Evaluation of Changes in Agricultural Stream Water Quality of Watershed in Gyeongbuk Province

Kwang Seop Kim, Jun-Hong Park, Hye-Jeong Jeong, Jong-Soo Kim, So-jin Yeob¹, Seung-Oh Hur¹, and Soon-Kun Choi^{1*}

Division of Agricultural Environment Research, Gyeongsangbuk-do Agricultural Research & Extension Services, Daegu 41404, Korea

¹Climate change & Agroecology Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

*Corresponding author: soonkun@korea.kr

ABSTRACT

Received: October 29, 2019

Revised: November 21, 2019

Accepted: November 27, 2019

This study aimed to identify the changing trends in the agricultural water quality of the major watersheds in Gyeongbuk province over a 5-year period ranging from 2013 to 2017. The results of water quality analysis revealed that the mean chemical oxygen demand was 3.6 mg L^{-1} , with the median values being 3.3 mg L^{-1} . The mean and median values of electrical conductivity (EC) were 0.24 dS m^{-1} and 0.23 dS m^{-1} , respectively. The mean and median values of the total nitrogen (T-N) content were 2.6 mg m^{-1} and 2.4 mg m^{-1} , respectively. The mean and median values of the total phosphorous (T-P) content were 0.12 mg m^{-1} and 0.11 mg m^{-1} , respectively. EC and T-P contents had increased as the area ration of agricultural land increased, although there were no statistically significant differences. The trend of T-N content was reversed. Therefore, further researches are needed to evaluated contribution of artificial pollution such as livestock as well as change in flow rate.

Keywords: Agricultural water, Small watershed, Stream water, Water quality

Changes in precipitation and Chemical Oxygen Demand (COD_{MN}) in April, July, and October.

Introduction

경상북도는 높은 산지가 많고 고도가 높은 편이며 북부와 서부는 소백산맥이 낙동강 유역을 둘러싸고 있다. 구미, 군위, 의성지역은 낙동강 본류와 그 지류 하천에 인접한 지역으로 내륙평지와 구릉성 산지를 형성하고 있다 (Kim and Lee, 2010). 이러한 지형적 영향으로 경상북도 하천은 낙동강을 비롯한 6개의 국가하천과 359개의 지방하천으로 구성되어 있으며, 타 시도와 비교했을 때 넓은 면적에 비해 지방하천이 개수는 작은 반면 총 연장은 4,621 km로 긴 편이다 (Statistical explanation DB, 2014).

경북지역의 하천관리는 2004년 낙동강수계의 오염총량관리제가 본격 시행됨에 따라 지류의 오염이 본류의 수질에 미치는 영향에 대한 연구가 활발히 진행 중인 반면 비점오염원인 농업에 의한 오염발생 혹은 하천수의 농업용수로서의 가치에 관한 연구는 일부 혹은 단발성 연구에 한정되어 있는 실정이다 (Yang and Bae, 2012; Hwang et al., 2016; Chung et al., 1997). 따라서 농업분야 수질관리 전략을 수립하기 위해서는 대상하천에 대한 장기적인 수질 조사분석자료의 축적은 물론 지리정보체계 (GIS, Geographic Information Systems)를 활용한 유역특성자료 구축이 선행되어야 한다.

이와 관련하여 농촌진흥청은 각 도농업기술원과 함께 농업용수의 건전성 확보와 농작물의 안전성 확보를 위해 2007년부터 매년 농업용수 이용 하천수 300지점 3회, 지하수 200지점 2회 분석을 실시하고 있다. 경상북도 역시 2007년부터 성주군에 위치한 백천 등 경북지역 주요 하천 28 지점에 대한 농업용수 수질조사를 실시하고 있으며, 2013년 특정지역에 편중된 조사지점을 경상북도 전역으로 확산하였다. 따라서 본 연구에서는 경상북도 주요하천에 대한 2013년에서 2017년까지 5년간 조사한 수질조사 자료를 바탕으로 하천수 수질 변동 경향과 GIS를 활용한 하천 유역 특성 파악을 실시하였다.

하천수 조사 시기 및 조사지점의 유역 특성 경상북도 농업용 하천수 수질조사 지점의 위치와 유역의 특성은 Fig. 1과 같다. 유역은 SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) 90 m DEM (Digital Elevation Model) 데이터를 이용하여 추출하였으며 (CGIAR, 2000), 토지이용 정보는 2013 환경부 중분류토지피복지도를 사용하여 추출하였다 (KMOE, 2013). 총 조사 지점은 28지점으로 경상북도 전역을 대표할 수 있는 곳으로 선정하였다 (Table 1). 2013년부터 2017년까지 연간 4월, 7월, 10월 3회에 걸쳐 하천수를 채취하였다. 유역크기는 33.4 - 7133.8 km², 평균 463.4 km²이며 중위값 176.4 km²이다. 농경지 비율은 12.1 - 51.1%, 평균 22.9%이며 중위값은 22.5%이다.

유역별 강수량은 기상청 종관기상관측자료 (ASOS, Automated Synoptic Observation System)를 사용하여 산정하였다 (KMA, 2019). 2013 - 2017년의 기간에 걸쳐 강수량 자료를 보유하고 있는 기상대의 강수량 자료를 수집하였으며 기상대의 위치 자료와 월별 강수량 자료를 IDW (Inverse Distance Weight)를 이용하여 공간보간 하였다. 유역별 월간 강수량은 ArcGIS의 Zonal statistics를 이용하여 추출하였다.

농업용 하천수 수질 조사 방법 수질시료 채취는 시료채취용 버킷을 이용하여 폴리에틸렌용기에 총 3리터 (1 L + 2 L)를 채수하였으며, 아이스박스에 담아 실험실로 운반하였다. 시료의 보관 및 분석은 종합검정실 분석 매뉴얼을 따라 수행하였다 (RDA, 2013). COD_{Mn} (Chemical Oxygen Demand)는 COD_{Mn} 산성법에 따라 분석하였다. pH, EC (Electrical Conductivity)는 pH/EC전극을 이용하여 분석하였으며, Orion Versastar Meter (Thermo Scientific, USA), Orion 3 Star Meter (Thermo Scientific, USA)을 각각 사용하였다. T-N (Total Nitrogen)의 경우 자외선흡광

Fig. 1. Topography and land use characteristics of the upstream watershed at the water sampling site.

Table 1. Sampling point of stream water in this study.

Stream Name	Longitude (E)	Latitude (N)	Stream Name	Longitude (E)	Latitude (N)
Wi	128°33'43"	36°14'11"	Daega	128°11'38"	35°51'18"
Ssanggye	128°33'53"	36°18'37"	I	128°15'04"	35°55'46"
Mi	128°39'58"	36°25'49"	Baeg	128°16'03"	35°58'03"
Banbyeon	129°04'50"	36°36'19"	Gam	128°05'19"	36°02'36"
Yongjeon	12°04'11"	36°23'59"	Jigji	128°03'23"	36°08'13"
Gilan	128°59'23"	36°19'02"	Gam	128°13'43"	36°11'22"
Gohyeon	128°53'29"	36°03'13"	Byeonseong	128°07'50"	36°21'29"
Sinlyeong	128°48'06"	36°01'18"	Dongng	128°10'50"	36°29'54"
Gigye	129°14'27"	36°02'57"	Gyeongho	128°22'56"	36°02'25"
Dae	129°05'17"	35°51'58"	Geum	128°15'14"	36°27'16"
Omog	128°48'19"	35°48'50"	Han	128°27'32"	36°39'19"
Cheongdo	128°39'22"	35°38'46"	Oggye	128°34'10"	36°44'13"
Anlim	128°12'04"	35°40'08"	Jugye	128°36'48"	36°49'58"
Soga	128°14'04"	35°46'28"	Naeseong	128°41'03"	36°52'05"

광도법으로 분석하였으며 T-P (Total Phosphorous) 분석은 아스코르빈산환원법을 사용하였다. T-N과 T-P 분석을 위한 장비로서 Cary 300 UV-Vis (Agilent, USA)을 사용하였다.

농촌 유역 하천수 수질 변동특성 연구조사 대상지역의 5년 평균 강수량의 월별 특성을 살펴보면, 7월의 강수량은 평균 212 mm로 4월 (115 mm), 10월 (89 mm)과 비교했을 때 비교적 많은 양을 보였다 (Fig. 2). 이는 우리나라 장마시기와 일치하는 것으로 한 가지 특이한 점은 2016년 이후는 4월의 강수량이 증가하고 있다는 점이다. COD_{Mn} 는

Fig. 2. Changes in annual water quality index in April, July, and October.

평균 3.6 mg L^{-1} , 중위값 3.3 mg L^{-1} 로 나타났다. 4월과 10월의 평균 COD_{Mn} 는 각각 2.7 mg L^{-1} , 3.1 mg L^{-1} 인데 반해 강수량이 많은 7월의 COD_{Mn} 는 평균 5.1 mg L^{-1} 로 4월과 10월에 비해 높은 값을 보였다. EC는 평균 0.24 dS m^{-1} , 중위값 0.23 dS m^{-1} 로 나타났다. EC 값은 연도별 뚜렷한 변동을 나타내지 않았다. T-N 함량은 평균 2.6 mg L^{-1} , 중위값 2.4 mg L^{-1} 으로 조사되었으며, 변동폭은 7월 ($0.1 - 15.1 \text{ mg L}^{-1}$)에 가장 큰 것으로 나타났다. T-P 함량은 평균 0.12 mg L^{-1} , 중위값 0.11 mg L^{-1} 으로 나타났다. 4월의 T-P함량은 연도가 증가함에 따라 소폭 증가하는 반면 7월은 2015년도를 기점으로 10월은 조사시점 이후 감소하는 경향을 보였다.

하천유역의 농경지가 수질에 미치는 영향을 알아보기 위해 농경지의 면적을 비율에 따라 4개의 구역으로 나누었을 때, 1분위 (영양 반변천 등 7지점), 2분위 (군위 위천 등 7지점), 3분위 (경주 기계천 등 7지점), 4분위 (경주 대천 등 7지점) 농경지 면적비율 평균값은 각각 14.7, 19.1, 23.8, 34.2%였다. 농업활동이 가장 활발할 것으로 예상되는 7월의 농경지 면적비율에 따른 수질변동양상을 살펴보았을 때, T-N 평균값의 범위는 $2.2 - 2.8 \text{ mg kg L}^{-1}$, T-P는 $0.11 - 0.14 \text{ mg L}^{-1}$, COD_{Mn} 는 $4.8 - 5.3 \text{ mg L}^{-1}$ 이었다. 통계적 유의성은 없었지만, T-P와 EC는 농경지 면적비율이 늘어날수록 증가하는 경향을 보인 반면 T-N은 농경지면적이 줄어들수록 오히려 증가하는 경향을 보였다 (Table 2). 따라서 보다 정확한 하천수의 수질변동 특성을 구명하기 위해서는 축사 등과 같은 인위적 오염원 존재, 수온의 변화 등과 유속에 영향을 미치는 인자 등에 대한 연구가 병행되어야 할 것으로 판단된다.

Table 2. Average value of agricultural water quality by quartile according to the fraction of agricultural land area in the watershed.

Quartile	Number of watershed	Fraction of agricultural land %	April			July			October		
			T-N	T-P	COD_{Mn}	T-N	T-P	COD_{Mn}	T-N	T-P	COD_{Mn}
			----- mg L^{-1} -----			----- mg L^{-1} -----			----- mg L^{-1} -----		
1st	7	14.7	3.0	0.08	2.4	2.8	0.11	4.8	2.2	0.12	2.9
2nd	7	19.0	3.1	0.08	2.6	2.6	0.13	5.3	2.4	0.12	2.8
3rd	7	23.8	3.0	0.13	2.8	2.2	0.14	5.2	2.3	0.16	3.1
4th	7	34.2	2.8	0.12	3.2	2.2	0.14	5.1	2.4	0.15	3.4

Acknowledgement

This study was conducted by support of NAS, RDA research and development project (Project no. PJ01250-5202019).

References

- Chung, J.B., B.J. Kim, and J.K. Kim. 1997. Water pollution in some agricultural area along nakdong river. Korean J. Environ. Agric. 16(2):187-192.
- CSI (Consortium for Spatial Information). 2000. <http://srtm.csi.cgiar.org/>.
- Hwang, H.S., H.P. Rhee, K.H. Ahn, J.H. Park, Y.S. Kim, and S.J. Lee. 2016. A study on estimated pollutant delivery load for the basic plan of TPLC. J. Korean Soc. Water Environ. 32(4):375-383.
- Kim, D.S. and G.R. Lee. 2010. The distribution characteristics of topographical relieves at each geological area in

- gyeongsangbuk-do province using GIS. KAMJE 17(3):49-57.
- KMA (Korea Meteorological Administration). 2019. <https://data.kma.go.kr/>.
- KME (Korean Ministry of Environment). 2013. <https://egis.me.go.kr/>.
- RDA (Rural Development Administration). 2013. Manual of Analysis Procedures for Comprehensive Test Lab, p.75-93. Rural Development Administration. Suwon. South Korea.
- Statistical explanation DB. 2014. <https://meta.narastat.kr/>.
- Yang, D.S. and H.K. Bae. 2012. The effect of branches on kumho river's water quality. JES. 21(10):1245-1253.