

# 濟州火山灰土壤에 있어서 牧草의 磷酸利用에 關한 研究\*\*

## 1. 濃暗褐色 火山灰土壤에 있어서 牧草類의 磷酸肥料 利用

金文哲·鄭昌朝·金東岩\*

### Studies on the Phosphorus Uptake and Utilization of Pasture Species in Cheju Volcanic Ash Soils

#### 1. The effect of fused phosphorus application level on five different pasture species grown in very dark brown soil

*Moon-chul Kim, Chang-cho Choung and Dong-am Kim\**

#### Summary

This study was carried out to determine the effect of phosphorus fertilizer in very dark brown volcanic ash soil. These trials were made to evaluate the dry matter yield and mineral concentration response of orchardgrass, perennial ryegrass, tall fescue, reed canarygrass and ladino clover.

1. On very dark brown soil, the best adapted pasture species were orchardgrass and ladino clover. Their dry matter yield increased with increasing levels of phosphorus fertilizer.

2. In proportion to the phosphorus application level, the phosphorus content of pasture species increased. This increase was greater in legume species than in grass species.

3. Phosphorus application levels had little effect on Ca, Mg and K content, but when no phosphorus was applied, the Ca, K and Mg content was higher.

4. With increased phosphorus application levels, the percentage N of grass species investigated decreased, while in legume species the N percentage increased.

---

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

\* 서울大學校 農科大學 (College of Agriculture, Seoul National University)

\*\* 본 논문은 韓畜誌 1985年 27(2) 125-132에 게재되었음.

## 序 論

濟州火山灰土壤中 濃暗褐色土壤은 土壤肥沃도가 中程度로서 많은 面積이 開墾되어 田作地로 利用된다고 嚴등(1977)은 報告하였으나 李등(1976)은 이들 토양의 野草地에서 또는 秦등(1980)은 겉뿌림 草地에서 磷酸增施에 따라 有意의 收量增收을 얻지 못하였다고 하였다. 이는 火山灰土가 갖는 物理的, 礦物學的 特性 때문에 施用된 磷酸이 土壤에 固定되어 植物에 吸收되는 量이 적기 때문에 磷酸施用 量을 大幅 增加시켜야 된다고 李등(1975)과 慎등(1964)은 發表하였다.

그러나 李등(1981)은 土壤種類 또는 作物에 따라 磷酸利用에 差異가 있음을 指摘하였다. 즉 黑色 土壤에서는 피, 옥수수, 濃暗褐色土壤에서는 수수 交雜種이 磷吸收 效果가 컸다고 하였다. 磷吸收에 대한 草種間 차이로서 Jackman등(1972) 및 Donald(1963)은 禾本科牧草가 磷酸, 加里, 硫黃을 잘 吸收할 수 있다고 하였으며 또한 Barrow(1975)에 따르면 禾本科牧草는 荳科보다 磷酸要求度가 낮으므로 척박토양에서 상대적으로 잘 저항할 수 있다는 것이다. Donald(1963)은 化분과 牧草가 척박토양에서 흡수된 磷酸을 體內에서 地上部位로 轉換可能하나 荳科는 뿌리 주위에 머물게 된다고 하였고 Allen등(1973)은 土壤 pH 5 以下와 8 以上에서 必須多量元素 Ca, K, P가 결핍되므로 荳科牧草의 뿌리에 사식하는 根瘤菌을 減少케하여 결국 다른 무기물 吸收를 不齊케 한다고 하였다.

따라서 本 試驗은 濃暗褐色土壤에서 우리나라에 많이 이용되고 있는 5 가지 牧草草種의 磷酸吸收 및 利用能力을 調査하여 이 土壤에 適合한 草種을 선발하고 이들 草種의 適正한 磷酸施肥水準을 提

示키 위해 實施하였다.

## 材料 및 方法

本 試驗은 orchardgrass (*Dactylis glomerata*), ladino clover (*Trifolium repens*), tall fescue (*Festuca arundinacea*), perennial ryegrass (*Lolium perenne*), reed canarygrass (*Phalaris arundinacea*)의 5 가지 草種을 供試하여 1983年 3月부터 10月까지 濟州大學校 放射能 利用 研究所에서 地上部面積 0.0531 m<sup>2</sup> 되는 pot를 野外에서 使用하여 試驗을 遂行하였다. 供試土壤은 濃暗褐色土壤으로 濟州市 我羅洞 濟州大區內에 있는 肥料를 施用한 적이 없는 土壤을 取하였다(表 1 참조). 基肥는 播種當時 ha當 N; 50kg, K<sub>2</sub>O; 30kg을, 追肥는 N; 100kg과 K<sub>2</sub>O; 70kg을 每 刈取 후 均等 분시하였으며 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 基肥만으로 實驗설계의 수준에 맞추어 施用하였다. 실험설계는 分割區配價法으로 主區는 上記 5草種이고 細區는 인산 4수준으로 ha當 0, 100, 200, 300kg으로 每 처리당 4반복, 총 80 個區를 設置하였다. 牧草의 播種量은 共히 ha當 20kg씩이었으며 收穫은 1차 8月 9日, 2차 9月 22日, 3차는 11月 2日에 하였으며 이 수확된 시료를 各 分析에 利用하였다.

植物體分析에 있어서 試料는 Ammonium molybdate 法에 의하여 UV/Visible Spectro photometer 로 470nm 영역에서 植物體의 인함량을 分析하고 磷分析을 위해 분해시킨 용액을 사용하여 Ca, K를 Atomic Absorption Spectrophotometer (Parkin elemer 2380 Md)로 그리고 N 함량은 Macro kjeldahl 法에 의해 分析하였다.

Table 1. Chemical properties of soil tested

Soil type	pH	Organic matter (%)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Exch. Cation (me/100g)			CEC (me/100g)
				Ca	Mg	K	
Very dark brown volcanic ash soil	5.8	3.2	30.5	1.3	2.3	0.56	11.0

## 結果 및 考察

濃暗褐色火山灰土는 鹽基飽和도가 50% 이상인 Eutrandept 와 유사하며 西歸浦市 및 中山間地의 熔岩流臺地에 많이 分布되어 自然肥沃도가 普通이며 開墾되어 田作地 및 果園으로 活用되고 있다(嚴 등, 1977). 이 土壤의 面積은 濟州道 전체면적의 35.3%에 해당되며 畜産開發에 中心地域이 되고 있다. 따라서 이들 地域에 適應성이 높고 磷酸利用能力이 좋은 草種을 究明코자 우리나라에 比較的 많이 栽培되고 있는 것으로 알려진 orchardgrass, ladino clover, perennial regrass, tall fescue, reed canarygrass를 供試하여 試驗을 遂行하였다.

### 1. 乾物收量

試驗結果 얻어진 이들 牧草의 乾物收量은 表 2와 같다.

이들 草種中 orchardgrass의 乾物收量은 磷酸施用水準에 比例하여 거의 直線의 增加하고 있

어 Krogman(1979)의 報告처럼 다른 草種보다 磷酸에 대한 反應이 높게 나타난다는 結果와 一致하였다. 다른 禾本科 牧草인 perennial ryegrass, tall fescue와 reed canarygrass 에 있어서 磷酸無施用과 ha당 100 kg 施用水準間에는 差異가 크지만 100 kg에서 300 kg까지의 肥料施用量 增施에서는 完滿한 收量增加가 이루어졌다. Bradshaw 등(1960)과 Shoop 등(1961)은 perennial ryegrass와 tall fescue에서 各各 磷酸施用效果가 높다고 하였지만 相對的으로 orchardgrass는 특히 淸박한 토양에서 자라는 特性(Barrow: 1975, Blaser 등; 1950)으로 他 草種에 비해 增加幅이 컸던 것 같다.

한편 荳科인 ladino clover는 ha當 200kg까지인 산을 增施했을 때 수량증가가 커 거의 4배가 되었다. Shoop 등(1961)도 ladino clover의 더 높은 收量을 얻기 위해 磷酸增施가 필요하다고 보고한 바 있으며 본 연구의 結果도 이들의 보고와 일치되고 있다. 한편 각 수확시기에 있어서 乾物收量에 미치는 磷酸施用의 效果는 비슷한 傾向이었다.

Table 2. Total dry matter yields of 5 pasture species in response to phosphorus application level (g/pot)

Species	Phosphate level (kg/ha)				Mean
	0	100	200	300	
Orchardgrass	0.34	9.43	14.85	19.51	11.03
Perennial ryegrass	2.03	10.97	13.17	12.83	9.75
Tall fescue	1.34	5.80	11.41	12.66	7.80
Reed canarygrass	0.67	9.44	11.44	13.26	8.70
Ladino clover	1.58	10.05	11.72	40.94	16.07

L.S.D. Main plot : 5% = 3.359

Sub plot ; 5% = 3.242

Sub plot for main plot ; 5% = 7.248

Sub plot for different main plot ; 5% = 7.075

### 2. 牧草의 成分含量

磷酸을 施用함에 牧草의 成分變化에 미치는 效果를 조사코자 磷, 마그네슘, 칼슘 및 窒素含量을 분석하였으며 이들 중 인함량은 表 3에서 보는 바와 같다. 본 研究에서 牧草內 磷함량 역시 磷酸增施에

따른 效果가 보이는 것은 Mallarino (1981) 및 Read (1966)와 동일한 結果이며 이들 草種中 荳科牧草인 ladino clover는 他 禾本科牧草보다 大體的으로 磷함량이 높았다. 이러한 結果 역시 土壤에 따라 다소 차이가 있으나 clover의 磷酸要求도가

Table 3. Phosphorus contents in five pasture species as affected by harvested date ( ppm )

Species	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> level	Harvested date			Mean
		Aug. 9	Sept. 22	Nov. 2	
Orchardgrass	0	1,047	1,464	1,255	1,255
	100	1,087	1,831	1,783	1,567
	200	1,207	2,076	2,364	1,883
	300	1,646	1,490	2,513	1,883
Perennial ryegrass	0	1,701	2,098	1,299	1,699
	100	1,810	2,233	1,703	1,915
	200	-	2,413	1,736	2,074
	300	1,761	2,411	2,305	2,159
Tall fescue	0	1,534	1,774	1,293	1,534
	100	1,669	2,043	1,618	1,777
	200	1,192	1,968	1,752	1,637
	300	1,314	2,143	2,025	1,827
Reed canarygrass	0	1,996	1,472	1,434	1,634
	100	1,135	1,316	1,433	1,295
	200	1,609	1,552	1,659	1,607
	300	1,575	1,938	2,150	1,888
Ladino clover	0	1,149	1,877	1,513	1,513
	100	1,681	2,122	1,785	1,863
	200	2,245	2,042	2,762	2,471
	300	2,125	-	2,277	2,201

높다는 Barrow(1975) 및 鄭(1976)의 보고와 같은 것으로 생각된다. 또한 草種別로 볼 때 ladino clover와 perennial ryegrass의 磷함량이 orchardgrass, tall fescue, reed canary grass보다 높았고 수확시기별 인함량의 차이는 발견되지 않았다.

牧草中 마그네슘함량은 인산시용에 따른 효과가 분명히 보이지 않았으며(表4) 또한 草種間 또는 수확시기별로도 차이를 발견할 수가 없었다. 그런데 Seatz(1960)에 따르면 Mg가 植物體內 Zn결핍을 완화시키는 作用을 한다고 하였고 Mg와 P의 균형이 이뤄져야 作物生育이 유리하게 된다고 報告하였으며 Hipp등(1969) 및 Reneau등(1983)은 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 施用으로 植物體內 Mg 농도가 增加하였다고 하였다. 따라서 以上の 연구결과는 本 研究結果와 相反되었으나 Lingle 등(1959)과 Wilcox 및

Languton(1960)은 토마토試驗에서 이와 反對로 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 増施로 Mg 含量이 감소하였음을 보고함으로써 環境에 따라 植物體內 무기함량의 變化가 多樣하다고 하였으며 특히 高溫에서 Mg 농도는 減少되기 쉽다고 Lingle 등(1959)은 報告하였다.

한편 表6에서 보는 바와 같이 Ca는 모든 草種이 磷酸増施에 따라 植物體內 그 含量이 減少하였다. Adriano(1971)의 보고에서 Ca는 P, Zn과 Fe에 대하여 길항작용이 있다는 報告과 일치하는 것 같지만 鄭등(1982)은 척박한 구릉지토양에서 옥수수의 Ca 함량에 대해 増施效果가 분명함을 發見치 못한 點으로 보아 土壤條件 등에 따라서는 다른 結果를 期待할 수도 있다고 할 것이다.

表7은 草種別 磷酸施用水準 증가에 따른 植物體內 N함량을 나타낸 것으로 荳科牧草인 ladino

**Table 4. Magnesium contents in five pasture species as affected by harvested date (ppm)**

Species	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> level	Harvested date			Mean
		Aug. 9	Sept. 22	Nov. 2	
Orchardgrass	0	3,690	-	-	3,690
	100	2,948	2,860	2,755	2,854
	200	2,871	2,970	3,191	3,011
	300	3,351	2,253	3,333	2,979
Perennial ryegrass	0	3,972	-	2,135	3,054
	100	3,741	2,599	2,068	2,803
	200	-	2,845	2,139	2,492
	300	3,903	2,590	2,248	2,914
Tall fescue	0	-	3,781	2,743	3,262
	100	2,321	3,167	2,196	2,561
	200	2,578	3,088	2,556	2,741
	300	2,921	2,699	2,706	2,775
Reed canarygrass	0	-	-	3,596	3,596
	100	2,261	2,495	3,233	2,663
	200	2,832	2,823	2,783	2,813
	300	2,168	2,478	3,159	2,602
Ladino clover	0	3,214	-	-	3,214
	100	2,734	3,107	2,615	2,819
	200	3,134	3,767	2,441	3,114
	300	3,847	-	2,528	2,688

**Table 5. Calcium contents in five pasture species as affected by harvested date (ppm)**

Species	Phosphate levels	Harvested date			Mean
		Aug. 9	Sept. 22	Nov. 2	
Orchardgrass	0	52,437	17,264	49,213	39,638
	100	4,316	5,611	6,269	5,398
	200	4,863	9,062	4,389	6,105
	300	3,615	9,576	4,377	5,856
Perennial ryegrass	0	21,337	26,657	10,759	19,584
	100	12,250	8,469	3,493	8,071
	200	10,925	11,074	3,754	8,584
	300	9,323	8,640	3,468	7,144
Tall fescue	0	14,831	13,982	3,279	10,697
	100	6,470	9,820	3,148	6,479
	200	8,866	7,362	3,392	6,540
	300	9,339	9,356	2,781	7,159
Reed canarygrass	0	41,867	5,502	32,653	26,674
	100	8,424	13,057	5,959	9,147
	200	3,615	10,085	4,309	6,003
	300	7,732	11,978	6,561	8,757
Ladino clover	0	15,396	51,901	13,541	26,946
	100	10,439	19,572	11,387	13,799
	200	6,787	17,814	7,215	10,605
	300	7,789	-	5,574	4,454

clover는  $P_2O_5$  施用水準이 增加할수록 N의 함량이 증가하였으나 기타 禾本科牧草인 orchardgrass, perennial ryegrass, tall fescue 및 reed canary grass는 인산증시에 따라 N 함량이 減少하는 현상을 보이고 있다. Davis(1969)와 Wilson(1959) 등은 인산施用으로 牧草의 蛋白質함량이 增加한다고 하였고 Osman 등(1977)도 줄기와 뿌리의 粗蛋白質 比率이 磷酸利用性에 따라 增加한다고 보고 하였으므로 本 結果와는 相反된다고 볼 수 있으나 Taliaferro 등(1975)은 磷酸增施로 bermudagrass, weeping lovegrass, bluegrass 또는 自然草의 粗蛋白質 含量이 감소되었다고 하였고 Read(1966)와 原嶺紀 등(1967)도 인산증시는 植物體內 단백질 함량과 關係가 分明치 않다고 하여 여러가지 條件에 따라 다른 結果를 얻을 수 있음을 시사하였다. 또한 Munk(1966)도 인산不足時는 磷酸과 粗蛋白質 含量間에 相關關係가 없음을 報告하여 이를 뒷받침 하는 結果라고 볼 수 있다.

이상의 研究結果로 볼 때 磷酸增施로 모든 草種의 乾物收量이나 磷含量은 增加하나 李 등(1976) 또는 秦 등(1980)이 濟州火山灰土의 野草地와 결뿌림 草地試驗에서 磷酸增施에 따라 收量增加를 얻지 못했다는 보고와는 같은 傾向이라고 할 수 없었으나 Long(1973), Ozavne 등(1976)과 Zunino 등(1973)은 磷酸增施로 收量增加를 보고하였으며 鄭(1976)의 新開墾地土壤에서 ha당 240 kg 磷酸施用이 最高收量을 얻었다는 結果와는 부합되었다.

다만 시비수준 決定은 多少 다르나 이는 土壤의 特性差異로 볼 수 있으며 이에 대해서는 좀더 연구가 進行되어야 할 것으로 結論을 내릴 수 있을 것 같다. 왜냐하면 牧草地의 主草種인 orchardgrass와 ladino clover는 ha당 磷酸 300 kg까지 施用時 그 乾物收量이 急激히 增加하였기 때문이다. 그러나 本 研究에서 濟州濃暗褐色火山灰土에 있어서 生産性이 높은 牧草는 orchardgrass 및 ladino clover로 가장 적합한 草種으로 생각이 된다.

Table 6. Nitrogen percentage in five pasture species according to phosphorus application level (ppm)

Species	Phosphate level	Harvested date			Mean
		Aug. 9	Sept. 22	Nov. 2	
Orchardgrass	0	-	-	3,476	3,476
	100	2,253	2,058	2,345	2,249
	200	1,907	1,781	2,414	2,034
	300	1,750	1,600	2,158	1,836
Perennial ryegrass	0	2,677	3,179	2,369	2,742
	100	1,790	1,946	1,765	1,834
	200	2,048	2,179	1,693	1,973
	300	2,333	1,863	1,718	1,971
Tall fescue	0	-	2,388	2,693	2,541
	100	2,417	2,516	1,683	2,205
	200	2,234	2,096	1,896	2,075
	300	2,161	2,025	1,959	2,048
Reed canarygrass	0	-	-	3,077	3,077
	100	1,653	2,341	3,216	2,403
	200	2,193	1,903	3,216	2,184
	300	2,206	2,048	2,774	2,342
Ladino clover	0	1,790	-	-	1,790
	100	2,408	3,078	2,643	2,710
	200	2,632	3,003	3,145	2,927
	300	2,835	-	3,294	3,065

## 摘要

濟州濃暗褐色火山灰土에서 磷酸增施에 따라 orchardgrass, perennial ryegrass, tall fescue reed canarygrass 및 ladino clover의 乾物收量 및 成分變化에 미치는 效果를 究明키 위해 시험이 실시 되었으며 얻어진 結果는 다음과 같다.

1. 濃暗褐色火山灰土壤에 適合한 牧草는 orchardgrass와 ladino clover이며 磷酸增施에 따라 乾物收量이 增加하였다.

2. 磷酸增施에 의해 植物體 中 磷含量이 增加하였으며 ladino clover가 orchardgrass보다 약간 높았다.

3. 牧草의 무기물中 Ca와 Mg 함량은 인산증시 效果가 나타나지 않았으나 단 무시용구에서 Ca와 Mg 함량이 많았다.

4. 두과목초인 ladino clover를 除外하고 모든 禾本科牧草는 인산增施로 질소 含量이 감소하였으며 ladino clover는 反對로 增加하였다.

## 引用文獻

1. Adriano, D.C., G. M. Paulser, and L.S. Murphy, 1971. Phosphorus-Iron and phosphorus-zinc relationships in corn (*Zea mays* L.) seedling as affected by mineral nutrition. Agron. J. 63: 36-39.
2. Allen, O.N. 1973. 9. Symbiosis, Rhizobia and Leguminous plants. Forages. The Iowa State Univ. Press. 98-104.
3. Barrow, N. J. 1975. The response to phosphate of two annual pasture species. 1. Effect of the soil's ability to absorb phosphate on comparative phosphate requirement: Aust. J. Agric. Res. 26: 137-43.
4. Blaser, R.E. and N.C. Bray. 1950. Nutrient competition in plant association. Agron. J. 42: 128-35.
5. Bradshaw, A.D. Chadwick, M. J., Jowett, D. Lodge, R.W., Snaydon, R.W. 1960. Experimental

- investigations into the mineral nutrition of several grass species III. Phosphate level. J. of Ecology 48: 631-7. (Cited by Caradus, 1980).
6. Davis, R.R. 1969. Nutrition and fertilizers. in Turfgrass science. ASA. P. 130-132. (Cited by Chung Y.K. 1976).
7. Donald, C.M. 1963. Competition among crop and pasture plants. Advances in Agron., 15: 1-118.
8. Hipp, Billy W. and C. J. Gerard, 1909. Magnesium phosphorus interrelationships in tomatoes. Agron., 61: 403-405.
9. Jackmm, R.H., M.C.H. Mount. 1972. Competition between grass and clover for phosphate. 1. Effect of browntop (*Agrostis tenuis* Sibth) on white clover (*Trifolium repens* L.) growth and nitrogen fixation. N.Z.J. of Agric. Res., 15: 653-66.
10. Krogman, K.K. 1970. Species composition of an irrigated grass mixture at varying fertilizer rates. Can. J. Plant 50: 507-
11. Lingle, John C., and Ralph M. DAVIS, 1959. The influence of soil temperature and phosphorus fertilization on the growth and mineral absorption of tomato seedlings. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 73: 312-322. (Cited by Hipp. etc. 1969).
12. Long, F.C., G.W. Longdall and D.L. Myhre. 1973. Response of an Al-tolerant an Al-sensitive genotype to lime, P and K on three Atlantic coast floatwoods soils. Agron. J. 65: 30-34.
13. Mallarino, A.P. 1981. Estimation of the phosphorus requirements for alfalfa-grass and reed canarygrass pastures under two grazing intensities. A thesis for the degree of M. S. of Iowa state Univ.
14. Munk, H. 1966. Wirkung der phosphatedung und Ertrag, Phosphorsaure-u Eiweissgehalt

- des wiesenfutters. (Cited by Chung Y.K. 1976).
15. Osman, A., C.A. Raguse, and O.L. Sumner 1979. Growth of subterranean clover in a range soil as effected by microclimate and phosphorus availability. II. Laboratory and phytotron studies. *Agron. J.* 69: 26-29.
  16. Ozanne, P.G., K.M. Howes and Ann Petch. 1976. The comparative phosphate requirements. *Aust. J. Agric. Res.* 27: 479-88.
  17. Read, D.W.L. 1966. Relationship of soil phosphorus to fertilizer response of irrigated forage. *Agron. J.* 58: 225-276.
  18. Reneau, R.B., Jr., G.D. Janes, and Janes B. Fridricks, 1983. Effect of P and K on yield and chemical composition of forage sorghum. *Agron. J.* 75: 5-8.
  19. Seatz, L.F. 1960. Zinc availability and uptake by plants as affected by the calcium and magnesium saturation and phosphorus content of soil. *Int. Congr. Soil. Sci.* 7th (Madison, W.Z.) 2: 271-280. (Cited by Adriano)
  20. Shoop, G.J., Brooks, C.R., Blaser, R.E., and Thomas, G.W. 1961. Differential response of grassland legumes to liming and phosphorus fertilization. *Agron. J.* 53: 111-115.
  21. Taliaferro, F.P. Horn, B.D. Tucker, R. Totusek, and R.D. Morrison, 1975. Performance of three warmseason perennial grasses and a native range mixture as influenced by N and P fertilization *Agron. J.* (67): 289-92.
  22. Wilcox, G.F. and Ruble Langston. 1960. Effect of starter fertilization on early growth and nutrition of direct seeded and transplanted tomatos. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 75: 584-594. (Cited by Hipp etc. 1969).
  23. Wilson M.L. Chang, C. U. Watson, C. E. 1959. Effects of fertilization on irrigated pastures, New Mexico Agri. Exp. Sta. Bull. 439. (Cited by Chung Y.K. 1976).
  24. Zunino, H., P. Peirano, M. Aguilera, and M. Caiozzi. 1973. P uptake by wheat and resin extractable phosphate after incubation in soil derived from volcanic ash. *Agron. J.* 65: 744-48.
  25. 嚴基泰, 朱永熙, 李景洙, 慎繡華. 1977. 濟州道綜合開發 計劃을 위한 土壤特性的 연구. 農試研報(19): 1-17.
  26. 鄭連圭. 1976. 新開墾地에서 石灰 및 磷酸施用이 orchardgrass의 初期生育, 收量, 營養成分 및 土壤의 化學的 性質에 미치는 影響. 建大 碩士論文.
  27. 鄭連圭, 李仁德, 李種烈. 1982. 사일리지 옥수수에 대한 石灰 및 磷酸 施用效果. 施肥效率과 土壤 및 植物體 成分含量에 미치는 영향. 月當 朴贊浩博士 回甲紀念論文集: 62-67.
  28. 原楨紀, 小原道郎. 1967. 牧草にするりし 酸施肥 草地, 飼料に 關する土壤肥料 研究集錄. 全國農業 購買協合組合 連合會. 145-151 (鄭連圭 1979. 재인용).
  29. 秦信欽, 高瑞逢, 尹益錫, 李種烈, 金文哲. 1980. 걸쭉임 草地에 대한 3要素施肥水準이 草地生産性 및 植生에 미치는 影響. 韓畜誌. 22: 161-244.
  30. 李基種, 李根常. 1975. 濟州道 草地開發에 있어서 土壤學的 問題點. 韓土肥誌. 8: 153-160.
  31. 李根常, 高瑞逢, 李熙碩, 姜泰洪, 梁昇柱. 1976. 濟州火山灰土壤의 自然草地에 대한 N, P, K 施用效果. 韓畜誌. 18(6): 512-7.
  32. 李承協, 高瑞逢. 1981. 施肥水準別 飼料作物生産性 比較 試驗. 濟試研報. 94-98.
  33. 慎繡華, 李炳兌, 金明華, 蔡彥錫. 1964. 濟州道 概略土壤調查 報告. 農試研報. 7: 49-62.