中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 35 (2) : 129~138 (1986)

# 米粒白堊質之遺傳[1]

郭益全　劉　清[2]

**摘要**：以包括親本與正反交組合之6×6全互交 $F_1$ 材料探討水稻米粒白堊質之遺傳。白堊質米粒出現頻度與白堊質米白堊質面積大小等兩性狀之親本間之遺傳變異極大，此變異係由累加性與顯性效應所致。兩被評估性狀之狹義遺傳率值均高，指出兩性狀之表現型變異主由累加性效應控制。兩被評估性狀均存在有細胞質效應。其經迴歸與變方分析估得兩被評估性狀之顯性程度均屬部分或不完全顯性。而藉迴歸圖析及親本顯性次序之判定則指出白堊質米粒出現頻度中等者對出現少及多者爲顯性；白堊質面積小者對大者爲部分或不完全顯性。兩性狀親本間正負等位基因頻度不等，且顯性基因數多於隱性基因數。

米粒之白堊質 (Chalkiness) 係米粒胚乳內澱粉與蛋白質顆粒之堆積較不密實所致[9,13,16,22,23,26]。而由於白堊質在胚乳上位置之不同而有所謂腹白、心白及背白之不同，但此心腹背白部分澱粉顆粒之微細構造則一[9,22,23,26]。而米粒之白堊質之存在與否雖不會影響白米之顆粒澱粉與蛋白質含量[3]，但因白堊質部分之透明度較差，且質軟而脆，故具白堊質之米粒不僅白米外觀差且易於碾白過程中碎裂，而大大影響該稻米之市場價值[7,13,16,30]。

白堊質米粒出現之頻度與白堊面積之大小雖爲可遺傳之品種特性[7,8,10,13,21]，但受環境因子若干程度之影響。稻株抽穗開花後持續之溫度與白堊質米粒出現之頻度與面積大小有關，Jennings *et al.*[13]、Resurreccion *et al.*[19]、Tashiro and Ebata[25]、及 Yoshida and Hara[31]之研究指出高溫增加白堊質米粒之出現頻度，低溫則降低之。其他若干研究則報導低溫不能降低白堊質米之出現頻度，而可使白堊面積減少[6,20]。土壤肥力及栽培管理等亦會影響到白堊質之表現，抽穗後追施氮肥可降低白堊質米出現之頻度，且當氮肥量由0至 1.2g/pot 條件下，白堊質米出現頻度依氮肥用量之增加而比例下降[25,28]，或僅減少白堊質之面積而不影響出現之頻度[20]。剪葉處理，尤其劍葉與其下第一片葉使白堊質米出現頻度增加[25]。去除穗上若干枝梗[20,25]及成熟早期遮光處理[20]可降低白堊質米出現之頻度，成熟後期遮光則白堊質出現頻度增加[29]。稻穗減數分裂期斷水中乾處理則白堊質出現頻度與面積均降低[20]。穀粒養分供給充分及成熟期間延長亦可降低白堊質米之出現頻度[25]。充實成熟期間穀粒脫水過急會提高出現頻度[27]，一般穀粒腹部組織貯藏物質之累積較背部小，脫水能力較背部强，因此穀粒之白堊質常以腹白之形態出現[27]。開花後20~30天之穀粒充實成熟盛期期間爲白堊質米出現之感受期[29]。冷害、雨害、旱害、風害及病蟲等等導致稔實率受障害時，腹白均易出現[5,29]。

據 Chang and Li[8] 及 Chang and Somrith[7] 之綜論，早期之研究認爲腹白或心白是由一對隱性因子[13]或一對顯性因子所控制，晚近之研究則認爲是數量因子與環境交感之綜合效果。大粒種或粗粒形 (Bold grain shape) 之白堊質粒頻度較細粒形 (Slender grain shape) 者爲高。Somrith *et al.*[24] 世代平均值法之數據顯示累加性爲白堊質性狀之主要遺傳效應。Jennings *et al.*[13]

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1267 號。
2. 臺灣省農業試驗所農藝系助理研究員及研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

建議育種材料評估時，將心、腹及背白綜合考慮較逐一檢討爲簡便。且因爲選自冷地無白堊質米之稻品系，栽培於熱帶則白堊質嚴重，故認爲選自冷地透明米粒之稻品系，在暖地栽培時須加嚴格之篩選，淘汰任何可疑之選系。

米粒上白堊質之有無是白米外貌優劣與否之決定性狀之一，國內水稻品種在以往以高產爲導向的育種目標下，被推廣之品種米粒多數具白堊質，晚近在良質米品種受重視之時態下，登記命令之臺農68號及臺南7號則白堊質幾無，外貌佳廣受歡迎。爲充實良質米育種之基礎資料，故進行米粒白堊質遺傳行爲之研究。

## 材料與方法

越光、豐錦、臺農67號、臺中65號、Pegonil 及 Nakkhaongo 等 6 個水稻品種被選爲全互交親本。其包括正反交之30個 $F_1$ 及 6 親本材料，於1984年 1 期作被培植於農試所萬豐試驗農場。逢機完全區集設計（RCBD），2 重覆。每小試區插植 5 行，每行12株，行株距 25×25cm，肥料用量 N、$P_2O_5$ 及 $K_2O$ 依次爲80、40及 50kg/ha。適期收穫時每小區去邊行及頭尾株，以單株爲收穫單位，每小區計各收穫30株。日光乾燥後，每株分別脫粒，再分別以日製 Satake 脫穀機及 Kett 小樣品精米機將稻穀碾成白米。以人工逐株檢出具白堊質之米粒，由是株總米粒數及白堊質粒數估得白堊質米出現頻度。至於該株白堊質面積之大小則係加權是株白堊質粒之Khush *et al.* [16] 分類而來。6 親本1984年 1 期作兩白堊質性狀之表現如表 1。

全互交各遺傳介值之估計分析係採 Hayman [11,12] 及 Jinks [14] 之理論進行，親本之顯性次序與方向則按 Johnson and Aksel [15] 之方法檢討，廣義及狹義遺傳率則仿 Mather and Jinks [17] 之公式估計。

表1. 六品種白堊質米粒之出現頻度與白堊質面積大小

**Table 1.** The occurrence frequency and the opaque area of chalky endosperm of six varieties.

| Varieties | The occurrence frequency of chalky endosperm (%) | The opaque area of chalky endosperm[a] |
|---|---|---|
| Koshihikari (越光) | 8.55 | 2.3 |
| Toyonishiki (豐錦) | 7.35 | 2.1 |
| Tainung No. 67 (臺農67號) | 25.25 | 3.4 |
| Taichung No. 65 (臺中65號) | 26.25 | 3.1 |
| Pegonil | 91.85 | 6.8 |
| Nakkhaongo | 96.68 | 7.5 |

a : According to Khush *et al.* [16] classifying standard.

## 結　果

全互交表之變方分析顯示兩白堊質性狀之 a 變因均極顯著（表 2），指出各雜交親本間兩白堊質性狀有相當大之遺傳變異存在。b 變因亦皆極顯著，表示有關兩白堊質性狀遺傳基因之若干基因座上，顯性擔任相當重要之角色。測定親本與後裔差異之平均顯性偏差 $b_1$ 變因，則白堊質米粒出現頻度不顯著，白堊質面積大小極顯著，暗示白堊質面積大小有關基因之顯性因子效應是單方向，而白堊質米粒出現頻度可能爲雙方向 [17]（Ambidirection）。$b_2$ 變因兩白堊質性狀亦均極顯著，顯示兩性狀之顯性效應，部分係由於正負效應基因在親本間之分布不均勻或不對稱所致。兩白堊質性狀極顯著之 $b_3$ 變因證實尚存有不歸諸於 $b_1$ 及 $b_2$ 之顯性效應，亦即累加性與累加性、累加性與顯性及顯性

與顯性等三類遺傳基因之交感作用可能包含在此 6 × 6 之全互交組合中。C變因爲每一親本之平均母性效應 (Maternal effect) ，d 變因爲未歸屬於 c 變因之正反交差異 。 由表 2 知兩個白堊質性狀之c 及 d 變因均極顯著，因知雌親細胞質可能影響到兩白堊質性狀之表現（表 2） 。

**表2.** 稻米兩白堊質性狀之變方分析

**Table 2.** Analysis of variance for the occurrence frequency and the opaque area of chalky endosperm in rice.

| Source of variance | D. F. | The occurrence frequency of chalky endosperm | | The opaque area of chalky endosperm | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | MS | F-value | MS | F-value |
| Block | 1 | 11.80 | 3.80ns | 0.004 | 0.26ns |
| Treatment | 35 | 1,443.41 | 464.46** | 5.016 | 372.29** |
| a | 5 | 9,506.87 | 3,059.14** | 29.984 | 2,223.98** |
| b | 15 | 95.42 | 30.70** | 1.294 | 96.03** |
| $b_1$ | 1 | 0.98 | 0.32ns | 0.380 | 28.22** |
| $b_2$ | 5 | 129.15 | 41.66** | 0.362 | 26.87** |
| $b_3$ | 9 | 87.17 | 28.05** | 1.913 | 141.99** |
| c | 5 | 223.67 | 71.97** | 0.740 | 54.94** |
| d | 10 | 43.55 | 14.01** | 0.263 | 19.50** |
| Error | 35 | 3.11 | | | |
| Total | 71 | | | | |

*, **: Statistically significant at 5% and 1% probability levels, respectively.
ns: Non-significant.

兩白堊性狀 ($W_r+V_r$) 值純質性測驗結果皆不顯著 （數據未列出） ， 表示本試驗之資料符合 Hayman[12] 之遺傳假說，仍進一步估計兩性狀之遺傳成分（表 3） 及遺傳系統（表 4） 。至於 $W_r/V_r$之迴歸分析圖及 $Y_r$ 與 ($W_r+V_r$) 之標準偏差圖則分別繪成圖 1 及圖 2 。

兩白堊質性狀之遺傳樣式 (Inheritance pattern) 很相似。兩性狀之 D、$H_1$ 及 $H_2$ 等遺傳變異成分均極顯著（表 3） ，指出累加性 (D) 與顯性 ($H_1$ 及 $H_2$) 效應對控制白堊質米之出現頻度與白堊質面積之大小很重要。D-$H_1$ 值爲極顯著之正值，表示支配兩性狀之各該有關基因之累加性效應顯著地大於顯性效應，由此可推知兩白堊質性狀之狹義遺傳率值甚大（表 4） ，早期世代選拔有效。

經藉迴歸圖解法與遺傳變方估得兩白堊質性狀之平均顯性程度 〔$(H_1/D)^{2/1}$〕 值均介於 0 與 1 間（表 4） ，建議控制兩白堊質性狀之基因呈部分或不完全顯性。 提供親本間正 (u) 與負 (v) 等位基因平均頻度估值之 $H_2/4H_1$ 比值 ， 兩白堊質性狀均低於極限值0.25（表 4） ， 指出親本間正與負等位基因分布頻度不等，而與變方分析表中極顯著 $b_2$ 值（表 2） 所蘊含之訊息，兩性狀之顯性效應部分係由於正負效應基因在親本間之分布不均勻或不對稱之結果互呼應。親本顯隱基因總數之比值（$K_d/K_r$） ，兩白堊質性狀均略大於 1 ， 即兩性狀均似有顯性基因數多於隱性基因數之傾向。兩白堊質性狀顯性基因羣數之估值 ($h^2/H_2$) 幾近於 0 （表 4） ， 表示兩性狀似無主效基因羣存在。按當諸顯性基因效應符號正負相異時，此值易低估[18] ； 或當有關基因僅具些許顯性或無顯性 (Little or no dominance) 時，此值則不易檢出[18] ； 有互補基因作用時[12] ，n 基因座之效應不等並爲非單向顯性時亦易於低估[4] 。

表3. 稻米兩白堊質性狀之遺傳成分估值及其標準偏差

**Table 3.** Estimates of genetic components of variation and their standard deviations for the occurrence frequency and the opaque area of chalky endosperm in rice.

| Genetical component | The occurrence frequency of chalky endosperm | The opaque area of chalky endosperm |
|---|---|---|
| D | 1,595.99** ±17.83 | 5.45** ±0.13 |
| $H_1$ | 134.32** ±45.27 | 1.40** ±0.32 |
| $H_2$ | 92.31* ±40.44 | 1.28** ±0.29 |
| $h^2$ | − 0.59ns ±27.22 | 0.10** ±0.09 |
| F | 54.04ns ±43.57 | 0.58ns ±0.31 |
| E | 1.55ns ± 6.74 | 0.01ns ±0.05 |
| D-$H_1$ | 1,461.67** ±39.75 | 4.06** ±0.28 |

*, **: Statistically significant at 5% and 1% probability levels, respectively.
ns: Non-significant.

表4. 稻米兩白堊質性狀之遺傳系統

**Table 4.** Estimates of genetic systems of the occurrence frequency and the opaque area of chalky endosperm in rice.

| Estimates | The occurrence frequency of chaeky endosperm | The opaque area of chalky endosperm |
|---|---|---|
| $(H_1/D)^{1/2}$ | | |
| By graphic | 0.2944 | 0.5089 |
| By variances | 0.2901 | 0.0506 |
| $H_2/4H_1$ | 0.1718 | 0.2292 |
| $K_d/K_r$ | 1.1240 | 1.2345 |
| $h^2/H_2$ | 0.0064 | 0.0796 |
| Heritabilities (%) | | |
| Broad-sense | 99.81 | 99.76 |
| Narrow-sense | 96.98 | 88.42 |
| r of $(W_r+V_r)/Y_r$ | − 0.03ns | 0.98** |
| Order of parental dominance | 346 521 [a] | 213 465 |
| Order of parental performnance | 213 456 | 214 365 |

**: Statistically significant at 1% probability levels.
ns: Non-significant.
a: 1-Koshihikari, 2-Toyonishiki, 3-Tainung No. 67, 4-Taichung No. 65, 5-Pegonil, 6-Nakkhaongo.

據 Mather and Jinks[17] 之綜論，$W_r$ 對 $V_r$ 之迴歸圖可提供下述三點訊息。第一、可測試是否合乎遺傳模式，當 $W_r$ 對 $V_r$ 之迴歸直線爲單位斜率 (b=1) 時，即表示親本間無非對立等位基因間之交感作用存在，同時基因在諸親本間爲獨立分布。第二、當試驗資料符合模式時，由迴歸直線對 $W_r$ 軸之截距，可判定有關基因之平均顯性程度。第三、由迴歸線上親本相對位置可判定顯隱基因在諸親本之分布。研究中兩白堊質性狀之 $W_r$ 對 $V_r$ 迴歸直線之單位斜率 ($b_{yx}$) 均極顯著地異於 0 而近於 1 (數據未列出)。因知本研究兩白堊質性狀之數據符合親本間無非對立等位基因之交感作用存在，同時有關基因在諸親本間爲獨立分布等兩遺傳假設。亦即兩白堊質性狀之遺傳系統爲簡單之

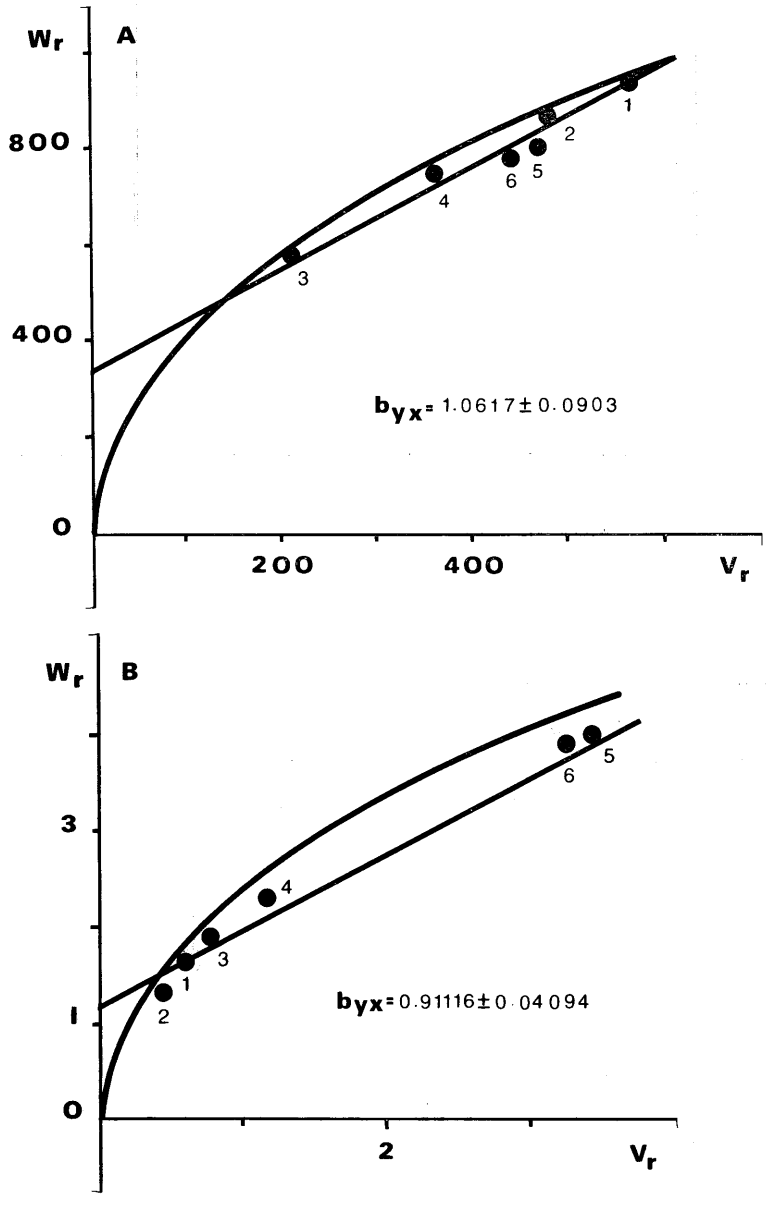



圖1. 兩白堊質性狀之 $W_r/V_r$ 圖

**Fig. 1.** $W_r/V_r$ graphs for the occurrence frequency (A) and the opaque area (B) of chalky endosperm.

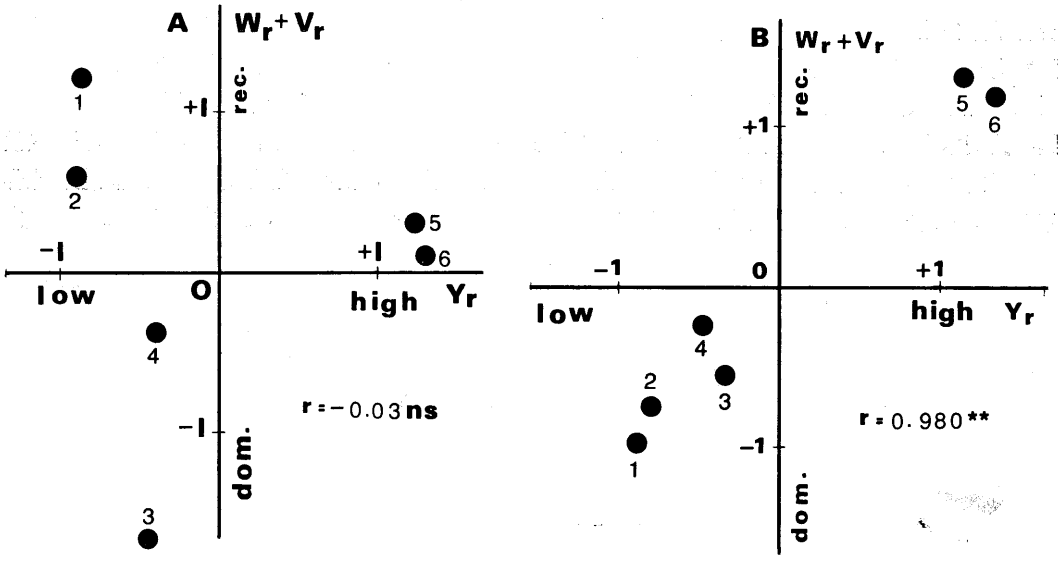



圖2. 兩白堊質性狀之 $Y_r$ 與 $W_r+V_r$ 之標準偏差圖

Fig. 2. Standardized deviation graphs between $Y_r$ (parental performance) and $W_r+V_r$ (order of dominance) for the occurrence frequency (A) and opaque area (B) of chalky endosperm.

累加性一顯性模式，而無複雜之非對立等位基因之交感作用，此結果與變方分析表中顯著之 $b_3$ 值（表 2）不一致。

兩白堊質性狀各該 $W_r$ 對 $V_r$ 迴歸直線截 $W_r$ 軸於原點上方，表示兩白堊質性狀之各該基因爲不完全顯性（圖 1）。就白堊質米出現頻度性狀言，第 3 號親本臺中65號最接近原點，而第 1 號親本越光則距原點最遠（圖 1 a），指出臺中65號具有較多之顯性基因，而越光則含有最多之隱性基因。圖 1 b 則顯現第 2 號親本豐錦最接近原點，第 5 號親本 Pegonil 最偏離原點，此即表示就白堊質米白堊質面積大小此一性狀言，豐錦具有較多之顯性基因，而 Pegonil 具有較多之隱性基因。

圖 2 爲每一序列之親本計量（$Y_r$）與顯性次序（$W_r+V_r$）間之標準偏差圖。親本相對位置落在水平線（親本計量 $Y_r$）上者爲具隱性基因之親本，落在水平線下者爲具顯性基因者。親本相對位置落在垂直線（顯性次序，$W_r+V_r$）右邊者爲高親本計量者，落在垂直線左邊者爲低親本計量者。而 $W_r+V_r$ 與 $Y_r$ 之相間係數則在表示目標性狀之顯性方向，當 r 值爲正表示 $Y_r$ 或 $W_r+V_r$ 值增加時，隱性基因數且相對增加，亦即親本高計量者爲隱性。而當 r 值爲負時，則低親本計量爲顯性。r 值不顯著時，則顯性爲兩方向（Ambidirection）[17]。因知白堊質米粒出現頻度之顯性方向爲兩方向性，即出現頻度中等對出現頻度少者及多者爲顯性。而白堊質米白堊質面積大小之是以白堊質面積出現小者爲顯性，親本顯性次序爲213465，親本表現次序則爲214365。

## 討　論

米粒白堊質（Chalkiness）性狀是稻胚乳性狀之一。供評估之米粒胚乳是當代水稻植株上次一世代之種子（胚乳）而此米粒胚乳雖係由一個精核與卵之兩個極核所融合而成之一 3n 組織（Triploid tissue），但此次一世代胚乳性狀之表現乃爲當代植物基因型和環境因子綜合作用之表現型，故由當代稻株上次一世代胚乳性狀之後裔測定可推論親本目標性狀之遺傳組成。此類藉次一世代種子性狀之評估所進行當代植株遺傳行爲之歸納與推論，不僅見諸於禾穀作物之水稻，亦見諸於其他禾穀作物及豆科作物，而爲遺傳學者所認同。本研究即爲據一組 6 親本包括正反交及自交等計36組合水稻材料，

$F_1$ 代植株上 $F_2$ 種子米粒白堊質性狀之評估，以探討供試親本米粒白堊質面積之大小及白堊質米出現頻度等兩米粒白堊質性狀之遺傳行爲。結果發現環境效應俱不顯著（表2之區集效應及表3之環境變因E），可知本研究中干擾基因型表現之環境局部控制得宜，表現型之變異成份中（表現型＝基因型＋環境＋基因型與環境交感），基因型對兩白堊質性狀之表現有絕對之影響，又已知支配兩性狀之各該有關基因之累加性效應顯著地大於顯性效應（表3），可知兩性狀表現型變異主由累加性效應所控制。

全互交是一組基因型間所有可能組合之雜交，據湯之[4]綜論，迄目前止計有三套理論及其統計方法並存，一爲 Jinks 及 Hayman 等根據 Mather (1949) 之遺傳符號及其數量因子學說所演譯，以推定各種遺傳成分等，偏重遺傳學研究之方法。二爲 Kempthorne 所倡，而少爲遺傳學及育種學上之應用與解析，爲偏重純生物統計學上遺傳模式探討之方法。三爲 Yates 及 Griffing 等所倡，在雜交育種上較有貢獻，而較偏重各種基因型一般及特殊組合力變方估計與分析之方法。本研究係依 Jinks[14] 與 Hayman[11,12] 之方法，將研究資料分別以全互交表變方分析法解析，並進一步利用各種二級統計介量 (Second degree statistics) 估計各遺傳成分且描述其遺傳系統，同時並以 $W_r$ 對 $V_r$ 迴歸圖解法及 $Y_r$ 與 $(W_r+V_r)$ 之準標偏差圖來解析若干遺傳介量。結果發現全互交表變方分析中，表示特殊顯性效果或特定結合力之 $b_3$ 變因顯著（表2）。顯示兩白堊質性狀上位性作用或非對立因子間之交感作用可能存在此 $6\times6$ 之水稻全互交組合中。但此結果却與經由諸二級統計介量求得 $W_r$ 對 $V_r$ 迴歸直線單位斜率異於0而近於1（圖1）所蘊含之訊息不同，按該迴歸直線單位斜率爲1時表無非對立因子之交感作用存在[17]。此兩不一致之結果可能在，變方分析是由原始數據直接統計分析所得，但迴歸分析各二級介量之獲得却是原始數據經過若干必須之操作運算估得，且諸二級介量再經必須之運算方能估得各該迴歸直線之單位斜率所致，但無論如何此提示兩白堊質性狀有關基因可能存有上位性作用。已知上位性作用可能導致平均顯性程度高估[1,18]，故兩白堊質性狀之平均顯性程度有偏估之可能。又已知基因之上位性作用存在時，可影響一般組合能力與特定組合能力[1]，而本研究中並不估計上兩介量，自無上位性作用是否影響兩類組合力之是否估計正確。

白堊質米出現頻度之遺傳成分中，肇因於基因顯性作用之顯性變異成分 ($H_1$) 及基因正負效應不均而顯示顯性之顯性變異成分 ($H_2$) 皆顯著，但所有基因座顯性效應（所有組合內異型結合態全部基因座顯性作用之代數和）$h^2$ 成分則與0無顯著差異，此種現象應可由顯著之 $b_1$ 值及 $(W_r+V_r)$ 與 $Y_r$ 之相關不顯著（表2及表4）而窺出端倪。亦即由 $b_1$ 與 $(W_r+V_r)$ 與 $Y_r$ 之相關，已推知控制白堊質米出現頻度有關基因之顯性方向可能具兩方向性，此推論再配合圖1 a又知，白堊質米出現頻度中等對少者及多者爲部分顯性，又已知本性狀之正負效應等位基因頻度不等，顯隱性基因數目不等，致本性狀之 $H_1$ 及 $H_2$ 兩顯性變異成分顯著但 $h^2$ 成分不存在故也。反之，米粒白堊質面積大小之顯性方向爲單方面，面積小者對大者爲部分顯性，且親本間正負效應等位基因不同，顯隱基因數目不同，故 $H_2$、$H_2$ 及 $h^2$ 等三顯性變異成分均顯著地異於0。

由於目前有關白堊質性狀遺傳研究之報告均認爲白堊質性狀之遺傳似由一對隱性因子或顯性因子所控制[7,8,13]，綜論[13]指出白堊質性狀在分離世代之固定相當早，且 Somrith *et al.*[24] 利用親子迴歸法估得米粒白堊質之遺傳率值爲70%，故 Jennings *et al.*[13] 建議在單交組合 $F_2$ 單株上之 $F_3$ 種子或回交或三交的 $F_1$ 單株上的種子，嚴格選拔淘汰。而本研究之結果則顯示兩白堊質性狀之表現型差異主要由累加性效應所控制（表3），遺傳率很高（表4），建議早世代選拔有效，此推論恰與 Jennings *et al.*[13] 從育種家觀點之綜論吻合。而因爲白堊質在米粒胚乳上位置之不同及延展面積之大小不一，故有心、腹及背白等名稱之異及白堊質面積等級之不同。因之米粒之白堊質性狀雖易於察覺，但却難於掌握，故 Jennings *et al.*[13] 建議評估時將心、腹及背白合併考慮。因而本研究參照 Jennings *et al.*[13] 及其他諸多學者[19,20,21,25,26] 慣用之評估方法，將米粒之白堊質性狀分成白堊質米粒出現頻度及白堊質米白堊面積大小等兩性狀來評估，結果發現此兩白堊質性狀雖呈極著顯之正相

關（r=0.85**），但此兩性狀之遺傳行爲雖相似但非一致，亦即在實際米粒白堊質性狀評估淘汰決選中，兩性狀須一併考慮。

米粒白堊質性狀之評估，目前通以人工爲之，而尚無專用機器可資利用。高及宋[2]利用日本 Kett 科學研究所之白度計（Whitemeter, Kett model c-3），作米粒心腹白及透明度之測定。據其報告，經適當的統計較正後，所作心腹白及透明度之測定值可仿慣行劃分法換算成適當之等級，且經該儀器測定的心腹白及透明度級在統計學上具再現性及獨立性。若然，則米粒白堊質性狀評估因費工而難於正確掌握之困難應可迎刃而解，而進一步利用此光譜儀測定之米粒白堊質遺傳行爲之探討實爲目前系列米質遺傳育種研究之重要課題之一。

## 引用文獻


1. 李成章・1984・統計在遺傳育種上之應用。四全互交分析在育種上之利用。科學農業32（1—2）：1—20。
2. 高德錚　宋勳・1984・米粒心復白及透明度之光譜儀測定。中華農學會報　新128：7—16。
3. 郭益全　劉清　卜瑞雄　鍾德月・1985・栽培地點與稻米品質性狀之表現。中華農業研究 34（2）：（135—144）。
4. 湯文通・1967・全互交法作物育種之原理與實施。pp. 162-198. 臺灣大學農學院。
5. 農業要覽・1964・稻　甘藷・糧食作物。p. 342. 臺灣省政府農林廳。
6. Chamura, S., H. Kaneco and Y. Saito. 1979. Effect of temperature at ripening period on the eating quality of rice--Effect of the temperature maintained in constant level during the entire ripening period. Japan. Jour. Crop Sci. 48(4) : 475-482.
7. Chang, T. T. and B. Somrith. 1979. Genetic studies on the grain quality of rice. *In* Proceedings of the workshop on chemical aspects of rice grain quality. pp 49-68. IRRI. Los Banos, Philippines.
8. Chang, T. T. and C. C. Li. 1980. Genetics and breeding. *In* Rice: production and utilization (B. S. Luh ed.). AVI, Westport, Conn.
9. Del Rosario, A. R., V. P. Briones, A. J. Vidal abd B. O. Juliano. 1968. Composition and endosperm structure of developing and mature rice kernel. Cereal Chem. 45(3) : 225-235.
10. Ebata, M. and T. Tasiro. 1973. Studies on white-belly rice kernel. I. Varietal differences in the occurrence of white-belly kernel. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 42(3) : 370-376.
11. Hayman, B. I. 1954. The analysis of variance of diallel table. Biometric 10 : 235-244.
12. Hayman, B. I. 1954. The theory and analysis of diallel crosses. Genetics 39 : 789-809.
13. Jennings, P. R., W. R. Coffman and H. E. Kauffman. Grain quality. *In* Rice improvement. pp 101-120. IRRI. Los Banos, Philippines.
14. Jinks, J. L. 1954. The analysis of continuous variation in diallel cross of *Nicotiana Rustica* varieties. Genetics 39 : 767-788.
15. Johnson, L. P. V. and R. Aksel. 1959. Inheritance of yielding capacity in a fifteen-parent diallel cross of barley. Can. J. Gent. Cytol. 1 : 208-265.
16. Khush, G. S., C. M. Paule an N. M. Del La Cruz. 1979. Rice grain quality evaluation and improvement at IRRI. *In* Proceedings of the workshop on chemical aspects of rice grain quality. pp 21-32. IRRI. Los Banos, Philippines.
17. Mather, K. and J. L. Jinks. 1971. Diallel. *In* Biometrical genetics. pp 249-284. Cornell University Press. Ithaca, USA.
18. Povilaitis, B. 1966. Diallel cross analysis of quantitative characters in tobacco. Can. J. Genet. Cytol. 8 : 336-346.
19. Resurreccion, A. P., T. Hara, B. O. Juliano and S. Yoshida. 1977. Effect of temperature during

ripening on grain quality of rice. Soil Sci. Plant Nutr. 23(1) : 109-112.

20. Seo, S. W. and S. Chamura. 1979. Studies on the cultivation methods reducing the occurrence of white belly rice in an *Indica* rice. Bulletin Facul. Agric. Niigata Univ. New 31 : 17-22.
21. Seo, S. W. and S. Chamura. 1979. Studies on the characters of the improved semi-dwaf, high yielding *Indica* rice varieties. II. Shape and quality of rice kernel, especially occurrence of white belly kernel. Japan. Jour. Crop Sci. 48(3) : 418-424.
22. Seo, S. W., T. Hayakawa and S. Chamura. 1980. Studies on the characters of the improved semi-dwaf, high yielding *Indica* rice varieties. V. Physical properties of the rice kernel in the varieties making many white belly kernel. Bulletin Facul. Agric. Niigata univ. New 32 : 17-23.
23. Seo, S. W. and T. Hayakawa. 1980. Studies on the characters of the improved semi-dwaf, high yielding *Indica* rice varieties. VI. Shape of opaque part of white belly kernel and difference in the development of starch granules on dorsal and ventral sides in developing kernels in the variety making many white belly kernels Chosaeng Tongil. Japan Jour. Crop Sci, 49(2) : 191~198
24. Somrith, B. T. T. Chang and B. R. Jackson. 1979. Genetic analysis of traits related to grain characteristics and quality in two crosses of rice. IRPS No. 35. IRRI. Los Banos, Philippines.
25. Tashiro, T. and M. Ebata. 1975. Studies on white belly rice kernel. III. Effect of ripening conditions on the occurrence of white belly kernrl. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 44(1) : 86-92.
26. Tashiro, T. and M. Ebata. 1975. Studies on white belly rice kernel. IV. Opaque rice endosperm viewed with a scanning electron microscope. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 44(2) : 205-214.
27. Tashiro, T. and M. Ebata. 1976. Studies on white belly rice kernel. V. On the occurrence of white belly during the development of rice kernel, with special reference to the moisture content of kernel. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 45(4) : 616-623.
28. Tashiro, T. and M. Ebata. 1979. Studies on white belly rice kernel. VI. Effect of nitrogen top dressing at heading stage on the occurrence of white belly kernel. Japan. Jour. Crop Sci. 48(1) : 99-106.
29. Tashiro, T., M. Ebata and M. Ishikawa. 1980. Studies on white belly kernel. VII. The most vulnerable stage of kernel development for the occurrence of white belly. Japan. Jour. Crop Sci. 49(3) : 482-488.
30. Webb, B. D. and R. A. Stermel. 1972. Criteria of rice quality. *In* Rice: chemistry and technology (D. F. Houston ed.). pp 102-139. Ameri. Associ. Cereal Chemist, USA.
31. Yoshida, S. and T. Hara. 1977. Effect of air temperature and light on grain filling of an *Indica* and a *Japonica* rice (*Oryza sativa* L.) under controlled environmemtal conditions. Soil Sci. Plant Nutr. 23(1) : 93-107.

# Inheritance of Chalkiness of Rice Endosperm[1]

Yih-chuan Kuo and Ching Liu[2]

## Summary

The inheritance of two chalkiness characteristics of rice endosperm, the occurrence frequency and the opaque area of chalky endosperm, were studied by means of a 6×6 diallel crosses including parents and reciprocal crosses. The genetic variations of two chalkiness characteristics of rice endosperm were significant among the parents. Both additive and dominance effects were important for two chalkiness characteristics. Furthermore, additive effects were significantly larger than dominance effects for two chalkiness characteristics. Estimated heritabilities for two chalkiness characteristics were very high indicating that a major portion of phenotypic variability was controlled by additive effects. Maternal effects existed in two chalkiness characteristics. Degrees of dominance for two chalkiness characteristics estimated by graphic and variance analysis showed partial or incomplete dominance. Directions of dominance evaluated by regression plotting and correlation coefficient between $Y_r$ and $(W_r+V_r)$ were toward median occurrence frequency (ambidirection) and little opaque area of chalky endosperm. The average frequencies of positive and negative allels in parents were not equal and the number of dominant genes exceeded recessive genes for both chalkiness characteristics studied.

1. Contributiion No. 1267 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Assistant Agronomist and Senior Statistician, respectively, Department of Agronomy, TARI. Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 431, ROC.