

전전환 논에서 우분시용이 토양화학성 및 Silage 옥수수의 수량과 품질에 미치는 영향

진현주 · 양종성 · 김정갑 · 정의수

Effects of Cattle Manure Application on the Soil Properties, Yield Performance and Quality of Silage Corn Cultivated on Paddy Land

Hyun Ju Jin, Jong Seong Yang, Jeong Gap Kim and Eui Su Jeong

Summary

Silage corn(cv, Gwanganok) was cultivated during 1991~1994 on paddy land as a rotational cropping system of rice, to evaluate the effect of cattle manure application on the soil characteristics, yield performance and quality of corn plant. The treatments used in this study were non-fertilizer, NPK standard in chemical fertilizer(N:P₂O₅:K₂O=200:150:150 kg/ha), cattle manure 20, 40, 60 and 80 ton/ha.

Application of cattle manure improved soil pH, organic matter, available phosphate and exchangeable cations in the soils. During the experiment, soil pH was improved from 4.7 in the chemical fertilizer application(control) to 5.4~5.6 in the application of cattle manure, and available P₂O₅ content was increased from 72.2 ppm(control) to 340.2 ppm(cattle manure 80 ton/ha).

Application of cattle manure increased plant growth, plant height and stalk diameter, and silage yields. Dry matter yields were produced 15.88 ton(chemical fertilizer), 20.11 ton(cattle manure 40 ton) and 21.22 ton/ha(cattle manure 80 ton/ha). However, no significant yield differences were observed between cattle manure 40, 60 and 80 ton/ha. Productions of total digestible nutrients(TDN) and net energy for lactation(NEL) were also increased under cattle manure application. From the above results, the proper application amount of cattle manure was 40 ton/ha in this experiment.

I. 緒 論

최근 몇년동안 우리나라의 휴경지 면적이 급격히 증가됨에 따라 이들 경지를 이용한 조사료 확대 생산이 중요한 과제로 대두되고 있다(양, 1992; 농림수산부, 1994). 휴경지에서 사료작물재배는 지금까지는 주로 답리작 형태로 이용되어 왔으나 근래는 농경지 고도이용과 관련하여 전전환답 또는 답전윤환 작부체계로서의 조사료생산체계에 관한 연구도 관심의

대상이 되고 있다(양, 1991; 김 등, 1993; 양 등 1993; 김 등, 1995).

신 등(1983)은 전전환 논에서 옥수수재배의 3요소 시비적량은 일반 숙전지 토양에서와 큰 차이가 없다고 하였으며, Datta 등(1959)은 이들 토양에 대한 3요소 시비반응은 인산 및 칼리비료에 비하여 질소비료가 상대적으로 높다고 보고한 바 있다.

논토양에 대한 유기물 시용은 작물에 대한 양분 및 미량성분 공급과 같이 적정시용 효과 외에도 토양의

삼상구조개선과 양분보유능력의 증대 등 토양의 물리적특성 개량효과가 매우 높는데 정 및 진(1989)은 이때 유기질비료로서 가축분시용이 보다 효과적이라고 하였다. 이와 관련하여 僑元秀教 등(1981)도 가축분시용에 의한 유기질비료의 공급으로 토양중의 가용성 인산함량이 크게 증가된다고 보고하였다 (Gingrich 및 Stauffer, 1955; Bunting, 1963; Malntosh 및 Varney, 1972; 김 등, 1991).

이러한 관점에서 본 연구는 전전환 담(논)을 공시 토양으로 하여 우분시용이 토양의 화학적 특성에 미치는 효과와 이에 따른 silage용 옥수수의 생육과 수량 및 silage의 품질 등을 연구 검토하였다.

II. 材料 및 方法

본 시험은 배수가 약간 양호한 미사질식양토 (moderately well drained soils, silty clay loam, 2~7% slope)의 전전환 논에서 옥수수(품종:광안옥)를 공시 작물로 하여 1991년부터 1994년까지 4개년간 수행되

었다. 옥수수의 재배는 ha당 83,000본(60cm×20cm)을 유지하여 매년 5월 상순에 파종하여 황숙기 후기에 수확하였다. 처리내용(시비방법)은 무비료구 및 3요소 화학비료 표준구(질소-200, 인산-150, 칼리-150kg/ha)와 비가림상태에서 20일간 부숙된 우분 20톤, 20톤+3요소 보충, 40톤, 40톤+3요소 보충, 60톤, 80톤/ha 등 8처리구를 두고 구당면적 15m²(3×5m)의 난괴법 3반복으로 실시하였다. 이 때 시험기간 중 사용된 우분의 비료성분 함량은 표 1과 같다.

옥수수 생육기간중의 생육단계별 특성과 생산성은 Voigtlaender 및 Voss(1979) 방법과 농촌진흥청 농사 시험연구 조사기준(1983)에 의거 분석하였으며, 옥수수는 황숙기 후기에 수확하여 사료가치는 일반성분(AOAC, 1984)법으로 분석하였고, silage는 조제후 직경 30cm, 높이 45cm의 플라스틱용기에서 6개월 저장 후 Kirchgessner(1978) 및 DLG(1979) 방법에 의해 품질을 평가하였다. 시험전후 토양분석은 농촌진흥청 농업기술연구소 분석법(1978)에 준하였다.

Table 1. Chemical characteristics of cattle manure, 1991~'94

Dry matter	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	C/N ratio
..... %						
24.95	0.45	0.31	0.42	0.23	0.11	21.68
(±0.98)	(±0.08)	(±0.10)	(±0.22)	(±0.23)	(±0.07)	(±0.42)

III. 結果 및 考察

1. 가축분 시용에 따른 토양특성 변화

표 2는 전전환 논토양에서 silage 옥수수재배시 우분시용에 따른 토양특성 변화를 분석 평가한 것이다. 시험토양에 대한 우분의 4년간 연용으로 토양중의 유기물함량은 1.24%에서 3.00%(우분 80톤) 수준으로 증가하였으며 토양중 수소이온농도는 pH 4.8에서 5.2~5.6으로 개선되는 효과가 있었다. 그러나 동일 재배기간중 화학비료를 연속사용한 토양의 경우 유기물 1.88%, pH 4.7로 나타나 토양화학성에서는 시험

전에 비하여 보다 악화되는 결과를 보였는데 이와같은 화학비료 연용에 따른 산성화 경향은 허 등(1986)에서도 보고된 바 있다.

한편 옥수수에 대한 토양중 적정무기성분 함량에서 신 등(1984)은 pH 5.6, 유효인산 327ppm, 치환성양이온중 K 0.39me, Ca 5.5me, Mg 1.3me/100g으로 추정하였는데 본 시험에서 가축분시용으로 인산 함량은 가축분시용과는 정외 상관을 보여 우분 60톤/ha 사용시 토양중의 변화량은 시험전 30ppm에서 276ppm으로 증가되었다.

토양내 치환성양이온 함량은 대체적으로 우분시용구에서 증가되었으며 특히 우분 40~60톤/ha 사용시

치환성 K함량은 시험전 0.34에서 시험후 0.39~0.53 me/100g으로 증가되어 유효인산 함량의 증가에서와

같이 우분사용량이 증가할수록 높아지는 경향이있다.

Table 2. Chemical analysis of soil experiment (depth : 0~10cm)

Treatments	pH	OM	T-N	Av. P ₂ O ₅	Each. cation		
					Ca	Mg	K
	1.5 %		ppm me/100g		
Before experiment	4.8	1.24	0.20	30.0	3.72	0.75	0.34
After experiment							
Non fertilizer	5.3	1.43	0.09	28.1	3.60	0.70	0.17
Chemical fertilizer	4.7	1.88	0.11	72.2	2.54	0.60	0.24
C. M.* 20MT/ha	5.2	2.33	0.14	87.5	3.90	0.92	0.29
C. M. 20MT + CF*	5.4	2.39	0.13	147.6	4.21	1.02	0.55
C. M. 40MT	5.4	2.37	0.13	194.1	4.59	0.98	0.53
C. M. 40MT + CF	5.4	2.48	0.13	196.0	4.29	1.17	0.99
C. M. 60MT	5.6	2.75	0.15	276.5	3.28	0.94	0.39
C. M. 80MT	5.5	3.00	0.15	340.2	3.95	1.16	1.09

* Cattle manure, *CF: supplement of chemical fertilizer.

2. 옥수수의 생육 및 생산성

옥수수 생육과 건물생산성은 가축분사용구에서 크게 증가되었다. 표 3에서 황숙기 옥수수의 초장은 3요소 표준사용구 284cm에 비하여 우분 40톤 및 60톤 사용시기는 각각 307cm 및 309cm로 증가되었으며 줄기의 굵기에서도 가축분 사용효과가 큰 것으로 조사되었다. 또 옥수수의 암이삭 비율은 우분사용구에서 높았으며 특히 40톤 사용구에서 54.9%로 가장 높았다. 이에 따라 옥수수의 생산성은 건물 및 가소화양분총량 모두에서 가축분 사용량이 증가될수록 비례적으로 증수되는 결과를 보였다.

건물수량은 3요소 표준사용구 15.9톤, 우분 40톤 사용구 20.1톤, 우분 60톤 사용구 21.1톤 및 우분 80톤 사용구 21.2톤/ha이 생산되어 3요소 전량을 화학비료 대신 가축분으로 대체할 경우 21~34%가 증수되는 효과가 있었다. 그러나 우분 40톤 이상 사용구의 수량은 40톤구와 비교할 때 유의적인 수량차이는 없었다. 이와 같은 증수효과는 TDN 생산성에서도 건물

수량과 유사한 경향으로 3요소 표준사용구 10.64톤에 비해 가축분 사용구에서는 각각 13.44톤(우분 40톤), 14.15톤(우분 60톤) 및 14.26톤/ha(우분 80톤)이 생산되었다.

한편 시비방법에 따라 옥수수 산유정미에너지(NEL) 생산량은 3요소 표준사용구 101.2천 MJ, 우분 사용구에서는 각각 126.1천 MJ(우분 40톤), 134.1천 MJ(우분 60톤) 및 135.2천 MJ-NEL/ha(우분 80톤)이었다. 이와 같이 가축분 사용구에서 옥수수의 건물 및 양분생산성이 크게 증가된 것은 표 2에 제시된 바와 같이 가축분 사용으로 토양의 화학적 특성이 개선되어 옥수수의 생육과 수량구성중 이삭비율이 크게 증가되었기 때문인 것으로 분석되었으며 이같은 가축분 사용에 따른 수량증가 효과는 김 등(1991), 한 등(1986), 박 및 양(1988), 허 등(1986)의 보고에서와 같은 결과였다.

3. 옥수수 Silage의 품질평가

옥수수 silage의 일반성분 구성중 조회분 함량은

대체적으로 가축분 시용량에 비례적으로 증가되는 경향이나 그 정도는 크지 않았다(표 4). 이에 반해 조성유 함량은 3요소 표준시용구 19.79%, 우분 20톤 시용구 19.76%, 우분 60톤 시용구 16.53% 및 우분 80톤 시용구 18.77%로 나타나 화학비료에서 가축분과 금

비보충으로 대체 이용한 옥수수식물체에서 우분 40톤 시용구 21.30%를 제외하고는 다소 감소되는 경향을 보였다. 조지방은 가축분 시용구에서 약간 증가되었으나 조단백질 및 NFE 함량에서는 시용수준별 특이할 만한 차이는 없었다.

Table 3. Growth characteristics and yield performance of silage corn cultivated under different cattle manure application, 1992~'94

Treatments	Plant height	Stem diameter	Ear to total DM	DM yield	TDN	NEL**
	cm	mm	% MT/ha		1000MJ/ha
Non fertilizer	247	18.3	40.5	10.4	6.87	65.0
Chemical fertilizer	284	20.5	45.7	15.88	10.64	101.2
C. M.* 20MT/ha	294	23.0	49.4	17.14	11.43	107.6
C. M. 20MT + CF*	301	24.2	53.7	19.25	12.79	120.5
C. M. 40MT	307	24.6	54.9	20.11	13.44	126.1
C. M. 40MT + CF	298	24.7	53.0	21.00	14.03	132.7
C. M. 60MT	309	25.6	52.5	21.09	14.15	134.1
C. M. 80MT	306	26.1	52.6	21.22	14.26	135.2
LSD, 0.05	21.4	1.7		2.76		
CV	9.0	7.9		16.1		

* Cattle manure, *CF: supplement of chemical fertilizer.

**NEL: net energy for lactation.

Table 4. Effect of cattle manure on the chemical composition of silage corn, 1993~'94

Treatments	C. protein	C. fat	C. fiber	NFE**	C. ash
 % , DM basis				
Non fertilizer	4.60	2.20	22.21	66.41	4.58
Chemical fertilizer	7.82	2.75	19.79	64.74	4.90
C. M.* 20MT/ha	6.44	2.57	19.76	65.37	5.86
C. M. 20MT + CF*	7.23	2.83	19.95	64.41	5.58
C. M. 40MT	6.52	3.17	21.30	63.64	5.37
C. M. 40MT + CF	6.75	3.15	18.66	65.83	5.61
C. M. 60MT	7.66	5.59	16.53	64.11	6.11
C. M. 80MT	7.59	5.82	18.77	61.74	6.08

* Cattle manure, *CF: supplement of chemical fertilizer.

**Nitrogen free extract.

표 5은 우분시용하에서 재배된 옥수수 silage의 유기산 함량을 분석하여 품질을 평가한 것이다. silage의 산도는 가축분 시용량이 증가될수록 다소 높아지는 경향이었으나 그 정도는 매우 작았다. 옥수수의 유기산중 젖산의 경우 우분시용으로 총산중 젖산비율이 다소 증가되었으나 처리간에는 뚜렷한 차이는

인정되지 않았다. 이같은 경향은 초산 및 낙산 함량에서도 유사한 결과를 보였다. 따라서 silage의 유기산 함량과 pH 및 건물함량을 종합적으로 검토하여 볼 때 옥수수 silage의 품질은 우분시용방법 및 시용량에 따라 다소 개선될 수 있는 가능성이 있으나 그 정도는 매우 작은 것으로 평가되었다.

Table 5. Effect of cattle manure on the silage quality of corn in 1993

Treatments	Dry matter contents %	pH 1:10	Organic acid %, DM basis		
			Lactic acid	Butylic acid	Acetic acid
Non fertilizer	28.2	3.6	12.55	0.21	1.60
Chemical fertilizer	29.1	3.7	11.17	0.11	1.79
C. M.* 20MT/ha	30.5	3.8	13.51	0.14	1.38
C. M. 20MT + CF*	35.7	3.9	9.94	0.12	1.06
C. M. 40MT	34.1	3.8	10.15	0.13	1.11
C. M. 40MT + CF	33.3	3.8	9.58	0.15	1.71
C. M. 60MT	34.6	3.8	9.31	0.10	1.24
C. M. 80MT	29.2	3.9	11.20	0.17	2.29

* Cattle manure, *CF: supplement of chemical fertilizer.

IV. 摘 要

본 시험에서는 전전환 논에서 silage 옥수수(광안옥)를 공시작물로 우분시용이 토양특성에 미치는 효과와 옥수수의 생육, 수량 및 silage 품질을 연구검토하였다. 포장시험은 무비료구, 3요소 화학비료 표준시용구, 우분시용 6수준(20톤, 20톤+화학비료보충, 40톤, 40톤+화학비료보충, 60톤, 80톤/ha) 등 8처리를 두어 난파법 3반복으로 포장배치하여 1991년부터 1994년까지 4년간간 수행되었다.

우분시용으로 토양의 화학적특성은 크게 개선되었는데 토양산도는 3요소 화학비료시용에서 pH 4.7에서 ha당 우분 40톤이상 시용구에서는 pH 5.4~5.6으로 개선되었으며, 동일기간중 토양 유기물함량은 1.88%(3요소표준)에서 2.37~3.00%(우분 40~80톤/ha)로 증가되었다. 토양내 치환성양이온은 Ca, Mg 및 K 모두가 축분시용구에서 증가되었으며 토양성분중 특히 유효인산 함량은 3요소화학비료 시용의 72.2ppm에서

우분 60톤 및 80톤 시용구에서 각각 276.5ppm 및 340.2ppm으로 크게 증가되었다.

한편 silage 옥수수 건물수량은 3요소표준구에서 15.88톤, 우분 40톤 시용구 20.11톤, 우분 60톤 시용구 21.09톤 및 우분 80톤 시용구 21.22톤/ha으로 우분시용이 많을수록 수량이 증가하는 경향이였다. 암이삭비율과 가소화 총양분총량 및 산유정미에너지(NEL) 생산성도 건물수량에서와 같이 우분시용량에 비례적으로 증가되었으며, 특히 암이삭비율은 우분 40톤 시용에서 54.9%로 가장 높은 수준을 보였다. 우분시용에 따른 옥수수 silage 유기산발효는 처리간에 뚜렷한 차이는 없었으며, pH 변화에서도 큰 차이없이 3.6~3.9 수준이였다.

이상의 결과를 종합하면 전전환 논토양에서 silage 옥수수 생산성에 대한 적정우분 시용량은 ha당 40톤 수준이며 4~5년까지는 연용이 가능할 것으로 생각된다.

V. 引用文獻

1. AOAC. 1984. Official methods of analysis. 14th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC. USA.
2. Bunting, A.H. 1963. Experiments on organic manures 1942-49. J. Agric. Sci. 60:121-140.
3. Datta, N.P., S.S. Bains, and L.L. Relwani. 1959. Fertilizer experiments on maize. I. Direct effect of nitrogenous, phosphatic and potassic fertilizers and their combinations on yield. Indian J. Agri. Sci. 29:22-25.
4. DLG. 1979. Nettoenergie-Laction (NEL), die neue energetische Futterbewertung fuer Milchkuhe. DLG-Mitteilungen 94:472.
5. Gingrich, J.R., and R.S. Stauffer. 1955. Effects of long-time soil treatments on some physical properties of several Illinois soils. Soil Sci. Soc. Proc. 19:257-260.
6. Kirchgessner, M. 1978. Tiereraehrung. DLG-Verlag, Frankfurt(M):126-132.
7. Malntosh, J.L., and K.E. Varney. 1972. Accumulative effects of manure and N on continuous corn and clay soil. I. Growth, yield and nutrient uptake of corn. Agron. J. 64:374-379.
8. Voigtlaender, G. und N. Voss. 1979. Methoden der Gruenland Untersuchung und Bewertung. Ulmer Verlag:85-92.
9. 儒元秀教. 1981. 有機物の利用. 土り講座 56-62.
10. 농림수산부. 1994. 조사료생산 기계화교육교재 139-176.
11. 김정갑, 한민수, 김건엽, 한정대, 진현주, 이혁호. 1995. 담리작 대麥의 Whole Crop Pellet 生産利用에 관한 研究. 韓草誌 15(2):146-150.
12. 김정일, 이경희, 오윤진. 1993. 中部地方에서의 논作付體系 設定. 日·韓 農業共同研究事業報告 92 - 103.
13. 金鼎濟, 洪炳周, 高用均. 1991. 家畜糞尿가 土壤化學性 및 옥수수 生育에 미치는 影響. 韓土肥誌 24(2):137-143.
14. 농업기술연구소. 1978. 토양화학분석법. 농촌진흥청.
15. 농촌진흥청. 1983. 농사시험연구조사기준, 개정 제1판.
16. 박병식, 양종성. 1988. 구비시용에 관한 사료작물 생산시험. 축산시험장 시험연구보고서 705-714.
17. 申喆雨, 金鼎濟, 尹禎熙, 趙丙玉. 1983. 土壤肥沃도와 品種에 따른 옥수수의 三要素 施肥 反應, 韓土肥誌 16(3):242-249.
18. 申喆雨, 金鼎濟, 許範亮, 尹禎熙. 1984. 土壤의 化學性이 옥수수 收量에 미치는 影響. 韓土肥誌 17 (2):173-178.
19. 양종성. 1991. 지역별 사료작물 다모작 작부체계 확립. 축산시험장 시험연구보고서 613-623.
20. 楊鍾成. 1992. 畚裏作 飼料作物 栽培. 韓草誌 12 (특별호):127-133.
21. 양종성, 진현주, 한홍진. 1993. 담전윤환경지에서 의 사료작물 작부체계시험. 日·韓 農業共同研究 事業報告書 117-128.
22. 鄭 燦, 全炳台. 1989. 家畜糞이 草地의 土壤과 生産性에 미치는 影響. 韓草誌 9(1):48-55.
23. 韓圭興, 松田直人, 盧泰弘. 1986. 벼-보리 作付地帶 有機物 連用施用法 研究. 韓土肥誌 19(4):333-337.
24. 許奉九, 金鯉烈, 趙仁相, 朴瑢洙, 嚴基泰, 金萬壽. 1986. 有機物 資源이 土壤의 物理化學性 改良과 作物生育에 미치는 影響. 農試論文集 28(1):7-12.