

Effects of Liquid Pig Manure Application Level on Growth Characteristics, Yield, and Feed Value of Whole Crop Barley at Reclaimed Tidal Land in Southwestern Korea

Pyeong Shin, Kwang-Min Cho*, Nam-Hyun Back, Chang-Hyu Yang, Geon-Hwi Lee, Ki-Hun Park, Dong-Sung Lee¹, and Doug-Young Chung^{1*}

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

¹*College of Agricultural and life science, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea*

(Received: October 30 2014, Revised: December 15 2014, Accepted: December 15 2014)

This study was conducted to investigate liquid pig manure (LPM) application rates on the growth characteristics, yield, and feed value of whole crop barley in Yeongsangang and Saemangeum reclaimed tidal land. Electronic conductivity (EC), organic matter (OM), and available phosphate (Av. P₂O₅) increased in chemical properties of Yeongsangang and Saemangeum soil as raising LPM application level. As increasing LPM application level, exchangeable Na⁺ significantly increased in Yeongsangang, while exchangeable K⁺ significantly increased in Saemangeum. Plant height was not significantly different from LPM 100% to LPM 200% in Yeongsangang and in Saemangeum. Dry matter yield of whole crop barley increased steadily, but crop yield of LPM 200% in Yeongsangang (10.5 ton ha⁻¹) was as much as that of LPM 150% (10.0 ton ha⁻¹). Yield of LPM 200% (11.2 ton ha⁻¹) in Saemangeum was similar to that of LPM 150% (10.5 ton ha⁻¹). Crude protein (CP) increased depending on LPM application level, but total digestible nutrients (TDN) increased regardless of LPM application level. LPM 200% was the highest in TDN yield (Yeongsangang: 7.4 ton ha⁻¹, Saemangeum: 6.9 ton ha⁻¹), but there was no statistical difference between LPM 150% (Yeongsangang: 6.9 ton ha⁻¹, Saemangeum: 6.6 ton ha⁻¹) and LPM 200%. From the results described above, optimum rate of LPM for cultivating whole crop barley is considered 100% in Yeongsangang reclaimed tidal land and 150% in Saemangeum reclaimed tidal land, showing that the effect of LPM application is better in Segmentation than that in Yeongsangang for yield of whole crop barley.

Key words: Liquid pig manure, Whole crop barley, Yield, Optimum rate, Reclaimed tidal land

Chemical properties of soil affected by application of liquid pig manure.

Reclaimed land	LPM* appl. (%)	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cations (cmol _e kg ⁻¹)			
						K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
Yeongsangang	Appl. before	8.7	0.85	17.7	14	0.80	10.0	3.0	0.85
	0	8.6	0.71	17.9	13	0.81	8.5	2.6	0.84
	50	8.7	0.72	18.5	20	0.85	8.6	2.9	0.98
	100	8.5	0.73	18.5	21	0.87	8.8	2.8	1.02
	150	8.7	0.77	18.2	24	0.88	9.3	2.6	1.11
	200	8.6	0.79	19.6	24	0.88	9.7	2.4	1.21
Saemangeum	Appl. before	7.7	0.45	3.2	46	0.81	1.4	2.2	0.61
	0	7.5	0.12	2.9	46	0.58	1.5	2.6	0.36
	50	7.5	0.11	3.0	49	0.71	1.5	2.5	0.37
	100	7.2	0.11	3.2	57	0.78	1.5	2.5	0.42
	150	7.6	0.15	3.3	62	1.32	1.6	2.4	0.42
	200	7.7	0.20	3.8	86	1.51	1.7	2.1	0.45

* LPM: liquid pig manure

*Corresponding author : Phone: +82428216739, E-mail: dychung@cnu.ac.kr

*Co-corresponding author : Phone: +82638402143, E-mail: k.cho@korea.kr

§Acknowledgement: This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ008516)" Rural Development Administration, Republic of Korea.

Introduction

가축분뇨는 2011년 기준 전체 발생량 4,270만톤의 1.8%를 해양에 투기하였으나 (MIFAFF, 2011), 런던협약에 의해 2012년 이후 해양 투기가 금지되었고, 양축농가의 사육 규모가 확대되면서 가축분뇨 발생량도 점점 늘어나고 있어 이에 대한 대책이 필요하다. 2013년 말 기준으로 가축분뇨 발생량이 47,235톤으로 전년도에 비해 약 846톤이 증가하여 (MAFRA, 2013) 가축분뇨를 활용한 농업적 이용이 요구된다. 최근 국제 곡물가격이 상승함에 따라 정부에서는 국내 조사료 자급률 향상을 위하여 간척지를 활용한 사료작물의 재배면적을 2014년까지 2,000 ha로 확대재배를 장려하고 있다. 그러나 조사료 작물은 타 작물에 비하여 비료 요구량이 많아 무기질비료 가격 상승에 따른 경종농가들이 어려움을 겪고 있어 가축분뇨 액비를 활용한 조사료 재배농가가 늘고 있는 실정이다 (AC, 2012).

간척지토양은 유기물 및 유효인산 함량이 낮아 작물이 생육하기에 불리한 조건을 가지고 있어 작물의 생산성이 낮다 (Choi et al., 2001). 적당량의 돈분뇨액비를 활용한다면 토양 내 유기물함량, 유효인산 및 양이온 치환용량이 증가하고 (Kim, et al., 2008; Yadav et al., 2000) 토양 입단 형성 및 완충능 증대 등 토양 물리성이 개선된다 (Gilmour et al., 1998; Hwang et al., 1993; Summerell and Bugress et al., 1989). 또한 토양 내 미생물의 활성이 증진되며 (Kanazawa and Yoneyama, 1980), 작물에게 필요한 영양소를 공급해준다 (Bernal and Kirchner, 1992; Douglas and Magdoff, 1991; Park et al., 2001). 그러나 과량의 액비를 사용할 경우 토양 내 축적된 양분이 유실되면서 지하수 및 하천으로 이동하여 수질을 오염시킬 수 있어 작물 재배시 적정량의 액비 사용이 중요하다 (Murayama et al., 2001; Schechtner, 1978).

논에서 청보리 재배시 돈분뇨액비 200%를 사용한 후 경운하거나 벗길지로 피복했을 때 수량이 49% 증수하였고 (Yang et al., 2008), 간척지에서 봄에 파종한 청보리를 재배할 때 액비 전량을 기비로 사용하는 것보다 기비와 추비를 절반씩 나누어 사용하는 것이 수량이 높아진다 (Lee et al., 2010). 또한 청보리 재배시 액비를 처리했을 때 무기질비료와 비슷한 수량을 얻을 수 있다 (Cho et al., 2012). 하지만 새만금 간척지와 영산강간척지에서 청보리에 대한 적정 사용량 연구는 부족한 실정이다.

본 시험에서는 토성이 각각 다른 영산강간척지와 새만금 간척지에서 청보리 재배시 돈분뇨액비의 사용수준에 따른 생육, 수량 및 사료가치에 미치는 영향을 조사하였다.

Materials and Methods

시험재료 본 시험은 청보리에 대한 적정 액비 사용 수준을 구명하기 위해, 새만금간척지에서는 농어촌공사로부터 임시로 사용권을 허락받은 국립식량과학원 벼맥류부 계화시험지에서, 영산강간척지에서는 역시 사용권을 허락받은 전라남도 해남군 소재 농가포장에서 2013년부터 2014년까지 1년간 수행하였다. 청보리 품종은 영양을 사용하였고, 시험에 사용한 액비 중 영산강간척지는 전남 해남군 마산면 소재 해진영농법인에서, 새만금간척지는 익산군산축협 공동자원화시설에서 45일 이상 발효시킨 것을 각각 사용하였으며, 액비의 화학적 특성은 Table 1과 같다.

액비사용 및 파종 방법 간척지구별로 청보리에 대한 액비 사용수준을 검토하기 위해 처리내용으로 일반 농경지 수준인 질소비료 150 kg ha⁻¹를 기준으로 이에 해당하는 액비량을 계산하여 액비 50%, 100%, 150%, 200%를 파종 전 밀거름 50%, 생육재생기에 옷거름 50%로 2번 나누어 사용하였고 액비 무사용을 시험구로 만들었다. 영산강간척지와 새만금간척지의 시험구 크기는 각각 100 m × 50 m, 3 m × 4 m로 하여 난괴법으로 배치하였다. 액비는 영산강간척지에는 2013년 10월 17일, 새만금간척지에는 2013년 10월 25일에 각각 처리하였고 파종은 액비를 사용하고 일주일 후에 청보리를 200 kg ha⁻¹ 수준으로 산파하였다.

토양 화학성 및 액비 성분분석 토양 중 양분 이동을 확인하기 위해 토양을 채취하여 풍건 후 2 mm체에 통과한 시켜 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 분석을 실시하였다. pH와 EC는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 희석하여 초자전극법 (Mettler toledo seven multi, Switzerland)으로 하였고 유효인산은 Lancaster법을 이용한 비색법 (Shimadzu UV-540, Japan)으로 하였다. 유기물은 Dumas법 (Vario-MAX, Germany)로 분석하였고 치환성 양이온 (K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺)은 ICP-AES (VISTA-MPX CCD Simultaneous Australia)로 분석하였다.

Table 1. Chemical characteristics of the liquid pig manure used for the experiment.

Source of LPM* used	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O
	----- % -----					
LPM 1 (Haenam)	0.28	0.23	4.43	1.11	0.16	0.93
LPM 2 (Iksangunsan)	0.21	0.12	4.03	0.43	0.06	0.89

* LPM: liquid pig manure

시험에 사용한 액비의 무기성분은 액비 1 mL와 HNO₃ 10 mL를 넣고 가열하여 냉각시키고 Ternary solution (HNO₃ : H₂SO₄ : HClO₄, 10:1:4) 10 mL를 가하여 350°C로 가열하여 분해하였다. 유효인산은 Lancaster법을 이용한 비색법 (Shimadzu UV-540, Japan)으로 하였고, T-N은 Dumas법 (Vario-MAX, Germany)으로 하였다. K, Ca, Mg, Na의 함량은 분해 후 ICP-AES (VISTA-MPX CCD Simultaneous Australia)로 분석하였다. 다음과 같이 분석한 액비의 화학성은 Table 1과 같다.

사료가치 분석 및 통계분석 사료가치 분석은 식물체를 액비 사용수준별로 1 kg씩 채취하여 건조기에 70°C로 3~4 일 건조시키고 무게를 측정 후 마쇄한 시료를 가지고 분석하였다. 조단백질 분석은 AOAC (1995) 방법으로 측정하였고, 중성세제불용섬유소 (Neutral detergent fiber, NDF) 및 산성세제불용섬유 (Acid detergent fiber, ADF) 함량은 Goering and Van Soest법 (1970)으로 분석하였다. 가스화양분총량 (Total digestible nutrients, TDN)은 88.9 - (0.79 × ADF%) (Holland, 1990)의 식으로 산출하였다. 통계분석은 R (3.1.2)을 이용하여 청보리의 생육 및 수량 등을 분산분석 (ANOVA) 및 Duncan's Multiple range test로 검정하였다.

Results and Discussion

토양 중 화학성 변화 영산강간척지와 새만금간척지에 청보리를 재배한 후 액비 사용수준별 토양 화학성은 Table 3과 같다. 두 간척지에서 Table 2의 시험 전 토양에 비해 pH값은 비슷하였고 EC는 감소하였고, 유기물, 유효인산함량이 증가하였으나 액비 사용수준이 증가할수록 이들 값은 모두 증가하였다. 이는 Yang et al. (2008)이 연구한 내용과 일치하였다. 시험 후 토양 EC가 시험전 토양에 비해 감소한 이유는 봄철 강우로 인한 영향으로 생각되며, 이는 Yang et al. (2012)이 연구한 내용과 일치하였다. 처리구별로 비교했을 때 EC는 돈분노액비 100%구에서 비슷한 값을 나타내었으나 돈분노액비를 150% 이상 사용하면서 EC값이 증가하였다. 유기물은 두 간척지 모두 약간 증가하였으나 유효인산은 새만금간척지에서 큰 폭으로 증가하였다. 양이온 중 K⁺은 영산강간척지에서 돈분노액비 100% 사용 이후 변화가 없었으나 새만금간척지에서는 액비 사용수준이 증가할수록 K⁺ 함량이 증가하였다. 그러나 Na⁺는 오히려 영산강간척지에서 큰 폭으로 증가하였고 새만금간척에서는 약간 증가하였다. 질소를 기준으로 한 액비 시비는 나트륨의 함량을 증가시킬 수 있다는 Moral et al. (2008)의 연구결과와 일치하였고, Lim et al. (2009)은 액비의 다년간 사용이 치환성 나트륨을 증가시킨다고 하여, Na⁺의 집적을 고려할 때 돈분노액비는 질소 시비량 기준 150% 이하로 사용

Table 2. Chemical properties of reclaimed soil used in the experiment.

Reclaimed land	pH (-)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cations (cmol _c kg ⁻¹)				Soil texture
					K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	
Yeongsangang	8.7	0.85	17.7	14	0.80	10.0	3.0	0.85	SL
Saemangeum	7.7	0.45	3.2	46	0.81	1.4	2.2	0.61	SiCL

Table 3. Chemical properties of soil affected by application of liquid pig manure.

Reclaimed land	LPM* appl. (%)	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cations (cmol _c kg ⁻¹)			
						K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
Yeongsangang	0	8.6	0.71d [†]	17.9d	13d	0.81b	8.5d	2.6b	0.84e
	50	8.7	0.72d	18.5b	20c	0.85a	8.6d	2.9a	0.98d
	100	8.5	0.73c	18.5b	21b	0.87a	8.8c	2.8a	1.02c
	150	8.7	0.77b	18.2c	24a	0.88a	9.3b	2.6b	1.11b
	200	8.6	0.79a	19.6a	24a	0.88a	9.7a	2.4c	1.21a
Saemangeum	0	7.5	0.12c	2.9c	46e	0.58e	1.5b	2.6a	0.36c
	50	7.5	0.11c	3.0c	49d	0.71d	1.5b	2.5ab	0.37c
	100	7.2	0.11c	3.2b	57c	0.78c	1.5b	2.5ab	0.42b
	150	7.6	0.15b	3.3b	62b	1.32b	1.6ab	2.4b	0.42b
	200	7.7	0.20a	3.8a	86a	1.51a	1.7a	2.1c	0.45a

*LPM: liquid pig manure

[†]Duncan's multiple range test (p<0.05).

해야 할 것으로 판단된다.

청보리 생육 및 수량 영산강간척지와 새만금간척지에서 청보리 재배시 돈분뇨액비 시용수준별 생육 및 수량은 Table 4와 같다. 두 간척지에서 액비 시용수준이 증가할수록 청보리의 초장, m²당 경수, 생체수량 및 건물수량이 증가하였는데, 이는 Yang et al. (2008)의 결과와 같았다. 영산강간척지에서 돈분뇨액비 100%구와 돈분뇨액비 150%구에서 청보리의 초장은 각각 102 cm, 103 cm로 1 cm 차이가 났지만 m²당 경수에서 각각 469개, 505개의 차이를 보여 청보리의 수량에 영향을 주었다. 청보리의 건물수량은 돈분뇨액비 200%구에서 10.5 ton ha⁻¹로 가장 높았지만 돈분뇨액비 150%구에서 10.0 ton ha⁻¹의 건물수량을 보여 큰 차이가

없었다. 새만금간척지에서 돈분뇨액비 150%구와 200%구의 청보리 초장 또한 102 cm, 103 cm로 1 cm 차이가 났지만 m²당 경수에서 각각 572개, 592개로 영산강간척지와 같은 양상을 보였으며, 건물수량 또한 돈분뇨액비 200%구에서 11.2 ton ha⁻¹로 가장 높았지만 돈분뇨액비 150%구에서 10.5 ton ha⁻¹이어서 차이가 없었다. 두 간척지에서 청보리의 생육 및 수량을 비교해 본 결과 유기물함량은 영산강간척지가 높았지만 평균수량은 새만금간척지에서 더 좋았다. Lee et al. (2013)은 새만금간척지에서 청보리 재배시 염농도가 높을수록 수량이 감소하며 수량 구성요소 중 특히 경수가 많이 감소하는 것으로 보고한 바 있다. 본 연구에서 새만금간척지가 영산강간척지보다 유기물함량이 낮지만 수량이 높은 이유는 새만금간척지의 EC가 영산강간척지보다 상대적으로 낮

Table 4. Yield and growth of whole crop barley affected by application of liquid pig manure

Reclaimed land	LPM* application (%)	Plant height (cm)	No. of tiller per m ² (ea)	Fresh matter (ton ha ⁻¹)	Dry matter (ton ha ⁻¹)
Yeongsangang	0	78c [†]	267e	8.8e	3.1e
	50	99b	393d	18.8d	7.2c
	100	102a	469c	27.5b	9.5ab
	150	103a	505b	29.9ab	10.0ab
	200	103a	515a	32.5a	10.5a
	Mean	97	442	23.5	8.1
Saemangeum	0	61d	484e	9.0d	3.0e
	50	91c	513d	23.6c	8.2b
	100	100b	580b	27.2bc	9.7ab
	150	102a	572c	31.0ab	10.5a
	200	103a	592a	34.4a	11.2a
	Mean	91	548	25.0	8.5

*LPM: liquid pig manure

[†]Duncan's multiple range test (p<0.05).

Table 5. Chemical constituents of whole crop barley affected by application of liquid pig manure.

Reclaimed land	LPM* application (%)	T-N	T-P	K	Ca	Mg	Na
----- % -----							
Yeongsangang	0	0.79e [†]	0.15d	1.43e	0.14c	0.24a	0.45e
	50	0.89d	0.17c	1.58d	0.15c	0.20b	0.47d
	100	1.01c	0.18bc	1.61c	0.17b	0.18c	0.51c
	150	1.03b	0.19b	2.00b	0.18ab	0.18c	0.55b
	200	1.07a	0.24a	2.16a	0.19a	0.16d	0.70a
Saemangeum	0	0.75e	0.15c	1.33e	0.14c	0.25a	0.62e
	50	0.79d	0.17b	2.01d	0.16b	0.17b	0.70d
	100	0.91c	0.18b	2.25c	0.16b	0.17b	0.77c
	150	1.08b	0.18b	2.79b	0.17ab	0.17b	0.88b
	200	1.13a	0.25a	3.09a	0.18a	0.16b	1.08a

*LPM: liquid pig manure

[†]Duncan's multiple range test (p<0.05).

아 청보리의 경수에 영향을 주어 수량차이가 발생한 것으로 생각된다. 또한 새만금간척지는 수직배수가 비교적 잘 되는 사양토이고 영산강간척지는 수직배수가 불량한 미사질식양토이기 때문에 토성 차이에 따른 배수의 영향을 받았을 것으로 판단되며, 영산강간척지의 pH가 새만금간척지보다 높아 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 의 휘산 (Frost et al., 1990; Pain et al., 1990)이 활발하게 진행되어 질소의 손실이 일어나 수량차이가 발생한 것으로 생각된다.

액비 시용수준별 양분 흡수 간척지구별 돈분뇨액비 시용수준에 따른 청보리의 양분 흡수는 Table 5와 같다. 돈분뇨액비 시용수준이 증가할수록 청보리의 질소와 인산의 함량이 많았고 무기성분은 Mg를 제외한 나머지 성분의 함량이 증가하였다. 영산강간척지와 새만금간척지의 질소 흡수율을 보면, 무시용구는 각각 0.79%와 0.75%로 비슷하였고, 돈분뇨액비 50%구에서는 0.89%와 0.79%, 돈분뇨액비 100%구에서는 1.01%와 0.91%로 영산강간척지에서 더 많았으나 돈분뇨액비 150%구에서는 1.03%와 1.08%, 돈분뇨액비 200%구에서는 각각 1.07%와 1.13%로 새만금간척지에서 더 많았다. 이는 새만금간척지보다 영산강간척지에서 200%구에서 액비의 유출이 일어나 식물이 질소 흡수량이 적었을 것이라 생각된다. 또한 Ca^{2+} 함량이 높은 토양에서는 질소와 길항적으로 작용하게 되는데, 영산강간척지의 Ca^{2+} 함량이 새만금간척지에 비해 평균 $9\text{cmol}_c\text{ kg}^{-1}$ 로 5.6배정도 높아 식물체의 질소이용의 차이가 수량차이에 영향을 준 것으로 생각된다.

사료가치 분석 간척지구별 돈분뇨액비 시용수준에 따른 청보리의 사료가치는 Table 6과 같다. 조단백질을 살펴보면 돈분뇨액비 시용수준이 증가할수록 조단백질 함량이 높았으며 조단백질 최대값은 영산강간척지에서 6.7%, 새만금간척지에서는 7.7%로 질소함량이 높아질수록 조단백질이 증가한다는 Songin (1985)의 결과와 일치하였다. 각 간척지에서 ADF값과 NDF값은 액비 시용수준별로 큰 차이를 보이지 않았으나 ADF의 경우 영산강 간척지에서 재배한 청보리가 새만금간척지에 비해서 평균적으로 낮은 경향이였다. 두 간척지에서의 가소화양분 총량 (TDN) 함량은 60% 이상으로 비교적 양호하였으나, 돈분뇨액비 시용수준별로 뚜렷한 경향을 보이지 않았으며 이는 Shin et al. (2012)과 비슷한 결과를 나타내었다. 앞서 언급한 ADF값이 낮을수록 TDN값이 높게 되는데 TDN이 높을수록 가축의 소화되는 영양분이 증가하여 사료로서 유리한 조건이 된다. 결과적으로 영산강간척지에서 재배된 청보리가 ADF값이 낮아 새만금에 비하여 TDN값이 평균적으로 높았으며 이는 추후 간척지에서 사료작물을 재배할 경우 사료가치에 대한 정밀연구가 필요할 것으로 생각된다.

영산강간척지와 새만금간척지에서 돈분뇨액비 시용수준별 청보리의 TDN수량 (건물물 × TDN함량)은 Fig. 1과 같다. 두 간척지에서 가장 높은 수량을 나타낸 돈분뇨액비 시용수준은 200%였으며, 영산강간척지와 새만금간척지에서 각각 7.4 ton ha^{-1} , 6.9 ton ha^{-1} 이었다. 건물수량은 영산강간척지가 낮았으나 TDN값이 높아 TDN수량을 환산한 결과 영산강간척지가 높은 것으로 조사되었다. 그리고 새만금간척지에서 돈분뇨액비 150%구에서의 TDN수량은 6.6 ton ha^{-1} 으로 돈분뇨액비 200%구와 통계적으로 차이가 없었고, 영산강간척지에서의 100%구와 150%구의 TDN수량은 각각 6.5 ton ha^{-1} 과 6.9 ton ha^{-1} 로 통계적으로는 차이가 없으나 새만금 간척지 150%구와 비슷한 수량을 보였다.

이상의 결과로 간척지에서 돈분뇨액비를 이용하여 청보리를 재배할 경우 토양환경을 고려하여 돈분뇨액비를 150% 이하의 수준으로 사용하고, TDN값을 고려한 최대수량을 확보하기 위해서는 새만금간척지에서는 150%, 영산강간척지

Table 6. Feed value of whole crop barley affected by application of liquid pig manure.

	Reclaimed land	LPM* application (%)	CP (%)	ADF (%)	NDF (%)	TDN (%)
Yeongsangang		0	4.9d [†]	27.1a	49.7b	67.5e
		50	5.6c	24.5d	48.1c	69.5b
		100	6.3b	26.6b	50.1a	67.9d
		150	6.4b	25.1c	38.8e	69.1c
		200	6.7a	23.7e	44.7d	70.2a
Saemangeum		0	4.7e	28.9e	50.7e	66.1a
		50	4.9d	37.3a	60.5a	59.5e
		100	5.7c	33.6c	55.9c	62.3c
		150	6.8b	33.0d	55.3d	62.8b
		200	7.7a	34.5b	56.3b	61.7d

*LPM: liquid pig manure

[†]Duncan's multiple range test (p<0.05).

CP: Crude protein

ADF: Acid detergent fiber

NDF: Neutral detergent fiber

TDN: Total digestible nutrient

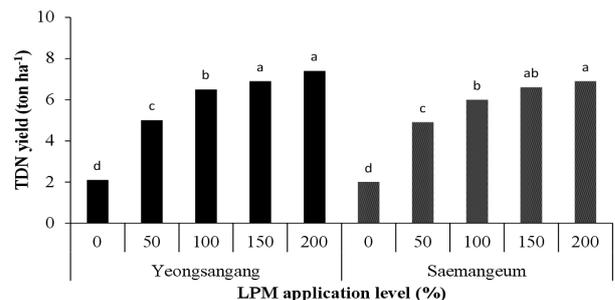


Fig. 1. Comparison of TDN yield between Yeongsangang and Saemangeum reclaimed tidal land.

에서는 100%를 사용하는 것이 유리할 것으로 생각된다.

Summary 본 연구는 영산강간척지와 새만금간척지에서 청보리 재배시 돈분뇨액비 적정 사용수준을 구명하기 위해 전남 해남군 소재 농가포장과 벼맥류부 계화간척지에서 처리구를 무사용, 액비 50%, 100%, 150%, 200%로 두고 토양 화학성, 생육, 수량, 식물체 양분흡수 및 사료가치를 조사하였다.

돈분뇨액비의 사용수준이 증가할수록 pH는 변화가 없었으나 토양유기물 및 유효인산의 함량이 증가하였고 치환성 양이온은 영산강간척지에서 Na^+ 가, 새만금간척지에서는 K^+ 가 크게 증가하였다. 영산강간척지에서 청보리의 초장은 돈분뇨액비 100%, 150%, 200%에서 각각 102 cm에서 103 cm로 큰 차이가 없었고 새만금간척지의 청보리 초장 또한 각각 100 cm에서 103 cm로 큰 차이가 없었다. 하지만 m^2 당 경수의 영향으로 인해 영산강간척지에서 청보리 생체수량이 27.5 ton ha^{-1} 에서 32.6 ton ha^{-1} 로 증가하였고 새만금간척지에서 9.7 ton ha^{-1} 에서 11.2 ton ha^{-1} 으로 증가하였다. 영산강간척지에서 건물수량은 각각 10.0 ton ha^{-1} , 10.5 ton ha^{-1} 이었고 새만금간척지에서 돈분뇨액비 150%사용과 200%사용의 건물수량은 각각 10.5 ton ha^{-1} , 11.2 ton ha^{-1} 이어서 통계적으로 차이가 없었다. 식물체 분석에서는 액비 사용수준이 증가할수록 T-N, T-P, K^+ , Na^+ 의 함량이 증가하였다. 사료가치 분석에서 조단백질은 영산강간척지에서 4.9%에서 6.7%로, 새만금간척지에서 4.7에서 7.7%로 액비 사용수준이 증가할수록 증가하였다. TDN 함량은 액비 사용수준에 따른 경향을 찾을 수 없었지만 TDN수량은 영산강간척지에서 2.1 ton ha^{-1} 에서 7.4 ton ha^{-1} 로, 새만금간척지에서 2.0 ton ha^{-1} 에서 6.9 ton ha^{-1} 로 액비 사용수준이 증가할수록 TDN 수량이 증가하였다. 두 간척지에서 청보리의 수량을 고려했을 때 돈분뇨액비 사용시 영산강간척지는 청보리 질소 표준소비량의 100%, 새만금간척지는 150% 수준을 2번 나누어 사용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

References

Agricultural Cooperatives. 2012. The supply price of chemical fertilizer. Agricultural Cooperatives. Seoul. Korea.

AOAC. 1995. Official method of analysis, 15th ed. Association & Official Analytical Chemists, Washington D.C.

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(3):135-141.

Cho, K. M., S. B. Lee, N. H. Back, C. H. Yang, J. H. Jung, K. B. Lee, K. J. Kim, and J. C. Chun. 2012. Effect of tillage after application of liquid-pig-manure on occurrence of water-foxtail

and yield of winter forage crop, *Korean J. Intl. Agri.* 24(4): 429-434.

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):1-9.

Douglas, B. F. and F. R. Magdoff. 1991. An evaluation of nitrogen mineralization induce for organic residues. *J. Environ. Qual.* 20(2):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(01):49-56.

Gilmour, J. T., A. Mauromoustakos, P. M. Gale, and R. J. Norman. 1998. Kinetics of crop residues decomposition: variability among crops and years. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62(3):750-755.

Goering, H. K., and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis, p.379, *Agric Handbook*, U.S. Gov. Print. Office Washington D.C.

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(1):289-294.

Holland, C., W. Kezar, W. P. Kautz, E.J. Lazowski, W. C. Mahanna, and R. Reinhart. 1990. The pioneer forage manual; A nutritional guide, pp. 1-55, Pioneer Hi-Bred International, INC., Des Moines, IA.

Kanazawa, S. and T. Yoneyama. 1980. Microbial degradation of ^{15}N -labeled rice residues in soil during two years, incubation under flooded and upland conditions. Transformation of residue nitrogen, *Soil Sci. Plant Nutr.* 26(2):241-254.

Kim, T. K., C. H. Yang, J. H. Jung, S. B. Lee, and C. H. Yoo. 2008. The effect of application of organic fertilizer combined treatment on rice growth and soil fertility in reclaimed land. p.961-966. Research Report. NICS, RDA.

Lee, S. B., K. M. Cho, P. Shin, C. H. Yang, N. H. Back, K. B. Lee, S. H. Baek, and D. Y. Chung. 2013. Effect of soil salinity on growth, yield and nutrients uptake of whole crop barley in newly reclaimed land. *Korean J. Environ Agric.* 32(4):332-337.

Lee, S. B., N. H. Baik, J. H. Yoo, S. Kim, K. M. Cho, Y. J. Oh, T. I. 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(4):319-323.

Lim, T. J., I. B. Lee, S. B. Kang, J. M. Park, and S. D. Hong. 2009. Effects of continual pre-plant application of pig slurry on soil mineral nutrients and yield of chinese cabbage. *Korean J. Environ. Agr.* 28(3):227-232.

Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2013. Outcome of animal waste generation and recycling('06~'12).

Moral, R., M. D. Perez-Murcia, A. Perez-Espinosa, J. Moreno-Caselles, C. Paredes, and B. Rufete. 2008. Salinity, organic content, micronutrients and heavy metals in pig slurries from South-

- eastern Spain, *Waste Management*. 28(2):367-371.
- Murayama, S., N. Kibo, M. Komada, K. Baba, and A. Tsumura. 2001. Water quality, particularly of trihalomethane formation potential of ground water of agricultural area of humic volcanic ash soil on Shirash plateau where livestock wastes have been applied as land management. *Soil Sci. Plant Nutr.* 72:764-774. National Institute of Agricultural Science and Technology.
2000. Methods of soil chemical analysis, RDA, Suwon, Korea.
- Pain, B. F., R. B. Thomson, Y. J. Rees, and J. H. Skinner. 1990. Reducing gaseous of nitrogen from cattle slurry applied to grassland by the use of additives. *Journal of Food and Agri.* 50(2):141-153.
- 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(3):147-152.
- Schechtner, G. 1978. Zur Wirksamkeit des Güllestickstoffs auf dem Grünland in Abhängigkeit vom Düngungsregime. *Die Bodenkultur*, 29(4):351-376.
- Shin, K. S., W. J. Hwang, S. H. Lee, C. H. Kim, and Y. M. Yoon, 2012. Nutrient value and yield response of forage crop cultivated in reclaimed tidal land soil using anaerobic liquid fertilizer. *Korean J. Organic Agri.* 20(4):669-685.
- Songin, W. 1985. The effect of nitrogen application on the content of nitrogen, phosphorous, potassium and calcium in the dry matter of rye and winter rye grown as winter catch crop, *Herb. Abst.* 55, 297.
- Summerell, B. A. and L. B. Burgess. 1989. Decomposition and chemical composition of cereal straw. *Soil Biol. Biochem.* 21(4):551-559.
- Yadav, R. L., B. S. Dwivedi, K. Prasad, O. K. Tomar, N. J. Shurpali, and P. S. Pandey. 2000. Yield trends, and changes in soil organic-C and available NPK in a long-term rice-wheat system under integrated use of manures and fertilizers. *Field Crops Research*, 68(3):219-246.
- 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(5):285-292.
- Yang, C. H, J. H. Lee, S. Kim, J. H. Jeong, N. H. Baek, W. Y. Choi, S. B. Lee, Y. D. Kim, S. J. Kim, and K. B. Lee. 2012. Study on forage cropping system adapted to soil characteristics in reclaimed tidal soil. *Korean J. Soil Sci. Fert* 45(3):385-392.