

계화간척지에서 돈분뇨 퇴·액비 시용이 청보리 (*Hordeum vulgare* L.) 수량 및 토양화학성에 미치는 영향

이상복* · 조광민 · 백남현 · 이정준 · 오영진 · 박태일 · 김기종

농촌진흥청 국립식량과학원 벼맥류부

Effects of Application Method of Pig Compost and Liquid Pig Manure on Yield of Whole Crop Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Chemical Properties of Soil in Gyehwa Reclaimed Land

Sang-Bok Lee*, Kwang-Min Cho, Nam-Hyun Baik, Jung-Jun Lee, Young-Jin Oh, Tail-Il Park, and Kee-Jong Kim

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

In order to develop the application method of pig compost (PC) and liquid manure (LM) for whole crop barley cultivation, experiments were conducted at Munpo series (coarse loamy, mixed, nonacid, mesic family of Typic Fluvaquents) soil in Gyehwa-reclaimed land, six plots, a LM applied rate as N%; non-application, chemical fertilizer (CF)100, 100, 50+50, 50+CF50 and (PC30+LM40)+LM50 as basal and additional fertilizer. NO_3^- -N content in soil was decreased as along with the growth of plant, highest in LM100% as basal fertilization at early growth stage and highest in (PC30%+LM40%)+LM40% and CF100% at last growth stage. Amount of NO_3^- -N and NH_4^+ -N in soil was high in (PC30%+LM40%)+LM40% and CF100% of top soil but in subsoil significant difference was little in all treatment. Amount of OM, A_v , P_2O_5 , T-N, exchangeable Ca and Na in soil was higher (PC30%+LM40%)+LM40% than non-application after harvest. Amount of nutrient uptake in plant was higher in CF100% and split application of LM than LM 100% application. Nitrogen utilization rate was in the order of CF100% > LM50%+LM50% = LM50%+CF50% > (PC30%+LM40%)+LM40% > LM100%. The yield of whole crop barley in (PC30%+LM40%)+LM40% and CF100% was 3.2 times more than in non-application (309 kg $10a^{-1}$). Feed values such as crude protein and TDN was increased 1.0% ~ 1.4% in LM as split application than basal 100% treatment. Accordingly, in order to increase yield of a whole crop barley with application PC+LM in reclaimed land treat split application rather than to treat LM 100% into the land.

Key words: Reclaimed land, Whole crop barley, Pig manure, Split application

서 언

정부는 2012년 해양배출 금지에 대비, 녹색성장을 위한 가축분뇨 자원화 및 효율적 관리 방안으로 처리 대상지와 유통기반 확충, 퇴·액비 품질 향상 제고, 자원화 사업 지원체계 개선, 자원화 시설 사후관리 체계 구축 및 교육 홍보 강화 등을 추진해 오고 있으나 (MIFAFF, 2010), 이와 같은 정부의 가축분뇨 자원화 정책에도 불구하고 이로 인한 환경오염문제가 사회적인 이슈로 대두되기 때문에 정확한

환경영향 평가에 의한 친환경적인 가축분뇨의 활용은 반드시 필요하다.

최근들어 한우농가의 급증은 간척지 주변에까지 사육하기에 이르러 사료작물의 재배가 간척농경지에까지 집중하게 되었고 특히 청보리 재배시에 화학비료 가격상승과 액비 무상 공급으로 가축분뇨를 살포하는 농가가 부쩍 늘었다. 액비살포는 살포업자에 따라서 청보리 파종 전 기비 살포시기를 놓치게 되어 추비로 처리하거나 기비와 추비로 나누어서 사용하는 농가가 있을 뿐만 아니라 일시에 다량 살포하여 주변환경 오염은 물론 작물의 피해를 입히는 경우가 자주 발생하고 있다.

계화간척지는 1968년에 방조제가 완공되어 1979년에 농경지로 조성한 이래 30년 이상이 된 간척지구로 문포통,

접수 : 2011. 3. 17 수리 : 2011. 6. 7

*연락처 : Phone: +82638402268

E-mail: leesbok218@korea.kr

염포동, 광활동의 3개 토양통이 분포하고 있다 (Lee and Ahn, 2003). 이들 토양은 토성이 사양토 내지 양토로서 배수개선 사업이 이루어진 후 발작물을 도입이 가능해져 현재는 이모작으로 동계에는 유채와 보리 위주로 재배하고 있다. 그러나 아직도 토양 구조가 발달되지 못하고 유기물과 인산함량이 낮아 일반 농경지에 비해 저조한 생산성을 보이는데 (Choi et al., 2010) 가축분뇨 퇴·액비를 적절히 활용한다면 토양중 유기물, 양이온치환용량 및 유효인산이 증가하고 (Kim et al., 2008), 작물에게 각종 영양소와 생육촉진물질의 공급 (Bernal and Kirchman, 1992; Douglas and Magdoff, 1991; Park et al., 2001)은 물론 토양 입단형성, CEC 및 완충능 증대, 킬레이트 기능 (Gilmour et al., 1998; Hwang et al., 1993; Summerell and Burgess, 1989), 생물상의 활성 증진 (Kanazawa and Yoneyama, 1980; Kim and Kim, 1984) 등의 효과를 얻을 수가 있다.

한편, 논에서 청보리 재배시 돈분액비 사용 후 경운을 하거나 벗짚을 환원하면 양분 유실량이 적어 식물체의 양분 흡수가 많고 이용률이 높으며 (Yang et al., 2008), 간척지에서 춘파용 청보리 재배할 때 질소성분으로 액비 100%를 기비로 전량 사용하는 것보다 기비와 추비로 각각 50%씩 살포하면 양분흡수량이 많아 수량도 높아진다 (Lee et al., 2010). 또한, 퇴비와 화학비료의 혼합시비를 할 경우 식물은 퇴비 및 화학비료의 질소를 흡수하므로 화학비료의 이용효율이 감소할 수 있으나 (Choi et al., 2001) 임계시비량 이상으로 퇴비를 사용할 경우 토양 물리 화학적인 특성이 향상되어 식물체의 비료 이용효율이 높아진다 (Tester, 1990). 그러나 퇴비와 액비를 혼용한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 간척농경지에서 청보리 재배를 위한 돈분뇨 퇴·액비 사용방법을 구명하기 위해서 돈분액비와 돈분퇴비 및 화학비료를 각각 기·추비로 분시한 후 식물체 양분흡수와 수량 및 토양 중 몇몇 성분에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

시험재료 본 시험에 사용된 토양은 국립식량과학원 벼 맥류부 계화시험지로서 간척농경지로 조성 후 33년이 경과하여 그 동안 주로 벼를 재배하여 왔기 때문에 제염화가 거의 이루어진 하해혼성충적층을 모재로 한 문포통으로 pH 7.2, EC 0.49 dS m⁻¹, OM 11.5 g kg⁻¹, Avail. P₂O₅ 81 mg kg⁻¹으로서 일반농경지에 비하여 pH, EC 및 치환성나트륨 등은 높은 편이나 그 외 성분이 낮은 토양이었으며, 토성은 토양입자의 입경이 0.2~0.02 mm에 속하는 사양토이었다. 시험작물로 사료용 보리인 청보리 (*Hordeum vulgare* L.)로서 품종은 영양보리를 사용하였다. 시험에 사용한 돈분액비는 6개월간 부숙시킨 슬러리 액비로 김제시 소재 신흥영농조합법인에서 생산한 것으로 액비성분은 총 질소가 0.41%, 인산 0.16%, 칼리 0.28%이고 돈분퇴비는 왕겨와 톱밥을 이용하여 생산된 총 질소가 1.17%, 인산 1.67%, 칼리 0.59%이었다.

시험방법 간척지에서 청보리 재배시 가축분뇨 퇴·액비의 시비방법 구명을 위한 처리내용으로는 무처리를 대조로 화학비료 100%, 전량 액비 기비 100% (이하 액비 전량 사용구), 액비 기비 50% + 액비 추비 50% (이하 액비 분시구), 액비 기비 50% + 화학비료 추비 50% (이하 화학비료 추비구) 및 퇴비 기비 30% + 액비 기비 40% + 액비 추비 50% (이하 퇴·액비 혼용구)의 6처리구를 Table 3과 같이 처리하였다. 화학비료 100% 구의 질소시비량은 15 kg 10a⁻¹를 요소비료로 사용하였는데 이는 간척지에서 청보리에 대한 표준질소 시비기준이 정해져 있지 않아 일반농경지의 보리의 표준시비량 9.1 kg 10a⁻¹에 30%를 증시 (RDA, 2008)하고 여기에 간척지 토양의 양분흡착능이 낮은 점 (Jeong and Yoo, 2005)을 적용하였다. 따라서 가축분뇨 퇴·액비 처리구는 이에 해당하는 질소량을 기준으로 기비와 추비로 분시하였다. 그리고 화학비료구의 인산과 칼리는 일반농

Table 1. Physico-chemical properties of soil used in field experiment.

pH	EC	OM	Avail. P ₂ O ₅	T-N	Exch. Cation				Soil texture
					Ca	Mg	K	Na	
(1:5)	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	----- cmol _c kg ⁻¹ -----				
7.2	0.49	11.5	81	0.55	3.62	2.25	0.52	0.82	Sandy loam

Table 2. Chemical properties of pig compost and liquid manure used.

	pH	OM	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O
	----- % -----							
Liquid manure	8.1	2.56	0.41	0.16	0.28	0.10	0.02	0.06
Composting manure	7.7	29.44	1.17	1.67	0.59	0.72	0.43	0.21

Table 3. Treatment with pig composting and liquid manure, and chemical fertilizer applied to whole crop barley.

Treatments	Basal	Top dressing
Non-application	-	-
CF 100% [†]	50%	50%
LM 100% [‡]	100%	-
LM 50%+LM 50%	LM 50%	LM 50%
LM 50%+CF 50%	LM 50%	CF 50%
(CM [§] 30%+LM40%)+LM50%	CM 30%+LM 40%	LM 50%

[†]CF 100% : chemical fertilizer N 15 kg 10a⁻¹.

[‡]LM 100% : equivalent amounts of N 15kg 10a⁻¹ as liquid pig manure.

[§]CM : compost manure.

경지의 시비 기준인 성분량으로 각각 10a당 7.4 kg, 3.9 kg 을 용과린과 염화기리를 사용하여 전량 기비로 사용하였다. 시험구의 구당 면적은 180 m²씩 3반복으로 하였다. 기비용 퇴·액비 살포는 2009년 10월 26일에 살포하고 경운로타리를 하였다. 청보리는 액비사용 후 3일째인 10월 30일에 광산파를 하고 각 시험구별로 2 m 간격마다 트랙터부착 골파기를 사용하여 골을 형성한 토양으로 복토하였다. 추비는 액비 또는 화학비료를 이듬해 2월 26일에 사용하였다.

토양 및 식물체 분석 가축분뇨 시용에 의한 토양화학성을 검토하기 위하여 채취한 토양은 실내에서 풍건하여 2 mm 체를 통과된 것을 농촌진흥청 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법 (NIAS, 2000)에 적용하여 분석하였다. 즉, pH와 EC는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 하여 초자전극법 (Orion 520A, Boston, USA)으로 측정하였고, 유기물은 Tyurin법으로 적정하였으며, 유효인산함량은 NH₄F 이 함유한 침출액을 사용하여 Lancaster법에 의한 비색계 (UV-1650PC, Shimadzu Co., Japan)로 측정하였다. 또한 치환성양이온인 칼슘, 마그네슘, 칼륨 및 나트륨은 1M NH₄OAC 로 추출하여 ICP-OES (Varian Vistar-MPX, USA)로 분석하였다. 한편, 발 토양 조건임을 감안하여 퇴·액비 처리 후 경시적으로 표토시료 (0~20 cm)를 채취하여 습토상태로 NO₃⁻-N을 조사하였고, 시험토양이 세사양토이기 때문에 토양하층으로 양분 변화가 있는지 알아보기 위하여 NH₄⁺-N 과 NO₃⁻-N을 액비 추비사용 후 20일째에 시료 채취용 오거를 이용하여 토양깊이별 (0~20, 20~40, 40~60 cm)로 각각 3반복씩 토양시료를 채취하여 조사하였다. NH₄⁺-N 의 분석은 2M-KCl로 침출하여 MgO를 가하여 증류 적정하였고, NO₃⁻-N은 Devarda alloy를 가한 후 NO₃⁻-N을 NH₄⁺-N로 전환시켜 킬달분석법으로 측정하였으며 이 때 시료는 습토상태로 분석 후 토양수분을 보정하여 건조중 함량으로 산출하였다. 청보리의 양분흡수량은 출수 후 10 일째에 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 역시 ICP-OES (Varian Vistar-MPX, USA)로 분석하여 얻은 값을 10a당 흡수량으로 산출하였다. 각 처리별 질소 이용률은 역시 출수 후 10 일째 시료를 Kjeldahl법으로 분석한 후 다음과 같이 계산하였다. 즉, 질소이용률 (%) = (처리구별 질소흡수량-무비구 질소흡수량) / 처리구 질소투입량 × 100으로 산출하였다. 처리간에 청보리의 사료가치에 차이가 있는지 검토하기 위하여 수확기 시료를 건조한 후 ADF (산성용매 불용성 섬유)와 NDF (중성용매 불용성 섬유) 함량은 Goering 및 Van soest법 (1970)으로 분석하였고, 가소화 건물함량 (DDM)은 미국초지학회의 DDM (%) = 88.9-0.779 × ADF (%)의 공식을 이용하였으며, 상대적 사료가치 (RFV)는 RFV = DDM (%) × (120/NDF) / 1.29의 계산식을 이용하여 산출하였다 (Holland et al., 1990). 총 가소화영양 (TDN)은 88.9-0.79 × ADF (%)의 식으로 산출하였다. 그 밖에 청보리의 생육 및 수량조사는 농업과학기술연구소조사기준 (RDA, 2003)에 준하였으며, 분시험에서 얻어진 결과는 SAS (Statistical analysis system ver. 9.1)를 이용하여 분석하였고 처리구간 비교는 Duncan's Multiple range test로 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

토양중 화학성 변화 토양에 시용된 질소화합물은 암모니아화성균에 의하여 암모니아를 유리하고 발 상태와 같은 호기적인 조건하에서 암모니아를 산화하여 질산화 작용을 받는다. Figure 1은 가축분뇨 퇴·액비 분시에 따른 청보리 생육시기별 토양중 NO₃⁻-N 함량의 변화를 나타내었다. 모든 처리의 토양에서 청보리 파종 후 1일째에 가장 높았고 월동후인 2월 25일까지 감소하다가 화학비료 또는 액비사용구에서 3월 25일경에는 다시 증가가 있는 후 수확기인 5월 25일까지 낮아졌다. 특히, 액비 전량시용구에서는 월동전인 12월 1일까지는 다른 처리보다 약간 높았

지만 수확기에 이르기까지 무처리구를 제외하고는 가장 낮은 값을 보였다. 그러나 퇴·액비 혼용구에서는 초기부터 다른 처리보다 약간 높은 값을 보였으며 그 밖의 처리는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. MacGregor et al. (1974)에 의하면 액비사용 직후에 NO₃⁻-N 함량이 최고값을 나타낸 후 지속적으로 낮아졌다는 보고와 일치하지만 최고 분얼기인 3월 25일경에 화학비료 또는 액비사용구에서 약간 높은 함량을 보인 것은 화학비료 또는 액비 추비에 의한 영향일 것으로 판단된다.

시험 토양은 사양토이므로 하층으로 양분의 이동이 있는지 알아보기 위하여 Table 4과 같이 화학비료 및 액비 추비 사용 후 20일째에 토양깊이에 따른 NH₄⁺-N과 NO₃⁻-N 함량을 조사하였다. 우선, NO₃⁻-N 함량을 보면 모든 처리에서

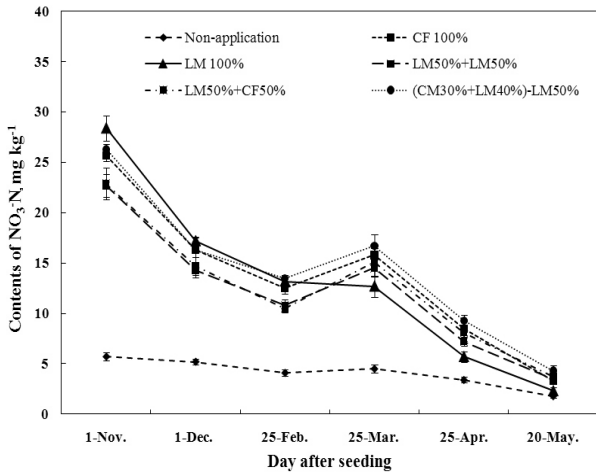


Fig. 1. The change of NO₃⁻-N concentration in reclaimed paddy soil as affected by different split applications of pig compost and liquid manure. LM : liquid pig manure, CF : chemical fertilizer, CM : compost manure.

표층부위가 가장 높고 하층으로 갈수록 낮게 나타났으며, 표토로부터 20 cm 깊이의 경우 화학비료구에서 15.8 mg kg⁻¹, 액비 전량사용구에서 12.7 mg kg⁻¹, 액비분시구에서 14.5 mg kg⁻¹, 그리고 퇴·액비 혼용구에서 16.7 mg kg⁻¹으로 무사용구에 비해 각각 3.5배, 3.7배나 되었다. 한편, NH₄⁺-N 함량은 표토로부터 20 cm 깊이의 경우 화학비료구, 액비 전량사용구, 액비분시구, 화학비료 추비구 및 퇴·액비 혼용구에서 각각 6.9, 4.9, 6.1, 5.7 및 7.1 mg kg⁻¹으로 역시 화학비료구와 퇴·액비 혼용구에서 높게 나타났다. 특히 이들 두 성분 함량이 하층으로 갈수록 액비 무사용구와 큰 차이가 없었는데, 이는 간척지 토양의 경우 염농도가 표층부위와 40~60 cm 깊이에서 각각 0.49 dS m⁻¹, 0.89 dS m⁻¹으로 조사되어 하층부위로 갈수록 염농도가 높아지게 되면 양분의 수직이동이 어려워 (Ryu and Lee, 1988; Ryu et al., 2010) 하층부위에서 무사용구와 차이가 없었던 것으로 생각된다. 따라서 간척농경지가 세사양토라 할지라도 하층부에 높은 염농도가 지속된다면 양분의 하층이동은 어렵게 되어 작토층에서 토양에 흡착된 성분은 작물의 영양원으로 되지만 그렇지 않을 경우 유실될 가능성이 있어 추후 양분의 동태를 밝힐 필요가 있다고 본다.

돈분뇨 퇴·액비 및 화학비료를 사용하여 청보리를 재배한 후 토양의 화학성은 Table 5와 같다. pH를 비롯한 EC, OM, Av, P₂O₅, T-N 그리고 치환성 양이온 등 대부분의 화학성은 무사용구에서는 Table 1의 시험전 토양보다 그리고 모든 처리중에 가장 낮았다. 화학비료구와 액비분시구 및 화학비료분시구는 시험전 토양과는 유사하였으나 퇴·액비 혼용구는 모든 처리 가운데 높은 값을 보였다. 특히 퇴·액비 혼용구의 OM 12.7 g kg⁻¹, Av, P₂O₅ 91 mg kg⁻¹ 및 T-N 0.61 g kg⁻¹는 무사용구에 비하여 각각 17%, 17%, 20% 증가했고 치환성 양이온도 13~24% 증가하였다. Song

Table 4. The change of NH₄⁺-N and NO₃⁻-N concentration in different soil depth as affected by split applications of pig compost and liquid manure.

Treatments	NH ₄ ⁺ -N			NO ₃ ⁻ -N		
	0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm
Non-application	4.2 ^{d†}	2.7 ^a	1.8 ^a	5.5 ^c	3.9 ^b	2.6 ^a
CF 100% [†]	6.9 ^a	3.1 ^a	1.9 ^a	15.8 ^{ab}	4.4 ^a	2.7 ^a
LM 100% [‡]	4.9 ^c	3.1 ^a	2.0 ^a	12.7 ^d	4.5 ^a	2.9 ^a
LM 50%+LM 50%	6.1 ^b	2.9 ^a	1.8 ^a	14.5 ^c	4.3 ^a	2.7 ^a
LM 50%+CF 50%	5.7 ^b	3.1 ^a	1.9 ^a	15.1 ^{bc}	4.5 ^a	2.7 ^a
(CM [§] 30%+LM40%)+LM50%	7.1 ^a	2.8 ^a	1.9 ^a	16.7 ^a	4.3 ^a	2.6 ^a

[†]CF 100% : chemical fertilizer N 15 kg 10a⁻¹.
[‡]LM 100% : equivalent amounts of N 15kg 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. Chemical properties of soil in field after whole crop barley cultivation.

Treatments	pH	EC	OM	Avail. P ₂ O ₅	T-N	Exch. Cation			
						Ca	Mg	K	Na
	(1:5)	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹			
Non-application	6.9 ^{ef}	0.38 ^c	10.9 ^d	78 ^b	0.51 ^b	3.51 ^b	2.21 ^c	0.49 ^b	0.81 ^{bc}
CF 100% [†]	7.1 ^b	0.42 ^c	11.1 ^{cd}	83 ^{ab}	0.57 ^{ab}	3.65 ^b	2.25 ^{bc}	0.51 ^{ab}	0.78 ^c
LM 100% [‡]	7.3 ^a	0.48 ^{ab}	11.9 ^b	85 ^{ab}	0.51 ^b	3.61 ^b	2.24 ^c	0.55 ^{ab}	0.89 ^{ab}
LM 50%+LM 50%	7.2 ^a	0.48 ^{ab}	11.7 ^{bc}	89 ^a	0.59 ^a	4.01 ^a	2.43 ^{ab}	0.61 ^a	0.91 ^a
LM 50%+CF 50%	7.2 ^a	0.44 ^{bc}	11.9 ^b	83 ^{ab}	0.57 ^{ab}	3.67 ^b	2.31 ^{abc}	0.59 ^{ab}	0.85 ^{abc}
(CM [§] 30%+LM40%)+LM50%	7.3 ^a	0.51 ^a	12.7 ^a	91 ^a	0.61 ^a	4.14 ^a	2.49 ^a	0.61 ^a	0.93 ^a

[†]CF 100% : chemical fertilizer N 15 kg 10a⁻¹.

[‡]LM 100% : equivalent amounts of N 15kg 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. Amount of nutrients uptake in whole crop barley plant as affected by different split applications of pig composting and liquid manure.

Treatments	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O
	kg 10a ⁻¹					
Non-application	3.8 ^{ef}	2.2 ^c	5.3 ^c	0.5 ^d	0.4 ^c	1.6 ^d
CF 100% [†]	12.1 ^a	6.6 ^b	16.0 ^{bc}	1.4 ^b	1.4 ^a	5.3 ^b
LM 100% [‡]	7.6 ^d	5.0 ^d	13.6 ^d	1.1 ^c	1.1 ^b	4.1 ^c
LM 50%+LM 50%	9.6 ^c	7.1 ^a	16.3 ^b	1.6 ^a	1.5 ^a	6.0 ^a
LM 50%+CF 50%	10.9 ^c	6.1 ^c	15.0 ^c	1.4 ^b	1.4 ^a	6.0 ^a
(CM [§] 30%+LM40%)+LM50%	10.8 ^b	7.3 ^a	18.0 ^a	1.6 ^a	1.6 ^a	6.4 ^a

[†]CF 100% : chemical fertilizer N 15 kg 10a⁻¹.

[‡]LM 100% : equivalent amounts of N 15kg 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. Nitrogen use efficiency at harvesting season under different split applications of pig composting and liquid manure.

Treatments				
CF 100% [†]	LM [‡] 100%	LM50%+LM50%	LM50%+CF50%	(CM [§] 30%+LM40%)+LM50%
%				
55.3 ^{af}	25.3 ^d	52.6 ^b	52.0 ^b	48.8 ^c

[†]CF 100% : chemical fertilizer N 15 kg 10a⁻¹.

[‡]LM 100% : equivalent amounts of N 15kg 10a⁻¹ as liquid pig manure.

[§]CM : compost manure.

[¶]Values within the same column with same letters are not significantly at *p* < 0.05.

et al. (2006)은 무시용을 대조로 돈분액비와 화학비료를 사용하여 이탈리안라이그라스, 호밀 및 귀리를 사료작물 시범포에 재배한 후 토양중 양분의 변화를 조사한 결과 처리간에 큰 차이가 없다고 하였으나 Park et al. (2010)은 토마토 재배 후에 NO₃⁻-N, 유효태 인산, 치환성 칼륨 등이 증가하였다고 하였는데 이들 결과를 종합하여 보면 본 연구와 같이 척박한 토양에서는 퇴·액비를 사용하여 작물을 재배한 후에 대부분의 성분이 증가하고 있음을 시사하고 있다.

식물체 양분흡수량과 질소이용률 Table 6는 청보리 출수 후 10일째에 퇴·액비 기·추비처리에 따른 식물체 양분 흡수량을 나타낸 것이다. 조사된 성분중 K₂O가 10a당 13.6~18.0 kg으로 가장 많은 흡수를 하였고 다음은 N, P₂O₅, Na₂O 순이며 CaO과 MgO은 가장 낮은 흡수량을 보였다. 처리간에는 화학비료구에서 N가 12.1 kg 10a⁻¹, 퇴·액비분시구에서 P₂O₅와 K₂O가 각각 7.3, 18.0 kg 10a⁻¹으로 다른 처리보다 약간 높은 편이었고 화학비료 및 액비 분시

로 그 차이를 줄일 수가 있었으며 액비 전량구에서 가장 낮은 흡수량을 나타냈다. 이는 Lee et al. (2010)의 간척지에서 춘파용 청보리 재배시에 액비 전량시용구가 낮은 흡수량을 보인 것과 일치하고 있다.

청보리 출수 후 10일째에 퇴·액비 분시에 따른 질소 이용률은 보면 화학비료구에서 55.3%로 가장 높고, 다음은 액비분시구와 화학비료 추비구에서 평균 52.3%, 퇴·액비혼용구에서 48.8%, 그리고 액비전량시용구에서 25.3%로 가장 낮은 이용률을 나타냈다. 따라서 간척지 유기물 함량이 낮은 토양에서 질소 이용률을 높이기 위해서는 일시에 전량시용보다는 분시가 바람직할 것으로 여겨진다. 특히 양분이 용출이 화학비료보다 액비 사용에서 낮은 것은 토양 pH 7.2에 액비성분 자체의 pH가 8.1로 알칼리성이어서 토양중 휘산 (Frost et al., 1990; Pain et al., 1990)과 강우에 의한 유실 (Hollen et al., 1992) 등이 작용했을 것으로 판단된다.

청보리 수량과 사료가치 퇴·액비 분시에 따른 청보리 생육 및 수량을 보면 Table 8과 같다. 먼저, 생육을 살펴보면 경수는 화학비료시용구와 퇴·액비 분시구가 액비 전

량시용구보다 많은 편이며, 간장 역시 화학비료 시용구와 퇴·액비 분시구가 약간 길었다. 건물 수량은 무처리구 309 kg 10a⁻¹ 대비 화학비료 시용구에서 3.2배, 액비 전량시용구에서 2.3배, 액비 분시구와 화학비료 추비구에서 3.0배, 퇴·액비 혼용구에서 3.2배로, 화학비료 또는 퇴·액비 분시구가 액비 전량 시용구보다 높았다. 따라서 계화도 간척지와 같은 점토함량이 낮은 지역에서 화학비료나 액비를 2회 이상 분시하게 되면 강우 또는 논물로 인한 양분의 유실량을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 퇴비와 함께 액비를 사용할 경우 청보리 생산에 더욱 효과적일 것으로 판단된다. Park et al. (2006)은 호밀 재배시 가축분뇨 분시로 전량 기비시용보다 높은 수량을 보였으며, Kim et al. (2006)는 귀리 재배시 화학비료 단독 사용보다 화학비료와 퇴비 혼용시용에서 수량이 높았다고 보고하여 본 결과와 일치하는 경향이였다.

계화간척지에서 가축분뇨 퇴·액비 분시에 따른 청보리 사료가치는 Table 9과 같다. 먼저, 조단백질 함량을 보면 화학비료시용구와 퇴·액비 분시구에서 8.1~8.6%로 가장 높고 다음은 액비 전량시용구에서 7.1% 그리고 무시용구 순이었으나, ADF와 NDF 함량은 퇴·액비 분시구에서 높고 화

Table 8. Yield potential and growth of whole crop barley under different split applications of pig compost and liquid manure.

Treatments	No. of tiller per m ²	Plant length	Fresh matter yield	Dry matter yield	Yield index
	ea	cm	kg 10a ⁻¹	kg 10a ⁻¹	
Non-application	602 ^{ef}	49.6 ^b	941 ^d	309 ^d	100
CF 100% [†]	652 ^a	97.0 ^a	3,895 ^{ab}	988 ^a	320
LM 100% [‡]	616 ^b	86.0 ^{ab}	2,939 ^c	715 ^c	231
LM 50%+LM 50%	634 ^a	94.9 ^{ab}	3,697 ^b	913 ^b	295
LM 50%+CF 50%	643 ^a	96.0 ^{ab}	3,853 ^{ab}	938 ^{ab}	303
(CM [§] 30%+LM40%)+LM50%	648 ^a	97.7 ^a	3,982 ^{ab}	986 ^a	319

[†]CF 100% : chemical fertilizer N 15 kg 10a⁻¹.

[‡]LM 100% : equivalent amounts of N 15kg 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 9. Feed values of whole crop barley under different split applications of pig compost and liquid manure.

Treatments	CP	ADF	NDF	TDN	RFV
	----- % -----				
Non-application	6.8 ^{bf}	26.4 ^b	53.0 ^c	68.2 ^a	120.7
CF 100% [†]	8.6 ^a	28.9 ^b	55.1 ^{bc}	66.1 ^{ab}	112.2
LM 100% [‡]	7.1 ^b	32.5 ^a	60.6 ^a	63.2 ^c	97.7
LM 50%+LM 50%	8.1 ^a	30.3 ^a	58.2 ^{ab}	65.0 ^{ab}	104.5
LM 50%+CF 50%	8.2 ^a	30.7 ^a	59.8 ^{ab}	64.6 ^b	101.2
(CM [§] 30%+LM40%)+LM50%	8.5 ^a	31.4 ^a	59.3 ^{ab}	64.1 ^b	101.1

[†]CF 100% : chemical fertilizer N 15 kg 10a⁻¹.

[‡]LM 100% : equivalent amounts of N 15kg 10a⁻¹ as liquid pig manure.

[§]CM : compost manure.

[¶]Values within the same column with same letters are not significantly at $p < 0.05$.

CP=Crude protein, ADF=acid detergent fiber, NDF=neutral detergent fiber, TDN=total digestible nutrient, RFV=relative feed value.

화학비료구와 무시용구에서 낮았다. 한편, TDN 함량은 화학비료구와 무시용구에서 각각 66.1%, 68.2%로 다른 처리보다 높은 편이었고, RFV 역시 TDN 함량과 같이 퇴·액비 분시구보다 무시용구와 화학비료구에서 높게 나타났다.

이상의 결과에서 나타난 바와 같이 간척지에서 화학비료를 대체하여 가축분뇨 퇴·액비를 이용한 청보리 재배시 증수와 사료가치를 높이기 위해서는 일시에 전량 사용하는 것보다는 2회 분할 사용하거나 기비로 퇴비 30%와 액비 40% 그리고 추비로 액비 50%의 분시하여 사용하면 토양 비옥도를 유지하면서 생산성 또한 높아질 것으로 판단된다.

요 약

간척지에서 청보리 재배를 위한 가축분뇨 퇴·액비 사용 방법을 구명하기 위해서 계화간척지 문포동에서 무처리를 대비로 화학비료 및 돈분뇨 퇴·액비를 기비와 추비로 분시하여 청보리를 재배한 후 토양 양분변화, 식물체 양분 흡수량 및 수량 등을 조사하였다. 토양중 NO₃⁻-N 함량은 액비사용 후 생육 후기로 갈수록 감소하였고, 보리생육 초기에는 액비 전량사용구가 높았으나 후기에는 퇴·액비 혼용구와 화학비료 사용구에서 높았다. 토양 중 NO₃⁻-N와 NH₄⁺-N 함량은 표토에서 퇴·액비 혼용구와 화학비료 사용구에서 높았으나 심토에서는 처리 간에 유의차가 없었다. 시험후 토양의 화학성중 유기물, 유효태 인산, 총질소, 치환성 칼슘과 나트륨이 퇴·액비 혼용구에서 무시용구보다 현저히 높았다. 식물체 양분흡수량은 액비 전량사용구보다 화학비료 사용구와 액비분시 및 퇴·액비 혼용구에서 높게 나타났고 질소이용률은 화학비료 사용구>액비분시구=화학비료 추비구>퇴·액비 혼용구>액비 전량사용구 순으로 나타났다. 청보리 수량은 무처리구 309 kg 10a⁻¹ 대비 액비 전량사용구에서 2.3배였으나 화학비료 사용구와 퇴·액비 혼용구에서 3.2배로 가장 높게 나타났다. 청보리 사료가치는 퇴·액비 분시구에서 액비전량 사용구보다 조단 백질과 TDN 값이 1.0~1.5%가 높아졌다.

따라서 간척농경지에서 가축분뇨 퇴·액비사용에 의한 청보리 증수를 위해서는 일시에 전량 사용하는 것보다는 분할 사용해야 높은 수량을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업 (과제번호: PJ0066 202010)의 연구지원에 의해 수행되었습니다.

인 용 문 헌

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

Cho, M.K., J.H. Lee, H.K. Park, B.I. Ku, K.D. Lee, M.K. Back, N.H. Back, Y.D. Kim, T.S. Park, W.Y. Choi, and J.K. Ko. 2010. Proper phosphate fertilization rate and grain yield for rice in south-west Gyehwado reclaimed saline paddy fields. *Korea J. Intl. Agri.* 22:131-133.

Choi, W.J., S.A. Jim, S.M. Lee, H.M. Ro, and S.H. Yon. 2001. Corn uptake and microbial immobilization of 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.

Frost, J.P., R.J. Stevens, and R.J. Laughlin. 1990. Effects of separation and acidification of cattle slurry on ammonia volatilization and on the efficiency of slurry nitrogen for herbage production. *J. Agri. Sci.* 115:49-56.

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.

Goering, H.L. and P.J. Van Soesa. 1970. Forage fiber analysis. *Agr. Handbook*. No. 379. USDA.

Holland, C., W. Kezar, W.P. Kautz, E.J. Lazowski, W.C. Mahanna, and R. Reinhart. 1990. The pioneer forage manual : A nutritional guide. Pioneer Hi-Bred Int. Inc., Des Moines, IA.

Hollen, B.F., J.R Owens, and J.I. Sewell. 1992. Water quality in a stream receiving dairy feedlot effluent. *J. Environ. Qual.* 11:5-9.

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.

Jeong, Y.S. and C.H. Yoo. 2005. Soil problems and agricultural management of the reclaimed land. *Korean J. Crop Sci.* 50:2-33.

Kanazawa, S. and T. Yoneyama. 1980. Microbial degradation of 15N-labeled rice residues in soil during two years, incubation under flooded and upland conditions. Transformation of residue nitrogen. *Soil Sci. Plant Nutr.* 26:241-254.

Kim, J.D., S.G. Kim, S.H. Chae, and C.H. Kwon. 2006. Effect of livestock manure and chemical fertilizer on the forage yield quality of oat at no-till cropping system. *Korean J. Grassl. Sci.* 26:127-132.

- 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.
- Lee, S.B., N.H. Baik, J.H. Yoo, S. Kim, K.M. Cho, Y.J. OH, T.L. Park, T.S. Kim, K.J. Kim, and C.K. Kim. 2010. Effects of split application of pig liquid fertilizer on yield of spring whole-crop barley and subsequent soil quality in reclaimed land. Korean J. Intl. Agri. 22:319-323.
- Lee, S.H. and Y. Ahn. 2003. The future subject and the present state of reclaimed land in Korea. Soc. Agri. Res. Recl. Lands 1:20-31.
- MacGregor, J.M., G.R. Blake, and S.D. Evans. 1974. Mineral nitrogen movement into subsoils following continued annual fertilization for corn. Soil Sci. Soc. Am. Pro. 38:110-112.
- MIFAFF. 2010. Environmentally friendly livestock policy in environmentall -friendly livestock for natural recycling system. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. Seoul Korea
- NIAST. 2000. Analytical methods of soil and plant. National Institute of Agricultural Science and Technology, Rural Development Administration. Suwon. Korea.
- Pain, B.F., R.B. Thomposn, Y.J. Rees, and J.H. Skinner. 1990. Reducing gaseous losses of nitrogen from cattle slurry applied to grassland by the use of additives. J. Sci. Food Agri. 50:141-153.
- Park, B.K., J.S. Lee, N.J. Cho, and K.Y. Jung. 2001. Effect of liquid pig manure on growth of rice and infiltration waste quality. Korean J. Soc. Soil Sci. Fert. 34:153-157.
- Park, J.M., T.J. Lim, S.B. Kang, I.B. Lee, and Y.I. Kang. 2010. Effect of pig slurry fertigation on soil chemical properties and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Korean J. Soil Sci. Fert. 43:488-493.
- RDA. 2008. Production and utilization of crude forage for expense curtailment of feed. Rural Development Administration. Sammi press. Suwon. 41-44.
- Ryu, J.H., D.Y. Chung, S.W. Hwang, J.G. Kang, S.B. Lee, W.Y. Choi, S.K. Ha, and S.J. Kim. 2010. Leaching and distribution of cation in multi-layered reclaimed soil column with intermediate macroporous layer. Korean J. Soc. Soil Sci. Fert. 43:480-487.
- Ryu, S.H. and S.M. Lee. 1988. Laboratory study on changes in hydraulic conductivity and chemical properties of effluent of soil during desalinization. Korean J. Soc. Soil Sci. Fert. 21:3-10.
- Song, T.S., M.C. Kim, and K.J. Hwang. 2006. Effects dry matter content of liquid swine manure on dry matter yield and nutritive value of italian ryegrass, rye and oat, and the chemical characteristics of soil in Jeju. Korean J. Grasl. Sci. 26:159-170.
- 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., S.B. Lee, T.K. Kim, J.H. Ryu, C.H. Yoo, J.J. Lee, J.D. Kim, and 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. 41:285-292.