

식량과 농업을 위한 생물다양성

임 송 수 *

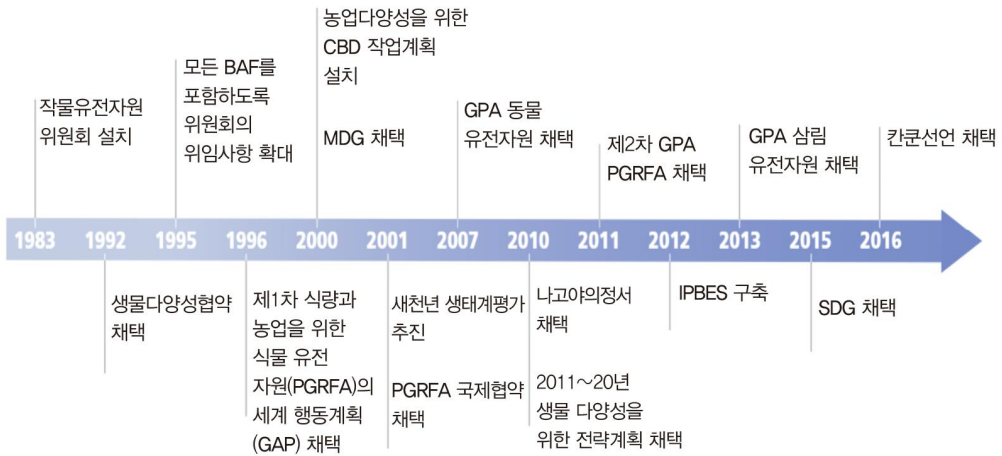
1. 서론

인류가 필요로 하는 식량과 농업체제는 동식물 및 미생물과 밀접한 관계가 있다. 유전자와 품종으로부터 생태계에 이르기까지 모든 수준에서 생물다양성(biodiversity)은 광범위한 생물리적, 사회경제적 환경 아래 농어업인들이 식량을 생산하고 다른 재화와 서비스를 사회에 제공하게 하는 역량에 영향을 미친다. 생물다양성은 충격이나 스트레스를 극복하고 생산체계의 적응력을 높임으로써 새롭게 대두되는 다양한 도전과제에 지속가능한 방식으로 농어업 생산을 높이는 데 이바지한다.

이 글이 소개하는 보고서, “식량과 농업을 위한 세계의 생물다양성 상태(The State of the World’s Biodiversity for Food and Agriculture, BFA 보고서)”는 세계식량기구(FAO)가 지난 20년 동안 작물과 동물 및 삼림의 유전자원에 관해 추진해 온 평가를 바탕으로 FAO 회원국들이 주도하고 준비한 결과물이다<그림 1>. 그러나 여전히 생물다양성에 관한 지식 격차가 존재한다. 또한 현장에서 바라본 생물다양성은 심각한 위협에 노출되어 있을 뿐만 아니라 기후변화와 같은 중대한 도전에 직면해 있다고 평가된다.

* 고려대학교 식품자원경제학과 교수 (songssoo@korea.ac.kr)

<그림 1> BFA 중요성에 관한 국제적 인식의 발전 연혁



주: IPBES는 “생물다양성과 생태계 서비스를 위한 정부간 과학-정책 플랫폼(Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services: <https://www.ipbes.net>)”을 말함.
 자료: FAO(2019; p.6).

BFA 보고서는 FAO 「식량과 농업을 위한 유전자원위원회(Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture)의 감독 아래 총 91개국이 자국의 생물다양성 상태와 관리 및 역할을 제시한 내용이 그 바탕으로, 이를 FAO가 평가하고 정리한 결과이다<표 1>. BFA 보고서는 총 576쪽에 달하는 방대한 내용이다. 그 주요 내용에는 식량과 농업을 위한 생물다양성의 중요성과 역할, BFA의 변화 요인과 상태, BFA의 특성과 보존, 정책 조치 등이 담겨 있다<표 2>. 이 가운데 이 글은 식량과 농업을 위한 생물다양성의 개념과 정의, 중요성, 활용 현황과 추이 등을 중심으로 서술한다.

2. 생물다양성의 의미와 국제기구 논의

2.1. 개념과 정의

생물다양성은 한마디로 생명체에 존재하는 변동성이며 생명체가 구성하는 생태계이다. 이에 따라 “식량과 농업을 위한 생물다양성(BFA)”이란 생산체계(production systems) 안팎에서 생태계 구조와 기능 및 과정을 유지하는 유전자와 품종 및 생태계 수준에서 식물과 동물 및 미생물의 종류와 변동성을 지칭한다(FAO 2011).

<표 1> BFA 보고서에 반영된 FAO 회원국 목록

지역	국가 수	국가 이름
아프리카	19	앙골라, 부르키나파소, 카메룬, 차드, 에스와티니, 에티오피아, 가봉, 감비아, 기니, 케냐, 말리, 니제르, 르완다, 세네갈, 시에라리온, 토고, 탄자니아, 잠비아, 짐바브웨
아시아	9	아프가니스탄, 방글라데시, 부탄, 중국, 인도, 말레이시아, 네팔, 스리랑카, 베트남
유럽과 중앙아시아	23	벨기에, 불가리아, 벨라루스, 크로아티아, 덴마크, 에스토니아, 핀란드, 프랑스, 조지아, 독일, 헝가리, 아일랜드, 몰타, 네덜란드, 노르웨이, 폴란드, 슬로바키아, 슬로베니아, 스페인, 스웨덴, 스위스, 터키, 영국
남미와 카리브 연안	16	아르헨티나, 바하마, 브라질, 코스타리카, 에콰도르, 엘살바도르, 그레나다, 가이아나, 자메이카, 멕시코, 니카라과, 파나마, 파라과이, 페루, 세인트루시아, 수리남
극동과 북아프리카	13	알제리, 이집트, 이라크, 요르단, 레바논, 모로코, 오만, 카타르, 사우디아라비아, 수단, 시리아, 에미리트, 예멘
북미	1	미국
태평양 연안	10	쿡 아일랜드, 후지, 키리바시, 나우루, 니우에, 팔라우, 피푸아뉴기니, 사모아, 솔로몬 제도, 통고

자료: FAO(2019; p. XXXIV).

<표 2> BFA 보고서의 구성과 목차

절	장	장 제목	구성 내용
개요	1	서론	-
	2	생물다양성의 역할과 중요성	생태계 서비스, 복원력, 지속 가능한 집약화, 생계, 식량안보와 영양
요인과 상태 및 추이	3	생물다양성의 변화 요인	경제-사회적 요인, 환경요인, 과학과 기술의 진보와 혁신, 생산체계 수준에서 요인, 정책, 생물다양성 관리에 여성의 참여 요인, 전통적 지식 요인
	4	생물다양성의 상태와 추이	작물, 동물, 수목, 수생 유전자원, “관련 생물다양성(이하 “ABIOD”)의 생태계 서비스를 위해 관리되는 ABIOD 품종, ABIOD에 관한 정보와 관측체계, 현황과 추이 개요, 수분-병해충 규제-토양 관련 생태계 서비스-물 관련 생태계 서비스-자연재해 규제-서식지 제공-공기 질과 기후 규제 등을 위한 ABIOD, 야생 식량, 식량과 농업에 중요한 생태계, 습지, 맹그로브, 해초, 산호초, 삼림, 목초지, 수요와 우선순위
관리 상태	5	생물다양성의 활용 상태	관리방식과 접근 개요, 생태계와 경관 접근, 복원 방식, 생산체계의 다각화, 관리방식과 생산 접근법, 미생물의 활용과 농산업의 과정, 반추위 미생물 다양성, 유전적 개선, 수요와 우선순위
	6	생물다양성 특성화의 상태	식물, 동물, 삼림, 수생 유전자원, ABIOD, 야생 식량, 수요와 우선순위
	7	생물다양성의 보존 상태	식물, 동물, 삼림, 수생 유전자원, ABIOD, 야생 식량, 보호지역의 역할, 전통 지식의 유지, 수요와 우선순위
권능 부여의 틀	8	정책과 제도 및 능력의 상태	이해당사자, 협력, 교육과 훈련 및 인식 제고, 연구, 가치 매김, 유인책, 정책과 법적인 틀
결론	9	나아가야 할 길	-

자료: FAO(2019; pp. XXII-XXVI).

여기서 생산체계는 관리단위로서 작물, 가축, 삼림, 수산물, 양식부문을 포함하며, 종의 형태 측면에서 공통의 특성을 가진 것이 해당한다. BFA 보고서 내용에 포함된 생산체계는, ① 초지에 기반을 둔 축산, ② 토지 없는 축산, ③ 자연적으로 재생된 삼림, ④ 식재한 삼림, ⑤ 배양에 기초한 수산, ⑥ 인공 양식, ⑦ 비인공 양식, ⑧ 관개 작물(쌀), ⑨ 관개 작물(기타), ⑩ 천수답 작물, ⑪ 복합생산 체계 등으로 분류한다.

또한, 식량과 농업을 위한 생물다양성의 하부 범주로 “관련(associated)” 생물다양성 (ABIOD)의 개념이 중요하다. 관련 생물다양성은 생산체계 안팎에 존재하는 작물 이외의 종을 말하며, 생태계 구조와 기능 및 과정을 지속시키는 기능을 나타낸다. 예를 들면, ① 꽃가루매개자, ② 작물 해충의 천적, ③ 독이나 농지 가장자리에서 찾을 수 있는 식생, ④ 토양을 비옥하게 하는 무척추동물과 미생물 등이 이에 해당한다. 이밖에도 작물 생산을 방해하는 잡초와 해충 등도 관련 생물다양성이 포함하는 요소이다. 물론 생물다양성의 개념은 축산과 삼림 생산체계에도 같게 적용한다. 관련 생물다양성은 대부분 야생종을 말하나 꿀벌은 예외이다. 관련 생물다양성은 생태계 서비스(ecosystem service) 공급을 규율하는 데에도 중요한 기능을 발휘한다.

생태계 서비스는 BFA가 사람에게 공급하는 다양한 혜택을 뜻한다. 자연 생태계와 이를 구성하는 종들이 사람의 삶을 유지하고 충족시키는 조건과 과정이다. 생태계 서비스는 생물 다양성을 유지하고 농산물과 나무를 포함한, 이른바 생태계 재화를 생산한다. 생태계 서비스는 다음과 같은 4가지 기능으로 분류한다<표 3>.

① 공급 서비스(provisioning service)

자연생태계가 생물학적 유전자원의 다양성을 통해 인간에게 영향을 미치는 공급 서비스이다. 식량, 섬유, 천연 약재, 장식용 자원, 담수 등을 통해 얻을 수 있다.

② 조절 서비스(regulating service)

자연 및 준 자연이 가지고 있는 생태계의 역할과 관련하여 생물·지리 화학적 순환 (biogeochemical cycles)과 생태계를 조절하는 서비스이다. 대기질의 유지, 기후 조절, 토양유실 조절, 물 조절, 생물학적 조절, 수분, 홍수방지 등이 해당한다.

③ 지원 서비스(supporting service)

생태계 서비스의 다른 범주들이 제공되는 데 필요한 항목이다.

④ 문화 서비스(cultural service)

영적인 충족, 인지 발달, 반성, 오락, 미적 체험 등을 통해 생태계로부터 얻는 비물질적인 편익이다. 문화적 다양성, 종교의 가치, 오락과 생태관광 등을 포함한다.

<표 3> 생태계 서비스의 분류와 요소

서비스 분류	장 내용	서비스 공급 요소
공급 (Providing)	식량	식용 동식물의 존재
	물	저수지의 존재
	섬유, 연료, 기타 원료물질	생물 종의 존재 또는 무생물적 구성요소(목재, 연료, 연료 물질)
	유전물질	유용한 유전물질을 가진 생물 종의 존재
	생화학적 생산물과 약효가 있는 자원	생물 종 또는 무생물 구성 요소(화학물질, 약용)
	관상용 생물 종과 자원	생물 종의 존재 또는 관상용 무생물자원
조절 (Regulating)	공기 정화 조절	대기로부터 에어로졸과 화학물질을 추출하는 생태계의 수용력
	기후 조절	토지피복과 생물매개과정을 통한 지역과 지구 기후에 대한 생태계의 영향
	자연재해 완화	자연재해를 약화하는 숲의 역할
	물 조절	물의 흡수와 배출에서 숲의 역할
	폐기물 처리	유기물질의 제거 및 분해에서 생물과 무생물적 과정의 역할
	침식 보호	토양 유지에서 식생과 생물의 역할
	토양 형성과 재생	토양 형성과 재생에서 자연적 과정의 역할
	식물의 수분	꽃가루매개자의 양과 효율성
	생물학적 조절	영양 관계를 통한 해충 개체 조절
지원 (Supporting)	서식처	번식, 먹이를 제공하는 생태계의 중요성 이주 종의 휴식 서식처
	유전자 집단(pool) 보호	생태계 균형과 진화과정의 유지
문화 (Cultural)	미적 가치: 자연풍경의 감상	경관의 심미적 가치(구조 다양성, 푸르름, 평온 등)
	휴양: 관광 또는 여가활동의 기회	매력적인 야생 경관 형태
	문화, 예술, 디자인을 위한 영감	인간예술을 위해 경관 형태 또는 생물종이 가지는 영감의 가치
	문화유산과 고유성: 장소와 부속품	경관 형태와 생물 종의 문화적 중요성
	영적, 종교적 영감	영적, 종교적 가치를 가진 경관 형태 또는 생물 종
	공식·비공식 교육과 훈련을 위한 교육과 과학의 기회	특별한 교육 형태와 과학적 가치 및 흥미

자료: 환경산업기술원(2010; pp.7-8).

2.2. 국제기구 의제와 논의

1992년에 수립한 “생물다양성협약(Convention on Biological Diversity, CBD)¹⁾”은 식량과 농업을 위해 사용하는 종을 포함한 생물다양성의 보존과 지속 가능한 사용을 위한 법적 틀이다. 특히 유전자원을 사용하여 얻는 이익을 공정하고 공평하게 분배하는 체제를 포함한다. 농업 생물다양성, 삼림 생물다양성, 건식과 습식 토지 생물다양성, 내륙 수생 생태계와 해양 및 해안 생물다양성에 관한 CBD 프로그램은 식량과 농업에 이용되는 다양한 생태계 범주에서 이러한 목적을 추구한다.

CBD가 “2011~2020년 생물다양성을 위한 전략적 계획”의 하나로 2010년에 채택한 “아이치 생물다양성 목표(Aichi Biodiversity Targets)²⁾”는 BFA의 중요성을 인정하고 그 목표에 이를 다음처럼 반영하고 있다(한국환경정책·평가연구원 2014).

① 목표 5: 서식지 손실과 감소

2020년까지 숲을 포함한 모든 자연 서식지의 손실률을 절반으로 줄여야 하고 가능한 곳에서는 손실률이 ‘0’이 되도록 하며 악화와 단편화를 현저하게 감소시킨다.

② 목표 6: 지속 가능한 해양 생물자원 관리

2020년까지 모든 어류와 무척추동물 및 수생식물은 지속할 수 있게, 합법적으로 생태계 기반의 접근법을 적용하여 관리하고 수확하여 남획을 방지하고, 복원 계획과 조치가 고갈된 종에 관해 적용되며 어업이 위기에 처한 종과 취약한 생태계에 상당한 악영향을 주지 않고 안전한 생태적 한계 내에서 이뤄져야 한다.

③ 목표 7: 지속 가능한 농업, 양식업, 임업

2020년까지 농업, 수경재배, 임업이 진행되는 지역은 생물다양성의 보전을 확신할 수 있도록 지속할 수 있게 관리한다.

④ 목표 13: 유전적 다양성 유지

2020년까지 사회경제적으로뿐만 아니라 문화적으로 가치 있는 종을 포함한 경작된 식물과 가축과 야생 생물들의 유전적 다양성을 유지하고 유전적 파괴를 최소화하고 그것들의 유전적 다양성을 지키기 위한 전략을 개발하고 이행한다.

1) (<https://www.cbd.int>)

2) (<https://www.cbd.int/sp/targets>)

⑤ 목표 18: 전통지식 존중

2020년까지 토착 지역 공동체의 생물다양성 보전과 지속가능한 이용과 연관된 혁신과 실행에 대한 전통지식과 그들의 생물자원에 대한 관습적 이용이 존중되어야 하며, 국내법과 관련된 국제적 의무의 대상이며, 모든 단계에서 토착 지역 공동체의 완전하고 효과적인 참여로 생물다양성협약의 이행에 이들의 생물다양성 보전과 이용 관습이 완전하게 통합되어야 한다.

CBD의 부속협정으로서 2010년에 채택한 “나고야 의정서(Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and the Fair and Equitable Sharing of Benefits Arising from their Utilization to the Convention on Biological Diversity)”는 유전자원의 사용에 따른 혜택을 공평하고 공정하게 분배하는 CBD 목표 이행의 법적인 틀을 설정하였다. 나고야 의정서의 목적은 생물자원의 주권을 인정하고, 이용국과 제공국간 유전자원의 이용에서 발생하는 이익을 공정하고 공평하게 공유하는 것이다(한국생명공학연구원 2018).

2012년에 독립적인 정부 간 기구로서 설립된 「생물다양성 과학기구(Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBESI)」³⁾은 지구 생물다양성·생태계·자연이 사람에게 주는 편익에 관한 지식상태를 평가하고, 이 소중한 자원을 보호하고 지속할 수 있게 이용하도록 정책결정자와 의사 결정자에게 유용한 도구와 방법을 지원한다. IPBESI(2019)의 “생물다양성과 생태계 서비스에 관한 지구평가보고서(Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services)는 2000년 이후 지구상에서 해마다 우리나라 삼림면적에 해당하는 650만 ha의 삼림이 사라지고 있으며, 총 800만 종의 동식물 가운데 100만 종 이상이 멸종위기에 처해 있다고 지적한다. 멸종위기의 주요 원인은 토지이용의 변화(천연림 훼손을 통한 농지 확대), 남획, 기후 변화, 오염, 침입 외래종 등이며, 혁신적 대응 없이 이러한 추이가 이어지면 2050년까지 지속가능발전목표(Sustainable Development Goal, SDG)의 약 80%(44개 중 34개)를 달성하기 어렵다고 전망한다.

UN SDG 가운데 BFA와 직간접으로 관련된 내용과 세부지표를 정리하면 다음과 같다.

3) (<https://www.ipbes.net>)

- ① 목표 2: 기아의 종식, 식량안보 확보, 영양 상태 개선 및 지속 가능한 농업 증진
 - 지표 2.4.1: 농업지역 중 생산적이고 지속 가능한 농업의 비율
 - 지표 2.5.1: 중장기 보존 시설에서 안전하게 보관 중인 식량과 농업을 위한 식물 유전자원의 수
 - 지표 2.5.2: 멸종 위험에 처한 토종의 비율
- ② 목표 5: 성 평등 달성과 여성·여아의 역량 강화
- ③ 목표 6: 모두를 위한 식수와 위생시설 접근성 및 지속 가능한 관리 확립
- ④ 목표 12: 지속 가능한 소비와 생산 패턴 확립
- ⑤ 목표 14: 지속 가능한 발전을 위한 해양·바다·해양자원 보존과 지속 가능한 사용
 - 지표 14.4.1: 생물학적으로 지속 가능한 수준에 속하는 어족 비율
 - 지표 14.7.1: 소규모 도서 개발국, 최빈개도국 및 모든 국가에서 지속 가능한 수산업이 GDP에서 차지하는 비중
- ⑥ 목표 15: 전 육지 생태계 보호와 복구 및 지속 가능한 수준에서 사용 증진 및 삼림의 지속 가능한 관리, 사막화, 대처, 토지 황폐화 중단과 회복 및 생물다양성 손실 중단
 - 지표 15.1.1: 전체 토지면적에서 삼림 지역이 차지하는 비중
 - 지표 15.2.1: 지속 가능한 삼림 관리를 위한 진보
 - 지표 15.4.2: 산에서 토지 피복 지수(Green Cover Index)

3. 생물다양성의 상태와 추이

3.1. 식물 유전자원

세계에는 약 38만 2,000종의 유관속 식물이 존재하며, 이 가운데 6,000종이 식량으로 재배된다. 2014년 현재 200종 미만이 세계의 식량 생산에 크게 이바지하고 있으며, 이 가운데 9종(사탕수수, 옥수수, 쌀, 밀, 감자, 콩, 팥, 열매, 사탕무, 카사바)이 전체 작물생산량의 66%(무게 기준)를 차지한다.

작물 종 안에서 유전자 다양성은 포괄적이므로 이를 관측하기엔 한계가 따른다. 가장 일반적으로 사용하는 관측 지표는 “유전자 침식(genetic erosion)”과 “유전적 취약성(genetic

vulnerability)”)이다. 유전자 침식은 유전자의 다양성이 손실되는 것을 말하는데, 사람들이 유전적으로 같은 형태의 식량인 일부 동식물에만 지나치게 의존하기 때문에 주로 나타났다. 유전자 침식은 좁은 의미에서 유전자의 손실이고 광의로는 종의 손실을 지칭한다. 유전적 취약성은 질병이나 해충, 악천후나 기후변화에 따른 피해가 유전적으로 같은 형태의 작물에 나타나기 쉬운 조건을 말한다. 이에 따라 광범위한 작물 손실을 초래할 수 있다.

FAO 회원국들은 전반적으로 농장에서 작물 다양성이 감소하고 다양성에 대한 위협이 커지고 있다고 밝힌다. 이는 농가 자체 품종을 사용하는 전통적인 생산체계가 공식적으로 배포된 품종에 의존하는 현대적인 생산체계로 전환되면서 나타나는 유전적 침식에 해당한다. 농가의 품종이 사라지고 더욱 희귀해지고 있다는 보고가 많다. 그러나 전통적인 품종과 함께 현대적인 품종을 재배하는 농가의 경우 유전적 다양성이 감소하지 않은 경우도 존재하므로 이 둘의 균형을 평가하는데 어려움이 따른다.

유전적 취약성의 추이를 단정적으로 평가하는 데에도 한계가 있다. BFA 보고서에 포함된 FAO 회원국 가운데 절반 이상이 심각한 유전적 취약성에 직면해 있다고 밝히고 있다.

3.2. 동물 유전자원

식량과 농업에 활용되는 동물 종의 수는 38개로 많지 않다. 그러나 전체 종의 다양성에서 해당 종이 미치는 영향을 고려하지 않은 채 모든 종을 같게 취급하는 것은 바람직하지 않다. 또한 종의 위험상태가 변할 때만 기록하는 기존 방식과 종의 구조나 규모에 관한 데이터를 정기적으로 갱신하지 못하는 사실은 특히 개도국 지역을 대상으로 할 때 자료의 제약요인이 된다.

2018년 3월 기준으로 FAO에 기록된 총 8,803종 가운데 7,745종을 한 국가에만 존재하는 토종으로 분류한다. 지금까지 이러한 토종 중 594종이 멸종하였다. 또한 전체 토종의 26%가 현재 멸종 위험에 처해 있고, 7%의 종은 멸종 위험이 없으며, 나머지 67%는 그 위험상태를 알 수 없는 경우이다. 2006년 자료와 비교하면 멸종위기에 처한 토종 비율은 29%에서 26%로 조금 감소하였다. 그러나 같은 기간에 그 위험상태를 알 수 없다고 분류한 종의 비율이 62%에서 67%로 늘어났다는 점에서 해석에 주의가 필요하다. 토종을 포함해 모든 종을 분석하면 멸종한 비율이 7%, 멸종 위험이 24%, 멸종 위험이 없음이 10%, 그 위험상태를 알

수 없음이 59%로 나타난다.

포유류나 조류보다 가축 야생 연관 종(wild relative species)이 더 높은 수준의 멸종위기에 처해 있다. 2010년 기준으로 닭 연종(order Galliformes)의 25%, 소 연종(tribe Bovini)의 83%, 양과 염소 연종(subfamily Caprinae)의 44%, 돼지 연종(family Suidae)의 50%를 위기종으로 분류한다.

3.3. 삼림 유전자원

세계에 현존하는 나무 종의 수는 약 6만 종으로 추정한다. BFA 보고서에 제출된 목록에는 거의 8,000종의 나무, 관목, 야자수(palm), 대나무가 포함되어 있는데, 이 가운데 2,400종이 제대로 관리되고 있는 것으로 알려졌다. 세계 전체로 보면, 700종 이상이 나무 육종 프로그램에 포함된 것으로 분류된다.

세계의 삼림 유전자원은 농지로 전환, 지속할 수 없는 방식의 벌목, 가축 방목, 기후 변화, 산불, 침입 외래종 등에 의해 위협을 받고 있다. 특히 20세기에는 수목으로 가득 찼던 많은 지역이 다른 용도의 토지로 전환되는 대규모 변화가 나타났다. 삼림은 여전히 세계 토지면적의 31%를 차지하지만, 그 면적은 줄고 있다. 다행히 최근에 삼림의 순손실률은 하락 추이를 나타낸다<표 4>.

<표 4> 세계 삼림면적의 변화 추이

연도	삼림면적 (백만 ha)	연간 순 변화		
		기간	면적(백만 ha)	연평균 변화율(%)
1990	4,128.2			
2000	4,055.6	1990-2000	-7.3	-0.18
2005	4,032.7	2000-2005	-4.6	-0.11
2010	4,015.7	2005-2010	-3.4	-0.08
2015	3,999.1	2010-2015	-3.3	-0.8

주: 삼림은 키 5m 이상의 나무가 0.5ha 이상의 토지에 분포하는 경우를 말함. 주로 농업용이나 도시용에 해당하는 토지는 삼림에 포함하지 않음.

자료: FAO(2019; p.181).

<표 5>는 234개국을 대상으로 FAO가 조사한 삼림면적과 특성 등을 나타낸다. 이 가운데 특히 생물다양성 보존 면적은 2015년에 5억 2,400만 ha로 집계된다.

<표 5> 세계 삼림면적과 특성: 234개국 통계

분류	항목	단위	기준연도	합계	연간변화율(%)
삼림 면적과 특성	삼림 면적	100만ha	2015	3,999	-0.13
	기타 수림토지 면적			1,204	-0.10
	나무 피복 기타면적			284	0.52
	연평균 재식림 면적			27	1.57
	천연 삼림 면적			3,695	-0.24
	조림 면적			291	1.84
	연간 순 삼림 변화		2010-15	-3.3	
	연간 순 천연 삼림 변화			-6.5	
	연간 순 조림지 변화			3.3	
생산	삼림 축적량	10억 m ³	2015	531	0.03
		m ³ /ha		129	0.16
	지상부와 지하부 바이오 매스 탄소	Gt		296	-0.15
		톤/ha		73	-0.02
	생산 삼림	100만 ha		1,187	-0.05
	다목적 사용 삼림	100만 ha		1,049	-0.16
총벌채량	100만 m ³	2011	2,997	0.41	
보호 기능과 생태계 서비스	토양과 물 보호	100만 ha	2015	1,015	0.53
	생태계 서비스, 문화적 또는 영적 가치			1,163	0.59
생물다양성과 보존	생물다양성 보존		2015	524	1.75
	1차(primary) 삼림			1,277	-0.10
	보호지역 내 삼림 면적			651	1.98
방해	침입종의 면적		2010	79	11.33
	산불 면적		2000-10	65	
	삼림 피복 감소 면적			185	
소유권	공공		2010	2,969	-0.24
	민간	774		1.00	
	불확실	141		-1.19	
경제성	삼림 내 고용	100만 명	2010	12.7	-0.45
	삼림 내 활동 총부가가치	10억 달러	최근 연도	116	
	임업 총부가가치		2011	606	

자료: FAO(2016; pp.9-10).

3.4. 관련 생물다양성(Associated Biodiversity)

FAO 회원국들은 식량 생산 및 농업을 지원하는 생태계 서비스 공급을 촉진하기 위해 모든 생산체계에 걸쳐 총 450여 종을 관리한다고 보고하였으나, 관리하지 않은 종도 이러한 생태계 서비스에 필요하다. BFA의 구성요소는 종종 여러 생태계 서비스를 제공하거나 그 제공에 이바지하며, 그렇기에 발견된 생산체계 속에서 그 관리 방안을 구축해야 한다. 관련 생물다양성의 많은 종이 서식지 변경과 손실, 남용, 오염, 해충, 질병, 외래 침입종, 농업 집약화 등에 의해 위협받고 있다.

예를 들면, 봉군(bee-colony) 손실이 확대되고 있다. 약 17%의 꽃가루매개자가 전 세계에서 멸종 위험에 처해 있으며, 섬지역의 경우 그 비율은 30%에 이른다. 여러 국가에서 야생 꽃가루매개자 수가 감소하는 것은 서식지 손실과 지역 단절(fragmentation), 살충제 사용, 조경 및 식물 군집의 다양성 감소, 기후 변화 등에 기인한다.

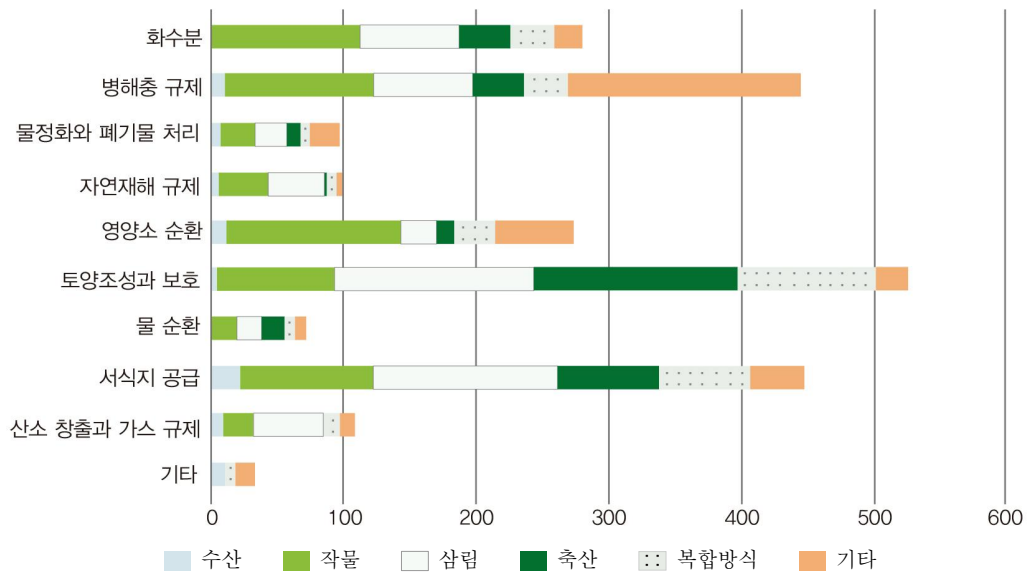
많은 국가가 해충 및 질병 규제에 이바지하는 조류와 박쥐 및 곤충 개체 수가 감소하고 있다고 보고하였다. 식량과 농업부문의 서식지 감소와 지속할 수 없는 관리방식이 그 주된 위협요인이다. 토양부문의 생물다양성도 전 세계 모든 지역에서 위협을 받고 있다. 여러 지표가 토양 건강의 저하를 지적하고 토양이 제공하는 생태계 서비스가 심각한 위협에 처해 있음을 나타낸다.

FAO 회원국들은 규제 또는 지원 생태계 서비스를 제공하는 데 도움을 주고자 생산체계 아래 관리하는 종의 목록을 제시하였다. 총 68개국이 설문에 응답하여 미생물, 무척추동물, 조류, 포유류, 나무, 기타 식물 등 462종에 관해 보고하였다. 생태계 서비스를 위해 가장 많은 종을 관리하는 분야는 병해충 규제, 서식지 공급, 토양 조성 및 보호, 영양소 순환(nutrient cycling), 화수분(pollination) 순이다.

<그림 2>는 생산 부문별로 관리하고 있다고 보고한 관련 생물다양성 관련 규제 및 지원 생태계 서비스이다. 해당 종의 수가 많은 생산체계는 천수답 작물체제 413종, 복합방식 307종, 자연적 재생 삼림 298종, 초지 기반 가축체제 256종, 식재 삼림 249종, 쌀 이외의 관개작물체제 191종 등이다. 삼림과 가축 및 복합 생산체계에서 가장 많은 종이 관리된다고 보고된 생태계 서비스는 토양 조성 및 보호 및 서식지 공급이다. 작물 생산체계에서 목표로서 가장 빈번히 제시된 생태계 서비스는 병해충 규제이고, 많은 나라가 생물학적

방제원(biological control agent)과 침입종(invasive species)을 언급하였다. 영양소 순환과 토양 조성을 촉진하기 위해 사용하는 피복작물과 강기슭의 완화지역(buffer zone) 조성을 통한 서식지 공급도 지적되었다. 천수답 체제에서는 상당한 수의 관련 생물다양성 종이 화수분 목적으로 관리된다. 방풍림도 존재하고 화재 방지를 위해 지중해 사이프러스(cypress)를 심는 사례도 보고되었다.

<그림 2> 생산 부문별 관리 대상 규제 및 지원 생태계 서비스

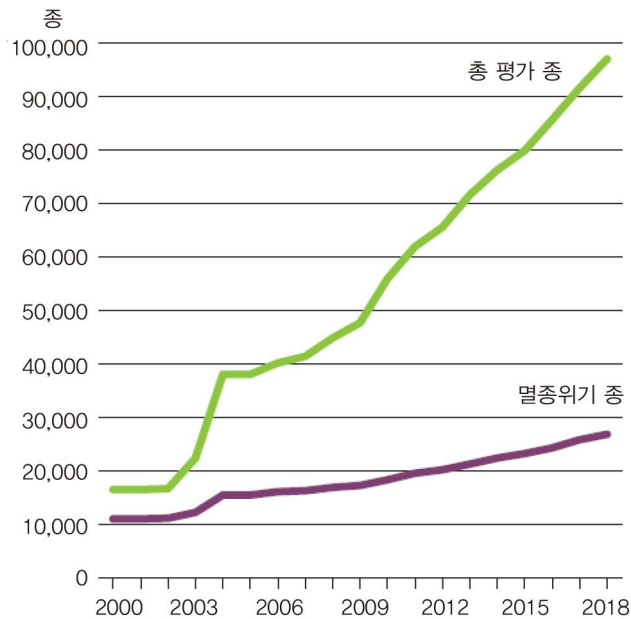


자료: FAO(2019; p.124).

<그림 3>은 세계자연보존연맹(International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN)⁴⁾ 멸종위기 적색목록(Red List)이 평가한 멸종위기종의 수를 나타낸다. IUCN이 평가한 총 96,500종 가운데 28,000종(약 27%)이 멸종위기종이다. 곤 양서류의 40%, 포유류의 25%, 침엽수의 34%, 조류의 14%가 멸종위기에 처해 있다.

4) (<https://www.iucnredlist.org>)

<그림 3> 멸종위기종의 추이



자료: FAO(2019; p.125).

4. 생물다양성의 활용

4.1. 개황

생물다양성의 활용은 생태계 서비스를 공급하는 BFA 능력의 유지 혹은 증진을 위한 다양한 대응에 해당한다. 이러한 활동은 생태계, 경관, 농장, 필지, 생물학적 집단(종) 등 다양한 수준에서 전개된다. BFA 손실을 막는 데 초점을 둔 보존 활동과 BFA 지식을 개선하는데 특화된 활동 등도 생물다양성의 활용과 밀접하게 관련된다. 이 밖에도 정책과 법적 및 제도적 틀도 교육과 훈련, 연구, 협력, 유인책 이행 등의 측면에서 중요하다.

<표 6>은 지난 10년간 BFA 활용과 관련해 FAO 회원국들이 채택한 것으로 보고한 관리 및 접근방식을 정리한 것이다. 총 91개국이 응답하였다. 이 가운데 75%인 68개국이 생태계 및 경관 접근방식을 채택하고 있다고 밝혔으며, 절반 이상의 국가가 유기농업 이행을 지적하였다.

<표 6> FAO 회원국들이 보고한 관리방식

전체 국가 수		91개국	
관리 및 접근 방식		해당 국가 수	비율(%)
생태계와 경관 관리	생태계 및 경관(바다경관) 접근방식	68	75
	경관 관리	39	43
	통합된 토지 및 물 사용 계획	11	12
	지속 가능한 삼림 관리	20	22
	수산업과 양식업에 대한 생태계 접근방식	36	40
	생태농업(Agroecology)	20	22
복원 방식	복원방식	40	44
생산체계의 다각화	다각화	40	44
	텃밭	31	34
	혼농임업(Agroforestry)	38	42
	농업 혼합양식/아쿠아포닉스(Aquaponics)	25	27
관리방식과 생산 접근방식	유기농업	47	52
	낮은 외부 투입재 사용 농업	33	36
	지속 가능한 토양 관리	39	43
	미생물 관리	27	30
	보존 농업	36	40
	작물 양분 종합관리	42	46
	병해충 종합관리	45	49
	화수분 관리	31	34
	농축 식재(Enrichment planting)	31	34
	영양을 줄이는 방식의 별목	26	29
유전자 개선	가축화	30	33
	유전자 기반 확장	32	35

주: 수와 비율은 하나 이상의 생산체계 분류에 해당하는 방식을 보고한 국가를 나타냄.
 자료: FAO(2019; pp.193-194).

이처럼 다양한 관리 및 접근방식 가운데 이 글은 생태계와 경관 접근방식 및 생태농업 접근방식만을 소개하고자 한다.

4.2. 생태계와 경관 접근방식

생태계 접근방식은 토지와 물 및 살아있는 자원을 통합 관리해 공평한 방식으로 보존과 지속가능한 사용을 촉진하는 전략을 말한다. 생태계는 한 알의 흙, 보(pond), 삼림, 전체

생물권(biosphere) 등 어떤 기능적인 단위에라도 적용할 수 있다. 2000년 이후에 특정 식량과 농업부문을 목표로 한 다양한 생태계 접근방식이 개발되었는데, 예를 들면, 지속 가능한 삼림 관리, 연안 종합관리, 수자원 종합관리 등이다.

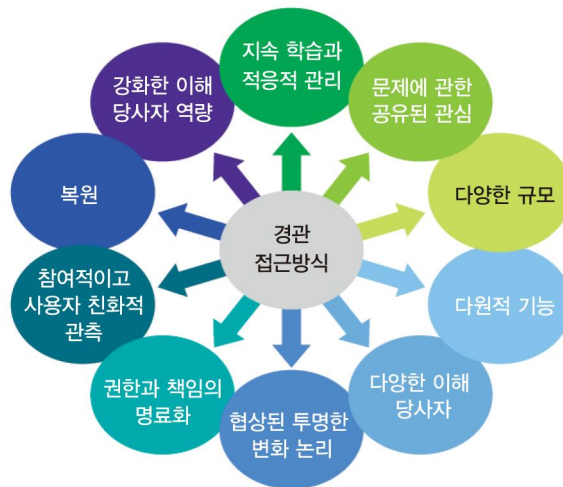
CBD가 지지하는 생태계 접근방식의 5대 운용 지침은 다음과 같다.

- ① 생태계 내 기능적인 관계와 과정에 초점
- ② 이익 공유의 증진
- ③ 적응적인 관리방식의 사용
- ④ 최대한 분권화된 낮은 수준에서 접근 대상에 적합한 규모의 관리 대응 수행
- ⑤ 부문 간 협력 보장

경관(landscape) 접근방식은 널리 사용되는 개념이나 이를 정확히 정의하기는 어렵다. 만약, 토지사용 관리 분야에 한정하면, 그 개념은 “특정 형태로 반복되는 상호작용 생태계의 군집을 형성하는 다른 지대(heterogeneous land area)”로 정의할 수 있다. 식량과 농업 생산 체계의 문맥 아래 경관은 농지, 초지, 농업용 삼림뿐만 아니라 이를 둘러싼 휴경지나 황무지까지 포함한다.

<그림 4>은 생태계 접근방식을 특징짓는 10대 원칙을 나타낸다.

<그림 4> 경관 접근방식의 10대 원칙



자료: FAO(2019; p.200).

또한 경관 접근방식을 특징짓는 3대 요소를 나타내면 다음과 같다.

① 다목적

경관 접근방식은 환경 및 생물다양성 목표와 경쟁하는 농업과 임업 및 광업 등으로 토지를 사용하는 지역에서 토지를 배분하고 관리하는 틀을 제공한다.

② 다양한 이해당사자의 참여와 경관 안팎에서 소통

관리 목표는 농어업인과 단체, 비즈니스, 시민사회, 정부 등 이해당사자 간의 협상과 더불어 경험과 지식 및 기대 위에 세워져야 한다. 국가와 제도 수준에서 정책 개발의 부문 간 협력은 필요하다.

③ 적응적인 관리

경관은 그 자체가 능동적이므로 경관 접근방식 또한 탄력적이고 능동적이어야 한다.

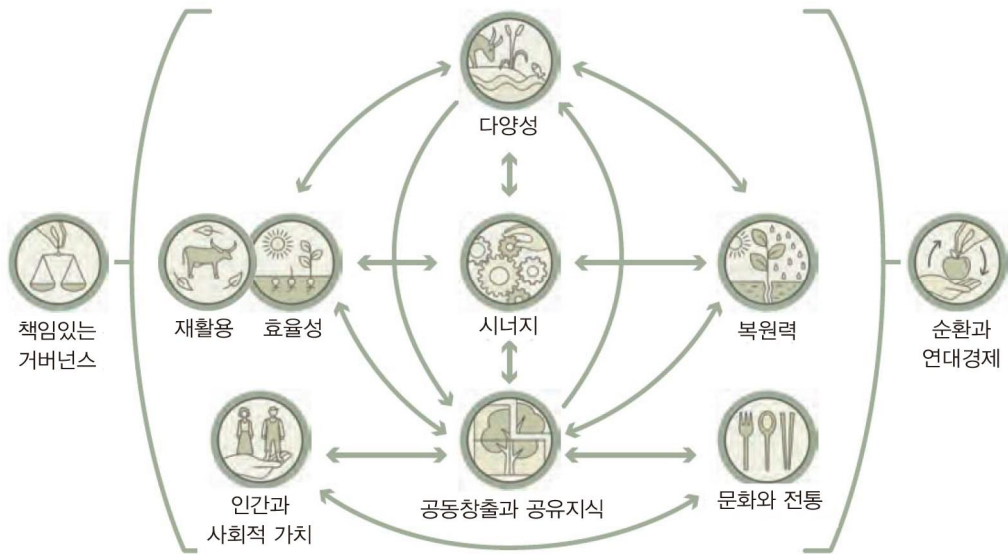
지금까지 경관 접근방식이 어디에서 얼마나 효과적으로 적용되었는지에 관한 정보가 많지 않다. 그렇지만 많은 나라가 생태계와 경관 접근방식을 채택하고 있다고 밝히고 있으며, 일부 유럽 국가들이 이를 농업정책의 기초로 삼고 있다는 점은 주목할 사실이다.

4.3. 생태농업 접근방식

생태농업(agroecology)은 과학, 영농방식, 사회운동 등 다각적인 측면에서 정의할 수 있다. 특히 생태농업은 생태적 개념과 원칙을 식량과 영농체제에 적용한 것으로 미생물, 작물, 동물, 인간, 환경 사이의 상호작용에 초점을 맞추고 있으며, 현재와 미래에 모든 사람의 식량안보와 영양을 보장하기 위해 지속가능한 농업개발을 촉진하는 데 목적을 둔다.

<그림 5>는 생태농업을 구성하는 10대 요소들을 나타낸다.

<그림 5> 생태농업의 10대 요소



자료: FAO(2019; p.209).

이 요소들은 서로 연결되어 있으면서 상호의존적인 특성을 보이는데, 이에 따라 그 특성에 따라 3개 그룹으로 나눌 수 있다.

- ① 다양성, 시너지, 효율성, 복원력, 재활용, 공동창출과 지식의 공유는 농업 생태적 체제와 기반 및 혁신적 접근의 공통적인 특성이다.
- ② 인간과 사회적 가치 및 문화와 식품 전통은 문맥 특정한 요소이다.
- ③ 책임 있는 거버넌스와 순환 및 연대 경제(solidarity economy)는 실현 가능한 환경(enabling environment)을 구성한다.

식량체제에 초점을 맞춘 생태농업은 개별 농장이나 농촌사회를 초월해 생산과 환경 측면과 아울러 사회, 경제, 지리, 문화 측면까지 포괄한다. 공간과 시간 측면의 생산체계(예: 간작, 복합농, 작물-가축 통합, 혼농임업, 다축종 축산 등)아래 생물학적 요소의 구조와 기능적 다각화는 농업 생태적 디자인과 관리의 핵심에 해당한다.

생태농업은 생산자의 과학지식과 더불어 지역 및 전통지식도 포함한다. 농업 생태과학의 두드러진 점은 개별 종이 아닌 생태 집단, 복잡한 피드백 체계, 무작위 및 이력현상(비선형,

비가역, 불연속), 단순 통합이 아닌 새롭게 대두되는 특성과 상호작용에 초점을 맞추는 데 있다. 다양성은 하나의 자산으로 간주할 수 있는데, 시너지와 위험 분산의 원천이고 근본적인 생태계 서비스를 지탱하는 생태적 상호작용을 기본으로 하여 작용하기 때문이다.

생태농업은 하나의 기술이나 방식이 아닌, 생태적이고 사회적 원칙을 문맥 특정적으로 적용하는 것이기 때문에 그 상태나 추이를 말하기엔 한계가 있다. 다만 세계의 많은 소농이 생태농업의 형태를 이행하거나 그 원칙을 따른다고 할 수 있다. 세계 5억 7,000만 농가 중 90%가 가족농이고 이들이 세계 식량의 80% 이상(가치 기준)을 생산한다. 또한 모든 농가의 84%가 2ha 미만의 영농규모를 가지고 있으면서 전체 농지의 12%만 차지한다. 가족농의 1/3가량이 생태농업 원칙을 따르는 것으로 조사되었다. 이로써 생태농업 생산방식이 세계 식량의 상당 부분을 담당하고 있다고 추정할 수 있다.

FAOLEX⁵⁾는 생태농업을 지지하는 법과 규정 및 정책을 시행하는 국가에 관해 정보를 제공하는데, 이들은 <표 7>과 같다. 프랑스는 전체 농지의 1%인 30만 ha에서 4,000농가가 생태농업 원칙을 시행한다. 브라질은 국가법으로 식량과 영양주권 및 안보와 인권을 촉진하는 조치를 규정하고 생태농업과 유기 농산물의 공급을 장려한다. 니카라과는 국가 생물다양성 전략을 통해 생태농업 생산을 촉진한다. 이 밖에도 많은 나라가 다양한 관련 연구와 교육, 관측체제 등을 계획하여 실천하고 있다.

<표 7> 생태농업에 관한 법과 정책을 시행하는 국가

대륙	국가
아시아	한국, 중국, 캄보디아
유럽	덴마크, 독일, 오스트리아, 룩셈부르크, 프랑스, 스위스, 이탈리아
중남미	쿠바, 멕시코, 니카라과, 과테말라, 엘살바도르, 코스타리카, 파나마, 콜롬비아, 에콰도르, 베네수엘라, 페루, 볼리비아, 브라질, 파라과이, 칠레, 아르헨티나
아프리카	코트디부아르, 모리셔스

자료: FAO(2019; p.211).

생태농업의 실천은 지속가능한 발전에 이바지한다(FAO 2018). 예를 들면, 생태농업은 다각화와 외부 투입재 감소 및 대체 유통채널을 통해 농가 소득을 30%까지 높였다. 니카라과에서는

5) (www.fao.org/faolex/en)

180개 농촌 공동체가 생태농업을 채택함으로써 허리케인(Mitch) 이후 상토의 40%를 더 보존하고 토양침식을 69%나 덜 겪게 되었다.

1961~2009년에 식량 생산이 17%나 더욱 동질화되면서 개도국 인구의 1/3가량이 부적절한 식사로 인한 미량영양소 결핍을 겪고 있다. 생태농업은 이에 대한 적합한 대응책이 될 수 있는데, 2014년에 에콰도르의 25만 가구가 지역 생태 농산물과 전통적 식품문화에 기초한 건강한 식사를 위해 연간 6억 달러를 지출하였다. 2013년에 설립된 브라질의 생태농업과 유기농 생산 계획에 따라 13만 농가가 기술지원 혜택을 받았고, 4만 5,000명이 훈련 프로그램에 등록하였다.

또한 생태농업은 관행 농업과 견주어 30%만큼 더 야생 및 가축 생물다양성을 보존하고 증진한다. 약 33%의 세계 토지가 침식, 염화, 압밀, 화학적 오염 등으로 붕괴되고 있으며, 연간 1,200만 ha의 면적이 가뭄과 사막화로 손실되는 상황에서 생태농업 기술과 지역에 맞는 관리방식은 토양 비옥도와 건강을 회복시키고 개선하는 것으로 제시되었다. 부르키나 파소 3개 지방의 경우 윤작과 복합영농 및 지역 수자원 관리기술로 관행 농업 대비 130%의 단수 증대를 기록하였다.

5. 결론과 시사점

생물다양성은 식량과 농업뿐만 아니라 농어업인을 비롯한 많은 이해당사자와 식량안보와 영양에 지대한 영향을 미친다. FAO 보고서는 식량과 농업을 위한 생물다양성(BFA) 상태와 추이, 이에 영향을 미치는 변화 요인, 지속 가능한 활용을 촉진하고 보존에 이바지하는 관리방식과 전략, 그 관리와 관련한 정책과 제도 및 역량에 대해 광범위하게 다루고 있다. 비록 이 글은 BFA의 개념을 정리하고, 그 상태와 추이 및 일부 활용에 초점을 맞춰 서술하였으나, 지속 가능한 미래를 위해서는 무엇보다 그 연계와 상호작용 메커니즘을 더 잘 이해하려는 노력이 선행되어야 한다.

생물다양성이 손실되고 있으나, 이를 보존하고 지속가능한 방식으로 관리하려는 정책적 틀과 이해당사자들의 노력이 차츰 증가하는 것은 바람직하다. 그러나 BFA 측면에서 2030년 지속 가능한 발전 목표(SDG)를 달성하려면 각국 정부와 이해당사자들의 확고한 대응과

실천 의지가 한층 더 필요하고 중요하다. 정책효과를 극대화하려면 무엇보다 지식 격차를 해소하고, 부문 간 국제적으로 금융과 인간 및 기술자원을 효과적으로 가동할 수 있는 체제를 구축해야 한다.

이와 더불어 생물다양성에 관한 연구와 교육이 더욱 촉진되어야 할 것이다. 농가와 지역 수준의 적절한 유인책을 제공함으로써 공공부문과 민간부문 간 협력과 상호작용을 권장하고, 유전자원을 제대로 활용하고 보존하는 기반을 구축해야 한다. 국제기구와 사회는 생물다양성의 모든 요소를 관리하는데 시너지 효과를 발휘할 수 있도록 정보와 지식을 공유하고 그 관리방식의 보급 노력에 더욱 힘써야 할 것이다.

참고문헌

- 한국생명공학연구원. 2018. “나고야의정서 대응 국내외 생물자원 확보·분석 및 산업화 전략 개발”. 「정책 연구용역보고서(2018년 2월)」. 한국생명공학연구원.
- 한국환경정책·평가연구원. 2014. “제12차 생물다양성협약 당사국총회 개최 및 국제협상을 위한 대응전략 수립 연구(1차)”. 「연구보고서(2014년 3월)」. 한국환경정책·평가연구원
- 환경산업기술원. 2010. 「생태계 서비스 증진을 위한 생태계 조성기술」. 환경산업기술원. (<https://bit.ly/31GjWMO>)(2011.12.13.)
- FAO. 2019. *The State of Biodiversity for Food and Agriculture*. Rome. (<https://bit.ly/2BNQrhr>)
- _____. 2018. *FAO's Work on Agroecology: A Pathway to Achieve the SDGs*. Rome. (<https://bit.ly/2N6dlak>)
- _____. 2016. *Global Forest Resources Assessment 2015: How Are the World's Forests Changing? 2nd Edition*. Rome. (<https://bit.ly/1PWwfYW>)
- _____. 2011. *Biodiversity for Food and Agriculture: Contributing to Food Security and Sustainability in a Changing World*. Rome. (<https://bit.ly/1U3HTGm>)
- IPBES. 2019. *Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. IPBES. (<https://bit.ly/2WX4c4U>)