

窒素와加里施用이Winged bean의生育, 收量 및根瘤形成에 미치는影響

孫尚穆* · 李長祐*

Effects of Nitrogen and Potassium on Plant Growth, Yield and Nodule Formation in Winged Bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) D. C.)

Sang Mok Sohn* and Jang Seok Lee*

ABSTRACT : This study was conducted to find out the effects of nitrogen, potassium application on the plant growth, grain yield and nodule formation of Winged bean.

Plant height, number of branches, number of leaves, leaf area, NAR, RGR and CGR increased with basal and top dressing of nitrogen and potassium application. Especially CGR was increased significantly with the added amount of potassium. Number of nodules and nodule dry weight decreased with application of basal and top dressing nitrogen, but increased with the added amount of potassium. Green pod, tuber and grain yield increased with application of basal and top dressing nitrogen, and the added amount of potassium. There appeared positive correlation coefficient between grain yield and growth characteristics, and between grain yield and components. But there showed negative correlation coefficient among yield, number of nodules, dry weight and P₂O₅ contents in leaf.

Winged Bean은 他 豆科作物보다 根瘤菌에 의한 窒素 固定能力이 優秀하며 可食部位 또한 種實, 綠莢, 花, 葉, 塊根 등 多樣하여 利用價値가 極히 높다²⁰고 알려진 이후 栽培面積이 熱帶, 亞熱帶地域을 中心으로 최근 크게 擴大되고 있다. 一般的으로 豆科作物은 공기중의 N₂를 利用하므로 施肥窒素에 소홀하기 쉬우나 根瘤菌에 의한 固定窒素만으로 生育이 可能하기 까지는 發芽後 4주 정도가 所要되므로⁷⁾ 播種前 少量의 無機態窒素의 施用이 勸奨되고 있으며 植物體 各 部位의 營養分이 種實로 移動하는 開花期 이후 生殖生長期에도 높은 窒素 要求度를 充足시키기 爲해 無機態窒素의 追肥가 必要하며 이를 통한 收量의 增加가 認定되고 있다.²⁰⁾ 한편 加里는 物質代謝에 關與하는 酵素의 機能을 活性化시켜 間接的으로 蛋白質이나 炭水化合物合成에 關與하는 代謝를 促進시키는 Sink 機能 元素로 作用하여 種實收量에 크게 關與한다고 알려져 있다.¹⁴⁾ 본 研究에서는 새로운 熱帶 豆科作物인 Winged bean의 生育과 收量

그리고 根瘤形成에 미치는 窒素와 加里의 效果를 밝히고자 하였다.

材料 및 方法

UPS-63을 供試材料로 4月 25日에 비닐 育苗 pot 당 3粒씩 點播한 後 第3本葉 展開時 生育이 健實한 1株를 남기고 除去하였으며 5月 25日에 1/2000a Wagner's pot 에 定植하였다. 施肥處理는 基肥로 窒素 2水準(0, 4 kg/10a), 加里 3水準(0, 6, 18 kg/10a), 追肥로 窒素 2水準(0, 4 kg/10a)을 두어 2×3×2 要因 實驗으로 實施하였다. 충진토양(11 kg/pot)은 熟田土壤을 使用하였으며 pot 당 磷酸 7kg/10a, 石灰 160 kg/10a 및 有機物 1000 kg/10a을 施用하고 根瘤菌 接種土 100 g/pot를 混合하여 移植 30日前에 灌水하여 土壤을 安定시켰다. 窒素質 肥料는 尿素로, 磷酸은 燐過燐으로, 加里는 鹽化加里로 各々 施用하였으며 追

* 단국대학교 농과대학(Coll. of Agriculture, Dan Kook University, Cheon an 330-714, Korea) <'90, 9, 4 接受>

肥는 開花時인 7月 15日에 施肥하였다. 支柱는 植物體의 草長이 50cm에 이르는 6月 5日에 프라스틱 파이프로 130cm 높이의 旋盤型으로 設置하여 植物體를 誘引하였다.

結果 및 考察

窒素 및 加里施用에 따른 草長, 分枝數, 葉數 및 葉面積은 莢肥大期인 8月 25日까지는 急激히 增加하다가 收穫期로 이행되면서 葉數와 葉面積은 減少하였으나, 草長, 分枝數는 緩慢하게 增加하는 傾向이었으며 窒素, 加里施用水準에 따른 差異는 表 1과 같다. 窒素基肥·追肥施用 및 加里施用量이 增加할수록 草長, 分枝數, 葉數, 葉面積 등 生育이 向上되었다. 草長, 葉數, 葉面積은 窒素基肥, 加里施用, 窒素追肥에 대해 각각 高度의 有意성이 나타났으나, 分枝數는 窒素基肥 및 加里施用에서만 高度의 有意성이 나타났고 葉面積은 窒素基肥×加里施用×窒素追肥間의 相互作用에 高度의 有意성이 나타났다. 이는 窒素의 追加施用 없이 根瘤菌의 窒素固定能力만으로는 이들의 生育狀態가 良好하지 못함을 意味하는 것으로서 大豆에서의 Haper⁶⁾, Koch와 Beringer⁹⁾의 報告와 一致하고 있다. 따라서 앞으로 葉, 花, 未熟莢, 種實 등 多様な 可食部位에 대한 收穫時期 및 方法 研究를 통해 窒素의 基肥·追肥施用 및 加里의 增施로 이들 可食部位들의 增收可能性에 대한 檢討가 必要할 것으로 사료된다.

開花期(7/15)부터 莢肥大期(8/25)까지의 生長分析結果는 表 2에서 보는 바와 같이 純同化率(N-AR)과 相對生長率(RGR)은 窒素基肥區와 窒素追肥區에서 有意差가 認定되었으며 窒素基肥×加里, 窒素基肥×窒素追肥, 加里×窒素追肥 및 窒素基肥×加里×窒素追肥 등의 相互作用效果도 認定되었다. 作物生長率(CGR)도 窒素基肥施用區와 窒素追肥施用區에서 그리고 加里의 施用水準이 높아질수록 모두 增加하는 傾向이었으며, 窒素基肥, 加里施用, 窒素追肥의 各 要因別 有意성이 認定되었고, 窒素基肥×加里, 窒素基肥×窒素追肥, 加里×窒素追肥 및 窒素基肥×加里×窒素追肥 등의 모든 相互作用效果가 認定되었는데 이는 少量의 窒素를 基肥 및 追肥로 施用했을 때 CGR이 增加한다는 大豆에서의 姜⁷⁾의 報告와 一致한다. CGR의 增加는 결국 總乾物重에 대한 葉面積의 增加를 意味함으로 Sink의 量보다 Source의 量이 窒素基肥·追肥 施用時, 그리고 加

里施用量이 增加할수록 커져 剩餘分의 同化產物이 種實로 移動하여 增收하는 要因이 되었다고 볼 수 있다.

Winged bean은 본래 熱帶地域의 永年生 作物이나 本 實驗栽培位置가 北緯 37.15°라는 地域의 條件 때문에 收穫된 綠莢收量은 表 3에서와 같이 窒素基肥·追肥 및 加里施用에 따라 모두 增加하였으나 窒素基肥 및 加里施用에서만 高度의 有意성이 認定되어 窒素基肥의 施用과 加里施用 水準의 增加가 綠莢收量을 增大시키는 것으로 나타났다. 한편 塊根收量은 窒素基肥 施用時 增加하였으며 加里施用量이 增加할수록 塊根重이 뚜렷이 增加하였다. 고구마 등에서 加里가 收量增大에 效果의이라는 D'Souza와 Bourke⁴⁾의 報告와 같이 加里施用에 따른 Winged bean의 塊根形成 增大效果가 認定되었다. 種實收量 역시 窒素基肥·追肥施用區에서 높았고 加里施用量이 增加할수록 增加하였다. 窒素基肥, 加里施用, 窒素追肥에 대한 각각의 效果와 窒素基肥, 窒素追肥間의 相互作用效果는 高度의 有意성이 나타났는데 이는 大豆 收量에 있어서 窒素, 加里의 主效果 및 相互作用效果가 認定된다는 孫¹⁶⁾의 報告와 一致하였다. 또한 植物體內的 加里이온은 篩管部內에서 NO₃⁻의 移動을 빠르게 하여 根部로부터 NO₃⁻의 吸收를 촉진하므로¹⁾ 窒素와 加里의 相互作用이 種實收量의 增加를 초래한 것으로 보인다. 특히 基肥로 窒素 4kg/10a, 加里 18kg/10a 施用後 開花期에 追肥로 窒素 4kg/10a를 施用하면 無肥栽培時 보다 140%나 增收되었는데 이는 少量의 基肥窒素 施用이 大豆의 收量增加에 寄與한다는 松代¹⁴⁾, 康⁸⁾ 등의 報告와, 開花期 以後 窒素追肥가 生育 및 收量增加에 效果의이라는 Masefield¹³⁾, Brendan 등³⁾, Watanabe 등²¹⁾의 報告와 一致하며 加里를 3倍肥로 增施할 때 Winged bean의 種實收量이 增加한다는 Lynd 등¹¹⁾의 報告와 一致하는 結果이다. 窒素와 加里施用에 의한 根瘤數와 根瘤乾物重의 變化는 表 4에서와 같다. 전체적인 根瘤數는 窒素基肥 및 窒素追肥에 의해 현저히 減少하였으나 加里의 施用量이 增加할수록 增加하는 傾向이었다. 또 窒素基肥處理와 窒素基肥 및 窒素追肥施用의 效果와 窒素基肥, 窒素追肥, 加里×窒素追肥의 相互作用效果가 각각 高度의 有意성이 認定되어 根瘤數는 基肥로든 追肥로든 窒素施用에 따라 減少함을 알 수 있었다. 이는 窒素施用이 根瘤의 着生을 阻害한다는 여러 報告들^{12, 18, 20, 22)}과 一致하는 것이다. 한편

Table 1. Growth status of Winged bean plant at 25 Aug. under different levels of N, K application.

	Plant height (cm)				Number of branch				Number of leaf				Leaf area (cm ²)											
	Basal		N ₀		N ₁		N ₀		N ₁		N ₀		N ₁		N ₀		N ₁							
	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃						
Top dressing	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃						
N ₀	298	405	420	382	493	495	3.3	5.7	7.0	5.7	8.3	8.7	31.3	57.7	66.3	56.0	68.3	70.0	1035	1719	1792	1684	1911	1983
N ₁	298	435	492	415	518	527	5.7	8.0	8.3	6.3	8.7	9.3	54.7	67.7	67.7	63.3	71.0	79.0	1579	1850	1875	1748	1996	2119
	F. value	L S D(0.05)		F. value	L S D(0.05)		F. value	L S D(0.05)		F. value	L S D(0.05)		F. value	L S D(0.05)		F. value	L S D(0.05)							
Basal appli- cation N(A)	87.97**	36.58		52.01**	0.86		6.46*	17.30		10.85**	359.40		6.46*	17.30		10.85**	359.40							
Basal appli- cation K(B)	78.59**	27.05		14.42**	1.43		37.33**	5.37		25.69**	149.75		37.33**	5.37		25.69**	149.75							
Top dressing N(C)	10.37**	20.86		4.40	1.39		20.08**	4.27		31.55**	64.64		20.08**	4.27		31.55**	64.64							
A × B	1.74	38.26		0.05	2.03		2.88	7.59		1.59	211.78		2.88	7.59		1.59	211.78							
A × C	0.10	29.50		1.10	1.96		2.01	6.04		8.99**	91.42		2.01	6.04		8.99**	91.42							
B × C	1.37	36.20		0.07	2.40		2.86	7.37		5.42*	111.95		2.86	7.37		5.42*	111.95							
A × B × C	1.01			0.09			2.84			7.09**			2.84			7.09**								

N₀ : 0kg/10a, N₁ : 4kg/10a

K₀ : 0kg/10a, K₁ : 6kg/10a, K₃ : 18kg/10a

Top dressing date : 15 July

Table 2. Growth analysis of Winged bean from flowering stage to pod filling stage(15 July-25 Aug.) under different levels of N, K application.

Top dressing	NAR(10^{-2} mg cm^{-1} day $^{-1}$)									RGR(mg g^{-1} day $^{-1}$)									CGR(g day $^{-1}$ m $^{-2}$)								
	N ₀			N ₁			N ₀			N ₁			N ₀			N ₁											
	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃									
N ₀	67.1	59.1	63.5	52.1	66.7	59.7	36.2	38.9	39.6	32.7	40.6	36.5	9.2	12.6	15.0	14.7	18.1	17.4									
N ₁	95.4	71.2	73.7	55.4	68.2	65.6	48.5	43.6	43.2	34.2	41.3	39.1	16.6	14.5	17.9	12.0	18.7	19.9									
Basal appli- cation N(A)	F, value			L S D(0.05)			F, value			L S D(0.05)			F, value			L S D(0.05)											
	13.87**			12.00			11.39**			5.41			12.96**			1.97											
Basal appli- cation K(B)	0.16			7.75			3.34			2.89			63.03**			1.15											
Top dressing N(C)	53.33**			3.05			80.96**			1.02			82.87**			0.70											
A×B	10.50**			10.97			5.97*			4.08			15.46**			1.63											
A×C	22.82**			4.31			31.43**			1.44			24.92**			0.99											
B×C	4.01*			5.28			8.04**			1.77			4.12*			1.21											
A×B×C	4.97*						9.62**						7.86**														

Table 3. Green pod, tuber and grain yield of Winged bean under different levels of N, K application.

Top dressing	Green pod yield(g/plant)									Tuber yield(g/plant)									Grain yield(g/plant)								
	N ₀			N ₁			N ₀			N ₁			N ₀			N ₁											
	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃									
N ₀	18.5	22.2	24.7	21.7	25.7	26.0	23.3	28.7	30.9	28.0	37.3	40.0	11.4	19.5	21.2	18.3	24.6	25.5									
N ₁	21.3	24.2	24.4	22.5	26.7	26.8	26.9	32.6	34.4	30.0	44.4	48.4	17.1	23.4	23.8	20.2	25.5	27.4									
Basal appli- cation N(A)	F, value			L S D(0.05)			F, value			L S D(0.05)			F, value			L S D(0.05)											
	14.10**			2.75			88.60**			2.31			196.5**			1.37											
Basal appli- cation K(B)	13.96**			2.08			48.81**			1.89			78.77**			1.63											
Top dressing N(C)	1.65			1.20			30.18**			1.31			43.69**			1.03											
A×B	0.29			2.94			7.30**			3.21			1.52			2.30											
A×C	0.09			2.83			0.29			1.25			11.00**			1.46											
B×C	0.07			3.46			1.83			1.92			2.97			1.78											
A×B×C	0.23						1.03						2.34														

Table 4. Number and dry weight of nodules at 25 Aug. under different levels of N, K application in Winged bean.

Top dressing	No. of nodules									Dry weight of nodule(mg/plant)								
	N ₀			N ₁			N ₀			N ₁								
	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃	K ₀	K ₁	K ₃						
N ₀	117.3	118.3	129.3	71.0	91.7	93.0	1210	1300	1510	1000	1150	1170						
N ₁	68.0	67.7	65.0	64.0	53.7	46.7	880	750	690	850	560	420						
Basal application N(A)	F, value			L S D(0.05)			F, value			L S D(0.05)								
	17.72**			24.82			6.14*			387.74								
Basal application K(B)	6.75*			6.81			6.73*			106.69								
Top dressing N(C)	184.41**			6.84			76.36**			138.31								
A×B	0.74			9.63			5.56*			150.88								
A×C	15.03**			9.67			1.25			196.31								
B×C	6.32*			11.84			1.52			240.43								
A×B×C	2.12						2.73											

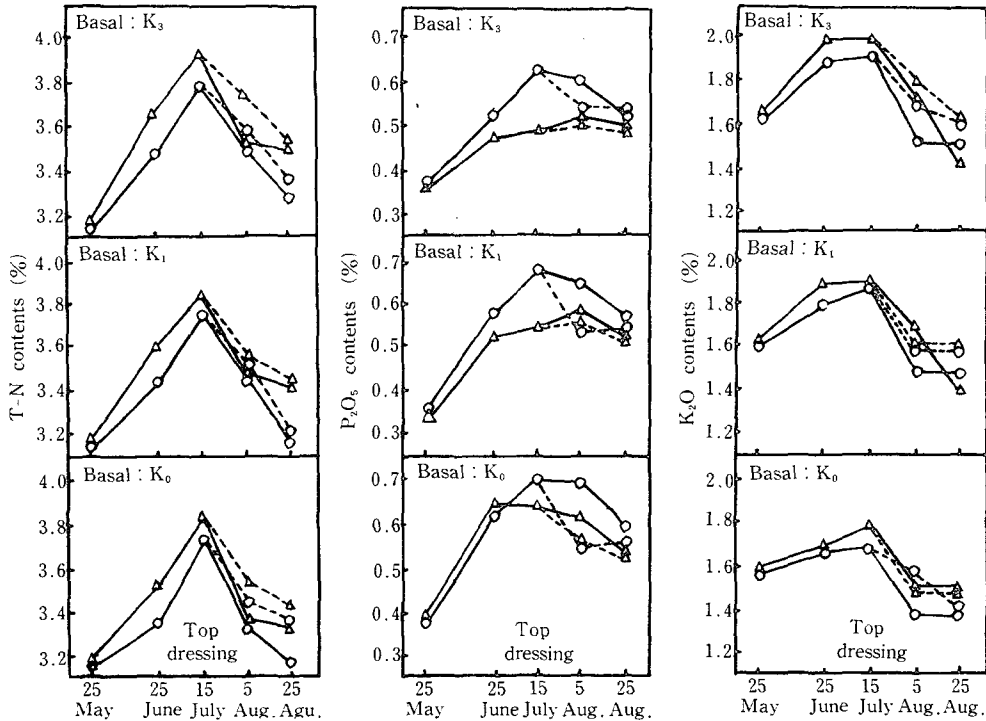


Fig. 1. Changes of total nitrogen, phosphorus and potassium contents of Winged bean leaf under different levels of N, K application. ○—○ : Basal N_0 ; △—△ : Basal N_1 ; - - - - : Top dressing

加里施用량을 증가시키면 Broad bean에서 根瘤의 活性도가 높아져 근류크기가 擴大되고 N_2 固定량이 增加한다는 報告⁵⁾와 같이 Winged bean에서도 加里施用량의 增加가 根瘤形成을 促進시킨 것으로 나타났다.

葉中 無機成分의 生育時期別 經時的 變化는 그림 1에서와 같다. 全窒素 含量은 開花期(7月 15日)까지 急激히 增加하였다가 他豆科作物과 같이 開花期를 頂點으로 減少²⁰⁾하였으나 窒素追肥 施用時는 그 減少 傾向이 緩慢하였다. 磷酸의 含量도 全窒素 含量과 類似하게 開花期까지 急激히 增加하였으나 開花期 이후에 서서히 減少되었는데 특히 이런 傾向은 窒素 基肥處理에서 뚜렷하였다. 그러나 磷酸含量은 전 生育期間中 加里의 施用水準이 增加할수록 낮았고 開花期 이후 窒素追肥區에서의 減少程度가 더욱 심한 樣相을 나타냈다. 加里의 含量도 加里의 施用水準이 높을수록 많았으며 그 經時的 變化는 開花期까지는 緩慢히 增加하였다가 開花期 이후에는 急激히 減少하는데 특히 加里의 施用量이 10 a당 18 kg일 때 그 增減의 幅이 크게 나타났다. 葉中 加里含量이 높으면 葉表面의 氣孔數가 增加되고 CO_2 吸

收를 助長시키며 ATP 合成이 促進되어 光合成活動이 增大됨^{2,15)}으로서 Winged bean의 收量增加에 影響을 미친 것으로 思料된다. 또한 窒素追肥時 開花期以後 葉中 加里含量은 無追肥에 비해 오랫동안 높게 維持되었다. 以上の 結果는 施肥處理와 關係없이 大豆의 葉內 N, P, K 含量이 開花期까지는 서서히 增加하나 그 이후부터는 減少한다는 Haper⁶⁾의 結果와 一致하는 것으로 種實形成 以前에는 N, P, K가 植物體內에 貯藏되었다가 種實의 發育과 함께 種實로 移動하기 때문으로 思料된다.

生育特性 相互間의 相關關係는 표 5에서 보는 바와 같이 草長, 分枝數, 葉數, 葉面積, 地上部乾物重, CGR 등의 生育特性은 收量과 高度의 育意性이 認定되는 正의 相關으로 나타났다. 葉面積과 CGR의 境遇, 生育 諸要因, 收量 및 葉中 T-N含量과는 高度의 正의 相關, 葉中 P_2O_5 含量과는 高度의 負의 相關關係가 認定되었다. 收量과는 根瘤數, 根瘤乾物重이 負의 相關關係를 보였는데 이는 Thiagalingam과 Fahmy²⁰⁾가 Winged bean에서 窒素施肥量을 增加시킬 때 根瘤의 數는 減少하나 收量 및 生育 諸要因이 增加한다는 報告와 一致하고 있다. 豆

Table 5. Correlation coefficient (r) among yield factors in Winged bean.

	N. B.	N. L.	L. A.	N. N.	N. W.	T. W.	CGR	RGR	NAR	T N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Grain yield
Plant height	0.69**	0.75**	0.77**	-0.38*	-0.30	0.66**	0.70**	0.03	-0.20	0.38*	-0.64**	0.35*	0.83**
No. of branches	0.56**	0.56**	0.67**	0.34*	0.38*	0.54**	0.61**	0.10	-0.01	0.46**	0.66**	0.28	0.62**
No. of leaves			0.78**	-0.41*	-0.40*	0.68**	0.71**	0.15	0.08	0.51**	0.66**	0.41*	0.87**
Leaf area				0.44**	-0.42**	0.78**	0.72**	0.12	-0.14	0.42**	-0.69**	0.24	0.88**
No. of nodules					0.89**	-0.47**	-0.47**	-0.25	-0.24	-0.52**	0.31	-0.19	-0.46**
Nodule dry wt.						-0.35*	-0.47**	-0.30	-0.26	-0.41*	0.32	-0.32	-0.41*
Total dry wt.							0.55**	0.12	-0.11	0.36*	-0.69**	0.20	0.78**
C G R								0.57**	0.43**	0.47**	-0.56**	0.39*	0.78**
R G R									0.90**	0.05	-0.05	0.26	0.78**
N A R										0.04	0.10	0.15	-0.04
T-N contents											-0.36*	-0.01	0.44**
P ₂ O ₅ contents												-0.40*	-0.69**
K ₂ O contents													0.38*

*** : Significant at 0.05 and 0.01, probability. C G R : Crop growth rate. R G R : Relative g:owth rate. N A R : Net assimilation rate.

科作物의 營養生長에는 施肥窒素에 의한 amide-N이 利用되고 生殖生長에는 根瘤에 의해 固定된 ureid-N이 利用된다는 Streeter¹⁷⁾의 보고 및 施肥窒素量이 增加하면 種實 및 植物體에 蓄積되는 窒素가 根瘤에 의해 固定된 ureid-N보다 施肥窒素에 의한 amide-N이 增加하여 어느 한도內的 施肥窒素는 大豆의 根瘤 形成을 阻害하더라도 種實收量을 增加시킨다는 Tanaka¹⁹⁾의 報告 등 相反된 見解가 있으나 Winged bean의 경우 本 實驗結果와 같이 後者の 報告와 一致하는 것으로 나타났다.

摘 要

高蛋白 熱帶豆科作物인 Winged bean의 窒素와 加里의 施肥法 確立은 위한 基礎資料를 얻고자 窒素基肥(0, 4 kg/10a), 加里基肥(0, 6, 18 kg/10a), 窒素追肥(0, 4 kg/10a) 水準을 달리한 pot 試驗을 실시한 結果를 요약하면 다음과 같다.

1. 草長, 分枝數, 葉數, 葉面積은 窒素의 施肥·追肥時, 加里施用量이 增加할 수록 현저히 增加하였다. NAR, RGR, CGR은 窒素의 基肥·追肥 施用時 有意性 있게 增加하였으며 특히 CGR은 加里水準이 增加함에 따라서 有意性 있게 增加하였다.
2. 根瘤의 數와 根瘤 乾物重은 窒素基肥 및 追肥 施用時에 減少하였으며 窒素施肥에 關係없이 加里水準이 增加할 수록 增加하였다.
3. 綠莢, 塊根 및 種實收量은 窒素基肥·追肥 施用時, 그리고 加里 施用量이 增加할 수록 增加하였다. 種實收量의 境遇, 窒素基肥·追肥施用 및 加里 3倍 肥施用時 無處理에 비해 140% 增加하였으며 窒素基肥×窒素追肥間의 相互作用에도 有意性이 나타났다.
4. 收量은 主要 生育特性(總乾物重, 葉面積, C-GR, 草長, 分枝數, 葉數) 및 收量構成 要素(莢, 莢實率, 莢長, 莢幅, 100粒重)와 正의 相關關係, 그리고 根瘤數, 根瘤乾物重, 葉中 P₂O₅含量과는 高度의 負의 相關關係가 나타났다.

引 用 文 獻

1. Barneix, A.J. and H. Breteler. 1984. Function of K⁻ and Na⁻ in uptake, Translocation and reduction of NO₃⁻ in wheat plants. Proc. 6th Int. Coll. for the Optimization of Plant Nutrition,

- Vol. 0, 10.
2. Brag, H. 1972. The influence of K on the transpiration rate and stomatal opening in *triticum aestivum* and *pisum sativum*. *Physiologia Pl.*, 26 : 250-257.
 3. Brevdan, R.D., D.B. Egli and J.E. Leggette. 1978. Influence of N nutrition on flower and pod abortion and yield of soybeans. *Agronomy Journal* 70 : 81-84.
 4. D'Souza, E. and R.M. Bourke. 1986. Intensification of subsistence. *Agriculture on the Nemb : Plateau Papua New Guinea 1. General introduction and inorganic fertilizer trails*. Papua New Guinea Journal Agriculture. For Fish 34(1-4) : 19-28.
 5. Haghparast-Tanha, M.R. 1973. The influence of potassium on the activity of rhizobium bacteria. Proc. 11th Coll. Int. Potash Inst., Bern, 169-178.
 6. Haper, J.E. 1971. Seasonal nutrient uptake and accumulation patters in soy bean. *Crop Science* 11 : 347-350.
 7. 姜安錫. 1984. 窒素의 基肥 및 追肥施用이 大豆의 根瘤着生과 生育 및 收量에 미치는 影響. 서울大學校 碩士學位論文.
 8. 강영희. 1968. 大豆의 營養生理에 관한 研究. 韓國土壤肥料學會誌 1(1) : 73-78.
 9. Koch, K. and H. Beringer. 1984. Einfluss von Stickstoff und Kalium auf den Ertrag von *Vicia faba* im Gefäßversuch. *Kali-Briefe (Bunthof)* 17 : 53-58.
 10. Lurlarp, C. 1986. Mycorrhiza and soil fertility attributes for improved tripartite symbiosis of *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) D.C. on a Typic Eutrustox. *Dissertation Abstracts International, B(Sciences and Engineering)* 47(3) : 861B.
 11. Lynd, J.Q., C. Lurlap and B.L. Fernand 1983. Perennial Winged bean yield and nitrogen fixation improvement with soil fertility treatments for a Typic Eutrustox. *Journal of Plant Nutrition* 6(8) : 641-656(23 ref).
 12. Mark Latimore, Jr., Joel Giddens, and D.A. Ashley. 1977. Effect of ammonium and nitrate nitrogen upon photosynthate supply and nitrogen fixation by soybeans. *Crop Science* 17 : 399-403.
 13. Masefield, G.B. 1961. Root nodulations and agricultural potential of the leguminous genus *Psophocarpus*. *Tropical Agriculture, Trinidad* 38 : 225-229.
 14. 松代平治. 1971. 豆類의 營養特性と施肥. 農業および園藝 46(1) : 167-171.
 15. Pflüger, R. and K. Mengel. 1972. Die photochemisch Aktivität von Chloroplasten aus unterschiedlich mit Kalium ernährten Pflanzen. *Pl. Soil*, 36(2) : 417-425.
 16. 孫錫龍. 1978. NaCl, 窒素 및 加里의 施用量이 大豆의 生育 및 收量에 미치는 影響. 忠北大學校 論文集 16 : 147-158.
 17. Streeter, J.G. 1972. Nitrogen nutrition of field grown soybean plants, seasonal variation in nitrate reductase, glutamate dehydrogenase and nitrogen constituents of plant parts. *Agronomy Journal* 64 : 315-319.
 18. Strowd, W.H. 1920. The relation of nitrates to nodule production. *Soil Society* 9 : 345-356.
 19. Tanaka, A. 1983. The physiology of soybean yield improvement. Soybean in tropical and subtropical Cropping systems. Proceeding of a symposium. AVRDC : 323-331.
 20. Thiagalingam, K. and F.N. Fahmy. 1981. Effect of different rates of nitrogen on nodulation, Growth and nutrient composition in Winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) *Malaysia Agricultural Journal* 53 : 106-112.
 21. 遮邊巖·中野寛. 1983. 大豆의 追肥技術. 日作紀 52(3) : 291-298.
 22. Zusevics, J.A. 1981. Studies on Winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) nutrition in laboratory environment. *Journal of Plant Nutrition* 3(5) : 789-802(12 ref).