

紅豆 F₂ 族群成熟期落葉性及其他農藝性狀之研究

周國隆¹、曾富生、吳詩都²

摘 要

本研究主要目的在探討紅豆 F₂ 族群間之落葉性及其他農藝性狀之變異，以供育種選拔上的參考。試驗結果顯示，七個雜交組合可分為三群，C191、C192、C194 與 C193 等四個組合關係較密切可歸為第一群，C189 與 C190 兩組合關係較密切歸為第二群，而 C188 組合偏離而獨立為第三群。七個組合 F₂ 族群之成熟期落葉率的遺傳率為 0.211~0.550，有效基因對數至少有 2~4 對所控制，顯示此性狀易受環境影響，其遺傳行為可能受多基因系統所控制，進行該性狀選拔時不宜在早期世代直接選拔，應著重於後期世代方始有效。在產量路徑分析方面，七個組合均以植株總重及單株莢數對籽粒產量正的貢獻量最大，而成熟期落葉率對籽粒產量直接效果在七個組合均為正的影響，主要經由植株總重之間接負的影響，而造成 C190、C191、C193 及 C194 等四個組合之成熟期落葉率與籽粒產量間呈顯著負相關，其餘 C188、C189、C192 等三個組合則相關不顯著，其對籽粒產量的貢獻量為 -0.8~-2.8%。顯示在 C188、C189、C192 等三個組合的後代族群中，有機會選拔到成熟期落葉性佳，且產量具有一定水準的遺傳因子型。

關鍵語：紅豆、F₂ 族群、遺傳率、主成分、路徑分析。

前 言

紅豆(Adzuki bean)原產於中國喜馬拉雅山一帶，主要栽培區域局限於中國大陸、印度、朝鮮半島、日本及台灣等東亞地區，歐美地區栽培甚少^(5,9,10)。國內紅豆栽培面積約 4,500~5,000 公頃，年產量為 9,000~11,000 公噸，為南部地區重要的秋裡作作物，以供應國內市場需要為主，僅有少部分製成豆餡外銷。

目前紅豆栽培大多以豆類聯合收穫機採收，但植株成熟期之落葉性不佳，採用機械收穫時，莖葉夾雜物重量百分率高達 7.6%，有時會因莖葉夾雜物過多而需停機清理，造成機械收穫處理之困擾，且莖葉汁液會影響籽粒品

¹ 行政院農業委員會高雄區農業改良場助理研究員

² 國立中興大學農藝學系教授

質，增加籽粒調製的成本^(5,7,8)。

一般都認為落葉現象與葉片老化有關，葉片之提早落葉，往往造成作物產量低落，但落葉與葉片老化是植物一種自然現象，亦是一種受遺傳控制現象^(1,23,24,26)。在大豆中有報告指出落葉與老化有關，但對老化並不是必要的^(1,18,23,24)，Abu-Shakra *et al.*(1978)指出大豆葉片延遲老化品系完全受到兩個獨立之隱性基因連鎖存在的影響。Pierce *et al.*(1984)指出大豆葉片延遲老化與開花期係受同一對隱性基因及修飾基因所控制。古(1991)指出大豆雜交組合之F₂族群落葉率之遺傳行為由微效基因或多效基因控制，其遺傳率低，選拔時應著重於後期世代方始有效，與葉綠素含量、葉齡、產量呈負相關，延遲落葉基因型者具有較大的籽粒重及較佳的產量。有關紅豆育種介量雖有報告^(12,13,14,15,16,17,21,22,25)，但針對落葉性遺傳的報告則很少^(3,4)，尤其在台灣，成熟期落葉性是紅豆育種上的重要選拔指標^(3,4,5)，因此有必要針對紅豆落葉性之遺傳行為進行探討。本研究主要目的在探討紅豆雜交F₂族群成熟期落葉性及其他農藝性狀之變異，以供育種選拔上的參考。

材料與方法

一、田間試驗

紅豆七個雜交組合之親本特性如表1所示，在1998年秋裡作於高雄區農業改良場(屏東市)試驗田進行雜交得F₁種子。於1999年春作將兩親本及其F₁種子種植於田間收穫F₂種子。於1999年10月18日將此七個雜交組合之兩親本P₁、P₂及其F₂族群種植於田間，行株距30×15公分，每公頃化學肥料(N-P₂O₅-K₂O)施用量為60-60-60公斤，其他栽培管理依一般慣行法。成熟期調查P₁、P₂各20株及其F₂族群400株。調查項目包括：

- 1.落葉率(Leaf abscission percentage, LAP)：(開花期葉片數－收穫時葉片數)/開花期葉片數，以百分比(%)表示。
- 2.葉綠素含量(Leaf chlorophyll content, LC)：依Banziger和Lafitte(1997)之調查方法，收穫時以Minolta葉綠素計SPAD-502測定主莖頂葉之葉綠素含量，測定值為相對值，以單位(SPAD unit)表示。
- 3.葉綠素總量(Total leaf chlorophyll content, TLC)：收穫時測定每株葉片之葉綠素總量，調查方式與葉綠素含量相同，測定值為相對值，以單位(SPAD unit)表示。
- 4.植株總重(Total plant weight, TPW)：收穫時單株總重量，以公克(g)表示。
- 5.分枝數(Branch numbers, BN)：自基部分枝數目，以枝表示。
- 6.主莖節數(Node number on main stem, NN)：自基部至主莖頂葉之節數，

以節表示。

7. 植株高度(Plant height, PH)：自基部至主莖頂葉之高度，以公分(cm)表示。
8. 最低莢位(Lowest pod site, LPS)：自基部至主莖最低著莢位置的高度，以公分(cm)表示。
9. 單株莢數(Pod numbers per plant, PN)：收穫時每株成熟的莢果數，以莢表示。
10. 單株莢重(Pod weight per plant, PW)：收穫時每株成熟的乾莢果重量，以公克(g)表示。
11. 單株粒數(Seed numbers per plant, SN)：收穫時每株成熟的籽粒數，以粒表示。
12. 單株粒重(Seed weight per plant, SW)：收穫時每株成熟的乾籽粒重，以公克(g)表示。
13. 百粒重(100-seed weight, HSW)：自調查 10 株中逢機取樣成熟飽滿的乾籽實 100 粒稱之重量，以公克(g)表示。
14. 剝實率(Shelling percentage, SP)：單株粒重／單株莢重，以百分比(%)表示。

二、統計分析

將七個組合 F_2 族群調查所得數據，進行各農藝性狀之廣義遺傳率估算，其環境變方則用兩親(P_1 及 P_2)的變方來估算。並採用 Castle-Wright 法⁽⁶⁾估算控制成熟期落葉率之有效基因對數，以 SAS(Statistical Analysis System)之 CORR Procedure 估算七個組合 F_2 族群各農藝性狀間之表現型相關係數及顯著性測驗。主成分分析以七個雜交組合 F_2 族群之 6 個農藝性狀之相關係數矩陣，利用 SAS 之 PRINCOMP Procedure 進行分析。產量之路徑係數分析則利用 SAS 之 REG Procedure 進行，以判別各性狀對籽粒產量直接與間接的影響，並估算其貢獻量。

結 果

一、不同雜交組合 F_2 族群之遺傳率及成熟期落葉性之有效基因數

七個雜交組合 F_2 族群之 14 個性狀的廣義遺傳率由表 2 可知，七個雜交組合之成熟期落葉率(LAP)及葉綠素含量(LC)、分枝數(BN)、主莖節數(NN)、植株高度(PH)等 5 個性狀之遺傳率均低於 0.6。葉綠素總量(TLC)在 C188 及 C194 兩組合之遺傳率高於 0.6，其餘五個組合之遺傳率均低於 0.6。植株總重(TPW)在 C194 及 C190 兩個組合之遺傳率高於 0.6，其餘五個組合之遺傳

表 1. 紅豆七個雜交組合之親本特性

Table 1. Parent characters of 7 cross combinations in adzuki bean

| NO of Combinations | Parent combinations | Leaf abscission percentage | 100-seed weight |
|--------------------|---------------------|----------------------------|-----------------|
| C188 | ♀ EX.geneva Ny-a | > 90% | > 17g |
| | ♂ Kaohsiung 7 | 70% ≤ LAP ≤ 90% | > 17g |
| C189 | ♀ KA79-03-197 | < 70% | > 17g |
| | ♂ Shialin 2 | < 70% | > 17g |
| C190 | ♀ KA81-01-82 | < 70% | > 17g |
| | ♂ Kaohsiung 7 | 70% ≤ LAP ≤ 90% | > 17g |
| C191 | ♀ KA80-05-13 | > 90% | 14g ≤ HSW ≤ 17g |
| | ♂ KA79-04-122 | 70% ≤ LAP ≤ 90% | > 17g |
| C192 | ♀ Round Leaf 64 | > 90% | 14g ≤ HSW ≤ 17g |
| | ♂ Kaohsiung 7 | 75% ≤ LAP ≤ 90% | > 17g |
| C193 | ♀ KA81-01-82 | < 70% | > 17g |
| | ♂ KA80-05-13 | > 90% | 14g ≤ HSW ≤ 17g |
| C194 | ♀ Akatsukidainagon | > 90% | 14g ≤ HSW ≤ 17g |
| | ♂ Kaohsiung 7 | 70% ≤ LAP ≤ 90% | > 17g |

率均低於 0.6。最低莢位(LPS)在 C194 及 C193 兩組合之遺傳率高於 0.6，其餘五個組合之遺傳率均低於 0.6。單株莢數(PN)僅在 C193 組合之遺傳率高於 0.6，其餘六個組合之遺傳率均低於 0.6。單株莢重(PW)在 C193、C190 及 C194 等三個組合之遺傳率高於 0.6，其餘四個組合之遺傳率均低於 0.6。單株粒數(SN)C193、C190 及 C189 等三個組合之遺傳率高於 0.6，其餘四個組合之遺傳率均低於 0.6。單株粒重(SW)在 C193 及 C190 兩個組合之遺傳率高於 0.6，其餘五個組合之遺傳率均低於 0.6。單粒重(SSW)僅在 C188 組合之遺傳率高於 0.6，其餘六個組合之遺傳率均低於 0.6。剝實率(SP)在 C194、192、C191 及 C188 等四個組合之遺傳率高於 0.6，其餘三個組合之遺傳率均低於 0.6。又估算控制成熟期落葉性之有效基因對數在 C191 及 C193 兩組合至少有 4 對，而 C189 與 C190 兩組合至少有 3 對，其餘 C188、C192 及 C194 等三個組合至少有 2 對。顯示七個組合之遺傳特性有很大的差異，而成熟期落葉性之遺傳率為 0.211~0.576，易受環境的影響，其有效基因數估計至少有 2~4 對等位基因控制。

表 2. 紅豆七個雜交組合 F₂ 族群農藝性狀之遺傳率及成熟期落葉性基因數
 Table 2. Heritabilities of agronomic characters and gene number of leaf abscission at maturity in F₂ population of 7 cross combinations

| Agronomic characters | NO. of Cross combinations ⁺ | | | | | | |
|----------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | C188 | C189 | C190 | C191 | C192 | C193 | C194 |
| LAP | 0.55 | 0.211 | 0.36 | 0.329 | 0.507 | 0.426 | 0.544 |
| LC | 0.215 | 0.421 | 0.061 | 0.024 | 0.032 | 0.345 | 0.039 |
| TLC | 0.697 | 0.196 | 0.46 | 0.328 | 0.537 | 0.491 | 0.670 |
| TPW | 0.438 | 0.345 | 0.627 | 0.289 | 0.541 | 0.478 | 0.763 |
| BN | 0.252 | 0.164 | 0.363 | 0.320 | 0.127 | 0.363 | 0.456 |
| NN | 0.529 | 0.370 | 0.413 | 0.306 | 0.224 | 0.471 | 0.372 |
| PH | 0.242 | 0.339 | 0.547 | 0.55 | 0.56 | 0.48 | 0.53 |
| LPS | 0.391 | 0.253 | 0.299 | 0.333 | 0.222 | 0.625 | 0.705 |
| PN | 0.396 | 0.429 | 0.535 | 0.393 | 0.433 | 0.661 | 0.511 |
| PW | 0.356 | 0.553 | 0.634 | 0.446 | 0.365 | 0.736 | 0.618 |
| SN | 0.319 | 0.604 | 0.613 | 0.42 | 0.45 | 0.669 | 0.484 |
| SW | 0.284 | 0.549 | 0.634 | 0.462 | 0.347 | 0.729 | 0.599 |
| SSW | 0.862 | 0.432 | 0.205 | 0.484 | 0.083 | 0.29 | 0.539 |
| SP | 0.699 | 0.37 | 0.342 | 0.762 | 0.733 | 0.586 | 0.805 |
| Gene NO. of LAP | 1.39 | 2.63 | 2.32 | 3.34 | 1.49 | 3.31 | 1.17 |

⁺ : 7 cross combinations same as Table 1.

LAP : Leaf abscission percentage

LC : leaf chlorophyll content

TLC : Total leaf chlorophyll content

TPW : Total plant weight

BN : Branch number

NN : Node number of main stem

PH : Plant height

LPS : Lowest pod site

PN : Pod number per plant

PW : Pod weight per plant

SN : Seed number per plant

SW : Seed weight per plant

SSW : Single seed weight

SP : Shelling percentage

二、不同雜交組合 F₂ 族群之主成分分析

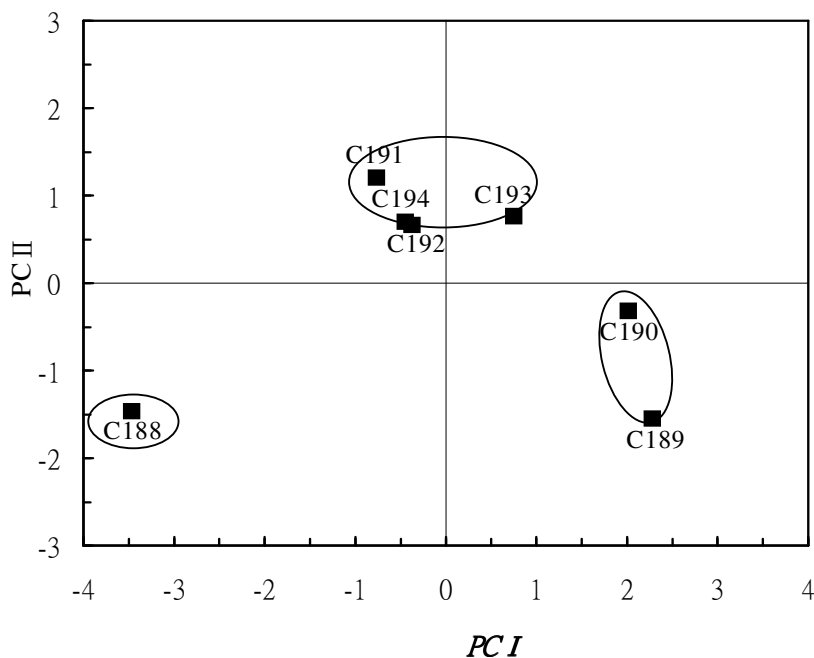
以七個雜交組合 F₂ 族群之 6 個性狀相關係數矩陣，進行主成分分析，探

討性狀間綜合關係及不同雜種族群間之育種行為，其結果如表 3 及圖 1 所示。由表 3 可知，第一及第二主成分之累積變異量為 84.27%，已可說明全部的變異性。第一主成分的特徵值為 3.7878，佔總變異的 63.13%，各性狀的成分係數除了成熟期落葉率為負值外，其餘 5 個性狀均為正值，其中以植株總重、單株莢數、單株粒重及剝實率等 4 個性狀的正值較大。第二主成分的特徵值為 1.2682，佔總變異的 21.14%，各性狀的成分係數除了剝實率為負值外，其餘 5 個性狀均為正值，其中以成熟期落葉率及植株高度兩性狀的正值較大。由第一與第二主成分值所構成的雙軸圖分布如圖 1 所示。七個雜交組合可分為三群，C191、C192、C194 與 C193 等四個組合關係較密切可歸為第一群，C189 與 C190 兩組合關係較密切歸為第二群，而 C188 組合偏離而獨立為第三群。

表 3. 紅豆七個雜交組合 F_2 族群 6 個性狀之主成分分析

Table 3. Principal component analysis for 6 characters in F_2 population of 7 cross combinations

| Principal component | I | II |
|-------------------------------------|--------|---------|
| Eigenvalue | 3.7878 | 1.2682 |
| Difference | 2.5196 | 0.5853 |
| Proportion | 0.6313 | 0.2114 |
| Cumulative | 0.6313 | 0.8427 |
| Component coefficient of characters | | |
| Leaf abscission percentage | -0.416 | 0.4918 |
| Plant height | 0.1288 | 0.8140 |
| Total plant weight | 0.4906 | 0.0255 |
| Pod number per plant | 0.4289 | 0.1953 |
| Seed weight per plant | 0.4988 | 0.1462 |
| Shelling percentage | 0.3700 | -0.1879 |



C188~C194 cross combinations same as Table 1.

圖 1. 紅豆七個雜交組合 F_2 族群之第一與第二主成分分析

Fig 1. F_2 population of 7 cross combinations scattered in the plane by the first and second components.

三、不同雜交組合 F_2 族群之產量構成因素路徑分析

七個組合 F_2 族群之表現型路徑分析由表 4~10 可知，在 C188 組合以成熟期落葉率、植株總重、單株莢數、單粒重、剝實率等 5 個性狀對籽粒產量的貢獻量較大 ($R^2=0.813$)；在 C189 與 C190 兩個組合以成熟期落葉率、植株高度、植株總重、單株莢數、剝實率等 5 個性狀對籽粒產量的貢獻量較大 ($R^2=0.892\sim0.915$)；在 C191、C192、C193 及 C194 等四個組合均以成熟期落葉率、植株總重、單株莢數、剝實率等 4 個性狀對籽粒產量的貢獻量較大 ($R^2=0.817\sim0.878$)。

成熟期落葉率對籽粒產量直接效果在七個組合均為正的影響，其路徑係數為 0.092~0.391，主要經由植株總重之間接負的影響，其中在 C190、C191、C193 及 C194 等四個組合之成熟期落葉率與籽粒產量間呈顯著負相關，其餘三個組合則相關不顯著，其對籽粒產量的貢獻量為 -0.8~-2.8%。植株總重對籽粒產量直接效果在七個組合均為正的影響，其路徑係數為

0.272~0.599，一方面經由成熟期落葉率之間接負的影響，另一方面經由單株莢數之間接正的影響，而使植株總重與籽粒產量間呈顯著正相關，其對籽粒產量的貢獻量為 13.3~26.5%。單株莢數對籽粒產量直接效果在七個組合均為正的影響，其路徑係數為 0.643~0.762，主要經由植株總重之間接正的影響，而使單株莢數與籽粒產量間呈顯著正相關，其對籽粒產量的貢獻量為 52.6~68.3%。剝實率對籽粒產量直接效果在七個組合均為正的影響，其路徑係數為 0.121~0.253，主要經由植株總重之間接負的影響，其中僅在 C188 組合之剝實率與籽粒產量間相關不顯著，其餘六個組合均呈顯著正相關，其對籽粒產量的貢獻量為 1.3~4.9%。

七個組合中僅在 C189 與 C190 兩組合之植株高度對籽粒產量直接效果為正的影響，其路徑係數分別為 0.153 及 0.116，主要經由單株莢數、植株總重之間接正的影響，而使植株高度與籽粒產量間呈顯著正相關，其對籽粒產量的貢獻量分別為 9.7%及 7.4%。七個雜交組合中僅在 C188 組合單粒重對籽粒產量直接效果為正的影響，其路徑係數為 0.175，一方面經由成熟期落葉率、單株莢數之間接負的影響，另一方面經由植株總重之間接正的影響，而使單粒重與籽粒產量間呈顯著正相關，其對籽粒產量的貢獻量為 2.1%。

表 4. 紅豆 Ex.Geneva. Ny-a×高雄 7 號(C188)雜交組合 F₂ 族群之籽粒產量表現型路徑分析

Table 4. Path coefficient analysis for seed yield at phenotypic levels in F₂ population of Ex.Geneva. Ny-a×Kaohsiung 7(C188)

| Pathways of association | Leaf abscission percentage | Total plant weight | Pod number per plant | Single seed weight | Shelling percentage |
|-------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|---------------------|
| Contribution | -0.012 | 0.265 | 0.526 | 0.021 | 0.013 |
| Correlation (r) | -0.031 | 0.442*** | 0.817*** | 0.122* | 0.079 |
| Direct effect | 0.391*** | 0.599*** | 0.643*** | 0.175*** | 0.168*** |
| Indirect effect | | | | | |
| LAP | | -0.318 | 0.044 | -0.075 | 0.065 |
| TPW | -0.488 | | 0.157 | 0.085 | -0.114 |
| PN | 0.073 | 0.168 | | -0.063 | -0.039 |
| SSW | -0.034 | 0.025 | -0.017 | | 0 |
| SP | 0.028 | -0.032 | -0.010 | 0 | |

*,*** : Significant at the 0.05, and 0.001 probability levels, respectively (n=400), Residual effect =0.432, Coefficient of determination R²=0.813

表 5. 紅豆 KA79-03-197×小林 2 號(C189)雜交組合 F₂ 族群之籽粒產量表現型路徑分析

Table 5. Path coefficient analysis for seed yield at phenotypic levels in F₂ population of KA79-03-197 × Shialin 2(C189)

| Pathways of association | Leaf abscission percentage | Plant height | Total plant weight | Pod number per plant | Shelling percentage |
|-------------------------|----------------------------|--------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Contribution | -0.008 | 0.097 | 0.133 | 0.637 | 0.033 |
| Correlation (r) | -0.082 | 0.637*** | 0.488*** | 0.887*** | 0.129* |
| Direct effect | 0.094*** | 0.153*** | 0.272*** | 0.718*** | 0.253*** |
| Indirect effect | | | | | |
| LAP | | -0.003 | -0.072 | -0.001 | 0.016 |
| PH | -0.004 | | 0.060 | 0.085 | -0.012 |
| TPW | -0.208 | 0.106 | | 0.108 | -0.062 |
| PN | -0.007 | 0.401 | 0.287 | | -0.067 |
| SP | 0.044 | -0.019 | -0.058 | -0.024 | |

*, ** : Significant at the 0.05, and 0.001 probability levels, respectively (n=400), Residual effect =0.329, Coefficient of determination R²=0.892

表 6. 紅豆 KA81-01-82×高雄 7 號(C190)雜交組合 F₂ 族群之籽粒產量表現型路徑分析

Table 6. Path coefficient analysis for seed yield at phenotypic levels in F₂ population of KA81-01-82 × Kaohsiung 7(C190)

| Pathways of association | Leaf abscission percentage | Plant height | Total plant weight | Pod number per plant | Shelling percentage |
|-------------------------|----------------------------|--------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Contribution | -0.023 | 0.074 | 0.183 | 0.661 | 0.019 |
| Correlation (r) | -0.246*** | 0.641*** | 0.640*** | 0.922*** | 0.158** |
| Direct effect | 0.092*** | 0.116*** | 0.286*** | 0.717*** | 0.121*** |
| Indirect effect | | | | | |
| LAP | | -0.023 | -0.069 | -0.014 | 0.013 |
| PH | -0.029 | | 0.069 | 0.061 | 0 |
| TPW | -0.216 | 0.171 | | 0.148 | -0.04 |
| PN | -0.111 | 0.378 | 0.371 | | 0.063 |
| SP | 0.018 | 0 | -0.017 | 0.011 | |

, * : Significant at the 0.01, and 0.001 probability levels, respectively (n=400), Residual effect =0.292, Coefficient of determination R²=0.915

表 7. 紅豆 KA80-0513×KA79-04-122(C191)雜交組合 F₂ 族群之籽粒產量表
現型路徑分析

Table 7. Path coefficient analysis for seed yield at phenotypic levels in F₂
population of KA80-0513 ×KA79-04-122(C191)

| Pathways of association | Leaf abscission percentage | Total plant weight | Pod number per plant | Shelling percentage |
|-------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Contribution | -0.028 | 0.192 | 0.652 | 0.049 |
| Correlation (r) | -0.228*** | 0.509*** | 0.872*** | 0.216*** |
| Direct effect | 0.121*** | 0.378*** | 0.748*** | 0.225*** |
| Indirect effect | | | | |
| LAP | | -0.089 | -0.016 | 0.013 |
| TPW | -0.278 | | 0.129 | -0.059 |
| PN | -0.096 | 0.255 | | 0.036 |
| SP | 0.025 | -0.035 | 0.011 | |

*** : Significant at the 0.001 probability levels, respectively (n=400),
Residual effect =0.367, Coefficient of determination R²=0.865

表 8. 紅豆圓葉 64 號×高雄 7 號(C192)雜交組合 F₂ 族群之籽粒產量表現型路
徑分析

Table 8. Path coefficient analysis for seed yield at phenotypic levels in F₂
population of Round Leaf 64×Kaohsiung 7(C192)

| Pathways of association | Leaf abscission percentage | Total plant weight | Pod number per plant | Shelling percentage |
|-------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Contribution | -0.013 | 0.159 | 0.683 | 0.024 |
| Correlation (r) | -0.058 | 0.440*** | 0.896*** | 0.173** |
| Direct effect | 0.226*** | 0.360*** | 0.762*** | 0.140*** |
| Indirect effect | | | | |
| LAP | | -0.174 | -0.008 | 0.035 |
| TPW | -0.277 | | 0.131 | -0.062 |
| PN | -0.029 | 0.278 | | 0.06 |
| SP | 0.021 | -0.024 | 0.011 | |

** , *** : Significant at the 0.01, and 0.001 probability levels, respectively
(n=400), Residual effect =0.384, Coefficient of determination R²=0.852

表 9. 紅豆 KA81-01-82×KA80-05-13(C193)雜交組合 F₂ 族群之籽粒產量表
現型路徑分析

Table 9. Path coefficient analysis for seed yield at phenotypic levels in F₂
population of KA81-01-82 ×KA80-05-13(C193)

| Pathways of association | Leaf abscission percentage | Total plant weight | Pod number per plant | Shelling percentage |
|-------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Contribution | -0.026 | 0.248 | 0.629 | 0.027 |
| Correlation (r) | -0.176** | 0.591*** | 0.893*** | 0.149** |
| Direct effect | 0.148*** | 0.419*** | 0.705*** | 0.182*** |
| Indirect effect | | | | |
| LAP | | -0.11 | -0.011 | 0.031 |
| TPW | -0.311 | | 0.192 | -0.093 |
| PN | -0.052 | 0.323 | | 0.029 |
| SP | 0.038 | -0.041 | 0.007 | |

** , *** : Significant at the 0.01, and 0.001 probability levels, respectively (n=400), Residual effect =0.349, Coefficient of determination R²=0.878

表 10. 紅豆曉大納言×高雄7號(C194)雜交組合 F₂ 族群之籽粒產量表現型路徑分析

Table 10. Path coefficient analysis for seed yield at phenotypic levels in F₂
population of Akatsukidainagon×Kaohsiung 7(C194)

| Pathways of association | Leaf abscission percentage | Total plant weight | Pod number per plant | Shelling percentage |
|-------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Contribution | -0.021 | 0.232 | 0.575 | 0.031 |
| Correlation (r) | -0.146* | 0.531*** | 0.843*** | 0.143* |
| Direct effect | 0.142*** | 0.436*** | 0.682*** | 0.216*** |
| Indirect effect | | | | |
| LAP | | -0.097 | -0.004 | 0.020 |
| TPW | -0.300 | | 0.159 | -0.113 |
| PN | -0.019 | 0.249 | | 0.020 |
| SP | 0.031 | -0.056 | 0.006 | |

* , *** : Significant at the 0.05, and 0.001 probability levels, respectively (n=400), Residual effect =0.428, Coefficient of determination R²=0.817

討 論

落葉是植物一種自然現象，不僅受到環境因子之影響，亦受遺傳因子控制^(1,26)。一般都認為落葉現象與葉片老化有關，葉片之提早落葉，往往造成作物產量低落，而紅豆亦有相同趨勢，成熟期落葉性佳的基因型產量低^(3,4)。本試驗以紅豆落葉性不同程度的兩親相互雜交，七個雜交組合 F₂ 族群之成熟期落葉性之遺傳率為 0.211~0.550，有效基因對數至少有 2~4 對所控制，顯示此性狀易受環境影響，其遺傳行為可能受多基因系統所控制，進行該性狀選拔時不宜在早期世代直接選拔，應著重於後期世代方始有效。

主成分分析法對於探討作物性狀間的綜合關係及品種之特性，是一種有效及方便的方法。本試驗利用主成分分析法探討紅豆性狀間的綜合關係及不同雜種族群之育種行為。第一及第二主成分之累積變異量為 84.27%，已可說明全部的變異性。由第一與第二主成分值所構成的雙軸圖的分布可知，七個雜交組合可分為三群，C191、C192、C194 與 C193 等四個組合關係較密切可歸為第一群，C189 與 C190 兩組合關係較密切歸為第二群，而 C188 組合偏離而獨立為第三群，其原因可能是該組合之母本 EX. Geneva Ny-a 及父本高雄 7 號之遺傳差異較大。母本 EX. Geneva Ny-a 是來自瑞士日內瓦品種，而父本高雄 7 號為台灣國內育成品種，其他六個組合之親本均來自日本或台灣。

育種的目的，是期望從雜交後裔中選拔優良的個體。在育種的過程中，不僅必須瞭解選拔性狀之遺傳率，還必須瞭解性狀間的相關，相關係數可用來表示兩性狀間的關係是否密切，但為判別各性狀對產量之貢獻量，須進一步利用相關係數矩陣進行路徑分析，估算各性狀對產量直接與間接的影響及貢獻量，以說明諸性狀與產量間的相關是如何形成^(2,3,20)。野村與佐藤(1968)指出在紅豆雜種 F₆ 及 F₇ 後代以植株高度、分枝著莢數及植株總重等 3 個性狀對產量正的貢獻量較大，而最長分枝長及分枝數則對產量為負的貢獻。本試驗結果在 F₂ 族群中，七個組合均以植株總重及單株莢數對籽粒產量正的貢獻量最大，而成熟期落葉率對籽粒產量直接效果在七個組合均為正的影響，其路徑係數為 0.092~0.391，但受到植株總重之間接負的影響，造成 C190、C191、C193 及 C194 等四個組合之成熟期落葉率與籽粒產量間呈顯著負相關，其對籽粒產量的貢獻量為 -2.3~-2.8%，此結果與紅豆 332 個種原之試驗結果有相同的趨勢⁽³⁾，其餘 C188、C189、C192 等三個組合之成熟期落葉率與籽粒產量間則相關不顯著，其對籽粒產量的貢獻量為 -0.8~-1.3%。顯示在 C188、C189、C192 等三個組合的後代族群中，有機會選拔到成熟期落葉性

佳，且產量具有一定水準的遺傳因子型，而其餘四個組合之成熟期落葉性佳的遺傳因子型產量低。

參考文獻

1. 古明萱. 1991. 大豆不同落葉基因型特性差異之生理與遺傳研究. 博士論文. 國立中興大學農藝研究所。
2. 沈明來. 1984. 應用路徑分析法選拔作物優良品系之探討. 科學農業 32: 132-141。
3. 周國隆、吳詩都、曾富生. 2003. 紅豆種原成熟期落葉性及其相關農藝性狀之研究. 中華農學會報 4(2):176-188。
4. 周國隆、吳詩都. 2004. 紅豆不同落葉型品種間各生育期落葉性及之研究. 高雄區農業改良場研究彙報 14(3):24-38。
5. 徐錦泉、陳庚鳳. 1994. 紅豆. 雜糧作物各論 II. 油料類及豆類 P.1153-1226. 台灣區雜糧發展基金會成立廿週年紀念專輯之一。
6. 馬育華. 1982. 植物育種的數量遺傳學基礎. 江蘇科學技術出版社. 中國。
7. 黃明得. 1990. 栽培季節、品種及落葉劑對紅豆硬粒發生之影響. 中華農學會報新 151:61-67。
8. 黃明得、賴榮茂. 1989. 紅豆硬粒種子之研究 II. 落葉劑對硬粒種子產生之影響. 高雄區農業改良場研究彙報 2:14-20。
9. 大井次三郎、大橋廣好. 1969. アジアのアズキ類. 植物研究雜誌 44:29-31。
10. 千葉一美. 1980. アズキの品種分化と育種. 育種學最近の進歩 21:59-64。
11. 千葉一美. 1991. 作物育種と食品加工—小豆. 農業および園藝 66:65-69。
12. 高橋良直、福山甚六助. 1917. 小豆主なる特性調査の遺傳現象. 北海道農事試驗場報告 7:41-90。
13. 野村信史、佐藤久泰. 1966. 小豆の育種年限縮短に關する試驗 I. 暖地における育成系統の形質發現と次代の諸形質におよぼす影響. 北海道談話會會報 7:12-13。
14. 野村信史. 1967. 小豆の遺傳子型相關と表現型相關. 道農試集 16:114-120。
15. 野村信史、佐藤久泰. 1968. 小豆系統の可視的選拔に影響を及ぼす要因の徑路係數分析. 道農試集 18:24-32。
16. 野村信史、佐藤久泰. 1970. 小豆の機械化栽培に對する育種學的研究.

育雜 20 別冊 1:175-176。

17. 野村信史、佐藤久泰. 1972. 小豆の育種年限縮短に関する試験Ⅱ. 暖地における系統選抜の効果. 北海道における小豆、菜豆、えん豆に関する試験成績集 pp.46-47。
18. Abu-Shakra, S. S., D. A. Phillips, and R. C. Huffaker. 1978. Nitrogen fixation and delayed leaf senescence in soybean. *Science* 199:973-975.
19. Banziger M. and H. R. Lafitte. 1997. Efficiency of secondary traits for improving maize for low-nitrogen target environment. *Crop Sci.* 37:1110-1117.
20. Board, J. E., M. S. Kang, and B. G. Harville. 1997. Path analyses identify indirect selection criteria for yield of late-planted soybean. *Crop Sci.* 37:879-884.
21. Chaudhary, H. K., T. Dawa, and V. P. Gupta. 1993. Genetic architecture of yield traits in adzuki bean (*Vigna angularis (wild) Ohwi & Oashi*). *Indian J. Genet.* 53:247-251.
22. Dobhal, V. K., and J. C. Rana. 1997. Genetic variability and association analysis in adzuki bean (*Vigna angularis*). *Indian J. Agri. Sci.* 67:171-172.
23. Phillips, D. A., R. O. Pierce, S. A. Edie, K. W. Foster and P. F. Knowles. 1984. Delayed leaf senescence in soybean. *Crop Sci.* 24:518-522.
24. Pierce, R. O., P. F. Knowles, and D. A. Phillips. 1984. Inheritance of delayed leaf senescence in soybean. *Crop Sci.* 24:515-517.
25. Sharma, V. K., J. D. Sharma, and V. P. Gupta. 1995. Genotypic variability and genotype \times environment interactions for seed-yield characters in adzuki bean (*Vigna angularis*). *Indian J. Agri. Sci.* 65:490-493.
26. Thomas, H. and J. L. Stoddart. 1980. Leaf senescence. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31:83-111.

Studies on Leaf Abscission at Maturity and Agronomic Characters in F₂ Population of Adzuki Bean

Kuo-Lung Chou¹, Fu-Sheng Thseng and Shu-Tu Wu²

Abstract

The main purposes of this study was to investigate the variation of leaf abscission at maturing stage and the other agronomic characters in F₂ population of 7 cross combinations for adzuki bean in order to develop selection. The results were summarized as follows: According to the principal component analysis by 7 agronomic characters, it showed that the 7 cross combinations were classified as 3 groups by high relationship in the same group. The group 1 including C191, C192, C193, and C194 combinations, and the group 2 consisted of C189 and C190 combinations, but the group 3 only contained C188 combination. In 7 cross combinations, the heritability of the leaf abscission percentage (LAP) at maturing stage were from 0.211 to 0.550, and the trait was controlled by at least 2 to 4 alleles. The results showed that LAP at maturing stage was affected easily by environmental conditions, and was controlled by polygenic inheritance. Thus we ought to pay attention to selecting the later generation than earlier generation. The path analysis showed that the maximum positive contributions for seed yield were total plant weights and pod numbers per plant. The direct effect of LAP at maturing stage showed positive effect to seed yield of all 7 combinations. However, the final relationship between LAP and seed yield of C190, C191, C193, and C194 combinations were negative, and C188, C189, and C192 combinations had no significant correlation by the indirect negative effect of total plant weight. In conclusion, It's possible to select the genotype not only possesses good leaf abscission at maturing stage but also with higher seed yield from C188, C189, and C192 combinations of segregation populations.

Key words: Adzuki bean, F₂ population, Heritability, Principal component, Path analysis

¹ Assistant Researcher of Kaohsiung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan.

² Professor, Department of Agronomy, National Chung-Hsing University, Taiwan.