

친환경농업용지의 오염물질 유출 특성

최병순[†] · 전일권 · 송영일* · 김태국*

전남도립대학교 토목환경공학과

* (주)디엠이테크

Runoff Characteristics of Pollutants in Environment-Friendly Agriculture Area

Byung-Soon Choi[†] · Ir-Kweon Ceon · Young-Il Song* · Tae-Kuk Kim*

Dept. of Civil & Environmental Engineering, Jeonnam Porvinical College

**DM Environmental Technology Co., Ltd.*

Abstract

This study was carried out to investigate runoff characteristics of pollutants in environment-friendly agriculture area and general paddy field. The monitoring was conducted for five months and event mean concentration(EMC) and BOD, TN, TP, TOC were calculated on the result of the water quality parameters. BOD, TN, TP, TOC was investigated higher at effluent concentration at Environment-friendly paddy field.

EMC(BOD 55.6%, TN 62.1%, TP 31.1%, TOC 54.0%) and load amounts (BOD 56.9%, TN 62.8%, TP 33.3%, TOC 55.2%) were investigated lower at Environment-friendly paddy field compare with general custom paddy field.

Unit-loads estimation results in general custom paddy field was investigated to BOD 0.15kg/ha/day, TN 0.08 kg/ha/day, TP 0.005 kg/ha/day, TOC 0.21 kg/ha/day. whereas, environment-friendly paddy field was investigated to BOD 0.11 kg/ha/day, TN 0.04 kg/ha/day, TP 0.005 kg/ha/day, TOC 0.14 kg/ha/day, respectively.

Keywords : Environment-friendly paddy field, Unit-loads estimation, Pollutants, EMC, General custom paddy field

1. 서 론

하수처리장 보급, 배출기준 강화 등으로 점오염물질은 계속 감소하고 있으나 도시·도로·농지 등에서 발생하는 비점오염물질은 계속 증가하고 있어 점오염원 이후의 선진적 유역·수질관리체계를 구축하기 위한 비점오

염원에 대한 관리대책이 절실히 요구된다. 비점오염원이 수질오염에서 차지하는 비중은 2003년에는 수계별로 42-69%로 2015년에는 65-70%에 이를 것으로 예상되고 있으며 4대강 사업으로 조성된 보와 저수지의 수질관리와 쾌적한 친수공간 조성을 위해 그 관리의 필요성이 더욱 증대되고 있다¹⁾.

[†]Corresponding author E-mail: cbs@dorip.ac.kr

비점오염원은 강우강도나 지속시간과 같은 강우특성과 지표수의 수리·수문학적 특성과 연계되어 있으므로 이를 파악하기 위해서는 많은 어려움이 있다. 특히 농업활동에 의해 발생하는 비점오염원은 강우량과 강우강도, 토성, 경사, 재배작물, 경운, 비료(퇴비, 액비 및 화학비료), 농약, 환경친화적인 최적관리 방법의 도입여부, 농민의 환경보호 인식 등의 영향인자에 따라 비점오염부하의 발생량이 크게 변하기 때문에 관리하기가 가장 어려운 오염원으로 분류되고 있다.

농경지로부터 배출되는 비점오염원은 점오염원에 비해 저농도이지만 유출량이 막대하여 유역의 오염부하량 구성상 큰 비중을 차지하고 있어 하천의 수질저하나 호소의 부영양화에 큰 영향을 미치고 있다. 영산강·섬진강 수계는 최근 농업생산이 점차 집약화 되고 생산성의 향상을 위해 비료 및 농약의 과다 사용으로 인해 농작물의 오염뿐만 아니라 토양 및 수질오염이 가중되고 있다. 화학비료의 과도한 사용 및 산성우 등의 영향으로 토양이 산성화되어 토양 중 영양염의 유출이 가속화되고, 토양 미생물이 사멸하여 토양 및 인근 수계의 오염이 가중되고 있다. 한편 일부에서는 가축분뇨의 이용만이 친환경농업으로 잘못 오인되어 가축분뇨의 과다 살포 및 미숙성 퇴비의 사용 등도 중요한 농업비점오염으로 작용하고 있다^{2,3)}.

농업비점오염원 부하량은 강우량과 다양한 영농활동에 등에 크게 영향을 받기 때문에 합리적인 수질오염총량관리 적용에 의한 수질개선 효과를 기대하기 위해서는 기상, 영농 및 물관리 여건 변화 등이 고려된 오염원 배출 부하량 조사가 요구되며 농업비점오염원은 그 속성의 복잡성으로 인해 재현성 있는 정량화에 어려움이 따르지만 양호한 수질환경을 유지하기 위해서는 농지로부터 유출되는 오염물질 부하특성에 대한 지속적인 정밀 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

수질오염총량관리기술지침에 의하면 토지

계의 발생부하량 산정은 유량과 수질을 연속 측정하여 월별 부하량을 산정하며, 농업지역은 각 지목 및 토양의 종류, 경사, 작물, 관개 방법, 시비량 등에 따라 분류하고 있다⁴⁾.

따라서 본 연구에서는 영산강·섬진강 수계는 논 농업이 발달해 있기 때문에 논 비점오염 기여도가 타 수계에 비해 높을 것으로 예상되어 친환경농업용지와 일반농업농지에서 강우시와 영농활동에 수반되어 단위면적당 유출되는 오염발생량으로부터 오염부하량 원단위를 산정하고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 연구 대상지역

본 연구는 친환경논과 일반관행논을 선정하였고, 친환경포도밭과 저농약포도밭 대상지를 선정하였다. 친환경 작물재배지에서 발생하는 비점오염물질의 유출특성을 파악하기 위해 실시되어졌다. 연구대상지역은 담양군 고서면에 위치하고 있는 논과 포도밭으로 선정하였다.

강우시 강우 유출수는 비닐하우스 사이에 있는 배수로를 따라 흐르게 되며, 배수구역내에 있는 모든 강우유출수는 한 지점으로 모이게 되어 비점오염 유출특성을 파악할 수 있는 구조로 되어 있다. Fig. 1은 연구대상지역으로 경작지 면적은 친환경논 2,996 m², 일반관행논 3,300 m², 친환경포도밭(무농약) 3,513 m², 저농약포도밭은 5,280 m², 규모이다. 농경지의 경우 질소의 시비, 거름, 잡초의 제거, 밭갈이 등의 재배방법에 따라 강우유출수의 오염물질 농도에 큰 영향을 미칠 수 있다. 친환경농법으로는 왕우렁이 농법으로 치페 우렁이 3.6 kg을 투입하였으며, 경운시기는 5월 14일, 이앙시기는 5월 31일에 하였다. 일반관행논의 경운은 5월 27일, 이앙시기는 6월 10일이다. Table 1에 각 연구대상지에 대한 영농활동 현황을 기술하였다.

Table 1. 각 경작지의 영농활동 현황

농경지	시비 일지
친환경논	2014년 5월 3일 친환경퇴비200kg 3포대 살포 2014년 5월 13일 혼합유기질비료 69kg, 복합비료 15kg 살포 2014년 7월 15일 이삭거름 12kg 살포 2014년 10월 17일 추수
일반관행논	2014년 6월 6일 복합비료(20kg) 5포대 살포 2014년 8월 1일 NK(20kg) 3포대 살포 2014년 10월 24일 추수
포도밭(무농약)	2013년 10월 축분퇴비(20kg) 200포대 살포 2014년 5월 NK(20kg) 2회 3포 살포 2014년 7월말 질산칼슘(25kg) 1포대 3회 살포 2014년 8월 15일 ~ 9월 5일 : 수확
포도밭(저농약)	2013년 10월 석회 및 붕소 살포 2013년 10월 축산분뇨 6-7톤 살포 2014년 5월 NK 및 복합비료 2014년 8월 10일 ~ 9월 14일 : 수확



Fig. 1. Location of the study site.

2.2. 연구내용 및 방법

2.2.1. 강우량 조사

조사지역의 강우량조사는 담양군 자료를 참고하였으며, 담양군 고서면의 5월과 6월 강우량은 50 mm, 7월 강우량은 242 mm로 광주지역의 30년 월평균 강우량 308.9 mm 보다 낮게 측정되었으며, 8월 강우량은 427 mm로 더 높게 나타났다.

2.2.2. 유량 및 수질조사

유량조사는 일반관행논과 친환경논의 유입·유출부에 유량계를 설치하여 연속측정을 하였으며, 강우 시 시료채취는 강우가 시작되고 오염물질이 탈착 및 세척되어 유출구를 통해 최초로 배출될 때부터 일정한 간격(5분, 10분, 30분)으로 초기 강우에 대해 많은 시료수를 확보하였다. 수질조사는 수질오염공정시험기준에 의하여 분석을 하였으며, 분석방법 및 분석기기는 Table 2에 기술하였다.

2.2.3. 오염물질 유출 EMC 및 원단위 산정방법

강우시 유출되는 오염물질의 경우 일정한 시간 간격으로 변화하지 않기 때문에 산술평균으로 특정강우를 대표하는 것은 무리가 따른다. 따라서 강우시 유출되는 오염물질의 부하량 산정시에는 유량가중평균농도(EMC)를 이용하여야 한다. 본연구에서 이용한 EMC 산정방법은 다음과 같다⁵⁾.

$$EMC(mg/L) = \frac{\text{mass of a pollutant}}{\text{Total runoff}} = \frac{\sum_{t=1}^T C(t)q(t)}{\sum_{t=1}^T q(t)}$$

Table 2. 수질분석방법 및 분석기기

항 목	분 석 방 법	분 석 장 비
BOD	윙클러-아지이드화 나트륨 변법	· BOD Incubator
T-N	자외선 흡광광도법	· UV mini-1240 (SHIMADZU) · AUTO CLAVE
T-P	흡광광도법 (아스코르빈산 환원법)	
TOC	고온연소 산화방법	· TOC V-CPH
유량	유량계 (전자식자동)	· SIGMA 910

본 연구에서 산출되는 원단위는 비점오염 원 관련 연구 및 수질오염총량관리제에서 토 지계 지목별 연평균 발생부하 원단위에 중요한 자료로 이용될 수 있다. 원단위 산출공식 에 대한 선행문헌의 고찰 결과 다음식을 사 용하였다⁶⁾.

$$UnitLoad(kg/km^2 \cdot yr) = \text{대표년강우량} \times EMC \times R_z / 365$$

R_z = 토지피복분류 z 의 대표유출율

3. 연구결과

3.1. 관개수 조사

관개수(유출수)에 대하여 조사 결과 Table 3, Fig. 2와 같으며, 일반관행논의 경우 EMC 결과 BOD 4.5 mg/L, TN 2.427 mg/L, TP 0.048 mg/L, TOC 5.20 mg/L, 부하량 결과 BOD 0.269 kg/d, TN 0.145 kg/d, TP 0.003 kg/d, TOC 0.003 kg/d으로 조사되었다.

친환경논의 경우 EMC 결과 BOD 2.0 mg/L, TN 0.919 mg/L, TP 0.033 mg/L, TOC 2.39 mg/L으로 조사되었으며, 부하량 결과 BOD 0.116 kg/d, TN 0.054 kg/d, TP 0.002 kg/d, TOC 0.139 kg/d으로 조사되었다. 친환경논이 일반관행논에 비하여 EMC 및 발생부하량이 낮게 조사되었다.

3.2. 담수의 수질변화

담수조사는 일반관행논과 친환경논 부지내 에서 관개수 유입부에서부터 일정간 간격을 두어 유출부 방향으로 5지점을 지정하여 총 4회 실시하였으며, Fig. 3과 같다. 4회 조사한 평균값으로 일반관행논에서 BOD 3.4-4.9 mg/L, TN 1.761-3.774 mg/L, TP 0.110-0.249 mg/L, TOC 4.41-5.67 mg/L으로 나타났으며, 친환경논에서 BOD 1.5-3.2 mg/L, TN 1.664-3.098 mg/L, TP 0.112-0.215 mg/L, TOC 2.60-2.97 mg/L로 조사되었다.

Table 3. 일반관행논과 친환경논(유출수) 조사 결과

구 분		BOD	TN	TP	TOC
일반관행논	EMC	4.5	2.427	0.048	5.20
	부하량 (kg/d)	0.269	0.145	0.003	0.310
친환경논	EMC	2.0	0.919	0.033	2.39
	부하량 (kg/d)	0.116	0.054	0.002	0.139

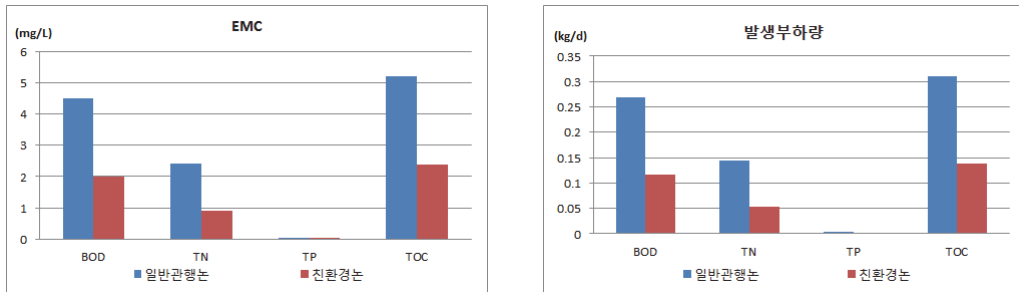


Fig. 2. 일반관행논과 친환경논(유출수) 조사 결과

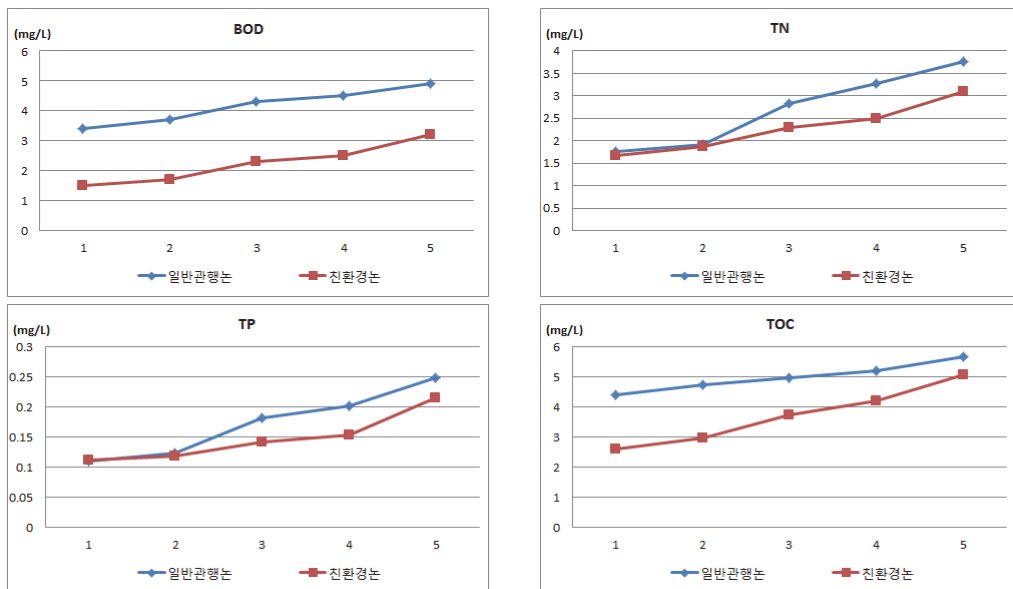


Fig. 3. 일반관행논과 친환경논 담수 수질조사 결과

1-4차 조사를 통하여 일반관행논과 친환경논에서 모든 항목이 유입쪽인 1지점에서 농도가 낮게 나타났고, 유출쪽인 5지점에서 높게 나타났다. 이는 체류시간이 길어짐에 따라 논에서 용출되는 물질이 많아서 높아진 것으로 사료된다. 또한 친환경논에서 일반관행논보다 큰 차이는 없지만 유출수 농도가 다소 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

3.3. 강우시 수질조사

강우시 수질조사는 7-8월에 시행하였으며,

일반관행논은 6회, 친환경논은 5회, 포도밭은 8회 조사하였고, 강우시 유출이 이루어지지 않은 경우 제외하였고 시료채취는 유출이 발생하는 시점부터 일정한 시간 간격으로 채취하였다.

3.3.1. 일반관행논과 친환경논의 수질 조사 결과

일반관행논에서 강우시 조사결과는 Table 4와 Fig. 4와 같다. EMC의 평균값은 BOD 3.4 mg/L, TN 1.813 mg/L, TP 0.093 mg/L, TOC 4.60 mg/L로 조사되었으며, 발생부하량 원단위 평균값은 BOD 0.15 kg/ha · d, TN 0.080

Table 4. 일반관행논 강우시 EMC 및 원단위 산정 결과

회차	날짜	강수량 (mm)	유출깊이 (mm)	유출율 (%)	EMC (mg/L)				원단위 (kg/ha · d)			
					BOD	TN	TP	TOC	BOD	TN	TP	TOC
1	7/3	24	8.9	37.2	6.9	3.977	0.062	8.1	0.23	0.13	0.002	0.27
2	7/6	18	7.3	40.4	4.6	2.886	0.013	5.44	0.17	0.11	0.000	0.20
3	7/17-19	140	100.8	72.0	2.5	1.303	0.056	3.11	0.16	0.09	0.004	0.20
4	8/2-4	104	63.6	61.2	2.5	0.804	0.095	4.14	0.14	0.04	0.005	0.23
5	8/7	15	5.9	44.5	1.9	1.087	0.154	3.7	0.08	0.04	0.006	0.15
6	8/18	69	38.4	60.7	1.9	0.818	0.180	3.12	0.11	0.05	0.010	0.17
평 균		61.7	37.5	52.7	3.4	1.813	0.093	4.60	0.15	0.08	0.005	0.21
합 계		370	224.9	-	-	-	-	-	0.89	0.46	0.028	1.23

Table 5. 친환경논 강우시 EMC 및 원단위 산정 결과

회차	날짜	강수량 (mm)	유출깊이 (mm)	유출율 (%)	EMC (mg/L)				원단위 (kg/ha · d)			
					BOD	TN	TP	TOC	BOD	TN	TP	TOC
1	7/3	24	8.9	37.2	3.5	1.897	0.076	3.72	0.12	0.06	0.003	0.13
2	7/17~19	140	100.8	72.0	2.1	0.897	0.111	2.36	0.14	0.06	0.007	0.15
3	8/2~4	104	63.6	61.2	1.6	0.439	0.043	2.65	0.09	0.02	0.002	0.15
4	8/7	15	6.7	44.5	1.6	0.299	0.042	2.37	0.06	0.01	0.002	0.10
5	8/18	69	41.9	60.7	2.2	0.904	0.176	3.23	0.12	0.05	0.010	0.18
평 균		70.4	44.38	55.12	2.2	0.887	0.090	2.87	0.11	0.04	0.005	0.14
합 계		352	221.9	-	-	-	-	-	0.53	0.21	0.024	0.70

kg/ha · d, TP 0.0050 kg/ha · d, TOC 0.210 kg/ha · d으로 산정되었다. 친환경논의 조사 결과는 Table 5와 Fig. 4와 같다. EMC의 평균값은 BOD 2.2 mg/L, TN 0.887 mg/L, TP 0.090 mg/L, TOC 2.87 mg/L로 조사되었으며, 발생부하량 원단위 평균값은 BOD 0.11 kg/ha · d, TN 0.04 kg/ha · d, TP 0.005 kg/ha · d, TOC 0.14 kg/ha · d으로 산정되었다. 일반관행논에 비해 친환경논에서의 측정값이 BOD 33.3%, TN 50.0%, TOC 33.3%로 낮게 조사되었으며, TP는 동일한 결과를 나타냈다.

3.3.2. 친환경포도밭(저농약, 무농약)에 대한 수질 조사 결과

저농약을 사용한 포도밭에서 강우시 수질 조사 결과는 Table 6과 Fig. 5와 같다. EMC의 평균값은 BOD 4.3 mg/L, TN 3.342 mg/L, TP 1.325 mg/L, TOC 5.70 mg/L로 조사되었으며, 원단위 산정 결과 BOD 0.20 kg/ha · d, TN

0.16 kg/ha · d, TP 0.06 kg/ha · d, TOC 0.27 kg/ha · d로 산정되었다. 무농약을 사용한 포도밭에서 강우시 수질조사 결과는 Table 7과 Fig. 5와 같다. EMC의 평균값은 BOD 3.1 mg/L, TN 3.522 mg/L, TP 1.336 mg/L, TOC 4.87 mg/L이며, 원단위 산정 결과 BOD 0.13 kg/ha · d, TN 0.15 kg/ha · d, TP 0.06 kg/ha · d, TOC 0.22 kg/ha · d으로 산정되었다. 친환경포도밭에 대한 원단위 산정 결과 저농약 포도밭에서 배출되는 오염부하량이 무농약 포도밭보다 BOD 35%, TN 6.3%, TOC 18.5% 더 높게 나타났다. TP는 동일한 결과를 나타냈다.

3.4. 토양 분석 결과

일반관행논과 친환경논의 토양분석은 모내기 전인 5월 28일과 추수후인 10월 31일에 관개수 유입부로부터 유출부 방향으로 3지점(상·중·하)에서 각각 채취하여 TN, TP를 분석하였으며, 그 결과는 Fig. 6에 나타내었다. 일

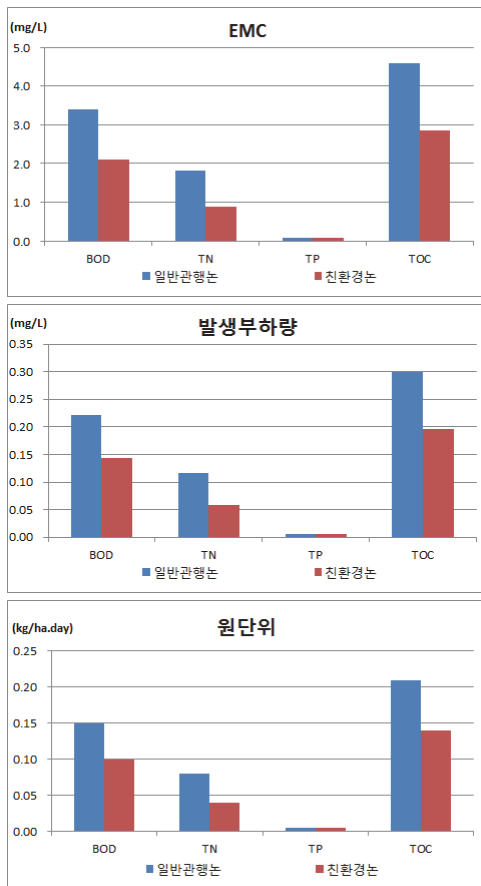


Fig. 4. 일반관행논과 친환경논은 강우시 조사 결과

반관행논에 비해 친환경논에서 높은 결과를 나타냈으며, 영농활동으로 인하여 많은 양의 TN, TP가 토양에 축적되고 있다.

친환경밭(저농약)과 친환경밭(무농약)의 토양분석은 5월 28일과 수확후인 10월 31일에 관개수 유입부로부터 유출부 방향으로 3지점(상·중·하)에서 각각 채취하여 T-N, T-P를 분석하였으며, 그 결과는 Fig. 7에 나타내었다. 저농약 대상지가 무농약 대상지에 비해 매우 높은 값을 보이며, 영농활동 기간 동안 강우에 의해 많은 양이 유출되었다.

4. 결 론

1) 농업용수로 이용되고 있는 관개수에 대

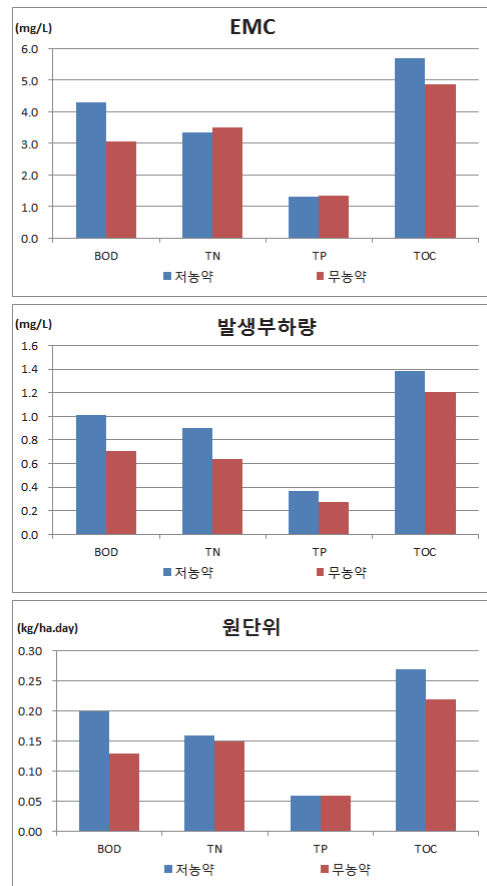


Fig. 5. 친환경포도밭(저농약,무농약) 강우시 조사

하여 일반관행논의 경우 BOD, TOC의 유출수 농도가 유입수 농도 보다 약간 높게 조사되었으며, TN, TP의 경우 유출수의 농도가 더 낮게 나타났다. 친환경논의 경우 BOD, TN, TP, TOC 등 모든 항목에서 유출수의 농도가 더 높게 조사되었다.

2) 관개수에 의해 논으로부터 오염물질이 배출되며, 친환경논에서 EMC(BOD 55.6%, TN 62.1%, TP 31.1%, TOC 54.0%) 및 부하량(BOD 56.9%, TN 62.8%, TP 33.3%, TOC 55.2%)이 일반관행논에 비해 훨씬 낮게 조사되었다.

Table 6. 친환경포도밭(저농약) 강우시 EMC 및 원단위 조사 결과

회차	날짜	강수량 (mm)	유출깊이 (mm)	유출율 (%)	EMC (mg/L)				원단위 (kg/ha·d)			
					BOD	TN	TP	TOC	BOD	TN	TP	TOC
1	7/3	24	10.1	37.2	6.1	5.414	1.159	7.4	0.23	0.21	0.04	0.28
2	7/6	18	8.2	40.4	6.6	5.632	1.717	8.51	0.27	0.23	0.07	0.35
3	7/17-19	140	107.8	72.0	4.2	2.524	1.369	5.25	0.29	0.18	0.10	0.37
4	7/28	15	6.7	39.5	6.9	2.171	1.419	7.84	0.28	0.09	0.06	0.32
5	8/2-4	104	68.8	61.2	2.6	4.352	1.549	4.57	0.16	0.26	0.09	0.28
6	8/7	15	6.7	39.5	2.3	1.18	1.056	2.87	0.09	0.05	0.04	0.12
7	8/14	18	8.2	40.4	2.6	2.049	1.139	5.05	0.11	0.08	0.05	0.21
8	8/18	69	41.9	55.7	3.1	3.414	1.192	4.12	0.17	0.19	0.07	0.23
평 균		50.4	32.3	48.2	4.3	3.342	1.325	5.70	0.20	0.16	0.06	0.27
합 계		403.0	258.4	-	-	-	-	-	1.61	1.29	0.52	2.15

Table 7. 친환경포도밭(무농약) 강우시 EMC 및 원단위 조사 결과

회차	날짜	강수량 (mm)	유출깊이 (mm)	유출율 (%)	EMC (mg/L)				원단위 (kg/ha·d)			
					BOD	TN	TP	TOC	BOD	TN	TP	TOC
1	7/3	24	8.9	37.2	3.0	4.116	1.748	3.80	0.10	0.14	0.06	0.13
2	7/6	18	7.3	40.4	3.0	3.061	1.777	3.56	0.11	0.11	0.07	0.13
3	7/17-19	140	100.8	72.0	2.5	4.223	1.407	2.99	0.16	0.28	0.09	0.20
4	7/28	15	5.9	39.5	2.4	7.401	1.597	2.69	0.09	0.27	0.06	0.10
5	8/2-4	104	63.6	61.2	4.8	2.169	1.384	9.60	0.27	0.12	0.08	0.54
6	8/7	15	5.9	39.5	4.1	3.317	1.359	6.61	0.15	0.12	0.05	0.24
7	8/14	18	7.3	40.4	3.2	2.800	0.780	7.00	0.12	0.10	0.03	0.26
8	8/18	69	38.4	55.7	1.6	1.090	0.648	2.74	0.08	0.06	0.03	0.14
평 균		50.4	29.7	48.2	3.1	3.522	1.338	4.87	0.13	0.15	0.06	0.22
합 계		403.0	238.1	-	-	-	-	-	1.08	1.19	0.46	1.72

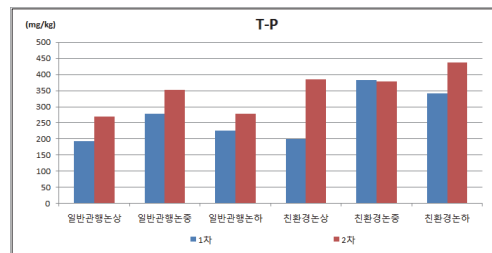
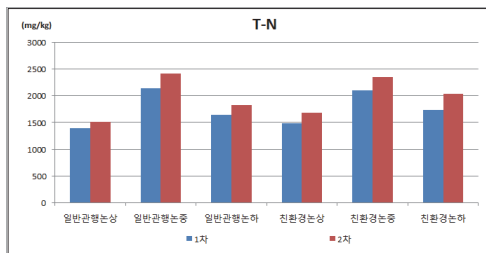


Fig. 6. 일반관행논과 친환경논 토양 조사 결과.

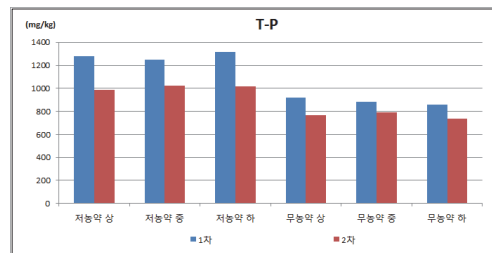
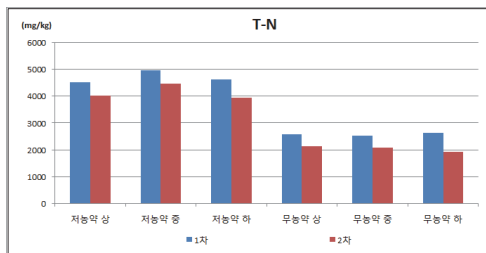


Fig. 7. 친환경포도밭(저농약, 무농약) 토양 조사 결과.

- 3) 일반관행논과 친환경논에 대하여 담수 조사 결과 모든 측정항목에서 친환경논이 일반관행논 보다 낮게 조사되었으며, 유입부에서 유출부로 갈수록 농도가 높게 나타나 오염물질이 유출부로 이동하고 있음을 알 수 있었다.
- 4) 강우시 일반관행논의 경우 원단위 산정 결과 BOD 0.15 kg/ha · day, TN 0.08 kg/ha · day, TP 0.005 kg/ha · day, TOC 0.21 kg/ha · day으로 조사되었으며, 친환경논의 경우 BOD 0.11 kg/ha · day, TN 0.04 kg/ha · day, TP 0.005 kg/ha · day, TOC 0.14 kg/ha · day으로 조사되었다.
- 5) 일반관행논에 비해 친환경논에서의 측정값이 BOD 33.3%, TN 50.0%, TOC 33.3%로 낮게 조사되었으며, TP는 동일한 결과를 나타냈다.
- 6) 친환경포도밭(저농약)의 경우 원단위 산정 결과 0.20 kg/ha · day, 0.16 kg/ha · day, 0.06 kg/ha · day, 0.27 kg/ha · day으로 조사되었으며, 친환경포도밭(무농약)의 경우 BOD 0.13 kg/ha · day, TN 0.15 kg/ha · day, TP 0.06 kg/ha · day, TOC 0.22 kg/ha · day로 나타났다.
- 7) 친환경포도밭에 대한 원단위 산정 결과 저농약 포도밭에서 배출되는 오염부하량이 무농약 포도밭보다 BOD 35%, TN 6.3%, TOC 18.5% 더 높게 나타났다. TP는 동일한 결과를 나타냈다.
- 8) 영농활동 전·후 토양 분석 결과 논외의 경우 더 많은 양이 축적되었으며, 포도밭의 경우 강우시 유출에 의해 감소되었다.
- 9) 논으로부터 배출되는 오염물질 부하량

은 강우량에 크게 의존하는 것으로 나타났다으며, 비강우시 관개수의 유출에 의한 오염 부하도 큰 것으로 조사되었다.

- 10) 농업활동(친환경농업 및 일반관행농업)에 따라 오염물질 부하량이 큰 차이를 나타냈기 때문에 확실적인 원단위 적용이 부적합한 것으로 조사되었다.
- 11) 본 연구는 단일필지를 대상으로 수행한 결과로 향후 다양한 친환경농업(오리, 유기농법, 시설재배지 등)에 관한 장기적인 모니터링을 통해 친환경농업 용지에 대한 원단위 산정이 필요하다.

사 사

본 연구는 환경부지정 전남녹색환경지원센터의 연구비지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

1. 제2차 비점오염원관리 종합대책(2012), 관계부처합동.
2. 친환경농업의 환경부하오염원별 관리방안 연구(2004), 농업과학기술원.
3. 정재운, 윤광식, 최우정, 최우영, 주석훈, 임상선, 곽진협, 이수형, 김동호, 장남익 (2008). 논으로부터 배출되는 영양물질 오염부하량 원단위 산정 방법 개선 방안 검토. 한국물환경학회지, 24(3). pp.291-296.
4. 국립환경과학원(2014), 수질오염총량관리 기술지침.
5. 원철희, 최용훈, 서지연, 김기철, 신민환, 최중대(2009), 산림과 밭 지역 강우 유출수의 EMC 및 원단위 산정, 한국물환경학회지, 25(4), pp. 615-623.

6. 전제찬, 권구호, 이상협, 이재운, 권헌각, 민경석(2013), 강우시 시설재배지역의 오염물질 유출 EMC 및 원단위 산정, 한국습지학회지, 15(4), pp. 555-566.