

碩士學位論文

질소 시비량과 질소 분시에 따른
제주피의 생육반응, 수량 및 조성분 변화

濟州大學校 大學院

農學科

부 창 훈

110.345

2000年 12月

질소 시비량과 질소 분시에 따른
제주피의 생육반응, 수량 및 조성분 변화




指導教授 趙 南 棋

부 창 훈

이 論文을 農學 碩士學位 論文으로 提出함

2000年 12月

부창훈의 農學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 강 영 길 
委 員 조 남 기 
委 員 최 일 기 

濟州大學校 大學院

2000年 12月

Effects of Nitrogen Rate and Split Nitrogen
Application on the Growth Characters,
Yield and Chemical composition of Japanese millet

Chang-Hoon Boo
(Supervised by Professor Nam-Ki Cho)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF AGRICULTURE

DEPARTMENT OF AGRICULTURE
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

December 2000

목 차

Summary	1
I. 서 언	3
II. 연구사	4
III. 재료 및 방법	8
IV. 결과 및 고찰	11
시험 I. 질소시비에 따른 제주피의 생육반응, 수량 및 조성분 변화	11
1. 생육반응	11
2. 수량성 변화	13
3. 조성분 변화	13
4. 형질간 상관 및 회귀	15
시험 II. 질소분시에 따른 제주피의 생육반응, 수량 및 조성분 변화	19
1. 생육 반응	19
2. 수량성 변화	20
3. 조성분 변화	21
4. 형질간의 상관 및 회귀	22
V. 종합고찰	26
VI. 적 요	28
참고문헌	30

Summary

This study was carried out to investigate the effects of nitrogen rate and nitrogen splitting application on the growth characters, yield and chemical composition of Japanese millet.

The results obtained are summarized as follows ;

A. The effects of nitrogen rate on growth, yield and chemical composition.

- 1) Days to heading delayed from 84 to 90 days as nitrogen rate increased from 0 to 250 kg/ha.
- 2) Plant height increased from 144 to 183 cm with increasing nitrogen rate. However, there was no significant difference between 200 and 250 kg/ha.
- 3) Increasing the N rate from 0 to 250 kg/ha increased fresh forage yield from 37.3 to 53.0 t/ha, dry matter(DM) yield from 6.76 to 12.67 t/ha, crude protein yield from 0.47 to 1.21 t/ha and total digestible nutrient(TDN) yield from 3.46 to 7.18 t/ha. However No significant differences in the these yields were found between 200 and 250 kg/ha.
- 4) Nitrogen uptake increased from 75 to 194 kg N/ha but N use efficiency decreased from 90 to 65 kg DM/kg N with increasing N from 0 to 250 kg/ha.
- 5) Crude protein content increased from 6.9 to 9.6%, ether extract content from 4.2 to 5.1%, nitrogen free extract content from 38.5 to 40.2% and TDN content from 51.27 to 56.70% but crude fiber content decreased from 39.5 to 35.9% and crude ash content from 10.9 to 9.1% as nitrogen rate increased from 0 to 250 kg/ha.

B. The effects of splitting nitrogen application on growth, yield and chemical composition.

- 1) Days to heading delayed from 84 to 88 days as split application of N increased from 0 to 5 times.
- 2) Plant height increased from 152 to 188 cm as split application of N increased from 1 to 3 and then decreased to 156 cm at 5 split application. A similar pattern held for leaf length, leaf width, and stem diameter. Leaf number was not affected by the number of the split application.
- 3) Fresh forage yield increased from 43.7 to 50.3 t/ha, Dry matter yield from 6.96 to 11.99 t/ha, crude protein yield from 0.47 to 0.89 t/ha, and TDN yield from 3.80 to 6.81 t/ha and then decreased to 45.3, 7.51, 0.63 and 4.43 t/ha, respectively at the 5 applications.
- 4) Nitrogen uptake increased from 75.1 to 101.3 kg N/ha but N use efficiency decreased from 92.8 to 74.1 kg DM/kg N with increasing N from 0 to 250kg /ha
- 5) Crude protein content increased from 6.4 to 8.4%, ether extract content from 5.7 to 6.1%, nitrogen free extract content from 30.17 to 34.7% and TDN content from 48.0 to 53.0% but crude ash content decreased from 10.2 to 8.0% and crude fiber from 38.9 to 35.5% as the number of splitting nitrogen application increased from one to five times.

I. 서 언

제주피는 생육기간이 짧은 남방형 일년생 목초로, 습지나 척박한 토양 조건에도 생육이 양호하고, 수량성이 높을 뿐만 아니라 사료가치도 우수한 작물로 알려져 있다(김 등, 1995).

피의 이러한 우수성 때문에 미국에서는 넓은 면적에 피를 사료작물로 재배하고 있으며(Christensen 등, 1984, 1987), 제주도에서도 오래 전부터 축산농가에서 제주피를 청예 및 건조용 사료작물로 재배되어 왔고, 전남지역의 일부 낙농가에서도 제주피를 재배하고 있는 실정이다.

피는 흡비력이 강하고 질소시비에도 매우 민감하다. 질소의 결핍은 줄기의 발육이 나빠지고, 분얼수는 감소하게 되며 뿌리신장도 불량하여 사초의 수량성이 감소하게 된다. 질소는 식물의 단백질 합성 및 성장발육에 결정적으로 필요하고 수량성 성립과정에서 매우 중요한 역할을 하게 되며, 전 생육 과정에서 필수요소로서 사초의 수량성에 매우 관계가 깊다(Songin, 1983).

Patras와 Pinaru(1983)는 화분과 사료작물 재배시 질소시비량은 건조한 지역에서는 10kg/10a, 강우량이 많은 지역에서는 27kg/10a 질소시비가 사초 수량성이 매우 높다고 하였다. 제주도와 같이 연간 강우량이 1,200~2,200mm로 많고, 비료의 보지력이 매우 낮은 화산회토양에서 화분과 사료작물은 질소요구량이 매우 많은 것으로 알려져 있다(Cho 등, 1993; Cho 등, 1999).

우리나라에서 피의 재배시에는 질소비료를 100~170kg/ha로 하여 파종전 기비로 50%로 하고, 나머지 50%를 추비로 시비하는 것이 관례로 되어 있는데(김, 1995), 화분과 사료작물은 질소에 매우 민감한 특성 때문에 질소분시 횟수가 많아짐에 따라 수량성이 증대되었다는 보고도 있다(Gregorova, 1985; Fink, 1989).

제주피는 제주도의 기상, 토양 등의 환경 조건에서 청예, 사일리지 및 건조용으로 이용가치가 매우 높은 사초로 생각되나 제주피의 재배법 확립에 관한 연구가 거의 이루어진 바 없다.

따라서 본 연구는 질소시비량 차이와 분시에 따른 제주피의 생육반응, 수량성 및 조성분 등을 분석하여 적정 질소시비량과 분시횟수를 구명하고자 실시하였다.

II. 연구사

질소시비는 피 등의 화분과 사료작물의 성장 발육에 결정적으로 필요하고 수량 구성요소의 성립과정에서 매우 중요한 역할을 하게 되며, 피의 수 생육기간에 필수요소로서 수량 구성요소에 매우 관계가 깊다(Songin, 1985).

Mohamed Saleen(1972)과 Vicentechandler(1974)는 화분과 사료작물은 인산이나 칼리보다는 질소시비 효과가 매우 크다고 하였으며, Niegaus(1971)와 Colyer 등(1977),는 피와 다른 화분과 사료작물의 질소증시에 따른 청예 및 건물수량이 증수되었다고 하였고 Rhykend 등(1969)은 화분과 청예작물의 질소시비량은 연간 150~200kg/ha 소요된다고 하였다. 그리고 김(1995)은 우리나라에서 피의 재배시에는 질소비료를 100~170kg/ha로 하여 파종전 밑비료로 50%로 하고, 나머지 50%는 추비로 하는 것이 건물수량을 증대시킬 수 있다고 하였다.

피의 질소시비량은 품종에 따라 달라지나(Johson과 Cummins, 1967), 건조한 지역에서는 100kg/ha, 강우량이 많은 지역에서는 270kg/ha의 질소시비가 화분과 사료작물의 생초 및 건물수량, 증대에 효과적이라고 하였다. 또한 강우량이 많은 화산회토양에서는 다른 지역에 비하여 질소시비량이 많은 것으로 보고되고 있는데, Cho 등(1998)은 사료용 유채에서, Cho와 Yu(1993)는 수단그라스에서, Park 등(1996)은 수수에서 300kg/ha 질소시비가 초장이 길고, 생초수량 및 건물수량도 높다고 보고하였다.

서 등(1995)은 질소시비 수준이 0, 70, 140, 280, 420kg/ha으로 증가함에 따라 reed canarygrass의 초장과 건물수량 및 조단백질 함량은 유의적으로 증가하여 ($P < 0.05$), 평균 초장은 각각 39, 42, 50, 61, 72cm로, 연간 건물수량은 각각 4,540, 5,316, 6,060, 7,923, 9,960kg/ha으로, 그리고 조단백질 함량은 각각 17.6, 17.4, 17.4, 18.4, 19.8%로 높아졌다고 하였다. 또 시용질소 kg당 건물증가율도 질소시비 수준이 높아질수록 증가하는 경향이었으나 질소시비수준이 증가할수록 목초의 건물용은 점차 낮아졌으며, 목초의 NDF와 ADF 등 조섬유 함량은 높아지고 TDN과 상대사료가치(RFVP)는 감소하였다고 보고하였다. 韓(1985)은 葉綠色度는 질소시비수준이 높을수록 녹색의 정도가 높았으며 질소시비수준이 낮을수록 연녹색을 보

었다고 보고한 바 있다. Gregorova(1985)나 Fink(1989) 등은 질소시비량의 증가는 건물수량과 조단백질함량을 증가시킨다고 하였다. 그러나 건조의 품질을 결정하는 조단백질수량은 최대건물수량을 나타내는 한계질소시비 수준보다 높은 수준까지 증가한다. 이 등(1980)은 피에서 건물수량은 5kg과 10kg 및 15kg의 질소시비 수준 간에는 5% 수준에서 유의성이 인정되었고, 조단백질함량은 질소질비로 시비수준에 따라서 크게 영향을 받으며 조단백질의 생산은 고수준의 질소처리구에서 높은 생산량을 低수준의 처리구에서는 낮은 생산량을 보여 주었다고 보고하였다.

Lee 등(1977)은 화분과 복초는 생육초기 질소시비에 의하여 조단백질함량이 증가되지만, 생육의 진행에 따른 건물수량의 양적증가와 함께 가소화양분수량은 증가된다고 하였으며, 김 등(1989)은 화분과 복초에 있어 조단백질의 함량은 평균 6.5~10% 범위이며 생육시기가 경과함에 따라 감소하였고, TDN 함량은 평균 36~64% 범위로 점차 감소하는 경향이라 하였다.

Knauer(1968)는 질소시비 효과는 계절뿐만 아니라 연도별에도 큰 차이가 있으며 최고의 복초수량은 일부는 봄에 다량의 질소를 시비하였을 때 일부는 연간 균일분시하여 얻었다고 하였으며, Frankena(1957)는 Holland에서 질소시비가 수량에 미치는 영향은 4~5월 시비가 6~8월 시비한 것 보다 안전성이 높았고 6~8월 시비에서 수량변화가 큰 것은 일부 다른 성장요인 즉, 환경요인에 기인된 것이라 하였다. 박(1991)은 오차드그라스 혼파 초지에 대한 연구에서 질소 및 칼리비료의 분시방법은 봄철에 多肥, 여름철 고온기는 시비하지 않거나 10% 이하의 小肥가 바람직하였고, 박(1973)은 6월 상순에 전량 사용하고 시비량이 많을 때는 6월 상순과 1차 수확 직후인 8월 상순에 2회 분시함이 효과적이었다고 하였다. 오 등(1967)은 火山灰土의 토양에서 맥주보리를 재배할 경우 품종에 따라 질소 시비수준이 다르며, 기비, 해빙기, 절간 생육초기에 각각 30%씩 분시하는 것이 좋다고 하였다.

McNeal 등(1966)은 春播大麥 품종들에서 질소의 흡수량은 신장기까지 20~45%, 출수기까지 35~65%, 개화기까지는 65~85%에 이르며 건물량의 증가는 신장기로부터 등숙 초기의 기간에 가장 크다고 하였다. 김 등(1997)은 우리나라의 경우 생육 초기에는 질소 전량기비구와 기비 60+추비 40%인 기비 중점처리가

추비 중점처리에 비하여 엽수가 많고 엽장이 길어 생육이 다소 양호하였으나 생육기간이 경과할수록 질소비료를 기비 40%에 추비 60%를 3회 동일한 양을 분시한 처리가 엽수, 엽장 등의 생육이 가장 양호하였다. 생육이 가장 양호하였던 기비 40+추비 60% 처리구가 생체수량이 가장 많아 다른 분시 처리구에 비하여 103~196%의 증수효과가 있었으며, 河 등(1981)은 小麥에서 幼穗의 분화 정도에 기준하여 질소추비를 출수전 65일과 출수전 15일의 2회 분시한 결과 출수기의 엽면적이 크고 엽록소함량이 증가하였고, 穗實수량은 관행 1회 추비구에 비하여 22% 증수하였다고 보고하였다. 또한 강 등(1989)은 출아기, 출수기, 절수, 경직경은 전처리에서 비슷하였고, 초장, 엽수, 분얼수 등은 질소량 및 추비횟수를 높일수록 증가되었다고 하였다. 수량은 질소 15kg/10a을 3회 추비처리가 가장 높았다고 하였으나, 박 등(1982)은 표준 시비 및 추비량에 비하여 25% 증비 및 질소 추비량 증가에 따라 성숙기가 1일 정도 늦어졌으며, 생육시기별 식물체의 건물중은 표준 시비구에서는 질소 추비량 증가에 따라 무거워지는 경향이나 25% 증비구에서는 질소 추비량에 따른 차이가 없거나 일정한 경향이 없었다는 보고도 있다.

이 등(1997)은 질소이용율은 전량기비구는 19.5%, 2회 분시구는 25.2%, 관행은 20.7% 그리고 3회 분시구는 27.1%로 가장 높았고, 단위면적당 수수는 질소 3회 분시구가 가장 높았으며, 수당입수도 다른 처리구에 비하여 높은 경향이였으며, 질소 분시에 따른 수량은 관행 5,070kg/ha, 질소 전량 기비구 4,970kg/ha, 2회 분시구 5,110kg/ha로 관행에 비하여 다소한 차이로 증가되었다. 김 등(1995)은 건담작과 재배시 분시 방법이 벼의 생육과 수량에 미치는 영향을 검토하면서 추비를 중점적으로 하였을 때가 수량면에서 유리하다고 보고하였다. 총수량은 봄에 분시량을 많이 한 처리가 제일 좋았고 여름에 분시량을 많이 한 처리는 제일 낮았으며 연간 균등분시한 처리는 봄에 분시량을 많이 한 처리와 비슷하였다(鄭과 등, 1980). Timothy의 건물률은 무시비구가 시비구보다 좋았으며 추비로 준 질소시비시기가 빠를수록 높은 경향을 보였으며, 1·2·3회 예취시의 평균건물률은 각각 22.8, 24.6, 23.9%였다(李와 尹, 1978).

정 등(1980)은 오차드그라스 및 이탈리아인 라이그라스 혼과 초지에서 분시량의 차이를 갖는 처리수준간에 있어서 조회분, 조섬유, 조단백질 함량은 뚜렷한 차이

를 보이지 않았다고 하였으나, 이 등(1995)은 原麥이나 60%粉의 조단백질 함량은 추비시기가 늦을수록 높아지는 경향이어서 유숙기에 질소 40kg/ha 추비구에서 가장 높았다고 하였다.

Ⅲ. 재료 및 방법

본 시험은 1999년 5월 31일부터 9월 6일까지 표고 278m에 위치한 제주대학교 농과대학 부속농장에서 수행하였다.

공시품종은 제주피로 하였고, 5월 31일에 ha당 30kg에 해당하는 종자량을 조파하였다. 휴폭은 15cm였고 휴장은 3.6m였다. 시험구 면적은 6.6m²로 하였고, 시험구 배치는 난과법 3반복으로 하였다. 재배기간 중의 기상조건은 기온과 강수량이 불균형하였고, 생육기에 강수량이 적고 성숙기에 강수량이 많았다. 기상자료는 농촌진흥청 제주시시험장의 기상자료를 이용하였으며, 그 내용은 표 1에서 보는 바와 같다. 시험구의 토양은 화산회토가 모재로 된 농암갈색토로 표토(10cm)의 화학적 성질은 표 2에서 보는 바와 같으며, 비옥도가 다소 낮은 편이었다.

Table 1. Monthly air temperature and precipitation during the growing season of 1999 with the 11-year (1988-1999) average.

Month	Air Temperature (°C)						Precipitation (mm)		
	1999			10-yr avg.			1999	10-yr avg.	
	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean			
June	Early	22.9	13.6	17.9	23.9	14.0	19.6	35.3	28.59
	Middle	24.4	16.2	20.2	25.0	16.9	20.9	68.2	76.97
	Late	25.7	20.4	22.8	25.6	18.9	22.1	110.2	87.05
July	Early	31.9	22.4	27.0	27.0	20.4	23.7	10.2	75.95
	Middle	30.1	22.7	26.2	29.4	22.6	26.0	17.8	35.97
	Late	26.0	19.5	22.3	30.1	23.0	26.3	116.7	62.39
Aug.	Early	32.9	24.1	28.1	29.9	23.3	26.7	51.5	60.32
	Middle	32.0	23.2	27.4	35.0	23.0	25.7	1.7	98.09
	Late	25.4	17.9	21.3	27.9	27.9	24.8	67.2	82.77
Sept.	Early	28.1	18.4	22.7	27.2	20.5	24.0	0	55.99
	Middle	26.9	19.0	22.4	25.0	18.8	21.9	96.6	27.05
	Late	23.8	18.2	20.8	23.1	17.2	20.2	259.4	65.81

Table 2. Chemical properties of experimental soil before cropping.

pH (1 : 5)	Organic matter (%)	Available P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable cation(cmol ⁺ /kg)				EC (dS/m)
			Ca	Mg	K	Na	
5.40	8.36	195.4	0.32	0.16	0.45	0.06	7.26

시험 1. 질소시비에 따른 제주피의 생육반응, 수량 및 조성분 변화

질소시비량은 ha당 0, 50, 100, 150, 200, 250kg의 6개 수준으로 하여 50%는 파종시, 나머지 50%는 7월 30일에 시용하였다. 인산(용성인비)과 칼리(염화加里)는 각각 100kg/ha에 해당하는 양을 파종직전에 시비하였다.

형질조사는 1999년 9월 6일에 각 시험구에서 초장이 중간인 15개체를 선정하여 초장, 엽장, 엽폭, 엽수 및 경직경 등을 三井(1988)의 청예사료작물 조사기준에 준하여 조사하였으며, 엽록소측정은 엽록소측정계(SPAD-502, Soil Plant Analysis Development : SPAD, Section, Minolta Camera Co., Osaka Japan)를 사용하여 포장에서 조사하였다. 수량은 각 시험구의 중간에서 3.3m²(180cm×180cm)를 토양표면에서 2cm 높이로 예취하여 생초를 조사한 다음, 500g의 시료를 80℃ 통풍건조기에서 48시간 건조시켜 건물중을 ha당 수량으로 환산하였다.

조단백질(CP), 조지방(EE), 조섬유(CF), 조회분(CA) 및 가용무질소물(NFE) 등의 조성분은 2mm체를 통과시킨 시료를 이용하여 농촌진흥청 축산기술연구소 표준사료분석법(1996)에 준하여 하였고, 가소화양분총량(TDN)은 Wardeh(1981)가 제시한 수식에 의하여 산출하였다.

$$TDN(\%) = -17.265 + 1.212CP(\%) + 2.464EE(\%) + 0.835NFE(\%) + 0.448CF(\%)$$

시험 II. 질소분시에 따른 제주피의 생육반응, 수량 및 조성분 변화

공시품종, 파종일, 시험구 면적 및 시험구 배치 등은 시험 I 과 같다.

질소분시량과 분시 시기는 표 3에서 보는 바와 같고, 인산(용성인비)과 칼리(염화가리)는 각각 100kg/ha에 해당하는 양을 전량 기비로 사용하였다.

Table 3. Description of split N application to Japanese millet at Jeju, 1999.

No. of N applications	N rate per application (kg/ha)	Time of N applications (days at sowing)
1	200.0	0(at sowing)
2	100.0	0+15
3	66.7	0+15+30
4	50.0	0+15+30+45
5	40.0	0+15+30+45+60

각 형질조사와 조성분 분석 및 시험구 일반관리는 시험 I 과 동일한 방법으로 수행하였다.

IV. 결과 및 고찰

시험 1. 질소시비에 따른 제주피의 생육반응, 수량 및 조성분 변화

1. 생육반응

질소시비량 차이에 따른 출수까지의 일수, 초장, 엽장, 엽폭, 엽수, 경직경 및 엽록소 등의 형질을 조사한 결과는 표 4에서 보는 바와 같다.

Table 4. Growth characteristics of Japanese millet harvested on 6 September as affected by N rate.

N rate (kg/ha)	Days to heading	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves per plant	Stem diameter (cm)	SPAD reading values
0	84 [†]	144	36.9	1.9	8.8	0.45	34.9
50	85	155	40.7	2.2	8.9	0.54	38.8
100	87	165	43.2	2.4	10.6	0.61	43.1
150	88	176	45.5	2.6	11.0	0.69	47.2
200	89	181	46.1	2.8	12.3	0.75	50.4
250	90	183	46.8	2.9	12.5	0.76	52.4
LSD(5%)	2.2	2.6	1.5	0.1	1.8	0.06	1.5
CV(%)	1.4	0.9	1.9	2.5	8.2	5.0	1.8

[†] 23 August

출수까지의 일수는 질소시비량이 증가됨에 따라 늦어지는 경향이였다. 출수까지의 일수가 무비구에서 84일이었으나 질소시비량이 증가함에 따라 점차적으로 길어져서 250kg/ha 질소시비구에서 90일로 지연되었다.

초장은 무비구에서 144cm였고, 질소시비량 증가에 따라 점차적으로 길어져 200, 250kg/ha 시비에서 각각 181cm, 183cm로 큰 편이었으나 두 시비구간의 유의성은 없었다. 엽장, 엽폭, 엽수 및 경직경 등은 초장의 변화와 비슷한 경향이였다. 무비구

에서 엽장 36.9cm, 엽폭 1.9cm, 경직경 0.4cm, 엽수 8.8개였으나 시비량이 증가에 따라 모든 형질은 우세하였고, ha당 250kg 질소시비구에서 엽장 46.8cm, 엽폭 2.9cm, 엽수 12.5개, 경직경 0.8cm였다.

본 시험에서 질소 증시에 따라 제주피의 성숙일수가 지연되고, 생육이 촉진된 요인은 피의 특성이 조약한 토양조건에서도 잘 견디며, 흡비력이 매우 강한 특성에도 기인된 것으로 보아지나, 제주도는 他道에 비하여 강우량이 많고, 화산회토 양으로서 비료 유실량이 많은 토양 특성 때문에 질소 증비 효과가 현저한 것으로 생각되었다.

2. 수량성 변화

질소시비량 차이에 따른 ha당 청예수량, 건물수량, 조단백질수량 및 TDN수량은 표 5에 나타냈다.

Table 5. Yield characteristics of Japanese millet harvested on 6 September as affected by N rate.

N rate (kg/ha)	Fresh forage yield (t/ha)	Dry matter yield (t/ha)	Crude protein yield (t/ha)	TDN [†] yield (t/ha)	N uptake (kg N/ha)	NUE [†] (kg DM/kg N)
0	37.3	6.76	0.47	3.46	75.1	90.0
50	41.3	7.94	0.62	4.22	99.1	80.1
100	44.3	9.37	0.76	5.03	121.7	77.1
150	48.3	10.13	0.87	5.58	138.5	73.2
200	52.7	12.48	1.15	7.02	184.2	67.7
250	53.0	12.67	1.21	7.18	194.2	65.2
LSD(5%)	1.2	0.66	0.08	0.21	4.9	1.1
CV(%)	1.4	3.7	5.3	2.1	2.0	0.8

[†] Total digestible nutrient

[†] NUE, nitrogen use efficiency; DM, dry matter

ha당 생초수량과 건초수량은 무비구에서 각각 37.3, 6.76t/ha이었던 것이 질소시비량 증가에 따라 점차적으로 증수되었고, 200~250kg/ha 시비구에서 생초수량이 53.0t/ha, 건초수량은 12.67t/ha로 증수되었다.

ha당 조단백질수량과 TDN수량도 생초 및 건초수량의 변화와 비슷한 경향이있다. 즉 무비구에서 조단백질수량은 0.47t/ha, TDN수량은 3.46t/ha였던 것이 시비량이 증가함에 따라 점차적으로 증가되어 200~250kg/ha 시비구에서 조단백질수량은 1.21t/ha, TDN수량은 약 7.18t/ha로 증수되었다.

ha당 질소흡수율은 무비구에서 75.1kg 였던 것이 시비량이 증가함에 따라 250kg/ha 시비구에서는 194.2kg으로 증가되었다. 그러나 질소 이용효율은 무비구에서 90.0kg DM/kg였던 것이 시비량이 증가함에 따라 낮아져서 250kg/ha처리구에서는 65.2kg DM/kg으로 낮아졌다.

본 시험에서 질소를 ha당 50kg에서 200kg으로 증시함에 따라 제주피의 생초, 건초 및 조단백질 수량 등의 현저하게 증가된 것은 전술한 바와 같이 피가 질소흡수에 민감한 특성을 보이는 것에 기인된 것으로 생각되었으나 제주도의 기상, 토양 등의 환경조건 때문에 질소 증비가 제주재래 피의 수량을 현저히 증수시킨 것으로 생각되었다. 일반적으로 화분과 사료작물은, 3요소 중 질소 요구가 매우 높은 것으로 알려지고 있는데, Patras와 Pinaru(1983)은 화분과 사료작물의 수량은 건조한 지역에서 100kg/ha, 강우량이 많은 지역에서는 270kg/ha의 질소시용에서 생초 및 건초수량이 매우 높다고 하였다.

3. 조성분 변화

질소시비량 차이에 따른 조단백질, 조지방, 조섬유, 조회분 및 TDN총량을 조사한 결과는 표 6에서 나타내었다.

Table 6. Chemical composition of Japanese millet harvested on 6 September as affected by N rate.

N rate (kg/ha)	Crude protein (%)	Ether extract (%)	Crude fiber (%)	Crude ash (%)	Nitrogen free extract (%)	TDN [†] (%)
0	6.9	4.2	39.5	10.9	38.5	51.3
50	7.8	4.5	38.6	10.1	38.9	53.1
100	8.1	4.6	38.4	9.9	39.0	53.7
150	8.5	4.9	37.6	9.4	39.5	55.0
200	9.2	5.1	36.3	9.2	40.2	56.2
250	9.6	5.1	35.9	9.1	40.4	56.7
LSD(5%)	0.1	0.2	0.3	0.1	0.4	0.3
CV(%)	0.8	2.3	0.5	0.8	0.8	0.3

[†] Total digestible nutrient

조단백질, 조지방, 가용무질소물, TDN은 질소시비량 증가에 따라 점차적으로 높아지는 경향이였다. 무비구에서 조단백질함량 6.9%, 조지방함량 4.2%, 가용무질소물 10.9% 및 TDN은 51.3%였으나 시비량 증가에 따라 점차적으로 증가되어 200~250kg/ha 질소시비구에서 조단백질함량은 9.2%~9.6%로, 조지방함량은 각각 5.1%, 가용무질소물은 40.2%~40.4%, TDN은 56.2%~56.7%로 증가되는 경향이였으나 두 시비구간의 유의성은 없었다.

조섬유함량과 조회분함량은 조단백질함량, 조지방함량, 가용무질소물 및 TDN과는 반대로 질소시비량이 증가됨에 따라 낮아졌다. 무시비구에서 조섬유함량 39.5%, 조회분함량 10.9%였던 것이 시비량증가에 따라 점차적으로 낮아져서 250 kg/ha 질소시비구에서 조섬유함량 35.9%, 조회분함량은 9.1%였다.

본 시험에서 질소질비료 50kg에서 250kg/ha으로 증비함에 따라 조단백, 조지방 및 가용성 무질소물은 증가되고 조섬유와 조회분함량이 감소된 것은 질소는 화분과 식물의 단백질 합성에 중요한 역할을 하기 때문에(Frey와 Horner, 1957) 질소

증비에 따라 질소 등의 세포 내용 물질을 증가시켜 조단백질, 조지방 함량은 증가하게 되었으나(Wilkinson, 1970; Miller와 Cowlishaw, 1976) 상대적으로 조섬유 및 조회분 등의 세포벽 물질이 감소된 데에 기인된 것으로 생각되었다(Reneacu 등, 1983).

4. 형질간 상관 및 회귀

1) 상 관

질소 시비량 차이에 따른 제주피의 각 형질간 상관관계는 표 7에서 보는 바와 같다.

초장은 엽장, 엽폭, 엽수, 경직경, 엽록소, 청예수량, 건물수량, 조단백질수량, TDN수량 등과 고도로 유의한 r 의 상관을 보였고, 경직경은 청예수량, 건물수량, 조단백질수량, TDN수량과 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었다.

엽장은 엽폭, 경직경, 청예수량, 조단백질수량, TDN수량 등과 고도로 유의한 r 의 상관을 나타내었고, 엽폭은 엽수, 엽록소, 청예수량, 건물수량, 조단백질수량, TDN수량 등과 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었다. 엽수는 경직경, 엽록소, 청예수량, 건물수량, 조단백질수량, TDN수량 등과 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었다.

청예수량은 건물수량, 조단백질수량, TDN수량, 조단백질함량, 조지방함량 등과 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었고, 조섬유와 조회분함량과는 고도로 유의한 r 의 상관을 나타내었다. 건물수량은 조단백질수량, TDN수량, 조단백질수량, 조단백질함량, 조지방함량 등과는 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었고, 조섬유함량과 조회분함량과는 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었다. 조단백질수량은 TDN수량, 조단백질함량, 조지방함량과는 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었고, 조섬유함량과 조회분함량과는 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었다.

조단백질함량은 조지방함량과 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었고, 조섬

유함량과 조회분함량과는 고도로 유의한 負의 상관관계를 나타내었다. 조지방함량은 조섬유함량과 조회분함량과의 고도로 유의한 負의 상관관계를 나타내었고, 조섬유함량은 조회분함량과 고도로 유의한 正의 상관관계를 나타내었다. 조회분함량은 NFE와 TDN과 고도로 유의한 負의 상관관계를 나타내었다. NFE와 TDN은 고도로 유의한 正의 상관관계를 나타내었다.

Table 7. Correlation coefficients among the agronomic characteristics on the N rate (Japanese millet).

Character	Days to heading	Plant height	Leaf length	Leaf width	No. of leaves	Stem diameter	FF yield	DM yield	CP yield	TDN yield	Crude protein	Ether extract	Crude fiber	Crude ash	NFE
Plant height	0.986**														
Leaf length	0.971**	0.992**													
Leaf width	0.990**	0.993**	0.983**												
No. of leaves	0.984**	0.961**	0.930**	0.967**											
Stem diameter	0.986**	0.994**	0.977**	0.994**	0.976**										
FF yield	0.981**	0.985**	0.962**	0.992**	0.975**	0.996**									
DM yield	0.955**	0.940**	0.902*	0.962**	0.970**	0.968**	0.983**								
CP yield	0.977**	0.963**	0.931**	0.977**	0.989**	0.984**	0.991**	0.993**							
TDN yield	0.982**	0.969**	0.942**	0.985**	0.986**	0.986**	0.993**	0.992**	0.998**						
Crude protein	0.979**	0.977**	0.967**	0.994**	0.951**	0.981**	0.986**	0.966**	0.971**	0.983**					
Ether extract	0.971**	0.990**	0.974**	0.991**	0.950**	0.993**	0.994**	0.962**	0.971**	0.976**	0.984**				
Crude fiber	-0.959**	-0.948**	-0.917**	-0.973**	-0.952**	-0.967**	-0.983**	-0.990**	-0.981**	-0.987**	-0.984**	-0.972**			
Crude ash	-0.960**	-0.987**	-0.992**	-0.986**	-0.917**	-0.978**	-0.970**	-0.918**	-0.935**	-0.947**	-0.978**	-0.986**	0.939**		
NFE	0.955**	0.943**	0.907*	0.967**	0.952**	0.964**	0.981**	0.991**	0.980**	0.985**	0.977**	0.969**	-0.998**	-0.930**	
TDN	0.979**	0.986**	0.973**	0.996**	0.954**	0.990**	0.992**	0.968**	0.974**	0.983**	0.997**	0.994**	-0.983**	-0.985**	0.977**

2) 회 귀

Table 8. Significant regression equations between agronomic characteristics.

Independent character	Dependent character	Regression equations
Plant height	Leaf length	$Y^{**} = 0.244X + 2.347$
	Stem diameter	$Y^{**} = 0.0104X - 1.114$
	Fresh forage yield	$Y^{**} = 0.413X - 23.046$
	Dry matter yield	$Y^{**} = 0.153X - 15.598$
	Crude protein yield	$Y^{**} = 0.018X - 2.187$
	TDN yield	$Y^{**} = 0.092X - 10.013$
Leaf length	Plant height	$Y^{**} = 4.028X - 6.743$
	Stem diameter	$Y^{**} = 0.042X - 1.168$
	Fresh forage yield	$Y^{**} = 1.636X - 24.723$
	Dry matter yield	$Y^{*} = 0.596X - 15.755$
	Crude protein yield	$Y^{**} = 0.072X - 2.229$
	TDN yield	$Y^{**} = 0.364X - 10.318$
Fresh forage yield	Plant height	$Y^{**} = 2.354X + 59.059$
	Leaf length	$Y^{**} = 0.566X + 17.179$
	Stem diameter	$Y^{**} = 0.025X - 0.517$
	Dry matter yield	$Y^{**} = 0.382X - 7.575$
	Crude protein yield	$Y^{**} = 0.045X - 1.195$
	TDN yield	$Y^{**} = 0.226X - 4.960$
Dry matter yield	Plant height	$Y^{**} = 5.781X + 109.521$
	Leaf length	$Y^{**} = 1.366X + 29.560$
	Stem diameter	$Y^{**} = 0.063X + 0.008$
	Fresh forage yield	$Y^{**} = 2.531X + 20.688$
	Crude protein yield	$Y^{**} = 0.116X - 0.289$
	TDN yield	$Y^{**} = 0.581X - 0.379$
Crude protein yield	Plant height	$Y^{**} = 50.923X + 123.20$
	Leaf length	$Y^{**} = 12.123X + 32.710$
	Stem diameter	$Y^{**} = 0.546X + 0.160$
	Fresh forage yield	$Y^{**} = 21.923X + 27.00$
	Dry matter yield	$Y^{**} = 8.538X + 2.600$
	TDN yield	$Y^{**} = 5.023X + 1.080$
TDN yield	Plant height	$Y^{**} = 10.173X + 112.059$
	Leaf length	$Y^{**} = 2.436X + 29.983$
	Stem diameter	$Y^{**} = 0.109X + 0.0425$
	Fresh forage yield	$Y^{**} = 4.365X + 22.283$
	Dry matter yield	$Y^{**} = 1.695X + 0.790$
	Crude protein yield	$Y^{**} = 0.198X - 0.211$

시험 II. 질소분시에 따른 제주피의 생육반응, 수량 및 조성분 변화

1. 생육 반응

질소분시에 따른 출수기까지의 일수, 초장, 엽장, 엽수, 엽폭, 경직경을 조사한 결과는 표 9에 나타내었다.

Table 9. Growth characteristics of Japanese millet harvested on 6 September as affected by the number of split N applications.

No. of N application	Days to heading	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves per plant	Stem diameter (cm)
1	84 [†]	152	39.9	2.3	9.8	0.43
2	84	174	40.8	2.4	9.9	0.64
3	85	188	42.4	2.6	10.0	0.67
4	86	175	41.8	2.5	9.9	0.63
5	88	156	40.4	2.3	9.8	0.51
LSD(0.05)	2	3	1.3	0.1	NS	0.13
CV(%)	1.1	1.0	1.6	2.7	5.6	12.3

[†] 23 August

출수기까지의 일수는 1회 질소시비구에서 84일이었던 것이 분시횟수가 많아짐에 따라 점차적으로 지연되었고 5회 분시구에서는 88일 지연되었다. 초장은 3회 분시구에서 188cm로 가장 길었으나 그 이상과 그 이하의 분시구는 점차적으로 짧아졌으며, 무비구에서 초장은 152cm로 짧았다. 본당 엽장, 엽폭, 엽수 및 경직경 등의 주요형질은 초장의 변화와 비슷한 경향이였다.

본 시험결과 200kg/ha의 3회 분시에서 초장과 모든 형질이 우세한 것은 제주피

가 질소 흡수에 민감한 특성에 기인된 것으로 보여지나 제주피는 생육기간이 매우 짧아서(98일) 생육초부터 최대생장기까지 적정량의 질소공급이 안배되어 생육이 촉진된 것으로 보였다. 특히 제주도는 타 지역에 비하여 강우량이 많고, 비료 유실이 쉬운 토양 특성 때문에 3회 분시(1회, 66.7kg/ha)에서 생육이 양호한 것으로 생각되었다.

2. 수량성 변화

질소분시에 따른 생초수량, 건초수량, 조단백질수량 및 TDN수량은 표 10에 나타냈다.

Table 10. Yield characteristics of Japanese millet harvested on 6 September as affected by the number of split N applications.

No. of N application	Fresh forage yield (t/ha)	Dry matter yield (t/ha)	Crude protein yield (t/ha)	TDN [†] yield (t/ha)	N uptake (kg N/ha)	NUE [†] (kg DM/kg N)
1	43.7	6.96	0.47	3.80	75.1	92.8
2	46.7	10.18	0.74	5.72	118.0	86.3
3	50.3	11.99	0.89	6.81	142.9	83.9
4	47.7	10.21	0.81	5.92	129.8	78.7
5	45.3	7.51	0.63	4.43	101.3	74.1
LSD(0.05)	1.5	0.77	0.05	0.37	7.9	2.6
CV(%)	1.7	4.3	3.7	3.7	3.7	1.7

[†] Total digestible nutrient

[†] NUE, nitrogen use efficiency; DM, dry matter

ha당 생초수량과 건초수량은 1회 전량시비구에서 각각 43.7, 6.96t/ha였으나 분시횟수가 증가함에 따라 증수되었고, 3회 분시구에서 생초수량 50.3t/ha, 건초수량은 11.99t/ha으로 가장 증수되었으나 그 이상의 분시구에서 점차적으로 감소되었으며, 5회 분시구에서는 생초수량 45.3t/ha, 건초수량은 7.51t/ha으로 감소되었다.

조단백질수량, TDN수량 및 질소흡수율도 생초 및 건초수량 변화와 비슷한 경

향이었다. 즉, 3회 분시구에서 조단백질수량은 0.89t/ha, TDN수량은 6.81t/ha, 질소 흡수율 142.9kg/ha로 증수되었으나 그 이상과 그 이하의 분시구에서 점차적으로 감수되었고, 전량시비구에서 조단백질수량 0.47t/ha, TDN수량 3.80t/ha, 질소흡수율은 75.1kg DM/kg로 감수되었다. 그러나 질소이용효율은 분시횟수가 많을수록 낮아지는 경향이였다.

본 시험 결과, 3회 분시구에서 생초, 건초, 조단백질수량 및 TDN수량이 증가되고 그 이상과 그 이하의 분시에서 수량이 감수된 것은 전술한 바와 같이 제주피는 생육기간이 짧고, 질소에 매우 민감한 특성에 기인된 것으로 보이나, 제주도의 기상, 토양 등의 환경조건 때문에 적정량 질소가 공급되어 생육이 촉진되었을 뿐만 아니라 수량도 증수된 것으로 생각되었다. 또한 1회 분시구에서는 질소 유실량이 많아 수량감수 요인으로 작용되었고, 5회 분시구에서는 질소 흡수기간이 단축되어 수량이 다소 감수된 것으로 생각되었다.

3. 조성분 변화

질소분시에 따른 조성분 변화는 표 11에서 보는 바와 같다.

Table 11. Chemical composition of Japanese millet harvested on 6 September as affected by the number of N applications.

No. of N application	Crude protein (%)	Ether extract (%)	Crude ash (%)	Crude fiber (%)	Nitrogen free extract (%)	TDN [†] (%)
1	6.7	5.7	10.2	38.9	30.7	48.0
2	7.2	5.8	9.2	37.7	32.6	50.0
3	7.4	5.9	8.8	37.6	32.9	50.7
4	7.9	6.1	8.4	36.5	33.7	51.9
5	8.4	6.1	8.0	35.5	34.7	53.0
LSD(0.05)	0.23	0.1	0.1	0.5	0.6	0.2
CV(%)	1.63	0.9	0.7	0.7	1.0	0.2

[†] Total digestible nutrient

조단백질, 조지방, 가용무질소물 및 TDN은 질소분시 횡수가 많아짐에 따라 점차적으로 높아지는 경향이었으나 조섬유 및 조회분함량은 오히려 감소되는 경향이였다. 즉 1회 분시구에서 조단백질함량 6.7%, 조지방함량 5.7%, 가용무질소물 함량 30.7%, TDN 48.0%였던 것이 분시횡수가 많아짐에 따라 각각 8.4%, 6.1%, 34.7%, 53.0%로 증가되는 반면, 조섬유와 조회분함량은 38.9%, 10.2%였으나 분시 횡수가 많아짐에 따라 낮아져서 5회 분시구에서 조섬유함량 35.5%, 조회분함량은 8.0%였다.

이와 같은 조성분의 변화는 질소가 식물원형질의 주성분인 단백질 합성에 필요하고, 세포분열에도 관여하여 식물생육을 촉진시키는데 중요한 역할을 하기 때문에 질소의 지속적인 공급에 의하여 제주피의 생육이 촉진되고 세포 내용물을 증가시켜 조단백질 및 조지방함량은 증가되었으나, 이와는 반대로 조회분과 조섬유 함량은 세포 내용물이 감소된데 기인된 것으로 생각되었다.

4. 형질간의 상관 및 회귀

1) 상 관

질소 분시에 따른 제주피의 각 형질간 상관관계는 표 12에서 보는 바와 같다.

초장은 엽수, 경직경, 청예수량, 건물수량, 조단백질수량, TDN수량 등과 고도로 유의한 r 의 상관을 보였고, 경직경은 청예수량, 건물수량, 조단백질수량, TDN수량과 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었다.

엽장은 엽폭, 청예수량, 조단백질수량 등과 고도로 유의한 r 의 상관을 나타내었고, 엽폭은 엽수, 조단백질수량과 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었다. 엽수는 건물수량, TDN수량 등과 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었다.

청예수량은 건물수량, 조단백질수량, TDN수량 등과는 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었고, 건물수량은 조단백질수량, TDN수량과는 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었다. 조단백질수량은 TDN수량과 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었다.

조단백질함량은 NFE와 TDN과는 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었고, 조회분함량과 조섬유함량과는 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었다. 조지방함량은 TDN과 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었다. 조회분함량은 조섬유함량과 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었고, NFE와 TDN과는 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었다. 조섬유함량은 NFE와 TDN과 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었다. NFE와 TDN은 고도로 유의한 r 의 상관관계를 나타내었다.

Table 12. Correlation coefficients among the agronomic characteristics on the splitting N application (Japanese millet).

Character	Days to heading	Plant height	Leaf length	Leaf width	No. of leaves	Stem diameter	FF yield	DM yield	CP yield	TDN yield	Crude protein	Ether extract	Crude fiber	Crude ash	NFE
Plant height	-0.278														
Leaf length	-0.051	0.937*													
Leaf width	-0.234	0.954*	0.981**												
No. of leaves	-0.358	0.987**	0.922*	0.962**											
Stem diameter	-0.108	0.979**	0.925*	0.908*	0.943*										
FF yield	-0.063	0.973**	0.974**	0.955*	0.952*	0.982**									
DM yield	-0.313	0.998**	0.925*	0.948*	0.985**	0.973**	0.962**								
CP yield	-0.082	0.971**	0.988**	0.970**	0.944*	0.970**	0.992**	0.962**							
TDN yield	-0.211	0.996**	0.947*	0.949*	0.970**	0.988**	0.980**	0.994**	0.982**						
Crude protein	0.921*	0.034	0.214	0.023	-0.082	0.214	0.224	0.005	0.217	0.113					
Ether extract	0.844*	0.148	0.374	0.192	0.033	0.294	0.330	0.121	0.353	0.229	0.958*				
Crude fiber	-0.808	-0.287	-0.432	-0.254	-0.169	-0.457	-0.459	-0.259	-0.449	-0.361	-0.966**	-0.947*			
Crude ash	-0.904*	-0.023	-0.181	0.008	0.101	-0.207	-0.202	0.003	-0.195	-0.103	-0.996**	-0.945*	0.962**		
NFE	0.854	0.153	0.288	0.103	0.028	0.336	0.324	0.127	0.312	0.230	0.986**	0.937*	-0.987**	-0.990**	
TDN	0.870	0.155	0.320	0.133	0.034	0.330	0.335	0.127	0.330	0.233	0.992**	0.965**	-0.990**	-0.989**	0.995**

2) 회귀

Table 13. Significant regression equations between agronomic characteristics.

Independent character	Dependent character	Regression equations
Plant height	Leaf length	$Y^* = 0.065X + 30.138$
	Stem diameter	$Y^{**} = 0.008X - 0.711$
	Fresh forage yield	$Y^{**} = 0.163X + 19.182$
	Dry matter yield	$Y^{**} = 0.140X - 14.344$
	Crude protein yield	$Y^{**} = 0.010X - 1.048$
	TDN yield	$Y^{**} = 0.081X - 8.3676$
Leaf length	Plant height	$Y^* = 13.593X - 389.069$
	Stem diameter	$Y^{**} = 0.103X - 3.671$
	Fresh forage yield	$Y^{**} = 2.365X - 50.386$
	Dry matter yield	$Y^* = 1.886X - 68.058$
	Crude protein yield	$Y^{**} = 0.153X - 5.569$
	TDN yield	$Y^* = 1.117X - 40.559$
Fresh forage yield	Plant height	$Y^{**} = 5.815X - 102.611$
	Leaf length	$Y^{**} = 0.401X + 22.314$
	Stem diameter	$Y^{**} = 0.045X - 1.546$
	Dry matter yield	$Y^{**} = 0.808X - 28.347$
	Crude protein yield	$Y^{**} = 0.063X - 2.249$
	TDN yield	$Y^{**} = 0.476X - 16.932$
Dry matter yield	Plant height	$Y^{**} = 7.110X + 102.365$
	Leaf length	$Y^* = 0.454X + 36.799$
	Stem diameter	$Y^{**} = 0.053X + 0.061$
	Fresh forage yield	$Y^{**} = 1.140X + 35.969$
	Crude protein yield	$Y^{**} = 0.073X + 0.016$
	TDN yield	$Y^{**} = 0.575X - 0.075$
Crude protein yield	Plant height	$Y^{**} = 91.200X + 105.220$
	Leaf length	$Y^{**} = 6.400X + 36.580$
	Stem diameter	$Y^{**} = 0.700X + 0.070$
	Fresh forage yield	$Y^{**} = 15.600X + 35.800$
	Dry matter yield	$Y^{**} = 12.700X + 0.490$
	TDN yield	$Y^{**} = 7.500X + 0.070$
TDN yield	Plant height	$Y^{**} = 12.254X + 103.870$
	Leaf length	$Y^* = 0.804X + 36.784$
	Stem diameter	$Y^{**} = 0.093X + 0.063$
	Fresh forage yield	$Y^{**} = 2.019X + 35.978$
	Dry matter yield	$Y^{**} = 1.718X + 0.241$
	Crude protein yield	$Y^{**} = 0.129X + 0.015$

V. 종합고찰

제주도에서 질소증비에 의하여 화분과 사료작물의 생육상태가 매우 양호하였다는 보고도 있는데, Cho와 Yu(1993)는 Sudan grass계 잡종에서, Park 등(1996)은 제주재래 옥수수에서 질소시비량이 300kg/ha까지 증시함에 따라 생육이 촉진되었으나 그 이상의 질소시비에서는 생육이 불량하였다고 보고한 바 있다.

제주도와 같이 강우량이 많고 화산회토양에서 Sudangrass계 잡종(Cho와 Yu, 1983)과 사료용 유채(Cho와 Yu, 1998)는 ha당 질소비료 300kg 시비에서 생초 및 건물수량이 증수되었다고 보고한 바 있고, 다른 지역에서도 피와 다른 화분과 사료작물의 질소증시에 따른 청예 및 건물수량이 증수되었다는 Chun(1976), Niehaus (1971) 및 Colyer 등(1977)의 보고도 있다.

본 시험에서는 질소시비량이 50kg/ha에서 200~250kg/ha로 증가할수록 초장은 길어지고, 생초수량, 건초수량 및 조단백질수량도 증가되는 것으로 나타나고 있는데, 이와 같은 경향은 질소질비료 증시에 따라 화분과 사료작물의 수량성이 증가된다는 보고(Cho 등, 1993; Chun, 1976; Niehaus, 1971)와 본 조사결과는 비슷한 경향을 보였다.

본 시험에서 질소시비량 증가에 따라 조단백질함량과 조지방함량은 증가되었으나, 조섬유함량과 조회분함량은 감소되는 경향으로 나타나고 있는데, Cho와 Yu(1993)는 Sudangrass계 잡종에서 Cho 등(1998)은 사료용 유채에서 본 시험과 비슷한 결과를 보고한 바 있고, 다른 지역에서도 화분과 사료작물의 사료가치 변화에서도 본 조사결과와 비슷한 보고가 있다(Seo 등, 1995; Niehaus, 1971; Colyer 등 1977).

이상의 결과로 보아 제주도과 같이 강우량이 많고, 수분, 양분 보지력이 매우 낮은 화산회토양 조건에서 제주피의 재배에는 질소질비료 200kg/ha내외로 시비하는 것이 사초의 수량성과 사료가치를 증대시킬 수 있는 것으로 생각된다.

사료작물은 같은 양의 질소비료를 여러번 나누어 분시 하였을 때 생육이 촉진

된다는 보고도 있다. Cho 등(1998)은 Sudangrass계 잡종이 250kg/ha의 질소를 5회로 나누어 분시하였을 때 분시횟수가 많아짐에 따라 점차적으로 초장이 길었고, 엽장과 엽폭 등 모든 형질이 우수하다고 하였고, Cho 등(1999)은 사료용 유채는 250kg/ha의 질소를 4회로 나누어 분시하였을 때가 초장도 길었고, 모든 형질이 우수하였으며, 개화기간도 지연되었다고 하였다. 다른 지역에서도 화분과 사료작물은 질소 분시횟수가 많아짐에 따라 생육이 촉진되었다는 보고도 있다(Edwards, 1971; Marten, 1985; Johnson과 Cummins, 1967).

Cho 등(1998)은 Sudangrass에서 250kg/ha의 질소를 5회로 나누어 분시 하였을 때 4회 분시에서 생초, 건초 및 조단백질 수량이 증수되었다고 보고한 바 있고, 다른 지역에서도 Edwards(1971)는 Sudangrass에서, Johnson과 Cummins(1967)은 수수류에서, Marten(1985)은 Red canary grass등의 화분과 사료작물에서 질소 분시횟수가 많아짐에 따라 사초의 수량성이 증가되었다는 보고도 있다.

본 시험에서는 200kg/ha 질소질비료를 3회로 나누어 분시하였을 때 제주피의 생육상태가 가장 양호 하였고 생초수량, 건초수량 및 조단백질수량이 가장 많았다. 이와 같은 결과는 피는 질소질비료를 3회로 나누어 분시하는 것이 수량성을 증대시킬 수 있다는 박 등(1982)의 보고와 본 조사 결과가 일치하였다. 질소분시 횟수가 많아짐에 따라 사료작물의 조단백질, 조지방 및 가용무질소물은 증가되었으나 조회분과 조섬유는 낮아졌다는 보고는 Cho 등(1998)의 Sudan grass에서, Cho 등(1999)의 사료용 유채에서 밝힌 바 있고, 다른 지역에서도 Songin(1985), Reneacu 등(1983)에 의하여 본 시험 결과와 비슷한 사료작물의 조성분 변화를 보고한 바 있다.

이상의 결과로 보아 제주도 기상, 토양 등의 환경조건에서 가축의 조사료로 이용하기 위하여 제주피를 재배할 때에는 질소비료 200kg/ha을 3회로 나누어 분시 하는 것이 수량성이 높은 조사료를 생산할 수 있을 것으로 사료된다.

VI. 적 요

본 연구는 질소시비량 차이 (0, 50, 100, 150, 200, 250kg/ha) 및 분시(1회 200, 2회 100, 3회 66.7, 4회 50, 5회 40kg/ha)에 따른 제주피의 생육반응, 수량성 및 조성분 등을 분석하여 적정 질소시비량과 분시횟수를 구명하기 위하여 시험하였던 결과를 요약하면 다음과 같다.

시험 1. 질소시비에 따른 제주피의 생육반응, 수량 및 조성분 변화

1. 출수까지의 일수는 84일에서 90일로 질소시비량이 증가함에 따라 점차적으로 지연되는 경향이였다.
2. 초장은 무시비구에서 144cm였으나 질소시비량이 증가함에 따라 점차적으로 길어졌으며 200~250kg/ha 시비구에서 초장은 181~183cm였으나 이 두 시비구간의 유의성은 없었다. 본당 엽수, 엽장, 엽폭 및 경직경 등의 형질도 초장의 변화와 비슷한 경향이였다.
3. 생초수량은 무비구에서 37.3t/ha, 건초수량 6.76t/ha, 조단백질수량 0.47t/ha, TDN수량은 3.46t/ha였으나 질소시비량을 증비함에 따라 증가되어 200kg/ha과 250kg/ha 시비구에서 각각 생초수량 52.7~53.0t/ha, 건초수량 12.48~12.67t/ha, 조단백질수량 1.15~1.21t/ha, TDN수량은 7.02~7.18t/ha로 증수되었으나 이 두 시비구간의 유의성은 없었다.
4. 질소시비량이 무시비구에서 250kg/ha으로 증가함에 따라 조단백질함량은 6.9%에서 9.6%로, 조지방함량은 4.2%에서 5.1%로, 가용무질소물은 38.5%에서 40.2%로, TDN함량은 51.3%에서 56.7%로 높아졌으나 조섬유함량은 39.5%에서 35.9%로 조회분함량은 10.9%에서 9.1%로 낮아지는 경향이였다.

시험 II. 질소분시에 따른 제주피의 생육반응, 수량 및 조성분 변화

1. 출수기까지의 일수는 84일에서 88일로 질소분시횟수가 많아짐에 따라 점차적으로 지연되었다.
2. 초장은 1회 전량 시비구에서 152cm던 것이, 분시횟수가 3회로 증가함에 따라 188cm로 길어졌으나 그 이상으로 분시횟수가 증가될수록 초장은 짧아졌고 5회 분시구에서 156cm였다.
3. 분시횟수가 많아질수록 엽장, 엽폭, 엽수, 경직경 측정치는 증가되었다.
4. ha당 생초수량, 건초수량, 조단백질수량 및 TDN수량도 3회 분시구에서 각각 50.3, 11.99, 0.89, 6.81t/ha로 증수되었으나 그 이상과 그 이하의 분시구에서 점차적으로 감소되었고 전량 시비구에서 생초수량은 43.7t/ha, 건초수량은 6.96t/ha, 조단백질수량은 0.47t/ha, 그리고 TDN 수량은 3.80t/ha로 낮은편이었다.
5. 질소분시가 1회에서 5회로 증가됨에 따라 조단백질함량은 6.4%에서 8.4%로, 조지방은 5.7%에서 6.1%로 가용무질소물은 30.1%에서 34.7%로 TDN함량은 48.0%에서 53.0%로 높아졌으나, 조회분함량은 10.2%에서 8.0%로 조섬유함량은 38.9%에서 35.5%로 낮아지는 경향이였다.

참고문헌

- Bole, J. B. and S. Dubetz. 1986. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on the yield and protein content of soft white spring wheat. *Can. J. Plant Sci.* 66 : 281-142.
- Christensen, N. B., J. C. Paimer, H. A. Praeger Jr. W. D. Stegmeier, and R. L. Vanderlip, 1984. Pearl millet a potential crop for Kansas. *Kans. Agr. Exp. Station up with Res* 77.
- Christensen, N. B., R. L. Vanderlip and G. A. Milliken. 1987. Response of pearl millet to grain sorghum environments. *Field Crops Res.* 16 : 337-348.
- Cho, N. K., C. S. Yu. and E. L. Cho. 1999. Effect of splitting nitrogen application on the growth, yield and chemical composition of rape. *Journal of Env. Research, Cheju National Univ.* Vol. 7 : 83-101.
- Cho, N. K., S. J. Park., Y. K. Kang., C. K. Song. 1998. Effects of split nitrogen application on the growth, yield and feed composition of sudangrass hybrids. *Subtrop. Agric., Cheju Nat'l. Univ.* 15 : 21-30.
- Cho, N. K., S. C. Yu. 1993. Influence of Nitrogen rate on the agronomic characters and feeding value of forage in sudangrass hybrid. *Subtrop. Agric. Cheju Nat'l. Univ.* 10 : 29-40.
- Cho, N. K., W. J. Jin, Y. K. Kang, M. R. Ko, and Y. M. Park. 1998. Effect of nitrogen rate on growth, yield and chemical composition of forage rape cultivars. *Korean J. Crop Sci.* 43(2) : 66-70.
- 전우복. 1976. 한국 재래피의 생장 및 양분대사에 관한 연구. I. 질소비료 수준별 무기성분변화. *한축지* 18 : 505-511.
- Colyer. D. F. L. Alt, J. A. Balasko, P. R. Henderlong, G. A. Jung, and V Thang. 1977. Economic optima and price sensitivity of N fertilization for six perennial grasses. *Agron. J.* 69 : 514-517.

- Cundy A. T. 1924. Wyoming forage plants and their chemical composition. Studies No. 5 Wyo. Exp. Sta. Bull. p.137.
- Edwards, N. C., H. A. Fribourg, and M. J. Montgomery. 1971. Cutting management effect on growth rate and dry matter digestibility of the sorghum-sudangrass cultivar Sudax SX-11. Agron. J. 63 : 261-271.
- Fink, A. 1989. Dunger and Dungung VCH Verlagsgesellschaft. Weinheim. 328-333.
- Frankena, H. J. 1957. De ontwikkeling van hetstikstofbemestingsonderzoek op grasland. Stikstof No. 15.
- Frey K. J., Horner. T. 1957. Agro. J. 48 : 59-62.
- Gregorova, H. 1985. Proteinqualitat nach der Dungung an verschiedenen Grunlandstandurten. Rosthna Vyroba 31(11) : 1157-1163.
- Hanson, A. A. 1972. Grass varieties in the United States, USDA Agr. Handbook. No. 170.
- 河龍雄, 南潤一, 中萬均, 柳龍煥. 1981. 小麥의 幼穗分化程度에 따른 窒素 追肥가 收量 및 收量形質에 미치는 影響. 李正行博士 同甲紀念論文集. p.105 -113.
- 韓永春, 朴文株, 徐成. 1985. 林間草地 開發에 關한 研究, II. 林間混播草地에서 3 要素 施肥水準이 牧草의 生育과 收量에 미치는 影響. 韓草誌 5(2) : 136-142.
- Ibrahim, Y. M., V. Marcarian, and A. K. Dobrenz. 1986. Drought tolerance aspects in pearl millet Agron. J. 156 : 110-116.
- Johson, 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.
- 鄭連圭, 李鍾烈(1980). 多樣한 窒素 分施方法이 北方型 牧草의 收量, N-回收率, 植生比率, 營養成分에 미치는 影響 (1) Orchard grass 및 Italian Ryegrass 혼파 초지에 대한 효과. 韓畜誌 22(6) : 495-501.
- 姜東柱, 張桂鉉, 李宗基. 1989. 窒素 施肥量 및 分施方法이 粟의 生育 및 收量에 미치는 影響. 農試論文集 31(1) : 50-55.

- 김병호. 1971. 시비수준이 화분과 산야초의 수량 일반성분 및 소화율에 미치는 영향. 농학박사학위 논문. 동아대. p.36.
- 金呂培, 李鉉淑, 金呂吉, 崔敬培, 崔富述(1997). 窒素分施가 미역취의 生育 및 收量에 미치는 影響. 農業環境論文集. 39(2) : 30-34.
- 김대진, 김영길, 맹원재. 1989. Pepsin-Cellulasc에 의한 국내산 주요 조사료의 DMD에 관한 연구. I. 화분과 야초의 세포벽 구성물질과 건물소화율. 한축지 31(5) : 324-333.
- 김형기. 1995. 동물사료자원학. 세진사. p.279-287.
- 김정곤, 윤용대, 양원하, 오윤진. 1995. 벼 건담직과 재배에서 토성별 분시 방법이 생육 및 수량에 미치는 영향. 한작지 40(6) : 731-737.
- Klapp. E. 1971. Wiesen und Weiden, 4 Aufl. Verlag Paul Parley, Berlin und Hamburg. 208-213.
- 김문철. 1980. 피의 생육과 건물수량에 미치는 질소와 인산시비수준의 효과. 韓畜誌 22 : 509-515.
- 金文哲. 1991. 濟州 火山灰土 牧草地에서 窒素 및 加里 施用效果. I. Orchardgrass의 乾物收量 및 無機物 含量. 韓畜誌 : 33(9) 683-691.
- Knauer, N. 1968. Grundlagen der Grünlanddungung. Scgriftenreihe der Landwirtschaftlichen Fakultat der Universitat Kiel. Heft 42 : 39-76
- 李柱三, 阿富二郎. 1984. 刈取頻度와 窒素施肥水準이 Orchardgrass 品種別 乾物收量에 미치는 影響. 韓畜誌 25(4) : 412-417.
- 李根常, 高瑞逢, 李熙碩1976. 濟州火山灰土의 自然草地에 대한 窒素, 磷酸, 加里施肥의 效果. 韓畜誌 18(6) : 512-517.
- 李春雨, 伊藤誠治, 佐藤曉子, 星野次汪. 1995. 窒素 追肥時期 및 量이 밀의 品質特性에 미치는 影響. 農業論文集 37(2) : 255-259.
- 이경보, 김선관, 강종국, 이덕배, 김종구. 1997. 벼 건담직과 재배시 벧짚처리 및 질소분시가 질소 흡수에 미치는 영향. 한토비지 30(4) : 309-313.
- Lee, J., J. Abe, and K. Gotoh. 1977. Effect of nitrogen fertilization on the crude protein and total carbohydrates yields of 6 orchardgrass varieties. Res. Bull.

- Hokkaido Univ. Farm, Japan. 20 : 23-31.
- 이호진, 이호원. 1989. 사료작물학. 한국방송통신대학 출판부. 서울. p.247- 249.
- 이호원. 1981. 사초용 피의 생산에 관한 연구. I. 3종 피의 생육특성 및 사초 생산성 비교. 韓畜誌 23 : 264-269.
- 李孝遠, 金東岩. 1980. 播種量과 窒素施肥水準이 피(稭)의 生長, 一般組成分 및 乾物收量에 미치는 影響. 韓畜誌 22(1) : 83-92.
- 李仁德, 尹益錫. 1978. Timothy 草地에 있어서 春季의 窒素施肥 時期가 牧草收量에 미치는 影響. 韓畜誌 20(4) : 383-389.
- 이영상, 이상범, 이종원. 1970. 한국야초의 재배에 관한 연구. 과기처. R-70-31-LF.
- Marten, G. C. 1985 Reed canarygrass. In Forages (The science of grassland agriculture). (4th ed.). Heath, M. E, R. F. Barnes and D. S. Metcalfe. Iowa State Univ. Ames. USA.
- McNeal, F. H., G. O. Boatwright, M. A. Berg., and C. A. Watson. 1968. Nitrogen in plant parts of seven spring wheat varieties at successive stages of development. Crop Sci. 8 : 535-537.
- Miller, I. L., S. J. Cowlishaw. 1976. Effects of stage of growth and season of the nutritive value of four digit grasses in Trinidad. Trop. Agric(Trin). 53 : 305-320.
- 三井計夫. 1988. 飼料作物·草地. 養賢堂. p.514-519.
- Mohamed Saleem, M. A. 1972. Productivity and chemical composition of Cynodon IB, and as influenced by level of fertilization, soil pH and height of cutting. pH. D. Thesis. Univ. Ibadan, Nigeria.
- Niehaus, M. H. 1971. Effect of N fertilizer on yield, crude protein content, and in vitro dry matter disappearance in Phalaris arundinacea L. Agron. J. 63 : 793-794.
- 오왕근, 김인학. 1967. 대맥 내비성 품종비교 시험. 제시연보 : 265-272.
- 문재현. 1969. 맥주맥 분시방법 시험. 제시연보 : 262-267.
- 朴根濟. 1991. 草地에 對한 窒素 및 加里肥料의 施用에 關한 研究. III. 牧草의 乾

- 物 및 養分生産性에 對한 窒素 및 加里肥料의 殘存. 韓畜誌 33(6) : 476-479.
- 朴根濟, 崔基準, 李弼相. 1998. 山地草地에서 3要素 施肥水準 및 草地利用方法이 乾物 및 養分生産性에 미치는 影響. 韓草誌 18(3) : 251-258.
- 朴光鎮. 1973. 山野草에 對한 窒素質 施用水準과 施用時期가 生育과 收量에 미치는 影響. 韓畜誌 15(3) : 224-229.
- 朴尙求, 孫昌琦, 崔富述. 1995. 보리 平面細條播時 芟刈切斷 施用과 窒素 增追肥效果. 農業論文集 37(1) : 279-182.
- 박찬호, 이종열, 김동암, 1982. 사료·녹비작물학. 향문사. p.238-240.
- Park, Y. M., N. K. Cho, and S. B. Kim. 1996. Effect of nitrogen fertilization on the change in growth and grain yield of local corn. Subtrop. Agric. Cheju Nat'l. Univ. 13 : 13-19.
- Patras, J., D. Pinzariu. 1983. Doubling Cropping ensures a very economical forage reserve. Herb. Abst. 53(2) : 714.
- Reid. D. 1978. The effects of frequency of defoliation on the response of perennial ryegrass sward to a wide range of nitrogen application rates. J. Agr. Sci. 90 : 447-457.
- Reneau, R. B, Jr., G. D. Jones, and Janes B. Friodricks. 1983. Effect of P and K on yield and chemical composition of forage sorghum. Agron. J. 75 : 5-8.
- Rhykerd, C. L, C. H. Noller, K. L. Washbum, Jr. S. J. Donohue, K. L. Collins, L. H. Smith, and M. W. Phillips. 1969. Purdue Univ. Agron. Guide AY-176. In Forages. (4the ed.). Heath, M.E, R.F. Bames and D. S. Metcalfe.Iowa State Univ., Ames. USA. p.212.
- Rhykerd, C. L., C. H. Noller. 1973. The rolle of nitrogen in forage production. In : Heath et al. Forages, 3rd Edition. The Iowa state Univ. press. Ames, Iowa, U.S.A. p.416-424.
- 농촌진흥청 축산기술연구소. 1996. 표준사료성분분석법. p.4-16.
- 서홍중. 1992. 예취빈도 및 질소시비수준이 Reed Canarygrass의 저장탄수화물과 생산성에 미치는 영향. 건국대 대학원 농학석사 학위논문.

- 서성, 조무환, 이효원. 1995. Reed Canarygrass 초지의 관리 및 이용에 관한 연구, IV. 질소시비수준이 'Palaton' reed canarygrass의 건물생산성과 사료가치에 미치는 영향. 韓草誌 15(2) : 118-123.
- 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.
- Szuts G., L. Vincze, G. Kovacs, and E. Jakab. 1988. Effect of soil fertility on the amino acids and nutritional value of wheat grain. Acta veterinariaungarica. 36(3-4) : 136-142.
- Wardeh, M. F. 1981. Models for estimating energy and protein utilization for feed. Ph. D. Dissertation Utah State Univ. Logan. Utah. USA.
- Wilkinson, J. F. and D. D Thomas. 1972. Effects of fall fertilization on cold resistance, color and growth of Kentucky bluegrass. Agron. J. 64 345-348.
- Wilkins, R. T., Osbourn. D. F., and Tayler, J. C. 1970. The feeding value of silages made from whole-crop barley. J. Brit. Grassl. Soc. 25. 37-3.

감사의 글

본 연구를 수행할 수 있도록 세심한 지도와 편달을 하여주신 조남기 교수님께 진심으로 감사를 드립니다. 또한 논문 심사에 아낌없는 조언을 하여주신 강영길 교수님과 송창길 교수님께 깊은 감사를 드리며, 학위과정 중 많은 관심과 배려를 하여주신 박양문 교수님, 권오균 교수님, 오현도 교수님, 김한림 교수님, 고영우 교수님께도 감사드립니다.

본 연구를 무사히 마칠 수 있도록 도움을 주신 오병권 선배님과 대학원 선·후배님들에게 감사드리며, 특히 자료와 원고정리 등 여러 가지로 도움을 준 김보현 선배님께 깊은 감사를 드립니다.

끝으로 항상 사랑과 걱정으로 보살펴 주신 부모님과 동생들에게 고마움을 전합니다.