

과제구분	기본연구	수행시기		진반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야	수행기간	연구실	책임자
온실가스 저감 신제형비료 개발 및 이용기술 연구		농업환경	'13~'15	농업기술원 작물연구과	조광래
회화축분 이용 비 재배 화학비료 개발		농업환경	'13~'14	농업기술원 작물연구과	원태진
색인용어	온실가스, 신제형비료, 회화축분, 비				

ABSTRACT

This study was carried out to elucidate optimal application rate of the complex fertilizers containing livestock manure. Paddy rice was cultivated at silt loam soils in 2013 and 2014. The fertilizer ratio (N-P₂O₅-K₂O) of complex fertilizers used in the experiment were 13-11-9%. The standard amount of chemical fertilizer 90 kg ha⁻¹ of nitrogen, 45 kg ha⁻¹ of phosphate, and 57 kg ha⁻¹ of potash, respectively (control). The livestock manure-containing complex fertilizers were applied at 0, 80 and 100% levels as basal dressing and the additional chemical fertilization rate after 80% complex fertilizers application was 20% fertilizer application rate. The growth parameters, yields, and nitrogen use efficiency of rice treated with additional 20% chemical fertilization rate after 80% complex fertilizers application was not different from compared with that of control. Thus, optimum application rate of the livestock manure-containing complex fertilizers as a basal fertilization was determined to be 100% of standard application rate.

Key words : Complex fertilizer, Livestock manure, Rice

1. 연구목표

경기도의 온실가스 총 배출량은 106.2백만톤으로 전국 620백만톤 대비 17.1%이며 총 배출량 중 농업부문이 차지하는 배출량은 2.7백만톤으로 전국 18.4백만톤 대비 14.7%이다. 농림축산식품부에서는 온실가스 감축방안으로 화학비료 사용량을 2010년 242kg/ha에서 2013년 220kg/ha 감축계획 이후 매년 3%씩 절감계획을 추진하고

있다. 따라서 국가 온실가스 감축정책에 따라 화학비료의 사용량을 줄여 온실가스 배출을 절감 시킬 수 있는 신제형비료의 개발이 필요하다고 생각된다. .

우리나라의 화학비료 원자재인 인광석과 염화칼륨석 등은 대부분 외국에서 수입하여 제형화하고 있다. 인광석의 수입량은 2011년 842천톤으로 가격은 187달러/톤이며 2010년 142달러에 비해 32% 단가가 상승하였다. 그리고 염화칼륨석의 수입량도 2011년 594천톤으로 가격은 467달러/톤이며 2010년 422달러에 비해 11% 단가가 상승하였다. 이에 인광석과 염화칼륨석의 대체자원을 발굴코자 회화계분내에 함유된 P_2O_5 , K_2O 를 이용한 비료를 개발하였다.

본 연구는 회화계분내 P_2O_5 , K_2O 를 이용하여 제조한 화학비료의 벼에 대한 비효를 검토하여 시용기준을 설정코자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

본 시험은 2013년부터 2014년까지 경기도농업기술원 논 포장에서 시험을 수행하였다. 처리내용은 3요소 표준시비구를 대조로하여 무처리, 표준시비 기비 질소 80%, 100% 해당량 개발 복합비료(복비) 시용 등 5처리로 하였다. 시험품종은 추청벼이고 4월 20일 파종하여 5월 20일 재식거리 30×14 cm로 기계이앙하였다. 시험토양은 미사질양토이였으며 난괴법 3반복으로 시험구를 배치하였다. 개발한 복비의 성분함량은 질소 13%, 인산 11%, 칼리 9%이였으며 기비로 시용하였고 수비는 표준시비구와 복비 기비 80%+수비 20% 두 처리만 시용하였다.

토양분석용 시료는 채취한 후 음건하여 분쇄후 2mm 체를 통과시킨 것을 분석시료로 하였다. NO_3-N 는 2 M KCl 용액으로 침출하여 Kjeldahl법으로, pH는 시료와 증류수를 1:5(w/v) 비율로 혼합하여 pH meter (ATI orion 370)로 측정하였으며, Av. P_2O_5 함량은 Lancaster법에 따라 분광분석기(GBC Cintra 40)로 비색 정량하였다. 벼 식물체의 전질소는 시료를 습식분해하여 Kjeldahl법으로 분석하였고, 기타는 농촌진흥청 토양화학분석법(농촌진흥청, 2002)에 준하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 재배기간 중 평균기온 및 강우량

2014년 벼 재배기간 중 평균기온과 강우량은 그림 1, 2와 같다. 2014년 5월 20일부터 10월 10일까지의 평균기온은 $23.3^{\circ}C$ 로 평년과는 대등하나 전년에 비해서는 $0.8^{\circ}C$ 낮았으며, 강우량은 599.0mm로 전년 대비 198.1mm로 평년 대비 541.2mm 각각 적었다.

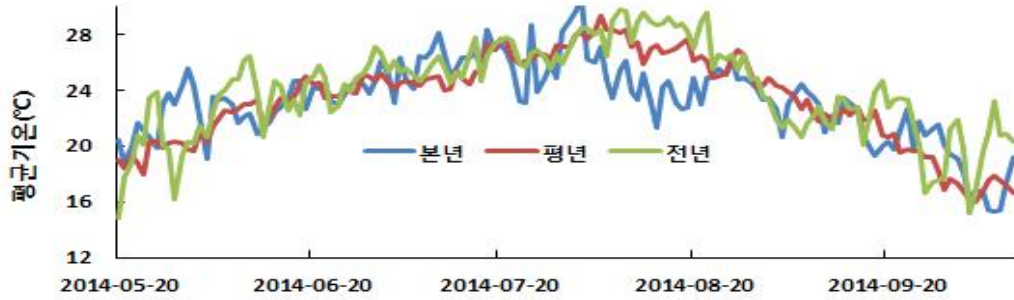


그림 1. 벼 생육기간 중 평균기온(5.20 ~ 10.10)

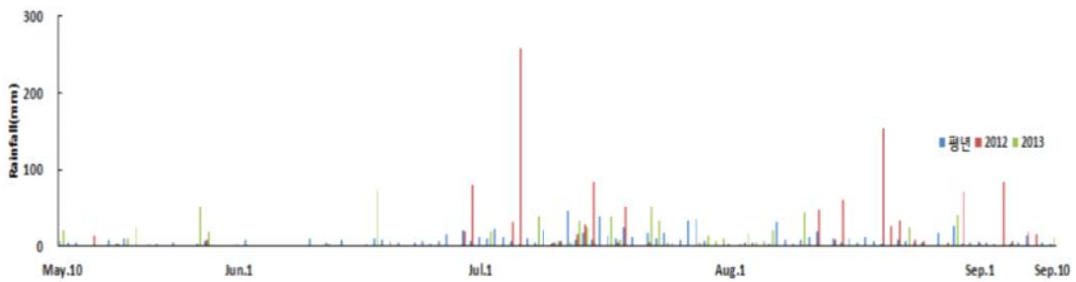


그림 2. 벼 생육기간 중 강우량(5.20 ~ 10.10)

나. 벼 시기별 생육상황 변화

복비의 시용에 의한 벼 시기별 생육상황 변화는 표 1, 2와 같다. 복비의 시용량이 증가할 수 록 초장은 커지고 분얼수가 많아져 건물중이 증가하였으며, 대조구 생육 및 건물중이 대등한 복비의 시용수준은 80%+수비, 100% 시용구이었다.

표 1. 초장 및 간장

처리내용	초장(cm)						간장(cm)		
	이앙후 30일			60일			이앙후 140일		
	2013	2014	평균	2013	2014	평균	2013	2014	평균
1. 표준시비(대조)	33.6	28.3	31.0	72.6	61.0	66.8	76.8	75.5	76.2
2. 무처리	29.8	25.0	27.4	69.8	56.2	63.0	68.3	67.8	68.1
3. 복비 80%	33.0	28.1	30.6	73.0	60.2	66.6	72.7	70.9	71.8
4. 복비 80%+수비	33.3	29.2	31.3	73.2	60.5	66.9	76.4	74.7	75.6
5. 복비 100%	33.9	30.9	32.4	74.0	62.7	68.4	76.7	75.6	76.2

표 2. 분얼수

처리내용	이양후 30일			45일			60일		
	2013	2014	평균	2013	2014	평균	2013	2014	평균
1. 표준시비(대조)	15.6	20.4	18.0	21.4	21.7	21.6	20.1	20.4	20.3
2. 무처리	10.9	11.6	11.3	17.3	15.0	16.2	16.6	15.4	16.0
3. 개발비료 80%	15.3	19.3	17.3	21.6	21.7	21.7	20.2	20.3	20.3
4. 개발비료 80%+수비	15.5	19.4	17.5	21.7	21.6	21.7	20.1	20.5	20.3
5. 개발비료 100%	16.1	23.2	19.7	23.7	23.8	23.8	21.0	23.3	22.2

다. 벼 식물체내 양분함량 변화

식물체 중의 T-N, P₂O₅, K₂O 등 양분함량은 생육, 건물중과 같은 경향으로 복비의 시용량 증가로 양분함량도 높아졌으며 대조구와 복비 80%+수비, 100% 시용구간에 양분함량은 대등한 경향이였다(표 3, 4, 5).

표 3. 식물체내 T-N 함량(g kg⁻¹)

처리내용	이양후 30일			60일		
	2013	2014	평균	2013	2014	평균
1. 표준시비(대조)	16.2	16.7	16.5	13.6	13.9	13.8
2. 무처리	15.1	15.7	15.4	12.3	12.7	12.5
3. 복비 80%	16.1	16.6	16.4	13.5	13.8	13.7
4. 복비 80%+수비	16.2	16.7	16.5	13.6	13.8	13.7
5. 복비 100%	16.9	17.3	17.1	14.0	14.1	14.1

표 4. 식물체내 P₂O₅ 함량(g kg⁻¹)

처리내용	이양후 30일			60일		
	2013	2014	평균	2013	2014	평균
1. 표준시비(대조)	5.4	6.5	6.0	6.0	6.0	6.0
2. 무처리	5.0	6.1	5.6	5.4	5.6	5.5
3. 복비 80%	5.4	6.4	5.9	5.9	6.1	6.0
4. 복비 80%+수비	5.3	6.5	5.9	5.8	6.1	6.0
5. 복비 100%	5.6	6.8	6.2	6.2	6.3	6.3

표 5. 식물체내 K₂O 함량(g kg⁻¹)

처리내용	이양후 30일			60일		
	2013	2014	평균	2013	2014	평균
1. 표준시비(대조)	25.4	30.7	28.1	24.8	27.5	26.2
2. 무처리	23.7	28.6	26.2	22.9	25.6	24.3
3. 복비 80%	25.9	30.6	28.3	25.2	27.4	26.3
4. 복비 80%+수비	25.8	30.6	28.2	25.3	27.5	26.4
5. 복비 100%	26.6	31.2	28.9	26.0	28.3	27.2

라. 식물체 건물중 및 질소흡수이용율 변화

며 식물체의 건물중 및 질소흡수이용율 변화를 조사한 결과는 표 6, 7과 같다. 질소흡수이용율은 복비의 시용량이 증가할수록 감소하는 경향이었으며, 대조구의 건물중과 비슷한 복비의 시용수준은 80%+수비, 100% 시용구이었다.

표 6. 식물체 건물중(Mg ha⁻¹)

처리내용	이양후 30일			60일			140일		
	2013	2014	평균	2013	2014	평균	2013	2014	평균
1. 표준시비(대조)	1.37	1.00	1.19	3.22	5.43	4.33	12.44	12.52	12.48
2. 무처리	0.57	0.35	0.46	1.77	2.30	2.04	9.01	9.20	9.11
3. 복비 80%	1.36	0.99	1.18	3.20	5.34	4.27	10.99	10.86	10.93
4. 복비 80%+수비	1.37	1.00	1.19	3.21	5.39	4.30	12.52	12.58	12.55
5. 복비 100%	1.51	1.04	1.27	3.64	5.68	4.66	12.62	12.30	12.46

표 7. 식물체 질소흡수이용율(%)

처리내용	이양후 30일			60일			140일(수확기)		
	2013	2014	평균	2013	2014	평균	2013	2014	평균
1. 표준시비(대조)	19	16	18	28	26	27	31.1	32.3	31.7
2. 무처리	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. 복비 80%	19	15	17	27	27	27	22.8	21.9	22.4
4. 복비 80%+수비	19	15	17	27	26	27	30.2	32.6	31.4
5. 복비 100%	19	14	17	30	25	28	31.4	30.2	30.8

마. 토양 중 화학성 변화

토양 중의 $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{Av.P}_2\text{O}_5$, Ex-K 양분함량은 복비의 시용량이 증가할수록 높은 함량을 보였으며 식물체 중의 양분함량과 건물중과 같은 경향으로 대조구와 대등한 복비의 시용수준은 80%+수비, 100% 시용구이었다(표 8, 9, 10).

표 8. 토양 중 $\text{NH}_4^+\text{-N}(\text{mg kg}^{-1})$ 변화

처리내용	이양후 30일			60일		
	2013	2014	평균	2013	2014	평균
1. 표준시비(대조)	21.3	13.0	17.2	2.9	2.5	2.7
2. 무처리	9.9	6.7	8.3	2.3	1.7	2.0
3. 복비 80%	21.6	9.7	15.7	2.7	2.5	2.6
4. 복비 80%+수비	22.2	11.3	16.8	2.7	2.6	2.7
5. 복비 100%	33.9	16.0	25.0	3.0	2.8	2.9

표 9. 토양 중 $\text{Av.P}_2\text{O}_5(\text{mg kg}^{-1})$ 변화

처리내용	시험전	이양후 30일			60일			140일(시험후)		
		2013	2014	평균	2013	2014	평균	2013	2014	평균
1. 표준시비(대조)	33	39	47	43	35	45	40	31	43	37
2. 무처리	33	36	43	40	26	41	34	28	36	32
3. 복비 80%	33	37	47	42	31	45	38	30	47	39
4. 복비 80%+수비	33	38	49	44	30	47	39	30	47	39
5. 복비 100%	33	40	49	45	36	48	42	33	48	41

표 10. 토양 중 $\text{Ex-K}(\text{cmol kg}^{-1})$ 변화

처리내용	시험전	이양후 30일			60일			140일(시험후)		
		2013	2014	평균	2013	2014	평균	2013	2014	평균
1. 표준시비(대조)	0.27	0.30	0.44	0.37	0.30	0.43	0.37	0.25	0.31	0.28
2. 무처리	0.27	0.27	0.41	0.34	0.26	0.40	0.33	0.23	0.28	0.26
3. 복비 80%	0.27	0.36	0.45	0.41	0.32	0.44	0.38	0.25	0.34	0.30
4. 복비 80%+수비	0.27	0.36	0.46	0.41	0.31	0.45	0.38	0.25	0.34	0.30
5. 복비 100%	0.27	0.37	0.49	0.43	0.35	0.48	0.42	0.26	0.35	0.31

바. 메탄 배출량

벼 재배기간 중 대조구의 일 평균 메탄 배출량 $1.74\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ 에 비해 개발비료인 복비 80% 시용구에서는 $1.30\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ 으로 25% 감소하였으나 대조구와 질소 투입량이 같은 복비 80%+수비20% 시용구와 복비 100% 시용구에서는 $1.58\sim 1.72\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ 으로 대조구와 현저한 차이가 없었다(그림 3).

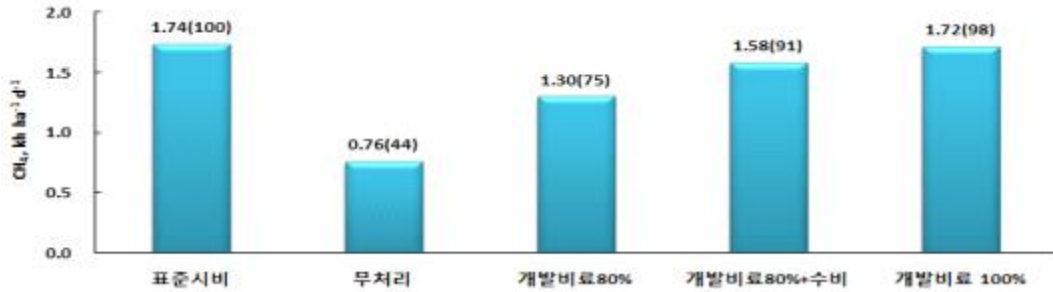


그림 3. 벼 재배기간 중 일 평균 메탄 배출량

사. 수량구성요소 및 쌀 수량

쌀 수량은 2013년도에는 대조구인 3요소 표준시비구의 4.79Mg ha^{-1} 에 비해 복비 80% 시용구는 4.16Mg ha^{-1} 으로 13% 감소하였으나 복비 80%+수비, 복비 100% 시용구들과는 차이가 없었다. 2014년의 경우도 2013년 같은 경향으로 대조구 5.12Mg ha^{-1} 에 비해 복비 80% 시용구에서는 15% 감소하였으나 복비 80%+수비, 복비 100% 시용구들과는 차이가 없었다(표 11). 따라서 회화계분을 이용하여 제조한 화학비료는 질소 90kg ha^{-1} 해당량을 100% 기비로 1회만 사용하거나 80%(N 72kg ha^{-1})를 기비로 주고 수비 20%(N 18kg ha^{-1})는 질소질비료를 사용하면 되리라 생각된다.

표 11. 수량구성요소 및 쌀수량

처리내용	수수 (개 주 ⁻¹)			수당입수 (개)			등숙율 (%)			쌀수량 (Mg ha ⁻¹)		
	'13	'14	평균	'13	'14	평균	'13	'14	평균	'13	'14	평균
1. 표준시비(대조)	16.3	17.4	16.9	76.1	74.2	75.2	96.9	96.4	96.7	4.79a	5.12a	4.96
2. 무처리	12.4	12.2	12.3	68.5	66.0	67.3	95.4	97.3	96.4	3.39c	3.68c	3.54
3. 복비 80%	16.0	15.6	15.8	71.5	72.0	71.8	96.3	96.0	96.2	4.16b	4.36b	4.26
4. 복비 80%+수비	16.2	17.6	16.9	75.4	74.8	75.1	96.5	96.1	96.3	4.72a	5.15a	4.93
5. 복비 100%	16.5	18.0	17.3	75.3	71.2	73.3	96.8	95.3	96.1	4.73a	5.02a	4.88

CV(%)-----1.8--3.4

4. 적요

본 연구는 벼 재배시 회화계분을 이용하여 제조한 화학비료의 시비반응을 검토하여 시비기준을 설정코자 수행한 결과이다.

- 가. 2014년 5월 20부터 10월 10일까지의 평균기온은 23.3℃로 평년과는 대등하나 전년에 비해서는 0.8℃ 낮았음
- 나. 강우량은 599.0mm로 전년 대비 198.1mm, 평년 대비 541.2mm 적었음
- 다. 3요소 표준시비인 대조구와 생육 및 식물체중의 양분함량이 대등한 개발비료의 시용수준은 복비 80%+수비 20% 시용구이었음
- 라. 벼 수확기 식물체 질소흡수이용율은 복비 80% 시용구에서 다소 떨어지는 경향임
- 마. 벼 수확후 복비 시용구의 토양중 양분함량은 대조구와 차이 없이 대등하였음
- 바. 대조구의 쌀수량과 복비 80%+수비, 복비 100% 시용구들간에 차이가 없었음

5. 인용문헌

- 김종구, 이경보, 이덕배. 1996. 밭토양에서 가축분시용에 의한 화학비료 대체 효과시험. 호남농업시험장 시험연구보고서. 416-423.
- 농촌진흥청 농업과학기술원. 2002. 토양 및 식물체 분석법.
- 박우균, 송요성, 전희중, 정규석, 정병간, 이기상. 2008. 논토양에서 가축분 퇴비와 화학비료 병용시 시비기준 설정. 농업과학기술원 시험연구보고서. 1109-1122.
- 송요성, 곽한강, 현병근, 연병열, 김필주. 2001. 논토양검정에 의한 토성별 돈분퇴비 적정 시용량 결정. 한국토양비료학회. 34(4) : 265-272.
- 이상규, 김석철, 엄명호. 1998. 가축분퇴비를 이용한 성형부산물 비료 개발. 농업과학기술원 시험연구보고서. 673-679.
- 조광래, 양장석, 원선이. 1998. 가축분 발효퇴비 사용량별 화학비료 절감효과 구명시험. 경기도농업기술원 시험연구보고서. 500-502.

6. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도
회화축분이용 벼 재배 화학비료 개발	책임자	농업기술원 작물연구과	농업연구사	원태진	세부과제총괄	'14
	공동연구자	"	농업연구사	김대균	생육조사	'14
		"	농업연구사	주옥정	생육조사	'13~'14
		"	농업연구관	조광래	토양분석	'13~'14
		총무과	"	최병열	과제수행	'13
"	"	"	박인태	시험자문	'13~'14	