

## 土壤條件別 磷酸, 加里 및 石灰 施用이 水稻의 根活力 및 收量에 미치는 影響

安 始 榮

東亞大學校 農科大學

### The Effect of Phosphorus, Potassium and Calcium Application on Root Activity and Grain Yield of Paddy Rice on Different Soil Conditions

*Si Yung Ahn*

*College of Agri., Dong A Univ., Pusan, Korea*

#### Abstract

Effects of phosphorus, potassium and calcium applications on root activity and agronomic characters of paddy rice were studied in submerged paddy soil on which starch was applied to accelerate soil reduction and production of toxic substance during 1971~1973. Root activity at heading date was decreased in reduction accelerated soil by starch application. Effect of calcium application on root activity was differed along soil conditions, phosphorus or potassium levels. Single effects of phosphorus or potassium application were not significant on every observed characters. Calcium application when phosphorus or potassium was not used as basal but used as top dressing increased yield and yield components, especially filled grain ratio. Effect of calcium application along soil conditions was differed on agronomic characters, but calcium application with phosphorus or potassium was more effective to increase yield components and grain yield. Sufficient application of phosphorus, potassium and calcium could improve the nutritional situation of rice plant for panicle development and grain maturity in reduction accelerated paddy soil in which poor growing of rice plant after panicle formation is anticipated by the production of toxic substance from soil.

## 緒 言

우리나라全體 논面積中 老朽化畝, 砂質漏水畝, 濕畝等 소위 低位生産畝의 比率은 26% 정도에 達한다고 하는데 米穀의 持續的인 自給을 爲한 增收對策으로 이들 低位生産畝의 地力增進 또는 排水改善 등의 根本的인 改良이 時急하고 이들 土壤에 알맞는 栽培法의 改善이 함께 이루어져야 할 것이다. 그런데 地力改善을 爲하여 排水不良한 低位生産畝에 有機物을 施用하게 되면 湛水에 의하여 土壤이 還元되고 氣溫이 上昇함에 따라 還元土壤에서 有機物의 分解가 일어나 水稻根에 對한 여러가지 有害物質의 生成이 많아져서 오히려 收量減少를 초래하는 경우가 많다.

一般的으로 는 土壤은 湛水狀態가 繼續되면 作土의 大部分이 還元되면서 有機酸을 포함한 여러가지 有害物質이 發生되는데 低位生産畝에서는 이들의 發生이 더욱 많아 根腐現象을 나타내므로서 水稻의 後期生育을 不良케 하는 秋落의 原因이 되고 있는 것이다. 이와같이 土壤에서 生成되는 各種 有害物質에 의한 被害는 水稻根의 活力을 低下시키므로서 養分吸收을 阻害하고 이에 따른 稻體內 各種 代謝作用이 非正常的으로 되어 結果적으로 減收를 초래하는 것인데 이들의 被害를 輕減시키는 栽培的인 措置로서는 有害物質生成抑制, 根活力의 增進 또는 根의 保護, 吸收障害가 甚한 養分の 供給 등을 생각할 수 있다.

前述한바와 같은 背景을 가지고 本人은 有害物質의 生成條件을 달리해준 土壤의 種類에 따라서 磷酸과 石灰, 加里와 石灰의 施用量을 달리했을 때 水稻의 根活力과 各種 實用形質들이 어떻게 影響을 받고 있는가를 綜合的으로 檢討하여 特히 低位生産畝에서의 增收策을 講究하고자 本實驗을 實施하였으며 實驗結果로 얻어진 몇가지 知見을 報告하는바이다.

## I. 研究史

는 土壤의 特異性은 버가 生育하는 大部分의 期間中에 湛水狀態가 계속되는 것에 起因된다. Ponnampereuma<sup>77)</sup>가 考察한바에 의하면 土壤이 湛水되면 바로 物理, 化學的 그리고 微生物活動의 變化가 일어나서 ① 水稻의 生育 및 養分吸收, ② 無機養分の 有効化 및 損失, ④ 有害物質의 蓄積 등에 깊이 관련한다고 하였으며 이와같은 變化는 ① 大氣와 土壤間에 空氣流通이 抑制되고 ② 土壤은 還元되며 ③ 土壤의 還元과 함께 電子化學的 그리고 化學的變化 등의 理甲로 誘發된다고 했다. Ponnampereuma<sup>78)</sup>, Chang<sup>6)</sup>

은 湛水되므로서 酸性土壤은 pH가 上昇하고 Alkali性 土壤은 pH가 下降하여 結局은 湛水하기 前의 土壤酸度와는 關係없이 pH6.9~7.2 정도의 中性으로 變함을 밝혔고 Mukhopadhyay<sup>42)</sup>도 酸性土壤과 石灰施用으로 酸도가 교정된 알칼리성 土壤을 湛水하고 13日後에 土壤酸도를 檢定한 結果 中性에 가깝게 變했음을 報告했다. 湛水로 因해서 土壤이 還元되면 黃化水素 등의 有害物質이 生成되어 뿌리의 機能을 弱화시킨다는 報告<sup>3,4,6,16,21,28,29,30,53,63,74,77,83,88,89)</sup>는 많 이 있으며 Mitsui<sup>39,40,41)</sup>, 岡島<sup>47)</sup>, 坂上<sup>80)</sup>, 高橋<sup>85)</sup>, 瀧島<sup>89)</sup> 등은 土壤中에서 生成된 有機物 및 黃化水素에 의한 뿌리의 養分吸收阻害는 磷酸과 加里成分이 가장 甚하다고 하였다. 또 秋落畝에서는 土壤이 還元되면 黃化水素가스의 窒害를 받아 根腐現象이 나타난다는 것도 잘 알려져 있는 事實인데<sup>21,28,29,30,35,63,69,79,95)</sup>, Chang<sup>6)</sup>은 土壤中的 有害物質은 湛水後 增加하다가 pH가 中性에 가까워지면서 다시 減少한다고 하였다.

한편 吳<sup>53)</sup>는 湛水土壤에 有機物을 施用하므로서 土壤의 還元 및 溶脫을 촉진시키며 水稻根의 呼吸障害物質이 多量生成된다고 하였고 澱粉을 土壤에 施用하고 湛水期間을 延長시키면 有機酸의 生成량과 염기의 溶解量이 많아진다고 하였고 朴等<sup>73)</sup>은 澱粉을 施用한 土壤이 澱水에 依한 還元速度가 빠르며 還元程度도 더 甚하다고 報告하였다. 또 朴等<sup>74)</sup>은 湛水土壤의 理化學的 性質이 經時的으로 어떻게 變하는가를 觀察한 結果 重粘土는 다른 土壤보다 pH가 낮고 湛水後 還元속도도 느리며 여기에 有機物을 供給하면 土壤의 還元 및 有機酸生成이 助長된다고 하였고 朴等<sup>60)</sup>에 의하면 低位畝土壤에 有機物첨가를 하면 根活力이 甚히 떨어져 養分の 吸收阻害가 더 甚해진다고 하였다. 그러나 朴<sup>59)</sup>은 高位生産畝에서는 土壤의 還元促進이 無機養分の 有効化를 促進시켜 주지만 砂質土壤을 비롯한 低位畝 또는 低濕畝에서는 土壤의 還元과 함께 有機酸 또는 有害物質生成이 심해진다고 報告하여 土壤의 種類에 따라서 그 反應이 다름을 암시하였다.

湛水後 土壤의 pH變化는 養分の 有効도에 影響을 미칠 것인데 Chang<sup>6)</sup>, Ponnampereuma<sup>77)</sup> 등은 土壤窒素의 變化 特히 脫窒現象 및 암모니아態 窒素의 蓄積을 가장 큰 變化로 보았으며 다음으로 磷酸 및 加里의 有効度增加 및 加里의 용달량 증가 등을 報告하였다. 지금까지의 報告들을 綜合해 보면 土壤의 湛水狀態가 계속되면 ① 窒酸態窒素의 減少 ② 암모니아態窒素의 蓄積 ③ 여러가지 有機酸의 發生 ④ 鐵,

망간, 인산 및 규산 등의 有効度 增加 ⑤ 土壤溶液中에  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^{+}$ ,  $Na^{+}$ ,  $NH_4^{+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  등 양이온의 增加 등의 變化가 일어난다고 하였다. 이와같은 土壤의 變化는 實際 벼 農事에 여러가지 影響을 주고 있는데 즉 老朽化畜 또는 砂質漏水畝等에서는 鐵, 망간 등이 還元되어서 作土下層으로 溶脫하며 이들과 함께 磷酸, 칼슘, 마그네슘, 칼륨 등의 主要 養分도 점차 下層으로 溶脫되어 心土에 모이게 되면 다시 酸化되어서 集積하게 되므로 植物體가 利用할 수 없게 된다<sup>21)</sup>. 또 濕畝에서는 集積되어 있던 未熟한 有機物質이 여름철의 高溫下에서 갑자기 分解가 되면 異常的인 還元狀態로 因하여 黃化水素等 有害物質이 發生하여 根腐現象을 일으켜 秋落의 原因이 되고 있음은 前述한 바와 같다.

灌水條件下에서 논土壤의 여러가지 變化는 水稻根의 生理的活力에 直接的으로 影響을 주게 되는데 山田等<sup>63)</sup>에 의하면 根의 生理的 活力은 養分吸收能力과 密接한 關係가 있다고 했으며 根의 生理的 活力의 指標로서  $\alpha$ -naphthylamine에 依한 根의 酸化力測定을 探索하였고 三井<sup>40)</sup>, 岡島<sup>47,48)</sup>, 田島<sup>5)</sup> 등은 實際 논土壤의 酸化, 還元과 水稻根의 生育과의 關係를 檢討하여 灌水 및 暖地 水稻의 秋落現象에 對한 根의 生理的 機能을 밝혔다. 또 李等<sup>31,32)</sup>은 施肥方法과 根活力의 變異 및 地上部形質과의 關係를 檢討한 바 있고 우리나라에서도 朴等<sup>63)</sup>은 根活力이 土壤의 還元과 함께 減少하며 品種에 따라서 그 反應은 다르다고 하였고 朴<sup>59)</sup>은 低位生産畝에서는 水稻의 幼穗形成期부터 根活力이 急히 減退하기 때문에 秋落現象이 나타난다고 하였고 朴等<sup>59)</sup>은 濕畝에서 뿌리에 對한 吸收阻害物質의 生成이 最高에 達했을 때 根活力은 最低에 達한다고 報告하였으므로 稻田<sup>18)</sup>은 穗孕期 및 出穗期の 뿌리의 主要한 機能이 土壤還元에 依한 被害에 對抗하는 것이기 때문에 이 時期의 根活力이 매우 重要하다고 하였다. Okajima<sup>49)</sup>는 水稻에서는 新根의 酸化力이 가장 크기 때문에 養分 吸收도 여기서 많이 된다고 하였는데 李<sup>33)</sup>는 根의 形態 및 活力과 地上部の 特定形質과 密接한 關係가 있음을 明白히 하였고 Murata等<sup>43)</sup>은 根活力이 오랫동안 높게 維持되는 것이 光合性 能力도 높은 것임을 崔等<sup>8)</sup>은 出穗期の 根活力과 收量 및 下葉의 生存率과 密接한 關係가 있음을 그리고 朴<sup>67)</sup>은 出穗前 2週의 根活力과 收量과의 關係가 적으나 出穗期の 上位根活力과는 關係가 크고 根活力의 時期別 變異가 적은 것이 收량이 높음을 各各 表明으로서 뿌리의 重要性을 理論的으로 體系化시킨 바 있다.

磷酸은 細胞內 核酸의 主要 構成分이며 에너지의 전달, 저장 등의 구실을 하는 ATP와 植物體內의 전분 및 澱粉 등의 構成分으로서 植物體의 生育에 必要不可缺한 元素인데<sup>19,21,95,96)</sup> 一般的으로는 土壤에서 磷酸施用의 效果가 크지 못한 것은 灌水에 依한 磷酸의 有效度增加<sup>10,90,91)</sup>를 理由로 들고 있으며 田中<sup>90)</sup>에 의하면 磷酸濃度가 낮은 경우에는 pH가 上昇함에 따라서 吸收量이 增加된다고 하여 灌水土壤의 pH變化和 磷酸의 吸收關係를 밝힌 바 있고, Mahapara<sup>37)</sup>를 위시한 여러 學者들은<sup>10,11,12,13,19,62,86,91)</sup> 論土壤에서 磷酸의 形態에 關하여 報告하였는바 一般的으로는 Fe-P 形態로 가장 많이 存在하며 實際 植物體가 利用하는 것도 Fe-P가 가장 많다고 하였다. 그러나 三井<sup>39,41)</sup>, 岡島<sup>47)</sup>, 坂上<sup>89)</sup>, 高橋<sup>85)</sup>, 田中<sup>91)</sup> 등의 報告에 따르면 土壤還元에 依하여 黃化水素와 같은 有害物質이 發生되면 磷酸吸收가 가장 甚하게 阻害를 받는다고 하였으며 高橋<sup>85,86)</sup>, 石塚<sup>19,20)</sup>, 鈴木<sup>84)</sup>, 田中<sup>90)</sup> 등은 低溫에 의해서도 磷酸의 吸收가 가장 甚하게 阻害를 받는다고 하였다. Yoshida<sup>95,96)</sup>, 朴等<sup>66)</sup>, 朴<sup>75)</sup>이 報告한 바와 같이 特異酸性土壤에서는 磷酸缺乏에 依한 水稻生育의 被害가 크고 吳<sup>51,54)</sup>는 磷酸施用에 의해서 加里의 効率が 增大되었다고 하며 朴<sup>61)</sup>은 磷酸缺乏에 의해서 炭素同化量과 同化養分の 移轉이 크게 減退되었다고 하였으며 本谷<sup>14)</sup>, Fujiwara<sup>11,12)</sup>, Murayama<sup>44)</sup>, Ishizuka<sup>19,20)</sup>, Komoto<sup>27)</sup>, 朴等<sup>66)</sup>, Davide<sup>10)</sup>, 李等<sup>36)</sup>, 朴<sup>62)</sup>, Peterson<sup>76)</sup>이 報告한 바와 같이 磷酸의 必要性이 分蘖數增加, 核酸物質의 効率增大, 體內窒素代謝 促進, 出穗後 移轉으로의 物質轉流 促進, 花芽形成 促進, 特異 酸性土에서의 分蘖數 및 穗當粒數 增加, 登熟率 向上 등을 도모하는데 있음을 考慮한다면 土壤 또는 氣象環境에 따라서는 磷酸의 肥効를 크게 期待할 수도 있을 것이고 金等<sup>25)</sup>이 報告한 바와 같은 根活力增大도 期待할 수 있을 것이다. 그러나 우리나라를 위시한 많은 稻作國家에서 論土壤의 有效磷酸含量이 비교적 높기 때문에 磷酸肥料의 施用效果가 뚜렷하지 못함을 여러 學者들이 報告<sup>10,13,14,23,4,34,36,49,50,62,76,82,92,94)</sup>한 바 있고 Davide<sup>10)</sup>에 따르면 水稻의 磷酸吸收量은 生育初期에 가장 많기 때문에 基肥로 施用하는 것이 좋다고 하였으며 實際 圃場實驗에서도 磷酸의 追肥效果는 認定되지 않고 있는 것이다<sup>10,14,23,76)</sup>.

加里는 植物體內에서 아미노산으로부터 단백질을 合成하는데, 그리고 糖에서 澱粉을 合成하는데 必要하다고 하며 加里가 不足하면 炭素同化作用이 減退하고 呼吸作用이 增大하여 乾物生産量이 줄어들고 設

유소, 리그닌과 같은 植物體骨格成分의 生産도 떨어진다<sup>12,19,21,26</sup>. 高橋<sup>85,86</sup>에 依하면 一般의 水稻에 依해서 가장 쉽게 吸收되는 養分이기 때문에 實際 圃場에서는 加里缺乏現象이 잘 나타나지 않는다고 하였고 金等<sup>25</sup>은 우리나라에서도 水稻에 對한 加里肥料의 效果는 낮다고 하였는데 土壤還元에 의한 有害物質發生으로 因하여 뿌리의 活力이 떨어지면 加里의 吸收가 크게 阻害되므로<sup>4,25,39,41,47</sup> 이런 경우에는 加里施用의 效果가 크다 하였으며 秋落畚과 같이 根腐現象이 잘 나타나는데서도 加里肥料 増施 또는 分施의 效果가 크다고 여러 學者들<sup>35,51,68,69,70,71,72,79</sup>이 報告하였다. 特히 朴等<sup>68,69,70,72,79</sup>에 의하면 秋落畚에서의 加里缺乏는 根腐에 對한 抵抗性이 弱화되기 때문에 各種 養分의 吸收가 저해되어 秋落稻는 健全稻에 比하여 加里, 鈣, 鎂, 鎂, 鎂 등의 含量과 植物體內 K/N率이 낮기 때문에 水稻의 後期生育이 떨어진다고 하였고 또 朴等<sup>70,71</sup>은 加里, 珪酸, 鎂, 鎂 등의 吸收가 阻害되는 秋落畚에서는 植物體가 鐵을 과잉吸收하여 被害를 입는 것이라고 하였으며 秋落畚에 加里를 施用하면 根發育이 良好해지며 鐵의 과잉吸收現象이 抑制된다고 했다. 吳<sup>19,60,51,54</sup>, 朴<sup>57</sup> 洪<sup>15</sup>, 康<sup>22</sup> 등도 우리나라에서 加里肥料의 效果가 土壤의 種類, 施用方法等에 따라서 다르다는 것과 加里肥料과 根發育과의 關係를 밝혔으며 金等<sup>26</sup>, Yin<sup>64</sup>은 特異酸性土壤에서 加里의 増施 또는 分施效果가 높다고 하였다. 朴等<sup>60</sup>은 水稻의 根活力과 窒素, 磷酸, 加里 吸收量間에 正의 相關關係가 있으며 特히 加里吸收量과 關係가 높다고 하였는데 朴<sup>81</sup>은 高位 生産畚에서 차를 벼는 出穗期의 K/N率이 높고 收穫期까지 加里의 總吸收量과 收量과는 正의 相關關係가 있고 加里缺乏時에는 炭素同化量이 크게 줄어들고 同化物의 移轉에 障害가 크다고 報告하여 多收穫을 爲해서는 加里의 増施가 必要함을 強調한바 있다.

칼슘은 植物體內에 吸收되어 各種酵素의 活動을 促進시키며<sup>19,21</sup> 炭水化合物의 合成대사에도 關여한다고 하고<sup>45,46</sup> 實用的으로는 石灰施用이 酸性土壤을 中和시키고 土壤中 微生物의 活動과 번식을 助長 有機物の 分解를 促進시키며 土壤의 粒面化를 도와 通氣를 좋게 하고 陽이온의 치환율을 높혀 암모니아와 加里의 有効化를 도모하는 役割을 하고 있다<sup>9,16,28,29,30,94</sup>. Yoshida<sup>95,96</sup>에 의하면 水稻體內에 칼슘成分이 甚하게 缺乏되면 生長點이 枯死하거나 萎縮現象이 나타난다고 하는데 보통은 칼슘 缺乏現象이 잘 나타나지 않는다고 하였다.

Okajima<sup>38</sup>에 依하면 칼슘은 벼 뿌리가 物理的인

吸收를 주로 한다고 하였는데 郭<sup>28,30</sup>의 引用에 의하면 칼슘은 土壤溶液中에서 陽이온의 離液順位가 높기 때문에 水素이온을 除外한 다른 陽이온보다 쉽게 根皮細胞에 吸着된다고 하였다.

Chang<sup>6</sup>은 논 土壤에 石灰를 施用하면 還元土壤에서의 鐵 및 망간과잉에 의한 被害가 減少되며 척박지 및 有機物 施用區에서는 石灰施用이 窒素를 有効化하는데 도움을 준다고 하였다. 石灰施用에 의한 鐵 및 망간과잉의 被害輕減에 對해서는 Takahashi<sup>86</sup>, Mai-Thi<sup>38</sup>, Mukhopadhyay<sup>42</sup>, Yoshida<sup>95</sup> 등이 報告한바 있는데 Yin<sup>64</sup>, 朴等<sup>64,65</sup>, 朴<sup>75</sup> 등은 特異酸性土壤에서 石灰施用의 效果가 높다고 報告하고 強한 酸性土壤에서 나타나는 鐵과 알루미늄의 과잉吸收에 의한 被害의 減少效果를 實證하였다. 郭<sup>28,29,30</sup>, 趙<sup>7</sup>, Hong<sup>16</sup> 등은 우리나라 畚土壤에서 石灰施用의 増收效果를 認定하였는데 그 理由로 土壤中の 有効磷酸 및 珪酸含量의 增加, 有害物質生成의 抑制 및 뿌리의 보호作用, 無機成分 과잉吸收被害의 輕減 등을 들고 있으며 秋落畚에 堆肥를 施用하면 有害가스의 生成이 促進되어 水稻生育에 나쁜 影響을 주지만 石灰와 함께 施用하면 그와같은 問題點은 解消된다고 報告하였다. 또 여러가지 原因에 의해서 나타나는 低位 生産畚에서도 石灰施用의 效果가 認定되고 있음이 報告된바 있으며<sup>1,58,59,81,83,87</sup> 吳等<sup>59</sup>은 石灰를 施用하면 加里의 所要量이 増大됨을, 安等<sup>2</sup>은 石灰를 施用하여 窒素 1kg當 玄米生産効率을 높일 수 있었음을 報告하였다.

以上에서와 같이 湛水狀態가 오래 繼續되는 논土壤의 理化學的인 特性和 有機物施用에 따른 土壤의 還元促進 및 有害物質의 生成, 磷酸, 加里, 石灰施用 등의 效果에 對한 단편적인 報告들은 많이 있으나 이들을 綜合하여 實際 栽培學的인 見地에서 다른 例는 많지 않아 이에 對한 綜合的인 檢討가 必要하다.

## II. 材料 및 方法

### 1. 土壤條件別 磷酸 및 石灰施用의 效果

本 實驗은 1971~73年 3個年間에 걸쳐 實施하였다. 南部地方 獎勵品種인 密成을 供試하였으며 表1과 같은 土壤條件, 磷酸施用量 및 石灰施用量의 3가지 要因을 結合한 處理區를 두었다. 處理區中 土壤條件의 差異는 土壤의 還元程度를 달리해 주기 爲해서 出穗豫定 45日前에 1m<sup>2</sup>當 밀가루 600gr씩 施用한 澱粉處理區와 無處理區의 두가지 條件을 주었으며 澱粉施用 當日에 無處理區와 함께 中耕을 해 주었다. 磷酸肥料는 全 處理區 共히 基肥를 주지 않고 土壤에 澱

**Table 1.** Treatments for experiment 1.

Soil condition	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> level	CaO level	Treatment mark
Non-starch applied (control)	0	0	abc
		50kg/10a	abc'
		150 "	abc''
	15kg/10a	0	ab'c
		50kg/10a	ab'c'
		150 "	ab'c''
Starch applied	0	0	a'bc
		50kg/10a	a'bc'
		150 "	a'bc''
	50kg/10a	0	a'b'c
		50kg/10a	a'b'c'
		150 "	a'b'c''

粉을 施用한 5日後에 處理內容에 따라서 重過石으로 施用하였고 石灰는 消石灰로 澱粉處理時에 함께 施用하였다.

栽培方法은 3個年 共히 5月 15日 播種, 6月 25日 에 移秧하였고 栽植密度는 30×15cm에 1株4本植으로 하였다. 窒素質肥料는 成分量으로 10a當 12kg 水準으로 3回分施하였고 鹽化加里는 成分量 8kg/10a水準으로 全量 基肥로 施用하였다.

根活力測定은 α-naphthylamine에 의한 根의 酸化力을 山田等<sup>23)</sup>의 方法으로 調査하였는데 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 存在下에서 Peroxidase의 作用으로 α-naphthylamine이 酸化되는 量을 時間當, 生根重 gr當, μg(r)로 表示하였다. 試驗地域의 土壤條件은 다음 表와 같으며 土性은 Kühn의 沈底法으로, 酸性度는 Beckmann Model 72型 pH-meter로, 土壤有機物은 Türin의 酸化滴定法으로, 全窒素는 Kjeldahl 法으로, 有效磷酸

Soil analysis

Item	Soil class				pH (1:5)	Organic matter (%)	Total N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Exchangeable (me/100g)			C.E.C.
	Top soil (1~10cm)		Subsoil (10~20cm)						K	Ca	Mg	
	clay(%)	sand(%)	clay(%)	sand(%)								
Value	21.5	78.5	24.5	75.5	6.5	5.0	0.8	166	1.13	10.8	3.9	13.8

은 Electro-Photometer에서, 加里는 Flame-Photometer로, 石灰및 苦土는 E.D.T.A 滴定法으로 各各 測定하였다. 試驗區 配置 및 調査成績의 統計分析은 土壤條件을 主區, 磷酸施用量을 細區, 石灰施用量을 細細區로 한 3反復 split-split plot design을 適用하였다.

**Table 2.** Treatments for experiment 2

Soil condition	K <sub>2</sub> O level	CaO level	Treatment mark
Non-starch applied (control)	0	0	SKC
		50kg/10a	SKC'
		150 "	SKC''
	15kg/10a	0	SK'C
		50kg/10a	SK'C'
		150 "	SK'C''
Starch applied	0	0	S'KC
		50kg/10a	S'KC'
		150 "	S'KC''
	15kg/10a	0	S'K'C
		50kg/10a	S'K'C'
		150 "	S'K'C''

**實驗 2. 土壤條件別 加里 및 石灰施用의 效果**

處理內容中 實驗 1과의 差異點은 細區인 磷酸施用量의 差異를 加里施用量의 差異로 바꾸어 놓은 것이고 따라서 磷酸質肥料는 成分量으로 8kg/10a 水準을 全量基肥로 施用하였고 加里肥料는 表2에서와 같은 量을 處理區別로 出穗前 40日에 鹽化加里로 全量을 施用하였다. 其他 栽培方法, 調査方法, 統計分析方法等은 實驗 1과 同一하다.

**Ⅲ. 實驗結果**

**實驗 1. 土壤條件別 磷酸 및 石灰施用의 效果**

**1. 根活力**

生根 1gr의 α-naphthylamine에 의한 Peroxidase의 酸化量을 處理區別로 調査한 結果는 그림 1,2와 같다. 1971년에는 土壤에 澱粉을 施用한 後 22日이 되는 8月 14日과 出穗期인 9月 6日에 根活力을 調査하였는데 澱粉施用區 즉 土壤還元區에서는 生育이 경과됨에 따라서 根活力이 低下되었는데 澱粉無施用區에서는 磷酸肥料의 施用水準에 따라서 根活力의 時期別 變化樣相이 달랐다. 즉 磷酸無施用區에서는 出穗前 20日頃보다는 出穗期의 根活力이 減少되는 傾

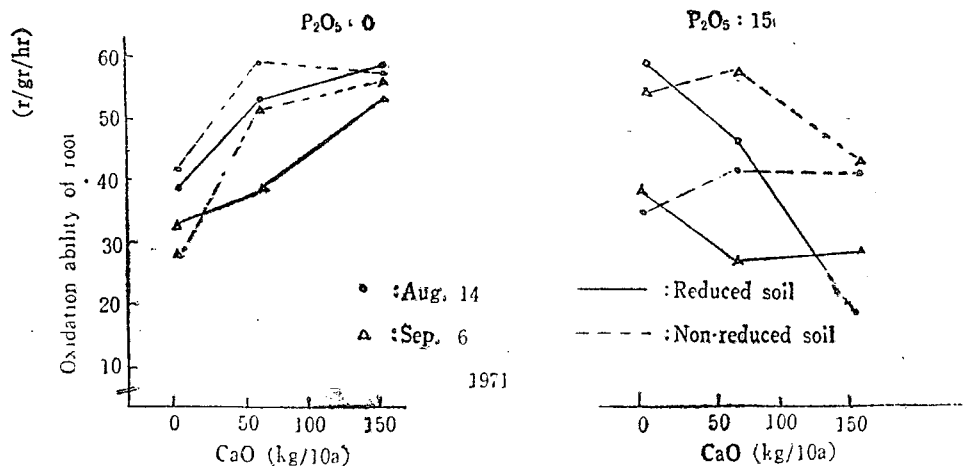


Fig. 1. Variation of oxidation ability of roots under the different conditions of soil, different levels of phosphorus and calcium in 1971.

向이었으나 燐酸施用區에서는 反對되는 傾向을 보였다. 한편 土壤條件에 따른 根活力의 變化를 보면 無燐酸區에서는 澱粉施用에 의하여 還元促進된 土壤이 澱粉無施用區보다 根活力이 낮은 傾向이었으며 燐酸

施用區에서는 그 差異가 더 甚해지는 傾向이었으나 石灰施用量에 따라서 變異樣相이 달라지기도 하였다. (그림 1)

그림 2는 1972年 出穗期에 根活力을 調査한 結果

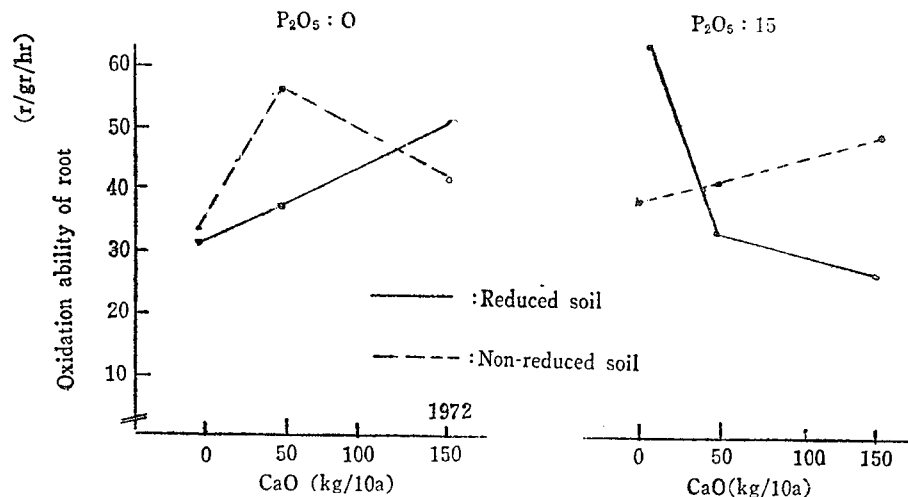


Fig. 2. Variation of oxidation ability of roots under the different conditions of soil, different levels of phosphorus and calcium in 1972.

인데 1971年과 비슷한 傾向으로 澱粉을 施用하여 還元促進을 시킨區가 無處理區보다 根活力이 낮고 燐酸施用量間에는 큰 差異가 없었으며 石灰施用量間에서는 還元促進시킨 土壤의 無燐酸區에서는 石灰施用量이 增加하면 根活力도 上昇되었으나 燐酸施用區에서는 石灰施用量을 增加시키면 根活力이 減少하였다. 그러나 澱粉을 施用하지 않은 土壤에서는 石灰를 施用하므로써 根活力이 增加하는 傾向이었다.

根의 生育量 즉 株當 生根重과 根活力과의 關係는 그림 4에서 보는 바와 같이 相關程度가 아주 낮았으나 單位 生根重當 根의 酸化力과 總根의 酸化力間에는 그림 3에서와 같이 正의 相關關係가 認定되고 株當 生根重과 總根의 酸化力間의 相關이 比較的 낮은 點(그림 5) 등을 考慮하면 出穗期에 뿌리 全體의 機能을 增進시키는 方法으로는 單位 生根重當 根의 酸化力을 높일 수 있는 栽培의 措施가 必要할 것으

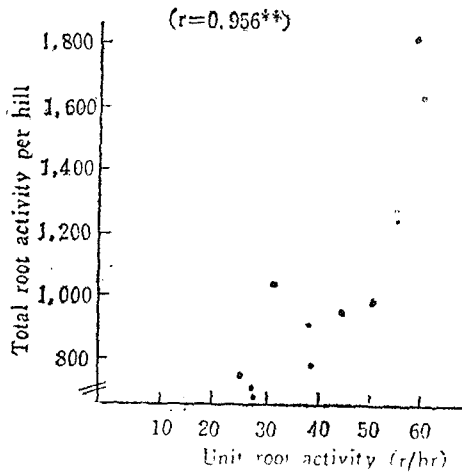


Fig. 3. Relation between unit root activity and total root activity per hill at heading date

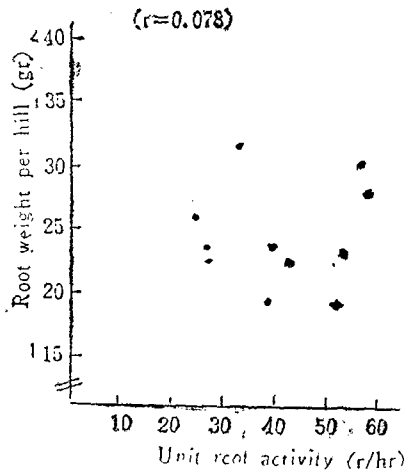


Fig. 4. Relation between unit root activity and root weight per hill at heading date.

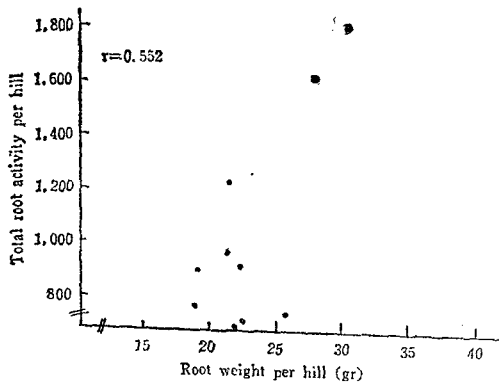


Fig. 5. Relation between root weight per hill and total root activity per hill at heading date.

로 判斷되었다.

## 2. 作物學的인 實用形質

3個年間 調査된 特性들에 對한 分散分析結果는 表3과 같은데 3個年 平均値에서 處理間 有意差가 認定된 것들은 穗長, 一穗穎花數, 登熟比率, 玄米千粒重이고 이들 以外의 特性들에서는 處理間에 統計的인 有意性이 認定되지 않았다. 年次別로 調査項目들에 對한 分散分析 結果를 보면 1972年の 實驗에서 處理間 有意性이 가장 많은 項目에서 認定되고 있는데 이로서 1972年度의 氣象狀態가 다른 해와 많이 달랐을 것임을 알 수 있는데 實際로 이 해에는 稻作期間中 氣溫이 平年에 比하여 特異하게 낮았던 것이다.

1) 稈長: 分散分析 結果로는 1972년에 土壤條件間 그리고 土壤條件·磷肥施用量·石灰施用量間의 相互作用과 1973년에 石灰施用量間에 有意性이 認定되었

Table 3. Analysis of variance for observed agronomic characters in experiment 1.

Factor	Item	Culm length	Panicle length	No. of pan. per hill	Percent of maturing tiller	No. of grains per panicle	Filled grain ratio	1000 grain weight	Rough rice yield	Brown rice yield	Brown rice ratio	Straw weight
3 year average												
Soil		5.268	1743.378**	1.523	4.052	7.008	753.889**	0.248	1.714	0.455	0.720	3.367
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0.068	6.083	0.433	0.012	0.029	0.076	0.123	0.068	0.494	1.469	0.052
Soil×P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0.003	0.014	0.071	0.078	0.768	0.106	0.044	0.885	1.265	1.136	0.055
CaO		3.048	0.463	3.024	0.965	5.745*	3.645*	7.193**	2.230	1.874	0.962	0.868
Soil×CaO		1.629	1.356	0.830	1.254	2.062	2.680	0.248	1.201	1.702	1.126	3.018
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ×CaO		0.838	2.158	0.517	0.228	0.080	0.082	0.019	1.002	0.967	1.124	0.091
Soil×P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ×CaO		1.906	0.878	0.334	0.653	0.888	0.545	0.583	1.368	1.446	0.809	3.047

1971

Soil	0.001	33.279*	1.396	0.331	6.808	14.818	0.055	19.784*	3.622	0.884	1.778
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.358	1.209	0.321	0.025	6.909	0.430	0.905	0.104	1.298	3.873	0.019
Soil × P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.019	0.339	0.001	0.054	8.718*	0.244	0.067	3.152	0.647	1.424	0.096
CaO	1.353	0.463	0.551	1.217	0.594	0.702	4.535*	1.361	0.954	0.862	0.023
Soil × CaO	1.691	0.859	0.353	0.138	0.504	1.385	1.078	0.189	0.061	0.522	0.599
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> × CaO	0.032	0.394	0.531	3.152	0.949	0.539	0.796	0.189	0.058	0.676	0.613
Soil × P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> × CaO	0.049	0.696	1.265	0.087	1.703	1.017	0.249	0.091	0.004	0.474	0.365

1972

Soil	24.078*	9.916	9.604	27.649*	69.326*	131.887**	0.368	0.980	0.824	94.367*	9.804
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.074	1.143	1.626	0.015	0.338	0.126	0.557	1.953	3.129	2.642	0.305
Soil × P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.546	0.080	0.784	1.233	1.767	0.014	1.610	3.942	4.709	1.303	0.001
CaO	2.048	1.886	1.117	0.574	5.354*	2.815	0.075	0.198	0.138	1.311	2.314
Soil × CaO	0.968	2.139	3.783*	2.199	1.423	1.777	1.588	0.237	0.307	1.957	3.108
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> × CaO	2.136	3.031	3.059	2.633	0.317	1.112	0.475	1.842	2.073	0.263	1.130
Soil × P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> × CaO	6.754**	0.189	3.791*	3.889*	0.048	0.321	0.706	0.534	0.695	2.041	1.876

1973

Soil	16.905	47.506*	0.005	0.006	3.198	0.372	0.001	11.958	13.158	2.339	1.576
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.181	0.943	0.972	0.143	0.922	1.363	0.001	2.528	2.262	2.776	15.058*
Soil × P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.037	1.771	1.459	16.638*	0.054	0.394	0.488	0.560	0.808	1.234	1.264
CaO	8.508**	0.107	2.013	0.360	1.443	0.407	3.269	1.141	1.188	0.026	0.169
Soil × CaO	2.691	0.554	1.222	1.808	1.641	1.789	1.681	1.834	1.958	0.655	0.851
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> × CaO	1.324	0.656	4.371*	2.054	1.337	1.131	0.262	0.601	0.641	0.739	0.228
Soil × P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> × CaO	1.060	2.097	1.974	0.341	2.485	0.515	0.057	1.048	1.048	1.095	0.599

Table 4. Variation of observed characters under different treatments in experiment 1.

Item	Culm	Panicle	No. of	Percent	No. of	Filled	1000-	Rough	Brown	Brown	Straw	
	length	length	pan.	of ma-	grains	grain	grain	rice	rice	rice	weight	
Treatment	cm	cm	per hill	turing tiller	per panicle	ratio	weight	yield	yield	ratio	kg/10a	
	cm	cm		%		%	gr	kg/10a	kg/10a	%	kg/10a	
Soil	Non-reduced	87.2	20.3	13.9	67.1	98.9	79.8	19.0	566.2	457.6	81.5	925.9
	Reduced	85.6	19.3	13.4	62.0	90.7	69.7	18.9	546.8	447.5	78.6	853.6
C. V. (%)	2.53	0.37	8.82	11.85	9.75	1.47	1.59	7.97	9.98	12.68	13.28	
L. S. D.	.05	3.14	0.10	1.72	10.97	13.27	1.57	0.43	63.64	64.80	14.57	169.51
	.01	7.23	0.24	3.98	25.31	30.60	3.63	1.00	146.80	149.47	33.60	390.98
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0kg/10a	86.3	19.7	13.5	64.7	95.1	75.0	18.9	555.0	448.9	78.0	892.9
	15 "	86.5	19.9	13.7	64.5	94.5	74.5	18.9	558.0	456.2	82.2	886.6
C. V. (%)	2.29	1.43	6.88	9.08	21.30	7.14	1.25	6.26	6.85	13.10	9.21	
L. S. D.	.05	1.83	0.26	0.87	5.43	10.79	4.94	0.22	32.21	28.67	9.71	75.79
	.01	3.04	0.44	1.44	9.00	17.89	8.19	0.36	53.43	47.55	16.10	125.69
CaO	0kg/10a	85.7	19.8	13.2	62.9	89.8	73.5	19.2	550.5	446.9	82.0	877.4
	50 "	87.3	19.9	13.8	65.1	99.9	76.9	18.9	577.3	469.8	76.6	891.9
C. V. (%)	150 "	86.3	19.8	13.9	65.7	94.7	73.9	18.7	541.6	440.9	81.7	899.9
	1.92	2.78	4.94	7.97	7.73	4.53	1.71	6.18	6.27	13.49	4.77	
L. S. D.	.05	2.43	0.48	0.58	4.45	6.34	2.93	0.28	29.78	24.57	9.35	36.73
	.01	3.97	0.66	0.80	6.13	8.73	4.04	0.39	41.03	33.86	12.88	50.61



는데 表 4에서 보면還元을誘發시킨土壤에서稈長이 작은傾向이고磷酸施用量間에는 거의差異가 없으며石灰는 10a當 50kg을施用한區가稈長이 큰傾向이었다.

그러나 3個年 平均値에서는處理間에有意差가認定되지 않고 있어本實驗의處理要因이나水準에依해서는稈長의變異가比較的 작게 나타남을 알 수 있었다.

2) 稈長: 表 3에서 보는바 같이 1971年 및 1973年 그리고 3個年 平均値에서土壤條件間에差異가 있었는데 表 4에서 보면還元을誘發시킨區의稈長이還元을誘發시키지 않은區보다 짧았고 이와같은結果는幼穗發育段階에 두處理區間에養分吸收의差異가 있었을 것임을暗示해 주고 있다. 그러나磷酸

施用量이나石灰施用量間에는稈長의差異가 거의 없었고處理要因間의相互作用도認定되지 않는 것으로 보면土壤條件에 따른稈長의差異가磷酸 또는石灰施用量을調節하므로서解消되지 않는에서 온 것으로判斷된다.

3) 一株穗數: 表 3의 分散分析 結果로 보면 1972年과 1973年에土壤條件과石灰施用量間에有意성이認定되었지만 3個年 平均値에서는 어떤 경우에도差異가 없었다. 一株穗數가決定되는 것은有効分蘗終止期까지의營養 및 氣象狀態에 따르는 것이고本實驗에서의各種處理가始作될 때까지는 모든處理區가同一한條件에서 이미一株穗數가決定되었을 것이기 때문에處理區間에差異가 거의 없을 것임은 쉽게推測할 수 있는 것이다. (表 4, 그림 6)

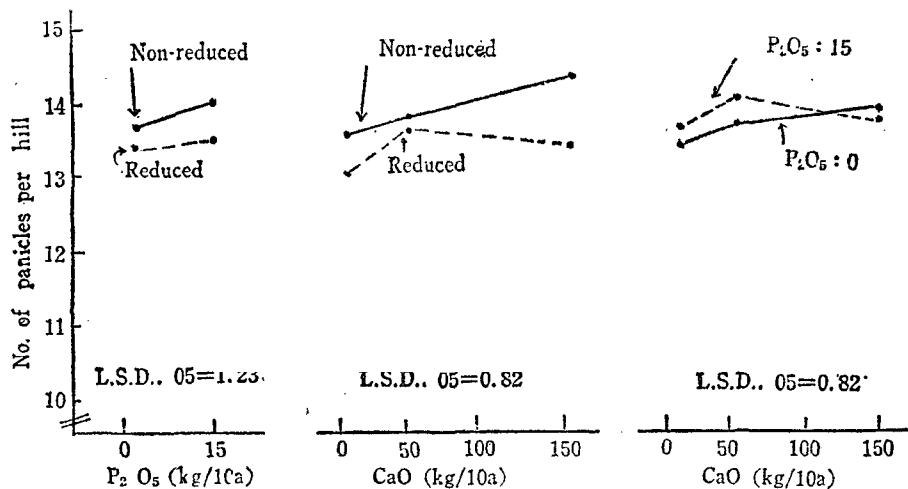


Fig. 6. Variation of number of panicle per hill under the different soil conditions, different levels of phosphorus and calcium (3 year average)

4) 有効莖比率: 1972년에는土壤條件間에 그리고土壤·磷酸·石灰施用量間의交互作用에서 1973년에는土壤條件과磷酸施用量間의交互作用에서有意성이認定되었으나 3個年 平均値에서는 어느 경우에도差異가 없었다. 表 4에서 보면還元을誘發시킨 경우와石灰를施用하지 않은 경우에有効莖比率이減少되고 있는傾向을 알 수 있었다.

5) 一株平均穎花數: 表 3에서 보면 3個年 平均値에서는石灰施用量間에 1971년에는土壤條件과磷酸施用量間의相互作用에서 1972년에는土壤條件間에 그리고石灰施用量間에, 각각有意성이認定되고 있어本實驗의各種處理가幼穗形成期에서부터出穗期까지의植物體의營養狀態에影響을 주고 있음을 알 수 있었다. 表 4에서 보면土壤의還元條件이 주어졌을 때 一株平均穎花數가減少하는傾向이고石灰를

適量施用하면 一株穎花數는增加함을 알 수 있고 그림 7에서 보면土壤의還元狀態에 따라서磷酸肥料의効率が 서로 다른傾向으로 나타나고 있음을 알 수 있었으나磷酸肥料의單獨効果는認定되지 않았다.

6) 登熟比率: 3個年 平均値 및 1972年에土壤의條件間에有意差가認定되고 있으나 다른處理要因의水準間 또는要因間相互作用에서는有意성이認定되지 않고 있어土壤의還元程度가登熟에 미치는影響을磷酸肥料나石灰施用으로解消시킬 수 없음을 알 수 있었다. 表 4 및 그림 8에서 보면土壤에澱粉을施用하여還元을促進시킨 경우에는登熟比率이 현저히減少되었으나磷酸 또는石灰施用量間에差異가 없었고要因別變化樣相이 같은傾向임을 알 수 있었다.

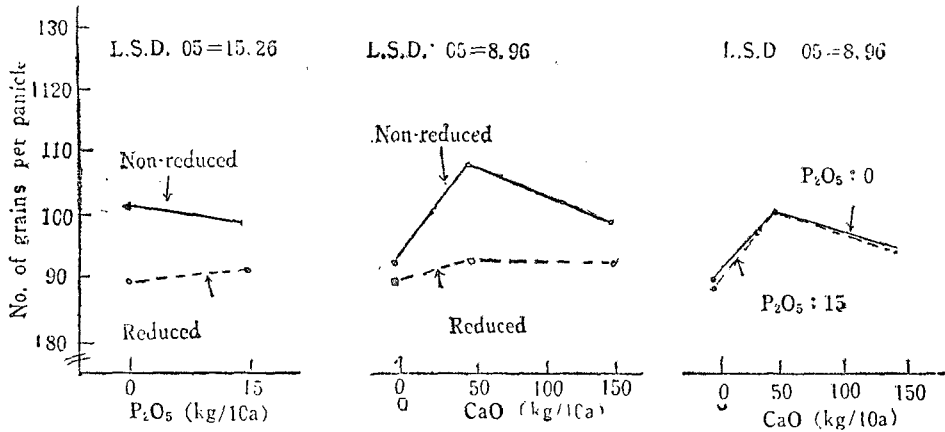


Fig. 7. Variation of number of grains per panicle under the different soil conditions, different levels of phosphorus and calcium (3 year average)

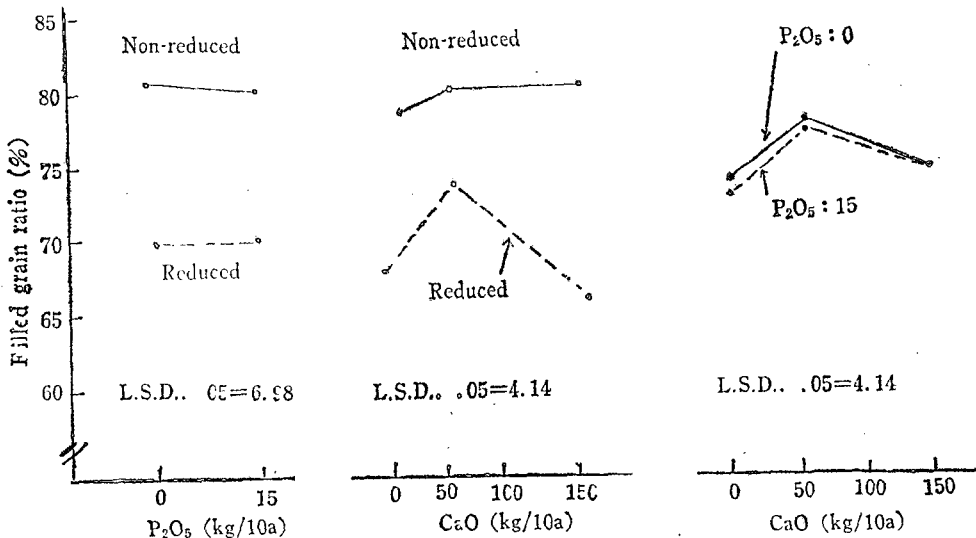


Fig. 8. Variation of filled grain ratio under the different soil conditions, different levels of phosphorus and calcium (3 year average)

7) 玄米千粒重: 表3의 分散分析 結果를 보면 3個年 平均値와 1971年의 石灰施用量間에만 有意差가 認定이 되었고 다른 要因의 處理水準間이나 要因相互間 交互作用에서는 差異가 認定되지 않았다. 表4 및 그림9에서 보면 石灰를 施用한 區의 千粒重이 減少되었으나 無施用區와 50kg 施用한 區間에는 有意差가 없었다.

8) 精粒重: 1971年의 土壤條件間 有意差를 除外하고는 모든 경우에 어떤 處理水準間 또는 要因相互間 交互作用이 認定되지 않았다. 表4에서 보면 還元을 誘發시킨 土壤에서 精粒重이 減少되는 傾向을 보였으나 磷酸施用量間에는 差異가 전혀 없었고 10a當石

灰 50kg을 施用한 경우에 增收傾向을 보였다.

9) 精玄比率: 1972年의 土壤條件間에 有意差가 認定되었을 뿐 다른 어떤 경우에도 差異는 없었다. 表4에서 보면 還元促進區에서 精玄比率는 減少傾向이고 磷酸施用에 依해서는 增加傾向이며 石灰施用에 依해서는 減少傾向이었다.

10) 玄米重: 表3의 分散分析 結果만을 보면 本實驗의 各種 處理水準間에 그리고 要因相互間 交互作用에서 3個年에 걸쳐 전혀 有意性이 認定되지 않고 있다. 前述한 바와같은 玄米重을 構成하고 있는 要因들 中에는 本實驗의 處理區間에 差異가 認定되는 것들이 있었는데도 收量에서 統計的인 有意差가 認定

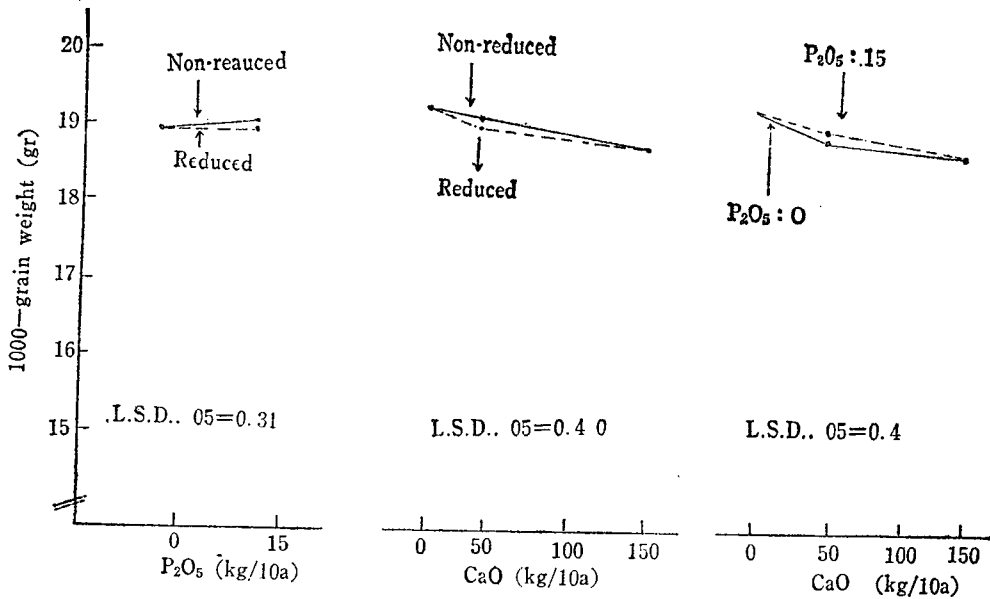


Fig. 9. Variation of 1000-grain weight under different soil conditions, different levels of phosphorus and calcium (3 year average)

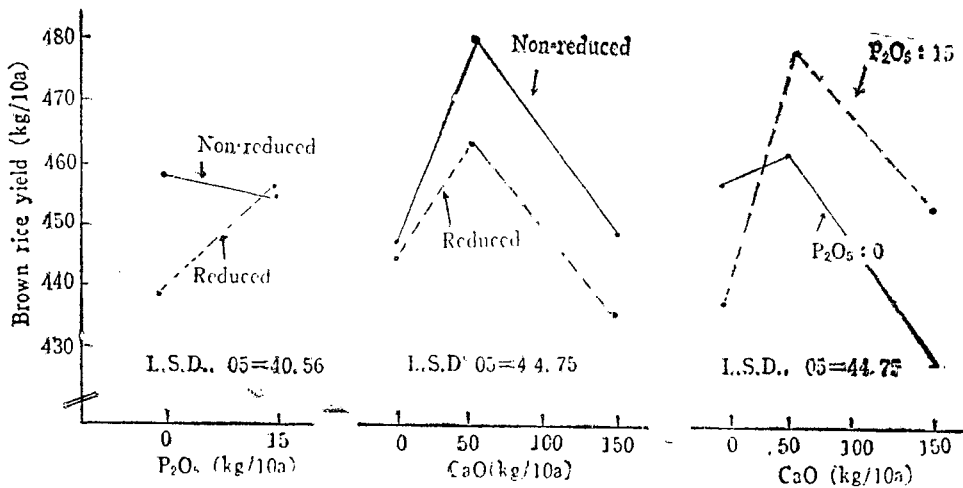


Fig. 10. Variation of brown rice yield under the different soil conditions, different levels of phosphorus and calcium (3 year average)

되지 않는 것은 收量構成要素들의 相互補償作用에 起因하는 것으로 判斷된다. 그러나 表4 및 그림10에서 보면 各種 處理에 따른 收量의 變異傾向을 알 수 있는데 還元이 促進된 土壤에서는 減收傾向이고 磷酸施用區가 增收傾向이며 適當量의 石灰施用은 增收方向의 效果를 보였다 또 磷酸의 施用效果는 還元促進土壤에서만 期待할 수 있었고 石灰施用의 效果는 還元促進土壤에서는 減收方向으로 作用하는 傾向을 보여 土壤條件間에 石灰施用에 對한 反應이 다르게 나타났다. 또 磷酸을 施用한 경우에 石灰施用의 効

果가 增收方向으로 作用될 수 있을 것으로 判斷되었다.

11) 藥重: 1973년에 磷酸肥料施用量間에 有意差가 認定되었을 뿐 다른 어느 경우에도 有意性은 認定되지 않았다. 그러나 表4에서와 같이 3個年 平均値에서는 磷酸施用量間보다는 土壤條件에 依한 差異가 더 큰데 즉 還元促進區의 藥重이 減少하는 傾向을 보였고 土壤條件에 따라서 石灰施用의 效果가 서로 다른 傾向임을 알 수 있었다.

### 3. 根活力과 收量形質과의 關係

1971년에 調査한 出穗期の 根活力과 一穗平均穎花數와의 關係를 보면 그림11에서와 같이 微微하나 登熟比率와는 特殊한 두 경우를 除外하면 正의 相關關係가 있음을 그림12에서 알 수 있고 역시 單位面積

當 玄米收量과도 正의 相關關係가 認定되었다(그림 13). 結局 出穗期の 根活力은 登熟過程中 地上部로의 養分供給能力과 關係가 깊기 때문에 위에서와 같은 結果는 當然한 것이며 根活力의 差異에 의해서 千

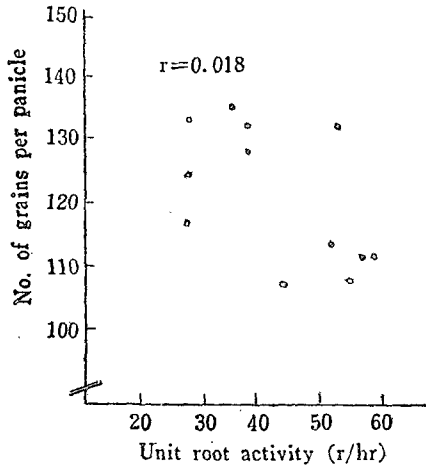


Fig. 11. Relation between root activity and number of grains per panicle

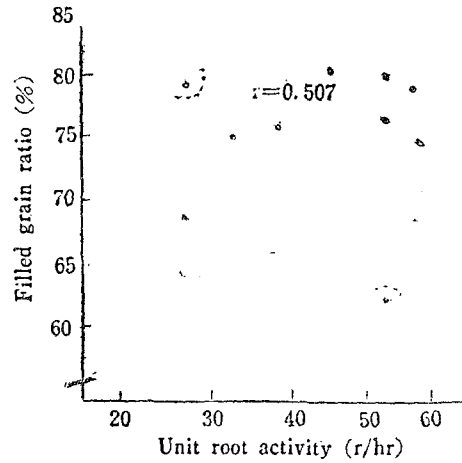


Fig. 12. Relation between root activity and filled grain ratio

粒重보다는 登熟比率이 더 큰 影響을 받으며 結局 玄米重과도 關係가 깊게되는 것이라고 判斷된다. 그림 14는 出穗期の 株當 總根의 酸化量과 玄米收量과의 關係를 나타낸 것인데 單位生根重當 酸化力과 玄米

重과의 關係(그림 13)만큼 明確하지 않았고 따라서 增收를 爲한 生育後期 根活力의 增大策은 單位生根重當酸化力의 增大를 目標로 하는 것이 보다 効果的인 方法이 될 것으로 判斷된다.

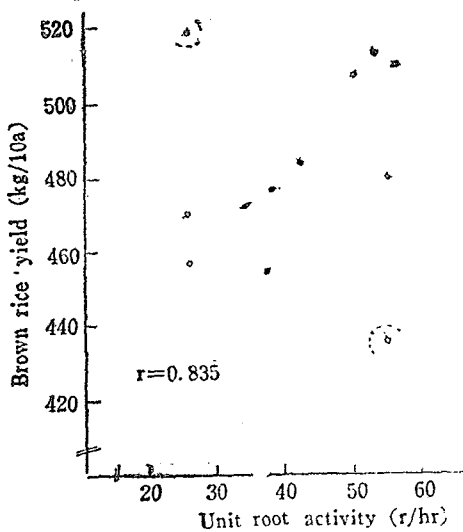


Fig. 13. Relation between root activity and brown rice yield.

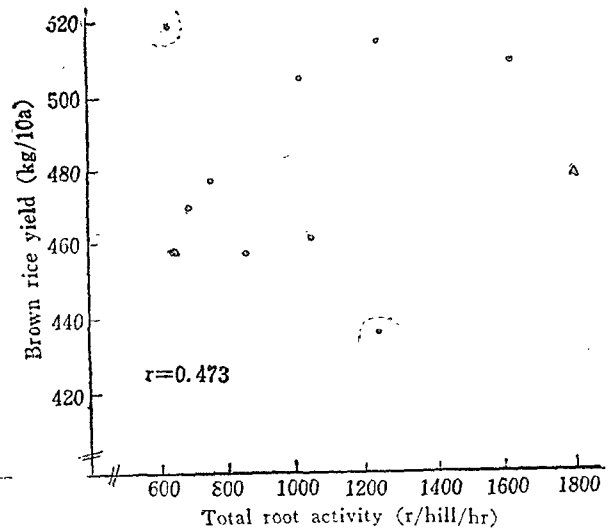


Fig. 14. Relation between total root activity per hill and brown rice yield.

實驗 2. 土壤條件別 加里 및 石灰施用 的 效果

1. 根活力

$\alpha$ -naphthylamine에 의한 根의 酸化量은 그림 15, 16에서 보는 바와 같은데 1971년에 調査한 바로는 還元을 促進시킨 土壤에서는 出穗期의 根酸化力이 出穗前 23日의 경우보다 顯著히 減少되었는데 反하여

還元促進을 시키지 않은 土壤에서는 出穗期의 根活力이 떨어지지 않았다. 또 加里肥料를 施用하지 않은 경우에는 石灰를 施用하므로써 根活力이 減少하는 傾向이나 加里를 適當量 施用한 土壤에서는 石灰施用으로 根活力이 上昇하는 傾向을 보여주고 있다. 還元을 促進시킨 土壤에서 8月 14日에 調査한 根活

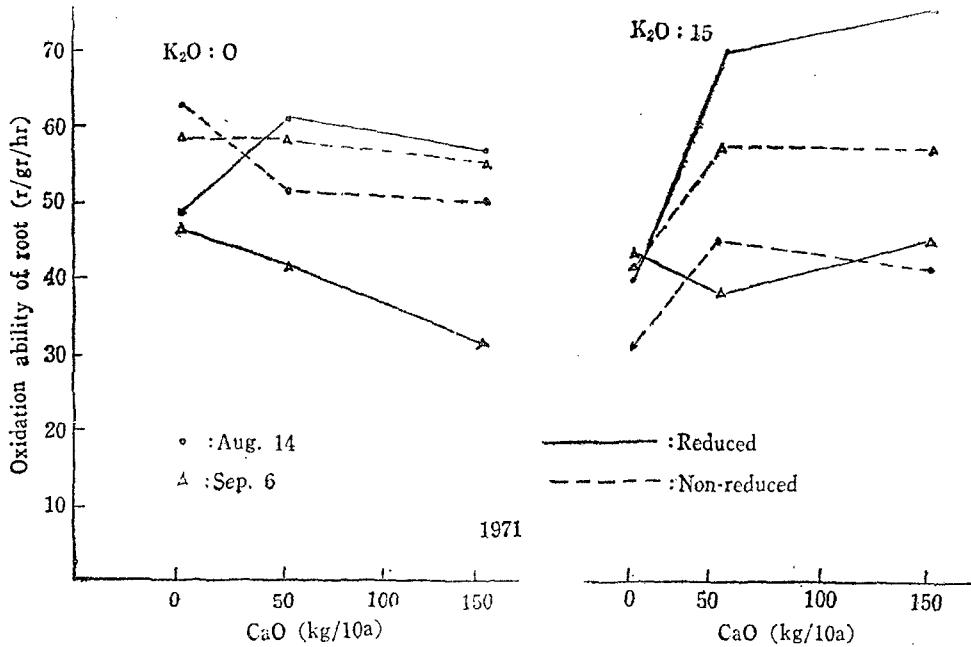


Fig. 15. Variation of oxidation ability of roots under the different conditions of soil, different levels of potassium and calcium in 1971.

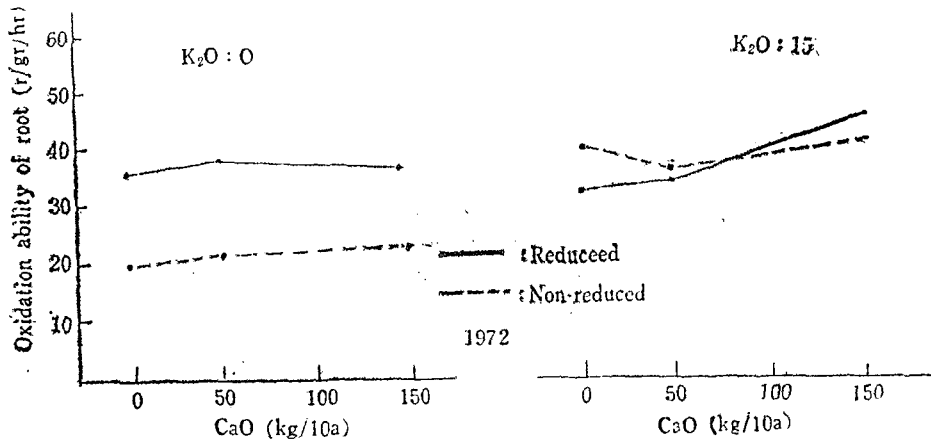


Fig. 16. Variation of oxidation ability of roots under the different conditions of soil, different levels of potassium and calcium in 1972.

力은 石灰施用에 의해서 현저히 增加하였으나 出穗期의 根活力은 石灰施用量間에 差異가 거의 없으므로 흥미로운 研究課題를 남겨 주었다. 1971~72年의 2年 동안에 걸친 實驗에서 分明해진 것은 加里

를 施用하지 않은 土壤에서는 還元促進區와 還元을 促進시키지 않은 土壤間에 根活力의 差異가 컸지만 加里를 施用한 區에서는 兩者間 根活力의 差異는 적었다는 事實이다. 株當生根重當 根의 酸化力과 株當

生根重間에는 關係가 적고 單位生根重當 酸化量과 株當總根의 酸化量間에는 正의 相關이 認定되고 있는 것은 實驗1의 結果와 一致되고 있는 事實이다.

## 2. 作物學的인 實用形質

1971~73年 3個年 및 3個年 平均値에 對한 分散分析 結果는 表5에서와 같은데 3個年 平均値에서 處理間 有意性이 認定되는 것은 精粗收量 및 玄米收量에

서 石灰施用量間의 差異뿐이고 年次別로 보면 1971年에는 玄米千粒重과 精玄比率에서, 1972年에는 稈長, 有効莖比率과 一穗平均穎花數에서, 그리고 1973년에는 穗長, 登熟比率, 玄米重等에서 特定 處理水準間에서만 有意性이 認定되고 있다.

1) 稈長: 3個年 平均値에서는 處理間 差異가 없었고 1972年에만 加里 및 石灰施用量間의 交互作用이

Table 5. Analysis of variance for observed agronomic characters in experiment 2.

Factor \ Item	Culm length	Panicle length	No. of pan. per hill	Percent of maturing tiller	No. of grains per panicle	Filled grain ratio	1000-grain weight	Rough rice yield	Brown rice yield	Brown rice ratio	Straw weight
3year average											
Soil	0.340	4.337	3.414	8.676	11.713	3.919	0.409	0.601	0.329	0.032	0.484
K <sub>2</sub> O	0.637	1.896	0.015	0.081	0.179	0.342	0.436	0.953	2.997	0.569	0.617
Soil × K <sub>2</sub> O	3.073	5.389	0.005	0.907	0.049	0.387	1.533	0.146	3.560	1.773	0.018
CaO	0.267	1.541	1.165	0.807	0.546	2.236	0.469	4.309*	4.705*	0.793	0.678
Soil × CaO	0.494	0.662	0.387	0.080	0.478	1.298	0.630	0.522	1.301	1.702	0.390
K <sub>2</sub> O × CaO	0.380	2.558	0.357	0.047	0.687	0.475	2.299	2.633	2.401	0.108	0.929
Soil × K <sub>2</sub> O × CaO	0.372	0.988	0.091	0.357	0.121	0.081	0.098	0.568	0.251	0.666	0.984
1971											
Soil	0.265	12.331	4.699	0.207	16.489	3.269	0.083	7.621	5.339	5.471	0.026
K <sub>2</sub> O	0.076	0.009	4.539	1.201	0.547	0.375	0.473	3.226	1.290	2.510	0.286
Soil × K <sub>2</sub> O	0.713	1.137	0.784	0.835	0.574	0.003	0.003	2.436	4.214	0.096	0.473
CaO	0.125	0.428	0.755	0.355	1.545	3.544	0.767	2.813	2.217	3.754*	0.358
Soil × CaO	1.493	1.180	0.498	0.463	0.334	2.173	3.781*	2.839	2.435	0.472	0.458
K <sub>2</sub> O × CaO	0.518	4.567	0.568	0.163	1.604	0.080	0.124	2.801	2.281	1.071	0.977
Soil × K <sub>2</sub> O × CaO	2.061	1.069	0.987	0.583	0.502	1.197	0.105	1.143	1.896	1.512	0.548
1972											
Soil	2.059	1.977	12.876	27.335*	0.512	2.383	0.049	0.848	0.333	0.984	2.944
K <sub>2</sub> O	2.632	4.245	0.799	3.042	1.139	0.002	0.021	2.666	2.191	0.506	0.203
Soil × K <sub>2</sub> O	2.775	1.061	0.236	0.019	1.028	0.389	6.656	0.086	0.199	2.773	0.195
CaO	0.042	0.442	0.718	0.162	0.993	0.433	0.018	1.974	1.263	1.204	1.356
Soil × CaO	0.811	1.457	0.124	0.184	0.234	0.298	0.770	1.507	1.099	0.628	0.268
K <sub>2</sub> O × CaO	4.761*	0.711	1.233	0.410	5.083*	0.704	1.566	1.984	2.961	1.299	0.158
Soil × K <sub>2</sub> O × CaO	0.474	1.156	0.540	1.096	0.393	0.405	0.191	0.894	1.676	1.117	1.756
1973											
Soil	0.400	3.803	0.016	0.599	0.742	1.773	2.728	1.030	2.836	1.989	0.126
K <sub>2</sub> O	0.387	1.016	0.131	0.168	0.131	3.933	1.448	0.871	1.879	0.249	0.072
Soil × K <sub>2</sub> O	0.057	5.958	0.605	0.301	0.412	10.331*	0.437	1.501	5.207	1.450	0.978
CaO	3.225	3.008	0.977	2.843	1.271	0.129	0.312	3.434	1.606	0.297	0.499
Soil × CaO	2.864	0.005	0.312	0.523	0.311	1.420	2.504	0.707	1.148	1.538	0.167
K <sub>2</sub> O × CaO	0.139	0.287	0.206	0.594	0.119	3.924*	2.679	6.750**	3.059	0.300	1.335
Soil × K <sub>2</sub> O × CaO	0.276	4.673*	0.515	0.855	0.229	2.393	0.389	2.097	0.005	1.519	0.616

Table 6. Variation of observed characters under different treatments in experiment 2.

Treatment	Item	Culm	Panicle	No. of	Percent	No. of	Filled	1000-	Rough	Brown	Brown	Straw
		length	length	pan. per	of matu-	grains	grain	grain	rice	rice	rice	weight
		cm	cm	hill	ring	per	ratio	weight	yield	yield	ratio	weight
					tiller	panicle	%	gr	kg/10a	kg/10a	%	kg/10a
Soil	Non-reduced	88.0	20.4	14.9	71.8	107.2	79.1	18.8	553.3	446.9	80.8	948.7
	Reduced	86.3	19.4	14.1	68.5	103.2	72.6	18.9	541.9	441.1	81.4	862.4
C. V. (%)		10.27	6.97	9.40	4.85	6.47	13.60	4.42	9.15	10.48	3.00	11.07
L.S.D.	.05	12.84	1.99	1.95	4.89	4.12	14.83	1.20	71.94	66.26	3.48	533.49
	.01	29.61	4.58	4.51	11.27	10.81	34.20	2.76	165.93	152.82	8.02	1230.51
K <sub>2</sub> O	0kg/10a	87.4	19.9	14.5	69.9	105.5	75.7	18.9	543.4	439.1	80.8	897.0
	15kg/10a	86.9	19.8	14.5	70.5	104.9	76.4	18.8	551.7	448.7	81.3	914.1
C. V. (%)		2.08	2.13	8.33	8.53	8.35	4.72	2.14	5.57	3.84	6.30	7.21
L.S.D.	.05	1.68	0.39	1.12	5.54	4.26	3.32	0.37	28.26	15.67	4.70	60.43
	.01	2.79	0.65	1.85	9.19	7.07	5.51	0.62	46.87	25.99	7.80	100.22
CaO	0kg/10a	87.4	20.0	14.2	69.0	105.8	75.3	18.9	543.1	436.9	80.4	898.9
	50kg/10a	87.0	19.9	14.6	70.3	105.7	78.3	18.9	565.7	459.3	81.2	923.4
	150kg/10a	87.0	19.7	14.7	71.2	104.1	74.5	18.8	534.1	437.4	81.9	894.4
C. V. (%)		2.01	1.69	5.12	6.25	8.00	5.52	2.13	5.80	7.47	5.11	7.24
L.S.D.	.05	1.52	0.29	0.64	3.80	3.82	3.63	0.35	27.53	21.50	3.57	56.76
	.01	2.09	0.40	0.89	5.23	5.26	5.01	0.48	37.93	35.27	4.92	78.21

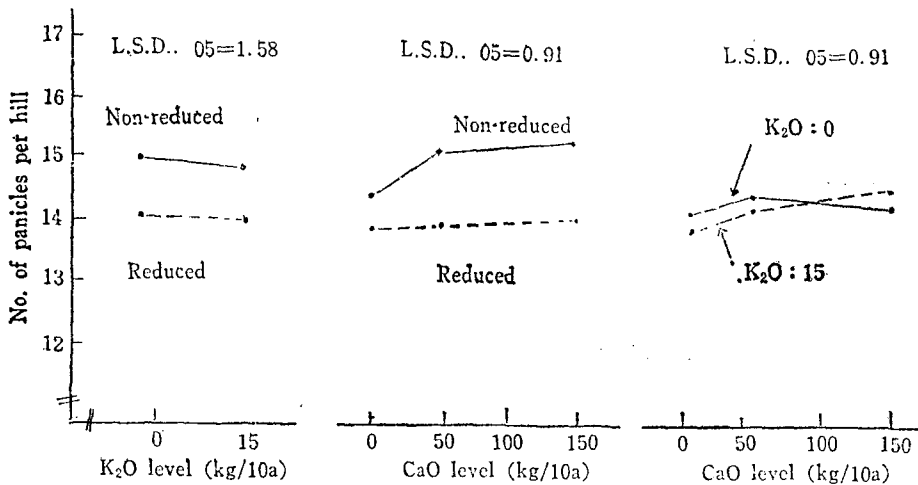


Fig. 17. Variation of number of panicle per hill under the different soil conditions, different levels of potassium and calcium (3year average)

認定되었다.

2) 穗長: 3個年 平均値에서 處理間 有意性이 認定되지 않았고 1973년에 土壤條件, 加里, 石灰施用量間 交互作用에서 有意性이 認定되었다. 表6에서 보면 還元促進된 土壤에서 穗長이 減少되는 傾向이었고 다른 處理區間에는 差異가 없었다.

3) 一株穗數: 表5에 의하면 3個年 平均値에서 年次別 成績에서나 處理間 差異가 全히 認定되지 않았다. 그림 17 및 表6에서 보면 還元促進된 土壤에서 穗數가 減少되는 傾向임을 알 수 있고 其他 處理區間에서는 差異가 거의 없었다.

4) 有效莖比率: 1972년에 土壤條件間 有意差가 認

定되었을 뿐 다른 모든 경우에 有意差가 없었다. 역시 還元促進된 土壤의 有效莖比率이 낮은 傾向이였다(表 6).

5) 一穗平均穎花數: 1972년에 加里와 石灰施用量間 交互作用이 認定되었을 뿐 다른 모든 경우에서 有

意性이 認定되지 않았다. 表6과 그림18에서와 같이 土壤條件에 따라서 즉 還元促進이 되었을 경우 穗當穎花數가 減少傾向이고 加里나 石灰施用量間에는 差異가 거의 없었고 要因相互間 處理水準에 따른 變異樣相도 비슷하였다.

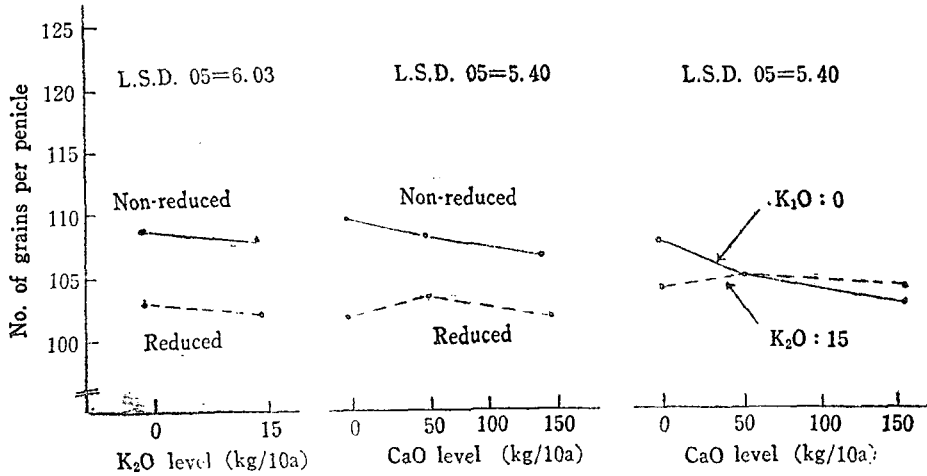


Fig. 18. Variation of number of grains per panicle under the different soil conditions, different levels of potassium and calcium (3 year average)

6) 登熟比率: 表5에서와 같이 1973년에 土壤條件과 加里施用量間, 加里와 石灰施用量間의 交互作用이 各各 認定되었으나 3年 平均値에서는 有意性이 없었다. 그러나 表6과 그림19에서 보던 還元促進된 土壤의 登熟率이 減少하는 傾向이며 加里施用量間에는 거의 差異가 없고 適當量의 石灰를 施用하면 登熟率이 增加하는 傾向임을 알 수 있다.

間的 交互作用이 認定되었고 그밖의 모든 경우에서 有意性이 認定되지 않았다. 表6 및 그림20에서 보던 各 處理間 差異가 極히 微微한 것임을 알 수 있었다.

7) 玄米千粒重: 1972년에 土壤條件과 石灰施用量

8) 精相重: 3年 平均値에서 石灰施用量間에, 1973년에는 石灰와 加里施用量間 交互作用에서 有意性이 認定되었고 모든 다른 경우에는 處理間 差異가 統計的으로 認定되지 않았다. Table 6에서 보던 土壤條件間 그리고 加里施用量間 差異는 거의 없으나 10a

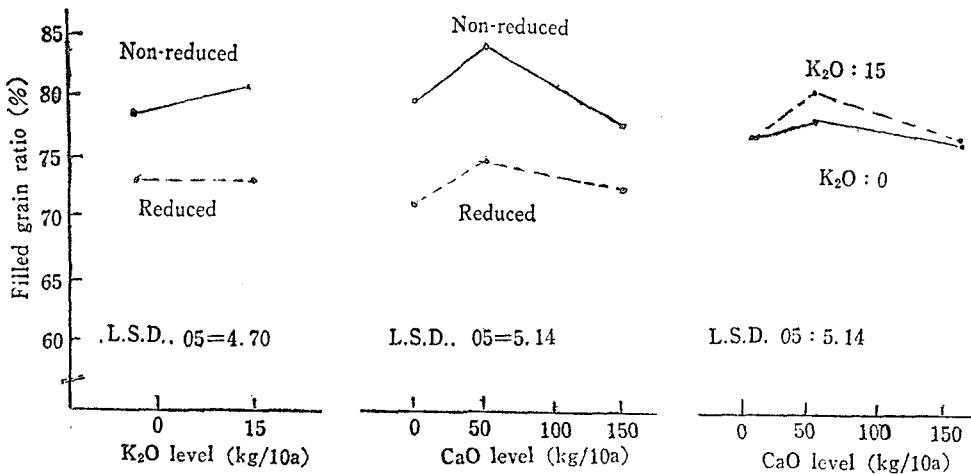


Fig. 19. Variation of filled grain ratio under different soil conditions, different levels of potassium and calcium (3 year average)



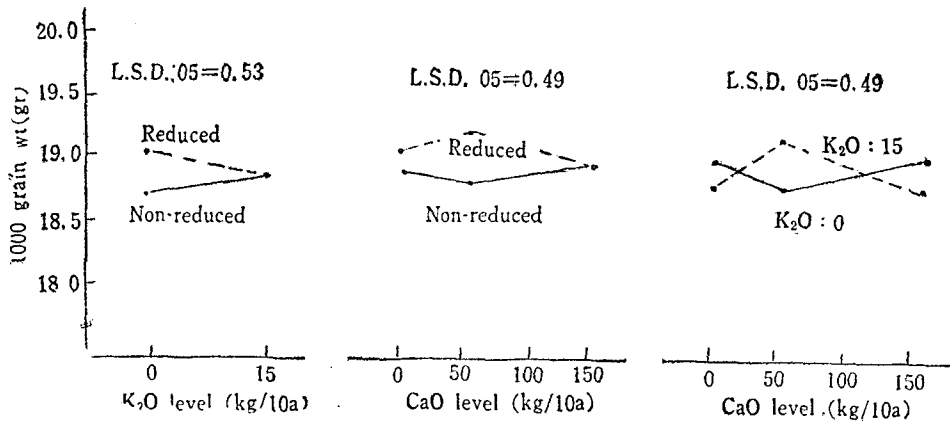


Fig. 20. Variation of 1000 grain weight of brown rice under different soil conditions, different levels of potassium and calcium (3 year average)

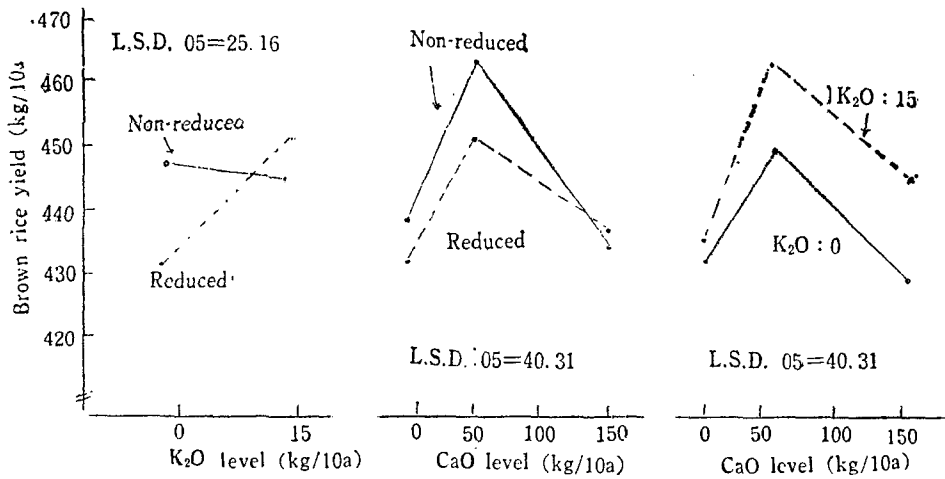


Fig. 21. Variation of brown rice yield under the different soil conditions, different levels of potassium and calcium (3 year average)

當 石灰 50kg을 施用한 경우에는 增收가 되었고 要因間의 相互作用은 모두 비슷한 傾向이었다.

9) 精玄比率: 1971년에 石灰施用量間 差異가 認定되었으나 3個年 平均値에서는 모든 要因의 處理水準間에 差異가 없었고 要因相互間 交互作用도 認定되지 않았다.

10) 玄米重: 3個年 平均値에서 石灰施用量間 有意性이 認定되었으며 다른 모든 경우에는 統計的인 差異가 認定되지 않았다. 表 6 및 그림 21에서 보던 土壤條件間에는 差異가 거의 없었고 加里施用에 依해서는 增收傾向이며 10a當 石灰 50kg 施用區에서 增收가 되었고 還元促進土壤에서는 加里의 施用이 增收方向으로 作用하였는데 石灰의 施用効果는 土壤의 條件이나 加里施用量에 관계없이 10a當 50kg 水準에서 收量이 높았다. 이와같은 結果는 主로 登熟比率

의 差異에서 오는 것으로 생각되는데 各各의 收量構成要素에서는 處理水準間에 差異가 없었는데도 이들의 複合作用에 依해서 나타나는 玄米收量에서는 適當量의 石灰施用으로 增收效果가 나타난 것으로 解釋된다.

11) 藁重: 表 5에서 보는 바와 같이 모든 경우에 處理間 差異나 要因相互間 交互作用이 認定되지 않고 있으나 表 6에서 보면 還元促進土壤에서 減少傾向, 石灰 50kg/10a 施用區에서는 增加傾向인 것을 알 수 있다.

### 3. 根活力과 收量形質과의 關係

大體的으로 보아 實驗 1의 경우와 비슷한 傾向인데 本 實驗에서는 一穗平均穎花數와 根酸化力間에 正의 相關이 認定되었고 (그림 22) 登熟比率과 出穗期의 根酸化力 또 玄米重과 根酸化力間에도 높은 相關

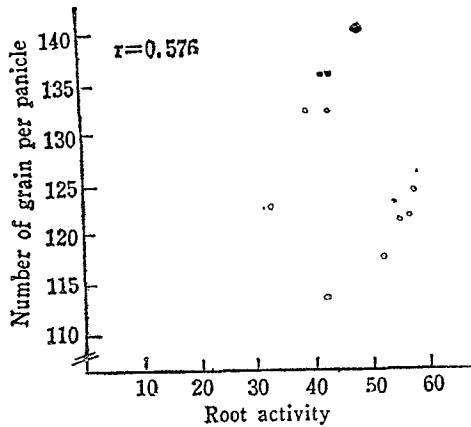


Fig. 22. Relation between root activity and number of grains per panicle

을 나타냈다. 그러나 株當總根의 酸化量과 玄米重間에는 거의 關係가 없었다.

#### IV. 綜合考察

##### 實驗 1. 土壤條件別 磷酸 및 石灰施用의 効果

###### 根 活 力

一般的으로 正常的으로 生育한 水稻의 뿌리는 生長量에 있어서나 그 生理의活力으로 보아서 出穗期에 最大에 達하게 되지만<sup>21)</sup> 湛水下의 還元된 土壤에서는 氣溫이 높아지는 것과 함께 여러가지 有害物質들이 發生하여 減數分裂期에서 부터 뿌리의 生育이 抑制되고 그 機能도 減少되는 경우가 많다.<sup>18, 21, 22, 80, 58, 59, 61, 63, 67)</sup> 特히 微量元素가 缺乏되어 있는 老朽化畚과 砂質漏水畚 또는 排水不良한 濕畚에 有機物을 施用하면 土壤의 還元이 促進됨과 함께<sup>16, 28, 53, 59, 61)</sup> 많은 量의 有機酸 또는 有害物質을 生成하기 때문에 根腐現象이 나타난다고 하는 것은<sup>5, 21, 28, 29, 30, 35, 59, 60, 88, 95)</sup> 잘 알려져 있는 事實이다. 따라서 高溫期에 접어들면서 土壤에 澱粉을 施用하면 還元이 促進되면서 有害物質의 發生이 甚하여 根活力이 減少될 것으로 豫想되는데 本 實驗結果로 보면 出穗前 23日의 根酸化量은 土壤의 條件 即 還元을 促進시킨 區와 對照區間에 큰 差異가 없었지만 出穗期에는 還元促進區의 根酸化量이 떨어지는 傾向을 보여 주었다. N,P,K 等的 養分이 缺乏된 경우에도 根活力은 減退한다고 하지만<sup>22, 25, 31, 40)</sup> 實際 土壤中에 磷酸含量이 一定濃度 以上이 될 때는 磷酸施肥의 效果가 나타나지 않는 것이기 때문에<sup>10, 14, 19, 23, 24, 34, 36, 66)</sup> 大部分의 우리 나라 旱土壤에서는 根活力에 影響을 줄만큼 磷酸肥料의 效果가 나타나지는 않을 것이고 따라서 本 實

驗의 結果도 같은 方法으로 解釋이 된다.

石灰의 施用은 뿌리를 有害物質의 被害로 부터 保護한다는 長點을 가지고 있다고 하며<sup>28, 29, 30)</sup> 따라서 老朽化畚 또는 濕畚에 有機質을 多量으로 施用할 때는 石灰를 함께 施用하므로써 根腐防止를 期할 수 있다고 하는데<sup>7, 16, 28, 29, 30)</sup> 本 實驗結果에 依하면 石灰施用이 還元促進土壤에서만 根活力을 增進시키는데 效果의이었고 다른 경우에는 施用效果가 없는 것으로 보아 지금까지의 報告와 一致되는 것이었다.

根活力을 檢定하는 方法으로 單位生根重當  $\alpha$ -naphthylamine에 依한 酸化量을 측정하고 있는데<sup>83)</sup> 單位面積當 根活力을 增大시키는 方法으로는 뿌리의 量의 改善보다는 質의인 改善策 즉 酸化能力의 改善이 보다 效率의일 것으로 判斷되었다.

###### 作物學的인 實用形質

澱粉을 첨가한 土壤을 湛水狀態로 30°C程度에 방치해 두면 土壤中에서 많은 量의 有機酸이 發生하고 鹽基의 溶脫量이 많아지며<sup>6, 73, 74, 77, 88)</sup> 이때 發生한 黃化水素와 같은 有害物質에 依해서 根活力이 떨어지고 甚하면 根腐現象까지 나타나는데<sup>19, 21)</sup> 이와같은 有害物質發生에 의한 養分吸收의 障害는 磷酸과 加里成分이 가장 甚하게 받는다고 한다.<sup>4, 20, 39, 41, 85, 91)</sup> 이와같은 觀點에서 本 實驗에서는 주어진 處理條件下에서 作物學的인 實用形質의 變異를 追求하였고 그 結果를 檢討해 보면 아래와 같다.

즉 3個年平均值에서 穗長과 登熟比率은 土壤條件間에 差異가 있었고 一穗平均穎花數와 玄米千粒重은 石灰施用量間에 差異가 認定되었으며 磷酸施用量間에는 모든 調査項目에서 差異가 없었다.

結局 本 實驗의 各種 處理가 出穗前 45日頃에 實施되어 그들의 影響이 主로 水稻의 生殖生長期에 나타났음을 알 수 있었고 澱粉을 施用하여 還元을 促進시킨 區의 穗長과 登熟比率이 減少되었고 다른 收量構成形質 또는 玄米收量도 減少傾向을 나타내고 있음은 많은 學者들이 報告한 養分吸收阻害에 따른 結果로 解釋된다.

本 實驗에서는 磷酸肥料를 基肥로 주지 않고 出穗前 40日頃에 施用量을 달리하여 處理하였는데 磷酸肥料의 施用效果가 全然 認定되지 않고 있어 國內外 많은 學者들의 報告와 같은 結果인데 還元이 促進된 土壤에서도 磷酸의 施用效果가 없었다는 것은 水稻가 磷酸을 가장 많이 必要로 하는 時期가 本畚의 生育初期라는 報告<sup>10, 19, 20)</sup>와 水稻體內에서는 磷酸의 轉流가 容易하다는 報告<sup>12, 20, 44)</sup>로 미루어 생각하면 本 實驗에서는 本畚 生育初期에는 모두 같은 條件에서

栽培되었기 때문에 差異가 없을 것이며 生殖生長期以後에 必要한 磷酸의 吸收量 差異가 最終產物인 各種實用形質에 큰 影響을 주지 못한 것으로 判斷된다.

한편 石灰는 10a當 50kg을 施用하는 것이 無施用區나 10a當 150kg를 施用한 경우보다 一穗平均穎花數를 增加시키는데 効果의이었고 登熟比率, 玄米收量도 높은 傾向이었는데 바 石灰施用의 效果는 土壤中窒素 및 磷酸의 有効度を 높이고<sup>8,16,28,29,30,94</sup> 有害物質의 發生을 抑制하거나 또는 根을 保護하므로서<sup>9,7,18,30,88,42,65,75,86</sup> 正常的인 養分吸收를 期待할 수 있는데 結果的으로 本 實驗에서 石灰施用의 效果도 上記한 理由로 解釋을 할 수 있지만 還元促進土壤에서 보다 보통 土壤에서 그 效果가 크게 나왔다는 事實은 좀더 細密한 檢討를 必要로 하고 있다. 또 磷酸을 施用하지 않은 區에서 보다는 磷酸을 施用한 경우에 石灰施用의 效果가 더 크게 나온 것은 다른 報告들<sup>28,29,30</sup>과 一致되는 結果로서 石灰施用으로 根圍의 環境이 改善되고 따라서 各種 養分의 必要量이 많아지는 데서 나타난 結果로 解釋된다. 한편 石灰를 10a當 50kg 施用하는 것이 150kg을 施用한 것보다 좋은 結果를 보여주고 있는 것은 石灰의 施用時期가 水稻의 生育中間이었기 때문인지 施用量의 過剩에서 온 結果인지는 確實하지 않지만 移秩前에 施用하는 것보다 生育中期에 石灰를 施用할 때 그 適量이 낮다는 報告<sup>21,87</sup>는 있다.

#### 根活力과 實用形質과의 關係

植物體를 固定시키며 水分 및 養分을 吸收하고 있는 뿌리의 生育 및 그 活力이 地上部의 實用形質과 關係가 있으리라 하는 것은 쉽게 생각할 수 있는데 實際로 水稻에서도 根의 形質<sup>67</sup>根의 生育 및 活力<sup>1,18,43</sup>, 形態 및 機能<sup>31,32,33</sup>과 地上部의 特定形質과 密接한 關係가 있음을 報告한 바 있으며 本 實驗에서 나타난 몇가지 結果도 이들 報告와 一致하고 있다. 即 出穗期의 根活力의 良否가 出穗期以後에 決定되는 登熟比率에 상당한 影響을 미칠 것이고 따라서 玄米重과도 깊은 關係가 있을 것임은 當然하고 完全玄米千粒重은 그 變異가 比較的 적기 때문에 根活力과의 關係가 不分明한 것으로 나타났다.

#### 實驗 2. 土壤 條件別 加里 및 石灰施用의 效果

##### 根 活 力

實驗 1의 경우와 마찬가지로 澱粉을 施用하여 還元을 促進시킨 土壤의 根活力이 떨어지고 있었고 加里肥料施用에 의해서는 根活力이 增進되지 않았다.

우리나라 畜土壤에서의 加里肥料施用의 效果가 크지 않다는 것은 여러 學者들이 報告한 바 있는데<sup>25,</sup>

<sup>36,50,51,57,92</sup> 本 實驗이 實施된 土壤에서도 加里肥料의 施用與否에 의하여 根活力이 影響을 받지는 않았다. 또 實驗 1의 경우와는 石灰施用에 의한 反應이 약간 달랐지만 石灰施用量에 따른 根活力의 差異도 뚜렷하지 않았다. 即 實驗 1에서도 마찬가지로 土壤條件 및 石灰施用量의 差異에 따라서 石灰施用의 效果가 各各 다르게 나왔고 年次別 變異가 겹쳤기 때문에 根活力改善을 爲한 石灰施用의 效果는 엄밀한 檢討가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

##### 作物學的인 實用形質

一般的으로는 水稻作에서 加里肥料의 效果는 크지 않은 것이지만 <sup>25,36,50,51,57,85,86,92</sup>, 地域<sup>25,57,92,94</sup>, 土壤의 種類<sup>25,26,35,51,54,57,68,70,71,72,79,94</sup>, 栽培法<sup>15,17,22,25,35,48,51,56,71</sup> 등에 따라서 各各 다르게 報告되고 있으며 磷酸과 加里<sup>25,51,54</sup> 石灰와 加里施用量間<sup>50</sup>의 相互關係도 報告된 바 있다. 그러나 有機物施用에 의해서 發生되는 有害物質에 의해서는 加里 및 磷酸의 吸收가 가장 많이 阻害를 받기 때문에<sup>4,39,41,47</sup> 低位生産地에서는 加里肥料의 缺乏現象도 報告<sup>61</sup>되고 있다.

石灰施用은 實驗 1에서 記述한 바와 같은 效果로 해서 植物體의 生育을 旺盛하게 해 주기 때문에 加里의 必要量을 增加시킨다고 한다.<sup>56</sup>

그러나 本 實驗結果에 의하면 모든 調査項目에서 土壤의 條件에 따른 有意성이 認定되지 않고 있어 實驗 1의 結果와는 서로 상치되는 것이지만 그 傾向으로 보면 澱粉을 施用하여 還元을 促進시킨 土壤에서 一株穗數, 有効莖比率, 一穗穎花數, 登熟比率 등이 減少되는 傾向이었으나 玄米收量에서는 거의 差異가 없었다. 實驗 1과 2의 處理間 差異點은 前者의 경우에는 基肥로 磷酸을 주지 않았고 後者の 경우에는 基肥로 加里를 주지 않았으며 出穗前 40日後에 各各의 肥料를 處理方法대로 施用한 것인데 實驗 2에서보다 實驗 1에서 土壤條件에 따른 差異가 明確하였다는 것은 磷酸質 肥料를 基肥로 주지 않고 還元을 促進시킨 土壤에서 植物體가 더 큰 生育障害를 입는 것으로 判斷된다. 加里肥料의 單獨效果도 모든 調査項目에서 전혀 認定되지 않고 있는 것은 많은 肥料試驗 結果로 보아 있을 수 있는 것으로 생각된다. 한편 本 實驗에서는 石灰의 施用效果가 精粗 및 玄米收量에서 認定되고 있어 實驗 1의 結果와 綜合해서 생각하면 加里를 基肥로 施用치 않을 경우 石灰의 效果가 더 크게 나오는 것으로 解釋되었다. 實驗 2에서도 石灰는 10a當 50kg를 施用하는 것이 가장 좋은 結果를 얻고 있다.

한편 要因相互間 交互作用을 보면 還元促進된 土

壤에서는 加里肥料施用에 增收方向으로 作用하고 있으나 一般土壤에서는 거의 差異가 없어 學者들의 단편적인 報告들(3,4,5,9,10,17,22,25,35,39,41,57,60,61,63,85,90)을 綜合해서 세운 가설에 맞는 것으로 判斷되었으나 土壤條件에 따른 石灰施用의 効果는 還元促進된 경우나 一般土壤이 거의 같은 傾向을 보여 주고 있어 澱粉施用에 의한 有害物質의 生成과 石灰施用에 의한 뿌리의 保護作用간의 明確한 關係는 더 檢討되어야 할 것이다. 또 加里施用量에 따른 石灰施用의 效果도 無加里區나 加里施用區에서나 같은 傾向을 보였으나 加里를 施用하고 石灰를 50kg/10a 施用한 區의 玄米收量이 가장 높았다.

## V. 結 論

지금까지 論及한 實驗結果 및 考察을 綜合하여 보면 低位生産地에서 高溫期에 有機物分解에 따른 有害物質生成에 의하여 水稻의 根活力이 점차 低下되어 生殖生長期 以後에 決定되는 作物學的 實用形質들 특히 一穗平均穎花數와 登熟比率이 減少되고 結果적으로 玄米收量 減少를 誘發시키는 方向으로 作用하고 있음을 알 수 있었다. 이와같이 土壤의 還元促進 및 有害物質生成에 의한 根活力의 低下는 특히 磷酸 및 加里成分의 吸收障害가 클것이 豫想되어 出穗前 40日後에 磷酸 또는 加里肥料를 施用한 結果 이들의 施用效果는 뚜렷하지 못하였지만 還元이 促進된 土壤에서는 이들 肥料의 施用이 增收方向으로 作用하고 있음을 알 수 있었다. 한편 石灰의 施用은 有機物質의 分解促進, 土壤中 窒素, 磷酸 및 珪酸의 有効度を 높이고 鐵 및 망간의 과잉吸收에 의한 被害를 輕減시켜 주며 黃化水素와 같은 有害物質의 被害를 減少시켜 주는 등의 效果를 期待하여 出穗前 45日頃에 施用한 結果 出穗期の 根活力에 對한 石灰施用의 效果는 土壤條件, 磷酸, 加里施用量의 差異에 따라 여러가지 形態로 나타나 매우 複雜한 樣相을 나타냈으나 10a當 石灰를 50kg 施用하므로써 一穗平均穎花數 및 登熟比率을 增加시키는 方向으로 作用하여 玄米收量도 높아지는 傾向이었는데 土壤條件에 따른 石灰施用效果의 差異는 確實치 않았으나 磷酸 및 加里를 施用한 경우 石灰施用의 效果는 더 클것으로 判斷되었다.

結論적으로 老朽化畚, 砂質漏水畚, 濕畚과 같은 低位生産地에서 有機物을 使用하거나 그렇지 않은 경우에도 湛水, 高溫으로 인한 土壤의 還元促進과 함께 發生하는 有害物質에 의한 根活力減退와 各種 鹽類의 溶脫에 의해서 出穗期를 前後한 時期부터 養分

의 吸收障害가 일어나고 이에 따라서 後期生育이 不良해질 것인데 이런 경우 磷酸 및 加里肥料의 追施와 石灰의 施用으로 後期生育 不良으로 인한 減收를 어느정도 막을 수 있을 것으로 判斷되며 石灰는 土壤中에서 여러가지 作用을 期待할 수 있고 實際 使用上の 간편성을 考慮하여 本畚 耕耘時에 全面 撒布하여도 本 實驗에서 目的하는 바는 達成할 수 있을 것으로 判斷되었다.

## VI. 摘 要

湛水로 因하여 還元이 된 논土壤에 出穗前 45日頃에 澱粉을 施用하여 土壤還元을 促進시킴과 同時에 有害物質의 發生을 助長시킨 경우 磷酸과 石灰 그리고 加里와 石灰를 施用하여 出穗期の 根活力과 收穫期の 作物學的 實用形質 및 收量에 미치는 影響을 究明하기 爲하여 1971년부터 1973년까지 3個年間 實驗한 結果를 要約하면 아래와 같다.

1. 澱粉을 施用하여 還元을 促進시킨 土壤에서 出穗期の 根活力이 減退되었다.
2. 出穗期の 根活力은 磷酸이나 加里施用에 依해서 큰 影響을 받지 않았고 石灰施用의 影響은 土壤의 條件, 磷酸 및 加里施用量의 差異에 따라서 複雜한 樣相을 보였다.
3. 澱粉施用에 依하여 還元이 促進된 土壤에서 一穗平均穎花數 및 登熟比率이 減少되어 精粗 및 玄米收量이 낮은 傾向이었다.
4. 磷酸肥料施用의 單獨效果는 모든 調查特性에서 認定되지 않았지만 還元이 促進된 土壤에서는 磷酸肥料의 施用이 收量構成要素와 收量을 增加시키는 傾向이었다.
5. 加里肥料施用의 單獨效果도 모든 調查特性에서 微微하였지만 還元이 促進된 土壤에서는 加里肥料의 施用이 登熟比率, 精玄比率 및 玄米收量을 增加시키는 傾向이었다.
6. 磷酸과 함께 施用했을 때 石灰의 單獨效果는 50kg/10a 水準에서 一穗平均穎花數를 增加시켰고 登熟比率 및 玄米收量을 增加시키는 傾向을 나타냈다.
7. 加里와 함께 施用했을 때 石灰의 單獨效果는 50kg/10a 水準에서 精粗 및 玄米收量을 增加시켰는데 이는 登熟比率의 向上에 起因된 結果였다.
8. 土壤條件에 따른 石灰施用效果의 差異는 確實치 않았으나 磷酸 및 加里를 施用한 경우 石灰施用의 效果가 더 큰 傾向이었다.
9. 出穗期の 單位生根重當 根의 酸化力과 登熟比率, 根의 酸化力과 玄米收量間에 正의 相關關係가 認

定되었다.

10. 結論적으로 湛水高溫에 依해서 還元이 促進된과 同時に 有害物質生成으로 因하여 水稻 後期生育의 不良이 豫想되는 논에서는 磷酸 및 加里肥料와 石灰를 充分히 施用하브로서 水稻 後期生育의 改善을 期待할 수 있을 것으로 判斷되었다.

## SUMMARY

To study the effects of phosphorus, potassium and calcium applications on root activity and agronomic characters of paddy rice, experiments were conducted in submerged paddy soil on which starch was applied to accelerate soil reduction and production of toxic substance at 45 days before heading during 1971~1973. Experimental results obtained are summarized as follows:

1. Root activity at heading date was decreased in reduction accelerated soil by starch application.

2. The effect of phosphorus or potassium application on root activity at heading date was negligible. The effect of calcium application on root activity was differed along soil conditions, phosphorus or potassium levels.

3. Number of grains per panicle and filled grain ratio were decreased in reduction accelerated soil by starch application with the consequence that lower grain yield was obtained in starch applied soil.

4. Single effect of phosphorus application was not significant on every observed characters, but increasing tendency of yield components and grain yield was appeared by phosphorus application on reduction accelerated soil.

5. Single effect of potassium application was not significant on every observed characters, but potassium application on reduction accelerated soil showed the tendency of increased filled grain ratio, brown rice/rough rice ratio and brown rice yield.

6. Calcium application, when phosphorus was not used as basal but used as top dressing, increased number of grains per panicle at 50kg/10a level of calcium, and showed the increased tendency of filled grain ratio and brown rice yield.

7. Calcium application, when potassium was not used as basal but used as top dressing,

increased grain yield at 50kg/10a level of calcium. Higher yield of brown rice was derived from increased filled grain ratio by calcium application.

8. The effect of calcium application along soil conditions was differed on agronomic characters, but calcium application with phosphorus or potassium was more effective to increase yield components and grain yield.

9. Oxidation ability of root at heading date was correlated with filled grain ratio and with brown rice yield positively.

10. On the view point of practical utility, sufficient application of phosphorus, potassium and calcium could improve the nutritional situation of rice plant for panicle development and grain maturity in reduction accelerated paddy soil in which poor growing of rice plant after panicle formation is anticipated by the production of toxic substance from soil.

## 引用文獻

1. 安鶴洙, 鄭熙敦, 金圭原, 沈相七. 1972. 放射性同位體導入과 그 追跡技術에 依한 水稻根系 活性相의 解明과 改善에 關한 研究 — 特殊成分 缺乏畚土壤에서의 用水調節 效果에 對하여 (第1報) — 韓國農學會誌 15(1) : 77~84.
2. 안수봉, 이문희, 오왕근. 1973. 소석회 및 질소 사용량이 수도의 수량구성요소에 미치는 영향과 그 적정시비량. 농사시험연구보고 제15집(식물환경편) : 73~76.
3. Aomine, S.A. 1962. Review of research on redox potentials of paddy soils in Japan. Soil Science 94 : 6~13.
4. 有門博樹. 1965. 酸化還元培地における作物根の呼吸と養分吸收との關係(第1報) 日作紀 34 : 133~138.
5. 田島公一. 1962. 作物根の生理的研究(Ⅲ) · 硫化水素による根腐れが水稻の 同化, 呼吸及び登熟に及ぼす影響 · 日作紀 31(1) : 11~14.
6. Chang, S.C. 1971. Chemistry of paddy soils. Extension Bulletin No. 7. Food and Fertilizer Technology Center, ASPAC. P. 1~26.
7. 趙東三. 1971. 消石灰 및 硼砂의 施用이 水稻의 收量 및 收量構成 要素에 미치는 影響. 韓國作物學會誌 10 : 61~71.

8. 崔鉉玉, 朴來敬, 李鍾蕙, 李啓洪. 1974. 水稻根의 生理的 活力利用에 依한 系統選拔効率 增進에 關한 研究. 農事시험연구보고 제16집(작물편) P. 13~18.
9. 出口正夫, 太田安定. 1955. 水稻に對する石灰施用効果の再檢討(第3報). 稻の生育及び養分吸收に及ぼすCaイオンの影響. 日土肥誌 27(10): 407~409.
10. Davide, J.G. 1964. The time and methods of phosphate fertilizer applications. The mineral nutrition of the rice plant. P.255~270. John's Hopkins press.
11. 藤原彰夫, 大平幸次. 1959. 高等植物における磷の生理的機能に關する 研究(第2報) 磷と鐵, マンガン, 窒素の相互關係が水稻含窒素成分に及ぼす影響. 日土肥誌 30(5): 230~236.
12. Fujiwara, A. 1965. The specific roles of nitrogen, phosphorus and potassium in the metabolism of the rice plant. The mineral nutrition of the rice plant. John's Hopkink press. P. 93~106.
13. 米田茂男. 1956. 磷酸の動的循環と土壤の磷酸經濟(2) 農及園 31(3): 385.
14. 本谷耕一, 吉野喬. 1965. 磷酸施肥に關する基礎研究. 東北農業試驗場研究報告. No. 32. P. 41~60.
15. 洪鍾雲. 1966. 우리나라 畚土壤의 有効加里檢定과 벼에 對한 加里肥料의 效果에 對한 考察. 加里심포지움. 韓國農化學會 P. 43~47.
16. Hong, C.W. 1972. The fertility status of Korean soils. Soils of the ASPAC region. Technical bulletin No. 10. P. 56~96. Food and Fertilizer Technology Center, ASPAC.
17. Horikawa, Y. and K. Kawaguchi. 1963. Studies on the potassium absorption caused by soil reduction (Part I). The occurrence of the differential potassium absorption under submergence. Soil Sci. and Plant Nutrition 9. P. 181~189.
18. 稻田勝美. 1967. 水稻根の生理的特性に關する研究とくに生育段階ならびに根の ageの觀點について. 日農技研報 D. 16. P. 19~156.
19. 石塚喜明, 田中 明. 1966. 水稻の營養生理. 養賢堂. P. 286~295.
20. Ishizuka, Y. 1973. Physiology of the rice plant. Advances in Agronomy. vol. 23. P. 241~315. Academic press, Inc.
21. 池泳麟. 1971. 新稿 水稻作. 郷文社 刊.
22. 康熙榮. 1966. 水稻多收穫栽培와 加里. 加里심포지움. 韓國農化學會. P. 85~91.
23. 金浩植, 趙佰顯, 李春寧, 沈相七, 李殷雄, 柳順昊. 1966. 磷酸質肥料의 施用時期 및 施用率의 差異가 水稻의 磷酸吸收 및 收量에 미치는 影響. 서울大農大 創立 60週年 記念論文集, P. 197~203.
24. 金浩植, 趙佰顯, 李春寧, 李殷雄, 沈相七, 柳順昊, 權容雄, 曹在星. 1968. 水稻에 對한 磷酸 및 窒素肥料의 効用에 關한 研究. 韓土肥誌 1(1): 13~26.
25. 金泳燮, 朴天緒. 1973. 植物生育과 칼륨. 加里研究會 刊.
26. 김유섭, 박천서. 1971. 특이산성토에 있어서 벼에 대한 가리분시효과. 農事시험연구보고 제14집(식물환경편). P. 59~64.
27. Komoto, Y. 1971. Growth and yield of rice plant in low phosphorus. JARQ 6(2): 63~67.
28. 郭炳華. 1968. 秋落畚稻作에 미치는 石灰施用의 效果에 關한 研究. 農事試驗 研究報告 第11輯 第3卷 P. 43~53.
29. 郭炳華. 1969. 추락담에 있어서의 소석회가 수도 및 동 담작대배의 증수에 미치는 영향. 農事시험연구보고 제12집 제3권. P. 63~74.
30. 곽병화. 1970. 소석회 시용의 추락담 개량과 벼 증수에 대한 확대재배. 農事시험연구보고 제13집(식물환경편) P. 99~108.
31. 李鍾蕙, 太田保夫. 1970. 水稻の地上部の形質におよぼす根の役割に關する研究(第4報). 窒素の缺餘および株内根圏域環境のちがいが根と地上部におよぼす影響. 日作紀 39(4): 505~510.
32. 李鍾蕙, 太田保夫. 1971. 水稻の地上部の形質におよぼす根の役割に關する研究(第5報). 施肥位置および施肥量のちがいが根と地上部諸形質におよぼす影響. 日作紀 40(2): 217~222.
33. 李鍾蕙, 太田保夫. 1973. 水稻根の形質および機能と地上部諸形質との關聯性について. 日農技研報 D(24): 61~105.
34. 李春寧, 李殷雄, 曹在星, 權容雄. 1968. 水稻에 對한 窒素 및 磷酸質肥料의 効用(Ⅱ). <sup>15</sup>N, <sup>32</sup>P를 利用한 窒素 및 磷酸의 施用方法에 따른 肥効의 差異와 이들의 交互作用. 서울大學校 論文集生

- 農系 第19輯 P. 1~9.
35. 李殷雄, 李春寧. 1966. 秋落常習畚에 있어서 窒素 및 加里의 施用量 및 施用比率의 差異가 水稻의 形態 및 收量構成要素에 미치는 影響. 가리심포지움. 韓國農化學會. P. 25~35.
  36. 李殷雄, 權容雄. 1967. 生稈 및 三要素의 連續施用이 水稻의 生育 및 收量에 미치는 影響. 韓國農化學會誌 8. P. 51~57.
  37. Mahapatra, I.C. and W.H. Patrick, Jr. 1969. Inorganic phosphate transformation in water-logged soils. *Soil Science* 107(4) : 287~288.
  38. Mai-Thi, M.N. and F.N. Ponnampereuma. 1966. Effects of calcium carbonate, manganese dioxide, ferric hydroxide and prolonged flooding on chemical and electro chemical changes and growth of rice in flooded acid sulfate soils. *Soil Science* 102(1) : 29~41.
  39. 三井進午, 麻生末雄. 1951. 作物根의 養分吸收에 關する 動的 研究(第1報) 水稻根의 養分吸收에 對する 硫化水素의 影響에 關하여. 日土肥誌 22(1) : 46~52.
  40. 三井進午, 熊澤喜久雄. 1964. 作物根의 養分吸收에 關する 動的 研究(第4報). 水稻根의 活性에 及ぼす 三要素의 供給及 土壤環元의 影響. 日土肥誌 35(4) : 115~118.
  41. Mitsui, S. 1964. Dynamic aspects of nutrient uptake. The mineral nutrition of the rice plant. p. 53~62. John's Hopkins press.
  42. Mukhopadhyay, A., T.R. Fisher and G.E. Smith. 1967. Submergence and liming effects on soils. I. Changes in pH, Eh and manganese uptake by rice plants. *Soil Science* 104(2) : 107~112.
  43. Murata, Y., J. Iyama and T. Honma. 1965. Studies on the photosynthesis of rice plants. XIII. On the interrelationships between photosynthetic activity of the leaf and physiological activity of the root. 日作紀 34(2) : 148~153.
  44. Murayama, N. 1965. The influence of mineral nutrition on the characteristics of plant organs. The mineral nutrition of the rice plant. John's Hopkins press. P. 147~172.
  45. 太田安定. 1962. 水稻에 對する 石灰施用意義의 再檢討(第9報) 幼稈形成期ないし 伸長期에 對する 水稻의 炭水化物代謝에 及ぼす Ca의 影響. 日土肥誌 33(3) : 143~144.
  46. 太田安定. 1962. 水稻에 對する 石灰施用意義의 再檢討(第10報) 開花登熟期에 對する 水稻의 炭水化物代謝에 及ぼす Ca의 影響. 日土肥誌 33(3) : 146~148.
  47. 岡島秀夫, 高城成一. 1953. 水稻에 對する 硫化水素의 行動. 第1報. 硫化水素에 對する 養分吸收阻害에 關하여. 東北大農研彙報 5 : 149~163.
  48. Okajima, H. 1964. Environmental factors and nutrient uptake. The mineral nutrition of the rice plant. P. 63~74. John's Hopkins Press.
  49. 吳旺根. 1958. 벼에 對한 磷酸 및 加里의 所要量에 關하여. 農事試驗 研究報告 第1輯. P. 77~80.
  50. 吳旺根. 1961. 水稻에 對한 各種肥料의 效果와 同效果 및 有効土壤磷酸, 加里와의 關係. 農事試驗 研究報告 第4輯. P. 1~5.
  51. 吳旺根. 1963. 우리나라 水稻에 對한 加里肥料의 效果 農事試驗 研究報告 第6輯 第1卷. P. 1~9.
  52. 吳旺根, 辛相燮. 1964. 우리나라 畚土壤中의 磷酸形態에 關하여. 農事試驗 研究報告 第7輯 第1卷 P. 25~30.
  53. 吳旺根. 1966. 有機物의 施用이 畚土壤의 理化學的 性質에 미치는 影響에 關한 研究. 農事試驗 研究報告 9(1) : 175~208.
  54. 吳旺根. 1966. 加里의 吸收을 支配하는 條件과 우리나라 數種畚土壤에서 水稻에 對한 加里肥料의 效果. 加里심포지움. 韓國農化學會. P. 55~63.
  55. 吳旺根, 李鍾基. 1968. 數種類型畚에 있어서 水稻의 低收原因究明에 關한 研究(第1報). 農事試驗 研究報告 第11輯 第3卷. P. 1~8.
  56. 吳旺根, 李相範, 朴贊浩. 1972. 石灰의 施用이 水稻作에서 加里 所要量에 미치는 影響. 韓土肥誌 5(2) : 39~42.
  57. 朴天緒. 1966. 우리나라 水稻作과 加里肥料. 加里심포지움. 韓國農化學會. P. 15~23.
  58. 朴天緒, 宋在夏, 金泳燮, 李春寧, 崔榮淳. 1971. 濕畚에 對한 改良劑의 效果와 有効改良劑의 水稻增收原因에 關한 研究. 韓土肥誌 4(1) : 13~19.
  59. 朴天緒. 1971. 低位生産畚 土壤改良, 韓土肥誌 4(1) : 113~120.
  60. 朴俊奎, 金泳燮, 吳旺根, 朴薰, 矢澤文雄. 1969. 根部環境에 따른 水稻의 營養生理的 反應에 關한 研究, 韓土肥誌 2(1) : 53~68.

61. 朴俊奎. 1974. 水稻低位生産力の 原因究明에 關한 營養生理的 研究. 韓國農化學會誌 17(1) : 1~30.
62. 朴 燕. 1973. 圃場栽培水稻의 無機營養(1). 三要素 利用率과 養分吸收量, 收量 및 乾物生産量과의 關係. 韓國農化學會誌 16(2) : 99~111.
63. 朴燕, 陸成均, 權恒光, 朴天緒. 1973 環境障壁에 對한 水稻의 生理反應. I. 農家圃場의 土壤環에 依한 營養障害. 韓土肥誌 6(1) : 115~127.
64. Park, N.J., Y.S. Park and Y.S. Kim. 1971. Effect of lime on growth of rice and changes in pH, Eh, Fe<sup>++</sup> and Al in an acid sulfate soil. 韓土肥誌 4(2) : 167~175.
65. 박내경, 박영선, 이규하, 김영섭. 1972. 특이 산성토에 대한 석회 및 규회석의 효과. 韓土肥誌 5(1) : 25~32.
66. 박내경, 박영선, 이규하, 김영섭. 1973. 특이 산성토에서 수도에 대한 석회 및 규회석 사용시 인산의 효과. 농사시험연구보고 제15집(식물환경편). P. 49~58.
67. 朴來敬. 1965. 水稻根의 生理的活力 및 그 關聯形質의 品種間差와 育種上의 利用에 關한 研究. 韓國作物學會誌 18. P. 23~53.
68. 朴永大. 1966. 秋落畚과 水稻의 養分吸收. 加里 심포지움. 韓國農化學會. P. 37~41.
69. 朴永大. 1967. 秋落畚土壤에 生育한 水稻의 養分吸收. 農事試驗研究報告. 第10輯 第3卷. P. 23~35.
70. 朴永大, 金泳燮, 朴天緒. 1970. 秋落畚土壤에 生育한 水稻에 對한 加里의 效果. 韓國土肥誌 3(1) : 11~15.
71. 朴永大, 金泳燮, 孟道源. 1971. 秋落畚의 水稻에 對한 珪酸, 窒素 및 加里의 增施效果. 韓土肥誌 4(2) : 161~166.
72. Park, Y.D. and A. Tanaka. 1974. The effect of K, SiO<sub>2</sub> and Mn on rice plant grown on an Akiuchi soil in Korea. 농사시험연구보고 제16집(토양비료편) P. 87~92.
73. 朴英善, 吳旺根, 朴來正. 1968. 湛水處理 및 有機物 添加가 畚土壤의 Fe, Mn 및 SiO<sub>2</sub>의 溶出量에 미치는 影響에 關한 研究. 韓土肥誌 1(1) : 1~5.
74. 박영선, 박철서, 박내경, 윤석권. 1969. 畚土壤의 理化學的 性質과 湛水時 이들의 경시적 變化에 關한 調查研究. 농사시험연구보고 제12집 제3권 P. 1~18.
75. 朴英善. 1974. 特異酸性畚 土壤의 改良을 爲한 石灰施用效果에 關한 研究. 韓國農化學會誌 17(3) : 193~218.
76. Plterson, F.J. 1965. Phosphorus fertilization of rice at four soil test values. 57th Annual Progress Report, Rice Experiment Station, Crowley, Louisiana. P. 92~93.
77. Ponnampuruma, F.N. 1964. Dynamic aspects of flooded soil and the nutrition of the rice plant. The mineral nutrition of the rice plant. P. 295~328. John's Hopkink press.
78. Ponnampuruma, F.N., E. Martinez and T. Loy. 1966. Influence of redox potential and partial pressure of carbon dioxide on pH values and the suspension effect of flooded soils. Soil Science 101(6) : 421~431.
79. Rhee, J.Y. and Y.D. Park. 1974. The effect of K and rice variety on root rot of rice grown on an Akiuchi in Korea. 농사시험연구보고 제16집(토양비료편). P. 93~96.
80. 坂上行雄, 井國卓平. 1968. 作物의 干ばつと 養分吸收에 關する 研究(第2報). 日土肥誌 39(4) : 210~213.
81. 沈相七, 宋基俊, 金貞子. 1971. 低位生産畚土壤에 對한 改良劑와 磷酸의 效果. 韓土肥誌 4(1) : 21~26.
82. Stangel, P.K. 1970. Modern chemical fertilizers, their potential and method of application-Asia. Extension Bulletin No, 2. P. 1~45. Food and Fertilizer Technology Center, ASPA.
83. 杉山芳郎. 1959. 低位生産田의 實態と 改善對策. 農及園. 34 P. 23.
84. 鈴木新一, 坂井 弘, 出井嘉光. 1968. 水田土壤의 肥沃度. 日土肥誌 39(1) : 55~62.
85. 高橋治助. 1955. 作物의 養分吸收에 關する 研究. 農業技術研究所報告 B. 第4號. P. 1~84.
86. Takahashi, J. 1964. Natural supply of nutrient in relation to plant requirement. The mineral nutrition of the rice plant. P. 271~294. John's Hopkins press.
87. 高城成一. 1959. 水稻에 對する 石灰施用時期について. 東北大農研彙報 4(1) : 1~14.
88. 高城成一. 1966. 水稻栽培에 於ける 土壤湛水의 意



- 義に関する研究. 東北大農研彙報 18 : 1~158.
89. 瀧島康夫. 1961. 水田土壌中有機酸代謝と水稻生産阻害性に関する研究(第5報). 日土肥誌 32 : 386~389.
90. 田中 明. 1962. 水田状態における水稻根の養分吸収(第3報) 水耕水稻の生育から判断した水田土壌溶液の養分供給能力. 日土肥誌 33(7) : 339~341.
91. 田中 明. 1962. 水田状態における水稻根の養分吸収(第5報) Fe-P 系よりの磷酸の吸収. 日土肥誌 33(8) : 381~383.
92. 魚秀辰. 1961. 韓國土壌에서의 肥料三要素의 効果. 農事試験研究報告 第4輯 P. 11~32.
93. 山田登, 太田保夫, 中村拓. 1961.  $\alpha$ -ナフチルアミンによる水稻根の活力診断. 農及園 6 : 1983~1985.
94. Yin, L.S. 1971. Lime, nitrogen, phosphorus and potassium response of paddy Behagia (Sister line of IR 5) in acid area of the Muda irrigation scheme, West Malaysia. Extension Bulletin No. 6. P. 44~55. Food and Fertilizer Technology Center, ASPAC.
95. Yoshida, S. 1971. Nutritional disorders of rice in Asia. Extension Bulletin No. 4. P. 1~17. Food and Fertilizer Technology Center, ASPAC.
96. Yoshida, S. 1975. Minor elements for rice. Extension Bulletin No. 52. P. 1~25. Food and Fertilizer Technology Center, ASPAC.