한국토양비료학회지 제 41권 5호
Korean J. Soil Sci. Fert. Vol. 41, No. 5, 285-292 (2008)

연구보문

돈분액비 시용 논에서 경운방법이 청보리 생육 및 토양환경에 미치는 영향

양창휴* · 이상복 · 김택겸 · 유진희 · 류철현 · 이정준 · 김재덕 · 정광용[1]

농촌진흥청 작물과학원 호남농업연구소, [1]국립환경과학원

The Effect of Tillage Methods after Application of Liquid Pig Manure on Silage Barley Growth and Soil Environment in Paddy Field

Chang-Hyu Yang,* Sang-Bog Lee, Taek-Kyum Kim, Jin-Hee Ryu, Chul-Hyun Yoo, Jeong-Jun Lee and Jae-Duk Kim, Kwang-Yong Jung

Honam Agricultural Research Institute, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea
[1]National Institute of Environmental Research Inchon 404-708, korea

To investigate the effect of tillage methods on the silage barely growth and the soil environment in paddy field, liquid pig manure(LPM) was applied after harvesting rice at Jisan series soil for 2 years. Five plots, a LPM applied rate as N%; 0, 100, 150, 200(basal dressing) and 100(basal dressing)+50(additional fertilizer) were divided by tillage methods; non-tillage, non-tillage+rice straw and rotary tillage method. Emission amounts of NH_3 gas highly decreased in the rotary tillage and the non-tillage+rice straw plot compared to non-tillage plot. The contents of soil organic matter and exchangeable cation were increased in the applied LPM plot. NH_4-N and NO_3-N contents in soil were the highest in the non-tillage+rice straw plot and followed by the rotary tillage and highly decreased along with the growth of plant. Run-off rate of mineral components were higher in order of the rotary tillage plot£æthe non-tillage plot£æthe non-tillage+rice straw plot and then leached to SO_4, NO_3-N, K plentifully. The yield of silage barley in dry weight was higher in order of the non-tillage+rice straw plot>the rotary tillage plot>the non-tillage plot. To estimate the feed value of silage barley, crude protein, acid detergent fiber(ADF) and neutral detergent fiber(NDF) contents were analyzed. Crude protein and ADF contents were the highest at rotary tillage N150% plot as 9.7 and 29.4%, respectively. NDF contents was the highest at non-tillage+rice straw N150% plot as 56.7%. In conclusion, we recommend not to incinerate rice straw and to apply LPM at non-tillage status in cultivating the silage barley. This may prevent water pollution and increase barley yields.

Key words : Tillage method, Liquid Pig manure, Silage barley, Soil environment

서 언

화학비료 사용이 일반화되기 이전 부업규모의 축산이 주를 이루었던 시기에 가축분뇨는 작물 재배시 중요한 양분공급원으로 활용되어 왔다. '80년대 이후 급속한 경제성장에 따라 국민의 식생활이 채식위주에서 육류로 전환되면서 축산물의 소비량이 현저하게 증가되어 왔다. 이에 부응하여 농가소득 증대를 위하여 축산업이 지속적으로 발전하여 현재 국내에서 사육되는 돼지는 9,230천 마리로 1일 배설량 4.22 kg으로 환산할 경우 연간 돈분뇨 발생량은 약 14,218천톤으로 추정되고 있다(MAF, 2003).

접 수 : 2008. 8. 4 수 리 : 2008. 9. 30
*연락저자 : Phone: +82638402272,
E-mail: yang1907@rda.go.kr

가축분뇨액비는 가축의 사육과정에서 배출되는 분뇨 및 청소수 혼합물 등이 포함되어 수분함량이 많기 때문에 처리하는데 어렵고 많은 비용이 소요될 뿐만 아니라 처리과정이 적절치 못하거나 관리가 미흡할 때는 비점오염원으로 작용하여 토양, 수질, 대기 등 환경문제를 일으키기도 한다(RDA, 2002).

지금까지 사료작물에 대한 가축분뇨 이용 시험은 주로 우분을 대상으로 이루어져 왔으며, 가축분뇨의 시용은 비료로서 효과 외에도 유기물 축적으로 토양을 비옥하게 하는 효과가 있음이 밝혀져 다양한 형태의 가축분뇨 이용이 시도되어 왔다(Buchner und Sturm, 1985; Sung et al, 1993; Shin et al, 1998). 특히 축산업이 전업화, 단지화 되면서 양돈의 경우는 분뇨 처리가 경영에 걸림돌이 되어 여러 가지 분뇨처리 형태가

시도되었으나 가장 저비용 처리는 액비형태로 농경지에 환원하는 것이어서 이에 대한 연구의 필요성이 대두되고 여러 가지 작물을 대상으로 연구가 수행되기도 하였다(RDA, 2002).

가축분뇨는 작물에게 각종 영양소 공급, 탄산가스, 생육 촉진물질의 공급(Bernal and Kirchman, 1992; Park et al., 2001)은 물론 토양입단 형성, CEC 및 완충능 증대, 킬레이트 기능(Gilmour et al., 1998), 생물상의 활성 증진효과(Kanazawa and Yoneyama, 1980) 등이 있다. 실제로 우리나라에서 발생하는 가축분뇨 중 질소, 인산, 칼리 성분함량이 국내에서 재배되는 작물의 비료소비량보다 상회하는 수준으로 화학비료 대체자원으로 가능성이 있다(RDA, 2002). 액비는 수분함량이 90% 이상이고 고형분이 대략 10% 이하인 것을 말하며, 농가에서 생산되는 분뇨의 성분조성은 축령, 축종, 급여사료, 소화율, 조섬유 함량, 생산체계, 세척수 등에 따라 매우 다양하다(Herrenkind und Wanger, 1965; Deutsch und Punchwein, 1981).

가축분뇨를 자원화하기 위한 대표적인 방법으로 퇴비화와 액비화가 있으며 분뇨에 의한 메탄가스의 에너지화 방법도 있으나 이 방법은 현실적으로 어려운 실정이다. 퇴비화방법은 퇴비제조시 기계비용이 과다하게 투입될 뿐만 아니라 톱밥, 왕겨 등의 수분조절제 구입에 필요한 재료비가 많이 소요된다. 또한 퇴비화를 위해서는 분뇨분리가 어려울 뿐만 아니라 설령 분뇨분리를 한다 하더라도 많은 노력과 비용이 수반된다. 이와 같이 분뇨분리가 어렵고 다량의 수분조절재가 투입이 되는 문제점을 최소화할 목적으로 가축분뇨 액비화 방법이 최근에 널리 보급되고 있다. 가축분뇨 액비는 퇴비와는 달리 속효성인 비료효과를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 노력시간, 처리비용적인 측면에서 퇴비보다 훨씬 유리하다. 액비화의 궁극적인 목적은 가축분뇨로 인한 환경오염을 최소화하면서 축산농가와 경종농가의 문제점을 상호보완하여 축산농가는 가축분뇨의 원활한 처리를 경종농가는 친환경농산물을 생산하는데 필요한 유기자원을 확보하는데 있다.

최근에는 가축분뇨액비를 경종농가에서 직접 사용함으로써 처리비용을 절감하고 환경오염도 줄일 수 있어 액비사용 농가가 증가하고 있는 추세이다. 축산업이 발달한 네델란드 등 EU 국가에서는 가축분뇨 액비를 초지 및 사료작물 재배지 등 밭조건에서 대부분 활용하고 있으나, 우리나라는 이들과 경지여건이 다른바 액비의 활용성을 높이기 위해서는 경사지인 밭토양보다 경지면적이 많고 평탄지인 논토양에 활용하는 것이 유리할 것으로 생각된다.

답리작에서 맥류 재배시 볏짚을 제거 또는 소각하고 무경운 휴립광산파를 하고 있으나 사료맥류 재배시 액비시용에 따른 악취발생 및 토양환경오염을 경감하는 방법으로 무경운+볏짚, 로타리경운 방법 및 친환경적 돈분액비 적정 시용량 구명이 필요하다.

따라서 본 연구는 남부지방의 답리작 재배지에서 2년(2004～2005)에 걸쳐 경운방법과 가축분뇨 액비 시용량을 달리하여 청보리의 생산성 변화와 수질 및 토양환경에 미치는 영향을 조사 · 분석하였다.

재료 및 방법

본 연구는 김제시 백산면에 위치한 농가포장에서 답리작으로 2년(2004～2005)에 걸쳐 수행하였으며, 공시토양의 특성은 Table 1과 같이 pH는 보리 재배에 적합한 수준 이었지만 유기물, 유효인산 및 치환성양이온 함량은 다소 낮은 미숙답으로 지산통(양토)이었다.

시험에 사용한 청보리(품종 : 영양보리)는 10월 하순에 파종하여 5월 하순에 수확하였다. 사용 액비는 돈분뇨 액비로서 김제시에 소재한 양돈농가의 분뇨를 이용하였다. 액비 중 질소, 인산 및 칼륨 함량은 Table 2에 나타난 바와 같이 각각 0.50, 0.11, 0.32%로서 질소와 칼륨은 인산보다 3～4배 정도 많았다.

토양화학성은 농촌진흥청 농업과학기술원 분석법(NIAST, 2000)에 준하여, pH와 EC는 METTLER TOLEDO(DSC-F717)를 사용하여 초자전극법과 전기전도도법, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster

Table 1. Physico-chemical properties of used soil.

pH	EC	OM	Av. P_2O_5	K	Ca	Mg	CEC	Soil texture
1:5	dS m^{-1}	g kg^{-1}	mg kg^{-1}	---------- cmol$_c$ kg^{-1} ----------				
6.5	0.23	13.1	33	0.38	3.1	1.2	7.9	L

Table 2. Chemical characteristics of used liquid pig manure.

pH	T-N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	Na_2O
	---------- % ----------					
7.8	0.50	0.11	0.32	0.11	0.02	0.08

법, CEC는 1N-NH_4OAc(pH 7.0)침출법, 암모니아태 질소와 질산태 질소는 Kjeldahl법으로 측정하였고, 치환성양이온은 1N-NH_4OAc(pH 7.0)로 침출시켜 ICP-OES(VISTA-MPX)을 이용하여 분석하였다.

토성은 sodium hexametaphosphate 용액에 의한 분산 후 hydrometer로 분석하였고 미농무성(USDA)법에 따라 분류하였다(ASI, 1973).

식물체는 70℃에서 건조 후 분쇄된 시료를 습식분해하여 질소는 Kjeldahl법, 인산은 Vanadate법, 양이온은 ICP-OES(VISTA-MPX)을 이용하여 분석하였다.

돈분뇨 액비는 농업과학기술원 액비 및 퇴비 분석법(NIAST, 1999)에 준하여 분석하였고, 유거수 분석은 환경부 수질환경오염시험법(1999)에 준하여 NH_4-N 및 NO_3-N은 Indophenolblue법, PO_4는 염화제일주석환원법, SO_4는 이온크로마토그래피법으로 분석하였다.

강우에 의한 무기양분 유거량을 조사하기 위하여 채수병을 땅에 묻고 유출수를 채취하여 조사하였고, 암모니아가스 발생량은 액비 N100%, N150% 살포구에서 무경운, 무경운+볏짚, 로타리경운 하고 0.15 m^3 chamber를 설치하여 암모니아가스 농도 변화를 72시간 동안 10분간씩 시료를 포집한 후 Gas-Tek 검지관으로 측정하였고 암모니아가스 누적휘산량 계산은 암모니아밀도(chamber면적/부피) 측정치(절대온도/절대온도+측정온도) 발생시간으로 계산한 후 누적하였다.

청보리의 사료가치를 평가하기 위하여 조단백질은 AOAC(1990) 방법에 준하여 Kjeldahl auto system (Buchi 322), NDF와 ADF 함량은 Goering & Van Soest(1970)방법으로 분석하였고 경엽의 TDN은 미국초지협회의 TDN(%)= 88.9-(0.779×ADF)에 의해 산출하였다.

처리내용은 무경운구, 무경운 + 볏짚피복구, 로타리경운구를 두었다. 액비 처리는 액비성분을 분석하여 질소함량을 계산하고 청보리에 대한 질소시비량 190 kg ha^{-1} 해당량을 환산하여 질소시비량의 0, 100, 150, 200%의 전량기비와 100%기비+50%추비구를 두었다. 액비 살포는 청보리 파종 전 10일경 논토양 표면에 살포한 후 로타리경운 하였고 휴립광산파 하였으며 시험구 면적은 41.25 m^2로 시험구 배치는 임의배치 3반복으로 하였다.

생초수량은 황숙기에 일정 면적을 예취하여 칭량하였으며, 300~500g의 샘플을 취하여 75℃ 건조기에서 72시간 이상 건조 후 건물율을 구하여 건물수량을 환산하였다.

청보리 입모율 조사는 입모율(%)=(입모수÷총 파종립수)×100에 의해 산출하였고 생육 및 수량조사는 농촌진흥청 조사기준(RDA, 1995)에 준하였다.

결과 및 고찰

액비 시용에 따른 청보리 입모율과 암모니아가스 발생량 돈분액비 시용 후 파종시기를 달리하여 청보리 입모율을 조사한 결과 Table 3과 같이 액비 무시용구에서는 94~95%를 나타냈다.

N150%를 시용하고 3일 후에도 로타리경운구를 제외하고는 90% 이상을 보였으며 N200%를 시용하고 3일 후 파종시에는 82~87%로 낮았으나 그 이후에는 90% 이상을 나타냈다. 이상의 결과로 N150% 및 200% 시용구에서는 3일 후 로타리경운구에서 가장 저조한 입모율을 보임에 따라 조기 파종은 수량 확보를 위하여 삼가야 하며 최소 7일 이후 파종이 적절하다고 사료된다.

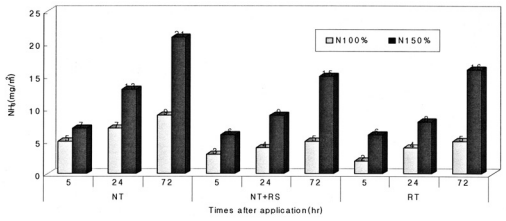
액비는 토양에 살포되면 일부는 가스로 공기 중으로 휘산되기 때문에 악취발생 및 질소손실이 발생된다. 액비살포 후 암모니아가스 발생량을 줄이기 위해서 액비살포 후 무경운, 무경운+볏짚 및 로타리경운을 처리하고 각각 chamber를 설치하여 72시간 동안 NH_3 가스 누적 휘산량을 조사한 결과는 Fig. 1과 같다.

액비를 보통량과 1/2배량으로 살포한 후 비교한 결과, 무경운+볏짚과 로타리경운 처리는 무경운보다 암모니아 가스발생 누적량이 N100% 살포에서는 45%, N150% 살포에서는 29%와 24% 감소되었다. 이는 볏짚시용과 로타리경운 처리로 살포된 액비와 토양 및 볏짚과 섞이게 된 결과 암모니아가스 발생량이 감소된 것으로 사료된다. 암모니아의 휘산은 온도, 습도 및 바람의 강도에 영향을 받은 것으로 알려져 있다(Sommer et al., 1991; Lauer et al., 1976). 또한 액비 살포 후 경시적인 암모니아 가스발생은 살포량이 많

Table 3. Emergence rate under different tillage methods and applied rates of N.

Tillage methods	N0	N100			N150			N200		
		3†	7	15	3	7	15	3	7	15
		%								
Non-tillage	94	93	93	93	91	93	94	85	91	93
Non-tillage+rice straw	95	94	94	95	91	93	94	87	92	93
Rotary tillage	95	94	93	95	86	94	95	82	92	93

† sowing days after application of liquid pig manure



† NT : Non-tillage, NT+RS : Non-tillage+rice straw, RT : Rotary tillage

Fig. 1. Accumulated loss of nitrogen through NH_3 gas in paddy field under different tillage methods and applied rates of N.

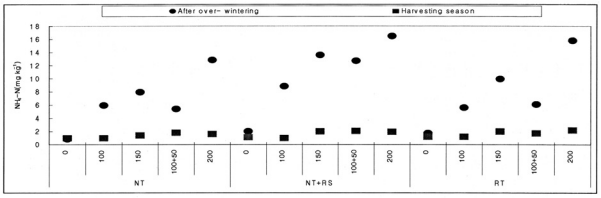
을수록 높았고 사양질이 식양질보다 약 3배 정도 높았다는 Jeon et al(2003)의 보고가 있다. 본 연구결과에서는 액비를 표면살포할 때 볏짚시용 이나 로타리 경운을 하면 암모니아 휘산을 방지하여 비료성분의 보존은 물론 악취 경감이 가능함을 시사하였다.

토양화학성 변화 경운방법 및 액비시용량에 따른 시험 후 토양화학성 변화는 Table 4와 같다. 돈분액비 시용량이 많을수록 pH, EC, CEC가 높아지고 유기물, 유효인산 및 치환성양이온 함량이 증가되어 Kim et al(2004)의 결과와 유사한 경향을 보였으며 무경운 + 볏짚피복구에서 증가함을 보였다.

Choudhary et al(1996)과 Yadav et al(2000)은 가축분뇨 액비를 토양에 적당량 시용하면 토양의 pH, T-C, T-N 및 CEC 증가를 보고하였고, 액비시용 후 토양화학성의 변화가 큰 성분은 유효인산과 치환성칼륨(Jung et al., 1995) 이라고 하였으나 본 시험에서는 경운방법별 액비 시용량에 따라 유효인산이 증가하였고 다른 성분에 있어서는 일정한 경향을 볼 수 없었다.

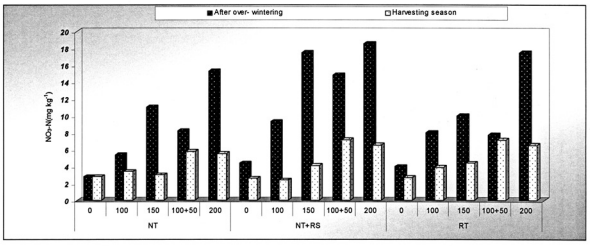
Reddy et al(2000)은 가축분뇨와 인산비료를 함께 시용하면 토양 중 유기인산의 부착을 촉진하였고 유기탄소의 증가를 가져온 것을 보고하였다.

토양 중 무기태질소 함량 변화 돈분액비 시용 후 생육시기별 토양 중 무기태질소 함량 변화를 살펴보면 Fig. 2, Fig. 3과 같이 NH_4-N, NO_3-N 함량은 액비 시용량이 많을수록, 무경운 + 볏짚피복 〉 로타리경운 〉 무경운 순으로 높았고 수확기에는 낮아지는 경향을 나타냈다.



† NT : Non-tillage, NT+RS : Non-tillage+rice straw, RT : Rotary tillage

Fig. 2. Changes of NH_4-N contents during growing season in soil under different tillage methods and applied rates of N.



† NT : Non-tillage, NT+RS : Non-tillage+rice straw, RT : Rotary tillage

Fig. 3. Changes of NO_3-N contents during growing season in soil under different tillage methods and applied rates of N.

Table. 4 Changes of soil chemical properties under different tillage methods and applied rates of N.

Tillage methods	Applied rates	pH	EC	g kg^{-1}	Av. P_2O_5	K	Ca	Mg	CEC
	N%	1:5	dS m^{-1}	g kg^{-1}	mg kg^{-1}	---------- cmol$_c$ kg^{-1} ----------			
Non-tillage	0	6.3	0.23	12.9	30	0.26	3.0	1.1	7.8
	100	6.4	0.32	13.2	35	0.22	3.4	1.6	7.8
	150	6.6	0.36	13.8	41	0.25	3.5	1.4	8.0
	100+50	6.7	0.33	13.5	40	0.26	3.6	1.3	8.3
	200	6.7	0.59	14.4	54	0.38	4.4	1.4	8.4
Non-tillage +rice straw	0	6.4	0.23	12.8	37	0.30	3.1	1.3	8.0
	100	6.6	0.31	13.2	47	0.33	3.5	1.4	8.2
	150	6.7	046	14.0	51	0.33	4.1	1.6	8.4
	100+50	6.8	0.34	15.9	60	0.24	3.9	1.5	8.4
	200	6.8	0.48	16.4	64	0.38	4.8	1.6	8.8
Rotary tillage	0	6.5	0.23	13.0	33	0.32	3.1	1.3	8.1
	100	6.5	0.35	13.3	40	0.34	3.4	1.4	8.5
	150	6.6	0.36	14.1	47	0.33	4.2	1.6	8.6
	100+50	6.7	0.41	13.6	50	0.28	3.7	1.6	8.4
	200	6.8	0.56	14.6	56	0.33	4.2	1.6	8.4

토양 중 무기태질소 함량이 액비시용량이 증가할수록 로타리경운 처리에서 높은 것은 Lee et al(2004)의 결과와 유사하였으며 무경운 + 볏짚피복구가 무경운구보다 높은 것은 볏짚 중 흡착량이 많은 것으로 생각된다. 월동 후 논토양의 NH_4-N, NO_3-N 함량 변화를 살펴보면 액비 N100%를 시용하였을 때 경운로타리구에서는 5.6, 8.0 mg kg^{-1}로 무경운 + 볏짚피복구에서는 8.8, 9.3 mg kg^{-1}으로 높은 반면에 무경운구에서는 5.9, 5.4 mg kg^{-1}으로 낮은 것은 로타리경운구는 토양 중 흡착량이 높은데 비하여 무경운구에서는 초기에 대기 중으로 암모니아 휘산량이 많았던 것에서 기인한 것으로 사료된다.

유거수 중 양분 유출특성 액비를 추비로 시용하고 1주일 후에 청보리 시험포장에서 비온 후 표면 유거수 중 무기성분 함량을 분석한 결과는 Table 5와 같다.

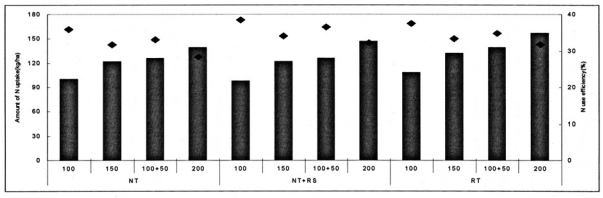
무기성분 유실량은 무경운 〉 로타리경운 〉 무경운+볏짚피복 순으로, 액비시용량이 많을수록 증가되었고 SO_4, NO_3-N, K 성분이 많이 용탈되는 경향을 나타냈다.

한편, 무기태질소 농도를 분석한 결과 모든 처리 공히 NH_4-N보다 NO_3-N의 농도가높았는데 이는 액비를 시용하면 분해과정에서 무기화 되어 질산화작용이 진행되기 때문으로 사료된다. 또한 액비시용량이 증가되면 토양 중 무기성분 함량이 증가된다는 사실에 근거하여(Choudhary et al., 1996), 무기성분 유실량이 상대적으로 많아질 것이 예상되므로 액비시용 후 장기간 방치 하지 않도록 해야 한다고 생각된다.

질소흡수량 및 이용률 청보리 수확기 질소흡수량 및 질소이용률 양상은 Fig. 4와 같다. 경운방법 및 액비시용량별 총체보리의 질소흡수량은 액비시용량이 많을수록, 로타리경운 〉 무경운+볏짚피복 〉 무경운 순으로 많았고 질소이용률은 무경운+볏짚피복 〉 로타리경운〉 무경운 순으로 높아졌다.

경운방법별 N100% 액비를 시용하였을 때 질소흡수량은 로타리경운(108 kg ha^{-1}), 무경운(100 kg ha^{-1}), 무경운+볏짚피복(98 kg ha^{-1}) 이었으며 N150% 액비를 시용할 때 전량기비보다 추비로 50% 시용한 것이 질소흡수량이 많았으며 질소이용률이 높아지는 경향을 나타냈다.

Kampf et al(1985)은 액비 중 질소이용률은 시용시기에 따라 차이가 있고 봄철에 시용할 때는 50 75%, 가을이나 초겨울에는 30% 정도 되었으며, 액비의 질소이용률을 개선하려면 무기질 질소와 병용이 좋은 것으로 보고(Vetter et al., 1986)하였다.



† NT : Non-tillage, NT+RS : Non-tillage+rice straw, RT : Rotary tillage

Fig. 4. Amount of nitrogen uptake and nitrogen use efficiency at harvesting season under different tillage methods and applied rates of N.

수량성 경운방법 및 액비시용량별 청보리 생육 및 수량성은 Table 6과 같다. 생육양상은 액비 시용량

Table 5. Contents of chemical compoments in run-off water under different tillage methods and applied rates of N.

Tillage methods	Applied rates	NH_4-N	NO_3-N	PO_4	SO_4	K
	N%	---------- mg L^{-1} ----------				
Non-tillage	0	0.63	2.28	0.05	26.0	1.98
	100	0.97	14.55	0.07	58.9	3.98
	150	1.41	24.26	0.11	78.8	4.51
	100+50	0.96	26.10	0.07	54.3	3.69
	200	2.54	25.20	0.25	81.2	5.45
Non-tillage +rice straw	0	0.64	1.62	0.04	23.1	1.08
	100	0.76	6.93	0.06	53.0	3.68
	150	1.10	9.97	0.07	76.5	4.10
	100+50	0.90	13.75	0.06	51.2	2.65
	200	1.56	15.82	0.18	75.8	4.91
Rotary tillage	0	0.61	2.02	0.04	14.9	1.98
	100	0.79	5.72	0.08	56.3	3.51
	150	1.16	13.76	0.09	77.6	4.68
	100+50	0.97	14.55	0.07	54.6	3.19
	200	1.89	16.75	0.22	78.8	5.21

Table 6. Yield potential and growth of whole barley under different tillage methods and applied rates of N.

Tillage methods	Applied rates	Plant length	No. of tiller per m^2	Dry matter yield	Yield index
	N%	cm	ea	kg 10^{-1}	
Non-tillage	0	66.1	493	462	39
	100	80.7	619	1,185	100
	150	85.9	636	1,202	101
	100+50	89.8	638	1,326	112
	200	90.4	640	1,316	111
Non-tillage +rice straw	0	71.0	519	514	43
	100	86.4	638	1,278	108
	150	88.2	668	1,666	141
	100+50	89.4	683	1,762	149
	200	91.3	684	1,764	149
Rotary tillage	0	69.5	497	470	40
	100	83.1	640	1,285	108
	150	86.2	649	1,606	135
	100+50	86.7	662	1,682	142
	200	91.0	689	1,770	149
LSD(5%)					99.0

증가로 초장이 길었고 경수 확보가 많았으며 무경운+볏짚피복 〉 로타리경운 〉 무경운 순으로 양호하였으며 건물수량은 무경운 N100%(1,185 kg $10a^{-1}$) 대비 무경운 + 볏짚피복구 N100%+50%, N200% 및 로타리경운구 N200%에서 49% 증수되었다.

Eghball & Power(1999)는 옥수수 생산량이 가축분뇨를 시용함으로서 무시용보다 유의적으로 증가 하였으며 돈분뇨액비를 질소표준량 대비 200% 시용할 때 사일리지용 옥수수 수량이 화학비료구에 비해 17% 증수한다고 보고하였다(Shin et al., 1999).

일반적으로 액비시용에 의한 작물의 수량은 증가하는 것으로 알려져 있으나 이는 시용시기와 시용량에 따라 차이가 있음을 보고(Choudhary et al., 1994)하였다.

액비시용에 따른 청보리 사료가치 청보리에 대한 조단백질 함량, 소화율과 관련이 있는 ADF, NDF 및 TDN 함량을 Table 7에 나타냈다. 조단백질 함량은 로타리경운구 N150%가 9.7%로 가장 높았고, ADF 함량은 로타리경운구 N150%가 29.4%로 가장 높았으며, NDF 함량은 무경운+볏짚피복구 N150%가 56.7%로 가장 높게 나타났다. 한편 TDN 함량은 무경운구

Table 7. The valuation of feed value on whole barley under different tillage methods and applied rates of N.

Tillage methods	Applied rates	Crude protein	ADF†	NDF‡	TDN§
	N%	%			
Non-tillage	0	6.1	22.0	42.2	71.8
	100	7.9	25.4	54.6	69.1
	150	8.2	28.2	55.8	66.9
Non-tillage +rice straw	0	7.2	22.9	45.4	71.1
	100	8.0	27.5	55.0	67.5
	150	9.5	28.9	56.7	66.4
Rotary tillage	0	7.3	23.4	46.1	70.7
	100	8.1	27.9	54.8	67.2
	150	9.7	29.4	56.2	66.0

† ADF : Acid Detergent Fiber, ‡ NDF : Neutral Detergent Fiber

§ TDN : Total Digestible Nutrients

액비 무시용에서 71.8%로 가장 높게 나타났다.

청보리 재배시 돈분액비 시용에 의한 사료가치는 ADF 및 NDF에 있어서 큰 차이는 없으나 액비를 시용함으로서 증가되는 경향을 나타내고 있는 것은 Lim et al(2003)의 결과와 상반되었다.

우리나라에서 생산된 조사료를 수입 조사료보다 경쟁력을 높이려면 겨울에 놀고 있는 논에 사료작물을 재배하여 이용하는 것이 유리할 것으로 여겨진다. 2003년 말 현재 우리나라의 답리작 재배 면적은 59천 ha에 달하고 있으며 점차 증가 추세에 있다. 이외에도 정부에서는 맥류 재배농가(특히 보리)의 소득안정망 구축을 위하여 경종농가와 연계한 겨울철 사료작물 재배면적을 현재 2,681 ha에서 연차적으로 확대 추진할 계획으로 있다(HARI, 2005).

따라서 우리는 겨울철 답리작 사료작물 재배를 적극 권장하여야 할 것이다. 답리작 재배를 할 경우 벼의 재배 작기와 일부작업이 중복되어 다소 어려움이 있으나 작기를 조금만 조절한다면 많은 논을 조사료 생산지로 이용할 수 있다.

결론적으로 돈분액비 이용 답리작 청보리 재배시 토양 및 지하수 오염을 고려한 액비 시용량은 N100% 수준으로 시용하되 경운 또는 볏짚을 시용하여 재배하면 수량은 관행(NPK)과 동등한 수준 유지로 화학비료 절감 및 지하수 오염 경감이 기대된다.

적 요

벼 수확 후 돈분액비 시용 논에서 경운방법에 따른 청보리 재배시 생육 및 토양영향을 평가하고자 2004년 10월부터 2006년 5월까지 2년에 걸쳐 지산통에서 액비 무시용과 화학비료 표준시비량에 대한 N100%, 150%, 100+50%, 200%를 시용하고 무경운, 무경운 + 볏짚피복 및 로타리경운 후 휴립광산파 하였다. 토양 화학성 변화, 토양 중 무기태질소 함량, 유거수 중 화학성분, 사료가치 및 수량성 등을 검토한 결과는 다음과 같다.

액비 시용 후 시간별 암모니아 가스 방출량은 액비 시용량이 많을수록 높았으며 볏짚피복 및 로타리 처리로 현저히 감소되는 경향을 나타냈다.

토양화학성 변화는 액비 시용량이 많을수록 pH, EC, CEC가 높아지고 유기물, 유효인산 및 치환성양이온 함량이 증가되었으며, 무경운 + 볏짚피복구에서 크게 증가하는 경향을 나타냈다. 토양 중 NH_4-N, NO_3-N 함량은 액비시용량이 많을수록, 무경운+볏짚피복구 〉 로타리경운구 〉 무경운구 순으로 많았으며 수확기에는 낮아지는 경향을 나타냈다.

표면 유거수 중 무기성분 유실량은 무경운구 〉 로타리경운구 〉 무경운+볏짚피복구 순으로, 액비시용량이 많을수록 증가되었고 SO4, NO_3-N, K 성분이 많이 용탈되는 경향을 나타냈다.

청보리 건물수량은 무경운 N100%(1,185 kg $10a^{-1}$) 대비 무경운+볏짚피복구 N100%+50%, N200% 및 로타리경운구 N200%에서 49% 증수되었다.

청보리에 대한 사료가치 중 조단백질 함량은 로타리경운구 N150%가 9.7%, ADF 함량은 로타리경운구 N150%가 29.4%, NDF 함량은 무경운+볏짚피복구 N150%가 56.7%로 가장 높게 나타났다.

따라서 답리작 청보리 재배시 안전생산을 위한 돈분액비 시용량은 볏짚을 전량 환원 후 액비 기비 N100%를 살포하고 로타리경운하여 1.5 m 간격으로 휴립광산파 재배하면 관행(NPK) 수준의 수량을 얻을 수 있으며 지하수 및 하천오염을 경감할 수 있다.

인 용 문 헌

AOAC. 1990. Official method of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.

Bernal and 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.

Buchner, A., and H. Sturm. 1985. Gezielter dungen. DLG-Verlag, Frankfurt(Main), 56-71.

Choudhary, M., L.D. Bailey, and C.A. Grant. 1996. Review of the use of swine manure in crop production: Effects on yield and composition on soil and water quality. Waste. Manage. Res. 14: 581-595.

Damodar, Reddy., A. Subba, and P.N. Takkar. 1999. Effects of repeated manure and fertilizer phosphorus additions on soil phosphorus dynamics under a soybean-wheat rotation. Biol Fertil. Soils. 28: 150-155.

Deutsch, A., and Puchwein. 1981. Nährstoffgehalt von Jauche und Gülleproben aus Steirischen Rinder und Schweinehaltungsbetrieben. 7. Arbeitstagung Fragen der Güllerei. 549-567.

Eghball, B., and J.F. Power. 1999. Phosphorus and nitrogen-based manure and compost application: corn production and soil phsphorus. Soil Sci. Soc. Am. J. 63: 895-901.

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.K., and Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agric. Handbook 379, U.S. Gov. print. Office, Washinton, D.C.

Herrenkind, J., and E. Wager. 1965. Superphosphateinstreu in Schwemmistbetrieben Nordbayems, Mitt. DLG. 80. 300-302.

Jeon, W.T., H.M. Park, C.Y. Park, K.D. Park, Y.S. Cho, E.S. Yun, and U.G. Kang. 2003. Effects of liquid pig manure application on rice growth and environment of paddy soil. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 36: 333-343.

Kampf, R., E. Nohe, K. Petzoldt, and J. Sneyd. 1985. Feldfutterbau.

DLG-Verlag, Frankfurt(Main), 22-29.

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. Ⅱ. Transformation of residue nitrogen. Soil Sci. Plant Nutr. 26: 241-254.

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. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 37: 97-103.

Lauer, D.A., D.R. Bouldin, and S.D. Klausner. 1976. Ammonia volatilization from dairy manure spread on the soil surface. J. Environ. Qual. 5: 134-141

Lee, S.B., J.G. Kim, K.B. Lee, D.B. Lee, and J.D. Kim. 2004. Decomposition of rice straw in paddy soil as affected by application of liquid pig mamure. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 37: 104-108.

Lim, Y.C., S.H. Yoon, J.G. Kim, W.H. Kim, M.G. Kim, J.S. Shin, E.S. Chung, J.K. Lee, D.E. Shin, J.H. Cho, W.B. Yook, and G.J. Park. 2003. Effect of application level of swine slurry on production and nutritive value of rye. J. Korean Grassl. Sci. 23: 293-298.

MAF. 2003. Statistical research annual report of agriculture and forestry. Ministry of Agriculture & Foresty. Seoul. Korea.

NIAST. 1999. Solid and liquid composting of animal manure and its utilization. National Institute of Agricultural Science and Technology. Suwon. Korea.

NIAST. 2000. Methods for chemical analysis of soil and plant. National Institute of Agricultural Science and Technology. Suwon. Korea.

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. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 34: 153-157.

Reddy, D.D., A.S. Roa, and T.R. Rupa. 2000. Effects of continuous use of cattle manure and fertilizer phosphorus on crop yield and soil organic phosphorus in a Vertisol. Bioresource Tech. 75: 113-118.

RDA. 1995. Standard methods for agricultural experiment. Rural Development Administration. Suwon. Korea

RDA. 2002. Guidelines for applying liquid livestock manure. Rural Development Administration. Suwon. Korea

Shin, D.E., D.A. Kim, J.S. Shin, K.C. Song, J.K. Lee, S.H. Yun, W.H. Kim, and J.K. Kim. 1998. Studies on the slurry-application of witer rye(Secale cereale L) Ⅱ. Effect of mineral content, nitrogen balance and environmental soil. J. Korean Grassl. Sci. 18: 243-250.

Shin, J.S., H.H. Lee, J.W. Ryoo, K.J. Choi, Y.W. Rim, W.H. Kim, K.Y. Kim, and K.J. Lee. 1999. Effect of swine manure seperated from its slurry on pasture productivity and soil chemical characteristics. J. Korean Anim. Sci. 41: 479-486.

Sommer, S.G., J.E. Olsen, and B.T. Christensen. 1991. Effects of temperature, wind speed and air humidity on ammonia volatilization from surface applied cattle slurry. J. Agr. Sci. 117: 91-100.

Sung, K.I., B.J. Hong, and Y.C. Rhee. 1993. Sun curing effects and utilization of pig excreta as fertilizer. J. Korean Grassl. Sci. 13: 228-233.

Vetter, H., and G. Steffens. 1986. Wirtschaftseigene Dungung. DLG-Verlag, Frankfurt(Main), 104-119.

Yadav, R.L., B.S. Dwivedi, K. Prasad, 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 manure and fertilizers. Field Crop. Res. 68: 219-246.

호남농업연구소. 2005. 조사료 자급률 향상과 영양적 가치. 작물과학원 호남농업연 구소. 익산

정이근, 박경배, 정광용, 박우균, 박홍재, 허 준. 1995. 가축분뇨 시용시 토양환경에 미치는 영향에 관한 연구. 농업과학기술원보고서. p 401-431.

환경부. 1999. 수질환경오염시험법. 동화기술교역. 서울. p 231-258.