

돈분 퇴·액비 시용 방법이 벼 양분 흡수, 수량 및 토양물리화학성에 미치는 영향

이상복* · 조광민 · 백남현 · 양창휴 · 정재혁 · 김기종 · 이경보

농촌진흥청 국립식량과학원 벼맥류부

Effects of Pig Compost and Liquid Manure on Yield, Nutrients Uptake of Rice Plant and Physicochemical Properties of Soil

Sang-Bok Lee*, Kwang-Min Cho, Nam-Hyun Baik, Chang-Hyu Yang,
Je-Hyuck Jung, Kee-Jong Kim, and Gyung-Bo Lee

Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea

In order to develop the application method of compost manure (CM) and liquid manure (LM) for rice cultivation, experiments were conducted at silty loam paddy field in Gochang, Jeonbuk, a LM applied rate as N%; non-application, chemical fertilizer (CF) 100%, CM 50%+LM 50%, CM 30%+CF 70% and CM 30%+LM 70% as basal and additional fertilizer. NH_4^+ -N content in paddy soil was higher with CF 100% application than the split application of compost and liquid pig manure fertilizer during the early stage of rice growth. However, there was no significant difference in the later part of rice growth. Amount of NO_3^- -N in leachate was decreased in CM 30%+LM 70% and CM 30%+CF 70% split applications compared to CF 100%. Amounts of OM and Avail P_2O_5 , Exch. cations in soil of experiment after were highest with the split application of CM 50%+LM 50% and CM 30%+LM 70%. Amount of nutrient uptake of plants were no significant difference between the split application plots of CM and LM, but nitrogen utilization rate was 66% in average CM 50%+LM 50% and CM 30%+LM 70% to compared CF 100%. The rice yield of CM 50%+LM 50% was lower (90%) comparing that of CF 100% (557 kg 10a^{-1}). But the yield in CM 30%+CF 70% and CM 30%+LM 70% reached 96% in average, which did not show significant difference with that of CF 100%. Accordingly, LM 70% or CF 70% split application after CM 30% application was helpful in enhancing the physicochemical property of soil as well as reducing CF. It could be evaluated that this application in segmentation was better in productivity improvement and soil pollution reduction than the esinultaneous application of LM 100% in terms of split application in times of requirement for plants.

Key words: Livestock manure, Split application, Rice yield, Soil physicochemical properties

서 언

가축분뇨 퇴·액비는 살포시 악취발생 및 경운에 따른 추가 비용 발생 등으로 사용을 꺼려 왔으나 최근 들어 화학비료 가격이 상승함에 따라 액비사용 능가가 증가하고 있다 (AC, 2012). 또한 2011년도 가축분뇨 발생량 4,270만톤 중 퇴비 80.6%, 액비 7.0%가 자원화 물량으로 활용되고 있으며 1.8%는 해양에 배출하여 왔으나 (MIFAFF, 2011) 2012년

부터는 국제협약인 런던협약에 따라 가축분뇨의 해양투기가 전면 금지되어 있다.

가축분뇨 액비는 수분함량이 많아 농경지에 액비상태로 활용하는 것이 간편하고 경제적으로 유리하기 때문에 초지 및 사료작물재배 등에 대부분 사용되어 왔으며, 액비보다 자원화 물량이 월등히 많은 퇴비 역시 논보다 주로 밭 토양에 사용되어 왔다. 그러나 최근 조사료 값의 폭등에 따라 벼 수확 후 볏짚을 사료로 활용하고자 축산농가에서 볏짚을 모두 수거해 가기 때문에 논 토양의 유기물은 점차 고갈되는 실정에 있다 (Yang et al., 2010). 따라서 가축분뇨 퇴·액비의 활용성을 높이기 위해서는 논에서 활용성을 높여 지력유

접수 : 2012. 9. 21 수리 : 2012. 10. 12

*연락처 : Phone: +82638402268

E-mail: leesbok218@korea.kr

지·증진을 시킬 필요가 있다.

가축분뇨 퇴·액비는 작물 재배에 적절히 활용한다면 토양중 유기물, 양이온치환용량 및 유효인산이 증가하고 (Kim et al., 2008), 토양 입단형성, 완충능 증대 등 물리성 개선 (Gilmour et al., 1998; Hwang et al., 1993; Summerell and Burgess, 1989)은 물론, 작물에게 각종 영양소를 공급 (Bernal and Kirchman, 1992; Douglas and Magdoff, 1991; Park et al., 2001)할 수가 있다. 퇴·액비는 사용자에 따라서 퇴비 또는 액비 단독으로 사용하는 농가도 있고 퇴·액비를 동시에 사용하는 농가도 있다. 유기농업 농가에서 주로 사용하고 있는 완숙퇴비는 화학비료나 유기질 비료에 비해 질소 이용률이 낮기 때문에 (Hadas & Portnoy, 1994; Paul & Beauchamp, 1993), 작물의 질소 요구량을 충족시키기 위해서 퇴비를 많이 사용하게 된다. 그 결과 토양 내에는 인산이나 그 밖에 비료성분이 높아지게 되어 (Stamatadis et al., 1999) 토양과 하천의 오염을 유발할 수가 있다. 또한 식물은 퇴비와 화학비료를 혼합사용하게 되면 화학비료만을 사용할 때보다 질소이용률이 감소할 수 있으나 (Choi et al., 2001) 일정량 이상의 퇴비를 사용하게 되면 토양 물리성이 개선되어 식물체의 질소 이용률을 높일 수 있다 (Tester, 1990). 그러나 논에서 벼를 재배할 때 퇴비와 액비를 분할 사용하여 재배한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 호남 평야지에서 벼 재배를 위한 돈분뇨 퇴·액비 사용방법을 구명하기 위해서 돈분액비와 퇴비 그리고 화학비료를 각각 가추비로 분시한 후 식물체 양분흡수와 수량 및 토양물리화학성에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

시험재료 본 시험에 사용된 토양은 전북 고창군 고수면 봉산리에 위치한 일반농가의 포장으로서 미사질 양토이

며 pH 6.0, EC 0.32 dS m⁻¹, OM 21.3 g kg⁻¹, Avail. P₂O₅ 132 mg kg⁻¹ 이었다 (Table 3). 시험작물은 동진1호 벼 품종을 사용하였다. 시험에 사용된 돈분액비는 왕겨와 톱밥층을 통과한 후 폭기과정을 거쳐 제조된 저농도액비(SCB)로써 총 질소가 0.16%, 인산 0.03%, 칼리가 0.15%이고 돈분퇴비는 역시 왕겨와 톱밥을 이용하여 생산된 총 질소 1.17%, 인산함량 1.67%, 칼리 0.59%이었다.

시험방법 가축분뇨 퇴·액비를 살포하기 전에 논토양의 벧짚을 수거하였다. 처리내용은 표준시비에 해당하는 질소 9 kg 10a⁻¹를 기준으로 화학비료 100%를 대조구로 하고, 퇴비 50%+액비50%, 퇴비30%+액비70%, 퇴비30%+화학비료70% 및 질소 무처리 등 5처리구를 두었으며, 각 시험구 크기는 260 m² 로 난괴법 3반복으로 배치하였다. 질소 분시비용은 벼 표준재배법에 준하여 Table 2와 같이 기비 50%, 분얼비 20%, 수비 30%로, 분얼비는 이앙 후 18일째인 6월 18일에, 수비는 7월 23일에 사용하였다. 돈분퇴비는 이앙 30일전에 전량기비로 사용하였으며 이 때 부족량은 액비 또는 화학비료로 보충하여 사용하였다. 기비에 해당하는 액비와 화학비료는 이앙 7일 전에 사용하고 경운 로타리를 하였다. 화학비료구와 질소 무처리구의 P₂O₅, K₂O의 시비량은 용성인비와 염화가리를 사용하여 성분량으로 10a당 각각 4.5, 5.7 kg로 표준재배법에 준하였으며, Table 2의 퇴·액비 성분함량을 기초로 한 퇴비50%+액비50%, 퇴비30%+액비70%, 퇴비30%+화학비료70%처리구에 함유된 P₂O₅-K₂O 함량은 각각 8.8-7.8 kg 10a⁻¹, 6.1-8.9 kg 10a⁻¹, 4.7-1.7 kg 10a⁻¹이 함유되었다. 벼 이앙은 6월 1일에 중묘로 기계 이앙하였다. 한편 SCB액비의 추비사용은 논물이 2~3 cm 상태에서 각 해당 시험구에 균일하게 살포하였다.

토양 및 식물체 분석 토양화학성 분석용 토양은 실

Table 1. Nutrient composition in the pig compost and liquid manure used for field experiment.

| | pH | OM | T-N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO | Na ₂ O |
|-------------------|---------------|-------|------|-------------------------------|------------------|------|------|-------------------|
| | ----- % ----- | | | | | | | |
| Liquid manure | 8.4 | 0.65 | 0.16 | 0.03 | 0.15 | 0.06 | 0.03 | 0.05 |
| Composting manure | 7.7 | 29.44 | 1.17 | 1.67 | 0.59 | 0.72 | 0.43 | 0.21 |

Table 2. Amendments of pig compost and liquid manure, and chemical fertilizer for rice cultivation in field experiment.

| Treatments | Basal | Tillering | Panicle |
|----------------------------|---------------|-----------|---------|
| Non-application | - | - | - |
| CF 100% [†] | CF 50% | CF 20% | CF 30% |
| CM 50%+LM 50% [‡] | CM 50% | LM 20% | LM 30% |
| CM 30%§+LM 70% | CM 30%+LM 20% | LM 20% | LM 30% |
| CM 30%+CF 70% | CM 30%+CF 20% | CF 20% | CF 30% |

[†] CF 100% : chemical fertilizer N 9 kg 10a⁻¹, [‡] LM 100% : equivalent amounts of N 9 kg 10a⁻¹ as liquid pig manure, [§] CM : compost manure.

내에서 풍건하여 2 mm 체를 통과한 것을 농촌진흥청 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법 (NIAS, 2000)에 적용하여 분석하였다. pH와 EC는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 하여 초자전극법 (Orion 520A, Boston, USA)으로 측정하였고, 유기물은 Tyurin법으로 측정하였으며, 유효인산함량은 NH_4F 이 함유한 침출액을 사용하여 Lancaster법에 의한 비색계 (UV-1650PC, Shimadzu Co., Japan)로 측정하였다. 또한 치환성양이온인 Ca, Mg, K 및 Na는 1M NH_4OAC 로 추출하여 ICP-OES (Varian Vistar-MPX, USA)로 분석하였다. 토양 물리성 중 용적밀도, 공극률 및 3상 분포는 Core법, 경도는 SR-II형 토양저항기(CSPPMM, 1982)로 측정하였다. 벼 재배기간 중 경시적으로 토양을 채취하여 NH_4^+-N 을 길달증류법으로 측정하였으며 이 때 시료는 습토상태로 분석 후 토양수분을 보정하여 건조중 함량으로 산출하였다. 토양중 침출수의 NO_3^--N 함량 변화를 알아보기 위해 지하 90cm 깊이에 porous cup을 매설하고 시료채취 당일 cup에 포화된 상태로 고인 침출수는 전량 버린 후 다시 모아진 침출수를 채취하여 NO_3^- 의 함량을 분광광도계 (Shimadzu UV2501PC)로 분석하였다. 벼의 양분흡수량은 출수기(8월 13일)에 식물체 시료를 채취하여 70°C에서 건조 후 분쇄하여 습식분해한 후 질소는 Kjeldahl법, 인산은 Ammonium vanadate법으로 비색계 (UV/VIS spectrophotometer, Cintra 6 GBC, Australia) 그리고 양이온은 ICP-OES (Varian Vistar-MPX, USA)로 분석하여 얻은 값을 10a당 흡수량으로 산출하였다. 각 처리별 질소 이용률은 유수형성기와 수확기 시료를 분석한 후 계산하였다. 즉, 질소이용률 (%) = (처리구별 질소흡수량-무비구 질소흡수량) / 처리구 질소투입량 \times 100으로 산출하였다. 벼의 생육 및 쌀 수량조사는 농업과학기술 연구조사기준(RDA 2003)에 준하였다. 통계분석은 SAS (Statistical analysis system ver. 9.1)를 이용하였고 처리구간 토양이화학성, 식물체 양분흡수량, 질소이용률 및 수량 등의 비교는 Duncan's Multiple range test로 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

토양중 물리화학성 변화 가축분뇨 퇴액비를 사용한 논에서 이앙 후 10일째인 6월10일부터 벼 생육 경과 일수별 논토양 중 NH_4^+-N 함량변화는 Fig. 1과 같다. 퇴액비 처리 후 대부분의 처리에서 분얼기인 6월 20일까지 높은 경향을 보이다가 생육이 진행됨에 따라 유수형성기인 7월25일에 약간 증가 후 지속적으로 감소하는 경향이였다. 처리별로는 화학비료 100%와 퇴비 30% + 화학비료 70%에서 높았고, 퇴비 50%+액비 50%에서 낮았으며 출수후기인 8월 20일에 처리간에 큰 차이가 없었다. Kim et al. (2004)은 NH_4^+-N 함량이 액비사용 후 65일까지는 높은 수준을 유지하다가 90

일째에는 10 mg kg^{-1} 이하로 크게 저하된다고 하였고, Park et al. (2001)은 액비사용 후 40일경까지 높은 함량으로 유지되다가 그 이후에 10 mg kg^{-1} 이하로 낮아진다는 보고와 본 연구결과와 일치하는 경향이였으나 유수형성기에 약간 증가한 것은 7월 23일 액비 또는 이삭거름 30%를 사용한 원인이 아닌가 생각된다.

Figure 2는 가축분뇨 퇴액비사용에 의한 토양 90 cm 깊이에서 채취한 침출수 중의 NO_3^--N 함량 변화이다. 침출수중의 NO_3^--N 함량은 모든 시기에 있어서 3 mg L^{-1} 이하로, NH_4^+-N 함량변화와 같이 생육초기인 6월 20일과 유수형성기인 7월 25일경에 가장 높았으나 그 이후 생육 후기로 갈수록 점차적으로 낮은 경향이였다. 처리별로는 화학비료 100%가 가장 높은 경향이였고, 초기에 기비로 퇴비 사용량이 많은 퇴비 50%처리에서 낮은 경향이였으나 생육 후기로 갈수록 처리 간에 큰 차이가 없었다. 벼 분얼기 이후 급감하다가 유수형성기에 다시 높아진 것은 액비 또는 화학비료를 수비 사용한 요인일 것으로 생각된다. 한편, Jung et al. (2009)은 라이시미터를 이용하여 옥수수 재배시 용탈수 중

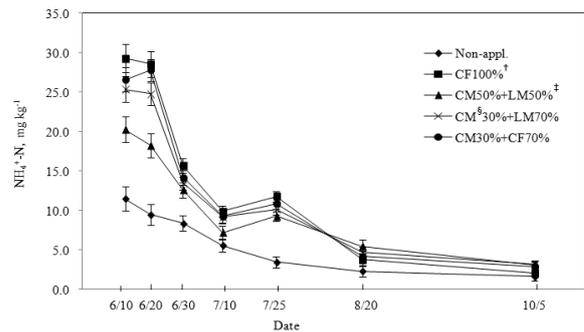


Fig. 1. Changes of NH_4^+-N concentration in soil during rice cultivation under different applications of pig compost and liquid manure. † CF 100%: chemical fertilizer N $9 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$, ‡ LM 100%: equivalent amounts of N $9 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ as liquid pig manure, § CM: compost manure.

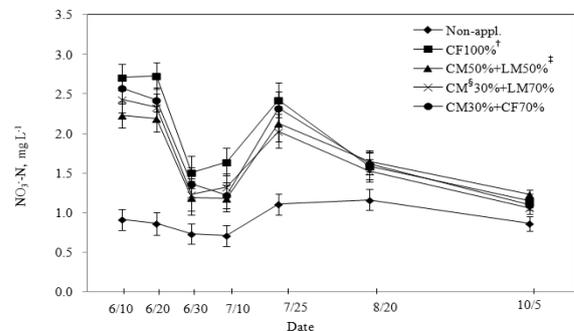


Fig. 2. Change of NO_3^--N concentration in leached solution during rice cultivation under different applications of pig compost and liquid manure. † CF 100%: chemical fertilizer N $9 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$, ‡ LM 100%: equivalent amounts of N $9 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ as liquid pig manure, § CM: compost manure.

의 NO₃⁻-N함량을 조사한 결과 화학비료 13.5 mg L⁻¹, 우분 퇴비 2.6 mg L⁻¹, 돈분퇴비 2.5 mg L⁻¹로 나타나 가축분뇨 중의 질소는 주로 유기태 형태로 존재하기 때문에 낮았다고 하였으나 논과 밭 조건은 서로 특성이 다르기 때문에 보다 자세한 연구는 추후에 밝힐 필요가 있다고 여겨진다.

시험 전, 후의 각 처리별 토양의 화학성 변화를 살펴 본 결과 Table 3과 같다. 시험전에 비하여 무시용구와 화학비료 100%구를 제외하고 퇴·액비 처리구에서는 대부분의 성분함량이 높아졌다. 화학비료 100%구와 퇴·액비 처리구를 비교해 보면 퇴·액비 처리구가 OM은 2.9~3.3 g kg⁻¹, 유효 P₂O₅은 8~25 mg kg⁻¹, 치환성 Ca와 Na는 각각 0.40~1.21 cmol_c kg⁻¹, 0.01~0.04 cmol_c kg⁻¹ 높아졌다. 이러한 양상은 퇴비 50%+액비 50%구가 다른 처리보다 현저하게 상승한 경향을 보였는데 이는 작물 재배에 사용된 퇴·액비중의 성분함량을 보면 N사용량은 같을지라도 P₂O₅의 경우 8.8 kg 10a⁻¹으로, 화학비료 100%구의 약 2배정도 사용하였기 때문이 아닌가 생각되며, 이러한 결과로 보아 퇴·액비를 사용한 논에서 인산질 비료나 그 밖의 석회질 비료 등은 조절하여 사용할 필요가 있다고 여겨진다. 또한 최근 가축사료

로 해마다 벼짚을 수거할 경우 토양의 지력유지를 위하여 가축분뇨 퇴·액비를 조절하여 사용하는 것도 바람직하리라 판단된다.

시험전후 토양의 물리성은 Table 4와 같다. 토양 경도와 용적밀도 및 고상은 시험전에 비하여 무시용구와 화학비료 100%구에서 증가하였으나 퇴·액비시용구에서는 각각 평균 0.8 mm, 0.02 Mg m⁻³, 0.8% 감소하였고 공극률은 0.8%가 증가하였다. 특히 이러한 증가 또는 감소의 경향은 퇴비 50%+액비 50%구에서 현저히 나타났다. 이와 같은 결과는 Yang et al. (2007)이 하해혼성 평야지 논에서 돈분퇴비로 매년 및 격년 시용시 화학비료구에 비하여 토양물리성이 크게 개선된다는 보고와 일치하였다.

식물체 양분 흡수량과 수량 Table 5는 벼 출수기에 가축분뇨 퇴·액비 사용에 따른 양분 흡수량을 나타낸 것이다. 조사된 성분중 CaO가 10.7~19.7 kg 10a⁻¹로 가장 많이 흡수되었으며, 다음은 N과 P₂O₅ 및 K₂O순이며 MgO와 Na₂O는 가장 낮은 흡수량을 보였다. 처리간에는 화학비료 100%구에서 N 14.1, P₂O₅ 6.7, K₂O 2.5, CaO 19.7, MgO 1.5 kg

Table 3. Chemical properties of soil in field experiment before and after.

| Treatments | pH | EC | OM | T-N | Avail. P ₂ O ₅ | Exch. Cations | | | |
|----------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------------|--|--------|--------|--------|
| | | | | | | K | Ca | Mg | Na |
| | (1:5) | dS m ⁻¹ | g kg ⁻¹ | g kg ⁻¹ | mg kg ⁻¹ | ----- cmol _c kg ⁻¹ ----- | | | |
| Before treatment | 6.0a [¶] | 0.32b | 21.3a | 2.3ab | 132c | 0.30a | 3.82b | 1.11ab | 0.15ab |
| Experiment after | | | | | | | | | |
| Non-application | 6.0a | 0.23c | 17.5c | 2.2b | 111d | 0.24b | 3.11c | 0.81b | 0.13b |
| CF 100% [†] | 6.1a | 0.34ab | 18.2b | 2.4a | 133c | 0.30a | 3.61bc | 1.10ab | 0.14b |
| CM 50%+LM 50% [‡] | 6.2a | 0.40a | 21.5a | 2.5a | 158a | 0.32a | 4.81a | 1.10ab | 0.18a |
| CM [§] 30%+LM 70% | 6.2a | 0.39a | 21.1a | 2.4a | 146ab | 0.30a | 4.05ab | 1.14a | 0.16ab |
| CM 30%+CF 70% | 6.1a | 0.36ab | 21.1a | 2.4a | 141ab | 0.31a | 4.01ab | 1.11ab | 0.15ab |

[†] CF 100% : chemical fertilizer N 9 kg 10a⁻¹, [‡] LM 100% : equivalent amounts of N 9 kg 10a⁻¹ as liquid pig manure, [§] CM : compost manure, [¶] Values within the same column with same letters are not significantly at P < 0.05.

Table 4. Physical properties of soil in field experiment before and after.

| Treatments | Hardness | Bulk density | Moisture ratio | Solid phase | Porosity |
|----------------------------|--------------------|--------------------|----------------|-------------|----------|
| | mm | Mg m ⁻³ | % | % | % |
| Before treatment | 15.8b [¶] | 1.18b | 45.6bc | 40.8ab | 59.2b |
| Experiment after | | | | | |
| Non-application | 16.8a | 1.21a | 42.6c | 41.9a | 58.1c |
| CF 100% [†] | 16.2ab | 1.20a | 48.8a | 41.4a | 58.6c |
| CM 50%+LM 50% [‡] | 14.6c | 1.13c | 46.2b | 39.0c | 61.0a |
| CM [§] 30%+LM 70% | 15.0bc | 1.17b | 45.0bc | 40.2b | 59.8b |
| CM 30%+CF 70% | 15.4b | 1.18b | 48.5a | 40.7ab | 59.3b |

[†] CF 100% : chemical fertilizer N 9 kg 10a⁻¹, [‡] LM 100% : equivalent amounts of N 9 kg 10a⁻¹ as liquid pig manure, [§] CM : compost manure, [¶] Values within the same column with same letters are not significantly at P < 0.05.

Table 5. Amount of nutrients uptake in rice plant at heading stage under different applications of pig compost and liquid manure.

| Treatments | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO | Na ₂ O |
|----------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------|--------|-------|-------------------|
| | ----- kg 10a ⁻¹ ----- | | | | | |
| Non-application | 9.6c [¶] | 4.1c | 1.6b | 10.7c | 0.8b | 0.3b |
| CF 100% [†] | 14.1a | 6.7a | 2.5a | 19.7a | 1.5a | 0.5a |
| CM 50%+LM 50% [‡] | 12.9b | 6.4ab | 2.3a | 15.5b | 1.2ab | 0.6a |
| CM [§] 30%+LM 70% | 13.5ab | 6.3ab | 2.2a | 16.2ab | 1.4a | 0.6a |
| CM 30%+CF 70% | 13.6ab | 6.4ab | 2.2a | 16.3ab | 1.5a | 0.5a |

[†] CF 100% : chemical fertilizer N 9 kg 10a⁻¹, [‡] LM 100% : equivalent amounts of N 9 kg 10a⁻¹ as liquid pig manure, [§] CM : compost manure, [¶] Values within the same column with same letters are not significantly at $P < 0.05$.

Table 6. Nitrogen use efficiency at panicle formation and harvesting stage under different applications of pig compost and liquid manure.

| Growth stage | Treatments | | | |
|-------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------|
| | CF 100% [†] | CM 50%+LM 50% [‡] | CM [§] 30%+LM 70% | CM 30%+CF 70% |
| | ----- % ----- | | | |
| Panicle formation | 50.7a [¶] | 25.3c | 31.7bc | 41.2b |
| harvesting | 53.3a | 36.7c | 43.3bc | 48.9b |

[†] CF 100% : chemical fertilizer N 9 kg 10a⁻¹, [‡] LM 100% : equivalent amounts of N 9kg 10a⁻¹ as liquid pig manure, [§] CM : compost manure, [¶] Values within the same column with same letters are not significantly at $P < 0.05$.

Table 7. Yield characteristics after under different applications of pig compost and liquid manure.

| Treatments | No. of tiller per m ² | Ripened grain | 1000 grains weight | Yield polished rice | Yield index |
|-----------------------------|----------------------------------|---------------|--------------------|----------------------|-------------|
| | ×1000 | % | g | kg 10a ⁻¹ | |
| Non-application | 21.1c [¶] | 96.8a | 21.7b | 424c | 76 |
| CF 100% [†] | 39.1a | 94.7b | 22.1a | 557a | 100 |
| CM 50%+LM 50% [‡] | 34.6b | 94.0b | 21.9ab | 504b | 90 |
| CM 30% [§] +LM 70% | 36.9ab | 95.1b | 21.9ab | 530ab | 95 |
| CM 30%+CF 70% | 37.0ab | 94.7b | 21.9ab | 548a | 98 |

[†] CF 100% : chemical fertilizer N 9 kg 10a⁻¹, [‡] LM 100% : equivalent amounts of N 9kg 10a⁻¹ as liquid pig manure, [§] CM : compost manure, [¶] Values within the same column with same letters are not significantly at $P < 0.05$.

10a⁻¹으로, 질소 무시용구보다는 높았으나 퇴액비 분시구와는 거의 유사하거나 약간의 차이를 보였다. 이와 같이 처리간의 약간의 차이는 식물체내 각 성분함량이 질소무시비구를 제외하고 큰 차이가 없으나 건물량에서 비롯된 것으로 분석되었다.

벼 유수형성기와 수확기의 질소 이용률을 각각 분석한 결과 수확기가 유수형성기보다 높은 이용률을 보였고 화학비료 100%구에서 두 시기 평균 52.0%로 가장 높고, 다음은 퇴비 30%+화학비료 70%구에서 45.1%, 퇴비 30%+액비 70%구에서 37.5% 그리고 퇴비 50%+액비 50%구에서 31.0%로 가장 낮은 이용률을 나타냈다. 이와 같이 이용률이 퇴·액비 혼용구에서 낮은 것은 화학비료와는 달리 질소의 유기태 함량이

많아 (Jung et al., 2009) 벼가 쉽게 이용하기 어려웠던 것으로 생각된다. Ro et al.(2003)는 배추에 대한 풋트시험에서 일정량의 화학비료 질소에 퇴비시용량을 기준시비량의 2~3 배로 혼합시용하게 되면 질소이용률도 높일 수도 있다고 하였다.

처리별 쌀 수량은 Table 7과 같이 화학비료 100%구 대비 퇴비 30%+화학비료 70%구에서 98%, 퇴비 30%+액비 70%구에서 95%, 퇴비 50%+액비 50%구에서 90%, 무시용구에서 76%순으로 나타났으며 이들 결과는 퇴·액비 분시량에 따른 립수, 등숙비율 및 천립중 등 수량구성요소의 높고 낮은 것에서 비롯된 것으로 본다. 결국 수량에 기여한 것은 화학비료> 돈분액비> 돈분퇴비의 순임을 짐작할 수 있다.

이상의 수량에 대한 결과는 Fig. 1과 같이 토양중 NH_4^+-N 함량이 화학비료 분시가 퇴비나 액비 분시처리보다 높았고 그 결과 질소 이용률도 높아 수량에도 영향을 주었다. 그러나 침출수중의 NO_3^--N 함량은 오히려 화학비료 100%구에서 높은 것으로 나타났기 때문에, 퇴비나 액비 혼용시용은 화학비료 질소의 무기화를 지연시켜 토양에 많이 잔류하게 함으로서 질소의 손실을 줄여 (Choi et al., 2001) 지하수 용탈을 감소시키는 것이 바람직하리라고 판단된다. 또한 대부분의 작물은 퇴비와 화학비료 혼합 시용으로 토양의 물리 화학성이 개선되어 결국 증수에 영향을 끼치게 된다고 하였으나 (Ro et al., 2003) 본 결과에서도 퇴비와 액비시용으로 토양의 이화학성은 개선되었으나 수량은 화학비료수준에 미치지 못하였다. 이는 시용된 질소량은 질소무시용구를 제외하고 모든 처리에서 화학비료 100%처럼 $9 \text{ kg } 10^{-1}$ 에 해당되나 안정화된 퇴비는 화학비료나 부숙되지 않은 유기질 비료에 비하여 질소의 이용률이 낮아 (Hadas and Portnoy, 1994) 수량에 크게 기여하지 못한 것으로 판단된다.

요 약

벼 재배시 돈분뇨 퇴·액비 사용 방법을 구명하기 위하여 전북 고창 소재 미사질 양토에서 화학비료 100% 대비 돈분뇨 퇴·액비를 기비와 추비로 분시하여 5개처리구에 벼 품종 동진1호를 사용하여 토양 이화학성 변화, 양분이용률 및 수량 등을 조사하였다

논 토양중 NH_4^+-N 함량은 벼 생육초기에는 화학비료 100%구가 퇴·액비 분시구보다 높았으나 생육후기로 갈수록 처리간에 큰 차이가 없었다. 침출수중 NO_3^--N 함량은 화학비료 100%구보다 퇴비와 액비 또는 화학비료 분시로 낮아졌다. 시험 후 논토양 중 OM과 Avail. P_2O_5 및 치환성 양이온 함량은 퇴·액비의 영향으로 퇴비 50%+액비 50%구와 퇴비 30%+액비 70%구에서 높았고 공극율도 높은 경향이 있었다. 벼 양분 흡수량은 화학비료 100%구와 퇴·액비 분시구간에 큰 차이가 없었으나, 질소 이용률은 화학비료 100%구 대비 퇴비 50%+액비 50%구와 퇴비 30%+액비 70%구에서 평균 66%수준에 머물렀다. 쌀 수량은 화학비료 100%시용구 $557 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 대비 퇴비 50%+액비 50%는 90%로 낮은 수준이나 퇴비 30%+화학비료 70%와 퇴비 30%+액비 70%구는 평균 96%로 화학비료 100%와 유의차가 없었다. 따라서 벼 재배시 가축분뇨 퇴비 30% 시용 후에 액비 또는 화학비료 70%를 분시하면 토양 물리화학성 개선은 물론 화학비료를 절감할 수 있으며, 일시에 전량 액비시용보다는 작물이 필요한 시기에 분시를 함으로서 생산성 향상과 토양 환경오염을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

인 용 문 헌

- AC (Agricultural Cooperatives). 2012. The supply price of chemical fertilizer. Agricultural Cooperatives. Seoul Korea.
- Bernal, M.P. and H. Kirchman. 1992. Carbon and nitrogen mineralization and ammonia volatilization from fresh, aerobically and an aerobically treated pig manure during incubation with soil. *Biol. Fert. Soils* 13:135-141.
- Choi, W.J., S.A. Jin, S.M. Lee, H.M. Ro, and S.H. Yoo. 2001. Corn uptake and microbial immobilization of ^{15}N -labeled urea-N in soil as affected by composted pig manure. *Plant Soil* 235:1-9.
- Douglas, B.F. and F.R. Magdoff. 1991. An evaluation of nitrogen mineralization induce for organic residues. *J. Environ. Qual.* 20:368-372.
- Gilmour, J.T., A. Mauromoustakos, P.M. Gale, and R. J. Norman. 1998. Kinetics of crop residue decomposition: variability among crops and years. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62:750-755.
- Hadas, A. and R. Portnoy. 1994. Nitrogen and carbon mineralization rates of composted manures incubated in soil. *J. Environ. Qual.* 23:1184-1189.
- Hwang, K.N., Y.H. Lee, Y.K. Shin, and G.S. Rhee. 1993. Study on behavior of rice straw in paddy soil. *RDA J. Agri. Sci.* 35:289-294.
- Jung, M.H., N.C. Jo, J.G. Kim, Y.C. Lim, K.C. Choi, S.H. Yoon, K.W. Lee, and W.B. Yook. 2009. Effect of tillage system and livestock manure on the silage corn production and NO_3^--N concentration in leaching water. *J. Kor. Grass. Forage Sci.* 29:211-216.
- Kim, J.G., K.B. Lee, D.B. Lee, S.B. Lee, and S.Y. Na. 2004. Influence of liquid pig manure on rice growth and nutrient movement in paddy soil under different drainage conditions. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fert.* 37:97-103.
- Kim, T.G., C.H. Yang, Jung, J.H. Yu, S.B. Lee, and C.H. Yu. 2008. The effect of application of organic fertilizer combined treatment on rice growth and soil fertility in reclaimed land. p. 961-966. Research Report, National Institute of Crop Science, RDA.
- MIFAFF (Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries). 2011. Environmentally friendly livestock policy in environmentally-friendly livestock for natural recycling system. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. Seoul Korea.
- NIAS (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2000. Analytical methods of soil and plant. NIAS, Rural Development Administration (RDA). Suwon. Korea.
- Park, B.K., J.S. Lee, N.J. Cho, and K.Y. Jung. 2001. Effect of application time and amount of liquid pig manure on growth of rice and infiltration water quality. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 34:147-152.

- Paul, J.W. and E.G. Beauchamp. 1993. Nitrogen availability for corn in soils amended with urea, cattle slurry and soild and composted manures. *Can. J. Soil Sci.* 73:253-266.
- RDA. 2003. Standard of research and analysis for agriculture science and technology. p. 271-290.
- Ro, H.M., W.J. Choi, and S.I. Yun. 2003. Uptake and recovery of urea-¹⁵N blended with different rates df composted manure. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 36:376-383.
- Stamatiadis, S., M. Werner, and M. Buchanan. 1999. Field assessment of soil quality as affected by compost and fertilizer application in a broccoli field (San Benito County California). *Appl. Soil Ecol.* 12:217-225.
- Summerell, B.A. and L.W. Burgess. 1989. Decomposition and chemical composition of cereal straw. *Soil Biol. Biochem.* 21:551-559.
- Tester. C.F. 1990. Organic amendment effects on physical and chemical properties of a sandy soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:827-831.
- Yang, C.H., B.S. Kim, C.H. Yoo, W.K. Park, Y.S. Yoo, J.D. Kim, and K.Y. Jung. 2007. Composting impacts on soil properties and productivity in a Fluvio-marine deposit paddy field. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 40:181-188.
- Yang, C.H., J.H. Jeong, T.K. Kim, S. Kim, N.H. Baek, W.Y. Choi, Y.D. Kim, W.K. Jung, and S.J. Kim. 2010. Effect of long-term annual dressing of organic matter on physico-chemical properties and nitrogen uptake in the paddy soil of Fluvio-marine deposit. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43:981-986.