

## 지속가능한 영농·영림을 위한 국내외 연구동향 및 향방

김학영<sup>1</sup>·최성원<sup>1</sup>·김준<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>국가농림기상센터, <sup>2</sup>서울대학교 생태조경지역시스템공학부/협동과정 농림기상학전공/그린바이오과학기술원  
(2015년 8월 31일 접수; 2015년 9월 20일 수정; 2015년 9월 21일 수락)

## Research Trends and Future Direction for Sustainable Agricultural and Forest Management

Hakyoung Kim<sup>1</sup>, Sung-Won Choi<sup>1</sup> and Joon Kim<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>National Center for AgroMeteorology

<sup>2</sup>Department of Landscape Architecture and Rural Systems Engineering/Interdisciplinary Program in Agricultural & Forest Meteorology/Institute of Green Bio Science and Technology, Seoul National University

(Received August 31, 2015; Revised September 20, 2015; Accepted September 21, 2015)

### ABSTRACT

Domestic agricultural and forest management suffers disturbances arising from rapid economic, social and environmental changes including climate change. Sustainable management has emerged as a key to overcoming these challenges. From the domestic and international viewpoint, we have identified mainly three (i.e. indicator, accounting, and ecological) approaches to sustainable management of agricultural and forest ecosystems. Compared to persistent investment in indicator and accounting approaches, we find the paucity of the domestic efforts in ecological approach. The latter approach can be facilitated based on the long-term meteorological and flux data including the ecosystem-level energy, matter and information flows, which have been monitored and managed by Korea Meteorological Administration, Rural Development Administration and Korea Forest Service. In order to keep up with vigorous international efforts toward sustainable ecosystem management, more interdisciplinary, multidisciplinary and transdisciplinary collaborations among diverse domestic sectors and institutes are essential.

**Key words:** Sustainable agricultural, Forest management, Ecological indicator

### I. 서 론

오늘날 영농과 영림이란 용어를 주변에서 흔히 접하고 있다. 이 용어는 다양하게 정의되고 있는데 생산 경제 혹은 농업 경제학으로 간주되기도 하고, 농부들이 농장을 관리, 감독하는 일상을 의미하기도 한다. 미국에서 개발하여 운영 중인 'My Agriculture Information Bank(내농업정보은행)' 홈페이지(<http://www.agriinfo.in>)에 따르면, 영농의 정의는 크게 세 가지로써 (1) 비즈

니스 원칙에 따라 최대의 수익을 얻고자 하는 농업경제학의 한 관점, (2) 부족한 자원으로 부터 최대 이익과 만족을 얻는 최적의 선택을 할 수 있도록 하는 과학적인 의사 결정, (3) 지속적인 수익 확보를 목적으로 한 농장 전체의 구성 및 운영 방안에 대한 경영학적 연구를 의미한다.

우리의 삶과 직결되는 영농·영림은 인류가 지탱해 온 가장 오래된 분야이자 인류의 생존에 없어서는 안 될 중요한 분야임에도 불구하고 최근 기후 변화를 비



\* Corresponding Author : Joon Kim  
(joon@snu.ac.kr)

로한 환경변화와 더불어 급격한 경제·사회의 변화로 인해 심각한 위협을 받고 있다. 국내에서도 자유무역협정(Free Trade Agreement, FTA) 등 국제경쟁의 심화에 따른 외국 농산물 수입의 증가, 웰빙에 대한 관심 증가 등으로 영농과 영림에 대한 환경, 경제구조, 사회의식의 급격한 변화가 일고 있고, 이는 다시 국내의 환경, 경제, 사회에 영향을 미치는 되먹임 고리(Feedback loop)의 복잡한 생태-사회시스템의 문제를 초래하고 있다.

예를 들어, 기후 변화로 인한 기온, 강수량, 일사량과 같은 영농영림 관련 기후자원의 변화와 이상기상의 발생은 재배 한계선의 변화, 재배 작목의 변화 등을 일으킨다. 이로 인해 영농과 영림의 생산시스템에 영향을 미치고 토양 침식, 물 부족과 같은 생산기반을 약화시킨다. 이는 생산성의 감소를 비롯한 관련 생물종의 변화로 이어지게 된다.

그렇다면 우리는 문제의 해답을 어디서 찾을 수 있을까? 우리나라를 비롯한 해외의 각 정부기관과 관련 전문가들은 그 해답을 “지속가능성”에서 찾고 있다. 그러나 지속가능성이란 용어는 많은 사람들이 그 의미를 직관적으로는 이해하지만, 넓고 다양한 영역을 포함하고 있기에 실제로 정확히 정의하는 것은 매우 어렵다(e.g., Kim and Oki, 2011). 따라서 지속가능한 영농·영림에 대한 정의와 기준은 나라마다 다르고 경제협력개발기구(OECD), 유엔(UN), 유엔환경계획(UNEP), 유엔통계처(UNSD), 식량농업기구(FAO) 등 많은 국제기구들도 이에 대한 논의를 끊임없이 이어가고 있다. 이러한 국제사회의 흐름에 맞춰 국내에서도 2000년에 지속가능발전위원회를 발족한 이후, 지속가능발전기본법(제 13조 1항 “국가는 지속가능발전지표를 작성하여 보급하여야 한다”)에 따라 지속가능한 영농·영림을 위한 논의를 이어오고 있다. 최근 KREI(2013)에서 정의한 바에 따르면, 지속가능한 영농은 “환경적으로 건전하고, 경제적으로 존속 가능하고, 사회적으로 수용 가능한 농업”을 말한다. 2001년 제정된 산림기본법 제3조에 의하면, 지속가능한 영림은 “생태적 건강성·산림자원의 장기적 유지증진을 통한 현재·미래 세대의 사회적·경제적·생태적·문화적·정신적인 다양한 산림수요를 충족하도록 산림을 보호하고 경영”하는 것이라고 정의 되어있다. 즉, Fig. 1과 같이 국내외 공통적으로 환경, 경제, 사회의 세 가지 측면에서 정의하고 평가함으로써, 현재 영농·영림의 문

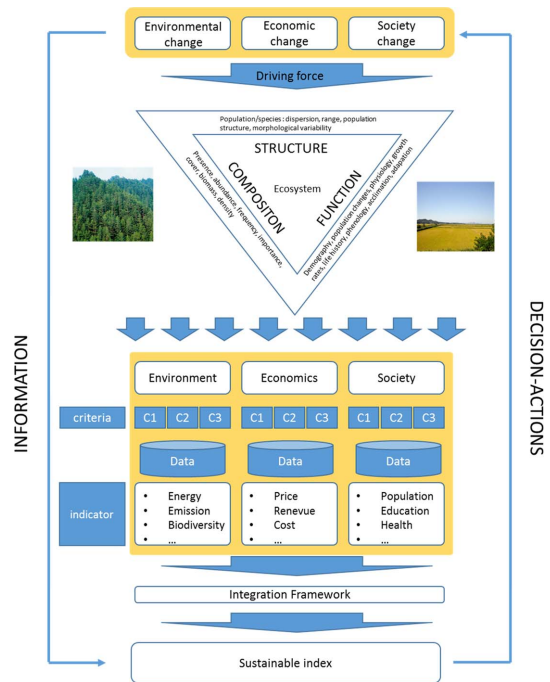


Fig. 1. Overall Scheme for sustainability index based on environmental, economic and societal changes (Adapted from Dale and Beyeler, 2001).

제를 진단하고 미래에도 지속가능한 영농·영림을 추구하고자 한다.

지속가능한 영농·영림에 대한 명확한 정의와 기준을 확립하기란 매우 어려운 문제이지만, 그럼에도 불구하고 우리 모두는 우리의 미래와 후손들을 위해서라도 계속적으로 이를 추구하고야만 한다. 미국의 미래학자 존 이커드는 2008년 미국의 저명한 뉴사이언티스트(the New Scientist)라는 잡지를 통해 “지속 가능한 영농·영림은 사치가 아니며 절대적으로 필요해지고 있다”고 주장하였다(KREI, 2010). 세계적인 미래학자이자 UN미래포럼 대표인 제롬 글렌은 “미래사회에는 신농업혁명이 일어나게 될 것이며 그 이유는 인류 최대의 도전이자 과제인 기후변화를 해결할 수 있는 곳이 도시가 아닌 땅에서 이뤄지기 때문이며, 물 전쟁 또한 농촌에서 해결할 수밖에 없는 자원 다툼이고 농촌이 수자원을 보전해야 한다”고 주장한다. 우리에게 지속가능한 영농·영림은 모두가 관심을 갖고 노력해야 하는 필수 과제인 것이다.

이에 우선 국내 영농·영림의 현황과 관련 정책들을 살펴보고 지금까지 논의되어 온 지속가능한 영농·영

림에 대한 국내외 다양한 접근 방법들과 최근 시도되고 있는 생태학적 조망에 의한 방법을 소개하고자 한다. 또한, 앞으로 국내 연구가 나아갈 수 있는 방향을 제안하고자 하며 향후 지속가능한 국내 영농·영림을 위한 연구 활동의 기초 자료를 제공하는데 일조되기를 기대한다.

## II. 국내 영농·영림 현황과 관련 정책

앞서 언급한대로, 지구변화 및 국제경쟁 심화에 따른 외국 농산물 수입 증가와 웰빙에 대한 관심 증가로 인해 국내에서도 영농과 영림에 대한 환경, 경제구

조, 사회의식의 급격한 변화가 일어나고 있다. 이에 대한 구체적인 사례와 관련 정부 정책들을 살펴보았다.

### 2.1. 환경변화와 국내 영농·영림

산업혁명 이후 화석연료 사용 증가와 삼림 벌채 등의 급속한 산업 활동은 지구 환경에 큰 영향을 미치고 있고 그 중 가장 큰 문제로 대두되고 있는 기후변화 문제는 국내 영농·영림에 막대한 영향을 미치고 있다. 특히, 지구온난화로 인한 이상기후와 악기상 현상은 우리 영농과 영림에 자연 재해를 일으켜 직접적인 피해를 입히고 있는데 그 피해규모는 2000~13년대에 연 평균 1.92조 원으로 1981~99년대의 연평균

**Table 1.** National business and project against Climate changes performed by government ministry (Based on 2013 National science & Technology Information Service (NTIS), "Classification" based on NTIS and "Etc." include Non-commercial purposes, Earth exploration and so on. Agriculture and forest all defined as agriculture)

Ministry	National business	Classification	No. of project	Note
	Climate change monitoring, prediction and enhancement supporting national policy	Agricultural production and technology	4	2009 New project
		Industrial production and technology	3	
		Social structures and relationships	0	
		Energy, Environment	21	
		Etc,	29	
		Total	57	
KMA	Meteorological industry support and development utilizing technology	Agricultural production and technology	1	2011 New project
		Industrial production and technology	30	
		Social structures and relationships	0	
		Energy, Environment	1	
		Etc,	5	
		Total	37	
	Next Generation Urban and Rural Smart Weather Service Technique Research and Development Project	Agricultural production and technology	0	2012 New project
		Industrial production and technology	0	
		Social structures and relationships	0	
		Energy, Environment	0	
		Etc,	2	
		Total	2	
RDA	Establish adaptaion framework for agricultural climate changes	Agricultural production and technology	235	2013 New project
		Industrial production and technology	5	
		Social structures and relationships	0	
		Energy, Environment	39	
		Etc,	10	
		Total	289	
KFS	Research projects for response to climate change at Forest sector	Agricultural production and technology	7	2013 New project
		Industrial production and technology	0	
		Social structures and relationships	0	
		Energy, Environment	1	
		Etc,	2	
		Total	10	

피해액 0.68조 원에 비해 약 3배 가량 증가하였다 (MPSS, 2013). 예를 들면, 2009년 제주와 강원을 제외한 우리나라 전역에서 발생한 벼줄무늬잎마름병은 농가에 막대한 피해를 주었고, 2014년 8월에 발생한 집중호우의 경우 전국적인 산사태, 임도, 계류 등의 피해가 발생하여 전체 피해액이 145억 원으로 집계되었다(Joint Interagency, 2015). 일부 지구온난화에 따른 일정량의 이산화탄소 증가는 식생의 광합성 작용을 촉진시켜 생산성을 증가시키는 시비효과가 있다는 연구결과도 있으나(Huang *et al.*, 2007), 지속적인 이산화탄소 증가와 기온의 동반 상승은 작물 수량 감소, 채소류의 생육지연과 품질 저하, 과수의 착색 불량 및 당도 저하, 임목 바이오매스 생산성 감소 등의 부정적 영향을 미치고 있음은 잘 알려진 사실이다. 이러한 영농·영림의 변화는 되먹임 고리의 형태로 또다시 농림 생태계의 변화를 일으키게 되는데 이는 관련 생물종의 멸종과 병해충의 증가 등 중 다양성의 변화를 일으키고, 생태계의 구조와 기능, 생태수문시스템의 변화로 이어져 더 큰 문제로 다가올 수 있다.

이를 위해 정부에서는 Table 1과 같이 다양한 기후변화 대응 정책들을 진행해 오고 있다. 더 자세한 정보는 국가과학기술지식정보(National science & Technology Information Service, NTIS) 웹사이트(<http://www.ntis.go.kr>)에서 확인 가능하다. 기상청에서는 2009년부터 「기후변화감시·예측 및 국가정책지원강화」 사업을 통해 기후변화에 대비한 다양한 정책 기반 연구를 진행하고 있으며, 2013년에는 농·임업 생산 및 기술 목적을 위해 총 4개의 과제를 진행하였다. 2011년부터 진행하였던 「기상산업지원 및 활용기술 개발」 사업에서도 농업부문 기상위험관리 솔루션 개발 연구 과제, 기상정보 기반 농작물 수급예측모델 개발 연구 과제 등을 진행해왔으며, 2012년부터는 「차세대 도시·농림 융합스마트 기상서비스 개발」 사업을 통해 본격적으로 맞춤형 농림기상 서비스를 제공하고자 노력하고 있다. 농촌진흥청과 산림청에서도 기후변화에 대응하기 위해 다양한 사업을 진행하여 오고 있다. 특히, 농촌진흥청은 이전부터 진행하였던 「국책기술개발」 사업을 통해 기후변화 대응 정책 과제를 진행해 왔으며, 2013년도에는 「농업기후변화 적응체계구축」 사업을 신규로 시작하였다. 산림청 또한 이전 국립산림과학원을 통해 관련 연구를 진행해 오고 있으며 2013년도 「산림분야기후변화 대응연구」 사업을 이어가

고 있다.

그러나 각 부처에서 진행하고 있는 기후변화 대응 사업을 살펴보면, 기상청의 경우 2013년도를 기준으로 전체 206개 연구 과제 중 기후 변화 관련 연구 과제는 총 97개 연구로 약 48%를 차지하고 있다. 반면 농촌진흥청의 경우, 전체 4,952개 연구과제 대비 289개 과제로 약 6%를 차지하고 있고 연구비 또한 크지 않다. 산림청 또한 전체 332개 연구과제 대비 10개 과제로서 약 3%를 차지하고 있으며 연구비 또한 크지 않음을 확인할 수 있다. 지금까지 정부에서는 다양한 사업을 통해 준비를 하여 왔지만 앞으로도 지속적인 관심과 노력이 필요하며, 현재 시점에서 각 정부 부처 간의 연계 연구도 중요하지만 관련 학계, 연구기관, 비정부기구(NGO)와의 더욱 긴밀한 협조가 이어진다면 좀 더 효율적인 연구와 결과물로 이어질 수 있을 것이라 기대한다.

## 2.2. 경제구조변화와 국내 영농·영림

우리의 삶의 근간인 영농과 영림은 두 가지 압박에 의해 축소산업의 길을 걷고 있다. 하나는 보편화되고 있는 고령화이고 다른 하나는 FTA 등에 의한 시장개방의 압력이다. 이로 인해 일자리가 줄어들고 소득이 감소하는 현상이 가속화되고 있다. 실제로 지난 몇 년간 국내 농경지와 산지는 꾸준히 감소하였으며 농림 인구도 지속적으로 감소하고 있는 추세이다(Table 2). 일부 농촌으로의 재유입이 일어나고 있지만 이는 실제 경제활동인구가 아니라 경제수입원은 다른 산업에 유지한 채 삶의 영위만 농촌에서 하는 경우로서 실질적인 영농·영림 인구는 지속적으로 감소하고 있다. 그 결과 농업의 경우 국내총생산에서 차지하는 비중은 1970년에 25.5%에서 1995년 5.6%, 2013년 2.1%로 크게 감소하였다(Seo, 2015). 더욱 심각한 문제는 이들이 미래에 대한 희망을 잃어간다는 것이다. 농촌의 전망이 현재보다 밝아질 것이라고 생각하는 농민은 전체 농민의 15%도 되지 않는다는 조사결과가 이를 잘 설명하고 있다(KREI, 2014a). 특히, 농업인들이 느끼는 가장 큰 위협요인으로 FTA 확대에 따른 농업개방을 지적하고 있는데 지난 2015년 6월 1일 발표된 한중 FTA는 과연 어떻게 우리의 영농·영림에 영향을 미치게 될지 걱정하지 않을 수 없다.

이러한 시장개방이 더욱 가속화될수록 우리 영농·영림의 입지는 점점 더 좁아질 것으로 예상되는데 e-

나라지표(<http://www.index.go.kr>)에 게시된 우리나라의 식량자급률은 2013년 23.1%로 사상 최저를 기록하고 있다. 이는 경제협력개발기구(OECD) 회원국 중 최하위 수준으로 문제는 앞으로도 곡물에 대한 수입 의존률이 줄어들지 않을 것이라는 데에 있다. 우리는 장지글러, 전 유엔인권위원회 식량 특별조사관이 설명했던 전 세계 기아 문제를 기억해야 한다. 그는 “왜 세계의 절반은 굶주리는가?”라는 책을 통해서 세계의 식량 총 생산량을 합리적으로 소비한다면 세계의 어떤 사람도 기아를 겪을 리 없지만 경제 원리에 의해 다국적 기업이 식량공급을 방해하기 때문에 아직도 수많은 사람이 기아에 시달리고 있다고 지적하였다. 우리 또한 식량자급률이 점차 줄어들어 대부분의 식량을 수입에 의존해야 한다면, 즉 식량에 대한 주권을 잃는

극단적인 사태까지 직면하게 된다면, 결국 우리는 경제적 기아를 넘어 구조적 기아까지 맞닥뜨리게 될 것이고 그 시점에서 그 해결방안을 모색하기란 지금보다 더 어려워 질 것이다.

이에 정부에서는 이전부터 우리의 영농·영림에 대한 지원금을 확대하고 활성화 방안과 경쟁력을 키우기 위한 많은 사업과 정책 과제들을 진행해 오고 있다 (Table 3). 2008년부터 진행해온 「FTA대응 경쟁력 향상 기술개발」 사업 외에도 다양한 기술 개발 사업들이 진행되고 있으며 실질적으로 정부기관뿐만 아니라 관련 학계와 연구기관에서도 우리의 영농·영림에 대해 관심을 갖고 많은 노력들을 기울이고 있다. 국내 영농·영림이 우리의 근간으로서 우뚝 서는 것이 정말 중요한 당면과제임에도 불구하고 그 해결이 쉽지 않은 이

**Table 2.** Major economic-related indicator for agriculture and forest management (source : <http://www.index.go.kr> and KFS(2014))

Indicator (Unit)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Source	Recent update
Cultivated area (thousand-ha)	1,824	1,800	1,782	1,759	1,737	1,715	1,698	1,730	1,711	Statistics Korea	2014
Forest land (thousand-ha)	6,480	6,473	6,464	6,455	6,447	6,450	6,434	6,422	6,418	Korea Forest Service	2014
Farmhouse population (thousand-person)	3,434	3,304	3,274	3,187	3,117	3,063	2,962	2,912	2,847	Statistics Korea	2015
(Over 65 years (%))	29	31	32	33	34	32	34	36	37		
Export (million-dollar)	2,049	2,132	2,351	2,834	3,159	3,936	5,207	5,250	5,289	Korea Agro-Fisheries Trade Corporation	2015
Import (million-dollar)	9,528	10,579	12,947	16,769	15,862	19,207	23,923	24,727	25,612		
Trade balance (million-dollar)	-11,024	-13,650	-17,072	-15,048	-18,248	-23,611	-23,803	-24,575	-25,453		

**Table 3.** National business and project of RDA and KFS related to agriculture and forest management (Based on 2013 NTIS)

National business	No. of project	Amount (Unit:million won)
Technological development competitiveness improvement to cope with FTA	302	14,970
R&D results for On-farm Business Model Research	205	12,129
International agricultural technical cooperation	3	3,433
National technology development	745	39,777
Agricultural Technology Management Research	81	5,184
Agricultural commercialization technology R & D support	161	9,000
Improve value-added agricultural and livestock products	207	12,900
Next-Generation Bio-Green 21	801	66,400
Eco-friendly and safety agricultural and livestock production technologies	235	12,900
International agricultural technical development support (ODA)	4	14,414
Forestry technology research and development	221	17,200

유는 농림생태계의 기능과 구조에 관련된 사회의식의 변화에 따른 문제의 복잡성에서도 찾아 볼 수 있다.

### 2.3. 사회의식의 변화와 국내 영농·영림

오늘날 사람들의 의식이 변화하면서 영농과 영림이 단지 식량의 생산 역할 뿐만이 아니라 특산물 가공, 그리고 판매, 관광, 체험 등 각종 서비스를 생산하여 지역에서 일자리와 소득을 창출하는 역할은 물론, 기후변화와 식량위기, 석유고갈과 같은 지구위기를 타개하는 등 다양한 역할을 담당할 것으로 기대하고 있다. 이는 다원적 기능으로서 영농과 영림이 유지됨으로 말미암아 발생하는 식량안보, 물안보, 환경보전, 경관 제공, 전통문화 계승 등을 의미한다.

영농과 영림의 다원적 기능에 대한 국내의 인식 조사 결과를 살펴보면 모두 ‘식량 생산’ 보다는 영농의 경우 ‘환경 및 생태계 보전’ 역할이, 영림의 경우 도시림 휴양림 등 ‘휴식과 치유 공간을 제공’하는 것이 더 중요하다고 응답하였다(Lee *et al.*, 2015), 이는 건강, 고급 식문화, 웰빙 등에 대한 국민들의 관심이 높아지면서 영농과 영림의 다원적 기능으로부터 삶의 만족도를 높일 수 있기 때문이다. 실제로 휴양과 레저의 목적으로 산을 찾는 사람들이 증가하고 생태학습체험을 하기 위해 농촌을 찾는 인구들이 증가하고 있는 추세인데 이러한 경험을 하는 사람들이 그렇지 않은 사람보다 삶에 대한 만족도가 더 높은 것으로 나타났다(Kim *et al.*, 2013; Shin *et al.*, 2000). 그렇기에 앞으로도 영농과 영림의 다원적 기능에 대한 역할은 점점 더 요구될 것으로 예상된다. 이러한 의식의 변화에는 정부의 노력이 크게 작용하였다. 우리나라는 미국 등 농산물 수출국들의 농산보호 조치 철폐 주장에 맞서 영농과 영림의 비교역적 관심사항(NTC: Non-trade Concerns)을 고려하여야 한다고 주장한 바 있다. 1980년대 후반에 벼농사를 중심으로 한 농업이 농산물 생산 이외에 저수, 지하수 함양 기능을 통해 수질조원의 공익적 기능을 수행한다는 연구를 발표하면서 이들의 다원적 기능을 주도적으로 정립하였다. 이후 2000년대 초반을 정점으로 다원적 기능에 대한 연구를 활발하게 진행해왔는데, 주요 연구 분야로는 다원적 기능에 대한 국민적 합의 형성 방법의 하나로 활용되고 있는 다원적 기능의 정량적 평가를 포함하여 다원적 기능 내용 규명과 가치 평가, 그리고 정책 방향 제시 등이 있다. 이로 인해 정부는 물론 관련 관계자

뿐만이 아닌 국민들과의 공감대가 형성될 수 있었다고 본다. 그럼에도 불구하고 실제로 영농·영림 인구 측면에서는 다원적 기능을 농산물과 임산물을 생산하는 과정에서 자동적으로 생산되는 것으로 생각하고 있고, 이들의 다원적 기능을 실현하기 위한 특별한 관심과 노력을 기울이는 경우는 찾아보기 어렵다(Kim, 2015). 앞으로는 다원적 기능을 가장 효과적으로 수행할 수 있는 토지관리, 작물, 생산방법이 무엇인지를 규명하는 연구가 필요하다. 이를 기반으로 실제 영농·영림 인구가 가장 효율적으로 다원적 기능을 발휘할 수 있도록 하는 구체적인 실천방안에 대한 다양한 연구와 정책들이 준비되어야 할 시기라고 생각한다.

## III. 지속가능한 영농·영림을 위한 국내외 접근 방법들

앞서 살펴본 환경, 경제구조, 사회의식의 급격한 변화는 또다시 우리나라의 환경, 경제, 사회에 영향을 미치는 되먹임 고리를 통해 되돌아와 국내 영농·영림의 큰 당면과제가 되고 있다. 이를 경제, 사회, 환경 측면에서 모두 아울러 해결할 수 있는 열쇠로 “지속가능성”이 검토 되고 있다. 그렇다면 지속가능한 영농·영림을 위한 접근 방법에는 어떤 것들이 있으며, 현재 어디까지 연구 개발되어 있고 또 활용되고 있는 지를 살펴보았다.

### 3.1. 지속가능 지수의 논의 과정

“지속가능성”에 대한 논의는 1972년 UN회의의 환경선언, 1987년 세계환경개발위원회(WCED), 1992년 UN환경개발회의(UNCED)의 리우선언, 요하네스버그에서 개최된 세계지속가능발전 정상회의 Rio+10, 2012년 브라질 리우데자네이루에서 개최된 Rio+20 등에서 지속적으로 논의되어 왔다. 이를 통해 다양한 국제기구와 그 협력기관들을 포함하여 각 국에서는 지속가능성에 대한 개념을 정량적인 관계 또는 지표로 나타내려는 시도를 하고 있다. 즉, 지속가능성을 판단하기 위한 근거로 쉽게 관측, 평가할 수 있고 누구나 이해할 수 있는 지표나 지수를 사용하는 것인데, 이는 경제, 사회, 환경에 대한 정량화된 값을 함께 나타낸다.

환경에 대한 지표와 지수는 시대적 흐름에 따라 꾸준히 개발되고 발전되어왔는데(Fig. 2) 과거에는 단순한 오염 제어를 목표로 제품 생산 과정에 대한 모니

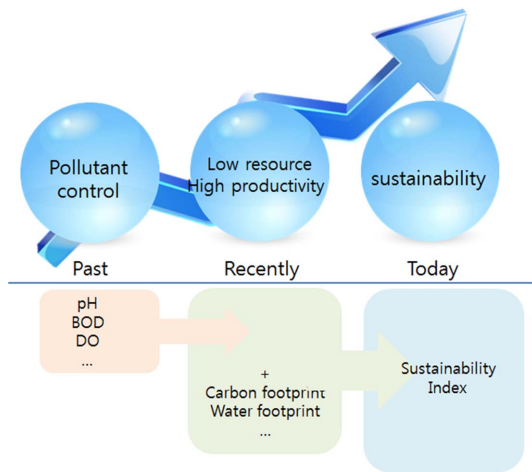


Fig. 2. Discussion process for sustainability index.

터링과 배출 제어와 관련된 지표를 개발하여 사용하였다. 그로부터 최근까지의 경향은 환경 효율성을 목표로 자원 소모를 최소화하면서 동시에 생산을 늘리는 측면의 지표를 개발하여 사용해 오고 있다. 그러나 앞으로 우리가 추구해야 하는 방향은 환경을 포함하여 경제와 사회 모두를 아우르는 지속가능성을 목표로 한 종합적 지표의 개발이다. 국제적으로 세계지속가능발전 정상회의를 통해 제안된 지속가능개발지수(Sustainable Development Index, SDI) 외에도 각 국제기구에서는 지속가능성 지수와 관련하여 다양한 연구를 진행하고 있다. 최근 유엔통계청(UNSD)에서는 환경경제계정(System of Environmental-Economic Accounting, SEEA)을 제정하여 지속적으로 개선해 오고 있으며, 2012년도부터 각 나라에 훈련 프로그램 운영을 통해 사용을 권장하고 있다. 그 외에도 전세계적으로 환경지속가능성지수(Environment Sustainability Index, ESI), 환경성과지수

(Environmental Performance Index, EPI), 탄소발자국(Carbon Footprint, CFP), 물발자국(Water Footprint, WFP) 등의 다양한 지표와 지수가 개발되어 이용 중에 있다.

3.2. 지속가능한 영농·영림 지수

이러한 발전 과정에서 개발된 지속가능한 영농·영림 관련 가이드라인 및 지수에는 여러 가지가 있는데 (Table 4), 그 중 기존에 사용되고 있는 SDI 지수의 경우는 지속가능성 하에서 가장 관련이 깊은 것으로 여겨지는 선별된 이슈들로 지표를 선택하여 지속가능성을 설명하는 지표 접근방법이다. KEI(2006)에서 조사한 연구에 따르면, 지표의 선택은 사실과 가치 평가에 근거를 두고 있는데, 객관적으로 사회 현황을 설명하기에 적절한 SDI를 폭넓게 활용하기 위해서는 가치 평가에 대한 합의가 먼저 있어야 한다. 전체적으로 어떤 사회범위가 지속가능한 개발의 경로를 향해 움직이고 있다는 것은, 오직 SDI 집합의 개별적인 지표 개발의 가치 평가를 요약함으로써 측정될 수 있다. 이러한 가치는 나라마다 다르기에 선택된 개별 지표들이 각각 다르고 이로 인해 국가 간 비교가 쉽지 않다는 점이 지적되고 있다. 예를 들어, 지속가능한 영농 지수를 논의하는 과정에서 나라마다 친환경영농을 최우선으로 생각할 수도 있고, 유전자 비조작영농을 최우선으로 생각할 수도 있고, 저탄소 영농을 최우선으로 생각할 수도 있다. 모두가 지속가능성을 위해 생각할 수 있는 지표들이나 그 가치는 나라마다 다를 수 있을 것이다. 유엔 및 OECD의 경우, 지속적인 생산량 증가, 온실기체 배출저감, 탄력적 역량강화의 세 목표를 동시에 추구하는 기후스마트농업(climate smart agriculture, CSA)을 지향하고 있다.

Table 4. Research for sustainable agriculture and forest management by international organization (Partial quote from KREI, 2013)

International organization	Guideline for sustainable agriculture and forest	Year
OECD	Agri-Environmental Indicator	2003
UNEP	Sustainable Agriculture and The Sustainable Use of Agricultural Biodiversity: Concepts, Trends and Challenges	2010
UNESCAP	Sustainable Agriculture and Food Security in Asia and The Pacific	2009
UNSDSN	Solutions for Sustainable Agriculture and Food Systems	2013
FAO	FAO Guidelines for Sustainability Assessment of Food and Agriculture systems: SAFA)	-
UNSD	SEEA(System of Environmental-Economic Accounting) for Agriculture, Forestry and Fisheries	Present



지속가능개발지표의 논의 과정에서 좀 더 주목을 받아 발전된 지표 중 하나가 바로 발자국 지표이다. 탄소발자국 지표, 물발자국 지표, 생태발자국 지표 등이 이에 속하는데, 제품의 생산·사용·폐기의 전 과정(life cycle)에서 온실기체를 얼마나 배출하는지, 물을 얼마나 사용하는지, 토지를 얼마나 사용하는지를 나타내며 현재 지속가능한 영농·영림을 판단하는 지표의 하나로 사용되고 있다. 예를 들어, 쌀은 탄소 발자국이 2,934~3,957kg CO<sub>2</sub>/kg으로 비슷한 영양가를 지닌 밀(1,280~1,808kgCO<sub>2</sub>/kg) 보다 놀랍도록 고탄소 작물이다(Pathak and Aggarwal, 2012). 유네스코 산하의 세계적 물·환경교육기관인 국제구조수리환경공학연구소(IHE)에서 발표한 쌀의 물 발자국은 3,400L/kg으로 밀 1,300L/kg과 비교할 때 물 사용량 또한 높은 것을 알 수 있다. 만일 이러한 쌀의 탄소발자국과 물발자국을 낮출 수 있다면, 그것이 바로 지속가능한 영농을 위한 한 걸음이라고 할 수 있겠다. 실제로 캐나다의 카놀라유 농장에서는 이러한 탄소발자국 관리를 통해 저탄소 카놀라유 제품을 생산하고 전세계적으로 수출하고 있는데, 이들 제품의 가격이 다른 카놀라유 제품에 비해 높더라도 수출이 잘 되는 이유가 바로 탄소발자국 관리로 인한 저탄소 제품이라는 점에 있고 이로 인해 지속가능한 영농이 실제로 가능함을 보여준다(Dyer *et al.*, 2010).

국내에서도 “국가는 지속가능발전지표를 작성하여 보급하여야 한다”는 지속가능발전기본법 제 13조 1항에 따라 제1차 지속가능발전 기본계획(2006~2010) 하에 77개의 대표지표를 개발하였다. 이후 제2차 지속가능발전 기본계획(2011~2015) 하에 기존의 지표를 수정·보완하여 현재 사용 중에 있다. 그간 지속가능한 영농에 대한 부분은 주로 생산 측면에서 친환경농업과 저투입농업의 기술적 및 경제적 분석에 초점을 맞추어 이루어졌으며, 관련 지표로는 농경지에 대한 농약 및 비료사용량, 가축분뇨 퇴액비 사용량 등이 있다. 현재 농촌진흥청에서는 “흙도람(<http://soil.rda.go.kr>)” 사이트를 운영하여 친환경 농업정책을 과학적으로 지원하기 위한 농업환경정보를 제공하여 지속가능한 영농을 위한 기반을 구축하였다. 또한, 스마트 팜 맵을 구축하여 우리나라 농경지를 대상으로 정책지원 농지 정보를 제공하고 있다. 지속가능한 영림은 국립산림과학원을 통해 관련 기준과 지표에 대한 측정 및 모니터링 방법에 대해 체계적으로 연구를 진행해 오고 있으며

“다드림(<http://gis.kofpi.or.kr/>)” 사이트를 통해 과학적인 산림정보를 제공하고 있다. 우리나라는 1992년 유엔개발회의(UNCED)에서 채택된 산림원칙 성명 이후, 1994년부터 지속가능한 산림경영(Sustainable Forest Management, SFM)을 반영하여 산림정책을 추진하고 있는데 현재 몬트리올프로세스 회원국으로 참여하여 생물다양성 보전 기준, 산림생태계 생산력 유지증진, 산림생태계 건전도/활력도, 토양 및 수자원보전, 지구 탄소순환, 사회경제적 편익, 법제도 구성 등 7개 기준 하 관련 지표를 개발하여 사용 중에 있다. 최근 제주 시험림은 지속가능한 산림 경영을 현장 이행하기 위한 FSC (Forest Stewardship Council) 국제산림인증을 취득하였다.

이와 함께 지속가능발전 계획 하에 진행되었던 제품 전과정에 대한 환경성평가를 확대하기 위해 국가 제품의 과정목록분석(LCI) 데이터베이스를 구축하여 제품에 대한 전과정평가(LCA)를 기반으로 “탄소 성적 표지”제도를 통해 탄소 배출량이 관리되고 있다. 현재 영농과 영림 분야는 탄소 성적 표지 제도 대상에서 제외되어 있으며 관련 LCI 데이터베이스를 구축 중에 있다. 또한, 학계와 연구기관을 통해 쌀, 마늘 등의 농산물에 대한 전과정평가와 탄소배출량 연구가 진행되고 있다. 탄소발자국과는 달리, 물발자국의 경우는 이제 시작단계로서 관련 제도가 운영되기까지는 시간이 더 필요할 것으로 보인다.

최근 제안되고 있는 계정접근법에 의한 지속가능성 지수는 환경경제계정(SEEA)에 대한 국제적인 가이드로서 지속가능성을 하나의 수치로 측정하기 위한 접근법을 제시하고 있다. KEI(2006)가 조사한 연구에 따르면, 경제와 환경 사이의 상호작용과 경제활동에 따른 환경과급효과를 분석하는 SEEA 접근법은 현재 환경지속가능성으로 한정 지어져 있다. 그 값은 EDP (Eco-Domestic Product)와 같은 환경조정총량지표에 기초하는 화폐적 단위로 측정한다. 그러나 SEEA 가이드라인에서 말하고 있는 환경조정총량지표의 계산은 그 자체가 아직 논란의 여지가 있는 문제로서 그 정량적 계산은 단지 가능한 선택사항으로서만 언급되고 있음이 지적되고 있다. 더불어, 환경과 경제를 먼저 다루는 반면에 사회는 아직 다루고 있지 않은 점 또한 지적되고 있다. 그럼에도 불구하고 각 나라간 비교가 가능하고, 물질과 에너지 등의 흐름을 기반으로 지속가능성을 위한 정책 결정에 도움을 줄 수 있다는



점에서 권장되고 있다.

국내에서도 환경부에서 1990년대 초반부터 「1-6차 환경경제통합계정개발 및 녹색GDP 도입 중·장기 추진계획(01~10)」을 수립·추진하여 SEEA의 일부 계정(대기 및 수계 오염물질 배출계정, 광물 및 산림 자산계정)을 시범 작성하였다. 2012년 UN은 SEEA를 국제통계표준으로 채택하여 각 국가에 작성을 권고, UN SD(유엔 통계국에서 이를 진행하고 있다. 우리나라도 기존의 환경부에서 진행되었던 연구에서 발전하여, 통계청에서 SEEA 작성방향 설정 및 기본계획을 수립하고, 환경부·산업통상자원부·국토교통부·농림축산식품부·산림청 등이 부처간 협업시스템으로 SEEA를 작성 중에 있다. 현재 지속가능한 영농·영림을 위한 환경경제계정은 유엔 통계국에서 개발 중에 있으며 2015년도 1월에 발표된 가이드라인 초안이 현재 수정 중에 있고 우리나라도 이에 참여하고 있다.

### 3.3. 생태학적 조망을 통한 지속가능한 영농·영림 지수

최근 십 여년간 국제 학계에서는 생태학적 조망을 통한 지속가능성 영농·영림 지수 관련 연구를 활발히 진행하고 있다. 지속가능한 지수 관련 국제학술지의 하나인 “Ecological Indicator”의 연구 현황을 살펴보면, 지난 15년 동안 이에 관련 연구가 급격히 증가하고 있는 것을 확인할 수 있다(Fig. 3). 2000년대 초반에는 사회/경제/환경을 평가할 수 있는 하위지표에는 어떠한 것들이 있을 수 있는지, 어떤 지표들을 선택해야 하는지에 대한 연구와 각 지표들을 통합하는 사고의 틀과 모델에 대한 연구가 주를 이루었다. 최근에 와서는, 영농과 영림이 복잡생태계로서의 생태계 구성요소, 구조 및 기능을 고려한 생태학적 접근에서의 지속가능성 지수에 관한 연구가 활발하게 진행 중이다.

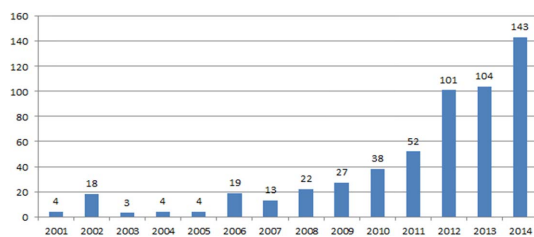


Fig. 3. Number of research papers on sustainability in the international journal “Ecological Indicator”.

생태계 구성요소는 다시 생물적 요소(생물 다양성 등)와 비생물적 요소(햇빛, 온도, 토양, 이산화탄소 등)로 구분된다. 농림생태계는 이러한 다양한 요소가 서로 영향을 주고받는 열린 시스템이다. 따라서 물질, 에너지 및 정보의 교환을 제어하는 물리 법칙에 근거하여, 정보이론, 네트워크 이론 및 열역학적 접근 방식을 이용해 이들 생태계의 구조적 특성과 자기-조직화(self-organization) 역량을 정량화 할 필요가 있다(Yun *et al.*, 2014a). 생태계의 지속가능성을 직접적으로 측정하는 것은 현재로서는 가능하지 않지만 이를 간접적으로 산정하기 위해 특정 활동이나 산출물로 인한 시스템이 겪는 부하량 또는 구조와 기능 면에서 시스템의 상태를 평가할 수 있다. 즉, 지속가능한 영농·영림을 위한 정책 의사 결정에 이러한 생태계 접근 방식을 고려할 경우, 생물 다양성과 생태계 서비스와의 연계에 대한 폭넓은 이해와 함께 외부압력이 생태계 구조와 성장 및 발달과정에 미치는 영향과 생태학적 기능의 한계를 알아야 한다(David and Christopher, 2010). 이를 위해 엔트로피(entropy), 엑서지(Exergy), 이머지(Emergy), 어센던시(ascendancy) 등과 같은 열역학네트워크 기반의 총체적 지수에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(Jørgensen *et al.*, 2010).

생태계는 기본적으로 인간에게 필요한 서비스를 제공하고, 대기 중의 이산화탄소를 흡수하는 중요한 기능을 한다. 이러한 기능은 공간적 규모와 시간적 규모에서 차이를 보이므로 이러한 시·공간 규모를 고려한 기능들을 측정하여 통합적으로 지속가능한 지수를 고려할 수 있는 종합적인 매트릭스 연구가 활발히 진행 중이다. 여기에는 이전에 논의되었던 지표들, 예를 들어, 탄소발자국, 물발자국을 포함하여 생태발자국, 엔트로피발자국 등이 모두 고려대상이다. 실제 예로, 캐나다에서는 “Canadian Sustainability Metrics Lookup Tool”을 개발하여 사용 중에 있으며 구글 지도와 연동하여 각 농장에 대해 지속가능 매트릭스를 S/W 화면을 통해 보여주고 있다(Fig. 4).

국내에서는 광릉 활엽수림의 생태계 구조 및 기능 변화를 예측하기 위한 기초 연구 조사(Lim *et al.*, 2003)가 있었다. 또한, 온대중부산림의 생태수문시스템을 복잡계로 조망, 정보 및 네트워크 이론을 도입하여 타워 플러스 시계열 자료를 분석함으로써 산림의 물질, 에너지 및 정보의 흐름을 역학적 과정망(dynamic process network)으로 표출해 낸 바 있다(Yun *et al.*,

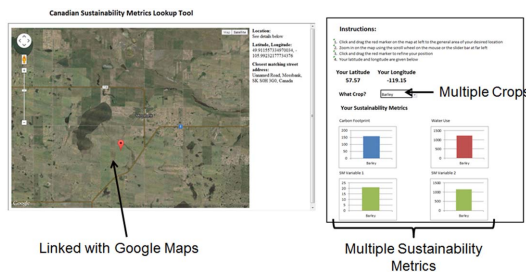


Fig. 4. Canada's sustainable metrics (Desjardins *et al.*, 2014).

2014b). 논 생태계의 녹색 성장을 위한 생물 다양성 지표 연구(Bang, 2011)를 비롯하여, 해남 농경지를 대상으로 한 연구로서, Yohana *et al.*(2015)은 총일차 생산량(Gross Primary Production, GPP)이 높았던 해와 낮았던 해를 비교하여 기후스마트농업을 진단하는 여러 가지 생태학적 지표와 종합적인 열역학적 지표의 분석 방안을 제안하였다. 앞으로 국내에서도 이러한 연구들이 더욱 활발히 이루어질 것으로 전망된다.

#### IV. 요약 및 제언

우리나라는 지난 이십여 년간 국내 영농·영림의 다양한 문제에 맞춰 관련 정책들을 진행해왔다. 또한, 국제사회의 논의에 맞춰 지속가능 지수의 개발을 위해 노력해 왔고 그러한 틀 안에서 지속가능한 영농·영림 지수 또한 다양하게 논의되어 왔으며 앞으로도 계속 될 것이다. 영농과 영림은 '고투입-고산출'의 집약적 생산시스템으로서 생산성 증대에 따른 대가를 치러야만 한다. 특히 농업부문의 잠재적 오염원이 증가하고 부적절하게 처리되어 배출되는 경우 농림생태계에 상당한 엔트로피를 추가로 축적함으로써 지속가능한 농업을 위협하고 있고, 농산촌의 엔트로피는 더욱 증가할 것으로 논의되고 있다(KREI, 2013). 이에 영농·영림을 생태환경체제로 전환해야 한다는 지적과 논의가 있음에도 불구하고(KREI, 2014b), 국내에서는 아직 생태학적 조망을 통한 지속가능한 영농·영림에 관련된 연구를 찾기가 쉽지 않다. 그러나 기후변화에 대응하여 기상청·농촌진흥청·산림청에서 농림기상서비스를 향상시켜오면서 확보해 온 영농·영림 기상 및 다양한 생태자료와 특히, 지난 10여 년간 농경지와 산림에서 타워 네트워크를 기반으로 한 플렉스 관측을 통해 확보하고 있는 대기-생태계간 에너지, 물 및 이산화탄소 교환 데이터베이스를 기

반으로 한다면, 우리 또한 국제 사회의 노력에 발맞춰 이 분야의 연구 역량을 충분히 구축할 수 있을 것이다. 게다가 농촌진흥청과 산림청에서 운영 중인 "휴토타"과 "다드림"의 과학적인 영농·영림 정보와도 연계가 가능하다. 이런 측면에서 볼 때 현재 진행하고 있는 Weather Information Service Engine (WISE) 「차세대 도시·농림 융합스마트 기상서비스 개발」 사업은 초고 해상도 농림기상정보와 지속가능한 지수 제공을 통해 지속가능한 영농·영림을 위한 주요한 발판이 될 수 있다. 이를 기반으로 지속가능한 영농·영림을 위해 다음과 같은 단계별 연구 추진이 필요하다.

1) 현재까지 구축된 다양한 농림생태계 관측망을 지속적으로 철저히 관리, 운영해야 하며, 여기서 생산되는 데이터베이스를 기반으로 생태지표 확보 및 인벤토리 조사를 통해 지속가능한 영농·영림 지수 개발을 위한 기초 연구가 우선되어야 한다.

2) 관련 전문가 및 각 기관 담당자들과의 협의를 통해 전 지역으로 확대하기 위한 표준화된 방법론 및 고해상도 모델과 위성 기반의 프레임워크가 개발되어야 한다.

3) 현재는 물론 미래의 21세기에는, 자연환경 변화에 대비하여 기상정보를 효율적으로 이용하는 과학적인 영농·영림이 아니고서는 생산성 향상을 기대하기 어렵다. 이를 위한 정보의 생명은 신속성과 정확성이다. 그러므로 최종적으로 WISE와 같은 플랫폼 구축을 통해 수요자에게 최적의 정보가 실시간으로 제공될 수 있어야 한다.

이를 위해서는 무엇보다 정부의 관심과 더불어 각 부처 간 협력이 매우 중요한데 현재의 기상청·농촌진흥청·산림청·환경부 간 협의에서 더 나아가 통계청·지식경제부 등 관련 부처 간의 긴밀한 협의는 우리를 더욱 빠르게 지속가능한 영농·영림의 길로 안내할 것이다. 또한, 국내의 우수한 전문 인력들과 다양한 전문 기관들이 고유 영역을 뛰어 넘어 합심하여 학제간/다학문/횡단학문적 접근을 도모한다면 지속가능한 영농·영림은 더 이상 우리에게 먼 미래는 아니다. 이번 연구는 우리나라의 지속가능한 미래를 위한 하나의 기초 연구 사례로 우리가 준비해야 하는 것들을 확인하고, 또한 앞으로 우리가 나아갈 수 있는 길을 확인함으로써 지속가능한 영농과 영림을 위한 초석이 될 것으로 기대한다. 이후 현재 우리나라에서 사용하고 있는 기준과 지표에 대한 연구를 기반으로 환경·경

제 사회의 균형 측면, 대표성 문제 등 어떠한 보완점이 필요한지, 어떠한 지표가 사용되면 좋을 것인지에 대한 구체적인 연구가 뒤 따라야 한다. 추후 지속가능한 생태계 지수와 농림생태계에서 생산되는 서비스 및 제품들의 탄소발자국, 물발자국, 엔트로피발자국 등의 연구를 통해 추후 저엔트로피 사회를 지향할 수 있는 기반이 되기를 기대해 본다. 궁극적으로는 경제/환경/사회의 모든 면을 아우르는 지속가능한 영농·영림 지수의 개발과 활용을 통해 국제사회에서 뒤처지지 않을 경쟁력을 확보하길 기대한다.

## 적 요

국내 영농과 영림은 최근 지구 온난화를 비롯한 환경 변화와 더불어 급격한 경제·사회적 변화로 인해 어려움을 겪고 있고 이를 극복하기 위한 열쇠로 “지속가능성”이 검토되고 있다. 본 연구를 통해 지속가능한 영농·영림을 위한 국내외의 다양한 접근 방법들을 살펴본 결과 1) 지표접근법, 2) 계정접근법, 그리고 3) 생태학적 접근법을 통해 지속가능한 영농·영림 지수 등의 연구개발이 활발히 진행되고 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 국내에서는 아직 생태학적 접근법을 통한 지속가능한 영농·영림 관련 연구를 찾기가 쉽지 않다. 이에 대한 연구는 그간 기후변화에 대응하여 기상청·농촌진흥청·산림청 등에서 확보한 영농·영림 기상 및 생태자료와 특히, 지난 10여년간 농경지와 산림에서 플럭스 관측을 통해 확보하고 있는 대기-생태계간 에너지, 물 및 이산화탄소 교환량 데이터를 기반으로 수행될 수 있다. 국제 사회의 노력에 발맞춰 지속가능한 영농·영림을 위한 연구 역량을 충분히 구축할 수 있도록 하기 위해 단계별 연구 추진을 제안한다.

## 감사의 글

본 논문의 개선을 위해 좋은 의견을 제시해 주신 세 분의 심사위원께 감사를 드립니다. 이 연구는 기상청 차세대도시농림융합스마트기상서비스개발(WISE)사업의 지원(KMA-2012-0001-A)으로 수행되었습니다.

## REFERENCES

Bang, H-S., 2011: Agricultural biodiversity management for

- green growth in Korea, *Proceedings of the OECD-FREI Agri-Food Expert Conference 2011*.
- Dale, V. H., and S. C. Beyeler, 2001: Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators* **1**(1), 3-10.
- David, G. R., and L. J. F. Christopher, 2010: *Ecosystem Ecology(A New Synthesis)*, 132pp.
- Desjardins, R., D. Worth, X. Verge, D. Maxime, A. VanderZaag, J. Dyer, and B. McConkey, 2014: Obtaining estimates of the carbon footprint of agricultural products. presentation.
- Dyer, J. A., X. P. C. Vergé, R. L. Desjardins, D. E. Worth, and B. McConkey, 2010: The impact of increased biodiesel production on the greenhouse gas emissions from field crops in Canada. *Energy for Sustainable Development* **14**(2), 73-82.
- Huang, J. G., Y. Bergeron, B. Denneler, F. Berninger, and J. Tardif, 2007: Response of forest trees to increased atmospheric CO<sub>2</sub>. *Critical Reviews in Plant Sciences* **26**, 265-283.
- Joint Interagency, 2015: *Abnormal climate report 2014*, 14pp.
- Jørgensen, S. E., F-L. Xu, and R. Costanza, 2010: *Handbook of Ecological Indicators for Assessment of Ecosystem Health*, CRC Press.
- KEI (Korea Environment Institute), 2006: System of Environmental-Economic Accounts development and Green GDP Report (IV).
- KFS (Korea Forest Service), 2014: Statistical Yearbook of Forestry, 22pp.
- Kim, B. S., H. Y. Kim, and S. J. Lee, 2013: The effect of forest experiences on happiness and positive psychology of Korean middle-aged women in Seoul and the surrounding metropolitan cities. *The Journal of Korean Institute of Forest Recreation* **17**(3), 65-73.
- Kim, J. and T. Oki, 2011: Visioning: an essential framework in sustainability science, *Sustainability Science* **6**, 247-251.
- Kim, T. Y., 2015: The multi-functionality of Korea agriculture : The Inconvenient Truth, *GSnJ Eye Focus*, No.190.
- KREI (Korea Rural Economic Institute), 2010: Experts views of 2050 agriculture and rural future, 9pp.
- KREI (Korea Rural Economic Institute), 2013: Research on Establishing Sustainable Agriculture System in Korea year 1 of 2, 15pp.
- KREI (Korea Rural Economic Institute), 2014a: National consciousness survey on agriculture and rural section 2014, 5pp.
- KREI (Korea Rural Economic Institute), 2014b: Summary book of Research on Establishing Sustainable Agriculture System in Korea year 2 of 2, 3pp.
- Lee, J. J., J. K. Son, S. J. Kim, H. J. Kim, S. S. Yun, N. S. Jung, K. Seo, and J. M. Lee, 2015: Agroindustry law, *Seoul National University Press*, 118pp.
- Lim, J.-H., J. H. Shin, G. Z. Jin, J. H. Chun, and J. S. Oh, 2003: Forest stand structure, site characteristics and carbon

- budget of the Kwangneung natural forest in Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **5**(2), 101-109.
- MPSS (Ministry of Public Safety and Security), 2014: Disaster annual report 2013.
- Pathak, H. and P. K., Aggarwal, 2012: Low carbon technologies for agriculture: a study on rice and wheat systems in the Indo-Gangetic plains. *Indian Agricultural Research Institute*, 78pp.
- Seo, J. Y., 2015: 6th industrial wind at rural section, blue ocean begin transformation, *MK News Luxmen*, No. 53.
- Shin, W. S., S. I. Lee, J. H. Ryu, and E. W. Lee, 2000: The influence of forest experience on the mental health. *The Journal of Korean Institute of Forest Recreation* **4**(1), 25-32.
- Yohana, M. I., G. Lee, M. Kang, and J. Kim, 2015: Assessment of ecological indicators of agricultural ecosystem based on multi-years tower flux measurement. *Proceedings of the Annual Meeting of the Korean Society of Agricultural and Forest Meteorology 2015*. 59-63.
- Yun, J., M. Kang, S. Kim, J. H. Chun, C. H. Cho, and J. Kim, 2014a: How is the process network organized and when does it show emergent properties in a forest ecosystem? *ISCS 2013: Interdisciplinary Symposium on Complex Systems, Emergence, Complexity and Computation* **8**, 307-317.
- Yun, J., S. Kim, M. Kang, C. H. Cho, J. H. Chun, and J. Kim, 2014b: Process networks of ecohydrological systems in a temperate deciduous forest: a complex systems perspective. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **16**(3), 157-168.