

유휴 논토양에서 Reed Canarygrass(*Phalaris arundinacea* L.)에 대한 액상구비의 단기시용효과

조익환 · 이주삼* · 안종호**

Short-Term Effect of Cattle Slurry Application on Reed Canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.) in Uncultivated Rice Paddy

Ik Hwan Jo, Ju Sam Lee* and Jong Ho Ahn**

Summary

In order to investigate the short-term effect of cattle slurry N application on dry matter yield of reed canarygrass(*Phalaris arundinacea* L.) in uncultivated rice paddy during the harvested years in 1993~1995.

Annual cattle slurry N was applied at the levels of 0, 90, 180, 270 and 360 kg ha⁻¹ in 3 cuttings, 0, 120, 240, 360 and 480 kg ha⁻¹ in 4 cuttings, and 0, 150, 300, 450 and 600 kg ha⁻¹ in 5 cuttings, respectively.

The results were summarized as follows;

1. The dry matter yields of all cutting frequencies in 1993 were higher than in other harvested years.
2. Significantly higher dry matter yields were obtained as 13.10 tons ha⁻¹ at level of 360 kg ha⁻¹ yr⁻¹ in 3 cuttings, 12.50~12.83 tons ha⁻¹ at levels of 360~480kg ha⁻¹ yr⁻¹ in 4 cuttings, and 12.52~12.56 tons ha⁻¹ at levels of 450~600 kg ha⁻¹ yr⁻¹ in 5 cuttings, respectively.
3. Efficiency of dry matter production(kg DM kg⁻¹ N) to cattle slurry N application tended to decrease with higher levels of cattle slurry N application and cutting frequencies. Higher efficiencies of dry matter production to cattle slurry N application were obtained as 15.2 kg at N level of 90 kg ha⁻¹ yr⁻¹ in 3 cuttings, 19.8 kg at level of 120 kg ha⁻¹ yr⁻¹ in 4 cuttings, and 10.0 kg at level of 150 kg ha⁻¹ yr⁻¹ in 5 cuttings, respectively.
4. The highest relative yields(RY) in different cutting frequency were 38.1% for 2nd cut in 3 cuttings, 41.8% for 3rd cut in 4 cuttings, and 30.1% for 4th cut in 5 cuttings, respectively.
5. The estimated ranges of marginal dry matter yield(Ymar.) were 11.5~12.1 tons ha⁻¹ at the ranges of economic N level of 261.0~304.6 kg ha⁻¹ yr⁻¹ in 3 cuttings, 10.4~11.5 tons ha⁻¹ at the ranges of economic N level of 205~302.9 kg ha⁻¹ yr⁻¹ in 4 cuttings, and 11.1~11.6 tons ha⁻¹ at the ranges of economic N level of 303.8~354.4 kg ha⁻¹ in 5 cuttings, respectively.
6. Ranges of economic slurry N level(Necon.) in all cuts were 67.9~95.0 kg ha⁻¹ in 3 cuttings, 14.3~119.8 kg ha⁻¹ in 4 cuttings, and 50.9~125.2 kg ha⁻¹ in 5 cuttings, respectively.
7. The 3 cuttings per annum was a proper cutting frequency for the increase in dry matter production of reed canarygrass using uncultivated rice paddy.

이 논문은 1998년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의한 논문임.

대구대학교 축산학과(Dept. of Animal Science, Taegu University, Kyongsan 712-714, Korea)

* 연세대학교 생물자원공학과(Dept. of Biological Resources & Technology, Yonsei University, Wonju 220-701, Korea)

** 안성산업대학교 낙농학과(Dept. of Dairy Science, Anseong National University, Anseong 456-749, Korea)

I. 서 론

그동안 우리나라의 낙농업은 조사료의 생산기반이 취약한 가운데 배합사료 의존적 사양형태의 전업농과 기업농으로 확대, 발전되어온 결과, 1997년 6월 말 현재 젖소의 사육두수는 약 55만두에 이르고 있고, 한우의 사육두수까지를 합하면 약 300만두의 소가 사육되고 있는 것으로 추정된다(농림부, 1997). 이에 따라 부족되는 조사료를 보충하기 위하여 최근 들어 외국산 가공조사료의 수입량이 크게 증가되어 왔고, 이를 위한 외화지출만도 연간 약 4~5천만불에 달하여 국가재정에 큰 부담이 되어 왔다. 특히 1997년 후반에 갑자기 도래한 국가적인 경제위기속에서 외국산 가공조사료와 배합사료용 곡류의 수입가가 급등하여 낙농업 뿐만 아니라 축산업 전체가 심각한 존망의 위기에 처해 있다. 이와같은 국가적인 경제 위기를 극복하기 위해서는 지금까지 소극적이었던 국내 부존자원의 개발을 통한 조사료 생산기반의 확대 방안이 시급히 강구되어야 할 때라고 생각된다.

국내 부존자원의 개발을 통한 조사료 생산기반의 확대 방안으로는 첫째로 산지개발을 통한 지속적인 초지면적의 확대, 둘째로 평야지의 논뒷그루를 이용한 대면적의 청예작물의 생산, 그리고 셋째로는 유희경작지를 이용한 조사료의 생산을 들 수 있다. 이 중에서 산지초지의 조성과 논뒷그루를 이용한 청예작물의 생산은 국가적 차원의 정책적, 재정적인 뒷받침하에서 장기적인 계획이 수립되어야 한다는 문제점을 가지고 있다.

특히 1990년대의 급격한 산업사회로의 발전은 농촌 노동력의 부족과 임금상승을 초래하여 유희경작지의 면적은 매년 약 4~6만ha 정도로 증가되어 왔는데, 이와같은 유희경작지의 확대 추세가 앞으로도 지속된다고 하면 향후 10년동안 전체 경작지 면적의 약 1/4~1/5가 유희지화 될 것으로 전망되고 있다(이와 조, 1994; 이 등, 1995b; 조 등, 1996). 유희경작지의 대부분이 수리불안전답이거나, 농사거리가 멀고, 기계작업이 어려운 소면적의 경사지라고 볼 때 농지보전과 식량자원의 확보라는 측면에서, 유희경작지를 노동력과 기계력이 적게 소요되는 영년생 목초를

도입한 조사료의 생산기반으로 활용하는 것이 단기로 유리하다고 생각된다.

유희논토양이나 산지에 인접한 경사지와 같은 불량환경조건에서 조사료를 생산하기 위해서는 환경적응성(내습성, 내한성, 내병성, 내건성)이 높고, 재생력이 높아 단위면적당 수량이 많은 영년생 목초가 도입되어야 한다고 생각되며, 여기에 적합한 초종으로 reed canarygrass가 있다(Frame과 Morrison, 1991; 이 등, 1994; 조 등, 1996).

또한 초식가축의 다두사육에 의하여 대량으로 발생되는 가축분뇨를 유기질 비료자원으로 활용하기 위해서는 내질소성, 내염성, 내습성 및 토양중의 양분흡수력이 높아서 양분유실에 의한 지표수와 지하수의 오염위험이 적은 초종의 도입이 유리하다고 생각된다. Reed canarygrass는 액상구비의 높은 시용수준에서도 많은 건물수량을 얻을 수 있고(이 등, 1994; Studdy 등, 1995), 예취저항성이 높으며(조 등, 1966), 염분농도가 높은 가축뇨에 대한 생육반응이 뛰어나다(Macda와 Takenaga, 1993; 前田 등, 1995). 특히, 액상구비의 다량시용으로 토양 10cm 층까지 투과되어, 집적되는 유용한 양분(Christie, 1987)을, 지하경의 높은 양분흡수력과 축적능력으로 토양으로부터의 양분유실을 감소시킬 수 있어(Quin, 1979), 다른 초종보다 건물생산을 위한 액상구비의 질소이용효율을 높일 수 있으므로(Studdy 등, 1995), 유희논토양에서 조사료의 생산량을 높이기 위하여 도입할 수 있는 가장 적합한 초종이라고 생각된다. 그러나 액상구비의 다량시용은 초지토양의 피복과 식물체의 생육저해(Prins와 Snijders, 1987), 질산태 질소의 집적과 유실(Marahrens, 1984), 암모니아태 질소의 휘산(Schechtner 등, 1980; Pain과 Thompson, 1989; 齊藤 등, 1989), 호질소성 잡초의 증대(이 등, 1995a) 및 채식기호성의 저하(Thalmann, 1987) 등과 같은 부작용을 초래할 수 있다. 따라서 조사료의 생산증대를 위한 액상구비의 시용을 위해서는 예취빈도에 따른 경제적 시용수준의 연차적 변동을 조사하여, 건물생산효율과 안전성이 높은 시용수준을 추정하여 양호한 식생의 유지와 영속성을 높이므로 자원으로서의 액상구비의 이용효율을 향상시키는 것이 중요하다

고 생각된다.

이상의 관점에서 본 실험에서는 유휴논토양에서 예취빈도의 차이에 따른, 단기간(3년)의 액상구비의 전면시용이 reed canarygrass 건물수량의 연차적인 변동과 그에 따른 경제적 시용수준에 미치는 영향을 조사하여, 유휴논토양에서 조사료의 건물생산증대를 위한 액상구비 시용기술체계의 확립에 필요한 기초적인 자료를 얻고자 하였다.

II. 재료 및 방법

본 실험은 1993년 3월부터 1995년 11월까지 3년동안 경기도 남양주시 삼패동 미금농장의 논토양에 조성된 reed canarygrass(var. Venture)의 영년채초지에서 수행되었다.

실험기간의 기상조건을 실험년도의 월 평균기온과 강수량, 그리고 1961년부터 1990년까지 30년간의 월 평균기온과 강수량으로 나타낸 것이 표 1이다.

실험기간중(1993~1995년)의 기상조건은 1993년의 월 평균기온이 30년간의 평균기온과는 큰 차이가 없었으나, 월 강수량은 30년간의 평균 강수량보다 5~7월에 많았고, 3~4월과 8~10월에는 적었다. 1994년은 4월~10월까지의 월 평균기온이 30년간의 월 평균기온보다 높았고, 월 강수량은 3~4월, 6~9월에는 적었으나 10월에는 많았다. 특히 7월의 강수량은 229.6

mm가 적었다. 1995년에는 월 평균기온에서 30년간 월 평균기온과 큰 차이가 없었으나, 월 강수량은 4~6월에는 적었고, 7월~10월에는 많았는데, 특히 8월의 강수량은 30년 평균보다 492.7mm가 많았다.

실험구 면적은 처리당 4m²(2m×2m)로 하였다. 즉, 주구(主區)에는 연간 예취회수를 3, 4 및 5회로 한 3수준의 예취빈도를, 세구(細區)에는 우분의 액상구비를 질소성분량으로 예취시마다 ha당 0, 30, 60, 90 및 120kg을 시용한 5수준의 시용구를 설정하여 3반복의 분할구 시험법으로 배치하였다.

예취빈도별 예취시기는 매년 3회 예취구에서 1번초는 5월 26일, 2번초는 8월 4일, 3번초는 10월 13일에 예취하였고, 4회 예취구에서는 1번초를 5월 12일, 2번초를 6월 30일, 3번초를 7월 28일, 4번초를 10월 13일에 예취하였고, 5회 예취구에서는 1번초를 5월 5일, 2번초를 6월 9일, 3번초를 7월 28일, 4번초를 9월 15일, 그리고 5번초를 10월 13일에 각각 예취하였다.

조사는 예취빈도별 각 예취시기에서 처리구 면적의 식물체를 지상 5cm 높이에서 예취하여 단위면적당 생초수량을 측정 후, 이중 일부(약 500g)를 건조기내에서 80℃, 48시간 건조하여 단위면적당 건물수량을 산출하였다. 또한 액상구비의 시용에 의한 건물수량의 변화를 비선형 회귀곡선($Y = a \pm bx \pm cx^2 \pm dx^3$)으로 나타내어, 예취빈도의 경제적 시용수

Table 1. Monthly meteorological data during the period of growth in 1993~1995 and 1961~1990

	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.
Mean temperature(℃)								
1993	5.8	10.6	18.2	21.3	23.3	23.2	21.2	13.4
1994	4.0	15.2	17.9	22.8	28.5	27.6	21.0	15.2
1995	6.0	11.3	17.1	21.6	24.5	26.0	20.0	15.5
1961~1990	4.5	11.8	17.4	21.5	24.6	25.4	20.6	14.3
Precipitation (mm)								
1993	29.2	85.5	135.7	198.2	424.4	197.8	56.1	15.4
1994	31.7	44.9	152.4	85.0	139.5	232.7	60.7	214.5
1995	60.6	44.4	60.6	70.7	436.1	786.6	47.2	39.3
1961~1990	46.7	93.7	92.0	133.8	369.1	293.9	168.9	49.4

준(economic N level)과 한계시용수준(Nmax.)를 추정하였고, 각 예취번초의 시용수준별 건물생산효율(DM kg kg⁻¹ N)을 계산하였다.

III. 결 과

1. 예취빈도별 액상구비의 시용수준에 따른 연간 건물수량의 변화

예취빈도별 액상구비의 시용수준에 따른 연간 건물수량의 변화를 나타낸 것이 표 2이다.

1) 3회 예취구

Reed canarygrass의 건물수량은 1993년의 시용수준

간에 10.89~13.39 ton ha⁻¹의 범위를 나타내었으나 유의한 차이는 없었다. 시용수준 평균 건물수량은 12.13 ton ha⁻¹으로 1994년과 1995년보다 유의하게 많았다. 1994년의 연간 건물수량은 시용수준간에 유의한 차이를 나타내었는데, 60~120 kg ha⁻¹ cut⁻¹의 시용수준간에서는 9.94~12.37 ton ha⁻¹의 범위로 유의한 차이가 없었지만, 30~90 kg ha⁻¹의 시용수준간에서 9.64~11.22 ton ha⁻¹의 범위로 무시용구의 7.95 ton ha⁻¹보다 유의하게 많았다. 시용수준 평균 건물수량은 10.16 ton ha⁻¹으로, 1995년의 평균 건물수량인 10.23 ton ha⁻¹과는 유의한 차이가 없었다. 1995년에는 90~120 kg ha⁻¹ cut⁻¹의 시용수준에서 11.63~13.56 ton ha⁻¹의 건물수량을 나타내어 다른 시용수준보다 유의하게 많았다.

Table 2. Yearly changes of dry matter yield of reed canarygrass at different application levels of cattle slurry N in each cutting frequency.

Cutting frequency	Cattle slurry N (ha ⁻¹ cut ⁻¹)	Dry matter yield (ton ha ⁻¹)			
		1993	1994	1995	Mean
3 Cuttings	0 kg	10.89 ^a	7.95 ^c	7.50 ^c	8.78 ^d
	30 kg	12.12 ^a	9.64 ^b	8.36 ^{cd}	10.15 ^c
	60 kg	11.75 ^a	9.94 ^{ab}	10.09 ^{bc}	10.39 ^c
	90 kg	12.53 ^a	11.22 ^{ab}	11.63 ^{ab}	11.79 ^b
	120 kg	13.39 ^a	12.37 ^a	13.56 ^a	13.10 ^a
	Mean	12.13 ^a	10.16 ^b	10.23 ^c	
4 Cuttings	0 kg	8.92 ^b	7.01 ^c	6.38 ^d	7.42 ^c
	30 kg	11.25 ^{ab}	8.67 ^c	9.44 ^{cd}	9.79 ^a
	60 kg	10.20 ^{ab}	9.62 ^{bc}	10.61 ^{bc}	10.14 ^b
	90 kg	11.91 ^a	12.86 ^{ab}	12.74 ^{ab}	12.50 ^a
	120 kg	11.79 ^{ab}	12.55 ^{ab}	14.16 ^a	12.83 ^a
	Mean	10.81 ^a	10.13 ^a	10.67 ^a	
5 Cuttings	0 kg	10.68 ^c	6.78 ^d	6.63 ^c	8.03 ^d
	30 kg	11.47 ^{bc}	9.13 ^c	7.99 ^{bc}	9.53 ^c
	60 kg	13.60 ^{abc}	9.67 ^{bc}	9.25 ^{ab}	10.83 ^b
	90 kg	14.85 ^a	11.37 ^{ab}	11.33 ^a	12.52 ^a
	120 kg	14.29 ^{ab}	12.28 ^a	11.10 ^a	12.56 ^a
	Mean	12.98 ^a	9.85 ^b	9.25 ^b	

^{a-d} Means within a column with different superscripts are significantly different by Duncan's Multiple Range Test, 5% level.

또한 시용수준별 연간 평균 건물수량은 시용수준이 높아질수록 증가되었고, $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cut}^{-1}$ 시용구에서 유의하게 많은 $13.10 \text{ ton ha}^{-1}$ 을 나타내었다.

2) 4회 예취구

1993년도에서 액상구비의 시용수준에 따른 연간 건물수량은 일정한 증가경향을 나타내지 않았다. 시용수준 평균 건물수량은 $10.81 \text{ ton ha}^{-1}$ 으로 1994년과 1995년의 평균 건물수량과는 유의한 차이가 없었다. 1994년에는 시용수준이 높아짐에 따라서 건물수량은 증가되었는데, $90\sim 120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cut}^{-1}$ 의 시용수준에서 $12.86\sim 12.55 \text{ ton ha}^{-1}$ 의 건물수량을 나타내어, 무시용구와 $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cut}^{-1}$ 수준의 $7.01\sim 8.67 \text{ ton ha}^{-1}$ 보다 유의하게 많았고, 시용수준 평균 건물수량은 $10.13 \text{ ton ha}^{-1}$ 이었다. 1995년에서 건물수량의 증가경향은 1994년도와 거의 같았는데, $90\sim 120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cut}^{-1}$ 수준에서 $12.74\sim 14.16 \text{ ton ha}^{-1}$ 의 범위를 나타내어, 무시용구와 $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cut}^{-1}$ 수준의 $6.38\sim 9.44 \text{ ton ha}^{-1}$ 보다 유의하게 많았다. 또한 시용수준 평균 건물수량은 $10.67 \text{ ton ha}^{-1}$ 으로 다른 연도의 건물수량과 유의한 차이가 없었다. 시용수준별 평균 건물수량은 $90\sim 120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cut}^{-1}$ 수준에서 $12.50\sim 12.83 \text{ ton ha}^{-1}$ 을 나타내어 다른 시용수준의 건물수량보다 유의하게 많았다.

3) 5회예취구

1993년에는 $60\sim 120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cut}^{-1}$ 의 시용수준에서 $13.60\sim 14.85 \text{ ton ha}^{-1}$ 의 건물수량을 나타내어 무시용구의 $10.68 \text{ ton ha}^{-1}$ 보다 유의하게 많았고, 시용수준 평균 건물수량은 $12.98 \text{ ton ha}^{-1}$ 으로 1994년과 1995년의 평균 건물수량보다 유의하게 많았다. 1994년과 1995년의 건물수량은 거의 비슷한 증가경향을 나타내었는데, 시용수준 평균 건물수량은 각각 9.85 ton ha^{-1} 과 9.25 ton ha^{-1} 으로 1993년보다 유의하게 적었다. 시용수준별 평균 건물수량은 $90\sim 120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cut}^{-1}$ 수준에서 $12.52\sim 12.56 \text{ ton ha}^{-1}$ 의 범위를 나타내어 유의한 차이가 없었으나, $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cut}^{-1}$ 수준 이하의 건물수량보다는 유의하게 많았다.

2. 건물생산효율

예취빈도에 따른 액상구비의 시용수준별 건물생산효율을 연도별로 나타낸 것이 표 3이다.

1) 3회 예취구

연간 액상구비의 시용수준에 따른 건물생산효율 ($\text{kg DM kg}^{-1} \text{ N}$)을 연도별로 보면, 1993년에는 $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 수준에서 액상구비 질소 1 kg 당 13.7 kg 의 건물수량을 나타내어 가장 높았지만, $180 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 수준에서는 4.8 kg 에 불과하였고, 270 kg 과 $360 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 수준에서는 각각 6.1 kg 과 6.9 kg 을 나타내었다. 또한 시용수준 평균으로는 7.9 kg 에 불과하여, 1994년과 1995년의 평균 값보다 훨씬 낮았다. 1994년에서도 $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 의 시용수준에서 18.9 kg 의 건물생산효율을 나타내어 가장 높았으나, 그 이상의 시용수준에서는 큰 차이가 인정되지 않았다. 1995년에는 액상구비의 시용수준이 높아짐에 따라서 증가되어 연간 $360 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 수준에서 가장 높은 16.8 kg 의 건물생산효율을 나타내었다. 연평균 건물생산효율은 $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 수준에서 15.2 kg 으로 가장 높았고, $180 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 수준에서 8.9 kg 으로 가장 낮았다.

2) 4회 예취구

연간 시용수준에 따른 건물생산효율은 1993년의 $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 수준에서 19.4 kg 으로 가장 많았고, 그 이상의 시용수준에서는 일정한 경향은 인정되지 않았다. 시용수준 평균 건물생산효율은 9.8 kg 에 불과하여 1994년과 1995년보다 훨씬 낮았다. 1994년의 건물생산효율은 시용수준간에 일정한 경향은 인정되지 않았지만, $360 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 수준에서 가장 높은 16.3 kg 을 나타내었다. 1995년에는 $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 수준에서 가장 높은 25.4 kg 을 나타내었다. 시용수준 평균 건물생산효율은 1995년이 19.2 kg 으로 가장 높았다. 또한 시용수준별 연간 평균 건물생산효율은 $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 수준에서 가장 높은 19.8 kg 이었다.

Table 3. Efficiency of dry matter production(kg DM kg⁻¹ N) to cattle slurry N application levels in each cutting frequency

Cutting frequency	Cattle slurry N (ha ⁻¹ cut ⁻¹)	kg DM kg ⁻¹ N			
		1993	1994	1995	Mean
3 Cuttings	90 kg	13.7	18.9	9.6	15.2
	180 kg	4.8	11.1	14.4	8.9
	270 kg	6.1	12.3	15.3	11.1
	360 kg	6.9	12.1	16.8	12.0
	Mean	7.9	13.6	14.0	11.8
4 Cuttings	120 kg	19.4	13.9	25.4	19.8
	240 kg	5.3	10.9	17.6	11.3
	360 kg	8.3	16.3	17.7	14.1
	480 kg	6.0	11.5	16.2	11.3
	Mean	9.8	13.2	19.2	14.1
5 Cuttings	150 kg	5.3	15.7	9.1	10.0
	300 kg	9.7	9.7	8.7	9.3
	450 kg	9.3	10.2	10.4	10.0
	600 kg	6.0	9.2	7.5	7.6
	Mean	7.6	11.2	8.9	9.2

3) 5회 예취구

연간 시용수준에 따른 건물생산효율은 1993년의 300 kg ha⁻¹ yr⁻¹에서 9.7 kg, 1994년의 150 kg ha⁻¹ yr⁻¹ 수준에서 15.7 kg, 1995년의 450 kg ha⁻¹ yr⁻¹에서 10.41 kg으로 가장 높은 값을 나타내었다.

시용수준 평균 건물생산효율은 1993년이 7.6 kg, 1994년이 11.2 kg, 1995년이 8.9 kg으로 1994년에서 가장 높았고, 시용수준별 연간 평균 건물생산효율은 150 kg과 450 kg ha⁻¹ yr⁻¹ 수준에서 10.0 kg을 나타내어 가장 높았다.

3. 예취빈도별 시용수준에 따른 예취번초의 연간 평균 건물수량

예취빈도별 시용수준에 따른 예취번초의 연간 평균 건물수량을 나타낸 것이 표 4이다.

1) 3회 예취구

1번초에서는 시용수준이 높아짐에 따라 건물수량은 증대되어 120 kg ha⁻¹ cut⁻¹ 시용수준에서 3.79 ton ha⁻¹으로 가장 많았고, 2번초에서는 90 kg ha⁻¹과 120 kg ha⁻¹ cut⁻¹ 수준에서 각각 4.34 ton과 4.96 ton ha⁻¹으로 가장 많았으나, 3번초에서는 시용수준간에 유의한 차이가 인정되지 않았다. 시용수준 평균 건물수량은 1번초에서 2.77 ton, 2번초에서 4.13 ton, 3번초에서 3.94 ton ha⁻¹으로, 1번초에서 유의하게 낮은 건물수량을 나타내었다. 각 예취번초의 평균 건물수량을 연간 평균 건물수량에 대한 상대수량으로 나타내면, 1번초가 25.6%, 2번초가 38.1%, 3번초가 36.3%로 2번초가 가장 높았다.

2) 4회 예취구

1번초에서는 90 kg과 120 kg ha⁻¹ cut⁻¹ 수준에서

Table 4. Dry matter yield of reed canarygrass at each cut in different cattle slurry N level and cutting frequency

Cutting frequency	Cattle slurry N (ha ⁻¹ cut ⁻¹)	Dry matter yield (ton ha ⁻¹)					Total
		1st cut	2nd cut	3rd cut	4th cut	5th cut	
3 Cuttings	0 kg	1.96 ^d	3.44 ^e	3.37 ^a			8.78 ^d
	30 kg	2.38 ^e	3.98 ^{bc}	3.78 ^{ab}			10.15 ^e
	60 kg	2.66 ^e	3.93 ^{bc}	3.80 ^{ab}			10.39 ^e
	90 kg	3.06 ^b	4.34 ^{ab}	4.39 ^a			11.79 ^b
	120 kg	3.79 ^a	4.96 ^a	4.35 ^a			13.10 ^a
	Mean	2.77 ^b	4.13 ^a	3.94 ^a			
	*RY (%)	25.6	38.1	36.3			
4 Cuttings	0 kg	0.93 ^e	1.63 ^b	3.53 ^d	1.32 ^d		7.42 ^e
	30 kg	1.26 ^{bc}	2.63 ^a	4.00 ^{cd}	1.87 ^{bc}		9.79 ^b
	60 kg	1.46 ^b	2.67 ^a	4.30 ^{bc}	1.74 ^c		10.14 ^b
	90 kg	1.93 ^a	3.32 ^a	4.95 ^{ab}	2.30 ^a		12.50 ^a
	120 kg	2.09 ^a	3.27 ^a	5.24 ^a	2.24 ^{ab}		12.83 ^a
	Mean	1.53 ^e	2.70 ^b	4.40 ^a	1.89 ^c		
	*RY (%)	14.5	25.7	41.8	18.1		
5 Cuttings	0 kg	0.70 ^b	1.69 ^e	2.32 ^e	2.64 ^b	0.68 ^b	8.03 ^d
	30 kg	0.82 ^b	1.98 ^e	2.86 ^b	3.19 ^a	0.68 ^b	9.53 ^e
	60 kg	0.88 ^b	2.65 ^b	3.23 ^{ab}	3.31 ^a	0.77 ^b	10.83 ^b
	90 kg	1.12 ^a	3.35 ^a	3.53 ^a	3.64 ^a	0.88 ^{ab}	12.52 ^a
	120 kg	1.28 ^a	3.58 ^a	3.30 ^{ab}	3.33 ^a	1.06 ^a	12.56 ^a
	Mean	0.96 ^e	2.65 ^b	3.05 ^a	3.22 ^a	0.81 ^c	
	*RY (%)	9.0	24.8	28.5	30.1	7.6	

* RY: relative yield of each cut to annual dry matter yield.

Within columns, mean followed by the same letter are not significantly different from each other(p=0.05).

각각 1.93 ton과 2.09 ton ha⁻¹으로, 다른 시용수준의 건물수량보다 유의하게 많았다. 2번초에서는 무시용구를 제외한 다른 시용수준간의 건물수량은 2.63~3.32 ton ha⁻¹의 범위를 나타내었으나 유의한 차이는 없었다. 3번초에서는 90 kg ha⁻¹ cut⁻¹에서 4.95 ton ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹ cut⁻¹ 수준에서 5.24 ton ha⁻¹으로 다른 시용수준보다 유의하게 많았고, 4번초에서는 시용수준간에 거의 비슷한 건물수량을 나타내었다. 예취번호별 시용수준 평균 건물수량은 1번초가 1.53 ton, 2번초가 2.70 ton, 3번초가 4.40 ton, 4번초가 1.89

ton ha⁻¹으로 3번초의 건물수량이 유의하게 많았다. 각 예취번호의 평균 건물수량을 상대수량으로 나타내면, 1번초가 14.5%, 2번초가 25.7%, 3번초가 41.8%, 4번초가 18.1%였다.

3) 5회 예취구

1번초에서는 90 kg과 120 kg ha⁻¹ cut⁻¹ 수준에서 각각 1.12 ton과 1.28 ton ha⁻¹의 건물수량을 나타내어, 다른 시용수준보다 유의하게 많았고, 2번초에서도 같은 경향을 나타내어 90 kg과 120 kg ha⁻¹ cut⁻¹

수준에서 3.35 ton과 3.58 ton ha⁻¹으로 유의하게 많았다. 3번초에서는 60 kg ha⁻¹ cut⁻¹ 이상의 수준에서 건물수량이 많았고, 4번초에서는 무시용구를 제외한 시용수준의 건물수량이 유의하게 많았다. 5번초에서는 무시용구에서 90 kg ha⁻¹ cut⁻¹ 수준까지는 0.68~0.88 ton ha⁻¹ 범위의 건물수량이었으나, 120 kg ha⁻¹ cut⁻¹ 수준에서는 1.06 ton ha⁻¹을 나타내었다. 예취빈도별 시용수준 평균 건물수량은 1번초에서 0.96 ton, 2번초 2.65 ton, 3번초 3.05 ton, 4번초 3.22 ton, 5번초에서 0.81 ton ha⁻¹으로, 3번초와 4번초의 건물수량이 유의하게 많았다. 각 예취빈도의 상대수량은 1번초가 9.0%, 2번초가 24.8%, 3번초가 28.5%, 4번초가 30.1%, 5번초가 7.6%였다.

4. 예취빈도별 액상구비의 경제적 시용수준, 한계건물수량, 한계시용 수준 및 최대 건물수량의 연간차이

예취빈도별 액상구비의 경제적 시용수준, 한계건물수량, 한계시용 수준 및 최대건물 수량의 연간차이를 나타낸 것이 표 5이다.

1) 3회 예취구

경제적 시용수준(Necon.)은 1993년에 213.1~237.5 kg ha⁻¹ yr⁻¹의 범위였으나, 1994년에는 107.2~151.0 kg ha⁻¹ yr⁻¹으로 낮았고, 1995년도에는 462.7~525.3 kg ha⁻¹ yr⁻¹으로, 가장 높은 범위를 나타내어 재배

Table 5. Economical border, economic N level, marginal dry matter yield, limiting N level and maximum dry matter yield in each cutting frequency

Cutting frequency	Economical border (kg DM kg ⁻¹ N)	Economic N level (Necon, kg ha ⁻¹)	Marginal DM yield (Ymar, ton ha ⁻¹)	Limiting N level (Nmax, kg ha ⁻¹)	Maximum DM yield (Ymax, ton ha ⁻¹)
3 Cuttings					
1993	dy/dx=16~12	213.1~237.5	9.5~10.0	458.8	22.0
1994	dy/dx=16~12	107.2~151.0	9.6~10.0	420.2	14.0
1995	dy/dx=16~12	462.7~525.3	15.4~16.3	653.1	17.1
Mean	dy/dx=16~12	261.0~304.6	11.5~12.1	510.7	15.7
4 Cuttings					
1993	dy/dx=12~10	94.8~109.8	6.4~ 8.5	1,296.5	12.5
1994	dy/dx=12~10	359.1~375.7	12.4~12.6	440.6	12.9
1995	dy/dx=12~10	353.1~423.2	12.4~13.4	574.1	16.3
Mean	dy/dx=12~10	205.8~302.9	10.4~11.5	770.4	13.9
5 Cuttings					
1993	dy/dx=10~8	371.0~402.2	13.8~14.2	489.3	13.3
1994	dy/dx=10~8	160.3~236.9	9.0~ 9.7	666.3	13.2
1995	dy/dx=10~8	380.1~424.4	10.5~10.9	530.6	11.3
Mean	dy/dx=10~8	303.8~354.5	11.1~11.6	562.1	12.6

연도에 따라서 변이의 폭이 컸다. 연간 평균 경제적 사용수준의 범위는 261.0~304.6 kg ha⁻¹ cut⁻¹이었다. 한계건물수량(Ymar.)은 1993년과 1994년에 9.5~10.0 ton ha⁻¹의 범위였으나, 1995년에는 15.4~16.3 ton ha⁻¹으로 가장 많았다. 한계사용수준(Nmax.)은 1995년에 653.1 kg ha⁻¹ yr⁻¹으로 가장 높았으나, 최대 건물수량(Ymax.)은 17.1 ton ha⁻¹을 나타내어, 1993년도의 한계 사용수준인 458.8 kg ha⁻¹ yr⁻¹에서 얻어진 22 ton ha⁻¹보다 적었다.

또한 한계 건물수량은 11.5~12.1 ton ha⁻¹ yr⁻¹의 범위였고, 최대 건물수량은 15.7 ton ha⁻¹이었다.

2) 4회 예취구

경제적 사용수준(Necon.)은 1993년에 94.8~109.8 kg ha⁻¹ yr⁻¹의 범위를 나타내어 1994년과 1995년도보다 1/3 이하의 수준에 불과하였으나, 한계사용수준(Nmax.)은 1,296.5 kg ha⁻¹ yr⁻¹을 나타내어, 1994년의 440.6 kg ha⁻¹ yr⁻¹보다 2배 이상 높은 수준이었다. 최대 건물수량(Ymax.)은 1993년과 1994년에는 각각 12.5 ton ha⁻¹과 12.9 ton ha⁻¹으로 비슷하였으나, 1995년에는 16.3 ton ha⁻¹으로 가장 높은 건물수량을 나타내었다. 또한 연간 평균 경제적 사용수준은 205.8~302.9 kg ha⁻¹ yr⁻¹의 범위였고, 한계 건물수량은 10.4~11.5 ton ha⁻¹의 범위였다. 한계 사용수준은 770.4 kg ha⁻¹ yr⁻¹으로 최대 건물수량은 13.0 ton ha⁻¹이었다.

3) 5회 예취구

경제적 사용수준(Necon.)은 1993년과 1995년에는

각각 371.0~402.2 kg ha⁻¹ yr⁻¹과 380.1~424.1 kg ha⁻¹ yr⁻¹의 범위를 나타내어 거의 비슷한 수준이었으나, 1994년도에는 160.3~236.9 kg ha⁻¹ yr⁻¹로 가장 낮았다. 한계건물수량(Ymar.)은 1993년에 13.8~14.2 ton ha⁻¹, 1994년에 9.0~9.7 ton ha⁻¹ 그리고 1995년에 10.5~10.9 ton ha⁻¹을 나타내어 1994년에 가장 낮았다.

한계사용수준(Nmax.)은 1994년에 666.3 kg ha⁻¹ yr⁻¹으로 가장 높았고, 다음으로 1995년의 530.6 kg ha⁻¹ yr⁻¹ 그리고 1993년의 489.3 kg ha⁻¹ yr⁻¹의 순이었고, 최대건물수량(Ymax.)은 1993년과 1994년에 각각 13.3 ton과 13.2 ton ha⁻¹으로 비슷하였으나, 1995년에는 11.3 ton ha⁻¹으로 가장 낮았다. 연간 평균 경제적 사용수준은 303.8~354.8 kg ha⁻¹ yr⁻¹의 범위였고, 한계건물수량은 11.1~11.6 ton ha⁻¹의 범위였다. 또한 한계사용수준은 562.1 kg ha⁻¹ yr⁻¹였고, 최대건물수량은 12.6 ton ha⁻¹이었다.

5. 예취빈도별 예취번호의 평균 경제적 사용수준

예취빈도별 예취번호의 평균 경제적 사용수준을 나타낸 것이 표 6이다.

3회 예취구의 경제적 사용수준은 1번호가 71.7~85.9 kg ha⁻¹ yr⁻¹, 2번호가 87.3~94.5 kg ha⁻¹ yr⁻¹, 3번호가 67.9~95.0 kg ha⁻¹ yr⁻¹의 범위를 나타내어, 모든 예취번호에서 거의 균등한 수준을 나타내었다. 4회 예취구에서는 1번호가 70.4~88.4 kg ha⁻¹ yr⁻¹, 2번호가 55.1~63.4 kg ha⁻¹ yr⁻¹, 3번호가 109.4~119.8 kg ha⁻¹ yr⁻¹, 그리고 4번호가 14.3~30.2 kg ha⁻¹ yr⁻¹

Table 6. Economical N level at each cut in different cutting frequency

Economical border (kg DM kg ⁻¹ N)	Economical N level (N econ. kg ha ⁻¹)				
	1st Cut	2nd Cut	3rd Cut	4th Cut	5th Cut
3 Cuttings					
dy/dx = 16~12	71.7~ 85.9	87.3~ 94.5	67.9~ 95.0		
4 Cuttings					
dy/dx = 12~10	70.4~ 88.4	55.1~ 63.4	109.4~119.8	14.3~30.2	
5 Cuttings					
dy/dx = 10~8	50.9~110.7	103.1~105.9	67.7~ 73.8	51.4~60.4	59.3~125.2

의 범위로서 3번초 > 1번초 > 2번초 > 4번초의 순으로 높았다. 5회 예취구에서는 1번초가 50.9~110.7 kg ha⁻¹ yr⁻¹, 2번초가 59.3~125.2 kg ha⁻¹ yr⁻¹, 3번초가 67.7~73.8 kg ha⁻¹ yr⁻¹, 4번초가 51.4~60.4 kg ha⁻¹ yr⁻¹, 그리고 5번초가 59.3~125.2 kg ha⁻¹ yr⁻¹의 범위를 나타내어, 예취번초에 따라서 차이가 인정되었다.

IV. 고 찰

조사료 생산을 위한 액상구비의 사용은 식물체의 생육을 위한 무기양분의 공급효과와 함께 토양으로의 유기물 환원으로 토양의 비옥도를 증진시키는 토양개량 효과를 얻을 수 있고, 자원의 재활용에 의하여 환경오염원을 최소화시키는데 목적이 있다고 생각된다(Long과 Gracey, 1990; 조 등, 1996).

특히 유희논토양에 다년생 목초를 도입하여 조사료를 생산할 경우, 재배년도와 초지의 이용방법에 따라서 액상구비의 사용량에 큰 차이가 인정되므로(이 등, 1994; 이 등, 1995b; 조 등, 1996), 단기간을 통한 액상구비의 사용효과와 예취빈도에 따른 적정 액상구비 사용량의 추정은 질소 이용효율을 높여 단위면적당 건물수량의 증대에 중요하다고 생각된다.

Reed canarygrass의 건물수량은 재배년도와 예취빈도에 따른 사용수준간에서 큰 차이가 인정되었다(표 2). 재배년도에 따른 건물수량은 모든 예취빈도에 있어서 기상조건이 양호하였던 1993년도의 건물수량이 다른 재배년도보다 많았다(표 2). 즉, 1993년의 기상조건은 월 평균기온과 강수량에서 지난 30년간(1961~1990년)의 기상조건과 거의 비슷하였지만, 1994년은 4월부터 10월까지의 월 평균기온이 30년간의 평균치보다 높았고, 월 강수량은 6월부터 8월까지의 매우 적어서 고온 건조한 기상조건을 나타내었다. 또한 1995년에는 월 평균기온은 30년간의 평균기온과 큰 차이가 없었지만, 월 강수량은 30년간의 월 평균 강수량보다 4월부터 6월까지의 적었으나, 7월부터 10월까지의 지나치게 많은 강수량을 나타내어 계절적인 분포가 고르지 못하였다.

1993년의 모든 예취빈도에서 사용수준 평균 건물수량이 많았지만 사용수준간 건물수량에서 유의한

차이가 인정되지 못하였던 것은 토양수분이 충분하고 적당한 온도와 일사량의 조건에서는 일정수준 이상의 액상구비의 사용에 의하여 유의하게 건물수량이 증대될 수 있다는 것을 의미한다(李와 楠谷, 1981ab).

또한 1994년과 1995년의 사용수준 평균 건물수량은 고온건조한 생육조건에서 액상구비의 높은 사용수준에서만 건물수량이 유의하게 증가하였고(표 2), 건물생산효율이 상대적으로 높았으며(표 3), 모든 예취빈도에서 여름철이 생육기간이었던 예취번초의 상대수량이 가장 높아져서(표 2), 단위면적당 건물수량의 증대를 위하여 높은 수준의 액상구비의 사용이 유리하였다는 것을 의미한다.

즉, 고온건조한 기상조건에서 예취빈도가 높은 4회와 5회 예취구에서의 액상구비 소량사용은 암모니아태 질소의 휘산으로 사용효과가 저하된 반면에, 대량사용은 초지 토양표면을 건조된 유기물층으로 두껍게 집적시켜 목초의 재생을 불량하게 하고 바랭이(*Digitaria sanguinalis*)와 같은 호질소성 잡초의 발생을 증가시켜 초지의 식생균형을 파괴하고 단위면적당 건물수량만을 증가시킨 원인이 되었다고 생각된다. 이와 관련하여 Pains와 Thompson(1989), Schectner 등(1980)은 고온건조한 생육조건에서 다량의 액상구비의 사용에 의하여 암모니아태 질소의 휘산에 의한 질소 성분량의 감소가 일어난다고 하였고, Prins와 Snijders(1989)는 여름철 고온건조한 기상조건에서 다량의 액상구비의 사용이 초지토양을 피복시켜 식물체의 생육을 저해한다고 하였으며, 이 등(1995a)은 고온건조한 기상조건에서 액상구비를 다량으로 사용할 경우, 목초의 식생비율이 감소하는 대신에 비름(*Amaranthus mangostanus*), 쇠비름(*Portulaca oleracea*), 바랭이(*Digitaria sanguinalis*)와 같은 호질소성 잡초의 비율이 높아져 단위면적당 건물수량을 증가시킨다고 하였다. 또한 Marahrens(1984), Nosberger와 Opitz(1986)는 다량의 액상구비의 사용은 초지의 식생균형을 파괴한다고 하였고, Thalmann(1987)은 액상구비의 사용에 의한 식생균형의 파괴가 건물수량의 사료가치를 저하시켜 채식 기호성에 영향을 미친다고 하였다.

예취빈도별 액상구비의 사용수준에 따른 연간 평균 건물수량은 3회 예취구가 연간 360 kg ha^{-1} 의 사용수준에서 $13.10 \text{ ton ha}^{-1}$, 4회 예취구가 연간 $360\sim 480 \text{ kg ha}^{-1}$ 의 사용수준에서 $12.50\sim 12.83 \text{ ton ha}^{-1}$ 그리고 5회 예취구가 연간 $450\sim 600 \text{ kg ha}^{-1}$ 의 사용수준에서 $12.52\sim 12.56 \text{ ton ha}^{-1}$ 의 건물수량을 나타내어 다른 사용수준의 건물수량보다 유의하게 많았다. 이상의 결과는 유희논토양에서 reed canarygrass를 재배하여 건물수량을 증가시키기 위해서는 연간 예취빈도를 3회로 하고, 액상구비의 사용량을 연간 360 kg ha^{-1} 수준으로 하는 것이 유리하다는 것을 의미한다. 그러나 액상구비의 사용이 초지환경에 미치는 부작용을 최소화하면서, 양호한 식생균형을 통한 영속성의 유지와 사료가치가 높은 건물수량을 얻기 위해서는 액상구비의 경제적 사용수준을 추정하는 것이 중요하다고 생각된다(Jo, 1989). 예취빈도별 경제적 사용수준을 추정할 결과, 재배년도와 예취빈도에 따라서 큰 차이가 인정되었다(표 5, 6). 액상구비의 사용을 통하여 단위면적당 건물수량을 효율적으로 얻기 위해서는 경제적 사용수준이 낮은 조건에서 한계수량이 많아야 하고, 낮은 한계사용 수준에서 최대건물 수량을 얻을 수 있어야 하며, 예취빈도별 경제적 사용수준이 낮고 균등하다는 조건이 이상적이라고 생각된다. 이상의 조건을 충족시킬 수 있는 예취빈도는 3회 예취구로 추정되었고, 예취빈도의 경제적 사용수준은 모두 100 kg ha^{-1} 미만을 나타내었다(표 5, 6). 따라서 액상구비의 사용수준을 연간 300 kg ha^{-1} 이내로 하고 예취빈도를 적게 하여 목초의 생육기간을 길게 하는 것이 건물생산 효율을 높여, 목초의 생육을 촉진시키므로 식생균형의 유지와 호질소성 잡초의 발생을 억제하여 목초의 건물수량을 증가시킬 수 생각된다. 이 등(1993)은 연간 3~4회의 예취빈도에서 orchardgrass의 건물수량을 높이기 위한 적정 액상구비의 사용량은 질소 성분량으로 $240\sim 270 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 의 범위라고 하였다.

V. 적 요

유희논토양에서 reed canarygrass를 재배하였을 때

액상구비의 단기간(3년간) 사용효과를 조사하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 모든 예취빈도에서 1993년의 건물수량이 다른 재배년도보다 많았다.
2. 액상구비의 사용수준별 평균 건물수량은 3회 예취구의 $360 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 수준에서 $13.10 \text{ ton ha}^{-1}$, 4회 예취구의 $360\sim 480 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 수준에서 $12.50\sim 12.83 \text{ ton ha}^{-1}$, 5회 예취구의 $450\sim 600 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 수준에서 $12.52\sim 12.56 \text{ ton ha}^{-1}$ 로 유의하게 많았다.
3. 건물생산 효율($\text{kg DM kg}^{-1} \text{ N}$)은 액상구비의 사용수준과 예취빈도가 높을수록 낮아지는 경향이었다. 3회 예취구의 $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 수준에서 15.2 kg , 4회 예취구의 $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 수준에서 19.8 kg , 5회 예취구의 $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 수준에서 10.0 kg 을 나타내어 건물생산 효율이 가장 높았다.
4. 예취빈도별 상대수량은 3회 예취구의 2번초가 38.1%, 4회 예취구의 3번초가 41.8%, 5회 예취구의 4번초가 30.1%로 가장 높았다.
5. 액상구비의 경제적 사용수준의 범위는 연간 평균 3회 예취구에서 $261.0\sim 304.6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, 4회 예취구에서 $205.8\sim 302.9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, 5회 예취구에서 $303.8\sim 354.4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 로 추정되었고 이때 얻어지는 한계수량은 3회 예취구에서 $11.5\sim 12.1 \text{ ton ha}^{-1}$, 4회 예취구에서 $10.4\sim 11.5 \text{ ton ha}^{-1}$, 5회 예취구에서 $11.1\sim 11.6 \text{ ton ha}^{-1}$ 으로 추정되었다.
6. 예취빈도의 경제적 사용수준의 범위는 3회 예취구에서 $67.9\sim 95.0 \text{ kg ha}^{-1}$, 4회 예취구에서 $14.3\sim 119.8 \text{ kg ha}^{-1}$, 5회 예취구에서 $50.9\sim 125.2 \text{ kg ha}^{-1}$ 였다.
7. 건물수량에 대한 액상구비의 사용효과가 가장 높았던 예취빈도는 3회 예취구였다.

VI. 인용 문헌

1. Christie, P. 1987. Some long term effects of slurry on grassland. J. Agric. Sci. Camb., 108:529-541.
2. Frame, J. and M.W. Morrison. 1991. Herbage productivity of prairie grass, reed canarygrass and phalaris. Grass and Forage Sci. 46:417-425.

3. Jo, I.H. 1989. Wirksamkeit der mineralischen Stockstoffdüngung auf Ertrag und Pflanzenbestand des Grünlandes im österreichischen Alpenraum. Diss. Univ. Bodenkultur, Wien.
4. Long, F.N.J. and H.I. Gracey. 1990. Herbage production and nitrogen recovery from slurry injection and fertilizer nitrogen application. *Grass and Forage Sci.* 45:77-82.
5. Maeda, Y. and H. Takenaga. 1993. Salt tolerance of reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.) grown on soil perfused with urine. *J. Japan Grassland Sci.* 39:116-119.
6. Marahrens, U. 1984. Fehler bei der Gülleausbringung vermeiden! DLG-Mitteilungen. Spezial Grünland:22-23.
7. Nosberger, J. und W. Opitz. 1986. Grundfutterproduktion. Paul Parey. Berlin und Hamburg 85-86:111-112.
8. Pains, B.F. and R.B. Thompson. 1989. Ammonia volatilization from livestock slurries applied to land. Proc. Intl. seminar on nitrogen in organic wastes applied to soils. In: J. A. Hansen and K. Henrikson(eds). Nitrogen in organic wastes applied to soils. Academic Press. London.
9. 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.G., Unwin, R.J., Van Dijk, T.A. and Ennick, G. C.(eds). Animals manure on grassland and fodder crops, fertilizer or waste? pp. 119-135. Dordrecht: Martinus Nijhoff.
10. Quin, B.F. 1979. A comparison of nutrient removal by harvested reed canarygrass and ryegrass-clover plots irrigated with treated sewage effluent. *New Zealand J. of Agricultural Research* 22:291-302.
11. Schechtner, G., H. Tunney, G.H. Arnold and J.A. Keuning. 1980. Positive and negative effects of cattle manure on grassland with special reference to high rates of application. Proc. Intl. Symp. Eur. Grassland Fed. on the role of nitrogen in intensive grassland production. Wageningen. 1980. Pudoc, Wageningen.
12. Studdy, C.D., R.M. Morris and I. Ridge. 1995. The effect of separated cow slurry liquor on soil and herbage nitrogen in *Phalaris arundinacea* and *Lolium perenne*. *Grass and Forage Sci.* 50:106-111.
13. Thalman, H. 1982. Güllebelüftung-Abschlussbericht der Projektgruppe im Bayerischen Staatsministerium für Ernährung Landwirtschaft und Forsten. München.
14. 前田良之, 竹本 圭, 麻生末雄, 武長 廣. 1995. 牛尿流入土壤に生育するリードカナリ-グラス (*Phalaris arundinacea* L.)의耐鹽性と草體中のカチオンおよび遊離アミノ酸含量との關係. *日草誌*, 41(1):60-66.
15. 齊藤元也, 木村 武, 倉島健次. 1989. 圃場還元液狀きゆ肥からのアンモニア揮散量の推定と酸添加による揮散の低減法. *草地試験場研究報告* 41: 1-9.
16. 농림부. 1997. 주요농업통계
17. 李柱三, 楠谷彰人. 1981a. 섬바디의 생태학적 연구. 제 2보. 건물생산에 미치는 질소의 영향과 생산성의 계절간 비교. *한초지* 23(6):441-448.
18. 李柱三, 楠谷彰人. 1981b. 섬바디의 생태학적 연구. 제 3보. 기상요인과 계절생산성과의 관계. *한초지* 23(6):449-453.
19. 이주삼, 임상곤, 정재춘. 1993. 무기태질소와 액상구비의 사용수준이 orchardgrass의 건물수량에 미치는 영향. *한국유기성자원화협의학회지* 1(2):275-286.
20. 이주삼, 조익환, 김성규, 안중호. 1994. 유희 논토양에서 조사료 생산을 위한 적정 액상구비 사용수준의 추정. I. 액상구비의 사용이 reed canarygrass의 연 건물수량에 미치는 영향. *한국초지학회지* 14(1):50-56.
21. 이주삼, 김성준, 권진욱. 1995a. 무기태질소와 액상구비의 사용수준이 orchardgrass 초지의 건물수량과 식생구성에 미치는 영향. *한초지* 15(1): 43-51.
22. 이주삼, 조익환, 안중호, 김성규. 1995b. 유희 논토양에서 가축분뇨를 이용한 조사료의 생산. *한초지* 15(3):175-185.
23. 조익환, 이주삼, 김성규, 안중호. 1996. 액상구비의 사용수준에 대한 reed canarygrass의 반응. *한국유기성폐기물자원화협의학회지* 4(1):33-42.