

The Yield and Economical Efficiency by Application Methods of Liquid Pig Manure on Forage Crops

Chang-Hyun Ahn*, Woo-Sik Kim, Jee-Sung Park, and In Ahn¹

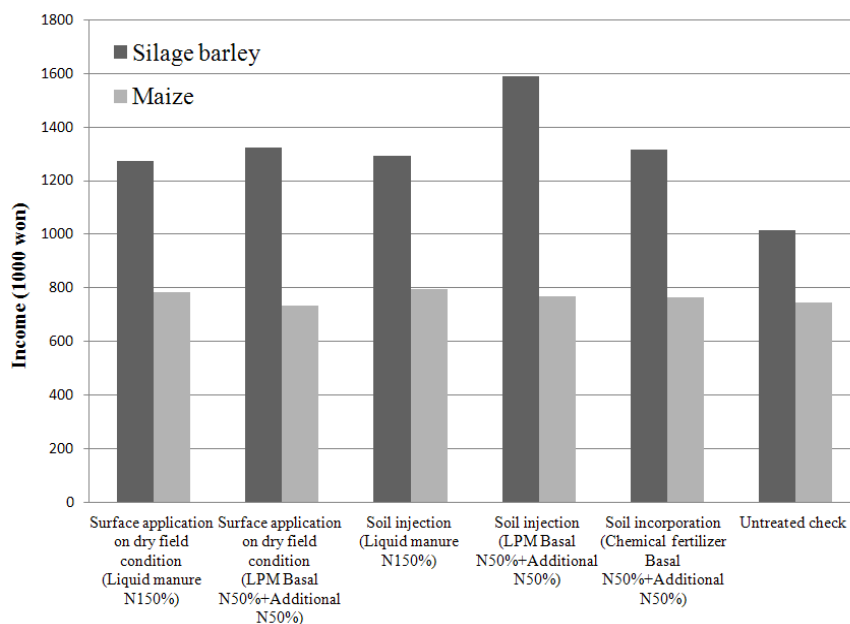
Korea Plant Environmental Research Station Ltd., Suwon, 481-813, Korea

¹Korea Eco-Friendly Agro-Materials Association, Seoul, 137-942, Korea

(Received: October 29 2013, Accepted: November 28 2013)

This experiment was carried out to investigate the effect of liquid-pig-manure application method (Tr.1: surface appl. LPM 150%, Tr.2: surface appl. LPM 50% + LPM 50%, Tr.3: chemical fertilizer, Tr.4: soil injection LPM 150%, Tr.5: soil injection LPM 50%+ surface appl. 50%, Tr.6: no fertilizer) and the economic efficiency of yield on forage crops cultivation. In barley cultivation experiment, Tr.5 was found to be best, showing the yield of 1,462 kg 10a⁻¹, and followed by Tr.2(1,226 kg 10a⁻¹), Tr.3(1,226 kg 10a⁻¹), Tr.4(1,225 kg 10a⁻¹) and Tr.1(1,209 kg 10a⁻¹) in order. In maize cultivation experiment, Tr.4 was found to be best, showing the yield of 2,142 kg/10a, and followed by Tr.1(2,125 kg 10a⁻¹), Tr.3(2,024 kg 10a⁻¹), Tr.5(2,011 kg 10a⁻¹) and Tr.2(1,925 kg 10a⁻¹) in order. The income was showing 1,274,000 ~ 1,591,000 Won 10a⁻¹ in barley, whereas 766,000-794,000 Won 10a⁻¹ in maize. There was more economical efficiency in barley cultivation than maize cultivation. Rather than the LPM surface application, LPM soil injection was more effective.

Key words: Liquid pig manure, Yield, Barley, Maize, Economical efficiency



Economical efficiency of barley and maize with different treatment methods of liquid pig manure.

*Corresponding author : Phone: +82312923681, Fax: +82312923682, E-mail: fun@kper.or.kr

§Acknowledgement: This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ007820)" Rural Development Administration, Republic of Korea.

Introduction

우리나라 가축분뇨 발생량은 '08년 4,174만 톤에서 '09년 4,370만 톤, '10년 4,653만 톤, '11년 4,672만 톤으로 급격히 늘어나지는 않으나, 매년 조금씩 증가하고 있다. '11년 기준 84%가 자원화되어 환원되고, 2%는 해양에 배출, 1%는 정화처리, 13%는 위탁처리 후 방류되고 있으며 가축분뇨 해양배출은 '05년을 정점으로 감소하는 추세이다(환경부 가축분뇨통계, 2012). 가축분뇨 공공처리시설 설치 및 운영현황을 보면 '12년 전국 111개소에서 하루 평균 13,486 톤의 양호한 처리능력을 보유하고 있으나(환경부 가축분뇨통계, 2012), 관리 미흡시 오염원으로 작용하여 지표수와 지하수의 오염, 악취 발생 등 환경문제를 발생시키고(Sweeten, 1988), 부숙이 덜 된 퇴·액비는 비료로서 효과가 적고 악취민원 유발(NHERI, 2011) 등으로 경종농가에서 사용을 꺼리고 있는 실정이다.

가축분뇨에는 질소, 인산, 칼리를 비롯한 영양분들을 함유하고 있어 작물생육을 촉진시키며, 토양의 물리·화학적 개선 효과가 있는 것으로 보고되어 있으므로(RDA, 2002), 수요 확대를 위해서는 충분히 부숙된 저농도 액비를 개발하고 재배환경에 따른 사용방법을 보급할 필요가 있다. 가축분뇨는 사용시기와 사용량에 따라 작물의 생육과 토양에 미치는 영향이 다르고(Jeon et al., 2003; Kang et al., 2004; Lee et al., 2004; Lee et al., 2010; Park et al., 2001), 화학비료에 비해 인력과 장비가 많이 소모된다.

이에 작물별 돈분액비의 사용방법에 따른 수량의 경제성

을 연구해 볼 필요가 있는 바, 본 연구에서는 사료작물 재배시 돈분액비의 사용방법을 달리 하여 작물의 생육과 수량에 미치는 영향 및 경제적 효과를 고찰하였다.

Materials and Methods

사료작물 재배시 돈분액비 사용방법 실증 청보리 재배시험은 전라북도 김제시 죽산면에 위치한 벼-보리 이모작 양토 시험포장에서 영양보리를 2010년 10월에 파종하여 2011년 6월에 수확하였고, 옥수수 재배시험은 전라북도 김제시 금구면에 위치한 미사질양토 시험포장에서 사료용 옥수수를 2012년 5월에 파종, 8월에 수확하였다. 시험구별 처리내용은 Table 1과 같이 지중투입, 지상살포, 화학비료, 무시비를 조합하여 총 6개 처리구를 두었으며, 시험구당 면적은 1,320 m² 단구제로 돈분액비를 사료작물 재배에 이용하는 다양한 사용방법을 모색하였다. 밀거름 시비는 화학비료 표준 질소시비량 대비 돈분액비 150%, 50%(이하 N150%, N50%)를 파종 7일 전 트랙터(존디어6610, 한국)에 탱크형 지상지중 겸용 살포기((주)주일산업, 한국)를 연결하여 지상 및 지중투입하였다. 청보리 재배시험에서 웃거름 시비는 월동 후 2011년 3월 시험지역의 구제역 발생으로 인한 축산부산물 반출금지 조치로 충남 예산 (주)을그린에서 돈분액비를 공급받아 웃거름 시비구에 지상살포하였고, 옥수수 재배시험에서는 5~6엽기에 지상살포하였다. 시험에서 사용한 돈분액비는 전북 김제시 용지면 용암리 비육돈 농장에서 약 6개월간 계단식 발효조에서 상등액을 이동시키면서 부숙시킨 것을 사용하였고, 액비의 화학성분은 비료의 품질검사방법(RDA, 2006)으로 분석하였다. 살포된 돈분액비의 질소량은 2010년 0.22%, 2012년 0.17%로 Table 2와 같이 질소 이외에도 인산 및 칼리를 다량 함유하고 있었고, 중금속 함량은 비료공정규격(농촌진흥청고시 제2009-29호, 농촌진흥청고시 제2012-34호)의 규정보다 훨씬 낮은 값을 보였다. 각 사용방법은 사용시기와 액비 사용시간 및 사용방법에 따른 문제점을 조사하였고, 현행 규정(비료관리법 비료 공정규격 설정 및 지정 [별표2]상 주거지 200 m 이내는 액비살포금지 구역이나 6개월 이상 부숙된 저농도 액비를 주거지 200 m 이내 사용에 따른 민원 발생 소지를 검증하기 위해 암모니아 가스 발생량을 콤팩(CoMMe-100)으로 측정하였다. 사용방법에 따라 균일도가 떨어지거나 액비가 과다 사용지점의 토양 이화화성을 조사하였고, 시험에 사용된 토양

Table 1. Several methods of liquid pig manure application in filed.

Basal application	Additional application
Surface application (Liquid manure N150%)	-
Surface application (Liquid manure N50%)	Surface application (Liquid manure N50%)
Soil incorporation (Chemical fertilizer N50%)	Soil incorporation (Chemical fertilizer N50%)
Soil injection (Liquid manure N150%)	-
Soil injection (Liquid manure N50%)	Surface application (Liquid manure N50%)
Untreated check	-

Table 2. The chemical and heavy metal properties of used liquid pig manure.

Year	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni	pH
	----- % (w/v) -----				----- mg kg ⁻¹ -----					1:5
2010	0.22	0.03	0.15	0.17	4.79	3.2	15.2	2.57	2.79	8.2
2012	0.17	0.01	0.13	0.1	6.69	3.75	7.81	5.86	4.14	8.3

의 이화학적성은 일반화학분석법(NIAST, 2000)으로 분석하였다. pH(ATI ORION EA940) 및 EC(Themo ORION 3STAR)는 토양과 증류수의 비율을 1 : 5로 하여 측정하였으며, 유기물은 Tyurin법으로, 유효인산은 Lancaster법을 이용한 비색법(Perkin Elmer Lamda25)으로 하였다. 처리별 보리 생육 조사를 위하여 출현율, 초장, 수량, 수량지수를 시비방법별 3개 지점에서 시료를 채취하여 조사하였고, 옥수수 생육 조사는 간장, 이삭길이, 건물중, 수량지수를 조사하였다.

돈분액비 사료작물별 사용방법에 따른 경제성 분석
돈분액비 시비법에 따른 경제적 효과를 분석하기 위해 산출 근거로 먼저 액비 투입비는 장비 및 살포비용을 포함 톤당 12 천원, 작물표준시비량기준 액비량 10a당 청보리 5.12 톤, 옥수수 6.88 톤을 살포기준으로 삼았다. 화학비료 투입비는 질소-인산-칼리 복합비료 20 kg 1포당 13 천원을 10a당 3포 기준으로 사용하고, 살포시 인건비는 남자 1인이 1일 90 천원으로 30a를 살포하는 것을 기준으로 하였다. 조수익 산출은 옥수수는 2012년 전북지역 사일리지 옥수수 수매가 기준 413원 kg⁻¹, 청보리 가격은 2011년 전북지역 영양보리 수매가인 1,130원 kg⁻¹을 기준으로 하여 포장시험에서 조사된 생산량을 곱하여 조수익을 산출하였다. 경영비는 종묘비, 비료비, 농약비, 재료비, 농구비, 고용노력비, 위탁영농비, 토지 및 자본용역비로 구분할 수 있으나, 청보리 및 옥수수의 사료작물효과를 보는 단기간의 시험이므로 크게 종자대, 액비살포비, 화학비료대 인건비만으로 단순화하여 산출하였다. 종자대는 옥수수는 kg당 413원으로 10a당 2.5 kg를 파종하는 것을 기준으로 하였고, 청보리 종자대는 정부 및 지자체에서 무상지원하고 있으므로 산정치 않았으며 액비살포비는 장비 및 살포 비용 10a당 12 천원, 화학비료 살포 인건비는 10a당 30 천원을 기준으로 하였다. 경제적 효과는

전체 조수익에서 경영비를 차감하여 산출하였다.

Results and Discussion

청보리 재배시 돈분액비 사용 실증 돈분액비는 수분함량이 많고 경작지에 직접 살포함으로써 퇴비에 비해 간편하여 사료작물 목초지에 많이 사용되고 있으나, 많은 양을 살포하고 대형장비가 사용되기 때문에 경지정리가 잘되어 있고 면적이 넓은 경작지에 사용하는 것이 효율적이다. 본 연구에서 사용한 돈분액비 사용시간 및 사용량은 Table 3과 같이 지상살포와 지중투입이 각각 91 sec. ton⁻¹과 104 sec. ton⁻¹로 비슷한 처리시간을 보였으나, 지상살포가 약간 빠른 처리시간을 보였다. 각 사용방법은 5톤 씩 살포장비의 액비탱크에 저장하여 살포하였으며, 5톤당 5분의 공급시간이 발생하였다. 살포시 큰 문제점은 없었으나, 액비 내 고형물로 인한 노즐 막힘 현상이 살포 후반 발생하였다.

각 사용방법의 장단점을 종합한 결과, 돈분액비의 지중투입 시 탱크형 장비의 경우 85마력 이상의 높은 마력의 트랙터가 필요하기 때문에 지형이 불균일한 곳에서는 호스를 연장하여 독립식 장비를 사용하는 것이 효과적이고, 지상살포에 비해 경운작업을 생략할 수 있기에 작업을 한단계 감소시킬 수 있다.

Table 4는 액비를 사용한 후 암모니아 가스의 발생 변이를 표시하였다. 액비를 사용한 직후 지상살포는 45 mg L⁻¹, 지중투입이 10 mg L⁻¹로 지중투입의 경우에 약 25% 수준으로 암모니아 가스 발생이 적었다. 살포 24시간 후 지중투입구는 암모니아 가스 발생이 거의 사라졌으며, 72시간 후에는 전혀 발생하지 않았다. 사용방법에 따라 암모니아 가스 발생량이 차이가 나기 때문에 민가가 인접한 재배지에서는 지중투입이 액비사용에 따른 거부감을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

돈분액비가 보리 생육에 미치는 효과를 조사하기 위해 수확기에 식물체를 채취하여 조사한 결과, Table 5에서 보는 바와 같이 10a당 수확량은 무시비구에서 898 kg, 관행인 화학비료 시비구는 1,226 kg이었고, 가장 많은 수확량을 보인 지중투입(밀거름 + 옷거름)구는 1,462 kg의 수확량을 나타내어 무비구보다 46% 증수되었다. 화학비료 시비구와 비교하여도 19% 증수효과를 나타내었다. 본 시험에서는 돈분액비를 관행적으로 전량 밀거름하지 않고 밀거름과 옷거름

Table 3. Descriptions of several application methods to treated liquid pig manure.

Treatment	Applied coverage	Applied time	Applied amount	Average
	m ²	sec.	ton	sec. ton ⁻¹
Surface application	2,640	1,237	13.6	91
Soil injection	2,640	1,410	13.6	104

Table 4. Change of NH₃ gas volatilization in soil at several application methods to treated liquid pig manure.

Treatment	0 hour	2 hour	5 hour	24 hour	48 hour	72 hour	120 hour
	mg N L ⁻¹						
Surface application	45	30	5	3	3	3	N [†]
Soil injection	10	7	1.5	0.5	0.5	N	N

[†]N: Not detected

으로 나누어 시비하였는데 옷거름을 사용하지 않은 돈분액비 N150% 시비구에서는 부분적으로 봄철 한발에 의한 생육 저하가 관찰된 반면 옷거름을 사용한 처리구에서는 한발 피해가 없었다. 작물 재배 시 품종이나 시비한 비중에 따라서도 수량에 차이가 있겠지만, 시비량이나 시비법에 의한 차이도 큰 것으로 보고되어 있고(Kim et al., 1993; Park et al., 2002), 본 시험에서와 같이 시용방법에 따라 각 처리구 별로 수량의 차이를 보여 돈분액비 이용 작물 재배시 시용방법에 따른 차이도 클 것으로 판단된다.

사료용 옥수수 재배시 돈분액비 시용 실증 본 연구에서 사용한 돈분액비 시용방법에 따른 시용시간 및 시용량은 Table 6과 같이 지상살포와 지중투입이 각각 72 sec. ton^{-1} 과 114 sec. ton^{-1} 의 처리시간을 보였으며, 지상살포가 지중투입에 비해 빠른 처리시간을 보였다. 지중투입에서는 전 작물 라이그라스의 예취가 완전히 이루어지지 않은 부분에서 뿌리에 의해 투입기가 액비 유입기에 걸림현상이 발생하였다.

Table 7은 액비를 사용한 후 논토양의 이화학적 변화를 표시하였다. pH는 액비를 사용하기 전에는 5.8~6.2 였으나, 액비시용 후에는 모든 처리구가 6.1~6.6 으로 나타났다. 암모늄태 질소 및 질산태 질소는 지중 N50% + 지상 N50% 시비구에서 가장 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 토양에서 배수조건과 기계작업에 따른 양분이동, 액비시용

에 따른 무기양분의 용탈, 옥수수의 양분 흡수량 등에 의해 암모늄태 질소와 질산태 질소의 휘산(Frost et al., 1990; Pain et al., 1990), 용탈 및 유실(Ishima et al., 1974; Xie and Mackenzie, 1986)되는 양이 다르기 때문인 것으로 추정된다.

수확기에 식물체를 채취하여 조사한 결과, Table 8과 같이 가장 적은 수확량을 보인 무시비구에서 간장, 이삭길이, 수확량은 각각 182 cm, 15 cm, 1,866 kg 10a^{-1} , 관행인 화학비료 시비구는 각각 197 cm, 18 cm, 2,024 kg 10a^{-1} 이었고, 지중투입 N150% 시비구는 각각 221 cm, 21 cm, 2,142 kg 10a^{-1} 의 결과를 보여 수확량에서 무시비구보다 15% 증수되었으며 화학비료 시비구와는 수량차이가 없었다.

본 시험기간 동안 여름철 강수량 부족으로 무시비구에서는 고사가 발생하였으나, 돈분액비를 처리한 시험구에서는 피해가 적고 옥수수의 수량도 화학비료 시비구에 비교하여 증수되었다. 앞서 청보리 재배시험과 같이 품종이나 시비한 비종, 시비량, 시비법 등에 의한 차이가 나타나므로 돈분액비를 사용하여 작물 재배시 돈분액비 내 성분과 재배환경을 고려하여 가장 적합한 시용방법을 선택하는 것이 수량증진에 크게 기여할 것으로 판단된다.

사료작물 돈분액비 시용 실증 경제성 분석 본 연구에서 사용한 각 시용방법별 돈분액비의 경제적 효과를 비교 분석한 결과는 Table 9와 같다.

Table 5. Yield and yield components of barley with different treatment methods of liquid pig manure.

Treatment		Emergence rate	Plant length	Yield	Quantum index
Basal	Additional	%	cm	kg 10a^{-1}	%
Surface application (Liquid manure N150%)	-	88.0 n.s. [†]	75.1 n.s.	1,209b	101
Surface application (Liquid manure N50%)	Surface application (Liquid manure N50%)	89.0 n.s.	73.6 n.s.	1,226b	100
Soil incorporation (Chemical fertilizer N50%)	Soil incorporation (Chemical fertilizer N50%)	90.0 n.s.	75.5 n.s.	1,226b	100
Soil injection (Liquid manure N150%)	-	89.0 n.s.	76.5 n.s.	1,225b	100
Soil injection (Liquid manure N50%)	Surface application (Liquid manure N50%)	89.0 n.s.	75.0 n.s.	1,462a	119
Untreated check	-	90.0 n.s.	73.6 n.s.	898c	73

[†]Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to DMRT.

Table 6. Descriptions of several application methods to treated liquid pig manure.

Treatment	Applied coverage	Applied time	Applied amount	Average
	m^2	sec.	ton	sec. ton^{-1}
Surface application	2,640	1,972	17.3	114
Soil injection	2,640	1,246	17.3	72

Table 7. Chemical properties of soil with different treatment methods of liquid pig manure.

Treatment		pH	O.M	Av.P ₂ O ₅	NH ₄	NO ₃
Basal	Additional					
		1:5	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
Surface application (Liquid manure N150%)	-	6.1 n.s [†]	7.39a	87.66b	6.0a	15.0a
Surface application (Liquid manure N50%)	Surface application (Liquid manure N50%)	6.38 n.s	4.93b	57.48cd	2.0b	10.0b
Soil incorporation (Chemical fertilizer N50%)	Soil incorporation (Chemical fertilizer N50%)	6.08 n.s	5.14b	52.56d	1.0b	10.0b
Soil injection (Liquid manure N150%)	-	6.12 n.s	5.79b	78.88bc	2.0b	10.0b
Soil injection (Liquid manure N50%)	Surface application (Liquid manure N50%)	6.56 n.s	6.27ab	113.29a	10.0a	20.0a
Untreated check	-	6.24 n.s	5.31b	42.64d	1.0b	-

[†]Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to DMRT.

Table 8. Yield and yield components of maize with different treatment methods of liquid pig manure.

Treatment		Culm length	Ear length	Yield	Quantum index
Basal	Additional				
		cm	cm	kg 10a ⁻¹	%
Surface application (Liquid manure N150%)	-	212a [†]	21a	2,125ab	105
Surface application (Liquid manure N50%)	Surface application (Liquid manure N50%)	209a	18a	1,925c	95
Soil incorporation (Chemical fertilizer N50%)	Soil incorporation (Chemical fertilizer N50%)	197a	18a	2,024abc	100
Soil injection (Liquid manure N150%)	-	221a	21a	2,142a	106
Soil injection (Liquid manure N50%)	Surface application (Liquid manure N50%)	211a	19a	2,011bc	99
Untreated check	-	182b	15b	1,866d	89

[†]Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to DMRT.

10a당 청보리 생산량은 무시비구 898 kg 대비 지상살포 액비밀거름 N 150% 시비구가 1,209 kg, 지상살포 밀거름 N50% + 웃거름 N50% 시비구가 1,226 kg, 지중살포 밀거름 N150% 시비구가 1,225 kg, 지중살포 밀거름 N50% + 웃거름 N50% 시비구가 1,462 kg로서 뚜렷한 차이를 보였다. 화학비료 시비구에 비해 지상살포 밀거름 N50% 시비구가 97%, 밀거름 N50% + 웃거름 N50% 시비구는 101%, 지중살포 밀거름 N150% 시비구는 98%, 지중살포 밀거름 N50% + 웃거름 N50% 시비구는 121%로서 화학비료 대체효과 또한 가장 우수하였다.

10a당 옥수수 생산량은 무시비구 1,806 kg, 화학비료 시비구 1,925 kg, 가장 높은 수확량을 보인 지중투입(밀거름 + 웃거름) 시비구가 2,142 kg였으며, 조수입은 화학비료 시비구 대비 지상살포 밀거름 N50% + 웃거름 N50% 시비구는

96%, 지상살포 액비밀거름 N 150% 시비구는 103%의 효과를 나타냈으며, 지중살포 밀거름 N50% + 웃거름 N50% 시비구는 100%, 지중살포 밀거름 N50% 시비구는 104%로서 가장 우수한 효과를 나타냈다. 옥수수 재배시 화학비료 시비구에 대비 돈분액비 시비구가 96~104%의 경제성을 보여 청보리에 비해서는 미흡한 결과를 보였다.

본 시험에서 돈분액비 시용에 따른 경제성을 살펴보면 10a당 조수입은 옥수수가 766~794 천원인 것에 비해 청보리는 1,274~1,591 천원으로 나타나 옥수수보다는 청보리가 훨씬 더 경제성이 있었으며, 돈분액비의 지상살포보다 지중투입이 더 효과적임을 알 수 있었다. 본 시험결과 옥수수, 청보리 등 사료작물 재배시 화학비료를 대체하여 돈분액비를 사용하여도 충분히 경제성이 있을 것으로 판단된다.

Table 9. Economical efficiency of barley and maize with different treatment methods of liquid pig manure.

Crop	Treatment		Yield	Price	Gross profit	Managing cost	Income	Index [†]
	Basal	Additional						
			kg 10a ⁻¹	won kg ⁻¹	1,000won	1,000won	1,000won	%
Barley	Surface application (Liquid manure N150%)	-	1,209	1,130	1,366	92	1,274	97
	Surface application (Liquid manure N50%)	Surface application (Liquid manure N50%)	1,226	1,130	1,385	61	1,324	101
	Soil incorporation (Chemical fertilizer N50%)	Soil incorporation (Chemical fertilizer N50%)	1,226	1,130	1,385	69	1,316	100
	Soil injection (Liquid manure N150%)	-	1,225	1,130	1,384	92	1,292	98
	Soil injection (Liquid manure N50%)	Surface application (Liquid manure N50%)	1,462	1,130	1,652	61	1,591	121
	Untreated check	-	898	1,130	1,015	-	1,015	77
	Maize	Surface application (Liquid manure N150%)	-	2,125	413	878	93	785
Surface application (Liquid manure N50%)		Surface application (Liquid manure N50%)	1,925	413	795	62	733	96
Soil incorporation (Chemical fertilizer N50%)		Soil incorporation (Chemical fertilizer N50%)	2,024	413	836	70	766	100
Soil injection (Liquid manure N150%)		-	2,142	413	885	94	794	104
Soil injection (Liquid manure N50%)		Surface application (Liquid manure N50%)	2,011	413	831	62	769	100
Untreated check		-	1,866	413	746	-	746	97

[†]Compared to the chemical fertilizer income.

Conclusions

돈분액비 사용방법이 사료작물 재배시 수량에 미치는 영향과 경제성을 비교하고자 청보리와 옥수수를 각각의 사용방법에 따라 재배 후 수량 및 경제성을 조사하였다. 돈분액비를 작물 표준시비량에 준하여 지상살포 및 지중투입 사용방법으로 밀거름과 옷거름을 나누어 시비하여 사료작물을 재배한 결과, 청보리는 10a당 생산량이 무비구 898 kg, 화학비료 시비구 1,226 kg, 지중투입(밀거름 + 옷거름) 시비구가 1,462 kg로 뚜렷한 차이를 보였고, 이에 따라 경제성도 무시비구에 비해 125~157%, 화학비료 시비구 대비 101~121%로서 우수한 효과를 나타냈으며, 옥수수 10a당 생산량은 무비구 1,806 kg, 화학비료 시비구 2,024 kg, 지중투입 2,142 kg로 화학비료 대비 경제성에 큰 차이가 나타나지 않았다. 돈분액비 사용효과는 10a당 경제성은 옥수수가 766~794 천원인 것에 비해 청보리는 1,274~1,591 천원으로서 옥수수보다는 청보리가 더 경제성이 있었으며, 지상살포보다는 지중투입이 더 효과적이었다.

References

- 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.
- 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.
- Jeon, W.T., H.M. Park, C.Y. Park, K.D. Park, Y.S. Cho, E.S. Yun, and U.G. Kang. 2003. Effect of liquid pig manure application on rice growth and environment of paddy soil. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fert.* 36:333-343.
- Kang, B.G., H.J. Kim, G.J. Lee, and S.G. Park. 2004. Determination of the optimum application rate of pig slurry for red pepper cultivation. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 37:388-395.
- Kim, J.K., M.H. Lee, and Y.H. Kim. 1993. Lodging pattern of rice plant in broadcast-seeded and hand transplanted cultivation. *Korean J. Crop Sci.* 38:219-227.
- Lee, J.T., C.J. Lee, and H.D. Kim. 2004. Utilization of liquid pig manure as a substitute for chemical fertilizer in double

- cropping system of rice followed by onion. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 37:149-155.
- Lee, S.T., D.C. Seo, E.S. Kim, W.D. Song, W.G Lee, J.S. Heo, and Y.H. Lee. 2010. Effect of Continual Application of Liquid Pig Manure on Malting Barley Growth and Soil Environment in Double Cropping System of Rice-Malting Barley. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fert.* 43:341-348.
- NIAST. 2000. Methods of soil and plant analysis, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- 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.
- 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 water quality. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fert.* 34:153-157.
- Park, J.S., W.W. Lee, Y.C. Ju, and Y.H. Kim. 2002. Field lodging degree of rice varieties according to nitrogen application rate. *Korean J. Crop Sci.* 47:226-235.
- Sweeten, J.M. 1988. Composting manure sludge. In National poultry waste management symp., Columbus, OH. Dep. of Poultry Sci., Ohio State Univ., Columbus. p.38-44.
- 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.