

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

嶺南作物試驗場
朴 來 敬

Studies on the Physiological Root Activity and Its Related Characteristics of Rice Varieties for Application to Rice Breeding

Rae Kyung Park
Yungnam Crop Experiment Station, ORD, Milyang, Korea

ABSTRACT

Experiments on the physiological root activity and its related characteristics of rice varieties were carried out in order to obtain some basic informations for the application of the results obtained to a rice breeding program.

A significant positive correlation was found not only among the various characteristics related to conducting and ventilating systems which connects top and root of rice plant, but also between these characteristics and root activity. On the other hand, a significant difference in physiological root activity

was recognized among different varieties and also between different groups of recognized 7 rice varieties differing in their origin.

It was also found that varieties with higher root activity (root activity indices) after ear formation stage tended to have more number of lower green leaves and consequently resulted in higher grain yield.

Therefore, it may be possible to diagnose indirectly the root activity by examining the number of green leaves of the rice plant at later growth stage when breeders make selections of parent material for crossing or of hybrid lines in pedigree nurseries.

縮 言

어떤 作物에 있어서도 長期間에 걸쳐서 어느 特定의 育成母地에서 育成된 品種은 必然的으로 當該地域의 自然 및 栽培環境에 適應하는 有利한 形質 즉 生理生態의인 特徵을 지니게 되며 더욱 普及 栽培地域의 品種群이 가지는 遺傳變異를 縮少시킬 可能性이 濃厚해진다. 한편 育種目標은 栽培地域의 擴大나 時代的 要請에 따라 不斷히 變化해 가야하며 이들 變化에 對應하기 위하여는 育種材料의 變異를 擴大시킬 必要性이 切實히 要求됨은 말할 나위도 없다. 이와같은 課題를 解決하기 위하여는 첫째로 栽培環境이 相異한 地域이나 外國에서 品種 및 種을 導入 利用하는 育種方法을 意慾的으로 推進하는 同時에 現在까지 育種選拔過程에서 손이 미치지 못했던 形質의 導入이 바람직 하다고 생각된다. 그러나 現在까지의 品種은 地上部의 外部形質만을 選拔對象으로 育成하여 왔기 때문에 養水分의 吸收 및 植物體의 地中 支持等 重要役割을 하고 있는 根의 形態 및 生理的 機能을 重要視하면서도 其實 땅속에서 生育하고 있어 觀察調査의 難點등으로 育種家에게는 거의 外面되어 왔다. 뿐만 아니라 既存 育成品種間에 있어서도 좁으나마 그 育成母地 즉 栽培環境(育成過程中)이 相異하기 때문에 根의 形態 및 機能도 그 育成母地의 栽培環境에 適應型으로 變異 固定된 特性을 가지고 있을것이나 이에 對한 品種間 差異를 具體的으로 研究한 報告는 거의 없다.

以上과 같은 見地에서 育成母地를 달리하여 育成된 水稻의 早, 晩生 數個의 品種을 어느 特定한 環境條件下에서 栽培하였을때 育成母地가 다른 品種間의 根의 形態 및 機能의 差와 그것과 地上部 生育 및 收量形質과의 相互關連性을 究明하여 이들 品種群들間에 어떤 相異한 特徵이 있는가를 明白히 하고 同時에 根의 形態 및 機能을 直接 系統選拔過程에 導入 利用할수 있는 方法의 究明은 今後 水稻育種을 더욱 効果的으로 遂行하는데 意義가 있을 것으로 생각된다

本 研究에서는 根의 많은 形態 및 機能中에서 根의 生理的인 活力과 몇가지 外部 및 內部的인 形質의 品種間 差異와 이들 形質이 地上部 乾物生産面에서 重要視되는 草型(止葉의 傾斜角度), 葉綠素의 濃度, 養分の 吸收, 下葉의 老化, 光合成能力 및 收量形質과의 關係를 明白히 함으로서 品種改良에서의 母本의 選定方法 및 系統選拔過程에서의 利用可能性을 究明하기 위하여 試驗을 實施하였던 바 몇가지 結果를 얻었으므로 이에 報告하는 바이다.

끝으로 本 研究 遂行을 위해 積極 指導激勵하여 주신 農村振興廳 金寅煥 博士, 作物試驗場長 崔鉉玉 博士를 비롯하여 아낌없는 指導鞭撻을 하여 주신 서울 大學校 農科大學 教授 李殷雄 博士, 許文會 博士, 忠南大學校 農科大學 崔範烈 博士, 金暎來 博士 및 高麗大學校 農科大學 趙載英 博士에게 깊은 感謝를 드리며 지난 1968~'69年 日本에서 本 研究를 遂行할 때에 積極 指導하여준 日本 農業技術研究所 遺傳生理部長 伊藤隆二 博士, 同研究所 太田保夫 博士, 東京大學校 農學部 教授 村田吉男 博士에게 深甚한 謝意를 表하며 本 研究를 遂行함에 있어 側面에서 도와주신 作物試驗場 裴聖浩 博士, 李鍾薰 博士, 李啓洪氏와 水稻育種研究擔當官室 同僚들, 그리고 嶺南作物試驗場 鄭奎鎔場長을 비롯하여 關係同僚들에게 깊은 感謝를 表하는 바이다.

I. 研究史

最近 水稻의 地上部 乾物生産에 關한 研究는 크게 進展을 보아 地上部 主要形質과 機能에 對한 研究로서 最適葉面積^{46, 66, 67} 受光態勢面에서 본 草型 및 光合成能力^{47, 48}, 葉의 形態와 機能面에서 본 새로운 見解²²가 報告되므로서 多收性 品種의 育成과 多收穫 栽培技術에 크게 貢獻하였다. 한편 根의 形態 및 生理的 機能에 關하여도 많은 廣範한 研究가 報告되어 根의 機能과 役割이 漸次 明白하게 되어 왔으나 地上部 諸 生育形質에 關한 研究에 比하면 그 數가 적으며 더욱이 水稻 植物全體속에서의 根의 機能과 地上部 形質과의 相互關連性에 對하여는 未研究의 部分이 많다.

根은 두말할 나위도 없이 作物의 結實(種實生産)의 根本이 되며 이같은 觀念下에서 作物을 다루어야 한다는 것은 매우 오래전부터 認識되어 왔다.^{44, 50)}

水稻根의 機能이라고 하면 (1) 植物體를 地中에서 固定支持 (2) 水分 및 無機鹽類의 吸收 (3) 窒素化合物의 合成 (4) 物質의 貯藏 (5) Hormone 類 物質의 生産이며 더욱 넓은 視野에서 보면 根은 土壤中의 無機養分을 生物圈에 轉移한다고 하는 自然界의 物質循環에 대한 基本的 過程으로서의 媒介者이기도 하다. 따라서 水稻生育(栽培)을 위한 耕耘, 施肥, 물 管理등은 直接 根系를 對象으로 이루어지는 作業過程이며, 地上部 形質의 生育障害가 根의 生育不良, 生理機能低下에 起因한다고 생각한다면 根에 對한 關心은 더욱 깊지 않으면 아니 된다.

根의 生理的 活力이라함은 根의 生理的機能의 모든 作用을 總稱한 것이라고 볼수 있는데 山田·太田等^{81, 83)}은 根의 呼吸과 養水分 吸收와는 密接한 關係

를 가지므로서 酸素呼吸에 依存하는 代謝活性이 根의 物質吸收을 支配한다고 하였고 根의 生理的活力의 指標로서 測定되는 α -Naphthylamine에 依한 根의 酸化力과 呼吸代謝와도 一致한다고 하였다. 따라서 根의 生理的活力이 높다는 것은 根의 呼吸作用과 아울러 養水分吸收가 活潑히 이루어지고 있음을 말한다.

根에 關한 研究를 概觀하여 보면 1970年以後 形態 및 生態的 研究가 主가되어 그 後 作物栽培面에서는 養水分의 吸收 및 根의 生理的 機能에 關한 研究가 土壤管理나 施肥에 關聯하여 研究되어 왔다.

根系의 形態 및 生態的 研究로서는, 먼저 Weaver 등^{75,76)}의 研究報告에 의하면 土壤으로부터의 水分供給에 따라 根의 生育은 促進되지만 過濕보다는 어느 程度 乾燥한 境遇 伸長이 顯著하며 分枝根의 發生이 많다고 했으며, Weaver and Himmel⁷⁷⁾ 등은 土壤의 各種 條件下에서의 根群의 發育伸長過程을 明白히 하여 肥培管理에 있어서 根에 對한 注意를 喚起하였다

이 研究에 刺激되어 1930年代에는 水稻에 있어서 佐佐木⁵⁶⁾를 비롯한 많은 研究者들에 의하여 栽培環境下에서의 根의 形態形成 및 그 變化에 對한 研究結果가 發表^{22,69,70,57)}되어 水稻栽培理論에 크게 貢獻하였으며 水稻根은 皮層細胞가 崩壞하여 破生的 細胞間隙이 發達하는데 이들 細胞間隙은 莖에서 根에 連結되어 通氣系를 形成하는 것으로 이들 通氣系를 통하여 酸素가 地上部로부터 根으로 供給된다는 것은 Sturgis⁶⁴⁾, Vlamis⁷⁴⁾, Van Raalte⁷⁵⁾ 등에 依해 實驗的으로 究明되었다. 특히 有門⁵⁾은 作物의 根部에 減壓狀態를 주면 大氣가 作物體內的 通氣組織을 통하여 根의 切斷面으로부터 氣泡로되어 放出되는 現象에 着眼하여 水稻의 通氣壓을 測定하여 生育時期, 氣孔의 開度등에 依해 變化함을 認定하였고 또한 많은 作物을 供試하여 耐濕性의 大小와 通氣系의 大小와는 正의 相關關係가 있음을 明白히 하였다. 이어서 藤井¹⁸⁾은 片山²³⁾의 同伸葉理論에 該當하는 水稻 및 麥類에 있어서의 根群發達의 規則性을 究明하였으며, 森⁴⁵⁾은 水稻根에 있어서의 組織의 分化和 發育에 關한 一連의 解剖學的 研究로서 根內部 組織形態形成을 明白히 系統化하였으며, 川田^{26,27)} 등은 하나의 節은 根, 莖 및 葉이 發生하는 하나의 單位要素로서 形態形成을 中心으로 한 水稻根群發達에 關한 研究를 비롯한 많은 根系形成에 對한 一連의 研究結果를 報告하였다.

한편 根의 生理的 機能에 關한 研究도 많은 進展을 보이고 있으나 여기에서는 本論文과 關聯성이 있는 것만을 中心으로 概觀하여 보면, Weaver and

Himmel⁷⁸⁾, Hoagland and Broyer¹⁵⁾ 등은 根에 供給되는 土壤中 酸素의 多少는 根의 吸收機能을 支配한다고 했으며 Kramer³⁰⁾은 根의 養分吸收機能은 根의 部位에 따라 또는 土壤의 環境條件에 따라 크게 左右된다는 事實을 明白히 했다. 특히 水稻根의 呼吸과 養分吸收와의 關係에 있어서 有門^{5,4,8)}은 attached roots는 好氣, 嫌氣 어느 培地條件下에서도 呼吸이나 養分吸收에 거의 差異가 없으나, detached roots는 兩條件間에 顯著的한 差가 있어 嫌氣條件下에서 呼吸, 養分吸收 다같이 顯著하게 減退함을 認定하였고 根의 酸化力의 強弱은 呼吸基質의 消耗에 起因하는 것이 아니라 培地中の 酸素와 地上部에서 根으로 供給되는 酸素와의 均衡程度에 關係한다고 確證한 結果, 培地中에 酸素가 缺乏할 境遇에도, 呼吸阻害物質이 存在하지 않는 限 通氣組織系를 통하여 地上部에서 內部的으로 分子狀酸素가 根으로 供給되므로 正常的인 呼吸을 維持, 養分吸收上 異常을 가져오지 않는다는 興味로운 結果를 報告하였다. 이와같은 事實은 많은 研究者들에 依해 確證報告^{74,81,84,58,28,1)}되므로서 水稻根은 土壤通氣의 良否에 크게 關係없이 酸素가 地上部에서 體內 通氣組織을 통하여 根으로 供給되기 때문에 還元狀態의 不良한 土壤條件에서도 높은 適應性을 갖는 것으로 結論되었다. 또한 이들 研究와 並行하여 實際 應用面에서의 研究로서 鹽入⁶²⁾를 비롯한 많은 研究者들에 依해 畚土壤의 酸化, 還元과 水稻根의 生育과의 關係가 여러 角度에서 追究되어^{41,51,9)} 湛水 및 暖地水稻 秋落現象에 對한 根의 生理的 機能이 明白히 되었으며, 또한 吉田⁸⁵⁾ 등의 生育時期에 따른 根의 生理的 活性의 變化에 關한 研究, Yamata and Ota⁸²⁾ 등의 根呼吸에 關한 研究, 三井⁴²⁾ 등의 水稻根活性에 미치는 動的研究, 岡島⁵²⁾의 窒素 營養을 中心으로 한 根群의 生理機能에 關한 研究, 稻田¹⁹⁾의 根群의 生理的 特性에 關한 研究 등 水稻根에 關한 興味있는 生理, 生化學的인 많은 研究가 이루어 졌다.

以上에서의 같이 地上部 또는 根에 있어서의 形態와 機能에 關한 研究는 많으나, 植物全體로 본 根의 形態 및 機能과 地上部の 諸 生育形質과는 어떤 關係가 存在하고 있는지, 즉 地上部 主要形質에 對하여 果然 根은 어떤 役割을 하고 있는지에 對한 研究는 그리 많지 못하다. 그 中에서 藤井¹⁸⁾은 片山씨의 「同伸葉理論」에 根據하여 解析, 葉과 根의 生育이 一定한 周期과 規則性을 가지고 分化 發育한다는 事實을 明白히 하였으며, 長井・俣野⁵⁰⁾은 水稻品種에 있어 根의 齡가와 下葉의 早期老化와는 負의 相關關係가 있

다고 했고, '猪坂²⁰⁾는 水稻의 維管束의 各 器管相互連絡에 關한 研究에서 節의 上·下 二層의 發根帶에서 出現하는 根을 各各 上·下位根으로 區分, 維管束에 依한 相互連絡으로 本 莖葉과 根과의 關係調査에서 上位根은 1節위의 葉과, 下位根은 그 節에 附着하고 있는 葉과 깊은 關係가 있다는 器管相互間의 維管束의 連絡에 規則性이 있다는 것을 報告하였으며 Brewer¹²⁾는 牧草와 벼科植物을 가지고 環境條件의 變化에 따른 根의 生育에 關한 研究에서 T/R Ratio의 概念 즉 地上部를 包含한 植物全體중에서의 根의 役割을 指摘하여 根의 栽培의 重要性을 示唆하였다. 또한 朴, 太田⁵⁵⁾는 水稻根의 生理的活力과 몇가지 地上部 形質과의 關係調査에서 品種間에 明白한 差異가 있음을 指摘했으며, 最近 李^{34, 35)}는 많은 水稻品種을 가지고 根의 形態 및 機能과 地上部 諸 形質과의 關聯性에 關한 研究에서 地上部の 特定形質은 特定한 根의 形態 및 機能과 密接한 相互關聯性이 있음을 明白히 하여 水稻 生産性向上을 위한 品種改良과 栽培法改善에 重要한 示唆를 해 주었으며 특히 崔·朴·李¹³⁾ 등은 水稻根의 生理的活力과 地上部 主要生育形質인 下葉身의 活力維持와 密接한 相關關係가 있음을 草型 및 收量形質들이 相異한 많은 品種을 供試 確證 하므로서 水稻品種育成過程인 系統選抜에서의 秋落抵抗性, 多收性 등 選抜効率增進에 對한 示唆를 해 주었다.

이와같이 水稻根에 關한 生態 및 生理的인 研究가 地上部를 考慮하지 않은 獨立된 側面的研究를 비롯하여 形態 및 機能面에서 本 地上部の 몇가지 形質과의 關聯性研究도 폭넓게 報告되고는 있으나 多樣的 品種間 특히 育成母地 즉 相異한 地域環境과 栽培條件下에서 長期間에 걸쳐 育成된 品種들 間의 根의 諸 形態와 生理的活力的 差와 이들 差異에서 오는 地上部の 生育形質 및 生理生態의 機能과의 關聯性에 對한 研究은 거의 이루어진 바 없으며 더욱 根의 形態 및 生理的 機能을 品種育成過程인 系統選抜에 利用하겠다는 試圖는 없었다.

II. 材料 및 方法

本 試驗의 目的 究明에 關聯性이 높은 稈基 및 根의 外部 및 內部組織의 形態, 根의 張力 및 生理的인 活力, 乾物生産 面에서 重要視되는 葉의 몇가지 形質, 根의 活力과 關係가 있는 葉內 몇가지 成分含量 그리고 收量과 收量構成要素 등을 重點의으로 調査測定하였는 바 그 各各의 試驗材料 및 方法은 아래와 같다.

1. 水稻根의 生理的活力과 稈基 및 根의 形態와의 關係

本 試驗은 1968~69년에 걸쳐 日本埼玉縣 鴻巣市에 位置하고 있는 農林省農事試驗場 試驗圃場 및 同場所에 있는 農林省 農業技術研究所의 生理第1科 實驗室에서 一次의으로 實施되었으며 供試品種은 Japonica型에 屬하는 것으로서 韓國에서 育成된 代表的인 8品種(中生品種: Paltal, Jinheung, Pungkwang, Kwanok, 晩生品種: Nongkwang, Hokwang, Palkweng, Palkeum)과 日本國에서 育成된 代表的인 8品種(中生品種: Tamayodo, Yomomasari, Yomohikari, Sekiminori, 晩生品種: Norin #25, Nihonbare, Kanto #55, Norin #36)을 供試하였다. 5月 14日 折衷吳자리에 播種하여 43日 苗를 本畝에 栽植密度 30cm×15cm(22株/m²) 株當 2苗植으로 移秧하였다.

本畝 施肥量은 10 a當 N : 6.5, P₂O₅ : 6.5, K₂O : 4, 堆肥 : 750, 珪酸石灰 : 100kg 를 施用하였고, 其他 管理는 普通期의 標準栽培法에 準하였다. 本畝 供試面積은 區當 10 m²에 亂塊法 2反覆으로 配置되었다. 根의 調査方法은 太田·山田⁵⁵⁾의 節位別 分級法에 依하여 發根節上位에서 第3節位까지 發生된 根을 上位根으로, 發根 第4節位 以下에서 發生된 根을 下位根으로 區分하였고 根의 生理的活力의 指標로서 α -Naphthylamine에 依한 根의 酸化力⁵³⁾을 測定하였는데 이것은 水稻根의 呼吸代謝過程에서 生成되는 H₂O₂의 存在下에 鐵酵素인 Peroxidase의 作用으로 α -Naphthylamine이 酸化되는 量을 時間當, 根生重 gr當, $\mu\text{g}(r)$ 로 表示하였다. 그 測定時期는 出穗期 3週前(8月 17日), 出穗期 1週前(8月 31日), 出穗期 1週後(9月 14日)의 3회에 걸쳐 晩生品種群만을 實施하였다. 測定에 供試된 벼포기는 每時期 品種別로 生育調査에 依한 平均인 3株를 耕土層 30cm 部位까지 分布되어 있는 根이 끊어지지 않도록 注意깊게 採取水洗하여 調査하였다. 其他 稈基 및 根의 外部 및 內部組織의 測定調査는 成熟期에 達한 벼포기에 對해서 實施하였다.

即 稈基의 굵기에 對해서는 穗首節로부터 아래로 第5節間의 中間部位 斷面에 대한 長徑과 短徑을 Dial thickness gauge로 測定하여 그 平均數值로 나타내었고 根의 굵기는 上位로부터 第3節位에서 完全히 伸長된 發根 基部에서 2cm 部位의 斷面直徑을 萬能投影機(×20)를 利用 測定하였다.

根의 張力은 完全히 伸張된 根의 發根部位를 固定해 놓고 Spring balance로 牽引했을 때 끊어지는 무력으로 나타내었다.

稈基皮層內의 氣腔(空洞)의 直徑 및 數, 大·小維管束數, 稈壁의 두께, 根의 後生木部 導管數 및 皮層內 半徑 1列에 該當하는 柔細胞數等은 顯微鏡下에서 調查 測定하였다.

2. 根의 生理的活力과 收量 및 其他

地上部形質과의 關係

試驗場所, 供試品種, 圃場栽培方法 및 根의 生理的活力에 對한 調查方法 等은 上述한 試驗 1과 同一하다. 止葉開度는 出穗當時까지는 大部分의 品種이 直立現象을 나타내나 그 後 成熟이 進展됨에 따라 下垂되는 傾向이므로 最終까지 維持되는 止葉의 傾斜角度를 보기 위해서 黃熟期에 測定하였고 葉綠素濃度는 出穗期 1週後 뿌리를 調查한 같은 시기에 該當하는 止葉의 中央部에서 生葉 0.1g씩을 秤量하여 10 ml의 80% Ethanol을 使用, 30分間 70~80°C下에서 加溫 抽出한 다음 光電比色計의 660m μ 吸光度로 測定하였다. 그와 同時에 止葉中央을 1cm 길이로 切斷된 葉片을 蒸溜水가 담긴 Petri dish에 띄워 30°C의 明所 또는 暗所에 8日間 靜置하면서 2日間隔으로 4회에 걸쳐 葉綠素 濃度を 測定하여 分解 殘存率을 算出하였다.

單位葉面積當 光合成能力의 測定은 幼穗形成期 및 出穗 1週後 2회에 걸쳐 完全展開된 最上位葉과 止葉을 對象으로 28°C 300ppm CO₂, 45Klux의 人工照明의 條件下에서 測定하였으며, CO₂ 分析에는 Beckman의 赤外線 gas 分析計 15A型을 使用하였다.

그리고 根의 生理的活力과 關聯性을 窺어보기 爲하여 實施된 葉身內 蛋白態窒素 Fe₂O₃, MnO의 含有率의 分析試料은 出穗 1週前에 採取되었고 蛋白態窒素의 分析方法은 Micro kijeldal法에 依하여 全窒素를 求한다음 이것에 5.95를 相乘하여 算出하였으며 MnO는 過硫酸 Ammonia法, Fe₂O₃는 O-Phenanthroline法에 準하여 分析하였다. 끝으로 收穫期에 가서 收量 및 收量構成 要素를 綿密히 調查하였다.

3. 根의 生理的活力 利用에 依한

系統選拔의 效率

本 試驗은 1972年에 우리나라 水原에 位置하고 있는 作物試驗場 試驗圃場 및 實驗室에서 實施되었으며 供試品種은 表 1에서와 같이 "Jinheung"外 25品種 및 系統이며 4月 20日 折衷모자리에 播種 育苗된 37日苗를 5月 27日에 栽植密度 30cm×15cm(22株/m²) 株當 2苗植으로 移秧하였다. 本畝 施肥量은 N, P₂O₅, K₂O를 各各 8kg/10a씩 全量 全層施肥로 施用하였다. 其他 管理는 標準栽培法에 準하였고 試驗區 配置는 亂塊法 3反覆으로 하였다.

移秧當時 37日苗의 素質을 調查하기 爲하여 葉齡이 6.0에 該當되는 苗를 골라서 뿌리를 切斷한 다음 砂耕으로 한 plastic 育苗床에 插植하였다가 14日後에 掘取하여 새로이 發生된 根數, 根長, 根太, 根生重等을 發根力으로서 調查하였으며, 한편 6.0齡에 該當하는 苗를 10個體씩 選定하여 硫化水素(H₂S) 飽和溶液의 20~40倍 水溶液⁵⁴⁾을 試驗管當 30ml씩 넣고 苗根을 깨끗이 씻은 後 5個體式 2反覆으로 浸漬處理한 4日後 硫化水素에 依해 黑變한 根이 漸次 根의 酸化能力에 依해 白色化되는 程度를 調查하여 根腐 抵抗性을 肉眼觀察로 1~5段階로 區分 判定하였다. 本畝에 있어서 根의 生理的活力 調查는 上述한 試驗 1과 같은 方法으로 出穗期 및 乳熟期의 2次에 걸쳐 實施하였고 이와 때를 같이하여 乾物重의 調查, 生葉身의 遠觀調查, 生葉과 枯葉을 分離秤量하여 이들과 根의 生理的 活力과의 關聯性을 檢討하였다. 收量等 其他 調查는 標準調查法에 準하였다.

Table 1. Varieties and lines tested.

Trt. No.	Variety/Pedigree	Trt. No.	Variety/Pedigree
1	Akibare	14	IR1317-70-1
2	Jinheung	15	IR1325B1-7-15
3	Nihonbare	16	IR24
4	Palkeum	17	IR781B4-351-3-2-1
5	Suweon # 216	18	IR781B4-400-4-3-3-3;
6	Suweon # 213	19	IR1317-89-2
7	Suweon # 222	20	IR1317-266-2
8	Suweon # 210	21	6310F ₄ 343-2-2-1
9	IR1317-316-9-2	22	6310F ₄ 313-3-3
10	IR1317-359-2-3	23	IR781B4-400-4-2-2
11	IR1317-316-2-2	24	IR781-189-3-2-2-1-2
12	IR1317-316-3-2	25	Norin # 36
13	IR1317-29-3	26	Norin # 37

III. 試驗 結果

1. 稈基 및 根의 形態와 根의 生理的 活力과의 關係

水稻는 分子狀의 酸素를 地上部에 屬하는 葉莖을 通하여 地下에 있는 뿌리로 供給하는 通氣組織系가 다른 陸生作物에 比하여 顯著히 發達되어 있기 때문에 低濕地에서도 잘 生育할 수 있다는 것은 이미 많은 研究者들에 의하여 具體的으로 밝혀졌다.

그러나 水稻에 있어서도 品種間 特히 그 品種이 育成選拔된 場所의 環境如何에 따라 根의 生理的 活力의 維持와 密接한 關係가 있는 通氣組織系의 發達程度의 差異에 關해서는 別로 밝혀지지 않고 있다.

따라서 本 試驗에서는 通氣組織과 關聯이 깊은 稈基 및 根의 外部 및 內部形態의 品種間差異가 根의 生理的 活力的 品種間 差異와 關聯되어 있는가를 調査하였다.

가. 稈基의 形態와 根의 形態와의 關係

供試品種別 稈基 및 根의 外部 및 內部的인 特性을 보면 表 2, 表 3 및 寫眞 1, 2, 3에서 보는 바와 같이 特性에 따라서는 品種間的 差가 顯著함을 認定할 수 있다.

即 稈基 및 根의 굵기, 根의 張力, 稈基皮層內에 있는 氣腔(air space)의 直徑, 根斷面의 柔細胞數 및 根의 中心部에 있는 後生木部 大導管數 등은 品種間的 差異가 클뿐만 아니라 品種育成母地가 다른 韓國品種群과 日本品種群과의 樣相이 判異하게 다름을 알 수 있다.

그 中 몇가지 特性을 具體的으로 例示해 보면 稈基의 굵기에 있어서 韓國品種群(Nongkwang, Hokwang, Palkweng, Palkeum)은 平均 斷面直徑이 5.63 mm로서 日本品種群(Norin # 25, Nihonbare, Kanto # 55, Norin # 36)의 그것에 比하여 20%나 더 굵으

며 根의 굵기에 있어서도 韓國品種群의 平均斷面 直徑이 1.09mm로 日本品種群에 比하여 12%나 더 굵다는 것을 알 수가 있다. 根의 張力 亦是 韓國品種群은 259 gr 인데 反하여 日本品種群은 182 gr 로서 42% 라는 顯著한 差異를 나타내었다.

以上은 晩生品種間的 比較이며 中生品種群에 있어서는 그 差異는 過히 큰便이 못되나 같은 傾向을 나타내었다. 이와 關聯해서 稈基 및 根의 內部的인 特性에 있어서도 같은 傾向으로서 먼저 稈基의 皮層中에 發達되고 있는 氣腔의 크기를 보면 그 斷面의 平均直徑이 韓國品種群은 386 μ 인데 比하여 日本品種群은 282 μ 으로서 37%의 差異를 나타내고 있으며 根의 半徑 1列에 該當하는 柔細胞數와 根의 中心部에 있는 後生木部 大導管數 亦是 各各 9~13%의 差異로서 韓國品種群이 더 많았다.

따라서 以上에서 말한 大部分의 特性은 稻體의 地上部에서 地下部로 通하는 通氣組織系와 密接한 關係가 있으므로 이는 곧 品種間 및 育成母地를 달리한 品種群間的 通氣組織系의 發達程度에 顯著한 差異가 있음을 示唆하고 있다.

Table 2. Morpho-physical characteristics of culm-base and roots in rice varieties.

Maturity	Entry No.	Variety	Diameter of culm-base (mm)	Diameter of root (mm)	Tension of root (gr)
Late-maturing varieties	1	Nongkwang	5.43	1.01	213
	2	Hokwang	5.99	1.09	265
	3	Palkweng	5.51	1.07	242
	4	Palkeum	5.57	1.19	317
		Average	5.63	1.09	259
	5	Norin #25	4.06	0.95	175
	6	Nihonbare	4.43	0.94	166
	7	Kanto #55	5.23	1.02	217
Medium-maturing varieties	8	Norin #36	5.10	0.95	168
		Average	4.71	0.97	182
	9	Paltal	5.35	1.07	218
	10	Jinheung	5.77	1.13	249
	11	Pungkwang	4.24	1.06	224
	12	Kwanok	5.19	1.04	194
		Average	5.14	1.08	221
	13	Temayoto	5.23	1.02	262
14	Yomomasari	4.52	0.88	181	
15	Yomohikari	4.82	1.05	240	
16	Sekiminori	5.03	1.10	277	
	Average	4.90	1.01	240	
	L.S.D	5%	0.34	0.054	19.4
		1%	0.45	0.072	25.7

Table 3. Anatomical characteristics of culm-base and roots in rice varieties.

Variety	Culm-base				Root			
	No. of air-space	Diameter of air-space(μ)	No. of smaller fibrovascular bundles	No. of larger fibrovascular bundles	Thickness of culm-wall (mm)	No. of parenchyma cells	No. of vessels in metaxylem	
1 Nongkwang	26.6	330	27.1	26.8	1.04	14.0	4.45	
2 Hokwang	26.7	365	26.5	27.5	0.96	14.5	4.40	
3 Palkweng	25.8	448	25.7	27.2	1.08	15.2	4.20	
4 Palkeum	26.0	400	26.3	27.5	1.10	15.7	4.55	
Average	26.3	386	26.4	27.3	1.05	14.9	4.40	
5 Norin #25	26.9	240	27.2	26.8	0.97	13.9	3.80	
6 Nihonbare	25.3	293	25.5	25.2	0.96	12.6	3.45	
7 Kanto #55	25.6	270	25.9	26.5	1.18	14.0	4.50	
8 Norin #36	26.6	325	26.9	27.1	1.13	14.1	3.75	
Average	26.1	282	26.4	26.4	1.06	13.7	3.88	
L.S.D. 5%	N.S.	27.8	N.S.	N.S.	0.09	0.45	0.23	
1%	N.S.	37.0	N.S.	N.S.	0.12	0.60	0.31	

다음에는 通氣組織系와 關聯이 있는 것으로 보이는 이들 特性間의 相互關係를 系統的으로 밝히고자 한다 첫째, 稈基의 굵기와 通氣의 機能을 가진 稈基皮層內

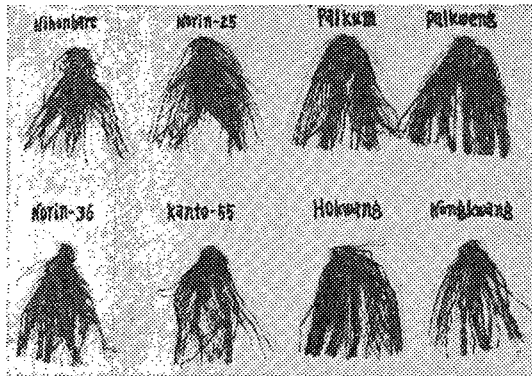


Photo. 1. Root diameter of different rice varieties.

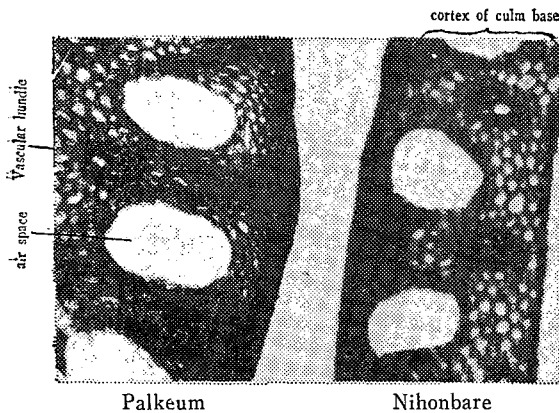


Photo. 2. Varietal difference of air-space in cortex of culm base ($\times 50$).

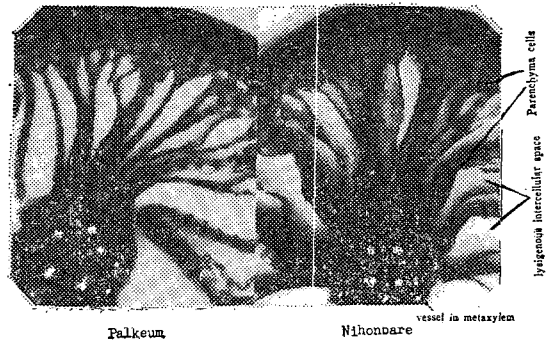


Photo. 3. Varietal difference of the number of vessels in metaxylem of rice root, and lysigenous intercellular space between parenchyma cells in root cortex ($\times 100$).

부의 氣腔크기와와 關係를 보면 그림 1에서와 같이 $r=0.726^*$ 의 높은 正의 相關을 나타내고 있으며 여기에서도 韓國品種들의 大部分이 日本品種에 比하여 兩者 共히 크다는 것을 알 수 있다. 그러나 氣腔의 數는 品種間에 差異는 多少 認定되나(表 3) 一定한 傾向이 없는 것 같으며, 氣腔의 크기만큼 顯著하지 못하였다.

따라서 稈皮層內의 氣腔의 크기가 크다는 것은 後述하는 根의 柔細胞數와 根의 酸化力과 關聯하여 分子狀酸素를 稻體의 地上部 組織에서 뿌리로 보내지는 通路機能이 發達되고 있는 것으로 생각된다.

稈基의 굵기와 根의 굵기와의 關係를 보면 그림 2에서와 같이 이들間에는 $r=0.630^{**}$ 의 높은 正의 有意相關關係를 보이고 있어 稈基의 굵기가 굵은 品種일수록 뿌리도 굵다는 것을 나타내고 있으며 韓國品

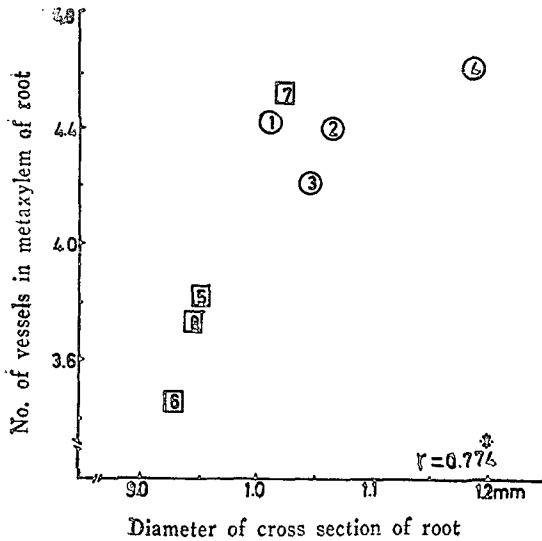


Fig. 5. Correlation between number of vessels in metaxylem and diameter of cross section in rice root.

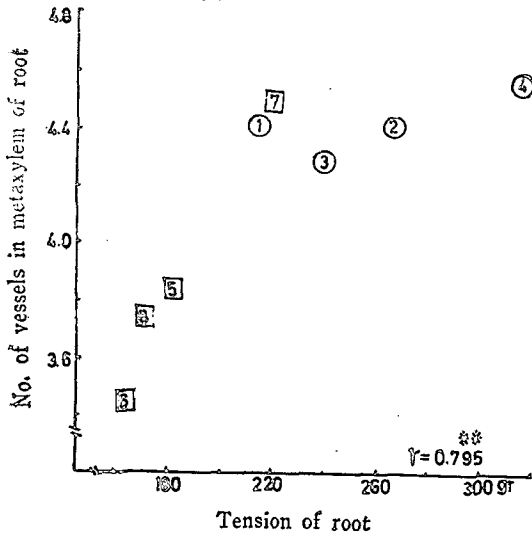


Fig. 6. Correlation between number of vessels in metaxylem and tension in rice root.

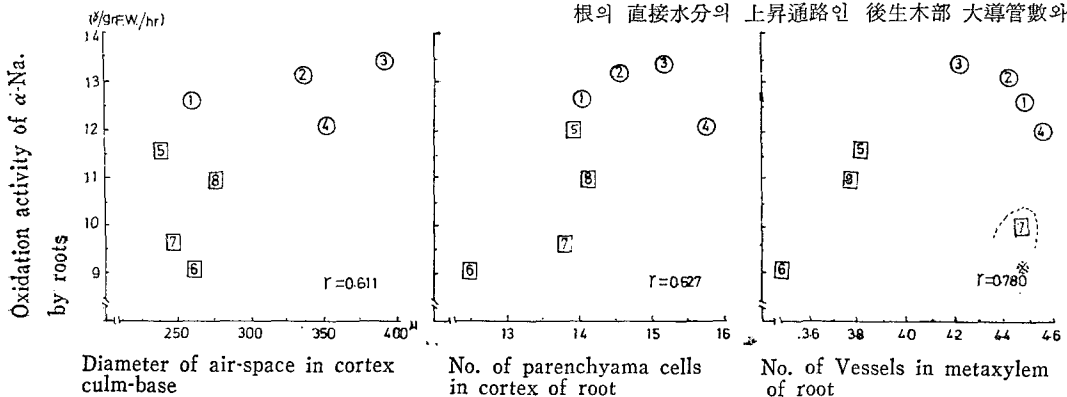


Fig. 7. Correlation between root activity and diameter of air-space in culm-base cortex, the number of parenchyma cells in cortex of root, and the number of vessels in metaxylem of root, respectively.

稻體의 通氣組織系와는 直接的인 關係가 없으나 水分吸收機能을 맡고 있는 根의 後生木部 大導管數와 根의 굵기와 關係를 보면 그림 5에서와 같이 $r=0.774^*$ 의 正相關을 나타내고 있어 뿌리의 굵기가 굵을수록 大導管數가 많을 뿐만 아니라 韓國에서 育成된 品種들이 日本의 그것보다 兩者 모두 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. 그리고 根의 굵기와 密接한 關係가 있는 根의 張力과 後生木部 大導管數와의 關係를 보면 그림 6에서와 같이 이것 亦是 $r=0.795^*$ 의 높은 正相關을 나타내고 있어 大導管 및 篩部等을 包含하고 있는 根의 中心柱가 根의 張力에 크게 影響하고 있음을 認定할 수 있다. 이와같이 大導管의 數가 많다는 것은 水分吸收機能이 旺盛하게 이루어지고 있다는 것으로서 後述할 뿌리의 生理的 活力과도 關聯性이 있는 것으로 推定된다.

나. 水稻根의 生理的 活力과 稈基 및 根의 形質과의 關聯性

前 試驗에서는 주로 稻體의 通氣組織系와 關連性이 있을 것으로 보이는 稈基 및 根의 形質들 間的 相互關係를 究明하였으나, 本 試驗에서는 그들 形質들과 根의 生理的 活力과 어떠한 關係를 가지고 있는가를 檢討하였다.

먼저 根의 活力(α -Naphthylamine 에 依한 根의 酸化力)과 稈基皮層內氣腔의 크기와의 關係를 보면 그림 7에서와 같이 이들 兩者間에는 $r=0.611$ 의 正相關을 나타내고 있어 相互關聯性이 있음을 示唆하고 있으며, 根의 活力과 根의 皮層內 半徑 1列의 柔細胞數와의 關係 亦是 $r=0.627$ 의 正相關을 이루고 있으며 育成母地別로 보아 우리나라 品種들이 日本品種들에 比하여 兩者 다같이 높은 數値를 나타내고 있다.

따라서 稈基皮層內 氣腔의 크기가 크고 또 根皮層內 柔細胞數가 많아 細胞間의 空隙이 큰 品種은 根의 生理的 活力도 높다는 것을 示唆해 주고 있다.

根의 直接水分의 上昇通路인 後生木部 大導管數와

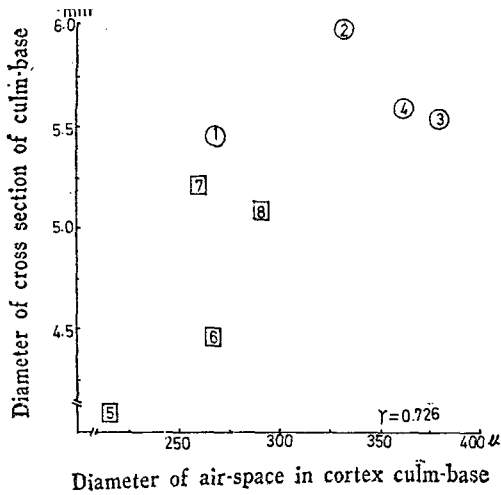


Fig. 1. Correlation between diameter of air-space in cortex and that of cross section in culm-base of rice varieties.

* Numbers refer to the entry number in Table 2, and these indications follow from Fig. 1 to Fig. 21.

○ : Korean varieties, □ : Japanese varieties.

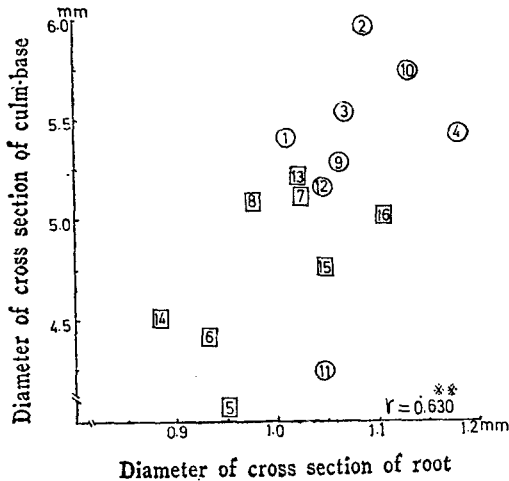


Fig. 2. Correlation between diameter of culm-base and that of root in rice varieties.

種의 大部分은 日本品種에 比하여 稈基 및 뿌리가 다 같이 굵은 傾向을 알 수 있다.

또한, 그림 3에서 보는 바와 같이 根의 굵기와 根皮層內柔胞細胞數와는 $r=0.855^{**}$ 로서 高度의 正의 有意相關關係를 보이고 있으며 우리나라 品種들이 日本品種들에 比하여 根이 굵고 同時에 柔細胞數가 많다는 것을 認定할 수 있었다.

또한, 根의 굵기와 根의 張力과의 關係를 보면 그림 4에서 보는 바와 같이 이들間에 高度의 正相關關係

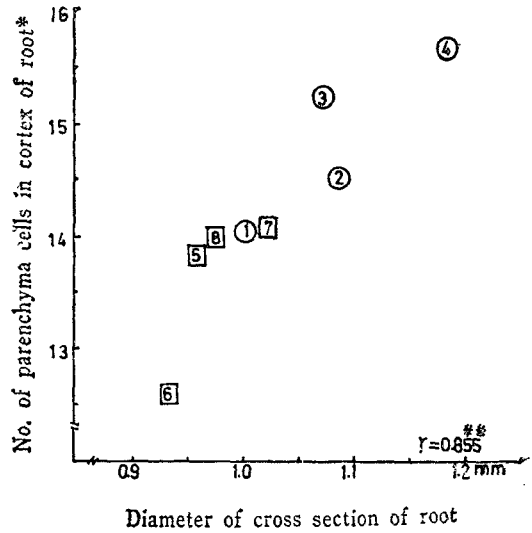


Fig. 3. Correlation between diameter of cross section and number of parenchyma cells in cortex in rice root.

* No. of parenchyma cells in 1 row of radius in cross section.

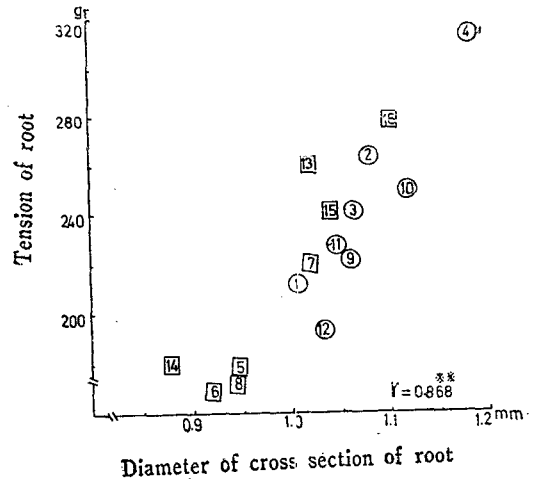


Fig. 4. Correlation between diameter and tension of rice root.

($r=0.868^{**}$)를 보이므로서 相互 密接한 關係가 있음을 認定할 수 있었다.

이들 中 中生品種群보다도 晩生品種群이 兩者間에 더욱 密接한 關係를 나타내었고 韓國品種群의 大部分이 日本品種에 比하여 뿌리가 굵으면서도 질기다는 것을 알 수 있다. 根의 張力이 높다는 것은 構造上 뿌리가 굵다는 것에도 起因되겠으나 그보다도 腐敗되지 않고 더 生生하다는 것을 意味하고 있으므로 根의 張力을 測定한다는 것은 뿌리 活力을 間接的으로 診斷할 수 있는 것으로 생각된다.

α -Naphthylamine 에 의한 根의 酸化力과의 關係를 보면 그림 7의 右側에서 보는 바와 같이 供試品種中 Kanto #55만을 除外하고는 兩者間에 $r=0.780^*$ 의 正相關을 나타내고 있어 前述한 根의 굵기와 大導管數에서指摘한 바와 같이 後生木部 大導管數의 多少도 根의 生理的 活力과 關聯되고 있음을 보여주고 있다

다음은 根의 굵기 및 張力과 根의 生理的 活力과 어떤 關係가 있는가를 그림 8 및 9에서 보면 Kanto #55만을 除外하고 曲線的인 相關을 나타내고 있다.

따라서 根의 굵기는 1.07mm 까지 그리고 根의 張力は 250 gr 까지 커질수록 根의 生理的 活力도 增加되고 있으나 그 以上은 增加되지 않고 있다. 供試品種中 Kanto #55만을 그림 7 右側, 8 및 9에서 다같이

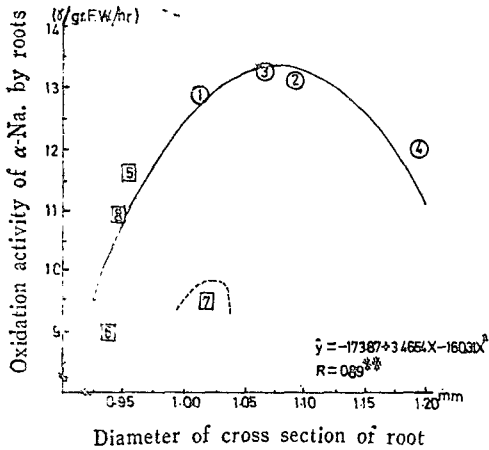


Fig. 8. Relationship between activity and thickness of rice root.

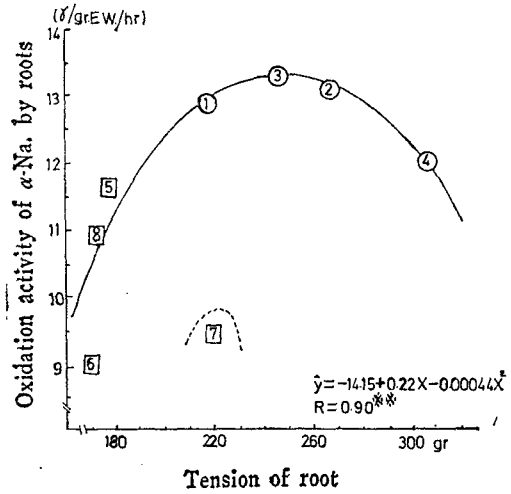


Fig. 9. Relationship between activity and tension of rice root.

例外的인 傾向을 나타내고 있는데 本品種은 出穗後 곧 倒伏이 甚했기 때문에 根의 活力에도 惡影響을 끼쳤을 것으로 認定된다.

要컨대 水稻品種에 따른 稈基의 굵기, 稈基皮層內 氣腔의 크기, 根의 굵기, 根의 皮層內의 柔細胞數, 根의 中心柱內의 後生木部 大導管數 등의 內外形態의 인 差異는 根의 生理的인 活力差異에 直接 또는 間接的으로 影響을 미친다고 認定되며 同時에 品種間差異는 그 品種이 서로 다른 地域의인 環境生態下에서 育成 選擇된 變異型으로 認定할 수 있겠다.

2. 水稻根의 生理的 活力과 地上部 生育形質 및 收量과의 關係

Table 4. Oxidation activity of rice roots tested by α -Naphthylamine. (%/gr. F.W./hr)

Variety	Stage of measurement									Average			V/M %
	3 weeks before heading			1 week before heading			1 week after heading			Upper nodal roots	Lower nodal roots	Ave.	
	Upper nodal roots	Lower nodal roots	Ave.	Upper nodal roots	Lower nodal roots	Ave.	Upper nodal roots	Lower nodal roots	Ave.				
1. Nongkwang	19.1	9.6	14.4	25.8	10.3	18.1	11.5	0.5	6.0	18.8	6.8	12.8	76
2. Hokwang	31.1	9.6	20.4	19.1	8.6	13.9	7.2	2.6	4.9	19.1	6.9	13.1	125
3. Palkweng	26.3	4.8	15.6	18.2	17.7	18.0	10.3	2.2	6.3	18.3	8.2	13.3	87
4. Palkeum	19.1	9.6	14.4	18.2	9.8	14.0	12.0	1.0	6.5	16.4	6.5	11.6	43
Average	23.9	8.4	16.2	20.3	11.6	16.0	10.3	1.6	5.9	18.2	7.1	12.7	83
5. Norin #25	19.1	12.0	15.6	14.8	11.2	13.0	9.8	2.9	6.4	14.6	8.7	11.7	64
6. Nihonbare	19.1	2.4	10.8	8.6	7.7	8.2	10.3	5.7	8.0	12.7	5.3	9.0	69
7. Kanto #55	19.1	4.8	12.0	11.2	11.2	11.2	9.3	1.2	5.3	13.2	5.7	9.5	74
8. Norin #36	26.3	2.4	14.3	18.7	7.9	13.3	8.4	1.9	5.1	17.8	4.1	10.9	101
Average	20.9	5.4	13.2	13.3	9.5	11.4	9.5	2.9	6.2	14.6	6.0	10.3	77

* V: Range of variation in activity of upper nodal roots at different growth stages.
M: Average activity of upper nodal roots at different growth stages.

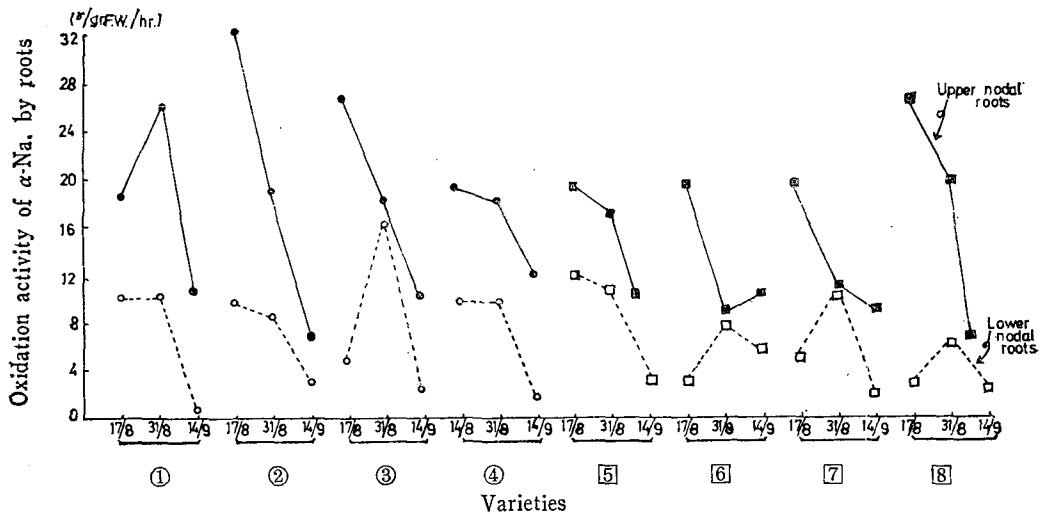


Fig. 10. Variation in activity of upper and lower nodal roots at different growth stages in rice varieties.

前試驗에서는 稈基 및 根의 外部 및 内部의 몇가지 形質이 根의 生理的 活力과 關聯성이 있다는 것을 밝힌 바 있으나 本試驗에서는 主로 乾物生産에 主要한 役割을 擔當하고 있는 葉의 몇가지 形質과 根의 生理的 活力과의 關聯성을 究明하고 마지막으로 根의 生理的 活力의 品種間差異가 收量에 어떻게 影響하고 있는가를 檢討하였다.

가. 生育時期別 根의 生理的 活力의 品種間差異 根의 生理的 活力의 指標로 삼고 있는 α -Naphthyl-

amine 에 依한 根의 酸化力을 生育時期別로 보면 表 4 및 그림 10에 나타난 바와 같이 大部分의 品種이 出穗 3週前의 酸化力이 가장 높고, 그뒤 生育이 進展됨에 따라 酸化力이 떨어지고 있다. 이와같이 根酸化力이 低下되는 變異幅을 보면 上位根이 더욱 顯著하고 上位根의 時期別 平均酸化力은 모든 品種이 下位根의 그것에 比하여 越等 높음과 同時에 品種間差도 顯著하였다. 그러나 下位根의 時期別 酸化力의 變異幅이 적을 뿐 아니라 時期別 酸化力의 平均値 亦是 上

Table 5. Morpho-physiological characteristics and chemical content rice leaves.

Variety	Erectness of flag leaf (°)	① Photosynthetic activity of leaf (mg CO ₂ /100cm ² /hr)	Protein nitrogen content (N.mg/D.W gr)	② Fe ₂ O ₃ content (%)	③ MnO content (%)	④ Chlorophyll content (O.D.)	⑤ Chlorophyll content remained after 8 days of dark and light treatment (%)
1. Nongkwang	52.5	17.1	8.1	0.048	0.056	0.334	25.3
2. Hokwang	89.1	14.1	7.1	0.087	0.063	0.294	12.2
3. Palkweng	69.6	18.9	7.6	0.064	0.056	0.350	9.2
4. Palkeum	64.9	16.4	7.9	0.057	0.041	0.349	23.1
Average	69.0	16.6	7.7	0.064	0.054	0.332	17.5
5. Norin #25	72.0	19.5	7.8	0.063	0.048	0.327	10.9
6. Nihonbare	38.8	14.7	7.8	0.111	0.027	0.295	13.8
7. Kanto #55	56.7	17.3	8.0	0.066	0.059	0.345	16.0
8. Norin #36	82.0	18.2	7.4	0.054	0.040	0.278	9.2
Average	62.4	17.4	7.8	0.074	0.044	0.311	12.5

L.S.D. 5% . 2.64
1% 3.51

Remarks: ① Average of young ear formation and milk-ripening stages.

②, ③ Sample was taken at 1 week before heading

④ Chlorophyll content of flag leaf at yellow-ripening stage

⑤ % of remained chlorophyll content after the treatment to ④

位根에 比하여 不過 40%에 該當하는 훨씬 낮은 水 準이었다.

供試品種들 中에서 우리나라에서 育成된 品種들은 그 大部分이 時期別 酸化力이 높은 反面 變異幅은 큰 便이었고 日本에서 育成된 品種들은 그 大部分이 時期別酸化力은 顯著히 낮은 便이나 變異幅이 적은 傾向이었다. 이들 供試品種들 中에서 變異幅이 가장 적 으면서 比較의 높은 酸化力을 나타내고 있는 品種은 Palkeum 과 Norin #25이고 變異幅이 크면서 높은 酸化 力을 나타내는 品種은 Hokwang, Palkweng, Nongkwang, Norin #36이었으며 나머지 Nihonbare, Kanto

#55는 變異幅이 적으면서도 낮은 酸化力을 나타내 었다.

나. 根의 生理的活力과 葉의 몇가지 形質 및 成 分含量과의 關係

水稻根의 生理的活力과 關係가 있을 것으로 보이는 止葉의 몇가지 形質 및 成分含量을 보면 第5表에서 와 같이 止葉의 開度(傾斜角度), 光合成能力 Fe_2O_3 및 MnO 의 含有率, 葉綠素의 濃度等은 品種間差가 顯著하므로 이들의 品種間差가 前試驗에서의 根의 生理的인 活力의 品種間差와 어떠한 關聯性을 가지고 있는가를 檢討하여 보았다.

Table 6. Comparison of yield components and grain yield of rice.

Variety	Heading date	Culm length (cm)	No. of panicles per hill	No. of grains per panicle	Ripening ratio (%)	Wt. of rough rice/straw (%)	Lodging index	Brown rice yield (kg/a)	Yield index
1. Nongkwang	9.5	97.7	11.9	101	80.7	84.7	154	45.6	100
2. Hokwang	9.9	94.8	12.5	98	69.9	78.1	139	41.5	91
3. Palkweng	9.4	101.4	13.3	100	83.5	91.2	154	46.1	101
4. Palkeum	9.8	99.1	12.7	104	73.4	82.8	136	49.0	108
Average	9.7	98.3	12.6	101	76.9	84.2	146	45.6	100
5. Norin #25	9.9	84.1	12.6	109	72.0	87.7	129	47.3	104
6. Nihonbare	9.4	82.2	15.2	83	86.8	82.3	110	45.6	100
7. Kanto #55	9.7	108.6	13.1	86	66.8	60.4	206	38.2	84
8. Norin #36	9.9	90.8	12.8	103	81.3	78.5	129	43.5	95
Average	9.7	91.4	13.4	95	76.7	77.2	144	43.7	96
L.S.D. 5%	—	1.85	1.17	3.58	6.57	6.72	—	4.97	—
1%	—	2.74	1.73	5.29	9.73	9.95	—	7.36	—

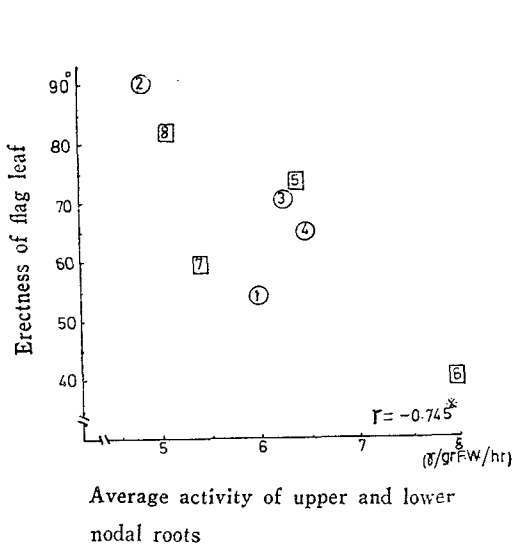


Fig. 11. Correlation between erectness of flag leaf and root activity at 1 week after heading.

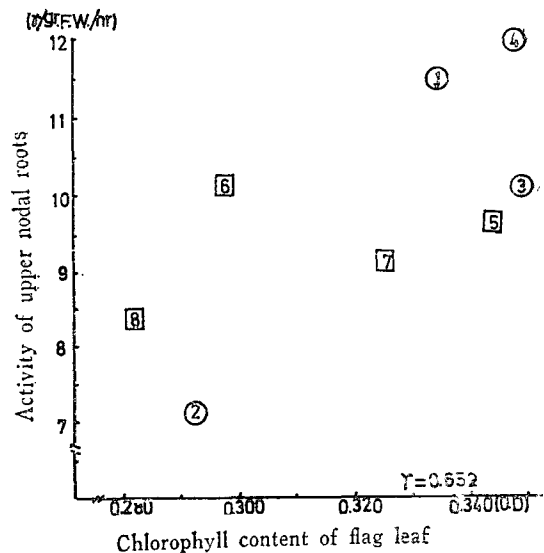


Fig. 12. Correlation between chlorophyll content of flag leaf and activity of upper nodal roots at 1 week after heading.

出穂 1週後の α -Naphthylamine 에 의한 根의 酸化力과 受光態勢面에서 重要視되고 있는 止葉의 開度와의 關係를 보면 그림 11에서와 같이 根의 酸化력이 높은 品種이 大體로 止葉의 角度가 작은(直立方向) 傾向을 나타내고 있었으며 또 上位根의 酸化力과 葉綠素濃度 및 水中處理(8日間)後의 葉綠素殘存率을 보면 그림 12 및 13에서 나타낸 바와 같이 大體로 正의 相關을 나타내고 있다.

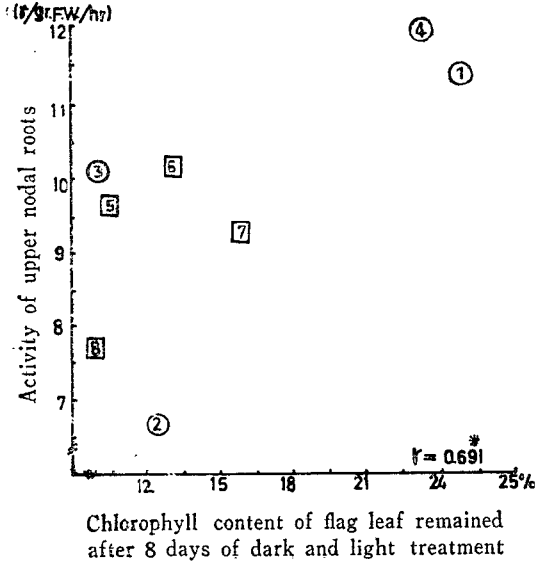


Fig. 13. Correlation between activity of upper nodal roots and chlorophyll content of flag leaf remained after 8 days treatment (1 week after heading).

다음에는 出穂前後의 根 平均活力과 幼穗形成期 및 乳熟期の 2次에 걸쳐 測定된 光合成의 平均能力과의 關係를 보면 이들間에 뚜렷한 傾向은 없으나 그 中에서도 根의 活력이 높은 品種이 光合成能力도 높은 傾向을 나타내고 있는 品種이 比較的 많았다.

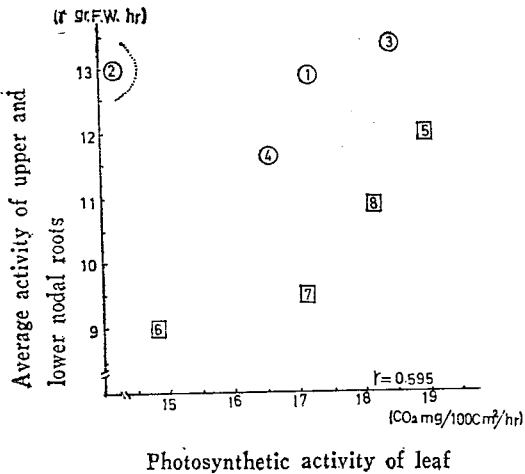


Fig. 14. Correlation between photosynthetic activity of leaf and root activity.

따라서 出穂前後의 根 平均活力과 葉內 蛋白態窒素 含量과의 關係를 보면 특히 根의 平均活력이 높은 韓國品種들이 葉內蛋白態窒素의 含量도 높은 傾向을 나타내었다(그림 15 參照).

以上에서 말한 바와 같이 乾物生産에 關聯되고 있는 止葉의 開度(受光態勢), 葉綠素濃度, 光合成能力 및 葉內蛋白態窒素含量 等은 根의 生理的活力과 密接한 相互 關連性을 가지고 있는 것으로 思料된다.

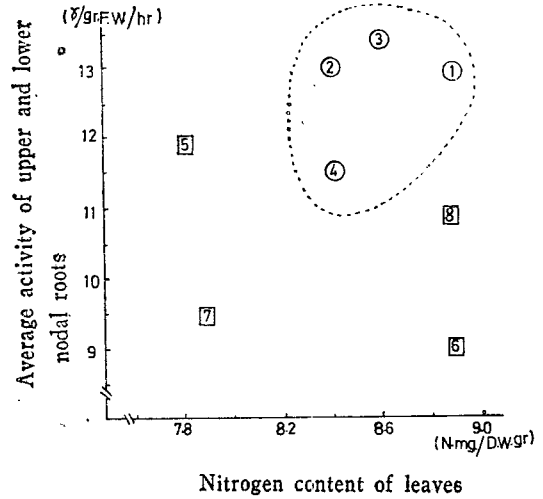


Fig. 15. Correlation between root activity and protein-nitrogen content of leaves.

한편 根의 酸化력이 높고 낮음은 無機營養의 吸收에 크게 影響을 미칠 것으로 보이기 때문에 出穂 1週前의 α -Naphthylamine 에 의한 根의 酸化力과 그 當時 止葉內의 Fe_2O_3 含有率과의 關係를 보면 그림 16에서와 같이 大體로 根의 酸化력이 높을수록 止葉內

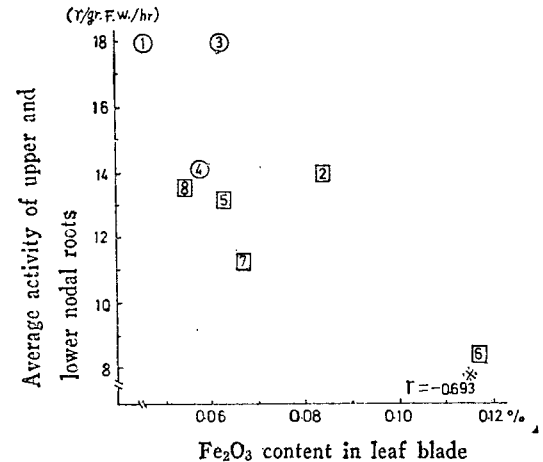


Fig. 16. Correlation between Fe_2O_3 content in leaf blade and root activity (at 1 week before heading).

의 Fe_2O_3 의 含有率은 낮아지는 傾向을 보이고 있으며 反面 같은 時期의 根의 酸化力과 止葉內의 MnO의 含有率과의 關係를 그림 17에서 보면 大體로 根의 酸化力이 높은 品種은 止葉內 MnO의 含有率이 많은 傾向을 보이고 있다.

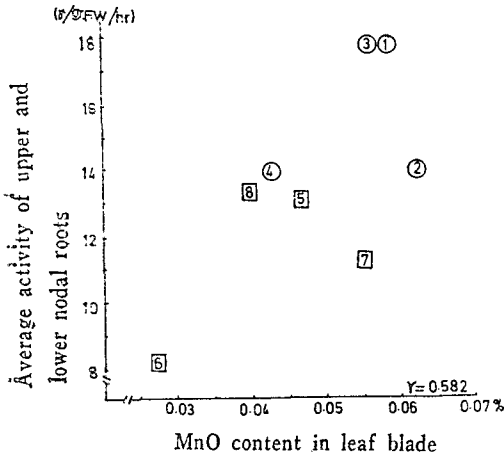


Fig. 17. Correlation between MnO content in leaf blade and root activity (at 1 week before heading).

다. 根의 生理的活力的 品種間差와 收量과의 關係 水稻品種間에 根의 生理的活力差가 顯著하다는 것은 前 試驗을 通하여 밝힌 바 있으므로 여기에서는 生育時期別 根의 生理的活力이 收量形質(表 6)에 어떻게 影響하고 있는가를 檢討하였다.

먼저 出穗 3週前의 α -Naphthylamine에 依한 上下位 根의 平均酸化力과 a當 玄米收量과의 關係를 보면 그림 18에서와 같이 一定한 傾向을 찾아 볼수 없었으나, 出穗 1週前 및 出穗 1週後는 漸次 根의 酸化力이 높을수록 a當 玄米收量도 많아지는 傾向을 보이고 있다.

다음에는 上位根의 活력이 下位根보다 越等히 높기 때문에 上位根이 地上部 生育에 더욱 크게 影響을 미칠것임으로 各 生育時期別 上位根의 酸化力과 a當 玄米收量과의 關係를 보면 그림 19에서와 같이 出穗 1週後에는 높은 正의 相關을 나타내고 있다. 따라서 以上の 傾向으로 보아 生育初期의 根의 生理的活力보다도 生育後期의 根의 生理的活力差가 收量에 더욱 密接하게 影響하고 있음을 認定할 수 있었다.

한편 根의 生理的活力的 安定 持續性(安定度)이

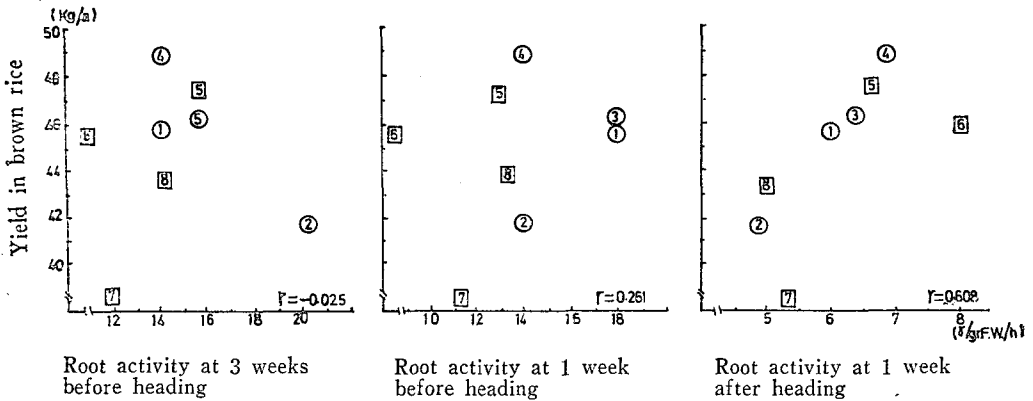


Fig. 18. Correlation between yield of brown rice and average activity of upper and lower nodal roots at different growing stage.

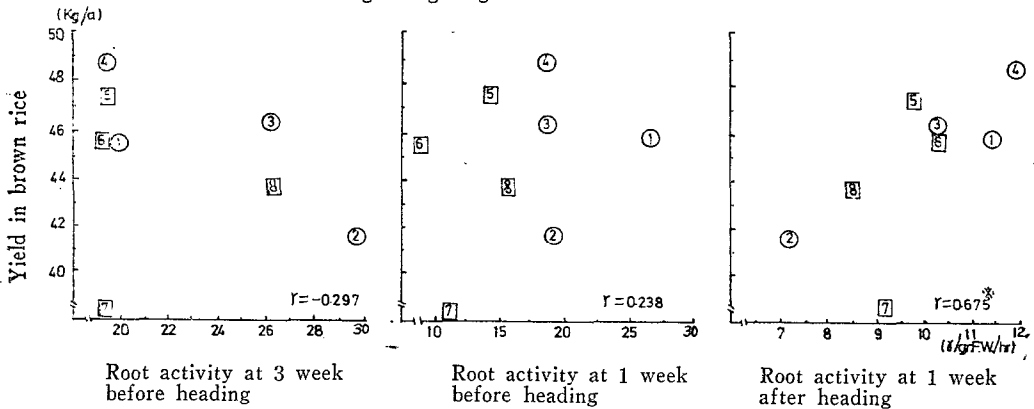


Fig. 19. Correlation between yield of brown rice and activity of upper nodal roots at different growing stage.

收量에 어떤 影響을 미치는가를 알아 보기 위하여 生育時期別로 上·下位根의 平均酸化力의 變異幅과 a當 玄米收量과의 關係를 보면 大體로 酸化力의 變異幅이 적은 品種일수록 收量이 높은 傾向을 나타내고는 있으나, 上位根의 生育時期別 酸化力에 대한 變異幅과 收量과의 關係를 보면 그림 20에 나타낸 바와같이 이 兩者間에는 前述한 上·下位根의 平均酸化力에 對한 變異幅 보다도 더 密接한 負의 相關($r = -0.936^{**}$)을 나타내었다.

무엇보다도 根의 生理的인 活力이 生育後期까지 높게 維持되는 것이 바람직 하기 때문에 끝으로 根의

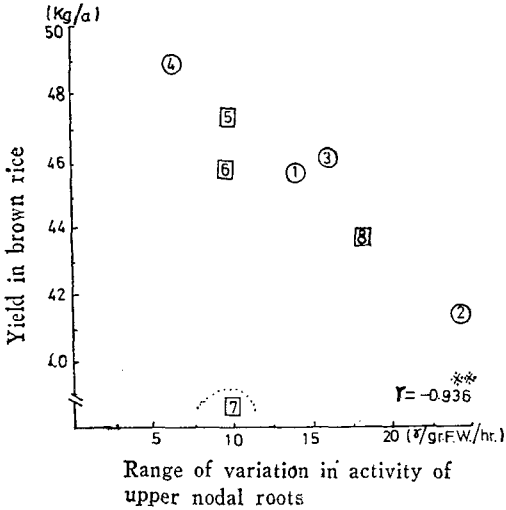


Fig. 20. Correlation between yield and range of variation in activity of upper nodal roots at different growing stage.

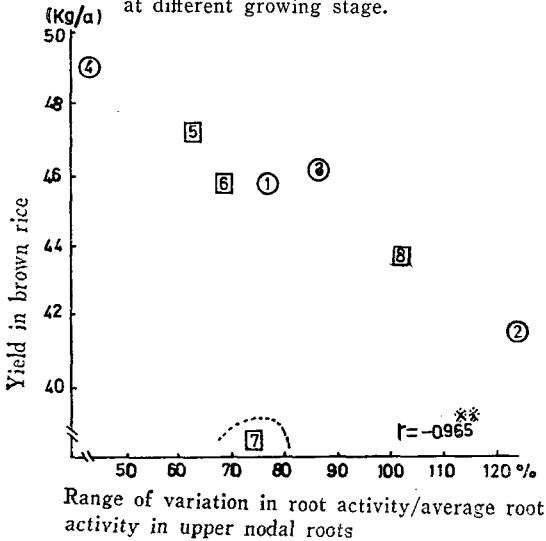


Fig. 21. Correlation between yield and ratio of range of variation in root activity to average root activity in upper nodal roots.

酸化力의 高位持續性(上位根의 時期別 變異幅/上位根의 平均活力)과 收量과의 關係를 보면 그림 21에서와 같이 $r = -0.965^{**}$ 의 높은 負(-)의 有意相關關係를 나타내고 있다. 다시 말해서 根의 生理的 活力이 生育後期까지 높게 維持될수록(다음 公式에서 算出되는 根의 活力指數가 클수록) 收量이 높다는 것이 認定되었다.

따라서 收量を 나타내는 根의 生理的 活力指數로서 다음 公式이 成立될 수 있을 것으로 思料된다.

$$RAI(\text{根의 活力指數}) = 1 / \left(\frac{V(\text{上位根의 生育時期間}(T_1 - T_2)\text{活力의 差})}{M(\text{上位根의 生育時期別活力의 平均})} \right) \times 100$$

다만 그림 20, 21에서 供試番號 7인 Kanto#55만이 例外的으로 收量이 떨어지고 있는 것은 出穗直後 甚한 倒伏이 發生되었기 때문이다. 그래서 統計處理에 서는 一但 除外하였다.

3. 根의 生理的 活力利用에 依한 系統選拔의 効率

收量의 高位生産성을 위한 養水分 吸收利用의 主役을 맡고 있는 根의 機能, 즉 生理的 活力은 栽培環境 특히 土壤의 여러가지 不良環境에 크게 影響을 받으며, 이 影響은 根腐抵抗性 또는 秋落抵抗性²⁴⁾ 등의 品種의 特性으로 反應한다고 생각된다.

따라서 品種育成을 위한 系統選拔過程에서 根의 生理的 活力을 診斷하여 보다 安全한 多收性 系統을 選拔한다는 것은 生理育種面으로 보아 뜻있는 일이라 하겠으나, 다만 根의 生理的 機能을 營養生理面이나 化學實驗室의인 過程을 通하여 그 많은 育成系統을 診斷한다는 것은 甚히 어려운 일이다. 따라서 本試驗에서는 李·太田²⁴⁾의 研究에 근거하여 苗에서의 根의 形質의 品種間差, 本畚 生育後期의 根의 生理的 活力이 地上部 下位葉身의 老化(Leaf senescence)程度 및 그 遲速과 어떤 關係가 있는가를 여러가지 試驗을 通하여 檢討하였던 바 根의 生理的 活力은 出穗期 및 乳熟期의 地上部 生葉身의 多少, 즉 下位葉의 枯死程度와 相互 密接한 關聯性이 있음을 明白히 하였다.

가. 成苗의 素質과 根의 生理的 活力

新根數와 新根長을 보면 表 7에서와 같이 供試品種間 顯著한 差異를 보여주고 있는데, 大體로 地上部의 生體重이 무겁고 稈의 굵기가 큰 品種이 新根의 發生數와 新根長이 긴 傾向이었다.

특히 苗素質 良否를 나타내는 尺度로서의 發根率과 H_2S 飽和溶液 浸漬法²⁴⁾에서 얻어진 酸化能力(白化程度)과의 關係를 그림 22에서 보면 高度의 正의 有意相關關係($r = 0.710^{**}$)를 보이고 있어서 酸化力이

Table 7. Rooting ability and some other characters of seedlings of tested varieties.

Trt. No.	Variety/Pedigree	① New root		Thick-ness of new root (mm)	② Fresh weight (gr)		Rooting ratio(%) (a)/(b) × 100	③ Whitening of roots (0-5)	④ Thick-ness of seedling base(mm)
		No.	Length (cm)		Root (a)	Top (b)			
1.	Akibare	13.5	141	0.32	1.49	2.76	54.0	1	9.0
2.	Jinheung	16.4	214	0.50	2.95	4.83	61.1	1	12.3
3.	Nihonbare	13.8	162	0.42	1.91	2.97	64.3	1	7.8
4.	Palkeum	13.7	178	0.48	2.78	3.17	87.7	3	9.2
5.	Suweon 216	13.1	147	0.45	1.79	2.39	74.9	1	7.3
6.	Suweon #213	19.0	239	0.37	2.63	3.57	73.7	3	12.7
7.	Suweon #222	23.3	291	0.41	3.85	4.95	77.8	2	12.7
8.	Suweon #210	18.8	256	0.52	4.03	4.35	92.6	3	11.8
9.	IR1317-316-9-2	16.6	190	0.37	1.78	2.71	65.7	2	7.3
10.	IR1317-359-2-3	14.2	167	0.44	2.35	3.25	72.3	—	8.8
11.	IR1317-316-2-2	16.2	184	0.41	2.30	2.86	80.4	3	7.6
12.	IR1317-316-3-2	15.5	188	0.38	1.70	2.90	58.6	—	8.1
13.	IR1317-29-3	23.8	309	0.42	3.86	3.83	100.8	3	11.6
14.	IR1317-70-1	21.8	314	0.43	4.00	4.10	97.6	4	13.7
15.	IR1325B1-7-15	14.5	203	0.46	2.63	3.73	70.5	—	10.7
16.	IR24	15.0	199	0.51	2.77	3.85	71.9	—	13.1
17.	IR781B4-351-3-2-1	28.2	374	0.48	5.04	5.61	89.8	4	13.4
18.	IR781B4-400-4-3-3-3	39.2	506	0.38	4.09	5.36	76.3	2	12.5
19.	IR1317-89-2	20.9	316	0.45	4.04	5.52	73.2	2	14.4
20.	IR1317-266-2	23.0	295	0.49	5.19	4.35	119.3	3	13.6
21.	6310F 4343-2-2-1	34.4	403	0.49	5.34	5.96	89.6	4	14.9
22.	6310F 4343-3-3	25.8	370	0.46	5.83	5.76	101.2	5	14.2
23.	IR781B4-400-4-2-2	24.0	277	0.44	3.38	3.33	101.5	4	11.2
24.	IR781-189-3-2-2-1-2	22.2	296	0.45	3.66	3.65	100.0	5	11.8
25.	Norin #36	23.8	296	0.42	3.66	4.27	85.7	5	10.4
26.	Morin #37	31.0	412	0.46	6.11	4.75	128.6	4	12.0
L.S.D. 5%		2.03	43.0	0.07	0.78	—	—	—	0.52
1%		2.68	56.9	0.09	1.03	—	—	—	0.91

① Mean of 10 seedlings

② Total weight of 10 seedlings

③ Whitening of roots by oxidation on 4th day after soaking in water saturated with H₂S

④ Long diameter × short diameter

Table 8. Root color, number of branch roots, thickness of root and oxidation activity of α -Naphthylamine by roots.

Trt. No.	Variety/Pedigree	Root color		Branch root		Thick-ness Aug. 17	Oxidation activity of α -Na. (μ g/2g. F.W./2hrs)
		Aug. 17	Sept. 1	Aug. 17	Sept. 1		
2.	Jinheung	Light yellow	Yellowish brown	Medium	Medium	Thick	125
5.	Suweon #216	Brown	Dark brown	Plenty	Plenty	Slender	115
6.	Suweon #213	Light yellow	Brown	Medium	Plenty	Medium	110
7.	Suweon #222	Light brown	Yellowish brown	Plenty	Medium	Medium	70
8.	Suweon #210	Light yellow	Yellowish brown	Few	Medium	Medium	75
9.	IR1317-316-9-2	Dark brown	Brown	Medium	Plenty	Medium	120
10.	IR1317-359-2-3	Brown	Dark brown	Plenty	Plenty	Thick	55
11.	IR1317-316-2-2	Dark brown	—	Medium	—	Slender	70

12.	IR1317-316-3-2	Dark brown	—	Few	—	Medium	90
18.	IR781B4-400-4-3-3-3	Light yellow	Dark brown	Plenty	Plenty	Slender	160
19.	IR1317-89-2	Dark brown	Dark brown	Few	Few	Medium	30
21.	6310F4343-2-2-1	Blackish brown	Dark brown	Medium	Few	Slender	50
22.	6310F4313-3-3	Light brown	—	Medium	—	Medium	95
24.	IR781-189-3-2-2-1-2	Dark brown	—	Few	—	Medium	65

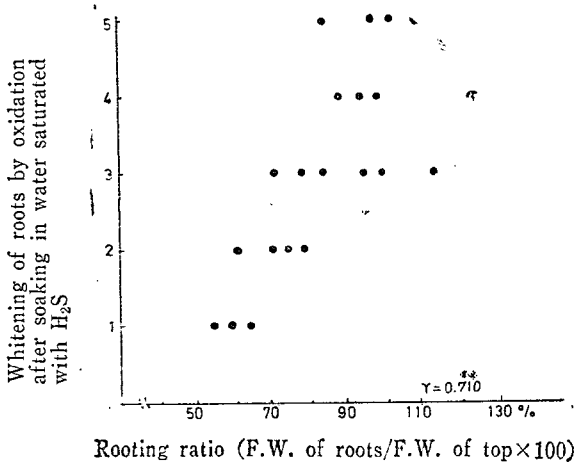


Fig. 22. Correlation between whitening of roots by oxidation and rooting ratio at adult Seedling Stage.

뿌름수룩 발根率이 높다는 것을 明白히 認定할 수 있었다.

나. 根의 生理的活力과 地上部形質과의 關係究明에 依한 根活力의 間接 診斷法

苗의 素質로서 重要視되는 發根率이 成苗根의 白化程度(酸化力)와 密接한 關係가 認定되었으므로 萬一 이같은 幼苗期의 根活力이 本番生育後期의 根活

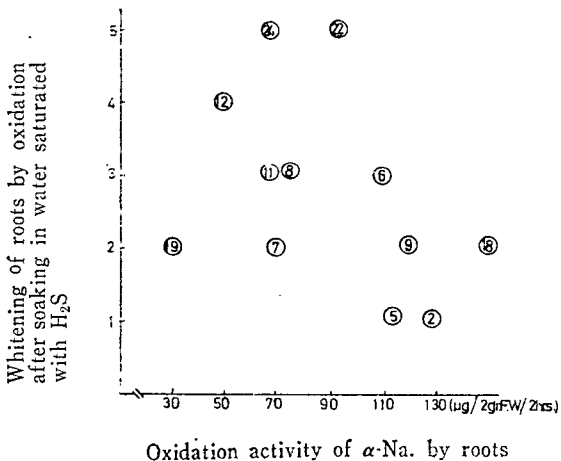


Fig. 23. Relationship between whitening of roots by oxidation at adult seedling stage and root activity at heading stage.

* Numbers in circle refer to the entry number in Table 7, and these indications follow from Fig. 23 to Fig. 29.

力과 關聯性이 깊다면 幼苗期 根活力檢定이 보다 簡便하므로 이를 系統選抜에 利用하는 것이 能率의 일 것이다. 表 7의 H₂S 飽和溶液處理後 根의 白化程度와 表 8에서의 α-Naphthylamine 에 依한 酸化力과의 關係를 그림 23과 같이 誘導하였다. 즉 이들 兩者間에는 뚜렷한 關係를 認定할 수 없었으며 이것으로 미루어보아 幼苗期의 根活力으로서 生育後期의 根活力을 決定的으로 判定하기에는 어려울 것으로 생각되었다.

한편 根의 外部形態의인 特性과 α-Naphthylamine 에 依한 根의 酸化力과의 關係를 表 8과 그림 24에서 보면 淡黃, 또는 淡褐色을 나타내고 있는 品種이 黑褐 또는 暗褐色을 나타내는 品種에 比하여 根酸化力이 큰을 알 수 있었고 또 根의 酸化力이 높은 品種은 大體로 分枝根이 中間程度 以上으로 많은 傾向이 있으며 Japonica 品種 및 系統間에는 根이 굵을수록 根의 酸化力이 높은 傾向이었으나 Indica × Japonica 系統間에는 一定한 傾向을 나타내지 않았다. 다만 系統選抜過程에서 稻株를 拔取하여 根色을 遠觀調査한다는 것도 實際上 利用이 어려운 點이므로 다음과 같이 地上部 特定形質과 根活力과의 關係를 調査하여 보았다.

즉 α-Naphthylamine 에 依한 根酸化量과 地上部 各

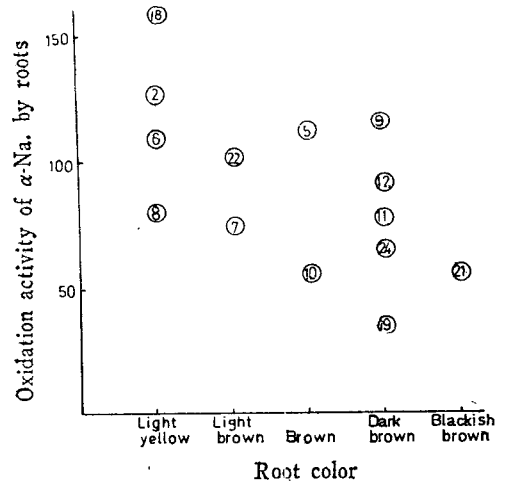


Fig. 24. Relationship between the root color and the oxidation activity of roots.

Table 9. Effect of removal of lower leaf blades to the ratio of unfilled grain and 1000-grain weight.

Trt. No.	Variety/Pedigree	Oxidation of α -Na. by roots ($\mu\text{g}/2\text{g. F.W.}/2\text{hrs}$)		① Green leaf blades		Ratio of unfilled grain		wt. of 1000 unhulled-grain		Yield in rough rice (kg/10a)
		Aug. 17	Sept. 1	Number	Dry weight (g)	Control	Leaf blades removed lower than 3rd leaf	Control	Leaf blades removed lower than 3rd leaf	
2.	Jinheung	125	55	4.5	1.81	12.8	13.0	26.9	25.9	736
5.	Suweon #216	115	50	5.0	2.04	9.5	34.7	21.9	22.2	627
6.	Suweon #213	110	95	4.4	1.88	15.5	23.3	23.4	23.8	610
7.	Suweon #222	70	40	3.5	0.66	11.5	12.0	23.5	22.6	497
8.	Suweon #210	7	50	3.7	0.93	19.3	18.8	20.7	22.9	537
9.	IR1317-316-9-2	120	65	4.4	2.46	13.9	25.0	23.3	18.7	616
10.	IR1317-359-2-3	55	35	3.3	0.38	33.9	32.2	22.7	19.2	488
21.	6310F ₄ 343-2-2-1	50	35	3.3	0.33	14.0	15.6	21.8	18.1	487
L.S.D. 5%		14.8	9.1	0.39	0.27	—	—	—	—	35.5
1%		20.6	12.7	0.55	0.37	—	—	—	—	49.3

① Date measured: Aug. 17

② Dry weight of green leaves lower than 3rd leaf.

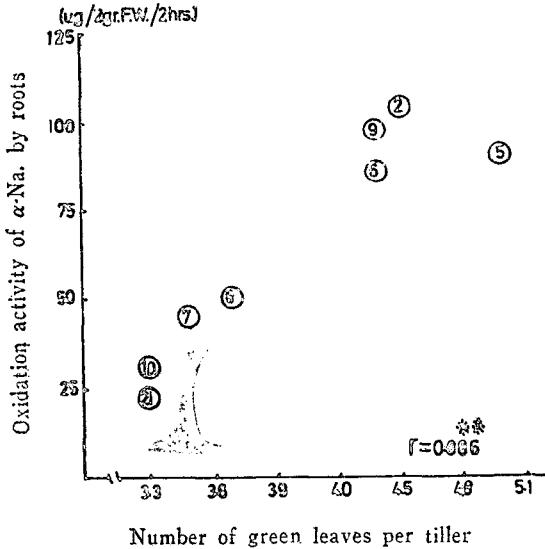


Fig. 25. Correlation between number of green leaves per tiller and oxidation activity of α -Na. by roots.

形質과의 關係를 여러가지로 調査檢討한 결과 가장 密接한 相互關係를 가지고 있는 것이 地上部 葉身の 枯死程度(生存葉數의 多少)와의 關係였다. 表 9 및 그림 25에서와 같이 出穗期 혹은 幼熟期の 生葉數와 根酸化量과는 高度의 正의 有意相關關係($r=0.886^{**}$)가 있음을 認定할 수 있었으며 이를 더욱 分明히 하기 위하여 生葉身の 量의 表示로서 乾重으로 秤量하여 그림 26과 같이 그림 25에서 보다 더욱 높은 正의 相關關係($r=0.960^{**}$)를 보임으로서 地上部 葉身の 長期 活力維持는 곧 地下部인 根의 活力을 長期間 높게 維持하므로써 可能하다는 事實을 明白히 할 수 있었다.

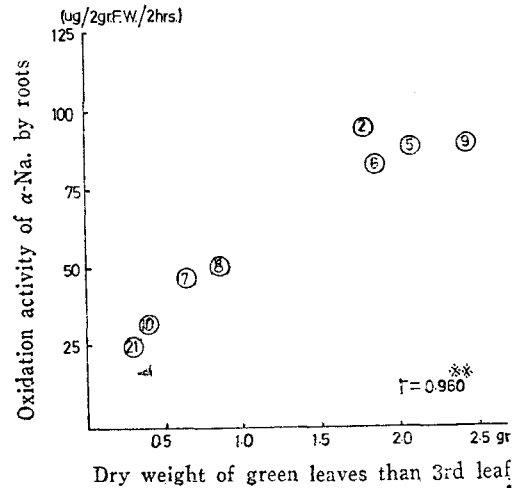


Fig. 26. Correlation between dry weight of green leaves lower than 3rd leaf and the Oxidation activity of α -Na. by roots.

以上에서의 事實을 確證하기 위하여 그림 27에서와 같이 人爲的으로 下位第3葉身以下の 葉身を 完全 切除하여 2週日後에 根活力을 測定한바 下位葉身切除區에서 根活力이 顯著히 低下한다는 興味로운 結果를 얻었으며 아울러 그림 28에서 보는 바와 같이 不完全比率도 切除區에서 顯著히 增加하는 것으로 보아 下部 葉身の 早期老枯가 根活力의 低下를 초래하며 아울러 登熟을 阻害한다는 事實을 明白히 認定할 수 있었다.

끝으로 根의 活力과 收量과의 關係를 보던 그림 29에서와 같이 高度의 正의 有意相關關係($r=0.785^{**}$)가 認定되었다.

以上の 結果로서 水稻生育後期 根活力調査手段으

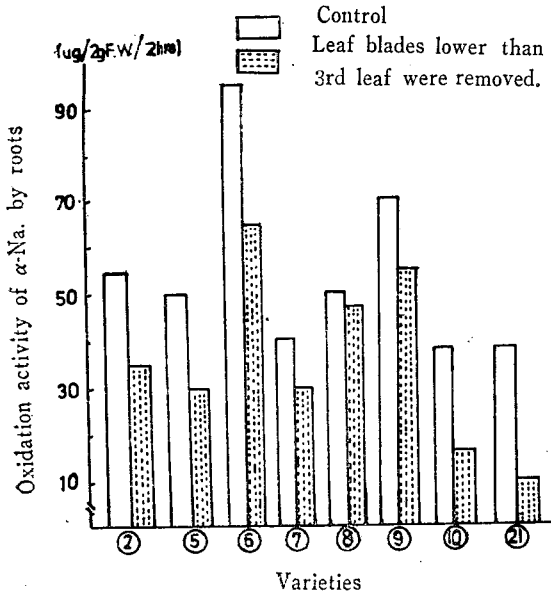


Fig. 27. Effect of removal of lower leaf blades on the root activity.

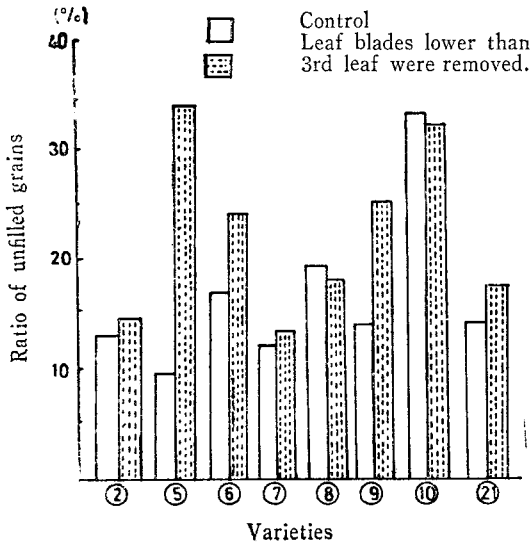


Fig. 28. Effect of removal of lower leaf blades on the ratio of unfilled grains.

로서 正確性을 가지고 있는 α -Naphthylamine 에 依한 根의 酸化量의 多少가 곧 地上部 同化器管 및 同化澱粉의 貯藏器管인 葉身의 活力維持, 즉 生葉身의 多少와 密接한 關係가 있고 이들이 收量構成에 크게 影響되고 있다는 것은 (表 9, 그림 29) 系統選拔 過程에 있어서 根의 生理的 活力의 間接的 診斷方法으로 生育後期 地上部 生葉身의 生存數를 達觀調查하므로써 可能하다는 것을 示唆해 주는 것으로 생각된다.

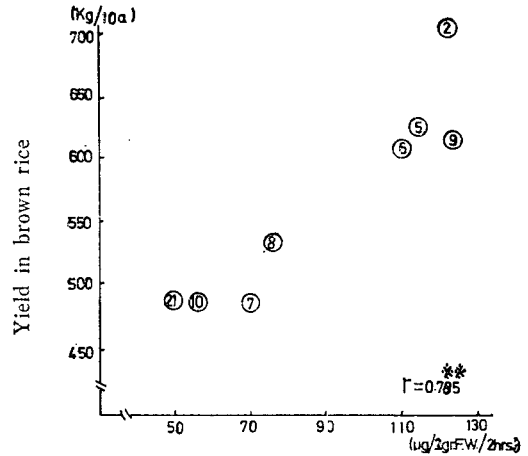


Fig. 29. Correlation between the oxidation activity of α -Na. by roots and the yield in rough rice.

IV. 考 察

1. 稈基 및 根의 形態와 根의 生理的 活力과의 關係

가. 稈基의 形態와 根의 形態와의 關係

地上部의 器官과 根의 器官과의 사이에는 一定한 規則性을 가지고 分化發育한다는 事實은 片山²³⁾의 同伸葉理論과 藤井¹⁸⁾의 根群發達의 規則性에 關한 研究報告에서 明白히 되었거니와 猪坂⁴⁹⁾의 稻體內的 維管束에 依한 各器官 相互連絡 規則性에 關한 一連의 組織形成上 興味로운 報告로서도 깊은 關聯性을 가지고 있다는 것으로 確證할 수 있으나, 다만 育成母地가 다른 많은 品種間의 稈基와 根의 形態 및 機能과의 相互關聯性에 關한 研究報告는 거의 없다. 本試驗結果 品種間, 또는 育成母地別 品種群間(우리나라와 日本品種間)의 稈基의 굵기에 顯著한 差異가 있다는 點과 稈基의 굵기는 稈基皮層內 氣腔直徑과 密接한 關係가 있을뿐 아니라 稈과 直接 連結되어 있는 上位부터 第3節位根(藤井의 第n葉과 第n-3節의 根이 同伸性)의 굵기는 물론 根皮層下 柔細胞數, 後生木部導管數와 극히 높은 正의 相關을 認定할 수 있다는 것은 위 研究者들의 報告로 미루어 當然한 結果로 推察되며 이에 對하여 松島³⁰⁾는 稈基 第5伸長節間의 굵기는 穗首直下節의 굵기와 密接한 關係가 있으며 이는 다시 一次枝數와 關係하여 穎花數增加에 直結되는데 이것은 各各의 維管束數의 多少에 關聯한다고 말했으며 李·太田³¹⁾는 節位別 根의

形態와 稈基의 굵기 및 一穗穎花數의 關係에서 第3節位根이 굵은것은 그 根의 中心柱後生木部導管數가 많고 直徑도 크며 同時에 이 根이 附着되어 있는 稈基 및 穗首節下의 直徑이 크고 이는 다시 一穗穎花數가 많은 一連의 密接한 關聯性이 存在한다고 報告했고 藤井¹⁷⁾는 內部形態的으로 節을 中心으로 하여 葉·分蘖의 維管束 및 根數와의 사이에는 組織的인 連絡이 있다고 한것으로 미루어 本試驗에서의 結果를 뒷받침하는 것이라고 생각되며 한편 稈基內氣腔直徑이 큰것이 根이 굵고 水分의 通導器官인 大導管數가 많다는것은 有門^{5,6)}의 水·陸稻에 對한 畚·田狀態에서의 稈基의 通氣組織系의 發達程度 및 水·陸生植物의 通氣組織系의 解剖學的, 生態學的 研究에서 水稻가 陸稻에 비해 더욱 湛水狀態에서 良好한 發達을 보여 耐濕性이 強하며 水生植物에 비해 隔壁의 通氣性이 커서 乾濕을 不門하고 不良環境에 適應, 地上部에서 根部로 內部的 酸素供給度를 增大할수 있도록 特有한 構造的 特徵을 가진다고 報告한 것으로 보아 우리나라의 品種群이 日本의 品種群보다 이들 形質이 顯著히 크다는 것은 品種育成母地인 우리나라의 氣象 및 栽培環境이 日本에 비해 早魃(5-6月の 早魃)과 過濕(7-8月 多雨 및 湖南의 濕畚)의 條件에서의 選拔·適應型으로 育成된데 起因하는 것으로 解析할 수 있으며 따라서 이같은 事實은 우리나라 品種은 그 育成母地인 우리나라 地域環境에 더욱 잘 適應할 수 있는 特徵을 지니고 있음을 示唆해 주는 것이라고 생각할 수 있다. 또한 根이 굵은 品種일수록 根皮層內 柔細胞數가 많았는데 이같은 傾向은 위에서의 根形態差異에서와 같이 우리나라 品種群이 日本 品種群에서 보다 顯著하게 많은 것을 認定할 수 있었다. 植物組織의 皮層에서 보여지는 間隙을 破生間隙, 離生間隙, 崩壞間隙으로 區分하는데²¹⁾ 森⁴⁵⁾는 水稻根에서 主로 認定되는 間隙은 皮層柔細胞에 있는 것으로서 柔細胞의 橫斷面은 規則的인 Diamond 狀이고 縱斷面은 管狀空隙을 이루워 規則 整然하게 放射配列을 하고 있으며 離生間隙은 細胞收縮에 의하여 發生한다고 하였다^{38,11,60,61)}. 皮層間隙의 意義로서 通氣組織과 機械的인 面을 提示하였는데 前者는 培地의 通氣나 酸化狀態와의 關聯⁷⁹⁾, 間隙內 填充物質의 檢索⁸⁰⁾, 生理學的 實驗^{2,3)}, 組織學的 觀察¹⁰⁾, 系統發生學³⁾ 등의 多角的인 研究를 通하여 柔細胞에서 破生된 間隙(氣腔)은 通氣的 機能을 가지고 根端에서의 呼吸에 必要한 酸素를 捕給한다는 事實에는 疑心할 餘地가 없다고 생각되며 後者는 間隙內部에 gas가 充滿되어 있으면 根의 機械的 強固性을 增大시킨다고 報告

되었다⁴⁵⁾. 以上の 여러가지 報告로 미루어보아 育成母地가 다른 두 品種群間에 根의 伸長 完成期 以後에 形成된 形態 및 內部組織의인 樣相의 差異가 있다는 것은 根의 呼吸 代謝 및 養水分吸收 等の 生理作用에도 差異가 있음을 짐작할 수 있다.

나. 水稻根의 生理的 活力과 稈基 및 根形態와의 關聯性

稈基의 굵기 및 稈基 皮層內 氣腔의 크기와 第3節位 根의 形態와는 形態的으로 密接한 關聯性을 가지고 있다는 것은 前 試驗結果를 通하여 明白히 되었으나 果然 이같은 關係가 生理的인 機能面에서도 똑같은 關係가 있는가를 알기 위해 根의 活力(酸化力)과의 關聯性을 檢討하였던 結果, 稈基 皮層內 氣腔의 直徑과 根 活力間, 根 皮層內 柔細胞數와 根 活力間에 正의 相關이 있음을 認定할 수 있었고 우리나라 品種群은 日本品種群보다 크거나 높은 便에 屬했다. 이것은 前述한 通氣系의 發達^{2,3,5,6)}과 아울러 根皮層崩壞 發達이 分枝根의 發育과 密接한 關係가 있고 種子根에서의 皮層崩壞와 各器官의 生長, 窒素代謝 등의 關係를 檢討하여 結論的으로 皮層崩壞는 根軸의 伸長과 側根發育의 Energy 供給系로서 意義가 있다고 한 河野²⁴⁾ 및 河野·山田²⁵⁾의 報告로 미루어 보아 우리나라 品種이 顯著히 根의 形態 및 機能上 不良環境에서의 適應性이 높음을 示唆해 주는 것으로 생각된다. 또한 根이 굵고 後生木部導管數가 많은 品種(우리나라 育成品種)이 根活力이 높았는데 이는 導管이 水分通路로서의 機能을 갖는다는 것으로 보아 根活力과 直接 關係하는 것으로 推察되며, 이는 太田·李³⁴⁾의 突然變異 系統에서의 第3-4節位 根의 굵기와 根活力과의 關係에서와 一致한다.

2. 根의 生理的 活力과 地上部 生育形質 및 收量形質과의 關係

가. 生育時期別 根의 生理的 活力의 品種間 差異 稻田¹⁹⁾는 水稻根의 生育時期別 生理的 特性으로 보아 幼穗形成期 以後는 形態 및 機能的으로 衰退한다고 했으며, 李·太田³²⁾는 生育時期에 다른 窒素缺除試驗에서 減數分裂期까지는 窒素缺除가 根活力에 미치는 影響은 별로 크지 않으나 出穗期以後 부터는 크게 影響을 받아 窒素缺除는 下位根은 물론 上位根에 있어서도 急激한 活力의 低下가 있다고 報告하였으며 馬場⁵⁴⁾도 生育期窒素過多, 幼穗形成期以後 窒素缺除條件에서 生育시킨 水稻는 正常的 窒素條件에서 生育된것에 比하여 下位根(舊根)의 活力이 보다 顯著한 低下를 보여 早期에 根腐를 이르킨다고 했다 이들 報告는 本試驗에서 出穗前 3週에 根活力이 가장 높고 그뒤 生育이 進展됨에 따라 어느 品種이든 低

下하는 것과 一致하며 品種間 差異가 顯著하면서 上位根의 活力이 下位根의 活力보다 生育時期別 變異幅이 顯著했는데 이는 品種이 가지는 生育時期의 根機能 維持能力의 差라고 보아진다.

興味로운 事實은 出穗 3週前(穎花分化盛期)에서 出穗 1週前(減數分裂後期) 및 出穗 1週後(乳熟期)에 이르는 사이의 根活力의 變異幅인데 우리나라 品種들이 日本 品種들보다 時期別 根活力이 다같이 높으나 그 變異幅 즉 上位根酸化量の 變異幅/上位根酸化量の 平均值(이 比의 值가 적은 것은 出穗 3週부터 出穗後 1週까지의 根活力의 減退가 적고 平均根活力이 높은 것을 表示함)가 큰데 이는 生育中期에서 後期로 갈에 따라 根機能이 急激히 衰退하여간다는 것을 意味하는 것으로 收量生産面에서 本래 重要한 生理的인 側面을 示唆해 주는 것으로 생각된다. 이와같은 傾向은 品種에 따라 뚜렷한 差異가 있으며 Palkeum 이나 Norin #25는 變異幅이 적으면서도 比較的 높은 活力을 나타내고 있었는데, 특히 Palkeum 은 根이 굵고, 根張力이 크며, 根의 柔細胞數는 물론 後生木部 導管數도 많고, 稈基 皮層內 氣腔의 크기도 큰 것으로 미루어 根形態 및 生理面으로 優秀한 特性을 가지고 있는 것으로 推察된다.

나. 水稻根의 生理的 活力과 止葉의 몇가지 形質 및 成分含量과의 關係

止葉의 開度, 즉 下垂程度는 受光態勢面에서 重要視되고 있으나 지금까지의 研究는 주로 品種의 特性으로서 根과의 關聯을 두지 않고 研究되었으나^{48,71} 李·太田³⁴는 突然變異 系統 및 草型이 다른 品種에서 止葉의 傾斜角度(經時的 變異幅)는 出穗期에서 乳熟期까지의 上位根 및 全根의 活力과 密接하게 關係하여 活力의 低下程度가 클수록 止葉은 下垂한다고 했으며, 許·太田¹⁴는 深層追肥는 止葉을 顯著하게 伸張시키고, 葉이 넓고 두껍게 하면서도 直立으로 되게 하여 受光態勢가 좋은 草型을 維持하게 하고, 同時에 根活力이 높았다고 했다. 本試驗의 結果에서도 品種間止葉의 開度(傾斜角度)가 적은 直立인것이 根活力이 높았다.

또한 出穗後 根活力을 높게 維持하는 品種은 葉綠素 濃도가 높고 같은 切斷 葉身의 葉綠素 殘存率(分解速度)도 높았는데 이것은 바로 生育後期 根活力 즉 生理的 機能이 높은것은 根의 呼吸과 養水分 吸收能力이 높다는 證據로서, 地上部의 機能도 活潑히 오래도록 유지할 수 있다는 것으로 해석된다⁶⁰.

또한 根活力이 높은 品種은 葉의 老化가 늦을뿐 아니라 光合成 能力도 높았으며, 葉身內 窒素의 含量도 높았는데, 이와같이 根活力이 오래 높게 維持되는 品

種은 體內窒素 濃도를 높게 保有하고^{30,40,68} 葉의 老化가 적고(葉綠素 濃도가 높음) 光合成能力도 높은것으로 推定되며^{32,49}, 根活力이 窒素의 吸收 以外에 어떤 루트를 통해서 光合成能力(Po)에 關係하는가에 對해서는 明白한 研究報告는 없다. 다만 濕畚에서의 中間落水가 光合成能力을 促進한다는것^{29,43}, 根에 黃化水素나 二價鐵을 施與하여 酸素不足 條件을 만들어주면 光合成能力이 低下한다는 事實¹⁰로 미루어 根活力을 통하여 直接 또는 間接적으로 地上部의 光合成能力에 影響을 미칠 可能性이 높은 것으로 생각되어진다. 根活力과 葉身中 Fe₂O₃ 및 MnO 含量間에는 Fe₂O₃의 含有率이 높은 品種은 MnO의 含有率이 낮은 傾向으로 拮抗的인 關係를 보여준 結果였다^{14,65}.

다. 根의 生理的 活力의 品種間差와 收量과의 關係

根의 活力과 收量과의 關係에 對하여는 여러가지 研究를 통하여 報告되고 있는데 相馬·小野⁶³, 松浦 등³⁷, 許·太田¹⁴, 李·太田³³ 등은 深層施肥 등 栽培法 改善에 依한 增收의 一因으로서 根重 및 根活力 增加에 따른 平均 一穗粒數의 增加 및 1,000粒重, 登熟率 增大 등을 들고 있다. 本試驗 結果 出穗 3週前의 根活力과 收量과는 뚜렷한 關係를 認定하기 어려우나 生育後期로 갈수록 根活力과 收量과는 密接한 關係가 있으며, 더욱 上·下位 平均 根活力에서 보다는 上位根活力이 一層 높은 關係를 가지는 것은 生育後期로 갈수록 下位根의 活力은 더욱 衰退하여 品種間 差異가 적고 주로 上位根의 活力이 地上部의 生育에 作用하고 있기 때문인 것으로 생각된다. 여기에서 重要한 事實은 根活力이 어느 生育時期에 만 높을것이 아니라 生育時期의 進展에 따른 根活力의 變化, 즉 低下程度(本 研究에서는 根의 活力指數로서 아래와 같은 式으로 標示)가 적을수록 收량이 많다는 點이다. 다시 말하면 根의 活力指數가 큰(根活力이 生育後期까지 높게 持續되는) 品種일수록 높은 收량을 나타내고 있다.

根의 活力指數(RAI)=

$$1 / \left(\frac{V(\text{上位根의 生育時期間}(T_1 - T_2) \text{ 活力의 差})}{M(\text{上位根의 生育時期別 活力의 平均})} \right) \times 100$$

以上の 考察에서 根活力이 높게 오래 維持되는 品種은 止葉의 下垂가 적고 葉身中 葉綠素의 濃度 및 蛋白態窒素의 含量이 많을뿐 아니라 光合成 能力이 높아서 收量 增大에 까지 連結시킬 수 있는 重要한 要因이 된다는 것을 明白히 認定할 수 있었다.

3. 水稻根의 生理的 活力 利用에 依한 系統選拔의 効率

가. 成苗의 素質과 根活力

系統選抜에 있어 根의 形態 및 生理의 活力을 營養生理面이나 化學實驗室의인 調查方法을 導入한다는 것은 매우 어려운 일이다. 馬場⁴⁾에 依하면 幼苗의 根活力 診斷으로 H_2S 飽和溶液 浸漬에 依한 黑化에서 白化로 變化하는 程度에 品種間差異를 指摘하고 이를 根腐抵抗性의 尺度로 標示하고 있는데 本試驗結果에서도 品種間 差를 認定할 수 있었으나 本畝에서의 α -Naphthylamine에 依한 酸化力(活力)과는 뚜렷한 關係가 없었으며 幼苗期의 根活力으로서 生育後期의 根活力決定의 指標로 하는 것은 不可能할 것으로 생각되었다.

나. 本畝에서의 根活力의 間接的인 診斷法

上述한 여러試驗에서 本畝 生育後期의 根活力은 地上部 葉身의 活力(葉綠素의 濃度 및 分解速度)과 密接히 關係하고 있음을 明白히 할 수 있었으며, 本試驗에서는 여러가지 形質과의 相互關聯性을 檢討한 結果 地上部 下位葉身의 枯死程度, 즉 生葉數의 多少와 가장 密接한 關係가 있음을 認定할 수 있었고, 이를 뒷받침하기 위한 人爲的인 下葉身 切除는 根活力의 顯著한 低下를 이르고 아울러 登熟의 低下 및 收量의 減收를 明白히 立證할 수 있었다³⁴⁾. 乳熟期의 上位根活力이 높은 것은 地上部 葉身의 葉綠素 濃度の 減退가 적고, 下葉의 早期 老化가 적어 오래도록 活力을 維持한다고 했으며¹⁸⁾, 長井・侯野⁵⁰⁾는 根이 굵은 品種이 下葉의 枯死가 적다는 報告등과도 一致하는 것으로 미루어보아 今後 品種育成 過程에서 根腐抵抗性・秋落抵抗性 등 系統選抜에서 根의 形態 및 機能의 直接的인 調查觀察을 代身하여 地上部 下葉身의 老化程度의 遲速으로 間接的인 根活力 診斷이 可能할 것으로 생각된다.

以上の 研究 結果에서 우리나라 水稻育種에서 參考하여야 할 것은 우리나라 品種이 不良環境에 適應性이 높은 根의 形態 및 活力(機能)을 지니고 있다는 長點을 基礎로하여 其他 有用形質 導入에 積極 힘써야 할 것으로 믿어진다.

V. 摘 要

本 研究는 1968~'69에 水稻育種에서의 母本選定을 위한 參考資料를 얻고져 育成母地가 다른 우리나라 品種과 日本品種을 各各 8品種씩 供試하여 根의 形態 및 生理의 機能을 調査하고 그의 品種間差와 根活力 및 地上部主要形質들 相互間의 相關을 檢討하는 한편 1972년에는 根의 形態 및 機能을 系統選抜過程에 利用코자 草型이 다른 26品種(系統)을 가지고 根活力과 地上部 特定形質相互間의 關聯性을 檢討한 것

이다. 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 稈基斷面의 直徑과 稈基皮層內 氣腔의 直徑間에 그리고 根의 直徑과 稈基斷面의 直徑 및 根皮層內 柔細胞數間에는 높은 正의 有意相關이 認定되었다.

2. 根의 直徑과 根의 後生木部大導管數 및 張力間에 高度의 正의 有意相關이 認定되었다.

이와같은 形態的인 關聯은 地上部로 부터 根部로 連結되는 通氣系 및 水分供給등에 대한 組織構造에 있어서 우리나라 品種이 日本品種에 비해 優秀한 傾向이었다.

3. 根의 生理의 活力과 稈基皮層內 氣腔의 直徑, 根의 皮層內柔細胞數 및 根의 後生木部大導管數間에 各各 有意相關을 보였다. 이것은 組織 및 形態와 根의 生理의 機能間에 密接한 關係가 있음을 明白히 認定할 수 있었으며, 우리나라 品種이 稈基가 굵고 皮層內 氣腔 直徑이 크면서 根의 皮層內 柔細胞數와 大導管數가 많고 生理的 活力도 높았다. 이것은 根腐를 일으키기 쉬운 地域에 對하여 適應하고 있는 特性으로 推定된다.

4. 生育時期別 根의 生理의 活力의 品種間差異는 우리나라 品種들이 上·下位 根 모두 出穗前에는 높은 活力을 보이나 出穗後에는 急激히 低下하였는데 反해, 日本品種들은 出穗後 根活力의 低下가 緩慢하였으며, 根活力의 生育期間中의 變異幅은 우리나라 品種들이 큰 傾向이었다.

5. 出穗前의 根의 活力이 높은 品種은 止葉의 傾斜角度가 작고(直立), 葉身의 葉綠素 濃도가 높으며 그 分解速度가 느리고, 出穗前後의 根活力이 높은 品種은 葉身內 蛋白質窒素의 含量이 많으며, 同時에 光合成能力도 높았는데 이의 品種間 差異는 顯著하였다.

6. 出穗直前 根活力과 葉身中 Fe_2O_3 및 MnO 含量과의 關係는 뚜렷한 傾向을 認定할 수 없었으며, 다만 兩成分間에 拮抗的인 傾向이 認定되었다.

7. 出穗前의 根의 活力과 收量과의 關係는 뚜렷한 傾向을 찾아보기 어려웠으나 出穗後期가 될수록 兩者間의 密接한 關係를 認定할 수 있었다.

특히 根의 活力指數[$(\text{根活力의 變異幅}/\text{活力의 平均值}) \times 100$]가 높을수록 收量이 높았다. 즉 根의 活力이 높고 變異가 적은 것이 收量性이 높았다.

8. 成苗의 根活力은 苗素質로서 重要視되는 發根率과 密接한 關係가 있었다.

9. 出穗期 및 乳熟期에 있어서의 根活力은 地上部 生葉身의 多少와 높은 正의 有意相關이 認定되었으며, 根活力이 높을수록 生葉數가 많았고 根活力이 낮은 品種일수록 下葉의 枯死程度가 커져 生葉數가 적었다

10. 下位葉身의 切除處理는 根活力을 顯著히 低下

시켜서 위의 事實을 再確認할 수 있었다.

따라서 系統選抜過程에 있어서 生育後期에 生葉數 (遠觀에 의한 方法)를 調査하므로써 根活力을 診斷하는 間接的인 方法이 될 수 있다고 보았다.

引用文獻

1. 相見靈三根. 1961. 根의 機能에 關する 細胞生理的 研究.
(Ⅳ) 水稻體에 於ける 莖葉部より 根部へ 的 積極な 酸素供給. 日作紀 29 (1) : 51-54.
2. 有門博樹. 1953. 稻의 通氣組織에 關する 一知見. 日作紀 22 : 49-50.
3. _____. 1956. 通氣系의 發達と 耐濕性との 關係. (第7報) 水田及 び 畑狀態下에 生育する 水陸稻의 通氣壓. (第8報) 水·陸生植物의 通氣系と 通氣壓. 日作紀 24 : 289-295.
4. _____. 1959. 通氣組織系의 發達と 作物의 耐濕性との 關係. (第11報) 地上部의 有無と 根의 呼吸의 強さとの 關係. 日作紀 28 : 1-3.
5. Arikado, H. 1959. Comparative Studies on the Development of the Ventilating System between Lowland and Upland Rice Plants Growing under Flooded and Upland Soil Conditions. Bull. Fac. Agr. Mie Univ. 19 : 1-10.
6. _____. 1959. Supplementary Studies on the Development of the Ventilating System in Various Plants Growing on Lowland and on Upland.
7. 有門博樹. 1964. 通氣組織系의 發達と 作物의 耐濕性との 關係. (第13報) 이탈리아·라이グラスと 玄麥의 耐濕性의 差異. 日作紀 32(4) : 353-357.
8. _____. 1965. 酸化·還元培地에 於ける 作物根의 呼吸と 養分吸收との 關係. (第1報) 嫌氣條件下에 於ける 水稻根의 呼吸と 養分吸收との 關係. 日作紀 34 : 133-138.
9. 馬場起. 1958. 水稻의 胡麻葉枯病秋落의 發生機構에 關する 榮養生理的 研究. 農技研報 D 7 : 1-157.
10. 田島公一. 1962. 作物根의 生理的 研究. (Ⅲ) 硫化水素에 由る 根腐れ가 水稻의 同化, 呼吸及 び 登熟에 及ぼす 影響. 日作紀 31 (1) : 11-14.
11. Beckel, D.K.B. 1956. Cortical disintegration in the roots of *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) LAG. New phytol. 55 : 183-190.
12. Brouwer, R. 1966. Root growth of grasses and cereals. The growth of cereals and grasses. (Ed.) F.L. Milthorpe and J.P. Ivins, Butterworths, London, 153-166.
13. 崔鉉玉, 朴來敬, 李鍾薰, 李啓洪. 1974. 水稻根의 生理的 活力 利用에 依한 系統選抜效率 增進에 關한 研究. 農振廳, 農試研報 16 (작물편) : 13-18.
14. 許煇, 太田保夫. 1969. 深層追肥と 間斷灌溉가 水稻의 收量および 生理生態的 特性에 及ぼす 影響. 日作紀 38 (3) : 501-506.
15. Hoagland, D.R. and T.C. Broyer. 1936. General nature of the process of salt accumulation by roots with description of experimental methods. plant physiol. 11 : 471-507.
16. 藤井義典. 1952. 水稻의 根および 葉에 於ける 通氣組織. 佐賀大農彙 1 : 1-16.
17. _____. 1958. 水稻의 節에 於ける 葉의 維管束と 根의 配列との 關聯에 關하여. 日作紀 27(1) : 67-70.
18. _____. 1961. 稻, 麥에 於ける 根의 生育의 規則性에 關する 研究. 佐賀大農學彙報 12 : 1-117.
19. 稻田勝美. 1967. 水稻根의 生理的 特性에 關する 研究. とくに 生育段階なら び에 根의 age의 觀點에 於いて. 日農技研報 D 16 : 19-156.
20. 猪坂正之. 1962. 稻의 維管束의 分化發達及 び 維管束에 由る 各器官의 相互連絡と 成育との 關係에 關하여의 研究. 宮崎大學農研時報 7(1) : 16-116.
21. _____. 1954. 植物組織學. 東京, 大和印刷.
22. 岩槻信治, 石黒迅. 1936. 水稻의 根의 伸長量에 關하여. 農及園 11(9) : 2187-2196.
23. 片山佃. 1951. 稻, 麥의 分蘗 研究. 一稻, 麥의 分蘗 秩序에 關する 研究. 一養賢堂.
24. 河野恭廣. 1968. 水稻根에 於ける “破生通氣組織”의 形成에 關する 組織發生理學的 研究. 日作紀 37 : 235-246.
25. _____. 山田記正. 1969. 水稻根에 於ける 皮層 崩壞現象의 發育生理學的 研究. 日作紀 38 : 477-488.
26. 川田信一郎, 山崎耕宇, 石原邦, 芝山秀次郎, 賴光隆. 1963. 水稻에 於ける 根群形態 形成에 關하여. とくに 其의 生育段階에 着目した 場合의 一例. 日作紀 32 (1) : 163-180.
27. _____. _____. _____. 1969. 水稻一個體에 於ける 叢數と 冠根數との 關係. 日作紀講演要旨 38 (別 1) : 181-182.
28. 木戶三夫, 武舍武夫. 1954. 通氣と 水稻의 生育 特に 根의 形態及 び 呼吸との 關係. 日作紀 23 (1) 16-20.
29. 香山俊秋, 宮坂昭, 江口和雄. 1962. 濕田에 於ける 水管理에 關する 作物學的 研究. (Ⅶ) 落水處理가 水稻 光合成에 及ぼす 影響. 日作紀 30 (2) : 143-145.

30. Kramer, P.K. 1949. Plant and soil water relationships. 103-130. McGraw Hill Co. New York.
31. 李鍾燕, 太田保夫. 1970. 水稻の地上部の形質におよぼす根の役割に関する研究. (第3報) 要素別根の形態と稈基の太さおよび一穂穎花数との関係. 日作紀 39 (4) : 500-504.
32. 李鍾燕, 太田保夫. 1970. 水稻の地上部の形質におよぼす根の役割に関する研究. (第4報) 窒素の欠除および株内根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.
33. _____, _____. 1971. 水稻の地上部の形質におよぼす根の役割に関する研究. (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.
34. _____, _____. 1973. 水稻根の形態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.
35. Lee, J.H. and OTA, Y. 1973. Interrelationship between the Morphological and physiological Characteristics of Roots and Shoots of Rice plants. 日農技研報 D 24, 61-105.
36. 松島省三. 1957. 水稻収量の成立と豫察に関する作物學的研究. 日農技研報 A 5 : 1-271.
37. 松浦欣哉, 岩田忠壽, 長谷川毅. 1969. 水稻の深層追肥の効果に関する研究. 第1報 増收機構について. 日作紀 38 (2) : 215-221.
38. Mc Pherson, D.C. 1938. Cortical air spaces in the roots of *Zea mays* L. New Phytol. 38 : 190-202.
39. 三本弘乘, 三上順義, 小田桐竹吉. 1967. 深層追肥における施肥體系の違いによる水稻の形態的變化. 日作紀 東北支部會報 10 : 33-34.
40. _____, _____. 1967. 深層追肥における施肥位置の違いによる水稻の生育反應. 日作紀 東北支部會報 10 : 35-36.
41. 三井進午, 麻生末雄. 1951. 作物の養分吸収に関する動的的研究. (第1報) 水稻根の養分吸収に対する硫化水素の影響について. 土肥誌 22(1):46-52.
42. 三井進午, 熊澤喜久雄. 1964. 水稻根の活性に及ぼす動的的研究. (第41報) 土肥誌 35 : 115-118.
43. Miyasaka, A. 1964. Effect of drainage on CO₂ exchange and some characters related to grains yield of rice plant. pro. Crop Sci. Soc. Japan 33(1) : 90-93.
44. 宮崎安点. 1967. 農業全書.
45. 森敏夫. 1959. 水稻根の生態的特性に関する研究. 東北大農研彙報 11(2) : 159-203.
46. 村田吉男, 長田明夫, 猪山純一郎. 1957. 水稻収量と光合成作用—早期栽培の場合を中心として. 農及園 32 (9) : 1291-96.
47. _____. 1960. 物質生産の基礎としての同化作用. 松尾孝嶺編. 稻の形態と機能. 農業技術協会 122~131.
48. _____. 1961. 水稻の光合成とその栽培學的意義に関する研究. 日農技研報 D 9 : 1-169.
49. 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. Proc. Crop. Sci. Soc. Japan 34 (2) : 148-153.
50. 長井保, 俣野敏子. 1960. 根の特性からみた栽培稻品種. 日作紀 28 (1) : 4-6.
51. 岡島秀夫, 高城成一. 1953. 水稻における硫化水素の行動. 第1報 硫化水素における養分吸収阻害について. 東北大農研彙報 5 : 149-163.
52. 岡島秀夫. 1960. 水稻根群の生理機能に関する研究. とくに窒素栄養を中心にして. 東北大農研彙報 12 : 1-146.
53. 太田保夫, 山田登. 1961. 水稻根の活力診断のための根の節位別分級法. 農及園 36 : 1503-1505.
54. 太田保夫, 李鍾燕. 1970. 水稻の地上部の形質におよぼす根の役割に関する研究. (第2報) 突然變異系統における地上部諸形質と根の形質との關係. 日作紀 39 (4) : 496-499.
55. 朴來敬, 太田保夫. 1969. 水稻根の生理的活力の品種間差とその他形質との關係. 第2報 水稻根の生理的活力と地上部形質との關係. 日作紀講演要旨 38 (別號 1) : 171-172.
56. 佐佐木喬. 1932. 水稻の根群の形貌に関する豫報. 日作紀 4 : 200-225.
57. 佐藤健吉. 1937. 水稻根の發育に就て. 朝鮮總督府農試彙報 9 : 357-378.
58. _____, 森田常四郎. 1942. 水稻の根の吸収 特に水中溶在酸素の消耗について. 日作紀 14 : 219-226.
59. 佐藤信淵, 1829. 草本六部耕種法.
60. 澁谷紀起. 1958. 稻皮層空隙の發現機作. 日作紀 27 : 17-20.
61. _____. 1958. 水稻根の皮層細胞における「破

- 生」を否定する論據 (1). 山形大紀要(農學) 2:181-189.
62. 鹽入松三郎. 1944. 湛水下の土層分化を中心とせる水田土壌化學. 農及園 19 (1) : 73-77.
63. 高城成一. 1966. 水稻栽培における土壌湛水の意義に関する研究. 東北大農研彙報 18 : 1-158.
64. Sturgis, M.B. 1936. Change in the oxidation reduction equilibrium in soil as related to the physical properties of soil and growth of rice. Louisiana Bul. 271.
65. 相馬幸穂, 小野徳治. 1963. 深層追肥の効果とその問題點. 東北農業研究 5 : 72-74.
66. 武田友四郎, 玖村敦彦. 1960. 水稻における収量成立過程の解析. IV 物質生産における最適葉面積とその意義について. 日作紀 29(1) : 31~33.
67. Takeda, T. 1961. Studies on the photosynthesis and production of dry matter in the community of rice plants. Jap. Jour. Bot. 17(3) : 403-437.
68. 田中稔. 1970. 稻作の深層追肥研究と實際. 農及園 45 (10) : 729-732.
69. 丁主一. 1933. 水稻の根に関する研究 (1). 農及園 8 (1) : 109-188.
70. _____. 1937. 水稻の根に関する研究 (2), 農及園 12 (3) : 830-838.
71. Tsunoda. 1964. Leaf Characters and nitrogen response. The mineral nutrition of the rice plants. (Ed). IRRI, The Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland, 401-418.
72. 角田重三郎. 1966. 育種からみた増收論. 稻作技術發展の論理と方向. 東北大學農學研究所 25周年記念シンポジウム : 87-101.
73. Van Raalte, M.H. 1940. On the oxygen supply of rice roots. Ann. du Jardin. Not. de Buitenzorg 50 : 99-114.
74. Vlamis, J. and Davis, A.R. 1944. Effects of oxygen tension on certain physiological responses of rice, barley and tomato, Plant physiol. 19 : 33-51.
75. Weaver, J.D., Kramer, J. and M. Reed, 1924. Ecology 5 : 26-50.
76. _____. 1926. Root development of field crops. Me Graw-Hill N.Y. 53-91.
77. _____. and W.J. Himmel. 1929. Relation between the development of root system and shoot under long short day illumination. Plant physiol. 4 : 435-457.
78. _____, _____. 1930. Relation of increased water content and decreased aeration to root development in hydrophytes. Plant physiol. 14 : 69-92.
79. 山崎傳. 1952. 畑作物の濕害に関する土壌化學的並に植物生理學的 研究. 日農技研報 B 1 : 1-92.
80. 山田登, 猪山純一郎. 1953. 作物の呼吸作用に関する研究, 第 3 報 水稻體内のガス. 特に根組織内のガスに就て. 日作紀 21 (3) : 197-198.
81. 山田登, 村田吉男, 長田明夫, 猪山純一郎. 1954. 作物の呼吸作用に関する研究. 第 6 報 水稻根に對する地上部からの酸素の供給. 日作紀 22(3-4) : 55-56.
82. Yamata, N. and Y. Ota. 1958. Study on the respiration of crop plants. (8) Effect of hydrogen-sulfide and lower fatty acids on the respiration of root in rice plant. Proc. Crop. Sci. Soc. Japan 27 : 155-160.
83. 山田登, 太田保夫, 中村拓. 1961. α -ナフチルアシンによる 水稻根の活力診斷. 農及園 6 : 1983-1985.
84. Yoshihara, K., Kawanabe, Y. and Okada, T. 1953. Oxygen supply from the top to the roots. Agr. & Hort. 28 : 201-202.
85. 吉田武彦, 高橋治助. 1958. 作物根の生理的活性に関する研究. 第 1 報 無機成分含有率の生育時期別 變化について(水稻). 土肥誌 28 : 469-472.

SUMMARY

The present experiments were conducted to obtain basic information on the selection of parent materials for crossing in rice breeding program during 1968~'69 and 1972.

Varieties tested in this experiment were 8 Korean and Japanese varieties, respectively.

The morphological traits and physiological activity of roots were observed in order to see the fundamental informations on them in rice varieties differing in their origin and also to find out the interrelationships among the characteristics of roots and aerial parts.

Further experiment with 26 varieties and lines having different plant types was carried out to provide basic informations which could be applied to a rice breeding program to make selections for better regional adaptability. The results obtained are summarized as follows.

1. A highly significant positive correlation was found between the diameter of cross section and that of air-space in cortex of culm-base and also the diameter of root was positively correlated with the diameter of cross section of culm-base and with the number of parenchyma cells in cortex of root.
2. The diameter of root showed highly significant positive correlation with the number of vessels in metaxylem of root as well as with tension of root. It is considered that the Korean rice varieties have better conducting and Ventilating system between the top and the roots of rice plant as compared to the Japanese rice varieties.
3. The physiological root activity was positively correlated with the diameter of air-space in cortex of culm-base and with the number of parenchyma cells in cortex of root as well as with the number of vessels in metaxylem of root. Based on these facts, close relationship was clarified between physiological activity and histomorphological characteristics of root. As compared with Japanese rice varieties, Korean varieties appeared to be higher in physiological activity of root in favor of thicker culm-base, larger airspace in cortex of culm, more number of parenchyma cells in cortex of root and more number of vessels in metaxylem of root. It may be concluded that Korean rice varieties have better adaptability to less favorable conditions for rice growing especially where the AKIOCHI occurs than Japanese varieties.
4. Korean rice varieties involved in this experiment showed higher activity of upper and lower nodal roots before heading, but the activity was sharply decreased after heading. The root activity of Japanese varieties, however, was slowly decreased although it was lower than that of Korean varieties before heading. Therefore, the range of variation in root activity at different growth stages tended to be greater in Korean rice varieties than in Japanese.
5. Rice varieties with higher root activity before heading tended to have erect flag leaf, higher content of chlorophyll in flag leaf, and to show slower decomposition of the chlorophyll. It was also found that the variety with high root activity before and after heading had higher content of chlorophyll in leaf blades and was higher in photosynthetic activity of the leaves.
Significant varietal differences were observed in these characteristics.
6. The root activity before heading appeared to have no close relationship with Fe_2O_3 or MnO content in the leaves. Antagonistic relationship, however, was found between the content of the 2 elements in the leaves.
7. Close relationship was recognized between the root activity after heading and the grain yield. It may be concluded that the root activity before heading does not affect the grain yield as much as the root activity at the later growth stage. particularly, higher grain yield was obtained when the root activity index $[1/(\text{range of variation in root activity}/\text{average root activity}) \times 100]$ was high. It is suggested that the rice variety could produce more grain yield when it has stable higher root activity in later growth stage.
8. A close relationship was found between the root activity and the rooting ratio at the seedling stage.
9. A highly significant positive correlation was found between the root activity and the number of green leaves at the later growth stage (heading to ripening stage). This indicates that the higher the root activity was the more the number of green leaves in later growth stage.
10. Above result was confirmed by the fact that removal of lower leaves resulted in the reduction of root activity. Therefore, it would be possible to diagnose indirectly the root activity by observing the number of green leaves of the rice plant in later growth stage when a breeder makes selections in the hybrid population.