

과제구분	기관프로젝트	code : LS0201	수행구분	전반기	연구기간	'00 ~ 2001(완결)
연구과제명	친환경 농업기술 개발 연구				과제책임자	사 종 구
세부과제명	벼에 대한 가축분뇨 발효액비 시용적량 구명 시험					
연구원별 임무						
구분	소속	성명	담당임무			
세부과제책임자	북부농업시험연구팀	최강준	연구과제 총괄수행			
공동연구자	"	김두열	설계, 조사 및 결과 검토			
	"	강안석	식물체 분석 및 결과 검토			
	철원군농업기술센터	김창수	포장선정, 시료채취, 포장관리			
색인용어	벼, 가축분뇨 발효액비, 시용량					

1. 연구배경

전통적인 소규모 부업형 축산에서 기업형, 전업형으로 축산업의 개별 규모가 대규모화됨에 따라 방출되는 축산폐수는 하천의 오염원으로 작용하게 된다. 그러나 축산분뇨는 많은 유기물을 함유하고 있어 이용하는 방법에 따라 작물생육에 필요한 비료성분을 공급하는 유기성 자원으로 활용될 수 있다. 특히 처리비용이 많이 드는 돈 분뇨는 질소, 인산, 가리 등 비료성분을 다량 함유하고 있어 활용가치가 높다(김창길 1999).

철원군 관내 돈, 분뇨 연간 발생량은 34만여톤이고 현재 돈 분뇨를 저장 발효시킬 수 있는 액비저장탱크가 200여기가 설치되어 있어 여기서 생산되는 액비는 연간 17,400M/T이다. 그러나 현재 철원지역내 토양별, 적정 시용량 및 추비비용에 대한 정확한 기준설정이 제시되어 있지 못하고 농가들이 임의로 사용함으로써 토양 및 수질오염의 문제점이 있어(윤순강 등 1993, 김은호 등 1997), 이의 적정한 사용 방법 및 시용량에 대한 연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

사양질 토양의 시험포장으로는 철원군 김화읍 청양리에 위치한 북부농업시험장 시험포장을 사용하였고, 식질 토양의 시험포장은 철원군 이평읍 장흥리에 위치한 철원군농업기술센터의 시험포장을 사용하였다. 시험품종으로 오대벼를 사용하였고, 4월 20일 파종하여 5월 20일 기계이앙하였다. 재식밀도는 30×12cm에 4~5본 정도로 하였다. 시험구는 토양별 단구제로 조사 3반복을 하였다. 가축분뇨는 발효액비저장탱크에서 6개월이상 발효된 돈분발효액비를 사용하였으며, 사용 돈분발효액비의 비료성분은 표1과 같다. 시험구별 시용량은 액비내 질소성분을 기준으로 9, 11, 16.5kg/10a를 기비로 이앙 일주일전에 시용하고, 추비 처리구는 화학비료를 이용 가지거름으로 질소 2kg/10a을, 이삭거름으로는 질소와 가리를 각각 2kg/10a씩 시용하였다. 대조구는 N, P₂P₅, K₂O를 각각 11, 6.4, 7.8kg/10a씩 농촌진흥청 표준경종법에 준하여 시용하였다. 시험전 공시토양의 이화학적 성질은 표2과 같으며 기타 조사방법은 농촌진흥청 시험연구 조사기준에 준하였다. 가축분뇨 발효액비 시용량별 침출수 분석을 위한 시료 채취는 액비살포전 60cm 깊이 에 침출수 채취봉을 설치하여 액비살포후 10일간격으로 3회 채취하여 농업과학기술원 농업용수

수질분석법에 준하여 성분분석을 하였다. 작물 생육기에 따른 영양 흡수 양상을 검토하고자 생육시기별로 식물체를 채취하여 무기성분을 분석하였다. 분석시료는 분얼기(7.11), 출수기(8.1), 등숙초기(8.16), 등숙말기(9.5)로 나누어 처리별 균일하게 자란 식물체를 3주씩 취하여 80℃ dry oven에 48시간 건조시킨후 부위별로 마쇄하여(IKA, MF10모델) 분석하였다. 시료를 0.5g씩 평량하여 습식분해(Tecator, 2020 Digestor)를 하였으며, 분해액을 200배로 희석하여 농과원 표준분석법으로 질소, 인산, 가리, 칼슘, 마그네슘 등을 분석하였다.

표 1. 가축분뇨 발효액비 성분 분석

구 분	pH	Total-N	P ₂ O	K ₂ O
돈분 발효액비	7.9	0.36%	0.24%	0.34%

표 2. 시험전 토양의 이화학성 분석

토양종류	pH	EC (ds/m)	O.M (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	치환성 양이온(cmol(+)/kg)		
					Ca	K	Mg
사양질	5.51	0.175	1.7	457	6.542	0.607	1.093
식 질	5.12	0.295	1.6	66	7.141	0.752	2.872

3. 결과 및 고찰

가. 발효액비 시용량에 따른 침출수 분석

침출수에서의 질산태 질소와 암모늄태 질소는 액비시용후 20일 경에 최고치를 보였고 시용량별 성분분석치는 표 3과 같다. 질소기준으로 가축분뇨 발효액비 16.5kg/10a까지는 표준재배와 비교하였을 때 사양질과 식질 토양 모두에서 유의성이 없었으며, 측정치도 질산태 질소와 암모늄태 질소 성분 함량이 각각 1.59mg/l, 0.13mg/l이하로 국내 먹는 물 수질 기준의 질산성 질소와 암모니아성 질소의 기준치인 10.0mg/l과 0.5mg/l이하로 나타나, 가축분뇨 발효액비 16.5kg/10a 시용까지는 문제없었다.

표 3. 토양별, 처리별 침출수 분석

토 양	시 용 량 (kg/10a)	pH	EC (ds/m)	N(ppm)	
				NO ₃ -N	NH ₃ -N
사양질	표준재배	7.2	0.577	1.44a*	0.08
	액비 9	7.5	0.597	1.37a	0.10
	액비 11	7.2	0.683	1.59a	0.07
	액비 16.5	7.0	0.400	1.17a	0.05
식 질	표준재배	6.9	0.470	1.03a	0.07
	액비9kg	6.4	0.507	1.02a	0.05
	액비11kg	6.7	0.547	1.31a	0.04
	액비16.5kg	6.8	0.557	1.21a	0.13

* : DMRT(.05)

※ 침출수는 액비살포 20일후 지하 60cm 깊이에서 채취

나. 시용량별 벼 생육비교

사양질 토양에서의 시용량별 벼의 생육은 표 4와 같다. 특히 엽록소 함량은 그림 1에서와 같이 최고분얼기까지는 시용량별 함량차이에 유의성이 없으나 출수기에 이르면 추비 무시용구에서 엽록소 함량 감소가 두드러져 비절현상을 보였다. 등숙기의 간장 길이는 시용량이 증가할수록, 추비를 사용할수록 증가하였고, 가축분뇨 발효액비 16.5kg/10a+추비 시용구에서는 84.4cm로 도복 가능성이 높았다.

표4. 사양질 토양에서 처리별 벼 생육비교

구분	처리명	엽록소 (SPAD)		최고분얼기		등숙기			도복 지수
		최고 분얼기	출수기	초장 (cm)	주당경수 (개)	간장 (cm)	수장 (cm)	수수 (개)	
본년	표준재배	40.8	38.5	51.3	20.3	78.1b ¹⁾	19.9	17.4	0
	액비*9kg+추비**	41.8	36.6	53.0	21.7	78.9b	19.0	18.6	0
	액비 11kg	40.3	34.0	52.4	21.3	76.3b	18.8	16.6	0
	액비11kg+추비	41.9	38.3	56.5	23.7	80.5ab	19.8	18.9	0
	액비 16.5kg	41.6	36.7	55.0	21.3	79.9ab	19.1	17.2	0
	액비16.5kg+추비	41.6	38.6	56.6	22.4	84.4a	19.3	19.2	0
누년	표준재배	41.3	37.7	58.7	23.0	73.3	20.0	18.5	0
	액비9kg+추비	41.5	35.8	57.0	21.8	74.5	19.6	17.9	0
	액비 11kg	40.8	32.9	56.8	21.5	72.1	18.7	16.3	0
	액비11kg+추비	41.5	37.7	58.9	23.0	76.0	20.2	18.1	0
	액비 16.5kg	41.5	34.0	58.5	22.9	74.4	18.9	17.1	0

♪ : DMRT(.05)

* : 돈분 발효액비 기비(10a당 질소기준)

** : 화학비료 추비(질소기준으로 4kg/10a)

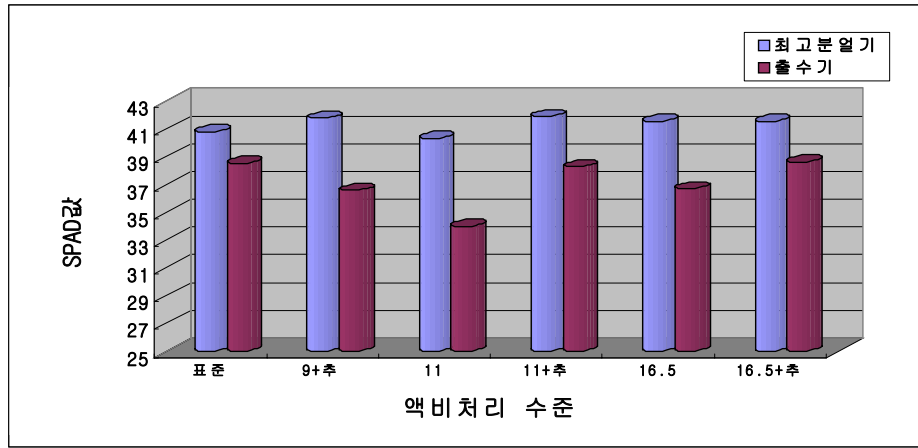


그림 1. ()

식질 토양에서의 시용량별 벼의 생육은 표 5와 같다. 시용량과 추비 시용에 따른 생육변화는 대체적으로 사양질 토양과 유사한 경향을 보였다.

표 5. 식질 토양에서 처리별 벼 생육비교

연차	처리명	엽록소 (SPAD)		최고분얼기		등숙기			도복지수
		최고분얼기	출수기	초장 (cm)	주당경수 (개)	간장 (cm)	수장 (cm)	수수 (개)	
본년	표준재배	39.8	37.6	52.0	19.1	74.2c [♪]	20.1	13.3	0
	액비9kg+추비	40.7	37.3	54.9	20.4	76.3bc	19.5	15.4	0
	액비 11kg	40.4	37.4	54.4	20.3	74.3c	19.5	14.8	0
	액비11kg+추비	40.4	38.1	57.3	20.8	78.5ab	19.9	16.9	0
	액비 16.5kg	41.8	36.9	59.7	21.3	78.3ab	19.8	15.7	0
	액비16.5kg+추비	41.6	39.4	61.1	22.9	80.4a	20.1	17.7	5
누년	표준재배	40.2	37.4	58.9	21.8	74.4	20.0	15.0	0
	액비9kg+추비	40.4	36.8	59.9	20.8	75.2	19.7	15.9	0
	액비 11kg	39.9	35.9	60.4	21.2	74.2	19.0	15.7	0
	액비11kg+추비	40.6	37.6	61.8	22.4	77.2	19.9	17.0	0
	액비 16.5kg	40.8	35.9	62.8	22.4	75.4	19.7	16.3	0

♪ : DMRT(.05)

다만 간장의 변화만을 토양별, 시용량별 그림으로 나타내 보면 그림 2과 같다. 공시토양 모두에서 가축분뇨 발효액비 16.5kg/10a+추비 시용구에서 간장의 길이가 뚜렷하게 증가하여 도복 가능성이 높아짐을 알수 있다.

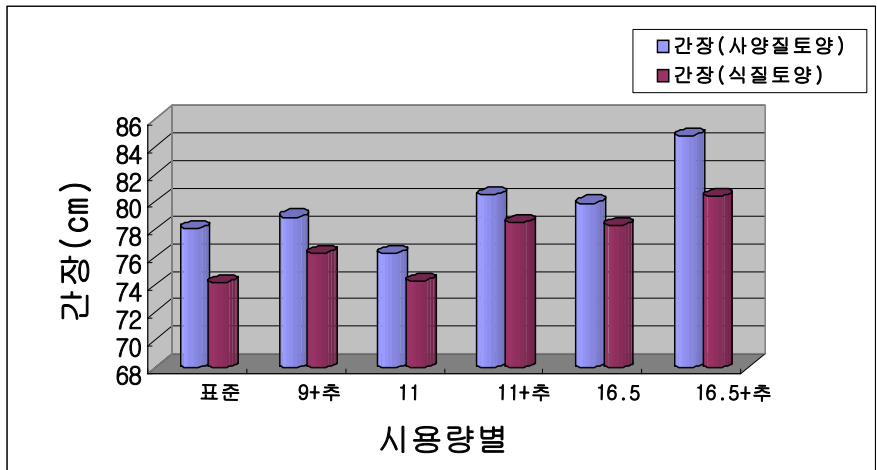


그림 2. 시용량별 간장의 변화

다. 시용량별 수량구성요소 및 수량 비교

사양질 토양에서의 수량구성요소 및 수량조사는 표 6과 같다. 사양질 토양에서 추비 무시용구는 가축분뇨 발효액비 16.5kg/10a에도 10%이상의 쌀 수량 감소를 보여 무시용에 의한 비절현상을 보였다. 또한 추비구에서도 가축분뇨 발효액비 9kg/10a 이하에서는 5~10%의 쌀수량의 감소를 보였다.

표 6. 사양질 토양 액비시용 수준별 수량구성요소 및 수량비교

연차	처리명	수수 (개)	수당립수 (개)	임실율 (%)	등숙비율 (%)	현미천립중 (g)	쌀수량 (kg/10a)	수량 지수
본년	표준재배	17.4	77.2	92.2	88.3	24.2	577abc [♪]	100
	액비9kg+추비	18.6	65.2	91.4	80.8	24.3	520bc	90
	액비 11kg	16.6	61.1	91.2	89.3	23.4	428d	74
	액비11kg+추비	18.9	74.1	93.1	83.5	24.0	598a	104
	액비16.5kg	17.2	71.3	91.9	88.4	23.8	508c	88
	액비16.5kg+추비	19.2	72.7	93.5	78.0	23.6	589ab	102
누년	표준재배	18.5	71.1	91.3	87.9	24.5	536	100
	액비9kg+추비	17.8	70.5	92.6	81.3	24.8	510	95
	액비 11kg	16.2	63.3	93.2	89.5	24.0	432	81
	액비11kg+추비	18.1	74.7	94.0	84.2	24.5	561	105
	액비16.5kg	17.0	69.7	93.0	87.1	24.5	485	90

♪ : DMRT(.05)

식질 토양에서의 수량구성요소 및 수량조사는 표 7과 같다. 식질 토양에서도 무시용구에서의 쌀수량 감소는 사양질 토양과 유사한 경향을 보였으나, 가축분뇨 발효액비 9kg/10a + 추비구의 수량감소는 사양질 토양에서와 달리 유의적인 감소는 나타나지 않았다.

표 7. 식질 토양에서 액비시용 수준별 수량구성요소 및 수량비교

연차	처리명	수수 (개)	수당립수 (개)	임실율 (%)	등숙비율 (%)	현미천립중 (g)	쌀수량 (kg/10a)	수량 지수
본년	표준재배	13.3	74.9	93.0	88.1	24.6	477cd [♪]	100
	액비9kg+추비	15.4	78.1	90.0	75.7	24.1	538ab	113
	액비 11kg	14.8	66.9	90.2	83.4	23.4	443d	93
	액비11kg+추비	16.9	75.2	90.3	80.2	23.2	546ab	114
	액비16.5kg	15.7	71.5	92.9	77.7	23.9	509bc	107
	액비16.5kg+추비	17.7	74.6	89.0	88.1	23.7	572a	120
누년	표준재배	15.0	70.7	90.7	85.9	24.5	457	100
	액비9kg+추비	15.9	72.3	90.2	78.6	24.2	482	105
	액비 11kg	15.7	63.8	89.7	83.2	23.9	427	93
	액비11kg+추비	17.0	69.8	89.9	83.6	23.8	505	110
	액비16.5kg	16.3	66.8	92.1	80.4	24.0	466	102

♪ : DMRT(.05)

라. 벼 생육시기별 무기영양 흡수 양상 분석

사양질 토양에서의 양분흡수 양상을 보면 표 8과 같다. 질소의 경우 처리에 관계없이 분얼기에 가장 함량이 높았으며 액비시용량이 많을수록 함량도 따라 증가하였다. 윤 등 (1996)에 의하면 질소량이 많아지면 5절간의 신장율이 증가하여 도복지수가 3.5로 높아진다고 하였다. 따라서 액비시용량을 질소 시용량 기준 11kg 이상 시용하는 것은 도복, 미질 측면에서 좋지 않을 것으로 판단된다. 인산의 경우 처리별 관계없이 출수기까지 그 함량이 높았고, 후기에는 감소경향을 보였으며, 처리간에는 대차없었다. 식질 토양에서의 양분흡수 양상도 표 9와 같이 사양질 토양에서와 유사한 경향을 보였다.

표 8. 사양질 토양 액비수준별 생육시기에 따른 무기 영양 분석 (단위 : mg/l)

처리	분얼기(7. 11)						출수기(8. 1)						SiO ₂ /N
	T-N	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	T-N	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	
표준	1.81	5.5	0.69	2.76	0.34	0.24	1.52	8.5	0.85	2.81	0.34	0.31	5.59
액비9+추비	1.89	5.6	0.69	3.24	0.20	0.24	1.69	7.2	0.85	3.12	0.45	0.37	4.26
액비11	2.04	5.6	0.83	3.46	0.28	0.24	1.95	6.7	0.74	2.85	0.30	0.27	3.43
액비11+추비	2.07	6.4	0.81	3.38	0.28	0.24	2.00	6.9	0.78	2.87	0.34	0.34	3.45
액비16.5	2.22	6.3	0.81	3.77	0.30	0.24	2.11	7.0	0.78	2.83	0.42	0.31	3.32

처리	등숙초기(8. 16)						등숙말기(9. 5)						SiO ₂ /N
	T-N	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	T-N	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	
표준	1.29	5.8	0.74	2.09	0.39	0.34	0.83	5.3	0.51	1.30	0.17	0.17	6.39
액비9+추비	1.34	5.7	0.74	2.35	0.39	0.37	0.88	5.2	0.44	1.37	0.17	0.14	5.91
액비11	1.35	6.0	0.62	1.85	0.25	0.30	0.80	5.2	0.48	1.37	0.14	0.17	6.50
액비11+추비	1.51	6.3	0.60	2.09	0.34	0.31	0.80	5.4	0.51	1.35	0.25	0.24	6.75
액비16.5	1.29	6.3	0.69	1.85	0.25	0.27	0.89	4.6	0.60	1.40	0.25	0.23	5.17

표 9. 식질 토양에서 액비시용 수준별 수량구성요소 및 수량비교 (단위 : mg/l)

처리	분얼기(7. 11)						출수기(8. 1)					
	T-N	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	T-N	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
표 준	2.57	4.5	0.83	4.08	0.28	0.34	1.77	4.0	0.74	2.76	0.48	0.34
액비9+추비	2.48	4.3	0.87	4.10	0.36	0.34	1.78	4.9	0.78	2.81	0.45	0.37
액비11	2.50	4.5	0.87	3.77	0.25	0.24	2.13	5.3	0.83	3.12	0.48	0.41
액비11+추비	2.65	4.5	0.81	3.80	0.34	0.34	1.96	4.3	0.81	3.19	0.50	0.37
액비16.5	2.28	5.0	0.76	3.98	0.31	0.27	2.00	4.3	0.74	2.88	0.45	0.41

처리	등숙초기(8. 16)						등숙말기(9. 5)					
	T-N	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	T-N	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
표 준	1.26	5.2	0.62	1.56	0.36	0.20	0.88	4.7	0.41	1.22	0.25	0.24
액비9+추비	1.40	4.4	0.69	1.94	0.27	0.27	0.95	4.5	0.44	1.46	0.20	0.20
액비11	1.50	4.2	0.64	1.92	0.27	0.27	1.06	4.5	0.55	1.70	0.20	0.24
액비11+추비	1.59	4.7	0.62	2.02	0.36	0.34	0.90	4.8	0.44	1.68	0.24	0.24
액비16.5	1.54	4.0	0.69	2.30	0.25	0.32	1.05	5.2	0.53	1.49	0.29	0.27

4. 적 요

철원지방의 가축분뇨 발효액비 이용 시용량 구명시험의 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 가축분뇨 발효액비(돈분뇨)의 성분을 보면 질소 0.36%, 인산 0.24%, 가리 0.34%로 다량의 비료 성분을 함유하고 있고, 시용량별 침출수 성분분석에서도 질소성분 기준 16.5kg/10a까지는 먹는 물 수질분석 기준 이하로 침출되어 벼에 대한 비료자원으로 활용이 가능하였다.

나. 추비 무시용에 의한 수량감소는 사양질(△12~26%), 식질(△7%) 토양 모두 나타났으며, 가축분뇨 발효액비 16.5kg/10a+화학비료 추비 시용구에서는 도복 가능성이 높았다.

다. 가축분뇨 발효액비의 적정 시용량은 사양질 토양에서는 질소성분 기준으로 11.0kg/10a+화학비료 추비 4kg/10a이, 식질 토양에서는 발효액비 9.0~11.0kg/10a+화학비료 추비 4kg/10a를 사용하는 것이 수량 및 안정생산에 유리하였다.

5. 인용문헌

김창길 (1999) 축산의 경제성과 환경성 비교유위를 토대로 한 축산분뇨정책의 경제적 효율성 제고 방안. 국회환경포럼, 「축산분뇨관리 정책토론회 자료」, 1~30.

윤순강, 유순호 (1993) 토양중 질산태질소의 행동과 지하수질. 한국환경농학회지 12 : 3, 281~297.

김은호, 김형석, 성낙창, 허중수 (1997) 사용종료매립지에서 시간경과에 따른 침출수의 특성. 한국환경농학회지. 16 : 2, 136~141.

김정제, 홍병주, 고용균 (1991) 축산폐기물의 이용에 관한 연구 : 가축분뇨가 토양화학성 및 옥수수 생육에 미치는 영향. 한국토양비료학회지. 24 : 2, 137~143.

윤세영, 이상규 (1992) 가축 분뇨 발효시 악취가스 생성억제제 시용 효과에 관한 연구. 한국토양비료학회지. 25 : 1, 62~69.

윤봉기, 박인진, 김희선, 허봉구, 유인수 (1996) 벼 간척담 무경운 어린 묘 기계이앙 재배시 질소 시비량 및 시비법. 농업논문집. 38 : 2, 285~290.

6. 연구결과 활용 제목

벼에 대한 토양별 가축분뇨 발효액비 시용량 및 추비 효과 (영농활용)