

## 水稻低位生産力の 原因究明에 關한 營養生理的研究

朴 俊 奎

農村振興廳農業技術研究所

(1973年 11月 1日 受理)

### Studies on Nutrio-physiology of Low Productive Rice Plants

Jun Kyu, Park

Institute of Agricultural Science, Office of Rural Development  
Suweon, Korea

(Received Nov. 1, 1973)

#### 目 次

SUMMARY .....	1	3. 窒素의 吸收 및 炭水化合物의 動向 .....	11
緒 言 .....	3	4. 低收量地 벼의 營養反應 .....	14
I. 研究史 .....	3	5. 高·低收量地 벼의 營養反應比較 .....	16
II. 材料 및 方法 .....	6	IV. 綜合考察 .....	25
III. 實驗結果 및 考察 .....	8	1. 根圈環境과 根의 活力 및 養分吸收 .....	25
1. 品種別 根活力과 養分吸收 .....	8	2. 體內 無機成分과 收量 및 收量構成要素와의 關係 .....	25
(1) 根의 活力과 磷酸의 吸收 .....	8	3. 養分の 移行 및 轉流 .....	26
(2) Rb <sup>86</sup> 吸收의 品種間差異 .....	9	V. 摘 要 .....	27
2. 炭素(C <sup>14</sup> )同化 .....	9	引用文獻 .....	27
(1) 品種別 同化能力의 差異 .....	9		
(2) 窒素施用量과 炭素同化 .....	10		
(3) 磷酸, 加里 및 마그네슘 缺除時의 炭素同化 .....	11		

#### SUMMARY

Present study was undertaken to elucidate the relationship between uptake of nutrients and photosynthetic activities, and the translocation of several mineral nutrients in rice plants which were grown under different cultural conditions, utilizing radioactive tracer technique.

Particular emphasis was placed on the analysis of patterns of nutrient uptake, the relationship between nutritional conditions and yield components. For this, rice plants grown on either low or high yielding fields at different growth stage were subjected to this study.

The results are summarized as follows;

1. Varietal difference was observed in the uptake of potassium and phosphorus. Kusabue and Jinheung had good capacity but Paldal had rather poor capacity for the uptake of the both nutrients.
2. For rice plants, a high positive correlation was found between the oxidation of alpha plus-naphthylamine by root and uptake of phosphorus.
3. Carbon assimilation rate depended on rice varieties. It was high in Noindo, Gutae-najuok #3 Suweon #82 and Jinheung but low in Taegujo, Kwanok, Yugu #132 etc.
4. Heavy application of nitrogen increased carbon assimilation in rice plants but this also depressed translocation of certain carbohydrates to ears.
5. Carbon assimilation was greatly hampered in rice plants deficient in magnesium, phosphorus or potassium.
6. Total dry matter after ear formation stage, was much higher in rice plants grown in high yielding fields than those grown in low yielding fields.
7. Leaf area index(LAI) reached maximum at heading stage and decreased thereafter in high yielding fields. But in low yielding fields, it reached maximum before heading and sharply decreased thereafter due to early senescence of lower leaves.
8. In general, light transmission ratio (LTR) of leaves was higher in the early growth stage and lower in later stages. Higher ratio of LTR to leaf area index, was found in the rice grown in high yielding fields than those in low yielding fields.
9. Net photosynthetic activity decreased with the increase in leaf area index but was higher in high yielding fields than in low yielding fields.
10. After the ear formation stage, nitrogen, potassium and silicon as well as  $K_2O/N$  in straw were higher in high yielding fields than those in low yielding fields.
11. Nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium taken up by rice plants in low yielding fields before heading stage were readily translocated to ears than those in high yielding fields. This suggests greater redistribution of nutrients in straw occurs due to lower uptake, in later growth stages, by rice plants grown in low yielding fields and hence results in early senescence due to nutrient deprivation.
12. In the high yielding fields nitrogen uptake by rice was slow but continuous throughout the life of the plants resulting in a large uptake even after heading. But, in low yielding fields the uptake was fast before heading and slow after heading.
13. A high positive correlation was found between the contents of nitrogen and potassium in the straw at heading stage and grain yield. Positive correlation was also found to hold between the contents of potassium, silicon,  $K_2O/N$ ,  $SiO_2/N$  in the straw at harvesting stage, and grain yield.
14. Carbon assimilation was greatly hampered in rice plants deficient in magnesium, phosphorus or potassium.
15. Uptake of nitrogen, phosphorus, potassium, silicon and manganese by rice was considerably higher in high yielding fields and reached maximum at ear formation

stage.

16. In rice, a high positive correlation was discovered between total uptake of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, silicon, manganese at harvesting stage and grain yield.
17. In rice, a high positive correlation was found between the total uptake of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, silicon at harvesting stage, and number of spikelets per 3.3 m<sup>2</sup>. In addition, a correlation was found between the total uptake of nitrogen and potassium and number of panicles per hill.

## 緒 言

우리나라의 주곡인 쌀의 생산은 每年平均的으로 10a當 4.2kg씩 增加하여 왔으나 아직 國內需要를 充足시키지 못하고 있어 單位 面積當 收量 增加에 關한 研究가 要請된다.

水稻의 多收穫은 肥料의 增施로서 이룩될수있다는 報告가 많으며 이것은 水稻의 生育量 增加에 必要한 制限因子로서 養分의 不足에 起因하는 境遇가 많기 때문이다.

그러나 最少養分率에 依據 不足되는 養分을 補充한다 하여도 水稻가 잘 吸收 이용하지 못하여 高收量地벼 또는 低收量地 벼라고 區分되는 것과 같이 收量의 成立은 複雜한 것이라 하겠다.

高收量은 水稻가 多量의 養分을 吸收하고 그것이 收量의 增加에 寄與되도록 벼의 營養狀態를 調節함으로써 增産을 이룩할수 있는 것이다.

水稻의 收量은 養分을 吸收하는 뿌리의 生理的 機能과 吸收된 無機養分의 役割에 의하여 크게 規制되므로 多量의 施肥에 앞서 뿌리가 健全하게 生長發達할수있는 根圈環境의 造成과 營養狀態와 收量構成要素와의 關係를 밝히는 것이 收量提高의 主要한 要因이 될 것이므로 다음과 같은 研究를 遂行하였다.

品種別 여러가지 生育條件下에서 肥料成分의 利用과 養分의 吸收 및 그 移行性의 測定과 또한 品種과 營養狀態가 다른 葉身의 炭素同化力과 그 產物의 移行率等을 밝히려 하였으며 高收量地벼와 低收量地벼에서 養分의 吸收 및 代謝에 關하여 追究하였으며 圃場條件下에서 高收量地 벼와 低收量地 벼의 生育過程에 따른 受光量의 變化 養分의 吸收 및 體內營養狀態의 動向과 收量構成要素와의 關係를 밝히고 아울러 營養調節에 의하여 높은 收量을 얻을 수 있는 實驗을 遂行하였다.

그 結果 一部 收量을 規制하는 營養生理的인 要因과 그 改善을 위한 結果를 얻었기에 이를 綜合 整理하여 報告코져 한다.

本研究遂行에 있어 指導鞭撻을 베풀어 주신 恩師 서울大學校 農科大學 教授 李春寧 博士님, 그리고 農業技術研究所長 金泳燮 博士님에게 깊은 感謝를 드리며 恒時指導하여 주신 서울農業大學教授 吳旺根 博士님 農業技術研究所 土壤化學擔當官 朴天緒 博士님에 感謝를 드리며 共同研究의 遂行 및 成績整理에 協助하여 주신 土壤化學擔當官室同僚 여러분에게 謝意를 表하는 바입니다.

## I. 研究史

植物의 養分吸收 過程은 單純히 吸着과 擴散에 依한 物理化學的인 吸收와 新陳代謝的인 吸收로 區分할 수 있다. 三井等<sup>33)</sup>은 水稻의 養分吸收의 動的 研究에서 水耕液에 黃化水素를 加한 다음 養分吸收量의 變化를 測定한 結果  $P_2O_5 > K_2O > SiO_2 > N > H_4-N > MnO > H_2O > MgO > CaO$ 의 順序로 그 吸收가 沮害된다고 하였으며, 田中<sup>79)</sup>은 水稻根의 代謝作用에 依하여 磷酸이 吸收同化되고 이어서 石灰가 吸收되며, 암모니아態窒素와 加里도 代謝作用에 依하여 吸收된다고 하였다.

岡島<sup>47)</sup>는 窒素가 缺乏된 水耕液에서는 顯著히 還元이 일어나 黃化水素가 發生하였으나 窒素의 供給이 充分한 培養液에서는 黃化水素의 發生이 없었으며 比較的 酸化의이었고 이러한 現象은 窒素 營養狀態에 따르는 根의 形態의 및 生理的 機能의 反應에 依하여 일어나는 것이며 特히 窒素缺乏根은 硝酸還元能이 強하나 黃化水素 還元能은 弱하다고 報告 하였다.

金等<sup>22)</sup>은 水稻에 對한 磷酸 및 窒素施用에 關한 研究에서  $N^{15}$ ,  $P^{32}$ 를 使用하여 肥料의 吸收 利用率을 밝힌바 있으며 李等<sup>28)29)</sup>은  $P^{32}$  追跡法을 利

用하여 土壤有効磷酸의 定量法을 設定하였다.

한편 西垣等<sup>42)</sup>은 P<sup>32</sup>를 利用하여 벼모기를 뽑지 않고 서 있는 그대로 根의 活力을 測定하는 方法을 밝히는 同時에 土壤의 깊이에 따르는 p<sup>32</sup>의 吸收程度를 밝힌바 있다. 小林等<sup>11)</sup>은 品種間養分吸收力 差異를 밝히고져 Rb<sup>86</sup>을 使用하여 試驗한 結果 1時間 30分을 吸收시키는 것이 더 긴 時間 吸收시키는 것보다 効果의이라고 하였다.

李等<sup>25)</sup>은 秋落의 原因과 그對策에 관한 一連의 研究에서 黃化水素에 대한 根腐抵抗性의 品種間差異를 水耕栽培에서 밝힌바 있다.

三井等<sup>34)</sup><sup>15)</sup>은 窒素 磷酸 加里가 均衡있게 供給될 때에는 水稻根의 活性은 크게 增大하고 還元에 對한 抵抗性도 增大한다고 하였다.

특히 磷酸이 一般의으로 活性을 增進시킨다고 하면 加里는 根의 酸化力을 높이는 方向으로 作用하며 有機物의 施用에 依하여 土壤還元이 增大하면 還元 그 自體가 뿌리의 生育을 阻害하지는 않으나 還元에 依하여 生成되는 物質에 依하여 間接的으로 뿌리 및 莖葉部의 生育을 阻害한다고 報告하였다. 高橋等<sup>69)</sup>은 根箱을 使用하여 砂質濕土土壤에 頁岩 및 珪酸質肥料를 施用하였을 경우에 水稻根의 發達과 養分吸收와의 關係를 研究한 結果 頁岩 및 珪酸質肥料의 施用으로 뿌리의 早期老化和 腐根의 發生을 抑制하고 各生育時期에 多數의 뿌리를 갖게되어 健全根을 많게 하므로써 地上部의 珪酸含有率을 현저히 높였고 石灰 및 마그네슘도 若干 增大했으나 窒素 磷酸 加里의 含有率에는 影響을 미치지 않았다고 하였다.

馬場<sup>2)</sup>은 水稻의 生育後期에 營養液에서 珪酸이나 加里 망간 및 마그네슘中 어느 한가지를 缺除하면 胡麻葉枯病에 걸리기 쉽게되며 水稻의 下葉은 早期에 枯死하고 벼는 秋落現象과 비슷한 徵狀을 나타냈다 하였다.

田中等<sup>74)</sup>은 水稻의 養分吸收는 早期灌溉에 比하여 晚灌溉區가 窒素 加里 및 망간의 吸收量이 많으나 磷酸과 珪酸의 吸收量은 적었고 間斷灌溉區에서 窒素, 磷酸, 加里, 珪酸의 吸收量은 언제나 早期灌溉보다 적었으나 망간의 吸收量은 反對로 顯著히 많았으며 어느 灌溉區에서나 窒素施肥量이 增加함에 따라 乾物量이 增加하여 各種 無機成分이 많아졌다고 하였다.

高橋<sup>67)</sup>은 水稻가 培養液의 濃도가 낮으면 암모니아態窒素, 硝酸態窒素, 磷酸, 石灰의 吸收量은 低下되나 吸收率은 增大한다 하였으며 암모니아態

窒素 및 硝酸態 窒素의 濃도가 희박해지면 거의 全量吸收되지만 磷酸의 경우는 50%程度밖에 吸收되지 않는다고 하였고 水溫의 低下에 따르는 吸收의 影響이 적은 要素는 石灰 마그네슘이라고 하였다.

沈<sup>62)</sup>은 水稻의 鐵吸收에 關한 動的研究에서 鐵의 吸收量도 水稻體內의 擔體 含有量에 比例한다 하였으며 Fe/Mn의 比率은 0.5~3.0 程度가 適量이라고 하였다.

有門<sup>89)</sup>에 의하면 水稻는 嫌氣의 條件下에서 生育하는 경우도 吸收 阻害物質이 溶存하지 않는 限 養分の 吸收에 異常이 없다고 하였으며 이러한 現象은 뿌리의 通氣組織을 通하여 地上部에서 根部에 分子狀酸素가 運搬된다는 推定을 支持할 수 있다고 하였다.

李等<sup>26)</sup>은 水稻의 發根에 미치는 苗床加里施用의 影響에 關한 研究에서 加里의 施用量이 많을수록 剪根後의 發根數가 顯著히 增加되고 剪根을 거듭할수록 이런 傾向은 더욱 뚜렷하다고 하였다.

石塚等<sup>13)</sup>은 要素代謝에 關한 研究에서 水耕條件下에서 水稻의 多量要素의 缺乏症을 發現시켜 各要素의 營養生理의 特性을 調査한 結果 窒素 磷酸 및 硫黃의 不足은 莖數를 減少시키고 葉身을 短縮시켰으며 加里不足은 葉軸의 發育을 不良케 하였고 마그네슘의 不足은 葉數를 增加시키고 葉身을 길게하였으며 그 밖의 要素不足에 依한 下葉의 枯死程度의 順位는 -K>-Mg>-P>-N>-S>-Ca로 顯著하다고 하였다.

石塚等<sup>13)</sup>은 또한 窒素 磷酸 및 硫黃의 不足은 뿌리의 伸張을 阻害하고 穗數 一穗粒數를 減少시켜 收量을 떨어트리고 加里와 마그네슘의 不足은 稔實比率 및 千粒重을 低下시키고 石灰不足은 稔實比率을 低下시켜 減收시킨다고 하였으며, 窒素 磷酸 및 硫黃의 不足에 依한 減收는 體內 蛋白質 含量의 低下가 主要原因이고 石灰와 마그네슘의 不足은 同化產物이 이삭으로의 移行이 不良하게 되어 減收하게 되는 것으로 推論하였고 이삭의 各要素 含有率은 缺乏植物에 있어서도 健全한 것과 大差가 없다고 하였다.

安<sup>1)</sup>도 水稻登熟의 品種間 差異와 그 登熟向上에 關한 研究에서 低溫時에 磷酸을 增施하면 登熟率을 相當히 向上시켰다고 하였으며, 木內等<sup>16)</sup>은 水稻의 各 生育時期에 窒素의 供給量을 달리하거나 缺除한 試驗結果에서 草長의 伸張에는 體內要素와 吸收된 窒素를 優先的으로 利用하지만 分蘗은 이

는 一定速度以上으로 窒素가 吸收되는 境遇에 發生하며 그 限界 速度는 1.0mg/day/gr 乾物重程度로서 體內窒素濃度는 分蘖發生과는 關係가 없다고 하였다. 有効莖比率는 出穗期까지의 窒素供給에 依하여 支配되고 體內濃도와는 關係가 없다는 것은 分蘖의 境遇와 같다고 하였다.

粒數는 窒素의 供給量보다도 오히려 粒數 決定期의 體內窒素濃도와 關係가 깊으며 그 濃도가 1.2% 以上이 幼穗形成期에서 出穗期까지 維持되는 것이 効果의이라고 하였으며 千粒重은 粒數의 多少의 影響을 받으나 普通 出穗期에 1.14~1.75% 收穫期에 0.9~0.75% 程度가 좋았다고 하였다.

木內等<sup>17)</sup>은 加里가 生育 및 收量構成要素에 미치는 影響에 對하여 調査한 結果 草長은 加里供給有無에 支配되나 莖數는 莖葉中の 加里含有率이 一定值以下가 되면 分蘖은 減少하고 드디어는 分蘖이 停止된다고 하였다.

粒數는 莖葉中の 加里含有率에 支配되고 培養液의 加里有無에 따라 多少 影響을 받으며 稔實比率는 加里의 影響이 큰 收量構成要素라고 하였으며 千粒重은 加里 供給有無와 莖葉中 加里含有率의 支配를 받는다고 하였다.

또한 木內等<sup>18)</sup>은 粒數決定期에 莖葉中 마그네슘 含有率이 0.06~0.04%에서 粒數가 減少되므로 마그네슘의 계속적인 供給이 效果의이라고 하였다. 망간은 稔實比率 決定期에 莖葉中 그 含有率 이 높을수록 效果의이며 千粒重은 그 決定期에 莖葉中 마그네슘, 망간含有率이 높을수록 效果的이라고 하였다.

木內等<sup>19)</sup>은 土壤中 窒素 및 加里의 濃도와 收量構成要素와의 關係도 水耕栽培의 境遇와 一致한다 하였다.

奧田等<sup>49)</sup>은 水稻에 對한 珪酸의 試驗에서 幼穗形成期以後의 그 缺除는 特別히 一穗粒數 및 稔實率의 減少로 收量이 激減되었으나 이 時期에 珪酸을 充分히 供給하면 全生育期間을 通하여 供給하는 것과 같은 收量을 얻었다고 報告하였다. 또한 珪酸缺除에 依한 珪酸以外의 各要素의 體內含有率은 增大하였으며 窒素와 加里의 吸收量은 明確하지 않으나 磷酸의 吸收는 若干 增加되었다고 하였다. 反面 珪酸缺除에 依하여 重金屬類의 要素는 相對的으로 過剩 吸收되었다고 報告하였다.

河野等<sup>12)</sup>은 水稻稈의 強度는 體內的 cellulose α-cellulose, hemicellulose, lignin 澱粉 全糖含量과 正의 相關이 있으며 無機成分中에서는 加里만이

正의 相關關係가 있고 窒素, 磷酸, 나트륨, 珪酸 石灰, 마그네슘, 鹽素 등과는 負의 相關關係가 있다고 하였다.

村山等<sup>39)</sup>은 水稻體를 構成하는 諸器管은 炭水化物的 代謝過程에 있어서 同化와 異化 或은 消費와 貯藏等의 相互對立하는 代謝機能을 가지면서 密接한 相互連關下에서 各己의 役割을 遂行한다 하였으며 特別히 葉鞘部와 稈은 葉身에서의 過剩 同化產物を 澱粉으로 轉換하여 一時 貯藏하는 機能을 가지고 있으나 出穗 開花以後는 蓄積된 澱粉이 다시 分解하여 이삭으로 移行하는 것이라 하였다.

金<sup>21)</sup>은 水稻의 生育段階別 體內 窒素含量에 있어서 營養生長期의 窒素含量은 過多하였으며 出穗以後의 營養凋落을 如何히 防止하느냐가 問題된다고 하였다. 그리고 水稻栽培의 主要環境 要因에 關한 解析의 研究에서 우리나라는 最近 14年間의 10a當 玄米平均 收量이 204kg인데 比하여 日本은 77% 臺灣은 13%가 높으며 우리나라 年間의 平均增加量은 10a當 4.2kg인데 比하여 日本은 81% 臺灣은 62%가 더 增加되고 있다고 하였다. 또한 우리나라와 日本의 畚土壤의 化學的 性質을 比較하여 우리나라 土壤은 有機物, 全窒素, 置換性石灰와 마그네슘 含量이 日本의 그것보다 낮아 半程度에 불과 하다 하였고 礆 鹽酸可溶珪酸 含量은 平均値로 보아 우리나라 畚土壤이 적어 珪酸의 施用이 必要하다고 指摘하였으며 鹽基置換容量은 日本의 半程度라고 하였다. 그리고 우리나라 高收量地 土壤과 低收量地 土壤을 比較하여 鹽基置換容量, 置換性石灰, 마그네슘, 加里, 磷酸, 망간, 珪酸 및 鐵等의 成分이 低收量地 土壤에서 적음을 밝혔다.

吳等<sup>45)</sup>도 高收獲畚土壤과 低收獲畚土壤의 化學的 性質比較研究에서 土壤의 酸化還元電位の 變化樣相과 암모니아態窒素 및 二價鐵의 生成量 등이 다름을 밝혔다.

朴<sup>53)</sup>은 우리나라 논土壤 갈이흙의 有効珪酸含量과 벼 收量과의 關係, 갈이흙의 有効珪酸含量의 分布 및 갈이흙의 有効珪酸含量에 따르는 珪酸質肥料의 施用適量에 關한 研究에서 普通施肥水準인 1ha當 窒素 100kg, 磷酸 60kg 및 加里 80kg의 施用 條件下에서는 갈이흙의 有効珪酸含量이 130 ppm 以下인 논에서는 모두 珪酸質肥料의 施用 效果가 認定되었으며 有効珪酸含量이 낮을수록 그 效果는 크다 하였다. 沈<sup>62)</sup>은 水稻에 있어 營養要素의 過 不足은 生育 뿐만 아니라 分蘖, 出穗, 稔

數等の不足, 稔實比率를 低下시키고 따라서 收量을 減少시킨다고 하였다.

그러나 水稻의 收量水準이 낮고 높은 벼에 對한 一連의 比較研究와 特히 高收量水準의 벼에 對한 生育時期에 따른 養分의 經時的 動態와 收量과를 結付시킨 研究는 적으며 研究되어야 할 問題가 많이 남아있는 것이다.

## II. 材料 및 方法

### 1. 品種別 根活力과 養分吸收

(1) 根의 活力과 磷酸의 吸收: 供試品種으로는 振興等 8個 品種을 使用하였으며 土壤은 秋落常 習畚 土壤을 1/100a Pot에 30cm 길이로 充塡하였다. 處理는 土壤還元을 造成시키기 위하여 有機物(生糞) 0.3% 添加區와 無添加區를 對照로 하고 主區를 Pot. 細區를 品種으로 하는 分割區로 配置하였다. 移植은 健全하게 育成된 40日의 것을 使用하였으며 Pot當 各 品種을 3株(1株 3本)씩 6月 21日에 移植하였다. 施肥는 10a當 窒素(尿素) 10, 磷酸(重過石) 6, 加里(鹽加) 6 kg에 該當하는 量을 磷酸·加里는 全量을 基肥로 하고 窒素는 基肥 50% 一次追肥 30% 穗肥 20%씩 施用하였다.  $P^{32}$ 는 幼穗形成期와 出穗期에 比放射能 0.57mci/gr인  $Ca(H_2P^{32}O_4)_2 + H_2O + CaCO_3$ 의 形態로 可溶性 磷酸 45%인 것을 處理하였으며 1N 鹽酸 200ml에 34.2 mci를 溶解하여 株當 5ml씩 4株間部의 土壤에 注入하였다.

植物體 分析用 試料는 幼穗形成期 處理는 處理 2週後에 出穗期 處理는 收穫期에 品種別로 2反 覆씩 地上部를 採取하여 80°C에서 12時間 乾燥한 것을 使用하였다.  $P^{32}$ 의 放射能測定은 試料 5gr을 秤量하여 灰化시킨後 1N鹽酸에 溶解시켜 珪酸을 分離하고 濾液을 實驗管에 取하여 加熱濃縮시켰다. 이것을 5ml로 稀釋하고 여기에서 1ml를 取하여 赤外線電燈下에서 乾燥시킨후 Scintillation counter로 測定하였다. 뿌리의 活力은  $\alpha$ -Naphthylamine을 使用하여 測定하였다<sup>79)</sup>.

(2)  $Rb^{86}$  吸收의 品種間差異: 供試品種으로는 振興等 14個 品種을 均一하게 育成된 40日 苗를 Pot 當(1/5000a) 1本 2株植으로 移植하여 木村의 變法<sup>2)</sup>에 準하여 調製된 培養液을 使用하여 水耕栽培 하였다. 培養液은 10葉期까지는 週1回, 10葉期以後는 週2回更新하였으며 更新時마다 pH는 5.5로

調節 하였다.

$Rb^{86}$ 處理는 12葉期에 Pot當 16 $\mu$ ci인  $Rb^{86}$ 을 處理하고 30分間 吸收시킨 後에 分析用 試料를 採取하여 前記(1)項과 같이 乾燥시켰다.  $Rb^{86}$ 의 放射能測定은 乾燥粉碎한 試料 2gr를 取하여 500°C에서 3時間 灰化한 것을 濃黃酸으로 加熱溶解한 後 Liquid G.M. tube를 使用하여 測定하였다.

### 2. 炭素( $C^{14}$ ) 同化

(1) 品種別 炭素同化力의 差異: 振興等 14個 品種을 前記  $Rb^{86}$ 의 試驗에 準하여 育苗, 移秧 및 水耕栽培하였다.  $C^{14}$ 의 處理는 8葉期에 벼를 Viny<sup>1</sup> film으로 만든 Chamber에 옮겨 外氣를 차단하고 晴天日(7月 26日) 午後에 2時間 同化시켰다.  $C^{14}O_2$ 는 Beaker에 炭酸 바름(1mci)을 담고 Chamber의 上部面에 固定시켜 1N鹽酸을 注入하여 發生시켰다. 植物體는 同化時間이 끝난 即時 水洗하여 乾燥시켰다. 乾燥한 試料는 全植物體, 葉身, 葉稍 根部로 區分 粉碎하여 G.M.tube를 使用하여 放射能을 測定하였다.

(2) 窒素施用量別 炭素同化: 供試品種으로 振興을 使用하여 普通畚 土壤을 1/2000a Pot에 充塡하고 한 Pot에 40日 苗를 1株當 2本씩으로 2株씩 移秧하였다. 施肥는 窒素를 10a當 10kg와 18kg의 2水準으로 하고 基肥追肥 穗肥로 各 50% 30% 20%씩 주고 磷酸과 加里는 10a當 各 6kg에 該當하는 量을 基肥로 施用하였다. 試驗區는 4反覆 亂塊法으로 配置하였다.  $C^{14}$ 의 處理는 幼穗形成期の 晴天日에 1時間(午前 11~12時) 동안 同化箱子에 넣어 前記品種別  $C^{14}$  實驗에 準하여 2反覆을 實施하였다.  $C^{14}$ 의 放射能은 0.729mci의 것을 使用하였다.

(3) 磷酸 加里 및 마그네슘 缺除時의  $C^{14}$ 同化: 供試品種은 振興을 使用하였고 培養液은 完全區 그리고 磷酸, 加里, 마그네슘을 各各 缺除하였으며 그 外는 品種別  $C^{14}$  同化實驗에 準하여 實施하였다.

### 3. 窒素의 吸收 및 炭水化物의 動向

供試品種은 振興을 使用하였으며 農業技術研究 所圃場에서 벼의 平均收量을 基準하여 低收量(精租 500kg/10a以下)을 낸 標準區와 中收量(600~700kg/10a)을 낸 綜合改良區와 高收量(700kg/10a以上)을 낸 生糞 添加綜合改良區로 나누어 區當 330m<sup>2</sup>로 하였으며 試驗前 供試土壤의 特性은 다음과 같다.

Chemical characteristics of soil

pH	Organic Matter (%)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Exchangable cation (me/100gr)				Available SiO <sub>2</sub> (ppm)
			Ca	Mg	K	C.E.C	
5.8	1.8	33	4.1	1.3	0.3	9.2	93.7

中收量地와 高收量地 土壤은 그 分析値에 依하여 石灰 마그네슘 및 加里를 80% 以上の 鹽基飽和度로 調節하고 珪酸은 珪灰石으로 土壤의 有効珪酸含量이 300ppm이 되도록 調節 하였다. 生糞은 10a當 300kg를 移秧 7日前에 5cm 길이로 切斷하여 畚表面에 均一하게 撒布하고 作土를 耕耘한 뒤 4日後 灌水하였다. 窒素 磷酸 加里는 各各 10a當 16, 14, 16kg를 施用하되 窒素는 標準區에서 40% 基肥 30%는 移秧後 15日에 나머지 30%는 幼穗形成期에 施用하였으며 綜合改良區와 生糞添加綜合改良區는 生育狀況을 觀察하여 分施하되 後期重點 追肥로 하였다. 磷酸은 全量基肥로 하고 加里는 70%基肥, 30% 穗肥로 施用하였다. 移秧은 灌水 3日後(6月 1日)에 一般苗壟에서 育苗

한 45日苗를 株當 3本으로 하고 栽植密度 및 其他 管理는 標準耕種法에 準하였다. 葉面積은 生育時期別로 生育中庸인 4株를 採取하여 全葉身을 靑寫眞法<sup>23)</sup>으로 測定 計算하였다. 透光率 調査는 群落狀態照度計(日本, 三神工業, NS-11型)를 利用하여 區當 30回 測定하여 平均値로 表示하였다.

#### 4. 低收量地 벼의 營養反應

供試品種은 振興으로 하고 普通畚土壤(水原)을 標準으로 하여 赤枯發生 常習畚土壤(平澤), 秋落畚土壤(1)(金浦), 秋落畚土壤(2)(報恩)을 該當 地域에서 表土 및 心土를 各各 採取하여 1/200a의 無底 Pot에 心土와 表土를 各各 15cm씩 充填하여 水稻를 栽培하였다. 採取土壤의 特性은 다음과 같다.

Chemical characteristics of top soil

Soils	pH	Organic Matter (%)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Exchangable Cation(me/100gr)				C.E.C (me/100gr)	Mn (ppm)
				K	Ca	Mg	H		
Normal (Suweon)	5.8	2.1	57	0.20	6.10	1.45	2.85	10.60	135
Akagare (Pyung-Tack)	5.0	0.8	24	0.13	2.43	1.56	2.75	6.87	136
Akiuchi(1) (Kim-po)	5.0	2.2	23	0.13	4.48	1.50	4.40	10.51	24
Akiuchi(2) (Boun)	5.1	2.8	58	0.14	2.93	0.47	5.50	9.04	20

施肥量은 窒素 磷酸 加里를 10a當 10, 4, 6kg에 該當하는 量을 施用하되 窒素는 基肥 追肥 穗肥로 各各 40% 30% 30%의 比率로 施用하고 磷酸加里는 全量 基肥로 하였다. 處理는 4個土壤 8反覆 完全任意 配置法으로 하였다. 其他 Pot의 管理는 一般法에 準하였다.

#### 5. 高·低收量地 벼의 營養反應 比較

供試品種으로 再建을 使用하였으며 高收量地는 始興郡素來面果林里에 所在하며 低收量地는 水原

市에 所在하는 2個의 農家圃場에서 實施하였다. 處理는 早期, 普通期, 晚期等 作期를 달리하고 窒素 施用量은 10a當 早期와 普通期에서는 0, 4, 8, 12 kg, 晚期에서는 0, 3, 6, 9kg로 하여 4反覆 亂塊法으로 하였다. 試驗區 面積은 25.2m<sup>2</sup> 栽植距離는 24cm×15cm로써 3.3m<sup>2</sup>當 90株植으로 하였으며 其他는 作物試驗場水稻標準耕種法에 準하였다. 乾物 生産量 調査는 移秧後 10日, 15日, 20日, 30日, 幼穗形成期 出穗期에 各區에서 10株씩 地上部단

採取하여 80°C에서 30分間 處理한 後 60°C에서 24時間 乾燥한 것을 秤量하였으며 植物體 分析用의 試料로 使用하였다.

### 6. 土壤 및 植物體 分析

土壤分析은 農業技術研究所의 土壤化學分析法<sup>77)</sup>에 準하였으며 植物體分析은 窒素는 Kjeldahl 法, 加里는 Ammonium Acetate (pH7)로 抽出하여 焰光法, 其他成分은 Conc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 및 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>로 濕式分解하여 珪酸은 重量法, 磷酸은 Vanadous 法, 石灰 마그네슘은 EDTA 法 그리고 鐵 망간은 Electric Spectro photometer를 使用 比色定量 하였다. 全糖, 澱粉 非還元糖 還元糖은 鹽酸으로 加水分解하여 Somogyi 變法<sup>64)</sup>으로 測定하였다.

## II. 實驗結果 및 考察

### 1. 品種別 根活力과 養分吸收

#### (1) 根의 活力과 磷酸의 吸收

供試品種에 對하여 根의 活力을 比較하기 위하여  $\alpha$ -naphthylamine을 使用하여 그 酸化力을 測定한 結果는 그림 1과 같다.

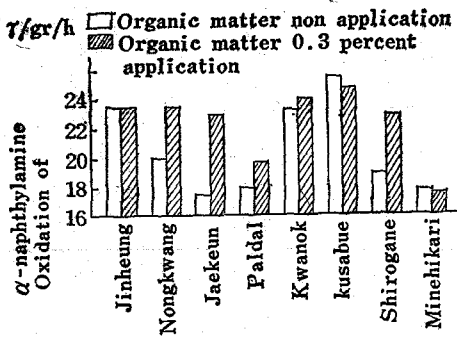


Fig. 1. Comparison of root activity of eight varieties of rice.

即 有機物의 添加에 關係없이 根의 活力은 關玉 구사부에 및 振興은 가장 높은 便이고 峰光과 八達이 가장 낮으며 有機物의 添加區에서는 白金, 再建, 農光등은 높이나 有機物無添加區에서는 낮은 便이었다. 幼穗形成期과 出穗期에 磷酸의 吸收力을 測定한 結果는 그림 2와 3과 같으며 그림 2에서 보는바와 같이 뿌리의 活力이 有機物을 添加하여 높아지는 傾向을 磷酸의 品種別 吸收傾向과도 一致하였다.

그러나 그림 3에서 보면 出穗期에 磷酸의 吸收는 幼穗形成期와는 反對로 有機物의 無添加區에서

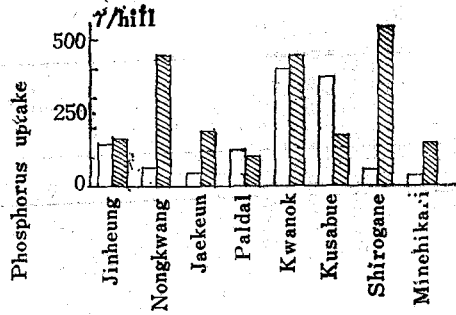


Fig. 2. Phosphorus uptake in eight varieties of rice at ear formation stage.

많은 傾向을 보였다.

이와 같은 現象은 幼穗形成期에는 出穗期에 比하여 新根의 比率이 높으며 뿌리는 有機物의 分

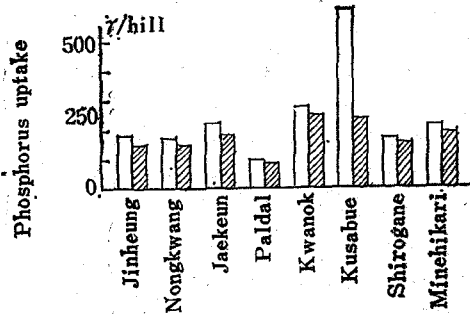


Fig. 3. Phosphorus uptake in eight varieties of rice at heading stage.

解로 還元狀態가 된 根圈環境의 變化에 適應코져 Glycolic acid pathway에서 過酸化水素가 生成하며 peroxidase의 作用으로 酸素가 많이 放出되기 때문이라고 생각되며<sup>31)</sup> 이는 出穗期에 磷酸의 吸收가 뿌리의 生理的 活力에 더욱 重要한 意味를 갖는 것으로 생각된다. 出穗期에 있어서 磷酸의 吸收量과 水稻根의  $\alpha$ -naphthylamine 酸化力과의 關係를 보면 그림 4와 같으며 그 相關係數는  $r=0.539$ 로서  $\alpha$ -naphthylamine의 酸化力이 강한 品種이 磷酸의 吸收量이 많은 傾向이었다.

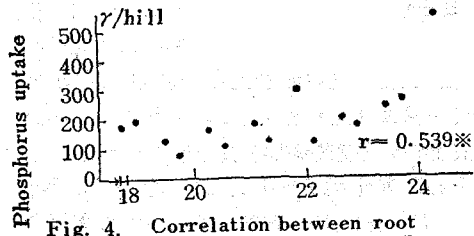


Fig. 4. Correlation between root activity and amount of phosphorus uptake at heading stage.



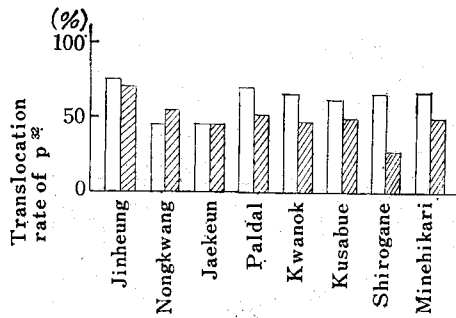


Fig. 5. Translocation rate of phosphorus-32 to ear in eight varieties of rice.

이와 같은 결과는 朴等<sup>88)</sup> 吉田<sup>81)</sup>이 窒素, 磷素 및 加里의 吸收量과 根의 活力과 有意한 正의 相關關係가 成立된다는 報告와 一致한다.

出穗期에 處理한 磷酸이 이삭에 移行되는 比率은 그림 5와 같으며 有機物添加는 無添加에 比하여 農光을 除外한 모든 品種에서 磷酸의 移行率이 낮고 品種別로는 平均的으로 보아 振興이 多少 높고 再建과 白金이 多少 낮았다.

(2) Rb<sup>86</sup> 吸收의 品種間 差異

供試 13個 品種에 對하여 Rb<sup>86</sup>의 吸收力을 測定한 結果는 表 1과 같다.

Table 1. Rb<sup>86</sup> uptake in thirteen varieties of rice grown in water culture

Varieties	Total uptake of Rb <sup>86</sup> (cpm)	Leaf+culm (cpm/g dry matter) (A)	Root (cpm/g dry matter) (B)	Ratio (A/B)
1) Jinheung	13,120 (100.0)*	1,474	5,466	0.27
2) Gutaenajuok #3	9,780 (74.5)	1,063	4,075	0.26
3) Paldal	5,624 (42.7)	740	2,445	0.30
4) Kawnok	8,813 (67.2)	864	3,038	0.28
5) Norin #25	10,589 (80.5)	1,629	4,235	0.38
6) Palkwueng	6,347 (48.3)	774	2,188	0.35
7) Hokwang	7,066 (53.9)	1,104	2,355	0.69
8) Kimmaze	8,682 (66.3)	1,099	3,946	0.21
9) Suwenn #82	9,337 (71.3)	1,061	4,668	0.23
10) Poengok	14,263 (108.1)	1,678	7,131	0.24
11) Nongkwang	12,760 (97.3)	1,251	5,547	0.23
12) Noindo	22,882 (174.6)	2,359	8,172	0.29
13) Tagujo	10,299 (77.8)	1,256	3,814	0.30

\* Index of total Rb<sup>86</sup>-uptake

振興의 全 Rb<sup>86</sup> 吸收量을 100으로하여 他品種을 比較하여 보면 老人稻가 174.6으로 越等히 높고 豐玉이 108으로서 다음이며 吸收量이 적은 品種은 八達, 八紘, 湖光, 關玉, 金南風等으로서 70 以下 이었다. 高稿等<sup>66)</sup> 山口<sup>78)</sup>도 養分吸收에 品種間差異가 있음을 報告한 바 있으며 朴<sup>87)</sup>도 還元이 甚한 腐植過多畝土壤에서는 養分吸收에 品種間差異가 있어 農林29號에 比하여 農光이 加里 및 珪酸의 吸收力이 크다고 報告하였다. 또한 小林等<sup>11)</sup>은 Rb<sup>86</sup> 吸收實驗에서 品種間差異가 있음을 報告하였다.

地上部에 對한 地下部の 比로서 吸收된 Rb<sup>86</sup>의 移行을 보면 다른 모든 品種은 0.21~0.38 範圍인 데 比하여 湖光은 0.69로 Rb<sup>86</sup>의 地上部로의 移動

性이 강한 品種으로 보여진다.

2. 炭素(C<sup>14</sup>) 同化

(1) 品種別 炭素同化力의 差異

供試 14個品種의 同化力을 C<sup>14</sup>를 使用하여 測定한 結果는 表 2와 같다.

即 振興 100에 對하여 老人稻가 117로 가장 強하고 다음에 九大耐潮旭 3號와 水原82號가 높은 便이며 其他 品種은 모두 振興보다 낮았다. 그중에서도 大邱租 關玉 및 陸羽132號 等은 70未滿을 보여 이들은 炭素同化能力이 弱한 品種으로 判斷되는데 村田等<sup>38)</sup>도 Infrared gas analyser를 使用한 光合成能力의 測定에서 品種間 差異가 있음을 報告한바 있다.

Table 2. Carbon assimilation in fourteen varieties of rice grown by water culture

Varieties	Total assimilation (cpm/plant)	Leaf-blade (cpm/gr)	Leaf-sheeth (cpm/gr)	New-root (cpm/gr)	Old root (cpm/gr)	Root/Top plant
1) Jinheung	116,010 (100)*	21,210	8,570	16,010	15,940	107.3
2) Gutaenajuok #3	129,270 (111)	21,550	13,780	21,340	12,410	95.5
3) Paldal	96,010 (83)	48,720	14,190	5,040	4,400	15.0
4) Kawnok	71,110 (61)	31,900	10,780	7,730	4,000	27.5
5) Norin #25	90,900 (78)	17,280	10,140	12,030	14,030	95.0
6) Palkwueng	78,640 (68)	23,450	15,160	17,980	4,360	62.7
7) Hokwang	96,970 (84)	21,370	13,680	25,250	21,090	131.7
8) Yugu #132	71,440 (62)	35,080	12,810	6,810	3,930	22.2
9) Kimmaze	117,240 (101)	21,080	18,440	19,980	10,760	77.8
10) Suweon #82	122,440 (106)	61,950	15,690	4,810	15,290	25.9
11) Poongok	106,230 (92)	19,410	15,510	14,620	5,880	58.7
12) Nongkawang	104,180 (90)	22,990	9,910	12,920	7,690	62.6
13) Noindo	136,120 (117)	19,650	17,070	10,250	7,110	47.3
14) Taegujo	54,320 (47)	20,430	7,330	13,240	6,850	72.4

\* : Index of total assimilation

한편 葉身과 葉鞘의 單位 重量 (g) 當 activity 를 보면 모든 品種이 葉身에서 높고 葉鞘에서 낮았다. 이와같은 事實은 炭素同化作用이 主로 葉身에서 일어나며 同化시킨 후 即時 試料를 採取하여 乾燥시킨고로 다른 部位로 轉流가 적었던데 起因 되는 것으로 생각된다. 그리고 同化된  $C^{14}$ 가 新根과 舊根에 移行分布된 樣相을 보면 大體로 舊根에 比하여 新根에 많았다. 그러나 農林25號, 水原82號는 舊根에서 많았다.

地下部/地上部の 比에 依하여 短時間에 同化된  $C^{14}$ 가 地下部로 移行된 結果를 살펴보면 同化力과는 좀 다른 樣相을 나타내고 있다. 卽 振興을 標準으로 이보다 移行率이 높은 것은 湖光뿐이고 다른 品種들은 모두 낮으며 그중에서도 八達, 關玉, 陸羽132號, 水原 82號는 顯著히 낮았다.

(2) 窒素施用量과 炭素同化

10a當 10kg와 18kg에 該當하는 窒素肥料를 施用한 水稻에 對하여 同化能力을 測定한 結果는 그림 6과 같다.

全同化量은 窒素를 많이 施用한 경우에 顯著히 많았다. 이러한 差異는 窒素肥料를 많이 施用한 경우에 株當 生育量이 많기 때문에 同化面積이 增大되는데도 起因하며 한편으로는 窒素施用量과 葉身의 葉綠素 含有量間에 正의 相關關係가 있음으

로 窒素를 많이 施用한 경우에 必然的으로 單位 葉面積當 同化力도 컸을 것으로 생각된다.

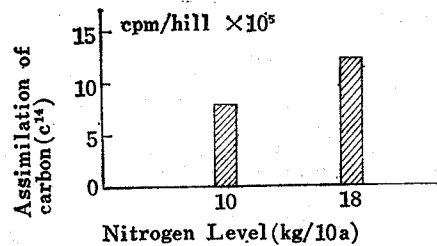


Fig. 6.  $C^{14}$  assimilation at different level of nitrogen application

出穗前에  $C^{14}$ 를 同化시켜 莖葉에서 이삭으로 移行된  $C^{14}$ 를 收穫期에 測定한 結果는 그림 7과 같다.

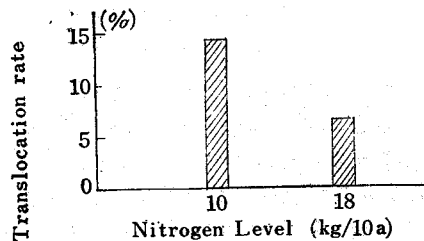


Fig. 7.  $C^{14}$  translocation to ear at harvesting stage.

이 結果에서 보면 이삭으로 移行 되는 比率은 窒素 施用量이 적은 경우에 높고 反面 窒素 施用量이 많은 경우에 莖葉에 殘留된  $C^{14}$ 가 많았다.

이러한 現象은 窒素를 많이 施用하므로써 蛋白 同化의 方向으로 代謝作用이 일어나 組織 및 器官의 形成 내지는 發育에 同化產物을 利用하는데 起因 된다고 생각된다.

(3) 磷酸, 加里 및 마그네슘 缺除時의 炭素同化: 磷酸, 加里 및 마그네슘을 缺除한 條件下에서  $C^{14}$ 의 同化力을 測定한 結果는 表 3과 같다.

Table 3.  $C^{14}$  assimilation by rice plants grown in water culture devoid of phosphorus, potassium or magnesium

Treatments	Total assimilation		Assimilation (cpm/g, leaf-blade)	Ratio (Root/Top plant)
	(cpm/plant)			
check	116,010	(100)*	58,000	107.3
-P	27,520	(23)	30,577	14.4
-K	42,390	(37)	32,607	9.2
-Mg	17,220	(15)	12,300	9.4

\* Index of total assimilation.

即 完全區에 比해서 磷酸, 加里 및 마그네슘을 各各 缺除한 경우에는 全同化量이 낮았으며 마그네슘 缺除區에서 特히 顯著하였으며 葉身 1g當 同化量도 이와같은 傾向이다 磷酸의 缺除區에서는 光合成 過程中 光磷酸化 作用이 體內 磷酸의 不足으로 阻害를 받아 同化作用이 顯著하게 低下된 것으로 생각되며 마그네슘 缺除에서는 Ribulose diphosphate carboxylase와 같은 酵素의 活性을 低下시켰을 것으로 보아지며 한편 葉綠素의 生成이 阻害되어 黃化現象을 이르고 따라서 光合成 能力을 크게 떨어뜨린 것으로 보인다. 地下部/地上部 比에 依하여  $C^{14}$ 의 뿌리로의 移行을 살펴보면 完全區에 比하여 磷酸, 加里 마그네슘을 各各 缺除하였을 때 顯著하게 낮았다. 따라서 水稻는 窒素, 磷酸, 加里 및 마그네슘과 같은 養分이 不足한 境遇에는 絕對同化量도 떨어지지만 間接的으로 同化物의 뿌리로의 移行이 阻害되어 二次的으로 根細胞의 呼吸基質의 不足을 가져와 뿌리의 活力을 더욱 低下시키는 것으로 생각된다.

### 3. 窒素의 吸收 및 炭水化合物의 動向

高, 中, 低收量地別로 벼의 葉面積指數와 透光率을 測定한 結果는 그림 8에서 보는바와 같다. 即 低收量地벼는 出穗前부터 葉面積指數(leaf area index, L.A.I)가 減少되며 出穗後에는 急激히 떨어진다. 透光率(light transmitting ratio, L.T.R)과 葉面積指數와의 關係를 살펴보면 出穗前 約20日頃까지는 低收量地는 高收量地에서보다 葉面積指數가 떨어짐에도 不拘하고 透光率도 낮았다.

高收量地 벼는 生育初期부터 透光率對 葉面積比가 높고 受光態勢가 良好하여 葉面積指數가 出穗

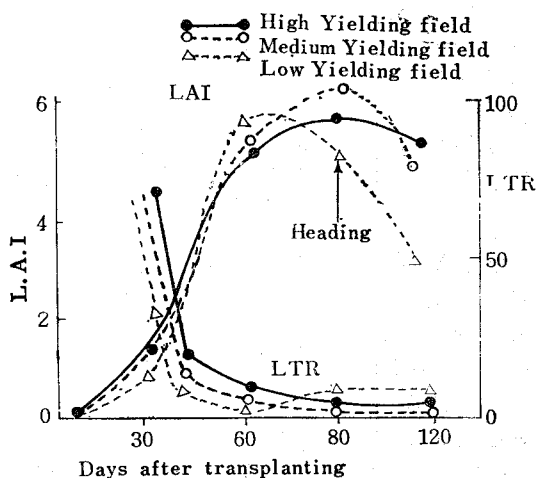


Fig. 8. Changes in the leaf area index and light transmitting ratio in rice plant.

期까지 繼續 增加하였으며 葉面積의 絕對量도 增加하였다. 群落狀態下의 葉의 發達 상태와 葉面積에 關하여 Tsunoda<sup>75)</sup>는 葉에 依하여 吸收되는 散亂光의 量은 葉表面角의 增大(Sine 90°까지)로 增加하며 透光率對葉面積比가 增加함은 受光量의 增加를 意味한다고 하였다. 또한 Tsunoda<sup>76)</sup>는 群落狀態의 乾物生産과 關聯하여 일정 面積當 葉面積指數와 光合成能力에는 差異가 없을지라도 乾物生産은 同化體系의 形態의 影響을 받는다고 한바와 같이 本試驗의 結果도 低收量地 벼의 早期下葉 枯死에 의한 葉面積指數와 透光率의 減少는 葉의 形態와 方向配列에 依한 葉의 同化體系의 不良에서 온 것으로 생각된다. 葉面積指數와 純同化量을 測定한 結果는 그림 9에서 보는바와 같이 葉面積當 純同化量은 葉面積이 增加할수록 떨어지며 高

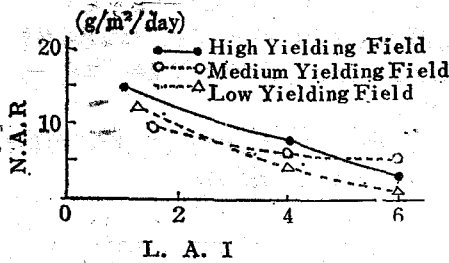


Fig. 9. Relationship between net assimilation rate (NAR) and leaf area index.

Table 4. Variation of nitrogen content, at some growth stage, in rice plant grown on different soil

Productivity of Field	Nitrogen Content (% dry matter)				
	Days after Transplanting				
	30	44	51	82	137
Low	4.29	3.16	2.97	1.33	0.59
Medium	3.20	3.20	2.66	1.42	0.84
High	3.22	3.16	2.39	1.69	0.89

高收量地 벼에 비해 窒素含有率이 높으나 出穗期以後에는 오히려 高收量地 벼에서 높았다. 이는 벼의 生育初期 窒素過剩吸收와 生育後期 窒素凋落

收量地 벼에 比하여 低收量地 벼는 純同化量이 떨어졌다.

群落狀態下的 벼는 單位面積當 葉面積의 增加와 더불어 葉의 相互遮弊現象이 增大하고 그 結果 下位葉에 到達하는 日光의 強度를 低下시켜 개개 葉으로 하여금 充分히 光合成을 할수 있도록 하기는 困難하므로 最適葉面積 以上으로 增加시키는 것은 葉面積當 純同化量을 떨어뜨리기 때문인것으로 생각된다. 水稻體內 窒素含有率의 經時的 變化를 測定한 結果는 表 4 과 같다.

移秧後 51日 (幼穗形成期)까지는 低收量地 벼가

의 原因인 된다고 생각된다<sup>2)</sup> 21). 高收量地 벼의 低收量地 벼의 生育期間中 窒素吸收量을 測定한 結果는 表 5 과 같다.

Table 5. Amount of nitrogen uptake by rice plants at different growth stage

Productivity of Field	Nitrogen Uptake (kg/10a)			
	Days after transplanting			
	30	51	82	137
Low	4.39	10.27	12.96	12.00
Medium	4.09	11.39	16.39	16.65
High	3.70	9.76	14.14	17.81

即 高收量地 벼에 比하여 低收量地 벼는 生育初期에 吸收量이 많았으나 出穗期以後의 總吸收量은 오히려 高收量地 벼에서 顯著히 많았다.

水稻의 生育期間中 吸收된 窒素의 最高量에 대한 各 生育時期別 吸收된 窒素의 率을 表示하면 그림 10과 같다.

窒素의 吸收量이 低收量地 벼는 幼穗形成期까지 吸收한 窒素가 79%이었으나 高收量地 벼는 55%에 不過하였으며 出穗期에는 低收量地 벼가 吸收한 것이 100%인데 反하여 高收量地 벼는 79%이었고 繼續하여 出穗後에도 21%의 窒素를 吸收

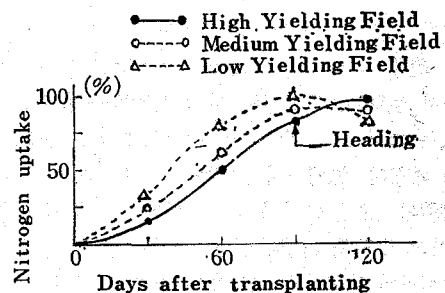


Fig. 10. Nitrogen uptake rate of rice plants as affected by soils differing in productivity

하였다.

生育初期에 窒素의 過多吸收은 지나친 繁茂를 招來하여 受光態勢가 不良하여져 單位面積當同化 能力을 低下시키는 原因이 된다고 생각된다. 柳澤<sup>80)</sup>은 窒素吸收을 3型으로 區分하여 제 1型은 幼穗形成期까지는 比較的 少量을 吸收하고 出穗後에 相當量을 吸收하며 제 2型은 生育初期에 많은량의

窒素를 吸收하나 出穗期 以後에는 거의 吸收하지 않는 型, 그리고 제 3型은 兩者의 中間型으로 區分하고 高收量地 벼는 제 1型, 低收量地 벼는 제 2型으로 보았으며 本試驗 結果는 그에 一致하였다.

高·低收量地別로 水稻體內的 炭水化合物含有率을 測定한 結果는 表 6과 같다.

Table 6. Content of carbohydrates in rice plant at different growth stage

Growth stage	Productivity of Field	Part	(% dry matter)			
			Starch	Total sugar	Reducing sugar	Non reducing sugar
Ear formation stage	Low	straw	1.94	7.77	6.18	1.59
	Medium	straw	4.17	6.95	6.70	0.25
	High	straw	4.17	7.78	6.90	0.86
Heading stage	Low	straw	15.56	6.67	6.54	0.12
	Medium	straw	3.06	6.95	5.48	1.47
	High	straw	3.89	6.95	6.10	0.85
Harvesting stage	Low	straw	12.22	5.28	3.28	1.72
		grain	47.78	6.95	6.21	1.74
	Medium	straw	10.28	7.78	6.26	1.52
		grain	23.33	5.00	4.88	0.12
	High	straw	10.28	8.06	6.54	1.52
		grain	33.89	6.39	6.27	0.12

이 表에서 보는바와 같이 全糖, 還元糖, 非還元糖의 含量에는 高·低收量地 벼 間에 큰 差異가 없으나 澱粉含有率에는 顯著한 差異가 있었으며 幼穗形成期에 低收量地 벼는 高收量地 벼에 比하여 低으나 出穗期 및 收穫期에는 低收量地 벼에서 오히려 높았다. 低收量地 벼에서 幼穗形成期에 澱粉의 含量이 낮은것은 이 時期에 窒素의 吸收가 많아 窒素代謝에 優先的으로 치우친 때문이며 出穗期에 澱粉含有率이 增加되는 것은 體內 窒素含有率의 低下에 起因되는 것으로 생각된다. 收穫期에 莖葉 및 精粗에 蓄積된 總澱粉量을 100으로 하여 生育時期別로 澱粉의 蓄積比率을 算定한 結果는 그림 11과 같다. 卽 低收量地 벼는 出穗期까지 蓄積된 澱粉量이 41 蓄積되므로 出穗後에 生成蓄積된 量은 59이나 高收量地 벼는 出穗前에 不過 9이고 出穗後 蓄積된 量이 91이나 되었다.

이러한 事實에서 高收量地 벼는 出穗 以後에 光合成에 依存하는 程度가 더욱 컸음을 알수 있다.

村山의 報告에 의하면 出穗 以後 뿌리의 老化和

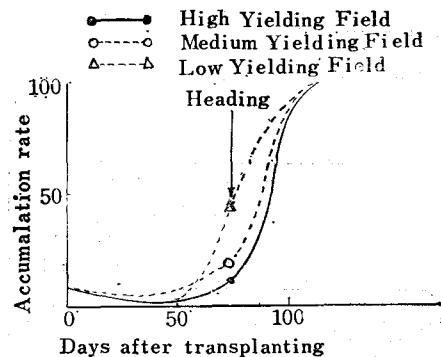


Fig.11. Starch accumulation rate of rice plants as affected by soils differing in productivity

養分 및 水分의 吸收가 弱해져서 下葉의 枯死와 葉面積이 減少되어 光合成能力이 低下된다고 하였으며 登熟過程에서 群落의 光合成에 依한 物質生産能力이 急激히 低下되는것은 出穗後에 澱粉蓄積能力이 減少되어 穀實生産能力을 떨어뜨리기 때문이라고 하였다<sup>40)</sup>. 村田等<sup>37)</sup>은 過度한 葉面積 增大와 高濃度の 窒素는 오히려 炭水化合物의 集積에 惡

影響을 끼치고 收量은 初期生育보다는 後期營養狀  
態에 크게 지배 된다고 하였는데 本試驗에서도 같  
은 結果를 얻었다.

收量 및 收量構成要素를 調査한 結果는 表7에서

보는 바와 같이 低收量地 벼는 高收量地 벼에 比  
하여 單位面積當 穗數가 오히려 약간 많으나 乾物重  
및 有效莖比率는 낮고 또한 粒數가 적은데도 登熟  
率이 크게 떨어져 減收되었다.

Table 7. Grain yield and yield components of rice plants grown on different soil

Productivity of Field	Grain yield (kg/10a)	Straw (kg/10a)	No. of panicle/m <sup>2</sup> field	No. of spikelets/m <sup>2</sup> field (x 100)	Matured grain (%)	1,000 grains weight (g)	Effective tiller ratio
Low	546.6	571.5	320.2	243	62.1	26.2	70
Medium	680.2	823.8	263.3	301	71.0	28.6	75
High	760.5	770.3	312.5	341	76.5	28.8	81

이와같은 結果는 移秧後 幼穗形成期까지 窒素가  
過剩으로 吸收되어 葉面積이 增大되고 透光率을  
減少시켰으며 幼穗形成期 以後에는 窒素의 吸收와  
葉의 同化機能이 低下되어 收量이 크게 떨어지게  
된 것으로 생각된다.

#### 4. 低收量地벼의 營養 反應

低收量地 벼의 營養反應을 밝히고저 赤枯發生地  
秋落地 등의 土壤에서 벼를 栽培하여 그 生育時期  
別로 體內的 窒素, 磷酸, 加里, 珪酸 및 鐵의 含

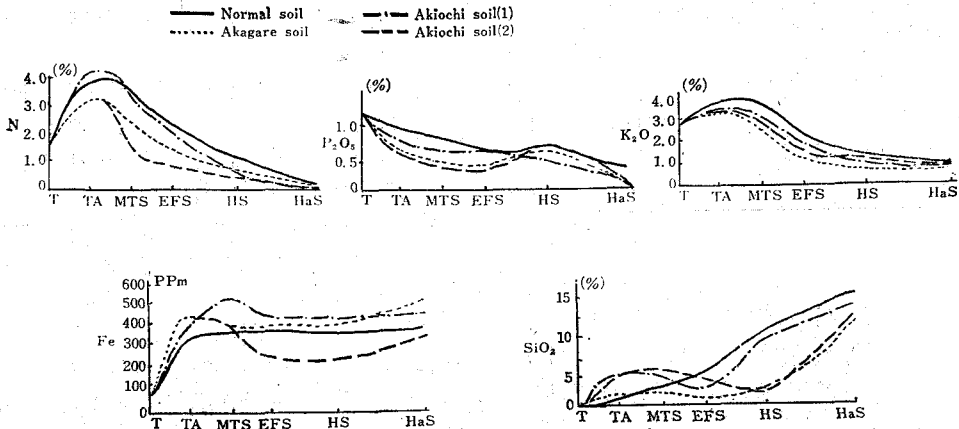


Fig. 12. Mineral nutrients, content, at different growth stage, in rice plants grown on different soils  
Note. T; transplanting stage, TA; 15days after transplanting, MTS; maximum tillering stage, EFS; ear formation stage, HS; heading stage, HaS; harvesting stage

有率을 測定한 結果는 그림 12와 같으며 窒素의  
경우 赤枯發生畚 水稻는 全生育期間을 통하여 體  
內 窒素 含有率이 一般畚水稻보다 낮았다.

다음 表 8에서 보는바와 같이 移秧後 經時的  
으로 土壤中的 NH<sub>4</sub>-N 및 2價鐵의 變化를 測定한  
結果는 一般土壤과 거의 비슷한 結果를 보였다.

赤枯發生畚 土壤에서는 有機物의 分解가 빨라 湛  
水狀態下에서 還元을 促進하여 呼吸 阻害 物質을  
生成하므로 窒素의 吸收가 阻害 받을 것으로 推定  
된다.

또한 磷酸, 加里 및 珪酸의 含有率을 보면 一般  
畚水稻에 比하여 全生育期間을 통하여 낮았는데  
이것은 試驗前 土壤分析結果에서 磷酸 및 加里의  
含量이 一般畚보다 多少 낮기 때문인 듯하며 아울  
러 窒素의 境遇에서의 같이 吸收阻害가 主된 原因  
이라고 解析된다.

이러한 結果는 朴 등<sup>68)</sup>이 赤枯發生地 土壤을 使  
用한 試驗에서 有機物의 施用으로 根의 養分 吸收  
阻害와 體內養分의 移行이 阻害되었다는 報告와도  
一致된다.

**Table 8.** Dynamic change of ammonium and ferrous ions in paddy soil under water logged condition in pot

Components	Soil	Ion Concentration (ppm)					
		0	10	Days after Transplanting		40	50
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Normal Soil	87.0	97.5	47.5	28.0	27.4	29.8
	Akagare Soil	91.0	81.5	36.0	36.0	33.9	37.8
	Akiocchi Soil(1)	77.5	67.5	39.0	30.0	30.8	33.6
	Akiocchi Soil(2)	129.5	70.0	36.0	26.5	27.2	35.0
Fe <sup>++</sup>	Normal Soil	513	1131	1352	—	—	1038
	Akagare Soil	465	1420	1386	—	—	982
	Akiocchi Soil(1)	656	1410	1709	—	—	1036
	Akiocchi Soil(2)	133	283	380	—	—	253

한편 鐵의 含有率은 一般畚 水稻에 比하여 赤枯 發生地 벼에서 全生育期間을 通하여 높았고 또한 移秧後 經時的으로 土壤中의 Fe<sup>++</sup>의 量도 많았다. Baba<sup>3)</sup>, 山口<sup>78)</sup> 등도 赤枯發生地 벼는 Fe<sup>++</sup>의 過多吸收와 加里가 不足하다고 指摘 한바와 一致 된다.

秋落畚(1)은 金浦地方에 散在하여 있는 舊海成 土로서 여기에서 자란 벼는 後期營養凋落現象이 常習的으로 發生되는 土壤인데 生育時期別로 體內 窒素 含有率을 보면 一般畚 水稻에 比하여 秋落畚 (1) 水稻는 幼穗形成期 以前은 비슷하나 그 後는 낮아졌다. 土壤의 有機物 含有率도 一般畚 土壤과 비슷하였으며 澁水狀態下에서 生成된 NH<sub>4</sub>-N도 一般畚 土壤과 비슷하였으나 生育後期에 體內窒素 의 含有率이 低下되는 것은 吸收障害의 結果로 判

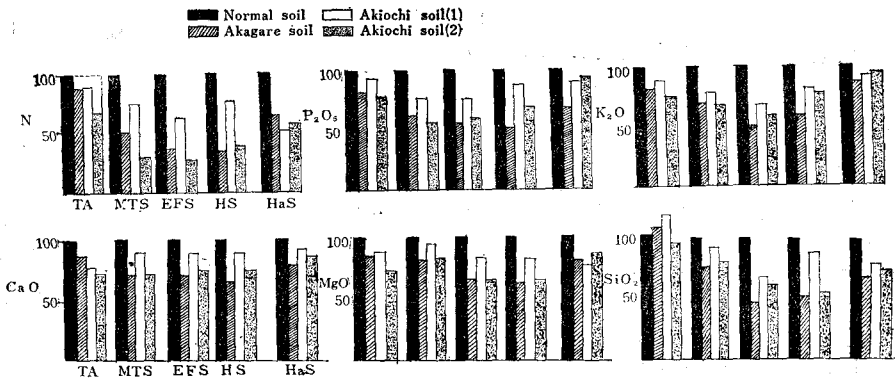
斷되었다.

體內磷酸의 含有率은 一般畚 水稻에 比하여 秋 落畚(1) 水稻는 幼穗形成期以前에 낮고 그 後에 는 비슷하여 窒素의 경우와는 다른 樣相을 나타내 었다.

그리고 加里와 珪酸은 全生育期間에 걸쳐 秋落 畚(1)에서 낮았다. 그러나 鐵은 一般畚에 比하여 顯著하게 體內含有率이 높고 土壤中에 生成된 二 價鐵도 移秧後 계속적으로 많았다.

秋落畚(2) 水稻는 一般畚에 比하여 全生育期間 中 窒素 加里가 낮고 磷酸, 珪酸 및 鐵 등은 幼穗 形成期 以前에는 높았으나 그 以後는 낮았다.

한편 各生育時期에 있어 一般畚에서 水稻의 養 分吸收量을 100으로 하고 供試 土壤別로 栽培된 벼 의 養分 吸收量을 比較한 結果는 그림 13와 같다.



**Fig. 13.** Uptake of mineral nutrients, at different growth stage, in rice plants grown on different soils \*(AS 100 in Normal)

Note. TA; 15 days after transplanting, MTS; maximum tillering stage, EFS; ear formation stage, HS; heading stage, HaS; harvesting stage

一般畚水稻에 比하여 赤枯發生地 및 秋落地 土壤에서 자란 벼는 窒素, 磷酸, 加里, 石灰, 마그네슘 및 珪酸 등의 吸收量이 全生育時期에 걸쳐 顯著하게 낮았다.

窒素의 吸收는 一般畚水稻와 比較하여 보면 赤枯發生地 벼는 移秧後 15日, 30日, 幼穗形成期, 出穗期, 收穫期에 各各 90.3, 66.9, 51.6, 53.0, 77.1로서 幼穗形成期와 出穗期에 吸收沮害가 가장 甚하여 一般畚水稻의 約半程度에 지나지 않았다.

秋落畚(1)에 있어서는 登熟期에, 秋落畚(2)는 最高分蘖期와 幼穗形成期에 窒素의 吸收沮害가 더욱 甚하였다.

磷酸도 窒素의 경우와 비슷한 傾向으로 赤枯發生地 벼는 幼穗形成期와 出穗期에, 秋落畚(1)은 最高分蘖期, 그리고 秋落畚(2)는 最高分蘖期와 幼穗形成期에 吸收比率이 낮았다.

加里의 吸收도 窒素 및 磷酸의 경우와 같이 모든 低收量地에서 幼穗形成期 前後에 吸收沮害가 컸다.

石灰의 吸收도 赤枯發生地벼와 秋落畚(2)에서는 窒素 磷酸, 加里 등의 吸收經過와 비슷하게 幼穗形成期前後에 그 吸收가 沮害되었다.

秋落畚(1)은 全生育期間을 通하여 84~91로서 生育期別로 差異가 적었다. 마그네슘의 吸收는 赤枯發生地벼에 있어서 窒素, 磷酸 및 加里와 같은 傾向으로 幼穗形成期에 낮았고 秋落畚(1)은 石灰와 같은 傾向이고 秋落畚(2)는 幼穗形成期와 出穗期에 吸收比率이 낮았고 移秧後 15일도 낮은 편이 었다.

珪酸은 赤枯發生地벼 및 秋落畚(2)에 있어서는 形秧後 15日부터 그 吸收比率이 漸次 떨어져 幼穗移成期 내지 出穗期에 가장 낮고 秋落畚(1)은 幼穗形成期에 가장 낮으며 收穫期에도 多少 낮은 편이 었다.

한편 이를 土壤에서 栽培된 벼의 收量 및 收量構成要素를 比較하여 보면 表 9와 같다.

Table 9. Grain yield and yield components of paddy rice grown different soil conditions

Soils	Grain yield (rough rice) (gr/hill)	Index (%)	Yield Components			
			Panicles (No/hill)	Spikelets (No/panicle)	1000 grain weight (gr)	Matured grain (%)
Normal soil	27.01	100	11.7	67.1	26.5	96.4
Akagare soil	20.32	75	11.2	81.3	26.5	94.2
Akiuchi soil (1)	20.62	76	9.5	70.2	27.3	94.5
Akiuchi soil (2)	22.74	84	12.5	54.5	25.6	93.2
L.S.D. 5 %	2.483					
1 %	3.434					
C.V. (%)	1.80					

이 結果에서 보면 精粗收量은 一般畚에 對한 收量指數가 赤枯發生畚이 75, 秋落畚(2)가 84로서 收量이 顯著히 낮았다. 그런데 減收의 原因을 收量構成 要素面에서 檢討하여 보면 秋落畚(2)는 一穗粒數가 顯著히 적으며 登熟率이 낮고 赤枯發生畚에서는 株當穗數가 적으면서 登熟比率도 낮고 秋落畚(1)에서는 穗數가 적은 것 등이 主要原因인 것으로 考察된다.

벼의 營養反應과 收量 및 收量構成 要素와의 關係를 살펴 보면 赤枯發生地 벼는 生育初期 窒素磷酸의 含有率이 낮아 穗數의 減少를 가져오고 秋落畚(1)은 生育後期에 加里, 珪酸 含有率이 낮아 登

熟率을 저하시켰을 것으로 생각되며, 秋落畚(2)는 生育後期에 加里와 珪酸의 含有率이 낮아 粒數千粒重, 登熟率을 떨어뜨려 收量을 減少시킨 것으로 생각된다.

### 5. 高·低收量地 벼의 營養反應 比較

高·低收量地 벼의 營養反應을 早期, 普通期 및 晚期 栽培에서 窒素의 施用量을 달리하여 比較한 結果 水稻의 生育時期別 乾物生産量은 表 10과 같다 즉 高收量地 벼는 低收量地 벼에 比하여 大部分의 處理區에 있어서 乾物生産量이 많으며 幼穗形成期 以後부터는 거의 2倍 또는 그 以上에 達하였다. 作期別로 보면 高收量地 벼에서는 作期間에



Table 10. Production of dry matter as affected by cultural seasons, productivities and nitrogen levels (g/3.3m<sup>2</sup>)

Cultural season	Productivity of Field	Nitrogen Level (kg/10a)	Date of Determination									
			5.15	5.20	5.25	6.5	6.29	7.10	7.25	9.6		
Early	High	0	41	67	116	311	1,159	1,368	2,214	4,144		
		4	41	75	139	416	1,420	1,746	2,988	4,200		
		8	47	28	167	440	1,526	1,809	3,384	4,257		
		12	50	91	180	565	1,670	2,124	3,618	4,327		
	Low	0	43	73	123	250	619	887	1,098	1,834		
		4	45	69	118	320	849	1,109	1,368	2,054		
		8	45	85	128	390	1,006	1,274	1,746	2,205		
		12	44	73	144	468	1,184	1,547	2,034	2,496		
	Normal	High		6.20	6.25	6.30	7.10	7.20	7.25	8.5	8.18	10.4
			0	70	118	193	442	695	1,206	1,917	2,637	4,094
			4	81	134	192	565	704	1,170	2,012	2,727	4,304
			8	82	150	228	656	824	1,386	2,439	3,105	4,687
Low		0	59	97	148	305	435	450	977	1,233	1,657	
		4	76	129	205	457	579	738	999	1,661	2,234	
		8	76	134	215	500	671	774	1,449	1,998	2,521	
		12	78	140	225	514	828	810	1,593	2,052	3,013	
Late		High		7.15	7.20	7.25	8.5	8.15	8.30	10.26		
			0	84	125	225	472	1,031	1,628	4,105		
			3	103	131	261	601	1,197	1,773	4,282		
			6	101	158	228	680	1,530	1,985	4,333		
	Low	0	43	63	99	185	347	896	1,437			
		3	45	68	99	166	356	1,020	1,533			
		6	46	75	99	202	372	877	1,636			
		9	49	81	90	174	306	1,040	1,786			

差異가 거의 없이 生育의 經過에 따라 直線的으로 增加하고 있으나 早期栽培의 窒素 8kg, 12kg와 普通期 栽培의 窒素 12kg施用에서는 出穗 以後에 乾物量의 增加 比率이 多少 떨어져 S字反應을 보였으며 晩期栽培에서는 그렇지 않았다. 作期別로 보면 窒素施用量에 따라 多少 다르기는 하나 早期栽培에서는 出穗 以前에 顯著히 많은 반면 晩期栽培에서는 出穗 以後에 乾物生産量이 顯著히 많았다. 低收量地 벼에서는 作期에 따른 差異가 高收量地 벼와 달리 晩期栽培의 경우에 早期 및 普通期 栽培보다 적으며 普通期和 早期栽培는 窒素의 增施에 따른 差異가 顯著하다. 그러나 晩期 栽培

에서는 普通期 栽培에 比하여 移秧 直後の 乾物生産量이 低조하였다. 高收量地 벼를 無窒素로 栽培하였을 때는 乾物生産量이 低收量地에서 窒素를 12kg, 施用한 것 보다도 各作期에 있어 顯著하게 많았는데 이는 高收量地에서는 土壤에서 供給되는 養分의 效果가 크기 때문이라 생각된다.

作期別로 乾物生産量의 增加 樣相을 살펴 보면 出穗期 以前에는 早期>普通期> 晩期 栽培의 順이었고 이는 分蘖數의 增加와도 같은 傾向을 보였다. 高低收量地 벼의 作期別 窒素施用量別 生育時期에 따르는 벼의 體內無機成分 含有率을 測定한 結果는 表 11과 같다.

**Table 11.** Mineral nutrient contents of paddy rice as affected by cultural seasons, productivities and nitrogen levels(% dry matter)

Growth stage	Nitro- gen level	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe	Mn	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O /N	Fe /Mn	SiO <sub>2</sub> /N	CaO- /MgO
Early cultural season													
Low yielding field													
20 days after trans- planting	0	2.93	0.86	3.1	0.64	0.23	0.16	0.04	4.5	1.0	3.5	1.6	2.7
	8	3.82	0.77	3.0	0.59	0.27	0.05	0.03	4.6	0.8	1.8	1.2	2.1
Ear formation stage	0	1.02	0.82	2.5	0.81	0.32	0.06	0.05	7.4	2.5	1.5	7.3	2.5
	8	1.10	0.82	2.1	0.64	0.23	0.04	0.06	7.4	2.0	0.7	6.7	2.7
Heading stage	0	1.04	0.72	1.8	0.60	0.24	0.03	0.03	6.1	2.7	0.8	5.9	2.5
	8	1.05	0.88	1.7	0.58	0.27	0.06	0.04	6.3	1.6	1.3	6.1	2.1
Harvesting stage (straw)	0	0.65	0.65	1.8	0.80	0.10	0.02	0.04	6.4	2.8	0.6	10.0	7.5
	8	0.75	0.64	1.7	0.79	0.15	0.02	0.03	7.4	2.3	0.6	10.0	5.3
High yielding field													
20 days after transplanting	0	3.38	1.07	3.6	0.63	0.34	0.25	0.19	5.2	1.1	1.3	1.5	1.9
	8	4.30	1.24	3.8	0.64	0.36	0.06	0.08	6.5	0.9	0.8	1.5	1.8
Ear formation stage	0	1.36	0.73	2.8	0.75	0.36	0.05	0.07	8.0	2.1	0.8	5.9	2.1
	8	1.61	0.83	2.6	0.70	0.39	0.03	0.08	8.1	1.6	0.3	5.0	1.8
Heading stage	0	1.28	0.72	2.6	0.51	0.25	0.01	0.06	6.7	2.0	0.2	5.2	2.0
	8	1.36	0.72	2.5	0.52	0.21	0.01	0.05	6.9	1.8	0.3	5.0	2.5
Harvesting stage (straw)	0	0.73	0.36	2.4	0.38	0.23	0.03	0.03	10.3	3.3	1.0	14.0	2.1
	8	0.83	0.32	2.8	0.42	0.21	0.02	0.02	11.0	3.3	0.3	13.0	1.0
Normal cultural season													
Low yielding field													
20 days after transplanting	0	2.20	0.68	3.0	0.64	0.30	0.02	0.04	4.4	1.4	0.6	2.0	2.2
	8	3.13	0.66	3.1	0.43	0.45	0.03	0.03	3.9	1.0	1.4	1.2	1.0
Ear formation stage	0	1.57	0.72	2.6	0.53	1.03	0.08	0.06	4.5	1.6	1.2	2.9	1.7
	8	1.50	0.82	2.8	0.69	0.19	0.08	0.06	5.0	1.9	1.3	3.3	3.6
Heading stage	0	1.16	0.78	2.0	0.54	0.15	0.04	0.04	5.5	1.7	1.0	4.8	3.6
	8	1.13	0.69	2.0	0.63	0.14	0.03	0.03	4.9	1.8	1.2	4.3	4.3
Harvesting stage (straw)	0	0.53	0.42	1.8	0.53	0.04	0.01	0.07	7.1	3.4	0.2	13.4	1.2
	8	0.59	0.47	1.7	0.70	0.06	0.02	0.05	8.2	2.9	0.4	13.9	1.1
High yielding field													
20 days after transplanting	0	2.98	0.85	3.3	0.48	0.43	0.09	0.15	10.0	1.1	0.6	3.3	1.2
	8	3.13	1.00	3.9	0.65	0.48	0.05	0.12	9.6	1.3	0.4	3.0	1.4
Ear formation stage	0	2.20	0.87	3.6	0.64	0.24	0.08	0.06	7.8	1.6	0.3	3.5	3.0
	8	2.04	0.79	3.6	0.51	0.21	0.07	0.08	8.3	1.7	0.9	4.0	2.4
Heading stage	0	1.36	0.77	2.5	0.50	0.15	0.02	0.05	7.4	1.8	0.4	5.4	0.8
	8	1.54	0.76	2.5	0.42	0.27	0.02	0.07	8.4	1.6	0.3	5.4	1.6
Harvesting stage (straw)	0	0.64	0.44	2.4	0.64	0.08	0.03	0.07	13.4	3.8	0.4	21.0	0.8
	8	0.62	0.49	2.5	0.86	0.08	0.02	0.08	13.3	4.0	0.2	21.0	1.0
Late cultural season													
Low yielding field													
20 days after transplanting	0	2.34	0.96	3.0	0.64	0.25	0.40	0.10	10.7	1.3	4.0	4.3	2.5
	9	2.49	0.58	3.0	0.58	0.32	0.29	0.12	10.1	1.2	2.3	6.8	1.8
Ear formation stage	0	2.44	0.82	4.0	0.44	0.35	0.04	0.08	7.7	1.6	0.5	3.1	1.3
	9	2.65	0.76	4.0	0.69	0.23	0.05	0.09	6.4	1.5	0.6	2.4	2.0
Heading stage	0	1.35	0.72	2.1	0.50	0.32	0.02	0.05	4.2	1.6	0.3	3.1	1.6
	9	1.54	0.73	2.0	0.51	0.17	0.05	0.07	4.9	1.3	0.7	3.2	3.0
Harvesting stage (straw)	0	0.62	0.70	2.1	0.74	0.18	0.02	0.06	8.0	3.4	0.3	12.9	4.0
	9	0.72	0.72	2.1	0.67	0.20	0.03	0.12	5.4	2.9	0.2	7.5	3.2

High yielding field

20 days after transplanting	0	2.34	0.87	3.1	0.69	0.30	0.01	0.18	9.0	1.3	0.7	3.9	2.3
	9	2.68	0.75	3.1	0.63	0.37	0.06	0.12	10.1	1.2	0.3	4.1	1.7
Ear formation stage	0	2.50	0.78	3.4	0.64	0.34	0.05	0.10	18.5	1.4	0.5	3.4	1.9
	9	2.27	0.86	3.1	0.58	0.26	0.03	0.11	6.2	1.4	0.3	2.7	2.3
Heading stage	0	1.51	0.70	2.0	0.59	0.26	0.03	0.06	8.0	1.3	0.5	5.3	2.3
	9	1.59	0.67	2.4	0.50	0.15	0.03	0.05	8.0	1.5	0.4	5.0	3.4
Harvesting stage (straw)	0	0.66	0.44	2.3	0.58	0.15	0.02	0.11	10.4	3.5	0.2	16.0	3.9
	9	0.81	0.39	2.6	0.64	0.32	0.02	0.21	10.4	3.3	0.1	17.0	2.0

窒素은 施用하지 않은 경우에는 어느 生育時期에서나 高收量地 벼가 低收量地 벼에 比하여 全生育期間을 通하여 體內窒素含有率이 높다. 그러나 窒素을 10a當 8kg을 施用한 경우에는 生育初期에는 高低收量地 벼간에 큰 差異가 없으나 生育이 진전됨에 따라 高收量地 벼에서는 窒素含有率이 完만하게 低下되나 低收量地 벼에서는 그 低下가 더욱 甚하였다. 따라서 이와 같은 現象이 原因이 되어 低收量地 벼에서 穗子の 退化를 促進시키고 有效莖比率과 穗數를 減少시킨 것이라고 생각되며 이것은 大島<sup>48)</sup>의 報告와도 一致한다. 高收量地 벼에서 窒素의 施用은 施用하지 않은 것에 比하여 어느 作期에서나 體內 窒素 含有率이 多少 높은 傾向이나 低收量地 벼에서는 窒素施用區에서 含有率이 顯著히 높으며 作期別로 보면 生育初期에는 早期>普通期>晚期栽培의 順으로 높으며 幼穗形成期 以後에는 대체로 晚期에서 높고 다음은 普通期, 早期의 順으로 作期에 따라 다른 反應을 보이고 있다. 이와 같은 窒素의 營養狀態는 早期栽培에서는 다른 栽培期에 比하여 莖數의 確保가 容易하나 穗當粒數와 登熟率을 낮게 한 것으로 생각된다. 磷酸含有率은 高收量地 벼는 低收量地 벼에 比하여 生育初期에는 어느 作期에서나 높으며 生育後期에는 早期栽培에서 오히려 낮다. 窒素의 施用量別로 살펴 보면 高收量地 벼에서나 低收量地 벼에서 差異가 別로 없었다. 加里含有率은 晚期栽培의 幼穗形成期를 除外하고는 어느 作期에서나 全生育期間을 통하여 高收量地 벼가 低收量地 벼보다 높으나 窒素施用 水準間에는 그 差가 顯著하지 않았다. 石灰의 含有率은 出穗 以前에는 高·低收量地 벼간에 差異가 顯著하지 않았으나 收穫期에는 低收量地 벼에서 높은 傾向을 보였다. 마그네슘의 含有率은 高收量地 벼는 低收量地 벼에 比하여 多少 높고 作期別로는 晚期栽培에서 若干 높은 傾向이다. 鐵의 含有率은 高收量地 벼에 比하여 低收量地 벼는 晚期栽培에서 全生育期間을

통하여 높고 특히 移秧後 20일에 顯著하게 높았다. 또한 鐵의 過剩 吸收는 體內에서 磷酸과 結合하여 磷酸鐵로 沈澱<sup>63)</sup>되어 磷酸代謝를 阻害하여 低收量地 벼의 生育初期에 莖數 및 乾物生産의 減少를 가져온 것으로 생각된다. 당간의 含有率은 高收量地 벼는 低收量地 벼에 比하여 早期, 普通期栽培에서 生育初期에 顯著히 높으며 그 後에는 早期栽培에서 그 差異가 차츰 적어지나 普通期栽培에서는 登熟期에 다시 差異가 顯著하였다. 趙等<sup>51)</sup>이 秋落畚 水稻에서 당간의 含有率이 낮다고 報告한 結果와 一致한다. 珪酸의 含有率은 大體로 高收量地 벼에서 顯著하게 높는데 作期別로는 普通期栽培에서 全生育期間을 통하여 높았으며 早期 및 晚期栽培에서는 生育中後期에 이르러 含有率에 差異를 보여 高收量地 벼에서 높다. 그러나 窒素의 施用量에 따라서는 高低·收量地 벼간에 差가 거의 없었다. 珪酸의 含有率이 낮을 경우에는 稻熱病의 發生이 많고 또 秋落現象을 誘起<sup>3)</sup> 시키는 點으로 보아 低收量地 벼가 특히 生育後期에 體內 珪酸 含有率이 낮은 것이 低收量의 原因이 되는 것이라고 생각된다.  $K_2O/N$ 은 大體로 生育이 經過함에 따라 차츰 높아지며 生育後期에는 高收量地 벼에 比하여 低收量地 벼는 낮다. 窒素施肥와 的關係에 있어서는 生育初期에 窒素無施用에 比하여 窒素 8kg, 施用에서 낮아 體內 窒素와 加里의 不均衡이 예상되고 兩土壤共히 加里의 增施가 必要한 것으로 생각되며 한편으로는 低溫에 依한 吸收阻害는 加里에서 크고 窒素에서 적어 이런 營養狀態를 보여준 것으로 推定된다.

$CaO/MgO$ 은 高 低收量地, 作期 및 窒素 施用量을 莫論하고 1以上이었고 水稻는 石灰에 比하여 마그네슘이 적어 不均衡이 豫想되며 이로 因하여 水稻는 可溶性 窒素와 糖類의 多量蓄積이 豫測된다. 이러한 事實은  $Ba\ ba^{3)}$ 도 報告한 바 있다.

$SiO_2/N$ 을 보면 모두 生育初期에 낮고 生育이 經過됨에 따라 漸次 높아져 간다. 作期別로는 普通期

栽培에서 늦고 早期栽培에 서 가장 낮았다. 따라서 早期栽培 벼는 葉의 珪質化 細胞의 形成이 적어 이로 因하여 稻熱病의 罹病率이 많아질 것으로 생각되고 또한 葉의 受光能率도 낮아질 것으로 생각된다. 高收量地 벼가 體內窒素의 含有率이 높 으면서도  $SiO_2/N$ 가 높은 것은 高收量地 벼와 低收 量地 벼에 있어서 營養의 큰 差異인 것으로 생 각된다. 低收量地 벼는 高收量地 벼에 比하여 窒 素의 施肥에 따른 珪酸의 吸收가 相伴되지 못하여 窒素의 施用으로  $SiO_2/N$ 가 낮아졌다.

Fe/Mn는 高收量地 벼에 比하여 低收量地 벼는 全生育期間을 통하여 높았다. 특히 晚期栽培의 生 育初期에 低收量地 벼에서 顯著하게 높아 鐵의 障 害와 아울러 Mn의 不足을<sup>62)</sup> 招來하였을 것으로 생각된다.

高·低收量地 벼의 普通期栽培에서 窒素 8kg 施用의 경우에 生育時期別로 窒素, 磷酸 및 加里의 吸收를 日當吸收量을 速度로 測定한 結果는 그 림 14.와 같다.

窒素, 磷酸 및 加里가 다같이 移秧後 20일과 45 일에 一頂 또는 二頂의 曲線으로表示된다. 特히 그 경향은 高收量地 벼에서 顯著하였다. 吸收速度 가 빠른 것은 移秧後 20일에 있어서는 分蘖의 增 加에 有効하였을 것으로 생각되고 移秧後 45일은

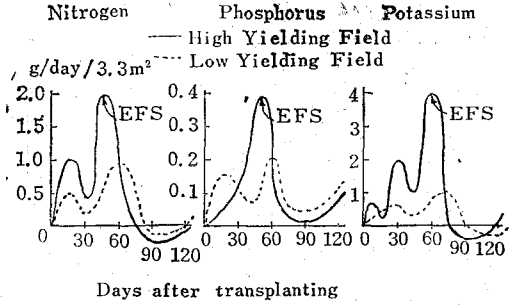


Fig. 14. Uptake rate of nitrogen, phosphorus and potassium by rice plants grown, at the nitrogen level of 8kg/10a, on either low or high yielding field.

Note. EFS: Ear formation stage.

幼穗形成期에 該當하는데 無効分蘖의 抑制는 勿論 顯花의 退化 防止에 寄與되었을 것이므로 高收量 地 벼에서 吸收速度가 빠르다는 것은 穗當粒數의 增加와 有効莖比率을 높이는데 有効하였을 것으로 생각되며 이 結果는 木內<sup>16)</sup> 17)의 報告와도 一致 한다.

高·低收量地 벼에서 窒素 無施用區와 10a當 8kg, 施用區에 對하여 出穗期에 保有된 各種無機 成分이 出穗以後에 이삭으로 移行한 結果는 表 12 와 같다.

Table 12. Translocation ratio, after heading stage, of mineral nutrients from straw to ears of rice plants grown under different cultural conditions

Cultural season	Productivity of Field	Nitrogen Level (kg/10a)	Translocation Ratio*					
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Fe	Mn
Early	Low	0	27	—	—	51	10	—
		8	45	34	—	43	58	16
	High	0	—	11	—	—	—	16
		8	8	33	—	—	—	43
Normal	Low	0	53	45	7	73	62	—
		8	50	35	28	59	27	—
	High	0	39	26	—	31	—	—
		8	49	22	—	63	—	—
Late	Low	0	65	25	23	57	23	18
		8	49	24	20	10	62	—
	High	0	32	3	—	11	4	—
		8	38	29	—	—	39	—

\*  $\frac{A-b}{A} \times 100$  where; A: total amount of mineral nutrients at harvesting stage

b: total amount of mineral nutrients at heading stage

早期栽培의 경우 高收量地 벼에 比하여 低收量地 벼에서 窒素, 磷酸, 마그네슘, 鐵의 移行이 많았다.

窒素 施用量에 따라서는 高·低收量地 벼들 莫論하고 無窒素栽培보다 8kg을 施用한 벼에서 移行이 많았다. 普通期 栽培의 벼에서도 高收量地 벼에 比하여 低收量地 벼에서 移行이 많았으며 특히 早期栽培 水稻와 다른 점은 窒素, 磷酸, 加里의 移行이 많은 것이며 또한 高收量地 벼에서는 移行되지 않은 加里와 鐵이 移行되는 點이다. 晚

期栽培 水稻에서도 앞에서와 같이 低收量地 벼에서 移行이 많았다. 이와같은 事實은 低收量地 벼는 生育後期에 養分の 吸收가 不足에 依하여 體內에 貯藏이 적고 그러면서 貯藏養分이 分解하여 出穂以後 이삭으로 移轉됨으로써 下葉 早期枯死를 促進한 것으로 생각되었다.

高·低收量地 벼의 作期別로 窒素無施用과 8kg 施用에서 收穫期에 無機成分의 總吸收量을 測定한 結果는 表 13과 같다.

Table 13. Amount of nutrient uptake at harvesting stage as affected by cultural seasons, productivities and nitrogen levels

(Unit: kg/10a)

Cultural season	Productivity of field	Nitrogen Level	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Mn
Early	Low	0	5.05	4.29	5.75	3.30	0.402	28.0	0.113
		8	6.44	5.08	6.84	3.76	0.627	35.3	0.138
	High	0	12.01	7.31	17.83	5.30	3.368	97.4	0.195
		8	15.09	8.64	24.31	4.94	2.791	107.8	0.172
Normal	Low	0	4.07	3.02	5.64	2.58	0.538	31.4	0.209
		8	7.38	5.87	7.27	3.78	1.981	43.3	0.216
	High	0	11.19	7.91	17.78	5.07	2.754	125.2	0.578
		8	14.48	11.16	19.53	8.39	2.570	122.9	0.701
Late	Low	0	3.92	3.38	4.47	3.03	2.812	24.7	0.114
		9	6.09	4.39	5.19	2.40	1.627	21.6	0.384
	High	0	11.35	9.20	17.68	7.60	2.742	98.9	0.831
		9	16.04	10.06	19.69	6.97	3.729	105.9	1.556

窒素를 비롯하여 測定한 모든 成分의 吸收는 高收量地 벼가 低收量地 벼에 比하여 어느 作期에서나 顯著히 많았다. 窒素의 無施用과 8kg 施用間의 差異는 窒素의 施用으로 吸收量은 增加되었다. 그러나 石灰의 경우 晚期栽培에서는 反對의 傾向이 있었다. 또한 作期別로는 晚期栽培時에 당간의 吸收量이 他作期보다 많은 것은 低溫에 依하여 吸收가 促進된 것으로 생각되며 이런 事實은 藤原<sup>7)</sup>의 報告와도 一致된다.

窒素를 施用하지 않은 경우를 살펴 보면 어느 作期에서나 高收量地 벼가 低收量地 벼에 比하여 窒素를 비롯한 全成分의 吸收量은 顯著히 많았다.

이와 같은 事實은 地力の 差異와 低收量地 벼에서 體內 鐵의 含有率이 높았던 점으로 미루어 보

아 吸收阻害에서 오는 結果라고 생각된다.

各 成分의 總吸收量을 比較하여 보면 SiO<sub>2</sub>> K<sub>2</sub>O> N> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>> CaO> MgO> Mn의 順으로 珪酸의 吸收量이 가장 많고 당간이 가장 적었다. 또한 珪酸은 高·低收量地 벼間에 吸收量의 差異가 가장 큰 成分이기도 하다. 이런 事實에서 보아 低收量地 벼의 收量을 높이는 하나의 要因으로 土壤의 珪酸供給力을 增加시키고 아울러 벼가 필요한 時期에 珪酸이 吸收되도록 生育後期까지 뿌리의 吸收機能을 旺盛하게 維持시켜야 할 것으로 생각된다

高·低收量地 벼의 作期別 窒素 水準別로 收量 및 收量構成要素의 調査結果는 表 14와 같다.

精粗收量은 高收量地 벼가 低收量地 벼에 比하여 顯著하게 많았는데 그 差는 無窒素區에서 더욱

Table 14. Yield and yield components of paddy rice as affected by cultural seasons, productivities and nitrogen levels

Cultural season	Productivity of Field	Nitrogen Level kg/10a	Grain yield (kg/10a)	No. of panicles	No. of spikelets per 3.3m <sup>2</sup>	Matured grain (%)	1000 grain weight (g)	Ratio of grain and straw
					( $\times 10^{-3}$ )			
Early	High	0	647.8	18.6	95.0	69.3	25.4	0.88
		4	665.3	20.6	111.0	57.5	23.7	0.89
		8	582.9	22.2	108.3	47.8	24.4	0.67
		12	563.0	24.0	114.7	38.9	24.3	0.64
	Low	0	296.6	10.3	46.0	58.1	25.0	0.94
		4	338.0	11.1	50.9	61.1	24.9	0.96
		8	341.2	14.3	56.0	45.4	25.9	0.86
		12	379.2	17.4	77.4	39.7	25.2	0.85
L.S.D 5%			53.82					
1%			98.84					
Normal	High	0	644.7	12.2	110.0	56.7	25.8	0.87
		4	732.3	12.6	111.9	64.4	25.3	1.03
		8	800.2	14.4	133.0	57.6	25.1	1.05
		12	721.4	15.5	135.2	44.8	25.3	0.99
	Low	0	243.8	8.2	41.0	75.7	25.5	0.79
		4	366.3	10.2	52.7	74.8	25.8	0.96
		8	440.8	12.0	66.9	63.4	26.3	1.06
		12	473.4	13.1	79.2	54.2	26.0	0.89
L.S.D 5%			142.2					
1%			201.3					
Late	High	0	619.2	9.4	77.7	75.1	27.7	0.82
		3	692.7	10.7	89.3	73.4	26.8	0.95
		6	712.2	11.5	95.7	67.5	26.2	0.97
		9	797.4	12.5	113.5	64.6	26.4	1.07
	Low	0	270.7	7.0	42.0	75.1	24.4	1.30
		3	277.6	7.2	41.9	71.6	24.3	1.18
		6	321.1	8.2	48.2	64.2	24.0	1.43
		9	347.4	8.4	54.3	65.3	23.6	1.45
L.S.D 5%			62.02					
1%			113.88					

왔다. 高收量地 벼에 있어서 窒素의 施用量增加에 따르는 收量の 增加를 보면 早期栽培에서 10a當 窒素 4kg施用時까지는 增加하나 8kg와 12kg施用에서는 오히려 減收하였다. 普通期 栽培의 경우에

는 窒素 8kg 水準까지는 增收하나 그 以上에서는 減少되었다. 晚期栽培에서는 窒素 9kg까지는 계속 收量이 增加되었다. 窒素施用增加에 따른 收量の 減少는 登熟比率이 낮은 것이 큰 原因이 되었을

것으로 생각된다. 즉 精租/藁比率에 있어 早期栽培의 窒素 8kg 以上 施用과 普通期栽培에서 窒素 12kg에서는 그 以下 窒素施用區에 比하여 精租/藁比가 낮았다. 村山<sup>40)</sup>은 收量이 停滯되는 原因은 精租/藁比가 낮은 것을 指摘하였으며 日本의 西南暖地에서 收量이 올라가지 못하는 것도 藁重에 比하여 玄米收量이 낮은 때문이라고 하였다.

高收量地 벼의 早期栽培時에 窒素 8kg 以上과 普通期栽培의 窒素 12kg 水準에서 精租/藁比가 낮으므로 高收量地 벼에서 더욱 많은 收量을 올리

기 위해서는 初期生育量을 調節하여 葉의 受光 態勢를 改善하여야 할 것으로 생각된다. 低收量地 벼의 경우에는 窒素의 施用量의 增加에 따라 作期에 關係없이 增收하였으며 이것은 穗數의 增加와 粒數의 增加에 起因된다고 생각된다. 따라서 低收量地 벼에서 收量을 높이기 위하여서는 穗數와 粒數를 增大시켜야 할 것으로 생각된다.

收量 및 收量構成要素와 出穗期 및 收量期에 있어서의 莖葉中の 無機要素 含有率과의 相關關係를 보면 表 15과 같다.

Table 15. Correlation coefficient between yield and yield component and nutrient content.

Mineral nutrients	No. of panicles	No. of spikelets per 3.3m <sup>2</sup>	Matured grain	1000 grain weight	Grain yield
Heading Stage					
N	-0.020	0.577*	0.243	-0.010	0.646*
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.051	-0.196	-0.466	-0.091	-0.319
K <sub>2</sub> O	0.580*	0.836**	-0.036	-0.093	0.772**
CaO	-0.181	-0.589*	0.004	0.422	-0.494
MgO	0.039	-0.111	0.010	-0.109	-0.088
Fe	-0.379	-0.455	-0.153	0.066	-0.413
Mn	0.095	0.407	0.128	-0.193	0.432
SiO <sub>2</sub>	-0.218	0.370	0.169	0.594*	0.529
K <sub>2</sub> O/N	-0.240	-0.107	-0.265	-0.144	-0.181
Fe/Mn	-0.302	-0.596*	-0.183	0.154	-0.599*
SiO <sub>2</sub> /N	0.449	0.359	-0.517	0.477	0.347
CaO/MgO	-0.137	-0.324	0.215	0.141	-0.248
Harvesting Stage					
N	0.627*	0.397	-0.506	-0.116	0.391
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-0.612*	-0.640*	0.006	-0.433	-0.640*
K <sub>2</sub> O	0.554	0.824**	-0.117	-0.060	0.791**
CaO	-0.471	-0.158	-0.224	0.049	-0.172
MgO	0.301	0.258	-0.003	-0.090	0.355
Fe	0.138	0.090	-0.274	-0.025	0.078
Mn	-0.353	0.299	0.290	0.285	0.449
SiO <sub>2</sub>	0.485	0.900**	-0.198	0.313	0.855**
K <sub>2</sub> O/N	0.031	0.611*	0.327	0.084	0.588*
Fe/Mn	0.423	-0.127	0.216	-0.058	-0.138
SiO <sub>2</sub> /N	0.160	0.764**	0.036	0.435	0.760**
CaO/MgO	-0.339	-0.594**	-0.061	-0.042	-0.512*

出穗期の 경우에 收量과 窒素 및 加里의 含有率 著한 負의 相關이 成立되었다. 이들 正 및 負의 相關이 이루어진 緣由를 살펴 보면 粒數와의 關係

가 깊으며 收量에서와 같이 粒數와 窒素 및 加里 含有率과 顯著한 正의 相關이 이루어지고 Fe/Mn 과 負相關이 成立되어 窒素, 加里 및 Fe/Mn은 粒數에 영향을 미쳐 收量を 支配한 것으로 생각된다. 그 外 干粒重과 珪酸含有率은 有意인 正의 相關關係가 있고 珪酸과 收량과도 有意性은 없으나 比較的 높은 相關關係를 보였다.

收量과 기타 要因間에는 有意인 相關關係를 볼 수 없었다.

收穫期의 경우에는 收量과 加里, 珪酸,  $K_2O/N$ ,  $SiO_2/N$ 와는 顯著한 正의 相關이 成立되고 磷酸,  $CaO/MgO$ 와는 顯著한 負의 相關이 成立되었다. 이들 正, 負의 相關이 이루어진 緣由를 살펴 보면

出穗期에서와 같이 粒數와 加里, 珪酸,  $K_2O/N$  및  $SiO_2/N$ 와 正의 相關이, 그리고 磷酸,  $CaO/MgO$ 와 負의 相關이 成立되므로 粒數를 通하여 收量에 크게 影響한 것으로 생각된다.

그 밖에 穗數는 窒素와는 正의, 磷酸과는 負의 有意인 相關關係가 認定되었다.

高·低收量地에 早期, 普通期, 晚期 등 栽培期를 달리하고 여기에 窒素 無施用과 10a當 8kg 施用區에서 收穫期에 稈과 穗에 含有한 窒素, 磷酸, 加里, 灰石, 마그네슘 및 망간의 含有率을 測定하여 總吸收量을 算出하고 이것과 收量 및 收量構成 要素와의 相關關係를 求한 結果는 表 16과 같다.

**Table 16.** Correlation coefficient between amount of nutrient uptake and yield component at harvesting stage.

Mineral nutrients	No. of panicles	No. of spikelets per 3.3m <sup>2</sup>	Matured grain	1000 grain weight	Grain yield
N	0.671*	0.947**	-0.289	0.263	0.952**
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.517	0.936**	-0.242	0.394	0.970**
K <sub>2</sub> O	0.705*	0.913**	-0.260	0.260	0.895**
CaO	0.342	0.821**	-0.057	0.526	0.907**
MgO	0.345	0.967**	-0.184	0.172	0.768**
SiO <sub>2</sub>	0.571	0.946**	-0.205	0.345	0.935**
Mn	0.074	0.575	0.137	0.477	0.718**

精粗收量과 窒素를 비롯하여 測定한 各成分의 吸收量間에는 高度의 相關關係가 成立되었다. 吸收量을 測定한 區의 10a當 精粗收量은 最低 243.8kg, 最高 800.2kg이었는데 이와 같은 收量의 範圍內에서 高度의 有意相關이 이루어진다는 事實은 全國平均 玄米收量이 330kg臺인 우리나라에 있어서 營養分의 吸收를 增大시키므로 收量은 더욱 增大시킬 수 있을 것이라고 推定된다.

收量構成要素中 吸收量과 相關關係가 높은 것은 穗當 粒數가 芒간을 除外한 測定한 各要素에서 有意한 正의 相關關係가 成立되었다. 따라서 精粗收

量을 增大시키는데는 單位面積當粒數의 增大가 主要한 要因이 된다고 보아진다. 한편 穗數는 窒素와 加里만이 有意인 相關關係가 있었다.

芒간 以外の 要素吸收量과 粒數와는 高度의 正相關이 있는 反面 登熟率과는 負相關의 傾向이 있었다. 이러한 事實에서 벼의 養分吸收는 粒數를 높이면서 登熟率을 높이는 方向으로 調節되어야 할 것이다.

精粗 100kg 生産에 吸收된 窒素, 磷酸, 加里 및 珪酸의 量은 表 17과 같다.

**Table 17.** Amonut of nitrogen, phosphorus, potassium and silicon to produce 100kg grains under different cultural conditions

Cultural season	Productivity of Field	Nitrogen Level (kg/10a)	Mineral Nutrients (kg/10a)			
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>
Early	Low	0	1.79	1.07	2.42	16.6



		8	2.13	1.44	2.88	17.5
	High	0	1.53	1.00	2.51	18.7
		8	1.64	1.07	2.72	17.0
Normal	Low	0	1.67	1.35	2.92	15.5
		8	1.94	1.20	2.60	13.8
	High	0	1.63	1.29	2.25	9.3
		8	1.89	1.42	2.25	9.3
Late	Low	0	1.60	1.22	2.69	11.9
		9	1.62	1.00	2.67	10.5
	High	0	1.51	1.19	2.54	8.9
		9	1.58	1.16	2.12	6.0

精租 100kg 生産에 吸收한 3要素中 加里가 2.6kg 前後로 가장 많고 窒素가 1.7kg 前後이며 磷酸이 1.2kg 程度로 高·低收量地 別, 作期 및 窒素施用에 따른 差가 매우 적었다. 珪酸은 3要素와 달리 高收量地 別은 低收量地 別보다 많았고 作期別로는 普通期栽培에서 많았으며 晩期栽培에서 가장 적었다.

#### IV. 綜合考察

水稻의 低位生産力의 原因을 便宜上 10a當 精租 收量이 500kg 以下인 低收量地와 700kg以上을 生産하는 高收量地로 區分하여 여기에서 栽培된 벼의 營養生理的인 特性과 그 緣由를 追究하고 또한 品種別로 養分吸收力 및 同化能力을 測定한 結果를 基礎로 하여 綜合的으로 考察코져 한다.

##### 1. 根圈環境과 根의 活力 및 養分吸收

水稻의 生育에 必要한 養分의 大部分은 뿌리를 通하여 根圈의 土壤에서 吸收한다. 따라서 養分의 吸收 및 生育은 뿌리의 生理機能과 根圈環境의 影響을 크게 받는다.<sup>30) 56)</sup> 根의 活力과 磷酸 및 加里의 吸收實驗結果에서 品種間에 吸收力의 差異가 認定되어 “구사부예” 振興은 強하나 八達은 弱하였다. 朴<sup>57)</sup>도 腐植過多畝 土壤에서 生育한 벼에 있어 品種間에 加里, 珪酸의 吸收力에 差異가 있음을 報告하였으며 李等<sup>25)</sup>도 黃化水素 水溶液을 使用한 實驗에서 根腐抵抗性에 品種間差異가 있음을 報告하여 本實驗結果와 잘 一致한다.

한편 根의 好氣的 呼吸은 有機物의 施用에 依하

여 달라지는데 이는 有機物의 施用으로 土壤을 還元시키고 아울러 呼吸阻害物이 生成되므로써<sup>4) 6) 8) 15) 36) 70) 71) 72) 82)</sup> 窒素磷酸加里의 吸收를 阻害하며 生育을 不良케 하기 때문이다. 朴等<sup>58)</sup>이 高·低收量地土壤에 갈잎을 添加한 實驗에서 有機物의 施用에 依하여 일어나는 生育障害는 低收量地 別에서 顯著히 컸다. 그러므로 有機物의 施用에 있어서는<sup>4) 46)</sup> 土壤의 性質이나 有機物의 狀態 등을 考慮하여야 할 것으로 생각한다.

또한 뿌리의 活力은 肥料의 施用方法에 依하여서도 크게 影響을 받는데 岡島<sup>47)</sup>에 依하면 窒素가 缺除된 培地에서는 黃化水素가 生成되어 뿌리의 活力을 低下시킨다고 하였으며 三井等<sup>34)</sup>에 依하면 窒素, 磷酸 및 加里의 均衡施肥는 뿌리의 活力을 增大시킨다고 하였다. 이와 같이 뿌리의 活力 및 養分의 吸收力은 根圈을 形成하고 있는 環境條件에 依하여 크게 規制를 받으므로 벼의 收量을 높이기 위하여서는 多量의 養分을 供給하는 것도 主要한 要件이지만<sup>54)</sup> 이와 아울러 뿌리의 生理的인 障害를 입지 않고<sup>65)</sup> 多量의 養分을 吸收利用할 수 있도록 間斷灌水<sup>55)</sup>와 珪酸의 施用<sup>50)</sup>에 依하여 뿌리의 活力을 增強시키는 등의 栽培管理가 必要할 것으로 생각된다.

##### 2. 體內無機成分과 收量 및 收量構成要素와의 關係

뿌리에서 吸收된 養分은 炭素同化物과 化合하여 蛋白質 等的 有機物을 形成하여 새로운 器官의 生長發達에 必要한 Energy와 體構成에 利用되고 殘留物은 貯藏養分으로 蓄積되므로 養分吸收量의 增大는 生育量과 平行的인 關係에 있다.

高收量地 벼는 低收量地 벼에 比하여 營養生長 期間中 窒素 磷酸 加里의 體內含有率이 繼續的으로 높고 이로 因하여 穗數와 粒數가 增加하였으며 特히 登熟期에는 窒素含有率이 높으면서 加里 및 珪酸含有率이 높아 倒伏의 防止 및 稻熱病에 對한 抵抗力이 增大되고 受光態勢를 良好케하여 增收을 가져온 것이라고 생각된다. 한편 高收量地 벼에서 生育時期別 窒素의 吸收樣式을 보면 移秧以後 生育初期에 比較的 적은 量이 吸收되는 反面 出穗以後에도 相當量이 吸收되므로 生育初期에 過繁茂 現象이 없고 出穗以後인 登熟期에 營養凋落이 없으므로 뿌리와 葉의 機能이 維持되어<sup>13)</sup> 高收量을 이루는 것이라고 생각된다. 反面 低收量地 벼는 窒素의 吸收樣式의 不均衡으로 生育時期別 葉面積對 透光率과의 關係인 同化體系를 不良케하여 炭水化物的 生育을 阻害시킨다고 생각된다.

出穗期에 있어서의 體內 窒素 加里 含有率은 粒數 및 收量과 顯著한 正의 相關이 있고 또한 收穫期에 있어서의 體內 加里 珪酸 그리고  $K_2O/N$ ,  $SiO_2/N$ 은 粒數와 높은 正의 相關 關係가 있어 이들 要因이 收量에 크게 關與하는 것으로 考察되며 이 結果는 木內<sup>16)</sup> 17) 18) 大島<sup>48)</sup> 其他<sup>13)</sup> 24) 32) 49) 62) 68)의 報告와도 一致한다.

養分の 吸收量을 보면 高收量地 벼는 低收量地 벼에 比하여 越等히 많으며 特히 珪酸, 加里 및 窒素의 吸收量이 顯著히 많았다. 吸收量은 體內養分の 含有率에 乾物生産量을 乘하여 算出되는 것으로 이들 兩者에 依하여 定하여 지는 것이다. 그런데 生産量의 增加는 養分吸收에 크게 依存되므로 養分の 吸收量을 많게 하는 것은 收量의 增大를 위하여 緊要한 要件이라 할 것이다. 따라서 養分の 吸收量과 收量과는 높은 正의 相關關係가 認定되었으며 高·低收量地 벼에서 모두 窒素 磷酸 加里 石灰 마그네슘 및 珪酸의 吸收量을 增加시키므로 收量을 增加시킬 수 있다고 結論지을 수 있을 것이다.

한편 養分吸收量과 粒數는 높은 相關關係가 있어 收量은 다른 構成要素보다도 粒數가 크게 影響하고 있는 한편 吸收量과 登熟率은 負의 相關關係가 있어 高收量을 내기 위하여서는 養分の 吸收增大<sup>49)</sup> 61)와 더불어 無機養分間의 不均衡을 없애고 9) 10) 14) 35) 59) 生育後期 營養凋落을 막아<sup>20)</sup> 27) 45) 61) 粒數를 增加시키고 同時에 登熟率을 向上시키는 것이 前提要件이라고 생각된다.

### 3. 養分の 移行 및 轉流

根圈環境이 不良한 低收量地 벼에서는 뿌리에서 吸收된 窒素 磷酸 및 加里가 地上部로의 移行이 阻害되어 生育을 遲延 내지는 停滯시키는 한편 出穗以後에 있어서는 뿌리에서 吸收機能이 減退되어 이삭으로 移行되는 無機養分은 出穗以前에 莖葉에 集積되었던 成分과 體構成物質이 再分解된 成分이 移行되므로 移行率은 低收量地 벼에서 높는데 特히 窒素, 加里, 마그네슘 등의 移行率이 높다. 이 結果로 低收量地 벼에서는 器管의 老化가 促進될 것이며 그 中에서 葉의 早期老化는 두드러진 現象의 하나라고 推察된다. 이런 葉의 早期老化 現象은 村山等<sup>41)</sup>이 出穗期에 이삭을 除去한 경우에 根과 葉의 老化가 일어나지 않았다는 結果와 一致한다고 하겠다.

炭素同化能力에는 品種間에 差異가 있어서 老人稻, 九大耐潮旭 3號, 水原 82號 및 振興 등이 強하고 大邱租, 關玉 및 陸羽 132號 등이 弱하였는데 같은 品種은 아니지만 村田<sup>37)</sup> 長田<sup>52)</sup> 등도 炭素同化能力에 品種間差異가 있다는 結果를 報告한 바 있다.

또한 炭素同化能力은 窒素의 增施에 依하여 增加되고 磷酸, 加里 및 마그네슘의 缺除에 依하여 顯著히 떨어졌다. 또한 磷酸 加里 및 마그네슘의 缺除은 同化物的 移行率이 더욱 낮아져서 뿌리를 비롯한 諸器管에 對하여 呼吸基質의 不足을 招來할 것으로 생각된다.

한편 同化物的 이삭으로의 轉流는 高·低收量地 벼間에 顯著한 差異가 있어 高收量地 벼는 出穗以後의 同化依存도가 높으나 低收量地 벼는 아주 낮았다. 이런 事實은 高收量地 벼는 低收量地 벼에 比하여 蛋白代謝가 出穗期 무렵까지 旺盛하게 持續되어 體構成에 主力하여 出穗以前에는 同化물이 炭水化物 形態로 集積이 적은 反面에 出穗以後에는 同化面積이 넓고 또한 그 機能이 旺盛하여 지며 이런 結果가 高收量地 벼에 있어서 收量增加에 크게 作用하는 것이라고 생각된다.

以上の 結果로 보아 低收量地 벼는 栽培期間中 養分の 吸收가 阻害되어 生育이 不良한 型과 營養生長 期間에 養分の 吸收가 過剩이면서 生殖生長 期間 및 登熟期에 營養凋落을 이르는 型과 營養生長 期間에 正常的인 吸收 및 生育을 하나 幼穗形成期 以後에 養分吸收와 生育이 不良하여지는 型 등의 3型으로 區分할 수 있다. 이와 같이 養分の 吸收 및 移行的 阻害와 炭素同化能力의 低

下로 物質代謝에 不均衡을 招來하며 그 結果로 벼의 生育을 不良케 하여서 低位生産의 原因이 된다고 結論지을 수 있다.

## V. 摘 要

水稻低位 生産力의 原因究明에 關한 營養生理的 研究로 여러가지 生育條件下에서 品種別 養分吸收 및 同化機能과 養分の 體內에서의 移行様相을 追究하는 한편 高收量地 벼와 低收量地 벼에 對한 生育時期別로 養分の 吸收 體內無機養分과 收量 및 收量構成要素와의 關係 등을 追究하여 低收量地 벼의 營養生理的 低收要因을 밝히고져 本研究을 遂行하였던 바 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 養分の 吸收力은 品種에 따라 差異가 있으며 磷酸 및 加里의 吸收力이 강한 品種은 구사부에, 振興이며 낮은 品種은 八達이었다.

2. 根의  $\alpha$ -naphthylamine의 酸化力과 磷酸의 吸收力과는 有意的인 相關關係가 있으며 酸化力이 높으면 磷酸의 吸收가 增大되었다.

3. 炭素同化力은 品種에 따라 差異가 있으며 老人稻, 九大耐潮旭 3號, 水原82號, 振興 등은 強하고 大邱租, 關玉, 陸羽 132號가 弱하였다.

4. 窒素의 増施는 少肥에 比하여 同化量은 增加되나 同化産物의 移轉은 적었다.

5. 正常 生育한 벼에 比하여 磷酸, 加里 및 마그네슘이 缺乏된 벼는 全炭素同化量이 正常 벼 100에 比하여 40以下로 顯著히 낮으며 그 順序는  $Mg > P > K$ 이고, 同化物의 移轉에 障害가 큰 것은  $K > Mg > P$ 의 順이었다.

6. 高收量地 벼는 低收量地 벼에 比하여 總乾物 生産量이 顯著하게 많고 特히 幼穗形成期 以後에 增加量이 더욱 顯著하였다.

7. 高收量地 벼는 出穗期에 葉面積이 最高에 達하였다가 그 以後 緩慢하게 줄어지나 低收量地 벼는 出穗以前에 葉面積이 最高에 達하였다가 出穗 以後에 急激히 減少되며 그 原因은 下葉의 早期枯死에 起因되었다.

8. 高收量地 벼는 低收量地 벼에 比하여 生育初期에는 透過光率이 높고 生育後期에 낮았으나 透過光率對 葉面積比는 高收量地 벼에서 높았다.

9. 純同化量은 低收量地 벼에 比하여 高收量地

벼에서 많았으며 이는 또한 葉面積이 增加됨에 따라 減少되었다.

10. 高收量地 벼는 低收量地 벼에 比하여 幼穗形成期 以後 體內窒素, 加里 및 珪酸의 含有率이 높으면서  $K_2O/N$ ,  $SiO_2/N$  비가 높았다.

11. 低收量地 벼는 高收量地 벼에 比하여 出穗期에 保有된 窒素, 磷酸, 加里 및 마그네슘 등이 出穗以後 이삭으로의 移行率이 높았다. 이는 低收量地 벼가 生育後期에 養分の 吸收量이 不足하여 體內 貯藏養分이 再移動되기 때문이며 따라서 下葉은 養分不足으로 早期枯死가 많아지는 것으로 推定되었다.

12. 高收量地 벼는 窒素吸收가 全生育期間을 통하여 緩慢하며 出穗以後에도 吸收量이 많으나 低收量地 벼는 出穗以前에 많고 出穗以後는 거의 吸收되지 않았다.

13. 出穗期의 體內 窒素, 加里 含有率과 收量과는 顯著的한 正의 相關이 成立되었으며 收穫期의 加里, 珪酸含有率 그리고  $K_2O/N$ ,  $SiO_2/N$ 과 收量과도 顯著的한 正의 相關關係가 成立되었다.

14. 出穗期에 保有된 澱粉이 이삭으로의 移轉은 高收量地 벼가 約 10%인데 反하여 低收量地 벼는 約 40%로 많았다. 따라서 高收量地 벼는 出穗 以後 同化依存도가 높았다.

15. 高收量地 벼는 低收量地 벼에 比하여 窒素, 磷酸, 加里, 珪酸 및 망간의 吸收量이 顯著하게 많았고 生育時期別 吸收量의 差異는 幼穗形成期 前後에 顯著하였다.

16. 收穫期의 窒素, 磷酸, 加里, 石灰, 마그네슘, 珪酸 및 망간의 總吸收量과 收量과는 高度의 正의 相關關係가 認定되었다.

17. 收穫期에 窒素, 磷酸, 加里, 石灰, 마그네슘 및 珪酸의 吸收量과 穗當粒數間에, 窒素 및 加里의 吸收量과 穗數와는 有意的인 正의 相關關係가 成立되었다.

## 引用 文 獻

1. 安壽奉, 1973. 水稻登熟의 品種間 差異와 그 向上에 關한 研究, 韓國作物學會誌, 14:1-40.
2. 馬場赴, 1958. 水稻의 胡麻葉枯病及 秋落의 發生機構에 關する 營養生理的 研究, 農業技術研究所報告 D.7. 1-143.
3. Baba, 1964, Mineral nut. Rice plant.

4. Bergmann, W. 1954. Wurzel wachstum und Ernteevtrg. [Root growth and yields.] z. Acker- u. Pfl. Bau, 97: 337—368
5. 趙伯顯, 李春寧, 李殷雄, 1965, 秋落稻의 形態的 特性 및 秋落畚土壤에 關한 研究, 韓國農化學會誌 Vol. 6. 61—77
6. Clark, F. Near, Pase:DC and Specht, A,W, 1957. Influence of by rice, Agronomy Journal 49: 856—88.
7. 藤原彰夫, 石田博. 1963, 冷害稻の榮養生理第一報, 榮養生長期における低温處理の影響, 日本土壤肥料學會誌, 34, 97—100.
8. 藤井國博, 小林達治, M.Z. HAQUE, 高橋英一 1970, 澁水分解過程におけるいねわうかうの有機酸の生成に及ぼす好氣處理の影響(第1報), 土壤微生物の變動と土壤中の物質代謝に關する研究, 日土肥誌, 41: 7: 288—296
9. Howard, H.H.; Bonner, W.D. 1955, Mineral nutrition and its relation to organic acid metabolism.
10. 下瀬昇, 三宅靖入. 1965. 干拓地における作物の生理化學的研究(第5報) 硫化水素および硫化物による水稻の生育障害, 日土肥誌 36: 5: 1170—1209
11. 小林宏信, 矢澤文雄. 1966. 作物の養分吸收機構に關する研究(Ⅶ) 試驗研究成績の概要(作物榮養, 土壤第1科編). 農技研, p.139—146.
12. 河野通佳, 高橋治助. 1961, 稈の強さと化學成分との關係について, 日土肥會誌, 149.
13. 石塚喜明, 田中明. 1960. 水稻の要素代謝に關する研究, 日土肥誌, 491—495.
14. —, —, 勝田收. 1961. 培養液中 鐵マンガン及び銅濃度の水稻の生育ならびに要素含有率に及ぼす影響, 日土肥誌, 32: 3: 97—100
15. 麻生來雄, 沈谷三郎. 1956. 作物の養分移動分布に關する研究, 日土肥誌. 196—197.
16. 木内知美, 石阪英男. 1960. 水稻の收量形成過程に及ぼす榮養條件の影響(窒素), 日土肥誌, 第31: 7: 285—291.
17. —, 石阪英男. 1961. 水稻の收量形成過程に及ぼす榮養條件の影響(加里), 日土肥誌, 32: 198—202.
18. —, —, 1961. 水稻の收量形成過程に及ぼす榮養條件の影響(若土マンガン), 日土肥誌, 32: 295—299.
19. —, 大向信平, 宇佐見昭宣, 高橋紅. 1961. 水稻の收量形成過程と土壤中の窒素 加里條件との關係, 日土肥誌, 32: 7: 300—304.
20. 金萬壽. 1969. 水稻伸長節位莖葉의 形態變異에 關한 研究, 韓國作物學會誌, 5: 1—36
21. 金泳燮. 1965. 水稻栽培의 主要環境要因에 關한 解析的 調査研究, 韓國作物學會誌, 3: 49—82.
22. 金浩植, 趙伯顯, 李春寧, 李殷雄, 沈相七, 柳順吳, 權容雄, 曹在星. 1968. 水稻에 對한 磷酸 및 窒素質肥料의 効用에 關한 研究, 韓土肥誌, 1: 1: 13—26.
23. 권항광, 김웅주, 박준규, 김영섭. 1971. 재식 밀도와 질소 및 규산의 사용량이 벼의 광합성에 미치는 효과, 농사시험연구보고서, 14: 식물환경권 1: 73.
24. 玖村教彦. 1956. 水稻に於ける炭水化物の生産及行動に關する研究(第5報). 日作紀. 25: 214.
25. 李殷雄, 許文會, 表現九. 1963. 秋落의 原因과 그 對策에 關한 研究 Ⅲ. 水稻品種들의 H<sub>2</sub>S 水溶液에서의 根腐抵抗性, 서울大學論文集(生農系), 13: 98—102.
26. —, 李春寧, 權容雄. 1968. 水稻의 發根에 미치는 苗床加里施用의 影響, 農化學會誌, 9권
27. —, 權容雄, 李鍾薰. 1968. 水稻의 尿素葉面施肥에 關한 研究, 農事試報. 11: 1: 15—21
28. 李春寧, 柳順吳, 朴薰. 1968. p<sup>32</sup> Tracer 法에 依한 畚土壤의 有効磷酸定量法에 關한 研究. 農事試報. 11: 3, 35—42.
29. —, 朴薰. 1970, p<sup>32</sup> 追跡子法에 依한 土壤의 有効磷酸定量法에 關한 研究, 韓國農化學會誌, Vol. 13. No.1, 72—80.
30. 李鍾薰, 太田保夫. 1973. 水稻根의 形態および機能と地上部諸形質との 關連について, 農技研報, D. 24: 61—105.
31. Mastsunaka, S. 1960, J. Biochem, 48: 820.
32. 松島三省. 1957. 水稻の收量の成立と豫察に關する作物學的研究, 農技研報, A.1—50
33. 三井進午, 熊澤喜久雄. 1951. 水稻根の養分吸收に關する動的的研究(第1報). 水稻根の養分吸收に對する硫化水素の影響に就いて. 日土肥誌. 22: 46—52.
34. —, —, 1964. 作物根の養分吸收に關する動的的研究, 第41報, 水稻根の活性に及ぼす

- 三要素の供給及び土壤還元の影響, 日土肥誌, 35:4:115-118.
35. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 1957, 水稻の榮養狀態變化が養分吸収に及ぼす影響, 日土肥誌, 28:7:265-268.
  36. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 菱田考, 1959, 濕田土壤に於ける有機酸の生成と水稻の生育に就て(その2), 日土肥誌, 30:8:411-413.
  37. 村田吉男, 長田明夫, 1961, 水稻の光合成とその栽培學的意義に關する研究, 農技研報 D.9. 1-169
  38. \_\_\_\_\_, 長田明夫. 1958. 水稻の光合成に關する研究(第10報), 日作紀, 27:12.
  39. 村山登, 吉野實. 1955. 水稻の生育に伴う炭水化合物の集積過程に關する研究. 農技研報 B:4:123-166.
  40. \_\_\_\_\_, 1968, 施肥と登熟に關する榮養生理的研究.
  41. \_\_\_\_\_, 吉野實. 1957. 水稻の登熟過程における物質の動態に關する研究(第1報)無機成分の動態, 日土肥誌, 28:8:321-326
  42. 西垣晋, 涉谷政夫, 小山雄史, 花岡郁子. 1958. 土壤の酸化還元系が水稻根の活力に及ぼす影響 第2回 日本アイソトプ會議文集(農學). p.614-616.
  43. 長谷川儀一. 1951, 秋落水田に於ける水稻生育の生理的特性, 日作紀, 21:2:91-93.
  44. 吳旺根. 1966. 有機物の施用이 畚土壤의 理化學的性質에 미치는 影響에 關한 研究. 農事試報, 9:1. 175-208.
  45. \_\_\_\_\_, 朴英善, 鄭東熙. 1968. 高收穫畚斗低收穫畚土壤의 化學的性質比較, 韓土肥誌, 1:1:7-13.
  46. OR, W.K. and Lee, S. K. 1971. Studies on effect of compost and fresh rice straw on paddy field, 韓土肥誌, 4:2:177-186.
  47. 岡島秀夫. 1958. 水稻根群の窒素榮養と培地の還元について, 日本肥誌, 29:4:175-180.
  48. 大島正男. 1962. 分けつにおよぼす窒素榮養の影響. 日土肥誌, 33:243-246.
  49. 奥田東, 高橋英一. 1961. 作物に對するケイ酸の榮養生理的役割について(第2報)ケイ酸缺除の時期がら水稻生育ならびに養分吸収におよぼす影響. 日土肥誌, 32:10. 481-487.
  50. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 1962. 水稻の鐵吸收および根の酸化力におよぼすケイ酸施用の影響, 日土肥誌, 33:2:59-64.
  51. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 1969, 作物に對するケイ酸の榮養生理的役割について(第3報), 日土肥誌, 32:11:533-537.
  52. 長田明夫, 村田吉男. 1962. 水稻品種の光合成と耐肥性に關する研究(第1報)中生品種と耐肥性との關係, 日作紀, 30:3:220-223.
  53. 朴天緒. 1970. 한국토양갈이효의 유효구산함량과 구산질비료의 효과와의 관계, 유효구산함량분포 및 시비량에 관한 연구. 농사시험연구보고. 13:1-23.
  54. 朴錫洪, 李榮萬, 尹勤煥. 1970. 水稻多收穫農家栽培技術調査研究. 農事試報 12:1:133-146.
  55. \_\_\_\_\_, 마쓰사게야키오. 1971. 담수조건하에서 과산화칼슘처리가 벼의 뿌리활력에 미치는 영향, 農事試報 14:1-6.
  56. 朴俊奎. 1967. 水稻の榮養生理的特性の品種間差異に關する研究(I)水稻根の生理的活性と地部反應の品種間差異, 日作紀, 36:4:377-383.
  57. \_\_\_\_\_, 1967. 水稻の養分吸收の品種間差異(2) 日作紀, 36:4:384-388.
  58. \_\_\_\_\_, 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.
  59. 朴薰, 陸成均, 權恒光, 朴天緒. 1973. 環境障礙에 對한 水稻의 生理反應, 農家圃場의 土壤還元에 依한 營養障害, 韓土肥誌. 6:2:115-128.
  60. 朴永大. 1967. 秋落畚土壤에서 生育한 水稻의 養分吸收. 農事試報. 10:3:23-35.
  61. \_\_\_\_\_, 金泳燮, 權恒光, 朴章烈. 1968. 綜合無機養分(SiO<sub>2</sub>, Ca, Mg, Mn)과 水稻品種이 秋落畚의 收量에 미치는 영향, 農事試報. 11:3:29-34.
  62. 沈相七. 1964. 水稻의 鐵吸收에 關한 動的 研究. 韓國農化學會誌, 5:61-71.
  63. Somer et al, 1942. Plant physiology 17, p.582.
  64. Somogyi, M. 1952. J. Biochem. 195:19
  65. 四國農業試驗場栽培部. 1954, 米作日本一水田の技術分析, 農業及園藝. 29:1:211-214.
  66. 高橋保夫, 岩田岩保, 馬場赴. 1959. 水稻品種の耐肥性に關する研究, 第1報, 品種の耐肥性

- と窒素及び炭水化物代謝との關係, 日作紀, 28 : 1 : 22.
67. 高橋治助, 1955. 作物の養分吸収に關する研究 農技研報. B. 4 : 1—79.
68. \_\_\_\_\_, 1955. 窒素の施用量の相違が水稻體の組成におよぼす影響 B, 4 : 85—122.
69. \_\_\_\_\_, 柳澤宗男, 1958. 水稻根の發達と養分吸収に及ぼす頁岩と珪カルの影響, 日土肥誌 29 : 9 : 359—362.
70. 瀧島康夫, 1961. 水田土壤中有機酸代謝と水稻生育障害性に關する研究 (第5報). 日土肥誌, 32 : 386—389.
71. \_\_\_\_\_. 1963. Studies on behavior of the growth inhibiting substances in paddy soil with special reference to the occurrence of root damage in the peaty paddy fields. Bulletin of the National Institute of Agr. Sci, Nishigahara, Tokyo, Japan. B, p.117—252.
72. \_\_\_\_\_. 1964. Studies of the mechanism of root damage of rice plants in the peaty paddy field (part 1), Soil Science and Plant Nutrition, 10 : 1—8.
73. 田中明, 1962. 水田状態における水稻根の養分吸収 (第4報) 水稻根の養分吸収強度と根中の養分イオンの状態. 日土肥誌, 33 : 8 : 376—380
74. 田中市郎, 野鳥數馬, 上村幸正, 1965. 排水が水稻の生育に及ぼす影響. 日作紀, 33 : 342—343.
75. Tsunoda, S. 1964. Leaf charactes and nitrogen response Symposium on the mineral nutrition of the rice plant (II). IRRI.
76. \_\_\_\_\_. 1964. Leaf charactes and nitrogen response symposium on the mineral nutrition of the rice plant (I) (cited Jensen, B1932) IRRI.
77. 土壤の化學分析法, 農村振興廳 植物環境研究所 1—130
78. 山口尙夫, 1961. 濕田の稻作改善に關する栽培技術的研究. 千葉縣 農業試驗場特別報告 1 : 1—203.
79. 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, 農業及園藝, 36 : 1983—1985.
80. 柳澤宗男, 1962. 水田の生産力的分類と水稻榮養について, 日土肥誌, 33 : 2 : 116—124.
81. 吉田武彦, 1966. 根の活力測定法, 日土肥誌, 37 : 66
82. 山根一郎, 佐藤和夫, 1961. 水田土壤における植物構成物質の分解とがスの生成, 日土肥誌, 32 : 8 : 364—366.
83. 有門博樹, 1964. 酸化還元培地における作物根の呼吸と養分吸収との關係, 日作紀, 133—137