한국유기농업학회지 제16권 4호
KOREAN JOURNAL OF ORGANIC AGRICULTURE
Volume 16, Number 4: 421-434, December 2008.

가축분뇨시용이 하계사료작물의 생산성 및 유기가축 사육능력에 미치는 영향*

조 익 환** · 황 보 순*** · 이 주 삼****

Effects of Applying Livestock Manure on Productivity and Organic Stock Carrying Capacity of Summer Forage Crops

Jo, Ik-Hwan · Hwangbo, Soon · Lee, Ju-Sam

This study was carried out to estimate the selection of appropriate forage crops, proper application levels of livestock manure, and carrying capacity per unit area for organic livestock, as influenced by livestock manure application levels compared with chemical fertilizer to corn and sorghum × sorghum hybrid, in order to produce organic forages by utilizing livestock manure. For both corns and sorghum × sorghum hybrids, no fertilizer plots had significantly ($p<0.05$) lower annual dry matter (DM), crude protein (CP) and total digestible nutrients (TDN) yields than those of other plots, whereas the N+P+K plots ranked the highest yields, followed by 150% cattle manure plots and 100% cattle manure plots. Dry matter, CP and TDN yields of cattle manure plots were significantly ($p<0.05$) higher than those of no fertilizer and P+K plots. In applying cattle manure, the yields of cattle slurry plots tended to be a little higher than those of composted cattle manure plots. Assuming that corns and sorghum × sorghum hybrids produced from this trial were fed at 70% level to 450kg of Hanwoo heifer with 400g of average daily gain, livestock carrying capacity (head/year/ha) ranked the highest in N+P+K plots of the case of corns (mean 6.7 heads), followed by 150% cattle slurry plots (mean 5.6 heads), 150% composted cattle manure plots (mean 4.8 heads), 100% cattle slurry plots (mean 4.4 heads), 100% composted cattle manure plots (mean 4.3 heads), P+K plots (mean 4.1 heads), and no fertilizer plots (mean 3.1 heads). Meanwhile, in case of sorghum × sorghum hybrids, N+P+K plots (mean 5.7 heads) ranked the highest carrying capacity, followed by 100~150% cattle slurry plots

* 본 논문은 2008년 농촌진흥청 현안기술연구사업 지원에 의해 수행된 과제임.
** 대구대학교 동물자원학과
*** 축산과학원
**** 연세대학교 생명과학기술학부(greunld@deagu.ac.kr)

(mean 4.8~5.2 heads), 150% composted cattle manure plots (mean 4.7 heads), 100 % composted cattle manure plots (mean 4.3 heads), P+K plots (mean 3.8 heads), and no fertilizer plots (mean 3.4 heads). The results indicated that replacing chemical fertilizer by livestock manure application to cultivation soil for forage crops could enhance not only DM and TDN yields, but also organic stock carrying capacity. In conclusion, it was conceived that organic forage production by reutilizing livestock manure might contribute to reduced environmental pollution and the production of environment friendly agricultural products through resources recycling.

Key words : *summer forage crops, livestock manure, dry matter yields, TDN yields, Stock carrying capacity*

Ⅰ. 서 론

우리나라 농업성장은 그동안 고투입과 고생산에 의해 이루어져 온실가스 배출량의 증가와 양분수지의 악화 등 환경부하의 부작용을 초래하고 있는데, 축산에 있어서도 다두 밀집사육에 의한 농후사료 위주의 사양으로 근래 국내 곡류사료 가격급등과 고유가 시대에 더욱 어려움을 겪고 있다. 특히, 전국적으로 초식가축의 사육두수가 많은 경북지역은 가축분뇨가 다량으로 발생하여 처리 등에 많은 문제점이 대두되고 있고 조사료 생산포가 협소하며 사료포장의 이용률이 낮고 지역별 입지조건에 알맞는 작부조합 결여로 조사료 주년 생산체계도 매우 미흡한 실정이다. 또한 기존의 사료작물포 및 초지는 무절제한 화학비료의 과다 시용으로 토양의 산성화, 호질소 잡초발생의 증가, 용탈과 더불어 지하수 오염 또는 경제적 손실 등 많은 문제점이 발생하고 있다. 이러한 현실에서 국가에서는 환경과 경제성장이라는 녹색성장의 사회구현을 추구하고 있어 무엇보다도 사료비 절감을 위한 조사료 생산과 화학비료 대체자원으로서의 가축분뇨 자원화에 의한 자원순환형 축산이 절실히 요구되고 있다.

한편 일찍부터 유럽국가에서는 가축분뇨가 초지나 사료작물재배포장에서 적합한 비료로서 그 효과를 인정받아 대부분의 축산농가에서 시용되어 오고 있는데, Herriott 등(1965)과 Brockman 등(1971)은 토양중의 질소와 유기물함량이 높은 액상우분뇨의 무기화작용을 ‘Start mobilisierung’이라 하여 토양의 이화학적 성질을 개선시키는데 관여한다고 보고하였다. 또한 Mengel(1984)은 가축분뇨 중 액상우분뇨를 초지 또는 사료작물 재배에 활용하는 것이 구비나 뇨비의 형태로 시용하는 것 보다 약 30%가 증수되었다고 보고하였다.

특히 액상의 가축분뇨는 질소이외의 인산이나 칼륨 등의 비료양분을 함유하고 있어 식물체의 영양소원이면서 수용성이기 때문에 포장에 시용할 경우, 속효적인 비효를 기대할 수 있을 뿐만 아니라 토양 내에서는 분뇨 중에 포함된 유기물첨가로 물리성이 개선되므로

토양개량제로서의 경제적 가치를 인정받고 있다(Jo, 1989). 또한 이들 액상우분뇨는 각종 영양분을 담고 있는 보고인 동시에 미량요소의 주요공급원도 되고 있어 산지토양에서는 시용된 비료를 보존하는 보비력과 보수력을 높이고 토양침식의 저항력을 높여 주는 동시에 토양구조의 개선에 크게 기여한다고 하였다(Schechtner, 1978). 이런 장점들을 고려해 볼 때 우리나라와 같이 자원이 부족하고 최근 들어 화학비료 가격마저 급등한 시대에 자원 재활용측면에서 경제적이고 환경 친화적인 액상우분뇨의 시용이 이루어져야 할 것 같다(조, 2003; 2006).

그러나 이러한 가축분뇨도 과다 시용으로 인해 토양에서 염기간의 불균형, 염해 및 토양으로부터의 양분유실을 초래할 수 있어 적정 시용 수준과 시용 시기를 규정하여야 한다(Bracker, 1982). 이와 관련하여 독일 등 유럽국가에서는 가축분뇨의 과다시용을 방지하기 위해서 축종별 환경친화적 사육두수를 규제하는데, 초지에서는 가축분뇨 중 총 질소함량이 연간 ha 당 180kg을 초과하지 않도록 하고 있다(유, 2002).

한편 우리나라 현실에서 유기농업의 활성화는 무엇보다도 유기경종과 축산을 연계한 순환농업이 우선되어야 하며 이를 위해서는 실제로 단위면적당 유기 가축사육능력이 제시되어야 하는데, 이들에 대해 조(2003)와 유 등(2006)은 유기 가축사양 시에 우리나라와 같이 곡류사료가 부족한 현실에서 조사료자원이 최저 70% 이상은 되어야 하며 한우사양표준(농림부, 2002)에 의하면 한우 암소 육성우 약 450kg이 일일 증체 400g을 목표할 시에 필요로 하는 조단백질과 가소화양분 총량은 1일 각각 426.3g과 3.479kg이라고 하였다.

따라서 본 연구에서는 가축분뇨에 의한 유기 조사료를 생산하기 위하여 대표적인 여름철사료작물인 옥수수와 수수교잡종 재배 시에 가축분뇨의 종료와 수준을 달리하여 시용하였을 때 적절한 사료작물 선발과 가축분뇨의 적정 시용수준 및 단위면적당 유기가축 사육능력을 추정함으로써 농지의 보전효과는 물론 가축분뇨의 자원화를 통하여 환경오염을 감소시키며 안정된 유기 조사료의 생산기반 확대와 자원 순환형 친환경 농산물 생산에 기여고자 하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

본 실험은 사일리지용 옥수수(32P72)와 수수×수수교잡종(SS405)를 공시하여 2008년 3월부터 10월까지 대구대학교 동물자원학과 실습포장에서 수행되었는데, 이들 토양의 이화학적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Chemical characteristics of the soil used in experimental sites.

pH (1:5)	EC (dS/m)	Available P_2O_5[1] (mg/kg)	T-N (%)	OM[2] (%)	CEC[3]	Ca	K	Mg	Na
					(cmol+/kg)				
7.60	0.36	329.0	0.12	2.05	20.2	17.83	0.60	1.34	0.10

1) Lancaster method, 2) OM : Organic matter, 3) CEC : cation exchange capacity

파종은 옥수수의 경우에는 75cm×15cm 간격으로 2립을 2008년 4월 29일에 점파하여 5엽기에 하나만을 남기고 모두 제거하였으며, 수수교잡종은 50cm 간격으로 40kg/ha를 옥수수와 동일한 날에 조파하였다.

처리는 공히 무 시비구를 대조구로 하고 화학비료는 인산(150kg/ha)과 칼리(150kg/ha)를 기비로 시용한 PK구와 인산(150kg/ha)과 칼리(150kg/ha) 및 질소(200kg/ha)를 시용한 NPK구 그리고 액상우분뇨 및 발효우분을 화학비료 질소 성분량 100%(200 N kg/ha)와 150%(300 N kg/ha) 수준으로 시용한 구 등 총 7처리 3반복의 난괴법으로 배치하고, 구당 면적은 10㎡(2m×5m)로 하였다. 공시된 가축분뇨는 공히 대구대학교 실습목장에서 발생한 것을 6개월 이상 부숙발효 한 것으로 발효우분의 건물함량은 평균 44.5%, T-N 함량은 1.7%이고 액상우분뇨의 건물함량은 평균 10~12%, T-N 함량은 0.016~0.017%이고 기타 중금속 함량은 비료공정 규격에 제시한 오염기준의 1/2 수준(유기조사료 재배 시 요구되는 시비조건)보다 낮은 것을 2회 분할 시용하였으며 화학비료는 인산과 칼리를 각각 ha 당 150kg 씩 파종당일에 기비로서 전량 시비하였고 질소는 요소를 2회 분할 시용하였다. 모든 처리구는 제초제 등 농약을 전혀 사용하지 않았다.

옥수수와 수수교잡종의 생초수량은 전체 시험구를 파종 후 112일째에 지상에서 5cm 높이로 예취하여 칭량하여 구하였고 건물함량은 각 구마다 2주를 선발하여 65℃ 순환열풍건조기에서 48시간 건조시킨 다음 건물율을 계산하고 이를 기준으로 하여 단위면적당의 건물 수량을 산출하였다. 건조된 시료는 Wiley mill로 분쇄하여 일반성분은 A.O.A.C. 법(1990)으로, ADF와 NDF 함량은 Georing과 Van Soest법(1970)에 의해 분석하였다. 또한 ADF와 NDF함량으로 부터 TDN(total digestible nutrients)과 RFV(relative feed value)는 Nahm(1992)과 Linn과 Martin(1989) 등의 계산식에 의하여 구하였다.

한편 얻어진 조단백질 함량과 가소화 양분총량(TDN)은 건물수량과 곱하여 단위면적당 조단백질 수량과 가소화양분총량 수량을 구하였다. 이들은 한우사양표준(농림부, 2002)에 의거 한우 암소 육성우 약 450kg이 일일 증체 400g 목표로 하는 경우, 유기 사료 자원을 70 % 급여할 시에 필요로 하는 조단백질과 가소화양분 총량은 1일 각각 426.3g과 3.479kg을 기준으로 하여 조단백질과 가소화양분 총량에 의한 단위면적당 연간 유기가축 사육능력을 평가하였다(조, 2003; 유 등, 2006).

본 실험의 결과는 SAS package program(Version 8. 01, USA, 2005)을 이용하여 유의성을 검정하였고, 처리 평균간의 비교는 5% 수준의 최소유의차 검정(Least significant difference test; LSD-test)으로 하였다.

한편 실험이 실시되었던 지역의 기상조건을 Table 2에 나타내었는데, 30년 평균 기온과 강수량과 비교해 볼 때 2008년도의 월 평균기온은 3~5월과 7월에 2~3.7℃ 정도 높은 것을 제외하고는 거의 30년 평균기온과 비슷하였으나, 2008년 월 강수량(생육기간 전체 661.1 mm)이 30년 평균의 강수량(생육기간 전체 747.7mm)보다 86.6mm 정도 적었는데 특히 생육이 가장 왕성한 시기인 4와 7월에 평균보다 각각 21.5와 122.2mm가 적었다.

Table 2. Meteorological data during the growth period in 2008 and the averages for 30 years.

	Year	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.
Temperature (℃)	2008	9.1	14.8	19.7	21.1	28.4	25.8
	Average for 30 years	5.7	12.3	17.2	21.2	24.7	25.1
Precipitation (mm)	2008	23.8	54.5	82.5	187.3	77.7	235.3
	Average for 30 years	48.9	76.0	78.5	140.5	199.9	203.9

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 가축분뇨와 화학비료 시용에 따른 옥수수 건물 및 영양수량의 변화

화학비료와 가축분뇨의 형태 및 시용수준이 옥수수의 건물수량과 영양수량에 미치는 영향을 Table 3에 나타내었다.

옥수수의 연간 건물수량(Dry matter yield: DMY), 조단백질(Crude protein; CP) 수량 및 가소화양분(Total digestible nutrient; TDN) 수량은 무비구가 ha 당 각각 8.4, 0.33 및 5.1 톤으로 모든 처리구 보다 유의하게 낮은 건물수량을 나타내었고($p<0.05$), 질소, 인산 및 칼리를 시용한 처리구가 ha 당 15.9, 0.77 및 10.6 톤으로 가장 높았다. 한편 발효우분과 액상 우분뇨를 100% 시용한 구는 연간 건물, 조단백질 및 TDN 수량이 ha 당 각각 9.8, 0.5 및 7.0톤 그리고 10.2, 0.53 및 6.9톤으로 무비구 및 인산과 칼리를 시용한 구(10.7, 0.44 및 6.8톤/ha) 보다 높았고 특히 발효우분 150%와 액상 우분뇨 150% 수준을 시용한 구는 각각 11.0, 0.60

및 7.4 그리고 12.3, 0.67 및 8.83톤/ha으로 월등하게 높았다. 일반적으로 옥수수는 다비작물로써 화학비료에 대한 적응성이 뛰어나(박 등, 2005) 본 실험에서도 높은 생산성을 나타내었지만 나 등(2006)은 우분액비와 톱밥발효돈분의 시용으로 사일리지 옥수수 수량이 화학비료 대비 50~66%의 수준을 기록한다고 하였는데 본 실험에서도 가축분뇨 시용으로 질소, 인산 및 칼리를 전부 시용한 화학비료구의 62~77% 수준에 도달하고 단위면적당 질소시용에 따른 건물생산효율(△DMY kg/△N kg)이 질소 화학비료구가 26.0인 반면에, 가축분뇨 시용구에서는 7.2~19.6을 나타내어 가축분뇨 특히 액상우분뇨 등이 옥수수 건물이나 영양수량의 증대에 크게 기여할 수 있음을 알 수 있었다.

Table 3. Effect of application of chemical fertilizer and cattle manure on dry matter and total digestible nutrient yields (tons/ha) of corn

Treatment	Dry matter yield(ton/ha)	△Dry matter yields kg/ △Nitrogen kg	Crude protein yield(kg/ha)	TDN yield(ton/ha)
No fertilizer	8.39	-	336.9	5.08
Chemical fertilizer (150kg P_2O_5 - 150kg K_2O/ha)	10.72	-	437.6	6.80
Chemical fertilizer (200kg N-150kg P_2O_5-150kg K_2O/ha)	15.92	26.0	768.6	10.64
Composted cattle manure 100%	9.82	7.2	498.3	6.96
Composted cattle manure 150%	11.02	13.2	598.9	7.38
Cattle slurry 100%	10.19	9.0	529.8	6.94
Cattle slurry 150%	12.30	19.6	666.9	8.78
L.S.D($p<0.05$)	1.86	-	99.0	1.29

2. 가축분뇨와 화학비료 시용에 따른 옥수수 사료가치의 변화

화학비료와 가축분뇨의 형태 및 시용수준에 따른 옥수수의 사료가치를 나타낸 것은 Table 4이다.

대표적 사료가치인 옥수수의 조단백질(CP) 함량은 가축분뇨를 시용한 구에서 5.1~5.4%를 나타내어 다른 처리구 보다 높았고 특히 무비구(4.0%)와 인산과 칼리만을 시용한 구(4.1%) 보다는 유의하게 높았다. 이들의 결과는 나 등(2006)이 액상구비의 시용으로 조단백질 함량이 3.9~4.3%을 나타내었다고 보고한 연구결과보다는 높았지만 적기에 수확된 옥수수의 조단백질 함량이 9.4%라고 보고한 결과(Jorgensen와 Crowley, 1972) 보다는 낮았는데,

Table 4. Effect of application of chemical fertilizer and cattle manure on contents of crude protein(CP. %), neutral detergent fiber(NDF, %), acid detergent fiber(ADF, %) and total digestible nutrient(TDN, %) of corn

Treatment	CP(%)	ADF(%)	NDF(%)	TDN(%)	RFV
No fertilizer	4.01	35.95	69.70	60.50	81.27
Chemical fertilizer (150kg P_2O_5 - 150kg K_2O/ha)	4.09	32.35	67.86	63.34	87.32
Chemical fertilizer (200kg N-150kg P_2O_5-150kg K_2O/ha)	4.83	27.96	68.51	66.81	91.15
Composted cattle manure 100%	5.07	22.90	62.92	70.81	105.08
Composted cattle manure 150%	5.44	27.71	64.62	67.01	96.91
Cattle slurry 100%	5.20	26.43	62.66	68.02	101.42
Cattle slurry 150%	5.42	22.15	60.33	71.40	110.49
L.S.D($p<0.05$)	0.14	0.82	1.22	0.64	2.01

이는 본 실험이 수행되었던 기간 중 특히 생육이 왕성하였던 시기에 예년보다 강수량이 부족하여 옥수수 재배토양으로 수분공급이 차단되어 생장발육 등이 부진하였기 때문이라 사료된다. 한편 ADF와 NDF 함량은 무비구가 각각 36.0과 69.7%로 다른 처리구 보다 유의하게 높았다. 그러나 TDN 함량은 발효우분과 액상우분뇨를 시용한 구에서 각각 67.0~70.8과 68.0~71.4%로 무비구과 화학비료구보다 유의하게 높았으며($p<0.05$), 특히 발효우분 100%와 액상우분뇨를 150% 시용한 구에서는 각각 70.8과 71.4%를 나타내어 모든 처리구 보다 월등하게 높게 나타나 조 등(2008)의 결과와 일치하여, 유기가축 사양 시 가축분뇨 시용으로 재배된 옥수수를 사료 이용하게 되면 높은 TDN 함량의 사료로 인해 유기 곡류 및 에너지원을 대체하는 효과도 기대된다.

3. 가축분뇨와 화학비료 시용에 따른 옥수수의 단위면적 당 연간 유기가축 사육능력

질소시비수준에 따른 옥수수의 조단백질 및 가소화양분 수량에 의한 단위면적 당 연간 유기가축 사육능력을 나타낸 것은 Table 5이다.

Table 5. Effect of application of chemical fertilizer and cattle manure on carrying capacity per unit area for organic livestock, as fed by corn at 70% level to 450 ㎏ of Hanwoo heifer with 400g of average daily gain

Treatment	Organic livestock carrying capacity (heads/year/ha)1)		
	Crude protein	TDN	Mean
No fertilizer	2.17	4.00	3.08
Chemical fertilizer (150kg P_2O_5 - 150kg K_2O/ha)	2.81	5.35	4.08
Chemical fertilizer (200kg N-150kg P_2O_5-150kg K_2O/ha)	4.94	8.38	6.66
Composted cattle manure 100%	3.20	5.48	4.34
Composted cattle manure 150%	3.85	5.82	4.83
Cattle slurry 100%	3.41	5.46	4.44
Cattle slurry 150%	4.29	6.92	5.60
L.S.D($p<0.05$)	0.64	1.02	0.82

1) at 70% level to 450 ㎏ of Hanwoo heifer with 400g of average daily gain.

유기가축 특히 한우 암소 육성우 약 450kg을 일일 증체 400g 목표로 하여 옥수수를 유기사료 자원으로 70% 급여할 시에 필요로 하는 조단백질과 가소화양분 총량은 1일 각각 426.3g과 3.479kg(농림부, 한우사양표준, 2002)임을 감안할 때, 질소, 인산 및 칼리를 시용한 처리구가 ha 당 각각 연간 4.9와 8.4두(평균 6.7두)를 사육할 수 있어 다른 처리구보다 유의하게 높았고($p < 0.05$) 다음으로 액상우분뇨 150% 시용구(각각 4.3과 6.9 및 평균 5.6두) > 발효우분 150% 시용구(각각 3.9와 5.8 및 평균 4.8두) > 액상우분뇨 100% 시용구(각각 3.4와 5.5 및 평균 4.4두) > 발효우분 100% 시용구(각각 3.2와 5.5 및 평균 4.3두) > 인산과 칼리를 시용한 구(각각 2.8과 5.4 및 평균 4.1두) > 무비구(각각 2.2와 4.0 및 평균 3.1두) 순으로 낮아졌다.

4. 가축분뇨와 화학비료 시용에 따른 수수×수수 교잡종 건물 및 영양수량의 변화

화학비료와 가축분뇨 형태 및 시용수준이 수수교잡종의 건물수량과 영양수량에 미치는 영향을 나타낸 것은 Table 6이다.

Table 6. Effect of application of chemical fertilizer and cattle manure on dry matter and total digestible nutrient yields (tons/ha) of sorghum×sorghum hybrid.

Treatment	Dry matter yield(ton/ha)	△Dry matter yields kg/ △Nitrogen kg	Crude protein yield(kg/ha)	TDN yield(ton/ha)
No fertilizer	8.60	-	464.4	4.71
Chemical fertilizer (150kg P_2O_5 - 150kg K_2O/ha)	11.00	-	537.9	5.30
Chemical fertilizer (200kg N-150kg P_2O_5-150kg K_2O/ha)	14.57	17.9	779.9	7.99
Composted cattle manure 100%	11.09	12.5	623.0	5.81
Composted cattle manure 150%	12.38	18.9	661.1	6.46
Cattle slurry 100%	12.63	20.2	649.1	6.83
Cattle slurry 150%	13.29	23.5	741.6	7.09
L.S.D($p<0.05$)	2.34		108.6	1.25

수수교잡종의 연간 건물, 조단백질 및 TDN 수량은 무비구(각각 8.6, 0.46 및 4.7톤/ha)에 비하여 모든 처리구가 유의하게 높은 건물수량을 나타내었는데, 질소, 인산 및 칼리를 시용한 처리구가 ha 당 각각 14.6, 0.78 및 8.0톤이었고 액상우분뇨 100과 150% 시용구가 ha 당 각각 12.6~13.3 0.65~0.74 및 6.8~7.1톤으로 다른 처리구 보다 유의하게 높았으며($p<0.05$) 다음으로 발효우분 150% 시용수준에서 ha 당 각각 12.4, 0.66 및 6.5톤을 나타내었고 발효우분 100% 시용구(11.1, 0.62 및 5.8톤/ha)와 인산과 칼리를 시용한 구(11.0, 0.54 및 5.3톤/ha) 순으로 낮아졌지만 두 처리 간 유의한 차이는 나타나지 않았다($p>0.05$). 이에 대해 조(2008)는 수수×수단그라스 교잡종 재배 시 가축분뇨의 시용으로 화학비료 시용 시와 건물과 영양수량에 차이가 없었고 액상 우분뇨의 경우가 발효 가축분뇨보다도 높은 건물과 영양수량을 나타내었다고 하였는데, 본 실험의 결과에서도 액상우분뇨 시용구가 질소화학비료 시용구 대비 86.7~91.2%의 건물수량을 나타내었고 질소시용에 따른 건물생산효율(△DMY kg/ △N kg)은 질소 화학비료구가 17.9인 반면에, 액상우분뇨 시용구에서는 20.2~23.5로 오히려 높게 나타나 액상우분뇨 시용만으로도 수수×수수교잡종의 건물이나 영양수량의 증대를 가져 올 수 있음이 밝혀졌다.

5. 가축분뇨와 화학비료 시용에 따른 수수교잡종 사료가치의 변화

화학비료와 가축분뇨의 형태 및 시용수준에 따른 수수 교잡종의 사료가치를 나타낸 것은 Table 7이다.

Table 7. Effect of application of chemical fertilizer and cattle manure on contents of crude protein(CP. %), neutral detergent fiber(NDF, %), acid detergent fiber(ADF, %) and total digestible nutrient(TDN, %) of sorghum×sorghum hybrid

Treatment	CP(%)	ADF(%)	NDF(%)	TDN(%)	RFV
No fertilizer	5.40	44.23	64.94	53.24	79.10
Chemical fertilizer (150kg P_2O_5 - 150kg K_2O/ha)	5.44	44.74	60.62	53.56	82.94
Chemical fertilizer (200kg N-150kg P_2O_5-150kg K_2O/ha)	5.36	43.14	59.20	54.82	86.88
Composted cattle manure 100%	5.62	46.23	56.35	52.38	87.36
Composted cattle manure 150%	5.44	46.51	60.48	52.16	81.02
Cattle slurry 100%	5.14	44.07	58.39	54.08	86.95
Cattle slurry 150%	5.58	44.05	50.12	53.81	99.88
L.S.D($p<0.05$)	0.09	0.99	1.32	0.78	2.38

수수교잡종의 조단백질 함량은 발효우분 100% 시용구와 액상우분뇨 150% 시용구가가 5.6%로 다른 처리구 보다 유의하게 높았고($p<0.05$), 액상우분뇨 100% 시용구가 5.1%로 가장 낮은 조단백질 함량을 나타내었다. 이에 대해 황 등(2006)은 가축분뇨의 시용으로 화학비료 시비구와 거의 유사하거나 높은 조단백질 함량을 나타낸다고 하였는데, 본 실험의 결과도 액상우분뇨 100% 시용구를 제외하고는 거의 일치하였다. 한편 나 등(2006)은 질소질 시비수준이 증가할수록 조단백질 함량이 비례하여 증가한다고 하였지만 본 실험에서는 150% 액상우분뇨의 시용수준이 100%의 경우보다 높았고 발효우분의 시용구에서는 오히려 낮은 조단백질 함량을 나타내어 반대의 경향을 나타내고 있는데, 이에 대해 김 등(2006)과 이 등(1994) 및 Bracker(1982) 등은 고농도의 가축분뇨나 시용수준이 높게 되면 작물의 흡수량은 일정하기에 오히려 토양에서 염기간의 불균형, 염해 및 토양으로부터의 용탈수로 양분유실을 초래할 수 있어 양분공급이 부족할 수도 있다고 보고하고 있어 과다한 가축분뇨의 시용으로도 토양오염을 유발할 수 있는 가능성이 있으므로 무엇보다도 적정시용수준과

시용시기가 중요하다고 사료된다.

수수교잡종의 ADF와 NDF함량은 질소, 인산 및 칼리를 시비한 구와 액상우분뇨 시용구가 각각 43.1과 59.2% 그리고 44.1과 50.1~58.4%로 다른 처리구 보다 낮았다. 그러나 반대로 TDN 함량에서는 질소, 인산 및 칼리를 시비한 구와 액상우분뇨 시용구가 각각 54.8과 53.3~54.1%로 가장 높게 나타나 옥수수의 경우와 마찬가지로 액상우분뇨 시용으로도 사료가치 중 가장 중요한 영양소 중 조단백질과 TDN 함량이 향상 될 수 있음을 시사하였다.

6. 가축분뇨와 화학비료 시용에 따른 수수교잡종의 단위면적 당 연간 유기가축사육능력

질소시비수준에 따른 수수교잡종의 조단백질과 가소화양분 수량에 의한 단위면적 당 연간 유기가축사육능력을 나타낸 것은 Table 8이다.

Table 8. Effect of application of chemical fertilizer and cattle manure on carrying capacity per unit area for organic livestock, as fed by sorghum×sorghum hybrid at 70% level to 450kg of Hanwoo heifer with 400g of average daily gain.

Treatment	Organic livestock carrying capacity (heads/year/ha)[1)]		
	Crude protein	TDN	Mean
No fertilizer	2.98	3.71	3.35
Chemical fertilizer (150kg P_2O_5-150kg K_2O/ha)	3.46	4.17	3.81
Chemical fertilizer (200kg N-150kg P_2O_5-150kg K_2O/ha)	5.02	6.29	5.65
Composted cattle manure 100%	4.00	4.58	4.29
Composted cattle manure 150%	4.25	5.09	4.67
Cattle slurry 100%	4.17	5.38	4.78
Cattle slurry 150%	4.77	5.58	5.18
L.S.D($p<0.05$)	0.70	0.98	0.84

1) at 70% level to 450kg of Hanwoo heifer with 400g of average daily gain.

유기한우 암소 육성우 약 450kg을 일일 증체 400g 목표로 하여 수수교잡종을 유기 사료자원으로 70% 급여할 시에 필요로 하는 조단백질과 가소화양분 총량은 1일 각각 426.3g과

3.479kg(한우사양표준, 2002)임을 감안할 때, 질소, 인산 및 칼리를 시용한 처리구가 ha 당 각각 연간 5.0과 6.3두(평균 5.7두)로 사육할 수 있어 다른 처리구보다 높았지만 액상우분뇨 100~150% 시용구의 ha 당 각각 연간 4.2~4.8과 5.4~5.6두(평균 4.8~5.2두)와는 유의한 차이가 인정되지 않았고 다음으로는 발효우분 150% 시용구(각각 4.3과 5.1 및 평균 4.7두) > 발효우분 100% 시용구(각각 4.0과 4.6 및 평균 4.3두) > 인산과 칼리를 시용한 구(각각 3.5와 4.2 및 평균 3.8두) > 무비구(각각 3.0과 3.7 및 평균 3.4두) 순으로 유기가축 사육능력이 감소하였다. 특히 액상우분뇨 시용구의 경우에는 화학비료(질소, 인산 및 칼리 시용)구의 조단백질과 TDN 함량에 따른 ha 당 연간 유기가축 사육능력에 대비 각각 83.1~95.0%와 85.5~88.7%(평균 84.6~91.7%)에 달하여 수수교잡종 재배 시에는 액상우분뇨 시용만으로도 화학비료 수준의 연간 유기가축 사육능력을 발휘할 수 있음이 인정되었다.

Ⅳ. 적 요

본 실험은 가축분뇨에 의한 유기 조사료를 생산하기 위하여 옥수수와 수수교잡종을 재배 시 가축분뇨의 종료와 시용수준을 달리하여 적절한 사료작물의 선발, 가축분뇨의 적정 시용 수준 및 단위면적당 유기가축 사육능력을 추정하고자 하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

옥수수와 수수×수수교잡종의 건물수량, 조단백질(CP) 수량 및 가소화양분(TDN) 수량은 무비구가 ha 당 각각 8.4, 0.33 및 5.1 톤 그리고 8.6, 0.46 및 4.7 톤/ha으로 모든 처리구 보다 유의하게 낮은 건물수량을 나타내었고($p<0.05$), 질소, 인산 및 칼리를 시용한 처리구가 ha 당 15.9, 0.77 및 10.6 톤 그리고 14.6, 0.78 및 8.0톤으로 가장 높았다. 한편 옥수수의 경우, 발효우분과 액상 우분뇨를 100~150% 시용한 구는 연간 건물, 조단백질 및 TDN 수량이 ha 당 각각 9.8~11.0, 0.5~0.6 및 7.0~7.4톤 그리고 10.2~12.3, 0.53~0.67 및 6.9~8.8톤으로 무비구 및 인산과 칼리를 시용한 구(10.7, 0.44 및 6.8톤/ha) 보다 높았다. 수수 교잡종은 액상우분뇨 100~150% 시용구가 ha 당 각각 12.6~13.3 0.65~0.74 및 6.8~7.1톤으로 다른 처리구 보다 유의하게 높았으며($p<0.05$) 다음으로 발효우분 150% 시용수준에서 ha 당 각각 12.4, 0.66 및 6.5톤을 나타내었고 발효우분 100% 시용구(11.1, 0.62 및 5.8톤/ha)와 인산과 칼리를 시용한 구(11.0, 0.54 및 5.3톤/ha) 순으로 낮아졌다($p>0.05$). 유기 한우 암소 육성우 약 450kg을 일일 증체 400g 목표로 하여 옥수수를 유기 사료 자원으로 70% 급여할 시에 필요로 하는 조단백질과 TDN 함량을 감안할 때, 질소, 인산 및 칼리를 시용한 처리구는 ha 당 각각 연간 4.9와 8.4두(평균 6.7두)로 다른 처리구보다 유의하게 높았고($p<0.05$) 다음으로 액상우분뇨 150% 시용구(평균 5.6두) > 발효우분 150% 시용구(평균 4.8두) > 액상우분뇨 100% 시용구(평균 4.4두) > 발효우분 100% 시용구(평균 4.3두) > 인산과 칼리를 시용한 구(평균 4.1두) >

무비구(평균 3.1두) 순으로 낮아졌다. 한편 수수교잡종의 경우에는 질소, 인산 및 칼리를 시용한 처리구가 ha 당 각각 연간 5.0과 6.3두(평균 5.7두)로 다른 처리구보다 높았지만 액상우분뇨 100~150% 시용구의 ha 당 각각 연간 평균 4.8~5.2두와는 유의한 차이가 인정되지 않았고 다음으로는 발효우분 150% 시용구(평균 4.7두) > 발효우분 100% 시용구(평균 4.3두) > 인산과 칼리를 시용한 구(평균 3.8두) > 무비구(평균 3.4두) 순으로 유기가축 사육능력이 감소하였다.

이상의 결과로부터, 사료작물 재배토양에 인산과 칼리 등 화학비료 대신 가축분뇨의 시용은 사초의 건물 및 가소화양분수량을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 연간 유기가축 사육능력도 증대하여, 가축분뇨재활용을 통한 유기조사료의 생산은 환경오염 감소와 자원순환형 친환경 농산물 생산에도 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

[논문접수일 : 2008. 11. 14. 논문수정일 : 2008. 12. 5. 최종논문접수일 : 2008. 12. 8.]

참 고 문 헌

1. 김문철·송상택·황경준·임한철, 2006. 돈분 액비 시용이 피의 생산성, 토양 특성 및 용탈수의 화학적 조성에 미치는 영향. 한초지. 26(4): 257-266.
2. 나훈찬·정민웅·최연식·최기춘·육완방. 2006. 우분액비 및 톱밥발효돈분 시용이 사일리지 옥수수 생산성 및 양분용탈에 미치는 영향. 한초지. 26(4): 177-186.
3. 농림부. 2002. 한우사양표준.
4. 박병훈·김상덕·김태환·성경일·이병현·이주삼·전병태·조익환. 2005. 조사료자원학. pp. 201-233.
5. 유덕기. 2002. 가축분뇨의 배출규제 문제와 처리개선 방안. 2002년 한국유기농업학회 학술발표 대회 pp. 3-27.
6. 유덕기·윤성이·이주삼·조익환·안종호. 2006. 자연순환형 유기농업 표준모델개발. 농림부.
7. 이주삼·조익환·김성규·안종호. 1994. 유휴 논톤양에서 조사료 생산을 위한 적정 액상구 비 시용수준의 추정Ⅰ. 액상구비의 시용이 Reed canarygrass의 연 건물수량에 미치는 영향. 한초지. 14(1): 50-56.
8. 조익환. 2003. 지역별 순환농업의 유형에 관한 연구. 한국유기농업학회지 11(3): 91-108.
9. 조익환, 2006. 유휴 논토양에서 가축분뇨의 시용이 Tall fescue의 잠재생산성에 미치는 영향. 한국유기농업학회지 14(1): 69-83.

10. 조익환, 2008. 가축분뇨시용이 옥수수와 수수×수수교잡종의 생산성 및 사료가치에 미치는 영향. 한국유기농업학회지 16(4): 115-125.
11. 황경준·박형수·박남건·고문석·김문철·송상택. 2006. 미생물 발효제 처리 돈분액비 시용이 사료작물 생산성 및 토양의 이화학적 성상에 미치는 영향. 한초지. 26(4): 293-300.
12. A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis(15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.
13. Bracker, H. H. 1982. Gülle - Streßfaktor für die Grünlandpflanzengesellschaft - Betriebswirtschftl. Mitteilg. der Landwirtschaftskammer Schlesweig-holstein, S. 21-28.
14. Brockman, J. S., Rope, C. M. and Stevensm M. T., 1971. A mathematical relationship between nitrogen input and output in cut grass sward. J. Br. Grassl. Soc. 26, 75-77.
15. Goering, H. K., and P. J. Van Soest., 1970. Forage fiber analysis. USDA Agric. Handbook No. 379, Washington, D.C.
16. Herriott, J. B., Wells, D. A. and Crooks, P. 1965. Gülle as a grassland fertilizer (part 3), J. Br. Grassl. Soc. 20(2): 129-138.
17. Jo, I. H. 1989. Wirksamkeit der mineralischen Stickstoffdüngung auf Ertrag und Pflanzenbestand des Grünlandes im österreichischen Alpenraum. Diss. Univ. Bodenkultur. Wien.
18. Jorgensen. N. A. and J. W. Crowley, 1972. Corn silage for Wisconsin cattle, Coop. Ext. Programs, Univ. of Wis. A1178.
19. Linn, J. And N. Martin. 1989. Forage quality tests and interpretation. Univ. of Minnesota Ext. Serv. AG-FO-2637.
20. Mengel P. 1984. Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. 6 überarbeitete Auflage.
21. Nahm, K. H. 1992. Practical guide to feed, forage and water analysis. Yoohan Pub. 1-70.
22. SAS. 2005. Statistical Analysis System ver., 8. 01. SAS Institute Inc., Cary, NC.
23. Schechtner, G. 1978. Zur Wirksamkeit des Güllestickstoffs auf dem Grünland in Abhängigkeit vom Düngungsregime. Die Bodenkultur, 29: 351-371.