

2023년 한국토양비료학회

제55차 총회 및 정기학술대회

토양의 현재와 미래
“동일비료 장기연용 70년”

10. 25 수 ~ 27 금

부안 소노벨 변산리조트

| 주최 |

(사)한국토양비료학회

| 주관 |

(사)한국토양비료학회
농촌진흥청



www.ksssf.org



사단
법인 한국토양비료학회
Korean Society of Soil Science and Fertilizer



농촌진흥청

무기질비료를
적정 사용하면
효과적이고, 안전하며
경제적입니다.

2023년 한국토양비료학회

제55차 총회 및 정기학술대회

토양의 현재와 미래
“동일비료 장기연용 70년”

10. 25 수 ~ 27 금

부안 소노벨 변산리조트

| 주최 |

(사)한국토양비료학회

| 주관 |

(사)한국토양비료학회

농촌진흥청



www.ksssf.org



사단
법인 한국토양비료학회
Korean Society of Soil Science and Fertilizer



농촌진흥청

개 회 사

여러분 반갑습니다. 한국토양비료학회장 고병구입니다.

회원 여러분들의 관심과 지지에 힘입어 한국토양비료학회가 55차를 맞이하였습니다. 올해도 변함없이 정기총회 및 학술대회에 참석해주신 회원 여러분께 깊은 감사의 인사드립니다.



우리 학회는 기후변화, 비료 원자재가 상승, 식량안보 등 여러 위기상황에 대한 토양과 양분관리 방안을 도모하기 위해 노력하고 있습니다. 지난 6월에는 제4차 국제토양안보(Global Soil Security) 컨퍼런스를 성공적으로 개최하여 농업의 위기 극복을 위한 토양의 가치를 논의하는 장을 마련하였습니다. 행사 운영에 애써주신 양재의 교수님, 김성철 교수님을 비롯하여 여러분들의 적극적인 참여에 감사드립니다.

이번 학술대회는 동일비료 장기연용 연구 70년차를 맞이하여 ‘토양의 현재와 미래’를 주제로 국내외 전문가를 모시고 연구 동향을 교류하기 위한 특별 세미나를 마련하였습니다. 장기연용 시험은 장기간 동안 토양과 작물 생산성 관계를 모니터링 함으로서 기후변화에 대응한 토양관리 방안을 제시하는 등 귀중한 자료를 구축합니다. 장기연용 시험으로 구축한 데이터는 미래 세대를 위한 지속가능한 농업환경을 보전하는데 큰 역할을 할 것입니다. 이번 주제발표에 참여해주신 전임 토양비료학회장이신 경상국립대학교 김필주 교수님, 국립농업과학원 전상호 박사님, 경북 농업기술원 정연구 박사님, 부산대학교 홍창오 교수님을 비롯하여 해외에서 오신 영국 Margaret Glendining 박사님, 미국 Daniel Liqztzin 박사님, 중국 Genxing Pan 교수님께 깊이 감사드립니다.

그리고 인공토양 현황, 분석기기 워크숍 및 토양환경 전문지도연구회, 바이오차 실용화 워크숍, 토양분류 교육 및 토양분류 세미나 등 다양한 특별세션이 준비되어 있으니 회원 여러분들의 적극적인 참여 부탁드립니다, 행사 진행에 애쓰신 모든 회원님들께 깊이 감사드립니다.

또한 우리 학회는 토양조사 전문인력을 양성하기 위해 토양조사 경진대회를 추진하고 있습니다. 올해는 9회차를 맞이하였으며, 21팀 77명이 참여하여 성황리에 마칠 수 있었습니다. 행사 진행에 고생하신 윤을수 박사님, 김계훈 교수님, 그리고 김권래 교수님 등 학회 임원진들과 충북대학교에 감사드리며 수상자께는 축하를 보냅니다.

앞으로도 우리 학회와 회원 여러분의 발전을 위하여 적극적으로 참여해주시길 부탁드립니다, 즐겁고 유익한 시간되시길 바랍니다.

감사합니다.

2023년 10월 25일
한국토양비료학회장 고 병 구

환영사

반갑습니다. 농업환경부장 홍성진입니다.

바쁘신 중에도 동일 비료 장기연용시험 70년차 기념 심포지엄과 한국 토양비료학회 학술대회에 참석해 주신 여러분 감사합니다.

토양은 우리가 후손에게 물려주어야 할 소중한 자원입니다. 올바른 토양 관리는 우리 모두에게 주어진 중요한 임무 중 하나라고 할 수 있습니다.

지속 가능한 토양관리 방안을 마련하기 위해 영국에서는 1843년부터 로담스테드 포장을 운영하고 있습니다. 미국 또한 125개의 장기연용시험 포장을 운영하고 있습니다. 국내에서는 우리 원과 국립식량과학원, 경상북도농업기술원에서 장기연용시험을 진행 중입니다.

오늘 이 자리는 국립농업과학원이 수행하고 있는 국내 최장기 동일 비료 장기연용시험 70주년을 기념하고, 지금까지 국내에서 이뤄지고 있는 연구 결과를 공유하기 위해 마련되었습니다. 이와 함께 외국의 연구사례를 참고해 앞으로 장기연용시험이 나아갈 길을 함께 논의하는 자리입니다.

국내외 장기연용시험을 수행하는 연구자분들의 연구 결과 등이 발표될 예정으로 연구에 필요한 결과를 공유하고, 앞으로의 연구 방향과 관련하여 많은 아이디어와 의견 나누시길 바랍니다.

다시 한 번 귀중한 시간 내어 발표를 준비해주신 연사 분들과 행사를 준비하느라 애써주신 농촌진흥청 담당자, 한국토양비료학회 관계자들께 감사드립니다.

아무쪼록 오늘 이 자리가 건강한 토양관리를 통한 지속 가능한 농업과 탄소중립을 실현하는 밑거름이 되길 바랍니다.

감사합니다.



2023년 10월 25일

국립농업과학원 농업환경부장 **홍 성 진**

■ 2023년도 한국토양비료학회 제55차 총회 및 정기학술대회 I

- 일 자 : 2023년 10월 25일(수) ~ 27일(금)
 □ 장 소 : 전북 부안 소노벨 변산리조트
 □ 주 제 : 토양의 현재와 미래 “동일비료 장기연용 70년”

2023.10.25.(수)

장소: Grand ballroom I

시간	발표 및 내용	사회자/좌장
10:00~	○ 등록	
11:00~12:00	○ 회장단 회의 및 이사회(장소: Rose V)	
13:00~13:30	○ 개회식 및 시상식 - 개회사(학회장), 환영사(국립농업과학원 농업환경부장) - 유공자 포상, 학술상, 우수논문상, 토양상, 동오농업과학기술인상, C&H학술상 제9회 토양조사경진대회	심재홍 (국립농업과학원)
13:30~14:00	○ 학술상 수상자 강연 - 김성철 교수(충남대학교)	
14:00~14:25	○ 장기연용 시비관리로부터 배운다:조사를 넘어 연구로의 전환 - 김필주 교수(경상국립대학교)	
14:25~14:50	○ 농과원 동일비료 장기연용포장 사례발표 - 전상호 연구사(국립농업과학원)	이승헌 (농어촌공사)
14:50~15:15	○ 발토양 장기연용 연구의 현재와 미래 - 정연규 박사(경북도농업기술원)	
15:15~15:40	○ 장기연용 포장의 중금속 유효도 평가 - 홍창오 교수(부산대학교)	
15:40~16:00	휴식(coffee break)	
16:00~16:25	○ 영국 로댐스터드 장기포장 연구현황 - Dr. Margaret Glendining, Rothamsted Research(영국)	김성철 (충남대학교)
16:25~16:50	○ 북미 장기연용 결과를 활용한 토양질평가 - Dr. Daniel Liptzin, Soil Health Institute(미국)	
16:50~17:15	○ 중국 장기연용 논포장의 토양물리성 평가 - Prof. Genxing Pan, Nanjing Agricultural University(중국)	
17:15~18:00	○ 종합토론(동일비료 장기연용 가치 평가와 미래 방향) - 고병구(농촌진흥청), 현병근(국립농업과학원), 김필주(경상국립대학교), 최우정(전남대학교), 박기도(국립식량과학원)	이승헌 (농어촌공사)
18:30~21:00	○ 석식(장소: 세프스키친) ○ 젊은 토양학자의 밤(장소: 현장공지)	

특별세션 A : 인공토양 현황(Status of artificial soils)

장소: Rose V

시간	발표 및 내용	사회자/좌장
15:30~15:50	○ 인공토양 분석이야기 - 김계훈 교수(서울시립대학교)	
15:55~16:15	○ 인공토양과 질석 - 장용선 박사(강원대학교)	
16:20~16:40	○ 인공토(상토)에 대한 생산업계에서 보는 문제점 - 윤환현(㈜참그로)	박 만 (경북대학교)
16:45~17:05	○ 인공토양 연구, 무엇을 해야 하나? - 허승오 연구관(국립농업과학원)	
17:05~17:30	○ 질의 응답 및 자유 토론	

장소: Rose V

시간	발표 및 내용	사회자/좌장
17:30~18:30	○ 논문 작성 및 연구 윤리 교육	윤석인 (원광대)

2023.10.26.(목)

장소: Grand ballroom I (Emerald: 포스터)

시간	발표 및 내용	사회자/좌장
9:00~12:15	○ 젊은 토양학자 발표(각 15분 발표)	박원표 (제주대학교) 곽진협 (전북대학교)
12:00~13:00	○ 중식(장소: 세프스키친)	
13:00~14:30	○ 포스터 발표 및 심사(장소: EMERALD)	
14:30~15:30	○ 분야별 구두발표 - 제1세션: 조사, 물리, 보전, 수분	이창훈 (한국농수산대학교)
15:30~16:00	휴식(coffee break)	
16:00~17:00	○ 분야별 구두발표 - 제2세션: 화학, 식물영양, 비옥도	이예진 (국립농업과학원)
17:00~18:00	○ 분야별 구두발표 - 제3세션: 미생물, 중금속, 농업환경	박진희 (충북대학교)
18:00~20:00	○ 포스터 발표 및 심사(장소: EMERALD)	
18:00~20:00	○ 간담회(장소: Grand ballroom)	

특별세션 B : 분석기기 워크숍 및 토양환경 전문지도연구회 과제발표

장소: Rose I

시간	발표 및 내용	발표자
09:00~12:00	○ 분석기기 워크숍 - 오디랩, 라스칼라코리아, 비엘텍코리아	
~13:00	○ 등록	
13:00~14:00	○ 특강 - 홀토람 토양현장진단 DB 분석	이은진(국립농업과학원)
14:00~17:30	○ 회원 과제 발표 - 토양현장진단을 활용한 오이 생육부진 원인규명	박태진(천안시농업기술센터)
	- 노지스마트팜에서 토양수분함량센서 설치기준에 관한 연구	김범기(화성시농업기술센터)
	- 토양현장진단 사례 연구	서명진(곡성군농업기술센터)
	- 인기자격증 나무의사 소개	김경원(대구시농업기술센터)
	- 농업인대학 강의교수 기법	김자웅(부산시농업기술센터)
	- 객토후 작물 이상증상 개선사례	문미화(경기광주농업기술센터)
17:30~18:00	○ 총회 - 임원선출 및 기타안건	회 장
18:00~19:00	○ 석식(현장공지)	
19:00~21:00	○ 과제별 분임 토의 및 시·군간 정보교류	

특별세션 C: 바이오차 실용화[유레카] 협업 워크숍

장소: Rose III

시간	발표 및 내용
13:00~13:10	○ 참석자 소개 및 사진촬영
13:10~14:10	○ 현장전문가 세미나 - 농업현장 실용화 문제점 및 개선방향 ((주)오션애펜테크 대표) - 이동식 바이오차 생산을 위한 과정 ((주)유기산업 대표)
14:10~14:20	휴식(coffee break)
14:20~14:40	○ 바이오차 실용화[유레카] 추진전략 발표
14:40~15:10	○ (유레카) `23년 추진성과 및 `24년 계획 발표
15:10~15:20	휴식(coffee break)
15:20~16:50	○ 지자체 바이오차 연구현황 및 계획 발표
16:50~17:00	휴식(coffee break)
17:00~18:00	○ 종합토론: 중앙-지방 협업체계 구축

특별세션 D: 토양분류 교육 및 토양분류(WRB) 전문가 초청 세미나

장소: Rose V

시간	발표 및 내용
09:00~09:30	○ Soil education status and development plan in Korea - 김계훈(서울시립대학교)
09:30~10:00	○ Soil awareness programs in Korea - 양재의(강원대학교)
10:00~11:00	○ WRB as an educational challenge in developing soil science awareness - Przemyslaw Charzynski(폴란드)
11:00~11:30	○ Soil classification(WRB) of drainage class related reduction in Korea - 서병환(국립농업과학원)
11:30~12:00	○ Soil classification of anthropogenic soils in a remodeled area using WRB - 이단비(국립농업과학원)
12:00~13:00	○ 중식
13:00~17:00	○ The fourth edition of the WRB and its annexes for field description - Peter Schad(독일)
17:00~18:00	○ Q & A 및 폐회

2023.10.27.(금)

장소: Grand ballroom I

시간	발표 및 내용	사회자/좌장
10:00~11:00	○ 신진과학자 발표(각 30분 발표) *신진과학자: 최근 3년 이내 박사학위를 수여 받은자	정강호 (농촌진흥청)
11:00~11:30	○ 정기총회 및 시상식 - 총회 - 시상: 학술발표상, 토양사랑사진전, 경품추첨	심재홍 (국립농업과학원)

○ 젊은 토양학자 발표

2023. 10. 26. (목)

오전 09:00~12:15

시간	발표 및 내용	사회자/좌장
09:00~09:15	- Biochar Effects on Heavy Metals Accumulation in Tomato (<i>Lycopersicon esculentum</i> mill.) rown in Metals Contaminated Soil - Anwarzeb Khan(목포대학교)	박원표 (제주대학교) 곽진협 (전북대학교)
09:15~09:30	- Drought-derived Mechanism in Root of Wild Rice Species Under Different Water Potentials - 김가은(충북대학교)	
09:30~09:45	- 산도를 조절한 왕겨 바이오차와 어분 혼합물을 처리한 토양의 침출수 양분용출 패턴 - 최재이(다학바이오텍)	
09:45~10:00	- Effects of Different Types of Inorganic Nitrogen Fertilizations on Gaseous Losses and Cabbage Productivity in an Upland Field during Cultivation - 안혜린(순천대학교)	
10:00~10:15	- Feasibility of Ammonium Sulfate as an Alternative to Urea to Decrease Ammonia Emission in Rice Paddy - Ali Fakhar(경상국립대학교)	
10:15~10:30	- 토양 EC 센서를 활용한 유효태 양분 함량 평가 - 신수경(충북대학교)	
10:30~10:45	- Evaluating the Feasibility of Organic Amendments Self-produced Inner Rice Cropping Boundary to Increase Soil Carbon Stock Under Global Warming - 서영호(경상국립대학교)	
10:45~11:00	- 비옥도가 낮은 배추 재배지에 바이오차 투입 시 탄소수지에 미치는 영향 평가 - 박도균(국립농업과학원)	
11:00~11:15	- Critical Evaluation of Low-Carbon-Emission Organic Resources on Net Ecosystem Carbon Budget, Fruit Productivity and Soil Quality in Red Pepper Cropping System - 윤소희(순천대학교)	
11:15~11:30	- The Higher Soil Carbon Saturation Degree, the Higher Net Global Warming Potential in Rice Paddy - 박소영(경상국립대학교)	
11:30~11:45	- 동아시아 논에서 메탄 배출과 쌀 생산량에 관한 논물관리의 효과: 메타분석 연구 - 이종문(국립농업과학원)	
11:45~12:00	- Effects of Shifting Transplanting Dates on Overall Carbon Losses and Net Ecosystem Carbon Budget (NECB) in a Paddy Field during Cultivation - 이어명(순천대학교)	
12:00~12:15	- Unexpected Response of Iron Slag-based Silicate Fertilizer as an Alkaline Amendment on Soil Organic Carbon Stock Change in Acidic Rice Paddy - Estrada Lorraine(경상국립대학교)	

○ 분야별 구두발표

〈제1세션: 조사, 물리, 보전, 수분〉

2023. 10. 26. (목)

오후 14:30~15:30

시간	발표 및 내용	사회자/좌장
14:30~14:45	- Introduction on Soil Information Production Using Various Soil Database - 이창훈(한국농수산대학교)	이창훈 (한국농수산대학교)
14:45~15:00	- 논외 토양물리성 변동조사 결과에 따른 용적밀도와 토양물리특성과의 관계 - 허승오(국립농업과학원)	
15:00~15:15	- 충남지역 논 토양 물리성 변동평가 - 윤여욱(충청남도농업기술원)	
15:15~15:30	- 우리나라 농업용 하천수 및 지하수의 수질 현황 - 안난희(국립농업과학원)	

〈제2세션: 화학, 식물영양, 비옥도〉

2023. 10. 26. (목)

오후 16:00~17:00

시간	발표 및 내용	사회자/좌장
16:00~16:15	- 노지 가지 관비 재배를 위한 웃거름 적정 비율 설정 - 이예진(국립농업과학원)	이예진 (국립농업과학원)
16:15~16:30	- 중량식 라이시미터에서 겨울철 청보리 재배에 따른 양분수지 평가 - 안진희(국립농업과학원)	
16:30~16:45	- 시설작물 부산물 바이오차 처리가 상추 생산성 및 토양 화학성에 미치는 영향 - 이동원(국립농업과학원)	
16:45~17:00	- 농경지에 투입되는 유기물원에 따른 작물 생육 및 토양 탄소 축적 특성 평가 - 이유나(국립농업과학원)	

〈제3세션: 미생물, 중금속, 농업환경〉

2023. 10. 26. (목)

오후 17:00~18:00

시간	발표 및 내용	사회자/좌장
17:00~17:15	- Behavior of redox-sensitive metals in complex soil and plant system - 박진희(충북대학교)	박진희 (충북대학교)
17:15~17:30	- A Review on International Carbon Credit Certification Methodologies for Biochar as a Soil Amendment - 한경화(원광대학교)	
17:30~17:45	- Evaluating Pollution Indices at Agricultural Soils near Industrial Complexes in Jeon-Nam Regions of Korea - Anwarzeb Khan(목포대학교)	
17:45~18:00	- Evaluation of the Maximum Adsorption Concentration of Heavy Metals by Red Mud, Neutralized Red Mud, and Steel Slag - Chaw Su Lwin(경상국립대학)	



CONTENTS

학술상 강연

농경지 토양관리의 패러다임 변화에 따른 최적 관리 방법	3
김성철	

심포지엄

장기연용 시비관리로부터 배운다: 조사를 넘어 연구로의 전환	7
김필주	
동일비료 장기연용이 논 토양의 화학성 및 벼 수량에 미치는 영향	8
윤진주, 김성현, 권순익, 심재홍, 이윤혜, 한소예, 전상호*	
경북도원 발토양 장기연용포장 토양특성 변화	9
정연규*, 김용찬, 허창석, 박석희	
Cadmium Phytoavailability from 1976 through 2016: Changes in Soil Amended with Phosphate Fertilizer and Compost	10
Chang Oh Hong	
Making Historic Data available for Future Challenges: The Rothamsted Experience	11
Margaret Glendining*, Sarah Perryman, Nathalie Castells, and Richard Ostler	
Selecting a Minimum suite of Soil Health Indicators from Long-term Agricultural Experiments in North America	12
Dan Liptzin	
Exploring the Aggregate – Organic Matter – Microbial Community Continuum for Understanding Soil Health Changes under Human Disturbance: A Case Study of A Soil Landscape Sequence from Peri-Urban Hilly Area of Nanjing, China	13
Genxing Pan	

Biochar Effects on Heavy Metals Accumulation in Tomato (*Lycopersicon esculentum* mill.) grown in Metals Contaminated Soil 17
 Anwarzeb Khan, and Ki In Kim

Drought-derived Mechanism in Root of Wild Rice Species Under Different Water Potentials 18
 Gaeun Kim*, and Jwakyung Sung

산도를 조절한 왕겨 바이오차와 어분 혼합물을 처리한 토양의 침출수 양분용출 패턴 19
 최재이*, 조재영, 윤석인, 남주희, 심창기, 신중두

Effects of Different Types of Inorganic Nitrogen Fertilizations on Gaseous Losses and Cabbage Productivity in an Upland Field during Cultivation 20
 Hyerin An, Yeomyeong Lee, Sohee Yoon, and Sang Yoon Kim*

Feasibility of Ammonium Sulfate as an Alternative to Urea to Decrease Ammonia Emission in Rice Paddy 21
 Fakhar Ali*, and Kim Pil Joo

토양 EC 센서를 활용한 유효태 양분 함량 평가 22
 신수경*, 김정연, 이예은, Govind Vyavahare, 박진희

Evaluating the Feasibility of Organic Amendments Self-produced Inner Rice Cropping Boundary to Increase Soil Carbon Stock Under Global Warming 23
 Young Ho Seo*, Hyeon Ji Song, and Pil Joo Kim

비옥도가 낮은 배추 재배지에 바이오차 투입 시 탄소수지에 미치는 영향 평가 24
 박도균*, 정현철, 이형석, 박혜란, 이종문, 오택근, 이선일

Critical Evaluation of Low-Carbon-Emission Organic Resources on Net Ecosystem Carbon Budget, Fruit Productivity and Soil Quality in Red Pepper Cropping System 25
 Sohee Yoon, Juhee Lee, Yeomyeong Lee, Hyerin An, and Sang Yoon Kim*

The Higher Soil Carbon Saturation Degree, the Higher Net Global Warming Potential in Rice Paddy 26
 So Yeong Park*, Hyeon Ji Song, and Pil joo Kim

동아시아 논에서 메탄 배출과 쌀 생산량에 관한 논물관리의 효과: 메타분석 연구 27
 이종문*, 정현철, 이형석, 박혜란, 박도균, 이선일

Effects of Shifting Transplanting Dates on Overall Carbon Losses and Net Ecosystem Carbon Budget (NECB) in a Paddy Field during Cultivation 28
 Yeomyeong Lee, Sohee Yoon, Hyerin An, Jasmin Melendez, and Sang Yoon Kim*

Unexpected Response of Iron Slag-based Silicate Fertilizer as an Alkaline Amendment on Soil Organic Carbon Stock Change in Acidic Rice Paddy 29
 Lorraine Joule Estrada*, Snowie Jane C. Galgo, Pil Joo Kim



신진과학자

Amelioration of Global Warming Impact on Rice Paddy by Improved Silicate Fertilizer under Future Climate Conditions 33
 Snowie Jane C. Galgo*, and Pil Joo Kim

국민미량영양소 요구량에 대한 우리나라 농경지 토양의 기여도 평가 34
 정석순*, 김혁수, 윤정환, 양재의

인공토양 현황 특별세션

인공토양 분석법 이야기 37
 김계훈*, 김규리, 윤정환, 이단비, 장우석

인공토양과 질석 38
 장용선*, 양재의, 김혁수, 박만

인공토(상토)에 대한 생산업계에서 보는 문제점 39
 윤환현

인공토양 연구, 무엇을 해야 하나? 41
 허승오

토양환경전문지도연구회 특별세션

흙토람 현장진단DB 분석 45
 이은진*, 김명숙, 정하일, 이태구, 백선희

토양현장진단을 활용한 오이 생육부진 원인 구명 46
 박태진

Research on Standards for Installing Soil Moisture Content Sensors in Open Field Smart Farms 47
 Beomki Kim*, Hongkyu Kang

현장진단을 통한 작물 고사원인 규명 49
 서명진

객토후 작물 이상증상 개선 사례 50
 문미화

구 두 발 표

OS-01	Introduction on Soil Information Production Using Various Soil Database	53
	Chang-Hoon Lee*, Mun-Hyeong Park, Hye-Jin Park, Yeon-Kyu Sonn, Yun-Gu Kang, and Taek-Keon Oh	
OS-02	논의 토양물리성 변동조사 결과에 따른 용적밀도와 토양물리특성과의 관계	54
	허승오*, 손정우, 옥정훈, 황선아	
OS-03	충남지역 논 토양 물리성 변동평가	55
	윤여욱*, 조윤기, 이정수, 이진일, 손정우, 허승오	
OS-04	우리나라 농업용 하천수 및 지하수의 수질 현황	56
	안난희*, 최순균, 어진우, 전상민, 엽소진	
OS-05	노지 가지 관비 재배를 위한 웃거름 적정 비율 설정	57
	이예진*, 송요성, 이찬욱, 박혜진, 안진희	
OS-06	중량식 라이시미터에서 겨울철 청보리 재배에 따른 양분수지 평가	58
	안진희*, 이찬욱, 박혜진, 옥정훈, 송요성, 이예진	
OS-07	시설작물 부산물 바이오차 처리가 상추 생산성 및 토양 화학성에 미치는 영향	59
	이동원*, 심재홍, 전상호, 이윤혜, 권순익, 김성현	
OS-08	농경지에 투입되는 유기물원에 따른 작물 생육 및 토양 탄소 축적 특성 평가	60
	이유나*, 김성현, 심재홍, 전상호, 권순익, 이윤혜	
OS-09	Behavior of redox-sensitive metals in complex soil and plant system	61
	Jin Hee Park*	
OS-10	A Review on International Carbon Credit Certification Methodologies for Biochar as a Soil Amendment	62
	Kyung-Hwa Han*, Seok-In Yun, Jin-Hyeob Kwak, and Sun-II Lee	
OS-11	Evaluating Pollution Indices at Agricultural Soils near Industrial Complexes in Jeon-Nam Regions of Korea	63
	Anwarzeb Khan, and Ki In Kim*	
OS-12	Evaluation of the Maximum Adsorption Concentration of Heavy Metals by Red Mud, Neutralized Red Mud, and Steel Slag	64
	Chaw Su Lwin, Mina Lee, Nam-Hee Yi, Tae-Hee Baek, and Kwon-Rae Kim*	

포스터 발표

PA-01	경기도 논 토양의 무기양분 분포에 대한 조사	67
	송민석*, 고성림, 지성환, 김민석, 박소현, 정춘현, 정재원	
PA-02	경기도 논토양의 물리적 특성 분포에 대한 조사	68
	김민석*, 고성림, 지성환, 송민희, 박소현, 정춘현, 정재원	
PA-03	열복사 영상 이미지에 의한 들깨 군락 온도 분석	69
	엄기철*, 임채일, 남이	
PA-04	한밭 지속에 따른 가을배추 포장의 토양수분 장력 변화 추정 모형 개발	70
	엄기철*, 임채일, 남이	
PA-05	동해안 대형산불 피해지역 토양의 물리·화학·생물학적 특성	71
	오세진*, 양태희, 홍기찬, 장원석	
PA-06	전자기장 유도장비를 활용한 간척농지 토양 염도 조사 및 예측	72
	이상근*, 정진희, 전상완, 임성식, 박재성, 이민호, 임송수	
PA-07	토양적성등급 작물 확대를 위한 생리특성 유사작물 적용 가능성 평가	73
	고우리*, 손연규, 서병환, 조송래	
PA-08	Analysis of Upland Drought Frequency based on Soil Available Water Content during Soybean Cultivation Period	74
	Se-In Lee*, Seon-ah Hwang, Jung-hun Ok, Bu-yeong Oh, and Seung-oh Hur	
PA-09	Estimating Soil Organic Carbon, pH, and Nitrogen Using Mid-infrared Diffuse Reflectance Spectroscopy	75
	Jeongchan Lee*, and Kyungjin Min	
PA-10	충청북도 농업용 하천수 수질평가	76
	안현모*, 서보민, 박계원, 김주형, 신지원	
PA-11	충북지역 과수원 토양 물리성 변화 특성	77
	진미지*, 박계원, 안현모, 윤미정, 신현만	
PA-12	경사지 라이시미터를 활용한 밭작물 재배시 토양유실량 변동 모니터링	78
	옥정훈*, 손정우, 황선아	
PA-13	토양적성등급 설정을 위한 방법설정에 대한 고찰	80
	조송래*, 손연규, 고우리, 서병환	
PA-14	발토양 중량식 라이시미터에서 동계작물(양파) 재배시 토성별 물수지 비교	81
	김동현*, 옥정훈, 허승오, 황선아, 오부영, 박민경, 양현서	

PA-15	Estimation of Soil Loss by Threshold Friction Velocity by Wind Profile in Winter-Wheat Grown Field of Haenam Reclaimed Tidal Flat Land	82
	Kyo-Suk Lee, Jae-Han Lee, Sang-Phil Lee, Yang Yeol Oh, Jae-Eui Yang, and Doug-Young Chung*	
PA-16	Long-term Monitoring of Chemical Properties from Paddy Soils in Gyeongnam Province	83
	Hee-Jeong Je*, Eun-Hee Han, Hyeon-Ji Cho, Dong-Chun An, Jae-Hyeok Choi, and Eun-Jin Lee	
PA-17	전남지역 논 토양물리성 변화 특성	84
	곽경진*, 김현지, 김성우, 이소연, 신길호, 허승오, 이진우	
PA-18	제주도 토양의 유기물 수준별 토양수분센서 보정식 개발	85
	이호성, 장진현, 이경옥, 박원표*	
PA-19	선작지왓 서부 지역 고원 초지토양의 특성	86
	송관철*, 박원표, 장진현, 이경옥, 고석형, 현해남	
PA-20	한라산 서남방 고원 초지토양의 특성	87
	송관철*, 박원표, 김민석, 이경옥, 고석형, 현해남	
PA-21	노지 대파의 물 필요량 산정을 위한 물 수지 분석 연구	88
	손정우*, 옥정훈, 오부영	
PA-22	겨울철 논·밭 중량식 라이시미터에서 깊이별 토양수분함량 변동 비교	89
	양현서*, 옥정훈, 허승오, 황선아, 오부영, 김동현, 박민경	
PA-23	전북지역 논토양의 물리성 변화와 토양 특성 분석	90
	박나영*, 엄미정, 김효진, 김용준, 장영환, 장수연, 김주희, 허승오	
PA-24	Analysis of Soil Physical Properties under Paddy Soil in Gyeongnam Province	91
	Han Eun-heui, An Dong-chun, Je Hee-jeong, Heo Jae-young, Choi Jae-hyeok, Seung-Oh Hur, and Jung-Woo Sohn	
PA-25	Development of Small-scale Regional Evapotranspiration Model for Upland Crop using Lysimeter and Crop Model	92
	Bu-Yeong Oh*, Jeong-Woo Son, and Jung-Hun Ok	
PA-26	경북지역 논토양 물리적 변동 특성	93
	정연규*, 김용찬, 허창석, 박석희	
PA-27	자운지구와 도암호 유역 농경지 토양의 토양침식성인자 (<i>K</i> factor) 조사	94
	정재영*, 윤정환, 이상필, 정석순, 이찬규, 박병준, 김연호, 김혁수, 김동진, 양재의	
PA-28	Assessing the Capacity for Mineralassociated Organic Carbon Storage in Croplands of New South Wales, Australia	96
	Ho Jun Jang, Sangho Jeon, Mercedes Roman Dobarco, Budiman Minasny, and Alex McBratney	
PA-29	사과재배지 깊이별 탄소 및 수분저장량 평가	97
	정승탁, 박문형, 이창훈*	



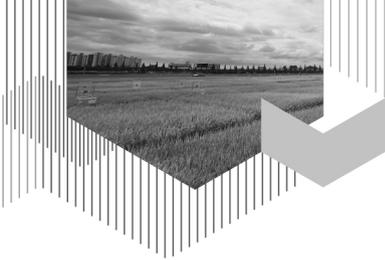
PA-30	우리나라 염해 토양에 대한 WRB 토양분류	98
	서병환, 손연규, 고우리, 조송래	
PB-01	The Waterlogging Responses of Several Kiwi Rootstocks to 'Goldone'	99
	Hong Lim Kim*, Mock-hee Lee, and Jae-Ho Joa	
PB-02	경기도 논 토양 특성 예측 모델 개발에 관한 연구	100
	송민희*, 고성립, 지성환, 김민석, 박소현, 정춘현, 조용진	
PB-03	Nutrient Use Efficiency of Buckwheat According to Different Type and Rate of Fertilizer in Open Field Cultivation	101
	Stephen Okwang, Jung-Woo Son, Taeil Jang, and Jin-Hyeob Kwak	
PB-04	간척지 배수 불량 해결을 위한 경사 및 배수골 배치 방법 모색: 새만금 간척지 사례 중심 ...	102
	강경민*, 김원진, 김은수, 송은수, 오승준, 오예림, 전승혁, 이광승, 남원호, 곽진협	
PB-05	퇴비종류별 바이오차 혼합처리가 배추 생육에 미치는 영향	103
	안동춘*, 제희정, 한은희, 최재혁, 서동철	
PB-06	강원특별자치도 철원군 파프리카·토마토 관비재배 토양의 화학성분 함량	104
	곽유신, 조태희, 박준영, 전신재, 윤병성*	
PB-07	랜더링 잔류물을 원료로한 아미노산 액비의 처리방법별 벼 생산성 및 양분흡수량에 미치는 효과	105
	송시원*, 추성범, 박재혁, 강세원, 조주식	
PB-08	유,무기질 비료와 랜더링 잔류물 기반 아미노산 액비의 혼용이 배추 생육에 미치는 효과 ..	106
	추성범*, 송시원, 박재혁, 강세원, 조주식	
PB-09	Nutrient Uptake of Corns Under Various Soil Moisture Contents	107
	Hyen Chung Chun*, Sanghun Lee, Hyeok Gong, and Ki Youl Jung	
PB-10	Effect of Varying Slow Release Fertilizer Supply on Kimchi Cabbage Growth and Soil Nutrient Status in Highland, Gangwon, Korea	108
	Yang-Min Kim*, Mavis Badu Brempong, Gye-Ryeong Bak, and Jeong-Tae Lee	
PB-11	파프리카 양액재배 코이어 대체 케나프 유기배지 투입 효과	109
	배세홍, 이창규*, 최민경, 김진희, 홍예지, 홍성미, 이은미, 오훈탁, 서경원	
PB-12	생분해성 수지를 이용한 코팅비료가 벼 생육에 미치는 영향	110
	김해나*, 강민승, 장경만, 김지원, 정인호, 이승하, 조현중, 나홍식, 정우진, 명을재, 권오연	
PB-13	Digital Soil Mapping 기술을 이용한 국내 농경지 토양 내 유기물함량의 공간적 분포 예측	111
	강윤구, 이준영, 김준호, 손연규, 이창훈, 오택근*	
PB-14	동·식물성 원료를 활용한 바이오차가 상추 생육과 토양 비옥도에 미치는 영향	113
	이준영, 강윤구, 김준호, 윤여옥, 오택근*	

PB-15	커피 슬러지 바이오차 혼합 유기질비료 처리에 따른 케일 생육과 토양환경에 미치는 영향	114
	이준영, 강윤구, 김준호, 윤여옥, 오택근*	
PB-16	다양한 토양 조건에서 고추와 브로콜리의 전기적 신호를 활용한 스트레스 평가	115
	박진희*, 김정연, 신수경, 파우지아 마하나즈	
PB-17	새만금간척지에서 바이오차 종류 및 처리량에 따른 토양 탄소 함량 변화	116
	이광승*, 강방훈, 이수환, 신영태, 오양열, 옥희경, 이학성, 조현숙	
PB-18	소면적 재배 작물 비름의 토양검정에 의한 비료사용처방 기준설정	117
	소호섭*, 주옥정, 정재원, 이정혜, 안희정, 노안성, 이에진, 박중수, 김석철	
PB-19	Research on Standards for Installing Soil Moisture Content Sensors in Open Field Smart Farms	118
	Beomki Kim*, and Hongkyu Kang	
PB-20	농업 부산물의 이화학적 특성 분석 및 농업 부산물 활용 가축분 혼합 퇴비화	120
	방동규*, 장순웅, 김민규, 심재홍, 정우진	
PB-21	배추 작물재배 시 바이오차의 연용이 토양화학성에 미치는 영향	121
	김동민*, 김보민, 홍수영, 서영호, 오석화, 김기선	
PB-22	충북지역 주요 과수작목의 비료사용 변화	122
	박계원*, 서보민, 안현모, 김주형, 신지원	
PB-23	오디 수확용 뽕나무 재배지의 비료사용량, 토양 화학성과 식물체 무기성분 관계	124
	송요성, 이찬욱, 박혜진, 이에진*	
PB-24	1999년부터 2023년까지 전남지역 논토양 화학성 변동특성	125
	김현지*, 김성우, 이소연, 광경진, 신길호, 이진우	
PB-25	2022년 전남지역 논토양과 밭토양 대표필지 지점의 토양화학적 특성 평가	126
	김현지*, 김성우, 이소연, 광경진, 신길호, 이진우	
PB-26	새만금간척지 농생명용지 5공구의 토양 화학적 특성 및 농지 이용 현황	127
	서보성, 강방훈, 오양열*	
PB-27	분광광도법에 의한 토양 추출액 pH의 측정	128
	이상필*, Pros Khok, 박지원, 이에훈, 한광현	
PB-28	Assessing the Major Ionic Compositions in Soil and Plant Water Extracts from Three Different Farmlands and Crop Species	129
	Khok Pros*, Sangpil Lee, Yehoon Lee, Jee Won Park, and Gwang Hyun Han	
PB-29	시비처방을 위한 남북 토양분석방법 비교	131
	장우석, 김규리, 박지환, 윤정환, 이단비, 김계훈*	
PB-30	시설수박 수량에 영향을 미치는 토양환경인자의 기여도 평가	132
	김명숙*, 이은진, 이태구, 정하일, 백선희, 이승규	



PB-31	Biochar-induced Changes in Methane Emission, Yield, and Soil Properties of Rice Paddies: A Data Synthesis	133
	Pia Husna Israt, Nuri Baek, and Woo-Jung Choi	
PB-32	시비와 온도 조건에 따른 논 토양 효소 활성도와 미생물 생체 탄소량 변화	134
	백누리*, 박현진, 곽진협, 김한용, 최우정	
PB-33	간척지 토양 유기탄소 함량 분석 방법의 불확실성	135
	박서우*, 백누리, 신은서, 서보성, 김한용, 최우정	
PB-34	벼 재배기간 중 토양 직접 배출 메탄 플럭스	136
	신은서*, 백누리, 박서우, Pia Husna Israt, 김한용, 최우정	
PB-35	Calculation of the amount of Livestock Manure Produced in the Namwon Area that can be input to Agricultural Land	137
	Hyojin Kim*, Mijung Um, Nayoung Park, Yongjun Kim, Younghwan Jang, Sunkang Yoon, and Juhee Kim	
PB-36	일사 비례 양액공급에 따른 파프리카 줄기 수액의 PIES와 생육비교	138
	이평호*, 이인복, 정승탁, 김현빈	
PB-37	벼논에서 완전 물 떼기 시기 조절을 통한 중간 낙수 대체 가능성 평가: DNDC model 분석	139
	이치현*, 김필주	
PB-38	논토양에서 풋거름작물이 리그닌과 셀룰로스의 분해에 미치는 영향	140
	김소희, 이상민, 이초롱*	
PB-39	유기 및 관행농업 재배지 온실가스 배출량 및 탄소 저장량 비교	141
	이상민*, 황현영, 이초롱, 홍선옥, 강다인, 엄채윤, 김유진, 김소희	
PB-40	농경지 질소 유출 저감을 위한 질소 모델의 활용	142
	김민지*, 이찬욱, 박혜진, 이예진	
PB-41	Reactivity of Sepiolite with KOH and H ₃ PO ₄	143
	Dae-Eon Geum*, Jae-deok Seo, Joo-Hee Park, and Man Park	
PB-42	토양 pH가 다른 조건에서 왕겨 바이오차 처리에 따른 봄배추 생육 및 토양특성 변화	144
	강윤구, 이준영, 김준호, 윤여욱, 오택근*	
PB-43	음식물류 폐기물 건조분말과 커피 슬러지 시용량에 따른 엽채류 생육 및 항산화 활성	145
	강윤구, 이준영, 김준호, 오택근*	
PB-44	2022년도 우리나라 농경지 과수 토양의 화학성 평가	146
	이은진*, 김명숙, 정하일, 이태구, 백선희	
PB-45	제주지역 논토양의 화학성 변동 양상	147
	이강해*, 강일두, 고윤정, 이용우, 김창선, 진금신, 김태균	

PB-46	새만금간척지에서 풋거름작물-콩 재배가 토양 유기물 함량에 미치는 영향	148
	신영태, 조현숙*, 강방훈, 이화성, 이광승, 오양열, 옥희경	
PB-47	브로콜리 비료사용처방 기준 설정	150
	이용우, 김유경, 강일두, 고윤정, 이강해, 조영운, 양혜은, 김진경, 김태균	
PB-48	벼 재배에서의 질소 시비량 변화가 수량, 품질 및 질소 이용효율에 미치는 영향	151
	채미진*, 양운호, 강신구, 이대우	
PB-49	완효성 비료를 이용한 쌀 생산에 대한 품종 및 시비조건의 영향	152
	채미진*, 양운호, 강신구, 이대우, 이에지, 한아름	
PB-50	벼 이앙 전 관주처리에 따른 분광식생지수 분석	153
	엄태선*, 황예빈, 이용선, 손준기, 전경식, 유성영, 구현희	
PB-51	GroMore 프로그램을 적용한 논 토양의 온실가스 배출량 평가	154
	이용선, 김아린, 문태일, 구현희*	
PB-52	바이오차의 농작물 맞춤형 표준사용기준 설정을 위한 포트 재배시험	155
	홍영규*, 김진욱, 이경민, 이동주, 이선일, 김성철	
PB-53	국내 유기농법 적용 논 토양의 특성에 따른 토양 질 평가	156
	홍영규*, 김진욱, 이경민, 이동주, 이초롱, 김성철	
PB-54	다양한 유기물 함량 조건에서 바이오차 시비에 따른 발작물의 생산성 평가	157
	홍영규*, 김진욱, 이경민, 이동주, 이선일, 김성철	
PB-55	바이오차 및 키토산을 이용한 수질 중 축산용 항생제의 제거 효율 평가	158
	김진욱*, 홍영규, 이경민, 이동주, 김상수, 권오경, 김성철	
PB-56	토양 유기물 함량 분석을 위한 Tyurin법과 CN 분석기 측정법 비교	159
	윤진주*, 김성현, 권순익, 심재홍, 이윤혜, 한소예, 전상호	
PB-57	발토양 인산, 칼륨 비료 최소사용량 기준설정을 위한 수용성 양분 분석	160
	박혜진*, 이에진, 이찬욱, 송요성	
PB-58	토양 검정 비료 처방 및 비료 사용 방법에 따른 단호박 시비 효과	161
	고윤정*, 이강해, 강일두, 김유경, 김창선, 진금신, 김태균	
PB-59	새만금 간척지 농생명권역의 공구별 토양 이화학적 및 생물학적 특성 평가	162
	남성현*, 이우영, 장용선, 이상필, 윤정환, 정석순, 이준규, 김성철, 양재의	
PB-60	벼논에서 물관리에 따른 메탄가스 감축 효과	164
	이용선*, 김강희, 김아린, 문태일, 구현희	
PB-61	벼품종과 이앙 시기 특성에 따른 메탄 배출 특성	165
	김아린*, 문태일, 이용선, 구현희	



PB-62 Spatial Distribution of the Soil Chemical Properties on Organic Paddy Soils in Gangwon Province 166
Tae-Il Moon*, A-Rin Kim, Yong-Seon Lee, Hui-Ju Maeng, Suk-hyun Moon, and Hyun-Hwoi Ku

PB-63 토양 중 Cu 간이분석을 위한 박테리오파지 나노 컬러센서 적용가능성 평가 167
정석순*, 남성현, 이종민, 김혁수

PB-64 충남 당진시 대표필지 토양화학성 현황 168
이덕형*, 구경애, 이진일, 이은진, 윤여옥

PB-65 수경재배시 고품질의 새싹보리 생산을 위한 최적 재배농도 설정 169
권현우*, 윤영은, 고다게다라 고다알라게다라 라크미니, 조주영, 최준혁, 최현지, 김영남, 이용복

PB-66 새싹작물의 유용성분 증진을 위한 환경적 유도요인 구명 170
윤영은*, 고다게다라 고다알라게다라 라크미니, 조주영, 최준혁, 최현지, 김영남, 이용복

PB-67 Infrared Spectroscopy-Enhanced Soil Property Prediction for Precision Fertilizer Recommendations in Korean Agriculture 171
Ho Jun Jang, wartini ng, Budiman Minasny, Seong Heon Kim, Jay Hong Shim, Yun-Hae Lee, Soon ik Kwon, Jin-Ju Yun, and Sang Ho Jeon

PB-68 무기질비료와 유기질비료(계분)의 혼합비율이 옥수수 수확량에 미치는 영향 172
박병준*, 김연호, 정재영, 서수민, 김다운, 원채운, 김건호, 김혁수

PB-69 풋거름작물 혼파 시비가 논 토양의 탄소 fractions에 미치는 영향 173
최준혁*, 최현지, 신예림, 조주영, 윤영은, 이금아, 이용복, 김영남

PB-70 목재 바이오차 시용이 상추 재배토양의 이화학적 특성과 수확량에 미치는 영향 174
조주영*, 신예림, 최준혁, 고다게다라 고다알라게다라 라크미니, 이금아, 김영남, 이용복

PB-71 토양검정 자료 기반 토양 비옥도 평가 모델 개발 175
윤정환*, 정석순, 이상필, 김혁수, 양재의

PB-72 벗짚퇴비와 미생물 비료 처리가 고온에서 시금치 생육에 미치는 영향 176
김민경, 김정화, 정영애, 최수현, 윤서아, 이석환, 최은영*

PB-73 Effects of Different Fertilizer Application on Nitrogen Balance in Maize Upland Soil 177
Mun Hyeong Park, Hye Jin Park, and Chang-Hoon Lee*

PB-74 전북지역 과수원 토양의 장기간 화학성 변동 현황 178
엄미정*, 김효진, 박나영, 김용준, 장영환, 윤순강, 김주희

PB-75 농경지 탄소 축적을 위한 시설작물 부산물의 바이오차 최적 제조조건 179
김성현*, 이동원, 전상호, 심재홍, 이윤혜, 권순익

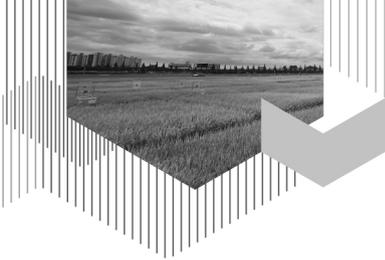
PB-76 경기도 대표 농경지 토양의 화학성 변화 180
안희정*, 김조은, 주옥정, 정재원, 이정혜, 소호섭, 박중수, 김석철

PB-77	Estimating Soil Organic Carbon, pH, and Nitrogen Using Mid-infrared Diffuse Reflectance Spectroscopy	181
	Jeongchan Lee*, and Kyungjin Min	
PB-78	목재 바이오차 시용이 상추 재배토양의 이화학적 특성과 수확량에 미치는 영향	182
	조주영*, 신예림, 최준혁, 고다게다라 고다알라게다라 라크미니, 이금아, 김영남, 이용복	
PC-01	Milling Improves Mid-infrared Spectral Predictions of Local Soil Fertility, not Physical Properties	183
	Juyeon Park, Seungju Shin, and Juhwan Lee*	
PC-02	<i>Bacillus velezensis</i> S16 균주를 이용한 토양 염류 감소 및 작물생장 촉진 효과	185
	서민경*, 강경민, 양현주, 정종국, 윤제정	
PC-03	Minimizing the Total Petroleum Hydrocarbon contaminants in biochar derived from Agricultural Byproducts	186
	Muhammad Israr Khan, Gil Won Kim, and Pil Joo Kim*	
PC-04	Partitioning Carbon Dioxide Emissions from Soil Organic Matter and Urea in Warm and Cold Cropping Seasons	187
	Gil Won Kim, Rubab Sarfraz, Muhammad Israr Khan*, and Pil Joo Kim*	
PC-05	Salt Tolerant Microorganisms Mitigate Salt Stress in Chinese Cabbage by Restoring Photosynthetic Machinery	188
	Ho-Jun Gam*, Ji-In Woo, Joon-Ik Son, Sang-Mo Kang, and In-Jung Lee	
PC-06	Screening Chitinase-producing Rhizobacteria to Alleviate the Salinity Stress of Pepper (<i>Capsicum annuum</i> L.)	189
	Ji-In Woo*, Ho-Jun Gam, In-Jung Lee, and Sang-Mo Kang	
PC-07	Application of Salt Tolerance PGPR Alleviate the Salinity Stress in Lettuce (<i>Lactuca sativa</i> L.) ...	190
	Ji-In Woo*, Ho-Jun Gam, Joon-Ik Son, Sang-Mo Kang, and In-Jung Lee	
PC-08	노지 및 시설재배지에서 왕겨 바이오차 연용이 토양 무기태질소 변화에 미치는 영향	191
	박재혁*, 추성범, 송시원, 강세원, 조주식	
PC-09	시설하우스 토양에서 바이오차의 연용이 온실가스 배출에 미치는 영향	192
	박재혁*, 추성범, 송시원, 강세원, 조주식	
PC-10	다양한 수확후 잔재물의 퇴비화를 위한 전처리기술 개발	193
	한동우*, 강민경	
PC-11	퇴비화시설 발생가스의 적정 처리방안 연구	194
	김한래*, 황승혁, 한동우	
PC-12	중부지역 벼논에서의 아산화질소 배출량 고농도 사례	195
	주옥정*, 이정혜, 안희정, 정재원, 소호섭, 박중수, 조창휘, 김석철	



PC-13	경기도 농업부문 벼 재배분야 온실가스 배출량 시범 산정	196
	주옥정*, 이정혜, 안희정, 정재원, 소호섭, 박중수, 조창휘, 김석철	
PC-14	설문기법을 활용한 논외 생태계서비스 평가항목 도출	197
	최선화*, 김재구	
PC-15	다양한 농업잔재물 투입에 따른 농경지 토양 내 NH ₃ 배출량 및 탄소저장량 평가	198
	강윤구, 이준영, 김준호, 윤여욱, 김성현, 오택근*	
PC-16	농경지토양 수계유출 아산화질소 간접배출 및 질소유출 비율 평가에 대한 고찰	199
	박혜란*, 이종문, 정현철, 이선일, 이형석, 이민지	
PC-17	철인산염 코팅 바이오차를 이용한 복합 금속 오염 토양 안정화 및 상추 생육 평가	200
	김한나, 이승준, 신수경, 김정연, 이찬용, 박진희*	
PC-18	시기별 강원지역 하천수 수질 현황	201
	김보민*, 김동민, 홍수영, 서영호, 김남호, 안난희, 김기선	
PC-19	Depth Distribution of Michaelis–Menten Kinetics in Soils with Nitrogen Additions ...	202
	Hye Ju Lee*, and Kyung Jin Min	
PC-20	Effects of Twelve Years of Nitrogen Fertilization on Soil Microbial Respiration and its Temperature Sensitivity	203
	Hyunjin Kim*, and Kyungjin Min	
PC-21	The Effects of Long- and Short-term Nitrogen Treatments on Soil Microbial Growth and Respiration ...	204
	Seungwon Kim*, and Kyungjin Min	
PC-22	장기간 경과한 안정화제 처리 토양에서 안정화제 추가 처리가 중금속 유효도에 미치는 영향	205
	이남희*, 백태희, 이미나, Chaw su Lwin, 김권래	
PC-23	Methane and Nitrous Oxide Emissions from Rice Paddy with Different Soil Management ...	206
	Geon Hyeong Lee*, and Chang Oh Hong	
PC-24	전과정평가를 활용한 최소경운 벼 재배지에서의 온실가스 배출량 산정	207
	진주현*, 정현철, 이선일, 이형석, 박혜란, 유예슬, 이종문, 이윤호, 권효숙	
PC-25	The Plant Growth Promotion and Induction of Tolerance to Salinity Stress by <i>Enterobacter intermedium</i> 60–2G in Red Pepper Plants	208
	Ga Ram Baek, and Hyo Song Nam*	
PC-26	충남지역 농업용 하천수 수질변동 모니터링	209
	이정수*, 최소혜, 윤여욱, 조윤기, 이진일, 안난희	
PC-27	수분함량에 따른 돈분퇴비의 화학성 함량 변화	210
	류단비*, 정영재, 김성현, 권순익, 심재홍	
PC-28	농업부산물 원료별 성분 분석을 통한 부숙유기질비료 제조 활용 가능성 평가	211
	정영재*, 김성현, 전상호, 이윤혜, 권순익, 심재홍	

PC-29	Food Waste Compost Pellet Fertilizer Combined with Biochar and Plant Growth Promoting Bacteria: Effects on Chinese Cabbage (<i>Brassica rapa</i> L.) Yield, Soil Properties and Greenhouse Gas Emissions	212
	Young-Jae Jeong*, Seong-Heon Kim, Sang-Ho Jeon, Youn-Hae Lee, Soon-Ik Kwon, and Jae-Hong Shim	
PC-30	전남 과수토양에서 분리한 미생물의 항진균 및 식물생육촉진 특성 조사	213
	이소연*, 김현지, 김성우, 곽경진, 신길호, 이진우, 김도현	
PC-31	왕우렁이의 논잡초 생물학적 방제 효과 및 벼수량 변화	214
	최효정*, 서상영, 최선우, 배세홍, 김주희	
PC-32	섬진강수계 주요 상수원의 오염원 현황 및 배출부하량 산정	215
	박민경*, 범진아, 정민혁, 윤광식	
PC-33	Is biochar a Major Material that Can Response to Climate Change?	216
	Ikhyeong Lee*, Haeun Ryoo, Minji Shin, Han-Na Cho, and Se-Won Kang	
PC-34	농업환경보전프로그램의 영향평가를 위한 넥서스 기반 통합 평가 플랫폼 구축 연구	217
	손정우*, 허승오, 오부영	
PC-35	Development of a Database for Rice System Simulation in Korea	218
	Seung-Ju Shin, and Ju-Hwan Lee*	
PC-36	2022년도 우리나라 공업단지 인근 농경지의 중금속 함량 평가	219
	백선혜, 정하일*, 김혁수, 김성철, 김기인, 김권래, 이미나, 김명숙, 이은진, 이태구, 이승규	
PC-37	Estimation on Production Potential of Agricultural By-product and Biochar in Jeollabuk-do Province	220
	Mijeong Uhm*, Hyojin Kim, Nayoung Park, Yongjun Kim, Suyeon Jang, and Juhee Kim	
PC-38	벼논에서 완전 물 떼기 시기 조절을 통한 중간 낙수 대체 가능성 평가: DNDC model 분석	221
	이치현*, 김필주	
PC-39	벼 품종 차이에 따른 CH ₄ 배출량 및 생육특성 평가	222
	이준영, 강윤구, 김준호, 오택근*	
PC-40	충청북도 지역 농·공업단지 인근 취약농경지에 대한 중금속 오염도 평가	223
	홍영규*, 김진욱, 이정민, 이동주, 정하일, 김성철	
PC-41	국내 과수재배지의 비료사용량 변화	224
	윤진주*, 김성현, 전상호, 심재홍, 이윤혜, 한소예, 권순익	
PC-42	Mehlich III 추출 방법을 이용한 돈분 바이오차의 Cu와 Zn 중금속 안전성 평가	225
	이준규*, 장용선, 이상필, 윤정환, 정석순, 이찬규, 김혁수, 양재의	
PC-43	전북지역 밭 토양 미생물 군집 특성	227
	김용준*, 김효진, 엄미정, 박나영, 김주희, 김도현	



PC-44	TLUD(Top Lit Up Draft) 반응기를 이용한 다양한 바이오매스의 바이오차 특성	228
	박대권* 김상도, 윤여욱	
PC-45	인산석고 유래 소석회의 퇴비화 적용 시 온실가스 발생 변화	229
	박병준*, 노수빈, 방동규, 김민규, 정우진, 심재홍, 김혁수	
PC-46	유기농업 들깨 재배지에서 유기자원 처리 시 온실가스 배출량 변화	230
	박병준*, 김혁수, 이영돈, 윤현수, 고태열, 김미소, 주진호	
PC-47	항생물질 토양오염에 대한 줄지렁이의 생물학적 반응	231
	권현우*, 최준혁, 최현지, 하젤 쇼흐라, 이금아, 윤영은, 이용복, 김영남	
PC-48	Tetracyclines 독성에 대한 벼(<i>Oryza sativa</i> L.)의 생장 및 생리적 반응	232
	신예림*, 최현지, 하젤 쇼흐라, 비말라즈 칸타라즈, 이금아, 이용복	
PC-49	Alleviation Effects of Seed Priming with Casein Hydrolysate on Seedling Growth of <i>Lolium multiflorum</i> L. under Salinity Stress	233
	Keum-Ah Lee*, Young-Nam Kim, Yong Bok Lee, and David Leung	
PC-50	고상형 클로렐라(<i>Chlorella fusca</i> CHK0059) 처리가 딸기 유묘의 생육에 미치는 영향	234
	최준혁*, 최현지, 신예림, 조주영, 윤영은, 이금아, 이용복, 김영남	
PC-51	충남지역 과수원 토양 미생물상 분포	235
	윤여욱*, 조윤기, 이정수, 이진일, 김도현	
PC-52	Chlortetracycline 독성에 대한 상추의 생육 및 생리적 반응	236
	최현지*, 신예림, 하젤 쇼흐라, 비말라즈 칸타라즈, 이금아, 김영남, 이용복	
PC-53	콩 (서리태) 재배지 내 유기자원 처리에 따른 온실가스 발생 모니터링	237
	박병준*, 정석순, 이영돈, 정우영, 강윤서, 채신주, 김혁수	
PC-54	산불 피해목으로 만든 바이오차 시용이 산불 토양특성에 미치는 영향	238
	김성호*, 우영준, 정대영, 육진수, 김병철, 이창훈	
PC-55	테트라사이클린 오염토양에서 배추 유묘의 생리적 반응과 생물축적량 변화	239
	하젤 쇼흐라*, 신예림, 최현지, 비말라즈 칸타라즈, 김영남, 이금아, 이용복	
PC-56	철인산염 코팅 바이오차를 이용한 복합 금속 오염 토양 안정화 및 상추 생육 평가	240
	김한나, 이승준, 신수경, 김정연, 이찬용, 박진희*	
PC-57	계분 바이오차의 작물 생육촉진 효과	241
	홍수영*, 김보민, 김동민, 서영호, 김기선	
PC-58	Insights on Emerging Biochar-Based Applications for Soil Fertility and Crop Improvement	242
	Periyasamy Rathinapriya, In-Bog Lee, Pyoung Ho Yi, and Seung Tak Jeong*	
PC-59	Effect of Biochar Application on Reducing GHG Emissions in Apple Orchard	243
	Seung Tak Jeong*, In-Bog Lee, and Pyoung Ho Yi	

학술상 강연

학술상 수상자 강연

농경지 토양관리의 패러다임 변화에 따른 최적 관리 방법

BMPs for Agricultural field Based on Change of Soil Management Paradigm

김성철

Sung-Chul Kim

충남대학교 생물환경화학학과

Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

농경지 토양 관리 방안은 1960년대 이후 지속적으로 변화하고 있다. 과거 농경지 관리는 작물의 생산성 및 양분의 효율성을 향상 시키기 위한 관리 방안을 사용하였다. 그 후 1990년대에는 작물의 안전성에 대한 국민의 관심이 증대됨에 따라 농경지 토양의 유해물질 관리 방안에 대한 연구가 진행되었다. 2000년대를 지나면서 최근 토양의 관리 방안은 토양질(soil quality), 토양 건강성(soil health), 토양 안보(soil security), 그리고 토양 생태계서비스(soil ecosystem service) 등과 같은 새로운 토양관리의 패러다임이 제시되고 있다. 본 발표에서는 농경지 토양관리의 변화에 따른 연구 결과와 향후 농경지 관리 방안에 대해 다루고자 한다.

농경지 토양 관리는 토양의 물리, 화학, 생물학적 특성을 고려하여 농경지 토양의 지속가능성, 생산성 향상, 그리고 환경 보전을 목적으로 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 우선 최적의 양분수지 달성, 최소한의 유해 농자재 사용, 그리고 환경 친화적인 농법 개발 등이 수행되어야 한다. 최적의 양분수지를 달성하기 위해서는 무기질과 유기질 비료의 적절한 혼합 사용이 필요하며 순환 농업을 통한 과잉 양분 투입을 제한해야 한다. 농작물의 안전성 측면에서는 농작물 내 농약 또는 중금속 축적 방지, 신중오염물질의 작물 체 내 축적 예방 등을 이루기 위한 토양 관리 방안이 실행되었다.

최근 제시되고 있는 토양 안보 및 토양 생태계서비스의 관리 방안은 토양의 물리, 화학, 생물학적 특성뿐만 아니라 토양의 생물 다양성과 생태계 건전성 등을 같이 고려하고 있다. 농경지 토양관리를 위해서는 농업 생태계를 보호하고 생물 다양성을 지원하는 방법을 제시함으로써 농경지 토양을 포함한 산림 또는 도시 토양의 생태계에도 긍정적인 영향을 미치는 방법이 필요한 실정이다.

향후 농경지 토양 관리는 토양뿐만 아니라 물과 에너지의 사용 효율성을 증대하는 방안으로 진행될 것이며 지속 가능한 물 자원 관리 및 에너지의 사용 효율성을 증대함으로써 농업 분야의 생산성과 경제적 지속 가능성을 개선하는 방안이 필요할 것이다.

주제어: 농경지 관리, 생산성, 안전성, 생태계서비스, 넥서스

주연기자 연락처: sckim@cnu.ac.kr (042-821-6737)

심포지엄

Symposium 1

장기연용 시비관리로부터 배운다: 조사를 넘어 연구로의 전환

Learn from Long-term Fertilization Study: Investigation beyond Observation

김필주

Pil joo Kim

경상국립대학교 응용생명과학부(BK21 Four)

Division of Applied Life Science (BK21 Four), Gyeongsang National University, Republic of Korea

전 세계적으로 많은 인구증가와 급변하는 기후변화 등으로 식량안보에 많은 위협이 되고 있다. 최근 주요 농업생산국과 비료원료 수출국에서의 분쟁은 국제 곡물가격과 비료가격을 크게 높이고 있어 농산물의 유통질서를 위협하고 있다. 곡물이 생산성을 늘리기 위해서는 제한된 농경지에서 생산성을 높이는 것이 중요하며, 생산성을 증진시키기 위해서는 적절한 시비관리가 무엇보다 효과적이라 할 수 있다. 비료 투입 없이는 낮은 생산성으로 인해 더 많은 농경지 개발이 필요하기 때문에 자연생태계 파괴에 의한 환경파괴가 더 심화될 수 있다. 질소, 인산, 칼리를 중심으로 시비관리에서 질소와 같이 반응성이 높은 비료의 처리효과는 단기적으로 평가가 가능하지만, 인산이나 유기물과 같이 반응성이 낮은 비료의 처리효과를 평가하기 위해서는 장기적 연용시험이 필요하다. 농업생산성을 증진시키기 위해 투입된 양분 중 상당량은 농경지로부터 주변 수계와 대기로 유출되어 다양한 형태의 환경오염을 유발하고 있다. 시비이용효율의 극대화를 통한 비료성분 유출을 줄일 수 있는 시비관리기술의 적극적 개발이 필요하다. 지금까지 우리는 비료 장기연용 시험을 해오면서 반복적으로 동일한 항목을 조사하고 작은 변화에 큰 의미를 차지 못하고 단순히 관측해오는 수준에 머무르고 있었다. 이제는 우리 사고의 전환이 필요한 시점이다. 농업과학원에서 운영해오고 있는 수원의 동일비료 장기연용 시험포장에서 지속적으로 퇴비를 사용한 결과, 25년 이후부터 토양 유기물 함량이 더 이상 증가하지 않는 것을 일찍이 발견한바 있다. 아쉽게도 우리는 이러한 변화가 의미하는 학술적 중요성 깨닫지 못했던 경험을 가지고 있다. 오랫동안 국가의 귀중한 예산을 투입하여 정밀하게 관리해오고 있는 농진청 산하의 많은 장기연용 시비포장의 연구 자료와 토양 등과 같은 시험결과가 많은 연구자간에 적극적으로 공유되어 자료의 가치를 높일 수 있어야 할 것이다.

Keywords: long-term fertilization, fertilizer, soil organic carbon stock, carbon saturation

Correspondence: pjkim@gnu.ac.kr

Symposium 2

동일비료 장기연용이 논 토양의 화학성 및 벼 수량에 미치는 영향

Effect of Long-Term Fertilization on Soil Chemical Properties and Rice Yield in the Paddy soil

윤진주, 김성현, 권순익, 심재홍, 이윤혜, 한소예, 전상호*
 Jin-Ju Yun*, Seong Heon Kim, Soon Ik Kwon, Jae hong Shim,
 Yun Hae Lee, So Ye Han, and Sang Ho Jeon
 농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과
 Soil and Fertilizer Management Division, National Institute of Agricultural Sciences
 Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

작물재배시험은 환경 변화에 의한 영향이 크고, 비료시험의 경우 잔효효과가 있어 재현성 있는 결과를 얻기 힘든 경우가 많아 장기간에 걸친 반복시험이 필요하다. 특히 양분과 토양이 작물의 생산성에 미치는 영향은 매우 장기적인 관찰을 필요로 한다. 따라서 본 연구에서는 1954년부터 현재까지 동일비료를 장기연용한 논 토양의 화학성 및 벼 수량 특성을 확인하고자 하였다. 시험포장은 수원 식량과학원 중부작물부 답작포장(강서통)에서 실시하였으며, 처리구는 토양개량제 종류에 따라 NPK, NPKS(NPK+규산), NPKL(NPK+석회), NPKC(NPK+뽕짚퇴비) 등 32개 처리구로 설정하였다. 3요소 시비량은 1954년부터 1970년까지는 7.5-7.5-7.5(N-P₂O₅-K₂O) kg 10a⁻¹, 1971년부터 1978년까지는 10.0-7.5-7.5 kg 10a⁻¹, 1979년부터 1985년까지는 15.0-8.6-8.6 kg 10a⁻¹, 1986년부터 11.0-7.0-8.0 kg 10a⁻¹으로 표준시비하였다. 연구결과 화학비료, 뽕짚퇴비, 토양개량제인 규산질비료를 70년 동안 시용하였을 때 pH는 토양개량제 및 퇴비 처리구에서 증가하는 경향을 보였으며, 3요소와 3요소+퇴비, 3요소+퇴비+석회처리구는 pH 6.4-6.5로 적정범위였으나 이외에 석회와 규산투입처리구에서는 적정범위보다 높았다. 퇴비 투입량에 따른 pH변화는 무비, 요소+퇴비, 3요소+퇴비 7.5 ton ha⁻¹ 처리구에서는 pH 7.0으로 높았으며, 퇴비의 투입량이 늘어날수록 pH가 낮아져 투입량이 많았던 3요소+퇴비 30.0 ton ha⁻¹ 처리구에서 pH 5.9로 나타났다. 유기물은 퇴비투입 처리구에서 연용기간동안 증가하여 29-32 g kg⁻¹로 나타났으며, 퇴비 투입량이 증가함에 따라 유기물 함량이 높아져 3요소+퇴비 22.5 ton kg⁻¹와 3요소+퇴비 30.0 ton kg⁻¹ 처리구에서 각각 38 g kg⁻¹, 42 g kg⁻¹로 높았다. 유효인산은 토양개량제 및 토양개량제와 퇴비혼합처리구에서 2000년까지는 증가하다가 이후에는 감소하는 경향을 보였으며, 퇴비 투입량이 많을수록 토양의 유효인산이 높았으나 연용기간이 늘어날수록 감소하는 경향을 보였다. 교환성 칼륨은 토양개량제 및 토양개량제와 퇴비혼합 처리구에서 증가와 감소를 반복하는 경향을 보였으며, 퇴비 투입량이 많을수록 교환성 칼륨이 높았다. 벼의 생산량은 1985년까지는 연용할수록 증가하였으며, 그 후부터는 유지하는 경향을 보였다. 1980년 중반부터 무비구와 비료 및 토양개량제 투입 처리구 간 차이가 보이기 시작하였으며, 2022년에 무비구보다 비료 및 토양개량제 처리구가 1.5배 이상 벼의 생산량이 많았다. 퇴비 투입량에 따라서는 투입량이 많을수록 벼의 생산량이 증가하는 경향을 보였으며, 투입량이 가장 많았던 3요소+퇴비 30.0 ton ha⁻¹ 처리구에서 7.7 ton ha⁻¹로 가장 많았다. 이상의 결과를 미루어 볼 때 무기질비료, 유기질비료 그리고 토양개량제인 규산질비료를 혼용하는 것은 토양비옥도를 향상시켜 작물을 안정적으로 생산할 수 있는 방법이라 생각된다.

주제어: 장기연용, 벼, 토양 화학성, 수량

주연구자 연락처: jeon45@korea.kr (063-238-2452)

Symposium 3

경북도원 밭토양 장기연용포장 토양특성 변화

Changes in Upland Soil Characteristics of Long-Term Fertilizer Treatment

정연규*, 김용찬, 허창석, 박석희

Yeongyu Jeong*, Yongchan Kim, Changsuk Huh, and Seukhee Park

경상북도농업기술원 농업환경연구과

Division of Agricultural Environment Research, Gyeongsangbuk-do Agricultural

Research & Extension Services, Deagu 41404

동일비료 연용시험은 초기 양분요소의 요구량 구멍을 통한 농업생산성 향상과 장기적인 관점에서 효율적으로 토양을 관리하는 방법을 모색하고자 수행되었으며 현재는 생산성 향상을 위한 무분별한 비료사용을 줄이고, 공익직불제 등 적정시비를 유도하여 토양환경을 보존하기 위한 연구로 전환되어가고 있다. 우리나라의 장기연용 시험은 주로 논토양 위주로 진행되어 왔으며 밭토양에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 49년간 동일비료를 장기 연용한 밭토양을 활용하여 비료의 장기연용에 따른 비료 사용효과를 분석해보고자 한다. 시험은 경상북도농업기술원 장기연용 밭토양(우평동)에서 진행하였으며, 토양분석은 국립농업과학원 토양화학분석법에 준하여 분석하였다. 처리 비료는 성분별로 요소, 용성인비, 염화칼리를 사용하였고 시험작물은 올보리를 식재하였다. pH는 NK 처리가 4.6으로 시험전 토양 대비 가장 감소하였으며 모든 P 처리구에서 소량 증가하였고, 석회 및 규산처리구에서는 초기 대비 약 40% 증가하였다. 유기물은 퇴비처리구를 제외하고 모두 감소하는 경향을 나타내었으며, 유효인산은 무인산구에서 시험전 대비 60% 이상 낮아졌다. 보리수량은 NPK 처리구를 제외하고는 모두 감소하였으며, 특히 무인산구에서 141kg 10a⁻¹ 이하로 초기수량 대비 50% 이상 감소하였다. 예외적으로 NP 처리구에서는 초기와 비슷한 수량을 유지하였다. 이상의 결과로 보아 밭토양의 화학성을 개선하기 위해서 무기질비료와 동시에 퇴비 등 유기질비료와 토양개량제를 사용하는 것이 효과적이며, 수량의 경우 질소 및 인산비료와 관련이 있으므로 작물에 따른 비료의 균형시비가 필요할 것으로 판단된다.

주제어: 동일비료 장기연용, 밭토양, 비료사용효과

주연기자 연락처: yglosa9897@korea.kr (053-320-0269)

Table. The changes in chemical properties of upland soils using same fertilizer for 49 years.

Treatment	pH (1:5)	OM (g kg ⁻¹)	Avail.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch. cations(cmol _c kg ⁻¹)			Barley Yield (kg 10a ⁻¹)
				K	Ca	Mg	
NPK	5.8*	16	48	0.09	4.6	0.7	350
N	5.1	16	7	0.08	3.7	0.9	80
P	6.4	15	70	0.09	3.7	2.1	180
K	5.5	15	14	0.14	5.5	0.9	141
NP	6.1	16	70	0.08	4.0	1.8	330
NK	4.6	16	19	0.17	5.1	4.5	2.5
PK	6.2	15	63	0.11	1.8	1.7	192
Non-Fertilizer	5.1	15	12	0.10	4.9	0.9	70
NPK+lime 150kg	8.4	16	36	0.11	10.0	2.1	372
NPK+SiO ₂ 150kg	8.2	16	21	0.11	9.2	1.7	382
NPK+SiO ₂ 250kg	8.2	15	35	0.11	10.2	1.7	411
NPK+Compost 1ton	6.7	22	77	0.13	7.3	2.2	442
pre-test soil	5.9	21	52	0.20	5.4	1.2	338**

* : Average of the last 5 years of soil chemical properties / ** : Yield in the first year of the test

Symposium 4

Cadmium Phytoavailability from 1976 through 2016: Changes in Soil Amended with Phosphate Fertilizer and Compost

Chang Oh Hong

Department of Life Science and Environmental Biochemistry, Pusan National University,
Miryang 50463, South Korea

This study aimed to determine cadmium (Cd) accumulation in arable soil, changes in Cd extractability and relevant soil properties, and Cd uptake by rice plants after long-term (50 years) application of phosphate (P) fertilizer and compost. A long-term field experiment was performed with rice crops from 1967 to 2016. Treatments included nitrogen and potassium fertilization (NK), nitrogen, phosphate, and potassium fertilization (NPK), nitrogen, phosphate, and potassium fertilization with compost application (NPK + compost), and control. Total Cd concentration in soil amended with NPK and NPK + compost continuously increased from $110 \mu\text{g kg}^{-1}$ up to $232 \mu\text{g kg}^{-1}$ from 1976 to 2016 but remained unchanged in control soil and soil amended with only NK. Plant-available Cd concentration in soil increased with year for all treatments, likely as a result of relevant changes in soil chemical properties. Cd concentrations in rice harvested in 2017 treated with NPK or NPK + compost were $212 \mu\text{g Cd kg}^{-1}$ and $223 \mu\text{g Cd kg}^{-1}$, respectively. These values exceed the maximum permissible level ($200 \mu\text{g Cd kg}^{-1}$) established by the Ministry of Food and Drug Safety of Korea.

Keywords: Cadmium, compost, long-term fertilization, paddy soil, phosphate fertilizer

Correspondence: soilchem@pusan.ac.kr

Symposium 5

Making Historic Data available for Future Challenges: The Rothamsted Experience

Margaret Glendining*, Sarah Perryman, Nathalie Castells, and Richard Ostler
Intelligent Data Ecosystems, Rothamsted Research, Harpenden, AL5 2JQ, UK

Rothamsted Research is home to the oldest continuous agronomic experiments in the world. The first experiments were established between 1843 and 1856, and seven continue to this day. Their aim was to measure the effects of various fertilizers and manures on the yields of the most common agricultural crops then grown (wheat, barley, hay, legumes, and root crops), so that farmers could grow better crops. Other long-term experiments (LTEs) have been added, including several rotation experiments, at Rothamsted's three contrasting sites in Southeast England (Macdonald *et al.*, 2018).

Where possible, the experiments are managed using standard UK farm practice, *e.g.* the Broadbalk wheat experiment, which tests different fertilizer treatments, receives standard applications of fungicides, herbicides, and insecticides on most sections, so that wheat growth is not limited by pests and diseases. Changes have been made to the LTEs to ensure they can continue, (*e.g.* controlling weeds and soil acidity) and to ensure the experiments remain relevant to current agricultural practices (*e.g.* change of crop varieties, use of pesticides), whilst retaining the integrity of the LTE.

Meticulous record keeping has always been a key aspect of the management. Crop yields are recorded every year, with full metadata - details of fertilizer and other inputs and treatments, key dates, species composition, varieties, *etc.* This metadata is essential to fully understand the crop and soil responses to the different treatments. Baseline soil samples were taken at the start of the experiments, and then at regular intervals. Crop and soil samples from the most important LTEs have been dried and kept in the Rothamsted Sample Archive (RSA) since 1843. This now contains over 300,000 samples and is key to understanding and interpreting the LTEs. Samples are freely available to the scientific community.

Annual crop data (yields, nutrient content, species data, *etc.*) and soil data is held in the electronic Rothamsted Archive (e-RA), a permanent managed database for secure data storage www.era.rothamsted.ac.uk (Perryman *et al.*, 2018). e-RA also contains daily meteorological data from the three Rothamsted sites (since to 1878), and associated metadata for the LTEs. This data is free to all and being made available to download as Open Access datasets, adhering to FAIR data principles (Ostler *et al.*, 2023).

Since 2017, we have received over 860 requests from 36 countries to use the data in e-RA. Scientists are the main users, but data is also used by farmers, consultants, agricultural companies, as teaching aids in schools and universities, and by members of the public. Around 25 journal articles are published each year using the Rothamsted LTEs, e-RA and RSA. The Rothamsted LTEs continue to be an invaluable resource for scientists around the world.

Macdonald, A.J. *et al.* 2018 <https://doi.org/10.23637/ROTHAMSTED-LONG-TERM-EXPERIMENTS-GUIDE-2018>

Ostler, R., *et al.* 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-13276-6_7

Perryman, S.A.M. *et al.* 2018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.72>

The Rothamsted Long-Term Experiments National Bioscience Research Infrastructure is funded by the UK BBSRC, BBS/E/RH/23NB0007, and the Lawes Agricultural Trust.

Keywords: long-term experiments, metadata

Correspondence: era@rothamsted.ac.uk

Symposium 6

Selecting a Minimum suite of Soil Health Indicators from Long-term Agricultural Experiments in North America

Dan Liptzin
Soil Health Institute, Denver, CO, USA

Long-term experiments provide critical information on how soils respond agricultural management. For the North American Project to Evaluate Soil Health Measurements, researchers volunteered their ongoing long-term experiments with treatments that compared soil health practices. The Soil Health Institute collected soils from these experiments to test more than thirty measurements for their utility as soil health indicators focusing on indicators related to soil carbon, nitrogen, water, and aggregate stability. Many indicators have been used to evaluate carbon in soils as a proxy for the status of organic matter including total soil organic carbon, extractable pools of carbon, and carbon mineralization. Using a meta-analysis approach, the soil carbon indicators responded to reduced tillage, organic nutrients, cover crops, and residue retention), but there was minimal response to the number or type of annual crops. Using the same approach, nitrogen indicators responded in similar ways as carbon to management and there were strong correlations between carbon and nitrogen indicators. Field capacity measured on intact cores was the best indicator of soil hydraulic function. For aggregate stability, all four of the measurements were viable options to select. Based on these results of the various indicators, we took into account the cost and method availability as evidence that the measurements were scalable and the redundancy of the measurements in terms of their associations with soil functions to select a minimum suite of soil health indicators: soil organic carbon, 24 hour carbon mineralization potential, and aggregate stability by slaking image analysis. Using this minimum suite of indicators, we are now exploring how management affects soil health across a wide range of cropping systems throughout the United States. We are developing a soil health benchmarks approach with these indicators that compares row crop systems to perennial references on similar soils to help stakeholders understand the room for improvement in soil health.

Keywords: long-term experiments, soil health practices, soil carbon

Correspondence: dliptzin@soilhealthinstitute.org

Symposium 7

Exploring the Aggregate - Organic Matter - Microbial Community Continuum for Understanding Soil Health Changes under Human Disturbance: A Case Study of A Soil Landscape Sequence from Peri-Urban Hilly Area of Nanjing, China

Genxing Pan

Soil Health Commission, the international Science Committee on Problems of Environment.
Institute of Resource, Ecosystem and Environment, Nanjing Agricultural University

Changes in soil health has been a focus in present-day global soil science research. Soil health refers to the capacity of a soil to perform concurrently and constantly the major soil functions and to provide ecosystem services in its time and space scope. Sustaining soil health is to conserve the natural capital for, and enhance natural contribution to, global sustainable development, particularly for rural sustainability. However, soil functions performed and ecosystem services provided by soil are mediated mainly in topsoil rich in SOM and microbial biomass. Consequently, soil health should be envisaged with characterizing soil organic matter preservation, microbial biomass/activity and biochemical performance in a continuum context. A soil landscape sequence of forest land on hills, orchards and drylands in slope lands and paddy fields in the basin was identified in a hilly peri-urban area of Nanjing, China. Undisturbed topsoil cores were sampled in randomly selected sites for each soil-landscape. Water-stable soil aggregate size fractions (macroaggregate of 250-2000 μ m, microaggregates of 53-250 μ m and silt-clay of <53 μ m) were separated, organic carbon forms of dissolvable OC (DOC), microbial biomass OC, (MBC) phosphorus lipid fatty acids (PLFAs) contents and extracellular enzyme activities as well as biomarker molecular abundance analyzed for all topsoil samples across the soil landscapes. There was a sharp decline in topsoil SOC in cultivated soil-landscapes with a great reduction of macroaggregates mass proportion and significant increase in the microbial abundance and DOC portion to SOC. Parallel to these changes, diversity of PLFA groups and functional diversity with EEAs were lower in cultivated lands compared to conserved forest. Meanwhile, abundance of biomarker molecules were all higher in forest than in drylands and paddy soils, with a higher ratio of plant derived lipids to microbial derived lipids. While the relative abundance of bound lipids and of stable lignin was well correlated, the relative abundance of labile (TSE extracted) OC was closely correlated to the total SOC levels across the landscapes. Moreover, μ CT tomography investigation of macroaggregates revealed that total porosity, particularly the porosity of connected pores, was indicative of OC decline (POC in particular) in the aggregate fraction, in line with the mass proportion change. This study demonstrated that soil health was greatly impact by cultivation, which could be explored with the changes in OC level., pool distribution and molecular composition in combination of microbial abundance, diversity and biochemical activity, across the SOM-Aggregates-Microbes- Enzymes continuum. Over, the concentration ratio of DOC/SOC, DOC/MBC and abundance ratio of G+/GC and of PLFAs/SOC could be proxy indicator for microbial shift from K strategy to R strategy while the ratio of POM/MAOM and abundance ratio of plant lipid to microbial lipids are those for SOM protection and selected preservation in soils. Furthermore, microtomography upgraded our understanding for changes in the above mentioned properties indeed impacted soil functioning in terms of OC storage, water retention and material exchange as well as potential microbial networking in soil particles. In

addition, diversity indices of OC pools, PLFAs and SOM biomarker groups, and EEAs as well as macroaggregate pore sizes suggested paddy soils was better than drylands in sustaining soil health in terms of C storage and microbial diversity. Thus, the diversity nature, instead of heterogeneity, of soil aggregates-organic matter-microbial community- bio(geo)chemical activity, could be concerned as the key natural value of soil.

Keywords: soil health, soil aggregates, organic carbon, microbial community, enzyme activity, biomarker, μ CT tomography, chemodiversity, proxy indicator, natural value, soil landscape.

Correspondence: Weigang, Nanjing 210095-China (pangexing@aliyun.com)

젊은 토양학자

Biochar Effects on Heavy Metals Accumulation in Tomato (*Lycopersicon esculentum* mill.) Grown in Metals Contaminated Soil

Anwarzeb Khan, and Ki In Kim

Department of Horticultural Science, Mokpo National University, Muan 58554, Korea

Biochar application to reclaim metal degraded soil has achieved greater attention in the recent years due to its effectiveness against variety of heavy metals. The present study was conducted to investigate the effects of biochar on heavy metals accumulation in tomato. A two factorial study was design with factor A consist of contaminated soil (T1=Mine soil:Garden soil at 1:2), (T2=MS:GS at 1:1), (T3=MS:GS at 2:1) and Garden soil (control), while factor B consists of amendments with biochar at 3% (B1), 6% (B2) and 9% (B3) and no biochar (control). 5 kg pots having growing media for tomato was prepared. Various growth and yield related parameters as well as heavy metal concentrations in soil and plant were studied. Biochar and contaminated soil significantly affected all the growth parameters and heavy metals concentrations. In case of biochar, plants grown on B2 biochar resulted in maximum number of branches (10.3 Plant⁻¹), plant height (51.1 cm), fruit diameter (32.1 mm), fresh fruit weight (62.5 g) and yield plant⁻¹ (1.5 kg), while maximum stem diameter (5.8 mm) and chlorophyll content (60.1 SPAD) was recorded in B1. In case of contaminated soil, maximum number of branches (11.3), plant height (53.1 cm), stem diameter (5.2 mm), chlorophyll content (60.1 SPAD), fruit diameter (32.1 mm), fresh fruit weight (62.4 g) and yield plant⁻¹ (1.5 kg) was obtained in garden soil. Comparing the different contaminated soil highest heavy metals concentration were found in T3. Among heavy metals concentrations in tomato fruits in case of biochar lowest Cr (0.8 mg kg⁻¹), Cd (0.2 mg kg⁻¹), Cu (6.3 mg kg⁻¹) and Pb (6.1 mg kg⁻¹) concentrations were found at B2. Estimated health risk index (HRI) was found <1 for all studied heavy metals in tomato fruits so there is no harmful impact on human health upon its consumption. From the present study it was concluded that application of biochar reduces heavy metals risk and improve growth and yield of tomato.

Keywords: Biochar, mining soil, garden soil, heavy metals, health risk, tomato

Correspondence: khan.anarzeb@yahoo.com (+8261-450-2373)

Drought-derived Mechanism in Root of Wild Rice Species Under Different Water Potentials

Gaeun Kim*, and Jwakyung Sung

김가은*, 성좌경

Dept. of Crop science, Chungbuk National University, Cheong-ju, 28644, Korea

충북대학교 식물자원학과

The rice species around the world have different chromosomes, habitats and phenotypes and this implies that rice are capable of being enhanced adaptability to environments. In this study, we tried to understand physiological and genetic responses from wild rice under different level of water potential. Three wild rice species, *O. nivara*, *O. meridionalis* and *O. punctata*, were used in this study. To break dormancy, seeds were treated with gibberellin under dark condition for 3 days after standing at 50°C for 3 days. The seedling were transplanted onto wetting-perlite at 28°C for 5 days, and transferred to a hydroponic container with 0.8×Hoagland nutrient solution for 20 days in growth chamber (12/12h, 27/25°C, RH=60%). To treated different water potentials, a hydroponic growth media was adjusted to 0MPa (0%), -1.0MPa (8%) and -1.5MPa (10%) with PEG-6000 including 0.8×Hoagland nutrient solution. The seedlings were exposed with each water potential for 7 days, and were carefully taken to analyze root-specific genes (suberin- and aquaporin-related) and physiological parameters. The experience of negative water potentials for 7 days led to a significant reduction in not only plant height and root length but also leaf width in all species. Chlorophyll (especially chlorophyll b) contents were also significantly decreased in all species. Proline, as osmoprotectant, showed a tendency of accumulation in all species. Especially, *O. meridionalis* and *O. punctata*, which showed the relative tolerant against negative water potentials, produced more proline contents compared to *O. nivara*. The expression of assembly of suberin poly domain related genes (*ABCG2* and *ESB1*) were significantly directed toward forming suberin lamellae in *O. punctata*. As a result of staining the root cross-section of *O. punctata*, suberin deposition in the root endodermis was observed. The expression of root-endodermis specific aquaporins (*PIP2;3* and *PIP2;5*) expression pattern was significantly up-regulated in all species. This suggests that wild rices not only developed suberin lamellae to prevent water release, but also strengthened aquaporins to improve the water permeability of the root endodermis. Both mechanisms are deeply involved in water movement, but are insufficient to explain the relationship between development of suberin lamellae and aquaporins.

Keywords: Wild rice, *Oryza* species, Drought, Root, Suberization, Aquaporins

Correspondence: jksung73@chungbuk.ac.kr

Acknowledgement: Thank you for this study as a results of the support of the Rural Development Administration Agenda Projects (No. RS-2023-00224188).

젊은 토양학자 3

산도를 조절한 왕겨 바이오차와 어분 혼합물을 처리한 토양의 침출수 양분용출 패턴

Major Plant Nutrient-releasing Patterns in the Leachates from the Soil Incorporated Rice Hull Biochar Adjusted pH with Dry Fish Powder

최재이^{1*}, 조재영², 윤석인³, 남주희⁴, 심창기⁵, 신중두¹

JaeLee Choi^{1*}, JaeYoung Cho², SeokIn Yun³, JooHee Nam⁴, ChangKi Shim⁵, and JoungDu Shin¹

¹전북테크노파크 전북과학기술센터 다학바이오택, ²전북대학교 생물환경화학과, ³원광대학교 생물환경화학과,

⁴경기도 농업기술원 친환경미생물연구소, ⁵농촌진흥청 국립농업과학원 유기농업과

¹Bio-technology of Multidisciplinary Sciences, Co.

²Department of Bio-environmental Chemistry, Chonbuk National University

³Department of Bio-Environmental Chemistry, Wonkwang University

⁴Agricultural Environment Friendly Microorganism Research Institute

⁵Organic Agriculture Division, National Institute of Agricultural Sciences

본 연구의 목적은 바이오차를 미생물 담체로 활용하기 위해 pH 조절제로서 구연산과 목초액을 각각 처리한 왕겨 바이오차와 어분 혼합물을 처리한 토양 침출수의 양분 용출 패턴을 구명하기 위해 수행하였다. 왕겨 바이오차 pH 6.0~7.0를 조절한 후 어분과 혼합비(4:6)로 조제하여 토양에 처리 하였다. 처리는 산도를 조절하지 않은 바이오차 처리한 토양을 대조구(RB+DF), 목초액으로 산도 조절한 왕겨 바이오차와 어분의 혼합물(RBP+DF)을 처리한 토양, 구연산으로 산도 조절한 왕겨 바이오차와 어분의 혼합물(RBC+DF)을 처리한 토양으로 구성되어 있다. 실험 결과로서 RBC+DF 처리한 토양의 침출수 중에 NH₄-N과 PO₄-P 누적함량은 가장 높았지만, RBP+DF를 처리한 토양의 침출수에서 NO₃-N과 K의 누적함량은 가장 높게 나타났다. 또한 대조구에 비해 NH₄-N과 PO₄-P는 구연산으로 산도를 조절한 왕겨 바이오차를 처리한 토양의 침출수에서, NO₃-N과 K는 목초액으로 조절한 왕겨 바이오차 처리한 토양의 침출수에서 각각 흡착능이 낮아 더 많이 용출되는 것으로 관측되었다. 따라서 pH를 6.0-7.0사이로 조절한 왕겨 바이오차는 양분 흡착 보다는 용출에 더 큰 영향을 미치므로 미생물 담체로서 산도를 조절한 왕겨 바이오차의 시용에 따른 작물 생육 반응에 관한 연구가 필요하다고 판단된다.

주제어: 구연산, 목초액, 어분, 양분 용출, 왕겨바이오차

주연기자 연락처: jdshin61@gmail.com (010-3385-8581)

사사: 본 연구는 농촌진흥청 (Project NO. PJ01705803)의 지원으로 이루어진 것임.

Effects of Different Types of Inorganic Nitrogen Fertilizations on Gaseous Losses and Cabbage Productivity in an Upland Field during Cultivation

Hyerin An¹, Yeomyeong Lee¹, Sohee Yoon¹, and Sang Yoon Kim^{1,2*}
 안혜린¹, 이여명¹, 윤소희¹, 김상윤^{1,2*}

¹Department of Agricultural Chemistry & Interdisciplinary Program in IT-Bio Convergence System, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

²Department of Agricultural Life Sciences, Suncheon National University, Suncheon 57922, Republic of Korea
¹순천대학교 농화학과 & BK21 IT-Bio융합시스템전공, ²순천대학교 생명산업과학대학 농생명과학과

In agriculture, various types of nitrogen (N) fertilizers are widely used to supply N, which is one of the major essential nutrients for enhancing the growth of crops. The types of N fertilizers are diverse so that their chemical characteristics and properties are largely varied, which can modulate the N cycle of the soil, influencing gaseous N losses (NH₃ and N₂O) and crop yield. However, it is still not clear how different types of N fertilizers influence N dynamics and their impact in upland soils. The objectives of this study were focused on investigating gaseous N losses, soil chemical properties, N use efficiency, and crop yield in a cabbage cultivated field under different N fertilizations with equivalent N application level including urea (U), ammonium sulfate (AS), and composite fertilizer (CF), which are the main source of N except the control (no fertilizer and PK). In addition, an incubation experiment was conducted to investigate the changes in soil inorganic N dynamics including net mineralization and nitrification potentials (autotrophic and heterotrophic nitrifications) to decipher the mechanism of behavior of N in the soil. As a result, NH₃ volatilization was significantly affected by the type of N fertilizer. Compared with the control, NH₃ emissions significantly increased with all fertilizations and were highest at U treatment. N₂O emissions showed comparatively high emissions in U and CF treatments but were lowest at the AS treatment. The total gaseous N losses were highest at U (12.2 kg ha⁻¹, 3.8%), and then followed by CF (5.5 kg ha⁻¹, 1.7%), and AS (3.9 kg ha⁻¹, 1.2%). Cabbage productivity significantly increased with N fertilizations, showing the highest yield at the U treatment. This result might be related to the fact that N use efficiency was highest at the U treatment and then followed by AS and CF treatments which did not show significant difference between them. Depending on the type of N fertilizer, soil chemical properties were varied among all the treatments, showing significant differences in pH, EC, and inorganic Ns (NH₄⁺-N and NO₃⁻-N etc.). In the incubation study, the net mineralization rate and nitrification rate were lowest at the AS treatment, showing strong correlations with N losses, which might be related to low NH₃ volatilization and N₂O emission. Our result suggests that types of N fertilizers could affect the behavior of N in the soils in particular by the difference potential of mineralization, potentially affecting gaseous N losses and crop productivity. In conclusion, the AS could be considered an alternative N source for a better sustainable agriculture to mitigate gaseous N losses as well as to improve crop productivity.

Keywords: Ammonia, Ammonium sulfate, Inorganic N, N fertilizers, Nitrous oxide, Urea

Correspondence: sykim@scnu.ac.kr (82-61-750-5189)

Feasibility of Ammonium Sulfate as an Alternative to Urea to Decrease Ammonia Emission in Rice Paddy

Fakhar Ali^{1*}, and Kim Pil Joo^{1,2}

¹Division of Applied Life Science (BK21), Gyeongsang National University, Republic of Korea

²Institute of Agricultural & Life Sciences, Gyeongsang National University, Republic of Korea

Over 80% of ammonia (NH₃) was globally emitted from the agricultural sector dividing N fertilized cropping lands and livestock feeding processes. In the cropping sector, rice paddy has a much higher NH₃ emission factor than upland, mainly due to less oxygen concentration and high pH in soil and water. In addition, urea which is conducive to increased NH₃ volatilization loss, has been used as a main nitrogen fertilizer in a typical rice cropping region. To investigate the feasibility of ammonium sulfate as an alternative N fertilizer for reducing NH₃ emission loss in rice cropping environments, urea and ammonium sulfate were applied at different levels for rice cultivation, and NH₃ emissions were characterized during rice cultivation. In Korea, which ranks highest among the 34 OECD countries in NH₃ emission intensity, there has been a clear increase in NH₃ emissions. This increase is largely attributed to a significant rise in agricultural NH₃ emissions, with an average coverage of approximately 74% from 2001 to 2019. Approximately 11% of agricultural NH₃ flux came from the rice cropping sector, which was estimated using CHANS model analysis. Irrespective of N fertilizers, NH₃ emission rates dramatically increased right after chemical N fertilization and then rapidly decreased to the background level. In comparison, urea exponentially increased seasonal NH₃ flux with increasing application levels, but ammonia sulfate was considerably less pronounced, mainly due to the pH difference in water and soil. Urea highly increased pH right after application, but ammonium sulfate did not change. Under the recommended N fertilization (90 kg N ha⁻¹), the NH₃ emission factor, which indicates net NH₃ flux from the applied N fertilizer, was 0.549 kg NH₃-N kg⁻¹ N in urea, which was not comparable with 0.235 NH₃-N kg⁻¹ N in ammonium sulfate. As a result, only N fertilizer changes from urea into ammonium sulfate might reduce the total NH₃ flux by approximately 40% in the rice cropping sector, which can decrease around 7% of agricultural NH₃ emissions in Korea.

Keywords: ammonia volatilization, ammonia flux, ammonia emission factor, CHANS model

Correspondence: pjkim@gnu.ac.kr (055-772-1966)

토양 EC 센서를 활용한 유효태 양분 함량 평가

Evaluation of available Nutrients in Soil Using EC Sensor EC and Soil Nutrients Monitored in the Laboratory and Field

신수경*, 김정연, 이예은, Govind Vyavahare, 박진희

Su Kyeong Sin*, Jeong Yeon Kim, Yee Eun Lee, Govind Vyavahare, and Jin Hee Park

충북대학교 환경생명화학학과

Department of Environmental and Biological Chemistry, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

노지는 작물 재배환경이 쉽게 변할 수 있으므로 안정적인 작물 생산성과 토양 환경을 위해 정밀한 양분 관리가 필요하다. 이를 위해 노지 스마트팜에서는 센서를 활용한 정확한 양분 함량의 측정이 필요하지만 토양에서 양분 함량을 직접적으로 측정할 수 있는 센서가 없다. 따라서 본 연구는 토양의 유효태 양분 함량을 예측하는 데 EC 센서의 활용 가능성을 평가하는 것이 목적이다. 다양한 특성을 갖는 토양 시료를 채취하여 모니터링한 센서 EC 값과 유효태 양분 함량 사이의 상관관계를 평가하고자 전국에서 채취한 토양 45종의 특성을 분석하였고 EC 센서(Teros 12)를 설치하여 모니터링하였다. 양분 함량을 모니터링하는 데 EC 센서의 현장 적용성 평가를 위해 노지 고추 토양에 무처리, 화학비료, 유기질비료, 가축분퇴비와 관비를 처리하면서 EC 센서값을 모니터링하였으며 약 4주 간격으로 토양을 채취하여 1 M ammonium acetate로 추출하고 ICP-OES를 이용해 유효태 양이온 함량을 분석하였다. 토양의 유효인산 함량은 Bray NO.1법을 이용하여 분석하였으며 암모늄태 및 질산태 질소 함량은 각각 indophenol blue법, vanadium reduction법으로 분석하였다. 센서로 모니터링한 EC 값과 토양 양분 함량 사이의 상관관계를 평가하기 위해 주성분 분석(PCA)을 실시하였다. 센서 EC 값은 1:5 추출법 EC와 질산태 질소 함량과 높은 상관관계(상관계수:0.865)를 보였다. 노지 고추 토양의 센서 EC 값은 실험실 연구와 다르게 질산태 질소뿐만 아니라 유효인산 함량과의 상관관계가 높게 나타났다. 따라서 EC 센서를 활용하면 토양의 유효태 질소와 인산은 유효도가 매우 낮기 때문에 센서 EC와의 상관관계가 낮은 것으로 함량을 예측할 수 있으며 센서를 활용한 노지 토양의 양분 제어가 가능할 것으로 판단된다.

주제어: EC 센서, 유효태, 토양 양분, 질산태 질소

주연구자 연락처: pjinh@chungbuk.ac.kr (043-261-2564)

젊은 토양학자 7

Evaluating the Feasibility of Organic Amendments Self-produced Inner Rice Cropping Boundary to Increase Soil Carbon Stock Under Global Warming

Young Ho Seo^{1*}, Hyeon Ji Song¹, and Pil Joo Kim^{1,2}

서영호^{1*}, 송현지¹, 김필주^{1,2}

¹Division of Applied Life Science (BK21 Four), Gyeongsang National University, Republic of Korea

²Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Republic of Korea

¹경상국립대학교 응용생명과학부(BK21 Four), ²경상국립대학교 농업생명과학연구원

Global warming might accelerate the decomposition of soil organic carbon (SOC) stock, due to more highly increased microbial activity than net primary production (NPP). The depletion of SOC stock can deteriorate soil quality and worsen climate change, and therefore, higher amounts and more recalcitrant types of organic amendment applications might be required under future climate conditions. To investigate the feasibility of organic amendments self-produced inner rice cropping boundary to increase SOC stock under global warming, cover crops during the fallow season and rice during the cropping were cultivated under the present and future climate (2°C and 200 ppm CO₂ elevation over the ambient) conditions. Cover crop biomass and rice straw were incorporated by fresh and biochar (pyrolysis at 400°C for 2 hours) types. Annual SOC stock changes were estimated using net ecosystem C budget (NECB) which implies the difference between C input and output. Under the present climate condition, no organic amendment (NPK) decreased SOC stock by 0.6 Mg C ha⁻¹ year⁻¹, but fresh biomass application significantly increased SOC stock by 1.5 Mg C ha⁻¹ year⁻¹. In comparison, biochar application slightly increased SOC stock by 0.1 Mg C ha⁻¹ year⁻¹, due to low biochar yield (25-40% of fresh biomass) and low NPP. Global warming more highly decreased annual SOC stock by 0.5-2.6 Mg C ha⁻¹ year⁻¹ over the present under the same amendments. Under global warming, biochar application was more effective than fresh biomass in reducing SOC loss but did not create positive NECB. In conclusion, only the utilization of biomass self-produced inner rice cropping boundary may not be enough to increase SOC stock, and therefore, more application of biochar, a recalcitrant organic amendment, might be essential, via increasing biomass productivity by fertilizer and water management.

Keywords: Future climate, Biochar, Soil organic matter, Net ecosystem carbon budget, Soil respiration

Correspondence: syh9608@hanmail.net (055-772-1966)

젊은 토양학자 8

비옥도가 낮은 배추 재배지에 바이오차 투입 시 탄소수지에 미치는 영향 평가

Assessing the Impact of Rice Hull Biochar on Net Ecosystem Carbon Balance in Chinese Cabbage Cultivation on Infertile Soil

박도균^{1,2*}, 정현철¹, 이형석¹, 박혜란¹, 이종문¹, 오택근², 이선일¹
 Do-Gyun Park^{1,2*}, Hyun-Cheol Jeong¹, Hyoung-Seok Lee¹, Hye-Ran Park¹,
 Jong-Mun Lee¹, Taek-Keun Oh², and Sun-Il Lee¹
¹국립농업과학원 기후변화평가과, ²충남대학교 농화학과
¹National Institute of Agricultural Sciences RDA, Wanju, 55365, Korea
²Chungnam National University, Daejeon, 34134, Korea

바이오차는 토양 비옥도를 개선하고, 탄소를 저장하며, 작물 수확량을 늘리고, 배출량을 줄일 수 있는 잠재력 때문에 기후 변화 완화와 식량 안보 해결책으로 떠오르고 있다. 우리나라는 화학비료 사용으로 인한 토양 산성화가 심각하다. 왕겨 바이오차는 토양의 산성화를 방지하는 데 탁월한 효과를 효과 있으며 토양을 개량할 때 사용하는 석회보다 30% 이상 수소이온농도가 개선된 것으로 나타났다. 그러나 국내 농경지에서 비옥도가 낮은 지역에서 바이오차를 적용하여 작물을 재배한 연구는 여전히 미흡한 상황이다. 이에 본 연구는 비옥도가 낮은 농경지 토양에서 왕겨 바이오차 투입 수준에 따른 순 생태계 탄소예산(Net Ecosystem Carbon Budget)과 온실가스 배출량(Greenhouse Gas Emissions)을 정량적으로 평가하였다. 본 연구에 사용한 재료는 농업 부산물인 왕겨를 전처리 과정을 거친 후 상향 통풍형 열분해 방식(TLUD: Top Lit Up Draft)으로 약 500°C에서 제조하였으며 국립농업과학원에 위치한 비옥도가 낮은 농경지에서 난괴법 3반복으로 진행하였다. 배추 품종인 '천고마비'를 2022년 9월 2일부터 11월 23일까지 재배하였고, N-P-K 비료를 32-7.8-19.8kg/10a 사용했으며 추비는 파종 후 두 번 시비하였다. 왕겨 바이오차를 투입하지 대조구 = 0 ton/ha, 바이오차 1ton(B1)/ha, 바이오차 3ton(B3)/ha, 바이오차 5ton(B5)/ha 순으로 투입하였고 재배 중 누적 CO₂ 배출량은 처리구에 따라 초기 배출량은 10.40~17.94g/m²-day⁻¹, 누적 배출량은 3.63~4.43톤/ha였다. 아산화질소(N₂O) 배출량은 왕겨 바이오차를 많이 투입할수록 감소했는데, B1, B3, B5 처리구에서 대조구에 비해 각각 2.9%, 25.4%, 41.1% 감소했다. 왕겨 바이오차는 수확량에 큰 영향을 미치지 않았지만 토양 탄소 격리력을 보여주었다. 배추 재배 중 순 생태계 탄소 균형(NECB)은 B1, B3, B5 처리의 경우 각각 0.42~3.41톤/ha로 대조군과 비교했을 때 0.42~3.41톤/ha의 범위였습니다. 전반적으로 이 연구는 가을철 양배추 재배 시 탄소 배출을 완화하고 토양 탄소를 증가시키는 바이오숯의 역할을 강조합니다.

주제어: 바이오차, Net Ecosystem Carbon Balance

주연구자 연락처: sacred86@korea.kr (063-238-2487)

사사: 본 연구는 “농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(RS-2021-RD009776)”의 지원에 의해 이루어졌습니다.

Table. Mean annual greenhouse gases emissions, Harvest, NPP and NECB over the growing 2022.

	N ₂ O	CO ₂	Harvest	NPP	NECB
	t N ₂ O ha ⁻¹ yr ⁻¹	t CO ₂ ha ⁻¹ yr ⁻¹	t ha ⁻¹ yr ⁻¹	t C ha ⁻¹ yr ⁻¹	t C ha ⁻¹ yr ⁻¹
Control	0.00132	3.28	3.47	3.55	4.49
B1	0.00128	3.23	3.20	3.32	4.91
B3	0.00099	3.29	3.77	3.84	6.39
B5	0.00078	3.73	4.45	4.53	7.90

Critical Evaluation of Low-Carbon-Emission Organic Resources on Net Ecosystem Carbon Budget, Fruit Productivity and Soil Quality in Red Pepper Cropping System

Sohee Yoon¹, Juhee Lee¹, Yeomyeong Lee¹, Hyerin An¹, and Sang Yoon Kim^{1,2*}
 윤소희¹, 이주희¹, 이여명¹, 안혜린¹, 김상윤^{1,2*}

¹Department of Agricultural Chemistry & Interdisciplinary Program in IT-Bio Convergence System, Sunchon National University, Suncheon 57922, Republic of Korea

²Department of Agricultural Life Science, Sunchon National University, Suncheon 57922, Republic of Korea

¹순천대학교 농화학과의 IT-Bio융합시스템전공, ²순천대학교 생명산업과학대학 농생명과학과

Organic matter (OM) application is crucial to increase soil carbon (SOC) stocks and its functions. However, application of OM can increase the rate of decomposition, potentially stimulating soil carbon (C) losses (CO₂ and CH₄), showing different potentials depending on OM types. Therefore, there is an urgent need to investigate net ecosystem carbon budget (NECB) for systematically evaluating the overall SOC changes by using potentially low C emission organic resources in agricultural ecosystems. To evaluate the effects of different organic amendments on NECB in horticultural soils, six different treatments [no fertilizer (NF), inorganic fertilizer (NPK), red pepper residue (NPK+R), compost (NPK+Com), rice hull biochar (NPK+RB), and wood biochar (NPK+WB)] were set up in red pepper cultivated soils at a rate of 0 and 5 Mg d.w ha⁻¹ under the recommended fertilization level as N-P₂O₅-K₂O = 190-112-149 kg ha⁻¹ except no fertilizer for two years in the field condition. Our results showed that total C input was highest at WB treatment, thereafter followed by RB, R and Com. For two years, CO₂ emissions were highest at R treatment as red pepper residue might be easily decomposed due to containing more labile C than stable organic source such as biochar or compost. CH₄ emissions were almost negligible, showing negative fluxes among all treatments in this study. Organic matter application increases cumulative fruit productivity and red pepper biomass productivity. In particular, R treatment was effective on increasing cumulative fruit productivity. All treatments except RB showed negative net C accumulation, but organic amendment application increased net C accumulation as compared to the NPK treatment. In particular, biochar was highly effective to sequester and enhance more soil C due to its high C input and low decomposition potential than the other organic resources. Application of OM except R did not significantly increase the global warming potential. In addition, OM application had similar or lower greenhouse gas intensity (GHGI) as compared to NPK, and among them, RB showed the lowest GHGI, suggesting a promising way to enhance soil productivity and reduce GHGs in this study. Organic amendment application significantly improved overall soil physicochemical properties such as bulk density, pH, and Av. P₂O₅. Conclusively, biochar could play a crucial role in increasing NECB and productivity as well as soil quality in red pepper cropping systems.

Keywords: Biochar, *Capsicum annuum*, CO₂, NECB, Organic matter decomposition

Correspondence: sykim@snu.ac.kr (061-750-5189)

The Higher Soil Carbon Saturation Degree, the Higher Net Global Warming Potential in Rice Paddy

논토양에서 탄소 포화도가 높아질수록 지구 온난화 영향성이 높아진다.

So Yeong Park^{1*}, Hyeon Ji Song¹, and Pil joo Kim^{1,2}

박소영^{1*}, 송현지¹, 김필주^{1,2}

¹Division of Applied Life Science (BK21 Four), Gyeongsang National University, Republic of Korea

²Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Republic of Korea

¹경상국립대학교 응용생명과학부(BK21 Four), ²경상국립대학교 농업생명과학연구원

Soil organic carbon (C) plays a critical role in the global C cycle and soil quality. However, since each soil has its own C saturation degree, which was mainly controlled by silt clay content, organic amendment application can not only increase soil C stock but also greenhouse gas (GHG) emissions with increasing soil C saturation degree. Especially in the flooded rice paddy, the applied organic amendments can increase the emission of methane (CH₄) which has 27 times higher global warming potential (GWP) than carbon dioxide (CO₂), and then significantly make worsen global warming. However, the influence of soil C saturation degree on global warming was not characterized in a rice paddy. To investigate the impact of soil C saturation degree on GHG emission impact in the rice paddy, three soils that have different C saturation degrees (58, 62, and 68%) were selected in the same soil forming background area. Cover crops were cultivated during the cold fallow season, and their whole biomass as green manure was incorporated before rice transplanting. The net GWP which was integrated by annual soil organic C (SOC) stock change and two GHG (CH₄ and N₂O) fluxes with CO₂ equivalent were compared. Soil C stock change was estimated by net ecosystem C budget (NECB) which indicates the difference between C input and output. The net primary production (NPP) as a main C input source was not significantly differentiated by soil C saturation degree, but the heterotrophically respired C loss as a main C output source was highly increased with increasing soil C saturation degree. As a result, soil C stock change was clearly decreased with a higher soil C saturation degree. In contrast, CH₄ flux was significantly increased with increasing soil C saturation degree, but N₂O flux was not clearly responded, probably due to very small emissions. Consequently, the net GWP was highly increased with higher soil C saturation degree, mainly due to a big increase in CH₄ emission. In conclusion, it might need to also consider the type of organic amendment with increasing the C saturation degree in arable soils, like changing a labile type into a more recalcitrant type.

Keywords: rice paddy, net global warming potential, methane, soil organic carbon stock, net ecosystem carbon budget

Correspondence: pjkim@gnu.ac.kr

동아시아 논에서 메탄 배출과 쌀 생산량에 관한 논물관리의 효과: 메타분석 연구

Effects of Water Management Practices on Methane Emissions and Rice Yields in East Asian Paddy Fields: A Meta-analysis

이종문*, 정현철, 이형석, 박혜란, 박도균¹, 이선일

Jong-Mun Lee*, Hyun-Cheol Jeong, Hyoung-Seok Lee, Hye-Ran Park, Do-Gyun Park¹ and Sun-Il Lee

농촌진흥청 국립농업과학원 기후변화평가과, 충남대학교¹

National Institute of Agricultural Sciences RDA, Wanju, 55365, Korea

¹Chungnam National University, Daejeon, 34134, Korea

논은 메탄(CH₄)의 주요 인공 공급원 중 하나로 간주되며, 산화·환원 조건에 따라 N₂O 배출에도 기여한다. 담수된 논을 배수하면 CH₄ 배출을 상당 부분 감소시킬 수 있으나, 배수 기간에는 토양이 건조해지기 때문에 쌀 수확량이 가변적일 수 있다. 따라서 이러한 변동성을 줄이기 위해 우리나라와 유사한 국가들의 논에서 메탄 배출과 쌀 생산량에 대한 물 관리 효과를 종합적으로 분석하였다. 본 연구에서는 161개의 물 관리 관측치와 174개의 쌀 생산량 관측치를 선정하여 물 관리 관행이 논의 CH₄ 배출과 쌀 생산량에 미치는 영향에 대한 지역 규모 메타분석을 실시하였다. 분석 결과 동아시아 논에서 물 관리 관행은 메탄을 60.5% 감소시키는 것으로 나타났다. 논에서 물 관리 관행은 쌀 생산량을 5.8% 감소시켰으나 유의한 차이는 없었다. CH₄ 배출 감소 효과가 높고 쌀 생산량에 영향이 없는 논의 물 관리 관행은 AWD (Alternating wet and dry)와 MI (Moist irrigation) 관행이었으므로 우리는 두 가지 물 관리 관행을 제안하고자 한다. 본 연구의 결과는 향후 동아시아 논에서 물 관리 관행에 의해 발생하는 CH₄ 배출과 쌀 생산량을 예측하여 국가 고유 계수 개발의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

주제어: 논물관리, 동아시아, 메타분석, 메탄, 쌀 생산량

주연구자 연락처: jmlee1019@korea.kr (063-238-2493)

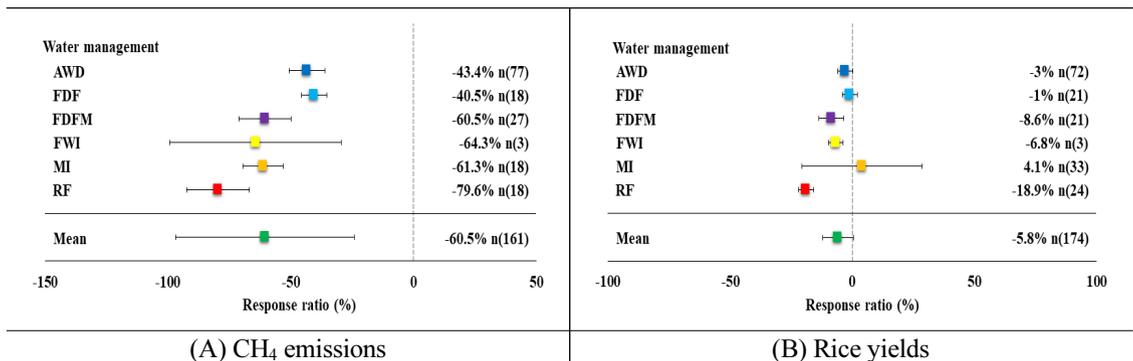


Figure . Response ratio of CH₄ emissions (A) and rice yields (B) by water management in East Asian paddy fields. Numbers in parentheses indicate the sample size and error bars represent 95% confidence intervals. The P values are presented in the panel. The squares in color in the figure caption are an overall average value on properties. AWD, Alternating wet and dry; FDF, Flooding-drainage-reflooding; FDFM, Flooding-drainage-reflooding-moist; FWI, Furrow wetting irrigation; MI, Moist irrigation; RF, Rainfall.

Effects of Shifting Transplanting Dates on Overall Carbon Losses and Net Ecosystem Carbon Budget (NECB) in a Paddy Field during Cultivation

Yeomyeong Lee¹, Sohee Yoon¹, Hyerin An¹, Jasmin Melendez¹, and Sang Yoon Kim^{1,2*}
 이여명¹, 윤소희¹, 안혜린¹, 자스민¹, 김상윤^{1,2*}

¹Department of Agricultural Chemistry & Interdisciplinary Program in IT-Bio Convergence System,
 Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

²Department of Agricultural Life Sciences, Suncheon National University, Suncheon 57922, Republic of Korea
¹순천대학교 농화학과 & BK21 IT-Bio융합시스템전공
²순천대학교 생명산업과학대학 농생명과학과

Shifting the rice transplanting date can affect rice growth and biomass by changing meteorological parameters and flooding periods, which can significantly stimulate methane (CH₄) and carbon dioxide (CO₂) emissions as greenhouse gases. Additionally, these can significantly influence the soil carbon (C) input, output, and net ecosystem carbon budget (NECB) due to the differences that return root biomass into the soil. However, these impacts have not been systematically evaluated yet. To evaluate the possibility of shifting the transplanting date on estimating NECB in rice fields, C losses (CH₄ and CO₂), overall C input [fertilizer, net primary production (NPP) etc.], and rice productivity were investigated in the field condition. Two different rice cultivars (late-maturing and early-maturing) were transplanted at four different dates on May 10 (Time1), May 25 (Time2) as locally recommended transplanting date, June 10 (Time3), and June 25 (Time4). Regardless of rice cultivar, both CH₄ and CO₂ emissions were highest at the early transplanting (Time1), and significantly decreased with delaying transplanting dates. These results might be related to the changes in plant growth characteristics, meteorological properties, and flooding periods. Total C losses including CH₄ and CO₂, also decreased with delaying transplanting dates, indicating that delaying the transplanting date in rice paddies could be a strong strategy for reducing C losses. Overall NECB generally showed positive values in almost all the treatments. However, negative values for the NECB were only observed at the early maturing cultivars, in particular at Time1 and Time4, which means that C depletion cannot be avoided, suggesting that additional strategies such as organic matter incorporation are required to maintain organic C level. NECBs were lowest at Time1, then reached a peak between Time2 and Time3, and thereafter gradually decreased at Time4. As a result, delaying the transplanting date against the locally recommended date (Time2) is expected to enhance soil C storage regardless of the rice variety. Rice productivity progressively improved as the transplanting was delayed, reaching the highest level at Time3, and then slightly decreased at Time4. However, there was no significant yield loss as compared to the recommended transplanting date (Time2). In conclusion, shifting rice transplanting dates can significantly influence NECB in paddy fields, suggesting that shifting rice transplanting dates as a promising strategy should be considered for additionally reducing greenhouse gas reduction and enhancing soil C stock potential.

Keywords: Carbon balance, Carbon losses, Methane, NECB, Paddy soil, Soil carbon stock

Correspondence: sykim@scnu.ac.kr (82-61-750-5189)

Unexpected Response of Iron Slag-based Silicate Fertilizer as an Alkaline Amendment on Soil Organic Carbon Stock Change in Acidic Rice Paddy

Lorraine Joule Estrada^{1*}, Snowie Jane C. Galgo², Pil Joo Kim^{1,2}

¹Division of Applied Life Science (BK21 Four), Gyeongsang National University, Republic of Korea

²Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Republic of Korea

¹경상국립대학교 응용생명과학부(BK21 Four), ²경상국립대학교 농업생명과학연구원

In Korean acidic rice paddy, iron slag-based silicate fertilizer as a liming material has been utilized to improve soil pH and supply beneficial elements for rice. Hypothetically, silicate fertilizer as a liming material can neutralize acidic soils and might deplete soil organic carbon (SOC) stock by stimulating microbial activity. On the other hand, silicate fertilizer is effective to improve rice biomass productivity as an organic C input source and then might enhance SOC stock. However, the net influence of silicate fertilizer application on SOC stock changes was not properly evaluated. To estimate the effect of silicate fertilizer application on SOC stock change in the Korean rice paddy, the relationship among soil chemical properties was analyzed using the national soil survey data. We found an entire improvement in soil chemical properties like pH, SOC content, and available silicate (SiO_2) concentration with the lapse of a year. In addition, a highly positive correlation between available SiO_2 concentration and SOC content was found in the data analysis. To evaluate the effect of lime and silicate fertilizer (BFS) addition on soil-respired C loss, a flooded incubation experiment was conducted for 30 days. Total C loss was significantly increased with increasing lime addition but decreased with growing BFS application level. These changes imply that lime application depleted SOC stock, but silicate fertilizer addition increased SOC accumulation. To precisely evaluate the effect of silicate fertilizer application on SOC stock change, the net ecosystem carbon budget (NECB) which means the difference between C input and output was annually assayed in a typical rice paddy soil. Silicate fertilizer application increased the net primary production (NPP) of rice plants as a main C input source by 21-22% over the control but decreased the respired C loss as a C output source by 16-20%. As a result, the recommendation level (1.5 Mg ha^{-1}) of silicate fertilizer application increased SOC stock by $0.958\text{-}1.091 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ over no-silicate fertilizer application. In conclusion, iron slag-based silicate fertilizer could be a reasonable soil amendment in acidic soils to improve soil properties and productivity.

Keywords: blast furnace slag, liming material, available silicate concentration, net ecosystem carbon budget

Correspondence: ljestrada@gnu.ac.kr (055-772-1966)

신진과학자

Amelioration of Global Warming Impact on Rice Paddy by Improved Silicate Fertilizer under Future Climate Conditions

Snowie Jane C. Galgo^{2*}, and Pil Joo Kim^{1,2}

¹Division of Applied Life Science (BK21 Four), Gyeongsang National University, Republic of Korea

²Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Republic of Korea

¹경상국립대학교 응용생명과학부(BK21 Four), ²경상국립대학교 농업생명과학연구원

The atmospheric carbon dioxide [CO₂] concentration and air temperatures are projected to rise in the next few years. This changing climate condition will significantly impact global food production, particularly rice. Rice is a staple food and primary sustenance source for over half of the world's population. According to climate models, the rice production area is projected to be exposed to extreme changes in air temperature and [CO₂] concentration. To countermeasure these changes, one potential solution is the application of silicon (Si). Rice is known for its ability to accumulate silicate (SiO₂), with approximately 10% of its biomass composed of this element. This study is the first to report the influence of silicate fertilizer (SF) application on the rice cropping environment under global warming. First, the effect of global warming on the SiO₂ demand for rice plants was evaluated. Second, the function of SF as a methane (CH₄) suppressor was improved by adding more electron acceptors, such as iron. Lastly, the adaptability of the newly improved SF was investigated under global warming. The SiO₂ demand of rice plants was highly increased under future atmospheric conditions. Global warming increases the accumulation of SiO₂ in the rice biomass due to increased photosynthesis rate, stomatal conductance, and transpiration rate. However, the rice biomass productivity has no significant difference compared to the present environment. With this increase in SiO₂ demand for rice, the available SiO₂ stock in the soil will be depleted in future atmospheric conditions. Hence, applying soil amendment containing silicon (e.g., silicate fertilizer) in rice paddies is highly recommended to compensate for the increasing SiO₂ demand in the future. Silicate fertilizer application is also known to mitigate CH₄ production in paddy soils, but its suppression effect was limited to only <20%. This study is the first to improve the functionality of SF to suppress CH₄ production by increasing the electron acceptor concentration such as iron (Fe). Four iron-containing byproducts namely: kambara reactor slag (KR), ferromanganese slag (FerrMn), basic oxygen furnace slag (BOF), and iron rust (Fe₂O₃) were selected and compared through soil incubation test. Iron rust with the highest amount of Fe₂O₃ (>99%) was the most effective in reducing CH₄ production. The functionality of SF was maximized by adding 2-3% of iron rust. The improved SF was very effective in decreasing CH₄ emission and improved rice productivity compared to the conventional SF. In comparison, under a global warming environment, the influence of SF in decreasing CH₄ emission was verified. However, the improved SF more effectively reduced the CH₄ flux and increased rice productivity in a global warming environment. In terms of soil quality, global warming highly influenced nutrient solubility, specifically silicon. Global warming highly depleted the available SiO₂ stock in the soil by around 40% over the present condition. However, the soil applied with SF did not significantly deplete this stock. This result suggests that SF could be a sustainable soil amendment to ameliorate the impact of global warming and its functionality to suppress CH₄ production could be improved by adding an effective electron acceptor such as Fe₂O₃.

Keywords: blast furnace slag; electron acceptor; methane; silicon; soil amendment

Correspondence: snowjgalgo@gnu.ac.kr (055-772-1966)

신진과학자 2

국민미량영양소 요구량에 대한 우리나라 농경지 토양의 기여도 평가

Evaluation of Contribution of Agricultural Soil to National Micronutrient Requirement

정석순*, 김혁수, 윤정환, 양재의

Seoksoon Jeong*, Hyucksoo Kim, Jung-Hwan Yoon, and Jae. E Yang

강원대학교

Department of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

미량영양소인 Cu, Fe, Mn 및 Zn은 인간이 생명활동을 이어가기 위해 필수적으로 섭취해야하는 필수미량영양소이다. 대부분의 필수미량영양소는 식량으로부터 섭취하며 토양은 식량에 필수미량영양소를 제공하는 중요한 자원이다. 하지만 녹색혁명이 일어나면서 농경지에서 집약적인 식량생산이 장기간 지속됨에 따라 토양 중 필수미량영양소가 감소하는 현상이 발생하고 있다. 국내에서는 필수미량영양소 결핍에 대하여 보고된 바 없으나 토양 중 필수미량영양소 함량과 국민영양요구량의 관계에 대한 연구도 부실한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 농경지 토양 중 미량영양소 함량을 조사를 통해 DB를 구축함과 동시에 국민영양요구량에 대한 토양의 기여도 평가를 수행하고자 한다. 국내 농경지 2,457개 토양을 수집하여 Mehlich 3 추출법으로 미량영양소를 분석한 결과 평균함량은 Cu 4.5 mg kg⁻¹, Fe 394.8 mg kg⁻¹, Mn 101.7 mg kg⁻¹, Zn 18.2 mg kg⁻¹으로 조사되었다. 토지이용형태(밭, 논, 과수원, 시설재배지)에 따른 함량을 비교한 결과 Cu, Mn, Zn은 시설재배지에서 가장 높았으며, Fe는 논에서 가장 높았다. 국내 농경지에서 생산되는 농작물의 미량영양소 총 함량은 Cu 15.9 ton, Fe 118.0 ton, Mn 92.6 ton, Zn 104.9 ton으로 농경지 토양의 국민영양요구량에 대한 기여도가 Cu 119%, Fe 60%, Mn 136%, Zn 66%로 평가되었다. 하지만 국내 농작물 생산량은 2000년 이후로 지속적으로 감소하고 있으며 2050년까지 약 28%가 감소할 것으로 예측되어 우리나라 농경지 토양의 국민영양요구량에 대한 기여도 또한 감소할 것으로 판단된다. 다만 식량수입량의 증가로 국내 식용공급량은 일정 수준으로 유지되고 있기 때문에 국민의 미량영양소 결핍이 발생하지 않을 것으로 판단된다. 현재 국제정세가 급변하고 있어 식량수입에 대한 과도한 의존은 국민의 미량영양소에 대한 충분한 섭취를 보장하기 어렵게 만들 수 있다. 따라서, 국내 미량영양소의 안정적인 공급을 위한 다방면에서의 관리방안 마련이 필요할 것으로 판단된다.

주제어: 농경지, 필수미량영양소, 농작물 생산량, 식용공급량, 국민영양요구량

주연기자 연락처: stalag@kangwon.ac.kr

인공토양 현황 특별세션

인공토양 현황 특별세션-1

인공토양 분석법 이야기

Methods of Analysis for Manufactured Soils

김계훈^{1*}, 김규리¹, 윤정환², 이단비³, 장우석¹

Kye-Hoon Kim^{1*}, Gyu-Ri Kim¹, Jung-Hwan Yoon², Dan-Bi Lee³, and Woo-Seok Jang¹

¹서울시립대학교, ²강원대학교, ³국립농업과학원 토양비료과

¹University of Seoul, Seoul, 02504, Korea

²Kangwon National University, Chuncheon, 24341, Korea

³Soil and Fertilizer Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, 55365, Korea

자연토양을 제외한 모든 토양을 인공토양이라 할 때 전세계적으로 인공토양의 사용이 급증하고 있으며, 이에 따라 인공토양 시장 규모도 크게 성장하고 있다. 일반적으로 인공토양은 적당한 무기재료와 유기재료를 혼합하여 제조하는데 인공토양의 물리화학적 특성에 관한 정보가 매우 부족하며 인공토양에 대한 합리적인 기준도 설정되고 있지 않다. 그동안 우리나라에서는 농촌진흥청에서 원예용 상토의 규격화 및 표준분석법을 제정하여 시행해왔으나 제정된 표준분석법의 수정 및 보완이 활발하게 이루어지고 있다고 보기 어렵다. 토양학자들은 토양 분석에 익숙하기 때문에 자연토양보다 유기물함량이 훨씬 많고, 유기물의 종류도 다양한 인공토양 분석을 어렵지 않다고 생각하나 막상 인공토양을 분석하려고 하면 익숙하지 않은 분석법 때문에 인공토양의 분석이 결코 쉽지 않다는 것을 이해하게 된다. 이 때문에 우리나라보다 인공토양 사용 역사가 오래된 유럽 선진국에서는 토양분석법에 근거한 국가별 인공토양 분석법을 제정하여 사용하면서도 각국의 전문가들이 힘을 합하여 인공토양에 대한 유럽 표준분석법을 제정하여 사용하고 있다. 우리나라는 그동안 농촌진흥청에서 원예용 상토의 규격화 및 표준분석법을 제정하여 시행하고 있지만 이 표준분석법은 우리나라에서만 사용되는 방법이므로 향후 인공토양의 생산, 수출, 수입 등이 활발하게 이루어지기 위해서는 국제적으로 통용될 수 있는 인공토양 표준분석법의 신속한 제정 및 시행이 절실하다. 본 발표에서는 인공토양 표준분석법 제정을 위한 기초자료로서 농촌진흥청에서 제정하여 사용 중인 상토 표준분석법과 유럽 상토표준분석법을 다루면서 향후 인공토양 표준분석법 제정 시 유의점 등을 다룬다.

주제어: 인공토양, 농촌진흥청 상토 표준분석법, 유럽 상토 표준분석법, 물리적 특성, 화학적 특성

주요연구자 연락처: johnkim@uos.ac.kr (02-6490-2689)

사사: 본 연구는 농촌진흥청 연구과제(과제번호: 202309052002) 지원에 의해 이루어진 것임

인공토양 현황 특별세션-2

인공토양과 질석

Artificial Soil and Vermiculite

장용선*, 양재의, 김혁수, 박만

Yongseon Jang*, Jaee Yang, Hyucksoo Kim, and Man Park¹강원대학교, 경북대학교¹

Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

¹Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

인공토양은 인위적으로 조제, 배합하여 성분을 조절한 토양으로, 묘목용 상토, 화분 용토, 조경용 경량토에 이르기 까지 다양한 목적으로 사용되고 있다. 인위토 구성물질로는 식물이 자라는데 필요한 양분물질의 공급과 보비력 증가시키는 것으로 생각할 수 있는 토양 화학성 물질과 토양내의 통기성과 보수성(保水性) 및 토성을 조절하기 위한 토양의 물리성 물질로 구분할 수 있다. 인위토양에 활용되는 물질로 천연 불석을 비롯하여 벤토나이트, 질석과 그 밖의 규조토, 적황색토, 석비레, 이탄, 석회석, 돌로마이트, 제련슬러그, 규회석, 진주암, 부석 및 분석 등 많은 유기물질과 무기물질들이 활용되고 있으며, 각각의 물질은 이들의 고유한 물리-화학적 성질에 따라 다양한 용도로 이용되고 있다.

인공 토양은 운반, 작업 및 관리를 용이하기 위하여 입자 밀도가 낮은 재료들이 활용되고 있으며, 특히 질석은 무균성과 경량화를 위하여 열처리한 팽화 질석이 활용되고 있으나 열처리로 보수력 및 보비력, 산-염기 완충능이 감소하므로 열처리에 따른 질석의 광물학적 특성 변화를 고찰하였다.

질석(Vermiculite)은 팽창성의 2:1형 점토광물로 동형대체(Isomorphic Substitution)에 따른 충전하의 영향으로 층간에 교환성 양이온과 흡습수, 층간수 및 결정수의 3가지 수분을 함유하고 있다. 질석은 원석의 종류에 따라 pH가 6.5~9.0 정도, 양이온치환 용량(CEC)은 30~150 cmol kg⁻¹으로 다양하며, 마그네슘(MgO)과 칼리(K₂O)함량이 매우 높아 Mg 및 K의 공급원이 될 수 있다. 일반적으로 상업용으로 사용되는 질석은 800°C~1,000°C 정도의 고온에서 가열하여 팽창(6~30배 정도)된 것을 사용하는데, 품질이 좋은 질석은 주로 공업용 및 건축용으로 사용하고 그 중 품질이 떨어지는 질석이 농업용 상토재료로 사용되고 있다. 질석은 고온에서 열처리하면 물리성은 좋아지나 양이온치환 용량은 순수한 질석에 비하여 낮아진다. 질석의 열처리에 따른 X-선 회절곡선을 d(001) 강도를 기준으로 살펴보면, 80°C 까지는 층간 두께가 14.4 nm로 유지되지만, 215°C 까지는 물분자 함층이 이탈되어 11.5 nm, 300°C 까지는 10.4 nm, 850°C 까지는 9.6 nm로 유지되다가 900°C 에서는 회절곡선(d, 001)이 완전히 사라졌다. 또한, 열처리 온도와 양이온치환용량(CEC)을 살펴보면, 상온에서 CEC 90 cmol kg⁻¹ 정도이었던 질석이 200°C 에서는 68 cmol kg⁻¹, 400°C 에서는 70 cmol kg⁻¹, 600°C 에서는 63 cmol kg⁻¹, 800°C 에서는 17 cmol kg⁻¹으로 감소하였다. 친환성 양이온 종류별로는 Ca²⁺ 이온이 400°C에서 급격히 감소하였으며, Mg²⁺ 와 Na⁺이온은 600°C에서 감소하였고, K⁺이온은 600°C에서 증가하였다.

따라서 질석이 300°C 이상으로 급가열하면 팽창한다는 점을 고려할 때, 인공토양용 무기재료로 질석을 열처리하여 팽화 질석을 제조하는 적정온도는 300°C~400°C의 범위에서 실시하여 양분 및 수분 보유력의 감소를 최소화하여야 할 것이다.

주제어: 인공토양, 동형대체, 질석, 열처리

주연구자 연락처: zang5137@naver.com (010-2353-5137)

인공토양 현황 특별세션-3

인공토(상토)에 대한 생산업계에서 보는 문제점

Issues of Artificial Soil (Bed soil, soil mix) as Point of the Artificial Soil Industry View

윤환현

Hwan Hyeon Yun

(주)참그로 농업회사법인

Chamgrow Agricultural Corporation Co., Ltd.

1. 국내 공정생산 인공토(상토)에 대한 소개

국내 공정상토의 개발과 생산 공급은 1980년대 중반에 출현한 제올라이트, 규조토를 주소재로 배합 또는 성형한 제품이 시효이며, 이어서 황토(산적토)를 입상으로 성형한 제품과 코코피트, 피트모스를 주소재로 개발한 원예용 상토와 코코피트, 팽창질석을 주소재로 개발된 수도용상토가 1990년대 초부터 줄지어 공급되기 시작하였다. 농업시장에 본격 공급 시작 된지 15년 전후하여 국내 농업인의 상토 사용비중은 거의 100%에 가깝게 정착되었고 이후로는 양액재배시스템, 스마트 팜에 적용되는 각종배지와 과수, 조경 수목, 기타 곡물의 육묘 또는 육성 전용 인공토가 지속적으로 개발 공급되고 있다. 현재 한국상토협회 회원사를 중심으로 위에 소개한 인공토의 공급량은 대략 150만 입방미터 정도로 추정하며 화훼농가, 공정육묘장 위주로 피트모스를 주소재로 제조된 원예용 상토나 코코피트(칩) 또는 피트모스를 주소재로 제조된 배지를 사용하고 있다.

2. 국내 제조 인공토(상토)의 특성

1) 원예용 상토

원예역사가 깊은 유럽이나 북미에서 대륙의 자원인 피트모스를 주소재로 제조된 제품이 거의 전부인데 반하여 국내 제조 원예용 상토는 주로 남부아시아에서 도입한 코코피트를 주소재로 개발되었으며 함수분을 20%이하에 고압축으로 블록 성형한 원료를 해쇄 복원시키는 공정 상 피트모스 주소재인 제품에 비해 대부분 습식으로 제조하는 게 특성이며 고탄력의 코코피트에 펄라이트, 팽창질석, 피트모스, 제올라이트 등을 적극적으로 보완 배합하여 관수관리나 재배환경 적응성이 높은 편이다.

2) 수도용 상토

국내에서 채굴 생산되는 제올라이트, 황토 등을 주소재로 제조하여 농가에서 준비 사용하던 관행상토와 유사하게 무거운 중량 수도용 상토가 먼저 공급되었으나 곧바로 팽창질석에 코코피트, 피트모스 같은 유기물을 배합하여 제조한 경량 수도용 상토와 매트형 상토가 최초로 개발되어 대체 공급 되므로서 못자리 대량 공정육묘, 성력화에 기여하고 있다.

3) 상토 관리법

소재나 제조상 개방성이 크고 품위 평가가 쉽지 않아 농가의 안전한 사용 보장이 취약할 수 있다는 우려로 비료관리법에 상토 1호, 2호에 한하여 공정규격과 분석법을 제정 독특하게 관리되고 있다.

3. 국내 제조 인공토(상토)의 문제점

1) 국내 제조 인공토(상토)는 대부분 습식으로 제조되다보니 육묘 중 요구되는 비효성분 처방을 용해 희석된 양액으로 처방하고 있으며 이에 따라 염류장해, 농도장해 등의 우려가 적어지나 보관 중 주요비효성분의 변화가 빠르고 큰 것으로 판단된다. 특히나 육묘 관리 중 비배관리기술이 부족한 농가의 요구에 맞춰

장기간 비분 유지를 목적으로 하다 보니 질소질 비료형태나 비료처 방량이 위험요소가 될 수 있다. 이에 대한 대책으로 적절한 완효성 비료의 대체 적용이나 육묘 비배관리 기술 지도 보완이 필요하다.

2) 주요 소재 확보에 있어서 코코피트는 국내 제조 상토 주소재로서 우수한 특성이 있으나 나트륨, 염소와 폐놀성 유기성분 함량이 높은 편이어서 반드시 8주이상의 숙성을 거쳐 처리된 것을 사용하는 것을 권장하고 있다. 그동안 남부인도, 스리랑카에서 주로 도입되었으나 현지 몬순시기와 국내 집중수요기가 겹쳐 수급이 불안정하며 이때 품질 저하가 우려 된다. 코코피트가 풍부한 동남아시아는 열대우림으로 강수가 잦아 양건이 아닌 화건 방식으로 건조하는 경우가 많으며 권장 숙성이 지켜지지 않고 탈수 화건 시 고유의 물리적 장점이 손상되고 특정 성분의 출현으로 위해할 수 있어 주의를 요한다.

3) 주요 소재인 팽창질석의 경우 원석이 중국의 특정 지역에서 거의 전량 도입되는데 동지역 부존량 고갈 우려와 채굴 가공 시 환경규제로 수급이 불안정한 문제가 있고 수입 시 적용되는 석면관리 규제는 십수년에 걸쳐 해당사항이 없는데도 엄중 관리돼 관련 업체의 부담이 되고 있다.

4) 선진국을 중심으로 환경보전 관련하여 개발이 점진적으로 제한되고 있는 피트모스를 대체 보완하기 위한 소재의 개발과 적용이 활발한데 국내에서는 상토 관리법이 적용되어 제한을 받는 부분이 문제가 될 수 있다.

5) 인공토중 육묘용 상토에 한하여 등록 관리되고 있으며, 필수 농자재로 자리 잡은 역할에 비해 국내시장은 거의 포화상태여서 관련업체의 성장유지가 쇠퇴 일로에 있으므로 농업 및 농민에 불안 요소가 될 수 있다. 유일하게 관리법으로 관리되고 선진국 제품과 차별적 장점이 높은 국내 상토의 특성을 살려 HS코드 정비 등 행정적인 관리지원으로 적극적 해외 수출이 필요하다.

주제어: 상토, 상토관리법, 화건 코코피트, 석면관리규제, 상토수출

주연구자 연락처: yhh0202@chamgrow.co.kr

인공토양 현황 특별세션-4

인공토양 연구, 무엇을 해야 하나?

What should we do for Anthropogenic and Soilless Soil Research?

허승오

Seungoh Hur

국립농업과학원

National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, 55365, Korea

농업기술이 발달을 하면서 다양한 농업자재들이 개발되거나 이용되고 있다. 그 중에서 토양은 전형적인 자연체 토양에서 사람에 의해 인위적으로 변형된 토양이 농작물 재배에 사용되다가, 최근에는 스마트 팜의 발달과 더불어서 자연체 토양이 아닌 인공토양의 활용도도 높아지고 있다. 인공토양은 활용되는 분야나 재료에 따라 다양하게 불리고 있다. WRB 토양분류에서는 Anthrosols과 Technosols로 분류되기도 하고, 작물 묘를 키우는 상토를 이르기기도 하며, 시설재배에서는 배지(Substrate, Medium 등)라고 부르기도 한다. ‘비료관리법’에는 토양개량용 자재로서 상토만이 언급되어 있으나 상토의 정의는 나와 있지 않다. 이렇듯 다양한 인공토양의 다른 이름들은 연구자, 정책담당자, 농업인, 산업체 등 모두를 매우 혼란스럽게 한다. 누군가 새로운 이름으로 주장하면 그것을 따를 수밖에 없는 구조이다. 해외에서도 WRB 분류와 같이 부르는 이름이 있고, Anthropogenic soil이거나 Soilless medium, Artificial soil 등 다양하게 부르고 있다.

무엇이든 토양과 같은 기능을 하고 있으므로 이것에 대한 학술적 정의가 필요한 시점이 왔다. 토양의 역할을 하고 있는 물질이 있는데, 자연체 토양이 아니라고 해서 기존의 토양연구자들에게 연구대상이 아니라거나 해외는 이렇게 사용하니 그대로 따르자거나 하기에는 농업 현장에서의 요구도를 충족시킬 수 없고, 시설재배나, 우주농업 등 새로운 농업기술에서 사용하고 있는 인공토양의 종류도 많아지고 있어 이에 대한 대비가 필요한 상황이다. 더군다나 대부분의 인공토양 재료를 수입하는 우리의 현실에서, 이에 대한 연구나 기술정립이 되어 있지 않다면 기후변화나 탄소중립, 디지털농업 등 변화하는 산업 속에서 토양비료 연구에 대한 미래의 위치는 가늠하기가 쉽지 않다.

인공토양 연구를 위해서는 우선적으로 이에 대한 정의가 필요하다. 비료관리법에서 비료나 토양의 역할을 하는 일부 농업자재에 대해 규정하고 있는바, 인공토양에 대한 정의는 비료관리법 상 바뀌고 있는 토양의 역할을 이해하고 정책적으로 반영하는데 중요한 기반이 된다. 그 다음은 현재 농업의 다양한 부분에서 활용되고 있는 인공토양에 대한 분석방법, 자재별·작물별·생육단계별·재배방법별 양·수분 관리, 환경영향평가, 환경에 무해한 폐기방법 또는 재사용방법, 자재별 비료사용처방, 양분 적정범위 설정, 영양장애 진단 및 처방, 자재별 탄소중립 평가, 탄소감축 기반의 자재별·영농방법별 탄소직불금 제도 적용, 우주농업 관련 연구 등이 있을 수 있고, 대부분 수입인 인공토양 재료를 대체하기 위한 수입대체 인공토양 재료 발굴·개발, 대체 재료의 양·수분 보유·공급 특성, 대체재의 폐기·재활용 및 환경영향평가, 대체재의 유통·공급·폐기·순환 플랫폼 구축, 대체재의 탄소중립 평가 등 다양한 연구가 있을 수 있다.

미래농업은 4차 산업혁명을 기반으로 하여 더욱 발달된 식물공장, 디지털 또는 스마트 농업으로 향할 것이고, 도래하고 있는 우주시대에 부합하는 우주농업이 큰 축으로 자리 잡을 것이다. 우주농업은 우주공간에서 인간을 위한 식량생산을 고민하는 것도 있지만, 달이나 화성에서 정착촌을 이룰시 달이나 화성토양에서의 작물재배도 포함될 수 있다. 이러한 다양한 산업적·미래적 배경은 인공토양을 더욱 필요로 하고 있고, 그에 걸맞은 기술을 요구하고 있다는 것을 토양비료 연구자들은 숙고해야 할 시점이다.

주제어: 인공토양, 인위토양, 양액재배, 수경재배, 토양연구

주연구자 연락처: 010-3886-7432 (soilssohur@korea.kr)

토양환경전문지도연구회 특별세션

토양환경전문지도연구회 특별세션-1

흙토람 현장진단DB 분석

Analysis of On-site Diagnosis Database in Korean Soil Information System

이은진*, 김명숙, 정하일, 이태구, 백선희

Eun-Jin Lee*, Myung-Sook Kim, Ha-il Jung, Tae-Gu Lee, and Seon-Hye Baek

농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과

Division of Soil and Fertilizer management, NAS, RDA, Wanju, 55365, Republic of Korea

토양화학성 분석은 작물 생육의 제한요인이 되는 양분을 보충하고 작물 생육기별 요구되는 양분의 균형을 맞추는데에 필수적인 단계이다. 흙토람(토양환경정보시스템)에서는 토양검정 결과를 근거로 작물별 한 작기당 필요로 하는 양분량을 필지당 밑거름과 웃거름 양을 추천하거나 농진청 고시 「농업자원과 농업환경의 실태조사 및 평가기준」의 [별표4]를 따를 수 있도록 보조하고 있다. 그럼에도 불구하고 재배법, 기상 등 요인에 따라 재배기간 중 양분 함량 및 작물 생육은 달라질 수 있으며 이를 보완하기 위해 토양 현장진단과 처방법이 개발되었다. 현장진단 조사항목은 pH, E_h , EC, 수용성 양분 4항목[질산(NO_3^-), 인산(PO_4^{3-}), 황산(SO_4^{2-}), 염산(Cl^-)]으로 간단하게는 질산, 인산은 Merck사의 test strip을 이용해 농도를 측정하고 황산, 염산은 시약 이용해 침전반응을 살펴본다. 하지만 해당 시약은 수질분석을 목적으로 하여 상용화된 제품으로 보다 정확한 분석을 위해서는 국내((주)테크넬)에서 개발한 토양용액 분석용 휴대용 광도계의 사용 비중이 증가하는 추세이다. 위 방법 등을 통해 나온 결과의 해석은 해당 전문가의 존재가 필수적인 영역이었으나, 최근에는 흙토람 모바일 웹서비스(<https://soil.rda.go.kr/m/>)의 현장진단처방 시스템을 활용하면 장소와 사람에 상관없이 가능해졌다. 본 연구는 2016년 이후 흙토람 DB에 축적된 사례들을 분석하여 지금 영농 현장에서 주로 발생하는 문제유형을 살펴보고 대응방향을 설정하는 데 의의가 있다. 또한 결과를 토양환경 지도연구회에 속한 전국 지도직 공무원과 공유하여 현장에서 발빠른 대처가 가능토록 하고자 한다.

주제어: 과수원, 변동조사, 정점조사

주연구자 연락처: eunjin0219@korea.kr (063-238-2438)

토양환경전문지도연구회 특별세션-2

토양현장진단을 활용한 오이 생육부진 원인 구명

Elucidate Case of Poor Growth of Cucumber by Onsite Soil Testing

박태진

Tae-Jin Park

(충청남도)천안시농업기술센터

Agriculture Technology Center, Cheonan 15, Chungnam-do, Korea

토양현장진단을 활용해 충청남도 천안시 성남면 시설오이의 생육부진 원인을 구명하고자 하였다. 생육부진 하우스는 8년전 논에 1m 성토 후 하우스를 신축하였고 2년 정도는 정상 생육을 보였으나 지속적으로 생육이 불량하여 그 원인을 찾고자 토양현장진단을 실시하였다. 토양현장진단 결과 pH6.5, EC 2.7ds/m, NO_3^- 47mg/L, PO_4^- 8mg/L, Eh -135~-150mV이었다. 60cm 토양 단면을 육안 조사 결과 토양색이 청회색이었으며, 지하부로 내려 갈수록 배수가 안됨을 알 수 있었으며 지하수위가 높아 토양환원이 진행되어 생육이 부진한 것으로 판단되어 작기 후 60cm 깊이로 유공으로 암거 배수처리를 실시한 후 다음해 작기 중 토양진단을 실시한 결과 pH6.1, EC 2.1ds/m, NO_3^- 71mg/L, PO_4^- 39.6mg/L, Eh 497~535mV으로 조사되었으며 생육도 정상 생육을 보여 전년도 생육부진 원인은 지하수위 상승 및 배수불량에 의한 환원장해이었다.

주제어: 토양현장진단, 환원장해, 암거배수

주연구자 연락처: ptj4123@korea.kr (041-521-2905)

Research on Standards for Installing Soil Moisture Content Sensors in Open Field Smart Farms

Beomki Kim*, Hongkyu Kang

김범기*, 강홍규

Agricultural Technical Center, Hwaseong 18583, Gyeonggi-do, Korea

화성시농업기술센터

Currently, there is no standard to propose this standard, an irrigation response experiment was conducted at each soil moisture sensor location in a grape orchard with loam soil texture. After installing soil moisture content measurement sensors at depths of 10, 20, and 30 cm and distances of 10, 20, and 30 cm from the drip tape, which is an irrigation facility, the analysis of changes in the measured values of the soil moisture content measurement sensors at each location is as follows.

1) Soil water content variance (WCV: Water content variance) 2) Irrigation reaction time (IRT: Irrigation reaction time): Time until the sensor responds after starting irrigation 3) Sensor reaction time (SRT: Sensor reaction time): The time taken from the time the sensor reacts after the start of irrigation to the end of the sensor response after the end of irrigation. 4) Irrigation amount per irrigation reaction time (IRT IA: Irrigation reaction time Irrigation amount) 5) Irrigation amount per sensor reaction time (SRT IA: Sensor reaction time Irrigation amount). Statistical analysis was conducted using Duncan's Multiple Range Test, and the statistical program R was used for analysis.

As a result of soil water content variance (WCV) analysis, when the soil distance from the drip tape was 10 cm, soil water movement was smooth up to a depth of 30 cm, but when the distance was more than 20 cm, the WCV change decreased.

As a result of irrigation reaction time (IRT) analysis, the IRT of the sensor at a depth of 10 cm and a distance of 10 cm responded the fastest at 24.17a minutes, and the IRT increased as the depth and distance increased.

As a result of the sensor reaction time (SRT) analysis, the average sensor reaction time (SRT) of the sensor at a depth of 10 cm and a distance of 10 cm was the shortest at 63.36a minutes. As the sensor depth deepened and the distance increased, SRT showed a similar trend to the IRT analysis results, increasing.

The response of the soil moisture content measurement sensors was mainly 10 cm at a depth of 10 cm, 10 cm at a depth of 20 cm, 20 cm at a depth of 10 cm, 30 cm at a depth of 10 cm, and 20 cm at a depth of 20 cm. There was very little or no change in soil moisture content.

As a result of analyzing the irrigation amount per irrigation response time (IRT) and the irrigation amount per sensor response time (SRT), the IRT IA of the 10 cm sensor (No. 4) at a depth of 20 cm was found to be 4.24 t and the SRT IA was 6.70 t.

The average evapotranspiration during August, when the grape Campbell Early Leaf Area Index is at its maximum, is 2.41 mm per day (Yoon et al., 2009). Therefore, when irrigated every 2 days, 4.82 t of water is required, and when irrigated every 3 days, 7.23 t of water is required.

Consequently, for controlling irrigation in a grape orchard with loamy soil using irrigation response time or sensor response time, it is recommended to install soil moisture content measurement sensors at a depth of 20 cm and a distance of 10 cm to meet the appropriate irrigation time and amount (Table 2).

Keywords: Openfield smart farm, soil moisture sensor, irrigation amount

Correspondence: soilkbk@korea.kr(031-5189-3621, 010-8466-1311)

Table 1. soil water contents measurement analysis(depth)

No.	Site(depth × distance)	^v WCV	^w IRT	^x IRT IA	^y SRT	^z SRT IA
	cm	%	min	ton	min	ton
1	10 × 10	2.58 ab	24.17 abb	1.51	63.36 ab	3.96
2	10 × 20	0.66 bc	142.57 bcb	8.92	130.71 ab	8.17
3	10 × 30	0.49 cb	279.50 dbb	17.48	87.86 ab	5.49
4	20 × 10	1.18 bb	67.73 abb	4.24	107.14 ab	6.70
5	20 × 20	0.40 cb	122.67 bcb	7.67	182.14 ab	11.39
6	20 × 30	0.39 cb	195.45 cbb	12.22	482.14 ab	30.15
7	30 × 10	1.18 bb	68.60 abb	4.29	680.71 bc	42.57
8	30 × 20	2.30 ab	109.27 abc	6.83	1,082.14 cb	67.68
9	30 × 30	0.69 bc	146.23 bcb	9.15	944.29 bc	59.06

^vWCV: Water content variance, ^wIRT: Irrigation reaction time; ^xSRT: Sensor reaction time

^yIRT IA: Irrigation reaction time Irrigation amount

^zSRT IA: Sensor reaction time Irrigation amount

Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 2. Correlation between required daily irrigation amount and soil moisture sensor location

division	1day	2day	3day	4day	5day	6day	7day
Required IA	2.41 t	4.82 t	7.23 t	9.64 t	12.05 t	14.46 t	16.87 t
IRT IA	1.51 t	4.24 t	7.67 t	8.92 t	12.22 t	12.22 t	17.48 t
Site(dep×dis)	10 × 10	20 × 10	20 × 20	10 × 20	20 × 30	20 × 30	10 × 30
WCV(%)	2.58a	1.18b	0.40c	0.66bv	0.39c	0.39c	0.49c
SRT IA	3.96 t	3.96 t	6.70 t	8.17 t	11.39 t	11.39 t	11.39 t
(Site(dep×dis)	10 × 10	10 × 10	20 × 10	10 × 20	20 × 20	20 × 20	20 × 20
WCV(%)	2.58a	2.58a	1.18b	0.66bc	0.40c	0.40c	0.40c



PG 1. soil moisture content measure sensors Installation by depth and distance

토양환경전문지도연구회 특별세션-4

현장진단을 통한 작물 고사원인 규명

Identification of the Cause of Crop Death through On-site Diagnosis

서명진

Myung-Jin Seo

(전라남도)곡성군농업기술센터

Agricultural Technical Center, Gokseong (57538), Jeollanam-do, Korea

토양현장진단 기술과 병해충 신속진단 기술을 활용해 전라남도 곡성군 오곡면 시설하우스 고추의 장해 원인을 규명하고 대책을 마련코자 하였다. 피해 발생 하우스는 2,800m²의 시설하우스 4동에 내병계 고추가 재배되고 있었으나 정식 10일후 부터 고사 및 생장 불량묘가 발생하여 1개월간 약 2,000주의 모종을 보식하였으나 한번 묘가 죽은 토양에는 지속적으로 생육불량 및 고사묘가 발생하고 있어 그 원인이 토양환경에 있다고 판단하여 현장진단을 실시하였다. 진단결과 정상생육주 인근 토양은 pH 7.5, EC 0.4dS/m이었으며, 생육불량주 인근 토양은 pH 7.1, EC 0.94dS/m로 나타났고, 토양수분은 30cm 46%, 40cm 40%로 확인되었으며, 고사증인 개체는 뿌리의 활착율이 낮거나 뿌리썩음 증상이 나타나고 있었고, 일부 개체는 청고병 및 역병 의심 증세가 보여 토양 및 작물체 시료를 각각 5군데 이상 채취해 토양화학성검정 및 병해 신속진단을 실시하였다. 토양화학성 검정은 농업과학기술 연구조사분석기준중 농업환경기준을 적용하였고, 병해신속진단은 절단침지를 통한 관능법과 신속진단 키트를 이용하였다. 충해 의심증세나 해충은 발견되지 않았으며, 묘정식 1개월전 침수 피해를 입었음을 확인하였고, 측장 1m 높이에 기름띠 흔적이 있고, 농업용dung유 냄새가 부분적으로 나 해당위치 토양을 50cm 깊이까지 확인하였으나 기름흔적은 발견되지않았다. 검사결과 토양현장진단 조건표상 화학적 측면은 기부의 경우 환원상태로 확인되었고, 생육불량주 주변은 토양화학성 검사결과 pH 7.3으로 현장진단결과와 비교시 암모니아 가스 피해를 받았을 것으로 예측되어지며, 검사한 작물체 시료 모두에서 역병균(Phytophthora blight)이 확인되었다. 즉 해당 필지는 작물 정식전 침수로 인해 역병균에 오염된 상태였으며 pH도 높게 관리되는 등 토양환경관리의 부실로 인해 작물이 고사였으며, 주원인은 역병이었다.

주제어: 현장진단, 신속진단키트, 생육불량

주연구자 연락처: myungjins@korea.kr (061-360-8891)



Fig. 1. Comparison of normal and poor growing seeds.

객토후 작물 이상증상 개선 사례

Case Study on Improving Abnormal Crop Growth after Soil Dressing

문미화

Mi-Hwa Moon

(경기도)광주시농업기술센터

Agricultural Technical Center, Gwangju 12765, Gyeonggi-do, Korea

pH7.5이상 및 Eh480mV이하인 작물이 자라기에 부적합한 토양을 객토한 뒤 물리·화학적 악화로 작물생육이 불량해지는 사례들이 있다. 이런 경우 완속유기물 시용 등으로 생육이 일부 개선되기도 하지만 수년이 지나도록 작물생육이 정상화 되지 않는 등 여러 문제점이 있다. 이에 본 연구는 부적합한 토양을 객토한 후 생육불량한 재배지의 토양 문제점을 확인하고 농자재를 활용하여 개선하였다.

[엽채류] 객토 5년차인 베이비채소(아마란스) 재배 하우스에서 가운데 부분의 생육이 불량한 사례의 토양을 분석하였다. 그 결과 가장자리는 pH 7.2인 반면, 가운데 부분은 pH 7.6으로 높았다. 가운데부분의 pH가 높아진 원인으로는 가운데 부분으로 관수량이 많아지면서 환원상태가 되고 이로 인해 pH가 높아진 것으로 추측하였다. pH를 일정수준으로 유지할 수 있는 인산완충액 기반 농자재를 1회 살포한 결과 가운데 부분의 pH가 7.3으로 낮아지면서 생육이 개선되었다.

[과채류] 객토 5년차인 토마토 재배하우스는 객토후 지속적으로 생육이 불량하였고, 수확량은 인근농가의 50% 수준이었다. 농가는 토양을 건조하게 관리하며 작물을 재배하고 있었고, 토양현장진단결과 pH6.7, Eh515mV로 물리·화학적 개선된 것으로 보이나 여전히 생육은 불량하였다. 일반적으로 과채류는 엽채류보다 뿌리가 더 깊고 생육기간도 길어 엽채류처럼 토양의 일부를 개선해서 작물생육을 정상화하는 것은 어렵다. 이 사례에서는 입자 크기별로 혼합한 피트모스를 두둑에 고풍을 만들어(20×20cm) 채우고 포습 처리한 뒤 비닐멀칭하고 정식하였다. 그 결과 무처리 대비 뿌리무게는 91% 증가, 수확량도 110% 증가하였다.

주제어: 객토, 토양현장진단

주연구자 연락처: glorymoon@korea.kr (031-760-2578)

구두발표

OS-01

Introduction on Soil Information Production Using Various Soil Database

Chang-Hoon Lee^{1*}, Mun-Hyeong Park¹, Hye-Jin Park², Yeon-Kyu Sonn²,
Yun-Gu Kang³, and Taek-Keon Oh³

¹Department of Fruit Tree, Korea National College of Agriculture and Fisheries, Jeonju

²Soil and Fertilizer Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju

³Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Daejeon

The Soil carbon 4 permille was launched to increase global soil organic matter stocks as a compensation for emission of greenhouse gases by anthropogenic sources. Soil organic carbon was treated as important due to soil productivity and soil health as well as carbon cycling. In soil carbon, soil database would be useful to make new or valuable soil information and predict soil properties under agricultural environment under spatial area. Unfortunately, there is a little soil information on case study using soil database. We would like to introduce several case study on fertilizer requirement including prediction of organic sources application in arable soils, and prediction of soil carbon stock using SCOPAN model. Soil database was used the database of soil test analysis, newal soil survey data, and environmental covariance(climate, DEM, NDVI ect.). The R program was run algorithm related to soil carbon. Soil test database was used to Kriging model for organic carbon prediction and its application. Ordinary kriging model using soil test database was beneficial to predict overall soil organic carbon and N requirement in regional arable. Also, The SCORPAN model, were to assess the spatial distribution map of soil carbon stocks in Chungcheong province and predict soil carbon stocks within the 0-30 cm depth using DSM technique. The minimum and maximum predicted carbon stocks were 25.11 ton C ha⁻¹ and 183.55 ton C ha⁻¹, respectively, with a mean of 46.92 ± 13.66 ton C ha⁻¹. The validation outcomes of the DSM are summarized as follows: the model achieved a coefficient of determination (R²) of 0.15, and the mean absolute error (MAE) was 20.78, and the root mean square error (RMSE) was 29.51, respectively. Soil database in present was possible to make soil information related to soil carbon and soil function, but it need to improve database quality and add the each contents on the nutrient uptake and loss under various crop cultivation activities. These prediction technology would contribute soil productivity and positive function of agricultural ecosystem under climate changes. We must strongly establish soil database management strategy to develop prediction technology under agricultural policy such as modeling for digital agriculture.

Keywords: Soil database, Soil information, Prediction, Modeling, soil carbon

Correspondence: chlee915@korea.kr (063-238-9173)

OS-02

논의 토양물리성 변동조사 결과에 따른 용적밀도와 토양물리특성과의 관계

The Relation of Bulk Density & Soil Physical Properties by Results of soil Physical Properties Monitoring of Paddy Land

허승오*, 손정우, 옥정훈, 황선아
 Seungoh Hur*, Jeongwoo Sonn, Junghoon Ok, and Seonah Hwang
 국립농업과학원
 National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, 55365, Korea

국립농업과학원은 ‘친환경농어업 육성 및 유기식품 등의 관리·지원에 관한 법률’ 및 ‘농업 자원과 농업 환경의 실태조사 및 평가기준’ 고시에 따라 농경지의 비옥도, 중금속, 농업용수 등에 대한 농업환경변동조사를 실시하고 있다. 그 중 토양물리성은 농경지 비옥도에 포함되어 있는 항목이며, 전국의 논·밭·과수시설 재배지에 대해 2007년부터 4년 1주기로 용적 밀도(Bulk Density), 토성(Soil Texture), 경도(Soil Hardness) 등 6항목을 조사하고 있다. 논은 2007년부터 모니터링이 시작되었으며, 현재 5번의 주기를 거치고 있다. 본 연구는 일반농경지 논토양 물리성 변동조사 결과를 활용하여 용적밀도와 나머지 토양 물리특성과의 관계를 파악하고자 실시되었다. 용적밀도(Bulk Density, BD)는 토양의 단위부피당 건조중량을 나타내는 것으로 토양의 물리적 건전성을 나타낼 수 있는 중요한 지표의 하나이다. 용적밀도는 공극이 많을수록 작아지는 경향을 나타내며, 이는 다른 물리적 특성과의 연관성이 높다. 논토양 물리성 변동조사는 2007년부터 4년 1주기로 하여 정점조사를 기준으로 하여 실시하고 있다. Fig 1.은 2007년부터 2019년까지 논에 대한 용적밀도와 다른 물리적 특성(고상, 기상, 액상, 공극률, 모래·미사·점토 함량, 경도, 유기물함량)간의 상관관계 분석 결과이다. BD 계산식과 관련이 있는 고상(Solid)과 공극률(Porosity)은 양의 상관관계수 1을 보여주고 있고, 액상(Liquid)과 기상(Gasses)은 음의 상관관계를 나타내고 있다. 모래(Sand), 미사(Silt), 점토(Clay)는 다른 특성들에 비해 상대적으로 낮은 상관관계를 나타내고 있다. 경도(Hardness)는 가장 높은 양의 상관관계를 나타내고 있으며, 유기물함량(OM)은 R=-0.49로 세 번째로 높은 상관관계를 나타내고 있다. 이러한 결과를 통해 BD에 영향을 미치는 토양물리적 특성들의 중요도를 판단할 수 있었으며, 이를 바탕으로 BD를 예측할 수 있는 새로운 모형을 도출한다면 BD와 관련 있는 다양한 생장모형이나 토양수분 모형들에 대한 정확도를 향상시킬 수 있을 것이다.

주제어: 농업환경변동조사, 토양물리성, 용적밀도, 유기물함량
주연구자 연락처: 010-3886-7432 (soilssohur@korea.kr)

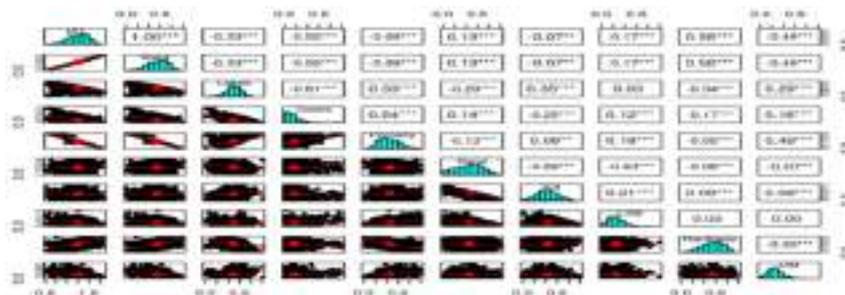


Fig 1. Results of correlation analysis between bulk density(BD) and soil physical properties to paddy-land

OS-03

충남지역 논 토양 물리성 변동평가

Evaluation of Changes in Physical Properties of Paddy Soil in Chungnam Province

윤여욱*, 조윤기, 이정수, 이진일, 손정우¹, 허승오¹Yeo-Uk Yun*, Yun-Gi Cho, Jeong-Su Lee, Jin-Il Lee, Jeong-Woo Son¹ and Seung-Oh Hur¹충청남도농업기술원, ¹국립농업과학원

Chungcheongnam-do Agricultural Research and Extension Services, Yesan 32418, Korea

¹National Academy of Agricultural Science, Wanju 55365, Republic of Korea

농경지 물리성 조사사업은 농업환경 자원을 보전하고 농업 정책을 뒷받침하기 위한 기초자료로 활용하기 위해 논, 밭, 과수원, 시설하우스 등 토양을 대상으로 4년마다 국가 차원에서 실시하는 사업이다. 토양 물리성은 작물 생육과 수량에 직접적으로 연관되어 있고 토양의 비옥도를 유지하는 중요한 요소로 변동 현황을 파악하는 것은 매우 중요하다.

충남지역 논토양의 물리성을 파악하기 위해 2011년부터 정점지점을 선정하여 40지점 이상을 조사하였다. 2023년에는 충남 46지점에 대해 물리성을 조사한 결과, 용적밀도는 표토 1.33, 심토 1.61 Mg m⁻³ 이었고, 중량수분함량은 표토 30.8, 심토 22.8 % 이었다. 표토의 용적밀도 변화는 2019년까지 점차 감소하다가 다시 증가하는 경향을 나타내었으나 심토의 용적밀도와 고상은 조사 시작 이래로 지속적으로 증가하는 경향으로 확인하였다. 토양 유기물 시용 등 농업정책과 영농방법에 따라 표토는 변동성이 확인되나 심토는 상대적으로 영향을 덜 받고 점차 물성이 악화되는 것으로 판단하였다.

주제어: 충남, 논토양, 물리적 특성, 토성, 용적밀도

주연기자 연락처: aoggi61@korea.kr (041-635-6103)

표. 충남지역 논토양 물리적 특성 변화

Year	조사점수 (점)	토층 구분	용적밀도 (Mg m ⁻³)	삼상(%)			중량수분함량 (%, w/w)	경도 (mm)	유기물 (g kg ⁻¹)
				고상	액상	기상			
2023	46	Topsoil	1.33	50.0	40.3	9.7	30.8	18.3	23.3
		Subsoil	1.61	60.6	36.2	3.2	22.8	25.0	14.7
2019	46	Topsoil	1.27	48.0	40.9	11.1	32.6	16.2	22.9
		Subsoil	1.57	59.1	37.8	3.1	24.4	23.3	13.8
2015	48	Topsoil	1.31	49.6	45.0	5.4	34.6	16.4	13.3
		Subsoil	1.53	57.8	39.7	2.5	26.6	22.2	9.1
2011	50	Topsoil	1.33	50.0	42.9	7.1	33.0	16.8	19.3
		Subsoil	1.51	56.9	38.5	4.6	26.3	20.6	-

OS-04

우리나라 농업용 하천수 및 지하수의 수질 현황

Current Status of Water Quality for Agricultural Stream and Groundwater

안난희*, 최순균, 어진우, 전상민, 엽소진

Nan-Hee An*, Soon-Kun Choi, Jinu Eo, Sang-Min Jun, and So-Jin Yeob

농촌진흥청 국립농업과학원 기후변화평가과

Climate Change Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, 55365, Korea

농업용수 수질조사는 2000년부터 「친환경농어업 육성 및 유기식품 등의 관리 지원에 관한 법률」에 따른 「농업자원과 농업환경의 실태조사 및 평가기준」 고시(농진청 고시 2017-12호)에 근거하여 국립농업과학원이 주관하고 각 도 농업기술원이 참여하여 수행하고 있다. 2022년 농업용수 수질조사를 위하여 전국 도 단위에서 농업용수로 사용되고 있는 농업용 하천수 300지점과 지하수 200지점을 대상으로 조사 시키는 하천수는 연 3회(4월, 7월, 10월), 지하수는 연 2회(4월, 7월) 수질조사를 실시하였다. 농업용 하천수의 수질 분석 결과, pH는 7.8, DO는 9.4 mg/L, TOC는 3.9 mg/L, T-N은 5.17 mg/L, T-P는 0.12 mg/L, 중금속(Cd, As, Pb)은 검출되지 않았으며 2021년 하천수의 평균 수질과 비슷한 수준이었다. 또한 환경정책기본법 시행령 제 2조, 하천수의 수질기준(농업용수, IV등급)에서 제시하고 있는 수질 관리기준 초과율은 pH는 7.8%, TOC는 13.9%, T-P는 7.2% 및 SS는 0.2%인 것으로 조사되었다. 농업용 지하수의 수질 현황은 pH는 7.1, EC는 0.32 dS/m, NO₃-N은 6.13 mg/L, Cl⁻은 27.6 mg/L, 중금속(Cd, As, Pb)은 검출되지 않았으며 2021년 지하수의 평균 수질과 비슷한 수준이었다. 지하수법 시행규칙 제 41조, 지하수의 수질기준(농업용수)에서 제시하고 있는 수질 관리기준 초과율은 pH 1.3%, NO₃-N 5.0%으로 조사되었다. 따라서 농업용 하천수와 지하수의 수질은 농업용수로서 작물 재배에 적합한 수준이며 중금속 함량도 수질기준 이하로 안전성에 문제가 없는 것으로 사료된다.

주제어: 농업용수, 하천수, 하천수, 수질, 초과율

주연구자 연락처: nanhee79@korea.kr (063-238-2525)

OS-05

노지 가지 관비 재배를 위한 웃거름 적정 비율 설정

Optimal Fertilization ratio for Eggplant(*Solanum melongena* L.) Under the Open Field Fertigation System

이예진*, 송요성, 이찬욱, 박혜진, 안진희

Yejin Lee*, Yosung Song, Chanwook Lee, Hyejin Park, and Jinhee An

농촌진흥청 국립농업과학원

National Institute of Agricultural Sciences, RDA, 166 Nongsaeangmyeong-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, 55365, Korea

관비는 작물 재배기간 중 양분요구량에 따라 비료를 나누어 줄 수 있어 효율적인 시스템이다. 특히 생육 기간이 길고, 연속적으로 수확하는 작물은 비료의 웃거름 공급이 필수적이므로 시설재배지에서 재배하는 대부분의 과채류는 관비 시스템을 이용하여 양분을 공급한다. 과채류 중 가지는 시설재배시 생육 시기별 관비 공급기준이 설정되어 있으나, 노지 관비재배에도 동일하게 적용이 가능한지 검토가 필요하다. 본 연구는 노지 가지 관비 재배시 밑거름과 관비의 적정 공급 비율을 설정하기 위해 관비 웃거름 비율별 작물 생산성과 양분흡수량, 양분 이용효율을 비교하였다. 재배시험은 충남 천안시 농가 포장에서 수행하였으며, 2022년 5월 5일 정식하여 10월 14일 최종 수확하였다. 비료는 토양검정 비료추천량을 기준으로 질소-인산-칼리=24.0-3.0-3.0 kg 10a⁻¹를 공급하였으며, 인산은 전량 밑거름으로 공급하고, 질소와 칼륨의 밑거름과 관비 비율을 조절하였다. 처리구는 밑거름과 관비 비율을 각각 40%, 60%, 80%로 구성하였으며, 수분은 -33kPa 기준으로 자동 관수하였고, 관비는 정식 후 28일차부터 1주일 간격으로 공급하였다. 가지 수확량은 관비 80% 공급 시 10.0 Mg 10a⁻¹로 관비 40%와 60% 공급 대비 약 14~23% 정도 많았으며, 40%와 60% 공급은 유의한 차이를 보이지 않았다. 가지의 질소, 칼륨흡수량은 관비 80% 공급에서 각각 20.8, 48.0kg 10a⁻¹로 관비 40%와 60% 공급 대비 20~30% 흡수량이 많았다. 양분이용효율은 관비 80%에서 가장 높았으며, 관비 40%와 60%는 동일한 것으로 나타났다. 따라서 노지 가지 관비 재배 시 질소, 칼리는 밑거름 20%, 관비 80% 공급이 가장 적절할 것으로 판단되었다.

주제어: 노지, 관비, 가지, 비료

주연구자 연락처: leeyj418@korea.kr (063-238-2446)

OS-06

중량식 라이시미터에서 겨울철 청보리 재배에 따른 양분수지 평가

Assessment of Nutrient Balance According to Winter Forage Barley Cultivation in Weighing Lysimeters

안진희*, 이찬욱, 박혜진, 옥정훈, 송요성, 이에진

Jin-Hee An*, Chan-Wook Lee, Hye-Jin Park, Jung-Hun Ok, Yo-Sung Song, and Ye-Jin Lee

농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과

Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Korea

겨울철 동계 사료작물 재배는 농경지 이용률과 조사료 자급률을 높여 양분수지 감축에 기여할 수 있다. 본 연구에서는 중량식 라이시미터에서 동계 사료작물인 청보리를 2020년 10월부터 2022년 4월까지 두작기 동안 재배하여 토양수분함량, 침출수, 작물생육, 일일 증발산량 및 식물체 양분 흡수량을 모니터링 하였다. 처리는 점토함량이 18% 이상인 식질 토양에서 청보리 재배(CL-FC)와 작물을 재배하지 않은 나지(CL), 점토함량이 18% 미만인 사양질 토양에서 청보리 재배구(SL-FC)와 나지(SL)로 총 4처리를 두었다. 양분 유출과 관련된 지하 배수량은 식질에서 많았으며, 나지에서는 사양질과 식질 토양 모두 토양 함수량이 30-40%를 유지하였다. 2년간 수확한 청보리의 평균 초장이 CL-FC에서 77.9-86.0 cm으로 84.7-106.5 cm인 SL-FC보다 작았다. 작물 재배구인 SL-FC와 CL-FC에서는 생육 재생기인 3-4월에 평균 증발산량이 평균 2.1-6.7 mm·day⁻¹으로 토양 수분함량은 18.1-21.8%까지 낮아졌다. 동계작물 재배 시 봄철 생육재생기에 생체량이 증가함에 따라 증발산량도 증가하기 때문에 수분이 지상부로 이동하므로 양분의 지하유출을 예방할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 사양질 토양에서 청보리의 재배에 따른 양분수지는 비료 공급량에 비해 작물 흡수량이 많아 음의 값을 나타냈으며, 토양에 집적된 양분을 이용했을 것으로 추측된다. 따라서 동계에 적정량의 비료를 주고 사료작물인 청보리를 재배하면 경지 이용률을 높이고, 양분수지를 낮추는데 도움이 될 것으로 생각된다.

주제어: 중량식 라이시미터, 청보리, 양분수지

주연구자 연락처: cutefist@korea.kr (+82-63-238-2445)

OS-07

시설작물 부산물 바이오차 처리가 상추 생산성 및 토양 화학성에 미치는 영향

Effect of Greenhouse Crop Residue Biochar Application on Lettuce Productivity and Soil Chemical Properties

이동원*, 심재홍, 전상호, 이윤혜, 권순익, 김성현

Dong-Won Lee*, Jae-Hong Shim, Sang-Ho Jeon, Yun-Hae Lee, Soon-Ik Kwon, and Seong-Heon Kim

농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과

Soil and Fertilizer Division, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration,

Wanju 55365, Korea

국내 농업부산물의 연간 발생량은 2018년 기준 1,000만 톤 이상으로 추정되고 있다. 특히, 수경 등의 양액 재배 방식 등을 활용하는 시설재배지에서는 농업부산물이 농경지에 환원되지 못하고 대부분 소각되거나 방치되어 농업환경에 부정적인 영향을 끼치고 있다. 이에 본 연구에서는 시설작물 부산물을 자원화하기 위해 바이오차로 제조하고 이를 작물 재배에 적용 시 바이오차 처리량에 따른 작물 생산성 및 토양 화학성에 대해 평가하고자 하였다. 시설작물 부산물은 고춧대를 사용하였고 제조조건은 400°C에서 2시간 동안 열분해하였으며, 바이오차 처리량은 6수준(100, 200, 400, 800, 1,000, 2,000 kg 10a⁻¹)으로 설정하였다. 무기질 비료는 농촌진흥청의 작물별 추천 비료사용량인 N-P₂O₅-K₂O=7-3-3.6 kg 10a⁻¹을 기준으로 기비와 추비를 포함하여 총 3회 시비하였다. 바이오차 단일 처리구(PB)의 상추 생산량은 대조구와 비교했을 때 처리수준별 유의미한 차이를 보이지 않았으며, 바이오차와 무기질 비료 혼합 처리구(NPK+PB)의 상추 생산량은 2,274~2,720 kg 10a⁻¹범위로 NPK 처리구(1,989 kg 10a⁻¹) 및 무처리구(1,116 kg 10a⁻¹)보다 작물 생산량이 30~131% 높은 수치를 나타냈다. 재배 후 토양 화학성 평가에서는 바이오차 처리량이 증가할수록 EC, 유기물 및 교환성 칼륨함량이 증가하는 경향을 보였는데 특히, NPK+PB2000 kg 10a⁻¹에서 각각 1.29 dS m⁻¹, 20.2 g kg⁻¹ 및 1.06 Cmol_c kg⁻¹을 보이며 대조구와 비교했을 때 가장 높은 수치를 나타냈다. 따라서 본 연구의 결과를 종합해 봤을 때 바이오차를 단일 처리하는 것보다 무기질 비료를 혼합하여 처리하는 것이 상추 생산성을 증가시키는 데 효과적이며 작물의 생산성과 바이오차 처리량에 따른 경제성을 고려했을 때 상추 재배에 적합한 바이오차 처리량은 200 kg 10a⁻¹인 것으로 판단된다.

주제어: 시설작물 부산물, 바이오차, 상추 생산성

주연구자 연락처: ldw0797@korea.kr (063-238-2453)

OS-08

농경지에 투입되는 유기물원에 따른 작물 생육 및 토양 탄소 축적 특성 평가

Assessment of Crop Yield and Soil Organic Carbon Sequestration under Different Organic Matters in Upland Soil

이유나*, 김성현, 심재홍, 전상호, 권순익, 이윤혜

Yuna Lee*, Seonghun Kim, Jaehong Shim, Sangho Jeon, Soonik Kwon, and Yunhae Lee

농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과

Department of Soil and Fertilizer, NIAST, RDA, Wanju 55365 Korea

무기질비료는 작물의 생산량을 증대시키지만 과도한 사용은 환경오염뿐만 아니라 염류집적 등으로 인해 지속적인 농업이 어려워진다고 알려져 있다. 이를 해결하기 위한 방법으로 농경지에 퇴비와 같은 유기물원을 투입하는 것을 권장하고 있다. 유기물원은 물리·화학적 특성을 개선시키고 작물에 양분을 공급시키는 역할을 하며 토양 탄소 축적원으로 토양유기탄소 함량을 유지하는데 중요한 역할을 한다고 알려져 있다. 이에 본 연구는 종류가 다른 유기물원을 토양에 투입한 후 작물의 생육, 토양화학적 특성을 분석하였으며 토양 탄소 축적 특성을 평가하였다. 실험은 포트실험(1 5000a⁻¹)으로 진행하였으며 처리구는 무처리(NF), NPK(IF, N-P₂O₅-K₂O=7.0-3.0-3.6 kg 10a⁻¹), 혼합유박(MEC), 혼합유기질비료(MOF), NPK+우분(NPKCC), NPK+돈분(NPKPC) 총 6 처리구로 설정하였다. 작물별 비료사용처방 기준에 따라 돈분퇴비와 우분퇴비 투입량은 각각 440 kg 10a⁻¹, 2,000 kg 10a⁻¹, 혼합유박과 혼합유기질비료는 비료 중의 질소함량을 기준으로 계산하여 각각 100.6 kg 10a⁻¹, 78.5 kg 10a⁻¹로 처리하였다. 상추의 생산량은 NPKCC (2,962 kg 10a⁻¹) > NPKPC(2,810 kg 10a⁻¹) > MOF (2,398 kg 10a⁻¹) > MEC (2,173 kg 10a⁻¹) ≃ IF (1,989 kg 10a⁻¹) > NF (1,116 kg 10a⁻¹) 순이었다. 상추의 질소 흡수량은 NPKCC (54.1 kg ha⁻¹)와 NPKPC (52.1 kg 10a⁻¹) 처리구에서 가장 높았으며 질소 양분 이용효율은 61.8%로 NPKCC 처리구에서 가장 높았다. 토양 화학성 중 pH, EC, 교환성 양이온(K, Ca, Mg, Na)는 통계적으로 유의한 차이는 없었지만 OM 및 AV.P₂O₅는 IF 처리구에 비해 NPKCC 처리구가 상추 수확 후 증가하는 것을 확인하였다. 토양 유기탄소 중 풀빅산(Fulvic acid)은 NPKCC (776.29 mg kg⁻¹) > MOF (684.40 mg kg⁻¹) > NPKPC (652.19 mg kg⁻¹) > MEC (622.98 mg kg⁻¹) > IF (577.14 mg kg⁻¹) ≃ NF (554.95 mg kg⁻¹) 순이었으며 NF 및 IF 처리구 대비 NPKCC 처리구에서 25.7-28.5%의 증가율을 보였다. 휴믹산(Humic acid)은 NPKCC (1868.40 mg kg⁻¹) > NPKPC (1402.63 mg kg⁻¹) > MOF (1345.60 mg kg⁻¹) > MEC (1304.00 mg kg⁻¹) > IF (1273.39 mg kg⁻¹) > NF (1206.14 mg kg⁻¹) 순이었으며 NF 및 IF 처리구 대비 NPKCC 처리구에서 31.8-35.4%의 증가율을 보였다. 이를 통해 무기질비료 단용으로 사용하는 것보다 유기물원과 혼용하는 것이 작물 생육에 효과적이었으며 가축분 퇴비를 사용하는 것이 안정적인 유기탄소 형태에 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

주제어: 유기물원, 상추, 토양 탄소, 풀빅산, 휴믹산

주연구자 연락처: una0622@korea.kr (+86-063-238-2453)

OS-09

Behavior of redox-sensitive metals in complex soil and plant system

Jin Hee Park*

박진희*

Department of Environmental and Biological Chemistry, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea
충북대학교 환경생명화학학과

Mobility and toxicity of redox-sensitive metals are varied depending on metal oxidation state and speciation. Different soil environment including redox conditions and presence of electron donors or acceptors significantly affect toxicity of redox-sensitive metals. Because soil is the most complicated biomaterial which include different types of electron donors and acceptors and microorganisms influencing redox reaction, behavior of redox-sensitive metals is different from in solution. In addition, plant involves defense mechanisms to alleviate metal toxicity, which are different depending on metal species. Therefore, the objective of this study was to evaluate different behavior of redox-sensitive metals in solution, soil and plant. Redox-sensitive metals such as As, Cr and Sb were selected and their valence states and chemical forms were evaluated in molecular level. Chromium speciation in Cr(VI) spiked hydroponics solution was mainly Cr(VI) while Cr in Cr(VI) spiked soil was reduced to Cr(III) due to soil organic matter. Chromium was mainly accumulated in lettuce leaves and roots as Cr(III) in both Cr(III) and Cr(VI) spiked hydroponics and soil. Chromium(III) in lettuce roots were coordinated with 6 oxygens in the first shell and 2-4 carbons in the second shell. Lettuce growth in Cr(III) spiked soil was affected by Mn toxicity because Cr(III) spiking induced reduction of Mn and increase in Mn mobility. Plant could reduce redox sensitive metals such as Cr(VI) and As(V) in hydroponics solution possibly by exudation of organic acids. Arsenic in Arabidopsis was mainly As(III)-O and As(III)-O was partially transformed to As(III)-S in plants. However, major form of Sb in lettuce leaves and roots grown in Sb containing nutrient solution was Sb-O. The speciation of redox-sensitive metals in plants is related to their defense mechanisms. Therefore, changes in growth environments would control metal toxicity and speciation in plants.

Keywords: Antimony, Arsenic, Chromium, Speciation, Valence state

Correspondence: pjinh@chungbuk.ac.kr

A Review on International Carbon Credit Certification Methodologies for Biochar as a Soil Amendment

Kyung-Hwa Han*, Seok-In Yun, Jin-Hyeob Kwak¹, and Sun-Il Lee²

한경화*, 윤석인, 곽진협¹, 이선일²

Institute of Life Science and Natural Resources, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea

¹Department of Rural Construction Engineering, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

²Climate Change Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea
원광대학교 생명자원과학연구소, ¹전북대학교 지역건설공학과, ²국립농업과학원 기후변화평가과

The high organic carbon sequestration ability of biochar can greatly contribute to atmospheric CO₂ removal for carbon neutrality. These climate-positive services of biochar are traded as carbon credits on an international carbon trading platform based on a reliable methodology. Here, we reviewed the international biochar carbon credit certification methodologies and quality standards, in order to build a foundation for biochar carbon credit trading in Korea. The quality of biochar includes the quantity of organic carbon sequestered over 100 years, the content of toxic contaminants below their threshold values, and the biochar properties related to soil fertility, described by EBC and IBI certification guidelines. The higher amount of organic carbon sequestered over 100 years in biochar results from the smaller the molar H/C_{org} ratio and molar O/C_{org} ratio, and the greater the pyrolysis temperature. To ensure the permanence of biochar, the molar H/C_{org} ratio threshold in both of EBC and IBI is 0.7. Unlike IBI, EBC standards additionally have the threshold value 0.4 of a molar O/C_{org} ratio for all biomass and requires a pyrolysis condition of exceeding 500°C for 3 min at minimum for animal-derived biomass. Quality-certified biochar can be used as carbon credit. The three biochar carbon credit methodologies are Puro.earth using life cycle assessment (LCA), Carbonfuture using EBC C-sink, and Verra using UNFCCC CDM methodology. All three methodologies present standards for permissible biomass and their sustainability for biochar feedstock, energy efficiency and by-product treatment for production, and permissible matrices and tracking system for end use. In addition, to ensure the reliability of carbon credits, third-party verification is conducted. Biochar carbon credit is calculated by a method of subtracting greenhouse gas emissions at each stage from the amount of organic carbon sequestered over 100 years of biochar. In Korea, where biochar feedstock are mainly biogenic waste and transportation is less than 200 km, greenhouse gas emissions in the life cycle of biochar mainly depend on the production stage. In modern pyrolysis facilities that meet EBC and Verra's high tech standards, greenhouse gas emissions during the production stage are very low. On the other hand, low-tech facilities may emit large greenhouse gases such as methane during the production process, which can significantly reduce biochar carbon credits. This could be suggested that modernizing production facilities is important in Korea to secure biochar carbon credits. Besides, it is essential to establish a process-oriented measurement, reporting, and verification (MRV) system, to ensure scientific transparency and reliability of biochar carbon credit certification.

Keywords: CO₂ removal, life cycle assessment, organic carbon sequestration, permissible biomass, pyrolysis condition

Correspondence: bearthink.han@gmail.com

OS-11

Evaluating Pollution Indices at Agricultural Soils near Industrial Complexes in Jeon-Nam Regions of Korea

Anwarzeb Khan, and Ki In Kim*

Department of Horticultural Science, Mokpo National University, Muan 58554, Korea

In recent years agricultural soil contamination with heavy metals using various ecological and health risk assessment tools have gained more interest. However, such extensive studies are limited in the rapidly urbanizing areas like Jeon-Nam. The objective of this study was to evaluate pollution indices using heavy metal concentrations in agricultural soils in the vicinity of ten industrial complexes of Jeon-Nam province, Korea. For the purpose multiple ecological risk indices were performed.

The mean heavy metals concentrations revealed substantial variation across different sampling points, however, all the samples were below the SCWS under the regulations of cultivated lands by SECL, Ministry of Environment (MOE) in Korea. The Contamination Factor (CF) and degree of contamination (CD), geoaccumulation index (Igeo) and potential ecological risk (PERI) values for all the samples were ranged from 0.03-3.5 (CF), 1.9-9.4 (CD), 0.01- 0.70 (Igeo) and 26-142 (PERI), respectively. The CF and CD results suggested low to considerable contamination. The Igeo categorized as unpolluted to moderately polluted, and the PERI as low to moderate ecological risk. Our finding provides value able information for policy makers on how to reduce the risk of agriculture soil contamination from industrial complexes and potential impacts on ecological and human environment. Further research is needed to monitor heavy metal concentrations at agricultural production fields around industrial complexes under the regulations of SECL, MOE in Korea.

Keywords: Heavy metal, Igeo, PI, PLI, soil contamination warning standard, SPI

Correspondence: rollingkim@mokpo.ac.kr (+8261-450-2373)

OS-12

Evaluation of the Maximum Adsorption Concentration of Heavy Metals by Red Mud, Neutralized Red Mud, and Steel Slag

Chaw Su Lwin, Mina Lee, Nam-Hee Yi, Tae-Hee Baek, and Kwon-Rae Kim*
Gyeongsang National University

The contamination of heavy metal(oids) (HM) in soil has become a matter of great concern, posing significant risks to the environment and public health. Immobilization is a viable technique for retaining HM in soil through adsorption/ion exchange, complexation, and precipitation. Industrial by-products such as red mud (RM), neutralized red mud (SRM), and steel slag (SS) were selected as sorbents for retaining HMs in contaminated soil due to their high adsorption capacities. Batch experiments were conducted to assess the adsorption of arsenic (As), cadmium (Cd), and lead (Pb) onto the selected adsorbents at initial metal concentrations of 20, 50, 100, 200, 500, and 1000 mg L⁻¹. The data obtained from each batch test were plotted on Langmuir adsorption isotherm. The percentages of sorption efficiencies of all adsorbents for As, Cd, and Pb gradually decreased with increasing initial metal concentrations. Among these, RM, SRM and SS exhibited the highest sorption efficiencies at an initial metal concentration of 20 mg L⁻¹, with 33%, 30%, and 24% for As, 100%, 95%, and 11% for Cd, and 99%, 99%, and 30% for Pb, respectively. The Langmuir isotherm model provided a good fit for data of As, Cd, and Pb adsorption onto RM, SRM, and SS. Regarding the Langmuir model parameters, RM, while not significantly different from SRM, displayed the highest maximum adsorption capacity with a high sorption energy for HM ions, especially Cd and Pb. In contrast, SS showed relatively lower effectiveness in the sorption of As, Cd, and Pb. Therefore, this result suggests that RM has a better capability for adsorbing HM ions, especially Cd and Pb in batch experiments (>99%), making it more suitable for real on-site application.

Keywords: Batch experiment; adsorption; red mud; acidified red mud; steel slag; As; Cd; Pb; Langmuir isotherm model

Correspondence: kimkr419@gnu.ac.kr

포스터발표

PA-01

경기도 논 토양의 무기양분 분포에 대한 조사

Investigation of Inorganic Nutrients of Soil in Paddy in Gyeonggi-do

송민희*, 고성림, 지성환, 김민석, 박소현, 정춘현, 정재원¹

Min-Hee Song*, Sung-Lim Ko, Seong-Hwan Ji, Min-Seok Kim,

So-Hyeon Park, Chun-Hyun Jung, and Jae-Won Jeong¹한국농업기술진흥원 농업환경분석본부 농업자원분석팀, ¹경기도농업기술원 환경농업연구과

457 Pyeongdong-ro, Iksan-si, Jeollabuk-do, Republic of Korea, 54667

¹Gyeonggi-do Agricultural Research & Extension Services, Hwaseong, 18388

경기도 농경지 토양의 토양자원 및 농업환경변동 실태조사는 농촌진흥청에서 주관하여 4년 주기로 토양의 물리적 성질 및 이화학적 변화, 중금속 함량 변동 등을 조사하여 지역별 토양 개량 및 비료 사용대책 수립, 친환경농업의 기반을 구축하고 수질 오염을 경감시켜 안전한 농산물을 생산할 수 있는 기초자료 및 정책 개발로 제공하는데 의의가 있다. 그러나 토양 화학성 변동 중 비료 및 외부로 인해 유입된 질소와 인 등에 의한 높아진 양분 수지로 주변 환경변화가 우려되고, 하천 및 바다에 유출되어 오염 부하를 일으키는 원인이 되기도 한다. 이에 본 연구는 경기도 내 논 토양의 농업환경 실태조사 정점 중 40점을 대상으로 표토의 화학성 분포의 특성과 토양으로 유입된 질소, 인 및 무기성분의 총 함량과의 관계를 조사하여 농경지 비옥도 설정에 활용코자 하며 지속적인 모니터링을 통해 건강한 농경지 토양 관리 방안을 모색하고자 하였다.

조사 지점은 지역의 대표성을 위해 시·도농업기술센터의 도움을 받아 일부지역에 집중되는 것을 최대한 고려하여 이를 토대로 지점을 선정하였으며 조사대상 필지 중 대표성 있는 위치를 선택하기 위하여 토양 수분상태가 과습하거나 얼어있는 곳 농기계 등 기계적 다짐이 되어 있는 곳을 피하였으며 벼 작물과 작물 사이 공간에서 조사 및 시료채취 하며 짚으로 피복되었을 경우 짚을 걷어내고 조사하였다.

조사 시기로는 추수 후 답수 전 월 다음 해 월 중으로 썩레질을 하기 전에 토양이 얼지 않는 시기에 조사하였으며 되도록 토양수분 상태가 건조한 시기로 선택하고 서릿발이 있을 때를 피하여 조사하였다.

주요 조사항목으로 작물명, 과거 토지 용도, 재배지 형태, 관개 자재 여부 확인 후 물리적 변화를 측정하고 토성, 용적밀도, 유기물 함량, pH, EC 등을 분석하였으며, 화학적 변화 및 무기양분 총합량 분석은 종합검정실 분석매뉴얼(농촌진흥청, 2017)을 기준을 참고하여 토양 비옥도 항목인 Av.P₂O₅, Ex-K, Ex-Ca, Ex-Mg를 비롯하여 무기양분(T-P, T-K, T-Ca, T-Mg)의 총합량과 비교 분석하였다.

주제어: 경기도 논 토양, 화학성, 총인

주연구자 연락처: mini6846@koat.or.kr (063-919-1534)

Table. Average distribution of chemical properties of soil in Paddy in Gyeonggi-do

Item	pH	EC	Ex.Ca	Ex.Mg	Ex.K	Ex.Na	T-Ca	T-Mg	T-K	T-Na	SiO ₂	P ₂ O ₅	T-P	OM
	1:5	dSm ⁻¹	cmol·kg ⁻¹					%			kg/10a	mg·kg ⁻¹	g kg ⁻¹	
Paddy	6.17	0.69	6.22	1.53	0.35	0.33	0.24	0.50	0.35	0.02	309.9	117.9	587.8	23.14

PA-02

경기도 논토양의 물리적 특성 분포에 대한 조사

Monitoring of Soil Physical Properties of Paddy Soil for Gyeonggi-do Province

김민석*, 고성림, 지성환, 송민희, 박소현, 정춘현 정재원¹

Min-Seok Kim*, Sung-Lim Ko, Seong-Hwan Ji, Min-Hee Song,

So-Hyeon Park, and Chun-Hyun Jung, Jae-won Jung¹한국농업기술진흥원 농업환경분석본부 농업자원분석팀, ¹경기도농업기술원

457 Pyeongdong-ro, Iksan-si, Jeollabuk-do, Republic of Korea, 54667

¹Gyeonggi-do Agricultural Research & Extension Services, Hwaseong 18388

「토양자원 및 농업환경변동 실태조사」는 우리나라 농경지 토양의 물리적 성질 및 이화학적 변화, 중금속 함량 변동 등을 조사하여 지역별 토양 개량 및 비료 사용대책 수립, 친환경농업의 기반을 구축하고 토양 및 수질 오염을 경감시켜 안전한 농산물을 생산할 수 있는 기초자료로 제공하는데 의의가 있다.

토양물리성을 대표할 수 있는 지표는 다양하지만 그 중에서도 주로 사용되고 있는 기본 분석은 작토심, 용적밀도, 야마나카 경도 등을 통해 토양의 다짐경도와 작물의 뿌리생육에 대해 신속히 진단을 내릴 수 있어 유용하게 사용되고 있다.

본 연구는 경기도 내 논토양 40점에 대한 물리성 변동조사 결과로 지난 2019년과 2023년의 물리적 특성 변화를 비교하였고 이를 토대로 지역별, 작물별 조사하였다. 주요 조사항목으로 작토심을 기준으로 표토와 심토를 나누어 두층에서 토성, 용적밀도, 유기물 함량, pH, EC 등을 분석하였고, 경도는 심토층에서 측정하였다.

조사 지점은 포장의 대표성을 위해 시·도농업기술센터의 도움을 받아 일부지역에 집중되는 것을 최대한 고려하여 필지의 1/3 되는 영역 내에서 대표 필지를 선정하였다. 논 토양 중 수분상태가 과습하거나 얼어있는 곳, 농기계 등 기계적 다짐이 되어 있는 곳을 피해 벼 작물과 작물 사이 공간에서 조사 및 시료 채취하였고 짚으로 피복되었을 경우 짚을 걷어내고 조사하였다.

경기도 내 논 토양 작토심의 평균은 19.8cm, 경도는 18.6mm, 토양 다짐 정도 및 양분 공급능력을 확인할 수 있는 용적밀도는 표토 1.25Mg m⁻³, 심토 1.47Mg m⁻³. 삼상은 표토에서는 고상 47.2%, 액상 44.0%, 기상 8.9% 였으며, 심토는 55.8%, 38.2%, 6.0% 로 2019년에 비해 수분함량이 낮아 작토심 및 경도 측정치의 상관관계를 보여줬다. 유기물의 경우 표토는 21.9g kg⁻¹, 심토는 18.1g kg⁻¹ 였고, pH는 표토는 6.1, 심토는 6.5으로 전반적으로 논 토양 재배에 모두 양호 하였고 2019년과 변화 없음을 알 수 있었다.

주제어: 경기도 논 토양, 작토심, 용적밀도, 삼상

주연구자 연락처: silko@koat.or.kr (063-919-1530), mini6846@koat.or.kr (063-919-1534)

Table. The average of physical properties of Paddy Soil in 2019 in 2023

년도	구분	작토심	용적밀도	고상	액상	기상	경도	OM	pH	EC
		cm	Mg m ⁻³	%	%	%	mm	g kg ⁻¹	1:5	dSm ⁻¹
2019	표토	20.6	1.24	46.8	44.6	8.6		23.5	6.1	0.5
	심토		1.49	56.1	38.5	5.4	17.6	17.1	6.4	0.4
2023	표토	19.8	1.25	47.2	44.0	8.9		21.9	6.1	0.7
	심토		1.47	55.8	38.2	6.0	18.6	18.1	6.5	0.5

PA-03

열복사 영상 이미지에 의한 들깨 군락 온도 분석

Analysis of Perilla Canopy Temperature by Thermal Radiation Image

엄기철^{1*}, 임채일¹, 남이²
 Kicheol Eom^{1*}, Chaeil Im¹, and I Nam²
¹주식회사 세종데이터연구소, ²(주)건곤지오텍
¹SEjong Data Research Institute
²GUNGONGeoTec

본 연구는 수원시 곡반정동의 농가 포장에서 열복사 영상 카메라 (Model : InfiRay)를 이용하여 2023년 7월 02일 17:05에 촬영한 (Table 1) 열복사 영상 이미지(Fig.) 분석을 통하여 거리별 및 일정 면적에서의 들깨 군락의 온도 변화양상을 분석하였다 (Fig, Table 1). 들깨 군락 온도는 거리별 25.0°C-26.6°C 이었고 최대온도 지점과 최저온도 지점과의 편차는 1.6°C 이었으며 평균값은 25.9°C로서 기온보다 5.6°C 낮았다. Fig에 나타난 지역의 들깨 군락온도 분포양상은 24.3°C-27.1°C 이었고 최대온도 지점과 최저온도 지점과의 편차는 2.8°C 이었으며 평균값은 25.8°C로서 거리별 평균과 별 차이가 없었으나 (Table 2), 온도별 분포로 볼 때는 26.0°C가 가장 많았다 (Fig.).

주제어: 들깨, 군락온도, 열복사 영상 이미지
주연구자 연락처: kceom6578@hanmail.net (010-8856-8765)

사사: 본 연구는 농촌진흥청 연구사업(공동과제명: 지역별 재배 적지 발작물 작부체계 실태조사, D/B 구축 및 경제성 분석, 공동과제 번호 : PJ01528904)의 지원에 의해 수행되었습니다.

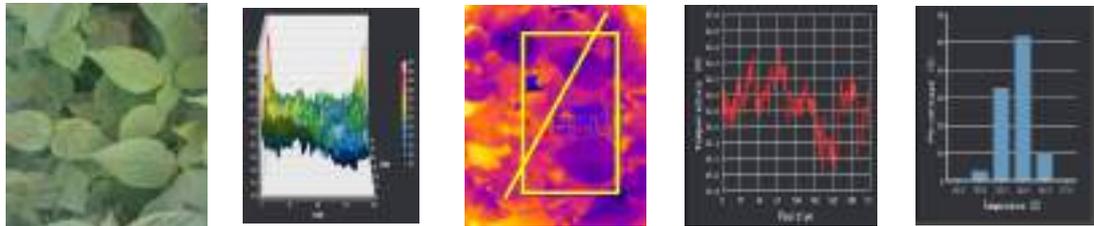


Fig. 열복사 영상 이미지 및 표면 온도 분석 결과

Table 1. 열복사 영상 이미지 촬영 조건

Instrument	P Series	Resolution	256*192
Reflected Temp	25.0→	Ambient Temp	25.0→
Transmissivity	1.00	Emissivity	0.95
Distance	0.5M	Date	202307021705

Table 2. 열복사 영상 이미지 분석 결과

RO	Max	Avg	Min
L1	26.6	25.9	25.0
Ta		31.5	
R1	27.1	25.8	24.3

PA-04

한발 지속에 따른 가을배추 포장의 토양수분 장력 변화 추정 모형 개발

Estimation Models for the Soil Water Tension in the Field of Chinese Cabbage Cultivation during a Period of Drought

엄기철^{1*}, 임채일¹, 남이²

Kicheol Eom^{1*}, Chaeil Im¹, and I Nam²

¹주식회사 세종데이터연구소, ²(주)건곤지오텍

¹SEjong Data Research Institute

²GUNGONGGeoTec

본 연구는 국립원예특작과학원 가을배추 시험 포장에서 10월 6일부터 11월 12일까지의 한발기간 동안 매일 14:00에 센서(모델명: TENS21)를 이용하여 원격 자동 측정된 토양수분 장력(Ps)을 측정한 결과: 한발기 Ps의 변화양상 추정모형을 Eq. 1 - Eq. 4과 같이 sigmoid function 형태 (Fig.)로 설정하였다. 가뭄 경과에 따른 Ps의 증가 속도는 양토[L] > 사양토[SL] > 식양토[CL] > 미사질식양토[SiCL] 순으로 급격하게 변하였다.

[SL] = -17.4 + 414.0/[1+exp(-(Dr-17.27)/5.00)] (R² = 0.999**) Eq. 1

[L] = -15.6 + 201.5/[1+exp(-(Dr-6.25)/2.38)] (R² = 0.984**) Eq. 2

[CL] = -182.7 + 886.1/[1+exp(-(Dr-7.49)/5.43)] (R² = 0.998**) Eq. 3

[SiCL] = -172.5 + 514.5/[1+exp(-(Dr-5.89)/8.14)] (R² = 0.976**) Eq. 4

Dr : 가뭄 경과 일 (Elapsed days)

주제어: 한발기, 토양수분 장력, sigmoid function

주연구자 연락처: kceom6578@hanmail.net (010-8856-8765)

사사: 본 연구는 농촌진흥청 연구사업(공동과제명 : 배추 고추의 토양수분 이동 특성 및 최적 간단 관계 방법 구명, 공동과제 번호 : PJ017049)의 지원에 의해 수행되었습니다.

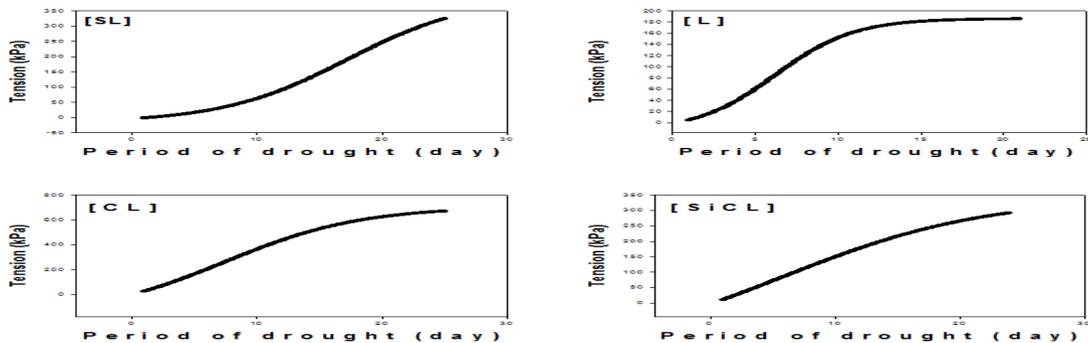


Fig. 토성별 한발기 Ps의 변화양상 추정모형

PA-05

동해안 대형산불 피해지역 토양의 물리·화학·생물학적 특성

Soil Properties in Large-scale Wildfire Damage Areas on the East Coast

오세진*, 양태희, 홍기찬¹, 장원석¹Se-Jin Oh*, Taehui Yang, Ki-Chan Hong¹, and Won-Seok Jang¹재단법인 해양심층수산업 고성진흥원, ¹강원대학교

Goseong Deep Sea Water Industry Foundation, Goseong 24747, Korea

¹Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

UNEP에 따르면 전 세계적으로 2002년부터 2016년까지 연평균 4억 2,300만 ha의 산림이 소실되었고, 우리나라는 최근 10년간 4천여 건 이상의 산불 발생으로 8,571 ha의 산림이 소실되었다. 특히, 동해안지역의 피해가 심각한 실정으로 양간지풍의 영향으로 봄철에 집중되고 있다. 산불 피해지역 토양특성은 생태적 복원력과 밀접한 관계에 있어 국외 연구자들은 피해지 토양의 개량을 위한 연구에 집중하고 있으나, 국내의 경우 산불 전·후의 토양 유실과 생물상 조사 등에 한정적으로 연구되고 있다. 본 연구는 지속 증가하고 있는 산불 피해지 토양의 복원 전략 마련을 위한 기초조사로 강원도 내 대형산불 피해지와 미피해지 토양의 특성을 비교·평가하고자 하였다. 조사 지역은 강원도 내 산불 피해지역 중 봄철 발생 건수가 급증한 강릉, 삼척, 고성으로 하였고, 문헌에서 보고된 자연 회복 기한을 고려하여 2018년 이후 발생한 지역으로 한정하여 6곳을 대상으로 하였다. 피해지역의 토양 시료는 60 cm 깊이까지 20 cm 간격으로 3점씩, 미피해지역은 표층(0-20 cm) 1점을 채취하였다. 토양 시료는 토성, 용적밀도, pH, EC, 유기물, 유효인산, 교환성 양이온, CEC, 중금속 및 총균수 등을 분석하였다. 모든 피해지역의 토성은 미피해지역과 비교하여 변화가 없으나, 점토와 미사의 함량은 감소하고 모래 함량이 1-4% 수준 증가한 것으로 나타났다. 또한, 수분함량은 미피해지에 비해 피해지에서 낮게 측정되었고, 용적밀도는 피해지에서 약 0.1-0.3 g/cm³ 증가한 것으로 나타났다. 공통적으로 피해지 토양의 pH는 미피해지에 비해 0.5-0.9 unit 높았고, 유기물 함량은 미피해지에 비해 15-70% 감소한 것으로 나타났으며 이는 유기물의 산화에 의한 것으로 보고되고 있다. 토양의 pH 증가와 유기물 함량 감소가 두드러진 지역은 가장 최근에 산불이 발생한 지역인 것으로 나타났다. 토양 내 유효인산 및 교환성 양이온 함량은 미피해지역에 비해 피해지역에서 증가했고, 최근 발생한 지역에서 함량의 차이가 더 크게 나타났다. 또한, 산불 발생 후 시간 경과에 따라 유효인산과 교환성 양이온은 토양 심층부로 이동되어 축적되는 경향을 보였다. 토양 CEC는 미피해지역에 비해 피해지역 표층에서 10-40% 감소하였고, 중층과 심층부로 이동할수록 차이는 크지 않은 것으로 조사되었다. 하지만 2018년 피해지의 경우 미피해지역과 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 2019년부터 2023년까지 발생한 지역의 토양 총균수 측정 결과 산불 미피해지역의 경우 5.62×10^6 - 9.93×10^6 CFU/g이었으나, 산불로 인해 2.57×10^6 - 3.87×10^6 CFU/g으로 약 60%의 미생물이 사멸한 것으로 나타났다. 2018년 피해지의 경우 피해지와 미피해지에서 각각 3.88×10^6 CFU/g와 3.90×10^6 CFU/g으로 유사한 총균수를 나타냈다. 향후 산불 피해지역의 토양 개량 또는 복원 전략 수립 시 산불 피해 경과 시간에 따른 물리·화학·생물학적 특성을 고려하여 체계적인 접근이 필요할 것으로 판단된다.

주제어: 동해안지역, 대형산불, 유기물, 유효인산, 토양

주연구자 연락처: ohsejin@gdif.or.kr (033-635-2983)

PA-06

전자기장 유도장비를 활용한 간척농지 토양 염도 조사 및 예측

Investigation and Prediction of Soil Salinity in Reclaimed Farmland Using Electromagnetic Field Induction Equipment

이상근*, 정진희, 전상완, 임성식, 박재성, 이민호, 임송수
Sangkeun Lee*, Jinhi Jung, Sangwan Jun, Sungsic Lim, Jeaseong Park, Minho Lee, and Songsu Im
한국농어촌공사 안전진단본부
Safety Inspection Headquarters, Korea Rural Community Corporation, Daejeon 35260, Korea

국가관리 간척농지의 효율적 활용을 위해 매년 토양특성에 대한 실태조사를 시행하여 정책 수립 기초자료로 활용한다. 토양 염도는 표토(0-30 cm), 심토(30-60 cm)에 대해 시료채취하여 포화침출액법(ECe)으로 조사하고 있는데, 조사지점에 제한된 염도측정 방법을 보완하고 실시간으로 측정하기 위해 전자기장 유도법을 도입하였다. 전자기장 유도장비를 활용한 토양 염도 측정방법은 주파수에 의해 형성된 유도전류를 통해 전기전도도를 측정하는 방법으로, 토층의 염의 분포와 변화추세를 신속하게 측정할 수 있는 장점이 있다. 국가관리 간척농지 시범구역을 전자기장 유도장비로 토양 전기전도도(Em)를 조사한 후, 조사 임의지점에서 토양 시료를 채취하여 ECe를 분석한 다음 Em과의 상관관계를 도출하여 ECe로 환산하였다. GIS 프로그램 보간법으로 ECe 공간 분포현황을 작성하여 기존 데이터와 비교한 결과, 전자기장 유도장비를 활용하면 조사 밀도를 높혀 구체적인 염농도 분포 경향 및 연도별 변화추세를 파악할 수 있다는 장점이 있다. 향후 Em과 ECe의 상관관계를 높힐 수 있는 개선방안을 마련하고, 전자기장 조사 운영방식을 고도화하여 신뢰성 있는 자료로 활용할 예정이다.

주제어: 전자기장 유도장비, 간척농지

주연구자 연락처: kulsk@ekr.or.kr (010-6388-5426)

PA-07

토양적성등급 작물 확대를 위한 생리특성 유사작물 적용 가능성 평가

Evaluation of Applicability of Crops with Similar Physiological Characteristics for Expand Soil Suitability Classes

고우리*, 손연규, 서병환, 조송래

Woori Go*, Yeonkyu Sonn, Byunghwan Seo, and Songrae Cho

국립농업과학원 토양비료과

Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

본 연구는 토양적성등급 설정 대상작물을 확대하기 위한 대안으로서 생리특성 유사작물 적용 가능성을 평가하고자 현재 설정되어 있는 작물별 토양적성등급과 생리특성 유사작물을 적용했을 때 적성등급 결과를 비교하였다.

조사대상은 토양적성등급이 설정된 작물(67종) 중 최대저해인자법으로 설정된 작물(11종)을 제외한 56작물이다. 생리특성 유사작물을 분류하기 위해서 국가생물종지식정보시스템(국립수목원), 식물도감, 표준영농교본(농촌진흥청)을 참조하여 작물별 생태형(C3, C4, CAM), 월동 여부, 질소고정균 공생 여부, 생리특성(고온내성, 내건성, 내랭성, 내동성, 내산성, 내습성, 내염성, 내한성, 저온내성), 초본·목본 여부 자료를 수집하였다. 수집된 자료는 토양 및 식물생리·생태 전문가의 검토를 거친 후 고려요인이 모두 동일한 작물끼리 그룹화하고, 같은 그룹의 토양적성등급이 설정된 작물과 동일한 등급으로 적용하였다.

동일그룹으로는 대파, 도라지, 마, 당귀, 고사리는 월동하는 내건성 다년생초본, 양배추, 우엉, 케일은 내동성의 2년생초본, 곰취, 참취, 곤달비, 강활, 인삼은 내동성의 다년생 초본, 배추, 상추는 내한성의 2년생초본, 부추, 생강은 내한성의 다년생초본, 매실, 단감은 내한성의 목본-교목, 콩, 팥은 질소고정균이 공생하는 고온내성의 1년생초본, 가지, 피망, 고추는 고온내성의 1년생초본, 참외, 수박, 들깨, 토마토, 멜론은 내건성의 1년생초본, 무, 샐러리는 내동성의 1년생초본으로 분류되었다. 기존 현장조사를 통해 설정된 토양적성등급 결과와 생리특성 유사작물 분류방법을 적용했을 때 토양부호별(1,378개) 적성등급의 일치여부는 동일한 것은 평균 50%(19~94), 한 등급 높거나 낮은 것은 33%(6~57), 전혀 다른 것은 17%(0~42)였다. 토양적성등급은 상대적인 등급임을 감안하여 한 등급 차이까지 고려한다면 생리특성 유사작물 적용 시 83% 일치하므로 실제 현장조사 전 참고자료로 활용 가능할 것으로 생각된다.

주제어: 토양적성등급, 유사작물, 작물분류, 재배적지

주연구자 연락처: 063-238-2455 (gwr77@korea.kr)

PA-08

Analysis of Upland Drought Frequency based on Soil Available Water Content during Soybean Cultivation Period

Se-In Lee*, Seon-ah Hwang, Jung-hun Ok, Bu-yeong Oh, and Seung-oh Hur

이세인*, 황선아, 옥정훈, 오부영, 허승오

Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju, 55365, Korea

농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과

Evaluation and estimation of soil water has become important in agricultural field to respond climate change as the frequency of disasters such as drought, floods, and cold waves has increased due to climate change. The Ministry of the Interior and Safety selected soil available water content (SAWC) for upland as a key indicator of agricultural drought in 2016. Accordingly, in order to prepare for upland drought, a model was developed to evaluate the SAWC by integrating soil, meteorological, and crop data (Hwang et al., 2022). This study was carried out to evaluate upland drought by analyzing frequency during soybean cultivation period.

The SAWC expressed as a percentage of the current available water content compared to total available water content by integrating soil (field capacity and wilting point), meteorology (precipitation and evapotranspiration), and crop data (crop coefficient and water stress coefficient). The stages of upland drought were classified as normal (SAWC more than 60%), attention (45~60%), caution (30~45%), alert (15~30%), and serious (below 15%). In this study, we analyzed frequency below ‘caution’ stage of 167 cities and counties, when the upper leaves begin to wilt, during soybean cultivation period (from May 20 to October 31, 165 days) from 2018 to 2022 (Fig. 1). The average frequency of upland drought was greater in 2018, which was 29 days (from 7 to 52 days) during soybean cultivation period. The province with the highest frequency of drought was Chungcheongbuk-do with 36 days in 2018, especially, Yeongdong-gun with 52 days. From 2019 to 2022, the upland drought occurred on average for 10, 2, 7, and 14 days (range: 0~41, 0~14, 0~26, 0~48 days, respectively), which was almost occurred in the soybean cultivation period. The average frequency from 2019 to 2022 was lower than in 2018, due to relatively less severe drought and regional differences. The result of this study will provide information on upland drought of 167 cities and counties, and thus contribute to used as basic data for drought response.

Keywords: Upland drought, Drought frequency, Soil available water content, Evapotranspiration, Soybean

Correspondence: sein7913@korea.kr (063-238-2451)



Fig. 1. The frequency of upland drought during soybean cultivation period (below SAWC 45%)

PA-09

Estimating Soil Organic Carbon, pH, and Nitrogen Using Mid-infrared Diffuse Reflectance Spectroscopy

Jeongchan Lee*, and Kyungjin Min

이정찬*, 민경진

Seoul National University, Seoul 08826, Korea

서울대학교 농생명공학부

As soil can draw down 23.9 Gt of CO₂-equivalent per year from the atmosphere, accurate and consistent soil monitoring is crucial for assessing soil's long-term carbon sequestration capacity. While soil's chemical properties such as organic carbon content, nitrogen content, and pH can influence the magnitude of CO₂ sequestration by soil, we lack accurate information about these properties. Here, we leveraged soil samples that were collected under shallow- and deep-rooted plants at 0-240 cm across the United States (486 samples = 9 study sites * 2 vegetation types * 3 replicates * 9 soil depth intervals; 5 soil samples were low in quantity, so the final sample number was 481), assessed organic carbon content, nitrogen content, pH, and Fourier-transform infrared spectroscopy with diffuse reflectance (FTIR-DRIFT). Using Partial Least Squares (PLS) approach, we built models that were calibrated and validated on (1) all samples, (2) each vegetation, and (3) three depth intervals (0-60 cm, 60-150 cm, 150-240 cm).

For the all-sample model, 384 samples were used for calibration, 44 samples for finding the best number of components, and 53 samples for validation. The root mean squared error (RMSE) was 0.3011, 0.0183, and 0.4154 for organic carbon, nitrogen, and pH, respectively ($R^2 = 0.94, 0.89, \text{ and } 0.88$, respectively). When we divided the data into two datasets based on vegetation type (deep- and shallow-rooted plants) and created models for each vegetation, the RMSE and R^2 values improved for the nitrogen estimation in the deep-rooted plant model (RMSE = 0.0125, $R^2 = 0.9544$) compared to the all-sample model. Among the three depth interval models, organic carbon and pH estimation at 0-60 cm depth (RMSE = 0.2328, 0.3686, $R^2 = 0.96, 0.86$) were more accurate than their estimation in the all-sample model. Nitrogen estimation improved at two different depth intervals (60-150cm, 150-240cm), with RMSE = 0.00679, 0.00575, and $R^2 = 0.76, 0.78$, respectively. As follow-ups, we will compare PLS with other approaches such as Extreme Gradient Boosting (XGboost) or Cubist and develop models between organic carbon and biological properties such as soil respiration, microbial biomass, and enzyme activities.

Keywords: Soil carbon, Partial Least Square (PLS), Fourier Transform Infrared Spectroscopy with Diffusive reflectance (FTIR-DRIFT)

Correspondence: jeongchan@snu.ac.kr (02-880-0000)

충청북도 농업용 하천수 수질평가

Characteristics in Water Qualities of Agricultural Stream Water in Chungcheongbukdo Ares

안현모*, 서보민, 박계원, 김주형, 신지원

Hyeonmo Ahn*, Bomim Seo, Kyewon Park, Juhyoung Kim, and Jiwon Shin

충청북도농업기술원

Chungbuk Agricultural Research and Extension Services, Ochang 28130, Korea

최근 농경지는 도시화 및 공업화로 인해 유입되는 비점오염이 증가하고 있다. 농업용으로 사용되는 하천수는 이러한 오염원에 쉽게 노출되어 있으며, 농산물을 생산하기 위해 사용되기 때문에 안전한 먹거리를 생산하기 위해서는 모니터링이 필요하다. 이에 충청북도는 농업환경자원 유지·보전을 위해 2020년부터 2022년 3년 동안 충청북도 소하천에 대해서 수질변동 모니터링을 진행하였다. 조사지점은 충북 도내의 소하천 56지점을 선정하였으며 농작업 작기에 맞추어 작물재배 전, 재배 중, 작물재배 후를 기준으로 3기로 나누어 4, 7, 10월에 시료 채취하였다. 하천수의 변동평가 및 분석을 위해 시료채취지점에 대한 GPS 및 주변 상황을 기록하였으며 수질분석은 수질 오염공정시험 방법으로 13항목에 대해서 진행하였다. 연도별 수질 분석 결과 2020년에는 pH 7.1, DO 10.1 mg L⁻¹, COD_{Mn} 4.2 mg L⁻¹, TOC 3.7, SS 12.6 mg L⁻¹, 2021년에는 pH 7.9 mg L⁻¹, DO 9.0 mg L⁻¹, COD_{Mn} 5.0 mg L⁻¹, TOC 3.2, SS 9.9 mg L⁻¹, 2022년에는 pH 8.0 mg L⁻¹, DO 9.8 mg L⁻¹, COD_{Mn} 4.8 mg L⁻¹, TOC 3.3, SS 13.6 mg L⁻¹ 등으로 조사되었다.

조사 시기별로는 4월, 10월보다 작물 재배 중인 7월에 좀 더 높게 나타나는 경향을 보였으며, 총인 같은 경우 0.17, 0.19, 0.24 mg L⁻¹ 으로 다소 증가하는 추세를 보였지만 다른 항목에 대해서는 비슷한 경향을 보였으며, 2020년부터 2022년까지 농업용 하천수 평균 수질은 수질기준에 적합하여 양호한 수준으로 나타났으나, 일부 지점에서 초과하는 것으로 보이며 이러한 이유로 농업용수에 대한 지속적인 모니터링이 필요하며 수질관리를 위한 유용한 정보로 활용될 것이다.

주제어: 충북, 농업용 하천수, 수질, 오염

주연구자 연락처: 043-220-5662 (ahmo01@korea.kr)

사사: 본 연구는 농촌진흥청 연구사업(PJ01250511, RS-2021-RD009748)의 자원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

Table 1. Yearly changes of water quality of agricultural Stream Water in different seasons.

연도	pH	DO	COD _{Mn}	TOC	T-P	SS
2020	7.9	10.1	4.2	3.7	0.17	12.6
2021	7.9	9.0	5.0	3.2	0.19	9.9
2022	8.0	9.8	4.8	3.3	0.24	13.6
평균	7.9	9.6	4.7	3.4	0.20	12.0

충북지역 과수원 토양 물리성 변화 특성

Characteristics of Soil Physical Properties of Orchard in Chungbuk Province

진미지*, 박계원, 안현모, 윤미정, 신현만

Mejee Jin*, Kyewon Park, Hyeonmo Ahn, Mijeong Yoon, and Hyunman Shin

충청북도농업기술원

Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea

전반적인 농업환경자원 보전을 위하여 국가적 차원에서 논, 밭, 과수원 및 시설재배 토양에 대해 4년 1주기로 일반 농경지 농업환경변동조사 사업이 실시되고 있으며, 그 중 토양물리성은 양·수분 보유력, 통기성 등 식물의 근권 환경 및 생육과 밀접한 관계가 있어 작물 수량과 품질에 큰 영향을 주므로 지속적인 모니터링이 필요하다. 따라서 본 연구는 충청북도 11개 시군 과수원 토양 40지점에 대하여 작토심, 산중식 정도, 용적밀도, 유기물 함량 등의 항목을 대상으로 2018년과 2022년 평균값을 비교하여 토양 물리성 변화 양상을 검토하고자 하였다. 시료는 과수원 토양의 작토심을 기준으로 표토와 심토를 구분하여 채취하였으며, 작토심은 2018년 16.6 cm이었던 반면 2022년 23.6 cm로 증가하였다. 산중식 정도는 시료 채취 시 휴대용 경도계를 이용하여 심토의 경도를 측정하였으며 16 mm(18)에서 13.4 mm(22)로 감소하였고 용적밀도의 경우 2022년 표토, 심토 각각 1.32, 1.48 Mg m⁻³으로 18년도의 평균값인 1.31, 1.45 Mg m⁻³와 비교하여 소폭 감소하였다. 또한, 유기물 함량은 표토와 심토 모두 18년도 대비 21%정도 감소한 경향을 보였는데 이는 농가의 작목, 유기물 비료 시용 및 관리 방법에 따라 편차가 클 것으로 판단되었다.

주제어: 충북, 토양물리성, 용적밀도, 과수원

주연구자 연락처: 043-220-5663 (mj6046@korea.kr)

사사: 본 연구는 농촌진흥청 연구사업(RS-2021-RD009511)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

Table 1. Yearly changes of chemical properties of orchard soils in Chungbuk Province

class	Plowing depth (cm)	Bulk density (Mg m ⁻³)	Porosity (%)	Partical size distribution			Hardness (mm)	OM (g kg ⁻¹)
				Wt(%)				
				Sand	Silt	Clay		
2018	Top	1.31	50.4	53.7	33.6	12.7	-	30.4
	Sub	1.45	45.2	52.2	33.5	14.3	16.0	17.2
2022	Top	1.32	50.2	53.4	34.5	12.1	-	24.1
	Sub	1.48	44.3	51.9	35.2	12.9	13.4	13.8

PA-12

경사지 라이시미터를 활용한 밭작물 재배시 토양유실량 변동 모니터링 Monitoring and Estimation of Soil Loss on Different Upland Crop Cultivation Using Slope Lysimeters

옥정훈*, 손정우, 황선아

Jung-hun Ok*, Jeong-woo Son, and Seon-ah Hwang

농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과

Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, 55365

최근에는 집중호우 및 강우강도 증가로 인하여 농경지 토양침식이 심화되고 있으며, 토양침식은 OECD 농업환경 지표 중 하나로 기후변화에 따른 농업분야 실태조사 및 영향평가를 위하여 주기적으로 모니터링하고 있다. 따라서 본 연구에서는 경사지라이시미터를 활용하여 다년간 밭작물(콩, 봄배추-가을무) 재배에 따른 토양유실량 변동을 모니터링하고 나지와 비교하여 식생피복인자값을 제시하였다.

본 연구는 전라북도 완주군에 위치한 국립농업과학원(위도 35° 49'29", 경도 127° 02'46") 내의 경사지 라이시미터에서 실시하였으며 한 개의 라이시미터는 폭 2 m, 경사장 22.4 m로 되어 있다. 토성은 식양토(clay loam), 양토(loam), 사양토(sandy loam)로 선정하였으며, 경사도는 한국 밭 평균인 13%이다. 시험구는 콩(6월 초~10월말) 재배구, 봄배추(4월말~6월중순)-가을무(9월초~12월초) 재배구, 나지 처리구로 구성하였다. 작물재배는 농촌진흥청 표준재배법에 준하여 재배하였으며 표준시비량을 사용하여 3년간 반복 시험을 실시하였다. 토양유실량은 유기수 발생시 자동으로 회전하는 분취기(1/100 비율 샘플러)를 통과한 시료를 완전 건조시킨 후 무게를 측정하여 분석하였다. 기상데이터는 경사지 라이시미터 시설 인근에 설치된 기상장치를 활용하여 시간별 강우량, 온도 등의 데이터를 수집하였다. 식생피복인자(C-factor)값은 무피복(나지) 상태에 대한 피복(작물재배구) 상태의 연간 토양유실량의 비로 산정하였다.

밭작물 재배기간 동안의 기상특성을 분석하여 제시하였으며, 강우량 데이터를 분석하여 12.7 mm 이상 강우발생시 강우강도와 그에 따른 토양유실량을 분석하였다. 2020년에는 총 12회의 강우이벤트가 발생하였으며 누적강우량은 1140.5 mm, 누적강우강도는 6823.6 MJ mm/ha/hr로 나타났다. 2021년에는 총 13회의 강우이벤트가 발생하였으며 누적강우량은 893.6 mm, 누적강우강도는 3547.5 MJ mm/ha/hr로 나타났다. 2022년에는 총 10회의 강우이벤트가 발생하였으며 누적강우량은 600.0 mm, 누적강우강도는 2900.2 MJ mm/ha/hr로 나타났다. 토성별 토양유실량은 전반적으로 사양토 ≥ 양토 > 식양토 순으로 높은 경향을 보였다. 반면, 작물재배를 위한 경운 또는 정식 직후에는 나지와 비교하여 보다 많은 유기수량과 토양유실량이 발생하는 경향도 보였으며, 작물 식생피복도가 증가함에 따라 감소하였다. 식생피복인자값은 콩 재배시 평균 0.20, 봄배추-가을무 재배시 평균 0.32으로 산정되었다. 토양유실은 강우량 및 강우강도, 강우 발생 시기, 작물 식생피복도, 토성 등 여러 요인에 의하여 경향이 다르게 나타났으며, 기후변화 대응을 위하여 장기간의 모니터링을 통한 데이터 분석 및 구축이 필요한 것으로 생각된다.

주제어: 밭작물, 토양유실, 경사지라이시미터, 식생피복인자

주연구자 연락처: okjh@korea.kr (063-238-2433)

Research Highlight

표 1. 콩, 봄배추-가을무 재배에 따른 토양유실량 및 식생피복인자(C-factor) 산정 결과(2020~2022년)

시험연도	강우량 (mm)	강우강도, EI ₃₀ (MJ mm /ha/hr)	식양토 (ton/ha)		양토(ton/ha)		사양토 (ton/ha)	
			나지	콩	나지	콩	나지	콩
2020	1049.5	6633.3	55.6	8.5	46.1	24.2	92.2	16.2
2021	758.3	2867.2	0.96	0.14	1.43	0.23	1.82	0.47
2022	600.0	2900.2	0.738	0.192	1.697	0.115	2.33	0.149
식생피복인자 (C-factor) (2020~2022년)			-	0.19	-	0.25	-	0.17

< 콩 재배시 토양유실량 및 식생피복인자 >

시험연도	강우량 (mm)	강우강도, EI ₃₀ (MJ mm /ha/hr)	식양토 (ton/ha)		양토 (ton/ha)		사양토 (ton/ha)	
			나지	봄배추- 가을무	나지	봄배추- 가을무	나지	봄배추- 가을무
2020	1140.5	6823.6	56.3	12.2	51.3	12	101.8	13.3
2021	893.6	3547.5	21.21	13.94	26.93	16.92	29.93	20.73
2022	600.0	2900.2	0.738	0.073	1.697	0.239	2.33	0.273
식생피복인자 (C-factor) (2020~2022년)			-	0.32	-	0.33	-	0.31

< 봄배추-가을무 재배시 토양유실량 및 식생피복인자 >

PA-13

토양적성등급 설정을 위한 방법설정에 대한 고찰

The Consideration of Method Setting for Setup the Soil Suitability Classification

조송래*, 손연규, 고우리, 서병환

Songrae Cho*, Yeonkyu Sonn, Woori Go, and Byunghwan Seo

농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과

Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju-gun, 55365, Korea

토양 적성등급은 작물 재배 토양에서의 작물에 대한 잠재적 생산력을 판단하여 토양상 별로 등급을 구분한 것이다. 토양 적성등급은 최적지, 적지, 가능지, 저위생산지 순으로 구분되며, 여러 방법을 활용하여 이를 판단하고 있다.

현재 토양적성등급을 판단하여 흙토람에 제시하고 있는 작물은 총 67 작물이며, 토양적성등급을 설정은 총 5종류의 방법(최대저해인자법, 종합점수제, 종합점수제 가중치법, 다변량통계활용법, 다변량 통계법)이 활용되었다. 최대저해인자법으로 설정된 작물은 감귤, 구기자, 딸기 등 11 작물이며, 종합점수제는 감자, 고구마, 고추 등 18 작물, 종합점수제 가중치법은 단감 1종, 다변량통계활용법은 가지, 강황, 곤달비 등 34 작물, 다변량 통계법(수량화이론 1)으로는 대파, 무화과, 고사리로 3 작물이다. 최대저해인자법은 토양특성 중 저해 인자에 등급을 매겨 낮은 등급이 나올 때 해당 등급으로 설정하는 방법이며, 해석이 쉽고 이용이 간편하다는 장점이 있다. 종합점수제는 각 토양특성에 점수를 차등 부여한 후 해당 토양특성 점수의 합을 계산하여 최종 등급을 나누는 방법으로 요인별로 적절한 점수를 부여하여 상충요인을 고려한다는 장점이 있다. 종합점수제 가중치법은 각 토양특성에 부여된 점수 중 작물 생육에 큰 영향을 끼치는 특성에 가중치를 두어 평가하는 방법이다. 다변량통계분석법은 토양적성등급을 설정하고자 하는 작물의 생산량과 다른 요인들 간의 관계를 모델링하여 요인별로 기여도를 바탕으로 배점을 달리하여 점수를 부여하는 방법이다. 이는 통계적 방법을 활용하여 수량과 토양특성 간 기여도 산출이 가능하다는 장점이 있다.

작물에 대한 토양적성등급을 설정법이 변경된 것은 각 방법에 한계점이 있어 이를 보완하고자 계속해서 새 방법을 도입했었다. 최대저해인자법은 적지, 가능지, 저위생산지로만 구분되고 전문가의 주관에 따라 결과가 좌우된다는 한계점이 있었다. 다음으로 채택된 종합 점수제는 토양특성의 기여도 계산 시 최적지부터 저위생산지까지 점수의 차이가 같으며, 토양의 세부요인에 대한 기여도가 고려되지 않는다는 한계점이 있었다. 추가 다변량 통계활용법의 경우 수량과 토양특성 간의 관계 계산이 가능하지만, 결론 도출까지 여러 단계의 계산을 거친다는 한계가 있었다.

최근 추가된 대파, 무화과, 고사리부터는 다변량 통계법 중 수량화 이론1을 활용하여 토양적성등급을 제시하고 있다. 이 방법은 기존의 다변량 통계활용법의 각 토양특성과 작물 수량 간의 관계를 통계적으로 해석하고 이를 활용하는 점이 동일하나, 기존에는 다시 배점을 부여하였지만, 수량화 이론 1은 토양특성들을 세부요인별로 나누어 수량과의 관계 확인으로 적성등급을 설정할 수 있다. 이는 토양특성의 세부요인까지 고려할 수 있다는 점과 작물 수량과의 관계를 수치화한 결과로 객관적 판단이 가능하다는 장점이 있다.

주제어: 토양적성등급, 최대저해인자법, 종합점수제, 다변량통계법

주요연구자 연락처: srchoo@korea.kr (063-238-2426)

PA-14

발토양 중량식 라이시미터에서 동계작물(양파) 재배시 토성별 물수지 비교

Comparison of Water Balance for Winter Crop (Onion) Cultivation on Different Upland Soil Weighable Lysimeters

김동현*, 옥정훈, 허승오, 황선아, 오부영, 박민경, 양현서
 Dong-hyun Kim*, Jung-hun Ok, Seoung-oh Hur, Seon-ah Hwang,
 Bu-yeong Oh, Min-kyeong Park, and Hyun-seo Yang
 국립농업과학원 토양비료과

Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, 55365

본 연구에서는 발토양 중량식 라이시미터에서 양파 재배시 토성에 따른 물수지를 산정하고 비교하였으며, 생육단계별 작물계수와 물필요량을 산정하여 평년(1991-2020)자료와 비교하였다. 시험에 사용된 라이시미터(UGT, Germany)는 국립농업과학원(전라북도 완주군)에 설치되어 있는 표면적 1 m², 깊이 1.5 m의 원통형 라이시미터이며, 내부에는 자연토양 구조를 파괴하지 않은 비교란 발토양이 채워져있다. 라이시미터의 하부에는 10 g 단위로 무게를 측정할 수 있는 로드셀이 설치되어 있어, 토양 내 수분의 증감(강수량, 관개량, 증발산량 등)을 1시간 단위로 데이터 로거에 자동 수집되는 중량의 변화로 측정하여 물수지 요소를 분석할 수 있다. 지하유출량은 티핑카운터(tipping counter)로 측정하며, 유거수량은 샘플링 박스의 무게를 직접 측정하였다. 또한, 라이시미터 인근에 기상대를 설치하여 일별·시간별 기상데이터를 수집하였다. 양파는 2022년 11월 1일에 정식하여 2023년 6월 7일에 수확하였다. 작물별 표준재배법을 준용하여 재배하였으며, 토성은 식질과 사양질 2처리구로, 물관리는 적습관개와 무관개 처리구로 나누어 물수지를 비교하였다. 양파 재배기간 동안의 물수지 분석 결과, 두 토성에서의 총 유입량(관개량+강수량)은 뚜렷한 차이를 보이지 않았으며, 증발산량은 작물생육이 좋았던 사양질에서 21% 높게 나타났다. 양파의 생육단계별(초기-활착기-경엽신장 전기-경엽신장 후기-구비대기) 작물계수는 0.64-0.51-0.84-0.91-0.93으로 산정되었으며, 총 물필요량은 평년 321.5 mm, 2022-2023년 282.4 mm로 산정되어 평년 대비 88% 수준으로 나타났다. 본 연구 결과의 양파 작물계수 및 물필요량은 1 작기 동안의 시험결과로, 여러 작기 반복 시험을 통하여 보정할 필요가 있다고 판단된다.

주제어: 중량식 라이시미터, 물수지, 발토양, 양파

주연구자 연락처: kdh4389@korea.kr

표 1. 양파 재배시 토성별 물수지 비교(2022.11.~2023.06., 단위: mm)

물수지 요소		무관개		적습관개	
		식질	사양질	식질	사양질
물유입	강수량	383.6	383.6	383.6	383.6
	관개량	37.1	37.5	37.1	36.5
	총 유입	420.7	421.2	420.7	420.1
물유출	지하유출량	141.4	70.6	188.8	79.5
	증발산량	298.1	357.9	284.0	346.3
	총유출	439.5	428.5	472.9	425.8
토양수분증감		-18.8	-7.3	-52.2	-5.7

PA-15

Estimation of Soil Loss by Threshold Friction Velocity by Wind Profile in Winter-Wheat Grown Field of Haenam Reclaimed Tidal Flat Land

Kyo-Suk Lee¹, Jae-Han Lee¹, Sang-Phil Lee², Yang Yeol Oh³, Jae-Eui Yang⁴, and Doug-Young Chung^{1*}
이교석¹, 이재한¹, 이상필², 오양열³, 양재의⁴, 정덕영^{1*}

¹Institute of Agriculture Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Kangwon Institute of Inclusive Technology, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

³National Institute of Crop Science, RDA, Wanju-Gun, 55365, Republic of Korea

⁴Department of Biological Environment, College of Agriculture and Life Science, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

The aim of this study was to simply estimate soil loss in the reclaimed tidal flat land (RTF) using the Threshold Friction Velocity (TFV) calculated by wind profile for different soil series, characterized by predominantly sandy and silty loam soils with extremely low organic matter content and very poor surface cover. The RTF located in the Haenam bay was selected and soil samples were collected at the Ap horizon from three soil series for analysis of soil physical properties and soil particle distribution. The particle distribution curves including the limit of non-erodible particle size ($D > .84$ mm) for Ap horizon of each soil showed that the proportion of non-erodible particle size greater than 0.84 mm were 4.3% (TH), 8.9% (GP), 0.5% (BC), 1.6% (PS) and 1.4% (JB). The instantaneous and average monthly and daily wind velocities were higher than the Threshold Friction Velocity (TFV) calculated by the dynamic velocity (V_d) by Bagnold (1941) while the average monthly wind velocity was lower than those of TFV suggested by wind erosion models of RWEQ and WEPS. The susceptible proportions of erodible soil particles from Ap horizon soil of each soil series could be significantly influenced by the proportion of sand particle between 0.025 mm and 0.5 mm (or 0.84 mm) in diameter regardless of threshold wind velocity. Conclusively, further investigations are needed to precisely estimate the soil erosion in the RTF which show various soil characteristics because these estimation for soil loss for five soil series was obtained only by wind velocity and soil textures.

Keywords: Soil loss, Threshold Friction Velocity, Wind Profile, Reclaimed Tidal Flat Land

Correspondence: dychung@cnu.ac.kr (042-821-7891)

PA-16

Long-term Monitoring of Chemical Properties from Paddy Soils in Gyeongnam Province

Hee-Jeong Je*, Eun-Hee Han, Hyeon-Ji Cho, Dong-Chun An, Jae-Hyeok Choi, and Eun-Jin Lee¹

제희정*, 한은희, 조현지, 안동춘, 최재혁, 이은진¹

Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Jinju 52733, Republic of Korea

¹National Institute of Agricultural Sciences(NAS), Wanju 55365, Republic of Korea

경상남도농업기술원, ¹국립농업과학원

Field monitoring was performed to evaluate the chemical properties of 284 paddy soils in Gyeongnam province every 4 years from 1999 to 2023. Soil chemical properties such as pH, electrical conductivity, amount of organic matter (OM), available phosphate (P_2O_5), exchangeable potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg) and sodium, and available silicate (SiO_2) were analyzed. In 2023, the average of pH, OM, available P_2O_5 , exchangeable K, Ca, Mg, and available SiO_2 was 6.0, 28 g kg^{-1} , 210 mg kg^{-1} , 0.31 cmol_c kg^{-1} , 6.1 cmol_c kg^{-1} , and 1.3 cmol_c kg^{-1} , 287 mg kg^{-1} , respectively. The frequency distribution within optimum range of paddy soils was 70%, 44%, 17%, 27%, 15% and 16% for pH, OM, available P_2O_5 , K, Ca, and Mg, respectively. The available P_2O_5 concentrations in 2023 was excess level with portion of 62% and did not alter significantly during the experiment. On the other hand the insufficient proportion of Mg concentration in 2023 was 70%. These results indicated that a balanced management of soil chemical properties can improve the amount of fertilizer applied for sustainable agriculture in paddy field.

Keywords: Chemical property, Paddy, Soil fertility, Long-term monitoring

Correspondence: hity84@korea.kr (055-254-1313)

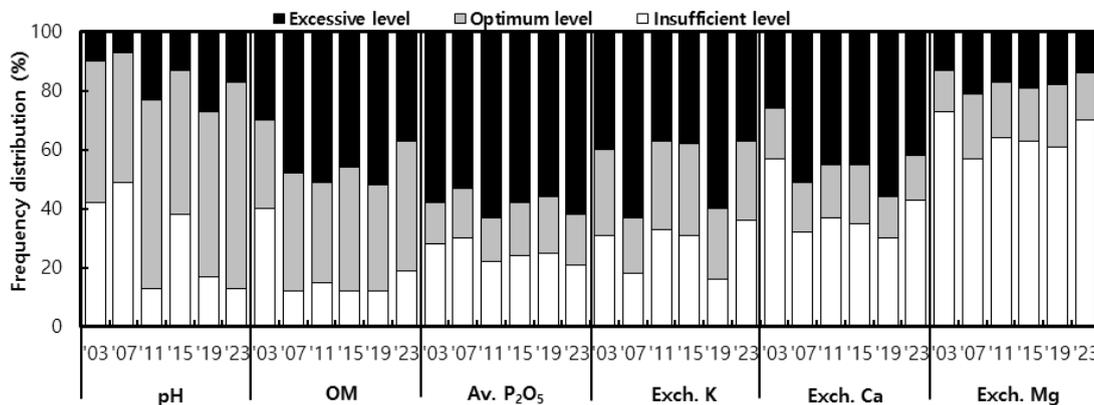


Fig 1. Frequency distribution of chemical properties of paddy soils in Gyeongnam Province (n=284).

PA-17

전남지역 논 토양물리성 변화 특성

Change Characteristics in Physical Properties on Paddy Soils in Jeonnam Province

곽경진*, 김현지, 김성우, 이소연, 신길호, 허승오¹, 이진우
 Kyungjin Kwak*, Hyeonji Kim, Sungwoo Kim, Soyoun Lee, Gilho Shin, Suengoh Heo¹, and Jinwoo Lee

전라남도농업기술원, 농촌진흥청, 국립농업과학원¹

Jeollanam-do Agricultural Research & Extension Services, Naju 58228, Korea

¹National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Korea

농업환경자원 보전 및 농산물의 안정적 생산을 위해 농경지 토양환경에 대한 과학적 조사와 평가는 매우 중요하다. 특히 토양물리성은 화학성과 같이 토양의 질을 평가하는데 중요한 요소 중 하나로 토양내 수분 보유력 뿐만 아니라 양분완충력과도 밀접하게 관련되어 있다. 본 연구는 전남지역 40지점의 논 토양 물리적 특성을 4년 주기(2015~2023년)로 조사하여 지속가능한 농경지 토양 유지를 위한 기초 자료로 활용하고자 수행하였다. 주요 조사항목으로는 작토심, 용적밀도, 공극률, 산중식경도, 유기물 함량 등이 있다. 전남 논 토양의 작토심은 16.3cm('15)에서 15.3cm('19)로 감소하였다가 19.2cm('23)로 증가한 반면, 산중식경도는 23.2mm에서 17.9mm, 19.4mm로 감소하는 경향을 보였다. 심토 용적밀도는 1.55 Mg m⁻³, 1.46 Mg m⁻³, 1.40 Mg m⁻³ 약간 개선되는 경향을 보였으며, 표토의 유기물 함량은 2015년 32.0 g kg⁻¹에서 27.1 g kg⁻¹로 줄었다가 2023년 29.1 g kg⁻¹로 다시 회복되는 것으로 나타났다. 이상의 결과로 전남지역 논 토양물리성은 심토 용적밀도 기준으로 약간 개선되고 있음을 알 수 있다.

주제어: 토양물리성, 논, 용적밀도

주연기자 연락처: kjin20@korea.kr (061-330-2505)

Table 1. 전남지역 논 토양물리성 변화 특성(2015~2023)

시 기		작토심(cm)	용적밀도 (Mg m ⁻³)	공극률(%)	산중식경도	유기물 함량 (g kg ⁻¹)
2023	표토	19.2	1.15	56.4	-	29.6
	심토		1.40	47.3	19.4	23.1
2019	표토	15.3	1.17	55.9	-	27.1
	심토		1.46	44.8	17.9	18.2
2015	표토	16.3	1.17	55.9	-	32.0
	심토		1.55	41.5	23.3	15.2

제주도 토양의 유기물 수준별 토양수분센서 보정식 개발

Soil Organic-Matter-Level-Specific Calibration Equation for Commercial Soil Moisture Sensors in Soils of Jeju Island

이호성, 장진현, 이경욱, 박원표*

Ho-sung Lee, Jin-Hyeon Jang, Kyung Uk Yi, and Won-Pyo Park*

제주대학교 생물산업학부 식물자원환경전공,

Plant Resources and Environment Major, Faculty of Bioscience and Industry, Jeju National University, Jeju, 63243, Korea

토양의 유기물 함량은 토양 수분함량에 영향을 미치며, 토양수분센서 제조사에서 제공하는 보정식은 토양내 유기물 함량을 고려하지 않는다. 제주도 토양은 유기물 함량이 다양하여 토양 유기물 수준이 센서 판독 값에 미치는 영향을 설명하기 위해서는 유기물 수준 별 보정식 (calibration equation)이 필요하다. 본 연구는 제주도 토양의 유기물 수준별 정확한 용적수분함량을 측정하기 위한 토양수분센서 보정식을 개발하고자 수행하였다. 토양시료는 토심 20-40 cm 깊이에서 유기물 함량별 6개 지점의 토양을 채취하고, 용적밀도를 적용하여 5 L 용기에 습윤토양을 충전한 후 상부 10cm 깊이에 토양수분센서 (TEROS 10과 TEROS 12; METEER group, Inc. USA)를 설치하였다. 용기내의 토양시료를 포화시킨 후 중력수를 배수하여 수분센서의 판독값 (raw counts)을 측정하였고 토양의 중량수분함량을 계산한 후 이를 용적수분함량으로 환산하였다. 본 연구에서 4-15% 유기물 함량의 토양시료를 사용하여 측정된 수분 센서의 값을 제조사에서 제공하는 보정식에 대입한 결과, 수분함량이 과소평가 되었고 유기물 함량이 높을수록 판독값이 감소하는 경향이 있었다. TEROS 10과 TEROS 12 수분센서에 대한 유기물 함량별 센서 보정식을 산출하였다. 유기물 함량별 수정된 보정식을 제주도 토양에 활용하기 위해서는 토양수분센서의 판독값과 토양 용적수분함량을 비교하여 토양수분함량의 정확도를 검토할 필요가 있다.

주제어: 유기물 함량, TEROS 10 & 12 토양수분센서, 화산회토양

주연기자 연락처: oneticket@jejunu.ac.kr (064-754-3317)

Table 1. Summary of organic-matter-level-specific calibration equations in soils in Jeju Island.

OM(%)	Organic-Matter-Level-Specific Calibration Equation	R ²
	TEROS 10 sensor	
1.92	$2.337 \times 10^{-9} \times \text{RAW}^3 - 1.604 \times 10^{-5} \times \text{RAW}^2 - 3.684 \times 10^{-2} \times \text{RAW} - 28.11$	0.988
4.57	$4.3138 \times 10^{-10} \times \text{RAW}^3 - 2.9348 \times 10^{-6} \times \text{RAW}^2 + 6.9394 \times 10^{-3} \times \text{RAW} - 5.3991$	0.999
5.31	$-5.8817 \times 10^{-10} \times \text{RAW}^3 + 4.1431 \times 10^{-6} \times \text{RAW}^2 - 9.112 \times 10^{-3} \times \text{RAW} + 6.5056$	0.999
6.60	$2.8276 \times 10^{-10} \times \text{RAW}^3 - 1.9571 \times 10^{-6} \times \text{RAW}^2 + 4.9119 \times 10^{-3} \times \text{RAW} - 4.0542$	0.997
12.0	$2.9757 \times 10^{-9} \times \text{RAW}^3 - 2.1688 \times 10^{-5} \times \text{RAW}^2 + 5.3006 \times 10^{-2} \times \text{RAW} - 43.054$	0.996
15.2	$2.4976 \times 10^{-10} \times \text{RAW}^3 - 1.7248 \times 10^{-6} \times \text{RAW}^2 + 4.4351 \times 10^{-3} \times \text{RAW} - 3.6813$	0.999
	TEROS 12 sensor	
1.92	$0.00041 \times \text{RAW} - 10.7825$	0.972
4.57	$0.0006 \times \text{RAW} - 1.15513$	0.991
5.31	$0.00086 \times \text{RAW} - 18032$	0.997
6.60	$0.00057 \times \text{RAW} - 1.1067$	0.989
12.0	$0.00058 \times \text{RAW} - 1.0884$	0.992
15.2	$0.00076 \times \text{RAW} - 1.4581$	0.979

²OM: Organic Matter Level.

PA-19

선작지왓 서부 지역 고원 초지토양의 특성

Characteristics of Western Seonjaggiwat Grassland Soils in Halla Mountain

송관철*, 박원표, 장진현, 이경욱, 고석형¹, 현해남

Kwan-Cheol Song*, Won-Pyo Park, Jin-Hyeon Jang, Kyung Uk Yi, Suk-Hyung Ko¹, and Hae-Nam Hyun

제주대학교 생물산업학부 식물자원환경전공, ¹제주특별자치도 세계유산본부

Plant Resources and Environment Major, Faculty of Bioscience and Industry, Jeju National University, Jeju, 63243, Korea

¹World Heritage Office, Jeju Special Self-Governing Province, Jeju 63143, Korea

선작지왓은 한라산 서쪽 1,500-1,700 m 지대에 위치하는 초원 및 관목지대로서 명승으로 지정 보호되고 있는 지역이다. 이 지역에 분포하는 토양은 주로 산림 토양인 흑악토양으로 분류되고, 일부는 산악지 분석구 주위에 분포하는 토양인 노로토양으로 분류되고 있다. 선작지왓 서부 고산 초원지대에 분포하며 흑악토양으로 분류되고 있는 토양의 형태적 특성을 조사하고, Soil Taxonomy의 표준 분석방법인 Soil Survey Laboratory Methods Manual에 따라서 토양을 분석하여 Laboratory data sheets를 작성하였다. A1층 (0-26 cm)은 농암갈색 (10YR 2/2) 돌과 잔 자갈이 있는 미사질양토이고, A2층 (26-51 cm)은 농암갈색 (10YR 2/2) 돌과 잔 자갈이 있는 미사질양토, AB층 (51-67 cm)은 농암갈색 (10YR 2/2) 돌과 잔 자갈이 있는 사양토이며, Bw층 (67-85 cm)은 갈황색 (10YR 6/6) 돌과 잔 자갈이 많은 사양토이다. 전 토층에서 oxalate 침출성 (Al + 1/2Fe) 함량이 각각 3.3% 이상으로 높고 인산보유능이 각각 95.2% 이상으로 높아 andic 특성을 보유하고 있으므로 Andisols로 분류된다. Udic 토양수분상을 보유하고 있으므로 아목은 Udands로 분류된다. A1층, A2층 및 AB층 (0-67 cm)에서 습윤시 명도와 채도 값이 2 이하이고, 유기탄소 함량이 60 g kg⁻¹ 이상이며, Melanic Index가 1.70 이하로 melanic epipedon의 분류 조건을 충족시키고 있다. 따라서 대군은 Melanudands로 분류된다. 무기질 토양 표면에서 60 cm 이내 깊이에서 50 cm 이상 두께의 토층에서 유기탄소 함량이 6.0% 이상이고 몰리크 감식표층의 분류 기준을 충족시키므로 아군은 Acrudoxic Melanudands로 분류된다. 토양수분 제어 부위에서 토양수분장력 1,500 kPa일 때 토양수분함량이 풍건 시료의 경우 12% 이상이며, 비풍건 시료의 경우 30-100% 범위 내에 있으므로 토성 대체속은 medial에 속한다. Oxalate 침출성 Si×8과 oxalate 침출성 Fe×2를 합한 값이 5% 이상이고 oxalate 침출성 Si×8 값이 oxalate 침출성 Fe×2 값보다 높으므로 광물속은 amorphic에 속한다. 토양온도상이 mesic에 속하므로 이 토양은 medial, amorphic, mesic family of Pachic Melanudands로 분류된다. 즉 선작지왓 서부 지역 고산 초원지대에 분포하는 토양은 산림토양이 아니라 초지토양의 특성을 보유하고 있다.

주제어: andic 토양특성, Allophane, PachicMelanudans

주연구자 연락처: kcsong12@naver.com (010-7292-9108)

한라산 서남방 고원 초지토양의 특성

Characteristics of High Altitude Grassland Soils in Southwestern Halla Mountain

송관철*, 박원표, 김민석, 이경욱, 고석형¹, 현해남

Kwan-Cheol Song*, Won-Pyo Park, Min-Seo Kim, Kyung Uk Yi, Suk-Hyung Ko¹, Hae-Nam Hyun

제주대학교 생물산업학부 식물자원환경전공, ¹제주특별자치도 세계유산본부

Plant Resources and Environment Major, Faculty of Bioscience and Industry, Jeju National University, Jeju, 63243, Korea

¹World Heritage Office, Jeju Special Self-Governing Province, Jeju 63143, Korea

제주도에 분포하는 토양들은 해안가 모래 토양을 제외하고는 일반적으로 모래 함량이 매우 낮다. 그러나 한라산 서부와 남부 해발 1,500-1,800 m 지대에는 모래 함량이 높고 잔 자갈이 많은 토양이 넓게 분포하고 있으며, 이 지역에 분포하는 토양은 주로 산림 토양인 흑악통으로 분류되고, 일부는 산악지 분석구 주위에 분포하는 토양인 노로통으로 분류되고 있다. 한라산 서남방 400 m, 해발 1,670 m 지점 고산 초원지대에 분포하며 흑악통으로 분류되고 있는 토양의 형태적 특성을 조사하고, Soil Taxonomy의 표준 분석방법인 Soil Survey Laboratory Methods Manual에 따라서 토양을 분석하여 Laboratory data sheets를 작성하였다. A층 (0-21 cm)은 농암회갈색 (10YR 3/2) 잔 자갈과 돌이 있는 미사질양토이고, AC층 (21-42 cm)은 농암회갈색 (10YR 3/2) 잔 자갈과 돌이 많은 미사질양토이며, C층 (42-70 cm)은 암황갈색 (10YR 4/4) 돌이 있고 잔 자갈이 많은 미사질양토이다. 전 토층에서 인산보유능 85% 미만이고 $Al_0+1/2Fe_0$ 함량이 2.0% 미만으로 한라산 천연보호 구역에 분포하는 다른 토양들과는 다른 특성을 보이고 있다. 그러나 전 토층에서 인산보유능 25% 이상, 0.02-2.0 mm 크기 입자가 30% 이상이고, $Al_0+1/2Fe_0$ 함량이 0.4% 이상이며, 0.02-2.0 mm 크기 입자 중 흑요석 함량 30% 이상으로 Andic 특성을 보유하고 있으므로 Andisols로 분류된다. Udic 토양수분상을 보유하고 있으므로 아목은 Udands로 분류되며, 대균은 Hapludands 분류기준을 충족시키고 있다. 무기질 토양 표면에서부터 25-100 cm 깊이에 30 cm 이상 두께의 토층에서 치환성 양이온과 Al 함량 합계가 2 cmol. kg^{-1} 미만이므로 아균은 Acrudoxic Hapludands로 분류된다. 토양수분 제어부위에서 토양수분장력 1,500 kPa일 때 토양수분함량이 풍건 시료의 경우 12% 이상이며, 비풍건 시료의 경우 30-100% 범위 내에 있으므로 토성 대체속은 medial에 속한다. Oxalate 침출성 $Si \times 8$ 과 oxalate 침출성 $Fe \times 2$ 를 합한 값이 5% 이상이고 oxalate 침출성 $Si \times 8$ 값이 oxalate 침출성 $Fe \times 2$ 값보다 높으므로 광물속은 amorphic에 속한다. 토양온도상이 mesic에 속하므로 이 토양은 medial, amorphic, mesic family of Acrudoxic Hapludands로 분류할 수 있다.

주제어: andic 토양특성, Allophane, Acrudoxic Hapludands

주연구자 연락처: kcsong12@naver.com (010-7292-9108)

PA-21

노지 대파의 물 필요량 산정을 위한 물 수지 분석 연구

A Study on Water Balance Analysis to Calculate Water Requirement of Green Onion

손정우*, 옥정훈, 오부영

Jeong-woo Son*, Jung-hun Ok, and Bu-yeong Oh

농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과

Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju, 55635, Korea

최근 기후의 변동성 증가 및 디지털 농업에 필요한 적정 물관리 기술의 확대·적용에 따라 정밀한 농업용수 관리 방안이 요구되고 있으며, 이에 따라 정확한 작물별 물 필요량 및 농업용수량 산정 연구가 필요하다. 물 필요량을 작물의 종류 및 생육단계별로 산정하여 농업용수 관리에 적용하면, 제한된 농업용수를 효율적으로 사용할 수 있다. 한편, 시설 재배면적이 꾸준히 증가하고 있지만 노지 작물(식량, 채소, 과수 등)의 재배 면적은 전체 경지면적의 85% 정도(통계청, 2021)로 여전히 많은 부분을 차지하고 있다. 농식품부는 2022년 9월에 주산지 중심의 수급 조절 체계 구축을 위해 채소류 주산지 지정기준 고시를 개정하였다. 지정 품목은 배추, 무, 고추, 마늘, 양파, 대파, 생강, 양배추 등 13개 품목이며, 주산지 중심의 안정적인 농산물의 수급을 위해 지정 품목에 대한 물 필요량 산정이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 국내에서 물 필요량이 산정되어 있지 않고 채소류 주산지 지정 품목에 해당하는 노지 대파에 대한 물 필요량을 산정하고자 하며, 이를 위해 현장 시험을 통한 노지 대파의 물 수지 분석을 수행하고 있다. 노지 대파의 시험재배지는 대파 주산지로 지정(전라남도 채소류 주산지 지정 고시, 2022)된 전라남도 영광군에 소재하는 곳을 선정하였다. 토양은 표토 및 심토 모두 양질사토(Loamy Sand)이며, 표토의 용적밀도는 1.18 Mg/m^3 이다. 관수 처리는 포장용수량 기준의 적습관개, 비료 처리는 토양화학성 분석을 통한 검정시비를 하였다. 노지 대파의 물 수지 분석을 위하여 모니터링 체계를 구축하였다. 중량의 변화를 통해 증발산량을 산정하기 위하여 소형 라이시미터($30 \times 50 \times 30 \text{ cm}$)를 제작·설치하였으며, 토양수분의 변동을 파악하기 위하여 토양수분장력센서(TEROS-21, METER) 및 토양용적수분함량센서(TEROS-12, METER)를 활용하였다. 관개량 측정을 위하여 스프링클러 및 전자유량계를 설치하였고, 기상관측센서(ATMOS41, METER)로 강수량, 온도, 습도 등을 수집하였다. 정식(23.4.9.) 후인 2023년 5월부터 9월까지 누적강우량은 $1,302 \text{ mm}$ 이며, 잦은 강우로 적습관개를 위한 관개는 없었다. 같은 기간 동안 표토의 토양수분장력은 $-19.3 \sim 0 \text{ kPa}$ 의 범위로 나타났다. 현장 시험의 특성으로 2023년부터 2025년까지 반복하여 같은 연구를 수행하며, 산정된 노지 대파의 물 필요량은 농촌진흥청에서 제공하는 발작물 물 사용 처방을 위한 자료로 활용할 예정이다.

주제어: 노지, 대파, 작물계수

주연구자 연락처: son094@korea.kr (063-238-2434)

PA-22

겨울철 논·밭 중량식 라이시미터에서 깊이별 토양수분함량 변동 비교**Comparison of Soil Moisture Content Changes by Paddy and Upland Soil Depths in Winter Season Using Weighable Lysimeter**

양현서*, 옥정훈, 허승오, 황선아, 오부영, 김동현, 박민경
 Hyun-seo Yang*, Jung-hun Ok, Seoung-oh Hur, Seon-ah Hwang,
 Bu-yeong Oh, Dong-hyun Kim, and Min-kyeong Park

국립농업과학원 토양비료과

Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, 55365

토양수분은 기상현상과 작물의 영향을 받으며, 토지 이용 형태와 토성에 따라 수분 이동 특성이 달라진다. 특히 동계기간의 토양수분은 주로 강수와 기온과 같은 기상의 영향을 많이 받는다. 아직까지 토양수분 이동에 관한 연구는 대부분 작물 재배시기인 봄부터 가을 시기에 초점을 맞춰 연구되어 왔다. 이에 따라 동계기간에서 나지상태의 토양수분함량 비교를 통한 토양수분 이동 변화의 연구가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 중량식 라이시미터를 활용하여 겨울철 나지상태에서 깊이에 따른 토성별 토양수분함량의 변화와 논·밭에서의 토양수분 특성을 비교하였다. 시험은 국립농업과학원(전라북도 완주군)에 위치한 비교관 상태의 표면적 1 m², 깊이 1.5 m의 중량식 라이시미터(UGT, Germany)에서 수행되었다. 토양용적수분센서(UMP-1, UGT, Germany)를 이용하여 각 층위별(10, 30, 55, 85, 125 cm) 토양수분함량을 측정하였으며, 일사량과 강수량과 같은 기상데이터는 라이시미터 인근에 설치된 기상대에서 시간별로 수집하였다. 라이시미터의 토양수분함량은 동계기간인 2022년 11월 1일부터 2023년 3월 31일까지의 데이터를 사용하였다. 이 기간은 나지상태로 작물을 재배하지 않았으며, 토성은 식양질과 사양질 2처리로, 물관리는 별도로 실시하지 않았다.

동계기간 동안 토양수분함량 변동을 토성별로 비교하였다. 논토양 라이시미터의 경우, 수분함량이 표토 10 cm의 식양토에서는 21~41%, 사양토는 8%~40%의 범위로 나타났고, 30 cm에서 식양토는 33%~38%, 사양토는 24~37%의 범위로 변동하였다. 반면 밭토양 라이시미터는 수분함량이 표토 10 cm의 식양토에서는 9%~32%, 사양토는 7~35%의 범위로 나타났고, 30 cm에서 식양토는 34~40%, 사양토는 29~43%의 범위로 변동하였다. 토양수분 변동 범위는 층위가 깊어질수록 변화폭이 상대적으로 적었고 유의적 차이는 없었으며, 사양토에 비해 식양토의 수분함량이 높은 것으로 나타났다. 그러나 논토양 표토 10 cm에서 사양토의 평균 수분함량이 식양토의 수분함량 보다 더 높은 것으로 나타나 이 부분은 센서보정과 수분보유능 분석을 통한 보완이 필요한 것으로 생각된다. 본 연구의 결과는 앞으로 작물 유무에 따른 논과 밭에서의 수분이동 특성 및 토양수분 증발계수, 작물수분 반응 평가 등에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

주제어: 중량식 라이시미터, 논토양, 밭토양, 토양수분함량

주연구자 연락처: hss1001@korea.kr (063-238-2457)

PA-23

전북지역 논토양의 물리성 변화와 토양 특성 분석

Analysis Of Physical Property Changes and Soil Characteristics of Paddy Soil in Jeonbuk Region

박나영*, 엄미정, 김효진, 김용준, 장영환, 장수연, 김주희, 허승오¹

Na-Young Park*, Mi-Jung Um, Hyo-Jin Kim, Yong-Jun Kim, Young-Hwan Jang,

Su-Yeon Jang, Ju-Hee Kim, and Seung-Oh Hur¹

전라북도농업기술원 농업환경과, ¹국립농업과학원 토양비료과

Agricultural Environment Division, Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan, 54591, Korea

¹Soil & Fertilizer Division, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration,

Wanju, 55365, Korea

「농업환경변동조사사업」은 토양비옥도를 유지하고 건전한 농경지 관리를 위하여 1999년부터 시작되었으며, 농촌진흥청을 주관으로 각 도농업기술원, 시군센터, 대학 등 관계기관의 협업을 통해 현재까지 진행되고 있다. 이 중 토양 물리성은 작물 뿌리 뻗음, 토양내 양·수분 이동 등을 결정하며 화학적·생물적 특성에 영향을 끼치므로 토양의 질을 평가하는데 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 전라북도 논토양을 대상으로 2015년, 2019년, 2023년의 3주기 동안의 토양물리성 변동성을 평가하고 다년간 축적된 평가자료를 통해 조사 지점의 토양 생성적 특성도 살펴보고자 하였다. 물리적 특성 변화 양상을 파악하기 위하여 3주기 동안 조사 지점이 변경되지 않은 도내 29지점을 대상으로 하였으며, 시료 채취는 논 특성상 담수시기를 피하여 추수 후 10월에서 다음해 3월 중에 실시하였다. 분석방법은 ‘농경지 토양물리성 조사방법 및 분석법 (NAS, 2022)에 준하여 실시하였고, 토양 특성은 토양통, 토성(속), 지형 등이 있으며 「흙토람」내의 토양도를 활용하였다. 전라북도 논 토양의 표토를 대상으로 조사한 평균 작토심은 2015년에 20.9 cm, 2019년에 19.1 cm, 2023년에 21.6 cm 이었고, 용적밀도는 1.19 Mg m⁻³, 1.22 Mg m⁻³, 1.27 Mg m⁻³로 증가하였으며, 공극률은 54.3 %, 54.2 %, 52.3 %로 점차 감소하는 경향이였다. 심토의 경도는 2015년, 2019년, 2023년 각각 20.9 mm, 19.8 mm, 22.5 mm이었으며, 심토의 유기물 함량은 14.8 g kg⁻¹, 14.9 g kg⁻¹, 13.5 g kg⁻¹로 감소하는 경향이였다. 논 토양의 물리적 특성을 모니터링한 토양은 모두 19개의 토양으로서 주요 토양통은 만경통과 석천통이 각각 15.8% 차지하고 있었으며, 토성(속)은 사양질과 식양질 토양의 분포 비율이 58.6%로 높았다. 지형은 하성평탄지 34.5 %, 해성평탄지 31.0 %, 곡간지/선상지 24.1 % 순이었고, 경사는 논 토양 특성상 A 등급(0~2%)이 65.5 % 분포하고 있었으며, 적지 추천을 위하여 지형, 토양배수, 토성 등 6개 요인을 4등급으로 구분한 급지는 3급지가 41.4 %로 가장 많았다.

주제어: 논토양, 농업환경 변동조사, 물리성, 토양 특성

주요연구자 연락처: nypark87@korea.kr (063-290-6193)

PA-24

Analysis of Soil Physical Properties under Paddy Soil in Gyeongnam Province

Han Eun-heui¹, An Dong-chun, Je Hee-jeong, Heo Jae-young,
Choi Jae-hyeok, Seung-Oh Hur², and Jung-Woo Sohn²

¹Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Jinju 52733, Republic of Korea

²National Institute of Agricultural Sciences, Wanju 55365, Republic of Korea

Measuring soil physical properties was carried out on the paddy soil in Gyeongnam area, 2023 by Rural Development Administration and Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services according to the regulation of Act on the Promotion of Environment-friendly Agriculture and Fisheries and the Management and Support for Organic Foods. For the analysis of soil physical properties, 43 paddy soil in Gyeongnam area was investigated. The depth of topsoil was 21.4 cm, bulk density were top soil 1.2 Mg m⁻³ and subsoil 1.5 Mg m⁻³. The rates of three phases of the top soil were composed of solid 44.4%, liquid 37.4, and air 18.3, however the subsoil were composed of solid 57.5%, liquid 36.8, and air 5.7. The hardness of soils were subsoil 23.3 mm and organic matter content was 15.4 g kg⁻¹.

Keywords: 누락

Correspondence: 누락

Acknowledgement: This study was carried out with the support (Project No.RS-2021-RD009511) of National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Republic of Korea.

PA-25

Development of Small-scale Regional Evapotranspiration Model for Upland Crop using Lysimeter and Crop Model

Bu-Yeong Oh*, Jeong-Woo Son, and Jung-Hun Ok

오부영*, 손정우, 옥정훈

Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju, 55635, Korea

농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과

Evapotranspiration is an important component of hydrological cycle and its amount is being determined by the weather. Accurate measurements of environmental variables such as rainfall, runoff, soil moisture, evaporation rates, minimum and maximum temperatures are essential aspects of Agro-meteorological research that is important in agricultural, environmental and water resource modeling. Also, to accurately calculate evapotranspiration and crop coefficient, various environmental variables such as agricultural meteorological conditions, agricultural climate zone, and water consumption patterns by crop growth stage must be considered.

Most previous studies showed that there is no database of crop coefficients for different crops in diverse agro-climatic regions of the small-scale area. Therefore, the present investigation was conducted with two specific objectives, (1) to estimate ET and develop K_c (2), to compare ET and develop K_c values with indirect methods such as Penman-Monteith and lysimeter evapotranspiration to improve water productivity. This study develops a method for estimating evapotranspiration in small-scale areas targeting domestic upland crops. When measuring actual evapotranspiration, it is difficult physically and cost-wise to apply it to all regions and crops. To overcome these limitations, this study seeks to develop a model for estimating evapotranspiration at the national level by using a crop model based on monitoring data from field research. Evapotranspiration was estimated by comparing the actual evapotranspiration measured with a small lysimeter and the evapotranspiration calculated using the FAO Penman-Monteith estimation equation. In order to calibrate the actual and model, the values monitored through actual measurements of crop water usage, soil evaporation, and transpiration are constructed as input data for the model and calibrated using Korean parameters.

The developed estimation method of ET and K_c values may aid in improving water use efficiency in agro-climatic regions targeting small-scale by reducing the water wastage and over irrigation due to the inadequacy of efficient irrigation scheduling information.

Keywords: upland, evapotranspiration, crop coefficient, lysimeter, crop model

Correspondence: ofyoung@korea.kr (+82-63-238-2432)

PA-26

경북지역 논토양 물리적 변동 특성

Characteristics of soil Physical Properties of Paddy Land in Gyeongbuk Province

정연규*, 김용찬, 허창석, 박석희

Yeon-Gyu Jeong*, Yong-Chan Kim, Chang-Suk Huh, and Seuk-Hee Park

경상북도농업기술원 농업환경연구과

Division of Agricultural Environment Research, Gyeongsangbuk-do Agricultural Research & Extension Services, Deagu 41404

농경지 토양 물리성은 토양 내 공기 순환 및 양·수분 이동과 밀접하게 관련되어 뿌리 발달, 작물 수량 등에 큰 영향을 주는 항목이지만, 최근 대형농기계 사용 및 무분별한 경운 등으로 인한 물리성 악화가 지속적으로 보고되고 있다. 이에 본 연구에서는 경북지역 논 토양의 물리성 변화양상을 보기 위해서 4년 주기('15, '18, '23)로 물리성 조사를 실시하였다. 시료는 탐침봉을 이용하여 작토심을 선정하고, 이를 기준으로 표토와 심토를 구분하여 채취하였다. 현장에서 산중성 경도계를 사용하여 심토의 경도를 측정하였으며, 토성은 비중계법으로 측정하였고, 코어를 사용하여 용적밀도, 삼상, 공극률을 측정하였다. 시료 채취 지점은 40개 지점을 선정하였는데, 논 토양의 경우 4~5월경에 경운을 시작하기 때문에 1~3월에 시료 채취를 실시하여야 하지만, 겨울에는 토양이 얼어있어 실질적으로 시료 채취를 할 수 있는 기간은 3월 말~4월 중순 정도이다. 그에 따라 경운 등으로 시료 채취를 못할 경우에는 바로 옆 지점을 선정하거나, 토양통을 참고하여 지점을 변경하였으며, 조사기간 중 최초 선정한 40지점 중 26지점(65%)이 변경되었다. 이와 관련하여 변경된 지점이 기존지역의 물리성을 대표할 수 있는지를 판단하기 위하여 미변경 14지점과 전체 40지점의 조사값들을 비교해 보았다. 작토심, 용적밀도 등 대부분의 항목에서 큰 차이가 나지 않았으며, 2015년의 유기물의 함량에서만 조금 차이를 보였다. 전체적인 물리성 변화 양상은 작토심의 경우 2015년 15.8 cm에서 2025년 19.8 cm로 작토심 권장기준 20 cm에 근접해가는 것으로 나타났다. 심토의 용적밀도는 2015년 1.58 Mg m⁻³에서 1.46 Mg m⁻³으로 점점 감소하였으며 이와 관련된 지표인 경도도 점차 감소하였다. 표토 유기물 함량은 2015년 2.7%에 비하여 2.1%로 다소 감소하였다. 이상의 결과로부터 조사지점 중 65% 지점이 변경되었지만, 대부분의 항목에서 큰 차이가 없는 것으로 보아 조사지점이 변경되더라도 대표성을 가지고 있는 것으로 보이며, 작토심과 용적밀도 등을 살펴보았을 때 물리성이 어느 정도 이상으로 개선된 것으로 판단된다.

주제어: 토양 물리성, 용적밀도, 공극률, 유기물함량

주연구자 연락처: yglosa9897@korea.kr (010-8258-9897)

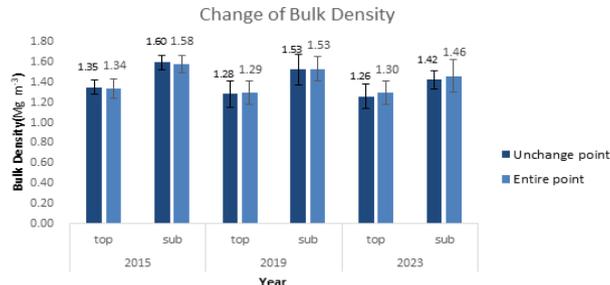


Fig. Bulk density changes at entire points and unchanged points('15, '19, '23)

PA-27

자운지구와 도암호 유역 농경지 토양의 토양침식성인자 (K factor) 조사

Investigation of Soil Erodibility Factor (K factor) of Agricultural Soils in Jaun District and Doam Lake watersheds

정재영*, 윤정환, 이상필, 정석순, 이찬규, 박병준, 김연호, 김혁수, 김동진¹, 양재의
 Jae Young Jeong*, Jung Hwan Yoon, Sang Phil Lee, Seok Soon Jeong, Chan Gyu Lee, Byung Jun Park,
 Yeon Ho Kim, Hyuck Soo Kim, Dong Jin Kim¹, and Jae E Yang
 강원대학교 바이오자원환경학과, ¹강원대학교 환경연구소
 Department of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon 23431, Korea
¹Environmental Research Center, Kangwon National University, Chuncheon 23431, Korea

우리나라 환경부는 범용토양유실공식(USLE) 기반의 ‘표토의 침식 현황 조사에 관한 고시’에 따라 토양 침식조사를 수행하고 있으며, 토양침식성인자(K factor)는 USLE의 5가지 인자 중 하나로 침식에 관한 토양의 특성 요인 인자이다. 넓은 유역을 대상으로 하는 토양침식조사에서는 K factor 산정을 위한 토양 채취 및 분석에 한계가 있어 대체로 토양통 기반의 K factor 값을 활용하고 있다. 하지만 비점오염관리지역 중 토양 유실이 많이 발생하는 고랭지밭과 같은 지역은 객토와 성토, 절토 등으로 토양 특성이 기존의 토양통 자료와 큰 차이를 보이고 있다. 따라서 본 연구에서는 강원특별자치도 비점오염관리 지역 중 자운지구와 도암호 유역의 일부 소유역을 대상으로 직접 토양을 채취, 분석하여 해당 지역의 토양 특성을 파악하고 K factor를 산정해 기존 토양통 기반의 K factor 값과 비교하였다. 토양 입도 분포와 유기물 함량 분석 결과 대부분의 지점에서 Sand 함량이 높은 Sandy loam과 Loamy sand 였으며, 유기물 함량은 자운지구와 도암호 유역이 각각 19.5 g kg^{-1} , 15.1 g kg^{-1} 으로 일반 농경지 토양 27 g kg^{-1} 보다 낮은 것으로 나타났다. 또한, 현장 조사를 수행하면서 각 지점을 살펴본 결과 다수의 농경지에서 객토 또는 성토가 이뤄진 것을 확인하였다. K factor를 산정한 결과 자운지구의 예비조사 평균은 $0.0182 \text{ Mg hr MJ}^{-1}\text{mm}^{-1}$, 현장조사는 $0.0058 \text{ Mg hr MJ}^{-1}\text{mm}^{-1}$ 이었고, 도암호 유역의 예비조사는 $0.0245 \text{ Mg hr MJ}^{-1}\text{mm}^{-1}$, 현장조사는 $0.0108 \text{ Mg hr MJ}^{-1}\text{mm}^{-1}$ 로 현장조사가 예비조사 대비 각각 67.9%, 55.9% 낮았다(Fig. 1.). 토양통별 K factor를 비교한 결과 상주통에서 78.2% 낮게 조사되어 그 차이가 가장 컸고, 그 외에도 대부분의 토양통에서 실제 조사한 결과가 낮게 산정되는 것을 알 수 있었다. 이러한 차이가 발생한 원인으로는 심각한 토양유실과 객토와 같은 토양 관리 방법 등으로 시간이 지나면서 기존의 토양 특성과는 다른 토양 특성이 나타났기 때문으로 판단된다. 특히 K factor 산정에서 극세사와 미사 함량이 높을수록, 자갈 함량이 낮을수록 그 값이 커지게 되는데 해당 유역은 석비레를 성토하여 극세사와 미사 함량이 낮고 자갈 함량이 높아서 K factor도 그 값이 작게 나타났다. 따라서 토양 유실량이 많고 객토와 성토가 빈번히 이뤄지는 고랭지밭과 같은 지역에 대해서는 K factor에 대한 연구가 추가적으로 필요하다고 판단되며, 보다 정확한 유실량 산정을 위해서는 현장조사 결과를 반영할 필요가 있다고 판단된다.

주제어: 토양유실, 침식, USLE, K factor, 비점오염관리지역, 고랭지밭

주연구자 연락처: yangjay@kangwon.ac.kr (033-250-7247)

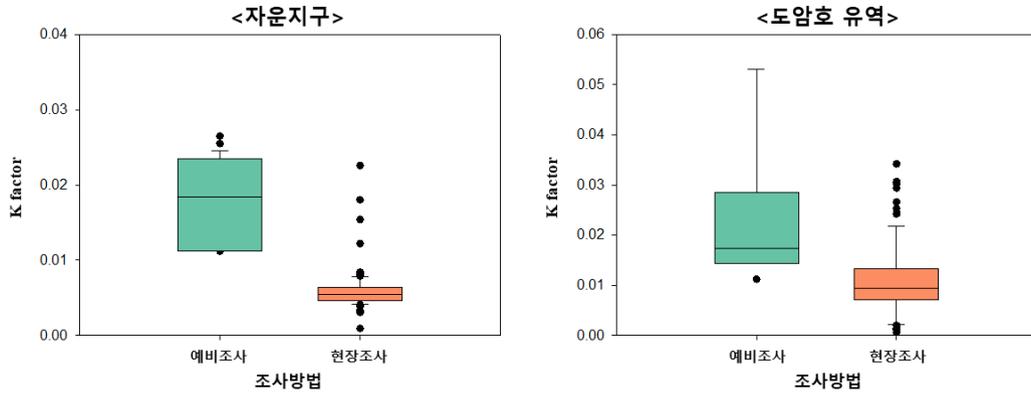


Fig. 1. 자운지구와 도암호 유역 고랭지밭에서 예비조사와 현장조사 K factor 비교

PA-28

Assessing the Capacity for Mineral-associated Organic Carbon Storage in Croplands of New South Wales, Australia

Ho Jun Jang¹, Sangho Jeon², Mercedes Roman Dobarco¹, Budiman Minasny¹, and Alex McBratney¹

¹School of Life and Environmental Sciences, The University of Sydney, Sydney, Australia

²Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju, Jeonbuk, Republic of Korea

Soil carbon sequestration entails the capture of carbon from the atmosphere and storing it in the soil in a stable form. Soil organic carbon (SOC) is diverse; thus, investigating SOC fraction relevant to climate change mitigation is more important than total SOC. This study quantified mineral-associated organic carbon (MAOC) capacity and condition in Edgeroi, New South Wales, Australia. The MAOC capacity refers to the maximum OC the soil can hold, while the condition refers to the current MAOC content. The difference between MAOC capacity and condition is considered as the SOC sequestration potential. The MAOC capacity and condition for the study area was mapped using two methods. The first approach is using pedogenon mapping, where soil samples in the study area ($n = 99$) were collected under native vegetation (genosols) and cropping (phenosols). MAOC capacity was mapped based on genosol samples and MAOC condition was mapped using samples from phenosols using spatial covariates and random forest models. Different land uses impacted MAOC, generally, MAOC concentration in genosols was always higher than in phenosols. The second approach spatially predicted median and upper quantile MAOC content using quantile general additive models based on a regional dataset. Mapping results from both methods show that MAOC content was higher in the woodland area, whereas MAOC in the agricultural area was decreased. There was an inconsistency between the two approaches in the resulting SOC sequestration potential map. We conclude that MAOC prediction using the pedogenon mapping with local data produced more reliable results. The results of this study can be connected with two dimensions of soil security (capacity and condition), and these two dimensions can be supported for decision-making related to other dimensions (capital, connectivity, and codification)

Keywords: Soil organic carbon, mineral-associated organic carbon

Correspondence: hojun.jang@sydney.edu.au

PA-29

사과재배지 깊이별 탄소 및 수분저장량 평가

Evaluation of Carbon and Water Stocks in Soil Profiles under Apple Cultivation

정승탁¹, 박문형², 이창훈^{2*}

Seung-Tak Jeong¹, Mun-Hyeong Park², and Chang-Hoon Lee^{2*}

¹국립원예특작과학원 원예특작환경과, ²한국농수산대학 원예학부

¹Horticultural and Herbal Crop Environment Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science

²Department of Horticulture, Korea National University of Agriculture and Fisheries

토양탄소는 입단화 촉진으로 배수 및 통기와 더불어 수분보유능을 향상시켜 작물근권 발달과 안정적인 생육에 기여한다. 최근 대기 온도 상승 등의 기후변화는 토양탄소의 변동을 초래하여 토양생산성을 위협하는 요인이 될 수 있다. 본 연구에서는 사과재배지 깊이별 탄소저장 및 수분보유능을 평가하고자 사과를 재배하는 장수와 문경에서 45지점을 코어(100 cm³)로 0~60cm까지 15cm씩 시료를 채취하였다. 탄소저장량은 용적밀도(BD)와 전탄소(TC)함량을 곱하여 구하였고, 수분보유능은 1/3bar 및 10 bar 사이의 중량수분함량에 용적밀도를 곱하여 산출하였다. 깊이별 토양탄소 평균함량은 1.84, 1.11, 0.94, 0.58%로 감소되었고, 용적밀도 값과는 음의 상관관계를 나타내었다. 사과재배지 0~30cm에서 탄소저장량은 13.8~136.5 Mg/ha로 평균 57.5 Mg/ha로 평가되었고, 0~60cm에서 평균 86.6 Mg/ha이 저장되었다. 또한 사과재배지 포장용수량과 초기위조점 사이의 깊이별 평균 중량수분함량은 16.7, 16.4, 14.7, 13.4%를 나타내었고, 0~30cm까지 1회 관수량은 평균 694 m³/ha, 0~60cm 1349 m³/ha으로 평가되었다. 사과재배지 탄소와 수분 저장량 간에 뚜렷한 상관관계를 나타내지 않았다. 이는 토성, 탄소 조성과 함량이 수분보유력에 영향을 미친 결과로 해석된다. 이상의 결과에 나타났듯이, 사과재배지는 유기물 시용은 토양 깊이별 탄소 및 수분 저장량에 영향을 끼칠 수 있었고, 사과재배지에 최적 토양탄소 관리는 지속적 생산성을 유지하는 기후변화 대응 전략이 될 수 있을 것으로 사료된다.

주제어: 유기물, 탄소저장, 수분저장, 사과재배지

주연구자 연락처: chlee915@korea.kr

우리나라 염해 토양에 대한 WRB 토양분류

WRB Classification for Salt-affected Soil in Korea

서병환, 손연규, 고우리, 조송래

Byunghwan Seo, Yeonkyu Sonn, Woori Go, and Songrae cho

국립농업과학원 토양비료과

Soil and Fertilizer Division, National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Korea

우리나라의 서해안에 분포하고 있는 간척지의 일부는 염해에 의해 발작물을 재배할수 없다. 농촌진흥청에서는 “간척지 영농에 적합한 작물과 재배정보 고시”를 통해 작물별 염농도 기준을 제시하고 있다. 우리나라는 토양통을 분류할 때 염해토양에 대한 기준을 명확히 제시하고 있지 않기 때문에 염해토양의 분류 및 관리에 어려움이 있다. 따라서 본 연구는 국제 토양분류체계 중 하나인 WRB를 이용하여 우리나라 간척지 일부에 분포하는 염해 토양을 분류하고자 하였다. WRB에서 토양분류는 토양 특성에 따라 32개의 참조토양군(RSGs, Reference Soil Groups) 중 하나를 정하고 토양 특성에 맞는 주한정자, 보조한정자를 선택하게 된다. 32개의 참조토양군(RSGs)중 우리나라 염해토양에 해당되는 것은 Solonchaks이다. Solonchaks는 가용성 염류농도가 높은 토양으로 첫 번째, 토양 표면으로부터 50cm 이내에서 salic 층위가 시작하고, 두번째로 토양 표면으로부터 50 cm 이내에서 thionic 층위가 시작하지 않으며 마지막으로 영구적으로 물에 의해 잠기지 않으며 조류의 영향을 받은 선(조수선) 아래에 위치하지 않아야 한다. salic 층위의 특징은 연간 25°C에서 측정된 포화추출 pHwater가 8.5이상이고, 포화추출 전기전도도 (ECe)가 8 dS m⁻¹ 이상이며 전기전도도 (ECe) 값과 층위 두께의 곱이 240 이상이거나 25°C에서 측정된 포화추출 전기전도도 (ECe)가 15 dS m⁻¹ 이상이며 전기전도도 (ECe) 값과 층위 두께의 곱이 450 이상이어야 한다. 그리고 여기서 층위의 두께는 15 cm 이상이어야 한다. Thionic 층위는 황화물의 산화를 통해 황산이 생성되어 극도로 산성인 차표층을 의미한다.

WRB를 이용하여 염해토양을 분류하기 위해서는 토양을 포화추출하여 pH와 EC를 측정해야 하는데, 현재 우리나라에 조사된 값은 포화추출 전기전도도 (ECe)가 아닌 토양과 물을 1:5 비율로 하여 추출한 용액을 측정하였기 때문에 정확한 분류를 할 수 없었다. 따라서 추가적인 토양 분석 (포화추출 pH, EC)을 수행하여 염해토양에 대한 정확한 토양 분류 및 적절한 관리 방안을 제안하고자 한다.

주제어: 염해토양, WRB 토양분류, Solonchaks

주연기자 연락처: sbhsbhlove@korea.kr (063-238-2456)

PB-01

The Waterlogging Responses of Several Kiwi Rootstocks to ‘Goldone’

Hong Lim Kim*, Mock-hee Lee, and Jae-Ho Joa

김홍림, 이목희, 좌재호

Namhae Branch, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration,

Namhae 52430, Korea

국립원예특작과학원 남해출장소

Several kiwifruit orchards in Korea have areas with poor drainage. As the cultivation period lengthens, the soil physical condition can deteriorate progressively. Therefore, along with improving the soil physical properties, it is also necessary to find rootstocks that are resistant to waterlogging. To address this, this study investigated the response of the selected rootstocks and the scion under waterlogging conditions.

The rootstocks used in the study were 'Bangwoori', 'Bounty71', and 'Bruno', and the scion used was 'Goldone'. The relative moisture content of the 'Goldone' leaf, depending on the waterlogging conditions for each rootstock, was observed in the initial stages of waterlogging (approximately 300 to 220mV). The 'Bangwoori'-'Goldone' exhibited the lowest levels, whereas the 'Goldone' using 'Bounty 71' and 'Bruno' rootstocks showed a relatively higher tendency. Comparing the N₂O emission levels from the roots of the 'Bangwoori' and 'Bounty 71' rootstocks, it was found that the N₂O emission level from the 'Bounty 71' rootstock was about twice as high. The H₂O₂ production levels in the leaves of 'Goldone' scions across different rootstocks were not significantly different, ranging between 40-60 (μM/g fw), and the degree of lipid peroxidation due to reactive oxygen species generation was also at a similar level. However, the H₂O₂ production levels in the roots of the rootstocks were highest in the 'Bangwoori' rootstock, but the degree of lipid peroxidation was highest in 'Bounty 71'. On the 5th day of waterlogging, the roots and stems of the 'Bounty 71' rootstock were in good condition, however, the 'Bangwoori' and 'Bruno' rootstocks showed severe browning in the roots, and damage was observed in the stem sections of both the rootstocks and scions. Particularly, the treatment involving the 'Bangwoori' rootstock exhibited a more severe tendency.

Keywords: Kiwifruit, Orchard, Soil, Waterlogging, Rootstocks, Goldone

Correspondence: khllloi@korea.kr (+82-55-864-1505)

Acknowledgement: This study was funded by a research program (PJ01508103) of Rural Development Administration (RDA), Korea.

경기도 논 토양 특성 예측 모델 개발에 관한 연구

A Study on the Development of a Prediction Model for Paddy Soil Properties in Gyeonggi-do

송민희*, 고성림, 지성환, 김민석, 박소현, 정춘현, 조용진¹

Min-Hee Song*, Sung-Lim Ko, Seong-Hwan Ji, Min-Seok Kim,

So-Hyeon Park, Chun-Hyun Jung, and Yong-Jin Cho¹한국농업기술진흥원 농업환경분석본부 농업자원분석팀, ¹전북대학교 농업기계ICT 융합연구소

457 Pyeongdong-ro, Iksan-si, Jeollabuk-do, Republic of Korea, 54667

¹Institute of Agricultural Machinery ICT Convergence, Jeonbuk National University, Jeonju, Kprea

현재 노지 디지털 재배 기술은 매우 광범위하여 모든 기술 접목은 현실적으로 어려움에 따라 벼 자동화 및 지능화 기술에 대한 선도모델 개발을 통해 신속한 기술 보급을 추진하고 현장 실증을 통한 농자재 투입 및 수확 등 실용화에 의의가 있다. 본 연구는 경기도 내 토지 이용도 및 생산성 향상을 위하여 지역 내에 분포하는 토양 종류를 체계적으로 분류하고 분포 토양의 성질 등을 조사하여 이용자에게 편의를 제공하자 한다. 벼의 생산량 및 품질은 품종에 따라 질소 흡수 능력이 차이가 있다고 알려져 있지만 대부분 논 토양은 질소 잔존량에 영향을 받음에 따라 최적의 질소 사용량 도출을 위해서는 토양 내 질소 잔존량, 질소 비료 공급량 등의 특성 파악이 필요하고 다양한 환경요인에 따라 질소 공급량이 달라짐으로 국내 농경지 토양 정보를 반영한 질소 시비량 도출 모델을 함으로써 센서 기반의 환경변화에 적합한 토양 성분 예측 모델을 통해 질소 시비량 진단·처방지도 작성을 모색하고자 하였다.

조사 지점은 경기도 화성시 인근지역 4개 필지를 대상으로 일부지점에 집중되는 것을 최대한 고려하여 이를 토대로 필지당 30구역, 구역당 5개 정점으로 조사하였으며 토양 수분상태가 과습하거나 얼어있는 곳 농기계 등 기계적 다짐이 되어 있는 곳을 피하였다. 이 결과를 통해 토양시료 샘플에 대한 Optical DRS(Diffuse reflectance spectroscopy)로 예측 활용하였다.

주요 조사항목으로 토성, 유기물 함량, pH, EC 등을 분석하였으며, 화학적 변화 분석은 종합검정실 분석 매뉴얼(농촌진흥청, 2017)을 기준을 참고하여 토양 비옥도 항목인 Av.P₂O₅, Ex-K, Ex-Ca, Ex-Mg 등을 비교 분석하였다.

주제어: 경기도 논 토양, 화학성

주연구자 연락처: mini6846@koat.or.kr (063-919-1534)

Table. Chemical average of representative areas.

Item	pH	EC	CEC	Ex.Ca	Ex.Mg	Ex.K	OM	T-N	TOC	P ₂ O ₅	SiO ₂
	1:5	dSm ⁻¹		cmol·kg ⁻¹				%		mg·kg ⁻¹	
area.1	7.17	3.78	22.16	5.81	6.90	1.51	32.15	0.14	1.86	39.88	281.95
area.2	7.21	2.29	22.61	6.94	6.38	1.52	38.54	0.16	2.24	63.96	288.04
area.3	7.64	2.09	21.94	7.26	5.66	1.36	29.91	0.13	1.74	37.32	357.38
area.4	7.89	2.13	21.42	7.14	6.20	1.53	27.77	0.11	1.61	41.49	318.34

PB-03

Nutrient Use Efficiency of Buckwheat According to Different Type and Rate of Fertilizer in Open Field Cultivation

Stephen Okwang, Jung-Woo Son¹, Taeil Jang, and Jin-Hyeob Kwak

오광스티븐, 손정우¹, 장태일, 곽진협

Jeonbuk National University, Jeonju, 54896, Korea

¹National Academy of Agricultural Science, RDA

전북대학교, ¹국립농업과학원

Open field crops play a significant agricultural role, covering about 85% of Korea's cultivated area. Ensuring efficient fertilizer application is essential to meet food demands, enhance yields, and address environmental issues. However, certain crops are not covered by the nutrient standards set by the Rural Development Administration (RDA), emphasizing the necessity for comprehensive guidance. Additionally, adapting to climate changes and other factors necessitates adjustments. In this study, nutrient uptake efficiency of buckwheat, sweet pumpkin, ginger, and cabbage will be tested. The study will be conducted in the main producer of each crop. In this year, nutrient use efficiency (NUE) of buckwheat is being tested at Gochang-Gun, Jeollabuk-do. A randomized block design was employed to evaluate the NUE of the specified field crops. Each block measuring 35×15 m was divided into ten subplots of 5×5 m, spaced 2 m apart, with one of these subplots designated as the control plot. In each subplot, standardized rates of chemical fertilizer (CF), cattle manure compost (CMC), and organic fertilizer (OF) (at 100%, 150%, and 200%) was applied a week before sowing. Buckwheat was sowed on August 21 using a tractor and sowing machine. For a comprehensive soil study, samples were collected from each subplot at depths of 0-20 cm using an auger. These samples will be then examined for texture, moisture content, total nitrogen (TN), total carbon (TC), pH, cation exchange capacity (CEC), and inorganic nitrogen (NH₄⁺-N and NO₃⁻-N) across various growth stages. Plant height and leaf area index (LAI) were measured in each phenological stage. Plant samples from 30×30 cm areas in each subplot were also collected and will be examined for dry weight, TC, TN for individual components, and post-harvest yield. Subsequently, NUE indices for each crop will be established, involving a comparison of plant-absorbed nitrogen to applied fertilizer nitrogen, while considering losses and soil recovery. The findings of this study have the potential to offer substantial insights into the modification of current fertilizer application methods, as well as guiding the development of fertilizer recommendations for crops that lacked precise guidance.

Keywords: Open field crops, nutrient standards, climate changes, Nitrogen Use Efficiency (NUE)

Correspondence: jh_kwak@jbnu.ac.kr (063-270-2488)

간척지 배수 불량 해결을 위한 경사 및 배수골 배치 방법 모색: 새만금 간척지 사례 중심

Arrangement of Slope and Drain Furrow to Improve Surface Drainage Efficiency in Reclaimed Tidelands

강경민*, 김원진, 김은수, 송은수, 오승준, 오예림, 전승혁, 이광승¹, 남원호², 곽진협
 Gyeongmin-Kang, Wonjin-Kim, Eunsu-Kim, Eunsu-Song, Seungjun-Oh, Yelim-Oh, Seunghyok-Jeon,
 Kwang-Seung Lee¹, Won-Ho Nam², and Jin-Hyeob Kwak
 전북대학교, ¹국립식량과학원, ²한경국립대학교
 Jeonbuk National University, Jeonju, 54896, Korea
¹National Institute of Crop Science, 55365, Korea,
²Hankyong National University, 17579, Korea

우리나라 서남해안에 간척지는 식량 자급률 재고를 위해 최초 벼농사 용도로 간척이 이루어졌다. 현재 쌀 자급률은 100%에 육박하지만 밀, 옥수수, 콩, 보리와 같은 주곡 자급률은 30% 미만이다. 따라서 국내 식량 자급률 제고를 위하여 국내 농경지의 7%를 차지하는 간척지를 다른 작물 재배 용도로 그 활용 목적이 변경되고 있다. 간척지를 벼농사에 활용할 때 관수 및 배수/용탈에 의한 자연스러운 제염이 이루어지고 습해에 대한 고려는 하지 않아도 된다. 하지만 간척지는 조성 입지와 토양 모재 속성이 일반농경지와 달라서 논벼 외 다른 발작물을 기존 방법을 적용하여 재배할 때 염해, 습해, 한발해 등으로 작물 재배에 문제가 발생할 가능성이 크다. 이러한 문제는 토양 특성뿐만 아니라 지하수위와 같은 수문인자간 상호복합 작용으로 발생한다. 대부분의 서남해안 간척지는 하해혼성평탄지의 토양을 메웠기 때문에 지하수위가 높아 지중 배수능이 좋지 않으며, 토성에 따른 지중 배수능이 다르다. 예를 들면, 경기, 전남지역은 세립질(미사질 양토-미사질 식양토), 전북지역은 조립질(세사양토-사양토), 충남지역은 조립질과 세립질 토양이 혼재하여 분포하고 있다. 따라서 토성과 지하수위 등 수문학적 특성을 고려한 배수 문제 해결 방안 모색이 필요하다. 지중 배수가 불량한 우리나라 간척지의 경우 지표 경사를 통한 지표 배수능을 높일 수 있다. 하지만 지표 경사를 위해서는 대규모 토목 공사가 필요하며, 초기 공사 후 경사는 토성에 따른 유지 기간이 다를 것이다. 대표 주곡 작물인 콩 파종 시 고랑과 이랑이 형성되며 고랑을 통한 자연스러운 배수를 기대할 수 있지만, 모래 함량이 높은 간척지의 경우 배수골 유지가 어려우며 배수골이 안정적으로 유지될 방법 모색이 필요하다. 국내 대표 간척지인 영산강, 새만금, 시화/화옹 간척지에서 경사 및 배수골 형성을 통한 지표 배수능 평가가 필요하며, 본 연구에서는 새만금 간척지를 대상으로 연구를 수행하였다. 경사 0°, 3°, 5°에 관행 논콩파종기와 두둑형성기를 이용하여 배수골 형성 및 콩 파종을 실시하였다. 경사 및 배수골 처리에 따른 강우 후 토양 수분 및 염도 이동성과 콩 생육 조사를 수행중이다. 본 연구결과를 바탕으로 새만금 간척지 배수불량 해결을 위한 경사 및 배수골 조합이 설정될 것이며, 이는 농가소득 증대 및 식량자급률 재고에 이바지할 것이다.

주제어: 배수 불량, 간척지, 염해, 습해, 토성

주연기자 연락처: jh_kwak@jbnu.ac.kr (063-270-2488)

PB-05

퇴비종류별 바이오차 혼합처리가 배추 생육에 미치는 영향**Effects of Biochar Mixture Treatment by Compost Type on Chinese cabbage Growth**안동춘*, 제희정, 한은희, 최재혁¹, 서동철²Dongchun An*, Heejeong Je, Eunheui Han, Jaehyeok Choi¹, and Dongcheol Seo²¹경상남도농업기술원, ²경상국립대학교¹Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Jinju 52733, Korea²Division of Applied Life Science Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

바이오차와 퇴비혼합처리가 배추 생육에 미치는 효과를 확인하기 위해 목질계 고온바이오차와 혼합가축분퇴비, 계분, 유박, 그리고 분변토를 각각 혼합 처리하였다. 시험은 봄 재배와 가을 재배로 나누어 실시하였고 투입량은 10a당 바이오차는 400kg, 혼합가축분퇴비는 720kg, 계분은 340kg, 유박은 340kg, 분변토는 1,000kg을 각각 처리하였다. 혼합가축분퇴비는 우분 35%, 계분 25%, 톱밥 25%, 미분 10%, 버섯폐배지 4%, 석회고토 1% 로 구성된 것을 사용하였다. 봄 재배는 4월 21일 정식하여 6월 15일 수확하였으며, 가을 재배는 9월22일 정식하여 12월 13일 수확하였다. 퇴비종류별 전질소함량은 유박이 4.80% 로 가장 높았고, 계분 2.82%, 혼합가축분이 1.64%, 분변토가 1.42% 였다. 전기전도도(EC, dS/m)는 계분이 7.36 으로 가장 높았고, 유박이 6.94, 혼합가축분이 5.44, 분변토가 1.39로 가장 낮았다. 시험전 토양의 pH는 6.8 이었고 시험 후 토양의 pH는 분변토와 무처리구에서 각각 7.2, 7.1 로 시험전보다 높았고, 유박이 6.3 으로 시험전보다 낮아졌다. 퇴비와 바이오차 혼합시비에 따른 배추 수량은 봄과 가을재배 각각 4,569kg/10a, 12.575kg/10a 으로 가을 작기 수량이 현저히 많았고, 퇴비혼합 처리구별 배추 수량은 봄 재배에서는 유박혼합 처리구에서 5,692kg/10a 으로 무처리구 대비 61%, 다른 처리구 대비 30% 이상 증수되었다. 그러나 가을 재배에서는 배추 수량이 모든 퇴비혼합 처리구에서 무처리 대비 28% 증가하였으나 퇴비혼합 처리간에는 수량차이가 없었다.

주제어: 고온바이오차, 혼합가축분퇴비, 계분, 유박, 분변토, 배추**주연구자 연락처:** arosa1011@korea.kr (055-254-1312)

PB-06

강원특별자치도 철원군 파프리카·토마토 관비재배 토양의 화학성분 함량

Chemical Properties of Soils(Fertigation cultivation) in Cultivated Paprika and Tomato in Cheorwon

곽유신, 조태희, 박준영, 전신재, 윤병성*

Yu-Shin Kwak, Tae-Hee Cho, Jun-young Park, Shin jae Jeon, and Byeong Sung Yoon*

강원특별자치도농업기술원 산채연구소 과채류시험장

Gangwon State Agricultural Research & Extension Services, Fruit Vegetable Research Station, Cheorwon, 24054 Korea

강원특별자치도는 파프리카, 토마토 등 여름철 과채류 생산의 최적지로 전국적 비중이 매우 크다. 파프리카 재배면적은 262ha로 전국의 35.9%를 점유하고 있으며, 토마토는 963ha로 14.7%를 차지하고 있다. 그 중 철원군의 파프리카 재배면적은 161ha로 강원도의 61.6%를 차지하여 비중이 절대적으로 높으며, 전국 유일하게 토경재배가 많이 이루어지고 있다. 그러나 토경재배 농가에 대한 토양, 시비관리 특성 등 그 실태는 정확히 파악되고 있지 않은 실정이다. 따라서 관비로 토경 재배하는 파프리카 15농가, 토마토 11농가를 대상으로 일반화학성분을 조사하였다. 그 결과 '23년 파프리카 관비 재배토양의 평균 화학성분 함량은 pH 6.5(5.0~7.5), EC 8.0(1.5~16.2) dS m⁻¹, 유기물 함량 32(7~75) g kg⁻¹, 유효인산 762(157~1,814) mg kg⁻¹, 교환성 K 2.39(0.12~6.7), Ca 12.7(7.1~18.5), Mg 3.5(1.1~7.0) cmol_c kg⁻¹ 이었고, 토마토 관비 재배토양의 평균 화학성분 함량은 pH 6.6(6.1~7.0), EC 4.1(0.4~16.4) dS m⁻¹, 유기물 함량 36(19~49) g kg⁻¹, 유효인산 1,053(347~1,609) mg kg⁻¹, 교환성 K 1.74(0.57~3.24), Ca 9.5(5.4~18.9), Mg 3.1(1.8~6.7) cmol_c kg⁻¹ 이었다. 화학성분 함량의 평균은 pH를 제외하고는 적정범위를 초과하였으며, 또한 농가별 편차가 컸다. 우리나라 소비자들은 농산물의 안전성을 최우선적으로 요구하고 있으며, 안전농산물을 지속적으로 생산하는 친환경 농업은 더욱 중요시되고 있다. 그러므로, 토양검정을 통한 비료 처방으로 비료를 적절하게 사용하는 과학적인 토양관리가 요구된다.

주제어: 파프리카·토마토 관비 재배토양, 토양화학성

주연구자 연락처: 010-3798-6054 (65yoon@korea.kr)

PB-07

랜더링 잔류물을 원료로한 아미노산 액비의 처리방법별 벼 생산성 및 양분흡수량에 미치는 효과

Effects on Rice Growth and Nutrient Uptake Following Application Methods of Amino Acid Liquid Fertilizer Made from Rendered Residues

송시원*, 추성범, 박재혁, 강세원, 조주식

Si-Won Song*, Seong-Bum Chu, Jae-Hyuk Park, Se-Won Kang, and Ju-Sik Cho

순천대학교 농생명과학과 & IT-Bio 융합시스템 전공

Department of Agricultural Life Science & Interdisciplinary Program in IT-Bio Convergence System, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

유기농업에서 액비는 어분, 골분 등의 다양한 유기자원을 활용하여 생산되고 있으며, 부족한 양분을 보충하기 위해 사용되어진다. 랜더링 처리는 가축사체를 처리하는 방법이며, 랜더링 처리시 잔류물이 발생하는데 이는 높은 단백질 함량 및 다량한 무기성분을 포함하기 때문에 비료의 원료로 가치가 높을 것으로 판단된다. 본 연구는 가축사체 처리방법인 랜더링 처리 후 발생하는 잔류물을 활용하여 생산한 아미노산 액비의 처리량, 처리시기 및 처리방법별 벼의 생육 및 양분흡수량에 미치는 효과를 확인하기 위하여 수행되었다. 아미노산 액비는 랜더링 잔류물에 단백질 분해효소를 통해 분해하여 생산하였으며, 아미노산 액비의 T-N, T-P, K₂O 및 아미노산 함량은 각각 0.42, 0.01, 0.16 및 6.36%였다. 처리조건은 액비의 처리량 (500, 1000 및 2000 L 10a⁻¹), 처리시기 (육묘기, 분얼기 및 전생육기간), 처리방법 (엽면 및 관주시비)별로 수행되었으며, 액비는 처리량의 1000배 희석액을 월 2회 처리하였다. 재배실험은 유리온실에서 일정한 온도조건으로 재배하였으며, 와그너포트에서 각각의 처리조건별로 수행되었다. 아미노산 액비 처리량 및 처리시기별 벼의 길이, 분얼수, 등숙률 및 천립중은 각각 87.5 ~ 93.7, 88.0 ~ 93.7 cm plant⁻¹, 4.72 ~ 7.50, 4.72 ~ 7.50 ea plant⁻¹, 83.8 ~ 91.8, 83.8 ~ 92.7% 및 22.5 ~ 23.8, 22.5 ~ 23.9 g의 범위로 조사되었다. 엽면시비에서 벼의 길이, 분얼수, 등숙률 및 천립중은 각각 89.6 cm plant⁻¹, 4.78 ea plant⁻¹, 90.3%, 23.5 g이었으며, 관주시비에서는 각각 87.6 cm plant⁻¹, 5.07 ea plant⁻¹, 91.7%, 23.6 g으로 관주시비에서 분얼수, 등숙률 및 천립중이 엽면시비보다 효과적으로 나타났다. 아미노산 액비 처리량별 T-N, T-P 및 K₂O 흡수량은 39.8 ~ 42.2, 2.42 ~ 3.72 및 104.9 ~ 152.2 kg ha⁻¹으로 아미노산 액비의 처리량이 증가할수록 양분흡수량이 증가하였으며, 처리시기별 T-N, T-P 및 K₂O 흡수량은 38.6 ~ 44.7, 2.75 ~ 3.30 및 115.1 ~ 137.7 kg ha⁻¹으로 육묘기에 처리하는 것이 분얼기에 처리하는 것보다 벼의 양분흡수에 효과적이었다. 엽면 및 관주처리는 각각 무처리구 대비 질소 51.6% 및 72.1%를 더 흡수하는 것으로 조사되었다. 랜더링 잔류물 아미노산 액비는 벼 생산성 및 양분흡수량 증진에 효과가 있으며, 현장적용에 따른 벼 생산성 및 양분흡수량에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

주제어: 벼, 랜더링 잔류물, 아미노산, 양분흡수량, 액비

주연구자 연락처: chojs@snu.ac.kr (061-750-5182)

PB-08

유,무기질 비료와 랜더링 잔류물 기반 아미노산 액비의 혼용이 배추 생육에 미치는 효과

Effects of Combined Application of Organic or Inorganic Fertilizers and Rendered Residue-based Amino Acid Liquid Fertilizer on Cabbage Growth

추성범*, 송시원, 박재혁, 강세원, 조주식

Seong-Bum Chu*, Si-Won Song, Jae-Hyuk Park, Se-Won Kang, and Ju-Sik Cho

순천대학교 농생명과학과 & IT-Bio 융합시스템 전공

Department of Agricultural Life Science & Interdisciplinary Program in IT-Bio Convergence System,
Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

환경보존 및 안전한 먹거리에 대한 관심이 증가하여 유기농업이 활성화되고 있으나 유기농업의 경우 관행 재배보다 작물의 생산성이 비교적 낮은 문제가 있으며, 액비를 통해 재배기간동안 지속적으로 부족한 양분 공급을 통해 보완하고 있는 실정이다. 액비는 주로 가축분퇴비, 유박 및 아미노산 추출액이 사용되고 있으며 아미노산 추출액 액비의 시비는 질산태 질소의 흡수, 아미노산 동화에 관련된 효소 활성을 통한 질소동화 증가 등으로 작물의 생산성을 높게 된다. 본 연구는 유,무기질 비료와 랜더링 잔류물을 원료로 생산한 아미노산 액비의 혼용처리를 통해 작물의 생산량에 미치는 효과를 확인하였다. 랜더링 잔류물은 가축사체를 축중에 상관없이 랜더링 처리 후 발생한 잔류물을 사용하였으며, 아미노산 액비는 랜더링 잔류물과 물을 1:5의 중량비로 혼합한 후 단백질분해효소를 랜더링 잔류물 무게의 20%를 처리하여 50°C 조건에서 4일간 발효하였다. 무기질 비료(IF)와 유기질비료인 퇴비(CP)는 가을배추 표준시비량에 준하여 시비하였으며, 액비는 1000 L 10a⁻¹을 1000배 희석하여 엽면(FLF) 및 관주시비(DLF)로 나누어 처리하였다. 아미노산 액비의 혼용에 따른 배추의 생중량은 1050 ~ 2108 g plant⁻¹ 범위로 아미노산 액비 혼용으로 인하여 생중량이 증가하였으며, 관주시비가 엽면시비보다 더 높은 생중량을 보였다. 배추의 엽폭 및 엽장은 16.0 ~ 22.7 cm 및 25.7 ~ 36.7 cm로 아미노산 액비 혼용처리가 배추의 엽폭 및 엽장 생육에 효과가 있었으며, 아미노산 액비의 엽면시비가 엽장 및 엽폭 등 배추잎의 발달에 효과를 보이는 것으로 확인되었다. 아미노산 액비 처리에 따른 배추의 질소 흡수량은 무처리구 대비 FLF 및 DLF에서 각각 89.4 및 119% 증가하였으며, IF 및 CP 처리구 대비 액비를 처리한 처리구 IF+FLF, IF+DLF, CP+FLF 및 CP+DLF에서 각각 24.2, 83.3, 31.8 및 76.1% 질소 흡수량이 증가하였다. 아미노산 액비의 경우 질소흡수량에서 직접 흡수하도록 엽면시비한 것보다 관주처리를 통한 미생물 및 효소활성을 높이는 것이 질소 흡수량을 증가시키면서 배추의 생산성을 높이는 데 더 효과적인 것으로 판단된다. 랜더링 잔류물 아미노산 액비는 작물의 생산성을 높이며 관행비료를 줄이기 위한 유기자원으로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

주제어: 배추, 랜더링 잔류물, 액비, 무기질비료, 퇴비

주연구자 연락처: chojs@scnu.ac.kr (061-750-5182)

Nutrient Uptake of Corns Under Various Soil Moisture Contents

Hyen Chung Chun*, Sanghun Lee, Hyeok Gong, and Ki Youl Jung

전현정*, 이상훈, 공동혁, 정기열

Crop Production Technology Research Division, NICS, RDA, Miryang 50424, Korea

농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부 생산기술개발과

Climate change affects crop growth and productivity globally. This climatic condition increases heavy rain events and droughts during a crop growing season. This study examined the effects of soil moisture contents on soil nutrient uptakes (nitrogen, phosphate and potassium). A field experiment was conducted with corns under three different soil moisture treatments (drought, normal, waterlogging and no irrigation). Soil moisture contents were set as 20% for drought, 25% for normal, and 30% for waterlogging. The soil moisture contents were adjusted automatically by a sensor and a subsurface irrigation system. The experiment was conducted at the National Institute of Crop Science in Miryang. A field was divided into four sites based on soil moisture contents. Every site had the same amount of chemical fertilizers before sowing. During corn cultivation, normal and waterlogging sites maintained the target soil moisture contents, while drought had greater soil moisture content due to heavy rainfalls. The no irrigation site had an average soil moisture of 26% by rainfalls. After applying chemical fertilizer, soils and corns from all sites were sampled to analyze amounts of nitrogen (N), phosphate (P) and potassium (K) every two weeks. Amounts of N, P, and K in soils did not have significant differences across treatments. Corns from the waterlogging treatment had the greatest absorption of P and K in roots, stalks and leaves. P and K contents were the greatest from stalks from all soil moisture treatments. In the meantime, N showed different distributions in corns. The greatest N absorption was shown in leaves of corns from all soil moisture treatments. Nitrogen absorption was greater values from corns under drought treatment after 50 days after planting. Yields from all treatment showed that the normal treatment had the greatest value compared to other soil moisture treatments. This trend continued to a number of grains from a corn and length of corns. However, weights of 100 seeds were greater from the drought treatment. These results showed that nutrient uptakes were affected by soil moisture contents and these effects resulted in yield differences from corn cultivation.

Keywords: corn, soil moisture, nutrients

Correspondence: hyen2010@korea.kr (055-350-1262)

PB-10

Effect of Varying Slow Release Fertilizer Supply on Kimchi Cabbage Growth and Soil Nutrient Status in Highland, Gangwon, Korea

완효성 비료 차등 공급에 따른 고랭지배추 생육 및 토양 양분 변동

Yang-Min Kim*, Mavis Badu Brempong, Gye-Ryeong Bak, and Jeong-Tae Lee

김양민*, Mavis Badu Brempong, 백계령, 이정태

Highland Agriculture Research Institute, NICS, RDA, Pyeongchang 25342, South Korea

농촌진흥청 국립식량과학원 고령지농업연구소

Kimchi cabbage is important for Korean cuisines; and a year-round supply of it is crucial. Cool temperatures of the highland during summer, makes the place suitable for its production, however, an optimal supply of fertilizer to it is important to ensure minimum environmental pollution. This study explored the effects of varying rates of slow release fertilizer (SRF) supply on the production of marketable yield of kimchi cabbage and soil nutrient status in the Highland Agriculture Research Institute, located in Gangwon Province, Korea. The field was prepared by making furrows and applying fertilizers six days before transplanting 26-day old kimchi cabbage seedlings on June 7, 2023. SRF application levels of x0.5, x1.0 and x2.0 of the standard nitrogen (N) rate of 23.8 kg 10a⁻¹ were used. SRF contained N-P-K and micronutrients; and it was applied one-time before transplanting (thus a one-time labor cost). A negative control of no fertilizer and a positive control with urea were added to the treatments. The urea contained 23.8 kg 10 a⁻¹ of N, which was applied as splits of 8.3 kg 10a⁻¹ N, six days before transplanting kimchi cabbage; 7.75 kg 10a⁻¹ N at 36 days after fertilization (DAF) and 7.75 kg 10a⁻¹ at 51 DAF. The marketable yield (t ha⁻¹) increased as SRF application levels increased. Yield of x0.5 SRF was higher than that of the urea. Soil NO₃-N and NH₄-N concentrations were measured every 20 days after fertilizer application, and they were highest under the x2.0 SRF rate throughout the whole cultivation period. Excluding the no fertilizer control, soil NO₃-N and NH₄-N among fertilized groups were lowest under urea application till 40 DAF and at 60 DAF by the x0.5 SRF rate. Considering the high yield and low labor cost for application of SRF, it has an advantage over conventional urea for kimchi cabbage cultivation in highland. Considering soil NO₃-N and NH₄-N concentrations, the x0.5 SRF rate is recommended for application.

Keywords: Kimchi cabbage, Highland agriculture, Slow release fertilizer, Soil nutrient

Correspondence: yangmink@korea.kr (033-330-1870)

파프리카 양액재배 코이어 대체 케나프 유기배지 투입 효과

Effect of Using Kenaf Organic Substrates as an Alternative to Coconut Coir Substrates for Hydroponics Cultivation of Paprika

배세홍², 이창규^{1*}, 최민경¹, 김진희¹, 홍예지¹, 홍성미¹, 이은미¹, 오훈탁¹, 서경원¹,
Se-Hong Bee², Chang-Kyu Lee^{1*}, Min Kyung Choi¹, Jin-Hee Kim¹, Ye-Ji Hong¹,
Seong-Mi Hong¹, Eun-Mi Lee¹, Hun-Tak Oh¹, and Kyoung Won Seo¹

¹전라북도농업기술원 과채류연구소, ²전라북도농업기술원 농업환경과

¹Fruit Vegetables Research Institute, Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Gunsan, 54062, Korea

²Agricultural Environment Division, Jeollabukdo Agricultural Research and Extension Services, Iksan 54591, Korea

코로나-19 영향으로 국제적 유통에 문제가 발생하여 파프리카 양액재배에 필수적인 코이어 배지의 수입이 어려워 농가들의 피해가 발생하였다. 따라서 코이어배지 수입 부족으로 인한 농가의 피해를 최소화하기 위해 국내 생산이 가능한 케나프를 원료로 대체 배지를 만들어 파프리카 재배 가능성을 평가하고자 본 연구를 수행하였다. 시험장소는 전라북도농업기술원 과채류연구소 포장내에 위치한 비닐하우스였으며, 시험작물은 파프리카였다. 공시 품종은 적색 계열인 마베라로 3월에 파종하였고, 4월에 암면 큐브로 정식하였다. 실험을 위한 처리 배지는 중량비로 ‘케나프+더스트(9:1)’, ‘케나프+더스트(7:3)’, ‘케나프+더스트(5:5)’ 각각 혼합하여 활용하였고, 수입 코이어배지를 대조 배지로 하였다. 그리고 각 배지별로 용적밀도 등 물리성과 파프리카의 재배 시기별 생육 특성을 조사하였다.

정식전 케나프 혼합 시험 배지의 용적밀도는 최저 0.23g/mL에서 최대 0.25g/mL이었고, 착과기에는 모든 처리구에서 0.27g/mL로 정식전부터 착과기까지 비슷한 수준을 나타내었다. 입자밀도는 정식전 케나프+더스트(5:5) 처리구에서 0.50g/cm³, 케나프+더스트(9:1) 처리구에서 0.32g/mL로 더스트의 비율이 높을수록 입자밀도는 높게 나타났고, 착과기도 0.41g/mL에서 0.61g/mL로 더스트의 비율이 높을수록 입자밀도가 높았다. 공극률은 정식전 케나프+더스트(5:5) 처리구에서 50.0%, 케나프+더스트(9:1) 처리구에서 45.0%로 더스트의 비율이 높을수록 높았고, 착과기도 34.1%에서 55.7%로 더스트의 비율이 높을수록 공극률이 높았다. 배지 종류에 따른 생육 특성은 초장은 232.2±10.2cm~239.5±13.2cm이었고, 엽장은 23.4±2.3cm~24.5±2.2cm, 엽폭은 13.8±1.7cm~14.7±1.8cm, 경경은 15.3±1.6mm~15.9±1.4mm, 마디수는 16.8±2.1개~17.5±2.4개로 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 파프리카의 생육적인 부분은 배지별 차이가 없었지만 수입 코이어를 대체한 케나프 혼합 배지 투입에 대한 효과를 평가하기 위해서는 파프리카 수량 특성과 양액의 급액량, 적정 EC 농도도 중요한 요소이기 때문에 이에 대한 추가적인 연구가 요구된다.

주제어: 파프리카, 코이어 배지, 양액재배, 케나프

주연구자 연락처: staryck@korea.kr (063-290-6062)

생분해성 수지를 이용한 코팅비료가 벼 생육에 미치는 영향

Effect of Coating Fertilizer Using Biodegradable Resin on Rice Growth

김해나*, 강민승, 장경만, 김지원, 정인호, 이승하, 조현종, 나홍식, 정우진¹, 명을재², 권오연
Heana Kim*, Minseong Kang, Kyungman Jang, Jiwon Kim, Inho Jung, Seungha Lee,
Hyunjong Cho, Hongsik Na, Woojin Chung¹, Euljai Myung², and Oyeon Kwon
(주)누보, ¹경기대학교, ²청명아그리스(주)농업회사법인
Nousbo Co., Ltd., Suwon 16614, Korea
¹Kyonggi University, Suwon 16227, Korea
²CheongMyung AgriS Inc., Yesan 32425, Korea

국내 난분해성 플라스틱의 무분별한 사용에 따른 환경오염이 심각하게 대두되고 있으며, 이와 더불어 환경오염원 중 하나인 비료의 사용량은 OECD 국가 중 가장 많은 실정이다. 비료 사용량 절감을 위해 완효성 비료 사용이 권장되고 있으며 2020년 출하된 완효성 비료 내의 난분해성 수지의 양은 약 1,103톤 수준으로 사용량이 연간 약 9.87% 증가함에 따라 향후 심각한 환경오염이 예상된다. 이를 해결할 방안으로 생분해성 수지의 활용이 권장되고 있다. 이에 난분해성 수지 코팅비료 제품과 생분해성 수지를 이용한 완효성 코팅비료가 벼 생육에 미치는 영향을 비교·확인하였다. 생분해성 수지로 알려진 PLA, PBS, PBAT, PCL, PHA 중 3가지 수지를 선별하여 일정량의 비율로 제조한 후 입상요소에 코팅하였다. 이에 따라 제조된 생분해성 수지 코팅요소의 수중 질소 용출도를 측정한 결과 30일, 60일 기간 동안 각각 용출 일에 75.7%, 85.1%의 용출 양상을 보이는 것을 확인하였고 코팅 재현성 확인을 위해 추가로 5회의 코팅 및 용출도를 분석한 결과 용출 기간 30일에 83.6%, 60일에 82.6%로 코팅 재현성이 있는 것을 확인하였다. 기존 수도용 완효성 비료의 난분해성 수지 코팅 요소를 100% 생분해성 수지 코팅 요소로 대체한 시제품으로 벼 포트 시험을 수행하여 비효 및 피해를 확인하였다. 비효시험 결과 추천 시비량뿐만 아니라 배양 처리에서도 난분해성 코팅비료 제품처럼 피해가 없었으며, 정식 후 40일 동안 초장과 분얼수를 확인한 결과 난분해성 코팅비료 제품과 생분해성 수지 코팅비료 간의 통계적인 유의성이 없었다. 결과적으로 생분해성 수지 코팅비료는 난분해성 수지 코팅비료 제품과 비교 시 비효/비해에 차이가 없음을 확인하였고, 현 난분해성 수지로 코팅된 비료 제품을 생분해성 수지 코팅 비료로 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

주제어: 생분해성, 코팅비료, 완효성비료, 온실가스, 친환경

주연구자 연락처: hnandhot@nousbo.com (010-8901-5050)

Digital Soil Mapping 기술을 이용한 국내 농경지 토양 내 유기물함량의 공간적 분포 예측

Predicting the Spatial Distribution of Soil Organic Matter Content in Agricultural Land Using Digital Soil Mapping Technique

강윤구¹, 이준영¹, 김준호¹, 손연규², 이창훈³, 오택근^{1*}

Yun-Gu Kang¹, Jun-Yeong Lee¹, Jun-Ho Kim¹, Yeon-Kyu Sonn², Chang-Hoon Lee³, and Taek-Keun Oh^{1*}

¹충남대학교 생물환경화학학과, ²국립농업과학원 토양비료과, ³한국농수산대학교 과수학과

¹Department of Bio-Environment Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Soil & Fertilizer Management Division, National Institute of Agricultural Science, Wanju 55365, Korea

³Department of Fruit Tree, Korea National College of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea

토양 내 유기물함량은 토양의 이화학적 특성과 더불어 작물의 생산량을 결정하는 중요한 요인이며, 양분 관리를 위한 필수 토양 분석지표이다. 국내 농경지 유형별 유기물함량의 목표치는 논과 밭토양이 20 g kg^{-1} 이상이고, 과수원과 시설재배지토양은 25 g kg^{-1} 이상으로 설정되어 있으며, 유기질비료 지원사업 시행('99)을 통해 농경지 토양 내 유기물함량 증진을 위해 노력하고 있다. 하지만, 기존의 유기물함량 분석법(Walkley & Black method, Tyurin method 등)은 장시간의 분석 시간과 노동집약적 과정으로 인해 국내 전체 농경지에 대해 유기물함량 분석을 수행이 어려운 실정이다. 이에 따라, 본 연구는 디지털 토양도(digital soil mapping, DSM) 기술을 이용하여 국내 농경지 토양 내 유기물함량의 공간적 분포를 예측하였으며, 예측 결과를 행정 구역별로 분류하여 국내 행정구역별 농경지 토양의 유기물함량을 비교·평가하였다. 본 연구는 1,894지점에서 토양 조사를 수행한 결과와 25종의 환경요인 변수를 random forest 알고리즘에 대입하여 R 4.3.1 프로그램으로 국내 농경지 토양 내 유기물함량의 공간적 분포 지도를 작성하였다. 이때, 환경요인 변수는 토양특성(8종), 지형특성(8종), 기후특성(7종), 그리고 보조변수(2종)로 구성하였다. 그 결과, 국내 농경지 토양의 평균 유기물함량은 $54.98 \text{ ton OM ha}^{-1}$ 이었으며, 행정구역별 농경지 토양 내 평균 유기물함량은 광주광역시에서 $64.919 \text{ ton OM ha}^{-1}$ 로 가장 높았다. 국내 전체 농경지 토양 중 유기물함량의 최댓값은 $215.135 \text{ ton OM ha}^{-1}$ (제주특별자치도, 밭)로 나타났으며, 최솟값은 $9.064 \text{ ton OM ha}^{-1}$ (충청북도, 논)이었다. 농경지 토양 내 유기물함량의 총량은 전북지역에서 우리나라 농경지 전체 유기물함량의 약 20%를 차지하는 $1.226 \times 10^8 \text{ ton}$ 으로 가장 높게 분석되었다. 또한, 우리나라 농경지 토양의 평균 유기물함량은 1,894지점의 작토층(20 cm)에 대한 용적 밀도 평균값(1.25 g cm^{-3})을 대입하여 단위를 ton OM ha^{-1} 에서 g kg^{-1} 으로 환산하였다. 그 결과, 대전광역시와 인천광역시의 농경지 토양 내 유기물함량은 각각 19.0 g kg^{-1} 과 19.4 g kg^{-1} 으로 20 g kg^{-1} 미만이었으며, 두 지역을 제외한 모든 지역에서는 20 g kg^{-1} 이상으로 나타났다. 행정구역별 평균 유기물함량과 '비료 공적규격설정 및 지정'에 고시된 혼합 유기질비료의 최소 함유량(60%) 기준을 토대로 국내 농경지 토양 내 유기물함량을 3%까지 증진하기 위한 유기질비료 필요량은 평균 유기물함량이 가장 높은 광주광역시에서 약 $16.943 \text{ ton ha}^{-1}$ 로 가장 낮았으며, 국내 행정구역별 평균 유기질비료 필요량은 $33.50 \text{ ton ha}^{-1}$ 로 계산되었다. 본 연구는 통계 프로그램을 이용하여 국내 농경지 토양 내 유기물함량의 공간적 분포를 예측하였으며, 그 결과를 행정구역별로 구분하여 나타내었다. 국내 농경지 토양의 평균 유기물함량은 2.20 g kg^{-1} 이며, 전북지역에서 2.46 g kg^{-1} 으로 가장 높게 조사되었다. 유기물함량 예측 결과를 이용해 국내 농경지 토양 내 유기물함량을 3%로 맞추기 위한 유기질비료 필요량 산정 시, 평균 유기질비료 필요량은 $33.50 \text{ ton ha}^{-1}$ 이었으며, 유기물함량이 가장 낮은 인천광역시에서는 약 $44.115 \text{ ton ha}^{-1}$ 가 필요한 것으로 나타났다. 또한, 본 연구는 유기질비료 지원사업 중 예산 책정 및 필요량 산정 시 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

주제어: 농경지 토양, 디지털 토양도, 유기물함량, 유기질비료 지원사업
주연구자 연락처: ok5382@cnu.ac.kr (042-821-6731)

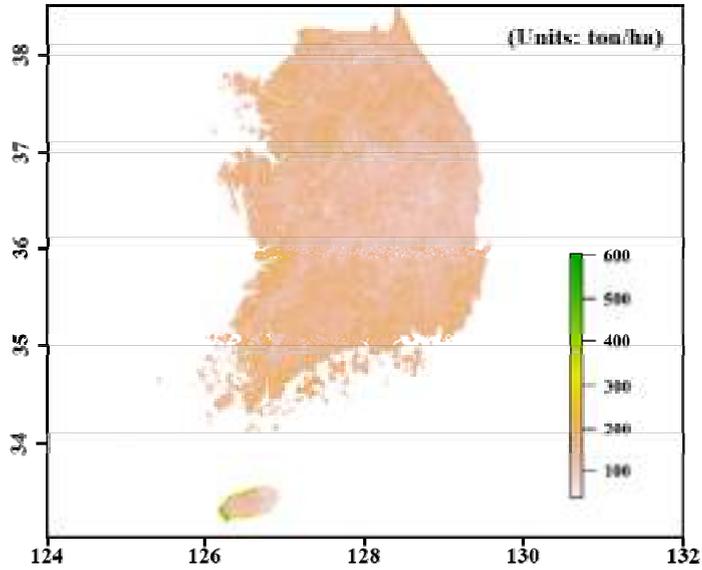


그림 1. 국내 농경지 0-30 cm 층위 토양 내 유기물함량의 공간적 분포

표 1. 국내 농경지 0-30 cm 층위 토양 내 유기물함량 분포 지도의 기술통계량

Descriptive	Minimum	Maximum	Mean	SD	Total
					(ton)
Agricultural soil	9.064	215.135	54.98	14.33	5.04×10^9

SD, Standard deviation.

동·식물성 원료를 활용한 바이오차가 상추 생육과 토양 비옥도에 미치는 영향**Effect of Biochar Utilizing Animal- and Plant-Based Ingredients on Lettuce Growth and Soil Fertility**이준영¹, 강윤구¹, 김준호¹, 윤여옥^{1,2}, 오택근^{1*}Jun-Yeong Lee¹, Yun-Gu Kang¹, Jun-Ho Kim¹, Yeo-Uk Yun^{1,2}, and Taek-Keun Oh^{1*}¹충남대학교 생물환경화학과, ²충청남도 농업기술원¹Department of Bio-Environment Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea²Chungcheongnam-do Agricultural Research and Extension Services, Yesan 32418, Korea

바이오차는 높은 미세공극과 비표면적에 존재하는 여러 작용기로 인하여 토양 내 양분을 고정시키며, 농업 생산성을 향상시키는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 농업 활동에서 배출되는 바이오매스 중 식물 유래인 왕겨와 동물 유래인 계분으로 제조한 바이오차를 토양에 처리하여 상추를 재배하였을 때, 토양의 화학성과 작물의 생산성에 미치는 영향을 평가하였다. 본 연구는 바이오차의 원료와 처리량에 따른 생육과 토양에 미치는 영향을 확인하기 위해 화학비료만 처리한 대조구(control), 왕겨 바이오차를 각각 1%, 3% 처리한 처리구(RB 1%, RB 3%), 계분 바이오차를 각각 1%, 3% 처리한 처리구(CB 1%, CB 3%)로 구분하였다. 연구 결과, CB 3% 처리는 시험 후 토양의 pH를 가장 높게 상승시켰다. 본 연구에 사용한 왕겨 바이오차와 계분 바이오차의 pH는 각각 pH 10.13과 pH 11.55로 계분 바이오차의 높은 pH로 인해 토양 pH가 더 높게 상승한 것으로 판단된다. 토양의 total carbon (TC) 함량은 RB 3% 처리구에서 1.56%로 가장 높았으며, 동일 처리량 대비 계분 바이오차(CB)보다 왕겨 바이오차 처리구(RB)에서 높았다. 토양의 유효 질소(Avail. N)와 유효 인산(Avail. P) 함량은 동일 처리량 대비 왕겨 바이오차 처리구(RB)보다 계분 바이오차 처리구(CB)에서 높게 상승했다. 토양 내 Avail. N 함량의 경우, 계분 바이오차의 높은 total nitrogen (TN) 함량에 기인하였으며, 토양 내 Avail. P 함량은 토양 pH가 산성에서 중성으로 변화함에 따른 토양 내 인 가용성이 증가한 결과로 판단된다. 수확한 상추의 생체중을 조사한 결과, 왕겨 바이오차 처리구보다 계분 바이오차 처리구에서 우수한 생육을 나타내었으며, 특히, CB 3% 처리구에서 228.25 g으로 가장 높았다. 상추의 수분함량은 계분과 왕겨 바이오차 모두 바이오차를 1% 처리한 처리구에 비해 3% 처리한 처리구에서 높게 나타났다. 상추의 엽장, 엽폭, 엽수, 엽록소 함량을 측정된 결과는 CB 3% 처리구에서 가장 높게 나타났다. 수확한 상추 내 양분 함량을 분석한 결과, TC, TN과 total phosphorus (TP) 함량은 CB 3% 처리구에서 높게 나타났다. 특히, 상추의 TP 함량은 control 처리구의 0.21%에 비해 CB 3% 처리구에서 20.67배 상승한 4.34%이며, RB 3% 처리구에 비해서도 1.55배 높았다. 본 연구에서 계분 바이오차의 처리는 토양의 pH와 Avail. N 함량, Avail. P₂O₅ 함량을 왕겨 바이오차에 비해 더 높게 상승시켰으며, 상추의 생육도 더 우수하였다. 바이오차의 처리량에 따른 비교결과, 계분과 왕겨 바이오차 모두 1% 처리구에 비해 3% 처리구에서 토양 양분 함량과 작물 생체중을 증가시켰다. 따라서, 계분 바이오차 3% 처리가 토양의 비옥도와 상추의 생육에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 확인되나, 연용으로 인한 pH 및 EC의 상승과 토양 탄소의 격리 측면에서 추가적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

주제어: 계분, 바이오차, 상추 생육, 왕겨, 토양 화학성**주연구자 연락처:** ok5382@cnu.ac.kr (042-821-6731)

커피 슬러지 바이오차 혼합 유기질비료 처리에 따른 케일 생육과 토양환경에 미치는 영향

Effect of Coffee Sludge Biochar-Based Organic Fertilizer application on Kale Growth and Soil Environment

이준영¹, 강윤구¹, 김준호¹, 윤여욱^{1,2}, 오택근^{1*}Jun-Yeong Lee¹, Yun-Gu Kang¹, Jun-Ho Kim¹, Yeo-Uk Yun^{1,2}, and Taek-Keun Oh^{1*}¹충남대학교 생물환경화학학과, ²충청남도 농업기술원¹Department of Bio-Environment Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea²Chungcheongnam-do Agricultural Research and Extension Services, Yesan 32418, Korea

유기질비료(organic fertilizer)는 토양 유기물 증가, 토양 입단 형성 등 물리적 구조와 비옥도를 향상시키며, 작물의 양분 이용 효율을 높이는 것으로 알려져 있다. 하지만, 유기질비료의 원료 중 아주까리유박은 저렴한 원료로 소비량이 많은 원료이나, 독성이 강한 리신(lysine)을 함유하고 있어 국내에서 안전성에 관한 우려가 지속적으로 제기되고 있다. 바이오차(biochar)는 농업 활동에서 배출되는 바이오매스(biomass) 및 유기 자원을 산소가 제한된 조건에서 열분해하여 얻은 다공성의 친환경 물질로 높은 비표면적과 pH 등의 특성을 통해 토양의 비옥도를 증가시키고, 탄소를 반영구적으로 저장할 수 있다. 본 연구는 커피슬러지 바이오차 혼합 비율을 달리하여 제조한 유기질비료를 토양에 처리하였을 때, 케일 생육과 토양 개량 효과를 평가하였다. 또한, 이를 통해 독성물질을 함유한 아주까리유박 사용을 감축함과 함께 작물과 토양에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 최적의 바이오차 혼합 비율을 제시하고자 하였다. 본 연구는 충남대학교 농업생명과학대학 내 유리온실에서 케일(*Brassica oleracea* L.)을 이용하였다. ‘비료 공정규격설정 및 지정’에서 유기질비료(혼합유박)는 2종 이상의 식물성 원료를 포함해야 하며, 본 연구에서는 아주까리유박과 대두박을 유기질비료 제조에 이용하였다. 처리구는 화학비료만 처리한 대조구(control)을 포함하여 유기질비료 내 커피 슬러지 바이오차를 20% 혼합(CB20), 30% 혼합(CB30), 40% 혼합(CB40) 그리고 50% 혼합된 처리구(CB50)로 구분하였다. 토양 특성분석 결과, 시험 전 토양인 pH 5.72에 비해 CB50 처리구에서 pH 6.14로 가장 높았으며, 이는 상대적으로 pH가 높은 커피 슬러지 바이오차(pH 11.45)의 높은 함량에 의한 것으로 판단된다. 또한, 총 탄소(TC) 함량과 총 질소(TN) 함량도 CB50 처리구에서 가장 높았으며, 앞선 결과와 유사하게 커피 슬러지 바이오차의 높은 TC 및 TN 함량에 기인한 것으로 판단된다. 토양 내 유효 질소(Avail. N) 및 인산(Avail. P) 함량은 CB50 처리구에서 가장 높게 나타났으며, 커피 슬러지 바이오차의 혼합 비율이 높아질수록 함량이 증가하는 경향을 나타내었다. 특히, 토양 내 Avail. P 함량은 커피 슬러지 바이오차의 함량이 높아질수록 토양 pH가 상승하여 인의 가용성을 증진시킨 것으로 판단된다. 수확한 케일의 생육 조사 결과, 바이오차의 혼합 비율이 높을수록 생체중과 엽수가 상승하는 경향을 나타내었다. 케일 내 양분 함량 분석 결과, TC, TN, 그리고 총 인산(TP) 함량은 바이오차의 혼합 비율이 증가함에 따라 상승하는 경향을 나타내었으나, K₂O는 상반된 경향을 보였다. 따라서, 유기질비료 내 커피 슬러지 바이오차의 포함 비율이 증가할수록 토양 pH 상승에 유리하다고 판단되며, 케일의 수확량도 최대 1.42배 높게 증가시킬 수 있을 것으로 기대된다. 하지만, 커피 슬러지 바이오차 포함 유기질비료 처리에 따른 토양과 작물의 K₂O 함량 증진과 관련해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

주제어: 바이오차, 유기질비료, 아주까리 유박, 커피 슬러지, 케일 생육, 토양 화학성

주연구자 연락처: ok5382@cnu.ac.kr (042-821-6731)

PB-16

다양한 토양 조건에서 고추와 브로콜리의 전기적 신호를 활용한 스트레스 평가

Evaluation of Stress of Pepper and Broccoli Using Plant Induced Electrical Signal Under Various Soil Conditions

박진희^{1*}, 김정연¹, 신수경¹, 파우지아 마하나즈¹

Jin Hee Park^{1*}, Jeong Yeon Kim¹, Su Kyeong Sin¹, and Fauzia Mahanaz¹

¹충북대학교 환경생명화학학과

¹Department of Environmental and Biological Chemistry, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

기후 환경이나 토양 환경, 병해충 등 다양한 비생물적 혹은 생물적 스트레스 요인에 의해 작물의 생산성이 저해되는 경우가 많이 발생하고 있다. 작물의 이상 징후를 조기에 판단할 수 있으면 생육 환경의 개선을 통한 스트레스 요인의 완화가 가능하다. 따라서 본 연구는 작물의 스트레스를 조기에 진단하기 위해 작물의 전기적 신호(PIES)를 모니터링하였으며 스트레스를 평가하는 지수를 개발하는 것을 목적으로 하였다. 노지 작물의 스트레스 평가를 위해 토양을 수분부족, 비료부족, 비료과잉의 상태로 처리하였으며 고추와 브로콜리의 전기적 신호를 모니터링하였다. 작물의 전기적 신호는 줄기에 센서를 삽입하여 전기전도도를 1시간 간격으로 측정하여 데이터를 얻었으며 다양한 환경 조건에서 얻어진 PIES 값의 기초통계량 분석을 통해 정상상태의 PIES 값을 산정하였다. 브로콜리와 고추의 스트레스 지수를 산정하기 위해 온습도, 광, CO₂ 모니터링 데이터를 활용해 회귀모델식으로 기후에 따라 예측되는 PIES 값을 구하고 실측 PIES와의 차이로 토양 환경에 따른 브로콜리와 고추의 스트레스 지수를 산정하였다. 산정된 스트레스 지수는 줄기의 양분 함량, 생체중, 초장, 수확량 등과 음의 상관관계를 보였다. 스트레스 지수가 높은 경우 작물의 생육이 좋지 않음을 의미하므로 스트레스 지수를 활용하면 작물의 상태를 비파괴적으로 실시간 진단할 수 있으며 외부 증상이 나타나 품질이 감소하거나 수확량이 감소하기 전에 환경 개선을 통한 스트레스 완화로 경제적 손실을 최소화할 수 있을 것이다.

주제어: 고추, 브로콜리, 스트레스, 토양

주요연구자 연락처: pjinh@chungbuk.ac.kr (043-261-2564)

PB-17

새만금간척지에서 바이오차 종류 및 처리량에 따른 토양 탄소 함량 변화

Changes in Soil Carbon Content according to Biochar Type and Application Amount in Saemangeum Reclaimed Land

이광승*, 강방훈, 이수환¹, 신영태, 오양열, 옥희경, 이학성, 조현숙
Kwangseung Lee*, Banghun Kang, Suhwan Lee¹, Youngtae Shin,
Yangyeol Oh, Heekyoung Ok, Haksung Lee, and Hyeounsuk Cho
농촌진흥청 국립식량과학원 간척지농업연구팀, ¹농촌진흥청 감사담당관실
Reclaimed Land Agriculture Research Team, National Institute of Crop Science, Wanju, 55365
¹Rural Development Administration, Jeonju, 54875

바이오차는 산소가 없는 조건에서 유기물을 열분해하여 만든 고형물로 탄소함량이 높고 비표면적이 큰 특징을 가진다. 또한 분해저항성이 큰 바이오차의 토양 내 탄소격리능은 지구온난화가 가속화되는 상황에서 농업분야의 탄소중립 실현을 위해 중요하게 여겨지고 있다. 새만금간척지는 대규모 필지로 조성되었으며, 높은 모래함량과 낮은 유기물함량, 양분 불균형 등의 문제를 갖고 있다. 하지만 낮은 유기물함량은 탄소격리 잠재능이 크다고 볼 수 있어 농업분야의 탄소격리 적지로 활용될 수 있다. 이와 함께 바이오차의 큰 비표면적에 의한 양분 및 수분 보유능 개선은 척박한 간척지에서 작물 초기생육 및 수량 증대 효과를 기대할 수 있다. 본 연구는 새만금간척지에서 바이오차 종류와 처리량에 따른 토양 내 탄소함량 변화를 조사하고자 수행하였다. 바이오차는 시중에 판매되고 있는 목재와 왕겨, 코코넛을 원료로 고온에서 제조된 3개 제품을 사용하였으며, 처리량은 1, 2, 3 t ha⁻¹ (단, 코코넛은 3 t ha⁻¹), 3반복으로 처리하였다. 바이오차에 의한 작물 생육 반응을 비교하기 위해 모든 처리구에 6-7-3 (N-P-K) kg 10a⁻¹ 수준으로 시비한 후 콩(선유2호)을 파종하였다. 토양 탄소함량 변화를 비교하기 위해 바이오차 처리 전, 개화기, 수확 후(10월 중순 예정)로 구분하여 조사하였다. 처리구의 시험전 토양 탄소함량은 4.79 g kg⁻¹였으며, 개화기는 5.08~7.72 g kg⁻¹으로 처리전 토양 탄소함량에 비해 모두 증가하였으나 처리구에 따른 유의성은 나타나지 않았다. 바이오차 처리에 따른 정확한 토양 탄소함량 변화를 알아보기 위해 작물 수확 후 탄소함량 분석과 3년간 동일 처리에 따른 새만금간척지에서의 바이오차 처리에 따른 토양 탄소함량 변화를 조사할 계획이다.

주제어: 새만금간척지, 바이오차, 토양탄소, 콩

주연기자 연락처: kslee23@korea.kr (063-238-5473)

사사: 본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01727202)의 지원에 의해 이루어진 것임.

소면적 재배 작물 비름의 토양검정에 의한 비료사용처방 기준설정

Estimation of Fertilization Standards based on Soil Testing of *Amarathus mangostanus* L. as a Minor Crop

소호섭*, 주옥정, 정재원, 이정혜, 안희정, 노안성, 이예진¹, 박중수, 김석철

Hoseup Soh*, Okjung Ju, Jaewon Jeong, Jung-Hye Lee, Hee-Jung An,

Ahn-Sung Roh, Yejin Lee¹, Jung-Soo Park, and Seokcheol Kim

경기도농업기술원, ¹국립농업과학원

Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Byeongjeomjunang-ro 283-33, Hwaseong-si,

Gyeonggi-do 18388, Republic of Korea

¹National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Nongsaeangmyeong-ro 166, Iseo-myeon, Wanju-gun,

Jeollabuk-do 55365, Republic of Korea

농업·농촌의 공익적 가치를 증진하기 위한 공익직불제 시행으로 농업인은 화학비료 사용기준을 준수해야 한다. 농업인이 화학비료를 사용기준에 맞게 사용하기 위해서는 토양검정 후 비료사용 처방서에 따라 화학비료를 정량 살포해야 하나 상대적으로 재배면적이 적은 작물은 시비량 기준이 없어 처방서 발급이 어려운 실정이다. 본 연구에서는 아직 비료사용 기준이 설정되지 않은 소면적 작물인 비름의 농가 현장 비료 사용량과 토양 화학성을 조사하였고, 작물의 양분흡수량을 분석하였다. 조사 지역은 경기도내 비름 재배농가가 많은 양평 지역에서 총 30농가를 선정하였다. 비름 재배농가의 평균 비료사용량은 질소-인산-칼리=10.9-5.4-6.3 kg/10a 이었으며, 재배지역 토양의 pH는 매우 낮으나, EC, OM, 유효인산 및 교환성 양이온은 적정범위보다 높았다. 화학비료 시비량과 토양화학성의 상관관계를 분석한 결과 식물체 N흡수량은 토양 유기물 함량, 식물체 P흡수량은 토양 유효인산, 식물체 K흡수량은 토양의 K염기비와 고도로 유의한 상관관을 보여 비름의 비료 표준사용량과 토양검정 비료추천식을 도출하였다. 조사결과를 통해 비름 재배농가는 토양검정에 따른 시비처방으로 적정량의 비료를 사용함으로써 토양 양분의 균형관리와 비료 사용량 감소에 기여할 것으로 판단된다.

주제어: 비름, 토양검정, 비료사용처방

주연구자 연락처: sohhs@gg.go.kr (031-8008-9341)

사사: 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ01557702)의 지원에 의해 수행되었음

Research on Standards for Installing Soil Moisture Content Sensors in Open Field Smart Farms

Beomki Kim*, and Hongkyu Kang

김범기*, 강홍규

Agricultural Technical Center, Hwaseong 18583, Gyeonggi-do, Korea

화성시농업기술센터

Currently, there is no standard to propose this standard, an irrigation response experiment was conducted at each soil moisture sensor location in a grape orchard with loam soil texture. After installing soil moisture content measurement sensors at depths of 10, 20, and 30 cm and distances of 10, 20, and 30 cm from the drip tape, which is an irrigation facility, the analysis of changes in the measured values of the soil moisture content measurement sensors at each location is as follows.

1) Soil water content variance (WCV: Water content variance) 2) Irrigation reaction time (IRT: Irrigation reaction time): Time until the sensor responds after starting irrigation 3) Sensor reaction time (SRT: Sensor reaction time): The time taken from the time the sensor reacts after the start of irrigation to the end of the sensor response after the end of irrigation. 4) Irrigation amount per irrigation reaction time (IRT IA: Irrigation reaction time Irrigation amount) 5) Irrigation amount per sensor reaction time (SRT IA: Sensor reaction time Irrigation amount). Statistical analysis was conducted using Duncan's Multiple Range Test, and the statistical program R was used for analysis.

As a result of soil water content variance (WCV) analysis, when the soil distance from the drip tape was 10 cm, soil water movement was smooth up to a depth of 30 cm, but when the distance was more than 20 cm, the WCV change decreased.

As a result of irrigation reaction time (IRT) analysis, the IRT of the sensor at a depth of 10 cm and a distance of 10 cm responded the fastest at 24.17a minutes, and the IRT increased as the depth and distance increased.

As a result of the sensor reaction time (SRT) analysis, the average sensor reaction time (SRT) of the sensor at a depth of 10 cm and a distance of 10 cm was the shortest at 63.36a minutes. As the sensor depth deepened and the distance increased, SRT showed a similar trend to the IRT analysis results, increasing.

The response of the soil moisture content measurement sensors was mainly 10 cm at a depth of 10 cm, 10 cm at a depth of 20 cm, 20 cm at a depth of 10 cm, 30 cm at a depth of 10 cm, and 20 cm at a depth of 20 cm. There was very little or no change in soil moisture content.

As a result of analyzing the irrigation amount per irrigation response time (IRT) and the irrigation amount per sensor response time (SRT), the IRT IA of the 10 cm sensor (No. 4) at a depth of 20 cm was found to be 4.24 t and the SRT IA was 6.70 t.

The average evapotranspiration during August, when the grape Campbell Early Leaf Area Index is at its maximum, is 2.41 mm per day (Yoon et al., 2009). Therefore, when irrigated every 2 days, 4.82 t of water is required, and when irrigated every 3 days, 7.23 t of water is required.

Consequently, for controlling irrigation in a grape orchard with loamy soil using irrigation response time or sensor response time, it is recommended to install soil moisture content measurement sensors at a depth of 20 cm and a distance of 10 cm to meet the appropriate irrigation time and amount (Table 2).

Keywords: Openfield smart farm, soil moisture sensor, irrigation amount

Correspondence: soilkbk@korea.kr (031-5189-3621, 010-8466-1311)

Table 1. soil water contents measurement analysis(depth)

No.	Site(depth × distance)	^v WCV	^w IRT	^x IRT IA	^y SRT	^z SRT IA
	cm	%	min	ton	min	ton
1	10 × 10	2.58 ab	24.17 abb	1.51	63.36 ab	3.96
2	10 × 20	0.66 bc	142.57 bcb	8.92	130.71 ab	8.17
3	10 × 30	0.49 cb	279.50 dbb	17.48	87.86 ab	5.49
4	20 × 10	1.18 bb	67.73 abb	4.24	107.14 ab	6.70
5	20 × 20	0.40 cb	122.67 bcb	7.67	182.14 ab	11.39
6	20 × 30	0.39 cb	195.45 cbb	12.22	482.14 ab	30.15
7	30 × 10	1.18 bb	68.60 abb	4.29	680.71 bc	42.57
8	30 × 20	2.30 ab	109.27 abc	6.83	1,082.14 cb	67.68
9	30 × 30	0.69 bc	146.23 bcb	9.15	944.29 bc	59.06

^vWCV: Water content variance, ^wIRT: Irrigation reaction time; ^xSRT: Sensor reaction time

^yIRT IA: Irrigation reaction time Irrigation amount

^zSRT IA: Sensor reaction time Irrigation amount

Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 2. Correlation between required daily irrigation amount and soil moisture sensor location

division	1day	2day	3day	4day	5day	6day	7day
Required IA	2.41 t	4.82 t	7.23 t	9.64 t	12.05 t	14.46 t	16.87 t
IRT IA	1.51 t	4.24 t	7.67 t	8.92 t	12.22 t	12.22 t	17.48 t
Site(dep×dis)	10 × 10	20 × 10	20 × 20	10 × 20	20 × 30	20 × 30	10 × 30
WCV(%)	2.58a	1.18b	0.40c	0.66bv	0.39c	0.39c	0.49c
SRT IA	3.96 t	3.96 t	6.70 t	8.17 t	11.39 t	11.39 t	11.39 t
(Site(dep×dis)	10 × 10	10 × 10	20 × 10	10 × 20	20 × 20	20 × 20	20 × 20
WCV(%)	2.58a	2.58a	1.18b	0.66bc	0.40c	0.40c	0.40c



PG 1. soil moisture content measure sensors Installation by depth and distance

농업 부산물의 이화학적 특성 분석 및 농업 부산물 활용 가축분 혼합 퇴비화

Analysis of Physicochemical Properties of Agricultural Residues and Composting of Livestock Manure Using Agricultural Residues

방동규*, 장순웅, 김민규, 심재홍¹, 정우진

Donggyu Bang*, Soonwoong Chang, Mingyu Kim, JaeHong Shim¹, and Woojin Chung

경기대학교, ¹국립농업과학원

Kyonggi University, Suwon 16227

¹National Institute of Agricultural Science, Wanju 55365

농업 부산물의 유기물과 영양분의 재활용 기술은 농업의 지속가능성을 유지하기 위한 주안점으로 평가되고 있다. 현재 농업 부산물은 농경지 환원을 통해 토양 개량 및 작물 양분으로 이용되는 경우도 있으나, 많은 양의 미활용 농업 부산물이 농경지에 폐기·소각하는 형태로 처리되어 농촌의 경관 및 환경오염의 문제가 되고 있다. 농업부산물은 식물성 바이오매스로서 질소 화합물 및 미네랄과 높은 함량의 유기물로 구성되어 있어, 유기탄소와 필수 영양원의 공급원으로써 활용할 수 있다. 그러나 Cellulose의 결정구조, 소수성 Lignin, Lignin-Hemicellulose의 매트릭스 구조로 구성되어 생물학적 분해를 통한 활용에 제한점을 가지고 있다.

이에 본 연구에서는 농업부산물의 유기 영양분 활용 증대를 위한 퇴비화 연구로서 농업잔재물의 이화학적 특성 분석을 통한 퇴비 원료의 적합성 평가와 퇴비 제조 시 가축분 함량에 따른 영향을 분석하였다. 농업잔재물의 이화학적 특성 분석은 참깨대, 콩대, 고춧대를 대상으로 시료 입자크기를 1mm 이하로 규격 분쇄하여 분석하였다. C/N 비 및 NPK(%), 중금속(mg/kg) 분석 결과 부산물 퇴비 공정규격에 적합함을 확인하였다. 유기물 함량 분석 결과 80% 이상(참깨대 88.4%, 콩대 85.02%, 고춧대 83.45%)의 함량을 보였으며, 높은 Hemicellulose, Lignin 함량을 확인 하였다(Hemicellulose;참깨대 36.87%, 콩대 23.20%, 고춧대 35.97%, Lignin; 참깨대 12.85%, 콩대 32.19%, 고춧대 12.25%). Lignocellulosic biomass 활용 퇴비화를 위한 방안으로써 가축분 혼합퇴비 제조 시 적정 가축분 함량의 선정연구를 진행하였다. 가축분 함량은 40%, 60%로 구성하여 30L 수직 원통형 퇴비화 장치를 통해 퇴비화 중 이화학적 특성과 CO₂(ppm), NH₃(ppm), 온도를 분석하였다. 퇴비의 부숙 완료 기준은 CO₂ 2000ppm 이하, NH₃ 미발생을 기준으로 하였다. 가축분 퇴비 60% 퇴비의 C/N 비 변화는 초기 37.22±1.32, 최종 25.05±0.58로 분석되었으며, 최종 퇴비의 유기물 함량은 46.31±0.18, 수분함량은 42.435±0.34로 확인되었다. 가축분 40% 퇴비의 C/N 비 변화는 초기 46.59±1.82, 최종 31.81±1.35로 분석되었으며, 최종 퇴비의 유기물 함량은 61.98±5.32, 수분함량은 27.53±4.66으로 확인되었다. 두 퇴비 모두 퇴비 공정규격에 부합되며, 가축분 혼합 퇴비화를 통한 농업부산물의 유기 영양분 활용은 적합함을 확인하였다. 퇴비 부숙 기간은 56일이 소요되었으며, 가축분 40% 처리구에서는 초기 Mesophilic phase에서 유기물 분해가 적절히 일어나지 않아 안정적인 Thermophilic phase 유지가 되지 않은 것이 관찰되었다. 향후 연구로서 퇴비 부숙 촉진을 위한 물리·화학적, 생물학적 전처리 방법에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다. 본 성과물은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01703902)의 지원에 의해 이루어졌다.

주제어: 농업부산물, Lignocellulosic biomass, 퇴비화

주요연구자 연락처: ahr1emd@kyonggi.ac.kr (010-3036-4376)

PB-21

배추 작물재배 시 바이오차의 연용이 토양화학성에 미치는 영향

Impact of Continuous Biochar Treatment on Soil Chemistry in Cabbage Cultivation

김동민*, 김보민, 홍수영, 서영호, 오석화, 김기선

D.M. Kim*, B.M. Kim, S.Y. Hong, Y.H. Seo, S.H. Oh, and K.S. Kim

강원특별자치도농업기술원

Gangwon State Agricultural Research and Extension Services, 24203, Korea

바이오차는 IPCC(기후변화에 관한 정부간 협의체)에서 탄소를 고정하여 기후변화를 완화할 수 있는 소재로 인정받았다. 하지만 바이오차는 토양 내에서 분해속도가 느려 오랜시간 토양 속에 잔존할 수 있으므로 장기적으로 사용하였을 때 농업환경에 끼칠 수 있는 영향을 분석하는 것이 필요하다.

본 시험은 바이오차(Biochar)의 연용이 배추 재배토양의 화학성에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행하였다. 와그너포트(1/2000a)에 목재펠릿을 원료로 한 바이오차를 0, 100, 200, 400, 800 kg/10a 수준으로 5처리 3반복 처리하였다. 배추의 파종시기는 1차는 2023년 4월 10일, 2차는 2023년 8월 20일으 총 2회 재배하였으며, 바이오차는 재배 전에 각 1회로 연용 처리하였다. 그리고 재배 중에 토양시료를 채취하여 화학성을 분석하였다. 토양 화학성 분석결과, 1차 재배 이후에 2차 재배에서 유의한 차이를 확인할 수 있었다. 2차 재배결과에서 pH는 바이오차의 처리에 따라 무처리구는 pH 6.46이고, 800 kg/10a 처리구는 pH 7.04로 나타났다. 유효인산 또한 증가하는 경향을 보였으며, 치환성 양이온 중 K와 Ca도 800 kg/10a⁻¹ 처리구에서 가장 높은 함량이 나타났다. 배추 생육조사(2차 재배) 결과에서는 구중에서 400 kg/10a 처리구로 가장 높은 중량이 나타났으며(326.5 g/주), 무처리구(271.1g/주) 대비 20% 높은 값이다. 근중에서는 200 kg/10a 처리구에서 14.3 g/주로 가장 높은 중량, 무처리구에서 8.2 g/주로 가장 낮은 중량이 나타났다. 하지만 구중, 근중을 포함한 생육조사 항목 전체에서 통계적으로 유의한 결과가 나타나지 않았다. 추후 반복시험을 통하여 바이오차 연용 처리에 따른 토양 이화학성과의 관계 검토가 필요하다.

주제어: 바이오차, 배추, 토양화학성

주연구자 연락처: kk2021@korea.kr (033-248-6094)

Treatment stage	Biochar Treatment (kg 10a ⁻¹)	pH (1:5)	EC (ds/m)	OM (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. Cations (cmol _c kg ⁻¹)		
						K	Mg	Ca
primary	800	7.17	0.43	21a	528	0.19	1.42	5.8
	400	6.72	0.69	20ab	519	0.15	1.51	5.6
	200	6.62	0.89	19bc	514	0.15	1.55	5.8
	100	6.42	0.94	18c	491	0.14	1.51	5.6
	0	6.62	0.51	17c	523	0.16	1.35	5.3
secondary	800	7.04a	0.57	22a	476a	0.27a	1.54	6.4a
	400	6.73b	0.58	21ab	452b	0.21b	1.52	5.9b
	200	6.64b	0.60	20bc	460b	0.21b	1.47	5.8b
	100	6.44b	0.73	20c	440c	0.17b	1.45	5.5b
	0	6.46b	0.59	18c	455b	0.19b	1.48	5.5b

* DMRT, $p < 0.050$

충북지역 주요 과수작목의 비료사용 변화

Fertilizer Usage Changes of Fruit Tree Crops in Chungbuk Province

박계원*, 서보민, 안현모, 김주형, 신지원

Kyewon Park*, Bomin Seo, Hyeonmo Ahn, Juyoung Kim, and Jiwon Shin

충청북도농업기술원

Chungbuk Agricultural Research and Extension Services, Ochang 28130, Korea

우리나라의 양분수지는 OECD 회원국 중 가장 높은 편이며, 정부의 적극적인 화학비료 시비량 저감 정책으로 화학비료 유래 양분 투입량은 크게 감소하고 있으나 축산분뇨 유래 양분 투입량이 지속적으로 증가하고 있어 양분수지 감소가 기대에 미치지 못하고 있으며, 이에 대한 대책수립이 요구되고 있다. 따라서 농촌진흥청과 농업기술원에서는 주요 작물에 대한 유기질비료 뿐만 아니라 퇴비 사용량을 포함한 비료 사용 전반에 대한 실태 조사를 통한 DB 구축과 함께 주기적인 조사를 통한 사용량의 변동평가를 통해 적정 비료 사용을 유도하는 정책을 수립하기 위한 조사를 시행하고 있다.

본 연구는 4년 주기로 수행되는 과수작목의 비료 사용 현황을 비교 분석하여 2022년 실태 조사 결과 및 2018년과 2022년의 비료사용 실태를 비교한 결과를 제시하고자 하며, 이를 위해 충북지역 주요 과수 작물 100농가(사과 30, 대추 30, 포도 30, 복숭아 10)를 대상으로 무기질비료, 유기질비료 및 퇴비 사용량 뿐만 아니라 미량요소의 사용량에 대한 조사를 추진하였다. 충북지역 과수작목의 주요 재배품종은 사과는 9종으로 그 중 홍로와 부사가 각각 36.8%로 가장 많은 비중을 차지하고 있었고, 대추는 복조 품종만 재배되고 있었으며, 포도는 샤인머스켓 등 8종 주로 재배되고 있었으며 그 중 샤인머스켓과 캠벨얼리가 각각 48.6%와 31.4%로 대부분을 차지하고 있었다. 한편 복숭아는 가장 많은 11종의 품종이 재배되고 있는 가운데 엘바백도 25.0%, 천중도 17.9%, 양홍잠 10.7%, 그레이트·유명·왕도가 각각 7.1% 등 비교적 다양한 품종이 재배되고 있었다. 과수작목의 비료사용 실태(퇴비포함) 조사 결과 사과의 경우 10당 질소-인산-칼리를 17.7-10.4-9.9kg을 사용하였고, 대추는 45.8-33.4-37.4kg, 포도는 42.2-33.1-40.1kg 그리고 복숭아는 21.8-17.1-18.0kg을 평균적으로 사용하는 것으로 조사되었다. 퇴비의 경우 사과, 대추, 포도 및 복숭아의 경우 각각 1,478.5kg/10a, 1,830.8kg/10a, 1,477.3kg 및 789.3kg을 사용하는 것으로 조사되었다. 4년 주기로 반복 조사하는 과수 작목의 10a당 화학비료 사용량 실태를 분석한 결과, 사과 재배농가의 경우 4년 전에 비해 질소, 인산은 각각 3.49kg 및 5.0kg을 더 사용한 반면 칼리는 4.5kg 적게 사용한 것으로 분석되었으며, 대추 재배농가의 경우 질소는 6.7kg 더 많이 사용한 반면 인산과 칼리는 각각 1.8kg, 17.4kg 적게 사용한 것으로 조사되었다. 한편 포도는 질소, 인산, 칼리비료를 각각 18.5kg, 16.2kg 및 13.8kg 더 많이 사용한 반면, 복숭아는 질소, 인산, 칼리를 각각 16.6kg, 7.1kg 및 28.5kg 더 적게 사용한 것으로 분석되었다. 포도의 총비료 사용 증가는 4년전에 비해 샤인머스켓 품종의 도입이 확산된 것이 주요 원인이며, 복숭아의 비료 사용량 감소는 조사농가의 90%에 이르는 높은 GAP 인증때문인 것으로 추정된다.

주제어: 토양검정, 시비처방서, 유기질비료

주연기자 연락처: airavu@korea.kr (043-220-5661)

사사: 본 연구는 `농촌진흥청 공동연구사업(과제번호:PJ01572403)의 지원에 의해 이루어진 것임

Table 1. 충북지역 주요 과수작물 비료사용량(퇴비 제외) 변화 비교 (단위: kg/10a)

과수	2018년 (kg/10a)			2022년 (kg/10a)			증감 (kg/10a)		
	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리
사과	14.3	5.4	14.4	17.7	10.4	9.9	3.4	5.0	-4.5
대추	39.1	35.2	54.8	45.8	33.4	37.4	6.7	-1.8	-17.4
포도	23.7	16.9	26.3	42.2	33.1	40.1	18.5	16.2	13.8
복숭아	38.4	24.2	46.5	21.8	17.1	18.0	-16.6	-7.1	-28.5

PB-23

오디 수확용 뽕나무 재배지의 비료사용량, 토양 화학성과 식물체 무기성분 관계**Relation between Mineral Nutrient Contents of Mulberry and Fertilizer Use and Soil Chemical Properties**

송요성, 이찬욱, 박혜진, 이예진*

Yosung Song, Chanwook Lee, Hyejin Park, and Yejin Lee*

농촌진흥청 국립농업과학원

National Institute of Agricultural Sciences, RDA, 166 Nongsaeungmyeong-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, 55365, Korea

뽕나무는 누에 먹이를 위한 잎 수확을 목적으로 재배했으나, 오디가 농가 소득작물로 각광받으면서 뽕나무 재배 농가의 약 65%에서 오디 수확을 목적으로 재배하고 있다. 뽕나무의 비료사용기준은 뽕잎 수확용으로 설정되어 있고, 오디는 뽕잎 수확용 비료량의 50% 정도 사용하도록 권장하고 있다. 그러나 오디 생산성 유지와 품질 향상을 위해서는 토양 진단을 통해 양분관리를 할 수 있도록 기준을 마련하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 오디 재배면적(22,974ha) 중 약 40%를 차지하는 전라북도의 주요 재배지인 부안에서 39농가를 대상으로 수확기인 5월 중순에 토양, 뽕나무 잎, 오디를 채취하여 비료사용량과 토양 화학성, 식물체 무기성분 관계를 분석하였다. 농가의 평균 비료사용량은 질소-인산-칼리 = 143-70-77 kg ha⁻¹ 으로 뽕나무 잎 수확용 비료사용량 대비 50% 정도를 주고 있었으며, 토양 화학성은 토양유기물, 유효인산은 약 30%에서 적정범위를 초과하였고, 교환성 칼륨, 칼슘, 마그네슘은 50~60%에서 적정범위를 초과하였으나, 토양 pH는 41%에서 적정범위에 미달하였다. 오디의 평균 수확량은 7.3 Mg ha⁻¹ 이었고, 오디의 질소 흡수량은 비료사용량의 약 10% 정도였다. 비료사용량은 오디 수량과 유의한 관계를 보이지 않았으나, 잎의 NPK 성분과 정의 상관관계를 보였다. 토양 화학성 중 토양 유기물, 총질소, 질산태질소, EC는 오디의 질소 함량과 정의 상관관계를 보였으며, 유효인산은 오디의 질소, 인, 칼륨, 마그네슘 함량과 정의 상관관계를 보여 토양의 양분상태가 오디의 양분 흡수에 복합적으로 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 토양 pH와 교환성 칼슘 함량은 잎의 칼슘 함량과 정의 상관관계를 보였으며, $K/\sqrt{Ca+Mg}$ 는 잎의 칼슘함량과 부의 상관관계를 보여 칼륨과 칼슘이 길항관계에 있음을 알 수 있었다. 따라서 토양 양분함량이 잎과 오디의 양분함량에 영향을 미치는 것을 확인했으며, 토양검정으로 잎과 오디의 양분함량을 추정할 수 있을 것으로 판단된다. 앞으로 토양 진단 및 식물체 성분 분석에 따른 양분관리 기준 마련을 위해서는 잎과 오디의 적정 무기성분 기준 설정과 토양 화학성이 오디의 품질에 미치는 영향을 평가할 필요가 있다.

주제어: 뽕나무, 오디, 비료, 토양 화학성, 무기성분**주연구자 연락처:** lecyj418@korea.kr (063-238-2446)

PB-24

1999년부터 2023년까지 전남지역 논토양 화학성 변동특성

Changes in Chemical Properties of Paddy Soil in Jeonnam Province between 1999 and 2023

김현지*, 김성우, 이소연, 광경진, 신길호, 이진우

Hyeonji Kim*, Sungwoo Kim, Soyeon Lee, Kyungjin Kwak, Gilho Shin, and Jinwoo Lee

전라남도농업기술원

Jeollanam-do Agricultural Research & Extension Services, Naju 58228, Korea

일반농경지 토양 화학성 및 중금속 변동평가를 통한 최적의 토양관리 방안 제시를 위해 토지유형(논-시설-밭-과수)에 따라 1999년부터 4년주기로 일반화학성 9종, 중금속 8종에 대한 변동량을 평가하고 있다. 전남은 논토양 280지점을 정점으로 하여 1999년부터 2023년까지 토양화학성을 조사하였다. 토양산도는 '99) 5.7에서 '23) 6.1로 연차간 큰 변동은 없었지만 증가하는 경향을 나타내었다. 이러한 경향은 논토양 토양산도 적정범위(5.5-6.5) 기준 과부족비율 조사결과에도 같은 경향으로 적정범위 대비 과다비율이 '99) 8 → '11) 16 → '23) 22%로 증가하였다. 토양 유기물함량은 '99) 19 g kg⁻¹ 에서 '15) 33 까지 증가하다 '19) 30 으로 낮아진 이후 2023년까지 비슷하게 유지되는 것으로 조사되었다. 토양 유기물 함량이 증가추세에서 감소하는데에는 여러 요인들이 있지만, 최근 벧짚의 조사료 이용이 늘어남에 따라 토양으로 벧짚환원의 감소도 큰 요인 중 하나일 것으로 사료된다. 2017년부터 3년간 벧 유기재배시험(전남농업기술원)에서 벧짚을 조사료로 이용하였을 때 토양 유기물함량과 교환성칼리 함량이 감소했다는 선행연구 결과와 같은 경향을 보였다. 전남지역 논토양의 교환성칼리 평균 함량은 2015년부터 감소되어 2023년까지 변화를 보이지 않고 있지만 논토양 칼리 적정함량(0.2-0.3) 기준 부족비율이 '11) 17 → '15) 23 → '19) 34 → '23) 38%로 지속증가하는 추세를 나타내었다. 교환성 칼슘은 '99) 3.35 → '07) 4.07 → '15) 5.44 → '23) 6.06 cmolc kg⁻¹ 로 연차간 지속적으로 증가하였다. 교환성 마그네슘도 평균값은 지속 증가하는 경향이었지만 2023년 조사에서 조사지점의 60.7%가 마그네슘이 부족한 것으로 조사되었다. 논토양 유효규산 함량은 '99) 61 mg kg⁻¹ → '07) 165 → '15) 206 → '23) 189로 2003년 이후로는 개량목표 수준(157 mg kg⁻¹ 이상) 이상으로 조사되었으나, '19년은 조사지점의 50%, '23년은 조사지점의 44%에서 개량목표수준에 미치지 못하는 것으로 조사되어 지속적인 개량대책이 필요할 것으로 사료된다.

주제어: 전남, 논토양, 토양 화학성, 유기물

주연구자 연락처: hjkim99@korea.kr (061-330-2502)



Fig. 1. 전남지역 논토양 화학성 과부족비율(1999-2023)

2022년 전남지역 논토양과 밭토양 대표필지 지점의 토양화학적 특성 평가

Evaluation Soil Chemical Properties of Representative Paddy and Upland Soil in Jeonnam Province in 2022

김현지*, 김성우, 이소연, 곽경진, 신길호, 이진우

Hyeonji Kim*, Sungwoo Kim, Soyeon Lee, Kyungjin Kwak, Gilho Shin, and Jinwoo Lee

전라남도농업기술원

Jeollanam-do Agricultural Research & Extension Services, Naju 58228, Korea

토양검정에 의한 양분관리방법은 건전한 농산물 생산을 가능하게 하는 과학적인 농경지관리 방법이다. 전국 농경지의 비옥도 평가를 위해 대표지점을 선정하여 매년 5만여점에 대한 토양검정을 실시하고, 이자료를 기본자료로 활용하여 토양개량제공급, 직불제 등 정책추진 근거자료로 활용하고 있다. 전남지역은 매년 8,000점의 대표필지 지점에 대한 토양을 분석하여 DB구축하고 있다. 본 연구는 2022년 전남지역 논토양 4,731점과 밭토양 3,003점에 대한 토양 화학성 특성을 평가하였다. 논토양 pH는 평균 6.0으로 논토양 적정범위(5.5-6.5)에 속하였다. 논토양 조사지점의 62%가 pH 적정범위 이내에 분포하였으며, 과다비율은 20.4%였다. 논토양 유기물은 평균 27 g kg^{-1} 이었으며, 유기물 적정범위(20-30) 이하 비율은 19.4%, 과다비율은 29.5%였다. 논토양 교환성양이온의 평균함량은 적정범위보다 조금 높았으나 과부족비율은 편차를 보였다. 교환성양이온의 적정범위기준 과다비율은 칼륨(60%) > 칼슘(40%) > 마그네슘(32%)이었으며, 특히 마그네슘은 조사지점의 54%에서 적정범위 이하로 조사되었다. 논토양 유효규산은 평균 223 mg kg^{-1} 로 양호하였으나, 조사지점의 41%에서 개량목표수준에 미치지 못하는 것으로 조사되어 지속적인 개량대책이 필요할 것으로 사료된다. 밭토양 pH는 평균 6.3으로 밭토양 적정범위(6.0-7.0)에 속하였고, 과부족비율은 적정 50.2%, 과다 18.1%, 부족 31.7%였다. 밭토양 유기물은 평균 29 g kg^{-1} 이었으며, 유기물 적정범위(20-30) 이하 비율은 24.8%, 과다비율은 39.7%로 지점간의 편차가 큰 것으로 조사되었다. 밭토양 유효인산은 평균 507 mg kg^{-1} 로 양호하였으나 과부족비율은 적정 23.4%, 과다 39.7%, 부족 36.9%로 큰 차이를 보였다. 교환성양이온은 모두 적정범위를 초과하였으며, 모두 과다비율이 높았다. 이러한 양분 불균형 해소를 위해 작물 재배 전 토양검정을 통한 적정시비유도와 지속적인 토양관리가 필요할 것으로 판단된다.

주제어: 전남, 토양검정, 논토양, 밭토양

주연구자 연락처: hjkim99@korea.kr (061-330-2502)

Table 1. 2022년 전남지역 논 대표필지 토양 화학성 평가

구분	pH (1:5)	OM (g kg^{-1})	Av.P ₂ O ₅ (mg kg^{-1})	Ex. Cations (Cmol _c kg ⁻¹)			Av.SiO ₂ (mg kg^{-1})	
				K	Ca	Mg		
평균	6.0	27	127	0.52	6.25	2.01	223	
적정범위 ¹⁾	5.5-6.5	20-30	80-120	0.2-0.3	5.0-6.0	1.5-2.0	157≤	
분포	낮음	17.6	19.4	45.8	17.4	38.6	53.8	41.0
비율	적정	62.0	51.1	19.7	22.6	20.6	14.4	59.0
(%)	높음	20.4	29.5	34.5	60.0	40.8	31.8	

새만금간척지 농생명용지 5공구의 토양 화학적 특성 및 농지 이용 현황

Soil Chemical Properties and Agricultural Land Use Status of Agro bio Area in Saemangeum Reclaimed Land

서보성, 강방훈, 오양열*

Bo-Seong Seo, Bang-Hun Kang, and Yang-Yeol Oh*

농촌진흥청 국립식량과학원

National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

새만금간척지 농생명용지의 총 면적은 9,430 ha이며, 이 중 5공구의 면적은 1,513 ha로 전체 농생명용지의 약 16%에 해당한다. 최근 식량안보가 대두되면서 수입에 의존하는 발작물과 사료작물의 자급률을 높이는 하나의 대안으로 수도작 재배 위주인 기존간척지와 다르게 발작물을 중심으로 대규모 경작이 가능한 새만금간척지에서 발작물 및 사료작물의 자급률을 높이고자 한다. 본 논문에서는 새만금간척지 농생명용지 5공구에서 식량 및 사료작물 재배를 위한 토양 화학성 및 농지 이용 현황 기반 자료를 구축하고자 조사하였다. 토양과 농지 이용 현황 조사는 2023년 4월 새만금간척지 5공구를 대상으로 GPS를 이용하여 격자망을 200m 간격으로 형성하여 총 358지점에서 표토(0-20 cm)와 심토(20-40 cm)를 채취하였다. 토양 화학성은 pH_{1:5}, EC_{1:5}, 유기물, 유효인산, 교환성 양이온 등을 분석하였다. 토양 pH는 7.1로 중성을 나타냈으며, EC는 표토와 심토 모두 평균 0.55 dS m⁻¹로 일반 토양과 비슷한 수준까지 제염이 이루어진 것으로 판단되었다. 토양의 평균 유기물 함량과 유효인산은 각각 5.6 g kg⁻¹, 74.7 mg kg⁻¹으로 발작물 재배 기준(유기물: 20-30 g kg⁻¹, 유효인산: 300-550 mg kg⁻¹)보다 낮은 수준이었다. 교환성 양이온의 함량은 Mg²⁺>Ca²⁺>K⁺>Na⁺ 순으로 나타났으며, 교환성 마그네슘은 평균 2.18 cmol_c kg⁻¹으로 발적정 기준(1.5-2.0 cmol_c kg⁻¹)에 적합하였지만, 교환성 칼슘(1.28 cmol_c kg⁻¹)과 교환성 칼륨(0.34 cmol_c kg⁻¹)은 발토양 적정기준(Ca²⁺: 5.0-6.0, K⁺: 0.5-0.8)보다 낮았다. 농지 이용 현황은 전체 면적 중 약 96%가 조사료(호밀, 청보리, IRG)가 재배되고 있었으며, 일부 저류지 인근 지역에서 양파(2.8%), 연(0.1%), 유채(0.2%) 등이 재배되고 있었다. 농생명용지 내에서 다양한 식량작물을 재배하기 위해서는 조사된 토양 이화학성을 기반으로 유기물 투입, 인산 및 석회질 비료 시비 등을 통한 토양 양분 관리가 필요한 것으로 판단된다.

주제어: 새만금간척지, pH, EC, 유기물, 유효인산, 교환성 양이온

주연구자 연락처: goodnews326@korea.kr (063-238-5319)

Table. Soil chemical properties at Agro bio area in Saemangeum reclaimed land.

	pH _{1:5}	EC _{1:5} (dS m ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Organic matter (g kg ⁻¹)	Exch. Cation (cmol _c kg ⁻¹)			
					Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
Standard range								
Optimal range	5.5-6.5	-	300-550	20-30	5.0-6.0	0.5-0.8	1.5-2.0	-
Mean (Standard Deviation)								
0-20 cm	7.1(1.0)	0.55(2.23)	74.7(114.2)	5.59(3.15)	1.28(0.80)	0.34(0.13)	2.18(0.46)	0.28(0.36)
20-40 cm	8.3(1.0)	0.55(0.97)	33.6(24.4)	1.77(1.30)	1.04(0.84)	0.48(0.10)	2.20(0.44)	0.61(0.55)

분광광도법에 의한 토양 추출액 pH의 측정

A Spectroscopic Determination of pH of Soil Extracts

이상필*, Pros Khok, 박지원¹, 이예훈¹, 한광현
 Sang pil Lee*, Pros Khok, Jee won Park¹, Ye hoon Lee¹, and Gwang Hyun Han
 충북대학교, ¹(주)테크넬
 Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea
¹Technel Co., Ltd, Seoul 01811, Korea

토양 pH는 일반적으로 토양의 수많은 화학적 및 생물학적 작용들에 미치는 영향이 가장 큰 단일인자로 인식된다. 가장 널리 사용되는 pH 측정 방법인 유리막 전극 이외 토양 pH 측정을 위해서는 pH 시험지를 활용하거나 여러 pH 지시약이 혼합된 테스트 키트를 사용하는 방법이 있으나, 이들은 색변화를 육안으로 판별하는 것으로 대략적인 pH를 확인하는 수준 이상의 정밀한 측정은 어렵다. 한편, 토양에 비해 pH 변동 폭이 좁은 해수와 담수의 경우, 단일 지시약을 해수 시료에 소량 첨가 후 분광광도계로 흡광도를 정밀하게 측정하는 것이 가능함이 알려져 있다. 그렇지만, 시험 전에 사용되는 시약을 매우 고순도로 정제하여 필요한 파라미터를 확보해야 할 뿐만 아니라, 시료의 이온강도로부터 활동도계수들을 결정한 후 최종 pH를 계산해야 하는 어려움이 있다. 이에 본 연구는 2종의 pH 지시약에 대해 이론적 계산법이 아닌, 각각 pH와 측정 흡광도 간에 실험적으로 결정된 보정식을 적용함으로써 기존 방법의 한계를 극복하고자 하였으며, 아울러 이론적으로 pH와 흡광도 간에 매우 직선에 가까운 상관관계가 있음을 증명하였다. 한편, 두 지시약을 혼합 처리하였을 때, pH에 상관없이 비교적 흡광도가 일정한 3개의 파장을 선정하는 것이 가능하였고, 이 파장들은 바탕 배경색을 띄는 토양 추출액 등의 시료를 분석할 때 유효하게 이들 배경 흡광도의 간섭을 제거하는 데 활용될 수 있었다. pH 4-8 범위에서 다양한 변이를 보이는 실제 토양 추출액들에 대한 비교를 통해, 본 연구에서 제안된 흡광도 측정법은 표준 유리막 전극법과 매우 잘 일치하는 결과를 보였으며, 이는 포장 혹은 실내에서 표준 유리막 전극을 제대로 관리/사용하기 어려운 조건에서 활용이 기대되는 방법임을 보여준다.

주제어: 토양 pH, 혼합 지시약, 토양 바탕색, 분광법

주요연구자 연락처: hangh@cbnu.ac.kr (043-261-2563)

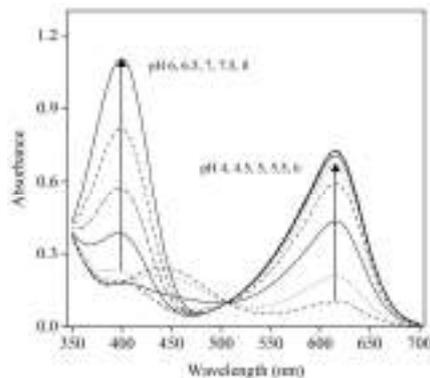


Fig. 1. 두 pH 지시약을 혼합 처리할 경우 표준 버퍼용액의 pH에 따른 흡광도 스펙트럼의 변동

Assessing the Major Ionic Compositions in Soil and Plant Water Extracts from Three Different Farmlands and Crop Species

Khok Pros^{1*}, Sangpil Lee¹, Yehoon Lee², Jee Won Park², and Gwang Hyun Han¹

¹Dept. of Environmental & Biological Chemistry, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

²TECHNEL Co.,Ltd., Seoul Technopark, Seoul 01811, Korea.

Water-extractable ions in soils and plants are major forms of essential nutrients (N, P, K, S, Ca, Mg, and Cl). These ions provide valuable insights into nutrient availability, soil fertility, and plant health. Analyzing these ions is critical for effective nutrient management and sustainable plant growth. The purpose of this study were (i) to investigate the inorganic ion compositions, including cations (potassium, ammonium, calcium, magnesium) and anions (nitrate, orthophosphates, sulfate, and chloride), in water extracts from both soils and plants and (ii) to compare the ion concentrations within and between soils and plants. The field experiments were conducted in 2023 at the Cheongju research station with three crops and six treatments, including tomato (NPK and NPK + Biochar), pepper (NPK), and sunflower (K0%, P0%, and N0%). During the growth period, soil and plant samples were collected four times from the tomato and pepper fields and three times from the sunflower fields. Results showed that concentrations of Ca_2^+ , Mg_2^+ , NO_3^- , SO_4^- , and Cl^- tended to increase in soils and small decreases in plants over the growth period, regardless of farmlands and crop types. NH_4^+ and H_2PO_4^- consistently had the lowest concentrations in both soil and plant extracts. Of all studied ions, K^+ concentrations were considerably low in soils but relatively high in plants, while NO_3^- concentrations displayed the opposite trend. The most predominant ions found in both soil and plant extracts were SO_4^- , and Cl^- . The large differences in ionic compositions in soils and plants can be attributed to fertilizer applications and plant species. The ionic concentrations reported in this study can be useful for guiding nutrient management practices in agriculture to promote sustainability and optimal plant growth.

Keywords: Water-extractable ions, Cations, Anions, Nutrient management

Correspondence: hangh@cbnu.ac.kr (043-261-2563)

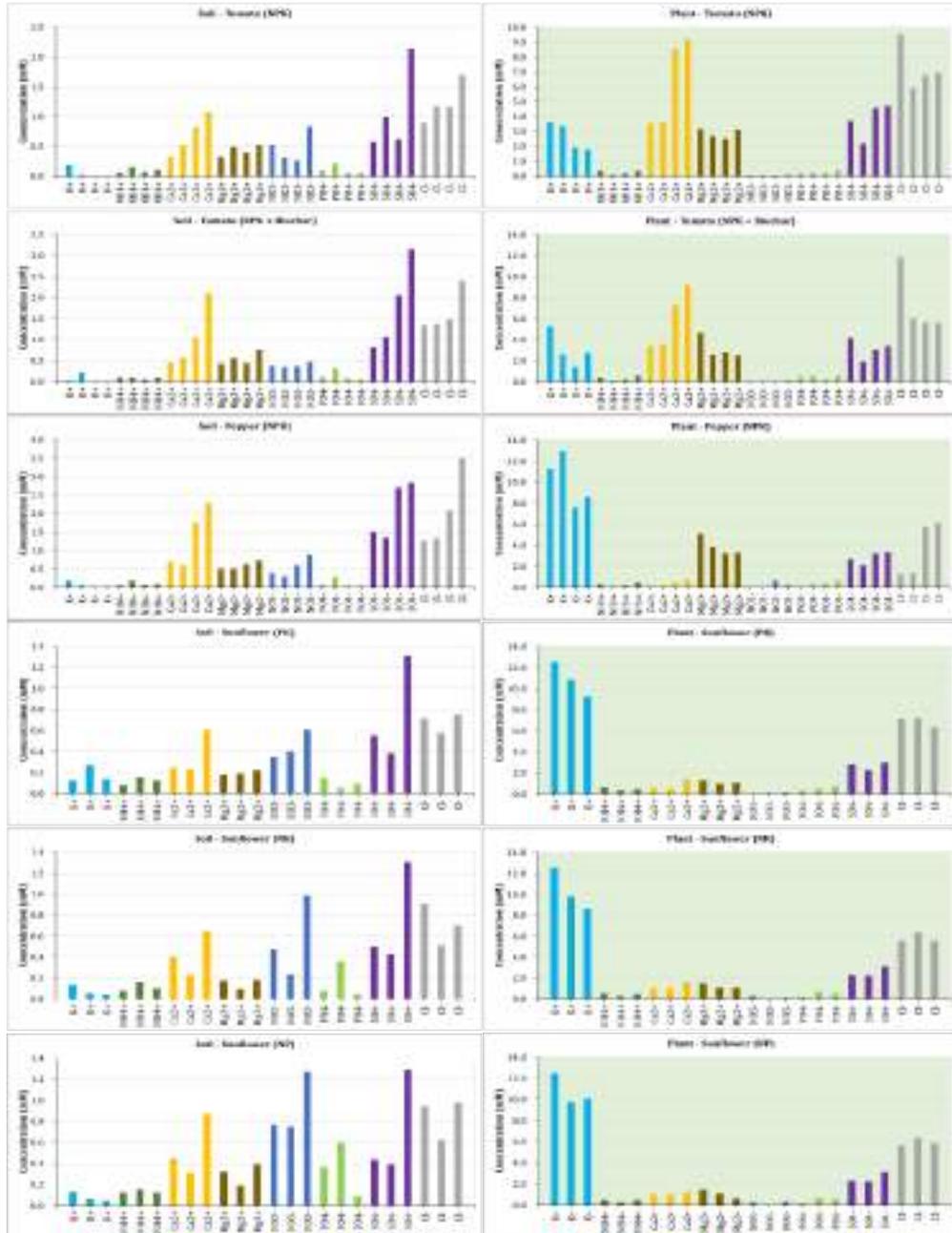


Fig. 1. Differences in soil and plant ionic composition depend on crop types, and fertilization treatments. Soil and plant extracts were obtained from 3 farmlands and 6 treatments: tomato (NPK and NPK + Biochar), pepper (NPK), and sunflower (N0%, P0%, and K0%), respectively. The repeated ion of each bar chart represents different sampling times (n = 3).

시비처방을 위한 남북 토양분석방법 비교

Comparison of Soil Analysis Methods between South- and North-Korea for Fertilizer Prescription

장우석¹, 김규리¹, 박지환¹, 윤정환², 이단비³, 김계훈^{1*}

Woo-Seok Jang¹, Gyu-Ri Kim¹, Ji-Hwan Park¹, Jung-Hwan Yoon², Dan-Bi Lee³, and Kye-Hoon Kim^{1*}

¹서울시립대학교, ²강원대학교, ³국립농업과학원 토양비료과

¹University of Seoul, Seoul, 02504, Korea

²Kangwon National University, Chuncheon, 24341, Korea

³Soil and Fertilizer Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, 55365, Korea

북한은 분단 이후 대한민국과 다른 독자적인 토양분석체계를 설립하고 발전시켜 왔다. 이로 인해 동일한 토양시료를 분석하더라도 추출법, 분해법 등의 차이로 인한 서로 다른 결과를 산출할 가능성이 있다. 이러한 점으로 향후 남북 간의 토양분야에 있어 긴밀한 교류와 협력에 큰 차질을 빚을 수 있다. 본 연구에서는 문헌조사를 통해 북한의 기존 토양분석방법 및 2019년 남북 농업협력 심포지엄에서 북한이 채택한 Mehlich-3 법을 정리하고, 서로 다른 장소에서 채취한 토양시료 31점(농경지 토양 21점, 도시 토양 5점, 산지 토양 5점)에 대해 각각의 분석법에 따라 pH, EC, 유기물, 총질소, 유효인산, 교환성 양이온(K, Mg, Ca, Na) 함량을 분석하여 우리나라의 표준토양분석법과 차이를 비교하고자 하였다. 북한의 기존 토양분석방법은 EC, 유기물, 총질소 분석에서 대한민국 농업과학기술원의 표준토양분석법과 동일한 방식을 채택하고 있었다. 또한, 북한의 토양분석방법(Y)을 대한민국의 표준토양분석법(X)과 비교할 때 pH는 $Y = 0.96X - 0.93$ ($R^2 = 0.866$, $p < 0.01$), 유효인산은 $Y = 0.05X + 2.41$ ($R^2 = 0.730$, $p < 0.01$)로 높은 상관관계를 보였다. 북한의 Mehlich-3법(Z)에 따른 토양분석 결과와 대한민국의 표준토양분석법 간 상관관계는, 각각 유효인산은 $Z = 0.49X + 61.54$ ($R^2 = 0.277$, $p < 0.01$), 교환성 K는 $Z = 1.64X + 6$ ($R^2 = 0.822$, $p < 0.01$), 교환성 Mg는 $Z = 0.73X + 0.02$ ($R^2 = 0.935$, $p < 0.01$), 교환성 Ca는 $Z = 0.78X - 0.06$ ($R^2 = 0.782$, $p < 0.01$), 교환성 Na는 $Z = 1.12X + 0.77$ ($R^2 = 0.648$, $p < 0.01$)를 나타냄으로써 유효인산을 제외한 나머지 항목에서는 높은 상관관계를 나타냈다. 이번 연구 결과는 향후 북한 특정 지역의 토양분석 결과를 확보할 경우 해당 지역의 토양 비옥도를 간접적으로 추정할 수 있는 근거로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

주제어: 토양 화학성, 상관계수, 북방지역

주연기자 연락처: johnkim@uos.ac.kr (02-6490-2689)

사사: 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ014837)의 지원에 의해 이루어진 것임

시설수박 수량에 영향을 미치는 토양환경인자의 기여도 평가

Evaluation of Contribution of Soil Environment Factors Affecting Watermelon Yield Under Plastic Film House

김명숙*, 이은진, 이태구, 정하일, 백선희, 이승규

Myung-sook Kim*, Eun-Jin Lee, Tae-goo Lee, Ha-il Jung, Seon-Hye Baek, and Seung-Gye Lee

농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과

Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development

Administration, Wanju, 55365, Republic of Korea

국가농경지를 효율적으로 관리하기 위해 국가별로 토양질을 선정, 평가하고 있고, 나라마다 농업환경이 다르기 때문에 지표 항목이 다양하다. 국내 시설재배지에서 다수확을 위해 시설재배 농업인들은 1년에 작물을 2~3작기를 재배하고자 비료를 많이 투입하여 양분함량이 많이 축적되고 있다. 이러한 조건하에서 작물별 수량 특성에 영향을 미치는 토양환경요인을 평가하고자 과채류 중 수박재배지를 대상으로 토양의 수용성 양분과 유효양분, 물리적 특성, 생체 수량의 관계를 비교하여 분석하였다. 2023년도 청주지역에 3월부터 6월까지 재배하는 20개소 농가를 대상으로 토양을 채취하여 분석하였고, 생체 수량(열매)은 농협판매량을 조사하였다. 봄작기 수박 수량에 영향을 주는 토양인자의 기여도 평가한 결과, 작토심 71%, 전기전도도 7.1%, 유기물 6.6%, 양이온교환용량 4.2%, 질산이온 3%의 순서로 수량에 영향을 주었다. 작토심 깊이별 양분의 함량을 비교한 결과, 25 cm 작토심에 비해 45 cm로 작토심이 깊어질수록 EC는 49%가 감소하였고, 질산이온, 칼륨이온, 중량수분함량, 교환성 칼슘, 교환성 마그네슘 함량도 감소하는 경향이 있었다. 이에 반해 유효인산과 수용성 인산 함량은 증가하는 경향이었고, 유기물함량은 35cm까지는 증가하는 경향이 있었다. 시설수박의 수량을 향상하기 위해 토양 양·수분을 잘 관리하기 위한 방법으로는 작토심을 35cm 이상 깊게 하고, 유기물 함량을 높이며, 질소함량을 일정한 수준(150-200 mg kg⁻¹)으로 유지하는 것이 중요하리라 판단된다.

주제어: Assessment of contribution, chemical and physical properties, watermelon, plastic film houses soil.

주연구자 연락처: 010-5372-2870 (msk74@korea.kr)

Biochar-induced Changes in Methane Emission, Yield, and Soil Properties of Rice Paddies: A Data Synthesis

바이오차 시용에 따른 논에서의 메탄 방출, 생산량, 그리고 토양 특성 변화: 종합 평가

Pia Husna Israt, Nuri Baek, and Woo-Jung Choi¹

Pia Husna Israt, 백누리, 최우정¹

Department of Rural and Bio-Systems Engineering (BK21), Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

¹AgriBio Institute of Climate Change Management, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

전남대학교 지역·바이오시스템공학과(BK21), ¹전남대학교 기후변화대응농생명연구소

Biochar application is known to improve rice (*Oryza sativa* L.) yield while reducing methane (CH₄) emissions from paddies. However, the quantitative responses of rice yield and CH₄ emission to biochar application might differ with biochar types (feedstock and pyrolysis temperature) and application rates. As rice growth and CH₄ production are affected by soil properties, the effects of biochar application on physical, chemical, and biological properties need to be addressed. Therefore, in this data synthesis study to suggest a better biochar utilization strategy for sustainable rice production, we collected data on CH₄ emission (n=107), rice yield (n=99), and soil physical (n=48), chemical (n=83), and biological (n=17) properties from 40 publications in which biochar types (feedstock and pyrolysis temperature) and application rates differed. In our analysis, biochar feedstocks included rice straw (n=20) and husk (n=5), wheat and barley straw (n=57), and wood (n=9), pyrolysis temperature ranged from 400 to 900 °C, and biochar application rates were between 2 and 48 t ha⁻¹. On average across biochar types and application rates, biochar amendment increased rice yield by up to 11.0%, while decreasing area-scaled and yield-scaled CH₄ emission by 14.2% and 22.2%, respectively. However, such effects of biochar on rice yield and CH₄ mitigation per unit (1 t ha⁻¹) application of biochar diminished with increased biochar application rates, suggesting that biochar-induced changes in rice yield and CH₄ mitigation is not proportional to biochar application rate. The unit changes, which were standardized against biochar application rate, in rice yield and area-scaled and yield-scaled CH₄ emission were 0.9%, -2.5%, and -3.0%, respectively. Among the biochar feedstocks, biochar produced from rice husk achieved the greatest rice yield increment and CH₄ mitigation. Though it has been reported that pyrolysis temperature is critical in biochar performance, our results suggest that 400 °C is high enough for production of biochar to be used for rice paddy. Soil bulk density reduces by 8.1% by the biochar application. Chemical properties including pH, SOC, available K and P, total C, total N, dissolved organic carbon, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N, and CEC increased by biochar amendment, while Eh and available Al decreased. Among those, changes in the pH, SOC, and total N were dependent on the biochar application rate. Biochar application also increased microbial biomass C and N by 8.6% and 17%, respectively. Therefore, our results suggest that biochar application increases rice yield through improved soil environment and decreases CH₄ emission though Eh decreases by biochar application as CH₄ production and emission are not solely affected by soil Eh. Our study indicates that the optimum biochar application rate should be established for economic uses of biochar for enhancement of rice yield and CH₄ mitigation as such positive effects of biochar are not in proportional to biochar application rate. It was also suggested that as the number of data on rice husk biochar is very limited, additional studies with rice husk biochar are necessary to confirm the performance of rice husk biochar because rice husk is a typical biochar feedstock in rice production systems.

Keywords: Biochar application rate, Pyrolysis temperature, Feedstock, Soil properties, Rice paddy

Correspondence: wjchoi@jnu.ac.kr (062-530-2153)

시비와 온도 조건에 따른 논 토양 효소 활성도와 미생물 생체 탄소량 변화

Microbial Biomass Carbon and Soil Enzyme Activities of Rice Paddy as Affected by Different Fertilization and Temperature

백누리*, 박현진¹, 곽진협², 김한용³, 최우정⁴

Nuri Baek*, Hyun-Jin Park¹, Jin-Hyeob Kwak², Han-Yong Kim³, and Woo-Jung Choi⁴

전남대학교 지역·바이오시스템공학과(BK21), ¹농촌진흥청 국립식량과학원 작물재배생리과,

²전북대학교 지역건설공학과, ³전남대학교 응용식물학과, ⁴전남대학교 기후변화대응농생명연구소

Department of Rural & Biosystems Engineering (BK21), Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

¹Crop Production & Physiology Division, National Institute of Crop Science, RDA, Wanju, Jeollabukdo 55365, Korea,

²Department of Rural Construction Engineering, Jeonbuk National University, Jeonju, Jeollabukdo 57896, Korea

³Department of Applied Plant Science, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

⁴AgriBio Institute of Climate Change Management, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

미생물 생체 탄소(Microbial Biomass Carbon, MBC)와 토양 효소 활성은 토양의 생화학적 특성의 주요 지표이다. MBC와 효소 활성은 관행논보다 유기논에서 더 높은 것으로 알려져 있지만, 온난 기후 조건에서 관행논과 유기논의 MBC와 효소 활성 변화에 대한 연구 결과가 부족하다. 따라서, 본 연구에서는 모의온도 상승온실을 활용하여, 대기온도(Ambient temperature, AT) 및 상승온도(Elevated temperature, ET, AT+3.0°C) 조건에서 무처리(No input, NI), 화학비료(Chemical fertilizer, CF) 처리, 유기질비료 및 퇴비(Organic fertilizer and livestock manure compost, OC) 처리구를 두고 벼 재배 실험을 수행하면서 토양 MBC와 효소 활성을 조사하였다. 토양 시료는 중간낙수기와 벼 수확 후에 채취하여 토양 효소는 각각 탄소, 질소, 인 순환과 관련된 β -1,4-Glucosidase(GLU), β -1,4-N-Acetylglucosaminidase(NAG), Acid phosphatase(APP)의 활성도를 분석하였으며, MBC는 클로로포름 혼浊법으로 분석하였다. 또한, 용존유기탄소(Dissolved organic carbon, DOC)도 분석하였다. 벼 생장이 왕성한 중간낙수기에서 GLU 활성은 시비 처리에 상관없이 ET에서 감소하였고 ($P<0.010$), AT 조건에서 $OC>CF>NI$ 순서였지만, ET에서는 차이가 없었는데, 이는 유기물 투입과 시비에 따른 벼 성장 증가에 의한 탄소 기질 증가에 의한 것으로 판단된다. NAG 활성도도 GLU와 유사하게 시비 처리에 상관없이 ET에서 감소하였으며($P<0.001$), 중간낙수기에 온도와 상관없이 $NI>CF>OC$ 의 순서였는데 ($P=0.002$), 이는 부족한 질소를 획득하기 위해 NAG 활성이 증가한 때문으로 판단된다. APP는 중간낙수기에 온도와 상관없이 시비에 따른 차이가 없었다. 한편, 벼 수확 후 토양의 효소 활성은 온도와 상관없이 중간낙수기보다 높았다($P<0.001$). MBC는 중간낙수기에는 AT 조건에서 $OC>CF>NI$ 의 순서로 유기물 투입과 벼 성장 증대 효과를 반영하였지만, ET 조건에서는 이러한 차이가 나타나지 않았다. DOC는 온도와 시비에 따른 변화가 크지 않았고, MBC와 DOC 모두 중간낙수기보다 수확 후 토양에서 감소하였는데, 이는 뿌리 삼출물에 의한 탄소 기질 공급이 감소했기 때문으로 판단된다. 본 연구 결과에 의하면, AT에서는 유기논의 GLU 활성과 MBC가 관행논보다 높았지만, ET에서는 이와 같은 차이가 나타나지 않았다. 반면, NAG 활성은 온도 조건에 상관없이 관행논이 유기논보다 낮고, APP는 온도 조건에 상관없이 시비 처리에 영향을 받지 않았다. 따라서, 유기논과 관행논을 비교하면, 질소와 인 순환보다는 탄소 순환이 온도에 더 민감한 것으로 평가되었다.

주제어: 논, 양분 시비, 온도, 토양 효소 활성, 미생물 생체 탄소

주연구자 연락처: 010-3171-2818 (wjchoi@jnu.ac.kr)

간척지 토양 유기탄소 함량 분석 방법의 불확실성

Uncertainty of the Determination of Organic Carbon Concentration for Reclaimed Tideland Soils in Coastal Area

박서우*, 백누리, 신은서, 서보성¹, 김한용², 최우정³Seo-Woo Park*, Nuri Baek, Eun-Seo Shin, Bo-Seong Seo¹, Han-Yong Kim², and Woo-Jung Choi³전남대학교 지역·바이오시스템공학과(BK21), ¹농촌진흥청 국립식량과학원 간척농업연구팀,²전남대학교 응용식물학과, ³전남대학교 기후변화대응농생명연구소

Department of Rural & Biosystems Engineering (BK21), Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

¹Reclaimed Land Agriculture Research Team, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Korea²Department of Applied Plant Science, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea³AgriBio Institute of Climate Change Management, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

간척지의 토양 유기물 함량은 일반 농지보다 낮아 탄소저장 가능량이 상대적으로 많으며, 이에 대한 정량적 평가가 필요하다. 습식분석법(Walkley Black, WB)은 유기탄소만 정량되지만 원소분석기(Elemental analysis, EA)를 이용한 건식연소법은 무기탄소를 포함한 총탄소를 분석한다. 따라서, 패각과 같은 석회물질에서 유래한 무기탄소의 영향이 큰 간척지 토양의 무기탄소를 고려한 유기탄소 분석 기법을 개발할 필요가 있다. 본 연구에서는 간척지 유기탄소 분석 방법을 정립하기 위해 임의로 선정한 간척지와 일반 농지 토양의 유기탄소 함량을 WB과 EA으로 분석하여 비교·평가하였다. 일반 농지의 경우, WB과 EA은 정의 상관관계를 보였는데, 일반적으로 사용하는 보정계수(Correction factor, CF)=1.3을 적용하였을 때, 회귀식은 $EA=WB \times 0.7549$ 였으나, CF=1.0을 적용하였을 때의 회귀식은 $EA=WB \times 0.9804$ 였다. 따라서, CF=1.0을 적용하였을 때, WB와 EA의 토양 유기탄소 함량이 유사한 것으로 나타나 WB 방법을 이용하여 우리나라 농경지 토양의 유기탄소 함량을 분석할 때 CF를 고려할 필요가 없는 것으로 나타났다. 반면에 간척지는 WB와 EA 유기탄소 함량 간의 상관관계가 없었으며, 이는 WB에서 염소이온(Cl⁻) 같은 환원성 물질의 산화로 인한 간섭으로 추정된다. Cl⁻의 간섭을 확인하기 위하여, Ag₂SO₄를 투입 후 WB로 분석한 결과를 대조하였을 때, Ag₂SO₄를 투입하였을 경우 유기탄소가 전체적으로 감소하여 Cl⁻의 간섭 가능성을 확인하였다. 그러나, WB와 EA 비교 시, 각 토양 유기탄소 함량 간의 상관관계가 낮은 토양의 수용성 Cl⁻ 함량은 0.5 - 2.37 g kg⁻¹ 로 낮은 편이었다. 따라서 간척지는 일반 농지와 달리 여러 가지 환원성 물질이 있을 수 있으며, 이러한 물질들의 간섭이 종합적으로 영향을 미쳤을 것으로 추정된다. 따라서, WB 방법을 이용한 간척지 토양의 유기탄소 함량 분석은 이와 같은 간섭에 의한 불확실성이 높을 것으로 예상된다. 한편, EA 방법은 이와 같은 환원성 물질에 의한 간섭을 배제할 수 있지만, 무기탄소도 동시에 분석될 우려가 있다. 이와 같은 무기탄소의 영향은 토양의 탄소동위원소비($\delta^{13}C$) 분석을 통해 확인할 수 있었는데, 간척지와 일반 농지 토양의 $\delta^{13}C$ 가 각각 -25.7‰과 -26.6‰로 간척지가 상대적으로 높았다. 이와 같이 간척지 토양의 $\delta^{13}C$ 이 높은 것은 패각($\delta^{13}C$: -5 - 0‰)에 유래한 무기탄소의 영향을 반영한다. 따라서, 간척지 토양의 유기탄소 함량 분석 방법은 불확실성이 높으며, 산처리를 통해 무기탄소를 제거하고 EA 방법으로 분석하는 것이 권장된다.

주제어: 유기탄소, 무기탄소, 습식분석법, 건식연소법, 탄소동위원소비

주요연구자 연락처: 010-3171-2818 (wjchoi@jnu.ac.kr)

벼 재배기간 중 토양 직접 배출 메탄 플럭스

Methane Fluxes Directly Emitted from Paddy Soils During Rice Cultivation Period

신은서*, 백누리, 박서우, Pia Husna Israt, 김한용¹, 최우정²

Eun-Seo Shin*, Nuri Baek, Seo-Woo Park, Pia Husna Israt, Han-Yong Kim¹, and Woo-Jung Choi²

전남대학교 지역·바이오시스템공학과(BK21), ¹전남대학교 응용식물학과,

²전남대학교 기후변화대응농생명연구소

Department of Rural & Biosystems Engineering (BK21), Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

¹Department of Applied Plant Science, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

²AgriBio Institute of Climate Change Management, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

논은 온실가스인 메탄(CH₄)의 주요 발생원이다. 메탄은 주로 벼의 통기조직을 통해 방출되는 것으로 알려져 있어 대부분의 연구에서는 벼를 포함한 논 단위 면적당 메탄 플럭스를 측정한다. 따라서, 본 연구에서는 논에서의 메탄 배출 경로에 대한 이해를 확대하기 위해서 벼의 통기조직을 거치지 않고 토양에서 직접 배출되는 메탄 플럭스를 조사하였다. 메탄 플럭스는 양분관리와 온도, 그리고 작물 잔사 환원 등에 의해서 영향을 받기 때문에, 본 연구는 온도모의 상승온실에서 대기온도(Ambient temperature, AT) 및 상승온도(Elevated temperature, ET, AT+3.0°C) 조건을 주처리구로 두고, 시비 관리와 볏짚 투입 유무를 세처리구로 두어 벼를 재배하였다. 시비 관리는 무처리(No input, NI), 화학비료(Chemical fertilizer, CF), 유기질비료 및 퇴비(Organic fertilizer and livestock manure compost, OC) 처리구를 두어 달리하였다. 벼 재배 시기별(중간낙수 전, 중간낙수 기간, 중간낙수 후)로 아크릴 챔버를 토양에 설치하여 메탄을 포집하여 분석하였다. 토양 직접 배출 메탄 플럭스는 온도, 시비 처리, 볏짚 투입 여부에 의해서 영향을 받지 않았는데, 이는 온도, 시비, 그리고 볏짚 투입 여부에 의해 토양에서 메탄 생성량이 달라지더라도 대부분의 메탄이 벼의 통기적으로 배출되어 토양에서 직접 배출되는 메탄 플럭스에는 반영되지 않기 때문으로 판단된다. 하지만, 토양에서 직접 배출되는 메탄의 평균 플럭스는 0.37 mg CH₄ m⁻² hr⁻¹였는데, 이는 벼를 포함한 평균 메탄 플럭스(2.06 mg CH₄ m⁻² hr⁻¹)의 18%에 해당하여 토양에서 직접 배출되는 메탄도 고려해야 하는 것으로 나타났다. 한편, 벼 재배 시기별로는 차이가 있었는데(*P*<0.05), 볏짚 무투입구에서 중간낙수 기간 중의 메탄 플럭스는 중간낙수 전후 메탄 플럭스의 10% 수준이었고, 볏짚 투입구에서는 35%로 다소 높았다. 따라서, 중간낙수에 의해서 벼 통기조직을 통해 방출되는 메탄과 토양에서 직접 배출되는 메탄 모두 감소하는 것을 확인하였다.

주제어: 논, 메탄, 시비 처리, 온도, 볏짚, 중간낙수

주연구자 연락처: 010-3171-2818 (wjchoi@jnu.ac.kr)

PB-35

Calculation of the amount of Livestock Manure Produced in the Namwon Area that can be input to Agricultural Land

Hyojin Kim^{1*}, Mijung Um, Nayoung Park, Yongjun Kim, Younghwan Jang, Sunkang Yoon, and Juhee Kim

김효진^{1*}, 엄미정, 박나영, 김용준, 장영환, 윤순강, 김주희

¹Agricultural Environment Division, Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan, 54591, Korea

¹전라북도농업기술원 연구개발국 농업환경과

The Ministry of Environment introduced a local nutrient management system (2021) to prepare an appropriate treatment plan to reduce agricultural environmental pollution due to the increase in livestock excretion. Therefore, this study was conducted to diagnose nutrient input and output to maintain nutrient balance in areas with excessive nutrient supply and receiving areas. The method used was to investigate the amount of livestock manure generated and crop cultivation area using statistical data. In addition, we visited livestock manure production companies and collected data on annual production and sales volume. The fertilizer content of the compost produced by the company was analyzed, and the amount of compost that could be used as a fertilizer replacement was calculated based on the standard fertilizer amount for each crop. As a result, it was confirmed that the amount of manure generated from livestock raising in the Namwon area was 1,096,460 tons, and the agricultural area was 14,565 ha (Paddies 10,514, Fields 4,051). Livestock species such as pig manure, beef manure, and chicken manure all accounted for a high proportion. The mixing ratio of raw materials for livestock manure was different for each producer because the preferred mixing conditions were different for each region. As a result of the analysis of the ingredients of livestock manure compost by producer, it all met the process specifications, and the average content of inorganic fertilizer ingredients was nitrogen 2.1%, phosphoric acid 2.0% and potassium 2.7%. There were 24 types of crops over 10 ha in the Namwon area, and the amount of compost that can replace fertilizer was 61,896 tons of nitrogen, 33,739 tons of phosphoric acid, and 33,869 tons of potassium based on the standard application rate. The recommended amount of livestock manure compost to replace chemical fertilizers (Test application amount) based on analysis values such as representative lots and certifications registered for ‘Soil and Environmental Information System of Korea’ was 85,215 tons (Fertilizer replacement requirement + Organic matter input amount) that could be applied to farmland. Through this study, it is thought that it will be possible to use it as data for constructing a model of natural recycling agriculture considering the nutrient requirements of each region.

Keywords: livestock manure, Nutrient requirement, Standard amount of fertilizer, Test amount of fertilizer

Correspondence: hyojin1018@korea.kr (063-290-6192)

일사 비례 양액공급에 따른 파프리카 줄기 수액의 PIES와 생육비교

Comparison of Stem Sap PIES and Paprika(*Capsicum annuum*, L) Growth according to Solar Radiation Proportional Nutrient Supply

이평호*, 이인복, 정승탁, 김현빈

Pyoung Ho Yi*, Inbok Lee, Seung Tak Jeong, and Hyun Bin Kim

국립원예특작과학원 원예특작환경과

Horticultural & Herbal Crop Environment Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science,

RDA, Wanju 55365, Korea

시설재배 채소작물에서 생산성을 높이기 위해서는 물과 양분 공급이 적절하게 관리되어야 한다. 양·수분 공급이 잘 이루어지기 위해서는 공급한 양·수분을 대상 작물이 잘 흡수하고 있는지 파악하는 것이 중요하다. 최근 과채류에서 비파괴적으로 줄기수액의 EC를 센서를 활용하여 측정하여 양·수분 흡수상태를 모니터링할 수 있는 기술이 개발되었다. 본 연구에서는 파프리카 시설재배 시 양액공급 방법에 따른 양·수분 흡수상태와 파프리카 생육과의 관계를 파악하기 위하여 수액 PIES 센서를 활용 모니터링 및 측정값을 비교하였다. 또한 동일한 양액공급 조건에서 파프리카 품종에 따른 줄기 수액 PIES 센서 측정값 차이와 생육에 미치는 영향도 비교하였다.

일사비례 제어수준과 재배품종에 따른 처리구는 150kJ-시로코, 50kJ-시로코, 50kJ-볼란테로 구성하였다. 정식후 30일 이후 줄기에 PIES 센서를 설치하였고 처리당 8개체에 대하여 모니터링 하였다. 1주 간격으로 초장, 경경 등의 생육상태를 조사하였다. 줄기수액의 PIES 측정값은 50kJ-시로코 > 50kJ-볼란테 > 150kJ-시로코 순으로 높았다. 정식 후 75일 경과 시점에서 경경은 50kJ-시로코(17.8mm) > 50kJ-볼란테(15.8) > 150kJ-시로코(15.2) 순이었고 초장은 50kJ-볼란테(182.0cm) > 50kJ-시로코(169.9) > 150kJ-시로코(154.6) 순으로 조사되었다. 양액급액이 간격이 짧은 처리에서 PIES 측정값이 높았고 작물 생육도 좋은 것으로 나타났다. 같은 양액조건에서 시로코는 경경 증가가 상대적으로 컸고 볼란테는 초장 증가 정도가 크게 나타났다.

주제어: 파프리카, PIES, 수액EC

주연구자 연락처: leeph@korea.kr (063-238-6341)

벼논에서 완전 물 떼기 시기 조절을 통한 중간 낙수 대체 가능성 평가: DNDC model 분석

Evaluating the Potential of Alternatives to Mid-season Drainage by Controlling the Duration of Drainage in Rice Paddy : DNDC Model Analysis

이치현^{1*}, 김필주^{1,2}Chi Heon Lee^{1*}, and Pil Joo Kim^{1,2}¹응용생명과학부, 경상국립대학교(BK21 Four), ²농업생명과학연구원, 경상국립대학교¹Division of Applied Life Science (BK21 Four), Gyeongsang National University, Republic of Korea²Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Republic of Korea

전 세계 인위적 메탄 배출량의 약 10%가 벼논에서 배출되고 있어 집중적인 감축 노력이 필요하다. 벼 재배 기간 중 배출되는 메탄을 줄이기 위한 방법 중 중간 낙수나 간단 관개가 가장 폭넓게 사용되고 있다. 중간 낙수는 이삭 패기 전 40일과 30일 사이에 시기를 추천한다. 하지만 우리나라의 경우, 이 시기는 장마 기간과 겹쳐 메탄 감축 효과가 일정하지 않은 문제가 발생할 수 있다. 따라서 물 관리에 세심한 주의와 관심이 필요하여 노동력 부담이 발생한다. 본 연구에서는 DeNitrification-DeComposition(DNDC)를 이용하여 최종 완전 물 떼기 시기 조절에 따른 메탄 배출 저감 가능성을 예측하였다. 본 연구에서는 2010~2019년의 기상 특성이 적용되었으며 사양토를 기준으로 벼 표준시비 처리((N-P₂O₅-K₂O=90-45-57kg ha⁻¹) 조건에서 평가하였다. 비교 처리 구로써 상시 담수(관행 농법)와 중간 낙수 기간(벼 이앙 후 30~51일까지), 처리 구로써 완전 물 떼기 시기(벼 수확 전 30~65일까지)을 조절하여 분석하였다. 현재 기존의 중간 낙수 처리(1, 2, 3주 차)에서 상시 담수 대비 메탄 배출량을 각각 14., 11, 10% 저감하였다. 하지만 중간 낙수 없이 완전 물 떼기 기간을 연장함에 따라 메탄 배출량이 지속적으로 저감되는 경향을 보였다. 완전 물 떼기의 경우 수확 전 58일간 수행하였을 때, 중간 낙수 1주 차와 14~15%로 비슷한 저감률을 보였지만 수확 전 65일간 수행하였을 때, 중간 낙수 1주 차보다 5%의 높은 20%의 저감률로 효과적이었다. 따라서 우리나라 기상 조건을 감안하여 완전 물 떼기 시기를 수확 전 65일부터로 조절할 경우, 중간 낙수 1주 차보다 높은 수준의 메탄 저감률을 얻을 수 있는 것으로 분석되었다. 하지만 이번 연구에서의 DNDC의 예측 결과는 실측값과 비교하였을 때, 메탄 배출량이 낮게 예측된다는 점이 있다. 이러한 점을 보완하기 위해 지속적인 모니터링을 통한 보정이 필요하며 예측값과 실측값의 경향이 일치하는지 확인하기 위해 추후 필드 실험이 필요하다.

주제어: 물 관리, 메탄, DeNitrification-DeComposition(DNDC)

주연기자 연락처: pjkim@gnu.ac.kr (055-772-1966)

PB-38

논토양에서 풋거름작물이 리그닌과 셀룰로스의 분해에 미치는 영향

Effect of Green Manure on Decomposition of Lignin and Cellulose in Paddy Soil

김소희, 이상민, 이초롱*

So-Hui Kim, Sangmin Lee, and Cho-Rong Lee*

국립농업과학원 농업환경부 유기농업과

National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanhu 55365, Korea

토양에 투입한 볏짚이 작물에 이용되기 위해서는 미생물에 의한 분해 과정이 필요하나, 셀룰로스나 리그닌과 같은 난분해성 탄소는 미생물이 이용하기 어려운 것으로 알려져있다. 풋거름작물은 토양의 미생물 활성과 밀도를 증가시켜 토양 탄소순환을 촉진할 수 있다. 이에 본 연구는 볏짚을 투여한 논 토양에서 풋거름작물의 투입이 토양의 미생물 활성 촉진을 통해 리그닌과 셀룰로스 분해를 촉진할 수 있는지 알아보고자 하였다. 시험장소는 충청남도농업기술원의 시험포장이며, 처리구는 볏짚 단독 (CN), 볏짚+화학비료 (NPK), 볏짚+풋거름작물 (GM)으로 각각을 5년 이상 연용한 상태였다. 풋거름작물은 호밀과 헤어리베치를 혼파하였다. 토양의 생물학적 특성을 분석한 결과, 토양 내 SR (Soil respiration rate)은 GM이 NPK보다 2배 이상 높았으며, 셀룰로스를 분해하는 효소 중 하나인 BG (b-glucosidase activity)은 GM에서 다른 처리구보다 73-82% 높았다. 또한, MBC (Microbial biomass C)도 GM이 CN과 NPK보다 21-143% 높게 나타났다. 리그닌과 셀룰로스를 분해하는 유전자를 가진 미생물 군집 (Proteobacteria, Actinomycetota, Bacillota, Bacteroidota)은 모든 처리구에 나타났으며 GM에서 73.5%으로 가장 많은 것으로 나타났다. 토양 내 리그닌 함량은 GM이 0.89 g/kg으로 가장 낮았으나, 셀룰로스는 GM에서 12.4 g/kg으로 가장 높았다. 또한, 총 탄소 함량은 GM이 1.2%으로 CN과 NPK보다 15-51% 증가하였다. 이러한 결과를 통해 풋거름작물과 볏짚 혼용 처리가 볏짚 단독 투입이나 화학비료보다 리그닌과 셀룰로스 분해에 관여하는 미생물 군집의 밀도와 효소 활성을 높여 풋거름작물이 리그닌과 셀룰로스 분해 증가에 기여할 수 있음을 확인하였다.

주제어: Beta-glucosidase activity, Carbon cycle, Microbial community, Rice straw.

주연구자 연락처: echron@korea.kr (063-238-2574)

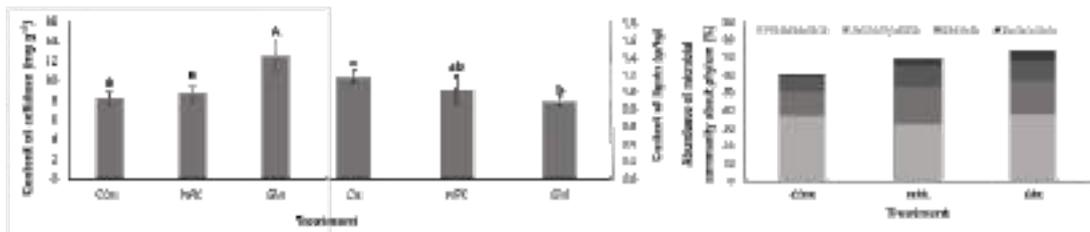


Fig 1. Cellulose and Lignin contents (left) and abundance of microbial community (right) of soil in treatments ; CN (rice straw), NPK (NPK+rice straw), GM (green manure+rice straw). Vertical bars represent standard deviations (n=3) and different letter in the cellulose and lignin indicates significantly different at the 5% level by DMRT.

유기 및 관행농업 재배지 온실가스 배출량 및 탄소 저장량 비교

Comparison of Greenhouse Gas Emission and Carbon Sequestration in Organic and Conventional Farming Systems

이상민*, 황현영, 이초롱, 홍선옥, 강다인, 엄채윤, 김유진, 김소희

Sangmin Lee*, Hyunyoung Hwang, Chorong Lee, Seonok Hong, Dain Kang,

Chaeyun Eom, Youjin Kim, and Sohui Kim

농촌진흥청 국립농업과학원 유기농업과

Organic Agriculture Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju, Korea

2050 농식품 탄소중립 추진전략에 따르면 농업부문에서는 친환경농업 실천 면적을 전체 경지면적에 30%까지 확대할 목표를 정하고 있다. 이에 관행농업과 친환경농업 실천에 따른 탄소저감 효과를 비교 평가하여 친환경농업 확산정책 추진을 위한 기초자료로 활용하고자 본 연구를 수행하였다. 연구 대상지의 재배 유형은 논, 양파재배 후 벼를 재배한 답전윤환지, 배를 재배한 과수 재배지로 하였다. 온실가스는 간이폐쇄 정태법으로 주 1회, 오전에 30분간 포집하여 메탄, 아산화질소, 이산화탄소를 측정하였다. 또한 토양탄소 저장량 및 질적 기능을 평가하기 위하여 토양 중 총 탄소함량과, 이분해성 및 난분해성 탄소함량을 분석하였다. 논은 관행에 비해 유기 재배지에서 아산화질소 배출량은 48% 적었지만 메탄 발생량은 41% 높아 총 온난화지수는 30% 정도 높았다. 또한 논에서는 총 온난화지수에서 메탄의 기여도가 76~96%로 매우 높았다. 답전윤환 논은 일반 논에 비해 온실가스 배출량이 크게 낮았는데 이는 재배기간이 28일 적었고, 알계대기와 중간낙수 등 물관리로 인하여 메탄 발생량이 낮았던 것으로 판단된다. 온난화지수는 관행 대비 유기 재배지에서 51% 저감되었다. 유기 과수의 경우 아산화질소 배출량이 관행의 약 50%였지만 관행의 메탄 산화량으로 총 온난화지수는 관행 재배지에서 더 낮았다. 이분해성 탄소인 활성탄소와 난분해성 탄소인 부식산의 함량은 모든 재배유형에서 관행농경지에 비해 유기농경지에서 더 높았다. 특히, 과수재배지에서 높았으며 이는 전정가지와 같은 리그닌 함량이 높은 잔재물을 투입하였기 때문에 부식산의 함량이 높은 것으로 판단되었다.

주제어: 온실가스 배출량, 탄소 저장량, 유기재배지

주요연구자 연락처: sangminlee@korea.kr (063-238-2591)

농경지 질소 유출 저감을 위한 질소 모델의 활용

Utilization of Nitrogen Models to Reduce Nitrate Leaching from Crop Land

김민지*, 이찬욱, 박혜진, 이예진

Min ji Kim*, Chan wook Lee, Hye jin Park, and Ye jin Lee

농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과

Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

작물 재배를 위해 사용한 질소질 비료는 강우, 관개를 통해 수계로 이동하거나 암모니아 배출로 이어진다. 농업 현장에서는 질소의 행방이 기상, 토양특성 등 다양한 요인에 따라 달라지기 때문에 질소 유출 관리를 위해서는 모델 활용이 합리적이다. 본 연구에서는 우리나라 농경지 질소 관리에 참고할 수 있는 모델을 탐색하기 위하여 농경지에 질소 모델을 적용한 선진 사례를 질소 침출, 시뮬레이션, 질소 유출 모델 등의 키워드를 위주로 검색해 조사하였다. 주요 선진국에서 질소 관리에 활용하고 있는 모델을 조사한 결과, DRAINMOD-N II, DRAINMOD-DSSAT, RZWQM2, HYDRUS, APSIM이 사용되었다. 미국에서는 DRAINMOD-N II, RZWQM을 이용하여 옥수수-대두 윤작 시 질소 비료 사용에 따른 지하 배수의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도와 질소 손실에 대한 영향을 시뮬레이션하였고, DRAINMOD-DSSAT을 이용하여 질소 비료량과 시비 시기에 따른 질소 유출 결과를 RZWQM과 비교하였다. 세 모델 모두 다양한 질소 관리 관행을 가진 농경지에서 지하 배수의 흐름 및 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도 반응을 예측하기에 유용한 도구임을 확인했으며, $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도에 대한 질소 비율의 장기 반응 변화에서 효율적이다. 이러한 측면에서 RZWQM보다 DRAINMOD-N II, DRAINMOD-DSSAT이 적합하다. 중국에서는 HYDRUS-1D을 이용하여 요소질소 침출의 변화와 영향인자를 분석하기 위해 수치모델을 기반으로 다양한 강우강도를 모사했으며, 강수량과 초기 토양 수분 함량이 높을수록 요소 손실이 증가하는 것으로 나타났다. HYDRUS-1D은 강수량과 N 시비의 균형 사이의 관계성을 나타내며, 질소 침출 가능성을 평가하기 위한 측면에서 이 모델이 적합하였다. APSIM은 주로 식량작물과 사료작물의 수확량을 예측하는 데 활용되며, 기후에 따른 작물 생육에 미치는 영향을 모의할 수 있다. 덴마크는 APSIM을 이용하여 주요 작물의 수확 후 피복작물 재배에 따른 질소 침출량과 다음 작물로의 질소 이동을 정량화하여 피복작물이 질소 유출에 효과적이라는 것을 밝혔다. 이와 같이 선형연구를 통해 질소 모델을 활용하여 잠재적인 농경지 질소 유출을 관리할 수 있을 것으로 생각되며, 앞으로 우리나라 농경지 질소관리에 활용하기 위해 각 모델의 적용 가능성을 평가할 필요가 있다.

주제어: 농경지, 질소유출, 질소 모델

주연기자 연락처: alswl5867@korea.kr (010-2289-5867)

Reactivity of Sepiolite with KOH and H₃PO₄

KOH 및 H₃PO₄와 해포석의 반응성

Dae-Eon Geum*, Jae-deok Seo¹, Joo-Hee Park, and Man Park
금대연*, 서재덕¹, 박주희, 박만

Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

¹Public Health and Environment Institute of Daegu Metropolitan City, Daegu 42183, Korea

경북대학교, ¹대구광역시 보건환경연구원

Sepiolite with fibrous morphology is a representative of interstratified clay minerals. Every structural unit consists of one magnesium octahedral sheet in the middle of two silica sheets. The tetrahedral sheets are converted to the opposite direction by every 6 silica tetrahedral units. This periodic reversal leads to rectangular pores and the presence of silanol groups in the structure. Consequently, sepiolite has a stable microporous structure to be applied for nanocarriers, absorbents, asbestos replacements, nanocomposites, etc. This study aims to intensify understanding of chemical and structural behaviors of sepiolite against both the highly reactive base and acid treatments. In particular, H₃PO₄ and KOH were employed because they could be utilized for plant nutrients.

H₃PO₄-alone treatment resulted in the decomposition of octahedral sheets whereas KOH-alone in tetrahedral sheets. Rapid sequential treatment of KOH and H₃PO₄ led to probably a nanocomposite of KH₂PO₄-Sepiolite. These results suggest that sepiolite could be manipulated for various agricultural applications through the treatments of strong acids and bases.

Keywords: Sepiolite, Channel structure, Fertilizer.

Correspondence: rmaeodjs@knu.ac.kr (053-950-5717)

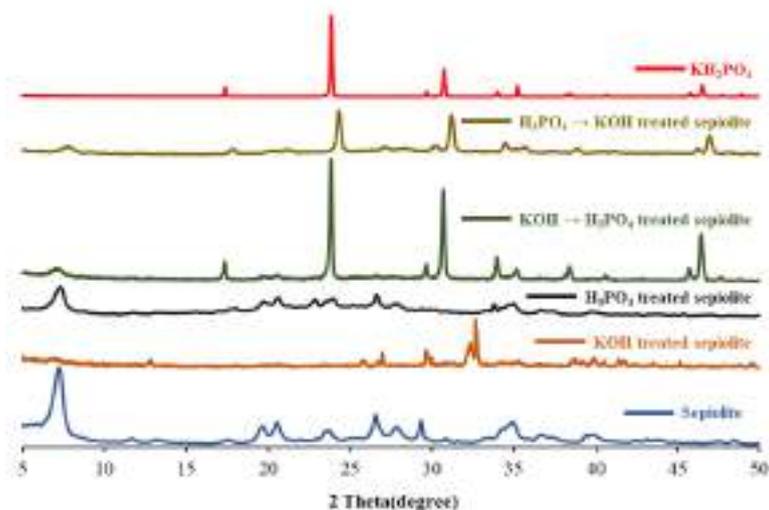


Fig 1. XRD patterns of KOH and H₃PO₄ treated sepiolite

PB-42

토양 pH가 다른 조건에서 왕겨 바이오차 처리에 따른 봄배추 생육 및 토양특성 변화

Effects of Rice Husk Biochar Application on Spring Kimchi Cabbage Growth and Soil Properties under Different Soil pH Conditions

강윤구¹, 이준영¹, 김준호¹, 윤여옥^{1,2}, 오택근^{1*}Yun-Gu Kang¹, Jun-Yeong Lee¹, Jun-Ho Kim¹, and Taek-Keun Oh^{1*}¹충남대학교 생물환경화학학과, ²충청남도 농업기술원¹Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea²Chungcheongnam-do Agricultural Research and Extension Services, Yesan 32418, Korea

농경지 토양에 왕겨 바이오차(biochar) 처리 시, 왕겨 바이오차의 높은 pH를 통해 산성 토양의 pH 개선이 가능한 것으로 알려져 있으나, 중성 혹은 염기성 토양에 처리한 왕겨 바이오차의 pH 개선 효과에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 이에 따라, 본 연구는 pH를 임의로 산성(pH 3.92), 중성(pH 6.59), 염기성(pH 8.31)으로 조정된 토양에 왕겨 바이오차를 처리하였을 때, 봄배추(*Brassica rapa* L. cv. Chunkwang) 생육과 토양 화학성에 미치는 영향을 평가하였다. 봄배추 생육 평가는 충남대학교 농업생명과학대학 내 유리온실에서 2022년 10월 14일부터 11월 25일까지 총 42일간 실시하였으며, 와그너 포트(1 5000 a⁻¹)를 이용하였다. 봄배추 재배시험 전, 0.1 N HCl 수용액(산성 토양)과 0.1 M NaOH 수용액(염기성 토양)을 각각 토양에 처리하여 토양 pH를 pH 3.92와 pH 8.31로 임의조정하였다. 또한, 본 연구에서는 왕겨를 충분히 건조한 후, 600°C로 설정한 전기 회화로에서 30분간 열분해하여 왕겨 바이오차를 제조하였으며, 와그너 포트에 토양 증량 대비 1% (w w⁻¹) 처리하였다. 처리구는 pH별 토양에 왕겨 바이오차 처리 유무로 구분하였으며, 전체 처리구는 다음과 같다: ① 산성 토양 무처리구(Acidic), ② 중성 토양 무처리구 (Neutral), ③ 염기성 토양 무처리구 (Alkali), ④ 산성 토양+ 왕겨 바이오차 처리구(Acidic + B), ⑤ 중성 토양+ 왕겨 바이오차 처리구(Neutral + B), ⑥ 염기성 토양+ 왕겨 바이오차 처리구(Alkali + B). 봄배추의 생육특성 조사 결과, Neutral + B 처리구에서 64.56 Mg ha⁻¹로 유의하게 높은 수량을 나타내었으며, 산성 토양에서도 무처리 토양보다 왕겨 바이오차 처리 토양에서 각각 60.28 Mg ha⁻¹로 높은 수량을 나타내었다. 하지만, 염기성 토양에서는 왕겨 바이오차 처리 토양에서 배추 수량이 소폭 감소하였으며, 이는 토양 pH의 과도한 상승으로 인한 생육 저하로 판단하였다. 봄배추의 수분함량은 산성 토양과 중성 토양에서는 통계적 유의차를 보이지 않았으나, 염기성 토양에서는 유의하게 낮게 나타났다. 봄배추의 엽장, 엽폭, 그리고 엽수는 수량과 유사한 경향을 나타내었으며, 엽록소 함량은 모든 처리구에서 통계적 유의차를 보이지 않았다. 작물 내 양분 함량 분석결과, 질소(N)와 인산(P₂O₅) 함량은 중성 토양에서 높았으나, 칼륨(K₂O) 함량은 Alkali + B 처리구에서 가장 높게 나타났다. 재배 전과 후 토양의 화학적 특성 분석결과, 왕겨 바이오차 처리는 토양 pH와 electrical conductivity (EC), total carbon (TC) 함량, total nitrogen (TN) 함량, 그리고 organic matter (OM) 함량을 높게 증가시켰으며, 그중 TC 함량은 무처리 토양보다 2.31배 증가하였다. 따라서, 농경지 토양에 왕겨 바이오차 시용에 따른 작물 생육 증진 및 토양 화학성 개선 효과는 토양 pH가 중성일 때 가장 효과적이었으며, 염기성 토양에 왕겨 바이오차를 시용 시, 토양 pH의 과도한 상승으로 인해 부정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.

주제어: 봄배추, 왕겨 바이오차, 토양 개량제, 토양 pH

주연구자 연락처: ok5382@cnu.ac.kr (042-821-6731)

음식물류 폐기물 건조분말과 커피 슬러지 시용량에 따른 엽채류 생육 및 항산화 활성

Growth and Antioxidant Activities of Leafy vegetables with Varying rates of Dehydrated Food Waste and Spent Coffee Grounds

강윤구, 이준영, 김준호, 오택근*

Yun-Gu Kang, Jun-Yeong Lee, Jun-Ho Kim, and Taek-Keun Oh*

충남대학교 생물환경화학학과

Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

2019년 3월 ‘비료 공정규격설정 및 지정’ 개정 이후, 국내에서 다량 발생하는 폐기물 중 하나인 식물류 폐기물 건조분말(dehydrated food waste powder, DFWP)은 유기질비료 원료로써 활용이 허가되었으나, 농경지 토양에 DFWP를 처리하였을 때 토양환경에 미치는 영향을 평가한 연구는 미흡한 수준이다. 하지만, 다른 유기질비료 원료(아주까리유박 150원 kg⁻¹, 채종유박 330원 kg⁻¹, 그리고 대두박 500원 kg⁻¹)와 DFWP의 원료가격을 비교하였을 때, DFWP가 kg당 약 50원으로 최대 10배 낮아 활용이 더욱 확대될 것으로 여겨진다. 이와 유사하게, 커피 슬러지(spent coffee grounds, SCGs)도 국내에서 다량 발생하는 폐기물 중 하나이지만 국내에서 토양환경에 미치는 영향을 평가한 연구는 미흡하다. 이에 따라, 본 연구는 유기성 폐자원으로 알려진 식물류 폐기물 건조분말과 커피 슬러지가 상추(*Lactuca sativa* L.)와 식방풍(*Peucedanum japonicum* Thunberg)의 생육과 기능적 특성에 미치는 영향을 평가하였다. 생육 및 항산화 활성 평가를 위한 재배시험은 농촌진흥청 국립농업과학원에서 고시한 ‘작물별 비료사용처방’을 따라 실시하였다. 식물류 폐기물 건조분말과 커피 슬러지는 상추(15 Mg N ha⁻¹)와 식방풍(10 Mg N ha⁻¹)의 질소(N) 소요량에 맞춰 처리하였으며, 시용량에 따른 생육과 항산화 활성을 평가하기 위해 N 소요량(기준량)과 함께 반량과 배량을 각각 처리하였다. 식물류 폐기물 건조분말과 커피 슬러지 시용량에 따라 구분한 처리구는 다음과 같다: ① 비료 무처리구(control), ② 무기질비료 처리구(N), ③ DFWP 반량 처리구(DF_{0.5}), ④ DFWP 기준량 처리구(DF_{1.0}), ⑤ DFWP 배량 처리구(DF_{2.0}), ⑥ SCGs 반량 처리구(SC_{0.5}), ⑦ SCGs 기준량 처리구(SC_{1.0}), ⑧ SCGs 배량 처리구(SC_{2.0}). 식물류 폐기물 건조분말과 커피 슬러지의 특성 분석결과, 식물류 폐기물 건조분말은 수분함량 4.60%, N 3.25%, 유효 인산(Avail. P) 0.10%, 칼륨(K₂O) 1.67%, 그리고 염분 3.12%이었으며, 커피 슬러지는 수분함량 9.08%, N 2.21%, Avail. P 0.10, K₂O 1.83, 그리고 염분 0.01%이었다. DFWP 처리 토양에서 재배한 상추와 식방풍의 수량 평가 시, DF_{1.0}에서 각각 26.25 Mg ha⁻¹와 1.21 Mg ha⁻¹로 가장 높게 나타났으며, SCGs 처리 토양에서도 SC_{1.0}의 생육지표가 가장 우수하였다. 또한, 항산화 활성을 평가한 결과에서도 DFWP 기준량을 처리한 식방풍은 가장 높은 ABS radical scavenging activity, DPPH free radical scavenging activity, 총 플라보노이드 함량(total flavonoid content), 그리고 총 폴리페놀(total phenolics content) 함량을 나타내었다. 따라서, 상추와 식방풍을 재배 시 식물류 폐기물 건조분말의 기준량(10 Mg N ha⁻¹) 처리는 가장 우수한 생육 및 항산화 활성을 나타낼 것으로 기대된다. 이에 반해, 커피 슬러지는 작물의 항산화 활성 증진의 효과와 생육에 대한 부정적인 영향이 함께 관찰되어 커피 슬러지 처리에 따른 토양환경 변화, 작물 양분 흡수 및 이용률 변화 등의 추가 연구를 통해 최적의 처리 조건을 설정하는 것이 필요하다고 판단된다.

주제어: 상추, 식방풍, 식물류 폐기물 건조분말, 커피 슬러지, 항산화 활성

주연기자 연락처: ok5382@cnu.ac.kr (042-821-6731)

2022년도 우리나라 농경지 과수 토양의 화학성 평가

Assessment of Chemical change in South Korean orchard soils in 2022

이은진*, 김명숙, 정하일, 이태구, 백선혜

Eun-Jin Lee*, Myung-Sook Kim, Ha-il Jung, Tae-Gu Lee, and Seon-Hye Baek

농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과

Division of Soil and Fertilizer management, NAS, RDA, Wanju, 55365, Republic of Korea

농업환경자원의 변동평가는 법령에 의거하여 1999년부터 국가 차원으로 진행되고 있다. 농경지 토양 화학성 변동조사 결과는 다양한 국가 정책의 계획 및 목적 달성여부 평가, 다른 모의연구의 원자료 등으로 활용되기 때문에 매우 중요하다. 조사는 토지 이용형태에 따라 4가지(논, 밭, 과수원, 시설재배지)로 분류하여 4년 1주기로 정해진 필지에 대해 수행된다. 2022년에는 전국 과수원 농경지 1,471지점의 8개 항목(pH, EC, 유기물, 유효인산, 교환성 양이온, 석회소요량) 분석 DB를 구축하였고 그 결과를 소개하고자 한다. 도별(제주 제외) 표토 pH는 6.1~6.8이었으며, 유기물 함량은 22(경기)~40(경북, 경남) g kg^{-1} 으로 조사되었다. 유효인산 함량은 평균 793 mg kg^{-1} 으로 관련 법령 고시 내 적정기준인 300~550 mg kg^{-1} 보다 높은 수준이었다. 또한, 교환성 K 함량도 평균 1.12 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ 으로 높게 나타나 이는 퇴비, 무기질 비료 등 투입이 많은 영향으로 보였다. 심토 pH는 6.1~6.6, 유기물 함량 14~34 g kg^{-1} , 로 표토보다 낮았다. 또한 유효인산 평균값은 572 mg kg^{-1} , 교환성 K 평균 0.73 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ 로 상대적으로 낮게 조사되어 주로 표층에만 시비가 이루어지는 것으로 여겨졌다. 조사 초기인 2002년(20년 전)과 비교하면 pH는 5.9에서 6.4로, 유기물 함량은 23 g kg^{-1} 에서 33으로, 유효인산 함량은 589 mg kg^{-1} 에서 793으로 모두 상승하였다. 결론적으로, 과수원 특성상 다년간 재배하는 경우가 많기 때문에 표층에 비료성분이 집적된 것으로 보이며 환경부하를 줄이기 위해서는 양분 이용효율에 관한 추가 연구 및 이에 근거한 시비 지도가 필요한 것으로 보인다.

주제어: 과수원, 변동조사, 정점조사

주연구자 연락처: eunjin0219@korea.kr (063-238-2438)

제주지역 논토양의 화학성 변동 양상

Changes in Chemical Properties of Paddy Soil in Jeju

이강해*, 강일두, 고윤정, 이용우, 김창선, 진금신, 김태균
Kang-Hae Lee*, Il-Doo Kang, Yoon-Jeong Ko, Yong-Woo Lee,
Chang-Seon Kim, Keum-Sin Jin, and Tae-Kyun Kim

제주특별자치도 농업기술원

Jeju Special Self-governing Province Agricultural Research and Extension Services

본 연구는 제주지역 논토양의 토양화학성을 4년 주기로 정점조사하여 2011년부터 2023년까지의 변동 양상을 평가하였다. 조사지점의 토양은 이호통으로 미국 Soil Taxonomy 분류법에 의하면 Histosols에 속하며, 토심 80 cm의 50% 이상이 유기질 토양이다. 조사기간 동안의 토양화학성 분석 결과, 토양 pH는 5.5로 유지되었으며 적정범위(5.5~6.5)보다 낮은 수준이었다. 전기전도도는 0.36~0.68 dS m⁻¹ 범위로 연차 간 다소 차이가 있었으나, 적정범위(2.0 이하)를 유지하였다. 유기물 함량은 121~149 g kg⁻¹ 범위로 적정범위(25~30 g kg⁻¹)를 초과하였다. 유효인산 함량은 2011년 29.5 mg kg⁻¹에서 지속적으로 증가하여 2023년에는 87.8 mg kg⁻¹로 적정범위(80~120 mg kg⁻¹)에 속하였다. 교환성 칼륨 함량은 2011~2019년 동안은 0.21~0.36 cmol_c kg⁻¹ 범위였으나, 2023년에는 0.54 cmol_c kg⁻¹로 적정범위 상한 기준을 초과하였다. 교환성 칼슘 및 마그네슘 함량은 조사기간 동안 각 10.6~12.3, 3.02~3.78 cmol_c kg⁻¹ 범위로 큰 변동은 없었으나, 적정범위보다는 높은 수준이었다. 조사기간 동안 중금속 함량은 Cd 0.12~0.26, Cu 11.4~12.9, Pb 7.46~15.4, Zn 19.6~31.1, As 3.29~5.07, Ni 6.32~10.7, Cr 0.1~15.3, Hg 0.19~0.21 mg kg⁻¹ 범위로 토양오염 우려기준(각 Cd 4, Cu 150, Pb 200, Zn 300, As 25, Ni 100, Hg 4 mg kg⁻¹ 이하)보다 낮은 수준을 유지하고 있었다. 본 연구 결과를 토대로 제주지역 논토양은 토양 특성에 따른 관리가 필요하며, 적정범위를 초과하거나 증가 경향을 보이는 항목들에 대해서는 토양검정 결과에 따른 적정 시비관리가 이루어지도록 농가 지도가 필요하다고 사료된다.

주제어: 제주지역, 논토양, 토양화학성

주요연구자 연락처: lkh0422@korea.kr (064-760-7233)

Table 1. Changes in chemical properties of paddy soil in Jeju

Year	pH	EC	OM	Av.P ₂ O ₅	Ex.Cations (cmol _c kg ⁻¹)			Av.SiO ₂
	(1:5)	(dS m ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	K	Ca	Mg	(mg kg ⁻¹)
2011	5.5	0.52	121	29.5	0.29	12.3	3.62	344
2015	5.5	0.36	138	34.7	0.21	11.0	3.02	254
2019	5.5	0.67	149	76.6	0.36	10.6	3.48	417
2023	5.5	0.68	132	87.8	0.54	11.9	3.78	452
Optimal range	5.5~6.5	2.0 이하	25~30	80~120	0.25~0.30	5.0~6.0	1.5~2.0	157~180

PB-46

새만금간척지에서 풋거름작물-콩 재배가 토양 유기물 함량에 미치는 영향

Effect of Green Manure Crops-soybean Cultivation on Soil Organic Matter Saemangeum Reclaimed Land

신영태, 조현숙*, 강방훈, 이학성, 이광승, 오양열, 옥희경
 Young Tae Shin, Hyeoun Suk Cho*, Bang Hun Kang, Hak Sung Lee,
 Kwang Seung Lee, Yang Yeol Oh, and Hee Kyoung Ock
 농촌진흥청 국립식량과학원 간척지농업연구팀
 Reclaimed agriculture research team, NICS, RDA, Wanju 55365, Korea

새만금간척지는 공유수면을 매립하여 만든 간척농지로 토양 내 염농도는 낮으나 유기물 함량, 유효인산, 치환성 양이온이 매우 낮고 치환성 칼륨과 나트륨 함량이 높아 토양 내 양분이 불균일하다. 작물재배시 일반노지 재배에 비하여 생산성이 떨어지는 새만금 간척지에서 정상적인 생산량을 얻기 위해서는 오랜 기간 토양 숙전화 과정을 거쳐 토양의 지력을 향상시켜야 한다. 그러나 대부분의 간척농지는 조성이 끝난 후 별도의 숙전화 과정을 거치지 않고 재배가 진행되므로 현재 지력 향상을 위해 다량의 화학비료를 사용하고 있다. 따라서, 작물생산량은 다소 낮더라도 작물을 재배하면서 토양의 지력을 증진 할 수 있는 방법을 모색하기 위하여 풋거름작물-콩의 작부체계를 구성하여 시험하였다.

본 시험은 풋거름작물과 콩의 작부체계를 통하여 농경지에 환원 가능한 유기물량을 산출하고자 풋거름작물로 헤어리베치, 호밀, 헤어리베치/호밀의 처리를 두었으며 여름기간에 콩(선유2호)을 재배하였다. 연중 토양에 환원되는 유기물량은 비 경작 기간에는 풋거름 작물을 재배하여 생산량 전량을 환원하였고, 여름에는 콩을 재배하면서 생성되는 부산물(콩잎, 콩꼬투리 등)을 토양에 환원하였다. 기타 재배방법은 농촌진흥청 표준재배법에 준하여 실시하였다.

풋거름작물을 통한 유기물 환원량은 호밀 재배구에서 건물수량(152kg/10a)이 가장 많이 생산되었으며 호밀+헤어리베치 혼파구, 헤어리베치구 순이었다. 풋거름 작물의 T-C 함량은 호밀 42.9%, 호밀+헤어리베치 43.1%, 헤어리베치 37.9%이었으며 풋거름 작물을 환원함으로써 토양에 환원된 10a당 총 탄소 투입량은 호밀구 65.2kg, 호밀+헤어리베치구 57.8kg, 헤어리베치구 20.2kg으로 호밀구와 호밀+헤어리베치구가 비슷하게 투입되었다. 풋거름 작물을 토양에 환원한 후 재배한 콩에서도 생육 기간 중 잎, 꼬투리 등 부산물이 토양에 유기물로 공급되었는데 호밀+헤어리베치구에서 6.3kg/10a, 호밀 6.1kg/10a, 헤어리베치 5.8kg/10a로 모든 처리에서 비슷하게 생산되었으며 화학비료 시용구(3.1kg/10a)보다 약 2배의 부산물이 생산되었다. 작물재배 기간 동안 토양 유기물 함량은 시험전(4.4g/kg)에 비하여 시험 후(10월)에 증가하였으며 특히, 풋거름작물을 환원한 처리구에서는 토양 유기물함량이 2배 이상 증가 되었다. 토양 유기물 함량의 증가 정도는 호밀구 > 호밀+헤어리베치구 > 헤어리베치구 순이었다.

주제어: 새만금간척지, 콩, 풋거름작물, 유기물함량

주연구자 연락처: 063-238-5470 (chohs@korea.kr)

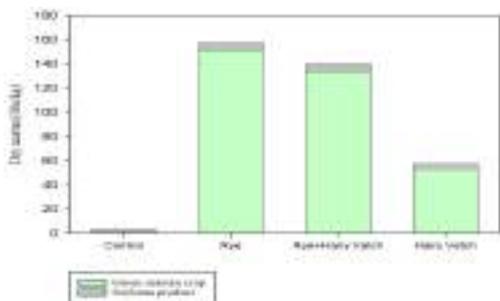


Fig 1. Total organic matter input of green manure crops-soybean cropping system in saemangeum

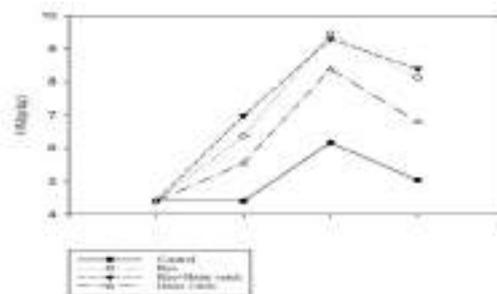


Fig 2. Changes in soil organic matter by treatment group according to green manure crops-soybean cultivation

브로콜리 비료사용처방 기준 설정

Establishment of Fertilizer Application Standard for *Brassica oleracea L.*

이용우*, 김유경, 강일두, 고윤정, 이강해, 조영운, 양혜은, 김진경, 김태균
Yong-Woo Lee*, Yu-Kyoung Kim, Il-Doo Kang, Yoon-Jeong Ko, Kang-Hae Lee, Young-Yeun Cho,
Hae-Eun Yang, Jin-Kyoung Kim, and Tae-Kyun Kim

제주특별자치도농업기술원
Jeju Special Self-governing Province Agricultural Research and Extension Services

공익직불제 시행으로 농업인의 기본 실천 의무사항인 화학비료 사용기준 준수를 위한 작물별 비료사용처방 기준 설정이 필요하다. 제주의 브로콜리(*Brassica oleracea L.*) 재배면적은 1,551ha로 전국의 75%를 점유하는 주요 작물이며 대부분 노지조건에서 재배되고 있다. 그러나 노지재배 시 토양검정에 의한 비료사용처방 기준이 없어 기준설정이 필요하다. 본 연구에서는 제주지역 43농가(비화산회토 24, 화산회토 19)를 대상으로 비료 사용량, 토양 화학성 및 생산량 등을 조사하여 농가 비료 사용량과 토양 양분함량간의 관계를 분석하였다. 분석 결과 질소 반응은 비화산회토에서 토양 유기물 함량이 높을수록 질소 시비량이 낮아지는 경향이었고, 화산회토에서는 유기물 함량에 따른 질소 시비 반응이 크지 않은 반면 유기물 함량에 따라 질소 흡수량이 높아지는 경향을 보였다. 인산 반응은 비화산, 화산회토에서 모두 토양 유효인산 함량이 높을수록 인산 흡수량이 증가하는 경향이었고, 칼리 반응도 이와 유사하게 교환성 칼륨 함량이 높을수록 흡수량이 증가하는 경향이였다. 이러한 결과를 토대로 브로콜리의 질소, 인산 및 칼리 비료 추천식을 표준 시비량을 기준으로 다음과 같이 설정하였다. 즉, 질소 비료 추천식은 표준시비량(21.9~22.4kg/10a) 기준으로 토양 유기물 함량에 따른 농가의 질소 시비량 비율(비화산회토)과 질소 흡수량 비율(화산회토)을 각각 적용하여 산출하였다(비화산N(kg/10a) = 47.892-0.6405*OM, 화산N(kg/10a) = 28.816-0.0659*OM). 인산 비료 추천식은 표준시비량(15.5kg/10a)을 기준으로 유효인산 함량에 따른 인산 흡수량 비율을 적용하였고(P_2O_5 (kg/10a) = 17.731- 0.0039*Av.P₂O₅), 칼리 비료는 표준시비량(17.2kg/10a)을 기준으로 교환성칼륨 함량에 따른 칼리 흡수량 비율을 적용하여 산출하였다(K_2O (kg/10a) = 19.397 - 2.4232*Ex.K). 결과적으로 브로콜리의 비료사용처방에 따른 비료저감 효과는 관행 대비 10a 당 질소, 인산, 칼리 각각 12.4~14.5, 8.5 및 9.7kg으로 조사되었다.

주제어: 공익직불제, 브로콜리, 비료사용처방

주요연구자 연락처: dyddn2562@korea.kr (064-760-7234)

표 1. 브로콜리의 토양검정 비료 시비 추천식

구분	토양검정 비료 시비 추천식
질소	비화산 N(kg/10a) = 47.892-0.6405*OM 화산 N(kg/10a) = 28.816-0.0659*OM
인산	P_2O_5 (kg/10a) = 17.731- 0.0039*Av.P ₂ O ₅
칼리	K_2O (kg/10a) = 19.397 - 2.4232*Ex.K

* OM: 유기물 함량(g/kg), Av.P₂O₅: 유효인산 함량(mg/kg), Ex.K: 교환성칼륨 함량(cmol_c/kg)

PB-48

벼 재배에서의 질소 시비량 변화가 수량, 품질 및 질소 이용효율에 미치는 영향

Effect of Nitrogen Fertilization on Rice Yield, Quality and Nitrogen Efficiency

채미진*, 양운호, 강신구, 이대우

Mi-Jin Chae*, Woonho Yang, Shingu Kang, and Dae-Woo Lee

국립식량과학원 재배환경과

Crop Cultivation & Environment Research Division, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Suwon, 16430, Korea,

본 연구는 벼 재배에서 질소 시비량을 조절하여 수량 구성요소, 수확량, 품질 및 질소 이용효율에 어떠한 영향을 미치는지 조사하였다. 이를 통해 더 효율적인 벼 생산 방법을 찾고자 한다. 본 실험은 국립식량과학원 중부작물부 논포장에서 2018년부터 2020년까지 수행되었다. 실험에는 중만생종 벼 품종 6종(칠보, 새일미, 호평, 현품, 일품, 새누리)을 사용하였으며, 시비량을 제외한 모든 재배과정은 표준재배법에 따라 진행되었다. 벼 생육은 농업과학기술 연구조사분석기준(2012, RDA)에 따라 조사되었다. 6개의 중만생종 품종에서 질소비료를 9kg/10a에서 7kg/10a로 줄인 결과, 완전미 수량에서 유의적인 차이는 관찰되지 않았다. 수량 구성요소에 대한 상관분석을 수행한 결과, 수량은 수당립수와 상관성(0.349*)을 나타내었다. 수량과 sink size(립수/m²), 벼 질소 흡수량, 질소 이용효율, 단백질 함량 간의 상관분석을 했으며, 수량은 sink size(0.506**), 질소흡수량(0.310**), 질소이용효율(0.244**)과 상관성이 있었고, 특히 sink size와의 상관성이 가장 높았다. 수확기에 흡수된 질소 흡수량과 sink size 간의 회귀분석 결과, 고도의 유의한 관계를 나타내었다. 또한, 연도, 품종, 질소 시비량에 따라 분산분석(ANOVA)을 진행한 결과, 질소이용효율을 제외한 모든 항목에서 연도, 품종, 질소 시비량에 따라 유의적인 차이가 있었으며 완전미 수량은 연도, 품종, 질소 시비량 간의 상호작용에 영향을 받았다. 본 연구 결과를 토대로 벼 재배에서의 효율적인 질소 시비량 관리와 수량 및 품질 향상을 위한 연구가 가능할 것으로 판단된다.

주제어: 벼, 질소 시비량, 수량 구성, 품질, 질소이용효율

주연구자 연락처: chmj011@korea.kr (031-695-4134)

PB-49

완효성 비료를 이용한 쌀 생산에 대한 품종 및 시비조건에의 영향

Impact of Varieties and Fertilization Conditions on Rice Production Using Controlled-Release Fertilizer

채미진*, 양운호, 강신구, 이대우, 이예지, 한아름

Mi-Jin Chae*, Woonho Yang, Shingu Kang, Dae-Woo Lee, Ye-Ji Lee, and Areum Han

국립식량과학원 재배환경과

Crop Cultivation & Environment Research Division, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Suwon, 16430, Korea,

이전 연구에서 고품질 쌀 생산을 위해 질소 시비량을 9kg/10a에서 7kg/10a로 낮추어 수량 및 쌀 품질을 조사하였다. 그 결과, 7kg/10a로 질소를 시비하는 경우, 9kg/10a로 시비할 때와 비교했을 때 21품종 중 10개의 품종에서 단백질 등급이 향상되었지만 쌀의 생산량은 평균 8% 감소하였다. 이로 인해, 질소 시비량을 7kg/10a로 정착시키기 위해서는 품종 뿐만 아니라 다양한 재배법의 조사가 필요한 것으로 나타났다. 농가들은 노동력 절감을 위해 완효성 비료를 전량으로 시비하거나 시비조건을 달리하는 등 다양한 재배법을 사용하고 있다. 본 연구에서는 완효성 비료를 사용할 경우 요소비료를 분할 시비한 경우와 비교하여 쌀의 생산량과 단백질 함량 등의 변화를 조사하였다. 이 연구는 국립식량과학원 중부작물부에서 2020년부터 2022년까지 일품과 칠보 품종을 이용하여 시행되었다. 시비량은 NPK = 7-4.5-5.7 kg/10a로, 완효성 비료는 질소 기준으로 7kg/10a를 전량으로 시비하였으며, 부족한 인산과 칼리는 추가로 시비하였다. 대조구에서는 질소는 50-20-30%로 분할 시비하였고, 인산은 전량으로 시비하였으며, 칼리는 70-30%로 분할 시비하였다. 분산분석(ANOVA) 결과 연차($p < 0.001$) 및 품종($p < 0.05$) 간에 수량 및 구성요소, 단백질 함량에서 유의미한 차이가 있었다. 그러나 시비 조건에 따른 두 품종 모두에서 수량, 수량 구성요소 및 지상부 건물중에서 유의미한 차이는 없었으나 칠보 벼에서 단백질 함량이 감소하는 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 완효성비료로 질소를 일괄적으로 시비할 경우, 생산량 감소 없이 품종에 따라 쌀의 품질이 향상될 수 있음을 시사한다.

주제어: 벼, 소비재배, 질소시비, 완효성

주연구자 연락처: chmj011@korea.kr (031-695-4134)

벼 이앙 전 관주처리에 따른 분광식생지수 분석

Spectral Vegetation Index Analysis according to Treatment before Rice Transplantation

엄태선^{1*}, 황예빈¹, 이용선¹, 손준기³, 전경식³, 유성영², 구현희¹
Tae-Seon Eom^{1*}, Ye-Bin Hwang¹, Young-Seon Lee¹, Jun-Ki Son³,
Kyoung-Sik Jun³, Sung-Yung Yoo², and Hyun-Hwoi Ku¹

¹한경국립대학교 식물자원조경학부, ²한경국립대학교 식물생태화학연구소, ³신젠타코리아
¹Department of Plant Resources and Landscape Architecture, Hankyong National University
²Institute of Ecological Phytochemistry, Hankyong National University
³Syngenta Korea

벼(*Oryza sativa*)는 외떡잎식물 벼목 화본과의 한해살이식물로, 우리나라의 대부분의 지역에서 재배되며, 2022년 쌀 생산량은 376만 4천 톤으로 가장 중요한 재배 작물이다. 작물의 재배과정에서 농약의 사용은 병해충의 방제 효과를 얻을 수 있어 노동력이 절감되고 농산물의 질이 향상됨에 따라 작물의 생산성을 증가시키는 필수적인 요소로 여겨지고 있다. 최근 병해충 방제 효과와 함께생산비 및 노동력 절감을 위해 이앙 1~3일 전 모판에 관주처리하는 약제가 널리 활용되고 있다.

본 연구는 이앙 전 관주처리에 의한 벼 생육증진 효과를 확인하기 위해 분광식생지수 분석을 실시하였다. 시험 약제는 이앙 1일전 그로모어-스타와 그로모어-듀오(신젠타 코리아)를 모판당 300ml씩 각각 처리 후 경기도 평택시에 위치한 시험포장에 이앙(2023년 5월 26일)하여 농촌진흥청 표준 재배 기준에 따라 재배시험을 실시하였다. 그리고 분광식생지수는 이앙 60일 후 PolyPen RP 410 UVIS(Photon Systems Instruments Ltd., Drásov, Czech Republic)을 활용하여 30일 간격으로 측정을 실시하였다.

이앙 60일 후 대부분의 분광반사지수는 무처리구와 차이가 없었으나, 이앙 90일 후 그로모어-스타 처리구의 NDVI와 CRII가 무처리구 대비 각각 6%, 12% 증가하였다. CRII는 엽록소의 간섭을 배제한 카로티노이드 반사 지수로서 식물체내의 카로티노이드의 함량을 간접적으로 확인할 수 있다. 특히 카로티노이드는 환경 스트레스 조건에서 광합수 능력 유지, 광합성 기구 보호 및 노화 지연 등의 효과가 있는 것으로 밝혀졌다. CRII은 이앙 120일 후(황숙기) 그로모어-스타와 그로모어-듀오 처리구에서 각각 29%, 17% 증가한 것으로 확인되었다. 따라서 본 연구의 이앙 전 혼합(생장조정제+병해충 방제제)관주처리에 의한 벼의 생육 기간 중 광이용 효율 증진 및 생육 후기 노화 지연을 통한 광합성량 증대가 예상되었다.

주제어: 벼, 그로모어, 분광식생지수

주연구자 연락처: ymh5240@naver.com (031-670-5080)

PB-51

GroMore 프로그램을 적용한 논 토양의 온실가스 배출량 평가

Assessment of GHG Emission in a Rice Paddy Soil Applied with GroMore Program

이용선¹, 김아린¹, 문태일¹, 구현희^{1,2*}

Young-Seon Lee¹, A-Rin Kim¹, Tae-Il Moon¹, and Hyun-Hwoi Ku^{1,2*}

¹한경국립대학교 식물자원조경학부, ²한경국립대학교 토양환경연구소

¹Department of Plant Resources and Landscape Architecture, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea

²Soil Environment Research Institute, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea

농업부문에 경종이 차지하는 온실가스 배출량은 55.7%이며, 주요 배출원은 벼의 담수재배와 농경지에 투입되는 농자재(질소 비료 등)이다. 우리나라는 온실가스 감축을 위하여 논벼 물관리 방법, 농자재(질소 비료 등)의 최소 투입농법 등 국가 고유 메탄가스 배출계수를 개발하였다. 하지만, 작물 재배에 사용되는 농약 살포에 대한 온실가스 배출 특성에 대한 연구는 전무한 실정이다. 본 연구는 신젠타에서 개발한 농약과 비료 관주프로그램인 ‘GroMore program’을 적용하여 논 토양에서 발생하는 온실가스 배출 특성을 파악하기 위하여 실내온실험으로 수행하였다. 처리는 무처리, GroMore-star, GroMore-duo, 슈퍼모드니(관행 A), 풀코스입제(관행 B) 등 3반복 5수준이다. 논토양은 실험기간 내내 환원상태(담수)로 유지하였으며, 온도는 25°C였다. GroMore-star, GroMore-duo의 살포량은 각각 4.3, 3.7 kg ha⁻¹으로 관행(슈퍼모드니, 풀코스입제) 처리량(10 kg ha⁻¹)의 보다 적었다. 온실기체(CH₄, N₂O)는 폐쇄형 챔버법으로 포집하였으며, 시료 채취는 처리 후 5일간 매일 실시하였고 이후에는 주 1회였다. 포집된 온실기체는 FID와 ECD 검출기가 장착된 기체크로마토그래피(GC, Agilent)을 이용하여 분석하였다. 처리별 온실가스 배출량 결과는 그림 1과 같다. 논토양에 살포한 GroMore-star, GroMore-duo 처리는 관행(슈퍼모드니, 풀코스입제)에 비교하여 메탄(CH₄)의 배출을 증가시키지 않았다. 아산화질소(N₂O) 배출은 모든 처리에서 미미하였으며 처리간 차이가 없었다.

주제어: 온실기체, 논토양, 그리모어 프로그램, 농약

주연구자 연락처: seanku@hknu.ac.kr (+82-31-670-5085)

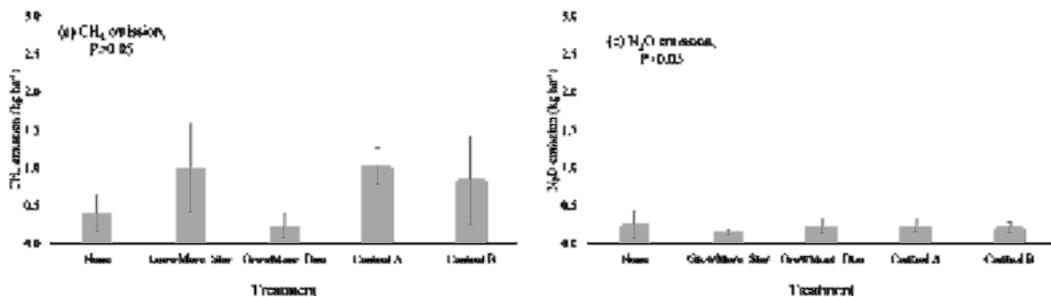


Fig. 1. Cumulative amount of CH₄ and N₂O emissions in the treatments

바이오차의 농작물 맞춤형 표준사용기준 설정을 위한 포트 재배시험

Pot Cultivation Test for Determining Application Rate of Biochar

홍영규*, 김진욱, 이경민, 이동주, 이선일¹, 김성철

Youngkyu Hong*, Jinwook Kim, Kyeongmin Lee, Dongju Lee, Seonil Lee¹, and Sungchul Kim

충남대학교 생물환경화학과, ¹국립농업과학원 농산물안전성부 기후변화평가과

Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

¹Climate Change Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, 55365, Korea

바이오차는 다양한 바이오매스 원료로부터 열처리를 통해 제조되며, 그 특성은 원료, 생성 온도, 열분해 조건, 시간 등에 따라 달라질 수 있으며, pH나 탄소 저장 효과 등에 차이가 있을 수 있다. 적절한 양의 바이오차를 사용할 경우 토양구조, 토양통기, 수분보유력 같은 토양의 물리적 특성이 개선되어 작물 생육과 생산성이 향상될 수 있지만 과하게 사용할 경우 광물 및 회분 등에 의한 미세공극 막힘 현상으로 인해 토양 수분 보유력이 감소하고 작물 생산성에 영향을 미칠 수 있다. 이에 본 연구에서는 다양한 바이오매스 원료로 제조된 바이오차 중에서 작물 생육에 맞는 최적의 바이오차와 표준사용기준을 선정하기 위해 포트 재배 시험을 실시하였다. 재배 대상 작물은 상추(청치마상추, *Lactuca sativa* L.)로 선정하였으며, 바이오차 원료로는 왕겨, 목재, 우분을 사용하였다. 바이오차의 시비량은 각각 50%, 100%, 200%, 400%로 설정하였다. 재배 실험 결과 상추의 생중량은 왕겨 바이오차 200%, 목재 바이오차 400%, 우분 바이오차 100%에서 가장 높게 나타났으며, 모두 50% 처리구에서는 가장 낮은 생중량을 나타내었다. 또한 재배 토양의 화학성 분석 결과 바이오차 시비량이 증가할수록 pH는 증가하여 대조구(pH 6.62)와 비교해 보았을 때 모든 바이오차가 400%에서 가장 높은 pH (6.66-6.94)를 나타내었다. 또한 토양 EC의 경우 왕겨와 목재는 시비량 별로 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았지만, 우분 바이오차의 경우 시비량이 증가할수록 EC값이 높아져 400% 처리구에서 0.89 dS m^{-1} 를 나타내었다. 본 연구를 통해 바이오차의 적정 시비량을 파악하는 것은 작물의 생산성 향상과 지속 가능한 농업의 중요한 고려사항이 될 수 있음을 확인하였다. 또한 향후 연구에서는 바이오차의 연용에 따른 토양 특성 및 작물의 생산성 변화에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

주제어: 바이오차, 작물 생산성, 상추, 토양 특성, 토양 건강성

주연구자 연락처: sckim@cnu.ac.kr (042-821-6737)

국내 유기농법 적용 논 토양의 특성에 따른 토양 질 평가

Soil Quality Assessment of Organic Paddy Soil in Korea

홍영규*, 김진욱, 이경민, 이동주, 이초룡¹, 김성철Youngkyu Hong*, Jinwook Kim, Kyeongmin Lee, Dongju Lee, Chorong Lee¹, and Sungchul Kim충남대학교 생물환경화학과, ¹국립농업과학원 농업환경부 유기농업과

Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

¹Organic Agricultural Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, 55365

최근 토양 관리의 방향은 작물 생산성 증진뿐만 아니라, 토양의 건전성을 유지하기 위한 토양 질 향상에 중점을 두고 있다. 이에 따라 무기질비료 및 농약을 사용하지 않으면서 양분 순환을 중심으로 한 유기농업이 증가하고 있다. 본 연구에서는 충남 및 경북 지역의 유기 농경지 토양을 대상으로 물리적, 화학적, 생물학적 특성을 기반으로 한 토양 질을 평가하였다. 시료 채취는 충남 및 경북의 각각 100개의 유기 논에서 실시하였으며, 토양의 다양한 화학적 및 생물학적 특성 중 용적밀도, pH, 전기전도도(EC), 유효인산, CEC, 토양 호흡, beta-glucosidase 활성을 평가하였다. 충남과 경북지역 토양에 대한 이화학적 특성 분석 결과 용적밀도의 측정값과 측정범위는 충남: 1.27 (0.72-1.70), 경북: 1.38 (0.94-1.60)로 조사되었으며, pH는 충남: 5.46 (4.52-7.55), 경북: 5.49 (4.58-7.54)로, EC는 충남: 1.06 (0.27-3.97) dS m⁻¹로, 경북: 0.82 (0.21-2.75) dS m⁻¹로 나타났다. 또한 생물학적 특성인 토양호흡 측정 결과 충남: 52.57 (10.41-285.85) CO₂ mg kg⁻¹ day⁻¹, 경북: 38.30 (4.99-144.17) CO₂ mg kg⁻¹ day⁻¹로 나타났으며, beta-glucosidase 활성은 충남: 0.83 (0.31-1.70) μmol PNP g⁻¹, 경북: 2.10 (0.45-1.72) μmol PNP g⁻¹로 분석되었다. 분석 데이터들과 토양 건강성 평가 모델식을 이용하여 관행 농경지 토양과 유기 농경지 토양 질을 평가하였다. 토양의 용적밀도, pH, EC는 관행농과 유기농 토양 큰 차이를 나타내지 않았지만, 유기물 함량과, beta-glucosidase 활성은 관행 농경지 보다 유기 농경지 토양에서 더 높게 나타났다. 본 연구 결과 토양의 다양한 특성이 안정적이라는 점은 유기농업이 토양의 건강성을 해치지 않고 오히려 유지하거나 향상 시킬 수 있음을 시사한다. 또한 이후 연구에서는 이러한 특성이 작물 생산성에 어떠한 영향을 미치는지, 그리고 유기농업의 장기적인 영향에 대해서도 깊게 탐구할 필요가 있다고 판단된다.

주제어: 유기농업, 토양 건강성, 토양질 평가, 토양 특성, 토양 효소 활성

주연구자 연락처: sckim@cnu.ac.kr (042-821-6737)

다양한 유기물 함량 조건에서 바이오차 시비에 따른 발작물의 생산성 평가

Assessment of Field Crops Productivity of Based on Biochar Application under Various Soil Organic Matter Content

홍영규*, 김진욱, 이경민, 이동주, 이선일¹, 김성철

Youngkyu Hong*, Jinwook Kim, Kyeongmin Lee, Dongju Lee, Seonil Lee¹, and Sungchul Kim

충남대학교 생물환경화학학과, ¹국립농업과학원 농산물안전성부 기후변화평가과

Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

¹Climate Change Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, 55365, Korea

다양한 바이오매스를 이용하여 생산되는 바이오차는 탄소 격리 등의 효과로 인해 지속 가능한 농업의 핵심 요소로 떠오르고 있다. 또한 바이오차의 적절한 사용은 토양 내 유기물 함량을 증가시키는데 기여하며, 이는 토양의 구조와 생물 활동성 향상, 수분 보유 능력 강화와 같은 토양 특성 및 작물 생육 조건의 개선으로 이어진다. 따라서 본 연구는 서로 다른 유기물 함량 조건에서 바이오차 시비가 작물의 생산성에 영향을 조사하는데 목적이 있다. 발작물의 생산성 평가는 상추(청치마상추, *Lactuca sativa* L.) 및 고추(*Capsicum annuum*)의 포트 재배를 통해 수행되었으며, 사용된 바이오차는 각각 왕겨, 목재, 우분을 원료로 제조되었다. 포트 재배 처리구는 다양한 토양의 유기물 함량(유기물 함량 부족 및 적정)을 기준으로 설치하였으며, 바이오차 시비량은 각각 50%, 100%, 200%, 400%로 설정하였다. 상추의 생중량 분석 결과 유기물 적정 및 부족 토양에서 각각 51.4 및 51.6 g으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 이에 비해 고추의 생중량 분석 결과 토양 유기물 적정 토양에서는 평균 387 g으로, 유기물 적정 이하 토양에서는 426 g으로 나타나 바이오차별, 시비량별로 모두 유기물 적정 이하 토양에서 보다 높은 생중량을 나타내었다. 또한 고추의 수량과 1개당 중량 역시 유기물 부족 토양에서 평균 13개 및 7.76 g로 유기물 적정 토양(3개, 5.11 g)보다 유의적으로 높게 나타났다. 본 연구를 통해 바이오차의 시비가 유기물 함량이 부족한 토양에서 고추의 생육과 생산성을 향상시키는 데 큰 역할을 하는 것으로 나타났다. 따라서 바이오차의 적절한 활용은 지속 가능한 농업과 작물 생산성 향상의 중요한 방법 중 하나로 간주될 수 있다.

주제어: 바이오차, 생육 조사, 토양 유기물, 상추, 지속 가능한 농업

주연구자 연락처: sckim@cnu.ac.kr (042-821-6737)

바이오차 및 키토산을 이용한 수질 중 축산용 항생제의 제거 효율 평가

Evaluation of Removal Efficiency for Veterinary Antibiotics in Water Using Biochar and Chitosan

김진욱*, 홍영규, 이경민, 이동주, 김상수¹, 권오경², 김성철

Jinwook Kim*, Youngkyu Hong, Kyeongmin Lee, Dongju Lee,

SangSu Kim¹, Ohkyung Kwon², and Sungchul Kim

충남대학교 생물환경화학과, ¹국립농업과학원 농산물안전성부 잔류화학평가과,

²국립한경대학교 바이오가스연구센터

Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

¹Chemical Safety Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, 55365, Korea

²Biogas Research Center, Hankyung National University, Anseong, 17579, Korea

축산용 항생제는 폐수 처리나 액비화 과정 등에서 완전히 제거되지 않고 농업 환경 중으로 방출될 수 있으며, 이러한 잔류 항생제는 항생제 내성 유전자(antibiotic resistance genes) 발현을 촉진하는 등 인류의 건강을 위협하고 있다. 따라서 본 연구에서는 다양한 흡착제를 이용하여 수질 중 잔류 축산용 항생제 제거 효율을 비교 및 평가하기 위해 batch 실험을 진행하였다. 분석 대상 항생제는 tetracycline 계열 항생제 3종(chlortetracycline, oxytetracycline, tetracycline)을 선택하였으며, 흡착제로는 왕겨바이오차와 키토산을 사용하였다. 실험은 12종의 항생제 표준용액이 첨가된 초순수에서 진행하였으며, 흡착제의 크기별(바이오차) 및 투여량별(바이오차, 키토산, w/w)로 처리구를 설정하였다. 흡착제가 첨가된 처리구는 150 rpm의 속도로 24시간 동안 교반하였고, 2.0 µm 멤브레인 필터로 여과한 뒤 LC-MS/MS를 이용하여 정량분석 하였으며, 이를 토대로 입자 크기별 및 투여량별 항생제의 흡착 효율을 비교하였다. 바이오차의 크기별(2 mm, 1 mm, 500 µm, 250 µm, 150 µm, 75 µm) 실험 결과 바이오차의 크기가 작을수록 흡착 효율이 높아졌으며, 세 종의 항생제 모두 75 µm에서 최대 96.3 %의 제거율을 나타내었다. 또한 투여량별(0.1, 0.5, 1.0 %) 흡착 효율 분석 결과 바이오차 및 키토산 모두 1.0 % 처리구에서 가장 높은 제거율을 보였으나, 0.5 % 처리구와 큰 차이를 보이지 않았다. 본 연구를 통해 바이오차 및 키토산이 tetracycline 계열 항생제 제거에 효과적인 흡착제로 활용될 수 있음을 확인하였으며, 다양한 환경 조건(pH, 온도 등)에서의 추가적인 실험을 통해 더욱 효과적인 제거 방법을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

주제어: 축산용 항생제, LC-MS/MS, 바이오차, 키토산, 테트라사이클린

주연기자 연락처: sckim@cnu.ac.kr (042-821-6737)

토양 유기물 함량 분석을 위한 Tyurin법과 CN 분석기 측정법 비교

Comparison of Tyurin and CN Analyzer Methods for Soil Organic Matter Content Analysis

윤진주*, 김성현, 권순익, 심재홍, 이윤혜, 한소예, 전상호
Jin-Ju Yun*, Seong Heon Kim, Soon Ik Kwon, Jae hong Shim,

Yun Hae Lee, So Ye Han, and Sang Ho Jeon

농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과

Soil and Fertilizer Management Division, National Institute of Agricultural Sciences
Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

토양 유기물은 토양의 물리성 개선, 양분과 수분의 함유능 증진, 작물의 양분공급 등과 같은 토양 비옥도 뿐만 아니라 토양 유기탄소의 축적 정도를 나타내는 중요한 지표이다. 토양 내 유기물 함량을 측정하는 방법은 크게 습식산화법(Tyurin법, Walkely & Black법)과 건식연소법(원소분석기법, 강열감량법)으로 구분할 수 있다. 현재 우리나라에서는 강산성 조건에서 중크롬산칼륨으로 유기탄소를 산화시켜서 정량화하는 방법인 Tyurin법을 가장 많이 사용하고 있다. 그러나 Tyurin법은 비교적 정확하다는 장점이 있으나 시간, 인력, 비용이 많이 소요되며 중크롬산 시약의 폐액 처리 등과 같은 단점이 있다. 이러한 단점을 보완한 CN 분석기를 활용한 건식연소법은 분석에 따른 오염이 없고, 자동화에 따른 분석의 편리성이 장점인 반면 고가의 장비를 필요로 한다는 단점이 있다. 이에 본 연구에서는 전국 9개 시도(강원, 경기, 대전, 충남, 충북, 경남, 경북, 전남, 전북) 농경지(논, 밭, 시설) 807지점을 대상으로 하여 토양 유기물 함량 분석법 중 Tyurin법과 CN 분석기 측정법의 측정값을 비교하고 상관관계를 조사하였다. Tyurin법과 CN 분석기 측정법으로 토양 유기물 함량을 분석한 결과 각각 평균 2.63%, 3.05%로 나타났다. 농경지별 유기물 함량은 시설>밭>논으로 양분의 외부 유출이 적은 시설재배지에서 높게 나타났다. 회귀분석 결과 $y(\text{Tyurin})=0.7836x(\text{CN analyzer})+2.3706$ 과 같은 회귀식이 얻어졌으며 결정계수 $R^2=0.9595$ 로 나타나 상관성이 높았다. CN 분석기 측정값이 Tyurin법의 측정값에 비해 높게 측정되고 있지만 Tyurin법과의 상관관계가 성립되는 것으로 보아 많은 양의 토양 시료를 측정해야 하는 경우 비교적 신속하고 간편한 CN 분석기 측정법을 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

주제어: 토양 유기물, Tyurin법, CN 분석기, 건식연소법

주연기자 연락처: jeon45@korea.kr (063-238-2452)

PB-57

밭토양 인산, 칼륨 비료 최소사용량 기준설정을 위한 수용성 양분 분석

Water-soluble Nutrient Analysis for Establishing Standard of Phosphate and Potassium Starter Fertilizer in Upland Soil

박혜진*, 이예진, 이찬욱, 송요성

Hye-Jin Park*, Ye-Jin Lee, Chan-Wook Lee, and Yo-Sung Song

농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과

Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju, 55365, Republic of Korea

토양 중 양분 과잉은 작물의 정상적인 양분 흡수를 방해할 뿐 아니라 토양 양분 불균형, 수계 부영양화 등 환경부하를 초래할 수 있다. 국내 농경지 토양 비옥도는 무기질 비료 사용 및 가축분퇴비 공급에 의해 지속적으로 상승하는 추세로 특히 인산과 칼륨 함량의 경우 적정범위(P: 300~550 mg/kg, K: 0.5~0.8 cmol/kg)를 초과하는 농경지 비율이 50% 이상으로 나타났다(농업환경 변동조사사업, 2021). 한편, 공직직불제, 탄소중립 정책과 관련하여 무기질 비료 사용을 감축하고자 토양검정 비료사용처방을 시행하고 있으나 밭토양에서 인산, 칼륨 비료의 최소사용량(3 kg/10a)*은 토양 중 양분 초과 수준을 고려하지 않고 처방되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 밭토양에서 비료 최소사용량 기준을 설정하기 위하여 토양 특성과 수용성 양분 함량간 관계를 분석하고자 한다. 전국 밭토양 241점(전남북 지역 양분 초과 농경지와 농업환경 변동조사 밭토양 시료 일부)에 대하여 이화학적 특성(토성, pH, OM, Av.P₂O₅, Ex.Cation 등)과 수용성 인산, 칼륨 함량(0.01M CaCl₂ 침출)을 분석한 결과, 대상 토양 중 유효인산 및 칼륨 함량이 적정범위를 초과한 비율은 각각 60, 56%로 나타났으며, 토성은 사양토 > 양토 > 미사질양토 > 미사질식양토 > 식양토 > 기타(사토, 미사질식토 등) 순으로 분포하였다. 토양 중 유효양분과 수용성 양분간 관계는 정의 상관관계를 보였다. 향후 다양한 토양 인자와 수용성 양분간 관계 분석을 통해 수용성 양분 용출이 급증하는 변곡점을 확인하고 이를 활용하여 최소사용량 기준을 설정, 작물(양파) 생산성 평가를 수행할 예정이다.

* 최소사용량: 종자밭아, 뿌리 활착 등 작물의 초기생육을 위한 비료시비량(3 kg/10a)

주제어: 인산, 칼륨, 최소사용량, 유효양분, 수용성양분

주연구자 연락처: hjin11@korea.kr (063-238-2463)

토양 검정 비료 처방 및 비료 사용 방법에 따른 단호박 시비 효과

The Fertilizer Effects of Soil Testing-based Fertilization Prescription and Application Methods for Sweet Pumpkin

고윤정*, 이강해, 강일두, 김유경, 김창선, 진금신, 김태균
Yoon-Jeong Ko*, Kang-Hae Lee, Il-Doo Kang, Yu-Kyoung Kim,
Chang-Seon Kim, Keum-Sin Jin, and Tae-Kyun Kim

제주특별자치도 농업기술원

Jeju Special self-governing Province Agricultural Research and Extension Services

단호박은 제주도에서 고소득 작물로서 재배면적이 매년 늘어나고 있으며, 흡비력이 높은 박과작물이기 때문에 비료사용량이 많아져 질소비료 과다사용에 의한 지하수 오염과 같은 문제가 우려되고 있다. 따라서 비료사용 저감 유도 수단으로 이용하고자 토양검정에 의한 단호박 비료시비량을 적용하여 관행대비 농가 현장실증 시비시험을 대정지역과 한경지역 2개소에서 3~7월간 수행하였다. 토양검정 시비량은 작물 재배 전 토양검정 후 비료사용처방서의 비료사용량을 이용하였으며, 대정지역의 경우 질소-인산-칼리 시비량(kg/10a)은 16.6-4.2-11.9 kg/10a, 한경지역은 14.6-2.1-8.9 kg/10a으로 나타났다. 농가 비료 사용량의 경우 질소-인산-칼리 시비량은 대정지역의 경우 21.1-11.6-7.2 kg/10a, 한경면 지역은 15.4-8.9-11.5 kg/10a로 사용하는 것으로 조사되었다.

단호박 밭거름 시비방법은 대정지역 농가는 전면처리, 한경지역은 농가는 이랑처리를 하고 있었으며, 본 시험에서 토양검정 처리구를 대정지역은 전면처리, 한경지역은 이랑처리로 수행하였다. 밭거름은 정식 전(2023. 3. 20.)에 처리하였고, 웃거름은 비닐멀칭 제거 후(2023. 4. 27.)에 처리하였다. 토양검정 처리구의 경우 이랑처리시 전면처리 대비 밭거름 시비면적이 적어 17.3~19.9% 적게 사용하였으나, 웃거름 처리에서 처리구간 총 비료사용량에 맞춰 처리하였다.

단호박 생육특성은 농가관행구와 토양검정 처리구간 차이는 없었으며, 수확량은 농가관행구가 1,233kg/10a, 토양검정 처리구는 1,257kg/10a로 처리구간 유의성이 없는 것으로 나타났다.

주제어: 단호박, 토양검정, 비료사용량

주연구자 연락처: dkfzkl187@korea.kr (064-760-7232)

Table 1. 처리구별 비료 사용량

재배지역	처리구	비료사용량(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/10a)		
		계	밭거름	웃거름
대정읍	토양검정	16.6-4.2-11.9	8.3-4.2-6.1	8.3-0.0-5.8
	농가관행	21.1-11.6-7.2	21.1-11.6-7.2	-
한경면	토양검정	14.6-2.1-8.9	6.3-2.1-3.0	8.3-0.0-5.9
	농가관행	15.4-8.9-11.5	3.2-1.1-1.5	12.2-7.8-10.0

새만금 간척지 농생명권역의 공구별 토양 이화학적 및 생물학적 특성 평가

Evaluation of Physicochemical and Biological Properties of Agricultural Soil of Saemangeum Reclaimed Tidal Land

남성현*, 이위영, 장용선, 이상필, 윤정환, 정석순, 이준규, 김성철¹, 양재의
 Sunghyeon Nam*, Wiyoung Lee, Yongseon Jhang, Sangphil Lee, Junghwan Yoon, Seoksoon Jeong,
 Jungyu Lee, Sungchul Kim¹, and Jae E. Yang
 강원대학교, ¹충남대학교
 Kangwon National University, Chuncheon 23431, Korea
¹Chungnam National University, Daejeon, 34134, Korea

간척지로 조성된 농경지는 해수의 영향으로 염농도가 높은 경우가 많아 담수로 물을 대는 벼 재배가 일반적이다. 하지만 최근 식량안보의 중요성이 커지게 되고, 쌀 소비가 감소하는 등의 이유로 우리나라는 새만금 간척지 농생명권역을 콩, 밀, 옥수수 등 식량작물을 재배하는 복합곡물단지로 계획했다. 간척 농지는 일반 농경지에 비해 유기물 함량이 매우 낮고 염농도와 나트륨 함량이 높아 밭작물 재배에 적합한 토양 환경이 아니다. 이에 장기간의 숙전화로 밭 재배에 적합한 토양 환경을 조성해야 하며, 이를 위해 현재 간척지의 토양 특성을 파악할 필요가 있다. 본 연구에서는 농생명 권역 1, 2, 4, 5, 6-공구와 새만금 배후도시용지로 10년 전 목재 에너지립이 조성된 지역의 표토(0~20 cm) 96점을 채취 후 토양 특성을 분석하였다. 농생명 권역의 토성 대부분은 Sand 함량이 평균 65 (±17)% 이상이었으며, 목재 에너지립은 Loam이었다. 내수성 입단화는 농생명권역이 40% 이하로 매우 낮았고, 장기간 포플러 식재를 통해 숙전화가 이뤄진 목재 에너지립은 51%로 토양 입단 형성이 상대적으로 많이 이뤄졌다. pH와 EC_{1:5}는 공사 중인 2, 6-공구를 제외하고 밭 토양 적정범위에 분포하고 있었고, ECE는 공사 중인 6-공구(3.8 dS m⁻¹)를 제외하고 대부분의 토양이 1 dS m⁻¹ 미만이었다. 유기물과 유효인산의 평균은 목재 에너지립(20 g kg⁻¹, 106 mg kg⁻¹)을 제외하고 밭 토양 적정 기준보다 매우 낮은 값을 나타냈다. Mg²⁺을 제외한 치환성 양이온과 CEC도 밭 적정 토양 기준에 미치지 못했다. 염류토양 분류 결과 6-공구 일부 토양을 제외하고 일반 토양으로 분류되었다. 음이온은 6-공구가 가장 높았고 나머지는 상대적으로 낮은 수준을 나타냈다. 생물학적 특성은 대부분의 공구에서 토양 효소 활성이 낮았으나 장기간 포플러가 식재되어 있었던 목재 에너지립이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 현 새만금 간척지의 농생명권역 토양은 공사가 진행 중인 6-공구 중 일부 지역을 제외하고 밭 작물 재배시 염에 의한 피해는 적을 것으로 예상되었으나, 유기물을 비롯한 비옥도 및 생물학적 특성이 매우 낮은 수준이었다. 이에 비옥도를 높이면서 지속가능한 농업이 이뤄질 수 있도록 토양을 종합적으로 개선할 수 있는 토양 개량제의 처리가 필요하다고 판단된다.

주제어: 새만금, 간척지, 숙전화, 토양 이화학적, 토양 생물성

주연구자 연락처: tjdgus2345@kangwon.ac.kr (010-4655-0382)

Table 1. Physicochemical and Biological Propertise of Saemangeum Agricultural Soil of Saemangeum Reclaimed Tidal Land

	Bulk density g cm ⁻³	Water aggregate	Sand %	Silt	Clay	Soil texture
Zone 1	1.41	18	63	26	11	SL
Zone 2	1.34	16	75	21	4	LS
Zone 4	1.39	23	57	33	10	SL
Zone 5	1.33	31	59	35	6	SL
Zone 6	1.38	35	72	25	4	SL
Zone 7	1.31	32	67	31	2	SL
Popular	1.47	51	36	38	26	L
Average	1.38	30	61	30	9	SL

	pH	EC _{1:5} dS m ⁻¹	ECe	O.M. g kg ⁻¹	Av.P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹	Exchangeable				CEC	SAR	ESP %
						K	Na	Ca	Mg			
Zone 1	6.5	0.08	0.6	10.9	49.8	0.6	0.8	2.1	4.1	7.4	4.5	8.1
Zone 2	7.8	0.04	0.5	2.3	34.2	0.7	0.4	1.9	2.7	5.0	4.5	9.0
Zone 4	5.6	0.04	0.3	9.2	55.7	0.5	0.4	1.9	2.7	7.2	3.1	5.3
Zone 5	5.9	0.11	0.9	15.2	155.6	0.6	0.5	2.7	3.0	6.3	3.3	6.7
Zone 6	7.8	0.27	3.8	5.7	44.7	0.6	1.6	1.8	2.3	4.8	11.6	34.1
Zone 7	6.4	0.04	0.5	4.0	26.2	0.5	0.2	1.7	2.8	5.9	3.2	3.0
Popular	6.1	0.06	0.5	19.7	105.9	1.7	0.9	3.6	6.4	13.3	5.2	6.5
Average	6.6	0.09	1.0	9.6	67.5	0.6	0.7	2.2	3.4	7.1	5.1	10.4
¹ Field	6.5	0.84	-	29	642	1.0	-	7.6	2.1	10	-	-

1)Field: Proper range of field

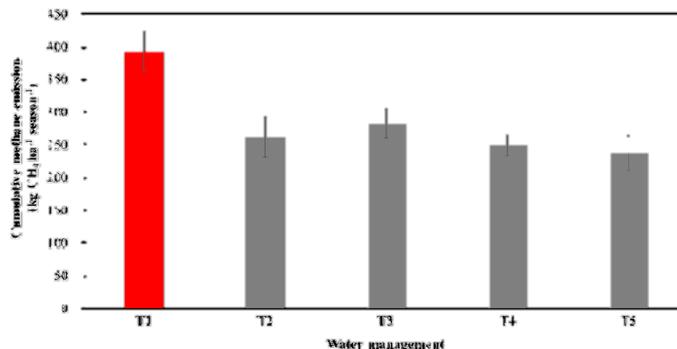
	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁺	PO ₄ ⁺	Urease μg N g ⁻¹ dm ⁻¹ 2h ⁻¹	¹ DHA TPF μg g ⁻¹	β-glucosidase μg h ⁻¹ g ⁻¹	² PHA μg h ⁻¹ g ⁻¹
Zone 1	45	206	184	1	101.23	7.41	102.50	555.11
Zone 2	28	129	135	2	31.62	0.36	74.89	373.38
Zone 4	12	94	53	1	85.83	0.98	94.91	3495.66
Zone 5	94	274	122	6	187.41	2.39	118.08	3587.72
Zone 6	1251	1117	245	6	134.20	3.62	68.93	1530.14
Zone 7	14	259	32	1	55.90	4.73	19.22	1123.05
Popular	40	84	62	N/D	48.81	5.38	33.31	1609.89
Average	212	309	119	2	92	4	73	1754

1) DHA: Dehydrogenase, 2)PHA: Phosphatase

벼논에서 물관리에 따른 메탄가스 감축 효과

Effect of Different Water Management on Reduction of CH₄ emission in a Lowland Rice Field이용선^{1*}, 김강희¹, 김아린¹, 문태일¹, 구현희^{1,2}Young-Seon Lee¹, Kang-Hee Kim¹, A-Rin Kim¹, Tae-Il Moon¹, and Hyun-Hwoi Ku^{1,2}¹한경국립대학교 식물자원조경학부, ²한경국립대학교 토양환경연구소¹Department of Plant Resources and Landscape Architecture, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea²Soil Environment Research Institute, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea

벼 재배 과정 중 중간물떼기(Intermittent Drainage)는 메탄(CH₄) 배출량을 감축시키는 대표적인 물관리 기술이다. 본 연구는 벼논에서 물관리 방법별(중간물떼기, 걸러대기) 메탄가스 감축 효과를 구명하기 위해 경기도 안성시 고삼면에 위치한 관행 논포장에서 수행하였다. 물관리 처리는 상시담수(T1), 2주 중간낙수+얇게대기(T2), 2주 중간낙수+얇게 걸러대기(T3), 3주 중간낙수+얇게대기(T4), 3주 중간낙수+얇게 걸러대기(T5) 등 5수준이었다. 벼 재배기간 메탄가스 포집과 측정은 주 1회 실시하였으며, 이벤트(중간낙수, 질소 비료 시비 등) 발생 시 주 2회 수행하였다. 벼(백옥찰)의 이앙일은 5월 18일이며 수확은 10월 25일이었다. 재배기간 벼의 생육 조사(초장, 출수기, 수량 등)는 최고분얼기(7월 17일), 출수기(8월 14일) 및 수확기에 실시하였다. 물관리 처리별 누적 메탄 배출량은 T1: 393.2, T2: 261.1, T3: 281.4, T4: 249.4, T5: 237.1 kg CH₄ ha⁻¹ season⁻¹으로 나타났으며, 상시담수 대비 메탄 배출율은 T2: 66.4%, T3: 71.6%, T4: 63.4%, T5: 60.3%으로 중간낙수 기간이 메탄을 감축시키는 결과를 보였다. 한편, 벼의 초장의 차이는 T1: 122.1, T2: 125, T3: 129, T4: 115, T5: 122.1 cm으로 처리 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

주제어: 메탄, 물관리, 걸러대기, 관행재배**주연구자 연락처:** seanku@hknu.ac.kr**사사:** 본 연구는 “농림축산식품부의 저탄소 벼 논물관리 기술보급 시범사업”의 지원으로 수행되었습니다.Fig. 1. Cumulative methane (CH₄) emission in the treatment

PB-61

벼 품종과 이앙 시기 특성에 따른 메탄 배출 특성

Characteristics of Methane Emission on Different Varieties with Transplanting Times in a Rice Paddy Field

김아린^{1*}, 문태일¹, 이용선¹, 구현희^{1,2}

A-Rin Kim^{1*}, Tae-Il Moon¹, Young-Seon Lee¹, and Hyun-Hwoi Ku^{1,2}

¹한경국립대학교 식물자원조경학부, ²한경국립대학교 토양환경연구소

¹Department of Plant Resources and Landscape Architecture, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea

²Soil Environment Research Institute, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea

논에서 메탄 배출에 영향을 미치는 인자는 토양 유기물, 물관리, 농자재 관리 및 벼의 품종 등이다. 현재 까지 우리나라는 물관리(중간물떼기), 질소질 비료 및 토양 개량제에 대한 국가 메탄 배출 계수를 개발하여 논벼에서 배출되는 온실가스를 국가 단위로 산정하고 있다. 하지만, 벼 품종에 대한 온실가스 배출 특성 연구는 거의 전무한 실정이다. 따라서, 본 연구는 벼 품종별/이앙 시기별 메탄가스 배출 특성을 파악함으로써, 벼의 생산성을 담보하고 메탄 발생량이 감축되는 품종과 이앙 적기를 평가하고자 수행하였다. 포장 실험은 경기도 안성시 금광면에 위치한 관행 농가에서 수행하였으며, 품종은 조생종(고시히카리, E)과 중만생종(참드림, M)을 선정하였다. 이앙 시기는 5월 10일(T1), 5월 25일(T2), 6월 10일(T3), 6월 25일(T4) 등 4수준 이었다. 벼 재배 기간 메탄가스 포집과 측정은 주 1회 실시하였으며 질소질 비료 시비 및 중간낙수 등 이벤트 발생 시 주 2회 수행하였다. 품종별 누적 메탄 배출량은 조생종에서 E_T1: 305.5, E_T2: 437.9, E_T3: 305.9, E_T4: 229.3 kg CH₄ ha⁻¹ season⁻¹으로 나타났으며, 중만생종은 M_T1: 458.7, M_T2: 411.0, M_T3: 226.6, M_T4: 235.9 kg CH₄ ha⁻¹ season⁻¹였다. 조생종의 이앙 시기별 누적 메탄가스 배출량은 E_T2에서 가장 높았고 이앙 시기가 늦어질수록 감소하는 경향을 보였다. 반면, 중만생종의 이앙 시기별 누적 메탄가스 배출량은 M_T1에서 가장 많았으며, 이앙 시기가 늦어질수록 배출량은 감소하는 경향이였다.

주제어: 조생종, 중만생종, 이앙시기, 메탄가스

주연구자 연락처: seanku@hknu.ac.kr

사사: 본 연구는 “농촌진흥청 저탄소 그린라이프 생산기술개발 연구사업(PJ017132023)”의 지원에 이루어졌습니다.

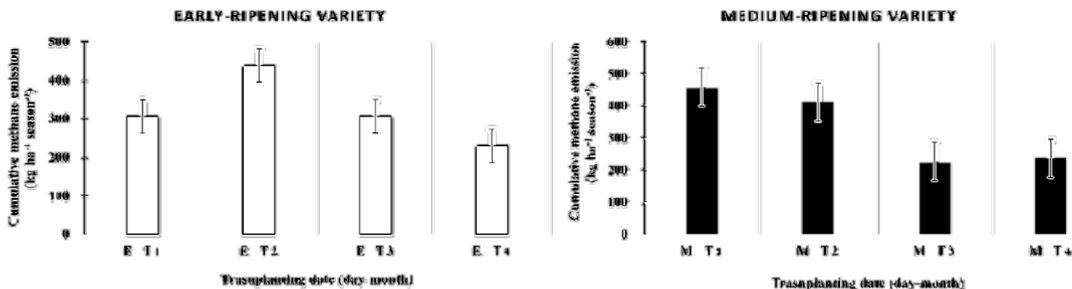


Fig. 1. Cumulative methane (CH₄) emission in the treatment

Spatial Distribution of the Soil Chemical Properties on Organic Paddy Soils in Gangwon Province

Tae-Il Moon^{1,2*}, A-Rin Kim¹, Yong-Seon Lee¹, Hui-Ju Maeng¹, Suk-hyun Moon¹, and Hyun-Hwoi Ku^{1,2}
문태일^{1,2*}, 김아린¹, 이용선¹, 맹희주¹, 문석현¹, 구현희^{1,2}

¹Department of Plant Resources and Landscape Architecture, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea

²Soil Environmental Research Institute, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea

¹한경국립대학교 식물자원조경학부, ²한경국립대학교 토양환경연구소

Reliable information on the soil chemical properties in relation to spatial distribution is required for assessing soil quality of the organic farming field. We investigated the topography and soil chemical properties of organic paddy fields where had been maintained for organic certification during more than 5 years in Gangwon province. Soil chemical properties of pH, exchangeable potassium, calcium, and magnesium contents were analyzed for 100 soil samples. The topographical survey of the paddy soils was conducted based on the soil environment map provided by Rural Development Administration (RDA). To assess the excess or deficient of soil chemical parameters in organic paddy soil, we referred to the optimal range of soil chemical parameters recommended by NIST (2010). The topographic distribution of the paddy soil was alluvial plains at 47%, local valley & fans at 34%, fluvio-marine plains and mountain foot slopes at 7%, and diluviums at 5%. The chemical properties of organic paddy soils by topography are shown in Table 1. Soil pH in all the sampled was within an optimal range, but Ex. Ca and K were exceeded. Mg was found to be particularly high in the diluviums.

Keywords: Organic farming, Paddy soil, Topography, Chemical property, Gangwon Province

Correspondence: seanku@hknu.ac.kr (031-670-4612)

Acknowledgement: This research was supported by RDA (Project No. PJ017012032023)

Table 1. Soil pH and exchangeable Cations of the soils in different topographical areas.

Topography (n)	pH (1:5)	Ex. Cations (cmol _c kg ⁻¹)		
		Ca	K	Mg
Local valley & fans (34)	6.0 -	7.4 ▲	0.3 ▲	1.4 ▼
Alluvial plain (47)	5.7 -	5.8 ▲	0.4 ▲	1.3 ▼
Fluviomarine plains (7)	5.8 -	6.9 ▲	0.3 ▲	1.2 ▼
Mountain foot slopes (7)	5.5 -	5.3 ▲	0.3 ▲	1.5 ▲
Diluvium (5)	6.0 -	8.0 ▲	0.4 ▲	2.7 ▲

※ -: Optimal, ▲: Excess, ▼: Deficient

PB-63

토양 중 Cu 간이분석을 위한 박테리오파지 나노 컬러센서 적용가능성 평가

Evaluation of Feasibility of Cu Simplified Determination in Soil by Using Bacteriophage Nanosensor

정석순*, 남성현, 이종민¹, 김혁수

Seoksoon Jeong*, Sunghyeon Nam, Jongmin Lee¹, and Hyucksoo Kim

강원대학교, ¹한림대학교

Department of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

¹School of Semiconductor-Display Technology, Hallym University, Chuncheon 24252, Korea

중금속으로 오염된 토양은 인체를 비롯한 동·식물에게 다양한 악영향을 미치기 때문에 모니터링을 통한 사전관리가 중요하다. 중금속 오염도 조사는 시간과 고가의 장비가 요구되기 때문에 넓은 범위를 조사하기에는 어려움이 있다. 박테리오파지는 설계를 통해 물질에 대한 선택성을 부여하여 감도를 높일 수 있는 물질로 이를 이용한 컬러센서 개발은 토양 중 중금속 분석에 소요되는 시간과 비용을 절감하는데 기여할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 토양 중 중금속 신속한 분석을 위하여 박테리오파지 기반 나노 컬러센서의 적용가능성을 평가하고자 하며 대상 중금속으로 Cu를 선정하였다. 박테리오파지 나노 컬러센서의 적정 파장을 탐색하기 위해 Cu 농도를 달리한 Mehlich 3 용액을 조제하여 UV/Vis spectrophotometer로 wavelength scan을 실시하였고 500 nm로 선정하였다. 또한, Cu 농도가 증가함에 따라 흡광도가 일정하게 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 토양에 대한 적용가능성을 평가하기 위하여 Cu 총 함량이 저농도(25.5 mg kg⁻¹)에서 고농도(94.7 mg kg⁻¹)에 해당하는 농경지 토양을 선정하였다. 선정된 토양을 Mehlich 3 용액으로 추출 후 박테리오파지 나노 컬러센서와 반응시켜 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. 흡광도와 토양 중 Cu 총함량을 비롯한 화학성과의 상관관계를 확인한 결과 Cu 총함량은 유의성이 없었고 교환성 K와 유의성이 있는 것으로 나타났다. 이를 통해 박테리오파지 나노 컬러센서가 K⁺ 이온의 간섭을 받는 것으로 판단되어 간섭효과를 상쇄시키기 위하여 추출용액을 희석 후 재측정한 결과 교환성 K와 유의성이 없고 Cu 총함량과 유의성이 있는 것으로 나타났다. 이처럼 박테리오파지 나노 컬러센서를 이용한 분석법을 보완 개선한다면 토양 중 Cu 간이분석에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

주제어: 농경지, Cu, 박테리오파지, 간이분석

주연구자 연락처: stalag@kangwon.ac.kr (033-250-7247)

충남 당진시 대표필지 토양화학성 현황

Soil chemistry for Representative soil in Dangjin-si, Chungcheongnam-do

이덕형*, 구경애, 이진일¹, 이은진², 윤여욱¹Deok hyung Lee*, Kyung ae Ku, Jin-Il Lee¹, Eun-Jin Lee², and Yeo-Uk Yun¹당진시농업기술센터, ¹충청남도농업기술원, ²농촌진흥청 국립농업과학원

Dangjin-si Agricultural Technology Center, Dangjin, 31763, Korea

¹Chungcheongnam-do Agricultural Research and Extension Service, Yesan, 32418, Korea²National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju, 55365, Korea

당진시는 충청남도 최북단에 위치한 지역으로 토양은 황토로 이루어진 곳이 많고 토심이 대체로 깊고 배수가 잘되는 특성이 있어 농업에 유리한 요건을 갖추고 있다. 그리하여 충청남도에서 경지면적이 가장 많은 것으로 보고되며, 2022년 기준으로 논 21,356ha, 밭 6,269ha로 국내 대표적인 쌀 생산단지이다.

본 연구는 당진시 읍면동(리) 단위의 화학비료 및 토양개량제 소요량을 파악하기 위하여 2022년 대표필지로 선정된 논 401필지, 밭 199필지를 대상으로 토양화학성 및 검정결과 분포비율 등을 산출하였다.

논토양 화학성은 교환성 칼륨과 마그네슘, 유효규산이 적정범위에 비해 과다한 비율이 각각 75.3, 67.6, 68.3%로 조사되었고, 유효인산이 부족한 비율이 64.8%로 조사되어 토양 내 양이온은 대체로 과다하고 유효인산은 부족한 것으로 판단하였다.

밭토양 화학성은 pH, 유효인산, 교환성 칼륨, 교환성 마그네슘이 적정범위에 비해 과다한 비율이 각각 56.9, 51.4, 51.4, 71.6%로 조사되어 토양 내 무기양분이 과다하여 토양검정을 통해 최적 비료사용이 필요할 것으로 판단하였다.

주제어: 대표필지, 토양검정, 당진시

주연구자 연락처: lartis2@korea.kr (041-360-6419)

표. 당진시 대표필지 토양화학성(2022)

구분	pH	EC	OM	Av. P ₂ O ₅	Ex. cations			Av. SiO ₂	
					K	Ca	Mg		
	(1:5)	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	---- cmolc kg ⁻¹ ----			mg kg ⁻¹	
논토양 (401점)	평균	6.6	1.33	30	92	0.45	5.5	2.4	280
	최소	5.0	0.10	3	9	0.07	1.8	0.6	46
	최대	8.2	14.26	78	2,248	1.94	15.2	5.3	1,500
	중앙값	6.6	0.93	30	66	0.42	5.3	2.4	229
	95% P	7.6	3.58	48	196	0.78	8.7	3.7	604
논 적정범위	5.5~6.5	≤2	20~30	80~120	0.2~0.3	5.0~6.0	1.5~2.0	157≤	
밭토양 (109점)	평균	6.5	1.26	35	480	0.84	5.8	2.6	
	최소	4.6	0.10	6	10	0.13	1.4	0.6	
	최대	8.7	8.38	130	2,093	3.48	12.8	7.8	
	중앙값	6.6	0.67	26	340	0.62	5.4	2.6	
	95% P	7.7	4.47	80	1,315	2.74	9.7	4.8	
밭 적정범위	6.0~7.0	≤2	20~30	300~550	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0		

수경재배시 고품질의 새싹보리 생산을 위한 최적 재배농도 설정

Optimal Cultivation Concentration for Producing Saponarin-Enriched Barley Sprouts in Hydroponic system

권현우*, 윤영은¹, 고다게다라 고다알라게다라 라크미니², 조주영², 최준혁², 최현지², 김영남², 이용복^{1,2}
Hyunwoo Kown*, Young-Eun Yoon¹, Lakmini Tharangamali Godagedara², Ju Young Cho²,
Jun Hyeock Choi², Hyeonji Choe², Young-Nam Kim², and Yong Bok Lee^{1,2}

경상국립대학교 환경생명화학과, ¹경상대학교 농업생명과학연구원, ²경상대학교 응용생명과학부 (BK21)

Department of Applied Life Chemistry, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

¹Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, 52828, Korea

²Division of Applied Life Science (BK21), Gyeongsang National University, Jinju, 52828, Korea

새싹보리는 사포나린, 클루코시놀레이트 등 기능성 2차 대사산물을 함유하고 있으며, 이는 외부 환경요인에 의해서 그 함량이 크게 변화된다. 노지재배의 경우 식물의 생육기간동안 온도, 광, 수분 등의 여러 가지 외부환경에 노출되어 유용성분 고함유 작물생산이 가능하지만 외부환경 변화에 따른 함량이 차이는 점과 연중 재배가 불가능한 제한요소를 가지고 있다. 유용성분 고함유 원료의 안정적 공급을 위해서는 시설재배가 필수 요소이며, 노지재배와 시설재배의 유용성분 함량차이를 극복할 수 있는 재배방법 설정에 관한 연구가 필수로 요구되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 새싹보리의 사포나린 함량이 최대가 되는 최적 재배환경을 설정하기 위해 베드재배 및 수경재배한 새싹보리를 비교 실험하였다. 베드재배는 모판 (30 x 60 cm)에 수도용 상토를 채우고 새싹보리 종자를 150 g 파종한 후 증류수로 급수하면서 재배하였다. 수경재배 시 수도용 상토를 사용한 처리구와 양분이 없는 모래를 사용한 처리구로 나누어 새싹보리를 파종하였다. 수경재배용 포트에 새싹보리 종자 2.4 g을 파종 후 상토 처리구에는 증류수를 급수하고, 모래 처리구에는 Hoagland solution (HS)의 0.1배를 급수하였다. 또한, 수경재배 시 사용한 양액의 최적 농도를 설정하기 위해 양액의 농도를 증류수만 공급하는 control을 포함하여 HS의 0.01배, 0.02배, 0.05배, 0.1배 1배를 각각 처리하여 재배하였다. 베드재배와 수경재배 비교 실험에서는 새싹보리의 잎의 길이가 15 cm 일 때 지상부를 가위로 절단하여 수확하였으며, 최적 양액농도를 설정하기 위한 실험에서는 잎의 길이가 10 cm 일 때 수확하였다. 수확한 시료는 동결건조 후 믹서기를 사용하여 분말을 만들어 사포나린 함량을 분석하였다. 수경재배 시 HS 0.1배를 급수하였을 경우 새싹보리의 사포나린 함량은 증류수만 급수한 처리구에 비해 증가하는 결과를 보였고, 베드재배와 비교하였을 경우 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 그러나 15 cm까지의 생육일수는 수경재배 시 14일 베드재배 시 21로 수경재배한 새싹보리의 생육이 7일정도 빠른 것으로 나타났다. 최적 양액농도를 설정하는 실험에서는 HS의 농도가 증가함에 따라 새싹보리의 사포나린 함량은 감소하는 경향을 나타내었으며, HS의 농도가 0.01배일 때 사포나린 함량은 1088 mg 100 g⁻¹로 가장 높게 나타났다.

주제어: 이차대사산물, 고부가가치 작물, 수경재배, 양액농도, 최적 재배환경

주연구자 연락처: yblee@gnu.ac.kr (055-772-1967)

새싹작물의 유용성분 증진을 위한 환경적 유도요인 구명

Exploring Environmental Factors to Enhance Secondary Metabolite Production in Sprout Crops

윤영은*, 고다게다라 고다알라게다라 라크미니¹, 조주영¹, 최준혁¹, 최현지¹, 김영남¹, 이용복¹,
Yoon-Eun Yoon*, Lakmini Tharangamali Godagedara¹, Ju Young Cho¹, Jun Hyeock Choi¹,

Hyeonji Choe¹, Young-Nam Kim¹, and Yong Bok Lee¹

경상대학교 농업생명과학연구원, ¹경상대학교 응용생명과학부 (BK21)

Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, 52828, Korea

¹Division of Applied Life Science (BK21), Gyeongsang National University, Jinju, 52828, Korea

환경 조건의 변화는 새싹 작물의 기능성 물질 함량에 큰 영향을 미칠 수 있으며, 이는 고부가가치 농작물의 효율적 개발 및 안정적인 원료 공급에 중요한 요소로 간주된다. 따라서, 본 연구에서는 보리와 트리티케일 새싹에서의 기능성 물질, 특히 saponarin 및 isoveitexin-2-o-arabinoside의 함량과 환경적 요인(온도, 광량, 수분 등)과의 상관관계를 깊이 분석하였다. 새싹 보리와 트리티케일을 3월부터 10월까지 매달 1일 노지에 파종하여 지상부 길이가 10, 15, 18 cm에 도달할 때마다 수확하였다. 수확 시점의 생체중, 잎의 길이, 생육일수 등의 데이터를 기록하였으며, 환경적 요인인 온도(평균온도, 일교차, 적산온도), 광량(일조시간, 평균일사량, 누적일사량), 상대습도, 강수량을 계산하여 유용성분 함량과의 상관관계를 분석하였다. 새싹보리의 saponarin과 트리티케일의 isoveitexin-2-o-arabinoside의 연평균 함량은 잎의 길이가 15 cm일 때 기준으로 각각 1428, 306 mg 100 g⁻¹로 나타났다. 새싹보리의 saponarin 함량은 7월 파종 시 가장 낮았고, 10월 파종 시 가장 높았다. 트리티케일의 isoveitexin-2-o-arabinoside 함량변화는 새싹보리와 같은 경향을 나타내었으나 파종시기별 유용성분 함량에는 큰 차이를 보이지 않았다. 각 새싹작물의 유용성분 함량과 주요 환경요인 간의 상관관계 분석을 실시하였을 때 saponarin 함량과 생육일수, 적산온도, 누적일사량, 강수량은 음의 상관관계를 가졌으며, 일교차와는 양의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. Isovitexin-2-o-arabinoside 함량과는 강수량이 음의 상관관계를 가졌으며, 일교차와는 양의 상관관계를 가졌다. 다중회귀분석을 통해 새싹작물의 유용성분 함량변화에 환경요인이 미치는 영향력을 평가하였을 때 새싹보리의 saponarin 함량에는 잎의 길이가 52.5%의 영향력을, 트리티케일의 isoveitexin-2-o-arabinoside 함량에는 일교차가 33.2%의 영향력을 가진 것으로 확인되었다.

주제어: 새싹보리, 트리티케일, saponarin, isoveitexin-2-o-arabinoside, 재배환경

주연구자 연락처: yblee@gnu.ac.kr (055-772-1967)

PB-67

Infrared Spectroscopy-Enhanced Soil Property Prediction for Precision Fertilizer Recommendations in Korean Agriculture

Ho Jun Jang¹, wartini ng¹, Budiman Minasny¹, Seong Heon Kim², Jay Hong Shim², Yun-Hae Lee²,
Soon ik Kwon², Jin-Ju Yun², and Sang Ho Jeon²

¹School of Life and Environmental Sciences, The University of Sydney, Sydney, Australia

²Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju, Jeonbuk, Republic of Korea

The establishment of national fertilizer policies in Korea, guiding farmers in efficient fertilizer application, is contingent upon the annual collection and analysis of soil samples. This process, however, presents challenges such as time consumption, high costs, and potential exposure to hazardous materials. This study introduces an innovative approach by integrating infrared spectroscopy for accurate soil property prediction, enabling the formulation of tailored fertilizer recommendations.

A comprehensive dataset of 567 soil samples from diverse land use types in Korea (0-20 cm depth) was subjected to mid-infrared spectrometry. Four machine-learning algorithms (Partial Least Squares Regression, Support Vector Machine, Cubist, and Random Forest) were implemented and compared for their prediction accuracies using a 15-fold cross-validation for eight crucial soil properties: organic matter, total nitrogen, calcium, phosphoric acid, pH, potassium, magnesium, and silicic acid.

Results demonstrated robust predictive performance across the selected soil properties ($R^2 > 0.70$), with organic matter and total nitrogen exhibiting exceptional accuracy ($R^2 > 0.9$). Leveraging these predicted values, we provided actionable fertilizer recommendations to empower farmers in optimizing land management practices. The study showcases the potential of this approach to revolutionize soil analysis protocols, offering a more efficient and cost-effective solution for sustainable agricultural practices in Korea. Further research is needed to explore the practical implementation of these recommendations on a broader scale.

Keywords: Infrared, proximal soil sensing, Fertilizer Recommendations, Rapid soil analysis

Correspondence: jeon45@korea.kr

PB-68

무기질비료와 유기질비료(계분)의 혼합비율이 옥수수 수확량에 미치는 영향

Effect of Mixing Ratio of Inorganic and Organic Fertilizer on Maize (*Zea mays* L.) Yield

박병준*, 김연호, 정재영, 서수민, 김다은, 원채윤, 김건호, 김혁수
Byungjun Park*, Yeonho Kim, Jaeyoung Jeong, Sumin Seo, Daeun Kim, Chaeyoun Won,
Gunho Kim, and Hyucksoo Kim
강원대학교 바이오자원환경학과

Department of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

토양 영양소와 유기물의 관리는 지속 가능한 작물 생산과 토양 건강 증진에 있어서 중요하다. 지속 가능한 농업을 위해 토양이 요구하는 양분량에 맞는 비료 투여와 유기물 함량을 높일 수 있는 관리방안이 필요하다. 따라서 본연구에서는 무기질비료와 유기질비료(계분)의 혼합비율을 달리하여 지속가능한 식량생산을 위한 관리방안을 제시하고자 한다. 이를 위해 토양 분석 결과를 바탕으로 산정된 시비처방에 따라 무기질비료(Inorganic fertilizer; IF)와 유기질비료(Organic fertilizer; OF)를 각각 무처리, IF 100%, IF 75% + OF 25%, IF 50% + OF 50%, IF 25% + OF 75%, OF 100%, IF 100% + OF 100%로 처리하여 옥수수(광평옥) 재배시험을 수행하였다. 유기질비료를 토양에 처리한 경우 유기물과 유효인산의 양이 유기질비료 처리량과 비례하여 증가하는 것으로 나타났으며, OF 100% 토양의 유효인산 함량은 IF 100% 대비 9.2% 높은 것으로 나타났다. 무기질비료와 유기질비료의 혼용은 옥수수의 수확량을 향상시켰으며, IF 25% + OF 75%로 혼합하여 처리한 경우 IF 100% 처리보다 35% 증가해 IF 100% + OF 100% 처리구와 통계적으로 유사한 수준의 수확량을 보였다. 결과적으로 무기 및 유기질비료의 혼용이 토양의 비옥도와 작물 생산량을 높이며, 지속가능한 농업에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

주제어: 토양비옥도, 지속 가능한 농업, 비료 혼용, 옥수수

주연구자 연락처: phkq26@kangwon.ac.kr (033-250-6442)

뜻거름작물 혼파 시비가 논 토양의 탄소 fractions에 미치는 영향

Influences of Mixed Green Manure Application on Carbon Fractions of Paddy Soil

최준혁*, 최현지, 신예림, 조주영, 윤영은¹, 이금아¹, 이용복, 김영남
Jun Hyeok Choi*, Hyeonji Choe, Yerim Shin, Ju Young Cho, Young-Eun Yoon¹,

Keum-Ah Lee¹, Yong Bok Lee, and Young-Nam Kim

경상국립대학교 응용생명과학부(BK21), ¹경상국립대학교 농업생명과학연구원

Division of Applied Life Science (BK21), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

¹Institute of Agriculture and Life Science (IALS), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

국내 논에서는 겨울 휴작기 뜻거름작물이 널리 재배되고 있으며 수확 후 토양 환원을 통해 토양 유기물 함량 및 비옥도를 향상시킨다. 일반적으로 C/N율이 높고 생체량이 큰 화본과 작물뿐만 아니라 C/N율은 낮지만 뿌리혹박테리아의 질소고정 효과를 지닌 두과작물 또한 뜻거름작물로서 활용되고 있다. 또한 두 뜻거름작물의 혼파 시 토양 질 향상에 시너지 효과가 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서는 지난 10년 동안 뜻거름작물인 보리와 헤어리베치 종자를 혼파하여 재배 후 환원시킨 논 토양을 대상으로 탄소 fractionation 분석을 통해 탄소 pool의 구조를 알아보았다. 뜻거름작물 혼파 처리구 구성은 다음과 같다: 보리 100% (B100), 보리 75%-헤어리베치 25% (B75), 보리 25%-헤어리베치 75% (B25), 헤어리베치 100% (B0) 및 무기질 비료 (NPK). 탄소 fractionation은 Stewart et al. (2008)의 방법에 따라 물리적, 화학적, 생화학적 형태의 탄소 함량(g C kg⁻¹soil)을 측정하였다. 토양의 총 탄소 함량은 B0 (20.2) > B25 (19.2) > B100 (17.0) > B75 (16.9) > NPK (16.1) 순으로 높았고, 대조구인 NPK 처리구보다 B0와 B25 처리구에서 탄소 함량이 유의하게 높았다. 토양 내 입단을 형성하고 있지 않은 탄소 fraction (Unprotected fraction: cPOM + fPOM)은 B25 (5.94) > B0 (5.59) > NPK (4.92) > B75 (4.45) > B100 (4.40) 순으로 높았다. 입단의 형성을 통해 물리적으로 보호되는 탄소 fraction (Physically protected fraction: iPOM)은 B0 (2.81) > B100 (2.48) > B25(2.02) > B75(1.76) > NPK (1.36) 순으로 높았다. 토양 내 무기물, 미사, 점토에 의해 화학적으로 보호되는 탄소 fraction (Chemically protected fraction: H-Silt + H-Clay)은 B0 (7.26) > B25 (6.87) > B75 (6.39) > B100 (6.09) > NPK (5.94) 순으로 높았다. 분해 저항성 유기화합물의 형성을 통해 생화학적으로 보호되는 탄소 분획 (Biochemically protected fraction: NH-Sil + NH-Clay)은 B0 (4.57) > B25 (4.41) > B75 (4.34) > B100 (4.03) > NPK (3.88) 순으로 높았다. 전반적으로 총 탄소 함량 및 각 탄소 fraction 함량은 모든 뜻거름작물 혼파 처리구 (B100, B75, B25, B0)가 NPK 처리구보다 높았다. 또한 뜻거름작물 중 헤어리베치의 파종 비율이 증가할수록 화학적 및 생화학적 안정화된 탄소의 함량은 논 토양 내에서 증가하는 경향을 보였다. 이는 두 과작물인 헤어리베치가 장기간 분해 저항성을 가지는 토양 탄소 fraction 형성에 중요한 역할을 하는 것으로 판단된다.

주제어: 헤어리베치, 뜻거름작물 환원, C fractionation, 탄소격리, 지속가능한 농업

주연구자 연락처: goldtwin3@naver.com (055-772-1967)

PB-70

목재 바이오차 시용이 상추 재배토양의 이화학적 특성과 수확량에 미치는 영향

Influences of Wood-derived Biochar Application on Soil Properties and Yield of Lettuce

조주영*, 신예림, 최준혁, 고다게다라 고다알라게다라 라크미니, 이금아¹, 김영남, 이용복¹
 Ju Young Cho*, Yerim Shin, Jun Hyeok Choi, Lakmini Tharangamali Godagedara, Keum-Ah Lee¹,

Young-Nam Kim, and Yong Bok Lee¹

경상국립대학교 응용생명과학부(BK21 four), ¹경상국립대학교 농업생명과학연구원
 Division of Applied Life Science(BK21 four) Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea
¹Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, 52828, Korea

농경지 바이오차(Biochar) 시용은 탄소격리, 아산화질소 배출량 저감 및 토양개량 등 작물의 생육 및 생산량 향상에 긍정적 효과가 있다. 현재 국내에서 바이오차 적정 시용량(recommended biochar application rate; RBAR)은 200 kg 10a⁻¹로 제안되고 있지만, 그 시용 효과는 토양 특성, 작물 종 및 시용량에 따라 크게 상이하므로 재배환경 조건에 따른 최적의 바이오차 시용량 설정을 위한 지속적인 연구가 필요하다. 본 연구에서는 포트 재배시험을 통해 목재 바이오차 시용이 토양 특성과 작물(상추)의 품질 및 수확량에 미치는 영향을 구명하고, 이를 바탕으로 최적 시용량을 산정하였다. 목재 바이오차 시용량 처리구는 RBAR(200 kg 10a⁻¹)을 기준으로 구성하였다: W0(대조구), W50(50% RBAR), W100(100% RBAR), W200(200% RBAR) 및 W400(400% RBAR). 또한, 상추 검정 시비량에 따라 모든 처리구에 비료 3요소(N-P₂O₅-K₂O)를 균일하게 처리하였다. 상추 재배 전과 후 토양 특성을 비교한 결과, 전반적으로 토양 pH, 치환성 칼슘 및 마그네슘은 감소하였고 EC, 유효인산, 총질소, 치환성 칼륨은 증가하였다. 특히, 대조구에서 토양 pH 감소 폭(7.2->6.7)이 컸으나 목재 바이오차 시용량 증가에 따라 감소 폭이 줄었다(e.g., pH 7.0 in W400). 반면 EC, CEC, 치환성 칼슘(9.8 cmol⁺ kg⁻¹) 및 치환성 마그네슘(3.5 cmol⁺ kg⁻¹) 함량의 경우, W50에서 가장 높았다. 또한, 상추의 수확량은 W50 처리구에서 4.9 t 10a⁻¹으로 가장 높았으며, 그다음 W100, W200, W0 및 W400 순으로 높았다. 반면 상추 중 양분함량은 처리구간에 차이가 없었다. 본 재배시험 결과를 통해 목재 바이오차가 상추 재배에 있어서 토양개량제 혹은 비료로써 활용가치가 있음을 확인할 수 있었으며, 특히 RBAR 50% 수준인 100 kg 10a⁻¹가 상추 수확량 측면에서 가장 최적의 시용량으로 판단된다.

주제어: 바이오차, 토양 화학성, 토양개량제, 농업 생산성

주연기자 연락처: jjyoung0153@naver.com (055-772-1967)

토양검정 자료 기반 토양 비옥도 평가 모델 개발

Development of Soil Fertility Evaluation Models based on Soil Testing Data

윤정환*, 정석순, 이상필, 김혁수, 양재의

Jung-hwan Yoon*, Seoksoon Jeong, Sangphil Lee, Hyucksoo Kim, and Jae E. Yang

강원대학교

Kangwon National University, Chuncheon 23431, Korea

우리나라는 매년 시비처방과 공익직불제 이행점검 중 화학비료 사용기준 준수 여부를 검증하기 위한 토양 검정을 하고 있다. 해당 자료를 바탕으로 토양의 화학성이 어느 수준인지 농업환경 실태조사 평가기준과 비교하여 농경지의 비옥도를 평가하고 공익직불제의 화학성 기준 적합 여부에 따라 화학비료 사용기준 준수 여부를 검증하고 있다. 현재의 기준은 각 분석항목별 적합/부적합 판정은 가능하지만 지수화를 통한 평가가 불가능하고 종합적인 토양의 비옥도나 토양의 질을 평가하기에는 적합한 평가 모델이 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 공익직불제 이행점검을 위해 토양검정을 실시한 91,562점의 분석결과를 기반으로 토양비옥도 평가 모델을 개발하고자 하였다. 토양 이용형태별 토양 시료는 논이 50,493점이고 밭은 27,215점, 과수는 9967점, 시설은 3,887점이었다. 비옥도 평가에서 평가 모델은 토지 이용에 따라 적정 화학성 범위가 다르기에 논과 그 외의 토양으로 구분하였다. 그리고 각 토양 평가 항목별 적정 화학성 기준과 기존 선행연구결과를 참고하여 점수화 모델을 선별하였다. pH와 유효인산은 ‘optimum is better’ 모델을, 유기물과 교환성양이온은 ‘more is better’ 모델을, EC는 ‘less is better’ 모델을 적용하였다. 이후 논과 그 외의 지목의 분석결과 기반의 모델식을 개발하였고, 각 모델식을 통해 각 토양 특성별 점수를 모델식에 입력하면 0에서부터 1까지의 점수로 표현할 수 있다. 토양 비옥도는 각 항목별 점수의 평균값을 적용하도록 하였으나 주성분분석 등을 통해 인자별 가중치를 도입하는 방안에 대해서는 현재 연구중에 있으며, 종합적인 토양 비옥도 평가 체계 및 이를 통한 토양관리 방안, 토양비옥도와 작물 생산성과의 관계 등에 대해서는 아직 미흡한 실정이므로 지속적인 연구가 필요하다고 판단된다.

주제어: 토양 비옥도, 평가 모델, 토양검정, 공익직불제

주연기자 연락처: yoonfnfg@hanmail.net (033-250-7247)

볏짚퇴비와 미생물 비료 처리가 고온에서 시금치 생육에 미치는 영향

Effects of Rice Straw Compost and Microbial Fertilizer on the Spinach Growth under Hot Temperature

김민경¹, 김정화¹, 정영애¹, 최수현¹, 윤서아¹, 이석환², 최은영^{1*}
 Min-Kyung Kim¹, Jeong-Hwa Kim¹, Young-Ae Jeong¹, Su-Hyun Choi¹,
 Seo-A Yoon¹, Seok-Hwan Lee², and Eun-Young Choi^{1*}
¹한국방송통신대학교 농학과, ²농업회사법인 (주)제철에만
¹Korea National Open University, ²OBIS Agricultural Corporation

본 실험은 2022년 3월 18일부터 7월 1일까지 미니 식물공장에서 볏짚 퇴비와 미생물 비료 농도 처리에 따른 시금치 작물의 생육을 비교하고자 수행되었다. 토양(경기도 포천시 설운동)은 표토층(15-20cm)에서 채취하여 흙과 자갈을 선별한 후 90°C 건조기에 넣고 건조 중량이 변하지 않을 때까지 건조하였다. 건조 토양은 채로 친 후 각 화분에 1.63kg씩 넣고 볏짚은 실험구에 사용하기 좋은 크기로 잘게 잘라 준비하였고 미생물은 사상균-아스페류길루스(누룩 곰팡이-호기성), 무코르(털 곰팡이-호기성), 라조푸스(접합균-호기성, 혐기성, 양성), 효모균-한세놀라(혐기성)로 구성된 것을 사용하였다(무기성분: 이산화규소 71.82%, 산화철 5.92%, 석회 0.66%, 질소 0.1%, 칼리 0.1%, 산화알루미늄 18.26%, 수분 3.17%, 산화마그네슘 0.41%, 인산 0.1%). 실험은 온도 2 처리(25°C, 30°C)와 미생물 1배(M1S, 0.625g), 미생물 3배(M3S, 2.03g), 볏짚퇴비(R, 22.5g), 볏짚퇴비+미생물 1배(RM1S), 볏짚퇴비+미생물 3배(RM3S) 처리구로 구분하여 총 12개 화분을 완전임의배치하였다. 파종은 2022년 4월 16일에 시금치 수시로 (*Spinacia oleracea* 'Susiro') 종자를 화분(15cm*15cm*15cm) 12개에 각각 4립씩 파종하고 관수는 1일 화분당 0.41L를 관수하여 화분별 70-80% (중량)의 수분함량을 유지하도록 하였다. 광주기는 백색 LED 130 μ mol·m⁻²·s⁻¹ 광도로 주간/야간을 7-21시/21-7시로 설정하였으며 상대습도는 50-70%, 온도는 25°C 또는 30°C를 유지하였다.

평균 엽생체중은 25°C 처리구의 경우 M1S와 M3S에서, 30°C는 M3S과 RM3S에서 대조구보다 높았으며 평균 엽병길이는 30°C 처리구에서 25°C보다 짧았는데, 특히 30°C의 M3S, R, RM1S에서 짧았다. 하지만 반복수의 한계로 통계적 유의차는 없었다. 잔뿌리 형성은 30°C 처리구에서 M3S와 RM1S 처리가 다른 처리보다 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 따라서, 지상부와 지하부생육은 M3S 처리가 효과적이고 볏짚퇴비와 혼용하는 경우는 미생물 비료를 낮은 비율(RM1S)로 혼합하는 것이 더 효과적인 것으로 보인다. 결과를 종합하여 볼 때, 본 실험에서 사용된 미생물 비료는 잎의 순광합성량이 감소될 수 있는 고온 조건에서 호냉성작물인 시금치의 뿌리 발달을 촉진하는 효과가 있는 것으로 판단된다.

주제어: microbial fertilizer, rice straw compost, *Spinacia oleracea*

주연구자 연락처: ch0097@knou.ac.kr (010-5437-7863)

PB-73

Effects of Different Fertilizer Application on Nitrogen Balance in Maize Upland Soil

Mun Hyeong Park¹, Hye Jin Park², and Chang-Hoon Lee^{1*}

¹Department of Horticulture Korea National University of Agriculture and Fisheries

²Soil and Fertilizer Division, National Institute of Agricultural Sciences

The nutrient balance concept is one of approaches to manage optimum nutrients for sustaining soil productivity and reducing environment loading under agroecosystemes. Fertilizer management without considering crop uptake has caused nutrients unbalance and nutrient loss in arable soil during crop cultivation. Nitrogen is essential for the growth and productivity of crops and has a significant impact on the aquatic and atmospheric environment by leaching and emission of N dynamic. Therefore, management of the nitrogen balance in soil is crucial for improving agricultural productivity and environmental sustainability. In this study, we investigated nitrogen dynamic during maize cultivation at control, NPK, Compost, and NPK+Compost treatments. The N balance calculated deference between total N input and total N output with nitrogen emission(NH₃ and N₂O) in soil as well as the N uptake of maize grains, stalks, and leaves at harvesting stages. In the untreated plots where no fertilizer was applied, the nitrogen balance shows a negative value due to crop removal during harvest and N emission. The mixed treatment plots with a combination of chemical fertilizers and compost was highest N balance as positive value, which observed that the nitrogen balance increased by depending on amount of N fertilizer input for maize cultivation. In conclusion, it might be need to alternative N fertilizers application sterategy to manage optimum nitrogen balance for sustainable productivity and environmental loading in arable soils.

Keywords: Nutrient balance, Nitrogen loss, Fertilization, Maize upland

Correspondence: chlee915@korea.kr

전북지역 과수원 토양의 장기간 화학성 변동 현황

Long-term Changes of Chemical Properties on Orchard Soils in Jeollabuk-do Province

엄미정*, 김효진, 박나영, 김용준, 장영환, 윤순강, 김주희

Mijeong Uhm*, Hyojin Kim, Nayoung Park, Yongjun Kim, Younghwan Jang, Sungang Yun, and Juhee Kim

전라북도농업기술원

Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan 54591, Korea

전북지역 과수원 토양의 화학성 변동 특성을 조사하기 위해 도내 주요 과종별 재배면적과 지역을 고려하여 선정된 120개 지점의 토양을 대상으로 2002년부터 2022년까지 4년 간격, 6회에 걸쳐 화학성의 변화를 조사하였다. 조사지역의 지형은 구릉지 39.2%, 곡간 및 선상지 24.2%, 산악지 10.0%, 산록경사지 9.2%, 하성평탄지 9.2% 순으로 많았으며, 토성은 양토와 사양토가 각각 61.7%, 18.3%로 가장 많았다. 장기간(2002~2022년) 동안 변화를 보았을 때, pH의 평균값은 6.4(2002년)에서 6.7(2022년)로 상승하였으며, 적정범위(6.0~7.0) 내의 토양은 점차 감소하고 7.0을 초과하는 토양이 점차 많아지는 경향이였다. 유기물 평균 함량은 26g/kg(2002년)에서 29g/kg(2022년)로 11% 증가하였으며, 최근 10여 년간 조사한 토양의 25~32%가 적정범위(20~30g/kg)내의 수준을 보였으나 이보다 적거나 많은 토양도 여전히 많은 비율을 차지하고 있었다. 유효인산의 평균 함량은 지난 20여년간 646~825mg/kg으로 적정수준(300~550mg/kg)보다 많았으며, 조사 토양의 60% 이상이 지속적으로 이를 상회하는 것으로 나타났다. 교환성 K^+ 와 Ca^{2+} 함량의 평균치는 20년 간 약간씩 감소하는 추세였으나 아직도 50% 이상의 많은 토양이 이들 각각의 적정수준보다 높은 함량을 보이고 있었다. 전체적으로 과수원 토양의 pH, 유기물의 평균값은 적정범위 내에 분포하고 있지만, 유효인산, 교환성 K^+ 과 Ca^{2+} 은 적정수준보다 많았으며, 각 성분에 따라 조사 토양의 43~67%가 과다한 함량을 나타냈다. 따라서 아직도 과수원 토양은 경작자 판단에 의한 관행적인 관리가 이루어지고 있는 것으로 보이며, 토양검정에 의한 적절한 비료사용 지도와 더불어 보다 효율적인 양분관리 방안을 제시할 필요가 있을 것이다.

주제어: 과수원, 양분관리, 토양화학성

주연구자 연락처: uhm1005@korea.kr (063-290-6191)

PB-75

농경지 탄소 축적을 위한 시설작물 부산물의 바이오차 최적 제조조건

Establishment of Optimum Pyrolysis Condition for Biochar from Greenhouse Crop Residues for Carbon sequestration

김성현*, 이동원, 전상호, 심재홍, 이윤혜, 권순익

Seong Heon Kim*, Dong Won Lee, Sang Ho Jeon, Jae Hong Shim, Yun Hae Lee, and Soon Ik Kwon

농촌진흥청, 국립농업과학원, 토양비료과

Soil and Fertilizer Management Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju, 55365, Korea

국내 농업분야의 탄소배출 저감을 위해 다양한 연구가 진행되고 있으며 그 중 하나가 바이오차이다. 바이오차는 바이오매스를 활용하여 열분해과정을 통해 생산된 물질로 탄소 축적, 토양개량제로서의 역할 등이 알려져 있다. 현재 다양한 원료를 이용한 연구가 진행되었으나 시설작물 부산물에 대한 적용시험을 미비한 실정이다. 이에 본 연구는 제조조건에 따른 이화학적 특성 및 중금속 흡착특성을 평가하고 최적 제조조건을 설정하고자 하였다. 시설작물 부산물로 고춧대를 사용하였으며 제조조건은 온도(200, 300, 400, 600°C) 및 시간(1, 2 및 4시간)을 달리하여 바이오차를 제조하였다. 분석항목으로 화학성(pH, EC, TC, 작용기 등)과 비표면적, 중금속 흡착특성을 평가하였다. 화학성의 경우 온도조건이 증가함에 총탄소, pH EC, T-P 등 대부분 증가하는 경향이었으며 조건별 바이오차의 작용기는 온도조건이 증가함에 따라 -OH기 등이 줄어드는 경향이였다. 회수율은 온도 및 시간이 증가함에 따라 감소하는 경향이였다. 비표면적의 경우 300°C 이상부터 급격히 증가하는 경향이였으며 제조된 바이오차의 중금속 흡착특성의 경우 제조온도가 증가할 때 가장 높은 최대 흡착량(9.34 mg g⁻¹)를 보이는 것으로 확인 되었다. 전체 결과를 토대로 바이오차 특성 및 회수율을 고려하였을 때 시설작물 부산물을 이용한 바이오차의 최적 제조조건은 400°C에 2시간인 것으로 판단된다.

주제어: 시설작물 부산물, 바이오차, 열분해 조건

주연구자 연락처: ksh4054@korea.kr (063-238-2453)

경기도 대표 농경지 토양의 화학성 변화

Changes in Chemical Properties of Representative Soil in Gyeonggi Province

안희정*, 김조은, 주옥정, 정재원, 이정혜, 소호섭, 박중수, 김석철
Hee-Jung An*, JoEun Kim, Okjung Ju, Jaewon Jeong, Jeong-Hye Lee,

Hoseup Soh, Jung-Soo Park, and Seok-Cheol Kim

경기도농업기술원

Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Byeongjeomjunang-ro 283-33, Hwaseong-si,
Gyeonggi-do 18388, Republic of Korea

전국 규모의 토양검정 사업은 지역, 지목, 지형별로 대표지점 15만점을 선정하고 매년 5만여점에 대한 토양검정 결과를 DB화하여 농경지 토양화학성의 적정범위 대비 과부족 비율을 평가하고 적정범위 내로 유지하기 위한 토양관리 정책의 기초자료로 활용된다. 경기도는 25개 시군에서 농경지를 대표하는 지점을 선정하고 토양화학성 분석을 통해 친환경 토양 양분관리를 위한 농업인 대상 시비관리 교육 및 현장 컨설팅 자료로 활용하고 있다. 경기도는 토양검정 추진계획에 따라 2020년부터 2022년까지 논토양 10,705점, 밭토양 7,157점, 과수토양 1,062점, 시설재배지 토양 1,153점, 총 20,077점에 대하여 토양검정을 실시하였다. 각 토양별 평균 pH는 6.5~6.7으로 적정범위에 속하였고, EC는 논, 밭에서 적정범위였으나 과수원과 시설재배지에서는 각각 2.2, 4.2dS m⁻¹로 적정범위 2.0dS m⁻¹보다 높았다. 유기물 함량은 과수원에서 35g kg⁻¹로 적정범위를 초과하였고 유효인산 함량은 과수원, 시설재배지에서 각각 770, 1,212mg kg⁻¹으로 적정범위인 550mg kg⁻¹보다 높았다. 치환성 마그네슘은 논과 밭을 제외한 모든 지목에서 적정범위보다 높았으며, 치환성 칼리와 치환성 칼슘은 모든 지목에서 적정범위를 초과하였다. 따라서 토양화학성을 적정범위로 유지하기 위해서는 토양검정으로 과부족 성분함량을 확인하고 작물별 비료사용 처방서를 활용하여 적정량을 시비하는 등의 토양관리가 필요할 것으로 판단된다.

주제어: 경기도, 토양화학성, 토양검정, 대표필지**주연구자 연락처:** heejung0212@gg.go.kr (031-8008-9345)**사사:** 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ01566302)의 지원으로 수행되었습니다.

Table. Chemical Properties of Representative Soil in Gyeonggi Province.

Soil	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Av.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cations(cmol _c kg ⁻¹)			Av.SiO ₂ (mg kg ⁻¹)
					K	Ca	Mg	
Paddy	6.5	-	20	98	0.41	6.2	1.4	266
	(5.5~6.5)*	(≤2.0)	(20~30)	(80~120)	(0.2~0.3)	(5.0~6.0)	(1.5~2.0)	(157≤)
Upland	6.7	1.0	21	550	0.86	7.4	1.8	-
	(6.0~7.0)*	(≤2.0)	(20~30)	(300~550)	(0.5~0.8)	(5.0~6.0)	(1.5~2.0)	-
Orchard	6.5	2.2	35	770	1.58	10.1	3.0	-
	(6.0~7.0)*	(≤2.0)	(20~30)	(300~550)	(0.5~0.8)	(5.0~6.0)	(1.5~2.0)	-
Plastic	6.5	4.2	34	1,212	1.59	11.5	3.7	-
Flims House	(6.0~7.0)*	(≤2.0)	(25~35)	(300~550)	(0.5~0.8)	(5.0~6.0)	(1.5~2.0)	-

*작물별 비료사용처방(농촌진흥청, 2019) 기준 적정범위

PB-77

Estimating Soil Organic Carbon, pH, and Nitrogen Using Mid-infrared Diffuse Reflectance Spectroscopy

Jeongchan Lee*, and Kyungjin Min

이정찬*, 민경진

Seoul National University, Seoul 08826, Korea

서울대학교 농생명공학부

As soil can draw down 23.9 Gt of CO₂-equivalent per year from the atmosphere, accurate and consistent soil monitoring is crucial for assessing soil's long-term carbon sequestration capacity. While soil's chemical properties such as organic carbon content, nitrogen content, and pH can influence the magnitude of CO₂ sequestration by soil, we lack accurate information about these properties. Here, we leveraged soil samples that were collected under shallow- and deep-rooted plants at 0-240 cm across the United States (486 samples = 9 study sites * 2 vegetation types * 3 replicates * 9 soil depth intervals; 5 soil samples were low in quantity, so the final sample number was 481), assessed organic carbon content, nitrogen content, pH, and Fourier-transform infrared spectroscopy with diffuse reflectance (FTIR-DRIFT). Using Partial Least Squares (PLS) approach, we built models that were calibrated and validated on (1) all samples, (2) each vegetation, and (3) three depth intervals (0-90 cm, 90-150 cm, 150-240 cm).

For the all-sample model, 384 samples were used for calibration, 44 samples for finding the best number of components, and 53 samples for validation. The root mean squared error (RMSE) was 0.3011, 0.0183, and 0.4154 for organic carbon, nitrogen, and pH, respectively ($R^2 = 0.94, 0.89, \text{ and } 0.88$, respectively). When we divided the data into two datasets based on vegetation type (deep- and shallow-rooted plants) and created models for each vegetation, the RMSE and R^2 values improved for the nitrogen estimation in the deep-rooted plant model (RMSE = 0.0125, $R^2 = 0.9544$) compared to the all-sample model. Among the three depth interval models, organic carbon and pH estimation at 0-90 cm depth (RMSE = 0.2328, 0.3686, $R^2 = 0.96, 0.86$) were more accurate than their estimation in the all-sample model. Nitrogen estimation improved at two different depth intervals (90-150cm, 150-240cm), with RMSE = 0.00679, 0.00575, and $R^2 = 0.76, 0.78$, respectively. As follow-ups, we will compare PLS with other approaches such as Extreme Gradient Boosting (XGboost) or Cubist and develop models between organic carbon and biological properties such as soil respiration, microbial biomass, and enzyme activities.

Keywords: Soil carbon, Partial Least Square (PLS), Fourier Transform Infrared Spectroscopy with Diffusive reflectance (FTIR-DRIFT)

Correspondence: jeongchan@snu.ac.kr (02-880-0000)

PB-78

목재 바이오차 시용이 상추 재배토양의 이화학적 특성과 수확량에 미치는 영향

Influences of Wood-derived Biochar Application on Soil Properties and Yield of Lettuce

조주영*, 신예림, 최준혁, 고다게다라 고다알라게다라 라크미니, 이금아¹, 김영남, 이용복¹

Ju Young Cho*, Yerim Shin, Jun Hyeok Choi, Lakmini Tharangamali Godagedara,

Keum-Ah Lee¹, Young-Nam Kim, and Yong Bok Lee¹경상국립대학교 응용생명과학부(BK21 four), ¹경상국립대학교 농업생명과학연구원

Division of Applied Life Science(BK21 four) Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

¹Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, 52828, Korea

농경지 바이오차(Biochar) 시용은 탄소격리, 아산화질소 배출량 저감 및 토양개량 등 작물의 생육 및 생산량 향상에 긍정적 효과가 있다. 현재 국내에서 바이오차 적정 시용량(recommended biochar application rate; RBAR)은 200 kg 10a⁻¹로 제안되고 있지만, 그 시용 효과는 토양 특성, 작물 종 및 시용량에 따라 크게 상이하므로 재배환경 조건에 따른 최적의 바이오차 시용량 설정을 위한 지속적인 연구가 필요하다. 본 연구에서는 포트 재배시험을 통해 목재 바이오차 시용이 토양 특성과 작물(상추)의 품질 및 수확량에 미치는 영향을 구명하고, 이를 바탕으로 최적 시용량을 산정하였다. 목재 바이오차 시용량 처리구는 RBAR(200 kg 10a⁻¹)을 기준으로 구성하였다: W0(대조구), W50(50% RBAR), W100(100% RBAR), W200(200% RBAR) 및 W400(400% RBAR). 또한, 상추 검정 시비량에 따라 모든 처리구에 비료 3요소(N-P₂O₅-K₂O)를 균일하게 처리하였다. 상추 재배 전과 후 토양 특성을 비교한 결과, 전반적으로 토양 pH, 치환성 칼슘 및 마그네슘은 감소하였고 EC, 유효인산, 총질소, 치환성 칼륨은 증가하였다. 특히, 대조구에서 토양 pH 감소 폭(7.2->6.7)이 컸으나 목재 바이오차 시용량 증가에 따라 감소 폭이 줄었다(e.g., pH 7.0 in W400). 반면 EC, CEC, 치환성 칼슘(9.8 cmol⁺ kg⁻¹) 및 치환성 마그네슘(3.5 cmol⁺ kg⁻¹) 함량의 경우, W50에서 가장 높았다. 또한, 상추의 수확량은 W50 처리구에서 4.9 t 10a⁻¹으로 가장 높았으며, 그다음 W100, W200, W0 및 W400 순으로 높았다. 반면 상추 중 양분함량은 처리구간에 차이가 없었다. 본 재배시험 결과를 통해 목재 바이오차가 상추 재배에 있어서 토양개량제 혹은 비료로써 활용 가치가 있음을 확인할 수 있었으며, 특히 RBAR 50% 수준인 100 kg 10a⁻¹가 상추 수확량 측면에서 가장 최적의 시용량으로 판단된다.

주제어: 바이오차, 토양 화학성, 토양개량제, 농업 생산성

주연기자 연락처: jjyoung0153@naver.com (055-772-1967)

Milling Improves Mid-infrared Spectral Predictions of Local Soil Fertility, not Physical Properties

Juyeon Park¹, Seungju Shin², and Juhwan Lee^{1,2*}박주연¹, 신승주², 이주환^{1,2*}¹Department of GreenBio Science Gyeongsang National University²Department of Smart Agre-Industry Gyeongsang National University¹경상국립대학교 생명자원과학과, ²경상국립대학교 스마트농산업학과

Homogenizing soil samples is essential to improve predictions, when measuring soil properties based on a soil spectral library. It is generally achieved by crushing and grinding the samples to prevent specular reflection that has impacts on the magnitudes and shapes of absorption spectra. However, our knowledge is still limited how grinding affects soil properties individually. Here, we aim to compare the impacts of different milling methods on mid-infrared (MIR) soil spectra. We obtained 92 soil surface (0–0.2 m) samples across Sacheon, South Korea. Three methods included (1) no milling (NM), hand milling for one minute (1M), and (3) mechanical milling using a micro-mill (MM). All samples were measured with a Bruker Alpha-II spectrometer, following each treatment, with each measurement repeated twice. We also conducted spectral preprocessing using a Savitzky-Golay filter prior to modeling. Partial least squares models were built on the contents of organic matter (OM), carbon (C), nitrogen (N), sand, silt, and clay. The models were validated using 5 times repeated 10-fold cross-validation, and their performance was evaluated using the coefficient of determination (R^2), root mean squared error (RMSE), and residual prediction deviation (RPD). Among the milling methods, MM had the highest prediction accuracy for OM ($R^2 = 0.52$; RMSE = 3.23), C ($R^2 = 0.64$; RMSE = 0.35), and N ($R^2 = 0.67$; RMSE = 0.04), while 1M achieved the highest prediction accuracy for sand ($R^2 = 0.63$; RMSE = 6.75), silt ($R^2 = 0.63$; RMSE = 5.62), and clay ($R^2 = 0.35$; RMSE = 4.11). Considering overall model performance, it is concluded that hand milling for one minute is sufficient to improve predictions for the selected chemical and physical properties of soil.

Keywords: Mid-infrared spectroscopy, soil spectral library, PLS models, agriculture

Correspondence: juhwan.lee@gnu.ac.kr (010-6651-5926)

Table 1. Predictions of selected soil properties by partial least squares modeling, affected by milling

Property	Mean	Treatment	Sample size+	R ²	RMSE	RPD
Organic matter (g kg ⁻¹)	18.91	NM	86	0.40	3.66	1.27
		1M	86	0.44	3.50	1.33
		MM	86	0.52	3.23	1.44
Carbon (%)	2.03	NM	88	0.58	0.37	1.55
		1M	88	0.61	0.36	1.60
		MM	88	0.64	0.35	1.67
Nitrogen (%)	0.25	NM	89	0.65	0.04	1.69
		1M	89	0.65	0.04	1.69
		MM	89	0.67	0.04	1.76
Sand (%)	41.4	NM	92	0.48	8.08	1.38
		1M	92	0.63	6.75	1.65
		MM	92	0.47	8.14	1.37
Silt (%)	41.8	NM	92	0.39	6.30	1.27
		1M	92	0.51	5.62	1.43
		MM	92	0.36	6.51	1.23
Clay (%)	16.5	NM	91	0.30	4.27	1.18
		1M	91	0.35	4.11	1.32
		MM	91	0.32	4.22	1.20

† Outliers removed, based on the interquartile range method.

PC-02

***Bacillus velezensis* S16 균주를 이용한 토양 염류 감소 및 작물생장 촉진 효과**

Effect of Reducing Soil Salinity and Promoting Crop Growth Using *Bacillus velezensis* S16

서민경*, 강경민, 양현주, 정종국, 윤제정
 Min-Kyoung Seo*, Kyeong-Min Kang, Hyun-Joo Yang, Jong-Kook Jung, and Je-Jung Yun
 (재)전남바이오진흥원 친환경농생명연구센터
 Eco-Friendly Agri-Bio Research Center, Jeonnam Bio Foundation

시설재배지의 다비재배방법에 의한 과잉으로 축적된 염류를 제거하기 위하여, 염류분해능이 뛰어난 *Bacillus velezensis* S16 균주를 분리하였다. 이 균주는 염류가 집적된 토양에 처리할 경우, 염류를 감소시키고, 고추와 토마토의 생육을 촉진하는 것으로 확인되었다. 따라서 시설재배지에 작물이 성장하고 있는 환경에서 관주처리 할 경우 토양의 염류 분해와 작물생육촉진 효과를 보이는 균주로 사용이 가능하다. S16 균주의 현장적용을 위한 대량생산을 위해서 분리 시 사용했던 LB배지가 아닌 상업용 재료로 대체하고, 토양 염류분해 효과를 비교하였다. 탄소원은 경제성분석까지 했을 경우 glucose 나, maltose가 적합하며, 질소원으로는 soy bean flour를 첨가한 배지를 황산마그네슘과 탄산칼슘과 함께 배양하였을 때, 포자생성 수율과 염류분해 효과가 우수하였다. 또한 탄소원과 질소원의 비율에 대하여 확인하였을 때 그 비가 3:1인 경우에 가장 우수한 포자 생성 수율을 보였다. 토성에 따른 염류분해효과를 확인하기 위하여 장성(식양토), 화순(사양토)의 시설재배지에서 염류토양을 회수하여 고추와 토마토를 재배하며, LB에서 배양한 S16균주와 최적배지에서 배양한 S16을 각 염류토양에 고추와 토마토를 이식하고 3회 관주 처리한 결과, 무처리구와 비교하였을 때 S16 처리구는 사양토에서는 고추의 초장은 45.8%, 무게는 95.7% 더 증가되었으며, 토마토의 초장은 81.4%, 무게는 204% 더 증가되었다. 식양토에서는 고추의 초장은 25.5%, 무게는 45.1%, 토마토의 초장은 23.2%, 무게는 138% 더 증가되었다. 이는 각 작물을 염류토양에서 재배 전의 염류와 재배 후 염류를 비교하였을 때 감소한 염류에 비례하여 나타남을 확인하였다. 식양토의 고추 재배토양의 S16 처리구의 재배 전과 재배 후의 염류의 차이는 5.4 dS/m로 무처리구(2.13 dS/m)에 비해 0.5배 더 감소되었으며, 토마토 재배토양의 S16 처리구의 재배 전과 재배 후의 염류의 차이는 2.6 dS/m로 무처리구(0.16 dS/m)에 비해 2배 더 감소되었다. 사양토의 고추 재배토양의 S16 처리구의 재배 전과 재배 후의 염류의 차이는 3.64 dS/m로 무처리구(1.87 dS/m)에 비해 2배 더 감소되었으며, 토마토 재배토양의 S16 처리구의 재배 전과 재배 후의 염류의 차이는 2.20 dS/m로 무처리구(1.27 dS/m)에 비해 0.5배 더 감소되었다.

주제어: 토양미생물, 토양염류

주연구자 연락처: malmany7@jbf.kr (061-363-9567)

PC-03

Minimizing the Total Petroleum Hydrocarbon contaminants in biochar derived from Agricultural Byproducts

농업부산물 유래 바이오차의 석유탄화수소 오염물질 최소화

Muhammad Israr Khan, Gil Won Kim, and Pil Joo Kim*

무하마드 이스라르 칸, 김길원, 김필주*

Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, South Korea

경상대학교 농업생명과학연구소, 진주, 660-701, 대한민국

The current study was aimed to synthesize biochar with minimum concentrations of total petroleum hydrocarbons (TPH) as one of the critical soil contaminants, without compromising its yield. The research focused on investigating the reduction in TPH concentration and increasing the yield of biochar produced under various pyrolysis conditions using a mixture of sawdust and plastic films as feedstock. Agricultural byproduct, comprising sawdust and plastic films, was pyrolyzed as a feedstock at temperatures of 400, 500, 600, and 700 °C for durations of 0.5, 1, 2 and 3 hours, respectively. Pyrolyzing the feedstock at 500°C to 600°C for 0.5 to 1 hours significantly reduced TPH concentrations in biochar by 91-98%. The highest biochar yield was obtained at the lowest pyrolysis temperature (400°C) and the shortest pyrolysis duration (0.5 hours), with a subsequent steady decrease as temperature and duration increased. Results demonstrated that the optimal conditions for achieving a higher biochar yield were pyrolysis at 400°C for 30 minutes. These findings underscore the importance of understanding pyrolysis conditions for cost-effective and high-quality biochar production, contributing to safe environment and sustainable agriculture through TPH reduction and increase biochar yield. This research offers valuable insights for developing sustainable strategies for soil contaminants remediation and utilizing biochar for environmental benefits.

Keywords: Biochar, Agricultural byproducts, Contaminants, Pyrolysis temperature

Correspondence: pjkim@gnu.ac.kr

PC-04

Partitioning Carbon Dioxide Emissions from Soil Organic Matter and Urea in Warm and Cold Cropping Seasons

요소비료 처리에 따른 동절기와 하절기의 이산화탄소 배출원 비교

Gil Won Kim^{1,2}, Rubab Sarfraz², Muhammad Israr Khan^{1,2*}, and Pil Joo Kim^{2*}
김길원^{1,2}, 루밥 사프라즈², 무하마드 이스라르 칸^{1,2*}, 김필주^{2*}

¹Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, South Korea

²Division of Applied Life Science (BK 21+ Program), Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, South Korea

¹경상대학교 농업생명과학연구소, 진주, 660-701, 대한민국

²경상국립대학교 BK21+ 플러스 프로그램, 진주 660-701, 대한민국

The soil-based emissions of carbon dioxide (CO₂), triggered by intensive N fertilization is mainly coming from different sources including fertilizer application and soil organic matter. For developing effective greenhouse gases mitigation strategies and enhanced soil organic carbon accumulation strategies, it is crucial to understand each of these contributing sources of the total CO₂ fluxes. A 2-year field experiment was conducted during the warm and cold upland cropping system by incorporating urea as N source at 0, 50, 100 and 200 % of urea following the Korean recommendation levels for the chosen crops, while ¹³Carbon-labelled urea was used for investigating the source specific CO₂ emissions under different climatic conditions. The N fertilizer for red pepper during warm season was applied at 90 kg N ha⁻¹, whereas for garlic during the cold season it was applied at 250 kg N ha⁻¹. CO₂ fluxes were highly influenced by N fertilizer level increase in correlation with soil temperature during warm season, however, during cold season N fertilizer has no effect. The total CO₂ flux from soil organic matter was not influenced with N fertilization level increase, however, the percent CO₂ coming from urea was greatly influenced with increasing N fertilizer application level. However, the CO₂ emission in percent from urea during warm season was considerably higher than the cold upland soil. The current research may provide us with comprehensive understanding of CO₂ partitioning sources and factors responsible for soil organic carbon balance between warm and cold upland cropping system.

Keywords: Fertilizers, ¹³C-labelled Urea, CO₂ Source, Greenhouse gases, Specific emission

Correspondence: Muhammad Israr Khan (israrkhan@gnu.ac.kr)

Correspondence: Pil Joo Kim (pjkim@gnu.ac.kr)

PC-05

Salt Tolerant Microorganisms Mitigate Salt Stress in Chinese Cabbage by Restoring Photosynthetic Machinery

Ho-Jun Gam^{*1}, Ji-In Woo¹, Joon-Ik Son², Sang-Mo Kang¹, and In-Jung Lee¹

¹Department of applied biosciences, Daegu, 41566, Korea

²Corporate Affiliated Research Institute, Seyen Co., Ltd., Kyungsan, 38561, Korea

The fertilizers derived from food waste being allowed, excessive use can cause problems such as salt accumulation. When plants grow in salt-accumulated soil, it could induce multiple physiological disorders. Salinity stress disturbs plant growth and development by altering physiological and biochemical processes. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) enhance plant growth and alleviate plant stresses by producing several substances. In this study, we isolated and screened salt tolerance PGPR, and evaluated alleviating salinity stress. We isolated PGPR strains from coastal soils and saline soils and screened them by evaluate their plant growth-promoting traits like exopolysaccharide (EPS) producing ability, indole-3-acetic acid (IAA) producing ability, siderophore producing ability, and phosphate solubilization ability. In addition, salt tolerance was examined. Then, *Bacillus tequilensis* KNP3 had the best PGP traits. To confirm the ability of the isolated salt tolerant microorganism KNP3 to alleviate salt stress in Chinese cabbage, seedling pot experiments were conducted. The treatments for the cabbage seedling pot experiment were set up as follows; 1) Control: only water, 2) TR1: KNP3 treatment 3) TR2: NaCl 150mM 4) TR3: KNP3+NaCl 150mM. The pot experiment was conducted in glass green house for 7days. After treatment, growth parameters and chlorophyll fluorescence were recorded. In the growth survey, TR1 increased the growth parameters (shoot length, root length, shoot fresh weight, root fresh weight) by 18.4%, 14.7%, 16.6%, and 18.6%, compared to control. On the other hand, TR2 decreased the growth parameters by 14%, 24%, 47.7%, and 71.2%, respectively. In TR3, growth parameters except for root fresh weight increased by 7.9%, 10.19%, and 1.86%, respectively, compared to the control. The root fresh weight decreased by 25.18% compared to the control, but the decrease was less severe than TR2. The chlorophyll fluorescence measurements revealed that F_v/F_m decreased by 4.8% in the TR2 compared to the control and increased by 1.16% and 1.11% in the TR1 and TR3 compared to the control. The PI decrease by 63.1% in the TR2 compared to the control, but the KNP03 treatment on salt stresses cabbage alleviated the stress with a decrease of PI by 2.6%. The $TR_o/ABS(\Phi_{P_0})$ refers to the maximum proton yield in the initial photochemical reaction, while $ET_o/ABS(\Phi_{E_0})$ and $ET_o/TR_o(\Psi_0)$ represent the electron transfer after Q_a^- . The parameters of TR2 suggested that decrease of 4.8%, 12.8%, 8.4% compared to control. ABS/RC , DI_o/RC , TR_o/RC , and ET_o/RC were significantly increased in the TR2 by 61.2%, 59%, 72%, 41%, which may be due to the increase of inactive reaction centers as suggested by the previous indicators. However, in the TR3 treatment, the values of the aforementioned parameters decrease by 27.8%, 34%, 26.6% and 15.3%, respectively, compared with TR2. In conclusion, salt stress in Chinese cabbage decreased the density of active reaction centers and indicators such as PI, TR_o/ABS , ET_o/ABS , and ET_o/TR_o . In response, KNP03, a salt-tolerant microorganism isolated by our research, effectively repaired the damage to the photosynthetic machinery caused by salt stress in Chinese cabbage. This study is expected to be used as a basic data for microbial composite and the mechanism of abiotic stress reduction by useful microorganisms in plants

Keywords: PGPR, Salinity stress, Chinese cabbage, Chlorophyll fluorescence

Correspondence: ijlee@knu.ac.kr

Acknowledgement: This study was conducted by the Nature Bioindustry Technology Development Project in Gyeongsangbuk-do.

PC-06

Screening Chitinase-producing Rhizobacteria to Alleviate the Salinity Stress of Pepper (*Capsicum annuum* L.)

Ji-In Woo*, Ho-Jun Gam, In-Jung Lee, and Sang-Mo Kang
Department of applied biosciences, Daegu, 41566, Korea

Salt stress is a major environmental limiting factor. In agriculture, salt has accumulated in the soil due to the excessive use of chemical fertilizers in recent years. Salt stress disrupts plant homeostasis and causes ion toxicity. Therefore, many studies are being conducted to mitigate salt stress. Several studies have confirmed that plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) can increase salt stress tolerance through multiple mechanisms. In particular, chitinase, previously thought to mitigate only biotic stress, has recently been revealed to mitigate abiotic stress in plants. In this study, we selected chitinase-producing PGPR and evaluated its ability to alleviate the salinity stress of pepper plants.

We isolated 290 bacterial strains from the coastal areas of Gyeongju and Pohang, Gyeongsangbuk-do, and identified the plant growth-promoting traits (PGP trait) such as exopolysaccharide (EPS) producing ability, indole-3-acetic acid (IAA) producing ability, siderophore producing ability, phosphate solubilization ability, and also chitinase producing ability. Based on the results, 9 strains were selected for further study (KW01~KW09). In addition, their other characteristics were evaluated; 1) phytohormone content, 2) antioxidant (CAT, SOD) content, 3) amino acids, free sugars, and organic acid contents, and 4) salt tolerance. The seedling test was conducted to confirm their ability to alleviate the salinity stress of pepper plants. The growth parameters and photosynthetic parameters were investigated.

Our result showed that *Priestia aryabhatai* KW05 and *Pseudomonas frederiksbergensis* KW07 exhibited the highest plant growth-promoting traits and salt tolerance. In addition, the chitinase activity was 3.45 U/mg protein in KW05 and 3.12 U/mg protein in KW07. In the seedling test, shoot length, root length, and fresh weight were investigated as growth parameters. Under normal condition, shoot length and fresh weight increased in both KW05 and KW07-treated plants, but root length increased only in KW07 treated plants. Similarly, under salt stress condition, all growth parameters increased in KW07-treated plants, but only root length increased in KW05-treated plants. The photosynthesis results suggest that the photosynthetic parameters level of KW05 and KW07-treated plants increased as much as control plants.

Our study isolated several PGPR and evaluated their PGP traits. The results suggest bacterial strain KW05 and KW07 has the potential to alleviate salinity stress in plants. In addition, the seedling test showed that salinity stress was actually alleviated in KW05 and KW07-treated pepper plants. Therefore, our bacterial strains are expected to be eco-friendly soil conditional that improve crop quality under salinity stress.

Keywords: pepper, PGPR, salinity stress, chitinase

Correspondence: kmoya@hanmail.net

Acknowledgement: This work was supported by the Ministry of SMEs and Startups (No. S3302318).

PC-07

Application of Salt Tolerance PGPR Alleviate the Salinity Stress in Lettuce (*Lactuca sativa* L.)

Ji-In Woo^{1*}, Ho-Jun Gam, Joon-Ik Son², Sang-Mo Kang¹, and In-Jung Lee¹

¹Department of applied biosciences, Daegu, 41566, Korea

²Corporate Affiliated Research Institute, Seyen Co., Ltd., Kyungsan, 38561, Korea

With fertilizers derived from food waste being allowed, excessive use can cause problems such as salt accumulation. When plants grow in salt-accumulated soil, it could induce multiple physiological disorders. Therefore, to ensure crop quality and quantity, it should be considered important. Salinity stress disturbs plant growth and development by altering physiological and biochemical processes. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) enhance plant growth and alleviate plant stresses by producing several substances. In this study, we isolated and screened salt tolerance PGPR, and evaluated alleviating salinity stress. We isolated PGPR strains from coastal soils and saline soils, and screened them by evaluate their plant growth-promoting traits like exopolysaccharide (EPS) producing ability, indole-3-acetic acid (IAA) producing ability, siderophore producing ability, and phosphate solubilization ability. In addition, salt tolerance was examined. As a result, 3 bacterial strains (*Bacillus subtilis* KNP2, *Bacillus tequilensis* KNP3, *Bacillus velezensis* KNP4) had the best PGP traits. In addition, lettuce seed germination test was conducted under salt conditions, and KNP3 was selected for further study. The seedling test was conducted to evaluate their ability to mitigate salt stress in lettuce plants, so their growth parameters and photosynthetic parameters were examined. Our results showed that KNP2, KNP3, and KNP4 exhibited the highest PGP trait and salt tolerance. The subsequent germination test showed that lettuce seed germination was reduced under salt conditions (100 mM and 200 mM NaCl). In addition, germination length significantly increased in KNP2 and KNP3-inoculated seeds under 100 mM NaCl but both had no significant change under 200 mM NaCl. For germination weight, there was no significant change between treatments at 100 mM NaCl but KNP2 and KNP3-inoculated seeds significantly increased at 200 mM NaCl. Based on the germination test, KNP3 was finally selected for further study. In the seedling test, KNP3-inoculated lettuce plants significantly increased in shoot length, shoot fresh weight, and root fresh weight by as much as control under salt conditions. Although not as much as the control, root length also significantly increased compared to un-inoculated lettuce. In addition, chlorophyll contents also increased in KNP3-inoculated lettuce under salt conditions compared to un-inoculated lettuce, and although not significantly, F_v/F_m also increased. Our study aims to screen salt stress tolerance PGPR and present the possibility of reducing the saline toxicity of food waste-deriving fertilizers. *Bacillus tequilensis* KNP3 exhibited the superior traits to promote plant growth and reduce salt stress. Fertilizers derived from food waste can promote plant growth when used properly, but overuse causes salt stress on plants. Therefore, it is expected to overcome these problems though application with the salt tolerant rhizobacteria KNP3.

Keywords: PGPR, lettuce, salinity stress, food waste

Correspondence: ijlee@knu.ac.kr

Acknowledgement: This study was conducted by the Nature Bioindustry Technology Development Project in Gyeongsangbuk-do.

노지 및 시설재배지에서 왕겨 바이오차 연용이 토양 무기태질소 변화에 미치는 영향

Effect on Changes in Soil Mineral Nitrogen through Continuous Application of Rice Husk Biochar in Upland and Greenhouse

박재혁*, 추성범, 송시원, 강세원, 조주식

Jae-Hyuk Park*, Seong-Bum Chu, Si-Won Song, Se-Won Kang, and Ju-Sik Cho

순천대학교 농생명과학과 & IT-Bio 융합시스템 전공

Department of Agricultural Life Science & Interdisciplinary Program in IT-Bio Convergence System,
Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

질소(N)는 필수 다량원소로 작물 생육과 생산성에 큰 영향을 주기 때문에 많은 양을 필요로 한다. 질소는 토양내에서 질산화 및 탈질작용으로 인해 질산염, 아산화질소로 손실이 빠르게 이루어지며 질소비료를 사용하더라도 많은 양의 손실로 인해 지속적인 질소비료를 투입해 생산성을 높이고 있다. 바이오차는 바이오매스를 혐기적 조건에서 열분해를 통해 만들어진 안정된 탄소형태로 농경지 토양에 처리할 경우 토양 질산화 및 탈질속도에 영향을 준다는 연구결과가 있으며, 큰 비표면적 및 다공성 구조로 토양 양이온 교환용량 증가 및 암모니아 흡착 등으로 질산화속도를 감소시켜 질소이용효율을 증가시켜준다. 바이오차의 경우 토양에서 장기간 분해되지 않기 때문에 농경지 토양에서 지속적인 바이오차 시용이 토양 무기태질소 변화에 어떠한 영향을 미치는지 확인하기 위하여 연구를 진행하였다. 바이오차는 대표적인 작물재배지인 일반 노지와 시설하우스에 처리하였으며, 처리조건은 무처리구와 바이오차 1, 3, 5 t ha⁻¹ 처리구로 나누어졌다. 또한 각 처리조건에는 표준시비량에 준하는 요소, 인산, 가리를 처리하였으며, 작년(2022년)과 올해(2023년) 봄배추 재배기간동안의 토양 무기태질소의 변화를 확인하였다. 전년도 일반 노지와 시설재배지에서의 암모니아태질소는 처리구에 상관없이 평균 163 ~ 274 및 99.4 ~ 179.8 mg kg⁻¹ 범위였으며, 올해 경우 78.8 ~ 141.3 및 19.9 ~ 49.9 mg kg⁻¹ 범위로 바이오차 연용처리로 인해 토양내 암모니아태질소 함량이 감소하는 것으로 조사되었다. 작년 배추재배기간 동안의 일반 노지 및 시설재배지에서의 질산태질소는 평균 59.2 ~ 102.7 및 161.0 ~ 335.0 mg kg⁻¹ 범위로 바이오차 처리량이 증가할수록 질산태질소 함량이 감소하였으며, 올해의 경우 일반 노지 및 시설재배지에서 각각 20.7 ~ 39.9 및 94.5 ~ 132.3 mg kg⁻¹ 범위로 작년보다 질산태질소 함량이 감소하였고 일반 노지의 경우 바이오차 처리량이 증가에 따른 질산태 질소함량의 감소가 나타나지 않았다. 이는 올해가 작년보다 강수량이 많았으며, 일반 노지의 경우 바이오차가 질산태 질소의 용탈을 완화시킨 것으로 판단된다. 무기태질소는 농경지에 관계없이 바이오차 처리량이 증가할수록 암모니아태질소는 증가하고 질산태질소는 감소하였으며, 연용처리로 질산태질소 감소하였는데 이는 바이오차의 연용이 아산화질소 배출을 줄이고 작물의 질소이용률을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

주제어: 바이오차, 무기태질소, 노지, 시설재배지

주연구자 연락처: chojs@snu.ac.kr (061-750-5182)

PC-09

시설하우스 토양에서 바이오차의 연용이 온실가스 배출에 미치는 영향

Effect of Greenhouse Gas Emissions for Continuous Application of Biochar in Greenhouse Soil

박재혁*, 추성범, 송시원, 강세원, 조주식

Jae-Hyuk Park*, Seong-Bum Chu, Si-Won Song, Se-Won Kang, and Ju-Sik Cho

순천대학교 농생명과학과 & IT-Bio 융합시스템 전공

Department of Agricultural Life Science & Interdisciplinary Program in IT-Bio Convergence System,
Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

현재 온실가스로 인한 기후변화에 대해 전세계적으로 관심이 많으며 농업부에서는 온실가스 배출을 완화시키기 위한 방안으로 바이오차를 주목하고 있다. 바이오차의 경우 다공성 및 표면적 특성으로 인해 토양개량제로써 활용되고 있으며, 시설하우스에 처리시 관행비료 사용을 저감시킬뿐만 아니라 염류토양을 개선하여 생산량 및 환경개선에 효과를 보일 것으로 판단된다. 본 연구는 봄배추 재배기간동안 시설하우스 토양에 바이오차를 연용하였을 때의 CO₂ 및 N₂O 배출량을 확인하였다. 바이오차는 왕겨 바이오차를 각각 1, 3, 5 ton ha⁻¹을 처리하였으며, 바이오차를 처리하지 않은 처리구를 대조구로 하였다. 모든 처리구에는 봄배추의 시설재배지 표준시비량에 준하여 요소, 인산, 가리를 각각 처리하였으며, 온실가스는 정적챔버법을 이용하여 1주간격으로 포집하였다. 2022년도 봄배추 재배기간동안 CO₂ 누적배출량은 BC0, BC1, BC3 및 BC5 처리구에서 각각 119.0, 102.1, 82.5 및 71.6 g m⁻²day⁻¹이었으며, 바이오차 연용처리를 한 2023년도의 경우 각각 98.5, 102.1, 82.4 및 71.6 g m⁻²day⁻¹으로 조사되었다. N₂O 누적배출량은 2022년 BC0, BC1, BC3 및 BC5 처리구에서 각각 23.7, 18.8, 14.8 및 11.7 mg m⁻²day⁻¹이었으며, 2023년은 각각 19.9, 15.9, 14.0 및 7.8 mg m⁻²day⁻¹으로 바이오차 처리량에 따른 CO₂ 및 N₂O 배출량은 감소하였으나 연용처리에 대한 추가적인 효과는 보이지 않았다. 이에 따라 바이오차 처리량의 증가는 온실가스 배출량을 저감시키는데 효과가 있으며, 바이오차 연용처리에 따른 온실가스 배출량 저감에 대한 효율 및 부정적인 영향이 없는 것으로 조사되었으나 5년 이상의 장기연용에 따른 온실가스 배출량에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

주제어: 바이오차, 온실가스, 연용시비, 시설하우스

주연기자 연락처: chojs@scnu.ac.kr (061-750-5182)

PC-10

다양한 수확후 잔재물의 퇴비화를 위한 전처리기술 개발

Development of Pretreatment Technology for Composting of Various Post-harvest Residues

한동우*, 강민정

Dongwoo Han*, and Minkyong Kagn

에코스트림 주식회사

Ecostream Inc. R&D Center, Gyeonggi 18105, Korea

수확후 잔재물의 전처리 방법으로는 원료 별 특성에 맞는 파쇄, 혼합, 수분 및 C/N 조정을 위한 원료별 혼합비율 산정 등이 있다. 우선 파쇄공정의 경우 건조 및 생초에 따라 파쇄 크기를 조정할 수 있도록 투입 롤러 및 파쇄날의 회전속도를 별도로 조작할 수 있도록 구성하였으며, 수확후 잔재물 및 퇴비화 부재료의 함수율 및 무게를 현장에서 실시간 측정하고 이들 정보를 각 원료의 C/N비, C/P비 등 사전에 구축된 Data base가 포함된 혼합 퇴비화 계산프로그램으로 전송하면 혼합물의 총 함수율, C/N, 총 함량 등이 자동 계산되어 균질한 퇴비품질을 달성할 수 있게 된다. 한편 혼합 퇴비화 계산프로그램에 의해 목표 함수율 값을 적용하면 혼합기에 부착된 수분 공급펌프가 자동 운전되어 자동함수율 조정이 가능하게 된다.

참깨대[C/N ratio : 27.34, 수분함량(M.W) : 7.95%], 콩대[C/N ratio : 40.24, M.W : 7.54%], 고춧대[C/N ratio : 22.76, M.W : 8.01%], 톱밥[C/N ratio : 282.4, M.W : 8.3%], 그리고 계분[C/N ratio : 14.46, M.W : 51.4%]의 중량비를 1kg : 1kg : 1kg : 1kg : 6kg으로 하여 퇴비화를 수행할 경우 혼합 퇴비화 계산프로그램에 의한 혼합물의 총중량은 10kg, C/N ratio는 22.67%이었으며, 함수율은 34.0%로 계산되었다. 이 때 퇴비화 반응기에 혼합원료의 함수율을 65%로 조정하여 투입하고자 할 때 추가 수분 필요량은 약 3.1L로 계산되었다. 이와 같은 수확후 잔재물의 전처리기술 개발을 통해 수확후 잔재물 별 함수율, 투입량, 적정 C/N비 조절을 위한 혼합비율 등을 사전 실시간 도출하여 일정한 품질의 부숙유기질비료를 생산하여 탄소저감 효과와 완효성 비료로서 활용성을 증대시키고자 한다.

주제어: 수확후 잔재물, 전처리, 함수율 조정, 혼합 퇴비화 계산프로그램

주연구자 연락처: ksr22@hanmail.net (010-9962-0406)

퇴비화시설 발생가스의 적정 처리방안 연구

Research of Treatment Technology for Gaseous Pollutant Emitting in Compost Plants

김한래*, 황승혁, 한동우¹

Hanlae Kim*, Suenghyuk Whang, Dongwoo Han¹

(주)아쿠아테크, ¹에코스트림 주식회사

AquaTech, Suwon 16706, Korea

¹Ecostream Inc. R&D Center, Gyeonggi 18105, Korea

퇴비화시설은 다양한 유기성폐자원을 미생물에 의해 안정화시키는 시설로서 퇴비화과정에서 많은 양의 가스상 오염물질이 발생한다. 이와 같은 가스상 오염물질은 대기로 배출되어 미세먼지를 일으키는 전구물질로 작용함에도 그동안 관련시설에 대한 규제가 적용되어 있지 않아 대기로 그대로 배출되는 등 관리상의 한계를 가져왔다. 이에 대응하기 위해 정부에서는 2025년 말까지 전체 퇴비화시설을 대기방지시설 신고 대상에 포함시켜 관리할 계획이며, 이의 일환으로 퇴비화시설에 적합한 방지기술을 공급하기 위한 개발을 추진중에 있다. 일부시설의 경우에 주변 민원에 대비하기 위해 악취방지시설이 설치된 경우가 있지만 처리효율이 매우 낮은 상태이며, 상당수의 퇴비화시설은 개방형으로 운전되고 있어 밀폐화가 진행될 경우에는 기존 적용된 기술로 처리가 어려운 실정이다. 이를 위해 본 연구에서는 퇴비화시설에 적합한 처리공정을 제안하고자 하였다.

퇴비화시설에서 발생하는 가스상오염물질의 대부분은 암모니아로 나타났으며, 원료 및 밀폐 유형에 따라 농도는 크게 차이나나 50~1,000ppm의 범위를 나타내었다. 이를 제거하기 위해 일반적으로 적용되고 있는 습식세정기술을 토대로 효율향상방안을 검토한 결과, pH조정이 없는 일반세정에서는 산화제, 악취제거제 등의 투입에도 불구하고 pH가 8.5수준으로 쉽게 상승하고 pH상승에 따라 효율이 급격하게 저하되어 5hr정도에 30%수준까지 낮아지는 것으로 나타났다. 이와 같은 상태에서 전처리로 싸이클론이 을 적용할 경우에는 처리효율 지속시간이 60%정도 증가되고, 마이크로버블수를 세정수로 활용할 경우에는 처리능력이 10배정도 증가되는 것으로 나타났다. 하지만, 이와 같은 경우에도 처리효율의 지속시간은 15hr정도로 매우 짧았으며, 이를 개선하기 위해 pH 3~6정도 조정하면서 실험을 진행한 결과 72hr이후에도 처리효율이 70~80%수준을 유지하는 것으로 나타났다. 이처럼 퇴비화시설 발생가스의 세정처리에 있어 주요 고려소로는 분진제거 전처리, 마이크로버블수 세정, 세정수의 pH조정을 들 수 있으며, 이 중에서 pH조정은 매우 중요하고 이와 같은 부분이 적절히 반영될 경우 장기간 효율유지가 가능함을 알 수 있었다.

주제어: 퇴비화시설, 전처리, pH조정, 마이크로버블수

주연구자 연락처: htnp@hanmail.net (010-2974-8245)

중부지역 벼논에서의 아산화질소 배출량 고농도 사례

Nitrous Oxide Emission Peaks from the Rice Paddy Field in Central Region of Korea

주옥정*, 이정혜, 안희정, 정재원, 소호섭, 박중수, 조창휘, 김석철
Okjung Ju*, Jeong-Hye Lee, Hee-Jung An, Jaewon Jeong, Hoseup Soh,
Jung-Soo Park, Chang-Hui Cho, and Seok-Cheol Kim
경기도농업기술원

Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Byeongjeomjunang-ro 283-33, Hwaseong-si,
Gyeonggi-do 18388, Republic of Korea

2022년 세계 식량 위기 보고서(Global Report on Food Crises: GRFC 2022)에 따르면 세계의 기아 수준은 계속해서 높아지고 있으며, 식량 위기의 사회·경제적 요인을 제외하면 극한 기상에만 따른 식량 생산과 가용량 감소가 주요 요인으로 제시된 바 있다. 이러한 기후위기에서 지속가능한 농업을 위해서는 온실가스 배출 특성을 정량적으로 분석하여 그에 맞는 대책을 수립하는 것이 중요하다. 2022 국가 온실가스 인벤토리 보고서에 따르면, 우리나라 농업 분야 부문별 배출량의 비중은 벼재배 27.1%, 농경지토양 26.6%, 가축분뇨 처리 23.7%, 장내발효 22.5%, 작물잔사소각 0.1%의 순으로 벼재배 부문이 가장 크다. 벼 재배 부문에서 발생하는 온실가스는 메탄과 아산화질소로 메탄은 유기물의 혐기분해로, 아산화질소는 질소 투입에 따른 질산화와 탈질화로 발생한다. 안정적인 식량 공급과 작물 성장에 필수적인 질소 시비는 농업에서 필수적이거나 이는 전세계적으로 인위적 아산화질소 배출량 중 농업이 가장 많은 부분을 차지하는 원인이 되었다. 인위적 질소 투입 외 토양 유래 아산화질소 배출량은 환경인자인 기온, 강수량, 지온, 토양 수분함량 등에도 영향을 받는다. 이에 본 연구에서는 벼논에서 발생하는 아산화질소 배출량의 고농도 사례 분석을 통해 주요 영향인자를 파악하고자 하였다. 벼논에서 발생하는 아산화질소 배출량은 우리나라 중부지역 경기도 화성시에 위치한 경기도농업기술원 내 벼 시험포장에서 2020년 5월부터 2023년 5월까지 폐쇄형 챔버법으로 측정하였으며, 질소 시비량과 환경요인에 따른 아산화질소 배출량의 주요 영향요인 분석을 위해 질소 시비량 4 처리(0, 90, 135, 180 kg N ha⁻¹)에 따른 연도별 벼 재배기간과 벼 수확 후부터 다음해 벼 이앙전까지의 휴경기간으로 나누어 평가하였다. 벼 재배기간에 나타난 고농도 사례는 질소 시비와 낙수 이후에 나타났으며, 휴경기간에는 기온과 강수, 벼 이앙 전 관수에 따른 토양수분함량 변화에 따라 나타났다. 연도별 질소 시비량에 따른 누적 아산화질소 배출량의 3년 평균값에서 벼 재배기간과 휴경기간이 차지하는 비율은 각각 27%, 73%로 휴경기간의 고농도 사례가 아산화질소 전체 배출량에 중요한 고농도 사례이므로 벼 재배기간으로 한정하여 아산화질소 배출량을 산정할 경우 연간 아산화질소 배출량은 과소 평가될 것으로 판단된다. 또한 기상환경변화에 따라 아산화질소 배출량 고농도 사례가 발생할 수 있으므로 지속적인 모니터링으로 아산화질소 배출량의 과소평가를 방지할 필요가 있다.

주제어: 벼논, 아산화질소, 질소 시비, 챔버법, 배출량
주연기자 연락처: okjung3@gg.go.kr (031-8008-9343)

사사: 본 연구는 “RS-2020-RD009344(기후변화완화 및 저탄소농업기술개발)”의 지원으로 수행되었습니다.

경기도 농업부문 벼 재배분야 온실가스 배출량 시범 산정

Estimation of GHG emissions from Rice Cultivation in Gyeonggi-do

주옥정*, 이정혜, 안희정, 정재원, 소호섭, 박중수, 조창휘, 김석철
Okjung Ju*, Jeong-Hye Lee, Hee-Jung An, Jaewon Jeong, Hoseup Soh,
Jung-Soo Park, Chang-Hui Cho, and Seok-Cheol Kim
경기도농업기술원

Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Byeongjeomjunang-ro 283-33, Hwaseong-si,
Gyeonggi-do 18388, Republic of Korea

국제사회에 대두된 기후위기 대응을 위한 파리협정이 2015년 채택된 이후 협약당사국은 2050 탄소중립 달성을 위한 노력에 모두 동참하고 있다. 우리나라는 2020년 10월, 2050 탄소중립 선언 이후 국가비전, 추진전략, 중·장기 감축목표 등을 순차적으로 제시하였으며, 탄소중립·녹색성장 기본법 시행(2022년 3월)으로 탄소중립 목표를 법제화 하였다. 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법 및 시행령에 따라 국가와 지방자치단체는 기본계획을 수립하여야 하며, 지난 3월 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획이 발표됨에 따라 지방자치단체는 국가 기본계획이 최초 수립된 날부터 1년 이내 기본계획을 수립하여야 한다. 기본계획에는 지역별 온실가스 배출·흡수 현황 및 전망, 중·장기 온실가스 감축 목표 및 부문별·연도별 이행대책 등이 포함되어야 한다. 이에 국가 단위 온실가스 배출량을 지역별로 분배한 하향식 방식에서 지역 자료를 기반으로 하는 상향식 방식의 온실가스 배출·흡수량 산정이 필요하다. 본 연구에서는 경기도 농업부문 벼 재배분야 활동자료를 수집하고 온실가스 배출량을 시범산정하여 경기도 농업부문 벼 재배분야 온실가스 배출량의 지역적 특성을 평가하고자 하였다. 수집한 벼 재배분야 활동자료는 재배면적, 재배기간 중 물관리방법별 면적비율, 유기물 시용 면적비율 등이다. 1990년부터 2021년까지 연도별 경기도 논벼 재배면적은 계속해서 감소하였으며, 1990년 경기도 논벼 재배면적 175,040 ha(전국 대비 14.1%)에서 계속해서 감소하여 2021년에는 74,717 ha(전국 대비 10.2%)로 약 57% 감소하였으며, 해당기간에 전국은 41% 감소하였다. 벼 재배분야 온실가스 배출량도 계속해서 감소하였으며, 1990년 경기도 벼 재배분야 온실가스 배출량 2,037 GgCO₂eq.(전국 대비 19.3%)에서 2020년에는 651 GgCO₂eq.(전국 대비 11.0%)으로 약 68%, 전국은 46% 감소하여 전국 대비 경기도 배출량의 감소가 크게 나타났다. 경기도 벼 재배분야 온실가스 배출량 감소의 주요 영향요인은 재배 면적의 감소, 2회 이상 간단관개 면적 증가, 논벼 벼짚 무시용 면적 증가 등으로, 국가 온실가스 인벤토리 보고서에서도 농업 분야의 온실가스 배출량 시계열 추이의 감소는 벼재배 면적의 감소가 주요 요인으로 제시된 바 있다. 이러한 우리나라 지역별 농업부문 온실가스 배출량 산정 및 배출량 변화의 주요 증감요인 분석은 탄소중립 달성을 위한 연구개발 및 이행평가 등에 필요하며, 국제사회에 제출해야하는 탄소중립 목표 이행점검을 위한 기초자료가 될 것으로 판단된다.

주제어: 온실가스, 배출량, 탄소중립, 지자체, 경기도

주요연구자 연락처: okjung3@gg.go.kr (031-8008-9343)

사사: 본 연구는 “RS-2023-00228123(농축산분야 탄소저감기술 이행기반구축)”의 지원으로 수행되었습니다.

설문기법을 활용한 논외 생태계서비스 평가항목 도출

Development of Evaluation Indicators to Calculate the Value of Ecosystem Services in Rice Paddy

최선화*, 김재구¹

Sunhwa Choi*, and Jaiku Kim¹

(사)한국수생태복원협회, ¹(주)엔솔에코

Korea Association for Aquatic Ecosystem Restoration

¹Environment Solution Eco

전국에 분포하고 있는 논은 작물(벼) 재배를 통한 식량 공급뿐만 아니라 물의 저류로 인한 수생 생물 및 조류들의 생물서식처 역할, 대기온도 조절, 홍수조절, 토양유실 감소, 생물다양성 증진 등 인간에게 다양한 혜택(편익)을 제공해주고 있다. 생태계서비스는 인간이 이러한 생태계의 기능을 통해 직접, 간접적으로 얻는 모든 혜택과 편익을 말하며, 가치는 유형, 무형의 다양한 혜택(편익)들을 이해하기 쉽게 화폐단위로 환산하여 금액으로 나타낸 것이다.

본 연구에서는 논 생태계 특성에 가장 적합한 객관적이고 타당성이 높은 생태계서비스 평가지표 및 측정 항목을 도출하고자 설문조사(예비조사, 전문가조사) 방법을 활용하였다. 설문기법은 9점 척도의 쌍대비교를 기반으로 한 AHP 설문기법을 사용하였으며, 응답자 중 답변의 일관성(CI)이 유지되는 응답자들 대상으로 가중치를 분석하였다. 생태계서비스 유형별 중요도는 공급서비스(0.486) > 조절서비스(0.260) > 지지서비스(0.188) > 문화서비스(0.066) 순으로 논은 식량을 생산하여 제공하는 기능이 가장 중요한 서비스로 나타났다. 공급서비스에서는 식량 생산(0.721) > 유용원료 생산(0.151) > 에너지 생산(0.128) 순으로 높게 나타났다. 조절서비스에서는 기후조절, 수질정화, 재해조절, 토양질 개선, 생물학적 조절에서 0.110~0.168로 거의 유사하게 나타났다. 문화서비스에서는 생태교육(0.438) > 경관/심미(0.210) > 휴양/여과(0.194) > 문화유산(0.157) 순으로 나타나 논외 생태교육장 기능과 시각적 경관 및 심미적 안정감 제공 서비스가 높게 나타났다. 지지서비스에서는 일차생산(0.412) > 서식처 제공(0.198) = 생태계 다양성(0.198) > 물질순환(0.192) 순으로 나타나 작물재배를 통한 일차생산 서비스가 가장 높았고, 생태계 다양성과 생물들의 서식처 제공이 같은 수준으로 평가되었다.

본 설문결과를 기초로 하여 논외 생태계서비스 가치산정을 위한 평가항목을 도출하였다. 공급서비스는 작물 재배를 통한 식량 생산을 필수지표로 하였고, 바이오매스 에너지생산과 유용원료 생산은 선택지표로 선정하였다. 조절서비스는 기후조절, 대기정화, 수질정화, 수량조절, 재해조절의 5개의 평가지표를 필수지표로 선정하였다. 문화서비스는 경관/심미 및 생태교육 지표를 필수지표로 하였고, 지지서비스는 일차생산, 서식처 제공, 생태계 다양성, 물질순환의 4개 지표를 필수항목으로 도출하였다.

주제어: 논 생태계, 생태계서비스, 가치평가, 평가지표, AHP 설문기법

주연구자 연락처: rrichoi@hanmail.net (010-5207-5481)

사사: 본 연구는 “유기농업의 생태적 생물환경 평가체계 구축 및 가치평가(PJ017103022023)” 연구사업으로 수행함

다양한 농업잔재물 투입에 따른 농경지 토양 내 NH₃ 배출량 및 탄소저장량 평가

Evaluating the Carbon Stocks and NH₃ Emissions of Arable Land Incorporated with Various Agricultural Residues

강윤구¹, 이준영¹, 김준호¹, 윤여욱^{1,2}, 김성현³, 오택근^{1*}

Yun-Gu Kang¹, Jun-Yeong Lee¹, Jun-Ho Kim¹, Yeo-Uk Yun^{1,2}, Seong-Heon Kim³, and Taek-Keun Oh^{1*}

¹충남대학교 생물환경화학과, ²충청남도 농업기술원, ³국립농업과학원 토양비료과

¹Department of Bio-Environment Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Chungcheongnam-do Agricultural Research and Extension Services, Yesan 32418, Korea

³Soil & Fertilizer Management Division, National Institute of Agricultural Science, Wanju 55365, Korea

국내 미세먼지(particulate matter, PM) 배출량은 매년 지속적인 감소 추세임에도 불구하고 고농도 사례 일수가 빈번하게 관측됨에 따라 효과적인 2차 생성 미세먼지(PM_{2.5})의 생성 관리가 필요하다. 국내 전체 PM_{2.5}의 발생량 중 약 28%는 제조업, 발전소 등에서 직접 배출되며, 나머지 72%가 황산화물(SO_x) 혹은 질소산화물(NO_x)과 암모니아(NH₃)의 반응을 통해 생성된다. 농경지에서 대부분 발생하는 것으로 알려진 NH₃는 토양에 처리한 화학비료(예, 요소, 유안 등)가 가수분해되면서 단시간에 빠르게 발생하며, 처리한 질소량의 50 - 70%가 NH₃ 형태로 휘발된다. 이와 반대로, 유기질비료는 2종 이상의 동·식물성 잔재물을 혼합하여 제조하며, 화학비료보다 상대적으로 천천히 양분을 공급하여 작물 재배 중 발생하는 NH₃를 저감시킬 수 있다. 하지만, 현재의 시판 유기질비료는 대부분 수입의존형 원료로 제조되며, 이는 유기질비료의 가격 안정성과 시장 확대를 위협하는 요인으로 작용한다. 이에 따라, 본 연구에서는 국내에서 발생하는 여러 농업잔재물의 원물과 탄화물을 토양에 처리하였을 때, NH₃ 배출량과 토양 특성에 미치는 영향을 확인하여 유기질비료 원료로써 활용 가능성을 평가하였다. 농업잔재물은 작물별 발생 시기에 따라 2022년 봄과 가을에 충남대학교와 충청남도 농업기술원 인근 농가에서 수거하였으며, 본 연구에서는 국내 농업잔재물 발생량을 고려하여 총 8종(벼짚, 왕겨, 고춧대, 들깨대, 옥수수대, 콩대, 포도 전정가지, 배 전정가지)을 수집하였다. 수집한 농업잔재물은 건조 후 원물과 탄화물로 형태를 구분하였으며, 탄화물은 산소 유입이 제한된 조건의 전기 회화로 350°C에서 60분간 열분해하여 제조하였다. 농업잔재물은 시판 유기질비료의 질소(N) 사용 기준에 따라 120 kg N ha⁻¹을 모두 분말(powder) 형태로 처리하였다. 연구 결과, 농업잔재물을 처리한 토양의 NH₃ 배출량은 초기 3일 이내에 활발하게 배출되었으며, 3일 이후 비료 무처리구와 유사한 배출 경향을 나타내었다. 실험 기간 중 배출된 NH₃를 모두 합하여 총 NH₃ 배출량을 계산한 결과, 벼짚을 처리한 토양에서 0.42 kg ha⁻¹로 가장 높게 조사되었으며, 포도 전정가지는 0.35 kg ha⁻¹로 가장 적게 NH₃를 배출하였다. 본 연구에서 사용한 농업잔재물을 농경지 유형으로 구분하였을 때, 과수원 유래 농업잔재물은 논과 밭 유래 농업잔재물에 비해 낮은 NH₃ 배출량을 나타내었다. 또한, 농업잔재물을 탄화하여 처리하였을 때, 원물보다 적게 NH₃가 배출되어 탄화물 형태로 처리하는 것이 N 손실을 최소화할 것으로 판단하였다. 본 연구에서 농업잔재물을 탄화시켜 사용하는 경우, 기준에 사용되던 유기질비료 원료보다 낮은 NH₃ 배출량으로 인해 N 손실을 최소화하여 효과적으로 PM_{2.5} 생성을 저감하며, 작물생육에도 이로울 것으로 판단된다.

주제어: 농업잔재물, 암모니아, 유기질비료, 탄소저장량, 토양 탄소

주연구자 연락처: ok5382@cnu.ac.kr (042-821-6731)

농경지토양 수계유출 아산화질소 간접배출 및 질소유출 비율 평가에 대한 고찰

Estimate Emission Factor and Fraction for Nitrous Oxide from Nitrogen Leaching and Runoff in Cropland

박혜란*, 이종문, 정현철, 이선일, 이형석, 이민지

Hye-Ran Park*, Jong-Mun Lee, Hyun-Cheol Jeong, Sun-Il Lee, Hyoung-Seok Lee, and Min-Ji Lee

농촌진흥청 국립농업과학원 기후변화평가과

Climate Change Assessment Division, NAAS, RDA, Wanju, 55365, Korea

농업분야 국가 온실가스 배출에서 아산화질소(N_2O) 배출에 가장 큰 부분을 차지하는 농경지토양의 아산화질소 배출은 직접배출과 간접배출로 구분할 수 있다. 직접배출은 농경지토양의 질소가 질산화과정(nitrification)과 탈질과정(denitrification)에 의해 아산화질소 형태로 배출되는 것을 말한다. 간접배출은 토양의 질소가 수계로 유출되어 유출수에서 아산화질소가 배출되는 것과 암모니아(NH_3) 및 질소산화물(NO_x)의 형태로 질소가 대기 휘산되는 두 가지 경로가 존재한다. 2022년에 산정한 2020년도 국가 온실가스 배출량 기준, 직접배출이 3.1백만톤 CO_2 -eq, 간접배출이 2.5백만톤 CO_2 -eq.이었으며 간접배출에서 대기 휘산이 0.7백만톤 CO_2 -eq., 수계유출이 1.8백만톤 CO_2 -eq.을 차지했다.

수계유출에 의한 아산화질소 간접 배출량은 질소원(화학비료, 가축분뇨, 작물잔사)의 투입량과 질소 수계유출 비율($Frac_{LEACH-H}$)과 배출계수(EF_5)를 곱하여 산정한다. EF_5 는 EF_{5g} (groundwater), EF_{5r} (rivers), EF_{5e} (estuaries)의 합으로 EF_{5g} 는 농경지 지표유출수와 지하침투수와 강 상류, EF_{5r} 은 강과 저수지와 강하류, EF_{5e} 는 강 어귀에서의 아산화질소 배출계수를 의미한다. 농경지 수계 유출수의 아산화질소 배출량 측정 방법으로는 Headspace법이 있다. 이는 밀폐된 용기 내부에서 액체 시료 위 빈공간의 기체 성분을 포집하여 분석하는 방법으로 IPCC(International panel on climate change) 가이드라인 및 국가고유계수 개발에 활용된 측정법이다. 수계유출로 인한 온실가스 배출량 산정 시 $Frac_{LEACH-H}$ 는 IPCC에서 제시하는 값(tier1)인 0.3을 적용하고, EF_5 는 국가고유계수(tier2) EF_{5g} (0.0034)를 개발 및 등록하여 이를 포함한 값인 0.0135를 적용하여 국가 온실가스 배출량을 산정하고 있다.

IPCC는 배출량이 과소평가 되는 것을 방지하기 위해 보수적인 값을 제시하고 있으며 아산화질소 배출에 영향을 미치는 세부 요인을 구체적으로 고려하지 않고 있기에 우리나라 농업환경에 맞는 배출계수와 질소 유출비율 개발이 필요하다. 또한 농경지 수계유출 간접배출계수를 개발할 때 지표유출수와 지하침투수 모두 고려해야 하며, 다양한 질소원이나 경사도 같은 질소 유출에 영향을 미치는 요인과 지역 및 환경 특성을 고려해야 한다. 그래서 농촌진흥청에서는 ‘농경지토양 수계유출 아산화질소 간접배출계수 개발’ 연구를 통해 국가고유계수 및 질소 유출 비율을 개발하고자 한다.

주제어: 아산화질소, 간접배출, 수계유출, 온실가스

주연기자 연락처: parkhr098@korea.kr (063-238-2488)

사사: 이 연구는 “농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(PJ017280)”의 지원으로 수행되었습니다.

PC-17

철인산염 코팅 바이오차를 이용한 복합 금속 오염 토양 안정화 및 상추 생육 평가

Stabilization of Metal(loid) Contaminated Soil using Iron Phosphate-Coated Biochar and Evaluation of Lettuce Growth

김한나¹, 이승준, 신수경, 김정연, 이찬용, 박진희*

Han Na Kim¹, Seung Jun Lee, Su Kyeong Sin, Jeong Yeon Kim, Chan Yong Lee, and Jin Hee Park*

충북대학교 환경생명화학학과, ¹한국지질자원연구원 광물자원연구본부 자원환경연구센터

Department of Environmental and Biological Chemistry, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

¹Mineral Resources Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM), Daejeon 34132, Korea

광산 주변 토양은 금속으로 오염되어 식물이 생육하기에 적합하지 않으며 산화음이온인 비소(As)와 양이온인 납(Pb), 카드뮴(Cd)은 화학적 특성이 달라 동시 안정화가 어렵다. 산화음이온은 철수산화물에 의해 안정화되고 양이온인 중금속은 인산염에 의해 안정화되기 때문에 철인산염을 사용하면 동시 안정화가 가능하므로 이를 바이오차(Biochar, BC)에 코팅하면 식물 생육 증진 및 토양 개량 등의 효과가 증가할 것으로 예상된다. 따라서 본 연구의 목적은 BC와 철인산염 코팅 바이오차(Iron phosphate-coated biochar, IPCB)의 처리에 의한 복합 금속 오염 토양의 동시 안정화를 통한 독성 저감 효과를 상추 생육을 통해 평가하는 것이다. 계분 BC에 FeCl₃와 KH₂PO₄ 용액을 처리하여 IPCB를 제조하였다. 비소, 납, 카드뮴 복합 오염 토양에 BC 0.5%와 IPCB 0.5, 1, 5%를 처리하고 일주일 간 배양하였다. IPCB 처리량이 증가할수록 납과 카드뮴의 생체이용가능 농도는 감소하였으나 복합 금속 오염 토양 내 비소의 생체이용가능 농도는 증가하였으므로 1% 처리가 금속의 안정화에 가장 효과적이었다. 비소 50 mg/kg, 카드뮴 50 mg/kg, 납 3000 mg/kg이 단독 및 혼합으로 오염된 토양에 BC와 IPCB를 1% 처리하고 상추를 한 달간 재배했다. 상추의 무게, 길이는 무처리(Control)에 비해 BC와 IPCB 처리구에서 높았으며 잎의 SPAD, Fv/Fm은 처리에 따라 유의한 차이가 나타나지 않았다. 따라서 BC와 IPCB의 처리는 토양 내 중금속 안정화 및 식물 생육 증진에 효과적이며 안전한 작물 생산에 도움이 될 것으로 판단된다.

주제어: 철인산염 코팅 바이오차, 금속 오염 토양, 상추, 식물 생육, 금속 안정화

주연기자 연락처: pjinh@chungbuk.ac.kr (043-261-2564)

시기별 강원지역 하천수 수질 현황

Current Status of River Water Quality in Gangwon by Period

김보민*, 김동민, 홍수영, 서영호, 김남호, 안난희¹, 김기선

B.M. Kim*, D.M. Kim, S.Y. Hong, Y.H. Seo, N.H. Kim, N.H. An¹, and K.S. Kim

강원특별자치도농업기술원, ¹국립농업과학원

Gangwon State Agricultural Research and Extension Services, Chuncheon, 24203, Korea

¹National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju, 55365, Korea

농업용수는 논·밭 등 농지에서 사용되는 용수로 하천수, 지하수 등이 포함된다. 농업용수로 사용되는 하천수는 작물생육에 필요한 질소, 인, 칼리 등 많은 영양분들을 포함하고 있다. 수질오염허용기준치 내의 영양분이 함유된 용수를 사용할 경우 농작물의 건전한 생육에 도움을 주고 생산성을 개선할 수 있다. 그러나 농업용수가 오염되었을 경우 오히려 토양 양분의 불균형을 초래하여 지력을 떨어뜨리고 농작물의 품질에 악영향을 미친다. 농업용수의 관리는 하천의 환경과 수질에 중요한 역할을 한다. 환경오염 문제를 방지하기 위해서는 농업용수의 지속적인 관리와 모니터링이 필요하다. 따라서 본 연구는 강원지역 내 농업용수로 사용되는 하천수를 시기에 따라 채취·분석하여 수질 현황을 파악하는 데 있다.

하천수는 강원지역 16개 시군 총 34지점에서 2021년부터 2022년까지 매년 4월, 7월, 10월에 채취하였다. 분석실험은 수질오염공정시험기준에 준하여 분석하였으며, 분석항목은 「환경정책기본법 시행령」의 하천수 수질환경기준 등을 따랐다. 분석 결과 2021년 4월 4지점, 7월 2지점, 10월 1지점에서 pH기준(6.0~8.5)을 초과하였다. 그리고 4월과 7월에 동일한 1지점에서 T-P기준($\leq 0.3\text{mg/L}$)을 초과하였으나 전반적으로 하천수 34지점의 수질은 양호한 것으로 나타났다. 2022년에는 4월 3지점, 10월 1지점에서 pH기준을 초과했다. T-P의 경우 2021년과 동일 지점에서 4월 T-P 기준을 초과했지만 7월부터 기준치 내의 수치를 보였다. COD_{Mn}과 TOC는 2021년과 2022년 모두 7월에 수치가 상승했다가 10월에 하락하는 등 비슷한 경향을 보였으며 DO는 이와 반대되는 경향을 보였다. 중금속 Cd, As, Pb는 검출되지 않았다. 2021년부터 2022년까지 강원지역 하천수는 시기에 따라 기준치 이상의 수치를 보이는 하천도 있었지만 대체로 기준치 내의 값을 보이며 농업용수로 양호하였다.

주제어: 강원, 농업용수, 하천수, 수질오염공정시험기준

주연구자 연락처: bominis@korea.kr (033-248-6095)

PC-19

Depth Distribution of Michaelis-Menten Kinetics in Soils with Nitrogen Additions

Hye Ju Lee*, and Kyung Jin Min

이혜주*, 민경진

Seoul Nation University, Seoul, Korea

서울대학교 농업생명과학대학

While nitrogen (N) increases aboveground plant biomass, it is still unclear how increasing N influences microbial decomposition of soil organic matter and subsequent growth. Here, we investigate the effects of N fertilization rates on the four microbial extracellular enzyme activities along soil depth profiles (0-20, 20-40, 40-60, 60-90, 90-120 cm): β -1,4-glucosidase (BGase), β -1,4-N-acetyl-glucosaminidase (NAGase), acid phosphatase (APase), and peroxidase (PER). By breaking down cellulose, chitin, organic phosphorus, and lignin, these enzymes allow microbes to acquire resources for their metabolism and modify the chemical properties of the soil environment. We collected soils from the Seoul National University Research Farm, where *Miscanthus x giganteus* has been cultivated with different rates of N fertilizer (0, 30, 60, 120, 240 kg N ha⁻¹ yr⁻¹) since March 2011. Michaelis-Menten parameters (V_{max} and k_m) were assessed using fluorescence measurements for BGase, NAGase, and APase, and absorbance readings for PER. The V_{max} values of BGase, NAGase, and APase gradually decreased along the soil depth profiles but did not seem to differ among N treatments. In contrast, the V_{max} of PER was relatively high at 0-20 and 40-60 cm, except for the 240 N treatment. Among enzymes, APase exhibited higher V_{max} values than BGase and NAGase in all soils. Contrary to the V_{max} values, the k_m values varied among N treatments, soil depth, and enzyme types. The k_m of BGase decreased from 0 to 60 cm, then increased between 60-90 and 90-120 cm in the 0 and 30 N treatment soils. The k_m of NAGase increased in the 60 N treatment soils at 60-90 cm. The k_m of APase decreased from 0 to 90 cm, then increased at 90-120 cm in the 0 and 30 N treatment soils. The k_m of PER differed among N treatment groups. We speculate that the distribution of roots and rhizomes is likely to alter resource availability along the soil depth profiles and influence microbial biomass and enzyme production. This scenario will be explored by assessing root contents, nutrient distribution, microbial biomass C, and C availability in follow-up experiments. We expect this study to illustrate how deep agricultural management practices can penetrate and alter microbially-driven soil organic matter dynamics along soil depth profiles.

Keywords: Soil Depth, Nitrogen fertilization, Extracellular Enzyme Activity, Michaelis-Menten

Correspondence: jp9812@snu.ac.kr (010-8983-6491)

PC-20

Effects of Twelve Years of Nitrogen Fertilization on Soil Microbial Respiration and its Temperature Sensitivity

Hyunjin Kim*, and Kyungjin Min

김현진*, 민경진

Department of Agricultural Biotechnology, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

서울대학교 농생명공학부

Understanding soil microbial respiration and its temperature sensitivity (Q_{10}) is crucial to accurately predict changes in soil organic carbon (C) stock in a warmer world. Although nitrogen (N) fertilization is a common agricultural practice, it remains unclear about the interactive effects of N and temperature on microbial C losses from managed soils. Here, we investigate microbial respiration and its temperature sensitivity in soils that have received N fertilization for twelve years at rates of 0, 30, 60, 120, and 240 kg N ha⁻¹ year⁻¹ (N0, N30, N60, N120, N240; n=4). Surface soils (0-20 cm) were incubated at 5, 15, and 30 °C for 74 days and microbial respiration was quantified during the incubation (total 60 samples = 5 N treatments * 4 replicates * 3 temperatures). We observed that N fertilization tended to reduce microbial respiration at all incubation temperatures during the incubation. Consequently, the cumulative soil microbial respiration in the N-fertilized soils was lower than that in the N0 soils. On average, cumulative soil microbial respiration was 16.30 %, 22.63 %, 33.24 %, and 38.76 % lower at 5 °C, 25.32 %, 26.07 %, 33.70 %, and 28.00 % lower at 15 °C and 22.55 %, 22.84 %, 46.40 %, and 21.58 % lower at 30 °C in N30, N60, N120 and, N240 soils than those in control soils. The Q_{10} values ranged from 1.25 to 8.45 (mean=2.07), and the average Q_{10} values in soils with N fertilization seemed to be higher than those in the N0 soils. The average Q_{10} values were N60>N30>N240>N120>N0. Currently, we are exploring microbial biomass C, soil nutrient contents, and microbial extracellular enzyme activities, all of which will be statistically analyzed along with the microbial respiration data. Our study implies that long term N fertilization has a potential to decrease C losses from soil, the practical management solution to conserve soil organic carbon in a warmer world.

Keywords: Nitrogen fertilization, Soil microbial respiration, Temperature sensitivity (Q_{10})

Correspondence: hj991209@snu.ac.kr (010-2357-8503)

PC-21

The Effects of Long- and Short-term Nitrogen Treatments on Soil Microbial Growth and Respiration

Seungwon Kim*, and Kyungjin Min

김승원*, 민경진

Seoul National University, Department of Agricultural Biotechnology

서울대학교 농생명공학부

Nitrogen (N) inputs often alter microbial decomposition of soil organic matter and CO₂ losses from soil. However, it remains elusive if the duration of N inputs will influence microbial physiology (e.g., growth and respiration) and associated carbon losses from soil. We used 12 years long N treated soils (0, 30, 60, 120, and 240 kg N⁻¹ ha⁻¹ year⁻¹) for assessing long-term N effects on soil microbial physiology. In addition, we collected control soils and applied N (0.0312, 0.125, 0.5, 1, 1.33, 1.67, 2, 4 mg N g⁻¹ dry soil) to assess short-term N effects. All soils were adjusted to 50% water holding capacity and glucose (2 mg C g⁻¹ dry soil) was added to the soils to monitor microbial growth kinetics.

Respiration before the glucose addition was lowest in soils with 60 kg N⁻¹ ha⁻¹ year⁻¹, followed by those with 120, 240, 30 and 0 kg N⁻¹ ha⁻¹ year⁻¹. Upon glucose addition, specific growth rate increased with increasing N input. Lag time, defined as the time required for microbes to increase their respiration rates upon glucose addition, decreased from 19.5 h in soils with 0 kg N ha⁻¹ year⁻¹ to 6.25 h in soils with 240 kg N ha⁻¹ year⁻¹.

In the short-term N treatment soils, specific growth decreased by 89% as the N inputs increased from 0.0312 mg N g⁻¹ dry soil to 4 mg N g⁻¹ dry soil. Microbial lag time increased from 10.6 h in soils with 0.031 mg N g⁻¹ dry soil to 15.4 h in soils with 4 mg N g⁻¹ dry soil

In a follow-up study, we will explore microbial biomass, glucose utilization, and carbon use efficiency, with the goal into how microbes alter their physiology when the resource stoichiometry change

Keywords: Nitrogen effect, Microorganism physiology, Ecological Stoichiometry, Carbon cycle

Correspondence: ksw8416@snu.ac.kr (010-9346-8416)

PC-22

장기간 경과한 안정화제 처리 토양에서 안정화제 추가 처리가 중금속 유효도에 미치는 영향

Effect of Stabilizer Reapplication on Heavy Metals Phytoavailability in the Long-Term Aged Soil with Previous Stabilizers

이남희*, 백태희, 이미나, Chaw su Lwin, 김권래

Namhee Yi*, Taehee Baek, Mina Lee, Chaw su Lwin, and Kwon-rae Kim

경상남도 진주시 동진로 33 경상국립대학교 칠암캠퍼스 스마트농산업학과

Department of smart agro-industry, Gyeongsang National University

토양 내 중금속은 식물체의 근권을 통해 흡수되어 가식부에 축적되며, 이는 인간의 건강을 위협할 수 있다. 식물체에 흡수되는 중금속은 토양 내 중금속 총합량보다 유효도 함량의 영향을 많이 받는다. 토양 내 중금속 유효도를 감소시키기 위한 안정화제로는 바이오차(Biochar), 석고(Gypsum), 퇴비(Compost), 석회(Lime) 등이 사용되고 있다. 안정화제의 효과는 처리 후 시간이 지나면 감소하기에 추후 추가 처리가 필요하다. 안정화제로 인한 중금속 유효도 감소 효과는 많은 선행연구로 검증되었으나, 안정화제 처리 후 장기간이 지났을 때의 영향에 관한 연구는 부족한 실정이다. 본 연구는 안정화제를 처리한 후, 장기간이 지나 추가 처리했을 때의 안정화제의 유효도 저감 정도를 확인하고자 수행하였다. 본 실험에서 사용한 안정화제는 바이오차(Biochar), 석고(Gypsum), 퇴비(Compost), 석회(Lime)로 2013년에 각 안정화제를 처리한 토양에 2023년에 동일 안정화제를 1%씩 추가 처리하였다. 표준시비법에 따라 복합비료를 처리하고 청경채를 재배하였다. 중(준)금속 유효도 감소 효과 확인하기 위해 식물체 내 중금속 함량(As, Cd, Cu, Pb, Zn)과 중(준)금속 흡수에 따른 식물체 독성 반응 비교를 위해서 MDA(malondialdehyde) 함량을 분석하였다. 재배 후 토양은 화학성 확인을 위해 pH, EC, 유효인산, 교환성양이온(Ca, Mg, K, Na)을 분석하였다. 분석결과, 바이오차와 퇴비 처리구는 무처리구보다 식물체 중금속 함량이 낮은 경향을 보였다. 석고 처리구에서는 무처리구에 비해 식물체 내 중금속 함량이 모두 높게 나타났다. 이는 석고 처리구는 pH 5.07로, 무처리구 pH 5.24보다 낮아져 중금속 유효도가 증가한 것이 원인으로 판단된다. 석회 처리구에서의 식물체 내 중금속 함량은 아연을 제외하고 모두 무처리구보다 높게 나타났다. 특히 비소의 함량은 4.75 mg kg^{-1} 로 무처리구(1.86 mg kg^{-1})에 비해 2배 이상 높은 값을 나타냈는데, 이는 석회 추가 처리에 따른 토양 pH 증가로 인한 비소의 유효도 증가가 원인인 것으로 사료된다. 향후 토양 중금속 유효도 관리를 위해서 장기간에 걸쳐 안정화제를 사용할 경우 토양의 화학성을 고려하여 처리량을 조절할 필요성이 있다고 판단된다.

Keywords: 중금속, 토양 오염, 중금속 유효도

주연구자 연락처: kimkr419@gnu.ac.kr

PC-23

Methane and Nitrous Oxide Emissions from Rice Paddy with Different Soil Management

토양관리에 따른 논에서의 메탄과 아산화질소의 배출

Geon Hyeong Lee*, and Chang Oh Hong

이건형*, 홍창오

Department of Life Science and Environmental Biochemistry, Pusan National University, Miryang, 5043,
Republic of Korea

부산대학교 생명환경화학과

The objectives of this study were to evaluate emissions of methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O) from rice paddy with different soil management during the growing season and determine optimum soil management for mitigation of CH₄ and N₂O emissions. Four treatments including conventional (NPK), compost manure (CM), combination of NPK and CM (NPK+CM), and the control (C) were installed on a paddy soil. The rice (*Oryza sativa L.*) was transplanted on June 9th 2023. Gas samples for CH₄ and N₂O were collected from June 10th 2023 to date September 26th 2023 twice in every week. The daily CH₄ fluxes increase a during the submerged period but decreased during the mid-season drainage. The order of cumulative CH₄ emissions from the greatest to the least was NPK+CM>NPK>CM>C. The greater cumulative CH₄ emissions in NPK compared to CM might be due to different growth characteristics of rice plant between both treatments. Daily N₂O fluxes were variable during the submerged period but dramatically increased in all treatments during the mid-season drainage. The order of cumulative N₂O emissions from the greatest to the least was NPK+CM>NPK>CM>C. The cumulative N₂O emissions in NPK was greater compared to CM, because more inorganic nitrogen which was a source of N₂O production was supplied with NPK. Among three soil managements including CM, NPK, and CM+NPK, the least CH₄ and N₂O emissions were observed in CM in this study. Further research on soil management for mitigation of both CH₄ and N₂O emissions should be conducted for long-term experiment.

Keywords: Methane, Nitrous oxide, Soil management

Correspondence: dlrjsgud11@pusan.ac.kr (010-8632-3526)

PC-24

전과정평가를 활용한 최소경운 벼 재배지에서의 온실가스 배출량 산정

Greenhouse Gas Emissions from Paddy Fields with Minimum Tillage using Life Cycle Assessment

진주현*, 정현철, 이선일, 이형석, 박혜란, 유예슬, 이종문, 이윤호¹, 권효숙
Ju-Hyeon Jin*, Hyun-Cheol Jeong, Sun-Il Lee, Hyoung-Seok Lee, Hye-Ran Park, Ye-Seul Yu,Jong-Mun, Lee, Yun-Ho Lee¹, and Hyo-Suk Gwon국립농업과학원 기후변화평가과, ¹국립식량과학원 작물재배생리과

National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju, Jeollabuk-do, 55365, Korea

¹National Institute of Crop Science, RDA, Wanju, Jeollabuk-do, 55365, Korea

최소경운(Minimum tillage)은 작물을 심는 부분만 경운하여 이양하는 방법으로 토양의 물리성 개선과 경운 대비 메탄 배출량을 저감할 수 있다. 온실가스는 작물 재배지에서만 배출되는 것이 아닌 농기계와 농자재를 사용함으로써 발생된다. 따라서 본 연구는 최소경운을 적용한 벼의 작기(130일)~휴경기(235일)에서 발생하는 온실가스와 농기계 및 농자재를 사용함으로써 발생하는 온실가스 배출량을 전과정평가(Life cycle assessment)를 통해 산정하였다. 실험포장은 김제에 위치한 현지 농가의 논에서 이루어졌다. 실험처리구는 관행경운(CT, Conventional Tillage)과 최소경운(MT)으로 설정하였다. 농자재의 투입량은 현지 농가 인터뷰로 정보를 수집하였다. 가스 시료는 챔버법을 활용하여 채취 후 가스크로마토그래피(Gas Chromatography)로 정량분석 하였으며 지구온난화지수(GWP, Global Warming Potential)를 곱하여 온실가스를 산정하였다. 실험결과 MT에서 CT 대비 작기 중 40.6%의 온실가스를 감축하였다. CH₄의 배출량은 유의적 차이가 났으며 N₂O의 배출량에서는 유의적 차이가 나지않았다. 농기계의 사용에서 64.7%의 온실가스를 감축하였으나 휴경기에서 MT의 온실가스는 CT보다 3.5% 더 많이 배출되었다.

주제어: 최소경운, 벼, 온실가스, 전과정평가**주연구자 연락처:** gwonhs@korea.kr (063-238-2485)

사사: 이 연구는 “농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(RS-2021-RD009223)”의 지원으로 수행되었습니다.

Table 1. Greenhouse gas emission of conventional tillage and minimum tillage in paddy fields.

	Greenhouse gas emission(Mg CO ₂ -eq. ha ⁻¹)				Total
	Cultivation	Fallow season	Agricultural machinery	Agricultural materials	
CT	1.42 ± 0.34	0.23 ± 0.03	0.34	0.51	2.49
MT	1.02 ± 0.03	0.69 ± 0.34	0.12	0.51	2.34

PC-25

The Plant Growth Promotion and Induction of Tolerance to Salinity Stress by *Enterobacter intermedium* 60-2G in Red Pepper Plants

Ga Ram Baek, and Hyo Song Nam*

백가람, 남효송*

Department of Applied Biology, Chonnam national University, Gwangju 61186, Korea

전남대학교 응용생물학과

Soil salinity is one of the typical abiotic stresses that reduce crop yields. Therefore, it is necessary to apply sustainable and effective solutions that contribute to enhanced crop salt tolerance. It has been reported that plant growth promoting bacteria (PGPB) could confer biotic and abiotic stress tolerance to plants. *Enterobacter intermedium* 60-2G, a phosphate-soluble bacterium, had been shown to promote plant growth and induce systemic resistance. In the present study, we tested the effects of plant growth and tolerance to salinity stress by *Enterobacter intermedium* 60-2G in red pepper plants. The experiment was carried out by transplanting 3-week-old pepper plants into soil with -1000 kPa balanced salinity stress and treating the bacterial suspension three times at one-week intervals. The physiological and biochemical attributes of plant under salt stress were monitored by evaluating malondialdehyde (MDA), proline, chlorophyll, soil pH, electrical conductivity (EC) and fresh weight. As a result, the treatment of bacteria alleviated the growth of plants and the reduction of chlorophyll content compared to plants under untreated salinity stress. It was also confirmed that the EC value was significantly lowered. However, there hasn't shown much difference in the MDA, proline, and soil pH. These finding demonstrated that *E. intermedium* 60-2G induces salinity resistance and promotes plant growth even in salt-stressed soil conditions, so these strains are expected to be used as effective biofertilizer for sustainable agriculture.

Keywords: plant growth promotion, induction of tolerance to salinity, *Enterobacter intermedium*, red pepper

Correspondence: nhs7460@naver.com (010-4164-7460)

충남지역 농업용 하천수 수질변동 모니터링

Monitoring of Agricultural Stream Water Quality Change in Chungnam Province

이정수*, 최소혜, 윤여욱, 조윤기, 이진일, 안난희¹Jeong Su Lee*, So-Hye Choi, Yeo-Uk Yun, Yun Gi Cho, Jin-Il Lee, and Nan-Hee An¹충청남도농업기술원, ¹농촌진흥청 국립농업과학원

Chungcheongnam-do Agricultural Research and Extension Service, Yesan, 32418, Korea

¹National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju, 55365, Korea

농업용수는 농업활동에 필요한 작물 증발산량, 토양 침투량, 농약·비료살포 소요량 등을 모두 포함하는 수자원으로 우리나라 전체 이용수량의 50% 이상을 차지한다. 농업용수로 이용되는 하천수는 빗물, 토양으로부터 유입된 영양물질(질소, 인산, 칼리 등)을 함유하고 있어 일정 기준 이상으로 농도가 증가하거나, 중금속 등 일부 오염물질이 포함될 경우 농산물 생산에 악영향을 끼칠 우려가 있다. 더불어, 봄철 강우감소 및 기온상승 등 지표수량 감소에 영향을 끼치는 기후변화가 가속화될 것으로 전망됨에 따라 장기간의 정점조사를 통해 수질의 변동 상황을 모니터링하고 농업용수의 건전성을 관리하는 것이 필요하다. 이에 본 연구에서는 2021년부터 2023년까지 충청남도 농업용 하천수 43지점을 대상으로 수질특성 14항목을 조사하였다. 강우패턴·지형적 특성에 의한 유량 변동성이 큰 우리나라의 수자원 특성을 고려하여 농업용수 시료채취는 영농활동을 기준으로 영농시작 전, 중, 후 3시기(4, 7, 10월)에 실시하였다. 지난 3년간 하천수 평균수질은 8가지 관리항목(pH, DO, TOC, T-P, SS, Cd, As, Pb) 모두 농업용수 허용기준에 부합하여 양호한 것으로 나타났다. TOC, T-P, SS의 경우 매년 7월에 다소 높은 경향을 보였으며, 이는 영농활동에 의한 양분의 수계유입 증가 및 집중강우에 의한 수면교란 등으로 인한 일시적 현상인 것으로 사료되었다.

주제어: 농업용수, 수질, 하천수, 모니터링**주연구자 연락처:** integer9@korea.kr (041-635-6104)

표. 충남지역 농업용 하천수의 수질특성(2021-2023)

구분	pH	EC (dS/m)	DO	TOC	T-N	T-P	SS	Ca ²⁺ K ⁺ Mg ²⁺ Na ⁺ Cd As Pb							
								----- (mg/L) -----							
2021	4월	7.7	0.29	11.1	2.4	4.07	0.03	8.5	18.4	7.8	4.8	18.4	0.000	0.000	0.000
	7월	7.4	0.30	7.4	3.6	3.52	0.06	18.8	19.8	2.5	4.8	15.0	0.000	0.001	0.001
	10월	7.3	0.30	8.1	2.2	4.19	0.03	7.0	21.1	3.3	5.2	16.7	0.000	0.000	0.000
	연평균	7.5	0.30	8.9	2.7	3.93	0.04	11.4	19.8	4.5	5.0	16.7	0.000	0.000	0.000
2022	4월	7.8	0.36	10.9	2.9	4.33	0.03	10.4	21.1	5.0	5.7	23.4	0.000	0.000	0.000
	7월	7.2	0.28	7.1	3.4	4.98	0.05	12.7	22.2	6.2	4.1	19.3	0.000	0.001	0.000
	10월	7.4	0.23	9.2	2.4	5.67	0.04	12.5	23.8	5.9	6.5	18.9	0.000	0.001	0.001
	연평균	7.5	0.29	9.1	2.9	4.99	0.04	11.9	22.3	5.7	5.4	20.5	0.000	0.001	0.000
2023	4월	7.77	0.36	10.5	2.5	4.28	0.03	9.2	26.0	5.6	6.4	23.9	0.000	0.001	0.000
	7월	7.44	0.19	8.4	2.2	7.47	0.04	12.2	14.1	3.5	3.4	11.3	0.000	0.001	0.000
	연평균	7.60	0.28	9.4	2.4	5.88	0.04	10.7	20.0	4.5	4.9	17.6	0.000	0.001	0.000
관리기준	6.0~8.5	-	≥2	≤6	-	≤0.3	≤100	-	-	-	-	≤0.01	≤0.05	≤0.1	

수분함량에 따른 돈분퇴비의 화학성 함량 변화

Changes in Chemical Properties of Pig Manure Compost Affected by Moisture Content

류단비*, 정영재, 김성현, 권순익, 심재홍

Dan-Bi Ryu*, Young-Jae Jeong, Seong-Heon Kim, Soon-Ik Kwon, and Jae-Hong Shim

농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과

Soil and Fertilizer Division, National Institute of Agricultural Sciences,

Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

가축분뇨의 퇴비·액비는 비료공정관리규격(이하, 비료관리법)과 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률(이하, 가축분뇨법)로 구분 관리되고 있다. 이와 같은 법률은 부숙된 양질의 퇴비 사용을 위하여 pH, EC, 양이온, 중금속 등의 항목에 관하여 기준값을 설정하고 있다. 이때, 퇴비 내의 수분함량은 분석 항목의 측정값에 영향을 줄 것으로 예상하지만, 이에 관한 연구는 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구는 퇴비 내의 수분함량이 퇴비 분석 항목의 측정값에 주는 영향을 확인하고, 수분함량에 따른 보정식을 산출하고자 하였다. 본 연구에서는 현재 상용되고 있는 돈분퇴비(돈분 50%, 계분 20%, 톱밥 15%, 수피 10%, 커피박 3%, 왕겨 2%)를 사용하였다. 퇴비는 실험 전 건조시킨 후 수분함량 0~70% 7개 처리구로 설정하였으며, pH, EC, T-P, 교환성 양이온(K, Ca, Mg, Na), 중금속(Cu, Zn, Cr) 항목에 대하여 분석을 진행하였다. 본 연구 결과, 수분함량이 증가할수록 pH는 증가하였으며($P < 0.001$), EC, T-P, 교환성양이온(K, Ca, Mg, Na)함량은 감소하였다($P < 0.001$). 또한, 본 연구에서 사용한 퇴비 내 중금속 함량은 모든 처리구에서 기준값 이하였으며 수분함량이 증가함에 따라 감소하였다. Cu는 수분함량 0%에서 194.41 mg/L였으나, 70%일 때 107.14 mg/L로 감소하였고($P < 0.001$), Zn은 0, 70%에서 각각 342.95 mg/L, 168.15 mg/L로 수분함량이 증가함에 따라 Zn 함량은 감소하였다($P < 0.001$). 이와 같은 결과로, 본 연구에서는 Cu와 Zn의 보정식을 도출하였으며, 식은 다음과 같다. Cu: $y = 0.0187x^2 - 2.6166x + 198.3$ ($R^2 = 0.97$), Zn: $y = 0.0396x^2 - 5.4271x + 354.09$ ($R^2 = 0.95$)이다. 반면, Cr의 경우 수분함량 0%에서 3.30 mg/L, 20%에서 1.31 mg/L로 측정되었으나, 수분함량이 증가함에 따라 함량이 낮아 측정되지 않았다. 이는 첨가한 증류수에 의하여 희석된 것으로 판단되며, 퇴비 분석 시 수분함량에 따른 측정 기준점으로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 본 연구에서 제시한 보정식을 활용하여 수분함량에 따른 돈분 퇴비의 화학성 변화를 예측에 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 이와 같은 결과를 바탕으로 추후 수분함량 별 퇴비 종류(우분, 계분 등)와 수분 조절제(톱밥, 왕겨 등) 첨가 비율에 따른 화학성 변화에 관한 연구를 진행하고자 한다.

주제어: Pig Manure Compost, 돈분퇴비, 수분함량, 화학성

주연구자 연락처: jaysoil@korea.kr (063-238-2427)

PC-28

농업부산물 원료별 성분 분석을 통한 부숙유기질비료 제조 활용 가능성 평가**Estimating the Properties Analysis of Agricultural Residue Crops in Organic Resource Fertilizer**

정영재*, 김성현, 전상호, 이윤혜, 권순익, 심재홍

Young-Jae Jeong*, Seong-Heon Kim, Sang-Ho Jeon, Youn-Hae Lee, Soon-Ik Kwon, and Jae-Hong Shim

농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과

Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences,
Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

논에서 벼 수확 후 발생하는 부산물인 벼짚 및 왕겨는 자가 논의 퇴비 사용, 가축 사료로 활용, 가축분 퇴비와 혼합하여 사용되고 있다. 하지만, 노지(밭, 과수원 등)에서 발생하는 부산물은 소규모 경작으로 인하여 발생량 예측이 어려워 활용도가 낮다. 일부 농가에서 자체적으로 퇴비화를 수행하기도 하지만, 체계적 관리가 어려워 악취 및 침출수 발생 등 농업 비점오염으로 작용하게 된다. 따라서, 노지에서 발생하는 부산물은 대부분 폐기물로 분류되어 소각으로 처리되지만, 화재 발생 위험 및 미세먼지 발생 등의 문제가 제기되고 있는 실정이다. 이에 본 연구는 농업부산물 원료 및 경작 방법별(경종, 유기농) 주요성분(T-C, T-N, C/N, P₂O₅, K₂O)을 분석하여 부숙유기질비료 활용 가능성을 평가하고자 한다. 본 연구는 총 6가지 노지 발생 부산물(고추대, 참깨대, 들깨대, 콩대, 포도가지, 복숭아가지)을 수집하여 비료 성분 함량을 분석하였다. 연구결과, 부산물의 P₂O₅ 함량은 유기농과 경종 별 통계적 유의성은 없었으며($P < 0.05$) 원료별로는 유기농은 참깨대(0.60%), 경종은 콩대 (0.40%)에서 가장 높은 경향을 보였다. K₂O 함량 분석 결과, 유기농 부산물이 경종보다 함량이 높은 경향이었으며, 유기농은 참깨대 (2.55%), 경종은 고추대(0.70%)에서 높은 경향이 있었다. 부산물의 T-N 함량은 원료별 0.8-1.4%였으며, 유기농 부산물이 경종에 비하여 낮은 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($P < 0.05$). T-C 함량은 유기농 부산물이 44-47%, 경종 부산물이 42-44%로 유기농 부산물이 경종에 비하여 T-C 함량이 높은 경향이 있었다. C/N는 유기농 부산물은 들깨대가 79로 가장 높았으며, 고추대가 38로 가장 낮은 경향이 있었다. 경종 부산물의 경우, 복숭아가지가 86으로 가장 높았으며, 참깨대가 31로 가장 낮은 경향이 있었다. 퇴비화 시 적절한 C/N는 25-40로 고추대, 참깨대, 콩대의 경우 경작 방법에 관계없이 부숙유기질 제조에 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 반면, C/N가 높은 포도가지, 복숭아가지의 경우 퇴비화 과정에서 미생물의 대사 감소, 유기물질 분해 감소로 인한 질이 낮은 퇴비가 생산될 수 있으므로, 질소원의 추가적 공급, 분해 용이성을 위한 파쇄 조건 등의 설정이 필요할 것으로 판단된다. 본 연구는 부숙유기질비료 제조 시 농업부산물 활용 가능성을 평가하였다. 이와 같은 결과를 바탕으로 추후 농업부산물을 이용한 부숙유기질비료 제조에 활용할 수 있을 것으로 판단되며, 더 나아가 농업부산물의 수집 및 순환을 통한 마을 단위 경축순환모델에 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

주제어: 농업부산물, 부숙유기질비료, C/N**주연기자 연락처:** jaysoil@korea.kr (063-238-2427)

PC-29

Food Waste Compost Pellet Fertilizer Combined with Biochar and Plant Growth Promoting Bacteria: Effects on Chinese Cabbage (*Brassica rapa* L.) Yield, Soil Properties and Greenhouse Gas Emissions

Young-Jae Jeong*, Seong-Heon Kim, Sang-Ho Jeon, Youn-Hae Lee, Soon-Ik Kwon, and Jae-Hong Shim
 정영재*, 김성현, 전상호, 이윤혜, 권순익, 심재홍
 Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences,
 Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea
 농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과

Agricultural soil management are important source of greenhouse gas (GHG) emission for mitigating climate change and ensure crop yield such as carbon dioxide (CO₂), nitrous oxide (N₂O), and methane (CH₄). The application of organic fertilizer and plant growth promoting bacteria (PGPB) in agricultural soil can be improve crop yield and soil quality. Although, the application of biochar to agricultural soil is recognized for enhancing soil properties and nutrient absorption. Moreover, it is effective for increased crop yield, and mitigating greenhouse gas emission through soil respiration and denitrification. Therefore, in this study, we pelletized food waste compost with biochar and PGPB in upland soil, and we cultivated Chinese cabbage (*Brassica rapa* L.) for 73 days. This study was investigated Chinese cabbage yield, soil properties, and GHG flux. The treatments were conducted NF (No fertilization), NPK (N-P-K;17-26-14, control), FWC (NPK+Food waste compost without pelletized), FWCB (NPK+Food waste compost pelletized with biochar 3%), and FWCBM(NPK+Food waste compost pelletized with biochar 3% and PGPB). The Chinese cabbage yield followed FWCBM (9,742 kg 10a⁻¹) > FWCB (8,970 kg 10a⁻¹) > FWC (6,859 kg 10a⁻¹) > NPK (4,933 kg 10a⁻¹) > NF (944 kg 10a⁻¹). Soil pH was highest in NF (6.3) ($P < 0.05$), and lowest in FWCBM (6.1) ($P < 0.05$), however, all treatment was no difference with initial soil (6.2) ($P > 0.05$). EC and avail. P₂O₅ was highest in FWCBM ($P < 0.05$), and the value was 1.3 and 68.3 mg kg⁻¹, respectively. The soil organic matter also highest in FWCBM (20.4 g kg⁻¹) ($P < 0.05$), and it was increased 35% compared with initial soil (15.2 g kg⁻¹). Soil pH and EC was within the appropriate range (pH: 6.5-7.0, EC: ≤ 2 dS m⁻¹) for all treatment, while, avail. P₂O₅ in all treatment was below the appropriate range (350-450 mg kg⁻¹). Our investigation focused on CO₂ and N₂O flux because of aerobic conditions in the upland. The N₂O flux (mg N₂O g⁻¹ yield) in FWCB and FWCBM was 23.2 and 6% more emission compared with control. Hence, the CO₂ flux (g CO₂ g⁻¹ yield) was mitigated 24.5 and 35.6% in FWCB and FWCBM compared to control, respectively. The results observed the application of FWCBM was improved crop yield and soil organic matter with interaction effect of biochar and PGPB. The high nitrogen content in food waste compost in FWCB and FWCBM is contributed to increased N₂O flux. Overall, this study confirmed that FWCBM has CO₂ emission mitigation effect, which is considered to be greater than of FWCB, as PGPB enhance the activity of biochar.

Keywords: Greenhouse gas, Biochar, PGPB

Correspondence: jaysoil@korea.kr (063-238-2427)

전남 과수토양에서 분리한 미생물의 항진균 및 식물생육촉진 특성 조사

A study on the Characteristics of Antifungal activities and Plant Growth Promotion of Microorganisms isolated from Orchard soils in Jeonnam

이소연*, 김현지, 김성우, 광경진, 신길호, 이진우, 김도현¹Soyoun Lee*, Hyeonji Kim, Sungwoo Kim, Kyungjin Kwak, Gilho Shim, Jinwoo Lee, and Dohyum Kim¹전라남도농업기술원, ¹농촌진흥청 국립농업과학원

Jeollanam-do Agricultural Research & Extension Services, Naju 58228, Korea

¹National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Korea

본 연구는 전남 과수토양으로부터 식물 병원성곰팡이에 대한 항진균활성, IAA 생성능, 질소고정능, siderophore 생성능 등의 활성을 갖고 있는 미생물을 분리하여 생물학적 방제제로서의 이용가능성을 평가하고자 수행하였다. 전라남도 내 과수토양 25점의 토양시료를 수집 후 시료 1g을 멸균 식염수 9ml에 단계 희석한 후 100ul를 LB 배지에 도말 후 30°C에서 24시간 동안 배양하고, 색과 형태가 다른 26종의 토양 세균을 순수 분리하였다. 분리한 미생물의 항균 활성을 조사하기 위해 paper disc법(Murray et al., 1999)으로 식물병원성곰팡이 3종(*Colletotrichum acutatum*(KACC40042), *Rhizoctonia solani* AG-1(KACC40101), *Botrytis cinerea*(KACC40573))에 대하여 생장 억제율을 조사하였다. 조사 결과 강한 항진균활성을 보이는 6종의 균주를 선발하였고 선발한 6종에 대해 siderophore 생성능, IAA 생성능, 질소고정능, 인산가용화능을 조사하였다. siderophore 생성능은 AB22-1 균주가 5.7 mm로 가장 높았고, IAA 생성능은 AB22-1 균주가 8.0 µg/ml, PS22-1 균주가 5.6 µg/ml로 가장 높았고, 인산가용화능은 ch22-3 균주가 135.6%로 가장 높았다. IAA 생성능이 높았던 AB22-1 균주와 PS22-1 균주에 의한 식물 생장 촉진을 조사한 결과, AB22-1, PS22-1 배양액을 고추 유묘에 관주시 고추유묘의 생육을 114%, 119% 증가시켰다. 이러한 결과를 토대로 선발한 미생물 3종의 경우 식물 병원성곰팡이에 대한 항진균 활성 및 식물 생육촉진 활성을 지녀 생물학적 방제제로서의 잠재적 가치가 있을 것으로 판단된다.

주제어: 미생물, 항진균활성, siderophore, IAA, 질소고정능, 인산가용화능

주연구자 연락처: chancy24@korea.kr (010-3868-4508)

Table 1. 분리 미생물 항진균 및 식물생육촉진 특성

균주	Inhibition rate (%)			Siderophore (mm)	IAA 생성 (µg/ml)	질소고정 (색변화정도)	인산가용화 TCP (%)
	<i>C. acutatum</i>	<i>R. solani</i>	<i>B. cinerea</i>				
ch22-3	60.0	78.3	60.0	0.0	1.7	+++	135.6
ch22-4	52.2	63.6	42.6	0.0	2.1	+++	129.9
ch22-6	62.5	52.2	43.5	4.7	1.9	+++	100.0
ph22-6	0.0	41.7	0.0	0.0	1.9	+++	124.3
ph22-9	38.0	34.8	34.0	0.0	1.4	+++	117.5
ps22-1	52.0	56.5	44.2	0.0	5.6	+++	100.0
ab22-1	70.8	60.0	51.1	5.7	8.0	+++	100.0

PC-31

왕우렁이의 논잡초 생물학적 방제 효과 및 벼수량 변화

Effects of Golden Apple Snails on Weed Control and Yield in Paddy Rice Fields

최효정*, 서상영, 최선우, 배세홍, 김주희

Hyo-Jung Choi*, Sang-Young Seo, Seon-Wu Choi, Se-Hong Bae, and Ju-Hee Kim

전라북도농업기술원 농업환경과

Division of Agricultural Environment, Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan

54591, Korea

본 연구는 생물자원 중 제초효과가 우수한 왕우렁이에 대한 재평가와 외래종인 왕우렁이의 생태계 위해성 우려를 해소하기 위한 방안으로 대체 생물자원을 발굴하기 위해 수행되었으며, 제초제를 사용하는 관행 농가와 생물자원의 제초효과 및 작물 생육정도를 비교·평가하였다. 이에 따라 친환경 논벼 재배시 생물자원으로 활용가능한 왕우렁이(G), 미꾸라지(L), 메기(C) 등 3종과 대조구로 제초제(H)와 무처리구(N) 등 5개 처리구를 두고 시험을 수행하였다. 또한 수서동물인 미꾸라지와 메기의 특성을 고려하여 두 처리구에는 유입수 방향으로 둠병을 조성하여 생물자원이 논과 둠병을 자유롭게 이동할 수 있도록 하였다. 연구 결과 논외 잡초를 제초하는 효과는 왕우렁이 처리구에서 100%로 나타났고, 그 다음으로 제초제(95.8%) > 미꾸라지(57.5) > 메기(31.7) 처리구 순으로 잡초 발생 방제 효과가 있었다. 또한 벼의 분얼수는 무처리 대비 제초제(179.9%) > 왕우렁이(143.3) > 미꾸라지(138.7) > 메기(103.2) 처리구 순으로 나타났고, 수량(단위: kg 10a⁻¹)은 왕우렁이(798.9) > 미꾸라지(708.1) > 제초제(700.7) > 메기(629.4) > 무처리(496.0) 순이었다. 본 연구에서, 제초제 및 왕우렁이 처리구에서 잡초발생 억제 효과 및 생육 경향이 유사하였기 때문에, 환경 및 공익적 측면을 고려한다면, 생물자원을 이용한 친환경 논벼 제초관리가 장기적으로 볼 때 더 유용할 것으로 판단된다. 또한 논벼 친환경 재배에 생태계 위해성 우려가 있는 왕우렁이를 적용한다면, 사회적으로 이 슈가 될 수 있고 일시적·제한적인 연구로 수행될 수 있기 때문에 농업에서 왕우렁이의 효과적인 활용을 도 모하기 위해서는 지속적인 잡초방제 안전관리 기술개발 노력이 필요하다.

주제어: 논벼, 생물학적 잡초방제, 유기농업, 왕우렁이, 제초제

주연구자 연락처: soilchoi80@korea.kr (063-290-6084)

PC-32

섬진강수계 주요 상수원의 오염원 현황 및 배출부하량 산정

Analysis of the Current Status of Pollutants Sources and Loads in Seom-jin River Watershed

박민경*, 범진아¹, 정민혁¹, 윤광식¹

Minkyong Park*, Jina Beom¹, Minhyuk Jeung¹, and Kwangsik Yoon¹

농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과, ¹전남대학교 지역·바이오시스템공학과

Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences (RDA)

¹Department of Rural and Biosystems Engineering (Brain Korea 21), Chonnam National University

섬진강수계는 2003년부터 ‘영산강·섬진강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률 제8조(토지 등의 매수)’에 근거하여 상수원 수질관리를 위한 토지매수 사업을 통해 수변구역 내 오염원 제거가 이루어지고 있다. 하지만, 산발적 토지매수 사업으로 인하여 수질 개선 실효성이나 토지매수 사업에 대한 지속성에 관해 의문이 제기되고 있다. 산발적 토지매수 사업이 아닌 주 오염원 관리 및 부하량이 높은 지역 등을 파악하여 상수원 수질관리를 위한 기초조사가 우선적으로 이루어져야 한다.

본 연구에서는 섬진강수계 주요 상수원인 주암호, 동북호, 상사호, 수어호, 탐진호 총 5개 호소를 대상으로 유입 지류지천 말단 및 매수대상지역의 오염원 현황과 배출부하량을 산정하였다. 5개 상수원 오염원 현황과 배출부하량 산정 결과, 유역면적이 가장 큰 주암호권역에서 인구, 축산계, 산업계의 오염원이 가장 높았으며, 수어호권역에서 가장 낮은 값을 보였다. 주암호, 동북호, 상사호, 탐진호권역의 BOD, T-N, T-P 배출부하량은 토지계 약 60~85%, 축산계 10~30%로 배출이 이루어지고 있지만, 수어호권역에서는 토지계 오염원이 90% 이상 배출되는 것으로 나타났다. 매수대상지역의 오염원의 경우, 유입지류지천 말단 지역과 동일하게 인구, 축산계, 산업계가 주암호권역에서 가장 높고 수어호권역에서 가장 낮은 값을 보였다. 매수 대상 지역의 BOD, T-P 배출부하량은 수어호권역을 제외한 나머지 호소에서 토지계 약 60~70%, 축산계 20~30%로 나타났으며, 수어호권역에서는 토지계가 85% 배출되는 것으로 산정되었다. T-N 배출부하량은 모든 유역에서 토지계 오염원이 약 74% 이상으로 나타났다. 5개의 상수원 중 주암호권역이 양식계를 제외한 나머지 모든 항목에서 현황과 배출부하량이 가장 큰 값을 보였으며, 이는 유역면적이 가장 크기 때문으로 판단된다. 이러한 오염원과 배출부하량 결과를 통해 오염원이 많이 분포되어 있는 유입지류지천과 매수 대상지역을 우선적으로 매수할 필요가 있을 것으로 보이며, 매수가 어려울 경우 상수원 수질관리를 위해 오염원 중점 관리가 필요할 것으로 판단된다.

주제어: 섬진강수계, 토지매수, 오염원, 배출부하량

주연구자 연락처: mmmin98@korea.kr (010-8819-6845)

Is biochar a Major Material that Can Response to Climate Change?

Ikhyeong Lee*, Haeun Ryoo, Minji Shin, Han-Na Cho¹, and Se-Won Kang^{1,2}
이익형*, 류하은, 신민지, 조한나¹, 강세원^{1,2}

Department of Bio-environmental sciences, Suncheon National University, Suncheon 57922, Republic of Korea

¹Department of Agricultural Chemistry, Suncheon National University, Suncheon 57922, Republic of Korea

²Department of Agricultural Life Sciences, Suncheon National University, Suncheon 57922, Republic of Korea
국립순천대학교 생물환경학과, ¹국립순천대학교 농화학과, ²국립순천대학교 농생명과학과

Biochar is known as a material that can respond to climate change and has a positive effect on the agricultural environment. However, biochar research on abnormal climate conditions, including irregular rainfall and drought, is still lacking. Therefore, this study was investigated the environmental variations of corn cultivation including corn growth and CO₂ emission rate under abnormal climate condition, assessed the relationship between the corn productivity and CO₂ flux using biochar. The field research work was conducted during March to July 2023. We tested the following four treatments (CP, compost of 7.6 t ha⁻¹; RB, rice husk biochar of 7.6 t ha⁻¹; WB, wood biochar of 7.6 t ha⁻¹) and control treatment (Cn) with no application respectively. When rainfall was high, the overall plant biomass and productivity of corn in CP treatment was higher than those of 12.6~32.2% for the Cn treatment, 120~195% for the RB treatment, and 86.1~111% for the WB treatment. In particular, CO₂ flux as a soil respiration showed there was no positive effect of applied two biochars. Although short-term experiment was presented, our results may contribute to establish standards for biochar application under extreme climate conditions. Overall, these results are useful to assist field management decisions for crop cultivation in heavy rainfall or waterlogging conditions.

Keywords: Biochar, Climate change, Corn cultivation, Abnormal climate, Rainfall

Correspondence: kangsw@scnu.ac.kr (82-61-750-5192)

농업환경보전프로그램의 영향평가를 위한 넥서스 기반 통합 평가 플랫폼 구축 연구

A Study on the Development of NEXUS-based Integrated Evaluation Platform for Impact Assessments of the Agricultural Environment Conservation Program

손정우*, 허승오, 오부영

Jeong-woo Son*, Seung-oh Hur, and Bu-yeong Oh

농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과

Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju, 55635, Korea

농업의 공익적 가치 제고를 위한 농업환경 관리정책 도입의 필요성에 따라, 농림축산식품부는 2018년부터 지역단위로 농업환경 보전 활동을 수행하는 농업환경보전프로그램을 시행하고 있다. 농업환경보전프로그램의 목적은 농촌 공동체 활성화, 농업환경 보전 의식 개선 및 관련 활동 실천 지원을 통해 농업인 등의 농업환경 개선 및 보전 활동의 참여를 유도하는 것이다. 농업환경 보전 활동(이하 세부활동)은 토양·용수·대기·생태·경관·유산·생활 분야별 개인 또는 공동활동으로 구성되며, 세부활동의 이행에 따라 토양, 물, 에너지, 탄소 등 주요 농업자원은 변화하고 서로 영향을 미친다. 한편, 넥서스(NEXUS)는 자원 간의 상승(Synergy) 및 상쇄(Trade-off) 효과를 연계 분석하여 자원의 지속가능성을 평가하는 통합적 개념의 접근방법으로, 통합 평가 및 의사결정 등에 활용할 수 있다. 따라서 농업환경보전프로그램의 영향평가를 위하여 넥서스 개념을 활용하면 사업의 통합적 평가가 가능하며 새로운 방향의 농업환경정책을 제시할 수 있을 것이다. 이에 따라 본 연구에서는 농업환경보전프로그램의 효율적인 사업관리 및 평가를 위하여 넥서스 기반 통합 평가 플랫폼을 구축하였다. 통합 평가 플랫폼은 “사업관리 및 이행점검 시스템”과 “농업환경 영향평가 시스템”으로 구성되며, 두 시스템은 서로 연동된다. “사업관리 및 이행점검 시스템”에서는 사업대상마을의 정보관리, DB 구축 및 세부활동의 이행평가를 수행한다. “농업환경 영향평가 시스템”은 농업자원별 지표의 값을 산정하여 연계 분석함으로써 세부활동의 효과평가를 수행한다. 농업자원별 지표는 물 사용량, 토양 유실량, 수질 부하량, 에너지 소비량, 토양 탄소 저장량 및 온실가스 배출량이다. 효과평가의 결과는 직관적인 평가 및 비교가 가능하도록 통합평가지수 및 경제적 가치를 산정하여 사업대상마을별 단일값을 제시하였다. 통합평가지수는 AHP 및 ANP 분석을 통한 농업자원의 상대적 중요도를 반영하여 산정하였고, 경제적 가치는 대체비용법 등으로 구한 농업자원별 단가를 활용하였다. 통합 평가 플랫폼은 사업대상마을의 ①선정 평가단계, ②계획 수립 단계, ③점검 및 평가 단계에서 활용할 수 있도록 고도화할 예정이다. 본 연구의 결과물인 넥서스 기반 통합 평가 플랫폼은 농업환경보전프로그램의 농업환경 보전 활동에 대한 효과를 통합평가하여 정책 및 영농의 의사결정 지원도구로 활용할 수 있을 것이라 기대한다.

주제어: 농업환경보전프로그램, 넥서스, 플랫폼

주요연구자 연락처: son094@korea.kr (063-238-2434)

Development of a Database for Rice System Simulation in Korea

Seung-Ju Shin, and Ju-Hwan Lee*

신승주, 이주환*

Department of Smart Agre-Industry, Gyeongsang National University
경상남도 진주시 동진로 33 경상국립대학교 칠암캠퍼스 스마트농산업학과

Methane (CH₄) is a potent greenhouse gas (GHG) affecting global warming. In 2019, global emissions of CH₄ amounted to 11 ± 3.2 GtCO₂-eq (global warming potentials with a 100-year time horizon), which increased by 129% relative to the 1990 emissions. One of its main sources is rice production. Rice is a staple crop that feeds about two-thirds of the world's population, while flooded rice fields account for 15% of the total anthropogenic CH₄ emissions. Therefore, demand is increasing for innovative management practices that help maintain yields with reduced emissions over space and time. To support this effort, we aim to develop a database that is integrated with different process-based models, such as the DeNitrification-DeComposition (DNDC) model. We collected essential model input variables that are grouped into weather, soil, crop, and management, based on literature review (n = 100) and open-source data sets (n = 270, 930), currently available in Korea. For model calibration and testing, we focused on the collection of yields, soil organic carbon contents, and CH₄ emissions. All variables have been compiled and configured in GIS to support model-based assessments site- and region-specifically. This is the most exhausted data set that can expand field-level results to a wider spatial extent. Data-model approaches are a must to perform system-level simulations under uncertain climate and global changes. Along the line, we describe the status of data set and discuss its potential and limitations for future simulation applications.

Keywords: rice, methane, yield, korea

Correspondence: juwan.lee@gnu.ac.kr (010-6651-5926)

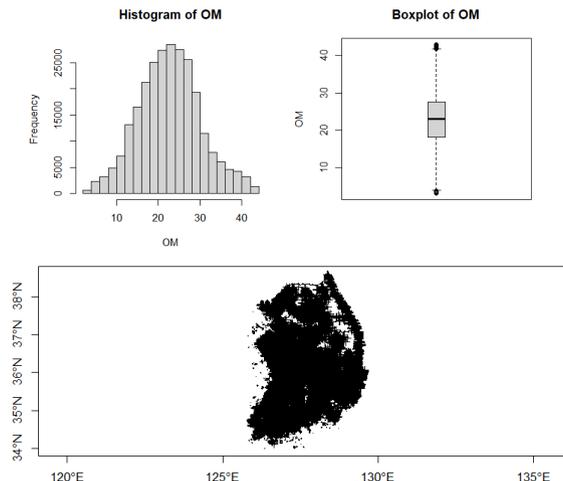


Figure 1. Distribution of organic matter (OM) in soil across Korean rice fields (n = 270,930)

2022년도 우리나라 공업단지 인근 농경지의 중금속 함량 평가

Assessment of Heavy Metal Concentrations in the Agricultural Soils near Industrial Complexes in South Korea in 2022

백선혜¹, 정하일^{1*}, 김혁수², 김성철³, 김기인⁴, 김권래⁵, 이미나⁵, 김명숙¹, 이은진¹, 이태구¹, 이승규¹
Seon-Hye Baek¹, Ha-il Jung^{1*}, Hyuck-Soo Kim², Seong-Chool Kim³, Ki-In Kim⁴, Kwon-Rae Kim⁵,
Mi-Na Lee⁵, Myung-Sook Kim¹, Eun-Jin Lee¹, Tae-Gu Lee¹, and Seung-Gyu Lee¹

¹농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과, ²강원대학교, ³충남대학교, ⁴목포대학교, ⁵경상국립대학교

¹Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju, 55365, Republic of Korea

²Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea

³Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea

⁴Mokpo National University, Muan 58554, Republic of Korea

⁵Gyeongsang National University, Jinju 52725, Republic of Korea

2022년도에 조사된 공업단지 인근 농경지(취약농경지) 토양 중금속 모니터링은 정점조사와 실태조사 지점으로 두 개로 나누어 조사를 실시하였다. 정점조사는 과거 실태조사에서 높은 중금속함량을 나타낸 경기, 충북, 전북, 경북지역의 공업단지 인근 농경지 토양에 대하여 각 도별 100지점을 정점으로 지정하고, 총 400지점(표토: 0~15 cm, 심토: 15~30 cm)을 대상으로 8종 중금속(Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Hg, Cr) 함량을 조사하여 비교·분석하였다. 또한, 실태조사는 강원, 충남, 전남, 경남지역에서 각 도별 10개 공업단지 인근 농경지 토양에 대하여 100지점을 지점으로 지정하고, 총 400지점(표토: 0~15 cm)을 대상으로 8종 중금속(Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Hg, Cr) 함량을 조사하여 비교·분석하였다. 토양 중금속 함량은 토양오염공정시험 방법에 의거한 전함량 분석법에 따라 조사되었다. 공업단지 인근 농경지의 중금속 평균함량은 As 7.71, Cd 0.77, Cr 41.5, Cu 25.9, Hg 0.037, Ni 18.5, Pb 22.4, Zn 97.3 mg kg⁻¹으로 중금속 우려기준에 비하여 상당히 낮은 수준을 나타냈다. 그렇지만 As 경우, 일부 지점에서 최고함량이 약 57.6 mg kg⁻¹으로 높은 오염도를 보이는 지점도 존재하였다. 이는 조사된 공업단지 인근 농경지 토양의 시료채취 지점으로부터 반경 3 km 내에 폐광산이 위치하였던 것으로 판단되며, 오염원 파악을 위한 확대 정밀조사가 요구됨과 더불어 주기적인 중금속 오염도를 모니터링 할 필요가 있을 것으로 사료된다.

주제어: 농경지, 공업단지, 중금속, 정점조사, 실태조사

주연구자 연락처: hj255@korea.kr (063-238-2442)

PC-37

Estimation on Production Potential of Agricultural By-product and Biochar in Jeollabuk-do Province

Mijeong Uhm*, Hyojin Kim, Nayoung Park, Yongjun Kim, Suyeon Jang, and Juhee Kim
엄미정*, 김효진, 박나영, 김용준, 장수연, 김주희
Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan 54591, Korea
전라북도농업기술원

The by-product biomass generated after crop cultivation in domestic agricultural land is estimated to be more than 10 million tons per year. Among them, by-product such as rice straw generated in rice paddies are incorporated to soil or used as livestock feed, but a large amount of by-product such as residues of upland crops and pruned branches of fruit tree abandoned or incinerated around farmland. On the other hand, the use of biochar in agricultural land has emerged as a way to improve the agricultural environment and mitigate climate change such as carbon sequestration. Recently, some revisions of notification on 'Establishment of Official Standard for Fertilizers', in which agricultural and forestry by-product biochar including crops residues or pruned branches to the raw material is newly established as a kind of by-product fertilizer, are planned. In this study, we analyzed the potential of by-product biomass generated after crop cultivation and estimated the potential of biochar production as by-product fertilizer in 11 major upland crops and 9 fruit trees in Jeonbuk province. These by-product biomass estimates based on statistical data and literature were 285 thousand tons per year, followed by sweet potato, bean, and red pepper in upland crops, and apple and pear in fruit trees. Among them, by-products of bean, sweet potatoes and peanuts accounted for more than 20% of the whole country, and Korean black raspberry and mulberry were the highest at 68.2% and 34.6%, respectively. In addition, considering the production yield and carbonization stability of biochar by pyrolysis temperature, the potential amount of biochar production by agricultural by-product in Jeonbuk province was estimated to be 22.9 thousand tons in upland crops and 21.0 thousand tons in fruit trees. The results of this study can be used as a basic data for the recycling of agricultural resources of local agricultural by-product. In the future, it will be necessary to verify the effect of soil improvement on agricultural land using biochar of various raw materials and to improve utilization convenience.

Keywords: By-product fertilizer, Pruned branches, Upland crops

Correspondence: uhm1005@korea.kr (063-290-6191)

PC-38

벼논에서 완전 물 떼기 시기 조절을 통한 중간 낙수 대체 가능성 평가: DNDC model 분석

Evaluating the Potential of Alternatives to Mid-season Drainage by Controlling the Duration of Drainage in Rice Paddy: DNDC Model Analysis

이치현^{1*}, 김필주^{1,2}Chi Heon Lee^{1*}, and Pil Joo Kim^{1,2}¹응용생명과학부, 경상국립대학교(BK21 Four), ²농업생명과학연구원, 경상국립대학교¹Division of Applied Life Science (BK21 Four), Gyeongsang National University, Republic of Korea²Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Republic of Korea

전 세계 인위적 메탄 배출량의 약 10%가 벼논에서 배출되고 있어 집중적인 감축 노력이 필요하다. 벼 재배 기간 중 배출되는 메탄을 줄이기 위한 방법 중 중간 낙수나 간단 관개가 가장 폭넓게 사용되고 있다. 중간 낙수는 이삭 패기 전 40일과 30일 사이에 시기를 추천한다. 하지만 우리나라의 경우, 이 시기는 장마 기간과 겹쳐 메탄 감축 효과가 일정하지 않은 문제가 발생할 수 있다. 따라서 물 관리에 세심한 주의와 관심이 필요하여 노동력 부담이 발생한다. 본 연구에서는 DeNitrification-DeComposition(DNDC)를 이용하여 최종 완전 물 떼기 시기 조절에 따른 메탄 배출 저감 가능성을 예측하였다. 본 연구에서는 2010~2019년의 기상 특성이 적용되었으며 사양토를 기준으로 벼 표준시비 처리((N-P₂O₅-K₂O=90-45-57kg ha⁻¹) 조건에서 평가하였다. 비교 처리 구로써 상시 담수(관행 농법)와 중간 낙수 기간(벼 이앙 후 30~51일까지), 처리 구로써 완전 물 떼기 시기(벼 수확 전 30~65일까지)을 조절하여 분석하였다. 현재 기존의 중간 낙수 처리(1, 2, 3주 차)에서 상시 담수 대비 메탄 배출량을 각각 14., 11, 10% 저감하였다. 하지만 중간 낙수 없이 완전 물 떼기 기간을 연장함에 따라 메탄 배출량이 지속적으로 저감되는 경향을 보였다. 완전 물 떼기의 경우 수확 전 58일간 수행하였을 때, 중간 낙수 1주 차와 14~15%로 비슷한 저감률을 보였지만 수확 전 65일간 수행하였을 때, 중간 낙수 1주 차보다 5%의 높은 20%의 저감률로 효과적이었다. 따라서 우리나라 기상 조건을 감안하여 완전 물 떼기 시기를 수확 전 65일부터로 조절할 경우, 중간 낙수 1주 차보다 높은 수준의 메탄 저감률을 얻을 수 있는 것으로 분석되었다. 하지만 이번 연구에서의 DNDC의 예측 결과는 실측값과 비교하였을 때, 메탄 배출량이 낮게 예측된다는 점이 있다. 이러한 점을 보완하기 위해 지속적인 모니터링을 통한 보정이 필요하며 예측값과 실측값의 경향이 일치하는지 확인하기 위해 추후 필드 실험이 필요하다.

주제어: 물 관리, 메탄, DeNitrification-DeComposition(DNDC)

주연기자 연락처: pjkim@gnu.ac.kr (055-772-1966)

벼 품종 차이에 따른 CH₄ 배출량 및 생육특성 평가Evaluation of CH₄ Emissions and Growth Characteristics Based on Rice Cultivars

이준영, 강윤구, 김준호, 오택근*

Jun-Yeong Lee, Yun-Gu Kang, Jun-Ho Kim, and Taek-Keun Oh*

충남대학교 생물환경화학학과

Department of Bio-Environment Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

전 세계적으로 온실가스 배출 증가로 인한 기후 변화는 관심도가 높은 환경 문제 중 하나이며, 국내에서도 기후변화 대응을 위해 농업부문 온실가스 배출량 감축 연구가 활발하게 수행되고 있다. 혐기적 조건인 논 토양에서 메탄(CH₄)은 주로 배출되며, 전 세계 CH₄ 배출량의 약 11%가 논 토양에서 배출되고 있다. 또한, CH₄은 벼의 통기조직을 통해서도 배출되며, 이러한 배출 과정에서 벼(*Oryza sativa* L.)의 품종, 기온, 강수량 등이 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 본 연구는 충청지역에서 주로 재배되는 품종으로 알려진 운광(조생종)과 삼광(중만생종) 재배 과정 중 발생하는 CH₄ 배출량을 평가하였다. 품종별 벼 재배시험은 충남대학교 농업생명과학대학 부속 실험 논 포장에서 2023년 5월 10일부터 9월 22일까지 총 136일간 실시하였다. 재배 기간 중 CH₄ 배출량을 평가하기 위해 시험 포장은 수확 30일 전까지 상시 담수 상태를 유지하였으며, 출수기 이후 누적온도가 1150-1200°C에 도달한 시점에 수확하여 벼 생육특성을 평가하였다. 벼 품종은 충청지역에서 주로 재배되는 조생종인 운광과 중만생종인 삼광을 사용하였으며, 양분 관리(N-P₂O₅-K₂O, 90-45-57 kg ha⁻¹)는 농촌진흥청 국립농업과학원에서 고시한 ‘작물별 비료사용 처방(벼)’에 의거하여 실시하였다. 벼 품종 차이에 따른 CH₄ 배출량 평가를 위해 CH₄ 가스 시료 채취는 주 1회 오전 10:00에서 12:00 사이에 실시하였으며, 기상 상황에 따라 추가로 시료를 채취하였다. 또한, 시료 채취 과정 중 CH₄ 배출에 영향을 미치는 기온, 지온, 수온, 그리고 강수량 등과 같은 환경요인을 함께 조사하였다. 재배 기간 중 환경요인의 변화를 확인한 결과, 시험 포장의 수온과 지온은 이양 후 계절의 영향으로 일 평균 기온이 변화함에 따라 증감하는 경향을 나타내었으나, 높은 강수량(2023년 7월 총 강수량 776.3 mm)이 관측되는 경우, 평균 기온이 감소하였다. 품종별 벼 재배 기간 중 CH₄ 배출량을 평가한 결과, 두 품종(운광, 삼광) 모두 이양 14일 후 CH₄ 배출량이 증가하였으며, 출수기(운광, 7월 20일; 삼광, 8월 7일)부터 서서히 감소하는 경향을 나타내었다. 또한, CH₄ 배출량은 수확 전 낙수를 실시하였을 때에도 감소하였으며, 이는 시험 포장이 호기적 상태로 전환됨에 따라 급격한 감소 추세를 나타내었다. 벼의 품종별로 비교 시에도 생육 초기 단계에서는 삼광보다 운광의 CH₄ 배출량이 높았으나, 이양 56일 이후 운광보다 삼광의 CH₄ 배출량이 더 높게 조사되었다. 또한, 운광(115일)보다 상대적으로 생육 기간이 긴 삼광(136일)에서 총 CH₄ 배출량도 63.75g m⁻²으로 운광(56.68g m⁻²)에 비해 1.12배 높게 나타났다. 벼의 생육특성 분석결과, 초장, 분얼수, 이삭수는 삼광에서 높게 조사된 반면, 엽록소 함량은 운광에서 유의하게 높았다. 본 연구는 충청지역에서 주로 재배되는 벼 품종 차이에 따른 CH₄ 배출량을 조사하였다. 결과적으로, CH₄ 배출량은 벼 품종에 따라 차이를 나타내며, 삼광보다 운광을 재배할 때 더 낮게 나타나 온실가스(CH₄) 저감 측면에서 운광 재배는 기후변화 대응을 위해 효과적일 것으로 판단된다. 하지만, 벼의 생육특성은 삼광에서 우수한 경향을 나타내어 벼의 생산성과 온실가스 저감에 관한 재고가 필요하며, 벼의 이양 시기와 밀도 등 CH₄ 배출과 벼의 생육에 영향을 미칠 수 있는 요인에 대한 추가적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

주제어: CH₄ 배출량, 벼, 생태형, 조생종, 중만생종

주연구자 연락처: ok5382@cnu.ac.kr (042-821-6731)

PC-40

충청북도 지역 농·공업단지 인근 취약농경지에 대한 중금속 오염도 평가

Assessment of Heavy Metal Contamination in Agricultural Fields Adjacent to Agro-industrial Complexes in Chungbuk Province

홍영규*, 김진욱, 이정민, 이동주, 정하일¹, 김성철

Youngkyu Hong*, Jinwook Kim, Kyeongmin Lee, Dongju Lee, Hail Jung¹, and Sungchul Kim

충남대학교 생물환경화학과, ¹국립농업과학원 농업환경부 토양비료과

Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

¹Soil and Fertilizer Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, 55365

최근 산업 및 공업단지 인근 농경지에서의 중금속 오염 문제가 대두되면서, 안전한 농산물 생산의 중요성이 강조되고 있다. 이에 본 연구는 중금속 오염 가능성이 큰 산업단지 인근 농경지 토양에 대하여 중금속 농도를 분석하였으며, 이를 바탕으로 중금속 오염도 평가를 실시하였다. 토양 시료는 충청북도 지역 산업단지 인근 농경지에서 채취하였으며, 토양 내 중금속 함량은 왕수분해법 및 ICP를 이용하여 전 함량을 분석하였다. 이화학적 특성 분석 결과 토양 내 평균값은 각각 pH: 5.84, EC: 0.85 dS m⁻¹, 유기물 함량: 2.54%, 유효인산 함량: 166.9 mg kg⁻¹, CEC: 8.81 cmol_c kg⁻¹로 나타났으며 이는 국내 일반 토양 농경지의 특성과 비슷한 양상을 보였다. 토양 내 총 중금속 함량 분석 결과 평균 함량은 As 5.58 (2.35-17.3), Cd 0.32 (0.21-0.75), Cu 18.1 (1.38-68.0), Ni 13.5 (1.30-53.8), Pb 13.7 (5.61-36.6), Zn 95.3 (54.6-191.3) mg kg⁻¹로 분석되었으며, 연구 지역 내 오염 우려 기준을 초과하는 지역이 없었다. 산업단지 인근 농경지 토양의 중금속 분석 결과와 지수화 모델을 활용한 중금속 오염도 평가 결과 분석 대상 지역의 일부 농경지에서 비소(As)는 17.3, 아연(Zn)은 191.3 mg kg⁻¹으로 높게 측정 결과값을 가지는 지역이 존재하였지만, 평균 지수값은 0.16 (0.10-0.37)으로 중금속 오염도가 낮은 것으로 나타났다. 본 연구를 통해 산업단지 인근 농경지의 중금속 오염 현황을 파악하였으며, 이와 같은 복합적인 중금속 오염도 평가를 통해 중금속 취약 농경지의 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 사료된다.

주제어: 산업단지, 중금속, 오염도 평가, 농경지 토양, ICP

주연구자 연락처: sckim@cnu.ac.kr (042-821-6737)

PC-41

국내 과수재배지의 비료사용량 변화

Changes of Fertilizer Usage for Fruit Crops Cultivation in Korea

윤진주*, 김성현, 전상호, 심재홍, 이윤혜, 한소예, 권순익
Jin-Ju Yun*, Seong Heon Kim, Sang Ho Jeon, Jae hong Shim, Yun Hae Lee, So Ye Han, and Soon Ik Kwon
농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과
Sol and Fertilizer Management Division, National Institute of Agricultural Sciences
Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

우리나라 농경지는 다른 OECD 국가에 비해 높은 양분수지를 나타내고 있다. 최근 농경지 내 인산, 칼리 등 양분의 과다 집적 및 불균형 해결을 위한 토양개량제 및 비료 사용 대책 수립을 위해 4년 1주기로 국내 농경지의 비료 사용실태조사를 실시하고 있다. 이에 본 연구는 국내 과수작물 재배시 사용되는 비료의 종류 및 사용량을 조사하고 이를 통해 국내 비료사용실태를 평가하고자 하였다. 비료실태조사는 9개도를 기준으로 과수 작물 8종을 선정하였으며, 각 농가를 방문하여 비료 종류, 성분함량, 사용량에 대해 청취 조사를 실시하였다. 그 결과 과수재배지에서 투입되는 총 양분의 투입량(N-P₂O₅-K₂O)은 각각 25.4-21.0-19.80 kg 10a⁻¹로 나타났다. 과수작물 재배시 가장 많이 사용하는 비료는 퇴비(12.8-14.4-10.9 kg 10a⁻¹) > 무기질비료(7.8-3.9-7.6 kg 10a⁻¹) > 유기질비료(7.6-4.9-2.7 kg 10a⁻¹) 순으로 많이 사용되고 있었다. 과수종류에 따라 대추재배농가에서 32.0-22.7-23.2 kg 10a⁻¹로 가장 높았고 배 > 감귤 > 포도 > 참다래 > 단감 > 복숭아 > 사과 순이었다. 또한 대부분의 과수재배농가에서 토양검정에 의한 비료 추천량과 비슷한 수준으로 무기질비료와 유기질 비료를 사용하고 있으며 사과, 포도, 대추재배농가에서는 추천량에 비해 초과 사용하고 있었다. 4년주기로 하는 2018년도와 비교하였을 때, 총 양분 투입량(40.7-32.1-30.5 kg 10a⁻¹) 뿐만아니라 퇴비(18.6-19.5-18.0 kg 10a⁻¹), 무기질비료(8.4-4.9-8.2 kg 10a⁻¹), 유기질비료(13.8-7.7-4.3 kg 10a⁻¹) 비료의 사용이 감소한 것으로 나타났다.

주제어: 과수재배지, 무기질비료, 유기질비료, 퇴비, 비료사용량
주연구자 연락처: sikwon@korea.kr (063-238-2454)

PC-42

Mehlich III 추출 방법을 이용한 돈분 바이오차의 Cu와 Zn 중금속 안전성 평가

Evaluating the Heavy Metal(Cu, Zn) Safety of Swine Manure Biochar using Mehlich III Extraction Method

이준규*, 장용선, 이상필, 윤정환, 정석순, 이찬규, 김혁수, 양재의
 Jungyu Lee*, Yongseon Jhang, Sangphil Lee, Junghwan Yoon, Seoksoon Jeong, Changyu Lee,
 Hyucksoo Kim, and Jae E. Yang
 강원대학교
 Kangwon National University, Chuncheon 23431, Korea

농림축산식품부에 따르면 2022년 가축 분뇨 발생량은 연간 약 50,732천 톤이며, 그중에서 87%를 퇴비, 액비화로 자원화하여 처리하고 있다. 또한, 가축분 퇴비는 해양투기가 금지되고 정화방류 비율이 감소하는 현재의 상태에서 지속적으로 발생량이 증가할 수밖에 없다. 하지만, 퇴비를 처리할 농경지는 감소하고 있으며, 가축분이 탄소 배출 및 양분수지에 악영향을 주고 있고, 인근 주민들에게도 악취, 저품질 퇴비 등의 문제가 계속해서 일어나는 등 가축 분뇨 처리 방법의 다양화가 필요한 상황이다. 이에 최근 유기성 폐자원을 열분해하여 탄소를 격리할 수 있는 바이오차를 가축분에도 적용하려 하고 있다. 기존에 국내에서 많이 활용되는 바이오차 원료는 목재가 대부분이며, 농업 부산물로 대량 발생하는 왕겨 또한 바이오차로 활용되고 있다. 하지만, 가축분 바이오차에 대해서는 실험실 수준에서 연구가 이뤄지고 있어 아직 실용화가 이뤄지지 않는 상태이다. 이에 본 연구에서는 돈분과 왕겨를 직접 300, 500°C에서 바이오차로 제조해 그 특성을 분석하고, 식물이 이용 가능한 형태의 중금속을 분석하는 방법인 Mehlich III 추출 방법을 활용하여 바이오차 처리에 따라 작물에 어떠한 영향을 미칠지 예측하였다. 바이오차의 분석 결과는 Table 1과 같으며, 바이오차 제조 온도가 증가할수록 pH는 증가하는 경향을 보이는 반면, 수율은 낮아지는 경향을 보였다. 또한, 500°C에서 제조한 바이오차의 H:C_(total) 비율이 0.7 이하로 장기간 토양에서 안정적으로 격리할 수 있을 것으로 판단된다. 돈분 바이오차는 총 구리와 아연의 함량이 가축분 퇴비의 위해성 기준(Cu: 360 mg kg⁻¹, Zn: 900 mg kg⁻¹)을 초과하였다. 하지만, Mehlich III 추출 방법으로 측정하였을 때, 돈분 바이오차의 구리는 왕겨 바이오차에 비해 낮게 측정되었으며, 아연은 여전히 높은 수치를 보였으나 원재료와 비교하였을 때 그 수치는 더 낮아지는 것으로 나타났다. 또한, Mehlich III 추출을 통한 원료에서의 아연 함량은 총 아연에서 보다 약 68% 정도 낮은 결과나 나왔지만, 바이오차 제조 후에는 약 99% 낮았다. 결론적으로 돈분을 높은 온도에서 열분해하여 바이오차로 활용하였을 때, 구조적으로 안정한 형태를 가지면서 구리와 아연 등이 농축되는 경향을 보였지만, 유해물질의 용출이 상대적으로 어려워져 생물학적 유효도는 총 중금속과 달리 낮아지게 되었다. 따라서, 돈분 처리에 대한 대안으로 바이오차를 고려할 수 있지만, 돈분 바이오차의 중금속이 장기간 토양에 축적되면서 작물에 영향을 줄 가능성이 있고, 현재 다른 토양개량제 기준이 총 중금속 기준이므로 이에 대한 후속 연구가 필요하다고 사료된다.

주제어: 바이오차, 돈분, 탄소 격리, 중금속, Mehlich III
주연기자 연락처: jklee0426@kangwon.ac.kr (010-6691-7261)

Table 1. Physicochemical properties and yields of biochars derived from swine manure and rice husk.

		Pyrolysis temperature (°C)	Yield (%)	0.01M CaCl ₂	EBC biochar guideline		Mehlich III		H/C _(total) (molar ratio)
				pH (1:5)	Cu	Zn	Cu	Zn	
		------(mg kg ⁻¹)-----							
swine manure	Raw	-	-	6.8	98.3	511.9	13.5	162.8	1.3
	Biochar	300	83	6.4	717.0	2603.5	0.2	32.6	1.2
		500	47	8.2	879.5	4263.6	0.4	25.5	0.5
Rice husk	Raw	-	-	6.4	0.8	13.2	0.6	11.1	0.1
	Biochar	300	52	6.9	1.4	29.9	0.3	4.1	0.9
		500	36	10.2	2.0	38.4	0.9	7.1	0.5

PC-43

전북지역 밭 토양 미생물 군집 특성

Characteristics of Microbial Communities from Upland Soils in Jeollabuk-Do Province

김용준*, 김효진, 엄미정, 박나영, 김주희, 김도현¹

Yong-Jun Kim*, Hyo-Jin Kim, Mi-Jeong Uhm, Na-Young Park, Ju-Hee Kim, and Do-Hyun Kim¹

전라북도농업기술원 농업환경과, ¹국립농업과학원 농업미생물과

Agricultural Environment Division, Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan, 54591, Korea

¹Agricultural Microbiology Division, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju, 55365, Korea

토양에서의 미생물은 매우 적은 비율을 차지하지만, 토양의 물리·화학·생물학적 특성을 개선하고 양분 순환 및 작물 생육에 관여하여 농업생태계 기능을 향상시키는 역할을 한다. 이러한 미생물은 환경에 민감하여 토양 변화에 대한 우수한 지표로 활용되고 토양 내 우점종에 의해서 군집이 결정되기 때문에 이들의 분포 특성을 이용하여 미생물의 기능을 파악할 수 있다. 전북지역 밭 토양의 미생물 분포 특성 분석을 위해 시료를 채취하여 유전자 정량분석, 종별 풍부도, 미생물 활성 등을 분석하였다. 토양 시료 당 1g으로 DNA를 추출하여 군집 프라이머를 사용한 qPCR 분석, 탈수소효소활성은 2,3,5-tiphenyltetrazolium chloride (TTC)분해법, 군집 다양성 분석은 Illumina Hiseq으로 염기서열을 분석하고 Shannon, Simpson지수를 이용하였다. 분석 결과 전북 토양 내 분자 미생물체량은 평균 $1.81 \mu\text{g g}^{-1}$ 으로 전국 평균 $2.04 \mu\text{g g}^{-1}$ 보다 낮은 경향을 보였지만, 탈수소효소 활성의 경우 $40.3 \mu\text{g TPF g}^{-1} \text{soil day}^{-1}$ 로 전국 평균 대비 45% 높은 활성을 보였다. 세균과 진균은 각각 5,045종, 542종으로 전국 평균인 4,879종, 427종과 비교해 높은 종 풍부도를 보였지만 미생물 다양성 지수에서는 세균과 진균이 각각 6.3, 3.8로 전국 평균과 비슷한 경향을 보였다. 토양 내에서 우점 문(*phylum*)으로 세균은 *Proteobacteria* 44.6%, *Acidobacteria* 15.8%, *Bacteroidetes* 12.1%이였으며, 진균은 *Ascomycota* 63.2%, *Mortierellomycota* 25.6%, *Basidiomycota* 6.4%였다. 토양 미생물의 군집 특성과 토양 화학·물리성 간의 상관관계 분석을 위해 다양한 농경지 유형에 따른 전반적인 토양 특성과 미생물적인 데이터 축적이 필요할 것이다.

주제어: 토양미생물, 미생물 군집 분석, 마이크로바이옴, 밭 토양

주연구자 연락처: yjkim1014@korea.kr (010-6381-6872)

PC-44

TLUD(Top Lit Up Draft) 반응기를 이용한 다양한 바이오매스의 바이오차 특성 Characteristics of Biochar of Various Biomass Using TLUD(Top Lit Up Draft) Reactor

박대권* 김상도¹, 윤여욱

Tae-Kwon Park*, Sang-Do Kim¹, and Yeo-Uk Yun

(주)유기산업, ¹한국에너지기술연구원, 충청남도농업기술원

Yougiind.co.,LTD

¹Korea Institute Of Energy Research Chungchengnam-do Agricultural Research and Extension Services

온실가스 저감방법중 국제적으로 CDR(Carbon Dioxide Removal) 방법이 탄소중립을 달성하는 중요한 열쇠가 되고 있다. 바이오차는 CDR 방법중 가장 경제적이고 안정적인 방법으로 그 가치가 높아지고 있으나 바이오차를 제조하는 방법에는 다양한 방법이 존재하고, 각각의 반응기에 따른 바이오차의 특성은 각각 상이하다.

바이오차를 제조시 에너지 사용량이 가장 적은 방법중 하나가 TLUD 방법이기에 다양한 바이오매스의 적용성을 연구하였다. 왕겨, 우드펠릿, 축분펠릿, 볏짚을 열분해 하였으며, 생산된 바이오차의 공업분석과 원소분석을 진행하였다. 또한 TLUD의 열분해 특성을 연구하였으며, 이를 통한 이산화탄소 저감량을 산정하였다.

주제어: TLUD(Top Lit Up Draft), 바이오차

주연구자 연락처: mir7602@naver.com (010-2596-2462)

PC-45

인산석고 유래 소석회의 퇴비화 적용 시 온실가스 발생 변화

Greenhouse Gas Emissions Changes due to Application Composting of Hydrated Lime Derived from Phosphogypsum

박병준*, 노수빈, 방동규¹, 김민규¹, 정우진¹, 심재홍², 김혁수Byungjun Park*, Subin Noh, Donggyu Bang¹, Mingyu Kim¹, Woojin Chung¹,Jaehong Shim², and Hyucksoo Kim강원대학교, ¹경기대학교, ²국립농업과학원

Department of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

¹Department of Environmental Energy Engineering, Kyonggi University, Suwon 16227, Korea²Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365 Korea

퇴비보조제는 퇴비화 과정 중 퇴비의 질 향상, 악취 및 온실가스 저감을 위해 처리된다. 그중 석회는 반응에 의한 발열, Ca 함량, 높은 pH로 인해 퇴비의 부숙을 빠르게 하고, 온실가스 저감을 위해 처리되고 있다. 그러나 석회시용은 현재 우리나라 온실가스 배출원 중 하나로 이는 석회물질 가공에 활용되는 석회석(CaCO_3)에 함유된 탄소가 CO_2 형태로 배출되기 때문이다. 본 연구는 인산석고(Phosphogypsum, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)를 활용하여 원료에 의한 CO_2 발생이 없는 소석회($\text{Ca}(\text{OH})_2$, Green hydrated lime; GHL)를 제조하고 이를 기존 석회물질 대체제로 활용하고자 하였다. 퇴비화는 농가에서 작물을 수확한 뒤 발생하는 농업부산물(참깨대, 콩대, 고추대)와 계분을 혼합해 C/N비율을 37.2로 조절하여 30 L 호기 소화 반응기에서 100일간 진행하였다. 처리구는 4가지로 무처리구와 GHL, 일반소석회(Hydrated lime; HL), 인산석고(PG)를 각각 3%(w/w) 처리하였다. 온실가스(CO_2 , CH_4 , N_2O)의 측정은 주 1회 동일한 시간에 진행되었다. 모니터링 결과 7일 차까지 온도가 상승하는 경향을 보이다 이후 낮아졌으며, PG 처리구에서 58.5°C 로 가장 높았다. 온도는 28일 차 이후 35°C 이하를 유지하며, 퇴비의 부숙이 진행된 것으로 보였다. 퇴비화 과정 중 HL 처리에 의한 CO_2 의 발생량 변화는 없었고, GHL 및 PG 처리로 인해 감소한 것을 확인할 수 있었다. CH_4 의 발생량은 모든 처리에 대해 감소하였으나, 유의한 감소는 보이지 않았고, N_2O 발생량의 경우 HL과 GHL 처리구에서 감소하였으며, PG 처리 시 증가하는 결과를 나타냈다. 결과적으로 각종 퇴비보조제 처리를 통해 각종 온실가스 배출량을 감소시킬 수 있었으며, GHL을 온실가스 배출 저감을 위한 퇴비보조제로써 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

주제어: 인산석고, 소석회, 퇴비화, 탄소중립, 자원순환

주연기자 연락처: phkq26@kangwon.ac.kr (033-250-6442)

PC-46

유기농업 들깨 재배지에서 유기자원 처리 시 온실가스 배출량 변화

Changes in Greenhouse Gas Emissions from Organic Resource Fertilization in Organic Perilla Cultivation Area

박병준*, 김혁수, 이영돈, 윤현수, 고태열, 김미소, 주진호

Byung Jun Park*, Hyuck Soo Kim, Young Don Lee, Hyunsoo Yun, Taeyol Ko, Miso Kim, and Jin Ho Joo

강원대학교 바이오자원환경학과

Department of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

최근 급변하고 있는 기후변화 위기를 극복하기 위해 우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 온실가스 감축 목표(Nationally Determined Contribution: NDC)를 설정 및 이행하고 있다. 농업에서 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O) 그리고 이산화탄소(CO₂)는 온실가스 배출에 상당한 부분을 차지하는 물질들이며, 온실가스 저감을 위해 농업 분야에서는 문제 해결을 위해 유기농업의 실천과 유기자원 처리를 통한 토양 내 탄소 격리 등 다양한 방안을 제시하고 있다. 해외사례 중에서는 최근 5년간 유기농업으로 작물 재배 시 온실가스저감 효과를 평가한 결과 면적 기준 유기농업이 관행보다 약 25% 정도의 온실가스 감축 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 농림축산식품부에서는 온실가스 감축 목표 달성을 위해 생산 과정 중 온실가스 배출량을 줄인 친환경 및 GAP 농산물에 대해 2012년도부터 시범적으로 저탄소 인증을 부여하는 사례가 있다. 본 연구에서는 유기농법이 적용된 들깨 재배지에서의 유기자원 투입 시 7월 27일부터 9월 21일까지 총 7주간 발생하는 온실가스(CH₄, N₂O, CO₂)의 변화를 확인하고자 하였다. 실험 포장은 강원도 춘천시 신북읍에 위치한 유기농 들깨밭에서 진행하였고 처리구 조성은 무처리구, 관행(N, P, K), 유박, 가축분 퇴비 총 4개의 처리구로 설정하였다. 온실가스 포집은 주 1회 간이폐쇄정태법을 통한 가스 포집을 진행하였고, 처리구당 3 반복으로 시료 채취 후 GC를 통해 발생량을 분석하였다. N₂O 발생량 분석 결과 1주차(2023.07.27)에는 4개의 처리구 모두 비슷하게 낮은 수준의 발생량을 나타냈으며, 2주차(2023.08.03) 유박 처리구가 평균 90,368 μg m⁻² h⁻¹로 가장 높았으나 3주차부터 점차 낮아지는 경향을 나타냈다. 이는 밀거름으로 투입된 유기질비료인 유박이 질소원 함량이 높아 초기에 N₂O의 배출량이 증가한 것으로 판단되고 6주차(2023.09.14)의 경우 가축분 퇴비 처리구가 다소 높아져 20,134 μg m⁻² h⁻¹으로 다른 처리구에 비해 높은 N₂O 발생량을 나타냈는데 이는 토양에 처리된 혼합 가축분 퇴비가 토양 내에서 질산화 및 탈질 과정을 거쳐 나타난 것으로 사료된다. CO₂의 경우 2주차(2023.08.03)에 모든 처리구가 다소 증가하는 경향을 나타냈으며, 특히 가축분 퇴비, 유박 처리구에서 각각 6,743, 7,765 mg m⁻² h⁻¹로 다소 높은 이산화탄소 발생량을 보여주었다. CH₄의 경우 발 토양이기 때문에 전반적으로 낮은 값을 나타냈으며, 1주차 초기에 가축분 퇴비에서 발생하는 메탄 이외에 거의 발생하지 않는 수준을 보여주었다. 현재 분석된 온실가스 배출량은 직간접 에너지 투입에 따른 직접 배출량이며, 추후 토양 탄소 축적량 및 저장효율을 분석하여 농산물 생산에 소요된 에너지 투입량과 농산물 산출량 등을 바탕으로 에너지 사용효율 및 생산성을 추가로 조사가 필요할 것으로 판단된다.

주제어: 유기농업, 유기자원, 온실가스, 들깨, 유박, 퇴비

주연구자 연락처: phkq26@kangwon.ac.kr (033-250-6442)

항생물질 토양오염에 대한 줄지렁이의 생물학적 반응

Biological Response of *Eisenia fetida* to Antibiotics Contamination in Soil

권현우*, 최준혁¹, 최현지¹, 하젤 쇼흐라¹, 이금아², 윤영은², 이용복¹, 김영남¹

Hyunwoo Kwon*, Jun Hyeok Choi¹, Hyeonji Choe¹, Hadjer Chohra¹, Keum-Ah Lee²,

Young-Eun Yoon², Yong Bok Lee¹, and Young-Nam Kim¹

경상국립대학교 환경생명화학과, ¹경상국립대학교 응용생명과학부(BK21), ²경상국립대학교 농업생명과학연구원

Department of Applied Life Chemistry, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

¹Division of Applied Life Science (BK21), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

²Institute of Agriculture and Life Science (IALS), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

전 세계 농경지에서는 가축분 시비로 인해 토양 중 다양한 가축용 항생물질의 축적되고 있으며, 이는 토양 생태계 건강 저하 뿐만 아니라 먹이사슬을 통해 향후 인간에게 위해가 될 수 있다. 본 연구에서는 선호도 챔버시험을 통해 tetracyclines, sulfonamides 및 penicillin 오염토양에 대한 줄지렁이(*Eisenia fetida*)의 민감도를 알아보고, 배양시험을 통해 생물학적 반응을 관찰하였다. 선호도 시험은 각 항생물질을 0, 50, 100, 250 및 500 mg kg⁻¹로 총 5수준으로 농도 처리구를 구성하였고, 배양실험은 0, 10, 100, 500, 1,000 및 5,000 mg kg⁻¹로 총 6수준으로 농도 처리구를 구성하였다. 두 실험 모두 성체 지렁이(>1 g)를 선정하였으며, 공기 토양으로 발 토양을 사용하였다. 지렁이 선호도 시험결과, penicillin G (PCG) 모든 항생물질 수준에서 지렁이가 대부분 기피하였다. 반면, chlortetracycline (CTC)은 100 mg kg⁻¹미만에서는 대조구와 유사한 높은 선호도(40%)를 보였지만, 250 mg kg⁻¹이상에서는 2.5~4%로 지렁이가 거의 관찰되지 않았다. 게다가 500 mg kg⁻¹의 항생물질을 퇴비를 추가하여 처리하였을 때 지렁이는 CTC에 대한 기피가 나타나지 않았는데, 이는 CTC가 다른 항생물질에 비해 상대적으로 지렁이에게 독성이 덜 한 것으로 사료된다. 배양실험의 경우, tetracycline (TC), CTC, oxytetracycline (OTC), SMZ, sulfamethoxazole (SMX) 및 PCG 항생물질에 따라 25 일 배양기간 동안 지렁이의 사망률 및 바이오매스에 미치는 영향에 차이가 보였다. 500 mg kg⁻¹ 미만의 모든 항생물질에서는 지렁이 사망률이 나타나지 않았다. 하지만, 5일 후 CTC 1,000 및 5,000 mg kg⁻¹ 처리구에서는 높은 사망률(25% 및 50%) 및 바이오매스 감소(48% 및 54%)이 관찰되었다. 이는 지렁이의 CTC 독성에 대한 EC50과 LC50이 각각 약 1,000과 5,000 mg kg⁻¹임을 시사한다. 전반적으로 본 연구의 모든 결과를 종합해 보았을 때, 지렁이 기피성과 각 항생물질에 대한 실제 독성피해 사이에는 연관성이 없어 보였다. 또한 본 연구결과는 현재 진행 중인 항생물질-지렁이 상호작용 연구를 위한 예비실험 결과이기 때문에, 항생제 오염에 대한 지렁이의 저항기작 및 임계농도를 구명하기 위해 추가연구가 요구된다.

주제어: 농경지 토양, 항생제 잔류, Chlortetracycline, 독성테스트 지표, Tiger worms

주연구자 연락처: youngnam.a.kim@gmail.com

PC-48

Tetracyclines 독성에 대한 벼(*Oryza sativa* L.)의 생장 및 생리적 반응 Growth and Physiological Resonpse of Rice (*Oryza sativa* L.) Seedling to Tetracyclines Toxicity

신예림*, 최현지, 하젤 쇼흐라, 비말라즈 칸타라즈¹, 이금아¹, 이용복
Yerim Shin*, Hyeonji Choe, Hadjer Chohra, Vimalraj Kantharaj¹, Keum-Ah Lee¹, and Yong Bok Lee
경상국립대학교 응용생명과학부 (BK21 Four), ¹경상국립대학교 농업생명과학연구원
Division of Applied Life Science (BK21 Four), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea
¹Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

Tetracyclines (TC)은 가축용 주요 항생물질로 가축의 체내에 대부분 흡수되지 않으며, 가축분뇨 및 가축 퇴비 처리에 의해 농경지에 축적되어 환경오염을 야기한다. 현재 국내 수많은 논 토양에 상당한 양의 가축 분 및 퇴비가 투입되고 있으나, 벼 작물에 대한 항생제 독성반응 평가연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 벼의 초기생장 과정에서 Tetracyclines의 독성에 대한 벼(*Oryza sativa* L.)의 생육 및 생리적 반응 특성을 확인하기 위해 수경재배 실험을 수행하였다. 본 연구에 사용된 Tetracyclines 항생물질 계열은 Oxytetracycline (OTC) 및 Chlortetracycline (CTC)이고, 두 TC의 농도 처리구는 0, 1, 3, 5, 10 및 15 mg/kg으로 각각 구성하였다. 항생물질은 양액공급 시 처리하였으며, 12일간 수경재배를 수행하였다. 실험 결과, 벼의 뿌리길이 생장은 OTC 및 CTC 두 처리구에서 고농도 처리구 일수록 감소하였고, CTC 처리구가 OTC 처리구에 비해 뿌리길이 생장 억제가 더 커 보였다. 총 엽록소 함량(chlorophyll a+b) 또한 OTC 및 CTC 두 처리구에서 고농도 처리구 일수록 감소하는 경향을 보였다. 특히, chlorophyll (a+b)함량은 OTC 및 CTC 고농도 처리구인 15 mg/kg에서 대조구보다 각각 68% 및 78% 감소하였다. 항산화 반응물질인 플라보노이드 (Flavonoid), 플라보놀(Flavonol), 페놀(Phenol) 등의 이차 대사물질 함량은 OTC 5 mg/kg 처리구에서 가장 높은 값을 보였다: 133.9 mg RE/g (Flavonoid), 734.8 mg RE/g (Flavonol) 및 32.5 mg GAE/g (Phenol). 식물의 대표적인 스트레스 지표인 Malondialdehyde (MDA) 및 Hydrogen peroxide (H₂O₂) 함량의 경우, 벼의 뿌리에서 OTC 및 CTC 두 항생물질의 처리농도가 증가할수록 두 물질의 축적량이 증가하였다. 특히, CTC 15 mg/kg 처리구의 뿌리 중 H₂O₂ 함량은 대조구보다 90% 증가한 반면, 지상부 잎에서는 H₂O₂ 함량이 대조구보다 23% 낮았다. 이는 벼의 지하부가 지상부 부위보다 TC 항생물질 스트레스로부터 직접적으로 받은 영향이 큰 것으로 사료된다. 본 연구결과를 종합해 보면, 두 항생물질 저농도 처리구에서는 TC 독성피해를 저감시키기 위해 벼 중 다양한 항산화 물질 생성이 일어나지만, 10 mg/kg 이상의 고농도 TC 처리구에서는 스트레스 독성피해를 야기되어 벼의 초기생장뿐만 아니라 생존이 어려울 것으로 판단된다.

주제어: 벼, Tetracyclines 독성, 초기생장, 이차 대사물질, 스트레스 내성기작

주연구자 연락처: yemti0807@naver.com (055-772-1967)

PC-49

Alleviation Effects of Seed Priming with Casein Hydrolysate on Seedling Growth of *Lolium multiflorum* L. under Salinity Stress

Keum-Ah Lee*, Young-Nam Kim¹, Yong Bok Lee¹, and David Leung²

Institute of Agriculture and Life Science (IALS), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

¹Division of Applied Life Science (BK21), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

²School of Biological Sciences, University of Canterbury, Christchurch 8040, New Zealand

Soil salinity is one of severe factors threatening sustainable agriculture. Globally, salt-affected areas have increased by approximately 10% per year due to climate change, intensive agricultural practices, and industrial pollution. This study aimed to investigate the effects of seed priming with casein hydrolysate on growth of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) and its tolerance mechanism to salinity stress through a pot experiment. Three types of seed priming, such as casein hydrolysate (CHP, 200 mg L⁻¹), hydro-priming (HP), and non-priming (NP) as control, included in this study. Four salinity treatments were prepared with 0, 60, 120, and 180 mM NaCl solutions and were daily supplied to pots for six weeks. Two weeks after germination, the highest germination percentage (GP) was observed in CHP, followed by HP and NP pots in all the NaCl treatments. Similarly, plant biomass (fresh and dry weights) and photosynthetic pigment (chlorophyll a+b) were highest in CHP seedlings and these values were considerably higher than those in NP seedlings, particularly in 120 mM NaCl treatment. In addition, antioxidant enzyme activities, such as superoxide dismutase, catalase, and peroxidase, were higher in CHP than in NP two weeks after germination. Especially in 120 mM NaCl, catalase enzyme activity was significantly higher (about 74%) in CHP seedling than in NP seedling. To sum up, our findings showed CHP enhanced the seed germination and seedling performance of *L. multiflorum* as well as the plant's tolerance to severe soil salinity. This may suggest that casein hydrolysate priming would be a useful tool for improving survival, growth and productivity of various crops cultivated under salt stress.

Keywords: Casein hydrolysate-priming, Italian ryegrass, Seedling growth, Salt stress tolerance, Increasing Crop production

Correspondence: lka830815@gmail.com

PC-50

고상형 클로렐라(*Chlorella fusca* CHK0059) 처리가 딸기 유묘의 생육에 미치는 영향

Influences of Solid Microalgae (*Chlorella fusca* CHK0059) Application on Seedling Growth of Strawberries

최준혁*, 최현지, 신예림, 조주영, 윤영은¹, 이금아¹, 이용복, 김영남
Jun Hyeok Choi*, Hyeonji Choe, Yerim Shin, Ju Young Cho, Young-Eun Yoon¹,
Keum-Ah Lee¹, Yong Bok Lee, and Young-Nam Kim

경상국립대학교 응용생명과학부(BK21), ¹경상국립대학교 농업생명과학연구원

Division of Applied Life Science (BK21), Gyeongsang National University, Jinju 2828, Korea

¹Institute of Agriculture and Life Science (IALS), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

독립영양 미세조류인 클로렐라는 아미노산, 식이섬유, 무기양분, 비타민, 항산화 물질 등 식물의 생장에 유용한 다양한 성분이 포함되어 있다. 또한 친환경·고품질 작물생산을 위해 현재 국내의 많은 농가에서 클로렐라를 유기질 첨가제로써 활용하고 있다. 하지만 농가 현장에서의 클로렐라 배양은 온도 등 환경조건에 따라 어려움이 큼에 따라 한여름 또는 한겨울에 액상형 클로렐라 시비가 쉽지 않다. 이를 보완하기 위한 측면에서 본 연구에서는 고상형 클로렐라 비료가 작물 생장에 미치는 효과를 확인하기 위해 딸기 유묘를 대상으로 포트 재배시험을 수행하였다. 딸기 유묘는 ‘소라야’와 ‘베리팝 하루히’ 두 품종을 선정하였고 시험 처리구는 대조구, 클로렐라 고형제 0.5 g (1S) 및 1 g (2S) 처리구로 구성하였다. 또한 액상형 클로렐라 시비효과와 비교하기 위해 농촌진흥청 적정시비 수준인 1.0×10^7 cells/L (1L) 처리구를 추가하였다. 클로렐라 고상형은 유묘 정식 후 1회 처리하였으며, 액상형은 매주 1회 처리하였다. 생육 조사는 총 30일 동안 10일 간격으로 수행하였으며, 엽록소 함량, 광합성률 측정 및 지상부 생체중을 측정하였다. 정식 10일 후 ‘소라야’ 유묘의 지상부 생체중은 2S (7.3 g) > 1L (4.6 g) > 1S (4.4 g) > 대조구 (3.9 g) 순으로 높았고, ‘베리팝 하루히’ 경우 2S (4.4 g) > 1S, 1L (4.1 g) > 대조구 (3.7 g) 순으로 높았다. 광합성률을 측정한 결과, 두 품종 모두 2S 처리구에서 가장 높은 반면 대조구에서 가장 낮았다. 반면 엽록소 함량의 경우, ‘소라야’와 ‘베리팝 하루히’는 각각 2S와 1L 처리구에서 가장 높았다. 정식 30일 후 유묘 생육을 조사한 결과, 대조구에 비해 2S 처리구의 생체중은 ‘소라야’ 및 ‘베리팝 하루히’가 각각 61% 및 44% 높았다. 반면 광합성률은 모든 처리구간 차이가 미미하였다. 엽록소 함량의 경우, 고상형 클로렐라 처리 2S에서 대조구보다 34% (소라야), 45% (베리팝 하루히) 높은 값이 측정되었다. 본 연구의 결과를 종합해 볼 때, 고상형 클로렐라 처리가 딸기 정식 후 초기 생육 및 생리활성에 액상형 클로렐라 처리보다 더 긍정적인 영향을 보였다. 이에 국내 육묘 농가에서 고상형 클로렐라가 생물비료로써 활용 가치가 높을 것으로 기대되지만, 딸기 품종 간 고상형 클로렐라 처리 수준에 따른 효과의 차이가 존재함으로 차후 적절 시비량 산출을 위한 추가적인 연구가 요구된다.

주제어: 클로렐라 고형화, 딸기, 유묘생육, 생물비료, 지속가능한 농업

주연기자 연락처: goldtwin3@naver.com (055-772-1967)

PC-51

충남지역 과수원 토양 미생물상 분포

Investigation of Microorganisms in Orchard Soil in Chungcheongnam-do

윤여욱*, 조운기, 이정수, 이진일, 김도현¹

Yeo-Uk Yun*, Yun-Gi Cho, Jeong-Su Lee, Jin-Il Lee, and Do-Hyun Kim¹

충청남도농업기술원, ¹국립농업과학원

Chungcheongnam-do Agricultural Research and Extension Services, Yesan 32418, Korea

¹National Academy of Agricultural Science, Wanju 55365, Republic of Korea

토양에 서식하는 미생물은 양분순환과 작물생산에 있어서 필수적인 요소로 토양 탄소순환과 분해과정, 질소순환의 탈질과정 등에 기여하고 있어 물질의 순환에 매우 중요한 역할을 수행한다. 이러한 토양미생물은 농경지 유형이나 작물, 환경, 영농활동 등에 의해 지속적으로 다양하게 변화하며 이러한 다양성의 변화는 지속적인 자료 축적이 필요하고 토양 내 미생물의 다양성과 군집 구조의 해석을 통한 토양질 평가 및 개선이 요구되고 있는 실정이다.

본 연구는 충남지역 과수원 토양에 분포하고 있는 미생물 특성을 평가하기 위해 탈수소효소활성, 균류별 종풍부도, 다양성 지수, 균등도 지수 등을 조사하였다. 토양 내 탈수소효소 활성은 44.3 $\mu\text{g TPF g}^{-1} \text{ soil day}^{-1}$ 이었다. 종풍부도 추정치는 세균은 Ace, Chao 각각 4716, 4474종 이었으며, 곰팡이는 Ace, Chao 각각 843, 814종으로 전국과 비교하여 다소 낮은 것으로 조사되었다. 이처럼 토양미생물의 다양성 군집구조해석 등의 토양질 평가가 지속적으로 수행되어 건전한 농경지의 토양미생물 지표를 제시하기 위해 농경지 유형별 토양미생물의 지속적인 모니터링이 수행되어야 할 것이다.

주제어: 충남, 과수원, 토양, 미생물상

주연구자 연락처: aoggi61@korea.kr (041-635-6103)

표 1. 과수원 토양 세균 종풍부도 추정치 및 다양성 지수

지역	통계값	종풍부도 추정치		다양성 지수		균등도 지수	
		Ace	Chao	Shannon	Invsimpson	Simpson	Shannon
충남	평균	4,716	4,474	6.7	259.2	0.082	0.834
	최대	5,904	5,596	7.0	403.7	0.114	0.862
	최소	1,074	1,080	4.8	38.4	0.014	0.712
전국	평균	4,760	4,429	6.6	222.5	0.074	0.831

표 2. 과수원 토양 곰팡이 종풍부도 추정치 및 다양성 지수

지역	통계값	종풍부도 추정치		다양성 지수		균등도 지수	
		Ace	Chao	Shannon	Invsimpson	Simpson	Shannon
충남	평균	843	814	3.9	20.7	0.032	0.599
	최대	1,088	1,099	4.9	47.0	0.073	0.727
	최소	330	286	1.4	2.0	0.007	0.253
전국	평균	875	839	4.0	22.8	0.037	0.630

Chlortetracycline 독성에 대한 상추의 생육 및 생리적 반응

Growth and Physiological Response of Lettuce to Chlortetracycline Toxicity

최현지*, 신예림, 하젤 쇼흐라, 비말라즈 칸타라즈¹, 이금아¹, 김영남, 이용복¹
 Hyeonji Choe*, Yerim Shin, Hadjer Chohra, Vimalraj Kantharaj¹, Keum-Ah Lee¹,
 Young-Nam Kim, and Yong Bok Lee¹

경상국립대학교 응용생명과학부 (BK21 Four), ¹경상국립대학교 농업생명과학연구원
 Division of Applied Life Science (BK21 Four), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea
¹Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

가축 퇴비의 농경지 시비로 인한 농업토양 환경 내 항생제 잔류가 문제시되고 있다. 최근 토양 중 잔류 항생제에 노출된 농작물의 독성피해 및 생산성 감소에 대한 연구결과가 많이 보고되고 있다. 이러한 토양 중 항생제 오염은 가축퇴비 시용의 증가와 함께 국내 농업생태계에 큰 유해 요인이 될 것으로 예상된다. 가축용 항생제로 주로 활용되는 Chlortetracycline (CTC)은 식물의 생육과 생리활성에 부정적인 영향을 미치는 것으로 널리 알려져 있지만, CTC 독성에 대한 식물의 방어 메커니즘에 대한 연구가 아직 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 상추를 대상으로 CTC 독성에 대한 다양한 식물 생리활성 요인 및 생산량 변화에 대해 알아보고자 수경재배 시스템을 통해 수행하였다. CTC 처리구 농도는 0, 0.01, 0.1, 0.5 및 1 mg/L로 처리구를 구성하였으며, 배양액 공급을 통해 4주간 상추에 노출시켰다. CTC 독성에 대한 산화스트레스 반응을 확인하고자 활성산소종 축적(e.g., H₂O₂, MDA), 항산화 효소[e.g., superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbate peroxidase (APX), peroxidase (POD)] 활성 및 이차 대사물질(e.g., flavonoids, flavonols, phenolics) 등을 분석하였다. 그 결과, CTC 0.01 mg/L 처리구의 상추 생육은 대조구보다 좋은 반면 나머지 처리구에서는 지상부의 생·건중량 및 수분 함량이 CTC 처리 농도가 높아짐에 따라 점차 감소하였다. 이러한 경향은 플라보노이드 함량에서도 유사하게 나타났다. 반면 CTC 처리농도 증가에 따라 reactive oxygen species인 H₂O₂와 lipid peroxidation (MDA)의 축적 정도가 증가되었다. 그리고 이와 관련된 항산화 효소 SOD, CAT, APX 및 POD의 활성도 또한 유사하게 증가경향을 보였다. 이 결과를 종합해 보면, 0.01 mg/L 이상의 CTC 독성은 산화스트레스를 증가시켜 상추의 생육을 크게 저해하는 것으로 판단된다.

주제어: 가축퇴비, Chlortetracycline, 토양잔류, 독성피해, 항산화 내성기작

주연기자 연락처: mulberry1028@naver.com (055-772-1967)

PC-53

콩 (서리태) 재배지 내 유기자원 처리에 따른 온실가스 발생 모니터링 Monitoring of Greenhouse Gas Emission from Organic Resource in Soybean (*Glycine max* L.) Cultivation Area

박병준*, 정석순, 이영돈, 정우영, 강윤서, 채선주, 김혁수
Byungjun Park*, Seoksoon Jung, Youngdon Lee, Woyoung Jung, Yoonseo Kang,
Seonju Chae, and Hyucksoo Kim
강원대학교 바이오자원환경학과

Department of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

지구온난화의 심각성이 대두되면서 세계 각국의 온실가스 배출량의 정확한 평가가 요구되고 있으며, 온실가스 배출량 저감을 위한 방안을 모색하고 있다. 우리나라의 농업 분야에 대한 국가온실가스 인벤토리의 방법론은 IPCC에서 제시한 기본계수 값을 이용해 토양탄소축적량을 산정하고 있으며(Tier 1), 우리나라에 적합한 국가 고유 토양탄소흡수계수(Tier 2) 또는 모델 개발(Tier 3)을 위한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 농경지 토양탄소 흡수량 산정 방법론의 고도화와 모델 구축에 앞서, 밭 토양의 다양한 토양관리 기술(경운 관리, 유기물 투입, 동계작물 재배 등) 적용에 따라 배출되는 온실가스를 모니터링하여 토양탄소 평가 모델 검증에 이용하고자 진행하였다. 현장실험은 강원특별자치도 춘천시에 위치한 농가에서 진행되었으며, 작물은 국가 내 통계적으로 가장 많은 경지 면적을 사용하는 두류(콩류) 작물 중 서리태를 재배하였다. 처리구 조성은 무처리구, 관행(NPK), 퇴비, NPK+퇴비 처리구로 설정하였으며, 각 처리구별 발생하는 온실가스(CO₂, CH₄, N₂O)를 측정하였다. 온실가스 포집은 주 1회 동일한 시간에 간이폐쇄정태법을 통해 진행하였으며, 처리구당 3 반복으로 시료 채취 후 GC를 통해 발생량을 분석하였다. 초기 CO₂와 N₂O의 배출량은 NPK+퇴비>퇴비>관행>무처리구 순으로 높았으며, CH₄의 경우 초기 가축분 퇴비에서 발생 후 시간이 지남에 따라 낮은 수준으로 나타났다. 현재 모니터링 결과를 통해 확인할 수 있는 초기 CO₂ 및 N₂O의 변화는 관행(NPK) 처리로 인해 토양 내 온실가스 발생량이 무처리에 비해 증가하며, CO₂, CH₄, N₂O의 경우 유기자원(퇴비)의 처리에 의해 더 높은 배출량을 나타냈다. 추후 지속적인 온실가스 배출량 모니터링 결과는 각종 처리에 따라 수확한 작물의 지상부, 지하부의 바이오메스, 작물잔사의 발생량을 고려한 순생태계 탄소수지(NECB) 산정을 수행해 토양 탄소 흡수량 산정을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

주제어: 온실가스, 토양탄소축적량, 토양관리 기술, 순생태계 탄소수지

주연구자 연락처: phkq26@kangwon.ac.kr (033-250-6442)

PC-54

산불 피해목으로 만든 바이오차 시용이 산불 토양특성에 미치는 영향**Effect of Biochar using Fire-killed Timber on Soil Restoration in Wildfire-Damage area**김성호^{1*}, 우영준, 정대영, 육진수², 김병철, 이창훈³Sungho Kim^{1*}, Young Jun Woo, Dae Young Jeong, Jin Soo Yuk²,Byeong Cheol Kim, and Chang Hoon Lee³¹한국바이오차, ²푸드랩토리, ³국립한국농수산대학교¹Korea Biochar, ²FOODLABTORY, ³Korea National University of Agriculture and Fisheries

최근 지구온난화로 인한 기후변화로 우리나라 강수량은 여름철에 집중되어 있고, 겨울과 봄은 고온 건조한 날씨가 지속되면서 극심한 가뭄으로 산불 위험이 증가하고 있다. 지난 10년(2007~2016년) 평균 산불 피해 면적보다 최근 4년(2017~2020년) 평균 산불 피해 면적은 약 5배 정도 증가하였다. 산불로 발생한 산불 피해목은 길만 타고 속은 멀쩡하여 목재로 우드칩, 발전소 연료로 대체로 쓰이고 있다. 바이오차(biochar)는 열분해를 거치면서 안정된 형태의 방향족 구조로 재배열되어 쉽게 분해되지 않으며, 또한, 화학적 특성으로 이산화탄소 포집 능력이 있어 대기 중 이산화탄소 농도를 줄여 기후변화 완화에 기여할 수 있다. 본 연구에서는 산불 피해목으로 만든 바이오차가 산불피해 지역의 토양복원에 미치는 영향을 평가하고자 하였다. 이를 위해 산불 피해목을 이용하여 바이오차를 조제하였고, 산불 토양에 120kg/10a 기준으로 0, 50, 200, 400%를 사용하여 4주간 배양시험으로 토양특성을 조사하였다. 바이오차는 이산화탄소 배출량 저감에 효과가 있다. 그러나 토양미생물 개체수는 감소하는 경향은 나타내었다. 이러한 결과 바이오차 시용에 따른 pH, CEC, EC 증가 영향을 미쳤다. 따라서 산불 지역에 산불피해목으로 만든 바이오차의 시용은 산림토양의 비옥도 증진, 생물복원, 그리고 지구온난화에 기여하는 토양특성을 향상시키는 것으로 평가되었다.

주제어: 바이오차, 토양 복원, 산림바이오매스, 산불 피해목, 토양특성**주요연구자 연락처:** kbiochar01@nate.com (063-237-1766)

PC-55

테트라사이클린 오염토양에서 배추 유묘의 생리적 반응과 생물축적량 변화

Alterations of Physiological Response and Bioaccumulation in Cabbage Seedling Grown in Contaminated Soil with Tetracycline

하젤 쇼흐라*, 신예림, 최현지, 비말라즈 칸타라즈¹, 김영남, 이금아¹, 이용복
Hadjer Chohra*, Yerim Shin, Hyeonji Choe, Vimalraj Kantharaj¹, Young-Nam Kim,
Keum-Ah Lee¹, and Yong Bok Lee

경상국립대학교 응용생명과학부 (BK21 Four), ¹경상국립대학교 농업생명과학연구원
Division of Applied Life Science (BK21 Four), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea
¹Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

국내 수많은 농경지에서는 가축 분뇨를 유기물 첨가제로써 활용하고 있다. 그러나 대부분의 농가에서 이를 과잉으로 시비함으로써 농업환경에 악영향을 주고 있다. 특히, 농경지 토양 중 항생물질 잔류의 증가는 작물의 생육 및 생산성 저감뿐만 아니라 전반적인 토양생태계 및 인간의 건강에도 유해할 것으로 예상된다. 본 연구에서는 토양 중 Tetracycline (TC)의 독성에 따른 배추(*Brassica campestris* L. ssp. *Pekinensis*)의 생리적 반응 특성과 가식부 내 TC 축적량을 분석해보았다. 이를 위해 6주간 포트시험을 수행하였으며, 총 5가지 TC 농도 처리구(0, 5, 10, 25 및 50 mg L⁻¹)를 구성하여 재배기간 중 2회(Day 0 와 Day 21) 토양에 처리하였다. 수확 시, 배추 형태학적 표현형, 수확량, 엽수, 광합성률 및 엽록소 함량(SPAD)을 측정하였고, 식물 및 토양 내 TC 축적량은 Solid-Phase Extraction (SPE) 방법에 따라 추출하여 LC-MS/MS를 사용하여 측정하였다. 작물의 표현형을 비교해 볼 때, 배추의 생장은 TC 처리 농도에 따라 확연히 차이가 났다. 배추의 생중량, 엽수, 광합성률 및 엽록소 함량은 대조구에 비해 TC 25과 50 mg L⁻¹ 농도에서 상당히 낮았다. 엽록소의 경우, 대조구와 비교 시 10 mg L⁻¹의 SPAD 값에서 약간의 Hormesis 효과를 관찰되었다. 토양 및 식물체 내 항생물질 농도는 TC 처리 직후 토양잔류 및 식물체 축적농도가 증가하였지만 시간이 지날수록 점차 감소하는 경향을 보였다. 생물학적 축적계수(BAF)를 산출한 결과, TC 5 mg L⁻¹에서 가장 높았다. 본 연구결과를 종합해 보면, 배추 유묘는 TC 독성에 노출될 시 토양으로부터 TC를 흡수하여 식물체 내로 축적하였으며, 이로 인해 작물 생장 및 생리활성이 억제된 것으로 생각된다. 하지만 시간이 지남에 따른 TC 축적량의 감소 경향을 통해 식물체 내에서의 항생물질 분해기작이 작용되는 것 추측된다.

주제어: 배추 유묘, Tetracycline, 독성피해, 생물축적, 생리적 반응

주연구자 연락처: Chohra.hadjer@gmail.com (055-772-1967)

PC-56

철인산염 코팅 바이오차를 이용한 복합 금속 오염 토양 안정화 및 상추 생육 평가

Stabilization of Metal(loid) Contaminated Soil using Iron Phosphate-Coated Biochar and Evaluation of Lettuce Growth

김한나¹, 이승준, 신수경, 김정연, 이찬용, 박진희*

Han Na Kim¹, Seung Jun Lee, Su Kyeong Sin, Jeong Yeon Kim, Chan Yong Lee, and Jin Hee Park*

충북대학교 환경생명화학과, ¹한국지질자원연구원 광물자원연구본부 자원환경연구센터

Department of Environmental and Biological Chemistry, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

¹Mineral Resources Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM), Daejeon 34132, Korea

광산 주변 토양은 금속으로 오염되어 식물이 생육하기에 적합하지 않으며 산화음이온인 비소(As)와 양이온인 납(Pb), 카드뮴(Cd)은 화학적 특성이 달라 동시 안정화가 어렵다. 산화음이온은 철수산화물에 의해 안정화되고 양이온인 중금속은 인산염에 의해 안정화되기 때문에 철인산염을 사용하면 동시 안정화가 가능하므로 이를 바이오차(Biochar, BC)에 코팅하면 식물 생육 증진 및 토양 개량 등의 효과가 증가할 것으로 예상된다. 따라서 본 연구의 목적은 BC와 철인산염 코팅 바이오차(Iron phosphate-coated biochar, IPCB)의 처리에 의한 복합 금속 오염 토양의 동시 안정화를 통한 독성 저감 효과를 상추 생육을 통해 평가하는 것이다. 계분 BC에 FeCl₃와 KH₂PO₄ 용액을 처리하여 IPCB를 제조하였다. 비소, 납, 카드뮴 복합 오염 토양에 BC 0.5%와 IPCB 0.5, 1, 5%를 처리하고 일주일 간 배양하였다. IPCB 처리량이 증가할수록 납과 카드뮴의 생체이용가능 농도는 감소하였으나 복합 금속 오염 토양 내 비소의 생체이용가능 농도는 증가하였으므로 1% 처리가 금속의 안정화에 가장 효과적이었다. 비소 50 mg/kg, 카드뮴 50 mg/kg, 납 3000 mg/kg이 단독 및 혼합으로 오염된 토양에 BC와 IPCB를 1% 처리하고 상추를 한 달간 재배했다. 상추의 무게, 길이는 무처리(Control)에 비해 BC와 IPCB 처리구에서 높았으며 잎의 SPAD, Fv/Fm은 처리에 따라 유의한 차이가 나타나지 않았다. 따라서 BC와 IPCB의 처리는 토양 내 중금속 안정화 및 식물 생육 증진에 효과적이며 안전한 작물 생산에 도움이 될 것으로 판단된다.

주제어: 철인산염 코팅 바이오차, 금속 오염 토양, 상추, 식물 생육, 금속 안정화

주연구자 연락처: pjinh@chungbuk.ac.kr (043-261-2564)

계분 바이오차의 작물 생육촉진 효과

Crop Growth-promoting Effects of Biochar Made from Poultry Compost

홍수영*, 김보민, 김동민, 서영호, 김기선

S.Y. Hong*, B.M. Kim, D.M. Kim, Y.H. Seo, and K.S. Kim

강원특별자치도농업기술원

GangwonState Agricultural Research & Extension Services, Chuncheon 24203, Korea

기후변화에 관한 정부 간 패널(IPCC) 등 국제사회에서 바이오차의 탄소격리효과가 널리 알려지면서 적용연구도 활발이 진행되고 있다. 세계 바이오차 시장규모에 대해 평가한 보고서(Transparency market research, 2021)에 따르면, 시장규모는 연간 15.4% 성장할 것이며, 가치는 2031년까지 약 63억 달러를 넘어설 것으로 예상된다고 보고한 바 있다. 또한 바이오차의 제조시장도 확대되어 기존에 잘 알려진 왕겨, 고춧대 같은 농산부산물 외에도 목재펠릿, 골분, 퇴비 등 다양한 부산물, 기타 유기성 폐기물 등이 바이오차 제조에 활용되고 있으며 다시 자연으로 순환시키는 신재생 에너지라는 공익적 기능도 강조되고 있다. 앞선 연구에서 바이오차 처리결과 배추육묘기 상토 혼합처리시 일반상토 대비 20%(v/v) 처리구에서 엽수 및 생체중이 각각 8.7%, 23.7% 증가하였으며 정식 후 200kg/10a(v/v)처리구에서 관행대비 생체중 10.2% 증가한 바 있으며(2021) 작물별 재배시험은 현재까지 다양하게 진행중에 있다. 본 연구에서는 계분 퇴비를 원료로 한 바이오차의 특성을 파악하고 작물에 적용하였을 때 나타나는 효과에 대하여 살펴보고자 하였다. 화학성 분석 결과 pH는 9.58, EC는 76.53 ds/m로 매우 높았으며, 유기물 함량은 64%로 비료공정규격 기준치를 만족하는 수치였고, 총질소는 0.47%, 유효인산은 6.32%, K는 6.65% 였다. 상추와, 참깨를 대상으로 재배효과를 실시하였으며, 바이오차의 혼합비율은 100kg~1,000kg/10a(v/v)로 토양에 혼합처리 하였다. 수확기 생육을 비교한 결과 상추는 무처리 대비 엽수가 1,000kg/10a 수준에서 19.2% 유의하게 증가하는 것으로 나타났으며 SPAD는 5.76% 증가하였다. 참깨 생산량은 무처리 대비 1,000kg/10a 수준에서 28.9% 증가하였으며, 근중은 오히려 감소하는 것으로 나타났다. 바이오차의 일반적인 권장 처리량과 비교하였을 때, 1,000kg/10a 의 경우 비옥도 및 연작토에 적용하기에 다소 높은량으로 평가되나, 본 연구에서 생육기 수량이 증가한 것은 시험에 사용한 토양이 pH 6.7, EC 0.21 ds/m, 유기물 14g/kg로 비옥도 및 기타 양분함량이 부족한 척박토를 사용한 까닭으로 판단된다. 바이오차의 주 재료가 고춧대, 왕겨 등의 농산부산물이 대부분이었으나, 골분, 퇴비, 임산폐기물 등 바이오차 제조 원료가 점차 다양화 됨에 따라 입자크기, 물적특성, 양분보유능, 비효성분 등 원료별로 다양한 차이를 보이고 있어 농업현장의 효율적 적용을 위하여 각각의 특성을 파악하여 다양한 매뉴얼을 구축해 나가야 할 것이라 사료된다.

주제어: 바이오차, 계분바이오차, 탄소격리, 생육촉진

주연구자 연락처: hsy6520@korea.kr (010-2994-8874)

PC-58

Insights on Emerging Biochar-Based Applications for Soil Fertility and Crop Improvement

Periyasamy Rathinapriya, In-Bog Lee, Pyoung Ho Yi, and Seung Tak Jeong*

페리아사미 라티나프리야, 이인복, 이평호, 정승탁*

Horticultural and Herbal Crop Environment Division, NIHHS, RDA, Wanju, Korea

농촌진흥청 원예특작과학원 원예특작환경과

Global scale multi-nutrient deficiency related to depletion of soil fertility has emerged as a major constraint in agricultural practices. Organic byproducts derived Biochar(BC) are naturally biodegradable, produced from agriculture and forestry wastes. BC application reported generally enhances soil quality, less is known about the impact of BC on soil characteristics. BC can lead to a series of alterations in the physical and chemical properties of soil, which are crucial to environmental ecosystems and agricultural soil health management. Due to climate change and the usage of chemical fertilizers, plants are exposed to severe drought, salinity, and heavy metal abiotic stressors. The aim of this review is to provide an overview of the BC production which cover the major feedstock materials, synthesis techniques, influence of BC on decomposition efficacy in soil and fertility improvement from the perspective of sustainable crop improvement. Also, uniquely emphasizes on utilizing BC in ameliorating crop growth and development from various abiotic stresses. Further, this review supports plant and agricultural researchers to understand the importance of BC in plants development, sustainable agriculture and cope with the environmental problems. Moreover, this review distinguishes the information crevices and recommends future viewpoints for the commercialization of BC applications on large-scale with the cutting edge technologies.

Keywords: Biochar, Decomposition, Soil fertility, Crop improvement, Abiotic stresses

Correspondence: jst0ry@korea.kr (063-238-6354)

Acknowledgement: This work was carried out with the support of “Agricultural recycling and utilization of *Solanaceae* vegetable byproduct (Project No. PJ017152)” Rural Development Administration, Republic of Korea. This work was supported by 2023 the RDA Fellowship Program of National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Republic of Korea.



PC-59

Effect of Biochar Application on Reducing GHG Emissions in Apple Orchard

사과원에서 바이오차 시용이 온실가스 배출에 미치는 영향

Seung Tak Jeong*, In-Bog Lee, and Pyoung Ho Yi

정승탁*, 이인복, 이평호

Horticultural and Herbal Crop Environment Division, NIHHS, RDA, Wanju, Korea

농촌진흥청 원예특작과학원 원예특작환경과

Incorporation of organic residue can significantly increase greenhouse gas(GHG) emissions in arable land and pruning branch is one of representative residue in orchard. The stabilized organic matter(OM) like biochar is recommended to suppress GHG emissions in arable land. However it is unclear how much GHG emissions can be reduce with application of biochar compare to that of fresh pruing branch in Korea apple orchard. In this study, to compare the effect of biochar application on reducing GHG emissions, biochar treatment which was originally from pruning branch was selected as the main treatment, and no treatment and pruning branch treatments were added for comparison. Every once a week, emissions of three main GHG gases were collected using closed chamber method and analyzed using gas chromatography. Patterns of GHG emissions were similar among the all treatments. Most carbon dioxide was emitted within 80 day after OM incorporation. Cumulative GHG fluxes was significantly increased in pruing branch treatment compare to no treatment, but biochar treatment did not increased cumulative GHG fluxes compare to no treatment. Biochar application reduced GHG emissions approximately 30% compare to pruning branch application. Therefore, biochar application is one of effective method to reduce GHG emissions in apple orchard.

Keywords: pruning branch, biochar, apple, greenhouse gas emissions, carbon oxide

Correspondence: jst0ry@korea.kr (063-238-6354)

Acknowledgement: This work was carried out with the support of “Development of soil carbon management strategies for maintaining sustainable horticultural crop production against global climate changes (Project No. RS-2020-RD008517)”Rural Development Administration, Republic of Korea.)

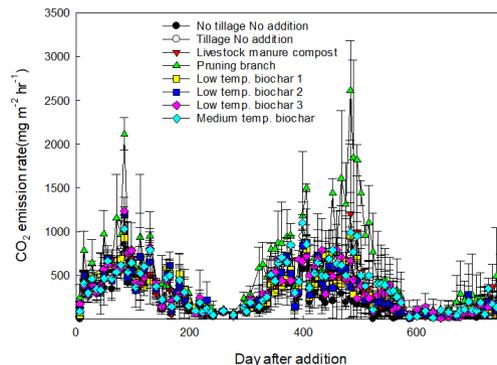


Figure. Carbon dioxide emission rates with different organic matter addition in apple orchard.

Ⅰ 2023년도 한국토양비료학회 제55차 총회 및 정기학술대회 Ⅰ

발 행 인 : 한국토양비료학회장 고병구

편집위원장 : 한국토양비료학회 편집부회장 최우정

편 집 위 원 : 이용복, 홍창오, 김상윤

편 집 간 사 : 윤석인, 곽진협, 박원표

발 행 처 : 사단법인 한국토양비료학회
전북 완주군 이서면 농생명로 166 국립농업과학원 313호

연 락 처 : TEL : 063-226-7335, FAX : 063-226-7335

E-mail : ksssf249@naver.com

<http://www.ksssf.org>

인 쇄 : (주)에이퍼브

2023년 한국토양비료학회 제55차 총회 및 정기학술대회

광고회사 리스트

남해화학(주)

(주)팜한농

한국비료협회

(주)조비

(주)풍농

한국협화

- 가나다 순 -

기기전시회사 리스트

라스칼라 코리아

(주)솔단

(주)엔코시스

(주)유기산업

테크벨

비엘텍코리아(주)

씨앤와이(주)

오디랩

(주)태명과학

- 가나다 순 -

농업인과 함께 걸어온 종합비료 회사

인간과 자연의 가치를 창조하는 기업, 한국협화!



생산
현황

5종



무기질 비료



토양 개량제



원예용 비료



유기질 비료



퇴비

수출
현황

12개국 수출

말레이시아, 미얀마, 베트남, 예멘, 이집트, 일본,
인도네시아, 중국, 캄보디아, 태국, 파키스탄



공장 위치

경상북도 포항시 남구 대송로
253번길 63 (괴동동)

국내 유통망

· 도별 영업지점 8개, 대리점 183개소
· 지역농협 경제사업소 납품



한국협화

본사 서울특별시 종로구 새문안로 5길 37, 도림빌딩 6층 www.khhc.co.kr

www.pungnong.co.kr



우리농촌, 농업인의 동반자 - 엔피코비료
정밀농업으로 농업환경을 더 스마트하게!

A faithful companion(true friend) of farmers - NPKO
Making the agricultural environment smarter with precision agriculture,



엔피코

주식회사 풍 농

고객상담전화

080-022-4646

농업환경 및 토양의 보호! 팜한농 광분해 완효성 비료

(시비량 절감, 비료 이용률 향상, 농경지 내 양분 유출 저감)



지속 가능한 미래를 위한 약속

팜한농 비료 사업 부문은 친환경 분해 과학, 에코물라로
노동력 절감과 고품질 수확은 물론 탄소저감을 통해
친환경 농업을 선도하며, 나아가 인류와 자연이 아름답게 공존하는
지속 가능한 미래를 만들어갑니다.

광분해 완효성 비료의 코팅 재료 분해 시험

• 햇빛에 의한 자연 분해 실험 시험
시험 기간 : 2020년 8월 ~ 2023년 8월



구분	분해 전	2년 후	3년 후
일반 완효성 비료	 268천 Mw	 289천 Mw	 293천 Mw
광분해 완효성 비료	 273천 Mw	 4천 Mw	 분해 불가

일반 완효성 비료는 분해되지 않고 분자의 형태가 그대로인 반면,

광분해 완효성 비료는 코팅 재료가 분해되어 분자량이 감소했습니다.*

*분석 기관 : 한국고분자생물연구소, 2023년 8월 / 시험법에 따른 분자량 측정 편차 발생 시에는 당시 실험 및 공정에 관련된 비료 사용

녹색인증 · 신기술인증 획득



고객상담
1644-0901

팜한농
영농정보



팜한농은 저탄소 농업
친환경 ESG 경영을 선도합니다

주식회사 조비는 1955년 창립 이래
농민의 안녕과 한국 농업 발전을 위해 노력하였습니다.
앞으로도 항상 농민과 함께, 깨끗한 환경, 행복한 미래를
꿈꿀 수 있는 미래를 선도하는 기업으로 성장, 발전하도록
최선을 다하겠습니다.

완효성 비료
수도 · 원예 · 과수용 비료
유기질 비료



슈퍼오래가



- 비료유실이 적고, 작물의 흡수이용률이 높은 비료
- 비효가 지속되어 웃거름 생략이 가능하여 시비노동력 절감
- 고토, 붕소 함유로 고품질 농산물 생산

슈퍼원예S



- 원예작물에 알맞은 영양소가 골고루 혼합
- 칼슘 함유로 토양개량 및 작물의 내병성 향상
- 황산가리 함유로 당도, 향을 높이며 저장성 개선

거북선비료 구독 QR코드



구독은 공짜예요~^^



QR 코드에 카메라를 대보세요!

▶ 유튜브에 거북선비료를 검색하세요 🔍



다양한 영농정보가 가득!!