

탄소중립시대



당신이 **농민** 기사입니다!

농기사란? '모든 국민이 농을 보호하는 기사' 라는 의미



대한민국 **농민**의 날
제7회 기념식 및 심포지엄

주제 : 탄소중립과 디지털 토양관리

2022년 3월 11일 금요일
AM 10:00 ~ PM 05:00

이번 행사는 코로나19로 인해 농림축산식품부, 농촌진흥청 공식 유튜브 채널과 한국농업방송(NBS)을 통해 열립니다.



3월 11일은 농업의 근간이자 인류의 삶터인
흙의 가치를 되새기는 '흙의 날'입니다.

기후변화의 시대, 탄소중립을 실현하기 위한
흙의 역할과 소중함을 알리는
제7회 흙의 날 기념식과 심포지엄을
온라인으로 개최합니다.

지속가능한 지구를 위한 흙의 중요성을 되새기는
제7회 흙의 날 기념식에
따뜻한 마음으로 함께 해주시기를 바랍니다.

2022년 3월
농림축산식품부 장관 **김 현 수**

행사일정

기념식	심포지엄
10:00 ~ 11:00	14:00~17:00
제7회 흙의 날 개회 선언	개회식
기념사 및 축하	주제발표
토크콘서트	01. 농업부문 탄소중립 실현을 위한 핵심과제 02. 탄소중립 시대, 토양의 역할과 과제 03. 배출권 거래제와 농경지 온실가스 감축전략 04. 토양유기탄소 디지털 지도 활용 토양정보시스템 고도화 06. 디지털 양수분관리를 위한 토양센서 활용 방안
흙의 날 선언문 낭독	종합토론
• 농림축산식품부 농촌진흥청 공식 유튜브 채널 한국농업방송(NBS)	• 농촌진흥청 공식 유튜브 채널





행사 개요

- **배경** : 흙의 소중함과 보전 필요성을 알리기 위해 ‘흙의 날’(매년 3.11일)을 법정 기념일로 지정한 이후 매년 개최

* 「친환경농어업법」을 개정, 흙의 날 제정(‘2015.3.27) 이후 올해는 7회째 행사

- **주요 내용** : 기념식, 학술행사 등 비대면 진행

- 행사 주제 : ‘탄소중립시대, 당신이 흙기사입니다.’
- 진행 방법 : 코로나로 방송과 유튜브를 이용한 비대면 진행
- 이용 매체 : 한국농업방송(NBS), 유튜브 채널

구분	시간	주요 내용	비고
기념식	10:00 ~ 11:00	• 기념사(장관), 축사(농해수위위원장, 농협중앙회장), 흙의 날 선언문 낭독(농민대표 등 3인) • 미니다큐, 미니토크, 홍보영상 등	NBS 녹화방송
학술 심포지엄	14:00 ~ 16:30	• 주제발표(5건) – 탄소중립 및 토양관리 관련 전문가 발표 • 종합토론(6인) – 탄소중립과 디지털 토양관리 – 학계(3), 기관(2), 협회(1)	유튜브 생중계 (장소 : 농촌진흥청)

- **조직·지원사항** : 「흙의 날 행사추진단」을 구성하여 행사 준비

- 주최 : 농림축산식품부
- 주관 : 농촌진흥청, 농협, 농민신문사, 한국토양비료학회
- 후원 : 산림청



제7회 흙의 날 기념 특집방송

'22.3.11.(금) 10:00 ~ 11:00

한국농업방송(NBS)

기념사



여러분 반갑습니다. 농림축산식품부 장관 김현수입니다.

3월 11일, 오늘은 ‘흙의 날’입니다.

흙은 거대한 ‘탄소 저장고’ 이자기후변화를 늦추는 중요한 ‘열쇠’입니다.

세계 각국은 토양의 이런 기능을 이용해탄소중립을 달성하기 위해 노력하고 있습니다.

그래서 이번 ‘흙의 날’ 주제는 ‘탄소중립 시대, 당신이 흙기사입니다.’로 정했습니다.

올해는 여러분께서흙을 지키는 든든한 수호자가 되어 주시길 바라는 소망을 담았습니다.

여러분께서 흙기사가 된다면, 그게 바로 기후 위기를 막고,지구를 살리는 길이 될 것입니다.

이번 기념식을 계기로 여러분 모두가흙을 수호하는 데 동참해주시길 기대합니다.

바쁘신 가운데 함께 해주신 농해수위 ‘김태흠’ 위원장님, 감사합니다.

또한 오늘 온라인 기념식과 심포지엄을 정성껏 준비해 주신 ‘이성희’ 농협 중앙회 회장님을 비롯한 농민신문사와 토양비료학회 관계자 여러분께도 감사드립니다.

정부는 탄소중립을 위해 2050년까지 농업 분야 온실가스 배출량을약 30% 감축할 계획입니다.

이를 달성하기 위한 핵심 전략 중 하나가 ‘토양의 탄소 저장능력 향상’입니다.

흙은 공기 중에 떠 있는 탄소의 양보다 더 많은 탄소를 저장하고 있어 온실가스 감축 방안으로 더욱 주목받고 있습니다. 또한 흙을 건강하게 유지하기 위해농약과 비료의 적정 사용,토양 양분정보 관리 등을 추진하고 있습니다.

농업인께서도 비료와 농약을 사용하시기 전에 토양 시비 처방서와 농약 안전사용기준에 따라 적정량을 사용해 주시기 바랍니다.

이를 통해 토양의 양분과잉 예방, 경영비 절감, 건강한 흙 보전까지 ‘일석 삼조’의 효과를 얻을 수 있을 것입니다. 흙은 우리 후손에게 물려줘야 할 유산임을 기억해 주시기 바랍니다.

흙을 지키고 효율적으로 이용하는 것은 우리의 생명을 지키는 것이고, 우리 농업의 지속가능성을 높이는 길입니다. 국민 여러분의 많은 관심과 성원을 부탁드립니다.

이번 ‘흙의 날’을 계기로 흙의 가치를 되새기고 국민 개개인이 토양보전 활동에 참여하는 중요한 계기가 되기를 기대합니다.

감사합니다.

2022년 3월 11일

농림축산식품부 장관 **김 현 수**

축사1



안녕하십니까?

국회 농림축산식품해양수산위원회 위원장 김태흠입니다.

제7회 ‘흙의 날’을 진심으로 축하드립니다.

흙은 농업에서 가장 중요한 생산요소입니다.

생명력이 넘치는 흙에서 좋은 농산물이 생산되기 때문에 흙을 건강하게 유지하는 것이 우리 건강을 지키는 일입니다.

농약이나 화학비료 사용을 줄이는 친환경 농업이 우리 농토에 활력을 되살릴 수 있습니다.

흙을 살리고 우리 농업의 미래를 밝히는 일에 모두 함께해 주시길 당부드립니다.

오늘 기념식이 흙의 소중함을 재확인하는 계기가 되길 바랍니다.

감사합니다.

2022년 3월 11일

국회 농림축산식품해양수산위원회 위원장 **김 태 흠**

축사2



존경하는 농업인과 국민 여러분!

대단히 반갑습니다. 농협중앙회 회장 이성희입니다.

2015년도에 처음 제정된 ‘흙의 날’이 오늘로 7주년을 맞이하였습니다.

‘제 7회 흙의 날’기념식을 진심으로 축하드립니다.

그리고 오늘 뜻 깊은 행사 준비를 위해 애쓰신 농림축산식품부를 비롯한
유관기관 관계자 여러분께 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

흙은 모든 생물이 태어나고 돌아가는 만물의 근원입니다. 그리고 양분이
조화를 이루는 생명력 넘치는 흙에서 건강하고 안전한 먹거리가 생산될
수 있음은 너무도 당연한 이치입니다.

하지만 안타깝게도 우리의 토양은 각종 화학 물질과 폐기물 오염 등으로
그동안 수많은 상처와 아픔을 겪어왔습니다.

이런 가운데 ‘흙의 날’을 통하여 국민들에게 흙의 소중함을 일깨우고 우리의
땅을 소중히 가꾸어 나가려는 노력이 매우 의미 있고 감사하게 느껴집니다.

오늘 ‘흙의 날’을 맞아 건강한 흙을 위한 사회적인 공감대와 생활 속
실천이 더욱 확산되어 나가기를 기대합니다.

저희 농협도 삶의 터전이자 생명 창고인 우리의 농토를 지켜나가는 일에
앞장서겠습니다.

친환경 비료와 지역별 맞춤형 토양 개량제 등 농지에 생명을 불어넣는
제품 개발과 보급에 더욱 힘써 나갈 것입니다.

또한 자연친화적인 농법 확산을 통해 국민으로부터 신뢰받는 지속 가능한
농업을 열어나가는 데 최선을 다하겠습니다.

다시 한 번 ‘제 7회 흙의 날’기념식을 진심으로 축하드리며, 우리 모두의
마음속에 흙의 소중함을 깊이 새기는 오늘이 되기를 바랍니다.

감사합니다.

2022년 3월 11일

농협중앙회 회장 **이 성 희**



흙의 날 기념 특집방송

○ 개요

- 방송일시 : '22.3.11.(금) 10:00~11:00, 한국농업방송(NBS)
- 대상자 : 일반 국민, 장관, 국회의원, 농진청장, 농업단체, 학계 등

○ 방송내용

- **개회** : 흙의 날 기념식 개요 및 프로그램 설명(2분)
 - 사회자의 흙의날 개회 선언 및 의미 등 설명
 - 사회자 : 김경란 아나운서
- **프롤로그** : 기후변화에 따른 흙의 중요성 조명(3분)
 - 방식 : 별도 동영상 사전제작
 - 내용 : 문명발달과 기후변화에 따른 경고 및 흙의 가치 조명
- **기념사, 축하** : 주요 인사 흙의 날 기념 영상 방영(8분)
 - 사회자의 흙의날 연혁 및 기념사, 축하 소개
 - 기념사(농림축산식품부장관), 축하(농해수위위원장, 농협중앙회장)
- **홍보영상** : 대농민 흙의 중요성 메시지 전달(1분)
 - 방식 : 국민을 대상으로 판넬 메시지 전달 사전 녹화
 - 내용 : “흙은 나에게 000이다!”
- **미니다큐** : 토양보전을 통한 성공 농업인의 현장인터뷰(10분)
 - 방식 : 성공 농업인 재배현장 인터뷰 녹화
 - 내용 : 농사에서 건강한 흙의 중요성 및 영농성공사례 농가 인터뷰

• **토크콘서트** : 흙의 위대한 이야기(15분)

- 방식 : 전문가, 학계, 사회자 등 토크쇼 사전 녹화
- 내용 : 탄소중립, 스마트농업, 흙의 가치에 대한 토크
- 출연자 : 김계훈(서울시립대), 이승현(토양비료학회), 서현권(세종대)

• **흙의 날 선언문 낭독** : 흙을 지키기 위한 다짐(1분)

- 방식 : 사전 현장 녹화
- 내용 : 『흙의 날』 기념식을 계기로 흙 살리기 운동을 정착시켜 전 국민이 동참하는 생명운동으로 승화시키겠다는 결의

• **에필로그** : 흙을 지키기 위한 대국민 메시지(3분)

- 방식 : 길거리, 작업현장 방문 사전 녹화
- 내용 : 각 분야에서 활동하고 있는 흙기사로서의 실천 및 다짐
- 출연자 : 시민, 전문가, 직장인 등 5인 내외

• **폐회** : 사회자의 흙의날 폐회 선언(1분)

○ 흙의 날 기념식 특집방송 기획안(총 44분)

구 분	시 간	주요내용	출연자	담 당
오프닝	2분	• 제7회 흙의 날 개회선언 - 흙의 날 기념식 의미, 연혁 및 목적 안내	사회자 (김경란 아나운서)	NBS
프롤로그	3분	• 기후변화에 따른 흙의 중요성		NBS 토양비료학회
기념사	3분	• 사회자 사전 소개 • 농림축산식품부 장관 기념사 - 사전 영상 녹화 진행	사회자 장관	NBS 농식품부
축 사	2분	• 사회자 사전 소개 • 농림축산식품해양수산위원장 - 사전 영상 녹화 진행 • 농협중앙회장 - 사전 영상 녹화 진행	위원장 농협중앙회장	NBS 농협 농민신문
홍보영상	1분	• 대농민 판넬 메시지 - “흙은 나에게 000이다!”	농해수위 국회의원 4인	NBS
미니다큐	12분	• 본격 현장 인터뷰 다큐 - 농사에서 건강한 흙의 중요성 및 영농성공사례 농가 인터뷰 - 청년농부, 녹비, 스마트농업 등	농업인 3인	농민신문 농협 NBS
토크콘서트	15분	• 탄소저감을 위한 토양의 가치 • 흙기사가 되어야 하는 이유	사회자 김계훈 교수 서현권 교수 이승헌 부회장	농민신문 NBS
흙의 날 선언문	3분	• 사회자 사전소개 • 흙의 날 선언문 낭독	미니다큐 출연자 등 4인	NBS 농협
에필로그	3분	• 대국민 메시지 - 각분야 흙기사의 노력 및 다짐 * 산불지킴이, 주부, 자영업자 등	일반시민, 농업인, 전문가 등	NBS
클로징	1분	• 제7회 흙의 날 폐회선언	사회자	NBS



제7회 **농촌의 날** 학술 심포지엄

'22. 3. 11.(목) 14:00 ~ 17:00

농촌진흥청 국제회의장



학술 심포지엄

○ 개요

- 주제 : 탄소중립과 디지털 토양관리
- 일시·장소 : '22. 3. 11.(목) 14:00~17:00, 농촌진흥청 국제회의장
- 참석자 : 발표·토론·운영자(20여명) + 학회회원 등 인터넷시청(200여명)
* 학회회원은 유튜브를 통해 시청
- 기대효과 : 탄소중립을 위한 디지털 토양관리의 중요성 및 토양가치에 대한 정보교환

○ 학술행사 일정 및 내용

시 간	행사내용 및 발표자	사회·좌장
14:00~14:10	등 록	
14:10~14:30	• 개회식 - 개회사 (농촌진흥청장) - 환영사 (한국토양비료학회장) - 축사 (농어업농어촌특별위원장)	이승헌 (한국농어촌공사)
14:30~14:50	• 주제발표 1 (김창길, 서울대학교) - 농업부문 탄소중립 실현을 위한 핵심과제	김계훈 (서울시립대학교)
14:50~15:10	• 주제발표 2 (남재작, 한국정밀농업연구소) - 탄소중립 시대, 토양의 역할과 과제	
15:10~15:30	• 주제발표 3 (이길재, 한국농업기술진흥원) - 배출권 거래제와 농경지 온실가스 감축전략	
15:30~15:50	• 주제발표 4 (박성진, 국립농업과학원) - 디지털 토양 지도 구축과 활용	
15:50~16:10	• 주제발표 5 (김종윤, 고려대학교) - 디지털 양수분관리를 위한 토양센서 활용 방안	
16:10~16:20	휴 식	
16:20~17:00	• 종합토론 - 양재익(강원대학교), 유가영(경희대학교), 최우정(전남대학교), 최동근(친환경농업협회), 정구복(국립농업과학원), 신재훈(농촌진흥청)	김경미 (국립농업과학원)

개회사

안녕하십니까. 농촌진흥청장 박병홍입니다.

제7회 대한민국 흙의 날을 기념하여 농촌진흥청과 한국토양비료학회가 ‘탄소중립과 디지털 토양관리’라는 주제로 심포지엄을 공동 개최하게 되었습니다. 이런 뜻깊은 자리를 마련하게 되어 매우 기쁘게 생각합니다.

먼저, 축사를 해주실 정현찬 농특위원장님께 감사 말씀을 드립니다. 주제발표 좌장을 맡으신 서울시립대학교 김계훈 교수님을 비롯해 발표자로 참석해 주신 서울대학교 김창길 박사님, 한국정밀농업연구소 남재작 박사님, 농업기술실용화재단 이길재 팀장님, 고려대학교 김종윤 교수님께도 감사드립니다.

종합토론에 함께해 주실 강원대 양재의 교수님, 경희대 유가영 교수님, 전남대 최우정 교수님, 친환경농업협회 최동근 사무국장님께 고견을 부탁드립니다. 오늘 심포지엄을 준비해 주신 김필주 토양비료학회장과 관계 기관 여러분, 수고 많으셨습니다.

코로나 19로 비대면의 삶이 일상이 되었습니다. 새로운 흐름에 따라 사회·경제 제도도 변화하고 있습니다. 특히 농업·농촌은 일손 부족과 원자재 가격 상승으로 어느 때보다 힘든 시기를 보내고 있습니다. 더욱이 기후변화로 식량안보가 불안정해지고, 탄소중립 실현을 위한 농업의 역할이 강조되고 있습니다.

농업을 구성하는 여러 요소 가운데 하나는 토양과 기후입니다. 인류가 직면한 기후위기 문제는 한 국가나 정부의 노력만으로는 해결할 수 없는 과제입니다. 하지만 토양은 우리의 관리 의지와 행동에 따라 얼마든지 회복이 가능한 자원입니다.

농업은 정밀하고 고도화된 토양관리를 통해 탄소중립에 기여해야 합니다. 농경지 탄소배출 계수 개발, 바이오차 활용, 비료사용처방 등 영농 방법을 개선하고, 현장에서 축적된 빅데이터를 활용할 수 있도록 디지털 기술 혁신에 집중해야 합니다.

농촌진흥청이 운영하는 토양정보시스템‘흙토람’에는 토양과 관련된 비중 있는 빅데이터가 다량 쌓여 있습니다. 이를 토대로 토양 특성에 따른 작물별 비료 사용량과 각종 토양정보를 제공

하고 있습니다. 이러한 정보와 기술을 잘 활용하면 농경지에서의 탄소배출량을 최소화하는데 동참할 수 있습니다.

공익직불제와 관련해서는 농업인들이 준수사항을 잘 지켜 소득을 보전할 수 있도록 계도하고, 제도가 안정적으로 정착할 수 있도록 최선을 다하고 있습니다.

탄소중립은 지속가능한 녹색 미래를 만드는 일입니다. 결코 회피하거나 미룰 수 없는 인류사적 과제이자 도전입니다.

오늘 심포지엄이 농업분야 탄소중립을 위한 디지털 토양관리 기술의 중요성을 다시 한 번 일깨우는 자리가 되길 바랍니다. 지속가능한 농업·농촌을 구현할 수 있도록 우리 모두의 노력과 지혜를 모아야 하겠습니다. 참석해주신 모든 분께 협조와 지원을 부탁드립니다.

감사합니다.

2022. 3. 11

농촌진흥청장 **박 병 홍**

환영사

여러분 반갑습니다. 한국토양비료학회장 김필주입니다.

법정기념일인 2022년 3월 11일에 “탄소중립과 디지털 토양관리”를 주제로 ‘제7회 대한민국 흙의 날 심포지엄’을 개최하게 된 것을 대단히 뜻 깊게 생각합니다.

‘흙의 소중함’ 알리는 이 자리에 축사를 해주신 농어업농어촌 특별위원회 정현찬 위원장님께 감사의 말씀을 드립니다. 그리고 바쁘신 중에도 이 자리를 빛내주신 농촌진흥청 박병홍 청장님께도 감사드립니다. 진행을 맡은 농어촌공사 이승헌 박사님, 좌장을 맡아주실 서울시립대학교 김계훈 교수님, 종합토론을 진행해 주실 국립농업과학원 김경미 농업환경부장님께 감사드립니다. 더불어 주제발표를 해주시는 서울대학교 김창길 교수님, 한국정밀농업연구소 남재작 박사님, 한국농업기술진흥원 이길재 박사님, 국립농업과학연구원 박성진 박사님, 고려대학교 김종윤 교수님과 토론자 여러분께도 깊이 감사드립니다.

본 심포지엄에 온라인으로 참여하고 계신 흙을 사랑하는 모든 분들께 깊은 감사드리며, 가내에 행운이 함께하기를 기원하겠습니다.

잘 아시는 것처럼, 흙은 모든 생명의 근원이며 농업의 근간입니다. 인류문명은 토양자원의 개발과 이용을 통하여 발전해 왔습니다. 역사적으로 토양을 잘 이용하고 관리했던 문명은 번영했고, 관리에 소홀했던 문명과 왕조는 소멸했습니다.

지구온난화 기후변화가 심해가는 현재, 흙은 탄소 흡수원으로 탄소중립을 실현하고 기후위기를 극복할 수 있는 비밀병기로 평가 받고 있습니다. 탄소중립 목표를 속도감 있게 구현하기 위해서는 디지털을 이용한 정밀한 토양관리와 농장관리가 필수 요소기술이 되었습니다. 토양 건강을 회복하고 나아가 지구온난화를 문제를 해결하는 주체자로서 보다 정밀한 토양관리가 중요한 시기입니다.

인류생존의 목표와 실천방안을 수립하기 위한 「신기후체제 파리협정」에서는 2023년부터 5년 단위로 국제사회 공동차원의 이행점검을 실시하여 121개 국가가 ‘2050 탄소중립 목표 기후동맹’에 가입하였으며, 우리나라에서도 2020년에 탄소중립을 선언하였습니다.

오늘 심포지엄이 ‘건강한 흙’이 기후변화에 미치는 영향성과 탄소중립 구현을 위한 정밀한 토양 관리의 중요성에 관한 지식을 공유하고 ‘건강한 농업·농촌을 만들기 위한’ 지식공유의 장이 되기를 기대하겠습니다.

다시 한 번 오늘 이 같은 자리가 마련된 것을 뜻깊게 생각합니다. 끝으로 본 행사 준비를 위해 수고를 아끼지 않은 농촌진흥청 관계관님과 토양비료학회 임원님들께도 감사의 말씀을 드립니다. 여러분 가정과 직장에 늘 건강과 행운이 함께 하시길 기원합니다. 감사합니다.

2022년 3월 11일

한국토양비료학회장 **김 필 주**

축사

여러분, 반갑습니다. 대통령 직속의 농어업·농어촌특별위원회 위원장 정현찬입니다.

기후변화와 함께 2050 탄소중립 선언으로 농업의 근본이 되는 토양자원인 흙의 공공적 가치가 재조명되고 있습니다.

‘탄소중립과 디지털 토양관리’라는 주제로 펼쳐지는 2022 제7회 흙의 날 기념 학술 심포지엄 개최를 진심으로 축하드립니다.

이번 행사를 준비해주신 박병홍 농촌진흥청장님을 비롯하여 김필주 한국토양비료학회장님, 김상남 국립농업과학원장님 등 모든 관계자 여러분 노고에 진심으로 감사드립니다.

우리 특별위원회는 농정 틀 전환을 사명으로 2019년 4월 25일 출범하였습니다. 지금까지 새로운 농정의 지향점과 개혁 과제를 제시하고 여러 과제를 구체화하기 위해 나가고 있습니다. 최근, 탄소 중립 특별위원회를 설치해 탄소중립 사회로 전환을 추진하는 시대와 국가의 요구에 선도적으로 대응하고 있습니다. 뿐만 아니라, 탄소중립 시대의 농업 환경 구축을 위해 친환경 농업을 기반으로 토양 환경 보전과 지속적인 식량 생산 방안을 검토하기도 하였습니다.

토양은 탄소를 포집할 수 있는 저장고로 기후변화를 완화시키는 중심축입니다.

국가에서 토양탄소 저장기술을 개발·보급하여 농업 분야의 탄소 발생을 감소시키고, 농업환경 분야에 기여하기 위해 다양한 연구들이 진행되고 있습니다.

건강한 흙을 보전하고, 활용하기 위해서 현실적인 영농법과 탄소저장법이 필요합니다. 국내 농업 맞춤형 실천방안을 세울 수 있도록 지속적인 공감대를 만들어가야 할 것입니다.

코로나19라는 어려운 상황에서도 토양·비료 관련 산·학·연 관계자들이 함께 글로벌 연구 트렌드를 공유하고, 흙을 통한 농업의 지속가능성에 대해 논의될 심도 있는 자리가 될 것으로 많은 기대가 됩니다.

토양탄소시대 구현을 위해 많은 분들이 이번 행사에 참여했으면 하는 바람입니다. 나아가 농업인들이 현장에서 활용할 수 있는 연구 개발로 보급될 수 있도록 노력해 주시기를 부탁드립니다.

흙의 날 학술 심포지엄에 참여해 주신 모든 분께 감사 인사를 드리며, 심포지엄 개최를 진심으로 축하드리고 많은 성과 있으시길 바랍니다.

감사합니다.

2022. 3. 11.

대통령 직속 농어업·농어촌특별위원회 위원장 정 현 찬

대한민국 제7회 기념식 및 심포지엄 **축의 날**

농업부문 탄소중립 실현을 위한 핵심 과제

서울대학교 김창길

농촌진흥청 『휴의 날 기념 학술 심포지엄』 주제발표 자료(2022. 3. 11, 14:30 -)

농업부문 탄소중립 실현을 위한 핵심 과제

김 창 길 특임교수



CALS 서울대학교 농업생명과학대학
College of Agriculture and Life Sciences

김창길 특임교수

주요 약력



Email: changgil@snu.ac.kr

- ▶ 서울대 농경제사회학부 특임교수(2019.11~)
- ▶ 전)한국농촌경제연구원 원장(2016~2019)
- ▶ 전)한국농업경제학회 회장(2018)
- ▶ 전)OECD 농업환경정책위원회 의장(2014~2017)
- ▶ 미국 오클라호마주립대 농업경제학 박사(1997)



목 차

- I 기후위기와 탄소중립
- II 농업부문의 온실가스 배출 현황
- III 농업부문의 탄소중립 핵심 과제
- IV 결론

3

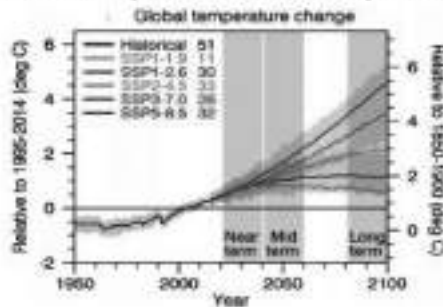
[II]

기후위기와 탄소중립

1. 기후위기 대응을 위한 탄소중립

■ 온실가스 배출 증가로 지구온난화 가속화

- ▶ 어느 시나리오로 진행되든지 지구 평균기온은 산업화 이전 대비 1.5°C 상승할 것으로 전망(2030년대 후반), 현수준 탄소배출이 지속되는 경우 21세기말(2081~2100) 4.4°C 상승 전망(IPCC 제6차 평가보고서, 2021. 8)



- ▶ 지구온도가 2°C 이상 상승시 폭염 한파 등 감당할 수 없는 자연재해 발생, 1.5°C 제한시 생물다양성, 식량안보, 경제성장에 대한 위협이 대폭 감소

⇒ 지구온도 상승 1.5°C 이내로 억제하기 위해서는 2050년까지 탄소 순배출량이 0이 되는 탄소중립 사회로의 전환이 긴급(2018년 IPCC 특별보고서)

5

■ 2022 세계경제포럼(WEF) 글로벌 리스크 진단

▶ 향후 닥쳐올 글로벌 리스크 요인에 대한 진단

☞ 세계경제포럼이 전 세계 오피니언 리더 1만 2,000여명을 대상으로 실시한 설문조사결과

- 향후 2년내 결정적인 위험 요인: ①극심한 기상, ②생계 위기, ③기후변화 대응 실패
- 향후 2~5년내 결정적인 위험: ①기후변화 대응 실패, ②극심한 기상, ③사회적 통합 훼손
- 향후 5~10년내 결정적인 위험: ①기후변화 대응 실패, ②극심한 기상, ③생물다양성 손실

<10년후 전 세계에 닥쳐질 가장 심각한 위험 요인>



Source: World Economic Forum, The Global Risks Report 2022, 17th ed. 2022.

6

2. 탄소중립 실현을 위한 국제사회 노력

▣ 2050년 탄소중립이 새로운 글로벌 어젠다로 확립

- ▶ 파리협정(2016년 발효), UN 기후정상회의(2019. 9) 이후 121개 국가가 기후목표 상향 동맹에 가입, 미국 바이든 대통령 취임 첫날 파리협정 재가입(2021. 2. 20) 등 전세계 2050 탄소중립 체제 본격 출범
- ▶ 세계기후정상회의(2021. 4) 계기로 미·EU·영·일 등이 2050 탄소중립 목표에 맞추어 상향된 국가 온실가스 감축목표(NDC) 발표

▣ 글로벌 탄소중립 지향 → 신경제질서 형성 → 신시장 창출

- ▶ 기후변화에 적극 대응하기 위해 글로벌 규제 강화 및 경영활동 변화
- ▶ 글로벌 기업 및 금융사는 주요 부품 공급처의 RE100 참여 및 ESG 투자요구 등 기후대응 노력과 기업경쟁력을 연계하려는 움직임 강화
- ☞ 2050 탄소중립 이행이 글로벌 핵심 어젠다로 부상하면서 친환경·저탄소 등 그린경제로의 전환 가속화 ⇒ 온실가스 감축 수단 마련과 이행전략 수립 필요

7

■ 기후위기 대응을 위한 제26차 COP 개최

- ▶ COP26은 영국 글래스고에서 개최 (2021. 10.31~11.12)

- 전세계가 각국의 배출량을 얼마나 줄일 것인지를 전세계에 알려야 하는 첫 COP



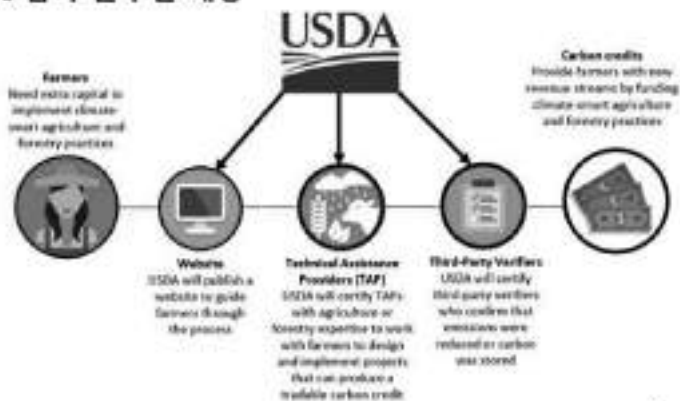
- ▶ 당사국 197개국의 130여개 나라 정상이 참석하여 2050년 탄소중립 달성을 위해 2030년 까지 탄소 배출량 감축 목표치를 제시할 전망
- ▶ COP26의 주요 의제는 ①2050 탄소중립 및 1.5도 목표 사수, ②적응 역량 강화, ③기후재원 조성, ④협력을 통한 성과
- ☞ 지구온도 1.5도 상승 제한 목표를 달성하려면 2030년까지 전 지구적으로 이산화탄소 배출량은 2010년 대비 최소 45% 감축되고, 2050년경 탄소중립에 도달

8

3. 탄소중립 실현 주요국의 대응 실태

■ 미국

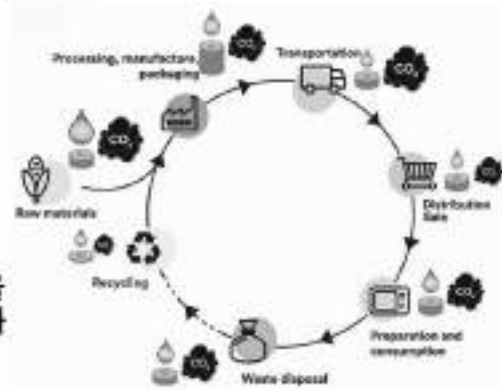
- ▶ 바이든 정부의 그린혁명(Green Revolution)을 통한 2050년 넷 제로 달성
- ▶ 미국의 농업부문 탄소중립 달성 전략: 토양의 탄소저장과 정밀농업
 - 검증된 토양관리 기법을 통한 농경지의 탄소 저장고 기능을 최대한 활용
 - 토양 탄소저장 기능을 탄소시장과 연계하여 농민들의 소득 기회 창출
 - 정밀농업 기술을 활용한 CO₂ 감축 솔루션 제공
 - CRP 활용한 생물다양성, 토양건강, 수질개선 등을 통한 기후 복원력 강화와 온실가스 배출 감소
 - 바이오차 혁신 기술을 활용하여 산불이 난 뒤 산림 폐잔재 활용 토양의 탄소저장 기능 강화
 - 농촌지역의 기후스마트농업(CSA) 실천과 투자 촉진



9

■ EU

- ▶ EU 집행위 2050까지 탄소중립 유럽대륙으로 전환을 위한 비전과 유럽 그린딜(European Green Deal) 발표(2019. 12)
 - 농식품 부문에서 '농장에서 식탁까지의 전략(Farm to Fork Strategy)' 제시(2020. 5): 식품 밸류체인과 순환경제
 - 저탄소 기반의 식품 생산·유통·소비 방식의 대전환
 - 핵심지표:
 - 살충제 사용 50% 감축,
 - 비료 사용량 최소 20% 감축,
 - 가축 항생제 50% 감축,
 - 농경지의 25%까지 유기농 전환
 - 기후변화, 환경 보호, 생물 다양성 보존을 위해 공동농업정책(CAP)에서의 기후변화 대응 예산 비중을 최소 40% 이상 배정
 - 생태보전 지원제도(Eco-Schemes)를 통해 환경과 기후에 미치는 영향을 감축하는 농업인 보상
 - 소비자 역량강화(식품정보, 인식, 행동변화), 음식물 쓰레기 감축



10

일본

- ▶ 2050년 탄소중립 실현을 위한 “녹색성장전략”을 수립 발표(2020. 12)
- ▶ 2050년까지 농림수산업의 화석연료 CO₂ 배출량 제로화를 위한 다양한 정책 프로그램 발표: 식품 밸류체인과 바이오매스 자원의 에너지화
 - 농산어촌의 에너지 혁신(RE100 실현)
 - ICT를 활용한 시설의 효율화에 의한 스마트 농림수산업 실현
 - 농림수산물·식품 공급망에 전체에서의 탈탄소화
 - 인증 라벨링 등 GHG 배출 삭감에 관한 행동의 가시화
 - 유기농 육성 및 유기농산물 소비자 이해 증진
 - 농산어촌에서의 탄소격리·저장의 추진과 바이오매스 자원의 완전 활용
 - 해외 농림수산업의 온실가스 배출 삭감 기여 및 크레딧의 획득



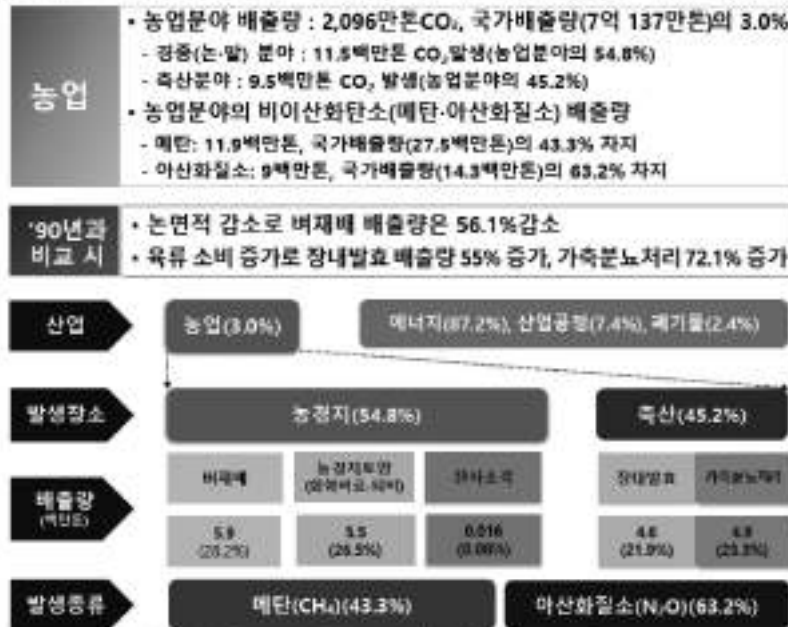
11

[III]

농업부문의 온실가스 배출 현황

1. 국내 농업부문의 온실가스 배출 현황

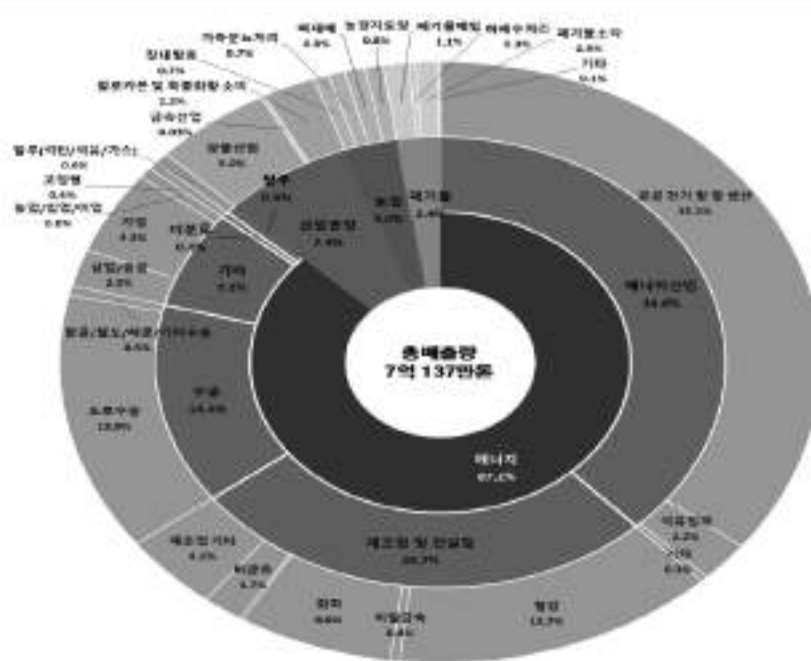
■ 2019년 농업부문 온실가스 배출량 구조(비에너지 부문)



자료: 온실가스종합정보센터, 「2021년 국가온실가스 인벤토리(1990~2019) 공표」, 2021. 12.

13

■ 2019년 국가온실가스 배출 비중



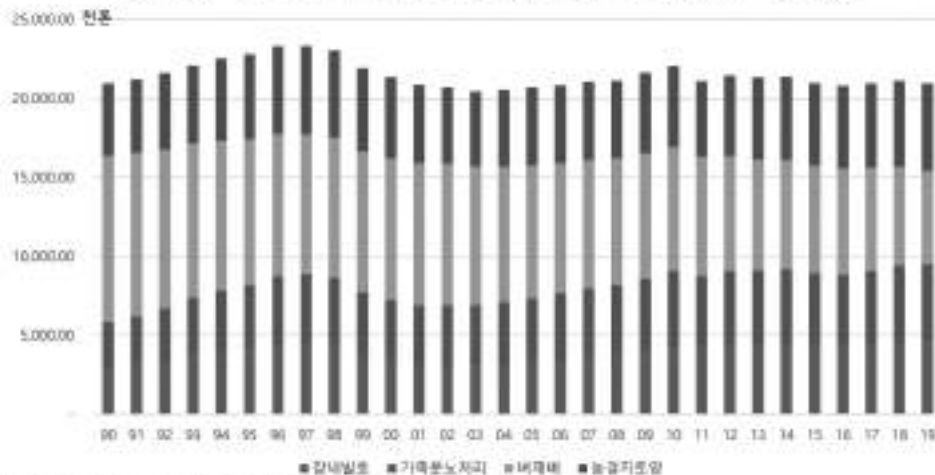
자료: 온실가스종합정보센터, 2019년 온실가스 배출량 전년 대비 3.5% 감소, 7억 137만톤, 2021. 12. 29.

14

■ 농축산 부문의 온실가스 배출량 변동 추이

- ▶ 1997년 최대치 기록 이후 지속적 감소추세, 2004~2010년까지 증가 추세, 2011년 이후부터는 증감이 반복되는 추세, 2019년은 전년대비 0.8% 감축
- 경종부문은 경지면적이 줄어 감소 추세, 축산분야는 사육두수가 늘어나 증가 추세

<농축산 부문의 온실가스 배출량 변동 추이(1990~2019)>



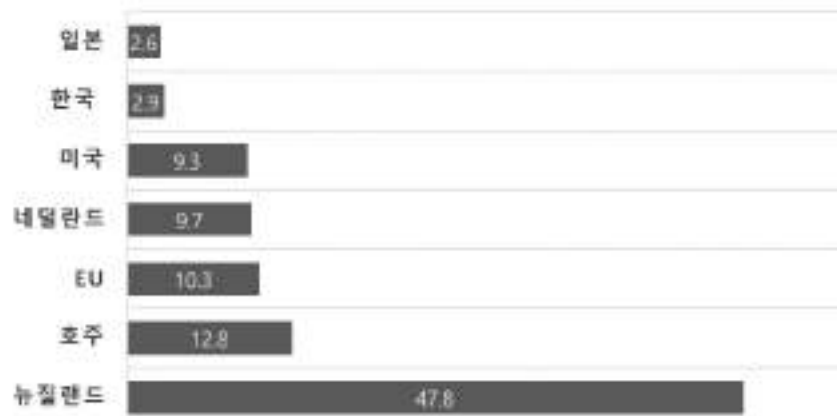
자료: 온실가스종합센터, 국가온실가스 인벤토리(1990~2019), 2022.

15

2. 주요국의 농업부문 온실가스 배출량 현황

- 2020년도 UN 기후변화협약(UNFCCC)에 보고된 국가별 인벤토리 보고서를 기초로 국가별 총배출량에서 농업부문이 차지하는 비중(2018년 기준)은 뉴질랜드 47.8%, 일본 2.6% 등 국가별로 큰 차이가 있음.

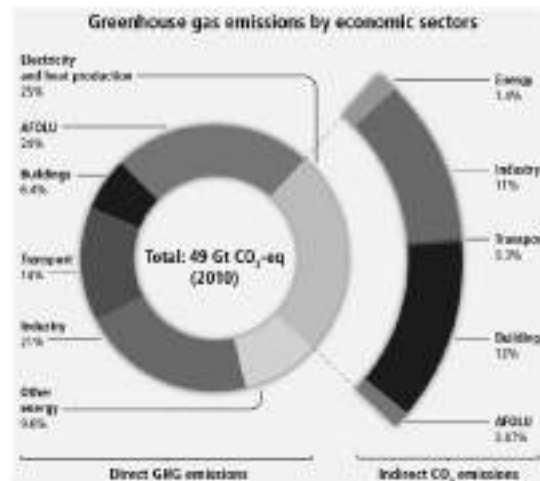
<주요국별 농업부문 온실가스 배출 비중(2018년 기준)>



16

3. 전세계 농업부문의 온실가스 배출량 구조

- 전세계 온실가스 배출량 490억톤(CO₂ 환산) 가운데 농림업 및 기타 토지이용(AFOLU)이 약 24% 차지
 - 농업부문은 10~12% 차지, 비에너지 분야에서는 최대 비중 차지



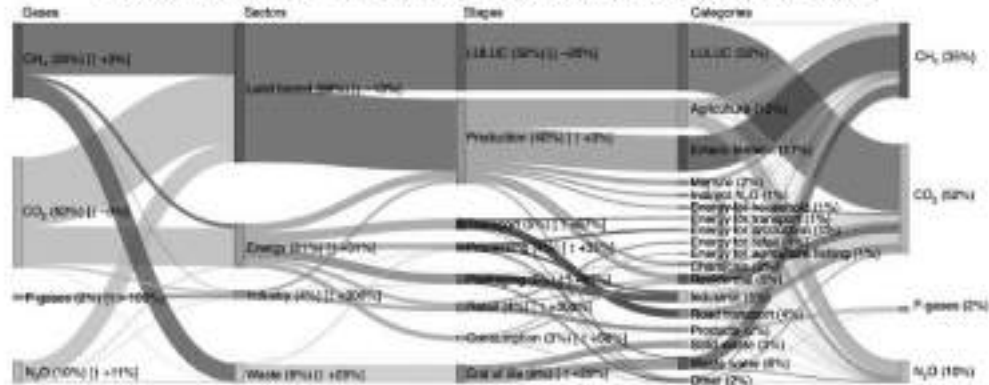
자료: IPCC, Climate Change 2014: Synthesis Report, 2014.

17

□ 전세계 농식품시스템의 온실가스 배출량

- 1990~2015년 동안 식품의 생산에서 가공, 운송 및 포장, 소비 등 전 과정에서 온실가스 배출량을 추정하는 글로벌식품배출 데이터베이스(EDGAR-FOOD)를 개발(Crippa, M. et al, 2021, Nature Food)
 - 2015년 식품시스템에서 온실가스 배출량은 18Gt CO₂톤으로 전체 온실가스 배출의 34%(25~42%)를 차지

<전세계 식품시스템의 온실가스 배출 구조, Sankey Diagram(2015년 기준)>



Source: Crippa, M. et al., "Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emission," *Nature Food*, Vol. 2, Mar. 2021, p. 201. <https://www.nature.com/articles/s43016-021-00225-9.pdf>

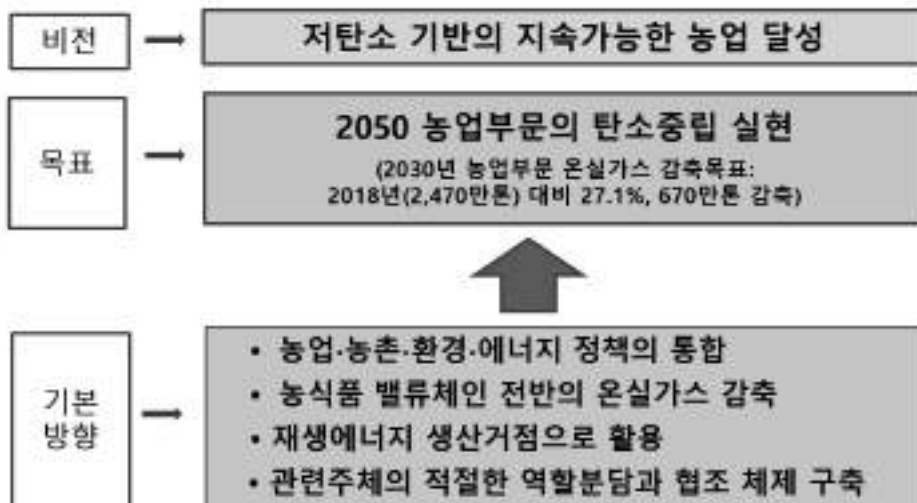
18

[III]

농업부문의 탄소중립 핵심 과제

1. 비전과 기본방향

- 기존의 농업으로부터 '저탄소 농업' 체제로 전환하기 위해 비전과 목표달성을 위한 기본방향 설정

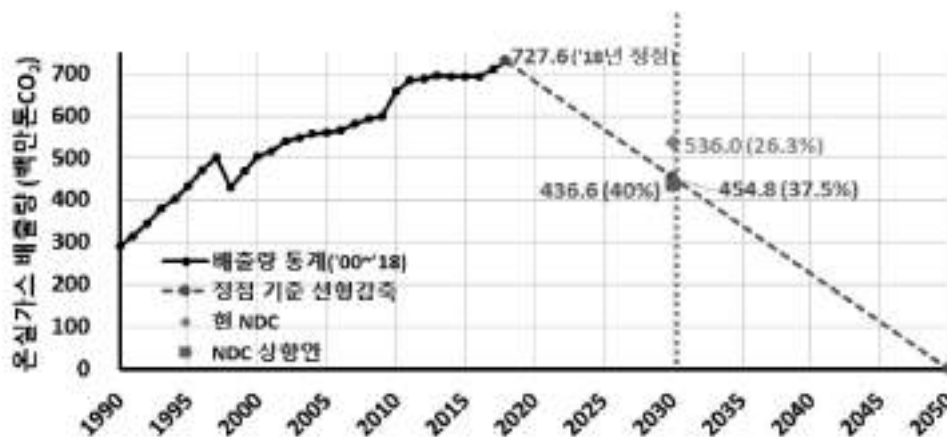


※ 농업부문의 탄소중립 실현을 위한 핵심과제는 김창길·임정민, 「탄소중립 농업으로 가기 위한 전략」, 시선집중 GSNJ 제292호: 「농업·농촌의 온실가스 배출 감축과 흡수 확대」, 시선집중 GSNJ 제293호, 2021. 10. 제시된 자료를 기초로 작성되었음.

☞ 2030년 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향 설정

- ▶ 2018년 배출량(727.6백만톤) 대비 40%(291백만톤) 감축
⇒ '30년 배출량: 436.6백만톤 (매년 4.17% 감축)

* NDC 상향안(40% 감축)은 ('18년 총배출량 - '30년 순배출량) 적용 시 감축률이며,
('18년 순배출량 - '30년 순배출량) 적용 시 NDC 상향안의 감축률은 36.4%



21

☞ NDC - 농업부문 온실가스 감축목표

▶ 2030년 농축수산분야 감축목표

- 2018년 배출량(2,470만톤) 대비 27.1%(670만톤) 감축(매년 2.6% 감축)

⇒ 2030년 배출량: 1,800만톤

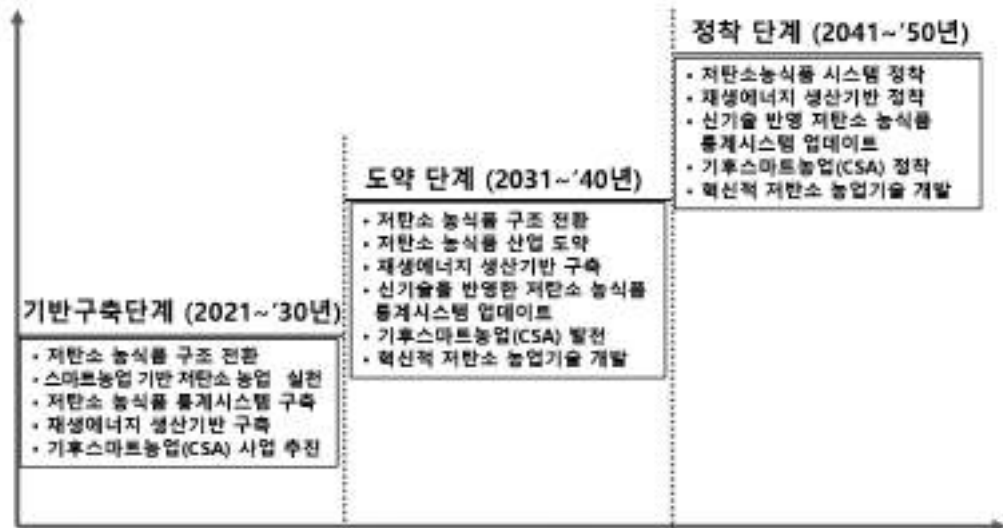
- ※ 2018년 농축수산분야 배출량: 2,470만톤
 - 농축산분야(비에너지 분야): 2,120만톤
 - 농축수산분야(에너지 분야): 350만톤

⇒ 농업분야의 온실가스 배출량은 2,100만톤 수준이 배출되고 있어,
2030년 1,800만톤 감축목표 달성을 위해서는 매년 약 60만톤의
감축이 필요하므로 상당한 부담이 될 수 있고, 온실가스 감축을 위한
실효성 있는 대책 마련이 긴급

22

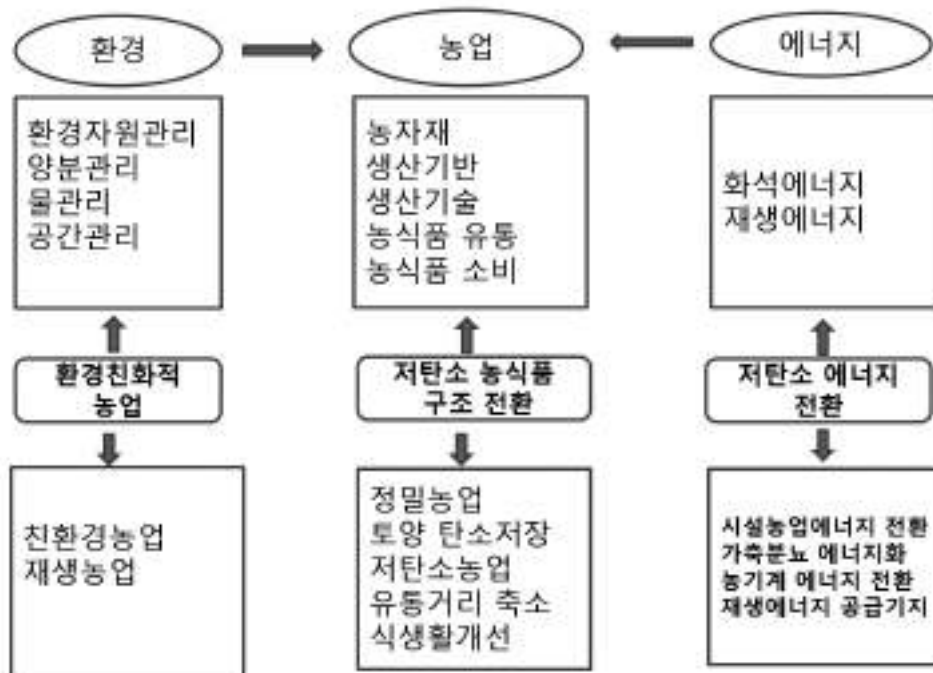
2. 추진방법

■ 2050년을 목표 연도로 설정하고, 3단계(기반구축, 도약, 정착)로 나누어 접근



23

■ 농업·환경·에너지 정책의 통합과 결합



24

▣ 탄소중립 실현 저탄소농업 체제의 기본 틀



25

3. 분야별 실현 방안 – 정책적 측면

▣ 저탄소농업 육성 정책의 접근방법

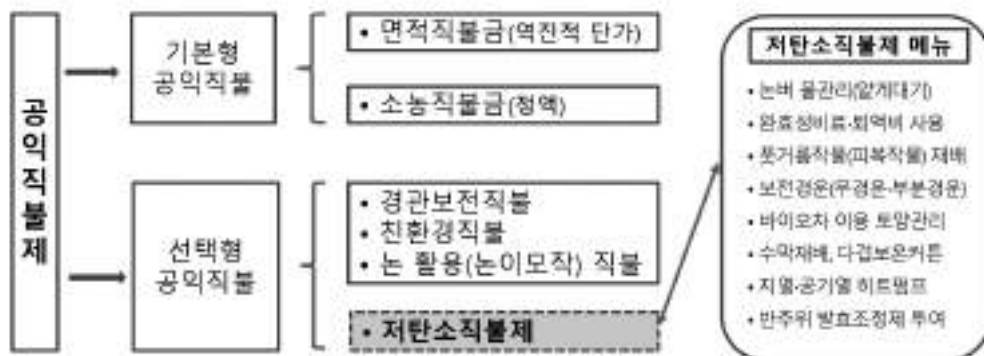
- 불특정 다수의 소규모농가가 배출원이라는 특성을 지니고 있어 정책사업을 통한 온실가스 감축 추진
- 탄소배출 저감 기술개발과 보급, 탄소시장 활용 등 다양한 방식의 저탄소정책 프로그램 개발
- 농업·농촌정책과 저탄소정책(환경정책, 에너지정책)의 통합·조정 등 적절한 정책결합(policy mix)
- 관련주체의 인식, 공감대 형성과 적절한 역할분담 및 협조체계 구축

26

농업정책과 저탄소 정책과의 통합 및 조정

- 농정 전반의 프로그램에 대한 환경성(탄소감축 정도) 평가를 통해 저탄소 정책과의 통합 및 조정
- 저탄소농업 기술에 대한 농가수용성 제고를 위해 환경적 상호준수의 대표적 프로그램으로 저탄소직불제 도입
 - 온실가스 감축활동을 공익형 직불제의 선택형 직불과 연계 추진

<공익형 직불제의 기본 구조>



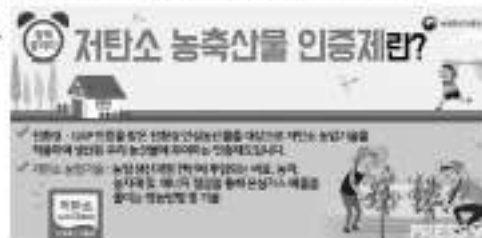
27

온실가스 감축을 위한 가시적인 정책프로그램 확대

저탄소 농축산물 인증제의 확대

- ▶ 저탄소 농산물 대상품목의 확대와 인센티브 지급 방안 모색 필요

- 저탄소 농축산물 인증 가능품목은 식량(7), 과수(15), 채소(28), 특용(9), 임산물(2) 등 61개 품목



- ▶ 저탄소 인증제에 적용될 수 있는 농업기술은 최적비료사용, 경축순환농업, 풋거름 작물재배, 직파재배, 무경운, 지열히트펌프 등 19개 기술

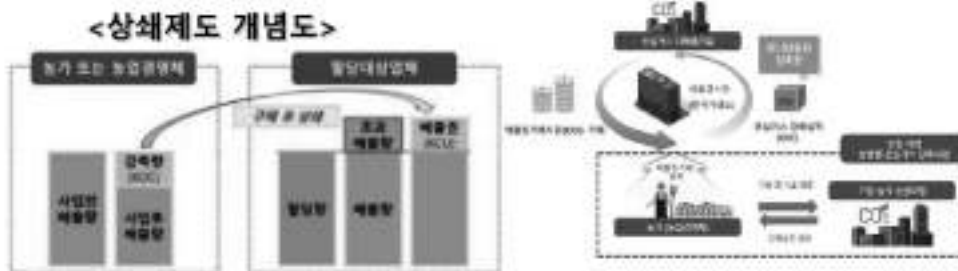
2020년도 저탄소 농산물의 인증 실적 및 유통 매출액

- 인증건수 706건, 농가수 4,700호, 인증면적 5,657ha
- 매출액(현대백화점, 이마트, 올가홀푸드, 마켓컬리 등 9개사) 554억원

28

■ 탄소시장의 적극적인 활용

- ▶ 온실가스 감축사업을 새로운 소득창출과 연계하여 추진
- ▶ 자발적 감축사업 활성화 - 배출권거래제 외부사업의 확대
- ☞ 2019년 농업부문 배출권거래제 외부사업 참여농가는 71농가에 감축량은 23.9천톤이며, 배출권 판매 소득액은 9억 3천만원



■ 온실가스 감축 기반 구축

- ▶ 온실가스 통계시스템 구축과 산정방식의 고도화
- ▶ 온실가스 신규 감축기술 개발(R&D 확대)
- ▶ 온실가스 배출량과 흡수량의 체계적인 관리를 위한 산정·보고·검증(MRV) 시스템 구축

29

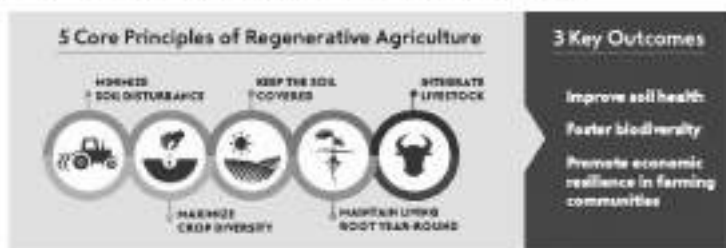
■ 혁신적인 친환경농업 정책 추진

■ ICT와 정밀농업을 연계한 데이터기반의 디지털 순환농업 확산을 위한 정책 추진

- ▶ 토양조사를 기반으로 한 비료사용 처방서와 가축분뇨 퇴액비 투입 등을 ICT와 연계한 데이터 기반의 과학적 순환농업 실천

■ 미국의 재생농업(regenerative agriculture)을 벤치마킹한 혁신적인 친환경농업 추진

- ▶ 재생농업은 토양개선을 통해 생산성 제고와 탄소 배출 저감, 생물다양성 보전 등 농업생태계의 환경을 복원하는 농업



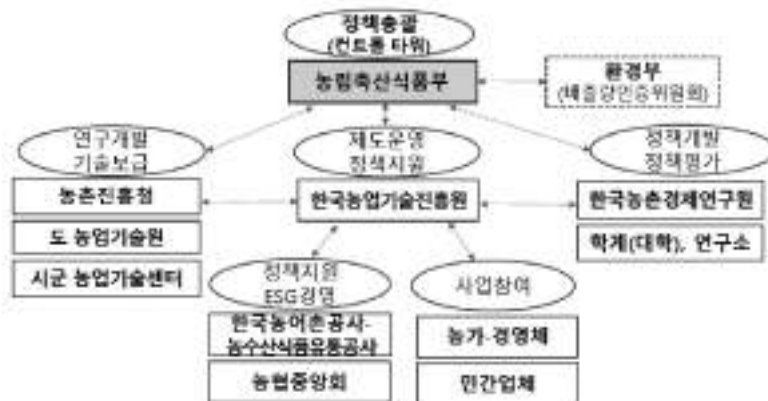
Source: <https://www.generalmills.com/Responsibility/Sustainability/Regenerative-agriculture>

30

□ 관련주체의 적절한 역할 분담과 협력체계 구축

- 정책총괄 컨트롤타워로 농식품부는 정책추진 전략과 로드맵 제시, 교육·훈련, 관련기관 간의 협조체계 구축의 역할 수행
- ▶ R&D 및 기술보급 기관으로 농촌진흥청은 저탄소농업 기술개발과 농가보급용 매뉴얼 작성하고, 정책지원 기관으로 한국농업기술진흥원은 저탄소농산물 인증제도 운영, 배출권거래제 등 온실가스 감축사업 지원

<저탄소농업 육성 관련주체의 역할분담과 협조체계>



자료: 김창길·임정빈, 『탄소중립 농업으로 가기 위한 전략』, 세션집중(GSn) 제292호, 2021. 10. p.15.

31

■ 농업계의 ESG 경영 실천

- ▶ 농업계도 재무적인 요소인 환경·사회·의사결정(ESG)을 중시하는 경영 실천 긴요
- 농업계 공공기관 및 민간기관의 ESG 경영 실천 가속화
 - ※ 한국농어촌공사 ESG경영 발표(2021. 3), 한국농수산물유통공사 ESG 경영 선포(2021. 4), 농협중앙회 ESG 경영 선포(2021. 9)와 범농협 ESG 경영위원회 설치

- 농업인 단체, 축산농가의 ESG 경영 실천에 대한 동참과 독려

※ 도드람양돈협동조합, 대한한돈협회, 양돈선도 농가 등의 ESG 경영 실천 동참 의사 피력과 실천 매뉴얼 작성 요청
(매일경제, 2022. 2. 2, <https://www.mk.co.kr/news/economy/view/2022/02/94366/>)



<ESG의 구성 요소>

	환경 (Environment)	사회적 책임 (Social)	지배구조 (Governance)
핵심 키워드	- 기후변화 대응 - 탄소배출저감 - 재활용·청정기술	- 노동환경 개선 - 사회적 약자 보호 - 인권존중·다양성 지향	- 투명한 기업경영 - 법·윤리 준수 - 반부패·공정성 강화

32

▣ 온실가스 감축·흡수 분야 R&D와 국제공동연구 추진

▶ 온실가스의 배출·흡수량 산정 및 모니터링 개선에 기여하는 연구·기술 개발

- 농업분야 온실가스의 정확한 모니터링 및 산정기법을 개선하는 연구 및 기술 개발
- 농업분야 온실가스 감축에 관한 국제적 공동연구 추진
 - 농업분야의 다양한 국제 플랫폼을 활용하여 한국의 우수한 기술, 지식 및 경험공유, 공동연구 추진
 - 논에서 온실가스 발생을 줄일 수 있는 재배관리 기술개발에 관한 국제적 공동연구 추진

※ 지속적인 식량생산 추구하고 농업분야 온실가스 감축 문제를 해결하기 위해 연구협력과 투자 확대를 논의하는 국제협력체로 2011년 글로벌 연구연맹(Global Research Alliance, GRA)을 설립하여 운영하고 있음

- GRA는 축산연구그룹, 통합적연구 네트워크, 농경지연구 네트워크, 수도작 연구 그룹 등 4개 분야로 나누어 국제적인 공동연구를 수행
- 2021년 현재 64개 회원국, 72개 국제연구 프로젝트, 3,000명 이상의 과학자 참여

※ GRA 관련정보는 William Aitkenhead, "Innovation R&D technology for GHG reduction in the agricultural sector of New Zealand," P4G 식량·농업세션 연계 국제심포지엄, 농촌진흥청, 2021. 5. 25)

33

3. 분야별 실현 방안 – 기술적 측면

▣ 농업·농촌 현장에 적용될 수 있는 저탄소 농업기술

- 에너지이용 효율화사업(4), 신재생 에너지 사업(2), 질소 질비료 절감 사업(3), 농축산부산물 등 바이오매스 활용 사업(3), 기타감축 사업(3) 등 5개 분야에서 15개 방법론이 개발되어 적용되고 있음.

- ☞ 저탄소 농업기술을 현장에 적용하는 경우 자발적 온실가스 감축사업으로 인정 받아 감축 톤당 1만원의 인센티브 지급
 - 2020년 자발적 감축사업 참여농가는 128개 농가에 감축량은 9,700톤, 인센티브 지급액은 9,700만원

34

<농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업 방법론>

구분	감축 방법
에너지이용 효율화	· 미활용 에너지를 이용한 농업시설의 온실가스 감축 방법
	· 순환식 수확재배를 이용한 화석연료 사용량 절감 방법
	· LED 조명기기 설치를 통한 농업시설의 화석연료 사용량 절감 방법
	· 고효율 보온자재를 이용한 농업시설의 난방용 에너지 사용량 감축 방법
신재생에너지	· 지열에너지를 이용한 농업시설의 화석연료 사용량 절감 방법
	· 재생에너지(태양광, 태양열, 소수력, 풍력) 방법
질소질비료 절감	· 녹비작물을 이용한 질소질비료 사용 저감 방법
	· 완효성 비료를 이용한 질소질비료 사용 저감 방법
	· 부산물 비료를 이용한 질소질비료 사용 저감 방법
농축산 부산물 등 바이오매스 활용	· 목질 바이오매스를 이용한 농업시설의 화석연료 사용량 절감 방법
	· 바이오가스 플랜트를 통한 온실가스 감축 방법
	· 왕겨를 이용한 RPC 곡물건조 열원대체 방법
기타 감축사업	· 보존경관에 따른 온실가스 감축 방법
	· 논벼 재배 시 물관리를 통한 온실가스 감축 방법
	· 토지의 이용방법 전환을 통한 메탄 감축 방법

자료: 농업기술실용화재단, 『저탄소 농업기술 편람』, 2020. p.26.

35

▣ 경종부문

▶ 농경지 물 관리를 통한 온실가스 감축

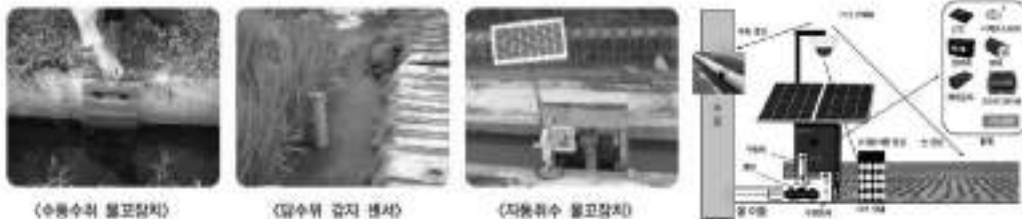
- 논 물관리(간단관개와 얇게 대기)와 용수관리 체계화를 통한 온실가스 감축

- 상시담수에 비해 온실가스 관리에 있어 간단관개(중간물떼기)는 25.2% 감축, 논물 걸러대기(얇게 대기)는 63% 감축(농촌진흥청, 2018)

※ 2030년까지 수리답 44만ha에 물 관리를 통해 약 66만톤 온실가스 감축 계획 제시 (한국농어촌공사, 『KRC 농어촌 ESG 2030』, 2021. 3, p.7)

- 자동 물관리 계측, 감축량 산정 등 디지털 영농기술 개발 필요

<벼 재배기간 논물 관리를 위한 물꼬장치>



자료: 국립농업과학원, 『농경지 온실가스 저감기술 안내서』, 2021. pp.38-39.

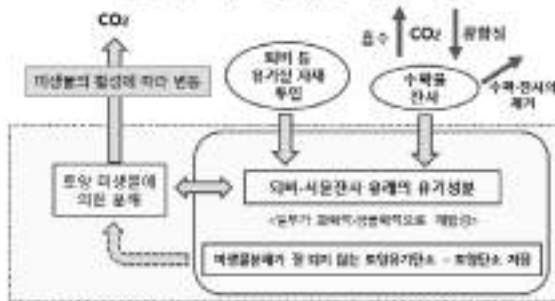
36

■ 농경지 토양의 탄소흡수원 활용

- ▶ 농경지토양은 퇴비와 유기질비료 사용, 적절한 토양관리 등을 통해 토양의 탄소저장 기능으로 흡수원 역할
 - 경축순환농업(완숙화, 펠렛화 등 퇴비의 고품질화), 유기농 등 친환경 농업 추진을 통해 토양에 유기물 시용의 지속적 추진
 - 농경지와 초지의 탄소격리에 대한 모니터링 필요

※ 일본 농림수산성은 2008년부터 매년 전국의 농지·초지에서 탄소저장량을 조사하고, 조사자료를 기초로 농연구구의 농업환경변동연구센터에서 개발한 모델을 통해 전국 농경지의 토양 흡수량을 추정하여 국제적인 보고가 이루어지고 있음.

<농경지·초지 토양의 탄소수지 모델>



日本 農林水産省 農林水産政策・政策評価課 農林水産政策課 農林水産政策課 農林水産政策課

<일본 농연구구의 토양의 CO₂ 흡수량 가시화 사이트>



출처: <https://soilco2.rad.naro.go.jp/>

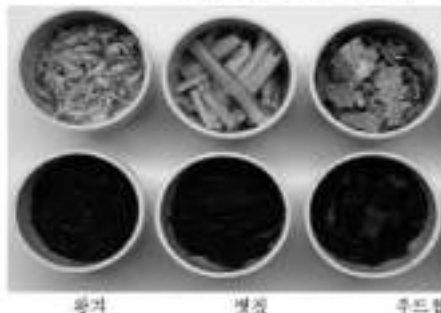
37

▶ 바이오차: 탄소포집-저장-활용(CCUS) 활성화

- 바이오차(Bio-char)를 농경지 토양에 공급하여 탄소저장(탄소격리) 기술로 인정(『기후변화에 관한 정부간협의체 특별보고서』, IPCC, 2019)
- 토양 탄소저장 효과를 정량화하여 농업인 인센티브 지급(탄소거래제)

※ 바이오차의 효과: 농업부문 유일한 탄소저장 기술, 토양환경 개선 효과 (중금속 흡착, 부영양화 완화), 가축분뇨, 과수전정지 등 농산부산물 활용을 통한 온실가스저감 자원화

<바이오매스 원료와 이로부터 생산된 바이오차>



광과 짚 과수잔가지

바이오차 투입시 온실가스 배출 감축 효과
 - 논 매탄: 33~49% 감축
 - 밭 아산화질소: 5~53% 감축

※ 일본의 카본 마이너스 프로젝트인 쿨베지 협회 주관의 바이오차의 농지사용에 의한 이산화탄소 감축사업을 통한 농가인증과 배출권 판매를 통한 수익 창출 (<https://coolvege.com>)

38

▶ 초지(생태축산)의 탄소흡수원 활용

• 초지의 적절한 관리를 통한 토양 유기탄소 축적으로 탄소 흡수원 역할

- FAO보고에 따르면 연간 탄소 흡수량은 유럽기준 4.5~40g C/m²(C sink)의 정도이며, 관리 방법과 기후환경에 따라 다양하게 나타남.
- 콩과 식물을 투입했을 경우 일반 토양 대비 연간 탄소흡수량 39% 증가
※ 자료: 천동원, '2050 탄소중립, 열쇠는 초지 확대', 전업농업신문, 2021. 10. 20).
※ 2021년 초지면적은 32,388ha로 1995년 66,301ha 이후 농업용지, 각종 개발사업, 산림환원 등에 지속적인 감소 추세(농림축산식품부, 2021년 초지관리 실태조사, 2022)



39

[IV]

결론

■ 탄소중립 실현의 중요성에 대한 인식의 대전환과 실효성 있는 대응 전략과 실행 프로그램 긴급요

- ✓ 흙(토양)은 거대한 탄소저장고로 탄소중립 실현을 위한 중요한 역할 수행, 적절한 토양관리를 위한 특단의 조치 마련 필요
- ✓ 농업은 안전한 농식품 공급의 생명산업의 본원적 역할을 넘어 '국가 탄소관리의 효자산업'으로 위기 보다는 기회로 활용하는 발상의 대전환이 필요
- ✓ 농림축산식품부의 「2050 농식품 탄소중립 추진전략」(2021. 12. 27 발표) 실천을 위한 실효성 있는 세부 실행 프로그램 수립과 지속적 이행 긴급요

41

☞ 농촌진흥청 국립농업과학원의 토양분야 국가표준데이터센터 지정(2022. 2. 21) 계기로 토양탄소 저장의 기초조사 추진 제안

• 기존의 토양환경조사의 운용 현황

- 1999년부터 '농업환경 변동조사' 사업을 통해 매년 농경지의 토양 환경정보(토양종류, 물리성, 화학성 등)를 구축
- 토양환경정보시스템인 흙토람을 통해 제공되고, 재배작물 적지 정보와 토양환경 관리정책 정책의 기초자료 제공, 농가 비료사용 추천 등에 활용

• 토양탄소 저장의 기초조사 제안

- 탄소중립 시대를 맞이하여 농업환경변동조사 사업에 토양탄소 저장 조사가 가능할 수 있도록 정점조사와 기준점조사 방법지침을 작성
- 현지 포장조사, 시료채취법, 시료조정, 분석방법, 데이터 전송 등을 담은 토양탄소 조사방법 지침서를 작성과 준비단계를 거쳐 본격적인 토양탄소 조사사업 추진

※ 일본 농연기구의 농업환경변동연구센터·중앙농업연구센터에서 작성한 「농지관리실태조사의 정점조사 및 기준점 조사의 토양탄소조사 실시방법 (조사 매뉴얼 2019)를 참고
(https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/attach/pdf/tuti_chyosa-26.pdf)

42

농업부문 탄소중립 비전 달성

<농업의 새로운 산업영역 설정>

- 국가 탄소관리의 효자산업
- 환경친화적 국토관리 녹색산업
- 안전한 농식품공급의 생명산업

저탄소 농업의 실현



43

감사합니다



대한민국 제7회 기념식 및 심포지엄 **축의 날**

탄소중립 시대, 토양의 역할과 과제

한국정밀농업연구소 남재작

제 7회 축의 날

탄소중립 시대, 토양의 역할과 과제



2022. 3. 11.

한국정밀농업연구소 남 재 작



Korea Precision Agricultural Research
Institute

기후위기

• 지구의 평균 기온은 2040년이 되기 전에 어떤 시나리오에서도 1.5°C 이상 상승

* 탄소중립은 기후를 기후변화를 막는 게 아니라 파국을 막는 것

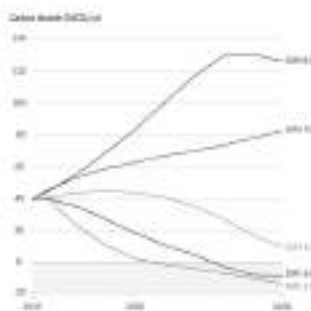


Table 2PM.1 | Changes in global surface temperature, which are assessed based on multiple lines of evidence, for selected 20-year time periods and the five illustrative emissions scenarios considered. Temperature differences relative to the average global surface temperature of the period 1850–1900 are reported in °C. For instance, the lowest assessment of altered historical warming for the SSP5 reference period 1990–2014, which is 1.1°C, is higher by 0.08–0.21 to +0.12 °C than in SSP5-per historical 1.0. Changes relative to the recent reference period 1995–2014 may be calculated approximately by subtracting 2.0°C, the best estimate of the observed warming from 1850–1900 to 1995–2014. (Cerna Chapter Box 2.2, 4.2, 4.4, Cross Sector Box 7.1.1)

Scenario	Near term, 2021–2040		Mid term, 2041–2060		Long term, 2081–2100	
	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)
SSP1-1.9	1.8	1.2 to 2.2	1.6	1.3 to 2.0	1.4	1.0 to 1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2 to 1.8	1.7	1.3 to 2.1	1.8	1.3 to 2.4
SSP2-4.5	1.8	1.2 to 1.8	2.8	1.8 to 2.3	3.1	2.1 to 3.5
SSP3-7.0	1.9	1.2 to 1.8	2.1	1.7 to 1.9	3.8	2.8 to 4.8
SSP5-8.5	1.8	1.2 to 1.5	2.4	1.9 to 3.0	4.4	3.3 to 5.1

* IPCC Climate Change 2021: The Physical Science Basis: 1100



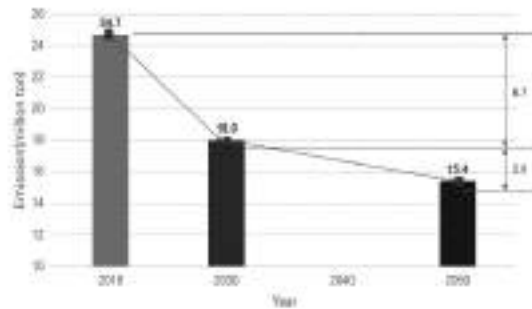
Korea Precision Agricultural Research Institute

2

농업분야 탄소중립 목표



세부 분야별 배출 비중



농업부문 온실가스 감축 목표



Korea Research Agricultural Research Institute

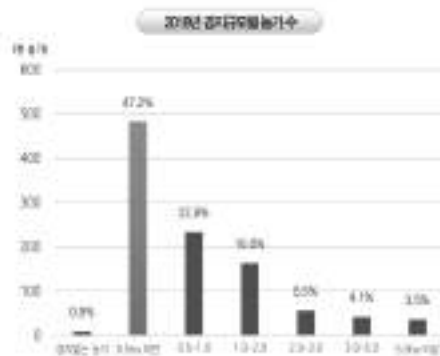
3

우리나라의 농업

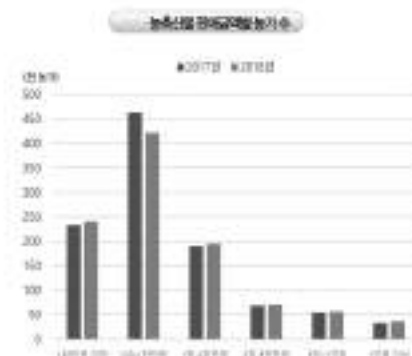
• 농가당 경지면적(ha) : 1.2(2015) → 1.08(2020)

• 농가당 판매액 1천만원 미만(%) : 67.9(2015) → 70.3(2020)

* 우리는 기후위기에 대응할 역량과 여력을 가지고 있는가?



* 일본 : 2020년 10ha 이상 농가 55.4%



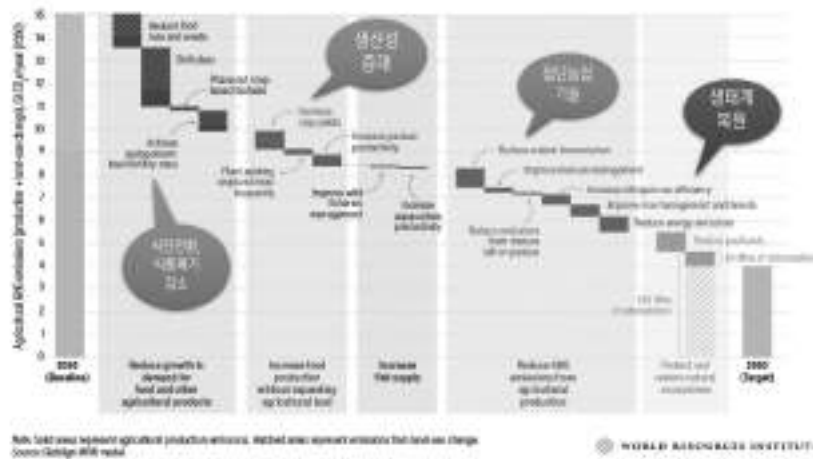
Korea Research Agricultural Research Institute

4

기후위기 대응과 탄소중립을 이루기 위해서는

- 첨단농업기술(품종, 질소 효율성, 가축분뇨관리 등), 생산성 향상 기술, 그리고 소비자의 참여

A 5-Course Menu of Solutions Can Reduce Agricultural Emissions by More than 70%



¹ Source: Sustainable Food & Ecosystems by 2050, v1.1 (September 2020)

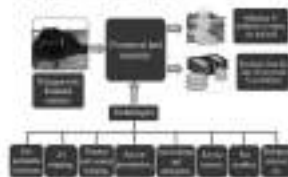
Korea Research Agricultural Research Institute

5

과제 1: 온실가스 감축을 위한 토양의 역할 증대

• 배출원 감축

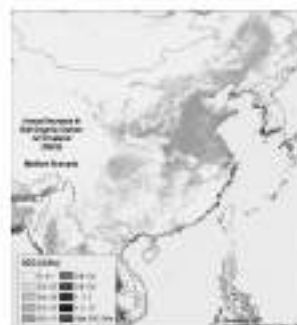
- ✓ 가축분뇨의 질소 감축



- ✓ 질소 시비량 감소: 경축순환농업

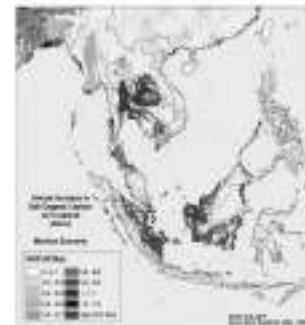


• 흡수원 확충



¹ Global Soil Organic Carbon per Foodprint (2017) (FAO)

• 해외 감축실적 확보



- ✓ 토양탄소저장 농업의 확산과 모니터링, 검증에 위한 방법론 개발
- ✓ 식량안보 및 농업생태계 보존을 위한 국제협력 프로그램의 개발

¹ Global Soil Organic Carbon per Foodprint (2017) (FAO)

Korea Research Agricultural Research Institute

6

농경지 토양의 탄소중립 목표

구분		2030년		2050년	
		목표치	감축량 (천톤 CO2)	목표치	감축량 (천톤 CO2)
농업탄소 관리	소계	-	540	-	540
	간단관계(중간불매기) (2주 이상 %)	61.1	474	61.1	474
	논불매계대기 (간단관계 연직 중 %)	10	66	10	66
농경지	소계	-	2,008	-	2,269
	질소비료 저장 후 사용량 (kg/ha)	115	267	115	268
	바이오차 보급 (토양계량제 대비 보급률, %)	9	58	10	65
	농경지 투입 분뇨를 처리(%)	33	1,683	35	1,936

• 농경지 탄소흡수와 관련된 국가 고유배출계수(유기물 투입, 경운, 동계작물)는 2023년 목표로 개발 중

* 2030 탄소중립 추진전략 및 기후변화 대응 정부 정책방향(2022.10.27. 발표)



Korea Research Institute of Chemical Technology

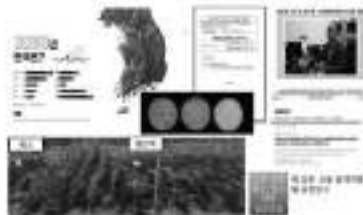
3

과제 2: 식량안보

• (방법 1) 식량자급률 향상

- ✓ 다수확 품종의 개발, 고온-염해에 강한 품종 개발

기후변화로 인한 작물 생산량 감소 및 고온-염해에 강한 품종 개발 필요



- ✓ 밭 상에서 잘 자라는 벼 품종 및 재배기술개발



* 2022.10.27. 발표

• (방법 2) 글로벌 공급망의 안정성 향상



- ✓ 세계 주요 쌀 생산지 분포 및 곡물(벼)의 고역 현황



* Data with the Food & Climate Change Development Policy Bank

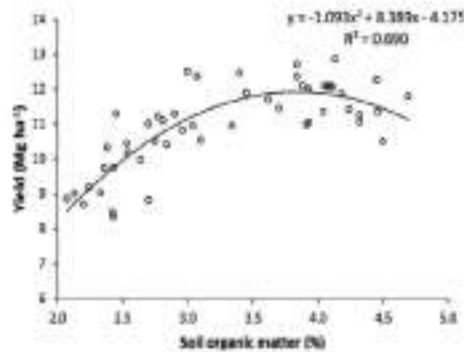


Korea Research Institute of Chemical Technology

4

유기물의 역할과 토양의 CO₂ 흡수

- 유기물은 생산성을 높이고, 수분보유력을 높여 미기상에 긍정적으로 기여
- 그렇지만, 토양의 온실가스 흡수역량은 환경조건에 따라 달라짐 - 더 많은 연구가 필요



Source: Synthesis: Field to Market/Verity (2012), p.11 (Copyright: 2012)

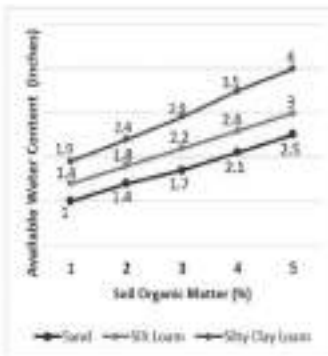
United Nations Agricultural Research Institute

Stanford | Home

Home | About | Contact | Privacy Policy | Terms of Service

Soils or plants will absorb more CO₂ as carbon levels rise - but not both, Stanford study finds

The study evaluates a widely-accepted assumption in climate models that forests and soil will continue to remove CO₂ from the atmosphere and highlights the importance of grasslands in helping to draw down carbon.



해외 사례들

• (미국) 기후 스마트 농업에 대한 픽트너십 프로그램

- ✓ 2022년부터 10억달러의 차금용 농장주, 목장, 임업에 지원
- ✓ 대규모 프로젝트에 대해 지원, 5백만 달러 이상
- ✓ 기후 스마트 농업 생산, 측정과 모니터링
- ✓ 기후 스마트 상품 개발 및 마케팅

Partnerships for Climate-Smart Commodities

Building Markets and lowering risk in America's Climate-Smart Farmers, Ranchers & Forest Owners to Strengthen U.S. Rural and Agricultural Communities

For more information:
Partnerships for Climate-Smart Commodities
National Funding Opportunity (NFO)
Number: USDA-NRCS-CPHPS-20
NFO-00001139
Application Deadline: 03/30/2022

• (EU) 2030년까지 유기농산물 생산지 25%까지 확대

North Dakota to take part in grasslands carbon storage research project

By [Name] | [Date]

"Farmer's fintechs" are turning Europe's farms into carbon sinks

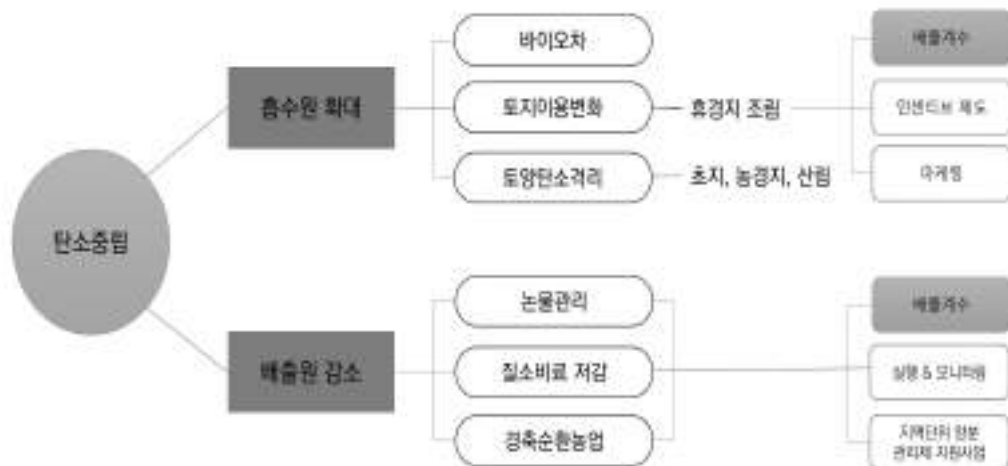
By [Name] | [Date]

Funding to develop lower-cost solutions for measuring soil organic carbon stocks

By [Name] | [Date]

United Nations Agricultural Research Institute

토양의 역할



기후 스마트농업으로 전환을 위한 친환경농업 기술체계의 개발

- 농업의 생산성 향상과 환경부하를 최소화할 친환경농업 기술 프로그램의 개발 및 확산



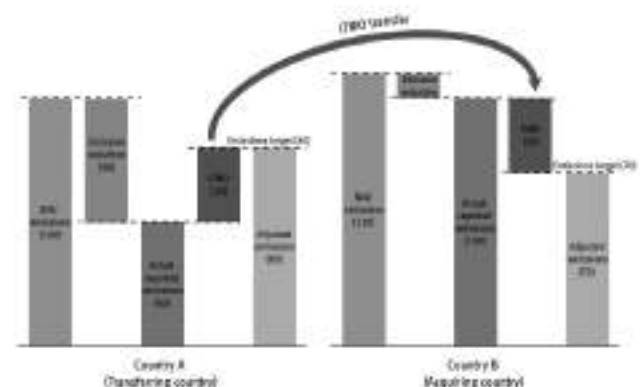
Korea Research Agricultural Research Institute

11

글로벌 협력

파리협정 6조 시장메커니즘의 적극적 활용

- 배출권 거래가 잘 작동하면 연간 2500억 달러 절약, 전 세계적으로 50억 톤 추가 감소



- ✓ 개도국의 토양탄소격리 사업 개발
- ✓ 생산성 향상과 결합한 생태 복원 프로그램 개발
- ✓ 개도국 농업협력 ODA 사업 발굴

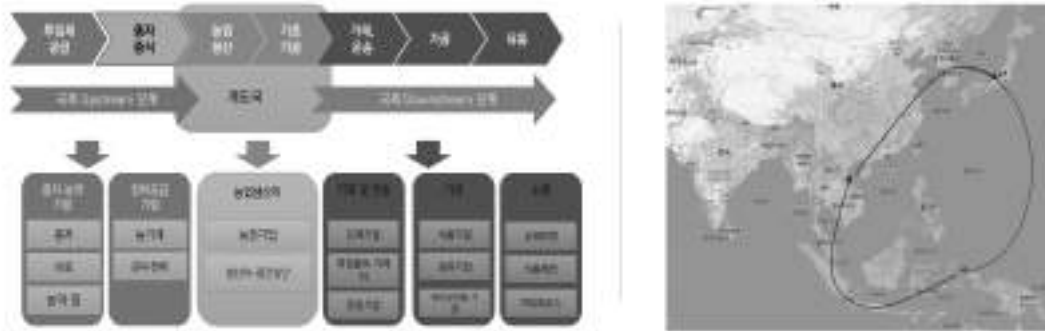


Korea Research Agricultural Research Institute

12

Global Value Chain

- 기후 스마트농업으로 전환을 위한 친환경농업 기술체계의 개발
 - 농업의 생산성 향상과 환경부하를 최소화할 친환경농업 기술 프로그램의 개발 및 확산



1. 22 April 1998 (2). Wood Bay City, southwestern Yukon, Canada (Yukon-Charley National Preserve) (1998).

제언

- **기후 스마트농업과 탄소중립을 위한 토양의 기능 강화**
 - ✓ 국내 식량자급률을 높일 수 있도록 생산성이 높은 토양을 보존
 - ✓ 디지털 토양지도 서비스를 강화
 - ✓ 토양관련 인센토리 계수 개발 촉진
 - ✓ 양분관리제 등에서 토양친화기의 리더십을 강화
- **토양보전과 글로벌 식량안보를 위한 국제협력 프로그램**
 - ✓ 개도국의 디지털 토양지도 개발 등 국제협력 프로그램을 강화
 - ✓ 개도국의 식량안보 강화를 위한 토양관리&교육 프로그램 도입
- **토양의 탄소중립 대응을 위한 예산확보**
 - ✓ 산학연에 함께 참여하는 토양 혁신 프로그램 개발



대한민국 제7회 기념식 및 심포지엄 **축의 날**

배출권 거래제와 농경지 온실가스 감축전략

한국농업기술진흥원 **이길재**

배출권 거래제와 농경지 온실가스 감축전략

2022.3.11

농업환경에너지팀 이길재 팀장

KAAT 한국농업기술진흥원
Korea Agriculture Technology Promotion Agency

한국농업기술진흥원의 탄소저감 사업

농업부문 온실가스 감축사업이란?

농업인이 기존 영농활동으로 인해 발생하는 온실가스를 저감해 농업기술을 통해 감축하면, 국가에 온실가스배출 거래량에 대한 인센티브 지급 또는 탄소시장 활용하여 농민에게 추가소득을 확보하고 에너지 비용 등의 경영비용을 절감하는 사업



사업별 연계가능성



저탄소 농축산물 인증제란?

전통 또는 GAP 인증을 받은 산·농·수산물에 GAP 인증 온실가스 감축 인증을 부여하여 생산된 농·수산물에 부여하는 농산물 저탄소 인증제

* 저탄소 인증제도 : GAP 인증을 받은 산·농·수산물에 GAP 인증 온실가스 감축 인증을 부여하여 생산된 농·수산물에 부여하는 농산물 저탄소 인증제

저탄소 인증제도



- 인증대상** : 식량, 채소, 과수, 축산물 등 11품목
- 인증조건** : 저탄소 농업기술 + 친환경 GAP인증 시설풍토
- 인증기준** : 농산물 총액별 온실가스 배출량 대비 '작은' 농산물
- 유효기간** : 인증취득 후 2년
- 인증혜택** : 목표매니 포인팅 지원(소비확산), 유통상장과 판매계약 지원



I. 배출권거래제



1. 온실가스 배출권 거래시장이란?

효율적 온실가스 배출 통제 및 감축을 위해
시장(Market) 기반의 "경제적 인센티브" 제공

배출권 거래
Emission Trading



시장
Market

- 1990년대 미국 "대기오염물질 배출 통제"를 위해 배출권 거래제 시장 도입
- 온실가스 감축 측면에서는 (97) 기후변화협약 교토의정서 Kyoto Mechanism을 통해 배출권 거래(Emission Trading) 도입

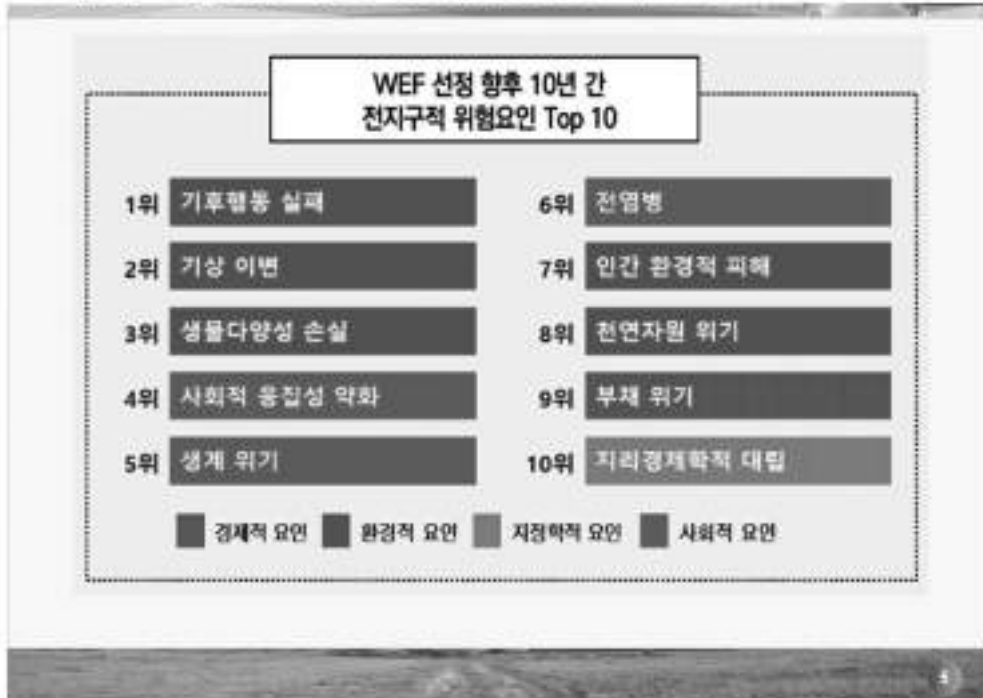
배출권거래제

- 배출권거래제 대상 주체에게 배출허용총량 (Cap)을 설정
- 대상 주체는 Cap 내에서 배출할 수 있는 권리(EMISSION, 배출권)를 부여 받음
- 배출권은 운영 주체로부터 할당/구매
- 대상 주체 간 배출권 거래(Trade)
- 가격은 시장 내 수요와 공급에 의해 결정

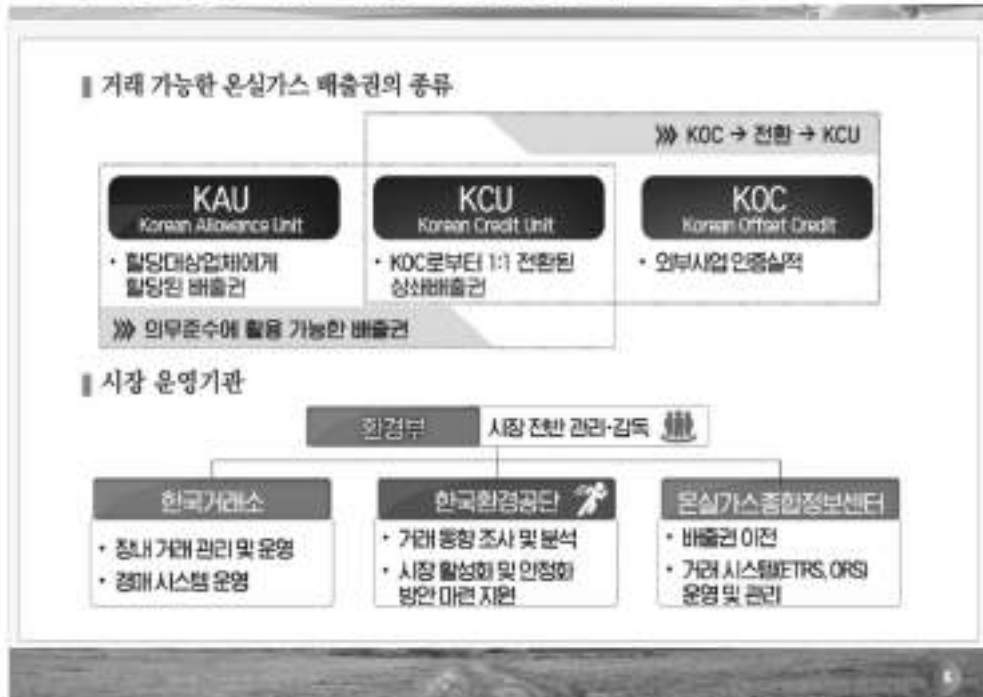
거래 시장

- 온실가스를 배출할 수 있는 권한을 배출권 또는 유사 형태로 상품화하여 거래할 수 있도록 개설한 거래소 또는 장외시장을 지칭
- 전 세계적으로 이루어지고 있는 국가, 지역, 도시 단위의 배출권거래제는 모두 자체적인 "시장(Market, 거래소)"을 차고 있음
- 우리나라는 거래소(KRX), 청와라에 시장

2. 배출권거래시장의 필요성(세계경제포럼, WEF)



3. 우리나라 온실가스 배출권 거래시장 개요



4. 배출권거래제 외부사업 추진현황



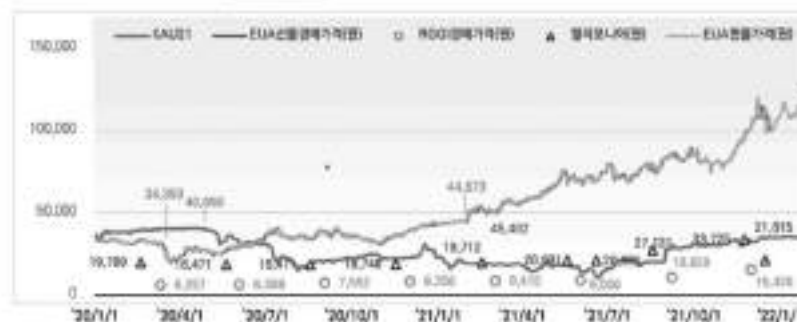
- ~ 2015.1.1 부터 2020년 10월 현재까지 총 537건의 외부사업 승인, 461건 감축량 인증(3,052만톤)
- ~ 2015.1.1 발행본 16개로 시작하여, 현재 265건(34건 외부사업 발행본, 231건 CDM 발행본) 발행본 적용 가능

[농업부문 국내 배출권거래제 외부사업 참여현황 : 2020.12]

적용기술	고효율 보온차재	미활용 열에너지	바이오가스 플랜트	지열 히트펌프	공기열 히트펌프	기타 [독채열펌프, 태양열]	소 계
참여농가수	55	2	5	32	54	6	154
지역	충남·경북 등	전남·경남 등	경남·경북 등	전북·경북 등	제주 등	전남·경북 등	-
재배품목	딸기 등	파·파아 등	가래·노지마	마늘·파아 등	감귤 등	딸기 등	-
연간감축량 (tCO ₂)	1,946	6,000	10,700	8,467	8,407	31	35,551

5. 국제 온실가스 배출권 거래 가격현황

[국가별 배출권 가격 비교 CDM/REDD]



* 해외배출권 시장 정보 출처 : 전산/지 10제/지 10제

** 일본/미국, REDD 가격은 연 4회 실시

- EU ETS 가격 지속적인 상승세

- 2021년 천연가스 가격 상승과 온실가스 배출량 감축 목표 상향 조정 등으로 급등했던 EU-ETS가격이 2022년에도 지속적인 상승세를 보임

6. 국내 온실가스 배출권 거래 가격현황

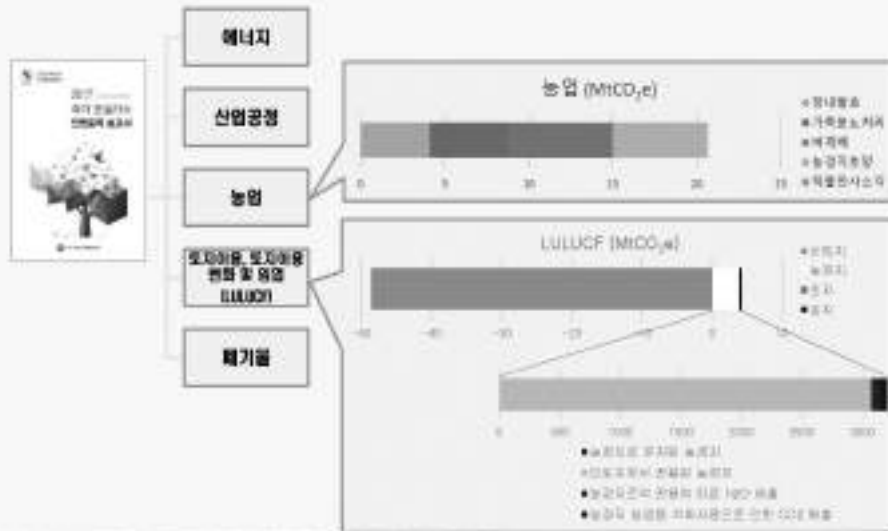


II. 배출권거래 타당성 및 발전방향



1. 국가 온실가스 배출량 보고서[인벤토리 보고서]

농경지 토양 온실가스 배출량은 농업, LULUCF에서 산정·보고됨.



2. 농업 온실가스 배출 현황 (2018년 기준, 비에너지)

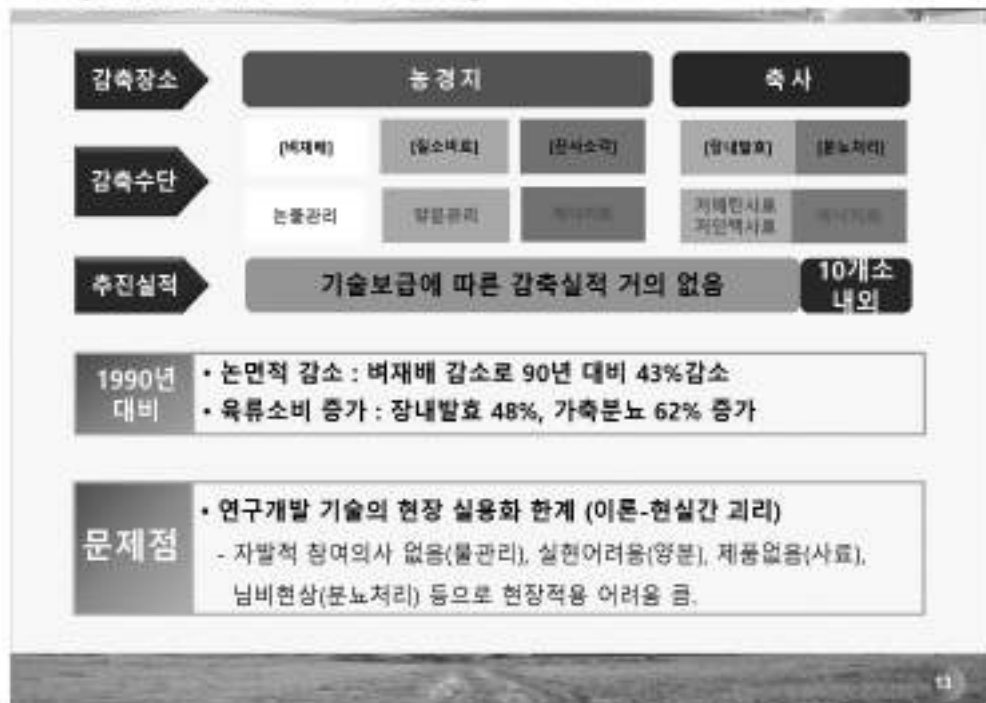
농업

- 농업분야 배출량 : 22.2백만톤 CO₂, 국가배출량(727백만톤)의 3%
- 경종(논·밭) 분야 : 11.8백만톤 CO₂발생(농업분야의 56%)
- 축산분야 : 9.4백만톤 CO₂ 발생(농업분야의 44%)

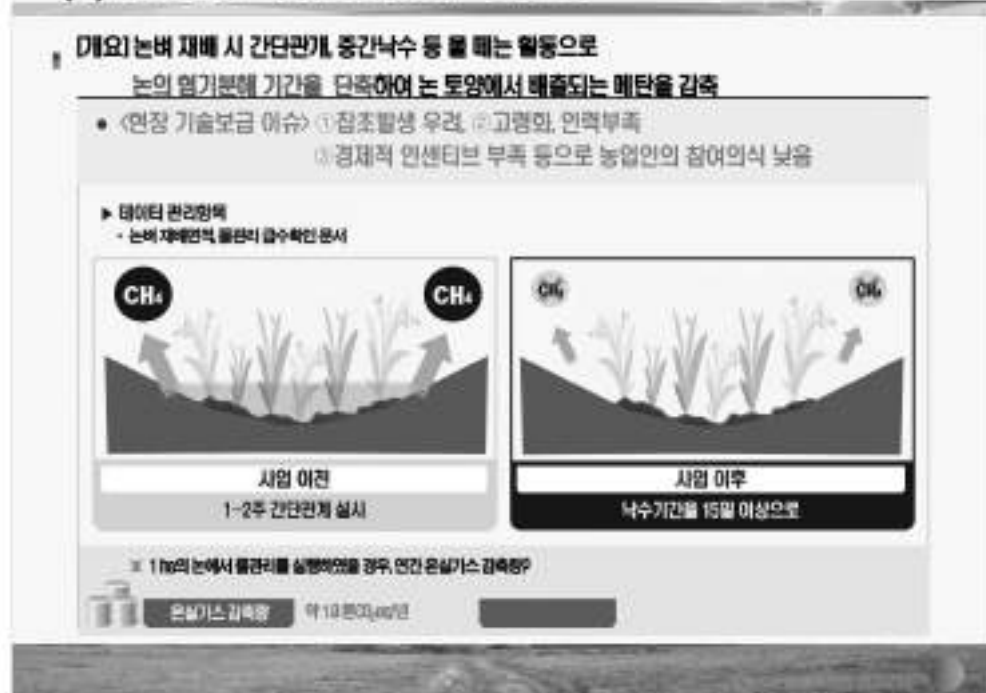
단위: 백만톤 CO₂e



3. 농업부문 감축기술 보급 현황 (2020년을 기준으로)



(1) 물관리 적용 온실가스 감축



(2) 완효성비료 적용 온실가스 감축

▶ [개요] 농작물 재배 시, 완효성 비료를 시비하여

총 질소 투입량 감축에 따른 농경지 아산화질소 배출을 줄임

- <연장 기술보급 이슈> ① 개별농가의 온실가스 감축효과가 낮음, ② 퇴비 등 유기질 비료 투입이 증가할 경우 효과 상쇄, ③ 생산성 저하 우려로 농가 유인효과 낮음

▶ 완효성비료

일반비료 요강 지속 주기



사업 이전

질소질 비료 사용

완효성비료 요강 지속 주기



사업 이후

완효성 비료 사용

※ 1ha의 농경지에 완효성 비료를 시비하였을 경우, 연간 온실가스 감축량?



온실가스 감축량

약 0.1 ~ 0.2 톤(t), CO₂-eq

(3) 부산물비료 적용 온실가스 감축

▶ [개요] 농작물 재배 시, 퇴비, 유박, 자가비료 등 부산물 비료를 이용하여 기존에 사용되던

질소질 비료의 사용량을 줄임으로써 온실가스를 감축 **※ 효과도출이 어려움**

- <연장 기술보급 이슈> ① 개별농가의 온실가스 감축효과가 낮음, ② 총 질소 투입량 감소가 없을 경우 효과 없음, ③ 생산성 저하, 불편함 등으로 농가 유인효과 낮음

▶ 부산물비료(자가비료, 경숙순천) [배출계수: 화학비료 1.8 ton CO₂/ton N, 유기질비료 3.0 ton CO₂/ton N]



사업 이전

질소질 비료 사용



사업 이후

부산물 비료 사용

※ 1ha의 농경지에 부산물 비료를 시비(질소질 비료 40%, 부산물 비료 60%)하였을 경우, 연간 온실가스 감축량?



온실가스 감축량

약 0.2 ~ 0.3 톤(t), CO₂-eq

4. 농업부문 감축기술 보급 문제점 [거래시장 접근 접근성 낮음]

농경지 관련 승인된 외부사업 방법론은 3건, 자발적감축사업 6건

배출활동	감축수단	온실가스감축사업 방법론 【탄소거래가능】
비료투입 [질소투입]	가. 질소질비료 투입 감소 나. 질산화 억제제 처리 등	1. 관효성비료 이용 질소질 비료저감 2. 부산물비료 이용 질소질비료저감 3. 녹비작물 이용 질소질비료 저감
배재배	가. 담수기간 축소 나. 저예탄 품종 개발 다. 대단배출 억제제 라. 논 → 밭 이동	4. 논 물관리를 통한 온실가스 감축
토지이용	가. 무경운, 보존경운 나. 바이오차 첨가 다. 농경지 → 초지 이동	5. 보존경운에 따른 온실가스 감축 6. 바이오차 이용 농경지 탄소고정

사업성 없음

사업추진 제반비용
: 인건비, 컨설팅,
심사비용

사업수익(탄소거래)
: 농식품부 인센티브
(1만원/톤)
배출권시장 거래
(3만원 내외/톤)

규모화
조직화

* 농업부문 비에너지 온실가스감축은 극소규모(10톤/ha 이내)로
농업인의 배출권거래 참여를 통한 경제적 가치창출이 어려움

Ⅲ. 농경지 온실가스감축 전략



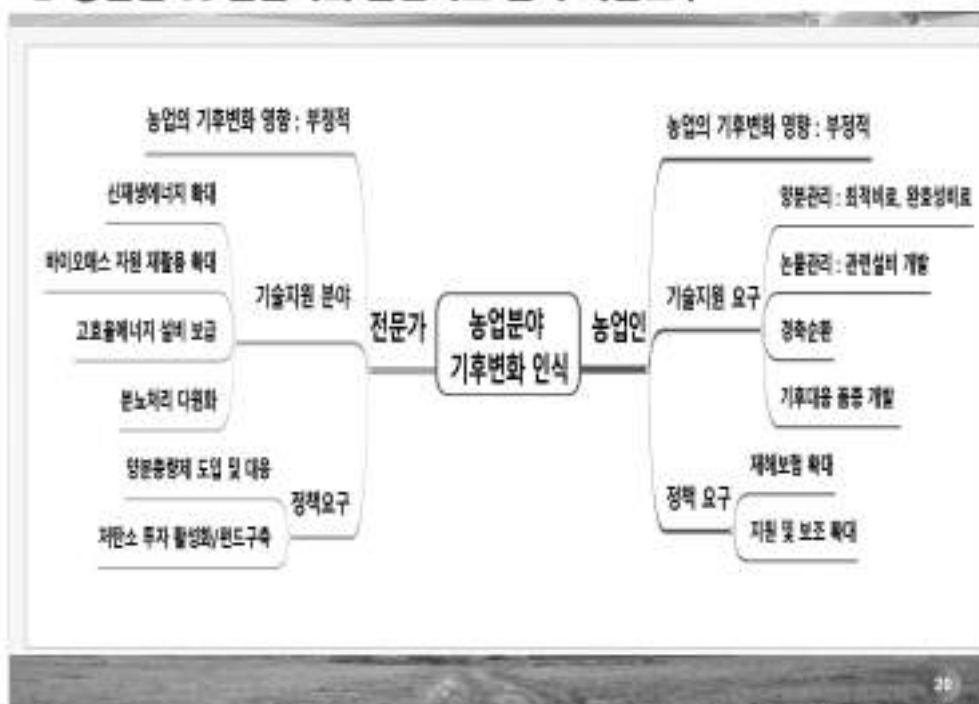
1. 2030 농업부문 온실가스 감축 세부실천 계획

[NDC] 2030 온실가스 감축 세부계획		(단위 천톤CO ₂ -eq)
감축수단(비에너지)	목표	감축량
논물관리		540
간단관개(2주 이상 물타기 실시농가 비율, %)	[18] 38.0% → [30] 61.1	474
알개질러대기 (간단관개 면적 대비 비율, %)	[20] 0% → [30] 10	66
농경지		2,008
질소비료(kg/ha, 화학비료)	[20] 149kg/ha → [30] 115	267.4
바이오차(보양개량제 대비 보급률, %)	[20] 0% → [30] 9	58.2
농경지투입 분뇨량 저감(%): 화학 비료 유기질비료 차감	[20] 0% → [30] 33	1,683
가축분뇨		2,057
비농업계미물(에너지화-공화처리 비율, %)	[20] 0% → [30] 33	2,057
침내탈효		750
저여량사료 보급률(2세 이상, %)	[20] 0% → [30] 30	120
분뇨-질소 차감(%): 자단백 사료 공급	[20] 0% → [30] 18	630
축산 생산성 향상(%) : 폐사율 감소 등	[20] 0% → [30] 30	389
대체육 가금식육(%) : 농식품부 정책지원에는 미포함	[20] 0% → [30] 4.4	83
합 계		5,808

글트윈 예산규모(5MFC) - 2030년(7차) 2030년 농업 온실가스 감축

19

2. 농업인 Vs 전문가의 온실가스 감축 지원요구



20

3. 농경지 탄소저장 확대?

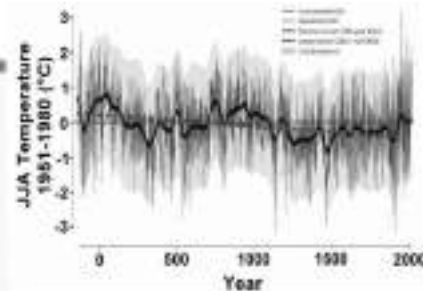
[해외사례] 토양탄소 저장의 전제조건

- ❖ 프랑스 : 4퍼밀(4/1000)운동 ~ 유기농확대
- ❖ 미국 : 바이오차, 무경운, 초지 확대 등

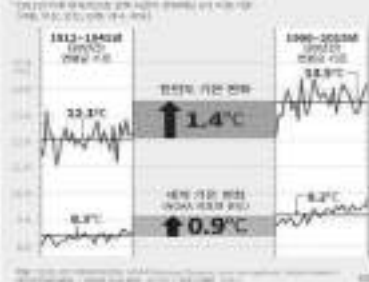
토양탄소 저장량 증가조건
[유기물투입 ↑, 교란 ↓, 온도 ↓, 습도 ↑]

국내 농업환경

- ❖ 기온 : 전세계 평균보다 높은 기온상승
- ❖ 습도 : 자연 사막/초지 발생지역 아님
- ❖ 농경지 : 밭 < 논(유기물투입 = 메탄발생)
- ❖ 농정현실 : 분뇨 증가에 따른 퇴비생산 증가, 볏짚 환원과 온실가스 인식 비매칭



한반도 VS 세계 연평균 기온 변화



21

3. 농경지 탄소 감축/저장을 위한 한국형 대안

- ① 정밀농업 정착 : 비료, 농기계 에너지, 난방 에너지 사용 최적화
- ② 난분해성 유기물 투입 : 바이오차(부산물/분뇨) 활용 탄소저장 확대
- ③ 토양교란 최소화 : 무경운/부분경운으로 토양탄소 배출 최소화



22

4. 경종/축산 분야 바이오매스 활용 다원화 필요



에너지잠재량	바이오매스발생량 [천톤/년]	에너지 총량 [천TDE/년]	등유 대체량 [ML]	탄소감축 잠재량 [천톤CO2]
농업부산물	14,598	4,045	4,812	11,607
축산분뇨	47,357	1,403	1,599	4,026
합계	61,953	5,448	6,211	15,633

· 바이오매스 발생량 및 에너지환산량 출처[2015년]: 신재생에너지 데이터센터

23

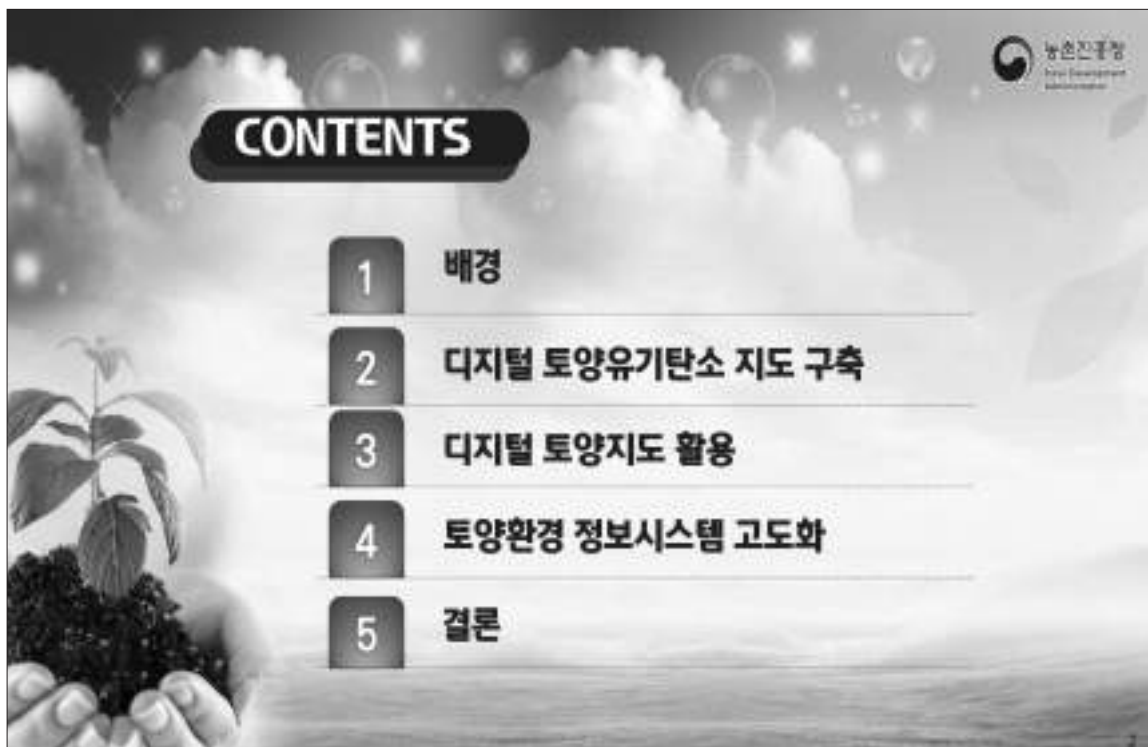
감사합니다.

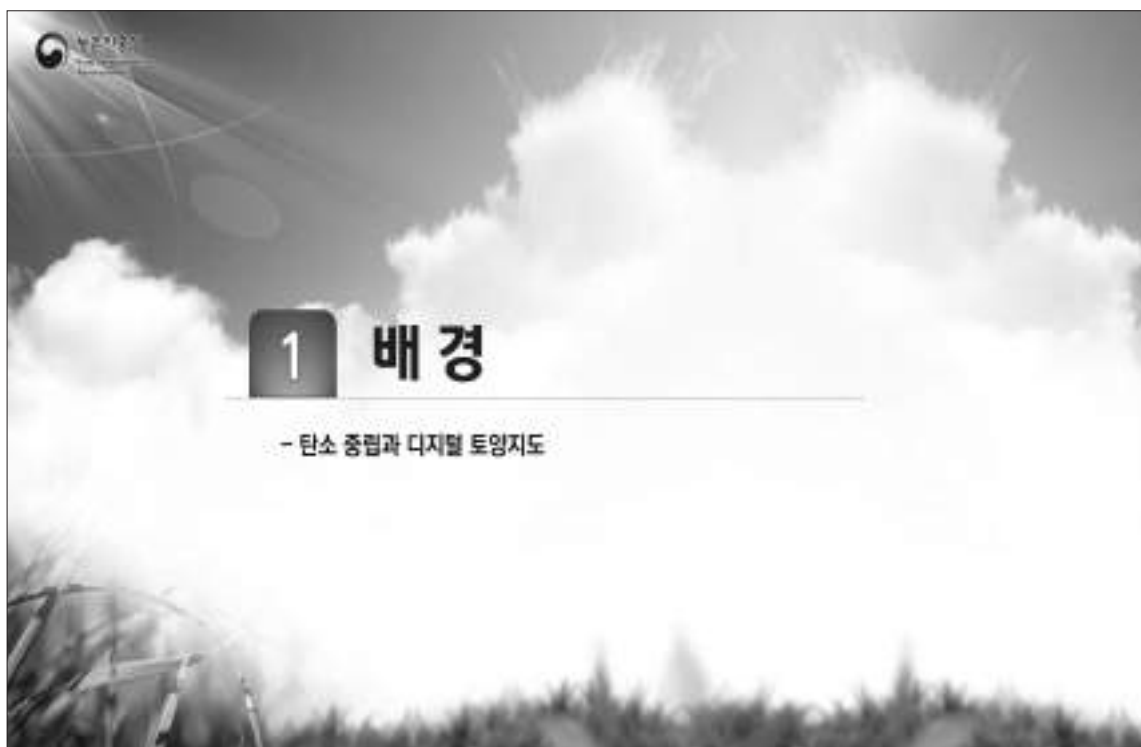
2022.3.11

대한민국 제7회 기념식 및 심포지엄 **축의 날**

디지털 토양 지도 구축과 활용

국립농업과학원 박성진





탄소 중립과 디지털 농업(토양관리)

농림축산 탄소 저감

탄소 중립과 디지털 농업의 핵심 키워드? 온실가스 감축, 빅데이터 활용

탄소중립 실현을 위한 온실가스 감축

< 농과원 >

- 온실가스 계수 개발, 통계 고도화
- 디지털 논밭 관리, 확산
- 온실가스 감축 축산 연구
- 온실가스 흡수 기능 강화

디지털 농업

< 농서로 >

- 농업분야 데이터 수집 관리, 개방
- 인공지능 기술 농업분야 활용
- 로봇 및 자율 주행
- 디지털 육종 기술

빅데이터 및 인공지능을 이용하여 온실가스 감축 연계정보 구축 예시 : 디지털 토양탄소 지도 구축

4

토양탄소 중요성

농림축산식품부

토양 탄소 기능

- 토양의 물리성, 화학성 등 비옥도 증진 : 식물 생산에 도움
- 토양 내 생물 다양성 증진, 기후변화 완화 수단, 사막화 방지
- * 토양 유기물(Organic matter) 의 약 58 %가 탄소로 존재

(FAO 홈페이지)

기후변화 원회의 중심

- 유엔기후협력과 과학기술자문 부속기구 회의
- 농업분야의 첫번째 과학의제로 Soil Carbon을 논의함

논의 내용 : 토양탄소가 기후변화에 어떻게 영향을 미칠 것인가?
 어떻게 토양탄소를 저장할 수 있을까? 얼마나?
 어떻게 토양탄소를 측정할 것인가/일관된 방법?

토양 탄소 저장을 위한 토양 관리는 탄소 중립 실현에 중요한 전략

토양탄소 저장량은 얼마나?

농림축산식품부

토양 탄소 저장해서 얼마나 온실가스를 줄일 수 있죠?

간략히 설명 드리겠습니다. 원래 가지고 있는 탄소 저장량에 기후, 토지이용 종류, 영농관리방법 등에 따라 예측... 그러니깐..

그럼 원래 토양 탄소 저장량은 얼마나 되죠?

토양 유기물은 많이 조사했는데, 용적밀도는 몇지점 안해서.. 일단 유기물을 1.724로 나누고 전 국평균... 그러니깐..

많은 토양 조사 결과에도 탄소 저장량에 대한 대답은 어려움

탄소 저장량 정보에 대한 국제사회의 요구

농림축산식품부



< UN기후협약 >
파리협정, 4/1000 운동, 2015



<국제농업식량기구(FAO)주관>
Global soil partnership, 2017



<FAO GSP 회원국 협의>
디지털 토양탄소 저장 지도 작성

왜 지도로 만들까?

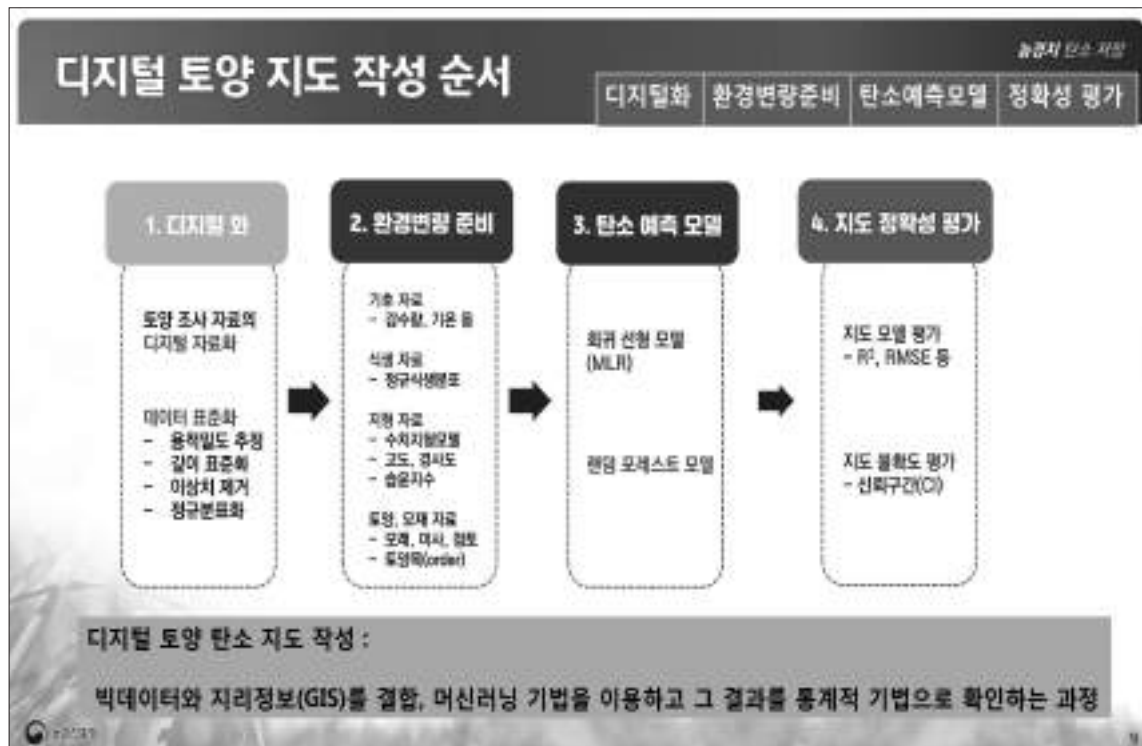
- 지역별 탄소저장량 공간 분포를 한눈에 확인 가능
- 지도 격자 값을 이용하여 손쉽게 총량 산정 가능(예:평균값 x 격자갯수)
- 지역별 지도를 합하면 전세계 지도 작성에 용이(bottom-up 방식)



<디지털 지도 작성 사례>

2

디지털 토양유기탄소 지도 구축



(비교) 기존 지도 작성법

농림축산식품부

Raster / Image
vector
Real World

Cyber, Realworld, GIS

Q 1 : 미측정지점(D)의 함량은 얼마 일까요?
Q 2 : 이 지역 전체에 평균 혹은 총량은?

보간법 : $p(x_0) = f(x_0) = a_0 + a_1 x_0$
 $p(x_1) = f(x_1) = a_0 + a_1 x_1$
 $\Rightarrow p(x) = f(x_0) + \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0} (x - x_0)$

- 실측값들의 간격과 값의 크기에 따라 결정
- 단순히 평균값으로 평균 혹은 총량 계산됨

조사된 데이터 값만 활용하여 지도 작성

(비교) 디지털 토양 지도 작성법

농업자 인식 제고



V. Dokuchaev (1883)

원리 : 토양의 성질은 연속성을 가지고 있으며 기후, 지형, 식생, 모재, 시간에 의해 결정



11

(작성법) 토양 데이터 디지털화 1

농업자 인식 제고

디지털화 환경변량준비 탄소예측모델 정확성 평가

- 토양유기탄소량(ton/ha) = 유기물/1.724 * (토양두께, 30cm) * (용적밀도, BD) * CF(자갈함량)



<디지털화>

원시 자료 DB

<토양조사 자료, 농진청>

n = 381 point, 1651 layer

	종류 개수	mean	median	sd	min	max	range
Gravel (%)	941	0.00	1.40	25.23	0.00	94.00	94.00
SAND (%)	1648	35.10	30.10	24.99	0.00	98.50	98.50
SILT (%)	1648	43.04	44.80	17.55	0.30	83.90	83.50
CLAY (%)	1648	21.87	20.60	32.50	0.00	82.60	82.60
OM (%)	1640	2.19	1.22	1.57	0.30	54.82	54.52
BD (g/cm)	188	1.29	1.29	0.22	0.36	1.85	1.49

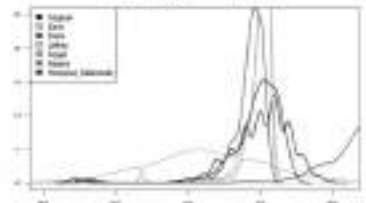
12

(작성법) 토양 데이터 디지털화 2

농림축산식품부

디지털화	환경변량준비	탄소예측모델	정확성 평가
------	--------	--------	--------

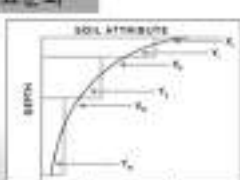
1. 용적밀도 추정



최적 모델 적용: Grigal (1998)

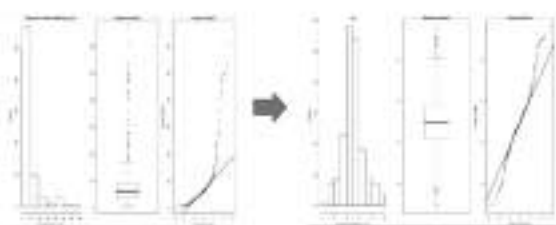
2. 30cm 깊이표준화

Layer
0-14
14-22
22-40
40-50
50-60
60-100



<spline model>
0-30 cm 깊이로 통일 변환

3. 정규분포화 (log 변환)



4. 극단값 제거

- IQR(inter quartile range) 1st and 3rd
- 극단값 제거 여부 검토

(작성법) 환경 변량 준비

농림축산식품부

디지털화	환경변량준비	탄소예측모델	정확성 평가
------	--------	--------	--------

토양유기탄소 저장량에 영향을 미치는 영향인자들을 데이터 지도로 작성 → 미조사 지점의 탄소 함량 예측회귀식 변량으로 사용

기후,식생 등 변량 지도



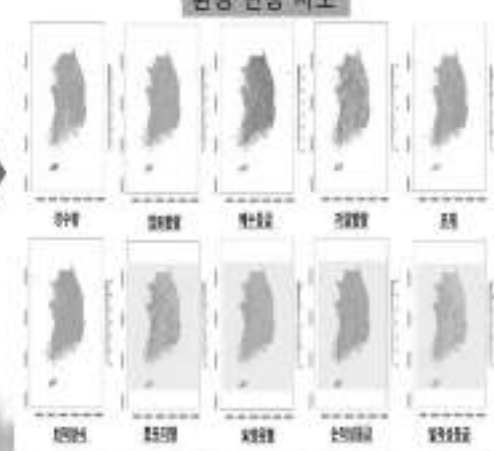
<구글어스엔진 코드 데이터>

지형 관련 변량



<SAGA GIS software>

환경 변량 지도



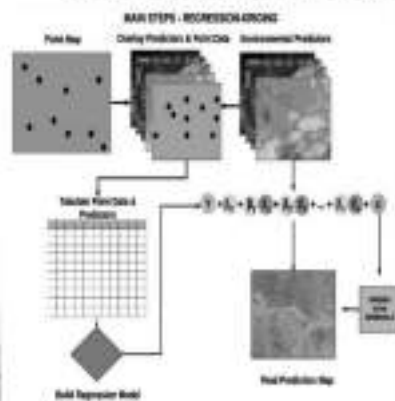
디지털화

환경변량준비

탄소예측모델

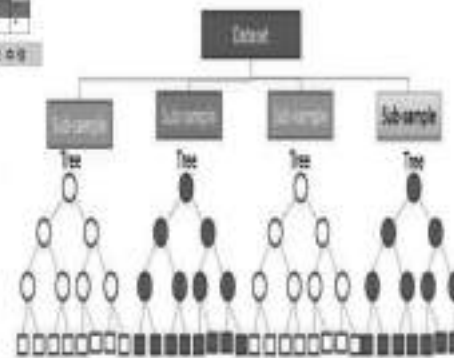
정확성 평가

<모델1 : 다중 선형 회귀 크리깅>



다중 선형 회귀(Multiple linear regression, MLR)
측정값과 환경변량과의 회귀식을 만들고 잔차를
이용해 탄소 지도를 작성하는 모델

<모델2 : 랜덤포레스트(머신러닝)>



랜덤포레스트(Multiple linear regression, MLR)
: 나무와 같은 모양의 의사결정 트리를 이용해
이용해 탄소 지도를 작성하는 머신러닝 모델

두가지 모델로 토잉탄소 지도를 작성하고 최적 모델을 결정

13

작성법 (지도 정확성 평가)

디지털화

환경변량준비

탄소예측모델

정확성 평가

지도 정확성 평가

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{pred}_i - \bar{\text{obs}})^2}{\sum_{i=1}^n (\text{obs}_i - \bar{\text{obs}})^2}$$

199

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (obs_i - pred_i)^2$$

59

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \text{pred}_i)^2}$$

where obs and $pred$ are observed and predicted (PO) and LA values from a number of observations at i^{th} location. RM is root mean error, and RMSE is the root mean square error.

관측값과 예측값을 비교하여 지도의 정확성 평가

불확도(신뢰도) 평가

$$CY = \frac{1}{2} - 196e^{-\frac{\pi}{2\sqrt{3}}}\frac{1}{2} + 196e^{-\frac{\pi}{2\sqrt{3}}}$$
(7.10)

where $\hat{\mu}$ is the estimated map quality measure, for instance, the *MF*, *MSE* or overall purity, $\hat{\sigma}$ is the estimated standard deviation of the map quality measure and n is the validation sample size.

예측된 탄소지도의 신뢰도를 평가

[R code script](#)

10

(결과) 모델 산정 결과

농림지 탄소 저장

10회 반복 분석, 75% soil data calibration, 25% interpolation

<ton C ha⁻¹>

모델	토양 깊이	최솟값	평균값	최댓값	범위	R ²	RMSE	최우선 중요 변량
다중선형 회귀 모델	0-30 cm	4.9	35.0	318.7	283.7	0.81	2.33	점토함량
	0-100 cm	18.6	65.6	861.3	842.7	0.83	1.52	점토함량
랜덤포레 스트 모델	0-30 cm	7.5	33.6	272.7	239.1	0.64	7.91	점토함량
	0-100 cm	20.1	71.1	920.9	900.8	0.76	8.02	평균 기온

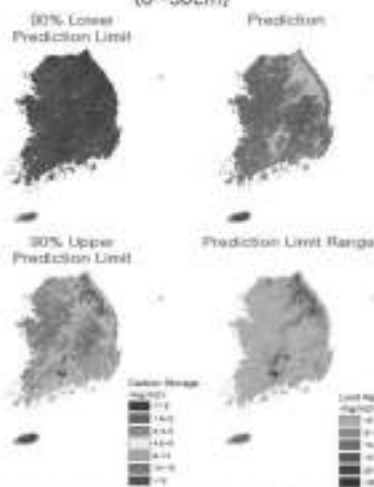
랜덤포레스트 모델이 더 높은 예측력을 보였고, 모델 회귀식에 주요 변량은 점토와 평균 기온으로 분석됨.

9/2/19

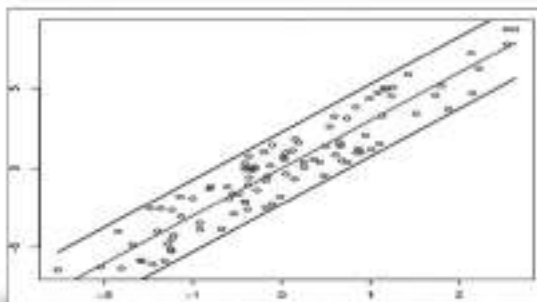
17

(정확성 평가) 토양탄소 저장량 및 불확도 지도

농림지 탄소 저장

Uncertainty Maps
(0-30cm)

Model	Soil Depth	YMin	YMean	YMax	Min	Max	range
Random Forest model	0-30 cm	7.5	33.6	272.7	239.1		
	0-100 cm	20.1	71.1	920.9	900.8		



9/2/19

90, 95%의 신뢰구간으로 토양탄소 저장량 불확도를 표기

18

(고도화) 현재 토양탄소 저장량 지도 (~'23)



<농경지 시료 채취>

전국 900지점 시료분석
- 논, 밭, 과수
- 0~100 cm 깊이별
- pH, EC, C/N, 용적밀도



<토양 아카이브>



<토양 DB 구축>



<산림지 DB 추가, 산과원>



<탄소 지도 고도화>

- 최신토양 DB
- 해상도 ↑
- 정확도 ↑

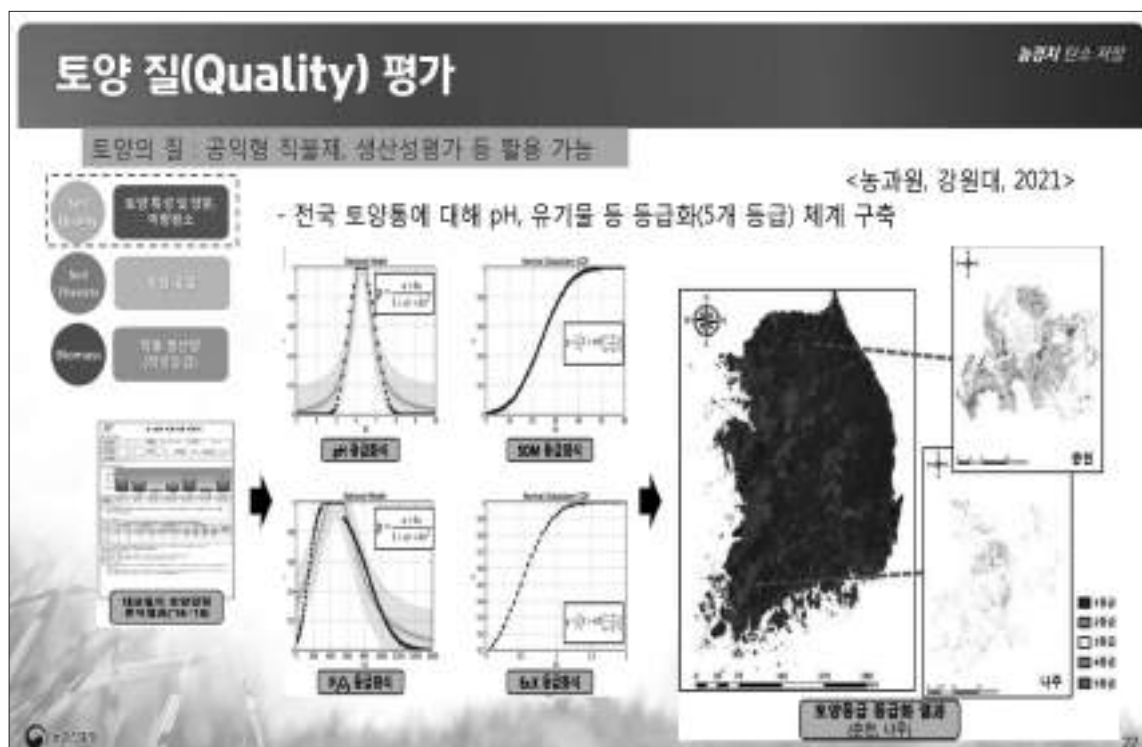
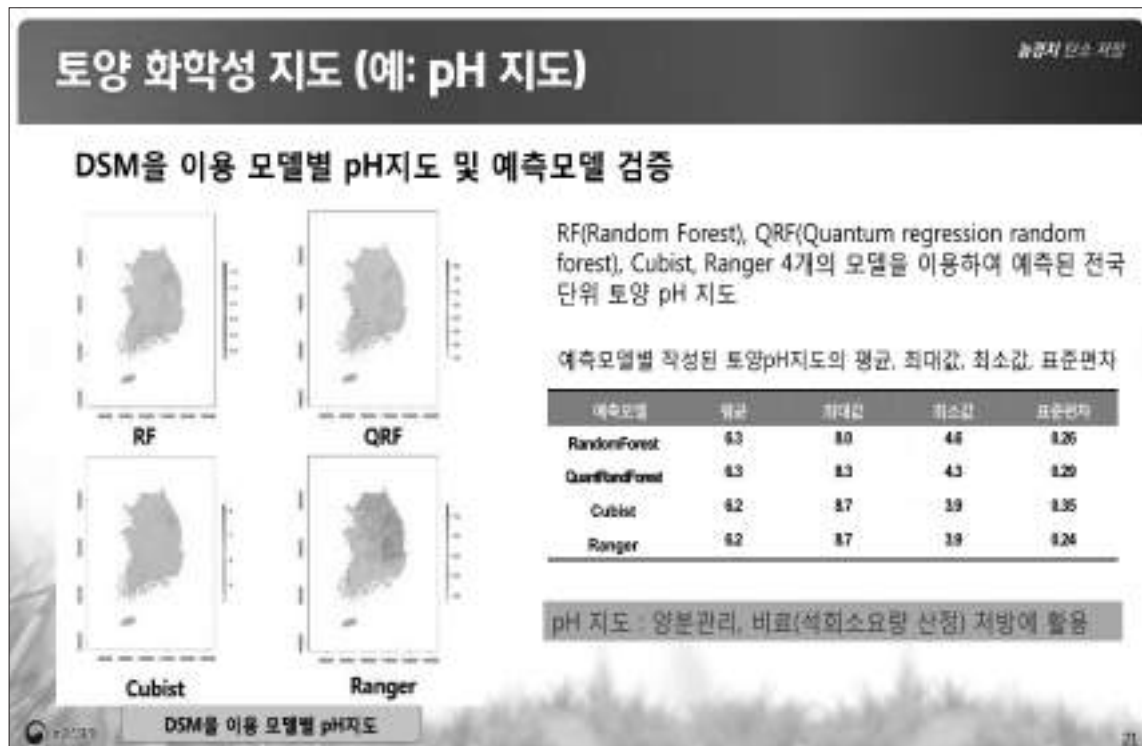
19



3

디지털 토양 지도 활용

- 디지털 토양 지도, 어떻게 활용 가능할까?

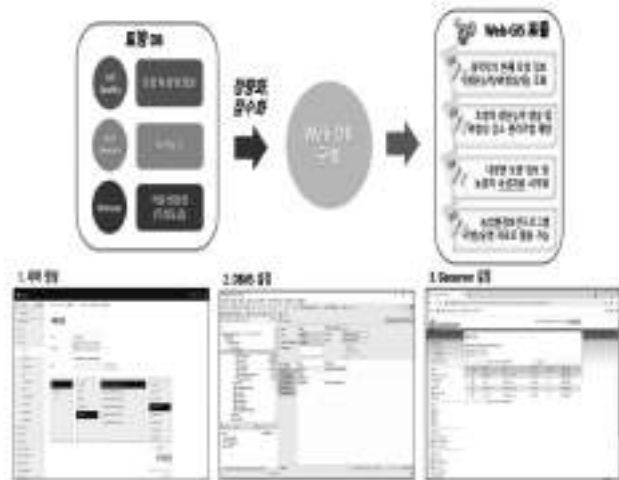


Web 기반 토양안보 시스템

농림축산식품부



<McBratney, 2014>

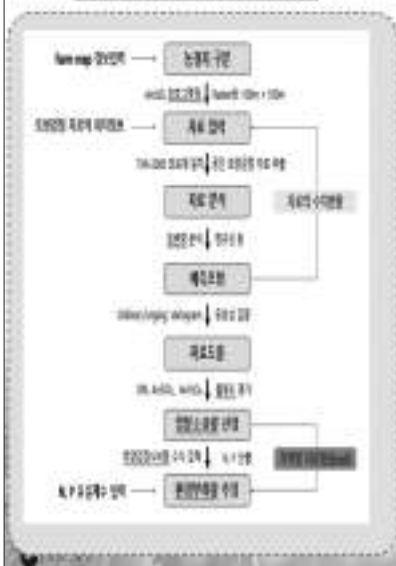


<농과원, 강원대, 2021>

비료 소요량 관리

농림축산식품부

토양 양분 소요량 평가



구분	DM	Av. SOC ₂	Av. P ₂ O ₅	Ex. K
	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg
토양	8	5.0	0	8
1번지	15.8	113.0	40	0.25
2번지	22.4	176.0	60	0.31
3번지	38	300.0	140	0.48
토양	8	5.0	0	8
토양	8	5.0	0	8



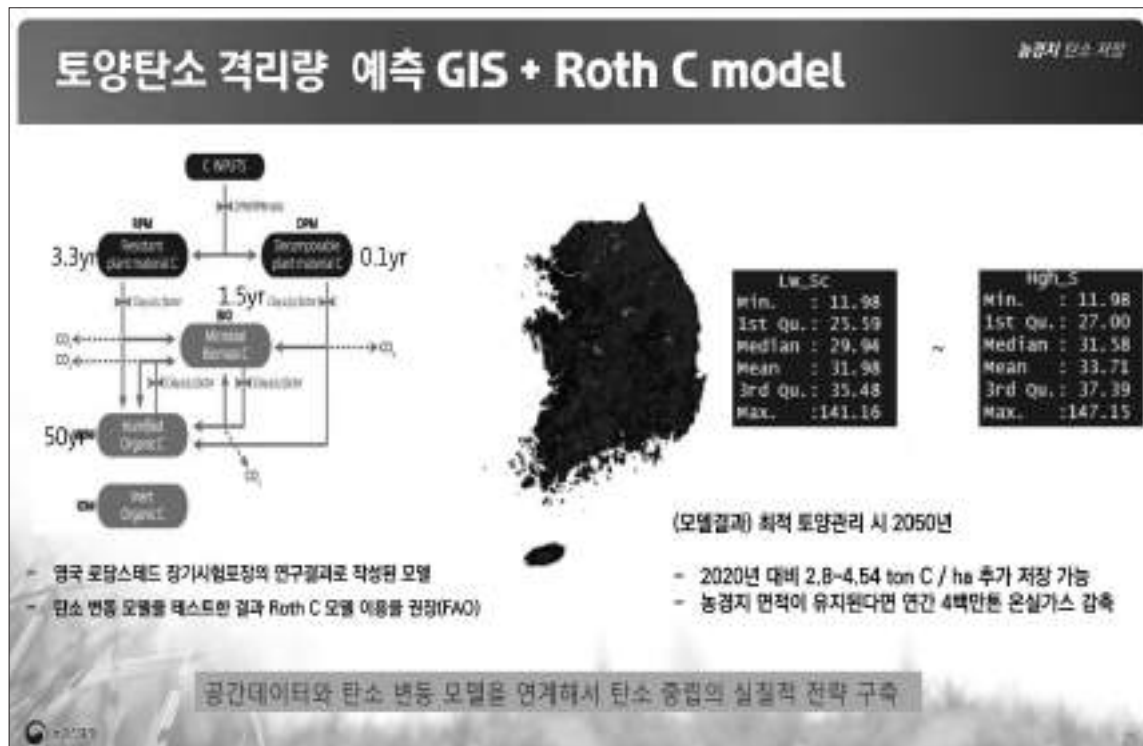
지점별 소요 비료량 계산

<농과원, 한농대, 2021>



<유효인산 소요량>

함목별 양분 소요량 지도





휴토람 (토양환경정보시스템) 과 탄소 중립
농림축산 정책

**농경지의 토양특성 정보와
작물별 비료사용량을 제공하는 웹 시스템**

<PC 웹 화면>

<모바일 웹 화면>

탄소 중립!!!

→

공익직불제, 화학비료
사용량 절감 지원을
위한 시스템 개편

국가 농경지 환경자원 데이터 센터 활용

농경지 인식 제고



<뉴질랜드 데이터 공유 사례>



<국가참조표준 데이터 센터지정, '21.12>

- 국가농경지환경자원 데이터 구축 담당자가 직접 데이터를 등록하고, 담당자 간 공유 시스템 구축
- 기능 : 농업환경변동조사 DB 등록(토양 이화학성, 농업용수 수질, 미생물상 등),
- 시험연구사업을 통해 구축한 토양 정보 등록, 모델링을 위한 토양 정보 구축 등



토양환경지도 고도화

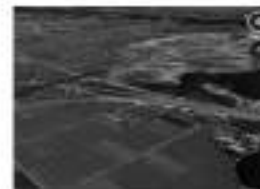
농경지 인식 제고



배수 등급 지도



정밀 디지털 지도



3D 위성지도

- 토양특성(배수등급, 유효토심 등 30종) 주제도의 3D화로 서비스 구현환경 구축



음토람 사용자 편의성 보완

농림축산식품부

- 특화된 개별 모바일 앱 개발

- 소통 시스템 강화



결론

농림축산식품부

01

디지털 토양지도는 토양과 환경변량의 관계를 이용해 지리정보시스템과 데이터마이닝을 이용해서 작성되며 적용 모델을 계산 발전해 나가고 있음

02

우리나라의 토양탄소 저장량은 평균 34 ton/ha, 전국에는 335Mt의 탄소 저장량이 존재. 2050년 최대 잠재 격리량은 연간 2.8~4.54 tonC/ha으로 탄소 흡수원으로 활용 기대

03

디지털 토양지도는 토양안보에 연결되는 토양의 질(quality), 위협(threat), 작물생산(biomass)을 평가하거나 양분 소요량 산정 등에 활용 가능

04

토양환경정보 시스템은 토양특성 정보를 디지털 정보화 하여 제공할 것이며, 사용자 중심 편의성 도모를 위해 노력 중임



대한민국 제7회 기념식 및 심포지엄 **축의 날**

디지털 양수분관리를 위한 토양센서 활용 방안

센싱기반 효율적 관수/관비 시스템 조성

고려대학교 김 종 윤



디지털 양수분관리를 위한 토양센서 활용 방안

- 센싱기반 효율적 관수/관비 시스템 조성

Jongyun Kim Ph.D, Korea University



고려대학교
KOREA UNIVERSITY



고려대학교 생명과학대학
Korea University
College of Life Sciences & Biotechnology

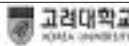


고려대학교 4단계 BK21
식물생명공학교육연구팀
KOREA U.S. Team for Plant Biotechnology



KOREA UNIVERSITY
CONTROLLED ENVIRONMENT
for Plant Production Biotechnology

디지털 양수분관리를 위한 토양센서 활용 방안



About the Speaker



고려대학교 (학사, 석사)	관엽식물 실내 광도에 따른 생리 반응	 고려대학교 KOREA UNIVERSITY
미국조지아대학교 (박사)	센서 기반 자동관수시스템 - 건조장해생리	 The University of Georgia
미국매릴랜드대학교 (연구교수)	무선센서네트워크 시스템 - 산업체 연계	 UNIVERSITY OF MARYLAND
고려대학교 식물생명공학과	- 식물환경조절공학 - 스마트팜 / 도시농업	 고려대학교 KOREA UNIVERSITY

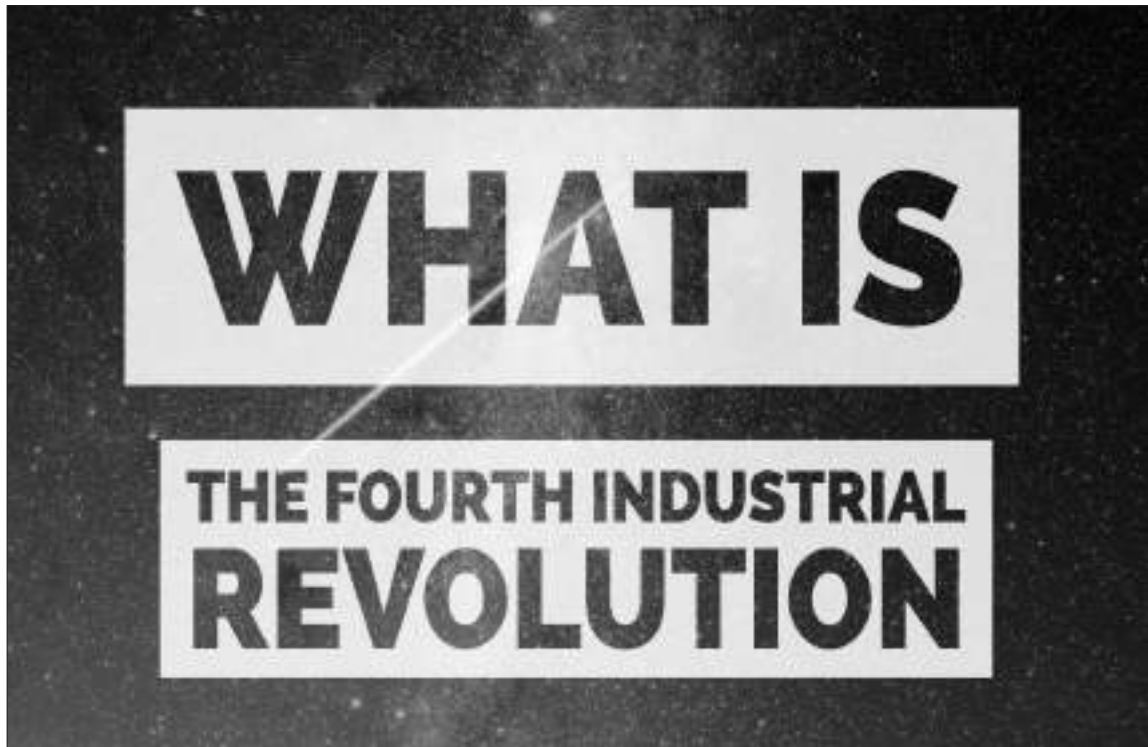
인구증가와 식량

Current Food Production vs. Future Food Production In Relation to Growing World Populations Over Time



Sustainable Development Goals





디지털 양수분관리를 위한 토양센서 활용 방안

The 4th Industrial Revolution

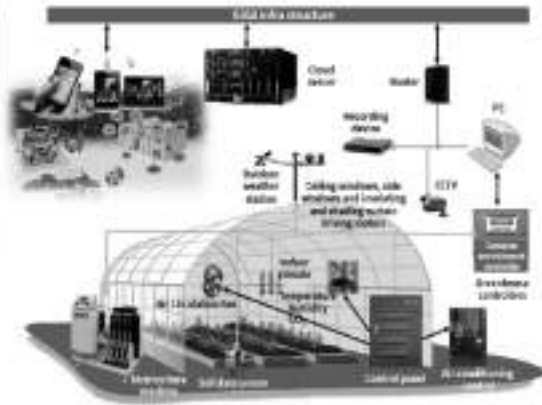
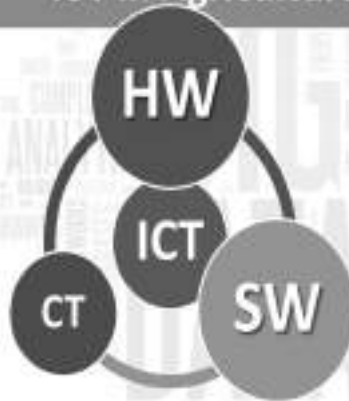
INDUSTRY 1.0

Mechanization, steam power, water as fuel

1784

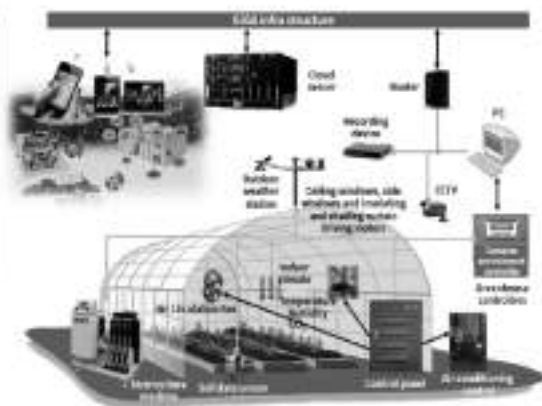
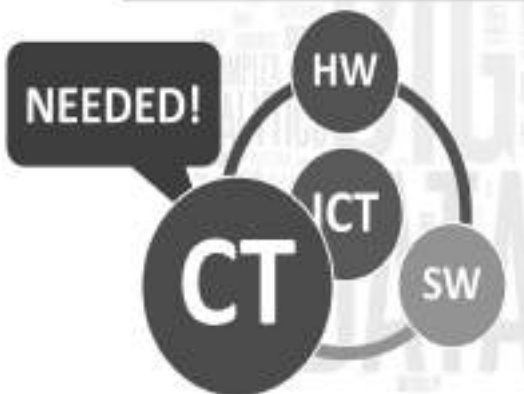
농업에서의 IoT

IoT in Agriculture



최적재배방안의 필요

IoT in Agriculture



국내 스마트팜 방향



PLAFRA, YOUNG

노지재배 스마트팜





디지털 양수분관리를 위한 토양센서 활용 방안

고려대학교
KOREA UNIVERSITY

Plant Production with IoT

- 광조건
- 온도
- 습도/VPD
- CO₂
- 토양수분
- 토양양분
- 토양공기

**고품질 작물생육
최적화를 위한
최적재배조건 구명**

**최적근권부 환경
재배조건 구명**

디지털 양수분관리를 위한 토양센서 활용 방안

고려대학교
KOREA UNIVERSITY

관수/급액 방법 및 자동제어

관수/급액 방법	자동제어 방법
두상관수 - 호스 관수 - 스프링클러 / 붓	타이머 조절 - 시간 스케줄 - 단순 조절
점적관수 - 점적 튜브, 점적 버튼 - 효율적 관수	일사량 조절 - 물 이용 $\propto$ 적산광량 - 밤 동안에는 정지
저면관수 - 모세관 현상 이용 - Ebb and Flow	중량제어 관수 - load-cell (무게 측정) - 증발산량 계산
수경재배 (양액재배) - 고형배지 - NFT / DFT / Aeroponics	토양수분센서 - 토양수분함량 측정 - FDR 센서 등

디지털 양수분관리를 위한 토양센서 활용 방안

고려대학교
KOREA UNIVERSITY

어떻게 관수를 해야 하는가?

관수	• 식물 재배를 위한 인위적인 물 공급
관비	• 수용성 비료를 통한 양액 공급

- 언제? / 얼마나?
- 관수/관비 결정의 기준은?

식물

식물환경

근권환경

토양수분센서의 이점

- 실시간 토양용적수분함량(VWC) 측정

+ 전기전도도 (EC)

+ 토양수분장력

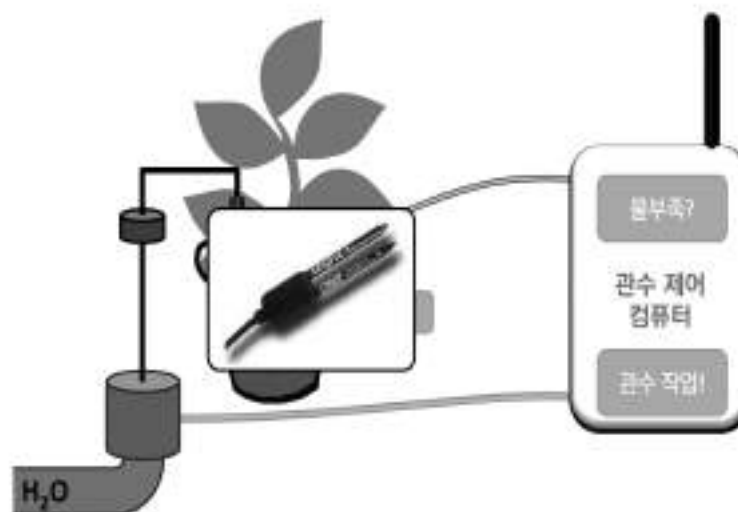
- 토양수분함량 측정 및 제어
 - 식물 수분 이용 실측 및 예측
 - 정량화된 토양수분함량
 - 정량화된 건조장해

작물생육조절 가능

효율적 관수/관비



자동 관수 시스템



디지털 양수분관리를 위한 토양센서 활용 방안

고려대학교
KOREA UNIVERSITY

산업에서의 Sensor 요건

가격

내구성

편한 관리



디지털 양수분관리를 위한 토양센서 활용 방안

고려대학교
KOREA UNIVERSITY

토양 수분 센서

석고 센서

- 석고의 전기 저항성 이용
- 가격이 저렴
- 토양 염류에 민감
- 소모성

내구성

Tensiometer

- 수분장력계
- 설치시 표면접촉
- 측정 범위 한계
- 관리의 어려움

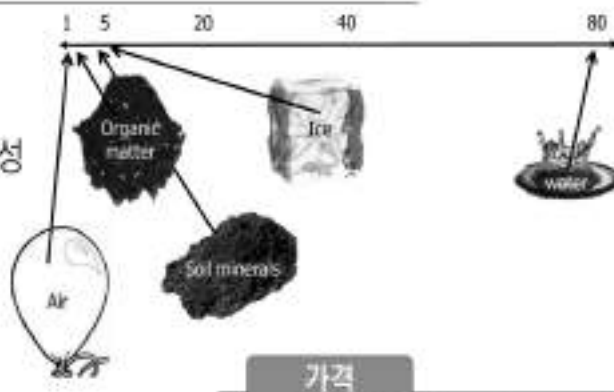
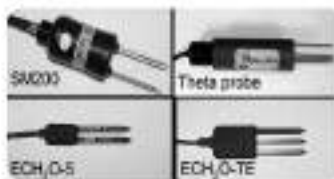
편한관리





토양 수분 센서

- Dielectric 센서
 - 유전체 상수 이용
 - 물의 특별한 전기적 특성



가격

Time Domain Reflectometry

Frequency Domain Reflectometry

다양한 FDR 센서

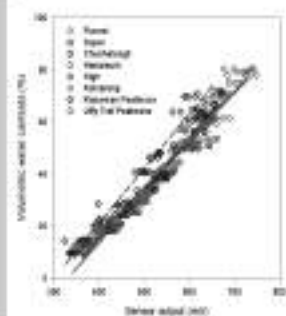


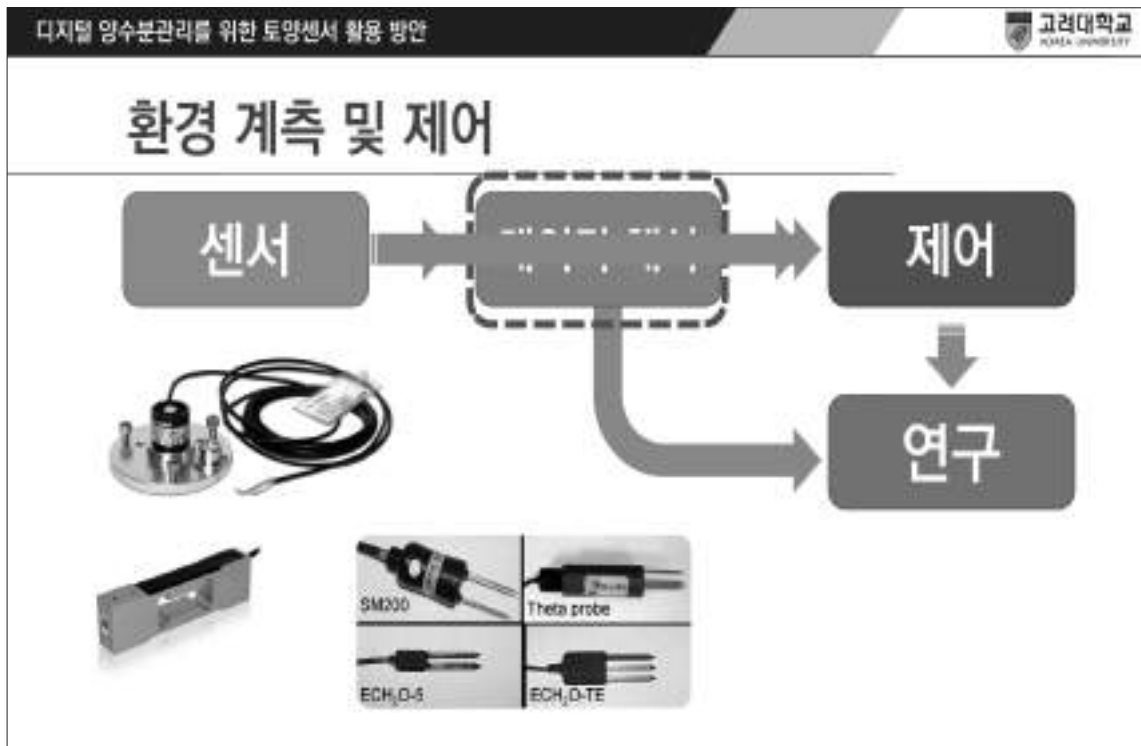
적절한 보정 필수!

유전체상수 측정

↓

사용 토양/상토에
맞는 보정식 필요





디지털 양수분관리를 위한 토양센서 활용 방안

고려대학교
KOREA UNIVERSITY

Sensor 의 측정치?

Temp & RH sensor

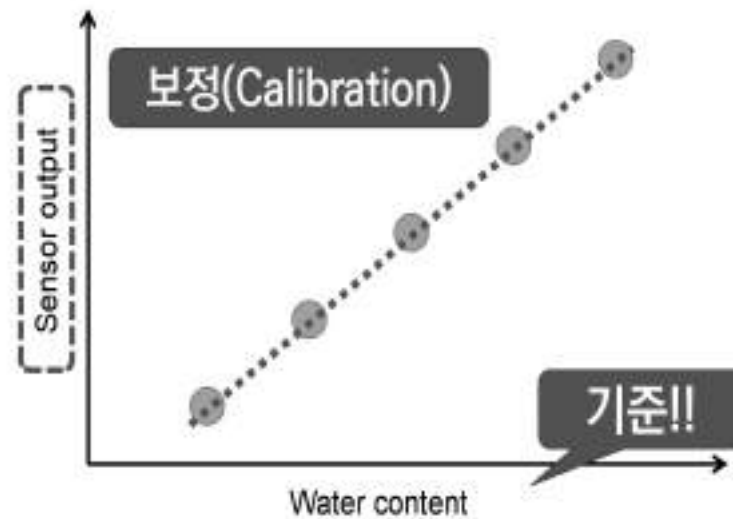
PAR(PPFD) sensor

Load cell sensor

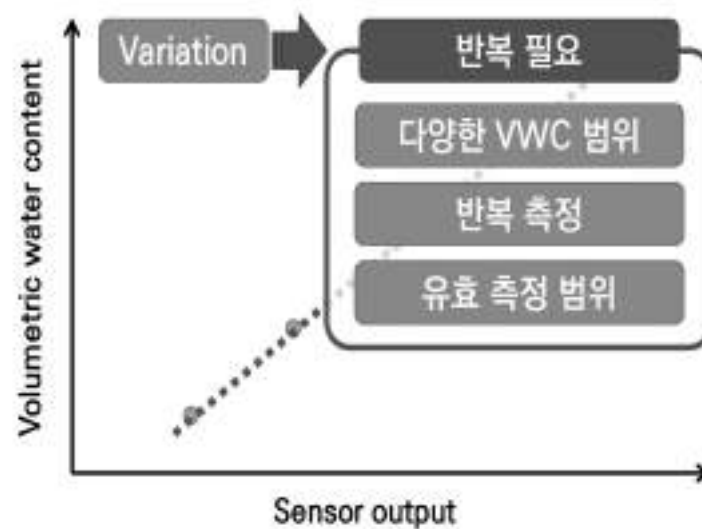
%Relative Humidity	Output (Vdc)	Temperature(°C)	Output (Vdc)
0%	0.00	-40	0.388
1%	0.10	-35	0.440
20%	0.45	-30	0.500
40%	0.80	-25	0.560
60%	1.15	-20	0.620
75%	1.38	-15	0.680
80%	1.50	-10	0.740
85%	1.60	-5	0.800
90%	1.68	0	0.860

센서보정 필요!!

토양수분 센서의 특징



VWC 보정 방법



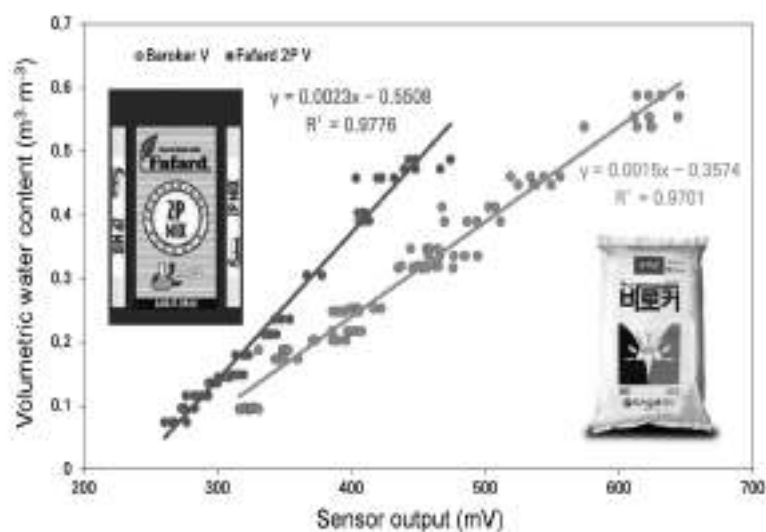
제조사에서 제공하는 값?



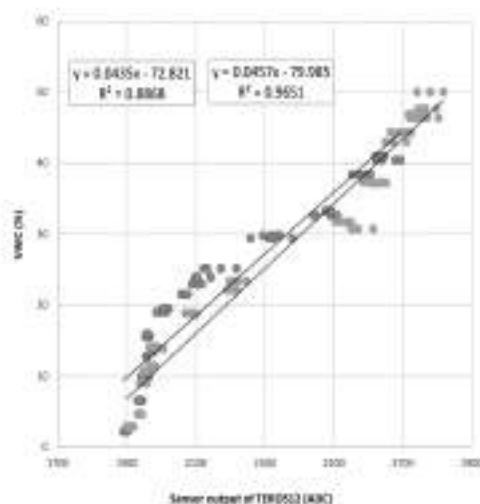
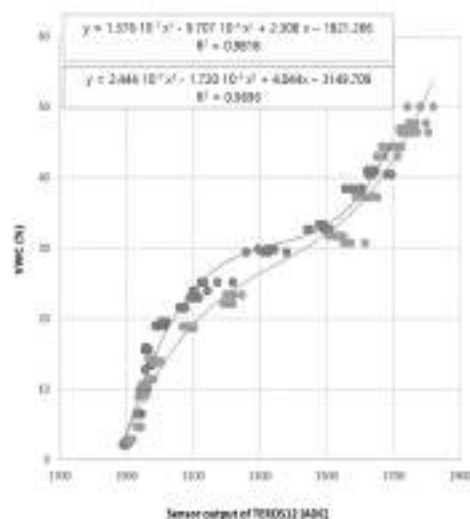
- Pre-calibrated
 - Clay
 - Mineral
 - Pot media?

**각자 토양에
알맞은 보정식 필요!!**

상토 종류에 따라 Calibration 필요



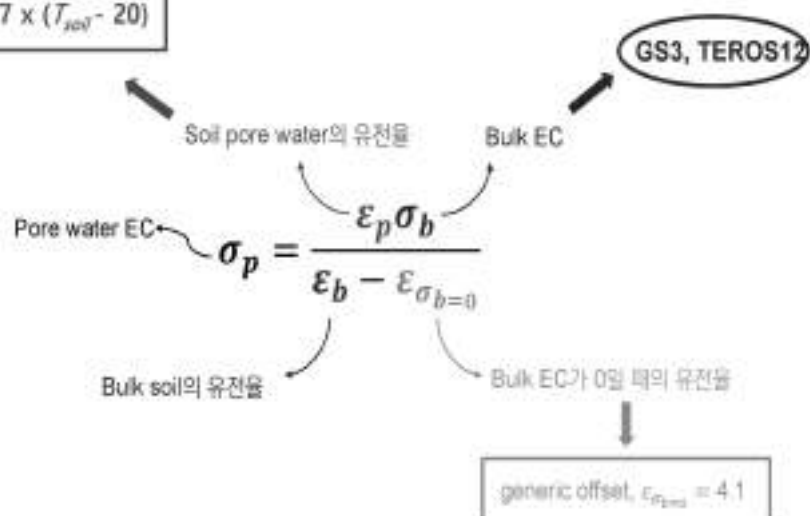
센서에 따른 선형 곡선 주의

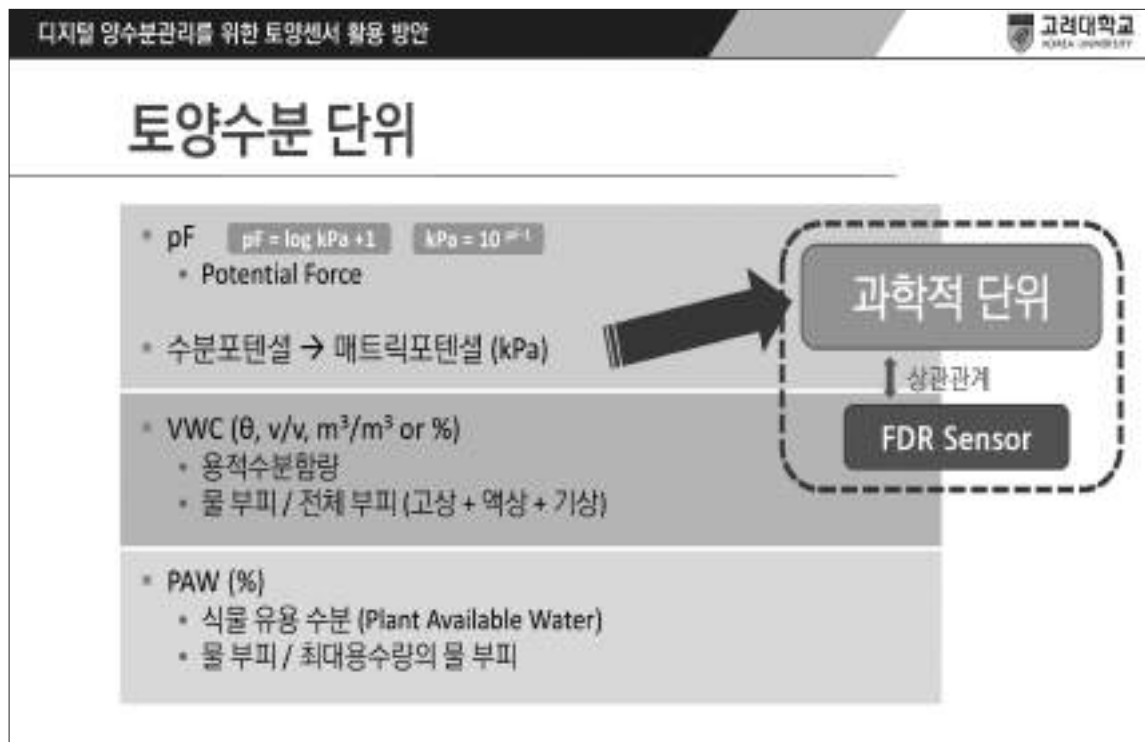
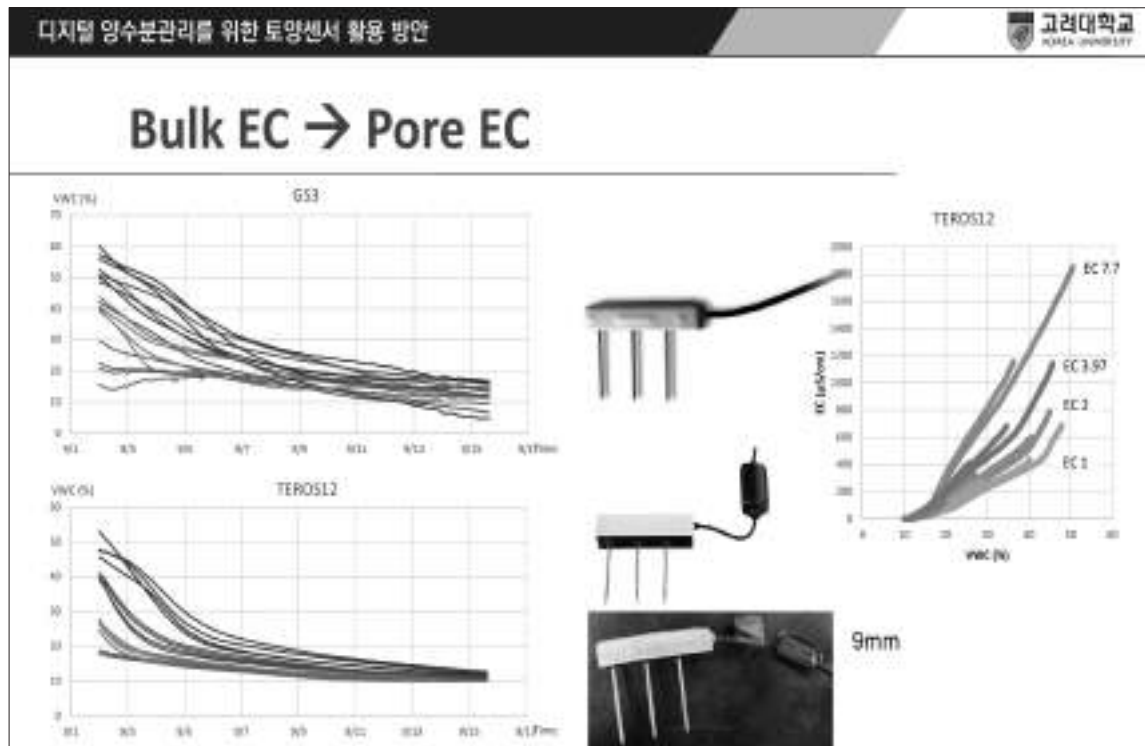


Hilhorst Equation

현장 적용시 정확도 확인 필요

$$\epsilon_p = 80.3 - 0.37 \times (T_{soil} - 20)$$

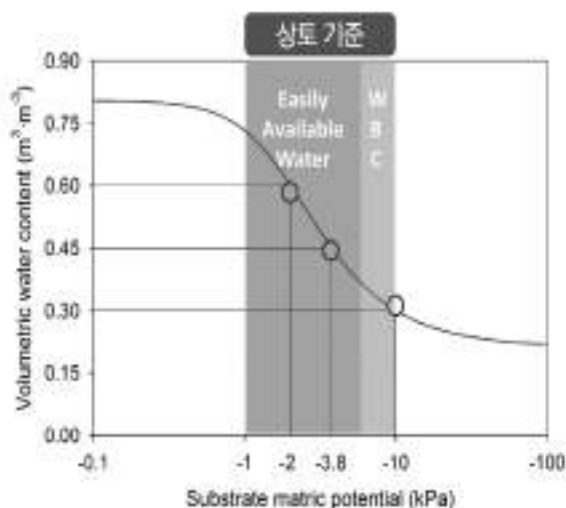




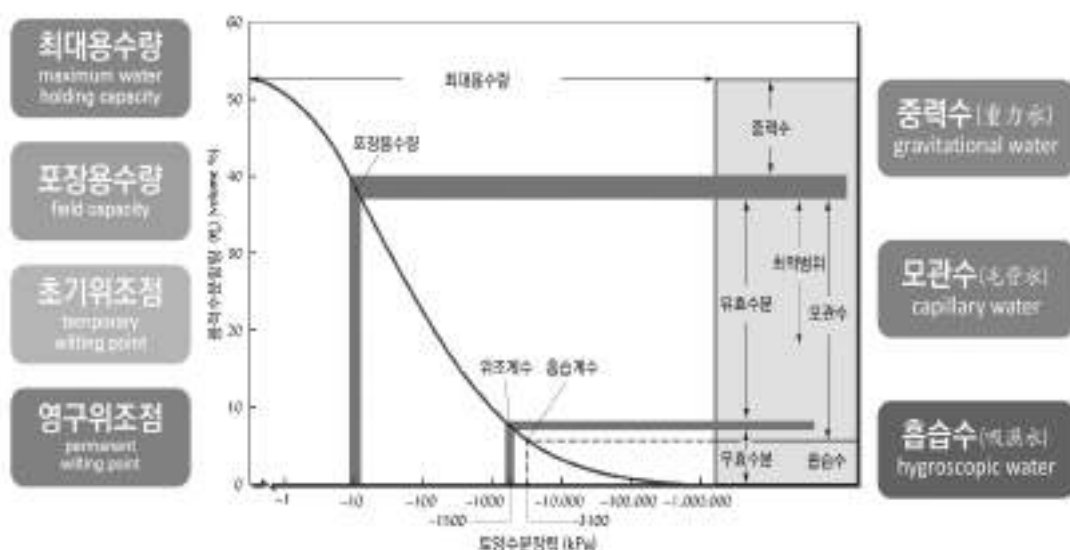
수분 보유 곡선

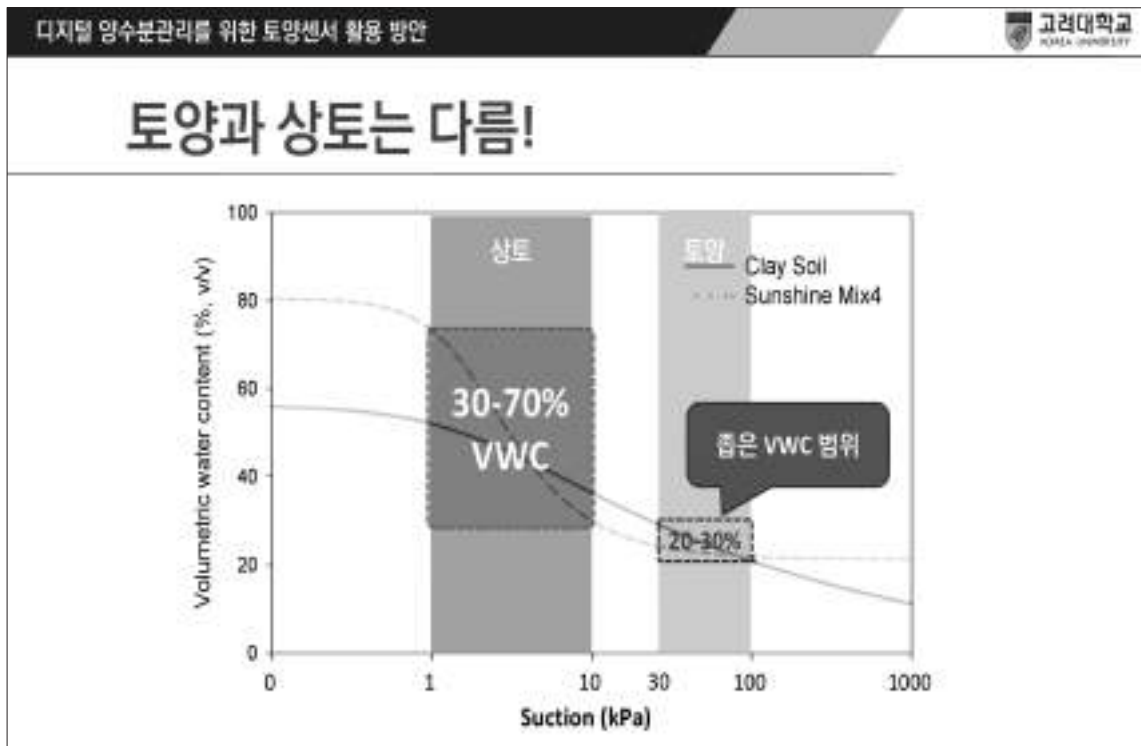


Hyprop, Meter Group
(0-10,000 kPa)



토양수분보유곡선





디지털 양수분관리를 위한 토양센서 활용 방안

고려대학교
KOREA UNIVERSITY

적합 토양센서 선정 Site

DATALOGGER

ATMOSPHERE

Soil Sensors

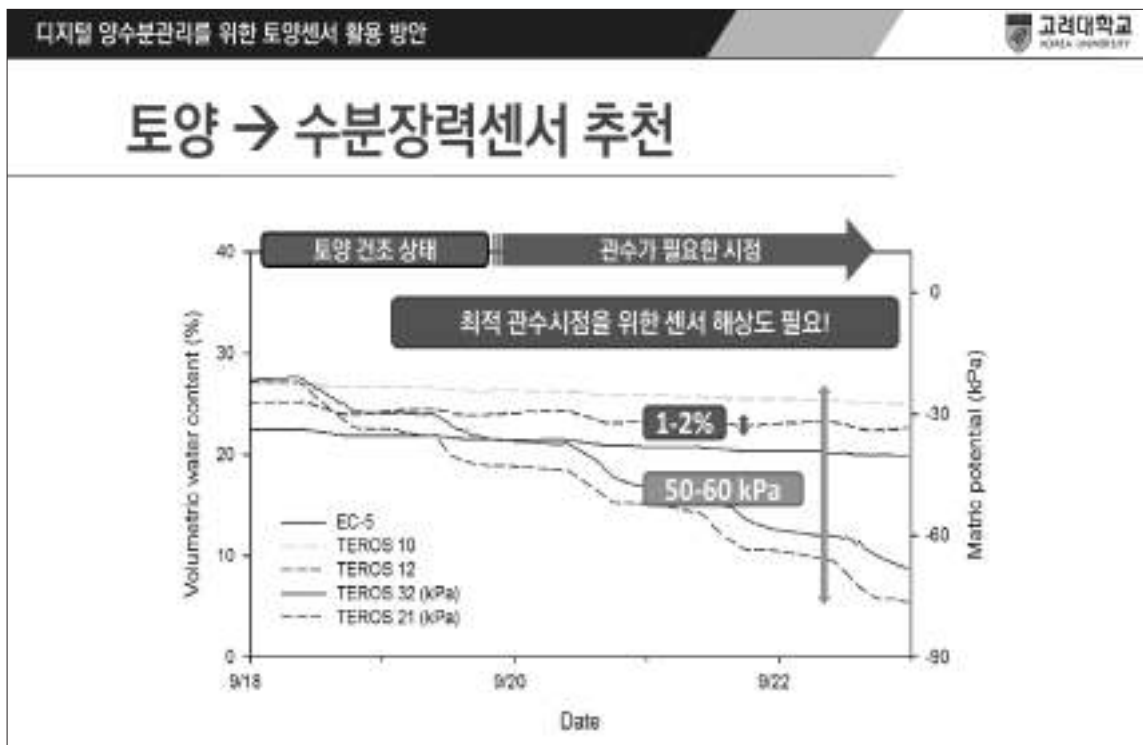
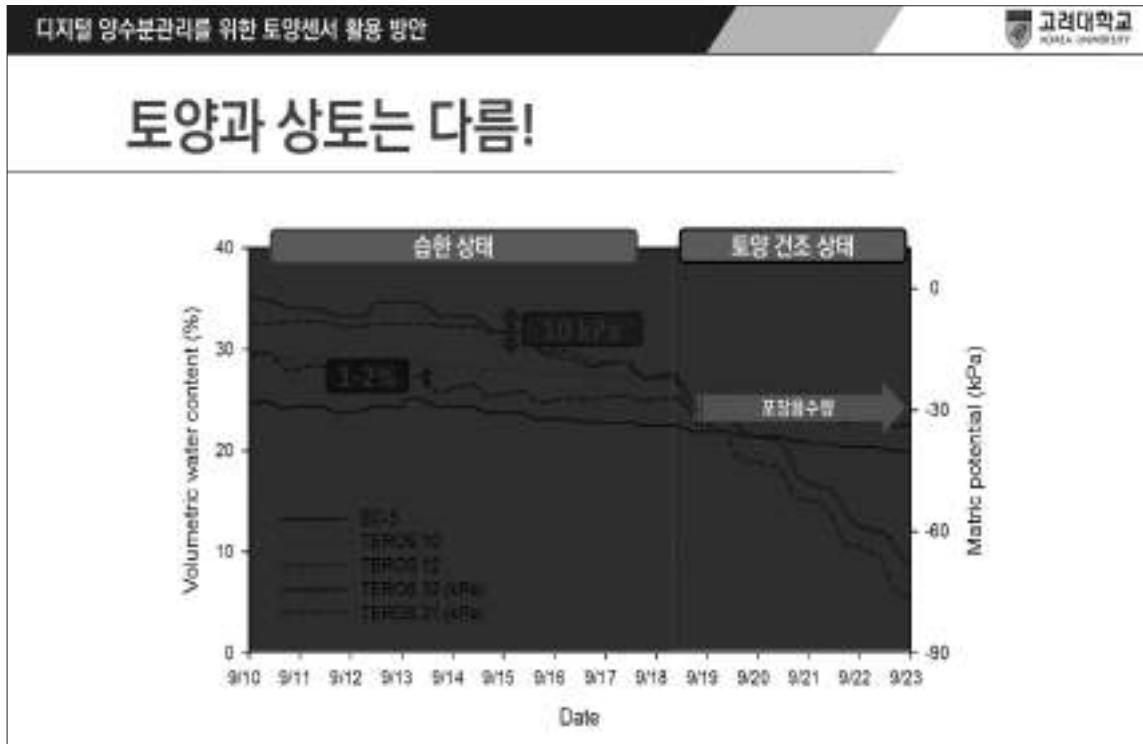
Model name	Model	Measur.	Measur.	Measur.	Measur.
Model	Model	Model	Model	Model	Model
Range	Range	Range	Range	Range	Range
Type	Type	Type	Type	Type	Type

토양센서 비교

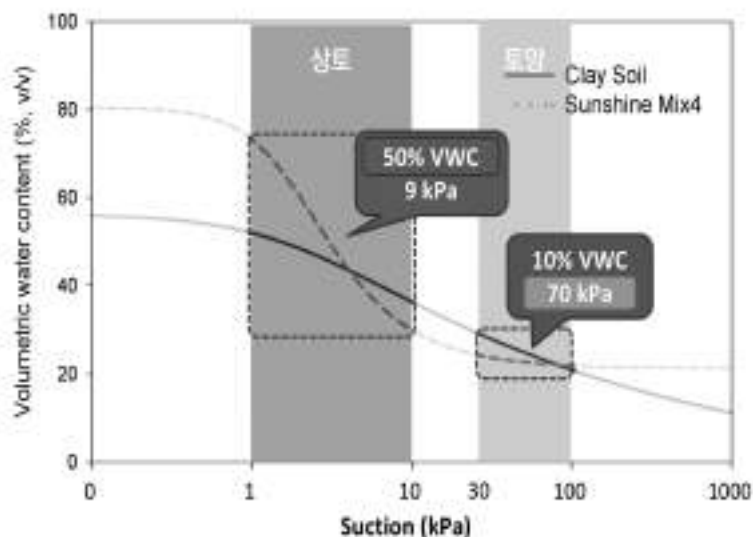
Model name	EC-5	TEROS10	TEROS12	TEROS21	TEROS32
					
Measures	FDR 토양센서			수분장력센서	
정확도	$\pm 3\%$ VWC	$\pm 3\%$ VWC	$\pm 3\% / \pm 1^\circ\text{C} / \pm 5\%$	$\pm 2\text{kPa}$	$\pm 0.15\text{kPa}$
측정범위	0~100%	0~64%	0~62% VWC -40 ~ 60°C 0~20 dS/m (bulk)	-9 ~ 2,000kPa	+50 ~ 85kPa -30 ~ 60°C
Types	FDR	FDR	FDR	Gypsum	Tensiometer

토양 수분 센서





토양과 상토는 다름!



토양수분 단위

- pF $pF = \log kPa + 1$ $kPa = 10^{pF-1}$
 - Potential Force
- 수분포텐셜 → 매트릭포텐셜 (kPa)
- VWC (θ , v/v, m^3/m^3 or %)
 - 용적수분함량
 - 물 부피 / 전체 부피 (고상 + 액상 + 기상)
- PAW (%)
 - 식물 유용 수분 (Plant Available Water)
 - 물 부피 / 최대용수량의 물 부피

토양수분관리 적절

수분장력센서

상토수분관리 적절 + EC

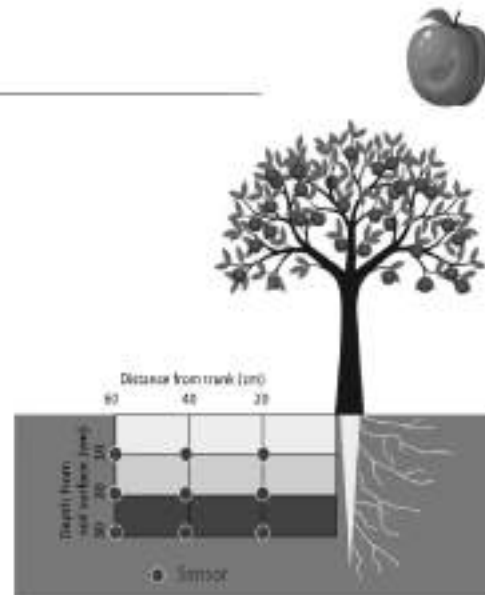
FDR

센서 설치 위치 연구

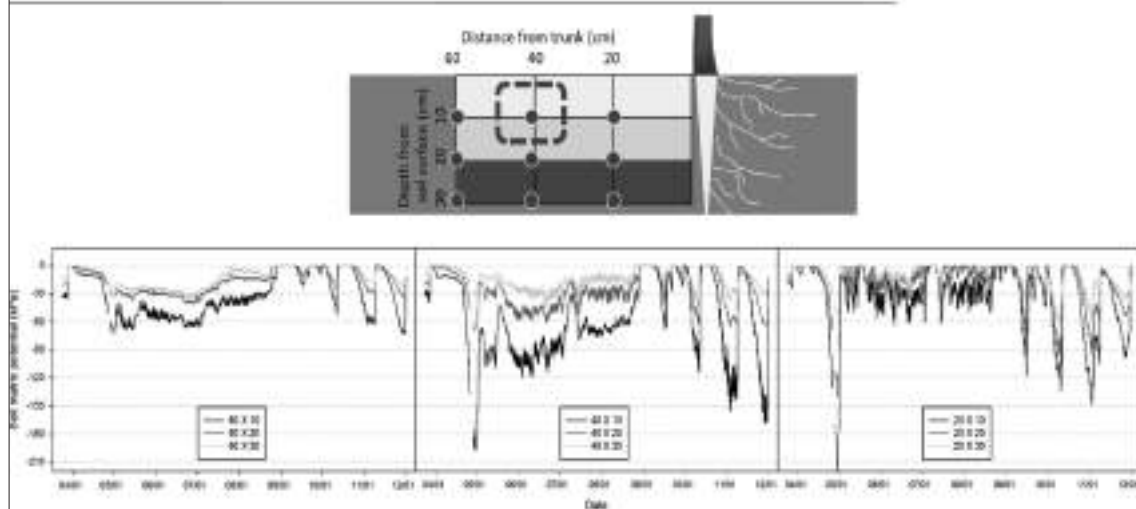
• 사과원 토양수분센서 활용기준 정립

- 시험재료 : 후지/M9
- 처리내용 : 토양수분센서 거리별, 깊이별 3수준으로 설치
 - 거리 : 수관으로부터 20, 40, 60 cm
 - 깊이 : 표토로부터 10, 20, 30 cm
- 조사내용 : 토양수분함량, 토양수분 분포, 토양 EC 등

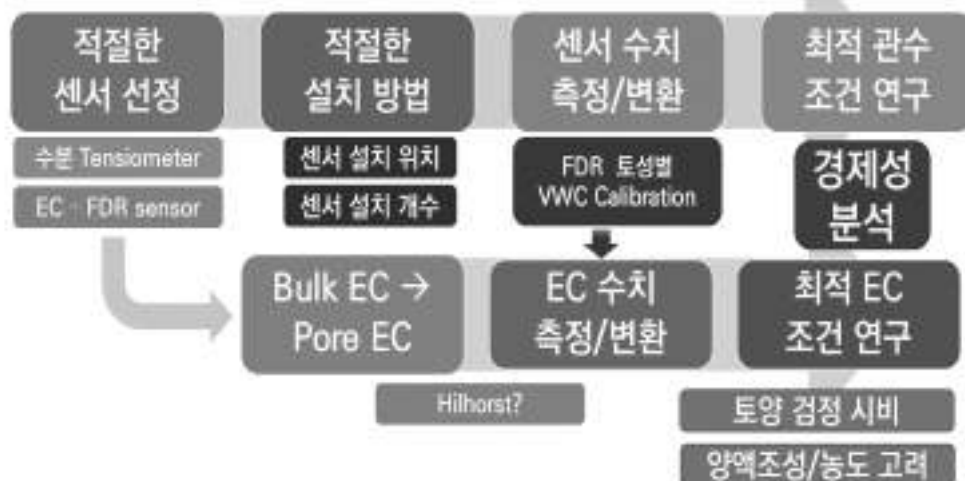
pH (1.5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Ac. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. Cations(mmol kg ⁻¹)			토성
				K	Ca	Mg	
7.3	0.67	23.5	634	1.49	7.3	2.0	사양토



센서 설치 위치에 따른 토양수분장력 모니터링



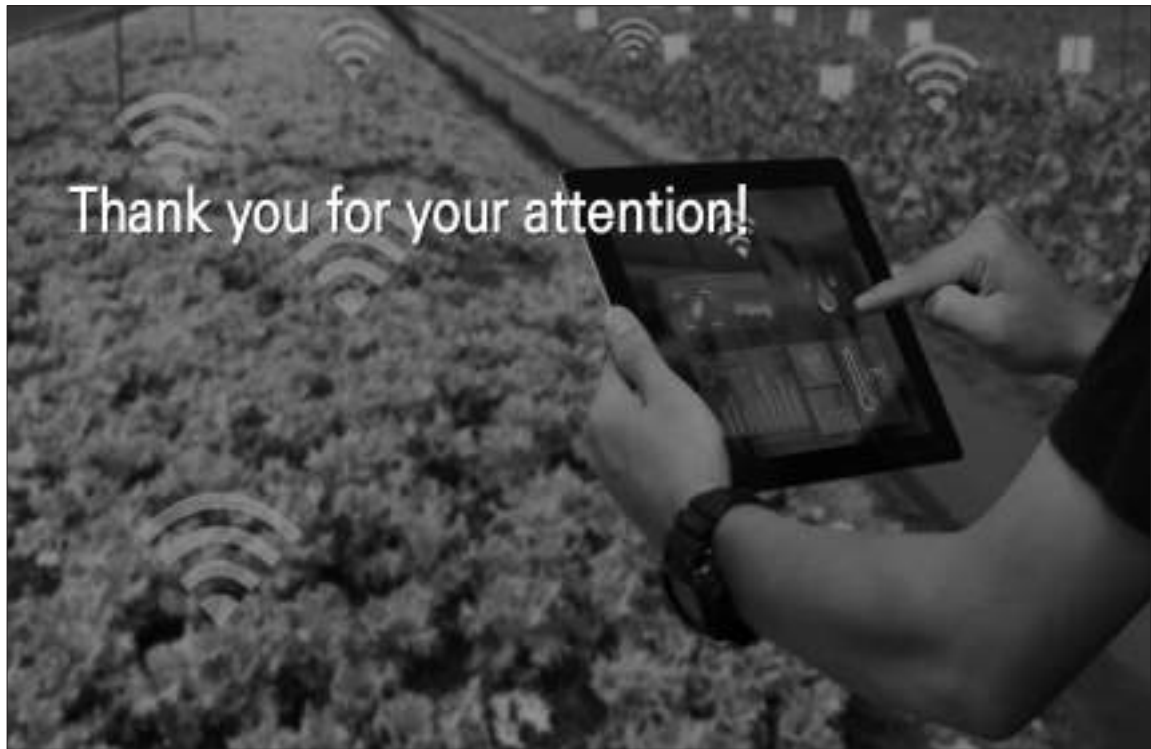
디지털 양수분 관리를 위한 연구 방향



농업에서의 센싱 기술 이용







종합 토론

대한민국 제7회 기념식 및 심포지엄 **축의 날**

| 주제 |

탄소중립과 디지털 토양관리

토론자 | 양재의(강원대학교), 유가영(경희대학교),
최우정(전남대학교), 최동근(친환경농업협회),
정구복(국립농업과학원), 신재훈(농촌진흥청)

사회자 | 김경미(국립농업과학원)

토론 01

양재의 (강원대학교 교수)

제7회 흙의 날을 축하합니다! ‘흙의 날’은 우리나라가 2014년에 세계토양학회를 개최한 이후 토양의 중요성이 강조되면서 제정된 법정 기념일이다. 이를 통해 매년 토양에 관한 중요한 메시지가 다양한 이해당사자에게 전달되는 것을 지켜보면서 흙의 날의 필요성을 공유하고 있습니다.

오늘 다섯 연사분의 중요한 발표를 잘 보았습니다. 탄소중립을 위한 우리나라의 현실과 노력, 토양의 핵심과제 제안부터 Digital Soil Mapping 및 Sensing 기반 관비/관수 시스템 구축과 농경지 온실가스 감축을 위한 다양한 전략을 볼 수 있었습니다. 아마도 토양관리를 통한 탄소중립에 관한 중요한 국내외 자료들이 모두 망라된 듯합니다. 수고 많이 하셨습니다.

‘2050 탄소중립’은 우리가 익히 알다시피 2050년에는 배출되는 온실가스를 제로로 만들자는 국제적 의제이다. 이를 위한 전략을 2가지로 압축하자면, 배출되는 온실가스를 제로로 하거나, 아니면 배출량을 줄이되 나머지는 상쇄(offset)하는 것이다. 농업은 대부분이 Nature-based solution 원리를 이용하여 작물을 재배하고 바이오매스를 생산하여 인류에게 식량을 제공하는 것이므로 농업에서 배출되는 온실가스를 제로로 한다는 것은 불가능하다. 그러므로 농업에서 필연적으로 발생하는 배출을 최대한 감소시키되 나머지는 상쇄시키는 방안이 농업에 적용되는 전략이다.

농업분야에 있어서 탄소중립에 핵심적인 기여를 할 수 있는 분야가 토양관리이다. 이를 통한 배출저감과 토양탄소격리량(soil carbon sequestration) 증가를 추구해야 한다. 농업분야에서 배출되는 온실가스를 2030년까지 27.1% 감축해야 하는데 이는 670만톤에 해당된다. 현재 이 목표를 달성하기 위한 감축수단 세부내용은 매우 이상적인 시나리오를 제시하고 있으며, 이를 통해서 최대한 줄일 수 있는 양이 약 6백만톤에 불과한 실정이다.

우리나라에서 무기질 비료 사용을 더 줄일 수 있을까? 농민이 이를 수용할 수 있을까? 바이오차의 사용비율을 대폭없이 증가시킬 수 있을까? 어떠한 전략으로 과잉 배출되는 가축분뇨의 농경지 투입을 줄일 수 있을까? 토양탄소격리량은 그리 크지 않은데 이를 획기적으로 증가시킬 수 있는 기술을 확보되었는지? ... 여러 가지 현실을 직시해 볼 때 우리나라에서 제시한 온실가스 감축목표는 선언에 불과한 느낌이다. 감축목표를 달성하지 못하였을 때 무슨 일이 벌어질 수 있을까? 토양학자로서 이를 직시하고 실현가능한 목표치를 정부에 제시하지 못하여 책임을 통감하는 마음도 든다.

농업분야 탄소중립을 위해서는 개별 농가나 개별 필지에서 영농관리 전략을 통해 시도할 수 있겠으나 이는 감축량 측면에서 비현실적인 방안이고, 국가차원에서 농업의 밸류체인을 고려한 의제를 설정하고 이를 통합적이고 전략적으로 적극 추진하는 것이 바람직하다고 본다. 즉 한국형 탄소농업의 구축과 이를 위한 제도적, 재정적 뒷받침이 우선적으로 이뤄져야 한다고 생각한다.

외국의 사례에서 볼 수 있듯이 탄소농법이란 농업분야에서 탄소중립 실현을 위한 가장 실행 가능한 종합적인 접근방식이라 생각된다. 이를 요약해 보면, 우선 baseline을 설정하고, 여기에 Improved Agricultural Land Management Practices를 적용한 후, 탄소의 변화를 모니터링, 모델링하여, 탄소의 배출량 감소와 상쇄량을 통해 credit을 확보하는 것이다.

현재 우리나라에서는 토양관리를 통한 온실가스 배출 감축에 관한 연구는 농과원을 주축으로 진행되고 있으나 통합적인 탄소농업이행을 위한 준비는 미비하다고 생각된다. 이를 위해 우리나라의 baseline은 어떻게 설정할 것인지? 탄소농업을 위한 영농관리기술은 어떤 것들을 적용해야 하는지? 우리나라 토양의 탄소포화도는 얼마인지? 토양탄소격리 포텐셜은? 유기태 탄소의 변화량을 모니터링하고 모델링하는 기법은 준비되었는지? 탄소농업과 식량안보 문제, 생태계 서비스와의 연계성, 생물다양성 확보 방안, 별도의 탄소농업 추진 시 농민에게 부과되는 추가적인 비용을 지원하는 인센티브 제도는? 토양탄소 격리를 인증하는 제도는 준비되고 있는지? 우리나라의 제도가 국제적으로 인증을 받을 수 있는지? 우리나라에서 우리가 생산한 데이터를 기반으로 외국에서도 인정받을 수 있는 탄소농업 모델은 언제 만들어 지는지?위에 두서없이 나열한 문제들의 답이 탄소중립을 위한 토양관리의 핵심과제가 되어야 할 것이다.

탄소중립을 위한 토양관리에 관한 연구는 지금까지 우리가 해 온 일보다 앞으로 해야 할 일들이 훨씬 많다고 생각된다. 우리나라에서 이러한 일들을 추진할 수 있는 모든 인력과 자원을 합쳐도 부족한 실정이다. 따라서, 부족한 자원을 통합하여 필요한 과제를 수행할 수 있는 국가연구사업단을 만들어 강력하게 추진해야 할 것을 제안하고 싶다. 이를 기획하여 국가예산을 확보할 수 있는 전방위적 노력을 해야 할 것이다.

농업에서 탄소를 배출하고 흡수하고 저장하고 새로운 물질을 만드는 생물공장이 토양이다. 지속가능한 토양관리는 탄소중립의 central dogma이다. 흙의 날을 통해 많은 분들이 토양의 역할이 중요하다고 느끼는 하루 만이라도 되었으면 한다. 감사합니다.

토론 02**유가영** (경희대학교 교수)

2021년에 이어 올해도 흙의 날 행사에 토론자로 참여하게 되어 무척 영광으로 생각합니다. 올해 역시 국내 농업 부문에서 활발한 활동을 하시는 주요 전문가 분들이 심도 있는 내용으로 유익한 내용을 발표 해주신 것 같습니다. 심포지엄의 주제가 “탄소중립과 디지털 토양관리” 인 만큼 토양탄소 저장의 중요성 및 활용방안을 모든 발표에서 중요하게 다루어 주신 것 같습니다. 이미 언급된 바와 같이 토양탄소는 전지구 탄소순환에 있어서 대기의 4배, 식생의 5배에 달하는 매우 큰 저장고입니다. 물론 토양의 깊이를 3미터까지 확장시켜 봤을 때의 수치입니다. 이처럼 크기가 큰 만큼 토양에서는 아주 작은 변화만으로도 (유럽의 경우는 연간 0.4%라고 했습니다) 인간에 의한 온실가스 배출을 상쇄시킬 수 있다고 보는 것이지요. 여기서 저는 토양에서의 탄소 ‘흡수’와 ‘저장’의 차이를 짚고 넘어가려 합니다. 기본적으로 다들 아시다시피 토양은 직접 탄소를 ‘흡수’하지는 않습니다. 다만, 식물에 의해 흡수된 이산화탄소가 바이오매스의 형태로 토양에 유입되면, 일부 탄소는 미생물의 분해작용으로 인해 대기중으로 배출되고 일부 탄소는 토양의 여러 과정을 통해 분해되기 어려운 형태로 ‘저장’되는 것이지요. 하지만 기후변화 완화를 위해 토양탄소의 역할을 생각할 때, 흡수와 저장은 결코 따로 떨어져 생각하면 안됩니다. 흡수는 배출의 반대과정으로 항상 가역적일 수 있음을 이해할 때, 이를 안정한 형태의 탄소로 저장시켜주는 격리과정 이야 말고 토양관리의 핵심이라 하겠습니다. 즉, 흡수된 탄소가 어디에선가 저장되지 않는다면, 이는 다시 배출되고 마는 것이지요. 안정한 형태의 탄소로 전환하는 과정에는 유입되는 유기물의 양과 질 뿐만 아니라 토양미생물, 토성, 토양의 양분 상태 등 많은 요인이 관여합니다. 아직까지 우리의 토양 관리는 이와 같은 요인들을 종합적으로 고려하지 못하고 있다고 봅니다.

우리가 토양의 탄소저장에 큰 가치를 부여하고 이와 관련한 영농활동을 추진하려 한다면, 기후변화 완화효과 뿐 아니라 토양 탄소가 농업생태계에 기여하는 여러 공편익들을 함께 고려해야 한다고 생각합니다. 토양 탄소, 즉 유기물이 많은 토양은 비료 사용량을 줄일 수 있고, 생물다양성이 높으며, 살충제 중금속 등 유해물질을 걸러줍니다. 또한, 물보유를 더 잘 할 수 있기 때문에 강우에 의한 유출량이 줄고 더 나아가 수질과 수량관리까지 개선될 수 있습니다. 이와 같은 공편익들을 탄소저장 능력과 함께 고려하여 공익형 직불제의 단가를 높이고, 더 많은 농가가 이에 동참할 수 있도록 만드는 것이 필요하다고 봅니다.

마지막으로 디지털 토양관리라는 주제는 앞으로 우리나라 여러 분야에 영향을 줄 수 있는 매우 중요한

화두라고 생각합니다. 유럽연합의 LUCAS라 불리는 Land use and coverage area frame survey는 2006년부터 매 3년마다 유럽 통계청이 수행하는 조사입니다. 토양탄소와 관련해서 LUCAS는 유럽 대륙 전역의 0-20cm 깊이에 대한 유기탄소량에 대한 정보를 digital soil mapping technique을 이용해 지도로 완성했습니다. 이런 위치기반 토양탄소에 대한 정보는 현재 토양의 탄소저장량 뿐 아니라 미래 기후변화에 따라 변화될 탄소저장에 대한 정보를 예측할 수 있습니다. 토양탄소에 대한 디지털화 뿐 아니라, 토양에서 배출되는 온실가스나 암모니아 등의 정보도 갖추어져 있고, 무경운이나 녹비작물 등 저탄소 영농활동에 대한 활동도 자료도 갖추어져 있습니다. 우리나라에도 흙토람과 같은 위치기반 토양정보를 조회할 수 있는 토대는 갖추어져 있으나 아직 자료의 양과 질이 충분하지 못합니다. 이제 정보는 곧 자원입니다. 지금부터라도 디지털 토양지도 작성을 체계적으로 시작하면 기후변화 대응으로써의 토양 역할 뿐만 아니라 다양한 생태계 서비스를 제공하는 중요한 환경매체로써의 토양의 가치를 정량화하고 자리매김하는 주요한 수단이 될 것입니다.

다시 한번, 흙의 날 행사에 초청해주신 것에 감사드리며, 이 행사의 취지가 해가 갈수록 더 널리 확산 되어 가기를 희망하며 토론을 마치도록 하겠습니다.

토론 03

최우정 (전남대학교 교수)

이번 심포지엄에서 농업분야 온실가스 배출과 관련된 국내외 현황을 다시 한번 검토하고, 저탄소 기반의 지속 가능한 농업을 실현하기 위한 기술적 방법과 정책적 방향을 같이 살펴볼 수 있었음. 현재, 농업분야에서는 비에너지 부문 특히 농경지에서의 온실가스 배출량 산정의 정확성과 온실가스 배출 저감 모두를 추구하고 있음. 하지만, 농업 부문의 온실가스 배출은 수질오염과 비교하면 비점원(확산) 오염원과 유사하여 정확한 배출량 산정과 획기적인 저감이 어려운 현실은 인정할 필요가 있음.

이러한 어려움에도 불구하고, 세계적 탄소중립의 흐름과 온실가스 배출 저감의 압력을 우리나라 농업의 위상과 역할을 높일 기회로 삼아야 함. 기술적 측면에서는, 농업환경 관리의 목적에 기존의 토양 비옥도 증진과 농업환경(특히, 수질오염) 관리와 함께 온실가스 배출량 평가와 토양 탄소 저장 증대를 추가할 필요가 있음. 이런 측면에서 토양유기탄소 디지털지도 작성은 의미가 크다고 판단되며, 토양센서를 활용한 디지털 토양양수분 관리도 농업생산성의 측면 뿐만 아니라, 온실가스 배출과 탄소 저장과 연계할 필요가 있음.

최근, 토양 탄소 격리를 유기탄소와 무기탄소를 구분해서 접근하는 것이 세계적 추세임. 토양 유기탄소는 토양의 물리-화학-생물학적 특성을 지배하는 토양유기물 함량의 지표이기 때문에 토양 탄소 저장을 이야기할 때 관행적으로 토양 유기탄소만을 의미함. 하지만, 토양탄소격리의 측면에서는 무기탄소도 의미가 크기 때문에, 향후 유기탄소와 무기탄소를 구분해서 접근할 필요가 있음. 특히, 우리나라 농경지면적의 20% 정도를 차지하는 간척지는 pH가 높고, 칼슘 함량이 높아서 전체 탄소 중 최대 50% 정도가 탄산칼슘의 형태로 안정화되어 있어 토양탄소 저장의 측면에서 간척지 활용을 적극적으로 고려할 필요가 있음.

정책적 측면에서는, 저탄소농업이 농가의 농업외 소득 증대로 이어질 수 있도록 공익형 직불제와 연계할 필요가 있으며, 농업환경보전프로그램에도 저탄소 농업활동이 포함되는 것이 타당함. 이러한, 정책적 지원을 통해 저탄소를 뛰어 넘어 탄소를 흡수하는 「탄소흡수마을(Carbon Sink Village)」을 우리 농촌의 장기 모델로 발굴하는 것도 의미가 있음.

마지막으로, 우리가 기후변화를 왜 두려워하는지를 다시 한번 생각해 볼 필요가 있음. 여러 가지 기후재난도 엄청난 재앙이지만, 상시적인 식량위기를 가장 두려워해야 함. 최근 IPCC 6차 평가보고서에서는 이제는 기후변화를 거스를 수 없으므로 온실가스 감축만으로는 부족하고 기후변화 회복력을 중심으로 한 포괄적 접근이 필요하다고 강조하였음. 따라서, 농업부문에서도 온실가스 감축에만 집중하는 1차원적 사고에서 벗어나서 농업 본연의 기능인 식량 생산을 보다 적극적으로 고려한 기술 개발과 정책 지원이 요구됨.

1. 들어가며

- 인류의 생존을 위협하고 있는 기후위기를 우리는 얼마나 심각하게 받아들이고 있는가?

‘기후위기에 대응할 행동을 즉시 취하지 않는다면, 인류는 막대한 고통에 직면할 것이다. 기후 위기는 ‘비상사태’ 수준에 도달했으며, 지금처럼 아무 일 없다는 듯 ‘정상시대로’ 행동한다면 이 상황에 대처할 수 없을 것이다. 견잡을 수 없는 기온 상승이 더욱 심한 온난화를 낳는 ‘온실 지구’를 피하기 위해서는 농업부터 교육까지 우리의 삶의 방식을 당장 바꾸어야 한다’(153개국 과학자 1만 3800명, 2019.11, 기후비상사태선언)

- 농민들은 기후위기 최대의 피해자, 해결자
- 최근 세계적으로 유행하는 신종 감염병의 발생과 확산 원인은 대규모 서식지 파괴와 기후변화, 산업화와 도시화·세계화로 인한 환경파괴.
- 화석연료에 기반한 자본주의 시장경제의 산업구조와 생활 방식을 바꾸지 않고서는 기후위기 극복은 불가능!
- 기후위기 대응은 더이상 장기적 과제가 아니라 생존과 직결되는 당장의 시급한 현안, 구체적이고 신속한 행동이 긴요한 상황.
 - ‘냄비 속 개구리’ 처럼 안일하게 현실에 안주하고, 소극적 대응하는 것은 아닌지 자성 필요.

2. 국가별 기후위기 대응 전략

- 유럽연합, 미국, 일본 등은 2050년 탄소중립 실현을 위해 유기농업 확대 및 강화하는 전략을 세우고 추진중
 - 유럽연합은 그린딜 팜투포크 전략 ① 2030년까지 화학농약 50%, 비료사용 20%, 항생제 50% 감축 ② 유기농업 비율을 유럽 농지의 25%까지 확대(‘20. 8.5%) ③ 식품영양 증진, 음식물쓰레기 감축 ④ EU 농업예산의 40% 기후위기 관련 영역 사용 ⑤ 직불제에 기후 및 환경 친화적인 농업 실천 연계 등 제시
 - 미국은 백악관내 기후정책실 마련 및 기후변화 대응 행정명령을 통해 기후변화 대응에 본격적으로 착수, ‘2050 넷제로 온실가스 배출 경로 장기전략 수립

- 2030년까지 온실가스 배출량을 2005년 대비 50~52% 감축, 2050 탄소중립실현을 위해 전력 탈탄소화, 전기화 및 청정 연료로 전환, 메탄 및 기타 비탄소 온실가스 배출 저감(인센티브 제공), 이산화탄소 흡수(자연 보전과 복원, 지속가능한 관리의 확장 및 강화를 통해 토양과 해양 등 자연적인 탄소 흡수) 규모 확대 등 5대 전략 추진 계획
- 일본은 2050년까지 탄소중립을 위한 녹색 식량시스템 전략 발표('21.5)
 - 농림수산업의 CO2 제로 배출 실현을 목표로 유기농업을 '30년까지 3배, '50년까지 전체 농지의 25%(100만ha)로 확대, 농약 사용량 50%, 화학비료 30% 절감
- 우리나라도 국가 비전으로 2050 탄소중립 선언('20.10), 탄소중립 시나리오를 수립 추진
 - 저탄소 녹색성장기본법을 계승한 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 제정.

제45조(농림수산 전환촉진) 농작물의 생산 및 가축 생산 등의 과정에서 발생하는 온실가스 배출을 줄이고 기후위기에 대응하여 식량안보를 확보함으로써 탄소중립 사회로의 이행에 기여하기 위하여 농림수산의 전환 시책(정밀농업, 유기농업 등 농림수산구조의 전환에 관한 사항 등)을 수립 시행하여야 한다.

- 2050 국가 탄소중립 시나리오 수립 : 농식품 분야

2050 탄소중립 시나리오- 농축수산부문

- 목표 : 2050년 온실가스 배출량 : 2018년 24.7백만톤 대비 31.2~37.7% 감축
- 감축수단
 - 농기계 연료를 전력화·수소화, 고효율 에너지 설비 보급, 바이오메스 에너지화 추진
 - 화학비료 저감과 친환경농법 시행 등 영농법 개선, 가축분뇨 자원순환 확대 및 저탄소 가축관리시스템 구축, 식단변화, 대체 가공식품 이용 확대 등 식생활 개선
- 정책 제언
 - 식량안보 강화 및 농어업분야 기후적응 정책 : 농·어업 생산성 향상, 기후변화에 따른 농·어업 기술지원 체계 강화, 재해예측시스템 고도화, 통계기반 개선, 온실가스 보고·검증 체계 개선
 - 농축수산업의 환경적 지속가능성과 생산성 동시 향상 : 저탄소 농축수산기술 보급 및 기술 개발, 농·어업인 교육 및 훈련 지원 확대, 바이오차 공급
 - 농수산물식품 수요·공급 체계 전반의 저 탄소화 : 지역단위 먹거리 선순환 체계 구축, 기후변화와 식습관의 관계에 대한 교육·홍보 강화, 대체가공식품 품질 향상 등 식생활 전환 운동

- * 농식품 분야의 경우는 부분적 개선만 언급돼 있어 기후위기에 대처하는 농정 전반의 대전환은 찾아볼 수 없음.
- * 농업에서 차지하는 온실가스 배출량이 2018년 기준 3.4%(에너지 제외시 2.9%) 수준으로 대책 또한 특별할 것이 없다는 것이 일반적인 인식
- * 온실가스 배출의 주범인 수입농축산물에 대한 대책도 거대 탄소 흡수원인 토양에 대한 평가도 없음 온실가스 흡수원으로서 토양의 중요성 간과

- 농식품부에서는 「제2차 농업·농촌분야 기후변화 대응 기본계획», 「친환경농업 육성5개년 계획», 「농식품 분야 2050 탄소중립 추진전략」을 수립

농식품 분야 2050 탄소중립 추진전략 주요내용

- **저탄소 구조전환** : DNA 기반 정밀농업 확산('50 정밀농업 기술 60% 보급) , 환경친화적 농업의 확산 ('50 친환경농업 면적 30% 확대), 토양 관리 강화 및 저장능력 향상(농약안전정보 시스템 고도화, 흙토람 중심 토양관련정보 DB화, 지역단위 양분관리, 저탄소농법 보급).
- **온실가스 배출원 감축** : 식량안보에 부정적 영향을 최소화하는 범위에서 비료 감축, 물 관리(경종), 저메탄 사료(축산), 푸드마일리지(유통소비부문) 등을 활용 최대한 온실가스 감축.
- **농업·농촌 에너지 효율화 및 전환** : 에너지 효율화 (에너지 절감 시설 보급을 확대('50) 30ha). 모든 농기계 전기동력화), 에너지 전환
- **온실가스 감축 기반 구축** : 기술개발과 통계정비(국가고유 배출계수 개발, 온실가스 통계 및 산정방식 고도화, 저탄소 활동지원 확대

* 유기농업 확대 강화 전략이 아닌 저탄소 농업 실천 지원을 통한 저탄소 생산기반 확충 정도.

* 온실가스 흡수원으로서 토양의 중요성 간과

3. 무엇을 할것인가?

- 토양을 살리는 것에서부터 기후위기 극복, 탄소중립 논의의 출발점이 되어야 함.
 - '공기 중에 배출한 탄소를 토양으로 다시 되돌리는 것', 기후위기 극복을 위한 핵심적인 과제로 탄소 중립(Net-Zero)을 넘어 대기중의 탄소를 토양으로 흡수하는 방안으로 건강한 토양의 중요성 강조
 - 우리 토양 상태는 어떠한가? 과도한 항생제, 화학농약, 화학비료 사용으로 인한 경반층 심화로 토양의 건강성이 악화된 상황. 이를 개선하기 위한 정책이 우선되어야 함.
- 온실가스 흡수원으로서 토양의 중요성 부각시킬 필요.
 - 토양은 대기중의 CO₂를 채집하는 기능을 하고 있으며 탄소저장량은 대기의 2~3배로 가장 효과적인 기후변화 완화 수단임. .
 - 농경지 및 초지에 저장될 수 있는 유기물의 양은 매우 크며, 토양 탄소는 토양비옥도의 유지와 농업 생태계의 안정적인 생산능력에 매우 중요. 토양 탄소는 지구의 이산화탄소 물질평형에서 토양에 저장되어 있는 탄소가 이산화탄소로 전환되며, 일부는 토양으로 흡수될 수 있기 때문에 지구 탄소 순환에 중요한 역할을 수행.
 - * 유기토양(36.1 MgC ha⁻¹)이 관행토양(29.4 MgC ha⁻¹)보다 약 23 % 많은 토양탄소 저장 (한양수 등, 유기농 토양의 토양탄소 저장효과 평가, 2020. 유기물자원화, 유기성자원학회).
 - 토양 탄소저장량은 대기의 2~3배로 가장 효과적인 기후변화 완화수단임(IPCC, 2019).
 - 토양 탄소저장능력 향상(매년 0.4%씩 탄소축적량 증가) 국제 운동전개 : 4/1000국제이니셔티브

(2015 파리기후협약시 출범)

- 미국 캘리포니아주의 경우 탄소세 수입중 100억원 이상을 건강한토양프로그램을 실천하는 농민들에게 지급.
- 흡수원(탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률)은 산림 관리 강화만을 제시하고 있는데 건강한 토양은 대기중의 탄소 등 온실가스의 흡수원으로 중요한 역할을 하고 있음. → 탄소흡수원법(산림청 소관) 전면개정

탄소중립기본법

제33조(탄소흡수원 등의 확충) ① 정부는 산림지, 농경지, 초지, 습지, 정주지 및 「수산자원관리법」 제2조 제6호에 따른 바다숲 등에서 온실가스를 흡수하고 저장(흡수된 온실가스를 대기로부터 영구 또는 반영구적으로 격리하는 것을 말한다)하는 「탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률」 제2조제10호에 따른 탄소흡수원 및 그 밖의 바이오매스 등(이하 “탄소흡수원등”이라 한다)을 조성·확충하거나 온실가스 흡수 능력을 개선하기 위한 시책을 수립·시행하여야 한다.

탄소흡수원법 제2조(정의) 10. “탄소흡수원”이란 탄소를 흡수하고 저장하는 입목, 죽, 고사유기물, 토양, 목제품 및 산림바이오매스 에너지를 말한다.

- 농업부문 온실가스 배출량 산정방식 개선.
 - IPCC에서 제공한 온실가스 배출량 산정 가이드라인을 국내 실정에 맞게 적용하여 온실가스종합정보센터에서 매년 국가 온실가스 통계 산정·보고·검증지침 제공
 - 농업에서 차지하는 온실가스 배출량이 국가 전체의 3.4%(에너지 제외시 2.9%) 수준에서 생산에 투입되는 수입 원료 및 자재에서 발생한 온실가스와 소비, 유통, 폐기까지의 전 과정에 대한 배출치를 측정하고, 이를 감축하려는 과감하고 종합적인 대책 마련 필요.
 - 토양의 탄소저장, 생물다양성(유기물 시용) 고려 미흡
- 농업의 탄소배출 감축방법으로 가장 효과적인 방안은 친환경(유기) 저탄소농업으로 과감히 대전환하는 것임.
 - 유기농업의 온실가스 배출량은 관행농업 대비 40% 감소(로데일연구소)
 - 유기농업 실천시 20~25% 온실가스 감축효과(농과원, 2016).
 - 유기농업 실천시 10.6~89.3%의 온실가스 감축(김창길 등, 2016, 기후변화학회지).
 - (벼) 121 ~ 128kgCO₂/10a, (과일류) 209 ~ 248, (채소류) 573 ~ 1,555 등
 - 유기농업 면적이 4%(60천ha)시 연간 52만톤 CO₂저감('20년 경종분야 온실가스 배출량의 4.4%) 추정(농과원, 2021). → 10% (16만ha) 확대시 연간 152만톤 저감.

- 친환경농업 재배 면적 10%(161천 ha)에 확대할 경우, 연간 128.7만톤의 CO2 저감 효과

친환경 저탄소 농업 대 전환

- 목표 : 2030 논농업을 친환경농업으로 전면 전환 등 친환경농업 재배면적 30% 확대, 화학비료, 농약
항생제 50% 감축, 공장형 고밀도 축산 감축과 친환경 동물복지 축산정책으로 전환.
- 정책수단
 - 공익형직불제 개편(선택형 직불제 프로그램 개발 : 친환경농업 및 친환경 축산직불금 확대, 농업환경
프로그램 확대, 저탄소 인증, 생태 둠벙 등 생태계 보존, 수질개선 등)을 통한 생태 전환 유도 및 보상 확대
 - * 저탄소 인증제 개선 : 친환경농산물 인증시 저탄소 농산물 인증 절차 면제 추진
 - 지역자원 기반 경축순환농업 확대 및 저탄소 축산시스템 전환 유도
 - 외부투입자재를 최소화하고 지역자원을 활용하는 순환농업 체계를 구축,
 - 수입사료에 의존하는 축산에서 저탄소 친환경 축산으로 전환
 - 적정사육두수관리제 도입, 동물복지·생태축산 활성화, 바이오에너지 사업(가축분뇨 활용 에너지 전환 등)
전환 확대, 저메탄·저단백질사료 보급)
 - 기후변화에 대응하는 농업기술의 개발 및 보급 체계 구축 및 기술개발
 - 친환경농업 특성에 맞는 병해충·재해 대응기술 개발·보급
 - 유기농 종자 보급 및 기후변화 적응 품종의 개발,
 - 유기농업 기술(저투입·저비용 생산체계) 개발 및 보급
 - 유기 농토양의 토양탄소 저장효과 평가
 - 유기농업 실천 시 온실가스 발생 저감 효과
 - 공공비축미 전량 친환경쌀로 구매 및 친환경 공공급식 확대
 - 지역푸드플랜 기반 먹거리의 지역내 생산소비 순환체계 전면화

“지역 속에서 인간과 자연의 순환을 원활하게 하고, 공생과 생명의 친환경유기농업이 그 자리를
찾아가기 위해서는 ‘저투입·내부순환·자연공생’의 가치를 중시하는 방향으로 친환경유기농업을
생산자 농민, 소비자, 정부 함께 실천하고 추진해야”

토론 05

정구복 (국립농업과학원 기후변화평가과장)

농업부문 탄소중립 기술과 현장적용 사업화 모델

오늘 심포지엄은 '제7회 흙의 날'을 기념하기 위한 소중한 자리인 동시에 국가적 어젠다인 '탄소중립, 그리고 디지털 농업'과 관련한 앞으로의 과제와 방향을 논의하는 소중한 기회라고 판단됨

1. 2030년 NDC 이행을 위한 기술개발 추진계획

• **농축산부문은 기후변화와 이상기상에 영향을 가장 크게 받는 산업으로 영향예측·적응을 통한 식량안보 대응도 중요**

- 농촌진흥청은 2050 탄소중립 이행 기술 개발과 더불어 미래의 기후변화 영향·예측, 적응 및 피해 저감 등 중점 대응기술을 개발 중에 있음
- 2020년부터 2027년까지 8년간 신농업기후변화대응체계구축 사업 2009.1억을 확보하였고, 신농업 기후대응사업단(4개 연구단)을 운영하여 관리 중
- 기후변화 적응과 식량안보 대응을 위해 ① 기후변화에 따른 농축산 실태조사와 미래의 영향·예측 및 취약성 평가, ② 기후적응형의 농축산 안전생산·재배관리 및 병해충·잡초 방제기술 개발, ③ 농업 기상재해 조기경보 및 농축산 피해경감 기술을 개발하고 있음

• **2050 탄소중립 목표는 국제사회의 움직임에 따라 계속 수정해 나갈 것이기 때문에 2030 NDC(감축 목표) 이행 기술이 매우 중요함**

- 오늘 25일에 '기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법안'(약칭, 탄소중립기본법)이 발효 되고 시행됨. 우리나라가 2050 탄소중립 목표와 2030년 국가 온실가스 감축목표를 법에 명시한 14번째 국가임
- 농축산부문의 2018년 배출량을 기준으로 2030 NDC는 26.6%(580.9톤)임.
 - * 농업부문 : 벼재배 논물관리 54.0만톤, 농경지 토양에서 질소(화학비료) 감축 26.7만톤, 바이오차 활용 5.8만톤, 그리고 농경지 투입 가축분뇨량 감축(퇴비 등 부산물비료 투입량 감축)으로 168.3만톤
 - * 축산부문 : 가축분뇨 비 농업계 이동(에너지화 및 정화처리) 205.8만톤, 장내발효 개선(저메탄사료, 분표 질소저감) 75.0만톤, 축산 생산성 향상 등

• **농촌진흥청은 농축산부문 탄소중립 추진전략을 2021년 12월에 수립하여 탄소중립 이행을 위한 기술 개발 및 현장 확산을 추진 중에 있음**

- 농축산부문 탄소중립 추진전략의 4대 중점분야는 ① 농업분야에서 발생하는 온실가스 정보에 대한 객관적이고 신뢰성 있는 통계자료 구축, ② 온실가스 감축을 위한 저탄소 농업기술 개발 확대, ③ 농경지를 이용한 온실가스 흡수기능 강화, ④ 개발된 탄소 저감기술의 현장확산으로 구성
- * 세부 내용은 농축산부문 탄소중립 추진전략(참고 1)
- 앞으로의 3~4년 준비가 2030 NDC 및 2050 탄소중립 이행을 좌우할 것임

- (농경지도양) 지역단위 경·축 순환 비료·부산물 최적관리 사업화 모델
 - (방향) 지역단위 경축 자원순환(비료·부산물·바이오차) 사업화 마을 조성
 - ① 농축산부산물 자원화(수집-공급-자원 생산) 최적 활용 시스템 구축
 - * 지역내 농축산 부산물 ⇒ 수집·공급 ⇒ 자원화(퇴비, 바이오차 등) ⇒ 최적 활용
 - ② 공익직불제연계, 질소비료 절감 및 농업부산물 재활용 시스템 구축
 - * 비료절감을 위한 비료처방기준 준수, 농업부산물 재활용·자원순환 실천 의무화
- 그 외에 농업시설 단지 에너지 절감 패키지화 사업화 모델(냉난방 에너지 절감 패키지화 및 시스템 구축, 대규모 농업시설 단지의 중앙 에너지 공급·관제시스템 구축), 지역단위 한우 비육기간 단축 및 우분 고체연료 공급·활용 사업화 모델 등이 정책 사업화로 필요

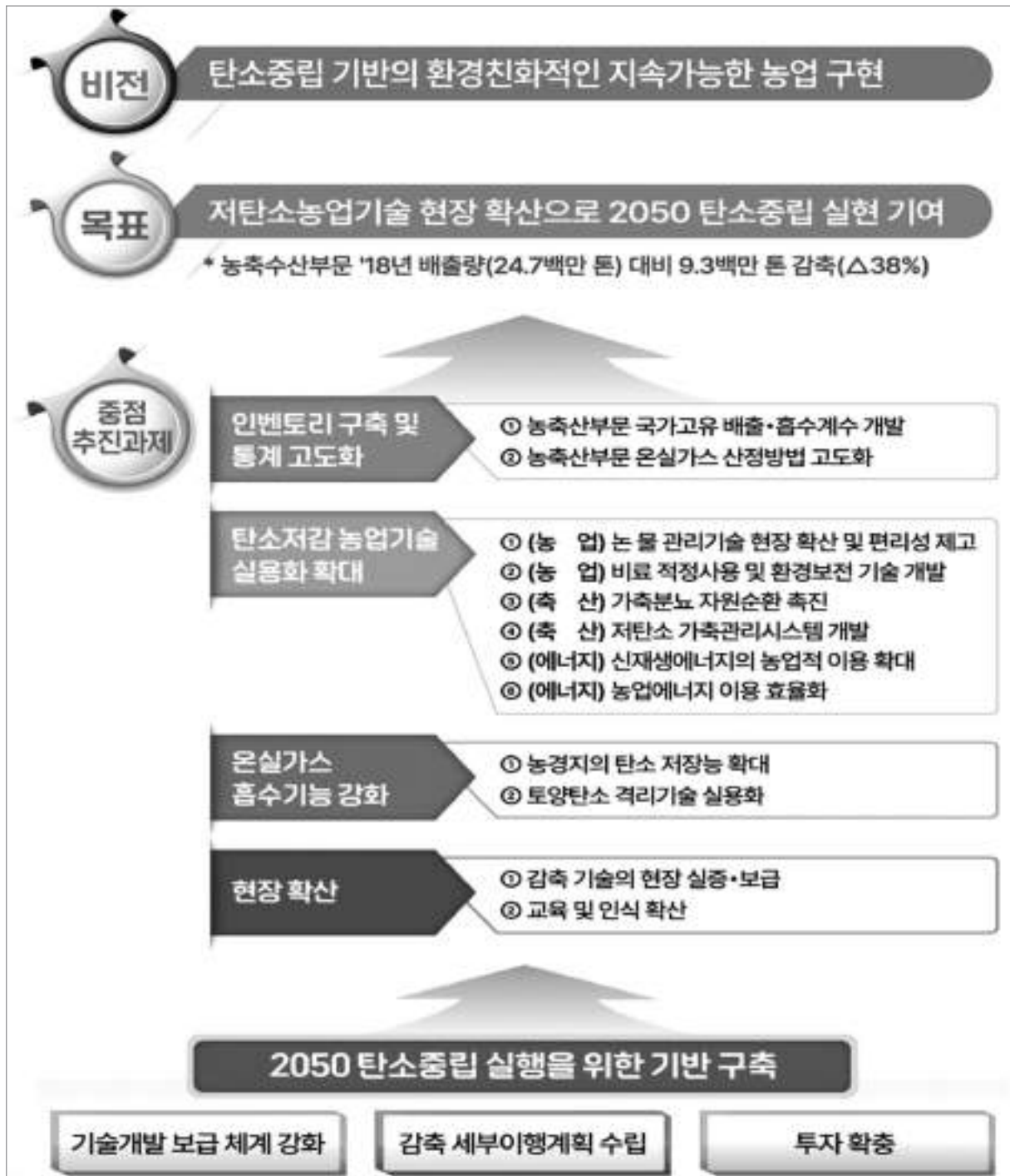
3. 농축산부문 탄소중립 목표 달성을 위한 앞으로의 필요 사항

- 온실가스 감축에 기여한 만큼 충분한 보상이 필요하며, 농업인 실천 활동자료의 D/B와 더불어 디지털 인프라의 확충 노력이 중요
 - 농축산 배출원과 그 배출량이 얼마인가, 그래서 감축 가능한 활동과 그 효과를 알기 위해서는 탄소의 배출·흡수 계수의 개발과 활용이 필요
- 농업인을 포함하여 모든 국민이 탄소중립 실천 노력은 누구나 예외가 없는 필수 의무로 인식하고 온실가스 감축의 동반자로 참여하여 함
 - 농업인뿐 아니라 지자체(각도·시군), 단체, 관계 기관에서 탄소중립 이행은 선택이 아니라 필수이며 새로운 패러다임이라는 점을 인식하도록 지원
 - 저탄소 농산물 인증제도, 자발적 온실가스 감축사업, 농업환경보전 프로그램 등과 같이 지역 공동체가 참여하는 정책적 배려가 있어야 함
 - 온실가스 감축기술 현장 적용으로 생산된 농산물의 가치를 인식하고, 기꺼이 소비하는 교육지원·홍보 및 준비 노력도 중요

참고 1

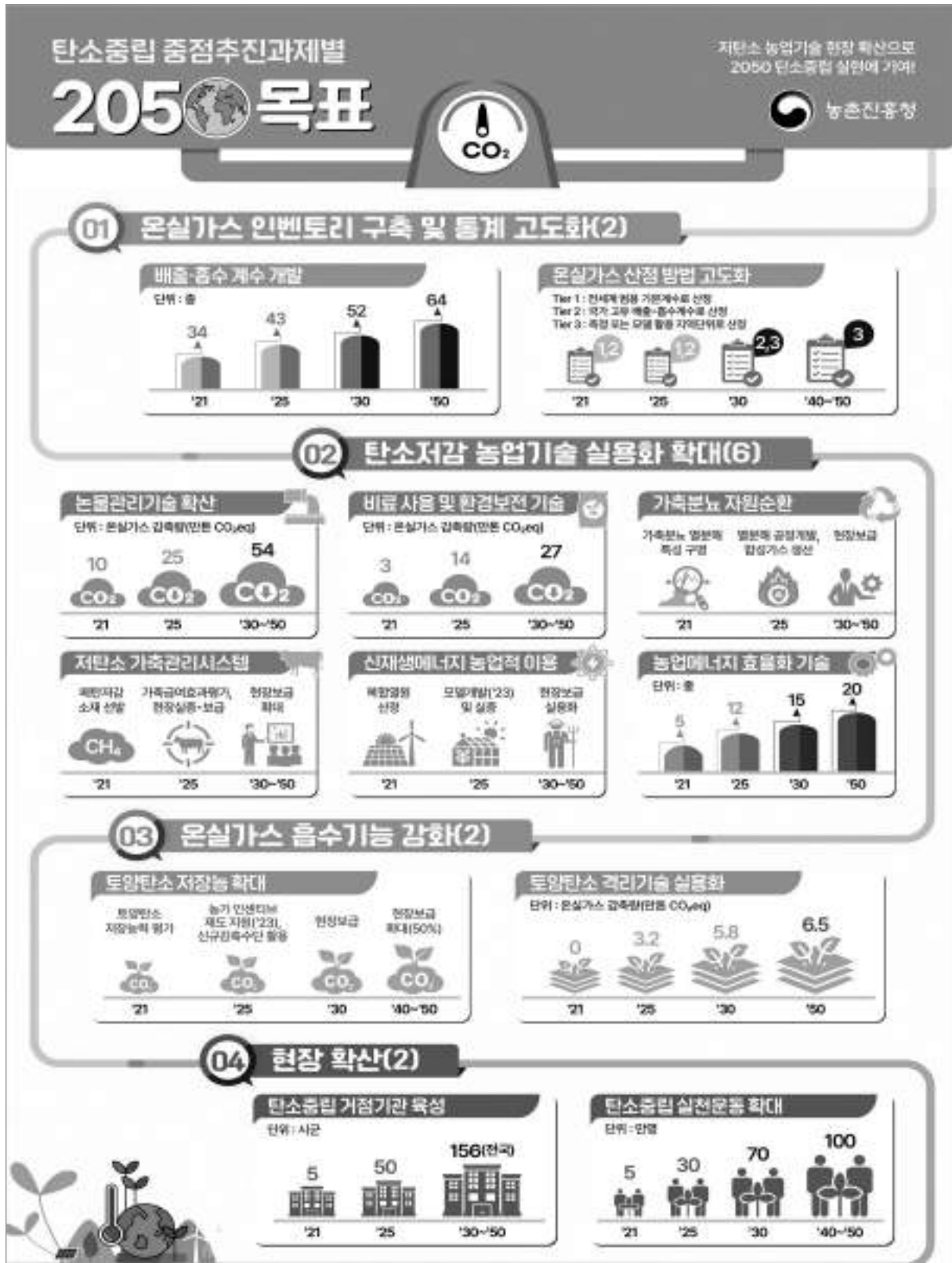
농축산부문 탄소중립 추진전략

- 4대 중점분야 : ①농업분야에서 발생하는 온실가스 정보에 대한 객관적이고 신뢰성 있는 통계자료 구축
②온실가스 감축을 위한 저탄소 농업기술 개발 확대 ③농경지를 이용한 온실가스 흡수기능 강화 ④개발된 탄소 저감기술의 현장 확산



참고 2

탄소중립 중점 추진과제별 2050 목표



지난 2월 23일 대통령 직속 4차산업혁명위원회는 민간의 수요를 담은 “디지털농업 연구반 활동 결과”를 국무총리에게 보고하였습니다. 이 보고서에는 농업의 디지털 전환에 대한 정책방향이 제시되어 있고, 특히, 오늘 심포지엄의 주제인 디지털 토양관리에 대한 내용이 포함되어 있어서 잠시 소개하고자 합니다.

첫째, 팜맵(Farm Map)기반의 디지털 경지정리입니다. 이것은 농식품부의 팜맵과 농림사업정보 AgriX, 농진청 흙토람, 농어촌공사의 농지정보를 연계하여 농업데이터를 수집·활용하자는 것입니다. 이미 미국에서는 토양을 비롯한 농경지 데이터가 디지털맵의 형태로 종합되어 농업인의 의사결정에 활용되고 있고 우리나라에서도 머지않아 보편화될 것으로 전망됩니다.

과거에는 국가차원의 토양조사나 검정자료를 통해 우리나라 농경지 토양에 대한 상태를 파악해 왔습니다. 그러나, 이제는 실시간으로 농가별로, 필지별로 토양이 얼마나 비옥한지, 건전성은 문제인지 실시간으로 측정하는 다양한 기술이 상용화되고 있습니다. 토양수분센서, 토양현장진단키트, 농기계 부착형 실시간 토양분석장치가 사용되고 있으며, 농기계에서 자동수집되는 수확정보, 드론영상 등도 간접적이지만 흙의 상태에 대한 정보를 줍니다.

이렇게 다양한 방법으로 측정되는 방대한 토양데이터를 공유·활용하기 위해서는 공통 플랫폼이 필요합니다. 여기서 플랫폼은 팜맵이나 흙토람과 같은 개별 정보시스템이 아니라, 데이터를 공유하고 활용할 수 있는 공간정보 표준과 표준 인터페이스를 말하는 것입니다. 공간정보 표준형식과 상호 자료교환을 위한 표준 프로토콜이 만들어진다면, 미래에 확보될 다양한 토양데이터를 이용해서 민간 스타트업 기업들이 보다 손쉽게 영농지원 서비스를 개발하고 서비스 할 수 있을 것입니다. 토양학자를 포함한 환경연구자를 중심으로 이와 같은 체계를 구축할 것을 제안드립니다.

두번째로, 이 보고서에서 주목 할 내용은 ‘마이농장데이터’ 서비스입니다. 이미 마이데이터 서비스를 이용해 보신 분들도 계실 것입니다. 마이데이터 서비스는 내가 보유한 은행계좌, 증권계좌 정보나 병원진료, 약처방, 건강검진 정보 등을 한곳에서 확인하고 관리할 수 있는 서비스입니다. 마이데이터를 농가에 적용해 보면 토양 등 농경지 정보나 농장경영정보, 농약사용, 판매관련 정보가 될 수 있으며, 축산의 경우에도 가축개체별 출생, 사료급이, 도축, 품질정보 등이 해당됩니다. 현재 국회에 계류중인 개인정보보호법 개정안이 통과되면 농업분야에도 마이데이터 서비스가 나올 수 있을 것으로 기대합니다. 탄소중립이나 디지털 정밀토양관리의 실현을 위해 마이데이터 서비스가 유용하게 쓰일 수 있을 것으로

생각합니다.

다만, 마이데이터 서비스를 준비하기 위해서는 무엇보다 데이터의 개방과 공유활용에 대한 인식 제고가 필요하다는 말씀을 드리고자 합니다. 그렇게 민감하게 생각하는 개인의 금융정보나 의료정보가 마이데이터 첫 번째 사례가 된 것은 매우 놀라운 일입니다. 수년간 치열한 논쟁과 준비를 거쳐 사용자에게 정말 유용한 서비스가 실시되었다는 것을 말씀드립니다. 농업환경 분야에서도 보다 적극적인 데이터 개방과 공유가 필요합니다. 구체적으로는 토양 데이터의 개방을 위해 공공데이터 OpenAPI 개발을 보다 적극적으로 추진해야 할 것입니다.

이상으로 디지털농업 정책에 대한 말씀을 드렸습니다. 제안드린 공간정보 표준과 토양데이터 개방에 관한 사항은 토양비료학회 등 관계자들께서 꼭 한번 검토해주셨으면 합니다.

마지막으로, 김종윤 교수님께 발표하신 토양센서에 대해 말씀 드리고자 합니다.

첫째, 현재 노지 스마트농업 관련 사업의 대부분이 토양수분 센서기반 자동관수시스템입니다. 거의 모든 경우 토양수분장력센서가 아닌 %로 표현되는 부피기준의 측정센서가 사용되고 있습니다. 농장의 토성이나 토양특성을 고려하여 사용한다면 FDR센서도 관수 자동화에 활용될 수 있겠지만 표준화된 토양물관리 지침을 적용하는 것은 어려울 것이며 여기에서 생산된 데이터를 활용하는 것도 쉽지 않을 것으로 생각합니다. 국립농업과학원에서는 작년 10개 작물에 대해 생육단계, 토성, 관수방법에 따른 관수량을 추천해주는 발작물관리지침을 OpenAPI형태로 개발하여 제공하고 있습니다. 토양수분장력 센서값에 따라 물관리API가 추천한 양을 자동으로 관수하면 됩니다. 자동화 시스템을 개발하는 기업의 입장에서 보면, 관수시스템에 적용하려면 어떤 타입의 센서가 맞는것인지, 토양특성에 따른 보정방식은 어떻게 해야하는 지가 중요합니다. 이런 부분에 대해서도 더 많은 연구와 홍보가 필요하다고 생각합니다. 마지막으로, 오늘 발표내용에 언급되지 않았는데, 미국 VERIS technologies사의 트랙터부착형 실시간 토양센서에 대한 것입니다. 이 회사 홈페이지에 따르면 시속 8~13km로 이동하는 트랙터에서 실시간으로 pH, EC, 유기물 함량을 측정해서 토양특성지도를 작성해 준다고 합니다. 올해부터 농진청 과제로 토양 실시간 측정장치 개발에 대한 연구과제가 진행된다고 알고 있습니다만, 이런 분야의 기술이 좀 더 빠른 시일 내에 확보되었으면 합니다. VERIS 제품에 대해 알고 계시는 있으면 말씀해 주시면 감사하겠습니다. 감사합니다.

첨부자료



첨부자료1 **흙의 날 개요**

○ 흙의 날 개요

- 농업의 근간이 되는 흙의 소중함과 보전의 필요성을 국민에게 알리기 위하여 매년 3월 11일을 흙의 날로 제정하여 국가와 지방자치단체가 이에 적합한 기념행사를 할 수 있도록 함

※ 「친환경농어업 육성 및 유기식품 등의 관리·지원에 관한 법률」 개정 및 흙의 날 제정(2015.3.27.)

제5조의2(흙의 날) ① 농업의 근간이 되는 흙의 소중함을 국민에게 알리기 위하여 매년 3월 11일을 흙의 날로 정한다.

② 국가와 지방자치단체는 제1항에 따른 흙의 날에 적합한 행사 등 사업을 실시하도록 노력하여야 한다.

○ 흙의 날 제정이유

- 흙은 농업의 필수 요소이나 도시화와 산업화의 진전으로 토양 오염이 확산될 수 있어 농산물의 안전과 국민의 건강을 우려하고 있음
- 흙의 중요성에 대해 정부 차원에서 농업의 근간이 되는 흙의 소중함과 보전의 필요성을 국민에게 널리 알릴 필요가 있음
- UN 또한 2015년을 세계 토양의 해(International Year of Soils)로 지정한 바 있음

○ 흙의 날 3.11일의 의미

- 우리나라에서 숫자 3은 우주를 구성하는 천(天), 지(地), 인(人) 3원을 상징하며
 - 농업·농촌·농민의 3농, 뿌리고, 기르고, 수확한다는 3농을 의미함
- 흙(土)을 상징하는 11일(+ + - = 土)을 흙의 날로 정하여 국가와 지방자치단체가 이에 적합한 기념행사를 할 수 있도록 하려는 것임

『흙의 날』 선언문

우리 255만 농림업인은 『흙의 날』 기념식을 계기로 흙 가꾸기 운동을 정착시켜 전 국민이 동참하는 생명운동으로 승화시키기 위해 다음과 같이 선언한다.

하나, 우리는 흙의 소중함과 중요성을 널리 알리어 흙 가꾸기를 전 국민이 동참하는 환경보전운동으로 승화시킨다.

하나, 흙은 식물과 동물은 물론 우리 삶의 필수적인 생활터전이지만, 유한한 자원이므로 잘 보호하고 가꾸는데 온 힘을 기울인다.

하나, 흙은 식량안보, 기후변화, 수자원, 생물다양성, 에너지, 생태계 등과 밀접하게 관련되므로 지속 가능한 토양보전을 위해 적극 노력한다.

하나, 우리는 생명창고의 원천인 건강한 흙을 후손에게 물려주어 항구적으로 농림업발전을 도모한다.

첨부자료3 『흙의 날』 선언문(안)

기 관 명	주 요 업 무
농식품부(주최)	• 행사계획 마련 등 총괄 관리, 운영 및 조정 • 유공자 포상계획 마련, 행사비 지원(50백만원)
농협(주관)	• 행사비 지원(50백만원) • 기념식, 심포지엄 등 행사장 준비, 행사관리 및 운영 주관 - 축하, 기념사, 선언문 낭독, 심포지엄 등 사전녹화 • 행사추진단의 실무 추진인력으로서 행사준비 및 추진사항 점검 등 역할 수행 - 행사장 준비, 행사일정 관리 등
농진청(주관)	• 심포지엄 주제선정, 책자 제작 등 심포지엄 주관 - 발표자 섭외 및 심포지엄 자료 제작 • 그간 흙 살리기 성과 등 홍보 - 흙토람을 활용 적정 비료사용을 위한 토양검정, 국내외 흙 관련 논의 동향 등
농민신문사(주관)	• 외빈 동영상 제작 및 행사 홍보 주관 - 축하, 기념사, 선언문 낭독 동영상 사전 제작 등 • 심포지엄 운영지원 - 심포지엄 동영상 사전 제작 등
토양비료학회(주관)	• 심포지엄 등 지원 - 심포지엄 등 구성·운영 지원, 학회 전문가를 활용한 기고 등 홍보 추진
산림청(후원)	• 기념식 및 심포지엄 지원 • 산림토양 보호를 위한 성과 등 홍보

첨부자료4

흙 살리기 운동과 흙의 날 연혁

구 분	개최 년도	행사 주제
제1회	1996	• 흙 살리기 운동의 효율적 추진 방안
제2회	1997	• 흙 살리기의 본질
제3회	1999	• 친환경농업과 흙 살리기
제4회	2000	• 흙 살리기 운동 발전 방향
제5회	2001	• 흙 살리기와 우수농산물 생산
제6회	2002	• 흙 관리, 이대로 좋은가?
제7회	2003	• 친환경농업을 위한 흙의 재인식과 실천방안
제8회	2004	• 흙 살리기를 위한 토양자원 관리와 활용
제9회	2005	• 흙 살리기와 순환농업
제10회	2006	• 흙 살리기 운동 10년 성과와 발전 방향
제11회	2007	• 기후변화와 토양환경
제12회	2008	• 논, 습지 그리고 건강한 인간
제13회	2009	• 자연, 토양, 물, 그리고 농업 녹색기술
제14회	2010	• 흙을 살리는 맞춤형비료의 현황과 개선방안
제15회	2011	• 건강한 흙, 건강한 농산물, 건강한 농촌
제16회	2012	• 흙과 비료와 식량안보
제17회	2013	• 흙 살리기와 국민건강
제18회	2014	• 지속가능한 농업과 흙 살리기
제19회	2015	• 흙 살리기 운동 성과와 과제
제1회 흙의날	2016	• 역사로 본 흙 살리기 성과와 시사점 등
제2회 흙의날	2017	• 건강한 흙과 농가 소득 증대
제3회 흙의날	2018	• 흙의 공익적 가치와 국민건강
제4회 흙의날	2019	• 건강한 흙 · 건강한 농촌 가꾸기
제5회 흙의날	2020	• 사람과 환경, 그리고 토양
제6회 흙의날	2021	• 탄소중립시대, 흙의 가치 (Net-zero 시대 토양·비료의 가치있는 활용)
제7회 흙의날	2022	• 탄소중립시대, 당신이 흙기사입니다. (탄소중립과 디지털 토양관리)