

窒素源을 달리한 肥料施用이 大豆의 窒素固定力과 收量에 미치는 影響

高明鎬·李相甲·金進鎬·朴愚喆

慶北大學校 農科大學 農化學科

Effect of the Application of Various Nitrogen Fertilizers on Nitrogen Fixation and Yield in Soybean

Ko, Myeong Ho · Lee, Sang Kap · Kim, Jin Ho · Park, Woo Churl

Dept. of Agri. Chem., Coll of Agric., Kyungpook Natl. Univ.

Summary

Experiment was conducted to elucidate the effect of various nitrogen fertilizers on the growth and yield of soybean cv. Backwoon in field, and to examine soybeans produced with different nitrogen fertilizers for their nutritional constituents and protein digestibility.

Soybean plants were generally similar in growth among fertilizers applied, and plants with non-nitrogen and with ammonium sulfate showed tendency to have fewer internodes. Nodule number and nodule weight also were lower in plants with non-nitrogen and with ammonium sulfate.

Nitrogen fixation ability per nodule number were similar at an early growth stage and at flowering stage treatments and were relatively higher with newly developed complex fertilizer at pod elongation stage.

With newly developed complex fertilizer and with non-nitrogen, there were slight increase and in 100 grain weight and yield per 10a, respectively.

Crude protein contents in soybeans with nitrogen fertilizers were higher than that with non-nitrogen, and the reverse were true for crude fat. Crude ash contents were relatively similar among the treatment. Crude fiber contents were higher with readily used complex fertilizer than with the others.

The contents of inorganic constituents were of the same sort among the treatments, that of Fe with non-nitrogen being much lower than with the others.

Protein digestibility was the highest in the non-nitrogen treated soybean.

緒 論

大豆는 栽培 및 利用上의 有利한 特性 때문에 世界 各地에서 널리 栽培되고 있으며 우리나라에서도 옛부터 栽培해 온 食糧作物으로서 栽培面積 311,607 ha¹⁵⁾에 年間 363,000톤¹⁶⁾을 生産하고 있으나 需要를 充足시키지 못하여 1983년에는 658,290톤을 輸入¹⁷⁾한 바 있으며, 그 量은 매년 增加되고 있다.

또한 大豆는 蛋白質과 脂肪 含量이 높은 種實로서 食糧뿐만 아니라 濃厚飼料로서도 그 價値가 높고 評價되고 全世界 食糧 貿易量에 있어서도 約 27%의 높은 比重을 차지하고 있다.²¹⁾

1888年 Beijerinck가 豆科作物에서 根瘤菌을 처음으로 순수분리한 以來 窒素固定 機構에 대한 연구가 많은 연구자들에 의해 계속되어 왔고 根瘤形成에 영향을 미치는 諸 因子에 대해서도 많이 밝혀져 있다.^{2, 18, 20, 22)}

Lyon 및 Bizzell 等¹³⁾에 의하면 永年生 豆科作物은 그 生長에 필요한 窒素를 根瘤菌이 固定하는 窒素에 依存하는 경우가 많다고 하였고 趙¹¹⁾는 根瘤속의 뿌리혹 박테리아가 공기중의 窒素를 固定하지만 토양조건에 따라 窒素固定량이 달라진다고 하였다.

窒素肥料는 根瘤⁶⁾, 蛋白質 含量⁴⁾과 種實의 肥大 및 收量에 효과⁷⁾가 있을뿐만 아니라, 窒素 固定에도 큰 영향¹²⁾을 미친다고 알려져 있다.

大豆의 根瘤形成과 窒素固定력이 收量에 미치는 영향 等を 調査한 報文^{3,14)}은 많으나 窒素源을 달리한 肥料施用이 大豆의 生育, 收量 및 品質에 미치는 영향에 대해서는 調査된 바가 없으므로 本 연구에서는 大豆의 多收穫을 위한 施肥方法으로서 尿素單肥, 硫酸單肥, 既存複肥, 開發複肥 및

無窒素等の 處理區로 하여 窒素源 肥料의 效率과 大豆의 生育, 營養成分 및 消化率에 미치는 影響을 調査하였다.

材料 및 方法

1. 供試品種

우리나라에서 現在 栽培되고 있는 獎勵品種인 白雲콩(*Glycine max cv. Backwoon*)을 供試品種으로 하였다.

2. 試驗圃場

本 試驗에 使用한 圃場은 慶北大學校 農村大學 實習圃場이다. 土壤分析用試料는 圃場에서 採取하여 風乾시킨 후 2mm 篩를 통과한 細土를 使用하였다. 土壤의 理化學的 特性은 Table 1과 같았다.

Table 1. Physico-chemical properties of the soil before experiment

pH		O.M. (%)	T.N. (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	C.E.C. (m. e./100g)	Exch. Cation(m. e./100g)			Soil texture
H ₂ O(1:5)	CaCl ₂ (1:5)					K	Ca	Mg	
6.7	5.9	0.94	0.25	30.24	9.2	0.68	12.52	4.1	Clay Loam

3. 栽培方法

1986年 5月 24日에 試驗區의 크기를 30m²(5×6m)로서 5反復 完全 任意配置하여 栽植距離 20×16cm에 2粒씩 播種하였다. 開花期에 충분한 물을 供給해 주기 위하여 灌溉를 하였고 病虫害 防除를 위해 殺虫劑를 撒布하였다. 기타 재배방법은 콩 재배법¹¹⁾에 준하였다.

4. 施肥方法

供試肥料는 尿素, 硫酸, 既存複肥(大豆用) 및 開發複肥(大豆用)를 使用하여 尿素施用區, 硫酸施用區 既存複肥區 開發複肥區 및 窒素無施用區로 하였다. 施肥는 全量 基肥로 施用 하였으며 既存複肥區와 開發複肥區를 除外한 全區에 硼素를 區當 5.1g 添加하였다.

施肥處理는 Table 2와 같다.

5. 生育 및 收量調査

生育調査는 播種 後 40日, 70日, 95日에 각각 實施하여 草長, 地上部 무게, node數, 開花數 및 根瘤數를 調査하였으며 아울러 窒素固定力을 測定하였다.

收量調査는 10月 4日에 收穫하여 pod數, 100粒重, 10a當 收量을 調査하였고 乾燥 後 種實을 20 mesh로 粉碎하여 成分 分析用 시료로 使用하였다. 同時에 大豆栽培 後의 토양을 採取하여 理化學的 性質 變化를 調査하였다.

Table 2. Treatment of fertilizers application

Treatment	Amount of application(kg/10a)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Ura	4	7	6
Ammonium sulfate	6.5	7	6
Complex Fert. 1*	4	7	6
Complex Fert. 2**	6.5	7	6
Non Nitrogen	0	7	6

* ; Complex fertilizer readily used

** ; Complex fertilizer newly developed

6. 土壤의 諸 性狀調査

土壤酸度, 有機物, 磷酸, 陽이온 置換容量 및 置換性 陽이온 分析은 土壤化學 分析法¹⁶⁾에 準하였고 全窒素는 Kjeldahl法^{10,12)}으로 定量하였다. 土性은 Hydrometer法으로 分析하였고, 窒素固定力은 Acetylene還元法⁵⁾으로 測定하였다.

7. 大豆 種實의 成分 分析

水分, 粗纖維, 粗灰分은 A. O. A. C., 粗蛋白質은 Kjeldahl 法, 粗脂肪은 Soxhlet 抽出法⁹⁾으로 定量하였다. 磷은 Ammonium-Meta Vanadate 法으로, Ca, Na, K, Mg, Mn, Zn, Cu는 Atomic Adsorption Spectrophotometer로 分析하였다. Acid value는 中和 滴定法으로 測定하였고 蛋白質 消化率은 0.2% KOH 溶液에 대한 蛋白質의 溶解度 分析法⁹⁾으로 定量하였다.

結果 및 考察

1. 大豆의 生育 調査

窒素源을 달리한 肥料施用이 大豆의 生育에 미치는 效果를 調査하기 위하여 草長, 地上部 무게, node數, 根瘤 무게를 조사한 결과 Table 3 과 같다.

Table 3. Effect of fertilizers application on the growth of soybean plant

Treatment	D.A.S.*	Urea	Ammonium sulfate	Complex Fert. 1**	Complex Fert. 2***	Non-Nitrogen
Stem length(cm)	40	30.8	30.8	28.0	30.2	27.4
	70	66.8	70.0	66.4	69.8	64.4
	95	71.8	72.2	70.9	76.5	71.0
Shoot weight(g)	40	17.24	18.80	16.86	18.40	13.04
	70	121.84	107.25	88.81	130.09	112.04
	95	264.59	258.22	255.07	266.45	244.92
Node number	40	8.4	8.6	8.6	8.4	7.8
	70	13.8	13.4	14.6	13.8	13.6
	95	15.2	14.0	15.0	15.0	14.6
Flower number	70	98.4	88.8	92.0	110.2	110.6
Nodule number	40	97.4	130.2	89.4	113.4	90.6
	70	286.4	239.8	207.2	279.0	256.0
	95	206.6	135.2	194.6	189.0	144.8
Nodule weight(g)	40	0.98	0.87	0.96	0.92	0.85
	70	3.58	3.15	2.69	3.09	2.96
	95	4.95	3.16	4.16	4.24	2.73

* ; days after sowing

** ; Complex fertilizer readily used

*** ; Complex fertilizer newly developed

草長은 全 生育期間을 통해 開發複肥區가 硫安區를 除外한 他處理區보다 좋은 效果가 있었으며 地上部 무게는 70日傾까지는 既存複肥區만이 낮았으나 95日傾에는 無窒素區를 除外하고는 거의 같았다. Node數는 70日傾까지는 開發複肥區가 既存複肥區를 除外한 他處理區보다 높았으나 95日傾에는 큰 차이가 없었다. 開花數는 開發複肥區가 他處理區보다 어느 정도 높았고 根瘤의 數와 무게는 開發複肥區가 尿素區를 除外한 他處理區보다 良好한 結果를 보였다.

2. 栽培中の 氣象條件

栽培期間中 溫度는 5月 부터 10月 까지 平均과 비슷하였으나 7月에는 약 3℃ 낮았다. (Fig 1)

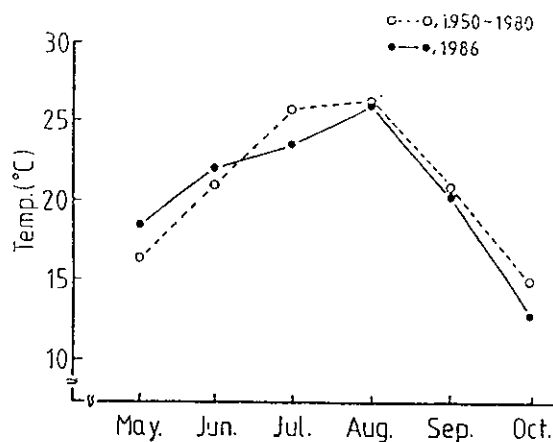


Fig. 1. The average temperature from May to October in Taegu area.

降雨量은 6월에 230mm로 平年보다 많았으나 7월에는 平년에 비해 약 40mm나 적었으므로 (Fig. 2) 開花期인 7월 中旬부터는 灌溉를 해 주었다.

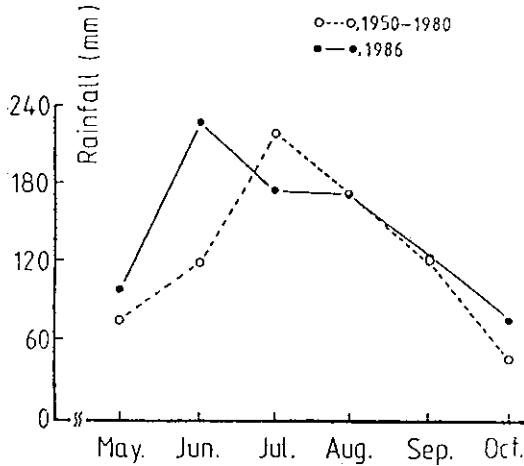


Fig. 2. The Monthly rainfalls from May to October in Taegu area.

日照時間은 6月 부터 8月 까지 平年보다 낮았다. (Fig 3)

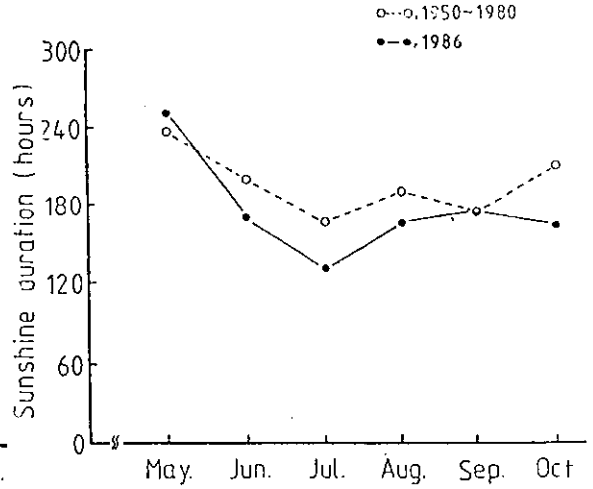


Fig. 3. The shining hours from May to October in Taegu area.

3. 窒素固定力

窒素源을 달리한 肥料施用에 따른 窒素固定力

의 影響을 調査하여 植物體와 根瘤의 무게 및 根瘤數別로 換算한 결과는 Table 4와 같았다.

Table 4. Effect of fertilizers application on acetylene reducing activity per plant, per nodule weight and per nodule number

Treatment	day after sowing	per plant			per nodule wt. (g)			per nodule No.		
		40	70	95	40	70	95	40	70	95
Urea		48,420	59,815	19,766	49,408	16,701	3,985	497	208	95
Ammonium sulfate		43,879	56,138	14,808	50,435	17,822	4,681	337	234	109
Complex Fert. 1*		49,788	52,144	19,651	51,863	19,384	4,724	557	252	101
Complex Fert. 2**		43,441	55,784	20,414	47,219	18,053	4,815	383	199	108
Non-Nitrogen		46,724	51,012	13,946	54,969	17,234	5,108	515	199	96
L.S.D.(5%)		6,014	6,838	2,111	6,574	2,207	548	58	27	12
L.S.D.(1%)		8,286	9,422	2,908	9,058	3,041	755	80	37	17

* ; Complex fertilizer readily used

** ; Complex fertilizer newly developed

植物體 當 窒素固定力은 開發複肥區가 尿素區와 硫安區보다는 낮았으나 既存複肥區와 無窒素區보다는 높았다. 開發複肥區에서 根瘤무게 當 窒素固定力은 播種 後 40日頃에는 가장 낮았으나

70日頃에는 既存複肥 다음으로 높았고 95日頃에는 無窒素區 다음으로 높았다.

根瘤數 當 窒素固定力은 開發複肥區가 生育 全般을 통해 他處理區 보다 比較的 낮은 傾向이었

으나 pod 伸長期인 95日傾에는 가장 높았다. 결과적으로 窒素固定力은 開發複肥區가 pod 伸長期인 95日傾까지는 他處理區보다는 비교적 높음을 알 수 있었다.

4. 收量

窒素源을 달리한 施肥條件에 따른 pod數, 100粒重, 10a當 收量を 調査한 結果는 Table 5와 같았다.

Table 5. Effect of fertilizers application on the yield of soybean

Treatment	Pod No.	100 grain wt.(g)	Kg/10a	Yield index
Urea	93.5	22.92	370	101
Ammonium sulfate	90.0	22.10	362	97
Complex Fert. 1*	97.0	23.08	387	103
Complex Fert. 2**	97.3	23.22	401	107
Non-Nitrogen	90.6	22.03	374	100
L.S.D.(5%)	3.3	0.72	21	
L.S.D.(1%)	4.6	0.99	29	

* ; Complex fertilizer readily used

** ; Complex fertilizer newly developed

開發複肥區의 pod數는 既存複肥區와는 차이를 거의 보이지 않았으나 尿素區, 硫安區, 無窒素區보다는 높았고 100粒重은 開發複肥區가 他處理區가 他處理區보다 높았는데 既存複肥區와는 有意差가 없었으며 尿素區 및 無窒素區와는 5%, 硫安區와는 1%의 높은 有意性이 認定되었다. 즉 硫安區를 除外한 窒素源肥料의 全施用區에 있어서 無窒素區에 있어서 보다 收量이 增加되는 것으로 나타났는데 이 效果가 收量에 影響을 미친 것으로 推定된다. 窒素固定力과 收量과의 相關關係는 pod 伸長期에 있어서 相關係數 0.63으로 1%의 높은 有意性을 나타내고 있다. 이는 窒素營養의 상태가 種實의 肥大化와 收量에 影響을 미친다는 研究 結果와도 一致된다.^{6,7)}

5. 大豆의 栽培前後 土壤의 理化學的 性質變化

窒素源을 달리한 施肥條件에서 大豆를 栽培한 後의 土壤의 理化學的 性質은 Table 6과 같다.

實驗前에 비하여 pH 變化는 거의 없었고 有機物 含量은 全試驗區에서 增加되었으며 全窒素의 含量도 增加하였다. 反面 磷酸 含量과 陽이온 置換容量은 減少하였다. 특히 窒素源 肥料의 施用區中 尿素區 및 開發複肥區는 無窒素區에서보다도 全窒素 含量이 조금 增加되었다. 이 結果는 大豆가 生育하는 동안 施肥한 窒素源 肥料를 大部分 吸收했다는것을 意味하는데 이와같은 結果는 窒素添加가 根瘤形成과 收量에 影響을 미친다는 Benjamin의 報告¹⁾와 一致한다.

Table 6. Physico-chemical properties of the soil after experiment

Treatment	pH		O.M. (%)	T.N. (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	C.E.C. (m.e./100g)	Exch. Cation(m.e./100g)		
	H ₂ O(1:5)	CaCl ₂ (1:5)					K	Ca	Mg
Urea	6.7	5.7	1.17	0.34	26.8	8.5	0.55	7.46	1.12
Ammonium sulfate	6.5	5.6	1.45	0.55	28.7	8.7	0.47	7.51	1.04
Complex Fert. 1*	6.6	5.7	1.24	0.51	28.7	8.3	0.40	7.31	1.17
Complex Fert. 2**	6.5	5.6	1.17	0.43	28.6	8.9	0.32	6.84	1.19
Non-Nitrogen	6.8	5.8	1.12	0.44	26.8	8.7	0.43	8.53	1.27

* ; Complex fertilizer readily used

** ; Complex fertilizer newly developed

6. 種實의 成分含量

窒素源을 달리한 施肥條件에서 栽培한 大豆의 일반 성분 함량을 測定한 결과는 Table 7 과 8과 같았다.

粗蛋白質의 함량은 硫安區에서 가장 높았고 無窒素區에서 가장 낮았으나 粗脂肪 含量은 無窒素區에서 가장 높았고 開發複肥區에서 가장 낮았다.

이것은 窒素를 施肥하지 않을 때 脂質 含量은 增加되지만 蛋白質 含量은 低下된다는 昆野의 報告²³⁾와 一致한다. 朴¹⁷⁾에 의하면 蛋白質 含量은 일반적으로 脂肪含量과는 負의 상관을 나타낸다고 하였는데 本 實驗에서도 전반적으로 負의 상관을 나타내었다. 粗纖維 含量은 既存複肥區가 他處理區에 비해 높았고 粗灰分 含量은 處理區間에 비슷하였다.

Table 7. Contents of general constituents of soybean

Treatment	Moisture (%)	Factor	Crude Protein (%)	Crude Fat (%)	Crude Fiber (%)	Crude Ash (%)
Urea	9.42	1.00	38.61	17.72	12.07	4.95
Ammonium sulfate	9.71	1.03	40.14	17.40	12.23	5.04
Complex Fert. 1*	9.54	1.01	39.20	17.58	12.93	4.99
Complex Fert. 2**	9.63	1.02	39.69	17.36	12.49	5.18
Non-Nitrogen	9.46	1.00	38.32	17.95	12.17	4.93

Table 8. Contents of inorganic constituents of soybean

Treatment	Urea	Ammonium sulfate	Complex Fert. 1*	Complex Fert. 2**	Non-Nitrogen
Ca (%)	0.24	0.25	0.25	0.25	0.23
P (%)	0.62	0.56	0.60	0.60	0.57
Na (%)	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
K (%)	1.40	1.41	1.39	1.44	1.26
Mg (%)	0.24	0.24	0.23	0.25	0.25
Mn(mg/kg)	26.24	26.56	26.11	27.74	23.69
Fe(mg/kg)	93.48	94.54	93.68	90.53	26.60
Zn(mg/kg)	36.35	39.56	34.21	35.47	37.51
Cu(mg/kg)	13.25	14.49	14.64	15.12	14.82

* ; Complex fertilizer readily used

** ; Complex fertilizer newly developed

無機質 成分들 中 Ca, P, Na, 및 Mg의 함량은 窒素源 肥料의 施肥條件間에 뚜렷한 차이가 보이지 않았고 K와 Mn 함량은 他處理區에 비해 無窒素區가 약간 낮은 결과를 보였다. Fe 함량은

無窒素區가 他處理區에 비해 월등히 낮았으며 Zn 함량은 既存複肥區가 약간 낮고 Cu 함량은 尿素區에서 조금 낮은 결과를 보였다. Urease 活性과 酸價는 處理區間에 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. (Table 9)

Table 9. The urease activity of soybean

Treatment	Urease activity***	Acid value
Urea	1.89	0.71
Ammonium sulfate	1.91	0.75
Complex Fert. 1*	1.90	0.76
Complex Fert. 2**	1.92	0.71
Non-Nitrogen	1.91	0.74

* ; Complex fertilizer readily used

** ; Complex fertilizer newly developed

*** : at 65°C, after defat for 16 hours

7. 大豆 蛋白質의 消化率

窒素源을 달리한 肥料試用에 따른 處理區別로 栽培한 大豆의 蛋白質 消化率은 Table 10에서와 같이 無窒素區가 55.91%로 가장 높았고 硫安區가 52.95%로 가장 낮았다. 또한 蛋白質 消化率과 粗蛋白質 含量과는 뚜렷한 負의 相關關係가 있었다. 無窒素區가 蛋白質 消化率이 가장 높은 反面, 粗蛋白質 含量이 가장 낮다. 이는 大豆가 根瘤에서 窒素를 固定하였으나 無窒素區가 窒素源 施用區에 비해 窒素固定量이 다소 적었음을 意味하고 있다.

Table 10. Protein digestibility(%) of the soybean

Treatment	Full fat	Defat***
Urea	54.63	61.44
Ammonium sulfate	52.95	59.79
Complex Fert. 1*	54.49	60.75
Complex Fert. 2**	53.61	61.17
Non-Nitrogen	55.91	62.47

* ; Complex fertilizer readily used

** ; Complex fertilizer newly developed

*** ; at 65°C, after defat for 16 hours

趙¹¹⁾에 의하면 콩은 根瘤에서 窒素를 固定하며, 窒素固定量은 窒素吸收量의 1/3~2/3라고 하였는데 土壤의 水分 含量이 適合하고 腐植, 磷酸, 加里, 石灰 등이 豊富할 때는 窒素固定量이 많고 土壤이 건조하고 過濕할 때는 그 양이 적다고 하였다. 本 實驗에서 無窒素區의 蛋白質 消化率이 他處理區에 비해 가장 높은 것으로 볼때 窒素源 肥料를 施用할 必要가 없다고 할 수 있으나 土壤 條件을 考慮한다면 適當한 窒素質肥料의 施用은 粗蛋白質 含量을 높여 줄 뿐 아니라 蛋白質 消化率도 높여 준다고 생각된다.

摘 要

窒素源을 달리한 肥料施用이 大豆의 生育, 收量, 營養成分 및 蛋白質 消化率 등에 미치는 肥效는 다음과 같다. 大豆의 生育狀況은 施肥條件間에 대체로 類似하였으나 硫安區와 無窒素區에 있어서 節數가 적었다. 根瘤數와 무게는 硫安區와 無窒素區가 낮았고 그 밖의 處理區에 있어서는 차이가 보이지 않았다. 根瘤數 當 窒素固定力

은 生育初期와 開花期에는 거의 비슷하였으나 pod 伸長期에서는 開發複肥區가 他處理區보다 비교적 높았다.

大豆의 100粒重 및 10a 當 收量은 開發複肥區가 他處理區보다 높았고 無窒素區는 窒素源 肥料의 施用區보다 대체로 낮았다. 또한 大豆의 粗蛋白質 含量은 窒素源 肥料의 施用區가 無窒素區에 비해 높았고 粗脂肪 含量은 오히려 낮았다. 粗灰分 含量은 施用區間에 대체로 비슷하였으나 粗纖維 含量은 既存複肥區가 他處理區에 비해 높았다.

Ca, P, Na, K, Mg, Zn, Mn 및 Cu 含量은 施肥條件間에 대체로 비슷하였으나 Fe 含量은 無窒素區가 窒素源 肥料의 施用區에 비해 월등히 낮았으며, 蛋白質 消化率은 無窒素區에서 가장 높았다.

引用 文 獻

1. Benjamin, H.B and R.M. Hoover, 1971 : Effect of nitrogen on nodulation and yield of irrigated soybean, Agron. J. 63, 815.
2. Bergersen, F. J., 1971 : Biochemistry of symbiotic nitrogen fixation in legumes, Ann. Rev. Plant Physiol., 22, 121.
3. 放射線 農學研究所, 1970 : 根瘤菌接種試驗, 研究開發報告書, 30.
4. Davidescu, D. D., 1975 : The role of fertilizers in soybean cultivation. pp 203.
5. Hardy, R. W. F., Burns, R. C and R. D. Holsten, 1973 : Application of the acetylene - ethylene assay for measurement of nitrogen fixation, Soil Biol. Biochem., 5, 47.
6. Hashimoto, K. 1976 : The significance of nitrogen nutrition to the seed yield and relating characters of soybeans with special reference to cool summer injury. Res. Bull. Hokkaido Natl. Agr. Exp. Stn. 114, 1
7. Hoshi, S., Ishizuka, J. and H. Nishi, 1978 : Effects of the top dressing of nitrogen fertilizers on the growth and seed production of soybean plants. Res. Bull. Hokkaido Natl. Agr. Exp. Stn. 122, 13.

8. 韓仁圭, 1976 : 飼料資源 핸드북, 韓國飼料協會.
9. 韓國飼料協會 食料技術 研究所 ; 1987 : 飼料分析實驗實務教材.
10. 日本飼料協會, 1982 ; 飼料分析基準注解, 8~11.
11. 趙載英, 1980 : 三訂田作, 郷文社, 239.
12. 李瑞來, 辛孝善, 1981 ; 食品化學, 集賢社, 8~10.
13. Lyon, T.L. and J. A. Bizzell, 1934 : Comparison of several legumes with respect nitrogen accretion, *J. Amer. Soc. Agron.*, **26**, 651
14. 農村振興廳, 1967 : 大豆根瘤菌 接種效果 試驗, 農試年報, 75.
15. 農水産部, 1974 : 農林統計年報.
16. 農業技術研究所, 1978 : 土壤化學 分析法.
17. 朴愚喆, 1984 : 根瘤菌의 人工接種이 大豆의 몇가지形質에 미치는 영향, *경대논문집*, **37**, 245.
18. Schaffer, A. G. and M. Alexander, 1966 ; Assay of substances stimulatory to legume nodule formation, *plant physiol.*, **42**, 557.
19. 食品工業調査部, 1984 ; 83年度 食品類 輸出入現況, *食品工業*, **72**, 93.
20. Wither, H. C., Burris, R. H. 1976 : Nitrogenase, *Ann. Rev. Biochem.*, **45**, 409.
21. 副島伸一, 1983 : 最近おける肥料の生産, 消費の動向, *日本土壤肥料學雜誌*, **54**, 74.
22. 中村道徳, 1980 : 生物窒素固定, 學會出版センター, 27.
23. 昆野昭晨, 1971 : ダイズからみた 登熟の生理, *農業技術*, **26**, 361.