

벼 생육, 수량과 품질에 대한 돈분액비와 화학비료 사용 효과

권영립* · 김 주 · 안병구 · 이상복¹

전라북도농업기술원, ¹농촌진흥청 국립식량과학원
(2009년 9월 3일 접수, 2010년 1월 5일 수리)

Effect of Liquid Pig Manure and Synthetic Fertilizer on Rice Growth, Yield, and Quality
Young-Rip Kwon*, Ju Kim, Byung-Koo Ahn and Sang-Bok Lee¹(Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan, 570-704, Korea, ¹Department of Rice and Winter Cereal Crop NICS, RDA, Korea)

We have researched the changes in nutrient content in each phase of fermentation in crops treated with liquefied pig fertilizer, and have determined the best method for applying livestock excrement to cultured crops. In the execution of this experiment, rice was cultivated to full maturity at a paddy field in Jeollabuk-Do Agriculture Research and Extension Services(Jeon-buk series) from 2007 to 2008. The rice plant nitrogen absorption quantity change, according to the growth stages of the cultivated rice, was 20.3% in the rice treated with the liquid pig manure and 22.2% the chemical fertilizer at highest congelation. The chemical fertilizer showed a higher absorption quantity than the liquid manure compost. The nitrogen density at highest congelation was 1.5% in the chemical fertilizer, and 1.8% in the pig manure liquid compost not a significant difference. The stem height at harvest time was 73.8 cm in the crops treated with the liquid pig manure compost. Those treated with the chemical fertilizer, yielded a height of 4.2 cm less than the crops treated with the liquid pig manure compost. The yield was 507 kg/10a in the liquid pig manure compost treated rice, compared with the chemical fertilizer, which showed a value of 1.2% lower. The protein content was 6.3% in the rice treated with the chemical fertilizer, but 6.4% in the rice treated with the liquid pig manure compost. This is not a significant difference. However, the lodging rice plant treated with the chemical fertilizer control showed a protein content of 6.8%, which was even higher than the normal rice. The head rice ratio in the brown rice and the polished rice ended up to be lower in the crop treated with the liquid pig manure than that treated with the chemical fertilizer. Quality, the palatability value, was similar in both groups. The above result indicate that, the effect of liquid pig manure compost corresponds to the effect of chemical fertilizer, when each are scattered uniformly.

Key Words: Livestock liquid manure, Paddy field, Rice yield, Rice quality

서 론

국내의 가축분뇨 자원화율은 83%이며 이중 퇴비화가 가장 높은 비중을 차지하고 있으나 퇴비화시 다량의 수분조절제가 소요되는 등 경제적 부담이 크기 때문에 저장 액비화에 의한 이용방안이 요구되고 있다. 액비화 방안은 축산 농가의 가축 분뇨처리비용 절감, 경종농가의 화학비료 절감 및 가축 분뇨 유출에 의한 환경오염 방지 등의 장점을 가지고 있어 액비 사용 농가를 늘릴 필요가 있다.

우리나라의 경우 비료로서 가축분뇨의 체계적인 관리가 부족하여 이용도는 낮고 환경에 미치는 부담은 높은 편이다. 또한 가축사육을 위하여 똥짚을 수거하여 사료로 이용하기 때문에 토양의 지력 약화로 농업생산성이 저하되고, 친환경 농업의 실천도 불가능하게 하는 원인이 될 수 있다. 가축분뇨를 농경지에 환원하는 것은 식물 영양공급은 물론 토양 비옥도 유지, 화학비료 사용량 절감, 환경보전 측면에서 대단히 중요하다. 그러나 농경지에 무분별하게 사용하면 가축분뇨에 함유된 성분들에 의해 작물 피해는 물론 생산기반인 토양과 수질환경에 나쁜 영향을 초래할 수도 있다. 특히 겨울철에 가축분뇨의 액비사용은 토양으로부터 유실 등 환경에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 녹비작물 등을 경작하는 경우도 있다. 가축분뇨는 각종 영양분과 미량요소를 작물에 공급해

*연락처:

Tel: +82-63-290-6081 Fax: +82-63-290-6198
E-mail: kyrkwon@jbares.go.kr

주요 농작물 품질 향상에 도움을 줄 수 있으나 적량으로 균일하게 살포하지 않으면 문제가 발생하거나, 수질오염원이 될 수도 있다.

가축분뇨의 발생량은 생활오수나 산업폐수 등에 비해 적지만 고농도의 유기물질을 함유하고 있어 환경오염 부하량은 상대적으로 높은 비중을 차지하고 있으며, 질소와 인에 의해 지표수 및 지하수의 오염, 과다 사용시 토양염류 집적, 사료 첨가제에 사용되는 구리, 아연, 납 등에 의한 중금속 오염 등이 문제로 대두되고 있다.

가축분뇨 액비를 과다 사용하면 조공극량이 감소되고 투수성 저하와 견지성이 악화되어 토양 물리성이 나빠지므로 적당량 사용하는 것이 토양의 물리화학적 특성 개선에 중요하다(Ushio et al., 2000). 가축분뇨액비의 다량사용은 토양 산화환원 전위가 낮아져 유해물질이 생성되고, 벼 재배시 질소흡수량이 증가되어 도복발생의 원인이 될 수 있고, 잉여양분은 물의 이동에 따라 수계의 오염원이 되기 때문에 적량사용이 중요하다.

가축분뇨 이용에 관련된 연구로는 가축분뇨의 성분조성(Xie and Mackenzie, 1986), 가축분뇨의 질소 무기화(Bernal and Kirchman, 1992; Douglas and Magdoff, 1991; Paul and Beauchamp, 1995), 작물에서의 사용효과(Anderson and Peterson, 1973), 가축분뇨 형태별 사용량(Jokela, 1992), 가축분뇨 액비의 사용방법(Legg and Meisinger, 1982; Meek, 1982) 및 가축분뇨 사용에 따른 질소의 용탈(Beauchamp et al., 1983; Xie and Mackenzie, 1986)에 관한 연구들이 수행되었다.

돈분뇨를 이용하여 저농도 액비를 제조하는 방법은 톱밥과 왕겨를 충전하여 슬러리 액비를 첨가 발효시켜 제조하는 SCB(Slurry composting & biofiltration)법, 가축분뇨 슬러리 액비를 정화처리공정의 중간단계에서 입수하여 활용하는 방법 그리고 슬러리 액비를 저장탱크로부터 6개월 이상 발효하는 동안 단계적으로 상등액으로부터 회수하여 활용하는 방법 등이 있는데 이들 중 마지막 후자에 관한 제조시 성분변화 및 이를 이용한 작물 재배법에 대하여는 지금까지 검토한 바가 없다.

따라서 본 연구는 돈분뇨를 6개월 이상 저장 발효하여 완전 숙성시킨 저농도 액비를 사용하여 벼 재배에 활용할 수 있는 기반을 수립하기 위해 화학비료와 비교하여 사용효과를 검토한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

본 시험은 전라북도농업기술원 시험포장(전북통)에서 2007년과 2008년에 수행하였다. 토양시료는 액비를 살포하기 직전에 채취하였다. 본 시험에서 사용한 돈분액비는 전북 익산시 왕궁면 온수리 비육돈 농장에서 약 6개월간 계단식 발효조에서 상등액을 이동시키면서 부숙시킨 것을 사용하였으며 그 성분은 Table 1과 같다. 한편, 각 단계별로 시료를 10월 17일에 채취하여 일반성분과 중금속 함량의 변화를 조사하였다. 각 단계는 고액분리 전을 1단계, 고액분리 후 숙성탱크에 옮겨진 것을 2단계 그리고 2개월 단위로 발효조를 옮긴 상등액을 3단계 그리고 4단계로 구분하여 분석하였다. 그 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다.

돈분액비를 벼 재배에 이용하는 방안을 모색하기 위해서 3단계와 4단계에서 발효된 액비를 벼 재배에 필요한 기비와 수비용으로 각각 사용하였다. 이때 기비는 화학비료 질소검정시비량 대비 70%를 이양전 15일에 사용한 후, 남평벼를 산파용 상자 한 개에 120 g씩 파종하여 어린모로 육묘하고, 2007년과 2008년 5월 22일에 재식거리 30 x 14 cm로 기계 이양하였다. 수비는 유수형성기에 나뉘어 30%를 논물과 함께 흘려대기를 하여 사용하였다. 한편, 액비와 비교하기 위하여 화학비료구의 질소는 검정시비, 인산과 칼리는 각각 4.5, 5.7 kg/10a로 사용하였으며, 질소와 칼리는 액비와 동일하게 기비와 수비를 7:3의 비율로, 인산은 모두 기비로 사용하였다. 그 밖에 잡초방제를 위해 썬레질과 동시에 몬스타를 토양처리 하였으며, 포장관리는 표준재배 방법으로 수행하였다.

별도로 위에서 사용한 저농도 액비와는 달리 농가에서 농경지 활용에 사용되고 있는 돈분뇨 액비의 문제점이 없는지 검토하기 위하여 일반 성분을 조사하였다. 한편 액비 사용에 있어 대부분 균일하게 사용하였으나 부분적으로는 논 바닥의 균일도가 떨어져 액비가 과다 사용지점의 벼 생육 및 쌀 품질을 별도로 조사하였다.

시험에 사용된 농경지 토양의 화학성분과 식물체성분은 일반화학분석법(농촌진흥청, 2000)으로 분석하였다. pH(istec 460CP) 및 EC(TOACM-40S)는 토양과 증류수의 비율을 1 : 5로 하여 측정하였으며, 유기물은 Tyurin법으로, 유효인산은 Lancaster법을 이용한 비색법(HP 8452A)으로 하였고, 치환성 양이온(K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺)은 CH₃COONH₄ 침출액으로 침출한 여액을 ICP(Thermo Jarrell Ash IRIS Advantage)로 측정하였다. 액비의 화학성분은 비료의 품질검사항

Table 1. The chemical properties of liquid pig manure used for the experiment

Class	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O
Basal dressing	0.17	0.019	0.21	0.12
Top dressing	0.12	0.013	0.29	0.11

법(농촌진흥청, 2006)으로 실시하였다.

벼 생산성 및 병충해 발생 조사를 위하여 이삭수, 입수, 천립중, 등숙비율, 수량 등을 3반복으로 시료를 채취하여 조사하였다.

결과 및 고찰

시험에 사용한 돈분액비는 계단식 발효조내에서 상등액을 아래 계단 발효조로 이동시키면서 약 6개월 정도 발효시켰으며, 각 단계별로 채취하여 조사한 일반성분과 중금속함량의 변화는 Table 2와 같다.

돈분액비의 발효단계별 성분함량의 변화를 보면 총질소는 0.549% ~ 0.122%로 발효단계가 진행될수록 낮아졌으며, 인산과 나트륨도 같은 경향을 보였지만 칼리는 4단계에서 증가하였다. 조사한 중금속에서도 발효단계가 진행될수록 감소하는 경향을 보였다.

가축분뇨의 발생량은 생활오수나 산업폐수 등에 비해 적지만 고농도의 유기물질을 함유하고 있어 환경오염 부하량은 상대적으로 높은 비중을 차지하고 있으며, 질소와 인에 의해 지표수 및 지하수의 오염, 과다 시용시 토양염류 집적, 사료 첨가제에 사용되는 구리, 아연, 납 등에 의한 중금속 오염 등이 문제로 대두되고 있다. 계단식 발효과정을 거치면서 질소 농도가 낮아지는 것은 숙성과정 중에 암모니아가스 휘산과 비료성분이나 중금속을 함유할 수 있는 부유물질이 침전되어 그 농도가 점점 감소된 것으로 판단된다. 특히 중금속함량은 비료공정규격(농촌진흥청고시 제2007-3호)의 규정보다 훨씬 낮은 값을 보였고, 발효기간동안 점점 감소하는 경향을 보여 중금속에 의한 2차 오염에 대한 우려는 염려하지 않아도 될 것으로 보인다.

논에 시용된 질소는 휘산(Frost et al., 1990; Pain et al., 1990), 용탈 및 유실(Ishima et al., 1974; Xie and Mackenzie, 1986)되는데, 휘산이나 탈질이 되는 질소량은 매우 적으나 경우에 의해 유실되거나 용탈되는 양이 많고, 이들이 지하수에 유입될 수 있어 지하수 오염의 원인이 된다(Jarvis et al., 1987; Pye, 1983; Legg and Meisinger, 1982). 따라서 저농도 돈분액비를 사용한 논에서 질소행동을 구체적으로 조사할 필요가 있다고 본다.

논가에서 일반적으로 사용되고 있는 돈분액비 233점을 채취하여 조사한 결과 Table 3에서 보는 바와 같이 질소 평균 농도는 0.558%이고, C/N율은 3.116을 나타냈다. 돈분액비 질소농도의 최저값은 0.13%, 최고값은 0.99%로 큰 차이를 나타내고 있다. 이와 같이 돈분액비 질소농도의 최고값과 최저값의 차이가 큰 것은 분만돈과 비육돈의 사육형태, 불충분한 발효, 질소를 함유하고 있는 각종 부유물의 혼합, 물청소 등으로 인한 수분과다 등 여러 가지 요소에 따라 질소농도 차이가 큰 것으로 판단된다.

Table 4는 액비를 사용하기전과 벼 재배 후의 토양중 화학성의 변화를 표시했다. pH는 액비를 사용하기 전에는 5.2이었는데, 액비사용 후에는 5.7를 나타냈고, 화학비료 사용구에는 5.0을 나타내 액비사용구에서 약간 높은 결과를 나타냈다. 전기전도도 EC는 액비를 사용하기 전에는 0.30이었는데, 액비사용구에서 0.44을 나타냈고, 화학비료구에서는 0.31 dS/m를 나타내 pH와 같은 경향을 나타냈다. 토양의 유기물함량은 액비를 사용하기 전에는 31.4이고, 액비사용구에서 34.2이었고 화학비료구에는 31.0 g/kg을 나타냈다. 인산은 액비를 사용하기 전에는 121이었는데, 액비사용구에서 153를 나타냈고, 화학비료구에는 125 mg/kg을 나타내 액비사용구에서 증가하는 결과를 나타냈다.

Table 2. Chemical properties of liquid pig manure according to the fermentation stage

Fermentation stage	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	Ni
	%									
1	0.549	0.034	0.35	0.15	25.7	14.5	4.2	68.0	1.4	1.2
2	0.339	0.021	0.25	0.14	7.4	8.7	2.5	47.0	1.0	0.9
3	0.174	0.019	0.21	0.12	6.0	8.0	2.0	28.0	0.9	0.5
4	0.122	0.013	0.29	0.11	5.0	-	-	20.0	0.9	0.5

Table 3. Chemical contents of the liquid pig manure

Chemical contents	N(%)	C(%)	C/N ratio	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
				%			
Mean	0.558	1.751	3.116	0.04	0.171	0.168	0.115
S. D.	0.227	1.181	2.422	0.048	0.137	0.329	0.271
Maximum	0.990	8.007	21.580	0.112	0.387	0.834	0.668
Minimum	0.130	0.100	0.120	0.001	0.01	0.004	0.001
Sample No.	233	233	233	8	6	6	6

Table 4. The chemical properties of soil used liquid pig manure

Treatment	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cation(cmol ⁺ /kg)		
					K	Mg	Ca
Before application	5.2	0.30	31.4	121	0.34	2.4	5.4
Liquid pig manure	5.7	0.44	34.2	153	0.60	5.4	8.3
Control	5.0	0.31	31.0	125	0.34	3.2	6.8

Table 5. Rice nitrogen absorption amount of liquid pig manure and synthetic fertilizer application according to the rice growth stage

Nitrogen absorption amount	Treatment	Maximum tillerings stage	Panicle formation stage	Spikelet differentiation stage	Head stage
Nitrogen(%)	Liquid pig manure	3.512	2.493	2.419	1.527
	Control	3.712	2.567	2.468	1.812
Nitrogen absorption amount(g/m ²)	Liquid pig manure	20.3	24.0	29.8	31.6
	Control	22.2	25.7	32.3	36.1

Table 6. Rice growth responds to liquid pig manure and synthetic fertilizer application

Treatment	Culm length (cm)	Panicles length (cm)	Nitrogen contents of leaf(%)	Rice yield (kg/10a)
Liquid pig manure	73.8	20.0	1.8	507 ^a
Control	78.0	20.2	1.5	513 ^a

* Mean separation within columns by DMRT at 5% level

비료종류에 따른 생육시기별 벼 엽신의 질소함량 변화는 생육시기가 경과될수록 낮았다(Table 5). 이와 같은 결과는 엽신의 질소함량은 초기에 기비의 종류에 따라 차이가 있었으며 생육후기에는 전체 비료 이용 및 흡수량에 영향을 것으로 생각된다. 질소는 단백질의 구성원소이며, 핵산, 생장조절 물질, 비타민 등과 같은 필수화합물의 구성원소이기도 하다. 비료원에 따라 벼 잎에 나타나는 질소농도의 반응이 차이가 있는 것에 대해서는 동일 질소 사용량에서도 질소분해 및 이용에 차이가 있는 것으로 생각된다.

벼의 질소흡수량은 건물중과 질소함량의 곱으로 표현되는데 액비와 화학비료 시용에 따른 생육시기별 벼의 질소흡수량 변화는 표 5와 같다. 액비시용은 최고분얼기에 20.3, 화학비료시용구는 22.2로 화학비료구에서 액비시용구보다 높은 흡수량을 나타냈다. 이는 질소 이용율면에서 액비보다 화학비료를 사용하였을 경우 질소 이용율이 높았기 때문으로 생각된다(Yang et al., 2008). 생육시기가 경과 할수록 식물체 내 질소농도는 감소하지만 질소흡수량은 증가하였다. 이러한 결과는 영양생장기에 지상부가 성장하여 광합성을 수행하는 엽면적이 늘기 때문에 유수형성기를 거치면 전분, 셀룰로오스, 리그닌 등의 탄수화물, 세포벽질의 집적을 가져오고 그로

인하여 질소흡수량이 증가되는 결과라고 생각된다.

돈분액비가 벼 생육에 미치는 효과를 조사하기 위해 수확기에 식물체를 채취하여 조사한 결과 Table 5에서와 같이 간장은 돈분액비 처리구에서 73.8 cm로 화학비료 처리구 보다 4.2 cm 짧았으며, 수장은 차이가 없었다. 두 처리구 간의 생육 차이는 동일한 질소시비농도에서 질소이용 효율이 화학비료 처리구에서 높았기 때문이라고 판단된다.

벼의 생육기간 중 유수형성기의 엽신 질소농도가 2.9% 이상이 되면 쌀의 단백질 함량이 상승하고, 질소 농도가 높아질수록 단백질 함량도 높아 미질의 저하를 초래한다. 본 시험에서 출수기의 질소농도는 화학비료 처리구에서 1.5% 돈분액비 처리구에서 1.8%를 보여 차이가 크지 않았고, 미질에 미치는 영향이 적었다(Table 6).

유수분화기는 질소요구도가 가장 큰 시기로써, 이 시기의 질소부족은 군락하부에 있는 엽신이나 엽초내에 있는 질소의 재분배를 가져와 무효분얼의 퇴화뿐만 아니라 유효분얼의 무효분얼화를 일으킨다. 반면, 질소과다시비는 영양생장기간을 늘리고, 성숙을 늦춤으로써 도복의 위험성을 증가시킬 뿐만 아니라, 줄기 신장을 촉진시켜 줄기를 연약하게 만들고 도열병 및 벼멸구 등에 의한 병해충의 피해를 가져올 수 있다

Table 7. Yield components of rice fertilized with liquid pig manure and synthetic fertilizer

Treatment	Panicles (No./hill)	Grain No. (No./spike)	Percent ripened grain	1000 grain weight (g)
Liquid pig manure	15.1	80.4	85.7	21.6
Control	15.0	80.3	87.2	21.7

Table 8. Chemical properties of brown and polished rice by application method

Application division		Brown rice			Polished rice		
		Protein (%)	Amylose (%)	Fatty acid (KOHmg/100g)	Protein (%)	Amylose (%)	Whiteness
Liquid pig manure	Normality	6.4	19.5	18.4	6.1	18.8	38.0
	Lodging	6.8	19.1	18.3	6.3	18.8	37.7
Control		6.3	19.4	18.5	6.0	18.9	38.1

(Mills and Jones, 1979; Diker and Bausch, 2003.) 그러나 일반적으로 유수분화기부터 출수기 사이에는 벼의 생육량에 비해 질소의 공급이 충분하지 못한 경우가 많으며(Schnier et al., 1990), 유수분화기의 질소과다 시비로 인해 질소흡수량이 증가한다 하더라도 극단적으로 영화수가 증가하거나 수광태세가 악화되는 경우는 거의 없다고 한다. 본 시험에서도 처리구간에 수수와 영화수의 차이는 나타나지 않았다.

일반적으로 벼의 수량은 영양생장기간의 발육 및 질소영양 정도와 유수분화기의 시비량에 의해 결정되는데, 이는 영양생장에서 생식생장으로 전환이 이뤄지는 유수분화기에 수비를 사용하면 질소영양상태의 변화에 의해 sink size가 결정되기 때문이다(Schnier et al., 1990; Guindo et al., 1994). 생식생장이 시작되는 유수분화기는 질소요구도가 가장 큰 시기이고, 이 시기에 질소부족은 결국 성장량 감소뿐만 아니라 퇴화 영화수 증가로 인하여 potential sink size를 저하시키고, 엽의 노화를 촉진시키며, 이로 인해 등숙기 광합성능력의 감소로 이어져 결국 등숙률과 천립중을 저하시켜 수량을 크게 감소시킨다(Hinzman et al., 1986; Diker and Bausch, 2003). 본 시험에서는 돈분액비에 비해 화학비료 처리구에서 등숙비율과 천립중이 많았는데 이러한 결과는 사용재료의 차이 보다 도복의 영향으로 보인다.

수량은 돈분액비 처리구에서 507 kg/10a 으로 관행대비(화학비료 처리구)에 비해 1.2% 정도 낮은 생산량 차이를 보였다. 이와 같은 결과는 화학비료와 돈분액비의 질소 이용효율이 달라진 점과 살포한 돈분액비가 논 바닥의 균일도가 떨어져 한 곳에 과다 시용으로 도복이 발생하여 수량과 품질에 영향을 미친 것으로 보인다.

단백질은 약 50개 이상의 L- α -아미노산이 펩티드결합으로 연결된 고분자질소함유화합물의 총칭이라고 말할 수 있다. 단백질 함량은 쌀의 품질과 밥의 찰기에 영향을 있어 단백질이 많을수록 밥이 단단하고 부착성이 떨어져 식미가 저하된

다(Ishima et al., 1974). 본 시험의 경우 화학비료 처리구에서는 단백질 함량이 6.3%였으나, 돈분액비 시용구에서는 6.4%로써 처리구 간에 차이를 나타내지 않았다. 그러나 도복벼에서는 6.8%로 화학비료 처리구와 돈분액비 처리구 중의 정상벼보다 높게 나타냈다(Table 7). 돈분액비 처리구에서 일부 발생한 도복벼에서 단백질 함량이 높게 나타났고, 미질에도 영향을 미치는 것으로 나타났다.

쌀의 주성분인 전분은 아밀로스와 아밀로펙틴으로 구성되어 있다. 아밀로스는 글루코오스가 α -1, 4결합으로 중합(重合)한 노르말사슬 모양의 다당류를 말한다. 쌀 중의 아밀로스 함량이 7~20%이면 저아밀로스, 20~25%이면 중간 아밀로스, 25% 이상이면 고아밀로스 함량으로 분류한다. Table 7에서 보는 바와 같이 amylose는 19.1~19.5%로 큰 차이를 나타내지 않았다. 지방산도 같은 경향이었으며, 백미에서도 현미와 같은 경향을 보였다.

돈분액비는 수분함량이 많아 농경지에 직접 살포함으로써 간편하고 경제적으로 유리하기 때문에 초지 및 사료작물재배 등에 사용되고 있으나, 돈분액비의 활용을 높이기 위해서는 경지면적이 넓은 논토양에 사용하는 것이 유리할 것으로 판단된다. 특히 액비는 기계로 살포하여야 하기 때문에 지형이 불균일한 밭보다는 논에서 기계진입과 살포작업이 용이하게 이루어질 수 있어 유리하다. 그러나 논토양은 배수조건에 따라 기계작업과 양분의 이동이 다르기 때문에 액비의 사용에 따른 벼 수량 및 무기양분 이동 특성이 질소 부동화 등에 의해 달라진 결과를 알 수 있었다.

사람이 밥을 먹을 때 느끼는 맛인 식미는 절대적인 기준은 아니며, 식미를 검정하는 기계적인 방법도 여러 가지가 있으나, 본 실험에서는 밥의 윤기가 많을수록 밥맛이 좋다는 원리에 근거하여 밥의 윤기를 측정하여 이를 수치화한 방식으로 조사했다. 쌀의 품질관련 특성 중 외관특성은 쌀알의 크기, 모양, 균일도, 투명도, 심복백, 색택, 신선도, 완전미율 등

Table 9. Quality of brown and polished rice by application method (unit : %)

Treatment		Head rice	Broken rice	Immature rice	Green rice	Damage rice
Brown rice	Normality	77.6	5.6	9.3	7.2	0.3
	Lodging	69.7	8.6	9.8	7.3	4.6
	Control	78.2	5.3	9.1	7.1	0.3

Treatment		Head rice	Milky rice	Broken rice	Palatability value
Polished rice	Normality	93.7	0.5	5.8	76.5
	Lodging	91.1	0.7	7.1	72.7
	Control	94.0	0.4	5.6	77.6

을 들 수 있다. 현미와 백미품위 중 완전미율은 화학비료 처리구에 비해 돈분액비 처리구에서 낮은 경향이였다.

화학비료 처리구에 비해 돈분액비 처리구에서 품위가 저하되었고, 특히 도복벼에서 차이가 크게 나타났다(Table 9).

돈분액비를 벼 재배에 이용하는 방안을 모색하기 위해서 돈분액비를 발효단계별로 양분의 변화를 조사하였고 완숙된 액비를 이용하여 벼 재배 시험을 실시 한 결과 돈분액비의 부숙단계별 성분함량의 변화를 보면 총질소를 비롯하여 인산, 나트륨 및 중금속은 발효단계가 진행될수록 낮아졌다. 벼 생육과 쌀 수량은 돈분액비 처리구와 화학비료 처리구 간에 차이가 거의 없었지만, 돈분액비 처리구에서 돈분액비를 균일하게 살포하지 못한 부분에서 도복이 발생하였고, 쌀 품질이 떨어진 것으로 나타났다.

요 약

가축분뇨 돈분액비를 벼 재배에 이용하는 방안을 모색하기 위해서 돈분 액비에 대하여 발효단계별로 완숙된 액비를 이용하여 벼 재배 시험을 2007년과 2008년에 전라북도농업기술원 시험답(전북통)에서 실시하였다. 돈분액비는 계단식 발효조내에서 약 6개월 정도 발효시키면서 일반성분과 중금속함량의 변화를 조사하였고, 벼 재배시험은 남평벼를 육묘하여 5월 22일에 재식거리 30 x 14 cm로 기계 이앙하였다. 분사비율은 기비 70%, 수비 30%로 하여 화학비료와 비교시험 하였다.

돈분액비의 부숙단계별 성분함량 변화를 보면 총질소는 0.549%~0.122%로 부숙이 진행될수록 낮아졌으며, 인산, 나트륨 및 중금속 함량도 발효가 진행될수록 낮아졌다. 농가에서 일반적으로 사용되고 있는 돈분액비 233종을 채취하여 조사한 결과 질소농도는 0.558%이고, C/N율은 3.116을 나타냈다. 질소농도의 최저값은 0.13%, 최고값은 0.99%로 큰 차이를 나타냈다. 벼의 질소흡수량은 액비와 화학비료 사용에 따른 생육시기별 벼의 질소흡수량 변화는 액비사용은 최고분얼기에 20.3, 화학비료사용구는 22.2로 화학비료구에서 액비

사용구보다 높은 흡수량을 나타냈다. 출수기의 질소농도는 화학비료 처리구에서 1.5% 돈분액비 처리구에서 1.8%를 보여 차이가 크지 않았다.

수확기에 조사한 간장은 돈분액비 처리구에서 73.8 cm로 화학비료 처리구에 비해 4.2 cm 짧았으며, 수장은 차이가 없었다. 수량은 돈분액비 처리구에서 507 kg/10a으로 화학비료 처리구에 비해 1.2% 낮은 수준을 보였다. 화학비료 처리구에서는 단백질 함량이 6.3%였으나, 돈분액비 사용구에서는 6.4% 로써 처리구 간에 차이를 나타내지 않았다. 그러나 도복벼에서는 6.8%로 화학비료 처리구와 돈분액비 처리구 중의 정상 벼보다 높게 나타났다. 현미품위 중 완전미율은 화학비료 처리구에 비해서 돈분액비 처리구에서 낮은 경향이였으며, 백미품위, 식미값도 유사한 경향이였다.

이상의 결과에 의하면 돈분액비 사용은 숙성된 액비를 균일 살포 할 경우 관행적인 화학비료 사용에 상응하는 효과가 있다고 생각된다.

참고문헌

Ushio S., N. Yosimura, K. Saito, N. Nagajima. (2000) Nitrogen decomposition rate of animal wastes composte and dry wastes for 141 days in summer and estimation soil. *Sci. Plant Nutr.* 71:249-253.

Xie, R., A.F. Mackenzie. (1986) Urea and manure effects on soil nitrogen and corn dry matter yields. *Soil Sci Soc. Am. J.* 50 : 1504 -1508.

Bernal, M.P., H. Kirchman. (1992) Carbon and nitrogen mineralization and ammonia volatilization from fresh, aerobically and anaerobically treated pig manure during incubation with soil. *Biol. Fertil. Soils* 13:135 -141.

Douglas, B.F., F.R. Magdoff. (1991) An evaluation of nitrogen mineralization induce for organic residues. *J. Environ. Anal.* 20:368-372.

Paul, J.W., E.G.Beauchamp. (1995) Availability of

- manure slurry ammonium for corn using ^{15}N -labelled $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. *Can. J. Soil Sci.* 75:35-42.
- Anderson F.N., G.A. Peterson. (1973) Effects of continuous corn (*Zea mays* L.), manuring and nitrogen fertilization on yield and protein content of the grain and on the soil nitrogen content, *Agro. J.* 65: 97-700.
- Jokela W.E. (1992) Nitrogen fertilizer and dairy manure effects on corn yield and soil nitrate, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 48-154.
- Legg, J.O., J.J. Meisinger. (1982) Soil nutrition budgets in nitrogen in agricultural soil In: F.J. Stevenson (ed.) Nitrogen in agricultural soils. *Agron. Monogr.* 22. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Meek, B.L. Granharn, T. Donovan. (1982) Long term effect of manure soil nitrogen, phosphorous, potassium, sodium, organic matter and water infiltration rate. *Soil, Sci. Am. J.* 46: 1014-019.
- Beauchamp. E.G.G.E. Kidd, G. Thurtell. (1983) Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field. *Can. J. Soil Sci.* 62: 11-19.
- Frost, J.P., R.J. Stevens, R.J. Laughlin. (1990) Effects of separation and acidification of cattle slurry on ammonia volatilisation and on the efficiency of slurry nitrogen for herbage production. *J. of agri. sci., Cambridge* 115: 49-56.
- Pain, B.F., R.B. Thompson, Y.J. Rees J.H. Skinner. (1990) Reducing gaseous losses of nitrogen from cattle slurry applied to grassland by the use of additives. *J. of Science of Food and Agri*, 50: 141-153.
- Ishima, T., H. Taira, H. Taira K. Mikoshiba. (1974) Effects of nitrogenous fertilizer and protein content in milled rice on organoleptic quality of cooked rice. *Rep. Nat. Food Res. Inst.* 29:9-15.
- Jarvis, S.C., M. Sherwood J.H.A.M. Steen-voorden. (1987) Nitrogen losses from animal manures from grazed pastures and from applied m slurry. In: Van Der Meer, H.G., R.J. Unwin, T.A. Van Dijk and G.C. Ennik. (eds). *Animal manure on Grassland and Fodder Crops. Fertilizer or Waste* pp 195-212. ordrecht, the Netherlands: Martinus Nijhoff.
- Pye, V.I. (1983) Groundwater contamination in the United States. Workshop on Groundwater Resources and Contamination in the United States (Summary and Papers). Nath. Sci. Foundation. Washington. D.C.
- Mills, H.A., J.B. Jr. Jones. (1979) Nutrient deficiencies and toxicities in plants : nitrogen. *J. of plant Nutri.* 1: 101-122 13.
- Diker, K., W.C. Bausch. (2003) Radiometric field measurements of maize for estimating soil and plant nitrogen. *Biosys. Engin.* 86(4): 411-420.
- Schnier, H.F., M. Dingkuhn, S.K. De Datta, K. Mengel, J.E. Faronilo. (1990) Nitrogen fertilization of direct-seeded flooded vs. transplanted rice : I. Nitrogen uptake, photo-synthesis, growth, and yield. *Crop Sci.* 30: 1276-1284.
- Guindo, D., B.R. Wells, R.J. Norman. (1994) Cultivar and nitrogen rate influence on nitrogen uptake and partitioning in rice. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 840-845.
- Hinzman, L.D. M.E. Bauer, C.S.T. Daughtry. (1986) Effects of nitrogen fertilization on growth and reflectance characteristics of winter wheat. *Remote Sensing of Environment* 19: 47-61.
- Yang, C.H., S.B. Lee, T.K. Kim, J.H. Ryu, C.H. Yoo, J.J. Lee, J.D. Kim K.Y. Jung. (2008) The effect of tillage methods after application of liquid pig manure on silage barley growth and soil environment in paddy field. *Korean J. Soil Sci. Fert.* Vol. 41. no. 5. 285-292.