

벼生育期間中の 논에서의 水分消費에 關한 研究

Studies on the Consumptive Use of Irrigated Water
in Paddy Fields During the Growing Season of Rice Plants

閔 丙 變*
Byung Sup Min

I. 緒 論

벼栽培를 爲하여 논에 供給된 물은 벼의 葉面을 통한 蒸散으로 消費될 뿐 아니라 株間水面으로부터의 蒸發과 地下로의 滲透로 消費되는데 葉面 및 株間水面으로부터의 蒸發散은 주로 氣象 및 作物條件에 依하여 滲透는 土質과 그 成層狀態 地下水位 및 動水傾斜 등과 氣象條件에 따라 變化하거나 이들 消費量의 合理的이고 適合한 定量的把握은 논에 對한 灌溉改善事業의 合理化와 經濟性을 支配하는 가장 基礎的이고도 重要한 一要素라고도 할수 있다. 이 問題에 關하여 우리나라에서는 日本 西ヶ原農業試驗場⁽⁸⁸⁾ (1886~89)에서 實施한 試驗方法에 準하여 1909年 부터 當時의 勸業模範場(現 水原農村振興廳)에서 草野⁽⁸⁷⁾에 依하여 單一品種(早神力)에 對하여 試驗이 始作되었고 福田⁽⁸⁶⁾⁽⁸⁹⁾ 飯島⁽⁸⁵⁾ 등이 繼承 實施한 1915年 까지의 7年間의 試驗結果에 依하여 算定된 蒸發計의 蒸發量에 對한 比로서 提示된 係數가 現今까지 灌溉用水量 算定의 唯一한 係數로서 實用되고 있다. 그러나 이와 같은 算定된 係數는 富士岡⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾ (1950)가 指摘한 바와 같이 벼의 葉面蒸發에 影響을 미치는 要素中 氣象的인 要因만을 考慮한 것이고 벼의 生理的作用은 度外視한 것으로서 不合理點이 있는 것이며 오히려 葉面蒸發量은 벼 自體의 生理的作用面도 考慮한 處理方法이 보다 合理的이라 思料된다. 筆者는 벼의 品種과 그 耕種法이 1910年代와는 顯著히 變遷된 現在の 栽培環境下에서의 벼品種에 對해 보다 正確을 期할 수 있는 測定方法에서 얻은 測定值에 依據하는 同時에 氣象的 要因과 아울러 벼의 生理的 要因 까지도 考慮한 보다 合理的인 데이터를 마련할 必要性을 切感한 바 있어 1962년부터

5 年間에 亘하여 觀測調査를 實施하였다. 滲透量은 圃場에서의 Lysimeter 試驗만으로는 基礎 데이터를 마련하기 어렵고 灌溉計劃을 樹立할때 그 地區에 對하여 全體적으로 保水日을 調査하여 策定하는 것이 妥當할 것으로 보며 또한 田邊⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾ (1949~58) 富士岡⁽¹⁶⁾ (1958) 吉良⁽¹⁷⁾ (1958) 古木⁽¹⁸⁾ (1964) 등이 指摘한 바 있는 벼의 葉面蒸發 自體가 滲透에 影響을 미친다는 事實에 注目하여 이 葉面蒸發과 滲透와의 關係에 對하여 從來에 取扱하지 않은 供試土에 對하여 究明되지 않은 點을 밝혀 보고자 硝子室에서 mariott 式 定水頭測定裝置에 依해 試驗을 實施하였다. 筆者는 上記 2 個 部門의 試驗結果를 綜合分析한 結果 몇 가지 結論을 얻었기에 이에 報告하는 바이다.

II. 研究 史

논에서의 물의 消費와 流動에 關한 研究는 灌溉改善計劃을 樹立할 때 基本이 되는 計劃用水量을 算定하기 爲한 實用上의 必要性에 依하여 實施되었으며 그 후 部分的이고 細部的인 理論的 研究와 아울러 벼의 多收穫栽培와 關聯된 물의 管理面에 關한 研究로 發展되어 왔거니와 그 研究過程의 大綱을 살펴보기로 한다. 日本에서는 벼의 葉面蒸發量에 關한 稻垣(1885)의 試驗으로 始作되었으며 西ヶ原農業試驗場⁽⁸⁸⁾ (1886~89)에서 벼의 葉面 및 株間水面蒸發量과 滲透量에 關한 綜合的인 試驗이 비로소 實施되었다. 이 試驗을 通하여 葉面 및 株間水面蒸發量의 生育時期別變化率과 그들의 生育期 및 全期에 對한 蒸發計蒸發量에 對한 比와 蒸散比 및 土質別 滲透量이 一旦 提示되었다. 上野⁽⁸⁹⁾ (1906)는 이 西ヶ原農業試驗場의 試驗結果를 綜合分析하여 東京地方 및 日本 全國에 通用할 用水量의 基準係數

※ 忠南大學校 農科大學

를 提示하였는데 이 係數가 그 후 1940年代까지의 日本에서의 用水量 算定의 基準 데이터로 利用되어 왔다. 歐美에서는 밭작물의 用水量과 밭에서의 물의 流動에 關해서는 일찍부터 極히 廣範圍하게 研究가 進行되었으나 벼에 關한 用水量試驗은 매우 적은데 Bond and Keeney⁽⁹⁾(1902)가 美國에서는 처음으로 벼用水量에 關한 試驗을 實施하였으며 그 후 Biggs⁽¹⁰⁾(1917) 報告에서 1914年~16年에 亘한 試驗을 通하여 California 州에서의 벼농사에 適合한 灌溉時間 및 灌溉水深에 關한 基礎係數를 策定하였으며 Adams⁽¹¹⁾(1920)는 1914~16年에 亘하여 美國農林部農產局의 協力을 얻어 灌溉時期에 關한 試驗을 實施하여 美國에서의 벼灌溉에 對한 基準 데이터를 提供하였다. 韓國에서는 草野⁽¹²⁾(1910)가 처음으로 水原勸業模範場 圃場에서 1609年에 灌溉水量調査에 着手하여 葉水面蒸發量과 滲透量, 整地移秧用水 및 有效雨量을 觀測調査하였으며 福田^(13, 14, 15)가 1910年에 飯島^(16, 17)가 1913年에 試驗을 繼續하고 그 結果를 綜合整理하여 葉水面蒸發量의 蒸發計蒸發量에 對한 比를 算定하였는데 이것이 韓國에서의 用水量 算定의 唯一한 데이터로서 現在까지 實用되고 있는데 그 試驗의 綜合的인 結果를 要約하면 7年間의 平均値로서 葉水面蒸發量의 蒸發計蒸發量에 對한 比는 1.15이고 水深으로는 570mm, 滲透量은 510mm 이며 灌溉期中의 降雨量의 有效率은 74%이다.

이 試驗은 供式品種으로 單一品種(早神力)만을 採擇하였을 뿐 아니라 그 收量은 試驗期間中 平均 玄米 324kg(2.16石)에 不過하였고 減水深은 木框에 눈금을 하여 觀測하였는데 50餘年이 經過한 現今의 實情에는 맞지 않는 點이 許多하고 上記한 눈금에 依據한 觀測方法으로는 筆者의 經驗에 依해서도 相當한 觀測誤差가 認定되었다. 한편 勸業模範場大邱支場^(18, 19)에서도 1911~13年의 3年間 圃場과 硝子室에서 試驗을 併行하고 葉水面蒸發量과 滲透量에 對하여 觀測調査를 實施하였으며 아울러 灌溉水量的 多寡와 收量과의 關係도 研究코저 試圖하였다 그러나 이 試驗도 單一品種인 穀良都에 限하였고 特히 一株栽植用 포트를 利用하였는데 이는 筆者^(20, 21)의 經驗으로는 논에서의 實減水深과는 相當한 差異가 있는 것으로 認定된다. 그 후 狩野⁽²²⁾(1934)등은 벼의 葉水面蒸發量과 논에서의 滲透量에 關해 그 時期的 變動과 滲透量의 降雨狀態와의 關聯性에 對해 試驗 發表한 바 있고 富士岡^(18, 19, 20)(1905)는 1948~50年의 벼用水量에 關한 試驗研究를 通하여 從來의 葉面蒸發量의 蒸發計蒸發量에 對한 比에

依한 係數的 表示方法은 葉面蒸發에 影響을 미치는 要因의 하나인 氣象的인 面을 考慮한 方法이며 이는 벼 自體의 生理的 作用面은 無視한 것으로서 그 不合理性을 指摘하고 벼 自體가 生理的으로 물을 必要로하는 程度를 表示하는 方法으로서 所謂 蒸散強度에 依한 表示方法을 提示하였는데 이는 確實히 從前의 方法보다 合理的인 것으로 認定되며 이 富士岡가 發表한 새로운 作物條件과 生育環境條件下에서의 試驗 데이터가 過去 西ヶ原農業試驗場에서 實施한 結果에 依據하여 策定된 係數보다 合理的인 것으로 認定되어 現在에는 日本에서 이것이 葉面蒸發量算定의 基準으로 되고 있다. 한편 金子⁽²³⁾(1957)는 日本 全域에 亘한 葉水面蒸發量의 實測値를 調査하여 生育期別 葉水面蒸發量을 提示한 바 있다. 벼의 葉面蒸發量과 密接한 關係가 있는 벼收量과의 關係에 對해서는 普通 單位風乾物量을 生産하는데 所要되는 葉面蒸發量 即 蒸散比로서 表示되는 데이터에 關해서는 上記한 西ヶ原農業試驗場⁽²⁴⁾(1906), Adams⁽¹¹⁾(1920), 草野⁽¹²⁾(1910), 福田^(13, 14, 15)(1913), 飯島^(16, 17)(1906) 勸業模範場大邱支場^(18, 19)(1914), 富士岡^(18, 19, 20)(1952)등이 研究報告한 바 있으며 이는 벼의 生育狀態와 品種 및 地域의 氣象條件에 따라 差異가 있음을 나타내고 있고 葉面蒸發量 自體는 上記 諸試驗을 通하여 알 수 있는 바와 같이 벼生育期別로 큰 差異가 있으며 어느 地域에서나 大體的으로 移秧후 漸增하다가 穗孕期後半에서 出穗開花初期頃에 最大量에 達하고 그 후 漸減한다. 農事試驗場南鮮支場⁽²⁵⁾(1935)에서는 1932~34年의 3年間 施肥量의 差異 즉 벼生育의 差異에 依한 벼用水量의 變動에 關하여 試驗報告한 바 있다. 田邊⁽²⁶⁾(1935)는 葉面蒸發에 關한 研究를 通하여 벼의 平均 日蒸散量算定式을 提示하였고 松田⁽²⁷⁾(1965)은 蒸散量이 收量에 미치는 影響에 關한 研究에서 下部葉의 蒸散量이 抑制되면 減收됨을 報告하고 있는데 이는 벼의 繁茂가 벼 自體의 蒸散量의 垂直分布形을 不適當하게 한다는 自體에 矛盾이 있다고 할수 있다.

灌溉水深과 벼의 生育 및 收量에 關해서는 勸業模範場大邱支場^(18, 19)(1912), 吉岡⁽¹⁰⁰⁾(1945), 富士岡^(18, 19, 20)(1948~52), 狩野⁽⁴⁸⁾(1961)등의 研究報告가 있는데 深水灌溉보다 淺水灌溉가 生育과 收量이 좋다는 點이 共通의이며 大邱支場^(18, 19)에서의 試驗에서는 60mm(2寸) 水深으로 5回灌溉區가 最大收量을 올렸고 吉岡⁽¹⁰⁰⁾는 벼라 하더라도 幼穗形成期까지는 토양水分을 飽和水量의 70% 정도로 維持

하여도 灌水灌溉에 떨어지지 않는 生育과 收量을 올릴 수 있다고 報告하였으며 富士岡^(18, 19, 20)은 灌水深과 生育收量과의 關係 및 灌溉適期에 關한 試驗研究를 通하여 벼의 草長은 灌水의 深淺과는 關係가 없고 分蘖出穗數가 非灌水區는 土壤의 含水量에 比例하고 無效分蘖은 土壤水分에 100% 및 75%區가 最小이고 土壤水分 30%內外가 出穗와 稔實의 限界이지만 一般栽培에서는 75%以上의 土壤水分은 必要하며 最大收量을 얻는에는 10~30mm 灌水灌溉가 最適이며 穗孕 및 出穗開花期에만 灌水하고 其他時期는 75~100% 程度의 土壤水分만 維持해주면 別로 減收하지 않으며 이렇게하므로써 灌水栽培의 $\frac{1}{2}$ 程度의 水量으로 벼栽培가 可能하다고 報告하고 있다. 株間水面蒸發量도 氣象條件과 벼의 生育狀態에 따라 變化하며 葉面蒸發量과는 反對로 大體로 移秧후 生育初期에 最大이고 벼의 生育과 더불어 漸減하여 穗孕期나 出穗期나 出穗開花期에 最少로된 다음 다시 漸增한다는 것을 벼用水量에 關한 諸研究報告를 通하여 알 수 있거니와 大串⁽⁷⁸⁾(1930)은 水面蒸發과 氣溫 및 濕度와의 相關性에 關한 研究를 通하여 日本의 氣象條件에서는 水面蒸發量은 7, 8 兩月間은 氣溫과의 相關率이 높고 其他時期는 氣溫과의 相關率은 極히 낮고 主로 飽差와 相關率이 높다고 報告하고 있다. 또 福田⁽⁸⁰⁾(1936)은 水面蒸發量을 對數曲線으로 表示할 수 있다고 發表하였고 山鹿⁽⁸¹⁾(1933), 山崎⁽⁸²⁾(1933)은 水面積과 蒸發과의 關係에 對한 研究를 通하여 小面積의 경우가 蒸發量이 많고 이 關係를 $y=ax^b$ 로 表示할 수 있다고 報告한 바 있다. 논에서의 물의 管理問題에 對한 研究에는 富士岡⁽⁸³⁾(1952), 坪井⁽⁸⁴⁾(1954) 등의 報告가 있는데 特히 坪井은 溫度管理法를 中心으로 灌溉水深, 落水時期, 灌溉時刻 등을 究明 報告하고 있으며 大枝⁽⁷⁹⁾(1961)은 벼早期栽培에서의 用水量에 對하여 報告한 바 있다. 以上 葉面 및 株間水面蒸發에 關한 여러사람의 研究報告書에서 밝혀진 바와 같이 논에서의 葉水面蒸發量은 벼의 品種과 그 生育時期 및 地域의 氣象條件에 따라 差異가 있으며 大概 移秧후 漸增하여 穗孕期 後半에서 出穗開花初期頃에 最大量에 達하고 그 후 漸減한다. 그러나 上記한 바에 依하여 알 수 있는 바와 같이 우리나라에서는 現在 使用하고 있는 灌溉計劃 用水量算定의 基礎 데이터는 50餘年前의 試驗 結果인 바 그 當時와는 作物條件과 生育環境條件이 判異하게 變遷하였을뿐만 아니라 氣象要因과 벼의 生理的 要因까지도 아울러 考慮하고 또한 그 當時에는 適用된 바 없는

統計的 處理를 하므로써 보다 合理的이고 現實的인 데이터로 代替되어야 妥當하다고 생각된다.

한편 벼를 栽植하지 않을 때의 논에서의 滲透는 一般土壤에서의 滲透와 마찬가지로 主로 土質^(85, 86), 土層의 成層狀態^(87, 88, 89) 地下水位^(87, 91), 動水傾斜^(4, 80, 81, 76), 등에 따라 變化하고 그 외에도 水溫^(16, 70), 粘性⁽⁷⁷⁾, 水深⁽⁸²⁾, Airbinding^(82, 90, 89) 등의 影響도 받지만 벼의 生育期間中에는 上記한 諸要因外에 벼뿌리의 吸水量과 그 吸引力에 依한 動水傾斜의 變動⁽⁹⁰⁾, 벼뿌리의 生活作用에 起因하는 Fe, Ca의 湧出 및 還元性物質의 生成⁽⁸⁸⁾과 粒團化의 促進⁽⁸⁹⁾ 또는 그가 滲透係數에 미치는 影響⁽⁸⁸⁾ 등 各種 追加的인 要因으로 滲透現象은 더욱 複雜하여 지는데 이 滲透現象에 關한 研究過程을 더듬어 보기로 한다. 一般滲透現象에 關한 研究는 Darcy(1856)의 古典的인 實驗研究에 基礎를 두고 있으며 初期의 滲透現象에 關한 研究는 Darcy의 法期에 關한 擴大 및 敷衍的인 研究가 大部分이다. 즉 Darcy 公式의 滲透係數에 關한 研究에는 Krüger⁽⁸³⁾(1918), Zunker⁽⁸⁰⁾(1925), Kozeny⁽⁸¹⁾(1932), 田町⁽¹²⁾(1933), Carman⁽⁸⁾(1938), Muskat⁽⁸⁴⁾(1946), Scheidegger⁽⁷⁷⁾(1957), 本間⁽⁸⁸⁾(1955), 澤田⁽⁷⁹⁾(1951), 八幡⁽⁸⁹⁾(1955) 등의 報告가 있는데 Zunker⁽⁸⁰⁾, Kozeny⁽⁸¹⁾의 論爭은 有名한 것이었으나 結局 田町⁽¹²⁾, Carman⁽⁸⁾ 등에 依해 Kozeny⁽⁸¹⁾의 妥當性이 立證되므로써 一段落되었으며 Muskat⁽⁸⁴⁾은 透水係數는 浸透層 固有의 滲透性(Specific permeability)과 區別되어야 하며 Darcy 公式의 透水係數는 上記한 滲透性을 나타내는 係數를 流體의 粘性으로 除한 것으로 表示할 수 있다고 發表하였으며 Scheidegger⁽⁷⁷⁾은 滲透係數는 滲透層의 影響과 流體의 影響을 分離시킴이 妥當하다고 提示하였는데 本間⁽⁸⁸⁾도 이에 同調하고 있다. 上記한 여러사람들이 提示한 透水係數는 全部가 單一 土層에 關한 것인데 田町⁽¹²⁾(1931)가 累層透水係數를 提示한 것은 成層 土層에서의 滲透現象에 關한 研究의 基礎的인 것으로서 대단히 重要한 것이라 할 수 있다. 澤田⁽⁷⁹⁾(1951)은 透水係數에 影響을 미치는 流體의 粘性係數는 溫度뿐만 아니라 土壤의 膠質含有量과 置換性이온의 多寡에도 關係가 있다는 報告를 하였으며 八幡⁽⁸⁹⁾(1955)은 透水係數의 時間的 變化를 立證하였다. 한편 Darcy 公式의 有効性的 範圍에 關해서는 本間⁽⁸⁸⁾은 그 著書에서 Piefke와 Lindquist가 提示한 바를 紹介하였으며 Irmay⁽⁸⁹⁾도 Lindquist와 마찬가지로 Reynold's數에 依한 判定法을 提案하고 있다. 浸透流의 基礎方程式에 關한 研究로는 Muskat⁽⁸⁴⁾

(1946), Leliavsky⁽⁶⁰⁾(1955), Scheidegger⁽⁷⁷⁾(1957), 松田⁽⁶⁶⁾(1965), 吉田⁽¹⁰²⁾(1960) 등이 있는데 Leliavsky⁽⁶⁰⁾는 浸透流의 流速이 增大하여 層流에서 亂流로 되면 Darcy 法則에 依據한 壓力 水頭計算式이 아니라 Forchheimer 法則에 依據한 式을 使用하는 것이 實測値와 보다 잘 一致한다고 報告하였으며 吉田⁽¹⁰²⁾는 浸透流의 基礎方程式을 理論的으로 誘導하여 浸透流의 流體力學의 基礎를 마련코저 試圖하였다. 浸透流의 運動方程式에 關係서는 高木⁽⁶⁰⁾(1948), 本間⁽⁶⁴⁾(1957), 安齋⁽⁶⁶⁾(1957), Irmay⁽⁶⁷⁾(1958), 中村^(60, 67, 68)(1955~75), 村本⁽⁶²⁾(1959) 등의 研究結果가 發表되고 있는데 이들 全部가 共通的으로 Navia-Stokes의 運動方程式을 浸透流에 適用하고 있다. Darcy 法則의 微分方程式의 表示方法에 關係는 水頭 Potential의 存在와 速度 Potential의 存在를 假定하는 두 方向이 있는데 Scheidegger⁽⁷⁷⁾(1957)가 展開한 研究의 未備點을 Jones⁽⁴⁸⁾(1962)에 依하여 一部 補完되었고 Simons⁽⁷⁹⁾(1962)가 다시 이를 補完하므로서 水頭 Potential의 存在를 假定한 表示方法이 妥當함을 立證하였는데 黑田⁽⁶⁶⁾(1966)도 이에 同調하고 있다. 以上은 主로 浸透現象에 關係한 基礎的이고 理論的인 研究에 關係한 것들이지만 實地의 土壤中の 浸透現象은 山崎⁽⁶⁹⁾(1958)가 提示한 바도 있지만 이를 『地下水浸透』 『誘導毛管浸透』 『地表水降下浸透』로 區分할 수 있으며 地下水浸透는 恒常 正壓浸透인데 對해 誘導毛管浸透는 恒常負壓浸透이고 地表水浸透는 恒常 正壓인 경우도 있고 負壓인 경우도 있는데 實地 논에서의 浸透現象과 直接 關聯이 있는 負壓 浸透現象에 關係한 研究만을 살펴보기로 한다. 土壤의 浸透現象에서의 負壓發生에 關係한 研究에는 Hains⁽⁸⁰⁾(1930), Oehler⁽⁸²⁾(1935), 秋葉⁽⁹²⁾(1942), 山崎⁽⁸⁸⁾(1943), Bodman and Colman⁽⁸¹⁾(1944), 山崎⁽⁸⁴⁾(1948), 田淵⁽⁸⁾(1950), Daya and Luthin⁽⁷⁴⁾(1953) 등의 報告가 있는데 Oehler⁽⁸²⁾는 硝子管에 依한 基礎的 研究을 通하여 負壓이 發生함을 立證 報告하였고 山崎⁽⁸⁸⁾, Bodman⁽⁸¹⁾ 등은 均質土壤에서도 그 土壤의 組織如何에 따라 負壓이 發生함을 立證하였고 山崎⁽⁸⁴⁾, 田淵⁽⁸⁾, Day⁽⁷⁴⁾ 등은 恒常 湛水狀態의 論에서도 그 土壤斷面의 上層土가 下層土보다 不透水性인 경우에는 그 下層土 以下에서는 不飽和狀態로 되어 負壓이 發生한다고 報告하고 있다. 그러나 上記한 負壓浸透現象에 關係한 研究에서는 그 發生原因과 機構에 對해서는 解明한 바 없는데 이를 成就한 것이 富士岡^(81, 22)(1954~55)이다. 즉 富士岡는 負壓發生의 原因은 土壤毛細管의 不規則性으로 인

하여 毛管內에 不飽和狀態가 造成되며 土壤毛細管內에 不飽和狀態가 造成되면 負壓이 發生함을 究明하였다. 成層土壤에서의 浸透現象에 關係한 研究에는 Hansen⁽⁸⁷⁾(1954), 山崎⁽⁸⁸⁾(1958), Takagi⁽⁷⁹⁾(1960), 田淵^(8, 10)(1960~61), 山崎⁽⁸⁸⁾(1961), 田邊, 黑田⁽⁶⁶⁾(1961), 千葉⁽⁴³⁾(1962), 黑田^(64, 65, 66)(1962~66), Zaslavsky⁽¹⁰⁴⁾(1964) 등의 報告가 있는데 特히 黑田는 ^(64, 65, 66) 浸透層이 飽和되어 있어 自由氣體의 氣泡가 存在하지 않는 土層에서도 土層內의 壓力의 增減에 따라 浸透液體中の 溶存氣體가 土層內의 空隙에 放出되는 現象이 생기고 그 結果 飽和浸透가 不飽和浸透로 移行함을 밝혔으며 大島^(71, 72)(1953~54)와 富士岡^(81, 22)(1954~55)의 研究에 依해 上, 下均質土層의 논이나 表土層 下位에 不透水性心土가 있는 土壤에서의 負壓의 發生과 浸透機構에 對한 究明이 試圖되었으며 Christiansen⁽⁷²⁾(1944)과 八幡^(89, 90)(1955~60)는 土壤孔隙內의 氣飽가 浸透現象에 미치는 影響에 關係한 研究을 通하여 土壤透水性의 初期에 있어서의 急低下의 原因이 Airbinding에 起因한다고 結論하였다. 한편 논土壤의 還元과 滲透와의 關係에 對해 中村⁽⁸⁵⁾(1955), 富士岡⁽²²⁾(1956) 등은 水溫이 上昇되어 還元이 促進되면 浸透量의 減少를 招來한다고 하였는데 이는 還元된 二化鉄의 膠質化 및 土壤內 가스的作用도 있을지만 根本的인 原因은 土壤의 構造變化에 있다고 結論을 내렸으며 內山^(84, 85)(1957)는 논에서의 滲透速度와 암모니아 濃度의 時期的 變化의 相關性을 提示하는 同時에 論에서의 適正浸透量은 15~25mm/day, 適正減水深은 20~30mm/day이며 10mm/day 以下나 50mm/day 以上은 多量의 肥料을 使用하여도 多收獲을 期待할 수 없다고 報告하고 있는데 이 論에서의 適正浸透量의 問題에 關係서는 五十崎^(89, 40, 41)(1957~61), 吉良⁽⁴⁷⁾(1958)도 內山과 同一한 結論을 내리고 있으며 吉良은 特히 그 理由에 對해서도 解明하고 있다. 벼가 蒸散力이 滲透에 미치는 影響에 關係서는 田邊^(13, 14, 15)(1949~58), 富士岡⁽²⁴⁾(1958), 吉良^(47, 48)(1958~60), 山崎⁽⁸⁸⁾(1959), 古木⁽²⁸⁾(1964) 등의 研究報告가 있는데 이들은 全部가 벼의 葉面蒸發作用으로 滲透量이 減少함을 試驗報告하고 있다. 田邊⁽¹³⁾는 1949년에 論에서의 滲透水의 流入限界에 關係한 方程式을 誘導하고 이 限界內의 滲透水는 全部벼에 吸引되고 그 外部의 것이 地中 깊이 滲透한다는 結論을 내렸으나 1957⁽¹⁴⁾년에 이르러 誤謬임을 是正 發表하였으며 1958⁽¹⁵⁾년에는 水溫, 地溫과 滲透量과의 關係式을 提示하는 한편 벼의 蒸散力이 浸透速

도에 미치는影響은 10^{-3}cm/s:c 以下の 小浸透速度에서는 顯著하게 나타나고 生育時期, 氣象條件에 따라 差異가 많다고 報告하였다 富士岡⁽⁴⁴⁾는 벼의 葉面蒸發이 논에서의 滲透에 影響을 미치며 벼 生育期間中은 논에서의 滲透量은 벼의 葉面蒸發에 該當하는 量만큼 減少한다고 報告하였는데 이는 吉良⁽⁴⁷⁾ 등의 試驗에 依하여 否認되었다. 山崎는 이 問題에 關한 研究에서 논에서의 滲透量은 벼뿌리의 吸收量, 吸收位置, 動水傾斜, 浸透係數 등의 函數라고 報告하였으며 吉良^(47, 48) 등은 富士岡⁽⁴⁴⁾의 報告에 對한 反證을 提示하는 同時에 논에서의 滲透現象에 있어 浸透量, 土壤의 變化, 作物生育의 3者間에는 密接한 相關關係가 있으며 浸透水의 流動으로 泥土 內部에는 酸化 및 還元의 濃薄部가 造成되고 酸化의 으로 되며 還元性 物質의 濃度가 減少한다고 主張하고 또한 벼뿌리의 生活作用으로 Fe, Ca의 溶出과 還元性物質의 生成이 旺盛하여지고 水中沈積容積이 增大하고 높은 粒團組織이 된다고 하였는데 이와같은 還元狀態의 進行과 벼뿌리의 生活作用은 浸透係數의 變化를 招來한다는 것도 確認하였다. 浸透와 벼 生育과의 關係에 對해 高橋⁽⁵¹⁾(1955) 등은 酸素의 存在로 벼뿌리의 好氣의 吸收가 促進되어 生育이 良好해진다고 報告하였으며 山口⁽⁵¹⁾(1967) 등의 實驗에 依하면 H_2S_2 , Fe, C_2H_4 , CO, OH 등에 依하여 벼뿌리의 好氣的인 吸收는 阻害되고 養分吸水에 不均衡을 招來한다고 報告하고 있는데 이는 吉良⁽⁴⁷⁾ 등이 垂直 滲透가 全然 생기지 않게하고 벼 栽培를 한 結果 KMnO_4 의 消費量이 顯著하게 增加하고 水量이 減少하였다고 報告한 것과 一致하는 것으로서 논에서의 滲透作用의 意義는 高橋⁽⁵¹⁾ 등의 所論과 같이 灌溉用水에 溶存되어 있는 酸素의 土壤속으로의 流入보다는 오히려 有害한 還元性 諸物質의 抑制 및 除去에 있다고 할 수 있으며 벼의 多收穫栽培를 爲해서는 滲透量 20mm/day 程度가 適正하다는 試驗結果의 理論의 根據도 여기에 있다고 認定된다. 古木⁽⁵²⁾(1946)는 벼뿌리의 吸收作用에 依한 土壤中에서의 壓力變化와 滲透量의 變化와의 關係에 對한 究明에 主力하였으며 논바닥 밑 各土層에 挿入한 manometer의 벼은 水稻의 生育에 따라 變化하고 그 變化量은 蒸散最大時期에 最大로 된다는 事實과 各土層에서의 動水傾斜도 蒸散에 따라 變化하며 이 動水傾斜의 變化는 蒸散量의 增加와 더불어 增加하고 用水를 가장 많이 必要로 하는 穗孕期에서 出穗期에 걸쳐 最大로 되어 벼의 登熟에 따라 減少한다고 報告하였다. 古木⁽⁵²⁾는 또한 蒸散에 依한 降下

滲透의 變化는 透水係數가 一定한 경우 動水傾斜, 吸收量 및 吸收分布를 測定하므로써 可能하다고 하였으며 뿌리의 吸收分布는 논바닥 밑 6~12cm 部分이 最大이고 12cm 깊이 사이에서 全體의 70%가 吸收되고 18cm 以下에서는 거의 吸收되지 않으며 吸收分布와 뿌리의 分布狀況을 把握하면 大略의 吸收分布도 알 수 있다고 報告하였다. 그러나 上記한 벼의 葉面蒸發量과 滲透量과의 關係에 關한 諸研究들은 供試土壤에 있어 山崎, 富士岡, 田邊는 純모래만을 使用하였고 吉良, 古木 등은 砂壤土를 採擇하여 實施한 것이며 벼의 生育期中 論에서의 滲透量의 變化에 미치는 影響의 要因 中 벼의 葉面蒸發과 溫度變化에 起因하는 浸透水의 粘性係數의 變化나 還元作用이 促進 Airbinding 등의 誘發 등에 依한 要因과 어느 편이 보다 큰 比重을 차지하는가 하는 問題 또는 滲透量의 生育時期別, 時刻別 變動이나 差異 등에 關한 問題 등이 究明되지 않고 있다. 筆者는 이러한 點에 留意하여 우리나라의 代表的인 泥土壤인 表土는 壤土, 下層土는 粘土를 使用하여 葉面蒸發이 滲透에 미치는 影響과 上記한 未解明된 點에 關한 究明을 試圖하였다.

Ⅲ. 研究內容

1. 벼의 葉面 및 株間水面蒸發量

(1) 材料 및 方法

試驗은은 忠南大學校 農科大學 實驗園場이며 그 土性은 壇壤土이고 試驗期間은 1962~66년의 5個年間 試驗區는 早, 中, 晚生種의 3區로 區分하고 各區에 $0.636\text{m} \times 0.636\text{m} \times 0.9\text{m}$ 의 鉄板製 有底筒, 無底筒, $0.6\text{m} \times 0.2\text{m} \times 0.1\text{m}$ 의 株間水面蒸發計筒 1個씩을 埋設하고 各筒에는 1株 5本植으로 9株를 栽植한 完全 任意配置法으로 第 1, 2 次年度의 2個年間은 3反霸, 第 3~5年度의 3個年間은 6反霸으로 實施하였으며 無降雨日의 觀測值만을 綜合處理하였다. 栽培管理는 一般慣行法에 準하였고 葉, 水面蒸發量의 測定 方法은 減水深法에 依하여 每日 午前 10時에 1日 1回씩 測定하였으며 測定器具는 初年度에는 Hook-gage 2次年度부터는 $\sin \theta = \frac{1}{5}$ 로 裝置한 硝子管(지름 10mm)에 눈금한 것(讀度 0.2mm)을 使用하였다. 本 試驗에서의 供試品種, 灌溉期間 및 灌溉水深 등은 다음과 같다.

**Test Varieties, Irrigation Period and Irrigation Water
Depth are as Follow in this, Study.**

Item	Test plot	early maturing	medium maturing	late maturing
		varieties plot	varieties plot	varieties plot
varieties		Jae kun (paldal)	Norin #29	nong gwang (Eunbangju)
transplanting dates		10th of June	10th of June	10th of June
root activating dates		16th of June	16 th of June	16th of June
irrigation ending dates		14th of September	24th of September	4th of October
irrigation period		duration of 90 days	duration of 100 days	duration of 110 days
planting method		0.21m×0.21m (73.5plants per3.3m ²)	0.21m×0.21m (73.5plants per3.3m ²)	0.21m×0.21m (73.5plants per.3.3m ²)
rrigation depth		30mm	30m.n	30mm
number of non-rainy days		duration of 60 days	duration of 69 days	duration of 76 days

(2) 結果 및 考察

1) 試驗期間中の 氣象

1962年~66년에 亘한 5個年間の 蒸發量, 氣溫, 濕度 및 日照時間은 表 1과 같거니와 이를 忠淸南道 農村振興院에서의 1929~1967年の 39年間の 諸觀測值(表2)와 比較해 보건대 部分的으로 若干의 差異는 있으나 大體的으로 別差異는 없는 것 같고 生育期別 變動狀況의 傾向도 비슷하였다. 한편 葉水

面蒸發量에 關한 諸데이터 作成에 利用된 基準蒸發計 蒸發量은 表 3과 같거니와 本試驗의 目的의 하나가 灌溉事業計劃에서의 葉, 水面蒸發計 算定의 基準 데이터를 얻어 보려는데 있고 筆者⁽¹⁾는 10mm 以下の 極少降雨日을 包含시킬 경우에도 相當한 年度別 較差를 示顯하는 點에 留意하여 全體降雨日을 除外한 無降雨日의 값을 採擇하였다.

表 1. Climatic Ondition of the Experiment Duration (1962~1965)

Item	Periods											mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Amount of evaporation (mm)	6.20	6.23	5.90	5.39	6.48	6.42	6.14	5.32	5.04	4.78	4.57	5.68
Amount of ramfall (mm)	57.7	100.7	133.6	125.4	61.1	49.4	53.1	97.4	49.8	41.0	8.04	70.64
Temperature (°C)	23.6	25.2	25.7	27.3	28.7	28.1	26.3	25.2	23.0	20.8	18.5	24.8
Humicity (%)	70.9	77.4	81.9	76.1	73.3	72.5	74.1	79.7	78.7	76.1	75.1	75.97
Sunshine (hr)	6.36	6.36	3.81	5.43	6.68	7.85	7.24	6.53	6.46	7.04	7.66	6.49

※ Amount of evaporation, temperature, humidity and sunshine are observation values of non-rainy days

表 2. Annual Weather Table of the Cultivating Duration of Rice Blant (Averages from 1929 to 1967)

Item	Period											mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Amount of evaporation (mm)	4.78	4.60	4.22	4.07	5.32	5.01	4.58	4.02	3.48	3.57	3.41	4.28
Amount of rainfall (mm)	83.51	104.1	88.5	94.1	87.4	72.9	76.4	75.1	59.7	40.2	28.0	73.62
Temperature (°C)	23.7	24.9	26.6	27.7	27.7	27.6	26.9	25.2	22.8	20.6	18.6	24.8
Humidity (%)	71.8	76.8	77.7	76.0	74.7	73.8	75.0	77.5	77.3	75.2	75.5	75.6
Sunshie (hr)	5.42	4.25	4.45	5.32	5.75	6.06	5.96	5.50	5.48	5.82	5.85	5.44

表 3에서 보는 바와 같이 蒸發計蒸發量이 第 5期(7月27日~8月5日)에 最大, 第 11期(9月25日~10月4日)에 最少이며 特히 3,4期가 1,2期 보다는 작는데 이는 表 2의 長期間의 平均值와 그 傾向이 完全히 一致하는 것으로서 그 原因은 우리나라의 氣象條件이 이 3,4期(7月7日~7月26日) 즉 7月中, 下旬이 가장 降雨나 흐린날이 많은데 있다고 斷定할 수 있으며 우리나라 特有的 現象이라 할 수 있다.

表 3. Change Planned Standard Amounts of Evaporation by Atmometer

Growing period	Amount of evaporation by atmometer (mm)
1	6.200 ± 0.221
2	6.232 ± 0.324
3	5.896 ± 0.165
4	5.388 ± 0.231
5	6.484 ± 0.342
6	6.420 ± 0.275
7	6.138 ± 0.178
8	5.320 ± 0.226
9	5.036 ± 0.199
10	4.780 ± 0.139
11	4.572 ± 0.158

表 4. Amounts of Transpiration for Varieties

Growing periods	Early maturing variety (mm)	Medium maturing variety (mm)	Late maturing variety (mm)
1	1.01 ± 0.015	1.13 ± 0.088	1.07 ± 0.0166
2	2.36 ± 0.05	2.57 ± 0.479	2.48 ± 0.062
3	3.86 ± 0.242	3.77 ± 0.098	3.75 ± 0.100
4	5.20 ± 0.123	5.15 ± 0.116	5.16 ± 0.150
5	6.72 ± 0.637	6.66 ± 0.142	6.70 ± 0.165
6	7.96 ± 0.170	7.61 ± 0.163	7.68 ± 0.219
7	7.96 ± 0.158	7.99 ± 0.182	8.21 ± 0.238
8	6.47 ± 0.228	7.11 ± 0.318	7.23 ± 0.244
9	5.10 ± 0.189	5.77 ± 0.233	6.02 ± 0.286
10		5.25 ± 0.235	5.47 ± 0.277
11			4.61 ± 0.200
Average	5.18 ± 0.20	5.317 ± 0.206	5.31 ± 0.213

보건대 우리나라에서는 亦是 晩生種이 그 生理作用이 가장 旺盛하고 따라서 收量에 있어서도 最大量

을 얻을 수 있음을 알 수 있다. (表 8參照)

表 5. Ratio (T/ΣT) of the Amount of Transpiration (T) for Each Period to the total Amount of Transpiration (ΣT)(%)

Item \ Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	total
Early maturing variety	2.1	5.0	8.3	11.1	14.4	17.1	17.1	13.9	10.9	—	—	100
Medium " "	2.2	4.8	7.2	9.8	12.6	14.3	15.0	13.4	10.9	9.9	—	100
Late " "	1.8	4.2	6.4	8.8	11.5	13.2	14.1	12.4	10.3	9.4	7.9	100

2) 벼의 葉面蒸發

① 葉面蒸發量의 生育期別 變化

벼 生育期間中의 品種別, 葉面, 蒸發量은 表와 같으며 그 變化狀態를 圖示하면 그림 1과 같거니와 各 品種마다 移秧後 漸增하여 最高에 達하였다가 다시 減少하는 點은 同一하나 그 時期에 있어서는 早生種만이 第 6期이고 中, 晩生種은 第 7期이다. 즉 이는 벼의 葉面蒸發이 가장 旺盛한 時期는 穗孕期 後半에서 出穗開花初期이며 그 후는 生理的作用이 減退함을 意味한다. 한편 葉面蒸發量의 品種間의 差異는 第 5期까지는 別로 差異를 認定할 수 없으나 第 6期에는 早生種이 가장 크고 第 7期以後에는 晩生種이 繼續 큰 값을 보여주고 있는데 이를 통하여

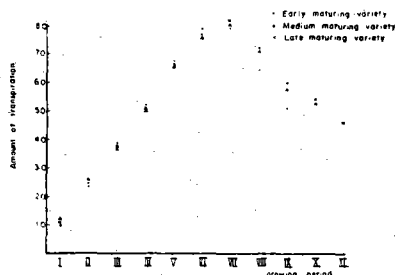


그림 1. Change of Amount of Transpiration for Varieties

② 葉面蒸發量(T)의 蒸發計蒸發量(E)에 對한 比 (T/E)

이는 벼의 生理作用을 度外視한 多小 非合理的인 從來의 方法이기는 하나 葉面蒸發에 影響을 미치는 諸氣象要因과의 綜合的인 關聯性을 表示하는 것으로서 그 妥當性이 認定되기때문에 이를 算定 表

表 6. Ratio (T/E) of Transpiration (T) to Amount of Evaporation by Atmometer (E)

item	Period											mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Early maturing variety	0.16	0.38	0.65	0.96	1.04	1.24	1.30	1.22	1.01	—	—	0.86
Med. maturing variety	0.18	0.41	0.64	0.96	1.03	1.19	1.30	1.34	1.14	1.10	—	0.92
Late maturing variety	0.17	0.40	0.64	0.96	1.04	1.20	1.34	1.36	1.19	1.14	1.01	0.94

理的인 點이 있기는하지만 灌溉計劃基準 早粳年의 各 期別 蒸發計蒸發量을 調査하여 簡單히 그 地域에서의 各 期別 葉面蒸發量을 大略 把握할 수 있는 基準係數로서의 價値는 있다고 認定된다.

③ 蒸散強度

葉面蒸發은 벼의 生理的作用에 起因하는 것임에도 不拘하고 ②의 蒸發計蒸發量에 對한 比로 表示하는 從來의 方法은 이 點을 度外視한, 所致로서 그 非合理性을 否認할 수 없다. 富士岡⁽¹⁹²⁰⁾은 이 點을 指摘하고 純全히 水稻의 生理的作用만을 考慮한 葉面蒸發量의 處理方法으로서 所謂 蒸散強度로 表示함이 妥當하다고 主張하고 自信의 試驗을 通하여 1952年 이를 算定 提示하였는데 現在 日本에서는 이 富士岡의 蒸散強度가 보다 合理的인 葉面蒸

示하면 表 6과 같다. 表 6에서 보는 바와 같이 T/E의 값은 早生種은 7期. 中, 晚生種은 第 8期가 最大인데 이는 葉面蒸發量 自體의 最大値의 發生時期 보다는 全部가 1期씩 늦어지고 있는 셈이다. 前述한 바와 같이 T/E의 값에 依據하여 實地 葉面蒸發量을 算定함은 이 係數 自體의 性質上으로는 非合

發量表示의 示標로 認定되어 實用되고 있는 實情이다. 蒸散強度의 表示法에 依據하여 本 試驗에서 얻은 結果로부터 算出한 蒸散強度의 統計處理 結果를 表示하면 表 7에서 보는바와 같이 蒸散強度는 大體로 生育初期(1,2期)에서는 中生種만이 若干 크고 早, 晚生種間에서는 거의 差가 없으며 第3期 以後 6期까지는 中, 晚生種間에는 別差가 없으나 이들에 比해 早生種만이 顯著하게 크고 第 8期 以後는 이關係가 正反對로 逆轉하여 早生種에 比해 中, 晚生種이 顯著하게 增大하고 中, 晚生種間에는 別로 差를 認定할 수 없다. 品種別 蒸散強度의 變化狀態는 中, 晚生種에 比해 早生種만이 特히 期別 變動差異가 甚함을 알 수 있다.

表 7. Transpiration intensity

Growing period	Early maturing variety	Medium maturing variety	Late maturing variety
1	18.526 ± 0.264	19.916 ± 0.7515	18.560 ± 0.3713
2	42.960 ± 0.623	44.940 ± 0.502	42.740 ± 1.152
3	75.020 ± 0.2622	70.300 ± 3.562	68.620 ± 1.738
4	110.00 ± 2.622	104.280 ± 3.515	102.160 ± 1.650
5	117.420 ± 2.061	112.020 ± 1.972	110.326 ± 2.1598
6	140.520 ± 1.399	129.560 ± 1.525	128.320 ± 3.04
7	148.180 ± 2.358	142.260 ± 8.64	145.040 ± 5.962
8	139.300 ± 0.5915	146.540 ± 4.70	146.020 ± 2.633
9	115.060 ± 2.523	124.340 ± 2.422	127.580 ± 1.382
10		120.140 ± 3.80	122.500 ± 2.498
11			107.380 ± 2.278
total	907.0	1014.30	1119.2

Amount of transpiration for each period total amount of transpiration for all periods

※ Transpiration intensity =

Amount of evaporation by atmometer for each period

Total amount of evaporation by atmometer for all period

④ 葉面蒸發量 理論式

表 4의 葉面蒸發量에 依據하여 第 1期~第 7期間의 各 期別 葉面蒸發量을 算定할 수 있는 數式을 誘導提示하면 다음과 같다.

Early maturing variety $Y=0.658+1.008X$

Medium " " $Y=0.780+1.050X$

Late " " $Y=0.646+1.091X$

Remarks. Y: Amount of transpiration

X: Number of growing period.

⑤ 風乾物量과 葉面蒸發量

本 試驗期間 中の 風乾物(根除外) 生産量은 表 8과 같거니와 5 個年間的 平均玄米收量은 10a 當 早

表 8. Dry weight of yields for each year (kg)

Item		year	62	63	64	65	66	total	mean
Early mat. var.	hulled rice		318.42 (2.12石) ^{kg}	376.35 (2.059)	361.41 (2.409)	379.14 (2.527)	361.20 (2.408)	1,796.51	359.30 (2.395)
	chaff		70.76 ^{kg}	84.17	80.31	84.25	80.22	399.71	79.94
	straw		495.32 ^{kg}	585.46	562.68	589.81	563.98	2,797.25	559.45
	total		884.5 ^{kg}	1,045.98	1,004.4	1,053.2	1,005.4	4,993.4	998.69
Medium mat. var.	hulled rice		335.6 (2.237)	450.15 (3.001)	404.39 (2.695)	457.16 (3.047)	450.74 (3.004)	2,098.04	419.61 (2.797)
	chaff		74.40	99.48	89.96	101.04	99.83	464.71	92.94
	straw		52.12	706.57	630.35	717.62	710.39	3,286.13	657.23
	total		931.2	1,256.2	1,124.7	1,275.82	1,260.96	5,848.88	1,169.78
Late mat. var.	hulled rice		362.04 (2.413)	457.25 (3.048)	419.74 (2.798)	457.79 (3.051)	455.10 (3.034)	2,151.92	430.38 (2.869)
	chaff		80.45	101.61	93.27	101.17	100.62	477.12	95.42
	straw		563.31	711.34	652.99	718.40	717.51	3,363.55	672.71
	total		1,005.8	1,270.2	1,166.0	1,277.36	1,273.23	5,992.59	5,992.51

生種은 約 360kg(2.4石), 中生種은 約 420kg(2.8石) 晩生種은 430kg(2.9石)인데 草野⁽⁶⁷⁾, 福田^(26,27), 飯島^(68,69) 등이 試驗한 경우의 生産量 324kg(2.16石)과 對照해 볼 때 相當한 差異를 認定할 수 있는데 우리나라의 米穀單位收量의 增加趨勢로 보아 本 試驗

에서 얻은 結果가 合當한 것이 아닌가 한다. 全벼 生育期間의 葉面蒸發量의 大略值를 算定하는 基準으로 利用되고 있는 全葉面蒸發量의 風乾物量에 對한 比 즉, 蒸散比를 算定 表示하면 表 9와 같다.

福田^(26,27), 飯島^(68,69) 등의 試驗에 依한 蒸散比는

表 9. Transpiration ratio

Variety	year	1962	1963	1964	1965	1966	mean
Early maturing variety		513.3	440.2	457.3	448.5	469.5	462.5
Medium " "		555.5	418.5	460.1	423.6	425.2	447.1
Late " "		561.1	451.9	491.7	467.3	465.0	481.7

大略 280~300인데 이는 平年의 경우아기는 하나 過少한 感이 不無하며 灌溉計劃의 基準이 될 旱魃年의 경우에는 該當시킬 수는 없다고 본다. 日本^(18,19,80)에서는 平년에는 蒸散比 380, 灌溉計劃의 基準으로 하고 있는데 우리나라의 氣象條件으로 보아 日本의 景

우보다 蒸散比가 오히려 크게 될 것으로 생각되며 이들과 比較해 볼 때 本 試驗結果의 蒸散比 450~480은 日本의 旱魃年에 對한 것과 큰차이가 없는 것으로서 우리나라에서도 灌溉計劃의 基準이 될 旱魃年의 경우 蒸散比 450~480을 全 生育期間의 總 葉面蒸發量

算定の基準으로採擇하여도無妨하리라고認定한다.

生育期別 品種別 株間水面蒸發量은 表 10과 같으며 이를 圖示하면 그림 2와 같다.

3) 株間水面蒸發量

株間水面蒸發量은 葉面蒸發量과는 大略 反對의 變

① 株間水面蒸發量의 生育期別變化

表 10. changes of amount of evaporation from water surface in paddy field

Period	Early mat. var.(mm)	Medum mat var. (mm)	Late mat. var (mm)
1	4.546 ± 0.070	4.524 ± 0.082	4.550 ± 0.066
2	3.834 ± 0.086	3.820 ± 0.062	3.854 ± 0.096
3	2.800 ± 0.046	2.852 ± 0.079	2.832 ± 0.075
4	2.318 ± 0.050	2.294 ± 0.053	2.296 ± 0.069
5	1.276 ± 0.042	1.260 ± 0.028	1.276 ± 0.036
6	0.874 ± 0.017	0.840 ± 0.014	0.848 ± 0.024
7	0.788 ± 0.017	0.788 ± 0.023	0.760 ± 0.020
8	0.894 ± 0.032	0.878 ± 0.035	0.890 ± 0.030
9	1.129 ± 0.039	1.089 ± 0.043	1.064 ± 0.939
10		1.143 ± 0.053	1.103 ± 0.058
11			1.244 ± 0.102

化를 하고 있고 各 品種 모두 移秧初期에 最大이고 漸減하여 早生種은 第 6 期에 中晚生種은 第 7 期에, 最小로 되고 그 후 落水期까지 漸增한다. 即 株間水面蒸發量은 氣象的 要因에 依해서 보다 벼 自體의 繁茂에 依한 水面面積의 廣狹과 그늘

(陰)의 程度에 全的으로 左右된다고 할수 있다 品種間의 有意差는 거의 認定할 수 없으며 다만 第 7 期에 限하여 早生種과 中, 晚生種의 較差가 顯著한데 이는 早生種만은 第 7 期부터 株間水面蒸發量이 增加하는데 對해 中, 晚生種은 第 7 期에 最小

表 11. Ratio(We/e) of amount of evaporation from water surface in paddy (W) to amount of evaporation by atmometer (E)

Item	period											mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Early maturing variety	0.73	0.61	0.47	0.43	0.20	0.14	0.14	0.17	0.22	—	—	0.32
Medium maturing variety	0.73	0.61	0.48	0.42	0.19	0.13	0.13	0.17	0.22	0.24	—	0.33
Late maturing variety	0.73	0.62	0.48	0.42	0.20	0.13	0.12	0.17	0.21	0.23	0.27	0.33

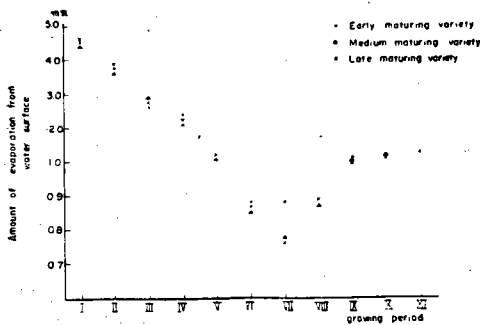


그림 2. Changes of amount of evaporation from water surface in field for varieties.

로 되는데 起因한다.

② 株間水面蒸發量(We)의 蒸發計蒸發量(E)에 對한 比(We/E) 品種別 We/E의 값은 表 11과 같거니와 We/E의 값은 各 品種 모두 第 7 期에 最小이고 平均値에 있어서 뿐만 아니라 各 生育期로도 品種間의 有意差는 全然 認定할 수 없다. 株間水面蒸發量은 벼의 生理的作用과는 直接關聯性이 없으니만큼 株間水面蒸發量 算定の 基準에 이타르는 表 10의 各 期別 係數를 使用함이 妥當할 것이다.

③ 株間水面蒸發量의 理論式

表 10의 株間水面蒸發量에 依據하여 品種別 株間

水面蒸發公式를 誘導하면 다음과 같다. 早生種公式는 第 1期~第 6期, 中, 晩生種公式는 第 1期~第 7期까지의 各 期別 株間水面蒸發量을 算定하는데 利用할 수 있다.

Early maturing variety $Y=4.67-0.58X$

Medium " " $Y=4.70-0.59X$

Late " " $Y=4.71-0.59X$

Remarks, Y: Amount of evaporation from water surface in paddy field.

X: Number of growing period.

4) 葉, 水面蒸發量

葉面蒸發量과 株間水面蒸發量을 分離取扱하여 分析檢討를 試圖하였으나 實用的인 價値가 別로 없으므로 이 兩者를 合쳐서 取扱해 보았다.

① 葉, 水面蒸發量의 變化

各 生育期別 및 品種別의 葉, 水面蒸發量과 그 統計處理結果는 表 12와 같으며 葉, 水面蒸發量의 生育時期別 變化狀況은 그림 3과 같다. 表 12 및 그림 2로부터 알 수 있는 바와 같이 葉, 水面蒸發量은 移

秧 後 漸增하여 早生種은 第 6期에 中, 晩生種은 第 7期에 最大量에 達하고 그 후 漸減하는데 이는 그 傾向이 葉面蒸發量과 同一하다. 한편 表 12에서 보는 바와 같이 第 1期부터 第 5期까지는 品種間의 差를 거의 認定할 수 없고 第 6期에는 早生種과 中 晩生種間, 第 7期에는 早, 中生種과 晩生種間에 第 8, 9期에는 各 品種間에 若干의 差를 認定할 수 있

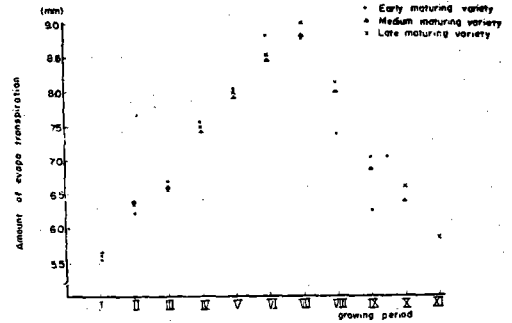


그림 3. change of a amount of evapo-transpiration according to the growing Period

表 12. Changes of Amount of Evapo-transpiration

Growing period	Early maturing variety(mm)	Medium maturing Variety (mm)	Late maturing variety (mm)
1	5.574 ± 0.089	5.686 ± 0.108	5.630 ± 0.084
2	6.221 ± 0.137	6.391 ± 0.111	6.383 ± 0.158
3	6.667 ± 0.127	6.611 ± 0.179	6.594 ± 0.182
4	7.531 ± 0.172	7.454 ± 0.167	7.481 ± 0.214
5	8.007 ± 0.238	7.931 ± 0.169	7.991 ± 0.192
6	8.810 ± 0.188	8.440 ± 0.179	8.531 ± 0.144
7	8.750 ± 0.182	8.779 ± 0.206	8.973 ± 0.258
8	7.344 ± 0.259	7.983 ± 0.352	8.120 ± 0.275
9	6.229 ± 0.232	6.859 ± 0.276	7.084 ± 0.242
10		6.393 ± 0.285	6.573 ± 0.332
11			5.854 ± 0.252

② 葉, 水面蒸發量(ET)의 蒸發計蒸發量(T)에 대한 (ET/T) 品種別, 生育期別의 葉, 水面蒸發量의 蒸發計蒸發

量에 對한 比를 算定한 값은 表 13과 같다. 表 13에서 보는 바와 같이 葉, 水面蒸發量의 蒸發計蒸發量에 對한 比는 全 生育期間의 平均値에 있어 早生種은

表 13. Ratio (ET/E) of Evapo-transpiration (ET) to the Evaporation (E)

Item	Period											mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Early maturing variety	0.90	1.00	1.13	1.40	1.24	1.37	1.43	1.16	1.24	—	—	1.23
Medium maturing variety	0.92	1.03	1.12	1.38	1.22	1.31	1.43	1.26	1.36	1.34	—	1.25
Late maturing variety	0.91	1.02	1.12	1.39	1.23	1.33	1.46	1.28	1.40	1.37	1.28	1.27

1.23, 中生種은 1.25, 晩生種은 1.27인 바 이는 草野(87), 福田(1077), 飯島(887) 등의 試驗結果의 1.15 나 또는 이를 基礎로하여 마련한 우리나라에서의 計劃用水量算定의 基準係數인 1.20 등에 비해 若干 큰 값을 나타내고 있다.

③ 蒸發散強度

富士岡(10720)는 葉面蒸發量에 對하여 合理的인 算

定方法으로서 所謂 蒸發散強度를 提示하였는데 筆者는 이 方法을 葉水面蒸發量에 適用하여 보았다. 表 1에서 보는 바와 같이 蒸發散強度는 第 1~3期間은 品種間의 有意差는 全 然 認定할 수 없으나 第 4期以後에는 各 期 各 樣이 早生種과 中, 晩生種間에 差異가 있음이 分明하고 第 4期와 第 9期는 早生種의 값이 中, 晩生種에 비해 작는데 對해 第 5~8期는 全

表 14. Changes of evapo-transpiration intensity

Growing Period	Early maturing variety	Medium maturing variety	Late maturing variety
1	73.24 ± 0.854	72.96 ± 0.934	71.90 ± 1.374
2	81.34 ± 0.687	81.66 ± 0.646	80.82 ± 1.943
3	92.78 ± 3.025	88.78 ± 2.944	88.78 ± 2.947
4	104.04 ± 1.201	109.16 ± 1.573	109.16 ± 1.573
5	100.34 ± 1.633	97.02 ± 1.7806	97.02 ± 1.7806
6	111.78 ± 1.100	104.96 ± 1.109	104.96 ± 1.109
7	116.72 ± 1.563	114.66 ± 1.739	114.58 ± 1.739
8	113.32 ± 3.53	120.22 ± 4.048	120.22 ± 4.047
9	100.56 ± 2.293	108.06 ± 2.234	111.80 ± 2.234
10		105.84 ± 3.126	108.92 ± 3.128
11			100.26 ± 3.340
合計	894.1	1005.9	1109.20

$$\text{Amount of evapo-transpiration intensity} = \frac{\text{Amount of evapo-transpiration for each period} \times \text{Total amount of evaporation by atmometer for all periods}}{\text{Total amount of evaporation by evaporation by atmometer for all period}}$$

部 早生種의 값이 中, 晩生種에 비해 크고 第10期以後는 다시 有意差를 認定할 수 없었다.

④ 葉, 水面蒸發量의 理論式

表 11의 葉, 水面蒸發量에 依據하여 第 1期~第 7

期(最大值)에 對한 葉, 水面蒸發量의 算定式을 誘導하면 다음과 같다.

Early maturing variety $Y=5.36+0.503X$

Medium " " $Y=5.41+0.456X$

表 15. Correlation (r) Between Factors of Climatic Condition and Amount of Evapo-transpiration

variety	factors of climatic condition	temperature	Amount of evaporation	sunshinc	humidity
	Amount of evapo-transpiration	Early mat. var.	+ 0.9089 **	+ 0.2134	+ 0.2678
	Medium mat. var.	+ 0.7665 **	+ 0.2018	+ 0.2499	+ 0.3452
	Late mat. var.	+ 0.9051 **	+ 0.2153	+ 0.0782	+ 0.3909

Late " " Y=5.80+0.494X

Remarks. Y: Amount of evapo-transpiration

X: Number of growing period.

⑤ 氣象要素와 葉水面蒸發量과의 關係

葉, 水面蒸發에 影響을 미치는 氣溫, 濕度, 蒸發計燕發量, 日照時間 等の 氣象要素와 葉, 水面蒸發量과의 生育時期別 變化狀況에 關한 相關性을 求한 結果는 表 15에서 보는 氣溫만이 高度의 相關性을 보여주고 있는데 이는 우리나라의 氣象狀況이 澆灌期間中의 無降雨日을 對象으로 한 경우 表 1에서 보

는 바와 같이 氣溫의 變化狀況은 葉, 水面蒸發量의 變化狀況과 同一傾向인데 對하여 日照時間, 蒸發計燕發量濕度등은 그렇지 않은데 起因하는 것으로 보겠으며 特히 濕度와의 相關性이 正인것은 葉, 水面蒸發量이 旺盛한 7月에서 9月中旬頃에 濕度가 가장 높고 其他 時期에는 濕度가 낮은 우리나라의 氣象條件의 탓이기도 하려니와 葉, 水面蒸發量은 濕度 뿐만 아니라 各種 氣象要因이 複合的으로 影響을 미치기 때문인 것으로 생각된다.

原 稿 募 集

本學會에서는 아래와 같은 規定으로 原稿를 募集하오니 公私間 多忙하신줄 思料하오나 本學會를 育成하는 뜻에서 많이 投稿하여 주시기 바랍니다.

1. 類別은 論說, 論文, 研究報告(工事施工, 設計計算), 討議事項 農工技術에 關한 隨想, 現場閑談, 技術行政, 技術經營, 技術相談等 農業工學 技術에 關한 全般인
2. 原稿는 200字 原稿用紙에 띄어쓰기로 橫書하고 1項의 類別을 明記할 것.
3. 原稿의 執筆은 國漢文을 混用해도 無妨하며 枚數는 50枚 以內(그림, 表 包含)로 하여야한다.
4. 執筆體制는 다음과 같이 定한다.

I. II. III.....

1. 2. 3.....

가. 나. 다.....

1) 2) 3).....

가) 나) 다).....

(1) (2) (3).....

ㄱ ㄴ ㄷ.....

圖表는 그림 1. 그림 2.....

표 1. 표 2.....

- 等으로 表示하고 簡單한 說明을 붙여야 한다.
5. 技術用語는 學會에서 發行한 用語를 使用한다.
 6. 題目은 반드시 國文과 英文을 併記하고 論文에 限하여 500語 以內的 英文 Summary를 붙일 것.
 7. 그림은 18切紙 크기 以內로 하고 트레싱페이퍼에 먹으로 깨끗이 그려야 한다.
 8. 原稿採擇은 編輯委員會에서 定하고 編輯委員會는 原稿의 部分的修正을 要求하거나 編輯上 必要에 따라 體制와 用語의 一部를 訂正 或은 省略할 수 있다.
 9. 學會誌에 掲載한 原稿에 限하여 學會所定의 稿料를 支拂하며 일단 提出된 原稿는 一切 返還치 않는다.