

추파용 호밀에 대한 액상분뇨 시비 연구

II. 무기물함량, N 생산성 및 토양환경에 미치는 영향

신동은 · 김동암* · 신재순 · 송관철** · 이종경 · 윤세형 · 김원호 · 김정갑

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

II. Effect of mineral content, nitrogen balance and environmental soil

D. E. Shin, D. A. Kim*, J. S. Shin, K. C. Song**, J. K. Lee, S. H. Yun, W. H. Kim and J. G. Kim

Summary

This study was conducted to evaluate mineral content of Winter Rye, Nitrogen Balance, Soil chemical characteristics and $\text{NO}_3\text{-N}$ level in infiltration water 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:

Nitrogen, Phosphorous, Calcium and Potassium of Winter Rye slightly increased as slurry application level was increased ($p < 0.05$), but not significant difference was found Magnesium, Ca/P ratio and K/(Ca+Mg) equivalent ratio of Winter Rye.

$\text{NO}_3\text{-N}$ content ($\mu\text{g/g}$) of Winter Rye was shown from 780 to 1,462 in all treatments, especially, the swine slurry plots were significantly higher than that of cattle slurry plots ($p < 0.05$).

As slurry application increased, show a marked trend toward surplus N input in all treatment.

The pH of the topsoil (0~10cm) was shown from 5.1 to 5.4 except the plot of chemical fertilizer before experiment pH of 5.1, but the pH of the subsoil (10~20cm) tended not to be regular.

The content of available P_2O_5 increased with the increased application of slurry, particularly, the topsoil (0~10cm) were much higher than the subsoil (10~20cm).

The $\text{NO}_3\text{-N}$ content of infiltration water (depth:1m) was increased as affected by slurry application.

I. 서 론

1980년대까지 우리나라의 농업에서 토양관리는 다수확 위주의 재배형태를 취하였기 때문에 화학비료의 과다사용이 행하여졌고, 또한 이로 인해 누적

된 비료성분이 토양으로부터 작물에 흡수되거나 아니면 빗물에 유실되어 토양의 유효성분 함량간에 불균형을 초래 하였는데 이 중에서도 N는 식물생장에 중요한 성분으로 영양공급의 기준으로 생각될 뿐만 아니라 N의 과다사용으로 인하여 지하수나 수질오

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

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

** 농업과학기술원(National Agricultural Science & Technology Institute, RDA, Suweon 441-707, Korea)

염의 근원으로 생각되어 진다. 토양에 사용된 화학 비료 N의 식물에 의한 질소 회수율은 식물의 종류와 비료의 사용량, 사용시기에 따라 다르지만 50% 이하이고, 사용된 가축분뇨의 질소회수율은 10~20% 내외에 불과하고 그 나머지는 휘산, 탈질 및 용탈되는 것으로 추정되어진다(윤, 1994). 이와같은 관점에서 현재 우리가 이용하고 있는 가축분뇨 처리방법중 액비(slurry)화 방법은 토양중에 유입된 무기화 질소 중 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 leaching에 의하여 경제적 손실과 지하수 오염으로 나타날 수 있기 때문에 관심의 대상이 되고 있다(Webster 등, 1985).

이와같이 가축분뇨의 자원화는 자연생태계의 순환순리대로 가축분을 토양에 환원하여 생태계 전체를 순리대로 보전하는 의미로 매우 중요하나 그에 따른 제한요건을 감소시켜 주는 것이 우리가 지향하는 지속적농업에 근간이 될 것으로 생각되며 이와같은 시각에서 본 시험은 가축 액상분뇨의 종류 및 사용량을 달리하여 추파용 호밀에 시비하였을 때 무기물 함량 및 식물체중 질산태질소 함량을 비교하고, 또한 토양환경에 미치는 영향을 구명하여 앞으로 이 분야의 연구방향에 대안을 모색하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시재료 및 시험구 배치

본 시험은 농촌진흥청 축산기술연구소 초지사료과에서 1996년 9월 30일 조성된 시험포장에서 수행된 I 보와 동일한 시험이다.

2. 공시토양 및 수행방법

토양시료는 시험수행전 전체포장에서 5군데로 나누어 지표면에서 0~10, 10~20cm 깊이로 채취하여 혼합하였고, 시험 후에는 각 처리별로 지표면에서 0~10, 10~20cm 3반복 채취하여 분석용 시료로 이용하였다. 토양 유기물은 Walkley-Black(1934), 전질소는 Kjeldahl중류법, 인산은 Bray No-1법으로 정량하였으며, 치환성 양이온은 1M-Ammonium acetate 용액으로 침출하여 나온 침출액중 Ca, Mg, K, Na를 원자흡

Table 1. 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 (1×slurry)	C-320
	480 (1×slurry)	C-480
Swine slurry	160 (1×slurry)	S-160
	320 (1×slurry)	S-320
	480 (1×slurry)	S-480

CF* : Chemical fertilizer

광 광도계로 정량하였고 (Page 등 1982), 무기태 질소는 2M-KCl로 침출하여 증류 분석하였다.

3. 식물체의 무기성분 및 $\text{NO}_3\text{-N}$ 분석

분석용 식물체 시료는 72℃ 순환식 열풍건조기에서 48시간 이상 충분히 건조시켜 분석시료로 이용하였으며, 전질소는 Kjeldahl 중류법을 이용하였고, 인산은 Vanadate법으로 비색정량 하였고 무기물 함량은 건식회화법을 이용하여 나온 침출액을 원자흡광 광도계로 정량하였고 식물체중 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량은 Cataldo 등(1975)의 방법에 의하여 추출한 다음 UV-spectrophotometer로 비색정량 하였다.

4. 토양침투수의 채취 및 $\text{NO}_3\text{-N}$ 분석

토양침투수의 채취는 육(1990)이 보고한 Czeratzki의 방법을 기준으로 suction cup을 1m의 토양깊이에 파종후 일주일 정도 지난 다음 설치하여 매 2주마다 기본적으로 침투수를 채취할 계획이었으나, 시험 수행기간중 강수량의 부족으로 토양의 수분상태에 따라 채취하였으며 침투수는 채취 즉시 RQflex 16970(E. Merck, Germany) 간이 kit로 침투수 중의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 를 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 호밀의 무기물 함량 및 질소균형 평가

가축 액상분뇨의 시용수준에 따른 추파용 호밀의 무기물 함량은 표 2와 같다.

N 함량은 식물체의 적정 N 함량이 2.5~4.0%라는 Fink의 보고(박 등, 1993)에 비하여 다소 낮은 경향이였다. 즉, 화학비료 N 표준구의 2.26%에 비해 우분액비의 경우 C-160구, C-320구, C-480구에서 각각, 1.36, 1.84, 2.35%를 보여 C-480구 정도가 화학비료N 표준구 보다 높은 N 함량을 보였다. 돈분액비의 경우에도 이와 비슷한 경향으로 시용량의 증가에 따라 식물체로 흡수되는 N 함량이 증가되었다 ($p < 0.05$).

식물체의 P 함량은 0.20~0.29%의 범위로 나타났는데($p < 0.05$), 특히 가축 액상분뇨의 경우 우분, 돈분액비 모두 200% 중량구에서 0.29% 내외의 P 함량을 보여 박 등(1993)의 보고에서 Paynter & Dampney의 기준인 0.28~0.31% 범위에 들어갔다.

K 함량은 우분액비의 경우에는 C-160구가 2.09% 인데 비해 C-320구는 2.64% 그리고 C-480구가 2.82%를 보여 시용량이 증가함에 따라 K 함량이 증가하는 것을 볼 수 있었으나 돈분액비의 경우에는 평균

2.29%의 K 함량을 보였다 ($p < 0.05$).

NRC(1988) 사양기준에서 고능력의 착유우의 광물 질 요구량에서 Ca 요구율이 조사료내에 0.66% 정도 함유되어 있어야 한다고 보고하고 있는데 본 시험에서 나타난 Ca 함량은 0.25~0.33%의 범위를 나타내고 있어 낮은 Ca 함량을 보이고 있지만 이것은 이 등(1996)이 보고한 호밀의 평균 Ca 함량이 수잉기에는 0.31, 출수기에는 0.26%를 보였다는 것과 비슷하였고 가축 액상분뇨의 시용수준에 따라서 Ca 함량의 증가를 볼 수 있었다($p < 0.05$).

이 등(1996)의 보고에서 호밀의 Mg 함량은 숙기별로 변화한다고 하였는데, 즉 수잉기, 출수기, 개화기에 따라 각각, 0.15, 0.18, 0.13%라고 하였고 NRC(1988) 사양기준에 의하면 고능력의 착유우의 Mg 요구량은 0.25% 내외로 하고 있는 것과 비교해 보면 본 시험에서 보인 호밀의 Mg 함량은 0.09~0.14%로 나타나 다소 낮은 경향이였으며 액비 시용량에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

사료중 Ca, P, Vit D의 결핍 혹은 불균형이 되면 구루병(rickets), 골연화증(osteomalacia)이 나타나며, 유우에서는 분만직후에 저Ca혈증이 일어나며 milk fever, 기립불능증 등의 대사장애가 발생하는데 Ca과 P은 장내에서 흡수되는 부위가 서로 다르며 P의 공급량이 Ca보다 상대적으로 많아도 이들의 흡수 및

Table 2. Concentration of chemical constituents, Ca/P ratios, K/(Ca+Mg) equivalent ratios and NO₃-N of winter rye under the different slurry application

Treatment	N	P	K	Ca	Mg	Ca/P	K/(Ca+Mg)	NO ₃ -N
	..... % .....							... μg/g ...
CF-160	2.26	0.27	2.62	0.28	0.14	1.04	2.63	786
C-160	1.36	0.20	2.09	0.27	0.09	1.35	2.56	985
C-320	1.84	0.25	2.64	0.31	0.10	1.24	2.85	993
C-480	2.35	0.29	2.82	0.33	0.12	1.14	2.74	1,163
S-160	1.68	0.22	2.26	0.25	0.09	1.14	2.91	1,403
S-320	1.84	0.21	2.34	0.29	0.09	1.38	2.74	1,462
S-480	2.29	0.28	2.27	0.31	0.11	1.11	2.37	1,136
LSD(0.05)	0.42	0.05	0.07	0.04	NS	NS	NS	372

NS: Not significant.

이용을 저해한다고 하는데 Ca:P 비율로서 가장 적당한 것은 1:1-2:1이라고 한다(Maynard 등, 1979). 따라서 본 시험에서 1.04~1.38의 범위를 보인 Ca:P 비율은 적당한 것으로 보였으나 시용수준별로 뚜렷한 차이 점은 없었다.

흔히 Mg-tetany라 하는 것은 혈중의 Mg 함량이 낮아서 신경의 흥분이 극심하고 근육의 경련이 심하여지며, 혈압이 떨어져 끝내는 죽게 되는 현상으로 송아지가 초지에서 방목될 때 흔히 tetany가 발생하는데 대개 목초중 Mg, Ca 부족에 의한 것으로 Fink는 목초의 K/Ca+Mg 당량비가 2.2 이상에서 가축의 Mg-tetany가 발생한다고 하였는데 (박 등, 1993) 본 시험의 K/Ca+Mg 당량비는 2.37~2.91로서 전체시용구 모두 높은 수준을 보여주고 있다. 이러한 이유는 아마도 K 함량에 비해 길항관계에 있는 Ca, Mg 함량이 낮았기 때문인 것으로 사료된다. 류 등(1997)은 우분액상분뇨는 K 함량이 높기 때문에 토양의 K이온의 증가는 길항관계에 있는 Ca, Mg의 식물체로의 흡수를 저해할 것으로 보고하였는데 이와 마찬가지로 I 보에서 제시한 각 가축분뇨의 성상비교를 보면 알 수 있듯이 전반적으로 무기물 함량의 경우 돈분이 우분에 비하여 Ca, Mg 함량은 높았으나 상대적으로 K 함량은 큰 차이가 없었기 때문에 앞으로 액비시용에 있어 K/Ca+Mg 당량비 개선을 위한 돈분뇨액비의 활용방안에 관한 연구검토가 필요하리라 생각된다.

질산염(NO_3^-)이 비정상적으로 많이 축적된 식물체를 먹은 소에서 질산염중독(nitrate poisoning) 현상이 나타나는데 보통 질산염은 hemoglobin과 결합하여 methemoglobin을 만들기 때문에 빈혈을 초래하고 심하면 졸도·사망한다. 이와같은 작물의 질산염수준은 주위환경, 즉 한밭의 피해, 우박, 서리, 흐린 날씨 그리고 토양비옥도의 불균형 등에 의해 잠재력이 높아지며 작물을 생초상태로 급여하는 것보다는 silage상태로 급여하는 것이 fermentation에 의한 질산태질소 수준의 약 50% 개선효과를 보았다고 Holland 등(1990)은 보고하고 있다. 비록 반추가축은 높은 수준의 nitrate를 포함하는 사료를 섭취해도 rumen bacteria 때문에 질산중독에 대한 완충력이 높다고 할 수 있지만 Conell대학의 젖소에 급여하는 조사료중 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량 추천기준을 보면 가장 안심하고

모든 조건에서 급여할 수 있는 수준으로 1,000ppm 이하라고 하였고 1,000-1,500ppm에서는 비임축일 경우에는 아무 제한이 없으나 임축일 경우에는 DM기준으로 전체비율의 50% 정도로 제한 급여해야 한다고 하였고 2,000ppm 이상일 경우 비임축에서는 전체의 35~40%만 급여할 수 있으나 임축일 경우에는 급여를 금지하고 있으며 4,000ppm 이상일 경우에는 모든 가축에 급여를 금지하고 있다.

본 시험에서 추파용 호밀중의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량은 786~1,462($\mu\text{g/g}$)의 수준을 보이고 있는데($p < 0.05$) 전체 시용구 모두 질산염 중독의 기준치로 생각되는 2,000 ($\mu\text{g/g}$) 이하로 나타났다. 또한 시용 처리별로 보면 우분액비구에 비해 돈분액비구에서 높은 수치를 보였고, 우분액비구에서는 시용수준이 증가함에 따라 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 축적량이 증가하였는데 그 중에서도 C-480구는 1,163($\mu\text{g/g}$)으로 나타나 Conell의 기준에서 보면 약간의 제한급여가 요구되는 수준으로 나타났으며 돈분액비구는 모든 처리구에서 1,000 ($\mu\text{g/g}$) 이상의 높은 경향으로 나타났다. 이상의 결과 가축액비 시용수준별 식물체중의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량은 우분에 비해 돈분의 경우 시용량의 증감에 관계없이 질산염 축적에 관한 주의가 필요하며 앞으로 이에 관한 더 많은 연구가 수반되어야 할 것으로 생각된다.

표 3은 가축액상분뇨의 시용수준별 질소투입량에 따라 질소 흡수량을 비교하여 최종의 질소 수지량을 나타낸 것이다. 질소 수지량은 대조구인 CF-160구에서만 minus(-)를 보인 반면에 여타의 액상분뇨 처리구는 시용량의 증감에 관계없이 plus(+)를 나타내어 N의 과다시용을 나타내고 있다. 가축분뇨의 종류에 따라 N 수지량을 보면 우분의 경우, 평균 N 수지량이 ha당 205kg인데 비해 돈분의 경우에는 ha당 216kg으로 돈분액비가 우분액비보다 높은 경향이였다. 시용수준별로 비교해 보면 우분 및 돈분시용구 모두 시용량이 증가하면서 N 수지량이 높게 나타났는데 그 중에서도 특히 C-480구, S-480구에서 각각, ha당 291, 337kg으로 나타나 시용수준이 증가되면서 N가 과잉 투입되는 것을 알 수 있었다.

이와같은 결과는 액비를 증량했을 때 지표면위의 담수상태로 인해서 환원작용에 의한 N가 대기중으로 휘산, 탈질, 토양속으로의 용탈 등 많은 요소에

Table 3. N balance of winter rye as affected by different slurry application

Treatment	Input	Output	Balance
	..... kg/ha		
CF-160	+ 160	- 170	- 10
C-160	+ 160	- 54	+ 106
C-320	+ 320	- 101	+ 219
C-480	+ 480	- 189	+ 291
Mean	+ 320	- 115	+ 205
S-160	+ 160	- 77	+ 83
S-320	+ 320	- 93	+ 227
S-480	+ 480	- 143	+ 337
Mean	+ 320	- 104	+ 216

의하여 손실된 것으로 생각된다. 이(1994)는 ha당 우분, 돈분 그리고 계분을 40ton 이상 초지에 시용결과 N 수지량이 떨어지는 것으로 보고하여 본 시험과 일치하였으나 반면에 류 등(1997)은 액비시용 수준에 관계없이 시용한 N 시비량보다 식물체의 N 흡수

량이 높았다고 하였고, 이러한 이유를 다년간 액상분뇨 시용에 의하여 토양의 미생물상을 좋게 하여 유기태 N의 무기화율이 높아진 결과라고 보고하였다. 그러나 우리나라와 같이 토양의 유기물 함량이 높지 않고 좁은 면적에서 단경기로 재배하는 사료작물의 경우에는 가축분뇨에 의한 과잉투입을 제고한 연구가 필요한 것으로 생각되는데, 특히 사료작물의 작부체계에서 가축분을 합리적으로 시용할 수 있는 방안이 필요한 것으로 사료된다.

2. 토양 화학성분 연구

표 4는 표토 0~10cm의 시험전 토양과 시험후 토양의 화학성분 변화를 보여주고 있다.

시험전 토양은 pH 5.1의 산성이고, 유기물 함량이 1.01%로 우리나라 밭토양 평균유기물 함량이 2%에 비해 낮았다. 토양중 NO₃-N, NH₄-N은 각각, 7.4, 36.8 (mg/kg)이었고, 인산 함량 및 치환성 양이온 함량은 중간 정도였다.

시험후 토양의 화학성분 변화를 보면 pH는 화학비료구에 비해 가축분뇨의 시용으로 약간씩 상승한 것으로 보이거나 시용량의 증가에 따른 차이점은 불

Table 4. Topsoil chemical analysis before and after the experiment as affected by different slurry application (depth: 0~10cm)

Treatment	pH (1:5)	OM	T-N	NO ₃ -N	NO ₄ -N	Avail. P ₂ O ₅	Ex. Cation(cmol ⁺ /kg)				
		..... % .....	.....	..... mg/kg .....	.....	Ca	Mg	K	Na		
Before experiment	All Plot	5.1	1.01	0.06	7.4	36.8	109	2.03	0.53	0.33	0.04
After experiment	CF-160	5.1	0.72	0.07	0.2	11.8	139	1.76	0.61	0.35	0.05
	C-160	5.4	0.86	0.05	7.3	8.7	130	2.36	0.71	0.42	0.06
	C-320	5.4	1.89	0.06	8.1	26.6	130	2.37	0.78	0.45	0.06
	C-480	5.2	1.80	0.06	7.3	26.3	137	2.28	0.77	0.46	0.08
	S-160	5.2	1.26	0.07	5.0	19.6	149	2.56	0.87	0.43	0.06
	S-320	5.3	1.24	0.07	9.0	37.5	131	2.89	0.83	0.46	0.08
	S-480	5.2	1.24	0.07	4.2	24.1	172	2.89	0.74	0.50	0.08

수 없었고 유기물 함량은 0.72~1.89% 범위로 우분뇨 액비를 100% 이상 사용하였을 경우 그 효과를 보았으나, 돈분액비의 경우에는 사용수준간의 별다른 차이가 없었다. 무기태 질소 함량은 전반적으로 시험 전후 특별한 경향은 없었지만 $\text{NH}_4\text{-N}$ 이 시험후 토양에서 전반적으로 낮은 편이었다.

정 등(1995)은 액비 사용처리 후 토양화학성 변동이 큰 성분으로 인산과 가리를 들어서 토양 염류집적과 유사한 경향이 나타났다고 보고하였는데 본 시험에서도 이와 비슷한 경향을 볼 수 있었다. 그 중에서도 S-480구의 유효인산 및加里 함량이 각각, 172 (mg/kg), 0.50 (cmol⁺/kg) 으로 나타나 여타처리구에 비해 높은 것으로 보아 I 보에 제시한 돈분노액비 N 증량구의 식물체에 대한 염해가능성을 뒷받침한다고 생각된다.

표 5는 심토 10~20cm 깊이의 토양의 화학성분 변화를 보여 주고 있다.

시험전에는 유기물 함량 및 유효인산을 제외한 다른 성분은 대체적으로 표토와 비슷한 수준이었다. 시험후 토양의 화학성분 변화를 보면 pH는 5.0~5.2의 범위이고 우분 및 돈분의 사용수준에 따른 차이점은 볼 수 없었으며 유기물 함량은 시험전 0.76%에 비해 시험후 0.48~1.05%의 범위를 보여 화학비료 N 표준구를 제외하고는 가축액비의 사용수준에 관계없이 증가되는 경향이였다. 전질소 함량에는 거의 변동사항이 없었으며 $\text{NH}_4\text{-N}$ 경우 표토와 마찬가지로 낮게 나타났다. 그 밖에 유효인산과 치환성 양이온의 함량 변화도 표토의 양상과 비슷한 경향으로 증가된 것으로 보이는데, 특히 C-480구와 S-480구에서 유효인산 함량의 높은 증가를 보였다.

Table 5. Subsoil chemical analysis before and after the experiment as affected by different slurry application (depth : 10~20cm)

Treatment	pH (1:5)	OM	T-N	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NO}_4\text{-N}$	Avail. P_2O_5	Ex. Cation(cmol ⁺ /kg)				
		..... % .....	.....	.....	mg/kg	.....	Ca	Mg	K	Na	
Before experiment	All Plot	5.1	0.76	0.05	6.3	36.1	75	1.93	0.50	0.30	0.04
After experiment	CF-160	5.0	0.48	0.05	4.8	22.1	110	1.84	0.53	0.31	0.04
	C-160	5.2	0.95	0.06	6.7	17.9	114	2.44	0.56	0.32	0.04
	C-320	5.1	0.87	0.05	7.6	13.2	106	2.20	0.67	0.31	0.04
	C-480	5.2	1.05	0.06	5.6	13.4	136	2.23	0.65	0.31	0.06
	S-160	5.0	0.95	0.05	8.4	11.8	93	2.29	0.65	0.33	0.04
	S-320	5.1	0.62	0.07	7.6	14.3	129	2.61	0.64	0.30	0.04
	S-480	5.0	0.99	0.06	7.0	21.0	114	2.27	0.60	0.34	0.07

3. 토양 침투수중 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도변화

Comly(1945)는 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도가 높은 지하수를 음용수로 사용할 때 사람과 가축에 피해(Methemoglobinemia)를 미칠 수 있음을 보고하였으며, 이러한 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 허용기준치를 미국 Environmental Protection Agency는 인간이 먹을 수 있는 음용수 기준으로

10 mg N/L (45 mg $\text{NO}_3\text{-N}$ /L) 로 하였고 가축에게 허용 가능 음용기준을 대략적으로 40 mg N/L (180 mg $\text{NO}_3\text{-N}$ /L)로 정하여 그 이상일 경우 methemoglobinemia의 가능성이 높다고 하였다.

추파용 호밀 재배토양의 침투수중 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량 변화는 표 6과 같다.

본 시험에서 액비는 1996년 9월 4일 사용하고 3~4

Table 6. Changes of NO₃-N level in infiltration water during the whole experimental period

Treatment	OCT. 31	NOV. 20	MAR. 20	APR. 11
..... mg/L				
CF-160	32.7	27.5	6.5	5.5
C-160	22.1	3.2	—	6.4
C-320	33.9	3.6	3.8	7.8
C-480	44.5	19.6	—	20.7
S-160	19.9	17.2	—	18.4
S-320	19.0	15.6	16.0	16.2
S-480	22.1	43.8	25.8	22.2

— : no infiltration water.

일 지난 다음 경운후 1996년 9월 30일 호밀을 파종하였다. 또한, suction cup은 호밀의 첫출현(10/6) 다음날인 1996년 10월 7일 토양 1m 깊이에 설치하여 침투수중의 NO₃-N를 측정하였다. 이 시기 수원지방의 강수량을 보면 9월에는 9.2mm로 토양수분이 적어 침투수를 채취할 수 없었다. 10월 강수량은 70.0mm를 보여 10월 31일 첫번째 침투수를 채취할 수 있었는데 여기서는 전처리구 모두 음용수 허용기준치인 10 mg N/L를 훨씬 초과한 수치를 보여주고 있는데, 특히 돈분액비구에 비해 우분액비구의 NO₃-N 함량이 높게 나타나고 있다. Quisenberry 등(1978)은 토양의 대공극을 통한 NO₃-N 용탈이 크며 이러한 용탈기작은 토양조건 및 강우량이 매우 중요하다고 보고하였는데 이와 마찬가지로 같은 N 사용량이라 하여도 돈분액비에 비해 우분액비의 사용량이 배 이상 되었기 때문에 이와같은 결과가 나온 것으로 생각된다. 2주일후인 11월 20일 측정에서는 CF-160구의 NO₃-N 함량이 27.5 mg N/L로서 여전히 기준치를 초과하고 있으나 우분액비의 경우에는 C-480구를 제외한 C-160, C-320구에서 각각, 3.2, 3.6 mg N/L를 나타내었다. 돈분액비의 경우에는 전처리구 모두 높게 나타났는데, 특히 S-480구에서 무려 기준치의 4 배를 초과한 43.8 mg N/L의 높은 수치를 보였다. 현 등(1994)은 양돈폐기물을 토양에 처리한 지역의 지하수는 비오염 지역에 비하여 NO₃-N 농도가 현저히

높은 편이라고 보고하여 본 시험과 일치하였다. 그 후, 월동중에는 침투수 채취가 불가능하여 시행하지 못하다가 1997년 3월 12일 액비를 추비로 사용한 다음 3월 20일 침투수를 채취하여 측정하였는데 여기서도 S-480구가 제일 높았다. 4월 11일의 측정에서는 C-480구 및 돈분액비 전시험구 모두 기준치를 넘었는데 이와같은 결과는 밭토양에서 화학비료표준구에 비해 액비 사용량이 많을수록 오랜기간 동안 침투수중 NO₃-N 함량이 높게 나타났다는 정 등(1995)의 보고와 일치된 경향을 보였다.

IV. 적 요

본 연구는 추파한 호밀에 질소함량을 기준으로 사용수준을 다르게 하여 처리한 액상분뇨가 호밀의 무기물 함량, N balance, 토양화학성분 및 토양침투수중의 NO₃-N에 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 수원의 축산기술연구소 사료포장에서 수행하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

호밀의 무기물 함량중 질소, 인, Ca, K는 가축분뇨의 사용량이 증가함에 따라 약간씩 증가하였으나 (p < 0.05), Mg, Ca/P 및 K/(Ca+Mg) 당량비는 일정한

경향을 보이지 않았다.

호밀의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량은 전체 시험구에서 780~1,462 ($\mu\text{g/g}$)의 범위를 보였으며 ($p < 0.05$), 특히 우분액비구에 비해 돈분액비구에서 높게 나타났다.

액상분뇨 사용량의 증가에 따라 과잉의 N가 투입되는 경향을 보였다.

표토(0~10cm)의 pH는 화학비료 N 표준구를 제외하고는 5.1~5.4 범위를 보였으며 심토(10~20cm)의 경우에는 뚜렷한 경향이 없었다.

유효인산 함량은 가축분의 사용량이 증가할수록 높아졌으며, 특히 표토(0~10cm)에서 심토(10~20cm)에 비해 집적량이 많아졌다.

침투수(1m 깊이)층의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량은 사용량의 증가에 따라 높아지는 경향을 보였다.

V. 인용 문헌

1. Cataldo, D.A., M. Haroon, L.E. Schrader, and V.L. Youngs. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Com. Soil Sci. and Plant Analysis*. 6(1):71-80.
2. Comly, H.H. 1945. Cyanosis in infants caused by nitrate in well water. *J. Am. Med. Assoc.* 129:112-114.
3. Gerhart, J.M. 1986. Ground water recharge and its effects on nitrate concentrations beneath a manured field site in Pennsylvania. *Ground water*. 24:483-489.
4. Holland, C., W. Kezar, W.P. Kautz, E.J. Mahanna, W.C., and R. Reinhart. 1990. Pioneer forage manual; A Nutritional Guide, Pioneer Hi-bred International, Inc. pp. 26-38.
5. Maynard, L. A., J. K. Loosli, Hintz and R. G. Warner. 1979. *Animal Nutrition*. 7th ed., McGraw-Hill Book Co. New York.
6. N. R. C. 1988. *Nutrient Requirement of Dairy Cattle*: National Academy of Sciences. Washington, D. C.
7. Page, A.L., R.H. Miller, and D.R. Keeney. 1982. *Methods of soil analysis. Part 2*. Am. Soc. of Agron., Soil Sci. Soc. of Am., Madison. USA.
8. Quisenberry, V.L., and R.E. Phillips. 1978. Displacement of Soil water by simulated rainfall. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:657-679.
9. Walkley, A., and C.A. Black. 1934. *Soil Sci.* 37:29-38.
10. Webster, C.P., and R.J. Dowdell. 1985. A lysimeter study of the fate of nitrogen applied to perennial ryegrass swards: Soil analyses and the final balance sheet. *J. Soil Sci.* 36:605-611.
11. Weil, R.R., R.A. Weismiller., and R.S. Turner. 1990. Nitrate contamination of groundwater irrigated coastal plain soils. *J. Environ. Qual.* 19:441-448.
12. 류중원, H. Jacob. 1997. 목초생산성과 초지생태계에 미치는 액상분뇨의 사용효과. *한초지*. 17(1):35-42.
13. 박근재, 이필상, 최기준, 황석중. 1993. 초지에 대한 인산질비료의 사용에 관한 연구. II. 초지조성 및 관리시에 인산질비료의 사용이 초지식생 및 목초의 무기물 함량에 미치는 영향. *한초지*. 13(4):268-273.
14. 성경일, 홍병주, 이영철. 1993. 돼지분뇨의 간이 건조 처리법과 비료로서의 효과. *한초지*. 13(3):228-233.
15. 육완방. 1990. 영년 혼파초지에 있어서 예취빈도와 질소시비 수준이 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 유실에 미치는 영향. *한초지*. 10(2):84-88.
16. 윤순강. 1994. 요소와 가축분에서 유래한 $\text{NO}_3\text{-N}$ 및 동반양이온의 토양중 행동. 서울대학교 학위논문.
17. 이인덕, H. Jacob. 1996. 새로운 사초자원 개발을 위한 *Festulolium braunii*의 이용에 관한 연구. *한초지*. 16(1):27-38.
18. 이혁호. 1994. 가축분뇨와 3요소사용이 혼파초지의 건물수량, 품질 및 토양화학성에 미치는 영향. 상지대학교 석사논문.
19. 정이근, 박경배, 정광용, 박우균, 박홍재, 허준. 1995. 가축분뇨 사용시 토양환경에 미치는 영향에 관한 연구. *농과원보고서, 별권*: 401-431.
20. 현해남, 고승학, 오상실. 1994. 제주도 지하수중 오염물질의 농도와 토양중 그의 행동에 관한 연구. II. 서북부지역 양돈단지 주변 지하수중의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도와 다른 이온과의 관계. *한국환경농학회지*. 13(2):151-159.