

과제구분	기본	수행시기		전반기	
		연구분야	수행기간	연구실	책임자
연구과제 및 세부과제					
기후변화 적응 및 온실가스 저감 친환경 생산기술 개발		농업환경	'19~'23	농업기술원 환경농업연구 과	주옥정
논토양 토양개량제를 활용한 온실가스 저감 친환경 생산기술 개발		“	'20~'21	“	정재원
색인용어	토양개량제, 규산 함유 복합비료, 메탄가스 발생량				

ABSTRACT

Methane is one of the major greenhouse gases that have been contributing to global warming. Methane is produced from the anaerobic decomposition of organic matter by methanogen in irrigated rice fields. According to past studies, it was reported that silicate fertilizer significantly reduced CH₄ emission and increased rice productivity.

This study was conducted to confirm the effect of reducing the CH₄ emission following the treatment of the silicate-containing compound fertilizer in rice paddies. In the greenhouse pot test during 69 days after transplanting(69 DAT), the application of silicate-containing compound fertilizers reduced the total CH₄ emission rate measured by the closed chamber method by 25%. As a result of the outdoor pot test conducted for 63 DAT, in the soil with high organic matter, there were many organic substances that became substrates of methane, so the amount of total CH₄ emission was 5.8 to 7.2 times higher than that of general soil. And we also found that the amount of total CH₄ emission decreased by 19% compared to the control when the silicate-containing compound fertilizer was treated in the soil with high organic matter. In paddy field experiment, total CH₄ emissions decreased by 22% at the silicate-containing compound fertilizer treatment compared to the standard fertilizer treatment. However, there were no significant differences in rice plant growth, grain yield, and quality characteristics.

Key words : Soil conditioner, Silicate-containing compound fertilizer, CH₄ emission

1. 연구목표

산업혁명 이후 대기 중 온실가스 농도의 급격한 증가로 인해 지구 평균온도는 매년 가파르게 상승하고 있으며 가뭄, 폭우 등의 이상기후 발생빈도가 증가하고 있다. 세계 각국에서는 이러한 기후변화 문제를 해결하기 위해 '기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)'를 구성하고 온실가스 저감기술 개발과 감축 정책을 추진하고 있다.

우리나라 온실가스 배출량은 해마다 증가하여 2018년 총배출량은 2017년 대비 2.5% 증가한 727.6백만 톤CO₂eq.이었으며 그 중 농업분야 배출량은 21.2백만톤CO₂eq.로 2.9% 비중을 차지했다(환경부, 2020). 정부는 국내 온실가스 배출량을 줄이기 위해 2050 탄소중립(Net-Zero)을 선언하고 2030년까지 국가 온실 가스를 2018년 대비 40% 감축하는 온실가스 감축목표를 설정하였으며, 농축수산 부문에서는 2018년 24.7백만톤에서 2030년 18.0백만톤으로 27.1% 감축하기로 결정했다.

농업분야는 기후변화에 매우 민감하고 이상기후 발생 시 생산성 감소가 불가피하므로 온실가스 배출량의 감축이 매우 중요하다. 농업부문에서 배출되는 온실가스 중 특히 문제가 되는 것은 벼 논과 반추가축에서 배출되는 메탄가스와 질소비료 및 가축분 시용에 따른 아산화질소이다. 메탄은 지구온난화잠재력(Global warming Potential; GWP)이 이산화탄소 대비 21배이며, 담수된 논과 같이 산소가 결핍된 혐기조건에서 유기물이 분해되는 과정에서 발생한다. 담수토양에서 메탄 생성의 주요 기작은 첫째, 수소공여체(donor)로서 지방산 또는 알콜, 수소에 의한 이산화탄소의 환원, 둘째, 아세트산 등 유기화합물이 메탄과 이산화탄소로 분해되는 과정이다(Hedderich and Whitman, 2006).

논에서 온실가스 발생량 감축을 위한 벼 재배기술로는 무경운(최소경운), 건답직파, 간단관개, 질소질비료 사용저감 등의 방법이 있다(Kern et al, 1993; Kim et al, 2017; Sass et al. 1992). 또한 철강 부산물로 만든 규산질 비료는 활성 Fe과 유리 Fe 산화물을 함유하고 있어 벼 재배과정 중 발생하는 메탄가스 배출량을 저감할 수 있다고 알려져 있다(Ali, 2008). 또한 벼 재배 시 규산을 사용하면 식물체를 강건하게 하여 도복을 방지하고, 수광태세를 개선하여 광합성 효율을 증진시켜 등숙률과 수량 증대에 도움을 준다(Ma et al. 1989). 우리나라는 토양개량제 지원사업을 통해 3년 1주기로 규산질 비료를 무상으로 공급하고 있으나, 현장에서는 시비 노력이 많이 드는 문제점이 있다.

따라서 본 연구는 NPK 복합비료에 규산을 첨가한 규산 함유 복합비료를 이용하여 벼 재배시 규산질 비료의 별도 시비 노력을 절감하고, 메탄가스 배출 저감 효과를 구명하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

본 시험에서는 논벼에 표준시비와 규산 함유 복합비료를 각각 처리한 뒤 가스를 채취하여 메탄 flux를 분석하고 비교하였다. 벼 시험품종은 참드림을 사용하였고, 비료는 표준시비(요소, 용과린, 염화칼리)와 규산 함유 복합비료(N-P-K-규산-고토-붕소=13-5-6-17-3-0.1)를 처리하였다. 표준시비 시비량은 N-P₂O₅-K₂O = 9.0-4.5-5.7kg/10a, 분시비율은 질소는 기비 56%, 분얼비 22%, 수비 22%, 인산은 기비 100%, 칼리는 기비 70%, 수비 30%로 분시하였다(표 1). 규산 함유 복합비료 처리구의 시비량은 N-P₂O₅-K₂O = 9.0-2.7-4.9kg/10a이었고, 질소는 기비 78% 수비 22%, 인산은 기비 100%, 칼리는 기비 65%, 수비 35%로 분시하였으며, 기비는 규산 함유 복합비료를 사용하였고, 수비는 요소와 염화칼리를 사용하였다.

표 1. 시비량 및 분시비율

(단위: kg/10a, %)

처리내용	기비			분얼비	수비		총 시비량		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	N	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
표준시비	5.0 (56)	4.5 (100)	4.0 (70)	2.0 (22)	2.0 (22)	1.7 (30)	9.0	4.5	5.7
규산 함유 복합비료	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O: 7.0-2.7-3.2 (N 78, P ₂ O ₅ 100, K ₂ O 65)				2.0 (22)	1.7 (35)	9.0	2.7	4.9

가. 규산 함유 복합비료의 메탄가스 발생량 저감효과 조사(실내 포트시험)

실내 포트시험에서는 1/2000a 와그너포트(Φ256×Φ234×297mm)를 사용하였다. 포트 내 토양 무게는 9kg이었으며, 벼 이앙은 포트당 5주씩하여 상시담수 조건으로 재배하였다. 온실가스 조사용 챔버는 원통형 챔버(Φ25×45cm)를 사용하여 3반복 시험하였다.

나. 유기물 고함량 토양에서 규산 함유 복합비료의 메탄가스 발생량 저감효과 조사(야외 포트시험)

야외 포트시험에서는 유기물 함량(OM: Organic Matter)이 23~24g/kg인 일반토양과 유기물 함량이 36~37g/kg으로 높은 유기물 장기연용 토양에서 표준시비와 규산 함유 복합비료를 사용한 후 메탄가스 발생량을 비교하였다. 야외 포트시험에 사용한 포트와 챔버는 실내 포트 시험과 같았고, 화학비료 시비량도 동일하게 사용하였다. 물관리는 이앙 후 35일에 3주간 중간낙수하였으며, 시험 전 토양 화학성은 표 2와 같다.

표 2. 시험 전 토양 화학성(야외 포트시험)

처리내용		pH (1:5)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Av. SiO ₂ (mg/kg)	Ex. cations(cmol/kg)				NH ₄ -N (mg/kg)
토양	비료					K	Ca	Mg	Na	
일반	표준시비	5.9	24	47	145	0.64	7.6	1.6	0.62	3.60
"	규산 함유 복합비료	6.0	23	49	143	0.65	7.4	1.6	0.60	4.11
고유기물	표준시비	6.4	36	99	234	1.12	9.3	2.0	0.56	5.59
"	규산 함유 복합비료	6.4	36	103	204	1.12	9.4	2.0	0.56	6.26

다. 규산 함유 복합비료의 메탄가스 발생량 저감효과 조사(포장시험)

포장시험은 경기도농업기술원 시험연구 포장(37°13'15"N 127°02'36"E)에서 수행하였고, 시험 전 토양 화학성은 표 3과 같다.

표 3. 시험 전 토양 화학성(포장시험)

처리내용	pH (1:5)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Av. SiO ₂ (mg/kg)	Ex. cations(cmol/kg)				Soil texture
					K	Ca	Mg	Na	
표준시비	6.0	26	50	130	0.63	7.4	1.5	1.53	Loam
규산 함유 복합비료	6.1	26	52	192	0.67	7.9	1.6	1.60	

포장시험은 수동형 사각 챔버(60×60×120cm)를 사용하였고, 벼는 챔버 내 8주씩 30×15cm 재식거리로 이앙하였다. 물관리는 간단관개로 이앙 후 35일에 3주간 중간낙수하였고, 이앙 후 100일부터는 완전낙수하였으며 벼 주요 재배일정은 표 4와 같다.

표 4. 벼 재배일정(월. 일)

연도	경운 및 썩래질	기비 및 이앙	챔버 설치	중간낙수	수확
2021	5. 14~5. 15	5. 27	5. 28	7. 1~7. 21	10. 15

라. 메탄가스 채취 및 분석 방법

메탄가스는 1주일에 2회씩 오전 10시부터 11시 사이에 삼방밸브가 장착된 60ml 주사기로 30분 간격을 두고 가스를 2회 포집하여 메탄 농도변화를 측정하였으며, 가스크로마토그래프(GC-FID)를 사용하여 메탄가스 농도를 분석하였다. 가스 시료채취와 동시에 챔버 내부 온도와 눈물로부터 챔버 상단까지 유효높이를 측정하여 메탄 flux(F)를 산정하였다(식 1). 통계적 유의성은 GUM(Guide to the expression of Uncertainty in Measurement) 방법을 이용한 불확도 분석을 통해 95% 신뢰수준에서 신뢰구간을 설정하여 분석하였다.

$$F = \rho \times h \times \Delta c / \Delta t \times 273 / T \quad (\text{식 1})$$

F: 단위시간당 단위면적에서 배출되는 CH₄의 양(mgCH₄/m²/hr)

ρ : CH₄의 밀도를 고려한 변환계수(mg/m³, $\rho_{\text{CH}_4} = 0.714$)

h: 챔버 내부 유효높이(m)

$\Delta c / \Delta t$: 챔버 내부 CH₄ 농도의 평균증가속도(ppmv/hr)

T: 챔버 내부 평균기온(K)

3. 결과 및 고찰

가. 규산 함유 복합비료의 메탄가스 발생량 저감효과 조사(실내 포트시험)

실내 포트시험에서 이앙 후 69일까지 표준시비와 규산 함유 복합비료 처리구에서 메탄가스 발생량을 분석한 결과, 일일 메탄 발생량이 이앙 후 22일부터 이앙 후 41일 사이에 표준시비 처리구에서 규산 함유 복합비료 처리구보다 많은 것으로 나타났다(그림 1). 표준시비 처리구에서는 이앙 후 22일에 884.9mg/m²로 가장 많았다가 이앙 후 34일, 50일, 64일에 피크를 보이는 변동현상(fluctuation)을 보였고, 규산 함유 복합비료 처리구에서는 이앙 후 점차 메탄가스 발생량이 증가하다가 이앙 후 34일 이후 감소하였고 이앙 후 41일에 다시 상승하여 이앙 후 50일에 471.8mg/m²로 가장 많이 발생하였다.

누적 메탄가스 발생량은 표준시비 처리구에서 179.9kgCH₄/ha였고, 규산 함유 복합비료 처리구에서는 135.0kgCH₄/ha으로 25% 감소하였다. 초장은 이앙 후 30일과 이앙 후 60일에 규산 함유 복합비료 처리구에서 컷으나, 처리구간 유의한 차이는 없었다(표 5).

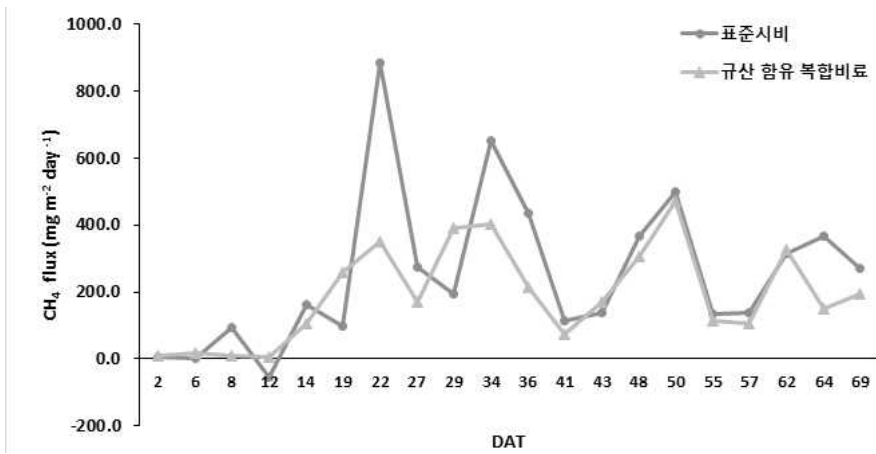


그림 1. 일일 메탄가스 발생량 비교(실내 포트시험)

표 5. 누적 메탄가스 발생량 비교(실내 포트시험)

처리내용	초장(cm)		누적 메탄가스 발생량 ^b (kgCH ₄ /ha)	지수 (%)
	30 DAT ^a	60 DAT		
표준시비	44.0±8.5	62.3±13.6	179.9±3.1	100
규산 함유 복합비료	46.7±4.9	63.7±8.7	135.0±1.8	75

^a DAT: 이앙 후 경과일수

^b 각 집단간 3반복 평균에 대한 불확도 분석한 후 신뢰구간 표시

나. 유기물 고품량 토양에서 규산 함유 복합비료의 메탄가스 발생량 저감효과 조사(야외 포트시험)

이앙 후 63일까지 야외에서 진행한 포트시험에서 메탄가스 발생량을 분석한 결과, 유기물을 장기 연용하여 유기물 함량이 높은 토양에서 일일 메탄가스 발생량이 많게 나타났다(그림 2). 유기물을 장기 연용한 토양은 메탄생성균이 메탄 생성의 기질로 사용하는 유기물 함량이 높아 메탄가스 발생량이 높은 것으로 생각된다. 모든 처리구에서 이앙 후 35일 이후 3주간의 중간낙수에 따라 일일 메탄가스 발생량은 감소하였으나, 이앙 후 41~42일에 강우로 인해 메탄가스 발생량이 소폭 증가한 후 감소하였다. 고유기물 토양-표준시비 처리구와 고유기물 토양-규산 함유 복합비료 처리구는 이앙 후 28일에 일일 메탄가스 발생량이 각각 607.0mg/m², 426.7mg/m²로 가장 많았다. 일반토양-표준시비 처리구에서는 이앙 후 33일에 일일 메탄가스 발생량이 76.5mg/m²로 가장 많았고, 일반토양-규산 함유 복합비료 처리구에서도 이앙 후 33일에 50.9mg/m²로 높았으나 강우의 영향으로 이앙 후 42일에 64.6mg/m²로 가장 높은 값을 보였다.

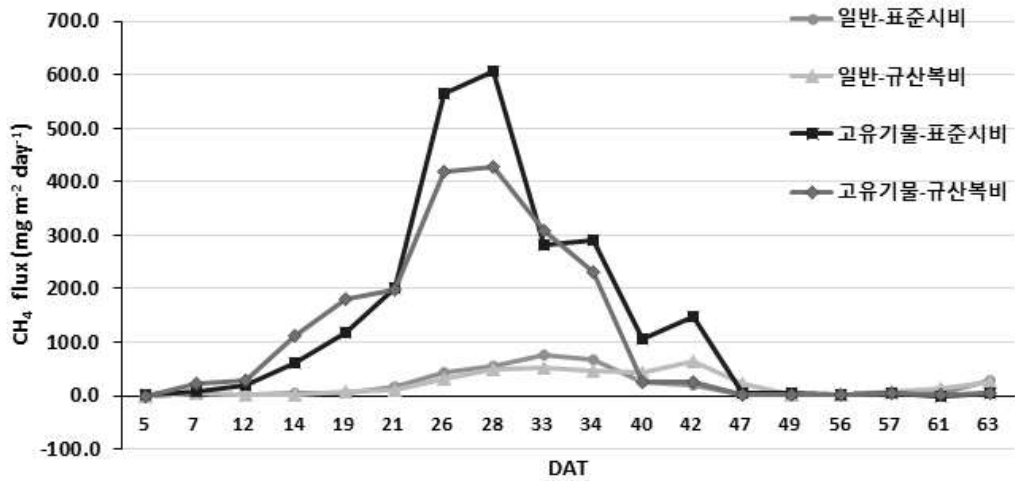


그림 2. 일일 메탄가스 발생량 비교(야외 포트시험)

이양 후 63일까지 누적 메탄가스 발생량은 고유기물 토양-표준시비 처리구에서 83.9kgCH₄/ha로 가장 많았고, 고유기물 토양-규산 함유 복합비료 처리구에서 68.2kgCH₄/ha, 일반토양-규산 함유 복합비료 처리구에서 12.7kgCH₄/ha, 일반토양-표준시비 처리구에서 11.6kgCH₄/ha로 측정되었다(표 6). 고유기물 토양에서 누적 메탄가스 발생량은 일반토양-표준시비 처리구 대비 표준시비 처리구에서 7.2배, 규산 함유 복합비료 처리구에서 5.9배 정도 높은 것으로 조사되었다. 유기물 함량이 높은 토양에서 규산 함유 복합비료 처리 시 19%의 메탄가스 발생량 저감효과를 보였고, 일반토양에서는 오히려 규산 함유 복합비료 처리구에서 메탄가스 발생량이 9.5% 증가하였다. 일반토양에서 규산 함유 복합비료 처리 시 메탄가스 발생이 증가한 것은 이양 후 42일에 강우로 인한 메탄가스 발생량 증가폭이 다른 처리구보다 컸기 때문으로 생각된다. 초장은 이양 후 30일에는 일반토양 처리구에서 컸으나, 이양 후 60일에는 고유기물 토양에서 큰 것으로 나타났다. 분얼수는 이양 후 30일에는 일반 토양-표준시비 처리구가 많았고 이양 후 60일에는 고유기물 토양-규산 함유 복합비료 처리 구에서 많았다.

표 6. 누적 메탄가스 발생량 비교(야외 포트시험)

처리내용	초장(cm)		분얼수(개)		누적 메탄가스 발생량 (kg CH ₄ /ha)	지수 (%)
	30 DAT [↓]	60 DAT	30 DAT	60 DAT		
일반토양-표준시비	34.2 ^{ab}	71.0 ^{bc}	27.3 ^a	30.3 ^b	11.6 ± 0.3	100
일반토양-규산 함유 복합비료	35.7 ^a	69.0 ^c	23.7 ^{bc}	25.7 ^c	12.7 ± 0.3	109
고유기물 토양-표준시비	31.7 ^b	73.7 ^{ab}	21.7 ^c	33.3 ^{ab}	83.9 ± 2.1	723
고유기물 토양-규산 함유 복합비료	33.0 ^{ab}	74.3 ^a	26.7 ^{ab}	34.7 ^a	68.2 ± 1.8	588

※ 처리간 통계적 유의성: 초장과 분얼수는 Duncan's multiple range test(p<0.05) 수행, 누적 메탄가스 발생량은 각 집단간 3반복 평균에 대한 불확도 분석한 후 신뢰구간 표시

[↓] DAT: 이앙 후 경과일수

다. 규산 함유 복합비료의 메탄가스 발생량 저감효과 조사(포장시험)

포장시험은 벼 이앙일부터 수확일(이앙 후 134일)까지 표준시비 처리구와 규산 함유 복합비료 처리구 간의 메탄가스 발생량을 비교하였다. 포장시험 기간 동안 평균기온은 24.7℃로 평년과 비슷하였고, 강수량은 610.5mm로 평년 대비 60% 수준으로 적은 편이었다(그림 3).

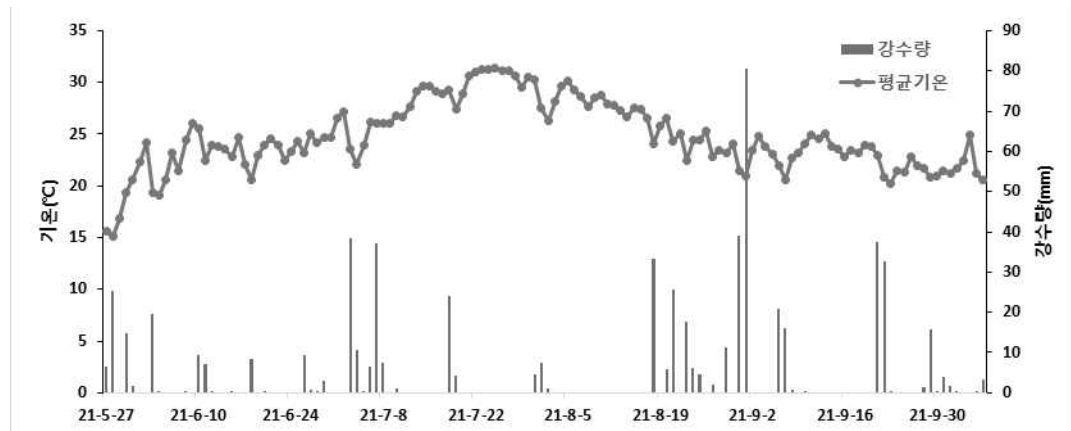


그림 3. 일일 기온 및 강수량 변화[이앙(2021.05.27.)~수확(2021.10.07.)]

일일 메탄가스 발생량은 벼 이앙 이후 점차 증가하다가 이앙 후 49일에 가장 많았고, 그 이

후 중간낙수의 영향으로 급격히 감소하였다가 다시 증가하여 이앙 후 103일 이후에는 감소하는 추세를 보였다(그림 4). 벼 이앙부터 이앙 후 49일까지 일일 메탄가스 발생량은 표준시비 처리구에서 규산 함유 복합비료 처리구보다 많았고, 생육 중기와 등숙기에는 대차 없었다.

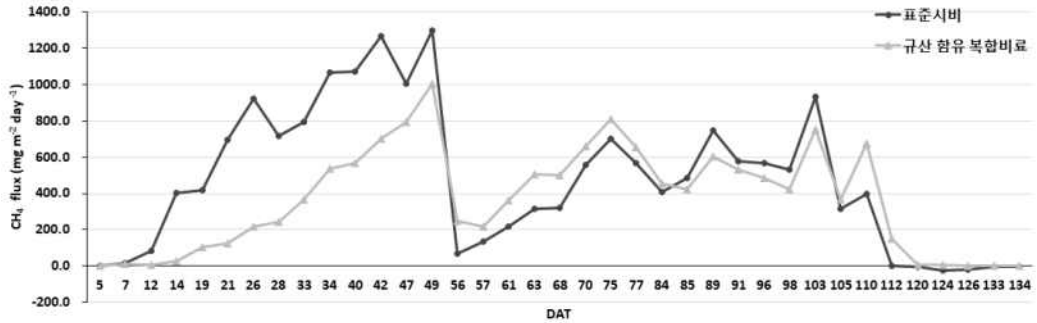


그림 4. 일일 메탄가스 발생량 비교(포장시험)

이앙 후 134일까지 누적 메탄가스 발생량은 표준시비 처리구에서 625.3kgCH₄/ha이고, 규산 함유 복합비료는 486.3kgCH₄/ha로 22% 감소하였다(표 7). 초장은 이앙 후 30일과 이앙 후 60일에서 표준시비 처리구가 다소 컸으나 통계적 유의성은 없었으며, 분얼수도 이앙 후 30일과 이앙 후 60일에 규산 함유 복합비료 처리구가 다소 많은 경향이었으나 유의한 차이는 없었다(표 8). 식물체 규산 함량은 이앙 후 30일에 규산함유 복합비료 처리구에서 높았으나 다른 시기에는 유의한 차이가 없었다.

표 7. 누적 메탄가스 발생량(포장시험)

처리내용	누적 메탄 발생량(134 DAT) ¹ (kgCH ₄ /ha)	지수 (%)
표준시비	625.3 ± 3.7	100
규산 함유 복합비료	486.3 ± 2.8	78

¹각 집단간 3반복 평균에 대한 불확도 분석한 후 신뢰구간 표시

표 8. 벼 생육 및 식물체 규산함량

처리내용	30 DAT			60 DAT			수확 후
	초장 (cm)	분얼수 (개/주)	규산 (%)	초장 (cm)	분얼수 (개/주)	규산 (%)	규산 (%)
표준시비	33.1 ^{ns}	12.7 ^{ns}	3.1 ^b	67.0 ^{ns}	15.6 ^{ns}	5.6 ^{ns}	7.7 ^{ns}
규산 함유 복합비료	31.8	13.4	3.5 ^a	66.3	16.6	5.4	8.4

※ p < 0.05 by Duncan's multiple range test.

간장, 수수, 수당립수 등의 벼 성숙기 생육은 표준시비 처리구와 규산함유 복합비료 처리 구간 대차 없었다. 수확 후 등숙비율, 현미 천립중, 수량도 통계적으로 유의한 차이는 없었다(표 9). 수확한 쌀의 단백질 함량 및 아밀로스 함량, 완전립, 동할립, 미숙립 비율도 두 처리 간 유의한 차이는 없었다(표 10).

표 9. 성숙기 생육 및 수량

처리내용	간장 (cm)	수수 (개/주)	수당 립수 (립)	등숙 비율 (%)	현미 천립중 (g)	쌀 수량	
						kg/10a	지수
표준시비	73.2 ^{ns}	13.1 ^{ns}	90 ^{ns}	80.9 ^{ns}	24.1 ^{ns}	605 ^{ns}	100
규산 함유 복합비료	73.0	12.8	93	80.4	24.6	623	103

※ p < 0.05 by Duncan's multiple range test.

표 10. 미질 특성

처리내용	단백질 함량(%)	아밀로스 함량(%)	백 미(%)			
			완전립	동할립	미숙립	사미
표준시비	4.5 ^{ns}	16.1 ^{ns}	75.2 ^{ns}	20.9 ^{ns}	3.9 ^{ns}	0
규산 함유 복합비료	4.7	16.2	77.2	19.7	3.1	0

※ p < 0.05 by Duncan's multiple range test.

4. 적 요

벼 재배 시 규산이 함유된 복합비료를 이용하여 논벼에서 발생하는 메탄가스 저감효과를 구명하고자 수행한 결과는 다음과 같다.

- 가. 실내 포트시험 결과, 벼 이앙 후 69일까지 누적 메탄가스 발생량은 표준시비 처리 대비 규산 함유 복합비료 처리에서 25% 감소하였다.
- 나. 야외 포트시험 결과, 유기물 함량이 높은 토양의 메탄가스 발생량은 일반토양 대비 5.8~7.2배 많았으며, 유기물 함량이 높은 토양에서 이앙 후 63일까지 누적 메탄가스 발생량은 표준시비 처리 대비 규산 함유 복합비료 처리에서 19% 감소하였다.
- 다. 포장시험 결과, 일일 메탄가스 발생량은 이앙 이후 점차 증가하여 이앙 후 49일에 정점을 보였고, 이후 급격히 감소했다가 이앙 후 103일까지 다시 점차 증가후 감소하는 경향을 보였다.
- 라. 벼 이앙 후 134일까지의 누적 메탄가스 배출량은 표준시비 처리 대비 규산 함유 복합비료 처리에서 22% 감소하였다.
- 마. 초장, 분얼수, 간장, 수수, 수당립수, 등숙비율, 수량 등은 표준시비 처리와 규산함유 복합비료 처리간 대차 없었다.
- 바. 단백질 함량, 아밀로스 함량, 완전립 비율 등 미질 특성은 표준시비와 규산 함유 복합비료 처리간 대차 없었다.

5. 인용문헌

- 김숙진 등. 2017. 벼 재배시 경운 및 재배양식이 온실가스 배출에 미치는 영향. Proceedings of the Korean Society of Crop Science Conference. The Korean Society of Crop Science, 2017. p. 71-71.
- 농촌진흥청 국립농업과학원. 2009. 온실가스 저감을 위한 벼 재배기술.
- 환경부, 온실가스 종합정보센터. 2020. 국가 온실가스 인벤토리 공표.
- Ali MA, Oh JH, Kim PJ. 2008. Evaluation of silicate iron slag amendment on reducing methane emission from flood water rice farming. Agric Ecosyst Environ 128: 21-26.
- Hedderich R, Whitman WB. 2006. Physiology and biochemistry of the methane-producing Archaea. The prokaryotes. New York: Springer: 1050-1079.
- Kern, J.S. 1993. Conservation tillage impacts on national soil and atmospheric carbon levels. SCI. Soc. Amer. J. 57: 200~210.
- Ma, J.F., Nishimura, K., Takahashi E, 1989. Effect of silicon on the growth of rice

plant at different growth stages. Soil. Sci. Plant Nutr. 35, 347.356.

Sass RL, Fisher FM, Wang YB, Turner FT & Jud MF. 1992. Methane emission from rice fields: the effect of floodwater management. Global Biogeochem Cycles 6: 249-262.

6. 연구결과 활용제목

- 논토양에서 규산함유 복합비료를 활용한 온실가스 배출 저감 효과(영농활용)

7. 연구원 편성

세 부 과 제	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도	
						'20	'21
논토양 토양개량제를 활용한 온실가스 저감 친환경 생산기술 개발	책임자	환경농업 연구과	농업연구사	정재원	세부과제 총괄	-	○
	공동 연구자	"	농업연구사	주옥정	시료 채취	○	○
		"	"	노안성	분석 조사	○	○
		"	"	박영수	생육 조사	○	-
		"	"	김조은	분석 조사	-	○
		"	농업연구관	소호섭	성적 검토	○	○
		"	"	임갑준	성적 검토	○	-
		"	"	이영순	시험 자문	○	○