

窒素施肥에 대한 Sudangrass의 生育 및 收量反應과 窒素利用性

尹 進 - 李 浩 鎮*

Effect of Nitrogen Fertilization on Growth, Forage Yield and Nitrogen Use of Sudangrass

Yun, J. I. and H. J. Lee*

ABSTRACT

Field experiments of nitrogen application (0, 100, 200, 400, 800 kg N/ha year) were carried out to study the nitrogen response of Sudangrass at College Farm, Seoul National Univ., in 1979 and 1980.

Dry matter yield and leaf area index increased up to 400 kg N/ha in 1979 and 800 kg N/ha in 1980. The forage yield of 1980 was less than that of 1979, due to the extraordinarily low temperature and the decreased solar radiation during summer. Total nitrogen contents in forage increased with nitrogen application, but maximum contents were found either 400 or 800 kg N levels depend on each cutting stages. Nitrate nitrogen content in forage exceeded over 2000 ppm at 800 kg N application. Overall percentages of N recovery were below 50% with average 34%.

Net assimilation rate and nitrogen use efficiency of Sudangrass were improved in higher temperature and more sunlight condition during regrowth period.

緒 言

夏季飼料作物들은 대부분 高温多照의 環境條件에 適應하는 C₄ 作物로 알려져 있으며^{2,4,12)} 그중 수수屬 식물인 sudangrass(*Sorghum bicolor* (L.) Moench)는 收量性이 높을 뿐 아니라 再生力도 良好하여, 우리나라의 草地農業에서도 栽培面積의 擴大가 기대되고 있는 重要한 飼料作物이다. 특히 窒素施肥에 의한 增收效果가 현저하여, 외국의 경우 灌溉栽培時 27ton/ha의 乾草生産이 기록되었고⁵⁾, 우리나라에서도 제주지방에서 試驗栽培하여 乾草收量에서 有望한 結果를 얻었다.¹⁶⁾ 그런 반면 栽培 및 家畜에의 給與時 問題點도 많아, 施用된 窒素肥料의 回收率이 낮

고¹³⁾ 施肥量 增加에 따른 nitrate 및 靑酸配糖體의 集積은 반추가축의 中毒위험을 초래할 가능성이 있어^{6,8)} 擴大栽培時 窒素肥料의 施用에 관심을 가질 필요가 있다.

本研究은 圃場狀態에서 窒素施肥量 增加에 따른 sudangrass의 生長反應을 究明하고 施用된 窒素肥料의 利用 및 不良氣象條件에서의 nitrate 集積에 관한 情報를 얻기 위하여 실시하였다.

材料 및 方法

Sudangrass 品種 'Piper' sudan을 1979년 4월 18일 및 이듬해 4월 25일 播種량 50 kg/ha 수준으로 서울大 農大 實驗農場에 40cm 간격 條播하였

* 서울大學校 農科大學 農學科

* Department of Agronomy, Seoul National Univ., Suweon 170, Korea

다. 基肥로서 溶過燐(P_2O_5 20%)과 鹽化加里를 年間 各 成分量 200 kg/ha씩 播種 前에 施肥했으며, 處理로서 窒素成分量 100, 200, 400 및 800 kg/ha 水準의 尿素를 播種時 基肥로 50%, 매 刈取後 25%씩 分施하였다. 收穫은 刈取 높이 20cm로 서 두 해 모두 3회씩 實施하였다. 刈取는 200 kg · N/ha · year 處理區의 平均草長이 1m 정도에 달했을 때 施行하였는데, 1次 刈取는 1979年에 6월 20일, 1980年에는 6월 28일이었고 마지막 刈取의 경우 1979年에 8월 24일이었으나 1980年에는 9월 11일로 지연되었다.

生長分析用 試料採取를 위해 各 試驗區를 두 개의 細區로 나누고 刈取直後의 lag phase를 피하기 위해 매 刈取後 5~10일 경과할 무렵 細區中 하나에서 刈取를 실시하여 이를 基本生長量으로 삼고, 다른 細區는 계속 再生시켜 다음번 刈取期에 刈取하여 이값에서 基本生長量을 뺀 값을 純生長量으로 삼았다.¹⁴⁾ 試料는 細區當 30cm 길이로 3反復 추출하여 混合했으며 즉시 LI 3000 portable area meter (Lambda Instrument Co., Lincoln, NE., USA)로 葉面積을 測定하였고 80°C 送風乾燥器에서 48時間 乾燥시켜 乾物重을 구했다. 葉面積指數(LAI), 平均純同化率(NAR), 平均作物生長速度(CGR) 등은 Radford¹⁰⁾ 및 吉田¹⁵⁾의 方法에 의해 계산했으며, 飼草內의 全窒素含量은 Micro Kjeldahl 方法으로, NO_3^- -N 含量은 Orion 93-07 Nitrate electrode 와 Orion 901 Ionalyzer (Orion Research Inc., Cambridge, MA., USA)를 사용하여 測定하였다. 實驗前 圃場의 土壤成分 分析結果는 다음과 같았으며, 土壤酸度 調整을 위해 1979年 3月 1,000 kg/ha 水準의 農用石灰을 施用, 作土層과 混合하였다.

Soil characteristics of experimental field.

pH (1:5)	C. E. C. (me/ 100g)	P_2O_5 (ppm)	Exchangeable cations (me/100g)				O. M. (%)
			K	Ca	Mg	Na	
5.2	8.5	46	0.7	5.1	2.2	0.4	1.5

結果 및 考察

1. 乾物收量과 葉面積

乾物收量은 窒素施肥量의 增加에 따라 현저하게 增加하였는데 1979年에는 400kg · N/ha · year 수준 이 상에서 有意的인 收量增加가 없었지만 1980年에는

계속 增加하여 거의 13ton/ha의 最大收量에 달했다 (그림 1). 刈取期別로는 두번째 刈取期인 1979年 7月 26日과 1980年 8月 8日에 가장 많았으며 첫번째와 마지막 刈取收量은 비슷하였다.

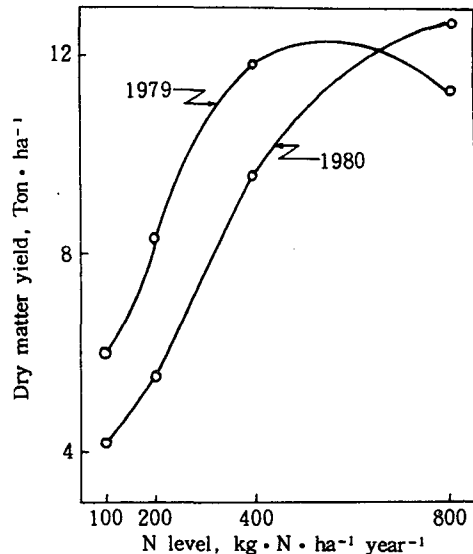


Fig. 1. The total forage production of sudangrass forage as influenced by nitrogen application in 1979 and 1980.

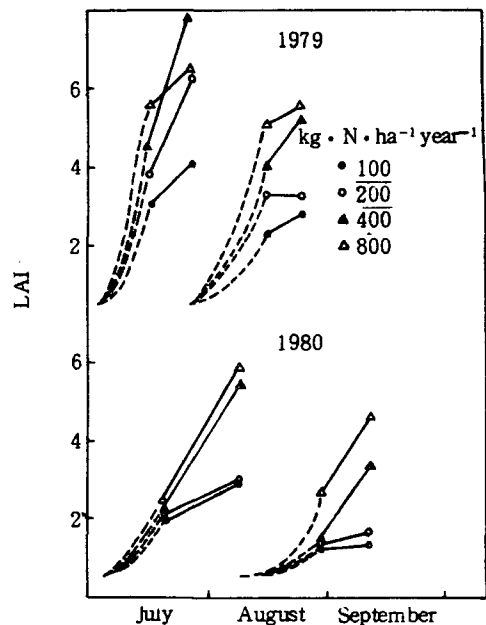


Fig. 2. Effect of applied N on the leaf area index of sudangrass in 1979 and 1980.

窒素增施에 따라 sudangrass의 葉面積도 뚜렷한 增加樣相을 보였는데 1980년에는 400 및 800 kg·N 수준에서 현저한 반면, 100 및 200 kg·N 수준에서는 뚜렷하지 않았다. 1979년에는 800kg·N 수준에서 增加速度가 감소하여 이 作物의 窒素施肥에 대한 葉面積增大 能力의 限界라고 생각되었으나 1980년에는 그러한 경향을 볼 수 없었다(그림 2).

'Piper' sudan의 作物生長速度는 葉面積增加에 따라 직선적으로 增加하는 경향이었고 1979년에는 800 kg·N 수준에서 둔화되었고 最終乾物收量도 더 이상 增加하지 못했다(그림 3).

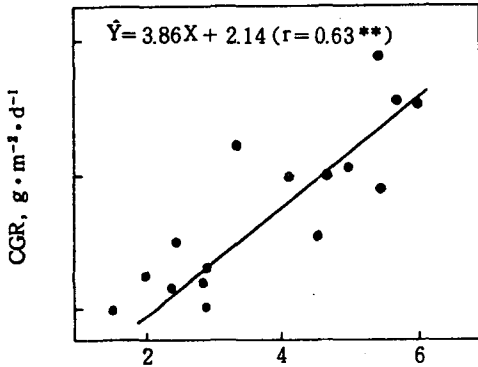


Fig. 3. Regression of crop growth rate on the leaf area index of sudangrass.

2. 窒素利用性

作物體內的 全窒素含量은 增施에 따라 增加하는 경향을 보였지만 增加幅이 크지 않았으며 오히려 刈取期別로 그 變異가 더욱 심했다. 1979년에는 後期刈取일수록 그 含量이 낮았으나 1980년에는 뚜렷한 경향이 없었다(표 1).

반추가축의 증독위험을 내포하는 作物體內的 nitrate 集積은 氣象條件과 연관이 깊으므로⁹⁾ 日射量이 예년에 비해 부족하였고 氣溫이 낮았던 1980年 여름의 氣象條件에 유의하여 飼草內 NO₃⁻-N 含量을 측정할 바 400 kg·N 수준까지는 예취기별로 300 ~ 500 ppm의 安定된 값을 보였으나 800kg·N 수준에서는 현저히 증가하였으며 특히 後期 刈取일수록 그 증가폭이 커서 3次 刈取期에는 家畜의 증독위험치인 1,500 ppm¹¹⁾을 훨씬 초과하였다(표 2).

施肥量을 근거로 하여 土壤殘留, 溶脫 및 流失分을 제외한 地上部 飼草內的 窒素回收率을 구한 결과

Table 1. Total nitrogen concentration of sudangrass forage as influenced by applied N at each cutting in 1979 and 1980.

N level, kg · ha ⁻¹ · year ⁻¹	N concentration in forage, % of dried tissue					
	1979 cutting			1980 cutting		
	1	2	3	1	2	3
100	1.35 a	0.95 a	0.63 a	1.59 b	0.61 a	1.51 a
200	2.17 b	1.72 b	0.81 ab	1.22 a	0.68 a	1.66 b
400	2.38 c	2.04 c	1.17 b	1.36 ab	0.90 b	1.97 c
800	2.18 d	1.82 d	1.79 c	1.81 c	1.51 c	2.04 c

* Means with the same letter in each column are not significantly different at the 0.05 level using Duncan's multiple range tests.

Table 2. Nitrate concentration of sudangrass forage as influenced by applied N at each cutting in 1980.

N level, kg · ha ⁻¹ · year ⁻¹	NO ₃ ⁻ -N conc. in forage, ppm		
	Cutting		
	1	2	3
0	414	480	484
100	586	421	428
200	423	303	457
400	430	355	839
800	757	1,240	2,570*

* assumed to exceed the safe level (1,500 ppm) for ruminants.

1979년에는 200kg·N 수준의 54.7%가 최대였으며 800 kg·N 수준의 23.9%가 최저였다. 그러나 施肥水準間 變異가 커지 않았던 1980년에는 多肥水準에서 오히려 높은 回收率을 보였다(그림 4A). Ardakani 등¹⁾은 sudangrass의 체내 nitrate 흡수에 대한 실험을 통해 體內 全窒素 增施用된 肥料에서 由來된 것은 50% 정도에 불과했음을 보고했는데 本實驗에서 얻어진 값은 平均 33.7%로서 이같이 낮은 回收率은 주로 토양의 水分 Potential이 높을 때 窒素 肥料를 分施할 경우 溶脫에 의한 손실 때문이므로^{1,3)} 우리나라와 같이 生育期間中 降雨가 集中되는 環境에서 栽培上 큰 문제점이 될 수 있다.

단위면적당 粗蛋白生産量은 增施에 따라 收量反應과 비슷한 경향을 보였으나(그림 4B), 단위시비량당 粗蛋白收量과 乾物收量은 모두 增施에 따라 감소하였다(그림 4C, 4D).

3. 氣溫 및 日射量의 影響

Sudangrass의 乾草收量은 再生期間 동안의 溫度와

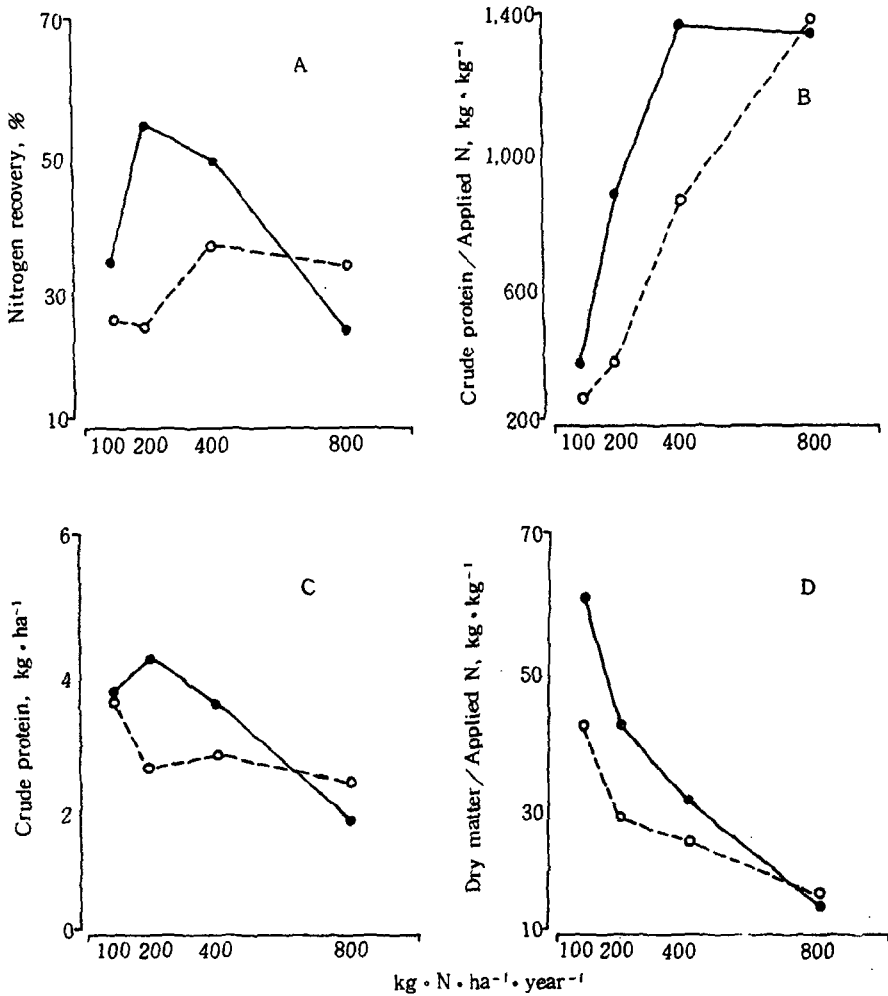


Fig. 4. Percent nitrogen recovery (A), crude protein gain (B), crude protein gain per applied N (C), and dry matter yield per applied N (D) by sudangrass forage in 1979 (●-●) and 1980 (○-○)

光의 영향을 많이 받는데 이것은 光合成에 의한 物質 生産代謝와 呼吸으로 인한 物質의 소모가 함께 관련 되기 때문이다. 同化物質의 生産의 한 尺度로서 各再生期別로 葉의 純同化速度(NAR)을 換算하고 당시의 日平均溫度 및 日平均日射量과의 관계를 구하여 보았을 때 20℃부터 氣溫이 상승할수록 NAR은 증가하였고 日射量 역시 多照일수록 NAR이 증가되어 우리나라에서 sudangrass 生育期間 동안 同化物質의 生産은 高温과 多照 條件일수록 유리한 것으로 나타났다(그림 5).

C₄ pathway를 갖고 있는 sudangrass가 生育適溫

이 30℃ 내외이며 光飽和點 역시 높은 것으로 알려져 있어 1980年 같은 冷夏條件에서는 본래의 生育特性이 제대로 發現되지 못하였음은 당연하였다. 氣象條件에 따른 식물체의 炭素代謝와 窒素代謝의 관계를 본실험 결과들로서 해석할 때 炭素同化에 유리한 기상조건이었던 1979年 1次 및 2次刈取時 N施用量 400 kg에서 이미 飼草내의 N함량이 2% 이상에 도달하였으나 1980年은 모든刈取期에서 800 kg까지 N함량이 계속 증가하였으나 그 최고치가 1.8~2.0%에 머무르고 있었다. 아울러 sudangrass 乾草收量이나 粗蛋白收量 역시 동일한 양상을 보여주었

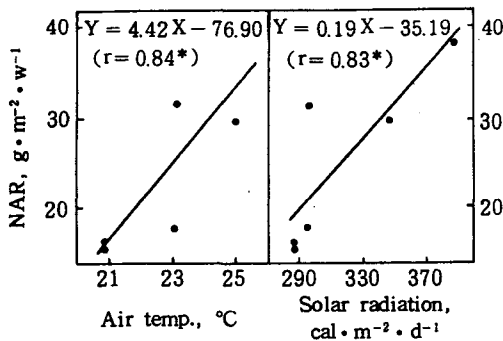


Fig. 5. Regressions of the mean net assimilation rate (NAR) of sudangrass on the daily mean air temperature and solar radiation during each growth period in 1979 and 1980.

고 단위 N施用量當 乾物生産量은 '79年이 높게 나타나 sudangrass는 高温, 多照의 條件下에서 窒素施用의 效果가 높았고 同化生産性을 향상시켰다.

摘 要

窒素施肥에 대한 sudangrass의 生長 및 收量反應과 窒素利用性에 관한 情報를 얻기 위해 서울대 농대 실험농장에서 品種 'Piper' sudan을 파종하고 年間 100, 200, 400, 800 kg/ha 수준의 窒素肥料를 施用하여 1979年과 1980年에 反復實驗을 실시한 바 다음의 結果를 얻었다.

1. 窒素増施에 의한 葉面積과 乾物重은 1979年 400 kg·N/ha·year, 1980年 800 kg·N/ha·year 수준까지 계속 증가하였으며 低温과 日射量의 不足으로 1980年の 乾物收量은 1979년에 비하여 대체로 낮았다.

2. 葉面積指數(LAI)가 증가함에 따라 作物生長速度(CGR)은 正의 直線回歸를 보였다.

3. 窒素의 増施에 따라 體內 全窒素含量은 증가하는 경향이었으나 各再生期別로 最高水準은 달랐으며 全窒素含量은 차이가 크게 났다. 아울러 NO_3^- -N 含量은 800 kg·N/ha·year 수준에서 급격히 증가하여 증독을 유발하는 위험수준을 초과하였다.

4. 地上部 植物體에 의한 窒素回收率은 평균 34%에 불과하였고 施肥水準에 따른 경향은 명백하지 않았다.

5. Sudangrass는 高温·多照 條件에서 純同化速度(NAR)가 증가되었고 단위窒素施用量當 乾物生産량

으로 표시된 窒素施用 效率은 향상되었다.

引 用 文 獻

1. Ardakani, M. S., H. Fluker, and A. D. McLaren (1977) Rates of nitrate uptake with sudangrass and microbial reduction in a field. *Soil Sci. Amer. Proc.* 41:751-757.
2. Ashley, D. A., O. L. Bennett, B. D. Doss, and C. F. Scarsbrook(1965) Effect of nitrogen rate and irrigation on yield and residual nitrogen recovery by warm-season grasses. *Agron. J.* 57: 370-372.
3. Bauder, J. W. and R. P. Schneider(1979) Nitrate-Nitrogen leaching following urea fertilization and irrigation. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 43:348-352.
4. Beaty, E. R., J. D. Powell, R. H. Brown, and W. J. Ethredge(1963) Effect of nitrogen rate and clipping frequency of yield of pensacola Bahiagrass *Agron. J.* 44:3-4.
5. Doss, B. D., D. A. Ashley, O. L. Bennet, R. M. Patterson and L. E. Ensminger(1964) Yield, nitrogen content and water use of 'Sart' sorghum. *Agron. J.* 56:689-692.
6. Gillingham, J. T., M. M. Shirer, J. J. Starnes, N. R. Page, and E. F. McClain(1969) Relative occurrence of toxic concentrations of cyanide and nitrate in varieties of sudangrass and sorghum-sudangrass hybrids. *Agron. J.* 61:727-730.
7. Lawlor, D. W.(1979) Effects of water and heat stress on carbon metabolism of plants with C_3 and C_4 photosynthesis. *in Stress Physiology in Crop Plants* pp. 304-326. Academic Press.
8. Murphy, L. S. and G. E. Smith(1967) Nitrate accumulations in forage crops. *Agron. J.* 59: 171-174.
9. Phipps, R. H.(1975) The effects on dairy cows of grazing pasture containing high levels of nitrate-nitrogen. *J. Br. Grassland Soc.* 30: 45-49.
10. Radford, P. J.(1967) Growth analysis formulae-their use and abuse. *Crop Sci.* 7:171-175.
11. Ryan, M., W. F. Wedin, and W. B. Bryan(1972)

- Nitrate-N levels of perennial grasses as affected by time and level of nitrogen application. *Agron. J.* 64:165-168.
12. Scarsbrook, C. E.(1970) Regression of nitrogen uptake on nitrogen added from four sources applied to grass. *Agron. J.* 62:618-620.
 13. Westerman, R. L., L. T. Kurtz, and R. D. Hauck(1972) Recovery of ^{15}N -labeled fertilizers in field experiments. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 36:82-86.
 14. Wilhelm, W. W., and C. J. Nelson(1978) Growth analysis of tall fescue genotypes differing in yield and leaf photosynthesis. *Crop Sci.* 18: 951-954.
 15. 吉田重治(1976) 草地の生態と生産技術. 養賢堂. pp. 82~99.
 16. 농촌진흥청, 제주시험장(1977) 시험연구보고서. pp. 50~57.