

Estimation of Economic Value for Disadvantage of Agricultural Soil

Young Kyu Hong¹, Jin Wook Kim¹, Byung Keun Hyun², Hyuck Soo Kim³, Jae E. Yang⁴, and Sung Chul Kim^{5*}¹Doctoral Candidate, Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea²Researcher, Division of Soil and Fertilizer, National Academy of Agricultural Sciences, Wanju-Gun 55365, Korea³Assistant Professor, Department of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea⁴Professor, Department of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea⁵Professor, Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea*Corresponding author: sckim@cnu.ac.kr

ABSTRACT

Received: February 24, 2021

Accepted: February 25, 2021

ORCID

Sung Chul Kim

<https://orcid.org/0000-0002-2521-6516>

Agriculture soil can contribute adverse effect on ecosystem and total of 4 major adverse effect of agriculture soil was evaluated for estimating economic value. Soil salinization, soil pollution, soil loss, and greenhouse gas production were evaluated. Result showed that total of 20.2 trillion won was estimated and 10.7 trillion won could be loss due to soil salinization followed by 7.8 trillion won by soil pollution. Soil loss would be cost 1.5 trillion won and greenhouse gas emission might cost 1,296 billion won due to methane and nitrogen oxide emission. The highest economic loss was occurred because of over used fertilizer causing soil salinization followed by soil pollution of heavy metal or pesticide. Overall, reduction of overused fertilizer and best management practice of hazard materials in agricultural field would be the most important factors to minimize disadvantage of agriculture soil.

Keywords: Agriculture soil, Disservice, Economic value, Pollution, Salinization

Economic value of agricultural field based on area and emission coefficient of greenhouse gas.

Land use	Area (ha)	Greenhous gas emission coefficient		Caron production amount (thousand ton)	Economic value (billion won)
Paddy	928,368	CH ₄	EFc (kg ha ⁻¹ day ⁻¹)	4,502	1,260
Upland	549,120	N ₂ O	EF1 (kg N ₂ O-N kg-N ⁻¹)	101	28
Orchard	157,410			29	8
Total				4,632	1,296



Introduction

농경지 토양은 농업 활동에 의해 토양의 다양한 순기능이 발생할 수 있는 반면 역기능 역시 발생할 수 있다 (Zhang et al., 2007). 농경지 토양이 제공하는 대표적인 순기능은 식량작물, 섬유 또는 연료와 같은 물질 제공 (provision)과 토양의 비옥도 향상 및 화수분과 같은 지지 (supporting)와 조절 (control) 등이 있다. 반면 과도한 비료 및 농약 사용에 의한 토양 오염 또는 염류화 발생, 그리고 토양질의 악화에 따른 생물 다양성 감소와 같은 역기능 또한 발생할 수 있다 (Brussaard et al., 2007; Power, 2010; Brady et al., 2015; Hyun et al., 2018; Pereira et al., 2018).

유럽의 경우 토양의 기능이 감소함에 따라 발생하는 비용을 산정하기 위해 다양한 형태의 토양 기능 감소에 대한 경제적 손실 가치를 평가하였다. 토양의 기능을 감소시키는 주요 원인으로는 토양 유실, 유기물 감소, 높은 오염물질 농도, 염류화 등 다양한 원인에 의해 토양의 기능이 감소하고 있다 (Lanno et al., 2004; Zhang et al., 2007).

이러한 농경지 토양의 역기능에 대한 경제적 손실 가치 평가를 위해 경제적 평가 방법인 직접 가치 (direct value)와 간접 가치 (indirect value) 산정법을 이용하여 토양 유실에 대한 손실 가치를 평가한 결과 약 102.36 dollar (ha yr⁻¹)로 평가하였다 (Hacisalihoglu et al., 2010). 하지만 그 외 농경지 토양의 역기능에 대한 경제적 가치 평가는 매우 미흡한 실정이다.

본 연구의 목적은 농경지 토양의 주요 역기능을 선별하고 이에 대한 경제적 손실 가치를 평가하고자 한다.

Materials and Methods

평가 항목 농경지 토양의 역기능에 대한 경제적 가치 평가를 위해 선행연구를 바탕으로 총 4개의 역기능, 토양 염류화 (salinization), 토양유실 (soil loss), 토양 오염 (soil pollution), 그리고 온실가스 발생 (greenhouse gas production), 을 선정하였다. 다양한 토양의 역기능 중 농경지 토양에서 주로 발생하는 역기능은 비료 사용에 의한 토양의 염류화, 강우 또는 바람에 의한 토양 유실, 농약 또는 중금속에 의한 토양 오염, 그리고 농업 활동에 의해 발생하는 온실가스 발생 등이 대표적이다.

경제적 가치 평가 농경지 토양의 역기능에 대한 경제적 가치 평가를 위해 국가 통계 자료 및 선행 연구 자료를 참조하였다. 토양의 염류화에 따른 경제적 손실 가치를 평가 하기 위해 국내 총 404개의 토양통 중 염해 발생이 있는 주요 토양통인 포송, 포두, 염포, 문포, 광활, 낙천, 가포, 태안통 등 8개의 토양통의 면적을 산출한 후 토양 밀도 (1.3 ton m⁻³)와 30 cm의 토양 깊이를 고려하여 총 토양 무게를 산출 하였다. 경제적 가치 평가는 대체 비용법을 사용하여 객토 가격인 30,000 won ton⁻¹을 적용하였다. 토양 유실에 따른 농경지 토양의 경제적 손실 가치는 선행 연구에서 제시한 논, 밭, 과수원의 면적 (ha), 평균 유실량 (ton ha⁻¹ yr⁻¹)과 대체 비용인 객토 가격 (30,000 won ton⁻¹)을 적용하여 산출하였다.

토양 오염의 경우 2015년 농림축산식품부 자료를 바탕으로 토양 오염에 의해 폐기 처분된 농산물의 부적합 비율과 식량작물 생산량 그리고 식량 작물의 소득 가격을 이용하여 토양 오염에 따른 경제적 손실 가치를 평가 하였다. 농경지 토양의 온실가스 발생에 따른 경제적 손실 가치는 논토양의 경우 메탄 (CH₄), 그리고 밭토양 및 과수원에서는 아산화질소 (N₂O)의 발생량을 이산화탄소 (CO₂)의 배출량으로 변환하기 위해 국가고유배출계수 (Emission Factor)를 적용하여 총 이산화탄소 발생량을 산출한 후 탄소 발생량으로 변환하여 국제 탄소 거래가격인 28,000 won을 적용하여 최종 온실가스 발생에 따른 경제적 손실 가치를 평가하였다.

Results and Discussion

토양의 염류화에 따른 경제적 손실 가치 농경지 토양의 염류화에 따른 경제적 손실 가치를 평가하기 위해 국내 총 404개의 토양통 중 염해 발생이 있는 토양통인 포승, 포두, 염포, 문포, 광활, 낙천, 가포, 태안통의 면적을 산출하였다 (Table 1). 염해가 발생하는 토양통의 총 면적은 91,613 ha로 이 중 충남 지역이 총 면적의 약 34.3%인 31,427 ha로 가장 많은 면적을 차지하고 있으며 다음으로는 전체 면적의 약 28.7%인 26,294 ha를 차지한 전남 지역이 염해 발생 면적이 많았다. 각 시도별 염해 면적에 토양 밀도 (1.3 ton m^{-3})와 30 cm의 토양 깊이를 고려하여 총 토양 무게를 산출하면 염해에 의한 국내 농경지의 총 토양 무게는 102,547천 톤이었으며 대체 비용인 객토 가격 ($30,000 \text{ won ton}^{-1}$)을 적용하여 염해에 의한 총 경제적 가치는 약 1조 4,997억 원으로 평가되었다.

토양 유실의 경제적 손실 가치 농경지 토양의 토양 유실에 따른 경제적 손실 가치는 토지 이용별 평균 유실량과 객토 가격을 이용하여 산출하였다 (Table 2). 농경지의 토지 이용에 따라 논, 밭, 과수원으로 구분하였으며 각 토지 이용에 따른 평균 유실량은 선행연구 자료를 활용하였다. 토지 이용에 따른 평균 유실량은 밭의 경우 $81 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$

Table 1. Area of soil series in terms of soil salinization in each province and calculated economic value of agriculture soil due to soil salinization.

	Area (ha)	Soil amount (thousand ton)	Value (billion won)
Kangwon	125	484	146
Gyungki	10,524	41,044	12,313
Gyung-Nam	1,781	6,946	2,083
Gyung-Buk	808	3,151	945
Kwangju			
Daegu			
Daejeon			
Busan	382	1,490	447
Seoul			
Sejong	25	98	29
Ulsan	7	27	8
Incheon	12,818	49,990	14,997
Jeon-Nam	26,294	102,547	30,764
Jeon-Buk	7,317	28,536	8,561
Jeju	105	410	122
Chung-Nam	31,427	122,565	36,770
Chung-Buk			
Total	91,613	357,288	107,185

Table 2. Average of soil loss in varied land use and estimation of economic value.

Land use	Area (ha)	Average soil loss ($\text{ton ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)	Value (billion won)
Paddy	928,368	3.16	880
Upland	549,120	81.0	13,270
Orchard	157,410	22.2	1,048
Total			15,199

로 다른 토지 이용에 비해 높았으며 과수 22 ton ha⁻¹ yr⁻¹, 논 3.16 ton ha⁻¹ yr⁻¹으로 가장 낮은 평균 유실량을 나타내었다.

각 토지 이용별 면적에 토양 밀도 (1.3 ton m⁻³)와 30 cm의 토양 깊이를 고려하여 총 토양 무게를 산출한 후 대체 비용인 객토 가격 (30,000 won ton⁻¹)을 적용하여 산출한 토양 유실에 의한 총 경제적 가치는 약 1조 5,199억 원으로 평가되었다.

농경지 토양의 오염에 의한 경제적 손실 가치 평가 농경지 토양의 오염에 의해 발생하는 경제적 손실 가치 평가는 Table 3에 정리하였다. 농경지 토양이 중금속 또는 기타 유해물질에 의해 오염되어 기준을 초과할 경우 오염된 농경지에서 재배되었던 농산물은 전량 폐기하도록 되어 있다. 따라서 토양 오염에 따른 경제적 손실 가치를 산정하기 위해 토양 오염에 의한 농산물 부적합 비율과 식량작물 생산량, 그리고 식량 작물의 소득 가격을 고려하여 평가하였다.

2015년을 기준으로 생산된 식량작물의 총 생산량은 약 482.5만 톤이었으며 농경지 오염에 의한 부적합율은 전체 식량작물 생산량의 약 1.4%로 약 6만 8천 톤의 식량 작물이 폐기된 것으로 조사되었다. 식량작물의 평균 소득 가격은 약 85만 2,273원으로 평가되어 2015년 기준 토양 오염에 의해 폐기된 식량 작물의 총 가치는 약 5조 7,571억 원으로 산출되었다.

농경지 토양의 온실 가스 배출에 따른 경제적 손실 평가 농경지 토양의 온실 가스 배출에 따른 경제적 손실 평가는 토지 이용별 (논, 밭, 과수원) 발생하는 대표적인 온실 가스인 메탄 (CH₄)과 아산화질소 (N₂O) 발생 계수를 고려하여 탄소량으로 변환한 후 총 발생량을 산정하였다 (Table 4). 산정된 탄소의 총 발생량에 탄소 배출 거래 가격인 28,000 (won ton⁻¹)을 적용하여 농경지 토양의 온실 가스 발생에 따른 경제적 손실 가치를 평가하였다. 논토양의 경우 발생하는 주요 온실 가스는 메탄으로 배출 계수는 2.32를 적용하였으며 밭토양과 과수원의 경우 주로 발생하는 온실 가스는 아산화질소이며 배출 계수는 0.00596을 적용하였다.

온실가스 배출계수를 적용하여 산출한 탄소 발생량은 논토양의 경우 약 450.2만 톤이었으며 밭토양과 과수원은 각각 약 10.1만 톤, 2.9만 톤으로 산정되었다. 대부분의 온실 가스는 논토양에서 메탄의 형태로 발생하였으며 이는 논토

Table 3. Produced and wasted crop food amount due to soil pollution and economic value.

Crop food production amount (thousand ton)	Wasted crop food amount (thousand ton)	Income of crop food (won kg ⁻¹)	Economic value (billion won)
4,825	68	852,273	57,571

Table 4. Economic value of agricultural field based on area and emission coefficient of greenhouse gas.

Land use	Area (ha)	Greenhous gas emission coefficient		Caron production amount (thousand ton)	Economic value (billion won)
Paddy	928,368	CH ₄	EFc 2.32 (kg ha ⁻¹ day ⁻¹)	4,502	1,260
Upland	549,120	N ₂ O	EF1 0.00596 (kg N ₂ O-N kg-N ⁻¹)	101	28
Orchard	157,410			29	8
Total				4,632	1,296

양의 재배면적이 다른 토지 이용에 비해 넓으며 온실가스 배출계수 또한 아산화질소에 비해 높은 것에 기인한 것으로 판단되었다.

농경지 토양의 온실가스 발생에 따른 총 경제적 손실 가치는 약 1,296억 원이며 이 중 논토양이 약 97%를 차지한 1,260억 원으로 산정되었다.

Conclusion

농경지 토양에서 발생할 수 있는 다양한 역기능 중 주요 4가지 역기능에 대한 경제적 손실 가치를 평가하였다. 토양의 염류화에 의한 경제적 손실 가치는 약 10조 7천억 원으로 산정되었으며 농경지 오염, 토양유실, 그리고 온실가스 발생에 따른 경제적 손실 가치는 각각 약 7조 8천억 원, 1조 5천억 원, 그리고 1,296억 원으로 산정되어 총 손실 가치는 약 20조 2천억 원으로 평가되었다. 본 연구에서 평가한 농경지 토양의 역기능 중 과도한 비료 사용에 의한 토양의 염류화가 농경지 토양의 가장 큰 역기능을 제공하였으며 다음으로는 중금속 또는 농약에 의한 농경지 토양의 오염에 의해 다량의 식량작물 폐기에 따른 역기능이 발생하는 것으로 산정되었다. 본 연구 결과를 바탕으로 농경지 토양의 역기능을 최소화 하기 위해서는 적절한 비료 사용과 오염물질 관리가 중요할 것으로 사료되었다.

Acknowledgement

This study was supported financially by a grant from the research project (PJ014493032020) of National Institute of Agricultural Sciences, Republic of Korea.

References

- Brady, M.V., K. Hedlund, R.-G. Cong, L. Hemerik, S. Hotes, S. Machado, L. Mattsson, E. Schulz, and I.K. Thomsen, 2015. Valuing Supporting Soil Ecosystem Services in Agriculture: A Natural Capital Approach. *Agron. J.* 107: 1809-1821.
- Brussaard, L., P.C. de Ruiter, and G.G. Brown, 2007. Soil biodiversity for agricultural sustainability. *Agric. Ecosyst. Environ.* 121:233-244.
- Hacisalihoglu, S., D. Toksoy, and A. LKalca, 2010. Economic valuation of soil erosion in a semi arid area in Turkey. *Africa Journal of Agricultural Research* 50:001-006.
- Hyun, B., C. Lee, S. Jeon, S. Hong, and Y. Zhang, 2018. The Research Review of Soil Ecosystem Services. *Kor. J. Soil. Sci. Fert.* 51:457-470.
- Lanno, R., J. Wells, J. Conder, K. Bradham, and N. Basta, 2004. The bioavailability of chemicals in soil for earthworms. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 57:39-47.
- Pereira, P., I. Bogunovic, M. Muñoz-Rojas, and E.C. Brevik, 2018. Soil ecosystem services, sustainability, valuation and management. *Current Opinion in Environmental Science & Health* 5:7-13.
- Power, A.G., 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 365:2959-2971.
- Zhang, W., T.H. Ricketts, C. Kremen, K. Carney, and S.M. Swinton, 2007. Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecol. Econ.* 64:253-260.