

博士學位論文

과중량, 과중기 및 질소시비에 따른 제주조의
사료수량성 및 조성분 변화



濟州大學校 大學院

農學科

高東煥

2003年 12月

과종량, 과종기 및 질소시비에 따른 제주조의 사료수량성 및 조성분 변화

指導教授 趙 南 棋

高 東 煥

이 論文을 農學 博士學位 論文으로 提出함

2003年 12月



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

高東煥의 農學 博士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____

委 員 _____

委 員 _____

委 員 _____

委 員 _____

濟州大學校 大學院

2003年 12月

Effects of Seeding Rate, Planting Date,
Nitrogen Rate and Spilt Nitrogen Applications
on Forage Yields and Chemical Composition of
Jeju Italian Millet

Dong-Hwan Ko

(Supervised by professor Nam-Ki Cho)

A thesis submitted in partial fulfillment of the
requirement for the degree of doctor of agriculture

2003. 12.

This thesis has been examined and approved.

Thesis director,

Thesis director,

Thesis director,

Thesis director,

Thesis director,

Department of agriculture
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

SUMMARY	1
I. 서 언	6
II. 연 구 사	8
III. 재 료 및 방 법	13
IV. 결 과 및 고 찰	17
1. 파종기에 따른 제주조의 생육반응, 수량성 및 사료가치 변화	17
1) 생육반응	17
2) 수량성 변화	20
3) 사료가치 변화	22
4) 형질간의 상관 및 회귀	25
2. 파종량 차이에 따른 제주조의 생육반응, 수량성 및 사료가치 변화	28
1) 생육반응	28
2) 수량성 변화	31
3) 사료가치 변화	33
4) 형질간의 상관 및 회귀	36
3. 질소소비량 차이에 따른 제주조의 생육반응, 수량성 및 사료가치 변화	39
1) 생육반응	39
2) 수량성 변화	42
3) 사료가치 변화	45
4) 형질간의 상관 및 회귀	48
4. 질소분시횡수에 따른 제주조의 생육반응, 수량성 및 사료가치 변화	51
1) 생육반응	51
2) 수량성 변화	55
3) 사료가치 변화	58
4) 형질간의 상관	61
V. 요 약	63
인용문헌	67

Summary

This study was conducted from April 20 to August 25 in 2000 at Jeju to investigate the effects of seeding rate, planting date and nitrogen rates on growth, forage yields and chemical composition of three Italian millet cultivars (Moinjo, Nolanjo, and Geomeunjo) indigenous to Jeju Island. The results are summarized as follows:

The effects of planting dates on growth, yield and chemical composition of three Italian millet cultivars.

Three cultivars were planted on April 20, May 1, May 10, May 20, and May 30 to investigate the most suitable planting date of three Italian millet in Jeju Island.

1) The days to heading averaged across planting date for Nolanjo, Geomeunjo and Moinjo were 81, 83 and 87 days, respectively. The days to heading averaged across cultivars was reduced from 100 to 67 days as the planting date was delayed from April 20 to May 30.

2) Plant height was longest at May 1 planting. Plant height of Moinjo, Nolanjo and Geomeunjo were 156, 141, and 132 cm, respectively, at May 1 planting. Before and after that planting, plant height gradually shorted, and that of Geomeunjo at May 30 planting was shortest (85.6 cm).

3) For stem diameter and number of leaves averaged across planting date, Moinjo was most greatest (0.65 cm and 12.1, respectively). The number of nodes, leaf length and leaf width regardless of cultivars were greatest at May 1 planting.

4) Fresh forage, dry matter, crude protein and TDN yields were greatest at May 1

planting. The yields decreased gradually as planting was delayed from May 1 to May 30. Among cultivars, yields of Moinjo were highest and those of Geomeunjo were lowest.

5) For crude protein, ether extract and TDN contents averaged across planting date, there was no difference among cultivars. But these characters tended to increase gradually as the planting was delayed. Crude ash and crude fiber contents decreased regardless of cultivars as the planting was delayed.

The effects of seeding rates on growth, yield and chemical composition of three Italian millet cultivars.

Three cultivars were planted on May 1 at five seeding rate (6, 9, 12, 15 and 18 kg/ha) to investigate the effects of seeding rate on growth, yield and chemical composition of three Italian millet in Jeju Island.



1) The days to heading averaged across seeding rate for Nolanjo was earliest (91 days). As seeding rate increased, the days to heading averaged across cultivars tended to increase from 91 to 97 days.

2) Plant height for three cultivars was longest at 12 kg/ha seeding rate. Moinjo, Nolanjo and Geomeunjo were 156, 151 and 148 cm, respectively, at 12 kg/ha seeding rate. Over and below that seeding rate, there was a tendency to be short. Plant height was shortest at 6 kg/ha seeding rate regardless of cultivars.

3) The number of leaves and nodes averaged cultivars tended to decrease gradually, as seeding rate was increased. Leaf length regardless of cultivars was longest at 12 kg/ha seeding rate. But the leaf width averaged across cultivars tended to be narrow gradually as seeding rate was increased.

4) Fresh forage, dry matter, crude protein and TDN yields were highest (48.88, 15.49,

1.71 and 8.26 MT/ha, respectively) at 12 kg/ha seeding rate. Below or above of the seeding rate, the yields were decreased. The yields of Moinjo was highest.

5) Crude protein, ether extract, and TDN contents increased, but crude ash and crude fiber contents decreased with increasing seeding rate.

The effects of nitrogen rates on growth, yield and chemical composition of three Italian millet cultivars.

Three cultivars were planted on May 1 at six nitrogen rate (0, 50, 100, 150, 200 and 250 kg/ha) to investigate the effects of growth, yield and chemical composition of three Italian millet in Jeju Island.

1) The days to heading of Nolanjo was shortest (91 days), and that of Moinjo was latest (98 days). As nitrogen rate increased from 0 to 250 kg/ha, the days to heading averaged across cultivars tended to increase from 92 to 98 days.

2) As nitrogen rate increased from 0 to 200 kg/ha, plant height increased 99 to 146 cm and did not increase further at 250 kg/ha nitrogen rate. There was interaction between cultivar and nitrogen rate for plant height.

3) The number of leaves and nodes, leaf length, and leaf width increased as nitrogen rate increased from 0 to 200 kg/ha, and did not increase further at 250 kg/ha nitrogen rate.

4) Nitrogen rate was increased from 0 to 200 kg/ha, fresh forage, dry matter, crude protein and TDN yields gradually increased, but did not increase further at 200 kg/ha nitrogen rate. These fresh forage, dry matter, crude protein and TDN yields were 43.80, 12.96, 1.85 and 7.20 MT/ha, respectively, at 250 kg/ha nitrogen rate. Fresh forage, dry matter, crude protein and TDN yields for highest yielding cultivar, Moinjo, were 38.08, 12.58, 1.66 and 6.81 MT/ha, respectively.

5) Nitrogen uptake gradually increased as nitrogen rate was increased from 50 to 250 kg/ha. Nitrogen uptake for Moinjo was greatest (336.5 kg/ha) at 250 kg/ha nitrogen rate. On the contrary, nitrogen use efficiency for Moinjo was greatest (69.4 kg DM/kg N) at 50 kg/ha nitrogen rate. Nitrogen use efficiency for Nolanjo, Geomeunjo was least (14.9, and 15.2 kg DM/kg N), respectively at 250 kg/ha nitrogen rate.

6) Crude protein, ether extract, and TDN contents gradually increased but crude ash, crude fiber contents decreased as nitrogen rates increased from 0 to 250 kg/ha.

The effects of spilt nitrogen applications on growth, yield and chemical composition of three Italian millet cultivars.

This study was conducted to investigate proper spilt nitrogen applications of three Italian millet in Jeju Island. Nitrogen rate was 200 kg/ha and nitrogen was applied from once to 5 times.



1) The days to heading averaged across spilt nitrogen applications for Nolanjo was earliest (88 days), but that of Moinjo was latest (95 days). The days to heading averaged across cultivars increased from 88 to 93 days as nitrogen was spilt applied from once to 5 times.

2) For plant height, Moinjo was longest (150 cm), but that of Geomeunjo was shortest (136 cm). As nitrogen was spilt applied from once to 4 times, plant height increased to 149 cm, but decreased to 144 cm at 5 spilt nitrogen applications.

3) Stem diameter and number of leaves increased as nitrogen was spilt applied from once to 3 times, but did not increased further with more than 3 times of spilt nitrogen applications. There was interaction between cultivars and spilt nitrogen applications for stem diameter and number of leaves.

4) As nitrogen was spilt applied from once to 4 times, fresh forage, dry matter, crude protein and TDN yields gradually increased, but did not increase further in 5 spilt nitrogen applications. There was interaction between cultivars and spilt nitrogen applications for the yields.

5) As nitrogen was spilt applied from once to 4 times, nitrogen uptake increased from 163.5 to 310.7 kg/ha, but decreased to 278.6 kg/ha at 5 spilt nitrogen applications. Nitrogen use efficiency was highest at 4 spilt nitrogen applications.

6) Crude protein contents increased regardless of cultivar as the frequency of spilt nitrogen applications were increased. However, there was interaction between cultivars and spilt nitrogen applications. Ether extract and TDN contents increased, but crude ash, crude fiber contents decreased with increasing the frequency of spilt nitrogen applications. Geomeunjo had highest crude ash contents (8.7%) averaged across spilt nitrogen applications.



I. 서 언

조(*Setaria italica* B_{EAVIS})는 생육기간이 짧은 일년생 작물로서 척박한 토양에서도 생육이 양호하고, 한밭에서도 적응력이 매우 강한 특성 때문에 밀, 보리, 맥류, 콩 등 다른 작물의 재배가 어려운 산간지역에서도 재배가 가능한 작물로 알려져 있다. 또한 조는 단백질, 당질, 지질뿐만 아니라 비타민 A, B₁, B₂ 등 영양가치가 매우 높은 작물로 평가된다(이, 1983; 趙, 1986).

이와 같은 조의 우수성 때문에 오래 전부터 인도를 중심으로 한 동남아시아와, 중국, 이집트 등 외국의 여러 나라에서 넓은 면적에 조를 재배하여 왔고, 우리나라에서도 1960년 경에는 140,000ha에 달하는 면적에 조가 재배되어 보리, 콩의 다음 가는 면적이었으나, 그 후 해마다 재배면적이 급격히 감소하여 1980년대에는 3,261ha로 줄었고, 현재는 제주도, 전라남도 등의 일부농가에서 소규모로 종실 및 사료작물용으로 조를 재배하고 있으나 농림 통계에는 기록이 못되고 있는 실정이다.

우리 나라에서 조의 파종은 5월 상순부터 6월 하순까지 파종이 가능한 것으로 알려져 있고, 파종량은 10kg/ha내외로 하여 파종하고 있다. 파종방법은 주로 점파, 조파 및 산파하고 있으며, 조의 최적발아온도는 30~31℃이고, 최고 44~45℃, 최저 4~6℃로 알려지고 있으며, 조의 발아 온도는 10℃ 이상이 되어야 발아가 양호하고 발아 후 기온이 높아야 생육이 좋으므로 너무 일찍 파종하거나, 늦게 파종하는 것은 조의 종실 및 건물수량을 감소시키는 것으로 보고되어 있다(윤 등, 1994).

Carberry와 Campbell(1989)에 의하면 16℃에서 35℃까지가 진주조의 파종에서 출수기까지 일수를 예측할 수 있는 온도범위라고 하였고, 최 등(1990)은 진주조의 생체수량은 4월 30일 파종에서 6MT/10a로 가장 많았고, 너무 일찍 파종하거나 너무 늦게 파종하였을 때 수량이 감소되었으며, 파종기가 늦어짐에 따라 출수일수도 단축되었다고 하였다.

일반적으로 사료작물은 파종량이 적고 개체수가 적을 때는 종실수량은 증가하나 사초수량이 감소되는 것으로 알려지고 있고(Schadlich, 1986), 파종량이 많고 개체수가 많을 때에는 비료공급이 불충분할 뿐만 아니라 통풍, 통광이 불량하여 분지수가 감소되고, 도복하기 쉬우며, 병충해 발생을 유발하여 수량이 감소하게 된다고 하였다(Trung와 Yosida, 1985).

조의 시비량은 질소 50~60kg/ha, 인산 및 칼리 각각 30~50kg/ha 정도가 알맞은 것으로 보고되고 있으나, 토양조건에 따라서 질소시비량은 다른 것으로 알려지고 있다(이, 1983).

최 등(1989)은 질소시비량이 10kg에서 60kg/10a로 증가함에 따라 진주조의 초장은 길어졌고, 청예수량 및 단백질수량은 증가되었으나, 30kg/10a 이상으로 질소시비량을 증가시켰을 때는 도복정도가 심각하였다고 하였으며, Partras와 Pinzariu(1983)는 강우량이 많은 지역에서는 질소시비량이 270kg/ha에서, 건조한 지역에서는 100kg/ha정도에서 화분과 사료작물의 건물수량은 매우 높다고 하였다.

우리 나라에서는 종실을 목적으로 조를 재배할 때의 시비량은 질소 10~15kg/10a, 인산 및 칼리는 각각 5~8kg/10a로 하고, 인산과 칼리는 전량을 기비로, 질소 50%는 기비로 나머지 50%를 추비로 하고 있다. 일반적으로 사료작물은 잎과 줄기를 생산목적으로 하기 때문에 식량작물에 비하여 많은 양의 비료가 요구되고 있고, 분시효과가 매우 현저한 것으로 알려지고 있으나(Marten, 1985; Edwards 등, 1971), 제주지역에서 생초생산을 목적으로 한 조의 파종기, 파종량 및 질소시비에 관한 연구는 구멍이 되어 있지 않다.

따라서 본 시험은 여름철 청예사료작물로 이용가치가 매우 높을 것으로 사료되는 제주조를 제주지역의 기상, 토양 등의 환경조건하에서 청예사료 생산을 목적으로 하여 제주조의 파종적기, 파종적량, 적정 시비량 및 적정 시비횟수 등 재배관리를 구명하여 여름철 가축사료로 이용하기 위한 연구의 일환으로 수행하였다.



II. 연구사

조는 따뜻하고 다소 건조한 지역에 알맞고, 흡비력이 매우 강한 특성 때문에 소비재배에도 적응하지만, 다비재배에 대한 증수효과가 매우 현저한 작물로 보고되어 있다(이, 1983). 윤 등(1994)은 조의 발아 온도는 10℃ 이상이 되어야 발아가 양호하고 발아 후 기온이 높아야 생육이 좋으므로 너무 일찍 파종하거나, 늦게 파종하는 것은 조의 종실 및 건물수량을 감소시킨다고 보고하였으며, Carberry와 Campbell(1989)은 진주조의 파종에서 16℃에서 35℃까지가 출수기까지 일수를 예측할 수 있는 온도범위라고 하였다.

봄조의 파종은 5월 상순, 그루조 파종은 6월 중순에 파종하고 있으나 조는 습해에 약한 생리적 특성 때문에 6월 전후하여 강우량이 많을 때 생육이 부진한 것으로 보고되어 있다(이, 1983). 최 등(1990)은 진주조의 생체수량은 4월 30일 파종에서 6MT/10a로 가장 많았고, 너무 일찍 파종하거나 너무 늦게 파종하였을 때 수량이 감소되었으며, 파종기가 늦어짐에 따라 출수일수가 단축되었다고 하였다.

윤 등(1994)은 진주조에서 조단백질 및 TDN함량은 파종시기가 늦어질수록 높아지는 경향을 나타내었다고 하였으며, 윤 등(1998)은 도입 트리티케일에서 생초 및 건물수량 및 TDN수량은 파종기가 늦어짐에 따라 감소되었다고 하였고, 최 등(1995)은 봄 재배 귀리에 생초 및 건물수량은 파종기가 늦어짐에 따라 현저하게 감소하였다고 하였다. 조 등(2001d)은 청예피에서 생초수량과 건물수량, 단백질수량 및 TDN수량은 만파할수록 감소하는 경향이었다고 하였으며, 손 등(1997)은 단수수에서 조단백질수량과 TDN수량은 파종기가 지연될수록 감소하는 경향이었다고 하였다. 이 등(1981)과 Grogan 등(1959)은 사일리지용 옥수수에서 조기 파종시 건물수량 및 TDN수량이 만기 파종보다 높은 경향을 보였다고 하였고, 김 등(1998)은 사일리지 옥수수용에서 조섬유함량은 파종시기가 늦을수록 낮은 경향을 나타내었다고 하였다.

黃 등(1985)은 사료용 맥류 품종에서 조단백질, 조지방, 조회분 함량은 생육이 진전됨에 따라 감소하였고, 가용성무질소물, 조섬유함량은 증가하였다고 하였다. 김 등(1999)은 연맥에서 조단백질함량은 파종시기가 늦을수록 높은 경향을 나타내었다고 하였으며,李 등(1985)은 트리티케일과 호밀에서 조단백질함량은 생육이 진전될수록 감소하였다고 하였다.

김 등(1986)은 호밀에서 파종시기가 늦어질수록 조단백질함량이 증가하였다고 하였으며, 金과 蔡(1994)는 답리작 호밀에서 조단백질, 가소화단백질, 총가소화영양분(TDN)과 무기

물 등의 함량은 파종기가 빠를수록 감소하고, 조섬유함량, 단위면적당 조단백질, 가소화 단백질, TDN, 무기물 등의 수량은 파종기가 빠를수록 증가하였다고 하였다. 조 등(2001c)은 청예피에서 조단백질, 조지방 및 TDN함량은 만파할수록 증가되는 경향이었고, 조희분과 조섬유함량은 만파할수록 감소되었다고 보고한 바 있다.

Tasuke 등(1975)은 일반적으로 사료작물은 파종량이 적고 개체수가 적을 경우에는 종실 수량은 증가되었으나 사초수량은 감소되는 것으로 보고하였고, 파종량이 많고 개체수가 많을 때는 개체 당 비료공급이 불충분하여 분지수가 저해되고 통풍과 통광이 불량하여 수량이 감소되는 것으로 보고되어 있다. 사료작물은 파종량이 증가할수록 생육이 촉진되고 수량도 그에 따라 증가하지만 어느 한계를 넘으면 오히려 생육이 부진할 뿐만 아니라 수량도 감소되는 것으로 보고되어 있다(Cho 등, 1998; 한 등, 1992).

조 등(2001c)은 제주조에서 재식밀도가 낮아짐에 따라 초장, 엽장은 짧아지는 경향이었으나, 경직경, 엽수, 엽폭 등은 증가되는 경향이였으며, 밀식함에 따라 생초수량, 건물수량, 단백질수량은 증수되었다고 하였다. 조 등(2001j)은 제주지역에서 귀리의 파종량은 150kg/ha 파종에서 초장 및 엽장 등의 형질이 우세하였으나, 그 이하와 그 이상으로 파종량이 감소되거나 증가될 경우에는 생육이 부진한 것으로 보고하였고, 전 등(1992)은 수단그래스계 잡종에서 재식밀도가 높아짐에 따라 초장, 엽장, 엽폭, 엽수, 분얼수는 감소되었다고 하였다.

Escalada와 Plucknett(1975)는 청예용 밀의 밀도가 증가됨에 따라 엽장, 엽폭, 엽수가 감소된다고 하였으며, 金과 蔡(1991)는 호밀에서 파종량이 증가될수록 초장은 커졌고, 사료 수량은 증가되었으나, 어느 한계 이상의 파종량 증가에서는 수량이 감소되었다고 하였고, 강 등(1987)은 호밀에서 파종량을 늘리면 청예수량이 증대된다고 하였다.

박 등(1990)은 호밀과 트리티케일에서 파종량이 증가하면 생체수량과 건물수량이 유의적으로 증가되었다고 하였으며, 고 등(1986)은 호맥에서 출수기와 개화기 사이의 청예수량이 가장 높았으며, 건물수량도 파종량이 많을수록 증가하였다고 보고하였다. 한 등(1992)은 연백에서 밀식함에 따라 생초, 건초 및 단백질 수량이 증수된다고 하였으며, 강(1998)은 남부지방에서 맥류의 청예수량이 파종량이 증가할수록 증가되었다고 하였고, 조 등(2001e)도 청예피에서 생초수량, 건물수량은 파종량이 증가함에 따라 점차적으로 증수되었다고 하였다.

조 등(2001h)은 제주메조에서 주당본수가 1본에서 6본으로 많아짐에 따라 조단백질, 조지방 함량은 증가된 반면 조희분 및 조섬유 함량은 감소되었다고 하였다. 김 등(1991)은 답리작 호밀에서 파종량이 많을수록 조단백질함량은 감소하였으며, 조섬유함량은 증가하

였다고 하였고, 전 등(1992)과 Masaoka 등(1980)은 수수-수단그라스계 잡종에서 파종량이 많아짐에 따라 단백질, 조지방함량은 증가되었으나, 조섬유와 조회분 함량은 낮아졌다고 하였다.

한과 김(1995)은 수단그라스계 잡종 및 호밀에서 조단백질함량은 파종량이 많을수록 높은 경향을 보였으며, 파종량이 많을수록 수단그라스계 잡종의 건물수량은 높았다고 하였고, 조 등(2001j)은 귀리에서 파종량이 많아짐에 따라 조단백, 조지방함량은 증가되나 조섬유, 조회분함량은 이와는 반대로 낮아졌다고 보고하였다.

Patras 등(1983)은 건조한 지역에서 질소시비량은 100kg/ha, 강우량이 많은 지역에서는 270kg/ha의 질소시비수준에서 화분과 사료작물의 수량성은 매우 높았다고 보고한 바 있으며, Burg(1970)는 질소비료의 양과 시비시기는 목초의 수량을 증가시키는데 큰 영향을 미치게 된다고 하였고, Vetter 등(1972)은 사료작물 재배시의 질소 추비 시기는 강우량과 밀접한 관계가 있다고 보고하였다.

조의 시비량은 질소 50~60kg/ha, 인산 및 칼리 각각 30~50kg/ha 정도가 알맞은 것으로 보고되고 있으나 토양에 따라서는 질소시비량이 다른 것으로 알려지고 있다(이, 1983). 조 등(2003)은 제주조에서 무비구보다 질소시비량이 증가함에 따라 출수일수는 지연되었으나, 초장, 경직경, 엽장, 엽폭 등의 형질 모두 증가하였으며, 생초수량, 건물수량, 단백질수량 및 TDN수량도 증가되는 경향이었다고 하였다.

최 등(1989)은 진주조를 재배할 때에는 질소시비량을 10kg에서 60kg/10a까지 증가시키기에 따라 초장은 230cm에서 255cm로 길어지고 청예수량은 4.8MT/10a에서 9.1MT/10a로 증수되었으나, 30kg/10a 이상으로 질소시비량을 증가시킬수록 도복정도가 심한 것으로 보고하고 있다. 趙 등(1993)은 제주지역에서 수단그라스계 잡종의 질소시비량은 30kg/10a에서 초장, 엽장, 엽폭 등의 생육형질은 우수하였으며, 생초수량도 가장 많았다고 하였으며, 박 등(1996)은 재래옥수수에서 질소시비량이 30kg/10a에서 초장은 가장 길었으나, 그 이상과 이하의 시비량에서는 짧아졌다고 하였다. 조 등(2001a)은 청예피에서 질소시비량이 250kg/ha으로 증가됨에 따라 출수일수는 늘어났고, 초장은 길어졌으며, 건물수량, 단백질수량 및 TDN수량은 증가되었으나 200과 250kg/ha시비구간에서는 유의한 차이가 없었으며, 질소흡수량은 증가되었으나, 질소이용효율은 감소되었다고 하였다.

조 등(2003)은 제주조에서 무질소구보다 질소시비량이 증가함에 따라 조단백, 조지방, 가용무질소물 및 TDN함량은 증가되었으나, 조회분과 조섬유함량은 감소되는 경향이었다고 하였으며, 崔 등(1985)은 답리작 대·호맥에서 출수기때 예취한 식물체의 조성분중 조단백질, 조지방 함량은 시비수준이 높을수록 증가하였으나, 조회분, 조섬유 및 TDN함량은

시비량에 따른 차이를 보이지 않았다고 하였다.

조 등(2001a)은 청예피에서 ha당 질소시비량이 0kg에서 250kg으로 증가됨에 따라 조단백질과 TDN함량은 증가되었으나, 조섬유와 조회분함량은 감소되었다고 하였으며, 한 등(1992)은 춘파연맥 파종구에 질소시비량을 ha당 100, 150, 200kg으로 증가시킴에 따라 조단백질함량도 점차 증가되었다고 하였다. 趙와 劉(1993)는 수단그래스계 잡종에서 질소시용량이 증가할수록 조단백질, 조지방함량은 많아졌으나, 조회분과 가용성무질소물은 적어지는 경향이었다고 보고 하였고, 朴 등(1990)은 호밀과 트리티케일에서 질소를 많이 사용할수록 조단백질, 조지방 함량은 증가되었으나, 조섬유 함량은 감소한다고 하였으며, 화본과 사료작물은 질소증시에 따라 조단백, 조지방 및 가용성무질소물은 증가되나 조섬유와 조회분 함량은 낮아졌다고 하는 Sheldrick 등(1981a,b), Harangozo와 Horango(1985), Murphy와 Smith(1967) 등의 보고도 있다.

강우량이 많은 지역과 화산회토양에서는 질소의 휘산이나 탈질 및 용탈 등에 의한 비료유실량이 많기 때문에 같은 양의 질소비료를 나누어 여러 번 분시하는 것이 화본과 사료작물 등의 생육을 촉진시킬 수 있는 것으로 여러 연구자들에 의하여 보고되어 있다 (Edwards 등, 1971; Marten, 1985).

제주지역에서 질소를 분시함에 따라 사료작물의 수량을 증가시켰다는 보고는 수단그래스계 잡종(조 등, 1998), 귀리(조 등, 2001j) 및 제주조(조 등, 2003)에서 생초수량이 증수되었다고 보고한 바 있으며, 다른 지역에서도 수단그래스에서(Edwards 등, 1971), 수수에서(Johnson 및 Cummins, 1967), 리드캐니그래스에서(Marten, 1985) 같은 양의 질소를 분시함에 따라 생초수량성이 증가되었다고 보고한 바 있다.

제주지역과 같이 강우량이 많고 비료유실량이 많은 화산회토양에서 조 등(2001c)은 청예피는 질소 3회 분시에서, 귀리(조 등, 2001i)는 질소 4회 분시에서 초장, 엽장 및 엽폭 등 모든 형질이 우세한 것을 보고한 바 있으며, 시비량은 질소 10~15kg/10a, 인산 및 칼리는 각각 5~8kg/10a로 하고, 인산과 칼리는 전량을 기비로, 질소 50%는 기비로 나머지 50%를 추비로 하는 것이 수량이 많다고 하였다(趙, 1986). 조 등(2003)은 제주조에서 200 kg/ha의 질소비료를 분시할 경우 출수기는 분시횟수가 많아질수록 지연되었고, 4회 분시에서 초장은 가장 길었으며, 대부분의 형질이 우세하다고 하였다. 생초수량은 51.50MT/ha로 가장 많았다고 하였다. 趙 등(1998)은 질소분시에 따른 수단그래스계 잡종에서 25kg/10a의 질소를 분시횟수가 많아짐에 따라 초장은 길어지는 경향이었고, 생초수량은 점차 증가되어 5회 분시에서 가장 높았다고 하였다.

장 등(1989)은 울무의 안전증수를 위한 가장 효과적인 질소시비 방법은 15kg/10a의 질

소를 기비 40%, 추비 3회(분얼기 30, 출수기 20, 호숙기 10%)로 하는 것이 350kg/10a의 높은 수량을 얻을 수 있었다고 하였으며, 서 등(1995)은 질소 시비수준을 0, 70, 140, 280 및 420kg/ha로 하고 각 수준별로 4회 균등 분시하여 연간 3회 수확하였을 때, 질소시비수준이 증가할수록 리드캐니그래스의 초장과 건물수량 및 조단백질 함량은 유의적으로 증가하였다고 하였다.

姜 등(1989)은 울무에서 질소의 전량기비구에 비해서 생육 후 2~3회 분시가 청예용 사료작물의 수량성을 증대시킨다고 하였으며, Johnson 등(1967)은 옥수수에서 2~3회 분시가 청예용 사료작물의 수량성을 증대시킨다고 하였다. 조 등(2001b)은 청예피는 200kg/ha의 질소를 3회 분시에서 가장 수량이 높았다고 하였으며, 조 등(2001i)은 질소분시에 따른 귀리의 생육특성에서 240kg/ha의 질소비료를 4회 분시에서 생초수량 및 건물수량이 각각 51.70MT/ha, 8.43MT/ha로 가장 높았다고 하였다.

조 등(2003)은 제주조에서 분시횟수가 증가됨에 따라 단백질함량, 조지방함량, 가용무질소물, TDN함량은 증가되었으나, 조섬유와 조회분함량은 감소되었다고 하였으며, 趙 등(1998)은 수단그래스계 잡종에 있어서 분시횟수가 많아짐에 따라 출수기는 늦어지고, 조단백질 및 조지방 함량은 점차 증가하였으나, 조섬유 함량은 감소하였다고 하였다.

Harm 등(1973)과 Stallcup(1964)는 화본과 사료작물이 분시횟수가 많을수록 조단백질 등의 사료가치를 높인다고 보고하였고, 조 등(2001i)은 귀리에서 240kg/ha의 질소를 분시하였을 경우 조단백질 및 TDN수량은 전량 시비에서 4회 분시까지는 증수되었으나, 그 이상의 분시횟수에서는 감소되었다고 하였으며, 질소흡수량도 4회 분시까지는 증가되었다가 그 이상의 분시횟수에서는 감소되었으나, 질소이용효율은 분시횟수가 많을수록 낮아졌다고 하였다.

Ⅲ. 재료 및 방법

1. 포장시험

이 포장시험은 아래와 같은 4가지 시험을 통해 이루어 졌으며, 표고 278m(동경 126°33' 56", 북위 33°27' 20")에 위치한 제주대학교 농업생명과학대학 연구실습센터 시험포장에서 2000년 4월 20일부터 2000년 8월 25일까지 수행하였다.

시험 1. 파종기에 따른 제주조의 생육반응, 수량성 및 사료가치 변화

시험 2. 파종량 차이에 따른 제주조의 생육반응, 수량성 및 사료가치 변화

시험 3. 질소소비량 차이에 따른 제주조의 생육반응, 수량성 및 사료가치 변화

시험 4. 질소분시횡수에 다른 제주조의 생육반응, 수량성 및 사료가치 변화

시험포장의 토양은 화산회토가 모재로 된 농암갈색 미사질양토로 시험전 토양의 화학적 특성은 표 1에 제시한 바와 같다. pH는 5.4의 약산성으로 조의 생육에 적합한 범위에 있었으며 유기물함량은 59.85g/kg으로 적정범위(30~150g/kg) 내에 있었다(오, 1999). 그러나 유효인산의 함량과 치환성 양이온인 Ca와 Mg는 부족하였고 K는 양호하였다.

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

pH (1:5)	EC (dS/m)	Organic matter (g/kg)	Available P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable cation (cmol/kg)		
				Ca	Mg	K
5.4	0.19	59.85	42.63	0.69	0.34	0.32

시험기간 중 기상조건은 표 2에 나타내었다. 평년에 비해 5월부터 8월까지 최고기온은 평균 2.1°C정도 낮았으며 최저기온은 평균 1.6°C정도 높았다. 강수량은 평년에 비해 5월부터 8월까지 76mm가량 적었고 일조시수는 평년에 비해 약간 많은 편이었다.

Table 2. Meteorological factor during season and 10-year (1991~2000) average

	Temperature (°C)						Precipitation (mm)		Hours of sunshine	
	Average		Maximum		Minimum		T	N	T	N
	T	N	T	N	T	N				
May	17.2	17.9	21.2	25.2	13.8	12.1	46.2	94.9	229.9	214.9
June	21.6	21.5	25.1	27.8	18.7	17.3	97.6	178.2	165.9	163.6
July	26.4	25.9	29.7	31.2	23.8	22.2	166.2	219.4	227.3	201.8
Aug.	28.0	26.7	30.9	31.1	25.0	23.1	169.6	289.9	241.7	193.7

T : the testing period, N : the normal year(1991-2000)

조 품종은 제주도 농가에서 재래종으로 오래전부터 자가채종하여 재배되어 오고 있는 모인조(메조), 노란조(메조), 검은조(개발시리, 차조) 3품종을 공시하였다.

시험구는 시험 1, 2, 3 및 4에서 품종을 주구로 배치하고, 각 시험별 요인인 파종기, 파종량, 질소시비량 및 질소분시횟수를 세구로 배치하여 분할구배치 3반복으로 하였다. 1구당 시험구면적은 9㎡로 하였다.

파종은 시험1에서는 2000년 4월 20일부터 5월 30일까지 10일간격(4월 20일, 5월 1일, 5월 10일, 5월 20일, 5월 30일)으로 5회 파종하였고, 다른 시험에서는 2000년 5월 1일에 파종하였다.

파종량은 시험 2에서는 6, 9, 12, 15, 18kg/ha의 5수준으로 하였으며 다른 시험에서는 ha당 15kg에 해당하는 양을 휴폭 15cm간격으로 조파하였다.

시험 3에서는 ha당 성분량으로 질소시비량을 0, 50, 100, 150, 200, 250kg/ha, 인산과 칼리는 각각 100kg을, 시험 1, 2에서는 질소 150kg, 인산과 칼리는 시험 3과 동일하게 시비하였다. 질소, 인산, 칼리는 위의 성분량에 해당하는 양을 각각 요소(남해화학, 한국), 용성인비(풍농, 한국) 및 염화칼리(남해화학, 한국)로 시용하였다.

시험 1, 2, 3에서 질소비료는 전술한 양의 50%는 기비로, 나머지 50%는 파종 후 30일에 추비로 시용 하였으며 모든 시험에서 인산과 칼리비료는 전량을 기비로 시용하였다.

시험 4의 질소분시횟수는 질소 200kg/ha을 표 3에 제시한 바와 같이 질소비료를 5회까지 분할하여 시비하였다. 전량시비구는 파종일에, 2회부터 5회시비구는 각각 15일 간격으로 분시하였다.

Table 3. Description of split N application to Jeju Italian millet

No. of N applications	N rate per application (kg/ha)	Timing of N application (days after 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

2. 생육 및 수량조사

포장시험 1, 2, 3, 4는 2000년 8월 25일에 수확하여 생육형질과 수량형질을 조사하였다.

초장, 경직경, 엽수, 절수수, 엽장 및 엽폭 등과 같은 생육형질은 三井(1998)의 청예사료 작물 조사기준에 준하여 조사하였다. 출수기와 엽록소 측정(SPAD-502, Soil Plant Analysis Development: SPAD, Section, Minolta Camera Co., Japan)은 포장에서 조사하였으며, 기타 형질조사는 시험포 중간지점에서 각 시험구별로 무작위로 20주를 추출하여 실험실에서 조사하였다.

출수일수는 파종일일부터 출수기까지의 일수를 합산하였고, 초장은 지면에서 최장엽 선단까지의 길이를 측정하였다. 엽수는 개체별로 완전히 전개된 엽의 수를, 절수는 제 1절에서 끝절까지 절간장이 5cm이상 되는 절수를 개수하였다. 엽장과 엽폭은 전개된 성엽에서 가장 큰 잎을 대상으로 측정하였다.

수량형질은 시험구 가장자리를 제외한 중간지점에서 3.24m²(1.8m×1.8m)에 있는 조를 예취하여 생초중을 측정한 다음 ha당 생초수량으로 환산하였다. 건물수량은 예취한 생초를 시험구별로 500g씩 채취하여 항량이 되도록 건조시킨 후 평량하여 건물수량을 ha당 무게로 환산하였다.

3. 사료가 분석

조의 건물수량을 측정하기 위해 채취한 시료를 분쇄기(후드믹서, GFM-S401, 킹스톤기전, Korea)에서 30mesh체를 통과할 때까지 분쇄하여 플라스틱 시료병에 넣어 보관하였다가 조단백질, 조지방, 조회분, 조섬유 함량 분석에 이용하였다.

조단백질함량은 듀마스법을 원리로 한 질소분석기(Automatic nitrogen/Protein Analyzer, FP-528LC, LECO Corp., U.S.A)를 이용하여 질소를 분석한 후 단백질 환산계수 6.25를 질소함량에 곱하여 환산하였다.

조지방함량은 조지방추출장치(Fully automatic solvent extraction system, 2050, FOSS TECATOR CO., Sweden)를 이용하여 분석하였고, 조회분은 도가니에 시료 2g을 넣어 회화로(Electronic Muffle Furnace, DS-80E, DASOL SCI. CO., Korea)에서 550±5℃로 4시간 동안 회화시켜 데시케이터에서 냉각 후 중량을 측정하였다. 조섬유함량은 조섬유추출장치(Fiber extraction system, 1020, FOSS TECATOR CO., Sweden)를 이용하여 분석하였다. 이상 분석시험에서 사용된 시약조제는 사료분석실험(맹원재 등, 1987)에 준하여 행하였다.

4. 사료가 환산

가소화양분총량(Total digestible nutrients: TDN)은 Wardeh(1981)가 제시한 수식에 의하여 산출하였고, 가용무질소물(Nitrogen free extract: NFE)은 시료를 100으로 하여 여기에서 조단백질(CP), 조지방(EE), 조회분(CA), 조섬유함량(CF)(%)을 감해서 구하였다. 단 수분은 건조기에서 함량이 되도록 건조시킨 후 평량하여 분석하였으므로 0으로 하였으며, 사료의 산출공식은 다음과 같이 하였다.

- 1) 조단백질수량(MT/ha) = 단백질함량(%)×건물수량(MT/ha)÷100
- 2) TDN수량(MT/ha) = TDN함량(%)×건물수량(MT/ha)÷100
- 3) NFE(%) = 100-[조단백질함량(%) + 조지방함량(%) + 조회분함량(%) + 조섬유함량(%)]
- 4) TDN(%) = -17.265 + 1.212CP(%) + 2.464EE(%) + 0.835NFE(%) + 0.488CF(%)
- 5) 질소흡수량(kg/ha) = 건물수량(kg/ha)×질소함량(%)÷100
- 6) 질소이용효율(kg DM/kg N) = 건물수량(kg/ha)÷질소시비량(kg/ha)

5. 자료분석

조사된 생육형질, 수량형질 및 사료의 수치자료는 통계분석 팩키지(SAS SYSTEM, VERSION 6.12, 한국쌔스소프트웨어, Korea)를 이용하여 분산분석, 회귀 및 상관을 분석하였다. 분산분석 후에 상호작용을 분할하여 경향비교를 하였고 2차적 경향이 있는 형질은 회귀식을 이용하여 최적값을 계산하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 파종기에 따른 제주조의 생육반응, 수량성 및 사료가치 변화

1) 생육반응

파종기에 따른 제주조의 생육반응을 조사한 결과는 표 4, 5, 6에서 보는 바와 같다.

(1) 출수일수, 초장 및 경직경

파종기 평균 출수일수는 노란조가 81일로 가장 적었고, 검은조가 83일, 모인조가 87일이 었다. 파종기에 따른 출수일수는 만파할수록 단축되는 경향이였다. 즉 4월 20일 파종에서 품종평균 출수일수는 100일이었으나, 파종이 늦어짐에 따라 출수일수는 단축되어 5월 30일 파종에서는 67일로 단축되었다.

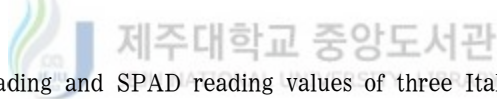


Table 4. Days to heading and SPAD reading values of three Italian millet cultivars grown at five planting dates

Planting date	Days to heading				Plant height (cm)				Stem diameter (cm)			
	Moinjo	Nolajo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
Apr. 20	103	96	100	100	149	136	122	135	0.70	0.66	0.73	0.70
May 1	94	88	90	91	156	141	132	143	0.77	0.77	0.77	0.77
May 10	87	82	84	84	134	129	117	127	0.65	0.58	0.58	0.60
May 20	78	73	75	76	127	113	109	117	0.59	0.51	0.54	0.55
May 30	70	64	66	67	101	106	86	96	0.54	0.45	0.42	0.47
Mean	87	81	83	83	134	125	113	124	0.65	0.59	0.61	0.62
LSD	(1) 1	(2) 1	(3)NS	(4)NS	(1)5	(2)3	(3)5	(4)7	(1)0.04	(2)0.05	(3)NS	(4)NS

(1) Between cultivar means

(2) Between planting date means

(3) Between planting date means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different planting date means

파종기에 따른 초장은 5월 1일 파종구에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 156, 141, 132cm로 가장 길었고, 그 이전의 파종과 그 이후의 파종에서는 점차적으로 짧아지는 경향을 보여 검은조 5월 30일 파종에서 86cm로 가장 짧았다. 초장에 있어서 파종기를 5월 1일에서 5

월 10일로 파종이 늦어질 경우 모인조가 다른 품종에 비하여 초장의 감소폭이 커서 파종기와 품종간 상호작용에 유의성이 있었다.

파종기 평균 경직경은 모인조가 0.65cm로 가장 굵었으며, 노란조가 0.59cm로 가는 편이었다. 품종평균 경직경은 4월 20일 파종에서 0.70cm, 5월 1일 파종에서 0.77cm이었던 것이 그 이후로 파종이 늦어짐에 따라 점차 가늘어져 5월 30일 파종에서 0.47cm로 가는 편이었다.

일반적으로 생육기간이 짧은 일년생 C₄작물은 파종기가 지연됨에 따라 출수일수는 단축된다고 Han 등(1971a, 1971b)과 윤 등(1994)에 의하여 보고된 바 있으며, 조는 30℃ 이상의 고온에서 출수가 촉진되는 것으로 보고되었고(Carberry 와 Campbell, 1989), 진주조의 파종기는 5월 상순경이 적당하나 파종기가 지연됨에 따라 기온이 점차로 높아져 발아는 촉진되고 출수일수도 단축되어 수량이 감소되었다는 보고도 있다(최 등, 1990).

(2) 엽수 및 절수

파종기 평균 엽수는 모인조가 12.1개로 가장 많았으며, 검은조와 노란조는 각각 11.2, 10.9개로 적은 편이었다. 품종평균 엽수는 4월 20일 파종에서 11.9개, 5월 1일 파종에서 12.4개로 많았으나, 그 이후로 파종이 늦어짐에 따라 점차 적어져 5월 30일 파종에서 10.3개로 적게 나타났다.

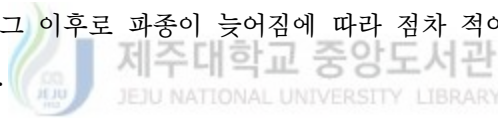


Table 5. Number of leaves and number of nodes of three Italian millet cultivars grown at five planting dates

Planting date	No. of leaves/plant				No. of nodes/plant			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
Apr. 20	12.9	11.5	11.1	11.9	11.1	10.9	10.3	10.8
May 1	13.4	11.8	11.8	12.4	11.4	11.1	10.4	11.0
May 10	12.2	11.4	11.7	11.8	9.0	10.2	9.9	9.7
May 20	11.4	10.2	11.1	10.9	8.5	8.6	8.6	8.6
May 30	10.6	9.8	10.4	10.3	6.7	8.3	6.8	7.3
Mean	12.1	10.9	11.2	11.4	9.4	9.8	9.2	9.5
LSD	(1)0.5	(2)0.5	(3)NS	(4)NS	(1)0.3	(2)0.4	(3)0.7	(4)0.7

(1) Between cultivar means

(2) Between planting date means

(3) Between planting date means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different planting date means

절수는 5월 1일 파종에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 11.4, 11.1, 10.4개로 많은 편이었

으나, 그 이후로 파종이 늦어짐에 따라 점차 적어져 5월 30일 파종에서 각각 6.7, 8.3, 6.8 개로 적은 편이었다. 한편 파종이 5월 20일에서 5월 30일로 파종이 늦어짐에 따라 절수는 노란조의 경우 8.6개에서 8.3개로 차이가 없었으나, 모인조와 검은조에서는 1.8개로 차이가 크게 나타나 파종기와 품종간의 상호작용에 유의성이 있었다.

(3) 엽장 및 엽폭

파종기에 따른 엽장은 5월 1일 파종에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 46.8, 43.6, 45.5cm 로 가장 길었으며, 그 이후의 파종에서는 공시품종 모두 점차 짧아는 경향을 보여 5월 30일 파종에서 가장 짧았으며, 노란조 5월 30일 파종에서 33.7cm로 가장 짧았다.

Table 6. Leaf length and leaf width of three Italian millet cultivars grown at five planting dates

Planting date	Leaf length (cm)				Leaf width (cm)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
Apr. 20	45.5	42.9	43.5	44.0	3.4	3.2	3.4	3.3
May 1	46.8	43.6	45.5	45.3	3.6	3.4	3.5	3.5
May 10	44.3	41.2	40.9	42.1	2.8	3.0	3.1	3.0
May 20	42.4	36.8	37.1	38.8	2.4	2.6	2.9	2.7
May 30	40.5	33.7	36.3	36.8	2.2	2.4	2.6	2.4
Mean	43.9	39.6	40.6	41.4	2.9	2.9	3.1	3.0
LSD	(1)1.8	(2)1.0	(3)1.8	(4)2.4	(1)NS	(2)0.1	(3)0.2	(4)0.3

(1) Between cultivar means

(2) Between planting date means

(3) Between planting date means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different planting date means

따라서 노란조와 검은조는 5월 1일에서 5월 30일까지 파종이 늦어짐에 따라 엽장이 각각 최고 9.9, 9.2cm로 큰 차이가 있었으나 모인조에서는 6.6cm로 그 차이가 적어 파종기와 품종간에 유의한 상호작용이 있었다. 엽폭의 반응도 파종기에 따른 엽장의 변화와 비슷하였는데, 5월 1일 파종에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 3.6, 3.4, 3.5cm로 넓은 편이었으나, 그 이전 파종과 그 이후로 파종이 늦어짐에 따라 점차적으로 좁아지는 경향을 보였으며, 모인조 5월 30일 파종에서 2.2cm로 가장 좁았다.

이 실험에서는 출수일수는 조파한 것이 길고 만파 할수록 그 기간은 짧았으며, 초장, 엽

장 및 엽폭 등 모든 형질은 5월 1일 파종에서 우세하였다. 이와 같이 5월 1일 이전의 조파와 그 이후의 만파에서 생육이 부진한 요인은 4월 20일 파종에서는 출아가 늦어지고 생육 초기 저온으로 인하여 생육이 부진하였고, 그 이후의 만파에서는 기온은 높은 편이었으나, 생육기간이 단축되어 생육이 부진하였던 것으로 생각되었다.

2) 수량성 변화

파종기에 따른 제주조의 생초, 건물, 단백질 및 TDN 수량을 조사한 결과는 표 7, 8에서 보는 바와 같다.

(1) 생초수량 및 건물수량

파종기에 따른 생초수량은 5월 1일 파종에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 43.28, 41.62, 39.60MT/ha으로 가장 증수하였으나, 그 이후로 만파할수록 점차적으로 감소되어 5월 30일 파종에서는 각각 21.63, 19.33, 17.97MT/ha로 감소되는 경향을 보였다.

Table 7. Fresh forage yield and dry matter yield of three Italian millet cultivars grown at five planting dates

Planting date	Fresh forage yield (MT/ha)				Dry matter yield (MT/ha)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
Apr. 20	40.98	39.92	36.93	39.28	12.38	12.45	11.11	11.98
May 1	43.28	41.62	39.60	41.50	12.59	12.95	12.22	12.59
May 10	37.75	37.23	30.49	35.16	11.35	10.58	10.04	10.66
May 20	29.88	29.65	29.57	29.70	9.62	9.79	9.87	9.76
May 30	21.63	19.33	17.97	19.64	7.56	6.09	5.88	6.51
Mean	34.71	33.55	30.91	33.06	10.70	10.38	9.83	10.30
LSD	(1)0.85	(2)0.87	(3)1.52	(4)1.59	(1)0.15	(2)0.46	(3)0.80	(4)0.73

(1) Between cultivar means

(2) Between planting date means

(3) Between planting date means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different planting date means

건물수량은 파종기에 따른 생초수량의 반응과 비슷한 경향을 나타내었다. 건물수량은 5월 1일 파종에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 12.59, 12.95, 12.22MT/ha으로 증수되었으나, 그 이전과 그 이후의 파종에서는 점차 감소되는 2차적 경향을 보였다. 따라서 표 13에서

보는 바와 같이 모인조는 4월 22일, 노란조는 4월 24일, 검은조는 4월 29일에 파종하는 것이 최대건물수량을 얻을 것으로 추정되었다.

(2) 단백질 및 TDN 수량

단백질수량은 모인조와 노란조가 5월 1일 파종에서 각각 1.30MT/ha로 가장 높은 수량을 보였으며, 검은조 5월 30일 파종에서 0.74MT/ha로 가장 낮은 수량을 보였다. 모인조, 노란조, 검은조 모두 5월 1일 파종에서 가장 높았으며, 그 이후로 파종이 늦어짐에 따라 점차 감수하여 5월 30일 파종에서 가장 낮은 수량을 보이는 2차적 경향을 보였다. 조의 최대 단백질수량을 얻기 위한 파종기는 모인조와 노란조는 5월 3일에, 검은조는 5월 6일로 사료된다.

Table 8. Crude protein yield and total digestible nutrients(TDN) yield of three Italian millet cultivars grown at five planting dates

Planting date	Crude protein yield (MT/ha)				TDN yield (MT/ha)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
Apr. 20	1.21	1.17	1.05	1.14	6.35	6.38	5.71	6.14
May 1	1.30	1.30	1.27	1.29	6.55	6.76	6.41	6.57
May 10	1.26	1.15	1.11	1.18	6.03	5.61	5.34	5.66
May 20	1.18	1.19	1.20	1.19	5.22	5.27	5.36	5.28
May 30	0.98	0.77	0.74	0.83	4.17	3.33	3.24	3.58
Mean	1.18	1.12	1.07	1.13	5.66	5.47	5.21	5.45
LSD	(1)0.02	(2)0.05	(3)0.09	(4)0.09	(1)0.11	(2)0.25	(3)0.43	(4)0.40

(1) Between cultivar means

(2) Between planting date means

(3) Between planting date means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different planting date means

TDN수량은 단백질수량의 변화와 비슷한 경향이었는데, 공시품종 모두 5월 1일 파종에서 가장 많았으며, 노란조가 6.76MT/ha로 가장 높은 수량을 나타냈다. 파종기에 따른 TDN수량은 5월 1일 이전과 이후의 파종에서는 점차 감수되어 5월 30일 파종에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 4.17, 3.33, 3.24MT/ha으로 감수되는 2차적 경향을 보였으며, 모인조와

노란조는 4월 26일, 검은조는 5월 1일에 파종하는 것이 최대수량을 얻을 수 있을 것으로 추정되었다.

생초, 건물, 단백질 및 TDN수량도 5월 1일 파종에서 모든 품종이 수량성이 매우 높았으나, 그 이전 파종과 그 이후로 파종이 늦어짐에 따라 사료수량성은 점차적으로 감소되었다. 이와 같은 반응은 전술한 바와 같이 조는 고온성작물로서 조파에서는 저온 장애로 인하여 수량성이 감소되었고, 5월 1일 이후로 만파 할수록 수량성이 감소된 요인은 고온에 의하여 생육기간이 단축되어 수량성이 낮아진 것으로 생각되었다.

3) 사료가치 변화

파종기에 따른 제주조의 조단백질, 조회분, 조섬유, 가용무질소물 및 TDN 함량을 조사한 결과는 표 9, 10, 11에 예시하였다.

(1) 조단백질 및 조지방 함량

파종기 평균 조단백질함량은 품종간 유의한 차이가 없이 11.1% 내외였다. 품종평균 조단백질함량은 파종이 늦어짐에 따라 증가되는 경향이였다. 즉, 4월 20일 파종에서 9.5%이었으나, 파종이 늦어질수록 증가되어 5월 30일 파종에서는 12.7%로 증가되었다.

Table 9. Crude protein and ether extract contents of forage for three Italian millet cultivars grown at five planting dates

Planting date	Crude protein (%)				Ether extract (%)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
Apr. 20	9.8	9.4	9.5	9.5	1.5	1.5	1.4	1.5
May 1	10.3	10.1	10.4	10.2	1.5	1.5	1.5	1.5
May 10	11.1	10.9	11.1	11.0	1.6	1.6	1.6	1.6
May 20	12.2	12.1	12.1	12.2	1.7	1.7	1.6	1.7
May 30	12.9	12.7	12.6	12.7	1.8	1.8	1.7	1.8
Mean	11.3	11.0	11.1	11.1	1.6	1.6	1.6	1.6
LSD	(1)NS	(2)0.2	(3)NS	(4)NS	(1)NS	(2)0.1	(3)NS	(4)NS

(1) Between cultivar means

(2) Between planting date means

(3) Between planting date means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different planting date means

조지방함량도 조단백질함량의 변화와 비슷한 경향이었는데, 파종이 늦어짐에 따라 점차로 증가하여 4월 20일 파종에서 품종평균 1.5%였던 것이 5월 30일 파종에서 1.8%로 증가되는 경향을 보였다.

(2) 조회분 및 조섬유 함량

파종기 평균 조회분함량은 모인조가 8.7%로 가장 높았으며, 노란조 8.5%, 검은조 8.2%의 순위로 낮아졌다.

Table 10. Crude ash and crude fiber contents of forge for three Italian millet cultivars grown at five planting dates

Planting date	Crude ash (%)				Crude fiber (%)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
Apr. 20	9.1	8.9	8.6	8.9	34.7	34.8	35.1	34.9
May 1	8.9	8.7	8.4	8.7	34.0	33.8	34.1	34.0
May 10	8.7	8.4	8.3	8.5	32.8	33.5	33.2	33.2
May 20	8.5	8.3	8.0	8.3	32.1	32.8	32.2	32.4
May 30	8.2	8.2	7.9	8.1	30.9	32.2	31.6	31.5
Mean	8.7	8.5	8.2	8.5	32.9	33.4	33.2	33.2
LSD	(1)0.2	(2)0.1	(3)NS	(4)NS	(1)NS	(2)0.3	(3)0.6	(4)0.9

(1) Between cultivar means

(2) Between planting date means

(3) Between planting date means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different planting date means

품종평균 조회분함량은 조단백질함량의 변화와는 반대의 경향으로, 4월 20일 파종에서 조회분함량은 8.9%로 높았으나, 파종이 늦어짐에 따라 점차로 낮아져서 5월 30일 파종에서는 조회분함량은 8.1%로 낮아졌다.

파종기에 따른 조섬유함량은 4월 20일 파종에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 34.7, 34.8, 35.1%로 가장 높았으나, 파종이 늦어짐에 따라 점차 낮아져 모인조 5월 30일 파종에서 30.9%로 가장 낮게 나타났다.

(3) NFE 및 TDN 함량

가용성무질소물함량은 파종이 늦어짐에 따라 점차적으로 높아지는 경향이였다. 4월 20일 파종에서 45.2%로 가장 낮았고, 5월 30일 파종에서는 45.8%로 높은 편이었으나 유의한 차이는 인정되지 않았다.

Table 11. Nitrogen free extract(NFE) and total digestible nutrients(TDN) contents of forage for three Italian millet cultivars grown at five planting dates

Planting date	NFE (%)				TDN (%)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
Apr. 20	44.9	45.4	45.4	45.2	51.3	51.2	51.4	51.3
May 1	45.2	45.9	45.7	45.6	52.0	52.2	52.4	52.2
May 10	45.7	45.5	45.9	45.7	53.1	53.0	53.2	53.1
May 20	45.5	45.0	46.0	45.5	54.2	53.9	54.3	54.1
May 30	46.2	45.1	46.2	45.8	55.2	54.6	55.0	54.9
Mean	45.5	45.4	45.8	45.6	53.1	52.9	53.3	53.1
LSD	(1)NS	(2)NS	(3)0.7	(4)1.1	(1)NS	(2)0.2	(3)NS	(4)NS

(1) Between cultivar means

(2) Between planting date means

(3) Between planting date means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different planting date means

파종기 평균 가소화양분총량은 품종간 유의한 차이가 없이 53.1%내외였다. 품종평균 가소화양분총량은 4월 20일 파종에서 51.3%이었으나, 파종이 늦어짐에 따라 점차적으로 높아져서 5월 30일 파종에서 54.9%로 가장 높았다.

일반적으로 생육기간이 짧은 일년생 C₄작물은 파종기가 지연됨에 따라 조섬유 및 조회분 함량은 감소되나, 단백질함량은 증가되는 것으로 Han 등(1971a, 1971b)과 윤 등(1994)에 의하여 보고된 바 있다. 그 외에도 이 시험과 비슷한 결과의 보고도 있다(윤 등, 1994; Cho 등, 1998).

목초는 화분과이든, 콩과이든 예취시기의 성장정도에 따라 소화율, 건물량, 사료적 가치에 미치는 영향이 크며, 일찍 예취했을 때에는 단백질함량이 많아지고, 섬유질이나 lignin 함량이 적어진다. 반대로 성숙한 목초는 영양적 가치가 낮아지는 반면, 총건물량이나 섬유

질함량은 많아진다. 건초의 소화율(TDN)은 개화 초기 이후에 예취가 하루 연기됨에 따라 0.5%씩 저하되고 영양적 가치는 같은 기간 동안 1%이상씩 감소된다(맹 등, 1998). 본 시험에서도 조단백, 조지방 및 TDN 함량은 모든 품종이 파종이 늦어질수록 증가되고, 조섬유와 조회분 함량은 파종이 빠를수록 증가되는 경향이였다.

4) 형질간의 상관 및 회귀

파종기에 따른 제주조의 주요 형질간의 상관과 회귀는 표 12, 13에 표시하였다.

(1) 형질간의 상관

출수일수는 초장, 생초수량, 건물수량, 단백질수량, TDN수량, 조회분 및 조섬유 함량과는 고도로 유의한 정의 상관을, 조단백질, 조지방 및 TDN 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였다. 초장은 생초수량, 건물수량, 단백질수량, TDN수량, 조회분 및 조섬유 함량과 고도로 유의한 정의 상관을, 조단백질, 조지방, 가용성무질소물 및 TDN 함량과는 유의한 부의 상관을 나타내었다.

생초수량은 건물수량, 단백질수량, TDN수량, 조회분 및 조섬유 함량과 고도로 유의한 정의 상관을, 조단백질, 조지방 및 TDN 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였으며, 건물수량은 단백질수량, TDN수량, 조회분 및 조섬유 함량과 고도로 유의한 정의 상관을, 조단백질, 조지방 및 TDN 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였다.

단백질수량은 TDN수량, 조회분 및 조섬유 함량과 고도로 유의한 정의 상관을, 조단백질, 조지방 및 TDN 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였고, TDN수량은 조회분 및 조섬유 함량과 고도로 유의한 정의 상관을, 조단백질, 조지방 및 TDN 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였다.

조단백질함량은 조지방 및 TDN 함량과 고도로 유의한 정의 상관을, 조회분 및 조섬유 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였고, 조지방함량은 TDN함량과는 고도로 유의한 정의 상관을, 조회분 및 조섬유 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였다.

조회분함량은 조섬유함량과 고도로 유의한 정의 상관을, 가용성무질소물과 TDN 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였으며, 조섬유함량은 가용성무질소물과 TDN 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였다. 가용성무질소물은 TDN함량과 고도로 유의한 정의 상관을 보였다.

Table 12. Correlation Coefficient between some agronomic characters of three Italian millet cultivars grown at five planting dates

Characteristic	Days to heading	Plant height	Fresh forage yield	Dry matter yield	Crude protein yield	TDN yield	Crude protein	Ether extract	Crude ash	Crude fiber	NFE
Plant height	0.813***										
Fresh forage yield	0.893***	0.915***									
Dry matter yield	0.870***	0.875***	0.972***								
Crude protein yield	0.629***	0.770***	0.838***	0.899***							
TDN yield	0.838***	0.864***	0.961***	0.997***	0.927**						
Crude protein	-0.928***	-0.749***	-0.871***	-0.840***	-0.525***	-0.801***					
Ether extract	-0.866***	-0.626***	-0.771***	-0.759***	-0.533***	-0.724***	0.828***				
Crude ash	0.811***	0.841***	0.780***	0.744***	0.556***	0.711***	-0.744***	-0.604***			
Crude fiber	0.873***	0.702***	0.816***	0.764***	0.479***	0.719***	-0.915***	-0.850***	0.711***		
NFE	-0.264	-0.338*	-0.261	-0.192	-0.167	-0.162	0.170	0.268	-0.473***	-0.512***	
TDN	-0.948***	-0.796***	-0.886***	-0.844***	-0.556***	-0.802***	0.966***	0.878***	-0.831***	-0.964***	0.392**

*, **, *** : Significant at 5, 1 and 0.1% probability levels, respectively.

(2) 회귀

Table 13. Regression equations with coefficients of determination relating planting dates and various traits and the calculated optimum planting date for yields

Variables	Regression equations	r2 or R2	Opti.
Days to heading	$Y^* = 509.80457 - 8.47538X + 0.06056X^2 - 0.00015833X^3$	1.000	
Plant height(cm)			
Moinjo	$Y^* = -314.38 + 8.245X - 0.0365X^2$	0.951	
Nolanjo	$Y^{***} = -4807.79143 + 114.47595X - 0.87229X^2 + 0.00218X^3$	1.000	
Geomeunjo	$Y^* = -488.99429 + 10.33386X - 0.04336X^2$	0.959	
Fresh forage yield(MT/ha)			
Moinjo	$Y^* = -151363 + 3509.61952X - 25.88636X^2 + 0.06208X^3$	0.999	
Nolanjo	$Y^{**} = -22219 + 452.562X - 1.945X^2$	0.996	116
Geomeunjo	$Y = -14959 + 330.13671X - 1.45421X^2$	0.923	114
Dry matter yield(MT/ha)			
Moinjo	$Y^{**} = -3290.65143 + 80.80429X - 0.35929X^2$	0.993	112
Nolanjo	$Y^* = -5026.66857 + 110.66771X - 0.48671X^2$	0.962	114
Geomeunjo	$Y = -7113.68286 + 139.17257X - 0.58457X^2$	0.922	119
Crude protein yield(MT/ha)			
Moinjo	$Y^{**} = -559.02571 + 11.14914X - 0.04514X^2$	0.996	123
Nolanjo	$Y = -854.66 + 15.984X - 0.065X^2$	0.878	123
Geomeunjo	$Y = -1110.53143 + 19.66629X - 0.07829X^2$	0.813	126
TDN yield(MT/ha)			
Moinjo	$Y^{**} = -2025.27714 + 46.16743X - 0.19943X^2$	0.993	116
Nolanjo	$Y^* = -3032.91714 + 63.50343X - 0.27343X^2$	0.954	116
Geomeunjo	$Y = -4138.18571 + 78.67414X - 0.32564X^2$	0.905	121
Crude protein(%)	$Y = 121.372 - 2.74167X + 0.02183X^2 - 0.00005583X^3$	0.997	
Ether extract(%)	$Y^{***} = 0.594 + 0.0078X$	0.996	
Crude ash(%)	$Y^{***} = 11.045 - 0.0197X$	0.996	
Crude fiber(%)			
Moinjo	$Y^{***} = 45.25 - 0.095X$	0.992	
Nolanjo	$Y^{**} = 41.48 - 0.062X$	0.979	
Geomeunjo	$Y = 44.81 - 0.089X$	0.994	
TDN(%)	$Y^{***} = 41.153 + 0.0921X$	0.999	

*, **, *** : Significant at 5, 1, and 0.1% probability levels, respectively.

Independent variable is a planting date: Apr. 20 = 110, May 1 = 121, May 10 = 130, May 20 = 140, May 30 = 150

제주지역에서 제주조를 사료생산목적으로 재배할 경우, 표 13에서 보는 바와 같이 회귀식으로 추정된 파종적기는 모인조는 4월 22일, 노란조는 4월 24일, 검은조는 4월 29일에 파종하는 것이 최대건물수량을 얻을 것으로 추정되었다. 품종중에서는 모인조가 사료수량성이 가장 우수하였으나, 해마다 기상조건이 다르기 때문에 이에 대한 검토가 필요할 것이다.

2. 파종량 차이에 따른 제주조의 생육반응, 수량성 및 사료가치 변화

1) 생육반응

파종량 차이에 따른 제주조의 생육반응을 조사한 결과는 표 14, 15, 16에서 보는 바와 같다.

(1) 출수일수, 초장 및 경직경

파종량 평균 출수일수는 노란조가 91일로 가장 빨랐고, 검은조 93일, 모인조가 99일로 가장 늦어졌다. 출수일수는 파종량을 6kg/ha에서 18kg/ha으로 증가시킬 경우 품종평균 91일에서 97일로 길어지는 경향이였다.



Table 14. Days to heading, plant height and stem diameter of three Italian millet cultivars grown at five seeding rates

Seeding rate (kg/ha)	Days to heading				Plant height (cm)				Stem diameter (cm)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
6	97	87	89	91	140	138	128	135	0.77	0.77	0.80	0.78
9	98	91	91	93	146	144	130	140	0.70	0.71	0.77	0.73
12	100	92	94	95	156	151	148	152	0.60	0.63	0.73	0.66
15	101	93	94	96	151	149	138	146	0.57	0.57	0.63	0.59
18	101	94	96	97	146	145	131	141	0.47	0.55	0.55	0.52
Mean	99	91	93	95	148	146	135	143	0.62	0.65	0.70	0.66
LSD	(1)1	(2)1	(3)NS	(4)NS	(1)3	(2)2	(3)4	(4)5	(1)NS	(2)0.05	(3)NS	(4)NS

(1) Between cultivar means

(2) Between seeding rate means

(3) Between seeding rate means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different seeding rate means

파종량 차이에 따른 초장은 12kg/ha 파종구에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 156, 151, 148cm로 가장 길었고, 그 이하의 파종량과 이상의 파종량에서는 점차 짧아지는 경향을 보

여 공시품종 모두 6kg/ha 파종구에서 초장은 가장 짧게 나타났다.

초장에 있어서 ha당 파종량을 9kg에서 12kg으로 증가시킬 경우 검은조가 다른 품종에 비하여 초장의 증가폭이 커서 파종량과 품종간 상호작용에 유의성이 있었다.

파종량 평균 경직경은 품종간 유의한 차이가 없이 0.65cm내외였다. 품종평균 경직경은 파종량이 증가함에 따라 점차적으로 가늘어져 6kg/ha 파종구에서 품종평균 0.78cm였으나, 18kg/ha 파종구에서는 0.52cm로 가늘어졌다.

(2) 엽수 및 절수

파종량 평균 엽수는 모인조가 12.7개로 가장 많았으며, 검은조 11.6개, 노란조 11.4개였다. 품종평균 엽수는 6kg/ha 파종구에서 12.4개였으나, 파종량이 증가할수록 점차 적어져 18kg/ha 파종구에서는 11.2개였다.

Table 15. Number of leaves and number of nodes of three Italian millet cultivars grown at five seeding rates

Seeding rate (kg/ha)	No. of leaves/plant				No. of nodes/plant			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
6	13.3	11.8	12.1	12.4	10.5	11.0	10.0	10.5
9	13.2	11.6	12.0	12.3	10.4	10.5	9.6	10.1
12	12.6	11.5	11.7	11.9	10.2	10.3	9.5	10.0
15	12.2	11.1	11.5	11.6	9.9	10.1	9.5	9.9
18	12.1	10.9	10.7	11.2	9.8	9.8	9.4	9.7
Mean	12.7	11.4	11.6	11.9	10.2	10.3	9.6	10.0
LSD	(1)0.4	(2)0.2	(3)NS	(4)NS	(1)0.3	(2)0.2	(3)NS	(4)NS

(1) Between cultivar means

(2) Between seeding rate means

(3) Between seeding rate means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different seeding rate means

파종량 평균 절수는 노란조와 모인조가 각각 10.3, 10.2개로 많았으며, 검은조는 9.6개로 적은 편이었다. 파종량에 따른 품종평균 절수는 6kg/ha 파종구에서 10.5개였으나, 파종량이 증가됨에 따라 점차 감소되어 18kg/ha 파종구에서 9.7개로 적어졌다.

(3) 엽장 및 엽폭

파종량에 따른 엽장은 모인조, 노란조, 검은조 각각 12kg/ha 파종구에서 46.2, 45.3, 43.2

cm로 가장 길었고, 그 이하의 파종량과 그 이상의 파종량에서는 점차적으로 짧아지는 경향을 보여, 모인조는 18kg/ha 파종구에서 43.4cm, 노란조와 검은조는 6kg/ha 파종구에서 각각 37.7, 40.6cm로 가장 짧게 나타나, 파종량과 품종간에 상호작용이 있었다.

파종량 평균 엽폭은 검은조가 3.1cm로 넓은 반면, 모인조가 2.5cm로 좁았다. 품종평균 엽폭은 6kg/ha 파종구에서 3.0cm였으나, 파종량이 증가함에 따라 점차 좁아져 18kg/ha 파종구에서는 2.6cm로 좁아졌다.

Table 16. Leaf length and leaf width of three Italian millet cultivars grown at five seeding rates

Seeding rate (kg/ha)	Leaf length (cm)				Leaf width (cm)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
6	44.6	37.7	40.6	41.0	2.6	3.0	3.3	3.0
9	44.8	42.2	41.5	42.8	2.6	2.8	3.1	2.8
12	46.2	45.3	43.2	44.9	2.5	2.9	3.1	2.9
15	45.2	42.4	42.4	43.4	2.4	2.7	2.9	2.7
18	43.4	38.2	41.2	40.9	2.4	2.5	2.8	2.6
Mean	44.8	41.2	41.8	42.6	2.5	2.8	3.1	2.8
LSD	(1)1.8	(2)1.0	(3)1.8	(4)2.4	(1)0.4	(2)0.2	(3)NS	(4)NS

- (1) Between cultivar means
- (2) Between seeding rate means
- (3) Between seeding rate means for the same cultivar
- (4) Between cultivar means for the same or different seeding rate means

사료작물은 파종량이 증가할수록 생육이 촉진되고 수량도 그에 따라 증가하지만 어느 한계를 넘으면 오히려 생육이 부진할 뿐만 아니라 수량도 감소되는 것으로 보고되어 있다 (Cho 등, 1998; 한 등, 1992). 제주지역에서 귀리의 파종량은 150kg/ha 파종에서 초장 및 엽장 등의 형질이 우수하였으나, 그 이하와 그 이상으로 파종량이 감소되거나 증가될 경우에는 생육이 부진한 것으로 보고 된 바 있다(조 등, 2001j).

본 시험에서도 제주조의 출수일수는 파종량이 증가함에 따라 늦어지는 경향이었으며, 파종량이 증가할수록 엽폭 및 경직경 등은 왜소한 편이었으나, 초장과 엽장은 길어지는 경향이였다.

이 시험에서 모든 품종이 6kg/ha에서 12kg/ha로 증가함에 따라 초장, 엽장이 길어진 것은 식물 개체간 차광에 의해 수평신장보다 수직신장이 강하게 이루어졌던 것으로 생각되었으며, 그 이상으로 파종량이 증가됨에 따라 모든 형질이 왜소해진 것은 개체수가 너무

많아서 개체간 수분과 양분 경합이 심하였던데 기인된 것으로 판단되었다.

2) 수량성 변화

파종량 차이에 따른 제주조의 생초, 건물, 단백질 및 TDN 수량을 조사한 결과는 표 17, 18에 예시하였다.

(1) 생초수량 및 건물수량

생초수량은 모인조, 노란조, 검은조 모두 12kg/ha 파종에서 각각 54.83, 47.23, 44.57MT/ha로 가장 증수되었으나, 파종량을 그 이하로 감소하거나, 증가하였을 때에는 점차적으로 감소되는 경향이였다.

Table 17. Fresh forage yield and dry matter yield of three Italian millet cultivars grown at five seeding rates

Seeding rate (kg/ha)	Fresh forage yield (MT/ha)				Dry matter yield (MT/ha)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
6	35.93	29.40	29.77	31.70	10.49	9.92	8.75	9.72
9	43.27	33.73	33.90	36.97	15.51	10.88	9.52	11.97
12	54.83	47.23	44.57	48.88	17.43	14.53	14.52	15.49
15	50.02	44.35	42.77	45.71	15.82	13.28	12.79	13.97
18	42.93	36.12	40.23	39.76	13.86	12.05	10.68	12.20
Mean	45.40	38.17	38.25	40.60	14.62	12.13	11.25	12.67
LSD	(1)0.66	(2)0.56	(3)0.96	(4)1.07	(1)0.29	(2)0.46	(3)0.79	(4)0.76

(1) Between cultivar means

(2) Between seeding rate means

(3) Between seeding rate means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different seeding rate means

ha당 파종량을 12kg에서 18kg으로 증가시킬 경우 모인조는 54.83에서 42.93MT/ha로, 노란조는 47.23에서 36.12MT/ha로 감소폭이 큰 편이었으나, 검은조는 44.57에서 40.23MT/ha로 감소폭이 적어 파종량과 품종간 상호작용에 유의성이 나타났다.

표 23에서 보는 바와 같이 파종량에 따른 조의 최대 생초수량을 얻기 위해서는 모인조와 노란조는 13kg/ha, 검은조는 14kg/ha를 파종하는 것이 최대수량을 얻을 수 있을 것으로 추정되었다.

파종량에 따른 건물수량도 생초수량 반응과 비슷한 경향이였다. 12kg/ha 파종구에서 공시품종 모두 증수되었으나, 파종량을 그 이하로 감소하거나, 증가하였을 때에는 점차적으로 감소되었다.

(2) 단백질 및 TDN 수량

파종량에 따른 단백질수량은 노란조는 15kg/ha 파종에서 1.66MT/ha, 모인조와 검은조는 12kg/ha 파종에서 각각 2.02, 1.49MT/ha로 가장 높은 수량을 보였으며, 그 이하의 파종량과 그 이상의 파종량에서는 점차 감소하는 경향을 보여 6kg/ha 파종에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 0.97, 0.90, 0.79MT/ha로 가장 감소하였다.

Table 18. Crude protein yield and total digestible nutrients(TDN) yield of three Italian millet cultivars grown at five seeding rates

Seeding rate (kg/ha)	Crude protein yield (MT/ha)				TDN yield (MT/ha)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
6	0.97	0.90	0.79	0.89	5.35	5.05	4.44	4.95
9	1.60	1.10	0.96	1.22	8.17	5.67	4.98	6.27
12	2.02	1.61	1.49	1.71	9.32	7.73	7.72	8.26
15	2.02	1.66	1.42	1.70	8.65	7.23	6.94	7.61
18	1.87	1.53	1.26	1.55	7.62	6.59	5.87	6.70
Mean	1.70	1.36	1.18	1.42	7.82	6.45	5.99	6.76
LSD	(1)0.05	(2)0.05	(3)0.09	(4)0.10	(1)0.13	(2)0.25	(3)0.44	(4)0.41

(1) Between cultivar means

(2) Between seeding rate means

(3) Between seeding rate means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different seeding rate means

표 23에서 보는바와 같이 회귀식으로 추정된 적정 파종량은 모인조와 노란조는 14kg/ha 파종에서 최대 단백질수량을 얻을 수 있을 것으로 추정되었다.

파종량에 따른 TDN수량은 단백질수량과 비슷한 경향을 보였다. 즉 공시품종 모두 12kg/ha 파종에서 가장 증수하였으나, 그 이하의 파종량과 그 이상의 파종량에서는 점차 감소하는 경향을 보여 6kg/ha 파종에서 공시품종 모두 가장 감소하였다.

ha당 파종량을 12kg에서 6kg으로 감소시킬 경우 모인조와 검은조는 각각 3.97, 3.28MT/ha로 감소폭이 많았으나, 노란조는 2.68MT/ha로 감소폭이 적어 파종량과 품종간 상호작용에 유의성이 나타났다.

일반적으로 건물생산을 목적으로 파종하였을 때가 종실생산을 목적으로 파종 하였을 때 보다 적정 파종량이 많은 것이 일반적이다. 우리 나라에서 조를 종실수확을 목적으로 파종할 때의 파종량은 10kg/ha로 하여 파종하는 것을 권장하고 있으나(이, 1983), 본 시험에서는 생초, 건물, 단백질 및 TDN 수량은 12kg/ha 파종구에서 각각 48.88, 15.49, 1.71, 8.26MT/ha로 가장 증수되었으나, 그 이상으로 파종량이 증가되거나 그 이하로 파종량이 감소되는 경우에는 사료수량성은 점차적으로 감소되는 경향을 보였다.

3) 사료가치 변화

파종량 차이에 따른 제주조의 조단백, 조지방, 조회분, 조섬유, 가용성무질소물 및 TDN 함량을 조사한 결과는 표 19, 20, 21에서 보는 바와 같다.

(1) 조단백질 및 조지방 함량

조단백질함량은 공시품종 모두 파종량이 증가함에 따라 점차적으로 증가되어 18kg/ha 파종에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 13.5, 12.7, 11.8%로 가장 증가하였다. 파종량을 ha당 6kg에서 18kg으로 증가시킬 경우 모인조는 9.4%에서 13.5%로, 노란조는 9.1%에서 12.7%로, 검은조는 9.0%에서 11.8%로 증가폭이 품종마다 차이가 있어 파종량과 품종간 상호작용에 유의성이 있게 한 것으로 보인다.

Table 19. Crude protein and ether extract contents of forage for three Italian millet cultivars grown at five seeding rates

Seeding rate (kg/ha)	Crude protein (%)				Ether extract (%)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
6	9.4	9.1	9.0	9.2	1.4	1.5	1.3	1.4
9	10.3	10.1	10.1	10.2	1.7	1.6	1.5	1.6
12	11.6	11.1	10.3	11.0	1.7	1.6	1.6	1.7
15	12.8	12.5	11.1	12.1	1.8	1.7	1.7	1.8
18	13.5	12.7	11.8	12.7	1.8	1.8	1.8	1.8
Mean	11.5	11.1	10.4	11.0	1.7	1.6	1.6	1.6
LSD	(1)0.5	(2)0.3	(3)0.5	(4)0.7	(1)NS	(2)0.1	(3)NS	(4)NS

(1) Between cultivar means

(2) Between seeding rate means

(3) Between seeding rate means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different seeding rate means

과종량 평균 조지방함량은 1.6%내외로 품종간 유의성은 나타나지 않았다. 품종평균 조지방함량은 6kg/ha과종에서 1.4%였던 것이 과종량이 증가됨에 따라 점차적으로 증가되어 18kg/ha 과종에서는 1.8%로 증가되었으나, 15kg/ha 과종구와 18kg/ha 과종구 사이에서는 유의성은 나타나지 않았다.

(2) 조회분 및 조섬유 함량

과종량 평균 조회분함량은 품종간 유의한 차이가 없이 8.7%내외였다. 품종평균 조회분함량은 조단백질함량의 변화와는 반대의 경향으로, 6kg/ha 과종에서 9.0%였으나, 과종량이 증가됨에 따라 점차적으로 감소되어 18kg/ha 과종에서는 8.4%로 감소되었다.

과종량 차이에 따른 조섬유함량은 공시품종 모두 과종량이 증가할수록 점차 감소하는 경향을 보여 18kg/ha 과종에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 31.5, 31.4, 30.0%로 가장 감소하였다.

Table 20. Crude ash and Crude fiber contents of forge for three Italian millet cultivars grown at five seeding rates

Seeding rate (kg/ha)	Crude ash (%)				Crude fiber (%)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
6	9.0	9.1	8.8	9.0	34.8	35.1	35.2	35.0
9	8.8	8.9	8.6	8.8	33.3	33.9	33.6	33.6
12	8.6	8.7	8.5	8.6	33.0	32.5	32.2	32.6
15	8.6	8.5	8.4	8.5	31.6	31.7	31.0	31.4
18	8.5	8.4	8.4	8.4	31.5	31.4	30.0	31.0
Mean	8.7	8.7	8.6	8.7	32.8	32.9	32.4	32.7
LSD	(1)NS	(2)0.1	(3)NS	(4)NS	(1)NS	(2)0.4	(3)0.7	(4)0.8

(1) Between cultivar means

(2) Between seeding rate means

(3) Between seeding rate means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different seeding rate means

(3) NFE 및 TDN 함량

가용성무질소함량은 모인조는 9kg/ha 과종구에서, 노란조는 12kg/ha 과종구에서, 검은조는 18kg/ha 과종구에서 각각 46.0, 46.1, 48.0%로 가장 증가되는 경향을 보여 과종량과

품종간 상호작용에 유의성이 있게 한 것으로 보인다.

Table 21. Nitrogen free extract(NFE) and total digestible nutrients(TDN) contents of forage for three Italian millet cultivars grown at five seeding rates

Seeding rate (kg/ha)	NFE (%)				TDN (%)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
6	45.4	45.2	45.6	45.4	51.0	50.9	50.8	50.9
9	46.0	45.5	46.2	45.9	52.7	52.1	52.3	52.3
12	45.1	46.1	47.4	46.2	53.5	53.2	53.2	53.3
15	45.2	45.6	47.7	46.2	54.7	54.4	54.2	54.5
18	44.7	45.7	48.0	46.1	55.0	54.7	55.0	54.9
Mean	45.3	45.6	47.0	46.0	53.3	53.1	53.1	53.2
LSD	(1)0.5	(2)0.4	(3)0.7	(4)0.8	(1)NS	(2)0.3	(3)NS	(4)NS

(1) Between cultivar means

(2) Between seeding rate means

(3) Between seeding rate means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different seeding rate means

과종량 평균 가소화양분총량은 53.1%내외로 품종간 유의성은 나타나지 않았다. 품종평균 가소화양분총량은 6kg/ha 과종에서 50.9%였으나, 과종량이 증가함에 따라 점차 증가되어 18kg/ha 과종에서는 54.9%로 높아졌다.

Masaoka와 Takano(1980)은 수수 및 수단그라스계 잡종에서, 조 등(2001j)은 귀리에서 과종량이 많아짐에 따라 조단백, 조지방 함량은 증가되나 조섬유, 조회분 함량은 이와는 반대로 낮아졌다고 보고한 바 있으며, 일반적으로 사료작물은 과종량이 증가됨에 따라 조단백질함량 등은 증가되고, 조섬유함량 등은 반대로 낮아졌다는 보고는 많다.

본 시험에서도 조단백, 조지방, TDN 함량은 과종량이 증가함에 따라 증가되었으나, 조섬유와 조회분 함량은 이와는 반대로 과종량이 증가함에 따라 모든 품종이 점차적으로 감소되는 것으로 나타나고 있어 위 의 보고와 일치하는 경향을 보였다. 이와 같은 반응은 제주조의 예취시기를 같이 하였고, 밀식할수록 출수일수가 길어졌기 때문에 조직이 목질화 정도가 적었기 때문이라고 생각되었다.

본 시험결과로 보아 제주조 품종의 과종량 차이에 따른 사료수량성은 최대로 높일수 있는 적정 과종량은 품종에 관계없이 13~14kg/ha이고, 사료수량성은 모인조가 가장 우수하였다.

4) 형질간의 상관 및 회귀

파종량 차이에 따른 제주조의 주요 형질간의 상관 및 회귀는 표 22, 23에 예시하였다.

(1) 형질간의 상관

출수일수는 초장, 생초수량, 건물수량, 단백질수량, TDN수량, 조단백질, 조지방 및 TDN 함량과 고도로 유의한 정의 상관을, 조회분 및 조섬유 함량과는 유의한 부의 상관을 보였다. 초장은 생초수량, 건물수량, 단백질수량, TDN수량, 조단백질, 조지방 및 TDN 함량과는 유의한 정의 상관을, 가용성무질소함량과는 유의한 부의 상관을 나타내었다.

생초수량은 건물수량, 단백질수량, TDN수량, 조단백질, 조지방 및 TDN 함량과 고도로 유의한 정의 상관을, 조회분 및 조섬유 함량과는 유의한 부의 상관을 보였고, 건물수량은 단백질수량, TDN수량, 조단백질, 조지방 및 TDN 함량과 고도로 유의한 정의 상관을, 조섬유함량과는 유의한 부의 상관을 보였다.

단백질수량은 TDN수량, 조단백질, 조지방 및 TDN 함량과 고도로 유의한 정의 상관을, 조회분 및 조섬유 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였으며, TDN수량은 조단백질, 조지방 및 TDN 함량과 고도로 유의한 정의 상관을, 조회분 및 조섬유 함량과는 유의한 부의 상관을 보였다.

조단백질함량은 조지방 및 TDN 함량과 고도로 유의한 정의 상관을, 조회분 및 조섬유 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였다. 조지방함량은 TDN함량과는 고도로 유의한 정의 상관을, 조회분 및 조섬유 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였다.

조회분함량은 조섬유함량과 고도로 유의한 정의 상관을, 가용성무질소 및 TDN 함량과는 유의한 부의 상관을 보였으며, 조섬유함량은 가용성무질소 및 TDN 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였다.

Table 22. Correlation Coefficient between some agronomic characters of three Italian millet cultivars grown at five seeding rates

Characteristic	Days to heading	Plant height	Fresh forage yield	Dry matter yield	Crude protein yield	TDN yield	Crude protein	Ether extract	Crude ash	Crude fiber	NFE
Plant height	0.482***										
Fresh forage yield	0.709***	0.753***									
Dry matter yield	0.677***	0.846***	0.927***								
Crude protein yield	0.759***	0.797***	0.904***	0.923***							
TDN yield	0.704***	0.834***	0.938***	0.995***	0.954***						
Crude protein	0.633***	0.470**	0.584***	0.513***	0.798***	0.593***					
Ether extract	0.603***	0.496***	0.650***	0.639***	0.808***	0.706***	0.846***				
Crude ash	-0.345*	-0.109	-0.419**	-0.284	-0.479***	-0.360*	-0.686***	-0.606***			
Crude fiber	-0.483***	-0.235	-0.540***	-0.409**	-0.613***	-0.493***	-0.805***	-0.840**	0.791***		
NFE	-0.139	-0.340*	0.027	-0.110	-0.167	-0.082	-0.104	0.119	-0.427**	-0.496***	
TDN	0.572***	0.362*	0.598***	0.498***	0.741***	0.584***	0.932***	0.907***	-0.817***	-0.957***	0.249

* ** *** : Significant at 5, 1 and 0.1% probability levels, respectively.

(2) 회귀

Table 23. Regression equations with coefficients of determination relating seeding rates and various traits and the calculated optimum plant rate for yields

Variables	Regression equations	r2 or R2	Opti.
Days to heading	$Y^{**} = 85.048 + 0.11924X - 0.00029921X^2$	0.996	
Plant height(cm)			
Moinjo	$Y = 105.376 + 0.73787X - 0.00285X^2$	0.879	
Nolanjo	$Y = 106.706 + 0.6514X - 0.00243X^2$	0.949	
Geomeunjo	$Y = 135.70333 - 0.63311X + 0.01041X^2 - 0.00003933X^3$	0.722	
Fresh forage yield(MT/ha)			
Moinjo	$Y = -812.014 + 93.0439X - 0.35886X^2$	0.898	13
Nolanjo	$Y = -1296.988 + 87.09575X - 0.3295X^2$	0.818	13
Geomeunjo	$Y = 52.66667 + 59.07624X - 0.20476X^2$	0.880	14
Dry matter yield(MT/ha)			
Moinjo	$Y^* = -569.394 + 35.68503X - 0.13891X^2$	0.966	13
Nolanjo	$Y = 18.65 + 19.90362X - 0.0737X^2$	0.782	14
Geomeunjo	$Y = -408.33533 + 26.15148X - 0.09905X^2$	0.717	13
Crude protein yield(MT/ha)			
Moinjo	$Y^{**} = -112.108 + 4.43479X - 0.01544X^2$	0.996	14
Nolanjo	$Y = 43.74 + 0.03082X - 0.0001119X^2$	0.700	14
Geomeunjo	$Y^* = 43.11467 + 0.04671X - 0.00010661X^2$	0.974	22
TDN yield(MT/ha)			
Moinjo	$Y^{**} = 47.158 + 0.07515X - 0.00017381X^2$	0.991	22
Nolanjo	$Y^* = 47.3 + 0.06636X - 0.00013651X^2$	0.989	24
Geomeunjo	$Y^{**} = 47.55741 + 0.06099X - 0.00011072X^2$	0.998	28
Crude protein(%)			
Moinjo	$Y^{***} = 7.252 + 0.03557X$	0.992	
Nolanjo	$Y^{**} = 7.296 + 0.0317X$	0.966	
Geomeunjo	$Y^{**} = 7.76 + 0.0224X$	0.971	
Ether extract(%)	$Y^{**} = 0.932 + 0.0092X - 0.0000246X^2$	0.991	
Crude ash(%)	$Y^{**} = 9.576 - 0.01152X + 0.00002857X^2$	0.998	
Crude fiber(%)			
Moinjo	$Y^{**} = 36.13 - 0.02767X$	0.929	
Nolanjo	$Y^{**} = 39.262 - 0.07906X + 0.00019524X^2$	0.993	
Geomeunjo	$Y^{***} = 37.61 - 0.04331X$	0.990	
NFE(%)			
Moinjo	$Y = 46.184 - 0.00753X$	0.564	
Geomeunjo	$Y^{**} = 44.458 + 0.02112X$	0.944	
TDN(%)	$Y^{**} = 47.316 + 0.06793X - 0.00014206X^2$	0.995	

*, **, *** : Significant at 5, 1 and 0.1% probability levels, respectively.

제주지역에서 제주조를 건물생산 목적으로 재배할 경우 표 23에서 보는 바와 같이 회귀식으로 추정된 적정 파종량은 모인조와 검은조는 13kg/ha, 노란조는 14kg/ha을 파종하는 것이 최대 건물수량을 얻을 수 있을 것으로 추정되었다.

3. 질소시비량 차이에 따른 제주조의 생육반응, 수량성 및 사료가치 변화

1) 생육반응

질소시비량 차이에 따른 제주조의 생육반응을 조사한 결과는 표 24, 25, 26, 27에서 보는 바와 같다.

(1) 출수일수 및 엽록소

질소시비량 평균 출수일수는 노란조가 91일로 가장 빨랐고, 검은조 95일, 모인조 98일 순이었다. 품종평균 출수일수는 무질소구에서 92일, 250kg/ha에서 98일로 질소시비량이 증가함에 따라 출수가 점차 지연되었다.

Table 24. Days to heading and SPAD reading values of three Italian millet cultivars grown at six nitrogen rates

Nitrogen rate (kg/ha)	Days to heading				SPAD reading values			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
0	96	88	92	92	24.1	25.4	22.8	24.1
50	96	89	92	93	29.1	28.5	27.8	28.5
100	98	92	95	95	36.3	33.6	34.2	34.7
150	98	93	96	96	37.3	33.7	34.1	35.0
200	100	93	98	97	37.9	35.7	36.6	36.7
250	101	94	98	98	39.3	36.2	36.7	37.4
Mean	98	91	95	95	34.0	32.2	32.0	32.7
LSD	(1) 1	(2) 1	(3) NS	(4) NS	(1)1.0	(2)1.1	(3)1.9	(4)2.0

(1) Between cultivar means

(2) Between nitrogen rate means

(3) Between nitrogen rate means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different nitrogen rate means

엽록소측정치는 공시품종 모두 무질소구에서 250kg/ha 시비구로 질소시비량이 증가함에 따라 모인조는 24.1에서 39.3%로, 노란조는 25.4에서 36.2%로, 검은조는 22.8에서 36.7%로 높아지는 경향을 보였다.

(2) 초장 및 경직경

질소시비량 차이에 따른 초장은 공시품종 모두 질소시비량이 증가함에 따라 점차적으로 길어지는 경향으로 250kg/ha 시비구에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 157, 147, 135cm로

가장 길었으나, 200kg/ha 시비구와는 유의한 차이는 없었다. 질소시비량을 ha당 0kg에서 250kg으로 증가시킬 경우 모인조는 68cm로 증가폭이 매우 컸으나, 노란조와 검은조는 각각 36, 39cm로 증가폭이 적어 질소시비량과 품종간 상호작용에 유의성이 있었다.

Table 25. Plant height and stem diameter of three Italian millet cultivars grown at six nitrogen rates

Nitrogen rate (kg/ha)	Plant height (cm)				Stem diameter (cm)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
0	89	111	96	99	0.42	0.41	0.43	0.42
50	131	127	114	124	0.54	0.49	0.55	0.53
100	145	128	123	132	0.60	0.62	0.60	0.61
150	154	138	126	139	0.65	0.62	0.62	0.63
200	156	146	134	146	0.77	0.73	0.67	0.72
250	157	147	135	146	0.80	0.73	0.70	0.74
Mean	139	133	122	131	0.63	0.60	0.60	0.61
LSD	(1)1	(2)3	(3)5	(4)4	(1)0.03	(2)0.05	(3)NS	(4)NS

(1) Between cultivar means

(2) Between nitrogen rate means

(3) Between nitrogen rate means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different nitrogen rate means

질소시비량 평균 경직경은 모인조가 0.63cm로 가장 굵었으며, 노란조와 검은조는 0.60cm로 가는 편이었다. 품종평균 경직경의 반응은 질소시비량이 증가함에 따라 점차 굵어져 무질소구에서 0.42cm였던 것이 250kg/ha 시비구에서는 0.74cm로 굵어졌으나, 200kg/ha 시비구와 250kg/ha 시비구간에는 유의성은 나타나지 않았다.

(3) 엽수 및 절수

질소시비량 차이에 따른 엽수는 공시품종 모두 질소시비량이 증가할수록 점차로 증가되어 250kg/ha 시비구에서 모인조는 12.7개, 노란조는 11.3개, 검은조는 11.8개로 가장 많았으나, 200kg/ha 시비구와 유의한 차이는 없었다. 엽수는 무질소구에서 250kg/ha로 시비량이 증가할 경우 모인조, 노란조, 검은조 각각 3.1, 1.2, 1.4개로 증가폭이 품종마다 차이가 있어 질소시비량과 품종간 상호작용에 유의성이 나타났다.

절수도 질소시비량 차이에 따른 엽수의 경향과 비슷한 경향을 보였다. 즉, 질소시비량이 증가함에 따라 점차적으로 증가되어 250kg/ha 시비구에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 9.1, 9.3, 8.7개로 가장 많았다.

Table 26. Number of leaves and number of nodes of three Italian millet cultivars grown at six nitrogen rates

Nitrogen rate (kg/ha)	No. of leaves/plant				No. of nodes/plant			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
0	9.6	10.1	10.4	10.0	6.2	8.8	7.2	7.4
50	11.9	10.2	11.1	11.1	8.7	9.0	8.1	8.6
100	12.1	10.4	11.3	11.3	8.8	9.1	8.3	8.7
150	12.2	11.2	11.5	11.6	8.9	9.2	8.3	8.8
200	12.6	11.3	11.7	11.8	9.0	9.3	8.5	8.9
250	12.7	11.3	11.8	11.9	9.1	9.3	8.7	9.0
Mean	11.8	10.8	11.3	11.3	8.4	9.1	8.2	8.6
LSD	(1)0.3	(2)0.2	(3)0.4	(4)0.4	(1)0.2	(2)0.2	(3)0.4	(4)0.4

- (1) Between cultivar means
- (2) Between nitrogen rate means
- (3) Between nitrogen rate means for the same cultivar
- (4) Between cultivar means for the same or different nitrogen rate means

(4) 엽장 및 엽폭

질소시비량 차이에 따른 엽장은 모인조, 노란조, 검은조 각각 무질소구에서 36.5, 35.2, 32.0cm로 가장 짧았으며, 질소시비량이 증가함에 따라 점차로 길어져 250kg/ha 시비구에는 각각 48.6, 43.0, 41.1cm로 가장 길었으나, 200kg/ha 시비구와 250kg/ha 시비구 사이에는 유의성이 인정되지 않았다.

Table 27. Leaf length and leaf width of three Italian millet cultivars grown at six nitrogen rates

Nitrogen rate (kg/ha)	Leaf length (cm)				Leaf width (cm)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
0	36.5	35.2	32.0	34.5	1.8	2.3	2.0	2.1
50	46.1	41.1	37.9	41.7	2.3	2.6	2.6	2.5
100	46.7	41.6	38.1	42.1	2.4	2.8	3.0	2.7
150	47.9	41.8	38.3	42.7	2.5	3.3	3.3	3.0
200	48.5	42.7	40.8	44.0	2.6	3.5	3.5	3.2
250	48.6	43.0	41.1	44.2	2.6	3.5	3.6	3.2
Mean	45.7	40.9	38.0	41.5	2.4	3.0	3.0	2.8
LSD	(1)1.2	(2)1.0	(3)1.7	(4)2.0	(1)0.1	(2)0.1	(3)0.2	(4)0.2

- (1) Between cultivar means
- (2) Between nitrogen rate means
- (3) Between nitrogen rate means for the same cultivar
- (4) Between cultivar means for the same or different nitrogen rate means

엽폭은 엽장의 반응과 비슷한 경향을 보여, 무질소구에서 질소시비량이 증가함에 따라

접차로 넓어져 250kg/ha 시비구에는 각각 2.6, 3.5, 3.6cm로 가장 넓어졌으나, 200kg/ha 시비구와 250kg/ha 시비구 사이에는 유의성이 인정되지 않았다.

조 등(2001a)은 제주지역에서 청예피는 200kg/ha까지 질소시비량을 증가함에 따라 초장, 엽장 등 모든 형질이 우세하였다고 보고하였다.

본 시험에서도 제주조는 질소시비량이 증가할수록 출수가 지연되고 초장, 엽장 등의 형질은 길어지는 경향이였다. 이와 같은 반응은 제주지역은 다른 지역에 비하여 강우량도 많고, 화산회 토양이어서 질소유실량이 많았기 때문에 질소증시효과가 현저하였던 것으로 생각되었다.

2) 수량성 변화

질소시비량 차이에 따른 제주조의 생초, 건초, 단백질, TDN 수량, 질소흡수량 및 질소이용효율을 조사한 결과는 표 28, 29, 30에서 보는 바와 같다.

(1) 생초수량 및 건물수량

질소시비량에 따른 생초수량은 무질소구에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 20.00, 24.38, 18.88MT/ha였으나, 질소시비량이 증가함에 따라 점차적으로 증수되어 250kg/ha 시비구에서 각각 45.37, 43.21, 42.82MT/ha로 증수되었다. 그러나 200kg/ha 시비구와 250kg/ha 시비구 간에는 유의성은 나타나지 않았다.

Table 28. Fresh forage yield and dry matter yield of three Italian millet cultivars grown at six nitrogen rates

Nitrogen rate (kg/ha)	Fresh forage yield (MT/ha)				Dry matter yield (MT/ha)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
0	20.00	24.38	18.88	21.09	8.94	8.94	8.45	8.78
50	37.03	30.30	32.38	33.24	12.41	10.91	10.17	11.16
100	38.62	37.58	36.27	37.49	12.95	10.74	10.61	11.43
150	42.43	41.62	40.20	41.42	13.32	12.06	11.36	12.25
200	45.03	43.11	42.53	43.56	13.91	12.49	12.18	12.86
250	45.37	43.21	42.82	43.80	13.96	12.67	12.25	12.96
Mean	38.08	36.70	35.51	36.77	12.58	11.30	10.84	11.57
LSD	(1)1.05	(2)0.75	(3)1.31	(4)1.57	(1)0.34	(2)0.32	(3)0.56	(4)0.61

(1) Between cultivar means

(2) Between nitrogen rate means

(3) Between nitrogen rate means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different nitrogen rate means

질소시비량을 ha당 0kg에서 250kg까지 증가시킬 경우 모인조, 노란조, 검은조 각각 25.37, 18.83, 23.94MT/ha 증가하여 품종마다 증가폭의 차이가 있어 질소시비량과 품종간의 유의성이 나타났다.

건물수량도 생초수량 변화와 비슷한 경향이였다. 질소시비량의 증가와 함께 점차적으로 증수되어 250kg/ha 시비구에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 13.96, 12.67, 12.25MT/ha로 가장 증수하였으나, 표 35에서 보는 바와 같이 최대 건물수량을 얻기 위한 적정 질소시비량은 노란조와 검은조는 각각 275, 279kg/ha, 모인조는 196kg/ha를 시비하는 것이 조의 최대 건물수량을 얻을 수 있을 것으로 추정되었다.

(2) 단백질수량 및 TDN수량

단백질수량은 생초수량 변화와 비슷한 경향이였다. 단백질수량은 무질소구에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 0.82, 0.81, 0.76MT/ha였으며, 질소시비량의 증가와 함께 점차적으로 증가되어 250kg/ha 시비구에서 단백질 수량은 각각 2.10, 1.84, 1.61MT/ha로 증수되었으나, 200kg/ha시비구와는 유의성이 인정되지 않았다.

ha당 0kg에서 250kg까지 질소시비량을 증가시킬 경우 모인조, 노란조, 검은조 각각 1.28, 1.03, 0.85MT/ha 증가되었는데, 이와 같은 증가폭의 차이가 질소시비량과 품종간의 상호작용에 유의성이 나타나게 한 것으로 보인다.

Table 29. Crude protein yield and total digestible nutrients(TDN) yield of three Italian millet cultivars grown at six nitrogen rates

Nitrogen rate (kg/ha)	Crude protein yield (MT/ha)				TDN yield (MT/ha)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
0	0.82	0.81	0.76	0.79	4.54	4.56	4.32	4.47
50	1.43	1.09	0.99	1.17	6.52	5.67	5.29	5.83
100	1.65	1.18	1.13	1.32	6.95	5.69	5.61	6.08
150	1.86	1.52	1.28	1.55	7.31	6.50	6.11	6.64
200	2.08	1.80	1.59	1.82	7.72	6.87	6.68	7.09
250	2.10	1.84	1.61	1.85	7.80	7.01	6.80	7.20
Mean	1.66	1.37	1.22	1.42	6.81	6.05	5.80	6.22
LSD	(1)0.07	(2)0.05	(3)0.08	(4)0.10	(1)0.19	(2)0.17	(3)0.30	(4)0.33

(1) Between cultivar means

(2) Between nitrogen rate means

(3) Between nitrogen rate means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different nitrogen rate means

질소시비량 차이에 따른 TDN수량 반응도 단백질수량의 변화와 비슷하게 질소시비량의 증가와 함께 점차적으로 증가하여, 250kg/ha 시비구에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 7.80, 7.01, 6.80MT/ha로 가장 증수하였다.

(3) 질소흡수량 및 질소이용효율

질소시비량 차이에 따른 질소흡수량은 검은조 50kg/ha 시비구에서 157.9kg/ha로 가장 낮았으며, 질소시비량이 증가함에 따라 점차 증가하여 200, 250kg/ha 시비구에서 모인조가 각각 332.3, 336.5kg/ha로 높았으나, 두 시비구간에는 유의성은 나타나지 않았다.

Table 30. N uptake and nitrogen use efficiency(NUE) of forage for three Italian millet cultivars grown at nitrogen rates

Nitrogen rate (kg/ha)	N uptake (kg/ha)				NUE (kg DM/kg N)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
50	229.1	174.7	157.9	187.2	69.4	39.5	34.4	47.8
100	264.5	189.1	180.4	211.3	40.1	18.1	21.6	26.6
150	296.9	242.6	205.3	248.3	29.2	20.8	19.4	23.1
200	332.3	287.2	254.7	291.4	24.8	17.8	18.7	20.4
250	336.5	294.6	256.8	295.9	20.1	14.9	15.2	16.7
Mean	291.9	237.6	211.0	246.8	36.7	22.2	21.9	26.9
LSD	(1)11.8	(2)5.5	(3)12.3	(4)15.9	(1)11.3	(2)4.9	(3)8.5	(4)13.5

- (1) Between cultivar means
- (2) Between nitrogen rate means
- (3) Between nitrogen rate means for the same cultivar
- (4) Between cultivar means for the same or different nitrogen rate means

질소이용효율은 질소흡수량과 반대의 경향으로 모인조 50kg/ha 시비구에서 69.4kg DM/kg N로 가장 높았으나, 질소시비량이 증가함에 따라 점차 감소되어 노란조와 검은조가 250kg/ha 시비구에서 각각 14.9, 15.2kg DM/kg N로 낮아졌다.

Patras 및 Pinzariu(1983)은 건조한 지역에서 질소시비량은 100kg/ha, 강우량이 많은 지역에서는 270kg/ha의 질소시비수준에서 화분과 사료작물의 수량성은 매우 높았으나, 그 이하로 질소시비량이 감소됨에 따라 화분과 사료작물의 수량은 점차적으로 감소되었다고 하였다.

일반적으로 화분과 사료작물은 3요소(N, P, K) 중 질소 요구량이 매우 높은 것으로 알려지고 있는데, 제주지역의 화산회 토양에서 제주재래옥수수는 300kg/ha 질소시비구에서 (박 등, 1996), 청예피는 200kg/ha 질소시비구에서(조 등, 2001a) 생초, 건초, 단백질 수량

이 높았으나, 그 이하로 질소시비량이 감소됨에 따라 수량은 낮아졌다고 보고한 바 있다.

본 시험에서도 ha당 질소시비량이 0kg에서 200~250kg로 증가함에 따라 생초, 건물, 단백질 및 TDN 수량이 점차적으로 증수되는 것으로 나타나고 있다. 이와 같은 반응은 전술한 바와 같이 제주지역은 강우량이 많고 화산회 토양으로서 비료유실량이 많은 지역이었기 때문에, 질소증시에 의한 제주조의 사료수량성이 현저히 증수한 것으로 생각되었다.

3) 사료가치 변화

질소시비량 차이에 따른 제주조의 조단백, 조지방, 조회분, 조섬유, 가용무질소물 및 TDN 함량을 조사한 결과는 표 31, 32, 33에서 예시하였다.

(1) 조단백질 및 조지방 함량

조단백질 및 조지방 함량은 공시품종 모두가 질소시비량이 증가함에 따라 점차 증가되었다. 조단백질함량은 노란조와 검은조가 무질소구에서 각각 9.0%로 가장 낮았으며, 모인조 250kg/ha 시비구에서 15.1%로 가장 높았다.

Table 31. Crude protein and ether extract contents of forage for three Italian millet cultivars grown at six nitrogen rates

Nitrogen rate (kg/ha)	Crude protein (%)				Ether extract (%)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
0	9.2	9.0	9.0	9.0	1.4	1.4	1.4	1.4
50	11.5	10.0	9.7	10.4	1.5	1.4	1.5	1.5
100	12.8	11.0	10.6	11.5	1.7	1.5	1.5	1.6
150	13.9	12.6	11.3	12.6	1.9	1.6	1.7	1.7
200	14.9	14.4	13.1	14.1	1.9	1.7	1.7	1.8
250	15.1	14.5	13.1	14.2	2.0	1.8	1.7	1.8
Mean	12.9	11.9	11.1	12.0	1.7	1.6	1.6	1.6
LSD	(1)0.4	(2)0.3	(3)0.5	(4)0.6	(1)0.1	(2)0.1	(3)0.1	(4)0.1

(1) Between cultivar means

(2) Between nitrogen rate means

(3) Between nitrogen rate means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different nitrogen rate means

조지방함량도 공시품종 모두 질소시비량이 증가함에 따라 증가되는 경향을 보여 250kg

/ha 시비구에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 2.0, 1.8, 1.7%로 가장 높았다.

(2) 조회분 및 조섬유 함량

질소시비량 평균 조회분함량은 모인조와 노란조가 8.6%로 높은 편이었으며, 검은조는 8.4%로 낮은 편이었다. 품종평균 조회분함량은 질소시비량이 증가함에 따라 점차로 낮아지는 경향으로, 무질소구에서 조회분함량은 8.9%로 높았으나, 질소시비량이 증가함에 따라 감소되어 200, 250kg/ha 시비구에서는 각각 8.4%로 낮아졌다.

Table 32. Crude ash and crude fiber contents of forge for three Italian millet cultivars grown at six nitrogen rates

Nitrogen rate (kg/ha)	Crude ash (%)				Crude fiber (%)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
0	9.1	8.9	8.7	8.9	35.0	34.6	34.9	34.8
50	8.7	8.8	8.6	8.7	34.1	33.8	34.0	34.0
100	8.5	8.6	8.4	8.5	33.5	32.9	33.2	33.2
150	8.6	8.6	8.4	8.5	32.3	32.6	32.1	32.3
200	8.4	8.5	8.3	8.4	32.1	32.0	31.3	31.8
250	8.4	8.5	8.2	8.4	31.7	31.7	30.2	31.2
Mean	8.6	8.6	8.4	8.5	33.1	32.9	32.6	32.9
LSD	(1)0.2	(2)0.1	(3)NS	(4)NS	(1)0.3	(2)0.3	(3)0.6	(4)0.6

- (1) Between cultivar means
- (2) Between nitrogen rate means
- (3) Between nitrogen rate means for the same cultivar
- (4) Between cultivar means for the same or different nitrogen rate means

조섬유함량은 공시품종 모두 질소시비량이 증가함에 따라 점차로 낮아지는 경향을 보였는데, 모인조 무질소구에서 35.0%로 가장 높았으며, 검은조 250kg/ha 시비구에서 30.2%로 가장 낮았다.

(3) NFE 및 TDN 함량

질소시비량 차이에 따른 가용성무질소물함량은 검은조가 46.2%로 가장 높았고, 노란조 44.9%, 모인조 43.7% 순이었다.

가소화양분총량은 공시품종 모두 질소시비량이 증가함에 따라 점차 증가되었다. 즉, 모인조, 노란조, 검은조 모두 질소시비량이 증가함에 따라 점차적으로 증가되어 250kg/ha 시

비구에서 각각 55.9, 55.3, 55.5%로 가장 증수하였다. 질소시비량을 ha당 0kg에서 100kg까지 증가시킬 경우 모인조는 1.8%, 노란조와 검은조는 0.9% 증가하였는데, 이러한 증가폭의 차이가 질소시비량과 품종간 상호작용의 유의성이 나타나게 한 것으로 보인다.

화분과 사료작물은 질소증시에 따라 조단백, 조지방 함량 및 가용무질소물은 증가되나 조섬유와 조회분 함량은 낮아진다는 Harangozo와 Horango(1985), Murphy와 Smith(1967) 등의 보고도 있는데, 본 시험에서도 질소시비량이 증가함에 따라 조단백, 조지방 및 TDN 함량은 증가되었으나, 이와는 반대로 조섬유와 조회분 함량은 질소시비량이 증가함에 따라 낮아졌다.

Table 33. Nitrogen free extract(NFE) and total digestible nutrients(TDN) contents of forage for three Italian millet cultivars grown at six nitrogen rates

Nitrogen rate (kg/ha)	NFE (%)				TDN (%)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
0	45.4	46.1	46.1	45.9	50.8	51.0	51.1	51.0
50	44.1	46.0	46.2	45.4	52.6	51.9	52.0	52.2
100	43.6	46.0	46.2	45.2	53.7	53.0	52.8	53.2
150	43.4	44.6	46.5	44.8	54.9	53.9	53.8	54.2
200	42.7	43.4	45.6	43.9	55.5	55.0	54.9	55.1
250	42.9	43.5	46.8	44.4	55.9	55.3	55.5	55.6
Mean	43.7	44.9	46.2	44.9	53.9	53.4	53.3	53.5
LSD	(1)0.6	(2)0.4	(3)0.7	(4)0.9	(1)0.2	(2)0.2	(3)0.3	(4)0.4

(1) Between cultivar means

(2) Between nitrogen rate means

(3) Between nitrogen rate means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different nitrogen rate means

이와 같은 반응은 질소는 식물원형질의 주성분인 단백질 합성에 중요한 역할을 하기 때문에, 질소를 증시함에 따라 N 등 세포 내용물을 증가시켜 단백질함량은 증가되었으나, 조섬유함량 등은 세포벽 물질의 감소로 인하여 감소된 것으로 판단되었다(Songin, 1985; Davis, 1969; Reneacue 등, 1983).

본 시험 결과는 기온이 높고 강우량이 많은 제주지역의 화산회토양 등의 환경조건에서 제주조를 사료작물로 재배할 경우에는 표 35에서 보는바와 같이 회귀식으로 추정된 최대 생초수량을 얻을 수 있는 질소시비량은 모인조는 203kg/ha, 노란조는 230kg/ha, 검은조는 210kg/ha로 추정된다.

4) 형질간의 상관 및 회귀

질소시비량 차이에 따른 각 형질간의 상관, 회귀는 표 34, 35에서 보는바와 같다.

(1) 형질간의 상관

출수일수는 초장, 생초수량, 건물수량, 단백질수량, TDN수량, 조단백질, 조지방 및 TDN 함량과 고도로 유의한 정의 상관을, 조회분, 조섬유 및 가용성무질소물 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였다.

초장은 생초수량, 건물수량, 단백질수량, TDN수량, 조단백질, 조지방 및 TDN 함량과는 고도로 유의한 정의 상관을, 조회분, 조섬유 및 가용성무질소물 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였다.

생초수량은 건물수량, 단백질수량, TDN수량, 조단백질, 조지방 및 TDN 함량과 고도로 유의한 정의 상관을, 조회분, 조섬유 및 가용성무질소물 함량과는 유의한 부의 상관을 보였고, 건물수량은 단백질수량, TDN수량, 조단백질, 조지방 및 TDN 함량과 고도로 유의한 정의 상관을, 조회분, 조섬유 및 가용성무질소물 함량과는 유의한 부의 상관을 보였다.

단백질수량은 TDN수량, 조단백질, 조지방 및 TDN 함량과 고도로 유의한 정의 상관을, 조회분, 조섬유 및 가용성무질소물 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였으며, TDN 수량은 조단백질, 조지방 및 TDN 함량과 고도로 유의한 정의 상관을, 조회분, 조섬유 및 가용성무질소물 함량과는 유의한 부의 상관을 보였다.

조단백질함량은 조지방 및 TDN 함량과 고도로 유의한 정의 상관을, 조회분, 조섬유 및 가용성무질소물 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였으며, 조지방함량은 TDN함량과는 고도로 유의한 정의 상관을, 조회분, 조섬유 및 가용성무질소물 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였다.

조회분함량은 조섬유함량과 고도로 유의한 정의 상관을, TDN함량과는 유의한 부의 상관을 보였고, 조섬유함량은 TDN함량과 고도로 유의한 부의 상관을 보였으며, 가용성무질소물함량은 TDN함량과 고도로 유의한 부의 상관을 보였다.

Table 34. Correlation Coefficient between some agronomic characters of three Italian millet cultivars grown at six nitrogen rates

Characteristic	Days to heading	Plant height	Fresh forage yield	Dry matter yield	Crude protein yield	TDN yield	Crude protein	Ether extract	Crude ash	Crude fiber	NFE
Plant height	0.536***										
Fresh forage yield	0.583***	0.910***									
Dry matter yield	0.687***	0.941***	0.905***								
Crude protein yield	0.701***	0.940***	0.891***	0.967***							
TDN yield	0.703***	0.946***	0.919***	0.996***	0.982***						
Crude protein	0.671***	0.919***	0.889***	0.923***	0.987***	0.949***					
Ether extract	0.725***	0.855***	0.838***	0.868***	0.918***	0.898***	0.913***				
Crude ash	-0.467***	-0.601***	-0.753***	-0.592***	-0.609***	-0.631***	-0.635***	-0.631***			
Crude fiber	-0.536***	-0.712***	-0.850***	-0.700***	-0.746***	-0.749***	-0.784***	-0.738***	0.786***		
NFE	-0.502***	-0.694***	-0.494***	-0.715***	-0.770***	-0.705***	-0.747***	-0.676***	0.114	0.180	
TDN	0.673***	0.885***	0.927***	0.884***	0.941***	0.922***	0.961***	0.920***	-0.776***	-0.912***	-0.548***

* ** *** : Significant at 5, 1 and 0.1% probability levels, respectively.

(2) 회귀

Table 35. Regression equations with coefficients of determination relating nitrogen rates and various traits and the calculated optimum nitrogen rate for yields

Variables	Regression equations	r ² or R ²	Opti.
Days to heading	Y*** = 91.73333 + 0.0256X	0.988	
Plant height(cm)			
Moinjo	Y** = 89.80008 + 1.00371X - 0.00521X ² + 0.0000091X ³	0.995	
Nolanjo	Y** = 112.18464 + 0.22888X - 0.00034864X ²	0.963	
Geomeunjo	Y** = 97.66393 + 0.30621X - 0.00063707X ²	0.981	
Fresh forage yield(MT/ha)			
Moinjo	Y* = 2230.66607 + 23.01932X - 0.05673X ²	0.929	203
Nolanjo	Y*** = 2383.31893 + 17.13789X - 0.03733X ²	0.993	230
Geomeunjo	Y** = 2020.77071 + 21.71062X - 0.05163X ²	0.975	210
Dry matter yield(MT/ha)			
Moinjo	Y* = 943.30071 + 4.72954X - 0.01207X ²	0.921	196
Nolanjo	Y* = 914.53321 + 2.589799X - 0.00471X ²	0.932	275
Geomeunjo	Y** = 859.63607 + 2.66838X - 0.00478X ²	0.977	279
Crude protein yield(MT/ha)			
Moinjo	Y** = 45.30857 - 0.02233X + 0.00005X ²	0.962	223
Nolanjo	Y* = 46.30464 - 0.00615X + 0.00002607X ²	0.890	118
Geomeunjo	Y = 46.18107 - 0.00168X + 0.00001121X ²	0.105	75
TDN yield(MT/ha)			
Moinjo	Y*** = 50.83679 + 0.03611X - 0.00006336X ²	0.999	285
Nolanjo	Y** = 465.48571 + 1.56878X - 0.00247X ²	0.958	318
Geomeunjo	Y** = 438.35179 + 1.55917X - 0.00233X ²	0.984	335
Crude protein(%)			
Moinjo	Y*** = 9.26357 + 0.04488X - 0.00008614X ²	0.996	
Nolanjo	Y* = 9.08468 + 0.00258X + 0.00024897X ² - 0.000000682963X ³	0.992	
Geomeunjo	Y* = 9.03111 + 0.00395X + 0.00015511X ² - 0.000000416296X ³	0.976	
Ether extract(%)			
Moinjo	Y*** = 1.40476 + 0.00255X	0.966	
Nolanjo	Y*** = 1.35667 + 0.0018X	0.995	
Geomeunjo	Y*** = 1.39048 + 0.0015X	0.953	
Crude ash(%)	Y** = 8.89286 - 0.00444X + 0.00001X ²	0.975	
Crude fiber(%)			
Moinjo	Y*** = 34.80095 - 0.01359X	0.959	
Nolanjo	Y*** = 34.39048 - 0.01158X	0.967	
Geomeunjo	Y*** = 34.97381 - 0.01874X	0.998	
TDN(%)			
Moinjo	Y*** = 50.83679 + 0.03611X - 0.00006336X ²	0.999	
Nolanjo	Y*** = 51.10286 + 0.01802X	0.986	
Geomeunjo	Y*** = 51.07286 + 0.01806X	0.997	
N uptake			
Moinjo	Y = 216.64902 - 0.03073X + 0.00674X ² - 0.00001877X ³	0.997	
Nolanjo	Y* = 124.80799 + 0.87214X - 0.0006537X ²	0.951	
Geomeunjo	Y = 190.74089 - 1.26928X + 0.01444X ² - 0.00003312X ³	0.984	
NUE			
Moinjo	Y* = 59.28467 - 0.09711X - 0.00015320X ² + 0.00000103X ³	1.000	
Nolanjo	Y* = 72.43385 - 0.20054X + 0.00031945X ²	0.982	
Geomeunjo	Y = 64.39210 + 0.05701X - 0.00137X ² + 0.00000350X ³	0.979	

*, **, *** : Significant at 5, and 1% probability levels, respectively.

4. 질소분시횃수에 따른 제주조의 생육반응, 수량성 및 사료가치 변화

1) 생육반응

질소분시횃수에 따른 제주조의 생육반응을 조사한 결과는 표 36, 37, 38, 39에서 보는 바와 같다.

(1) 출수일수 및 엽록소

질소분시횃수 평균 출수일수는 노란조가 88일로 가장 빨랐으며, 검은조 90일, 모인조가 95일로 가장 늦었다. 품종평균 출수일수는 1회분시에서 88일, 5회 분시에서 93일로 질소분시횃수가 많아짐에 따라 출수일수는 지연되는 경향이였다.

Table 36. Days to heading and SPAD reading values of three Italian millet cultivars grown at five split N applications

No. of N applications	Days to heading				SPAD reading values			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
1(200kg/ha)	92	85	87	88	34.9	36.5	34.3	35.3
2(100kg/ha)	94	87	88	90	35.3	37.6	35.0	35.9
3(66.7kg/ha)	95	88	90	91	36.1	37.6	35.6	36.4
4(50kg/ha)	96	89	92	92	36.3	38.5	36.0	36.9
5(40kg/ha)	96	90	93	93	36.4	38.5	36.2	37.0
Mean	95	88	90	91	35.8	37.8	35.4	36.3
LSD	(1)1	(2)1	(3)NS	(4)NS	(1)0.8	(2)0.9	(3)NS	(4)NS

(1) Between cultivar means

(2) Between split N application means

(3) Between split N application means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different split N application means

질소분시횃수에 따른 평균 엽록소 측정치는 노란조가 37.8로 가장 높았으며, 모인조 및 검은조는 각각 35.8, 35.4로 낮은 경향이였다. 품종평균 엽록소 측정치는 1회분시구에서 5회분시구까지 35.3에서 37.0으로 질소분시횃수가 많아짐에 따라 높아졌다.

(2) 초장 및 경직경

질소분시횟수 평균 초장은 모인조가 150cm로 가장 길었으며, 노란조 142cm, 검은조 136cm의 순이었다. 품종평균 초장은 1회분시구에서 134cm였던 것이 분시횟수가 많아짐에 따라 점차 길어져 4회분시에서 149cm로 가장 길었으며, 5회분시에서는 144cm로 짧아졌다. 이와 같은 초장의 경향은 모든 품종이 분시횟수가 많아짐에 따라 길어져 4회분시에서 가장 길었다.

Table 37. Plant height and stem diameter of three Italian millet cultivars grown at five split N applications

No. of N applications	Plant height (cm)				Stem diameter (cm)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
1(200kg/ha)	142	133	128	134	0.52	0.54	0.54	0.53
2(100kg/ha)	149	140	133	141	0.63	0.60	0.59	0.61
3(66.7kg/ha)	153	145	140	146	0.64	0.66	0.66	0.65
4(50kg/ha)	157	148	143	149	0.66	0.68	0.77	0.70
5(40kg/ha)	151	143	139	144	0.62	0.58	0.80	0.67
Mean	150	142	136	143	0.61	0.61	0.67	0.63
LSD	(1)3	(2)2	(3)NS	(4)NS	(1)NS	(2)0.05	(3)0.09	(4)0.10

(1) Between cultivar means

(2) Between split N application means

(3) Between split N application means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different split N application means

경직경은 품종과 질소분시횟수에 따른 상호작용이 인정되었다. 모인조와 노란조는 질소 4회분시구에서 0.66과 0.68cm로 가장 굵었으나, 검은조는 질소분시횟수가 5회까지 증가할수록 계속 굵어지는 경향이였다.

(3) 엽수 및 절수

질소분시횟수에 따른 엽수는 품종모두 분시횟수가 많을수록 점차 증가하는 경향으로, 4회분시에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 12.5, 11.9, 12.0개로 많은 편이었으나, 3회분시 이상에서는 유의성이 인정되지 않았다.

Table 38. Number of leaves and Number of nodes of three Italian millet cultivars grown at five split N applications

No. of N applications	No. of leaves/plant				No. of nodes/plant			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
1(200kg/ha)	10.3	11.4	11.0	10.9	9.4	9.3	8.8	9.2
2(100kg/ha)	12.3	11.4	11.6	11.7	10.0	10.1	9.2	9.8
3(66.7kg/ha)	12.4	11.8	11.7	12.0	10.3	10.3	9.4	10.0
4(50kg/ha)	12.5	11.9	12.0	12.1	10.5	10.5	9.5	10.2
5(40kg/ha)	12.5	11.9	12.0	12.1	10.3	10.3	9.4	10.0
Mean	12.0	11.7	11.6	11.8	10.1	10.1	9.3	9.8
LSD	(1)NS	(2)0.2	(3)0.4	(4)0.5	(1)0.3	(2)0.2	(3)NS	(4)NS

(1) Between cultivar means

(2) Between split N application means

(3) Between split N application means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different split N application means

분시횟수를 1회에서 2회로 증가시킬 경우 모인조는 10.3개에서 12.3개로, 검은조는 11.0개에서 11.6개로 증가되었으나, 노란조는 변동이 없어 질소분시횟수와 품종간 상호작용에 영향을 미친 것으로 보인다.

절수는 품종과 질소분시횟수에서 각각 주효과가 인정되었으나 상호작용은 없었다. 질소분시횟수 평균 절수는 모인조와 노란조는 10.1개, 검은조는 9.3개로 가장 적었으며, 품종평균 절수는 분시횟수가 4회까지 많을수록 9.2개에서 10.2개로 증가하다가 질소 5회분시구에서 10.0개로 감소하는 경향을 보였다.

(4) 엽장 및 엽폭

엽장은 질소분시횟수가 1회에서 2회로 많아짐에 따라 모인조와 노란조는 3~4cm 정도 유의하게 길어졌으나, 검은조는 유의한 차이가 없었다. 질소 4회분시에서 5회분시로 분시 횟수가 많아짐에 따라 모인조와 검은조는 통계적인 유의한 차이가 없었으나, 노란조는 43.5cm에서 40.0cm로 유의하게 감소하였다.

Table 39. Leaf length and leaf width of three Italian millet cultivars grown at five split N applications

No. of N applications	Leaf length (cm)				Leaf width (cm)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
1(200kg/ha)	40.4	35.1	36.5	37.3	2.5	2.5	2.6	2.6
2(100kg/ha)	43.7	39.1	37.7	40.2	2.8	3.0	3.0	3.0
3(66.7kg/ha)	45.7	41.5	39.8	42.3	3.0	3.4	3.2	3.2
4(50kg/ha)	46.3	43.5	42.3	44.0	3.1	3.5	3.5	3.4
5(40kg/ha)	45.3	40.0	42.1	42.5	3.0	3.4	3.6	3.3
Mean	44.3	39.8	39.7	41.3	2.9	3.2	3.2	3.1
LSD	(1)1.2	(2)0.1	(3)1.7	(4)1.9	(1)0.1	(2)0.2	(3)NS	(4)NS

(1) Between cultivar means

(2) Between split N application means

(3) Between split N application means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different split N application means

질소분시횟수 평균 엽폭은 노란조와 검은조가 3.2cm로 넓은 편이었으며, 모인조는 2.9cm로 좁은 편이었다. 품종평균 엽폭은 1회분시에서 2.6cm였던 것이 분시횟수가 많아짐에 따라 점차 넓어져서 4회분시에서 3.4cm로 가장 넓었으나, 5회분시구와는 유의한 차이는 나타나지 않았다.

강우량이 많은 지역과 화산회 토양에서는 질소의 휘산이나 탈질 및 용탈 등에 의한 비료유실량이 많기 때문에 같은 양의 질소비료를 나누어 여러 번 분시하는 것이 화분과 사료작물의 생육을 촉진시킬 수 있는 것으로 여러 연구자들에 의하여 보고되어 있다 (Edwards 등, 1971; Marten, 1985).

본 시험에서도 출수는 질소분시횟수가 많아짐에 따라 지연되는 경향이였다. 초장은 4회 분시에서 품종평균 149cm로 가장 길었으며, 4회보다 질소분시 횟수가 적거나 많을 경우의

초장은 짧았다. 분시횟수가 엽장, 엽폭, 마디수에 미치는 영향은 초장의 반응과 비슷한 경향이였다.

이 시험에서 모든 품종들이 4회 분사에서 초장, 엽장 등 모든 형질이 가장 양호하였던 것으로 보아 질소 66.7kg/ha로 4회분시 하는 것이 제주조의 잎, 줄기 등의 생장에 필요한 질소비료를 적기에 공급하였기 때문이라고 생각되었다.

2) 수량성 변화

질소분시횟수에 따른 생초, 건물, 단백질 및 TDN 수량, 질소흡수량 및 질소이용효율을 조사한 결과는 표 40, 41, 42에서 보는 바와 같다.

(1) 생초수량 및 건물수량

생초수량과 건물수량은 품종과 질소분시횟수간에 상호작용이 인정되었다. 질소분시횟수에 따른 생초수량은 1회분사에서 모인조가 40.33MT/ha로, 노란조 33.55MT/ha, 검은조 33.08MT/ha에 비해 유의하게 많았으며, 질소분시가 2회로 많아질 경우 노란조는 45.58MT/ha로 모인조와 검은조에 비해 급격한 증수를 보였다. 한편 모인조는 3회로 분시횟수를 증가시킴에 따라 55.55MT/ha로 급격한 증수를 보였다.

Table 40. Fresh forage yield and dry matter yield of three Italian millet cultivars grown at five split N applications

No. of N applications	Fresh forage yield (MT/ha)				Dry matter yield (MT/ha)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
1(200kg/ha)	40.33	33.55	33.08	35.66	10.54	10.23	9.94	10.24
2(100kg/ha)	46.35	45.58	39.20	43.71	13.28	11.51	10.86	11.88
3(66.7kg/ha)	55.55	50.12	49.52	51.73	13.20	12.66	12.97	12.94
4(50kg/ha)	59.78	51.70	51.50	54.33	15.82	13.82	13.36	14.33
5(40kg/ha)	53.90	47.90	49.33	50.38	13.01	12.31	12.69	12.67
Mean	51.18	45.77	44.53	47.16	13.17	12.10	11.96	12.41
LSD	(1)0.51	(2)0.94	(3)1.64	(4)1.55	(1)0.49	(2)0.31	(3)0.53	(4)0.67

(1) Between cultivar means

(2) Between split N application means

(3) Between split N application means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different split N application means

건물수량도 질소분시 횟수에 따른 생초수량의 변화와 비슷한 결과를 보여 4회분시구에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 15.82, 13.82, 13.36MT/ha으로 가장 증수되었으나, 이보다 분시횟수가 적거나 많을 경우 감수되는 경향으로 검은조 1회분시구에서 9.94MT/ha으로 가장 수량이 적었다.

(2) 단백질 및 TDN 수량

단백질수량과 TDN수량은 품종과 질소분시횟수간에 유의한 상호작용이 있었다. 단백질 수량은 생초수량과 비슷한 경향이었으며, 모인조가 질소 4회분시구에서 2.20MT/ha로 가장 많았고 검은조의 1회분시구에서 0.93MT/ha로 가장 낮았다.

Table 41. Crude protein yield and total digestible nutrients(TDN) yield of three Italian millet cultivars grown at five split N applications

No. of N applications	Crude protein yield (MT/ha)				TDN yield (MT/ha)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
1(200kg/ha)	1.12	1.02	0.93	1.02	5.44	5.27	5.06	5.26
2(100kg/ha)	1.60	1.36	1.19	1.39	7.07	6.10	5.71	6.29
3(66.7kg/ha)	1.70	1.63	1.51	1.61	7.19	6.85	6.92	6.98
4(50kg/ha)	2.20	1.93	1.70	1.94	8.77	7.59	7.29	7.88
5(40kg/ha)	1.84	1.73	1.65	1.74	7.25	6.80	6.98	7.01
Mean	1.69	1.53	1.40	1.54	7.14	6.52	6.39	6.68
LSD	(1)0.09	(2)0.04	(3)0.08	(4)0.11	(1)0.28	(2)0.17	(3)0.30	(4)0.39

(1) Between cultivar means

(2) Between split N application means

(3) Between split N application means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different split N application means

TDN수량도 단백질수량과 같은 경향이었고, 모인조는 질소를 2회에서 3회로 분시횟수를 증가시킬 때는 유의한 차이 없이 7.07, 7.19MT/ha인 반면 노란조와 검은조는 1회분시에서 5회분시까지 일정하게 유의한 차이를 보였다.

(3) 질소흡수량 및 질소이용효율

질소흡수량은 모인조가 노란조와 검은조에 비해 증가와 감소폭이 큰 경향이였다. 질소

분시에 따른 질소흡수량은 분시횟수가 많아짐에 따라 점차 증가하여 4회 분시구에서 310.7 kg/ha으로 가장 높았고, 5회 분시구에서는 시비횟수 증가에 따른 질소함량의 증가보다는 건물수량 감소로 인하여 인하여 278.6kg/ha로 감소되었다.

Table 42. N uptake and nitrogen use efficiency(NUE) of three Italian millet cultivars grown at five split N applications

No. of N applications	N uptake (kg/ha)				NUE (kg DM/kg N)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
1(200kg/ha)	178.3	162.6	149.5	163.5	52.7	51.1	49.7	51.2
2(100kg/ha)	255.7	218.0	191.1	221.6	66.4	57.6	54.3	59.4
3(66.7kg/ha)	272.4	260.5	241.4	258.1	66.0	63.3	64.8	64.7
4(50kg/ha)	352.0	308.0	272.1	310.7	79.1	69.1	66.8	71.7
5(40kg/ha)	295.0	277.0	263.9	278.6	65.1	61.5	63.5	63.4
Mean	270.7	245.2	223.6	246.5	65.9	60.5	59.8	62.1
LSD	(1)14.6	(2)7.2	(3)2.4	(4)18.1	(1)2.4	(2)1.5	(3)2.7	(4)3.4

(1) Between cultivar means

(2) Between split N application means

(3) Between split N application means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different split N application means

질소이용효율은 1회분시에서 가장 낮았으나, 질소분시횟수가 많을수록 점차 증가하여 4회분시에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 79.1, 69.1, 66.8kg DM/kg N 으로 가장 높았다.

제주지역에서 질소를 분시함에 따라 생초수량을 증가시켰다는 보고가 있는데, 조 등 (2001b)은 청예피는 3회분시(200kg/ha)에서, Sudangrass계 잡종과 귀리는 4회분시(240kg/ha)에서(조 등, 1998; 2001i) 사초수량이 증수되었다고 보고한 바 있다.

본 시험에서도 생초, 건물, 단백질 및 TDN 수량도 4회분시구에서 가장 증수되었으나, 분시횟수가 그 이상으로 많아지거나, 그 이하로 적어짐에 따라 사료수량성은 감소되었다.

다른 지역에서도 수단그래스에서(Edwards 등, 1971), 수수에서(Johnson 및 Cummins, 1967), 리드캐니그래스에서(Marten, 1985) 같은 양의 질소를 분시함에 따라 생초수량성이 증가되었다고 보고한 바 있다.

3) 사료가치 변화

질소분시 횡수에 따른 제주조의 조단백, 조지방, 조회분, 조섬유, 가용무질소물 및 TDN 함량을 조사한 결과는 표 43, 44, 45에서 보는 바와 같다.

(1) 조단백질 및 조지방 함량

조단백질 함량은 품종과 질소분시횡수간에 상호작용이 인정되었다. 공시품종 모두 질소분시횡수가 많아짐에 따라 증가하는 경향이었고, 모인조와 노란조간에는 2회에서 5회까지 질소분시횡수 증가에 따른 차이는 없었다. 반면 모인조와 검은조, 노란조와 검은조 간에는 유의한 차이가 있었다. 검은조 1회분시구에서 조단백질 함량이 9.4%로 가장 낮았으며 모인조 5회 분시구에서 14.2%로 가장 높았다.

Table 43. Crude protein and ether extract contents of forage for three Italian millet cultivars grown at five split N applications

No. of N applications	Crude protein (%)				Ether extract (%)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
1(200kg/ha)	10.6	9.9	9.4	10.0	1.5	1.5	1.5	1.5
2(100kg/ha)	12.0	11.8	11.0	11.6	1.7	1.6	1.7	1.6
3(66.7kg/ha)	12.9	12.9	11.6	12.5	1.7	1.7	1.7	1.7
4(50kg/ha)	13.9	13.9	12.7	13.5	1.8	1.8	1.8	1.8
5(40kg/ha)	14.2	14.1	13.0	13.7	1.9	1.8	1.9	1.9
Mean	12.7	12.5	11.6	12.3	1.7	1.7	1.7	1.7
LSD	(1)0.3	(2)0.2	(3)0.3	(4)0.4	(1)NS	(2)0.1	(3)NS	(4)NS

(1) Between cultivar means

(2) Between split N application means

(3) Between split N application means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different split N application means

질소분시횡수 평균 조지방함량은 1.7%로 품종간 유의한 차이가 없었으며, 품종평균 조지방함량은 질소분시 횡수가 많아짐에 따라 점차적으로 증가하여 5회분시구에서 1.9%로 가장 높았다.

(2) 조회분 및 조섬유 함량

질소분시횃수 평균 조회분 함량은 검은조가 8.7%로 가장 높았으며, 모인조와 노란조는 각각 8.5, 8.4%로 낮은 편이었다. 품종평균 조회분 함량은 1회분시구에서 9.0%로 높은 편이었으나, 분시횃수가 많아짐에 따라 점차 낮아져서 5회분시구에서는 8.3%로 낮아졌다.

조섬유함량은 품종과 질소분시횃수간에 유의한 상호작용이 있었다. 질소 2회분시구에서 품종에 관계없이 33.9%로 같았으나, 질소를 3회부터 5회까지 분시횃수를 증가시킴에 따라 모인조와 노란조, 모인조와 검은조간에는 유의한 차이가 있었다.

Table 44. Crude ash and crude fiber contents of forge for three Italian millet cultivars grown at five split N applications

No. of N applications	Crude ash (%)				Crude fiber (%)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
1(200kg/ha)	8.9	8.8	9.3	9.0	35.3	35.0	35.3	35.2
2(100kg/ha)	8.6	8.6	8.8	8.7	33.9	33.9	33.9	33.9
3(66.7kg/ha)	8.4	8.3	8.7	8.5	32.2	33.0	33.2	32.8
4(50kg/ha)	8.3	8.2	8.4	8.3	31.3	32.4	32.0	31.9
5(40kg/ha)	8.2	8.2	8.3	8.3	31.2	32.1	31.6	31.6
Mean	8.5	8.4	8.7	8.5	32.8	33.3	33.2	33.1
LSD	(1)0.2	(2)0.1	(3)NS	(4)NS	(1)0.4	(2)0.2	(3)0.4	(4)0.5

(1) Between cultivar means

(2) Between split N application means

(3) Between split N application means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different split N application means

(3) NFE 및 TDN 함량

가용성무질소물함량은 1회분시구에서 모인조와 노란조, 모인조와 검은조간에 유의한 차이가 있었으며, 3회분시구에서는 품종간에 유의한 차이는 없었다. 모인조는 4회분시구에서 44.6%로 가장 높았으나, 노란조와 검은조는 5회분시구에서 43.8, 45.2%로 가장 높았다.

Table 45. Nitrogen free extract(NFE) and total digestible nutrients(TDN) contents of forge for three Italian millet cultivars grown at five split N applications

No. of N applications	NFE (%)				TDN (%)			
	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean	Moinjo	Nolanjo	Geomeunjo	Mean
1(200kg/ha)	43.7	44.7	44.5	44.3	51.6	51.5	50.9	51.3
2(100kg/ha)	43.8	44.1	44.6	44.2	53.2	53.0	52.6	52.9
3(66.7kg/ha)	44.8	44.2	44.8	44.6	54.4	54.1	53.4	54.0
4(50kg/ha)	44.6	43.7	45.0	44.5	55.4	55.0	54.5	55.0
5(40kg/ha)	44.5	43.8	45.2	44.5	55.7	55.2	55.0	55.3
Mean	44.3	44.1	44.8	44.4	54.1	53.8	53.3	53.7
LSD	(1)0.4	(2)NS	(3)0.6	(4)0.7	(1)0.3	(2)0.2	(3)NS	(4)NS

(1) Between cultivar means

(2) Between split N application means

(3) Between split N application means for the same cultivar

(4) Between cultivar means for the same or different split N application means

질소분시횃수 평균 가소화양분총량은 모인조 54.1%, 노란조 53.8%, 검은조 53.3%의 순이었다. 품종평균 가소화양분총량은 질소분시횃수를 증가시키에 따라 51.3%에서 55.3%로 증가하는 경향이였다.

본 시험에서 질소분시횃수가 1회에서 5회로 많아짐에 따라 조단백, 조지방 및 TDN 함량은 증가되었으나, 이와는 반대로 조섬유와 조회분 함량은 질소시비 횃수가 많아짐에 따라 감소되는 경향이였다. 제주조 품종의 질소분시횃수가 많을수록 단백질 등이 증가된 것은 질소비료의 연속적인 공급에 의하여 제주조의 영양생장기간이 연장되었을 뿐만 아니라 질소성분 측정량이 많아졌기 때문이라고 생각되었다.

질소가 사료작물 생육에 미치는 생리작용은 단백질 합성에 중요한 역할을 하기 때문에 질소비료의 지속적인 공급은 세포 내용물질인 N성분을 증가시키는 것으로 알려져 있고 (Songin, 1985), 질소분시 횃수가 많아짐에 따라 단백질, 조지방 및 가용무질소물 함량은 증가되나 조섬유 및 조회분 함량이 낮아진다는 보고가 다른 화본과 사료작물에서도 보고된 바 있다(Reneau 등, 1983).

4) 형질간의 상관

질소분시횡수에 따른 제주조의 각 형질간 상관은 표 46에서 보는 바와 같다.

출수일수는 초장, 생초수량, 건물수량, 단백질수량, TDN수량, 조단백질, 조지방, TDN 함량 및 질소흡수량, 질소이용효율과 고도로 유의한 정의 상관을, 조희분, 조섬유 함량과는 유의한 부의 상관을 보였으며, 초장은 생초수량, 건물수량, 단백질수량, TDN수량, 조단백질, 조지방, TDN 함량 및 질소흡수량, 질소이용효율과는 고도로 유의한 정의 상관을, 조희분, 조섬유 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였다.

생초수량은 건물수량, 단백질수량, TDN수량, 조단백질, 조지방, 조희분, TDN 함량 및 질소흡수량, 질소이용효율과 고도로 유의한 정의 상관을, 조섬유함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였고, 건물수량은 단백질수량, TDN수량, 조단백질, 조지방, TDN 함량 및 질소흡수량, 질소이용효율과 고도로 유의한 정의 상관을, 조희분, 조섬유 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였다.

단백질수량은 TDN수량, 조단백질, 조지방, TDN 함량 및 질소흡수량, 질소이용효율과 고도로 유의한 정의 상관을, 조희분, 조섬유 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였으며, TDN수량은 조단백질, 조지방, TDN 함량 및 질소흡수량, 질소이용효율과 고도로 유의한 정의 상관을, 조희분, 조섬유 함량과는 유의한 부의 상관을 보였다.

조단백질함량은 조지방, TDN 함량 및 질소흡수량, 질소이용효율과 고도로 유의한 정의 상관을, 조희분, 조섬유 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였고, 조지방함량은 TDN 함량 및 질소흡수량, 질소이용효율과는 고도로 유의한 정의 상관을, 조희분, 조섬유 함량과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였다.

조희분함량은 조섬유함량과 고도로 유의한 정의 상관을, TDN함량 및 질소흡수량, 질소이용효율과는 유의한 부의 상관을 보였으며, 조섬유함량은 TDN함량 및 질소흡수량, 질소이용효율과는 고도로 유의한 부의 상관을 보였다. 질소흡수량은 질소이용효율과 고도로 유의한 정의 상관을 보였다.

Table 46. Correlation Coefficient between some agronomic characters of three Italian millet cultivars grown at five split N applications

Characteristic	Days to heading	Plant height	Fresh forage yield	Dry matter yield	Crude protein yield	TDN yield	Crude protein	Ether extract	Crude ash	Crude fiber	NFE	TDN	N uptake
Plant height	0.761***												
Fresh forage yield	0.721***	0.858***											
Dry matter yield	0.668***	0.826***	0.914***										
Crude protein yield	0.660***	0.830***	0.938***	0.956***									
TDN yield	0.678**	0.827***	0.933***	0.995***	0.978***								
Crude protein	0.582***	0.746***	0.877***	0.802***	0.939***	0.852***							
Ether extract	0.601***	0.529***	0.753***	0.697***	0.785***	0.751***	0.811***						
Crude ash	-0.461**	-0.693***	0.793***	-0.724***	-0.836***	-0.773***	-0.888***	-0.749***					
Crude fiber	-0.635***	-0.634***	-0.871***	-0.797***	-0.891***	-0.849***	-0.907***	-0.892***	0.820***				
NFE	0.150	-0.132	0.104	0.095	0.011	0.108	-0.087	0.250	-0.071	-0.327			
TDN	0.610***	0.703***	0.888***	0.812***	0.930***	0.865***	0.972***	0.895***	-0.911***	-0.969***	0.131		
N uptake	0.662***	0.831***	0.938***	0.956***	0.999***	0.978***	0.939***	0.786***	-0.835***	-0.891***	0.011	0.930***	
NUE	0.668***	0.826***	0.914***	1.000***	0.956***	0.995***	0.802***	0.697***	-0.724***	-0.797***	0.095	0.812***	0.956***

*, **, *** : Significant at 5, 1 and 0.1% probability levels, respectively.

V. 요약

본 연구는 제주도 지역에서 파종량, 파종기 및 질소시비에 따른 제주조의 사료수량성 및 조성분 변화를 구명하고자 모인조, 노란조, 검은조를 공시하여 2000년 4월 20일에서 2000년 8월 25일까지 수행하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

시험 1. 파종기에 따른 제주조의 생육반응, 수량성 및 사료가치 변화

이 시험은 제주지역에서 제주조 품종의 파종적기를 구명하기 위하여 2000년 4월 20일부터 5월 30일까지 파종기 이동(4월 20일, 5월 1일, 5월 10일, 5월 20일, 5월 30일)에 따른 생육반응, 수량성 및 사료가치를 분석하였다.

1) 파종기 평균 출수일수는 노란조가 81일로 가장 짧았고, 검은조 83일, 모인조 87일이었다. 품종평균 출수일수는 파종이 늦어짐에 따라 100일에서 67일로 단축되었다.

2) 파종기 이동에 따른 초장은 5월 1일 파종구에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 156, 141, 132cm로 가장 길었고, 그 이전의 파종과 그 이후의 파종에서는 점차적으로 짧아지는 경향을 보여 검은조 5월 30일 파종에서 86cm로 가장 짧았다.

3) 파종기 평균 경직경, 엽수는 모인조가 각각 0.65cm, 12.1개로 가장 우수하였으며, 절수, 엽장 및 엽폭 등의 반응은 공시품종 모두 5월 1일 파종에서 가장 우수하였다.

4) 생초수량, 건물수량, 단백질수량 및 TDN수량은 공시품종 모두 5월 1일 파종에서 가장 증수되었으나, 그 이전과 이후의 파종기에서는 점차 감소되어 5월 30일 파종에서 가장 낮은 수량성을 보였다. 품종중에는 모인조가 수량성이 높았으며, 검은조가 수량성이 낮은 편이었다.

5) 파종기 평균 조단백질, 조지방 및 TDN 함량은 품종간 유의한 차이가 없었으나, 파종

이 늦어짐에 따라 점차 증가되는 경향을 보였고, 조회분과 조섬유함량은 파종이 늦을수록 모든 품종이 감소하였다.

시험 2. 파종량에 따른 제주조의 생육반응, 수량성 및 사료가치 변화

이 시험은 제주지역에서 파종량 차이(6, 9, 12, 15, 18kg/ha)에 따른 제주조의 생육반응, 수량성 및 사료가치를 구명하기 위하여 2000년 5월 1일부터 8월 25일까지 수행하였다.

1) 파종량 평균 출수일수는 노란조가 91일로 가장 빨랐으며, 파종량을 증가시킬 경우 품종평균 출수일수는 91~97일로 길어지는 경향이였다.

2) 파종량 차이에 따른 초장은 12kg/ha 파종구에서 모인조, 노란조, 검은조 각각 156, 151, 148cm로 가장 길었고, 그 이하의 파종량과 이상의 파종량에서는 점차 짧아지는 경향을 보여 공시품종 모두 6kg/ha 파종구에서 가장 짧게 나타났다.

3) 품종평균 엽수와 질수는 파종량이 많아짐에 따라 점차 적어지는 경향이였다. 엽장은 모인조, 노란조, 검은조 각각 12kg/ha 파종구에서 가장 길었으나, 품종평균 엽폭은 파종량이 증가함에 따라 점차 좁아지는 경향이였다.

4) 품종평균 생초수량, 건물수량, 단백질수량 및 TDN수량은 12kg/ha 파종에서 각각 48.88, 15.49, 1.71 및 8.26MT/ha으로 가장 증수되었으나, 파종량이 그 이하로 감소하거나, 그 이상 증가되는 경우에는 사료수량성은 감소되는 경향이였다. 품종중에서는 모인조가 사료수량성이 가장 높았다.

5) 조단백질, 조지방 및 TDN 함량은 공시품종 모두 파종량이 많을수록 증가되는 경향이였으나, 조회분, 조섬유 함량은 감소되었다.

시험 3. 질소시비량 차이에 따른 제주조의 생육반응, 수량성 및 사료 가치 변화

본 시험은 제주지역에서 질소시비량 차이(0, 50, 100, 150, 200, 250kg/ha)에 따른 제주조

의 생육반응, 수량 및 사료가치를 구명하기 위하여 2000년 5월 1일부터 8월 25일까지 수행하였다.

1) 평균 출수일수는 노란조가 91일로 가장 빨랐으며, 모인조가 98일로 가장 늦었다. 품종 평균 출수일수는 92일에서 98일로 질소시비량이 증가할수록 출수기는 지연되었다.

2) 질소시비량 차이에 따른 초장은 공시품종 모두 질소시비량이 증가함에 따라 점차적으로 길어져 250kg/ha 시비구에서 가장 길었으나, 200kg/ha 시비구와는 유의한 차이는 없었으며, 질소시비량과 품종간 상호작용에 유의성이 있었다.

3) 엽수, 절수, 엽장 및 엽폭 등의 형질은 공시품종 모두 질소시비량이 증가할수록 우세하였으나, 200kg/ha 시비구와 250kg/ha 시비구간에는 유의한 차이가 없었다.

4) 생초, 건물, 단백질 및 TDN 수량은 질소시비량이 증가함에 따라 점차 증수되어 250kg/ha 시비구에서 각각 43.80, 12.96, 1.85, 7.20MT/ha로 증수하였으나, 200kg/ha 시비구와 250kg/ha 시비구간에는 유의한 차이가 없었다. 품종중에서는 모인조가 생초, 건물, 단백질 및 TDN 수량 각각 38.08, 12.58, 1.66 및 6.81MT/ha로 가장 증수되었다.

5) 질소흡수량은 공시품종 모두 질소시비량이 증가함에 따라 점차 증가하여 250kg/ha 시비구에서 모인조가 336.5kg/ha으로 높았으며, 질소이용효율은 질소흡수량과 반대의 경향으로 모인조 50kg/ha 시비구에서 69.4kg DM/kg N로 가장 높았으나, 노란조, 검은조 250kg/ha 시비구에서 각각 14.9, 15.2kg DM/kg N로 낮아졌다.

6) 질소시비량 차이에 따른 조단백질, 조지방 및 TDN 함량은 질소시비량이 증가됨에 따라 점차 증가되어 250kg/ha 시비구에서 공시품종 모두 증가되었으나, 조회분과 조섬유 함량은 질소시비량이 증가됨에 따라 점차 감소되는 경향이었다.

시험 4. 질소분시횡수에 따른 제주조의 생육반응, 수량성 및 사료가치 변화

본 시험은 제주지역에서 제주조의 적정 질소분시횡수를 구명하기 위하여 2000년 5월 1

일에 질소시비량을 200kg/ha로 고정하고 파종후 15일 간격으로 1~5회 분시하여 제주조의 생육반응, 수량 및 사료가치를 분석하였다.

1) 질소분시횟수 평균 출수일수는 노란조가 88일로 가장 빨랐고, 모인조가 95일로 가장 늦은 편이었다. 품종평균 출수일수는 88일에서 93일로 질소분시횟수가 많아짐에 따라 지연되었다.

2) 평균 초장은 모인조가 150cm로 가장 길었고, 검은조가 136cm로 가장 짧았다. 품종평균 초장은 분시횟수가 많아짐에 따라 점차 길어져 4회분시에서 149cm로 가장 길었으나, 5회분시구에서는 144cm로 짧아졌다.

3) 경직경, 엽수는 분시횟수가 많을수록 점차 증가하는 경향으로, 3회분시 이상에서는 유의성이 인정되지 않았으나, 품종과 질소분시횟수에 따른 상호작용이 인정되었다.

4) 생초수량, 건물수량, 단백질수량 및 TDN수량은 질소분시횟수가 많아질수록 점차 증가되어 공시품종 모두 4회분시에서 가장 높은 수량을 보였으며, 품종과 질소분시횟수간에 상호작용이 인정되었다.

5) 질소흡수량은 질소분시횟수가 많을수록 점차 증가하여 4회 분시구에서 310.7kg/ha로 가장 높았으나, 5회 분시구에서는 건물수량 감소로 인하여 278.6kg/ha으로 감소하였으며, 질소이용효율은 질소분시횟수가 많을수록 증가하는 경향으로 4회분시에서 가장 높았다.

6) 조단백질함량은 품종과 질소분시횟수간에 상호작용이 인정되어 공시품종 모두 질소분시횟수가 많을수록 증가하는 경향이었으며, 품종 평균 조지방, TDN 함량도 질소분시횟수가 많아짐에 따라 점차적으로 증가되는 경향이였다. 질소분시횟수 평균 조회분함량은 검은조가 8.7%로 가장 높았다.

인용문헌

- 安桂洙, 權炳善, 李正日. 1989. 飼草用 油菜의 生産性과 飼料價値에 關한 研究. IV. 播種期別刈取時期가 收量 및 營養價値에 미치는 影響. 韓作誌. 34(4):335~340.
- 安桂洙, 權炳善, 盧承均, 五斗一郎. 1989. 飼草用 油菜의 生産性과 粗成分에 關한 研究. I. 南部地域에 適應한 飼草用 油菜의 品種選拔. 韓畜誌. 31:179~191.
- Burg, P. F. J. Van. 1970. The seasonal response of grassland herbage to nitrogen. Neth. Nitrogen Tech. Bull. 8:59.
- Carberry, P.S. and L.C. Campbell. 1989. Temperature parameters useful for modeling the germination and emergence of pearl millet. Crop Sci. 20:220-223.
- 趙載英. 1986. 四訂 田作. 響文社. pp 158~197.
- 조남기, 부창훈, 강영길, 조영일. 2001a. 질소시비량이 청예피의 생육특성, 수량 및 조성분 변화. 동물자원지. 43(2):259-266.
- Cho, N.K., Jin, W.J., Kang, Y.K., Kang, B.K. and Park, Y.M. 1998. Effect of seeding rate on growth, yield and chemical composition of forage rape cultivars. Korean J. Crop Sci. 43(1):54-58.
- Cho, N.K., Jin, W.J., Kang, Y.K., Ko, M.R. and Park, Y.M. 1998a. Effect of nitrogen rate on growth, yield and chemical composition of forage rape cultivars. Korean J. Crops Sci. 43(2):66-70.
- 조남기, 강영길, 부창훈. 2001b. 질소분시가 청예피의 생육특성, 수량 및 조성분 함량에 미치는 영향. 동물자원지 43(2):253~258.
- 조남기, 강영길, 김인식, 조영일, 오은경. 2001c. 제주조의 재식밀도에 따른 주요형질, 사초 수량 및 조성분 변화. 한초지. 21(2):53~58.
- 조남기, 강영길, 송창길, 조영일, 정재수, 고미라, 오은경. 2002. 제주지역에서 질소분시 횡수에 따른 양마의 생육특성, 사료수량 및 조성분 변화. 한초지. 22(1):9~14.
- 조남기, 강영길, 송창길, 고동환, 조영일. 2003. 제주조의 질소분시 횡수에 따른 생육반응, 수량성 및 사료가치 변화. 한초지. 23(1):37~42.
- 조남기, 강영길, 송창길, 고동환, 조영일. 2003a. 제주조의 질소시비량 차이에 따른 생육반응, 수량성 및 사료가치 변화. 한초지. 23(2):71~76.

- 조남기, 강영길, 송창길, 고영순, 조영일. 2001d. 제주지역에서 파종기에 따른 청예피의 사료수량 및 조성분 변화. 한초지. 21(4):217~224.
- 조남기, 강영길, 송창길, 고영순, 조영일. 2001e. 제주지역에서 파종량 차이에 따른 청예피의 사료수량 및 조성분 변화. 한초지. 21(4):225~232.
- 조남기, 송창길, 조영일, 고지병. 2001f. 제주지역에서 질소시비량차이에 따른 양마의 생육 특성, 수량 및 조성분 변화. 한초지. 21(2):59-66.
- 조남기, 송창길, 강봉균, 조영일, 고지병. 2001g. 제주지역에서 재식밀도에 따른 양마의 생육특성, 수량 및 조성분 변화. 동물자원지. 43(5):755~762.
- 조남기, 송창길, 김인식, 조영일, 오은경. 2001h. 제주메조의 주당본수에 따른 주요형질, 사초수량 및 조성분 변화. 동물자원지. 43(6):967~972.
- 조남기, 송창길, 송승운, 조영일, 오은경. 2001i. 제주지역에서 질소분시에 따른 귀리의 생육 특성, 사초수량 및 조성분 변화. 동물자원지. 43(4):553~560.
- 조남기, 송창길, 송승운, 조영일, 오은경. 2001j. 제주지역에서 파종량 차이에 따른 귀리의 생육특성, 사초수량 및 조성분 변화. 동물자원지. 43(4):561~568.
- 趙南棋, 朴成垓, 姜榮吉, 宋昌吉. 1998. 窒素分施에 따른 Sudangrass系 雜種의 生育, 收量 및 飼料成分 變化. 제주대 아농연. 15:21~30.
- 趙南棋, 劉哲受. 1993. 窒素 施用量이 Sudan grass잡종의 주요 형질 및 사료가에 미치는 영향. 제주대 아농연. 10:29~40.
- 조남기, 유철수, 조은일. 1999. 질소분시에 따른 유채의 생육, 수량 및 조성분 변화. 제주대 환경연. 7:83~101.
- 최병한, 박근홍, 박종민. 1990. 진주조의 파종기이동에 따른 유효적산온도 및 수량성. 한작지. 35(2):102-125.
- 최병한, 박근용, 박래경. 1989. 시비량이 진주조의 생산성 및 품질에 미치는 영향. 한작지. 34(4):396~399.
- 최동윤, 이 중, 윤창범, 고종언, 양창범, 고서봉, 이희석. 1995. 제주지역 봄재배 귀리의 파종기별 생육특성 및 사초생산성. 농업논문집. 37(1):481~486.
- 崔瑩蓀, 李浩鎭. 1985. 畚裏作 大麥·胡麥의 播種期, 施肥量 및 刈取方法이 靑刈收量과 品質에 미치는 影響. 韓作誌. 30(3):340~346.
- Davis, R.R. 1969. Nutrition and Fertilizers in turf grass science, ASA. p.130-132.(1976. Cited by Chung, Y.K.)
- Edwards, N. C., H. A. Fribourg and M.J. Montgomery. 1971. Cutting sorghum-sudangrass

- cultivar Sudax SX-11. *Agron. J.* 63:261~271.
- Escalada, R. G., and D. L. Plucknett. 1975. Ratton cropping of sorghum.: I. origin time of appearance and rate of tillers. *Agron. J.* 67:473~478.
- Grogan, C. O., M. S. Zuber, D. C. Peters, and H. E. Brown. 1959. Date of planting studies with corn. *Mo. Agr. Expt. Sta. Bul.* 706.
- 한건준, 김동암. 1992. 파종량 및 질소시비수준이 봄 연맥의 생육특성, 사료가치 및 사초수량에 미치는 영향. *한초지*. 12(1):59-66.
- 한인규, 김동암, 조무한, 한건준. 1995. 최대 청예사료 생산을 위한 수단그라스계 잡종호밀 2모작 작부체계에서의 적정파종량 및 질소시비수준. *한축지*. 37(6):661~668.
- Han, I.K., S.H. Park and K.I. Kim. 1971a. Studies on the Nutritive Values of the Native grasses and Legumes in Korea. II. Location and family differences in chemical compositions of some Korean native herbage plants. *Korean J. Anim. Sci.* 13(2):107-115.
- Han, I.K., S.H. Park, Y.S. Lee, K.I. Kim and B.H. Ahn. 1971b. Studies on the Nutritive Values of the Native grasses and Legumes in Korea. I. Seasopal changes in chemical composition of some Korean native herbage plants *Korean J. Anim. Sci.* 13(1):3-16.
- 黃種珍, 成炳列, 延圭復, 安完植, 李鍾誤, 鄭圭鎔, 金泳相. 1985. 飼料用 麥類 品種의刈取時期別 靑刈 및 建物收量과 營養價 比較. *韓作誌*. 30(3):301~309.
- Harangozo, A. and K. Horango. 1985. Effect of various fertilizer applications on growth in green toddler reepees grown as catch crops. *Herb. Abst.* 55(2):233.
- Harms, C. L., and B. B. Tucker. 1973. Influence of nitrogen fertilization and other factor on yield, prussic acid, nitrate, and total nitrogen concentration of sudangrass cultivars. *Agron. J.* 65:21~26.
- 전병태, 이상무, 신동운, 문상호, 김운식. 1992. 파종량과 재식양식이 수수-수단그라스계 잡종의 생육특성, 건물수량 및 사료가치에 미치는 영향. *한초지*. 12(1):49~58.
- Johnson, B. J., and D. G. Cummins. 1967. Influence of rate and time of nitrogen application on forge production of sorghum for silage. *Georgia Agr. Res.* 9:7~8
- Jung, G. A., R. E. Kocher and A. Glica. 1984. Minimum-tillage forge turnip and rape production on hill and as influenced by sod suppression and fertilizer. *Agron. J.* 76:404~408.

- 강동주. 1988. 남부지방에서 맥류재배조건이 월동전 청예 및 종실수량에 미치는 영향. 경상대학교 박사학위논문.
- 강광희, 유황욱. 1987. 호밀 통·만파시 종자성숙정도 및 파종량이 청예와 종실수량에 미치는 영향. 한작지. 22(3):287~293.
- 김창호, 채제천. 1991. 파종량이 답리작 호밀의 수량과 사료가치에 미치는 영향. 한작지. 36(6):513~520.
- 金昌護, 蔡濟天. 1994. 播種期와 刈取時期가 畜裏作 호밀의 飼料價値에 미치는 影響. 韓作誌. 39(6):519~525.
- 金昌柱, 金炳完. 1991. 大關嶺地域에 있어서 酪農家를 爲한 靑刈用 飼草生産에 關한 研究. III. 飼草用 油菜에 對한 窒素 및 石灰施用에 關한 試驗. 韓畜誌. 33(5):399.
- 김동암, 성경일, 권찬호. 1986. 파종기와 파종량이 사초용 호밀의 생육특성, 월동성 및 건물수량에 미치는 영향. 한초지. 6(3):164~168.
- 김원호, 서 성, 정광화, 최순호, 김맹중, 이성철. 1999. 중산간지에서 춘계 파종 및 수확시기 가 연맥의 생육특성, 사초수량 및 사료가치에 미치는 영향. 한축지. 41(2):215~220.
- 고영주, 문영식, 곽종영. 1986. 호맥의 생육시기별 수량 및 성분변화. 한초지. 6(1):19~23.
- 權炳善, 金祥坤, 安桂洙. 1990. 油菜 品種의 播種量 反應. 順天大 農科大學研究. 4:65~71.
- 이흥석. 1983. 전작. 방송통신대학. pp.147~158.
- 李錫淳, 朴贊浩, 張永東. 1985. Triticale과 호밀의 靑刈飼料 生産性. 韓作誌. 30(4):388~397.
- 이석순, 박근용, 정승근. 1981. 파종기가 종실 및 사일리지 옥수수의 생육기간 및 수량에 미치는 영향. 한작지. 26:337~343.
- 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.
- 孟元在, 崔 一, 金大鎮, 金井一, 高永杜, 張文伯, 南基烘, 李 垠, 鄭淳永. 1998. 飼料資源學. 清雅文化史. pp.194~237.
- 맹원재, 윤광로, 신형태, 김대진. 1987. 사료분석실험. 선진문화사. pp.125~176.
- Masaoka, Y.K. and N.B. Takano. 1980. Studies on the Digestibility of Forage Crops. I. Effect of plant density on the feeding value of a sorghum-sudangrass hybrid. J. Japan Grass. Sci. 26(2):179-184.
- Murphy, L.S. and Smith, G.E. 1967. Nitrate accumulation in forage crop. J. 59:171-174.
- 오명협. 1999. 남제주군 작목별 토양 화학성 특성 비교. 밭토양 세부정밀조사 및 검정사업 연찬회. 162~169.

- 朴贊浩, 李種烈, 金東岩. 1991. 最新 飼料·綠肥作物學. 鄉文社.pp 254~257.
- 박상구, 이석순, 이종훈, 이광석, 최대웅, 이차수, 최원필. 1990. 질소소비량 및 과종량에 따른 호밀과 Triticale의 청예사료 생산성. 농시론문집(전·특작편). 32(1):15~23.
- 박형수, 김동암, 김종덕. 1999. 호밀의 사초특성, 수량 및 품질에 미치는 영향. 한초지. 19(2):105~114.
- 박호기, 김영두, 서석기, 좌재석, 채제석, 김종태, 신만균. 1988. 재배환경에 따른 청예용 수수의 생산성에 관한 연구. 1. 과종기 이동이 수수의 생육, 건물축적 및 성분함량에 미치는 영향. 農施論文集. 30(1):54~62.
- 朴良門, 趙南棋, 金聖培. 1996. 窒素施用이 在來옥수수 生育 및 種實收量에 미치는 影響. 제주대 아농연. 13:13~19.
- Patras, J. and Pinzariu, D. 1983. Doubling cropping ensures a very economical forage reserve. Herb. Abst. 53(2):714.
- Reneacu, R. B., G. D. Jones, and J. B. Friedricks. 1983. Effect of P and K on yield and chemical composition of forage sorghum. Agron J. 75:5~8.
- 서성, 조무환, 이효원. 1995. Reed canarygrass 초지의 관리 및 이용에 관한 연구. IV. 질소 소비수준이 'pilatton' reed canarygrass의 건물생산과 사료가치에 미치는 영향. 한초지 15(2):118~123.
- Schadlich, F. 1986. Effect of sowing date and rate camposan on culm stability of winter rye. Field Crop Abs. 39(11):955.
- Sheldrick, R.D., Fenlon, J.S. and Lavender, R.H. 1981a. Variation in forage yield and quality of three curciterous catch crops ground in Southern England. Grass and Forage Sci. 36:179-187.
- Sheldrick, R.D. and Lavender, R.H. 1981b. A comparison of a hybrid stubble turnip(LV. Appon) with other cruciferous catch crop for lamb fattening. I. Intial evaluation for dry matter yield and forage quality. Grass and Forage Sci. 36:281-289.
- 손창기, 박상구, 최부술. 1997. 단수수 과종기별 적정 예취 횟수와 예취수량. 축산논문집. 39(2):63-67.
- 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.
- Stallcup, O. T., C. U. Davis, and C. A. Ward. 1964. Factors influencing the nutritive

- value of forages utilized by cattle, Arkansas. Agr. Exp. Sta. Bull. p 684.
- Tasuke Yasue and Yauso Kawase. 1975. Studies on the cultivation of Japanese barnyard millet(*Echinochloa utilis* OHWI et YABUNO) as soiling crop. 1. Seed germination and seedling growth under various environmental condition. J. Japan Grass. Sci. 21(1):34-41.
- Timirgaziu, C. 1983. Establishment of some measures for forage rape technology on the Modavian forage step. Herb. Abst. 53(9):3934.
- Toxopeus, H., and J. G. Boonman. 1983. Forage rape and stubble turnips, oilseed radish and white mustard Zaadbelangen. 37:36~39.
- Trung, B.C. and S.K. Yoshida. 1985. Influence of Planting Density on the Nitrogen and Grain Productivity on Mungbean. Japan. J. Crop Sci. 54(3):266-272.
- Vetter, H., and K. Fruchtenicht. 1972. Besonderheiten der Harnstoff-dungung. KaliBriefe. 11 Fachgeb. 8. 3. Folge:9.
- 윤용범, 정순영, 이주심. 1994. 파종시기가 Pearl millet의 수량 및 사료가치에 미치는 영향. 한초지. 14(2):125~131.
- 윤승길, A. Ataku, K. 1998. 파종기 및 질소시비량이 도입 Triticale의 수량 및 사료가치에 미치는 영향. 한초지. 14(2):125~131.

감사의 마음

본 연구를 수행하고, 논문이 완성되기까지 시종 아낌없는 사랑과 지도로 이끌어 주신 조남기 지도교수님께 마음 깊이 감사드립니다. 정년을 눈앞에 두고 계신 교수님께 부끄러운 제자가 되거나 않을까 걱정이 앞섭니다.

그리고 본 논문의 심사위원장을 맡아 세심하게 논문심사를 이끌어주신 강영길 교수님과 부위원장을 맡아주신 송창길 교수님, 깊은 관심을 가지시고 논문의 심사를 맡아 지도해주신 전용철 교수님과 박양문 명예교수님께도 머리 숙여 깊은 감사의 마음을 드립니다.

항상 믿음과 관심을 가지시고 지도 조언하여 주신 고영우 교수님, 권오균 명예교수님, 오현도 명예교수님, 김한림 명예교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

본 연구와 논문을 무사히 마칠 수 있도록 도와주신 강봉균 박사님, 신양문 선생님, 후배인 고지병 조교선생과 연구자료와 원고정리 및 논문을 마치는데 있어 많은 도움을 준 박사과정에 있는 고미라, 박성준 후배님에게도 이 지면이나마 통해서 감사의 마음을 전합니다. 그리고 늘 지켜보며 격려를 해준 대학원 선·후배 및 친구, 동료들에게도 다시 한번 감사의 마음을 전합니다.

오늘이 있기까지 자식하나 잘 되기를 늘 기원과 염려로서 보살피 주신 아버님과 어머니님, 그리고 형제(경희, 재우), 친족 분들과 많은 관심으로 보아주신 장모님을 비롯한 처가 식구들에게도 감사를 드립니다.

항상 곁에서 힘이 되어주고 격려하며 응원을 해준 아내 조은주, 딸 소연이, 아들 민성이에게 사랑한다는 말과 함께 부끄럽고 창피하지 않은 떳떳한 남편과 아빠로서 이 세상을 살아가겠다고 다짐을 하면서 이 논문을 바칩니다.

사랑한다.