

石灰物質 施用이 Burley種 煙草의 收量과 化學成分에 미치는 影響

李哲煥* · 金容鉉* · 朴秀俊*

Response of Burley Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) to Application of Lime Materials

Chul Hwan Lee*, Yong Ok Kim* and Soo June Park*

ABSTRACT

Field experiment was conducted to find out the effect of lime materials application on yield, and chemical composition of Burley 21 in 1986. Lime materials and application rate were CaSO_4 : Ca 35kg/10 a, CaCO_3 : Ca 35kg/10a and Liming : pH6.5. Contents of Ca and Mg in fresh or cured leaves were increased, but Al, Fe and Mn were decreased by applying lime materials. Yield were increased by applying lime materials. Among lime materials treatment, yield of limed and CaCO_3 plot were higher than that of CaSO_4 plot. Value per kg of cured leaves was not affected by applying lime materials. Cured leaves of CaSO_4 plot contained higher NH_3 -nitrogen and alkalinity number of water insoluble ash than those of unlimed plot. Cured leaves of CaCO_3 plot contained higher alkalinity number of water soluble ash, insoluble ash and volatile neutral constituent, but lower protein-nitrogen and petroleum ether extracts than those of unlimed plot. Cured leaves of limed plot contained higher alkalinity number of water soluble and insoluble ash, NO_3 -nitrogen and volatile neutral constituents, but lower protein-nitrogen, nicotine and petroleum ether extracts than those unlimed plot. Yield was increased, however leaf quality in respect to chemical and organoleptic characteristics were not affected considerably by applying lime materials. Therefore, it suggests that controlling the soil pH about 6.5 by liming might be necessary for tobacco cultivation.

緒 言

칼슘은 地殼의 3.64%나 차지하는 元素이나 植物에의 吸收能은 다른 營養素보다 낮은 것으로 알려져 있다.²²⁾ 煙草는 다른 植物에 비해 칼슘을 많이 吸收하나⁴⁾, 石灰施用이나 煙草用複肥의 副成分으로 칼슘의 供給이 거의 없는 狀態下에서 連作되고 있다. 우리나라 burley種 煙草產地는 土壤 pH가 5.5 以下인 栽培地가 35% 内外로 알려져 있으며 傾斜地 및 排水가 良好한 砂壤土~砂土에서 35% 内外가 栽培되고 있다.¹⁶⁾ 美國의 경우 煙草肥料의 副成分으로 칼슘이 供給되어 왔으나^{26,27)}, 土壤 pH가

5.6 以上으로 높아지면 黑根病 發生이 심하여지고¹⁸⁾, 農用石灰 施用으로 收量은 增加하나 成熟을 遲延시켜 翌담배의 物理, 化學性이 나빠지는⁹⁾ 등의 原因으로 石灰를 施用하지 않았다. 그러나 最近 主成分含量이 높은 肥料의 施用으로 副成分에서의 칼슘 供給量이 顯著히 줄어들고²⁶⁾, 黑根病은 耕種과 化學的方法으로 防除되며^{2,26)}, 石灰施用으로 알루미늄, 망간 등의 有害이온 含量을 減少시켜 收量 및 品質을 向上시키는^{1,2)} 方法으로 黃色種의 경우 土壤 pH가 5.7~6.0 以下인 土壤에는 칼슘을 成分量으로 4.5~5.6 kg/10 a를 施用하거나 dolomitic limestone으로 pH를 높이고도록 推薦하고 있다.²⁹⁾ 本 試驗에서는 石灰施用이 burley種 煙草의 收量,

葉中 無機成分 및 有機成分 含量에 미치는 影響을 檢討하여, 石灰 施用의 妥當性을 究明하고자 圃場 試驗을 實施하였다.

材料 및 方法

Burley 21을 供試品種으로 1986年 2月 26日에 播種하여 50日間 溫室에서 育苗한 後, 4月 17日에 改良 멀칭으로 株間距離 110cm, 畦間距離 36cm로 移植하였다. 施肥方法은 煙草用複肥(N-P₂O₅-K₂O : 10-10-20) 175kg/10a를 移植 3日前 全量 基肥로 條肥하였고, 石灰處理는 無施用區, 黃酸칼슘施用區, 炭酸칼슘施用區, 農用石灰施用區로 4處理를 하였다. 黃酸칼슘과 炭酸칼슘施用區는 Ca 35kg/10a를 基準으로 煙草用複肥와 混合 施用하였으며, 農用石灰施用區는 double buffer method²⁰로 pH 6.5 調節 農用石灰 所要量을 算出하여 移植 1個月前 圃場에 全面撒布하고 2回 耕耘하여 耕土와 充分히 混合 處理하였다. 栽培方法은 burley 種 標準 栽培方法에 準하였으며 生育調査는 韓國人蔘煙草研究所 담배 栽培基準表¹⁰에 依하였다. 種子 生産量은 區當 5株를 選定하고 自然狀態에서 結實되도록 栽培하였다가, 完熟後 採種하여 種子 重量을 秤量하였다. 生葉 試料는 移植 75日後, 下位葉에서 上位葉으로 順次的으로 1-10, 11-15, 16-20, 21-25位 葉으로 區分 採取하였으며, 乾燥時 試料는 乾燥 完了後 等級別 重量比率로 全株 試料를 採取, 80℃에 急乾後 試料로 使用하였다. 試料 調製는 韓國人蔘煙草研究所 담배成分分析法¹²에 準하였다. 土壤 理化化學性 分析은 農業技術研究所 土壤化學 分析方法²⁵에 準하였다. 植物體 分析중 全窒素는

改良 Kjeldhal 法¹⁴ 암모니아態窒素는 吸光度法²⁰ 窒酸態窒素는 Ion analyzer 법²³, pH, 알루미늄, 鐵, 망간, 磷, 全揮發性鹽基, 石油에 톨抽出物, 마그네슘, 칼슘 및 칼륨은 담배成分分析法¹² 窒素는 電位差適定法⁵ 蛋白態窒素는 Mohr 方法¹⁵ 粗灰分, 水溶性灰分, 非水溶性灰分 및 alkalinity number는 Powell 方法²⁸ 全알칼로이드와 니코틴은 Cundiff-Markunas 方法⁹ 揮發性 精油成分의 中性部化合物은 同時抽出裝置를 利用하여 乾葉 50g을 ether로 6時間 抽出後 Internal standard로 n-tetradecane을 使用하여 손¹⁷ 등의 方法으로 分析하였다.

結果 및 考察

試驗前 供試土壤의 理化化學性을 調査한 結果는 表 1과 같았다. 圃場의 土性은 壤土 pH는 5.54 置換性칼슘이 4.60 me/100g이었다.

石灰施用이 土壤 化學性에 미치는 影響을 調査하기 爲해 煙草의 收穫이 完了된 後 土壤 化學性을 調査한 結果는 表 2와 같았다.

無施用區와 黃酸칼슘施用區는 土壤 化學性에 큰 差異를 보이지 않았으나, 炭酸칼슘과 農用石灰施用區는 pH가 높아지고 活性알루미늄, 有效鐵, 易還元性 망간 含量이 減少하였다. 無施用區의 pH가 低下되고 有害이온 含量이 增加된 것은 煙草 肥料로 암모니아態 窒素 施用에 依한 窒酸化作用과 鹽效果³⁰에 基因되며 炭酸칼슘과 農用石灰施用區는 칼슘 供給效果와 有害이온의 濃度를 低下시킬 수 있으나, 黃酸칼슘施用區는 칼슘 供給效果만 期待할 수 있었다.

石灰施用이 葉中 無機成分 含量에 미치는 影響을

Table 1. Physico-chemical properties of the soil used in field experiment

Soil texture	pH (1:5)	O.M. (%)	Ava. P ₂ O ₅ (ppm)	Exch. Cation(me/100g)			Active Al (ppm)	Ava. Fe (ppm)	Red. Mn (ppm)
				K	Ca	Mg			
L	5.54	1.79	44	0.14	4.60	1.22	3.6	13.1	208

Table 2. Effect of lime materials application on chemical properties of field soil after tobacco season

Treatment	pH (1:5)	Ava. P ₂ O ₅ (ppm)	Exch. Cation(me/100g)			Active Al (ppm)	Ava. Fe (ppm)	Red. Mn (ppm)
			K	Ca	Mg			
Control	5.20	64	0.15	4.46	1.20	5.4	15.4	245
CaSO ₄ ¹⁾	5.25	61	0.15	4.64	1.11	5.0	14.1	246
CaCO ₃ ²⁾	5.58	55	0.17	4.78	1.36	2.7	9.3	197
Liming ³⁾	6.54	52	0.16	8.14	1.61	2.4	8.4	175

1, 2) Ca 35kg/10a 3) pH 6.5

Table 3. Effect of lime materials application on Al, Fe and Mn concentrations of leaves from different position on stalk at 75 days after transplanting

Treatment	Al				Fe				Mn			
	21-25*	16-20	11-15	1-10	21-25	16-20	11-15	1-10	21-25	16-20	11-15	1-10
..... ppm												
Control	745a**	887a	894a	896a	859a	638a	592a	923a	1113a	675a	800ab	1300a
CaSO ₄ ¹⁾	608ab	718bc	832a	833a	580b	576a	480a	793a	975ab	775a	788ab	1325a
CaCO ₃ ²⁾	466b	726b	862a	891a	683b	474b	534a	989a	675bc	638a	838a	963b
Liming ³⁾	513b	577c	788a	896a	463b	470b	533a	813a	638c	475b	563b	713b

* Leaf position from the lowest leaf.

** Within each column means not followed by the same letter are significantly different at the 5% probability level

1, 2) Ca 35kg/10a 3) pH 6.5

Table 4. Effect of lime materials application on inorganic constituents concentrations of cured leaves

Treatment	Mg	K	P	Cl	pH
					(1:25)
..... %					
Control		4.93a	0.32a	0.30a	7.37b
CaSO ₄ ¹⁾		4.60a	0.30a	0.26a	7.42b
CaCO ₃ ²⁾		4.40a	0.29a	0.30a	7.55ab
Liming ³⁾		4.70a	0.29a	0.29a	7.72a

*Within each column means not followed by the same letter are significantly different at the 5% probability level.

1, 2) Ca 35kg/10a 3) pH 6.5

調査한 結果는 表 3, 4 와 같다. 移植 75 日後, 生葉의 알루미늄과 鐵含量은 表 3 과 같이 16-20, 21-25 位 葉에서 炭酸칼슘과 農用石灰施用區가 낮았으며, 망간 含量은 炭酸칼슘施用區는 1-10, 21-25 位 葉에서 農用石灰施用區는 모든 葉分에서 낮았다. 黃酸칼슘施用區는 21-25 葉의 鐵 含量을 除外한 다른 成分은 差異를 보이지 않았다. 乾燥葉의 칼슘 含量은 表 4 와 같이 黃酸칼슘, 炭酸칼슘, 農用石灰施用區가 높았으나, 마그네슘 含量은 炭酸칼슘과 農用石灰施用區가 높았다. 乾燥葉의 pH는 農

用石灰施用區가 높았으나 K, 磷 및 鹽素 含量은 石灰施用에 따른 差異는 없었다. 無施用區에 비해 黃酸칼슘施用區가 鐵, 칼슘을 除外한 다른 無機成分 含量에 差異를 보이지 않는 것은 表 2 와 같이 置換性칼슘 含量 以外에는 土壤化學性에 影響을 주지 않는데 基因되고, 農用石灰施用으로 有害이온 含量이 낮아진 것은 土壤中 이들 含量이 낮아진데 基因된 것으로 考察된다. K와 磷의 含量이 石灰施用으로 差異를 보이지 않는 것은 肥料로 充分한 量이 供給되기 때문이며, pH의 上昇은 Darkis 等⁹⁾의 報告와 一致하였다.

石灰施用이 煙草의 生育, 收量 種子生産量 및 品質(kg當 價格)에 미치는 影響을 調査한 結果는 表 5 와 같다.

無施用區에 비해 黃酸칼슘, 炭酸칼슘, 農用石灰施用區 順으로 生育이 커지고 收量이 增加하였다. kg當 價格은 石灰物質施用에 따른 差異가 없었다. 種子生産量은 無施用區에 비해 農用石灰, 炭酸칼슘, 黃酸칼슘施用區가 높았다. 收量이 無施用區에 비해 黃酸칼슘施用區가 增加한 것은 칼슘 供給效果로 考察되며, 黃酸칼슘施用區에 비해 農用石灰施用區가 增加한 것은 칼슘 供給效果와 아울러 土壤 pH 上

Table 5. Effect of lime materials application on some agronomic characteristics of burley tobacco

Treatment	Plant height (cm)	Largest leaf		No. of leaves	Seed weight (g/plant)	Yield (kg/10a)	Price (Won/kg)
		Length (cm)	Width (cm)				
Control	192.4a*	58.5b	30.7a	27.1a	8.23c	169.6c	1785a
CaSO ₄ ¹⁾	200.8a	60.0a	31.0a	27.0a	9.84a	181.7b	1714a
CaCO ₃ ²⁾	198.3a	60.6a	30.6a	27.1a	9.72a	183.8ab	1873a
Liming ³⁾	194.4a	60.8a	31.6a	27.1a	9.04b	193.1a	1826a

*Within each column means not followed by the same letter are significantly different at the 5% probability level

1, 2) Ca 35kg/10a 3) pH 6.5

Table 6. Effect of lime materials application on nitrogenous constituents concentrations of cured leaves

Treatment	Total nitrogen	Protein nitrogen	Ammonia nitrogen	Nitrate nitrogen	Nicotine	Total volatile base
 %					
Control	3.85a*	1.96a	0.53b	0.91b	2.07a	0.767a
CaSO ₄ ¹⁾	3.66a	1.88ab	0.64a	0.91b	2.02a	0.812a
CaCO ₃ ²⁾	3.94a	1.77bc	0.50bc	0.99b	2.11a	0.736a
Liming ³⁾	3.91a	1.74c	0.48c	1.17a	1.89b	0.764a

* Within each column means not followed by the same letter are significantly different at the 5% probability level

1, 2) Ca 35kg/10a 3) pH 6.5

昇으로 有害이온의 吸收가 抑制되기 때문이다. 石灰物質 施用으로 種子 生産量이 增加된 것은 꽃에 칼슘이 供給되기 때문이다. 開花期에 칼슘이 不足하면 花冠이 壞疽되어 암술이 돌출하며, 꽃받침이 壞疽되어 種子 生産量이 떨어지는 것으로²⁾ 報告되어 있다.

石灰施用이 乾燥葉의 含窒素 化合物 含量에 미치는 影響을 調査한 結果는 表 6과 같다.

無施用區에 비해 黃酸칼슘施用區는 암모니아態窒素 含量이 높았으며, 炭酸칼슘施用區는 蛋白態窒素 含量이 낮으며, 農用石灰施用區는 蛋白態窒素, 암모니아態窒素, 니코틴 含量은 낮았으나, 窒酸態窒素 含量은 높았다. 石灰物質 施用에 의해 全窒素, 全揮發性鹽基 含量은 影響을 받지 않았다. 農用石灰 施用으로 암모니아態窒素가 減少된 것은 植物體의 칼슘 含量이 높아져 암모니아態窒素가 有機窒素로 쉽게 轉流되고³⁾ 窒酸態窒素가 增加한 것은 土壤 pH 上昇으로 窒酸化 作用이 促進되어⁶⁾ 土壤中 窒酸態窒素 含量이 높아지고 칼슘에 의해 窒酸態窒素의 吸收가 促進되기 때문인 것으로¹⁰⁾ 考察된다. 니코틴 含

量이 石灰施用에 의해 減少된 것은 Darkis 等⁹⁾ 의 報告와 一致하였다.

石灰施用이 乾燥葉 灰成分과 石油에 抽出物 含量에 미치는 影響을 調査한 結果는 表 7과 같다.

石灰物質 施用에 의해 粗灰分, 水溶性 및 非水溶性灰分 含量은 差異가 없었다. 炭酸칼슘과 農用石灰施用區는 水溶性알칼리 係數가 높았으며, 石灰物質施用區가 無施用區에 비해 非水溶性알칼리 係數가 增加하였다. 炭酸칼슘과 農用石灰施用區는 石油에 抽出物 含量이 減少하였다. 石灰 施用에 의해 水溶性알칼리 係數가 높아진 것은 담배의 燃燒性을 向上시킬 것으로²⁰⁾ 石油에 抽出物 含量이 減少된 것은 品質에 나쁜 影響을 미칠 것으로¹³⁾ 考察된다.

石灰施用이 Burely 種의 重要 香氣成分 含量에 미치는 影響을 調査한 結果는 表 8과 같다.

黃酸칼슘施用區는 無施用區에 비해 β-damascenone 含量은 낮았으나, 나머지 成分은 비슷하거나 높았다. 炭酸칼슘과 農用石灰施用區는 Solanone, β-damascenone을 除外한 ethyldecanoate, megastigma trienone, diethylphthalate, neophytadiene 含量은 비

Table 7. Effect of lime materials application on ash and petroleum ether extractable material concentrations of cured leaves

Treatment	Crude ash	Water		Alkalinity no. of water		Pet. ether extracts
		soluble ash	insoluble ash	soluble ash**	insoluble ash***	
 %					
Control	19.8a*	9.21a	10.59a	40.0c	9.30d	6.13a
CaSO ₄ ¹⁾	21.4a	10.92a	10.52a	42.0c	10.90c	6.28a
CaSO ₃ ²⁾	20.5a	9.60a	10.89a	50.8b	12.20b	5.54b
Liming ³⁾	21.0a	9.34a	11.67a	56.8a	13.26a	5.49b

* Within each column means not followed by the same letter are significantly different at the 5% probability level

** Milliliter of 1N acid per 100g tobacco

*** Milliliter of 0.1N acid per 1g tobacco

1, 2) Ca 35kg/10a 3) pH 6.5

Table 8. Effect of lime materials application on volatile neutral constituents of cured leaves
(Peak area/1mg ISTD peak area)

Treatment	Solanone	β -Damasenone	Ethyl-decanoate	Megastigmatrienone	Diethyl-phthalate	Neophytadiene	Total
Control	2.46	0.51	0.36	0.85	0.09	34.08	38.35
CaSO ₄ ¹⁾	2.81	0.21	0.47	1.24	0.42	33.92	39.07
CaCO ₃ ²⁾	2.19	0.36	0.40	1.28	0.37	37.88	42.48
Liming ³⁾	2.37	0.38	0.43	1.30	0.11	44.36	47.92

1, 2) Ca 35kg/10a 3) pH 6.5

숫하거나 높았다. 분석된香氣成分을 합산한 결과 無施用區에 비해 黃酸칼슘施用區는 비슷하나, 炭酸칼슘과 農用石灰施用區는 높았다. Burely 種에서 品質이 좋은 上位等級葉은 下位等級葉에 비해 neophytadiene과 megastigmatrienone 含量이 높고, solanone 含量이 낮으며⁷⁾ neophytadiene은 잎담배 喫味를 좋게 하는 成分으로 알려져¹⁹⁾ 있음으로 農用石灰의 施用은 香氣成分面에서 有利할 것으로 考察된다.

摘 要

Burely 種 煙草栽培에 있어서 石灰施用의 妥當性을 究明하고자 Burley 21을 供試品種으로 石灰無施用區, 黃酸칼슘(Ca: 35 kg/10a), 炭酸칼슘(Ca: 35 kg/10a), 農用石灰(pH 6.5 調節量) 施用區를 두고 收量, 葉中 無機 및 有機成分을 分析한 結果는 다음과 같았다.

1. 石灰無施用區에 비해 黃酸칼슘施用區는 土壤 및 葉中 無機成分 含量에서 大差를 보이지 않았으나, 炭酸칼슘과 農用石灰施用區는 Ca, Mg 含量이 높아지고 Al, Mn, Fe 含量은 減少하였다.

2. 담배 收量은 石灰無施用 < 黃酸칼슘 < 炭酸칼슘, 農用石灰順으로 나타났으나, kg 당 價格은 差異가 없었다. 種子 生産量은 無施用 < 農用石灰 < 黃酸칼슘, 炭酸칼슘順으로 增加하였다.

3. 無施用區에 비해 黃酸칼슘施用區는 乾燥葉의 암모니아態窒素, 非水溶性알칼리 係數가 높았으며, 炭酸칼슘施用區는 水溶性 및 非水溶性알칼리 係數, 香氣成分 含量이 높았으나, 蛋白態窒素, 石油에 抽出物 含量은 낮았다. 農用石灰施用區는 窒酸態窒素, 水溶性 및 非水溶性알칼리 係數, 香氣成分 含量은 높았으나, 蛋白態窒素 암모니아態窒素 니코틴 石油에 抽出物 含量은 낮았다. 石灰施用에 의한 葉中 化學成分의 變化는 長, 短點이 相殺되어 品質에 큰 影響을 미치지 않을 것으로 생각된다. 따라서 土壤

pH를 微酸性(pH 6.5 内外)으로 維持시킬 수 있는 石灰 施用이 必要할 것이다.

引 用 文 獻

1. Abruna-Rodriguez, F., J. Vicente-Chandler, R.W. Pearson and S. Silvia. 1970. Crop response to soil acidity factors in Ultisols and Oxisols: I. Tobacco. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34: 629-635.
2. Axley, J.H. and J.H. Hoyert. 1973. Response of maryland tobacco to liming. Tob. Sci. 17: 58-60.
3. Barker, A.V., R.J. Volk and W.A. Jackson. 1966. Root environment acidity as a regulatory factor in ammonium assimilation by the bean plant. Plant Physiol. 41: 1193-1199.
4. Carson, E.W. 1974. The plant and its environment. Univ. Press of Virginia, Charlottesville. 565-600p.
5. Catliff, D.J., G.E. MacDonald and N.H. Peck. 1970. The potentiometric determination of nitrate and chloride in plant tissue. N.Y. Food and Life Sci. Bull. Plant Sci. 1: 1-10.
6. 趙伯顯. 新稿土壤學. 1977. 鄉文社 72-168p.
7. Choi, S.C. and J.U. Park. 1984. Studies on the volatile aroma components of korean burley tobacco. J. Kor. Soc. Tob. Sci. 6: 97-116.
8. Cundiff, R.H. and P.C. Markunas. 1955. Determination of nicotine, nor-nicotine and total alkaloids in tobacco. Anal. Chem. 27: 1650-1653.
9. Darkis, F.R., L.F. Dixon, F.A. Wolf and P. M. Gross. 1937. Flue-cured tobacco: Chemical composition of flue-cured tobaccos

- produced on limed and nonlimed soils under varying weather conditions. *Ind. Eng. Chem.* 29 : 1030-1039.
10. Foote, B.D. and J.B. Hanson. 1964. Ion uptake by soybean root tissue depleted of calcium by ethylenediaminetetraacetic acid. *Plant Physiol.* 39 : 450-460.
 11. 韓國人蔘煙草研究所. 1978. 試驗研究計劃書 (耕作分野) 15-34p.
 12. _____ . 1979. 담배成分分析法. 1-124p.
 13. Hawks, S.N. 1978. Principles of flue-cured tobacco production. 2nd ed. N.C. State Univ. Raleigh, N.C. 28-29p.
 14. Horwitz, W. 1970. Methods of analysis of the A.O.A.C. 11th ed. 16-45p.
 15. 日本專賣公社. 1975. たばこ分析法. 葉たばこ成分編 14-15p.
 16. 金大松·秋洪求. 1981. 煙草産地の土壤環境調査, 담배연구보고서 (환경편). 121-141p.
 17. 김용욱·류명현·손현주·라효환. 1987. 향각미종 연초의 한국, 그리스간 생태비교 연구 (II) 건조엽의 화학성분. 한국연초학회지 9 : 19-21.
 18. Kincaid R.R. and N. Gammon. 1957. Effect of soil pH on the incidence of three soil-borne diseases of tobacco. *Plant Dis. Dis. Repr.* 41 : 177-179.
 19. Leffingwell, L.C. 1974. Tobacco flavoring for smoking products. *Tob. Sci.* 18 : 55-57.
 20. Matzinger, D.F., E.A. wernsman, H.F. Ross and J.M. Moseley. 1972. Genetic diversity for alkalinity number of water soluble ash. *Tob. Sci.* 16 : 152-153.
 21. McMurtrey, J.E. 1938. Symptoms on field-grown tobacco characteristics of the deficient supply of each of several essential elements. U.S.D.A. Technical Bull. 612 : 16-20.
 22. Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1978. Principles of plant nutrition. International Potash Institute, Switzerland. 390-410p.
 23. Milham, P.J., A.S. Adward, R.E. Paull and J.E.Bull. 1970. Analysis of plants, soils and waters for nitrate by using an ion-selective electrode. *Analyst.* 95 : 751-757.
 24. Nikolin, B., A.Nikoline and H.Burmire. 1974. Colorimetric determination of ammonia in tobacco. *Tob. Sci.* 18 : 10.
 25. 農業技術研究所. 1978. 土壤化學 分析法. 103-170p.
 26. Peedin, G.F. and C.B. McCants. 1977. Influence of soil applications of calcium on selected agronomic and chemical characteristics of flue-cured tobacco. *Tob. Sci.* 21 : 17-21.
 27. _____ and _____. 1977. Influence of variety and soil application of calcium on development of calcium deficiency in tobacco. *Agron. J.* 69 : 71-76.
 28. Powell, G.T. 1971. Chemical methods of tobacco plant analysis. Univ. of Georgia college of agriculture experiment stations, Research Report. 97 : 14-16.
 29. Powell, N.T. 1986. Calcium and magnesium. *Tobacco Information.* 1986 : 33.
 30. Reneau, R.B., J.L.Ragland and W.O. Atkinson. 1968. Effect of ammonium nitrate and the growth of burley tobacco plants on soil pH. *Tob. Sci.* 12 : 50-53.
 31. Yuan, T.L. 1974. A double buffer method for the determination of lime requirement of acid soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 38 : 437-441.