

예취빈도에 따른 무기태 질소시비가 초지의 생산성에 미치는 영향

I. 오차드그라스의 건물수량과 적정 질소시비 수준의 추정

조익환 · 이주삼* · 안중호*

The Effect of Mineral Nitrogen Fertilization on Grassland Production under Various Cutting Frequencies.

I. Dry matter yield and estimation of optimum rate of mineral nitrogen fertilization in orchardgrass(*Dactylis glomerata* L.).

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

Summary

This experiment was carried out to study the effect of cutting frequencies (3, 4 and 5 cuts per year) and mineral nitrogen fertilization on dry matter yields, in order to estimate optimum level of fertilizing mineral nitrogen in orchardgrass(*Dactylis glomerata* L.). The results are as follows:

1. Dry matter yields were the highest in the 1st cut at 3 cutting frequency and in the 2nd cut at 4 and 5 cutting frequencies, and they shared 49.7, 37.0 and 37.0% of annual dry matter yield respectively.
2. When only phosphorus and potassium were applied, annual dry matter yields were between 9.4 and 11.5 tons per ha and the highest yield was observed at 3 cutting frequency.
3. Dry matter yield in relation to fertilization of mineral nitrogen was highly increased when more nitrogen was applied as 360 kg per ha compared to 240 kg per ha at 3 cutting frequency. At 4 and 5 cutting frequencies, increases in dry matter yield, to large extent, were showed at 120 and 150 kg of nitrogen per ha(30 kg N/cut/ha) compared to no application of nitrogen. The efficiencies of mineral nitrogen fertilization (kg DM/kg N) were 28.0, 22.7 and 20.6 kg dry matter yields per nitrogen(kg) respectively).
4. At 4 and 5 cutting frequencies, dry matter yields were reduced when 360 kg and 300 kg of mineral nitrogen per ha(90 kg and 60 kg N/cut/ha) were applied respectively.
5. Particularly at 4 and 5 cutting frequencies of this study, maximum marginal yields reached at 129.9 kg and 148.0 kg of fertilizing mineral nitrogen per ha, and economical borders of mineral nitrogen fertilization were between 222.4 and 250.0 kg and between 244.8 and 276.8 kg respectively. At the same cutting frequencies, the highest dry matter yields were obtained at 365.4 and 433.8 kg of fertilizing mineral nitrogen respectively.

I. 서 론

조사료 생산을 위한 경지의 면적이 협소하고 가축의 사육규모가 작은 우리나라의 영세 축산농가에서 가능한 한 단위면적당 조사료의 생산량을 높여 생

산비를 절감하고 양질의 축산물을 생산하는 것이 경쟁력있는 축산경영이라는 생각이 지배적이다. 이를 위해서는 초지토양 중 부족한 양분의 공급, 재생 및 수량증대를 위한 질소 공급이 필수적이다¹⁾. 이들 질소질 비료는 유기와 무기형태로 구분되는데, 이 중

대구대학교 농과대학(College of Agriculture, Taegu Univ., Kyongsan 713-714, Korea)

* 연세대학교 문리과대학(College of Liberal Arts and Sciences, Yonsei Univ., Wonju 220-701, Korea)

취급이 간편하고 시용이 용이하며 효과가 빠른 무기태 즉, 화학비료를 선호하는 경향이 일반적이다.

그러나 이들 화학비료의 과다 시용은 흔히 식생구성의 변화, 식물체의 질산태 질소의 축적, 경제성의 상실 및 환경오염(용탈에 의한 지하수 오염) 등의 문제점을 안고 있다¹⁾. 이에 비하여 본래의 목적에 부합한 적정수준의 무기태 질소의 시비는 기대하는 조사료의 생산 효과에 부응할 수 있으며 경제적으로도 수익을 가져올 수 있다^{1,2)}. 한편 지역에 따라서 비료의 가격, 식생구성 및 토양의 비옥도의 차이 혹은 가축에 의한 계절생산성 및 에너지 효율에 따라서 시비 반응의 차이가 커서 적정 질소시비의 수준은 연구자에 따라 큰 차이가 있다^{9, 10, 15)}.

또한 초지의 이용빈도에 따라서 재생기간과 식물체의 양분수탈량에 차이가 있어, 조사료의 품질 및 최종 축산물의 생산에 영향을 미침에도 불구하고 기존에 설정된 경제적인 질소시비 수준은 이들 이용빈도를 무시한 획일적인 시비수준만을 권장하고 있는 실정이다^{4, 8, 12)}.

따라서 본 시험은 장기적인 안목에서 우리나라의 가장 대표적인 초종 Orchardgrass 초지에서 이용형태와 질소시비 수준의 차이에 따른 건물수량의 변화를 파악하여, 경제적이고 합리적인 질소시비 수준을 추정하고자 실시 하였다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 1993년에 경북 경산군에 위치한 대구대학교 농과대학 부속실습장에서 조성 2년째인 Orchardgrass(*Dactylis glomerata* L.) 초지에서 실시되었다.

시험구 면적은 처리당 4m²(2×2m)로 하였고 주구

는 3수준의 예취빈도(연간 3, 4 및 5회 예취이용), 세구는 5수준의 무기태 질소시비(예취빈도별 0, 30, 60, 90 및 120 kg N)로 분할구 배치법으로 3반복 하였다. 인산과 칼리는 전 시험구면적에 연간 ha 당 각각 200 kg과 240 kg을 시비하였다.

예취빈도별 건물수량은 처리와 반복별로 각 예취시에 생초를 칭량하고 이들 중 일부(약 500g)를 취하여 건조기에 65℃로 48시간 건조 시킨후 건물율을 산출하고 이를 기준으로 하여 단위면적당의 건물수량을 산출하였다.

한편 최고 한계수량과 경제적 무기태 질소시비 수준의 결정은 먼저 시그마 형태의 성장곡선을 구하고 이들을 이용한 Jo(1989)의 경제적 시비수준의 추정방법에 의하였다.

III. 결 과

1. 예취빈도에 따른 예취번호의 평균 건물수량

3회 예취구

연간 3회 예취구의 질소시비 수준에 따른 예취번호의 건물수량을 나타낸 것이 Table 1이다.

질소시비 수준에 따른 예취번호의 건물수량은 생육시기가 진행될수록 감소하였는데, 연간 건물수량에 대한 예취번호의 평균 건물수량을 상대수량으로 볼 경우, 각각 49.7(1차), 31.7(2차) 및 18.6%(3차)를 나타내었다. 한편 질소수준에 따른 건물수량의 변화는 가장 높은 건물수량을 보이고 있는 첫번째와 두번째 예취(1번초와 2번초)의 건물수량에서만 유의차가 인정되었다. 즉 1번초와 2번초에서는 ha 당 120 kg의 높은 질소시비 수준에서 대조구인 무질소구보다 유의한 건물수량의 증가를 보이고 있다($p < 0.05$).

Table 1. Efficiency of mineral nitrogen(kg /ha and cut) on mean dry matter yield(DM ton /ha) at 3 cutting frequencies in orchardgrass

	1st cut	2nd cut	3rd cut
0 kg N	5.20 ^b	3.58 ^b	2.70 ^a
30 kg N	5.50 ^b	4.14 ^{ab}	2.39 ^a
60 kg N	6.52 ^b	4.08 ^{ab}	2.33 ^a
90 kg N	6.51 ^b	4.39 ^{ab}	2.44 ^a
120 kg N	8.88 ^a	4.62 ^a	2.36 ^a

Note. Means separation within a column by Duncan's Multiple Range Test, 5% level.

4회 예취구

연간 4회 예취구의 질소시비 수준에 따른 예취번초의 건물수량을 나타낸 것이 Table 2이다.

질소시비 수준에 따른 예취번초의 평균 건물수량은 연간 건물수량에 대한 상대수량이 37.0%를 나타낸 2번초에서 가장 높았고 1번초, 3번초 및 4번초의 상대수량은 각각 26.7, 23.3 및 13.0% 순으로 감소하였다.

질소시비 수준에 따른 건물수량은 2번초와 3번초에서만 유의한 차이가 인정되었다($p < 0.05$). 1번초의

건물수량은 ha 당 질소 60 kg의 시비시까지 지속적인 증가를 보였지만 그 이후 감소 경향이였다. 2번초의 건물수량은 질소시비구가 무시용구보다 유의한 차이를 나타내었으며 3번초와 같이 ha 당 90 kg의 질소시비 수준까지 증가하였으나 그 이후에는 크게 감소 혹은 거의 비슷한 건물수량을 나타내었다. 4번초의 건물수량은 ha 당 질소를 30 kg 시비할 경우에는 무질소시비구보다 증가하는 경향이였으나 질소 시비수준별 유의성 있는 차이는 없었다.

Table 2. Efficiency of mineral nitrogen(kg /ha and cut) on mean dry matter yield(DM ton /ha) at 4 cutting frequencies in orchardgrass

	1st cut	2nd cut	3rd cut	4rd cut
0 kg N	2.98 ^a	2.84 ^c	2.19 ^b	1.42 ^a
30 kg N	2.96 ^a	4.50 ^b	2.85 ^{ab}	1.84 ^a
60 kg N	3.80 ^a	5.17 ^{ab}	2.87 ^{ab}	1.56 ^a
90 kg N	3.92 ^a	5.77 ^a	3.41 ^a	1.52 ^a
120 kg N	3.19 ^a	5.12 ^{ab}	3.45 ^a	1.94 ^a

Note. Means seperation within a column by Duncan's Multiple Range Test, 5% level.

5회 예취구

연간 5회 예취구의 질소시비 수준에 따른 예취번초의 건물수량을 나타낸 것이 Table 3이다.

4회 예취구와 마찬가지로 5회 예취구에서도 2번초의 건물수량이 연간 수량의 37.0%로서 가장 높았고 다음으로 3번초(24.1%), 1번초(19.6%), 4번초(10.2%) 및 5번초(9.1%)의 순으로 건물수량이 감소하였다.

질소시비에 의한 건물수량은 단지 2번초, 3번초 및

5번초에서만 유의한 차이가 인정 되었으며($p < 0.05$), 3번초에서는 질소시비구가 무질소시용구보다 유의한 건물수량을 나타내었다. 1번초, 4번초 및 5번초에서 질소시비 수준은 ha 당 60 kg까지 증가하다 그 이후 급격하게 감소되었다. 또한 3번초에서는 ha 당 90 kg의 질소시비 수준까지 증가하다 감소하였고 2번초에서는 질소시비 수준이 높아질수록 건물수량은 증가되었다.

Table 3. Efficiency of mineral nitrogen(kg /ha and cut) on mean dry matter yield(DM ton /ha) at 5 cutting frequencies in orchardgrass

	1st cut	2nd cut	3rd cut	4rd cut	5rd cut
0 kg N	2.74 ^a	3.33 ^b	2.25 ^d	1.47 ^a	0.77 ^b
30 kg N	2.93 ^a	4.89 ^{ab}	3.00 ^c	1.61 ^a	1.23 ^{ab}
60 kg N	3.26 ^a	5.75 ^a	3.79 ^b	1.62 ^a	1.58 ^a
90 kg N	2.21 ^a	6.22 ^a	4.55 ^a	1.40 ^a	1.42 ^{ab}
120 kg N	2.91 ^a	6.33 ^a	3.69 ^b	1.20 ^a	1.52 ^a

Note. Means seperation within a column by Duncan's Multiple Range Test, 5% level.

2. 연간 평균 건물수량

예취빈도별 연간 평균 수량을 나타낸 것이 Table 4이다.

연간 평균 건물수량은 인산과 칼리만을 시비한 대조구에서 ha당 9.43~11.48톤 이었는데, 연간 3회 예취구에서 가장 높았고 4회 예취구에서는 반대로 가장 낮았다.

연간 3회 예취 시험구에서는 질소시비 수준이 연간 ha당 360 kg(예취빈도별 ha당 120 kg의 질소)에서 다른 처리구보다 유의하게 높은 건물수량을 기록하여($p < 0.05$), 그 전 시비단계(90 kg N/cut)보다 2.52톤의 증수를 나타내었으며 질소시비효율은 1 kg의 질소당 28.0 kg의 높은 건물생산을 보이고 있다.

인산과 칼리만을 사용할 경우에 가장 낮은 건물수량을 보이고 있는 4회 예취구에서는 연간 ha당 120 kg의 질소시비(30 kg N/cut)로 무질소시비구보다 2.72톤의 현저한 건물수량 증가를 나타내었으며, 질소이용효율은 1 kg의 질소당 22.7 kg의 건물생산량을 보였다. 또한 질소시비 수준을 240 kg(60 kg N/cut)와 360 kg(90 kg N/cut)로 증시하였을 때에는 이전 시비 수준보다 각각 1.26톤과 1.21톤의 증가를 보였지만

그 이후의 증시(연간 480 kg N/ha)에서는 오히려 0.93톤의 수량감소를 나타내었다.

연간 4회 예취구보다 1.12톤의 높은 건물수량(10.56톤 DM/ha)을 나타낸 연간 5회 예취구에서는 질소시비구가 무질소시비구보다 유의한 건물수량의 증가를 보이고 있는데($p < 0.05$), 이러한 현상은 연간 ha당 300 kg(60 kg N/cut) 이상의 질소시비 수준에서 더욱 뚜렷하였다. 그러나 무질소시비구보다 연간 ha당 150 kg(30 kg/cut)의 질소를 시비할 경우에 3.09톤의 건물수량의 증가와 질소시비 효율로서 1 kg의 질소당 20.6 kg의 건물수량을 기록하여 가장 큰 증가폭을 나타내었다. 이후 질소의 증시(연간 300 kg N/ha)는 전보다 2.36톤의 증가를 보이지만 질소시비가 연간 ha당 450 kg(90 kg N/cut) 이상이 되면 오히려 건물수량은 지속적인 감소를 보이고 있다.

3. 적정 무기태 질소의 시비수준 추정

연간 평균 건물수량에 따른 적정 무기태 질소의 시비수준을 추정하기 위한 시그마 형태의 생장곡선을 구하여 Table 5에 나타내고 있는데, 3회 예취구를 제외하고 5% 유의수준의 결정계수를 나타내어 경제

Table 4. Efficiency of mineral nitrogen(kg /ha and cut) on mean annual dry matter yield(DM ton /ha) depending on various cutting frequencies in orchardgrass

	3-cut areas	4-cut areas	5-cut areas
Control ⁺	11.48 ^b	9.43 ^b	10.56 ^b
PK + 30 kg N ⁺⁺	12.04 ^b	12.15 ^a	13.65 ^{ab}
PK + 60 kg N ⁺⁺	12.93 ^b	13.41 ^a	16.01 ^a
PK + 90 kg N ⁺⁺	13.34 ^b	14.62 ^a	15.79 ^a
PK + 120 kg N ⁺⁺	15.86 ^a	13.69 ^a	15.66 ^a

Note. Means separation within a column by Duncan's Multiple Range Test, 5% level.

+ : Only phosphorus and potassium(PK) fertilizing

++ : Mineral nitrogen(kg/cut and ha)

Table 5. The sigmaformed processes of Input-Output curve depending on various cutting frequencies in orchardgrass

Treatment	r ²	Input-Output curve
3-cut areas	0.9428	$y = 11,427.629 + 14.494x - 0.0801x^2 + 0.000205x^3$
4-cut areas	0.9567 *	$y = 9,478.029 + 22.615x - 0.0129x^2 - 0.000033x^3$
5-cut areas	0.9468 *	$y = 10,495.229 + 29.320x - 0.0468x^2 + 0.000020x^3$

Note. * is significant difference at 5% level.

적 질소시비의 한계와 그 효율의 추정을 가능하게 한다.

Jo(1989)의 경제적 시비수준 추정방법을 응용하면 4회와 5회 예취구에서 최고 한계수량($dy/dx=\text{maximum}$)은 연간 ha당 각각 129.9 kg과 148.0 kg의 무기태 질소시비 수준에서 나타났고, 경제적 무기태 질소시비한계(각각 최소한 kg N 당 10~12와 8~10 kg의 건물수량을 생산하는 범위)는 222.4~250.0 kg과 244.8~276.8 kg이었으며, 연간 최대 수량은 ha당 각각 365.4 kg과 433.8 kg의 질소시비 수준에서 얻어졌다.

IV. 고 찰

일반적으로 북방형 화분과 목초의 생육이 가장 왕성한 시기는 생육적온을 나타내는 봄철로서 채초 이용시 적절하고 합리적인 관리로 양·질적으로 다량의 조사료 자원을 확보할 수 있다^{7,15)}. 본 시험에서도 Orchardgrass의 초지에서 예취빈도에 관계없이 상대수량이 1번초와 2번초에서 연간 건물수량의 37.0~49.7%에 이르는 높은 건물수량을 나타내었다 (Table 1~3).

초지에서 건물수량의 변화는 입지조건이나 질소시비 수준에 따라서 영향을 받지만, 특히 예취빈도는 그 횡수가 증가함에 따라 연간 수량이 감소하는 것이 일반적이다⁴⁾. 본 시험에서도 연간 예취빈도를 3회에서 4회로 높일 경우, 건물수량은 ha당 11.48톤에서 9.43톤으로 감소하였지만 연간 5회로 빈도를 증가하면 ha당 10.56톤으로 어느정도 회복되었다 (Table 4). 이와 같은 현상은 단지 시험당년의 기상조건(1993년 여름철의 냉해)에 의한 것만이 아니라면 예취빈도를 증가시킬수록 목초의 생육이 재생 초기 단계로서 생육단계가 지나친 경우보다 기호성과 영양가치가 높다는 것을 고려할 때, 본 시험이 실시된 영남지역에서는 예취빈도가 높아도 건물수량이 크게 감소하지 않는 양질의 조사료의 생산 가능성을 시사하고 있다^{5,16)}.

흔히 예취횟수의 증가로 인한 수량감소를 회복하기 위한 수단으로 양분의 보급이 필요하나 초지에서 이용빈도를 전혀 고려하지 않은 채 시비수준을 결정하는 것은 나지발생 등 식생에 커다란 악영향을 미치므로 시비와 이용은 균형을 이루는 것이 매우 중요하다^{11,13)}. 이 중에서 질소질 비료의 시비는 계절생산성

을 조절하기도 하고 이를 잘 이용하면 저장사료의 확보에도 큰 몫을 담당하기도 한다^{10,15)}. 또한 이들의 효과를 간단하게 측정할 수 있는 질소시비 이용효율(1 kg의 질소당 생산된 건물수량)이 본 시험에서는 예취빈도가 낮을수록 높게 나타났으며 이러한 경향은 계절 생산성이 높은 시기에 더욱 현저하였다. 이는 생육이 왕성한 계절일수록 질소시비가 건물수량의 증가 뿐만 아니라 질소이용 효율도 높일 수 있다는 것을 시사하고 있다¹⁰⁾.

한편 연간 예취빈도가 4회와 5회일 경우에 질소시비가 연간 ha당 각각 360 kg과 300 kg 이상을 초과하게 되면 연 건물수량이 오히려 감소하였는데, 이들 범위가 잠재 생산성의 한계 혹은 최대수량을 위한 질소시비 수준으로 결정할 수 있음을 시사하고 있다.

본 시험에서는 연간 예취빈도를 4회와 5회 실시할 경우, 최고 한계수량은 무기태 질소의 수준이 각각 연간 ha당 129.9 kg과 148.0 kg, 경제적 질소시비 수준의 한계는 222.4~250.0 kg과 244.8~276.8 kg이었으며, 최대 건물수량은 각각 연간 ha당 365.4 kg과 433.8 kg의 질소시비 수준에서 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 Emst(1974) 등이 보고한 최고 한계수량을 위한 시비수준이 연간 ha당 120 kg, 적정 시비수준의 범위는 240~300 kg 및 최대수량을 위한 400 kg의 무기태 질소수준과 거의 같은 수준을 나타내고 있다. 그러나 연간 4회 예취구보다 5회 예취구에서 시비수준을 증가해야 하는 현상에 대하여, Mott(1975) 등은 이용횟수가 증가함에 따라서 초지에서 건물수량의 조수익은 줄어 들지만 잦은 예취빈도가 목초를 어린 상태로 유지하므로 방목시에는 선택채식의 폭도 줄어 들기 때문에 순수익은 높아지며 이들 건물수량의 감소를 목적으로 투입되는 질소 역시 예취횟수가 증가함에 따라 시비량은 증가되어야 한다고 하였다.

한편 이상과 같은 질소시비 수준과 예취이용의 빈도는 기후와 입지조건에 따라서도 건물수량에 미치는 영향이 크며 이들에 의한 영향가치의 변화도 최종 생산물을 생산하는데 중요한 요인으로 작용하므로⁵⁾ 앞으로 이에 대해 보다 깊은 연구·검토가 필요하다고 생각된다.

V. 적 요

본 시험은 Orchardgrass(*Dactylis glomerata* L.) 초지

에서 예취이용의 형태와 무기태 질소시비가 건물수량에 미치는 영향을 검토하여 경제적이고 합리적인 질소시비 수준을 추정하고자 실시하였으며 결과의 요약은 다음과 같다.

1. 예취빈도에 따른 상대수량은 3회 예취구에서 1번초, 4회와 5회 예취구에서는 2번초에서 각각 연간 건물수량의 49.7, 37.0 및 37.0%를 나타내어, 다른 예취빈도에 비하여 가장 높은 상대수량을 기록하였다.

2. 인산과 칼리만을 사용할 경우, 예취빈도(연간 3, 4 및 5회 예취)에 따라 연 평균 건물수량은 ha당 9.4~11.5 톤을 나타내었는데, 3회 예취구에서 가장 많은 건물수량을 나타내었다.

3. 질소시비 수준에 따른 연간 건물수량은 3회 예취구에서 연간 ha당 240 kg에서 360 kg으로 증시하였을 때, 가장 높은 건물수량의 증가를 나타내었으나, 4회와 5회 예취구에서는 무질소 시비구보다 연간 ha당 120 kg(예취빈도별 ha당 30 kg N)과 150 kg의 질소(예취빈도별 ha당 30 kg N)를 시비하였을 경우에 연간 건물수량이 가장 크게 증가하였다. 또한 이들 예취구의 질소이용효율은 각각 1 kg의 질소 당 28.0 kg, 22.7 kg 및 20.6 kg의 건물생산량을 나타내었다.

4. 한편 4회와 5회 예취구에서는 연간 ha당 질소수준이 각각 360 kg과 300 kg (예취빈도별 ha당 90 kg과 60 kg N)이상 시비할 때에는 연간 건물수량이 감소되었다.

5. 본 시험에서 4회와 5회 예취구의 최고 한계수량은 무기태 질소가 각각 연간 ha당 129.9 kg과 148.0 kg의 시비 수준, 경제적 질소시비 수준한계는 222.4~250.0 kg과 244.8~276.8 kg의 범위였으며 최대 건물수량은 각각 연간 ha당 365.4 kg과 433.8 kg의 질소시비 수준에서 얻을 수 있었다.

VI. 인용문헌

1. Andreae. B. 1976. Das Dungungsoptimum von Grunlandbetrieben im Widerstreit okonomischer Aspekte. Kali-Briefe, Fachgebiet 15. 1. Folge.
2. Buhlmann. V. 1982. Wirtschaftlichkeit der N-Dungung auf Grunland. DLGMitt. 97(7): 386-390.
3. Ernst. Jr. P. 1974. Wieviel Stickstoff auf den Grunland? Betriebsw. Nachr. f. d. Landw. 34(9): 199-200.
4. Holmes. W. 1989. Grass- its production and utilization(second edition) pp. 56-58.
5. Hopkins. A., Gilbey. J., Dibb. C., Bowling. P.J. and Murray. P.J. 1990. Response of permanent and reseeded grassland to fertilizer nitrogen. I. Herbage production and herbage quality. Grass and Forage Sci. 45:43-55.
6. Jo. I.H. 1989. Wirksamkeit der mineralischen Stickstoffdungung auf Ertrag und Pflanzenbestand des Grunlandes im osterreichischen Alpenraum. Diss. Univ. Bodenkultur, Wien.
7. Morrison. J. 1980. The influence of climate and soil on the yield of grass and its response to fertilizer nitrogen. Proc. int. Symp. Eur. Grassland Fed. on the role of nitrogen in intensive grassland production, Wageningen, 51-57.
8. Mott. N. 1975. Stickstoffdungung und Weidenutzung. Feld und Wald 94(10):10.
9. Prins. W.H. 1983. Limits to nitrogen fertilizer on grassland. Chap. 9. General discussion. Proefschrift. Wageningen 9.1-9.19.
10. Prins. W.H., van Burg. P.F.J. and Wieling. H. 1980. The seasonal response of grassland to nitrogen at different intensities of nitrogen fertilization, with special reference to methods of response measurements. Proc. int. Symp. Eur. Grassland Fed. on the role of nitrogen in intensive grassland production. Wageningen, 35-49.
11. Quade. J. 1972. Grunland ohne Stickstoff? Feld und Wald. 91(4):7.
12. Reid. D. 1986. The effect of frequency of cutting and nitrogen application rates on the yields from perennial ryegrass plus white clover swards. J. agric. Sci., Camb. 107. 687-696.
13. Schechtner, G. 1979. Auswirkungen von Dungung und Nutzung auf die botanische Zusammensetzung von Dauerwiesen und Dauerwiesenneuanlagen im Alpenraum. Ber. Int. Fachtagung "Bedeutung der Pflanzensoziologie fur eine standortgemäße und umweltgerechte Land- und Almwirtschaft." Gumpenstein, 12. u. 13. 9. 1978; 259-336.
14. 曹益煥 · Schechtner, G. 1990*. 무기태 질소시비가

- 초지의 수량과 식생구성에 미치는 영향. I. 초지의 수량과 경제적 무기태 질소시비 한계. 한초지. 10(2):102-109.
15. 曹益煥 · Schechtner, G. 1990^b. II. 초지수량의 계절적 분포와 경제적 무기태 질소시비한계. 한초지. 10(3):158-163.
16. 曹益煥 · Schechtner, G. 1991. VII. 영년초지에 있어서 연강수량의 차이에 따른 무기태 질소의 경제적 시비수준의 추정. 한낙지. 11(3): 41-46.