

우리나라 토양환경보전 정책의 패러다임 전환

박용하¹ · 양재의^{2*}

¹한국환경정책평가연구원

²강원대학교 환경융합학부 바이오자원환경학과

Paradigm Shift in Policy of Soil Environment Conservation in Korea

Yong-Ha Park¹ · JaeE Yang^{2*}

¹Korea Environment Institute (KEI)

²Dept. of Biological Environment, Kangwon National University

ABSTRACT

This paper reviews the soil conservation policies (SCP) in the global community and suggests the improved options in SCP in Korea. Soil Environment Conservation Act in Korea states soil is a valuable natural resource and its value should be enhanced to provide the benefits that soil ecosystem can offer to people. However, SCP in Korea limits its application to not only the scope of soil environment but also the issues on soil pollution. The SCPs in the advanced countries have shifted their scopes from soil environment to soil ecosystem, put emphasis on the conservation of soil health rather than soil quality, and set the goals to optimize the soil ecosystem services to people while minimizing the soil threats. In this context, the soil security initiative was recently proposed to accomplish this goal while employing the nexus concept to bridge the soil ecosystem services with water, atmosphere, climate and biodiversity. Therefore, the key policies in soil conservation in Korea should expand the scope from soil environment to soil ecosystem, focus on soil health management, and develop the holistic governance among diverse stakeholder to maximize the soil ecosystem services. Soil ecosystem should be secured by national soil policies for human health.

Key words : Soil conservation policy, Soil ecosystem conservation, Soil functions, Soil health, Soil security

1. 서 론

토양은 인류 생존의 터전으로 토양으로부터 다양한 문명이 태생되었다. 인류는 18세기 산업혁명 이후 과학문명의 이기를 동원하여 과거 어느 때보다 빠르고 큰 규모로 토양을 이용해왔다. 특히 20세기 후반에 들어서는 세계적으로 인구와 농·산업규모가 급격히 증가하였고, 이에 따른 토양의 훼손은 그 규모가 커지고 확산되고 있다 (Turbé, et al., 2010).

우리나라에서는 1970년대 이후부터 토양오염이 보고되고 있다. 당시 중화학공업 육성 중심의 경제개발 정책이 추진되면서 토양오염을 유발할 수 있는 광산, 제련소, 유

류 및 유독물 저장 시설, 폐기물 매립 시설, 공업단지 시설 등이 크게 증가하였고, 이후 토양이 오염된 부지가 지속적으로 발견되었다(Park and Lee, 1995). 정부 차원에서 토양오염 문제를 관리하기 시작한 것은 당시 보건사회부 외청인 ‘환경청’의 수질보전국에 토양관리과가 설립 (1980년 1월5일)되면서 부터이다. 1995년 1월에는 「토양환경보전법」이 제정되어 토양환경보전 정책의 목적, 기본방향 및 수단을 마련하였다.

「토양환경보전법」 제1조(목적)에서는 “토양오염으로 인한 국민건강 및 환경상의 위해(危害)를 예방하고, 오염된 토양을 정화하는 등 토양을 적정하게 관리·보전함으로써 토양생태계를 보전하고, 자원으로서의 토양가치를 높

*Corresponding author : yangjay@kangwon.ac.kr

Received : 2018. 5. 24 Reviewed : 2018. 6. 18 Accepted : 2018. 6. 26

Discussion until : 2018. 8. 31

이며, 모든 국민이 건강하고 쾌적한 삶을 누릴 수 있게 함¹⁾이라고 토양환경보전의 목적을 명시하고 있다¹⁾. 이를 근거로 하여 최근까지 우리나라의 토양환경보전 정책은 토양오염 조사, 방지, 정화 및 관리에 초점이 맞추어져 있었다. 즉 토양환경보전법 제1조에는 ‘토양생태계의 보전’을 명시하고 있으나 지금까지의 정책은 ‘토양환경오염관리’에 초점이 맞춰져 있었다. 우리나라에서 토양자원의 가치 향상과 토양생태계가 국민에게 제공하는 생태계서비스 혜택에 관한 연구와 정책개발은 매우 미진한 실정이다.

현재 선진국에서는 토양을 자원으로 인식하고 토양이 보여주는 생태계서비스를 극대화하는 의제와 정책들을 시행하고 있다. 토양생태계는 무생물적 요소인 토양환경과 생물체(생산자, 소비자, 분해자)로 구성되어 있다. 따라서 현대의 토양관리는 토양환경의 관리에서 토양생태계의 관리로 패러다임이 전환되고 있는 실정이다. 환경부는 2013년에 ‘표토보전 5개년 종합계획’을 수립하였는데 이는 토양을 자원으로 인식한 사례이다.

본 연구에서는 국내의 토양생태계 보전에 관한 정책 사례로 「토양환경보전법」에 명시된 토양환경보전 정책과 이행 수단을 짚어보았으며, 외국의 경우 토양생태계 보전에 관한 유럽연합(EU, European Union), 영국, 독일, 미국의 정책과 UN(United Nations), 생물다양성협약(CBD, Convention on Biodiversity)에서의 토양 문제에 대한 인식과 흐름, 토양보전 정책에 관한 학술적인 논의동향을 고찰하였다. 이를 토대로 우리나라에서 토양생태계의 훼손

요인들에 대한 관리와 토양생태계서비스 향상에 관한 정책방향을 제안하고자 한다.

2. 토양보전 정책의 패러다임

2.1. 정책 패러다임의 변화

세계적으로 토양환경 보전에 관한 연구와 정책은 농업 분야에서 시작되었다. 식량을 확보하기 위해 토양비옥도를 유지, 향상시키는 것에 집중되어 왔다. 그러나 산업의 발전과 더불어 토양환경이 오염되면서 토양오염, 복원 및 관리에 관한 정책이 1990년대부터 본격화 되었고, 아울러 1990년대 중반부터는 토양의 질(quality)과 건강성(health)을 유지, 향상시키는 방향으로 정책이 변화되고 있다 (Table 1). 토양의 질과 건강성 확보를 추구하는 정책은 토양의 비옥도를 향상시켜 바이오매스의 생산성을 유지, 향상시키고 동시에 토양이 생태계 구성 요소로서 타 환경 매체와의 조화를 통해 토양의 기능과 생태계 서비스(ecosystem services)를 최적화하기 위함이다. 이를 위해 토양의 질과 건강성 확보를 위한 ‘지속적 토양관리방안(sustainable soil management practices)’이 제안된 바 있다(Doran and Zeiss, 2000; UN FAO, 2017).

최근에는 토양환경보다는 토양생태계의 보전에 더 큰 비중을 두어 토양이 제공할 수 있는 생태계 서비스의 기능을 보전, 향상시키고자 ‘토양안보(soil security)’ 개념이 제안되었다 (McBratney et al., 2014). 토양안보란 토양자

Table 1. Paradigm shift in the global policies for soil environment conservation

Categories of policies for soil management and conservation	Year					
	up to 1960s	1970s	1980s	1990s	2000s	2010s
Soil fertility and food production						
Soil contamination and remediation						
Soil quality, health and sustainable soil management						
Soil security and ecosystem services						

1) 「토양환경보전법」 제1조(목적)에 “...토양생태계를 보전...”은 「토양환경보전법 개정법률안」에 대한 신설·강화규제 심사 단계에서 당시 규제개혁위원회의 개선 권고 사항으로 법의 목적에 포함되었고(환경부, 2004), 2011년 4월 5일 동법의 전문개정 단계에서 자원으로서의 토양가치를 높이는 내용이 목적에 추가되었다(MGL and KLRI, 2011).

원이 식량, 섬유소 및 깨끗한 물을 생산하고, 에너지와 기후의 지속성에 기여하고, 생물다양성과 생태계의 통합적 보전을 유지할 수 있는 능력을 유지하고 향상시키는 것이다. 토양 건강성 및 안보는 토양오염과 같은 한정된 토양의 상태를 설명하는 것이 아니라 토양이 보여주는 기능과 서비스를 통합적으로 설명하는 개념이므로 토양에 관한 연구, 정책, 보전 및 관리 등의 내용과 범위가 확장된 것이다.

2.2. 토양의 질, 건강, 생태계 서비스 및 토양안보 연계성

토양의 질(quality)과 건강(health)은 토양환경이나 생태계의 건전성을 평가할 때 사용되고 있다. 두 용어는 동의어의 개념으로 상호 호환되어 사용되기도 하나, 학술적 의미에서는 약간의 차이가 있다.

미국 농업부 자연자원보전국(US Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 1995)에 의하면 ‘토양의 질이란 특정한 토양이, 자연생태계 또는 관리된 생태계에서, 동·식물의 생산성을 지속 가능케 하고, 물과 공기의 질을 유지 또는 향상시키며, 인간의 건강과 정주공간을 뒷받침해 줄 수 있는 기능을 보여줄 수 있는 용량(capacity)’으로 정의하고 있다. 유럽연합 공동연구센터(EC JRC, European Commission Joint Research Center)는 토양의 질이란 ‘토양이 변화되는 환경조건에서 그 기능을 수행할 수 있는 용량(capacity)을 통해 생태적 또는 사회적 서비스를 제공할 수 있는 토양의 능력’으로 정의하고 있다. 토양의 질은 특정 토양의 기능을 설명하는데 여기에는 생물다양성 유지, 바이오매스 생산성, 수자원의 흐름과 분배, 오염원 정화 및 완충, 물질 순환, 생명

체와 구조물의 지지기반 기능 등이 포함된다. 토양유기물, 토양생물 및 토양관리방법이 토양의 질에 가장 큰 영향을 미치게 된다(Doran and Zeiss, 2000; Karlen et al., 1997, 2001, 2003).

토양의 질은 다양한 지표를 통해 평가된다. 이들 지표는 토양을 관리함에 있어서 환경 변화에 민감하고 측정이 가능한 생물적, 물리적, 화학적 특성을 포함한다(Fig. 1). 즉, 토양의 질은 토양의 기능을 보여주는 물리, 화학, 생물적 특성의 합(용량)이다. 토양의 질을 평가하는 것은 i) 토양의 질 지표 선정, ii)최소 데이터 세트 결정, iii)점수화 시스템과 같은 정량적 지표 해석, iv)현장 평가 및 민감도 검증 등의 순서로 진행된다.

토양의 건강성은 토양이 생명체 시스템으로서 기능을 보여줄 수 있는 조건(condition) 또는 상태(status)로 정의하고 있다(Doran and Zeiss, 2000; Karlen et al., 2001). 그러므로 토양의 건강성은 토양의 질 개념을 포함하고 여기에 토양 질 위협요인, 토양관리 및 외적 환경요인의 영향이 종합적으로 반영되는 조건 또는 상태를 의미한다(Fig. 1). 토양의 건강성은 토양의 생물적 생산성을 지속적으로 유지 가능케 하고, 인접하는 물과 대기의 질을 유지하며 인간의 건강과 관련되어 있다. 건강한 토양은 자기조절(self-regulation), 안정성(stability), 회복력(resilience) 그리고 스트레스 증상이 없는 상태를 의미한다. 따라서 토양의 건강성은 주로 토양개체군이 생물학적으로 온전함을 의미하는 것으로 토양 내에서 생물체간 그리고 이들 생물체와 환경과의 균형을 유지함을 의미한다.

건강한 토양이란 건강한 사람과 비유된다. 즉 건강한 토양은 다양한 외부 요인에 대한 저항력이 높으며, 토양환

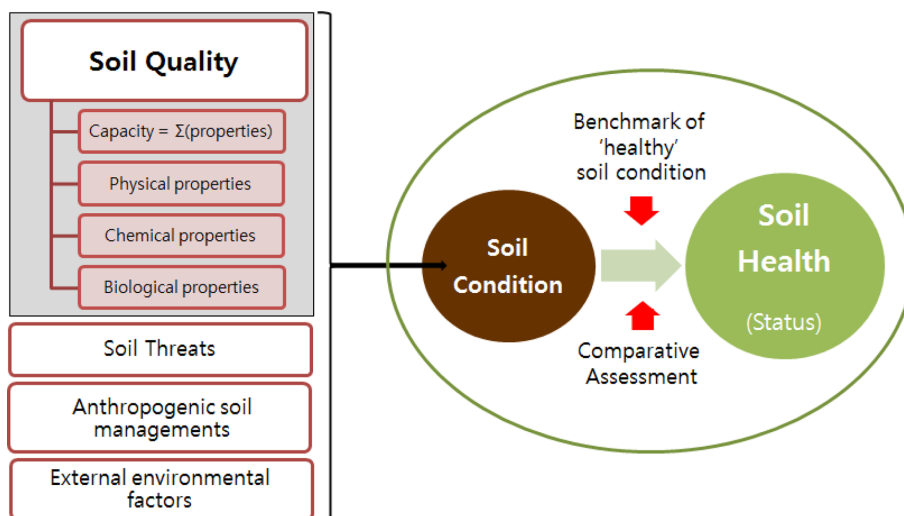


Fig 1. Relation between soil quality and soil health.

경 이외의 수질이나 대기환경의 질에 악영향을 주지 않고, 토양의 질을 결정하는 여러 생물·물리·화학적 지표들이 상호 협력적으로 작용하여 적절한 토양의 기능이 유지되고 발휘되는 토양이다. 건강한 토양의 평가 기준으로는 이산화탄소 방출, 유기물 함량, 미생물활성, 유효한 영양소의 함량 등이 활용된다.

특정 토양의 건강성은 소위 ‘건강한’ 토양을 기준점으로 하여 각 토양이 제공할 수 있는 생태계 서비스를 비교, 평가하여 결정할 수 있다. 그러므로 토양의 질 평가에 비교해서, 토양의 건강성 평가는 지표를 선정하고 종합적으로 평가하기는 어려운 일이다. 흔히 토양의 미생물 개체수나 우점종을 지표로 활용하여 토양의 건강성을 평가하는 것은 오류를 초래하기 쉽다.

토양의 질과 건강성은 거의 동의어로 사용되며 서로 상호 교환적으로 사용되고 있고 의미 상 중복되는 경우가 있다. 그러나 엄밀하게 두 용어의 차이점을 요약해 보면, 토양의 질은 토양의 기능을 설명하는 것이고, 특정한 이용을 위한 토양의 적합성(fitness for use)에 사용되고 있다. 이는 토양의 질이 어떠한 목적으로 우수할 수 있으나 다른 목적으로는 그러하지 않을 수 있음을 내포하고 있다. 토양의 건강성은 토양의 질보다는 광범위한 의미로 토양이 역동적이고 생명력을 보여주는 통합적 상태를 설명하는 용어이다. 생물학적 생산을 지속케 하며 환경의 질을 증진시키며 동식물의 건강을 유지하게 하는 중요한 생명

시스템으로서의 토양의 기능을 수행하는 토양의 능력이다 (Doran and Zeiss, 2000). 토양의 건강성을 사용하는 기본적인 취지는 토양이 생태계 자원으로서 토양은 살아 있는, 역동적이고, 더 나아가 전체 환경을 미묘하게 변화시킬 수 있다는 점을 강조하기 위함이다. 즉, 토양의 건강성은 토양의 특성을 개별적으로 평가하는 것 보다는 토양이 생태계 시스템으로서 통합적 기능을 발휘하고 있는 상태를 의미하고 있다.

토양의 질과 건강성에 관한 용어 정의의 차이점을 떠나 이들 두 용어는 토양환경이나 농업적인 측면에서 매우 중요한 의미가 있다. 이 용어들의 공통점은 토양의 질을 위협하는 요인들의 영향을 최소화하고, 토양의 기능을 향상시켜 토양이 인간과 환경에 제공할 수 있는 혜택, 즉 생태계 서비스를 극대화하는 것이다(Fig. 2). 이는 McBratney (2014) 등에 의해 제안된 토양안보의 개념과 일치한다. 토양안보의 범위에는 토양의 생태계 서비스 기능, 즉 수자원함량, 바이오매스 생산, 에너지 지속성, 오염물질 정화 및 완충, 생물다양성 유지, 사회문화적 가치 제공 등을 유지, 향상시키는 과정들을 포함하고 있다.

토양안보의 개념은 식량안보, 물 안보의 개념과 비슷하다. 토양은 지구가 직면하고 있는 식량안보, 물 안보, 에너지 지속성, 기후변화 안정성, 생물다양성, 생태계 서비스 등에 핵심적인 역할을 하고 있다는 것이다. 토양안보의 범위는 역량(Capability), 상태(Condition), 가치(Capital),

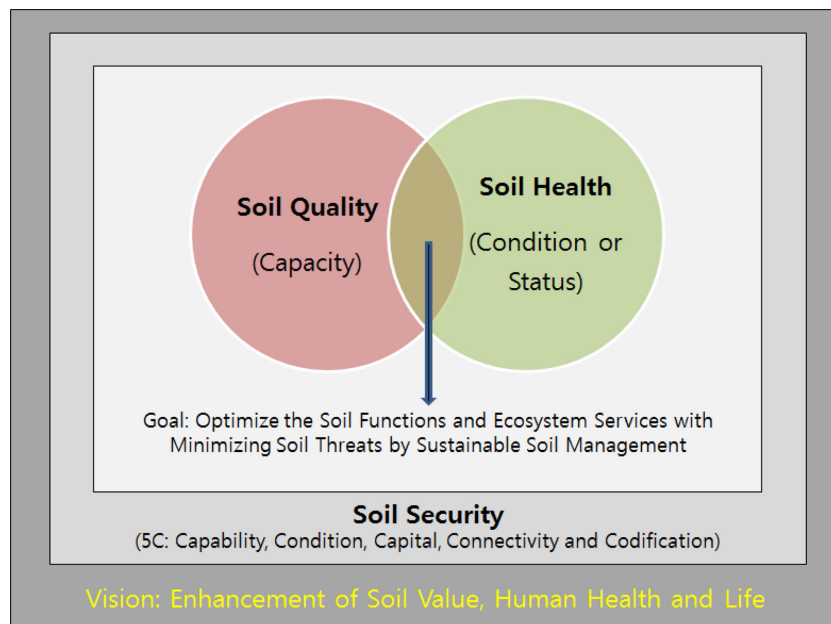


Fig 2. Interrelationship of soil quality, health and soil security in goals of soil ecosystem conservation. Sizes of rectangle stand for the relevant scopes of soil quality, health, security and vision.

연계성(Connectivity) 및 정책 제도화(Codification)로 구분될 수 있다.

생태계 서비스는 생태계가 건전하게 유지되어 그 적절한 기능을 발휘할 때 인간이 생태계로부터 제공받을 수 있는 혜택에 해당된다. 즉 인간이 필요로 하는 물질이나 서비스를 직접적 또는 간접적으로 제공받을 수 있는 자연적인 과정이나 구성요소들의 용량이다. MEA(Millennium Ecosystem Assessment, 2005)에 의하면 생태계 서비스를 지지(supporting), 제공(provisioning), 조절(regulating), 그리고 문화적(cultural) 서비스로 구분하고 있다.

토양안보의 궁극적인 목표는 토양생태계의 기능을 향상시키고, 기능을 저하시키는 위협요인들을 최소화하여 이로 인해 토양이 인간에게 제공할 수 있는 서비스를 극대화하는 것이다. 이는 토양-물-대기-생물다양성의 넥서스(Nexus)를 통해 구현될 수 있다. 토양의 질, 건강성 및 토양 안보는 토양생태계를 통해 환경의 가치를 높이고, 인간의 건강과 삶의 질 향상에 기여하는 비전으로 연계될 수 있다. 그러므로 미래의 토양보전 정책은 오염된 토양 환경의 범주를 벗어나 토양생태계의 보전으로 패러다임이 확대되고 변화되어야 한다(Fig. 2).

3. 우리나라와 주요 국가²⁾의 토양환경 보전 정책과 동향

3.1. 우리나라

1980년대 초에 시작한 정부의 토양환경정책은 최근까지

토양오염방지 및 관리에 초점이 맞추어져 있다. 1995년 1월 5일 「토양환경보전법」이 제정되었고, 이후 수차례의 개정을 통하여 토양환경보전에 대한 개념과 오염부지 관리 등에 대한 정책 변화가 있었다. 정부의 정책은 다양한 토양오염원과 토양오염물질에 의한 토양오염을 방지하고 오염된 부지를 조사, 정화하는 것이었다. 2000년대에 들어서 호소 수질의 '비점오염원'의 관리차원에서 시작된 표토의 유실방지 사업은 표토의 토양침식을 방지하기 위한 관리대책의 필요성으로 연결되었으며, 2013년 '표토보전 5개년 종합계획'이 마련되었다(Table 2). 이러한 일련의 토양환경 정책은 「토양환경보전법」 제1조(목적)에 명시된 토양오염과 정화 관리는 잘 반영되었으나, 아직도 토양을 자원으로 간주하여 토양의 관리를 생태계 차원으로 확대하는 방안, 토양 생태계 서비스 및 가치 평가, 그리고 토양-물-대기-인체건강과의 연계성 등에 관한 정책의 발굴과 이행은 미비한 실정이다.

3.2. 유럽연합

유럽연합(EU)은 토양을 재생가능하지 않은 복합적인 자연자원으로 간주하고 있다(Council of Europe, 1972; EC, 2007). EU는 토양의 기능을 위협하는 요인으로 토양오염, 토양침식, 유기물의 감소, 토양의 다짐(compaction), 산성화, 염류화, 사태, 표토의 차폐(sealing), 기후변화, 생물다양성 감소 등을 포함하고 있다(Table 3)(EC, 2007; Turbé et al., 2010).

토양의 질을 위협하는 토양오염에 대한 EU 일부 국가

Table 2. Chronicles of the major implementing policies for soil environment conservation in Korea

Year	Major policy implementations
1980s	- 1981/1985: Pollution investigation on heavy metal and pesticide - 1986: Establishment of the basic plan for soil contamination survey - 1987: Operation of the nationwide soil monitoring network
1990s	- Promulgation of Soil Environment Conservation Act (SECA) - Expansion of the monitoring network and the continuous monitoring sites - Establishment of the national soil background concentration and construction of the soil pollution map - Investigation and remediation of the worrisome and contaminated soil in mining areas, agricultural field, military sites and fuel storage facility etc.
-2000s	- Expansion of the pollution source management in the target facilities for soil contamination control - Expansion of soil polluters and their liabilities - Implementation of soil environmental impact assessment system - Implementation of soil risk assessment system - Supporting the research and development for soil and groundwater pollution prevention technology
2010s	- Extension of scopes in soil environment management in response to climate change including the surface soil conservation

2) 토양환경보전 정책 분석 대상으로 EU, 미국, 영국, 독일, 오스트리아, 네덜란드, 스페인, 이탈리아, 스코틀랜드, 일본, 중국 등을 검토하였으나, 본고에서는 이들 국가 중에서 우리의 토양환경 여건과 정책을 고려하여 EU와 미국, 영국, 독일의 토양생태계 보전에 관련된 부분을 선택하여 제시하고 있다.

Table 3. Factors and status of soil threats in EU

Threat factor	Contents	References
Soil contamination	The contaminated sites have been reported to increase continuously in Europe (EEA 33 member countries, 6 associated countries and European Environment Information and Observation Network member countries): 2.5 million sites are the potentially contaminated sites, of which 340,000 sites are estimated to be in need for remediation.	Panagos et al., 2013a; van Liedekerke et al., 2014)
Increased soil erosion	Soil erosion has been increased during the last 30 years due to the intensive agricultural production and climate change. - 46.3% of European soils are vulnerable to soil erosion and the average annual amount of soil erosion is estimated to be 17 ton/ha that are equivalent to 37-57 times higher than those naturally formed via soil formation process - Soil erosion is sharply increased every year due to storm, drought and gusts etc. that are presumably caused by the climate change.	Jeffery et al., 2010; Turbé et al., 2010
Decreases in soil organic matter	Soil organic matter content is continuously decreasing and is in some areas lower than 3.4% (2% as of soil organic carbon) which is recognized globally as the lower critical level	Panagos et al., 2013b
Soil compaction	About 36% of European soil (mostly agricultural fields) are vulnerable to soil compaction. - In 1991, lands of 33 million ha were reported to be affected by soil compaction in Europe - Recently lands of 25 million ha and 36 million ha were moderately and severely impacted by soil compaction, respectively, in the Central and Eastern Europe.	ESDAC, 2016
Soil salinization	Crop productivity in 28 million ha was decreased due to the soil salinity.	EEA and JRC, 2010
Soil sealing	In the 27 EU countries, about 1,000 km ² soil (275 ha/day) were sealed every year during the 1990~2000 period, resulting in an increase of 5.7% per year (176,150 → 186,200 km ²) - About 9% of the European soils are impermeable to water flow being caused by housing, facilities, industrial and commercial sites, transportation sites and facilities, roads and railways, etc. Soil contamination often occurs in these sealed areas.	Prokop et al., 2011

들의 인식은 1970년대부터 시작되었다. 1987년 네덜란드의 토양보호법을 시작으로 하여 독일을 포함한 여러 국가에서 법제도의 기반이 갖춰지고 다양한 프로그램을 이행하기 시작하였다. 토양오염 이외의 EU 정책은 2000년대에 본격화 되었다. 2002년 EU의 제6차 환경이행프로그램(EAP, The Sixth Environment Action Programme)에서 'Thematic Strategy on Soil Protection'을 채택하고 있다. 제6차 EAP의 전략은 토양의 다양한 기능을 보전하고, 생태계 서비스를 높이며, 그리고 토양의 질을 보전하는 전략을 수립하고 이행하는 것이다(EC, 2002).

유럽의회 결정(Decision No 1386/2013/EU of the European Parliament and of the Council of 20 November 2013)으로 2013년 11월 20일에 채택한 제7차 환경이행프로그램은 'Living well, within the limits of our planet'을 모토로 하고 있다. 토양질의 훼손으로부터 토양의 건강성 보호를 프로그램의 제1 우선 목적(Priority

Objective 1)으로 다루고 있다. 토양을 보호하는 수단 또는 요소로 제도적인 이행 제고(제4 우선목적), 지식기반을 증진시키는 정보 증진(제5 우선목적), 환경과 기후변화정책에 대한 현명한 투자 제고(제6 우선목적), 환경요구와 고려에 대한 완전한 정책통합(제7 우선목적)을 제시하고 있다(Official Journal of the European Union, 2013). 제7차 환경이행프로그램은 6개의 원칙(환경과 사회적 고려에 대한 균형, 세대 간의 평등, 세대 내에서의 평등, 환경적 한계, 공공의 참여, 협치)하에 토양과 다른 환경 매체들과 연계된 접근(Nexus Approach) 전략을 제시하고 있다. 유럽의 주요 선진국에서는 토양·지하수, 그리고 다른 환경 매체들을 연결시키는 전략 및 이행계획의 틀로 평가하고 있다(Müller, 2015).

EU는 중금속을 포함한 화학물질에 의한 토양오염방지 정책과 더불어 토양생태계의 보전과 지속가능한 이용을 통해 건강한 토양생태계를 유지하는 정책을 추진하고 있

다. 토양으로부터 이산화탄소(CO₂) 방출에 의한 기후변화 대응, 토양의 유기물 함량의 관리, 토지의 이용 변화, 농경지 이용 방법 변화 등에 대응하는 CAP(Common Agricultural Practice) 정책 등 다양한 토양관리전략을 마련한 바 있다. 더불어 토양의 오염, 침식, 비옥도와 탄소의 저장, 토양생물다양성 등에 대한 조사 및 모니터링을 지속적으로 수행하고 있다. 환경에서 토양과 물의 균형, 물과 토양오염, 강변과 습지 복원, 이탄지역과 초지복원 등을 연계한 토양환경보전 및 복원정책을 지원 및 추진하고 있다(Official Journal of the European Union, 2013). 2015년에 프랑스에서 개최된 유엔기후변화회의의 COP 21 (Conference of Parties)에서는 토양의 지속적 관리를 통해 매년 토양의 유기탄소함량을 4%(per mille)씩 증가시킬 경우 인위적으로 배출되는 온실가스를 모두 토양에 격리시킬 수 있는 의제를 제안하였다. EU의 토양 보전정책은 토양을 자원으로 인식하고, 토양의 건강성을 저해하는 위협요인들을 관리하여 생태계가 제공하는 혜택을 극대화하려는 노력으로 요약할 수 있다.

3.3. 영국

국가 차원에서 주시하고 있는 토양질의 주요 위협요소는 토양오염, 토양침식, 토양의 다짐, 유기물의 감소이다. 18세기부터 시작된 산업화로 인해, 2010년 이후 영국의 잠재적 오염부지는 298,296개소이다(van Liedekerke et al., 2014; EC JRC, 2011-2012). 이로 인해 약 1조 파운드에 이르는 경제적 피해비용을 추정하고 있다(UK DEFRA, 2009c). 매년 220만 톤의 표토가 다양한 형태의 토양침식으로 유실되고 있으며(UK EA, 2004), 이로 인해 토양과 수상생태계에 나타나는 경제적 손실은 매년 5,300만 파운드로 평가하고 있다(UK DEFRA, 2009a). 영국은 거주하고 있는 인구에 대한 토양차폐율(sealing rate, 156 m²/인)이 EU에서 가장 낮은 국가이다(EC, 2011). 그럼에도 불구하고, 인위적인 행위에 의해 초래되는 표토의 차폐와 다짐은 농업의 생산성과 물의 토양침투를 감소시키며 토양유출수를 증가시켜 홍수의 위험도를 높이고 있다고 평가하고 있다. 토양에 집적되어 있는 유기물의 감소는 토양의 바이오매스 생산성을 떨어뜨릴 뿐 아니라 토양에서 대기로의 탄소 방출을 증가시키고 있음에 주시하고 있다. 특히 이탄(peat) 지역에서 발생하여 대기로 방출되는 탄소의 양은 영국 전체 토양에서 방출되는 탄소의 1/2에 해당하며, 이탄지역의 모든 탄소가 대기로 방출될 수 있는 양은 영국이 매년 방출하는 지구온난화 가스의 50배에 해당하는 양으로 산정하고 있다. 이로 인한 심각한 기

후변화를 우려하고 있다(UK DEFRA, 2009a).

토양이 오염된 부지를 찾아내고 오염된 토양을 정화하는 것은 지난 수십 년간 지속하여 온 토양정책이다(UK DEFRA, 2009a). 토양의 질을 부지의 이용 용도에 적합한 상태로 유지해야 하는 ‘이용목적 부합의 원칙(Suitable-for-Use Principle)’에 의거하여 정책을 수립, 이행하고 있다. 토양환경정책의 정책목표는 현재 및 미래에 이용하고자 하는 토양의 이용용도에 적합한 토양의 기능을 회복시키는 것이다. 토양정책에 관련된 연방정부의 책임 부서인 DEFRA(Department of Food, Environment and Regional Affairs)는 1995년 「환경법(Environment Act 1990)」에 토양보호에 관한 새로운 부분(Part IIA)을 포함한 「환경법 1995(Environment Act of 1995)」을 마련하고 인간에 의해 발생한 토양오염에 대한 정책을 강력하게 추진하고 있다.

최근에는 토양의 유기물 함량을 높이고 비료의 사용을 줄이며, 매립지의 물질을 재활용하여 자연 상태로 순환시키는 정책을 다양하게 추진하고 있다. 농민, 산지관리인 등과의 협력을 위해 CAP 프로그램(Common Agricultural Policy Cross Compliance)의 개선, 환경지침(Environmental Stewardship), 유역환경에 민감한 농장을 관리하기 위한 이니셔티브(England Catchment Sensitive Farming Delivery Initiative), 이를 위해 GAP 이행규정(Code of Good Agricultural Practice) 등을 마련한 바 있다(UK DEFRA, 2009a). ‘Cross Compliance’는 CAP를 이행하기 위한 일련의 농부들이 지켜야 할 기본 요구사항이다. 농부들에게 토양의 평가를 요구하며 문제점을 확인하며, 문제점 해결을 위해 적절한 이행을 요구하고 있다.

토양의 유기탄소를 보호하기 위한 강력한 정책을 수립하고 수단을 개발하고 있다. 토양의 유기탄소가 대기로 방출되지 않도록 하는 것을 기후변화의 영향을 경감하는 매우 중요한 전략으로 채택하고 있다. 토양의 유기탄소를 보전하고 토양에서 유기탄소가 대기로 방출됨으로써 초래되는 사회경제적 이익·비용 분석과 과학기술, 탄소의 지하 저장기술, 이탄지역 토양의 보전기술 등을 지속적으로 개발하고 있다. 기후변화에 따른 토양의 변화를 이해하고, 기후변화가 토양에 미치는 생물·물리·화학적 변화를 예측할 수 있는 모델 개발을 지속적으로 지원하여 기후변화에 대응하기 위한 정책과 이행 수단을 마련하고 있다(UK DEFRA, 2009a). 기계 및 설비 등을 포함한 인위적 행위에 의한 토양의 다짐을 줄이고 토양의 적정 수분을 유지하며, 식물이 성장할 수 있는 환경조건을 유지할 수 있는 등의 토양관리지침과 기술을 마련하여 관리하고 있

다(Hanza and Anderson, 2005).

DEFRA는 BIS(Department for Business, Innovation and Skills³⁾)와 WRAP(Waste and Resources Action Program)과 협력하여 건설에 따른 토양오염과 불필요한 토양의 다짐을 방지하기 위해 ‘Construction Code of Practice for the Sustainable Use of Soils on Construction Sites (2009)’를 마련하였으며, 이 규정의 이행을 권장하고 있다(UK DEFRA, 2009b). 또한 PPS3(Planning Policy Statement 3)를 통해 브라운필드(brownfield)의 재이용을 촉진하여 새로운 지역의 도시개발을 억제하고 있다.

도시의 지역계획과 건설 프로그램을 통해 강력한 도시 확장방지 정책을 집행하고 있다. 2010년부터 중앙과 지방이 공유하는 정책을 통해 도시지역과 국토의 토양차폐율을 조정하고, 도시를 둘러싸는 그린벨트 정책을 통해 도시의 확장과 도시 인근지역의 토양차폐를 사전에 방지하여 토양의 기능을 보호하고 있다(UK DEFRA, 2009b).

DEFRA는 토양보전을 위한 다양하고 광범위한 연구를 지원하고 있다. 1978년 이후 전국 토양의 모니터링을 통해 토양의 변화와 상태를 조사하고, 정부의 정책을 평가하고 있다. 2007년부터는 매년 5백만 파운드를 투자하여 토양과 물 관리를 연구하고, 이를 통해 토양의 기능 보전에 관한 다양한 전략을 제공하고 있다. 토양의 건강성에 관련된 교육과 홍보를 확대 이행하고 있다. 토양의 건강성을 보전하고 관리하는 토양보전전략을 지원하고 평가하며, 타 정부 부처와의 협력관계를 강화하고 있다. ‘Soil Advisory Forum’을 통해 다른 행정부와의 협력과 더불어

전략 수립을 지원하고 있다(UK House of Commons Environmental Audit Committee, 2016).

3.4. 독일

1980년대 초기, Bielefeld, Barsbttel, Hamburg 매립지 역에서 발생한 토양오염 문제와 1980년 중반 제기된 ‘Altlasten(오래된 폐기물의 매립·적재지, 공장부지 및 군부대관련 입지)’의 문제를 해결하기 위해 「연방토양보호법(BBodSchG, Bundes Bodenschutzgesetz vom 17. März 1988)」을 제정한 바 있다(German Federal Ministry for the Environment, Nature Protection and Nuclear Safety, 2002). 여기서 토양은 인간과 동식물의 궁극적인 지지기반으로 물의 저장과 오염물질의 여과, 에너지와 재료의 저장을 통해 농·임업을 지원하며, 역사적 문화적 가치가 풍부한 필수적인 자연자원으로 인식하고 있다. 그 결과 ‘토양보호계획(Bundestags-Drucksache 11/1625, 1987)’이 수립되어 토양자원의 보전을 추진하고 있다.

「BBodSchG」은 토양생태계의 보전을 위한 다양한 정책을 포함하고 있다. 주요 내용으로는 토양오염방지, 오염된 부지의 조사 및 정화, 오염물질의 이동, 토양 생물들의 기능, 침식, 다짐, 유전자변형생물체(Genetically Modified Organisms)의 영향, 토양에서 화학물질의 장기모니터링, 토양평가, 부지 재이용, 그리고 지하수를 보전하고 함양하기 위한 토양의 차폐방지사업, 토지이용계획 및 변화 평가, 야생지역의 보전과 지속적 이용, 농경지 토양관리 등을 포함하고 있다(German Federal Ministry for the

Table 4. Tools and programs for soil sealing protection in Germany

Categories	Contents
Suggested plans	In 2004, the German Council for Sustainable Development (CSD) suggested the plan to reduce the soil sealing down to 30 ha/day - It includes implementation measures, budgets, regulations and planning tools. The most powerful means is to prevent urban expansion and fragmentation, and to support the internal urban development.
Target researches	In 2006, the research program REFINA (Research for the Reduction of Land Consumption and Sustainable Land Management) was implemented as the German National Strategy for Sustainable Development - The program was co-sponsored by three other federal agencies and supported € 22 million for 100 projects (including over 50 collaborative projects) - In particular, it focused on the internal urban development and the reuse of the brownfields
Policy evaluation	In 2007, the German Committee for Sustainable Development (CSD) reviewed and proposed policies on the land use
Implementing Strong Economic Methods	In 2009, the Soil Protection Committee suggested that Germany's land use policy was not appropriate and that an accreditation system for land use and development was needed in cities across the country to achieve the target value of '30 ha/day' in soil sealing. In addition, the method was proposed to implement in the 40 cities over the next 4 years.

Sources: summarized based on the report by Prokop et al. (2011)

3) 이 부서는 2016년 6월 BEIS(Department for Business, Energy and Industrial Strategy)로 통합.

Environment, Nature Protection and Nuclear Safety, 2002).

인간의 정주와 도로 건설에 의한 토양의 차폐율은 2004년 113 ha/일(80% 주택, 20% 도로)에서 2007년 104 ha/일로 감소되었으며, 2013년 약 73 ha/일에서 2020년까지 30 ha/일로 감소시키는 것이 정책 목표이다(Bundesamt für Naturschutz, 2010). 이를 위한 강력한 수단과 방법이 이행되고 있다(Table 4). 이러한 정책 배경으로는 개발되지 않은 지역을 천혜의 자원으로 인식하고, 미개발 부지를 주택, 도로 목적 등으로의 개발을 억제하고 있는 것이다. 기후변화에 중요한 역할을 하고 있는 토양 유기물은 보전되어야 하며, 토양에 악영향을 주는 물과 바람에 의한 침식은 감소되어야 함을 정책 목적으로 설정하고 있다(Prokop et al., 2011).

3.5. 미국

미국 환경청(EPA, Environment Protection Agency)은 1978년 발생한 뉴욕 주 러브커널(Love Canal)에서 발생한 유해폐기물 부지의 토양오염을 시작으로 하여 4만 개소 이상인 토양오염부지에 대해 토양오염방지 및 정화, 폐기물관리, 오염물질로부터의 부지관리 및 정화부지의 관리에 초점을 둔 정책을 이행하고 있다(Reisch and Bearden, 1997). 그리고 국가우선목록(National Priority Lists)에 기재된 토양오염의 정도가 심한 900여개소의 토양오염부지의 관리를 위해 「CERCLA(Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act)」, 「RCRA(Resource Conservation and Recovery Act)」, 「National Contingency Plan」 등이 지정되었다.

미국 농업부(USDA, US Department of Agriculture)는 1930년대 시작된 농경지 토양침식에 대한 정책을 시발점으로 산성화, 염류화, 유기물 보전, 토양의 기능 및 생태계 서비스 보전 정책을 수행하고 있다(USDA NRCS, 1995). 관련 법률은 1935년 제정된 「Soil Conservation Act」, 「Food Security Act」, 「Soil and Water Resources Conservation Act Appraisal 2011」 등이 있다.

1985년 이후 습지와 초지를 훼손하는 경작방법 등에 대해서는 토양의 침식 방지를 목적으로 정부의 강력한 정책이 추진되고 있다. 「Food Security Act」의 ‘초지파괴경작자(sod buster) 프로그램’은 토양의 침식이 발생할 수 있는 부지를 경작지로 전환하는 것을 금지할 수 있다. ‘보전준수(conservation compliance)와 ‘습지경작자(swamp buster) 프로그램’은 침식 위험도가 높은 곳에서 보전 대책의 적용 없이 경작하거나, 습지를 경작지로 전환하려 할 때 기존에 농민에게 주던 보조를 거부할 수 있도록 하고

있다(Stubb, 2012).

3.6. UN 동향

3.6.1. UN에서 토양문제

2013년 제68차 유엔총회(UN General Assembly)에서는 토양 보전에 대한 두 가지 결정을 내렸다. 첫째는 2015년을 ‘세계토양의 해’(IYS 2015: International Year of Soils 2015)로 선포하고 매년 12월 5일을 ‘세계토양의 날(World Soil Day: WSD)’로 지정한 것이다. IYS 2015와 WSD 지정의 목적은 식량제공, 농업, 기후변화 완화, 빈곤 경감, 지속가능한 발전에 기여하는 토양의 중요성에 대한 인류의 인식을 높이는 데 있다(UNGA, 2014).

둘째는, 인류의 미래를 이끌어 가는 목표로써 지속가능한 발전목표(SDG, Sustainable Development Goals)를 채택하였다. SDG는 2015년에 만료된 MDG(Millennium Development Goals)에 기초를 두고 지정된 것으로 2030년까지 그 목표를 달성하려 한다. 유엔총회에서 지정한 8차례의 공개 작업반 회의(Open Working Group)를 거쳐 채택한 것이다. UN은 SDG에서 토양의 기능과 생태계 서비스를 보전하는 것이 인류의 지속가능한 발전과 더불어 인류의 미래가 달려 있음을 각 회원국에게 밝히고 있다(ICSU and ISSC, 2015).

SDG는 전체 17개 목적(Goals)과 169 목표(Targets)로 구성되어 있으며, 토양과 직·간접적으로 관련된 내용은 19개 목표와 연계되어 있다. SDG 1(빈곤 감소)과 SDG 2(식량안보)는 부지의 거버넌스와 지속가능한 토양의 관리에 직접 연계되어 있으며, 토양의 농업적 이용과 이로 인한 토양질의 저감, 황폐화, 국제적인 규모에서의 식량안보 문제를 다루고 있다. SDG 3(건강한 생활과 복지 증진)은 토양오염을 포함하는 환경오염으로부터의 위험 감소 및 건강한 생활을 다루고 있다. SDG 7(적정하고 재생 가능한 에너지에 대한 접근)과 SDG 13(기후변화에 대응)은 토양에서의 바이오매스의 역할과 에너지 수요, 기후변화를 완화하기 위한 탄소의 격리 이슈를 다루고 있다. SDG 12(지속가능한 소비와 생산 패턴)에서는 인간과 환경에 위대한 영향을 줄이기 위한 토양의 보호를 다루고 있다. SDG 15(생태계의 보호)와 SDG 16(평화적이고 포용적인 사회의 지원)에서 기후변화는 홍수, 가뭄, 토양의 황폐화를 촉진함을 명시하고 있다. 지속가능한 토지의 관리는 사막화 방지와 지속가능한 농업에 중요함을 지적하고 있다. 우리나라를 포함하는 UN 회원국들은 SDG의 각 국가 내에서의 이행을 위해 각국의 목표를 설정하고 이행 전략 및 계획을 수립하여 SDG의 목표를 2030년까지 이

행해야 한다. 우리나라는 2030년까지 배출되는 온실가스의 37%를 감축할 계획을 2015년에 UN에 제출했다.

3.6.2. 생물다양성협약

생물다양성협약(CBD, Convention on Biodiversity)의 제6차 당사국 회의(2002년)는 토양의 생물다양성 보전과 지속가능한 이용을 주요 핵심 의제로 선정하였다. UN의 세계식량농업기구(FAO, Food and Agriculture Organization)를 포함한 관련 기관과 협력하여 토양의 생물다양성이니셔티브(SBI, Soil Biodiversity Initiative)를 수립한 바 있다. SBI의 목적은 첫째, 토양 생물다양성의 주요 기능, 농업에 따른 농업생태 변화, 이의 사회경제적 영향에 대한 이해를 증진시키는 것이다. 둘째, 통합적인 토양의 생물학적 관리 방법을 이행하는 영농방법의 채택과 농부의 농경지의 소유 권리 제공이다. 셋째, 이해당사자들과 관련조직의 협력 증진, 토양의 건강성과 농업과 토지의 관리, 훼손된 토양을 복원하기 위한 토양의 생물학적 관리를 주요 정책 수단으로 제공하는 것이다(CBD/COP, 2006). 이 주제는 토양의 생물다양성과 지속가능한 농업으로 제안되어 FAO에 제출되었고, FAO는 이를 농경지의 토양보호전략으로 각 회원국에 제공한 바 있다. 2011년에는 Global Soil Biodiversity Initiative가 시작되어 회원국들 간의 학술정보 및 기술 교류, 토양의 생물다양성을 보전하기 위한 사업을 지원하고 있다(Orgiazzi et al., 2016).

3.7. 학계 및 전문가 논의 방향

3.7.1. 넥서스 접근

넥서스(Nexus)란 토양-물(지하수와 지표수) 및 토양-대기를 통합적으로 연계하여 이들의 상호 또는 중속 관계의 관리를 통해 각 매체가 제공할 수 있는 서비스를 극대화하고 환경과 인간에게 줄 수 있는 악 영향을 최소화하는 접근 개념이다(Lal, 2015). 넥서스에서는 토양, 물, 대기를 개별 매체로 간주하는 것 보다는 통합적 체계로 연계하여 이들의 기능과 생산성을 향상시키고 이를 위해 이들 매체를 통합적으로 관리한다(Kurian and Ardakanian, 2015). 토양의 보전과 지속가능한 이용은 다른 환경매체와의 통합적인 연계를 통해 가능하며 여기에 포함된 경제·사회적 요소들을 고려해야 한다(Fig. 3) (Laird, 2016). Hoff (2011)와 Müller(2015)는 넥서스 접근을 UN SDG에서 주창하고 있는 지속가능하며 빈곤을 퇴치하는 강력한 전략으로 보고 있다. 이 전략은 자연자본에 대한 투자와 다양한 생태계 서비스를 제공함으로써 인류의 빈곤을 타파하며 인류 사회의 이익을 높이는 것이다. 예를 들면, 토양

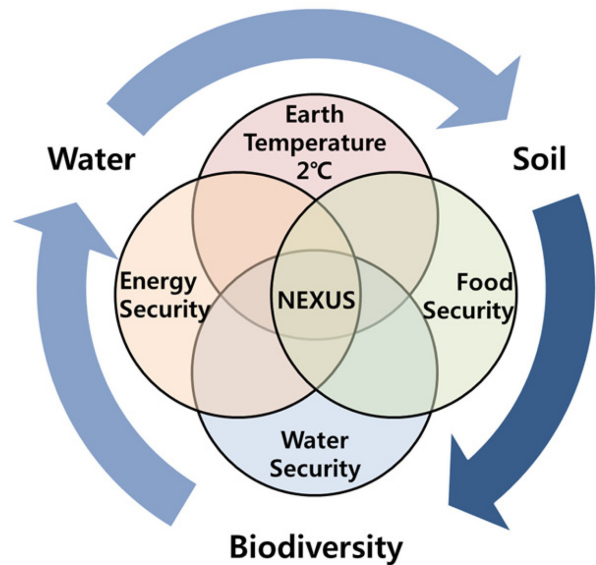


Fig 3. Connectivity of soil, water, climate change and biodiversity from the view points of the nexus(Redrawn from IASS, 2015; Müller, 2015).

과 물, 생물다양성은 환경의 여러 매체를 포함하는 수평축에 해당하며, 빈곤, 물, 에너지, 식량, 기후안보를 결정하는 정부와 의사결정기구는 수직축에 해당한다. 이러한 수직과 수평축 요소들을 종합적으로 고려하는 거버넌스가 이루어져야 함을 제시하고 있다(Puget et al., 2005).

3.7.2. 토양안보와 기후변화 대응

토양의 기능과 생태계 서비스는 인류의 생존을 결정하는 문제임에도 불구하고 토양의 기능은 인간에 의해 심각하게 훼손되어 왔으며, 인류의 생존차원에서 재생 불가능하고 유한한 자원으로서의 토양을 보전해야 한다는 것이 토양안보(Soil Security)의 본질이다(Official Journal of the European Union, 2013; Koch et al., 2013; McBratney et al., 2014, Ledbetter, 2015). 즉 토양이 인류에게 제공할 수 있는 생태계 서비스 혜택을 극대화할 수 있고, 이 기능을 위협하는 다양한 요인들이 최소화될 때 토양안보는 유지된다고 본다. 토양안보는 광범위하고 통합적이며 물-대기와 연계된 다차원적인 토양의 보전 전략이다(Koch et al., 2013; McBratney et al., 2014; Müller et al., 2015). 토양안보에는 식량안보, 물 안보, 에너지안보, 생물다양성 보전, 지속가능한 토양의 관리, 토양질의 저하 방지, 토양오염 방지, 인간의 건강한 생활 보장, 탄소의 격리 등을 통한 기후변화 영향 경감 등을 통한 토양의 건강성확보와 생태계 보전 전략이 포함되어 있다.

EU의 프랑스, 독일, 오스트리아 등과 영국, 미국 등에

서는 토양의 생태적 관리를 통한 토양질 훼손의 사전예방, 타 환경 분야와 연계한 통합 관리를 ‘식량’, ‘기후변화’의 대응 차원에서 접근하고 있다. 2015년 유엔기후변화회의의 COP21에서는 토양의 유기탄소량을 0.4%까지 늘리면 토양의 비옥도를 증진시키어 농업의 생산량을 증가시킬 수 있으며, 이는 장기적으로 지구의 온도 증가를 2°C에서 막을 수 있다는 ‘4p1000(4 per mille) Initiatives: Soils for Food Security and Climate’가 구성되었다(Soussana, 2016). ‘지속가능한 농업기술’ 및 ‘이산화탄소 저장고로서의 토양 기능’에 집중하고 있다. 특히, 생물다양성 모니터링, 통합적인 접근 방식, 비점오염원의 관리 등에 주목하고 있다. 기후변화와 연계하여 토양오염의 생태계 기반 관리를 추진하고 있으며, 정보공유 네트워크가 구축되어 있다. 특히, 전 유럽국가의 차원에서 토양오염을 포함한 기후변화 대응을 우선순위가 높은 상위계획으로 수립하여 이행하고 있다.

또한 UN은 SDG에서 각 회원국에 토양의 기능과 생태계 서비스를 보전하는 것이 인류의 지속가능한 발전과 더불어 인류의 미래가 달려 있음을 밝히고 있다(ICSU and ISSC, 2015). UN은 SDG에서는 ‘토양안보’라는 용어를 사용하고 있지 않으나, 내용에는 이미 ‘토양안보’라는 개념을 담고 있다.

4. 종합토론: 우리나라의 토양환경보전 정책 평가 및 개선 방향

환경(environment)과 생태계(ecosystem)는 유사하거나 동일한 개념으로 인식하는 경우가 많다. 때로는 두 용어를 합하여 환경생태 또는 생태환경으로 사용하는 경우가 흔히 있다. 그러나 학술적으로 두 용어는 다르다. 환경은 생태계를 구성하는 무생물적 요소(abiotic factor)로서 토양, 물, 대기 등이 해당된다. 환경은 생물체가 살 수 있는 장소를 의미한다. 생태계는 무생물적 요소인 환경과 생물적 요소(biotic factor)인 생물체(생산자, 분해자, 소비자)로 구성된 하나의 시스템으로, 환경 내에 서식하는 생물체들 사이에서 상호작용이 일어나는 군집(community)을 의미하고 생태계 단위로서 기능을 보여주는 것이다(Difference Between Similar Terms and Objects, 2017). 그러나 용어상 환경으로 구분되는 토양은 점토, 미사, 모래, 유기물, 공기, 물 등의 무생물적 요소와 생산자(식물), 분해자(미생물), 소비자(동물) 등의 생물적 요소로 구성된 역동적인 시스템이므로 토양생태계로 부른다.

「토양환경보전법」 제1조는 토양환경보전의 목적이므로 토양생태계의 개념이 우선되어야 한다. Tansley(1935)는 생태계(ecosystem)를 “생물체와 무생물적 환경요소로 구

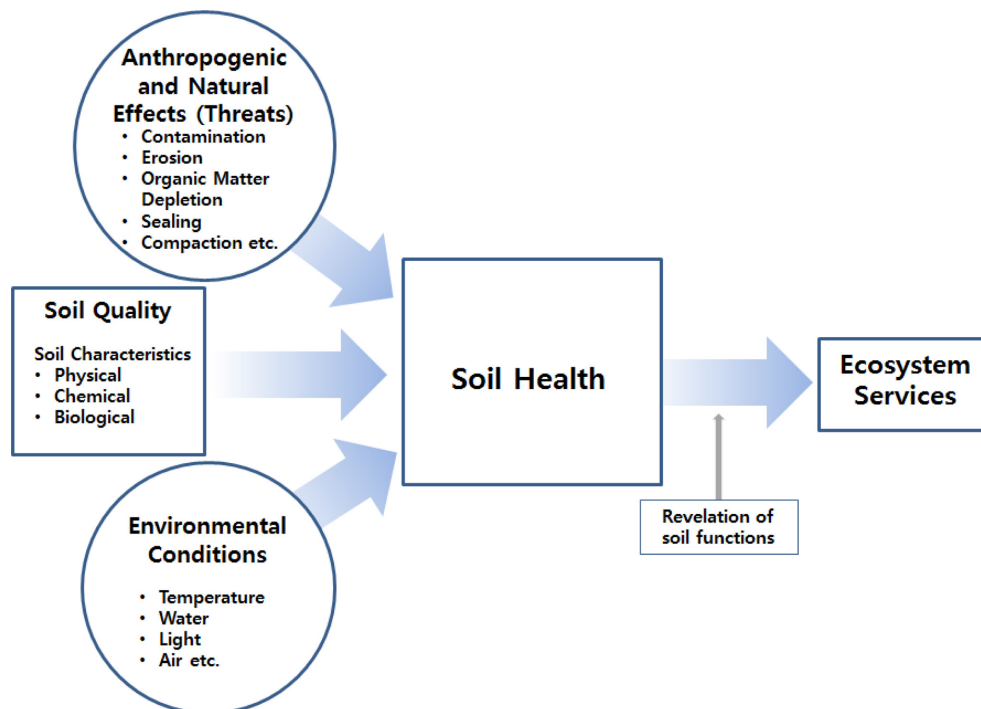


Fig 4. Paradigm shift in soil environment conservation from soil quality to soil health management and furthermore provision of ecosystem services.

성되어 크기와 종류가 다양하고, 공개되어 있으며 이들 사이에 균형을 유지하고 있는 물리적 시스템의 특정한 영역”으로 정의하고 있다. 즉, 생태계는 생물체(biotic factor)와 환경(abiotic factor)의 합이다. Dokuchaev(1897), Singer and Munns(2006)가 명시하고 있는 토양과 토양생태계의 정의를 고려할 때, 토양환경정책에서 다루는 토양생태계란 “토양을 생활의 근원지로 하고 있는 생물과 이를 둘러싸고 있는 토양입자, 유기물, 무기물질, 물, 공기 등의 무생물과 역동적인 상호작용이 일어나고 있는 하나의 계(system)”로 볼 수 있다.

따라서 토양생태계를 보전한다는 것은 구성 성분인 토양생물, 토양입자, 유기물, 무기물질, 물, 공기 등을 포함해야 하며, 아울러 이들 생물적 요소와 무생물적 요소에 의해 역동적으로 작용하고 있는 토양의 기능과 건강성⁴⁾을 보전한다는 의미이다. 단순하게 토양의 오염과 복원의 범

위를 훨씬 넘어서는 개념이다.

토양생태계는 토양보전의 핵심이며, 토양생태계의 보전은 토양의 건강성(soil health)⁵⁾ 보전을 기조로 하고 있다(UN FAO, 2008; Kibblewhite et al., 2008). 2000년대 초반 이후 미국과 여러 유럽 선진 국가에서는 토양의 생물, 물리, 화학적 특성인 ‘토양의 질(soil quality)’을 관리하는 정책에서 토양의 질과 환경조건, 인위적이고 자연적인 영향에 의해 복합적으로 나타나는 ‘토양의 건강성’을 관리하는 토양환경 정책의 패러다임으로 전환한 바 있다(Fig. 4). 토양은 농작물과 에너지, 섬유 등의 바이오매스 생산 기능 뿐 아니라 지역, 사회와 국가, 그리고 지구 환경을 유지시키는 지구의 생물학적 권역의 필수적인 요소이다. 토양의 건강성 보전 정책은 토양의 기능 보전, 토양의 생태계 서비스를 제고하기 위해 토양의 건강성을 보전해야 한다는 패러다임에 기인하고 있다(McBratney et al,

Table 5. Status and impact of the major threat factors on soil environment in Korea

Threat factors	Impacts in Korea	References
Soil contamination	- Confirmation of at least one thousand sites of soil contamination in oil storage areas, abandoned mines, industrial complexes and military bases of Korean and US Armies	The Environment White Paper, Ministry of Environment, 2015
Soil erosion	- The annual soil erosion of Korea is 32 ton/ha/yr, which is the eighth highest among OECD countries	Yang et al., 2015
Soil organic matter	- The average soil organic matter content in Korea is 1.9%, which is much lower than the critical content of 3.4%	Lee et al., 2016; Panagos et al., 2013b
Soil sealing	- The ratio of impervious surface area of the nation increased more than two times from 3% in 1970 to 7.9% in 2012, which are equivalent to 22.4% of all land if excluding forests and waterways. - The average soil sealing rate in Korea is much higher than 2.3% of EU countries.	Choi et al, 2013; IASS, 2015
Soil salinization	- In the coastal(tidal reclaimed) areas and islands, the seawater penetrates into the ground causing the soil salinization - Soil salinization occurs in the coastal lareas where the storms inundate the land with seawater	NIMR, 2009

4) 유럽협의회(Council of Europe)는 생태계 서비스를 제공하고 있는 토양의 보호해야 할 기능을 6가지로 구분하고 있다. 첫째, 식품, 사료, 재생 가능한 에너지 및 가공하지 않은 재료의 제공 등 바이오매스의 생산이다. 둘째, 오염물질의 여과, 완충, 저장 및 전달 기능이다. 예를 들면, 토양은 오염물질로부터 먹이연쇄와 지하수를 보호하고 있다. 또한, 토양은 빗물의 저장고 기능을 담당하고 있다. 셋째, 생물학적 서식지 및 유전물질의 저장이다. 토양은 동식물이 살아갈 수 있는 공간과 물질, 생물을 제공하는 것이다. 넷째, 물리적인 매체이다. 토양은 다양한 기술적이고 산업화된 구조물과 사회·경제적 활동의 공간적인 토대이다. 예를 들면, 건물, 도로, 철도 및 여가선용지의 토대이다. 다섯째, 가공하지 않은 재료의 근원지이다. 토양은 물의 저장고이며 여러 형태의 자갈, 모래, 진흙, 유류, 광물질을 제공하고 있다. 여섯째, 문화적 유산이다. 토양은 지구와 인류의 역사를 밝힐 수 있는 고생물학 및 고고학적 정보를 포함하고 있다(Council of Europe, 1990).

5) 토양의 건강성(soil health)은 식품, 사료, 에너지 등의 바이오매스의 생산, 물의 저장 및 순환 조절, 오염물질의 저장 및 정화 등, 다양한 생물의 서식처 및 유전자원의 저장, 도로와 건축물, 시설물, 가공하지 않은 재료의 근원지, 문화적 유산, 기후변화 물질인 탄소의 유출입의 조절과 조절 등의 다양한 생태계 서비스를 제공하는 상태이다(UN FAO, 2008; Kibblewhite et al., 2008). 토양의 건강성은 토양의 생물다양성에 의해 토양생태계 기능을 이행할 수 있는 토양의 생물, 물리, 화학적 특성, 토양의 온도, 습도, 빛, 공기 등의 환경조건, 토양오염, 침식, 유기물질 성장과 함량, 표토의 다짐과 차폐 등의 요인에 의한 함수로 나타낼 수 있다. 따라서 토양의 생물, 물리, 화학적 특성을 지칭하는 ‘토양의 질’(Ok et al., 2005)과는 상당한 부문이 중첩된다.

2014; Pankhurst et al., 1997).

토양보전정책의 목적은 토양생태계의 보전과 지속가능한 이용에 있다. 훼손되지 않은 토양생태계를 보전해야 하며, 지속가능한 범위에서 토양 생태계를 이용하여 혜택을 받을 수 있도록 하는 것이다. 훼손되지 않은 토양생태계를 확인해야 하며, 이를 지속적으로 보전 또는 지속가능하게 이용할 수 있도록 해야 한다. 어떠한 요인들이 토양 생태계를 위협 또는 훼손하고 있는 가로부터 실마리를 찾아갈 수 있다. 이들 요인들의 위치, 압력 요소, 영향과 경향을 추정하고, 가능하다면 어느 정도까지 나빠질 것인가를 예측하는 것이 필요하다. 이러한 문제를 어떻게 막을 수 있는가? 그리고 문제를 막는데 어느 만큼의 비용이 소요될 것인가? 또한, 문제의 해결비용을 누가 지불할 것인가를 찾아내야 한다(Prager, 2008). 이를 위해서는 토양생태계의 조사 및 모니터링, 보전 방법과 절차 등이 수반되어야 한다. 조사와 모니터링 대상에는 토양생태계를 훼손할 수 있는 자연적·인위적인 요인들이 포함된다. 지속가능한 이용 범위의 토양 생태계 이용 정도, 수단과 방법, 절차 등이 만들어져야 한다. 그리고 토양생태계의 보전과 지속가능한 이용이 정책 우선 과제로 효과적으로 이행될 수 있도록 정부의 거버넌스 체계를 갖추며, 이해당사자들의 능력을 형성케 하고 공공에 대한 교육과 인식을 높이는 것이다(Jeffery et al., 2010; Orgiazzi et al., 2016; Turbé et al., 2010; UK DEFRA 2009a).

우리나라에서 토양생태계를 위협하는 요인은 토양침식, 화학물질에 의한 오염, 침입외래종, 유기물의 고갈, 토양의 산성화, 염류화, 토양 표토 층의 다짐 및 차폐, 기후변화 등 다양할 것이다. 이로 인해 대기와 지표수와 지하수의 오염, 그리고 경관, 토지이용과 농업생산량의 변화 등을 야기 시켜 인간의 경제, 사회, 문화적 측면에 직, 간접적인 영향을 끼칠 수 있다(EC, 2002; Turbé et al., 2010). 그럼에도 불구하고, 이들 토양환경에 대한 다양한 위협요인에 의해 우리나라에 미치는 영향에 대한 연구는 토양오염과 침식을 제외하고는 많지 않다(Table 5).

우리나라에서는 토양생태계의 보전의 주요 훼손요인인 토양오염과 침식에 대한 정책이 정부 차원에서 추진되고 있다. 정부의 추진 정책은 '토양보전기본계획(2010-2019)'와 '표토보전 5개년 종합계획(2013-2017)'에 제시되어 있다(ME, 2009; ME, 2013). 그 외 토양생태계의 위협요인에 대해서는 일부가 보고되어 있거나 또는 미흡한 상태이다. 예를 들면, 기후변화에 의해 해양지역에서 발생한 태풍으로 인해 바닷물이 해안육지로 올라오는 지역에서 토양 염류화가 보고된 바 있다(NIMR, 2009). 표토가 차폐

되는 전국의 불투수 면적 비율은 1970년 3%에서 2012년 7.9%로 2배 이상 증가하였다. 이는 전국토의 7.9%는 수계와 임야를 제외하면 이는 전 국토의 22.4%에 달하는 면적이다. 우리나라 토양의 평균 차폐율은 EU 국가의 2.3%(IASS, 2015)보다 대단히 높다(Choi et al., 2013). 기후변화, 토양의 생물다양성 감소, 토양유기물의 고갈, 토양의 다짐 등이 토양에 미치는 영향 파악이 매우 미흡한 상태이다. 토양의 염류화, 다짐, 차폐, 유기물 감소, 생물다양성 감소, 기후변화 등에 대한 토양환경보전정책은 보이고 있지 않다.

우리나라에서 토양에 대한 인식과 정책 접근은 국제적 흐름과 선진외국과는 상당한 차이가 있다. 우리나라에서는 토양생태계를 위협하는 요인으로 토양오염과 침식에 정책의 초점이 맞추어져 있다(Park, 2017; ME, 2013). 표토의 차폐와 다짐, 유기물과 생물다양성, 기후변화, 염류화·산성화 등 토양생태계의 주요 훼손 요인에 대해서는 일부 현황이 보고되어 있거나 없다. 이러한 여건으로 인해 토양생태계를 위협하는 요인 들이 우리의 토양생태계에 미치는 영향과 언제까지 이러한 요인이 위협될 것인가에 대한 근본적인 질문에 대해서는 정보와 자료의 미흡으로 인해 답을 이끌어내기 어려운 상태이다(Prager, 2008). 이러한 우리의 토양생태계 보전정책은 토양을 재생 가능하지 않은 유한한 자연자원으로 간주하고 있는 선진 외국과 상당한 인식의 차이에서 기인하고 있는 것으로 보인다.

토양이 오염된 부지의 경우에도, 오염물질만 제거 또는 감소시켜 부지정화를 완료한 것으로 판단하고 있다. 이는 토양의 기능 향상, 생태적 가치 부여 및 보전 등 「토양환경보전법」에서 정한 기본 목적에도 부합된다고 볼 수 없다. 이러한 결과는 1980년대부터 이어온 토양오염관리와 이를 근간으로 1995년 제정된 「토양환경보전법」의 태생적 한계에 기인한다. 더불어 지금껏 토양환경보전 정책 방향 및 내용이 큰 변화 없이 이어온 것이다.

토양생태계의 보전과 지속가능한 이용 정책이 효과적으로 이루어지기 위해서는 토양, 물, 공기, 토양의 생태계에 영향을 미치고 있는 기후변화의 통합적이고 연계적 관리가 이루어져야 한다. 토양, 물, 공기는 상호간에 밀접하게 연결되어 있으며, 기후변화를 고려하여 함께 관리되어야 한다. 토양의 집약적 이용에 의한 토양의 건강성 훼손을 방지하고, 토양이 오염된 지역은 정화되어야 한다. 홍수·사막화·유실 등이 발생하는 지역에서는 토양 건강성의 위협 요인을 조절하기 위해 지속가능한 이용 방법이 마련되고 이행되어야 한다. 이 과정에 유해 화학물질에 의한 토양오염을 방지하는 정부, 기업체, 이용자, 소비자의 노

력이 제고되어야 한다. 토양의 기능을 고려한 홍수·사막화·유실 등을 조절하기 위한 지속가능한 도시와 지역의 토양생태계 보전정책이 연계되어 이행되어야 한다. 이를 통해 우리가 토양생태계로부터 얻을 수 있는 혜택을 최대화할 수 있어야 한다.

토양생태계에서는 물과 대기와 연계되어 영양물질이 순환되며, 유기물이 분해되고, 바이오매스의 생산이 일어난다. 토양생물에 의한 유기물의 분해는 토양의 생태계 서비스의 중심에 있는 핵심 과정이다. 아울러 토양의 생태계 서비스는 인간과 동물을 위한 식품의 생산, 생화학 및 의약품의 제공 그리고 깨끗한 물을 제공하는 것이다. 토양의 미생물은 탄소를 포획하고, 대기의 오염된 가스를 정화하며, 영양물질을 순환시키며, 비옥한 토양을 형성케 하고, 토양의 구조 변경을 통해 동식물의 서식처 제공에 기여한다. 또한, 토양의 오염물질과 폐기물의 독성을 변화시키며 토양의 침식을 조절한다. 토양생태계는 토양에 서식하는 다양한 동식물과 미생물의 다양성을 지원한다. 토양생태계의 훼손은 기능저하를 통한 토양의 생태계 서비스 손실로 나타나고 있다(Orgiazzi et al., 2016; Turbé et al., 2010)

우리나라와 선진국에서의 토양생태계 훼손과 흐름, 우리의 여건 등을 고려할 때, 우리의 토양생태계 훼손이 진행되고 있음을 볼 수 있다. 과도하게 토양이 이용될 경우에는 현재의 토양 건강성이 유지되기 어려울 뿐 아니라 이전 상태로의 회복은 더욱 힘들 것이다. 따라서 국가의 토양을 보전하기 위한 토양생태계의 보전과 지속가능한 이용은 필연의 정책이며, 정책의 틀과 수단과 방법의 마련은 필수이다. 이는 「토양환경보전법」의 목적 중의 하나인 ‘토양생태계의 보전’을 합리적 이행이기도 하다.

유럽의 여러 선진국과 생물다양성협약을 포함한 국제기구 등에서 토양생태계의 보전이 중요한 이슈로 논의되고 있음에도, 우리나라에서는 토양생태계에 대한 과학적 지식과 정보, 특히 토양생태계를 위협하는 요인에 대한 지식과 정보는 매우 부족한 상태이다. 이로 인해 본 연구를 수행하는 과정에서 우리나라의 현황자료를 인용 및 참고하지 못한 부분이 많다. 그리고 EU 여러 국가에서 토양생태계의 훼손요인으로 보고되어 있는 침입외래종, 유전자변형생물체(Genetically Modified Organisms), 기계적 경운 방법(tillage) 등의 요인에 대해서는 본 연구의 토양생태계 훼손요인으로 포함하지도 않았다. 그 외 토양생태계를 위협하는 다른 요인이 배제할 수 없으며, 이들 요인을 고려하지 못한 것은 본 연구의 한계이기도 하다.

토양생태계를 위협하는 요인과 영향에 대한 기초적인

연구 자료의 부족은 토양생태계에 대한 정책 수립을 위한 구체적인 방향 제시를 어렵게 하고 있다. 그리고 정책의 타당성을 논리적이고 과학적으로 제시함에 한계로 나타난다(Chae et al., 2015). 이러한 자료의 부족은 토양생태계 보전정책의 우선순위를 높이는 데 제한적인 요소일 수밖에 없다. 우리나라에서 우선 추진해야 할 일은 토양생태계의 위협요인과 생태계에 미치는 영향을 조사하고 파악하는 일이다. 그리고 이들 영향은 과학적인 증거를 바탕으로 토양생태계 보전정책이 제시되어야 한다. 토양생태계 보전을 위한 정책수단과 방안 수립에 필요한 정보와 자료가 축적되어야 하며, 환경부, 농림축산식품부, 국토교통부, 농촌진흥청, 산림청 등 관련 기관과의 협력이 이루어져야 한다. 아울러, 인간의 활동에 따른 토양생태계의 위협을 사회·문화·경제적 가치로 산출하는 것은 정책 결정과 집행자들에게 정책 우선순위를 매김에 도움이 될 것이다. 이런 연구 결과들이 모이면 토양의 생태계보전 및 지속가능한 이용 정책의 효용성을 좀 더 명확하게 볼 수 있을 것이다.

5. 결 론

본 연구의 목적은 우리나라에서의 토양보전에 관한 정책의 개선 방향을 제시하는 것이다. 이를 위해 우리나라의 「토양환경보전법」과 선진국과 유엔에서의 토양보전에 관한 핵심 정책들을 분석, 평가하였다. 우리나라 「토양환경보전법」에서는 토양을 자원으로 간주하고 그 가치를 향상시켜 토양생태계가 제공하는 서비스 혜택을 국민들에게 제공할 수 있도록 명시하고 있다. 그러나 우리나라의 토양보전 정책은 토양환경 보전에 국한시켜 토양오염 조사 및 복원에 치중하고 있는 실정이다. 이에 관한 세계적인 정책동향을 살펴보면, 토양환경보전 보다는 무생물적 요소인 토양환경과 생물체로 구성된 토양생태계의 보전으로 그 범위가 확대되고 있는 실정이다. 이를 위해 토양의 관리 정책은 ‘토양의 질’ 보다는 ‘토양의 건강성’을 향상시키는 방향으로 패러다임이 전환되고 있다. 이는 토양의 건강성이 토양의 질, 관리요인, 외부 환경요인 및 토양의 질 위협요인들을 포함하고 있기 때문이다. 선진국에서의 토양보전 정책은 지속가능한 토양관리를 통해 토양이 보여주는 토양생태계 서비스 기능을 최적화하고, 이를 위협하는 요인들(오염, 유실, 차폐, 산성화, 다짐, 생물다양성감소, 유기물 감소 등)의 영향을 최소화하는 방향으로 전개되고 있다. 이런 맥락에서 최근 토양안보의 핵심의제가 제시되었고, 유엔을 비롯한 선진국들에서도 이

목적을 달성하기 위한 다양한 정책과 의제들이 제안되어 이행되고 있다. 아울러 토양생태계의 기능과 보전을 물, 대기, 기후변화 및 문화 등과 연계하는 넥서스 정책으로 전환되고 있다. 따라서 우리나라에서도 토양보전은 그 범위를 토양생태계로 확대하여 토양건강성 관리에 초점을 맞추고, 부처 간 긴밀한 정책 협력을 통해 토양생태계가 제공하는 서비스 혜택을 국민들에게 제공할 수 있는 통합적인 방향으로 전개되어야 할 것이다. 이를 위해 토양생태계의 건강성, 생물다양성, 자원으로서의 가치, 지속가능한 이용, 위협요인, 타 환경 및 사회문화적 가치와의 넥서스 등에 관한 연구가 진행되어야 하며 그 결과들을 토양보전정책으로 연계시켜야 할 것이다. 국민건강과 국가의 지속적 발전을 위한 토양생태계 보전 정책이 우선적으로 국가적 차원에서 이행되어야 할 것이다.

사 사

본 연구는 한국환경산업기술원 GAIA project(No:2015000560004) “OECD 선진국 토양지하수 환경정책 패러다임 발굴을 통한 국내 정책 사업 연구기획”과 GAIA project(No:2014000540003) “한국형 표토 침식 조사 평가 기술개발” 그리고 강원대학교 대학회계 학술연구조성비로 연구(관리번호: 520150099)의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

- Bundesamt für Naturschutz (National Agency for Nature Protection), 2010, Statistisches Bundesamt. Bundesamt für Naturschutz.
- CBD/COP (Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity), 2006, Decision adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity at its eighth meeting VIII/23. Agricultural biodiversity cross-cutting initiative on biodiversity for food and nutrition, UNEP/CBD/COP/Dec/VIII/23, <https://www.cbd.int>, [accessed 2016.8.16].
- Chae, Y.E., Kim, S.W., Kwak, J.I., Yoon, Y.D., Jeong, S.W., and An, Y.J., 2015, A comparative study of assessment techniques for soil ecosystem health: Focusing on assessment factors of soil health, *J. Soil Groundw. Environ.*, **20**(3), 15-24.
- Choi, J.Y., Cho, S.H., Kim, J.W., Lee, M.S., Han, C.K., Ko, J.W., Cheon, S.H., and Lee, S.M., 2013, Investigation and Improvement Plan of Impermeable Area in Korea, Ministry of Environment (ME), Korea Environment Corporation (KECO), Sejong.
- Council of Europe, 1972, European Soil Charter, Committee of Ministers, Council of Europe, Strasbourg.
- Council of Europe, 1990, Recommendation No. R Env(90) 1 of the Committee of Ministers to member states on the European Conservation Strategy, *The 6th European Ministerial Conference on the Environment*, Council of Europe, Strasbourg.
- Difference Between Similar Terms and Objects, 2017, Difference Between environment and ecosystem, <http://www.differencebetween.net>, [accessed 2017.11.13].
- Dokuchaev, V., 1897, Collection des sols du professeur Docoutschaev et de ses eleves, exposee au Musee mineralogique de l'Universite a St-Petersbourg,” St.-Ptb.: impr. Evdokimov, p17.
- Doran, J.W. and Zeiss, M.R., 2000, Soil health and sustainability: Managing the biotic component of soil quality, *Appl. Soil Ecology* **15**, 311.
- EC (European Commission), 2002, Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the economic and social committee and the committee of the regions, *Towards a Thematic Strategy for Soil Protection*, European Commission, Brussels.
- EC, 2007, Environment fact sheet: Soil protection-a new policy for the EU, European Commission, Brussels.
- EC, 2011, Report on best practices for limiting soil sealing and mitigating its effects, European Commission, Brussels.
- EC JRC (European Commission Joint Research Centre), 2011-2012, European Environment Information and Observation Network (EIO-NET), EEA and JRC Press, Brussels.
- EEA and JRC (European Environment Agency and Joint Research Centre), 2010, SOER (The European Environment State and Outlook), EEA and JRC Press, Brussels.
- ESDAC (European Soil Data Centre), 2016, Soil Susceptibility to Compaction, <http://eusoiils.jrc.ec.europa.eu/themes/soil-susceptibility-compaction>, [2016.8.16].
- German Federal Ministry for the Environment and Nature Protection and Nuclear Safety, 2002, German Federal Government Soil Protection Report, Bundestags-Drucksache 14/9566.
- Hanza, M. and Anderson, W., 2005, Soil compaction in cropping systems. A review of the nature, causes and possible solutions, *Soil and Till. Res.*, **82**, 121-145.
- Hoff, H., 2011, The water, energy and food security nexus, Understanding the nexus, *the Bonn 2011 conference*, Stockholm Environment Institute, Stockholm.
- IASS (Institute for Advanced Sustainability Studies), 2015, IASS 2015 Annual International Symposium on Future Visions. IASS, Potsdam.
- ICSU and ISSC (International Council for Science, International Social Science Council). 2015. Review of the Sustainable

- Development Goals: The Science Perspective. International Council for Science (ICSU), Paris.
- Jeffery, S., Gardi, C., Jones, A., Montanarella, L., Marmo, L., Miko, L., Ritz K., Peres, G., Rombke, J., and Putten, W.H., 2010, European Atlas of Soil Biodiversity, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Karlen, D.L., Andrews, S.S., and Doran, J.W., 2001, Soil quality: Current concepts and applications, *Advances in Agronomy*, **74**, 1-40.
- Karlen, D.L., Andrews, S.S., Weinhold, B.J., and Doran, J.W., 2003, Soil quality: Humankind's foundation for survival, *J. Soil and Water Conser.*, **58**, 171-179.
- Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., and Schuman, G.E., 1997, Soil quality: A concept, definition and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. America*, **61**, 4-10.
- Kibblewhite, M., Rit, K., and Swift, M. 2008, Soil health in agricultural systems, *Phil. Trans. R. Soc. B.*, **363**, 685-701.
- Koch, A., McBratney, Adams, A.M., Field, D., Hill, R., Crawford, J., Minasny, B., Lal, R., Abbott, L., O'Donnell, A., Angers, D., Baldock, J., Bardier, E., Binkley, D., Parton, W., Wall, D.H., Bird, M., Bouma, J., Chenu, C., Flora, C.B., Goulding, K., Grunwald, S., Jastrow, J., Hempel, J., Lehmann, J., Lorenz, K., Morgan, C.L., Rice, C.W., Whitehead, D., Young, I., and Zimmermann, M., 2013, Soil security: Solving the global soil crisis, In: Held D., Nag, E.M., Rodrik, D., (ed.), *Global policy*, Durham University and John Wiley and Sons, Ltd., Durham.
- Kurian, M. and Ardakanian, R., 2015, *Governing the Nexus Water, Soil and Waste Resources Considering Global Change*, Springer International Publishing.
- Laird, D., 2016, The Role of Soil Security in the Food-Energy-Water-Climate Nexus, *The 2nd Global Soil Security Conference*, Paris.
- Lal, R., 2015, The Nexus Approach to Managing Water, Soil and Waste under Changing Climate and Growing Demands on Natural Resources, In: Kurian, M. and Ardakanian, R. (ed.), *Governing the Nexus Water, Soil and Waste Resources Considering Global Change*, Dresden, United Nations University (UNU-FLORES). Germany.
- Ledbetter, K., 2015, Soil security vital for the health, wealth of the world, <http://today.agrilife.org/2015/06/22/soilsecurityvital-forthehealthwealthoftheworld/.pdf>, [accessed 2016.1.22].
- Lee, S.J., Kim, J.J., and Jeong, S.W., 2016, Analysis of the organic matter content for soil samples taken at the new points of Korea soil quality monitoring network, *J. Kor. Soc. Environ. Eng.*, **38**(12), 641-646.
- McBratney, A., Field, D., and Koch, A., 2014, The dimensions of soil security, *Geoderma* **213**, 203-213.
- ME (Ministry of Environment), 2004, New regulations about 「Amendment of The Soil Environmental Conservation Act」, Ministry of Environment (ME), Gwacheon.
- ME (Ministry of Environment), 2009, Basic Plan for Soil Conservation, Ministry of Environment (ME), Gwacheon.
- ME (Ministry of Environment), 2013, Comprehensive Surface Soil Conservation Plan (2013-2017) for Preventive Management of a Finite Resource Surface Soil, Ministry of Environment ME), Sejong.
- ME (Ministry of Environment), 2015, Environmental White Book, Ministry of Environment (ME), Sejong.
- MEA (Millenium Ecosystem Assessment), 2005, Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis, Island Press, Washington, D.C.
- MGL and KLRI (Ministry of Government Legislation and Korea Legislation Research Institute), 2011, Comment on Soil Environmental Conservation Act, Ministry of Government Legislation, Seoul.
- Müller, A., Janetschek, H., and Weigelt, J., 2015, Towards a governance heuristic for sustainable development, *Current Opinion in Environ. Sustainability*, **15**, 49-56.
- National Institute of Meteorological Research (NIMR), 2009, Understanding Climate Change, 6th, National Institute of Meteorological Research, JeJu.
- Official Journal of the European Union, 2013, General Union Environment Action Programme to 2020 'Living well, within the limits of our planet', *Decision No 1386/2013/EU of the European Parliament and of the Council*, European Union, Brussels, p171-200.
- Ok, Y.S., Yang, J.E., Park, Y.H., Jung, Y.S., Yoo, K.R., and Park, C.S., 2005, Framework on soil quality indicator selection and assessment for the sustainable soil management, *Environ. Policy Research*, **4**(1), 93-112.
- Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., and Barrios, E., 2016, Global Soil Biodiversity Atlas, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Panagos, P., Hiederer, R., Van Liedekerke, M., and Bampa, F., 2013b, Estimating soil organic carbon in Europe based on data collected through an European network, *Ecolog. Indic.* **24**, 439-450.
- Panagos, P., Van Liedekerke, M.H., Yigini, Y., and Montanarella, L., 2013a, Contaminated Sites in Europe: Review of the Current Situation Based on Data Collected through a European Network, *J. Environ. Pub. Health*. DOI:10.1155/2013/158764.
- Pankhurst, C.E., Double, B.M., and Gupta, V., 1997, Biological indicators of soil health: Synthesis. In: Pankhurst, C., Double, B. and Gupta, V., (ed.), *Biological Indicators of Soil Health*, CAB

International, Wallingford.

Park Y.H. and Lee S.H., 1995, Pollution prevention standards and management methods for soil environmental conservation, Korea Environmental Technology Research Institute (KETRI), Seoul.

Park, Y.H., 2017, Analysis and improvement of Korea's policy on risk assessment of soil pollution site, *Environ. Policy*, **25**(2), 183-198.

Prager, K., 2008, Soil conservation and policy measures finding from eight case studies across Europe, *ECOMIT Conference*, Piestany:

Prokop G, Jobstmann, H., and Schönbauer, A., 2011, Overview on best practices for limiting soil sealing and mitigating its effects, *EU-27(Environment Agency Austria)*, European Union, Brussels.

Puget, P., Lal, R., Izaurralde, C., Post, M., and Owens, L., 2005, Stock and distribution of total and corn-derived soil organic carbon in aggregate and primary particle fractions for different land use and soil management practices, *Soil Sci.*, **170**(4), 256-279.

Reisch, M. and Bearden, D., 1997, Superfund Fact Book: Congressional Research Service Report, *National Council for Science and the Environment*, Washington D.C.

Singer, M. and Munns, D., 2006, *Soils: An Introduction*, 6th, Pearson Education, London.

Soussana, J.F., 2016, The 4p1000 initiative, *The 2nd Global Soil Security Conference*, Paris.

Stubb, M., 2012, Conservation Compliance and U.S. Farm Policy Congressional Research Service, <http://www.crs.govR42459>, [accessed 2016.1.22].

Tansley, A., 1935, The use and abuse of vegetational concepts and terms, *Ecology*, **16**(3), 284-307.

Turbé, A., De Toni, A., and Benito, P., 2010, Soil biodiversity: Functions, threats and tools for policy makers. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

UK DEFRA (Department of Food, Environment and Regional Affairs), 2009a, Safeguarding our Soils A Strategy for England, DEFRA, London.

UK DEFRA, 2009b, Construction Code of Practice for the Sustainable Use of Soils on Construction Sites, DEFRA, London.

UK DEFRA, 2009c, Soil Strategy for England Supporting Evidence Paper, DEFRA, London.

UK EA (Environment Agency), 2004, The State of Soils in England and Wales, Environment Agency, London.

UK House of Commons Environmental Audit Committee, 2016, Soil Health First Report of Session 2016-17, House of Commons Publication, London.

UN FAO (Food and Agriculture Organisation), 2008, An international technical workshop Investing in sustainable crop intensification: The case for improving soil health, *Integ. Crop Manag.*, **6**(2008), 22-2.

UN FAO, 2017, Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management, UN FAO, Rome Italy.

UNGA (United Nations General Assembly), 2014, Resolution adopted by the General Assembly on 20 December 2013 on the report of the Second Committee (A/68/444) 68/232, World Soil Day and International Year of Soils A/RES/68/232 (7 February 2014), UNGA, New York.

USDA NRCS (US Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service), 1995, Soil Quality, *RCA Issue Brief No.5.*, NRCS, Washington D.C..

Van Liedekerke, M., Prokop, G., Rabl-Berger, S., Kibblewhite, M., and Louwagie C., 2014, Progress in the management of Contaminated Sites in Europe, Joint Research Centre of the European Commission, Brussel.

Yang, J.E. 2015, Soil and groundwater pollution prevention technology development project-Research Center of Surface Soil Resources inventory and Integration (SSORii), Korea Environment Industry Technology Institute (KEITI), Seoul.