

액상구비의 시용시기가 오차드그라스의 건물수량에 미치는 영향

조익환* · 전하준**

대구대학교 축산학과*, 대구대학교 원예학과**

The Effect of Application Times of Cattle Slurry on Dry Matter Yield in Orchardgrass

Jo Ik-Hwan* · Jun Ha-Joon**

Dept. of Animal science, Taegu University, Kyongbuk 712-714, Korea*

Dept. of Horticulture Science, Taegu University, Kyongbuk 712-714, Korea**

ABSTRACTS

The aim of this experiment was to investigate the effect of applying times of cattle slurry on dry matter yield of Orchardgrass, when cattle slurry applied at rates of 30m³(average mineral nitrogen fertilizer equivalent to 120kg) per ha in different dressing times, such as S1(1st and 2nd growth), S2(1st and 3rd growth), S3(1st and 4th growth), S4(2nd and 3rd growth), S5(2nd and 4th growth) and S6(application for 3rd and 4th growth).

The results were as follows.

1. The average annual yields of dry matter were produced 6.36~7.42 ton per ha in 1995~1997 when cattle slurry applied at rates of 30m³(average mineral nitrogen fertilizer equivalent to 120kg) per ha in different dressing times, especially these tendency were shown higher annual dry matter in S4 plot(application for 2nd and 3rd growth). Those were higher 2.48~3.54 tons or 1.22~2.28 tons per ha than the yields from non-fertilizing or phosphorous and potassium fertilizing.

2. Relative yields of annual dry matter in cattle slurry application plots were 164(S2 plot)~191(S4 plot)% in comparing with non-fertilizing plot.

3. Dry matter yields according to cutting frequency were highest at the 2nd cut(1.50 ton) and were in the order 3rd cut(0.95 ton)>4th cut(0.75 ton)>1st cut(0.69 ton/ha). Also, those of cattle slurry application plot per ha were in the order 2nd cut(2.02~2.73 tons)>3rd cut(1.56~2.08 tons)>4th cut(1.07~1.68 tons)>1st cut(1.11~1.45 tons/ha).

4. Relative yields of annual dry matter in cattle slurry application plots were 164~219, 161~210, 143~212 and 135~182% at the 3rd, 1st, 4th and 2nd cut, respectively in comparing with non-fertilizing plot.

5. The efficiencies of nitrogen on dry matter yield(kg DM/kg N) were 18.1, 21.3 and 34.5kg DM/kg N when cattle slurry applied to Orchardgrass at rates of 30m³ (average mineral fertilizer equivalent to 120 kg) per ha in 1993, 1994 and 1995, respectively, especially these tendency were shown higher efficiencies in S4 plot(application for 2nd and 3rd growth). On the other hand, those of the same level fertilization of mineral nitrogen were 43.8, 19.2 and 13.4 kg DM/kg N in 1993, 1994 and 1995, respectively.

I. 서 론

일부의 대규모 기업농과 전업농가를 제외한 대부분의 축산농가에서는 가축분뇨를 그대로 폐기하거나 방류하고 있어 귀중한 자원을 낭비할 뿐만아니라 심각한 환경오염원이 되고 있는 실정이다. 반면에 축산농가에서는 초지 또는 사료작물의 생산을 주로 화학비료(특히 질소)에 의존하여 토양이 산성화되고, 호질소성 잡초의 증가 및 식물체에서의 질산태 질소의 집적과 토양에서의 용탈등 비경제적인 시비관리가 이루어져온 것이 현실이다.

이러한 문제점을 해소하기 위하여 선진낙농국가에서는 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. 그러나 가축분뇨(액상구비)의 식물체의 양분으로 이용은 기후환경과 이용·관리조건에 따라 현저한 차이를 가져오게 되므로, 특히 액상구비의 질소이용효율의 향상을 최대화하기 위한 최적의 액상구비 시용시기에 의한 초지의 생산성 향상을 위한 비료자원으로서의 이용과 환경오염원을 감소시킬 수 있는 유효한 방법으로서의 가축분뇨의 시용기술체계의 확립이 요구된다(이 등, 1994와 1995; Jo, 1989 ; Rees 등, 1993; Vetter와 Steffens, 1986).

따라서 본 연구에서는 1995~1997년 동안에 Orchardgrass의 초지에서 액상구비의 시용시기가 목초의 건물수량에 미치는 영향을 조사하여, 유기성 자원의 효율적인 이용과 액상구비의 질소이용효율을 검토하였다.

II. 재료 및 방법

본 실험은 경북 경산시 소재 대구대학교 자연자원대학 부속농장에 1993년 가을에 조성된 Orchardgrass(var. potomac) 영년채초지에서 1994년 3월부터 실시하여 1995년 3월~1997년 10월까지의 결과만을 나타내었다.

실험이 수행된 1995~1997년까지의 생육기간 중 월별 평균기온과 강수량을 나타낸 것은 표 1이다.

Table 1. Monthly meteorological data during the period of plant growth in 1995~1997.

		Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.
Temperature (°C)	1995	8.0	13.9	18.2	21.2	26.7	28.6	20.4	16.3
	1996	6.4	12.9	19.3	22.4	25.3	26.9	21.8	16.0
	1997	8.8	14.4	19.6	24.0	26.1	26.3	21.4	15.9
	Mean	7.4	13.7	19.0	22.5	26.0	27.3	21.2	16.1
Precipitation (mm)	1995	42.4	70.6	60.7	68.7	123.7	261.0	22.3	34.6
	1996	110.9	58.3	49.2	313.2	120.1	82.5	37.6	30.2
	1997	25.0	50.1	97.2	195.4	317.9	222.9	17.0	2.4
	Mean	59.4	59.7	69.0	192.4	187.2	188.8	25.6	22.4

실험구 면적은 처리당 4m²(2m x 2m)로 하였고, 각처리는 무비구를 대조구로 하여 시용시기를 S1(1과 2번초), S2(1과 3번초), S3(1과 4번초), S4(2와 3번초), S5(2와 4번초) 및 S6(3과 4번초 생육시기에 사용)등 6개 조합으로 ha 당 질소성분 120 kg수준의 액상구비(총질소 4%이고 건물함량이 10%의 액상구비 30m³)를 각각 생육개시전(1번초의 생육을 위해서는 3월말)에 2회씩 동량 분시하였으며, 화학비료 시용구에서는 인산과 칼리를 ha 당 각각 200과 240kg을 3월말에 밀거름으로 사용하고 무기태질소는 ha당 0과 120kg을 4회에 동량 분시하였다.

예취는 1995년에 1번초는 5월 8일, 2번초는 6월 27일, 3번초는 8월 22일, 4번초는 10월 3일에 실시하였고, 1996년에는 각각 5월 13일, 7월 3일, 8월 20일, 10월 9일 그리고 1997년에는 5월 12일, 6월 30일, 8월 18일, 10월 1일에 각각 예취하였다.

조사는 연간 4회 예취이용하여 각 예취시기에 단위면적당 생초수량을 측정한 후, 이들 중 일부(약 500g)를 건조기내에서 60°C, 48시간 건조후 건물수량을 구하고 단위면적당 건물수량을 산출하였으며 각 질소시비원에 따른 질소이용효율을 건물생산효율(kg DM/kg N)로 평가하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 질소시비원에 따른 연간 건물수량의 변화

액상구비의 시용시기와 화학비료의 시비가 연간 건물수량에 미치는 영향을 나타낸 것이 표 2이다.

Table 2. Dry matter yields(ton/ha) as affected by different nitrogen source application.

Treatment	Dry matter yield(ton/ha)			
	1995	1996	1997	Mean
Nil(control)	4.24	2.71	4.69	3.88
PK	5.02	4.15	6.24	5.14
PK + 120 N ¹⁾	10.27	6.45	7.85	8.19
S1 ²⁾	5.74	4.83	9.22	6.60
S2	6.23	4.52	8.33	6.36
S3	6.69	5.55	8.72	6.99
S4	7.25	6.15	8.87	7.42
S5	5.73	5.73	8.85	6.77
S6	6.81	4.81	8.98	6.87
L.S.D.(p<0.05)	1.60	1.02	1.71	0.81

Note. ¹⁾ Mineral nitrogen(kg/ha and year)

²⁾ Timing of slurry application for 1st and 2nd growth(S1), 1st and 3rd growth(S2), 1st and 4th growth(S3), 2nd and 3rd growth(S4), 2nd and 4th growth(S5) and 3rd and 4th growth(S6)

전혀 비료를 사용하지 않았던 무비구에서 3년(1995~1997)간의 연 평균 건물수량은 ha 당 2.71~4.69톤(평균 3.88톤)을 기록하여, 인산과 칼리의 화학비료를 시비(PK구)만으로 3년의 연 평균 건물수량이 1.26톤이나 증가함을 나타내었다. 또한 PK구에 ha 당 120kg의 무기태 질소를 시비하였을 경우에 ha 당 6.45~10.27톤(평균 8.19톤)의 연 평균 건물수량을 나타내어 인산과 칼리구 보다 3.05톤의 증수를 보였다.

한편 연간 ha 당 120kg에 해당하는 질소를 액상구비로 2회 분할사용한 구에서는 1995년에 5.73~7.25톤, 1996년에 4.52~6.15톤, 1997년에 8.33~9.22톤 및 3년 평균은 6.36~7.42톤의 연 건물수량을 나타내어 무비구 보다는 ha 당 1995년에 1.49~3.01톤, 1996년에 1.81~3.44톤, 1997년에 3.64~4.53톤 및 3년 평균에는 2.48~3.54톤의 증수를 보였고 PK구 보다는 각각 0.71~2.23톤, 0.37~2.00톤, 2.09~2.98톤 및 1.22~2.28톤의 연 건물수량의 증가를 나타내었다. 시용시기별로 보면 1995년과 1996년에는 S4시용구(2와 3번초 생육시에 시용)에서, 1997년에는 S1시용구(1과 2번초 생육시에 시용)에서 가장 높은 연 건물수량을 기록하였고 1995년에는 S1과 S5시용구(2와 4번초 생육시에 시용)그리고 1996년과 1997년에는 S2시용구(1과 3번초 생육시에 시용)에서 가장 낮았으며 3년 평균 건물수량은

S4시용구가 S1과 S2시용구보다 유의하게 높았다($p < 0.05$).

2. 대조구에 대한 액상구비질소의 상대건물수량

대조구에 대한 각 액상구비시용구의 상대건물수량을 나타낸 것은 표 3이다.

Table 3. Relative annual dry matter yield of cattle slurry plots against control plot

Treatment	1995	1996	1997	Mean
Nil(control)	100	100	100	100
S1	135	178	197	170
S2	147	167	178	164
S3	158	205	186	180
S4	171	227	189	191
S5	135	211	189	174
S6	161	177	191	177

무비구에 대한 액상구비 시용구의 연간 상대건물수량은 1995년에 135~171%, 1996년에 167~227%, 1997년에 178~197% 그리고 3년 평균에는 164~191%를 나타내었으며, 특히 액상구비를 2와 3번초 생육시에 시용한 경우(S4)에 다른 시용시기보다 현저하게 높은 상대건물수량을 나타내었다.

3. 액상구비의 시용시기별 건물수량의 변화

액상구비의 시용시기별 건물수량변화를 나타낸 것은 표 4이다.

Table 4. Dry matter yields(ton/ha) as affected by different nitrogen source application.

Treatment	Dry matter yield(ton/ha)			
	1st Cut	2nd Cut	3rd Cut	4th Cut
Nil(control)	0.69	1.50	0.95	0.75
PK	1.19	1.86	1.19	0.91
PK + 120 N	1.74	3.03	1.87	1.56
S1	1.24	2.73	1.56	1.07
S2	1.34	2.20	1.65	1.17
S3	1.31	2.37	1.72	1.59
S4	1.45	2.53	2.08	1.36
S5	1.11	2.49	1.60	1.57
S6	1.23	2.02	1.94	1.68
L.S.D.($p < 0.05$)	0.28	0.39	0.35	0.24

무비구의 예취번초별 건물수량은 2번초에서 ha 당 1.50톤으로 가장 높았고 다음으로 3번초(0.95톤), 4번초(0.75톤), 1번초(0.69톤) 순으로 낮아졌다. 인산과 칼리만을 사용한 구(PK구)는 무비구 보다 모든 예취번초에서 높은 수량을 나타냈지만 1번초에서만 무비구 보다 ha 당 0.50톤의 유의한 건물수량 증가를 나타내었다($p < 0.05$). 또한 인산과 칼리에 ha 당 연간 120kg의 무기태 질소를 사용한 구는 모든 예취시기에 PK구 보다 0.55~1.17톤의 유의한 건물수량증가를 나타내었고($p < 0.05$), 특히 2번초에서 가장 높은 증가폭을 나타내었다.

한편 액상구비 시용구에서는 1번초에서 ha 당 1.11~1.45톤, 2번초에서 2.02~2.73톤, 3번초에서 1.56~2.08톤, 4번초에서 1.07~1.68톤의 건물수량을 나타내어 무비구 보다 각각 0.42~0.76톤(평균 0.59톤), 0.52~1.23톤(평균 0.89톤), 0.61~1.13톤(평균 0.81톤), 0.32~0.93톤(평균 0.66톤)의 유의한 건물수량증가를 보였는데($p < 0.05$), 이러한 경향은 2와 3번초에서 뚜렷하였다.

4. 대조구에 대한 액상구비질소의 상대건물수량

대조구에 대한 예취번초별 각 액상구비시용구의 상대건물수량을 나타낸 것은 표 5이다.

Table 5. Relative dry matter yield of each treatment plots against control plot

Treatment	1st Cut	2nd Cut	3rd Cut	4th Cut
Nil(control)	100	100	100	100
S1	180	182	164	143
S2	194	147	174	156
S3	190	158	181	212
S4	210	169	219	181
S5	161	166	168	209
S6	178	135	204	224

액상구비 시용구의 무비구에 대한 3년 평균 예취번초별 상대건물수량은 1번초에서 161~210%, 2번초에서는 135~182%, 3번초에서 164~219%, 4번초에서 143~212%를 나타내었으나, 1과 3번초에서는 S4시용구(2와 3번초생육시 시용), 2번초에서는 S1시용구(1와 2번초생육시 시용) 그리고 4번초에서는 S6시용구(3과 4번초생육시 시용)가 다른 시용구보다 높은 상대건물수량을 나타내었다.

5. 질소이용효율

질소시비에 따른 질소이용효율을 건물생산효율(kg DM/kg N)로 나타낸것이 표 6이다.

Table 6. Efficiencies of dry matter production(kg DM/kg N) to different nitrogen source application.

Nitrogen Source	kg DM/kg N			Mean
	1995	1996	1997	
Fertilizer-N(120kg/ha)	43.8	19.2	13.4	25.4
Slurry-N(120 kg/ha)				
S1	12.5	17.7	37.8	22.7
S2	16.6	15.1	30.3	20.7
S3	20.4	23.7	33.6	25.9
S4	25.1	28.7	34.8	29.5
S5	12.4	25.2	34.7	24.1
S6	21.4	17.5	35.8	24.9
x	18.1	21.3	34.5	24.6

화학비료 시비구에서 건물생산효율(kg DM/kg N)은 ha 당 120kg의 질소시비시에 1995년에는 43.8, 1996년에 19.2, 1997년에 13.4이었고 3년 평균 25.4kg DM/kg N에 달하여 해가 진행됨에 따라 건물생산효율이 감소되었다.

한편 질소성분량으로 연간 ha 당 120 kg의 수준을 이용한 액상구비에서의 건물생산효율은 1995년에 12.5~25.1(평균 18.1), 1996년에 15.1~28.7(평균 21.3), 1997년에 30.3~37.8(평균 34.5) 그리고 3년 평균 20.7~29.5(평균 24.6)kg DM/kg N을 나타내어 해가 진행됨에 따라 건물생산효율(kg DM/kg N)이 증가되는 경향을 보였으며 S3와 S4시용구가 다른 처리구 보다 비교적 높았다.

IV. 고 찰

액상의 가축분뇨는 질소이외의 인산이나 칼륨등의 비료양분을 함유하고 있어 식물체의 영양소원이면서 수용성이기 때문에 포장에 시용할 경우 속효적인 비효를 기대할 수 있을 뿐만 아니라 토양내에서는 분뇨 중에 포함된 유기물첨가로 물리성이 개선되므로 토양개량제로서의 경제적 가치를 인정 받고 있다(Wilkinson, 1979). 그러나 이러한 가축분뇨도 과다시용으로 인해 토양에서 염기간의 불균형, 염해 및 토양으로부터의 양분유실을 초래할 수 있어(Bracker, 1982) 적정 시용수준과 시용시기를 규정하고 있는데, Schechtner(1981) 등은 조방적으로 이용되는 초지에서 액상구비(총 질소: 0.4 %, 건물함량: 10 %)의 시용수준을 연간 ha 당 30m³ 정도만으로 적절한 건물수량을 유지할 수 있다고 하여 권장하고 있다. 본 실험에서는 이러한 권장시용수준인 질소성분으로 ha 당 120 kg에 해당하는 액상구비를 사용하여 3년 평균 6.36~7.42 톤의 건물수량을 얻어 무비구(3.88 ton/ha) 보다는 2.48~3.54 톤의 증수를 보였고 인산과 칼리만을 사용한 구(5.14 ton/ha) 보다 1.22~

2.2톤의 증수를 나타내어 적절한 사용시기의 선정으로 초지의 생산성 향상의 가능성을 시사하고 있다(표 2). 한편 이러한 액상구비의 효과는 목초의 생육적온에 해당하는 2번초(3년 평균 19.0℃)와 연중 강수량의 분포가 가장 많았던 3번초의 생육시기에 액상구비를 사용하였을 때(즉, 5월 상순과 6월 하순경) 더욱 뚜렷하였는데, 이에 대해 Ruppert 등(1985)은 액상구비를 봄철에 사용하는 것이 다른 계절보다 훨씬 효과가 높다고 보고하고 Schechtner(1978, 1979 및 1991)는 수분함량이 낮은 액상구비는 가을철에 사용하는 것이 여름철보다 훨씬 작물의 이용효과가 높지만 물의 회석비율을 높힌다면 여름철의 사용효과도 크게 뒤지지 않는다고 하여 본 실험의 결과와 일치하였다.

질소성분량으로 연간 ha 당 120kg에 달하는 액상구비를 사용한 구의 무비구에 대한 3년 평균 상대건물수량은 164~191%을 보여(표 3), 조(1994)의 결과(112~133%) 보다 약 30~58% 정도 상대건물수량의 증가를 나타내었는데, 이는 해가 증가함에 따라 무비구의 건물수량은 감소하지만 반대로 액상구비의 사용구는 누적효과로 더욱 건물수량이 증가하기 때문으로 사료된다.

무비구의 3년 평균 예취번호별 건물수량은 2번초(1.50톤) > 3번초(0.95톤) > 4번초(0.75톤) > 1번초(0.69톤) 순으로 낮아졌고, 액상구비 사용구에서도 2번초에서 ha 당 2.02~2.73톤, 3번초에서 1.56~2.08톤, 4번초에서 1.07~1.68톤, 1번초에서 1.11~1.45톤의 건물수량을 나타내어(표 4), 목초의 생육이 양호한 시기에 액상구비의 사용으로 목초의 생육이 더욱 가속화됨을 시사하고 있다(Jo, 1989).

액상구비사용에 따른 질소이용효율 즉, 건물생산효율(kg DM/kg N)에 대해 Schechtner(1991)는 14~16의 범위라고 보고하였고 이등(1995)은 10.9~16.3라고 하였지만, 조등(1996)등은 30m²의 액상구비사용 3년째의 초지에서 건물생산효율이 25.4로 크게 증가함을 나타내어 사용효과의 누적을 시사하였는데, 본 실험의 결과에서도 1995년에 18.1, 1996년에 21.3, 및 1997년에 34.5(3년 평균 20.7~29.5)의 건물을 생산하여 해가 진행함에 따라 증가하여 액상구비의 연용에 의한 누적효과를 나타내었으며(Whitehead, 1995), 이러한 경향은 특히 2과 3번초 생육시기에 액상구비의 사용하였을 때에 더욱 뚜렷하게 나타났다(표 6).

한편 액상구비의 사용구와 동일한 양(ha 당 120kg)의 무기태 질소수준에서는 1995년에 43.8, 1996년에 19.2 및 1997년에 13.4kg DM/kg N을 나타내어 해가 진행됨에 따라 크게 감소하였는데, 이는 액상구비가 질소원이면서도 토양개량제로서 역할을 담당하고 있어 토양의 지력이 향상되어 건물수량의 증수를 가져오는 반면에 장기간의 무기태 질소시비는 식생구성이나 토양의 이화학적 성질을 악화시켜 점차 잠재생산성이 감소한 것에 기인한 것으로 생각된다(Jo, 1989; Schechtner, 1978).

V. 적 요

본 실험은 Orchardgrass의 영년채초지에서 연간 ha 당 질소성분량으로 120kg에 해당하는 액상구비를 S1(1과 2번초), S2(1과 3번초), S3(1과 4번초), S4(2과 3번초), S5(2과 4번초), S6(3과 4번초 생육을 위해 시용) 등과 같이 6개조합으로 분할시용하여 1995~1997년의 건물수량에 미치는 영향을 조사하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 연간 ha 당 질소성분량으로 120kg에 해당하는 액상구비(30 m³/ha)를 각각 다른시기에 2회 분할 시용한 경우에는 ha 당 3년(1995~1997년) 평균 6.36~7.42톤의 연간 건물수량을 얻어 무비구(3.88 ton/ha) 보다는 2.48~3.54 톤의 증수를 보였고, 인산과 칼리만을 시용한 구(5.14 ton/ha) 보다는 1.22~2.28톤의 증수를 보였는데 이러한 경향은 특히 S4(2와 3번초 생육을 위해 시용)시용구에서 더욱 뚜렷하였다.

2. 무비구에 대한 액상구비 시용구의 연간 상대건물수량은 3년 평균 164(S2시용구)~191(S4시용구)%를 나타내었다.

3. 무비구의 3년 평균 예취번호별 건물수량은 2번초(1.50톤) > 3번초(0.95톤) > 4번초(0.75톤) > 1번초(0.69톤) 순으로 낮아졌고, 액상구비 시용구에서도 2번초에서 ha 당 2.02~2.73톤, 3번초에서 1.56~2.08톤, 4번초에서 1.07~1.68톤, 1번초에서 1.11~1.45톤의 건물수량을 나타내었다.

4. 무비구에 대한 액상구비 시용구의 상대건물수량은 3번초(164~219%) > 1번초(161~210%) > 4번초(143~212%) > 2번초(135~182%) 순으로 낮아졌다.

5. 질소시용에 따른 건물생산효율(kg DM/kg N)은 연간 ha 당 질소성분량으로 120 kg에 달하는 액상구비의 시용시에 1995년에는 18.1, 1996년에 21.3, 및 1997년에 34.5(3년 평균 20.7~29.5)의 건물을 생산하여 해가 진행함에 따라 증가하고 이러한 경향은 2와 3번초에 액상구비를 시용하였을 때(S4시용구) 더욱 뚜렷한 반면에, 동일한 양의 무기태 질소수준에서는 1995년에 43.8, 1996년에 19.2 및 1997년에는 13.4kg DM/kg N(평균 25.4 kg DM/kg N)을 나타내어 해가 진행됨에 따라 크게 감소하였다.

인 용 문 헌

1. 이주삼·조익환·김성규·안종호, 1994. 유휴 논토양에서 조사료 생산을 위한 적정 액상구비 시용수준의 추정 I, 액상구비의 시용이 Reed canarygrass의 연 건물수량에 미치는 영향, 한초지, 14(1) : 50-56.
2. 이주삼·조익환·안종호·김성규, 1995. 유휴 논토양에서 가축분뇨를 이용한 조사료의 생산, 한초지, 15(3) : 175-185.
3. 조익환, 1994. 유휴지에서 조사료 생산을 위한 적정 가축분뇨의 시용에 관한 연구 I,

- 액상구비의 시용시기와 무기태 질소의 첨가가 Orchardgrass의 건물수량에 미치는 영향, 한국유기성폐기물자원화협의회학회지, 2(2) : 65-75.
4. 조익환 · 이주삼 · 김성규 · 안종호, 1996. 액상구비의 시용수준에 대한 Reed canarygrass의 반응, 한국유기성폐기물자원화협의회학회지, 4(1) : 33-42.
 5. Bracker, H.H. 1982. Gülle-Streßfaktor für die Grünlandpflanzengesellschaft-Betriebswirtschaftl. Mitteilg. der Landwirtschaftskammer Schlesweig-holstein, S. 21-28.
 6. Jo, I. H. 1989. Wirksamkeit der mineralischen Stickstoffdüngung auf Ertrag und Pflanzenbestand des Grünlandes im österreichischen Alpenraum. Diss. Univ. Bodenkultur. Wien.
 7. 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 Science. 48. 38-44.
 8. Ruppert, von W., M. Stichlmair, J. Bauchhenß, H.M.Blend, A.Haisch, K.Hammer, U. Hege, R.Juli, L.Melian, W. Nürnberger, J.Rieder, P.Rintelen, K.Rutzmoser, W.Weber, A.Wurzinger und H.Zeisig. 1985. Daten und Informationen zum Gülleeinsatz in der Landwirtschaft. Bayer. Landw. Jahrbuch. 62(8); 924-933.
 9. Schechtner, G. 1978. Zur Wirksamkeit des Güllestickstoffs auf dem Grünland in Abhängigkeit vom Düngungsregime. Die Bodenkultur, 29, 351-371.
 10. Schechtner, G. 1979. Auswirkungen von Düngung und Nutzung auf die botanische Zusammensetzung von Dauerwiesen und Dauerwiesenneuanlagen im Alpenraum. Ber. Int. Fachtagung "Bedeutung der Pflanzensoziologie für eine standortsgemäße und umweltgerechte Land-und Almwirtschaft." Gumpenstein, 12 u. 13. 9. 1978: 259-336.
 11. Schechtner, G. 1991. Wirtschaftsdünger-Richtige Gewinnung und Anwendung-Sonderausgabe der Zeitschrift "Förderungsdienst" Bundesministerium für Land-und Forstwirtschaft, Austria.
 12. Vetter, H und G. Steffens. 1986. Wirtschaftseigene Düngung-umweltschonend-bodenpflegend-wirtschaftlich. DLG-Verlag. Frankfurt(Main). 104-119.
 13. Whitehead, D. C. 1995. Grassland nitrogen. CAB INTERNATIONAL UK. 200-221.
 14. Wilkinson, S.R. 1979. Plant nutrient and economic value of animal manures. J. Anim. Sci. 48(1); 121-135.