

Research Paper

AHP 설문기법을 활용한 논(畓)의 생태계서비스 가치산정을 위한 평가지표 도출

최선화* · 김재구** · 강서연***

한국수생태복원협회*, (주)엔솔에코**, Bryn Mawr College***

Derivation of Evaluation Indicators for Assessing the Value of Ecosystem Services in Rice Fields Using the Analytic Hierarchy Process

SunHwa Choi* · JaiKu Kim** · SeoYeon Kang***

Korea Association for Aquatic Ecosystem Restoration*
Environment Solution Eco, Co., Ltd.**
Bryn Mawr College***

요약: 본 연구에서는 국내 논 생태계의 생태계서비스 가치 산정을 위한 평가지표 및 측정항목을 도출하였다. 관련분야 종사자 및 전문가를 대상으로 계층화 분석법인 Analytic Hierarchy Process 설문기법을 이용하였고, 측정항목의 내용타당도, 정량적 측정가능성, 가치산정의 중복 등을 검토하여 평가지표를 선정하였다. 생태계서비스를 공급서비스, 조절서비스, 문화서비스, 지지서비스로 분류하여 12개의 평가지표를 도출하였다. 공급서비스의 평가지표로는 식량 생산과 유용원료 생산의 2개 지표가 선정되었고, 조절서비스의 평가지표는 기후조절, 대기정화, 수질정화, 수량조절, 재해조절의 5개 지표가 선정되었다. 문화서비스 평가지표는 생태교육/체험학습 등 과학적 가치 제공이 선정되었고, 지지서비스는 일차생산, 서식처제공, 생물다양성, 물질순환의 4개 평가지표가 선정되었다. 본 연구에서 도출된 평가지표는 국내 논 생태계의 생태계서비스 가치산정에 유용하게 사용될 것으로 기대된다.

주요어: 논 생태계, 생태계서비스 가치, 평가지표, AHP 설문

Abstract: This study aims to derive evaluation indicators and measurement items for estimating the value of ecosystem services in rice fields. In this study, the Analytic Hierarchy Process was used, and evaluation indicators were selected based on the content validity, quantitative measurability, and double-counting in value assessment. Ecosystem services were categorized into four major groups: provisioning service, regulatory service, cultural services, and supporting services, from which a total of twelve evaluation indicators were derived. For provisioning services, two indicators were selected: food production and useful raw materials production. Regulating services comprised five indicators:

climate regulation, air purification, water purification, water storage, and disaster regulation. Cultural services were represented by a single indicator-provision of sites for ecological education. Supporting services included four indicators: primary production, habitat provision, biodiversity, and nutrient cycling. It is expected that the evaluation indicators will be useful in assessing the ecosystem service value of the rice fields.

Keywords: Rice Paddy Ecosystem, Ecosystem Service Value, Evaluation Indicator, AHP Survey

I. 서론

생태계서비스는 인간이 특정한 생태계를 통해 직접, 간접적으로 얻는 모든 혜택과 편익을 나타내는 개념이며, 생태계서비스 가치란 생태계서비스에 경제학적 개념을 도입하여 화폐단위로 환산하여 알기 쉽게 나타내는 개념이다(TEEB 2010; An et al. 2015). 생태계서비스란 용어는 Ehrlich and Ehrlich (1981)의 “멸종: 종이 사라지는 원인과 결과”라는 논문에서 사용한 이후, Costanza et al. (1997), Millennium Ecosystem Assessment(MA, 2005), The Economics of Ecosystems and Biodiversity(TEEB, 2010)에 의해 세계적인 관심을 받게 되었다. 2012년 생태계서비스 평가 전담 국제기구인 생물다양성과학기구(Intergovernmental Platform on Biodiversity & Ecosystem Service, IPBES)의 탄생에 의해 보편적인 개념으로 사용되고 있다(Choi 2020; Choi et al. 2020). 생태계서비스는 인간에게 주는 편익과 혜택의 유형에 따라 공급서비스(Provisioning service), 조절서비스(Regulating service), 문화서비스(Cultural service), 지지서비스(Supporting service)의 4가지 유형으로 분류되고 있다. 공급서비스는 생태계가 인간에게 필요한 식량, 물, 기타자원 등을 생산하여 인간에게 공급하여 얻어지는 편익이며, 조절서비스는 생태계가 공기, 수질, 토양의 질(quality), 홍수, 질병 등을 조절하며, 환경조절자의 역할로서 제공하는 서비스를 의미한다. 문화서비스는 생태계로부터 인간이 받는 휴양, 레저, 관광, 교육 등 비물질적인 혜택과 편익으로 정의되며, 지지서비스는 공급, 조절, 문화서비스 등 다른 유형의 생태계서비스 생산을 위해 기반이 되는 서비스로서, 일차생산, 영양물질 순환 등이 해당된다(MA 2005; TEEB 2010; Joo et al. 2016; ME 2020). 생태계서비스 평가는 지속가능한 자연환경 및 자연자원의 보전과

관리의 차원에서 생태계 가치를 판단할 수 있는 수단으로서 중요성이 점차 증가하고 있으며, 국가의 기본 계획 수립 및 정책수립 결정의 최우선 기준으로 자리잡아가고 있다(Choi et al., 2021).

국내에는 2022년 기준으로 726,654 ha의 논이 전국적으로 분포하고 있다(KOSIS, 2023). 논은 벼, 보리 등 작물재배를 통한 식량 생산뿐만 아니라 물의 저류로 인한 수생 생물 및 조류들의 생물서식처 역할, 대기온도 조절, 수질정화, 홍수조절, 토양유실 감소, 생물다양성 증진 등 인간에게 다양한 혜택(편익)을 제공해주고 있다(Kim et al. 2006; Kong 2013; Sagong et al. 2014; Jung et al. 2015; Kim et al. 2016). 국내에서는 그동안 농업 및 논외의 공익적 기능에 대한 연구가 주로 이루어져 왔으나(Oh et al. 2001; Yan et al. 2003; Kwon, 2005; Yang et al. 2012; Kim et al. 2012), 논외의 다양한 기능과 편익을 통합한 생태계서비스 개념 차원의 가치 평가연구는 매우 미흡한 실정이다. 생태계서비스 가치 평가를 위해서는 대상 생태계에 대한 이해와 함께 생태계가 주는 편익과 이익을 충분히 대변할 수 있는 평가지표 및 측정항목 선정이 가장 중요하다. 그러나 국내에는 아직까지는 생태계의 가치 평가 지표 개발에 대한 연구가 초기 단계에 있다. Ryu and Lee (2013)은 수도권 그린벨트지역의 농업지역을 대상으로 공급서비스와 조절서비스의 일부 지표에 대해 가치를 평가하였고, Kong et al. (2014)은 논 습지의 보전가치만을 대상으로 평가지표를 제시하였다. Gang et al. (2015)은 논 습지의 생태계서비스 가치 평가를 위해 국내외의 기존 문헌들을 검토하여 8개의 평가지표를 도출하였다. Kim et al. (2016)은 유기농업의 생물다양성, 수질개선, 토양의 질 개선, 온실가스 감축, 토양유실 방지 등 비시장적 기능에 한하여 가치평가를 시도하였다. Nam et al. (2020)은 벼-담수어의 특정 유기농법을 적용한 논습지를 대상으로

경제적 가치평가를 시도하였다. 이러한 기존의 연구들은 논 생태계의 서비스 가치를 종합적으로 평가하기 보다는 일부 기능만을 대상으로 하였고, 유기농법 적용 등 특정한 환경의 생태계를 대상으로 평가항목을 도출하였다. 또한, 평가지표 및 평가항목을 적용함에 있어서 주로 선행연구에 의존한 공익적 기능 위주의 주관적 지표들을 대상으로 하였기 때문에 논 생태계가 주는 모든 유형의 서비스가 포함되어 있지 않다.

본 연구에서는 논 생태계가 인류에게 주는 모든 편익이 생태계서비스 가치 평가에 포함될 수 있도록 서비스 유형별로 분류하여 평가지표를 도출하고자 하였다. 또한, 평가지표의 전문성과 객관성을 확보하기 위해서 계층화 분석법인 Analytic Hierarchy Process(AHP) 설문 기법 등 과학적인 방법론을 이용하였다. AHP 분석이란 의사결정의 전 과정을 다단계로 나눈 후, 단계별로 분석, 해결함으로써 최종적인 의사결정에 이르는 접근 방법으로 다기준 의사결정에 널리 사용되고 있다(Park et al., 2013). 본 연구에서는 국내 논 생태계서비스 가치 산정에 보편적으로 사용할 수 있는 평가지표를 개발하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 평가지표 및 측정항목 개발 절차

본 연구에서는 논 생태계서비스 가치를 산정하기 위한 평가지표 및 측정항목을 도출하고자 하였다. Fig. 1과 같은 과정을 통해 객관성과 타당성이 확보된 평가지표를 개발하고자 하였다. 먼저, (a) 기존 문헌 및 연구 논문의 검토를 통해 논 생태계가 자연과 인간에게 주는 모든 기능과 역할을 추출하였고, (b) 기능과 역할을 MA (2005)에서 제시한 생태계서비스 유형인 공급서비스, 조절서비스, 문화서비스, 지지서비스로 분류하여 평가지표 및 측정항목에 대한 후보군의 목록을 작성하였다. 서비스 유형별 평가지표 및 측정항목의 후보군 목록을 대상으로 2회에 걸친 설문조사(예비조사, 전문가조사)를 실시하였다. (c) 1차로 농업, 환경관련 분야 종사자를 대상으로 설문조사를 실시하였고, (d) 조사결과에 대해 내용타당도(Content validity ratio, CVR)를 분석하였고, (e) CVR 50% 이상에 해당하는 목록을 대상으로 2차 설문조사를 실시하였다. CVR은 내용타당도 비율로서, 내용타당도를 측정하기 위해 가장 널리 이용되는 공식이다(Vahid. et al., 2015). CVR은

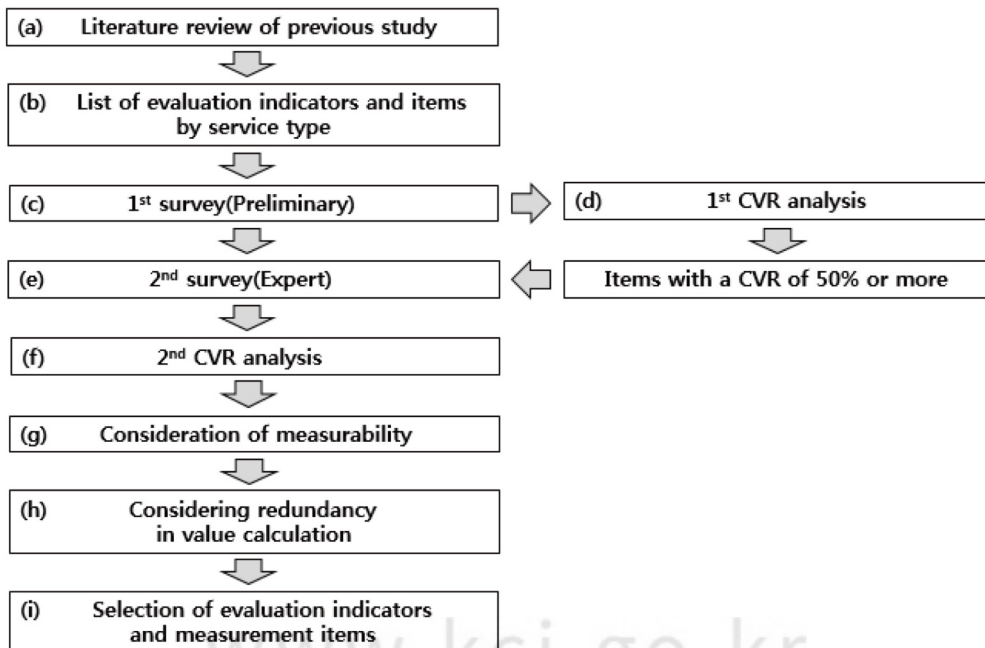


Figure 1. Flowchart of the process for deriving evaluation indicators

Table 1. Various functions of rice fields ecosystem derived from previous research

Source	Various functions
Oh et al. (1995)	Flood control, Water storage, Water purification, Air purification, Reducing soil erosion, Waste treatment
Oh et al. (2001)	Food security, Scenery provided, Vitality increasing
Lim (2002)	Flood control, Groundwater recharge, Climate regulation, Reducing soil erosion, Water purification, Air purification, Oxygen supply, Rest area provided
Kwon (2005)	Flood control, Water storage, Air purification, Water purification, Climate mitigation, Soil conservation
Kim et al. (2006)	Flood control, Groundwater recharge, Water purification, Air purification, Climate regulation, Soil conservation, Amenity provided, Landscape conservation
Kang (2007)	Food supply, Scenery provided, Soil conservation, Natural resource management, Biodiversity
Kim et al. (2012)	Food supply, Water storage, Water purification, Flood control, Air purification, Climate regulation, Reducing soil erosion, Biodiversity, Providing agriculture and rural scenery, Preservation and inheritance of traditional culture, Recreation and tourism provided, Healing and health
Ryu and Lee (2013)	Food supply, Water supply, Climate regulation, Air quality control, Erosion control, Natural disaster mitigation, Nutrient cycling, Biological control, Rural scenery providing, Recreation and tourism provided
Sagong et al. (2014)	Food supply, Drinking water supply, Water purification, Flood control, Reducing soil erosion, Protection of important forests habitat, Biodiversity, Avian habitat, Provision of protected species in paddy fields
Jung et al. (2015)	Species conservation, Biodiversity, Soil pollution prevention, Water purification, Soil fertility improving, Greenhouse gases reduction, Soil conservation, water use, Waste reduction, Energy saving
Kim et al. (2016)	Food supply, Natural fiber, Fuel supply, Flood Control, Water purification, Air purification, Wildlife habitat providing

해당 개념을 설명하기 위해 구성된 이론적, 연구적 틀이 해당 개념을 설명하기에 적합한 구성인지를 설문 대상자들에게 물어 측정하는 것이다. CVR은 응답 비율이 50% 초과일 때 그 문항은 타당하다고 간주된다 (Lawshe 1975; Kim 2015). 2차 설문조사 결과를 대상으로 (f) 평가지표별 측정항목에 대한 내용타당도 분석, (g) 측정항목에 대한 정량적 측정가능성 검토, (h) 가치산정의 중복(Double-counting) 등을 검토하였고, (i) 최종 평가지표별 측정항목을 선정하였다.

2. 서비스 유형별 후보군의 목록화

논 생태계가 주는 모든 직접적 및 간접적인 기능, 역할, 혜택을 분석하고자 농경지 및 논 습지를 대상으로 수행한 다원적 기능연구 및 생태계서비스 평가 관련 선행연구를 조사하였다(Table 1). 논 의 다원적 기능에 관한 연구는 2000년대부터 2010년도 중반까지 다수의 연구가 진행되었다. Oh et al. (1995), Lim (2002), Kwon (2005)은 논 의 주요 기능으로 홍수조절, 물(지하수) 저장, 수질정화, 대기정화, 홍수 조절, 토양침식 감소 등 주로 조절서비스에 해당하는 내용에 대해 다루었다. Kim et al. (2006)와 Ryu and Lee (2013) 연구에서는 다양

한 조절서비스에 해당하는 기능 외에 어메니티 및 경관 제공 등 문화서비스에 해당하는 기능을 추가하였다. Kim et al. (2012)과 Sagong et al. (2014)의 연구에서는 조절서비스, 지지서비스 기능뿐만 아니라 식량공급, 물 공급 등의 공급서비스를 논 생태계의 가장 주요한 기능과 역할로 다루었다.

논 생태계의 기능과 역할을 MA (2005)에서 제시한 생태계서비스 유형별로 분류하여 평가지표 및 측정항목의 후보군을 목록화 하였고, 그 결과는 Table 2와 같다. 논 생태계의 공급서비스에는 작물 재배를 통한 식량 생산, 논에 태양광 설치 및 에너지 작물 재배에 의한 에너지 생산, 약용작물 재배에서 얻어지는 유용작물 생산, 골재 채취 등 광물자원 생산으로 크게 구분하였다. 조절서비스에는 작물에 의한 대기오염물질 및 이산화탄소 흡수에 의한 대기정화, 물의 저류로 인한 미기후 조절 및 수질정화, 저류댐 역할에 의한 홍수조절 및 토양유실 저감 등 자연재해 조절 기능, 생물다양성에 의한 생물학적 조절 등으로 구성하였다. 문화서비스에는 논이 제공하는 경관 및 친수기능, 생태교육/체험 장소로 활용, 역사적 유적지 및 전통문화공간 제공, 영적/종교시설물 제공 등으로 구성하였다. 논 생태계의 지

Table 2. Evaluation indicators and measurement items by ecosystem service type

Service type	Evaluating indicator	Measuring Items	The details
Provisioning service	Food production	Food production	Rice
			Vegetables/Fruits
	Energy production	Solar power Biomass	Solar power
			Biomass energy
	Raw material production	Useful raw materials Mineral resources	Medicine/Edible/Health materials
Mineral resource			
Regulating service	Climate regulation	Microclimate control	Evaporation/Diffusion
	Air purification	Reduction of pollutants Photosynthesis	Absorption of air pollutants
			Absorption of CO ₂
	Water purification	Reduction of water pollutants	Sedimentation of pollutants
			Nutrient uptake by crops
	Improving soil quality	Soil fertility Surface water Groundwater	Improving soil fertility
			Surface water retention
	Water storage	Groundwater	Groundwater recharge
			Drought/flood control
	Disaster regulation	Drought/flood control Reducing soil erosion	Flood control
			Reducing soil loss/erosion
	Biological regulation	Biodiversity	Presence of exotic species
Promoting biodiversity			
Cultural service	Recreation/Leisure	Recreation/Rest	Rest area
			Leisure activities area
	Landscape/Aesthetic	Creating landscape	Provides a visual landscape
			Provides aesthetic comfort
	Ecological education/Experience	Ecological education/Experience	Ecotourism site provided
			Ecological learning field provided
Religion/Heritage	Traditional cultural assets Spiritual/Religious facilities	Creation of an ecological observatory	
		Spiritual/Religious facilities	
Supporting service	Primary production	Primary production	Primary production by crops
	Habitat	Habitat provision	Fishery habitat
			Soil microorganisms habitat
			Aquatic plant habitat
			Avian habitat
	Ecosystem diversity	Biological/Genetic diversity	Mammal habitat
			Legally protected species of aquatic life
			Formation of plant colonies
			Legally protected species of bird
Material cycle	Nutrient cycle	Legally protected species of mammal	
		Nitrogen/Phosphorus cycle	
			Carbon cycle

지서비스에는 재배하는 작물에 의한 기초생산량 제공(유기물 합성), 다양한 생물들에게 서식처 제공, C, N, P 등 지구의 물질순환, 생물학적/유전적 다양성으로 인한 생태계다양성으로 구분하였다.

3. 설문조사 설계

국내 내 생태계 특성을 반영한 타당성이 높은 생태계서비스 평가지표를 도출하고자 AHP 기법을 활용한 설문조사 방법을 이용하였다. 설문조사는 총 2회 실시하였으며, 1차 조사는 환경, 생태, 농업토목, 농학 등을

Table 3. The general information of respondents

Classification		1st Survey (N=105)		2nd survey (N=38)	
		Numbers	%	Numbers	%
Sex	Male	84	80	32	84.2
	Female	21	20	6	15.8
Work	Public official/Public institutions	44	41.9	9	23.7
	University professor	3	2.9	2	5.3
	Research institute	21	20.0	18	47.4
	Business company	37	35.2	9	23.7
Education	College graduate	50	47.6	-	-
	Master	23	21.9	12	31.6
	Completion of doctoral course	5	4.8	3	7.9
	Doctor	27	25.7	23	60.5
Major	Environment	52	49.5	19	50.0
	Biology/Ecology	24	22.9	11	28.9
	Agricultural and civil engineering	17	16.2	4	10.5
	Agricultural chemistry	12	11.4	4	10.5

전공한 관련 분야 종사자를 대상으로 설문하였고, 2차 조사는 환경, 생태 등 관련분야의 석사학위 이상의 전문가를 대상으로 하였다. 1차 설문은 논 생태계의 다양한 기능과 역할 등의 인식에 대해 조사하였고, 조사결과를 바탕으로 평가지표별 측정항목에 대한 내용타당도를 분석하였다. 2차 설문에서는 1차 분석에서 내용타당도가 50% 이상에 해당하는 항목만을 대상으로 한정하였고, 상대적 가중치와 평가지표에 대한 중요도를 분석하였다. 상대적 가중치는 여러 요소들 간의 상대적인 중요도 및 우선순위를 나타내는 값을 의미한다. 본 연구에서는 생태계서비스 유형별 및 평가지표별 중요도 파악을 위해 각각의 요인에 대한 상대비교 설문을 통해 도출하였다. 1차 설문에 응답한 총 인원은 총 105명이었으며, 응답자는 남성(84명, 80%), 여성(21명, 20%)으로 나타났고, 직업은 공무원 및 공공기관 근무자가 44명(41.9%), 민간업체 근무자(37명, 35.2%), 연구부서 근무자가 21명(20%)으로 나타났다. 2차 조사는 총 38명이 설문에 참여했으며, 응답자의 84.2%(32명)가 남성이었고, 직업은 대부분이 정부 및 공공기관에 근무하는 종사자(23.7%) 및 연구원(47.4%)으로 나타났다. 설문조사는 이메일을 통한 비대면 설문방식으로 이루어졌으며, 설문조사서는 AHP 분석을 위한 9점 척도의 쌍대 비교방식을 이용하였다. 1차 및 2차 설문응답자의 일반적인 사항은 Table 3과 같다.

III. 결과 및 고찰

1. 논 생태계에 대한 인식조사 및 측정항목에 대한 1차 대표성 평가

Fig. 2는 관련업계 종사자에 의한 논 생태계의 기능과 역할에 대한 인식을 조사한 결과이다. 논 생태계의 기능과 역할에 해당한다고 생각하는 모든 항목을 복수로 선택하여 응답한 결과이다. 쌀 생산기능이 100%로 가장 높았고, 작물에 의한 일차생산(89.5%), 질소·인·인의 물질순환(88.6%), 생물다양성 증진(80.9%), 이산화탄소 흡수(78.1%), 생태학습장 제공(78.1%), 토양미생물 서식처 제공(75.2%), 기후조절(73.3%)순으로 높게 나타났다. Fig. 2에서 나타난 바와 같이 논은 쌀을 생산하여 인간에게 식량을 제공하는 역할 이외에도 자연을 유지하고 조절하는 기능, 인간에게 휴식 및 여가활동 제공 등 매우 유익한 생태계로 인식하고 있는 것으로 나타났다.

Table 4는 1차 설문 결과를 대상으로 평가지표별 세부항목에 대한 CVR를 분석한 결과이다. 1차 설문대상자가 105명에 해당하므로 CVR이 0.1보다 높으면 내용타당도가 높고, CVR이 0.1보다 낮으면 내용타당도가 낮다고 해석된다(Lawshe, 1975). 공급서비스에서는 식량생산 지표의 쌀 생산 항목이 CVR 1.0으로 가장 높았으며, 바이오매스 생산과 유용원료 생산도 CVR이 각각

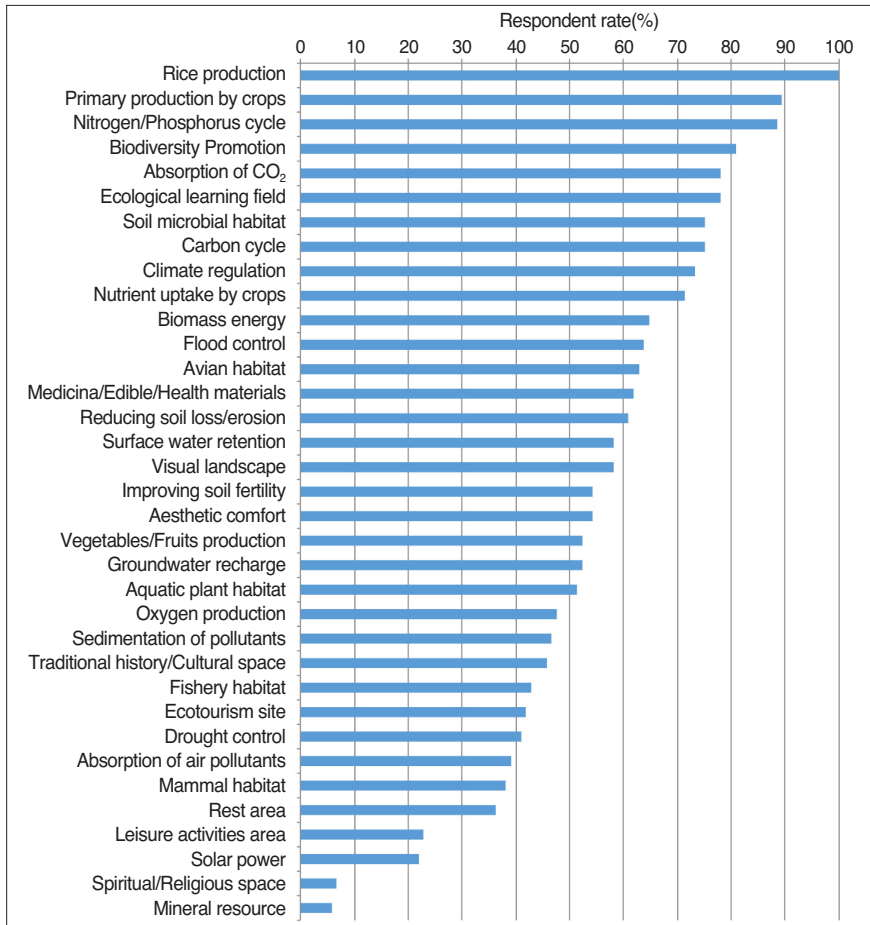


Figure 2. Results of a survey on the functions and roles of the rice paddy ecosystem

0.29524, 0.23810으로 내용타당도가 높은 것으로 나타났다. 조절서비스에서는 증발산량을 통한 미기후조절, 이산화탄소 흡수에 의한 대기오염물질 저감, 작물의 영양염류 흡수에 따른 수질정화, 지표수 저류에 의한 수량 조절, 홍수조절 및 토양유실 방지에 의한 재해조절, 생물다양성 증진에 따른 생물학적 조절에서 CVR 0.1 이상으로 내용타당도가 높은 것으로 나타났다. 문화서비스에서는 경관/심미 지표의 시각적 경관제공과 생태교육/체험학습 지표의 생태학습장 제공에서 CVR이 0.1 이상으로 내용타당도가 높은 것으로 나타났다. 지지서비스에서는 작물에 의한 일차생산, 토양미생물 및 조류 서식지 제공, 생태계다양성 지표의 식물 군락지의 형성, 물질순환 지표의 질소·인 순환과 탄소 순환에서 CVR이 0.1 이상으로 내용타당도가 높은 것으로 나타났다.

2. 평가지표의 상대적 가중치 및 2차 대표성 평가

1) 평가지표의 상대적 가중치 분석결과

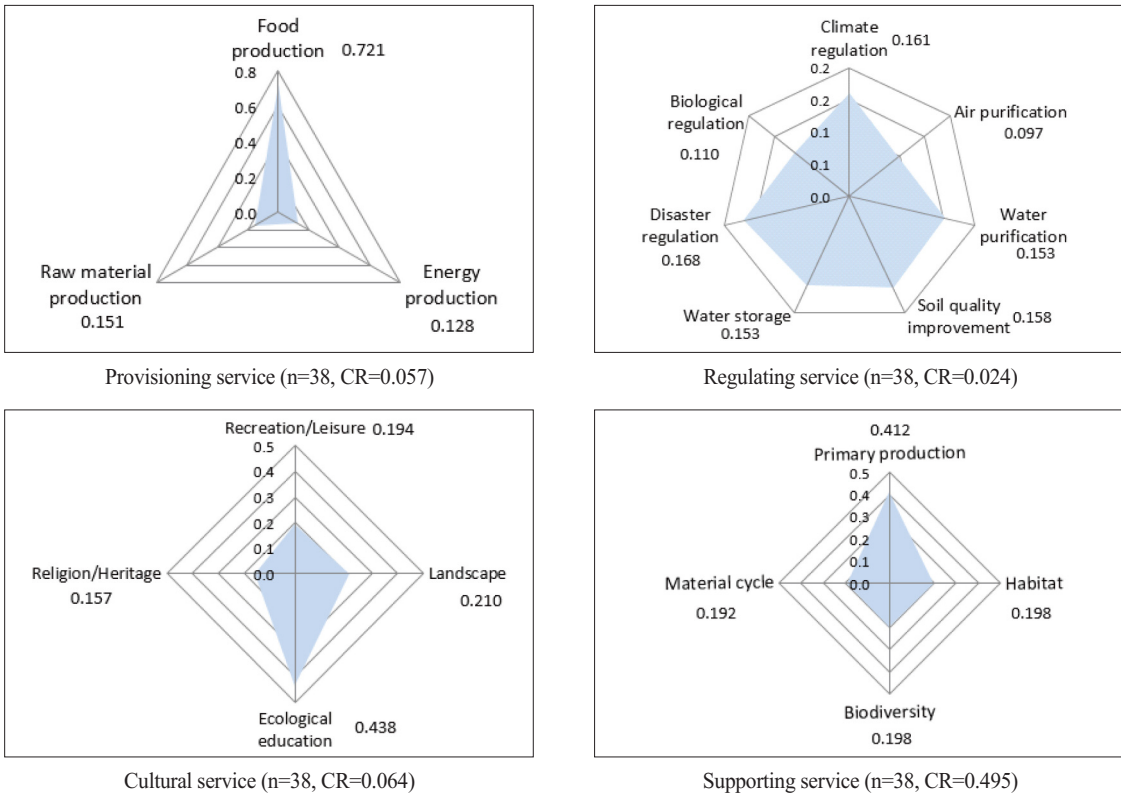
전문가들에 의한 설문조사 결과를 바탕으로 논의 생태계서비스 유형별 상대적 가중치를 분석한 결과, 공급서비스(0.486), 조절서비스(0.260), 지지서비스(0.188), 문화서비스(0.066) 순으로 나타나 공급서비스가 가장 높게 나타났다. 생태계서비스 유형별 평가지표에 대한 상대적 가중치를 분석한 결과는 Fig. 3과 같다. 공급서비스는 식량 생산(0.721), 유용원료 생산(0.151), 바이오매스 생산(0.128) 순으로 나타나 작물 재배를 통한 식량공급이 가장 중요한 평가지표로 나타났다. 조절서비스에서는 재해조절(0.168), 기후조절(0.161), 토양질 개선(0.158), 수질정화(0.153), 수량조절(0.153), 생물학적 조절(0.110) 순으로 평가지표 간에 매우 유사한 가중

Table 4. CVR analysis of evaluation indicators by ecosystem service type(Bold indicates CVR > 0.1)

Service type	Evaluating indicator	Measuring items	The details	CVR
Provisioning service	Food production	Food production	Rice production	1.00000
			Vegetables/Fruits	0.04762
	Energy production	Solar power Biomass	Solar power	-0.56190
			Biomass energy	0.29524
	Raw material production	Useful raw materials Mineral resources	Medicine/Edible/Health materials	0.23810
Mineral resource			-0.88571	
Regulating service	Climate regulation	Microclimate control	Evaporation/Diffusion	0.46667
	Air purification	Reduction of pollutants	Absorption of air pollutants	-0.21905
			Absorption of CO₂	0.56190
		Photosynthesis	Oxygen production	-0.04762
	Water purification	Reduction of water pollutants	Sedimentation of pollutants	-0.06667
			Nutrient uptake by crops	0.42857
	Soil quality improvement	Soil fertility	Improving soil fertility	0.08571
	Water storage	Surface water Groundwater	Surface water retention	0.16190
			Groundwater recharge	0.04762
	Disaster regulation	Drought/ Flood control	Drought control	-0.18095
			Flood control	0.27619
		Reducing soil erosion	Reducing soil loss/Erosion	0.21905
	Biological regulation	biodiversity	Presence of exotic species	-0.86667
Biodiversity promotion			0.61905	
Cultural service	Recreation/Leisure	Recreation/Rest	Rest area	-0.27619
			Leisure activities area	-0.54286
	Landscape/Aesthetic	Creating landscape	Provides a visual landscape	0.16190
			Provides aesthetic comfort	0.08571
	Ecological education/ Experience	Ecological education/ Experience	Ecotourism site provided	-0.16190
			Ecological learning field provided	0.56190
			Creation of an ecological observatory	-0.52381
Religion/Heritage	Traditional cultural assets Spiritual/ Religious facilities	Traditional history/Cultural space	-0.08571	
		Spiritual/Religious facilities	-0.86667	
Supporting service	Primary production	Primary production	Primary production by crops	0.79048
	Habitat	Habitat provision	Fishery habitat	-0.14286
			Soil microorganisms habitat	0.50476
			Aquatic plant habitat	0.02857
			Avian habitat	0.25714
			Mammal habitat	-0.23810
	Biodiversity	Biological/ Genetic diversity	Legally protected species of aquatic life	-0.12381
			Formation of plant colonies	0.12381
			Legally protected species of bird	-0.02857
Material cycle	Nutrient cycle	Legally protected species of mammal	-0.40952	
		Nitrogen/Phosphorus cycle	0.77143	
Carbon cycle	0.50476			

치를 나타내었다. 문화서비스에서는 생태교육/체험 (0.438), 경관/심미 제공(0.210), 휴양/여가 제공(0.194), 종교/문화유산 제공(0.157) 순으로 나타나 생태교육/체험 지표가 가장 높게 나타났다. 지지서비스에서는

일차생산(0.412), 서식처 제공(0.198), 생태계 다양성 (0.198), 물질순환(0.192) 순으로 나타나 일차생산 지표가 가장 높았고, 기타 지표들은 유사한 수준으로 평가되었다.



Note) n; number of respondents, CR; coefficient of variation

Figure 3. Analysis results of relative weight of evaluation indicators by service type

2) 전문가 집단에 의한 측정항목의 대표성 분석

Table 5는 1차 CVR 분석결과 응답비율이 50% 이상인 측정항목을 대상으로 하여 전문가 집단에 의해 2차 설문을 하여 중요도를 분석한 결과이다. 2차 설문 응답자 수는 38명에 해당하므로 CVR이 0.3 이상이면 내용타당도가 높은 것으로 해석할 수 있다(Lawshe, 1975). 본 연구에서는 소수점 둘째자리에서 반올림하여 0.3 이상이면 CVR가 높다고 평가하였다. 공급서비스에서는 쌀 식량생산과 유용원료 생산에서 CVR이 0.3 이상으로 높은 대표성을 가지는 것으로 나타났다. 조절서비스에서는 온실가스 흡수에 따른 대기정화와 증발산을 통한 미기후조절, 작물의 영양염류 흡수에 따른 수질정화, 물의 담수에 의한 수량조절, 홍수조절 및 토양유실 저감에 의한 재해조절, 생태계 다양성 증진 등 생물학적 조절에서 CVR이 높게 나타났다. 문화서비스에서는 평가지표 생태학적 교육체험의 생태학습장 제공

에서 높게 나타났고, 지지서비스에서는 작물에 의한 일차생산과 질소, 인의 물질순환에서 높은 대표성을 가지는 것으로 나타났다.

3. 논의 생태계서비스 평가지표 및 측정항목 선정

논의 생태계서비스 가치를 산정하기 위한 평가지표 및 측정항목에 대해 도출된 결과는 Table 6과 같다. 서비스 평가지표별 측정항목의 내용타당도(대표성), 정량적 측정가능성, 가치 산정의 중복(double-counting) 등을 종합적으로 평가하여 도출하였다. 측정항목의 정량적 측정 가능성 판단기준은 정부자료 등 공식적인 자료가 있는 경우에는 상(High), 연구나 조사자료, 모델링을 이용한 자료 사용이 가능한 경우에는 중(Middle), 자료가 미흡하여 정량적 산출이 어려운 경우에는 하(Low)로 평가하였다. 공급서비스의 쌀 생산량과 유용작물 생산량은 정부가 매년 조사하여 발표하는 생산량

Table 5. CVR analysis of evaluation indicators by ecosystem service type

Service type	Evaluating indicator	Measuring items	CVR	Content validity
Provisioning service	Food production	Rice production	1.00000	High
	Energy production	Biomass Energy production	0.24324	Low
	Raw material production	Useful raw materials	0.40541	High
Regulating service	Climate regulation	Evaporation/Diffusion	0.40541	High
	Air purification	Absorption of CO ₂	0.56757	High
	Water purification	Nutrient uptake by crops	0.45946	High
	Soil quality improvement	Soil fertility improving	0.03514	Low
	Water storage	Surface water retention	0.29730	High
		Groundwater recharge	0.13514	Low
	Disaster regulation	Flood control	0.35135	High
		Reducing soil loss/erosion	0.29730	High
	Biological regulation	Biodiversity Promotion	0.67568	High
	Cultural service	Landscape/Aesthetic	Provides a visual landscape	0.13514
Provides aesthetic comfort			0.02703	Low
Ecological education		Ecological education	0.78378	High
Supporting service	Primary production	Primary production by plants	0.72973	High
	Habitat	Soil microorganisms habitat	0.29730	High
		Aquatic plant habitat	-0.08108	Low
		Avian habitat	0.24324	Low
		Formation of plant colonies	0.08108	Low
		Nitrogen/Phosphorus cycle	0.78378	High
	Material cycle	Carbon cycle	0.40541	High

Table 6. Adoption of evaluation indicators and measurement items by service type

Service type	Evaluating indicator	Measuring items	Validity	Measurability
Provisioning service	Food production	Rice production	H	H
	Raw material production	Useful raw materials production	H	H
Regulating service	Climate regulation	Evaporation/Diffusion	H	M
	Air purification	Carbon dioxide reduction	H	M
	Water purification	Reduction of pollutant	H	M
	Water storage	Surface water retention	H	M
	Disaster regulation	Reducing soil loss/erosion	H	M
Cultural service	Ecological education	Providing scientific value such as ecological learning	H	M
Supporting service	Primary production	Primary production by plants	H	M
	Habitat	Soil microorganisms habitat	H	M
	Biodiversity	Genetic/Species/Biological diversity	H	M
	Material cycle	Nitrogen/Phosphorus/Carbon cycle	H	M

Note) Data measurability : High(H, Official data), Middle(M, Research and survey data/Modeling data), Low(L, Insufficient data)

등 공식적인 자료를 이용할 수 있기 때문에 측정가능성을 '상'으로 평가하였다. 조절서비스의 평가지표인 미기후 조절, 대기정화, 수질정화, 수량 확보, 재난조절에 해당하는 측정항목은 직접적으로 정량 산출이 어렵지만 연구 및 조사 자료, 모델링을 활용한 자료 등을 이용할 수 있기 때문에 측정가능성을 '중'으로 평가

하였다. 문화서비스에 해당하는 생태교육장 제공에 대한 측정가능성도 특정지역의 생태학습 체험 등 유사 사례의 자료를 이용하여 정량적 산출이 가능하기 때문에 측정가능성을 '중'으로 평가하였다. 지지서비스의 평가지표인 일차생산, 서식처 제공, 물질순환, 생물다양성에 해당하는 측정항목도 모두 모델링을 활용한 자

Table 7. Comparison of this study results with previous research results

Service type	This study		Ryu and Lee (2013)	Sagong et al. (2014)	Gang et al. (2015)	Joo et al. (2019)
Provisioning service	Food production		Food production	Food production	Food production	-
	-		-	-	-	Biomass energy
	Raw material production		-	-	-	Genetic material
	-		Water supply	Drinking water	Food safety	Water use
Regulating service	Climate regulation		Climate regulation	-	Climate regulation	Climate regulation
	Air purification		Air quality control	-	Air purification	Air purification
	Water purification		-	Water purification	Water purification	Water purification
	Water storage		-	-	Groundwater recharge	Moisture
			Flood control		Fresh water recharge	
	Disaster regulation	-	Reducing soil erosion	Flood control	Flood control	Flood control
		Reducing soil loss	Recreation/Landscape	Reducing soil loss	-	Pest/Disease
Cultural service	-		-	-	Landscape	Landscape
	Ecological education		-	-	Recreation/Leisure	Ecotourism
	-		-	-	Traditional cultural conservation	Spiritual/Heritage
Supporting service	Primary production		-	-	-	Land cover
	Habitat	Soil-microorganisms	-	Protected species	Animals and plants habitat	-
		-	-	Avian habitat		-
		-	Nitrogen reduction	Important forest habitat		-
	Biodiversity	Biodiversity	-	Biodiversity	Maintaining the ecosystem	Biodiversity
	Material cycle (N, P, C)		-	-	-	Carbon storage
	-		-	-	Soil conservation	-

료를 이용할 수 있으므로 측정가능성을 ‘중’으로 평가하였다. 공급서비스의 평가지표는 최종 식량생산과 유용원료 생산의 2개 지표가 선정되었고, 조절서비스는 기후조절, 대기정화, 수질정화, 수량조절, 재해조절의 5개의 지표를 선정하였다. 조절서비스의 홍수조절은 논의 저류 기능으로 인한 수량조절에 이미 반영되어 가치의 중복 산정에 해당하므로 재해조절 측정항목에서 제외하였다. 문화서비스는 생태학습/체험 등 과학적 가치 제공을 평가항목으로 선정하였고, 지지서비스는 일차생산, 서식처제공, 생물다양성, 물질순환 4개의 평가지표를 선정하였다. 논에서는 일정기간 물 저류 및 벼 재배로 등으로 인해 생물적, 유전적, 종적 다양성을 가져오며, 이로 인해 생태계 다양성을 증진한다. 생물 다양성이란 전 세계에 존재하고 있는 모든 종류의 동

물과 식물, 그들의 유전자 및 생태계의 다양성을 의미하며, 생태계의 공급, 조절, 문화서비스에 직간접인 영향을 미치고 있다. 따라서 조절서비스의 생물학적 조절과 지지서비스의 생태계다양성 평가지표를 하나로 묶어서 지지서비스의 생물다양성으로 통합하였다.

4. 기존 선행연구와 본 연구결과의 비교

본 연구를 통해 도출된 논 생태계서비스 평가지표와 기존 선행연구에서 이용된 평가지표를 비교한 결과는 Table 7과 같다. 본 연구에서 도출된 평가지표는 Gang et al. (2015)의 연구결과와 가장 유사하였고, Gang et al. (2015)의 연구에는 없었던 몇 가지의 평가지표가 보완되었다. 공급서비스에서는 유용작물 생산이, 조절서비스에서는 토양유실 저감에 의한 재해조절이, 지지서

비스에서 일차생산과 물질순환의 2개 항목이 추가되었다. Sagong et al. (2014)의 연구에서는 공급서비스, 조절서비스, 지지서비스에 대한 측정항목을 6개로 제시하였고, 문화서비스는 평가대상에서 제외하였다. Joo et al. (2019)의 연구에서는 습지보호지역을 평가 대상으로 하였으며, 습지보호지역이라는 생태계 특성에 적합한 수분, 해충, 질병조절, 탄소저장량, 토지피복 등을 평가지표로 제시하였다. 본 연구대상인 논 생태계는 넓은 의미에서 습지에 포함되나, 작물생산을 목적으로 인공적으로 조성하여 관리되고 있는 생태계로서 Joo et al. (2019)에서 제시한 지표와는 공급서비스 측면에서 차별성이 있음을 알 수 있다. 본 연구에서 도출된 생태계서비스 평가항목은 공급서비스, 조절서비스, 문화서비스, 지지서비스 등 모든 유형의 생태계서비스가 가치산정에 포함될 수 있도록 구성되었다. 공급서비스의 유용작물 생산은 최근 농경지의 고부가가치 이용에 따라 쌀 대신에 약용작물, 건강식품 원료 작물 생산이 확대되고 있어서 이를 가치 산정에 반영할 수 있는 유용한 지표라고 판단된다. 지지서비스에 포함된 일차생산과 물질순환 지표는 지구적인 측면에서 가장 중요한 혜택이다. 논에서 작물 재배를 통한 일차생산(유기물 합성)과 물질순환 기능은 생물 및 지구화학적 순환에 많은 영향을 주며, 각종 생물들이 서식할 수 있는 기반이 된다. 논 생태계의 공급서비스, 조절서비스, 문화서비스, 지지서비스는 서로 유기적으로 연계되어 상호적으로 영향을 미치고 있다. 따라서 생태계서비스 가치산정에 너무 많은 평가항목을 포함할 경우에는 가치의 중복 산정 오류를 야기할 확률이 높아진다. 본 연구에서 개발된 생태계서비스 평가지표가 보편적으로 사용되기 위해서는 향후 더 많은 검증과 보완이 필요할 것으로 판단된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 계층화 분석법인 AHP 설문기법 등 과학적인 방법론을 이용하여 논 생태계가 인간에게 주는 모든 편익과 혜택(생태계서비스)을 가치로 추정하기 위한 평가지표를 도출하였다. 연구의 주요결과는 다음과 같다.

- 1) 1차 설문조사에 응답한 총 인원은 총 105명이었으며, 응답자는 남성(84명, 80%), 여성(21명, 20%)으로 나타났다. 직업은 공무원 및 공공기관 근무자가 44명(41.9%), 민간업체 근무자(37명, 35.2%), 연구부서 근무자가 21명(20%)으로 나타났다. 2차 설문조사의 응답자는 총 38명으로 응답자의 84.2%(32명)가 남성이고, 직업은 정부 및 공공기관에 근무하는 종사자(23.7%) 및 연구원(47.4%)이 71.1%로 나타났다.
- 2) 논 생태계의 기능과 역할에 대한 인식조사 결과, 쌀 생산이 100%로 가장 높았고, 작물에 의한 일차생산(89.5%), 질소·인의 물질순환(88.6%), 생물다양성 증진(80.9%), 이산화탄소 흡수(78.1%), 생태학습장 제공(78.1%), 토양미생물 서식처 제공(75.2%), 기후조절(73.3%)순으로 나타났다. 논은 식량을 공급하는 역할 이외에도 자연을 유지하고 조절하는 기능이 매우 높게 인식되고 있는 것으로 나타났다.
- 3) 생태계서비스 유형에 따른 상대적 가중치를 분석한 결과, 공급서비스(0.486), 조절서비스(0.260), 지지서비스(0.188), 문화서비스(0.066) 순으로 공급서비스가 가장 높게 나타났다. 서비스 유형별 평가지표에 대한 상대적 가중치를 분석한 결과, 공급서비스는 식량 생산(0.721), 유용원료 생산(0.151), 바이오매스 생산(0.128) 순으로 나타났고, 조절서비스는 재해조절(0.168), 기후조절(0.161), 토양질 개선(0.158), 수질정화(0.153), 수량조절(0.153), 생물학적 조절(0.110) 순으로 나타났다. 문화서비스는 생태교육 체험(0.438), 경관/심미 제공(0.210), 휴양/여가 제공(0.194), 문화유산(0.157) 순으로 나타났고, 지지서비스는 일차생산(0.412), 서식처 제공(0.198), 생태계 다양성(0.198), 물질순환(0.192) 순으로 나타났다.
- 4) 평가지표별 측정항목에 대한 내용타당도(대표성)를 평가한 결과, 공급서비스에서는 쌀 생산과 유용원료 생산에서 높은 대표성을 가지는 것으로 나타났다. 조절서비스에서는 온실가스 흡수에 따른 대기정화와 증발산을 통한 미기후조절, 작물의 영양염류 흡수에 따른 수질정화, 물의 담수에 의한 수량조절, 홍수조절 및 토양유실 저감에 의한 재해조절, 생물 다양성 증진 등 생물학적 조절에서 높게 나타났다.

문화서비스에서는 생태학습장 제공에서 높게 나타났고, 지지서비스에서는 작물에 의한 일차생산과 토양 미생물의 서식처 제공, 질소, 인, 탄소의 물질순환에서 높은 대표성을 가지는 것으로 나타났다.

5) 논의 생태계서비스 가치 추정을 위한 공급서비스의 평가지표는 식량생산과 유용원료 생산의 2개 지표가 선정되었고, 조절서비스는 기후조절, 대기정화, 수질정화, 수량조절, 재해조절의 5개의 지표가 선정되었다. 문화서비스는 생태교육/체험학습 등 과학적 가치 제공이 평가지표로 선정되었고, 지지서비스는 일차생산, 서식처제공, 생물다양성, 물질순환의 4개 평가지표를 선정하였다. 본 연구를 통해 개발된 평가지표 및 측정항목은 논의 생태계서비스 가치 평가에 유용하게 사용될 것으로 기대된다.

사사

본 연구는 농진청 R&D 사업 ‘유기농업의 생태적 생물환경 평가체계 구축 및 가치평가’의 일환(과제번호: PJ017103)으로 수행되었습니다.

References

- 강덕호, 정태열, 나정화. (2015). 논습지의 생태계서비스 가치평가를 위한 지표 설정. 2015년도 한국조경학회-한국환경복원기술학회 공동학술대회 초록(2015.11), 35-36.
- Gang, D. H., Jeong, T. Y., & Na, J. H. (2015). Establishment of indicators for evaluating the ecosystem service value of rice paddy wetlands. *Title: Proceedings of the Korean Institute of Landscape Architecture Conference*(Dankook university, Cheonan, KR, November 6, 2015) (pp. 35-36). Publisher.
- 강혜정. (2007). OECD, 농업의 다원적 기능 논의 동향. 한국농촌경제연구원 *세계농업정보*, 45(87), 85-106.
- Kang, H. J. (2007). OECD, Trends in discussion of the pluralistic functions of agriculture. *Journal of World Agricultural News*, 45(87), 85-106.
- 공민재. (2013). 습지기능 평가체계를 활용한 재배유형별 논의 가치 평가(석사학위논문). 단국대학교 대학원
- Kong, M. J. (2013). Value assessment of the paddy field by cultivation methods according to wetland function assessment system(M.A dissertation). **Dankook University**. Seoul, Korea. [Korean Literature]
- 공민재, 이병모, 김남춘, 손진관. (2014). 논습지의 생태계서비스 가치평가를 위한 기능 및 요인분석. *한국습지학회 논문집*, 16(2), 251-259.
- Kong, M. J., Lee, B. M., Kim, N. C., & Son, J. K. (2014). The Analysis of Function and Factors for the Value Assessment of Ecosystem Service at Rice Paddy Wetland, *Journal of Wetlands Research*. 16(2), 251-259.
- 국가통계포털. (2023). 2023년도 농경지 면적. 인터넷 웹사이트
- Korean Statistical Information Service(KOSIS). (2023). Statistical data on rice field area. **Statistics Korea**. Daejeon, Korea. https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1NG0001&conn_path=I2
- 권영근. (2005). 농촌과 농업의 다원적 기능에 대한 재검토. *농촌자원과 생활*, 103, 60-73.
- Kwon, Y. G. (2005). A study on the review of agriculture's public function. *Journal of Rural Resources and Life*, 103, 60-73
- 김병욱. (2015). 델파이 분석방법(pp 2-68). 김스정보전략연구소.
- Kim, B. Y. (2015). Delphi method(pp 2-68). **KIMS Information Strategy Research Institute Publishing**. [Korean Literature]
- 김용렬, 정학균, 민자혜. (2012). 시대변화에 따른 농업·농촌의 공익적·경제적 가치 재조명. **한국농촌경제연구원**.
- Kim, Y. R., Jung, H. G., & Min, J. H. (2012). The Evaluation of the Economic and Public Values of Agriculture and Rural Area in Korea C2012-32. **Korea Rural Economic Institute Publishing**. [Korean Literature]
- 김창길, 정학균, 구자춘, 이해진. (2016). 유기농업의 비

- 시장적 가치평가(pp 59-80). **한국농촌경제연구원**.
- Kim, C. G., Jung, H. G., Goo, J. C., & Lee, H. J. (2016). Non-market valuation of organic agriculture(pp 59-80). **Korea Rural Economic Institute Publishing**. [Korean Literature]
- 김현영, 정인영, 김현태, 김영화, 박지성. (2006). 농업용수의 공익적 기능에 관한 연구(pp 11-32). 농림부·한국농어촌공사.
- Kim, H. Y., Jung, I. Y., Kim, H. T., Kim, Y. H., & Bark, G. S. (2006). A study on the multi-functionality of rural water resource(pp 11-32). **MAFRA & KRC Publishing**. [Korean Literature]
- 남홍식, 변영웅, 박기춘, 박광래, 이영미, 한은정, 김창현, 공민재, 손진관. (2020). 벼·답수어 유기농 복합생태 논습지의 생태계서비스 경제적 가치 평가. **한국습지학회 논문집**, 22(4), 286-294
- Nam, H. S., Byeon, Y. W., Park, K. C., Park, K. L., Lee, Y. M., Han, E. J., Kim, C. H., Kong, M. J., & Son, J. G. (2020). Economic value evaluation of ecosystem service in organic rice-fish mixed farming system in paddy wetland. *Journal of Wetlands Research*. 22(4), 286-294.
- 류대호, 이동근. (2013). 수도권 그린벨트 지역의 생태계서비스 가치평가 연구. **대한국토·도시계획학회 논문집**, 48(3), 279-292.
- Ryu, D. H., & Lee, D. G. (2013). Evaluation on Economic Value of the Greenbelt's Ecosystem Services in the Seoul Metropolitan Region. *Journal of Korea Planing Association*. 48(3), 279-292.
- 박현, 김석영, 김세환, 김형석. (2013). AHP 의사결정 특성분석(pp 5-32). 한국개발연구원 공공투자관리센터.
- Park, H., Kim, S. Y., Kim, S. H., & Kim, H. S. (2013). AHP decision-making characteristics analysis(pp 5-32). **Korea Development Institute Publishing**. [Korean Literature]
- 사공정희, 정옥식, 여형범. (2014). 충남 논습지의 생태계서비스 가치평가 연구(pp 24-52). 충남발전연구원.
- Sagong, J. H., Jeong, W. S., & Rye, H. B. (2014). The study on the ecosystem service valuation of paddy wetlands in Chungcheongnam(pp 24-52). **Chungnam Development Institute Publishing**. [Korean Literature]
- 안소은, 김지은, 노백호, 권영한. (2015). 생태계서비스 측정체계 기반 구축(II) - 하천 생태계를 중심으로(pp 5-6). **한국환경정책평가연구원**.
- An, S. Y., Kim, G. Y., No, B. H., & Kwon, Y. H. (2015). Establishment of ecosystem service measurement system(II): Focusing on the river ecosystem. **Korea Environment Institute Publishing**. [Korean Literature]
- 안윤수, 김은자, 김영, 서정호, 강경하, 김태균. (2003). 농촌의 공익적 기능 평가 연구. **농업과학기술원 농촌생활과학연구집**(2003.5), 285-327.
- Yan, Y. S., Kim, Y. J., Kim, Y., Seo, J. H., Kang, K. H., & Kim, T. G. (2003). The study on public function evaluation in rural areas. *Journal of Rural Life Science Research*(2003.5), 285-327
- 양승룡, 임송택, 양혜경, 이춘수. (2012). 농업·농촌의 가치평가(pp 20-33). 농촌진흥청.
- Yang, S. R., Yim, S. T., Yang, H. K., & Lee, C. S. (2012). The value of agriculture(pp 20-33). **Rural Development Administration Publishing**. [Korean Literature]
- 오세익, 김은순, 박현태. (1995). 쌀 농업의 환경보전 효과에 관한 연구(pp 6-13). **한국농촌경제연구원**.
- Oh, S. Y., Kim, E. S., & Park, H. T. (1995). Research on the environmental conservation effects of rice farming(pp 6-13). **Korea Rural Economic Institute Publishing**. [Korean Literature]
- 오세익, 김수석, 강창용. (2001). 농업의 다원적 기능의 가치평가 연구(pp 5-23). **한국농촌경제연구원·농림부**.
- Oh, S. Y., Kim, S. S., & Kang, C. Y. (2001). Valuation of multi-functionality of agriculture(pp 5-23). **Korea Rural Economic Institute Publishing**. [Korean Literature]
- 임재환. (2002). 논외의 공익적 기능에 대한 사회경제효과 고찰-한일간 논외 기능별 효과분석 비교분석을 중심으로. **농어촌과 환경**, 12(1), 34-40.

- Lim, J. H. (2002). A Study on the Social-Economic Fact about Paddy's Public Function- Focusing on comparative analysis of effects by function of rice paddy between Korea and Japan. *Journal of Korea Rural Community and Environment*, 12(1), 34-40.
- 정학균, 김창길, 김종진. (2015). 친환경농업 환경보전적 기능의 경제적 가치 평가. *농촌경제학회 논문집*, 38(3), 61-82.
- Jung, H. G., Kim, C.J., & Kim, J. G. (2015). Economic valuation of environmental conservation functions of eco-friendly agriculture. *Journal of Rural Economy*, 38(3), 61-82.
- 주우영, 권혁수, 장인영, 배해진, 정필모, 방은주, 김정인, 김목영, 서창완, 최재천. (2016). 국가 생태계서비스 평가 - 국가 생태계서비스 중장기 전략 기본 구상. **국립생태원**.
- Joo, W. Y., Kwon, H. S., Jang, I. Y., Bae, H. J., Jung, P. M., Bang, E. J., Kim, J. I., Kim, M. Y., Seo, C. W., Choe, J. C. (2016). Korea National Ecosystem Assessment-National Ecosystem Services Strategy and Action Plan. **National Institute of Ecology Publishing**. [Korean Literature]
- 주우영, 여인애, 장인영, 정필모, 김정인, 박홍준, 이규철. (2019). 습지보호구역 생태자산·생태계서비스 평가를 위한 가이드라인. **환경부·국립생태원**.
- Joo, W. Y., Rye, I. A., Jang, I. Y., Jung, P. M., Kim, J. I., Bark, H. J., & Lee, G. C. (2019). A guideline for ecosystem services assessment of wetland protected areas. **National Institute of Ecology and Ministry of Environment Publishing**. [Korean Literature]
- 최선화. (2020). 농업용저수지의 생태계서비스 가치-금액으로 얼마인지 생각해보셨나요?. *농어촌연구원 지식나눔*, 110, 1-15.
- Choi, S. H. (2020). Ecosystem service value of agricultural reservoirs, Have you ever thought about how much it costs?. *RRI Knowledge Sharing*(2020.11), 110, 1-15.
- 최선화, 최강원, 노경환, 이태호. (2000). 농업용저수지 생태계서비스 평가 및 활용을 위한 측정망 구축연구(I)(pp 41-58), **한국농어촌공사 농어촌연구원**.
- Choi, S. H., Choi, G. W., No, G. H., Lee, T. H. (2000). Rural Research Institute(RRI). (2020). The evaluation on ecosystem service value and construction of aquatic ecosystem observatory network for agricultural reservoir (I)(pp 41-58). **Rural Research Institute Publishing**. [Korean Literature]
- 최선화, 노경환, 최강원. (2021). 농업용저수지의 생태계서비스 가치평가 방법 개발. **한국농공학회지 전원과 자원**, 63(1), 17-26.
- Choi, S. H., No, K. H., & Choi, K. W. (2021). The evaluation on ecosystem service value of agricultural reservoirs. *Journal of Rural Resource*, 63(1), 17-26.
- Costanza, R., Ralph d., Rudolf D. G., Stephen, F., Grasso, M., Hannon, B., Karin, L., Robert V. O., Robert, G. R., Paul, S., & Marjan V. B. (1997). The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Journal of Nature*, 387, 253-260.
- Ehrlich, P. R., & Ehrlich, A. H. (1981). Extinction: The cause and consequences of the disappearance of species. **Random House**, New York, 72-98.
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity, *Journal of Personal Psychology*, 28(4), 563-575
- Ministry of Environment(ME). (2020). Act on Conservation and Utilization of Biological Diversity. **Ministry of Environment Publishing**.
- Millenium Ecosystem Assessment(MA). (2005). Ecosystems and human well-being: synthesis. **Island Press**, Washington, D.C.
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity(TEEB). (2010). Ecological and Economic Foundation. **Pushpam Kumar**(Ed), Routledge, Abingdon and New York.
- Vahid Zamanzadeh, Akram Ghahramanian, Maryam Rassouli, Abbas Abbaszadeh, Hamid Alavi-Majd, & Ali-Reza Nikanfar. (2015). Design and implementation content validity study: Development of an instrument for measuring patient-centered communication. *Journal of Caring Sciences*, 4(2), 165-178.