

## 추파용 호밀에 대한 액상분뇨 시비 연구

### I. 생육특성 및 사초수량에 미치는 영향

신동은 · 김동암\* · 신재순 · 서 성 · 김원호 · 김정갑 · 육완방\*\* · 정재록\*\*\*

## Studies on the Slurry-Application of Winter Rye (*Secale cereale* L.)

### I. Agronomic characteristics, yield and nutritive value of winter rye

D. E. Shin, D. A. Kim\*, J. S. Shin, S. Seo, W. H. Kim, J. G. Kim, W. B. Yook\*\* and J. R. Chung\*\*\*

#### Summary

This experiment was carried out to determine agronomic characteristics, nutritive value and yield (DM, CP) of Winter Rye as affected by different slurry application on the basis of N contents respectively and was arranged as a randomized complete block design with seven treatments (chemical fertilizer 160kg N/ha, cattle slurry 160 · 320 · 480kg N/ha, swine slurry 160 · 320 · 480kg N/ha) and conducted at National Livestock Research Institute, RDA, in Suweon from Sep. 1996. to Apr. 1997.

The results obtained are summarized as follows:

Plant height and leaf length was influenced by slurry application, was orderly ranked cattle slurry 480kg N/ha > chemical fertilizer 160kg N/ha > swine slurry 480kg N/ha.

Tiller number was increased with cattle slurry application, especilly, the effect of cattle slurry 480kg N/ha was obvious but plot of swine slurry tended not to be regular.

Crude protein content of rye increased as slurry application level was increased ( $p < 0.05$ ), but not significant difference was found ADF and NDF content of rye.

RFV(Relative Feed Value) of rye as affected by slurry application was classified as Grade 2 in all treatments at harvest, according to the forage quality standard assigned by AFGC.

Dry matter yield was shown from 4,006 kg/ha to 8,037 kg/ha as affected by cattle slurry application, in the case of swine slurry application was shown from 4,594 kg/ha to 6,230 kg/ha ( $p < 0.05$ ).

---

축산기술연구소(National Livestock Research Institute, RDA, Suweon 441-350, Korea)

\* 서울대학교 농업생명과학대학 (College of Agric. & Life Sci., SNU, Suweon 441-744, Korea)

\*\* 건국대학교 축산대학 (College of Animal Husbandry, Kon-Kuk University, Seoul 134-701, Korea)

\*\*\* 공주대학교 산업과학대학 (Kongju National University, Yesan 340-800, Korea)

## I. 서 론

지속적농업을 지향하는 현대농업에서 nutrient recycling의 중요성은 매우 높다고 할 수 있는데, 이런 recycling의 개념은 토양-식물체-가축으로 연결되는 순환체계에서 물질이동을 의미하며, 또한 화학비료에 의한 시비량을 감소시키면서 동시에 환경친화적인 농업에서 필수불가분의 관계에 있는 토양에 유기물을 제공하는 의미를 포함하고 있다 (Brady, 1990).

Elliot 등(1977)은 토양에 환원할 수 있는 주요 영양원은 식물체의 잔유물질, 가축분뇨 등으로 구분하여 이 중에서도 토양에 대한 가장 중요한 유기물원은 식물체의 잔유물질이고 그 다음이 가축분뇨가 차지하나, 실제적인 토양에 대한 이용률은 가축분뇨가 제일 높다고 보고하였다.

Wolton(1963)은 가축분의 시용량을 증가시킴으로써 모든 화분과초지에서 건물수량, N 함량, N 수량이 증가되었으나 두과목초의 경우에는 뚜렷한 차이를 발견할 수 없었다고 하였고, 이에 반해 Prins 등(1987)은 액비가 포함하는 화학성분의 부정적인 면은 배제할 수는 없는데 그 중에서도 화분과목초보다는 두과목초가 민감한 반응을 보이기 때문에 주의가 필요하다는 의견을 내놓고 있다.

Wightman 등(1996)은 가축분뇨를 우분 및 돈분으로 나누어 혼과초지에 사용하였을 때 1번초의 목초수확에서는 돈분구가 우분구보다 수량이 높았으나, 전체적인 수량 비교에서는 우분 및 돈분구가 별다른 차이가 없었다고 하였는데 그 이유는 우분구의 경우 혼과초지에서 clover류의 생육을 증가시킨 반면에 돈분구는 우분에 비해 높은 available N(NH<sub>4</sub>-N)가 화분과목

초의 생육에 유리하게 작용한 것으로 보고하였다.

Nielsen 등(1994)은 독일에서의 일반적인 작물의 비료요구량은 N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O가 각각 ha당 150, 90, 150kg인데 가축분뇨로 이것을 충당하려면 우분액비 및 돈분액비로는 ha당 27ton이고, 계분액비는 12ton, 건조계분은 3.5ton, 육계분은 3.8ton이라고 하였으며, 비록 가축분에 의하여 P, K 요구량이 충당되었다고 하여도 N에 대한 작물요구량은 여전히 존재하여 화학비료 N의 첨가를 요구한다고 하였다. 그는 또한 가축분뇨에 의한 최적의 P, K 효율성보다는 최적의 N효율성이 액비시용 후 많은 slurry N의 손실요인 (volatilization, leaching, run-off) 때문에 문제점을 야기시킨다고 보고하였다.

따라서 본 연구는 가축분뇨를 오염원 함량이 높은 유기물덩어리인 동시에 농업적 활용가치가 매우 높은 자원이라는 인식하에 토양개량제와 비료원으로서의 가치를 평가하고, 특히 가축분뇨 처리방법중 각 축산농가에 따라 그 변이폭이 큰 액상분뇨를 우분 및 돈분으로 나누어 시용량을 달리 하였을 때 추파한 호밀의 생육특성, 사료가치 그리고 수량에 미치는 영향을 구명하고자 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 공시재료

본 시험은 농촌진흥청 축산기술연구소 초지사료과의 시험포장에서 1996년 9월부터 1997년 4월까지 호밀(*Secale cereale* L.) 품종중 조생종으로 분류되는 Koolgrazer를 파종하여 수행하였으며 시용된 액상분뇨의 성상은 표 1과 같다.

Tabel 1. Chemical properties of applied slurry for the trial

Slurry	EC* (dS/m)	DM (%)	Bulk density (Mg/m <sup>3</sup> )	pH (1:1)	T-N (%)	NH <sub>4</sub> -N (ppm)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..... %	CaO ..... %	MgO ..... %	K <sub>2</sub> O ..... %
Cattle	23.1	1.80	1.010	8.1	0.17	750	0.05	0.07	0.08	0.45
Swine	40.2	2.94	1.014	8.1	0.43	815	0.11	0.27	0.22	0.55

EC\*: Electrical conductivity.

각 농가에서 나오는 가축분뇨는 지리적여건, 축사 환경 등 여러가지 요소에 의해 그 변이폭이 크다고 할 수 있는데 본 시험에 사용된 공시액비는 축산기술연구소내 한우사에서 나온 저장우분액비와 슬러리 돈사에서 나온 액비를 사용하였으며, 성분 함량을 보면 electrical conductivity가 우분액비는 23.1(dS/m)인데 비해 돈분액비는 40.2(dS/m)를 보여 돈분액비가 우분액비에 비해 전기전도도가 높음을 알 수 있었고, 이것은 농과원(1995)에서 보고한 발효돈분 및 생활하수가 각각 58.3, 26.9를 보인 수준과 비슷하였으며 건물수준 및 비중 등은 일반농가에서 이용되는 액상분뇨와 별차이가 없는 것으로 보였다 (축산연 1996). 전질소의 경우를 보면 우분액비가 0.17%인 반면에 돈분액비는 0.4% 정도로서 돈분액비가 우분액비에 비해 약 2배의 높은 함량을 보였다. 류 등(1997)은 우분액비에서 전질소에 대한 암모니움태 질소비율은 40~59%라고 하였는데 본 시험에서도 공시우분액비의 전질소에 대한 암모니움태 질소비율은 44.1% 정도로 비슷한 경향을 보였지만 돈분액비의 경우에는 신 등(1996)이 보고한 경우와 비슷한 경향인 20% 내외를 보였다.

## 2. 시험구배치 및 조사방법

본 시험은 월동전 대조구로서 금비구(CF-160)를 두어 N, P, K를 각각 기비로 ha당 80, 100, 80kg씩 시험구 포장조성시 사용하였고, 액비의 경우에는 우분 및 돈분 액상분뇨가 함유하고 있는 N를 기준으로 하여 관행구(C, S-160), 100% 중량구(C, S-320), 200% 중량구(C, S-480)를 두어 기비로 ha당 80, 160, 240kg N를 시험포장 조성 10일전 사용한 다음 3~5일 지난 후 경운, 파종하였고 추비는 월동후 3월중순경에 금비구는 N, K를 ha당 80, 70kg 사용하였고, 가축액비는 ha당 80, 160, 240kg N를 사용하였으며 자세한 처리내용은 표 2와 같다.

시험구배치는 액상분뇨의 종류 및 질소사용수준이 추파호밀의 생육특성, 사료가치 및 토양환경 등에 미치는 영향을 구명하기 위하여 7처리 3반복의 난괴법으로 설계배치 하였으며 시험구 크기는 24m<sup>2</sup> (4×6)로 파종량은 ha당 130kg, 줄간격을 20cm씩 조파하여 생육특성을 조사하였고, 분석용 식물체시료는 72℃의 순환식 열풍건조기에 48시간이상 충분히 건조시켜 분석시료로 이용하였다.

Table 2. Fertilization schedule of the treatment

Type of application	N rate (kg/ha)	Treatment
CF*	160 (1×CF)	CF-160
Cattle slurry	160 (1×slurry)	C-160
	320 (2×slurry)	C-320
	480 (3×slurry)	C-480
Swine slurry	160 (1×slurry)	S-160
	320 (2×slurry)	S-320
	480 (3×slurry)	S-480

CF\*: Chemical fertilizer

## 3. 액상분뇨 및 식물체 성분함량 분석

액상분뇨의 분석은 습식분해를 원칙으로 하여 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>법으로 분해하여 무기물 분석에 이용하

였고, NH<sub>4</sub>-N 측정은 RQflex 16970 (E. Merck, Germany) 간이kit로 하였으며, 전기전도도는 Conductivity meter (Model 1481-40)로 측정하였고, 식물체의 NDF, ADF 분석은 Goering 및 Van Soest법

(1970)에 의하여 분석하였고 조단백질 함량은 AOAC법(1990)에 의하여 micro kjeldahl system을 이용하여 분석하였고, RFV값은 Holland(1990)식에 의하여 구하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 생육특성 및 사료가치

가축분의 시용량에 따른 추파호밀의 시기별 초장추이는 그림 1에서 보는 바와 같다.

파종은 1996년 9월 30일에 실시하여 10월 6일에 첫출현을 보았고 10월 12일부터 초장의 변화추이를 일주일 간격으로 조사하였다. 월동전 초장의 변화추이를 조사하는 과정에서 특이한 점은 S-480구의 생육상태가 유식물 출현상태, 활력, 초장이 다른 처리구에 비해서는 높게 나타났으나 C-160구는 다른 처

리구에 비해 약간씩 떨어지는 경향이였다. 한편 월동 후 초장의 변화추이는 1997년 3월 12일 화학비료 및 액상분뇨를 추비로 준 후 2주일정도 지난 다음 조사를 재개하였는데 완만하게 자라던 호밀의 생육은 4월 10일을 전후하여 뚜렷한 증가추세를 보였으며, 특히 C-480구는 상대적으로 월동후 높은 추세를 보여 월동전 생육상태가 가장 좋았던 S-480구를 추월한 것으로 나타났고 C-160구는 월동전후의 생육상태가 제일 불량하였다.

신(1986)은 메탄발효폐액을 목초에 시용하였을 경우 나타난 증수효과는 상당부분이 비료적 효과와 병행하여 수분의 관개효과가 컸다고 보고하였는데 본 시험에서도 월동후에 나타난 초장의 생육조사 결과도 이와 비슷하였으며 그 이유로는 본 시험의 추비 시용시기가 우리나라의 강수량이 부족한 시기인 3월중순경이었기 때문에 부족한 토양수분을 액비로써 식물체의 생육에 충당된 것으로 보이는데, 특히

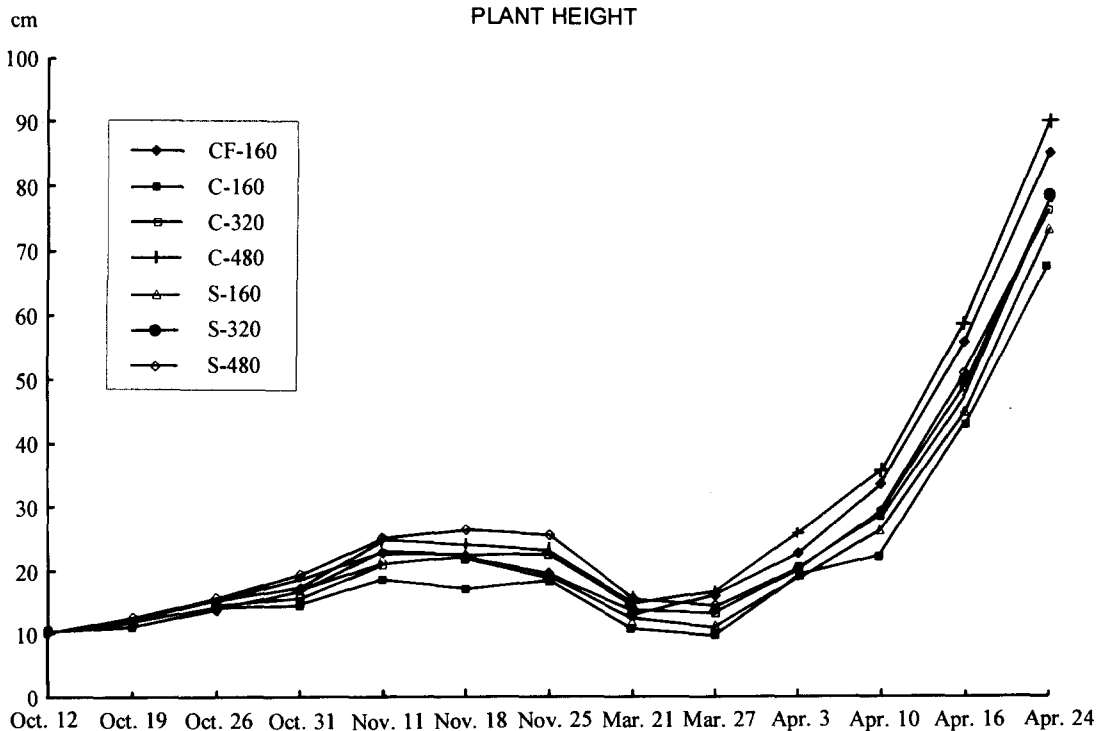


Fig. 1. Changes in plant height of winter rye as affected by different slurry application.

C-480구는 비료로서의 가치 및 판개수 역할이 적절히 조화가 되어 좋은 생육상태를 유지한 것으로 보였으나 S-480구는 월동전에는 토양표면에 살포된 분뇨로 작토층의 무기태 N의 증가로 다른 처리구에 비해 생육이 양호하였지만 월동후의 재생에는 다량의 돈분뇨액비가 positive effect보다는 negative effect로 작용하여 별다른 뚜렷한 경향을 볼 수 없었던 것으로 생각된다. 그리고 시험초기단계부터 생육상태가 불량한 C-160구는 아무래도 다른 처리구에 비해 비료적 측면이나 판수효과적인 면이 식물체의 절대 요구량에 미흡하지 않았나 생각된다.

화학비료 N표준구 및 가축액상분뇨 N의 사용량에 따른 추파용호밀의 평균 생육특성은 표 3과 같다.

각 처리별 내도복성을 보면 별다른 뚜렷한 차이점을 발견할 수 없었는데 이것은 아마도 수확당시의 호밀의 생육상태가 출수초기의 번식성장단계로 식물체 자체내의 무게가 별로 나가지 않았고, 또한 강수량이 아직은 미약하여 도복의 요건으로 작용하기는 이른 시기인 것으로 사료된다.

수확당시의 출수상태는 각 시험구 공히 출수초기였고 시험구간의 녹색도 조사결과 가축분뇨의 사용량이 증가할수록 녹색도가 높아지는 것을 알 수 있었는데, 특히 우분액상분뇨의 경우에는 사용량의 증

가에 따라 확연이 나타났다.

처리별 초장을 비교해 보면 전반적으로 가축분뇨의 사용량이 증가할수록 초장이 높아지는 것을 알 수 있었고 그 중에서도 돈분액비에 비해 우분액비의 경우 차이가 컸다. 엽장 및 엽폭의 경우에는 별다른 차이는 없었는데 이와 마찬가지로 한 등(1991)은 옥수수-호맥 작부체계에서 구비의 사용량을 증가시킴에 따라 호밀의 초장 및 엽장이 약간씩 높아졌으나 엽폭에서는 일정한 경향을 볼 수 없었다고 보고하고 있다.

단위면적당 개체밀도를 알기 위해 시험구 한 구당 4반복하여 1m 길이의 총분얼경수를 조사하였던 바 CF-160구는 평균 188개였는데 비해 우분액비구는 N 표준구, N 100% 증량구, N 200% 증량구에서 각각 149, 168, 214개로 뚜렷한 증가효과를 보았으나 돈분액비구는 193~197개 정도로 화학비료 N 표준구보다는 많았으나 사용량간에는 특별한 차이를 볼 수 없었다.

이와같이 추파호밀의 생육이 화학비료 N 표준구와 가축액상분뇨 N 구간에 차이가 나타났으며, 특히 가축 액상분뇨도 N의 사용수준이 같다 하여도 우분과 돈분에 따라 차이를 볼 수 있었는데, 즉 C-480구에 비해 S-480구의 생육상태가 떨어지는 것은 본 시

Table 3. Agronomic characteristics of winter rye as affected by different slurry application

Treatment	Lodging* resistance	Stay* green	% Heading at harvest	Plant height	Leaf		Tiller per 0.2m <sup>2</sup>
					length	width	
					cm		no. ...
CF-160	9	8	15	85.4	18.6	1.1	188
C-160	9	7	10	68.3	15.5	1.0	149
C-320	9	8	10	76.6	15.6	1.0	168
C-480	9	9	11	90.4	19.5	1.1	214
S-160	9	8	15	73.5	16.1	1.0	197
S-320	9	8	12	76.7	14.9	1.0	193
S-480	9	9	10	78.7	17.8	0.9	197

\* Ratings : 9 = Outstanding, 1 = Poor.

험의 수행과정중 월동전까지의 생육상황은 S-480구가 다른 처리구에 비해 좋았으나 그 이듬해 추비사용후 생육상황은 역전되어 C-480구가 높게 나타나기 시작하여 4월 3일 조사에서는 돈분액비 N구의 100, 200% 중량구에서 호밀의 생육상태가 불량하기 시작하였고, 그 중에서도 식물체의 미기상 상태가 불량한 시험구 안쪽 부분의 호밀색깔의 변색이 심하였으며, 이와같은 추세는 수확할 때까지 이어졌다. 그 이유를 보면 표 1에서 보는 바와 같이 돈분액비가 갖고 있는 전기전도도 및 그 밖의 비료적인 가치가 우분액비에 비하여 배이상 높았기 때문인 것으로 생각되며, 또한 우분에 비해 돈분의 전질소 함량이 높아 실질적인 액비 사용량은 우분액비가 많았기 때문에 관수효과의 영향이 더 크게 작용된 것으로 사료된다.

표 4는 화학비료 N 표준 및 가축액비 N의 사용량에 따른 추파호밀의 사료적가치를 나타내고 있다.

조단백질(CP) 함량에서는 C-480구가 14.7%, S-480구가 14.3%로써 대조구인 CF-160구의 14.1%와 비슷하였으나 그 밖의 다른 처리구는 낮은 CP율을 보였다 ( $p < 0.05$ ). 이 등(1996)은 ha당 150kg N를施用한 후 호밀의 CP율이 수잉기 14.9, 출수기 12.2, 개화기 9.2%로 나타나 숙기가 진행됨으로써 현저히 감소되

는 결과를 가져왔다고 하였는데 본 시험의 수확시기가 출수초기라고 볼 때 우분 및 돈분 200% 중량구는 이와 비슷한 경향을 나타냈다고 할 수 있다. 육(1993)은 조단백질 함량의 증가에는 분뇨 N보다는 뇨소 N의 흡수율이 더 크게 작용한다고 보고하였으며, 본 시험의 결과 가축분뇨의 사용량을 표준 N량의 200% 이상 주었을 때에는 어느정도 분뇨 N 흡수량이 많아 사초의 조단백질 함량에 영향을 끼칠 수 있을 것으로 생각된다.

김(1994)은 호밀을 출수 시작기에 수확하면 매우 우수한 품질의 사초로서 이용이 가능하다고 하였고 Rohweder 등(1977) 및 Kawas 등(1983)의 사초등급 기준에서 보면 화분과 목초의 최우수 등급은 ADF 함량은 33% 이내이고 NDF 함량은 55% 이내라고 하였을 때 본 시험에서 수확한 호밀은 가축액비의 종류 및 사용량에 관계없이 이 기준에 들어간 것으로 보였다.

Rohweder 등(1977)은 ADF와 NDF가 건물소화율과 섭취량과의 높은 상관관계를 가진다고 하였고 여기서 산출한 RFV값은 본 시험에서는 전체 사용구에서 112~123 범위로 나타나 Undersander 등(1990)이 제시한 화분과 사초등급 기준의 2등급(RFV:102-123) 수준을 보였다.

Table 4. CP, ADF, NDF and RFV of winter rye in relation to different slurry application

Treatment	CP	ADF	NDF	RFV
	..... % .....			
CF-160	14.1	28.6	55.0	113
C-160	8.5	26.4	51.7	123
C-320	11.5	28.5	55.2	112
C-480	14.7	28.5	54.9	113
S-160	10.5	26.9	52.8	120
S-320	11.5	26.9	53.0	119
S-480	14.3	27.4	53.7	117
LSD (0.05)	2.6	NS	NS	

NS: Not significant.

## 2. 건물 및 조단백질 수량

가축분 사용량에 따른 추파용 호밀의 ha당 건물 및 조단백질 수량은 표 5와 같다.

Tabel 5. DM and CP yield of winter rye as affected by different slurry application

Treatment	DM Yield	Crude Protein Yield
	..... kg/ha .....	.....
CF-160	7,185	1,013
C-160	4,006	341
C-320	5,472	629
C-480	8,037	1,181
S-160	4,594	482
S-320	5,046	580
S-480	6,230	891
LSD (0.05)	1,537	175

ha당 건물수량은 우분액비의 경우 C-160구가 4,006kg인데 비해 C-480구는 8,037kg을 보여 배 이상의 증수효과를 보였으며, 이것은 오히려 CF-160구의 7,185kg보다 앞선 것으로 나타났다. 돈분액비의 경우에는 사용량의 증가에 따라 증수효과는 있었으나 그 차이가 우분액비의 경우처럼 크지는 않았다. 한 등(1991)은 옥수수-호밀작부체계시험에서 호밀의 건물수량이 3요소구의 10a당 건물수량이 585kg인데 비해 구비 3,000kg, 6,000kg구의 건물수량이 각각, 644, 719kg으로 11.0, 22.9%의 증수효과를 가져왔다고 하였는데 본 시험에서도 우분의 경우에는 C-160구에 비해 C-320구가 36.7% 증수효과를 보였고 C-480구의 경우에는 배 이상 높은 건물수량을 보여 사용량간의 많은 차이를 보였다. 육 등(1997)은 호밀의 건물수량이 기비로 ha당 요소 N 80kg사용시 분뇨 N의 사용수준이 ha당 100kg 수준까지는 현저한 증가를 보였지만 ha당 분뇨 N가 200kg 사용수준에서는

감소내지 둔화되었다고 하였는데 이와같은 결과는 본 시험과는 대치되는 내용으로 이것은 아마도 전량 분뇨 N를 사용한 본 시험과는 달리 기비로 요소 N를 사용하였기 때문에 그러한 결과가 나온 것으로 사료되며 돈분액비의 경우에는 돈분액비 N 표준구에 비해 100%, 200% 증량구의 건물수량 증수효과는 각각, 9.8, 35.6% 정도로 나타나 우분액비의 경우처럼 크게 나타나지는 않았지만 사용량의 증가에 따른 증수효과는 볼 수 있었다( $p < 0.05$ ). ha당 조단백질 수량은 표 4에서 보면 알 수 있듯이 각각의 조단백질함량이 달랐기 때문에 차이가 많이 나타났는데 특히 C-480구의 경우에는 CP율 및 건물수량이 높았기 때문에 조단백질 수량이 화학비료 N 표준구보다 16.6%의 증수효과를 보였지만 돈분의 경우에는 사용량간의 차이는 있었으나 대조구인 화학비료 N 표준구보다는 전반적으로 낮은 경향을 보였다.

## IV. 적 요

본 연구는 추파한 호밀에 액상분뇨의 질소 함량을 기준으로 사용수준을 달리했을 때 호밀의 생육특성, 사료가치 및 수량에 미치는 영향을 구명하고자 7처리(화학비료표준구 160kg N/ha, 우분액비구 160 · 320 · 480kg N/ha, 돈분액비구 160 · 320 · 480kg N/ha)를 난괴법 3반복으로 배치하여 1996년 9월부터 1997년 4월까지 수원축산기술연구소 사료포장에서 수행하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

초장과 엽장은 액비사용량의 증가에 따라 영향을 받았으며 우분 480kg N/ha > 화학비료 160kg N/ha > 돈분 480kg N/ha 순으로 나타났다.

우분액비의 경우 사용량의 증가에 따라 분얼경수가 증가되었는데, 특히 우분액비 480kg N/ha구가 현저하였으나, 돈분 액비구에서는 일정한 경향을 볼 수 없었다.

조단백질 함량은 모든 시험구에서 액비 사용량이 증가됨에 따라 증가되었으며 ( $p < 0.05$ ), ADF, NDF 함량은 시험구간에 별다른 차이점은 없었다.

수확당일의 사용량별 호밀의 상대사료가치는 모든 처리구에서 2등급의 품질을 보였다.

우분액비의 ha당 건물수량은 시용량의 증가에 따라 4,006kg에서 8,037kg으로 나타났고, 돈분액비의 경우에는 4,594kg에서 6,230kg으로 나타났다 (p < 0.05).

## V. 인용 문헌

1. A.O.A.C. 1990. Official method of analysis. 15th ed. Washington, D. C.
2. Brady, N.C. 1990. The Nature and Properties of Soils. (10th ed) pp. 497-515.
3. Elliott, L.F., and F.J. Stevenson. 1977. Soils for management of organic waste and water. p. 672. Am. Soc. of Agron., Madison, Wis.
4. Goering, H.L. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agr. Handbook No. 379. USDA.
5. Holland, C., W.W.P. Kezar, E.J. Kautz, W.C. Mahanna, and R. Reinhart. 1990. Pioneer forage manual; A Nutritional Guide, Pioneer Hi-bred International, Inc. pp. 1-55.
6. Kawa, J.R., R.D. Shaver, J.A. Wooford, N.A. Jorgensen, and D.A. Rohweder. 1983. Forage quality for dairy cattle. Proc. Minn. Nutr. Conf., 4th, pp. 67-77.
7. Nielsen, C.V., and G. Steffens. 1994. Farmer's options to optimize nutrient efficiency and to reduce odour and ammonia emissions from land spreading of slurries and manures. *Proceedings of the 7th Technical Consultation on the ESCORENA Network on Animal Waste Management Bad Zwischenahn, Germany.* pp. 117-127.
8. Prins, W.H., and P.J.M. Snijders. 1987. Negative effects of animal manure on grassland due to surface spreading and injection. In: Van Der Meer, H.J., R.J. Unwin, T.A. Van Dijk, and G.C. Ennik. (eds) pp. 119-135.
9. Rohweder, D.A., R.F. Barnes, and Neal Jorgensen. 1977. Marketing hay on the basis of analysis. Proc. of the 10th Research Industry Conference, American Forage and Grassland Council. pp. 27-46.
10. Undersander, D., W.T. Howard and R. Shaver. 1990. Making forage analysis work for you in balancing livestock ration and marketing hay. Agricultural Bulletin No. A 3325, University of Wisconsin-Extension.
11. 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.
12. Wolton, K.M. 1963. An investigation into the simulation of nutrient returns by the grazing animal in grassland experimentation. *J. Brit. Grass. Soc.* 18:213-219.
13. 김동암, 서 성, 이효원, 허삼남. 1980. 외국산 도입 호밀의 청예사료로서의 생산성 비교 연구. II. 최종평가시험. *한축지.* 22(6):461-469.
14. 김종덕, 김동암. 1994. 파종시기 및 가을 수확방법이 추파호밀의 생육특성, 사초수량 및 사료가치에 미치는 영향. *한초지.* 14(3):238-246.
15. 류종원, H. Jacob. 1997. 목초생산성과 초지생태계에 미치는 액상분뇨의 시용효과. *한초지.* 17(1):35-42.
16. 신재순, 차영호, 신동은. 1996. 액상분뇨 표준성분표 작성과 성분 간에 측정방법 연구. 1996년도 축산시험연구보고서. pp. 844-849.
17. 신제성, 임동규, 김정갑, 박영대. 1986. 메탄발효 폐액의 비료화에 관한 연구 I. 목초에 대한 폐액의 비효시험. *한토비지.* 19(2):133-137.
18. 육완방, 차용복, 금종성, 이종민, 한영근. 1997. 액상구비의 시용시기와 시용수준이 호밀의 생산성에 미치는 영향. *한초지.* 17(1):75-81.
19. 이인덕, H. Jacob. 1996. 새로운 사초자원 개발을 위한 *Festulium braunii*의 이용에 관한 연구. *한초지.* 16(1):27-38.
20. 정호석, 육완방, 방효범. 1993. 액상구비 및 뇨소의 시용수준이 Orchardgrass 초지의 생산성과 토양중 NO<sub>3</sub>-N 함량에 미치는 영향. *한초지.* 13(4): 278-285.
21. 한민수, 박종선. 1991. 신개간지에서 구비 및 3요소 시용이 청예사료작물의 생육 및 건물축적에 미치는 영향. *한초지.* 11(2):108-115.