

화학비료와 액상분뇨 시용이 사일리지용 옥수수의 생육특성, 사료가치 및 토양의 NO₃에 미치는 영향

이상무 · 전병태*

Effect of Chemical Fertilizer and Liquid Manure Application on the Growth Characteristics and Feed Value of Corn for Silage and NO₃ of Soil

Sang Moo Lee and Byung Tae Jeon*

ABSTRACT

This experiment was carried out to determine the growth characteristics, dry matter and TDN yield of corn for silage (*Zea mays* L.), soil nitrate in infiltration water by chemical fertilizer and different manure application(C; chemical fertilizer + chemical fertilizer, T1; Lime +chemical fertilizer + chemical fertilizer, T2; swine manure + swine manure, T3; Lime + swine manure + swine manure, T4; swine manure +chemical fertilizer). The results obtained are summarizes as follows;

The mean growth characteristics of T3 treatment(soil treatment: lime + base fertilizer: liquid manure + additional fertilizer: chemical fertilizer) was higher than those of other treatments. The highest yield of dry matter and TDN was obtained in T3 treatment with 18,611 and 13,746 kg/ha, respectively(P<0.05), and the lowest in T1 treatment with 13,529 and 9,541 kg/ha, respectively(P<0.05). The contents of NDF and ADF were not significant different among treatments. However, NDF and ADF content among treatments were the highest with T1 treatment and the lowest with T3 treatment. NO₃ level of soil was hardly influenced by the different manure application treatment, and not affected during the experiment time.

(Key words : Forage yield, Silage corn, Manure application, Nitrate)

I. 서 론

1980년대 이후 우리나라를 포함한 세계 여러 나라에서 가축분뇨를 자원화, 비료화 하는 연구가 다방면으로 수행되고 있다. 그리고 가축 분뇨의 활용은 화학비료의 절감 및 순환형 농업에 의한 유기축산물 생산으로 지속적인 축산을 영위할 수 있는 대안이라고 사료된다.

특히 2000년 이후에 급속도로 변화하는 축산물 이용면에 있어서도 소비자들이 친환경축산물 및 유기축산물에 대한 관심이 고조되고 있고, 정부에서도 향후 축산 발전방향을 고품질 친환경형 축산물 생산에 초점을 맞추고 있다.

따라서 친환경 및 유기축산물의 생산은 자연 친화력을 가진 생산체계를 기본으로 하고 있으며, 이 중에서도 조사료 및 일반 곡류사료 생

상주축산업협동조합(Sangju Livestock Cooperative, Sangju 742-080, Korea)

* 건국대학교 자연과학대학(College of Natural Sciences, Kon-kuk University, Chungju 380-150, korea)

Corresponding author : Sang-Moo Lee, 5-5, Seomoon-Dong, Sangju, 742-080, Korea, 054-531-0241, smlee0103@hanmail.net

산에 있어서 화학비료 사용을 엄격히 자제하며, 완숙된 구비를 활용하도록 제도화하고 있다(농림부, 2003; 농협중앙회 2003).

이는 향후 친환경 및 유기축산물 생산에 가장 중요한 비중을 차지하는 사료생산에 가축의 분과뇨의 활용성이 높아질 전망이다.

따라서 최근에는 사일리지용 옥수수, 수단그라스, 호밀과 같이 생산성이 높고, 많은 화학비료를 요구하는 작물에 대하여 액비 사용량 및 사용방법을 규명하여 화학비료에 대처할 수 있는 액비 활용 방안들이 많이 연구되고 있다.

특히, 사일리지용 옥수수는 다른 사료작물에 비하여 생육기간 동안 많은 질소, 인산 가리를 필요로 함에 따라 액비 살포량이 다량 사용(Martin 등, 1976) 되고 있으나, 파종 당시 기비로 살포되는 액비는 시용이 용이하나, 추비시 액비 살포는 정지 및 이랑작업이 잘되어 있지 않는 경작지, 구릉지 및 경사가 심한 곳에서는 한 곳에 집적 될 뿐 아니라 살포시 작물에게도 피해가 발생하는 등 작업의 어려움이 많다.

또한 화학비료와 가축분뇨에 대한 연구로서 이 등(1997)은 우분구가 화학비료 표준구에 비하여 사료가치가 높았다고 보고하였으며, 이 등(2000)은 4년간 화학비료구와 우분구를 비교 연구한 결과 가소화 건물수량이 화학 비료구에서 높게 나타났다고 보고하여, 화학비료 사용구 및 액비 사용구 간에 수량성 및 사료가치에 관한 규명도 미비한 상태이다.

그러므로 적정량의 화학비료와 가축분뇨를 작물성장에 따라 선택 사용하여, 작업의 효율성 및 목초의 수량과 품질을 개선하고 장기적으로는 토양의 비옥도를 증진시킬 수 있는 시비 방법 등을 연구 개발할 필요성이 있다(한과박, 1991; 진 등, 1996; 이 등, 1997).

따라서 본 연구는 석회, 화학비료 및 돈분액비 사용방법에 따라 사일리지용 옥수수의 생육 특성 및 사초수량을 평가하고 토양침투수 중 질산염의 변화를 구명하여, 옥수수 재배시 최대 수량생산과 토양보존을 위한 화학비료와 가축분뇨 이용 방법을 정립하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 건국대학교 자연과학대학 실습포장에서 2000년 5월부터 8월까지 실시하였으며, 공시작물로는 상대속도가 118일 인 P3352를 사용하였다.

처리내용은 표 1에서 보는 바와 같이 대조구는 기비 및 추비를 모두 화학비료로 시비하였으며(이하 C구), 석회사용+기비 및 추비 화학비료 사용(이하 T1), 기비 및 추비 돈분액비 사용(이하 T2), 석회사용+기비 및 추비 돈분액비 사용(이하 T3) 및 기비 돈분액비+추비 화학비료 사용 처리구(이하 T4)로 5처리 3반복 난괴법으로 수행하였다.

시비방법을 보면 화학비료 표준구는 기비로

Table 1. Different types of application by the treatment

Lime		Base fertilizer						Additional fertilizer					
		CF ¹⁾			SM ²⁾			CF			SM		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
C	X	120	150	150	—	—	—	80	—	—	—	—	—
T1	O	120	150	150	—	—	—	80	—	—	—	—	—
T2	X	—	—	—	120	—	—	—	—	—	80	—	—
T3	O	—	—	—	120	—	—	—	—	—	80	—	—
T4	X	—	—	—	120	—	—	80	—	—	—	—	—

¹⁾ CF: Chemical fertilizer(NPK), ²⁾ SM: Swine maure.

C: CF +CF, T1: Lime + CF + CF, T2: SM + SM, T3: Lime + SM + SM, T4: SM +CF

ha당 질소, 인산, 가리를 각각 120, 150, 150 kg 씩 사용하였으며, 추비는 화학비료 질소 80 kg를 사용하였다(C구). 또한 토양전처리구는 석회를 시험전 토양의 중화량 분석결과에 따라 기비로 사용하였고(T1 및 T3구), 돈분액비 처리구는 N, P, K 표준구에 기준(200 kgN/ha)하여 돈분액비의 질소 함량을 분석하여 파종 2주전에 ha당 질소 함량 120 kg를 사용하였으며(T2, T3 및 T4구), 추비는 옥수수가 7~8 엽기에 도달하였을 때 각 시험구당 화학비료(C, T1, T4구) 및 분뇨(T2 및 T3구)를 ha당 80 kg(N 함량 기준)씩 휴간 중앙에 사용하였다.

옥수수 파종은 휴간 60 cm, 주간거리 20 cm로 ha당 83,330주가 되게 하여 2알씩 점파하였으며 시험구 크기는 15 m²(3×5m)로 4~5 엽기에 1주를 제거하였다.

시험전 토양의 성질은 pH 및 유기물 함량이 일반적인 우리나라 밭 토양의 특성을 보이고 있으며 특히 토양의 물리적 특성을 나타내는 CEC 함량 또한 12.9로 보통 10인 것을 기준으로 하면 일반적인 토양인 것을 알 수 있다(표 2 참조).

생육특성은 처리구당 중앙 2열씩 수확하여 조사하였으며, 건물물은 대표적인 10주의 시료를 따로 채취하여 70℃의 순환식 열풍건조기에서 72시간 이상 건조하여 건물물을 구한 후 건물수량을 계산하였으며 건조된 시료는 분쇄후 NDF 및 ADF 성분 분석(Goering과 Van soest; 1979)에 이용하였다.

TDN 수량은 Pioneer사가 제공한 공식 TDN 건물수량 = (경엽 건물수량×0.582) + (암이삭 건물수량×0.85)에 의하여 구하였으며, RFV (relative feed value)는 Holland 등(1990)이 제시한 산출식에 의하여 구하였다.

질산염 측정을 위한 토양 침투수 시료채취는 시험 포장 조성시 토양깊이 50, 100 cm에 Suction Cup을 처리구당 3반복으로 설치하였다. 침투수 채취는 매 2주 간격으로 실시할 계획이었으나, 비가 오는 날에는 Cable에 Potable 펌프를 이용하여 진공 상태를 유지시킨 후 다음 날 시료를 채취하여 Test Tube에 냉장 보관한 후 분석에 이용하였다. 그리고 분석은 디지털 간이 Kit를 이용하였다.

본 시험 데이터는 SAS Package Program(2000)의 GLM procedure에 의하여 통계분석 하였고, 각 처리간의 유의성 검정은 Duncan's 다중검정에 의하여 5% 수준에서 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 초장, 착수고, 암이삭 비율 및 건물물

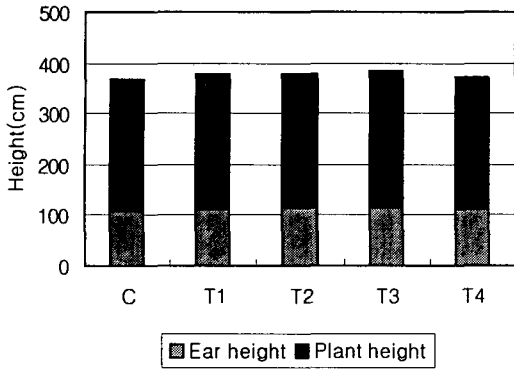
그림 1은 사용 비료 종류에 따른 각 시험구의 수확당시의 초장과 착수고를 나타낸 것이다. 먼저 처리구별 초장을 보면, T3(268 cm) > T1, T2(265 cm) > T4(261 cm) > C구(258 cm) 순으로 높게 나타났으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

초장의 범위는 258~268 cm로서 처리구별로 뚜렷한 차이가 나타난 것은 아닌지만 C구에 비하여 T1 및 T2 구는 7 cm, T3 구는 10 cm, T4 구는 3 cm 길게 나타났다. 특히 토양을 교정하고 돈분액비를 기비 및 추비로 사용한 T3 처리구는 다른 처리구에 비하여 높은 경향치를 보였다.

처리구별 착수고를 보면 C, T1, T2, T3 및 T4 구가 각각 109, 113, 114, 116 및 111 cm로 나타났으며, 처리구가 유의적인 차이는 나타나

Table 2. Chemical and physical properties of soil before experiment

pH (1:5)	OM (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.cation (cmol ⁺ /kg)				CEC (mg/kg)
			Na	K	Ca	Mg	
5.5	29.0	159	0.01	0.59	3.7	1.8	12.9



CF: Chemical fertilizer(NPK), 2) SM: Swine maure.
C: CF +CF, T1: Lime + CF + CF, T2: SM + SM,
T3: Lime + SM + SM, T4: SM +CF

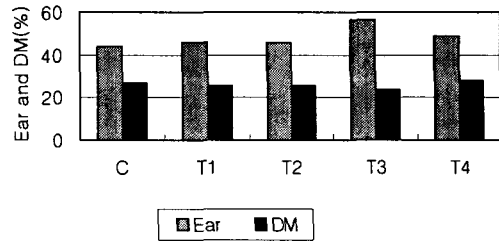
Fig. 1. Effect of different treatments on plant height and ear height of silage corn.

지 않았다. 착수고는 초장과 비례하여 초장이 높았던 구에서 높은 경향치를 보였으며, T3 > T2 > T1 > T4 > C구 순으로 초장과 같은 순위를 보였다.

신(1999)은 옥수수에 화학비료, 돼지액상분뇨 및 우분액상분뇨를 처리한 결과 초장은 화학비료 > 우분액상분뇨 > 돼지액상분뇨 순으로 높았으며, 착수고는 우분액상분뇨 > 화학비료 > 돼지액상분뇨 순으로 높게 나타났다고 보고하였으나, Wightman 등(1996)은 돈분 액상 시용은 NH₄-N 함량이 높기 때문에 화분과 작물의 생육에 유리한 작용을 한다고 보고하였다.

그림 2는 시용 비료 종류가 옥수수의 암이삭 비율 및 건물율에 미치는 영향을 나타낸 것으로서, 처리구별 암이삭 비율은 C, T1, T2, T3 및 T4 구가 각각 44.2, 45.8, 46.0, 56.4 및 48.7%로 나타났으며 특히 T3 구는 56.4%로 다른 시험구에 비해 높게 나타났으나 통계적 유의성은 없었다.

옥수수에 있어서 암이삭 비율은 영양수량을 좌우할 뿐 아니라, 사일리지 품질에도 큰 영향을 미친다(Giardini 등, 1976). 본 실험 결과 처리구별로 나타난 암이삭 비율을 보면 C구가 44.2, T1구가 45.8, T2구가 46.0, T3구가 56.4



CF: Chemical fertilizer(NPK), 2) SM: Swine maure.
C: CF +CF, T1: Lime + CF + CF, T2: SM + SM,
T3: Lime + SM + SM, T4: SM +CF

Fig. 2. Effect of different treatments on ear percentage and dry matter percentage of silage corn.

및 T4구가 48.7%로서 T3구가 가장 높은 비율을 보였다. 특히 화학비료만 사용한 C구와 토양 교정 후 기비와 추비를 분뇨로 사용한 T3구와의 차이는 12.2%로서 시비 방법에 따라 큰 차이를 나타냈다(P<0.05).

Hunt 등(1992)은 적정 암이삭 비율이 46~52% 범위 정도였을 때, 정상적인 영양적 수량을 나타낸다고 보고한 결과에 따르면, C구를 제외한 모든 처리구에서 암이삭 비율이 적절한 것으로 나타났다.

보통 옥수수를 사일리지로 이용할 때에는 상대숙도가 빠르고 늦은 것에 따라 건물 함량이 달라지는데 건물 함량이 30~35% 될 때가 가장 이상적인 사일리지 제조 적기로 본다(Phipps 등, 1985; 김 등, 1996). 그러나 본 시험에서 나타난 전 시험구의 평균 건물 함량이 27% 정도로 다소 건물율이 떨어지지만 사일리지 제조시 품질에 큰 영향은 미치지 않는 것으로 사료된다. 처리구별로 보면 C구의 건물 함량은 26.8%인 반면에 T1, T2 구는 각각 25.3, 25.8%로서 낮게 나타났으나 T3, T4 구는 각각 33.8, 27.7%로 나타나 양호한 건물 함량을 보였다.

Vetter 등(1986)은 화학비료와 가축분뇨 혼용 시용은 상호작용으로 인하여 목초의 수량과 품질을 개선해주는 효과 이외에도 토양의 비옥도를 증진시켜 작물 생산에 유리하다고 보고하였다.

2. 건물 및 TDN 수량

본 시험에서 나타난 건물수량 및 TDN 수량은 표 3과 같다.

시비방법에 따른 사일리지용 옥수수의 건물수량에 미치는 영향을 보면 대조구가 ha당 13,685 kg인 것에 비해 T1, T2 구는 약간씩 떨어진 13,529 및 13,590 kg/ha 이었으며 T3는 18,611 kg/ha, T4 구는 14,117 kg/ha 건물수량을 나타내었다. 특히 T3 구는 C 구에 비해 35% 증수 효과가 나타났다고(P<0.05).

TDN 수량을 보면 대조구(C 구), T1(9,591 kg/ha), T2(9,541 kg/ha), T4 구(10,081 kg/ha)는 비슷한 경향을 보였으나 T3 구(13,746 kg/ha)는 대조구에 비해 43%의 증수를 보였다(P<0.05).

이 등(1997)은 적정량의 화학비료와 우분의 사용은 화학비료 단용 시비에 비하여 결코 목초의 수량과 품질이 감소되지 않는다고 보고하였다. 김 등(1989)은 토양 pH가 5.2~5.9 내외의 토양의 지력증진을 위해서 퇴비 이외에 별도의 석회사용이 요구되어야 한다고 하였는바 본 시험에서도 T3 구의 가축분뇨 및 석회사용에 의한 지력증진 효과에 의하여 건물 및 TDN 수량이 높게 나타난 것으로 판단되나 앞으로 이에 관한 더 깊은 연구가 필요하리라 생각된다.

진 등(1996), 한과 박(1991)은 화학비료와 유

기질 비료 혼용사용은 각 비료 특성간에 상호작용으로 목초의 수량과 품질을 개선하는 효과가 크다고 보고하였다. 또한 Dupont 등(1990)은 보리 파종시 토양개량제로 석회를 사용하면 뿌리의 발육이 왕성하여 식물 성장에 효과가 커짐에 따라 증수효과가 나타났다고 보고하였다. 그리고 Elizabeth와 Helper(1989)는 식물체의 세포질 속에 있는 석회는 저분자 단백질과 결합하여 칼모듈린(Calmodulin)을 만들어 효소의 활성을 증가시켜 수량 증수에 매우 효과적이라고 보고하였다.

3. NDF, ADF 및 RFV

본 시험에서는 암이삭을 제외한 경엽부분의 NDF, ADF를 분석하여 RFV를 산정하였으며 그 결과는 표 4와 같다.

본 시험에서 나타난 NDF 함량은 T1 구가 제일 높은 68.9%였으나 T3, T4 구는 각각 64.7, 63.7%로 평균치인 65.9% 보다 낮게 나타났다. 반면에 사료의 ADF 함량은 T4 구가 35.1%로 낮게 나타났다. 상대적사료가치(RFV)를 비교해 보면 대조구에 비해 돈분액비 처리구(T3, T4)가 비슷하거나 높게 나타났으나 통계적 유의성은 없었다.

Chestnut(1966), Huguet와 Gillet(1973) 및 육

Table 3. Effect of different treatments on dry matter(DM) yield and total digestible nutrient (TDN) yield of silage corn

Treatment	DM yield(kg/ha)	DM Index(%)	TDN yield(kg/ha)	TDN Index(%)
C	13,685 ^b	100	9,591 ^b	100
T1	13,529 ^b	98	9,541 ^b	99
T2	13,590 ^b	99	9,586 ^b	100
T3	18,611 ^a	135	13,746 ^a	143
T4	14,117 ^b	103	10,081 ^b	105
Mean	14,706	107	10,509	109

CF: Chemical fertilizer(NPK), 2) SM: Swine maure. C: CF + CF, T1: Lime + CF + CF, T2: SM + SM, T3: Lime + SM + SM, T4: SM +CF.

^{ab} Means in the same column with different letters were significantly different(P<0.05).

Table 4. Effect of different treatments on neutral detergent fiber(NDF), acid detergent fiber(ADF) and relative feed value(RFV) of silage corn

Treatment	NDF(%)	ADF(%)	RFV(index)
C	65.7 ^{ns}	38.2 ^{ns}	84
T1	68.9	40.7	77
T2	66.7	40.4	80
T3	64.7	39.8	84
T4	63.7	35.1	90
Mean	65.9	38.8	83

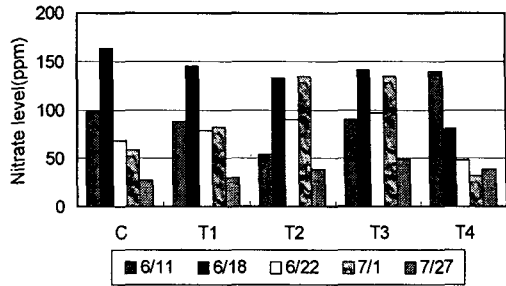
CF: Chemical fertilizer(NPK), 2) SM: Swine maure.
 C: CF +CF, T1: Lime + CF + CF, T2: SM + SM, T3: Lime + SM + SM, T4: SM + CF.
 NS : Not significant.

등(2004)은 분뇨의 처리 형태에 따라 조섬유 및 소화율에 별 영향을 미치지 못하였다고 보고하였으며, Min(1998)과 Cherney 등(1994)은 ADF 및 NDF 함량은 가축분의 시비량 보다는 외부환경 및 초종간에 더 큰 영향을 받는다고 보고하였다.

4. 침투수 중 질산염 변화

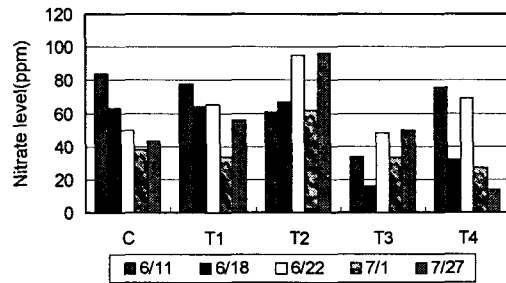
그림 3, 4는 옥수수 생육기간 중 토양 깊이 50, 100cm에서 침투된 물중 질산염을 측정한 것이다.

그림 3에서는 시험 초기에는 높은 질산염 수치를 보여주고 있으나 시간의 경과에 따라 낮아지는 경향을 보여주고 있는데 육(1990)은 시험조사 초기의 높은 질산염 함량은 질소시비 등에 의한 것이 아니고 suction cup 설치에 따라 토양구조의 파괴로 토양중의 유기물의 무기화에 기인한 것으로 해석하고 있는데 본 시험에서는 그 외에 강우량의 많고 적음에 따라 그 수치가 변할 수 있고 또한 시료 채취시 정확하고 신속하게 하여 그 변화의 폭을 줄여야 할 것으로 사료된다. 대조구는 시험초창기인 6월



CF: Chemical fertilizer(NPK), 2) SM: Swine maure.
 C: CF +CF, T1: Lime + CF + CF, T2: SM + SM, T3: Lime + SM + SM, T4: SM + CF

Fig. 3. Changes of nitrate level in infiltration water during the whole experimental period (soil depth : 50cm).



CF: Chemical fertilizer(NPK), 2) SM: Swine maure.
 C: CF +CF, T1: Lime + CF + CF, T2: SM + SM, T3: Lime + SM + SM, T4: SM + CF

Fig. 4. Changes of nitrate level in infiltration water during the whole experimental period (soil depth : 100cm).

11일에 98 ppm 이었으나 6월 18일에는 164 ppm로써 제일 높게 나타났으며, 그 이후 점차 낮아지는 것을 볼 수 있었으나 다른 시험구도 이와 비슷한 경향을 나타냈으며 이중 특히 흥미로운 사실은 T4 구는 6월 11일 측정시에는 140 ppm으로 다른 시험구에 비해 월등히 높게 나타났으나 그 이후 낮은 질산염 함량을 보여주고 있는데 이것은 작물의 생육이 양호하게 되어 토양환경이 안정화된 것에 기인한 것이 아닌가 생각되는데 김(1989)은 가축퇴비 사용으로 시험전의 단단한 토양구조에서 유연한 토

양구조로 개선되어 성장이 촉진된 것으로 판단하였는데 본 시험도 같은 경향을 보였다. 그림 4는 100cm 깊이의 토양에서 채취한 침투수 중 질산염을 측정된 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 50cm 깊이 보다 채취된 시료의 질산염 변화 폭이 좁다는 것인데 이것은 외부조건 즉, 기온, 토양수분, 작물뿌리의 영향을 50cm 보다 는 덜 받은 것으로 사료되며 질산염도 시험 초장기 보다는 수확할 때 즈 대체적으로 전 시험구가 낮아진 것을 볼 수 있었다. 6월 22일 T3 구의 질산염 측정치는 95 ppm으로 다른 처리구에 비해 높게 나타났고 또한 8월 9일의 시료에서도 다른 시험구에 비해 높게 나타났는데 이것은 아마도 가축분뇨 그 자체 보다는 수분 함량이 다른 시험구에 비해 높았기 때문에 영향을 끼친 것으로 생각된다.

IV. 요약

본 실험은 석회, 돈분액비 및 화학비료의 사용에 따른 옥수수의 생육특성, 건물수량 및 토양의 질산염 함량에 미치는 영향을 연구하기 위하여 토양 전처리, 기비, 추비를 각각 달리 처리한(C구: 화학비료 + 화학비료, T1; 석회 + 화학비료 + 화학비료, T2; 돈분액비 + 돈분액비, T3; 석회 + 돈분액비 + 돈분액비, T4; 돈분액비 + 화학비료) 5처리 3반복으로 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

생육특성(초장, 착수고, 암이삭 비율, 건물율)은 석회로 토양을 교정하고 기비와 추비를 돈분액비로 처리한 T3 구가 가장 좋았던 반면, 토양교정 없이 기비 및 추비를 화학비료로만 처리한 대조구(C구)가 낮은 경향치를 보였다. 건물 및 TDN 수량에 있어서도 T3 구가 각각 18,611 및 13,746 kg/ha로서 가장 높은 생산량을 나타낸 반면 T1 구는 13,529 및 9,541 kg/ha로서 가장 낮은 수치를 보였다. NDF 및 ADF 함량은 유의적인 차이는 나타나지 않았지만, 생육특성이 떨어지고 수량(건물 및 TDN)이 낮았던

T1 구에서 높게 나타났다. 토양 성분중 질산염은 사용 비료에 따라 뚜렷한 경향치를 나타내지 않았으며, 50cm 토양에서는 전 처리구 모두 시험초기에 비하여 후기에 농도가 떨어지는 경향을 보였지만, 100cm 토양에서는 C, T1 및 T4 구는 50cm 구와 같은 경향을, T2 구와 T3 구는 후기에 오히려 증가하는 경향을 보였다.

V. 인용문헌

1. 김동압, 이광녕, 신동은, 김종덕, 한건준. 1996. 숙기가 다른 사일리지용 옥수수의 파종기가 사초의 수량과 사료가치에 미치는 영향. 한초지. 16(4):327-337.
2. 김정갑, 한민수, 이상범. 1989. 화강암 척황색토양의 신개간지에서 청예사료작물 재배 및 이용에 관한 연구. I. 가축퇴비 사용에 따른 토양의 물리적 특성 변화와 작물육성. 한초지. 31(12): 729-797.
3. 김종덕, 김동압, 이종경, 김종근, 강우성. 1999. 파종시기 및 품종이 사일리지용 옥수수의 수량과 사료가치에 미치는 영향. II. 경엽, 암이삭 및 전식물체의 섬유소 및 소화율. 한초지. 19(3): 221-232.
4. 농협중앙회. 2003. 축산시설환경 업무 자료집. p 378-396.
5. 농림부. 2003. 2004년도 농림사업시행지침서. 제4권. 친환경농업육성. p 1435-1496.
6. 육완방. 1990. 영년 혼파초지에 있어서 예취빈도와 질소시비수준이 NO₃-N의 유실에 미치는 영향. 한초지. 10(2):84-88.
7. 신동원. 1999. 축종별 액상분뇨와 질소(N) 사용량이 양질 조사료의 수량, 사료가치 및 토양특성에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위 논문. 64-102.
8. 신재순, 차용호, 신동은. 1996. 액상분뇨 표준성분표 작성과 성분간이 측정방법 연구. 축산연 시험연구보고서. pp 844-849.
9. 이혁호, 조영무, 김정갑, 신재순, 박치호. 1997. 가축분 사용이 목초생육 및 토양에 미치는 영향. 축산기술연구소 보고서. 70-99.
10. 이형석, 이인덕, 전희식. 2000. 화학비료와 우분의 사용이 혼파초지의 건물수량, 품질 및 식생구성에 미치는 영향. 동물자원지. 42(5):719-726.

11. 육완방, 최기준, 유근창. 2004. 가축분뇨의 처리 형태별 시용시기가 영년초지에 있어서 분뇨의 이용효율 및 목초의 생산성에 미치는 영향. 한초지. 24(1):71-80.
12. 진현주, 양종성, 김정갑, 정의수. 1996. 전전환논에서 우분 시용이 토양화학성 및 Silage 옥수수 수량과 품질에 미치는 영향. 한초지. 16(1): 81-86.
13. 한민수, 박종선. 1991. 신개간지에서 구비 및 삼요소 시용이 청여사료작물의 생육 및 건물축적에 미치는 영향. 한초지. 11(2):108-115.
14. Cherney, D.J.R., J., H. Cherney, A.N. Pell. 1994. Inorganic nitrogen supply effects on alfalfa forage quality. J. Dairy Sci. 77:230-236.
15. Chestnut, D.B.M. 1966. Seasonal changes in digestibility of herbage. Report of agricultural research of the ministry of agriculture for Northern Ireland 15. 135.
16. DuPort, F.M., D.S. Bush, J.J. Coindie and R.L. Jones. 1990. Calcium and Proton transport in membrane vesicles from barley roots. Plant Physiology. 94:179-180.
17. Elizabeth, a. and P. K. Helper. 1989. Calmodulin and calcium-binding proteins. The biochemistry of plants. 15:455.
18. Giardini, A., M. Vecchietini and A.L. Bruno. 1976. Energy supplementation of maize silage harvested at different maturity stages. Ani. feed Sci. and Tech 1:369-379.
19. Goering. H.K. and P.J. Van Soest. 1979. forage fiber analysis. Agr. handbook No. 379. ARS. USDA. washington, D. C.
20. Holland, C., W. Kezer, W.P. Kautz, E.J. Lazowski, W.C. Mathana and R. Reinhart. 1990. Pioneer forage manual: a nutritional guid. Pioneer hi-bred international Inc. pp. 1-55.
21. Huguet, L. and M. Gillet. 1973. The influence of N fertilizer and autumn management on the quality of green forage. Proc. 5th. Gen. Meeting Europ. Grassal. Fed., Uppsala, Short Rep., 100-110.
22. Hunt, C.W. Kezar and R. Vinande. 1992. Yield, chemical composition, and ruminal ferment ability of corn whole plant, ear, and stover as affected by hybrid. J. Prod. Agric. 5:286-290.
23. Martin, J.H., W.H. Leonard and D.L. Stamp. 1976. Principles of field crop production. Macmillan Publishing Co., Inc. New York.
24. Min, D.H. 1998. Assessing the effectiveness of forage crops to utilize nitrogen from dairy manure Ph.D. Thesis. Department of natural Resources Sciences and Landscape Architecture, University of Maryland at College park.
25. Phipps, R. and M. Wilkinson. 1985. Maize silage. Chalcombe publications, Bucks SL7 3PU.
26. SAS. 2000. Statistical analysis system ver., 8.01. SAS institute Inc., Cary, NC.
27. Vetter, H. und G. Steffens. 1986. Wirtschaftseigene Dungung. DLG-Verlag, Frankfurt(Main). 104-119.
28. Wightman, P.S., M.F. Franklin and D. Younie. 1996. The response of mini-swards of perennial ryegrass-white clover to simulated rainfall following slurry application. Grass and Forage Science. 51:325-332.