

Survey

Open Access

전문가 델파이 방법을 이용한 농업 비점오염 저감 기술의 현장 적용성 조사

김민경,^{1*} 정구복,¹ 김민영,² 김명현,¹ 조광진,¹ 최순군,¹ 홍성창,¹ 소규호¹

¹국립농업과학원 농업환경부 기후변화생태과, ²국립농업과학원 농업공학부 재해예방공학과

Application Evaluation of Best Management Practices for Agricultural Non-Point Source Pollution using Delphi Survey Method

Min-Kyeong Kim,^{1*} Goo-Bok Jung,¹ Min-Young Kim,² Myung-Hyun Kim,¹ Kwang-Jin Cho,¹ Soon-Kun Choi,¹ Seong-Chang Hong¹ and Kyu-Ho So¹ (¹Climate Change and Agroecology Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea, ²Agricultural Safety Engineering Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea)

Received: 29 April 2014 / Revised: 12 May 2014 / Accepted: 16 May 2014

Copyright © 2014 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

BACKGROUND: It is essential to prioritize the exact and clear understanding of agricultural nonpoint source pollution (NPS) controls. The realistic policies and systems should also be developed based on this understanding. Therefore, this study aimed to present agricultural Best Management Practices (BMPs) applicable for the fields based on the Delphi survey result.

METHODS AND RESULTS: This study deduced the evaluation items to assess each BMP for agricultural NPS control and conducted the surveying using the Delphi method based on agricultural BMP experts. In addition, its on-the-spot application were evaluated. Considering its importance, technical, social and economic proprieties showed that political support was ranked first and followed by cost investment, labor investment, reduction effect and resident participation. The survey findings by agricultural BMP experts showed the good performance of on-the-spot application can be achieved from fertilization by soil

testing, residue and green manure application and contour plowing which are applicable within a field. Agricultural BMPs, highly applicable for the fields, were the countermeasures that farmers who are the principal bodies of agricultural NPS control could be participated directly.

CONCLUSION: The active participation of farmers is essential for effective control of agricultural NPS. It is necessary to establish various incentive systems.

Key words: Agriculture, Best Management Practices, Delphi survey method, Field application, Non-point source pollution

서론

산업을 고도화되고 삶의 질이 높아짐에 따라 농업용수 수질오염에 대한 국민들의 인식이 점차 높아지고 있다. 점오염 원만의 관리만으로는 수계의 수질관리에 대한 한계성과 기후 변화에 따른 강우특성 변화로 비점오염물질의 유출이 증대될 것으로 예측되어 국가의 수질정책은 비점오염원 관리에 집중되고 있다(Hwang *et al.*, 2006; An *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2013).

우리나라의 하천 및 호소에 유입되는 오염물질 중에서 약

*교신저자(Corresponding author): Min-Kyeong Kim
Phone: +82-31-290-0223; Fax: +82-31-290-0206;
E-mail: kimmk72@korea.kr

30% 이상이 농업활동 등에 의한 비점오염원이며 농업지역은 영농활동을 위해 농경지에 사용되는 가축분뇨 퇴·액비, 비료 등이 비점오염원으로 작용하여 이로 인한 비점오염 부하 기여율이 높은 편이다(Kim *et al.*, 2013). 특히 넓은 농경지로부터 배출되는 비점오염원을 모아서 처리하는 것은 비용과 효율성 측면에서 매우 불리하므로 논과 밭에서 배출되는 비점오염원을 줄이는 발생원 대책이 최선의 방법으로 대두되고 있다(An *et al.*, 2007; Choi *et al.*, 2012; Won *et al.*, 2013).

농림축산식품부에서는 2004년부터 논 배수 저류시설 설치 등 농업비점오염 저감을 위한 농업용수 수질개선사업을 추진하고 있으나 그 실적은 미흡하다. 이와 같은 농업 비점오염 저감 기술은 관련 분야의 특징에 대한 정확한 이해를 바탕으로 영농현장의 적용성이 용이하고 현실적인 정책과 제도를 개발하여 적용하는 것이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 농업 비점오염 저감 기술을 평가하기 위한 평가 항목을 도출하고 농업 비점오염 전문가를 중심으로 델파이 설문 조사를 실시하여 각 평가 항목에 대한 현장 적용성을 평가하여 현장 적용이 가능한 농업 비점오염 저감 기술을 정립하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구는 델파이 조사를 위한 전문성 확보를 위해 농업 비점오염 관련 연구를 최소 5년 이상 수행한 경험이 있는 교수와 연구기관에 소속된 전문가 20명을 전문가 패널로 선정하였다(Table 1).

Table 1. Constitution of expert panel

Expert Panel	No.
Experts belonging to Research institutes and Universities	20
- Researcher(12), Policy Maker(3), Professor(5)	

델파이 방법은 통제된 피드백이 제공되는 설문조사를 통하여 어떤 분야에 전문가들의 합의를 이루는데 유용한 의사 결정 수단으로 집단으로 하여금 개별적 차원이 아닌 전체적 차원에서 복잡한 문제에 효율적으로 대응하도록 하는 기법이다(Lee, 2001). 미래에 실현될 주요 기술의 실현시기, 중요도 등에 대하여 다수 전문가의 직관을 수립하는 기술예측의 한 방법으로 선진국은 물론 국내에서도 과학기술 예측조사를 위해 유용하게 활용되고 있는 방법이다. 이 방법은 조사결과를 응답자에게 제시하여 수정 응답할 기회를 부여함으로써 다수 전문가의 의견을 수립할 수 있고 또한 익명성의 보장으로 자신의 의견 및 주장을 자유롭게 개진할 수 있도록 유도하여 다양한 정보를 교환할 수 있는 장점이 있다(Kim *et al.*, 2012).

본 연구에서는 7점 리커트척도의 폐쇄형 설문을 이용한 수정델파이(Modified Delphi Technique) 방법이 사용되었으며 설문 결과의 분석은 엑셀 프로그램을 이용하였다. 수정델파이는 다양한 자료를 통해 예비 항목을 선정하여 첫 번째

단계부터 이를 제시하는 폐쇄형 전문으로 시작되며 이 방법은 초기단계의 응답률을 높이고 선행연구를 통해 기초를 다질 수 있게 한다. 또한 익명성으로 인한 그룹 반응의 편향을 줄이고 참가자들에게 통제된 피드백을 제공하는 장점을 가진다(Custer *et al.*, 1999).

결과 및 고찰

농경지를 대상으로 하는 농업 비점오염 저감기술에 대한 선행 자료들(KRCC, 2011; USEPA, 2012)을 분석하여 각 저감기술에 대한 장점과 단점을 기술하였다(Table 2). 개발된 농업 비점오염 저감기술들은 적용되는 대상에 따라 경작지내, 경작지 하단, 외부 수변으로 구분하였다. 농경지 비점오염 저감기술은 밭 위주의 저감 기술이 주를 이루고 있으며 논에 대한 저감기술에 관한 연구는 상대적으로 적었다.

본 연구에서는 기존에 개발된 농업비점오염 저감기술에 대한 현장 적용성이라는 한계점을 보완하기 위해 농업비점오염 전문가 집단을 중심으로 델파이 조사를 하여 보다 전문적이고 객관적인 결과를 도출하고자 하였다. 전문가 델파이 조사는 각 저감기술에 대한 평가항목 설정과 평가항목에 대한 가중치 설정 그리고 이를 고려한 각 저감기술에 대한 현장 적용성 평가로 이루어졌다.

각 저감 기술별로 중요도와 기술적, 사회적 및 경제적 타당도를 고려하여 저감 기술에 대한 평가항목을 저감효과, 정책적 지원 및 주민 참여, 그리고 노동력 투입 및 비용 투입으로 선정하였다. 각 평가항목별 가중치는 상대적 중요도에 따라 1에서 5까지 부여하였으며 정책적 지원(5) > 비용투입(4) > 노동력 투입(3) > 저감효과(2) > 주민 참여(1) 순이었다.

현장 적용성에 대한 전문가 조사는 전문가별로 17개의 저감 기술별로 5개의 평가항목에 1부터 7까지 부여한 점수에다 평가항목별 가중치를 반영하여 총 점수를 산정하였다. 그 결과 토양검정 시비, 완효성비료 시비, 식물잔재 및 녹비사용, 등고선 경작 등의 경작지 내 저감기술이 높은 것으로 나타났다(Table 3). 농업 비점오염 관리는 발생원 관리가 중요하다는 기존의 연구결과(An *et al.*, 2007; Choi *et al.*, 2012; Won *et al.*, 2013)와 같이 경작지 내에서의 저감기술이 현장 적용성이 높은 것으로 판단된다. 또한 연구기관, 대학 및 정책부서에 소속된 전문가 그룹별 조사 결과는 p -값($p=0.815$)이 5% 이상으로 유의한 차이가 인정되지 않아 전문가 그룹별로 차이가 없었다.

농업지역이 토지피복분류상 토지계 비점오염원의 48.5%로 높은 비중을 보이고 있으나(An *et al.*, 2007) 농업 비점오염에 대한 구체적 제도 및 법안이 미비한 실정이다. 그러나 정부는 친환경 농업 육성 계획 및 보조금 정책 등으로 체계적인 대책을 수립 중에 있으며 효과적인 시행을 위해서는 농업인들의 적극적인 참여가 필요하다. 본 연구에서는 현장 적용성이 높은 농업 비점오염 관리 방안은 비점오염 발생원 관리의 주체인 농업인이 경작지 내에서 직접 참여할 수 있는 방안들이라는 결과를 도출하였다. 따라서 효과적인 농업 비점오염

Table 2. Review of agricultural Nonpoint Source Pollution control

Class	Countermeasure	Description
Lower end of Field	Fertilization by soil testing	• Fertilization as needed for crop growth and control excessive nutrients and its discharge into aqua-environment
	Slow Release Fertilizer Management	• Application of the proper amount of nutrients for crop growth. An increase in temperature during the early and middle period of crop growth causes nutrient loss by nitrogen release
	Deep Plowing	• Increase of soil infiltration and promotion of crop growth, but incongruent by climate condition
	Soil conditioning	• Improvement of soil physics, e.g., soil aggregate, root system development • Soil aggregation using gypsum, PAM and so on • Improvement of soil chemistry, e.g., manure, lime and proper fertilizer
	Agricultural Water Management	• Discharge control through appropriate irrigation supply, no continuous watering • Erosion control during rainfall, security of water supply an, supplemental facilities for helpful and manageable for vegetation cover
	Residue and Green manure application	• Crop residue management after harvesting and green manure crops(e.g., rye, hairy vetch) seeding for preserving soil quality, conserving soil water and promoting soil organic matter • Control soil erosion by topsoil covering and restriction of the crop growth and harvest periods
	Agricultural Residue Management	• Rice straw for soil water retention, infiltration enhancement and fertilizer usage reduction • But inducing insect occurrence and better useful for animal feed
	Contour Plowing	• Rainwater harvesting within the ridge and the furrow • Reduction of soil erosion through rain-runoff infiltration, but geographical restriction
	Soil Mulching	• Soil covering using vinyl and non-woven fabric and its instant effect on soil erosion control • Minimizing rain-runoff and securing crop seeds, but costly expensive
	Diversion Drains	• Prevention of rainwater flowing in from nearby farms and forests • Supplement countermeasure needed and insultable for farm management
	Terrace channel	• Runoff discharge through contours, e.g., rock and vegetative intercepting drains
	Terrace farming	• Lowering a slope of paddy and farmland and partition of a farm land • Controlling soil discharge caused by increasing water velocity and reducing rain-runoff • Farming improvement of sloped fields and at the same time farming disturbance by equipment and geographical restrictions
	Basin, Sediment basin	• Installation of basins for rain-runoff • Sediment deposition, pollutant adsorption, irrigation water supply, erosion control, but costly expensive
	Exterior of Field	Vegetative filter strip
Soil conservation warning system		• Soil erosion prediction by rainfall • Minimization of soil erosion, increase of effective fertilization for crops, reducing fertilizer cost, but causing disturbance for other farm management
Farm road maintenance		• Yearly accessible but expensive
Drainage canal		• Soil erosion control and access supply, but decrease of arable lands(reorganization of farming and farmer's understanding)

Table 3. Result of Delphi method per each agricultural nonpoint source pollution control

Rank	Countermeasure	Field range	Mean	Std. Deviation
1	Fertilization by soil testing	Within	67	12
2	Slow release fertilizer management	Within	61	9
3	Residue and green manure application	Within	60	11
4	Contour plowing	Within	57	10
5	Soil conditioning	Within	54	7
5	Irrigation management	Within	54	9
5	Vegetative filter strip	Lower end	54	7
8	Agricultural residue management	Within	53	7
8	Terrace farming	Within	53	9
10	Deep plowing	Within	52	10
10	Farm road maintenance	Exterior	52	11
12	Soil mulching	Within	51	8
13	Intercepting drain	Within	50	7
13	Sediment basin	Lower end	50	8
13	Drainage canal	Exterior	50	10
16	Construction of diversion drains	Within	49	12
17	Soil conservation warning system	Lower end	45	12

관리를 위해서는 농업인들의 적극적인 참여가 필수적이며 이를 위해서는 보조금을 이용한 다양한 장려 정책이 이루어져야 한다고 생각된다.

결론

현장 적용이 가능한 농업 비점오염 저감기술을 정립하고자 본 연구는 농업 비점오염 저감 기술을 평가하기 위한 평가 항목을 도출하고 농업 비점오염 전문가를 중심으로 델파이 설문 조사를 실시하여 각 평가 항목에 대한 현장 적용성을 평가하였다. 각 저감 기술별로 중요도와 기술적, 사회적 및 경제적 타당도를 고려한 저감 기술에 대한 평가항목별 가중치는 정책적 지원 > 비용투입 > 노동력 투입 > 저감효과 > 주민 참여 순이었다. 현장 적용성에 대한 전문가 조사 결과 토양검정 시비, 완효성비료 시비, 식물잔재 및 녹비사용, 등고선 경작 등의 경작지 내 저감기술이 높은 것으로 나타났다. 현장 적용성이 높은 농업 비점오염 관리 방안은 비점오염 발생원 관리의 주체인 농업인이 경작지 내에서 직접 참여할 수 있는 방안들이라는 결과를 도출하였다. 따라서 효과적인 농업 비점오염 관리를 위해서는 농업인들의 적극적인 참여가 필수적이며 이를 위해서는 보조금을 이용한 다양한 장려 정책이 이루어져야 한다고 생각된다.

Acknowledgement

This study was carried out with the support of "Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ008566)", National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- An, I.S., Kim, Y.C., Lee, D.R., 2007. Discharge of the pollutants from rice paddies during the period of cultivation, *J. KSWQ*. 23, 266-273.
- Choi, Y.H., Won, C.H., Park, W.J., Shin, M.H., Shin, J.Y., Lee, S.I., Choi, J.D., 2012. Comparison of NPS pollution characteristics between snowmelt and rainfall runoff from a highland agricultural watershed, *J. Korean Society. Water Qual.* 28, 523-530.
- Custer, R.I., Scarcella, B.R., Stewart, B.R., 1999. The modified delphi technique - A rotational modification, *JVTE*. 15, 50-58.
- Hwang, S.W., Jang, T.I., Park, S.W., 2006. Climate change impact on nonpoint source pollution in a rural small watershed, *Kor. J. Agric. Forest Meteorol.* 8, 209-221.
- Kim, E.J., Lee, C.H., Lim, C.S., Choi, J.A., Lee, S.W., 2012. A study on the development of planning technique in low carbon rural village by using delphi method, *J. Korean Soc. of Rural Planning.* 18, 29-45.
- Kim, M.K., Kwon, S.I., Jung, G.B., Hong, S.C., Chae, M.J., Yun, S.G., So, K.H., 2013. Small-scale pond effects on reducing pollutants load from a paddy field, *Korean J. Environ. Agric.* 32, 347-350.
- Won, C.H., Shin, M.H., Choi, Y.H., Lim, K.J., Han, Y.H., Kwon, J.H., Choi, J.D., 2013. Evaluation of NPS pollutant reduction of rice straw mats in field, *KSAE*. 55, 37-44.