 있다. 우리나라는 수자원이 부족하여 다목적 댐 등에 의해 조성되는 지표수를 주요 용수원으로 사용하고 있으나, 급속한 산업발전과 개발정책의 가속화에 비례하여 필연적으로 오염부하가 가중되어 왔다. 또한

\* 경희대학교 환경응용과학과 박사과정·E-mail [antaewung@hanmail.net](mailto:antaewung@hanmail.net)

\*\* 정회원·경희대학교 환경연구소 선임연구원

\*\*\* 정회원·경희대학교 건설환경공학부 교수

도시지역 및 산업시설에서 발생된 오염물질이 미처리된 상태로 하천에 방류된 결과 하천의 자정능력 상실, 하천 생태계의 파괴 등이 발생되었고, 심지어 인간의 건강에 심각한 위해를 주고 하천의 최종 유입지인 호소의 오염을 가중시켜 우리가 이용할 수 있는 수자원의 감소를 초래하였다.

경기도 광주시 퇴촌면·남중면에 걸쳐 있는 팔당호는 총저수량 24,400만 ton으로, 1973년 팔당댐이 완공되면서 만들어졌고, 서울특별시의 상수도원으로 보호받고 있어 유원지와 낚시터는 개설되어 있지 않지만 북한강·남한강·경안천으로부터 유입되는 각종 오·폐수로 인해 해마다 오염도가 높아지고 있다. 현재 팔당호 유역의 관리는 상수원 보호구역, 특별대책 I, II권역, 자연보전지역으로 구분되어 관리되고 있으며, 오염발생량은 점오염원의 경우 총량기준에 의하면 남한강 > 북한강 > 경안천 > 한강본류 순으로 많이 배출되고 있다. 또한 최근에는 호소 유역 하천 부지의 비닐하우스 등 농작물 경작으로 인해 유역의 오염이 가중되고 있는 실정이다.

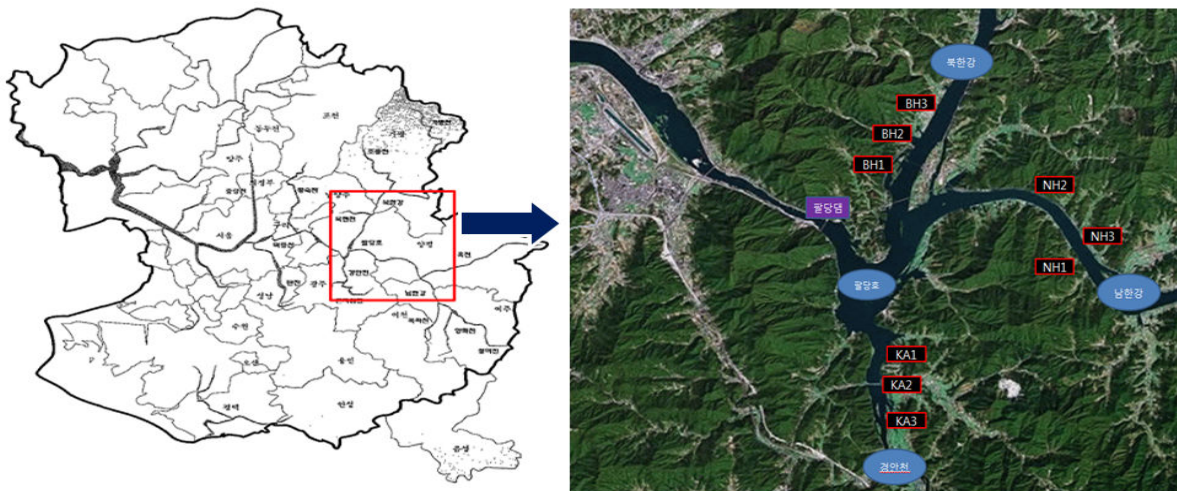
일반적으로 하우스내의 농작물 경작은 자연환경과 차단된 조건에서 작물을 집약적으로 재배하므로 비료의 사용량이 많아 오염원으로 작용하고 또한 장마철인 7월과 8월 사이의 휴작기에 비닐을 제거·방치하므로 비닐 표면에 집적된 오염물은 강우 시 유출되어 이들로 인한 주변 하천수 및 지하수 오염을 가중시키는 역할을 한다. 따라서 팔당호 유역은 인근 하천 부지에서 비닐하우스 등이 집단화 되어 있어 이로 인해 팔당호 및 유역 하천의 수질에 영향을 미칠 것으로 파악된다.

따라서 본 연구에서는 팔당호 유역 하천 부지에 집단화 되어 있는 비닐하우스의 농작물 경작이 팔당호 수질에 미치는 영향을 분석·평가하였다.

## 2. 연구지역 및 방법

### 2.1 연구지역

조사 대상지역인 팔당호 유역의 전경을 <그림 1>에 나타내었다. 팔당호 유역의 비닐하우스에서의 강우 시 유출 특성을 파악하기 위해 북한강 3지점, 남한강 3지점, 경안천 3지점을 선정하였다. 각 지점별 표본조사 분석을 시행하였으며, 수질조사지점 선정은 다음과 같은 선정원칙에 따라 선정하였다. 하천제외지의 대표성이 있는 지역으로 강우 시 현장접근성, 홍수 시 만수의 영향 등을 고려, 토지이용특성별(시설재배, 노지재배, 논, 밭, 작물의 종류 등) 비닐하우스 경작지만을 고려, 오염유출특성 파악과 수질 측정이 용이한 지점을 선정하였다.



<그림 1> 팔당호 유역의 조사 지점

## 2.2 시료채취 및 실험방법

본 조사 연구에서 사용된 분석 방법은 수질오염 공정시험법에 준하였으며, 동법에서 규정하고 있는 수질 오염물질의 농도 측정 방법 및 기기는 <표 1>에 나타내었다. 유량 및 측정지점에 대하여 수질측정 항목 중 수온, pH, EC는 현장 실험을 실시하였으며, DO, BOD, COD, SS, T-N, T-P, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P는 실내 실험을 실시하였다.

표 1. 분석 항목 및 방법

측정항목	측정분석기기	분석 방법
수온(℃)	유리제수온막대온도계	직접측정법
pH	pH METER	이온전극법
EC(μm/cm)	EC METER	이온전극법
DO(mg/l)	DO Meter(YSI 556)	직접측정법
SS(mg/l)	Glass Filter Apparatus	유리섬유여지법
BOD(mg/l)	Incubater	윙클러 아지드화 나트륨 변법
COD(mg/l)	Water Bath	산성100℃ KMnO <sub>4</sub> 법
T-N(mg/l)	광전분광광도계	자외선 흡광광도법
NH <sub>3</sub> -N(mg/l)	광전분광광도계	부루신법
NO <sub>2</sub> -N(mg/l)	광전분광광도계	디아조아법
NO <sub>3</sub> -N(mg/l)	광전분광광도계	부루신법
T-P(mg/l)	광전분광광도계	아스코르빈산 환원법
PO <sub>4</sub> -P(mg/l)	광전분광광도계	아스코르빈산 환원법

## 3. 결론

### 3.1 팔당호 유역의 강우시 측정 개요

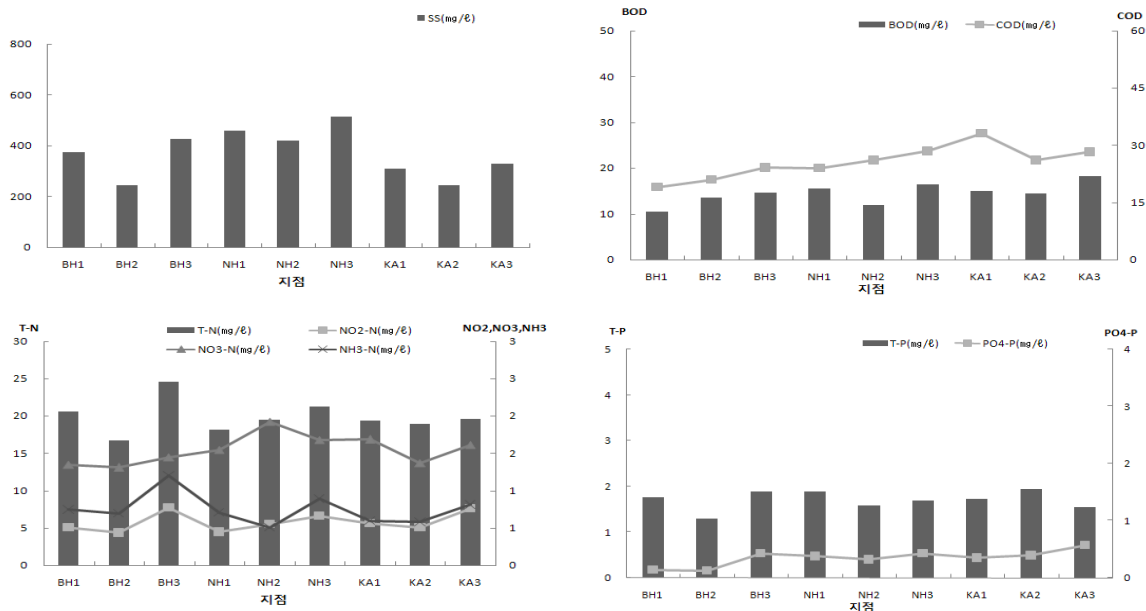
본 연구 조사 지역인 팔당호 유역의 강수량은 연구기간인 4월에서 7월까지의 강수량을 파악하였으며, 4월, 5월 조사 시에는 강수량이 적어 표면유출이 일어나지 않았다. 하지만 6월, 7월 조사 시에는 집중 호우가 내려 비닐하우스로부터의 강우유출이 일어나 샘플링을 실시할 수 있었다. 강우 시 유출수 채취를 위한 실험 일자 는 6월 18일(북한강 유역) 및 29일(경안천 유역), 그리고 7월 24일(남한강 유역) 이었다. 각 시기별 강수량은 6월 18일이 77.5 mm, 6월 29일이 19.5 mm, 7월 24일 203.5 mm인 것으로 나타났으며, 6월 29일에 비교적 강수량이 적음에도 불구하고 유출이 일어난 것은 강우강도가 컸기 때문으로 판단된다.

### 3.2 팔당호 유역의 하천부지 비닐하우스의 강우유출수 수질조사

일반적인 비점오염원의 유출 특성을 보면 초기 강우에 의한 오염물질의 유입이 크다. 이는 초기 강우 시 오염물의 유입이 높다는 것을 의미하며, 강우강도가 높을수록 오염물질의 부하량도 더 크게 반응하여 작용한다는 것이다. 팔당호 유역 비닐하우스에서의 강우 시 수온, pH 분석 결과, 북한강에서는 수온이 22.4~22.8℃로 조사되었으며, pH는 5.97~6.53으로 조사되었다. 그리고 남한강에서는 수온이 22.4~24.5℃로 조사되었으

며, pH는 5.91~6.31의 범위를 나타내는 것으로 조사되었다. 또한 경안천의 경우 수온은 21.3~22.2℃로 조사되었으며, pH는 6.37~6.94의 범위를 나타내는 것으로 조사되었다. 팔당호 유역 비닐하우스에서의 강우 시 EC, DO 분석 결과를 나타내었다. 북한강의 경우 EC는 62.4~89.5  $\mu\text{m}/\text{cm}$ 로 조사되었으며, DO는 7.7~8.5  $\text{mg}/\ell$ 의 범위를 나타내는 것으로 조사되었다. 남한강의 경우 EC는 43.4~113.4  $\mu\text{m}/\text{cm}$ 로 조사되었으며, DO는 7.6~8.3  $\text{mg}/\ell$ 의 범위를 나타내는 것으로 조사되었다. 경안천의 경우 EC는 278.0~299.0  $\mu\text{m}/\text{cm}$ 로 조사되었으며, DO는 7.1~7.7  $\text{mg}/\ell$ 의 범위를 나타내는 것으로 조사되었다. SS 분석 결과, 북한강의 경우 372~446  $\text{mg}/\ell$ 의 범위를 나타내는 것으로 조사되었다. 남한강의 경우 488~547  $\text{mg}/\ell$ 의 범위를 나타내는 것으로 조사되었다. 경안천의 경우 345~415  $\text{mg}/\ell$ 의 범위를 나타내는 것으로 조사되었다.

BOD, COD 분석 결과를 그림 2에 나타내었다. 북한강의 경우 BOD는 12.2~15.3  $\text{mg}/\ell$ 로 조사되었으며, COD는 23.9~26.8  $\text{mg}/\ell$ 의 범위를 나타내는 것으로 조사되었다. 남한강의 경우 BOD는 13.3~16.8  $\text{mg}/\ell$ 로 조사되었으며, COD는 25.2~26.0  $\text{mg}/\ell$ 의 범위를 나타내는 것으로 조사되었다. 경안천의 경우 BOD는 15.6~18.8  $\text{mg}/\ell$ 로 조사되었으며, COD는 26.4~32.9  $\text{mg}/\ell$ 의 범위를 나타내는 것으로 조사되었다. 또한, T-N,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}$ 의 분석 결과를 그림 2에 나타내었다. T-N의 농도범위는 북한강의 경우 17.39~23.64  $\text{mg}/\ell$ 로 조사되었으며, 남한강의 경우 17.87~22.09  $\text{mg}/\ell$ , 경안천의 경우 18.34~19.55  $\text{mg}/\ell$ 로 조사되었다.  $\text{NO}_2\text{-N}$ 의 농도범위는 북한강의 경우 0.432~0.771  $\text{mg}/\ell$ , 남한강의 경우 0.444~0.658  $\text{mg}/\ell$ , 경안천의 경우 0.504~0.760  $\text{mg}/\ell$ 로 조사되었다.  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 농도범위는 북한강의 경우 1.308~1.448  $\text{mg}/\ell$ , 남한강의 경우 1.548~1.926  $\text{mg}/\ell$ , 경안천의 경우 1.368~1.686  $\text{mg}/\ell$ 로 조사되었다. 또한,  $\text{NH}_3\text{-N}$ 의 농도범위는 북한강의 경우 0.696~1.202  $\text{mg}/\ell$ , 남한강의 경우 0.504~0.889  $\text{mg}/\ell$ , 경안천의 경우 0.576~0.809  $\text{mg}/\ell$ 로 조사되었다. 그리고 T-P,  $\text{PO}_4\text{-P}$  분석 결과를 그림 2에 나타내었다. T-P의 농도범위는 북한강의 경우 1.425~1.795  $\text{mg}/\ell$ , 남한강의 경우 1.519~1.767  $\text{mg}/\ell$ , 경안천의 경우 1.727~1.827  $\text{mg}/\ell$ 로 조사되었다.  $\text{PO}_4\text{-P}$ 의 농도범위는 북한강의 경우 0.127~0.422  $\text{mg}/\ell$ , 남한강의 경우 0.318~0.425  $\text{mg}/\ell$ , 경안천의 경우 0.346~0.574  $\text{mg}/\ell$ 로 조사되었다.



<그림 2> 팔당호 유역의 강우 시 수질오염물질에 대한 항목별 분석 결과

#### 4. 고찰

팔당호 유역의 비닐하우스 농가에 대한 현황을 파악하기 위하여 팔당호 및 팔당호로 유입되는 북한강, 남한강, 경안천 유역에 대해 현장방문 및 인공위성사진 등을 중심으로 조사하였다. 경안천 및 북한강은 팔당호

에 인접한 하천부지에서 대단위 비닐농가가 집단적으로 조성되어 있는 것으로 조사되었으며, 남한강 유역에서는 산발적으로 하천유역을 따라 비닐하우스 농가가 형성되어 있는 것으로 나타났다. 이들 비닐하우스 농가로부터 비강우시에는 유출 오염수는 없는 것으로 파악되었으나, 강우 시 강우유출수가 표면 유출되는 과정에서 오염수가 하천으로 직접 유입되어 팔당호 수질에 영향을 미치는 것으로 파악되었다.

### 감 사 의 글

본 연구는 경기지역 환경기술개발센터의 지원으로 이루어졌으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

### 참 고 문 헌

1. 김영철, 이재수(2002), 강우시 유역특성에 따른 유출오염물질 농도곡선의 형상, 대한환경공학회지, Vol. 24, No. 4, pp. 633-645
2. 한국건설기술연구원(2000) 팔당상수원 비점오염원 유출특성과 최적관리방안