

대한민국 **농**의 날

제6회 기념식 및 심포지엄

www.mafra.go.kr

코로나19로 인해 이번 행사는
NBS(한국농업방송)와 유튜브를
통해 진행됩니다.

탄소 중립 시대,

의 가치



주제 : 탄소 중립 시대, 농의 가치

2021년 3월 11일

행사 일정

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

탄소 중립의 시대, 환경을 위한 흙의 역할과
소중함을 알리는
제6회 흙의 날 기념식과 심포지엄을
온라인으로 개최합니다.

지속가능한 지구를 위한 흙의 중요성을 되새기는
제6회 흙의 날 기념식에
따뜻한 마음으로 함께 해주시기를 바랍니다.

2021년 2월

농림축산식품부 장관 김 현 수

행사일정

기념식	심포지엄
10:00 ~ 11:00	14:00~16:30
제6회 흙의 날 개회 선언	심포지엄 축하
기념사 및 축하	주제발표
토코콘서트	1. 기후변화시대의 토양의 중요성 2. 기후변화 완화를 위한 토양 탄소 저장 3. 유기농의 원칙을 통해 바라본 토양 가치 4. 토양 탄소시대 비료의 활용
흙의 날 선언문 낭독	종합토론
• NBS · 농림축산식품부 공식 유튜브 채널 https://www.youtube.com/channel/UC914CTC9GJzeQfJbseMyJQ	Net - zero 시대, 토양·비료의 가치 있는 활용
	• 농촌진흥청 공식 유튜브 채널 https://www.youtube.com/user/rda_korea



기념사



농림축산식품부 장관 김현수

여러분 반갑습니다.

농림축산식품부 장관 김현수입니다.

2015년 농업인의 의지를 모아 3월 11일을 ‘흙의 날’로 정했습니다. 올해로 6회를 맞은 ‘흙의 날’을 통해 모든 국민이 흙의 소중함과 토양 보전의 필요성에 대해 공감할 수 있길 바랍니다.

바쁘신 중에도 축사를 보내 주신 농해수위 이개호 위원장님께 감사의 인사를 드립니다. 또한 오늘 온라인 기념식과 심포지엄 행사를 준비해주신 ‘이성희’ 농협중앙회 회장님, ‘허태웅’ 농촌진흥청장님, 농민신문사와 토양비료학회 관계자 여러분께도 감사의 말씀을 드립니다.

이번 ‘흙의 날’ 주제는 ‘탄소중립 시대, 흙의 가치’입니다.

흙은 지구상에 존재하는 모든 생명의 원천입니다.

우리는 흙에서 자란 농작물로 밥을 짓고, 옷을 만들고, 보금자리를 마련해 살아갑니다. 흙은 또한 우리가 매일 숨 쉬고 마시는 공기와 물을 흡수하는 거대한 탄소 저장소입니다.

최근에는 토양 자체의 탄소 포집 능력과 산림이나 초지 조성을 통해 대기 중에 이산화탄소를 고정하는 역할이 더욱 주목받고 있습니다.

정부는 이처럼 중요한 흙을 지키고 보전하는 것이 우리의 환경과 농업을 지속적으로 성장하게 하는 길이라고 생각합니다.

이를 위해 경종농업의 경우 논 물관리와 최소경운, 농약과 비료의 적정사용을 추진하겠습니다.

축산 분야는 가축분뇨를 정화처리·에너지화하고 더 나아가 사육 규모를 체계적으로 관리할 계획입니다.

산림 분야에서는 수종 갱신을 통한 탄소 흡수능력 강화, 도시 숲 조성, 산림 탄소 흡수원 보전 강화를 통해 건강한 숲을 유지하고 보전할 것입니다.

존경하는 농업인과 온라인으로 함께해주신 여러분!

흙 1cm가 만들어져 쌓이는 데는 100년의 시간이 걸립니다. 그러나 인간의 욕심과 무관심 속에 흙을 훼손하는 것은 한순간입니다.

건강한 흙을 지키고 효율적으로 이용하는 것은 우리의 생명을 지키는 것일 뿐만 아니라 우리 후손에 대한 의무이기도 합니다.

그러기 위해서는 정부의 노력과 함께 모든 국민의 관심과 협력이 필요합니다.

이번 ‘흙의 날’을 맞아 ‘탄소 저장소’로 새롭게 주목받고 있는 흙의 공익적 기능을 알리고 소중함을 일깨우는 중요한 계기가 되길 기대합니다.

감사합니다.

2021년 3월 11일

농림축산식품부 장관 김현수

기념사



농림축산식품해양수산위원회 위원장 이개호

여러분 반갑습니다.

국회 농림축산식품해양수산위원회 위원장 국회의원 이개호입니다.

오늘 제6회 ‘흙의 날’ 기념식을 진심으로 축하드립니다.

흙은 모두 잘 알고 계시듯이 농업생산에 있어서 가장 중요한 생산요소입니다.

뿐만 아니라 인간의 생태계를 구성하는 중요하고 의미 있는 구성요소입니다.

그런 만큼 흙을 잘 지키고 가꾸는 것은 생태계를 지키는 일이고 건강한 농업생산을 확보하는 길이라고 생각합니다.

오늘 흙의 날이 우리 모두 흙의 중요성을 인식하고 흙을 지키며 더 나아가 새로운 생태환경을 만들고, 그로 인해 지구를 지키는 뜻깊은 날이 되기를 희망합니다.

다시 한번 제6회 ‘흙의 날’을 진심으로 축하드리며 함께하는 모든 분들의 건승을 기원합니다.

고맙습니다.

2021년 3월 11일

농림축산식품해양수산위원회 위원장 이개호

기념사



농협중앙회 회장 이성희

존경하는 농업인과 국민 여러분! 반갑습니다.

농협중앙회 이성희 회장입니다.

오늘 제6회 ‘흙의 날’ 기념식과 학술 심포지엄을 한국농업방송과 농촌진흥청 유튜브를 통해 개최하게 된 것을 매우 뜻깊게 생각합니다.

우리 농업·농촌은 온 국민의 마음의 고향이며 흙으로 조성된 농경지는 우리 국민의 생명창고이자 농업인의 삶의 터전입니다.

우리 선현(先賢) 들은 하농(下農)은 잡초를 가꾸고 중농(中農)은 곡식을 가꾸며 상농(上農)은 흙을 가꾼다고 할 정도로 흙 관리가 얼마나 중요한지를 알고 있었습니다.

우리 먹거리는 흙 속에 살아 숨 쉬는 수많은 양분의 조화 속에서 생겨납니다. 생명력 넘치는 흙에서 안전하고 품질 좋은 먹거리를 생산할 수 있습니다.

흙의 건강을 유지하는 것이 바로 우리의 생명을 지키는 것입니다.

오늘 심포지엄을 통해 흙을 지키고 우리 농촌과 먹거리를 지키는 일이 얼마나 소중한 하고 시급한 일인지 다시 한 번 확인하는 좋은 자리가 되기를 기원합니다.

존경하는 농업인과 국민 여러분!

우리 농협도 그동안 흙 살리기 운동을 통하여 안전하고 품질 좋은 농산물 생산을 위한 다양한 지원으로 많은 호응을 얻어 왔습니다.

전국적으로 토양진단센터를 운영하여 지역별 토양특성에 적합한 맞춤형 시비 처방을 실시하고 있으며 친환경 농업자재 공급에도 힘쓰고 있습니다.

앞으로도 우리 농협은 건강한 흙의 소중함을 널리 알려 농업인과 국민 모두가 흙 살리기 운동에 적극 동참할 수 있도록 필요한 역할을 다 해 나갈 것을 약속드립니다.

감사합니다.

2021년 3월 11일

농협중앙회 회장 이성희

심포지엄 일정

- 주 제 : Net-zero 시대 토양·비료의 가치있는 활용
- 일시·장소 : 2021. 3. 11.(목) 14:00~16:30, 국립농업과학원 3층 대강당
- 준비·진행 : 농촌진흥청 국립농업과학원·한국토양비료학회
- 발 표 자 : 김필주 교수, 박성진 연구사, 안난희 연구사, 현해남 교수
- 사회·좌장 : 이승헌 박사, 박만 교수, 김경미 부장
- 기대 효과 : 건강한 흙이 기후변화에 주는 영향과 Net-zero 시대 구현을 위한 토양·비료가치에 관한 지식공유

시 간	행사내용 및 발표자	사회·좌장
14:00 ~ 14:10	등 록	
14:10 ~ 14:30	○ 개회식 - 개회사 (농촌진흥청장) - 환영사 (한국토양비료학회장) - 축사 (농특위원장)	이승헌 (농어촌공사)
14:30 ~ 14:50	○ 주제발표 1 (김필주, 경상대학교) - 기후변화시대의 토양의 기능과 가치	박 만 (경북대학교)
14:50 ~ 15:10	○ 주제발표 2 (박성진, 국립농업과학원) - 기후변화 완화를 위한 토양탄소 저장	
15:10 ~ 15:30	○ 주제발표 3 (안난희, 국립농업과학원) - 유기농의 원칙을 통해 바라본 토양가치	
15:30 ~ 15:50	○ 주제발표 4 (현해남, 제주대학교) - Net-zero시대의 흙의 건강	
15:50 ~ 16:00	휴 식	
16:00 ~ 16:30	○ 종합토론 : Net-zero 시대 토양·비료의 가치있는 활용 - 양재의(강원대), 윤성탁(단국대), 유가영(경희대), 안형덕(유기질비료조합)	김경미 (농진청 농업환경부장)

* 인터넷 상 발표·토론 (실시간 방송 송출 및 녹화)

개회사



농촌진흥청장 허태웅

안녕하십니까 농촌진흥청장 허태웅입니다.

제6회 대한민국 흙의 날을 기념하여 농촌진흥청과 한국토양비료학회가 “Net-zero 시대 토양·비료의 가치있는 활용”을 주제로 심포지엄을 공동 개최하게 됨을 기쁘게 생각합니다.

먼저, 오늘 축사를 해주시는 정현찬 농특위원장님께 감사말씀을 드립니다. 그리고, 주제발표의 좌장을 맡으신 경북대 박만교수님, 그리고 발표를 해주시는 경상대 김필주 교수님, 제주대학교 현해남 교수님께 감사드립니다.

또한, 종합토론에서 고견을 주실 강원대 양재의교수님, 단국대 윤성탁교수님, 경희대 유가영교수님, 한국비료협회 조규용이사, 유기질비료조합 안형덕전무님께 감사를 드리며, 오늘 심포지엄을 준비에 함께 해주신 농어촌공사와 김석철 토양비료학회장님 등 관계 기관 분들께 감사드립니다.

최근 대통령께서 ‘2050 탄소중립 비전(2020.12.10)’을 선포했습니다. 전 세계가 기후변화 대응을 위한 적극적인 실천은 거스를 수 없는 책무이며, 농업분야도 예외일 수 없습니다.

그 동안 농촌진흥청은 탄소 배출량을 줄이기 위해서 농업분야에서는 국가고유 탄소 배출계수 27종을 개발하였으며, 논물 얇게대기, 벼짚관리 등 17종의 탄소 감축기술을 개발하여 왔습니다.

토양분야에서도 토양개량제처리, 완효성비료 사용, 논발전환 등의 기술을 개발하였으며, 유기농업분야에서도 질소비료 대신 녹비작물이나 부산물비료 활용, 경운방법 등을 통해 저탄소농업 기술에 학계와 현장이 함께 노력해 오신 것으로 알고 있습니다.

오늘 심포지엄을 통해 농업이 탄소중립을 위한 기술개발에 앞장서며, 특히, 탄소발생 저감을 위해 다양한 토양관리 기술을 개발하는데 있어서 참석하신 모든 분들께서 그 역할을 다해 주실 것을 기대합니다.

또한, 탄소중립과 더불어 농촌의 미래를 이끌 청년농업인 육성 및 디지털 농업기술과 빅데이터를 융합해 수량과 품질은 높이고, 비용을 절감하는 기술도 함께 개발해 나가야 하겠습니다.

탄소중립은 모두에게 어려운 문제이지만, 누구에게도 피할 수 없는 과제입니다. 우리나라가 코로나 19를 잘 극복했듯이 탄소중립 문제도 슬기롭게 해결할 수 있다고 생각합니다.

다시 한 번 심포지엄에 참여해 주신 분들께 감사드리며, 개회사를 대신합니다.

감사합니다.

2021년 3월 11일

농촌진흥청장 허태웅

환영사



한국토양비료학회장 김석철

여러분 반갑습니다.

한국토양비료학회장 김석철입니다. 법정기념일인 2021년 3월 11일에 “Net-zero 시대 토양·비료의 가치 있는 활용”을 주제로 ‘제6회 대한민국 흙의 날 심포지엄’을 열게 된 것을 매우 뜻깊게 생각합니다.

‘흙의 소중함’ 알리는 이 자리에 축사를 해주신 농어업 농어촌 특별위원회 정현찬 위원장님께 감사의 말씀을 드립니다. 그리고 바쁘신 중에도 이 자리에 함께 해주신 농촌진흥청 허태웅 청장님께도 감사드립니다. 진행을 맡은 농어촌공사 이승헌 박사님, 좌장을 맡아주실 경북대학교 박만 교수님, 종합토론을 맡아주실 국립농업과학원 김경미 농업환경부장님께 고맙다는 말씀을 드립니다.

더불어 주제발표를 해주실 경상대학교 김필주 교수님, 국립농업과학원 박성진 박사님과 안난희 박사님, 제주대학교 현해남 교수님과 토론자님들께도 감사드리며, 본 심포지엄에 온라인으로 참여하고 계신 흙을 사랑하는 모든 분들께 깊은 감사의 말씀을 전합니다.

흙은 모든 생명의 근원이며 농업의 근간입니다. 인류문명은 토양자원의 개발과 이용을 통하여 발전해 왔습니다. 토양을 잘 이용하고 관리한 문명은 번영을 누렸으나, 제대로 관리하지 못한 문명은 흔적도 없이 사라졌다는 사실에서 다시 한 번 흙의 중요성을 확인할 수 있습니다.

또한 토양은 기후변화와도 직결됩니다. 토양 내부에 탄소를 저장하지 않으면 대기중의 이산화탄소나 메탄가스 농도는 계속 올라가기 때문에 토양을 잘 관리하는 것이 기후변화를 막는 지름길이라고 할 수 있습니다.

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

그런 면에서 오늘 심포지엄이 ‘건강한 흙’이 기후변화에 주는 영향과 Net-zero 시대 구현을 위한 토양·비료가치에 관한 지식을 공유하고 ‘건강한 농촌 만들기’의 새로운 정책대안을 모색해 국민행복을 실현시키는 발표와 토론의 장이 되기를 기대합니다.

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.

2021년 3월 11일

한국토양비료학회장 **김석철**

축사



농어업농어촌특별위원회위원장 정현찬

여러분 반갑습니다.

대통령직속 농어업 농어촌 특별위원회 위원장 정현찬입니다. 제6회 대한민국 흙의 날 기념식이 열리게 된 것을 기쁘게 생각하며 진심으로 축하합니다. 흙수저라는 신조어에서 볼 수 있듯이 흙에 대해 하찮게 여기는 경향이 있습니다.

그러나, 흙은 농업의 기반일 뿐만 아니라 환경과 생태계를 위해 너무나 큰 가치를 가지고 있습니다. 하루 세끼 먹는 모든 것들이 흙에서 나옵니다. 그러므로, 이보다 소중한 것이 어디 있겠습니까.

50년전 뿌린 농약이 지금도 흙속에서 검출 된다고 합니다. 후손에게 물려쓰는 흙을 건강하게 만들고 생태계를 보존하기 위해 농민은 물론 국민 모두가 함께 힘쓰면 좋겠습니다.

오늘 이 심포지엄을 통해서 모든 국민이 흙이 가진 공익적 가치를 이해하면서 그 고마움을 잘 깨닫고 보전하는 계기가 되길 바랍니다.

다시 한 번 흙의 날을 기념하여 개최되는 학술 심포지엄을 축하드리며, 함께하신 모든 분들의 건강과 행복을 기원 드립니다.

고맙습니다.

2021년 3월 11일

농어업농어촌특별위원회위원장 정현찬

목 차 / Contents

I 주제발표

1. 기후변화시대의 토양의 기능과 가치 | 경상대학교 김필주 교수 1
2. 기후변화 완화를 위한 토양탄소 저장 | 국립농업과학원 박성진 연구사 27
3. 유기농의 원칙을 통해 바라본 토양가치 | 국립농업과학원 안난희 연구사 45
4. Net-zero시대의 흙의 건강 | 제주대학교 현해남 교수 61

II 종합토론 『Net-zero 시대 토양·비료의 가치있는 활용』

1. 강원대학교 교수 양재의 87
2. 단국대학교 교수 윤성탁 89
3. 경희대학교 교수 유가영 93
4. 유기질비료조합 전무 안형덕 95

I

주 제 발 표

1. 기후변화시대의 토양의 기능과 가치

경상대학교 농생명과학대학 교수 김필주

연락처 : 010-2387-6649

E-mail : pjkim@nongae.gsnu.ac.kr



기후변화시대

토양의 기능과 역할 : 도전과 기회

2021년 3월 11일 (목)

김필주
경상대학교 농업생명과학대학

(Senegal, Africa)

[박태웅 칼럼]

아이뉴스24

“ 눈 을 떠 보 니 선진국 이 돼 있었다 ”

1. 정의 (定義, definition) 하는 사회
2. 데이터 (data) 기반의 사회
3. 중산층이 두터운 사회
4. 협상 (deal) 하는 사회

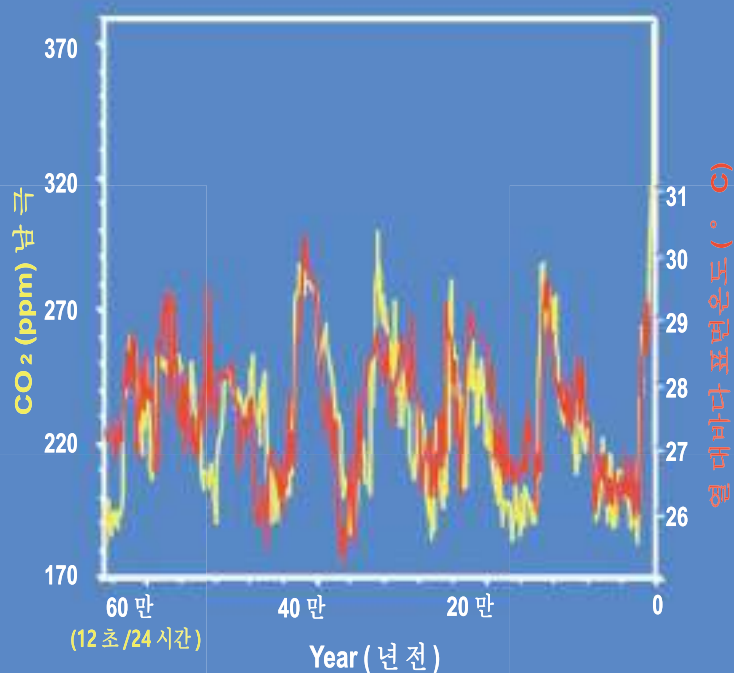
(2021.1.7)

“ Net-zero 시대 토양·비료의 가치 있는 활용 ”

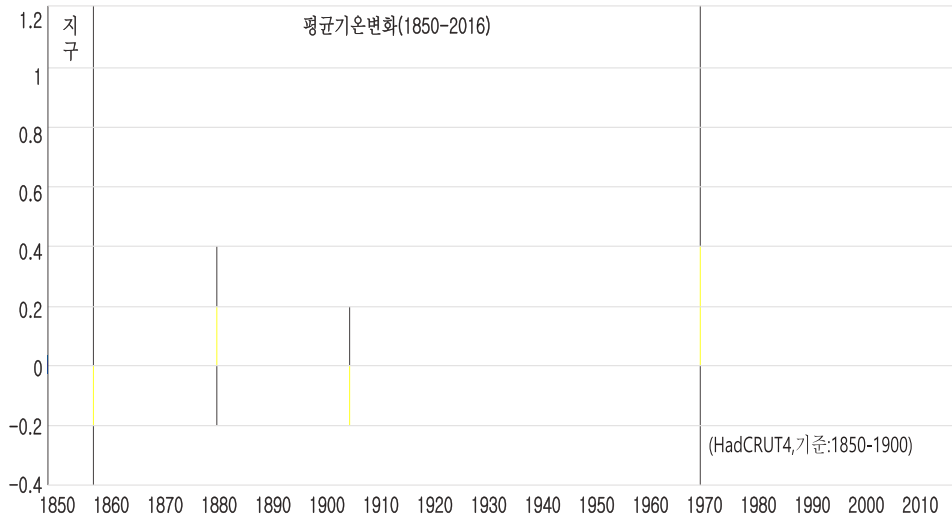
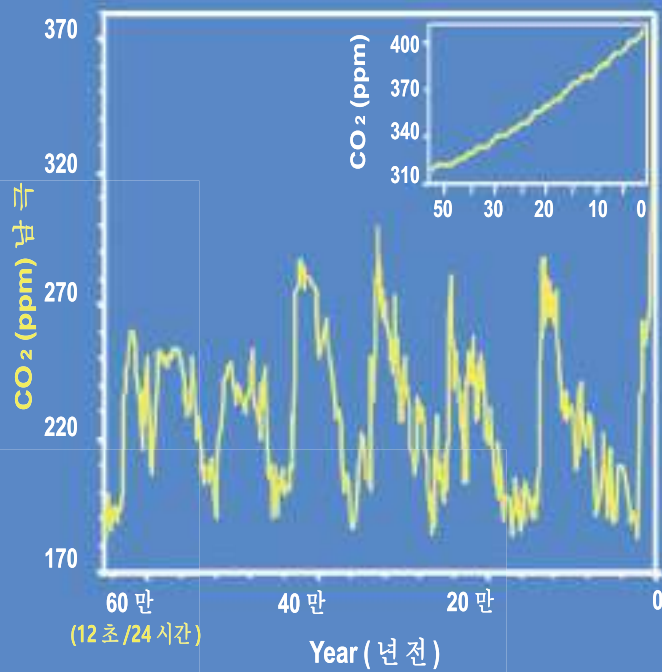
[기후변화시대 토양의 기능과 역할: 도전과 기회]

1. Net-zero: 탄소중립 (Carbon neutral)
2. 기후변화: 이상기후 (온난화, 폭염, 폭우, 폭설, 태풍, 가뭄 등) 심화
3. 토양의 기능: 온실가스 배출원 (source) 과 소화원 (sink)
4. 도전과 기회: 생태계, 식량, 건강, 산업과 사회구조 등

기후변화 시대의 도전

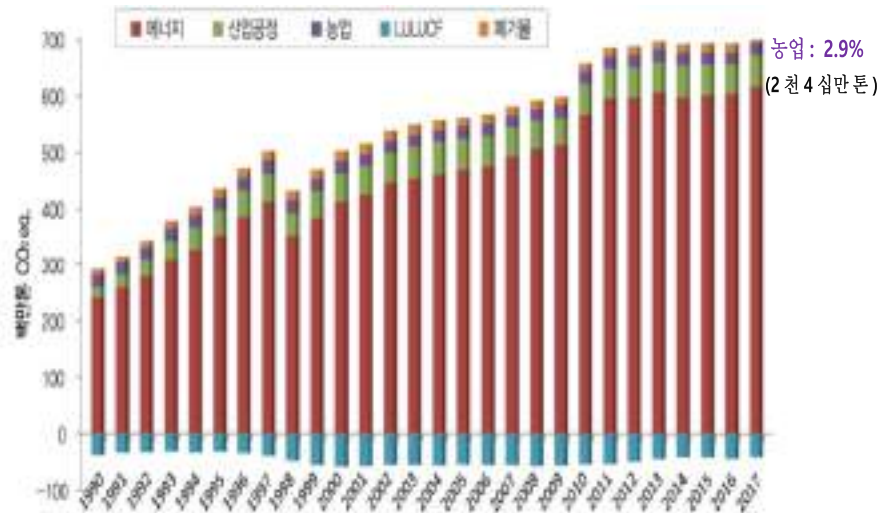


기후변화
시대의
도전



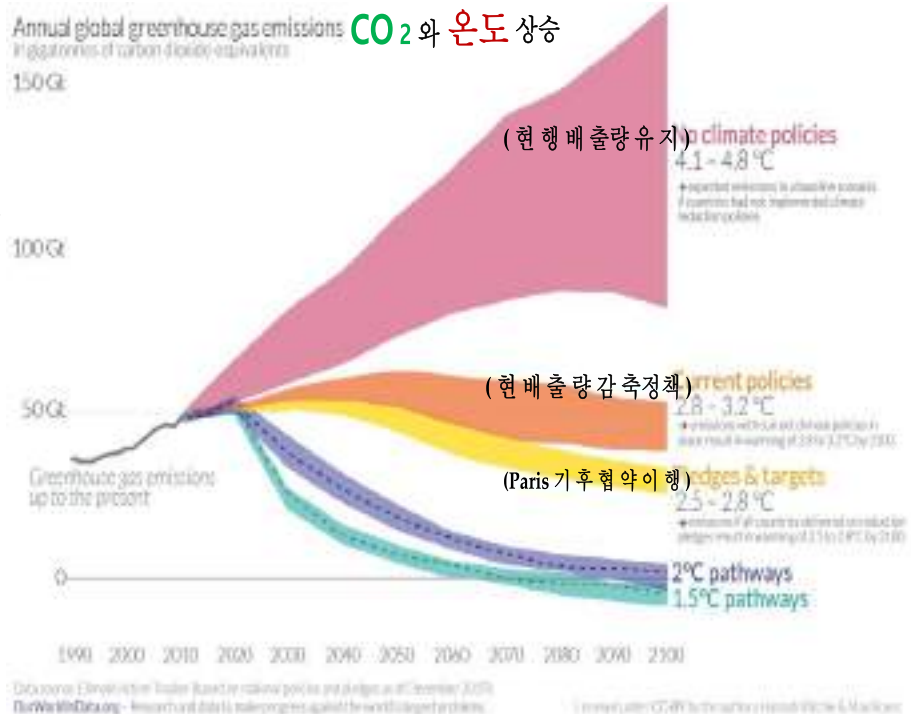
✓ 2016 지구평균기온: 1.1 °C 상승

기후변화 시대의 도전



[우리나라 분야별 온실가스 배출량 및 흡수량 변화 (1990-2017)]

기후변화 시대의 도전



기후변화
시대의
도전

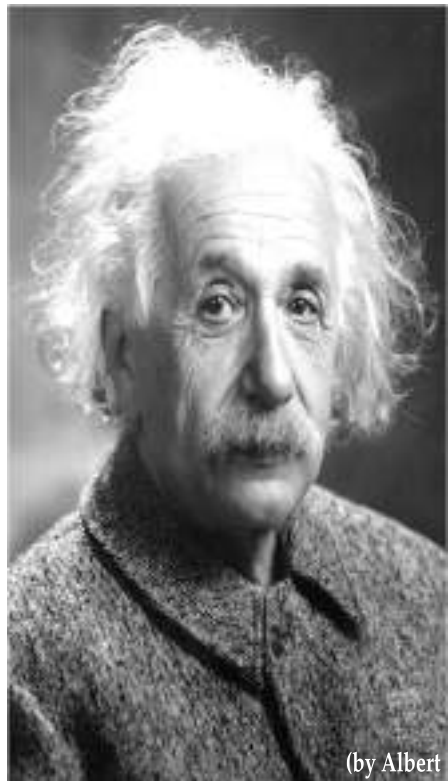
" 2050 탄소중립 : 5 대 기본방향 "

1. 깨끗하게 생산된 전기·수소 의 활용 확대
2. 디지털 기술과 연계한 혁신적인 에너지 효율 향상
3. 탈탄소 미래기술 개발 및 상용화 촉진
4. 순환경제 로 지속가능한 산업 혁신 촉진
 - 원료의 재활용·재사용 극대화, 에너지 투입 최소화
5. 산림, 갯벌, 습지 등 자연·생태의 탄소 흡수 기능 강화
 - 유희토지 신규조림 확대, 산림경영 촉진 (산림연령↓, 목재이용↑)

기후변화
시대의
도전

"Insanity is doing the
same thing over and
over again and
expecting different
results"

[어제와 똑같이 살면서 다른 미래를
기대하는 것은 정신병 초기증세다]



(by Albert)

기후변화로
부터기회
만들기

➤ 기후변화(온난화) 완화기술 개발

- 온실가스 배출량 감축기술 개발
- 온실가스 격리기술 개발

→ 탄소농업 (Carbon farming)

➤ 기후변화 적응기술 개발

- 새로운 우수품종 육성
- 적정 재배 (토양 / 시비관리) 기술 개발

➤ 기후변화 활용기술개발

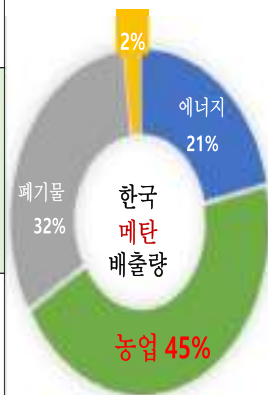
- 기능성 열대 신자원 발굴
- 기능성 열대 작물 이용기술



기후변화로
부터기회
만들기

✓ 주요 온실가스 배출원

온실가스	온난화지수	주요발생원	기여도	가격(만원/톤)
이산화탄소 (CO ₂)	1	- 에너지/산업분야 - 농업/산림:소화원	76%	4-5
메탄 (CH ₄)	21-25	- 습지,매립장등 - 배재배(배출의10%) - 반추동물 - 축산분뇨처리	16%	92-115
아산화질소 (N ₂ O)	298-310	- 산업부문 - 농경지:투입질소 - 화학&유기질비료 - 축산분뇨	6%	1,240-1,550



기후변화로
부터기회
만들기

배출권거래제와 온실가스 감축사업

배출권거래제 참여 경제 내에서의 내부감축과 경제 밖에서의 외부감축으로 분류
탄소시장에서의 감축사업은 대체로 외부에서 발생하는 활동을 지칭



기후변화로
부터기회
만들기

배출권거래제 외부사업

외부사업을 통해 발생한 온실가스 감축실적은 배출권거래제 할당 배출권과 동등하게 인정
배출권거래제 참여 기업이 감축실적 구매, 사업자는 판매 수익을 통해 감축 노력 보상

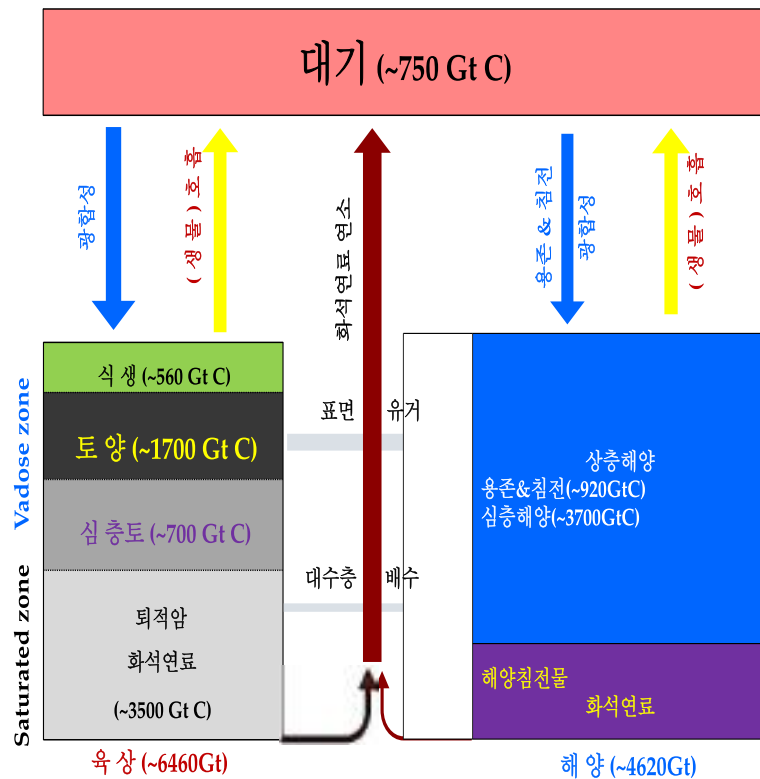
· 외부사업 요건

주체	사업자는 외부사업 발굴, 시행, 운영 책임 할당대상업체, 목표관리대상업체, 공공기관, 기업, 지자체, 단체 등 모두 가능
위치	할당대상업체 조적경제 외부 국내, 해외 모두 가능
시기	2010년 4월 14일 이후에 발생한 사업
내용	자발적 온실가스 감축 활동 - 법, 규정에 의한 의무가 아니어야 함. - 승인 방법론이 존재하는 온실가스 감축 활동 - 방법론 없을 경우 사업 불가
기준	'외부사업 타당성 평가 및 감축량 인증에 관한 지침' '온실가스 배출권거래제 운영을 위한 감축지침'

· 외부사업 운영 체계



기후변화로
부터기회
만들기



기후변화로
부터기회
만들기

SOIL : THE SECRET

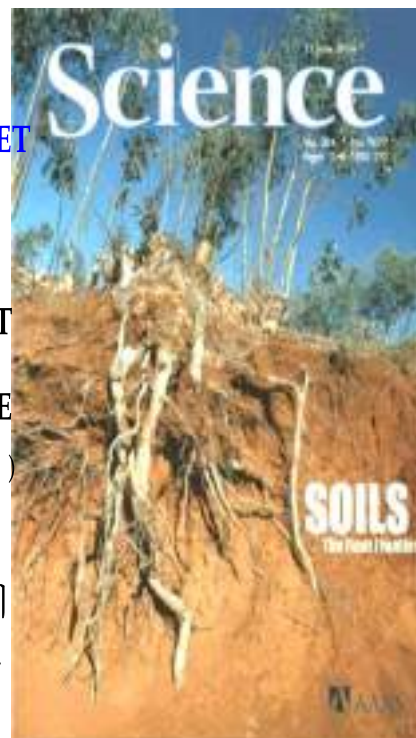
WEAPON IN THE

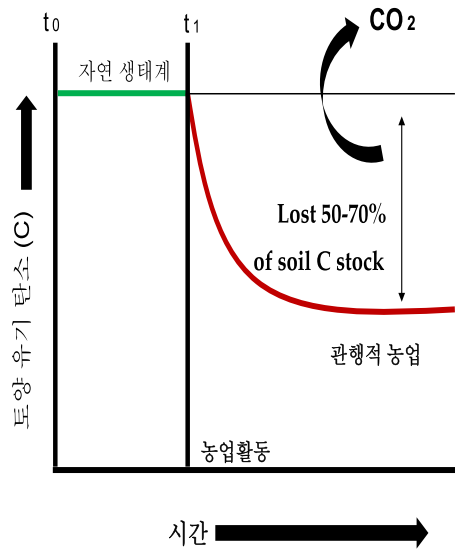
FIGHT AGAINST

CLIMATE CHANGE

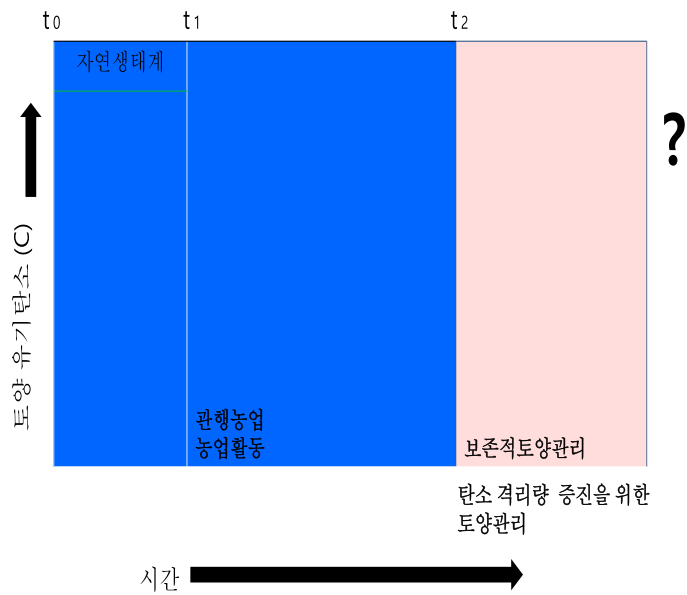
(BY NRDC- 미국천연자원보호협회)

‘흙’은 기후변화에 대항하기
위한 비밀무기’



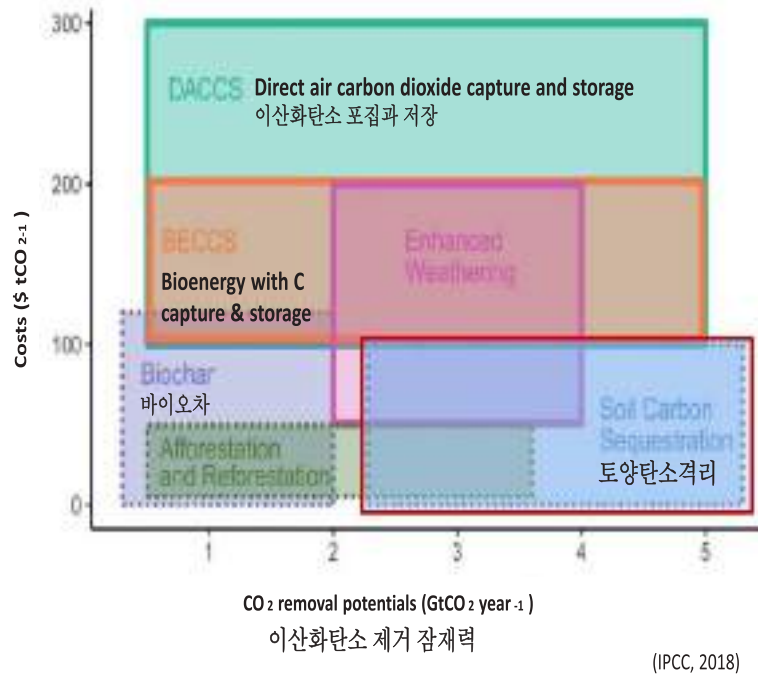


✓ 기후변화 기회 만들기 : 탄소 격리



✓ 기후변화 기회 만들기 : 탄소 격리

기후변화로
부터 기회
만들기



기후변화로
부터 기회
만들기



기후변화로 √ 프랑스 INRA: [4 per 1000 Initiative (4 퍼밀계획)]

부터 기획
만 들기



“식량안보”
&
“기후변화 대응”

- 2015 년 12 월 1 일 파리에서 기후변화 완화를 위해 국제적 실천운동으로 발족
- 토양 (30-40 cm 깊이) 유기탄소 를 매년 4‰(0.4%) 증가시켜 지구온난화를 +2° C 이내 조절 목표
 - 토양피복 및 무경운, 초생대와 간작, 적정 목초지 관리, 물과 비료관리, 혼농림업, 불량지 복원 등

기후변화로
부터 기획
만 들기



✓ **Healthy Soils Program(HSP- 흙 살리기 운동)**

- 토양탄소격리량: **농가 인센티브 제공** (탄소배출권 거래 수익)
 - 무경운, 최소경운
 - 피복작물 재배
 - 퇴비사용 등

기후변화로
부터 기획
만 들기

✓ 일본: [**환경보전형 농업직접지불**] 사 업

-2009-2015(8 년 간): 시범사업 후, 2014 년부터 본사업 추진

-(지 원활동) 화 학비료 및 농 약 50% 이 상 저 감에 효 과적이고,

“ **지 구온난화 방 지** ” 및 생 물다양성 보 전에 효 과가 있 는 영 농활동

➢ 온실가스 감축량 산정 웹사이트 (<http://www.naro.affrc.go.jp>) 운영

- **농경지 온실가스 감축량 산장식** 개발하여 2015 년부터 개설 운영



< 평가절차: **RothC Model** >

활동지역선택 (기상 / 토양정보 반영)

→재배작물 선정

→ **녹비작물** 선정

→ **퇴비 및 화학비료** 투입량 입력

→ 토양 탄소 저장량 계산

→ 온실가스 (CO₂) 감축량 환산

기후변화로
부터 기획
만 들기



기후변화로
부터 기회
만 들기

[농림축산식품부]

"제2차 농업·농촌분야 기후변화 대응 기본계획"

<2021년(5대) 핵심 추진 과제>

✓ 농업·농촌 탄소중립 및 기후변화 적응

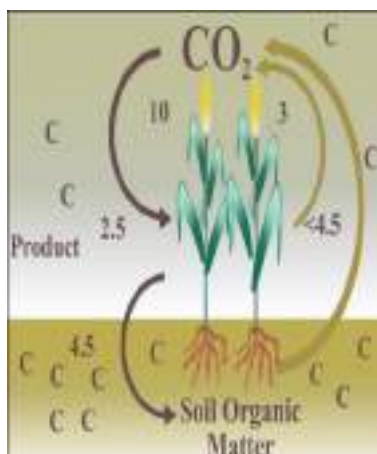
- 온실가스 배출량 감축: '17년 20.4 백만톤 CO₂-eq. → '30년 19.0 백만톤 이하(6.9% ↓)

분야	실천방안
경종 (논·밭)	-온실가스저감농법개발및보급확대 (논물엿게대기, 비료·농약의지능형정밀살포기술등)
축산	-적정사육규모유지 -축산분뇨에너지화및정화처리시설확대 -저메탄사료개발및보급

✓ 토양 탄소 축적량 증대를 통한 온실가스 감축

○ 토양 탄소격리 (Soil Carbon Sequestration)

- 이산화탄소 (CO₂) 가 식물체 흡수되고 토양 내 부식화를 통해 안정한 유기탄소로 전환되는 과정



토양관리기술	유기물 축적율(kg C/ha/년)
유기성토양개량제투입(organic amendments)	200-300
보존경운(conservation tillage)	100-400
겨울피복작물재배(winter cover crop)	50-200
토양비옥도관리(soil fertility management)	50-100
품종개량(use of improved varieties)	5-100
조지중심순환농법(forage based rotation)	5-200
하절기휴경최소화(elimination of summer fallow)	5-200

(Source: Lal et al., 1998)

Biochar 이용 토양 탄소 거래 권 확보

Eq. 2.25A : Annual change in **Biochar Carbon stock** in mineral soils receiving Biochar

$$\Delta BC_{Mineral} = \sum_p^n (BC_{TOT_p} \times F_{C_p} \times F_{perm_p})_{p=1}$$

ΔBC : 총 C 축적량 변화 (tones sequestered C yr⁻¹)

BC_{TOT_p} : Biochar 투입량 (tones biochar dry matter yr⁻¹)

F_{C_p} : Biochar 중 탄소함량 (tones C tonne⁻¹ biochar dry matter)

F_{perm_p} : 100 년 동안 잔존 가능한 Biochar 탄소 함량 (tones C ton⁻¹ biochar C)

n : biochar 종류

✓ 토양 탄소 축적량 증대를 통한 온실가스 감축

➤ (농진청) 표준시비관리법에 의한 유기물 (퇴비) 시용 관리

○ 퇴구비

- 벼와 콩 : **12 톤 /ha**
- 보리와 배추 : **15 톤 /ha**
- 나머지 대부분의 작물 : **20 톤 /ha**

○ 가축분퇴비

- 돈분퇴비 : 퇴 (구) 비 시용량의 **22%**
- 계분퇴비 : 퇴 (구) 비 시용량의 **17%**



기후변화로
부터 기회
만 들기

$$\Delta BC_{Mineral} = \sum_{p=1}^n (BC_{TOTp} \times F_{Cp} \times F_{perm_p})$$

✓ **Biochar** 시용을 통한 탄소 거래권 확보 가능량

처리량: 20 톤/ha (현장: 1.0-2.0 톤/ha)

원료: 목질계 biomass

Biochar 제조 온도: 350-450 °C

F_{Cp} : 0.77 ± 42

F_{perm_p} : 0.65 ± 42

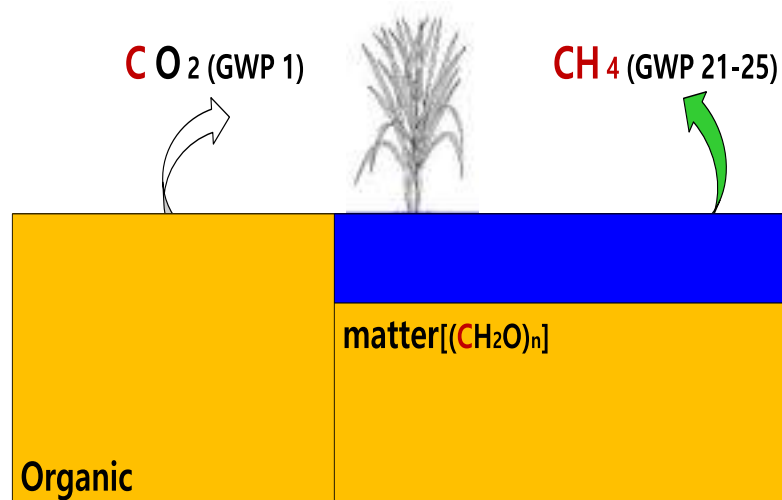
$\Delta BC = 20 \text{ 톤/ha} \times 0.77 \times 0.65 = 10.01 \text{ tone C} = 36.7 \text{ tone CO}_2/\text{ha}$

경제적 가치: 4-5 만원 /ton CO₂ x 36.7 tone CO₂/ha

= 약 146.8-183.5 만원/ha (현장: 7.3-14.6 만원/ha)

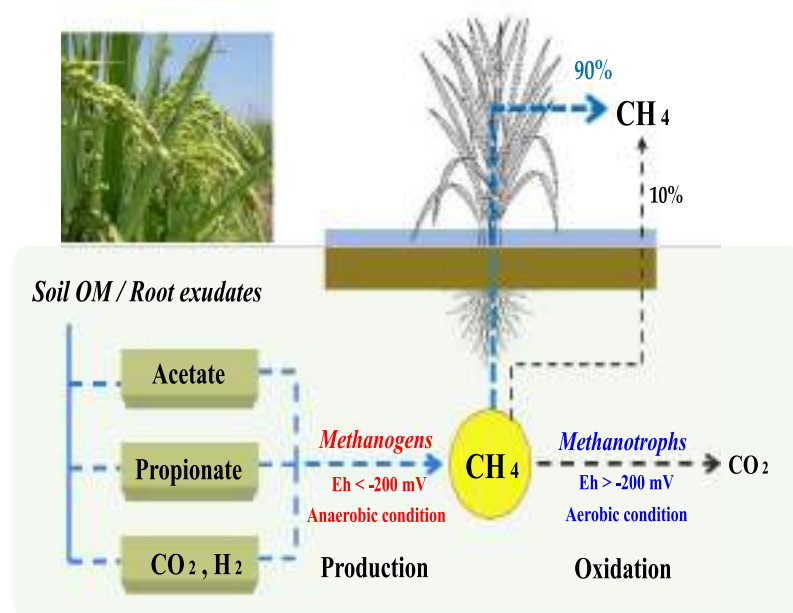


기후변화로
부터 기회
만 들기



기후변화로 부터 기회 만들기

✓ 벼논에서 메탄 생성 과 배출 경로



기후변화로 부터 기회 만들기

✓ 메탄 배출량 저감기술

- 물 관리 (간단관개, 중간낙수)
- 유기물 관리 (퇴비, Biochar)
- 경운 관리 (무경운, 최소경운)
- 품종 관리

▪ 시비 (비료) 관리

- Specific or non-specific inhibitors
- Electron acceptors

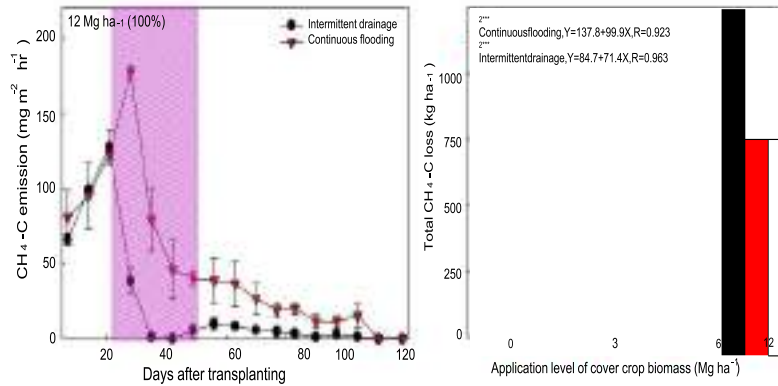
- 기타

(USEPA & USDA)



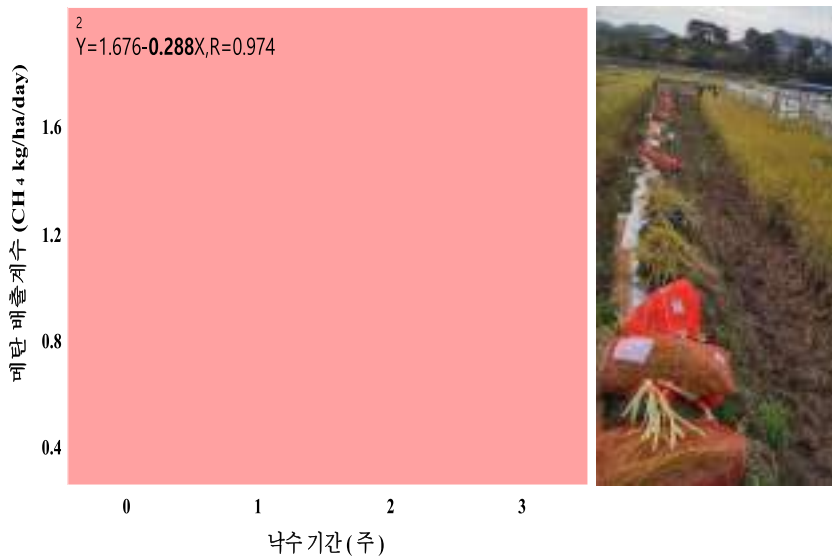
기후변화로 부터 기회 만들기

✓ 중간낙수 (midseason drainage) 효과



기후변화로 부터 기회 만들기

✓ 중간낙수 (midseason drainage) 효과



기후변화로
부터 기회
만 들기

✓ 국제농업의 진출

- 아프리카 세네갈 농업개발사례를 통한 방안 모색



기후변화로
부터 기회
만 들기

✓ 세네갈 일반현황

-St. Louis: 건조사막지역



기후변화로
부터 기획
만 들기

✓ 세네갈 일반현황



기후변화로
부터 기획
만 들기

✓ 세네갈 농업개발

-Diamba Dam: 수자원 확보



기후변화로
부터 기회
만 들기

✓ 세네갈 농업개발

- 농경지 개발계획 (쌀 자급률 40% → 100% 목표)



기후변화로
부터 기회
만 들기

✓ 세네갈 농업개발

-Senegal river basin 주변 농지개발



기후변화로
부터 기회
만 들기

✓ 물 관리를 통한 메탄 배출량 저감의 경제적 효과 (세네갈)

1. 메탄 배출계수 : IPCC - **1.3 kg/ha/day** (한국 -2.32 kg/ha/day)
2. 벼 재배일수 : 130 일 / 회 * 2 모작
3. 메탄 총 배출량 : $1.3 \text{ kg/ha/day} \times 130 \text{ day} \times 2 \text{ times/year} = \mathbf{338 \text{ kg/ha/year}}$
4. **중간낙수** (midseason drainage) 에 의한 메탄배출량 저감효과 : **40%**
5. 중간낙수 메탄 (CH₄) 배출 저감량

$$= \text{총 메탄 배출량} \times 0.4$$

$$= 338 \text{ kg CH}_4 / \text{ha/year} \times 0.4$$

$$= \mathbf{135.2 \text{ kg CH}_4 / \text{ha/year}}$$
 (한국 : 119.6 kg CH₄ /ha/year)
6. 이산화탄소 (CO₂) 환산 저감량

$$= \text{메탄 저감량} \times \text{온난화 지수 (GWP)}$$

$$= 135.2 \text{ kg CH}_4 / \text{ha/year} \times 23$$

$$= \mathbf{3.110 \text{ 톤 CO}_2 / \text{ha/year}}$$
 (한국 : 2.75 톤 CO₂ /ha/year)

기후변화로
부터 기회
만 들기

✓ 물 관리를 통한 메탄 배출량 저감의 경제적 효과 (세네갈)

6. 이산화탄소 거래단가 : 4-5 만원 / 톤 CO₂
7. 이산화탄소 판매가격 (수익)

$$= \text{CO}_2 \text{ 감축량 (톤)} \times \text{단가}$$

$$= 3.110 \text{ 톤 CO}_2 / \text{ha/year} \times 4\text{-}5 \text{ 만원 / 톤 CO}_2$$

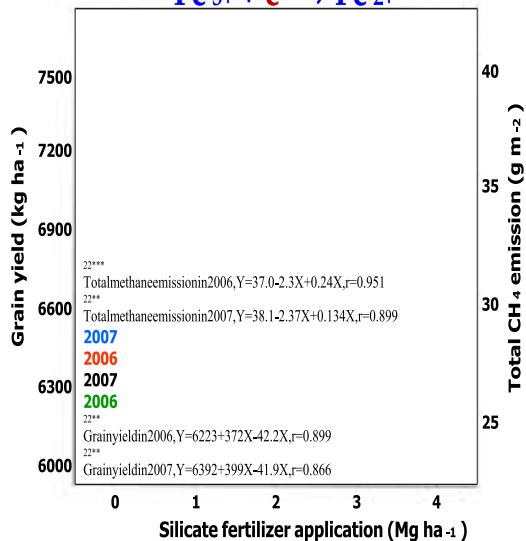
$$= \mathbf{124,400 - 155,500 \text{ 원 /ha/year}}$$
 (한국 : 110,000 - 137,500 원 /ha/year)
8. 사업지구면적 : **1500 ha**
7. 이산화탄소 판매수익 (예상)

$$= 124,400 - 155,500 \text{ 원 /ha/year} \times 1500 \text{ ha (사업지구)}$$

$$= \mathbf{186,600,000 - 233,250,000 \text{ 원 /year}}$$

기후변화로
부터 기회
만 들기

✓ 규산질 비료 : 메탄 배출량 과 정조수량



(Ali et al. 2008. AFE 128: 21-29)

기후변화로
부터 기회
만 들기

➤ 규산질 비료 (BFS) 의 메탄 배출량 점감효과

- 벼 재배 국가 5 개 나라에서 총 21 건 (Field test-13 건, Pot-8 건) 의 연구를 수행
- 고로슬래그 (blast furnace slag): 총 18 건 의 연구 (Field test-13 건, Pot-5 건) 가 수행
- 제강슬래그 (revolving furnace slag): 총 3 건 의 연구 (Pot test-3 건) 가 수행

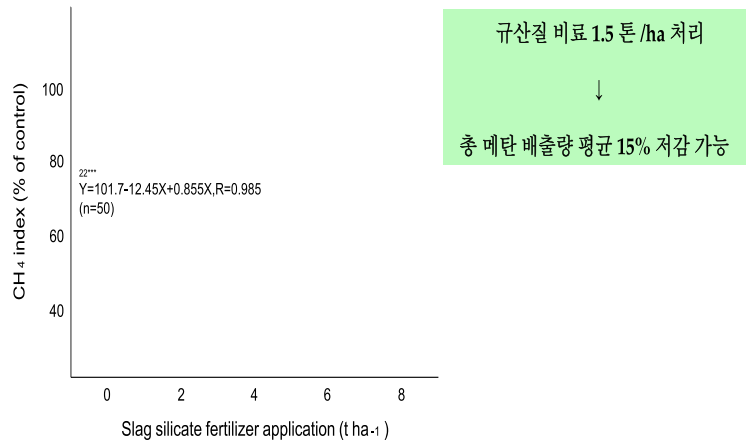
	조사국가		시험(Test)형태			
	수	국가	Incubation	Pot	Field	합
고로슬래그 (blastfurnace slag)	5	한국, 중국, 일본, 인도네시아, 방글라데시	2	5	13	20
제강슬래그 (steelmaking slag)	1	일본	-	3	-	3
합	5	-	2	8	13	21

기후변화로
부터 기회
만들기

✓ 규산질 비료 시용효과

➢ 메탄 배출량에 미치는 영향성

- 비 재배 국가 5 개 나라 11 개 시험 (Pot 와 Field test) 에서 총 50 개의 다른 조사



8TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SOIL ORGANIC MATTER

[제 8 차 토양 유기물 국제학술심포지엄]

- ✓ 주제 : Soil Organic Matter in the Anthropocene (人類世와 토양유기물)
- ✓ 장소 : [GRAND WALKHILL SEOUL](#) , South Korea (서울 그랜드워커힐 호텔)
- ✓ 기간 : 2022 년 6 월 27 일 (월) - 6 월 30 일 (목)

기후변화는

1. 인류에게는 재앙으로 다가오고 있음

2. (토양비료) 학계와 산업계에는 기회가 될 수 있음

3. Net zero 정책을 성장동력으로 활용 전략개발 필요

- 농경지 토양 유기탄소 축적량 증대 및 온실가스 감축기술 개발을 통한

탄소농업 (Carbon farming) 기반조성 및 지원정책 개발

감사합니다

(Senegal, Africa)

2. 기후변화 완화를 위한 토양탄소 저장

국립농업과학원 토양비료과 연구사 박성진

연락처 : 010-4811-5221

E-mail : archha98@korea.kr







2050

〈 탄소중립선언, 2022.10 〉

1 토양 탄소의 중요성

- 토양 탄소의 저장은 효율적인 기후변화 완화 수단임 (IPCC, 2019)

* IPCC : 기후변화에 관한 정부간 협의체

온실가스 배출 vs 식량안보

농경지 탄소 저장



- 농업 활동은 메테인, 이산화탄소, 아산화질소 등 온실가스 배출함.
- 반면, 바이오매스 증가, 토양탄소 저장

<IPCC, 2006>

VS



- 인구증가를 대비 식량생산량 부족 예상
- 더 많은 농경지가 필요함

<CCAFS, 2010>

- 농업은 온실가스 배출도 하지만 영농 방법에 따라 저장도 가능한 산업
- 기후변화로 인해 식량생산이 감소 할 것이라고 예측

식량생산은 증가 시키고 기후변화를 줄일 수 있는 방법은? 토양 탄소 저장

토양탄소 중요성

농경지 탄소 저장

토양 탄소 기능

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

<FAO 홈페이지>



기후변화 완화의 중심

- 유엔기후변화 과학기술자문 무속기구 회의
- 농업분야의 첫번째 과학의제로 Soil Carbon을 논의함 (2010)

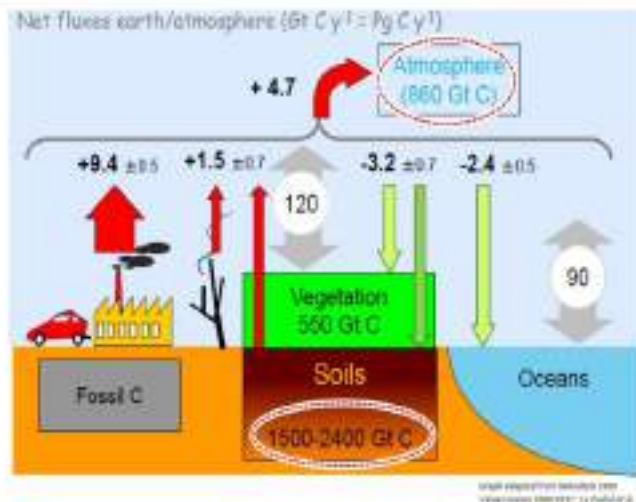
논의 내용 : 토양탄소가 기후변화에 어떻게 영향을 미칠 것인가?
어떻게 토양탄소를 저장할 수 있을까? 얼마나?
어떻게 토양탄소를 측정할 것인가 (일반된 방법)?

농촌진흥청은 농경지 토양 탄소변동에 의한 온실가스 배출량을 UNFCCC, UNCCD 등 국제기구에 보고하고 있음 (2012~)

5

토양은 거대한 탄소 저장고

농경지 탄소 저장



- 토양은 탄소를 포집 할 수 있는 포집기 이자 저장 가능한 저장고
- 전 지구의 토양 탄소 총량은 2,400 Gt(Pg, 10¹⁵) 로 대기 중 탄소량 (860) 의 2~3 배

6



2 해외 토양탄소 관리 사례

- 선진국은 이미 탄소 저장을 가시화 하여 농가에 이득을 주고 있음

프랑스의 0.4 % 이니셔티브 운동

농경지 탄소 저장

<온실가스 배출 증가 '0'을 위해 연간 0.4%의 토양탄소 환원 운동 (프랑스, 2015~)>

<토양의 탄소의 저장량 vs 대기중 배출되는 온실가스 양 (산업 등 포함)>



- 탄소 제로를 위해 토양 탄소량의 0.4% / year 를 다시 토양에 환원시켜줘야 한다고 주장
- 토양을 인위적으로 관리하는 농업이 탄소 저장의 핵심 산업임을 강조

미국 캘리포니아의 탄소 저장 지원

농경지 탄소 저장



<www.cdffa.ca.gov>



<질과 스티브 부부의 포도농장, youtube>

건강 토양 프로그램 지원 : 4050 만 달러 (약 447 억원), (2016~2019)

탄소 저장 지원 행동

- 퇴비를 많이 준다
- 경운을 최소한으로 한다
- 여러해살이 녹비 작물을 심어 겨울철에 토양 피복을 한다

9

일본의 탄소 저장 정책

농경지 탄소 저장

Japanese Institute Launches Website to Help User Calculate, Visualize Carbon Sinks in Soil

Sources: Climate Change, University of Tsukuba website



<www.japanfs.org>

표 1-1-1. 일본의 농경지용 탄소저장 기술 개발사업(CO2削減)

주요사업명	예산액 (백만원)	주요사업내용
농경지토양탄소 저장기술개발	1807	• 미시적토양분석을 통한탄소저장량조사, 토양미생물 생태계조성 등 토양탄소 저장능력 향상 기술 개발 • 토양미생물 활성도조사, 토양미생물 다양성 조사 • 토양미생물 활성도조사, 토양미생물 다양성 조사
농경지토양 탄소저장 기술개발	1807	• 토양미생물 활성도조사, 토양미생물 다양성 조사 • 토양미생물 활성도조사, 토양미생물 다양성 조사
농경지토양 탄소저장 기술개발	1807	• 토양미생물 활성도조사, 토양미생물 다양성 조사 • 토양미생물 활성도조사, 토양미생물 다양성 조사
농경지토양 탄소저장 기술개발	1807	• 토양미생물 활성도조사, 토양미생물 다양성 조사 • 토양미생물 활성도조사, 토양미생물 다양성 조사
농경지토양 탄소저장 기술개발	1807	• 토양미생물 활성도조사, 토양미생물 다양성 조사 • 토양미생물 활성도조사, 토양미생물 다양성 조사
농경지토양 탄소저장 기술개발	1807	• 토양미생물 활성도조사, 토양미생물 다양성 조사 • 토양미생물 활성도조사, 토양미생물 다양성 조사
농경지토양 탄소저장 기술개발	1807	• 토양미생물 활성도조사, 토양미생물 다양성 조사 • 토양미생물 활성도조사, 토양미생물 다양성 조사
농경지토양 탄소저장 기술개발	1807	• 토양미생물 활성도조사, 토양미생물 다양성 조사 • 토양미생물 활성도조사, 토양미생물 다양성 조사
농경지토양 탄소저장 기술개발	1807	• 토양미생물 활성도조사, 토양미생물 다양성 조사 • 토양미생물 활성도조사, 토양미생물 다양성 조사

<기후변화과제 연구용역 최종보고서, 프리즘>

대상 : 에코팜 인정 농가
단가 : 8,000 엔 / 10a (중앙정부 50%, 지방정부 50%)
녹비작물 조합, 담수 관련 등

10



3 토양탄소 보존·저장 방법

- 영농 기술 : 유기물투입, 동계작물재배, 무경운, 바이오차
- 합리적인 토지이용

토양탄소를 증가시키는 방법 : 영농기술

농경지 탄소 저장

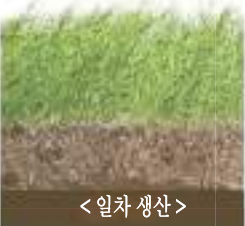
Input

- 광합성 biomass 증가
- 퇴비 투입



Output

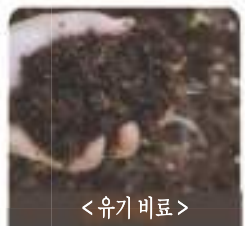
- 잔재물 환원
- 농지 유출 최소화



< 일차 생산 >



< 작물사이 재배 >



< 유기 비료 >



< 무 경운 >



< 볏짚 환원 >



< 동계 작물 >



< 바이오차 >



토양 탄소를 증가시키는 방법 : 영농기술

농경지 탄소 저장

<영농 기술별 탄소 저장 효과, 메타분석>

Management practices	n	SOC changes Mg C ha ⁻¹ yr ⁻¹
Organic inputs	16	0.45 ± 0.14 (유기물 투입)
Mineral fertilization	37	0.24 ± 0.06
Mineral + organic inputs	38	0.34 ± 0.04
Rotation	12	0.83 ± 0.17 (작부체계)
Reduced tillage	47	0.32 ± 0.06
Reduced tillage + inputs	64	0.56 ± 0.08 (감소 경운)
Mean		0.41 ± 0.1

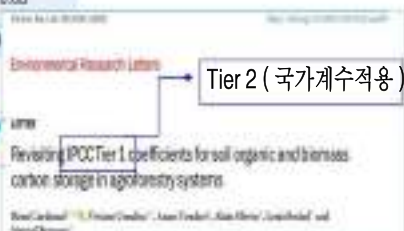


빠른분해



느린분해

V
S



<IPCC : 기후변화에 관한 정부간 협의체>

- 영농 기술별 탄소 저장 효과는 단위면적 당 증가하는 탄소량으로 산정

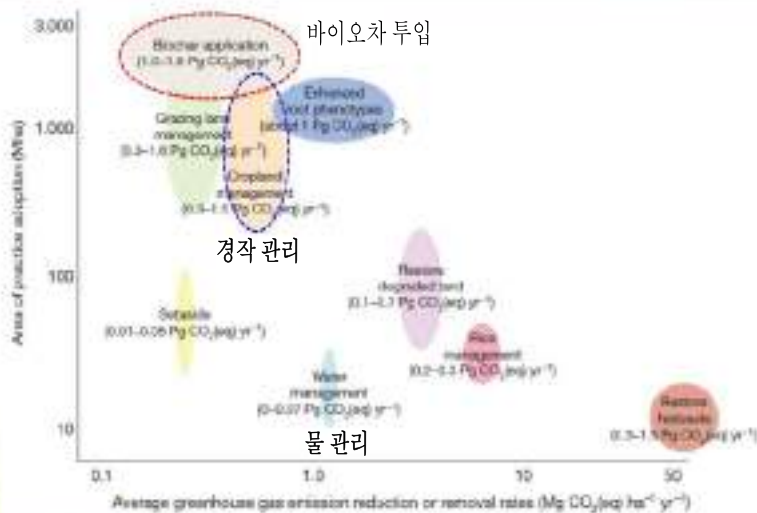
* 작부체계 > 경운 감소 + 투입 > 유기물 투입 순으로 효과가 높음

<Eujisaki et al. (2018)>

13

토양 탄소를 증가시키는 방법 : 영농기술

농경지 탄소 저장



- 2018 년 Nature 학술지에 등재된 논문에 의하면 바이오차 투입으로 인한 감축 (저장) 효과가 가장 클 것으로 기대

* IPCC 2019 개선보고서에 바이오차 투입을 인정

14

탄소를 저장하는 영농 기술의 이면

농경지 탄소 저장

탄소 저장기술의 이면 고려

퇴비 다량 투입 :
온실가스 배출, 수질 오염 가능성
무조건 많이? 적정 투입

무경운 농법 :
작물 생산, 잡초관리 등 문제 가능성

동계 작물 :
동계 작물 재배에 따른 에너지 투입

탄소 저장 능력은 부각하고,
단점은 최소화할 수 있는 기술 개발·보급 필요

15

토양 탄소를 유지 보존하는 방법 : 토지 이용

농경지 탄소 저장



* 그림 안의 숫자는 이해를 돕기 위한 상대 비교값임

탄소 함유량 (IPCC) :

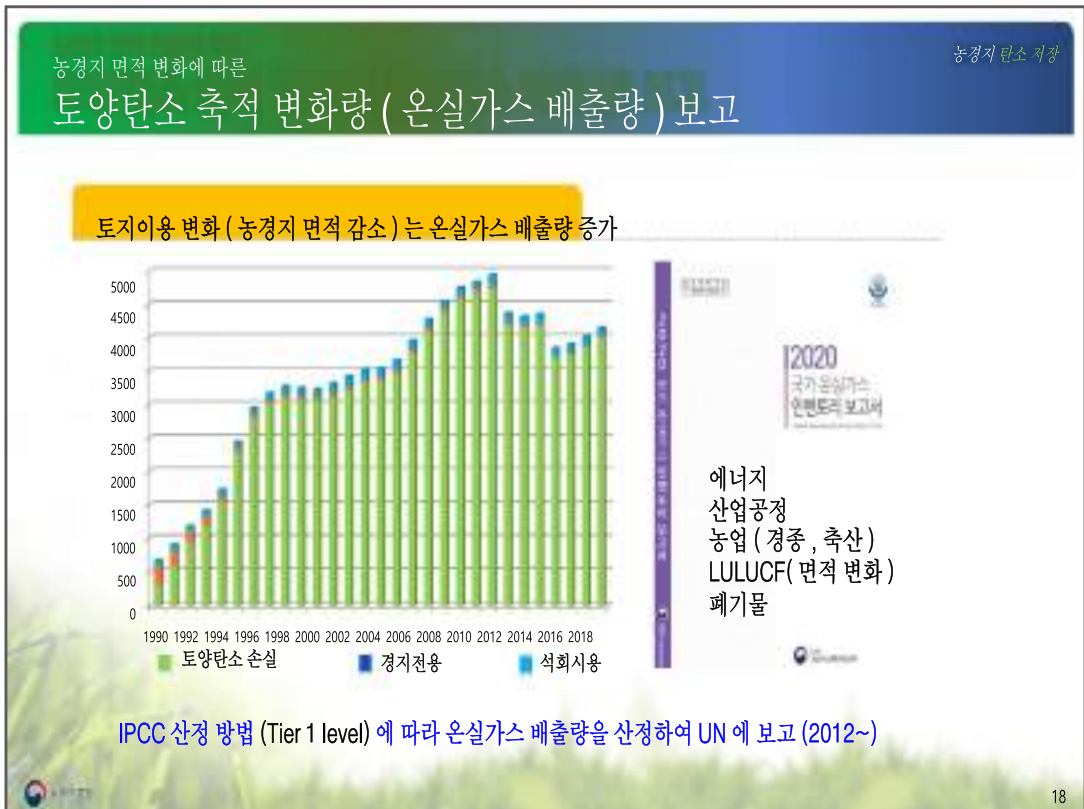
산림지 > 습지, 초지 > 과수원 > 논, 밭 > 나지 (운동장)

토양 탄소량 (t C / ha) 이 큰 토지 이용을 유지 (IPCC)

- 산림, 과수원 면적을 유지
- 습지, 초지 면적을 유지
- 도시 내 공원 조성 등
- 혼농 임업 시스템 변환
- 휴경지를 회복

우리나라에 합리적인
토지이용 필요
(나지 회복, 동계작물 등)

16



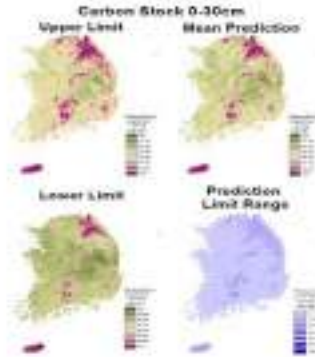
토양탄소 저장량 산정

농경지 탄소 저장

우리나라 토지의 탄소 저장량 산정 연구



<탄소 저장량 지도, 1970년대 토양자료기반>이 별 탄소 함량, 용적밀도 등 필요



- Global soil partnership(FAO) 에서 각국별 토양탄소 저장량을 산정하여 제출협의 (2017)
- 우리나라 전체의 탄소 저장량은 약 335 Mt C (34 ton C / ha) 으로 산정 (농진청, 2019)

* 연구과제 : 국가토양탄소 저장량 산정 및 예측 기술 개발 (2020~2023) 수행 중

19

국가고유계수 개발 (우리토양의 탄소함량)

농경지 탄소 저장

우리나라 토양 환경을 반영한 탄소 값 (계수) 산정

$$\Delta C_{\text{layer}} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(t-z)})}{\Delta t}$$

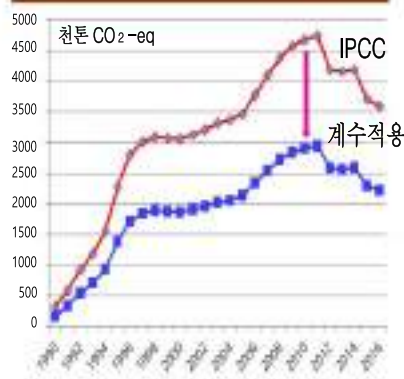
$$SOC = \sum_{i=1}^n SOC_{\text{layer}_i} \cdot F_{\text{C}_{\text{org}_i}} \cdot F_{\text{C}_{\text{mic}_i}} \cdot F_{\text{C}_{\text{L}_i}} \cdot A_{\text{L}_i}$$

토양 탄소량 (t C/ha) 이 큰 토지 이용을 유지 (IF)

Soil type	No. of soil series	SOCref of Korea	CI	IPCC default
Sandy	12	18.1	7.4	34
LAC (Low activity clay)	293	39.5	2.8	63
HAC (High activity clay)	60	63	6.3	88
Volcanic	40	110	18	80

* SOCref : 기본 토양 유기탄소 축적 계수, 보완중
CI : 신뢰구간

< 계수 적용시 농경지 온실가스 배출량 산정값



개발된 계수 (IPCC 기준참조) 적용 시 온실가스 배출량 산정 값 감소 (약 30%) 기대

* 국가고유계수 인증 신청 예정 (환경부 온실가스 종합정보센터, 2021)

20

국가고유계수 개발 (탄소 변화 계수)

우리나라 탄소 증진 기술의 효과를 정량화 (IPCC 지침 준수)

$$\Delta C_{\text{land}} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(t-T)})}{T}$$

$$SOC = \sum_{i=1}^n \left(\frac{SOC_i - SOC_{(i-1)}}{T_i} \right) \cdot T_i$$

토양탄소값 = 기본탄소값 + (논, 밭 작부체계) + (경운) + (유기물투입)



< 장기 시험포장 운영 >
벼짚 활용시 탄소 증가

토양층	작물	토양탄소 변화 계수	비고
0~10cm	벼	+1.1	기초조사
10~20cm	벼	+1.1	기초조사
0~10cm	콩	+1.1	기초조사
10~20cm	콩	+1.1	기초조사

< 국내 작부체계 (동계작물) 탄소 증진효과 >

토양층	작물	High density	Carbon sequestration rate	Storage C	Total C	비고
0~10cm	벼	1.1	1.1	1.1	1.1	기초조사
10~20cm	벼	1.1	1.1	1.1	1.1	기초조사
0~10cm	콩	1.1	1.1	1.1	1.1	기초조사
10~20cm	콩	1.1	1.1	1.1	1.1	기초조사

< 국내 유기물투입 탄소 증진효과 >

기존 연구 결과를 토대로 IPCC 기본값을 대체할 계수 산정 연구 진행

*** 연구과제 : 영농관리에 따른 토양탄소 축적 변화 계수 개발 (2020~2023) 수행 중**

21

바이오차 활용 탄소 저장연구

바이오차 (Biochar) : 바이오매스 (Biomass) 와 숯 (Charcoal) 의 합성어

바이오차를 토양에 투입하면 대기 중 탄소 농도를 저감할 수 있어 기후변화 완화를 위한 기술로 주목받음



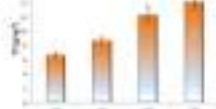
(출처 : Lehmann et al., 2011)

바이오차 탄소저장 효과 인증 (IPCC, 2019)

$$\Delta C_{\text{land}} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(t-T)})}{T}$$

바이오차 종류 및 제조 과정에 따라 100년 이상 탄소저장량 제시

바이오차 투입에 따른 토양 탄소 저장효과
처리구 : 벼추 제베지에 왕겨 바이오차 0, 5, 10, 20 t/ha 투입
왕겨바이오차 투입에 따라 토양 탄소함량 2.07~7.55 g/kg 증가
바이오차 투입량에 비례하여 탄소함량 증가

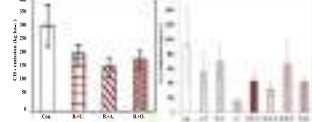


(바이오차 투입에 따른 탄소 저장량)

- 바이오차 활용 온실가스 배출 저감효과 확인

바이오차 투입에 따라 논 메탄 배출 33.4%~48.6% 저감됨
밭 아산화질소 배출 5.2%~53.3% 저감됨

(논 메탄 저감 효과) (밭 아산화질소 저감효과)



(논 메탄 저감 효과)

(밭 아산화질소 저감효과)

탄소저장 효과 기반
온실가스 감축사업 적용
방법론 개발 및 등록 ('21)

실증시험 및 모니터링 ('22~'23)

아산화질소 (N₂O) 저감효과
평가 및 최적 바이오차 활용
추천기술 개발 ('23)

*** 연구과제 : 바이오차를 이용한 적용 방법론 개발 및 현장 실용화 추진 (2021~2023)**

22

우리나라 토양탄소 격리 가능할까 ?

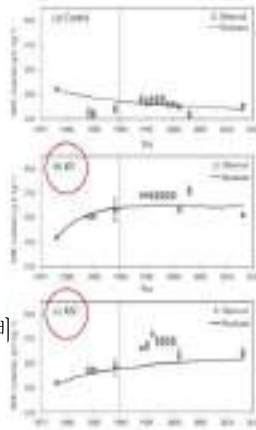
국내 장기연용 시험 포장 연구 결과

< 익산, 1979~2013>

NPK

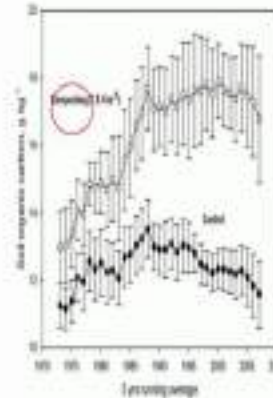
NPK + 볏짚

NPK + 볏짚 퇴비



<Ku, 2019>

< 수원, 1970~>



NPK + 볏짚 퇴비

NPK

<Kim, 2012>

- 국내 장기 연용 시험 결과 퇴비 투입구에서 유기탄소 함량의 증가 확인
- 탄소 증가의 한계는 존재

23

우리나라 토양탄소 격리 가능할까 ?

• 농업환경변동조사 일반 농경지 정점 조사 (농과원, 1999~ 현재)

논		밭		과수원		시설재배지	
조사 연도	유기물함량 (g/kg)	조사 연도	유기물함량 (g/kg)	조사 연도	유기물함량 (g/kg)	조사 연도	유기물함량 (g/kg)
1999	22	2001	24	2002	23	2000	34
2003	23	2005	25	2006	27	2004	35
2007	24	2009	24	2010	29	2008	35
2011	26	2013	24	2014	33	2012	37
2015	26	2017	27	2018	32	2016	39
2019	27						

농업환경 변동 자원 조사 결과 우리나라 농경지의 유기물 함량 증가
유기질 비료 지원 사업?

24

우리나라 토양탄소 격리 가능량 ?

우리나라에서 토양탄소 저장으로 탄소 격리는 얼마나 가능할까 ?

2
0
2
0

우리나라 표토 평균 유기물 함량 : 2.5 %

우리나라 표토 평균 용적밀도 : 1.35 g/cm³ 일때 평균 탄소함량 : 52 ton C / ha

우리나라 표토 평균 자갈함량 : 10 %

우리나라 농경지 탄소량 : 약 158 만 ha x 52 ton /ha = 82,160,000 ton C

2
0
3
0

농경지 면적을 유지한 채
만약 유기물 함량을 2.9 % 까지 올리면

일때 평균 탄소함량 : 63 ton C / ha

우리나라 농경지 탄소량 : 약 158 만 ha x 63 ton /ha = 99,540,000 ton C

격리 가능량 = 99,540,000 - 82,160,000 = 17,380,000 ton C

환산 = 63,726,667 ton CO₂ eq = 연간 약 6 백만톤 CO₂ eq

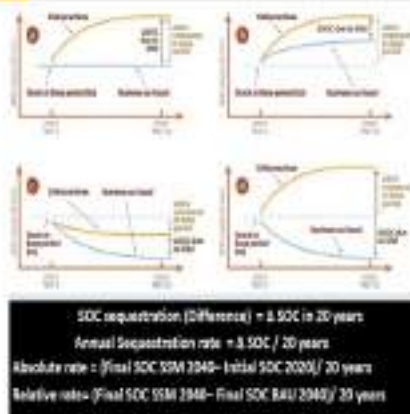
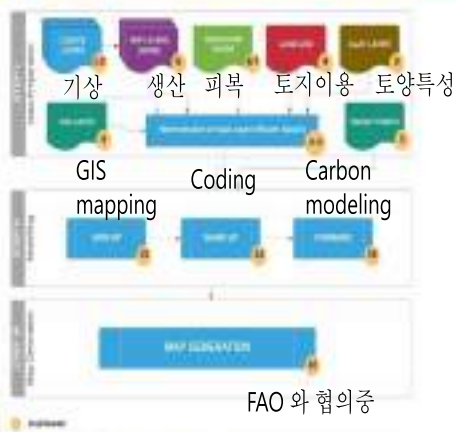
* 기상, 토양, 영농정보 등을 반영하여 고도화된 격리량 산정 필요

농업부문 연간
배출량의 30%
이상 감축 가능

25

우리나라 토양탄소 격리 가능량 ?

당장 필요한 탄소 격리 가능량 !! 좀더 과학적인 산정 ?



탄소저장관리
영농 (SSM)

지금처럼
영농 (BAU)

<토양탄소 잠재 격리량 예측>

- 토양탄소 저장을 통해 농업부문의 온실가스 감축효과 : XX 백만톤 CO₂
- 2040 년까지의 온실가스 감축 가능량 : XX 백만톤 CO₂

26



5 종합결론

결론

농경지 탄소 저장

01

토양의 탄소는 대기의 2~3 배 가지고 있으며 IPCC 2019 개선 보고서에 따르면 토양 탄소 저장은 효과적인 기후변화 완화 수단

02

선진 국가는 토양 탄소 증진을 위한 활동 시 농업인에게 인센티브를 주는 제도가 있음 . 해외 정책 사례를 분석하고 국내 도입 검토가 필요

03

토양 탄소를 증가시키는 방법은 영농방법 (무경운 , 동계작물재배 , 유기물투입 , 바이오차 활용 등) 과 합리적인 토지이용

04

농촌진흥청은 IPCC 기준에 따라 토양탄소량을 UN 에 보고하고 있으며 정밀한 산정을 위한 계수 개발과 국가 데이터를 구축함 . 또한 토양 탄소 증진 기술 개발과 실용화 연구를 수행 중임

나가야 할 길

농경지 탄소 저장

05

국내 탄소 저장관련 영농기술의 연구 결과를 **계량화 (계수화)** 하여 정책 지원 필요
- 관련 국가통계 (활동자료) 구축, 증빙을 위한 논문화 (자료화) 필요

06

탄소 저장기술의 **종합적 평가 (LCA)** 를 위한 연구·모니터링 시스템 구축
- 영농활동의 탄소 (+), 탄소 (-) 를 평가하기 위한 종합평가 연구 (온실가스 토양탄소 미생물 등)

07

2030 년 혹은 2040 년까지 국내 농경지 이용 **탄소 격리량 평가 시나리오** 작성 시급
- 온실가스 감축목표 설정과 NDC* 에 수록될 수 있도록 준비 (작업반?)
*NDC(2030 국가온실가스 감축목표)

29

토양탄소의 저장은 선택이 아니라 필수입니다.

농경지 탄소 저장

감사합니다.

국립농업과학원 박성진 연구사

3. 유기농의 원칙을 통해 바라본 토양가치

국립농업과학원 유기농업과 연구사 안난희

연락처 : 010-3692-2591

E-mail : nanhee79@korea.kr



유기농업 4대원칙을 통해 바라본 “토양의 가치”

2021. 3. 11.

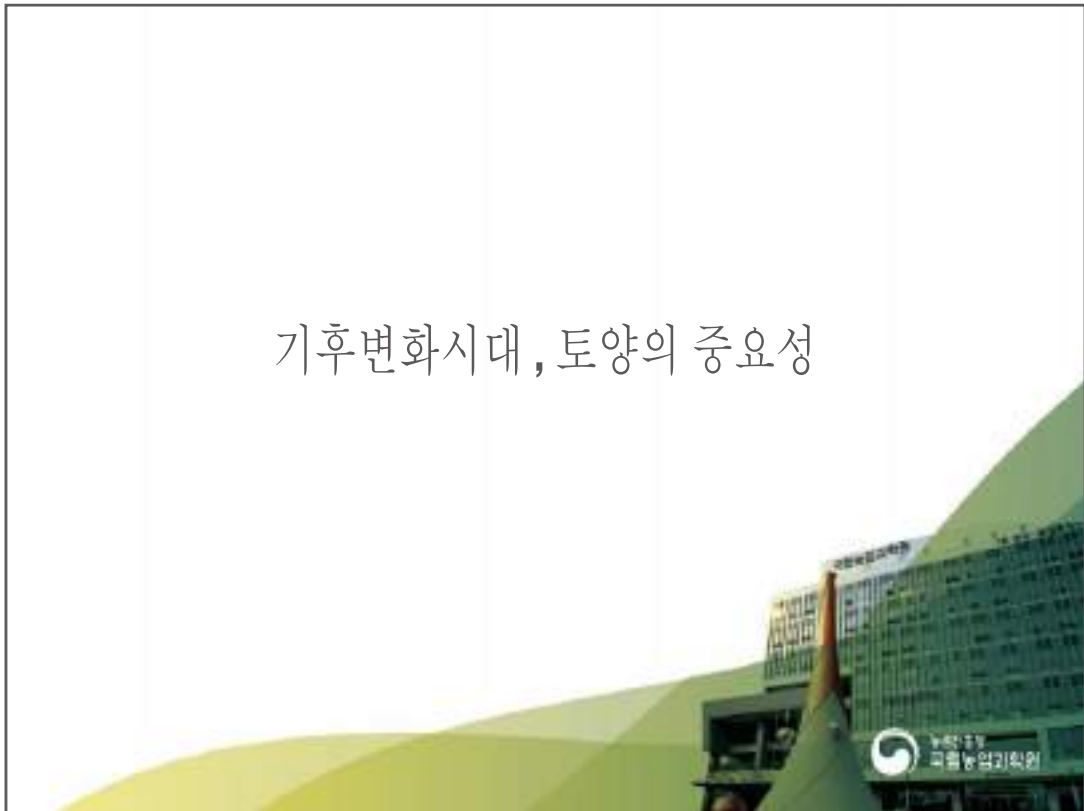
유기농업과 안난희, 이상민, 황현영, 이초롱

발표 내용



- 1 기후변화시대, 토양의 중요성
- 2 기후변화시대, 유기농업의 중요성
- 3 유기농업 4대 원칙과 토양의 가치
- 4 시사점

기후변화시대, 토양의 중요성



지속가능한 미래를 위한 새로운 질서로의 대전환



UN 지속가능 개발목표(SDGs)

2016~2030 시행
빈곤/기아 및 식량안보 등 17대 목표

파리협정

2020년부터 기후행동 참여
+1.5℃ 이내로 온난화 제어

탄소중립 비전

2050 대한민국 탄소중립 선언
추진과제 발표 (20. 12)

[SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS]



기후변화 VS 농업



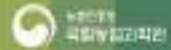
- 농업은 기후 변화에 가장 취약한 분야
 - 쌀 생산량 12.6% 감소('20)
 - 1℃ 상승 시 밀, 옥수수 수확량 10~25% 감소

- 2018 년 농업분야 총 배출량
 - 21,191 천톤 CO₂-eq.



- 기후변화 완화
 - 온실가스 (CO₂) 고정
 - 토양 내 탄소 격리
 - 지표면 온도 조절, 수자원 함양 등

탄소중립을 위한 토양의 역할



● 토양은 거대한 '탄소 저장고' 흡 살리기로 기후변화 막는다



- 탄소중립 시대, 흙의 가치 재조명
- * 대기중 탄소량의 3 배 이상 함유
- 탄소중립을 위한 흙의 역할강조

● 농업분야에서 탄소중립을 위한 활발한 움직임

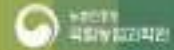


- 경운 최소화
- 피복작물 재배
- 유기물 공급

⇒ 유기농업 실천

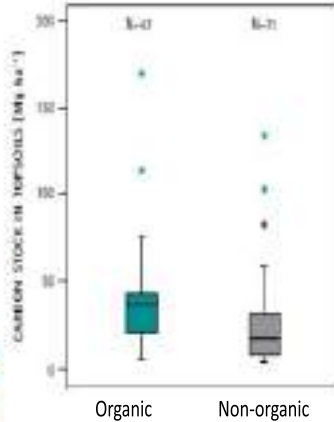
기후변화시대, 유기농업의 중요성

기후변화시대 유기농업의 역할

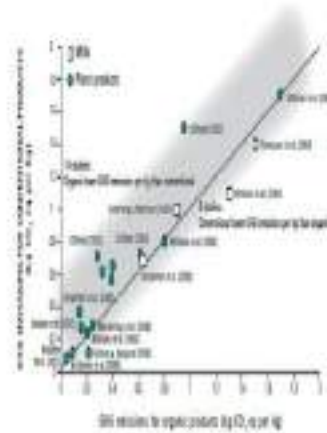


(FAO, 2011)

탄소저장량



온실가스배출량



유기농업 확대 8%('20)→25%('30) 및 온실가스 감축 도모 (유럽 그린딜)
탄소중립 넷-제로 사회를 위한 친환경농업의 역할 강화 (제 5 차 5 개년계획)

친환경농업과 유기농업의 정의



국제유기농운동연맹 (IFOAM)

토양과 생태계와 사람의 건강을 지속 시키는 생산시스템이다. 부정적인 투입재의 사용보다는 **생태적 과정, 생물다양성** 그리고 지역적 조건에 적응된 **순환**에 의존한다. 유기농업은 전통과 혁신 그리고 과학을 결합시켜 공유된 **환경을 이롭게** 하고 **생명들의 공정한 관계**를 양질의 삶을 증진 시키고자 한다.



* IFOAM: 전세계 유기농업 생산자, 유통업자, 연구자 등이 가입된 유기농업 관련 대표 민간 기구('72~)

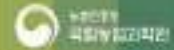
친환경농어업육성법

“**유기 (Organic)**” 생물의 다양성을 증진 하고, 토양의 비옥도를 유지 하여 환경을 건강하게 **보전** 하기 위하여 허용물질을 최소한으로 사용하고, 유기농산물 인증기준에 따라 유기식품을 생산, 제조, 가공 또는 취급하는 일련의 활동과 그과정을 말한다.

“**친환경농업**” 생물의 다양성을 증진 하고 토양에서의 **생물적 순환과 활동을 촉진** 하며, 농어업생태계를 건강하게 보전하기 위하여 합성농약, 화학비료, 항생제 및 항균제 등 화학자재를 사용하지 아니하거나 사용을 최소화한 **건강한 환경**에서 농수산물을 생산하는 산업



유기생산 체계



유기생산 원칙 (CODEX)

- 적절한 품종선택 및 유기종자
- **윤작 실천**
- **토양 비옥도 관리**
- 병해관리
- 해충관리
- 잡초관리

* CODEX(식품규격위원회) '유기식품의 생산, 가공, 표시 및 유통에 관한 가이드라인'

유기농업 토양관리 방법 (우리)

- **계획적인 윤작과 피복작물의 이용**
 - 양분공급 효과, 병해충 잡초방제, 유기물공급
 - 질소용탈 억제, 토양유실 저감, 양분저장
- **퇴비, 볏짚, 전작물의 잔사 활용**
 - 외부 양분투입 최소화, 지역내 양분 순환
- **토양 경운법의 적절한 활용**
 - 최소 경운, 무경운에 의한 작물재배

유기농업 실천은 토양 탄소 저장 및 기후변화 완화 기여

유기농업 원칙과 토양의 가치

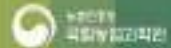
유기농업의 4대 원칙



- 국제유기농운동연맹 제 15 차 총회에서 유기농업의 4 대 원칙을 채택 (2005)
- **건강·생태·공정·배려** 라는 원칙아래 전 지구가 얻고자 하는 목표를 추구



건강 (Health) 의 원칙



사람 뿐 아니라 토양, 식물 등 모든 생태구성원이 함께 건강한 것을 의미

- 윤작
- 초지
- 피복작물
- 다년생 작물
- 무경운
- 최소 경운



- 윤작
- 유기질 비료
- 두과작물
- 경축순환
- 피복
- 최소 경운
- 초지
- 피복작물
- 풋거름작물

(climate Hubs, USDA)

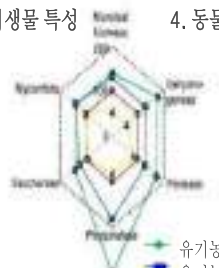
1. 물리적 특성



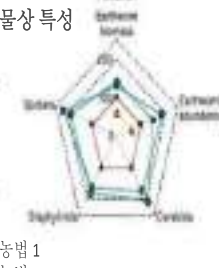
2. 화학적 특성



3. 미생물 특성



4. 동물상 특성

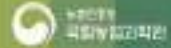


유기농법 1
유기농법 2
축분
무기질비료

(Maeder et al., 2002)

유기농법으로 토양 비옥도 및 생물다양성 향상됨

건강 (Health) 의 원칙

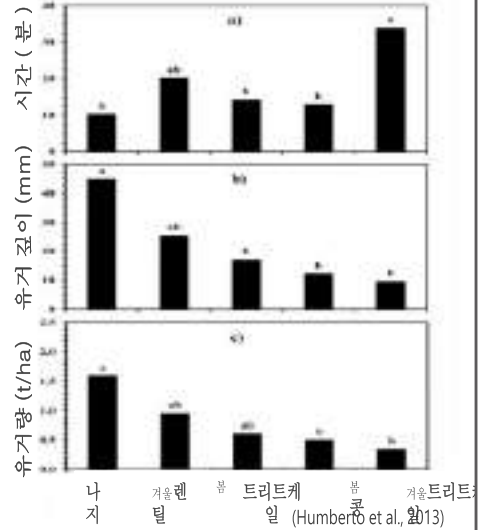


유기자원 연용에 따른 토양 유기물 함량 증진



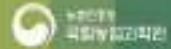
무처리, 화학비료 대비 유기자원 연용 시,
토양 유기물함량은 각각 1.8~2.4 배, 1.4~1.9 배 증가

피복작물에 따른 토양 유실 감소

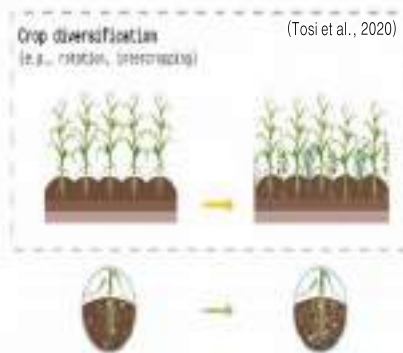


피복작물 재배로 토양 침식 저항성 2~3 배 증가

생태 (Ecology) 의 원칙



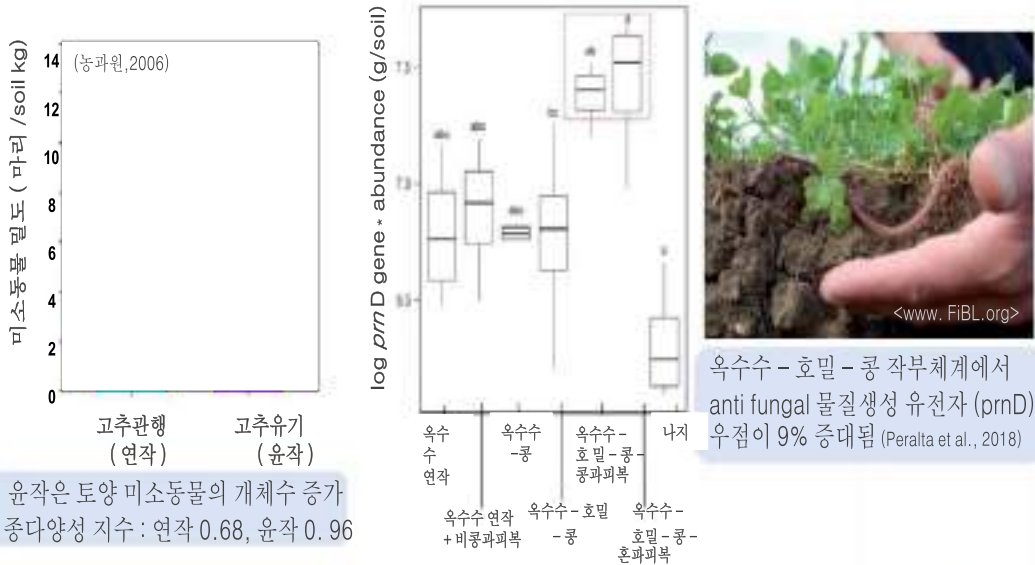
생태계 구성원인 식물, 생물 등을 적극 활용 하여 토양 생태계의 지속가능성을 유지



투입 농자재 절감, 병 저항성 향상, 작물 수량 증대

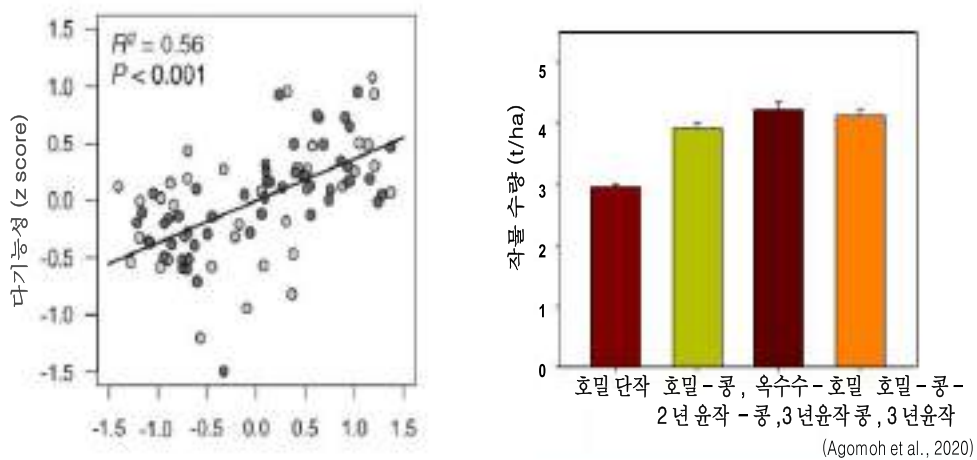
생태 [Ecology] 의 원칙

유기농법의 생물 다양성 및 병 저항성 증대



생태 [Ecology] 의 원칙

토양 생물다양성 증대에 따른 농업 생태계 기능 강화



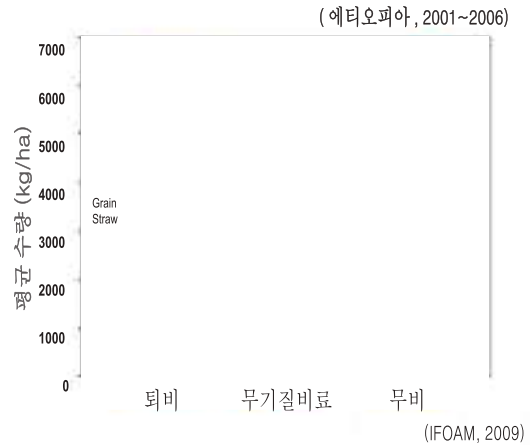
윤작은 작물 수량을 23~39% 증대시킴

공정 (Fairness) 의 원칙

토양은 인간과 자연이 상호존중하는 통로로 삶에 공정한 기회를 보장



< 대표적인 토양관리기술로 '퇴비만들기' 교육교재, Organic Africa >



쉽게 구할 수 있는 유기자원 (잔사, 가축분 등)
활용한 퇴비공급으로 생산량 증대

공정 (Fairness) 의 원칙

- 과거 쿠바의 농업형태: 대규모 사탕수수 재배로 소련등 수출에 의존
* 연료 98, 원자재 86% 수입·식량의 98% 수입
- 미국 경제봉쇄로 경제 식량위기 (총생산량 45%, 식량 수입 42% 감소)
- 경제위기에 대한 대안으로 유기농업 등장

작물	생산변화율		화학비료사용변화율	
	1988/1994	1988/2007	1988/2007	
채소	-65	145	-75	
콩	-77	351	-55	
덩이뿌리식물	-42	145	-85	

* 2000 년 이후 식량 자급률 : 95%

(정창기, 2017)



유럽에 수출하는 쿠바생산 유기제품

FIBL
Forschungsinstitut für BioLandwirtschaft

Organic agriculture
contributes to food
security in DPR Korea



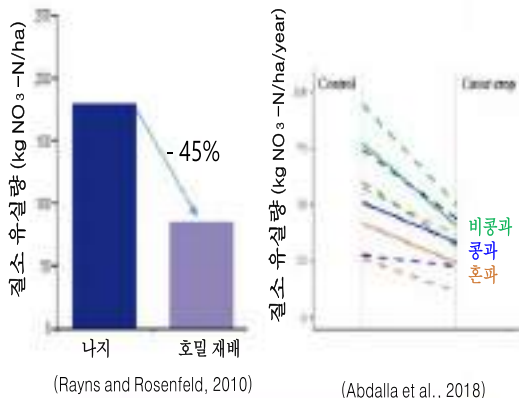
유기질비료, 유기자원 활용 기술 지원

The project is funded by the EU(2011 - 2014)

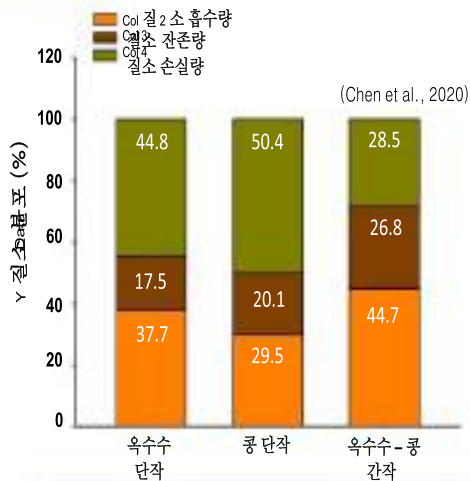
배려 (Care) 의 원칙

건강하게 유지된 토양은 환경과 다음세대를 위한 배려를 실천

피복작물 및 간작을 통한 질소 유실량 저감효과



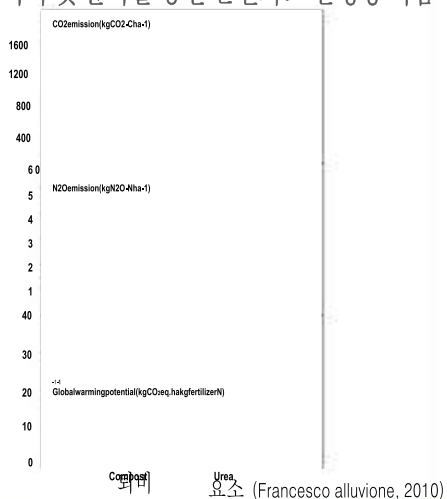
- 호밀 재배를 통해 질소 유실량 45% 저감
- 피복작물에 따라 26~47% 질소 유실량 저감



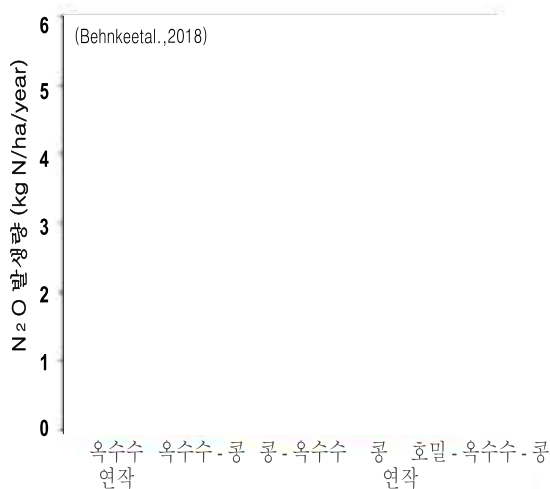
간작은 질소 손실량 24~43% 저감시켜 질소이용 효율을 증대시킴

배려 (Care) 의 원칙

퇴비 및 윤작을 통한 온실가스 발생량 저감

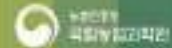


퇴비 사용 시 요소비료 대비 온난화지수 50% 저감

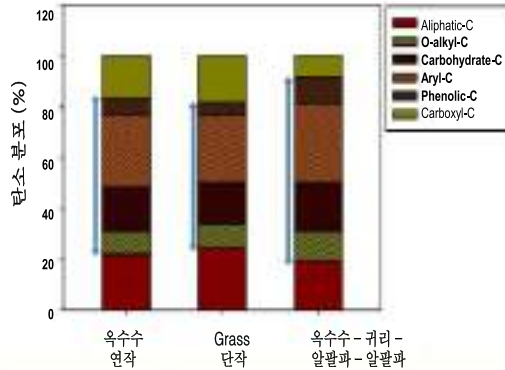


윤작은 옥수수연작 대비 N₂O 발생량 35% 저감

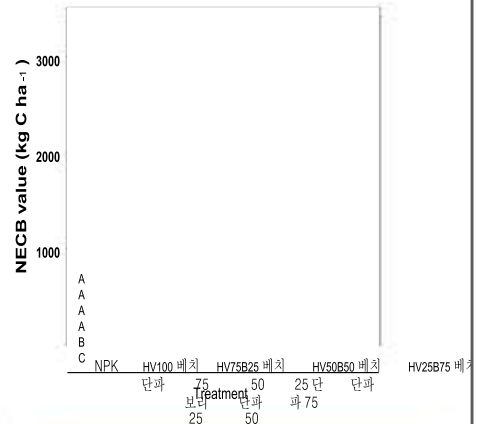
배려 (Care) 의 원칙



토양 탄소 축적량 증대



- 윤작은 humic 산 내 안정된 탄소 (O-alkyl-C, carbohydrate-C, aryl-C, phenolic-C) 의 함량을 증대시킴
- 윤작 - 시비 관리법은 구조적으로 안정하고 복잡한 유기물질 합성을 도모하여 유기탄소 격리에 효과적임 (Zhao et al., 2021)

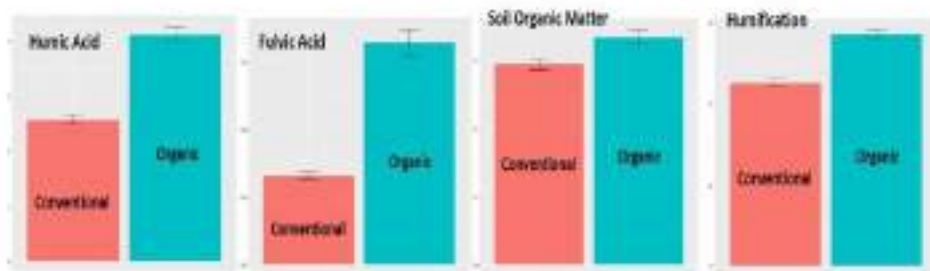


며 재배기간 중 꽃거름작물 투입은 토양 탄소 저장 6~10 배 증가 (Hwang et al., 2017)

배려 (Care) 의 원칙



토양 탄소 축적량 증대



organic soils are better at long-term carbon sequestration (Misiewicz et al., 2017)

* 39 개 주 659 점 유기토양 vs 48 개 주 728 개 관행 토양 비교

- 총 유기물 함량 13% 높음
- 풀빅산 1.5 배, 휴믹산 44%, 휴믹화 26% 높음

시사점

시사점

❖ 토양의 탄소 관리는 선택이 아닌 필수가 된 시대

- 건강한 토양을 통해 건강한 지구, 공정한 사회, 배려하는 삶 추구

❖ 유기농업은 기후변화 완화【토양비옥도 유지, 생물다양성 증진, 온실가스 감축 등】에 기여

- 유기농업의 확산을 위한 제도적 지원 방안 필요

❖ 탄소중립 농업환경 구축 필요

- 자원순환형 저투입 유기농 생산 시스템 구축 및 토양탄소 저장효과·생태 보전가치 평가 등

❖ 기후변화 시대의 지속가능한 농업·농촌을 위한 유기농업의 가치 홍보 강화

- 환경에 미치는 영향을 계량화하여 계층별【농업인, 소비자 등】인식 개선 및 신뢰도 확보

감사합니다



농림축산
식품안전
국립농업과학원



4. Net-zero시대의 흙의 건강

제주대학교 교수 현해남

연락처 : 010-3691-8691

E-mail : sjkim329@naver.com



Net-zero 시대의 흙의 건강

제주대학교 명예교수 현 해 남
hnhyun@jejunu.ac.kr

- 1) 이해 당사자 입장에서 Net-zero
- 2) Net-zero 전제 조건
- 3) 편향된 정책에 대한 반성
- 4) 농업인, 산업체 요구 비료 개발 여건 개선
- 5) 비료보다 중요한 이물질 규제 관리
- 6) 마무리

발표 사연



흙의 날 발표
를...

염색했잖아요 ~~

퇴직 기념으로
마지막으로 ~~

머칠 후 퇴직하고, 머
리도 허영고, 눈도 어
둑고, 귀도... 나를 ~~?



발표 사연

□ 행사내용

○ 학술행사 (주제 : Net-zero 시대 토양·비료의 가치 있는 활용)

1330~1550	- 주제발표 4 (연대발, 제주대학교) - Net-zero (양분) 시대 비료의 활용/역할(한) - 발표후에는 변경가능합니다.
-----------	--

수정해도 되고,
광범위하니까,
하고 싶은 말 ~~



Net-zero 라는 말
이 너무 어렵고,
광범위한데요 ~~



사람 Net-zero = 식사량 - 소비 = 허약 / 비만 → 균형 식단 = 건강



소식



과식



균형 식단

사람 식사 Net-zero

흙의 Net-zero = 시비 물질, 양 - 흡수량 → 균형 시비 = 건강한 흙

- 과부족 → 적정시비
- 불균형 → 균형시비
- 이물질 X



누구 입장에서
Net-zero 를 보
느냐 ~~

- 정부 입장
 - 농업인 입장
 - 연구자 입장
 - 산업 입장
- 다양함

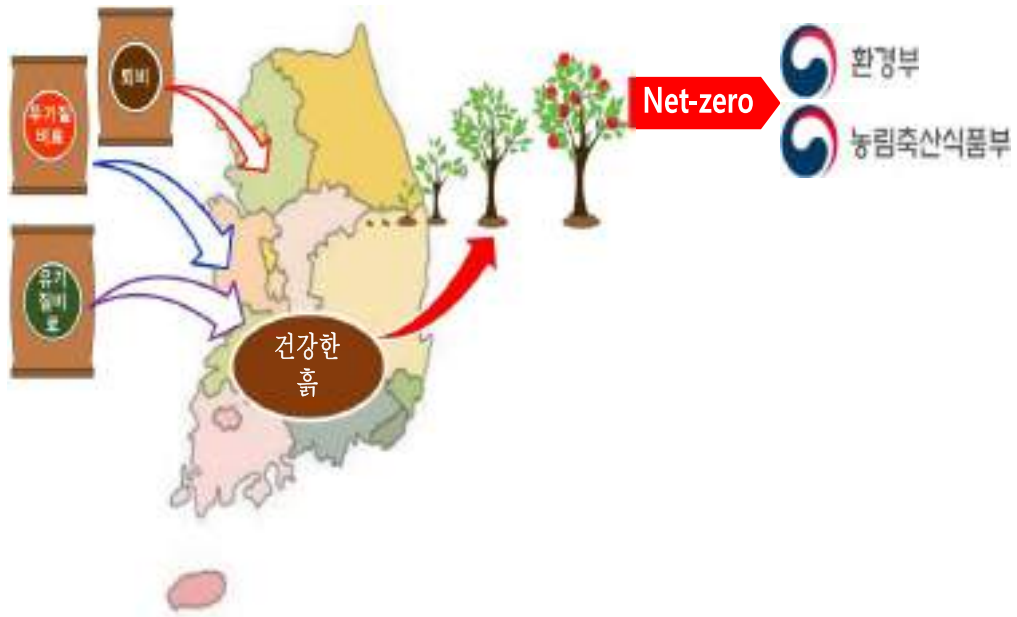
Net-zero 시대의 흙의 건강

제주대학교 명예교수 현 위 남
hwhyun@jeju.ac.kr

1) 이해 당사자의 입장에서 Net-zero

- 정부 (농식품부, 환경부) 입장
- 농업인 입장
- 연구자 입장

정부 입장 Net-zero = 전국 시비량 - 전국 작물 흡수량 = 0



농식품부와 환경부 Net-zero 입장 차이 (개인적인 생각)

- 지속가능한 농업
- 품질, 수확량을 높일 수 있는 Net-zero
- 강, 호수 환경오염 저감
- 양분총량제로 수질오염 원인 제거 Net-zero



농업인 입장 = 소득 (생산량, 품질) > Net-zero



연구자 입장 Net-zero = 시비량 - 흡수량 = 어려운 문제



연구자: 말은 쉽고 맞는 내용이지만 실행은 난제가 쌓임



Net-zero 시대의 흙의 건강

제주대학교 명예교수 현 위 남
hnhyun@jeju.ac.kr

2) Net-zero 전제 조건

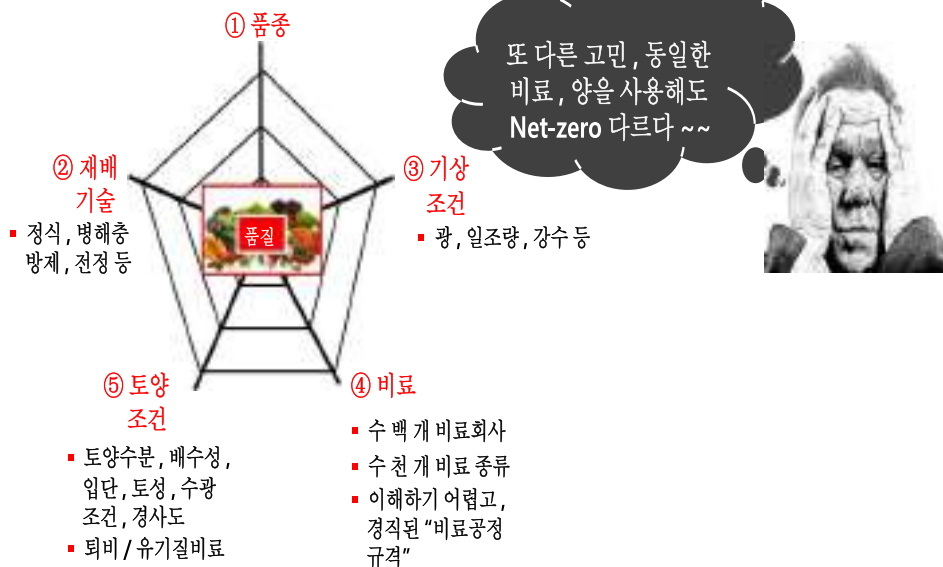
농업인, 행정가가 알아야 할 내용

- 비료 기능, 역할 이해
- 생산량, 품질 요인 이해
- 양분 별 기능 이해

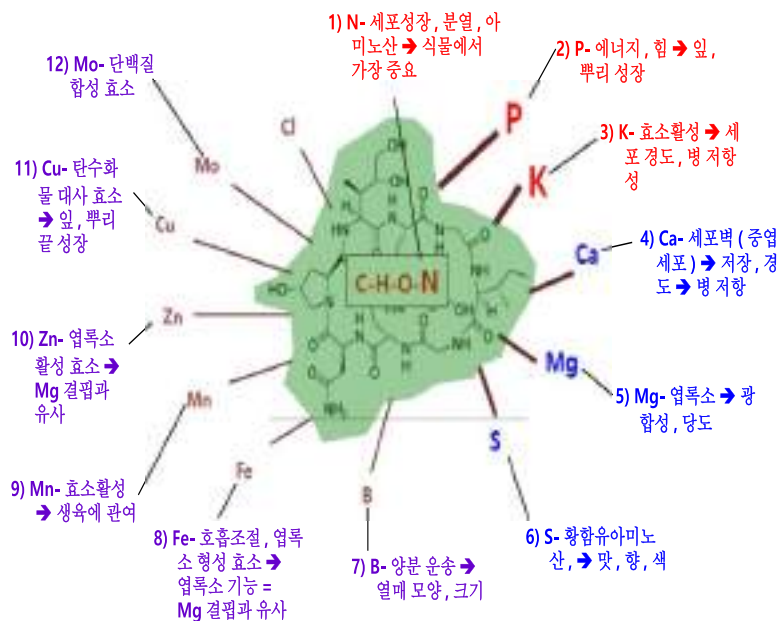
비료 기능 / 역할에 대한 이해



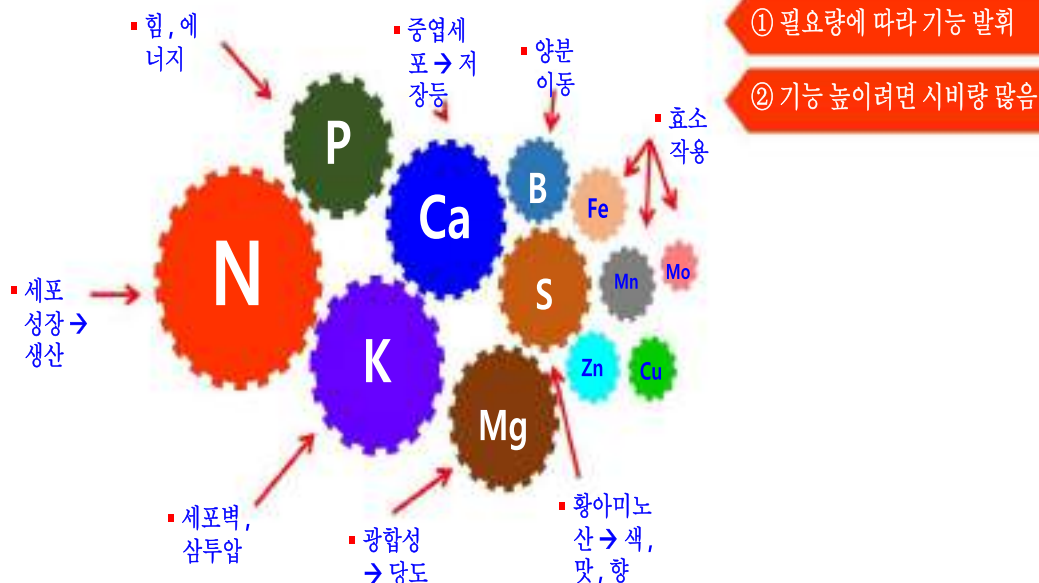
생산량, 품질 요인 이해 → ① 품종 → ② 재배기술 → ③ 기상 → ④ 토양 → ⑤ 비료



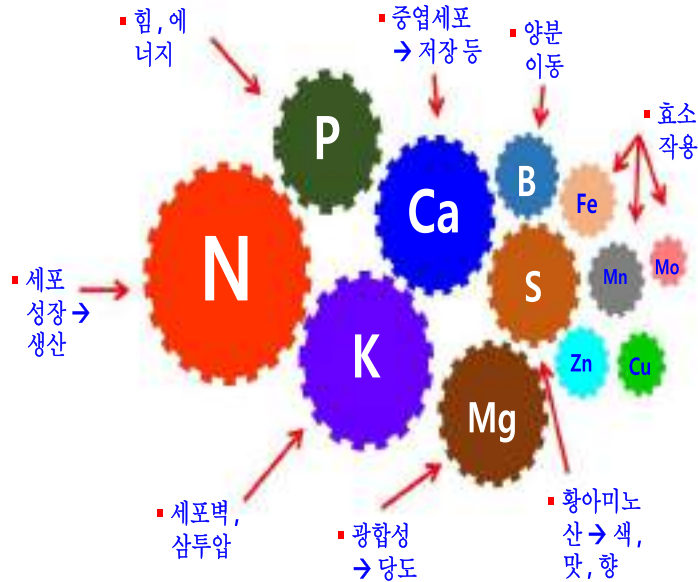
각 양분은 서로 결합하여 기능 발휘



양분 별 고유 기능 이해 → 맞물려 돌아가는 톱니바퀴 : 손이 발을 대신할 수 없다 ~~



비료를 많이 사용한 이유 → 생산량과 직결 = N, P, K



■ 생산량 ↑
■ 품질 ↑

Net-zero 시대의 흙의 건강

제주대학교 명예교수 현 위 남
hwhyun@jeju.ac.kr

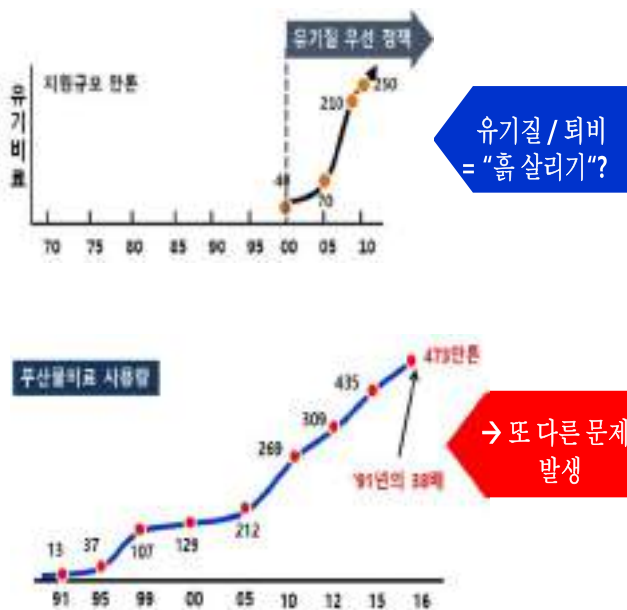
3) 편향된 정책에 대한 반성

- 과거 : 무기질비료 지원정책
- 현재 : 무기질비료 지원정책
- 비료 이해 부족에서 온 편향된 지원정책

과거 : 무기질비료 우선 지원 정책



현재 : 퇴비, 유기질비료 우선 지원 정책



"모 아니면 도" 비료 정책 → 퇴비 / 유기질비료 문제점 발생시 어떻게 할 것인가?

퇴비 지원정책 펼 때, 이 계산은 해보셨습니까?



21 복비 1 포대 양분 = 퇴비 18 포대 = 10.8kg

퇴비 18 포대 총 염분량 = 2% x 18 = 36% = 7.2kg

퇴비 권장 정책 → 시설 재배 토양 염류집적 초래

- N, P, K= 55%
- N, P, K= 3%
- 염분 = 2% 이하

- N, P, K= 3%
- 염분 = 2% 이하

- **염분 = 2% 이하**

비료 이해 부족에서 온 편향된 지원정책



마치, 기울기가
잘 못된 저울치
럼~~

Net-zero 시대의 흙의 건강

제주대학교 명예교수 한 해 남
hnhyun@jeju.ac.kr

4) 농업인, 산업체 요구 비료 개발 여건 개선

- 농업인 / 비료산업체 요구는 ?
- 비료공정규격의 중요성
- 비료공정규격의 현실 (사례 1, 2, 3)
- 그래서, 슬픈 사연

농업인 요구는 ?

농업인 입장 = 소득(생산량, 품질) > Net-zero



비료산업체 요구는?



비료회사

비료 개발해봐야 비료
공정규격에 등록도 못
하는데, 왜 개발해요?

비료공정규격의 중요성 → 산업체 → 농업인 → Net-zero 에 직접적인 영향

「비료 공정규격설정 및 지정」

원부개정 1990. 7. 18. 농촌진흥청 고시 제1990- 18호	1990. 7. 18. 농촌진흥청 고시 제1990- 18호
1991. 1. 4. 농촌진흥청 고시 제1991- 28호	1991. 1. 4. 농촌진흥청 고시 제1991- 28호
1992. 1. 31. 농촌진흥청 고시 제1992- 36호	1992. 1. 31. 농촌진흥청 고시 제1992- 36호
1993. 11. 8. 농촌진흥청 고시 제1993- 23호	1993. 11. 8. 농촌진흥청 고시 제1993- 23호
1993. 12. 31. 농촌진흥청 고시 제1993- 28호	1993. 12. 31. 농촌진흥청 고시 제1993- 28호
1993. 8. 5. 농촌진흥청 고시 제1993- 18호	1993. 8. 5. 농촌진흥청 고시 제1993- 18호
1994. 11. 2. 농촌진흥청 고시 제1994- 18호	1994. 11. 2. 농촌진흥청 고시 제1994- 18호
1995. 1. 31. 농촌진흥청 고시 제1995- 28호	1995. 1. 31. 농촌진흥청 고시 제1995- 28호
1996. 1. 8. 농촌진흥청 고시 제1996- 28호	1996. 1. 8. 농촌진흥청 고시 제1996- 28호
1997. 4. 20. 농촌진흥청 고시 제1997- 28호	1997. 4. 20. 농촌진흥청 고시 제1997- 28호
1999. 1. 12. 농촌진흥청 고시 제1999- 28호	1999. 1. 12. 농촌진흥청 고시 제1999- 28호
2000. 3. 14. 농촌진흥청 고시 제2000- 28호	2000. 3. 14. 농촌진흥청 고시 제2000- 28호
원부개정 2000. 11. 3. 농촌진흥청 고시 제2000- 28호	2000. 11. 3. 농촌진흥청 고시 제2000- 28호
1999. 11. 28. 농촌진흥청 고시 제1999- 28호	1999. 11. 28. 농촌진흥청 고시 제1999- 28호
2000. 3. 28. 농촌진흥청 고시 제2000- 28호	2000. 3. 28. 농촌진흥청 고시 제2000- 28호
2000. 12. 21. 농촌진흥청 고시 제2000- 28호	2000. 12. 21. 농촌진흥청 고시 제2000- 28호
2011. 11. 3. 농촌진흥청 고시 제2011- 28호	2011. 11. 3. 농촌진흥청 고시 제2011- 28호
2012. 1. 2. 농촌진흥청 고시 제2012- 28호	2012. 1. 2. 농촌진흥청 고시 제2012- 28호
2012. 3. 3. 농촌진흥청 고시 제2012- 28호	2012. 3. 3. 농촌진흥청 고시 제2012- 28호
2013. 3. 14. 농촌진흥청 고시 제2013- 28호	2013. 3. 14. 농촌진흥청 고시 제2013- 28호
2013. 11. 3. 농촌진흥청 고시 제2013- 28호	2013. 11. 3. 농촌진흥청 고시 제2013- 28호
2013. 12. 2. 농촌진흥청 고시 제2013- 28호	2013. 12. 2. 농촌진흥청 고시 제2013- 28호
2014. 1. 1. 농촌진흥청 고시 제2014- 28호	2014. 1. 1. 농촌진흥청 고시 제2014- 28호
2015. 6. 28. 농촌진흥청 고시 제2015- 28호	2015. 6. 28. 농촌진흥청 고시 제2015- 28호
2016. 5. 25. 농촌진흥청 고시 제2016- 28호	2016. 5. 25. 농촌진흥청 고시 제2016- 28호
2017. 9. 18. 농촌진흥청 고시 제2017- 28호	2017. 9. 18. 농촌진흥청 고시 제2017- 28호
2018. 3. 28. 농촌진흥청 고시 제2018- 28호	2018. 3. 28. 농촌진흥청 고시 제2018- 28호
2019. 3. 28. 농촌진흥청 고시 제2019- 28호	2019. 3. 28. 농촌진흥청 고시 제2019- 28호

비료공정규격에 따라 비료 개발

개발된 비료 농업인 사용

Net-zero 도 비료공정규격 손에 달림

비료공정규격에 대
한 개선 없이 Net-
zero 는 없다 ~~



비료공정규격의 현실 → 틀은 일본 규격 양식

■ 일본

肥料の種類	含有率(%)	含有率の表示方法	含有率の表示方法
窒素(N)	20.0	20.0	20.0
リン酸(P)	10.0	10.0	10.0
カリウム(K)	10.0	10.0	10.0

단어, 조사도 틀리지 않은 한일 비료공정규격 양식



■ 한국

비료의 종류	한일규격의 차이	한일규격의 차이	그 밖의 규격
완성비료 (유연)	완성비료의 질 (유연)	완성비료의 질 (유연)	완성비료의 질 (유연)

비료공정규격의 현실 → 일본 = 계속 개선, 한국 = 경직

가장 큰 차이: 일본은 등록유효기간 제도 도입하여 사용

구분	일본	국내
질소질 비료	- 총 23종 등록 - 파복질비료, 부산질비료, 액체부산질 소비료, 액상질소비료, 혼합질소비료 등 책정	- 총 18종 등록 - 축합요소외의 설정이 없음 - 질소조성비 설정되어 있음
인산질 비료	- 등록유효기간 6년~8년, 3년~4년 - 혼합인산질비료, 부산인산비료, 액체 인산비료 등 추가	- 총 6종 - 로마스먼지 및 가공인산비료 (2009.10.01) 설정
가리질 비료	- 등록유효기간 6년~12년, 3년~2년 - 조제가리염, 굴산가리비료, 부식산가 리비료 등 설정	총 3종만이 등록
차이	등록유효기간(3, 6년), 비종 개발 이 용이한 형태의 규격	등록유효기간 없음 신규비종개발 여지 없음

일본 → 새로운 비종 계속 개발 → 규
격화 → 농업인 욕구 충족

일본 → 엄격하게 관리 → 등록기간
3년, 6년

한국 → 한번 등록하면 영원히 ~~ 비
종 개발, 개선 어려움 → 농업인 불만

* 2010년 자료

사례 1) 일본, 한국 질소비료 비교



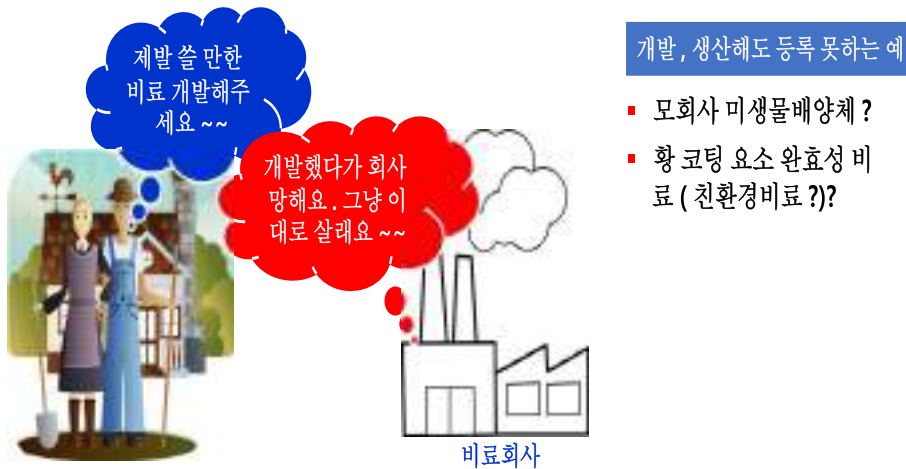
사례 2) 일본, 한국 인산비료 비교



사례 3) 일본, 한국 칼럼비료 비교



그래서 수 십년 전 개발된 비료를 사용할 수밖에 없는 슬픈 사연



Net-zero 시대의 흙의 건강

제주대학교 영테크노스 한 해 남
hnhyun@jeju.ac.kr

5) 비료보다 더 중요한 이물질 규제, 관리

- 음식물폐기물이 농경지로 들어오는데 Net-zero?
- 음식물폐기물의 이물질은?
- 폐기물 명칭 → 부산물로
- 농식품부가 환경부에 요구해야 되는 것!

전국 쓰레기 매립장 몸살 → 음식물폐기물 양, 취급, 처리 난제 → 정부 고민 거리



NIMBI 현상, 쓰레기 매립장 반대 데모

문제는 이물질: 유리, 플라스틱, 금속, 뼈, 도자기, 타일, 비닐, 은박 등



여러분은 영양가만 같으면,
플라스틱, 유리, 타일, 은박
조각이 들어간 음식을 먹겠
습니까?
흡은요?

「비료 공정규격설정 및 지정」

유리, 플라스틱, 금속, 뼈, 도자기, 타일, 비닐, 천, 은박, 종이 등 이와 유사한
물질(이하 "이물질"이라 한다) 다만, 비의도적으로 혼입된 이물질이 다음 각 목
에 해당되는 경우에는 사용할 수 있다. <신설 2019. 3. 28.>

가. 유리, 비닐, 플라스틱, 금속, 뼈, 도자기, 타일, 천, 은박, 종이 등 이와 유
사한 물질(건물중): 2mm를 초과하는 각 각의 물질 함유량이 0.5% 미만.

나. 비닐(건물중): 2mm를 초과하는 비닐이 0.2% 미만.

문제는 폐기물 명칭: → 폐기물 명칭에 대한 거부감

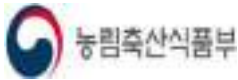


폐기물이 들어간 흙

소비자는 폐기물로
생산한 농산물을 사
서 먹을까요?
난, 알면 안 사 먹을
것 같다

농식품부가 환경부에 반드시 요구할 일

정부 정책 때문에 음식물 폐기물을 농경지에 들어 가지만



- 농경지를 폐기물 처리장으로 만들지 않으려면
- 음식물폐기물 → 음식물 부산물 로 명칭 바꾸고
- 음식물부산물 처리 규정을 강화 시키지 않으면
- 환경부는 **Net-zero** 라는 말할 자격 이 없다.



이 요구를 못하면 토양 악화의 책임은 농식품부가 져야 한다

Net-zero 시대의 흙의 건강

제주대학교 영예교수 현 해 남
hnhyun@jeju.ac.kr

6) 마무리

- **Net-zero** 가이드 북은 "흙토람"
- 감사인사

Net-zero 가이드 북은 "흑토람 "



정확한 input 은
시비처방으로,
Net-zero

- 지금은 너무 어려움 → 지도사도 해석 어려움
- 농진청만 개선작업 → 학계, 농업인, 산업체와 공동 개선 작업 필요

감사인사



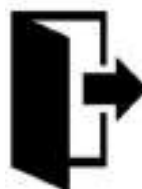
한국토양비료학회
Korean Society of Soil Science and Fertilizer



'82. 여름

- 좋은 은사, 선배 교수
- 늘 웃음으로 반겨주는 동료, 후배 연구자, 회원
- 회원들의 학회지 좋은 논문, 자료

제주대학교
Jeju National University



'21. 2월



여러분
모두에게 감
사드립니다.

Ⅱ

종 합 토 론

『Net-zero 시대 토양·비료의 가치있는 활용』

토론자 : 강원대학교 교수 양재의

단국대학교 교수 윤성탁

경희대학교 교수 유가영

유기질비료조합 전무 안형덕

강원대학교 교수 양재의

연락처 : 010-5374-6449

E-mail : yangjay@kangwon.ac.kr



기후변화 대응이 세계적으로 이슈화 되면서 탄소저감과 관련하여 탄소중립, Net-zero carbon 등과 같은 용어들이 많이 사용되고 있다. 이들 용어 간에는 차이가 있기 때문에 적절한 용어 사용을 위해서는 먼저 용어에 대한 개념정리가 필요하다. 탄소 중립은 이산화탄소 배출과 흡수에 따른 상쇄를 의미하며, Net-zero carbon은 메탄, 아산화질소 등 모든 온실가스의 저감에 대하여 사용되는 용어이다.

배출 전 온실가스를 상쇄시키는 방법으로는 carbon credit, 탄소 격리기술, 재생에너지, 농업 경영기술 등이 있다. Net-zero carbon은 배출과 제거 사이의 균형이 중요하다고 할 수 있다. 토양 탄소 격리의 경우에는 토양이 얼마만큼 탄소를 포화시킬 수 있는가가 중요하며, 이러한 탄소 포화도에 영향을 미치는 영향인자로는 점토함량 등 미세한 입자의 함량이 대표적이다.

표토환경자원 연구단에서는 탄소격리 포텐셜을 산정하는 모델을 개발하였으며, 이러한 모델을 활용하여 우리나라 토양이 얼마나 탄소 격리, 저장을 할 수 있는지 산정이 필요할 것이다.

앞으로 기후변화, 토양탄소 연구 인력의 보강이 필요할 것이다. 또한 정책간에 상충되지 않는지 면밀한 검토가 필요하다(예: 토양개량제인 석회 시용시 온실가스 발생 등).

단국대학교 교수 윤성탁

연락처 : 010-3663-9113

E-mail : styoon@dankook.ac.kr



1. 경상대학교 김필주 교수께 질문

Q1. “기후변화시대의 토양의 기능과 역할” 발표 잘 들었습니다. 기후변화 및 지구온난화로 인한 토양온도 상승으로 토양 내 biomass 분해가 빨라져서 ① 대기 중 CO₂ 농도상승 요인이 될 것임, ② 따라서 이에 대한 대책으로서 토양탄소격리 방법들을 발표해 주셨습니다. 말씀해 주신 대응책들은 1)가능한 경지에 작물체가 년중 심겨져 있어서 CO₂ 흡수 증진과, 2)토양 내 유기물이 가능한 오래 보존되도록 보존경운법 등을 말씀해 주셨습니다. 그러나 현실은 벧짚을 곤포화하여 토양환원이 되지 않고 있는 현실, 또 상기와 같은 대책들이 확산되기 위해서는 2모작 등 토지이용률 증진이 필요한데, 아시다시피 '70~'80대 비해 경지이용률은 감소해 왔습니다. 발표하신 대책들이 성공하기 위해서는 일반농가가 이와 같은 농법을 실천해 나감으로써 농가소득에 이득이 되어야 하는데, 이를 위한 좋은 방안이 있으신지요?

2. 농과원의 박성진 박사께 코멘트

Q1. 발표하시느라 수고 많으셨습니다. 잘 아시다시피 우리나라는 식량자급률이 현저히 낮은 국가 또 인구밀도가 높은 국가이구요, 농경지 비율은 약 18% 정도로 향후 농경지면적은 점점 더 줄어갈 것으로 예상됩니다. 따라서 서유럽과 같이 산림면적을 늘려간다는지, 초지면적을 유지한다는지, 도시공원면적비율 증진, 혼농임업시스템 변환 등 대책들은 현실적으로 쉽지 않을 것으로 예상됩니다. 해서 저는 경지이용률 증진을 위한 이모작 확대가 중요하다고 생각합니다. 해서 우리나라 기후생태지역별 적합한 이모작 모델체계를 확립해서 이를 농가가 실천해 갈수 있는 방안으로 모색해 보는 것도 필요하다고 생각되는데, 농과원에서 이에 대한 연구가 많이 진행되고 있는지? 여쭙어 보고 싶습니다.

3. 농과원의 안난희 박사께 코멘트

Q1. 발표하시느라 고생하셨습니다. 오늘 발표한 내용들은 모두 탄소토양격리 또는 탄소토양보존의 중요성에 대해서 말씀을 하셨습니다. 우리나라의 경우 토양에 유기물함량은 국제권장기준에 미치지 못하고 있는 실정이구요, 또한 탄소토양격리 방법으로서 가장 좋은 농법은 유기농법이라고 생각됩니다. 그러나 최근 데이터를 보면 유기농법 확대가 부진 것으로 되어 있는데, 유기농업확대를 위한 방안으로서 어떤 내용을 구상하고 있는지? 말씀해주시면 고맙겠습니다.

경희대학교 교수 유가영
연락처 : 010-6698-9702
E-mail : gayoo@khu.ac.kr



탄소중립 선언 이후 탄소격리에 대한 관심이 높아지고 있다. 토양탄소 저장기술은 경운 최소화, 녹비 작물재배 등 기존의 기술과 바이오차를 활용하는 새로운 기술이 있는데, 바이오차의 농업적 활용 등 알려진 탄소 증진기술을 확산하기 위해서는 제도도 같이 움직여야 한다.

4퍼밀(‰)을 맞추기 위해서도 신기술 개발이 필요할 것이다. 단년생 작물 재배로 토양 탄소가 증진되기는 어려우므로 장기간 재배하는 작물을 확산하거나, 지하부(근권)가 활성화 될 수 있는 작물을 심는 등의 연구도 진행 중인 것으로 알려져 있다. 또한 유기물의 탄소와 질소는 긴밀한 관계가 있으므로 질소 관리가 반드시 동반되어야 한다. 질소 제한이 없을 때의 탄소 발생량이나 완효성 비료 등 장기적 데이터 축적이 필요할 것이다.

농업인들에게 토양 탄소의 축적이 유익하다는 인식을 높여주기 위해서는 토양탄소 축적이 기후변화 완화뿐만 아니라 비옥도 상승 등 동반이익이 있다는 것과 관련한 홍보가 필요하다.

토양탄소는 관리하지 않으면 이전으로 돌아가기 쉬우므로 지속적인 관리를 해야 저장 이 될 것이다. 기술의 실행은 과학 이상의 정책적인 드라이브가 필요하다. 불확실성이 있더라도 단순화하여 정책에 활용할 수 있도록 해야 할 것이다.

기후변화 시대, 유기질비료 산업 발전을 위한 제안

한국유기질비료산업협동조합 전무 안형덕

연락처 : 010-2913-8761

E-mail : anhd@naver.com



〈 유기질비료산업 현황 〉

- 유기질비료 생산업체는 약 600여개로 추정되고, 연간 생산량은 300만톤 내외로 추정되며, 업계가 보유한 시설의 생산능력은 650만톤 정도 예상
- 유기질비료는 농업측면에서 지력을 증진하고, 생산성을 높이며, 작물을 건강하게 자라게 함으로써 병해충 저감에도 크게 기여하며, 축분 등 농축산부산물을 자원화 함으로써 환경부담을 경감하고, 남은 음식물을 자원화 하는데도 많은 역할을 하고 있음
- 유기질비료를 생산하는데 소요되는 축분량은 연간 600만톤 정도로 우리나라 가축이 생산한 분의 19%정도를 차지하고 있으며, 업계가 보유한 생산능력 수준인 650만톤을 생산할 경우 1,300만톤의 축분이 소요되므로 가축분 생산량의 40%정도를 처리할 수 있을 것으로 추정

* 연간 축분 발생량(추정) : 3,200만톤(분뇨 중 노를 제외한 물량) / 조합추정

* 유기질비료 연간 생산량 : 300만톤(원료량 600만톤, 축분 발생량의 19%)

* 업계 연간 생산능력 : 650만톤(원료량 1,300만톤, 축분 발생량의 40%)

→ 생산량과 생산능력은 조합 생산량을 70%로 하여 추정한 수치로 공식 자료가 아님

〈 유기질비료 산업계 노력 〉

- 최근 안전성과 품질에 대한 사용자의 인식변화에 기초하여 1차적으로는 공정규격에서 정하는 보증량과 유해물질 기준을 충족하는 제품을 생산하여 공급하고, 작물별·토양조건별·시설조건에 부합하는 비료일종의 맞춤형 비료를 생산하는 데에도 최선을 다하고 있음
- 또한, 비료 및 작물 특성에 따른 가스 장애 등을 예방하기 위해 시비 시기와 시비량에 대한 유의사항을 비료 공급시 안내를 하고 연간 1회 품질관리 교육을 의무적으로 이수토록 함으로써 양질의 제품이 현장에 공급되도록 노력하며, 정부에서도 품질관리 소홀 등으로 행정처분을 받게 되는 경우 일정기간 정부지원사업 참여를 배제시키는 등의 조치를 취하고 있음

〈 여건 및 전망 〉

- 수급측면에서 볼 때 유기질비료 정부지원사업에 의한 농가 신청량은 연간 430톤수준인데 반해 공급량이 300만톤 수준에 머물고 있어 현장의 수요와 공급량간의 괴리가 100만톤 이상 발생
 - 향후 정부지원 확대 등 구매여건이 좋아질 경우 수요가 늘어날 것으로 예상되나, 현재 정부 예산은 이에 미치지 못하는 수준
- 또한, 퇴비 부숙도 시행 등으로 자체적인 처리가 어려운 축산농가의 경우 비료제조업체 위탁을 통해 축분을 처리할 가능성도 커서 외부 요인에 의한 유기질비료 공급 증가 가능성도 높은 상황
- 무엇보다 인간의 활동산물과 축분 등 농업부산물을 자원화하는 데에는 현재로서는 퇴비화(유기질비료)가 가장 효과적인 대안이며, 흙을 살리는 데에도 매우 유용성이 높아 지속적 수요증가 예상

〈 유기질비료 제조업계 당면 애로사항 〉

- 품질관리 측면에서 원료사용비율, 보증성분량, 유해물질 기준 등이 세분화되어 어려움. 예를 들어 보증성분인 N,P,K등을 맞추기 위해 원료사용 비율을 증감해야 하지만, 현행 제도하에서는 이러지도 저러지도 못하는 경우가 있음

- 또한, 원료의 경우 국내에서 원료를 구할수 있음에도 제도적 제약으로 인해 사용이 미흡. 예를 들어 음식물류폐기물건조분말의 경우 폐기물이라는 명칭 때문에 시장에서 호응도가 낮아 사용이 활성화가 미약
- 환경측면에서도 순환의 촉진을 통한 개선보다는 허용농도 등 규제 자체에 치우치는 경향이 커서 업계는 시설비 등 경영상의 애로에 직면

〈 발전을 위한 제안 〉

- 발표자께서 유기질비료가 온실가스 등에 미치는 영향 등을 제시하였고, 용어개선의 필요성 등을 제시하였는데 좋은 지적으로 생각하며, 기후변화와 연계된 분야에 대한 연구와 정책이 강화되기를 희망
- 앞으로 유기질비료 관련 관련제도를 수립하고 개선할 때에는 각론에 치중하기 보다는 원칙에 충실할 필요가 있다고 보며, 이를 위해 「인간과 자연의 조화」 및 「축산과 경종의 순환」을 촉진하게 하는데 중점을 두도록 해줄 것을 제안함
 - 예를 들어 비료규격의 경우 보증 성분을 엄격히 지키도록 하면서 원료 사용에 대한 제한을 보다 유연하게 하는 방안이 검토될 수 있으며,
 - 음식물류폐기물 건조분말의 경우 폐기물이라는 용어는 순화시키되 부작용이 우려되는 부분은 규격에서 관리를 엄격히 하는 방안이 검토될 수 있을 것임
 - 이를 통해 음식잔류물의 자원화가 활성화될 경우 수입원료 사용에 따른 외화유출을 억제하고, 국내 자원에 의한 환경부하를 줄이는 데에도 큰 도움이 될 것으로 생각
- 아울러, 「흙 살리기」와 관련된 재정적·제도적 지원을 적극 강화함으로써 농업의 생산성 향상과 함께 환경의 개선에도 기여하는 모범 사례가 되기를 기대

2021년 제6회 대한민국 흙의 날 기념식 및 학술 심포지엄

발 행 일_ 2021년 3월

발 행 인_ 국립농업과학원장 김상남
한국토양비료학회장 김석철

편집위원장_ 국립농업과학원 농업환경부장 김경미
토양비료과장 고병구
한국토양비료학회 기획부회장 손연규

편집위원_ 고병구, 고우리, 권순익, 김명숙, 김성현, 박성진, 서병환, 손연규,
손정우, 송종현, 심재홍, 오부영, 옥정훈, 이슬비, 이예진, 이윤희,
이찬욱, 이태구, 전상호, 전용희, 정하일, 현병근, 황선아
(가나다 순)

발 행 처_ 국립농업과학원 (TEL 063-238-2422, FAX 063-238-3822)
한국토양비료학회 (TEL 063-226-7335, FAX 063-226-7335)

이 메 일_ ksssf249@naver.com

홈페이지_ <http://www.ksssf.org>

I S B N_ 978-89-480-4858-2 93520