

---

博士學位論文

濟州火山灰土壤에 石灰 및 磷酸施用이 土壤의  
理化學的 性質 및 牧草生産性에 미치는 影響

濟州大學校 大學院

畜産學科



1989年 12月

濟州火山灰土壤에 石灰 및 磷酸施用이 土壤의  
理化學的 性質 및 牧草生産性에 미치는 影響

指導教授 鄭 昌 朝

高 瑞 逢

이 論文을 農學博士 學位論文으로 提出함

1989年 12月

高瑞逢의 農學博士 學位 論文을 認准함



제주대학교 중앙도서관  
JEJU UNIVERSITY LIBRARY

審查委員長

印

委 員 \_\_\_\_\_

印

委 員 \_\_\_\_\_

印

委 員 \_\_\_\_\_

印

委 員 \_\_\_\_\_

印

濟州大學校 大學院

1989年 月 日

---

Effects of lime and phosphate applications on physical  
and chemical properties of soil, and forage  
productivity in volcanic ash soils of Cheju island

Seo—Bong Ko

(Supervised by professor Chang—Cho Choung)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
DOCTOR OF AGRICULTURE

DEPARTMENT OF ANIMAL SCIENCE  
GRADUATE SCHOOL  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1989. 12. .

# 目 次

Summary .....	1
I. 緒 論 .....	7
II. 研究史 .....	9
1. 火山灰土의 生成 및 特徵 .....	9
가. 生成 및 分類 .....	9
나. 火山灰土의 特性 .....	9
다. 濟州火山灰土의 種類別 特性 .....	11
2. 石灰施用 效果 .....	11
가. 石灰施用과 土壤變化 .....	11
나. 石灰施用과 牧草生育 .....	12
다. 石灰施用과 牧草의 無機養分含量 .....	13
3. 磷酸施用 效果 .....	14
가. 磷酸施用과 土壤變化 .....	14
나. 磷酸施用과 荳科牧草生育 .....	15
다. 磷酸施用과 禾本科 牧草生育 .....	16
III. 材料 및 方法 .....	18
〈試驗 I〉 石灰 및 磷酸施用水準이 火山灰土壤의 理化學的 性質 및 單播牧草의 生産성에 미치는 影響(pot試驗) .....	18
〈試驗 II〉 黑色火山灰土壤에서 石灰 및 磷酸施用이 混播牧草의 収量 및 牧草構成比率에 미치는 影響(圃場試驗) .....	22
IV. 試驗結果 및 考察 .....	24
〈試驗 I〉 石灰 및 磷酸施用水準이 火山灰土壤의 理化學的 性質 및 單播牧草의 生産성에 미치는 影響(pot試驗) .....	24

1. 土壤變化 .....	24
가. 土壤 pH .....	24
나. 有效磷酸 含量 .....	26
다. Ca 및 Mg 含量 .....	28
라. 鹽基置換容量(CEC) .....	30
마. N, K 및 Na 含量 .....	32
바. Al-P 및 Fe-P 含量 .....	32
2. 牧草生育 및 收量變化 .....	36
가. 草長 .....	36
나. 石灰 및 磷酸施用에 의한 草種別 收量 .....	37
1) Orchardgrass .....	37
2) Tall fescue .....	40
3) Perennial ryegrass .....	40
4) Redtop .....	43
5) Ladino clover .....	47
다. 土壤種類와 石灰 및 磷酸施用 水準에 따른 草種別 收量 .....	50
라. 磷酸施用 水準과 刈取時期別 牧草收量 .....	54
마. 草種別 磷酸吸取量 및 利用率 .....	54
3. 牧草의 無機成分 含量變化 .....	57
가. 土壤別 牧草의 無機成分 含量 .....	57
나. 石灰施用에 의한 牧草의 無機成分 含量 .....	57
다. 磷酸施用 水準에 의한 牧草의 P, Ca 및 Mg含量 .....	60
라. 磷酸施用 水準에 의한 牧草의 K, Na, Zn 및 Fe含量 .....	60
〈試驗 II〉 黑色火山灰土壤에서 石灰 및 磷酸施用이 混播牧草의 收量 및 牧草構成比率에 미치는 影響(圃場試驗) .....	63
1. 土壤의 化學的 性質 變化 .....	63
2. 石灰 및 磷酸施用 水準別 乾物收量 .....	65

---

3. 石灰 및 磷酸施用 水準別 牧草 構成比率 .....	68
4. 牧草의 無機成分 含量 .....	71
V. 摘 要 .....	73
引用文獻 .....	78



## Summary

Hillside areas of Cheju island have been an important pasture source for livestock production. However, the areas have a low forage productivity due to mismanagement of the land and the type of soil which is poor in fertility, as compared to other areas in the country. The areas consist of mostly black (B) or very-dark-brown (VDB) volcanic ash soil which is unfavorable for forage production because the soil is usually low in pH, high in insoluble phosphate and deficient or unbalanced in various minerals. To improve forage productivity in the volcanic soil, it is necessary to improve soil conditions through fertilization, especially with lime and phosphate.

The following studies were designed to provide a basis for the establishment and management of grassland in the hillside pastures. Soil pH, forage yield, mineral contents of the forages and botanical compositions of the pastures were investigated when 5 different pasture species were grown individually (in pots) or in a combination (in fields) on B or VDB fertilized with lime (0 or 300 kg/10 a) and fused phosphorus ( $P_2O_5$ : 0, 20, 40, 80(or 60) kg/10 a).

Experiment 1. Effects of lime and phosphate applications on the physical and chemical properties of soil, and yield of pasture species mono-cultured in pots containing B or VDB.

### 1. Soil properties

- 1) The pH was higher in VDB than in B ( $p < 0.01$ ) and was increased by lime

- (5.46 vs 5.36,  $P < 0.01$ ) or phosphate application (5.12, 5.44, 5.53, and 5.70 for 0, 20, 40 and 80 kg of  $P_2O_5/10$  a, respectively,  $P < 0.01$ ).
- 2) Available phosphate content in soil was higher in VDB than in B (54.3 vs 15.3 ppm,  $P < 0.01$ ) and was not affected by lime application (ranged 33.5–36.1 ppm) but was increased by phosphate application (5.3, 13.4, 41.2 and 79.2 ppm for 0, 20, 40 and 80 kg of  $P_2O_5/10$  a, respectively,  $P < 0.01$ ).
  - 3) Ca content was not different between B and VDB, but was increased by lime application from 2.00 to 3.78 milliequivalent (me /100 g soil  $P < 0.01$ ) or by phosphate application (1.84, 2.63, 3.18 and 3.92 me/100 g for 0, 20, 40 and 80 kg of  $P_2O_5/10$  a, respectively,  $P < 0.01$ ). Mg content was not different between B and VDB, but was significantly increased by lime or phosphorus application ( $P < 0.01$ ).
  - 4) Cation exchange capacity (CEC) was higher ( $P < 0.01$ ) in B (24.6) than in VDB (18.6) and was increased 9% by lime ( $P < 0.01$ ) or phosphate application (20.2, 21.4, 23.4 and 25.3 me/100g for 0, 20, 40 and 80 kg of  $P_2O_5/10$  a, respectively,  $P < 0.01$ ).
  - 5) K and Na contents were not different between the soil types, lime or phosphate application, but were slightly higher in soils applied with no phosphate than with phosphate.
  - 6) Aluminum phosphate (Al-P) and ferric phosphate (Fe-P) were higher in B than in VDB ( $P < 0.01$ ) and were increased by phosphate ( $P < 0.01$ ) but not by lime application.

## 2. Growth and yield of forages

- 1) Plant height was taller in VDB than in B ( $p < 0.01$ ). The lime application increased only the height of ladino clover, but phosphate application increased the height of all 5 species ( $p < 0.01$ ).
- 2) Dry matter (DM) yield of orchardgrass was not different between B and VDB, but was increased ( $p < 0.01$ ) by lime (25.3 vs 23.6 g/pot) or phosphated application (4.4, 26.4, 31.0 and 36.1 g/pot for 0, 20, 40 and 80 kg of  $P_2O_5/10$  a, respectively).
- 3) DM yield of tall fescue was not different between the soil types but was increased by lime or phosphate application ( $p < 0.01$ ).
- 4) DM yield of perennial ryegrass was not influenced by the soil types or lime application but was increased by phosphate application ( $p < 0.01$ ).
- 5) DM yield of redtop was higher in VDB than in B and was not influenced by lime application but was increased by phosphate application (5.7, 27.5, 29.9 and 34.6 g/pot for 0, 20, 40 and 80 kg  $P_2O_5$ ,  $p < 0.01$ ).
- 6) DM yield of ladino clover was higher in VDB than in B and was increased ( $p < 0.01$ ) by lime (27.2 vs 21.3 g/pot) or phosphate application (1.6, 23.5, 30.9 and 41.1 g/pot for, 0, 20, 40 and 80 kg/10 a, respectively).
- 7) The effect of phosphate application of DM yield was greater for the first cut ( $r = 0.932$  on average of 5 species) than for the later cuts and was reduced as the number of cuts increased ( $r = 0.713$  for the fifth cut).

### 3. Mineral contents in forages

- 1) P content in orchardgrass or perennial ryegrass were higher in VDB than in B ( $p < 0.01$ ) and that in tall fescue, redtop and ladino clover were not

different between the soil types. Ca and Mg contents in ladino clover but not in the grasses were higher in VDB than in B.

- 2) P and K contents were not affected, but Ca and Mg contents were increased by lime application in most of the pasture species tested ( $p < 0.01$ ). Phosphate application increased P, Ca and Mg contents in all the pasture species tested ( $p < 0.01$ ) except that Ca content in tall fescue was not changed by phosphate application.
- 3) K content was higher when the pasture species were grown on soils applied with no phosphate than with phosphate, and Na and Fe contents were decreased with increasing levels of phosphate application ( $p < 0.01$ ), but Zn content was not changed in most of the pasture species tested.
- 4) The amount of phosphate recovered in plants was higher in VDB than in B in most of the pasture species tested. The average recovery (%) of phosphate all 5 pasture species from phosphate applied into the pots was 10.1 in B and 11.2 in VDB. However, the recovery (%) was decreased with increasing levels of phosphate application (13.7, 10.5 and 7.8% for 20, 40 and 80 kg of  $P_2O_5/10$  a, respectively).

Experiment 2. Effects of lime and phosphate applications on mixed sward production on a hillside pasture consisting of black volcanic ash soil.

1. Soil pH was increased by lime application (5.97 vs 5.74) but was not influenced by phosphate application.
2. Available phosphate content in soil was increased by lime (29.4 vs 17.9 ppm) or phosphate application (6.2, 12.2, 34.6 and 41.2 ppm for 0, 20, 40

and 60 kg of  $P_2O_5/10$  a, respectively).

3. DM yield was increased by lime (986.6 vs 939.1 kg/10 a,  $p>0.05$ ) or phosphate application (488.2, 1,024, 1,137 and 1,202 kg/10 a for 0, 20, 40 and 60kg of  $P_2O_5/10$  a,  $p<0.01$ ).

4. In botanical composition, percentage of ladino clover by weight was increased by lime (15.2 vs 11.8) or phosphate application. The pasture was dominated by redtop when no phosphate was applied. Percentages of orchardgrass, tall fescue +perennial ryegrass and ladino clover were 50-60, 10-20 and 15-20, respectively, showing no differences among 20, 40 and 60kg of  $P_2O_5/10$  a.

5. Phosphate content in the pasture species was not influenced by lime application (0.23-0.24%) but was increased by phosphate application (0.14, 0.23, 0.28 and 0.30% for 0, 20, 40 and 60 kg of  $P_2O_5$ , respectively,  $p<0.01$ ). Ca and Mg contents were also increased by phosphate application.

The results of these studies indicate that the effects of lime and phosphate applications on soil pH, available phosphate content and pasture production are greater in VDB than in B. It is recommended that 300 kg of lime/10 a be used for VDB and 300-500 kg for B, and 20-40 kg of  $P_2O_5/10$  a be used to grow grasses or mixed pasture species and 40-60 kg for legumes.

This may warrant production of 1,000-1,200 kg of dry matter per 10 a.

## I. 緒 論

濟州道の總面積은 182,000ha로 이中에서 牧野地는 全體面積의 36%에 該當하는 65,000ha에 達하고 있다. 이들 地域은 海拔 200m-600m에 位置하고 있어 오래전 부터 部落共同放牧地나 採草地로 利用되어 왔다. 1960年代 부터 畜産振興政策의 一環으로 草地造成事業이 活潑히 이루어져 1988年末 現在 23,000ha가 改良草地로 造成되었다. 그러나 草地의 管理 및 利用技術의 不足으로 改良草地의 生産性은 떨어져지고 雜草가 優占된 不實草地의 面積이 漸次 增加되고 있는 實情이다.

濟州 火山灰土壤은 黑色土壤(35.3%) 및 濃暗褐色土壤(40.8%)이 主種을 이루고 있으며 大部分 中山間地帶에 分布되어 우리나라에서는 울릉도를 包含하여 唯一한 火山灰土地帶를 形成하고 있다. 黑色土壤은 가볍고 有機物 含量이 극히 높으며 (15-20%) 有效磷酸이나 置換性鹽基인 Ca, Mg 등이 不足한 反面 濃暗褐色土壤은 黑色土에 比해 무겁고 置換性鹽基 含量等이 많고 有機物 含量이 낮은 것으로 알려져 있다(愼等, 1975; 李等, 1975; 嚴等, 1977; 柳 1978). 또한 火山灰土壤에는 石灰 및 磷酸이 매우 不足하여 이들의 適切한 施用없이는 作物生育이 어려운 것으로 報告되었다. (愼等, 1964; 嚴等, 1977; 柳等, 1978).

火山灰土壤에서 石灰 및 磷酸施用에 의한 作物의 生産性을 增加시키려는 研究는 穀實作物(大豆, 유채, 보리)이나 柑橘等에서는 많이 遂行되어 왔으나(金 1974; 柳等, 1978; 柳等, 1984; 林等, 1988) 牧草에 대한 研究는 未洽한 實情이다. 李等(1975)은 濟州火山灰土壤에 石灰 및 熔成磷肥를 施用하였을 때 牧草의 生産을 增加시킬 수 있다고 指摘하였으며 魯等(1974)도 火山灰土壤에서 牧草의 適正生産을 위해 磷酸吸收係數의 5%(100-150kg/10a)의 施用을 推薦하고 있다. 그러나 嚴等(1977), 金(1984)은 火山灰土壤에서 適切한 牧草生産을 위해서는 磷酸質肥料를 10a當 20-40 kg을 施用하여야 한다고 하여 學者에 따라 서로 다른 見解를 나타내고 있다.

또한 濟州道內 改良草地의 不實原因은 磷酸 및 石灰等 施肥量이 不足 때문이라고 指摘(金 等, 1986; 高 等, 1988)하고 있음을 볼 때 中山間地帶의 瘠薄한 野草地를 生産性이 높은 草地로 轉換 시키기 위해서는 牧草生育에 알맞는 施肥量을 究明하는 것이 무엇보다도 時急한 課題라 하겠다.

本 研究는 濟州道 中山間地帶의 火山灰土壤에서 草地改良에 주로 利用되고 있는 禾本科 및 荳科牧草에 石灰 및 磷酸施用이 土壤의 物理 化學的性質變化, 牧草의 生産性 및 無機物 含量에 미치는 影響을 糾明하고 石灰와 磷酸의 相互關係를 研究하여 이들의 適正施用量을 決定하기 위하여 遂行되었다.



## II. 研究史

### 1. 火山灰土의 生成 및 特徵

#### 가. 生成 및 分類

火山灰土는 太平洋沿岸의 日本, 필리핀, 뉴질랜드, 칠레를 비롯하여 地中海의 이태리 그리고 아프리카 等地에 分布되고 있으며, 우리나라에서는 濟州道와 白頭山 山麓, 울릉도 等地에 分布되고 있다. 濟州 火山灰土는 第3紀로 부터 第4紀 初에 여러차례의 火山活動에 의하여 形成되었으며 最近 火山 噴出로서 西紀 1002년 飛揚島가 그리고 1007년에 軍山이 各各 爆發한 것으로 알려져 있다. 火山灰土는 火山噴出物인 火山灰, 火山砂 혹은 火山礫을 母體로 生成되었으며 濟州 火山灰土의 堆積年代는 洪積地(漢擊山 분화) 및 층적지(寄生火山)의 것으로 推定되고 있으며 地質學的으로 새로운 것일수록 溶脫程度가 낮고 微細粒子가 적은 것으로 報告되고 있다(愼等, 1964; 蔡等, 1971; 愼等, 1975; 嚴等, 1977).

濟州道の 母岩은 원래 花崗岩이었으나 第3紀에 噴出한 粗面岩이 이를 덮었고 그 후 다시 第4紀에 玄武岩이 噴出되어 그위를 덮어 玄武岩이 차지한 比率이 가장 넓어서 全體 面積의 90%에 達하고 있다(愼等, 1964; 嚴等, 1977).

農振廳(1976)이 濟州道 土壤精密調查 結果에 의하면 濟州道の 土壤은 5個目, 11個亞目, 13個大群, 20個亞群, 48個屬 그리고 63個 土壤統으로 分類되었고, 土色別로는 黑色土, 濃暗褐色土, 暗褐色土, 褐色土, 灰色 및 靑灰色土 等 6個群으로 分類되었으며, 이를 편의상 暗褐色土(17.0%), 濃暗褐色土(41.4%), 黑色土(21.6%) 및 褐色山林土(13.9%)의 4個土壤으로 大別했다(嚴等, 1977).

#### 나. 火山灰土壤의 特性



#### 다. 濟州 火山灰土壤의 特性

中山間 草地地帶의 土壤은 濃暗褐色 또는 黑色 火山灰土壤으로 이루어져 있으며 黑色土壤은 強한 酸性으로 有機物 含量 및 鹽基置換容量이 높은 反面, 置換性 鹽基 含量 및 鹽基 飽和度는 낮고 磷酸 吸收係數가 높아서 有效磷酸 含量이 낮다. 反面 暗褐色土壤은 弱한 酸性으로 有機物 含量 및 鹽基置換容量이 낮으며 非火山灰土壤에 가까운 性質을 가지며 灰褐色土壤, 灰色 및 靑灰色土壤, 褐灰色土壤 등이 여기에 包含된다(嚴 等, 1977). 또한 火山灰土壤은 有機物 集積度에 따라 土色이 달라지고 化學的 性質은 顯著한 差異를 나타내는데 一般的으로 暗褐色土壤과 黑色土壤으로 나누어진다. 暗褐色土壤은 대부분 低地帶에 分布되어 腐植 含量이 적고 集積層이 없어 俗稱 “관땅”이라하여 黑色土壤에 비해 地力이 높은 反面, 黑色土壤은 ‘뜯땅’이라하여 腐植含量이 많아 化學的 改良없이는 作物栽培가 어려운 것으로 指摘되고 있다(柳 等, 1978). 黑色土壤과 濃暗褐色土壤의 有機物 含量은 各各 11.64%, 4.41%이고 N 含量은 0.820%, 0.165%로 報告 되었고(愼 等, 1964; 金 等, 1973) 黑色土壤은 濃暗褐色土壤에 비해 CEC含量이 높은 것으로 알려져 있다(蔡 等, 1971; 嚴 等, 1977).



## 2. 石灰施用效果

### 가. 石灰施用과 土壤變化

石灰施用은 土壤에 不足한 鹽基를 供給하고 強한 酸性을 矯正하며 Al의 活性을 抑制시킬 뿐 아니라 作物에 施用된 肥料의 利用을 促進시킬 수 있다. 火山灰土壤은 透水性이 좋아 排水가 良好한 反面 鹽基吸着力이 弱하여 土壤內 Ca, Mg, K等 鹽基와 Si가 甚하게 溶脫 된다(李 等, 1975). 火山灰土壤은 粘土鑛物의 缺如 때문에 根本的인 改良은 不可能하지만 化學的 改良을 통하여 作物의 收量을 增加시킬 수 있다(柳, 1978). 火山灰土壤의 地力 增進方案으로 3要素의 適切한 施用이 勸獎되고 있으며

특히 不足되기 쉬운 磷酸의 供給과, Al活性化와 磷酸固定 防止를 위해 石灰, 硅酸, bentonite, 有機物 施用 등이 指摘되고 있다(愼 等, 1964; 柳 等, 1978). 火山灰土壤에서 硅酸의 施用은 Al ion으로 둘러싸여 있는 火山 腐植을 分解 시키며 有效腐植 生成을 促進 시키고 陰ion으로서 磷酸과의 相互作用이 可能하기 때문에 難溶性 磷酸의 利用을 增加 시킬 수 있다(柳 等, 1978).

또한 石灰의 施用은 土壤의 置換性 Al, Mn 등의 中和防止를 目的으로 하며 附隨의 으로 Ca 및 Mg를 供給해 준다(Kamprath, 1970). 그러나 石灰의 過量施用은 B 및 Zn 등의 微量要素의 缺乏을 가져오기도 하고, 拮抗作用에 의하여 Mg, K 등의 缺乏을 招來하기도 한다(李 等, 1975; Haynes, 1982). 火山灰土壤의 有機物은  $Al^{3+}$ 가 核을 이루어 有機物로 둘러싸인 킬레이트 形態로 되어 있어 石灰에 의하여 좀처럼 置換되지 않으며 石灰를 多量施用해도 그 効果는 크지않는 것으로 報告되었다(李 等, 1975; 柳 等, 1978). Haynes(1982)는 土壤內 Al은 作物의 磷酸吸收 및 利用을 阻害시키므로 石灰施用을 통하여 Al 活性을 減少시키고 磷酸의 利用을 增加 시킬 수 있다고 하였다. Siman 等(1974) 및 Martini(1985)등도 石灰施用으로 土壤內 Mn 및 Al 含量을 減少시킨 反面 Ca과 Mg의 利用을 增加시켰다고 報告하였다. 그러나 Greeve 等(1970)은 石灰施用으로 土壤內 Al含量을 減少 시킬 수 있었으나 P의 固定力은 減少 되지 않아 置換性 Al과 P의 固定能力과의 關係는 分明치 않다고 指摘한 바 있다. Martini 等(1974), Sumner(1979)와 Grove 等(1981)은 石灰施用으로 土壤 pH 改善과 이에 따라 有效磷酸 增加 및 土壤內 CEC 增加 등의 이로운 結果를 얻을 수 있다고 指摘한 바 있다.

#### 나. 石灰施用과 牧草生育

濟州道內 火山灰土壤中 黑色土壤과 濃暗褐色土壤은 典型的 火山灰土壤로서 礮土性에 強한 高구마를 除外한 大部分의 作物(맥류, 大豆等)의 單位面積當 生産量은 全國平均 보다 낮다(巖 等, 1977; 柳, 1978; 柳 等, 1984). 그러나 礮土性에 強한 禾

本科牧草, 고구마, 柑橘 等の生産量은 適切한 施肥로 増加시킬 수 있는 것으로 報告 하였다(柳 等, 1978). Helyar 等(1971)은 Al 含量이 높은 酸性土壤에서 石灰를 施用했을 때 alfalfa나 *phalaris* 等の生育은 subterranean clover, white clover, perennial ryegrass等에 비해 優秀하다 하였으며, Haynes 等(1981)은 white clover 가 Lotus 에 비해 石灰施用의 效果과 더 높았다고 하였다. 또한 佐藤(1984)은 火山灰土壤의 混播草地에 苦土石灰를 10a當 300kg, 450kg, 600kg를 施用했을때 300kg 에서 收量은 많았으나 處理間 有意差는 없었다고 하였다. 한편 Shoop 等(1961)도 非火山灰土壤에서 redtop은 石灰를 施用하지 않아도 잘자라나지만 white clover는 適當한 石灰施用에 의해서 生育이 잘된다고 報告한 바있다. 또한 oat나 alfalfa-orchardgrass草地에서 石灰施用은 收量을 増加시켰으며 (MacLoad 等 1963), subterranean clover에서도 石灰의 效果는 높게 나타났다(Morrison, 1966). 石灰施用 效果는 作物에 따라 多様하여 barley, sugerbeet, alfalfa等은 石灰施用 效果가 높았으나 orchardgrass, oat 等은 낮은 pH에서도 견디는 힘이 強하여 石灰施用 效果가 적다고 하였다(McLean等, 1977; Tanaka 等, 1984). Davis(1981)는 荳科牧草에서 石灰施用의 效果는 alfalfa>white clover>Lotus 順位였고, 平石等(1957)은 red clover에서 石灰와 磷酸를 併用하였을때 높은 施用效果를 나타냈다고 하였다. 鄭 等(1982)은 混播草地에 石灰施用으로 收量이 増加되었었고 無石灰區에서 荳科牧草生育은 거의 不可能함을 指摘한바 있으며, Robertson(1961)도 混播草地에 石灰施用으로 *Festuca*나 *Trifolium*等은 收量이 増加 되었으나 *Agrostis* 는 減少됨을 報告한 바 있다. 林 等(1985)은 濟州 黑色火山灰土壤에서 珪灰石 施用(500kg/10a)으로 陸稻의 收量이 顯著히 増加 되었으나 非火山灰土壤에서는 石灰施用으로 큰 差異가 없었다고 하여 火山灰土壤의 石灰施用 效果를 높게 認定하였다.

#### 다. 石灰施用과 牧草의 無機養分 含量

牧草內 P의 含量은 石灰施用으로 増加시킨 結果가 있는 反面(Awan, 1964; Griffin,

1971; Ryan 等, 1975) 減少된 結果도 報告되었고 (Murrmann 等, 1969; Mokwunye, 1975; Anderson, 1980), 效果가 없다는 報告도 있다 (Martini 等, 1974; Janghorbani 等, 1975). 또한 朴 等(1973)도 벼에서 石灰 및 珪灰石 施用으로 植物體의 Fe, Al等은 顯著히 減少 되었으나 磷酸 含量이나 吸收量에는 큰 效果가 없음을 報告하였다. 鄭 等(1982)도 混播草地에 石灰를 10a當 250kg 施用 했을 때 牧草내 N, Ca, Mg, Na含量이 增加 되었으나 K 및 P의 含量에는 별 差異가 없음을 指摘한바 있으며, 蒼島 等(1986)은 orchardgrass 栽培時 土壤 pH가 낮거나 Al含量이 增加 될수록 Mg나 Ca含量은 減少됨을 報告한 바 있다. 實岡 等(1986)은 暖地型 牧草에 土壤溶液內 Al濃度를 달리하여 栽培 했을 때 Al 5ppm, 20ppm 處理區에서는 根發達이 不良하여 生育은 거의 抑制 되었고 牧草內 P, Ca, Mg等の 含量은 顯著히 減少 되었다고 하였다. Abruna 等(1976)은 石灰施用으로 牧草內 Ca含量이 增加 되었다고 하였으며, Martini 等(1985)은 콩 栽培時 石灰施用으로 土壤內 Ca, Mg等은 增加되었으나 生育이 進行됨에 따라 植物體內的 Ca, Mg等은 減少됨을 報告한 바 있다. Smilde 等(1974)은 Zn이 過多하게 集積된 土壤에서 石灰와 磷酸을 施用하면 Zn의 吸收를 防止 시킨다고 하였으며, Jones(1963)은 Mg가 含有된 石灰를 混播草地에 施用했을 때 red clover 內에 Mg 含量은 禾本科牧草나 white clover에 비해 높은 含量을 나타내었다고 하였다. Gross 等(1981)은 禾本科 11種과 荳科 11種에 Ca 吸收力을 比較한 結果에서 禾本科 牧草중에서 Ca 吸收力은 redtop이 가장 큰 반면 Ky bluegrass가 가장 낮았으며 荳科牧草에서는 crown vetch가 높고 vernal alfalfa가 낮았다고 하였다.

### 3. 磷酸施用效果

#### 가. 磷酸施用과 土壤變化

一般的으로 山地土壤은 有效磷酸 含量이 낮고 磷酸 吸着力이 크기 때문에 磷酸 吸收基質인 水酸化 Al, 水酸化 Fe 등을 減少시켜 有效磷酸을 增加시키는 것이 重要하며

磷酸은 土壤中에서 不可動性 元素로서 土壤에 吸着되어 오래도록 그 效果가 持續되므로 過量을 施用해도 作物에 크게 有害하지 않는다(柳 等, 1978). 특히 火山灰土壤에서는 施用된 磷酸이 Al-P 形態로 不可給化되기 때문에 利用率이 매우 낮으며(金, 1974; 李 等, 1975; 柳 等, 1978) 礬土성이 높은 火山灰土壤에서는 水溶性 보다 枸溶性 磷酸을 施用함으로써 Al 및 Fe의 活性을 減少시켜 磷酸의 肥効를 增加시킬 수 있다(李 等, 1975; 愼 等, 1975).

P施用에 따른 土壤 pH의 反應은 研究者들간에 서로 다른 見解를 보이고 있는데 Varco 및 Sartain(1986) 과 Davis(1981) 등은 P의 施用으로 pH가 上昇됨을 報告하고 있으나 Helyar 等(1971)과 Tanaka 等(1984)은 P의 施用은 pH變化에 效果가 없음을 報告 하였다. 그러나 磷酸施用은 土壤의 有効磷酸 含量을 增加시키고 Al吸收를 減少시킬 뿐 아니라(Shoop 等, 1961; Anderson, 1980; Haynes, 1982) Zn의 移動을 阻害시키기도 한다(Stkenholz, 1966).

#### 나. 磷酸施用과 荳科牧草의 生育

磷酸施用의 效果는 禾本科에서보다 荳科牧草에서 더 效果的이며(Edmeades 等, 1985; Shoop 等, 1961; Davis, 1981), ladino clover는 無磷酸區에서 生育은 거의 不可能 했으나 磷酸을 增施할수록 取量은 直線的으로 增加되었다 (尹, 1971; Sherrell 等, 1974; Caradus 等, 1986). Browntop (*Agrotis tenuis*)은 土壤溶液中에 3 $\mu$  M의 P가 含有되었을때 最高生育을 보였으나, white clover는 5 $\mu$  M以上이 含有되었을때 良好한 生育을 나타내었다고 報告하였다(Mouat, 1983). Tanaka 等(1984)에 의하면 red clover나 alfalfa는 磷酸에 敏感한 反應을 보여 낮은 磷酸含量에는 生育이 不良하였으나 soybean은 土壤에 낮은 磷酸에서도 견디는 힘이 強하다고 하였으며, Widdowson 等(1973)은 white clover에 P의 施用으로 nematoda(선충)의 感染率을 顯著히 減少시켰다고 報告 하였다. Hart 等(1981)도 white clover나 red clover는 suckling clover에 비해 磷酸施用 效果가 높았다고 하였으며, 또한 alfalfa는

perennial ryegrass나 white clover에 比해서 磷酸 要求量이 높다고 指摘하였다 (Helyar 等, 1970). White clover의 P吸收은 Al나 Fe等에 의해서 顯著的 影響을 받으며 이 影響은 뿌리表面의 physico-chemical sorption에 의한 것이며(Pritchard 等, 1984), 磷酸施用은 white clover의 뿌리털을 顯著히 增加 시켰다(Caradus, 1981).

#### 다. 磷酸施用과 禾本科 牧草生育

禾本科牧草의 磷酸缺乏은 生育初期에 뿌리 發達에 나쁜 影響을 주지만 豆科牧草에 比해 粗密한 뿌리 組織을 가지고 있기 때문에 P含量이 낮은 土壤에서도 P의 吸收을 增加 시킬 수 있다(Caradus, 1980; Caradus, 1981). 그러나 磷酸의 効果는 草種에 따라 많은 差異가 있어 Bradshaw 等(1960)은 *Lolium perenne*, *Agrotis stolonis* 등은 磷酸效果가 높은 反面 *Festuca ovina*, *Cynosurus cristatus* 등에서는 磷酸의 效果가 적거나 거의 없었다고 하였으며, buckwheat나 rye等은 乾物生産에 미치는 P의 效果가 subterranean clover나 crimson clover에 比해 높았다고 하였다(MoLachlan, 1976). 또한 Barrow(1975)나 Ozanne 等(1969)은 wimmera ryegrass는 最高收畧을 얻는데 subterranean clover보다 적은 磷酸이 要求된다고 하였으며, 磷酸이 不足했을 때는 browntop, chewing fescue 등이 優占되었으나 P가 豊富한 土壤에서는 perennial ryegrass, timothy 등이 높은 比率을 차지 했다고 하였다. Sonneveld 等(1959)은 browntop, perennial ryegrass, chewing fescue 등은 P의 效果과 적었으나 tall fescue, crested dogstail, *phalaris* 등에서는 P의 效果가 컸다고 하였다. Caradus(1980)는 豆科牧草中에서 white clover, red clover 등에서 P의 施用效果가 높았다고 하였으나 Levy(1970)는 *phalaris*, timothy, tall fescue, perennial ryegrass 등은 肥沃한 土壤에서 잘 자라지만 chewing fescue, browntop 등은 瘠薄한 土壤에서도 잘 자란다고 하였다.

Duell(1960)은 fescue나 timothy에 比해 orchardgrass나 Ky bluegrass 등은 磷酸 施肥의 效果가 높았다고 하였으며 混播草地에서 磷酸이 增施될수록 放牧畜 體重은

增加되고 土壤의 有效磷酸 含量은 많아졌으며(Sandel 等 1955), 無磷酸區에 비해 磷酸區(125 kg/acre)에서는 67% 增收되었다고 報告하였다(Terman, 1960). 또한 牧草에 P施用은 收量과 protein含量을 增加시키고(Neenan 等, 1961) Al, Fe 吸收를 防止시키며(Pritchard 等, 1984;Ismail 等, 1985) 牧草內 P 含量을 增加시켰다고 報告 하였다(Sandal 等, 1950 Osman 等, 1977).

### Ⅲ. 材料 및 方法

〈試驗 I〉石灰 및 磷酸施用 水準이 火山灰土壤의 理化學的 性質 및 單播牧草의 生産性에 미치는 影響

#### 1. 試驗區 處理

本 試驗은 1986年 3月부터 10月까지 無加溫 溫室內에서 PVC pot(1/2750a)를 利用하여 두種類의 火山灰土壤(黑色, 濃暗褐色), 石灰2水準(0, 10.890mg/pot;10a當 各各 0, 300kg 該當) 및 磷酸 4水準(0, 726, 1,452, 2,904mg/pot;10a當 各各 0, 20, 40, 80kg 該當)으로 禾本科 4草種과 荳科1草種을 單播하여 2×2×4 要因實驗 4反覆로 遂行하였다(Table. 1,2 參照).

Table 1. Experimental design (experiment I).

Soil	Lime (kg/10a)	Phosphate (kg/10a)
Black volcanic ash soil	0	0
		20
Very dark brown volcanic ash soil	300	40
		80

#### 2. 供試土壤

供試土壤의 理化學的 性質은 Table 3 및 4에 나타나 있는 바와 같다. 黑色火山灰土壤(Black volcanic ash soil;B)은 朝天面 橋來里 海拔 400m 野草地에서 坪袋統에 속하는 土壤의 表土 (0-20cm)를 利用하였고, 濃暗褐色火山灰土壤(Very dark brown

Table 2. Seeding rates of pasture species (Experiment I).

Species	Varieties	Seeding rates(kg/10a)
Orchardgrass ( <i>Dactylis glomerata</i> )	Potomac	3.5
Tall fescue ( <i>Fetuca arundinacea</i> )	Fawn	3.5
Perennial ryegrass ( <i>Lolium perenne</i> )	Reveille	3.5
Redtop ( <i>Agrostis alba</i> )	Von Kamekes	3.5
Ladino clover ( <i>Trifolium repens</i> )	Ladino Regal	1.5

volcanic ash soil;VDB)은 濟州市 吾羅洞 海拔 350m의 野草地에서 濟州統 土壤의 表土(0-20cm)를 採取하여 작은 石礫 및 植物體 뿌리 등을 除去시킨다음 골고루 混合하여 本試驗에 利用하였다.

黑色火山灰土壤은 微砂質埴壤土(silty clay loam)로 假比重이 0.49로서 固相比率 이 적고 液相, 氣相比率 이 높은 反面 OM含量이 濃暗褐色土에 비해 4-5배 높았다. 濃暗褐色 火山灰土壤은 微砂質壤土(silty loam)으로서 黑色土壤에 비해 假比重은 0.80로 더 무겁고, 固相比率 이 많고 pH 및 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K, Ca, Mg 등의 含量은 높았다.

### 3. 牧草播種 및 收量調査

供試草種은 禾本科인 orchardgrass, tall fescue, perennial ryegrass, redtop과 豆科인 ladino clover 등을 1986年 4月 1日에 草種別로 各各 播種하여 6個月間 試驗을 遂行하였다. 土壤試料는 pot當 4kg씩 一定하게 무게를 단후 pot 밑 部分에는 石礫(송이)를 2-3cm 두께로 놓은다음 土壤을 充鎮했다. 播種時 施肥量은 石灰와 磷酸을 處理別로 全量 施用하고 10a當 窒素 8kg, 加里 7kg을 同一하게 施用했다. 施用된 肥料는 石灰로는 苦土石灰(53% CaO, 15% MgO), 磷酸肥料는 熔成磷肥(20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 30% CaO, 12% MgO, 25% SiO), 窒素는 尿素, 加里는 鹽化加里로 各

各施用했다. 施用方法是 石灰와 磷酸肥料는 pot内の 全土壤에 골고루 混合하였고 窒素와 加里肥料는 石灰와 磷酸肥料가 混合된 土壤 1/2量에 골고루 混合한 後 pot의 上層部位에 充鎮 시켰다. 牧草 播種은 10a當 基準量(表面積基準)으로 Table 2와 같이 稱量後 50g의 土壤에 種子를 混合한 後 pot上層 部位에 골고루 散布하였다. 追肥 量은 10a當 基準으로 窒素 6kg, 加里 5kg를 1回와 2回 收量調査後 全處理 同一 하게 施用하였으며 clover에 窒素追肥는 除外시켰다. 收量調査는 1回(5/19), 2回(6/17), 3回(7/22) 및 4回(9/16)에 刈取하여 65℃의 熱風乾燥器內에서 45時間 乾燥 시킨 後 乾物重으로 算出 調査했다.

Table 3. Physical characteristics of the soil used for the experiment (Exp. I).

Soil association	Soil series	Distribution(%) of particle size(mm)			Texture	Bulk density (gr/cc)	Three Phases(%)		
		Sand	Silt	Clay			Soild	Liquid	Air
		2.0	.50	.002					
		.05	.002						
Black volcanic ash soil	Pyong Dae	5.3	67.0	27.7	SiCL	0.49	18.5	68.9	12.6
Very dark brown volcanic ash soil	Cheju	12.8	70.1	17.1	SiC	0.80	30.2	58.0	11.8

Table 4. Chemical characteristics of the soil used for the experiment (Exp. I).

Soil	pH OM (1:5) (%)	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Ex. cations(me/100g)				CEC (me/100g)	P-fraction(ppm)			
			K	Ca	Mg	Na		Ca-P	Al-P	Fe-P	
Black volcanic	5.41	23.70	4.6	0.18	0.65	0.34	0.38	16.8	trace	44.2	20.0
Ash soil	±0.01 <sup>1)</sup>	±0.52	±0.88	±0.02	±0.05	±0.03	±0.03	±0.92		±10.24	±1.61
Very dark brown volcanic ash soil	5.56	5.46	6.1	0.29	1.14	0.73	0.30	15.0	trace	19.0	33.6
	±0.02	±0.30	±0.18	±0.01	±0.03	±0.03	±0.02	±1.00		± 4.06	±1.98

1) Mean ± SE of 10 samples

#### 4. 土壤 및 植物體分析

##### 가. 土壤

土壤試料은 各 試驗圃場의 表土에서 20cm 깊이로 一定하게 採取하여 그늘에서 風乾시킨후 石礫 및 有機體等을 除去하고 三角圓錐法으로 다시 混合한 후 試料로 使用하였다. 土壤分析은 土壤化學分析法(農振廳, 1973)에 의해 pH測定은 土壤을 蒸溜水로 稀釋後(1:5) pH meter(Model Orion 811)로 測定하였으며, OM은 Tyurin法(酸化制 0.4N  $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$  混合液을 利用하여 0.2N Mhor's salt로 適定),  $P_2O_5$ 는 Lancastar法(磷酸浸出液 (pH 4.25)으로 浸出 濾過後 發色劑 1-amino-2-naphtol-4-sulfonic acid를 添加하여 30°C water bath에서 30分間 定置後 430mm에서 比色定量), N는 Kjeldahl 分解法, 置換性 陽ion (Ca, Mg, K, Na)은 1 N-NH<sub>4</sub> acetic acid (pH 7:00)으로 浸出後 Atomic Absorption Spectrophotometer (Model;Perkin Elmer 2380)으로 測定하였다. CEC는 Brown 簡易法(1N-NH<sub>4</sub> A O C 浸出液 (pH 7.00)으로 震盪器에서 浸出 濾過後 pH meter로 測定한 置換性 H<sup>+</sup>濃度(H<sup>+</sup>me/100g)와, 置換性 鹽基總量은 1N-acetic acid (pH 2.31)로 浸出 濾過後 pH meter로 測定後 이들 두 陽ion의 合) 그리고 BS, SiO<sub>2</sub>, Ca-P, Fe-P, Al-P 等도 土壤化學 分析法(農振廳, 1973)에 準하여 農村振興廳 綜合分析室에서 分析하였다.

##### 나. 植物體

植物體 試料은 各 試驗圃에서 地上部面을 一定量 刈取後 中性洗劑로 가볍게 씻은 다음 다시 蒸溜水로 洗滌하고 乾燥器(65°C)에서 乾燥시켜 粉碎한후 試料로 使用하였다. 植物體分析法은 A. O. A. C(14th. Ed. 1984)에 準하여 P는 Ternary solution (HNO<sub>3</sub>:H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HClO<sub>4</sub>=10:1:4)로 濕式分解後 Vanadate Colorimetric Method를

利用했고 K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn은 Ternary solution으로 濕式分解後 Atomic Absorption Spectrophotometer (Model : Perkin Elmer 2830)로 測定하였다. N는 Kjeldahl法, Si는 灰化重量法, Al은 冷溫比色法으로 分析하였다.

〈試驗 II〉 黑色火山灰 土壤에서 石灰 및 磷酸施用이 混播牧草의 收量 및 牧草構成 比率에 미치는 影響

1. 試驗區 處理 및 調查方法

圃場試驗은 濟州市 海拔 500m에 位置한 黑色火山灰土에서 1983年 10月부터 1986年 11月까지 3個年間 orchardgrass等 5草種을 混播하여 石灰 2水準(0, 300kg/10a)과 磷酸 4水準(0, 20, 40, 60 kg/10a)으로한 分割區 3反覆으로 遂行하였다(Table 5, 6, 7 參照). 播種時 基肥로 10a當 N 8kg, K 7kg를 各各 尿素와 鹽化加里로 施用하였고 磷酸과 石灰는 熔成磷肥와 苦土石灰를 各各 基肥로 施用하였다. 追肥는 播種 이듬해부터 每年 10a當 N 28kg, K 24kg를 各各 4회에 나누어 施用했고, 磷酸은 3月과 11월에 2回 分施하였다. 試驗區 收量調查는 1次年 4回, 2次年과 3次年은 各各 5回씩 實施했고, 牧草構成率은 每 刈取時마다 草種을 分類하여 乾物重量에 의하여 百分率로 算出 調查하였다. 土壤 및 植物體分析은 試驗 1과 同一한 方法으로 分析하였다.

Table 5. Design of the experiment (Exp. II).

Main plot(Lime:kg/10a)	Sub plot(Phosphate ; kg/10a)
0	0
	20
	40
300	40
	60

Table 6. Chemical characteristics of the soil used for the experiment (Exp. II)

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

\* Surface soil; 0-20cm in depth

1) Mean of 10 samples

Table 7. Seeding rates of mixed pasture species (Exp. II).

Species		Varieties	Seeding rates(kg/10a)
Orchardgrass	( <i>Dactylis glomerata</i> )	Potomac	1.6
Tall fescue	( <i>Fetuca arundinacea</i> )	Ky 31	0.8
Perennial ryegrass	( <i>Lolium perenne</i> )	Taptoe	1.0
Redtop	( <i>Agrostis alba</i> )	Von Kamekes	0.3
Ladino clover	( <i>Trifolium repens</i> )	Ladino Regal	0.3
Total			4.0



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

## IV. 試驗結果 및 考察

〈試驗 I〉 石灰 및 磷酸施用水準이 火山灰土壤의 理化學的 性質 및 單播牧草의 生産性에 미치는 影響

### 1. 土壤變化

#### 가. 土壤 pH

黑色 및 濃暗褐色土壤에서 石灰 및 磷酸施用水準을 달리했을 때 pH 變化는 Table 8에서 보는 바와 같다.

石灰와 磷酸을 同一水準으로 施用했을 때 黑色土壤에서 pH는 5.36이었으나 濃暗褐色土壤에서는 5.53으로 濃暗褐色土壤이 黑色土壤에 비해 높은 有意差를 보였다( $p < .01$ ). 金 等(1973)과 嚴 等(1977)도 黑色土壤에 비해 濃暗褐色土壤에 pH가 높았다고 報告한바 있으며 林 等(1988)도 磷酸 吸收係數의 5%를 熔成磷肥로 施用했을 때 黑色土壤에 비해 濃暗褐色土壤에서 pH가 높았다고 報告하였다. 이와같이 濃暗褐色土壤에 pH가 높은 原因은 柳 等(1978)이 報告한 腐植含量이 적고 置換性鹽基 含量이 높아 石灰 및 磷酸施用 效果가 黑色土壤에 비해 높아진 때문으로 생각된다. 그러나 本 試驗에서 10a當 石灰 300kg과 磷酸 80kg의 많은 量을 施用해도 牧草生育에 적합한 pH 水準 6.0-6.5(農林水技會, 1967; Haynes, 1982)에는 미치지 못하고 있다. 이 原因은 濟州 火山灰土壤에서는 石灰와 磷酸을 施用해도 土壤pH 上昇效果는 극히 낮고(柳 等1978), 腐植含量과 鹽基置換容量이 크기 때문에 石灰 要求量이 높을 뿐 아니라 石灰와 磷酸施用에 따른 pH 上昇效果는 緩慢하므로 (李 等 1975, 嚴 等 1977), 本 試驗에서 施用된 石灰量은 pH를 6.0-6.5로 上昇시키는데는 未洽했던 것으로 생각된다.

石灰施用에 의한 pH變化는 어느 土壤에서나 뚜렷이 나타나 두 土壤 平均 無石灰區는 5.26인데 比해 石灰區는 5.63으로 顯著히 增加 되었다( $p < 0.01$ ). 이 結果는 黑色火山灰土에서 硅灰石 500kg/10a 施用으로 土壤 pH가 5.2에서 5.8로 增加된 報告(金等 1984)와 鄭等(1982)이 山地土壤에서 10a當 250kg의 石灰를 施用했을 때 pH는 0.2 單位가 增加되어 5.3를 얻은 結果나, During(1972), Edmeades 等(1984)이 New Zealand의 clay 土壤에서 ha當 2.5M/T의 石灰를 施用했을 때 pH 0.2-0.3 單位을 增加 시킨 結果는 本 試驗結果와 類似하였다. 磷酸施用水準에 따른 pH變化는 어느 土壤에서나 높게 나타나 無磷酸區의 5.02-5.20에 比해 磷酸 20, 40, 80kg 水準

Table 8. Effects of lime and phosphate application levels on soil pH.

Soil	Lime (kg/10a)	Phosphate(kg/10a)				Mean	
		0	20	40	80		
Black soil	0	4.79	5.22	5.32	5.45	5.20	
	300	5.24	5.55	5.58	5.72	5.52	
	Mean	5.02	5.37	5.45	5.58	5.36	
Very dark brown soil	0	4.97	5.30	5.42	5.64	5.32	
	300	5.43	5.69	5.80	6.00	5.73	
	Mean	5.20	5.50	5.61	5.82	5.53	
Overall	0	4.88	5.26	5.37	5.55	5.26	
	300	5.36	5.62	5.69	5.86	5.63	
	Mean	5.12	5.44	5.53	5.70	5.45	
Singnificance	Soil	Lime	Phosphate	SxL	SxP	LxP	SxLxP
	**	**	**	NS	NS	NS	NS

\*\* ;  $P < 0.01$

N S: Not singnificant

에서는 각각 5.44, 5.53, 5.70으로 磷酸施用 水準이 增加됨에 따라 pH는 顯著히 增加되었다( $p < 0.01$ ). 이와 같은 結果는 熔成磷肥內에 含有된 CaO, MgO등이 pH를 增加시키는데 크게 作用한것으로 推定되며 林等(1988)은 火山灰土壤에서 熔成磷肥를 施用 했을 때 pH가 顯著히 增加됨을 報告한 바 있으며, 柳 等(1978)도 黑色火山灰土에서 熔成磷肥를 10a當 100kg施用 했을 때 pH 0.5單位가 增加된 6.5를 나타내었다고 하였다.

#### 나. 有效磷酸 含量

處理別 有效磷酸 含量은 Table 9에서 보는 바와 같다. 黑色土壤의 平均有效磷酸 含量은 15.28 ppm인데 比해, 濃暗褐色土壤은 54.28ppm으로 顯著히 높게 나타났다. 이 結果는 林 等(1988)의 黑色土壤과 濃暗褐色土壤에 磷酸施用水準을 同一하게 하였을때(磷酸吸收係數 5%) 濃暗褐色土壤의 有效磷酸 含量은 86 ppm으로 黑色土壤에 比해 4.4배를 增加 시킨 結果와 類似 하였다. 이와 같은 原因은 活性  $Al^{3+}$ 이나  $Fe^{2+}$ 等이 黑色土壤이 濃暗褐色 火山灰土壤에 比해 顯著히 높아(李 等, 1983) 黑色土壤은 濃暗褐色土壤에 比해 施用된 磷酸이  $Al^{3+}$ 이나  $Fe^{2+}$ 에 더 많이 結着되어 有效磷酸은 낮아진 것으로 推定된다. 石灰施用에 의한 平均 有效磷酸含量은 黑色土壤의 無石灰區(16.11 ppm)와 石灰區(14.44ppm)間에는 有意的인 差異가 없었다. 그러나 濃暗褐色土壤에서는 無石灰區가 50.79ppm에 比해 石灰施用區는 57.77ppm으로 顯著한 增加를 나타내었다( $p < 0.01$ ). 柳 等(1978) 및 金 等(1984)도 火山灰土에서 磷酸과 硅灰石施用으로 有效磷酸 含量을 增加 시킨 報告나, Martini 等(1974)이 oxisol 土壤에서 無石灰區의 7.1ppm에서 石灰施用區(7.0ton/ha)의 15.4ppm으로 增加되었다는 報告도 있으나 podzol 土壤에서 石灰施用으로 有效磷酸의 含量은 減少되었다는 結果(Haynes 等,1981)도 있을 뿐 아니라 石灰와 有效磷酸 含量間에는 一定한 關係가 없다는 報告(Shoop 等, 1961;文 等, 1968)등을 考慮 할 때, 石灰施用과 土壤內 有效磷酸 含量間에는 土壤에 따라 많은 差異가 있을 것으로 推定된다.

磷酸施用에 따른 有效磷酸 含量은 어느 土壤에서나 顯著히( $p < 0.01$ ) 增加되고 있  
 어 黑色土壤의 無磷酸區는 4.62ppm에 不過 했으나 磷酸 20, 40, 80kg區에서 各各  
 7.80, 17.53, 31.16 ppm으로 나타났다( $p < 0.01$ ). 濃暗褐色土壤에서도 無磷酸區가  
 5.87ppm으로 낮은 含量을 보였으나 磷酸 20, 40, 80kg 區에서는 各各 19.08,  
 64.90, 127.27ppm으로 黑色에 比해 越等히 높은 含量을 나타냈다. 이와같이 이들  
 두 土壤間 有效磷酸含量이 差異가(15.3:54.3)있는 것은 黑色土壤이 濃暗褐色土壤에  
 比해 磷酸吸收係數가 높아 有效磷酸 含量은 낮아지고 (愼 等, 1980), 腐植이 많이  
 含有된 allophane 土壤으로 因해 磷酸吸收을 阻害시킨 것으로 보아진다.

Table 9. Effects of lime and phosphate application levels on available  
 $P_2O_5$  concentration (ppm).

Soil	Lime (kg/10a)	Phosphate(kg/10a)				Mean	
		0	20	40	80		
Black soil	0	4.52	9.28	18.57	32.08	16.11	
	300	4.72	6.32	16.49	30.24	14.44	
	Mean	4.62	7.80	17.53	31.16	15.28	
Very dark brown soil	0	4.36	19.56	54.98	124.27	50.79	
	300	7.38	18.60	74.83	130.28	57.77	
	Mean	5.87	19.08	64.90	127.27	54.28	
Overall	0	4.44	14.42	36.78	78.18	34.45	
	300	6.05	12.46	45.66	80.26	36.11	
	Mean	5.25	13.44	41.22	79.22	34.78	
Singnificance	Soil	Lime	Phosphate	SxL	SxP	LxP	SxLxP
	**	**	**	NS	NS	NS	NS

\*\* :  $P < 0.01$

N S: Not significant

#### 다. Ca 및 Mg 함량

石灰 및 磷酸施用에 의한 土壤內 Ca함량의 變化는 Table 10에서 보는 바와 같다. 土壤內 Ca함량은 黑色土壤에서 無石灰區는 1.89me/100g에 비해 石灰區에서는 3.97 me/100g으로 106%의 增加를 나타냈으며 濃暗褐色土壤에서는 無石灰區 2.11me/100g인데 비해 石灰區는 3.97me/100g으로 79%의 增加를 보여 어느 土壤에서나 石灰施用에 의한 Ca함량은 顯著히 增加 되었다( $p < 0.01$ ). 石灰施用에 의한 Ca함량의 增加는 많은 研究에 의하여(Shoop 등, 1961; Haynes 등, 1981; Martini 등, 1985; 鄭 등, 1982) 確認되고 있으나 本 試驗에서 10a當 300kg의 石灰施用은 牧草生育에 必要한 Ca함량 7.20me/100g(農林水技會, 1967)의 水準에는 미치지 못했다.

磷酸施用水準 增加에 따른 Ca함량은 어느 土壤에서나 有意的인 增加를 보여 無磷酸區에서는 0.65-0.84me/100g에 비해 磷酸施用區에서는 1.44-3.09me/100g으로 顯著히( $p < 0.01$ ) 增加되었다. 이 結果는 熔成磷肥內에 含有된 CaO(30%)의 效果가 큰것으로 생각되며, 濟州火山灰土에서는 熔成磷肥의 施用은 Ca, Mg등 不足된 鹽基를 供給하고, 磷酸肥効를 增進 시킬 수 있어 그 施用이 勸獎되고 있다(柳 등, 1978; 李 등, 1975).

土壤內 Mg함량 역시 石灰施用으로 增加 되었고 黑色土壤의 境遇 無石灰區 1.36 me/100g에 비해 石灰施用區에서는 2.41me/100g으로 增加 되었으며, 濃暗褐色土壤에서도 無石灰區에 비해 54%가 增加된 2.16me/100g으로 石灰의 施用에 의한 Mg함량 增加는 높게 나타났다( $p < 0.01$ ). 이같은 結果는 苦土石灰內에 含有된 MgO에 基因된 것으로 생각되며 Martini等(1985)과 Jones(1963) 등이 石灰施用으로 Ca나 Mg가 增加 되었다고 한 報告와 類似한 結果를 나타내었다. 그러나 Hume 등(1986)은 石灰와 Mg함량과는 無關하다고 하여 石灰의 肥種이나 土壤의 種類에 따라 土壤의 Ca함량에는 많은 差異가 있을것으로 생각된다.

磷酸施用은 土壤內 Mg함량에 많은 影響을 주어 黑色土壤에서 無磷酸區의 Mg함

량은 0.65me/100g에 불과했으나 10a當 磷酸 20, 40, 80kg區에서는 各各 1.48, 2.09, 3.31me/100g으로 增加되었고 濃暗褐色土壤에서도 이와 비슷한 傾向을 나타냈다. 이와같이 磷酸增施에 따라 土壤內 Mg含量이 增加된 原因은 熔成磷肥內에 含有되어 있는 MgO(12%)의 効果에 의한것으로 推定되며, 林 等(1988), 金 等(1975)도 熔成磷肥 施用으로 土壤內 Mg, Ca等の 增加를 報告한 바 있다.

Table 10. Effects of lime and phosphate application levels on Ca concentration (me/100g).

Soil	Lime (kg/10a)	Phosphate(kg/10a)				Mean	
		0	20	40	80		
Black soil	0	0.89	1.40	2.13	3.14	1.89	
	300	2.41	3.77	4.07	4.85	3.77	
	Mean	1.65	2.59	3.10	3.99	2.83	
Very dark brown soil	0	1.19	1.71	2.37	3.18	2.11	
	300	2.89	3.61	4.15	4.53	3.79	
	Mean	2.03	2.66	3.26	3.85	2.95	
Overall	0	1.04	1.56	2.25	3.16	2.00	
	300	2.64	3.69	4.11	4.69	3.78	
	Mean	1.84	2.63	3.18	3.92	2.89	
Singnificance	Soil	Lime	Phosphate	SxL	SxP	LxP	SxLxP
	**	**	**	NS	NS	NS	NS

\*\* : P<0.01

NS: Not significant

**Table 11.** Effects of lime and phosphate application levels on Mg concentration (me/100g).

Soil	Lime (kg/10a)	Phosphate(kg/10a)				Mean
		0	20	40	80	
Black soil	0	0.31	0.81	1.55	2.77	1.36
	300	0.98	2.16	2.63	3.86	2.41
	Mean	0.65	1.48	2.09	3.31	1.88
Very dark brown soil	0	0.46	0.95	1.61	2.56	1.40
	300	1.21	1.83	2.41	3.18	2.16
	Mean	0.84	1.39	2.01	2.87	1.79
Overall	0	0.40	0.88	1.58	2.66	1.38
	300	1.10	2.00	2.52	3.52	2.28
	Mean	0.75	1.44	2.05	3.09	1.83

Singnificance	Soil	Lime	Phosphate	SxL	SxP	LxP	SxLxP
	**	**	**	NS	NS	NS	NS

\*\* : P<0.01

N S:Not singnificant

라. 鹽基置換容量(CEC)

石灰 및 磷酸施用에 의한 處理別 鹽基置換容量의 變化는 Table 12에 나타내었다. 土壤間 鹽基置換容量은 黑色土壤이 24.63 me/100g에 비해 濃暗褐色土壤에서는 18.63me/100g으로 土壤間에 높은 有意差(p<0.01)를 나타내었고, 有機物 含量이 많은 黑色土壤에서 CEC가 높다는 報告(愼等, 1980; 柳等, 1984; 朴等, 1985)와 一致되고 있다. 또한 石灰施用에 의해서도 土壤의 CEC는 增加되고 있어 黑色土壤의

無石灰區 23.29에 비해 石灰施用區는 25.08me/100g으로 높은 含量을 나타내었다. ( $p < 0.01$ ). 濃暗褐色土壤에서는 無石灰區와 石灰施用區가 各各 18.11, 19.15 me/100g으로 石灰施用에 의한 CEC 增加는 큰 差異가 없었다. Grove 等(1981)이나 Juo 및 Ballaux(1977)等은 石灰施用으로 CEC가 增加되었다고 하였으나, Haynes와 Ludecke(1981)等은 石灰施用으로 Al, Fe 및 Mn 등이 減少되었으며 CEC變化에는 一定한 傾向이 없다고 報告하고 있어 本 試驗과는 多少 差異를 나타내었다.

磷酸施用水準에 의해서도 CEC 含量은 兩 土壤에서 모두 增加되고있어 無磷酸區

Table 12. Effects of lime and phosphate application levels on CEC (me/100g)

Soil	Lime (kg/10a)	Phosphate(kg/10a)				Mean	
		0	20	40	80		
Black soil	0	21.50	22.34	23.34	25.97	23.29	
	300	23.34	24.40	27.16	29.02	25.98	
	Mean	22.42	23.37	25.25	27.50	24.64	
Very dark brown soil	0	17.32	17.48	18.06	19.58	18.11	
	300	17.03	18.33	19.63	21.61	19.15	
	Mean	17.17	17.90	18.84	20.60	18.63	
Overall	0	19.41	19.91	20.70	22.77	20.70	
	300	20.19	21.37	23.39	25.32	22.57	
Singnificance	Soil	Lime	Phosphate	SxL	SxP	LxP	SxLxP
	**	**	**	NS	NS	NS	NS

\*\* :  $P < 0.01$

N S: Not singnificant

20.19me/100g에 비해 磷酸 10a當 20, 40, 80kg區에서는 各各21.37, 23.39, 25.32me/100g으로 有意差( $p < 0.01$ )를 보였다. 이와같이 磷酸施用水準이 增加됨에 따라 CEC가 增加되고 있는 것은 黑色土壤이나 濃暗褐色土壤에서 熔成磷肥를 施用했을 때 CEC가 增加되었다는 林 等(1988)의 報告와 類似한 結果라고 생각된다.

#### 마. 土壤內 N, K 및 Na 含量

黑色 및 濃暗褐色土壤의 處理別 N, K, Na 含量은 Fig. 2에 보는 바와 같다. 土壤別 N含量은 黑色土壤의 0.68%, 濃暗褐色土壤 0.25%로 黑色土壤에서 顯著히 높은 N含量을 나타내었으나 石灰施用이나 磷酸施用水準에 따른 N含量的 差異는 거의 나타나지 않았다.

K含量도 土壤이나 石灰施用水準間에 큰 差異없이 0.54-0.60me/100g 範圍였으며, 磷酸施用水準에 의해서는 無磷酸區가 0.84me/100g으로 높은 含量을 보였으나 磷酸施用區에서는 水準間 큰 差異없이 0.43-0.52를 나타냈다. 이와같이 無磷酸區의 K含量이 높은 것은 無磷酸區에서 牧草生育은 극히 不良하여 施用된 K가 土壤에 많이 殘存한데 基因된 것으로 보이며, Shoop 等(1961), Haynes等(1981)이 無磷酸區에서 K含量이 높았다는 結果나, Lim 및 Shen(1978)이 옥수수 試驗에서 磷酸施用量이 增加함에 따라 K含量은 減少되었으나 石灰施用에 의한 K含量的 變化는 없었다는 報告와도 符合되는 結果를 보였다.

Na含量도 土壤間이나 石灰 및 磷酸施用 水準間에 큰 差異없이 0.71-0.80me/100g의 範圍의 含量을 보였다. 그러나 荳科牧草를 栽培했을 때 石灰나 磷酸施用水準이 增加됨에 따라 Na含量은 多少 減少되었다는 Haynes 等(1981)의 報告와는 多少 差異가 있었다.

#### 바. Al-P(aluminum phosphate) 및 Fe-P(ferric phosphate) 含量

石灰 및 磷酸施用에 의한 土壤別 Al-P의 含量을 보면(Fig. 3參照) 黑色土壤에서

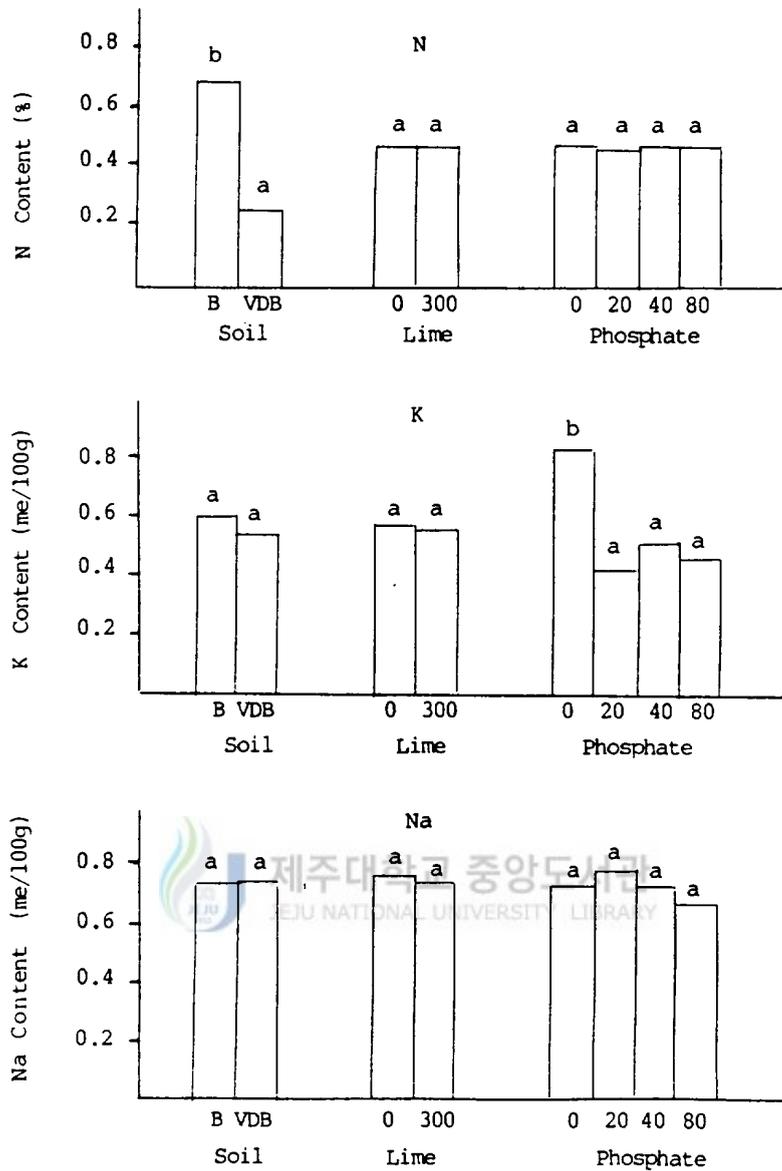


Fig. 2. Effects of soil types, lime and phosphate application levels on N, K and Na contents (%) in the soil. (B; Black soil, VDB; Very dark brown soil) a, b: Means with the same letters within the same group are not significantly different at the 5% level.

169.5ppm인데 비해 濃暗褐色土壤에서는 130.4ppm으로 土壤間에 有意的인 差異( $p < 0.01$ )를 나타내어 李 等(1983), 林 等(1988)이 黑色土壤이 濃暗褐色土壤에 비해 活性  $Al^{3+}$ 이나  $Fe^{2+}$  등이 顯著히 높아 有效磷酸 含量이 減少되었다는 報告와 符合되며 石灰施用區와 無石灰施用區 間에는 큰 差異없이 148-151ppm을 나타내었다.

磷酸施用水準에 따른 Al-P含量은 無磷酸區 83.5ppm인데 비해 磷酸 10a當 20, 40, 80kg區에서 各各 112.6ppm, 172.0ppm, 231.7ppm으로 磷酸施用水準의 增加됨에 따라 顯著히 增加되고 있어 ( $p < 0.01$ ) 林 等(1988)이 火山灰土壤에서 磷酸水準이 增加됨에 따라 Al-P 含量이 增加되었다는 報告와 類似하다 할 수 있다. 그러나 火山灰土에서는 施用된 磷酸이 大部分 不可給態로 되어 利用率이 매우 낮은 것으로 指摘되고 있으며(愼 等, 1975; 柳 等, 1978; 李 等, 1983), 愼 等(1980)은 火山灰土에 磷酸肥料를 施用했을 때 無機態 磷酸比率은 Al-P가 6.9-28.8%, Fe-P는 24.1-26.9%, Ca-P는 7.4-11.9%範圍인데 비해 有效磷酸은 0.7-8.0% 낮다고 指摘한 바 있다. 또한 Fe-P 含量도 黑色土壤이 365.1ppm으로 濃暗褐色土壤 247.4ppm에 비해 顯著히 높은 含量을 보이고 있어 林 等(1988)이 大豆 試驗에서 두 土壤間에 Fe-P含量이 큰 差異가 없었다는 報告와는 多少 差異가 있었다.

磷酸施用 水準에 따른 Fe-P 含量은 無磷酸區는 160.5ppm으로 낮은 含量을 보였으나 磷酸 20, 40, 80kg區에서 各各 231.8ppm, 331.8ppm, 482.8ppm으로 磷酸施用 水準이 增加됨에 따라 顯著히 增加되고 있어( $P < 0.01$ ) 林 等(1988)과 Haynes 等(1981)도 磷酸施用量이 많을수록 Fe-P含量은 增加되었다는 結果와 一致되고 있다.

Ca-P는 어느 處理區에서나 Fe-P나 Al-P와는 달리 極히 적은 量이 存在하여 Haynes等(1981)이 Ca-P는 Fe-P나 Al-P에 비해 顯著히 적은 量을 보였다는 結果와는 類似하였으나 磷酸 吸收係數의 5%를 熔成磷肥로 施用했을 때 Ca-P가 100-200 ppm을 나타냈다는 林 等(1988)의 結果와는 多少 差異가 있었다.

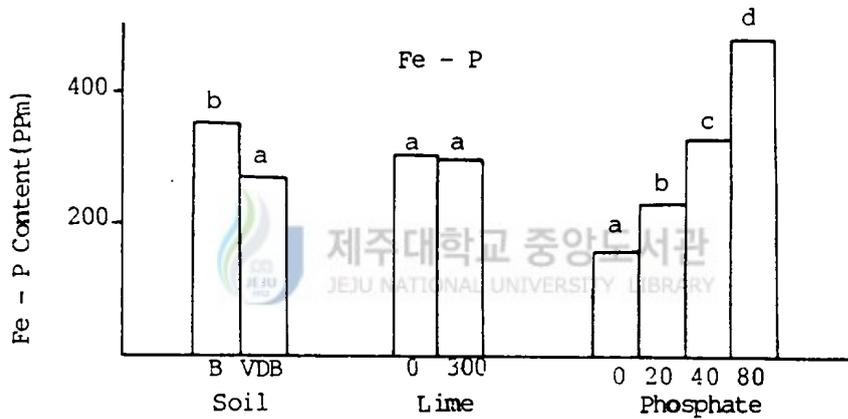
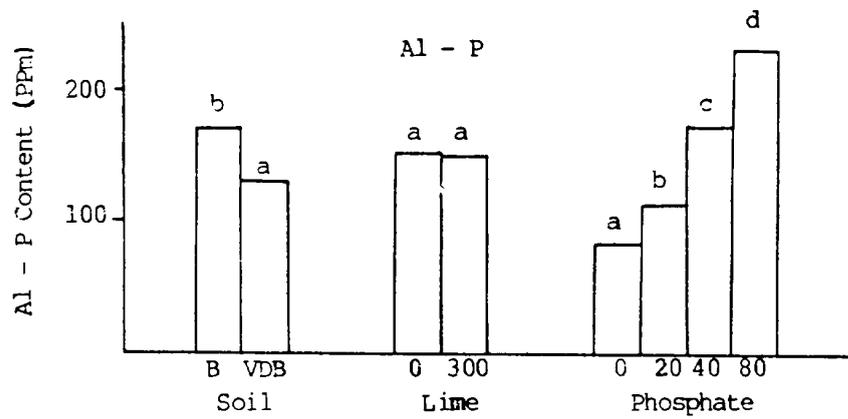


Fig. 3. Effects of soil types, lime and phosphate application levels on Al-P and Fe-P contents (ppm).

(B: Black soil, VDB: Very dark brown soil)

a, b: Means with the same letters within the same group are not significantly different at the 5% level.

## 2. 牧草生育 및 收量 變化

### 가. 草長

石灰 및 磷酸施用水準別 4회 刈取時까지 累積草長은 Table 13과 같다. 累積草長은 tall fescue를 除外한 모든 草種이 黑色土壤에 비해 濃暗褐色土壤에서 높게 나타났다( $P < 0.01$ ). 이와같이 濃暗褐色土壤에서 높은 草長을 보인것은 濃暗褐色土壤이 相對的으로 좋은 肥沃도를 갖는 다는 報告(柳, 1978; 李 等, 1983; 嚴 等, 1977)와 符合되고 있으며 특히 濃暗褐色土壤이 黑色土壤에 비해 pH가 높고 有效磷酸含量이 높았던 것에(Table 8, Table 9 參照)크게 影響을 받은 것으로 생각된다. 또한 石灰施用에 의한 草長의 變化는 redtop를 除外한 모든 草種이 多少 높았으나 統計的으로 有意差는 認定되지 않았다. 그러나 ladino clover는 無石灰區의 58.3cm에 비해 石灰區는 62.7cm로 石灰施用의 效果가 뚜렷하였고( $P < 0.01$ ) 이는 white clover에 石灰施用 效果를 糾명한 Shoop 等(1961)이나 Rangeley 및 Bolton(1986)의 試驗結果와 비슷하다. Lowther 및 Adams(1970) 等은 石灰의 過用은 white clover의 生育을 不良하게 한다는 報告도 있지만 本 試驗과 같이 石灰가 不足된 火山灰土壤에서 ladino clover에 石灰의 施用은 生育을 顯著히 促進시킨 것으로 생각된다.

磷酸施用 水準의 增加에 따른 牧草의 草長도 모든 草種에서 顯著하게 增加되어 orchardgrass의 境遇 無磷酸區의 草長은 65.8cm이었으나 磷酸 20, 40, 80kg區에서는 各各 125.3, 146.7, 154.2cm로 水準間에 높은 有意差( $P < 0.01$ )를 나타내었다. 특히 無磷酸區에 비해 磷酸 20kg區의 草長은 顯著하였다. 이와같은 增加 傾向은 tall fescue, perennial ryegrass, redtop에서도 類似하였으며, ladino clover의 磷酸施用效果는 더 크게 나타나 無磷酸區의 草長은 22.2cm에 비해 磷酸 20kg 施用區에서는 65.7cm를 나타내었다. Caradus(1980)나 Haynes 및 Ludecke(1981)도 white clover에 石灰와 磷酸施用으로 生育이 顯著히 增加됨을 報告하여 本 試驗 結果를 뒷받침하고 있다.

**Table 13. Effects of lime and phosphate application levels on total plant height(cm).**

Species	soil		Lime(kg/10a)				Phosphate(kg/10a)				Significance				
	B	VDB	0	300	0	20	40	80	S	L	P	SxL	SxP	LxP	SxLxP
Orchardgrass	121.9 <sup>b</sup>	128.9 <sup>a</sup>	124.0 <sup>a</sup>	126.9 <sup>a</sup>	65.8 <sup>d</sup>	125.3 <sup>c</sup>	146.7 <sup>b</sup>	154.2 <sup>a</sup>	**	NS	**	NS	NS	NS	NS
Tall fescue	110.3 <sup>a</sup>	113.4 <sup>a</sup>	110.4 <sup>a</sup>	113.3 <sup>a</sup>	65.8 <sup>d</sup>	120.5 <sup>c</sup>	126.5 <sup>b</sup>	134.6 <sup>a</sup>	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS
Perennial ryegrass	101.8 <sup>b</sup>	107.3 <sup>a</sup>	103.5 <sup>a</sup>	105.4 <sup>a</sup>	69.7 <sup>d</sup>	106.4 <sup>c</sup>	116.7 <sup>b</sup>	125.2 <sup>a</sup>	**	NS	**	NS	NS	NS	NS
Redtop	75.0 <sup>b</sup>	80.7 <sup>a</sup>	78.5 <sup>a</sup>	77.2 <sup>a</sup>	45.2 <sup>d</sup>	85.8 <sup>c</sup>	87.2 <sup>b</sup>	93.2 <sup>a</sup>	**	NS	**	NS	*	NS	NS
Ladino clover	57.6 <sup>b</sup>	62.7 <sup>a</sup>	58.3 <sup>b</sup>	62.7 <sup>a</sup>	22.2 <sup>d</sup>	65.7 <sup>c</sup>	75.2 <sup>b</sup>	78.2 <sup>a</sup>	**	**	**	*	**	NS	NS

B; black soil

VDB; Very dark brown soil

\* p<0.05, \*\* p<0.01

a, b; Means in the same group within the same superscripts are not significantly different at the 5% level.

S; soil, L; lime, P; phosphate

나. 石灰 및 磷酸施用에 의한 草種別 收量

1) Orchardgrass

石灰 및 磷酸施用에 의한 土壤別 乾物收量은 Table 14 및 Fig. 4에서 보는 바와 같다. 黑色土壤에서 乾物收量은 磷酸과 石灰施用으로 顯著하게 增加되어 無石灰-無磷酸區는 2.6g/pot에 不過했으나 石灰-無磷酸區는 4.0g/pot으로 54%의 增收效果를 보였다. 그러나 磷酸施用水準이 增加됨에 따라 石灰施用의 效果는 漸次 減少되어 磷酸 20, 40, 80kg 水準에서는 石灰施用으로 各各 8%, 6%, 6%의 增收에 不過했으며 濃暗褐色土壤에서도 類似한 傾向을 보였다. 磷酸施用水準에 따른 乾物 收量の 增加는 어느 土壤에서나 顯著하게 나타나(P<0.01) 兩土壤의 無磷酸區의 平均 4.38g/pot에 비해 磷酸 20, 40, 80kg區에서는 各各 26.42, 31.01, 36.08g/pot을 보였다

며 특히 無磷酸區와 磷酸 20kg 水準간의 收量差異는 他磷酸 水準間보다 顯著히 높게 나타났다. 그러나 磷酸施用水準이 增加함에 따라 收量增加는 漸次 減少되고 있어 金等(1984)이 遂行한 磷酸施用試驗(0-30kg/10a)에서 無磷酸區와 磷酸 10kg水準間에는 높은 收量差異를 보였으나 磷酸施用量이 그 이상 增加됨에 따라서는 水準間 收量差異는 크지 않았다는 結果와 類似하였다. 林等(1988)도 보리와 大豆 試驗에서 無磷酸區와 磷酸區間에는 높은 收量差異를 보였으나 磷酸 水準間(磷酸吸收係數 5-15%) 收量差異는 크지 않음을 報告한 바 있다.

Table 14: Effect of lime and phosphate application levels on total dry matter yield (g/pot) in orchardgrass.

Soil	Lime (kg/10a)	Phosphate(kg/10a)				Mean	
		0	20	40	80		
Black soil	0	2.60	25.58	30.90	34.55	23.41	
	300	4.00	27.68	32.68	36.73	25.29	
	Mean	3.30	26.63	31.84	35.64	24.35	
Very dark brown soil	0	4.63	24.65	29.00	37.10	23.84	
	300	6.28	27.78	31.03	35.95	25.34	
	Mean	5.45	26.21	30.19	36.53	24.59	
Overall	0	3.61	25.11	29.95	35.83	23.63	
	300	5.14	27.73	32.08	36.34	25.32	
	Mean	4.38	26.42	31.01	36.08	24.47	
Singnificance	Soil	Lime	Phosphate	SxL	SxP	LxP	SxLxP
	**	**	**	NS	NS	NS	NS

\*\* : P<0.01

NS: Not significant

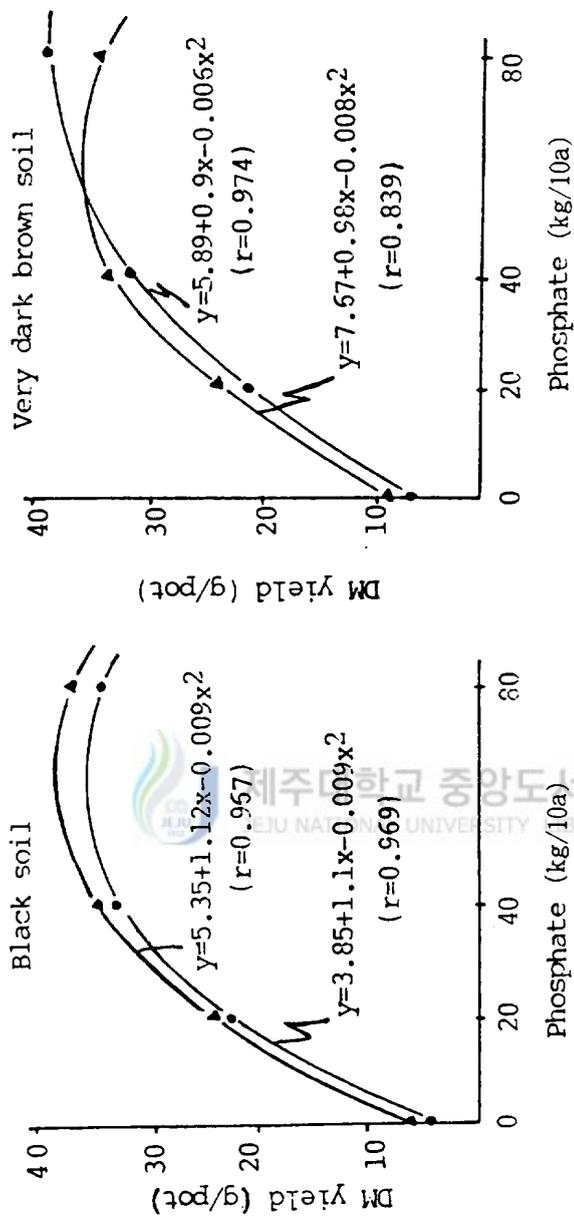


Fig. 4. Relationship between phosphate application levels and dry matter yield in orchard grass grown on soils fertilized with 0 or 300kg lime/10a. (—•—no—lime, —▲—lime)

## 2) Tall fescue

石灰 및 磷酸施用에 의한 tall fescue의 乾物收量은 Table 15에 나타난 바와 같다.

Tall fescue 乾物收量은 orchardgrass와 비슷한 傾向을 보였으며 黑色土壤의 無磷酸區에서 石灰施用으로 乾物收量은 150%의 增收을 보였다. 磷酸施用水準이 增加됨에 따라 石灰施用의 效果는 漸次 減少되어 磷酸 80kg區에서는 無石灰區에 비해 12%의 增收에 不過하였다. 그러나 濃暗褐色土壤의 無磷酸區에서 石灰施用 效果는 無石灰區에 비해 22%가 增加되었으나 磷酸施用區에서는 石灰施用으로 7-9%의 增加에 不過하였다. 磷酸施用 水準이 增加됨에 따라 乾物收量은 어느 土壤에서나 顯著히( $P < 0.01$ ) 增加하였으며 黑色土壤에서 無磷酸區 3.11g/pot에 비해 磷酸 20, 40, 80kg에서 각각 27.16, 29.46, 32.8g/pot으로 增加되었으며 濃暗褐色土壤에서도 類似的한 傾向을 보였다. 그러나 tall fescue는 磷酸이 不足된 土壤에서도 石灰를 充分히 施用했을때는 良好한 生育을 한다는(Shoop 等, 1961) 報告도 있으나, Templeton 等(1966)이나 Davis(1981)는 tall fescue에 磷酸施用 效果가 높았음을 報告하고 있어 火山灰土와 같이 石灰나 磷酸이 缺乏된 土壤에서 이들 施用效果는 收量을 顯著히 增加시킨 것으로 생각된다.

## 3) Perennial ryegrass

石灰 및 磷酸施用에 의한 乾物 生産量의 變化는 Table 16 및 Fig.6에서 보는 바와 같다. 乾物收量은 黑色土壤에서 無石灰-無磷酸區가 2.85g/pot에 不過했으나 石灰-無磷酸區는 49%가 增加된 4.45g를 보였으며 磷酸施用區에서는 水準間 큰 差異없이 어느 土壤에서나 石灰施用에 따른 收量增加의 效果는 1-2%에 不過하였다. 그러나 磷酸施用效果는 土壤에 關係없이 磷酸施用水準이 增加됨에 따라 收量은 顯著히 增加되고 있어( $P < 0.01$ ) 이는 Helyar 等(1971)도 類似的한 結果를 報告한 바 있지만 perennial ryegrass는 他 草種에 비해 磷酸效果가 낮았다는 Caradus(1980)의 報告

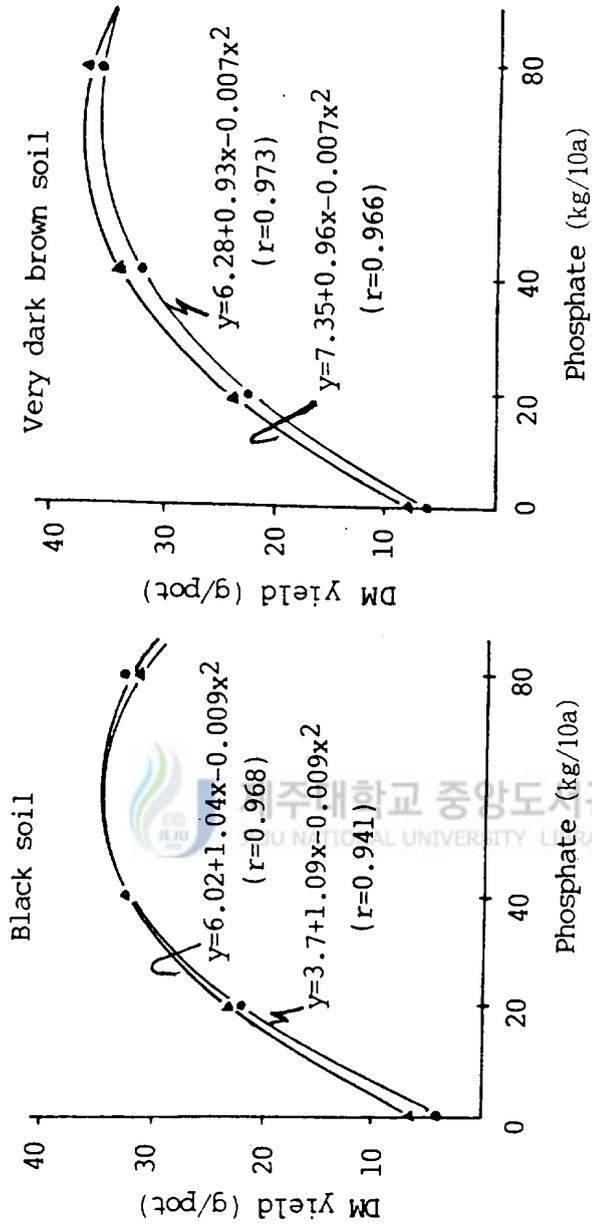


Fig. 5. Relationship between phosphate application levels and dry matter yield in tall fescue grown on soils fertilized with 0 or 300kg lime/10a  
 (— • — no—lime, — ▲ —lime).

**Table 15.** Effects of lime and phosphate application levels on total dry matter yield (g/pot) in tall fescue.

Soil	Lime (kg/10a)	Phosphate(kg/10a)				Mean	
		0	20	40	80		
Black soil	0	1.78	26.78	28.20	30.93	21.92	
	300	4.45	27.55	30.73	34.83	24.39	
	Mean	3.11	27.16	29.46	32.88	23.15	
Very dark brown soil	0	4.90	25.25	28.68	33.03	22.96	
	300	5.98	27.20	30.73	35.93	24.96	
	Mean	5.44	26.23	29.70	34.48	23.96	
Overall	0	3.34	26.01	28.44	31.98	22.44	
	300	5.21	27.38	30.73	35.38	24.67	
	Mean	4.28	26.69	29.58	33.68	23.56	
Singnificance	Soil	Lime	Phosphate	SxL	SxP	LxP	SxLxP
	**	**	**	NS	NS	NS	NS

\*\* : P<0.01

NS: Not significant

와는 多少 差異가 있었다.

Fig. 6에서 보는 바와 같이 어느 土壤에서나 無磷酸區에서는 石灰施用으로 收量은 多少 增加되었으나 磷酸施用區에서는 石灰施用에 의한 收量增加 効果는 거의 나타나지 않았다. 그러나 perennial ryegrass는 肥沃한 土壤에서 生育이 旺盛하고(Grant 및 Luccombe, 1981; Suckling, 1975) 石灰施用으로 收量이 增加된다는 報告도 있으나(Edmeades 등, 1985), Al含量이 높은 酸性土壤에는 石灰施用效果가 없었다는 結果(Helyar 및 Anderson, 1971)도 있어 土壤에 따라 石灰施用에 의한 收量の 反

應은 다른 것으로 推定된다.

Table 16. Effects of lime and phosphate application levels on total dry matter yield (g/pot) in perennial ryegrass.

Soil	Lime (kg/10a)	Phosphate(kg/10a)				Mean		
		0	20	40	80			
Black soil	0	2.85	28.98	32.33	39.73	25.97		
	300	4.25	29.20	33.00	38.80	26.31		
	Mean	3.55	29.09	32.66	39.26	26.14		
Very dark brown soil	0	5.85	28.18	34.08	38.73	26.71		
	300	5.35	29.55	34.28	39.50	27.17		
	Mean	5.60	28.86	34.18	39.11	26.94		
Overall	0	4.35	28.58	33.20	39.23	26.34		
	300	4.80	29.38	33.64	39.15	26.74		
	Mean	4.58	28.98	33.42	39.19	26.54		
Singnificance		**	**	**	NS	NS	NS	NS

\*\* : P<0.01

NS; Not significant

#### 4) Redtop

石灰 및 磷酸施用에 따른 redtop의 乾物收量은 table 17에 나타냈다. Redtop은 無石灰-無磷酸區에서도 다른 草種에 비해서 比較的 높은 收量을 나타내었다. 이와 같은 結果는 redtop이 Ca 吸收力이 強하여 Ca가 不足된 土壤에서도 生育에 必要한 Ca吸收가 可能하고(Gross 및 Jung, 1981) 石灰나 磷酸이 不足된 土壤에서도 生育이

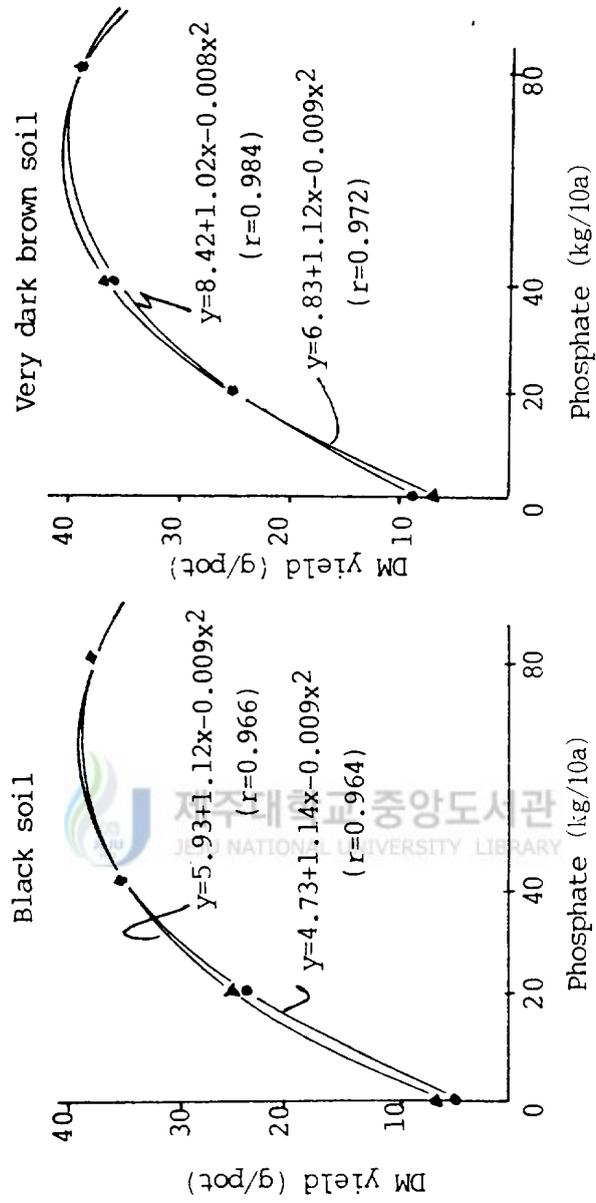


Fig. 6. Relationship between phosphate application levels and dry matter yield in perennial ryegrass grown on soils fertilized with 0 or 300kg lime/10a (— • — no — lime, — ▲ — lime).

比較的 잘 되는 草種(Shoop 等, 1961; Tanaka 等, 1984)이라는 報告는 本 試驗의 結果를 뒷받침하고 있다.

磷酸施用水準에 따른 收量增加는 어느 土壤이나 높게( $P < 0.01$ ) 나타나 無磷酸區의 5.68g/pot에 비해 磷酸 20, 40, 80kg區에서 各各 27.52, 29.92, 34.52g/pot의 收量을 나타내었다. 이와 같이 redtop은 無磷酸區에서도 orchardgrass나 perennial ryegrass 等에 비해 높은 收量을 나타내고 있을 뿐 아니라 多肥區(80kg)에서도 다른 草種과 비슷한 收量을 보여 redtop은 磷酸이 不足한 土壤에서도 生育이 良好하다

Table 17. Effects of lime and phosphate application levels on total dry matter yield (g/pot) in redtop.

Soil	Lime (kg/10a)	Phosphate(kg/10a)				Mean	
		0	20	40	80		
Black soil	0	4.20	27.03	28.70	32.48	23.10	
	300	3.83	27.00	29.05	33.88	23.44	
	Mean	4.01	27.01	28.88	33.18	23.27	
Very dark brown soil	0	7.93	27.40	30.85	35.15	25.33	
	300	6.75	28.65	31.08	36.70	25.79	
	Mean	7.34	28.03	30.96	35.93	25.56	
Overall	0	6.06	27.21	29.78	33.81	24.22	
	300	5.29	27.83	30.06	35.29	24.62	
	Mean	5.68	27.52	29.92	34.55	24.42	
Singnificance	Soil	Lime	Phosphate	SxL	SxP	LxP	SxLxP
	**	**	**	NS	NS	NS	NS

\*\* :  $P < 0.01$

N S: Not significant

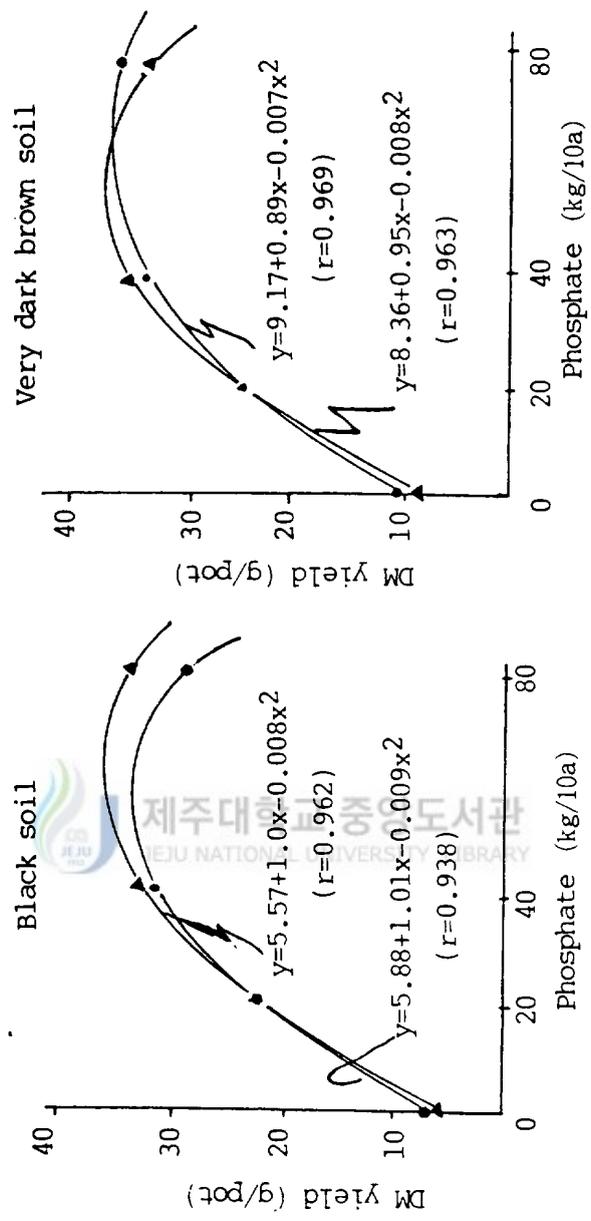


Fig. 7. Relationship between phosphate application levels and dry matter yield in redtop grown on soils fertilized with 0 or 300kg lime/10a (—•— no—lime, —▲—lime).

는 報告(Caradus, 1980; Luscombe 等, 1981; Mouat, 1983)를 볼 때 redtop은 磷 酸이 不足한 土壤에서도 견디는 힘이 강한 反面 磷酸이 豊富한 肥沃土壤에서도 生育 이 旺盛하여 磷酸에 대한 反應度가 대단히 넓은 草種인 것으로 推定된다. 그러나 redtop은 磷酸이 不足한 土壤에서도 適應性이 강하고 다른 草種에 비해 家畜의 嗜好 性이 떨어지기 때문에 草地管理가 不實한 混播草地에서는 優占可能性이 높다는 指 摘도 있다(Jackman 等, 1972; Luscombe 等, 1981; 高等, 1989).

#### 5) Ladino clover

石灰 및 磷酸施用에 의한 土壤別 ladino clover의 乾物收量은 Table 18과 같다.

黑色土壤의 無石灰-無磷酸區에서 生育은 극히 不良하여 乾物收量이 0.35g/pot에 不 過하였으며 石灰-無磷酸區에서도 1.30g/pot으로 禾本科 牧草인 orchardgrass나 perennial ryegrass等에 비해 越等히 적은 收量을 나타냈다. 그러나 磷酸施用區에서 는 石灰效果가 높게 나타나 黑色土壤의 無石灰區는 18.78g/pot에 비해 石灰施用區 는 24.31g/pot로 29%가 增收되어 石灰施用과 無施用區間에는 높은 有意差( $P < 0.01$ ) 를 나타내었으며 濃暗褐色土壤에서도 같은 傾向을 보이고 있어 石灰施用에 의한 收 量增加 效果는 禾本科 牧草에 비해 높게 나타났다.

磷酸水準에 따른 乾物收量 增加는 어느 土壤에서나 顯著하게 나타나 黑色土壤의 無磷酸區는 0.83g/pot에 不 過했으나 磷酸 20, 40, 80kg區에서는 各各 21.33, 27.16, 36.88g/pot로 有意的인 增加( $P < 0.01$ )를 보였으며 濃暗褐色土壤에서도 비슷한 傾向을 나타내었다. 이와같은 結果는 white clover가 禾本科 牧草에 비해 磷酸施用 效果가 높고(Helyar 및 Anderson, 1970; Hart 等, 1981; Mouat, 1983), 높은 磷酸 施用水準(400ppm)에서도 直線的인 收量增加를 나타낸다는 Hart(1986)의 報告로 볼 때 磷酸이 不足된 火山灰土壤에서 磷酸施用效果는 禾本科 牧草보다 더욱 컸던 것으 로 思料된다.

**Table 18.** Effects of lime and phosphate application levels on total dry matter yield (g/pot) in ladino clover.

Soil	Lime (kg/10a)	Phosphate(kg/10a)				Mean	
		0	20	40	80		
Black soil	0	0.35	14.98	24.68	35.13	18.78	
	300	1.30	27.68	29.65	38.63	24.31	
	Mean	0.83	21.33	27.16	36.88	21.55	
Very dark brown soil	0	1.80	22.33	29.35	42.03	23.88	
	300	3.03	29.05	39.75	48.55	30.09	
	Mean	2.41	25.69	34.55	45.29	26.98	
Overall	0	1.08	18.65	27.01	38.58	21.33	
	300	2.16	28.36	34.70	43.59	27.20	
	Mean	1.62	23.51	30.86	41.08	24.27	
<b>Singnificance</b>	Soil	Lime	Phosphate	SxL	SxP	LxP	SxLxP
	**	**	**	NS	**	**	**

\*\* :P<0.01

N S:Not significant



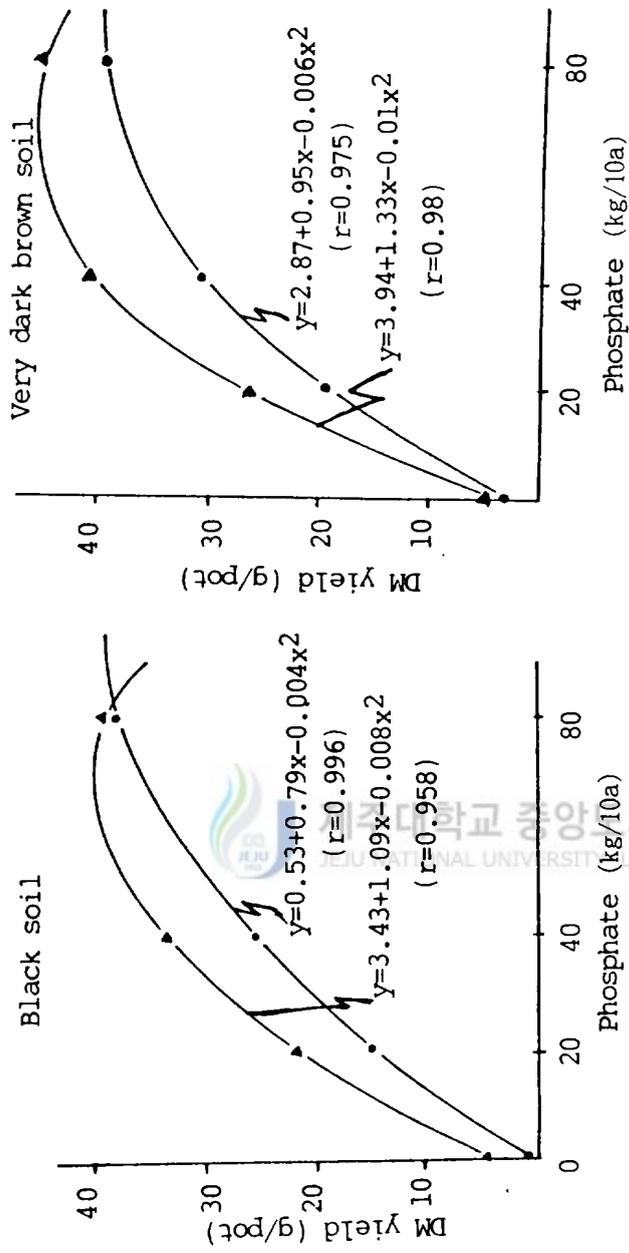


Fig. 8. Relationship between phosphate application levels and dry matter yield in ladino clover grown on soils fertilized with 0 or 300kg lime/10a (—•—no—lime, —▲—lime).

다. 土壤 種類와 石灰 및 磷酸施用 水準에 따른 草種別 收量 比較

Fig. 9, 10, 11 및 Table 19, 20 은 土壤別 石灰 및 磷酸施用水準에 따른 草種別 乾物收量을 나타냈다.

兩土壤에 石灰와 磷酸을 同一水準으로 施用했을때 모든 草種은 黑色土壤보다 濃暗褐色土壤에서 높은 收量을 나타내었으며(Fig. 9 參照) 특히 redtop과 ladino clover는 두 土壤間에 有意的인 差異를 보였다. 金(1984)도 orchardgrass와 ladino clover에 磷酸을 施用했을 때 黑色土壤에서 보다 濃暗褐色土壤에서 높은 收量을 얻었다는 報告나, 林 等(1988)이 보리나 大豆 收量이 濃暗褐色土壤에서 높았다는 結果는 本 試驗과 類似하다 할 수 있다.

한편 石灰施用에 의한 草種別 收量은(Fig. 10 參照) orchardgrass, tall fescue, ladino clover 등은 石灰施用으로 收量이 增加( $P < 0.05$ )된 反面, perennial ryegrass 나 redtop 등은 큰 差異가 없었다. 이 結果는 Helyer 및 Anderson(1971)이 perennial ryegrass에서 石灰施用效果가 없었다는 報告와 redtop은 Ca 吸收力이 強하여 石灰의 施用效果가 떨어진다는 結果(Shoop 等, 1961; Gross 및 Jung, 1981; Tanaka 等, 1984)와는 類似하지만 Edmeades 等(1986)이 perennial ryegrass에 石灰를 施用했을 때 收量이 顯著히 增加된 報告나 redtop이 無磷酸區에서는 石灰施用 效果가 높았다는 Shoop 等(1961)의 結果와는 差異가 있었다.

磷酸施用水準에 따른 收量增加는 모든 草種에서 顯著하게 나타나 有意差( $P < 0.01$ )를 보였다. 磷酸施用水準에 따른 草種別 收量 差異는 無磷酸區에서 ladino clover는 1.62g/pot로 다른 草種에 비해 가장 낮은 收量을 보인 反面 redtop은 5.68g/pot로 他草種에 비해 높은 收量을 보였다. 磷酸 20, 40kg區에서 草種間 收量 差異는 크지 않았지만 多肥區(80kg)에서 ladino clover나 perennial ryegrass 등의 收量은 各各 41.08g, 39.19g으로 다른 草種에 비해 높은 收量을 보였다. 이런 結果는 white clover 가 禾本科牧草에 비해 磷酸施用 效果가 높다는 報告나 (Shoop 等, 1961; Helyar

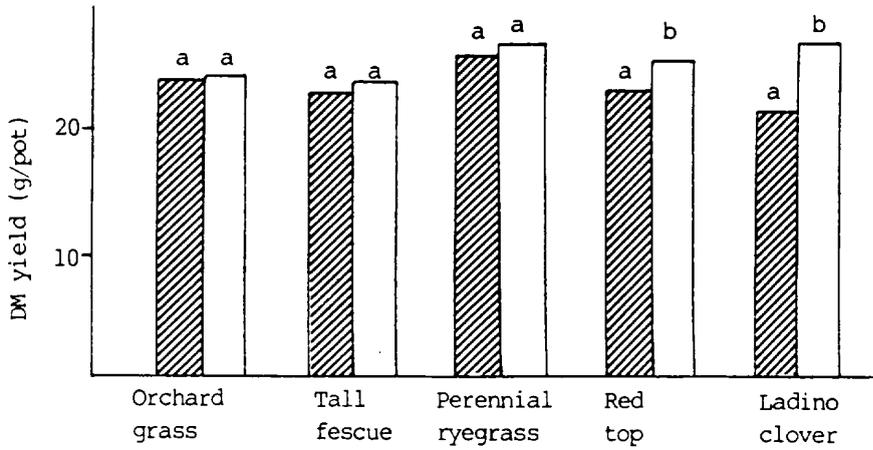


Fig. 9. Comparison of dry matter yields (g/pot) of each pasture species grown on the black soil (▨) or very dark brown soil (□) a, b; Means with the same letters within the same group are not significantly different at the 5% level.

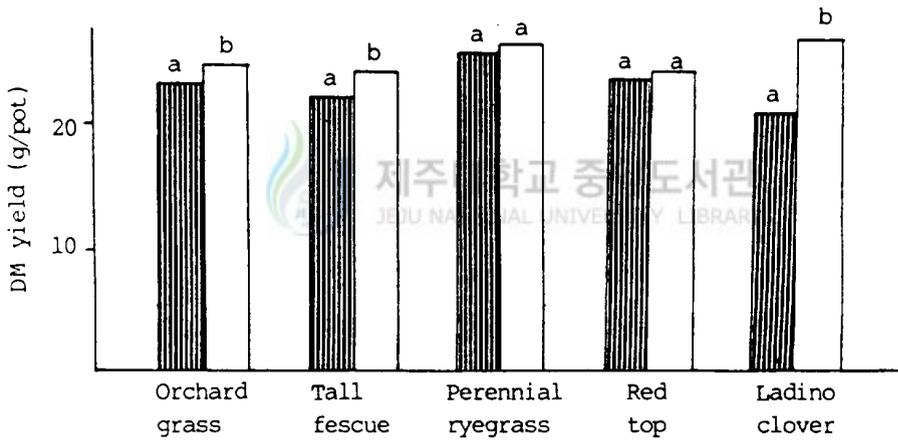


Fig. 10. Comparison of dry matter yields (g/pot) of each pasture species grown on no lime (▤) or lime (□) treated soils. a, b; Means with the same letters within the same group are not significantly different at the 5% level.

및 Anderson, 1970; Hart 等, 1981) Suckling(1975), Boswell 等(1979), 그리고 Edmeades 等(1986)은 perennial ryegrass는 肥沃한 土壤에 잘 자라고 P의 施用으로 收量이 顯著히 增加된 結果와 符合되고 있다.

**Table 19. Effects of phosphate application levels on dry matter yield (g/pot) in individual pasture species.**

Species	Phosphate(kg/10a)				Mean
	0	20	40	80	
Orchardgrass	4.38 <sup>d</sup>	26.42 <sup>c</sup>	31.01 <sup>b</sup>	36.08 <sup>a</sup>	24.47
Tall fescue	4.28 <sup>d</sup>	26.69 <sup>c</sup>	29.58 <sup>b</sup>	33.68 <sup>a</sup>	23.56
Perennial ryegrass	4.58 <sup>d</sup>	28.98 <sup>c</sup>	33.42 <sup>b</sup>	39.19 <sup>a</sup>	26.54
Redtop	5.68 <sup>d</sup>	27.52 <sup>c</sup>	29.92 <sup>b</sup>	34.55 <sup>a</sup>	24.42
Ladino clover	1.62 <sup>d</sup>	23.51 <sup>c</sup>	30.86 <sup>b</sup>	41.08 <sup>a</sup>	24.27

a, b, c, d: Means within the same row with the same superscript letters are not significantly different at 5% levels.



Table 20에 나타난 磷酸水準別 相對乾物 收量을 보면 禾本科牧草에서는 草種間 큰 差異없이 無磷酸區에 비해 磷酸 20kg 施用區에서는 4.8-6.8배의 收量 增加를 보인 反面, ladino clover는 14.5배의 收量增加를 보여 禾本科 牧草에 비해 越等히 높은 磷酸效果를 나타내었다. 또한 磷酸 80kg 施用水準에서도 禾本科 牧草는 草種間 큰 差異없이 無磷酸區에 비해 6.0-8.2배의 收量을 나타내었으나 荳科牧草인 ladino clover는 25.4배의 收量을 보여 磷酸水準이 增加됨에 따라 收量增加는 禾本科牧草에 비해 顯著히 높게 나타났다.

Table 20. Relative increases in dry matter yields in individual pasture species by phosphate application levels.

Species	Phosphate (kg/10a)			
	0	20	40	80
Orchardgrass	1.0	6.0	7.1	8.2
Tall fescue	1.0	6.2	6.9	7.9
Perennial ryegrass	1.0	6.3	7.3	7.9
Redtop	1.0	4.8	5.3	6.0
Ladino clover	1.0	14.5	19.1	25.4

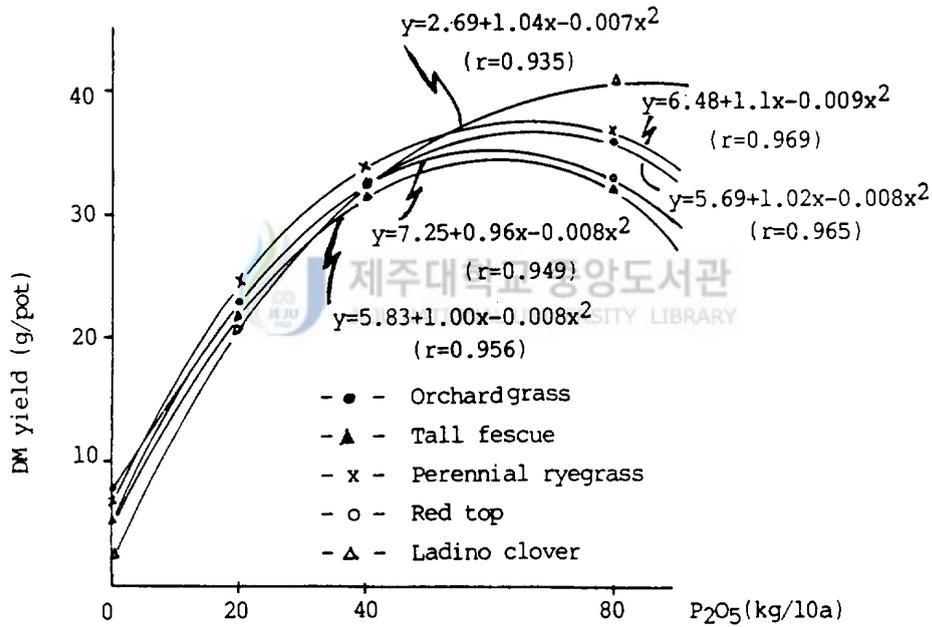


Fig. 11. Relationship between phosphate application levels and dry matter yields in individual pasture species.

#### 라. 磷酸施用 水準과 刈取時期別 牧草收量

刈取時期別 乾物收量에 미친 磷酸의 效果를 보면(Fig. 12 參照) 모든 草種에서 1회 刈取時에 磷酸의 效果가 높게 나타나 磷酸施用水準이 增加됨에 따라 收量은 直線的으로 增加되고 있어 높은 相關( $r=0.94$ )을 보였다. 그러나 刈取回數가 進行됨에 따라 磷酸의 效果는 漸次 減少되어 4회 刈取時 5草種 平均 磷酸施用量과 收量과의 相關은  $r=0.70$ 으로 1회 刈取時에 비해 顯著히 떨어졌다. 이 結果는 濟州 火山灰土壤에서 磷酸效果가 1회 刈取時에는 높았으나 刈取回數가 進行됨에 따라 減少되었다는 李等(1975), 高等(1988)의 結果나 Sinclair(1975)나 Zunino等(1973)이 牧草에 磷酸施用 效果는 生育初期에 높게 나타났으나 生育이 進行되면서 漸次 減少되었다는 結果와 符合되고 있다.

#### 마. 草種別 磷酸 吸收量 및 回收率

草種別 磷酸吸收量 및 回收率은 Table 21에 나타내었다. 草種別 磷酸回收量( $P_2O_5$  mg/pot)은 tall fescue를 除外한 모든 草種이 黑色土壤에 비해 濃暗褐色土壤에서 높은 回收量을 보이고 있어 5草種 平均 黑色土壤에서 回收量은 118.8mg/pot에 비해 濃暗褐色土壤에서는 138.9mg으로 12%가 많은 回收量을 나타내고 있다. 또한 石灰施用에 의한 磷酸 回收量도 모든 草種에서 增加되고 있어 無石灰區 123.1mg에 비해 石灰區는 134.8mg으로 9%가 더 높았다. 이 結果는 Shoop等(1961), Haynes等(1981), Rangeley等(1986), Lim 및 Shen(1978)이 石灰施用으로 磷酸含量을 增加시켰다는 結果와 類似하지만, white clover에서 石灰施用으로 乾物內 P含量은 減少되었다는 Lowther 및 Adams(1970)의 報告와는 相反되고 있다.

磷酸施用量에 따른 回收量은 草種에 따라 多少 差異가 있어 orchardgrass에서의 無磷酸區에서 回收量은 10.1mg/pot에 不過했으나, 磷酸 20, 40, 80kg區에서는 各 各 108.7, 159.7, 234.6mg/pot으로 顯著히 增加되어 Dull等(1960),

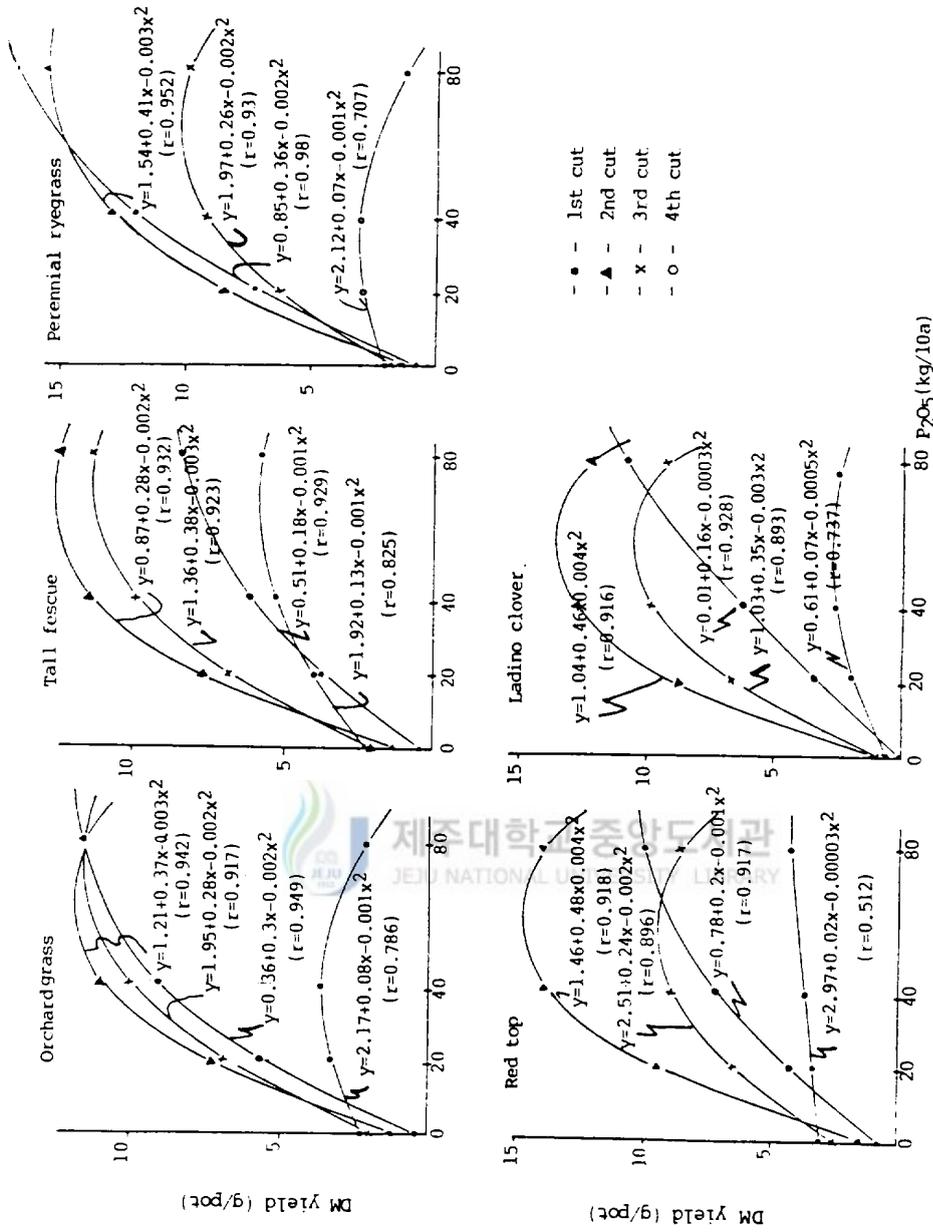


Fig. 12. Relationship between phosphate application levels and dry matter yield in different cutting times (g/pot).

Barber(1958), Adams 等(1967)도 類似한 結果를 報告 한바 있다. 이런 結果는 tall fescue, perennial ryegrass, redtop, ladino clover 等에서도 비슷한 傾向을 보였다. 그러나 磷酸施用量에 따른 利用率은 磷酸施用水準의 增加됨에 따라 漸次 減少되고 있어 orchardgrass의 境遇 磷酸 20kg區에서 磷酸의 利用率 13.7%를 나타낸데 비해 磷酸 40, 80kg區에서는 各各 10.3%, 7.8%로 減少되었다. 이 結果는 林 等(1988)이 火山灰土에서 보리를 栽培했을 때 磷酸施用水準이 增加됨에 따라 P의 利用率은 減少되어 磷酸吸收係數의 5%, 10%, 15%를 施用했을 때 利用率은 各各 2.9%, 2.4%, 1.5%로 낮아진 結果와는 類似하지만, Adams 等(1967)은 sandy loam 土壤에서 bermudagrass에 ha當 磷酸 24kg, 48kg, 90kg을 施用했을 때 P의 利用率은 各各 42%, 40%, 31%라 하여 本試驗의 磷酸回收率에 比해서는 훨씬 높은 數値를 보이고 있어 土壤이나 草種에 따라 磷酸의 利用率은 많은 差異가 있을 것으로 推定된다.

Table 21. Effects of lime and phosphate application levels on P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> recovery in individual pasture species.

Species	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> recovery(mg/pot)								P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> recovery(%)									
	Soil		Lime		Phosphate				Soil		Lime		Phosphate					
	B	VDB	0	300	0	20	40	80	Mean	B	VDB	0	300	0	20	40	80	Mean
Orchardgrass	114.4	142.1	122.4	134.6	10.1	108.7	159.7	234.6	128.4	9.6	11.4	10.1	11.2	0	13.7	10.3	7.8	10.5
Tall fescue	114.4	101.8	102.3	104.1	10.8	99.6	130.5	171.5	103.2	9.6	8.2	9.2	8.2	0	12.4	8.2	5.7	8.7
Perennial ryegrass	116.0	137.5	122.9	130.9	11.7	111.0	154.5	230.0	126.8	9.8	11.0	10.1	10.8	0	13.7	10.1	7.6	10.5
Redtop	128.2	159.5	138.0	149.9	15.8	118.5	179.9	261.6	143.7	10.5	12.1	10.5	12.4	0	14.2	11.4	8.7	11.4
Ladino clover	130.5	156.3	131.8	155.2	5.0	112.1	183.1	273.5	143.5	11.2	13.0	11.0	13.0	0	14.9	12.4	9.4	12.1
Mean	118.8	138.9	123.1	134.8	10.8	109.2	161.6	234.4	-	10.1	11.2	10.1	11.2	0	13.7	10.5	7.8	10.5

Recovery(%)=100 [(P(mg) recovered in pasture species grown on soil with P applied - P(mg) recovered in pasture species grown on soil without P applied)/P(mg) applied]

### 3. 石灰 및 磷酸施用에 의한 牧草의 無機成分 含量 變化

#### 가. 土壤別 牧草의 無機成分 含量

土壤別 牧草의 無機成分 含量은 Table 22에서 보는 바와 같다.

5草種 平均 P의 含量은 黑色土壤에서 0.196%인데 비해 濃暗褐色土壤은 0.211%로 11%가 높았다. 草種別 P含量을 보면 orchardgrass와 perennial ryegrass는 黑色土壤에 비해 濃暗褐色土壤에서 높은 含量( $P < 0.01$ )을 나타냈고 tall fescue, redtop, ladino clover 등이 P含量은 土壤間에 有意差는 없었다.

또한 K, Ca 含量도 모든 草種에서 黑色土壤에 비해 濃暗褐色土壤에서 높아 특히 ladino clover에서 Ca含量은 禾本科牧草에 비해 2-3倍로 높은 含量을 나타낸 반면 Mg, Zn, Fe 등의 含量은 모든 草種에서 土壤間 큰 差異가 없었다. 이와 같이 P, K, Ca 등의 濃暗褐色土壤에서 높은 것은 濃暗褐色土壤이 黑色土壤에 비해 磷酸吸收係數가 낮고 置換性鹽基 含量이 높아 施用된 P의 效率을 增加시킨 때문으로 생각된다 (嚴等, 1977; 柳等, 1978; 李等 1983).

#### 나. 石灰施用에 의한 牧草의 無機成分 含量變化

石灰施用과 無石灰施用間의 牧草內 無機成分 含量(Table 23 參照)은 無石灰區의 5草種 平均 P의 含量이 0.202%인데 비해 石灰區도 0.203%에 不過해 石灰施用으로 뚜렷한 增加는 없었다. 그러나 Juo 및 Ballaux(1977), Kowalenko 등(1980), 鄭等 (1982)은 石灰施用으로 牧草內의 P含量이 增加됨을 報告하여 本 試驗結果와 多少 差異를 나타내었다. 草種別 P의 含量은 redtop, ladino clover 등이 어느 石灰 處理 區도 他草種에 비해 높은 P含量을 보였다. 또한 Ca, Mg도 P含量과 비슷한 傾向을 보여 石灰 施用區에서 높은 含量을 보여 이들 成分은 苦土石灰內에 含有된 CaO, MgO 등이 크게 作用한 것으로 생각된다. 그러나 石灰施用으로 牧草의 K, Fe 含量

**Table 22.** Mineral contents in individual pasture species grown of different types of soil, averaged over lime and phosphate application levels.

Soil	Species	Content(%)				Zn (ppm)	Fe (ppm)
		P	K	Ca	Mg		
<b>Black soil</b>	Orchardgrass	0.178	2.828	0.397	0.476	120.1	219.0
	Tall fescue	0.175	2.612	0.403	0.496	107.7	266.3
	Perennial ryegrass	0.177	2.659	0.396	0.384	104.1	327.9
	Redtop	1.224	3.005	0.391	0.328	131.1	395.5
	Ladino clover	1.224	2.803	1.277	0.672	133.3	511.6
	Mean	0.196	2.781	0.573	0.471	119.3	344.1
<b>Very dark brown soil</b>	Orchardgrass	0.218	3.605	0.427	0.473	107.4	213.0
	Tall fescue	0.165	3.642	0.408	0.472	87.7	279.2
	Perennial ryegrass	0.200	3.348	0.434	0.394	103.3	331.5
	Redtop	0.250	3.775	0.400	0.292	117.2	403.5
	Ladino clover	0.221	2.805	1.366	0.568	132.2	474.8
	Mean	0.211	3.435	0.607	0.440	109.6	340.4
<b>Singnificance</b>	Orchardgrass	**	**	*	N S	N S	NS
	Tall fescue	N S	**	N S	N S	N S	NS
	Perennial ryegrass	**	*	N S	N S	N S	NS
	Redtop	N S	N S	N S	*	*	NS
	Ladino clover	N S	N S	*	*	N S	NS

\* p<0.05, \*\*; p<0.01

NS; Not singnificant

Table 23. Mineral contents in individual pasture species grown on soils fertilized with or without lime, averaged over different types of soil and phosphate application levels.

Lime	Species	Content(%)				Zn (ppm)	Fe (ppm)
		P	K	Ca	Mg		
Non-lime	Orchardgrass	0.196	3.225	0.364	0.427	119.1	221.8
	Tall fescue	0.175	3.076	0.372	0.447	95.8	277.8
	Perennial ryegrass	0.182	3.058	0.360	0.363	106.2	335.5
	Redtop	0.229	3.485	0.342	0.292	124.4	397.6
	Ladino clover	0.229	2.840	1.153	0.630	135.2	468.8
	Mean	0.202	3.137	0.518	0.432	116.1	340.3
Lime (300kg/10a)	Orchardgrass	0.201	3.208	0.460	0.522	107.6	210.1
	Tall fescue	0.164	3.178	0.439	0.521	99.7	267.7
	Perennial ryegrass	0.189	2.948	0.471	0.461	101.1	323.9
	Redtop	0.245	3.298	0.448	0.327	123.9	401.3
	Ladino clover	0.216	2.769	1.490	0.610	130.3	517.6
	Mean	0.203	3.080	0.662	0.479	112.5	344.1
Significance	Orchardgrass	NS	NS	*	**	NS	NS
	Tall fescue	NS	NS	*	**	NS	NS
	Perennial ryegrass	NS	NS	**	**	**	NS
	Redtop	NS	NS	**	**	NS	NS
	Ladino clover	NS	NS	**	NS	**	NS

\* p<0.05, \*\*: p<0.01

NS: Not significant

에는 큰 影響을 주지 않았으며, Zn 含量은 perennial ryegrass와 ladino clover에서 오히려 石灰施用으로 減少되는 現象을 나타내었다. 이 結果는 Kowalenko 等(1980), 鄭 等(1982)도 石灰施用으로 K, Zn 含量에는 差異가 없었으나 Fe 含量은 石灰施用으로 增加되었다는 結果와 類似하였다.

#### 다. 磷酸施用水準에 의한 牧草의 P, Ca 및 Mg 含量 變化

磷酸施用水準에 따른 草種別 P, Ca, Mg 含量은 Table 24와 같다. Orchardgrass의 境遇 P의 含量은 無磷酸區에서 0.102%에 不過했으나 磷酸 20, 40, 80kg/10a 水準에서는 各各 0.177, 0.228, 0.286%로 顯著히 增加되었으며 tall fescue, perennial ryegrass, redtop, ladino clover등에서도 비슷한 傾向을 보여 모든 草種에서 石灰施用水準이 增加됨에 따라 높은 P 含量( $P < 0.01$ )을 나타냈다. 이 結果는 Stanford 等(1955), Terman 等(1960), Shenk 等(1979), Cassman 等(1981), 金(1984)이 報告한 磷酸施用水準이 增加됨에 따라 牧草內의 P 含量이 增加되었다는 結果와 一致되고 있다.

草種別 P 含量은 redtop이 0.237%로 가장 높았고 ladino clover, orchardgrass, perennial ryegrass, tall fescue 순위로 나타났다. 그러나 redtop이 磷酸含量이 높았던 것은 他草種에 비해 低水準 P 土壤에서도 適應性이 強하는 結果나(Jackman 等, 1972; Mount 等, 1984), P 吸收力이 강한 草種중의 하나라고 指摘하고 있어(Tanaka 等, 1984), redtop이 P의 吸收는 他草種보다 더 높은 것으로 생각된다. 또한 Ca, Mg 含量도 磷酸施用水準이 增加함에 따라 모든 草種에서 增加한 것은 熔成磷肥에 含有된 副成分 CaO(30%), MgO(12%) 等の 效果에 의한 것으로 推定된다.

#### 라. 磷酸施用水準에 의한 牧草의 K, Na, Zn 및 Fe 含量

磷酸施用水準에 따른 草種別 K, Na, Zn, Fe 含量變化는 Table 25에서 보는 바와 같다. 牧草의 K 含量은 草種間에 多少의 差異를 나타내고 있으나 대부분 草種의 磷

Tabel 24. Effects of phosphate application levels on P, Ca and Mg concentration (%) in individual pasture species, averaged over soil types and lime levels.

Mineral	Species	Phosphate (kg/10a)				Mean	Significance
		0	20	40	80		
P	Orchardgrass	0.102	0.177	0.228	0.286	0.198	**
	Tall fescue	0.092	0.164	0.198	0.225	0.170	**
	Perennial ryegrass	0.094	0.171	0.209	0.266	0.185	**
	Redtop	0.122	0.205	0.279	0.342	0.237	**
	Ladino clover	0.104	0.228	0.264	0.295	0.223	**
	Mean	0.103	0.200	0.236	0.283	-	- q
Ca	Orchardgrass	0.319	0.425	0.468	0.436	0.412	**
	Tall fescue	0.380	0.419	0.429	0.394	0.406	NS
	Perennial ryegrass	0.343	0.407	0.456	0.455	0.416	**
	Redtop	0.350	0.399	0.432	0.400	0.395	*
	Ladino clover	1.021	1.442	1.438	1.368	1.322	**
	Mean	0.483	0.618	0.645	0.614	-	-
Mg	Orchardgrass	0.382	0.475	0.503	0.538	0.475	**
	Tall fescue	0.358	0.463	0.515	0.601	0.484	**
	Perennial ryegrass	0.263	0.372	0.431	0.491	0.484	**
	Redtop	0.246	0.277	0.324	0.393	0.310	*
	Ladino clover	0.355	0.602	0.714	0.808	0.620	**
	Mean	0.321	0.438	0.497	0.566	-	-

\*:P<0.05, \*\*:P<0.01

NS:Not significant

**Table 25.** Effects of phosphate application levels on K, Na, Zn and Fe concentrations(%) in individual pasture species, averaged over soil types and lime levels.

Maneral	Species	Phosphate (kg/10a)				Mean	Significance
		0	20	40	80		
K(%)	Orchardgrass	3.600	3.473	3.141	2.562	3.216	*
	Tall fescue	3.075	3.414	3.151	2.869	3.127	NS
	Perennial ryegrass	3.890	2.970	2.626	2.527	3.004	**
	Redtop	3.328	3.807	3.454	2.977	3.390	NS
	Ladino clover	2.851	3.475	2.779	2.112	2.804	*
	Mean	3.349	3.428	3.030	2.627	-	-
Na(ppm)	Orchardgrass	0.048	0.111	0.150	0.194	0.126	*
	Tall fescue	0.063	0.090	0.118	0.164	0.109	**
	Perennial ryegrass	0.083	0.211	0.249	0.280	0.206	**
	Redtop	0.068	0.144	0.179	0.248	0.160	**
	Ladino clover	0.076	0.223	0.249	0.261	0.202	**
	Mean	0.068	0.156	0.189	0.229	-	-
Zn(ppm)	Orchardgrass	116.4	107.0	106.1	125.5	113.7	NS
	Tall fescue	87.7	102.8	93.8	106.5	97.7	NS
	Perennial ryegrass	96.6	98.7	113.1	106.2	103.7	NS
	Redtop	139.2	123.5	117.1	116.2	124.2	NS
	Ladino clover	124.6	128.6	143.5	134.3	132.7	NS
	Mean	112.9	112.1	114.9	117.7	-	-
Fe(ppm)	Orchardgrass	305.8	209.8	182.2	166.0	216.0	*
	Tall fescue	433.1	235.6	222.9	219.3	272.7	**
	Perennial ryegrass	514.0	271.8	285.2	247.9	329.7	**
	Redtop	891.6	270.7	235.3	200.5	399.5	**
	Ladino clover	968.3	377.8	328.6	298.0	493.2	**
	Mean	622.6	273.1	250.8	226.3	-	-

\*:P<0.05, \*\*:P<0.01

NS:Not significant

酸施用 水準이 增加됨에 따라 K함량은 減少되는 傾向을 보였으나 tall fescue, redtop, ladino clover 등은 磷酸 20kg區에서 多少 높은 K함량을 보였다. 이 結果는 Shoop 等(1961)이 tall fescue, redtop, ladino clover에 磷酸을 施用했을 때 低磷酸 施用水準에서 K함량이 높아졌다는 結果와는 類似하지만, 混播牧草에서 磷酸 施用水準이 높아짐에 따라 K함량은 높아졌다고 한 Langlands 等(1979)이 報告와는 差 異가 있다. 한편 Na함량은 모든 草種에서 P施用의 增加됨에 따라 顯著히( $P < 0.01$ ) 增加되었으며, Kashirad 等(1978)이 cowpea에서 磷酸 施用量이 높아질수록 植物體 內的 Na함량은 增加되었다고 報告한 바 있다. 그러나 Zn함량은 모든 草種에서 P 施用量 增加에 따라 어떤 變化를 나타내지 않았으나 Fe함량은 磷酸 施用量이 增加됨에 따라 有意적으로( $P < 0.01$ ) 減少를 보였다. Haynes 等(1981)도 石灰나 磷酸 施用으로 土壤內 Fe함량이 越等히 減少되었다는 結果를 볼 때 대부분 草種이 磷酸 施用으로 Fe吸收을 減少시킨 것으로 推定된다.

〈試驗Ⅱ〉 黑色火山灰土壤에서 石灰 및 磷酸 施用이 混播牧草 收量 및 牧草構成比 率에 미치는 影響

### 1. 石灰 및 磷酸 施用에 의한 土壤의 化學性 變化

3年間に 걸친 混播牧草 試驗後 各 處理別 土壤의 pH, OM 그리고 無機物 等の 含量은 Table 26에 나타난 바와 같다.

石灰 施用에 의한 土壤 pH 增加는 無石灰區 5.47에 비해 石灰區(300kg/10a)에서 는 5.97로 다소 增加되었으나 統計的인 有意差는 나타나지 않았으며 牧草生育에 필요한 pH 6.0-6.5(Haynes 1981, 1983) 範圍에는 미치지 못하였다. 이와같이 낮은 土壤 pH는 火山灰土壤에서 pH를 6.0-6.5로 增加시키기 위해서 10a當 1,000-2,000kg 의 石灰를 施用해야 한다는 柳 等(1978)의 報告와 比較할 때 本 試驗에서 施用된

石灰(300kg/10a)는 pH를 높히는데 未洽했던 것으로 생각된다. 그러나 鄭等(1982)과 During(1972), Edmeades 等(1984)이 草地에 ha當 2.5%의 石灰를 施用했을때 pH 0.2-0.3單位가 增加되었다는 報告는 本 試驗 結果와 類似하였으며 金等(1984)도 火山灰土에서 10a當 500kg를 施用했을 때 0.6單位가 增加된 pH 5.8를 報告한 바 있다.

磷酸施用에 의해서 土壤 pH는 큰 差異가 없어 無磷酸區 5.8에 비해 磷酸 20, 40, 80kg區에서 各各 5.8, 5.9, 5.9였다. 이 結果는 林等(1988)의 火山灰土에서 熔成 磷肥를 施用했을 때 pH가 높아진다는 報告나 柳等(1978)이 熔成磷肥內 CaO, MgO 등이 pH 增加에 有利하게 作用한다는 結果와는 다른 傾向이었다.

土壤內 有效磷酸 含量은 石灰無施用區와 石灰施用區間에 各各 17.7, 29.4ppm으로 石灰施用에 의한 有效磷酸 含量은 顯著히 增加되었다. 이 結果는 spodosol이나 oxisol 土壤에서 石灰施用으로 有效磷酸 含量이 增加되었다는 報告(Bennett 等 1968; Adams 및 Pearson 1967; Jackson 等, 1967)와 一致하고 있으나 ultisol 土壤에서는 오히려 石灰施用으로 有效磷酸이 減少된다는 Soltanpour 等(1974), Haynes(1982) 報告와는 相反된 結果를 나타내고 있다. 그러나 石灰施用으로 有效磷酸 含量의 增加된 原因은 石灰施用에 의해 土壤內 活性 Al을 不活性化 시켜 有效磷酸 含量을 增加시킬 수 있다는 結果(李等, 1975; 愼等, 1975; 柳等, 1978, 金等, 1984)와 類似하다 할 수 있다.

有效磷酸 含量은 磷酸施用 水準이 增加됨에 따라 顯著히 增加 되어( $P < 0.01$ ) 無磷酸區 6.2ppm에 비해 磷酸 20, 40, 80kg區에서는 各各 12.2, 34.6, 41.4ppm으로 增加되었다. 이런 結果는 朴等(1988), Haynes 等(1981), Mackay 等(1985), Greeve 및 Sumner(1970) 等도 類似한 結果를 報告하고 있으나 本試驗에서는 牧草生育에 必要한 土壤內 適正 有效磷酸 含量 100ppm(農林水技會, 1967)에는 훨씬 미치지 못하였다.

Ca, Mg含量도 石灰나 磷酸施用으로 因하여 뚜렷이 增加되었으며 이는 苦土石灰

나 熔成磷肥內에 含有된 CaO, MgO 等이 크게 作用한 것으로 思料되며, 火山灰土 에서는 不足된 鹽基를 供給하기 위하여 苦土石灰, 珪灰石, 熔成磷肥 등의 施用이 必要하다고 指摘하고 있다 (李 等, 1975; 林 等 1975; 柳 等, 1978)

Table 26. Changes in chemical characteristics of the soil after the 3-year experiment.

Lime (kg/10a)	Phosphate (kg/10a)	pH (1:5)	OM (%)	AV.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	T-N (%)	Ex. cations(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	9.50	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	1.66	29.4	0.47	0.44	4.45	3.06	0.30	21.9

\* Mean of 4 soil samples taken at 0-20cm in depth.

## 2. 石灰 및 磷酸施用 水準別 牧草의 乾物收量

石灰 및 磷酸施用에 의한 3年間의 乾物收量은 Table 27 및 Fig. 14에서 보는 바와 같다. 石灰의 施用은 收量增加에 다소 影響을 주었으나 統計的인 有意差는 없었다.

그러나 磷酸施用에 따른 收量增加는 顯著하여 3年間 平均 10a當 乾物收量은 無磷酸區가 488.3kg에 比해 磷酸 20, 40, 60kg區에서는 各各 1,024, 1,137, 1,202kg으로 水準間 높은 有意差를 보였으나( $P < 0.01$ ), 磷酸 20, 40, 60kg 水準間에는 큰 差異가 없었다. 이는 金 等(1984)의 磷酸施用 試驗(0-30kg/10a)에서 無磷酸區와 10kg區間에는 牧草收量의 差異가 많았으나 10kg과 30kg區間에서는 別 差異가 없었다는 報告나, 보리와 大豆를 試驗한 林 等(1988), 柳 等(1978)도 磷酸施用區와 無施用區間에 높은 收量 差異가 있었다는 結果는 本 試驗과 類似하였다.

Table 27. Effects of lime and phosphate application levels on dry matter yields in mixed sward (kg/10a)

Lime (kg/10a)	Phosphate (kg/10a)	Year			Mean
		'84	'85	'86	
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	1,257.7	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**	96.2**
	LxP	NS	NS	NS	NS

\*\* :  $P < 0.01$

NS: Not significant

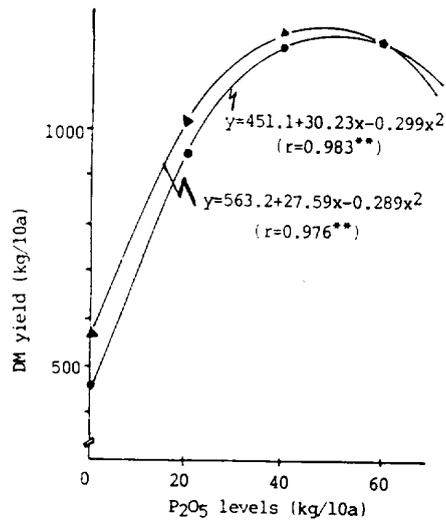


Fig. 13. Relationship between DM yields in mixed sward and phosphate application levels with no-lime (— • —) or lime (— ▲ —) treatment.

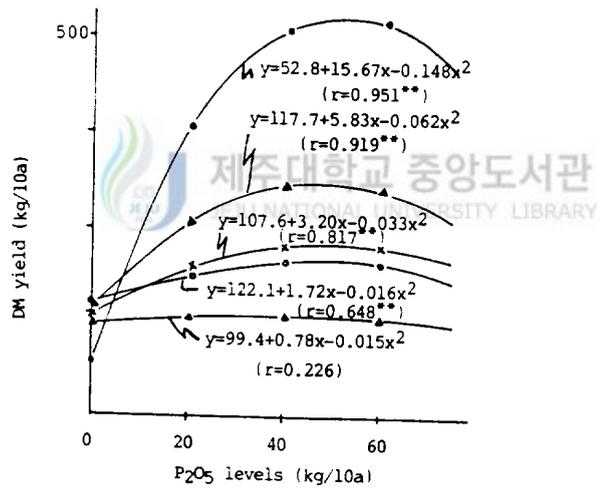


Fig. 14. Relationship between DM yields in mixed sward and phosphate application levels in different cutting times (— • — 1st cut, — ▲ — 2nd cut, — x — 3rd cut, — o — 4th cut, — △ — 5th cut, 1986).

年差間 乾物收量은 어느 處理에서나 1次年度의 收量이 가장 높았으며 2次 및 3次年度로 進行됨에 따라 收量은 漸次 減少되는 傾向을 보였다.

刈取時期에 따른 磷酸의 效果를 보면(Fig. 14 參照) 1回 刈取時에 磷酸의 效果가 가장 높아 磷酸施用과 乾物收量과의 關係는  $Y=52.8+15.7X-0.148X^2$ ;  $r=0.951$ 을 보였으나, 刈取時期가 進行됨에 따라 점차 減少되어 5回 刈取時에는  $Y=99.4+0.78X-0.015X^2$ ;  $r=0.226$ 을 보여 磷酸效果는 顯著히 減少되었다. 이런 結果는 Sinclair(1975), Keay 等(1975), Zunino 等(1973)도 磷酸施用의 效果는 牧草의 初期生育에 가장 높았다는 報告나, 보리와 大豆를 栽培했을 때에 처음에 施用한 磷酸의 效果는 作期가 進行됨에 따라 漸次 減少되었다는 柳 等(1978)의 報告를 볼 때 刈取回收가 進行됨에 따라 早春에 施用한 磷酸은 土壤中에서 漸次 減少되어 乾物收量에 미치는 磷酸效果는 적어진 것으로 생각된다.

### 3. 石灰 및 磷酸施用 水準別 牧草構成比率

石灰 및 磷酸施用에 따른 牧草構成 比率은 Table 27과 Fig. 15에 보는 바와 같다. 牧草構成 比率은 無磷酸區에서 荳科牧草의 生育은 거의 不可能한 反面 禾本科 牧草인 redtop이 크게 優占되었다. 이와 같은 結果는 Mouat(1983)나 Jackman 等(1972)이 磷酸이 不足된 土壤中에서 redtop은 生育初期에 磷酸 吸收를 增加시켜 white clover를 抑壓시키고 또한 生育이 進行되면서 redtop은 단단한 줄기의 mat로 다른 混播 牧草의 生育을 抑壓시킨다고 指摘하고 있어 本 試驗에서도 redtop이 70-80%로 優占된 것은 磷酸 吸收力이 크고 단단한 줄기의 mat는 다른 草種의 生育을 크게 抑制시킨 것으로 推定된다. 그러나 磷酸施用區에서는 水準間 큰 差異없이 orchardgrass가 50-60%의 높은 比率을 나타내고 있는데 比해 tall fescue, perennial ryegrass等은 10-20%, ladino clover는 15-20%를 나타냈으나 磷酸施用으로 ladino clover의 比率은 多少 增加되는 傾向을 보였다. 이와 같이 磷酸施用區에서 orchardgrass가 크게

Table 28. Effects of lime and phosphate application levels on the botanical composition in mixed sward.

Year	Phosphate	Non-lime			lime		
		Grasses	Legumes	Weeds	Grasses	Legumes	Weeds
'84 Spring	0	70.0	-	30.0	69.4	1.7	28.9
	20	93.2	3.5	3.3	94.7	3.9	1.4
	40	92.9	4.8	2.3	91.7	4.4	3.9
	60	92.4	5.2	2.4	95.4	4.1	0.5
	Mean	87.1	3.4	9.5	87.8	3.5	8.7
'84 Autumn	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
'85 Autumn	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
'86 Autumn	0	91.5	-	8.6	89.3	-	10.7
	20	84.4	13.4	0.6	70.5	29.0	0.5
	40	70.3	29.7	-	62.5	36.5	-
	60	66.8	31.8	1.4	72.3	27.7	-
	Mean	77.3	18.7	3.0	74.4	23.6	2.0

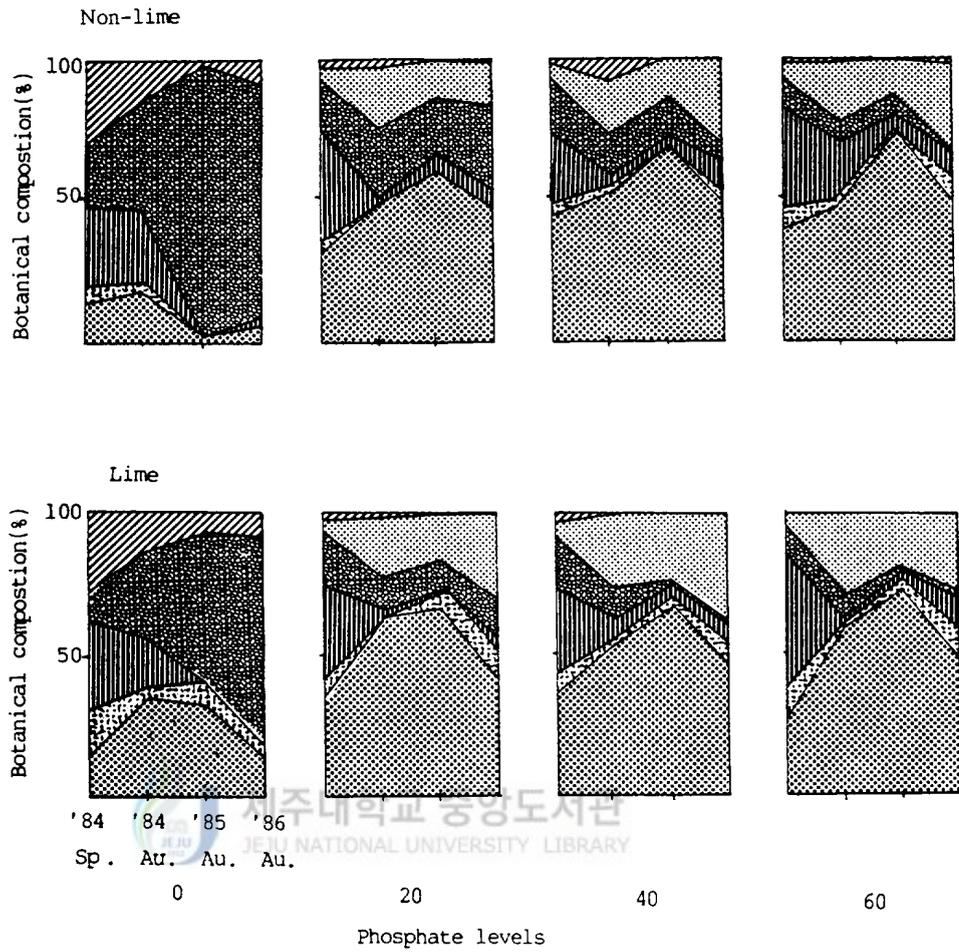


Fig. 15. Effects of lime and phosphate treatments on the botanical composition in mixed sward (Sp; Spring, Au; Autumn, ; Orchardgrass, ; Tall fescue, ; Perennial ryegrass, ; Redtop, ; Ladino clover, ; weeds).

優占된 原因은 다른 草種에 比해 播種量이 많았고(Table 7 參照), 이 牧草는 어느 地域에서나 잘자라는 適應性이 넓은 草種으로(金 等, 1968) 낮은 pH나 磷酸含量에도 適應性이 극히 強하여(Tanaka 等, 1984) 다른 草種에 比해 높은 比率를 차지한 것으로 생각된다.

#### 4. 牧草의 無機成分 含量

混播草地內의 無機成分 含量은 Table 29에 나타내었다.

混播草地의 P含量은 石灰施用區와 無石灰區間에 큰 差異없이 0.23-0.24%를 보여 石灰施用에 따른 牧草의 P含量에는 큰 差異가 없었다는 Shoop 等(1961), Davis(1981), Rangeley 및 Bolton(1986), 佐藤 等(1984)의 結果와 類似하였다. 그러나 磷酸施用 水準이 增加함에 따라서 P含量은 顯著히 增加되고 있어 石灰-無磷酸區는 0.14%에 不過했으나 磷酸 20, 40, 60kg水準에서는 各各 0.23, 0.27, 0.29%로 增加되었으며 이 같은 現象은 無石灰區에서도 비슷한 傾向을 보였다.

牧草의 Ca含量도 石灰區와 無石灰區間에 큰 差異가 없이 0.38-0.39%를 나타내어 石灰施用에 의해 牧草內 Ca含量은 큰 影響을 받지 않았다는 Rangeley 및 Bolton(1986), 佐藤 等(1984)의 報告와는 一致되고 있으나 石灰施用에 의하여 牧草內 Ca 含量은 顯著히 增加되었다는 Shoop 等(1961)과 Davis(1981)의 報告와는 相反되는 結果였다. 이와 같이 石灰施用으로 Ca含量이 差異를 보이는 것은 土壤이나 草種에 따라 石灰施用의 效果가 다를 것으로 推定되며, 本 試驗에서 施用된 石灰(30 0kg/10a)는 Ca含量을 增加시키는데 多少 未洽했던 것으로 생각된다.

磷酸施用에 따른 牧草內 Ca含量은 無磷酸區와 磷酸 20kg區間에는 各各 0.25, 0.41%로 큰 差異를 보였으나 磷酸施用 水準間(20, 40, 60kg/10a)에는 큰 差異없이 0.40-0.46%의 含量을 나타내고 있어 牧草生育에 缺乏水準인 0.3%(McNaught, 1970)에 比해서는 모두 높은 含量을 維持하였다. 또한 Mg含量도 無石灰區 0.32%에 比해 石灰區는 0.39%로 높은 增加( $P < 0.05$ )를 보이고 있으며 磷酸施用에 의해서도 Mg 含

량은 顯著히 增加( $P < 0.01$ )되어 石灰-無磷酸區가 0.28%에 비해 磷酸 20, 40, 60kg 區에서 各各 0.41, 0.43, 0.49%를 나타내었다. 그러나 이와 같은 牧草內 Mg含量은 grass tetany가 發生되는 Mg含量 0.2% 以下水準(Kemp, 1960)보다는 높은 含量을 나타냈다.

Table 29. Effects of lime and phosphate application levels on mineral contents in mixed sward, averaged over all cuts ('84-'86).

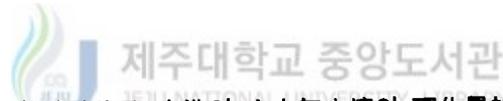
Lime	Phosphate	Contents (%)			
		P	K	Ca	Mg
0	0	0.14	2.57	0.23	0.17
	20	0.23	3.25	0.42	0.32
	40	0.29	3.67	0.45	0.40
	60	0.31	3.47	0.43	0.40
	Mean	0.24	3.24	0.38	0.32
300	0	0.14	3.16	0.26	0.28
	20	0.23	3.58	0.40	0.41
	40	0.27	3.57	0.45	0.43
	60	0.29	3.50	0.46	0.45
	Mean	0.23	3.45	0.39	0.39
LSD	Lime	NS	NS	NS	0.043*
	Phosphate	0.035**	0.484**	0.097**	0.097**
	Lime x Phosphate	NS	NS	NS	NS

\*;  $P < 0.05$ , \*\*;  $P < 0.10$

NS; Not significant

## IV. 摘 要

濟州道の 中山間地帶 土壤은 대부분 黑色 및 濃暗褐色土壤 火山灰土壤으로 되어 있어 allophane에 의한 磷酸의 不溶化에 따른 有效磷酸의 缺乏, 無基鹽類의 不足과 不均衡 및 낮은 土壤 pH 등으로 因하여 牧草生育에 極히 不利한 土壤條件을 가지고 있다. 그러나 이들 火山灰土壤의 不良性을 改良하여 牧草의 生産量을 增加시키는 것은 濟州 畜産發展에 가장 先決되어져야 할 課題라 생각된다. 따라서 本 試驗은 이들 土壤에서 草地改良에 主草種으로 利用되고 있는 orchardgrass, tall fescue, perennial ryegrass, redtop, ladino clover 等 5草種을 單播 및 混播하여 石灰(0, 30 0kg/10a)와 磷酸施用 水準(0, 20, 40, 80(60)kg/10a)을 달리했을때 土壤의 變化, 牧草生産性, 牧草內 無機養分 含量 및 牧草構成比率 等を 糾明하여 草地造成 및 管理利用에 適合한 施肥基準을 確立하고자 pot試驗 및 圃場試驗으로 區分하여 遂行하였다.



〈試驗 I〉 石灰 및 磷酸施用 水準이 火山灰土壤의 理化學的 性質 및 單播 牧草의 生産性에 미치는 影響(pot 試驗)

### 1. 土壤變化

가. 土壤의 pH는 黑色土壤에 비해 濃暗褐色土壤에서 높게 나타났으며( $P < 0.01$ ) 또한 石灰施用과 無施用區間에 各各 5.46, 5.36으로 有意差( $P < 0.01$ )를 나타냈다. 磷酸施用 水準에 따라서도 增加되어 磷酸 0, 20, 40, 80kg區에서 各各 5.12, 5.44, 5.53, 5.70을 나타냈다( $P < 0.01$ ).

- 나. 土壤內 有效磷酸 含量은 黑色土壤이 15.28ppm인데 비해 濃暗褐色土壤은 54.28ppm으로 有意的 差異( $P < 0.01$ )를 보였고, 石灰施用區와 無施用區間에는 큰 差異없이 33.4-36.1ppm이었으며 磷酸水準에 따라서는 顯著히 增加되어 無磷酸區 5.3ppm에 비해 磷酸 20, 40, 80kg區에서 各各 13.4, 41.2, 79.2 ppm으로 水準間 높은 有意差( $P < 0.01$ )를 나타냈다.
- 다. Ca含量은 두 土壤間에 큰 差異가 없었으나, 石灰施用效果는 無石灰區가 2.00me/100g에 비해 石灰區는 3.78me/100g으로 높은 增加를 보였으며 ( $P < 0.01$ ), 磷酸施用에 의해서도 增加되어 無磷酸區 1.84me/100g에 비해 磷酸 20, 40, 80kg 水準에서 各各 2.63, 3.18, 3.92me/100g으로 나타났다 ( $P < 0.01$ ). 또한 Mg含量도 土壤間에는 큰 差異없이 1.88-1.79me/100g이었으나 石灰施用으로 2.28me/100g으로 增加되었으며, 磷酸施用 水準에 따라서도 顯著히 增加되었다( $P < 0.01$ ).
- 라. 鹽基置換容量(CEC)은 黑色土壤이 24.64me/100g에 비해 濃暗褐色土壤은 18.6me/100g으로 낮은 含量을 보였고( $P < 0.01$ ), 石灰施用으로 9%가 增加된 22.5를 나타냈으며( $P < 0.01$ ), 磷酸施用水準에 따라 서로 增加되어 無磷酸區 20.2me/100g에 비해 磷酸 20, 40, 80kg區에서 各各 21.4, 23.4, 25.3me/100g으로 增加되었다( $P < 0.01$ ).
- 마. K와 Na含量은 土壤間이나 石灰施用間 큰 差異가 없었으며 磷酸施用水準에서는 無磷酸區에서 K含量이 多少 높았다.
- 바. 不可給態磷酸인 Al-P 및 Fe-P含量은 濃暗褐色土壤에 비해 黑色土壤에서 높았으나( $P < 0.01$ ) 石灰施用에 의한 差異는 없었고, 磷酸施用 水準이 增加됨에 따라 顯著히 增加되었다( $P < 0.01$ ).

## 2. 牧草生育 및 乾物 生産量

- 가. 牧草의 草長은 모든 草種에서 黑色土壤에 비해 濃暗褐色土壤이 높았으며( $P < 0.01$ ) 石灰施用의 効果는 ladino clover를 除外한 모든 草種에서 큰 差異가 없었으나 磷酸施用水準에 따라 모든 草種의 草長은 增加되었다( $P < 0.01$ ).
- 나. Orchardgrass의 乾物收量은 土壤間에는 差異가 없었으나, 石灰와 磷酸施用에 의하여 收量은 顯著히 增加되었으며( $P < 0.01$ ), 無磷酸區 4.38g/pot에 비해 磷酸 20, 40, 80kg 水準에서 各各 26.4, 31.0, 36.08g/pot으로 增加( $P < 0.01$ ) 되었다.
- 다. Tall fescue의 乾物收量도 土壤間에는 差異가 없었으나, 石灰나 磷酸施用으로 높은 收量增加( $P < 0.01$ )를 나타냈다.
- 라. Perennial ryegrass의 乾物收量은 石灰施用에 의한 收量差異는 없었으나 磷酸施用으로 收量은 增加( $P < 0.01$ )를 나타냈다.
- 마. Redtop은 石灰施用으로 收量增加는 없었으나 黑色土壤에 비해 濃暗褐色土壤에서 높은 收量を 나타냈고 無磷酸區 5.68g/pot에 비해 磷酸 20, 40, 80kg 水準에서 各各 27.5, 29.9, 34.5g/pot으로 有意的 增加( $P < 0.01$ )를 나타냈다.
- 바. Ladino clover의 乾物收量은 濃暗褐色土壤과 石灰施用에 의하여 增加( $P < 0.01$ ) 되었으며 無磷酸區 1.62g/pot에 비해 磷酸 20, 40, 80kg 水準에서 各各 13.5, 30.8, 41.0g/pot으로 有意的 增加( $P < 0.01$ )를 나타냈다.
- 사. 刈取時期別 磷酸施用効果는 모든 草種에서 1回 刈取時에 높았으며 磷酸施用水準과 乾物 收量과의 相關은  $r=0.932$ 을 나타내었으며 刈取回수가 進行됨에 따라 磷酸效果는 漸次 減少되어 4回 刈取時의 相關은  $r=0.713$ 이었다.

### 3. 牧草의 無機成分含量

- 가. Orchardgrass, perennial ryegrass 등의 P含量은 濃暗褐色土壤에서 높았으

며( $P < 0.01$ ), tall fescue, redtop 그리고 ladino clover의 P함량은 土壤間 差異가 없었다. Ca, Mg함량은 ladino clover만이 濃暗褐色土壤에서 높았으나 禾本科牧草는 土壤間에 差異가 없었다.

나. 石灰施用에 의한 P, K함량은 모든 草種에서 差異가 없었으나 Ca, Mg함량은 石灰施用으로 顯著히 增加되었다( $P < 0.01$ ). 磷酸水準이 增加됨에 따라 모든 草種이 P, Ca, Mg함량도 增加되었으나( $P < 0.01$ ), tall fescue의 Ca함량은 變化가 없었다.

다. K함량은 대부분 草種이 無磷酸區에서 높았으며 Na, Fe함량은 磷酸이 增加됨에 따라 顯著히 減少( $P < 0.01$ - $P < 0.05$ ) 되었으나 Zn함량은 施用 水準間에 差異가 없었다.

라. 磷酸 回收率は 대부분 草種이 黑色土壤에 비해 濃暗褐色土壤에서 많았으며 石灰施用으로 增加되었다. 5草種 平均 磷酸回收率は 黑色土壤에서 10.1%에 비해 濃暗褐色土壤은 11.2%였으며 磷酸施用量이 增加됨에 따라 回收率は 減少되어 磷酸 20, 40, 80kg에서 各各 13.7, 10.5, 7.8%를 보였다.

〈試驗Ⅱ〉 黑色火山灰土壤에서 石灰 및 磷酸施用 水準이 混播牧草의 收量 및 牧草 構成比率에 미치는 影響(圃場試驗)

가. 土壤의 pH는 石灰 300kg/10a 施用으로 0.23單位가 增加된 5.97를 나타냈고, 磷酸施用 水準間에는 큰 差異가 없었다.

나. 有效磷酸 含量은 無磷酸區 17.9ppm에 비해 石灰區는 24.9ppm이었으며 磷酸施用에 의한 效果는 無施用區 6.2ppm에 비해 磷酸 20, 40, 60kg 區에서 各各 12.2, 34.6, 41.2ppm으로 增加되었다.

다. 10a當 牧草의 乾物收量은 無石灰區 939.1kg에 비해 石灰區 986.6kg으로 增加되었으나 統計的인 有意差는 없었다. 磷酸施用 水準間에는 無磷酸區 488.2kg에 비해 磷酸 20, 40, 60kg區에서는 各各 1,024.2, 1,137.0, 1,202.2kg

으로 處理間 높은 有意差( $P < 0.01$ )를 보였다.

라. Ladino clover의 比率은 石灰施用으로 增加되어 無石灰區 11.8%에 비해 石灰區는 15.2%를 나타내었다. 無磷區에서 clover의 生育은 거의 不可能한 反面 redtop은 크게 優占(70-80%)되었다. 그러나 磷施用區에서는 水準間 큰 差異없이 orchardgrass 50-60%, tall fescue, perennial ryegrass 10-20%, ladino clover 15-20%의 比率을 나타냈다.

마. 牧草內 P의 含量은 石灰施用間에 큰 差異없이 0.23-0.24%를 보였으나 磷施用間에는 無磷區 0.14%에 비해 磷 20, 40, 60kg區에서는 各各 0.23, 0.28, 0.30%를 나타내었고 Ca, Mg含量도 石灰나 磷施用으로 增加되었다.

이상의 結果를 綜合해 보면 石灰나 磷을 同一水準으로 施用했을 때 黑色土壤에 비해 濃暗褐色土壤에서 土壤 pH, 有效磷, 無機成分 含量이 增加되어 牧草 生産量은 더욱 높았던 것으로 思料된다. 牧草이 適正生産(1,000-1,200kg/10a)을 위해서 石灰 施用量은 10a當 濃暗褐色土壤에서 300kg 程度이고 黑色土壤에서는 300-500kg을 施用하는 것이 妥當할 것으로 생각된다. 磷施用量은 禾本科牧草에서는 10a當 20-40kg, 荳科牧草에서는 40-60kg水準으로 推定되며 混播草地에서도 10a當 20-40kg 施用으로 適正生産을 維持시킬 수 있을 것으로 생각된다.

## 引用文獻

- Abruna, F., J. Vicente-chandler and R. W. Pearson. 1964. Effects of liming on yields and composition of heavily fertilized grasses and on soil properties under humid tropical conditions. Soil Sci. Soc. Proc. 657-661.
- Adams, F. and R. W. Pearson. 1967. Crop response to lime in the southern United States and Puerto Rico. In Soil acidity and liming. R. W. Pearson and F. Adams(eds.). Agron 12 : 161-306. Am. Soc. Agron., Madison. Wis.
- Adams, W. E., M. Stelly., H. D. Morris and C. B. Elkins. 1967. A comparison of coastal and common Bermudagrass (*Cynodon dactylon* (L.) PERS.) in the piedmont region. II. Effect of fertilization and crimson clover (*Trifolium incarnatum*) on nitrogen, phosphorus, and potassium contents of the forage. Agron. J. 59 : 281-284.
- Anderson, G. 1980. Assessing organic phosphorus in soil. In the Role of phosphorus in Agriculture. Eds. F. E. Khasawneh, E. C. Sample and E. J. Kamprath, PP. 411-431. American Soc. of Agro. Madison, Wisconsin.
- A. O. A. C. 1984. Official methods of analysis (14th Ed). Association of official analytical chemist. Washington D. C.
- Awan, A. B. 1964. Effect of lime on availability of phosphate in zamorano soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28 : 672-673.
- Barber, S. A. 1958. Relation of fertilizer placement to nutrient uptake and crop yield. I. Interaction of row phosphorus and the soil level of phosphorus. Agron. J. 50 : 535-539.

- Barrow, N. J. 1975. The response to phosphate of two annual pasture species. I. Effect of the soil's ability to adsorb phosphate on comparative phosphate requirement. *Aust. J. Agric. Res.* 26 : 137-143.
- Bennett, R. J., R. D. Russell and J. E. Watkin. 1968. Lime and phosphate treatments for reclamation of heather moorland. *J. Brit. Grassl. Soc.* 23 : 34-39.
- Boswell, C. C. and A. J. M. Crawford. 1979. Changes in the perennial rye grass component of grazed pasture. *Proceeding of the N. Z. Grassl. Asso.* 40 : 125-135.
- Bradshaw, A. D., M. J. Chadwick., D. Jowett., R. W. Lodge and R. W. Snaydon. 1960. Experimental investigations into the mineral nutrition of several grass species.
- III. Phosphate level. *Journal of Ecology* 48 : 631-637.
- Caradus, J. R. 1980. Distinguishing between grass and legume species for efficiency of phosphorus use. *N. Z. J. Agric. Res.* 23 : 75-81.
- Caradus, J. R. 1981. Effect of root hair length on white clover growth over a range of soil phosphorus levels. *N. Z. J. Agric. Res.* 24 : 353-358.
- Caradus, J. R. and R. W. Snaydon. 1986. Response to phosphorus of populations of white clover. I. Field studies. *N. Z. Journal of Agricultural Research* 29 : 155-162.
- Cassman, K. G., A. S. Whitney and R. L. Fox. 1981. Phosphorus requirements of soybean and cowpea as affected by mode of N nutrition. *Agron. J.* 73 : 17-22.
- Davis, M. R. 1981. Growth and nutrition of legumes on a high country yellow-brown earth subsoil. I. Phosphate response of *Lotus*, *Trifolium*

- Lupinus*, *Astragalus*, and *coronilla* species and cultivars. N. Z. J. Agric. Res. 24 : 321-332.
- Davis, M. R. 1981. Growth and nutrition of legumes on a high country yellow-brown earth subsoil. III. The effect of lime. N. Z. Journal of Agricultural Research. 24 : 339-348.
- Duell, R. W. 1960. Utilization of fertilizer by six pasture grasses. Agron. J. 52 : 277-279.
- During, C. 1972. Fertilizers and soils in New Zealand farming. N. Z. Department of Agriculture bulletin 409. Wellington Government Printer.
- Edmeades, D. C., D. M. Wheeler and J. E. Waller. 1985. Comparison of methods for determining lime requirements of New Zealand soils. N. Z. J. Agric. Res. 28 : 93-100.
- Edmeades, D. C., G. Rys., C. E. Smart and D. W. Wheeler. 1985. Effect of lime on soil nitrogen uptake by a ryegrass-white clover pasture. N. Z. J. Agric. Res. 29 : 49-53.
- Grant, D. A., P. C. Luscombe and V. J. Thomas. 1981. Response of ryegrass, browntop, and an unimproved resident pasture in hill country, to nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers. I. Pasture production. N. Z. J. of Exp. Agri. 9 : 227-236.
- Greeve, N. G. and M. E. Summer. 1970. Effects of aluminium toxicity and phosphorus fixation on crop growth on oxisols in Natal. Soil. Sci. Am. Proc. 34 : 263-267.
- Griffin, G. F. 1971. Effect of liming on soil test level of phosphorus as determined by three methods. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35 : 540-542.
- Gross, C. F. and G. A. Jung. 1981. Season, temperature, soil pH, and Mg

- 
- fertilizer effects on herbage Ca and P level and ratios of grasses and legumes. *Agron. J.* 73 : 629-633
- Grove, J. H., M. E. Summer and J. K. Syers. 1981. Effect of lime on exchangeable magnesium in variable surface charge soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45 : 497-500.
- Hart, A. L. 1986. A comparison of the response to phosphorus of *Trifolium repens* "Grasslands Huia" and "Grasslands Tahora" in a controlled environment. *N. Z. Journal of Agricultural Research.* 29 : 179-182.
- Hart, A. L., G. Halligan, and R. M. Haslemore. 1981. Analysis of the response of pasture legumes to phosphorus in a controlled environment. *N. Z. J. Agric. Res.* 24 : 197-201.
- Haynes, R. J. 1982. Effects of liming on phosphate availability in acid soils. *Plant and Soil.* 68 : 289-308.
- Haynes, R. J. 1983. Effect of lime and phosphate application on the adsorption of phosphate, sulfate, and molybdate by a spodosol. *Soil Sci.* 135(4) : 221-227.
- Haynes, R. J. and T. E. Ludecke. 1981. Effect of lime and phosphorus applications on concentrations of available nutrients on P, Al and Mn uptake by two pasture legumes in an acid soil. *Plant and Soil.* 62 : 117-128.
- Haynes, R. J. and T. E. Ludecke. 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.
- Helyar, K. R. And A. J. Anderson. 1970. Responses of five pasture species to phosphorus, lime, and nitrogen on an infertile acid soil with a high

- phosphate sorption capacity. *Aust. J. Agric. Res.* 21 : 677-692.
- Helyar, K. R. and A. J. Anderson. 1971. Effects of lime on the growth of five species, on aluminium toxicity and on phosphorus availability. *Aust. J. Agric. Res.* 22 : 707-721.
- Hume, L. J. and J. P. Widdowson. 1986. Response of sweet corn to lime an ultisol from Atiu, Cook Islands. *New Zealand Journal of Agricultural Research.* 29 : 269-273.
- Ismail, A. S., A. A. Orabi and M. A. Mostafa. 1985. Iron-phosphorus relationship in the nutrition of tomato seedlings grown on alluvial and calcareous soils. *Plant and Soil.* 83 : 323-326.
- Jackman, R. H. and M. C. H. Mouat. 1972. Competition between grass and clover for phosphate. I. Effect of browntop (*Agrostis tenuis Sibth*) on white clover (*Trifolium repens L.*) growth and nitrogen fixation. *N. Z. Journal of Agricultural Research.* 15 : 653-666.
- Jackman, R. H. and M. C. H. Mouat. 1972. Competition between grass and clover for phosphate. II. Effect of root activity, efficiency of response to phosphate, and soil moisture. *N. Z. Journal of agricultural Research.* 15 : 667-675.
- Jackson, T. L., E. G. Knox., A. R. Halvorson and A. S. Baker. 1967. Crop response to lime in the western United States. In soil acidity and liming. R. W. Pearson and F. Adams(eds.). *Agronomy* 12 : 261-269. Am. Soc. Agron., Madison, Wis.
- Janghorbani, M., S. Roberts and T. L. Jackson. 1975. Relationship of exchangeable acidity to yield and mineralization of inositol phosphates in same Bangladesh soils. *J. Soil Sci.* 24 : 193-198.

- Jones, E. 1963. Studies on the magnesium content of mixed herbage and some individual grass and clover species. *Journal of the British Grassland Society*. 18 : 131-8.
- Juo, A. S. R. and J. C. Ballaux. 1977. Retention and leaching of nutrients in a lime ultisol under cropping. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 41 : 757-761.
- Kamprath, E. J. 1970. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soil. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 34 : 252-254.
- Kashirad, A., A. Bassiri and M. Kheradnam. 1978. Responses of cowpeas to applications of P and Fe in calcareous soils. *Agron. J.* 70 : 67-70.
- Kemp, A. 1960. Hypomagnesaemia in milking cows. *N. Z. J. of Agri. Sci.* 8 : 281-304.
- Kowalenko, C. G., E. F. Mass and C. I. Vanlaerhoven. 1980. Residual effects of high rates of limestone, P, K, and Mg applications : Evidence of induced Mn and Zn deficiency in oats. *Can. J. Soil Sci.* 60 : 757-761.
- Langlands, J. P., J. E. Bowles and G. E. Donald. 1979. The nutrition of ruminants grazing native and improved pastures. IV. Long-term effects of the quantity of superphosphate applied on the nutritive value of the diet selected by sheep grazing a pasture originally sown to *Phalaris aquatica* and *Trifolium repens*. *Aust. J. Agric. Res.* 30 : 565-575.
- Levy, E. B. 1970. "Grasslands of New Zealand". Government Printer. Wellington, New Zealand.
- Lim, K. L. and T. C. Shen. 1978. Lime and P applications and their residual effects on corn fields. *Agron. J.* 70 : 927-932.
- Lowther, W. L. and A. F. R. Adams. 1970. The interaction of lime and phosphorus on the nodulation and growth of white clover. *N. Z. J. Agric.*

- Res. 13 : 252-262.
- Luscombe, P. C., D. A. Grant and V. J. Thomas. 1981. Responses of ryegrass, browntop, and an unimproved resident pasture in hill country, to nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers. II. Species composition of resident pastures. N. Z. Journal of Experimental Agriculture. 9 : 237-241.
- Martini, J. A., R. A. Kochhann., O. J. Siqueira and C. M. Borkert. 1974. Response of soybeans to liming as related to soil acidity, Al and Mn toxicities, and P in some oxisols of Brazil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 38 : 616-620.
- Martini, J. A. and R. G. Mutters. 1985. Effect of lime rates on nutrient availability, mobility, and uptake during the soybean-growing season. I. Aluminum, manganese, and phosphorus. Soil Sci. 139(3) : 219-231.
- Martini, J. A. and R. G. Mutters. 1985. Effect of lime rates on nutrient availability, mobility, and uptake during the soybean growing season. II. Calcium, magnesium, potassium, iron, copper, and zinc. Soil Sci. 139(4) : 333-343.
- Mackay, A. D. and S. A. Barber. 1985. Effect of soil moisture and phosphate level on root hair growth of corn roots. Plant and Soil. 86 : 321-331.
- MacLeod, L. B. and R. Bradfield. 1963. Effect of liming and potassium fertilization on the yield and composition of an alfalfa-orchardgrass association. Agron. J. 55 : 435-439.
- McLachlan, K. D. 1976. Comparative phosphorus response in plants to a range of available phosphorus situations. Aust. J. of Agri. Res. 27 : 323-41.
- McLean, E. O. and H. Ssali. 1977. Effects of phosphorus rate and form in

- combination with lime and gypsum on yields and compositions of german millet and alfalfa from highly weathered soils. *Soil Science*. 123 (3) : 155-164.
- McNaught, K. J. 1970. Diagnosis of mineral deficiencies in grass-legume pastures by plant analysis. *Proceedings of 11th Int. Grassl. Con.* : 334-8.
- Mokwunye, U. 1975. The influence of pH on the adsorption of phosphate by soil from the Grinea and Sudan savannah zones of Nigeria. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39. 1100-1102.
- Morrison, J. 1966. The influence of lime, lime pelleting, and methoel of sowing on the nodulation and growth of subterranean clover. *J. B. Grassl. Soc.* 21(4): 270-275.
- Mouat, M. C. H. 1983. Phosphate uptake from extended soil solutions by pasture plants. *N. Z. Journal of Agricultural Research*. 26 : 483-487.
- Murrmann, R. P. and M. Peech. 1969. Effect of pH on labile and soluble phosphates in soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 33 : 205-210.
- Neenan, M., W. E. Murphy and A. Conway. 1961. Some economic effects of the application of phosphates to permanent pastures in Ireland. *J. Brit. Grassl. Soc.* 16(1):46-53.
- Osman, A., C. A. Raguse and D. C. Sumner. 1977. Growth of subterranean clover in a range soil as affected by microclimate and phosphorus availability. II. Laboratory and phytotron studies. *Agron. J.* 69 : 26-29.
- Ozanne, P. G., J. Keay and E. F. Biddiscombe. 1969. The comparative applied phosphate requirement of eight annual pasture species. *Aust. J. of Agri. Res.* 20 : 809-19.
- Pritchard, M. W., J. Lee., J. Dunlop and J. R. Sedcole. 1984. Effects of

- aluminium and micro-nutrients on the sorption of phosphorus by *Trifolium repens*. "Grasslands Huia" form nutrient solutions during plant induced pH changes. Plant and Soil. 81 : 389-402.
- Rangeley, A. and R. Bolton. 1986. Lime and major nutrient fertilizers required to establish a perennial ryegrass/white clover pasture on a noncalcareous gley in the scottish uplands. Grass and Forage Science. 41 : 323-332.
- Reeve, N. G. and M. E. Summer. 1970. Effects of aluminium toxicity and phosphorus fixation on crop growth on oxisols in natal. Soil. Sci. Am. Proc. 34 : 263-267.
- Robertson, R. A. 1961. The response of some hill pasture types to lime and phosphate. J. B. Grassl. Sci. 16(2) : 117-125.
- Ryan, J. and G. W. Smillie. 1975. Liming in relation on soil acidity and P fertilizer efficiency. Commun. Soil Sci. Soc. Plant Anal. 6 : 409-420.
- Sandal, P. C. and C. L. Garey. 1955. Effect of topdressing permanent pastures with superphosphate on beet yields and distribution of available  $P_2O_5$  in the soil. Agron. J. 47 : 229-231.
- Schenk, M. K. and S. A. Barber. 1979. Root characteristics of corn genotypes as related to P uptake. Agron. J. 71 : 921-924.
- Sherrell, C. G. and W. M. H. Saunders. 1974. Factors affecting growth and response of white clover in pots to applied phosphorus. II. Depth of soil sampled in the field. N. Z. Journal of Agricultural Research. 17 : 25-29.
- Shoop, G. J., C. R. Brooks., R. E. Blaser and G. W. Tomas. 1961. Differential responses of grasses and legumes to liming and phosphours fertilization. Agron. J. 53 : 111-115.
- Siman, A., F. W. Cradock and A. W. Hudson. 1974. The Development of

- Manganese toxicity in pasture legumes under extreme climatic conditions. *Plant and Soil*. 41 : 129-140.
- Sinclair, A. G. 1975. Reactions of fused calcium-magnesium phosphate and superphosphate on a highly phosphate-fixing soil. I. Particle size effects. *N. Z. Journal of Experiment Agriculture*. 3 : 105-110.
- Sinclair, A. G. 1975. Reactions of fused calcium-Magnesium phosphate and superphosphate on a highly phosphate-fixing soil. II. Placement effects. *N. Z. Journal of Experiment Agriculture*. 3 : 111-116.
- Smilde, K. W., P. Koukoulakis and B. Van Luit. 1974. Crop response to phosphate and lime on acid sandy soils high in zinc. *Plant and Soil*. 41 : 445-457.
- Soltanpour, P. N., F. Adams and A. C. Bennett. 1974. Soil phosphorus availability as measured displaced soil solutions, Calcium-chloride extracts, dilute-acid extracts and labile phosphorus. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 28 : 225-228.
- Sonneveld, F., A. A. Kruijne and D. M. Devies. 1959. Influence of phosphate on the botanical composition and on grade of quality of herbage. *Netherlands. J. of Agri. Sci.* 7 : 40-50.
- Stanford, G., J. Hanway and H. R. Meldrum. 1955. Effectiveness and recovery of initial and subsequent fertilizer applications on oats and the succeeding meadows. *Agron. J.* 47 : 25-31.
- Stukenholtz, D. D., R. J. Olsoen., G. Gogan and R. A. Olsen. 1966. On the mechanism of phosphorus-zinc interaction in corn nutrition. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 30 : 759-763.

- Suckling, F. E. T. 1975. Pasture management trials on unploughable hill country at Te Awa. III. Results for 1959-69. *N. Z. J. of Exp. Agri.* 3 : 351-436.
- Sumner, M. E. 1979. Response of alfalfa and sorghum to lime and P on Highly weathered soils. *Agron. J.* 71 : 763-766.
- Tanaka A., K. Hitsuda and Y. Tsuchihashi. 1984. Tolerance to low pH and low available phosphorus of various field and forage crops. *Soil Sci. Plant Nutr.* 30(1) : 39-49.
- Terman, G. L., E. C. Doll and J. A. Lutz. 1960. Rate, source, time, and method of applying phosphates for alfalfa and legume-grass hay and pasture. *Agron. J.* 52 : 261-264.
- Templeton, W. C., Jr. and T. H. Taylor. 1966. Yield response of a tall fescue-white clover sward to fertilization with nitrogen, phosphorus, and potassium. *Agron. J.* 58 : 319-322.
- Templeton, W. C., Jr. and T. H. Taylor. 1966. Some effects of nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization on botanical composition of a tall fescue-white clover sward. *Agron. J.* 58 : 569-572.
- Varco, J. J. and J. B. Sartain. 1986. Effects of phosphorus, sulfur, calcium hydroxide, and pH on growth of annual bluegrass. *Soil Soc. Am. J.* 50 : 128-132.
- Widdowson, J. P., G. W. Yeates and W. B. Healy. 1973. The effect of root nematodes on the utilization of phosphorus by white clover on a yellow-brown loam. *N. Z. J. Agric. Res.* 16 : 77-80.
- Zunino, P. M., P. Aguilera and M. Caiozzi. 1973. P uptake by wheat and resin-extractable phosphate after incubation in soil derived from volcanic

- Ash. Agron. J. 65 : 747-748.
- 平石勝善, 廣瀬又三郎, 小池袈裟市, 安保壓一郎. 1957. 石灰及び磷酸の施用量がアカローパーの生育 収量並び K, Ca, P含有量に 及ぼす 影響. 日草誌. 2-1.
- 倉島健次, 木村武. 1986. 土壤の交換性 アルミニウムが牧草の 苦土吸収に及ぼす影響. 草試研報 36 : 28~33.
- 佐藤 康夫, 早川 康夫. 1976. 放牧草地の施肥管理と採食行動. 第3報. 石灰追肥の草地と育成牛の採食行動に 及ぼす 影響. 北海道 農試研報. 113 : 151~156.
- 佐藤 徳雄, 酒井 博, 遊佐健司. 1984. オーチャードグラスとアルファルファの混播に関する研究. Ⅲ. 苦土石灰量と 窒素追肥量の 影響について. 日草誌. 29(4) : 304~309.
- 高瑞逢, 宋祥澤, 白潤基, 李鍾烈. 1988. 牧草混播組合別 放牧 및 刈取利用이 収量과 植生構成率에 미치는 影響. 韓草誌. 8(1) : 1~7.
- 高瑞逢, 白潤基, 梁昌範, 鄭昌朝. 1989. 濟州火山灰土 草地에 石灰 및 磷酸施用이 収量 및 無機成分量에 미치는 影響. 農試年報 13(1) : 66~71.
- 金東岩, 李光植. 1968. 北方型 牧草類의 季節的 生産性 및 夏枯性分析. 韓畜誌. 10(1) : 97~104.
- 金文哲. 1984. 濟州火山灰土壤에 있어서 牧草의 磷酸利用에 관한 研究. 서울大學校 博士學位 論文.
- 金文哲, 朴喜錫, 李秀一, 金泰九. 1986. 濟州道內 마을共同牧場의 牧草管理利用 및 植生狀態調査. 韓畜誌. 28(8):557~561.
- 김봉태, 최대웅, 신용화. 1973. 제주도 화산회토의 점토광물에 관한 연구. 農試研報.15 (植物環境) : 15~28.
- 金永九, 洪鍾雲, 吳永鐸. 1975. 酸性 新開墾 土壤에서 石灰 및 磷酸이 옥수수의 養分吸收에 미치는 影響. I. 磷酸肥種과 亞鉛의 吸收 및 葉位別 分布. 韓土肥誌

8(4) : 189-193.

金滄玉. 1969. 濟州道 土壤에 關한 研究(1)－火山灰土壤의 理學性에 對하여－濟州大論文集. 1 : 249~256.

金滄玉. 1974. 濟州道 柑橘園 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.

김희권, 윤두호, 임한철. 1984. 발토양중 인산행동에 관한 연구(Pot 시험). 濟州農振院研報. pp. 266~273.

노준정, 이근상, 홍중윤. 1974. 火山灰土地帶 草地에 磷酸施用量究明. 作試年報. pp. 53~63.

農林水産技術會議事務局. 1967. 草地土壤 生産力に關する研究.

農村振興廳. 1973. 土壤化學分析法.

農村振興廳 農林技術研究所. 1976. 濟州土壤精密圖.

文泰萬, 河浩成, 崔元凱, 林愚詰. 1968. 石灰 및 苦土가 土壤內 有效成分 變化와 水稻生育에 미치는 影響. 진주농대 論文集. 7 : 23~28.

박내정, 박영선, 이규하, 김영섭. 1973. 특이 산성토에서 수도에 대한 석회 및 규회석 시용시 인산의 효과. 農試研報. 15(植物環境) : 49~58.

박창서, 김이열, 조성진. 1985. 火山灰土 分類 및 CEC에 對한 有機物과 粘土의 寄與度. 韓土肥誌. 18(2) : 161~168.

愼鏞華, 金滄玉. 1975. 火山灰土의 特性에 關하여. 韓土肥誌. 8(3) : 113~119.

愼鏞華, 李炯兌, 金明華, 蔡庠錫. 1964. 濟州道 概略 土壤調查報告. 農試研報 7(1) : 49~62.

愼齊晟, 嚴基泰. 1980. 火山灰土壤의 Phosphorus Retention Value에 關하여. 農試研報. 22(土肥. 作保. 菌茸篇):7~12.

嚴基泰, 朱永熙, 李景洙, 愼鏞華. 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, 作保, 菌茸篇) : 1~20.

- 柳順昊, 宋寬哲. 1984. 濟州道 土壤의 化學的 特性 調查研究, II. 耕作年代에 따른 柑橘園 土壤의 化學的 特性變化. 韓土肥誌. 17(2) : 161~166.
- 柳寅秀, 尹禎熙, 金仁卓. 1978. 火山灰土壤에서의 磷酸施用量과 施肥法 및 硅灰石의 效果. 韓土肥誌. 11(1) : 25~30.
- 柳寅秀. 1978. 山地土壤의 特性과 改良. 韓土肥誌. 11(4) : 247~261.
- 尹益錫. 1971. 韓國土壤에 있어서 Ladino clover의 施肥에 關한 研究. 建大草地開發研究 報告. 1 : 1~34.
- 李相奎, 車圭錫, 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. 韓土肥誌. 16(1) : 20~27.
- 李鍾基, 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(3) : 153~160.
- 林嘆徹, 윤두호, 김희권. 1985. 밭土壤中 磷酸行動에 關한 研究. 濟州農振院研報. 308~322.
- 林嘆徹, 李信燦, 柳長然. 1988. 火山灰土에서 磷設施用量에 따른 磷酸行動에 關한 試驗. 濟州農振院研報. pp. 289~298.
- 鄭連圭, 金康植, 沈載成. 1982. 石灰 및 3要素 水準이 갈뿌림 山地草地에 미치는 影響. IV. 土壤 및 牧草中 無機成分의 相互均衡과 Grass tetany 危險性. 韓畜誌. 24(6) : 510~516.
- 鄭連圭, 朴炳勳, 李鍾烈. 1982. 石灰 및 3要素 施用 水準이 갈뿌림 山地草地에 미치는 影響. I. 土壤特性, 初期生育, 總乾物取量 및 耐用年限의 變化. 24(6):499~503.
- 鄭連圭, 尹祥基, 金正甲. 1982. 石灰 및 3要素 施用水準이 갈뿌림 山地草地에 미치는 影響. II. 取量構成要素, 植生構成比率 및 牧草率의 變化. 韓畜誌. 24(6): 499~503.

채상석, 이동태. 1971. 제주도의 화산회성 흑색토에 대한 생성 및 분류학적 조사 연구. 農試研報. 14(植物環境篇) : 27~39.



## 謝 辭

本 論文이 나오기까지 誠意껏 指導하여 주신 鄭昌朝 指導教授님께 衷心으로 깊은 感謝를 드립니다.

本 論文 審査에 指導助言과 激勵을 아끼지 않으셨던 서울大學校 金東岩 教授님, 順天大學 鄭蓮圭 教授님, 濟州大學校 金圭鎰 教授님, 金文哲 教授님에게도 깊은 感謝를 드립니다. 또한 本 研究를 爲해 많은 助言과 與件를 마련해 주신 濟州試驗場 金東睦 場長님, 白潤基 科長님과 언제나 激勵와 指導를 아끼지 않으셨던 畜産試驗場 李根常 科長님에게도 깊은 感謝의 뜻을 표합니다.

그리고 本 論文 整理와 矯正에 誠意껏 도와주신 宋祥澤 研究員, 池永植 研究員, 文英心嬢, 金明善嬢에게도 고마운 뜻을 오래 간직하겠습니다.

끝으로 끝까지 勇氣와 內助를 쏟아준 晟銀엄마, 그리고 팔뻐를 넘기신 어머님과 아버님 靈前에 이 小著를 드리고자 합니다.

