

不同溫度對不同紅豆基因型光合作用與螢光特性之影響

林慶文¹ 柯金存² 李瑞興^{3*}

1 前嘉義大學農學研究所研究生

2 嘉義大學農藝學系講師

3 稻江科技暨管理學院教授

*通信作者: E-mail: 2007hr02@mail.toko.edu.tw

摘要

由高雄區農業改良場種原庫中逢機選出中國、日本及台灣三個生態群紅豆各五個品種(系)為供試材料，以盆栽種於嘉義大學試驗場，於 R2 生殖生長期間，將盆栽移置於植物生長箱，分高溫處理(日/夜溫 35/30°C)與低溫處理(日/夜溫 20/15°C)，試驗設計採用逢機完全設計(RCBD)，三重複，測定不同溫度處理之葉片光合作用及葉片葉綠素螢光反應。試驗結果顯示不同的紅豆基因型與不同的溫度環境都會顯著影響淨光合作用速率，葉片氣孔導度、葉片細胞間隙二氣化碳濃度及葉片蒸發速率等光合作用特性，而這些光合作用特性於三個生態栽培區之基因型在 35/30°C 及 20/15°C 的環境中，除葉片細胞間隙二氣化碳濃度於 35/30°C 環境中無顯著差異出現外。其餘淨光合作用速率，葉片氣孔導度、葉片細胞間隙二氣化碳濃度及葉片蒸發速率等光合作用特性均有顯著的差異出現。

關於葉綠素螢光特性的變化，Fv 與 Fv/Fm 明顯受到不同基因型與不同溫度的影響，然而，F₀ 與 Fm 並未受到不同基因型與不同溫度影響。不同基因型與不同溫度處理 24 小時至 48 小時，發現不同的基因型於恢復期的反應有極大差異。

藉由分析不同紅豆基因型於不同溫度下其光合作用與葉綠素螢光參數，本研究認為光合作用與葉綠素螢光參數可作為鑑定及評估紅豆於不同溫度環境下其忍受性的指標。

關鍵字：紅豆(*Vigna angularis*)；光合作用；葉綠素螢光反應；溫度



The change of photosynthesis and chlorophyll fluorescence characters as affected by different genotypes and different temperatures

Ching-Wen Lin¹, Jin-Tswen Ke², Ruey-Shing Lee^{3*}

1. Former master student ,Graduate Institute of Agriculture, National Chia-yi University, Taiwan.

2. Lecturer of Department of Agronomy, National Chia-yi University, Chia-yi Taiwan.

3. Professor of Department of Leisure and Recreation Management, Toko University.

*Corresponding author : E-mail:2007lr02@mail.toko.edu.tw

Abstract

Adzuki bean has been a significant legume crop in China, Japan and Taiwan for a long time. Growth chambers were conducted with adzuki bean R2 growth stage leaf of third node from 15 genotypes exposed to 35/30°C and 20/15°C conditions. Random sampling was carried out to select adzuki bean genotypes from the germplasm of Kaohsiung District Agricultural Research and Extension Station.

In order to understand photosynthesis and chlorophyll fluorescence characters in high and low temperatures, 15 adzuki bean genotypes were exposed in 35/30°C and 20/15°C conditions and the change of photosynthesis and chlorophyll fluorescence of R2 growth stage were observed afterward. The experiment result shows that photosynthesis characters include photosynthetic rate, stromatal , intercellular CO₂ concentration, transpiration rate are obviously affected by different genotypes and different temperatures. There were significantly differences in photosynthetic rate, stromatal conductance, intercellular CO₂ concentration, and transpiration rate among three ecological cultivation areas under 35/30°C and 20/15°C except intercellular CO₂ concentration under 35/30°C .Regarding the change of chlorophyll fluorescence characters, F_v and F_v/F_m were obviously affected by different genotypes and different temperatures. However, different genotypes and different temperatures did not affect F₀ and F_m significantly. The measurements made during recovery showed a large variations among genotypes in response to recover from 24 hrs to 48 hrs.

By analyzing the photosynthesis and chlorophyll fluorescence parameters of adzuki bean genotypes in different temperatures, it can be concluded that the photosynthesis and chlorophyll fluorescence parameters may be used as the indicators to identify and evaluate the tolerance of adzuki bean in different temperature environment.

Keyword: adzuki bean (*Vigna angularis*); photosynthesis; chlorophyll fluorescence; temperature



前言

相同作物不同品種(系)於生產過程中，產量除易受到如葉片光合作用等品種間遺傳特性影響外，尚容易受日照、溫度、水分等環境因素的影響(Huange et al.,1975；Raper and Thomas,1978；Bethenfalvay et al.,1979；Egli and Wardlaw,1980；Harrison et al.,1981；Well et al.,1982；Zelitch ,1982；翁等，1984；Chandra et al.,1985；Ashley and Boerma,1989；連，1993；陳和朱，1995)。溫度逆境尤其是低溫是世界糧食作物主要環境限制因素(Gray et al.,1997)，在低溫環境生理特性會受到改變，在光合作用方面，對光吸收可分為三部份，一為光化學電子傳遞，另一為非光化學產生熱及螢光(Gray et al., 2003)，這些過程具競爭性，其葉綠素螢光之改變與光合作用相關(Krause and Weis,1991)。非生物性之逆境直接或間接改變葉片光合作用及螢光特性，故在低溫環境下代謝受抑制(Baker and Rosenqvist,2004)。

光合作用為豆科作物物質生產之基礎(Huange et al.,1975；Bethenfalvay et al.,1979；Zelitch ,1982；Chandra et al.,1985)。豆科作物進入子粒充實期後，葉片光合同化產物進入以莢果為主要的積儲器官，隨後葉片轉而老化、生理機能下降，進而開始直接影響子粒充實，此時葉片光合作用能力即成為影響產量的重要因子，葉片光合作用能力的表現則受品種間遺傳因子所影響(Ojima and Kawashima,1970；Hesketh et al.,1981；陳和李，1990)。因遺傳差異造成光合作用能力不同的原因，除了葉片同化產物之累積情形及葉片葉綠素含量不同外(Willson and Cooper,1967；Dronhoff and Shibles,1976；翁和陳，1982；Sasahara,1984)，葉片氣孔導度對環境因子的不同反應(Dronhoff and Shibles,1970、1976；陳和李，1990)及植株在不同環境下所表現出來的螢光反應(Araus and Hogan,1994；Angelopoulos et al.,1996；Scarasciamugnizza et al.,1996；Yang et al.,1996)亦為主要影響因素。不同逆境種類對作物造成不同的傷害，會影響暗反應(固碳作用)和光反應之間的反應。舉例來說，作物對逆境最敏感反應為氣孔關閉，雖不至於使 CO₂ 在氣孔內腔的通透完全封閉，但勢必減少 CO₂ 進入氣孔的通量(flux)。固碳作用速率減緩將使過多能量以熱或螢光釋放，當超過葉片所能負荷即有光抑制現象發生。Fv/Fm 的比值是描述光合作用胞器生理狀況的重要參數，此比值在環境適當下，不同物種或品種是在相當狹窄的範圍內(0.834 ± 0.004)(Bjorkman et al., 1980)，當逆境發生時，將影響 PSII 電子的傳遞，進而降低 Fv/Fm 的比值，因此在生理研究中，會以此值做為描述逆境發生的指標。

育種家在選拔品系過程中，每一雜交組合有龐大分離族群，選拔族群中產量表現若能透過生理特性以簡單、快速及經濟的特性達成，則有助於選拔效率，當然所選定生理特性需能反應產量或乾物重累積的潛力。由於光合作用是作物積存的主要來源，光合作用胞器生理反應和產量有極高相關性，尤其是針對逆境適應性的選拔。因此近年來，葉片螢光在非生物性和生物性逆境偵測光合作用改變係一被廣泛應用、快速、有效率、非破壞性技術。如玉米(Sowinski,2005)、水稻(Bertin,1997)之溫度逆境光合作用之改變亦常被應用。又如硬質或麵



包小麥在乾旱逆境(Ali-Dib et al., 1994; Flagella et al., 1994; Plastore et al., 1989)和高溫(Moffatt et al., 1990)的選拔；Araus 等人(1998)以 144 種小麥基因型在三種不同水分環境之田間進行葉綠素螢光測定，測定時期為小麥開花後三週之劍葉，結果發現 F_0 、 F_m 、 F_0 到 F_m 一半時間($t_{1/2}$)及 F_v/F_m 等數值，四種螢光值和產量都有顯著性依存性，但若以遺傳力的表現，每一基因型之 F_0 、 F_m 及 $t_{1/2}$ 有很高的遺傳力， F_v/F_m 則不顯著；在老化或乾燥環境下，整個測試基因型有一致表現，即 F_v/F_m ， F_m 和 $t_{1/2}$ 下降而 F_0 值上升。依據 Araus 所做(小麥)結果說明，葉片螢光值具有高遺傳力，對不同逆境有一致表現，而對產量也具有極高相關性。因此，葉綠素螢光值應可最做為品種產量表現或環境忍受性之選拔指標。

紅豆(*Vigna angularis*)又名小豆、赤小豆，屬豆科一年生草本植物，為自交作物，原產於中國喜馬拉雅山一帶，尚有野生種或半生種存在。經由廣泛傳播與栽培，其栽培區域分佈於中國大陸、印度、朝鮮半島、日本及台灣等東亞地區。過去許多豆科品種間光合作用能力、螢光反應特性及產量上的變異和遺傳特性上的比較多著重於他種豆科作物，如大豆、綠豆。目前尚無紅豆生態群及品種(系)間的光合作用及螢光反應等生理特性的相關研究。故本研究，針對中國品種(系)、日本品種(系)及台灣品種(系)等 3 個生態群之 15 個紅豆品種(系)，在不同溫度環境下，比較各不同生態群及各品種(系)的光合作用能力及螢光反應。



材料與方法

一、供試材料

由高雄區農業改良場種原庫中逢機選出中國、日本及台灣三個生態群紅豆各五個品種(系)為供試材料(如表 1)。

Table 1. Fifteen varieties(lines) of adzuki bean used in this research.

Code	Source	Varieties(Lines)
C1	China	75I41
C2	China	75I42
C3	China	75I43
C4	China	81I4
C5	China	81I5
J1	Japan	岡山大納言(Okayamadainagon)
J2	Japan	京都大納言(Kyotodainagon)
J3	Japan	美甘大納言(Mikandainagon)
J4	Japan	備中大納言(Binakadainagon)
J5	Japan	班小豆(Hanshojn)
T1	Taiwan	高雄 3 號(Kaohsuing 3)
T2	Taiwan	高雄 5 號(Kaohsuing 5)
T3	Taiwan	高雄 6 號(Kaohsuing 6)
T4	Taiwan	高雄 7 號(Kaohsuing 7)
T5	Taiwan	屏東在來種(Pingtung Local)

二、試驗處理與設計

1.於 2003 年 9 月在嘉義大學實驗農場以盆栽進行。盆鉢尺寸為 32 × 22 cm、內盛裝土壤及 3.43 kg 之栽培介質(有機混合珍珠石：V/V=85 : 15；N.P.K=14 : 16 : 18)。肥培管理以混合有氮(300mg/L)、磷(300mg/L)及鉀(400mg/L)三要素肥料為基肥，於裝填介質時混合其中，之後不再追施肥分。每盆種植一株。於 R2 生殖生長期間，將盆栽移置於植物生長箱，分高溫處理(日/夜溫 35/30°C)與低溫處理(日/夜溫 20/15°C)，試驗設計採用逢機完全設計(RCBD)，三重複，每重複一盆。測定不同溫度處理之葉片光合作用及葉片葉綠素螢光反應。



三、調查及測定項目

(一) 植株葉片光合作用生理反應測定：

於植株 R2 生殖生長期間，將 Li-6400 光合作用系統分析儀(Portable Photosynthesis System, Mondel Li-6400)光照設定在 $1000\text{m mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，分別測定生長於生長箱日/夜溫 $35/30^\circ\text{C}$ 、日/夜溫 $20/15^\circ\text{C}$ 處理下之植株第 3 節位複葉第一片完全展開葉之光合作用，所測得之數值為淨光合作用速率。另以 Li-6400 之換算公式，將葉片氣孔導度、葉片細胞間隙二氧化碳濃度及葉片蒸發速率計算出。

(二) 植株葉片葉綠素螢光反應測定：

於植株 R2 生殖生長期間，以 PAM(fluorometer)螢光儀(PAM-2000 instrument)分別測定於生長箱中日/夜溫 $35/30^\circ\text{C}$ 、日/夜溫 $20/15^\circ\text{C}$ 處理之植株第 3 節位複葉第一片完全展開葉之最小螢光值(F_0)及最大螢光值(F_m)，並求出螢光變化量(F_v)，換算出 F_v/F_m 值。

結果與討論

一、紅豆品種(系)在不同溫度處理之光合作用特性

將供試紅豆至於日/夜溫 $35/30^\circ\text{C}$ 及日/夜溫 $20/15^\circ\text{C}$ 等二種溫度處理下，測定生殖生長期的葉片光合作用特性，結果如表 2 所示，由表 2 顯示 15 個品種(系)間的葉片光合作用率、葉片氣孔導度、葉片細胞間隙 CO_2 濃度和葉片蒸散作用率在二種溫度處理下均有差異。在日/夜溫 $35/30^\circ\text{C}$ 處理下，葉片光合作用率以中國品種 81I4(C4) $21.38\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 最高，臺灣品種高雄 6 號(T3)葉片光合作用率 $14.40\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 最低；葉片氣孔導度值以日本品種(J4)備中大納言 $0.50\text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 最大，葉片細胞間隙 CO_2 濃度以日本品種備中大納言(J4) $286.00\text{ }\mu\text{mol CO}_2/\text{mol air}$ 最高，日本品種岡山大納言(J1) $238.50\text{ }\mu\text{mol CO}_2/\text{mol air}$ 最低；葉片蒸散作用率以日本品種備中大納言(J4) $4.27\text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 最高，日本品種岡山大納言(J1)和臺灣品種高雄 6 號(T3)分別為 $2.44\text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 和 $2.60\text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 最低；而 3 生態群間的葉片細胞間隙 CO_2 濃度除了在高溫處理下差異不顯著外，其餘各項光合作用特性均呈極顯著差異。3 生態群間葉片光合作用率以中國群 $18.96\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 明顯高於另兩群；葉片氣孔導度值以中國群 $0.39\text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 最大，臺灣群 $0.32\text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 最小；葉片蒸散作用率以中國群 $3.75\text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 高於另兩群，而其他性狀在群間則無差異。

在日/夜溫 $20/15^\circ\text{C}$ 處理下之結果可以看出，葉片光合作用率以中國品種 81I4(C4) $24.77\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 高，臺灣品種高雄 7 號(T4) $8.27\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 最低；葉片氣孔導度值以中國品種 81I4(C4)和日本品種岡山大納言(J1)均為 $0.37\text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 最大，臺灣屏東在來種



(T5) $0.03\text{mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 最小；葉片細胞間隙 CO_2 濃度以中國品種 75I41(C1) $243.67\mu\text{molCO}_2/\text{molair}$ 最高，臺灣品種高雄 7 號(T4) $204.67\mu\text{molCO}_2/\text{molair}$

$\mu\text{molCO}_2/\text{molair}$ 最低；葉片蒸散作用以中國品種 81I4(C4) $3.82\text{mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 最高，臺灣屏東在來種(T5) $0.60\text{mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 最低；而 3 生態群間之差異，在葉片光合作用率以中國群和日本群分別為 $19.48\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 和 $17.81\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 明顯較臺灣群高；葉片氣孔導度值以中國群和日本群分別為 $0.29\text{mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 和 $0.25\text{mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 明顯較臺灣群高；葉片細胞間隙 CO_2 濃度以中國群和日本群分別為 $234.06\mu\text{molCO}_2/\text{molair}$ 和 $225.86\mu\text{molCO}_2/\text{molair}$ 明顯高於臺灣群；葉片蒸散作用率以中國群和日本群分別為 $3.34\text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 和 $2.93\text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 明顯高於臺灣群。Huner et al(1993)指出糧食作物低溫忍受高者，有較高之光合作用，由此可知以中國品種 81I4(C4)有較高之低溫忍受性，而臺灣品種高雄 7 號(T4) 低溫忍受性較差。

環境差異對植物造成不同程度的淘汰壓力，而促使植物產生分化形成不同的生態型 (Jones, 1971)。作物長期處於不同環境下，且經自然或人為選汰作用後，品種之遺傳組成漸漸改變(Stuber et al., 1980)。前人研究曾指出大豆不同品種間的光合作用能力呈顯著差異 (Boerma and Ashley, 1988；陳和李, 1990)，而且在逆境的情況下，不同大豆品種所呈現的光合作用特性均不同(廖和陳, 1991)；單一大豆品種在不同溫度處理下所表現出來的光合作用率會隨著溫度的上升而增加(Campbell et al., 1990；Bunce, 1991)。由本試驗亦發現 3 生態群、15 品種(系)紅豆在不同溫度下，品種(系)間的葉片光合作用率、葉片氣孔導度、葉片細胞間隙 CO_2 濃度和葉片蒸散作用率等光合作用特性有顯著差異，而生態群間除了在高溫處理下出現葉片細胞間隙 CO_2 濃度差異不顯著外，其餘各項光合作用特性均呈現顯著差異。而這些光合作用特性差異，亦與大豆因在不同溫度下不同基因型的影響，而使葉片光合作用產生差異的結果相似(翁等, 1985)。



Table 2. Performance of photosynthetic characters of adzuki bean varieties (lines) under different temperature

Genotype	Photosynthetic		Stromatal		IntercellularCO ₂		Transpiratic	
	rate		conductance		concentration		rate	
	(umol m ⁻² s ⁻¹)		(mmol m ⁻² s ⁻¹)		(umol CO ₂ /mol air)		(mmol m ⁻² s ⁻¹)	
	35/30°C	20/15°C	35/30°C	20/15°C	35/30°C	20/15°C	35/30°C	20/15°C
75I41	17.78	13.30	0.35	0.20	262.50	243.67	3.48	2.64
75I42	18.20	18.03	0.38	0.24	262.00	226.33	3.34	3.05
75I43	19.38	20.83	0.38	0.34	262.75	240.67	3.81	3.68
81I4	21.38	24.77	0.47	0.37	266.75	224.00	4.10	3.82
81I5	18.50	20.50	0.37	0.32	262.50	235.67	3.89	3.26
Okayamadainagon	14.80	22.40	0.21	0.37	238.50	236.00	2.44	3.64
Kyotodainagon	16.73	11.66	0.39	0.14	277.25	218.67	3.73	2.00
Mikandainagon	16.23	18.37	0.37	0.24	276.25	217.67	3.60	2.94
Binakandainagon	18.45	20.87	0.50	0.31	286.00	232.00	4.27	3.26
Hanshojn	16.55	15.77	0.31	0.21	270.50	225.00	3.29	2.81
Kaohsiung 3	16.90	16.77	0.36	0.20	250.25	212.00	3.68	2.31
Kaohsiung 5	15.63	12.80	0.26	0.19	246.67	241.00	3.03	2.33
Kaohsiung 6	14.40	19.10	0.24	0.25	253.00	222.00	2.60	3.05
Kaohsiung 7	16.68	8.27	0.42	0.09	283.50	204.67	3.83	1.35
Pingtung Local	18.75	11.47	0.37	0.03	260.75	241.00	3.56	0.60
LSD(5%)among varieties(lines)	1.57	6.41	0.09	0.07	18.28	21.34	0.48	0.61
China group	18.96	19.48	0.39	0.29	265.53	234.06	3.75	3.34
Japan group	16.46	17.81	0.35	0.25	267.66	225.86	3.43	2.93
Taiwan group	16.56	11.39	0.32	0.14	261.86	194.46	3.33	1.81
LSD(5%) among groups	1.00	2.12	0.05	0.07	ns	19.46	0.27	0.59



二、紅豆品種(系)在不同溫度處理下之葉綠素螢光反應特性

調查各紅豆品種(系)在不同溫度處理下，連續之三天葉綠素螢光反應特性，結果如表3、4所示，15個品種(系)間在連續二天高溫日/夜溫35/30°C處理下之Fo值和Fm值差異均不顯著，而第一天及連續處理兩天之Fv值及Fv/Fm值則有差異。高溫日/夜溫35/30°C處理一天，以中國品種75I41(C1)和75I42(C2)之Fv值均為0.18最大，日本品種斑小豆(J5)和臺灣屏東在來種(T5)均為0.09最小，三生態群間呈不顯著差異；連續處理二天，以中國品種75I42(C2)之Fv值0.21最大，中國品種81I4(C4)和日本品種斑小豆(J5)均為0.08最小，三生態群間則以中國群和臺灣群均為0.15大於日本群；高溫日/夜溫35/30°C處理一天，以中國品種75I41(C1)和75I42(C2)的Fv/Fm值分別為0.79和0.78最大，臺灣屏東在來種(T5)為0.58最小，三生態群間則以中國群0.74最大，台灣群為0.63最小；連續處理二天，以中國品種75I42(C2)和臺灣高雄7號(T4)品種Fv/Fm值均為0.76最大，臺灣屏東在來種(T5)為0.53最小，三生態群間的差異不顯著。

在低溫日/夜溫20/15°C處理中，3生態群15個紅豆品種(系)連續二天低溫處理的Fo值均呈不顯著差異。低溫處理一天，以中國品種75I41(C1)的Fm值0.32最大，日本品種岡山大納言(J1)為0.13最小，三生態群間的差異不顯著；連續處理二天，15個品種(系)間的Fm值差異不顯著，三生態群間連續一天低溫處理的Fm值差異則均不顯著。低溫處理一天，以中國品種75I41(C1)的Fv值0.22最大，中國品種81I4(C4)和日本品種岡山大納言(J1)均為0.06最小，三生態群間以中國群為0.20最大，臺灣群0.16最小；連續處理二天，品種間的差異則不顯著，三生態群間以中國群的Fv值0.11最大；三生態群、15品種(系)紅豆在低溫處理一天和連續處理二天的Fv/Fm值差異均不顯著。

本研究顯示，三生態群、15個品種(系)供試紅豆連續二天在不同溫度處理下，各品種(系)大多未隨著處理溫度的降低，Fo值越高，但紅豆三生態群15個品種(系)，在高溫日/夜溫35/30°C處理之Fv/Fm值介於0.58和0.81間，低溫處理之螢光比值(Fv/Fm)值介於0.46和0.74之間，和前人研究指出多數品種(系)的螢光變化量(Fv)值下降，可能是因為熱效應所引發的氧發生機制對電子提供到PSII反應中心的途徑產生抑制(Weis and Berry, 1988)，使得螢光比值(Fv/Fm)下降(Sthapit et al., 1995; Yamada et al., 1996)的情況相似。一般植物在正常環境中的Fv/Fm值介於0.75和0.85之間(Bolhar-Norden-kampf et al., 1989)，若環境溫度低於15°C即表示植物遭受寒害，螢光比值(Fv/Fm)將降低(姚等,2002)，而紅豆三生態群15個品種(系)的螢光比值(Fv/Fm)隨著處理溫度越低，螢光比值(Fv/Fm)降得越低，顯示該三生態群紅豆均不耐低溫。然15個品種(系)間的螢光比值(Fv/Fm)下降幅度品種(系)間有差異，亦顯示不同品種(系)間對逆境的螢光反應結果仍有差異，因此，本研究各品種(系)葉片螢光反應，和前人研究作物不同品種(系)間對逆境的葉片螢光反應和基因型有顯著相關性的結果相似(Sthapit et al., 1995; Yamada et al., 1996; 姚等,2002)。



綜合上述之結果可知光合作用與葉綠素螢光反應之介值，可作為鑑別及評估紅豆不同品種（系）在不同度環境下之忍受性。

Table3. Performance of chlorophyll fluorescence characters of adzuki bean varieties (lines)

Under 35/30°C during 24hrs and 48hrs

Genotype	F0		Fm		Fv		Fv/Fm	
	24hrs	48hrs	24hrs	48hrs	24hrs	48hrs	24hrs	48hrs
75I41	0.04	0.06	0.23	0.19	0.18	0.12	0.79	0.66
75I42	0.05	0.06	0.23	0.27	0.18	0.21	0.78	0.76
75I43	0.06	0.05	0.20	0.18	0.15	0.13	0.73	0.73
81I4	0.06	0.06	0.19	0.15	0.14	0.08	0.68	0.58
81I5	0.06	0.06	0.22	0.26	0.16	0.19	0.72	0.75
Okayamadainagon	0.05	0.06	0.19	0.17	0.17	0.11	0.75	0.63
Kyotodainagon	0.06	0.07	0.22	0.22	0.17	0.15	0.73	0.69
Mikandainagon	0.07	0.06	0.23	0.16	0.13	0.10	0.61	0.61
Binakandainagon	0.05	0.07	0.18	0.24	0.16	0.16	0.73	0.70
Hanshojn	0.06	0.10	0.22	0.19	0.09	0.08	0.61	0.60
Kaohsiung 3	0.07	0.08	0.16	0.23	0.12	0.15	0.63	0.65
Kaohsiung 5	0.07	0.05	0.19	0.16	0.16	0.12	0.70	0.73
Kaohsiung 6	0.06	0.06	0.22	0.23	0.12	0.16	0.65	0.72
Kaohsiung 7	0.06	0.06	0.19	0.23	0.10	0.17	0.60	0.76
Pingtung Local	0.07	0.14	0.17	0.31	0.09	0.13	0.58	0.53
LSD(5%)among varieties(lines)	ns	ns	ns	ns	0.05	0.06	0.11	0.11
China group	0.05	0.06	0.21	0.21	0.16	0.15	0.74	0.68
Japan group	0.06	0.07	0.20	0.19	0.15	0.12	0.69	0.63
Taiwan group	0.07	0.07	0.19	0.23	0.12	0.15	0.63	0.67
LSD(5%) among groups	ns	ns	ns	ns	ns	0.02	0.06	ns



Table 4. Performance of chlorophyll fluorescence characters of adzuki bean varieties (lines)
under 20/15°C during 24hrs and 48hrs

Genotype	F0		Fm		Fv		Fv/Fm	
	24hrs	48hrs	24hrs	48hrs	24hrs	48hrs	24hrs	48hrs
75I41	0.10	0.07	0.32	0.20	0.22	0.12	0.69	0.62
75I42	0.07	0.06	0.21	0.17	0.14	0.11	0.67	0.59
75I43	0.06	0.08	0.15	0.17	0.09	0.09	0.57	0.54
81I4	0.07	0.06	0.14	0.14	0.06	0.08	0.45	0.56
81I5	0.07	0.06	0.19	0.20	0.11	0.10	0.62	0.64
Okayamadainagon	0.07	0.06	0.13	0.18	0.06	0.11	0.49	0.63
Kyotodainagon	0.08	0.07	0.19	0.20	0.11	0.14	0.58	0.69
Mikandainagon	0.07	0.06	0.15	0.17	0.09	0.10	0.56	0.64
Binakandainagon	0.06	0.06	0.14	0.15	0.08	0.34	0.56	0.64
Hanshojn	0.06	0.07	0.16	0.14	0.10	0.07	0.61	0.48
Kaohsiung 3	0.07	0.07	0.17	0.23	0.11	0.15	0.61	0.66
Kaohsiung 5	0.07	0.06	0.18	0.17	0.11	0.11	0.59	0.62
Kaohsiung 6	0.06	0.07	0.18	0.15	0.12	0.08	0.66	0.49
Kaohsiung 7	0.07	0.07	0.19	0.18	0.11	0.10	0.58	0.57
Pingtung Local	0.07	0.07	0.17	0.12	0.10	0.06	0.57	0.47
LSD(5%)among varieties(lines)	ns	ns	0.05	ns	0.05	ns	ns	ns
China group	0.08	0.07	0.60	0.18	0.20	0.11	0.60	0.59
Japan group	0.07	0.07	0.56	0.17	0.18	0.10	0.56	0.59
Taiwan group	0.07	0.07	0.60	0.17	0.16	0.10	0.60	0.56
LSD(5%) among groups	0.01	ns	ns	0.01	0.02	0.01	ns	ns

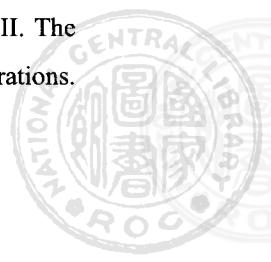


參考文獻

- 姚銘輝，盧虎生，朱鈞。2002。葉綠素螢光與作物生理反應。科學農業 50(1/2): 31-41。
- 連大進。1993。綠豆優良品系適應性之研究。中華農藝 3(3):189-193。
- 翁仁憲，陳清義。1982。大豆之光合作用與物質生產特性之研究。中興理工學報 19: 147-154。
- 翁仁憲，陳清義，楊秋英。1984。大豆之光合成作用與物質生產特性之研究 第四報 日長及溫度對光合成作用之影響。中華農會學報 新 133:25-32。
- 翁仁憲，陳清義，楊秋英。1985。大豆之光合成作用與物質生產特性之研究 第四報 日長及溫度對光合成作用之影響。中華農會學報 新 133:25-32。
- 陳庚鳳，朱德民。1995。毛豆不同基因型生殖生長之特性。中華農藝 5(2):161-179。
- 陳清義，李裕娟。1990。大豆不同品種間光合成能力之差異。農林學報 39(2):105-120。
- Angelopoulos K., B. Dichio and C. Xiloyannis. 1996. Inhibition of photosynthesis in olive trees (*Olea europaea* L.) during water stress and rewetting J. Exp. Bot. 47: 1093-1100.
- Araus J. L., and K. P. Hogn. 1994. Comparative leaf structure and patterns of phoinhibition of the neotropical palms *Scheelea zonensis* and *Socratea durissima* growing in clearing s and forest understory during the dry season in Panama. Am. J. Bot. 81(6): 726-738.
- Ashley D. A. and H. R. Boerma. 1989. Canopy photosynthesis and its association with seed yield in advanced generation is of a soybean cross. Crop Sci. 29:1042-1045.
- Assad M.T., and G.M. Paulsen. 2002. Genetic changes in resistance to environmental stresses by U.S. Great Plains wheat cultivars. Euphytica 128:87-96.
- Baker N.R., and E. Rosenqvist. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. J. Exp. Bot. 55:1607-1621.
- Bertin P., J. Bouharmont, and J.M. Kinet. 1997. Somaclonal variation and improvement of chilling tolerance in rice: changes in chilling-induced chlorophyll fluorescence. Crop Sci. 37:1727-1735.
- Bethenfalvay G. J., R. F. Norris and D. A. Phillips. 1979. Effect of Bentazon, a Hill reaction inhibitor, on symbiotic nitrogen fixing capability and apparent photosynthesis. Plant Physiol 213-215.
- Bjorkman O., M. R. Badger and P. A. Armond. 1980. Response and adaptation of photosynthesis to high temperatures. In: Turner N. C. and P. J. Kramer (Eds.), Adaptation of plants to water and high temperature stress. Wiley, New York, pp: 233-249.
- Bolhar-Nordenkampf H. R., S. P. Long, N.R. Baker, G. Oquist, U. Schreiber and E. G. Lechner. 1989. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. Functional Ecol. 3: 497-514.



- Boerma H. R. and D. A. Ashley. 1988. Canopy photosynthesis and seed-fill duration in recently developed soybean cultivars and selected plant introductions. *Crop Sci.* 28: 137-140.
- Bunce J. A. 1991. Control of the acclimation of photosynthesis to light and temperature in relation to partitioning of photosynthesis in developing soybean leaves. *J. Exp. Bot.* 42: 853-859.
- Campbell W. J., L. H. Allen Jr and B. George. 1990. Response of soybean canopy photosynthesis to CO₂ concentration, light and temperature. *J. Exp. Bot.* 41: 427-433.
- Chandra Babu R., P. S. Srinivasan, N. Naratrarathnam and S. R. Sree Rangasamy. 1985. Relationship between leaf photosynthetic rate and yield in blackgram [*Vigna mungo* (L.) Hepper] genotypes. *Photosynthetica*. 19(2): 159-163.
- Dronhoff G. M. and R. M. Shibles. 1970. Varietal differences in net photosynthesis of soybean leaves. *Crop Sci.* 10: 42-45.
- Egli D. B. and I. F. Wardlaw. 1980. Temperature response of seed growth characteristics of soybeans. *Agron. J.* 72: 560-564.
- Gray G.R., L.P. Chauvin, and N.P.A. Huner. 1997. Cold acclimation and freezing tolerance: a complex interaction of light and temperature. *Plant Physiol.* 114: 467-474.
- Gray G.R., B.J. Hope, X.Q. Qin, B.G. Taylor, and C.L. Whitehead. 2003. The characterization of photoinhibition and recovery during cold acclimation in *Arabidopsis thaliana* using chlorophyll fluorescence imaging. *Physiol. Plant* 119: 365-375.
- Harrison S. A., H. R. Boerma and D. A. Ashely. 1981. Heritability of canopy apparent photosynthesis and its relationship to seed yield in soybeans. *Crop Sci.* 21: 222-226.
- Hesketh J. D., W. L. Organ, M. E. Hageman and D. G. Peters. 1981. Correlations among leaf CO₂-exchange rate, areas and enzyme activities among soybean. *Photosynth Res.* 2: 21-30.
- Huang C. Y., J. S. Boyer and N. Vanderhoef. 1975. Limitation of acetylene reduction (nitrogen fixation) by photosynthesis in soybean having low water potentials. *Plant Physiol.* 56: 228-232.
- Huner N.P.A., G. Oquist, V.M. Hurry, M. Krol, S. Falk, and M. Griffith. 1993. Photosynthesis, photoinhibition and low temperature acclimation in cold tolerant plants. *Photosynth. Rec.* 37: 19-39.
- Jones M.E. 1971. The population genetics of *Arbidopsis thaliana*. I. The breeding system. *Heredity* 27: 39-50.
- Krause G.H., and E. Weis. 1991. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. *Annu. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol.* 42: 313-349.
- Ojima M. and R. Kawashima. 1970. Studies on the seed production of soybeans. VIII. The ability of photosynthesis of F₃ lines having different photosynthesis in their F₂ generations.



- Proc. Crop Sci. Soc. Jpn. 39:440-445.
- Oquist G., V.M. Hurry, and N.P.A. Huner. 1993. Low-temperature effects on photosynthesis and correlation with freezing tolerance in spring and winter cultivars of wheat and rye. *Plant Physiol.* 101:245-250.
- Raper C. D. and F. Thomas. 1978. Photoperiodic alteration of dry matter partitioning and seed yield in soybeans. *Crop Sci.* 18: 654-656.
- Rizza F., D. Pagani, A.M. Stanca, and L. Cattivelli. 2001. Use of chlorophyll fluorescence to evaluate the cold acclimation and freezing tolerance of winter and spring oats. *Plant Breed* 120:389-396.
- Sasahara T. 1984. Varital variations in leaf anatomy as related to photosynthesis in soybean [*Glycine Max* (L.) Merr.] *Japan. J. Breed.* 34:295-303.
- Scarasciamugnozza G., P. Deangelis, G. Matteucci and R. Valenini. 1996. Long-term exposure to elevated [CO₂] in a natural *Quercus ilex* L. community. Net photosynthesis and photochemical efficiency of PSII at different levels of water stress. *Plant Cell Environ.* 19:643-654.
- Sowinski P., A. Rudzinska-Langwald, J. Adamczyk, I. Kubica, and J. Fronk. 2005. Recovery of maize seedling growth, development and photosynthetic efficiency after initial growth at low temperature. *J. Plant Physiol.* 162: 67-80.
- Sthapit B. R., J. R. Witcombe and J. M. Wilson. 1995. Methods of selection for chilling tolerance in Nepalese rice by chlorophyll fluorescence analysis. *Crop Sci.* 35: 90-94.
- Stuber C. W., R. H. Moll, M.M. Googman, H. E. Schaffer and B. S. Weir. 1980. Allozyme frequency change associated with selection for increased grain yield in maize (*Zea mays* L.). *Genetic* 95:225-236.
- Well S.R., L. L. Schulze, D. A. Ashley, H. R. Boorma and R. H. Brown. 1982. Cultivar differences in canopy apparent photosynthesis and their relation to seed yield in soybeans. *Crop Sci.* 22:886-890.
- Weis E. and J. A. Berry. 1988. Plants and high temperature stress. In: Long S. P. and F. I. Woodward (Eds.), *Symposia of the society for Experimental Biology*. No. XXXXII, Cambridge University, UK, pp:329-346.
- Wilson D. and J. P. Cooper. 1967. Assimilation of Lolium in relation to leaf mesophyll. *Nature* 214: 898-992.
- Yamada M., T. Hidaka and H. Fukamachi. 1996. Heat tolerance in leaves of tropical fruit crops as measured by chlorophyll fluorescence. *Sci. Hort.* 67:39-48.
- Yang G. P., D. Rhodes and R. J. Joly. 1996. Effects of high temperature on membrane stability



and chlorophyll fluorescence in glycinebetaine-deficient and glycinebetaine-containing maize lines. Aust. J. Plant Physiol. 23:437-443.

Zelitch I. 1982. The close relationship between net photosynthesis and crop yield of soybean, wheat, barley, sorghum, maize, tobacco. Am. Inst. Biol. Sci. 32:796-802.

