

濟州 火山灰土 草地에 石灰 및 磷酸 施用이 收量 및 無機成分含量에 미치는 影響

高瑞逢*·白潤基*·梁昌範*·鄭昌朝**

Effects of Lime and Phosphate on Dry Matter and Mineral Content in Mixed Sward in Cheju Volcanic Ash Soil

Seo Bong Ko*, Yun Ki Baik*, Chang Bum Yang* and Chang Cho Choung**

ABSTRACT: To determine the effects of lime and phosphate on dry matter yield and mineral content in mixed sward in Cheju volcanic ash soil from October 1983 to the end of growing season in 1986.

The pH in soil was not affected by lime and phosphate applied, but exchangeable Ca, Mg and available P were increased by liming and phosphate levels.

Average mean dry matter yield of lime plot was more increased 5% than that non-lime plot, and dry matter yield according to the phosphate (0, 20, 40, 60 kg/10a) applications were significantly increased 488.3 kg, 1,024 kg, 1,137.0 kg and 1,202.2 kg, respectively.

Botanical composition in non-phosphate plot was dominated by Red top but Ladino clover was almost disappeared. However, phosphate applied plot were dominated by Orchard grass and Ladino clover 50-60 % and 15-20 %, respectively.

Mineral (P, K, Ca, Mg) content in herbage were not different between lime and non-lime plot. But P, Ca and Mg were increased according to the phosphate levels.

Key words: Liming, Phosphate, Soil, Dry matter, Mineral content.

I. 緒 言

濟州道內 草地造成이 可能한 中山間地帶의 土壤은 대부분 黑色 및 濃暗褐色의 火山灰土壤으로 이루어지고 있으며 濟州道內 火山灰土壤은 全體面積의 66.4 % 인 120,840 ha에 達한다(嚴等²²).

火山灰土의 特性은 三相分布중 固相比率이 낮아 土壤은 가볍고 腐植含量은 많으나 利用性이 낮고 置換性 鹽基는 溶脫되기 쉬운 反面 磷酸을 吸着, 固定하는 能力은 대단히 크며 石灰, 苦土등 鹽基含量은 非火山灰

土에 비해 아주 낮다(金,² 李等,¹⁶ 愼等,¹⁷ 崔等¹⁰). 火山灰土의 磷酸固定抑制를 위하여 愼等²¹은 Betonite, 珪酸, 石灰 및 有機物施用의 必要性을 強調하였으며 柳等¹⁸도 火山灰土에 珪石灰의 效果를 크게 認定하였다. 또한 李等¹⁹은 火山灰土 草地에 石灰 및 熔成磷肥施用의 必要性을 指摘하였으며 鄭等,¹⁴ Halyar等,¹² Lowther等,¹¹ Haynes等¹³은 牧草에 石灰施用 效果를 높게 認定하고 있다.

그러나 濟州道는 火山灰土란 特殊性 때문에 施用된 磷酸이 대부분 Al이나 Fe 등에 結合되어 利用率이 떨

* 濟州試驗場(Cheju Experiment Station, RDA, Cheju, Korea).

** 濟州大學校 農科大學(College of Agriculture, Cheju National University, Cheju, Korea).

어지기 때문에 (金²⁾ 愼等³⁾, 李等⁴⁾, 柳等⁷⁾) 많은량의
 磷酸施用에 依해서만 施肥效果를 얻을 수 있는 不利한
 與件을 가지고 있다. 一般的으로 牧草地內에 磷酸施用
 은 禾本科牧草보다 豆科牧草生育에 더 效果的이라 指
 摘하고 있으며 (Caradus¹⁾, Shoo⁸⁾, Wilkinson¹⁰⁾)
 또한 磷酸缺乏은 牧草의 生育初期에 뿌리발달을 阻
 시켜(Caradus¹⁾) 生育이 不良해진다고 하였다.

따라서 本 試驗은 濟州中山間地帶의 海拔 500 m의 黑
 色火山灰土에서 石灰 및 磷酸施用에 의한 混播牧草地

의 生育, 收量 및 無機成分含量等에 미치는 效果를 究
 明하기 위하여 實施했다.

II. 材料 및 方法

가. 供試圃場

濟州市 中山間地帶 海拔 500 m 高地에 位置한 黑色火
 山灰土壤으로 有機物含量이 16.5%로 높은 反面 有效
 磷酸含量은 4.6ppm으로 극히 낮은 土壤으로 試驗圃

Table 1. Soil chemical characteristics before experiment

pH (1:5)	O. M (%)	Av. P ₂ O ₅ (ppm)	T-N (%)	Ex. cation(me/100 g)				CEC (me/100 g)
				K	Ca	Mg	Na	
5.64	16.5	4.6	0.61	0.30	1.36	0.73	0.33	16.9

播種은 1983年 10月 上旬에 Orchard grass, Tall fe-
 scue, perennial rye grass, Red top, Ladino cl-
 over를 混播하여 3年間 遂行했다.

나. 試驗處理 및 施肥方法

試驗處理는 石灰施用(0, 300 kg/10a)을 主區로 하고
 磷酸施用 4水準(0, 20, 40, 60 kg/10a)을 細區로한 분

Table 2. Design of experiment

Main plot (Lime)	Split plot (Phosphate)	
1) Non-lime	1) Phosphate	0 kg/10a
2) Lime - 300kg/10a	2) "	20 "
	3) "	40 "
	4) "	60 "

할구배치 3反覆으로 實施했다.

播種時 基肥는 10a當 N-8, K₂O-7kg을 尿素와 鹽化加
 里로 各各 施用하고 P₂O₅와 石灰肥料는 熔成磷肥와 苦
 上石灰를 利用하여 各 處理別로 全量을 基肥로 施用하
 였다. 播種 이듬해부터 管理肥料는 N-28, K₂O-24를 年
 間 4回 分施했고 P₂O₅는 每年 處理別로 3月과 10月에
 2回分施했다.

III. 結果 및 考察

1. 土壤成分變化

石灰施用에 依한 pH의 變化는 無石灰 5.74에 比해
 石灰區는 5.97로 石灰施用間 큰 차이가 없었으며 磷酸

施用區에서는 磷酸施用量이 增加될수록 pH가 다소 높
 아지는 傾向을 보여 無石灰-無磷酸區 5.93에 比해 磷
 酸 40, 60施用區에서는 各各 6.05, 6.09로 나타났다.
 그러나 火山灰土에서는 一般的으로 石灰나 磷酸을 多
 量으로 施用하여도 pH의 變動은 극히 緩慢하고 置換
 性 Al 含量도 그 減少가 적을뿐 아니라 活性 Al 變化도
 거의 없다고 하여(柳等⁷⁾), 本 試驗의 結果와 類似하다
 하겠다. 火山灰土에서 有效磷酸含量은 牧草地나 耕作
 地에서 가장 不足되기 쉬운 成分중의 하나로써 一般
 的으로 含有된 4~27.5 ppm은 陸地土壤의 平均値 110
 ppm에 훨씬 미달되는 것으로(李等¹⁰⁾), 本 試驗前 土壤
 에서도 4 ppm으로 극히 낮은 含量을 보이고 있는데
 試驗後 土壤의 處理別 有效磷酸含量을 보면 無石灰區

Table 3. Soil analysis data after 3 years experiment

Lime	Phosphate	pH (1:5)	OM (%)	Av. P ₂ O ₅ (ppm)	T-N (%)	Ex. cation (me/100g)				CEC (me/100g)
						K	Ca	Mg	Na	
0	0	5.73	17.6	4.5	0.50	0.54	0.63	0.35	0.29	16.8
	20	5.70	17.1	8.4	0.48	0.34	2.17	0.78	0.33	18.9
	40	5.78	16.0	20.8	0.49	0.31	2.78	1.33	0.29	18.4
	60	5.76	15.5	37.7	0.50	0.30	3.06	1.89	0.30	19.4
	Mean	5.74	16.6	17.9	0.49	0.37	2.16	1.09	0.30	18.4
300	0	5.93	17.1	7.9	0.43	0.59	3.98	1.67	0.30	21.2
	20	5.80	16.0	15.9	0.52	0.38	3.57	2.52	0.30	20.6
	40	6.05	15.5	48.4	0.47	0.38	4.48	3.78	0.29	22.0
	60	6.09	17.6	45.2	0.45	0.39	5.78	4.27	0.30	23.7
	Mean	5.97	16.6	29.4	0.47	0.44	4.45	3.06	0.30	21.9

17.9ppm인데 비해 石灰施用區는 29.4 ppm으로 높은 增加量을 나타냈으며, 또한 磷酸水準에 따른 有效磷酸含量도 顯著히 增加되어 無石灰區에서 磷酸 0, 20, 40, 60kg 水準에서 各各 4.5ppm, 8.4 ppm, 20.8 ppm, 37.7 ppm으로 뚜렷한 增加를 보이고 있는데 石灰施用區에서도 같은 傾向을 나타냈다. 그러나 牧草生育에 適定含量인 100ppm에는 미치지 못하는 結果로서, 火山灰土에서는 土壤중 活性Al 및 活性Fe가 磷酸을 不溶化시켜 有效磷酸含量이 떨어진다라는 學者들의 報告(愼等¹¹⁾, 李等¹⁶⁾, 金¹²⁾, 柳等¹⁹⁾)가 뒷받침하고 있다. 또한 OM이나 T-N 등은 石灰나 磷酸施用으로 뚜렷한 差異가 없었으나 置換性鹽基인 K, Ca, Mg 등은 石灰施

用으로 增加하였는데 특히 Ca, Mg 등은 試驗前보다 各各 2倍, 2.8倍의 增加를 나타낸 것은 本試驗에 供試된 苦土石灰內에 Ca, Mg 등이 含有된데 基因된 것으로 思料된다. 한편 土壤內 鹽基置換容량은 無石灰區 18.4 (me/100g)에 비해 石灰區는 21.9로 增加되었으 며 또한 磷酸增施에 따라서도 增加하고있어 苦土石灰 및 溶成磷肥內에 含有된 Ca, Mg 등의 效果인 것으로 推定할 수 있다.

2. 乾物收量

各處理別 年次間 10a當乾物收量을 보면 無磷酸區에서는 2~3年次에 收量이 增加됨을 나타냈으나, 磷酸施用區에서는 1年次에서 높은 收量을 나타냈다. 年

Table 4. Average DM yield by lime and phosphate application

Lime	Phosphate	Dry matter (kg/10a)			
		1984	1985	1986	Mean
0	0	307.6	577.8	415.4	433.5
	20	1,096.3	919.9	949.6	988.5
	40	1,235.6	1,088.7	1,062.7	1,129.6
	60	1,332.8	1,132.5	1,150.5	1,205.3
	Mean	993.1	929.7	894.6	939.1
300	0	461.5	623.6	544.1	543.1
	20	1,177.7	961.8	1,039.9	1,059.8
	40	1,257.3	1,059.9	1,116.1	1,144.4
	60	1,279.7	1,121.5	1,196.4	1,199.1
	Mean	1,044.1	941.7	974.1	986.6
L. S. D	Lime	NS	NS	NS	NS
	Phosphate	169.2 **	96.2 **	96.1 **	99.2 **
	Lime × phosphate	NS	NS	NS	NS

NS ; Not significant

** : Significant at 1% levels.

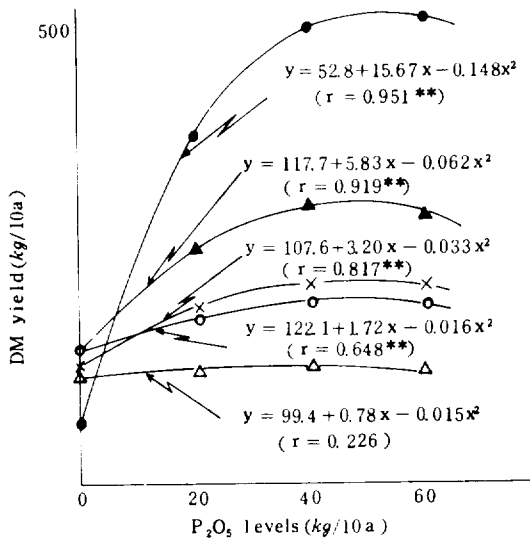


Fig. 1. The relationship between DM yield and phosphate fertilizer at cutting times (—●— 1st cut, —▲— 2nd cut, —×— 3rd cut, —○— 4th cut, —△— 5th cut, 1986).

平均 乾物收量은 無石灰區 939.1kg에 비해 石灰區는 986.6kg로 5%의增收效果가 있었으나 統計的인 有意性은 없었으며, 磷酸施用에 의한 收量增加效果는 無磷酸區 488.3kg에 비해 磷酸 20, 40, 60kg 施用區에서는 各各 1,024.2kg, 1,137.0kg, 1,202.2kg로 磷酸水準

間에는 큰 差異가 없었으나 無磷酸區와는 높은 收量差異를 나타냈다. 이와같은 結果는 李等¹⁵⁾도 磷酸 20~80kg/10a 水準에서 1.0~1.3%의 乾物收量을 報告하여 本 試驗과 類似한 結果를 보이고 있으며 Templeton等⁹⁾ Hart,²⁾ 鄭等¹⁴⁾도 牧草에 磷酸效果를 높게 認定하고 있다. 특히 火山灰土 草地에서는 枸溶性인 熔成磷肥 效果를 높게 評價하고 있으며(李等¹⁵⁾), 金¹³⁾도 混播牧草에서 熔成磷肥施用으로 收量이 增加됨을 報告하였다. 또한 刈取時期別 磷酸效果를 어느 處理에서나 1회刈取時가 높게 나타났고 刈取回數가 進行됨에 따라 收量은 減少되었는데 李等¹⁵⁾, Wilkinson等¹⁰⁾도 같은 結果를 나타냈다.

3. 牧草構成率

播種 이듬해 初期生育時에는 禾本科와 荳科比率은 處理間 큰 차이없이 禾本科가 80~90%로 높은 比率을 보인 反面 荳科는 5% 未滿의 낮은 比率을 나타냈으며 특히 無磷酸區에서 荳科牧草의 生育은 거의 不可能함을 나타냈다. 그러나 刈取回數가 거듭됨에 따라 磷酸施用區에서 荳科牧草는 漸次 增加되어 3年次에는 無石灰-磷酸區에서 18.7인데 비해 石灰區-磷酸區에서는 23.6%로 石灰施用에 依해서 荳科牧草의 比率은 뚜렷히 增加되어 Rangeley等⁷⁾의 結果와도 一致되고 있으며 또한 磷酸增加에 따라서도 荳科牧草는 增加되는 傾向을 보이고 있는데 특히 無石灰區의 磷酸 20, 40, 60kg 水準에서 3年次 荳科牧草는 各各 13.4%, 29.7%,

Table 5. Changes in the botanical composition (%) over the experimental period

Year	Phosphate	Non-Lime			Lime		
		Grasses	Legume	Weeds	Grasses	Legume	Weeds
1984	0	86.6	-	13.4	87.3	-	12.7
	20	74.8	21.8	3.4	78.6	20.7	0.7
	40	72.6	19.5	7.9	73.2	26.5	0.3
	60	77.4	20.8	1.8	70.9	28.9	0.2
	Mean	77.9	15.5	6.6	77.5	19.0	3.5
1985	0	96.6	-	3.4	93.9	-	6.1
	20	86.6	13.4	-	83.9	16.1	-
	40	87.0	13.0	-	76.8	23.2	-
	60	88.0	12.0	-	80.9	19.1	-
	Mean	88.5	9.6	0.9	83.9	14.6	1.5
1986	0	91.5	-	8.5	89.3	-	10.7
	20	84.4	13.4	0.6	70.5	29.0	0.5
	40	70.3	29.7	-	62.5	37.5	-
	60	66.8	31.8	1.4	72.3	27.7	-
	Mean	77.3	18.7	3.0	74.4	23.6	2.0

Table 6. Botanical composition (%) of the each species

Lime	Phosphate	Botanical composition (%)				
		Orchard grass	Tall fescue	Perennial ryegrass	Red top	Ladino clover
0	0	15.9	2.0	0.8	80.9	0.3
	20	52.2	1.6	9.6	17.4	19.2
	40	57.4	2.9	6.8	14.6	18.2
	60	56.5	2.5	8.6	11.8	20.6
	Mean	45.5	2.2	6.5	31.2	14.6
300	0	31.5	5.6	8.0	53.9	0.8
	20	57.0	4.5	9.8	11.7	17.0
	40	56.8	6.6	8.6	6.6	21.4
	60	55.8	6.9	12.8	3.9	20.6
	Mean	50.3	5.9	9.8	19.0	15.0

31.8%로 나타나 磷酸의 效果가 뚜렷하게 나타났으나 石灰區의 磷酸水準에 따른 豈科比率에는 큰 差異없이 20~30%의 比率을 나타냈다. 초종별 植生構成率을 보면 無磷酸區에서 禾本科인 Red-top이 70~80%로 높은 比率을 차지하고 있는데 (Table 6) 특히 無石灰區에서 red-top의 比率은 더 높게 나타났다. 이런 結果는 Mouat等⁹⁾, Caradus¹⁰⁾ 등이 低磷酸區에서 red-top은 良好한 生育을 나타냈다는 結果와 一致되나 Shoop等¹¹⁾이 磷酸의 適正施用에 의해서만 red-top도 좋은 生育을 나타냈다는 報告와는 相反되는 結果라 할 수 있다. 그러나 orchard grass는 磷酸水準間에 큰 差異없이 어느 處理에서나 50~60%를 차지 한데 비하여 tall fescue, perennial rye grass 등은 10~20%의 낮은 比率을 나타냈다.

4. 牧草內 無機成分含量 및 脫取量

牧草內 無機成分인 P, K, Ca, Mg 등은 磷酸平均施用區의 石灰區와 無石灰區間에 큰 差異없이 各各 0.23~0.29%, 3.24~3.45%, 0.38~0.39%, 0.32~0.39%의 含量을 보였으나 無石灰-無磷酸區에서 Ca, Mg, 등은 各各 0.23%와 0.17%인데 비해 石灰-無磷酸區에서는 0.26%와 0.28%로 다소 높은 含量을 나타냈다. 그러나 磷酸水準間에는 이들 無機成分들이 많은 差異를 나타내고 있으며 특히 P는 磷酸水準이 높아질수록 牧草內 含量은 뚜렷이 增加되어 磷酸 0, 20, 40, 60 kg水準에서 各各 0.14%, 0.23%, 0.28%, 0.30%를 나타냈다. 또한 Ca는 無磷酸區에서 0.25%에 비해 磷酸區에서는 水準間 큰 差異없이 0.41~0.45%를 나타냈으며 Mg도 거의 비슷한 傾向을 보였다. 이와같은 Ca, Mg 등의 牧草內 含量이 石灰施用보다 磷酸施用에서 더 높은 效果를 나타낸 것은 熔成磷肥內에 含有된

Table 7. Average mineral content and annual removed by lime and P applications

Lime	Phosphate	Content (%)				Mineral removed (kg/10a)			
		P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg
0	0	0.14	2.57	0.23	0.17	0.55	11.15	0.95	0.73
	20	0.23	3.25	0.42	0.32	2.12	32.18	3.94	3.02
	40	0.29	3.67	0.45	0.40	3.04	50.24	4.84	4.24
	60	0.31	3.47	0.43	0.40	3.43	50.29	5.21	4.60
	Mean	0.24	3.24	0.38	0.32	2.28	35.96	3.73	3.14
300	0	0.14	3.16	0.26	0.28	0.70	14.99	1.51	1.41
	20	0.23	3.58	0.40	0.41	2.32	43.56	4.00	3.96
	40	0.27	3.57	0.45	0.43	2.88	45.15	4.99	4.45
	60	0.29	3.50	0.46	0.45	3.20	45.89	5.13	4.79
	Mean	0.23	3.45	0.39	0.39	2.27	37.39	3.90	3.65

CaO, MgO 등의 효과가 더 컸기 때문인 것으로 사료된다. 處理別 10a當 無機成分 脫取量을 보면 (Table 7) P는 石灰施用間에 差異없이 2.27~2.28 kg을 보였으나 K, Ca, Mg 등은 石灰區가 無石灰區에 비해 各 各 4%, 5%, 12%가 많은 37.29 kg, 3.90 kg, 3.65 kg을 나타내어 石灰施用으로 牧草內에 吸收量이 增加되고 있어 鄭等¹¹⁾의 報告와 一致되고 있다. 또한 磷酸水準에 따른 P의 脫取量은 無磷酸區 0.63 kg에 비해 磷酸 20, 40, 60 kg 水準에서 各 各 2.22 kg, 2.96 kg, 3.32 kg으로 增加되고 있으나 磷酸回收率은 5~8%에 불과하여 火山灰土에서 磷酸效率이 낮음을 指摘한 李等¹²⁾ 愼等¹³⁾ 李等¹⁴⁾의 結果와 付合되고 있다. 또한 Ca, Mg등도 P와 거의 비슷한 傾向을 보여 磷酸水準이 增加함에 따라 脫收量은 增加되고 있어 培成磷肥增殖에 의한 效果인 것으로 사료된다.

IV. 摘 要

濟州 中山間地帶의 黑色火山灰土에서 orchard grass等 5草種을 混播하여 石灰施用(0, 300 kg/10a)과 磷酸水準(0, 20, 40, 60 kg/10a)을 달리했을때 土壤成分, 牧草收量 및 無機成分含量등에 미치는 效果를 究明코자 1983年 10月初旬에 播種하여 3年間 遂行하여 얻어진 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 石灰와 磷酸施用으로 土壤內 pH變化에는 큰 差異가 없었으나 有效磷酸, Ca, Mg 등은 石灰와 磷酸施用으로 두텁이 增加 되었다.

2. 3年平均 10a當 牧草乾物收量은 石灰區는 無石灰區에 비해 5%가 增加된 986.6 kg을 나타냈으며, 磷酸效果는 無磷酸區 488.3 kg에 비해 磷酸 20, 40, 60 kg 區에서 各 各 1,024.2 kg, 1,137.0 kg, 1,202.2 kg으로 높은 有意性($P < 0.01$)을 나타냈다.

3. 牧草構成狀態는 無磷酸區에서 red-top이 70~80% 優點된 反面 ladino clover의 生育은 거의 不可能 하였으며 磷酸區에서는 水準間 큰 差異없이 orchard grass 50~60%, tall fescue, perennial rye grass 10~20%, ladino clover 15~30%의 比率을 나타냈다.

4. 牧草內 P, K, Ca, Mg 등의 含量은 石灰施用效果는 크지 않았으나 磷酸이 增加됨에 따라 P, Ca, Mg 등의 含量은 增加되었다.

V. 引用文獻

1. Caradus, J. R., 1980. Distinguishing between grass and legume species for efficiency of phosphorus use. N. Z. J. Agric. Res. 23: 75-81.
2. Hart, A. L., 1981. Analysis of the response of pasture legumes to phosphorus in a controlled environment. N. Z. J. Agric. Res. 24: 197-201.
3. Haynes, R. J. and Ludecke, T. E., 1981. Yield, root morphology and chemical composition of two pasture legumes as affected by lime and phosphorus applications to an acid soil. Plant and Soil, 62: 241-254.
4. Helyar, K. R. and Anderson, A. J., 1971. Effects of lime on the growth of five species on Aluminium toxicity and on phosphorus availability. Aust. J. Agric. Res. 22: 707-711.
5. Lowther, W. L. and Adams, A. F. R., 1970. The interaction of lime and phosphorus on the nodulation and growth of white clover. N. Z. J. Agric. Res. 13: 252-262.
6. Mouat, M. C. H., 1983. Phosphate uptake from extended solution by pasture plants. N. Z. J. Agric. Res. 26: 483-487.
7. Rangeley, A. and Bolton, R., 1986. Lime and major nutrient fertilizers required to establish a perennial rye grass/white clover pasture on a non-calcareous gley in the scottish uplands. Grass and Forage Sci. 41: 323-332.
8. Shoope, G. J., Brooks, C. R., Blaster, R. E. and Thomas, G. W., 1961. Differential response of grass and legumes to liming and phosphorus fertilization. Agon. J. 53: 111-115.
9. Templeton, W. C. and Taylor, T. H., 1966. Yield response of tall fescue-white clover sward to fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium. Agon. J. 58: 319-322.
10. Wilkison, S. R. and Gross, C. F., 1965. Response of ladino clover to phosphorus withdrawal from the nutrient solution. Agon. J. 57: 357-360.
11. 채상식, 이동태, 1971. 제주도의 화산회성 흑색토에 대한 생장 및 분류학적 조사연구. 農試報 14: 27~39.
12. 金登玉, 1974. 濟州道 相構園土壤의 磷酸形態 및 吸着에 關한 研究. 韓國農化學會誌 17(3): 219~233
13. 金文哲, 1984. 濟州火山灰土壤에 있어서 牧草의 磷酸利用에 關한 研究. 博士學位論文.
14. 鄭連圭, 朴炳勳, 李鍾烈, 1982. 石灰 및 3要素 施用水準이 濟州 山地草地에 미치는 影響. 韓畜誌 24(6):

- 493~516.
15. 李鍾基, 李根常. 1975. 濟州道 草地開發에 있어서 土壤學的 問題點 J.Korean Soc. Soil Sci. Fert. 8(3): 153~160.
 16. 李相宇, 申圭錫, 金仁卓. 1983. 濟州道 火山灰 土壤의 理化學的 特性 및 有機物性狀에 關한 研究. J.Korean Soc. Soil Sci. Fert. 16(1): 20~27.
 17. 柳寅秀. 1978. 山地土壤의 特性과 改良. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 11(4): 247~262.
 18. _____. 尹順熙. 1978. 火山灰土壤에 對한 磷酸의 施用量과 施肥法 및 石灰石의 效果. J.Korean Soc. Soil Sci. Fert. 11(1): 25~30.
 19. 柳順吳, 宋寬哲. 1984. 濟州道 土壤의 化學的 特性 調査 研究 II. 耕作年代에 따른 相樺樹 土壤의 化學的 特性變化. J.Korean Soc. Soil Sci. Fert. 17(2): 161~165.
 20. 慎鍾華, 李炳兌, 金明華, 蔡澤錫. 1964. 濟州道 概略土壤 調査 報告. 農試研報 7(1): 49~62.
 21. _____. 金榮圭. 1975. 火山灰土의 特性에 關하여. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 8(3): 113~119.
 22. 嚴基泰, 朱永熙, 李景洙, 慎鍾華. 1977. 濟州道 綜合開發計劃을 爲한 土壤特性의 研究. 農試研報 19 (土壤肥料): 1~20.