

유휴 논토양에서 가축분뇨를 이용한 조사료의 생산

이주삼 · 조익환* · 안종호 · 김성규**

Application of Animal Excreta for Forage Production on Uncultivated Rice Paddy

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

Summary

This experiment was carried out to investigate the optimum rates of animal excreta(cattle slurry-N) for the highest dry matter production and improve the nutritive values of reed canarygrass with different cutting frequency.

The results are summarized as follows;

1. The highest relative dry matter yields for annual dry matter yield were 42.2% and 45.2% at 3rd cut in 3 and 4 cuttings, and 34.7% at 4th cut in 5 cuttings, respectively.
2. The annual dry matter yields of non slurry-N application plot showed were from 6.8 tons to 8.0 tons/ha in all cutting frequencies. The highest annual dry matter yield obtained was in 3 cuttings.
3. The annual dry matter yield increased with an increase of applied rates of slurry-N in all cutting frequencies. Annual dry matter yield was produced by 3.3 tons/ha at rates of 90 kg N/ha/cut in 3 cuttings, and more 1.7 tons/ha and 2.4 tons/ha at rates of 30 kg N/ha/cut in 4 and 5 cuttings than that of non slurry-N application plots.
4. The contents of crude protein were 12.01% and 15.0% at rates of 90 kg N/ha/cut in 3 and 4 cuttings, and 16.59% at rates of 120 kg N/ha/cut in 5 cuttings, respectively.
On the contrary, the content of acid detergent fibre(ADF) showed the lowest values at same rates of slurry-N application in each cutting.
5. The average content of crude protein was significantly increased with cutting frequencies, and they were 11.43%, 13.53% and 15.53% in 3, 4 and 5 cuttings, respectively.
The average contents of acid detergent fibre(ADF) were 40.27%, 40.53% and 37.06% in 3, 4 and 5 cuttings. The values of 5 cuttings were significantly lower than other cutting frequencies, but the values of acid detergent fibre(ADF) was not significantly different between 3 and 4 cuttings.
6. The efficiency of dry matter production to slurry-N application rates showed the highest values of 18.9 kg and 15.7 kg DM/kg N at rates of 30 kg N/ha/cut in 3 and 5 cuttings, and 16.3 kg DM/kg N at rates of 90 kg N/ha/cut in 4 cuttings.
The efficiency of total nitrogen yield to slurry-N application rates were the highest values of 0.51 kg and 0.43 kg TN/kg N at rates of 30 kg N/ha/cut in 4 and 5 cuttings, and 0.52 kg TN/kg N at rates of 90 kg N/ha/cut in 3 cuttings, respectively.

“본 연구는 1994년도 대산농촌문화재단의 연구비에 의하여 수행되었다.”

연세대학교 문리대학(College of Liberal Arts & Sciences, Yonsei Univ., Wonju 220-701, Korea)

* 대구대학교 자연자원대학(College of Natural Resource, Taegu Univ., Kyungsan 713-714, Korea)

** 삼육대학교 낙농자원학과(Dept. of Dairy Resource Science, Samyook Univ., Seoul, 139-742, Korea)

7. The ranges of economic slurry-N rates were estimated as the 107.2~151.0 kg/ha, 359.1~375.7 kg/ha and 160.3~236.9 kg/ha in 3, 4 and 5 cuttings, and marginal dry matter yields were 9.6~10.0 tons/ha, 12.4~12.6 tons/ha and 9.0~9.7 tons/ha in 3, 4 and 5 cuttings, respectively.
8. The limiting slurry-N application rates to maintain the highest dry matter yields were estimated to be 420.0 kg/ha, 440.6 kg/ha and 666.3 kg/ha in 3, 4 and 5 cuttings.

I. 서 론

최근 사회적으로는 3D 기피현상이 만연되고 UR타 결과 세계무역기구(WTO)체제가 출범되면서 농업에 대한 위기감이 고조되었으며 그에 따른 영농의욕의 상실은 농촌에서 이농율의 증가와 함께 경작지의 유희화가 급속히 진행되고 있는 실정이다. 즉, 1992년도에 유희지화된 경작지의 면적은 85,000ha로 추정되고 있으나 이중 노동력의 부족에 의하여 유희지화된 경작지의 면적은 무려 30,000ha에 달하고 있어 앞으로 영농조건이 불량한 경작지까지를 포함시킨다고 하면 향후 10년 동안 전체 경작지의 약 1/4인 50~60만 ha의 경지가 유희화 될 것으로 추정된다(이 등, 1994a, 이와 조, 1994).

이러한 유희농토양을 식량증산과 농지보전의 차원에서 효율적으로 활용하기 위해서는 재배경비가 저렴하고 노동력이 절감되며 기계화가 가능한 작목의 선정이 필요하다고 생각된다.

특히 우리나라의 축산농가(젖소와 한우 사육농가)의 대부분은 영농규모가 영세하고 경지면적이 협소하여 조사료의 생산량이 절대적으로 부족하여 농후사료 위주의 사양체계를 유지하고 있어 생산비 증가와 함께 가축의 경제적 수명을 단축시켜 생산 효율을 저하시키는 구조적인 문제점을 안고 있어 안정적인 조사료의 확보가 무엇보다도 중요하다. 따라서 매년 증가될 것으로 전망되는 유희지를 활용하여 조사료를 값싸게 대량으로 생산하기 위해서는 기계화에 적합하며 불량환경에 대한 적응성이 뛰어나고 건물생산성이 높은 reed canarygrass와 같은 영년생 목초의 도입이 필요하다고 생각된다(Frame과 Morrison, 1991; Kolton 등, 1989; 이 등, 1993).

한편 최근의 낙농경영이 다두사육 중심으로 변화됨에 따라서 가축분뇨의 발생량이 급증하고 있으나, 이를 효율적으로 재활용하지 못하여 귀중한 자원을

낭비하고 있는 것은 물론 심각한 환경오염원이 되고 있는 실정이다. 그러나 축산농가에서는 조사료의 생산을 주로 화학비료(특히 질소)에 의존하고 있어 토양이 산성화되고, 호질소성 잡초의 증가 및 식물체에 서의 질산태 질소의 집적과 토양에서의 용탈등 비경제적인 시비관리가 이루어져 온 것이 현실이다(Jo, 1989).

이러한 문제점을 해소하기 위하여 선진 낙농국가에서는 오래전부터 농가자급비료의 생산에 의한 순환 초지경영방법을 도입하고 있다. 즉, 전년도에 얻어진 가축분뇨의 혼합물을 충분히 발효시킨 후 이듬해 유기질 비료로써 토양에 환원시켜 초지의 생산성을 향상시키므로 단위면적당 조사료의 생산비를 절감할 수 있어 낙농경영에 크게 도움이 된다.

일반적으로 가축분뇨(액상구비)의 시용은 토양으로의 유기물 환원과 식물생육을 위한 무기양분의 공급원이 되므로 토양비옥도의 증진에 크게 기여한다(Long과 Gracey, 1990; Wilkinson, 1979). 그러나 가축분뇨(액상구비)의 지나친 사용은 토양에서의 염기간 불균형, 염해 및 토양으로부터의 양분 유실을 초래할 수 있으므로 초지의 생산성 향상을 위한 비료자원으로서의 이용과 환경오염원을 감소시킬 수 있는 유효한 방법으로서 적절한 가축분뇨의 시용기술체계의 확립이 요구된다(Buchgraber, 1983; Schechtner, 1978).

이상과 같은 관점에서 본 연구에서는 점차적으로 확대되어 가는 유희 농토양에서 조사료를 생산할 목적으로 reed canarygrass를 재배하였을 때, 예취빈도와 액상구비의 시용수준의 차이가 건물수량과 주요영양성분의 변화에 미치는 영향을 검토하여 적정 예취빈도와 액상구비의 시용수준을 추정하므로 농지보전효과를 높이고 가축분뇨의 자원화를 통한 환경오염을 감소시켜 안정된 조사료의 생산기반 확대와 생산성의 향상에 기여할 수 있는 가축분뇨의 시용기술체계를 확립시키고자 한다.

II. 재료 및 방법

본 실험은 경기도 미금시 소재 미금농장의 논토양에 조성된 reed canarygrass(var. Venture)의 영년채초지에서 실시되었다.

실험구 면적은 처리당 4 m²(2m×2m)로 하였고, 주구(主區)에는 연간 예취회수를 3, 4 및 5회로 한 3수준의 예취빈도를 세구(細區)에는 예취시마다 ha당 액상구비(우분뇨를 혼합, 발효시킨 것으로 건물함량은 10%, 전질소 함량은 0.4%)를 질소성분량으로 0, 30, 60, 90 및 120 kg을 사용하는 5수준을 설정하여 3반복의 분할구 시험법으로 배치하였다.

조사는 예취빈도별 처리구에서 예취시기에 따른 단위면적당의 생초수량을 측정 한 후, 이들 중 일부(약 500 g)를 건조기내에서 80℃로 48시간 건조 후 건물수량을 구하여 단위면적당의 건물수량을 산출하였다. 또한 건물수량의 일부는 분쇄하여 조단백질함량과 전 질소함량(AOAC, 1980)을 구하여 단위면적당 조단백질수량과 전 질소량을 산출하였고, ADF함량은 Georing과 Van Soest(1970)법에 의하여 구하였다.

한편 예취빈도별 액상구비의 사용수준에 따른 건물수량의 시비반응곡선을 응용하여 한계 액상구비의 사용수준(limiting slurry-N level)과 경제적 액상구비의 사용수준(economic slurry-N level)을 추정하였으며, 액상구비의 질소이용효율은 건물생산효율(DM kg/kg N)과 전 질소량(TN/kg/kg N)으로 평가하였다.

III. 결 과

1. 예취빈도별 액상구비의 사용수준에 따른 건물수량의 변화

예취빈도별 액상구비의 사용수준에 따른 건물수량의 변화를 나타낸 것이 표 1이다.

1) 3회 예취구

1번초의 건물수량은 액상구비의 사용수준이 높아짐에 따라서 지속적인 증가경향을 나타내었는데, 90 kg과 120 kg N/ha/cut의 수준에서는 각각 2.53 ton과 3.10 ton/ha의 건물수량을 나타내어 무시용구(0 kg/ha)의 1.47 ton/ha 보다 유의한 건물수량의 증가를 나타내었다.

2번초의 건물수량은 120 kg N/ha/cut의 수준에서 무시용구와 유의한 차이가 인정되었으나, 30~90 kg N/ha/cut의 사용수준간에서는 건물수량의 유의한 차이가 인정되지 않았다.

3번초에서는 90 kg N/ha/cut 수준에서만 무시용구보다 유의한 건물수량을 나타내었으나 120 kg N/ha/cut 수준에서는 건물수량이 저하되었다.

예취빈도간의 건물수량을 비교하면 사용수준 평균 1번초에서는 2.20 ton/ha, 2번초에서는 3.68 ton/ha, 그리고 3번초에서는 4.29 ton/ha를 나타내어, 3번초의 건물수량이 가장 많았고 다음으로 2번초와 1번초의 순이었다.

2) 4회 예취구

1번초와 2번초에서는 90 kg N/ha/cut 수준까지 각각 1.51 ton과 3.27 ton/ha의 건물수량이 증가되었으나 120 kg N/ha/cut 수준에서는 1.25 ton과 2.91 ton/ha로 감소하였고, 90 kg N/ha/cut 이상의 수준에서는 무시용구의 건물수량에 비하여 유의한 차이가 인정되었다.

3번초에서는 액상구비의 사용수준이 증가됨에 따라서 건물수량은 증가경향을 나타내었지만 사용수준간에서는 유의한 차이가 인정되지 않았다.

4번초의 90 kg과 120 kg N/ha/cut 수준에서는 다른 사용수준보다 건물수량이 많은 2.72와 2.96 ton/ha를 나타내었으나, 30~90 kg N/ha/cut 수준간에서는 건물수량의 유의한 차이가 인정되지 않았다.

예취빈도별 평균 건물수량은 1번초에서 0.98 ton/ha, 2번초에서 2.35 ton/ha, 3번초에서 4.58 ton/ha 그리고 4번초에서 2.22 ton/ha를 나타내어, 3번초의 건물수량이 다른 예취빈도의 건물수량보다 유의하게 많았다.

3) 5회 예취구

1번초와 2번초의 건물수량은 120 kg N/ha/cut 수준까지 각각 0.83 ton과 3.57 ton/ha으로 증가하였는데, 특히 60 kg N/ha/cut 수준 이상에서의 건물수량은 무시용구보다 유의하게 증가되었다.

3번초에서도 건물수량은 120 kg N/ha/cut 수준까지 증가되었으나, 30 kg N/ha/cut 이상의 수준에서는 건물수량이 무시용구보다 유의하게 많았다.

4번초에서는 30 kg N/ha/cut 이상의 사용수준에서

Table 1. Effect of slurry nitrogen fertilization on dry matter yield of Reed canarygrass in different cutting systems

| Cutting frequency | Slurry-N (ha/cut) | Dry matter yield(ton/ha) | | | | | Total |
|-------------------|-------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| | | 1st cut | 2nd cut | 3rd cut | 4th cut | 5th cut | |
| 3 Cuttings | 0 kg | 1.47 ^c | 2.94 ^b | 3.53 ^b | | | 7.95 ^c |
| | 30 kg | 1.80 ^{bc} | 3.70 ^{ab} | 4.14 ^{ab} | | | 9.64 ^b |
| | 60 kg | 2.08 ^{bc} | 3.41 ^{ab} | 4.46 ^{ab} | | | 9.94 ^{ab} |
| | 90 kg | 2.53 ^{ab} | 3.69 ^{ab} | 4.99 ^a | | | 11.22 ^{ab} |
| | 120 kg | 3.10 ^a | 4.64 ^a | 4.63 ^{ab} | | | 12.37 ^a |
| | \bar{x} | 2.20 ^c | 3.68 ^b | 4.29 ^a | | | |
| 4 Cuttings | 0 kg | 0.48 ^c | 1.12 ^b | 4.05 ^a | 1.36 ^b | | 7.01 ^c |
| | 30 kg | 0.86 ^{bc} | 2.24 ^{ab} | 4.52 ^a | 2.01 ^b | | 8.67 ^b |
| | 60 kg | 0.83 ^{bc} | 2.10 ^{ab} | 3.86 ^a | 1.87 ^b | | 9.62 ^{ab} |
| | 90 kg | 1.51 ^a | 3.27 ^a | 5.37 ^a | 2.72 ^a | | 12.86 ^a |
| | 120 kg | 1.25 ^{ab} | 2.91 ^a | 5.43 ^a | 2.96 ^a | | 12.55 ^a |
| | \bar{x} | 0.98 ^c | 2.35 ^b | 4.58 ^a | 2.22 ^b | | |
| 5 Cuttings | 0 kg | 0.31 ^d | 1.28 ^d | 1.97 ^b | 2.71 ^b | 0.50 ^a | 6.78 ^d |
| | 30 kg | 0.45 ^{cd} | 1.62 ^{cd} | 2.62 ^a | 3.59 ^a | 0.84 ^a | 9.13 ^c |
| | 60 kg | 0.57 ^{bc} | 2.44 ^{bc} | 2.71 ^a | 3.41 ^{ab} | 0.57 ^a | 9.67 ^{bc} |
| | 90 kg | 0.73 ^{ab} | 3.04 ^{ab} | 2.89 ^a | 3.89 ^a | 0.83 ^a | 11.37 ^{ab} |
| | 120 kg | 0.83 ^a | 3.57 ^a | 2.93 ^a | 3.69 ^a | 1.26 ^a | 12.28 ^b |
| | \bar{x} | 0.64 ^c | 2.45 ^b | 2.62 ^b | 3.46 ^a | 0.80 ^c | |

Note: Means separation within a column by Multiple Range Test, 5% level.

The same letters show non-significant difference at the 5% level.

는 무시용구보다 건물수량이 유의하게 증가되었지만, 시용수준이 가장 높았던 120 kg N/ha/cut 수준의 건물수량은 90 kg N/ha/cut 수준보다 저하 하였다. 또한 5번초의 건물수량은 모든 시용수준간에서 유의한 차이가 인정되지 않았다.

예취번호별 건물수량은 시용수준 평균 4번초에서 3.46 ton/ha를 나타내어 다른 예취번호보다 유의하게 많았으며, 다음으로는 3번초의 2.62 ton/ha, 2번초의 2.45 ton/ha 그리고 5번초와 1번초에서는 각각 0.80 ton/ha과 0.64 ton/ha를 나타내어 가장 낮은 건물수량이었다.

4) 예취번호별 연간 건물수량

3회 예취구의 연간 건물수량은 액상구비의 시용수준이 높아짐에 따라서 증가되어 360 kg N/ha 수

준에서 가장 많은 12.37 ton/ha를 나타내었으며, 90 kg, 180 kg 및 270 kg N/ha의 시용수준간에서는 유의한 차이가 인정되지 않았다. 또한 무시용구에서는 7.95 ton/ha의 연간 건물수량을 나타내어 90 kg N/ha 수준의 9.64 ton/ha 보다 유의하게 적었다.

4회 예취구에서는 360 kg N/ha 수준까지 연간 건물수량이 증가되어 12.86 ton/ha를 나타내었으나, 480 kg N/ha 수준에서는 12.55 ton/ha으로 연간 건물수량이 감소되었다. 무시용구에서는 7.01 ton/ha의 연간 건물수량을 나타내어 120 kg N/ha 수준의 8.67 ton/ha 보다 유의하게 적었다.

5회 예취구의 연간 건물수량은 시용수준이 높아짐에 따라서 증가되었는데, 150-600 kg N/ha의 시용수준간의 연간 건물수량은 무시용구의 6.78 ton/ha보다

유의하게 많았고, 450 kg과 600 kg N/ha 수준의 연간 건물수량은 각각 11.37 ton/ha과 12.28 ton/ha을 나타내어 다른 시용수준보다 유의하게 많았다.

또한 예취빈도에 따른 무시용구의 연간 건물수량은 3회>4회>5회 예취구의 순으로 많았다.

2. 예취빈도별 예취번초의 평균 상대수량

예취빈도별 액상구비의 시용수준에 따른 예취번초의 상대수량은 표 2와 같다.

Table 2. Mean relative dry matter yield(%) at each cut

| Cuttings | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | Total |
|----------|------|------|------|------|-----|-------|
| 3 | 21.6 | 36.2 | 42.2 | | | 100.0 |
| 4 | 9.7 | 23.2 | 45.2 | 21.9 | | 100.0 |
| 5 | 6.4 | 24.6 | 26.3 | 34.7 | 8.0 | 100.0 |

3. 액상구비의 시용수준에 따른 조단백질(CP) 함량과 ADF함량의 변화

예취빈도별 액상구비의 시용수준에 따른 조단백질(CP) 함량과 ADF함량의 변화는 그림 1, 2, 3과 같다.

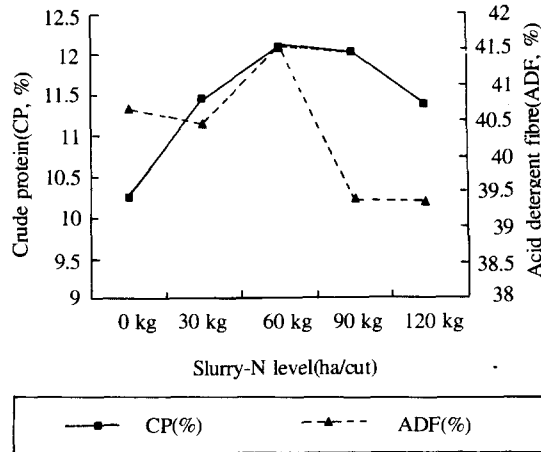


Fig. 1. Efficiency of slurry-N application(kg/ha and cut) on the content of crude protein(CP, %) and acid detergent fibre(ADF, %) at 3 cutting frequency in reed canarygrass sward

3회 예취구의 예취번초별 상대수량은 1번초가 21.6%, 2번초가 36.2%, 3번초가 42.2%를 나타내어, 3번초의 상대수량이 가장 높았다. 4회 예취구의 상대수량은 1번초가 9.7%, 2번초가 23.2%, 3번초가 45.2%, 4번초가 21.9%를 나타내어 3번초>2번초>4번초>1번초의 순으로 상대수량이 높았으며, 5회 예취구에서는 4번초와 3번초의 상대수량이 가장 높았다.

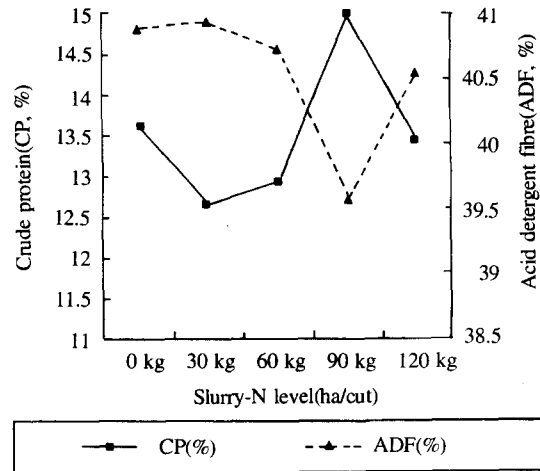


Fig. 2. Efficiency of slurry-N application(kg/ha and cut) on the content of crude protein(CP, %) and acid detergent fibre(ADF, %) at 4 cutting frequency in reed canarygrass sward

3회 예취구에서는 60 kg과 90 kg N/ha/cut 수준에서 12.11%과 12.01%로 가장 높은 조단백질 함량을 나타내어 다른 시용수준에 비하여 유의한 차이가 인정되었으나, 무시용구에서는 10.23%의 조단백질 함량을 나타내어 가장 낮은 함량을 나타내었다. ADF함량은

액상구비의 사용수준이 높은 90 kg과 120 kg N/ha/cut에서 각각 39.39%와 39.36%를 나타내어 다른 사용수준보다 유의하게 낮았다(그림 1).

4회 예취구의 조단백질 함량은 90 kg N/ha/cut 수준에서 15.0%를 나타내어 다른 사용수준의 조단백질 함량인 12.65~13.42%보다 유의하게 높았던 반면에, ADF함량은 90 kg N/ha/cut 수준에서 가장 낮은 39.57%를 나타내었다(그림 2).

5회 예취구의 조단백질 함량은 사용수준이 높아짐에 따라서 90 kg과 120 kg N/ha/cut 수준까지는 유의하게 증가하여 16.32%와 16.51%를 나타내었으나, ADF함량은 120 kg N/ha/cut 수준에서는 35.28%로 가장 낮았다(그림 3).

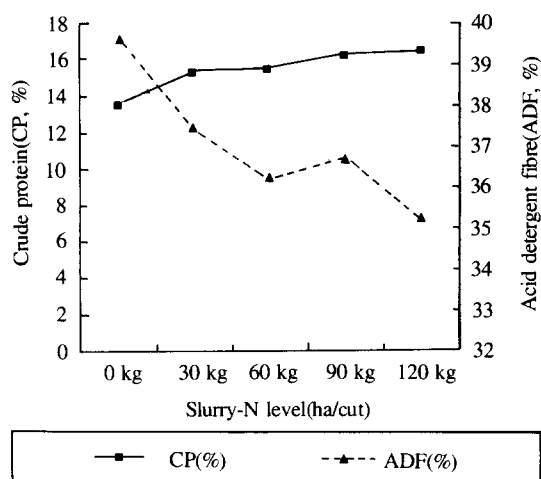


Fig. 3. Efficiency of slurry-N application(kg/ha and cut) on the content of crude protein(CP, %) and acid detergent fibre(ADF, %) at 5 cutting frequency in reed canarygrass sward

4. 예취빈도별 평균 조단백질(CP) 함량, 조단백질수량(CPY) 및 ADF함량의 변화

예취빈도별 평균 조단백질(CP) 함량, 조단백질수량(CPY) 및 ADF함량의 변화를 나타낸 것이 표 3이다.

Table 3. Effect of cutting frequency on the content of average crude protein(CP), average crude protein yield(CPY) and content of acid detergent fibre(ADF)

| Cutting frequency | CP(%) | CPY (kg/ha) | ADF(%) |
|-------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| 3 | 11.43 ^c | 1,162.4 ^c | 40.27 ^a |
| 4 | 13.53 ^b | 1,370.6 ^b | 40.53 ^a |
| 5 | 15.45 ^a | 1,540.4 ^a | 37.06 ^b |

Note: Means separation within a column by Multiple Range Test, 5% level.

The same letters show non-significant difference at the 5% level.

예취빈도가 높아짐에 따라서 평균 조단백질 함량과 조단백질수량은 증가하였으나, 평균 ADF함량은 감소하였다. 즉, 조단백질 함량은 3회, 4회 및 5회 예취구에서 각각 11.43, 13.53 및 15.53%로 유의한 증가를 나타낸 반면에, 평균 ADF함량은 5회 예취구가 37.06%로 유의하게 낮았고 3회와 4회 예취구에서는 각각 40.27%와 40.53%를 나타내어 유의한 차이가 인정되지 않았다.

5. 액상구비의 사용수준에 대한 건물수량의 반응

예취빈도별 액상구비의 사용수준에 대한 건물수량의 반응을 나타낸 것이 표 4이다.

Table 4. Economical border, economic slurry-N level, marginal dry matter yield, limiting slurry-N level and maximum dry matter yield in each cutting

| Cuttings | Economical border (kg DM/kg N) | Economic slurry-N level (N _{econ} , kg/ha) | Marginal DM yield (Y _{mar} , ton/ha) | Limiting slurry-N level (N _{max} , kg/ha) | Maximum DM yield (N _{max} , kg/ha) |
|----------|--------------------------------|---|---|--|---|
| 3 | dy/dx = 16~12 | 107.2~151.0 | 9.6~10.0 | 420.2 | 14.0 |
| 4 | dy/dx = 12~10 | 359.1~375.7 | 12.4~12.6 | 440.6 | 12.9 |
| 5 | dy/dx = 10~ 8 | 160.3~236.9 | 9.0~ 9.7 | 666.3 | 13.2 |

경제적 한계수량(marginal DM yield)을 나타내는 액상구비 질소이용효율(kg DM/kg N)의 범위는 3회 예취구에서 16~12 kg, 4회 예취구에서 12~10 kg, 5회 예취구에서 10~8 kg으로, 예취빈도가 높아짐에 따라서 그 범위는 좁아졌다.

경제적 액상구비의 시용수준(economic slurry-N level)의 범위는 3회 예취구에서 107.2~151.0 kg/ha, 4회 예취구에서 359.1~375.7 kg/ha, 그리고 5회 예취구에서 504.0~581.1 kg/ha의 범위를 나타내어 4회 예취구에서 경제적 액상구비의 시용수준이 가장 높았으며, 이 때 얻어지는 경제적 한계수량은 3회 예취구에서 9.6~10.0 ton/ha, 4회 예취구에서 12.4~12.6 ton/ha, 그리고 5회 예취구에서 9.0~9.7 ton/ha를 나타내어, 4회 예취구에서 경제적 한계수량이 가장 많았다.

또한 액상구비의 한계시용수준(limiting slurry-N level)은 3회 예취구에서 420.2 kg/ha, 4회 예취구에서 440.6 kg/ha, 그리고 5회 예취구에서 666.3 kg/ha으로 추정되어 예취빈도가 높아짐에 따라서 높아졌으며, 이때 얻어지는 최대건물수량(maximum DM yield)은 3회 예취구에서 14.0 ton/ha, 4회 예취구에서 12.9 ton/ha, 그리고 5회 예취구에서 13.2 ton/ha를 나타내어 예취빈도가 높아짐에 따라서 최대건물수량은 감소되었다.

6. 질소이용효율

예취빈도별 시용수준에 따른 액상구비의 질소이용효율을 건물생산효율(kg DM/kg N)과 전 질소량(kg TN/kg N)으로 나타낸 것이 표 5이다.

건물생산효율은 3회와 5회 예취구에서 액상구비 시용수준이 증가됨에 따라서 저하되는 경향을 나타내었으며, 3회 예취구에서는 18.9~11.2 kg DM/kg N, 5회 예취구에서는 15.7~9.2 kg DM/kg N의 범위였다. 4회 예취구에서는 90 kg N/ha/cut에서 16.3 kg DM/kg N으로 가장 높은 건물 생산효율을 나타내었다. 시용수준 평균 3회 예취구에서는 13.6 kg DM/kg N, 4회 예취구에서는 13.2 kg DM/kg N, 5회 예취구에서는 11.2 kg DM/kg N을 나타내어, 예취회수가 적을수록 건물 생산효율은 상대적으로 높아졌다.

전 질소량도 건물 생산효율과 비슷한 경향을 나타내었는데, 3회와 5회 예취구에서는 30 kg N/ha/cut 수준에서 전 질소량이 가장 많은 0.51 kg과 0.52 kg TN

/kg N을 나타내었고, 시용수준간에서는 0.51~0.26 kg TN/kg N과 0.52~0.30 kg TN/kg N의 범위였다.

4회 예취구에서는 90 kg/ha/cut 수준에서 0.43 kg TN/kg N을 나타내어 가장 많았다. 시용수준 평균으로는 3회 예취구가 0.36 kg, 4회 예취구가 0.26 kg, 5회 예취구가 0.37 kg TN/kg N을 나타내어 3회와 5회 예취구가 4회 예취구보다 전 질소량의 이용효율이 높았다.

Table 5. The efficiencies of dry matter rproduction (kg DM/kg N) and total nitrogen yield (kg TN/kg N) to slurry-N application levels in each cutting

| | Slurry-N level (ha/cut) | Cutting frequency | | |
|------------|-------------------------|-------------------|------|------|
| | | 3 | 4 | 5 |
| kg DM/kg N | 30 kg | 18.9 | 13.9 | 15.7 |
| | 60 kg | 11.1 | 10.9 | 9.7 |
| | 90 kg | 12.3 | 16.3 | 10.2 |
| | 120 kg | 12.1 | 11.5 | 9.2 |
| | \bar{x} | 13.6 | 13.2 | 11.2 |
| kg DM/kg N | 30 kg | 0.51 | 0.19 | 0.52 |
| | 60 kg | 0.35 | 0.19 | 0.31 |
| | 90 kg | 0.31 | 0.43 | 0.33 |
| | 120 kg | 0.26 | 0.24 | 0.30 |
| | \bar{x} | 0.36 | 0.26 | 0.37 |

IV. 고 찰

가축분뇨의 토양으로의 환원은 식물체의 생육을 위한 무기양분의 공급으로 화학비료의 사용량을 줄이고 토양 유기물함량의 증가를 통하여 비옥도를 증진시키며, 환경오염을 최소화하는데 그 목적이 있다 (Wilkinson, 1979; Long과 Gracey, 1990; 이 등, 1993b). 이를 위해서는 예취빈도에 따른 건물생산의多少와 영양성분의 변화추이를 검토하여 액상구비의 적정 시용수준이 추정되어야 한다고 생각된다.

목초의 계절생산성은 생육에 적당한 기온과 일사량이 충분한 조건에서 잎에 의한 건물생산효율이 높아지는 봄철에 편중되어 1번초 또는 2번초의 상대수

량이 많아지는 것이 일반적인 경향이다(李와 楠公, 1981). 본 실험의 결과 예취빈도별 예취번초의 상대수량은 3회와 4회 예취구에서 3번초가, 5회 예취구에서는 4번초에서 가장 높아서 생육후반기에 상대수량이 편중된 경향을 나타내었다(표 2). 이와 같은 결과는 본 실험이 수행된 1994년도에는 3~8월까지 가뭄과 고온조건이 계속되어 목초의 생육이 불량하였고, 이들 제한요인이 해소된 생육후반기에 들어서 목초의 생육이 왕성해졌기 때문이라고 생각된다.

그러나 1993년도의 실험결과와 비교할 경우(이 등, 1994a) 무시용구를 제외하고는 액상구비의 사용수준간에서 건물수량의 큰 차이가 인정되지 않았다. 특히 액상구비의 질소이용효율면에서 볼 때, 건물생산효율과 전 질소량은 평균 11.2~13.6 kg DM/kg N과 0.20~0.37 kg TN/kg N을 나타내어(표 5), 이와 조(1994)가 동일한 실험조건에서 수행한 1993년도의 7.7~9.8 kg DM/kg N과 0.11~0.20 kg TN/kg N보다 평균 3.7 kg의 DM/kg N과 0.15 kg의 TN/kg N이 증가되었다. 이상과 같은 결과는 액상구비의 연용에 따른 토양 유기물의 축적과 그에 따른 잔효효과가 커지기 때문이며(이 등, 1993b), 고온조건이 계속되는 여름철에 무기화가 촉진되고(Long과 Gracey, 1990), 액상구비의 높은 수분함량에 의한 관수효과가 크게 작용하였기 때문이라고 생각된다(Jo, 1989). 따라서 고온조건에 따른 무기화 촉진효과 이외에 부수적인 효과라고 볼 수 있는 암모니아태 질소의 휘산, 액상구비의 희석비율, 시용시기 및 지중투입등에 관한 종합적인 연구가 이루어져 액상구비의 질소 이용효율을 높일 수 있는 기술체계의 확립이 필요하다고 생각된다(Rees 등, 1993; Schechtner, 1978).

예취빈도별 연간 건물수량은 3회 예취구에서 액상구비의 사용수준간에는 8.0~12.4 ton/ha, 4회 예취구에서 7.0~12.9 ton/ha, 5회 예취구에서 6.8~12.3 ton/ha를 나타내었다(표 1). 이상과 같은 결과는 이 등(1994b)이 무기태 질소만을 사용하여 reed canarygrass를 재배하였을 때, 연간 건물수량은 예취빈도에 따라서 16.3~18.3 ton/ha의 범위였다고 보고한 결과보다 훨씬 낮은 연간 건물수량을 나타내어, 액상구비에 의한 목초의 건물생산이 같은 생육기간과 예취빈도의 조건에서 무기태 질소의 사용보다 reed canarygrass의 잠재생산성을 충분히 발휘시키지 못하

였다는 것을 의미한다. 따라서 조방적이면서 환경보전적인 초지관리와 건물생산을 위해서는 액상구비만을 사용할 수 있으나, 경제적이면서 목초의 건물생산을 최대로 얻기 위해서는 액상구비의 기본적 사용과 함께 최적량의 무기태 질소를 보충시키는 방법이 연구, 검토되어 실용화되고 있다(Schechtner, 1978; 조, 1994).

목초류의 사료가치를 평가할 때 중요시되는 영양성분인 조단백질 함량은 생육단계가 빠를수록, 예취횟수가 증가됨에 따라서 높아지며, ADF함량은 저하되는 것이 일반적이다(조 등, 1994). 예취빈도별로는 5회 예취구가 4회 예취구보다, 4회 예취구가 3회 예취구보다 평균 약 2% 정도 높았으나, ADF함량은 5회 예취구가 37.1%로 4회와 3회 예취구보다 훨씬 낮았다(표 3).

조단백질 함량은 3회와 4회 예취구에서 90 kg N/ha, 5회 예취구에서는 120 kg N/ha/cut의 수준에서 가장 높았으나 ADF함량은 정반대의 결과를 나타내었다(그림 1~3). 이러한 결과는 영양적인 측면에서 볼 때, 예취빈도가 낮은 조건에서 과다한 액상구비의 사용은 비경제적이며 영양수량의 감소까지를 초래할 수 있다는 것을 시사하고 있다.

건물생산면에서 볼 때, reed canarygrass의 적정 예취회수는 연간 3회로 알려져 있다(Allison 등, 1992; 이 등, 1993). 즉, 액상구비의 질소 이용효율이 가장 높았던 3회 예취구의 90 kg N/ha/cut 수준에서 약 10 ton/ha에 가까운 연간 건물수량을 나타내어 4회와 5회 예취구보다 많았다. 또한 3회 예취구의 조단백질 함량은 4회와 5회 예취구보다 3~4% 정도가 감소한 12.0%였으며, ADF함량은 4회 예취구와 비슷하였으나 5회 예취구 보다는 약 3%정도 높아져, 연간 건물수량만을 고려할 경우에는 연간 3회 예취가 적당하지만 영양적인 측면까지 고려할 경우에는 연간 4회 예취이용도 가능하다고 생각된다.

건물생산을 위한 질소 이용효율의 평가는 건물생산효율(kg DM/kg N)과 전질소량(kg TN/kg N)으로 평가할 수 있으며, 예취횟수가 증가되고 사용수준이 높아짐에 따라서 질소 이용효율은 저하되는 것이 일반적인 경향이다(李와 阿部, 1984). 건물생산효율과 전질소량은 3회와 5회 예취구에서 30 kg N/ha/cut의 사용구가, 4회 예취구에서는 90 kg N/ha/cut의 사용구에

서 가장 높은 질소이용효율을 나타내었으며, 그 이상의 액상구비의 증시는 질소 이용효율을 현저하게 감소시켰다(표 5). 특히 3회 예취구에서 건물 생산효율이 가장 높았던 것은 다른 예취구보다 재생기간이 길어서 시용수준이 낮은 조건에서도 건물생산을 위한 질소의 이용효율이 높아졌기 때문이라고 생각된다(李와 阿部, 1984).

예취빈도에 따른 경제적 질소시비추정 방법(Jo, 1989)에 의한 경제적 액상구비의 시용수준을 추정한 결과, 3회 예취구에서는 연간 107.2~151.0 kg N/ha, 4회 예취구에서 359.1~375.7 kg N/ha, 그리고 5회 예취구에서는 160.3~236.9 kg N/ha의 범위를 나타내었으며(표 4), 액상구비의 형태로는 각각 26.8~37.8 m³/ha, 89.8~93.9 m³/ha 및 40~59.2 m³/ha에 해당하는 수준으로 4회 예취구를 제외하고는 Schechtner(1978)가 권장하는 액상구비의 시용수준인 예취번호별 10~15(20) m³/ha에 거의 일치하고 있다. 이 등(1993b)은 orchardgrass 초지에서 연간 3~4회 예취할 경우, 최대 건물수량을 얻기 위한 액상구비(건물함량 10.5%, 전 질소함량 0.3%)의 시용수준은 240~270 kg N/kg(80~90 m³/ha)이라고 하였으며 그 이상의 수준에서는 건물수량의 저하가 인정된다고 보고하였는데, 이상과 같은 예취빈도에 따른 액상구비의 시용수준은 본 실험의 4회 예취구에서 얻어진 경제적 액상구비의 시용수준과 거의 같은 수준을 나타내고 있다. 또한 액상구비의 한계시용 수준은 예취빈도가 높아짐에 따라서 증가되어, 3회 예취구에서는 420.2 kg/ha, 4회 예취구에서는 440.6 kg/ha 그리고 5회 예취구에서는 666.3 kg/ha로 추정되었다(표 4).

일반적으로 액상구비의 과다시용은 토양에서의 영양분 불균형을 초래하며, 호질소성 잡초(Gulleflora)의 발생이 많아지고, 식물체내에서의 질산태질소의 과다축적 및 지하수 오염등의 문제점등을 야기시킬 수 있으므로(Buchgraber, 1983), 예취빈도에 따른 경제적 시용수준과 한계 시용수준의 범위내에서 액상구비의 시용량이 결정되어야 한다고 생각된다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때, 논토양에서 재배되고 있는 reed canarygrass 채초지에서 건물 생산을 위해서는 연간 3회 예취가 적당하며, 액상구비의 시용에 의한 건물 생산효율은 30 kg N/ha/cut의 수준에서 높았다. 건물수량만을 고려할 경우 3회 예취구의 경

제적 액상구비의 적정 시용수준은 연간 26.8~37.8 m³/ha의 범위였으며, 영양수량까지를 고려할 경우 4회 예취구의 경제적 액상구비의 시용수준은 연간 89.8~93.9 m³/ha의 범위를 나타내었는데, 이 때의 경제적 한계수량은 3회 예취구에서 9.6~10.0 ton/ha, 4회 예취구에서 12.4~12.6 ton/ha 정도를 얻을 수 있다는 것이 입증되었다.

V. 적 요

유휴 논토양에 reed canarygrass를 재배하였을 때, 예취빈도와 액상구비의 시용수준의 차이가 연간 건물수량과 주요 영양성분의 변화에 미치는 영향을 검토하여 reed canarygrass의 잠재 생산성을 증대시키기 위한 경제적이고도 합리적인 예취빈도와 액상구비의 적정 시용수준을 추정하고자 하였다.

얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 예취빈도별 연간 건물수량에 대한 예취번호의 상대수량은 3회와 4회 예취구에서 3번초, 5회 예취구에서는 4번초에서 각각 42.2, 45.2 및 34.7%를 나타내어, 다른 예취번호에 비하여 가장 높은 상대수량을 나타내었다.

2. 무시용구의 연간 건물수량은 예취빈도에 따라서 6.8~8.0 ton/ha의 범위를 나타내었으며, 3회 예취구에서 가장 많은 연간 건물수량을 나타내었다.

3. 모든 예취구에서 액상구비의 시용수준이 증가함에 따라서 연간 건물수량은 증가하였다.

즉, 3회 예취구에서는 90 kg N/ha/cut 수준의 연간 건물수량이 무시용구에 비하여 3.3 ton, 그리고 4회와 5회 예취구에서는 30 kg N/ha cut 수준에서 무시용구보다 각각 1.7 ton과 2.4 ton/ha의 연간 건물수량이 증가되었다.

4. 조단백질 함량은 3회와 4회 예취구에서 90 kg N/ha/cut, 그리고 5회 예취구에서는 120 kg/ha/cut 수준에서 각각 12.01%, 15.00% 및 16.51%로 가장 높았으나, ADF함량은 이들 수준에서 가장 낮았다.

5. 예취빈도별 평균 조단백질 함량은 3회, 4회 및 5회 예취구에서 각각 11.43, 13.53 및 15.53%로 유의한 증가를 나타내었다. 그러나 ADF함량은 5회 예취구가 37.06%로 유의하게 낮았고 3회와 4회 예취구에서는 각각 40.27과 40.53%를 나타내어 유의성이 인정

되지 않았다.

6. 건물 생산효율은 3회와 5회 예취구의 30 kg N/ha/cut 수준에서 18.9 kg와 15.7 kg을 나타내어 가장 높았고, 4회 예취구에서는 90 kg N/ha/cut 수준에서 16.3 kg으로 가장 높았다.

전 질소량은 예취번초별로 3회 예취구에서는 90 kg N/ha/cut 수준에서 0.52 kg, 4회와 5회 예취구에서는 30 kg N/ha/cut 수준에서 각각 0.51 kg과 0.43 kg의 높은 전 질소량을 나타내었다.

7. 경제적 액상구비 사용수준의 범위는 3회 예취구에서 107.2~151.0 kg N/ha, 4회 예취구에서 359.1~375.7 kg N/ha 그리고 5회 예취구에서 160.3~236.9 kg N/ha이었으며, 이 때 얻어지는 경제적 한계수량은 각각 9.6~10.0 ton/ha, 12.4~12.6 ton/ha 및 9.0~9.7 ton/ha의 범위를 나타내었다.

8. 액상구비의 사용수준에 따른 액상구비의 한계 사용수준은 3회 예취구에서 420.0 kg/ha, 4회 예취구에서 440.6 kg/ha, 그리고 5회 예취구에서 666.3 kg/ha로 추정되었다.

VI. 인 용 문 헌

- Allison D.W., K. Guillard, M.M. Rafey, J.H. Grabber and W.M. Dest. 1992. Response of reed canarygrass to nitrogen and potassium fertilization. J. Prod. Agric. 5(4):595-601.
- A.O.A.C. 1980. Official methods of analysis(13 Ed.). Association of official analytical chemist. Wshington D.C.
- Buchgraber, K. 1983. Vergleich der Wirksamkeit konventioneller und alternativer Dueng-ungssysteme auf dem Gruenland; hinsichtlich Ertrag, Futterqualitaet and Gute des Pflanzen-bestandes. Diss. Univ. Boden-kultur, wien.
- Frame, J. and M.W. Morrison. 1991. Herbage productivity of prairie grass, reed canarygrass and phalaris. Grass and Forage Sci., 46:417-425.
- Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. ARS. USDA Agr. Handbook. No. 397.
- Jo, I.H. 1989. Wirksamkeit der mineralischen Stickstoffduengung auf Ertrag und Pflanzenbestand des Gruenlandes im osterreichischen Alpenraum. Diss. Univ. Bodenkultur. Wien.
- Kalton, R.R., P. Richardson and J. Schieds. 1989. Restroration of 'Venture' reed canarygrass. Crop Sci. 29:1327-1328.
- 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.
- Rees. Y.J., B.F. Pain, V.R. Phillips and T.H. Misselbrook. 1993. The influence of surface and sub-surface application methods for pig slurry on herbage yields and nitrogen recovery. Grass and Forage Sci., 48:38-44.
- Schechtner, G. 1978. Zur Wirksamkeit des Guellesticktoffs auf dem Gruenland in Abhaengigkeit vom Duengungsregime. Die Bodenkultur. 29:357-371.
- Schechtner, G. 1979. Auswirkungen von Duengung und Nutzung auf die botanische Zusammensetzung von Dauerwiesen und Dauerwiesenneuanlagen im Alpenraum. Ber. Int. Fachtagung "Bedeutung der Pflanzensoziologie fuer eine standortsgemaeÙe und umweltgerechte Land- und Almwirtschaft." Gumpenstein, 12 u. 13. 9. 1979:259-336.
- Wilkinson, S.R. 1979. Plant nutrient and economic value of animal manure. J. Anim. Sci. 48:121-135.
- 李柱三, 楠谷彰人. 1981. 섬바디의 生態學的 研究. 第 3報. 季節生産性と 氣象要因과의 關係. 한 축지 23(6):449-453.
- 李柱三, 阿部二郎. 1984. 예취빈도와 질소시비수준이 orchardgrass 품종별 건물수량에 미치는 영향. 한축지 26(4):412-417.
- 이주삼, 류수훈, 이경은. 1993a. reed canarygrass 품종의 건물생산성 비교. 한잔지 7(2, 3):121-127.
- 이주삼, 임상곤, 정재춘. 1993b. 무기태 질소와 액상구비의 사용수준이 orchardgrass의 건물수량에 미치는 영향. 한국유기성자원화협의회학회지 1 (2):275-286.
- 이주삼, 조익환, 김성규, 안종호. 1994a. 유휴 논토

- 양에서 조사료 생산을 위한 적정 액상구비 사용 수준의 추정. I. 액상구비의 사용이 reed canarygrass의 연 건물수량에 미치는 영향. 한초지 14(1):50-56.
18. 이주삼, 조익환, 안종호, 김성규. 1994b. 유휴 논토양을 이용한 reed canarygrass의 잠재생산성에 관한 연구. I. 예취빈도에 따른 무기태 질소의 시비가 reed canarygrass의 건물수량에 미치는 영향. 한초지 14(4):271-280.
19. 이주삼, 조익환. 1994. 예취빈도가 다른 조건에서 무기태 질소와 액상구비의 사용이 reed canarygrass의 건물수량과 질소 이용효율에 미치는 영향. 한국유기성폐기물자원화협의회학회지. 2(2):53-63.
20. 조익환. 1994. 유휴지에서 조사료 생산을 위한 적정 가축분뇨의 사용에 관한 연구. I. 액상구비의 사용시기와 무기태 질소의 첨가가 orchardgrass의 건물수량에 미치는 영향. 한국유기성폐기물자원화협의회학회지. 2(2):65-75.
21. 조익환, 이주삼, 안종호. 1994. 예취빈도에 따른 무기태 질소시비가 초지의 생산성에 미치는 영향. II. 예취빈도와 질소시비에 따른 orchardgrass의 중요성분의 변화, 한초지 14(4):257-263.