

窒素 施肥水準에 따른 벼群落内 光環境變化와 生育과의 關係에 關한 研究

李定澤*, 小林一雄**

Relationship between Light Environment and Crop Growth under Various Nitrogen Application Rates Condition in Rice Plant Canopy

Jeong Taek Lee*, Kazuo Kobayashi**

Summary

To find the effects of solar energy into the rice canopy and its balance on the rice plant growth, a Tongil type rice, Raekyeong and a japonica rice, Koganebare were used with four levels of nitrogen fertilizer application, 6,10, 14, and 18kg 10a⁻¹ in Chigugo, Japan.

The micrometeorological data, the solar radiation and absorbed solar radiation by the rice plants, and leaf area index on cardinal growth stage of the rice community were measured. The results are as follows :

Raekyeong showed increased LAI by increased nitrogen fertilizer application rates, and larger LAI than Koganebare.

1. There was no difference in total dry weight till 20 days after transplanting regardless of nitrogen levels in the same variety, after that, however, Raekyeong showed higher dry matter productions for the same durations than Koganebare.
2. In early growth stage of transplanting rice, reflection ratio of solar radiation above the crop canopy was about 6%, however, it was increased up to 20% by the increased LAI at heading date.
3. In high levels of nitrogen application plots, LAI were increased so that values were decreased.
4. Relationship between the amount of absorbed radiation by plants and its dry matter production was linearly significant.

Higher levels of nitrogen application produced higher dry matter in Raekyeong, however, in lower level, the dry matter production pattern was almost similar between both rice cultivars.

序 論

作物의 生産量은 窮極的으로 變換된 太陽輻射에너지의 蓄積으로 볼 수 있으므로 生産力은 이 에너지의

吸收率과 利用率에 따라서 定해진다고 할 수 있다. 優良品種의 普及과 栽培技術의 發達에 依하여 單位面積當 取量은 크게 增大하였지만 投入에너지와 產出에너지의 比率은 오히려 낮아지고 있는 實情이다.⁽¹⁾ 氣候資原의인 側面에서 볼때 取量으로서 蓄積된

* 農業技術研究所 Agricultural Science Institute R.D.A. (Suwon), Korea)

** 九州農業試驗場(日本) Kyushyu Agricultural Experiment Station. (Japan)

에너지는 太陽輻射量의 3%에도 미치지 못하는 것으로 알려져왔다. 따라서 太陽에너지를 充分히 利用하면 理論적으로 倍以上의 収量增加를 가져올 수 있다.⁽²⁾

한정된 氣候資原을 利用하여 作物의 Biomass 總生産을 높이기 爲해서는 우선 物質生産 過程에서 太陽輻射에너지의 利用實態를 파악하는 것이 重要하다.

作物 光合成에 關與하는 日射量은 群落内에서 莖, 葉 等에 依해서 吸收, 透過, 反射로 나누어 지므로 群落内的 光輻射 環境은 相當히 複雜하다. 群落上部에 到達하는 輻射量이 같다고 하여도 群落内에서는 그 輻射量의 分布가 달라지므로 이러한 條件에 따른 物質生産은 各기 差異가 있다는 것이 보고된 바 있다.⁽³⁾

光合成 能力은 光合成系의 機何學의 構造와 葉面積指數에 關聯되며,⁽⁴⁾ 作物群落에서 光要因과 光合成에 對한 研究는 作物群落内에서의 理論的인 檢討가 이루어져 왔고,^(5,6) 한편 栽培的인 側面에서도 많은 作物을 對象으로 光의 利用性에 對하여 研究되어 왔다.^(7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17)

벼 収량을 增加시키기 爲해서는 벼群落内에서 葉面積과 그 分布狀態와 이에따른 光環境變化를 調査하고, 作物體에 吸收 利用되는 光量을 測定하여 單位葉面積當 受光能率을 向上시키는 方法을 찾아내서 同化養分の 蓄積이 이루어 질 수 있는 環境을 調整해 줄 수 있는 情報를 얻어내는 것이 必要하다. 지나친 葉面積의 增加는 群落相互間에 光을 遮斷시켜 下位葉까지 充分히 光을 받지 못하기 때문에 乾物生産에 逆效果를 줄 수 있다. 一般的으로 直立葉型의 品種이 受光姿勢가 좋은 것으로 알려져 있고, Winter 等⁽¹²⁾도 LAI가 5 程度 以上이면 直立葉型 品種의 種子生産에 有利하며 垂平葉型은 品種間에 差異가 있다고 報告하였다.

벼의 乾物生産은 地域과 窒素施肥量의 影響을 받는데⁽¹⁰⁾ 窒素의 作用은 直接 光合成 能力을 促進시키는 面과 葉의 生長을 促進시키는 面으로 보면 이른바 耐肥性이 強한 品種이면 光合性能力이 큰 特性을 보인다.

본 報告는 草型이 다른 品種들을 窒素施肥水準 調節로 群落의 繁茂度를 다르게하여 生育時期에 따라 群落内에서 輻射収支에 關해서 實測을 하여 定量的인 分布와 그 關係를 分析하고, 群落의 LAI와 吸光量과의 關係 그리고 그에 따른 乾物重의 變化를 調査하여 分析한 結果를 報告하는 바이다.

材料 및 方法

본 試驗은 1986年 日本 九州農業試驗場에서 實施하였다. 統一型品種 來敬과 자포니카品種 黃金晴를 供示하였으며, 窒素水準을 6,10,14,18kg/10a로 달리하여 各 群落의 繁茂狀態의 差異를 誘發시켰다. 太陽輻射量 觀測에는 群落上部의 全天日射量은 네오日射計(英弘精密 MS-42)를 使用하였고, 管型日射計(中野製作所)를 使用하여 群落水面까지 到達하는 日射量을, 測定하였다. 反射量은 試電型日射計를 地面으로 向하게하여 群落上面으로 부터 反射되어 나오는 量을 測定하는 方法을 擇하였다. 各各의 日射量測定檢出器를 圃場에 設置하기 前에 1週日間 똑같은 條件에서 豫備觀測을 實施하여 各檢出器의 感度를 네오日射計와 같도록 換算係數를 求하여 補定하였다. 圃場에서 測定된 資料는 30分間隔으로 Epson(HC-20) 미니컴퓨터에 収録收集하였다. 葉面積測定은 葉面積計(Hayashi denko)를 利用하였으며 葉面積과 乾物重 調査는 移秧後 부터 出穗後까지 10日 間隔으로 實施하였다.

結果 및 考察

1986年 試驗遂行期間의 氣象經過를 半旬別로 보면 그림1과 같다. 平均日射量은 雨期에는 10MJ/m²以上으로 많았다. 日照時數를 平年과 比較해 보면 雨期에는 비슷하였으나 7月下旬에서 8月中旬까지는 많게 經過하였다. 한편 平均氣溫은 7月上旬에는 平年보다 낮았으나 그 以後에는 平年에 比해 낮은 氣溫 經過를 보였다. 要約하면 平年에 比하여 日照와 日射量은 많았고 降水量은 若干 적었으며 平均氣溫은 비슷하였다. 生育時期別로 보면 못자리기간은 多少 低温이었으며 分蘖期는 降水量이 많은 反面 日照時數는 적었으며 氣溫은 낮은 편이었다. 生育中期 以後는 平年과 비슷한 氣象이었고 出穗期 以後에는 降水量이 다소 많았다.

窒素施肥水準에 따른 時期別 葉面積指數의 變化를 보면 그림2와 같다. 두 品種 모두 生育初期에는 葉面積指數의 窒素水準間 差異가 작았으나, 移秧後20日 頃부터는 差異가 뚜렷하게 나타났다. 來敬에서는 窒素施肥水準에 따른 葉面積의 變化가 窒素 6kg~10kg/10a間에는 差異가 작았으며 10kg~14kg/10a間에는 時期에 따라서 増施의 效果가 크게 나타났다. 黃

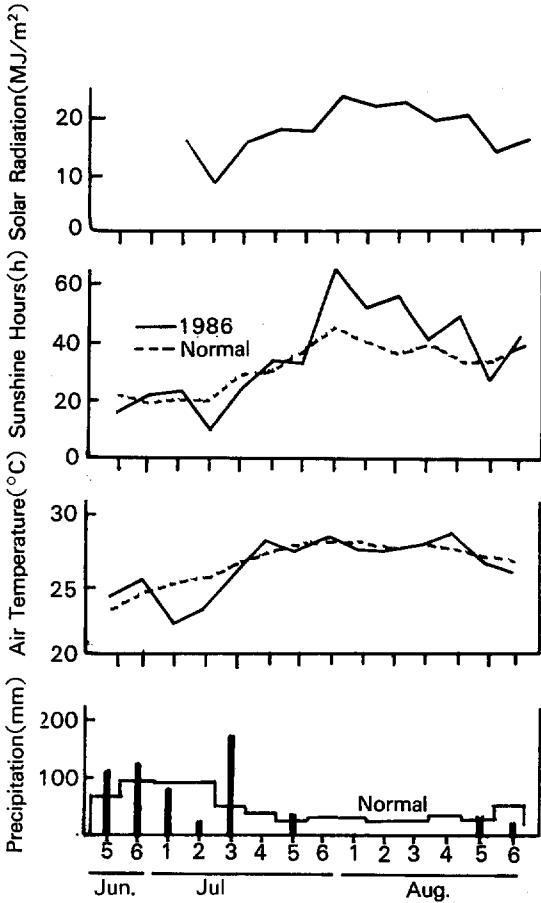


Fig. 1. Seasonal changes in 5-day solar radiation, sunshine hours, mean air temperature, and precipitation.

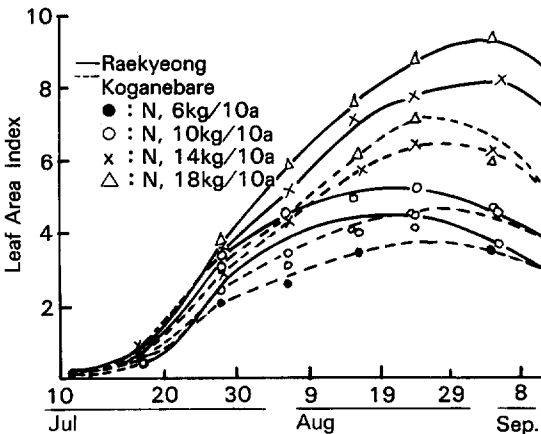


Fig. 2. Changes in leaf area index of Raekyeong and Koganebare rices during growing season.

金晴은 窒素施肥水準에 따른 葉面積 增加의 程度는 來敬에 比해서 현저하지 않지만 窒素 10kg/10a에서 14kg/10a으로 增施하였을 때 급격히 葉面積이 增加하였다. 生育期間中 最高葉面積指數는 來敬 N, 18kg/10a에서 LAI 8.9로 가장 높았으나 N6 kg/10a에서는 LAI 4.5로 낮았고 最高葉面積에 到達하는 時期도 多肥區에 比하여 約 10日程度 늦었다. 黃金晴은 最高葉面積이 N 18kg/10a가 LAI 7.3이었으며 N 6kg/10a에서는 LAI 3.4로 낮았으며, 最高葉面積에 到達하는 時期도 多肥區인 14,18kg/10a區에서는 出穗前 10~15日頃에 나타났지만 N, 10kg/10a 以下區에서는 出穗期까지 繼續해서 增加하는 傾向이었다. 그리고 統一型인 來敬은 같은 施肥水準에서 全生育期間을 通하여 자포니카型인 黃金晴보다 葉面積指數가 約 1.5程度 높았다.

벼栽培期間中の 乾物重의 變化는 그림3에서 보는 바와 같다. 乾物重의 增加는 移秧後 20日頃까지는 葉面積의 增加와 같은 傾向으로 施肥水準別로 差異가 없었으나 移秧後20日 以後 부터 뚜렷한 差異가 나타나기 始作하였다. 來敬은 窒素14kg/10a와 18kg/10a 間에는 差異가 두드러지지 않았으며 乾物重의 增加는 施肥水準에 따라서 이루어지고 있었으나, 窒素 6kg/10a와 10kg/10a區에서는 出穗期 前後하여 乾物重의 增加 速度가 완만하였다. 黃金晴은 全體의인

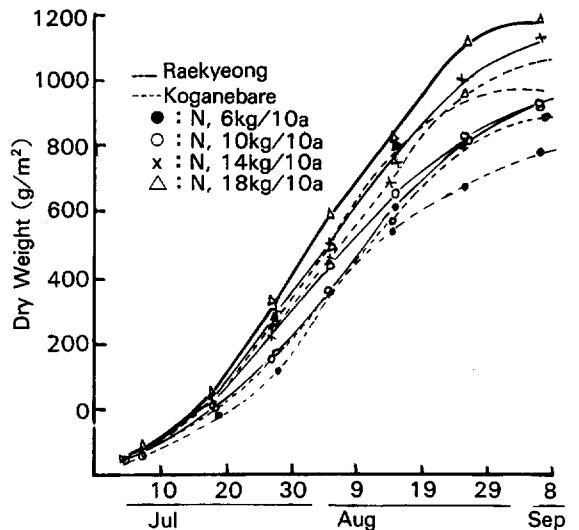


Fig. 3. Changes in total dry weight during growing season.

乾物生産量이 來敬에 比하여 적었으며, 窒素水準間의 乾物重의 變化 樣相도 品種間에 差異가 認定되었 다. 卽 出穗期以後 黃金晴은 N, 18kg/10a區에서는 14 kg/10a 보다 乾物重이 떨어졌으며 窒素施肥水準間에 乾物重의 差異는 來敬에 比하여 多肥區 18kg/10a와 14kg/10a間에는 差異가 적었고, 10kg/10a와 6kg/10a 區 間에는 差異가 크게 나타났 다. 따라서 乾物生産面에서 來敬은 黃金晴에 比하여 耐肥性이 큰것으로 보 인다. 이러한 두 品種間의 葉面積과 乾物生産의 差異와 群落의 光分布間에는 어떤 關係가 있는지 알아보 기 爲하여 光에너지 収支를 調查한 結果를 보면, 日 中の 太陽光의 벼群落上部에서의 反射率은 그림4와 같다. 生育初期인 7月7日에 太陽高度가 낮은 아침에 는 15% 前後의 反射率을 나타냈으나 正年에는 10% 未滿으로 낮아졌다. 이러한 現象은 벼群落이 우거지 지 않아 水面이 露出된 狀態이므로 全體의인 反射率은 自由水面에서의 反射率과 비슷하거나 若干 높은 것으로 볼 수 있다. 品種間에는 큰 差異를 보이지는

않았으나 來敬이 黃金晴보다 太陽高度가 낮은 午前 과 午後에 다소 높은 傾向이었지만 正午에는 오히려 낮았다. 最高分蘗期인 7月27日頃에는 7月7日과 비스한 傾向이었으나 대체로 群落으로 부터의 反射率이 차츰 높아지면서 두 品種間에 뚜렷하게 差異가 나타났 다. 出穗期를 前後한 8月25日頃에는 어느 時刻에서나 來敬이 黃金晴 보다 反射率이 높게 나타났 다. 正午에 는 約18% 程度의 反射率을 보였다. 낮동안에 太陽光이 벼群落으로 부터 大氣中으로 反射되어 나가는 量은 平均20% 以上 되는데 生育時期別로 보면 初期에 比해 後期가 많은 傾向이었다.

이와같이 反射率은 群落이 우거질수록 높아지는데 葉面積指數와 反射率과의 關係를 보면 그림5와 같다. 두 品種 모두 葉面의 指數가 낮아 水面이 많이 露出되었을 때는 벼群落反射率이 10% 以下로 낮았지만 葉面積指數가 1이 될 때 까지는 反射率이 比較的 급격히 增加하는 現象을 보였다. 그러나 그後부터는 서서히 增加하는 現象을 보였는데 葉面積指數가 3~4 以上이 되면 反射率은 約20% 程度에서 거의 一定하게 유지 되었다.

窒素水準에 따른 群落反射率의 差異는 多肥區가

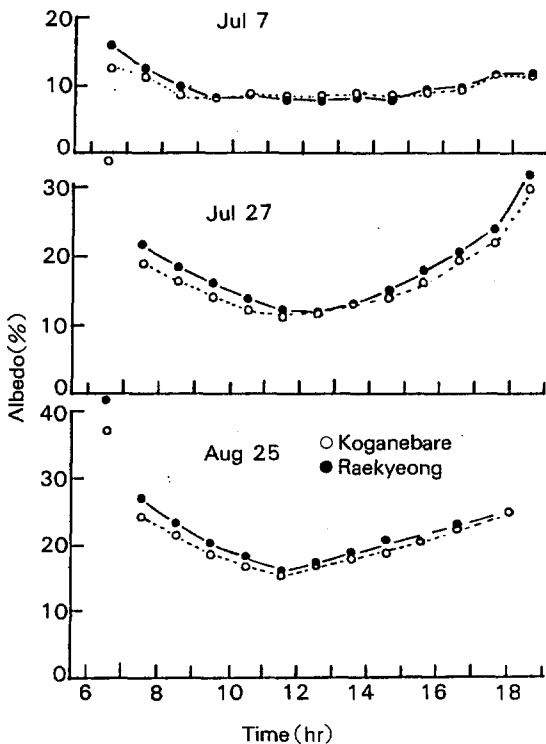


Fig. 4. Changes in albedo from rice canopies on each growing stages.

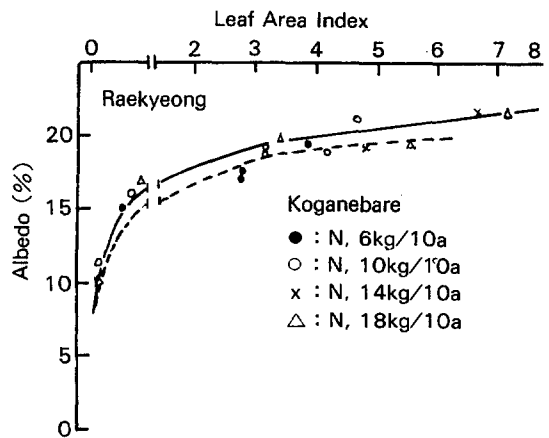


Fig. 5. Changes in albedo from rice canopies relevant to the increment of leaf area index in Raekyeong and Koganebare cultivars.

小肥區 보다 多少 높은 傾向이었다. 反射率은 窒素施肥水準보다는 生育進前에 따른 葉面積指數 크기에 左右된다고 볼 수 있었다. 두 品種間에는 全生育期間

을 통하여 來敬이 黃金晴보다 反射率이 1~2%程度 높았다.

이와같은 反射는 全體的인 量으로는 日平均 5MJ m² 未滿으로 아주 적은量 이지만 群落의 光收支 및 熱收支의인 側面에서는 매우 重要하다. 群落表面에서 一部는 反射되고 그 나머지 光量은 作物體에 吸收되거나 地面을 向하여 透過된다. 이때 透過되는 比率는 Beer의 法測 ($I/I_0 = \text{Exp}(-K, LAI)$)을 따라서 透光率이 決定된다.

벼 生育期間中 群落의 透光率은 葉面積指數가 增加하면 그림6과 같이 指數函數的으로 減少하게 된다. 벼 全生育期間을 통하여 窒素施肥量에 따른 透光率의 變化는 窒素施肥量이 많을수록 낮아지고, 같은 水準의 窒素施肥量에는 品種間의 光減衰係數의 差異는

黃金晴이 높은 것으로 나타났으므로 같은 葉面積指數일때 群落의 吸光量은 黃金晴이 來敬보다 많을것으로 類推된다. 葉面積指數에 따른 透光率의 減衰는 葉面積指數가 4~5以下인 때는 半對數그래프 위에서 直線的으로 減少하나 그 以上에서는 葉面積이 增加에비하여 光減衰率은 鈍化되는 傾向을 보였으며, 이러한 現象은 黃金晴보다 來敬에서 뚜렷하게 나타났다. 이는 葉面積指數가 4~5以上이 되면 大部分의 直達光은 上·中位葉에서 遮斷되고 散亂光만이 下位葉에 到達되기 때문에 생각된다. 群落上部의 全日射量은 이와같이 透過, 反射되고 남은量은 群落內에서 遮斷, 吸收되어 直接 光合成에 利用되거나 潛熱·顯熱 傳達量으로 바뀌어져서 作物生育에 여러면으로 影響을 미치게 되는 것이다.

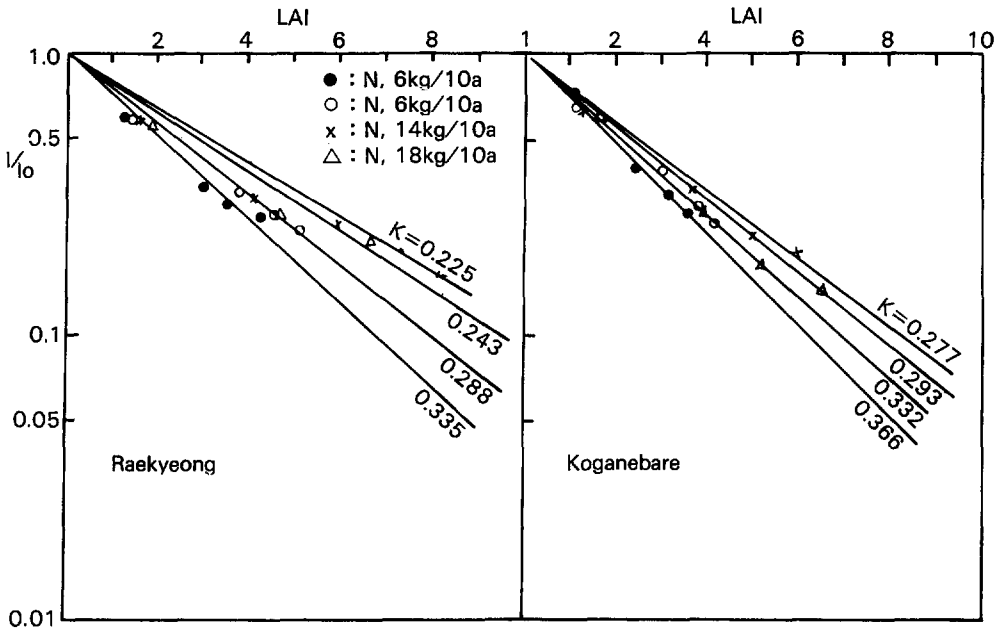


Fig. 6. Effect of nitrogen application levels on the light extinction coefficient by increased LAI in Raekyeong and Koganebare cultivars.

窒素水準을 달리 하였을때 群落의 葉面積指數와 光環境의 變化를 보면 그림7과 같다. 出穗期前後한 8月25日에 調査한 葉面積指數는 施肥水準이 增加될수록 높아졌다. 群落層位別 分布를 보면 來敬은 地上30cm以上 부터는 段階的으로 增加하고 그 以下 部位에

서는 急激히 減少하는 樣相을 보이면서 下位葉의 比率가 적었고, 黃金晴은 葉面의의 分布가 地上40cm部位를 中心으로 거의 上下 對稱的이었다. 群落위의 半射率은 品種과 施肥水準에 따라 多少의 變化가 있었지만 群落의 光收支는 透光率에 크게 左右되는 것으

로 보였다. 窒素施肥水準을 增加시킬수록 葉面積이 增加되고 이에 따라 透光率이 낮아지게 되므로 그에 相當하는 光의 遮斷이 이루어 지는 것으로 볼 수 있다. 대체로 이 時期의 光遮斷比率은 全體日射量의 60~70% 程度이었다.

같은 施肥水準에서는 來敬이 黃金晴보다 光遮斷量이 많았고, 部位別로는 群落上部로부터 地上20cm까

지 사이에서 大部分 이루어지며 그 以下에서는 光遮斷率의 變化가 거의 없었다. 地上20~10cm 사이의 光遮斷率은 來敬이 높았고, 黃金晴은 地上20~10cm 사이에 光遮斷率의 變化가 거의 없었으나 來敬은 地上 10cm까지 繼續 光遮斷이 이루어지므로서 最下位葉까지 光利用이 可能한 葉面積分佈를 가진 草型的 特性을 보였다.

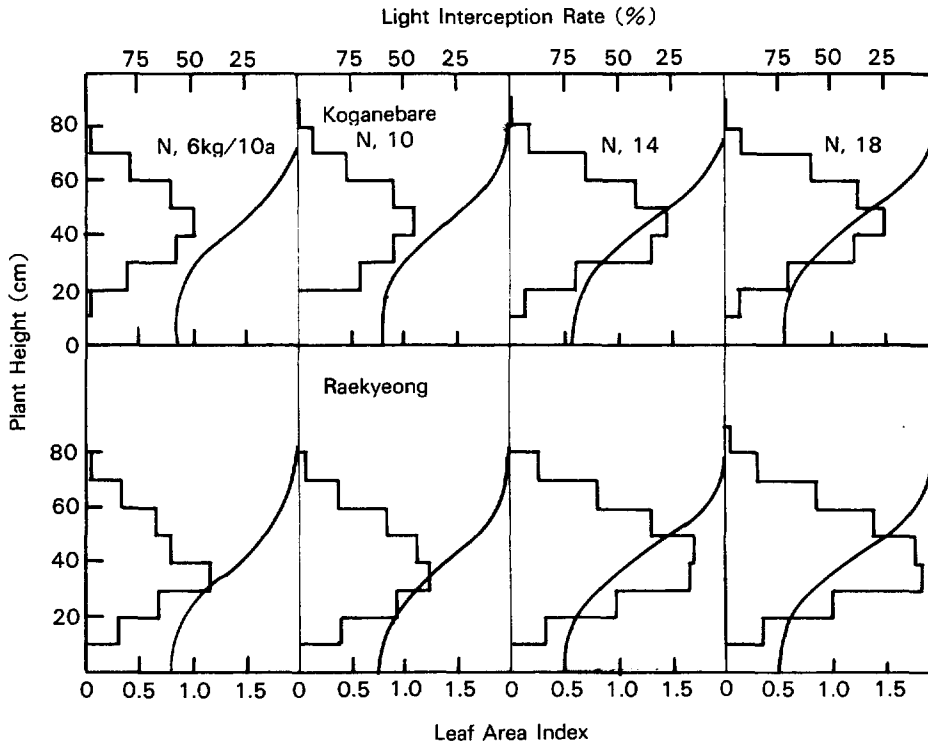


Fig. 7. Leaf area index and distribution of light interception rate at various nitrogen application levels in different rice plant types.

벼群落内에서 生育時期別 葉面積指數에 따른 全日射量의 透過, 反射, 吸收比率을 보면 그림8과 같다. 出穗期까지의 最高葉面積指數가 來敬은 5.2, 黃金晴은 4.4로 差異가 있었으며 이에따라 光의 吸收樣相도 달라졌다. 反射率은 앞에서 밝힌 바와같이 來敬이 黃金晴보다 若干 높았으나 透光率은 品種間에 差異가 컸다. 黃金晴은 葉面積指數가 1以上되는 7月 15日頃부터 8月9日까지는 透光率이 높았던 反面, 群落의

吸收率은 낮았다. 따라서 벼群落의 吸光量은 낮았다. 그러므로 벼群落의 吸光量은 反射率과 透光率이 높은 期間에는 적어지게 된다. 來敬의 葉面積指數가 4~5에 달하였을때 黃金晴은 3~4에 이르는데 이 時期前까지는 來敬은 透光率이 黃金晴보다 낮아 光의 吸收量이 많았는데도 反射率은 다소 높았다. 그 後에는 黃金晴도 葉面積指數의 增加로 光遮斷率이 增加되었다. 이러한 變化는 두 品種間에 群落形成이 時期的으

로 다르고, 草型도 서로差異가 있는 데 起因한 것으로 생각된다. 吸光量은 來敬이 比較的 많았으므로 統一型品種이 草型面에서 光合成能力이 좋다는 것을 間接的으로 뒷받침하는 것으로 생각된다.

MJ m²당 160g/m²의 乾物重增加를 보였지만 來敬 多肥區(N, 18kg/10a)는 230g/m² 程度로 높았고, 黃金晴의 多肥區는 約 200g/m²로 若干 낮았다. 따라서 吸光量에 따른 乾物蓄積은 來敬이 黃金晴보다 높으며 小肥區보다 多肥區에서 많았다.

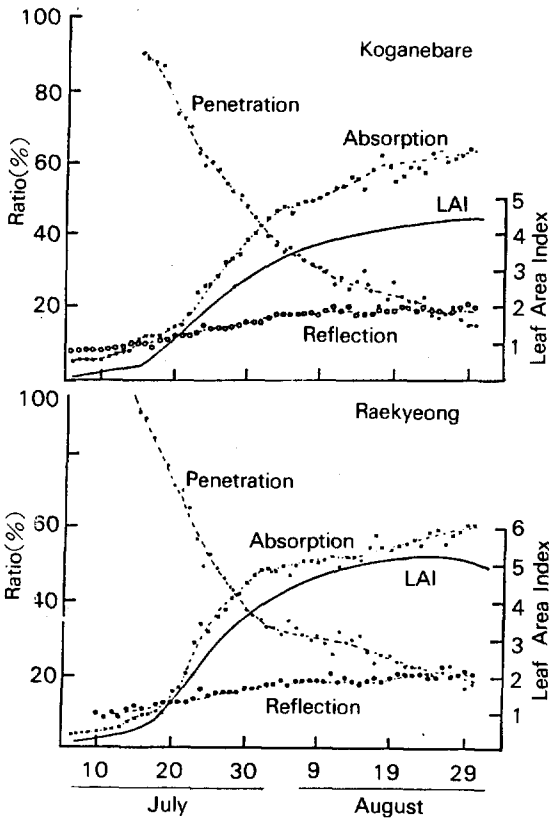


Fig. 8. Daily changes in solar radiation, penetration, absorption, reflection and leaf area index in the rice canopies.

群落的 光吸收에 따른 總乾物中의 增加는 그림9에서 보는 바와 같이 直線的인 關係에 있다. 두 品種의 多肥區(N, 18kg/10a)와 小肥區(N, 6kg/10a)를 對比한 吸光率에 따른 乾物重의 增加程度는 來敬이 黃金晴보다 컸지만 小肥區에서는 두 品種間에 뚜렷한 差異를 보이지 않았다. 두 品種間 窒素施肥水準에 따른 乾物重의 增加는 來敬이 黃金晴보다 컸고 生育後期로 갈수록 吸光量에 比例해서 乾物重의 差異가 커졌다. 窒素 6kg/10a 水準에서는 두 品種모두 吸光量 100

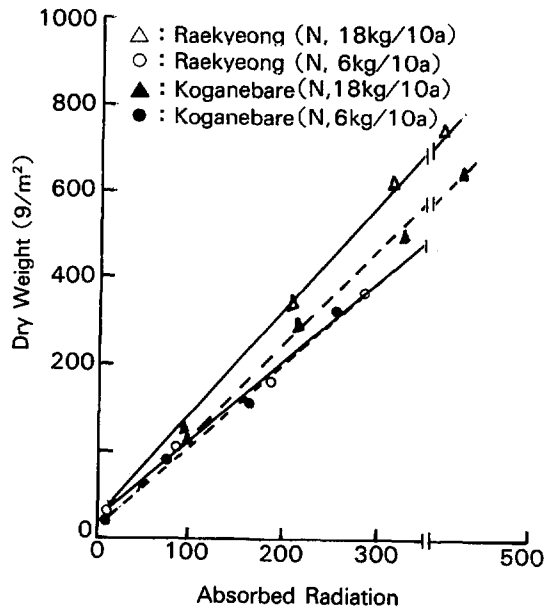


Fig. 9. Relationship between accumulated solar radiation absorption by rice canopies and dry matter production.

要 約

벼 群落內에서 光吸收分布와 벼 生育特性을 밝히기 爲하여 統一型品種인 來敬과 자포니카인 黃金晴을 供試하여 窒素施肥水準을 6, 10, 14, 18kg/10a 으로 달리하여 벼 群落의 生育狀態의 差異를 주어 生育時期別로 群落內 光分布와 光吸收量에 따른 群落의 變化와 生育과의 關係를 調查分析한 結果는 다음과 같다.

- 1) 來敬과 黃金晴이 葉面積指數의 品種間差異는 來敬이 黃金晴보다 높았고 窒素施肥水準에 따라서 크게 增加하였으나 黃金晴은 N 14kg/10a까지 急激히 增加하였다.
- 2) 乾物重의 增加는 移秧後20日 까지는 品種間 窒

窒素施肥水準間 差異를 보이지 않았지만 그以後는 窒素施肥反應의 品種間 差異를 보였는데 來敬이 黃金晴보다 乾物生産量이 많았다.

3) 벼群落의 反射率은 移秧直後에는 水面反射率과 비슷한 6%였고 生育이 進展됨에 따라 증가하다가 出穗期에 20% 程度로서 最高에 달하였다.

4) 葉面積指數가 비슷할때 群落反射率의 品種間 差異가 認定되었으며, 來敬이 黃金晴보다 平均 1% 程度 높았다.

5) 벼群落 내에서 光減衰係數(K)는 0.23~0.37의 範圍였으며 來敬이 黃金晴보다 낮았다. 窒素施肥水準의 增加에 따라 葉面積指數는 增加하였고 光減衰係數는 減少하였다.

6) 벼群落의 吸光量은 光減衰係數가 낮은 來敬이 黃金晴에 比하여 많았다.

7) 吸光量에 따른 乾物生産은 直線的으로 增加하는 傾向이었으며 窒素施肥水準이 높아짐에 따라 乾物重도 增加하였다. 品種別 乾物重增加 特性은 窒素施肥水準이 6kg/10a에서는 서로 差異가 없었으나 N, 18kg/10a水準에서는 來敬이 黃金晴에 比하여 높았다.

參 考 文 獻

1. Walker, J.N. (1983) : *Energy Use in the food sector. In Agriculture in the twenty first century* 48-61. John Willy & Sons, N.Y. P. 415
2. Yoshiaki Ishizuka(1971) : Physiology of the rice plant. *Advanced in Agronomy*, 23, 241~315
3. Monsi, M und Saeki T. (1953) : Uber den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung fur die Stoffroduction. *Jap. J. Bot.*, 15, 22-52
4. 黑岩燈雄·門司正三(1963) : 植物群落における光要因と光合成の理論的解析. *農業氣象*, 18, 143-151.
5. 黑岩燈雄(1968) : 植物群落における光要因と光合成の理論的解析(3)散光下光合成と比較しての平行光線下葉群落光合成. *農業氣象*, 24(2), 75-90.
6. Kuroiwa S.(1978) : Radiation environments and photosynthesis in plant stand with different foliage angles. JIBP SYNTHESIS 19. *Ecophysiology of photosynthetic productivity* Univ. Tokyo Press, PP 113-119

7. Fukai S. and Loomis R.S.(1976) : Leaf display and light environment in row planted cotton communities. *Agri. Meteor.* 17, 352-379.
8. 廣田修·武田友四郎·村田裕治·木場明倫(1978) : 數種作物の太陽光利用率に關す 研究. 第2報 水稻 並びに 大豆個體群における短波放射と光合成有効放射の利用率及び轉換率. *日作紀*, 47 (1), 133-140.
9. 廣田修·武田友四郎(1982) : 數種作物の太陽光利用に關する研究. 第4報. 水稻および大豆個體群における葉層別太陽光吸收量の推定. *日作紀*. 51 (2), 151-158.
10. 伊陵綾子(1969) : 水稻群落の構造と直達光の透入について. *日作紀*, 38, 355-363.
11. Isobe S. (1969) : Theory of light distribution and photosynthesis in canopies of randomly dispersed foliagae area *Bull. Natl. Inst. Agric. Sci. Ser.* 16, 125.
12. 玖村敦彦(1968) : 大豆の物質生産に關する研究. 第2報, 大豆個體群の光合成に及する光の強さの影響 その 1. *日作紀*, 33, 445-463.
13. 玖村 産(1968) : 大豆の物質生産に關する研究, 第3報, 投射光中散光の点める割合と個體群光合成. *日作紀*, 37, 520-582.
14. 楠谷彰人·杉山修一·後藤寛治(1983) : オーチャートクラスの生産性に關する研究. VI日射工 エネルギー 利用効率の品種間差異と乾物生産. *日草誌*, 29(1), 22-27.
15. 村田吉男·宮坂昭·棟方研·秋田重誠(1968) : 水稻個體群のエネルギー収支の生育に伴イ變化について. *日作紀*, 37, 685-690.
16. 中世中公男·後藤寛治(1983) : 大豆, 小豆, 菜豆の生産生態に關する比較作物學的研究. 第7報, エネルギー吸收量ならびその乾物生産効率からみた生産力の作物間差異. *日作紀*, 52(1), 49-58.
17. 鈴木守·中村公則(1977) 暖地における水稻の乾物生産と氣象要因ならび太陽エネルギー利用率について *日作紀*, 46, 530-536.
18. Winter S.R. and A.J. Ohlrogge(1973) : Leaf angle, leaf area, and corn (*Zea mays* L) yield. *Agro-nomy journal*, Vol 65, 395-397.
19. 崔鉉玉·李鍾薫(1968) : 水稻生産過程에 따른 窒素의 追肥가 諸生育形質과 収量에 미치는 影響. *農事試驗研究報告*. 제11輯第1卷 23-42.