

제주지역에서 질소분시 횡수에 따른 양마의 생육특성, 사료수량 및 조성분 변화

조남기 · 강영길 · 송창길 · 조영일* · 정재수 · 고미라 · 오은경

Effects of Split Nitrogen Application on Agronomic Characteristics, Forage Yield, and Chemical Composition of Kenaf in Jeju

Nam Ki Cho, Young Kil Kang, Chang Khil Song, Young Il Cho*, Jae Su Jung, Mi Ra Ko and Eun Kyung Oh

ABSTRACT

'Evegradies 71' kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) was grown at 160,000 plants per ha in a volcanic ash soil in Jeju island to determine the optimum frequency of split N application for forage production. Nitrogen fertilizer was applied with 240 kg/ha, and frequencies of the split N applications were 1, 2, 3, 4 and 5 times. Plant height averaged across two harvests increased from 187 to 201cm as N was split-applied from one to three applications and then decreased to 201cm in five applications. This pattern held for the number of branches and leaves per plant, stem diameter and weight of plant per plant. Fresh forage yield increased from 91.8 to 114.2 MT/ha, dry matter yield from 12.70 to 16.6 MT/ha, crude protein yield from 1.75 to 2.48MT/ha, and total digestible nutrients (TDN) yield from 5.39 to 7.63 MT/ha as N was split-applied from one to four applications, and then decreased to 106.6, 15.0, 2.32, and 7.22 MT/ha in five applications, respectively. As N was split-applied from one to five applications, crude protein content increased from 13.8 to 15.4%, ether extract content from 4.1 to 5.9%, and TDN content from 42.4 to 48.1%, but crude fiber decreased from 38.2 to 37.1% and crude ash content from 11.5 to 8.6%. Nitrogen free extract content was about 19.0% regardless of cutting height. (Key words : Kenaf, Nitrogen, Split application, Forage yield, Chemical composition)

I. 서 론

양마는 일년생초본식물로서 흡비력이 매우 높고, 재배하기가 용이한 작물로 알려져 있

다(Miyazaki 등, 1995). 특히 양마의 잎은 단백질 함량이 매우 높고(25%내외), DCP 14%, TDN 함량은 63%로 높을뿐만 아니라 소화율도 높고 사료수량도 매우 높기 때문에 젖소 등 가

제주대학교(Dept of plant Resources Science, College of Agric. & Life sci., Cheju National University)

* 서울대학교(College of Agric. & Life Sci., Seoul National University)

Corresponding author: Nam Ki Cho, Dept of plant Resources Sci., College of Agric. & Life sciences, Cheju National University, Jeju, 690-756, Korea. (064)-754-3315, chonamki@cheju.ac.kr

축사료로 이용가치가 매우 높은 작물로 보고되어 있다(Bhardivig 등, 1995; Hollowell 등 1996).

양마의 이러한 재배상 잇점 때문에 미국, 인도, 일본, 중국 등 세계 여러나라에서 많은 면적에 양마를 재배하고 있고, 가축의 조사료로 이용하기 위한 재배양식 등에 관한 시험도 여러 연구자들에 의하여 수행되고 있다(Salih, 1978; 조 등, 2001^a). 조 등(2001^b)에 의하면 양마를 사료작물로 재배할 경우 파종시기는 4월 25일경, 재식거리는 50cm×17cm로 하고, 질소 200kg/ha을 시비하는 것이 양마의 수량성을 증대시킬 수 있다고 하였다. 특히 사료작물은 잎과 줄기를 이용할 목적으로 재배되기 때문에 종실작물에 비하여 생육단계별로 질소를 나누어 시비하는 것이 사료수량을 증가시킨다는 보고도 있다. 청예피는 제주지역에서 200kg/ha의 질소를 3회분시에서(조 등, 2001^b), 사료용 유채와 청예용 귀리는 240kg/ha 질소를 각각 4회분시에서 사료수량을 높일 수 있다고 하였다. 다른 지역에서도 Edwards 등(1971)은 Sudangrass계 잡종에서, Johnson과 Cumins(1967)은 수수류에서, 분시 횟수가 많을수록 사초 수량은 증대되었다고 하였으나 양마에 있어서 질소시비횟수에 대한 연구는 전혀 이루어진 바 없다.

따라서 본시험은 제주도와 같이 강우량이 많고, 수분, 양분유실량이 많은 화산회토에서 질소분시 횟수에 따른 양마의 생육특성, 사료수량 및 조성분을 조사하여 제주도 기상, 토양 등의 환경조건에서 사료생산을 위한 양마의 적정 질소시비 횟수를 구명하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 2001년 4월 13일부터 2001년 10월 8일까지 표고 278m에 위치한 제주대학교 농업생명과학대학 부속농장에서 실시하였다. 시험포장의 토양(표토 10cm)은 화산회토가 모재로 된 농암갈색토였으며, 화학적 성질은 표 1에서 보는 바와 같고, 조사기간의 기상조건은 표 2에서 보는 바와 같다. 공시양마품종은 (Evegradies71)이었고, 2001년 4월 13일에 휴폭 25cm, 주간 25cm 간격으로 주당 3립씩 점파하였으며, 출아후 1주 1분으로 솟음을 하였다.

시험구 배치는 질소분시 5처리를 3반복 난괴법으로 하였으며, 시험구 면적은 6.6m²로 하였다. 시비량은 ha당 질소 240kg, 인산 100kg, 칼리 100kg에 해당하는 양을 각각 요소, 용성인비 및 염화加里로 시비하였으나, 인산과 가리는 전량을 기비로 하였고, 질소비료는 표 3에서 보는 바와 같이 전술한 질소량을 파종일을 기준으로 하여 1회에서 5회 분시하였다. 생육특성은 7월 21일과 10월 8일 수확시 2차에 걸쳐 조사하였으며, 시험포 중간지점에서 10분을 선정하여 초장, 엽수, 경직경 및 개체당 무게를 조사하였다. 생초수량은 각 구별로 생육이 균형된 지점에서 3.3m²(1.8m×1.8m)를 예취한 다음 ha당 수량으로 환산하였고, 건물중은 생초 500g의 시료를 75℃ 통풍건조기에서 48시간 건조시켜 조사하였다. 조단백질(CP), 조지방(EE), 조섬유(CF), 조회분(CA) 및 가용무질소물(NFE) 등의 사료가치는 1mm체를 통과시킨 시료를 이용하여 표준사료분석법(축산기술연구소, 1996)에 준하여 분석하였고, 가소화양분총량(TDN)은

Table 1. Chemical properties of top soil (0~10cm) before the experiment

pH (1:5)	Organic matter (g/kg)	Available P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable cation (cmol/kg)				EC (dS/m)	NO ₃ -N (mg/kg)
			Ca	Mg	K	Na		
5.5	63.6	95.4	0.65	0.27	0.40	0.08	0.73	62.5

Table 2. Monthly air temperature and precipitation during the growing season of 2001 with the 10-year (1991~2000) average

Month		Air Temperature (°C)						Precipitation (mm)	
		2001			10-yr avg.			2001	10-yr avg.
		Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean		
April	Early	17.6	9.7	13.6	15.6	8.9	11.8	25.7	38.2
	Middle	18.5	10.3	14.2	17.7	10.2	13.8	2.5	23.3
	Late	17.9	11.3	14.5	19.5	12.4	15.8	34.4	29.7
May	Early	20.3	13.9	16.6	20.9	13.4	16.0	16.3	38.3
	Middle	24.1	15.6	19.4	21.4	14.1	17.7	1.4	39.0
	Late	22.5	17.2	19.4	22.7	15.8	19.0	87.7	17.6
June	Early	25.1	21.4	18.8	23.9	17.4	20.1	7.2	33.9
	Middle	25.3	22.1	19.1	24.7	18.5	21.4	57.2	72.7
	Late	26.2	23.5	21.2	25.8	20.0	22.7	454.4	71.6
July	Early	28.6	24.8	21.5	27.4	21.9	24.1	56.6	92.3
	Middle	30.1	26.4	23.5	29.3	23.6	26.2	57.7	34.8
	Late	32.2	28.9	26.0	30.3	24.6	27.2	8.8	92.3
Aug.	Early	31.8	28.4	25.7	30.4	25.1	27.7	120.8	92.7
	Middle	29.7	26.7	24.7	29.5	24.5	26.7	54.6	100.7
	Late	28.4	25.4	22.7	28.8	23.5	26.0	58.5	96.5
Sept.	Early	26.4	22.3	24.2	28.0	22.3	24.2	57.4	36.3
	Middle	25.4	20.9	23.2	25.8	20.4	23.0	18.9	66.9
	Late	24.6	19.3	21.8	24.0	18.7	21.3	33.4	95.0
Oct.	Early	22.9	18.0	20.4	23.0	16.7	20.4	23.7	15.1
	Middle	22.1	16.9	19.3	21.5	15.2	18.4	5.7	34.7
	Late	21.5	16.2	18.8	19.5	13.6	16.5	94.4	25.9

Table 3. Description of split N application to kenaf

No. of N applications	N rate per application (kg/ha)	Timing of N application (days after sowing)
1	240	0 (at sowing)
2	120	0 + 30
3	80	0 + 30 + 60
4	60	0 + 30 + 60 + 90
5	48	0 + 30 + 60 + 90 + 120

Wardeh(1981)가 제시한 다음 수식에 의하여 산출하였다.

$$TDN(\%) = -17.256 + 1.212CP(\%) + 2.464EE(\%) + 0.835NFE(\%) + 0.448CF(\%)$$

III. 결과 및 고찰

1. 생육특성

양마의 질소분시 횟수에 따른 초장, 엽수, 경

지경, 분지수 및 개체당 무게를 조사한 결과는 표 4에서 보는 바와 같다.

초장은 1회 전량시비에서 2회 평균 187cm이 있으나 분시 회수가 많아짐에 따라 점차적으로 커져서 4회 분시에서는 210cm로 가장 컸으며 5회 분시에서는 오히려 201cm로 작았다. 시비 횟수가 분지수, 경직경, 엽수 및 개체당 무게에 미치는 영향은 초장의 반응과 비슷하였다. 즉 1회 분시에서 분지수, 경직경, 엽수 및 개체당 무게는 각각 26개, 16.5mm, 299개, 1,285g이었던 것이 4회 분시에서 분지수 34.8개, 경직경 21.1 mm, 엽수 320개, 개체당 무게는 1,691g로 증가되었으나 5회 분시에서는 감소되었다. 4회 분시에서 조사한 모든 형질이 우수하였던 것으로 보아 질소 60kg/ha를 30일 간격으로 4회 시

비가 제주지역의 기상, 토양 등 환경조건에서 양마의 줄기와 잎의 생장에 필요한 질소를 적기에 가장 많이 공급하였던 것으로 판단되었다. 제주지역에서 다른 사료작물도 질소분시 횟수가 많을수록 사료작물 생육이 왕성하였던 것으로 보고되고 있는데, 조 등(2001^a)은 청예피의 경우 질소 3회(66.7kg/ha) 분시에서 조 등(2001^b)은 귀리는 질소 4회분시(60kg/ha)에서 초장이 크고 모든 형질이 우수한 것으로 보고한 바 있다.

2. 사료수량성

양마의 질소분시 회수에 따른 생초, 건물, CP 및 TDN 수량은 표 5에 나타내었다.

Table 4. Growth characteristics of kenaf grown at five different split N applications

No. of N applications	Plant height (cm)			No. of branches (ea/plant)			Stem diameter (mm)			No. of leaves [†] (ea/plant)			Wt. of plants (g/plant)		
	1st [†]	2nd	Avg.	1st	2nd	Avg.	1st	2nd	Avg.	1st	2nd	Avg.	1st	2nd	Total
1	188	186	187	28.5	23.5	26.0	17.7	15.2	16.5	306	293	299	747	538	1285
2	195	191	193	32.0	26.3	29.2	18.8	15.8	17.3	315	299	307	899	558	1457
3	206	200	203	33.4	31.5	32.4	19.9	16.3	18.1	326	302	314	1029	595	1624
4	214	205	210	35.6	33.9	34.8	23.5	18.6	21.1	331	309	320	1081	610	1691
5	205	197	201	32.1	31.1	31.6	19.1	15.7	17.4	323	297	310	1004	580	1584
Avg.	201	196	199	32.3	29.3	30.8	19.8	16.3	18.1	320	300	310	952	576	1528
LSD (5%)	3	3	2	2.4	1.9	1.8	0.7	0.9	0.6	5	3	3	31	10	30

[†] 1st, first cutting; 2nd, second cutting; [†], Green Leaves on Sept 6.

Table 5. Yield characteristics of kenaf grown at five different split N applications

No. of N applications	Fresh forage yield (MT/ha)			Dry matter yield (MT/ha)			Crude protein yield (MT/ha)			TDN [†] yield (MT/ha)		
	1st [†]	2nd	Total	1st	2nd	Total	1st	2nd	Total	1st	2nd	Total
1	60.5	31.3	91.8	8.43	4.27	12.70	0.98	0.68	1.75	3.47	1.86	5.39
2	61.5	33.1	94.6	9.37	5.13	14.50	1.17	0.87	2.14	3.94	2.34	6.35
3	71.5	37.0	108.5	9.70	5.50	15.20	1.26	0.84	2.15	4.21	2.51	6.77
4	73.4	40.8	114.2	10.37	6.30	16.67	1.43	1.00	2.48	4.62	2.96	7.63
5	70.9	35.7	106.6	9.63	5.37	15.00	1.39	0.88	2.32	4.50	2.66	7.22
Avg.	67.5	35.6	103.1	9.50	5.31	14.81	1.25	0.86	2.17	4.15	2.47	6.67
LSD (5%)	2.0	1.1	3.0	0.59	0.51	1.09	0.07	0.08	0.14	0.26	0.22	0.46

[†] 1st, first cutting; 2nd, second cutting; [†] Total digestible extract.

질소분시 횡수에 따른 양마의 생초수량은 전량 시비에서 91.8MT/ha였으나 4회 분시까지는 시비횡수가 증가됨에 따라 증수되어 4회 분시에서는 114.2MT/ha로 증수되었으나 5회 분시에서는 106.6MT/ha로 감수되었다. 시비 횡수 증가에 따른 건물, 단백질 및 TDN 수량도 생초수량의 변화와 비슷한 경향을 보여 4회 분시에서 각각 16.67MT/ha, 2.48MT/ha, 7.63MT/ha로 가장 증수되었으나 4회 이하의 분시에서도 점차적으로 감소되어 전량 시비에서는 건물수량은 12.70MT/ ha, CP수량은 1.75MT/ha, TDN 수량은 5.39MT/ ha로 감소되었다. 이 시험에서 240kg/ha의 질소를 4회 분시하였을 때 그 이상과 그 이하의 분시에 비하여 수량이 증가된 것은 양마의 생육에 필요한 질소비료가 적기에 공급되어 수량성이 증대되었고 5회 분시에서 마지막으로 시용된 질소가 건물생산에 기여가 적었던데 기인되었던 것으로 생각된다. 제주지역에서 사료용 유채와 sudanggrass계 잡종은 4~5회 분시에서, 제주피는 3회 분시에서 수량성이 높았다는 조 등(1998, 1999, 2001⁹)의 보고도 있고, 외국인 경우도 sudanggrass (Edwards 등, 1971), 수수류(Johnson and Cummins, 1967), reed canarygrass (Marten, 1985)에서도 질소분시 횡수가 많아짐에 따라 사료수량성이 증가되었다는 보고도 있다.

3. 조성분 함량 변화

질소시비 횡수에 따른 조성분 함량 변화를 표 6에 제시되어 있다.

조단백질, 조지방, 가용무질소물 및 TDN 함량은 시비 횡수가 많을수록 증가되는 경향이였다. 즉 전량기비에서 각각 13.8%, 4.1%, 18.7%, 42.4%이었던 것이 5회 분시에서는 각각 15.4%, 5.9%, 19.1%, 48.1%로 증가되었다. 이와는 반대로 조섬유 및 조회분 함량은 시비 횡수가 많을수록 감소되어 전량기비구에서 각각 38.2%, 11.5%이었던 5회 분시에서 각각 37.2%, 8.6%로 감소되었다. 조섬유 함량이 분시 횡수가 많아짐에 따라 감소된 것은 시비횡수의 증가에 따라 생육진전이 다소 늦어져서 조단백질, 조지방 및 가용무질소물은 상대적으로 높았던 것으로 보인다(Songin, 1985). 다른 사료작물에서도 질소분시 횡수가 많아짐에 따라 조단백질 및 가용무질소물은 증가되고, 조섬유 및 조회분 함량이 감소된다는 보고는 조 등(1998)은 수단그래스계 잡종에서, 사료용 유채에서(조 등, 1999), 청에피에서도(조 등, 2001⁹) 본 시험과 비슷한 결과를 보고한 바 있다.

이 시험 결과 240kg/ha 질소비료를 4회 분시하는 것이 양마의 생육에 필요한 질소를 적기에 공급할 수 있어 사료수량성을 높일 수 있었다. 따라서 제주도 기상과 화산회토양에서 사료목적으로 양마를 재배할 경우 적정 질소시비 횡수는 30일 간격으로 4회로 사료된다.

Table 6. Chemical composition of forage for kenaf grown at five different split N applications

No. of N appli-cations	Crude protein (%)			Ether extract (%)			Crude fiber (%)			Crude ash (%)			NFE [†] (%)			TDN [‡] (%)		
	1st [†]	2nd	Avg.	1st	2nd	Avg.	1st	2nd	Avg.	1st	2nd	Avg.	1st	2nd	Avg.	1st	2nd	Avg.
1	11.6	16.0	13.8	4.1	4.1	4.1	39.0	37.5	38.2	12.0	11.0	11.5	19.9	17.5	18.7	41.1	43.7	42.4
2	12.5	17.0	14.8	4.4	4.8	4.6	38.3	37.2	37.7	11.6	10.3	11.0	19.2	16.5	17.9	42.0	45.5	43.8
3	13.0	15.2	14.1	4.7	5.0	4.9	38.2	36.7	37.4	10.6	9.9	10.2	19.4	18.8	19.1	43.4	45.6	44.5
4	13.8	15.9	14.9	5.1	5.6	5.4	37.0	36.3	36.7	10.5	9.5	10.0	19.1	17.8	18.5	44.6	47.0	45.8
5	14.4	16.5	15.4	5.4	6.5	5.9	36.2	36.0	36.1	8.8	8.4	8.6	20.4	17.7	19.1	46.7	49.6	48.1
Avg.	13.1	16.1	14.6	4.7	5.2	5.0	37.7	36.7	37.2	10.7	9.8	10.3	19.6	17.7	18.6	43.6	46.3	44.9
LSD (5%)	0.4	0.4	0.3	0.3	0.5	0.3	0.7	0.6	0.4	0.5	0.5	0.4	NS	NS	NS	0.9	1.1	0.8

[†] 1st, first cutting; 2nd, second cutting; [†] Nitrogen free extract; [‡] Total digestible nutrients; NS, Not significant.

IV. 요 약

본 시험은 제주지역에서 양마의 적정질소시비 횟수를 구명하기 위하여 2001년 4월 13일부터 10월 8일까지 질소시비량을 240kg/ha 고정하고 30일 간격으로 1~5회 분시하여 양마의 생육특성, 사료수량성 및 조성분 함량 등을 조사하였다.

초장은 분시 횟수가 많을수록 증가하여 4회 분시구에서 최고인 201cm를 보이다가 5회에서 줄어들었다. 분지수, 엽수, 경직경 및 개체당 무게도 초장과 같은 경향으로 4회 분시에서 가장 우세하였다. 생초, 건물, 조단백질 및 TDN 수량은 전량기비에서 4회 분시까지의 각각 91.8MT/ha에서 114.2MT/ha, 12.70MT/ha에서 16.6MT/ha, 1.75MT/ha에서 2.48MT/ha, 5.39MT/ha에서 7.63MT/ha로 증수되었다가 그 이상인 5회 분시에서 각각 106.6MT/ha, 15MT/ha, 2.32MT/ha, 7.22MT/ha로 감소되었다.

조단백질, 조지방, 가용무질소물 및 TDN 함량은 13.8%에서 15.4%, 4.1%에서 5.9%, 18.7%에서 19.1%, 42.4%에서 48.1%로 증가된 반면 조섬유와 조회분은 각각 38.2%에서 37.1%, 11.5%에서 8.6%로 감소되는 경향이었다.

V. 인 용 문 헌

1. 조남기, 송창길, 강봉균, 조영일, 고지병. 2001^a. 제주지역에서 재식밀도에 따른 양마의 생육특성, 수량 및 조성분변화. 동물자원지 43(5):755-762.
2. 조남기, 송창길, 송승운, 조영일, 오은경. 2001^b. 제주지역에서 질소 분시에 따른 귀리의 생육특성, 사초수량 및 조성분변화. 동물자원지 43(4): 553-560.
3. 조남기, 송창길, 조영일, 고지병. 2001^c. 제주지역에서 질소시비량 차이에 따른 양마의 생육특성, 수량 및 조성분 변화. 한초지 21(2):59-66.
4. 조남기, 송창길, 조영일, 고지병. 2001^d. 제주지역에서 파종기에 따른 양마의 사료수량 및 조성분 변화. 한작지 46(6):439-442.
5. 조남기, 강영길, 부창훈. 2001^e. 질소분시가 청예피의 생육특성, 수량 및 조성분 함량에 미치는

- 영향. 동물자원지 43(2):253-258.
6. 조남기, 유철수, 조은일. 1999. 질소 분시에 따른 유채의 생육, 수량 및 조성분변화. 제주대 아농연 7:83-101.
 7. 조남기, 박성준, 강영길, 송창길. 1998. 질소 분시에 따른 Sudangrass계 잡종의 생육, 수량 및 사료가치 변화. 제주대 아농연 15:21-30.
 8. 축산기술연구소, 1996. 표준사료성분분석법. p. 1-20.
 9. Bhardivig, H.L., M. Rangappa and C.L. Webber. 1995. Potential of kenaf as a forage. Proc. 7th Ann. Intern. Kenaf Conf : 94-104.
 10. Edwards, N.C., H.A. Fribourg and M.J. Montgomery. 1971. Cutting sorghum-sudangrass cultivar Sudax SX-11. Agron. J. 63:261-271.
 11. Hollowell, J.E., B.S. Baldwin and D.L. Lang. 1996. Evaluation of kenaf as a potential forage for the southwestern United States. Proc. 8th Ann. Intern. Kenaf Conf : 34-38.
 12. Johnson, B.J. and D.G. Cummins. 1967. Influence of rate and time of nitrogen application on forage production of sorghum for silage. Georgia Agr. Res. 9:7-8.
 13. Marten, G.C. 1985. Reed canarygrass. In Forages. The science of grassland agriculture. 4th ed. Health, M.E., R.F. Barnes and D.S. Metcalfe. Iowa State Univ. Ames. USA.
 14. Miyazaki A., W. Agata, F.Y. Kubota and X. Song. 1995. Bio-production and water cleaning by plant growth with floating culture system. 2. Water cleaning effects by the growth of several plant species. 6th International conference of the conservation and management of Lakes Kasumigaura. 95(1):560-563.
 15. Salih, F.A. 1978. Effects of population densities and row spacings on kenaf yields and its components in the kenana area of the Sudan. Acta Agron. Acad. Sci. Hung. 27:349-356.
 16. Songin, W. 1985. The effect of nitrogen application on the content of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium in the dry matter of rye and winter rye grown as winter catch crop. Herb. Abst. 55(2):297.
 17. Wardeh, M.F. 1981. Models for estimating energy and protein utilization for feed. Ph. D. diss. Utah State Univ., Logan, Utah, USA.