

低温下에서 窒素施肥가 根瘤菌을 接種한
Alfalfa의 生育部位에 미치는 影響에 關하여

金武成 · E. H. Jensen*

慶熙大學校

Effect of Nitrogen and Age of Alfalfa (Medicago sativa L.) Seedlings on
Growth and Nodulation When Grown under a Cool Environment

M. S. Kim and E. H. Jensen*

Kyung Hee University, Seoul

Summary

There are differences in recommendations in the USA as to whether nitrogen fertilizer should be applied when establishing alfalfa (*Medicago sativa* L). The reason for not applying nitrogen is because some researchers found the addition of nitrogen reduced nodulation of alfalfa plants. A replicated experiment was conducted under controlled environmental conditions at the University of Nevada-Reno, Reno, Nevada, USA, to determine the effects of nitrogen application on seedling growth and nodulation of alfalfa when grown in a cool environment.

A sterile sand was used in the growing media to which a complete nutrient solution minus nitrogen was applied volumetrically to each pot daily. Half of the pots received NH_4NO_3 , at the rate of 11.2 kg/ha, at seeding and two and four weeks after planting, giving a total nitrogen application rate of 33.6 kg/ha. Rhizobia inoculant (R-12) consisted of a mixture of strains 171-15a, 1682c and 80 PI 265 of *Rhizobium meliloti*. Inoculant was applied to the seeds prior to planting and to the sand media at two and four weeks after seeding. Twenty seeds were planted in pots 14.0 cm in diameter and 11.5 cm deep. Seedlings were thinned after emergence to ten plants per pot. They were grown in a controlled environment chamber with a 16-hour light period. Soil temperatures at 6 cm depth ranged from 5.7°C to 21.5°C and had a daily mean of 16.2°C. Plants were harvested at weekly intervals for seven weeks at which time root, shoot and total length, dry weight, volume and number of nodules per plant were determined. Root, shoot and total length were not affected by nitrogen fertilizer. However, application of nitrogen increased the size of the seedlings as determined by dry weight and volume when compared to plants which were not fertilized. This indicates that rhizobia did not fix enough atmospheric nitrogen to promote good growth. Nitrogen application resulted in significantly more nodules per plant. The effect of nitrogen fertilizer became more apparent as the plant became older. Results of this experiment show there are benefits from applying nitrogen at a low rate when establishing alfalfa under a cool environment.

* Professor of Agronomy, University of Nevada-Reno, Reno, Nevada, U. S. A. 89557.

I. 緒 論

豆科飼料作物 栽培時 이상적인 根瘤菌을 接種할 경우는 作物이 必要로 하는 窒素를 固定하여 利用하고 必要이상으로 固定된 양은 土壤으로 還元하여 土壤을 肥沃하게 한다고 하였다.^{4,10,12)}

Alfalfa는 年間 窒素固定量이 1 ha 당 128~300kg로 窒素固定量이 가장 많은 作物로 알려져 있다.¹¹⁾ 本研究는 Alfalfa의 生育適溫보다 다소 低溫인 우리나라의 春秋節期溫도와 비슷한 상태에서 根瘤菌을 接種한후 窒素施肥가 作物生育에 미치는 影響에 關하여 糾明하고자 실시하였다.

II. 材料 및 方法

本 實驗은 美國 University of Nevada-Reno 所在 Growth chamber를 使用하여 1985年 10月~1986年 2月에 걸쳐 實施하였다. 土壤을 直徑 14.0cm 높이 11.5cm 원통형 플라스틱 pot에 砂質土壤을 使用하였으며 Alfalfa 種子는 Vernal(Lot. No. M-48-ML) 品種으로 各 pot에 20個를 播種하여 발아후 건전한 作物 10포기를 남기고 수아 주었다. 根瘤菌은 1985年 9月에 美國 Illinois州 Urbana Laboratories 에

서 Rhizobium meliloti의 Strain인 Lot. No. 171-15a와 1682C 그리고 80PI 265의 3개 Strain를 혼합하여 만든 Inoculant (R-12)를 과중후 各 pot의 土壤에 1次 接種을 하였으며 과중후 20日에 2次로 各 pot의 土壤에다 根瘤菌을 接種하였다.

實驗區는 窒素施肥區와 無窒素區로 나누어 分割區 配置에 의하여 4反覆으로 하였다. 施肥는 營養液을 만들어서 播種後 21日 동안은 各 pot에 100cc 播種後 22~40日 동안은 各 pot에 150cc를 그리고 播種後 41~49日 동안은 各 pot에 200cc씩을 주었다.

使用된 營養液은 CaSO₄, 2H₂O 8mM, KH₂PO₄ 1mM, MgSO₄, 7H₂O 1mM, K₂SO₄ 2mM, KCl 10 μM, H₃BO₃ 2 μM, MnSO₄·H₂O 0.5 μM, ZnSO₄, 7H₂O 0.2 μM, CuSO₄, 5H₂O 0.05 μM, H₂MoO₄ 0.01 μM, 그리고 FeEDTA 30 μM를 혼합하여서 사용하였다. 窒素施肥는 1 ha 당 33.6kg 비율로 基肥로 1/3, 播種 2週日後 1/3, 그리고 播種 4週日後 1/3씩 3回 施用하였다. 營養液의 pH는 6.3을 유지하였다. Growth chamber 内の 溫度는 晝間 16時間 (6時 22時) 동안은 24℃, 그리고 夜間 8時間 (22時~6時) 동안은 4℃로 日平均氣溫 16℃를 유지하도록 설치하였다. Growth Chamber 内の 光度는 2000 Foot candles를 유지하였다. Growth chamber 內 pot 土壤의 表面溫도와 3cm 깊이, 6cm 깊이, 그리고 9cm 깊이의 土壤溫度를 Campbell Scientific Inc, Logan, Utah에서 제작한 Computer 土壤溫度測定器인 CR 21 Micrologger (Model 101, Temperature Probe)를 使用하여 測定하였으며 그 結果는 Table 1과 같다. 使用한 土壤은 1週日 간격으로 作物을 收穫한 後 土壤成分의 變化를 알아보기 위하여 測定하였고 그 結果는 Table 2와 같다.

Table 1. Average Temperature of Sand Media In Pots During the Experiment

Temperature	Depth			
	Surface ℃	3 cm ℃	6 cm ℃	9 cm ℃
Low	5.0	5.9	5.7	5.5
High	24.4	21.8	21.5	21.2
Daily Average	17.9	16.5	16.2	16.0

Table 2. Fertility Status of Sand Media During the Experiment

Measurement	Days After Planting													
	7		14		21		28		35		42		49	
	-N	+N	-N	+N	-N	+N	-N	+N	-N	+N	-N	+N	-N	+N
Salt Hazard(ds/m)	2.6	1.5	1.6	1.9	2.2	1.9	2.2	2.8	3.0	2.8	2.6	2.8	2.7	2.8
Sodium Hazard(SAR)	1.7	1.5	0.7	0.7	0.4	0.4	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0.6	2.4	1.8
pH	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.4	7.5	7.2	7.1	7.2	7.0	6.9	6.7	6.7
Phosphorus (ppm)	9.1	10.1	15.8	11.5	19.2	16.3	16.8	>25	>25	>25	>25	>25	>25	>25
Potassium (ppm)	131	111	227	179	246	210	400	490	484	490	457	510	487	515

收穫은 1週日 간격으로 7回 收穫하여 草長, 根長, 全長, 容積 根瘤菌數와 그리고 乾物收量 等を 調査하였다.

Ⅲ. 結果 및 考察

Alfalfa의 草長, 根長, 全長, 容積, 根瘤菌數, 乾物收量 共히 窒素施肥에 관계없이 後期收穫期로 갈 수록 增加하였다. 草長, 全長, 容積, 乾物收量은 窒素施肥區 (Fig. A, C, D, F)가 無窒素區에 比하여 全收穫期에 있어서 增加 현상을 나타냈다. 草長 (Fig. A)에 있어서 窒素施肥의 効果는 3週後와 7週後 收穫期에 있어서만 無窒素區에 比하여 5% 수준에서 有意성을 나타냈으며 (Table 3) 그외의 區는 有意

性이 없이 1週에서 3週後 까지의 初期生育은 全區 共히 完만한 增加현상을 나타냈으며, 4週에서 7週後 까지의 中後期 生育은 急激한 身長을 나타냈다. 이와 같은 結果는 Duell¹⁾의 報告에서도 1 Acre당 25LBS 비율로 窒素를 施肥한 區가 無窒素區에 比하여 草長이 增加함을 나타냈다.

根長 (Fig. 2)은 播種後 1週間 급격한 伸張을 나타냈으며 1週後부터 마지막 收穫期까지 全區 共히 完만한 增加현상을 나타냈다. Alfalfa는 直根性으로서 土壤條件이 良好한 栽培地에서 9개월간 약 2.7m 정도 伸張을 하며 全生育期間동안 약 7~9m 이상 자란다고 한다.²⁾ 그러나 本實驗에서 제한된 pot에서 栽培한 경우인지 7週生育期間中, 全區 共

Table 3. Summary of Analyses of Variance on the Effect of Nitrogen on Alfalfa Seedlings for Each Harvest

	Significance of F						
	Days After Planting						
	7	14	21	28	35	42	49
Shoot Length	NS	NS	*	NS	NS	NS	*
Root Length	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Total Length	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Plant Volume	*	NS	*	NS	NS	*	NS
Nodule No.*	**	*	*	NS	NS	NS	NS
Dry Weight	*	*	*	NS	NS	*	*

*, ** Significant at the P=0.05 and 0.01 levels, respectively.

* Nodules No.=Significance of F for without nitrogen.

히 根長이 20cm 内外로 자랐으며 直根의 生育보다 많은 細根이 자란 것을 볼 수 있었다. 특히 根長에 있어서 窒素施肥의 效果가 다른 부위에 比하여 나타나지 아니하였으며, 1, 2, 3, 4, 6週後 收穫한 窒素施肥區의 根長이 無窒素區에 比하여 完만한 增加현상을 나타냈으며, 그리고 5週와 7週後의 根長은 오히려 無窒素區가 窒素區에 比하여 더 伸張하였음을 나타냈다. 全區 共히 根長에 있어서 有意성은 없었다 (Table 3).

全長 (Fig. C)은 全收穫期에 있어서 共히 窒素施肥區가 無窒素區보다 增加현상을 보였으나 窒素效果에 대한 有意성은 없었다 (Table 3). 根長의 生育이 제한됨으로 인하여 全長의 伸張이 露地에 栽培한

경우보다 크게 증가하지는 아니한 것 같다. 植物容積 (Fig. D)에 있어서 播種後 3週間 Unifoliolate (單葉)에서 1~3개의 Trifoliolate를 가지는 期間으로서 容積의 증가는 비교적 完만한 成長을 나타냈으며 3週이후는 급격한 成長을 보였다. 窒素施肥區가 無窒素區보다 증가하였으며 窒素施肥의 效果가 1, 3, 6週後 收穫한 結果에 있어서 5% 수준에서 有意성을 나타냈다. 그외는 窒素의 效果가 有意성이 없는 完만한 增加 현상을 보였다. 根瘤菌을 제외된 다른 部分에서는 初期生育에서 窒素施肥의 效果를 가져왔으나 Table 3과 Fig. E에서 나타난 것과 같이 根瘤菌着生數에 있어서는 無窒素區가 窒素施肥區보다 播種後 1週間 동안은 1%의 수준에

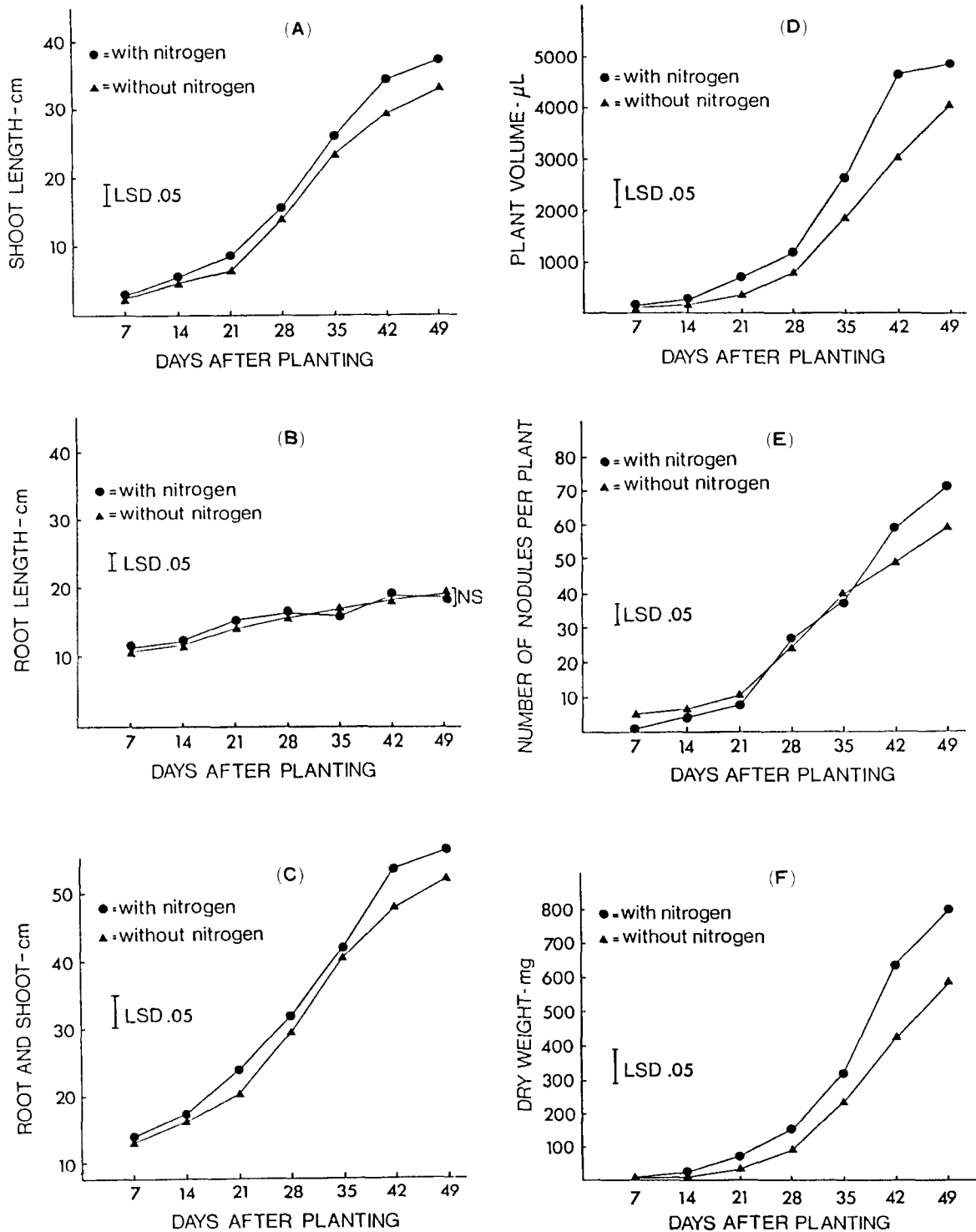


Fig. Effect of Nitrogen and Age of Alfalfa Seedlings on Shoot Length (A), Root Length (B), Total Length of Root and Shoot (C), Plant Volume (D), Nodule Number (E), Dry Weight (F)

서 有意性を 그리고 1週後에서 3週동안은 5%의 수준에서 有意성이 나타날 정도로 根瘤菌의 數가 많았음을 볼 수 있다. 이와같은 結果는 Heichel 와 Vance¹¹⁾이 實驗한 5種의 根瘤菌을 混合하여 接種한 14日동안 Alfalfa 幼植物栽培에 있어서도 無窒素區가 窒素施肥區보다 根瘤菌着生數가 더 많았다는 研究報告와 類似함을 나타냈다. 4週後 收穫한 區에 있어서는 窒素施肥區가 無窒素施肥區 보다 오히려 根瘤菌의 數가 많이 나타났으며 有意성은 없었다. 그리고 5週後 收穫한 區에 있어서는 無窒素區가 窒素施肥區보다 有意성이 없는 多少 增加現狀을 나타냈다. 6週와 7週後 收穫한 區는 다시 逆조현상으로 窒素施肥區가 無窒素區보다 根瘤菌의 着生數가 增加되었으며 有意성은 없었다. 無窒素區에서 窒素施肥區보다 初期生育기간 동안 根瘤菌의 着生數가 많은 것은 植物이 發芽後 營養分을 찾으려는 本能에서 無窒素區의 植物은 生育中 가장 必要로 하는 窒素元을 追究하려는 과정에서 自然的으로 空中窒素를 固定할 수 있는 能力을 가지고 있는 根瘤菌의 發生을 촉진하여 窒素元을 공급하려는 現상에서 일어난 것으로 生覺되며 窒素施肥區의 植物은 窒素施肥로 인하여 初期生育에 必要로 하는 窒素元을 다소 흡수할 수 있으므로 無窒素區의 植物보다 根瘤菌 發生을 檢감하지 아니한 것으로 思料된다. 總根瘤菌의 着生數가 窒素施肥區에서 無窒素區보다 많은 것은 窒素施肥區의 細根의 發生數가 無窒素區보다 많았고 草長의 生育도 旺盛하였던 結果에서 나타난 것으로 生覺되며, 本實驗에서 나타난 根瘤菌의 着生數는 Hardarson et al⁹⁾의 報告와 비슷한 結果를 가져왔다. 乾物收量(Fig. F)은 發芽이후 全收穫期間동안 窒素施肥區가 無窒素區보다 收量의 增加現狀을 가져왔고 4週와 5週後의 收穫한 窒素施肥區의 乾物收量이 無窒素區에 비하여 有意성이 없는 增加現狀을 나타냈으며 그외의 收穫期인 1, 2, 3, 6, 7週後 乾物收量의 窒素效果(Table 3)는 5% 수준의 有意성을 나타내는 增加現狀을 가져왔다. 많은 究者^{6,8,15)}에 依하여 豆科作物栽培時 適當한 根瘤菌을 接種한 경우는 窒素質肥料의 施肥를 하지 아니하여도 된다고 하였으나, parsons et al³⁾와 다른 研究報告^{5,7)}에서는 다소의 窒素施肥가 無窒素區에 비하여 Alfalfa의 初期生育을 촉진시키고 收量의 增加를 가져온다고 하였다. 本 實驗의 結果로 보

아서 Alfalfa 栽培時 1 ha 당 33.6kg 비율로 窒素施肥를 하는 것이 건전한 初期生育과 安定된 栽培를 위하여 바람직하다고 본다.

Growth chamber 내에서 使用한 pot의 土壤溫度를 측정한(Table 1) 結果를 보면 좁은 면적의 Growth chamber에서 溫度의 變化가 없을 것으로 예상되었으나 日間高溫 상태에서는 pot의 土壤表面溫度가 3 cm, 6 cm, 9 cm 깊이의 pot內 土壤溫度보다 2.6°C~3.2°C 정도 높았고 夜間低溫 상태에서는 pot의 土壤表面溫度가 3 cm, 6 cm, 9 cm 깊이의 pot內 土壤溫度보다 0.5°C~0.9°C 정도 낮았다. 日平均溫度에 있어서 pot의 土壤表面溫度가 pot內의 土壤溫度보다 다소 높게 나타났다.

IV. 摘 要

低溫下의 Growth chamber에서 根瘤菌(R-12)를 接種한 Alfalfa의 收穫時期別 作物 各部位의 窒素施肥의 效果에 관하여 美國 University of Nevada에서 實驗한 結果들을 要略하면 다음과 같다.

草長, 根長 및 全長에 있어서는 窒素施肥의 效果가 나타나지 아니하였으며 作物의 容積과 乾物收量은 窒素施肥의 效果를 가져왔다. 窒素施肥區의 根瘤菌의 着生數는 無窒素區에서 보다 많았으나 窒素固定量이 作物의 원활한 生育을 위하여서는 未洽한 것으로 生覺된다. 이상의 結果들은 Alfalfa를 栽培時 少量의 窒素施肥의 必要性을 암시하는 것 같다.

V. 引用 文 獻

1. Barnes, D.K., and C.C. Sheaffer. 1985. Alfalfa. P. 89-97. In Health, M.E., R.F. Barnes, and D.S. Metcalfe. Forages. 4th ed. Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa.
2. Chapman, S.R., and L.P. Carter. 1976. Crop production. W.H. Freeman and Company, San Francisco. 566 pp.
3. Duell, R.W. 1964. Fertilizer-seed placement with birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) and alfalfa (*Medicago sativa* L.). Agron. J. 56: 503-505.
4. Erdman, L.W. 1967. Legume inoculation - what it is - what it does. USDA Farmers. Bull. No. 2003.

5. Ford, W.P., J.W. Burns, D.W. Evans, and R. Parker. 1981. Establishing alfalfa for hay in irrigated central Washington. Washington State Univ. Coop. Ext. Bull. 0959. 6 p.
6. Gerwig, J.L., and G.H. Ahlgren. 1958. The effect of different fertility levels on yield, persistence, and chemical composition of alfalfa. *Agron. J.* 50: 291-294.
7. Giddens, J. 1959. Nitrogen applications to new and established stands of alfalfa. *Agron. J.* 51: 574.
8. Hanson, C.H. 1972. Alfalfa science and technology. American Society of Agronomy, Madison, WI, P. 812.
9. Hardarson, G., G.H. Heichel, C.P. Vance, and D.K. Barnes. 1981. Evaluation of alfalfa and *Rhizobium meliloti* for compatibility in nodulation and nodule effectiveness. *Crop. Sci.* 21: 562-567.
10. Hartmann, H.T., W.J. Flocker, and A.M. Kofranek. 1981. Plant science. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. 676 pp.
11. Heichel, C.H., and C.P. Vance. 1979. Nitrate-N and rhizobium strain roles in alfalfa seedling nodulation and growth. *Crop Sci.* 19: 512-518.
12. Mays, David A. 1974. Forage fertilization. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, Madison, WI. P. 621.
13. Parsons, J.L., R.E. Hastings, and P.R. Henderlong. 1966. The role of phosphorus and nitrogen placement and date of seeding on the establishment of *Medicago sativa* L. Pan American Soil Conserv. Congr. Proc. 9th (Sao Paulo, Brazil). P. 59-64.
14. Stoskopf, N.C. 1981. Understanding crop production. Reston Publishing Co., Inc. Reston, VA. 433 pp.
15. Ward, C.Y., and R.E. Blaser. 1961. Effect of nitrogen fertilizer on emergence and seedling growth of forage plants and subsequent production. *Agron. J.* 53: 115-120.