

발 간 등 록 번 호

11-1543000-004063-01

농업토양 양분관리제도 도입 및 양분관리 시스템 구축방안 연구

2021. 12



농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 「농업토양 양분관리제도 도입 및 양분관리 시스템 구축 방안 연구」의 최종보고서로 제출합니다.

2021년 12월

경희대학교 산학협력단 단장 김 우 식

책임연구원

연구보조원

보 조 원

유 가 영 교 수

박 예 림 연구원

정 완 섭 연구원

요 약

1. 연구 필요성 및 목적

- 우리나라의 질소수지와 인수지는 각각 212 kg/ha, 46 kg/ha로, 2017년 기준 OECD 국가 가운데 각각 1위, 2위(인수지 1위: 일본)를 차지하고 있는 양분 과부하 상태를 보임
 - 이는 화학비료의 과도한 투입(268 kg/ha, 2019년)과 가축분뇨의 농경지 적용에 의한 결과임
 - 현재 정부에서는 주요 작물을 대상으로 적정 시비 가이드라인을 개발하고 비료사용처방서 발급 서비스를 진행하고 있으나, 오히려 화학비료의 사용량이 증가 추세로 나타남 (2014년: 258 kg/ha → 2019년: 268 kg/ha)
 - 가축분뇨의 발생량 또한 축산업 규모의 성장으로 인해 지속적으로 증가 중이며(2014년: 175,700t/일 → 2019년: 195,300t/일), 그 대다수(86.8%, 2019년)는 퇴·액비화되어 토양에 투입됨
- 적절한 양분투입은 과잉양분으로 인한 농촌 생태계의 부정적인 영향을 방지할 뿐 아니라, 토양 건강성의 지표 중 하나인 토양 유기물 함량(토양 탄소 저장량) 및 비옥도에 긍정적 영향을 미침
 - 현재 정부는 제5차 친환경농업 육성 5개년 계획(2021~2025)에서 농업환경 관리 강화를 위해 적정 시비체계 구축을 통한 화학비료 사용량 감축, 토양양분 정보의 종합 관리체계 구축 등 양분관리 관련 세부 과제를 수립함
- 본 연구에서는 농업토양의 관점에서 작물의 적절한 생육환경을 조성하면서도 농촌 대기, 수계 환경의 오염을 최소화하고, 토양 탄소 저장량을 증진시킬 수 있는 양분관리 제도 도입 및 관리시스템 구축을 통해 농업토양에 투입되는 양분관리 기반을 마련하는 것과 국내외 제도 및 시스템 현황 분석을 통한 제도 도입 세부 방안 마련을 목표로 함

2. 국내 양분관리 관련 정책 및 시스템 현황

- 1997년 제정된 환경농업육성법(현 친환경농어업법)을 기반으로 농림축산식품부를 주축으로 하여 친환경농업육성 5개년 계획을 2001년부터 수립하였음. 이를 통해 정부는 친환경농업기반 구축사업, 유기농업자재 지원, 유기질비료 지원사업, 농업환경보전 프로그램 등을 실시하여 환경친화적 영농활동 및 농촌환경 개선에 힘쓰고 있음. 2019년 설립된 농어업·농어촌 특별위원회에서도 지역자원 기반 경축순환농업 활성화 방안을 제안하는 등 자원순환의 관점에서 가축분뇨를 화학비료의 대체재로 활용하고자 함
- 다른 한편으로, 가축분뇨나 화학비료 등의 농업 기원 비점오염원 관리를 통한 수질오염 개선이라는 측면에서 환경부 주축으로 물환경관리 기본계획과 강우유출 비점오염원 관리 종합대책에서 지역단위 양분관리 및 농촌 비점오염 관리를 추진하였고, 이에 따라 현재 국립환경과학원에서는 일부 지방자치단체를 대상으로 하여 지역단위 양분관리 시범사업을 추진하고 있음

< 국내 양분관리 관련 정책 현황 >

주무 부처	정책	시행년도	대상 환경 매체
농림축산식품부	친환경농업육성 5개년 계획	2001	토양
	친환경농업기반구축사업	2015	
	유기농업자재 지원	2013	
	유기질비료 지원사업	1999	토양·수계
	농업환경보전프로그램	2019	
	농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업	2015	
	농축산 분야별 미세먼지 저감 대책	2019	
농어업·농어촌특위	지역자원 기반 경축순환농업 활성화 방안	2019	토양
환경부	물환경관리 기본계획	2006	수계
	강우유출 비점오염원 관리 종합대책	2004	
	지역단위 양분관리 시범사업	2019	
	악취방지종합시책	2009	대기
정부합동	미세먼지 관리 종합계획	2019	

○ 양분관리 관련 시스템의 경우, 현재 서비스 중인 토양·농림·축산 정보 관련 시스템뿐 아니라, 향후 잠재적으로 활용 가능성을 보이는 시스템은 다음과 같음

< 국내 양분관리 관련 시스템 현황 >

대상	시스템·조사명	링크
농경지별 토양 특성 (일부 필지 한정)	토양환경정보시스템-흙토람	soil.rda.go.kr
농경지별 토양 특성	농업환경변동조사	
농작물 재배현황, 가축 사육현황 (등록 농업사업체 한정)	농림사업정보시스템-AgriX	uni.agrix.go.kr
농작물 생산량 (일부 작물 한정)	농작물생산조사	kosis.go.kr
농작물 면적 (일부 작물 한정)	농림어업조사	
무기·유기질비료 투입량, 종자·종묘 투입량 (일부 작물 한정)	농축산물생산비조사	
가축 두수	축산물이력제	aunit.mtrace.go.kr
가축분뇨 발생량 (1,000 kg/일 처리 이상)	폐기물적법처리시스템-올바로	allbaro.or.kr
가축분뇨 발생량, 액비 처리·운송·살포량 (돈분 한정)	가축분뇨 전자인계관리시스템	lsns.or.kr
가축분뇨 발생량, 퇴·액비 처리량	전국오염원조사시스템	wems.nier.go.kr
가축분뇨배출시설관리 현황, 농지정보 등	시군구행정정보시스템-새울	시군구별 구비
종합	가축분뇨 실태조사	

3. 해외 양분관리 관련 정책 및 시스템 현황

- (일본) 현재 지력증진법(1984년 제정)을 따라 중앙정부(농림수산성) 차원에서 지력 증진 기본지침을 규정하고, 이를 바탕으로 지방자치단체에서 지역별 지력 증진 정책을 시행하고 있으며, 이와는 별개로 흙 만들기 사업을 진행하여 토양의 시비기술 마이스터 등 전문가 육성, 생산 현장의 흙 만들기 활동 지원 등을 추진하고 있음. 이외에도 2011년부터 기존 환경 지불금 제도에서 지구온난화 방지 및 생물다양성 보전에 효과를 보이는 영농활동에 집중된 환경보전형 농업직불제를 독립시켜 운영하고 있음
 - 토양 인벤토리를 구축하여 전국의 토양분류 및 농경지 토양도를 제공하고, 토양 유기물 관리, 요소비료 질소 용출량 산정 등 토양관리를 위한 정보를 제공
- (유럽) 유럽연합 차원에서 주도하는 공동농업정책과 질산염 지침을 기반으로 각 회원국이 사정에 맞게 환경규제 및 농업정책을 시행하고 있음. 덴마크의 경우, 강력한 정책 추진을 통해 양분수지를 낮추는 한편 농업생산성을 향상시킴. 한편, 영국은 브렉시트 이후에도 기존 규제 및 정책에 더하여 농업환경 보전 영농활동을 지원하는 새로운 정책 시행 예정. 프랑스에서는 전 지구의 토양탄소 저장량을 매년 0.4% 증가시켜 인간 활동에 의한 연간 온실가스 배출량을 상쇄하자는 4 per 1000 이니셔티브를 채택하였음
 - 지속가능한 농가 양분관리 시스템(FaST)를 구축하여 농장의 GIS 데이터, 시비 추천량, 공동농업정책 관련 정보, 기초적인 기상·기후 데이터를 제공
- (미국) 현재 농무부 자연자원보호국의 주관하에 양분관리 농업활동 규정(Code 590)의 제정 등 농경지 양분관리를 시행하고 있으나, 농가들에 양분관리를 강제하지 않고, 그들이 자발적으로 참여하게끔 함. 한편, 지역 차원에서는 양분거래제도와 같이 시장경제적 장치를 도입하여 농민들의 부담을 경감시켜 양분관리 참여를 독려하고 있음
 - 질산염 유출·환경평가 패키지(NLEAP)를 통해 영농활동에 따른 질산염의 유출, 잔존, 탈질량 및 아산화질소와 암모니아의 휘발량을 파악할 수 있도록 정보 제공

4. 국내·외 양분수지 산정방법론 현황

- 양분수지는 양분의 투입 및 산출의 경계 범위 설정에 따라서 크게 토지수지와 토양수지로 구분
- (토지수지) 일정 경계 외부로부터 유입되거나 외부로 유출되는 양분물질을 전체적으로 고려하여 경계 내에서의 양분 투입(화학비료, 가축분뇨 등)과 산출(작물·부산물 생산량)의 차이(양분 잉여량=양분수지)를 산정하는 방식임. 이를 통해 산정된 양분 잉여량은 토양 잔존량, 대기 배출량, 수계 유출량을 구분 없이 모두 포함하고 있음

- 특히, 경계 내에 경종농가와 축산농가가 공존하는 경우, 축산농가에서 발생한 가축분뇨가 그대로 투입되는 것으로 계산이 되어 퇴·액비화 과정에서의 양분 절감량이 양분수지를 낮추는 쪽으로 반영되지 않기 때문에, 퇴·액비화를 통한 농가의 양분 절감 노력을 반영할 수 없는 문제가 있음
 - 현재 OECD와 유럽연합에서 사용되고 있는 양분수지 산정방법론의 기초임
 - 경계 범위의 특성 때문에 개별 농가 단위보다는 지역단위에서 양분관리에 전반적 계획 수립 시 유용한 수지임
- (토양수지) 농경지 경계 내에서의 양분 투입(화학비료, 퇴·액비 등)과 산출(작물·부산물 생산량, 토양 내 양분 변화량)의 차이를 산정하는 양분수지로, 토지수지와는 달리 토양의 양분 변화량을 양분 산출량으로 간주하며, 이를 통해 산출된 수지값은 대기 배출량, 수계 유출량을 포함하고 있음.
- 개별 농가단위에서 실제 투입된 화학비료 및 퇴·액비의 양에 대한 활동도 자료를 기반으로 하여 산정되며 토양검정 자료를 요구하므로 토지수지를 통한 양분관리와 비교하였을 때, 산정과정은 어려우나, 농가 맞춤형 양분관리를 수행할 수 있음
 - 이를 통해 가축분뇨를 순환자원으로 활용하고, 토양관리를 통한 토양 양분 변화량을 양분 감축으로 연계할 수 있음

< 양분수지 방법론 비교 >

	산정방식	투입	산출	잔고(잉여량)
토지수지	일정 경계 내 양분 투입산출 차이	화학비료 가축분뇨 발생량 기타(작물잔사, 파종, 유기질비료 등)	작물부산물 생산량	토양잔존량, 대기배출량, 수계유출량
토양수지	농경지 경계 내 양분 투입산출 차이	화학비료 퇴·액비 투입량 기타(작물잔사, 파종, 유기질비료 등)	작물·부산물 생산량 토양 내 양분변화량	대기배출량, 수계유출량

- 해외의 경우, 일본은 농지토양 표면의 양분수지를 모델을, EU는 OECD 방법론을 활용하여 회원국별 양분수지를 산정함
- (일본) 양분수지 모델은 퇴비·화학비료 등 양분의 직접 투입량과 산출량 이외에도 강우·관개, 생물학적 질소 고정·탈질 등을 고려하였으며, 수계 유출량, 토양 내 형태 변화량(유기화·무기화)과 양분 잉여량을 산정하게끔 설계됨
 - (EU) OECD 방법론을 활용하여 회원국별 양분수지를 산정하며, 국가별 양분수지는 산정·공표하지만, 공식적 차원에서 세부 지역단위 양분수지는 산정하지 않음
 - (영국) 정부 차원에서 개별 농가의 농장 단위 토지수지(질소, 인, 칼륨 대상) 산정을 독려하고 있으며, 양분수지 산정은 작물 양분관리 계획, 가축 사육계획과 병행하는 것을 권장하고 있음

5. 양분관리제도 도입 및 양분관리시스템 구축 방안

(1) 양분관리제도 도입 및 양분수지 산정의 방향

- 환경부에서는 가축분뇨, 비료 및 이들이 양분으로써 투입된 토양을 비점오염원으로 인식하며, 양분관리의 주요 목적은 비점오염원의 관리를 통한 수질오염 개선 등에 있음
 - 그러나, 농식품부는 가축분뇨를 화학비료를 대체할 수 있는 자원으로 인식한다는 점에서 양 부처 간 인식에 차이가 있음
- 자원순환의 관점에서 가축분뇨의 활용도를 높이고, 동시에 화학비료를 감축하는 방향으로 양분관리를 하기 위해 농식품부의 역할이 필요한 것으로 판단됨
 - 또한, 토양이 유기물 저장을 통해 '탄소저장'의 기능을 하는 점을 고려, 토양의 순기능을 강조하는 정책 추진으로 농축산계의 참여 유도가 가능할 것으로 보임
- 토양양분관리를 위해서는 경종농가의 참여가 반드시 필요함. 그러나 양분수지 산정의 방법론으로 토지수지를 적용할 경우, 경계 내에서 발생한 가축분뇨 양이 그대로 양분 투입량으로 계산되어, 자원순환을 위한 농가의 퇴·액비 시용 노력이 양분수지 감축으로 연결되지 않는 문제가 있음. 경종농가 참여를 이끌어내기 위해서는, 양분수지 산정 방법론으로써 토양수지를 적용하여, 개별 경종농가의 양분 절감 노력이 양분수지 개선으로 이어지도록 하는 것이 필요하다고 보임. 다만, 지역 단위에서는 토지수지를 적용하여 지역 단위의 정책 및 목표 수립 등에 이용할 수 있을 것임
 - 이와 같은 양분수지의 특성을 고려하여 농식품부는 개별 농가단위에서 토양수지를 기준으로 하고, 환경부는 지역단위에서 토지수지를 기준으로 하여 정책을 추진하는 것을 제안함
- 농가별 정확한 토양 양분수지 산정을 위해서는 양분수지 산정방법론에 포함되는 투입·산출 항목들에 대한 데이터베이스와 이를 활용한 양분관리 시스템의 구축이 이루어져야 함
 - 현재 투입량의 대부분을 차지하는 화학비료 및 퇴·액비의 농가별 실제 투입량 자료가 없기에 대한 파악이 필요하며, 이는 현행 공익직접지불금 제도에 있어 농가의 의무준수사항인 영농일지 작성과 연계하면 수집이 용이해질 것이라 기대됨
- 정확한 토양 양분수지의 산정 이후, 중앙정부는 양분관리지침(가칭)을 수립하여 지역·농가단위 양분관리 및 토양 개선 기준과 목표를 설정해야 함
 - 목표 설정 시, 토양 양분수지뿐 아니라, 주변 수계의 질산염 농도 및 대기중 암모니아 농도 등의 전반적 양분순환과 농촌환경을 고려할 필요가 있음
 - 개별 경종농가는 토양수지를 줄이는 데 집중하되, 지역은 농가의 활동을 지원·지도하는 한편, 토양수지에서 산정하지 않는 토지수지 산정 사항(가축분뇨 처리 시 휘발량, 지역 외부로부터의 가축분뇨 수출입 등)을 정책(경축순환 추진, 가축분뇨 처리시설 관리 강화, 가축분뇨 처리 집단화 등) 시행을 통한 감축을 추진해야 함

- 또한, 양분관리 정책 추진에 있어서 환경부와 농식품부 양 부처의 협력이 중요할 것으로 보임. 환경부는 지역단위의 양분관리 기준을 설정하고, 지역별 양분관리계획 수립, 양분관리로 인한 대기·수계 오염 영향 등을 분석해야 할 것임. 농식품부는 농가 단위의 관리를 위한 목표 설정을 지원하고, 양분 절감을 위한 영농활동 제시 등의 역할이 필요. 축산농가를 대상으로도 가축분뇨의 올바른 처리 및 관리가 이루어질 수 있도록 적절한 기준을 제시하고 이를 지원해야 할 것임. 지역 내 경종-축산농가의 연계를 돕고, 농축산업계의 실질적인 참여를 유도해야 할 것임

(2) 양분관리 데이터베이스·시스템 구축

- 양분관리제도가 도입되는 경우, 양분관리 사업의 이행을 평가하고, 대안을 마련하기 위해서는 농가의 양분 투입·산출 현황 등에 대한 시스템이 구축되어, 농가의 양분절감 노력에 대해 즉각적인 피드백이 이루어질 수 있도록 해야함
- 국내 양분관리 관련 시스템에 대한 정보를 기반으로 향후 양분수지 산정 및 양분관리제도에 필수적인 양분관리 데이터베이스 구축에 필요한 사항은 다음과 같음

<토양수지 기반 양분관리 데이터베이스 구축시 필요 자료>

양분 투입량	산정 방법	활동자료 출처
화학비료	화학비료 투입량×양분계수	영농일지 또는 현장 실사
퇴·액비	퇴·액비 투입량×양분계수	
기타 유기질비료	유기질비료 투입량×양분계수	
생물학적 질소고정	질소고정작물 재배면적 ×고정계수	AgriX 또는 현장 실사
대기 질소 침적	농경지 면적×질소침적계수	
파종·식재용 재료	파종작물 재배면적×양분계수	
양분 산출량	산정 방법	활동자료 출처
작물 생산	작물 생산량×양분계수	AgriX 또는 현장 실사
작물 부산물 생산	작물 생산량×부산물 비율×양분 계수	
토양 잔존	토양검정 또는 산정된 수지값에서 대기 휘발· 수계 유출량 차감	토양검정 또는 농업환경변동조사
양분 잉여량	산정 방법	활동자료 출처
대기중 휘발	비료 및 유기물 적용량×휘발계수	영농일지 또는 현장 실사
수계 유출	비료 및 유기물 적용량×유출계수	

- 특히 개별 농가의 토양수지는 앞서 언급한 것과 같이 농가에서의 실제 양분 투입량을 파악하기 어려워 현재 산정이 어려움. 따라서, 이를 위해 개별 농가를 대상으로 한 양분관리시스템의 구축이 필요함
 - 해당 시스템에는 영농일지 작성 등 개별 농가의 양분 투입·산출량을 입력할 수 있도록 하는 것이 중요함
 - 양분관리시스템에는 농가의 토양 양분수지 조회, 영농활동 변화에 따른 양분수지 예상 변화량 조회 (시뮬레이터), ICT 기반 전문가와의 소통 서비스 등이 포함되는 것이 적절

(3) 양분관리지침 및 활동 수행

- (양분관리 기준 및 목표 설정) 경종농가에서는 토양수지 산정을 통해 개별 등급을 매기고(예시: 우수등급, 관심등급, 특별관리등급 등) 등급별 관리 기준 및 목표를 설정하도록 하고, 농가의 관리범위 밖에서 일어나는 양분의 흐름은 지역·중앙정부의 소관으로 두어 관리하게 해야 함
 - 개별 등급을 매길 때, 일정 규모 이상의 농가부터 시행하거나, 주변 수계의 질산염 농도 및 대기 중 암모니아 농도 등을 바탕으로 판단했을 때 양분관리가 필요한 지역 내 농가부터 시행하는 등의 방안을 고려해볼 수 있음
 - 한편, 지역에서는 주변 수계의 질산염 농도 및 대기 중 암모니아 농도와 같은 주위 환경 매체에 과잉 양분이 미치는 영향을 고려한 기준을 세우고 이에 따른 관리를 수행할 수 있을 것임
- (양분관리지침 수립 및 세부 원칙) 양분관리지침(가칭)을 작성할 때 양분관리를 위한 활동이 농업환경에 부정적인 영향을 미치지 않도록 양분의 종류, 투입량, 투입 시기·위치를 고려해야 함
 - 작물의 양분 요구량을 충족시키는 선에서의 양분 투입은 허용하되, 자원순환의 관점에서 이를 화학비료 대신 퇴비 또는 여타 유기질비료를 권장해야 함
 - 토양으로부터의 양분물질 유출 최소화, 생물다양성 및 토양 구조 등 토양 생태계의 건강성을 고려해야 함
 - 또한, 선정된 영농활동이 기존 영농활동과 비교했을 때, 과도한 생산비용 증가로 이어져 농민들에게 금전적 손해를 끼치지 않도록 해야 함
 - 이를 통해 선정된 영농활동을 양분관리계획 수립에 따른 친환경 직불제 또는 농업환경보전 프로그램에 포함시키는 것도 적절할 것이라 봄
- (양분관리 정책 및 영농활동-경종부문) 일정 규모 이상의 농가를 대상으로 정기적 토양검정 실시, 양분관리계획 작성 의무화, 정확한 양분물질의 투입량을 산정하기 위해 화학비료, 퇴·액비 대상 성분분석·표시 의무화, 작물·토양·기후별 시비기준을 개발·보급하여 농가별 환경에 적합한 양분 투입량 안내, 친환경 영농활동에 따른 직불금 지급, 지역 내 경축순환 활성화 지원 등을 고려할 수 있음

- 또한, 바이오차의 농경지 적용을 통한 토양 양분 보유능력 강화 및 토양 탄소 저장량 향상, 경작지 주변부 흡비작물 식재 및 양분투입 자제를 통한 주변 환경으로의 양분 유출 차단 등의 영농활동이 가능
- (양분관리 정책 및 영농활동-축산부문) 퇴·액비화 시설 보강 및 암모니아 제거설비 설치 지원을 통한 주변 수계·대기 환경으로의 양분물질 유출 제지, 원활한 양분 수급 및 지역 외 양분 유입으로 인한 토지수지 증가를 억제하기 위한 지역 내 경축순환 활성화 지원 등의 정책 고려 가능

6. 양분관리제도 관련 법제화 검토

- 비점오염원을 줄이는 역할과 농경지의 환경용량 범위 내로 양분을 살포할 수 있도록 하는 양분관리제의 목적을 달성하기 위해 양분관리제도를 법제화할 경우 반영여부를 검토할 수 있는 법률은 3가지로 볼 수 있음. 친환경농어업법은 농어업으로 인한 환경오염을 줄이는 것을 목적으로 하고 있어 양분관리에 무합하지만, 친환경농업을 중심으로 법이 전개되고 있음. 가축분뇨법은 가축분뇨의 자원화 및 분뇨 처리에 의한 환경오염을 방지하고자 하는 차원의 법령으로, 축산 유래 양분의 관리에 치중되어 있음. 그리고 비료관리법은 비료의 제조 및 유통에 관련한 규제로 토양 양분 투입량을 고려하지 않고 있음. 따라서 기존 법률에 양분관리제도를 규정하기에는 체계가 맞지 않으며, 법률명도 기존의 법률을 그대로 사용하기에는 양분관리제도의 취지를 살리기 어려운 면이 존재함
- 따라서 기존 법률의 체계에서는 양분관리제를 반영하기 어려운 측면이 있고, 반영한다고 하더라도 법률명의 개정이 필요하며, 농림축산식품부와 환경부의 협업을 하기 위해서는 새로운 법률을 제정하여 규율하는 편이 양분관리제도의 취지를 잘 살리고 최근에 논의되고 있고 온실가스 감축에도 기여할 것으로 평가됨.
- 양분관리제도를 포함하여 농업 토양의 관리를 위한 규정을 법률에 반영할 수 있도록 ‘농업 토양 관리에 관한 법률’로 법률명을 제정하는 것을 제안함
 - 구체적으로는 양분관리의 기초가 되는 가축, 가축분뇨 등, 농경지 등, 양분에 대한 정의 등 핵심적인 정의규정을 도입하고, 국가, 지방자치단체, 농경지 소유자 및 경작자에 대한 양분관리 의무 부과, 양분수지의 산정, 양분관리지역의 지정, 양분관리계획의 수립 등 양분관리제 도입을 위한 세부 규정 체계 마련 등이 있음

목 차

I. 연구 필요성 및 목적	1
II. 연구 내용 및 방법	4
III. 국내 양분관리 관련 정책 및 시스템 현황	6
IV. 해외 양분관리 관련 정책 및 시스템 현황	31
V. 국내·외 양분수지 산정방법론 현황	54
VI. 국내·외 양분관리 관련 정책 및 시스템 분석	66
VII. 양분관리제도 도입 및 양분관리시스템 구축 방안	68
VIII. 양분관리제도 관련 법제화 방안	79
IX. 농업토양 양분관리 중점 관리지역 선정 및 이행을 위한 제도적 정비, (가칭) 농업토양관리법 제정안	87
참고문헌	93

I. 연구 필요성 및 목적

- 우리나라의 질소수지와 인수지는 각각 212 kg/ha, 46 kg/ha로, 2017년 기준 OECD 국가 가운데 각각 1위, 2위(인수지 1위: 일본)를 차지하고 있는 양분 과부하 상태를 보임 (그림 1)
 - 이는 화학비료의 과도한 투입(268 kg/ha, 2019년)과 가축분뇨의 농경지 적용에 의한 결과임
 - 현재 정부에서는 주요 작물을 대상으로 적정 시비 가이드라인을 개발하고 비료사용처방서 발급 서비스를 진행하고 있으나, 오히려 화학비료의 사용량이 증가 추세로 나타남 (2014년: 258 kg/ha → 2019년: 268 kg/ha)
 - 가축분뇨의 발생량 또한 축산업 규모의 성장으로 인해 지속적으로 증가 중이며(2014년: 175,700t/일 → 2019년: 195,300t/일), 그 대다수(86.8%, 2019년)는 퇴·액비화되어 토양에 투입됨

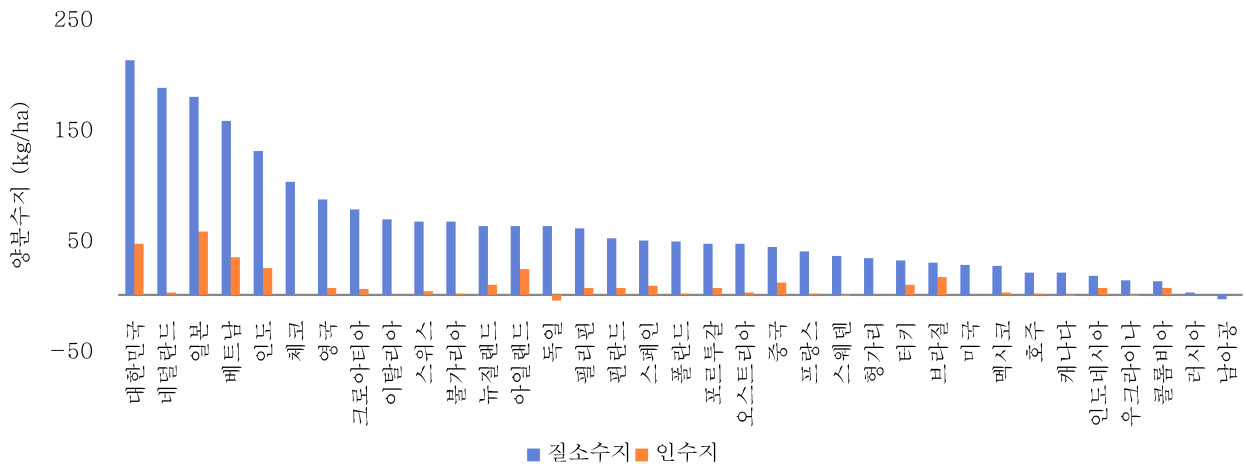


그림 1. 주요국 양분수지 현황 (2017, OECD)

- 과잉 양분의 농경지 유입은 농업 생태계의 구성요소에 부정적 영향을 미칠 가능성이 큼
 - 농경지에 살포된 양분물질 내 질소는 암모니아화, 질산화 등의 생물·화학적 반응을 통해 대기 중으로 암모니아, 아산화질소의 형태로 배출되는데, 암모니아는 2차 미세먼지의 생성원으로서, 아산화질소는 온실가스로서 작용하여 대기질 악화 및 기후변화에 기여
 - 농경지에 투입된 과잉 양분은 강수, 관개 등에 의하여 주변 하천이나 지하수로 유출되는 경우가 많은데, 그 결과로 수계 내 질소(TN)와 인(TP)의 농도가 증가하여 수질 악화를 야기할 뿐 아니라, 호소와 같이 유속이 느린 경우에는 부영양화가 발생할 가능성이 커짐
 - 일반적으로 화학비료 등 토지에 투입되는 양분은 순수 질소, 인, 칼륨이 아닌, 화합물 형태인데, 과잉 양분이 투입되는 경우, 식물이 활용하고 남은 이온에 의해 토양이 산성화되어 식생 성장에 악영향을 미침

- 적절한 양분투입은 과잉 양분으로 인한 농촌 생태계의 부정적인 영향을 방지할 뿐 아니라, 토양 건강성의 지표 중 하나인 토양 유기물 함량(토양 탄소 저장량) 및 비옥도에 긍정적 영향을 미침
 - 현재 정부는 제5차 친환경농업 육성 5개년 계획 (2021~2025)에서 농업환경 관리 강화를 위해 적정 시비체계 구축을 통한 화학비료 사용량 감축, 토양양분 정보의 종합 관리체계 구축 등 양분관리 관련 세부 과제를 수립함
 - 토양 중 탄소와 질소의 비율(C/N비)은 토양 생태계에서의 물질순환을 결정하는 중요한 요소이며, 이를 통해 유입된 양분과 토양 유기물은 상호작용을 함 (그림 2)
 - ▶ 퇴비·화학비료·작물잔사 등 투입되는 물질의 종류 및 양분 함량에 따라 토양 내 유기물 함량, 즉 탄소 저장량이 변동함
 - ▶ 국내외에서 시행된 여러 연구를 통해서도 유기물과 화학비료를 혼용하여 시비한 경우, 토양 탄소 저장량이 화학비료 단독 사용했을 때보다 많음을 확인할 수 있음 (김건엽 등, 2017; Liu et al., 2014)
 - 일반적으로, 토양 내 양분이 증가함에 따라 토양 유기물량(토양 탄소 저장량)은 증가하는 경향을 보이나, 양분 투입량이 일정 수준에 도달하면 유기물량 증가는 정체함 (Bradford et al, 2008; Luo et al., 2010). 따라서, 과잉 양분이 무조건 토양 유기물 증가에 도움이 되는 것은 아님
 - 토양 내 유기물이 많으면, 외부양분 투입이 없더라도 식물이 필요로 하는 양분을 자체 유기물을 통하여 공급 가능하게 되므로, 시비량의 감축 가능하며, 이는 양분수지의 개선으로 이어짐
 - 또한, 토양 내 유기물 함량이 많으면, 토양 건강성의 요소들인 토양의 수분·양분 보유능력, 양이온교환능(CEC), 토양 구조 등이 개선되므로 양분 투입량을 추가적으로 감축할 수 있음
 - 따라서 토양 유기물 관리 및 양분 메커니즘의 관점에서 양분의 유입과 유출(양분수지)을 평가하고 관리할 필요가 있음

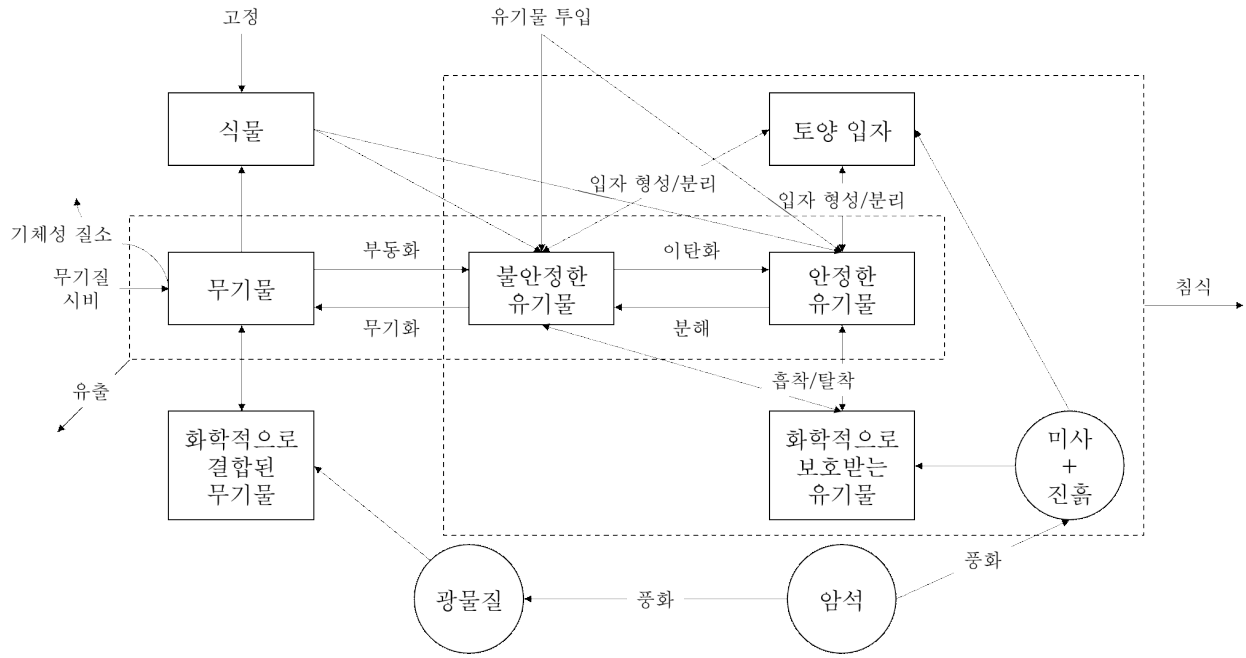


그림 2. 토양 시스템 내에서의 유기물의 동태 개요 (번역) (2006, McLaughlan)

- 본 연구에서는 농업토양의 관점에서 작물의 적절한 생육환경을 조성하면서도 농촌 대기, 수계 환경의 오염을 최소화하고, 토양 탄소 저장량을 증진시킬 수 있는 양분관리 제도 도입 및 관리시스템 구축을 통해 농업토양에 투입되는 양분관리 기반을 마련하는 것과 국내외 제도 및 시스템 현황 분석을 통한 제도 도입 세부 방안 마련을 목표로 함

II. 연구 내용 및 방법

(1) 연구 내용

- 국내·외 양분관리제도 및 사업 현황 분석
 - 국내 양분관리 관련 제도, 사업 현황 및 분석
 - 해외 양분관리 관련 제도, 사업 현황 및 분석

- 농업토양 양분관리제도의 국내 도입 관련
 - 양분의 총괄적 범위 및 ‘농업토양’을 관리하기 위한 양분의 범위
 - ▶ 환경부 양분관리제도와 역할 분담 및 연계 방안
 - 농업토양 양분관리 중점 지역의 선정 기준 및 적용 방안
 - 농업토양 양분관리제도 시행방안
 - ▶ 양분관리제도 시행을 위한 사업간 연계 방안, 신규사업(안)
 - ▶ 농업토양 양분관리를 위한 경종·축산농가의 의무 및 이행 점검 방안
 - ▶ 지역별 농업토양 양분관리제도 운영 체계
 - ▶ 농업토양 양분관리 거버넌스 구축 및 운영 방안
 - ▶ 지역별 농업토양 양분관리제도 도입을 위한 매뉴얼

- 국내·외 양분 관련 정보·시스템 운영 현황 분석
 - 국내 양분관리 관련 정보, 시스템 현황 및 분석
 - 주요국 양분관리시스템 운영현황 분석

- 농업토양 양분관리시스템 도입 관련
 - 농업토양 양분관리를 위한 정보 수집체계 및 정보시스템 구축 방안
 - 농업토양 양분관리시스템 관리 주체 및 관리 방법
 - 농업토양 양분관리시스템 기반 지역단위 통계 구축·관리 방안
 - 농업토양 양분관리제도 및 양분관리시스템 법제화 관련 주요 내용 및 방안 제시

(2) 연구 방법

- 국내외 문헌 조사
 - 선행 연구자료, 사업추진실적 및 평가자료, 국내외 연구사례 등 문헌 조사 이후 정리한 조사 자료를 근거로 하여 국내외 제도를 비교·검토하고 양분관리제도 도입방안을 도출하고자 하였음

- 관련 전문가 인터뷰 (대면/비대면 병행)

- 국립환경과학원 지역단위 양분관리 시범사업 연구진, 국립농업과학원 농업환경부 토양비료과 박성진 연구사, 경상대학교 농화학식품공학과 김필주 교수와의 인터뷰를 통해 양분관리제도 도입방안에 있어 중요한 점을 확인하고자 하였음

○ 원고 의뢰

- 서경대학교 공공인재학부 이순자 교수에 농업토양 양분관리제도 및 시스템 법제화 관련 주요 내용 및 방안에 관한 원고를 의뢰하였음

(3) 연구팀 구성

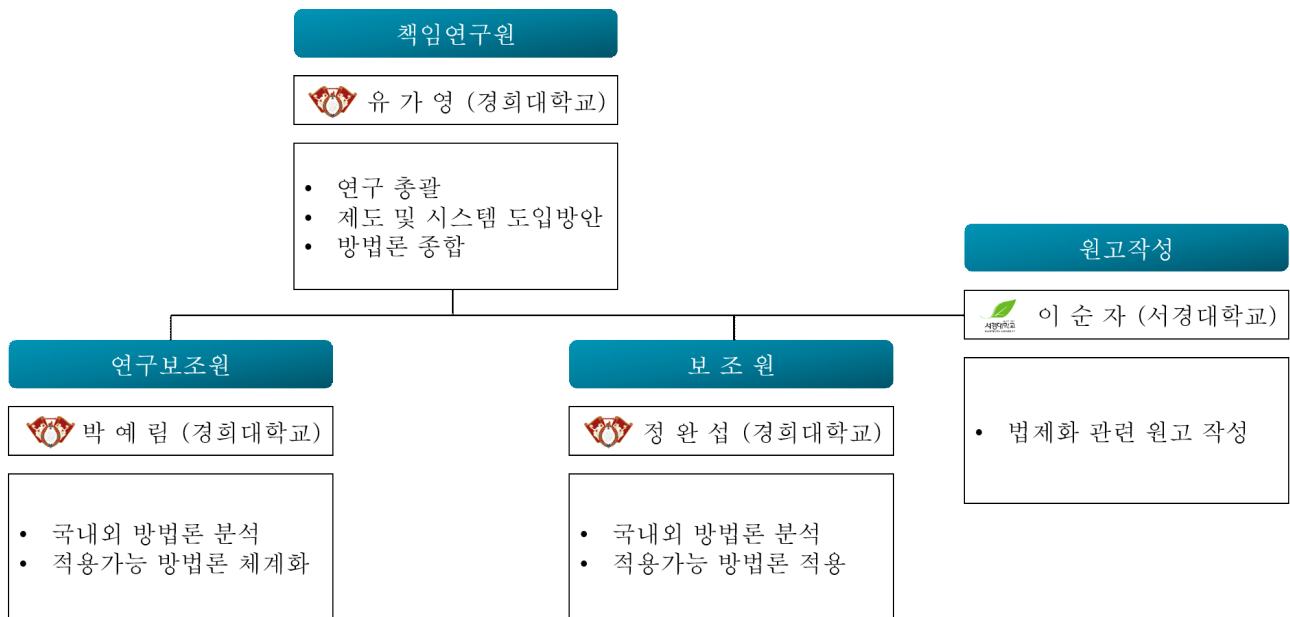


그림 3. 연구팀 구성안

III. 국내 양분관리 관련 정책 및 시스템 현황

(1) 국내 양분관리 관련 정책 현황

(가) 요약

- 2015년 이후에 국내에서 시행된 양분관리와 관련된 정책 및 제안에 대하여 온라인을 기초로 하여 자료 조사를 진행하였으며, 이를 표로 정리하여 나타내었음 (표 1)
- 1997년 제정된 환경농업육성법(현 친환경농업법)을 기반으로 농림축산식품부를 주축으로 하여 친환경농업육성 5개년 계획을 2001년부터 수립하였음. 이를 통해 정부는 친환경농업 기반구축사업, 유기농업자재 지원사업, 유기질비료 지원사업, 농업환경보전프로그램 등을 실시하여 환경친화적 영농활동 및 농촌환경 개선에 힘쓰고 있음. 또한, 2019년 국무총리 직속으로 농어업·농어촌 특별위원회가 설치되어, 농업환경보전 및 농어촌 탄소중립 등을 위한 논의를 진행하고 있으며, 그 일환으로 지역자원 기반 경축순환농업 활성화 방안을 제안함. 이처럼 자원순환의 관점에서 가축분뇨를 화학비료의 대체재로 활용하고자 함
- 다른 한편으로, 가축분뇨나 화학비료 등의 농업 기원 비점오염원 관리를 통한 수질오염 개선이라는 측면에서 환경부 주축으로 물환경관리 기본계획과 강우유출 비점오염원 관리 종합대책에서 지역단위 양분관리 및 농촌 비점오염 관리를 추진하였고, 이에 따라 현재 국립환경과학원에서는 일부 지방자치단체를 대상으로 하여 지역단위 양분관리 시범사업을 추진하고 있음

표 1. 국내 양분관리 관련 정책 현황 (2015년 이후)

주무 부처	정책	시행년도	대상 환경 매체
농림축산식품부	친환경농업 육성 5개년 계획	2001	토양
	친환경농업 기반구축사업	2015	
	유기농업자재 지원사업	2013	
	유기질비료 지원사업	1999	토양·수계·대기
	농업환경보전프로그램	2019	
	농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업	2015	
	농축산 분야별 미세먼지 저감 대책	2019	
농어업·농어촌특위	지역자원 기반 경축순환농업 활성화 방안	2019	토양
환경부	물환경관리 기본계획	2006	수계
	강우유출 비점오염원 관리 종합대책	2004	
	지역단위 양분관리 시범사업	2019	
	악취방지종합시책	2009	대기
정부합동	미세먼지 관리 종합계획	2019	

(나) 정책별 현황

① 제4차 친환경농업 육성 5개년 계획 (2016~2020, 농림축산식품부)

목적	친환경농식품 부가가치 창출 및 지속가능한 농업환경 보전 시스템 구축 - 친환경인증 재배면적 비율 확대 ('15: 4.5% → '20: 8%) - 화학비료 사용량 감축 ('14: 258 kg/ha → '20: 235 kg/ha)
사업 내용	○ 친환경인증 농식품산업 육성 - 인증제도 개선: 사후관리 강화, 절차 간소화, 민간인증체계 확립 등 추진 - 유통체계 확립 및 소비 확대: 판매 채널 내실화, 소비자 인식 제고 도모 - 생산기반 확충: 신규지구 지원체제 개편 및 인센티브 확대, 직불제 개선, 농가 교육·지원 등 추진 - 유기농업자재 공급 안정화: 유기자재 관리시스템 정비, 지원사업 개선 등 도모 ○ 농업환경 보전 강화 - 농업환경보전프로그램 마련, 적정시비시스템 구축, 농업환경조사 시스템 구축 등 추진
한계	친환경인증 재배면적 소폭 증가(2015년: 4.5% → 2020년: 5.2%), 비료사용량 증가(2014년: 258 kg/ha → 2020년: 266 kg/ha) 등 목표 달성 미달

② 제5차 친환경농업 육성 5개년 계획 (2021~2025, 농림축산식품부)

<p>목적</p>	<p>환경과 미래세대를 위한 지속가능한 농업 확산</p> <ul style="list-style-type: none"> - 친환경인증 재배면적 비율 확대 (2020년: 5.2% → 2025년: 10%) - 화학비료 사용량 감축 (2020년: 266 kg/ha → 2025년: 233 kg/ha)
<p>사업 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탄소 감축 농업 기반 구축 - 농업 환경관리 강화 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 적정 시비체계 구축 토양검정 필지 및 시비처방 대상 작물 확대 (2020년: 534,000건/226종 → 2025년: 600,000건/246종) <ul style="list-style-type: none"> ▶ 퇴·액비 및 유기농업자재 성분(N, P, K) 표시제 등 도입 추진 (2025년) ▶ 농가별 농약 사용량 관리 및 자가진단을 통한 농약 적정 사용 유도 ▶ 가축분뇨·농업부산물 활용 자원순환형 농업 모델 구축 경축순환 시범지구 조성(2021년: 3개소 → 2025년: 15개소) 공동자원화시설·가축분뇨공공처리시설 확대(2021년: 14개소 → 2025년: 26개소) <ul style="list-style-type: none"> ▶ 토양양분정보 종합 관리체계 구축 및 농업환경 관리 제도화 흙토람, 가축분뇨시스템, 비료판매시스템, 친환경인증정보 등과 연계하여 토양 양분 정보를 데이터베이스화, 농업환경 전반을 관리·보전할 수 있도록 친환경농어업법 개정 검토 - 지역단위 농업환경 보전 활동 강화 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 지자체별 농업환경 보전계획 수립 추진 친환경농업 실천계획에서 농업환경 보전계획으로 사업 확대 (2020년: 67건 → 2025년: 100건) <ul style="list-style-type: none"> ▶ 농업환경보전프로그램 확대 개편: 신규 프로그램 발굴, 활동수준별 선택형직불제 구성, 전문지원기구 운영 ○ 지속가능한 친환경농업 모델 확산 - 친환경농업 집적지구 육성 (2025년: 친환경 재배면적 20% 목표) 친환경 농지 간 집적도를 높인 생산거점으로써 집적지구 조성, 농업환경보전프로그램 적용 의무화, 규모·역량에 따른 단계별 맞춤형 지원 - 친환경농업 생산기반 확대·강화 일반농가 전환 유도, 청장년층 유입 촉진, 기술 개발·보급, 친환경직불제 개편 ○ 소비가 생산을 견인하는 친환경농산물 체계 구축 - 친환경농식품 판로·소비 확대 등
<p>기대 효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 친환경농업의 확대로 화학비료·농약 사용량 감축에 따른 온실가스 감축 기여 ○ 친환경농산물의 안정적 생산 ○ 생산자-소비자-기업-정부 간 협력으로 친환경농업의 지속가능성 제고

③ 친환경농업 기반구축사업 (2015~, 농림축산식품부)

목적	지속가능한 친환경농업 기반조성 구축을 통한 농업환경 개선 및 보전 - 2020년까지 유기·무농약 재배면적 전국 8%까지 확대
사업 내용	친환경농업지구의 신규 지정 및 운영 ○ 친환경농업지구 신규 지정 - 신청한 생산자단체(10 ha이상 농경지에 10호 이상 참여 조건) 대상 - 유기농업자재·친환경농산물 생산등 필요 시설·장비(하드웨어) 및 교육·홍보 프로그램, 마케팅, 기술 개발 등(소프트웨어)에 최대 20억원 지원 ○ 기존 친환경농업지구 인센티브 - 시설·장비 설치 완료 3년 경과 지구 사업주체 중 우수지구 대상 - 시설·장비 확충 및 노후시설 개보수, 교육·컨설팅 등에 10억원 (단지당 20억원) 지원
사업 절차	농림부 사업지침 수립 → 지자체 공모·검토 → 농림부에 제출
특이사항	친환경농업지구 사업계획 수립 시 토양개량과 농약·화학비료 감축을 위해 경축 연계 자원순환 농업 등이 추진될 수 있도록 해야 함
기대 효과	토양오염 및 악취 완화, 농업·농촌 공익적 가치 증대

④ 유기농업자재 지원사업 (2013~, 농림축산식품부)

목적	유기농업자재 등 구입비용 지원으로 농약과 화학비료 사용량 감소 추진 (농지 유기물 함량 2~3% 유지 목표)
사업 내용	○ 녹비작물 종자 지원 - 농업경영정보 등록 농업경영체 중 녹비작물 재배 희망 농지 대상 - 녹비작물(5종) 종자 지원 (50~160 kg/ha, 종별 차이) ○ 유기농업자재 및 자재원료 지원 - AgriX 등록 농업경영체 중 유기·무농약인증 농산물 재배 농지 대상 - 품질인증 완료 유기농업자재, 지정 허용물질, 천적 생물 지원 (유기인증 농가: 200만원/ha, 무농약인증 농가: 150만 원/ha)
사업 절차	농식품부 사업지침 수립 → 지자체 접수·대상자 선정 → 농식품부·지자체 검토·확정 → 농협 자재 확보, 지자체 농가 대상 교육 → 보조금·자재 지원 → 농식품부·지자체 이행점검

⑤ 유기질비료 지원사업 (1999~, 농림축산식품부)

목적	농림축산부산물 자원화 촉진·토양유기물 공급을 통한 지속가능한 농업 구현
사업 내용	○ 농업경영정보 등록 농업경영체 중 부산물비료 활용 농가 대상 ○ 유기질비료(3종) 및 부숙 유기질비료(2종) 구매 지원 - 유기질비료: 1,100원/포대(20 kg) - 부숙유기질비료: 800~1,100원/포대(등급별 차등)
사업 절차	지자체 접수·대상자 선정 → 농협 선정자료 확인 후 공급 → 이행점검
사업 성과	총판매량 대비 유기질비료 81%, 부숙유기질비료 73% 공급

⑥ 농업환경보전프로그램 (2019~, 농림축산식품부)

목적	농업의 공익적 가치 제고를 위하여 농촌 공동체 활성화, 농업환경 보전 활동 실천 지원 등을 통해 농업환경 개선 유도
사업 내용	○ 농업환경 개선이 필요한 지역을 대상으로 사업 시행계획 수립, 분야별 농업환경 보전 활동비 지원, 마을별 환경진단, 교육 등 추진 (마을당 5년간 6억 5천만원 지원) ○ 활동 분야 및 단위과제 ▶ 토양: 적정양분 투입, 토양 침식 및 양분유출 방지 (표 2) - 세부활동: 토양검정, 비료사용처방서 준수, 잔사 환원, 녹비작물 재배 등 ▶ 대기: 온실가스 감축, 축산악취 저감 ▶ 용수: 농업용수 수질개선, 양분유출 방지 ▶ 생태: 농약사용 저감, 농업생태계 보호 ▶ 생활: 생활환경 개선 (농촌비점발생 최소화) ▶ 경관: 농촌경관 개선 ▶ 유산: 농업유산 보전
사업 절차	○ 1년차: 사업기반 구축 및 사업시행계획 수립 - 현장지원조직, 지자체 내 행정전담조직 및 주민협의회 등 구성 - 교육·컨설팅 실시: 사업 참여 주민·농업인 대상 - 사업시행계획 수립: 수요·농업환경조사 → 계획수립 → 의견수렴 → 확정 - 예산 집행 및 점검 ○ 2~5년차: 개인·공동활동 이행 및 평가 실시
기대 효과	수질·대기오염 감소, 지력 증진, 토양 침식 방지 등



그림 4. 농업환경보전프로그램 참여 마을 현황 (25개소)

표 2. 토양분야 개인활동비 지급 현황 (2021년 기준, 농식품부)

단위과제	세부활동	지급단가
적정 양분 투입	완효성 비료 사용하기	2~5만원/10a
외부 양분 투입 감축	농사 후 남은 농업부산물 잘라 논·밭에 환원	4~7만원/10a
	휴경기 녹비작물 재배 및 토양환원	6~7만원/10a
토양침식 및 양분 유출 방지	벼짚 등 농업부산물로 경사진 밭 덮기	6~10만원/10a
	경사진 밭 들레에 빗물이 돌아가는 이랑 만들기	4~6만원/10a
	경사진 밭 끝에 초생대 설치하기	
	경사진 밭 끝에 침사구 설치하기	5~6만원/10a

⑦ 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업 (2015~, 농림축산식품부)

목적	농업분야 저탄소 농업기술 확산 및 온실가스 감축역량 강화
사업 내용	<p>○ 사업 대상: 국내에서 실시되는 농업활동 연관 자발적 시행 사업</p> <p>- 규모별 구분: 연간 예상 감축량 3,000 tCO₂-eq 기준 소규모/일반 구분</p> <p>- 사업종류별 구분</p> <p> 단일 감축사업: 단일 사업장 조직경계 내 감축사업</p> <p> 묶음형 감축사업: 동일 농업기술을 적용한 여러 사업을 묶어 시행</p> <p> 정책 감축사업: 국가정책 등 조직적 활동에 의해 중장기적으로 시행, 동일 감축사업을 단위사업으로 상시 추가 가능</p> <p>○ 감축 실적 t당 10,000원의 인센티브 지급</p> <p>○ 감축사업 방법론 (16개)</p> <p>- 미활용 에너지를 이용한 농업시설의 온실가스 감축</p> <p>- 순환식 수막재배를 이용한 화석연료 사용량 절감</p> <p>- LED 조명기기 설치를 통한 농업시설의 전기 사용량 절감</p> <p>- 고효율 보온자재를 이용한 농업시설의 난방용 에너지 사용량 감축</p> <p>- 지열에너지를 이용한 농업시설의 화석연료 사용량 절감</p> <p>- 재생에너지(태양광, 태양열, 수력, 풍력)</p> <p>- 녹비작물·완효성 비료·부산물 비료를 이용한 질소질비료 사용 저감</p> <p>- 목질바이오매스를 이용한 농업시설의 화석연료 사용량 절감</p> <p>- 왕겨를 이용한 RPC 곡물건조 열원대체</p> <p>- 바이오차(Biochar)를 이용한 농경지 탄소고정에 따른 온실가스 감축</p> <p>- 보존경운에 따른 온실가스 감축</p> <p>- 논벼 재배 시 물관리를 통한 온실가스 감축</p> <p>- 토지의 이용방법 전환을 통한 온실가스 감축</p>
추진절차	<p>온실가스 감축 방법론 등록 → 사업자의 감축사업 신청 → 감축사업 승인</p> <p>→ 감축활동 실시·모니터링 → 감축량 검증 → 감축량 인증 → 인센티브 발급</p>
기대 효과	<p>○ 농업부문 기후변화 대응 능력 향상</p> <p>○ 저탄소 농업기술 확산</p> <p>○ 농업투자 활성화 및 새로운 소득원 창출 등</p>

⑧ 농축산 분야별 미세먼지 저감 대책 (2019, 농림축산식품부)

<p>목적</p>	<p>농축산 부문에서 발생하는 초미세먼지와 암모니아 배출량을 2022년까지 2016년 대비 30% 감축하기 위해 폐기물 불법 소각, 축산, 경종 부문 등의 배출원별 저감 정책 수립·시행을 통해 미세먼지와 암모니아의 상시 저감</p> <ul style="list-style-type: none"> - 초미세먼지: 2만 t → 1만4천 t, 암모니아: 23만7천 t → 16만6천 t
<p>주요 추진과제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 축산부문 <ul style="list-style-type: none"> - 사료·분뇨 적용 미생물제제 농가 보급 확대·지원 (지역별 연간 3억~66억 원) - 축사 시설 현대화사업을 통한 스크러버 등의 저감 장치 설치 지원 (2019년: 15개소) - 축산환경 개선지역(1,449개소)의 중점관리 및 악취 발생을 사전예방하고 가축분뇨를 신속히 처리할 수 있는 ‘깨끗한 축산농장’의 지정 확대 (1,815개소(2018년)→2,500개소(2019년)) - 퇴비 유통 전문조직 육성 (140개소(2019년)→160개소(2022년)→180개소(2024년)) - 퇴비 부숙도 모니터링을 통한 암모니아 관리를 목표로 부숙도 기준 교육·점검 시행 - ICT 암모니아 측정기(76개소(2019년)→300개소(2022년)) 및 휴대용 부숙도 측정기 개발·보급 추진 ○ 비료사용농경지 부문 <ul style="list-style-type: none"> - 친환경 농업의 확대 (4.9%(2018년)→8.0%(2022년)) - 직불제 참여 농가에 화학비료 사용량 상한 의무를 2020년부터 부과 ○ 농업부문 미세먼지 발생실태, 영향평가, 저감기술 개발에 대한 10개 연구과제(2019~2021) 및 축산분뇨 및 화학비료 유래 미세먼지의 배출 기작 등에 관련된 연구 사업(2020~2021)을 추진 (총 195억 원을 투입)

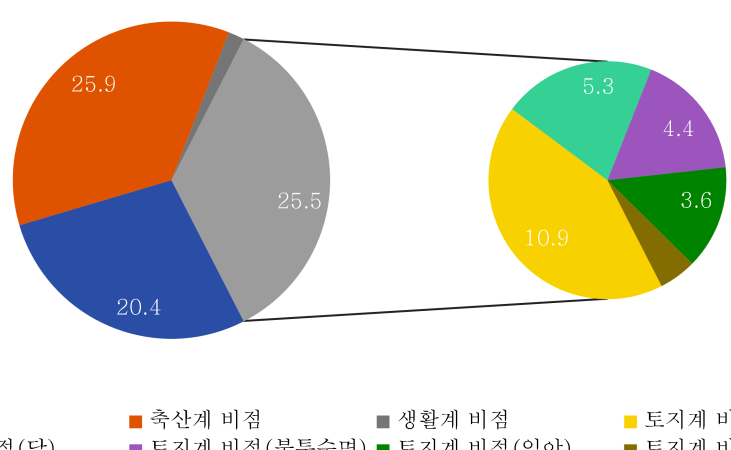
⑨ 지역자원 기반 경축순환농업 활성화 방안 (2019, 농어촌·농어업특별위원회)

목적	농업-축산-환경이 조화되는 지속가능한 농축산업 도모
주요 추진과제	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모범사례 발굴, 기존제도 활용, 이해관계자 인식개선 ○ 양분관리시스템 포함 토양 양분관리제도 도입 제안 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 실정(계절별 강수량에 맞는 산정방법론 도입) - 토양 양분관리시스템 구축을 통한 체계적·지역별 양분관리 - 토양 양분관리 전담기관 구성으로 효율적·체계적 관리 추구 - 화학비료 감축 및 적정 사육두수 관리(양분수지 고려) * 토양 양분관리시스템 포함 사항 <ul style="list-style-type: none"> 농경지 현황(AgriX 데이터 활용, 농경지 및 조사료 재배가능면적 확인) 유기성 자원(농협 비료 판매량, 올바로 시스템 활용 토양투입양분 확인) 사육두수(가축이력시스템, KAHIS 등으로부터 가축사육 규모 확인) 사육밀도(새울 시스템 등록 축산업 허가면적정보 이용) 분뇨시설(새울 시스템 배출시설 신고·허가사항정보 이용) 적정처리(올바로 시스템·가축분뇨 전자인계관리시스템 확인) 등 ○ 가축분뇨자원 생산-유통-이용 전과정 활성화 지원 ○ 경종농업 생산 작물 축산업 활용방안 마련
기대 효과	토양오염 및 악취 완화, 농업·농촌 공익적 가치 증대

⑩ 제2차 물환경관리 기본계획 (2016~2025, 환경부)

목적	하천 전 유역의 자연과 상생하는 건강한 물순환 달성
주요 추진과제	<ul style="list-style-type: none"> ○ 5대 핵심 전략: 건강한 물순환체계 확립, 유역통합관리, 수생태계 건강성 제고, 안전한 물환경기반 조성, 경제·문화적 가치 창출 ○ 유역통합관리 전략 내 추진과제 <ul style="list-style-type: none"> - 주요 상수원 수질 I등급 달성 및 유역계획 수립 - 오염총량제 운영방식 개선 - 지류·지천 수질개선 강화 - 농·축산업 분야 오염원 중점 관리 지자체별 양분관리제 도입: 영양물질수지 지표 파악, 잉여 양분의 영향 파악, 관리목표 설정 - 사전예방적 비점오염원 관리 농촌 비점오염원 관리: 비점관리지역 지정, 최적영농기법에 보조금 지급, 영농행위 관리 강화 등 - 집중관리대상 호소별 수질목표 설정 및 관리 - 하구 및 하구호 관리를 위한 부처간 협업

⑪ 제3차 강우유출 비점오염원 관리 종합대책 (2021~2025, 정부합동)

<p>목적</p>	<p>비점오염원의 효율적 관리를 위한 전략·추진과제 마련</p>  <p> ■ 점오염원 ■ 축산계 비점 ■ 생활계 비점 ■ 토지계 비점(전) ■ 토지계 비점(답) ■ 토지계 비점(불투수면) ■ 토지계 비점(임야) ■ 토지계 비점(기타) </p> <p>그림 5. 관리유형별 오염물질 배출부하량 (TP기준, t/일) (2018, 대한민국 정부)</p>
<p>주요 추진과제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 도시, 농·축산, 산림, 관리기반의 중점관리분야 설정 ○ 농·축산 분야 추진과제 <ul style="list-style-type: none"> - 지역단위 양분관리제 기반마련 및 확대 시행 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 양분관리제 시범사업 확대 추진 ▶ 시군구별 양분관리 세부 목표기준 제시 ▶ 농식품부와 협조하여 가축분뇨법 개정 추진 ▶ 지역단위 양분관리 세부지침(안) 마련 - 농업생산기반시설 연계 관리 - 공익직불제연계 농업비점발생 저감 - 주민참여형 농업비점관리 및 거버넌스 구축 확대 - 상수원 비점관리를 위한 친환경관리 계약제 도입 검토 - 유역 중심 비점오염관리를 위한 유역진단 실시 - 가축분뇨 관리 고도화
<p>기대 효과</p>	<p>수생태계 건강성 회복, 효과적인 비점오염저감활동 추진 등</p>

⑫ 지역단위 양분관리 시범사업 (2019~, 국립환경과학원)

목적	비료 과잉사용에 따른 비점오염 발생 억제를 위한 양분관리제도 기반 마련
사업 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시범지역별 양분관리 거버넌스 구축·운영, 양분관리 교육·홍보, 양분수지 관리목표 설정 및 시행계획(안)수립·이행·평가 ○ 충북 옥천군(서화천 유역) (2017년 양분수지: 234.1 kgN/ha, 42.4 kgP/ha) <ul style="list-style-type: none"> - 기존 선행연구를 통한 주민과의 협조 및 양분관리 시행계획 기 수립 - 양분초과율(= 양분 잉여량/표준 시비량)의 점진적 감축(유도지역 → 관심지역) 목표 - 경축순환을 통한 마을 단위 양분관리 운영 시도 - 참여농가 원활한 섭외, 높은 만족도 등 양분관리 공감대 형성 성과 ○ 충남 홍성군 (2018년 양분수지: 697.0 kgN/ha, 104.7 kgP/ha) <ul style="list-style-type: none"> - 가축분뇨(돈분) 문제(폐수 4,260t/일, 고형물 1,310t/일 발생) 심각 - 군 단위 거버넌스(자율협의체)구축 및 운영 및 세부 이행과제 도출 후 시행계획(안) 수립 - 민관 협력 거버넌스 4개 유형 제시 (법적협의체 신설, 지역협의체 신설, 행정조직 활용, 자율 민간연구소) - 양분투입 삭감 전략, 가축분뇨 집중관리 시스템, 기존 환경농업정책 연계를 중심으로 시행계획 수립 - 양분관리에 대한 행정기관, 농가 등의 무관심, 축산 행정 불신 만연 확인 ○ 시범사업 2기 (경북 영천시·군위군, 경기 여주시, 충남 서천군) <ul style="list-style-type: none"> - 양분과잉지표 (양분과잉지표 = (투입량 - 산출량) / 재배면적) 및 양분 잉여율 설정 ((양분투입량 - 작물생산면적×표준시비량) / 작물생산면적×표준시비량) <ul style="list-style-type: none"> ▶ 이를 기준으로 하여 지역별 등급을 설정하였음 - 3년 주기로 지역별 양분수지를 평가하여 각 등급에 할당하고, 각 지자체는 지역별 양분총량관리 시행계획을 수립하여 균형수준에 다다를 때까지 단계적으로 감축 추진 제안 - 지자체별 지역단위 양분관리 협의체와 중간관리조직인 양분관리센터의 역할 분담과 협력을 통해 지역 양분관리 진행 제안
기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 환경적 기대효과: 수질 개선, 비료 사용 절감등 ○ 경제적 기대효과: 조사료 순환등 ○ 사회적 기대효과: 양분관리 필요성 고취, 해결의지 향상 등
한계	빈약한 법률·제도적 지원, 소극적 행정, 낮은 경제적 지속가능성, 농민의 퇴·액비 품질에 대한 불신 등

⑬ 제2차 악취방지종합시책(2019~2028) (2018, 환경부)

<p>목적</p>	<p>악취배출원의 선제적·과학적 관리기반을 확립하여 악취 없는 쾌적한 생활 환경 조성</p> <p>- 악취민원: 2만3천 건 (2017) → 1만 건 (2028)</p>
<p>주요 추진과제</p>	<p>○ 사전예방적 악취관리, 맞춤형 배출원 관리, 과학적 관리 기반 강화 등에 중점</p> <p>○ 축산부문 악취 시책</p> <p>- 악취 포집·처리시설을 구비한 밀폐 축사의 수를 단계적으로 확대</p> <p>- 축사 배출시설을 명시하고 새로이 배출허용기준을 설정 예정</p> <p>- 악취자동관리시스템 도입 시범사업 추진 (2022~)</p> <p> 암모니아 센서, 축사 자동청소시스템, 사물인터넷(IoT)을 결합, 축사 밀집 지역 대상으로 현대식 관리를 추진</p> <p>- 축산분뇨 전자인계관리시스템의 보급 추진</p> <p>- 퇴·액비 살포기준 확대 적용</p> <p> 농가면적이 1,500 m²이상-부속후기·완료, 1,500 m²미만-부속중기</p> <p> 2021년 3월 25일부터 개정된 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률에 의거하여 퇴비 부속도 검사 의무화 본격적으로 시작</p> <p> (원래는 2020년부터였으나 1년 유예),</p> <p> 농촌진흥청에서는 축사로(축산업 관리서비스)에 퇴비관리기능 추가</p>

⑭ 미세먼지 관리 종합계획(2020~2024) (2019, 정부합동)

목적	<p>초미세먼지 이외에도 주요 전구물질인 황산화물, 질소산화물, 휘발성 유기화합물, 암모니아를 관리 물질로 지정하여 전국을 대상으로 한 미세먼지 감축·관리</p>																																
주요 추진과제	<p>○ 대기환경보전법 시행규칙을 수정하여 관리 물질별 사업장 배출허용기준을 2020년부터 이전보다 더 강화하였고, 사업장 분류를 기존 5개 부문에서 7개 부문으로 세분화 (표 3)</p> <p>표 3. 대기환경보전법 시행규칙 하 사업장별 암모니아 배출허용기준 개정 현황</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">2019.12.31. 이전</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">배출원</th> <th style="text-align: center;">배출허용기준</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>화학비료·질소화합물 제조시설</td> <td>20ppm 이하</td> </tr> <tr> <td>무기안료·염료·유연제·착색제 제조시설</td> <td>20ppm 이하</td> </tr> <tr> <td>폐수·폐기물·폐가스 소각처리시설 및 고형연료제품 사용시설</td> <td>30ppm 이하</td> </tr> <tr> <td>시멘트 공정 소성시설</td> <td>30ppm 이하</td> </tr> <tr> <td>이외</td> <td>50ppm 이하</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">2020.01.01. 이후</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">배출원</th> <th style="text-align: center;">배출허용기준</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>화학비료·질소화합물 제조시설</td> <td>12ppm 이하</td> </tr> <tr> <td>유기질비료 제조시설 (퇴·액비화 시설 포함)</td> <td>30ppm 이하</td> </tr> <tr> <td>무기안료·염료·유연제·착색제 제조시설</td> <td>12ppm 이하</td> </tr> <tr> <td>폐수·폐기물·폐가스 소각처리시설 및 동물화장시설</td> <td>20ppm 이하</td> </tr> <tr> <td>고형연료제품 사용시설</td> <td>15ppm 이하</td> </tr> <tr> <td>시멘트 공정 소성시설</td> <td>20ppm 이하</td> </tr> <tr> <td>이외</td> <td>30ppm 이하</td> </tr> </tbody> </table> <p>○ 축산부문에서의 암모니아 배출 관리</p> <ul style="list-style-type: none"> - 체계화된 퇴비 유통시스템을 구축 및 퇴비 부숙도 관리반 구성 - 암모니아 관리 지도·점검 대상도 대규모 농가에서 중소규모 농가 (연면적 1,500m² 규모 미만)까지 확대 추진 - 미생물 제재 보급을 통한 암모니아 저감: 시군별 농업기술센터에서 연간 1만4천t의 분뇨 및 사료 적용 미생물 제재를 생산 후 6만9천여 농가 (전체 40.2%)에 보급 - 축사 악취 저감시설의 지정 확대 186개소 (2019년) → 400개소 (2022년) → 500개소 (2024년) - 축사 현대화 및 축사 암모니아 배출기준 설정 추진 <p>○ 비료사용농경지 부문에서의 암모니아 배출 관리</p> <ul style="list-style-type: none"> - 농업환경보전 프로그램 확대 	2019.12.31. 이전		배출원	배출허용기준	화학비료·질소화합물 제조시설	20ppm 이하	무기안료·염료·유연제·착색제 제조시설	20ppm 이하	폐수·폐기물·폐가스 소각처리시설 및 고형연료제품 사용시설	30ppm 이하	시멘트 공정 소성시설	30ppm 이하	이외	50ppm 이하	2020.01.01. 이후		배출원	배출허용기준	화학비료·질소화합물 제조시설	12ppm 이하	유기질비료 제조시설 (퇴·액비화 시설 포함)	30ppm 이하	무기안료·염료·유연제·착색제 제조시설	12ppm 이하	폐수·폐기물·폐가스 소각처리시설 및 동물화장시설	20ppm 이하	고형연료제품 사용시설	15ppm 이하	시멘트 공정 소성시설	20ppm 이하	이외	30ppm 이하
2019.12.31. 이전																																	
배출원	배출허용기준																																
화학비료·질소화합물 제조시설	20ppm 이하																																
무기안료·염료·유연제·착색제 제조시설	20ppm 이하																																
폐수·폐기물·폐가스 소각처리시설 및 고형연료제품 사용시설	30ppm 이하																																
시멘트 공정 소성시설	30ppm 이하																																
이외	50ppm 이하																																
2020.01.01. 이후																																	
배출원	배출허용기준																																
화학비료·질소화합물 제조시설	12ppm 이하																																
유기질비료 제조시설 (퇴·액비화 시설 포함)	30ppm 이하																																
무기안료·염료·유연제·착색제 제조시설	12ppm 이하																																
폐수·폐기물·폐가스 소각처리시설 및 동물화장시설	20ppm 이하																																
고형연료제품 사용시설	15ppm 이하																																
시멘트 공정 소성시설	20ppm 이하																																
이외	30ppm 이하																																

(2) 국내 양분관리 관련 시스템 현황

(가) 요약

- 현재 서비스 중인 토양·농림·축산 정보 관련 시스템뿐 아니라, 향후 잠재적으로 활용 가능성을 보이는 시스템을 조사하여 정리하였음 (표 4)

표 4. 국내 양분관리 관련 시스템 현황

대상	시스템·조사명	링크
농경지별 토양 특성 (일부 필지 한정)	토양환경정보시스템-흙토람	soil.rda.go.kr
농경지별 토양 특성	농업환경변동조사	
농작물 재배현황, 가축 사육현황 (등록 농업사업체 한정)	농림사업정보시스템-AgriX	uni.agrix.go.kr
농작물 생산량 (일부 작물 한정)	농작물생산조사	kosis.go.kr
농작물 면적 (일부 작물 한정)	농림어업조사	
무기·유기질비료 투입량, 종자·종묘 투입량 (일부 작물 한정)	농축산물생산비조사	
가축 두수	축산물이력제	aunit.mtrace.go.kr
가축분뇨 발생량 (1,000 kg/일 처리 이상)	폐기물적법처리시스템-올바로	allbaro.or.kr
가축분뇨 발생량, 액비 처리·운송·살포량 (돈분 한정)	가축분뇨 전자인계관리시스템	lsns.or.kr
가축분뇨 발생량, 퇴·액비 처리량	전국오염원조사시스템	wems.nier.go.kr
가축분뇨배출시설관리 현황, 농지정보 등	시군구행정정보시스템-새올	시군구별 구비
종합	가축분뇨 실태조사 시스템	

(나) 시스템별 현황

① 토양환경정보시스템-흙토람 (2001, 국립농업과학원)

목적	농사를 짓고자 할 때 토양특성에 맞는 작물을 재배할 수 있도록 하기 위해 토양환경정보 및 추천 시비량을 제공하여, 농업환경보전과 농산물 안전생산의 전국적 기반 구축
구성요소	<ul style="list-style-type: none"> ○ 토양환경지도 <ul style="list-style-type: none"> - 작물별(64종 대상) 토양적성도: 전국 토지 대상 최적지~저위생산지 안내 - 농경지 화학성: 기 검정 논, 밭, 시설재배지, 과수원 대상 지원 산도, 유기물, 유효인산, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 유효규산(논 한정) - 토양 특성: 전국 토지 대상 단면특성·토양지형·토양분류·토양해설 정보 제공 - 정밀농업기후도: 전국 토지 대상 평년(30년간) 월평균·최고·최저기온, 강수량 데이터 제공 - 생물상분포도: 전국 토지 대상 대지 이용(나지, 밭, 도로변 등 15가지)에 대한 식생 서식 정보 지점별 제공 - 농업환경변동정보조사정보 제공 - 토양 검정필지: 필지의 토양검정 시점 안내 - 친환경 인증정보: 유기 및 무농약농산물 인증 농가 확인 ○ 비료사용처방 서비스: 토양특성정보를 기반으로 한 작물별 시비처방 <ul style="list-style-type: none"> - 처방 발급 토지 대상 최근 5년 내 자료 조회 가능 - 비료사용처방 체험 서비스 제공 - 작물별 비료 표준사용량 처방 서비스 지원 (14개 유형) - 화학비료 대체 가축분 퇴비량 추천 - 객토량 산정 서비스 제공
향후 활용방안	필지별 비료사용처방 데이터 지도상 제공
한계	부족한 농경지 화학성 지표 수, 등록된 작물·필지 한정 데이터 제공, 사용자 친화적이지 않은 UI 등

발 토양 비료사용 처방서

경지 현황

조사번호	2019-123	작물명	배추(노지)	면적	850㎡
경작자명	[redacted]				
경작자주소	[redacted]				
토양유형	보통답	토성	양토	토양층	지산층 배수등급 약간불량
토양특성	지하수위가 높거나 물이 솟는 토양으로 습해가 우려되므로 배수개선과 배수시설 관리가 필요하며 습해에 강한 작물 재배를 권장합니다.				

토양검정 결과

단위	pH(1:5)	유기물	총노인산	질소	칼슘	마그네슘	전기전도도
적정범위	6.0-6.5	25-35	350-450	0.65-0.8	5.0-6.0	1.5-2.0	2 이하

☞ 퇴비와 인산함량이 높은 비료를 사용하면 좋습니다.

비료 추천량 (kg / 850 m²) 비료와 퇴비는 각각 한 종류만 선택하여 사용하십시오.

구분	질소질비료		인산질비료		칼리질비료		퇴비(사관퇴비)		소석회 (석회고도)
	요소	유안	용성인비	용과원	염화칼리	황산칼리	기본량	비료대체	
밀거름	11	23	43	43	8	9	332	510	841 (169)
웃거름	39	85	0	0	14	16	-	-	-

< 참고 > >10a당 화학비료 성분량(밀거름/웃거름): 질소(11.3/21.0),인산(17.7/0.0),칼리(11.7/9.6)kg

*** 참고사항**
- 본 처방서는 밀거름 화학비료 사용량의 일부를 가축분퇴비로 추천하므로 퇴비는 합계량 만큼 주십시오.

☞ 담당자 의견
▶ 배추(노지) 재배시에 밀거름은 추천한 비료량을 사용하고 웃거름은 생육상태에 따라 다소 조절해 주셔도 됩니다.
<참고> 정식 30일 후 1차 웃거름으로 요소 19.4kg, 염화칼리 6.8kg을 주고, 결구가 형성될 때 2차 웃거름으로 요소 19.4kg, 염화칼리 6.8kg을 줍니다.

국립농업과학원

토양검정일: 2019년 11월 13일 발급일자: 2019년11월26일 담당자: 이예진 전화: 063-350-1111

그림 6. 비료사용 처방서

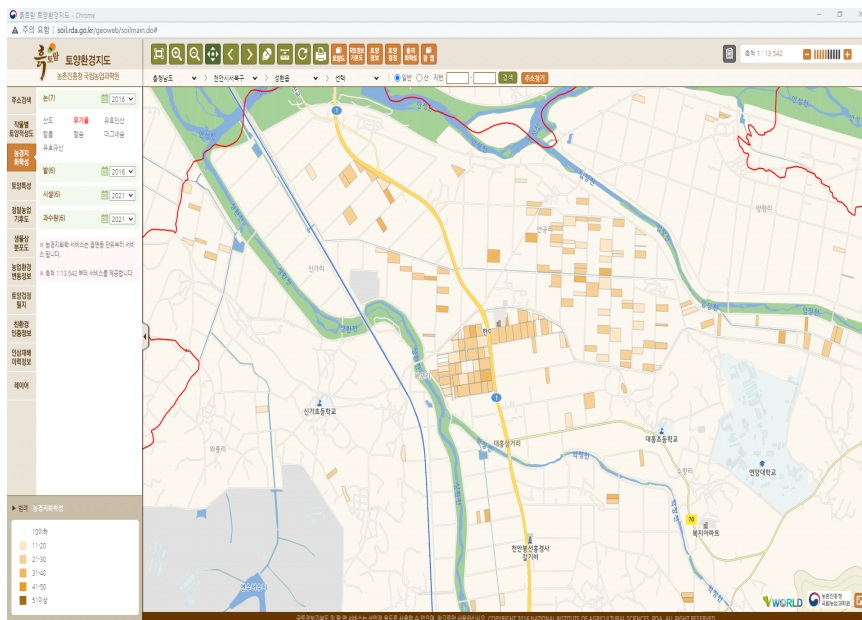


그림 7. 핫토람 제공 노토양 유기물 분포지도

② 농업환경변동정보조사 (농림축산식품부, 1999~)

목적	<p>농업환경 변화의 전국적인 자료를 축적하여 토양 이화학성 및 분포현황을 평가하고 이를 토양미생물 군집 현황과 비교하여 상관관계를 구명함과 동시에 농업용수의 건전성을 평가함으로써 농업환경을 보전하기 위한 종합대책 수립 및 친환경 농산물 생산 기초자료 제공</p>
조사방법·대상	<p>○ 조사방법: 4년 1주기 실시, 전국 지점별 표본조사</p> <ul style="list-style-type: none"> - 토양화학성: 지목별 시기에 맞추어 표토 시료 채취 후 항목별 분석 (영농유형, 조사회차별 지점 수 차이) - 토양중금속: 일반·취약농경지(공단 인근) 표토 시료 채취 후 항목별 분석 - 토양물리성: 표·심토 경도측정 이후 시료 채취 및 항목별 분석 (영농유형, 조사회차별 지점 수 차이) - 하천수질: 지류 말단지점 매년 3회 시료 채취 후 분석 (300지점) - 지하수질: 영농유형별 매년 2회 시료 채취 후 분석 (200지점) - 토양 미생물: 화학성 분석 시료 활용, 석력 분리 및 2주 안정화 이후 분석 (영농유형, 조사회차별 지점 수 차이) - 농업생태계: 지목·도별 4지점에서 연 2회 실시, 육안검정 및 채집 <p>○ 조사대상: 논토양, 시설재배지토양, 밭토양, 과수원토양</p> <p>○ 조사항목</p> <ul style="list-style-type: none"> - 토양화학성: pH, EC, 유기물, 가용인산, 치환성양이온(K, Ca, Mg), 가용 규산(논), 질산염(시설재배지), 석회소요량(밭, 과수), CEC - 토양중금속: Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, As - 토양물리성: 경도, 용적밀도, 토성, 삼상 등 - 하천수질: pH, DO, BOD, COD, TP, SS, EC, TN, NH₄-N, Ca, K, Mg, Na - 지하수질: pH, NO₃-N, Cl⁻, Cd, As, Hg, Pb, EC, Ca, K, Mg, Na, SO₄²⁻, TN, TP - 토양 미생물: 미생물상, 미생물체량, 탈수소효소활성 등 - 농업생태계: 식물, 곤충, 조류(논), 수서무척추동물(논)
향후 활용방안	<p>양분수지 관리목표 및 토양 개선목표 설정에 참조</p>
기대 효과	<p>토양개량, 비료사용 대책 수립 및 친환경농업의 기반 구축, 농업환경정책 수립을 위한 기초자료 확보, 토양물리성 개량 기준 수립, 농경지 및 농산물 안전관리 시스템 구축 등</p>

③ 농림사업정보시스템-AgriX (2004, 농림축산식품부)


<p>목적</p>	<p>농림사업 관리의 효율성 향상, 관련 정보 제공 및 사업 활성화를 위해 사업의 신청에서 정산까지의 전 과정을 통합관리</p>
<p>구성요소</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 농림부 시행 농식품사업 시행지침서 제공 <ul style="list-style-type: none"> - 사업 신청 방법, 목적, 자격요건 등 내용 확인 ○ 직불제 정보열람: 쌀, 밭, 조건불리, 공익직불제 등 신청자 정보 제공 ○ 직불금 모의계산 서비스 ○ 농업경영체 등록관리시스템: 농업경영체 등록 여부 확인 ○ 컨설팅업체 조회: 농업사업 운영에 있어 필요한 컨설팅업체 중개 ○ 등록 농가의 세부 작물별 농경지 면적 및 가축 현황 파악 가능 <ul style="list-style-type: none"> - 축산부문에서는 축종 및 합산두수, 축산폐수배출량·시설, 가축분뇨 처리시설 규모·처리 내역, 위탁처리 관련 내용 등을 조회할 수 있음 
<p>이점</p>	<p>외부기관과의 연계 용이, 맞춤형 농림사업 안내 서비스 제공</p>
<p>향후 활용방안</p>	<p>농작물생산조사 등 정부 통계조사에서 집계되지 않는 축종 및 작물 데이터에 대한 정보 추출</p>
<p>한계</p>	<p>시스템상 등록된 농업(법)인 8,439개소에 한정된 자료 - 전국오염원조사 대상 농가(142,387개소), 축산업허가증 보유 농가(24,231개소), 가축분뇨배출시설현황 조사 농가(90,149개소) 수 대비 적은 수치</p>

그림 8. AgriX 제공 서비스 개요

④ 농작물생산조사 (통계청, 1965~)

목적	전국 시도별 주요 작물의 생산량 및 재배면적을 조사함으로써 식량 생산 계획, 토지이용 개선, 농업경영 개선, 농산물 가격안정, 유통대책 등 농업정책 수행과 학술 연구 및 국민계정 등 여타 가공통계의 기초자료로 활용
조사방법·대상	○ 조사방법: 표본조사(16종) 및 행정조사(37종) ○ 조사대상: 연간/시도별 작물·부산물 생산량 및 재배면적 - 식량작물: 미곡(2종), 잡곡(2종), 맥류(4종), 두류(4종), 서류(4종) - 채소: 22종, 과실: 9종, 특용작물: 4종 - 논벼 벗짚 생산량
향후 활용방안	작물·부산물(벗짚 한정) 생산량 데이터 및 경작지 면적 데이터 추출
한계	주요 작물에만 한정된 데이터, 기초지자체 단위 자료의 부재 등

⑤ 농림어업조사 (통계청, 2011~)

목적	매년 전국 농림어가 규모, 인구, 분포 및 경영형태를 파악하여 농림어업·농산촌 정책의 수립 및 평가에 참조
조사방법·대상	○ 조사방법: 표본조사 (선정 농림어가 대상 면접 실시) (농가 45,320가구, 임가 4,486가구, 해수면어가 4,513가구, 내수면어가 706가구) ○ 조사대상: 연간/시도별 농림어가별 규모, 인구, 분포 및 경영형태 - 농업, 해수면어업, 내수면어업, 임업 부문 - 행정구역, 연령, 성별, 영농형태, 유기농·무농약 실천, 가축분뇨 수거·처리 방법, 작물 등 각종 부문별 농가인구 현황
향후 활용방안	농업 부문에서 경작지 면적 데이터 추출

⑥ 농축산물생산비조사 (통계청, 1954~)

목적	농축산물 적정가격 결정 및 농가 경영개선 등 농업정책 수립에 참조하고자 주요 작물 생산에 관련된 경제적 항목 조사
조사방법·대상	○ 조사방법: 표본조사 (농산물 1,600가구, 축산물 1,400가구 대상) ○ 조사대상 - 농산물 부문: 5개 작물(논벼, 마늘, 양파, 고추, 콩) 대상 지자체·재배규모·연령 등 각종 부문별 경영개황, 생산비(직·간접), 주요투입물량·시간, 소득분석 등 - 축산물 부문: 수입·지출현황 및 설비·가축 등 자본평가액
향후 활용방안	작물별 주요 투입물량 항목 중 유·무기질 비료 및 종자·종묘 투입량 데이터 추출
한계	극히 일부 작물에만 한정된 조사항목

⑦ 가축분뇨 전자인계관리시스템 (2014)

목적	가축분뇨 불법투기를 방지하여 수질오염 및 온실가스 배출 등의 환경오염 발생을 억제하고, 축산분뇨의 사후추적이 가능한 정보화 관리시스템의 구축
구성요소	○ 인허가신청 - 가축분뇨처리에 대한 신고 등 인허가 자료 등록 ○ 인계관리 - 가축분뇨인계서 및 액비인계서 작성을 통한 인계현황 등록·관리·조회 ○ 현황관리 - 분뇨·액비 수송차량 운행이력·현황 조회 및 운행관계 ○ 대장관리 - 가축분뇨·퇴액비 관리대장 및 처리·배출시설 관리일지 작성·관리
향후 활용방안	면적당 액비 살포량, 축종·형상에 따른 배출유형별 배출정보, 퇴·액비 유출입량의 지역 기반 통계정보 추출 (일, 월, 분기, 연 단위)
한계	현재 돈분 및 액비에만 관리대상 한정
기대 효과	분뇨처리량의 실시간 파악, 환경오염방지 및 민원발생 감소, 오염 발생 원인 추적 가능, 가축분뇨 관리 효율적인 점검

⑧ 전국오염원조사시스템 (국립환경과학원)

<p>목적</p>	<p>전국 수질오염원에 대한 통계자료를 구축하여 전국 공공수역 영향권의 물 환경 정책, 수질오염 총량관리 및 환경기초시설 투자계획 수립 시 기초자료로 활용하기 위함</p>																					
<p>구성요소</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자료입력·검증: 조사대상 업체별 데이터 입력 후 검증 실시 ○ 통계관리: 행정구역·수계별, 산업·축산계 등 부문별 통계 ○ 자료공개: 행정구역·수계별 통계자료 제공 ○ 조사내용 <ul style="list-style-type: none"> - 8개 오염원 부문(생활계, 축산계, 산업계, 토지계, 양식계, 매립계, 환경기초시설, 기타)으로부터 현황 자료 (광역·기초지자체별 자료 조회 가능) - 토지계: 28개 지목별 토지이용 면적조사 (임야, 대지, 논, 밭 등) - 축산계: 허가·신고대상 및 신고 미만 축산농가별 가축분뇨 배출 현황 자료, (축종, 사육두수, 축사면적, 가축분뇨 처리방법별 현황 및 방류·살포지역) 가축분뇨 수집·운반·처리실적, 처리방법, 처리 축종 등 <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p>가축분뇨 처리방법별 현황 (2019)</p> <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>처리방법</th> <th>량 (m³/일)</th> <th>비율 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>퇴비화(자가/위탁)</td> <td>107,768</td> <td>70.3%</td> </tr> <tr> <td>액비화(자가/위탁)</td> <td>10,882</td> <td>7.1%</td> </tr> <tr> <td>정화처리(자가/위탁)</td> <td>9,129</td> <td>6.0%</td> </tr> <tr> <td>기타·미처리</td> <td>10,473</td> <td>6.8%</td> </tr> <tr> <td>5,287 (3.5%)</td> <td>5,287</td> <td>3.5%</td> </tr> <tr> <td>9,107 (5.9%)</td> <td>9,107</td> <td>5.9%</td> </tr> </tbody> </table> <p> ■ 퇴비화(자가/위탁) ■ 액비화(자가/위탁) ■ 정화처리(자가/위탁) ■ 기타·미처리 (단위: m³/일) </p> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">그림 9. 전국오염원조사에 따른 가축분뇨의 처리방법별 현황 (2019, e-나라지표)</p>	처리방법	량 (m³/일)	비율 (%)	퇴비화(자가/위탁)	107,768	70.3%	액비화(자가/위탁)	10,882	7.1%	정화처리(자가/위탁)	9,129	6.0%	기타·미처리	10,473	6.8%	5,287 (3.5%)	5,287	3.5%	9,107 (5.9%)	9,107	5.9%
처리방법	량 (m³/일)	비율 (%)																				
퇴비화(자가/위탁)	107,768	70.3%																				
액비화(자가/위탁)	10,882	7.1%																				
정화처리(자가/위탁)	9,129	6.0%																				
기타·미처리	10,473	6.8%																				
5,287 (3.5%)	5,287	3.5%																				
9,107 (5.9%)	9,107	5.9%																				
<p>향후 활용방안</p>	<p>가축분뇨 발생·처리현황 데이터를 활용한 축종별 퇴·액비 실제 생산량 데이터 추출</p>																					

⑨ 시군구행정정보시스템-서울 (2007, 행정안전부)

목적	시군구의 효율적 행정업무 수행 지원, 행정기관(기초-광역-중앙) 간 정보연계를 통한 신속한 민원서비스 제공 등
구성요소	농업, 축산, 환경 등 22개 행정업무 분야별 관련 데이터
이점	높은 기관 간 연계성, 공간적 고해상도 데이터 획득 가능
한계	외부로부터의 접근 제한, 일괄적 데이터 확인 불가

* 해당 시스템의 경우, 외부인의 접근을 제한하고 있어 정확한 제공 서비스 등을 확인하지 못함

⑩ 폐기물적법처리시스템-올바로 (2000)

목적	폐기물의 배출에서부터 운반·최종처리까지의 전 과정을 인터넷을 통해 실시간으로 투명하게 관리하는 시스템으로 폐기물의 발생억제(폐기물 감량), 재활용(순환골재유통정보), 적정처리(적법처리, RFID시스템)을 통한 폐기물의 전 생애적 관리를 하나로 통합
사용대상 배출자	○ 지정폐기물 - 폐농약, 광재, 분진 등 14개 품목: 월 50 kg 이상 또는 합계 130 kg 이상 - 폐합성고분자화합물 등 6개 품목: 월 100 kg 이상 또는 합계 200 kg 이상 - 오니: 월 500 kg 이상 - PCBs, 폐유독물, 의료폐기물 ○ 지정폐기물 이외 사업장폐기물 - 대기환경보전법, 물환경보전법, 소음·진동관리법에 따른 배출시설 발생: 일평균 100 kg 이상 - 폐수종말·공공하수·(가축)분뇨·폐기물처리시설 발생: 일평균 100 kg 이상 - 이외: 일평균 300 kg 이상 - 건설폐기물: 5 t 이상
구성요소	○ 기본 서비스 - 폐기물처리계획서 등 인허가 업무 - 폐기물 인계정보 관리(전자인계서 발급) * 전자인계서 유형: 인터넷, ARS, EDI, RFID, 모바일 - 폐기물 대장관리, 폐기물 연간배출·운반·처리 실적보고 ○ 순환골재: 순환골재 소개, 품질기준, 유통지원정보, 업체탐방 등 ○ 수출입폐기물: 바젤협약에 따른 수출입폐기물 허가·신고 서비스
한계	가축분뇨의 경우, 일평균 100 kg 이상 처리 가축분뇨공공처리시설만 한정

⑪ 가축분뇨 실태조사 (환경부, 2016~)

목적	<p>가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률에 근거하여 가축분뇨 관련 정책의 실효성을 높이고, 가축분뇨관리, 양분관리제도, 경축순환 등 신규 정책의 현장 수용성을 높이기 위함</p>
조사방법·대상	<p>○ 조사방법</p> <ul style="list-style-type: none"> - 축산현황 (연 1회 이상) <ul style="list-style-type: none"> ▶ 가축사육현황(서면·현장), 가축분뇨현황(서면·현장, 시료분석) - 양분현황 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 작목별 비료, 퇴·액비 수급 (연 4회 이상)·살포 (연 1회 이상) 현황: 서면·현장 ▶ 보통비료 및 퇴·액비 성상 (1회 이상): 시료분석(비료관리법 시행령 15조) ▶ 작물 양분소비도 (1회 이상): 서면·현장조사, 시료분석 ▶ 토양 양분 (2회 이상): 서면·현장조사, 시료분석 - 환경오염현황 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 하천·호소 (월 1회): 시료분석(수질오염공정시험기준) ▶ 지하수 (연 4회 이상): 시료분석(수질오염공정시험기준) ▶ 토양 (퇴·액비 살포 전후, 연 4회): 시료분석(토양오염공정시험기준) ▶ 악취 (연 4회): 시료분석 (악취공정시험기준) <p>○ 조사대상</p> <ul style="list-style-type: none"> - 주요 축종(소, 돼지 등)의 가축분뇨 발생량이 현저히 증가한 시·군 지역 - 농경지 살포 양분량이 권장 작목별 표준시비량보다 높은 농경지 - 수질·수생태계 환경기준 초과 지역 중 가축분뇨로 인한 오염 발생·우려 지역 - 지하수 수질기준 초과 지역 중 가축분뇨로 인한 오염 발생·우려 지역 - 토양오염대책기준 초과 지역 중 가축분뇨로 인한 오염 발생·우려 지역 <p>○ 조사항목</p> <ul style="list-style-type: none"> - 축산현황 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 가축사육현황: 축종별 사육두수, 연간 사료소비량, 연간 사육일수, 축산물 출하량 ▶ 가축분뇨현황: 가축평균중량, 두당 일일 분뇨발생량, 처리유형별 현황, 잔류항생물질 등 - 양분현황 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 작목별 비료, 퇴·액비 살포 현황: 살포량·시기, 작목별 재배 면적 등 ▶ 보통비료 성상: 질소전량, 인산전량, 칼륨전량 ▶ 퇴·액비 성상: 유기질/질소 비 (퇴비), 부숙도, 염분, As, Hg, Pb, Cr, Cu, Ni, Zn, 염산불용해물 (퇴비), 대장균, 살모넬라균 ▶ 작물 양분소비도: 재배작물 종류·시기·생산량, 농지면적, N, P₂O₅, K₂O ▶ 토양 양분: 토질, 유기물, CEC, EC, TN, P₂O₅, K, Ca, Mg, Na 등

	<p>- 환경오염현황</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 하천·호소: 수온, EC, pH, DO, BOD, COD, SS, 총대장균군, TN, NO₃-N, NO₂-N, NH₃-N, TP, PO₄-P, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb, Hg, Cr⁶⁺ ▶ 지하수: 수온, EC, pH, DO, NO₃-N, Cl, 총대장균군, As, Cd, Pb, Hg, Cr⁶⁺, 잔류항생물질 ▶ 토양: Cd, Cu, Zn, Ni, As, Pb, Hg, Cr⁶⁺ ▶ 악취: 복합악취, 지정악취물질
향후 활용방안	지역(기초자치단체)별 농가의 양분관리 및 주변 환경지표 데이터 수집 방안
한계	조사대상 설정 관계로 현재까지는 전국 전체 시군에 대한 데이터는 아직 수집되지 않음

IV. 해외 양분관리 관련 정책 및 시스템 현황

(1) 해외 양분관리 관련 정책 현황

(가) 요약

- 현재 일본, EU, 영국, 미국 등 해외 주요국에서 시행되는 양분관리와 관련된 정책에 대하여 담당 부처에서 공개한 자료를 조사하여 정보를 취합하였음
- 일본은 현재 지력증진법(1984년 제정)을 따라 중앙정부(농림수산성) 차원에서 지력 증진 기본지침을 규정하고, 이를 바탕으로 지방자치단체에서 지역별 지력 증진 정책을 시행하고 있으며, 이와는 별개로 흙 만들기 사업을 진행하여 토양의 시비기술 마이스터 등 전문가 육성, 생산 현장의 흙 만들기 활동 지원 등을 추진하고 있음. 이외에도 2011년부터 기존 환경 지불금 제도에서 지구온난화 방지 및 생물다양성 보전에 효과를 보이는 영농활동에 집중한 환경보전형 농업직불제를 독립시켜 운영하고 있음
- 유럽은 유럽연합 차원에서 주도하는 공동농업정책과 질산염 지침을 기반으로 각 회원국이 사정에 맞게 환경규제 및 농업정책을 시행하고 있음. 덴마크의 경우, 강력한 정책 추진을 통해 양분수지를 낮추는 한편 농업생산성을 향상시킴. 한편, 영국은 브렉시트 이후에도 기존 규제 및 정책에 더하여 농업환경 보전 영농활동을 지원하는 새로운 정책을 시행 예정. 프랑스에서는 전 지구의 토양탄소 저장량을 매년 0.4% 증가시켜 인간 활동에 의한 연간 온실가스 배출량을 상쇄하자는 4 per 1000 이니셔티브를 채택하였음
- 미국은 현재 농무부 자연자원보호국의 주관하에 양분관리 농업활동 규정(Code 590)의 제정 등 농경지 양분관리를 시행하고 있으나, 농가들에 양분관리를 강제하지 않고, 그들이 자발적으로 참여하게끔 함. 한편, 지역 차원에서는 양분거래제도와 같이 시장경제적 장치를 도입하여 농민들의 부담을 경감시켜 양분관리 참여를 독려하고 있음

(나) 일본

① 지력증진 기본지침

목적	토양의 물질순환기능, 정화기능, 생물다양성 보전 기능을 회복시킴으로써 지력을 높여 농업 생산성을 향상시키는데 대한 지침 제공
주요 추진과제	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지력증진법 3조 3항에 의해 공표 규정, 현행 지침은 2008년 제정 ○ 유기물(퇴비) 시용, 적정 시비, 적정 경운의 필요성 제시 ○ 적정 토양관리 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 경종과 축산부문이 연계하여 작물 잔사, 가축분뇨 등 유기자원 재활용 시스템 구축 - 토양·작물 진단 실시 및 시비 지도 시스템 구축 - 농기계 공동이용, 작업 수탁 조직 구축 등을 통한 경운 효율화 추진 ○ 대지이용별(논, 밭, 과수) 기본개선목표 설정 (표 5) ○ 환경보전형 농업 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 작물·토양·토양온도별 퇴비시용기준 설정 - 토양·작물진단 기반 시비 실시 - 무경운재배 실시 - 다모작·윤작 추진 - 토양개량자재 시용 등 ○ 토양침식대책 설정: 사면 분할, 식물 피복 등

표 5. 논 토양의 기본개선목표 (현재(2008년 개정안) 기준, 일본 농림수산성)

토양 성질		토양 종류	
		회색 저지토, 회색화토, 황색토, 갈색 저지토, 회색 대지토, 회색화 대지토, 황색 삼림토	다습 Andosol, 이탄토, 흑니토, 흑보크사이트, Andosol
작토 두께		15cm 이상	
서상층 치밀도		야마나카식 경도계로 14mm 이상 24mm 이하	
주요근구역의 최대 치밀도		야마나카식 경도계로 24mm 이하	
담수 투수성		일감수심으로 20mm 이상 30mm 이하	
pH		6.0 이상 6.5 이하 (석회질 토양: 6.0 이상 8.0 이하)	
CEC		건토 100g당 12meq 이상 (중조립질 토양: 8meq 이상)	건토 100g당 15meq 이상
염기 상태	염기포화도	Ca, Mg, K 이온이 CEC 70~90% 포화하도록	Ca, Mg, K 이온이 CEC 60~90% 포화하도록
	염기조성	Ca, Mg, K 함유량이 당량비 65~75:20~25:2~10이 되도록	
유효인산 함유량		건토 100g당 P ₂ O ₅ 형태로 10mg 이상	
유효규산 함유량		건토 100g당 SiO ₂ 형태로 15mg 이상	
가급대 질소 함유량		건토 100g당 N 형태로 8mg 이상 20mg 이하	
토양유기물 함유량		건토 100g당 2g 이상	-
유리 산화철 함유량		건토 100g당 0.8g 이상	

② 흙 만들기 사업 (土づくり)

목적	토양의 물리성, 화학성, 생물성을 퇴비 등 유기물이나 자재, 녹비작물을 투입하여 농작물의 생육에 유리한 환경을 조성하여 토양 생산성을 향상
사업 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2021년 기준 55억 엔 예산 편성 ○ 토양의(醫), 시비기술 마이스터 등 전문가 육성 (21년 3월 기준 895명), 이들의 지도를 통한 토양개량 지도 및 사례 홍보 <ul style="list-style-type: none"> - 토양의: 흙 만들기에 대한 고도의 지식을 가지며 5년 이상 지도 실적을 가진 사람 중 토양의 검정 1급 합격자, 처방전 작성 및 개선 지도 가능 - 시비기술 마이스터: 비료 및 재배기술에 학식이 깊으며 실무경험이 있는 사람 중 검정시험 합격자 ○ 농업생산 현장 흙 만들기 활동 지원 <ul style="list-style-type: none"> - 우분 퇴비 실증·활용 지원, 펠렛형 퇴비 광역 유통 추진 - 토양진단시설 및 퇴비생산시설 정비 지원 - 재해(태풍 등) 피해지역 생산력 회복 추진 활동 지원 ○ 과학적 데이터 기반 흙 만들기 추진: 흙 만들기 컨소시엄 설립 (2019년) <ul style="list-style-type: none"> - 1단계 (2019~) <ul style="list-style-type: none"> 광역지자체 지점별 모니터링을 통해 조사한 기존(2014~2018) 데이터 수집 후 컨소시엄을 통해 해당 데이터 공유 - 2단계 (2020~): 토양 진단을 통한 흙 만들기 활동 확대 목표 <ul style="list-style-type: none"> 농가에 기초지식 관련 연수, 진단을 통한 활동에 의한 개선효과 검증, 토양진단 데이터베이스 구축 추진 - 3단계: 흙 만들기 혁신적 활동 실증 가속화 목표 <ul style="list-style-type: none"> 흙 만들기 평가에 토양 생물성 요소 포함, 드론 등을 활용한 광역 평가와 같이 생산현장에서의 검증·평가 추진
기대 효과	데이터베이스 및 ICT 기반 종합적 토양관리를 통한 지력·생산성 개선

③ 환경보전형 농업 직접지불교부금 제도

<p>목적</p>	<p>토양 탄소 저장을 통한 지구온난화 방지 공헌, 지역에서의 다양한 생물 육성을 통해 생물다양성 보전에 공헌</p>
<p>사업 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연혁 <ul style="list-style-type: none"> - 2007년 농지·물·환경보전 향상대책에서 화학비료·농약 사용량을 기존 대비 50% 저감 농가에 지원 실시 - 2011년 제도 독립 후 2014년 신설된 일본형 직접지불제도에 편입 - 2015년 법제화 이후 1기(~2019년) 실시 이후 2기(2020~) 실시 중 ○ 대상자 조건: 직불제 대상 영농활동을 수행하는 농민 단체, 자신이 경작하는 농경지 면적의 1/2 이상에서 대상 영농활동 수행 농가 ○ 지원요건: 국제수준 GAP 실시 및 화학비료·농약 사용량을 관행 대비 50% 저감하고 있는 농가 ○ 사업요건: 기술 보급·지도·도입 활동 실시, 토양진단·생태조사 실시, 지정 환경보전 영농활동, 농업 환경부하 저감·지역자원 순환활동 등 중 적어도 한 개 사업을 기획한 농가 ○ 2021년 현재 24억 5천만엔 예산 편성 (전체 직불금 중 3.2% 규모) ○ 사업효과 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 지자체 단위 평가위원회에서 직불금 교부상황 점검 및 제도 효과 평가 - 해당 평가를 기반으로 중앙정부에서 농업생산활동 진척 상황, 지구온난화 방지 및 생물다양성 보전 효과 평가 - 토양탄소 저장효과 평가에 대해서는 2018년 평가 결과, 연간 143,393 ton CO₂ 만큼의 감축효과 143,393 ton CO₂ 감축 효과 발생 확인
<p>기대 효과</p>	<p>농업 생태계에서의 생물다양성 향상 및 온실가스 배출 저감</p>

표 6. 환경보전형 농업직불금 전국 공통활동 현황 (2022년 기준, 일본 농림수산성)

영농활동		교부단가
유기농업	잡곡, 사료작물 이외	12,000엔/10a
	(탄소저장효과가 높은 농법 적용 시)	+2,000엔/10a
	잡곡, 사료작물	3,000엔/10a
	퇴비 시용	4,400엔/10a
	피복작물 재배	6,000엔/10a
	멀칭 식물 재배	5,400엔/10a
	초생 재배	5,000엔/10a
	무경운 파종	3,000엔/10a
	장기간 중간 물떼기	800엔/10a
	가을갈이	800엔/10a

(다) 유럽

① EU 공동농업정책 (Common Agricultural Policy, 1962)

목적	<p>농가 지원 및 농업 생산성 향상, 농촌 경관 보전, 농촌 경제 활성화, 농업의 기후변화 대응 및 자연자원의 지속가능한 관리</p>
주요 추진과제	<ul style="list-style-type: none"> ○ 농가 소득 보전: 직불제를 통한 농가 소득 지원, 414억 유로 규모 (2019년) <ul style="list-style-type: none"> - 기본 직불제, 농촌 청년층 지원, 지속가능한 영농활동 보상 등 ○ 시장 조치: 농축산물 시장 교란 시 가격 조정, 24억 유로 규모 (2019년) <ul style="list-style-type: none"> - 공급망 형성, 관세 부과, 교육시설 농축산물 구매 등 ○ 농촌 개발: 국가·지역단위 프로그램 실시, 142억 유로 규모 (2019년) <ul style="list-style-type: none"> - 농촌 개발 프로그램(Rural Development Programmes): EU 회원국별 농촌 진흥 계획안, EU-회원국 공동 지원, 이를 기반으로 EU 회원국별 양분관리계획 수립 * 6개 우선사항 (RDP에는 최소 4가지 포함 의무, 18개 세부사항) <ul style="list-style-type: none"> ▶ 지식 전파 및 혁신 ▶ 농업 경쟁력 향상 ▶ 식품 공급망 조직 및 위험 관리 ▶ 생태계 복원·보전·기능 향상: 생태계 다양성 향상, 수자원·토양 관리 증진 ▶ 자원 효율성 및 기후복원력 구축: 자원의 효율적 사용, 온실가스·암모니아 감축, 탄소 저장량 향상 등 ▶ 농촌 경제 발전 ○ 개정안 (2021 예정, 2023~2027 실시) <ul style="list-style-type: none"> - Eco-scheme: 환경친화적 영농활동에 대한 지원금 지급 제도 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 기후, 환경, 동물복지, 항생제 내성 관련 활동 대상 ▶ 전체 직불금 재원의 25% 지원 목표 (5년간 485억 유로 규모) ▶ 양분 유출량 50% 감축을 통한 비료 사용량 20% 절감 도모 ▶ 토양 침식 방지를 위한 윤작 확대 추진 (전체 면적 86%까지) 10ha 미만 소규모 농장 및 초지 비중이 높은 경우 면제
기대 효과	<p>농축산물 생산량 증진, 농촌 커뮤니티 활성화, 지속가능한 농업 확산</p>

② EU 질산염 지침 (Nitrates Directive, 1991)

목적	GAP를 독려하여 농업 유래 질산염으로 인한 지표·지하수 수질 악화 방지
지침 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유럽연합 회원국의 지표·지하수 수질 및 양분 관련 정책에 반영 ○ 질산염 취약 지역 (Nitrate Vulnerable Zone, NVZ) 지정 (그림 10) <ul style="list-style-type: none"> - 수계(음용수 활용 지표수·지하수) 내 질산염 농도 50mg/L 도달 또는 도달 위험 지역 및 부영양화 발생 또는 발생 위험 지역 선정 ○ 농가 자발적 참여 기반 GAP 기준 마련 <ul style="list-style-type: none"> - 질소비료 투입 시기 제한 - 비료 투입 조건(지형·기후 등) 제한 - 가축분뇨 최소 저장 용량 요구사항 설정 - 윤작, 겨울철 피복작물, 간작을 통한 질산염 유출 방지 ○ NVZ 농가 대상 강제적 조치 마련 <ul style="list-style-type: none"> - 위의 GAP 기준 의무화 - 작물 요구량을 반영하여 연 170 kgN/ha 이내로 가축분뇨 투입 제한 등 ○ 가축분뇨 유래 질소 투입 유연성 부여 <ul style="list-style-type: none"> - 위의 연간 가축분뇨 투입 제한에 국가별 정책을 통한 자연·농업환경 변화를 반영하여 완화 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 기준 완화를 원하는 국가는 토양검정, 유출량 평가 등 과학적 근거에 기반한 요청서를 제출해야 함 ▶ 작물 양분 요구량 초과 제한, 토양검정 실시 및 시비계획(윤작, 가축 사육 정보 등 포함) 작성·준수 의무화 등과 같이 제한적 완화 조치 ▶ 덴마크(→230 kgN/ha), 네덜란드(→250 kgN/ha), 아일랜드(→250 kgN/ha), 벨기에 플랑드르 지역(→200/250 kgN/ha), 영국 북아일랜드 지역(→250 kgN/ha)에서 실시 ○ 국가 단위 모니터링·보고 (4년 주기) <ul style="list-style-type: none"> - 지표·지하수 질산염 농도 및 부영양화 발생 여부 - 조치 실행에 따른 수질·영농활동 영향 평가 - NVZ 및 조치 관련 수정사항 - 향후 수질 추이 평가
성과	<p>2007년 측정 결과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 지표수: 70%의 모니터링 지점에서 2004년 대비 질산염 농도 감소 - 지하수: 66%의 모니터링 지점에서 2004년 대비 질산염 농도 감소

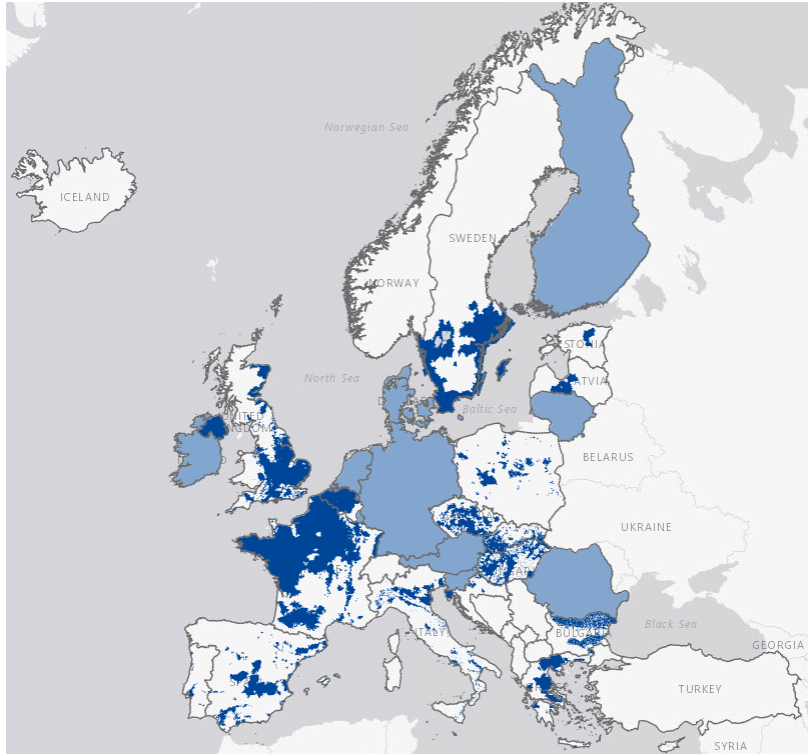


그림 10. NVZ 지정 현황 (2015년 기준, EC)
(청색: 지역단위, 연청색: 국가 단위 지정)

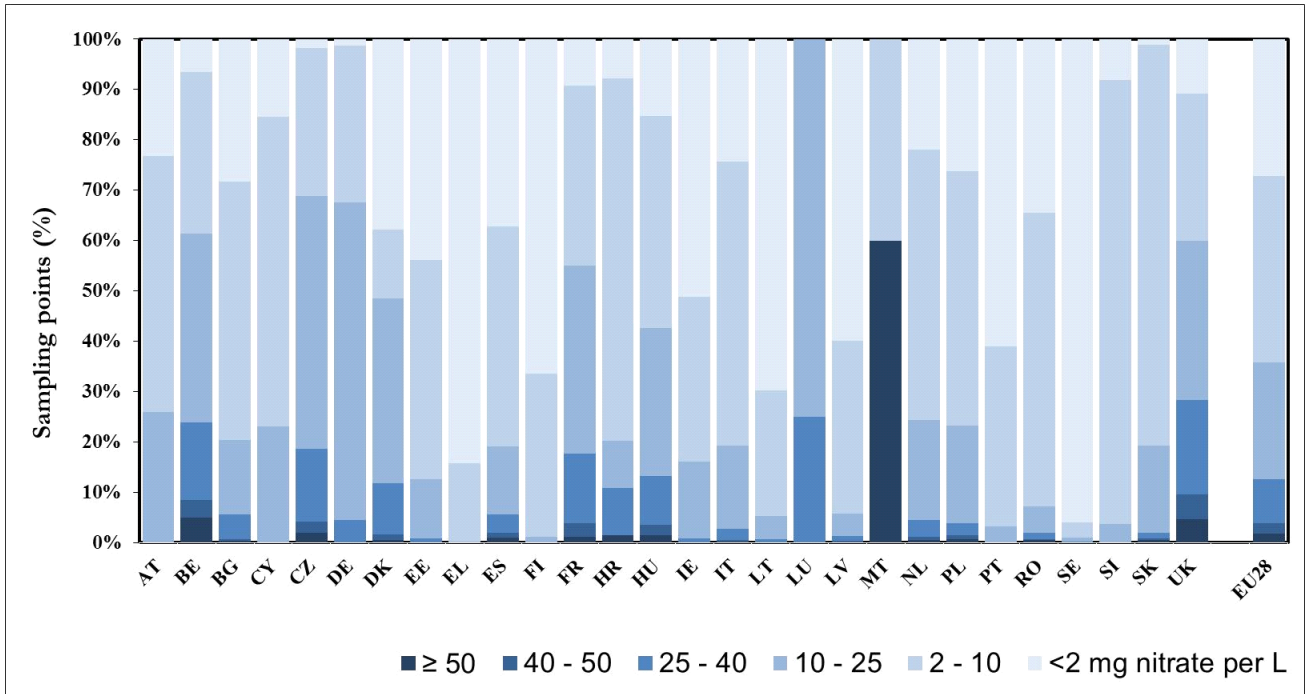


그림 11. 5차 보고기간(12~15)중 EU 회원국 지표수 질산염 농도 분포 현황 (2018, EU)

③ 지속가능한 농업 인센티브 (영국, 2022 예정)

목적	개별 농가의 환경친화적 대지 관리 독려
사업 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기본 직불제(Basic Payment Scheme) 적합 농가이자 기타 농업환경보전 지원 프로그램에 미참여 농가 대상 ○ 8개 부문·활동 수준별 기준 마련 <ul style="list-style-type: none"> - 농경·원예: 대지 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 기초단계 활동: 양분관리계획 작성 포함 ▶ 중간단계 활동: 농장 단위 양분수지 산정, 토양 지도 작성 포함 - 농경·원예: 토양 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 모든 단계에서 겨울철 토양 피복 (최소 5~15% 면적), 피복·녹비 및 유기비료로 토양 유기물 향상 (최소 10~20% 면적) 적용 ▶ 기초단계 활동: 토양 검정 포함 ▶ 고급단계 활동: 토양관리계획(구조, 탄소저장량, 생물성 등 관련, 2년 주기) 작성 포함 - 농장 내 삼림 - 생물타리 - 향상된 초지 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 기초단계 활동: 양분관리계획 작성 포함 ▶ 중간단계 활동: 토양 및 가축분뇨 검정, 농장 전체 양분수지 산정, 액상 가축분뇨 투입 제한 (회당 최대 30m³/ha), 클로버·콩과식물 식재 (최소 15% 면적) 포함 ▶ 고급단계 활동: 양분 투입량 감축 (최소 5% 면적, 분뇨: 100 kgN/ha, 화학비료: 50 kgN/ha), 토양 지도 작성 포함 - 향상된 초지: 토양 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 모든 단계에서 콩과식물 혼합 식재(최소 5~15% 면적 대상) 적용 ▶ 기초단계 활동: 토양검정 포함 ▶ 고급단계 활동: 토양관리계획 작성 포함 - 일반 초지 - 수계 완충지대 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 모든 단계에서 유출·토양침식 위험성 평가 실시 ▶ 초본 완충대 형성(6~10m): 비료·가축분뇨 투입 금지 ○ 2020~2021년 시범 시행, 해당 기간 참여 농가 교육비 5,000파운드 지원 <ul style="list-style-type: none"> - 교육활동 (월 15시간): 설문조사, 일지 작성, 부문별 심층 교육 - 모니터링 실시 및 연간 활동 보고

표 7. 지속가능한 농업 인센티브 지급기준 (2021년 기준, 영국 농림식품환경부(DEFRA))

기준	지급단가		
	기초단계	중급단계	고급단계
농경·원예: 대지	28파운드/ha	54파운드/ha	74파운드/ha
농경·원예: 토양	26파운드/ha	41파운드/ha	60파운드/ha
농장 내 삼림	49파운드/ha	-	-
생울타리	16파운드/100m	21파운드/100m	24파운드/100m
향상된 초지	27파운드/ha	62파운드/ha	97파운드/ha
향상된 초지: 토양	26파운드/ha	44파운드/ha	70파운드/ha
일반 초지	22파운드/ha	89파운드/ha	110파운드/ha
수계 완충지대	16파운드/100m	29파운드/100m	34파운드/100m

④ 덴마크의 양분관리정책

목적	농업 기원 질산염으로부터의 지표·지하수 오염 방지 및 수질 개선												
정책 내용	<p>○ 연혁</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1987년 제1차 수계 환경 행동계획 - 1998년 제2차 수계 환경 행동계획 (1999~2003) - 2003년 최종평가 결과 농업 기원 질산염 유출량 48% 저감 (목표 달성) - 2004년 제3차 수계 환경 행동계획 (2015년까지 2003년 대비 유출량 13% 감축 목표, 그러나 미달) - 2009년 녹색 성장 합의: 뿌리층 유출량에서 연간 해수 유입량으로 목표 변경 <p>○ 2015년 농업·식품 패키지 법안</p> <ul style="list-style-type: none"> - 4가지 원칙에 입각하여 규제 설정 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 지역(90곳)에 따른 유출량 평가 (뿌리층에서의 평균 유지량 기준) ▶ 개별 농가에 각각 수계 유출 허용량 설정 (뿌리층 질소 유출량 기준) ▶ 유출 허용량 준수를 위한 농가의 방법론 선정에 유연성 부여 ▶ 유출 허용량을 준수한 농가에 비용 보전 - 농업 질소 적용 기준 삭제 (현 양분 수준이 경제적 최적 기준 20% 하회) - 급격한 질산염 유출 방지 위해 흡비 작물 재배, 습지·산림 조성 촉진 - 축사 시설 허가를 위한 배출량 기준 규제 설정 - 인 규제 개정: 투입 유기물별(분뇨, 비료 등) 인 배출허용량 지정 농가당 24%의 면적에 엄격한 배출허용량, 76%의 면적에 일반 배출허용량 설정 토양검정 결과에 따라서 추가적 배출 허용 <p>표 8. 평균 인 배출허용량 목표 (2017, 덴마크 환경보호청)</p> <table border="1" data-bbox="427 1323 1412 1447"> <thead> <tr> <th>연도</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020~2021</th> <th>2022~2024</th> <th>2025~</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>평균배출한계 (kgP/ha)</td> <td>34.7</td> <td>34.5</td> <td>33.2</td> <td>32~33</td> <td>30~31</td> </tr> </tbody> </table> <p>국가 모니터링 시스템(NOVANA)을 활용한 인 투입 모니터링</p> <p>○ 2017년 조화 규칙(Harmony Rules) 개정</p> <ul style="list-style-type: none"> - 면적당 가축 수 (LU/ha 기준: 100 kgN/ha 가축분뇨 상당) 규제 정책 - 개정 이전까지는 1.4 LU/ha 수준으로 제한 설정 - EU 질산염 지침의 규정(170 kgN/ha 미만 투입) 준수 목표로 농가에 규제 → 1.7 LU/ha 수준으로 향상, 화학비료 수요의 가축분뇨로의 전환 유도 <p>○ 농가 규모 질소 기준 할당</p> <ul style="list-style-type: none"> - 농가별 특성에 따른 작물별 질소 요구량·질소 공급량 설정 토양 종류, 잔사 적용 정도 등에 따라 매년 변화 - 가축분뇨 및 화학비료 적용률이 해당 기준을 초과해서는 안됨 	연도	2018	2019	2020~2021	2022~2024	2025~	평균배출한계 (kgP/ha)	34.7	34.5	33.2	32~33	30~31
	연도	2018	2019	2020~2021	2022~2024	2025~							
평균배출한계 (kgP/ha)	34.7	34.5	33.2	32~33	30~31								

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 비료 회계 시스템 <ul style="list-style-type: none"> - 가축분뇨 다량 적용 농가 참여 의무화, 기타 농가 자발적 참여 유도 - 매년 3월 가이드라인에 따라 농림수산국에 정보 제출 면적, 질소 비율, 인 배출허용량, 투입량, 사육밀도, 흡비작물 면적 등 - 조사 자료는 데이터베이스에 저장 - 2013년 기준 96.1%의 농경지 등록 - 미등록 농가의 경우, 비료 구매 시 kgN당 5크로네 세금 부과 ○ 2020년 질산염 지침 일부 개정으로 가축분뇨 허용 230 kgN/ha로 향상
성과	1990년대 이래 양분수지의 지속적 감소 및 농업 생산성 향상 (그림 12)

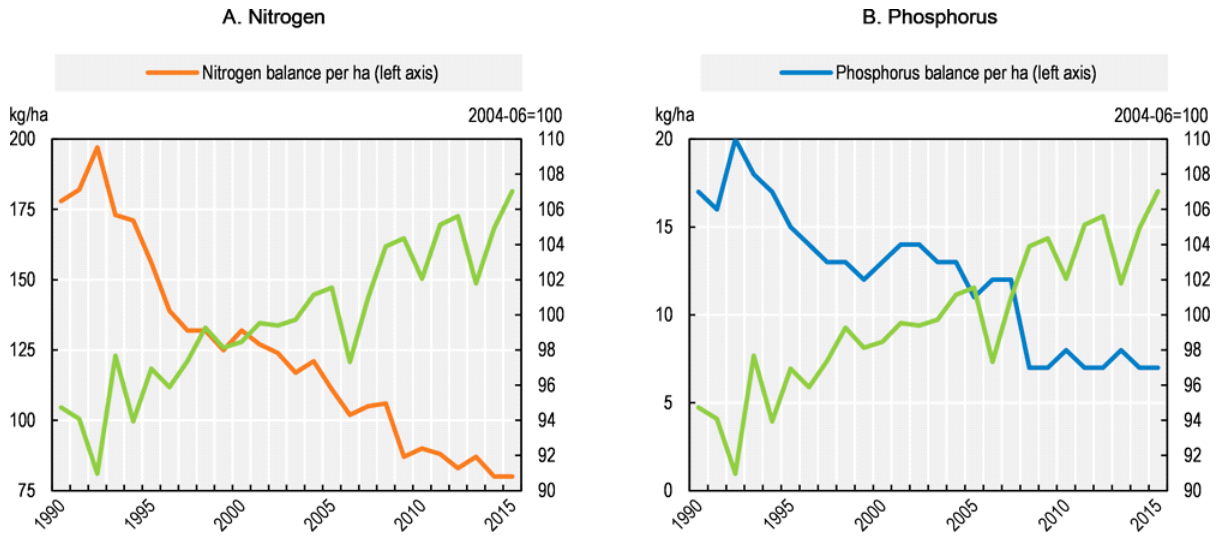


그림 12. 1990년 이래 덴마크의 질소·인 수지 및 농업생산지수(녹색) 추이 (2019, OECD)

⑤ 4 per 1000 이니셔티브 (프랑스, 2015~)

<p>목적</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전지구 토양탄소저장량을 매년 0.4%(4 per mill) 증가시키면 이는 인간 활동에 의한 연간 온실가스 배출량을 상쇄할 수 있다는 이니셔티브 ○ 이해당사자로 하여금 농업 토양을 적절히 관리하게 하여 유기물 함량과 탄소 격리량을 증진하고, 이를 통해 생산적이고 기후 회복력이 큰 지속가능한 농업으로의 전환을 촉구하기 위해 시행됨
<p>사업 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2015년 제21차 기후변화 당사국총회(COP21)에서 채택 <ul style="list-style-type: none"> - 170여 곳의 단체(정부, NGO, 연구기관, 기업 등)에서 참여 ○ 2차 전략계획: 2050년 전 세계적 토양 건강성 증진을 통한 기후변화·식량부족 해결을 장기적으로 목표 <ul style="list-style-type: none"> - 이를 위해 2030년까지 토양 탄소와 건강성 향상을 위하여 이해당사자에게 농·임업 및 기타 대지 사용 부문(AFOLU)에서의 지원 체계·행동 계획 제공 목표 - 개념화, 도입, 추진, 협업, 후속조치, 상호연계의 세부목표 달성 추진 ○ 매년 지원 프로젝트 선정 실시 (2019~) <ul style="list-style-type: none"> - 유형 1: 신규 과제의 자금 지원 확보 목표 - 유형 2: 이니셔티브의 과학기술위원회 평가를 통한 인증 획득 목표 - 프로젝트 추진을 위한 영농활동 또는 정책 대상 (연구과제도 향후 적용계획 포함 시 대상) - 생계·인권 보호, 직접적 영향, 간접적 영향, 상호연계의 4개 부문 16개 사항을 대상으로 평가 - 평가 이후 과제별 결과 및 권고사항 발표·공개 - 2019년 4개 (13개 지원), 2020년 4개 (15개 지원) 프로젝트 선정 (산림 복원, 토양 비옥도 복원 등)
<p>기대 효과</p>	<p>농업 및 농업토양의 개선을 통하여 온실가스의 흡수를 촉진하여 기후변화에 대응하는 한편 식량 안보 확보에도 이바지</p>

(라) 미국

① 종합양분관리계획서 (Comprehensive Nutrient Management Plan, 1999)

목적	가축사육시설에 의한 잠재적 수질·공공보건 영향 방지, 양분관리 및 농업생산, 환경질 유지의 동시 달성
정책 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 밀집가축사육시설(1,000AU 이상)의 경우, 환경보호청(EPA)의 국가 오염물질 저감 시스템(National Pollutant Discharge Elimination System, NPDES) 하 허가를 받기 위해 종합양분관리계획서 작성 필요 * 규제 당국(EPA)과 기술지원 당국(자연자원보호국, USDA-NRCS)의 협력 하 진행 <ul style="list-style-type: none"> - EPA: 가축분뇨 처리 관련 규제 - USDA-NRCS: 기술·재정적 지원, 종합양분관리계획 작성 보조
작성 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가축분뇨 및 오·폐수 관리·저장 <ul style="list-style-type: none"> - 주변 수계로의 오염 방지 목적 적정 처리 및 저장 ○ 대지 관리: 양분 살포 이후 수계 유출로 인한 악영향 방지 방안 ○ 양분관리: 환경·공공보건 악영향 방지 양분 시비 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 작물·토양·퇴비·살포장치 등에 관련된 정보 기입 ○ 기록 유지: 가축분뇨 발생-처리-시비에 관한 정보 기록 및 보유 ○ 가축 사료 관리: 가축분뇨 내 양분 함유량 저감 목적 사료 조절 ○ 기타 활용 방안: 시비 이외 가축분뇨 활용 방안 제시 <p>* 연방정부·주정부 규정 한도 내 작성</p>

② 국가 유기농업프로그램 규정 (National Organic Program Regulation, 2000)

목적	유기농업에 있어 균일한 국가 단위 기준을 개발하는 국가 유기농업프로그램 (National Organic Program)의 준수사항 규정
규정 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정의, 적용 범위, 생산 요구사항, 인증정보 등 포함 ○ 생산 요구사항 내 세부규정 <ul style="list-style-type: none"> - 생산 시스템 계획, 토양 비옥도 및 작물 양분관리 활동 기준, 작물·가축 관리사항, 질병 관리 등 ○ 토양 비옥도 및 양분관리 활동 기준 세부규정 <ul style="list-style-type: none"> - 토양 물리성, 화학성, 생물성 향상 및 침식 최소화 영농활동 준수 - 작물·토양·수계 오염 방지 목적 유기물 투입 규제 가축분뇨 퇴비화 의무, 퇴비 C/N비 규정(25:1~40:1), 부숙 조건 규정, 화학합성 비료 및 하수 슬러지 투입 금지 등 <p>* 위반 시 11,000달러 규모 벌금, 인증 유보·박탈</p>

③ 양분관리 영농활동 기준 (Nutrient Management Practice Standard (Code 590), 2013)

목적	토양 유기물 및 작물 건강·생산성 향상, 지표·지하수 과잉 양분 감소, 악취·미세먼지·온실가스·오존 전구체 발생량 감축, 가축분뇨·퇴비 등 유래 병원균으로 인한 위험 감소
규정 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공통 준수사항 <ul style="list-style-type: none"> - 질소, 인, 칼륨을 모두 고려한 양분관리계획 작성 - 수질 관리구역 인근 양분 투입 시 주별 요구사항 및 규제 확인 - 토양검정 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 미국 토양학회 요구사항·기준 준수 검정 시설에서 실시 ▶ 양분관리계획 작성·보완 시 참조 - 투입 유기물 검정 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 가축분뇨, 유기 부산물 등 대상 ▶ 시료 채취 후 검정 시설에서 질소, 인, 칼륨 함량 측정 - 양분 유출 위해성 평가 <ul style="list-style-type: none"> ▶ USDA-NRCS 인증 위해성 평가 도구 활용 실시 ▶ 기본적으로 질소 대상, 인 수준이 높은 경우 인 대상 평가 실시 - 양분관리 4대 고려사항(4R) <ul style="list-style-type: none"> ▶ 양분원(源): 토양 투입 전 양분수지 고려 적정 종류 결정 ▶ 양분 투입량: 검정 권고량 따라 투입량 결정 ▶ 양분 투입 시기·위치: 기후, 토양 온도, 수분량, 지형 등 고려 투입

④ 차세대 비료 공모 (Next Gen Fertilizer Challenges, 2020)

목적	환경·공공보건에 대한 악영향을 줄이며 농업 생산성을 유지하는 효율향상비료(Enhanced Efficiency Fertilizer) 및 기술 발굴
사업 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시판·개발완료 EEF 발굴: 환경적·농업경제적 기준 충족·초과 EEF 대상 <ul style="list-style-type: none"> - 1차 공모 후 현재 2차 온실 실증 실시, 이후 3차 현장 검증 예정 - 상금은 없으나 선정 비료 대상 추후 전람회 개최 예정 ○ 혁신 비료 발굴: 환경 부담 줄이며 농업 생산성 유지 가능한 신기술 대상 <ul style="list-style-type: none"> - 시판되지 않은 비전통적 EEF 공모 - 총 65,000달러 규모, 선정 시 최소 10,000달러 상금, 추후 전람회 개최 예정
기대 효과	비료 관련 신기술 발전 독려, 상호 아이디어 교환을 통한 혁신 추구

⑤ 양분거래제도

목적	지표·지하 수질 개선을 위한 시장원리를 활용한 양분관리 수단 마련
사업 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 오폐수 처리시설 등 오염물(양분) 배출원은 EPA의 NPDES 규정을 충족하는 활동(최적관리기법, BMP) 도입을 통해 배출 크레딧 획득 <ul style="list-style-type: none"> - 축산농가에서 직접적 오염방지설비 설치가 어려운 경우 발급된 크레딧의 구매를 통하여 배출량 상쇄 가능 ○ 크레딧 매매 방식으로는 연방 수질오염방지법(Clean Water Act)에서 규정한 일 최대배출량을 기준으로 하여 최대 거래량에 제한을 설정하는 방식과 해당 제한 없이 거래하는 방식의 두 가지가 있음 ○ 다만, 현재 연방 단위로 진행되는 양분 크레딧 거래 프로그램은 아직 구축되지 않았으며, 대부분이 주·유역 단위로 이루어지고 있음 ○ 체서피크만 양분거래제도 (2005) <ul style="list-style-type: none"> - 버지니아주와 펜실베이니아주의 협력으로 체서피크만으로 유입되는 주요 지류에 대하여 양분 부하량 할당 충족을 위해 양분거래제도 실시 - 수질·생태계를 훼손하지 않는 선에서 연방·주·지역 규제를 준수하여 거래하는 것을 원칙으로 함 - 버지니아에서는 점오염원을 대상으로 오염 부하 할당량을 부과하고, 이를 만족하기 위한 수단으로 배출업체간 양분거래를 허용하였으며, 비점오염원의 경우 BMP를 도입한 경우 양분 크레딧 거래를 용인 - 펜실베이니아는 점오염원을 대상으로 오염 부하 할당량을 부과하고, 이를 충족시키기 위해 여타 점·비점오염원과 양분거래를 허용

(2) 해외 양분관리 관련 시스템 현황

(가) 일본

① 일본 토양 인벤토리 (일본 농업·식품산업 기술종합연구기구(NARO), 2017)

목적	농업 활동, 생태계 보전 및 기후변화 대응 등 다양한 토양정보 요구를 충족시키기 위한 농경지 및 여타 토지이용을 포괄하는 디지털 토양도 개발
구성요소	<ul style="list-style-type: none"> ○ 토양도 <ul style="list-style-type: none"> - 최신 토양분류법에 따른 전국 토양분류 및 농경지 토양도 제공 - 일부 광역지자체에 한정하여 시비기준, 토양진단기준, 감비기준 등 공개 ○ 토양특성수치 지도 <ul style="list-style-type: none"> - 유효수분용량, 포화투수계수, 최대·포장 용수량, 초기·영구 위조점, 구 농경지 토양도, 표층·하층 토성도 제공 ○ 국제분류기준 토양도 <ul style="list-style-type: none"> - UN 식량농업기구(FAO) 기준 및 세계토양자원조합기준 토양도 제공 ○ 토양단면 DB (그림 13) <ul style="list-style-type: none"> - 일본 내 조사지점별 토성(27종), 지형, 토양단면 형태, 이화학성 데이터 제공 - 단면정보 사항: 깊이, 층계, 토색, 부식도, 자갈량, 구조, 점성도, 가소성, 공극률, 뿌리, 습기, 반응도(철, 망간, 알루미늄), 치밀도 - 이화학성 사항: 입도조성, 삼상분포, 부피밀도, pH, 전산도, 총탄소량, 총질소량, C/N비, 양이온량(Ca, Mg, K, Na), CEC, 인산흡수계수 ○ 토양관리 애플리케이션 모음 <ul style="list-style-type: none"> - 토양 유기물 관리: 지점·작물별 녹비·퇴비·유기질비료 적용에 따른 토양 유기물 함량 변화량 및 CO₂ 흡수량 산정 - 요소비료 질소용출량 산정: 지점별 토양분류·지온과 비료 종류·적용량에 따른 질소용출량 계산 - 유기질비료 효과 시각화 (그림 14): 지점별 토양분류·지온과 적용 유기물 종류·적용량에 따른 가용 질소량 산정 ○ 토양온도·수분량 추정치 <ul style="list-style-type: none"> - 200여 지점에서의 깊이에 따른 토양온도 및 수분량의 일별 평년 추정치 제공 (열·수분수지 모델 활용) ○ 토양분류: 토양의 종류(10종)별 성질, 사진, 전국 분포현황 제공 ○ 토양온도 지도: 토양온도 및 미국 토양분류법 기준 구간 구분 현황 제공

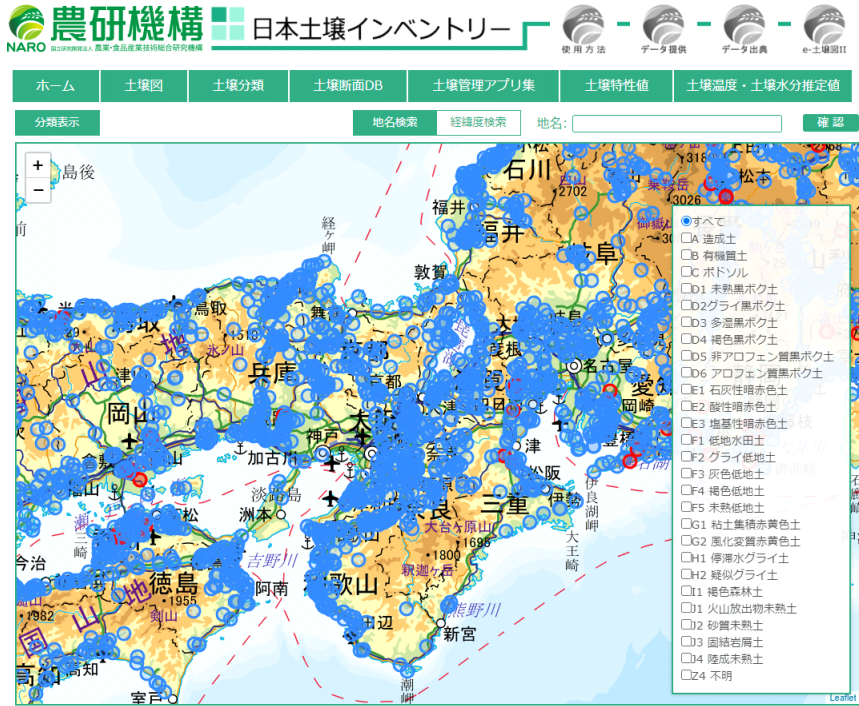


그림 13. 일본 토양 인벤토리 토양단면 DB 화면



그림 14. 유기질비료 효과 시각화 애플리케이션 사용 화면

(나) 유럽

① 지속가능한 농가 양분관리 시스템(FaST) (유럽위원회, 2020)

목적	전 유럽 농가에 환경규제 상 요구사항을 고려하여 농장 관리를 진전시킬 수 있도록 돕는 IoT·위성(코페르니쿠스, 갈릴레오 위성) 자료 기반 의사결정 시스템을 지원하여 농가 간 디지털 격차를 좁힘
구성요소	<ul style="list-style-type: none"> ○ 농장 GIS 데이터 <ul style="list-style-type: none"> - 토지구획, NVZ, Natura2000(생태보호구역), 수계 등 확인 - 코페르니쿠스/센티넬 위성지도 (5일 간격 업데이트, 과거 12개월 조회 가능) ○ IACS/GSAA 농가 데이터 접속을 통한 영농활동 관리 <ul style="list-style-type: none"> - 토지구획 판별시스템(LPIS) 기반 대지 정보 (NVZ 여부 등) 확인 ○ 시비 추천량 <ul style="list-style-type: none"> - 작물, 목표 생산량, 현행 영농활동, 토양 조건에 기반한 알고리즘 기초 - 토지구획 단위 질소, 인, 칼륨 투입량 및 비료 상품 추천 - 4개 전략에 따른 시비 추천 (시비 최소화·감축, 생산 최대화, 현황 유지) ○ CAP 관련 활용 <ul style="list-style-type: none"> - 수자원 관리, Eco-scheme, 윤작, 탄소발자국 등 ○ 농민과 조력자 간, 정책 입안자 및 연구자와 관리자 간 쌍방향 소통 지원 <ul style="list-style-type: none"> - 농장 사진 위치정보 공유 - 실시간 조언·의견교환 가능 (메신저 기반) ○ 기초 기상·기후 데이터 제공
시행 국가·지역	1차 시행: 스페인 (안달루시아, 카스티야-레온), 이탈리아 (피에몬테), 에스토니아 2차 시행: 벨기에 (왈롱), 불가리아, 그리스, 루마니아, 슬로바키아

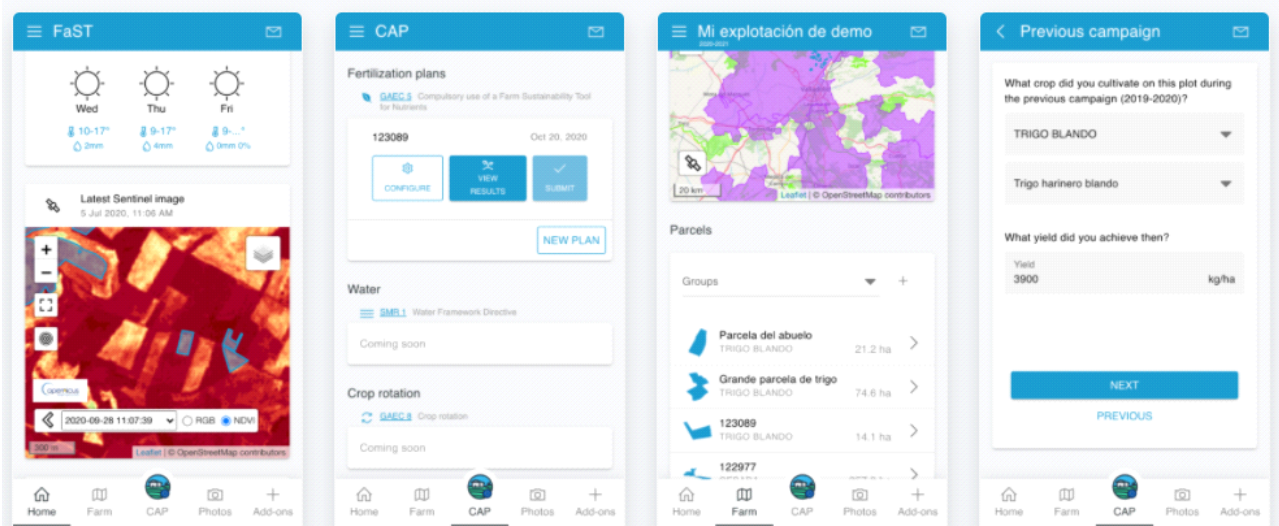


그림 15. FaST 모바일 어플리케이션의 구동 화면

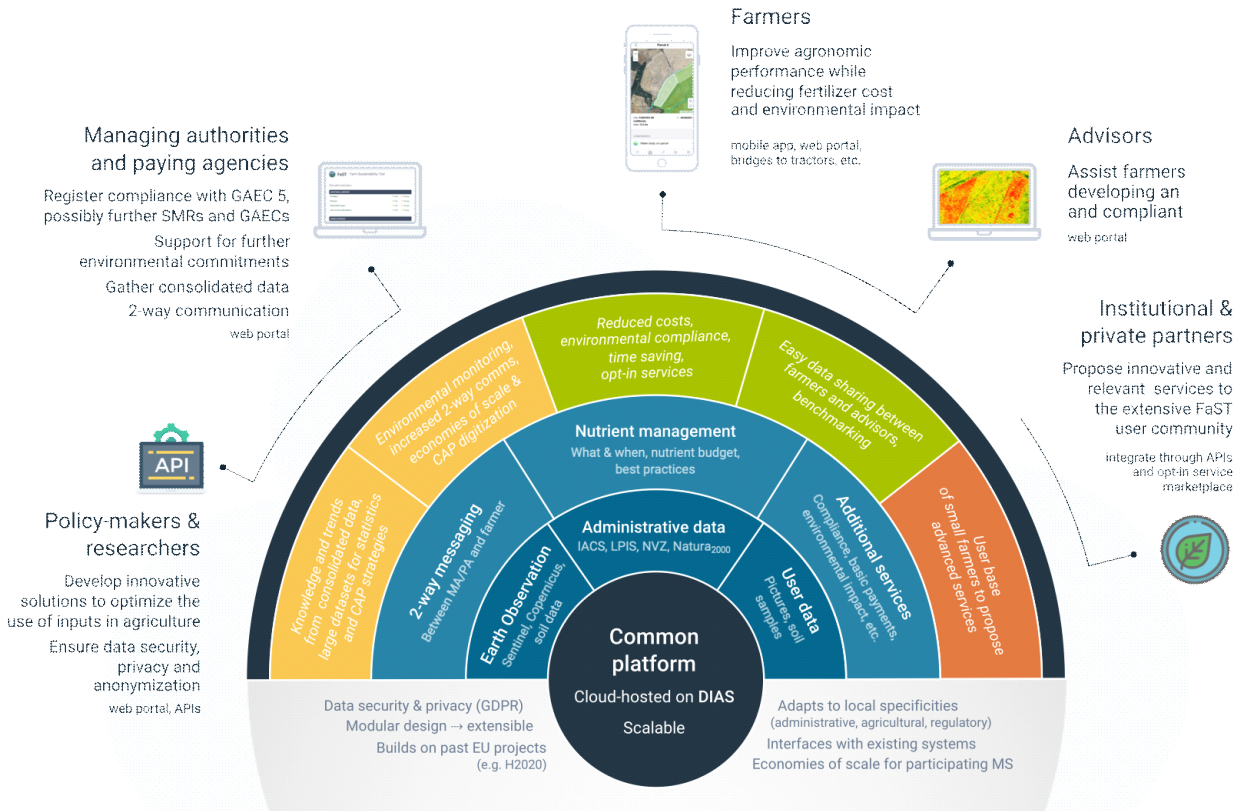


그림 16. FaST의 기본 설계 사상 및 서비스 방향성

(다) 미국

① 질산염 유출·환경평가 패키지(NLEAP) (NRCS, 1991)

목적	영농활동에 따른 잠재적 질산염 유출량을 신속하게 파악하는 데 도움																																																		
구성요소	<p>○ NLEAP 실행</p> <ul style="list-style-type: none"> - 탈질, 질산화, 암모니아 휘발, 토양 유기물의 무기화 등 질소순환에 관련된 항목들과 지역에 따른 토양, 작물, 기후 등을 고려하여 모델 구성 - 토양, 기후, 작물정보를 입력하면 물 및 질산염 수지를 산정하여 질산염 유출·잔존·탈질량 및 아산화질소·암모니아 휘발량을 파악 - 시간 규모로 연간, 월간, 사건별의 세 단계로 구성 연간 규모 분석: 잠재적 유출 위험성 예측 월간·사건별 규모 분석: 영농활동 변화에 따른 유출량 변화를 예측 - 결과는 그래프로 표출 가능 <div data-bbox="513 929 1295 1312" style="text-align: center;"> <table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th>Field</th> <th>Soil</th> <th>Scenario</th> <th>NO3Leach</th> <th>NO3Resid</th> <th>NO3Denit</th> <th>N2OEmit</th> <th>NRunoff</th> <th>NH3Vol</th> <th>Total N Losses</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F07</td> <td>BBB</td> <td>OH-cc-NT-MF-BMPPrtn</td> <td>87.10</td> <td>99.44</td> <td>50.17</td> <td>7.84</td> <td>0.25</td> <td>1.09</td> <td>146.45</td> </tr> <tr> <td>F07</td> <td>Ch</td> <td>OH-cc-NT-MF-BMPPrtn</td> <td>67.26</td> <td>62.94</td> <td>102.44</td> <td>10.52</td> <td>0.25</td> <td>4.81</td> <td>185.28</td> </tr> <tr> <td>F07</td> <td>BBB</td> <td>OH-cc-NT-MF-</td> <td>226.69</td> <td>201.36</td> <td>56.14</td> <td>8.39</td> <td>0.25</td> <td>89.53</td> <td>381.00</td> </tr> <tr> <td>F07</td> <td>Ch</td> <td>OH-cc-NT-MF-</td> <td>171.63</td> <td>133.56</td> <td>120.80</td> <td>11.33</td> <td>0.25</td> <td>111.23</td> <td>415.22</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>그림 17. NLEAP 결과 보고서</p> <p>○ NLEAP-GIS: GIS 데이터를 활용하여 지도상 NLEAP 실행 결과 표출</p>	Field	Soil	Scenario	NO3Leach	NO3Resid	NO3Denit	N2OEmit	NRunoff	NH3Vol	Total N Losses	F07	BBB	OH-cc-NT-MF-BMPPrtn	87.10	99.44	50.17	7.84	0.25	1.09	146.45	F07	Ch	OH-cc-NT-MF-BMPPrtn	67.26	62.94	102.44	10.52	0.25	4.81	185.28	F07	BBB	OH-cc-NT-MF-	226.69	201.36	56.14	8.39	0.25	89.53	381.00	F07	Ch	OH-cc-NT-MF-	171.63	133.56	120.80	11.33	0.25	111.23	415.22
Field	Soil	Scenario	NO3Leach	NO3Resid	NO3Denit	N2OEmit	NRunoff	NH3Vol	Total N Losses																																										
F07	BBB	OH-cc-NT-MF-BMPPrtn	87.10	99.44	50.17	7.84	0.25	1.09	146.45																																										
F07	Ch	OH-cc-NT-MF-BMPPrtn	67.26	62.94	102.44	10.52	0.25	4.81	185.28																																										
F07	BBB	OH-cc-NT-MF-	226.69	201.36	56.14	8.39	0.25	89.53	381.00																																										
F07	Ch	OH-cc-NT-MF-	171.63	133.56	120.80	11.33	0.25	111.23	415.22																																										

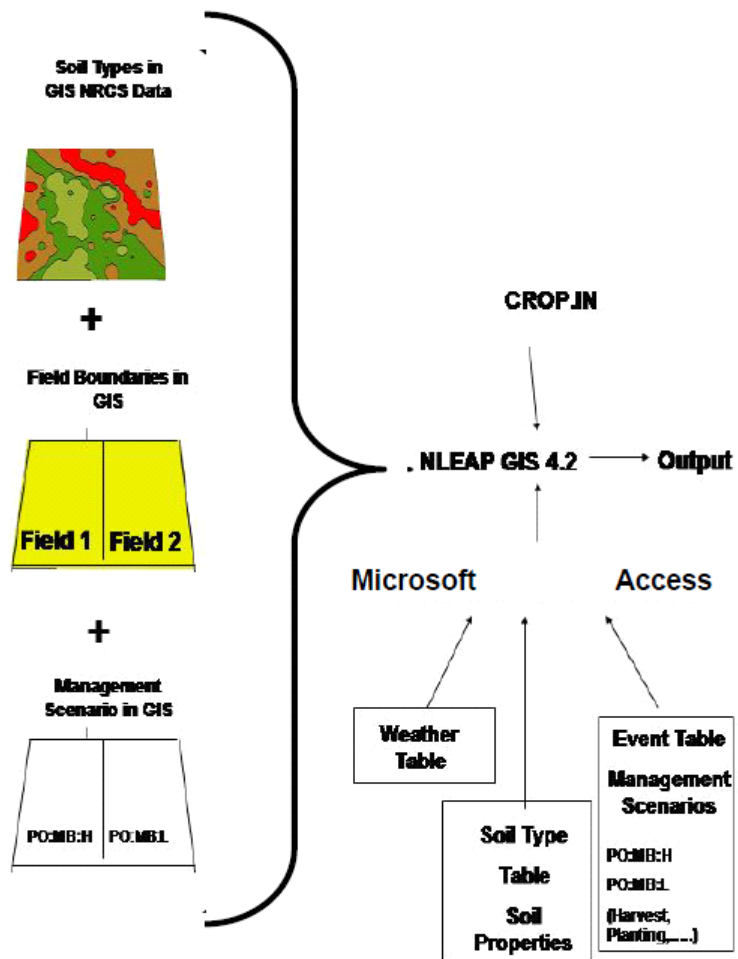


그림 18. NLEAP-GIS의 구동 원리 (2019, USDA-NRCS)

V. 국내·외 양분수지 산정방법론 현황

(1) 국내 양분수지 산정방법론 관련 현황

(가) 양분수지 산정방법론 개요

- 양분수지는 양분의 투입 및 산출의 경계 범위 설정에 따라서 크게 토지수지와 토양수지로 구분됨 (Leip 등, 2011) (그림 19, 20)
 - 토지수지는 일정 경계 외부로부터 유입되거나 외부로 유출되는 양분물질을 전체적으로 고려하여 경계 내에서의 양분 투입(화학비료, 가축분뇨 등)과 산출(작물·부산물 생산량)의 차이(양분 잉여량=양분수지)를 산정하는 방식임. 이를 통해 산정된 양분 잉여량은 토양 잔존량, 대기 배출량, 수계 유출량을 구분 없이 모두 포함하고 있음. 특히, 경계 내에 경종농가와 축산농가가 공존하는 경우, 축산농가에서 발생한 가축분뇨가 그대로 투입되는 것으로 계산이 되어 퇴·액비화 과정에서의 양분 절감량이 양분수지를 낮추는 쪽으로 반영되지 않기 때문에, 퇴·액비화를 통한 농가의 양분 절감 노력을 반영할 수 없는 문제가 있음(그림 19, 표 9)
 - ▶ 이는 현재 OECD와 유럽연합에서 사용되고 있는 양분수지 산정방법론의 기초임
 - ▶ 경계 범위의 특성 때문에 개별 농가 단위보다는 지역단위에서 양분관리에 전반적 계획 수립 시 유용한 수지임
 - 토양수지는 농경지 경계 내에서의 양분 투입(화학비료, 퇴·액비 등)과 산출(작물·부산물 생산량, 토양 내 양분 변화량)의 차이를 산정하는 양분수지로, 토지수지와는 달리 토양의 양분 변화량을 양분 산출량으로 간주하며, 이를 통해 산출된 수지값은 대기 배출량, 수계 유출량을 포함하고 있음.
 - ▶ 토양수지는 개별 농가단위에서 실제 투입된 화학비료 및 퇴·액비의 양에 대한 활동도 자료를 기반으로 하여 산정되며 토양검정 자료를 요구하므로 토지수지를 통한 양분관리와 비교하였을 때, 산정과정은 어려우나, 농가 맞춤형 양분관리를 수행할 수 있음
 - ▶ 또한, 이를 통해 가축분뇨를 순환자원으로 활용하고, 토양관리를 통한 토양 양분 변화량을 양분 감축으로 연계할 수 있음

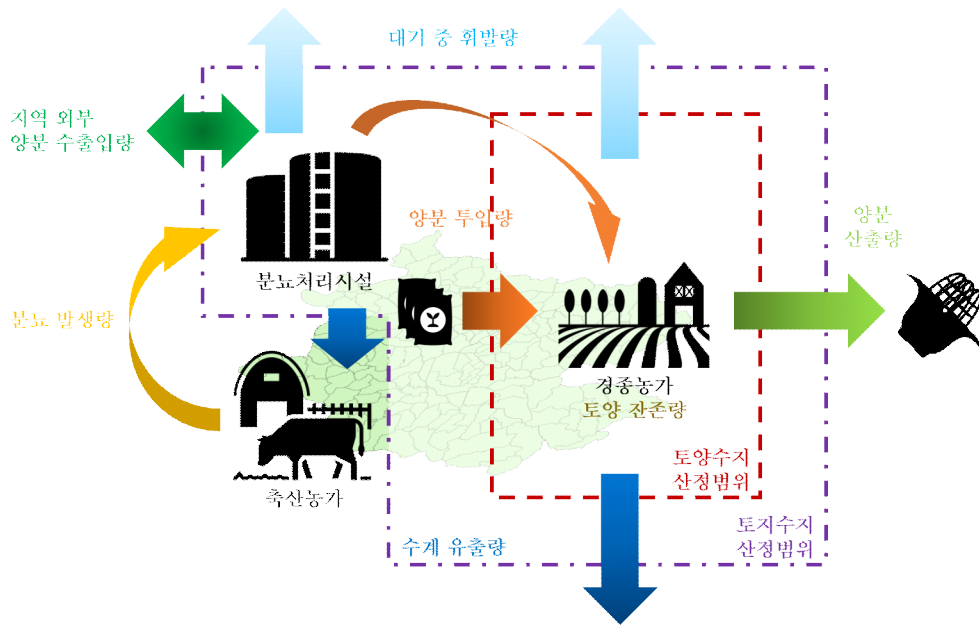


그림 19. 토양수지와 토지수지의 대략적 범위

$$\text{양분수지(=양분 잉여량)} = \text{양분 투입량} - \text{양분 산출량} \quad \dots \quad \text{식 1}$$

표 9. 토양수지와 토지수지 산정 범위

구분	토양수지	토지수지
양분 투입량	화학비료 사용량	화학비료 사용량
	퇴·액비 사용량	가축분뇨 발생량
	작물 잔사 적용량	외부 퇴·액비 수출입량
	기타 유기질비료 사용량	작물 잔사 적용량
	생물학적 질소고정량	기타 유기질비료 사용량
	대기 질소 침적량	생물학적 질소고정량
	기타 (과중·식재 자재)	대기 질소 침적량
양분 산출량	식량작물 생산량	식량작물 생산량
	사료작물 생산량	사료작물 생산량
	부산물 생산량	부산물 생산량
	토양 내 양분 저장 변화량	
양분 잉여량 (양분수지)	경작지로부터 대기 중 휘발량	경작지로부터 대기 중 휘발량
	경작지로부터 수계 유출량	경작지로부터 수계 유출량
		분뇨처리 시 대기 중 휘발량
		분뇨처리 시 수계 유출량
		토양 내 양분 저장 변화량

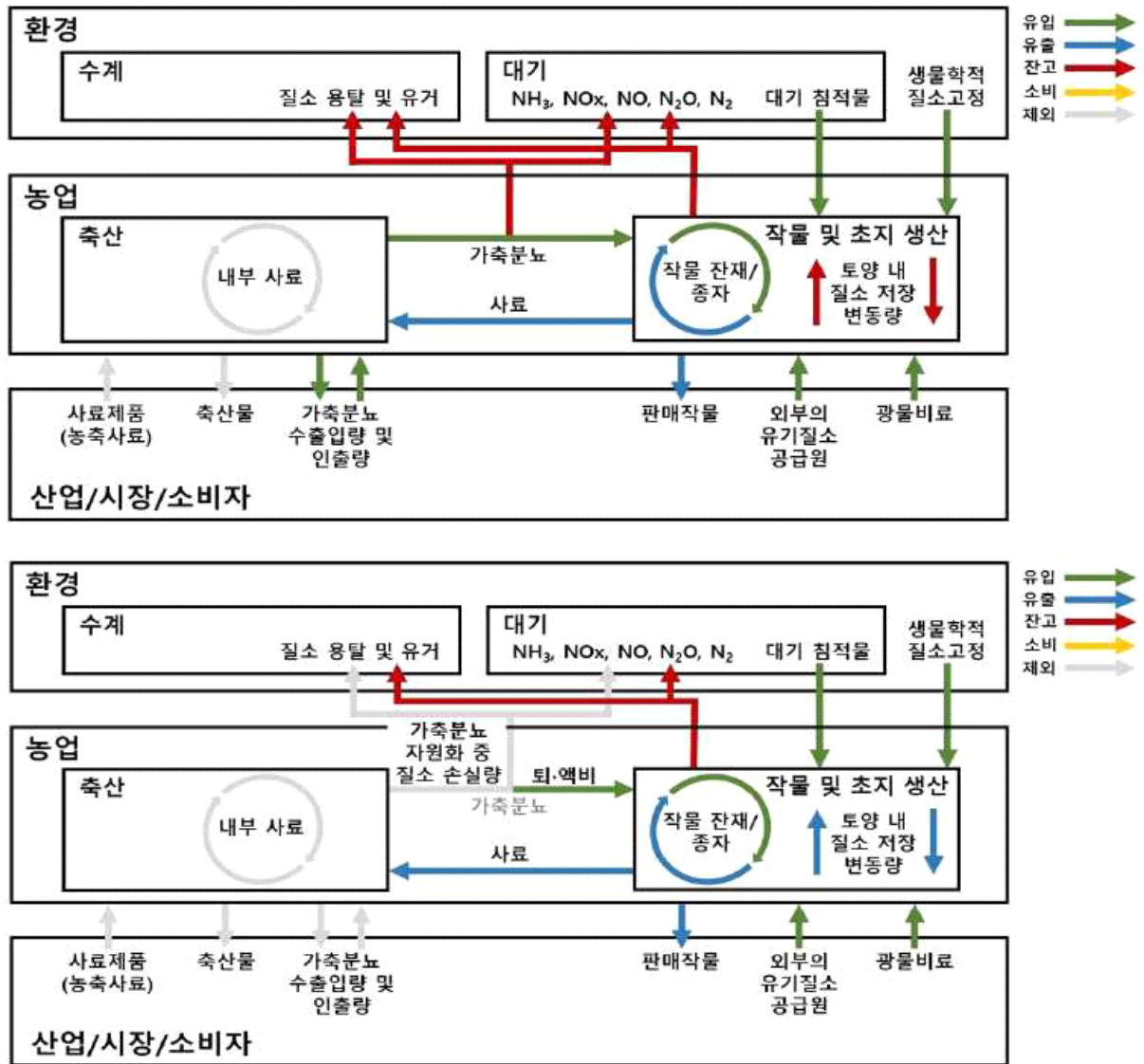


그림 20. 토지수지(위)와 토양수지(아래)의 산정범위 구분 (국립환경과학원, 2019)

- 현재까지 국내에서 수행된 양분수지 산정방법론 등에 관한 연구를 조사한 결과, 농촌진흥청·한국농촌경제연구원과 국립환경과학원에서의 두 가지 방법론을 파악할 수 있었음 (표 10)

표 10. 국내 양분수지 산정방법론 관련 연구 현황

연구기관	논문·과제명	방법론	연구년도
농촌진흥청	지역단위 양분수지 평가 및 개선 연구	토양수지	2014
한국농촌경제연구원	양분총량제 도입방안 연구		2015
국립환경과학원	국내 가축분뇨 자원화 특성을 고려한 OECD 질소수지 산정법의 지역단위 적용 연구	토지수지	2017
	지역단위 양분관리 시범사업 (I)		2019

(나) 산정방법론 및 양분수지 현황

① 농촌진흥청·한국농촌경제연구원 산정방법론

- 해당 산정방법론은 양분 투입량(화학·유기질비료, 가축분뇨)과 양분 요구량(작물별 양분 흡수율)의 차로 나타나는 양분 초과량을 산정하는 것을 골자로 함
 - 양분 초과량과 양분 요구량의 비율을 양분초과율로 정의하였고, 이를 양분관리의 기준으로 삼음
- 산정방법론의 효율적인 활용을 위해 연구진은 Excel[®] 스프레드시트를 활용한 ‘농업부문 양분산정 프로그램(AgNAS)’을 구축하였음
 - 프로그램에 농작물별 재배면적, 가축 사육두수, 분뇨처리 방법, 화학비료 및 유기질비료 사용량을 입력하면 양분 초과율이 산정되는 구조임
 - 입력 데이터로 AgriX와 시군별 농협 중앙회의 자료를 활용하여 시군·작물별로 양분수지 산정이 가능하였음
- 이를 바탕으로 시도별, 시군구별 양분 초과율을 산정하였으며 (그림 21), 해당 결과를 바탕으로 양분관리지역을 전문가의 조언에 따라 4단계로 설정하였음 (표 11)

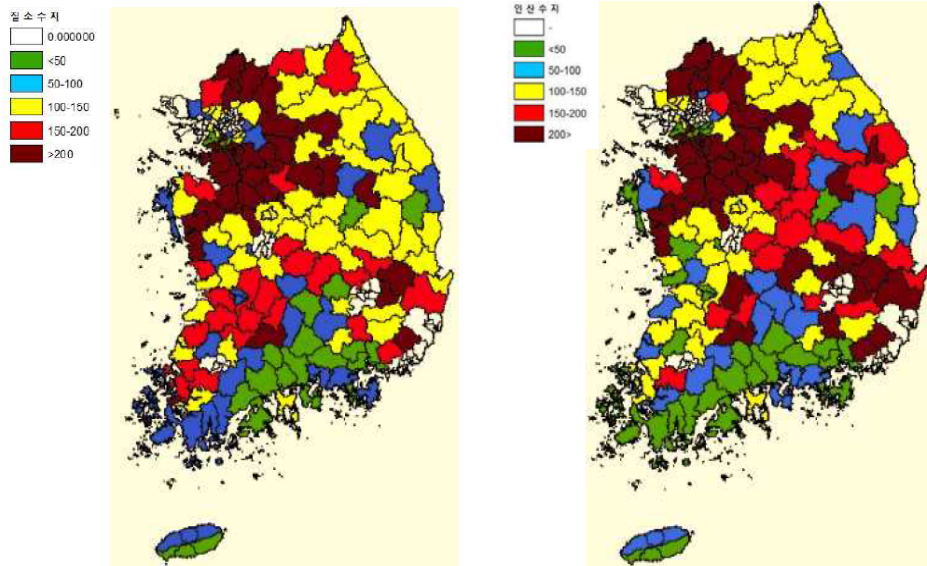


그림 21. 시군구별 질소(좌)·인(우) 수지 초과율 현황 (2014년 기준, 한국농촌경제연구원)

표 11. 양분 초과율에 따른 양분관리 지역 구분 (2015, 한국농촌경제연구원)

양분 초과율	양분관리 지역 구분	질소 수지 기준 해당	인 수지 기준 해당
~50%	양분관리 우수지역	20개 (12.9%)	33개 (21.3%)
50~100%	양분관리 관심지역	29개 (18.7%)	22개 (14.2%)
100~150%	양분관리 유도지역	47개 (30.3%)	40개 (25.8%)
150%~	양분 특별관리지역	59개 (38.0%)	60개 (38.8%)

② 국립환경과학원 산정방법론

- 해당 산정방법론은 OECD/Eurostat 양분수지 산정방법론(이하 OECD 방법론)을 기반으로 하여 수립되었음
 - OECD 방법론에서는 양분투입량을 비료와 가축분뇨의 직접 투입량에 의한 질소·인 투입량 이외에도 생물학적 질소고정량, 대기 질소 침적량, 지역 외부로부터의 퇴·액비 반출입량, 파종·식재용 재료 잔여량을 산입하며, 양분산출량을 작물과 그 부산물 내 질소·인 함유량으로 구분하여 산정하고, 양분투입량과 산출량의 차이를 양분 잔고(surplus)로 나타냄
 - 양분 잔고는 대기 중 휘발량과 수계 유출량으로 구분되는데, 대기 중 휘발량은 비료, 분뇨, 잔사 등에서 휘발된 암모니아, 아산화질소, 질산화물을 규정된 산정법으로 산출하고, 수계 유출량은 양분 잔고와 대기 중 휘발량의 차로 나타내며, 토양 잔류량은 별개로 산정되지 않음
- 국립환경과학원은 OECD 방법론을 기초로 하되, 가축분뇨 투입량을 계산함에 있어 가축분뇨 처리 과정을 퇴비, 액비, 정화처리로 구분하여 별도로 산정하였으며, 이는 대기 중 휘발량을 추산할 때에도 동일하게 적용함
 - 다만, 대기 중 휘발량 산정에 있어 OECD 방법론과 같이 다양한 경우를 고려하지 않고, 오로지 분뇨처리 과정에서의 휘발량만 산정함
 - ▶ 토양에 살포된 양분물질의 암모니아화·질산화 등으로 인한 휘발은 고려되지 않음
- 2017년 연구에서는 국내 A 지역에 대하여 2015년도의 질소 수지를 산정하였으며, 그 결과 퇴비로 인한 양분 투입량이 가장 큰 비중을 차지하였음을 파악하였음 (그림 22)
- 해당 연구 결과를 바탕으로 연구진은 해당 산정방법론과 이를 활용한 산정장치에 대한 특허를 취득함

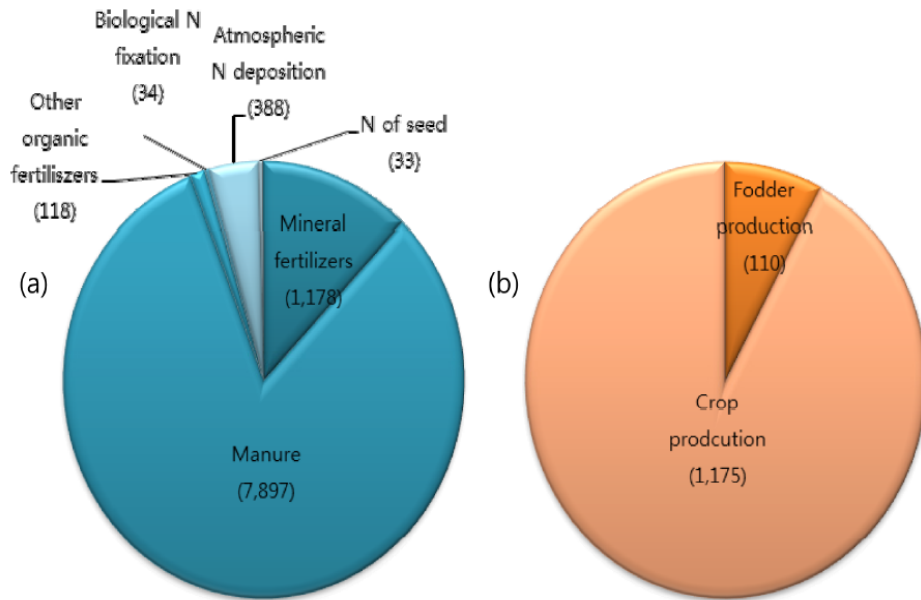


그림 22. A 지역의 2015년도 질소 투입(a) 및 산출량(b) 산정 결과 (2017, 임도영 등)

(2) 해외 양분수지 산정방법론 관련 현황

(가) 일본

- 2017년 현재, 일본의 양분수지는 질소수지 179 kgN/ha, 인수지 57 kgP/ha로 과잉 양분이 농경 활동에 투입됨을 파악할 수 있음
- 일본의 양분수지 산정은 NARO의 물환경 보전을 위한 농업환경 모니터링 매뉴얼 (2006년 개정)에 규정되어 있으며, 농지토양 표면의 양분수지를 모델을 이용하여 산정함
 - 일본의 양분수지 모델은 퇴비·화학비료 등 양분의 직접 투입량과 산출량 이외에도 강우·관개, 생물학적 질소 고정·탈질 등을 고려하였으며, 수계 유출량, 토양 내 형태 변화량(유기화·무기화)과 양분 잉여량을 산정하게끔 설계됨 (그림 23, 표 12)

표 12. 양분수지 모델에 따른 산출식 (2006, NARO)

산출내용		산출식
가축분뇨 발생량		가축 사육두수×분뇨발생 원단위
가축분뇨 휘발량		분뇨발생량×휘발율 또는 분뇨발생량-퇴비량
미이용 분뇨량		가축분뇨 발생량 - 휘발량 - 퇴비량
투 입 량	퇴비 시비량	분뇨발생량×퇴비화율 또는 퇴비 시비량
	화학비료 시비량	작물 재배면적×시비량
	생물학적 질소고정량	질소고정 작물 재배면적×질소고정량
	강우 유입량	강수량×양분함유율
	관개 유입량	논 면적×관개수 이용량×양분함유율
산 출 량	탈질량	작물 재배 면적×탈질 원단위 또는 시비량×탈질률
	작물 질소량	작물 수확량×양분 함유율
	부산물 질소량	작물 수확량×부산물 비율×반출비율×양분 함유율 또는 부산물 반출량×양분 함유율
대지 휘발량		퇴비 시비량×휘발율 + 화학비료 시비량×휘발율
수계 유출량		투입량×유출률
형태변화량		투입량 - 대지산출량 - 대지 휘발량 - 수계 유출량
양분 잉여량		투입량 - 대지산출량

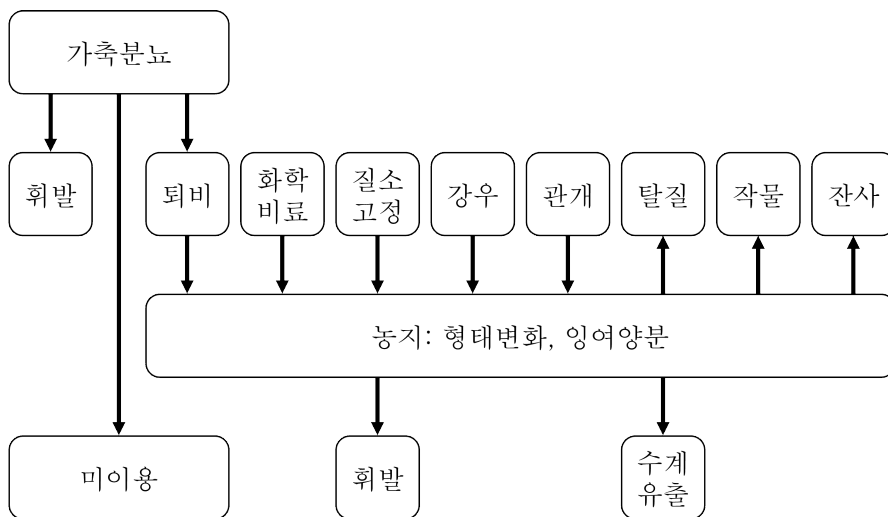


그림 23. 일본 양분수지 모델 산정방법론 (번역) (2006, NARO)

- 또한 NARO에서는, 2003년에는 이미 지역별(광역·기초지자체단위) 양분수지를 산정할 수 있는 데이터베이스(그림 24) 및 Excel[®] 스프레드시트를 구축하였으며, 더욱 나아가 2006년에는 국가 단위 질소순환 모델을 구축하였음

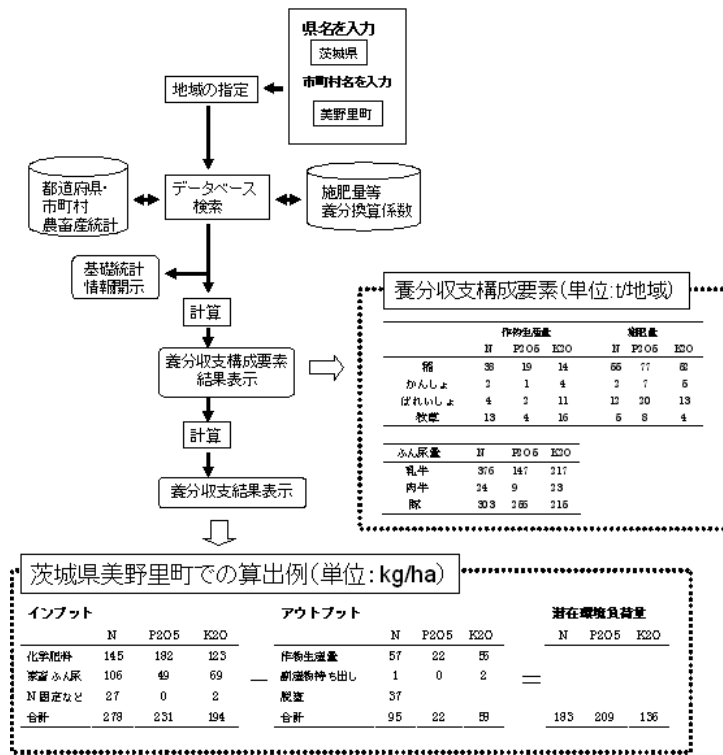


図1 データベースの構造, 登録情報および養分収支の算出過程

그림 24. NARO 양분수지 DB 구조 (2003, NARO)

(나) 유럽

① 유럽연합

- 유럽연합은 앞서 국내 양분수지 방법론 검토에서 언급하였던 OECD 방법론을 활용하여 회원국별 양분수지를 산정하고 있음 (그림 25)
 - 이를 살펴보면, 회원국에 따라 양분수지의 수준에 큰 차이가 나타나는 것을 확인할 수 있는데, 이는 국가별 지리적 환경, 농업구조 및 정책적 차이 등의 요인에 기인한 것으로 보임
 - 국가별 양분수지는 산정·공표하지만, 공식적 차원에서 세부 지역단위 양분수지는 파악한 바에 따르면 산정하지 않음

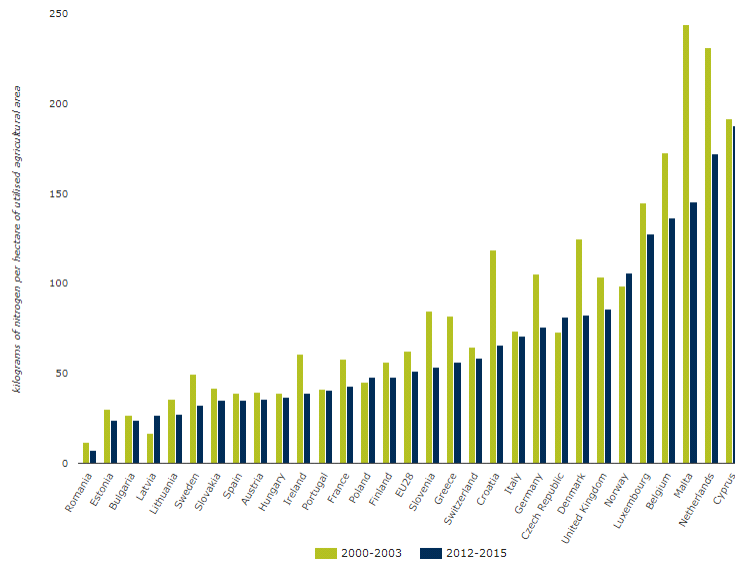


그림 25. EU 회원국별 질소 수지

- 한편, Einarsson et al. (2020)은 공공 개방 데이터를 활용하여 EU 회원국의 지역별·국가별 인 수지를 산정하였음 (그림 26)
 - 이는 농경지 및 영구초지를 더한 개념인 활용농업지대(Utilised Agricultural Area, UAA)의 토양 표면에서의 수지를 계산한 것으로, 비료 및 가축분뇨 투입량과 작물 생산량의 차를 양분 잉여량으로 산정한 것임
 - 다만, 세부 데이터 수집의 어려움으로 인해 초지에서의 실제 방목에 따른 양분 미투입이나 국가·지역 간 가축분뇨 거래 등의 요소를 고려하지 못하였으며, 특히, 가축분뇨 거래의 경우에는 OECD 산정법에서 중요하게 고려되는 사항임을 볼 때 기존 Eurostat 산정값과 비교하였을 때 차이가 발생하였음
 - 해당 결과를 바탕으로, 연구진은 질소 수지에 관해서도 산정이 가능할 것이라고 기대함

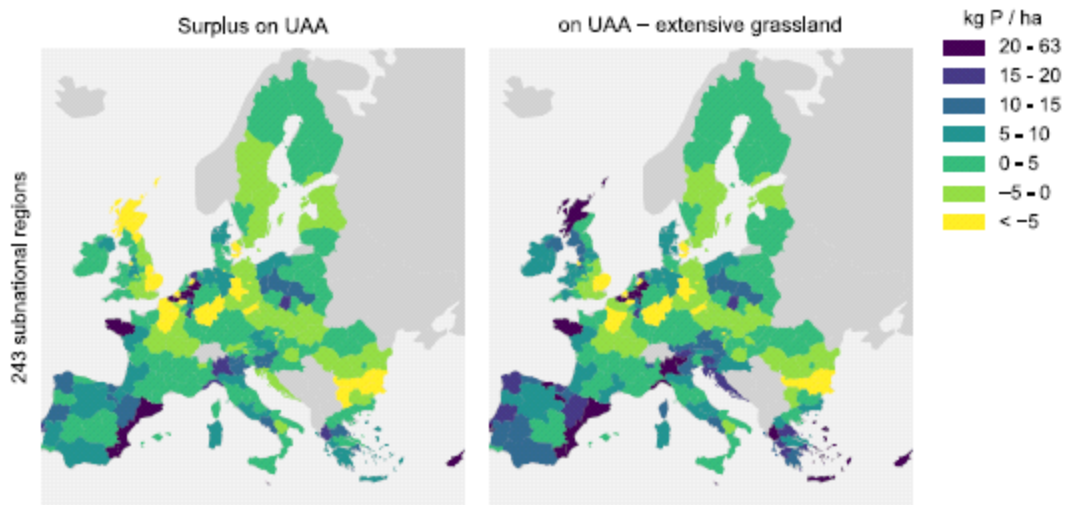


그림 26. EU 238개 지역의 인 수지 산정 결과 (좌-활용농업지대, 우-초지 제외) (2020, Einarsson et al.)

- 이외에도 Häußermann et al. (2020)은 독일 기초지자체별 잉여 질소량을 농업시스템수지로 산정하였음 (그림 27)

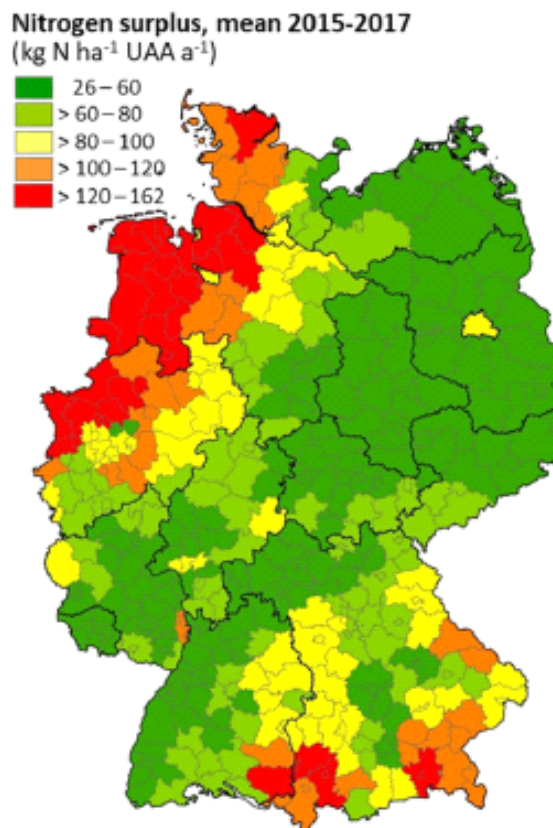


그림 27. 독일 지역별 잉여 질소량 (2020, Häußermann et al.)

- 농업 시스템 수지는 토양표면수지와 축산수지, 그리고 바이오가스수지를 합한 값으로, 이를 통해 전체 농업 활동으로 인한 양분수지를 파악할 수 있음
- 농업 시스템 수지를 구성하는 부문별 구성요소는 아래 표와 같음

표 13. 농업 시스템 수지 구성요소 (2020, Häußermann et al.)

구성요소	농업시스템수지	토양표면수지	축산수지	바이오가스수지	산정량 (kgN/ha)
○ 투입량					226.5
무기질 비료	+	+			103.7
가축분뇨 외부 유입	+	+			0.9
퇴비	+	+			3.2
국내산 사료	+		+		
수입 사료	+		+		
생물학적 질소고정	+	+			12.8
바이오가스 원료	+			+	
종자·식재 재료	+	+			1.3
대기 질소 침적	+	+			4.0
○ 시스템 내 순환					
분뇨의 비료대체분		+	-		57.8
분뇨 바이오가스화			-	+	
수확물 사료 활용		-	+		-58.3
수확물 바이오가스화		-		+	-18.6
바이오가스 잔여물 투입		+		-	33.3
암모니아 휘발			-	-	-5.4
대기 암모니아 침적		+			9.5
○ 유출량					-149.0
작물 산출량	-	-			-66.7
축산물 산출량	-		-		
가축분뇨 외부 유출량	-		-		
바이오가스 잔여물 유출량	-			-	

- 산정 결과, 2015~2017년간 토양 표면 수지는 평균 연간 77.4 kgN/ha로 나타났으며, 이는 표에 나타난 것과 같이 무기질 비료의 투입이 가장 큰 비중을 차지하는 데 기인함을 파악할 수 있었음

- 또한, 북서부에 위치한 3개 주의 경우, 대부분 높은 잉여 질소량을 보이는 것을 알 수 있었는데(그림 27), 이는 해당 지역의 가축 사육밀도가 높을 뿐 아니라, 인접국인 네덜란드로부터의 가축분뇨 유입에 의해 영향을 받은 것에 기인함
- 이에 더하여 연구진은 중앙정부의 양분 투입량 제한(연간 170 kgN/ha)의 영향을 분석하였는데, 그 결과 조치가 취해진 경우의 질소 수지가 그렇지 않은 경우보다 낮게 나타나는 것을 확인하였음

② 영국

- 2017년 현재, 영국의 양분수지는 질소수지 86 kgN/ha, 인수지 6 kgP/ha로 질소 투입량이 주요국 가운데에서는 높게 나타나는 것을 파악할 수 있음
- 영국은 정부 차원에서 개별 농가의 농장 단위 토지수지(질소, 인, 칼륨 대상) 산정을 독려하고 있으며, 양분수지 산정은 작물 양분관리 계획, 가축 사육계획과 병행하는 것을 권장하고 있음
 - 농가별 양분수지 산정을 위하여 시비 지도 인증·훈련 계획(Fertiliser Advisers Certification and Training Scheme, FACTS) 제도 하 자격 취득 농학자(현재 약 2,500명)로부터 지도를 받을 수 있으며, 농업조정발전위원회(AHDB)의 가이드라인(RB209, 2017) 및 이를 활용한 모바일 애플리케이션을 활용하는 것도 권장됨
 - ▶ RB209에는 농가에서 진행하는 양분관리 및 비료 사용, 유기물 관리에 있어 토양검정, 작물 양분 요구량, 환경 영향·경제성 평가, 퇴비검정 등 선행해야 할 기본적으로 고려해야 하는 사항과 초지, 곡물, 감자, 채소류, 과일류별 적정 양분관리 방안이 담겨있음
 - 양분수지는 투입량과 산출량의 차로 산정하며, 투입량은 화학·유기질비료 사용량, 작물 부산물 적용량, 강수량, 생물학적 질소고정량, 가축 두수, 농경지 면적 등의, 산출량은 작물·부산물 생산량, 축산물 생산량 등에 대한 기록을 기반으로 산정함
- 또한, 영국 정부는 정확한 양분수지 산정을 위해 유기질비료, 작물·부산물 등에 대한 직접적인 양분 함유량 분석을 농가에 추천함
 - 특히, 적정 양분 투입량을 결정하기 위해 작물의 pH 및 양분 요구량을 구하고, 토양의 pH 및 인·칼륨·마그네슘 함량 검정(3~5년 주기), 가축분뇨 및 유기물 썩거기에 대한 성분 분석을 권장하고 있음
- 이외에도 RB209를 기반으로 PLANET(Planning Land Applications of Nutrients for Efficiency and the environment) 시스템을 구축하여 농가의 질산염 취약 지역에서의 준수 사항 이행을 위해 대지 규모 양분관리계획 수립과 기록 유지, 가축분뇨 유래 질소 제한 및 저장 용량을 계산하는데 도움을 주고 있음

VI. 국내·외 양분관리 관련 정책 및 시스템 분석

○ 국내 정책

- 양분관리의 필요성에 대해서는 이미 정부 부처를 불문하고 공통적으로 인식하고 있음
- 양분관리를 토양 관점에서 접근하려는 시도가 있었으나, 체계적 토양 양분관리시스템의 수립계획이 아직 구상되지 않음
- 농가나 정부 부처 이외에도 화학비료 업계 등 양분관리제 시행으로 인해 영향을 받을 수 있는 이해당사자를 고려한 유기질비료 사업 연계와 같은 양분관리제도(안)가 필요함
- 단순 관리 목표 설정 및 규제 이외에도 양분관리 영농활동을 수행하는 농가에 대한 인센티브 제도가 필요함

○ 국내 시스템

- 현재 지역별 토지수지 산정·표출에 필요한 자료·시스템은 구비되어 있음
- 한편, 농가 단위 토양수지 산정·표출에 필요한 자료·시스템은 보완되어야 할 부분이 많으며, 특히 시공간적 고해상도 양분수지 산정을 위해서는 실제 양분 투입량 정보가 중요하나, 현재 자료는 표본조사를 통해 수집된 것으로 실제와는 차이가 있을 가능성이 있음
 - ▶ 화학비료 실제 시비량, 퇴·액비 실제 투입량 등을 파악하여야 함
 - ▶ 농가의 실제 양분관리 실태 자료를 수집하는 것이 필수적이나, 전수 조사를 실시함에 있어 어려움이 많기 때문에 ICT 기반 쌍방향적 플랫폼을 구축하는 것이 필요함

○ 국내 양분수지 산정방법 및 관리

- 현재 국내에서 양분수지는 OECD 방법론을 바탕으로 산정되며, 이는 토지수지에 기반을 하고 있음. 토지수지는 지역단위 양분수지 산정 및 관리에 있어 경계 내부의 양분 순환을 모두 고려하기 때문에 합리적인 접근 방법으로 보여짐. 그러나, 농가의 입장에서 보면 축산농가에서의 가축분뇨 발생량이 양분 투입량으로 계산되며, 토양의 양분 잔존량이 농가의 양분 잉여량으로 표현되기 때문에, 농가의 양분 절감 노력을 반영할 수 없게 되는 문제가 있음
- 반면, 토양수지는 토양을 기준으로 투입되는 양분만을 고려하기 때문에, 농가 단위에서의 양분수지 산정방법론으로 적합할 것이라고 사료됨. 그러나, 이를 통해 산정된 양분 잉여량은 주변 수계로 유출되거나 대기로 휘발하는 것임에도 불구하고, 현재까지의 산정방법론상 이에 대한 명확한 구분이 없다는 문제점이 있음

○ 해외 정책

- 양분관리 집중지역을 선정할 때, 단순히 양분수지 초과율의 범위에 따라 임의적으로 결정하기보다는, EU 질산염 지침에서와 같이 인근 수계의 질산염 농도에 기준하여 NVZ(질산염 위험 지역)를 설정하는 등 주위 환경에 미치는 영향을 고려하여 선정해야 함
- 지역 양분관리를 위해서는, 일본의 지력증진 기본지침과 같이 토양검정 등 과학적 근거를 기반으로 하여 중앙정부에서 제정한 양분관리지침(가칭)을 하향식으로 설정하고, 이에 따

라 지역이 지역별 개선목표 및 활동을 규정하도록 건인해야 함

- ▶ 개선목표를 설정할 때, 토양검정 등을 바탕으로 농가별 특성에 따른 양분투입 기준을 설정하여 농가 간 불공평함이 없도록 해야 함
- ▶ 지역별 개선 활동은 양분의 품질, 투입량, 투입시기, 투입위치 등을 고려하여 구체적으로 작성해야 함
- 지역 양분관리에 농가들이 자발적 참여를 유도하기 위해서 다음과 같은 사항들이 권장
 - ▶ 공인된 양분관리 전문가를 육성하여 농민들이 양분관리계획을 작성하고 실행할 때, 전과정을 보조하며 조언을 줄 수 있도록 하는 것이 중요함
 - ▶ 직불제 개편을 통하여 농가에 양분관리를 장려하고자 할 때, 양분관리에 관련된 항목들을 세부적으로 하고, 적용 수준에 따라 단계적으로 지급하는 방안을 고려할 수 있음
 - ▶ 이외에도 양분거래제와 같이 시장경제 원리를 활용한 양분 저감 방안을 추진하는 것도 한 가지 방안이 되리라 봄
 - ▶ 또한, 농가들이 양분관리제도에 적극적으로 참여하는 것을 유도하기 위해 영농활동 도입에 따른 보상책뿐 아니라 준수사항 위반이나 미참여에 따른 페널티를 주는 방안도 고려해야 함

○ 해외 시스템

- 일본에서 제공하는 양분관리 관련 서비스와 같이 농업 토양에의 비료 효과 시뮬레이션 등을 탑재한 양분관리시스템을 구축하여 농가들에 토양·작물 관련 정보 이외에도 양분관리 관련 정보를 제공하게끔 해야 함
- 개별 농가의 환경에 적합한 양분관리 시나리오를 제공하여 농민에게 의사결정을 지원해 주어야 함
- 사용자 친화적 UI 및 전문가와의 쌍방향 소통 서비스를 제공하여 직접적으로 현장에 오지 않더라도 양분관리 활동을 수행함에 있어 어려움이 없도록 해야 함

○ 해외 양분수지 산정방법 및 관리

- 해외 주요국에서도 양분수지는 국내와 같이 OECD 산정법 기반의 토지수지를 산정하는데, 산정식에 포함되는 사항들이 더욱 세부적이기에, 우리도 향후 양분관리제도를 도입하고자 하면 이를 고려해야 함
- 연구를 통해 밝혀낸 산출물 등의 평균치를 양분수지 산정에 활용하기보다는, 농민들로 하여금 성분분석을 하게끔 독려하여 실제에 가까운 양분수지를 얻어내는 것이 중요함

VII. 양분관리제도 도입 및 양분관리시스템 구축 방안

(1) 양분관리제도 도입 및 양분수지 산정의 방향

- 환경부에서는 가축분뇨, 비료 및 이들이 양분으로써 투입된 토양을 비점오염원으로 인식하며, 양분관리의 주요 목적은 비점오염원의 관리를 통한 수질오염 개선 등에 있음
 - 그러나, 농식품부는 가축분뇨를 화학비료를 대체할 수 있는 자원으로 인식하다는 점에서 양 부처 간 인식에 차이가 있음
- 자원순환의 관점에서 가축분뇨의 활용도를 높이고, 동시에 화학비료를 감축하는 방향으로 양분관리를 하기 위해 농식품부의 역할이 필요한 것으로 판단됨
 - 또한, 토양이 유기물 저장을 통해 '탄소저장'의 기능을 하는 점을 고려, 토양의 순기능을 강조하는 정책 추진으로 농축산계의 참여 유도가 가능할 것으로 보임
- 토양양분관리를 위해서는 경종농가의 참여가 반드시 필요함. 그러나 양분수지 산정의 방법론으로 토지수지를 적용할 경우, 경계 내에서 발생한 가축분뇨 양이 그대로 양분 투입량으로 계산되어, 자원순환을 위한 농가의 퇴·액비 시용 노력이 양분수지 감축으로 연결되지 않는 문제가 있음. 경종농가 참여를 이끌어내기 위해서는, 양분수지 산정 방법론으로써 토양수지를 적용하여, 개별 경종농가의 양분 절감 노력이 양분수지 개선으로 이어지도록 하는 것이 필요하다고 보임. 다만, 지역 단위에서는 토지수지를 적용하여 지역 단위의 정책 및 목표 수립 등에 이용할 수 있을 것임.
 - 이와 같은 양분수지의 특성을 고려하여 농식품부는 개별 농가단위에서 토양수지를 기준으로 하고, 환경부는 지역단위에서 토지수지를 기준으로 하여 정책을 추진하는 것을 제안함
- 농가별 정확한 토양 양분수지 산정을 위해서는 양분수지 산정방법론에 포함되는 투입·산출 항목들에 대한 데이터베이스와 이를 활용한 양분관리 시스템의 구축이 이루어져야 함
 - 조사 결과, 현재 국내에서 보유하고 있는 데이터와 산정방법론을 통해 시도단위 토지수지는 산정 가능한 것으로 파악됨
 - 한편, 토양수지의 경우, 현재 투입량의 대부분을 차지하는 화학비료 및 퇴·액비의 농가별 실제 투입량 자료가 없어 이에 대한 파악이 필요하며, 이는 현행 공익직접지불금 제도에 있어 농가의 의무준수사항인 영농일지 작성과 연계하면 수집이 용이해질 것이라 기대됨. 또한, 양분 산출량 범위에 포함된 토양 양분 변화량을 주기적 토양검정을 통해 파악해야 함
- 정확한 토양 양분수지의 산정 이후, 중앙정부는 양분관리지침(가칭)을 수립하여 지역·농가단위 양분관리 및 토양 개선 기준과 목표를 설정해야 함
 - 양분수지는 대기, 수계 등 다매체를 고려하는 개념이지만, 과잉양분의 원천이 농업 부문

(축산 및 화학비료 사용)에 있으며, 양분이 투입되는 매체가 주로 토양이기 때문에 농업 토양을 위주로 관리하는 것이 전반적 양분관리에서 가장 효과적임

- 목표 설정 시, 토양 양분수지뿐 아니라, 주변 수계의 질산염 농도 및 대기중 암모니아 농도 등의 전반적 양분순환과 농촌환경을 고려한 양분 동태모형을 활용할 필요가 있음
- 지역의 양분수지와 동태모형 구동 결과에 따라 관리등급(예시: 우수등급, 관심등급, 특별 관리등급 등)을 배정한 뒤, 각 지역은 등급의 개선을 위해 해당하는 등급에 맞는 관리계획을 수립해야 함
- 개별 농가의 양분수지 관리에 있어서는, 토양수지의 정기적 재산정을 통해, 그 결과가 관리목표 설정에 영향을 끼치는 피드백 시스템을 구성해야 함

○ 관리목표 달성을 위한 농가·지역별 세부 영농활동 및 정책 결정에 관한 가이드라인 제시가 필요

- 개별 경종농가는 토양수지를 줄이는 데 집중하되, 지역은 농가의 활동을 지원·지도하는 한편, 토양수지에서 산정하지 않는 토지수지 산정 사항(가축분뇨 처리 시 휘발량, 지역 외부로부터의 가축분뇨 수출입 등)을 정책(경축순환 추진, 가축분뇨 처리시설 관리 강화, 가축분뇨 처리 집단화 등) 시행을 통해 감축을 추진해야 함

○ 또한, 양분관리 정책 추진에 있어서 환경부와 농식품부 양 부처의 협력이 중요할 것으로 보임. 환경부는 지역단위의 양분관리 기준을 설정하고, 지역별 양분관리계획 수립, 양분관리로 인한 대기·수계 오염 영향 등을 분석해야 할 것임. 농식품부는 농가 단위의 관리를 위한 목표 설정을 지원하고, 양분 절감을 위한 영농활동 제시 등의 역할이 필요. 축산농가를 대상으로도 가축분뇨의 올바른 처리 및 관리가 이루어질 수 있도록 적절한 기준을 제시하고 이를 지원해야 할 것임. 지역 내 경종-축산농가의 연계를 돕고, 농축산업계의 실질적인 참여를 유도해야 할 것임

- 양분관리를 위한 데이터 관리에 있어서도, 양 부처간 공통으로 적용 가능한 데이터는 공유하고, 상호 연계 및 검증이 가능하도록 하여 신뢰 가능한 데이터를 공동으로 사용할 수 있어야 할 것임. 예를 들어, 화학비료 사용량, 유기질비료 사용량 등의 정보를 공유하되, 환경부의 가축분뇨 전자인계관리시스템, 폐기물적법처리시스템(올바로)를 통해 가축분뇨 발생량과 사용량 간 교차검증을 진행하여 데이터의 신뢰도를 높일 수 있을 것임.

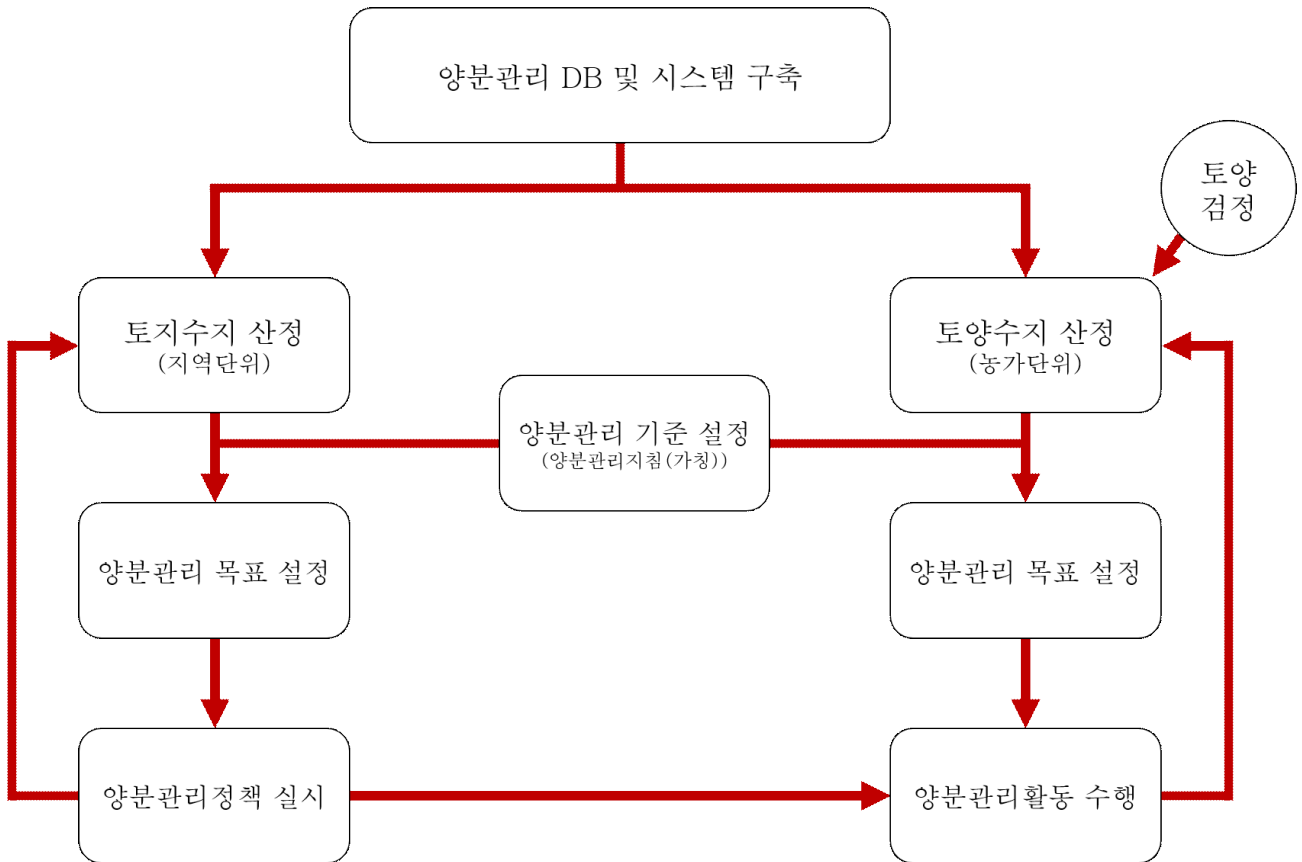


그림 28. 양분관리제도의 방향성 제안

(2) 양분관리 데이터베이스·시스템 구축

- 양분관리제도가 도입되는 경우, 양분관리 사업의 이행을 평가하고, 대안을 마련하기 위해서는 농가의 양분 투입·산출 현황 등에 대한 시스템이 구축되어, 농가의 양분절감 노력에 대해 즉각적인 피드백이 이루어질 수 있도록 해야함
- 개별 농가단위에서 토양수지를 산정을 바탕으로 농가별 양분관리 현황을 파악하고, 목표를 설정하기 위해서는 농가별 양분 투입량, 산출량, 잉여량 파악이 필요함. 국내 양분관리 관련 시스템에 대한 정보를 기반으로 향후 토양양분수지 산정 및 양분관리제도에 필수적인 양분관리 데이터베이스 구축에 필요한 항목별 상세한 사항은 표 14와 같음
 - 양분 투입량의 경우, 직불금 지급을 위해 시행되는 영농활동일지 작성과의 연동을 통해 양분 종류에 따른 실제 경작지 투입량 자료를 얻을 수 있을 것이라 기대함
 - 양분 산출량의 경우, 작물과 부산물 산출량은 AgriX나 영농활동일지 등을 통해 수집할 수 있을 것이며, 토양 양분 변화량은 농업환경변동조사 또는 개별 농가 대상 정기적 토양검정을 통해 파악할 수 있을 것이라 봄
 - 양분 잉여량의 경우, 양분수지 산정식을 통해 산출할 수 있으나, 주변 환경에의 부하를

매체별로 정확히 파악하기 위해 현행 Tier 1, 2 수준¹⁾의 아산화질소 및 암모니아 배출 산정방법론(식 2) 등을 기반으로 대기·수계 배출계수를 파악하거나 향후 연구과제를 통해 양분 동태모형을 개발할 필요가 있음

- ▶ 해당 식에서는 아산화질소의 직접배출 이외에도 수계로의 질소 유출량 및 경작지에서 휘발한 암모니아와 질소산화물의 전환에 의한 간접배출을 포함하고 있어 질소의 형태에 따른 환경 영향 분석이 가능할 것으로 보임

표 14. 토양수지 산정 시 양분관리 데이터베이스 활용 가능 자료 일람

양분 투입량	산정 방법	활동자료 출처
화학비료	화학비료 투입량×양분계수	영농일지 또는 현장 실사
퇴·액비	퇴·액비 투입량×양분계수	
기타 유기질비료	유기질비료 투입량×양분계수	
생물학적 질소고정	질소고정작물 재배면적 ×고정계수	AgriX 또는 현장 실사
대기 질소 침적	농경지 면적×질소침적계수	
과중·식재용 재료	과중작물 재배면적×양분계수	
양분 산출량	산정 방법	활동자료 출처
작물 생산	작물 생산량×양분계수	AgriX 또는 현장 실사
작물 부산물 생산	작물 생산량×부산물 비율×양분계수	
토양 잔존	토양검정 또는 산정된 수지값에서 대기 휘발· 수계 유출량 차감	토양검정 또는 농업환경변동조사
양분 잉여량	산정 방법	활동자료 출처
대기중 휘발	비료 및 유기물 적용량×휘발계수	영농일지 또는 현장 실사
수계 유출	비료 및 유기물 적용량×유출계수	

1) 온실가스 인벤토리 산정등급의 분류로서, Tier가 높을수록 결과의 신뢰도와 정확도 증가. Tier 1은 IPCC 기본배출계수를 활용하여 배출량을 산정하는 기본 방법이며, Tier 2는 국가 고유 배출계수 및 발열량 등 일정부분 시험, 분석을 통해 개발한 매개변수값을 활용한 배출량 산정방법임.

식 2-1: 농경지토양 부문 아산화질소(N₂O) 직접배출량 산정식

$$N_{2O_{Direct}} = (N_{2O} - N_{N_{inputs}} + N_{2O} - N_{OS} + N_{2O} - N_{PRP}) \times 44/28$$

$$N_{2O} - N_{N_{inputs}} = \sum_i (F_{SN_i} \times EF_{1i}) + (F_{ON} + F_{SOM} + F_{CR}) \times EF_1 + (F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM})_{FR} \times EF_{1FR}$$

$$N_{2O} - N_{PRP} = [(F_{PRP, CPP} \times EF_{3PRP, CPP}) + (F_{PRP, SO} \times EF_{3PRP, SO})]$$

N_{2O_{Direct}}: 농경지토양 N₂O 직접배출량 (kg N₂O/년)

N₂O - N_{N_{inputs}}: 연간 관리되는 농경지토양의 질소 투입에 따른 직접 배출량 (kg N₂O-N/년)

N₂O - N_{OS}: 연간 관리되는 유기토양의 N₂O - N 직접 배출량 (kg N₂O-N/년)

N₂O - N_{PRP}: 연간 방목지에 가축분뇨로 투입되는 N₂O - N 직접 배출량 (kg N₂O-N/년)

44/28: 질소 배출량(kg N₂O-N/년)의 N₂O 환산계수

F_{SN}: 연간 화학비료로 투입되는 질소량 (NH₃, NO_x 대기 휘산량 제외) (kg N/년)

F_{ON}: 연간 유기질소로 투입되는 질소량 (kg N/년)

F_{CR}: 연간 작물 잔사로서 농경지에 재투입되는 질소량 (kg N/년)

F_{SOM}: 연간 농경지토양 토지이용 및 관리 변화에 따른 토양탄소 손실로 인해 광물화된 질소량 (kg N/년)

F_{PRP}: 연간 방목 가축의 분뇨로 목초지, 방목지, 들판에 투입되는 질소량 (kg N/년)

(* CPP: 소·가금류·돼지, SO: 양 및 기타 가축)

EF_{1i}: 작물별 N₂O 직접배출계수 (kg N₂O-N/kg N 투입량)

EF_{1FR}: 논벼 재배지 질소 투입에 따른 N₂O 직접배출계수 (kg N₂O-N/kg N 투입량)

EF_{3PRP}: 방목 가축의 분뇨로 목초지, 방목지, 들판의 질소 투입에 따른 N₂O 직접배출계수

식 2-2: 대기휘산 N₂O 간접배출량 산정식

$$N_{2O_{(ATD)}} = [(F_{SN} \times \text{Frac}_{GASF}) + ((F_{ON} + F_{PRP}) \times \text{Frac}_{GASM})] \times EF_4 \times 44/28$$

N_{2O_(ATD)}: 대기휘산에 의한 N₂O 발생량 (kg N₂O/년)

Frac_{GASF}: 화학비료 내의 질소 중 농경지 시용시 대기로 휘산되는 NH₃, NO_x 비율 (kg N 휘산량/kg N 시용량)

Frac_{GASM}: 농경지토양에 투입되는 유기질 비료 질소량과 방목 가축의 분뇨 질소량 중 농경지 시용 시 대기로 휘산되는 NH₃, NO_x의 비율 (kg N 휘산량/kg N 시용·방치량)

EF₄: 토양 및 수계면에서 대기휘산에 의한 N₂O 배출계수 (kg N₂O-N/(kg NH₃-N + NO_x-N 휘산량))

식 2-3: 수계유출 N₂O 간접배출량 산정식

$$N_{2O_{(L)}} = [(F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) \times \text{Frac}_{LEACH-(H)}] \times EF_5 \times 44/28$$

N_{2O_(L)}: 수계유출에 의한 N₂O 발생량 (kg N₂O/년)

Frac_{LEACH-(H)}: 관개수 지하침투나 지표수 유출이 발생하는 지역의 질소 투입 총량 중 수계로 유출되는 질소량 (kg N/kg N 투입량)

Frac_{GASM}: 농경지토양에 투입되는 유기질 비료 질소량과 방목 가축의 분뇨 질소량 중 농경지 시용 시 대기로

EF₅: 수계유출에 의한 N₂O 배출계수 (kg N₂O-N/(kg N 수계유출량))

식 2-4: 비료사용에 의한 암모니아 배출량 산정식

$$E_{NH_3} = \sum (A \times N/100 \times EF)$$

E_{NH₃}: 암모니아 배출량 (kg/년), A: 비료 종류별 사용량 (t/년), N: 제품별 질소함량(%),

100: 질소함량 단위 환산계수 EF: 배출계수 (암모니아 kg/t N)

식 2. 현재 국가 온실가스 및 대기오염물질 인벤토리에 활용하는 농경지 부문 N₂O 및 NH₃ 산정방법론

- 개별 농가의 토양수지는 농가에서의 실제 양분 투입량을 파악하기 어려워 현재 산정이 어려움. 따라서, 이를 위해 개별 농가를 대상으로 한 양분관리시스템의 구축이 필요함
 - 해당 시스템에는 영농일지 작성 등 개별 농가의 양분 투입·산출량을 입력할 수 있도록 하는 것이 중요함
 - 일본에서 농업 토양에의 비료 효과 시뮬레이션을 제공하는 것과 같이, 영농활동 변화에 따른 양분수지 변화 시뮬레이션을 농가들이 볼 수 있도록 하고, 개별 농가의 환경에 적합한 양분관리 시나리오를 제공하여, 농민의 의사결정을 지원해줄 필요가 있음
 - 흙도람에서는 개별 농가·필지의 토양환경정보를 조회할 수 있는 위치 기반 서비스를 지원하므로, 본 연구에서는 흙도람을 양분관리시스템으로 일원화하고 확대하는 것을 제안함

○ 흙도람 기존 서비스에 추가사항 (제안)

- 농가의 토양 양분수지 조회
 - ▶ 농경지 면적, 재배 작물, 영농활동 정보 등을 입력하면 해당 농경지의 양분수지를 산정
 - ▶ 직불제 영농일지 작성과 연계하여 안정적인 데이터 수집을 할 수 있다면 전국 양분 관리의 기반이 되리라 기대함
- 영농활동 변화에 따른 양분수지 예상 변화량 조회 (시뮬레이터)
 - ▶ 다양한 영농활동 범위에서 농가의 상황에 맞춘 시나리오 제공
 - ▶ 만일 직불제가 영농활동별 지급으로 개편된다면, 적용 활동에 따른 직불금 예상액도 조회하게끔 하여 농민들이 손익계산을 할 수 있게끔 보조하리라 기대함
- ICT 기반 전문가와의 소통 서비스
 - ▶ 농가에서 양분관리계획 작성 등의 양분관리 활동을 시행할 때, 전문가의 조언을 실시간으로 받아 적용하도록 보조

○ 흙도람 UI 개선 방향

- 현재 토양환경지도와 별도로 나누어져 지원되는 비료사용처방 서비스를 통합하여 한 시스템 내에서 다양한 서비스를 제공
- 농촌의 고령화로 인해 대부분의 농민들이 웹서비스나 스마트폰 애플리케이션을 사용하는 데 있어 어려움을 겪기 때문에, 이를 고려한 노년층 대상 서비스(직관적 메뉴, 글씨체 확장 등)를 구축해야 함

(3) 양분관리지침 및 수행 활동

(가) 양분관리지침(가칭)

① 양분관리기준 및 목표 설정

- 경종농가에서는 토양수지 산정을 통해 개별 등급을 매기고(예시: 우수등급, 관심등급, 특별 관리등급 등) 등급별 관리 기준 및 목표를 설정하도록 하고, 농가의 관리범위 밖에서 일어나는 양분의 흐름은 지역·중앙정부의 소관으로 두어 관리하게 해야 함
 - 개별 등급을 매길 때, 일정 규모 이상의 농가부터 시행하거나, 주변 수계의 질산염 농도 및 대기 중 암모니아 농도 등을 바탕으로 판단했을 때 양분관리가 필요한 지역 내 농가부터 시행하는 등의 방안을 고려해볼 수 있음
- 개별 농가의 목표 설정을 위한 토양검정 시, 그 항목을 경작 형태별 토양비옥도 적정 기준(표 15)을 참조할 수 있으나, 현재 이에는 질소 관련 항목이 포함되어 있지 않음. 이를 현재 일본에서 시행 중인 지력증진 기본지침의 토양 기본 개선목표와 비교하면 가용질산염 등 더욱 많은 평가항목과 토성별 구분이 포함되어 있으므로 이를 활용할 수 있음
 - 향후 양분관리를 위한 토양 개선목표를 설정할 때 현행 기준을 바탕으로 하여 개선목표를 설정하되, 추후 연구를 통하여 추가적인 지표와 토성별 기준을 개발하여야 함

표 15. 현행 경작 형태별 토양비옥도 적정 기준

- 논토양

pH	유기물	가용인산	치환성 K	치환성 Ca	치환성 Mg	가용규산
5.5~6.5	20~30	80~120	0.20~0.30	5.0~6.0	1.5~2.0	157 이상

- 시설재배지 토양

pH	유기물	가용인산	치환성 K	치환성 Ca	치환성 Mg	EC
6.0~7.0	25~35	300~550	0.50~0.80	5.0~6.0	1.5~2.0	2.0 이하

- 밭토양

pH	유기물	가용인산	치환성 K	치환성 Ca	치환성 Mg
6.0~7.0	20~30	300~550	0.50~0.80	5.0~6.0	1.5~2.0

- 과수원토양

pH	유기물	가용인산	치환성 K	치환성 Ca	치환성 Mg
6.0~7.0	20~30	330~550	0.50~0.80	5.0~6.0	1.5~2.0

- 한편, 지역에서는 주변 수계의 질산염 농도 및 대기 중 암모니아 농도와 같은 주위 환경매체에 과잉 양분이 미치는 영향을 고려한 기준을 세우고 이에 따른 관리를 수행할 수 있을 것임.
 - 주위 환경매체에 미치는 영향의 경우, 현행 지하수 수질기준(표 16)이나 악취방지법 시행규정의 암모니아 배출허용기준(표 17) 등 현재 환경관리를 위해 설정된 기준을 참조할 수 있음
 - 한편, 현재 비점오염과 관련된 수질오염모델은 강우유출모델과 매체별 수질 모형이 연계된 형태임. 구체적으로는 대표적 강우유출모델인 SWAT(Soil and Water Assessment Tool)을 통해 비점오염원으로 인한 유역 내 수질 영향을 파악하고, 이를 하천수질변화 예측모델인 WASP, QUALKO 등과 연계하여 유역의 양분 부하가 수질에 미치는 영향을 수리적으로 파악하는 구조임. 국내에도 이와 같은 모형 구동 사례는 있으며, 향후 양분관리정책 시행을 위한 기준 설정에 있어서도 활용이 가능할 것으로 보임

표 16. 현행 지하수 수질기준 (일반오염물질 대상)

항목	생활용수	농어업용수	공업용수
pH	5.8~8.5	6.0~8.5	5.0~9.0
총대장균군	5,000 균수/100ml 이하	-	-
질산성질소	20ppm 이하	20ppm 이하	40ppm 이하
염소이온*	250ppm 이하	250ppm 이하	500ppm 이하

* 염소이온 기준은 어업용수 목적·사용목적상 인체에 무해·해수로 인한 일시적 오염의 경우 미적용

표 17. 현행 악취방지법 시행규칙 하 암모니아 배출허용기준

배출허용기준		엄격한 배출허용기준 범위
공업지역	기타지역	공업지역
2 ppm 이하	1 ppm 이하	1~2 ppm

* 엄격한 배출허용기준 적용: 악취관리지역, 학교 주변 등 (법 시행령 1조2항 참조)

② 농가별 양분관리 영농활동 세부 원칙

- 양분관리지침(가침)을 작성할 때 양분관리를 위한 활동이 농업환경에 부정적인 영향을 미치지 않도록 양분의 종류, 투입량, 투입 시기·위치를 고려해야 함
 - 이는 미국의 사례에서와 같이 양분관리 영농활동 기준에서 4R(양분원, 투입량, 시기, 위치)이라는 고려사항을 두는 데에서 참고하였음
- 작물의 양분 요구량을 충족시키는 선에서의 양분 투입은 허용하되, 자원순환의 관점에서 이를 화학비료 대신 퇴비 또는 여타 유기질비료를 권장해야 함

- 토양으로부터의 양분물질 유출 최소화, 생물다양성 및 토양 구조 등 토양 생태계의 건강성을 고려해야 함
- 또한, 선정된 영농활동이 기존 영농활동과 비교했을 때, 과도한 생산비용 증가로 이어져 농민들에게 금전적 손해를 끼치지 않도록 해야 함
- 이를 통해 선정된 영농활동을 양분관리계획 수립에 따른 친환경 직불제 또는 농업환경 보전 프로그램에 포함시키는 것도 적절할 것이라 봄
 - 친환경직불제와 농업환경보전프로그램을 통합, (가칭)농업환경보전직불을 도입하여, 양분관리와 토양탄소저장의 관점에서 수행 가능한 영농활동을 단계별로 계층화하고, 이를 바탕으로 단가를 산정하여 인센티브를 제공하는 형태를 고려해볼 수 있을 것임
 - 이 때, 기본형공익직불의 준수 의무와 같이, 양분관리계획 수립, 양분 투입량 입력, 농가별 토양수지 산정 및 개선도 평가 등 필요한 준수 의무를 부여하는 것도 검토 가능함

(나) 양분관리 정책 및 영농활동 제안

- 앞서 언급하였던 양분관리지침(가칭) 하 세부 영농활동 선정 원칙에 따라 경종농가와 축산농가에서 수행 가능한 양분관리 세부 영농활동 및 지역별 정책안을 고안하여 아래와 같이 제안함

① 경종부문

○ 정책

- 일정 규모 이상의 농가를 대상으로 정기적 토양검정 실시, 양분관리계획 작성 의무화
 - ▶ 해당 사항을 준수하지 않은 농가에 대해서는 벌금 등 직접적 제재 대신 화학비료 구매시 추가 비용을 부과하여 퇴·액비의 양분원 전환을 자연스레 유도
- 정확한 양분물질의 투입량을 산정하기 위해 화학비료, 퇴·액비 대상 성분분석·표시 의무화
- 작물·토양·기후별 시비기준을 개발·보급하여 농가별 환경에 적합한 양분 투입량 안내
- 직불제 개편을 통한 친환경 영농활동에 따른 직불금 지급 및 양분관리 영농활동의 편입
 - ▶ 이외에도 직불금 수령의 전제조건인 영농일지 작성을 향후 구축할 토양 양분관리 시스템에 연동한다면 농가별 양분수지 산정 관련 자료를 수집할 수 있을 것
- 원활한 양분 공급 및 지역 바깥으로부터의 퇴·액비 등의 유입으로 인한 토지수지 증가를 억제하기 위한 지역 내 경축순환 활성화 지원
- 농촌의 급속한 고령화로 인해 대다수 농민들이 퇴·액비 살포에 어려움을 겪는바, 이를 해결하기 위한 목적으로 퇴·액비 살포장비 지원 및 펠렛형 퇴비 개발 지원
- 공인 양분관리 전문인력의 양성을 통한 농가별 양분관리 추진에 조언·보조
 - ▶ 현장방문을 통한 조언 제공 이외에도 ICT를 활용한 원격 서비스도 제공 추진

- ▶ 양분관리계획 작성, 퇴비사용기준 안내 등 다양한 부문 관여

○ 영농활동

- 바이오차의 농경지 적용을 통한 토양 양분 보유능력 강화 및 토양 탄소 저장량 향상
 - ▶ 바이오차의 적용은 농업·농촌 온실가스 감축사업의 방법론 중 하나로 2021년 등록되었으며, 이를 통해 농민들은 온실가스 감축을 인정받아 부수입을 얻을 수 있음
- 경작지 주변부 흡비작물 식재 및 양분투입 자제를 통한 주변 환경으로의 양분 유출 차단
- 기타 토양 침식 방지 방안
 - ▶ 등고선 재배, 멀칭 재배, 자갈층 구축 등
- 경작지 내 콩과식물의 재배 또는 윤작 확대를 통한 경작지 내 생물학적 질소고정량 증진
- 녹비작물 재배 및 적용을 통한 경작지 내 양분 잉여량 흡수 및 활용을 통한 양분수지 감소

② 축산부문

○ 정책

- 퇴·액비화 시설 보강 및 암모니아 제거설비 설치 지원을 통한 주변 수계·대기 환경으로의 양분물질 유출 방지
- 원활한 양분 공급 및 지역 외 양분 유입으로 인한 토지수지 증가를 억제하기 위한 지역 내 경축순환 활성화 지원

(다) 성공적인 양분관리제도 추진을 위한 향후 연구과제 제안

- 현재까지 본 연구진이 제시한 양분관리제도의 운영을 위하여 추후 몇 가지 연구를 진행해야 할 것이라 사료됨
- 양분관리 영농활동에 의한 농경지의 양분수지 변화 모델링·시뮬레이션
 - 이를 통해 농가에서 양분관리를 위한 영농활동을 선택할 때, 각 시나리오에 따라 양분수지 변화를 쉽게 파악할 수 있기 때문에 농민들의 의사결정에 도움을 주리라 기대함
 - 일본의 경우, 일본 토양 인벤토리의 요소비료 질소용출량 계산 앱과 유기물 비료효과 가시화 앱을 활용하여 양분(질소) 투입량 및 종류에 따른 양분수지 변화를 산정할 수 있도록 하였을 뿐 아니라, 토양 질소 증감과 지하수 용출량을 파악할 수 있게 하는 토양 질소 가시화 도구를 개발하고 있음. 한편, 미국에서는 NLEAP 프로그램을 활용하여 영농활동 변화에 따른 주변 수계에의 영향을 파악할 수 있도록 하였음
- 농경지에 살포된 양분물질의 대기·수계로의 유출량 산정방법론 설계
 - 본 보고서에서는 기존에 온실가스·대기오염물질 인벤토리에서 활용하는 암모니아 등 질소 기원 기체의 휘발·수계 유출 산정방법론을 활용하자고 제안하였으나, 기타 기체상 질

- 소나 양분물질 내 인의 유출 등의 산정방법론은 아직 정립되어있지 않음. 따라서, 이를 해결하고 정확한 양분수지 및 양분물질의 동태를 파악하기 위한 연구를 진행해야 함
- 또한, 이를 통해 양분물질의 살포 이후 주변 환경매체에 미치는 영향을 파악하여 향후 양분 투입에 있어 명확한 정량적 기준을 수립하는 데 도움이 되리라 기대함

○ 화학비료 투입량 감축과 농작물 생산성의 상관관계 검토

- 이를 통해 경작 시 양분물질의 투입을 줄여도 평소와 같은 생산성이 보장된다는 것을 확인한다면 농민들을 적극적인 양분관리로 유도할 수 있으리라 기대함

VIII. 양분관리제도 관련 법제화 방안

(1) 농업토양 양분관리제도 규율 가능한 법령의 검토

- 현행 법률하에서 토양 양분관리제도를 반영하고 있는 법률이 존재하는지 또는 기존 법률의 체계하에서 새로운 법률을 제정하지 않고 반영할 수 있는 법률이 있는지 법의 목적, 제정 이유, 정의규정, 주요 내용으로 관련 법률들을 검토해 봄

(가) 친환경농어업 육성 및 유기식품 등의 관리·지원에 관한 법률 (약칭: 친환경농어업법)

① 법의 목적

- 이 법은 농어업의 환경보전기능을 증대시키고 농어업으로 인한 환경오염을 줄이며, 친환경 농어업을 실천하는 농어업인을 육성하여 지속가능한 친환경농어업을 추구하고 이와 관련된 친환경농수산물과 유기식품 등을 관리하여 생산자와 소비자를 함께 보호하는 것을 목적으로 함

② 주요내용

㉠ 제정 이유

- 처음 환경농업육성법(1997년)을 제정한 이유로는 우리나라 농업을 환경친화적인 농업으로 육성하여 국민들의 안전농산물 욕구에 부응하고, WTO체제의 출범에 따른 농업의 국제화 및 세계화 추세에 능동적으로 대응할 수 있도록 환경농업정책의 추진을 제도적으로 뒷받침하기 위한 근거 법률을 제정함²⁾

㉡ 법률 주요 내용

○ 용어의 정의

- 친환경농어업, 친환경농수산물, 유기(Organic), 유기식품, 비식용유기가공품, 무농약원료가공식품 등 친환경 위주로 정의를 함

- 제2장은 친환경농어업·유기식품등·무농약농산물·무농약원료가공식품 및 무항생제수산물 등의 육성·지원에 관한 것으로서 친환경농어업 육성계획, 친환경농어업 실천계획 및 제9조에는 농어업으로 인한 환경오염 방지를 위한 규정이 있음. 법률 내용은 “국가와 지방자치단체는 농약, 비료, 가축분뇨, 폐농어업자재 및 폐수 등 농어업으로 인하여 발생하는 환경오염을 방지하기 위하여 농약의 안전사용기준 및 잔류허용기준 준수, 비료의 작물별 살포기준량 준수, 가축분뇨의 방류수 수질기준 준수, 폐농어업자재의 투기 방지 및 폐수의 무단 방류

2) 법제처, 국가법령정보센터, 법 제정이유.

방지 등의 시책을 적극적으로 추진하여야 한다”고 규정하였음

- 제3장은 유기식품등의 인증 및 관리에 관한 것으로 유기식품등의 인증 및 인증절차 등, 유기식품등의 인증기관, 유기식품등, 유기식품등, 인증사업자 및 인증기관의 사후관리에 관한 내용임
- 제4장은 무농약농산물·무농약원료가공식품 및 무항생제수산물등의 인증에 관한 내용임

③ 친환경농어업법에 농업토양 양분관리제도 규정시 법률의 검토

- 법의 목적에서 보면 농어업으로 인한 환경오염을 줄이며, 친환경농어업을 실천하는 농어업인을 육성한다는 점에서는 양분관리제도를 법제화하기에는 무리가 없어 보임. 그러나 법의 내용을 상세히 살펴보면 법의 목적과 다르게 정의 규정부터 친환경에 방점이 있음. 그러나 제2장의 제9조에서는 양분관리제도와 조금 관련이 있는 비료의 작물별 살포기준량 준수 등의 시책을 적극적으로 추진하여야 한다는 규정이 있지만 이를 구체화하는 것들은 없음. 또한 법률의 내용들이 유기농 무농약에 대한 인증과 관리에 관한 내용임. 따라서 법률 목적에 의하면 양분관리제도에 대한 규정을 이 법률에 규정하는 것은 가능하나 양분관리제도는 친환경농어업 육성이 아니기 때문에 차후 법률명의 변경이 필요함.
- 또한 현행 법률하에서는 기존의 장에서는 양분관리제도를 다루기 어렵기 때문에 새로운 장을 신설해서 양분관리제도에 관한 모든 규정들을 새로 규정해야 함

(나) 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 (약칭: 가축분뇨법)

① 법의 목적

- 이 법은 가축분뇨를 자원화하거나 적정하게 처리하여 환경오염을 방지함으로써 환경과 조화되는 지속가능한 축산업의 발전 및 국민건강의 향상에 이바지함을 목적으로 함

② 주요내용

㉠ 제정 이유

- 처음 가축분뇨법(2007년)을 제정한 이유로는 그동안 가축분뇨는 수질오염의 방지에 주안점을 두고 정화하여 하천 등으로 방류하는 정화위주의 법제로 운영하여 왔으나, 앞으로는 친환경 개념을 강화하여 가축분뇨를 퇴비·액비(液肥) 등으로 자원화 하도록 제도적으로 뒷받침하는 한편, 환경과 조화시키면서 지속가능한 축산업 및 자원순환형 농업의 발전과 환경보전을 실현하기 위한 내용을 반영하기 위한 제정한 것임³⁾

3) 법제처, 국가법령정보센터, 법 제정이유.

㉔ 법률 주요 내용

○ 용어의 정리

- 가축분뇨, 배출시설, 자원화시설, 가축분뇨 고체연료, 퇴비, 액비, 정화시설, 처리시설 등 가축분뇨의 관리 및 자원에 관한 것이 정의되어 있음

○ 제2장은 가축분뇨의 관리로서 가축사육의 제한 등, 환경친화축산농장의 지정, 가축분뇨 및 퇴비·액비의 처리의무 등이 있음

○ 제3장은 배출시설·처리시설의 관리 및 퇴비·액비의 살포 등에 관한 것으로서 가축분뇨의 배출시설의 설치, 가축분뇨 처리시설의 설치의무 등, 퇴비액비화기준 등, 가축분뇨 고체연료의 사용신고 등, 가축분뇨의 배출시설 및 처리시설의 관리 등에 관한 규정임

○ 제4장은 가축분뇨의 이용촉진에 관한 것으로서 퇴비·액비의 이용촉진계획 수립 등, 퇴비·액비의 품질관리, 퇴비·액비의 적정한 살포를 위한 행정지도 등, 퇴비·액비의 유통 활성화, 가축분뇨의 통합관리에 관한 규정임

○ 제5장은 가축분뇨의 공공처리에 관한 것으로서 가축분뇨의 공공처리시설의 설치·운영 등, 가축분뇨의 수집·운반·처리 및 비용 부담 등에 관한 규정임

③ 농업토양 양분관리제도 규정시 법률의 검토

○ 가축분뇨법의 제정이유는 가축분뇨가 비점오염원으로 수질오염에 중대한 역할을 하기 때문에 수질오염 방지 및 가축분뇨의 자원화에 관한 것임. 법률의 내용도 비료성질로서 이용, 자원화에 관한 것, 가축분뇨의 관리 및 자원에 관한 것임. 보고서⁴⁾에서 밝히고 있는 바와 같이 양분관리제가 가축분뇨와 관련이 되어 있기는 하지만 현행 법률에서는 이를 반영한 조항은 없음. 다만 제3장이나 제4장에서 퇴비의 살포나 퇴비의 적정한 살포를 위한 행정지도 등과 연관하여 다루어질 수 있음

○ 하지만 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률에서 양분관리제도를 도입할 경우 법률명을 개정하여 양분에 관한 것도 제목에 포함될 수 있는 방안이 필요함

4) 국립환경과학원, 지역단위 양분관리 시범사업(I), 2020, 381면.

(다) 비료관리법

① 법의 목적

- 이 법은 비료의 품질을 보전하고 원활한 수급(需給)과 가격 안정을 통하여 농업생산력을 유지·증진시키며 농업환경을 보호함을 목적으로 함

② 주요내용

㉠ 제정 이유

- 처음 비료관리법(1977년)을 제정한 이유로는 비료의 품질향상과 수급의 원활 및 가격의 안정을 기하려는 것이었음. 품질관리와 관련하여 비료(퇴비·쌀겨등의 특수비료를 제외함)의 종류별로 함유하여야 할 주성분의 최소량과 함유할 수 있는 유해성분의 최대량 기타 필요한 사항에 관한 공정규격을 정할 수 있으며, 그 공정규격이 정해진 비료, 즉 보통비료와 특수비료 이외의 비료는 공정규격의 설정 또는 특수비료로의 지정을 받지 아니하면 판매할 수 없도록 하였음.⁵⁾

㉡ 법률 주요 내용

○ 용어의 정의

- 비료, 보통비료, 부산물비료, 공정규격, 보증성분 등에 관한 것으로 비료 정의 및 비료의 품질관리에 관한 것임

- 법률의 주된 내용은 공정규격의 설정 등, 농업환경 보호 및 비료 개발, 위해성 비료 등의 수입제한, 보증 표시 및 판매 관리, 비료생산업의 등록, 원료의 장부 기재 및 보존, 판매중지·회수·폐기 등의 조치, 비료의 관리의무 등에 관한 규정임

㉢ 농업토양 양분관리제도 규정시 법률의 검토

- 양분총량제는 과잉양분이 배출됨으로써 농업생태환경을 악화시킬 우려가 높기 때문에 사전에 지역별 농업환경 여건을 고려한 환경용량 범위 내에서 농축산 활동이 이루어질 수 있도록 화학비료와 가축분뇨를 종합적으로 관리하는 사전예방원칙을 기초로 하고 있음.⁶⁾ 하지만 현행 법률은 비료의 품질관리, 비료의 관리의무 및 수급의 원활화에 있음. 양분관리제도를 규정 시 비료관리법이란 제목하에 규정할 수 있으나 양분관리제의 또 하나의 축인 환경관리에 대한 부분 및 양분관리제에 대한 새로운 내용을 모두 새로 반영하여야 함

5) 법제처, 국가법령정보센터, 법 제정이유.

6) <https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO200658448994559.pdf>.

(라) 토양환경보전법

① 법의 목적

- 이 법은 토양오염으로 인한 국민건강 및 환경상의 위해(危害)를 예방하고, 오염된 토양을 정화하는 등 토양을 적정하게 관리·보전함으로써 토양생태계를 보전하고, 자원으로서의 토양가치를 높이며, 모든 국민이 건강하고 쾌적한 삶을 누릴 수 있게 함을 목적으로 함

② 주요내용

㉠ 제정 이유

- 토양환경보전법(1996년)은 토양오염물질의 사용량증가와 폐기물매입지등 토양오염유발시설에 의한 토양오염의 요인이 계속 증가하고 있고 금속광산지역등의 토양오염이 심화되고 있으나 개별 법률에서 단편적으로 이를 규제하는 것만으로는 효과적인 대처가 어려우므로, 토양오염의 사전예방 및 오염된 토양의 개선등에 관한 종합적인 관리체제를 마련함으로써 토양보전을 보다 체계적이고 적극적으로 추진하려는 것임.⁷⁾

㉡ 법률 주요 내용

○ 용어의 정의

- 토양오염, 토양오염물질, 토양오염관리대상시설, 특정토양오염관리대상시설, 토양정화, 토양정밀조사, 토양정화업에 관한 것임

- 제1장은 토양오염의 우려기준, 토양오염관리대상시설 등 조사, 토양오염도 측정 등, 토양환경평가, 토양오염의 피해에 대한 무과실책임 등, 오염토양의 정화책임에 관한 것임

- 제2장은 토양오염의 규제로서 특정토양오염관리대상시설의 신고 등, 특정토양오염관리대상시설의 설치자에 대한 명령, 토양오염방지 조치명령 등, 오염토양의 정화, 오염토양의 투기금지 등, 위해성평가에 관한 것임

- 제3장 토양보전대책지역의 지정 및 관리에 관한 것으로 토양오염대책기준, 토양보전대책지역의 지정, 오염토양 개선사업, 토지이용 등의 제한에 관한 것임

7) 법제처, 국가법령정보센터, 법 제정이유.

③ 농업토양 양분관리제도 규정 시 법률의 검토

- 양분관리제가 과도한 양분의 투여로 인한 토양오염을 방지하고자 하는 측면이 있음. 하지만 현행 토양환경보전법은 토양오염물질을 법에서 열거하고 그 토양오염물질로 인한 오염 방지 및 정화에 초점이 맞추어져 있어서 현행 법률에 양분제도를 도입하는 것은 현행 체계상 전혀 맞지 않음

(2) 외국의 양분관리 법령 사례 검토

(가) EU

① 근거 법령

- 질산염 지침(The Nitrate Directive, 91/676/EC)

② 주요 내용

- 지침의 목적은 농업 공급원의 질산염으로 인해 유발되거나 유발된 수질 오염을 줄이고 이러한 오염을 방지하기 위함
- 양분 발생 억제와 감량, 재사용, 물질 및 에너지 회수, 최종 처리'의 순으로 우선 순위를 두고 양분 관리가 이뤄져야 함⁸⁾
- 유럽연합은 무기 질소비료 또는 퇴비의 과잉 적용으로 인한 수질오염 방지를 위해 제정된 질산염 지침(The Nitrate Directive, 91/676/EC)을 통해 회원국들에 질산염 취약 지역(Nitrate Vulnerable Zones, NVZ) 설정부터 모니터링 및 보고까지의 각종 의무를 부과하고 있다. 유럽 농촌 개발 네트워크(European Network for Rural Development)가 주관하여 실시하고 있는 양분관리계획(Nutrient Management Plan)은 양분 수지 과잉으로 인한 환경에의 부정적 영향을 방지하고자 개별 농가를 대상으로 하여 비료의 적정 적용을 도입하려 하며, 회원국별로 기존 규제·지침의 개정 또는 신규 법령 제정을 통해 적용하는 한편으로 공동농업정책(Common Agricultural Policy)의 최근 개정안(2023년부터 적용)에서는 양분의 지속 가능한 관리를 하고자 함

(나) 영국

8) <http://www.koreapork.or.kr/board/view1?Ncode=pignews&number=44190>.

- 질산염 취약 지역(NVZ)은 농업용 질산염 오염 위험이 있는 것으로 지정된 지역이다. 여기에는 영국 땅의 약 55%가 포함되어 있음. 환경식품농무부(DEFRA)는 질산염 농도의 변화를 설명하기 위해 4년마다 NVZ를 검토함
- 토지가 NVZ에 있는 경우에는 질소 비료를 사용(Using nitrogen fertilisers in nitrate vulnerable zones; 2018.8)과 유기분뇨 저장(Storing organic manures in nitrate vulnerable zones; 2019.10)에 관한 규칙을 정해 놓고 있음
- 2017년 기준 영국의 질소 수지는 86kg/ha, 인 수지는 6kg/ha이며, 환경식품농무부(DEFRA)에서는 질산염 취약 지역을 집중적으로 관리하여, 해당 지역에서의 작물별 가을 또는 이른 겨울밀, 봄밀, 겨울 보리, 봄보리, 겨울 유지종자 평지, 사탕무, 감자들, 마초 옥수수, 필드콩, 완두콩, 잔디 등등 (14그룹) 최대 질소 투입량을 규정하고 있으며, 양분관리계획작성 (nutrient management plan) 및 기록 유지를 의무화하였음
- 양분관리계획이 필요한 이유에 대해서는 작물 수확량 및 품질 향상, 사용하는 인공 및 유기 비료의 양을 최소화, 암모니아 배출 감소 및 대기 질 및 인간 건강 개선, 공기 또는 물을 통해 운반되는 과잉 영양소로 인한 민감한 서식지의 피해 감소, 온실 가스 배출을 줄이고 기후 변화의 영향을 줄이는 데 도움이 되는 것으로 열거하고 있음.⁹⁾ NVZ에 토지가 있고 NVZ 규칙을 준수하지 않으면 환경청(Environment Agency)에 의해 기소되고 벌금이 부과될 수 있음¹⁰⁾

(다) 미국

① 근거 법령

- 양분관리보전방법표준(Nutrient Management Conservation Practice Standard, Code 590) 및 종합양분관리계획(Comprehensive Nutrient Management Plan, CNMP)

② 주요 내용

- 양분관리보전방법표준은 작물의 양분수지, 공급, 보전 등과 지표수와 지하수 자원의 비점오염원의 최소화, 작물양분 공급원으로 가축분뇨와 유기물을 적절하게 이용하기 위한 분야별 세부내용을 담고 있음¹¹⁾
- 2017년 기준 미국의 질소 수지는 27kg/ha, 인 수지는 3kg/ha로 나타나고 있으며, 1999년 이

9) <https://www.gov.uk/guidance/create-and-use-a-nutrient-management-plan>.

10) <https://www.gov.uk/government/collections/nitrate-vulnerable-zones>.

11) 국립환경과학원, 앞의 보고서, 393면.

래로 환경보호청(EPA)과 농무부 자연자원보호청(NRCS)의 주관으로 가축 사육시설 통합국가전략 아래의 종합양분관리계획 제도를 수립하여 시행하고 있으나, 주로 가축 사육시설에서의 양분관리 측면에 집중되어 있음

- CNMP에는 가축 운영에 대한 현재 활동의 기록, 기존 환경 위험 평가 및 환경에 대한 부정적인 영향의 위험을 줄이기 위한 제안이 포함됨. 목표는 농장에서 농장 생산과 환경 목표(깨끗한 물, 깨끗한 공기, 건강한 토양)가 모두 달성되도록 하는 것임¹²⁾

(3) 소결

- 비점오염원을 줄이는 역할과 농경지의 환경용량 범위 내로 양분을 살포할 수 있도록 하는 양분관리제의 목적을 달성하기 위해 양분관리제도를 법제화할 경우 반영여부를 검토할 수 있는 법률은 3가지로 볼 수 있음. 친환경농어업법은 농어업으로 인한 환경오염을 줄이는 것을 목적으로 하고 있어 양분관리에 무합하지만, 친환경농업을 중심으로 법이 전개되고 있음. 가축분뇨법은 가축분뇨의 자원화 및 분뇨 처리에 의한 환경오염을 방지하고자 하는 차원의 법령으로, 축산 유래 양분의 관리에 치중되어 있음. 그리고 비료관리법은 비료의 제조 및 유통에 관련한 규제로 토양 양분 투입량을 고려하지 않고 있음
- 따라서 기존 법률에 양분관리제도를 규정하기에는 체계가 맞지 않음. 또한 법률명도 기존의 법률을 그대로 사용하기에는 양분관리제도의 취지를 살리기 어려운 면이 존재함. 또한 양분관리제는 농림축산식품부와 환경부와 협업이 필요한 사례임. 양 부처의 협업을 통해 농사짓는 토양이 오염되지 않도록 하고 수질오염이 되지 않도록 하는 것이 필요함
- 따라서 기존 법률의 체계에서는 양분관리제를 반영하기 어려운 측면이 있고, 반영한다고 하더라도 법률명의 개정이 필요하며, 농림축산식품부와 환경부의 협업을 하기 위해서는 새로운 법률을 제정하여 규율하는 편이 양분관리제도의 취지를 잘 살리고 최근에 논의되고 있고 온실가스 감축에도 기여할 것으로 평가됨.

12) https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1166381.pdf.

IX. 농업토양 양분관리 중점 관리지역 선정 및 이행을 위한 제도적 정비¹³⁾, (가칭)농업토양관리법 제정안

(1) 법률명

- 양분관리제도를 포함하여 농업 토양의 관리를 위한 규정을 법률에 반영할 수 있도록 ‘농업 토양 관리에 관한 법률’로 법률명을 제정하는 것을 제안함
- 제정안 : 농업토양 관리에 관한 법률(농업토양관리법)

(2) 법률의 목적

- 농업 토양과 양분을 체계적으로 관리하여 농업토양 환경을 보전할 수 있도록 법률의 목적을 제정하는 것이 필요
- 제정안 : 이 법은 농업토양과 양분을 체계적으로 관리하여 농경지 등 농업토양 환경을 보전하는 것을 목적으로 한다.

(3) 정의(안)

- 양분관리제도를 도입하여 운영하기 위한 중요개념은 우선 농경지등, 양분, 양분투입량, 양분산출량, 양분수지, 양분삭감, 양분초과율이 검토되고 있음
 - 양분관리의 기초가 되는 가축, 가축분뇨 등, 농경지 등, 양분에 대한 정의 등 핵심적인 정의규정을 도입하고자 함

(가) 가축

- 가축에 대한 정의는 축산법과 가축분뇨법에 정의규정이 있음
 - 축산법에서는 “가축”이란 사육하는 소·말·면양·염소[유산양(乳山羊: 젖을 생산하기 위해 사육하는 염소)을 포함한다. 이하 같다]·돼지·사슴·닭·오리·거위·칠면조·메추리·타조·꿩, 그 밖에 대통령령으로 정하는 동물(動物) 등을 말한다라고 정의하였음
 - 가축분뇨법에서는 “가축”이란 소·돼지·말·닭, 그 밖에 대통령령으로 정하는 사육동물을 말한다라고 정의하였음
- 보다 포괄적인 축산법의 가축의 정의규정을 따르는 것이 소관부처의 정의규정에 부합하는

13) 이하의 내용에는 환경부의 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 정비방안 연구 (2021) 및 국립환경과학원의 지역단위 양분관리 시범사업 (2020~2021) 등을 참조하였음

것 같아 축산법의 가축에 대한 정의규정을 따르기로 함

(나) 가축분뇨

- 가축분뇨법에서는 “가축분뇨”란 가축이 배설하는 분(糞)·요(尿) 및 가축사육 과정에서 사용된 물 등이 분·요에 섞인 것을 말한다라고 정의하였음
- 가축분뇨뿐만 아니라 양분관리제에서는 가축분뇨를 발효시켜 만든 액비와 퇴비도 포함하므로 액비와 퇴비를 포함하는 개념으로 “가축분뇨 등”을 정의하였음. 퇴비와 액비에 관해서는 일정한 기준이 설정되어야 함. 현행 가축분뇨법 제2조 제5호와 제6호에서는 퇴비와 액비에 대한 정의규정을 두고 있음
 - 가축분뇨법 제2조 제5호에서는 “퇴비”(堆肥)란 가축분뇨를 발효시켜 만든 비료성분이 있는 물질 중 액비를 제외한 물질로서 농림축산식품부령으로 정하는 기준에 적합한 것을 말한다라고 정의하였음
 - 한편 가축분뇨법 제2조 제6호에서는 “액비”(液肥)란 가축분뇨를 액체 상태로 발효시켜 만든 비료성분이 있는 물질로서 농림축산식품부령으로 정하는 기준에 적합한 것을 말한다라고 정의하였음
 - 따라서 “가축분뇨 등”이라 가축이 배설하는 분(糞)·요(尿) 및 가축사육 과정에서 사용된 물 등이 분·요에 섞인 것 및 액비와 퇴비를 말한다라고 정의하기로 하였음

(다) 농경지 등

- 양분관리제가 적용될 토지는 논, 밭이 주가 되겠지만 과수원에서 사용하는 가축분뇨 등 및 비료도 상당하기 때문에 과수원을 포함시켰으며 다른 것들도 추가적으로 포섭할 것이 있으면 농림축산식품부령으로 정하여 규정하면 됨
 - 따라서 “농경지등”이란 논, 밭, 과수원(이하 농경지 등이라 한다)과 그 밖에 농림축산식품부령으로 정하는 것을 말한다라고 정의하기로 하였음

(라) 양분

- 양분은 농작물을 비롯하여 식물 성장에 필요한 질소, 인산 등의 성분을 의미하는 것으로 주로 화학비료 및 가축분뇨를 이용한 퇴·액비 등을 통해 공급됨. 토양에 투입된 양분은 작물에 흡수되지만, 과잉양분은 빗물과 함께 유실되거나 대기로 배출되기 때문에 작물생산을 위해서는 작물이 필요로 하는 적절한 수준의 양분을 공급해 줄 필요가 있음
 - 특히, 동물이나 식물 등에 과다하게 영양분이 공급되었을 때 부작용이 있듯이 농경지 등 양분이 과다하게 투입되는 경우 식물 생육에 부정적 영향을 미칠 수 있음. 또한 과도한 투입으로 인한 과잉양분은 하천이나 호수로 유출되어 부영양화를 일으키고 지하수, 토양, 대기 등 환경오염을 유발할 수 있어 관리가 필요함¹⁴⁾
 - 따라서 “양분(養分)”이란 작물 성장에 필요한 영양소 중 농경지등에 필요한 질소 및 인산

을 말한다라고 정의하기로 하였음

(마) 양분수지

- 양분수지는 양분 중 질소와 인의 투입량과 산출량의 차이를 계량화한 수치를 나타내는 것으로, 정책 관련성과 분석 건진성이 높은 농업환경지표로서 활용할 수 있음¹⁴⁾
 - 법제연구원의 개정안에서는 “양분수지(養分收支)”란 일정 범위의 농경지 등에 투입양분량에서 양분산출량을 뺀 나머지를 면적 당 무게로 나타낸 것을 말한다라고 정의하고 있음
 - 한편, 국립환경과학원에서는 “양분수지”란 대통령령으로 정하는 지역단위에서 발생한 질소와 인의 투입량과 산출량의 차이를 계량화한 것을 말한다라고 정의하였음. 양분관리를 모든 지역에서 할 수 없고 일정한 범위의 농경지 등에서 하게 될 텐데 일정 범위라는 막연한 범위보다는 좀 더 규제를 받는 지역을 구체화시키는 것에 찬성을 하여 국립환경과학원의 (안)대로 대통령령으로 정하는 지역단위에서 발생한 질소와 인의 투입량과 산출량의 차이를 계량화한 것을 말한다라고 정의함

(바) 정리

1. “가축”이란 사육하는 소·말·면양·염소[유산양(乳山羊: 젖을 생산하기 위해 사육하는 염소)을 포함한다. 이하 같다]·돼지·사슴·닭·오리·거위·칠면조·메추리·타조·꿩, 그 밖에 대통령령으로 정하는 동물(動物) 등을 말한다.
2. “가축분뇨 등”이라 가축이 배설하는 분(糞)·요(尿) 및 가축사육 과정에서 사용된 물 등이 분·요에 섞인 것 및 액비와 퇴비를 말한다.
3. “농경지등”이란 논, 밭, 과수원(이하 농경지 등이라 한다)과 그 밖에 농림축산식품부령으로 정하는 것을 말한다.
4. “양분(養分)”이란 작물 성장에 필요한 영양소 중 농경지등에 필요한 질소 및 인산을 말한다.
5. “양분수지”란 대통령령으로 정하는 지역단위에서 발생한 질소와 인의 투입량과 산출량의 차이를 계량화한 것을 말한다.

14) 국립환경과학원, 앞의 보고서, 410면.

15) 국립환경과학원, 앞의 보고서, 410-411면.

(4) 법률 개별조문 제정 방향

- 국가와 지방자치단체의 업무에 양분관리제에 대한 책무를 도입하고, 외국의 사례에서처럼 양분관리제는 농경지 등을 소유한 자 또는 경작하는 자가 양분관리를 준수해야 함. 따라서 국가, 지방자치단체, 농경지 등을 소유한 자 및 경작자에게 양분관리 의무를 부과해야 함

개정(안): 제3조(국가와 지방자치단체의 책무) ① 국가는 양분관리 및 농업환경보전에 관한 기본계획과 정책을 세우고 지방자치단체 및 농어업인 등의 자발적 참여를 촉진하는 등 양분관리 및 농업환경을 보전하기 위한 종합적인 시책을 추진하여야 한다.

② 지방자치단체는 관할구역의 지역적 특성을 고려하여 양분관리 및 농업환경보전에 관한 육성정책을 세우고 적극적으로 추진하여야 한다.

③ 농경지 등을 소유한 자 및 경작자는 국가 또는 지방자치단체가 수립한 정책 범위 안에서 양분관리의 자발적 목표를 수립하고 이를 토양건강성 관리와 연계시켜야 한다

제4조(경작자 등의 책무) 농경지 등의 소유자 또는 경작자는 양분관리를 체계적으로 하여 농경지 등을 보호하고 토양 환경 보전에 이바지하여야 한다.

(5) 양분관리제 규정 체계

- 본 보고서에서는 토양관리를 위한 법률 중 ‘양분관리’에 초점을 두어 양분관리제 도입을 위한 규정 체계를 법률에 담는 방안을 작성하였음. 2장에서 양분관리제도에 대한 사항을 규정하고, 양분관리 외의 토양관리를 위해 필요한 내용이 있다면, 별도의 장에서 규정할 수 있을 것임

○ 제2장 양분관리¹⁶⁾

㉠ 양분수지의 산정 등

- 제5조(양분수지의 산정 등) ① 농림축산식품부장관은 대통령령으로 정하는 지역단위에서의 양분수지를 산정할 수 있다.
- ② 제1항에 따른 양분수지의 기준 및 산정방식 등은 농림축산식품부령으로 정한다.

㉡ 양분관리지역의 지정 등

- 가축분뇨 및 농경지 비료 사용이 토양 건강성 측면에서 과도하여 수질 및 수생태계, 토양 등 환경에 위해가 발생되거나 발생될 우려가 있다고 인정되는 지역을 양분관리지역으로 지정할 수 있도록 할 필요가 있음. 이 경우, 양분관리지역의 지정을 통해 환경에 위해가 발생되거나 발생될 우려가 있는 지역에 대해 관리할 수 있는 근거를 마련할 필요가 있음
- 제6조(양분관리지역의 지정 등) ① 농림축산식품부장관은 가축분뇨 및 비료사용 등으로

16) 이하에서는 법제연구원 개정(안) 국립환경과학원 개정(안)을 사용하기로 한다.

인하여 환경에 위해가 발생되거나 발생될 우려가 있다고 인정되는 지역을 양분관리지역으로 지정할 수 있다.

② 시·도지사, 특별자치시장 또는 특별자치도지사는 관할구역 중 가축분뇨 및 비료사용 등을 포함한 양분의 관리가 필요하다고 인정되는 지역에 대해서는 농림축산식품부장관에게 양분관리지역으로의 지정을 요청할 수 있다.

③ 농림축산식품부장관은 양분관리지역의 지정 사유가 없어졌거나 목적을 달성할 수 없는 등 지정의 해제가 필요하다고 인정되는 경우에는 양분관리지역의 전부 또는 일부에 대하여 그 지정을 해제할 수 있다.

④ 양분관리지역의 지정기준, 지정절차와 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

⑤ 농림축산식품부장관은 양분관리지역을 지정하거나 해제할 때에는 그 지역의 위치, 면적, 지정 연월일, 지정목적, 해제연월일, 해제 사유, 그 밖에 환경부령으로 정하는 사항을 고시하여야 한다.

㉠ 양분관리계획의 수립 등

○ 환경정책기본법에 따르면 “국가환경종합계획”이라는 법정계획이 있음. 해당 계획에는 양분관리제도와 관련되어 토양환경 및 지하수 수질의 보전에 관한 사항, 대기환경의 보전에 관한 사항, 물환경의 보전에 관한 사항 등이 있을 수 있음. 또한 국가환경종합계획에 근거하여 시도 환경계획의 수립, 시군구 환경계획의 수립 등이 있음. 그리고 개별법에서는 기본계획과 시행계획이 포함되어 있음. 양분관리에 관해 법안에 양분관리계획 등이 포함되어야 할 것임

- 농림축산식품부장관은 양분관리지역의 체계적인 관리를 위해, 지정된 양분관리지역을 관할하는 시장·군수·구청장이 양분관리계획을 수립하여 제출하도록 하고, 해당 계획에 대한 이행평가를 하여 예산 등을 지원할 수 있도록 하고자 할 필요가 있음¹⁷⁾

○ 제7조(양분관리계획의 수립 등) ① 시장·군수·구청장은 양분관리지역으로 지정된 경우 대통령령으로 정하는 사항을 포함하는 양분관리계획을 수립하여 농림축산식품부장관에게 제출하여야 한다.

② 시장·군수·구청장은 농림축산식품부령으로 정하는 바에 따라 전년도 양분관리계획의 이행사항을 평가한 보고서를 작성하여 매년 3월 31일까지 농림축산식품부장관에게 제출하여야 한다.

③ 농림축산식품부장관은 제2항에 따라 제출된 평가보고서를 검토한 후 양분관리계획의 원활한 이행을 위하여 필요하다고 인정되는 경우에는 관계 시장·군수·구청장에게 양분관리계획의 보완 또는 변경을 요구할 수 있다. 이 경우 관계 시장·군수·구청장은 특별한 사유가 없으면 이에 따라야 한다.

④ 농림축산식품부장관은 양분관리계획의 수립·시행에 필요한 경비의 전부 또는 일부를 예산의 범위에서 지원할 수 있다.

⑤ 농림축산식품부장관은 시장·군수·구청장이 제3항에 따른 요구를 이행하지 아니하는 경우

17) 국립환경과학원, 앞의 보고서, 413면.

에는 재정적 지원의 중단 또는 삭감 등의 조치를 할 수 있다.

㉮ 퇴비·액비의 최대시비량 기준

- 필요 이상의 과도한 가축분뇨 및 퇴·액비를 토지에 시비하게 되면 대기, 토양, 수질 등 환경 오염을 발생시킬 우려가 있음. 이를 방지하기 위해서는 경작지 등에 알맞은 가축분뇨 등을 살포할 필요가 있는데, 토양 건강성 및 탄소저장 최대화와 환경부하 최소화를 위한 시비 기준을 제시할 필요가 있음
 - 제8조(퇴비·액비의 최대시비량 기준) 농림축산식품부장관은 대기, 수질 또는 토양오염을 방지하기 위하여 필요하다고 인정할 경우 농림축산식품부령으로 정하는 바에 따라 퇴비·액비의 최대시비량 기준을 정할 수 있다.

㉯ 양분관리지역 내 퇴·액비 적정시비량 권고

- 적절한 퇴·액비 시비는 식물 생육을 촉진할 뿐만 아니라 토양의 탄소저장량을 증진시킬 수 있어서 기후변화 대응에도 긍정적 역할을 할 수 있음. 또한 적정 시비는 대기, 토양, 수질 등에 환경오염을 발생시킬 확률을 줄일 수 있으므로 퇴·액비의 적정시비량을 제안할 필요가 있음. 이에 양분관리지역으로 지정된 지역 안에서 다른 나라의 입법 사례처럼 시장·군수·구청장이 토지 소유자, 농경지를 경작하는 자에게 농림축산식품부장관이 정하여 고시하는 퇴·액비 적정시비량 기준을 준수할 것을 권고할 수 있도록 할 필요가 있음
 - 제9조(양분관리지역 내 퇴액·비최대시비량 권고) 양분관리지역으로 지정된 지역의 시장·군수·구청장은 해당 양분관리지역 안의 토지 소유자, 경작자에 대하여 퇴비·액비 적정시비량 기준을 준수할 것을 권고할 수 있다.
 - 제10조(양분수지초과 과징금 부과 등)
시장·군수·구청장은 양분수지를 초과하여 농경지 등에 양분을 투입한 자에 대하여 과징금을 부과 징수할 수 있다.
 - 제11조(양분관리의 불이행에 대한 제재 등)

참고문헌

- 4 per 1000 Initiative (<https://www.4p1000.org/>)
- Cornell Law School Legal Information Institute - National Organic Program regulations (<https://www.law.cornell.edu/cfr/text/7/part-205>)
- Department for Environment, Food & Rural Affairs - Sustainable Farming Incentive pilot (<https://www.gov.uk/guidance/sustainable-farming-incentive-pilot>)
- e-나라지표 - 가축분뇨 발생량 및 처리현황 (https://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1475)
- e-나라지표 - 농약 및 화학비료 사용량 (https://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=2422)
- EPA - Next Gen Fertilizer Challenges (<https://www.epa.gov/innovation/next-gen-fertilizer-challenges>)
- European Commission - The common agricultural policy at a glance (https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/cap-glance_en)
- European Commission - The Nitrates Directive (https://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/index_en.html)
- European Commission - Nitrates Directive-Vulnerable Zones Reporting 7 (<https://water.jrc.ec.europa.eu/portal/apps/webappviewer/index.html?id=b33a220c1b284583851e93a245da02ef>)
- FaST-EU Space Data for Sustainable Farming (<https://fastplatform.eu/>)
- OECD Data - Nutrient Balance (<https://data.oecd.org/agrland/nutrient-balance.htm>)
- USDA-Agricultural Marketing Service - National Organic Program (<https://www.ams.usda.gov/about-ams/programs-offices/national-organic-program>)
- 가축분뇨 전자인계관리시스템 (<https://www.lsns.or.kr>)
- 국가통계포털 (<https://kosis.kr/>)
- 농림사업정보시스템-AgriX (<https://uni.agrix.go.kr/>)
- 스마트 그린푸드 > 농업·농촌 온실가스 감축사업 (<http://www.smartgreenfood.org/jsp/front/business/b0101.jsp>)
- 토양환경정보시스템-흙토람 (<http://soil.rda.go.kr/>)
- 폐기물적법처리시스템-올바로 (<https://www.allbaro.or.kr/>)
- 日本土壤インベントリー (<https://soil-inventory.rad.naro.go.jp/>)
- A.Leip et al. (2011) Farm, land, and soil nitrogen budgets for agriculture in Europe calculated with CAPRI, Environmental Pollution 159, 3243-3253
- C.Liu et al. (2014) Effects of straw carbon input on carbon dynamics in agricultural soils: a meta-analysis, Global Change Biology 20, 1366-1381
- H.Lal (2008) Nutrient Credit Trading - a Market-based Approach for Improving Water Quality
- J.A.Delgado et al. (2010) Nitrogen Loss and Environmental Assessment Package with GIS Capabilities (NLEAP-GIS 4.2): User Guide
- J.Six et al. (2002) Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils, Plant and Soil 241, 155-176
- K.McLauchlan (2006) The Nature and Longevity of Agricultural impacts on Soil Carbon and

Nutrients: A Review, Ecosystems 9, 1364-1382

M.A.Bradford et al. (2008) Soil carbon stocks in experimental mesocosms are dependent on the rate of labile carbon, nitrogen and phosphorus inputs to soils, Functional Ecology 22, 964-974

R.Einarsson et al. (2020) Subnational nutrient budgets to monitor environmental risks in EU agriculture: calculating phosphorus budgets for 243 EU-28 regions using public data, Nutrient Cycling in Agroecosystems 117, 199-213

R.Lal (2016) Soil health and carbon management, Food and Energy Security 5, 212-222

U.Haußermann et al. (2020) Nitrogen soil surface budgets for districts in Germany 1995 to 2017, Environmental Sciences Europe 32

Z.Luo et al. (2010) Soil carbon change and its responses to agricultural practices in Australian agro-ecosystems: A review and synthesis, Geoderma 155, 211-223

김건엽 등 (2017) 벼논에서 양분관리별 탄소의 흡수·배출에 대한 탄소수지 평가, 한국환경생물학회지 제 35권, 715-725

임도영 등 (2017) 국내 가축분뇨 자원화 특성을 고려한 OECD 질소수지 산정법의 지역단위 적용 연구, 한국물환경학회지 제33권, 546-555

Agriculture and Horticulture Development Board (2020) Nutrient Management Guide (RB209)

Chesapeake Bay Foundation (2007) Facts About Nutrient Trading

European Commission (2020) Commission Implementing Decision (EU) 2020/1074 of 7 July 2020 granting a derogation requested by Denmark pursuant to Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources

European Commission (2021) List of potential agricultural practices that eco-schemes could support

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (2017) Overview of the Danish regulation of nutrients in agriculture & the Danish Nitrates Action Programme

OECD, Eurostat (2007) Gross Nitrogen Balances Handbook

OECD (2019) Trends and Drivers of Agri-environmental Performance in OECD Countries

USDA-NRCS (2000) Comprehensive Nutrient Management Planning Technical Guidance

USDA-NRCS (2003) Costs Associated with Development and Implementation of Comprehensive Nutrient Management Plans

USDA-NRCS (2019) Conservation Practice Standard Nutrient Management (Code 590)

국립환경과학원 (2013) 국가 대기오염물질 배출량 산정방법 편람 (III)

국립환경과학원 (2020) 지역단위 양분관리 시범사업 (I)

국립환경과학원 (2021) 지역단위 양분관리 시범사업 (II)

국립환경과학원 (2021) 2019년도 기준 전국오염원조사 보고서

국립환경과학원 (2021) 가축분뇨 실태조사 및 정책개선 연구

농림축산식품부 (2016) 제4차 친환경농업 육성 5개년 계획(요약)

농림축산식품부 (2017) 2017년도 친환경농업기반구축사업 시행지침

농림축산식품부 (2020) 2020년도 농업환경보전프로그램 사업시행 가이드라인

농림축산식품부 (2021) 2021~2025 제5차 친환경농업 육성 5개년계획

농림축산식품부 (2021) 2021년 농림축산식품사업 시행지침서

농어업·농어촌 특별위원회(2019) 지역자원기반 경축순환농업 활성화 방안

농업기술실용화재단 (2021) 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업 방법론 16건

농촌진흥청 (2014) 지역단위 양분수지 평가 및 개선 연구
 농촌진흥청 (2017) 농업환경자원 변동 평가 (4년 1주기, 4차 사업)
 한국농촌경제연구원 (2015) 양분총량제 도입방안 연구
 환경부 (2010) 토양침식 및 유실방지·보전 대책 마련을 위한 기초연구
 환경부 (2015) 제2차 물환경관리 기본계획
 환경부 등 (2020) 제3차(2021~2025) 강우유출 비점오염관리 종합대책
 환경부 온실가스종합정보센터 (2021) 2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서
 農林水産省 (2008) 地力増進基本指針
 農林水産省 (2021) 農地土壤をめぐる事情 (발표자료)
 農林水産省 (2021) 日本型直接支拂制度のうち環境保全型直接支拂交付金令和3年度取組の手引き
 農業環境技術研究所 (2003) 農業環境研究成果情報: 第20集 (平成15年度成果)
 農業環境技術研究所 (2006) 水環境保全のための農業環境モニタリングマニュアル改訂版
 정유진 등 (2017) 양분수지 산정 장치 및 그 방법 (등록특허 10-1808019)