# 日射量對水稻抽穗期、營養要素濃度、乾物質生產與產量的影響*

蔡金川　沈美珍　陳建山　劉大江

臺灣省農業試驗所農藝系

## 摘　要

對多個水稻品種在不同生育期間分別進行爲期10天的80%遮光處理，調查對抽穗期、產量與產量構成要素的影響並分析處理後植株各部位乾物質及重要營養要素濃度的經時變化。

試驗結果發現遮光可延遲抽穗，尤以早期處理與粳稻之反應最爲明顯。日射量不足並顯著影響產量，最重要的生育階段爲減數分裂期與穗部快速充實期，均嚴重影響除穗數之外的其他三項產量構成要素。品種間的表現雖有差異存在，但本省15個推廣品種之產量均僅爲對照組之50%以下，顯示日射量對水稻生長的重要性。

抽穗時植株之乾物重受遮光的影響很大，孕穗期處理時，稈部乾重僅爲對照之65%（粳稻）與75%（秈稻）。二期作於抽穗前施以遮光，植株內氮素濃度升高，顯示處理對光合成作用之影響大於對氮吸收之影響；抽穗後之處理則對氮濃度不生作用或使濃度降低。一期作的各項反應不如二期作明顯。期作間比較發現減數分裂期以後，二期作稻葉片內氮濃度較一期作爲高，稈部則相似或亦略高。

非構造性碳水化合物方面，水稻生育初期行遮光處理固可使濃度降低，但隨後逐漸回升，至抽穗時已不呈差異。抽穗前後之處理則急劇而明顯的減少莖稈內碳水化合物濃度，處理結束後之濃度回升亦較不明顯。在兩期作均發現，減數分裂期如日射量不足，會減少抽穗後源自莖稈的養分再分佈；乳熟期進行處理，則穗部不充實的原因爲光合成能力受到影響。

對二期作水稻數種重要元素進行分析結果，發現任何生育階段行遮光處理均導致葉片鉀濃度降低，而莖稈鉀濃度大幅上升。遮光對葉片磷濃度的影響不大，但稈部則有多量磷的累積。二者對遮光的反應顯示低日射量可能經由營養狀態而對葉片生理活性及碳水化合物的轉化與轉流發生作用。

## 前　言

農業試驗所作物生理研究室近年來探討第一、二期作水稻生理生長對環境因子的反應，試驗重點在於溫度對碳水化合物累積與轉流的影響，以及低日射量下水稻重要農藝性狀與產量構成要素的表現。試驗結果發現二期作水稻生育過程中的溫度變化不利於生育各期非構造性碳水化合物（total nonstructural carbohydrates, TNC）的生產與分佈，以致能源供應較少，可能影響稻株生長（Liu, 1979；Chen *et al.*, 1980）。在臺北地區並發現乳熟期如逢日照不足，易導致充實率與千粒重降低；在臺中地區之水稻以抽穗前十四日左右（約相當於減數分裂期）對低日射量最爲敏感；二者均顯著影響第二期作稻之產量（蔡，1978）。

溫度與日射量同爲影響二期作水稻生長的重要因子，低溫可導致光合成物質生產量的減少與轉流效率的降低，低日射量亦有相同的作用，因而影響一穗穎花數，結實率與千粒重之表現；本試驗的目的在對大量本省或由國外引進之水稻品種進行遮光

* 行政院農業發展委員會補助計畫 69 農建—4.1—產 080（2—12）。

測定，比較品種間的差異，同時研究不同時期期遮光對水稻生理的不良影響及恢復能力，經由乾物質生產與重要營養要素含量的變化趨勢，進一步分析期作間水稻表現的異同。

## 材料與方法

試驗於民國68年二期作與69年一期作在臺中縣霧峰鄉臺灣省農業試驗所農場進行，在比較水稻品種對低日射量之適應性差異方面，第二期作選用本省目前栽培品種及自日本、韓國、菲律賓、泰國、西班牙與美國等地引進之品種共45個 (Table 1) 進行試驗，第一期作則僅選用15個秈、粳稻品種爲材料 (Table 2) 。供試水稻均單本植於田間，行株距爲 25×20cm，每品種種植一行，重複三次，按慣行法行田間管理。二期作自移植後17日開始，一期作自移植後21日開始進行80%遮光處理，每次

**Table** 1. Influence of shading at various growth stages on the heading date of rice varieties (2nd crop, 1979)[a]

| Variety | Time of Shading Treatment (Days after transplanting) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CK | 17—26 | 27—36 | 37—46 | 47—56 | 57—66 | 67—76 |
| Taiwan *Japonica* Varieties | | | | | | | |
| 1. Tainung No. 61 | 10/01[b] | +18** | +15** | + 8** | +7* | +0 | +0 |
| 2. Tainung No. 67 | 10/02 | +13** | +14** | +11** | +2 | +5* | +0 |
| 3. Taipei No. 309 | 9/29 | +19** | +14** | + 9** | +7* | −3 | +0 |
| 4. Taichung No. 65 | 9/30 | +14** | +16** | + 8** | +7* | +8** | +0 |
| 5. Chiahung No. 242 | 10/05 | +11** | + 9** | + 6* | +1 | +3 | +0 |
| 6. Tainan No. 5 | 10/06 | +17** | + 9** | +10** | +4* | +2 | +0 |
| 7. Kaohsiung No. 140 | 10/05 | +11** | +11** | + 4* | +5* | −3 | +0 |
| Taiwan *Indica* Varieties | | | | | | | |
| 8. Hsinchu-ai-chueh-chien | 9/30 | + 9** | + 1 | + 5* | +3 | +2 | +0 |
| 9. Taichung Native No. 1 | 10/05 | + 9** | + 3 | + 8** | +9** | +1 | +0 |
| 10. Taichung Sen No. 3 | 10/13 | + 5** | + 2 | + 3 | +3 | +2 | +3 |
| 11. Taichung Sen No. 10 | 10/10 | + 6** | + 4* | + 2 | +3 | +4* | +2 |
| 12. Chiahung Sen No. 11 | 10/10 | +13** | + 5* | + 2 | +3 | +1 | +2 |
| 13. Kaohsiung Sen No. 2 | 10/06 | +10** | + 1 | + 2 | +5* | +0 | +4* |
| 14. Tainung Sen Yu 2171 | 10/04 | +11** | + 5* | + 8** | +3 | +2 | +0 |
| 15. Tainung Sen Yu 2641-1 | 10/10 | +18** | + 6* | + 2 | +6* | +1 | +1 |
| Mainland Chinese Varieties | | | | | | | |
| 16. Ta-mao-shiang | 10/04 | + 7* | + 6* | + 3 | +5* | +0 | +0 |
| 17. Ta-tsang-tai-tzu-shien | 9/27 | +12** | + 3 | + 5* | +3 | +0 | +0 |
| 18. Sha-tiao-tsao | 9/26 | +12** | + 0 | + 4* | +3 | +0 | +0 |
| 19. Nan-tsao No. 33 | 9/22 | +14** | + 3 | + 4* | +2 | +0 | +0 |
| Japanese Varieties | | | | | | | |
| 20. Aikawa No. 44 | 9/17 | + 9** | + 8** | + 3 | +0 | +0 | +1 |
| 21. Homura No. 1 | 9/15 | + 9** | + 8** | + 4* | +0 | +0 | +0 |
| 22. Sakaikanekeo | 9/27 | + 8** | +11** | + 9** | −1 | +0 | +0 |
| 23. Nakasengoku | 9/20 | + 9** | + 7* | + 4* | +1 | +0 | +0 |
| 24. Yae-ho | 9/16 | + 9** | + 8** | + 2 | −1 | +0 | +0 |
| 25. Nohrin No. 8 | 9/18 | + 8** | + 5* | − 1 | −1 | +0 | +0 |
| 26. Mutsunishiki | 9/15 | +12** | +10** | + 6* | −1 | +0 | +0 |
| 27. Toyonishiki | 9/20 | +16** | + 7* | + 2 | +3 | +0 | +0 |
| Korean Variety | | | | | | | |
| 28. Li-li No. 239 | 9/24 | +14** | +13** | + 7* | +0 | +0 | +0 |

**Table 1.** (Continued)

| Variety | Time of Shading Treatment (Days after transplanting) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CK | 17—26 | 27—36 | 37—46 | 47—56 | 57—66 | 67—76 |
| Indian Varieties | | | | | | | |
| 29. India No. 9 | 9/30 | + 6* | + 2 | + 6* | +2 | +1 | +0 |
| 30. India No. 15 | 10/08 | + 0 | + 1 | + 1 | +3 | +0 | −2 |
| 31. India No. 24 | 10/01 | + 8** | + 6* | + 7* | +3 | +3 | +1 |
| 32. Ashkata | 9/26 | + 9** | + 7* | + 7* | +4* | −1 | +0 |
| Tailand Varieties | | | | | | | |
| 33. Thong-roya-dum | 10/07 | + 1 | + 3 | + 4* | +2 | +0 | −1 |
| 34. Thing-roya-dum | 10/09 | +15** | +12** | +11** | +8** | +0 | +0 |
| Vietnam Variety | | | | | | | |
| 35. R. T. S. 26 | 10/14 | +10** | + 7* | + 3 | +7* | +2 | +2 |
| Pakistani Variety | | | | | | | |
| 36. Dular | 9/20 | +15** | +11** | + 6* | +2 | +0 | +0 |
| Egyptian Variety | | | | | | | |
| 37. Nahda | 9/16 | +10** | + 8** | + 7* | +2 | −1 | −1 |
| Italian Variety | | | | | | | |
| 38. Sesia | 9/21 | +13** | + 4* | + 5* | +1 | +0 | +0 |
| American Varieties | | | | | | | |
| 39. Prelude | 9/27 | +10** | + 3 | +11** | +5* | +0 | +0 |
| 40. R-R ("Scented") | 10/06 | +14** | + 3 | + 4* | +4* | +2 | +0 |
| 41. Gulfrose | 9/26 | +15** | +12** | +10** | +6* | +2 | +1 |
| 42. 4626 Al-13-3 | 9/26 | +13** | + 1 | + 5* | +5* | +0 | +0 |
| 43. Nato | 9/28 | +13** | + 9** | + 8** | +5* | +1 | +0 |
| 44. CI 9122×Rexoro | 10/04 | +14** | +20** | + 7* | +6* | −2 | −2 |
| 45. B575 Al-26-4 | 9/28 | +18** | + 6* | + 9** | +3 | −2 | −2 |

[a]Number of days before (−) or after (+) the heading date of check treatment.

[b]Heading date (month/day) of check treatment, the transplanting date for all varieties was July 31.

**and*: significant at 0.01 and 0.05 probability levels, respectively.

處理10天，連續處理 8 —10次，並以不遮光者爲對照。遮光箱係以木條造成，通風效果良好，箱內溫度較箱外高1°C 以下。試驗調查項目包括抽穗日期與產量及其構成要素。

另外以粳稻臺農 67 號與籼稻嘉農籼 11 號水稻品種爲材料，亦於第一、二期作以 3 — 5 本植於田間栽培，行株距爲25×20cm，小區面積 3 ×2.5m，重複二次；二期作自移植後21日起，一期作自移植後 31 日起，分別施以 80% 之遮光處理，每次處理爲期10天，，連續處理 7 次，並以不遮光者爲對照。每次處理均自處理結束後每間隔10日行連續取樣，將植株區分爲葉片、稈（含葉鞘）與穗等部位，於送風乾燥機內先以 100°C 烘乾 2 小時，繼以 70°C 烘乾24小時後秤取乾物重，樣品再經40目篩以 Wiley mill 磨粉，全氮分析依 semi-micro Kjeldahl法進行，非構造性碳水化合物定量則係仿 Smith (1969) 方法分析。二期作之部份材料並以高溫乾式法灰化 (dry ashing) 後，以 AOAC (

1970）法測定磷濃度，利用原子吸收光譜儀測定鉀濃度。

## 結果與討論

68年第二期作以45個水稻品種行遮光處理，結果發現對水稻生育期具有明顯的影響，尤以早期之遮光最能使抽穗期延後，唯品種間之表現亦有差異。就臺灣粳稻品種而言，第一次處理（移植後17～26日）可使抽穗期延後11～19日（7個品種之平均爲15日），第二次處理（移植後27～36日）平均延遲12.5日，第三次處理（移植後37～46日）之平均爲8日（Table 1），亦即處理之時間越晚，對水稻抽穗期之影響越小。第一至三次遮光處理使本省8個秈稻品種抽穗期分別延後 10、3.5 與4日（Table 1），表示秈稻所受之影響較粳稻爲小。其他地區或國家來源的水稻也有相似的表現，但日本粳稻對第一次處理的反應較臺灣粳稻爲弱，早熟品種Mutsunishiki與Toyonishiki爲兩個例外；源於印度、越南、埃及與義大利的品種之抽穗期所受遮光之影響亦不如臺灣品種，美國品種之表現則與臺灣品種約略相似。

**Table 2.** Influence of shading at various growth stages on the heading dates of rice varieties (1st crop, 1980)[a]

| Variety | Time of Shading Treatment (Days after transplanting) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CK | 21—30 | 31—40 | 41—50 | 51—60 | 61—70 | 71—80 |
| Japonica Variety | | | | | | | |
| 1. Taipei No. 309 | 5/13[b] | + 9** | + 7** | +7* | +6* | +2 | +1 |
| 2. Taichung No. 65 | 5/18 | + 8** | + 5* | +3 | +2 | +1 | +0 |
| 3. Tainung No. 67 | 5/16 | +10** | +10** | +5* | +3 | +1 | +3 |
| 4. Kaohsiung No. 140 | 5/20 | + 6* | + 4* | +3 | +2 | +2 | +1 |
| 5. Tainan No. 5 | 5/19 | +11** | +10** | +9** | +7* | +7* | +0 |
| 6. Chianung No. 242 | 5/17 | + 6* | + 9** | +5* | +3 | +2 | +0 |
| 7. Tainung No. 61 | 5/15 | + 6* | + 7* | +7* | +7* | +3 | +1 |
| 8. Toyonishiki | 5/07 | +11** | + 9** | +9** | +8** | +3 | +0 |
| Indica Variety | | | | | | | |
| 9. Hsinchu-ai-chueh-chien | 5/19 | + 4* | + 2 | +1 | +1 | +2 | +5* |
| 10. Taichung Native No. 1 | 5/20 | + 5* | + 3 | +4* | +5* | +5* | +1 |
| 11. Taichung Sen No. 3 | 5/27 | + 3 | + 2 | +1 | +1 | +2 | +1 |
| 12. Taichung Sen No. 10 | 5/24 | + 6 | + 4* | +3 | +6* | +6* | +1 |
| 13. Kaohsiung Sen No. 2 | 5/20 | + 7* | + 5* | +4* | +1 | +0 | +0 |
| 14. Chianung Sen No. 11 | 5/22 | + 2 | + 2 | +1 | +3 | +3 | +2 |
| 15. Nan-tsao 33 | 5/10 | 13** | +10** | +10** | +8** | +2 | +0 |

[a]Number of days before (−) or after (+) the heading date of check treatment.
[b]Heading date (month/day) of check treatment, the transplanting date for all varieties was Feb. 29.
**and*: singificant at 0.01 and 0.05 probability levels, respectively.

69年第一期作的試驗結果列於 Table 2，第一次遮光處理（移植後第21～30日）使供試粳稻品種的抽穗期平均延後 8.4日，第二次處理（移植後31～40日）平均延遲 7.6日，第三、四次處理之平均分別爲6.0與4.8日；第一至四次遮光處理使供試之七個秈稻品種的抽穗期分別延後 5.0、3.5、3.0與3.1 日，也有越早處理的影響越大及秈稻所受影響不及粳稻的表現。但與二期作比較（Table 1），顯示一期作抽穗期因遮光而導致之延後程度顯然較小，究其原因，可能爲自然狀況下一期作稻生育初期之日射量遠較二期作時爲低（陳與陳，1980），致使遮光之反應較弱，此外一期作初期之氣溫較低，水稻之生長與發育較爲緩慢，亦即溫度與日射量之交感作用不容忽視。

Table 3係第二期作稻於減數分裂期（meiosis stage or reduction division stage）接受遮光處理，45個品種之產量與產量構成要素的表現。此一時期遮光對穗數之影響不大，Matsushima（1975）報告最盛分蘖期（most active tillering stage）遮光對穗數的影響最大，而最高分蘖期以後施予處理的效果即不明顯；本試驗少數品種之穗數因減數分裂期遮光而有小幅度增（Table 3），可能是遮光使較幼小之分蘖不能成穗或取樣差異的結果。

除穗數外，減數分裂期行遮光處理對其他三個產量構成要素的影響很大，Matsushima（1975）

**Table 3.** Influence of shading treatment at meiosis stage on the yield and yield components of rice varieties[a] (2nd crop, 1979)

| Variety | Panicle No. per Hill | | No. of Spikelet per Panicle | | Percent of Seed-setting | | 1000-grain Weight (g) | | Yield (g/hill) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CK | Shadinn | CK | Shading | CK | Shading | CK | Shading | CK | Shading |
| 1. Tainung No. 61 | 8 | 8 | 103 | 96(93.2) | 85.9 | 56.4(65.7) | 26.1 | 19.7(75.6) | 18.5 | 8.5(46.2) |
| 2. Tainung No. 67 | 10 | 10 | 118 | 65(55.1) | 87.3 | 58.0(66.4) | 26.8 | 20.1(75.0) | 27.6 | 7.6(27.4) |
| 3. Taipei No. 309 | 8 | 8 | 109 | 62(56.9) | 86.0 | 56.9(66.2) | 24.9 | 18.2(72.9) | 18.7 | 5.1(27.4) |
| 4. Taichung No. 65 | 8 | 8 | 120 | 66(55.0) | 81.7 | 59.4(72.7) | 25.2 | 15.6(61.8) | 19.8 | 4.9(24.7) |
| 5. Chianung No. 242 | 8 | 8 | 125 | 102(81.6) | 81.7 | 65.5(80.2) | 24.7 | 17.2(69.6) | 20.1 | 9.2(45.5) |
| 6. Tainan No. 5 | 9 | 9 | 127 | 71(55.9) | 82.6 | 55.5(67.2) | 25.8 | 18.5(71.7) | 23.9 | 6.2(26.0) |
| 7. Kaohsiung No. 140 | 12 | 10 | 128 | 57(44.5) | 78.3 | 42.0(53.6) | 24.1 | 16.7(69.3) | 29.0 | 4.0(13.8) |
| 8. Hsinchu-ai-chueh-chien | 11 | 9 | 131 | 87(66.4) | 76.8 | 46.9(61.1) | 24.9 | 19.9(79.7) | 27.6 | 7.3(26.4) |
| 9. Taichung Native No. 1 | 11 | 11 | 136 | 64(47.1) | 75.8 | 48.2(63.6) | 23.5 | 17.0(72.4) | 26.6 | 5.8(21.7) |
| 10. Taichung Sen No. 3 | 11 | 11 | 142 | 81(57.0) | 72.0 | 53.0(73.6) | 24.0 | 18.2(75.8) | 27.0 | 9.4(34.7) |
| 11. Taichung Sen No. 10 | 11 | 7 | 131 | 113(86.3) | 78.3 | 58.2(74.3) | 23.4 | 14.9(63.5) | 26.4 | 6.9(26.0) |
| 12. Chianung Sen No. 11 | 15 | 12 | 135 | 83(61.5) | 79.2 | 51.3(64.8) | 22.8 | 16.7(73.4) | 26.6 | 8.5(23.3) |
| 13. Kaohsiung Sen No. 2 | 10 | 9 | 139 | 131(94.3) | 79.2 | 47.3(59.6) | 22.9 | 17.7(77.3) | 25.2 | 9.9(39.1) |
| 14. Tainung Sen Yu 2171 | 18 | 13 | 100 | 75(75.0) | 81.6 | 65.3(80.0) | 23.2 | 19.9(85.8) | 34.0 | 12.6(37.1) |
| 15. Tainung Sen Yu 2641-1 | 16 | 14 | 113 | 78(69.0) | 80.6 | 61.5(76.3) | 26.1 | 23.3(89.2) | 33.1 | 15.9(41.6) |
| 16. Ta-mao-shiang | 22 | 18 | 82 | 56(68.3) | 83.2 | 70.9(85.2) | 22.9 | 17.5(76.7) | 34.3 | 12.5(36.5) |
| 17. Ta-tsang-tai-tzu-shien | 15 | 14 | 84 | 51(60.7) | 84.7 | 62.7(74.0) | 22.7 | 18.9(83.2) | 24.2 | 8.5(34.9) |

**Table 3.** (Continued)

| Variety | Panicle No. per Hill | | No. of Spikelet per Panicle | | Percent of Seed-setting | | 1000-grain Weight (g) | | Yield (g/hill) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CK | Shadinn | CK | Shading | CK | Shading | CK | Shading | CK | Shading |
| 18. Sha-tiao-tsao | 14 | 16 | 89 | 57(64.0) | 85.2 | 58.8(69.0) | 24.0 | 17.4(72.4) | 25.2 | 9.3(36.6) |
| 19. Nan-tsao No. 33 | 10 | 9 | 118 | 70(59.3) | 75.5 | 52.2(69.1) | 23.8 | 18.0(75.7) | 21.2 | 5.9(27.9) |
| 20. Aikawa No. 44 | 10 | 9 | 66 | 57.(86.4) | 79.3 | 52.2(65.8) | 23.6 | 19.5(82.3) | 12.4 | 5.2(42.1) |
| 21. Homura No. 8 | 13 | 12 | 77 | 41(53.3) | 78.5 | 54.0(68.8) | 23.8 | 17.7(74.2) | 18.7 | 4.7(25.1) |
| 22. Sakaikanekeo | 11 | 6 | 101 | 70(69.3) | 80.6 | 52.2(64.8) | 22.8 | 15.6(68.3) | 20.5 | 3.4(16.7) |
| 23. Nakasengoku | 11 | 12 | 66 | 41(62.1) | 82.3 | 57.3(69.6) | 27.4 | 24.0(87.6) | 16.4 | 6.8(41.4) |
| 24. Yae-ho | 9 | 8 | 69 | 53(76.8) | 87.2 | 59.4(68.1) | 24.2 | 19.0(78.3) | 13.1 | 4.7(36.4) |
| 25. Nohrin No. 8 | 9 | 10 | 66 | 54(81.8) | 83.0 | 62.2(74.9) | 27.2 | 20.4(75.0) | 13.4 | 6.8(51.0) |
| 26. Mutsunishiki | 11 | 11 | 99 | 62(62.6) | 84.2 | 589.(70.0) | 24.9 | 18.5(74.1) | 22.9 | 7.4(32.5) |
| 27. Toyonishiki | 10 | 11 | 88 | 71(80.7) | 84.7 | 64.2(75.8) | 24.4 | 18.7(76.9) | 18.2 | 9.4(51.7) |
| 28. Li-li No. 239 | 13 | 7 | 127 | 62(48.8) | 83.1 | 58.4(70.3) | 22.6 | 18.2(80.4) | 31.0 | 4.6(14.9) |
| 29. India No. 9 | 12 | 11 | 114 | 73(64.0) | 76.1 | 57.1(75.0) | 22.3 | 19.5(83.6) | 24.3 | 9.0(37.1) |
| 30. India No. 15 | 14 | 9 | 119 | 84(70.6) | 77.8 | 61.4(78.9) | 20.6 | 16.3(79.2) | 26.7 | 7.6(28.4) |
| 31. India No. 24 | 11 | 10 | 129 | 65(50.4) | 77.9 | 52.8(67.8) | 22.0 | 14.8(67.2) | 24.3 | 5.1(20.9) |
| 32. Ashkata | 8 | 8 | 69 | 53(76.8) | 80.4 | 56.4(70.2) | 26.0 | 19.4(72.7) | 11.8 | 4.6(39.2) |
| 33. Thong-roya-dum | 13 | 8 | 78 | 39(50.0) | 80.2 | 57.4(71.6) | 24.5 | 22.0(89.7) | 20.0 | 3.9(19.7) |
| 34. Thing-roya-dum | 11 | 13 | 104 | 80(76.9) | 79.2 | 52.7(66.5) | 23.7 | 18.8(79.6) | 21.2 | 10.0(47.3) |
| 35. R. T. S. 26 | 9 | 8 | 142 | 66(46.5) | 84.9 | 50.5(59.5) | 22.4 | 19.8(88.6) | 24.3 | 5.3(21.8) |
| 36. Dular | 7 | 7 | 103 | 52(50.5) | 79.8 | 62.4(78.2) | 25.4 | 19.4(76.7) | 14.6 | 4.4(30.2) |
| 37. Nahda | 9 | 10 | 98 | 31(31.6) | 79.2 | 58.4(73.7) | 25.1 | 17.9(71.3) | 17.6 | 3.2(18.5) |
| 38. Sesia | 9 | 10 | 65 | 43(66.2) | 84.7 | 45.4(53.6) | 26.8 | 25.4(94.8) | 13.3 | 5.0(37.4) |
| 39. Prelude | 9 | 8 | 124 | 93(75.0) | 78.1 | 56.3(72.1) | 21.5 | 19.4(90.3) | 18.7 | 8.1(43.5) |
| 40. R-R ("Scented") | 13 | 13 | 100 | 78(78.0) | 82.7 | 53.8(65.1) | 21.2 | 19.4(91.9) | 22.8 | 10.6(46.6) |
| 41. Gulfrose | 7 | 6 | 98 | 66(67.4) | 76.3 | 55.3(72.5) | 22.8 | 17.9(78.6) | 11.9 | 3.9(32.9) |
| 42. 4626 Al-13-3 | 13 | 12 | 144 | 98(68.1) | 75.8 | 57.5(75.9) | 23.6 | 18.4(77.8) | 33.5 | 12.4(37.0) |
| 43. Nato | 8 | 8 | 141 | 87(61.7) | 72.4 | 48.3(66.7) | 21.2 | 17.2(81.2) | 17.3 | 5.8(33.4) |
| 44. CI 9122×Rexoro | 12 | 7 | 97 | 57(58.8) | 79.2 | 58.8(74.2) | 21.5 | 15.1(70.4) | 19.8 | 3.6(17.9) |
| 45. B575 Al-26-4 | 9 | 7 | 125 | 103(82.4) | 77.6 | 53.9(69.5) | 23.1 | 20.6(89.2) | 20.6 | 6.3(30.4) |

[a]Refer to Table 1 for the origin of rice varieties.

[b]Numbers in parentheses are percentages relative to those of the check treatments,

指出可降低一穗穎花數50%，本試驗的結果（Table 3）中，臺灣粳稻之一穗穎花數平均降低36.8%，臺灣籼稻爲30.4%，日本粳稻爲28.4%，美國稻平均爲29.8%，較Matsushima的結果爲低，但仍足以證明減數分裂期爲決定一穗穎花數的重要時期，此時外界環境因子的作用亦至爲顯著。Table 3同時顯示品種間有差異性存在，例如經處理之臺農61號與高雄籼2號之一穗穎花數仍爲對照之90%以上，而高雄 140號與臺中在來1號則僅爲對照之50%以下。

在遮光對水稻結實率的影響方面， Wada *et al*.（1972） 發現減數分裂期施以75%遮光，Eiko品種的結實率顯著降低，尤以低溫情況下更爲明顯，但Toyohikari品種的反應甚小； Matsushima（1975）則指出自抽穗以後的遮光處理才開始對結實率有明顯的降低効果，又以穀粒快速充實期處理的影響最大。本試驗在減數分裂期遮光，多數品種的結實率爲對照組之65—75%（Table 3），降低幅度頗鉅，可能係因爲遮光程度極高（80%），嚴重降低抽穗前莖稈內之碳水化合物含量，抽穗後之光合物生成量不足供應穀粒充實之需 （Liu, 1979）。

減數分裂期日射量不足可顯著降低千粒重 （Table 3），與 Matsushima（1975）的結果相同，本試驗中千粒重之降幅約介於10～30%之間，亦與Matsushima之報告（約20%）相近；臺灣粳稻所受的影響高於臺灣籼稻，少數品種（如 Sesia 與 Prelude） 的降幅則在10%以下，顯示出明顯的品種間差異。由於減數分裂期是穎花發育的重要時期，不良環境因子可使穎花變小，因此即使抽穗後有充分的光合作用，千粒重仍可能降低，這也是減數分裂期遮光較穀粒快速充實期遮光更能影響千粒重的原因。

在穀粒產量方面，供試之15個本省品種皆未達對照之50%，其中以臺農61號（46.2）%與嘉農242號（45.5%）最高，而高雄140號（13.8%）與臺

**Table** 4. Influence of shading treatment at meiosis stage on the yield and yield components of rice varieties (1st crop, 1980)

| Variety | Panicle No. per Hill | | No. of Spikelet per Panicle | | Percent of Seed-setting | | 1000-grain Weight (g) | | Yield (g/hill) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CK | Shading | CK | Shading | CK | Shading | CK | Shading | CK | Shading |
| 1. Taipei No. 309 | 11 | 10 | 114 | 69(60.7) | 90.5 | 75.5(83.4) | 24.7 | 21.7(87.7) | 28.1 | 11.3(40.3) |
| 2. Taichung No. 65 | 11 | 7 | 126 | 94(74.8) | 93.9 | 71.2(75.8) | 25.5 | 20.7(81.2) | 33.1 | 9.7(29.4) |
| 3. Tainung No. 67 | 9 | 8 | 123 | 104(84.2) | 95.1 | 71.9(75.6) | 26.6 | 21.5(80.7) | 28.0 | 13.2(47.1) |
| 4. Kaohsiung No. 140 | 12 | 9 | 116 | 69(59.6) | 90.5 | 79.1(87.4) | 26.6 | 23.5(88.4) | 33.4 | 11.6(34.6) |
| 5. Toyonishiki | 11 | 8 | 92 | 58(62.5) | 92.2 | 81.7(88.6) | 25.1 | 21.2(84.8) | 23.4 | 8.6(36.6) |
| 6. Hsinchu-ai-chueh-chien | 15 | 15 | 113 | 76(67.2) | 80.0 | 59.9(74.9) | 25.5 | 21.7(85.1) | 33.1 | 13.5(40.8) |
| 7. Taichung Native No. 1 | 11 | 9 | 134 | 100(74.6) | 83.4 | 62.1(74.5) | 25.0 | 22.0(87.9) | 30.8 | 11.4(37.3) |
| 8. Taichung Sen No. 3 | 11 | 8 | 126 | 70(55.7) | 87.6 | 71.5(81.6) | 26.7 | 22.2(83.4) | 32.3 | 8.9(27.6) |
| 9. Taichung Sen No. 10 | 12 | 8 | 123 | 73(59.6) | 89.6 | 66.8(74.6) | 25.8 | 22.1(85.8) | 34.2 | 8.7(25.4) |
| 10. Kaohsiung Sen No. 2 | 11 | 9 | 121 | 63(52.0) | 91.2 | 75.9(83.2) | 25.5 | 20.7(81.4) | 31.0 | 12.3(39.6) |
| 11. Chianung Sen No. 11 | 14 | 12 | 98 | 61(62.0) | 94.1 | 62.7(66.6) | 24.7 | 20.7(83.9) | 31.8 | 11.6(36.6) |

[a]Numbers in parentheses are percentags relative to those of the check treatments.

中在來1號（21.7%）等最低，顯示減數分裂期低日射量對產量的嚴重影響（Table 3）。在一項類似的試驗中，Matsushima（1975）認爲一穗穎花數與千粒重的減少是產量降低的主要因子，本試驗則發現除穗數外，其他三項產量構成要素同具重要性；與對照組（100%）比較，減數分裂期受遮光處理的七個臺灣粳稻品種的平均一穗穎花數爲63.2%，結實率爲67.4%，千粒重爲70.8%，八個臺灣籼稻分別爲69.6%、69.2%與77.1%，八個日本品種分別爲71.6%、69.7%與77.1%，七個美國品種爲70.2%、70.9%與82.8%，顯示結實率對產量的影響可能猶在千粒重之上，與Matsushima的結果略異。

69年第一期作的產量資料示於Table 4，減數分裂期遮光處理使多數品種的穗數減少，與二期作（Table 3）及Matsushima（1975）的結果不同，而其原因亦未能明瞭。其他三個產量構成要素亦均受遮光影響，其中一穗穎花數之降低程度（11個品種之平均爲對照之64.8%）較二期作者爲大，結實率（對照組之78.8%）與千粒重（對照組之84.6%）的降低程度則較小，或爲期作性之反應差異。在穀粒產量方面，減數分裂期接受遮光處理使一期作稻產量降低60%以上，只有臺農67號仍維持對照組47%之產量，但一般而言，處理區一期作產量仍較二期作爲高。

第二期作臺農67號水稻於不同生長期接受10天80%的遮光處理後，各植株部位乾物重的經時變化資料列於Table 5，於遮光處理結束時，葉片與稈（含葉鞘）之乾重均明顯低於對照組，但隨稻之發育，此項差距可能逐漸縮小。移植後70日（約相當於抽穗）之結果（Table 5）顯示，未經處理之水稻每株稈重爲 20.0g，51—60日遮光者爲18.7g，61—70日（孕穗）處理者爲 12.9g，僅及對照組之65%。嘉農籼11號之表現相似，孕穗時行遮光處理

**Table 5.** Influence of shading at various growth periods on the dry weight of different plant fractions of developing rice plants (Tainung No. 67; 2nd crop, 1979)

| Plant Fraction | Time of Treatment (Days after transplanting) | Days after Transplanting | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Leaf blade | CK | 11.8 | 10.5 | 8.5 | 8.0 | 6.4 | 4.0 |
| | 21—30 | 10.4 | 9.2 | 7.9 | 7.1 | 4.6 | 4.6 |
| | 31—40 | 9.9 | 8.1 | 6.8 | 5.9 | 4.1 | 3.4 |
| | 41—50 | 8.1 | 8.0 | 7.6 | 6.6 | 4.9 | 3.5 |
| | 51—60 | | 8.5 | 9.1 | 7.7 | 5.5 | 5.6 |
| | 61—70 | | | 7.0 | 6.6 | 4.6 | 3.3 |
| | 71—80 | | | | 5.7 | 3.7 | 3.6 |
| | 81—90 | | | | | 4.3 | 4.0 |
| Culm+Leaf sheath | CK | 11.9 | 18.2 | 20.0 | 20.3 | 13.6 | 7.9 |
| | 21—30 | 7.9 | 11.3 | 16.4 | 18.7 | 14.2 | 8.5 |
| | 31—40 | 8.4 | 12.8 | 17.1 | 18.2 | 13.4 | 9.1 |
| | 41—50 | 7.8 | 14.5 | 18.8 | 18.0 | 13.3 | 7.7 |
| | 51—60 | | 12.1 | 18.7 | 17.6 | 14.5 | 8.3 |
| | 61—70 | | | 12.9 | 15.5 | 11.1 | 10.1 |
| | 71—80 | | | | 16.1 | 10.8 | 11.3 |
| | 81—90 | | | | | 12.6 | 9.5 |
| Panicle | CK | | | 6.2 | 11.7 | 21.2 | 26.6 |
| | 21—30 | | | -- | 3.8 | 10.5 | 21.5 |
| | 31—40 | | | 2.8 | 8.8 | 19.4 | 25.0 |
| | 41—50 | | | 4.3 | 8.7 | 16.6 | 24.9 |
| | 51—60 | | | 5.8 | 10.1 | 16.9 | 25.4 |
| | 61—70 | | | 5.4 | 10.4 | 16.2 | 22.1 |
| | 71—80 | | | | 11.2 | 17.7 | 24.5 |
| | 81—90 | | | | | 15.2 | 21.9 |

，至抽穗時稈部乾重爲對照之75%（資料未列出）。

Table 5 之資料同時顯示抽穗以後稈部乾重降低的程度以對照組最高，表示有多量的乾物質轉移至穗部，以供應穀粒充實的需要，而各期遮光處理或使乾物質生產不足，或使穎花發育不良，均可能導致產量降低，此項結論可由穗重資料獲得部份證明。有關抽穗前預貯於稈部物質對產量之貢獻與重要性，Cock and Yoshida (1972) 與本研究室以往的試驗 (Wei *et al.*, 1982；楊等，1983；魏與劉，1983) 均有詳細的報告。

於水稻不同生長期行遮光處理後，對稻株之生理有連續性的影響，Table 6 係臺農67號水稻各器官內全氮濃度的變化，抽穗前所行之遮光處理可導至葉片與稈部氮素濃度之升高，處理之時期越早，升高之程度越大；氮素濃度升高可能爲乾物重增加緩慢的直接結果，Tatsumi and Kono (1980) 曾報告對水稻地上部進行遮光會降低根部吸收氮素的速率。又上述氮素濃度上升現象隨水稻之發育而有所改變，至抽穗時處理組與對照組之結果已甚爲接近（Table 6）；抽穗後之遮光處理對稈部氮素濃度不生影響，但可使葉片之氮濃度降低，對水稻後期生理活性當有不利作用。各時期遮光均有使穗部含氮濃度上升的趨勢，可能亦爲穗部充實較慢的結果。以嘉農秈11號爲材料進行相同試驗（資料未列出），發現在抽穗以前所行處理之表現與臺農67號相似，但抽穗以後之處理則相反，對葉片之氮濃度未產生影響，却使稈部濃度有升高的趨勢，推測可能爲向穗部的轉運受阻所致。

遮光對一期作臺農67號水稻器官內氮素濃度變

**Table 6.** Influence of shading at various growth periods on the nitrogen concentration (%, dry basis) in different plant fractions of developing rice plant (Tainung No. 67; 2nd crop, 1979)

| Plant Fraction | Time of Treatment (Days after transplanting) | Days after Transplantng | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Leaf blade | CK | 2.50 | 2.56 | 2.08 | 2.28 | 1.60 | 1.54 |
| | 21—30 | 3.02 | 2.46 | 2.02 | 2.17 | 1.91 | 1.79 |
| | 31—40 | 3.02 | 2.41 | 1.99 | 2.02 | 1.77 | 1.77 |
| | 41—50 | 2.76 | 2.50 | 1.91 | 1.95 | 1.74 | 1.61 |
| | 51—60 | | 2.34 | 2.25 | 1.83 | 1.90 | 1.65 |
| | 61—70 | | | 2.14 | 1.93 | 1.55 | 1.71 |
| | 71—80 | | | | 1.85 | 1.37 | 1.70 |
| | 81—90 | | | | | 1.32 | 1.40 |
| Culm+Leaf sheath | CK | 1.04 | 0.85 | 0.55 | 0.57 | 0.50 | 0.43 |
| | 21—30 | 1.20 | 0.95 | 0.54 | 0.61 | 0.44 | 0.40 |
| | 31—40 | 1.14 | 0.71 | 0.58 | 0.42 | 0.33 | 0.40 |
| | 41—50 | 1.52 | 0.85 | 0.57 | 0.48 | 0.40 | 0.38 |
| | 51—60 | | 1.29 | 0.68 | 0.72 | 0.48 | 0.39 |
| | 61—70 | | | 0.85 | 0.57 | 0.48 | 0.39 |
| | 71—80 | | | | 0.58 | 0.38 | 0.38 |
| | 81—90 | | | | | 0.43 | 0.46 |
| Panicle | CK | | | 1.12 | 1.17 | 1.00 | 0.93 |
| | 21—30 | | | — | 1.10 | 1.08 | 1.05 |
| | 31—40 | | | 1.23 | 1.11 | 1.01 | 1.16 |
| | 41—50 | | | 1.22 | 1.12 | 1.07 | 1.04 |
| | 51—60 | | | 1.42 | 1.20 | 1.04 | 1.23 |
| | 61—70 | | | 1.26 | 1.15 | 1.04 | 1.23 |
| | 71—80 | | | | 1.10 | 1.09 | 1.19 |
| | 81—90 | | | | | 1.14 | 1.22 |

**Table 7.** Influence of shading at various growth periods on the nitrogen concentration (%, dry basis) in different plant fractions of developing rice plant (Tainung No. 67 ; 1st crop, 1980)

| Plant Fraction | Time of Treatment (Days after transplanting) | Days after Transplanting | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
| Leaf blade | CK | 2.51 | 2.18 | 1.78 | 1.28 | 1.31 | 1.19 |
| | 31—40 | 2.05 | 2.06 | 1.87 | 1.31 | 1.22 | 1.13 |
| | 41—50 | 1.78 | 1.80 | 1.61 | 1.09 | 1.04 | 1.34 |
| | 51—60 | 2.44 | 2.16 | 2.00 | 1.40 | 1.33 | 1.53 |
| | 61—70 | 2.23 | 2.38 | 1.84 | 1.39 | 1.29 | 1.10 |
| | 71—80 | | 2.05 | 1.83 | 1.38 | 1.42 | 1.32 |
| | 81—90 | | | 1.76 | 1.40 | 1.41 | 1.18 |
| | 91—100 | | | | 1.23 | 1.31 | 1.13 |
| Culm+Leaf sheath | CK | 0.83 | 0.50 | 0.34 | 0.25 | 0.43 | 0.38 |
| | 31—40 | 0.65 | 0.50 | 0.40 | 0.29 | 0.35 | 0.39 |
| | 41—50 | 0.52 | 0.39 | 0.30 | 0.29 | 0.36 | 0.40 |
| | 51—60 | 0.86 | 0.47 | 0.32 | 0.37 | 0.36 | 0.36 |
| | 61—70 | 1.13 | 0.54 | 0.42 | 0.30 | 0.41 | 0.36 |
| | 71—80 | | 0.80 | 0.50 | 0.40 | 0.43 | 0.50 |
| | 81—90 | | | 0.47 | 0.29 | 0.42 | 0.45 |
| | 91—100 | | | | 0.35 | 0.38 | 0.51 |
| Panicle | CK | | 1.11 | 0.85 | 0.83 | 0.82 | 0.81 |
| | 31—40 | | 0.96 | 0.89 | 0.81 | 0.90 | 0.83 |
| | 41—50 | | 0.98 | 0.83 | 0.82 | 0.86 | 0.78 |
| | 51—60 | | 1.19 | 0.98 | 0.91 | 0.97 | 0.93 |
| | 61—70 | | 1.10 | 1.03 | 0.97 | 1.04 | 0.88 |
| | 71—80 | | — | 1.07 | 0.97 | 0.98 | 0.92 |
| | 81—90 | | | 1.12 | 1.02 | 1.05 | 1.00 |
| | 91—100 | | | | — | 1.03 | 1.16 |

化的影響較不明顯，趨向亦與二期作略有不同（Table 7）。抽穗以前之多次遮光處理可使葉片內氮素濃度稍降，至抽穗時之濃度則與對照相似，抽穗後反而較高，係受穗部充實不良的影響。抽穗以後行遮光處理對葉片氮素濃度之效果則較不顯著。稈部之結果顯示，抽穗前後之處理均可造成氮素濃度上升，此亦爲遮光不利於乾物質累積與降低產量，導致稈部積存較多之氮素。至於嘉農秈11號之反應，葉片氮素濃度之表現較不一致，早期（移植後70日以前）之處理有提高濃度之效果，其後則影響較不顯著；稈部與穗部氮濃度因遮光處理而略有升高，但升幅不及臺農67號（資料未列出）。綜合各項結果，顯示日射量對水稻氮素吸收、累積、分佈及代謝作用的影響均極複雜，品種間與期作間亦可能有極大的不同。

非構造性碳水化合物爲供應植物生長與分化所需的最主要能量來源，其濃度之變化與分佈對水稻之生理極具重要性（陳與劉，1979）。供試之兩品種栽培於68年第二期作，葉片內之非構造性碳水化合物濃度均在10%以下，一般而言，以抽穗時之濃度較高，隨即下降，但在抽穗後 20 日左右再度上升，收穫時之濃度最低（Table 8，嘉農秈11號之資料均未列出）。抽穗前之遮光處理似亦能導致臺農67號葉片內碳水化合物濃度的上升，抽穗後之處理結果則相反；對嘉農秈11號而言，多數處理均有使葉片內碳水化合物濃度下降的效果。葉片內非構造性碳水化合物濃度與葉片光合作用能力及其他生理活性間之關係如何，迄無定論， Thorne and Koller (1974) 認爲大豆葉片內澱粉濃度與淨光合速率及同化物轉流速率呈負相關，但蔗糖濃度則否；Silvius *et al.* (1978) 則未能發現葉片澱粉濃度與光合成作用速率間的任何相關。在遮光處理方面

，Matsushima（1975）指出遮光結束後，水稻葉片光合作用速率急劇上升，活性並較對照組爲高，但亦未能配合碳水化合物資料對兩者之間的關係予以說明。

莖稈部位非構造性碳水化合物濃度受遮光的影響最爲顯著（Table 8），移植後50日（臺農67號）或60日（嘉農秈11號）以前的遮光處理雖可使碳水化合物含量大幅減少，但濃度的回復亦快，至抽穗時已無差異；此一階段行處理之稻株，莖稈內碳水化合物於抽穗後向穗部轉流之速度較對照組爲慢，可能係抽穗期延後或穎花發育不良所致。至於抽穗以後所行之遮光處理，急劇而明顯的減少莖稈內碳水化合物的累積，而且處理結束後亦少有回升的跡象，以臺農67號爲例，抽穗日開始遮光處理10日後，濃度僅爲6.01%，對照組則爲25.38%（Table 8），嘉農秈11號之數值分別爲14.74% 與 31.35%；於試驗結束時（移植後 100日），可發現臺農67號早期處理之植株莖稈內碳水化合物濃度與對照組

**Table 8.** Influence of shading at various growth periods on the concentration of total nonstructural carbohydrates (%, dry basis) in different plant fractions of developing rice plants (Tainung No. 67 ; 2nd crop, 1980)

| Plant Fraction | Time of Treatment (Days after transplanting) | Days after Transplanting | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Leaf blade | CK | 6.12 | 6.70 | 7.84 | 4.39 | 6.74 | 3.08 |
| | 21—30 | 7.15 | 7.58 | 8.63 | 5.46 | 7.62 | 2.70 |
| | 31—40 | 6.23 | 6.27 | 7.36 | 5.66 | 7.23 | 2.83 |
| | 41—50 | 8.78 | 6.71 | 7.97 | 5.41 | 6.32 | 4.23 |
| | 51—60 | | 6.29 | 9.37 | 6.25 | 7.55 | 3.26 |
| | 61—70 | | | 9.25 | 4.63 | 7.60 | 3.51 |
| | 71—80 | | | | 2.45 | 6.53 | 2.72 |
| | 81—90 | | | | | 4.25 | 3.51 |
| Culm+Leaf sheath | CK | 16.41 | 16.07 | 33.06 | 25.38 | 4.59 | 7.53 |
| | 21—30 | 16.03 | 19.19 | 32.21 | 26.48 | 30.98 | 5.46 |
| | 31—40 | 16.66 | 24.12 | 32.38 | 26.68 | 11.20 | 8.55 |
| | 41—50 | 6.63 | 22.44 | 32.00 | 26.69 | 21.63 | 9.87 |
| | 51—60 | | 5.86 | 25.11 | 21.09 | 20.28 | 13.17 |
| | 61—70 | | | 10.79 | 11.46 | 8.89 | 15.98 |
| | 71—80 | | | | 6.01 | 3.48 | 2.17 |
| | 81—90 | | | | | 1.54 | 3.23 |
| Panicle | CK | | | 23.10 | 38.58 | 54.20 | 58.07 |
| | 21—30 | | | — | 6.29 | 37.83 | 49.12 |
| | 31—40 | | | 8.57 | 17.68 | 35.74 | 51.91 |
| | 41—50 | | | 17.22 | 33.27 | 41.44 | 55.82 |
| | 51—60 | | | 24.05 | 39.12 | 57.87 | 56.42 |
| | 61—70 | | | 19.89 | 37.86 | 49.03 | 59.36 |
| | 71—80 | | | | 31.89 | 43.49 | 44.10 |
| | 81—90 | | | | | 48.59 | 47.53 |

相近，但低於減數分裂至抽穗期之處理而高於抽穗後之處理；嘉農秈11號則顯示抽穗前各處理均高於對照，亦即不完全的轉流，抽穗後的處理均顯著低於對照，亦即光合成物質生產之不足。

68年第二期作臺農67號水稻穗部碳水化合物濃度之變化示於 Table 8。如以收穫時之數值比較，臺農67號於移植後50天以前之遮光處理，穗部濃度均低於對照組，可能與抽穗期之早晚有關；抽穗後之處理則濃度更低，受碳水化合物之供應量影響很大。嘉農秈11號之表現亦相類似。

69年第一期作水稻碳水化合物濃度變化之資料顯示，莖稈部位係於孕穗至抽穗期到達高峰，抽穗

後隨即下降，但變化之趨向與幅度亦受遮光時期的影響（Table 9）。對臺農67號水稻而言，移植後60日以前的處理對抽穗時莖稈內碳水化合物濃度的影響不大，介於28—32%之間，抽穗後60—70日行遮光處理，可使濃度遽降至8.24%，但10日後回升至 26.35%，略低於較早期的處理；抽穗以後碳水化合物有繼續上升的趨向，移植後100日時爲34.17%，110日時爲36.95%，120日時爲29.39%（同時期之對照處理分別爲7.59%，11.62%與12.19%），可能顯示較少的轉流，推測與此一時期（減數分裂至孕穗）遮光而減低結實率有關，至於移植後70日以後的各項處理，均使稈部碳水化合物濃度降低，在稈部累積的現象亦不明顯（Table 9）。

嘉農秈11號稈部碳水化合物濃度變化之趨勢雖與臺農67號相似，但抽穗時各處理碳水化合物的濃度顯著較臺農67號爲高，似爲秈稻的特徵（Wei *et al.*, 1982）；且移植後 70—90日之間的處理未能表現碳水化合物濃度的立即明顯下降，原因尚待檢討。與臺農67號相同者爲減數分裂至抽穗期之間（移植後60—80日）之處理會導至碳水化合物在稈部有較長時間與較高濃度的累積（資料未列出）。

第一期作水稻穗部碳水化合物增加的過程亦可表示不同時期遮光對水稻生理所造成的影響，且兩品種的表現類似。大致而言，移植後60日以前施行之各次遮光處理對穗部碳水化合物增加的速度或有影響，但最終的濃度則相同或差異較小，不致明顯降低單一分蘗的產量。減數分裂期以至於乳熟期之間，則低日射量可顯著影響穀粒之充實與最後產量（Table 9）。

Table 10 爲臺農67號水稻在68年第二期作接受遮光處理後磷素濃度的變化資料，由表中可知，遮光對葉片磷濃度的影響不大，抽穗以前介於0.18—0.23%之間，較 Chen *et al.* (1980) 之數值稍低，Chen *et al.* 亦報告生育期間葉片磷濃度變化很大，且無一定趨勢。遮光可造成稈部累積多量磷素（Table 10），抽穗後有相當幅度的降低，可能爲轉流作用的結果，Epstein (1972) 說明磷爲碳水化合物代謝作用所必須，Chen *et al.* (1980) 指出水稻抽穗前稈部磷與碳水化合物濃度均顯著升高，並認爲與碳水化合物之累積與轉換（interco-

**Table 9.** Influence of shading at various growth periods on the concentration of total nonstructural carbohydrates (%, dry basis) in different plant fractions of developing rice plants (Tainung No. 67 ; 1st crop, 1979)

| Plant Fraction | Time of Treatment (Days after transplanting) | Days after Transplanting | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
| Culm+Leaf sheath | CK | 23.94 | 28.08 | 14.30 | 7.59 | 11.62 | 12.19 |
| | 31—40 | 25.44 | 29.52 | 28.04 | 18.00 | 8.76 | 12.27 |
| | 41—50 | 29.05 | 32.48 | 25.45 | 15.86 | 11.70 | 13.16 |
| | 51—60 | 20.42 | 28.72 | 24.17 | 13.91 | 17.45 | 16.92 |
| | 61—70 | 8.24 | 26.35 | 21.33 | 34.17 | 36.95 | 29.39 |
| | 71—80 | | 4.80 | 5.29 | 9.25 | 18.44 | 15.21 |
| | 81—90 | | | 4.51 | 7.35 | 9.93 | 11.15 |
| | 91—100 | | | | 5.03 | 19.08 | 4.23 |
| Panicle | CK | | 19.68 | 46.19 | 59.89 | 61.36 | 60.78 |
| | 31—40 | | — | 19.49 | 52.69 | 60.70 | 59.12 |
| | 41—50 | | 6.34 | 33.57 | 57.72 | 58.08 | 60.34 |
| | 51—60 | | 10.29 | 39.61 | 60.13 | 60.43 | 62.09 |
| | 61—70 | | 15.25 | 30.88 | 43.45 | 51.88 | 52.49 |
| | 71—80 | | 11.66 | 35.27 | 55.93 | 58.55 | 54.26 |
| | 81—90 | | | 35.16 | 47.10 | 58.63 | 57.03 |
| | 91—100 | | | | 45.05 | 49.06 | 52.97 |

nversion) 有關，本試驗則發現遮光處理結束後，稈部磷濃度升高，但非構造性碳水化合物濃度下降（Table 8），顯然兩者之間的關係並不單純，推測磷濃度上升可能表示根部吸收磷的能力並未顯著受阻，也可能爲乾物質降低與轉運不良的結果。

**Table 10.** Influence of shading at various growth periods on the phosphorus concentration (%, dry basis) in different plant fractions of developing rice plants (Tainung No. 67 ; 2nd crop, 1979)

| Plant Fraction | Time of Treatment (Days after transplanting) | Days after Transplanting | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| Culm+Leaf sheath | CK | 0.216 | 0.190 | 0.165 | 0.176 | 0.113 |
| | 21—30 | 0.236 | 0.217 | 0.173 | 0.202 | 0.150 |
| | 1—40 | 0.196 | 0.182 | 0.175 | 0.188 | 0.142 |
| | 41—50 | 0.200 | 0.184 | 0.169 | 0.161 | 0.132 |
| | 51—60 | | 0.209 | 0.183 | 0.161 | 0.136 |
| | 61—70 | | | 0.177 | 0.166 | 0.125 |
| | 71—80 | | | | 0.155 | 0.121 |
| | 81—90 | | | | | 0.107 |
| Panicle | CK | 0.257 | 0.254 | 0.180 | 0.189 | 0.079 |
| | 21—30 | 0.292 | 0.277 | 0.225 | 0.220 | 0.176 |
| | 31—40 | 0.239 | 0.248 | 0.224 | 0.202 | 0.148 |
| | 41—50 | 0.348 | 0.225 | 0.182 | 0.152 | 0.128 |
| | 51—60 | | 0.320 | 0.199 | 0.201 | 0.090 |
| | 61—70 | | | 0.327 | 0.210 | 0.116 |
| | 71—80 | | | | 0.221 | 0.116 |
| | 81—90 | | | | | 0.093 |

鉀濃度變化的資料列於 Table 11，試驗結果顯示，任何生長時期進行遮光處理，均使葉片鉀濃度降低，隨稻株之發育，又漸與對照組相近；反之，遮光使稈部鉀濃度大幅上升，尤以處理結束後立即分析之結果最爲顯著；接近成熟期（抽穗後90日）水稻稈內鉀濃度以對照組最高(2.42%)，抽穗以後施以遮光處理者最低（1.31—1.49%），顯示轉流至穗部之鉀量並不與產量有正相關；鉀對澱粉之分解及各種物質之轉流極爲必要(Epstein, 1972)，Chen *et al.* (1980) 發現臺北地區一期作水稻鉀濃度顯著高於二期作，並認爲與碳水化合物之代謝與再分佈有關，有助於抽穗前後穗之發育與充實；本試驗之結果則建議可能有一臨界濃度存在。

**Table 11.** Influence of shading at varous growth periods on the potassium concentration (%, dry basis) in different plant fractions of developing rice plants (Tainung No. 67 ; 2nd crop, 1979)

| Plant Fraction | Time of Treatment (Days after transplanting) | Days after Transplanting | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| Leaf blade | CK | 2.44 | 1.85 | 1.85 | 1.82 | 1.35 |
| | 21—30 | 2.42 | 1.95 | 1.92 | 1.94 | 1.53 |
| | 31—40 | 2.38 | 1.98 | 1.88 | 1.86 | 1.40 |
| | 41—50 | 1.96 | 1.90 | 1.98 | 1.88 | 1.49 |
| | 51—60 | | 1.69 | 1.75 | 1.58 | 1.46 |
| | 61—70 | | | 1.43 | 1.45 | 1.09 |
| | 71—80 | | | | 1.70 | 1.09 |
| | 81—90 | | | | | 1.21 |
| Culm+Leaf sheath | CK | 2.42 | 2.22 | 1.44 | 1.74 | 2.42 |
| | 21—30 | 2.62 | 2.28 | 1.67 | 1.64 | 1.49 |
| | 31—40 | 2.86 | 2.29 | 1.64 | 1.52 | 1.31 |
| | 41—50 | 3.75 | 2.47 | 1.41 | 1.49 | 1.40 |
| | 51—60 | | 2.74 | 2.07 | 1.83 | 1.42 |
| | 61—70 | | | 2.54 | 1.90 | 2.14 |
| | 71—80 | | | | 2.34 | 2.16 |
| | 81—90 | | | | | 2.17 |

## 引用文獻


1. 陳建山、劉大江。 1979。溫度對水稻分蘖特性與成熟生理之影響。中華農業研究28：199—206。
2. 陳明義、陳清義。 1980。臺灣中南部稻田微氣象之研究。 中華民國農學團體69年度聯合年會特刊，第95—105頁。
3. 楊藹華、梁文實、魏夢麗、劉大江。 1983。二期作水稻光合成物質的生產、 分配及與產量間的關係。中華農業研究32：209—218。
4. 蔡金川。 1978。水稻生育各期溫度及遮光對產量及其構成因素之影響。科學農業26：194—201。
5. 魏夢麗、劉大江。 1983。期作間水稻光合成物質生產，分配及產量之比較。 中華農業研究32： 303—311。
6. Association of Official Agricultural Chemists. 1970. Official methods of analysis (11th ed.). Method 3.060. The Association : Washington, D. C.
7. Chen, C. S., D. D. Huang, M. C. Shen and D. J. Liu. 1980. Carbohydrate, N, P and K status of developing rice (*Oryza sativa* L. ) plants grown in the first and second crop seasons in Taiwan. J. Agri. Res. China 29 : 81-92.
8. Cock, J. H. and S. Yoshida. 1972. Accumulation of 14-C labelled carbohydrate before flowering and its subsequent redistribution and respiration in the rice plant. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 41 : 226-234.
9. Epstein, E. 1972. Mineral nutrition of plants :

nts : principles and perspectives. John Wiley & Sons, Inc., New York.

10. Liu, D. J. 1979. Influence of temperature at various growth stages on the accumulation and translocation of carbohydrates in rice plant. *In* The cause of low yield of the second crop rice in Taiwan and the measures for improvement (S. C. Hsien and D. J. Liu ed.). Natl. Sci. Council, R. O. C.
11. Matsushima, S. 1973. Crop science in rice. pp. 9, 113, 115, 117, 193-201, 203, 256, 257, 263, 268, 286. Fuji Publishing Co., Ltd. Tokyo, Japan.
12. Silvius, J. E., D. F. Kramer and D. R. Lee. 1978. Carbon assimilation and translocation in soybean leaves at different stages of development. Plant Physiol. 62 : 54-58.
13. Smith, D. 1969. Removing and analyzing total nonstructural carbohydrates from plant tissue. Wis. Agri. Exp. Sta. Res. Rep. 41, 11p.
14. Tatsumi, J. and Y. Kono. 1980. Effects of shading on respiration and ammonium uptake of rice roots. Japan J. Crop Sci. 49 : 63-74.
15. Thorne, J. H. and H. R. Koller. 1974. Influence of assimilate demand, translocation and carbohydrate levels of soybean leaves. Plant Physiol. 54 : 201-207.
16. Wada, S., Y. Kuniniro and A. Honma. 1972. Effect of some environmental factors during meiosis stage on the fertility of grains in rice plant. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 41 : 340-347.
17. Wei, M. L., M. C. Shen, C. S. Chen and D. J. Liu. 1982. Physiological studies of rice tillers. I. Partition of dry matter, nitrogen and total nonstructural carbohydrates during grain-filling. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC (A) 6 : 190-196.

# Effect of Shading on the Heading Date, Nutrient Concentrations, Dry Matter Production and Yield of Rice Varieties*

J. C. Tsai, M. C. Shen, C. S. Chen** and D. J. Liu

*Department of Agronomy*
*Taiwan Agricultural Research Institute*
*Wufeng, Taichung, Taiwan 431*
*Republic of China*

## Summary

Eighty percent of shadiag for 10 days was performed at successive growth stages of 45 varieties of rice. Heading date, yield and components were investigated. The influence of shading on dry matter production and the concentrations of several major nutrients were also analyzed.

Shading had a definite effect in delaying the heading date of all varieties. The effect was more prominent for *japonica* varieties or when treatments were executed at early growth stages. Grain yield was severely reduced by shading especially at meiosis stage and rapid grain-filling period. Results showed that number of spikelet per panicle, percent of seed-setting and 1,000-grain-weight were the components responsible for the low grain yield. Although varietal difference existed, shading reduced the yield of 15 Taiwan varieties by 50% or more when compared to the untreated check, suggesting the importance of solar radiation to the normal growth and development of rice plants.

Dry weight per plant was also affected by shading. When treated at the booting stage, culm dry weight was only 65% (*japonica* rice) or 75% (*indica* rice) of that of the check plants. For the second crop rice, shading before the the commencement of heading increased N concentration which indicated that the treatment had a more pronounced effect on photosynthesis than on N uptake. The effect was less significant when shading was performed after heading or in the first crop season.

Shading at early growth stages also reduced TNC concentrations in the rice plants. However, the concentrations recovered to that of the check when plants approached heading. Treatments about 20 days before or after heading significantly decreased TNC concentrations in the culm and the subsequent recovery was less obvious. Low solar radiation at meiosis stage could also reduce the contribution of pre-heading storage to the grain yield.

Potassium concentrations decreased in the leaf blade but increased in the culm for shading treatment performed at any stage of rice development. Shading had little effect on the P concentrations in the leaf blade. However, accumulation of P in the culm was observed. Results suggested that shading could affect the physiological activities of leaf blade and the interconversion and translocation of carbohydrates through altering the mineral nutrition of the rice plants.

* Supported by a grant 1908—4.1—080 from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

**Present Address : Bureau of Agriculture, Ministry of Economics, Taipei , Taiwan, R. O. C.