

野山開墾地에서 根瘤菌 接種 및 石灰 肥種別 施用이 땅콩 生育에 미치는 영향

1. 植物體中 養分含量 및 收量

李德培 · 任建宰* · 權泰午** · 李相馥 · 蘇在敦

Effect of Inoculation with *Bradyrhizobium* sp. and Lime Types on Peanut Plant at Newly Reclaimed Area

1. Content of Nutrients in Plant and Yield

Deog-Bae Lee, Geon-jae Im*, Tae-Oh Kwon**, Sang-Bok Lee and Jae-Don So

SUMMARY

This study was carried out to investigate the influence of inoculation with *Bradyrhizobia* and lime types on the nutrient content and yield of peanut.

Inoculation size of *Bradyrhizobium* sp. HCR-46 was 8.2×10^7 cells per seed. Slaked lime, magnesium lime, and calcium carbonate were applied in an amount required for neutralization of soil. 150kg of calcium sulfate was fertilized to 10a of the experimental field. Sowing space was 40×25cm under vinyl mulching. Leaves and stems for assay were sampled at 100 day after sowing.

The obtained results are as follows.

1. Number and dry weight of nodule as well as dry weight of aerial part of peanut plant increased by inoculation with *B. sp.* and were the highest in calcium carbonate application.

2. Inoculated with *B. sp.*, the contents of T-N, K_2O , MgO, allantoin, ammonia, free amino acid and chlorophyll increased, but that of nitrate decreased.

3. The contents of T-N, free amino acid, and chlorophyll were higher in the treatment of calcium carbonate, those of K_2O , MgO, allantoin, ammonia were higher in magnesium lime application, and those of CaO and nitrate were higher in slaked lime fertilization than any other lime types.

4. Contents of total sugar and starch in stem at 100 days were higher in the treatment of uninoculation than inoculation with *B. sp.*, and those were highest in the calcium sulfate application than the other lime types.

5. Inoculated with *B. sp.* length of main stem and number of pods increased significantly. Yield of seed was higher in inoculation with *B. sp.* than in uninoculation by 64%, and in the order of carbonate, magnesium lime, slaked lime, in calcium sulfate and non-application was the contribution of soil treatments to yield increases.

湖南作物試驗場(Honam Crop Experiment Station, Iri, Korea)

* 農藥研究所(Agricultural Chemicals Research Institute, RDA, Suwon, Korea)

** 圓光大學校 農科大學(College of Agriculture, Univ. of Wonkwang)

緒 言

産業發達로 인해 減少된 農耕地를 確保하고자 干拓·野山開墾事業等 農地開發事業이 꾸준히 推進되어 왔다. 이같은 結果로 野山開墾地에서 出作物의 栽培가 急増하고 있다. 그러나 開墾地 土壤은 理化學性이 均一하지 않고, 土壤酸도가 낮고 有機物, 磷酸含量이 낮으며, 作土心이 얇고 칼슘, 마그네슘, 칼륨 등의 鹽基流失로 인해 缺乏되기 쉽다. 이같은 開墾地 土壤을 改良하기 위해 有機物, 磷酸, 加里, 石灰의 施用이 必要하다는 것은 널리 알려진 事實이다.

作物生育에 必要한 多量元素의 하나인 칼슘源으로서 石灰를 施用하면 土壤의 理化學性 改良效果外에도 農業적으로 有用한 放線菌, 窒酸菌, 根瘤菌 등의 生育에 好適한 環境을 造成해 주는 效果가 있다. 또한 뿌리를 통해 吸收된 칼슘은 植物體內的 Pectin Chain⁸⁾이나 Acid Polysaccharide^{29,30)}와 단단한 結合을 形成하거나, 止葉中 全糖과 澱粉蓄積量을 많게 하고 下位節中 細胞壁構成物質의 含量을 增大시키는 效果¹⁴⁾가 있다.

땅콩은 光合成 產物인 炭水化合物과 根瘤菌에 의해 固定된 空中窒素를 利用하여 種實을 充滿시킨다. 우리나라에서의 땅콩은 栽培歷史도 짧을 뿐만 아니라 栽培地도 野山開墾地로 바뀌게 됨에 따라 土壤中 땅콩 根瘤菌의 密度가 大豆에 비해 매우 낮게 分布하고 있을 것이다. 따라서 安全多收穫生産을 위해서는 優秀根瘤菌의 接種이 必要한 課題라 생각된다. 한편 땅콩 根瘤菌 接種은 窒素質肥料의 使用節減, 生育後期 追肥施用 勞力節減 등의 效果도 期待할 수 있다.

本研究는 땅콩에 대한 根瘤菌 接種 및 肥種別 石灰施用效果를 究明하고자 遂行되었던 바 얻어진 몇 가지 結果를 報告하는 바이다.

材料 및 方法

本試驗은 땅콩栽培 經歷이 없고 土壤理化學性이 不良한 全北 金堤郡의 新開墾地인 松汀統에서 遂行되었다. 試驗前 土壤의 化學的 特性은 表1과 같다.

處理內容은 根瘤菌 接種과 無接種을 主區로 하고 石灰肥種(無施用, 石膏, 消石灰, 苦土石灰, 炭酸石灰)을 細區로 한 分割區 配置 3反復이었다. 供試 根瘤菌

Table 1. Chemical properties of soil before experiment

pH (1:5)	O. M (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	Ex. Cat.(me/100g)			T-N (ppm)
			K	Ca	Mg	
5.15	0.40	5.00	0.18	0.97	0.97	338

株는 湖南作物試驗場에서 選拔한 優良菌株인 *Bradyrhizobium sp.* (*Arachis*) HCR-46 이었으며 種子當 8.2×10^7 Cell씩 接種하였으며, 石灰施用量은 石膏는 10a當 150kg, 消石灰, 苦土石灰, 炭酸石灰는 各各 中和量(350kg/10a, 492kg/10a, 474kg/10a)을 播種25日前에 全量을 表面撒布後 마른 로타리를 實施하였으며 播種3日前에 窒素는 施用하지 않고 磷酸은 吸收係數 5%調節量인 44kg/10a을, 加里는 飽和度 10%調節量인 48kg/10을, 追肥는 1,000kg/10a, 硼砂는 1.5kg/10a를 全量 基肥로 施用한 뒤 Vinyl 被服하여 1989年 4月26日에 嶺湖땅콩을 1粒씩 點播하였다. 栽植距離는 40×25cm였다.

試驗前·後 土壤分析은 農村振興廳 土壤分析法⁹⁾에 따라 pH는 硝子電極法, 有機物은 Trurin法, 有效磷酸은 Lancaster法, 置換性 陽이온은 1N-NH₄OAc(pH 7.0)로 浸出하여 原子吸光光度計로 測定하였고 全窒素는 Kjeldahl法으로 測定하였다. 各時期別 植物體 및 根瘤의 生育이 中間인 3株를 골라 實施하였으며, 잎과 줄기를 分離하여 乾燥後 粉碎시켜 100mesh체를 通過시킨 것을 分析試料로 利用했다. 植物體中 無機成分은 農村振興廳 植物體分析法⁹⁾에 따라 濕式分解하여 窒素는 TECHNICON Autoanalyzer II를 利用하였고, 磷酸은 Vanadate法, 加里, 칼슘, 마그네슘은 原子吸光光度計를 利用하여 測定하였다. 全糖 및 澱粉은 Anthrone-H₂SO₄法³¹⁾, 葉綠素 含量은 Smith-Benitez法²⁷⁾에 의해 分析하였으며 窒素形態別 分析은 一定量의 乾試料를 乳鉢에 넣고 蒸溜水를 부은 뒤 잘 粉碎한 다음 濾過紙와 活性炭을 利用하여 맑은 濾液을 받아 Free amino acid는 Glutamic acid를 標準液으로 한 Ninhydrin法³¹⁾, NH₄-N는 農村振興廳 土壤化學分析法⁹⁾의 Indophenol-Blue法, NO₃-N는 安藤과 尾形이 提案한 方法¹⁾, 그리고 Allantoin은 Young & Conway法³¹⁾에 따라 測定하였다.

收量과 收量構成要素는 農村振興廳 調查基準에 따랐다.

結果 및 考察

1. 根瘤數, 根瘤乾重 및 地上部 乾物重

生育時期別 땅콩 뿌리에 着生한 根瘤數와 根瘤乾重은 表2에서와 같이 播種 60, 100, 150日中 100日째 根瘤數가 가장 많았고 根瘤乾重 역시 제일 무거웠으며, 播種 150日째가 60日째보다 根瘤形成量이 많았다. 空中窒素를 固定하는 豆科作物의 根瘤中 大豆 根瘤는 生理的 成熟期(R7) 以後부터 老化되어 崩壞¹²⁾되나, 땅콩根瘤는 收穫期에도 原形을 維持하고 있는 것이 다르다. 李等¹⁵⁾은 本試驗에 供試한 HCR-46 菌株를 接種했을때 根瘤數와 根瘤의 窒素固定量이 播種後 125日까지 增加하다가 155日째에는 약간 減少한다고 하여 本研究와 類似的한 結果를 提示하였다. 表3은 根瘤菌 接種 및 肥種別 石灰施用에 따른 땅콩 生育時期別 地上部 乾重을 나타낸 것이다. 根瘤菌 接種과 無接種間 地上部 乾重의 差異를 보면 播種 60日째에는 有意差가 認定되었으며, 그 程度는 生育後 期일 수록 더 甚하였다. 이러한 結果로 볼 때 大豆에 根瘤菌 接種으로 初期生育을 좋게 한다는 柳等의 報告²⁵⁾와는 달리 땅콩에 根瘤菌 接種効果는 生育初

期보다도 生育中 後期에 크다는 것을 알 수 있다. 石灰肥種間 差異를 보면 播種60日째에는 炭酸石灰를 除外한 石灰肥種間 差異가 微微했으나, 播種100日과 150日째에는 炭酸石灰區가 가장 무거웠고, 다음으로 苦土石灰, 消石灰, 黃酸石灰, 無施用區 順이었다.

2. 植物體重 無機成分 및 窒素化合物

播種 100日째 땅콩의 잎과 줄기中 無機成分은 表4에서와 같이 根瘤菌 接種에 의해 CaO를 除外한 T-N, K₂O, MgO含量에 있어서 有意的으로 增加되었다. 이같은 結果는 根瘤菌에 의해 生育量이 增加된 狀態에서의 單位 무게當 成分量의 增加를 나타낸 것으로 本試驗에 供試한 HCR-46 菌株의 接種效果가 生育促進이나 窒素代謝促進에만 局限되지 않음을 나타내고 있는 것이다. 植物體 部位別 無機成分 含量差異를 보면 T-N, P₂O₅, CaO, MgO는 잎에서, K₂O는 줄기에서 그 含量이 높았다. 石灰肥種別 T-N含量은 炭酸石灰區가, P₂O₅는 黃酸石灰區가, K₂O와 MgO는 苦土石灰區가, CaO는 消石灰區가 가장 높았으며 대체적으로 苦土石灰區가 單位 무게當 成分別 含量이 높았다.

表5는 播種後 100日째 잎과 줄기中 窒素化合物의

Table 2. Influence of inoculation with selected *Bradyrhizobium* sp. and lime types on the growth of nodule

Bradyrhizobium	Lime type	Number of nodule per 3 plant(ea)			Dry weight of nodule per 3 plant(g)		
		60 DAS	100 DAS	150 DAS	60 DAS	100 DAS	150 DAS
Uninoculation	Control	11	64	62	0.06	0.53	0.30
	Calcium sulfate	16	50	42	0.07	0.38	0.29
	Slaked lime	15	88	72	0.18	0.72	0.64
	Magnesium lime	56	166	129	0.20	1.66	1.16
	Calcium carbonate	63	182	144	0.72	1.68	1.41
	Mean	32	110	90	0.25	1.00	0.76
Inoculation	Control	138	759	704	0.73	2.92	1.92
	Calcium sulfate	391	703	395	1.18	2.65	1.86
	Slaked lime	334	1,035	958	2.04	6.05	5.20
	Magnesium lime	570	1,042	978	2.88	4.20	5.59
	Calcium carbonate	540	1,465	1,432	3.30	6.72	5.72
	Mean	395	1,001	893	2.03	4.51	4.06
LSD(0.05)	Bradyrhizobium (B)	14.3	38.6	33.6	0.22	0.77	0.10
	Lime type (L)	17.3	69.6	42.2	0.13	0.47	0.21
	B×L	25.2	94.2	60.9	0.26	0.91	0.28

* DAS : Day after sowing

Table 3. Influence of inoculation with selected *Bradyrhizobium* sp. and lime types on the dry weight of aerial part at 60, 100 and 150 day after sowing

Bradyrhizobium	Lime type	Dry weight of aerial part(g/plant)		
		60 DAS	100 DAS	150 DAS
Uninoculation	Control	6.4	37.5	54.8
	Calcium sulfate	10.5	42.3	55.4
	Slaked lime	10.0	42.7	57.0
	Magnesium lime	10.4	44.1	62.7
	Calcium carbonate	12.2	47.2	80.9
	Mean	9.9	42.8	62.2
Inoculation	Control	10.7	50.4	77.6
	Calcium sulfate	11.2	52.2	94.8
	Slaked lime	9.5	62.8	104.8
	Magnesium lime	10.2	72.3	112.4
	Calcium carbonate	12.2	78.6	118.7
	Mean	10.8	63.3	101.7
LSD(0.05)	Bradyrhizobium (B)	—	6.6	3.0
	Lime type (L)	1.8	6.9	7.0
	B×L	3.1	10.4	9.2

* DAS : Day after sowing

Table 4. Influence of inoculation with selected *Bradyrhizobium* sp. and lime types on the content of inorganic element at 100 day after sowing
Unit : %

Bradyrhizobium	Lime type	T-N		P ₂ O ₅		K ₂ O		CaO		MgO	
		Leaf	Stem	Leaf	Stem	Leaf	Stem	Leaf	Stem	Leaf	Stem
Uninoculation	Control	1.36	0.66	0.26	0.15	1.70	2.45	0.76	0.45	0.81	0.61
	Calcium sulfate	1.21	0.44	0.34	0.12	1.49	2.17	1.17	0.55	0.66	0.42
	Slaked lime	1.21	0.52	0.21	0.15	1.45	2.13	1.08	0.54	0.70	0.53
	Magnesium lime	1.71	0.65	0.22	0.17	1.79	2.48	0.91	0.53	0.83	0.55
	Calcium carbonate	1.59	0.68	0.19	0.16	1.50	2.10	1.10	0.49	0.74	0.50
	Mean	1.42	0.59	0.24	0.15	1.59	2.27	1.01	0.51	0.75	0.50
Inoculation	Control	2.13	0.78	0.16	0.20	2.39	2.40	0.93	0.53	0.86	0.45
	Calcium sulfate	2.37	0.91	0.24	0.26	2.28	2.72	0.79	0.85	0.37	0.37
	Slaked lime	2.85	1.14	0.19	0.10	1.93	2.62	1.45	0.71	0.86	0.54
	Magnesium lime	3.19	1.17	0.23	0.13	2.34	2.52	1.17	0.55	0.90	0.54
	Calcium carbonate	3.74	1.19	0.23	0.13	2.34	2.67	1.38	0.62	0.88	0.51
	Mean	2.86	1.04	0.21	0.16	2.26	2.59	1.14	0.57	0.87	0.48
LSD(0.05)	Bradyrhizobium (B)	0.16	0.12	—	—	0.15	0.10	—	—	0.05	—
	Lime type (L)	0.22	0.14	—	—	0.25	—	0.15	0.07	—	0.08
	B×L	0.31	0.21	—	—	0.34	0.36	0.38	0.24	0.15	0.14

함량을 나타낸 것이다. 窒素化合物은 必要에 따라 다 른 器官이나 組織으로 移動하게 된다. 이중 蛋白質은

Table 5. Influence of inoculation with selected *Bradyrhizobium* sp. and lime types on the content of water soluble nitrogen in leaf stem at 100 day after sowing

Bradyrhizobium	Lime type	Water soluble nitrogen(mg/100g D. W)									
		Allantoin		Ammonia		Amino acid		Nitrate		Total	
		Leaf	Stem	Leaf	Stem	Leaf	Stem	Leaf	Stem	Leaf	Stem
Uninoculation	Control	1.9	2.6	21.2	17.7	18.5	23.2	26.1	16.0	67.7	59.5
	Calcium sulfate	1.6	2.8	20.0	21.3	33.7	12.2	24.9	18.9	80.2	55.2
	Slaked lime	1.8	3.6	22.7	17.0	19.3	31.4	28.2	19.5	72.1	71.6
	Magnesium lime	1.9	3.3	27.0	25.8	29.8	40.4	21.9	18.0	80.7	87.5
	Calcium carbonate	2.6	4.0	26.0	15.9	25.2	32.3	25.9	18.7	79.6	70.8
	Mean	2.0	3.3	23.4	19.5	25.3	27.9	25.4	18.2	76.1	68.9
Inoculation	Control	2.8	2.3	27.8	24.6	27.2	43.5	25.0	17.5	82.7	87.9
	Calcium sulfate	3.0	2.7	25.5	24.0	41.2	16.1	17.7	16.4	87.3	59.2
	Slaked lime	3.1	5.9	30.2	26.4	28.2	57.9	20.8	16.6	82.4	106.7
	Magnesium lime	4.0	8.5	56.7	26.1	38.8	37.5	16.1	16.2	115.6	88.3
	Calcium carbonate	3.3	4.8	37.3	24.5	37.5	44.2	20.2	14.5	98.3	88.0
	Mean	3.2	4.8	37.3	24.5	37.5	44.2	20.2	14.5	98.3	88.0
LSD(0.05)	Bradyrhizobium (B)	0.5	0.2	6.7	3.2	1.5	2.8	3.3	1.4	8.9	3.9
	Lime type (L)	0.3	0.7	5.2	3.2	1.8	4.7	4.2	1.2	6.4	5.9
	B×L	0.6	0.9	8.9	4.9	5.0	6.5	6.1	1.9	11.3	8.2

주로 아미노산, 핵산은 allantoin이나 allantoin산의 형태로 이동한다. 植物體中 尿素的 生成은 尿素回路에 의하는 것 외에 핵산의 Purine核이 分解되어 尿酸과 allantoin산을 거쳐서 生成되는 過程이 있다. 大豆의 根瘤에서는 窒素가 過剩狀態로 되기 쉬워 이를 效率的으로 貯藏하기 위해 allantoin이 生成되어 莖葉에 잠시 蓄積되나 콩 꼬투리가 形成되면 轉流되어 子實蛋白質의 窒素源이 된다¹⁶⁾고 한다. 또한 뿌리로 吸收된 NO₃은 뿌리나 잎에서 生成되는 窒酸還元酵素에 의해 NH₄⁺로 還元되어 아미노산을 合成하고 이어서 蛋白質을 合成하게 된다²⁰⁾. 이같은 事實에 비추어 볼때 表5에서 根瘤菌 接種으로 Allantoin, Ammonia, Free Amino 酸含量이 높아지고 Nitrate 含量이 낮은 것은 無接種에 비해 植物體內 窒素代謝가 活發함을 나타내고 있는 것으로 생각된다. 石灰肥種別로는 Allantoin과 Ammonia는 苦土石灰區가, Free Amino酸은 炭酸石灰區가, Nitrate는 消石灰區가 높았으며, 이들 窒素化合物의 잎과 줄기중 總量은 炭酸石灰區가 가장 높고 다음으로 苦土石灰, 消石灰, 無施用, 黃酸石灰順이었다. 한편 Allantoin과 Free Amino

acid는 줄기에서, Ammonia와 Nitrate는 잎에서 相對的으로 높은 含量을 나타내었는데, 이같은 結果는 蛋白質과 핵산의 轉流가 줄기에서 주로 일어나며 그 形態는 各各 遊離 amino酸과 Allantoin이기 때문이다. 大豆는 空中窒素만을 窒素源으로 利用할 경우 줄기중 可溶性 窒素의 80%以上이 Ureide(Allantoin, Allantoic acid) 化合物이며^{13,17)}, 根瘤가 着生된 경우에는 훨씬 많은 量의 Ureide化合物을 含有하는 것으로 보고 있다^{10,17,20)}. 그러나 땅콩에서는 根瘤가 着生된 狀態에서도 Allantoin의 含量은 全體 窒素化合物中 3~6%에 不過하였다.

3. 葉綠素, 全糖 및 澱粉

그림1은 播種後 100日 땅콩잎中 葉綠素含量을 나타낸 것이다. 根瘤菌 接種으로 無接種에 비해 葉綠素含量이 越等히 높아졌는데 이는 根瘤에 의한 體內窒素濃度가 增加된 것과 깊은 關係가 있는 것으로 생각된다. 石灰比種別로는 炭酸石灰區가 가장 높고 다음으로 苦土石灰, 消石灰, 無施用, 黃酸石灰順으로 낮았다. 播種100日後 줄기中 全糖 및 澱粉含量은 그림2

에서와 같이 根瘤菌 接種區가 無接種區보다 낮았는데, 이는 光合成產物인 이들 物質이 根瘤發達 및 根瘤로부터 窒素化合物의 轉流와 再分配에 必要한 Energy源으로 利用되었기 때문이다. Dixon⁵⁾이 提示한 Ammonia合成과 關連된 空中窒素固定에 關한 Energy力學的 反應式은 $N_2 + nATP + 4NADH + 6H^+ \rightarrow 2NH_4^+ + H_2 + 4NAD^+ + nADP + nPi$ 이다. 위式에서 必要한 ATP의 n數는 16~20이나, 根部에서 生成되는 有機窒素化合物의 主種이 Asparagine인 경우 6~7Mole의 ATP가, Ureide-N인 경우에는 1~4Mole의

ATP가 傳統Energy가 追加로 消耗된다⁴⁾고 한다. 또한 劣惡한 環境下에서는 N_2 固定에 2~3倍의 Energy가 더 消耗된다²⁴⁾고 한다. 한 例로 大豆의 경우 N_2 1g을 固定하는데 1.1~7.6g의 炭水化合物이 Energy源으로 消耗된다³⁾고 한다. 이같은 研究結果들을 볼 때 根瘤菌 接種區에서 光合成 產物의 含量이 낮은 것은 當然한 事實로 생각된다. 石灰肥種別로 보면 全糖은 黃酸石灰區가 가장 높고 다음으로 無施用, 消石灰, 炭酸石灰, 苦土石灰順으로 낮았는데 이는 植物體中 窒素化合物의 含量, 葉綠素 含量, 根瘤數나 乾物重과 反對樣相을 나타내었다. 澱粉의 경우 根瘤菌 無接種區에서는 消石灰>無施用>炭酸石灰>黃酸石灰>苦土石灰順으로 낮아졌으며, 根瘤菌 接種區에서는 石灰施用區가 無施用區보다 낮았으며 石灰肥種間에는 큰 差異가 없었다.

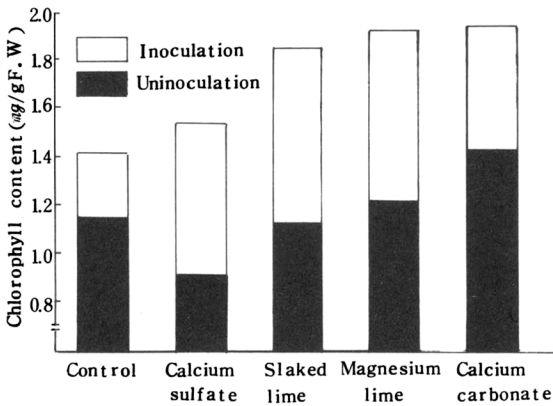


Fig. 1. Influence of inoculation with selected *Bradyrhizobium sp.* and lime types on the content of total sugar and starch in stem at 100 day after sowing.

4. 試驗後 土壤의 化學性

表 6은 試驗後 土壤의 化學性 變化를 나타낸 것이다. 土壤 PH는 炭酸石灰區가 가장 높고 다음으로 苦土石灰, 消石灰, 無施用, 黃酸石灰順으로 낮았다. 위結果로 보아 野山開墾地와 같은 緩衝力이 弱한 土壤의 酸度矯正에는 炭酸石灰가 가장 適合한 石灰肥料임을 알 수 있다. 石灰施用으로 土壤酸度가 矯正되면 鐵, 亞鉛, 銅, 망간, 硼素의 有效度는 적어지나 窒素, 磷酸, 칼륨, 마그네슘, 몰리브덴등의 供給이 圓滑해진다

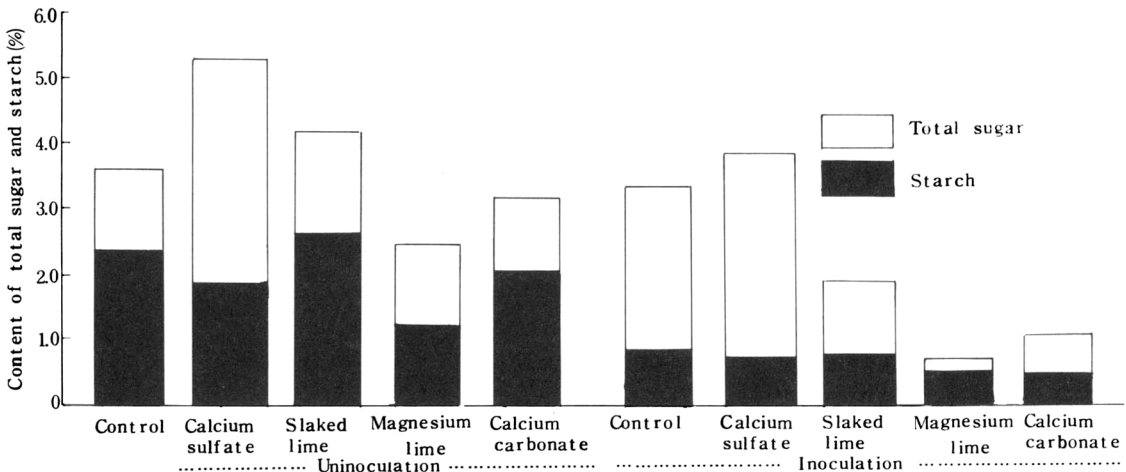


Fig. 2. Influence of inoculation with selected *Bradyrhizobium sp.* and lime types on the content of total sugar and starch in stem at 100 day after sowing.

Table 6. Influence of lime types on the chemical properties of soil after experiment

Lime types	pH (1 : 5)	O. M. (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	Ex. cat.(me/100g)			T-N (ppm)
				K	Ca	Mg	
None	4.8	0.5	58.6	0.2	3.7	1.4	397.5
Calcium sulfate	4.7	0.5	51.5	0.2	4.7	1.3	371.5
Slaked lime	5.9	0.5	50.9	0.2	10.0	1.6	357.5
Magnesium lime	6.0	0.5	50.7	0.2	9.0	1.8	388.5
Calcium carbonate	6.5	0.5	49.7	0.2	13.8	1.2	403.0

Table 7. Influence of inoculation with selected *Bradyrhizobium* sp. and lime types on the yield components and yield

Bradyrhizobium	Lime type	Length of main stem (cm)	No. of branches per plant (ea)	Weight of 100 seed (g)	No. of poos per m ² (ea)	Ratio of pod to seed weight (%)	Yield of seed (kg/10a)
Uninoculation	Control	16.5	15.0	72.0	156	62	118
	Calcium sulfate	17.5	18.2	79.4	164	68	136
	Slaked lime	18.4	19.8	78.1	199	65	150
	Magnesium lime	19.1	20.5	80.7	209	68	159
	Calcium carbonate	21.3	22.5	81.7	255	70	164
	Mean	18.6	19.2	78.4	197	67	145
Inoculation	Control	21.7	23.3	74.8	268	64	200
	Calcium sulfate	23.2	22.5	80.9	212	73	208
	Slaked lime	24.4	24.6	78.9	281	69	240
	Magnesium lime	28.6	25.5	82.1	334	73	266
	Calcium carbonate	30.2	27.7	82.7	344	75	274
	Mean	25.6	24.7	79.9	288	71	238
LSD(0.05)	Bradyrhizobium(B)	4.6	-		32.7	1.0	55.0
	Lime type (L)	3.0	3.0	5.3	21.6	2.7	30.5
	B×L	5.6	7.8	6.9	40.2	3.5	38.9

고 한다. 1939年 Arnon과 Stout²¹⁾는 토마토의 水耕 試驗 結果 NO₃의 還元除去 同化課程에 몰리브덴이 必要함을 밝혔다. 그후, 뿌리로 吸收된 窒素의 蛋白質이 되어 가는 阶段階로써 NO₃→NO₂로의 還元에 關與하는 窒酸還元酵素(Nitrate reductase)가 Mo含有 flavo蛋白質⁷⁾이 밝혀졌다. 이같은 結果로 볼때 表5에서 炭酸石灰, 苦土石灰區에서 allantoin, Ammonia, Free Amino酸含量이 높은 反面, Nitrate 含量이 낮았던 點은 土壤酸度에 따른 몰리브덴의 有效도와 깊은 關聯이 있을 것으로 생각된다. 칼슘함량은 炭酸石灰區가 가장 높고 다음으로 消石灰·苦土石灰·黃酸石灰·無施用區順으로 낮았다. Stevenson²⁸⁾에 의하

면 土壤中 칼슘함량이 낮으면, 지렁이와 細菌密度가 낮다고 하였고, 土壤酸도가 낮아지면 大豆 根瘤差生數와 乾物重이 減少된다^{11, 21, 22)}는 事實에 비추어 볼때 炭酸石灰區에서 根瘤發達이 旺盛해진 것은 當然한 事實로 여겨진다. Mg含量은 苦土石灰區가 가장 높고, 다음으로 消石灰, 無施用, 黃酸石灰, 炭酸石灰 順이었으며 K와 T-N含量에서는 炭酸石灰區가 가장 높았으며, 有機物과 P₂O₅는 石灰肥種間에 큰 差異가 없었다.

5. 收量構成要素 및 收量

表7을 보면 根瘤菌 接種으로 無接種에 비해 64%

Table 8. Correlation between yield components and nutritive ingredients in stem at 100 day after sowing

	Length of mein stem	No. of branches	Wt. of 100 seed	No. of pods	Ratio of pod ro seed	Yield of seed
T-N	0.7861**	0.6756**	0.3087 ^{ns}	0.8117**	0.6163**	0.8604**
P ₂ O ₅	-0.5363**	-0.5373**	-0.2759 ^{ns}	-0.7574**	-0.3975*	-0.6667**
K ₂ O	0.5258**	0.3467 ^{ns}	0.1321 ^{ns}	0.4051*	0.3704*	0.5352**
CaO	0.3595 ^{ns}	0.4405*	0.1322 ^{ns}	0.4166*	0.1592 ^{ns}	0.4396*
T-sugar	-0.7413**	-0.6229**	-0.3044 ^{ns}	-0.8195**	-0.4996**	-0.7624**
Starch	-0.6781**	-0.5946**	-0.2964 ^{ns}	-0.6467**	-0.5699**	-0.7432**
Allantoin	0.6373**	0.4821**	0.3470 ^{ns}	0.6961**	0.4834**	0.6554**
Amino acid	0.3340 ^{ns}	0.3231 ^{ns}	0.0812 ^{ns}	0.3362 ^{ns}	0.1912 ^{ns}	0.4957**
Ammonia	0.5681**	0.5806**	0.1896 ^{ns}	0.7433**	0.2710 ^{ns}	0.6211**
Nitrate	-0.5045**	-0.3740*	-0.1820 ^{ns}	-0.4701*	-0.3545 ^{ns}	-0.4828*

*, ** Significant at 5%, 1% level, respectively
ns : not significant

나 收量이 增加되었음을 알 수 있다. Nair과 Jajudin²³⁾은 大豆에 根瘤菌 接種으로 株當莢數가 增加되었다고 했는데 本試驗에서는 主莖長, m²當莢數 그리고 莢實比率이 有意的으로 增加되었다. 表7에서 石灰 肥種間 差異를 보면 主莖長, 分枝數, 種實收量은 炭酸石灰>苦土石灰>消石灰>黃酸石灰>無施用順이었으며, 100粒重은 炭酸石灰>苦土石灰>黃酸石灰>消石灰>無施用順이었으며 m²當 莢數는 炭酸石灰>苦土石灰>消石灰>無施用>黃酸石灰順이었다.

表8은 收量 및 收量構成要素에 對한 播種100日째 줄기中 營養成分들의 相關係數를 나타낸 것이다. 收量 및 收量構成要素에 負의 相關을 나타낸 것은 P₂O₅, 全糖, 澱粉, Nitrate였고, T-N, K₂O, CaO, Allantoin, Free amino酸, Ammonia는 正의 相關을 나타내었는데, P₂O₅, 全糖, 澱粉의 경우는 窒素固定等에 必要한 ATP生産에 이들이 消耗된 結果로 땅콩 生育이나 收量은 增加되었기 때문으로 여겨진다.

摘 要

窒素無施用下에서 消石灰, 苦土石灰, 炭酸石灰는 中和量, 黃酸石灰는 10a糖 150kg施用하고 비닐被覆後 40×25cm 栽植距離로 1989年 4月26日 播種하여 湖南 作試 選拔 優良窒素 固定菌(*B. sp* HCR-46)을 種子 1粒當 8.2×10⁷ cell의 濃度로 接種한뒤 嶺湖땅콩의 種實成分의 變化를 調査한 結果는 다음과 같다.

1. 땅콩에 着生한 根瘤數, 根瘤乾重 그리고 地下部 乾重은 根瘤菌 接種으로 增加되었으며, 石灰肥種別로 는 炭酸石灰>苦土石灰>消石灰>無施用>黃酸石灰順이었다.

2. 根瘤菌 接種으로 잎과 줄기中 T-N, K₂O, MgO, Allantoin, Ammonia, 遊離아미노酸含量, 葉綠素含量은 增加되었으나 Nitrate 와 줄기中 全糖, 澱粉의 含量은 減少되었다.

3. 잎과 줄기中 T-N, 遊離아미노酸, 葉綠素含量은 炭酸石灰施用區에서, K₂O, MgO, Allantoin, Ammonia 含量은 苦土石灰施用區에서, CaO와 Nitrate含量은 消石灰施用區에서 가장 높았다.

4. 줄기中 全糖含量은 黃酸石灰>無施用>消石灰>炭酸石灰>苦土石灰順이었다.

5. 野山開墾地에서 石灰肥種別 土壤改良效果를 보면 炭酸石灰는 酸度矯正力과 Ca供給力이 優秀했으며, 苦土石灰는 Mg供給力이 優秀하였다.

6. 根瘤菌 接種으로 主莖長, m²當莢數가 有意的으로 增加했으며 種實收量은 無接種보다 64%增加되었다. 石灰肥種別로 보면 主莖長, 分枝數, 種實收量은 炭酸石灰>苦土石灰>消石灰>黃酸石灰>無施用順이었다.

引 用 文 獻

1. 安藤忠南, 尾形綱逸 1980 窒酸態窒素의 微量迅速定量法, 日土肥誌 51(1) : 48~54.
2. Arnon, D. I. and P. R. Stout 1939 The essentiality of cation ele-

- ments in minute quantity for plant with special reference to copper. *Plant physio.* 14 : 371~375.
3. Bergersen, F. J. 1971 Index of diazotrophic microorganism. In : *Methods of evaluating biological nitrogen fixation.* F. J. (Ed.) Wiley, Chichester, England pp 695~697.
 4. Boland, M. J., K. J. F. Farnden, and J. G. Robertson 1980 Ammonia assimilation in nitrogen fixing legume nodules. In : *Nitrogen fixation.* Vol. II. Newton, W. E. and Orme-Johnson W. H. (Ed.) University Park Press. Baltimore, MD, USA pp 33~52.
 5. Dixon, R. O. D. 1978. *Biochemie.* 60. 233~236.
 6. Etherington J. R. 1982. Mineral nutrition. In : *Environment and plant Ecology* John Wiley & Sons pp 266.
 7. Goodwin, T. W. and E. I. Mercer 1983. Nitrogen fixation, Amino acid, Biosynthesis and Protein. In : *Introduction plant Biochemistry.* (2nd Ed.) Pergamon Press pp 332.
 8. Hayness, R. J. 1984. Lime and phosphate in the soilplant system. *Academic Press. Adv. Agron.* 37 : 249~315.
 9. 韓基 礎等 1988 土壤化學分析法—土壤植物體 土壤微生物—農村振興廳 農業技術研究所.
 10. 石塚潤爾, 沖野序江, 星忍. 1970. 大豆の營養生理的研究(第3報) 莖の各種窒素成分含量と營養生理との關係. *日土肥誌.* 41(2) 78~82.
 11. Keyser, H. H and D. N. Munns. 1979 Tolerance of rhizobia to acidity, aluminum and phosphate, *soil Sci. Soc. Am. J* 43 : 517~523.
 12. 金爽東, 塚塚潤爾, 朴來敬 1988 콩의 生育, 根瘤形成, 窒素固定에 있어서 品種間 差異 III 登熟期間中 植物體 各 器官窒素含量의 經時的 變動과 窒素固定活性과의 關係. *韓作誌* 33(2) : 161~168.
 13. 串崎光男, 石塚潤爾, 赤松房江 1964 大豆の營養生理學的研究(第2報) 根粒の着生が大豆の窒素成分組成に及ぼす影響. *日土肥誌* 35(9) : 323~327.
 14. 李德培, 權泰午, 任建宰, 朴建鎬 1989 窒素 및 石灰施用이 水稻收量 및 倒伏關聯形質에 미치는 影響 *農試論文集(土肥篇)* 31(3) : 27~33.
 15. 李相靚, 崔允熙, 金茂基, 朴建鎬 1990 新開墾地에서 窒素施肥와 根瘤菌 接種이 땅콩의 窒素固定에 미치는 影響 *韓土肥誌* 23(3) : 220~226.
 16. 林善旭 1982 植物營養肥料學 日新社 pp 70~73.
 17. 松本哲男, 山本幸男, 谷田澤道彦 1975 大豆の窒素營養における根粒の役割(第1報) アラントインおよび各種成分含量の時期的推移. *日土肥誌* 46(11) 471~477.
 18. Matsumoto, T. M. Yatazawa and Y. Yamamoto. 1977 Disribution and change in the contents of allantoin and allantioc acid in developing nodulation and non-nodulation soybean plants. *Plant cell physio.* 18 : 353~359.
 19. 松本哲男, 山本幸男, 谷田澤道彦. 1976 大豆の窒素營養における根粒の役割(第2報) 溢分泌液中アラントイン濃度の變動. *日土肥誌.* 47(1) : 463~469.
 20. McClure, P. P., and D. W. Israel. 1979 Transport of nitrogen in the xylem of soybean plants. *Plant physio.* 64 : 411~416.
 21. Mengel, D. B., and E. J. Kamprath. 1978 Effect of soil pH and nitrogen-fertilized soybeans. *Agron. J.* 70 : 959~963.
 22. Munns, D. D. 1981 Soil acidity tolerance of symbiotic and nitrogen fertilized soybeans. *Agron. J.* 73 : 407~410.
 23. Nair, R. V. and E. Tajuddin 1974 Effect of graded doses of nitrogen on the growth, yield and nitrogen uptake of soybean under rhizobium inoculated and non-inoculated conditions. *Agric. Res. Kerale. India.* 12 : 102~104.
 24. Neves, M. C. P. 1981 Energy cost of Biological Nitrogen Fixation In : *Biological Nitrogen Fixation Technology for Tropical Agriculture.* Peter H. Graham and Susan C. Harris (Eds.) Centro International de Agricultura Tropical AA 67~13 Cali. colombia. U. S. A. pp 77~92.
 25. 柳益東, 尹錫權, 李容錫 1974 窒素施容量이 根瘤菌活動에 미치는 影響 *韓土肥誌.* 7(4) : 221~225.
 26. 柳寅秀 1987 多收穫栽培를 위한 밭土壤管理와 施肥 社團法人 加里研究會 pp 30~31.
 27. Smith, J. H. C. and Benitez, A. 1955 Chlorophyll : Analysis in Plant materials. *Modern Methoden der pflanzenanalyse IV* pp 142. Springer, Berlin.
 28. Stevenson, F. J. 1967. Organic acid in soil In : *Soil Biochemistry* Vol. I McLaren, A. D. and G. H. Peterson(Eds.) pp 119~146. Dekker, NewYork (106, 204).
 29. Tagawa, T. and J. Bonner. 1957 Mechanical properties of the Avena coleptile as related to auxin and to ionic interactions. *Plant Physio.* 32 : 207~212.
 30. Taiz, L. 1984 Plant cell expansion : Regulation of cell wall mechanical properties. *Amm. Rev. plant physio.* Vol. 35 : 587~657.
 31. Yemm, E. W. and E. C. Cocking 1955 The determination of amino acid with ninhydrin. *The analyst.* Vol. 80 : 209~213.
 32. Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cocking and K. A. Gomea. 1976 Laboratory manual for physiological studies of rice. (3rd eds.) International Rice Research Institute : 46~49.
 33. Young, E. G. and C. F. Conway 1942 On the estimation of allantion by the Rimini-Schryver Reaction *J. Bio. Chem.* 142 : 839~853.