

窒素施肥에 대한 Orchardgrass의 生育 및 收量反應과 窒素利用性

尹 進 一 · 李 浩 鎮*

Effect of Nitrogen Fertilization on Growth, Dry Matter Yield and Nitrogen Use of Orchardgrass

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

ABSTRACT

Field experiment with 0, 100, 200, 400, and 800 kg-N/ha-year application levels was carried out to study the nitrogen response in the early stage of orchardgrass pasture establishment at College Farm, SNU, in 1979 and 1980.

Both the highest dry matter yield and maximum percent of N recovery were obtained at the same level of 200 kg-N/ha in the year of seeding, but those of the next year were obtained at 400 kg-N/ha level. Leaf area indices (LAI) and net assimilation rates (NAR) during each regrowth periods as well as total nitrogen contents of forage at each cutting time increased with applied N in both years. The maximum crop growth rate (CGR) over two years was estimated to be obtained when LAI reached to about 5. The accumulation of NO₃-N in forage started from 400kg · N/ha application in 1980, and exceeded the safe level for ruminants at the level of 800 kg · N/ha.

緒 言

禾本科 飼料作物의 生育과 收量은 窒素의 施用에 대하여 민감한 反應을 나타내며, 草地의 生産性 增大를 위해서 窒素施用은 必須的이다.

Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.)는 草地農業에서 큰 비중을 차지하는 草種으로서 窒素施肥 反應에 대하여 많은 研究結果가 보고되어 왔다. 國외의 경우 播種後 經過年數에 따라 適正施用量이 달라졌다는 보고^{3,7)}가 있으며, 施用된 窒素肥料의 殘留效果도 인정되었다.^{4,16,18)} 또한 造成이 잘 된 경우 施用된 窒素肥料의 溶脫은 거의 문제되지 않으나 多雨地域이나 降雨量이 雨季에 集中되는 곳에서는 流失이 일어난다고 하였다.⁹⁾ 대부분의 作物은 施用된 窒素

肥料의 60% 미만을 利用할 뿐인데⁹⁾ orchardgrass와 같은 永年草地의 경우 이보다 높은 것으로 알려져 있다.^{8,13)} 窒素施肥는 飼草內의 粗蛋白質含量 및 NO₃-N 농도에 영향을 주며 가축에의 給與時 문제점이 되기도 한다.¹²⁾ 飼料作物의 窒素施肥 反應에 대하여 國內에서도 꾸준한 研究結果가 보고되어 왔으나 대부분의 경우 野草地의 生産性 增大나^{22,23)} 導入收草의 收量比較試驗²⁴⁾, 그리고 混播草地의 造成 및 植生變異에 관한 것²⁵⁾이고 窒素施肥에 따른 草種別 生育反應을 본격적으로 다룬 研究는 希少하다.

本研究은 우리나라 草地의 禾本科 主要草種인 orchardgrass를 栽培하여 草地造成 初期의 窒素反應을 究明하고 이에 따른 收量影響要因 상호간의 關係를 分析하여 窒素利用性에 관한 基礎資料를 얻기 위하여 實施하였다.

* 서울대학교 農科大學 農學科

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

材料 및 方法

1979년 4월 18일 서울대 농대 부속농장에서 orchardgrass 品種 Potomac 을 播種量 30 kg/ha 수준으로 20 cm 條播하였다. 播種初年에는 基肥로 溶過磷(P₂O₅, 20%)과 鹽化加理를 각각 成分量 200 kg/ha씩 施用하였으며 處理로서 窒素成分量 20, 40, 80, 160 kg/ha씩 播種時 基肥로, 6월 15일 및 매 刈穫 후에 追肥로 要素를 分施하여 年間 총 100, 200, 400, 800 kg/ha 수준이 되도록 하였다. 2次 年度에는 同一處理區에 대하여 前年과 같은 量의 질 소비료를 4월 15일부터 5회에 걸쳐 刈穫 직후 分施하였으며 P, K는 모든 處理區에 대하여 前年과 같은 量을 4월 15일과 6월 20일 2회에 나누어 施用하였다. 剪매기는 枋중 첫해 3회, 다음 해 1회씩 손으로 행하였으며 刈穫은 刈높이 10 cm로써 첫해 3회, 다음 해 5회 實施하였다.

生長分析을 위한 試料는 Wilhelm 등¹⁹⁾의 方法을 약간 수정하여 採取하였는데, 각 試驗區를 두개의 細區로 나누고 刈穫 직후의 lag phase를 피하기 위해 每刈穫後 5~10일이 지날 무렵 하나의 細區에서 基本刈穫을 實施하고 다른 細區는 계속 再生시켜 다음번 刈穫기에 刈穫하였다. 試料는 細區當 30 cm 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 送風乾燥器에서 80°C 48시간 乾燥시켜 乾物重을 구했다. 葉面積指數(LAI), 平均純同化率(NAR), 平均作物生長率(CGR) 등은 Radford¹⁴⁾ 및 吉田²¹⁾의 方法에 의해 計算했으며, 飼草內의 全窒素含量은 Micro Kjeldahl method로, NO₃-N含量은 Orion 93-07 Nitrate Electrode와 Orion 901-I analyzer (Orion Research Inc. Cambridge, Mass., USA)를 使用하여 測定하였다. 作物에 의한 窒素回收率은 Westerman 등¹⁷⁾의 간이계산법인 다음 公式에 따라 計算하였다.

$$N \text{ recovery}(\%) = \frac{W_N \cdot C_N - W_0 \cdot C_0}{F_N} \times 100$$

W_N; N 施肥區의 乾物收量

C_N; N 施肥區의 飼草內 全窒素含量

W₀; 對照區의 乾物收量

C₀; 對照區의 飼草內 全窒素含量

F_N; 年間 投與된 窒素肥料 總量

粗蛋白質含量은 體內全窒素含量×6.25로 하였고, 단위면적당 粗蛋白質收量은 乾物收量×粗蛋白質含量으로 하

Analysis of soil characteristics before experiment

pH (1:5)	C.E.C. (me/100g)	P ₂ O ₅ (ppm)	Exchangeable cation (me/100g)				O.M. (%)
			K	Ca	Mg	Na	
5.2	8.5	46	0.7	5.1	2.2	0.4	1.5

였다.

實驗園場의 實驗 직전 土壤成分分析結果는 위 표와 같았으며 酸度교정을 위해 1979년 3월 28일 1,000 kg/ha 수준의 農用石灰를 施用하여 作土層과 混合하였다.

모든 試驗區는 2×2.5m의 3反復 亂塊法으로 配置되었다.

結果 및 考察

1. 乾物收量

窒素增施에 따라 두해 모두 乾物收量은 增加하는 傾向으로 첫해에 약 5 ton/ha, 다음 해에 약 18 ton/ha의 最高收量을 보였지만 실질적인 收量增加는 첫해에 200 kg·N/ha·year, 다음 해에는 400 kg·N/ha·year 수준에서 머물렀다(表 1). 이와 같은 結果는 年3회 刈穫시 224 kg·N, 年5회 刈穫시 336 kg·N 수준까지 收量이 直선적으로 增加하다가 그 이상에서는 減少하였다는 Mortensen 등의 보고¹¹⁾와 合사하였다.

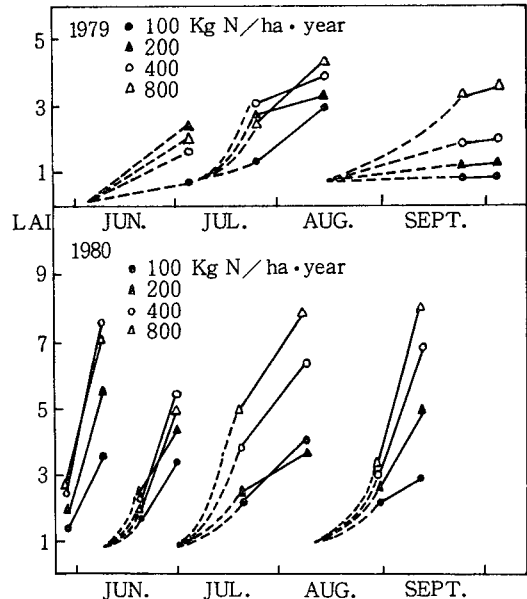


Fig. 1. Effect of applied N on the leaf area index (LAI) of orchardgrass in 1979 and 1980.

이러한 收量反應과 가장 밀접한 關係를 갖는 生育 指標인 葉面積指數를 검토하면, 파종 후 生育初期에 는 雜草와의 競합으로 전반적인 立毛狀態가 不良하 여 葉面積의 確保가 지연되었으며 增施에 따른 反應

도 찾기 어려웠지만 200 kg·N 수준만이 다른 수준 에 비해 상대적으로 良好하였으며 造成 初年度의 生 育後期 및 2次年度에는 多肥일수록 有利한 傾向을 보였다(그림 1).

Table 1. Dry matter production of orchardgrass forage as influenced by nitrogen application levels at each cutting in 1979 and 1980.

Year	N level kg·ha ⁻¹ ·year ⁻¹	Dry matter yield, kg·ha ⁻¹					Total
		Cutting 1	2	3	4	5	
1979	100	395 a	1045 a	740 a			2180 a
	200	1370 b	1725 ab	1235 ab			4330 b
	400	935 ab	1960 b	1895 b			4790 b
	800	1275 b	2655 c	1015 ab			4945 b
1980	100	897 a	1863 a	1423 a	1730 a	1307 a	7220 a
	200	2437 ab	2490 a	1747 ab	2270 ab	2117 ab	11060 b
	400	3863 b	3717 b	2257 b	2890 bc	3070 bc	15800 c
	800	4283 b	3533 b	2363 b	3810 c	3860 c	17850 c

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

平均純同化率(NAR)도 파종 다음 해부터 增施에 따른 增加傾向을 보였다. NAR은 특히 식물체의 老 化에 따라 직선적으로 減少하는데^{5,10)} 2차연도의 各 生育期別로는 큰 차이가 없었다. 草地群落의 生 産性 指標인 再生期間別 平均作物生長速度(CGR)도 增 施에 따라 增加하는 傾向이었으며 收量反應과 비스 同 樣相을 보였다(表 2).

飼草內의 全窒素含量은 窒素肥料의 增施에 따라 增 加하였으며 再生期間別로 거의 비슷한 수준이었다(表 3). Noller와 Rhykerd의 報告¹²⁾에 의하면 無窒素 處理에서 1,120 kg·N 수준으로 높였을 때 體內 全 窒素含量은 1.68%에서 4.45%로 增加하였으며 增 加程度는 小肥水準에서 더욱 현저하였다고 한다.

NO₃-N의 體內濃度는 200 kg·N 수준까지는 100 ppm 이하의 낮은 값이었지만 400 kg·N 수준 이후 급격히 增加하여 800 kg·N 수준에서는 1차

2. 窒素利用性

Table 2. Mean net assimilation rate (NAR) and mean crop growth rate (CGR) of orchardgrass during each regrowth period as influenced by nitrogen application levels.

N level, kg·ha ⁻¹ . year ⁻¹	Regrowth period						
	1979			1980			
	6/17-7/7	7/27-8/15	9/26-10/6	5/29-6/9	6/20-7/1	7/20-8/8	8/30-9/11
	NAR, × 10 ⁻⁶ g·cm ⁻² ·day ⁻¹						
100	17 a	14 a	0 a	29 a	13 a	24 a	18 a
200	31 b	21 b	9 b	35 a	15 a	30 a	25 b
400	29 b	15 a	23 c	45 b	22 b	25 a	23 b
800	44 c	16 a	6 d	47 b	24 b	24 a	33 c
	CGR, g·m ⁻² ·day ⁻¹						
100	0.9 a	2.2 a	0.0 a	9.0 a	3.2 a	7.9 a	6.5 a
200	2.8 b	2.9 b	1.4 b	14.4 a	4.4 a	9.9 a	9.1 a
400	2.8 b	3.7 c	4.6 c	22.1 b	7.7 b	13.7 b	16.4 b
800	3.4 b	3.1 d	1.8 d	21.3 b	7.9 b	10.6 b	14.2 b

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

Table 3. Total nitrogen content in orchardgrass forage as influenced by applied N at each cutting.

N level, kg·ha ⁻¹ . year ⁻¹	N conc. in forage, % D.M.								
	1979					1980			
	Cutting 1	2	3	Cutting 1	2	3	4	5	
100	1.90 a	1.90 a	1.62 a	1.89 a	2.21 a	1.89 a	1.81 a	1.66 a	
200	1.96 ab	2.02 a	1.85 ab	2.27 b	2.35 ab	2.57 b	2.65 b	1.97 b	
400	2.13 b	2.13 ab	2.02 b	2.79 c	2.65 b	3.55 c	3.04 c	2.35 c	
800	3.02 c	2.74 b	2.69 b	4.91 d	3.63 c	3.40 c	3.11 c	3.63 d	

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

예취기를 제외한 전 예취기에서 중독위험치(1,500 ppm NO₃-N)¹⁵⁾를 초과하였다(표 4). 그러나 NO₃-N 농도는品種 및 氣象生態型 간에 많은 차이가 있으므로⁶⁾ 본 실험결과만으로 安全施肥水準을

Table 4. NO₃-N concentration in orchardgrass 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	4	5
100	61	82	62	73	57
200	64	85	60	64	47
400	294	555	4660*	64	103
800	1040	4369*	4660*	1820*	2060*

* Assumed to exceed the safe level (1,500ppm NO₃-N) for ruminants.

Table 5. Percent nitrogen recovery, crude protein gain, crude protein gain per applied N, and dry matter yield per applied N by orchardgrass forage in 1979 and 1980.

N level kg·ha ⁻¹ . year ⁻¹	N recovery		Crude protein		Crude protein/N		D. M. yield/N	
	%		kg·ha ⁻¹		applied kg·kg ⁻¹		applied kg·kg ⁻¹	
	1979	1980	1979	1980	1979	1980	1979	1980
100	29.4	45.7	272	879	3.40	7.33	27.3	72.2
200	37.3	65.4	498	1598	3.11	6.66	27.1	55.3
400	24.3	80.4	611	2790	1.91	5.81	13.3	39.5
800	22.7	66.9	834	3125	1.16	3.91	6.9	22.3

3. 生長解析

一般的인 栽培條件에서 C₃ 作物의 경우, 葉中 全窒素含量과 光合成 速度 간에는 높은 正의 相關이 있는데²⁰⁾ 본 실험에서는 各 再生期間中の NAR 과 그에 對應하는 刈取期의 飼草內 全窒素含量 간에 高度의 有意相關을 볼 수 있었다(그림 2). 이는 RuDP carboxylase 가 주축을 이루는 葉中 soluble nitrogen 의 增大^{2, 20)}에 의해 NAR 이 增加한 것으로 볼 수

決定할 수는 없으며 다만 이 400 kg·N 수준은 本實驗條件에서 Potomac 의 nitrate 同化能力 限界로 보여진다.

施肥량을 근거로 하여 土壤殘留, 溶脫 및 流失分을 除外한 地上部 飼草內의 窒素回收率을 구했을 때 1차 刈취에는 22.7~37.3%로 매우 저조하였으나 다음 해에는 대부분 60%를 상회하였다. 그러나 이 값에는 소위 "Priming effect"²¹⁾에 의해 植物이 吸收한 土壤窒素의 일부가 포함되어 있을 가능성이 크므로 實質的인 窒素肥料의 回收率은 이보다 낮을 것이 예상되었다. 두 해의 最大回收率은 각각 200 kg, 400 kg·N 수준에서 얻어졌는데, George 등²²⁾은 168 kg·N 수준에서 1차년도에 48.9%, 3차연도에 66.6%의 最高回收率을 얻었다고 보고하였다. 單位施肥量當 粗蛋白質收量과 乾物收量은 增施에 따라 減少하였다(표 5).

있다.

草地群落的 生産性은 葉面積의 確保와 密接한 關係가 있어서 CGR = NAR × LAI 의 等식이 成立되는데²¹⁾ 본 실험期間中 最適 葉面積指數는 5.0 정도로 보였으며 그 이상에서는 群落內部的 상호차광에 의한 葉의 NAR 低下로 인하여 CGR 이 減少하였다(그림 3). 그러나 이것은 造成 初年度에는 문제되지 않았으며(그림 1) 2차년도에 뚜렷한 樣相을 보였다.

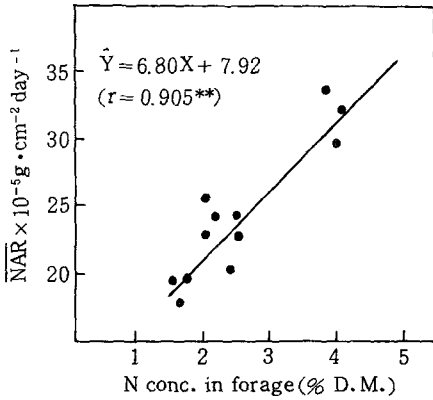


Fig. 2. Regression equation of mean net assimilation rate (\overline{NAR}) on the total nitrogen content of orchardgrass forage over two years.

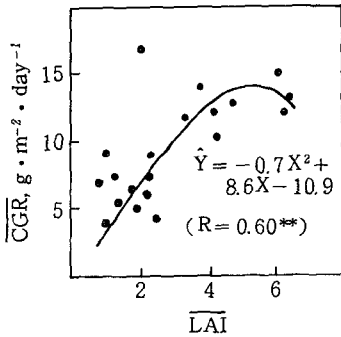


Fig. 3. Regression equation of mean crop growth rate (\overline{CGR}) on mean leaf area index (\overline{LAI}) of orchardgrass over two years.

이상의 결과에 나타난 窒素反應의 年次變異를 종합해 볼 때, 本 實驗條件에서 造成 初年の 200 kg·N, 2次年度の 400kg·N 이 가장 적절한 施肥水準으로 보였다.

摘 要

Orchardgrass 草地에 있어서 造成 初期의 窒素施肥에 대한 生長 및 收量反應과 窒素利用性에 관한 基礎資料를 얻기 위하여 1979年 4월에 서울대 농대 실험농장에서 品種 Potomac을 播種하여 연간 100, 200, 400, 800 kg/ha 수준의 窒素肥料 施用實驗을 亂塊法 3 反復으로 수행하였다. 그 結果는 다음과 같았다.

1. 파종 1차의 最大 乾物收量 및 最大 窒素回收率

을 보인 수준은 200 kg·N/ha·year 였으나 다음 해에는 400 kg·N/ha·year 였다.

2. 再生期間中の 葉面積指數(LAI)와 純同化率(NAR) 및 體內 全窒素含量은 窒素增施와 함께 增加했으며 最大 作物生長速度(CGR)는 LAI 5 정도에서 얻어졌다.

3. 體內 NO_3^- -N 濃度は 연간 200 kg·N/ha 수준 이상에서 급격히 증가하여 800 kg·N/ha 수준에서 중독위험치(1,500 ppm NO_3^- -N)를 초과하였다.

引用 文 獻

1. Broadbent, F. E. (1965) Effect of fertilizer nitrogen on the release of soil nitrogen. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29: 692~696.
2. Brown, R. H. (1978) A difference in N use efficiency in C_3 and C_4 plants and its implications in adaptation and evolution. Crop Sci. 18: 93~98.
3. Donohue, S. J., C. L. Rhykerd, D. A. Holt, and C. H. Noller (1973) Influence of N fertilization and N carryover on yield and N concentration of *Dactylis glomerata* L. Agron. J. 65: 671~674.
4. Dotzenko, A. D., and K. E. Henderson (1964) Performance of five orchardgrass varieties under different nitrogen treatments. Agron. J. 56: 152~155.
5. Evans, G. C. (1972) The quantitative analysis of plant growth. Univ. of Calif. Press., Berkley.
6. Frank, K. D. and John Pesek (1973) Influence of applied nitrogen on the performance of 23 orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) varieties. Agron. J. 65: 685~688.
7. George, J. R., C. L. Rhykerd, C. H. Noller, J. E. Dillon, and J. C. Burns (1973) Effect of N fertilization on dry matter yield, total-N, N recovery, and nitrate-N concentration of three cool-season forage grass species. Agron. J. 65: 211~216.
8. Hunt, I. V. (1974) Studies of response of fertilizer nitrogen. part 6 J. Br. Grassland. Soc. 29: 69~73.
9. Kilmer, V. J. (1974) Nutrient losses from

- grasslands through leaching and runoff. *in* Forage Fertilization. ASA. CSSA. SSSA. pp. 341~362.
10. Leopold, A. C. (1975) Plant growth and development. McGraw-Hill Book Co. p. 545.
 11. Mortensen, W. P., A. S. Baker, and P. Dermanis (1964) Effects of cutting frequency of orchardgrass and nitrogen rate on yield, plant nutrient composition, and removal. *Agron. J.* 56: 316~320.
 12. Noller, C. H., and C. L. Rhykerd (1974) Relationship of nitrogen fertilization and chemical composition of forage to animal health and performance. *in* Forage Fertilization. ASA. CSSA. pp. 363~394.
 13. Power, J. F., J. Alessi, G. A. Reichman, and D. L. Grunes (1973) Recovery, residual effects, and fate of nitrogen fertilizer sources in a semiarid region. *Agron. J.* 65: 765~768.
 14. Radford, P. J. (1967) Growth analysis formulae - their use and abuse. *Crop Sci.* 7: 171~175.
 15. 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.
 16. Scholl, J. M., T. H. McIntosh, and L. R. Fredrick (1960) Response of orchardgrass, *Dactylis glomerata*, to nitrogen fertilization and time of cutting. *Agron. J.* 52: 587~589.
 17. Westerman, R. L., and L. T. Kurtz (1974) Isotopic and nonisotopic estimations of fertilizer nitrogen uptake by sudangrass in field experiment. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 38: 107~109.
 18. Willhite, F. M., H. K. Rouse, and D. E. Miller (1955) High altitude meadows in Colorado: III, the effect of nitrogen fertilization on crude protein production. *Agron. J.* 47: 117~121.
 19. 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.
 20. Yoshida, S., and V. Coronel (1976) Nitrogen nutrition, leaf resistance, and photosynthetic rate of the rice plant. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 22(2): 207~211.
 21. 吉田重治 (1976) 草地の生態と生産技術. 養賢堂 pp. 82~99.
 22. 金東岩·金丙鎬 (1975) 窒素·磷酸 및 加里施肥와 窒素施肥水準이 牧野地의 收量 및 植生比率에 미치는 影響 韓畜誌 17: 84~89.
 23. 金東岩·楊鍾成 (1975) 數種 禾本科 野草類 및 南方型 禾本科 牧草類의 生育特性에 관한 研究 韓畜誌 17: 589~593.
 24. 金昌柱 (1977) 禾本科 牧草類의 生育 및 乾物收量比較研究 韓畜誌 19: 115~125.
 25. 金昌柱·張炳皓 (1976) 混播牧草地에 있어서 夏季의刈取간격이 牧草生育 및 乾物收量에 미치는 影響 韓畜誌 18: 409~419.