

水稻臺稉 9 號與臺農 67 號生育期葉色與 稻穀產量及糙米氮素含量之關係¹

羅正宗^{2,3} 陳一心²

摘 要

羅正宗、陳一心。2003。水稻臺稉 9 號與臺農 67 號生育期葉色與稻穀產量及糙米氮素含量之關係。中華農業研究 52:166-177。

本試驗於 2000 年在嘉義農業試驗分所之溪口試驗農場進行兩期作水稻試驗，參試材料為臺農 67 號及臺稉九號品種，為擴大水稻葉色變異範圍，利用三個氮肥等級(0, 90, 180 kg N ha⁻¹)及三個栽植密度(11.1, 22.2, 44.4 plant m⁻²，即行株距為 30x30, 30x15, 15x15 cm)處理。葉色之測定工具為葉綠素計，水稻成熟期進行產量、產量構成因素及糙米氮素含量之調查，據以探討一、二期作水稻不同生育期葉色與稻穀產量及糙米氮素含量之關係。結果顯示：不同生育期水稻葉色值與單位面積稻穀產量之關係，以抽穗前後兩週最密切。水稻四個產量構成因素與不同生育階段之葉色值的關係，均不及產量與葉色值間密切。水稻葉色與糙米氮素含量間的關係，以抽穗期至抽穗後一週的相關性最高，兩期作不同生育期之葉色與糙米氮素含量均呈顯著的直線關係，唯關係密切程度稍有差異，本試驗結果顯示第一期作水稻抽穗期葉色與米粒氮素含量間的相關係數為 0.80~0.91，而第二期作則為 0.76~0.79，顯示兩者關係在一期作較為密切。

關鍵詞：水稻、葉色、產量、氮素含量。

前 言

水稻米粒氮素含量為有關食味與營養價值的重要特性；而與產量有關的分蘗及影響光合作用速率的葉片氮素濃度等特性，均受氮肥施用之影響。因此，在水稻生育過程中，氮素是影響產量及品質的重要因素(本庄 1971a, 1971b；松崎等 1972；岡本&堀野 1994；Tuner&Jund 1991；Peng *et al.* 1993)。然而，與米粒氮素含量關係較密切之性狀間的相互關係，則常因供試材料的差異而不能得到一致的結果。因此，若能找到一生長特性與水稻米粒氮素含量的關係，能不受品種或其它因子而改變，則可利用於水稻生育期間作為栽培參考，繼而進行水稻生產及米粒氮素含量之生育診斷技術的開發，岡本和堀野(1994)認為水稻葉色即是一重要性狀。

過去曾有學者利用葉色作為水稻葉片葉綠素含量、葉片營養狀況及乾物質生產之指標(稻田 1994b；Tuner&Jund 1991；Peng *et al.* 1993；Ladha *et al.* 1998)，並且亦有利用測定全生育期葉色值之變

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2160 號。接受日期：92 年 5 月 9 日。

2. 本所嘉義農業試驗分所助理研究員、研究員兼農藝系主任。臺灣省 嘉義市。

3. 通訊作者，電子郵件：lojchung@dns.caes.gov.tw；傳真機：(05)2698810。

動模式，以探討其與米質之關係(岡本&堀野 1994)。在臺灣雖有學者針對 型及籼型水稻葉色與葉片氮素濃度之關係進行分析(蔡 1982)，但尚未有以測定水稻葉色作為生育診斷之途徑。因此，本試驗即以不同氮肥用量及栽植密度處理，期能擴大水稻葉色之變異範圍，並依此探討臺灣地區第一、二期作水稻不同生育期葉色之變化與稻穀產量及糙米氮素含量之關係。

材料與方法

本試驗於 2000 年第一期作及第二期作在農業試驗所之嘉義分所溪口試驗農場進行，參試材料為臺農 67 號(TNG67)及臺稈九號(TK9)兩品種，為擴大水稻葉色變異範圍，利用三個氮肥等級(0, 90, 180 kg N ha⁻¹)，及三個不同栽植密度(11.1, 22.2, 44.4 plant m⁻²，即行株距為 30x30, 30x15, 15x15 cm)處理，田間採裂區設計，以氮肥等級為主區，栽植密度及品種之兩因子的六個組合為副區，三重複，氮肥之施用以整地時之基肥，分蘖期之追肥及幼穗分化時之穗肥三次均施。人工插植方式多本植，每小區 4.5x4.5 m²。

葉色之測定以日本 MILNOTA 公司之 SPAD-502 型葉綠素計(chlorophyll meter)為測定工具，依羅等(2000)所提出之測定葉片序位及部位的方式進行葉色值之測定，於插秧後待水稻生長至葉片寬度已超過葉綠素計感應器(2x3 mm²)測定範圍(不含中肋)開始(一期作約於插秧四週後、二期作約為插秧二週後)，每週調查一次，每次八株，直至成熟收穫為止，齊穗期之前調查葉序及葉位為植株最上第二完全展開葉之中段，齊穗期後則為劍葉之中段。

水稻成熟期於每一副區逢機取 20 株作為產量及產量構成因素之調查，並將調查後之穀粒脫殼碾製成糙米，以 micro-kjeldahl 分析法測定其氮素含量(Yoshida *et al.* 1976)。為了解水稻全生育期葉色之變化，在各副區定期測得的葉色值(X_i)，先藉由時間(t，移植後日數)的二至四次多項式($f(t) = \beta_0 + \beta_1 t + \dots + \beta_q t^q$, $q = 2, 3, 4$)進行平滑處理(smoothing)，據之逐日推估每日之水稻植冠葉色值。並以抽穗期為基準日，探討抽穗前六週及抽穗後五週之葉色值與各副區稻谷產量、產量構成因素及米粒氮素含量之相關關係。本試驗所有的資料整理及統計分析工作均藉 SAS 統計分析軟體完成。

結 果

兩參試品種之葉色變化經平滑處理示如圖 1 及圖 2，顯示水稻全生育期之葉色變動於最高分蘖期及齊穗期有個兩高峰(一期作分別為 60 及 120 天，二期作則為 20 及 85 天)，但在不施氮肥處理的環境下，兩參試品種在齊穗期葉色值之高峰則趨緩，且兩期作環境下兩參試品種均有相同的反應。第一期稻作的環境下，水稻在高氮肥(180 kg N ha⁻¹)栽培環境下，不同栽植密度處理間之葉色值差異較小；每公頃 90 公斤氮素或不施氮肥環境下，水稻葉色值會隨栽植密度之提高而明顯的降低。唯在第二期稻作環境下，生育初期水稻葉色之變異範圍較小，但此一現象隨生育日數之增加而改變，密植處理之水稻葉色明顯的降低。此外，在本試驗的處理條件下，兩參試品種之穀粒產量及米粒氮素含量亦具有相當大的變異範圍，兩參試品種之穀粒產量(gm⁻²)的變異範圍在第一期作為 444~1069 及 488~1028，第二期作則為 193~938 及 221~883。糙米氮素含量(%)的變異範圍在第一期作為 1.59~2.33 及 1.59~2.41，第二期作則為 0.92~1.67 及 0.88~1.63(表 1)。

表 1. 試驗資料之基本統計量

Table 1. Basic statistics of the surveyed data in 2000

Rice variety	Crop season	Nitrogen content of brown rice (%)				Grain yield (g m ⁻²)			
		Max	Min	Mean	STD	Max	Min	Mean	STD
TK9	1 st	2.33	1.59	1.98	0.232	1069	444	725	167
	2 nd	1.67	0.92	1.24	0.222	938	193	541	219
TNG67	1 st	2.41	2.59	1.97	0.264	1028	488	744	164
	2 nd	1.63	0.88	1.22	0.226	883	221	515	212

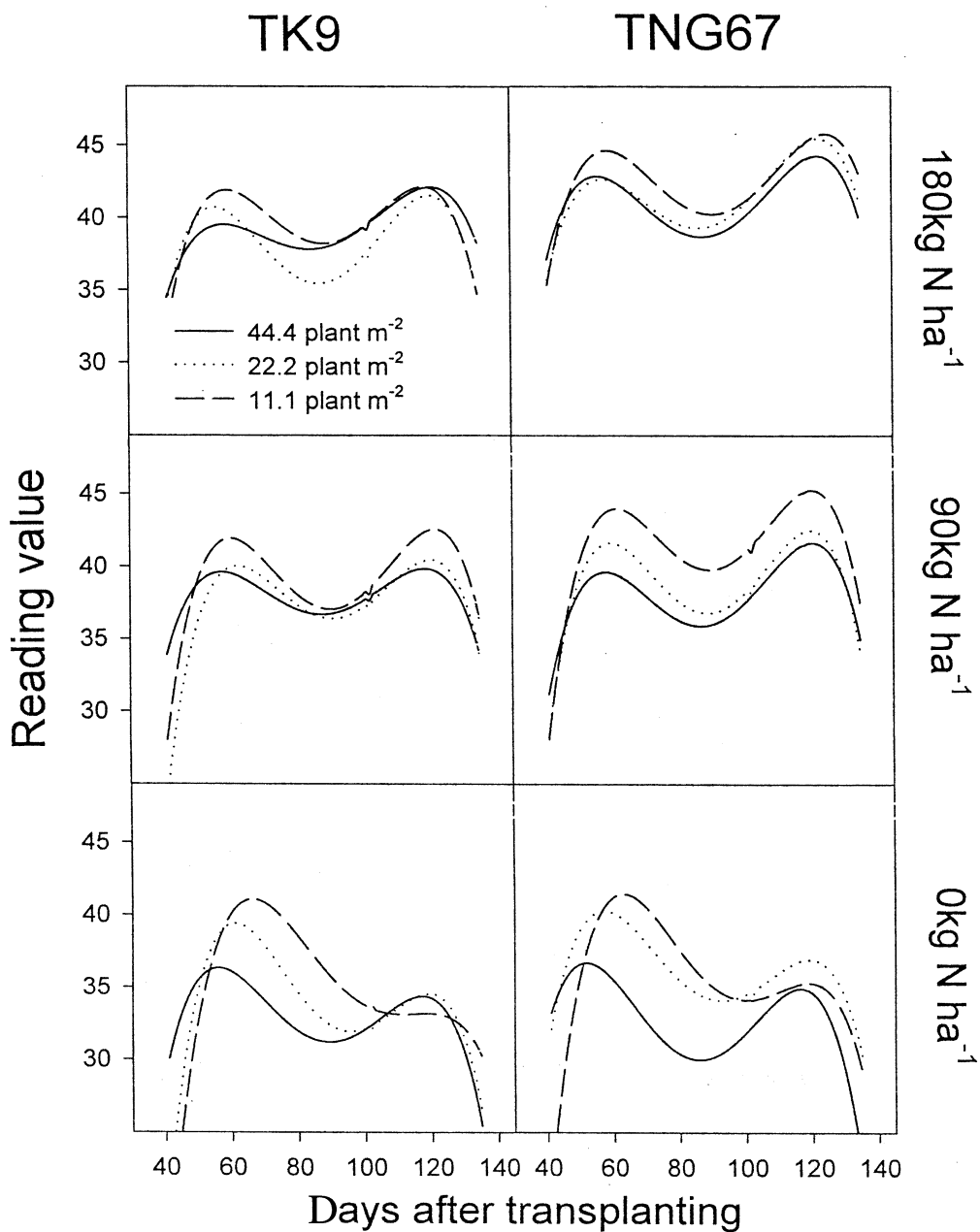


圖 1. 不同氮肥及栽植密度處理對水稻臺粳 9 號與臺農 67 號一期作不同生育期葉綠素計測定值之影響。

Fig.1. Dynamics of SPAD-502 reading value as affected by different application rate of N fertilizer and plant density over the growing season (1st crop season).

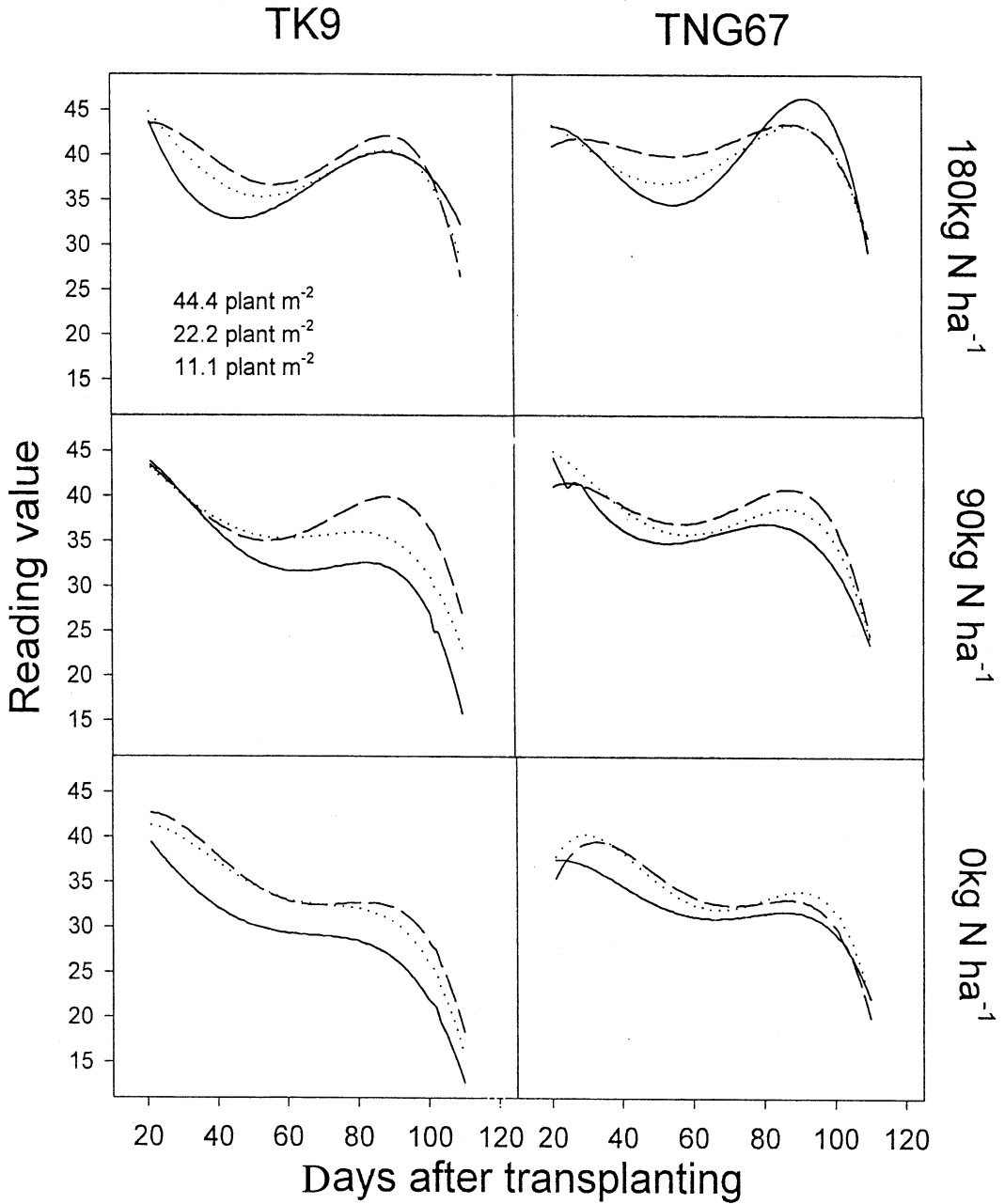


圖 2. 不同氮肥及栽植密度處理對臺梗 9 號與臺農 67 號水稻二期作不同生育期葉綠素計測定值之影響。

Fig. 2. Dynamics of SPAD-502 reading value as affected by different application rate of N fertilizer and plant density over the growing season (2nd crop season).

分析水稻不同生育階段之葉色值與單位面積稻穀產量之關係，結果顯示第一期作以抽穗至抽穗後兩週最密切(相關係數值 0.85~0.9)(圖 3)，第二期作則以抽穗前兩週最密切(相關係數值 0.75~0.85)，以第一期作有較高之相關係數值，參試品種間之表現均相似。另就水稻四個產量構成因素與不同生育階段的葉色值間之相關關係，發現水稻四個產量構成因素與不同生育階段之葉色值的關係(圖 4)，均不及產量與葉色值間之密切。稔實率及千粒重與水稻各生育期之葉色值的相關性均不密切，而單位面積穗數與抽穗期前後兩週之葉色的相關性較密切，每穗穎花數則於抽穗前五週至抽穗前一週與水稻葉色值關係較密切，且參試品種間之表現均相似(圖 4)。

不同生育階段水稻葉色值與米粒氮素含量間的關係(圖 5)，顯示兩期作於抽穗期至抽穗後一週的葉色值與糙米氮素含量間之相關性最高，唯關係密切程度稍有差異(圖 6)，本試驗結果顯示第一期作兩參試品種之抽穗期葉色與糙米氮素含量間的相關係數為 0.80 及 0.91，而第二期作則為 0.76 及 0.79，顯示兩者關係在第一期作較為密切，且參試品種間之表現均相似。

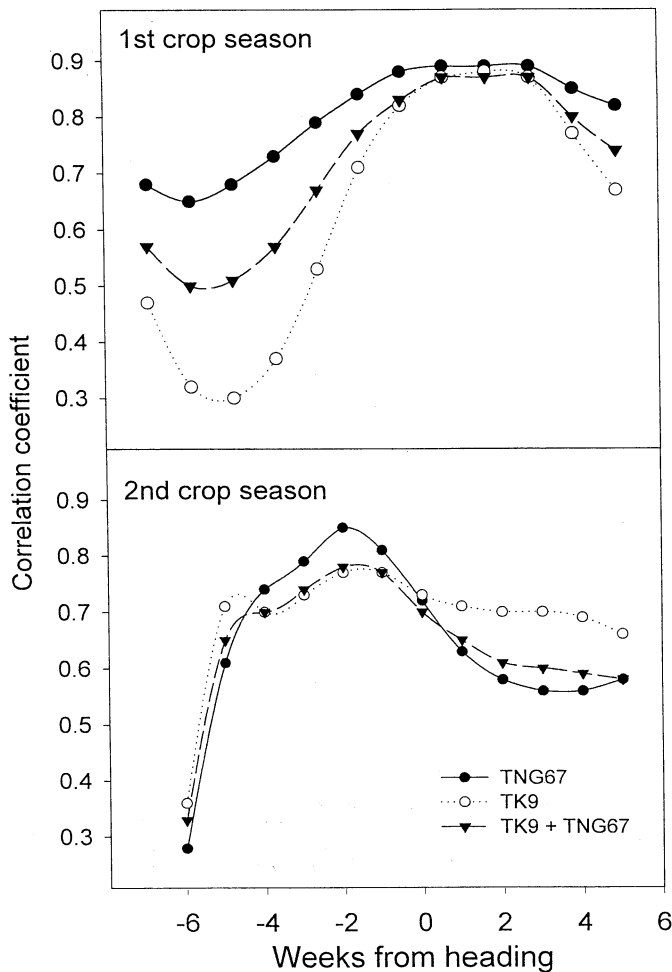


圖 3. 臺稉 9 號與臺農 67 號水稻不同生育期葉色值與穀粒產量之相關係數。

Fig. 3. Correlation coefficients between leaf color and grain yield of 2 rice cultivars at various growth stages.

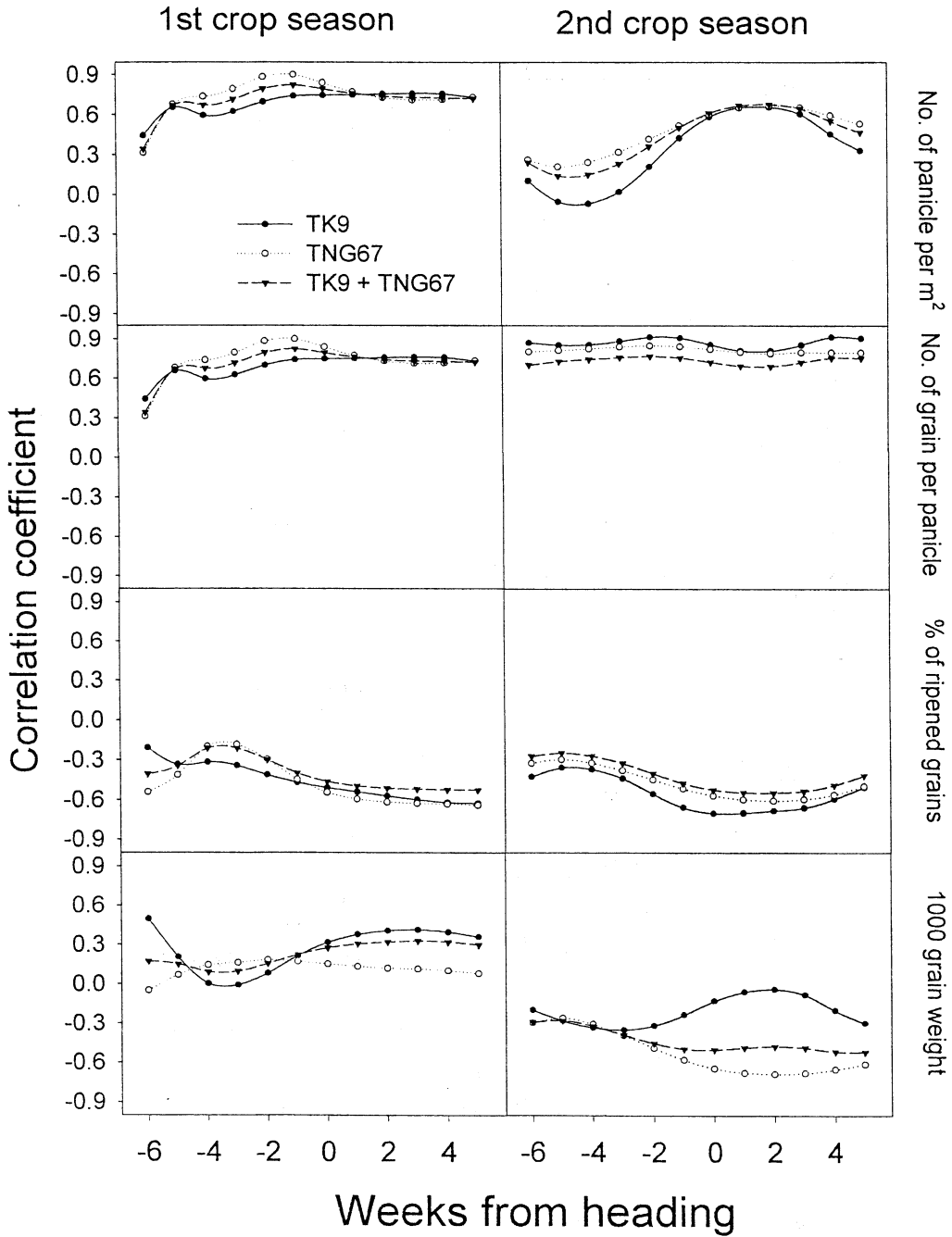


圖 4. 臺稉 9 號與臺農 67 號水稻不同生育期葉色值與產量構成因素之相關係數。

Fig. 4. Correlation coefficients between leaf color and yield components of 2 rice cultivars at various growth stages.

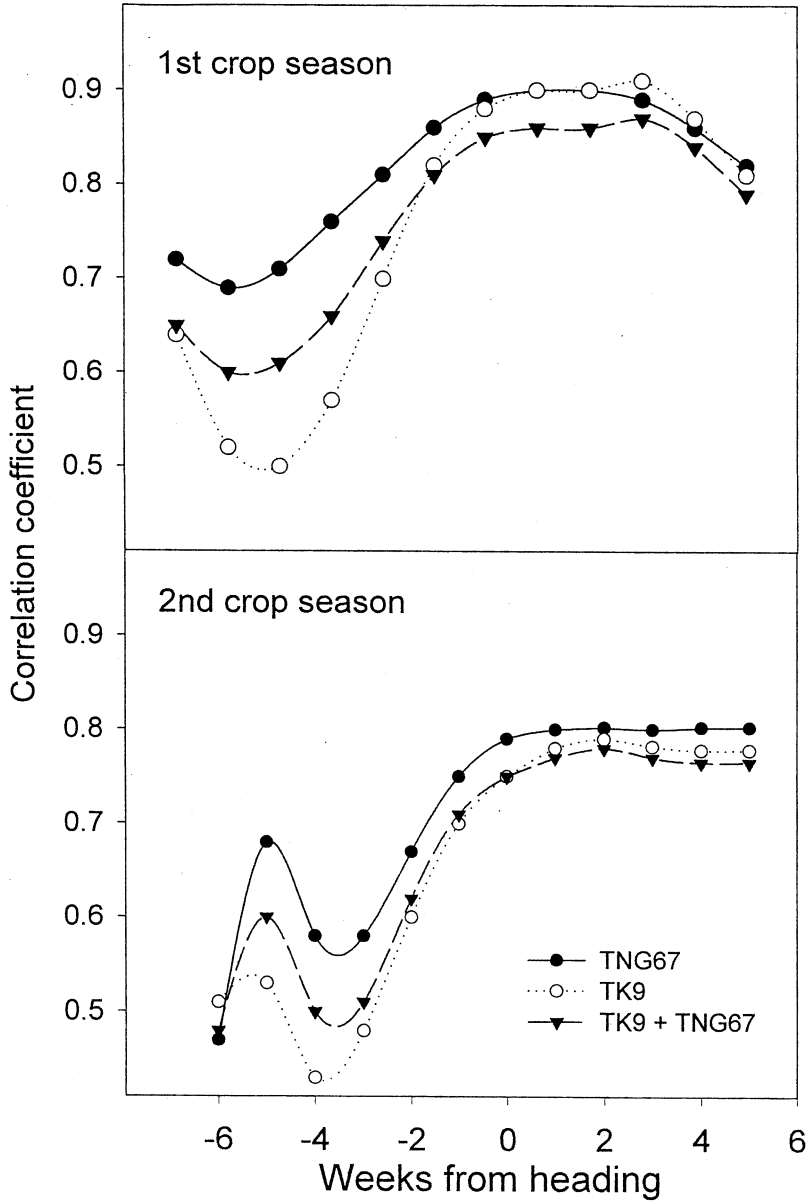


圖 5. 臺種 9 號與臺農 67 號水稻不同生育期葉色值與糙米氮素含量之相關係數。

Fig. 5. Correlation coefficients between leaf color and nitrogen content of brown rice of 2 cultivars at various growth stages.

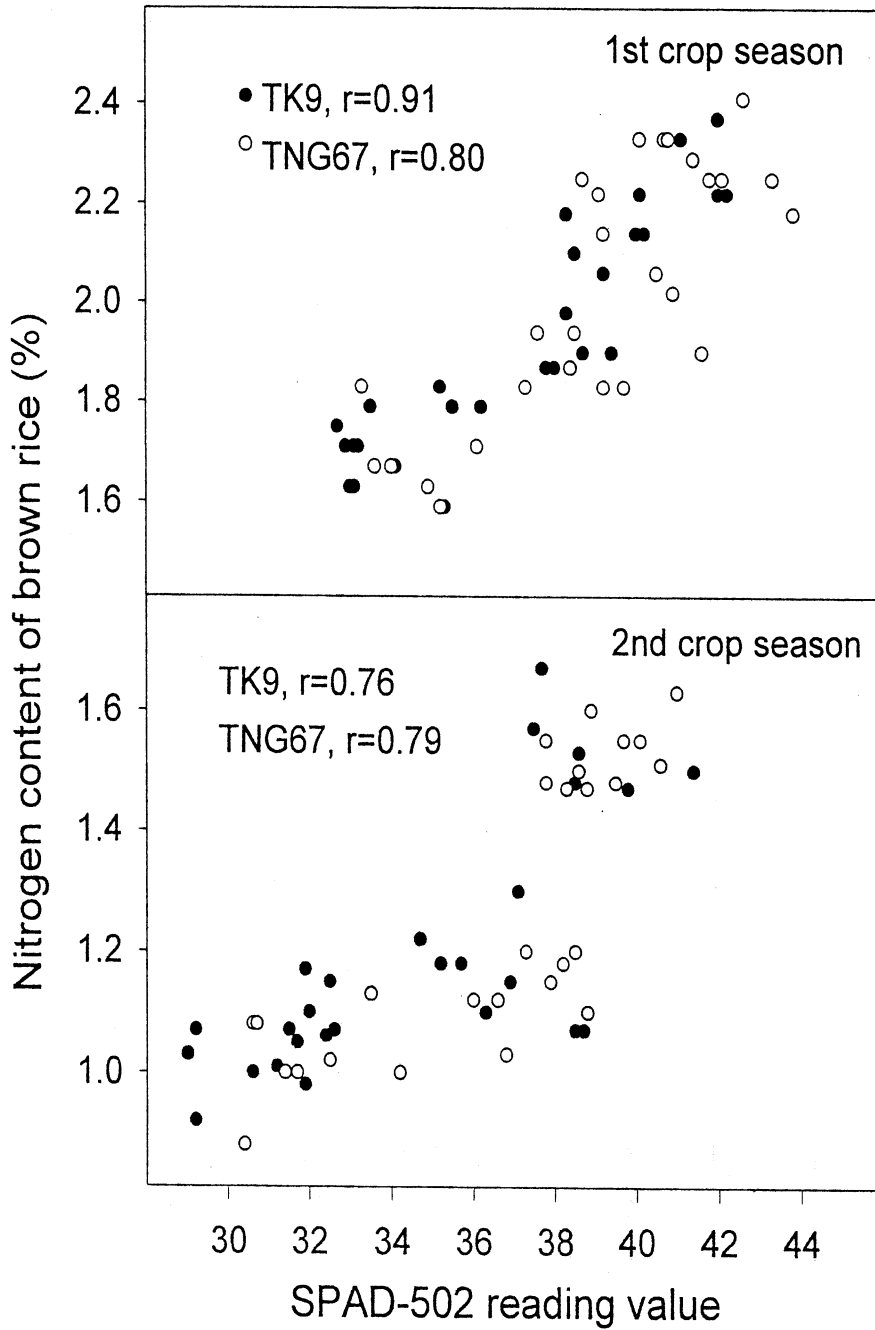


圖 6. 臺梗 9 號與臺農 67 號水稻抽穗期之葉色值與糙米氮素含量之關係。

Fig. 6. Relationship between leaf color at rice heading and nitrogen content of brown rice of 2 cultivars at harvest.

討 論

由於葉綠素對光線具有吸收能力，因此，透過測定葉片中葉綠素對光線之吸收值作為葉色之指標，因而發展出葉綠素計。本試驗所採用之 SPAD-502 型葉綠素計即利用葉片穿透光束與入射之光束的比值，取其倒數之對數值作為葉色值(稻田 1993a)。此外，因為水稻植體內氮素含量與葉片中葉綠素含量具有正相關關係，因此，在國外即有以葉色值判別稻株營養狀況及作為氮素投施依據之生育診斷；昔日雖亦有以葉色板(或謂色票)作為生育診斷之用，但因葉色板在使用上有其限制，如使用時需考慮太陽方向及測定時間，且亦可能因不同使用者而測得不同結果(稻田 1993b)。

臺灣地區第一期稻作及第二期稻作因生長環境迥異，雖使水稻生育日數有所不同，但在這段生育過程中，水稻葉色的變化事實上是以前一種動態的形式存在(羅等 2000)，常因栽培環境及資材投施之多寡而有所不同。因此，本試驗為擴大參試水稻品種之葉色的變異範圍，以不同氮肥等級及栽植密度之處理作為調整的方式。水稻在高氮肥栽培環境下，不同栽植密度處理間之葉色值變異較小；臺農 67 號在一期作每公頃 90 公斤氮素或不施氮肥環境下，水稻葉色值會隨栽植密度之提高而明顯的降低，顯示在此栽培處理下，氮素之用量明顯不足。唯在第二期稻作 90 公斤氮素環境下，臺 九號生育初期水稻葉色之變異範圍較小，但隨生育日數之增加而改變，因密植處理之水稻葉色明顯的降低。上述之情形顯示本試驗利用氮肥及栽植密度處理，確有達到擴大葉色變異範圍之效果。此外就數值而言，在本試驗的處理條件下，兩參試品種之穀粒產量及糙米氮素含量亦具有相當大的變異範圍，且兩期作均有相似的表現。前述顯示本試驗之處理已使水稻葉色值、穀粒產量及米粒氮素含量等性狀具備足夠之變異，如此進行變數間之相關分析方具有實用意義(Draper & Smith 1981)。

藉由對水稻植株葉色值之平滑處理，以作為推估水稻全生育期每一副區每日葉色值，並以藉肉眼即可判別的抽穗期為基準日，以每隔一週方式推估其前六週及後五週的葉色值，分析水稻不同生育階段之葉色值與單位面積積穀產量之關係，顯示第一期作以抽穗前兩週最密切，第二期作則以抽穗至抽穗後兩週最密切。事實上，在日本即有利用葉色值作為水稻生產時生育營養診斷的依據(深山等 1984)。由於水稻產量的四個構成因素各有其形成的決定時期(Matsushima 1980)，因此，若能找到水稻不同生育期之葉色表現與各產量構成因素之相關性，則將來可以透過栽培技術以改善水稻葉色的變化，而達到調節產量之目標，此即為水稻生育診斷之最終目標之一(深山等 1984；稻田 1994a)。本試驗亦針對水稻四個產量構成因素與上述不同生育階段的葉色值，作相關關係的探討，結果發現水稻四個產量構成因素與不同生育階段之葉色值的關係，均不及產量與葉色值間之密切。稔實率及千粒重與水稻各生育期之葉色值的相關性均不密切，而單位面積穗數與抽穗期前後兩週之葉色的相關性較密切，另外每穗穎花數則於抽穗前五週至抽穗前一週與水稻葉色值關係密切。雖是如此，Matsushima(1980)指出水稻有效穗數之決定時期(即有效分蘗終期)依其全生育日數之不同，一般均於幼穗形成期之前後，即在抽穗前三至五週。探討本試驗不同之原因可能是分蘗型式(pattern)的改變。高橋等(1976)曾提出，若土壤中氮肥含量過多，日照充足，植株蓄積過多碳水化合物，則可能於上部節位形成不利於產量之二段穗，促使水稻原本分蘗的型式改變。而本試驗中以高氮肥(180 kg N ha⁻¹)處理，加以低栽培密度(11.1 plant m⁻²)者，即可能造成上述土壤氮素含量過多且日照充足等條件，因此，常可於此副區中發現上述二段穗的發生，栽培上值得注意。

前述不同生育期水稻葉色值之變化，與產量構成因素之稔實率及千粒重等性狀之相關性，似未能實際應用於水稻生育診斷技術之開發；唯每穗穎花數與抽穗前五週至抽穗前一週的葉色值有相當密切的相關性，此時正值幼穗分化始期至減數分裂時期，亦為穗肥施用時機，作為生育診斷有其實用性(深山等 1984)，因此值得更進一步深入探討。

岡本和堀野(1994)曾指出，水稻葉色與糙米氮素含量間的關係，不會因品種(遺傳)或環境之變異而

改變，若此，如能找到水稻某一生育階段與成熟時糙米氮素含量間具有高度之相關性，則未來可依此作為栽培上之參考，以調控糙米氮素含量。本試驗結果發現抽穗期至抽穗後一週的葉色值與糙米氮素含量間之相關性最高，此與岡本和堀野(1994)，發現齊穗期之葉色與糙米氮素含量間相關性最高的結果相似。試驗亦發現每一期作不同生育期之葉色與糙米氮素含量均呈顯著的直線關係，唯關係密切程度稍有差異，第一期作兩參試品種之抽穗期葉色與米粒氮素含量間的相關係數為 0.80 及 0.91，而第二期作則為 0.76 及 0.79，顯示兩者關係在第一期作較為密切。岡本和堀野(1994)曾指出，葉色反映葉身的氮素濃度，此暗示糙米氮素含量受抽穗期稻株氮濃度之影響。本庄(1971a)認為與糙米氮素含量有關的因子以植體的氮素濃度為最重要因子，不同施肥法會造成氮素含量變化，而抽穗後葉片中的氮素含量與收穫時米粒氮素含量有很高的相關關係。就糙米氮素含量的品種間差異而言，岡本和堀野(1994)認為此可能是水稻植體本身氮素濃度的遺傳變異所控制。其次，葉色是反映葉身及地上部氮素含量的一種性狀(稻田 1994b；Tuner & Jund 1991；Peng *et al.* 1993)，可利用於水稻營養診斷，因為其彼此間的關係在相同栽培條件下，不會因品種差異而改變，本試驗中也有相同的結果，此一訊息對日後欲利用葉色進行水稻生育診斷技術之研究甚為重要。然則依本試驗所得之結果可知，水稻抽穗期之葉色雖與糙米氮素含量成極顯著正相關，但不同期作間相關係數仍有些許差異，且於實用上仍有段差距，顯示這方面之研究仍有相當大的空間尚待深入探討。

引用文獻

- 蔡金川。1982。水稻葉色與葉片全氮濃度之品種間差異。中華農業研究 31:246-253。
- 羅正宗、陳一心、劉啓東。2000。水稻植株葉色變化與測定方法。嘉義大學學報 69:15-22。
- 本庄一雄。1971a。米のタンパク含量に關する研究。第一報タンパク質含有率の品種間差異ならびにタンパク質含有率に及ぼす氣象環境の影響。日作紀 40:183-189。
- 本庄一雄。1971b。米のタンパク含量に關する研究。第二報 施肥條件のちがいガ玄米のタンパク質含有率およびタンパク質總量に及ぼす影響。日作紀 40:190-196。
- 岡本正弘、堀野俊郎。1994。米の氮素含量の品種間差異及栽培條件にむる變異と葉色との關係。育種學雜誌 44:177-181。
- 松崎昭夫、松島省三、富田豐雄、朴 錫洪。1972。水稻收量の成立原理とその應用に關する作物學的研究。第 110 報 水稻個體群の葉色表示法について。日作紀 41:134-138。
- 深山政治、勝木田博人、齊藤研二。1984。葉色票による水稻の生育診斷。農業及園藝 59: 775-781。
- 高橋重郎、和田源七、庄子貞雄。1976。水田における氮素の動態と水稻による氮素吸收について。第 7 報 氮素吸收バタソと水稻の生育・收量構成要素。日作紀 45:220-225。
- 稻田勝美。1993a。"綠"を測る [1]葉色の測定とその營養生育診斷への利用。農業及園藝 68: 997-1000。
- 稻田勝美。1993b。"綠"を測る [3]葉色の測定とその營養生育診斷への利用。農業及園藝 68: 1199-1205。
- 稻田勝美。1994a。"綠"を測る [5]葉色の測定とその營養生育診斷への利用。農業及園藝 69: 55-58。
- 稻田勝美。1994b。"綠"を測る [6]葉色の測定とその營養生育診斷への利用。農業及園藝 69: 291-296。
- Draper, N. R., and H. Smith, 1981. Applied Regression Analysis. 2nd ed. p.709. Wiley, New York.
- Ladha, J. K., T. P. Agnes, C. P. Gloria, E. Castillo, U. Singh, and C. K. Reddy. 1998. Nondestructive estimation of shoot nitrogen in different rice genotypes. Agron. J. 90:33-40.
- Matsushima, S. 1980. Rice Cultivation for the Million-Diagnosis of Rice Cultivation and Techniques of Yield Increase. p.275. Japan Scientific Societies Press, Tokyo.
- Peng, S., F. V. Garcia, R. C. Laza, and K. G. Cassman. 1993. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimate of rice leaf nitrogen concentration. Agron. J. 85: 987-990.

- Turner, F. T., and M. F. Jund. 1991. Chlorophyll meter to predict nitrogen topdress requirement for semidwarf rice. *Agron. J.* 83: 926-928.
- Yoshida, S., D. A. Forno, D. H. Cock, and K. A. Gomez. 1976. *Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice*. 3rd ed. p.14-16. IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines.

Yield and Grain Nitrogen Content in Relation to Leaf Color in Rice Cultivars TK 9 and TNG 67¹

Jeng-Chung Lo^{2,3} and Yi-Shin Chen²

Summary

Lo, J. C. and Y. S. Chen. 2003. Yield and grain nitrogen content in relation to leaf color in rice cultivars TK 9 and TNG 67. J. Agri. Res. China 52:166-177.

This report studies the correlation relationship between the changes of leaf color during rice growth, grain yield and grain nitrogen content. Two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars, TNG67 and TK9, were cultivated in the first and the second crop seasons, 2000. Three nitrogen rates (0, 90, 180 kg N ha⁻¹) and three plant densities (11.1, 22.2, 44.4 plant m⁻²) were used to enlarge the variation of leaf color measured by chlorophyll meter (SPAD-520, MINOLTA). The results showed that the leaf color value in rice plant was significantly related to grain yield, especially two weeks before and after heading. The correlation between leaf color value and grain yield was closer than that of other four yield components. In addition, the leaf color in each crop season was linearly correlated to the nitrogen content of brown rice, particularly at the heading and one week later. The correlation coefficient for the first and the second crop was 0.80 to 0.91 and 0.76 to 0.79, respectively.

Key words : Rice, Leaf color, Yield, Nitrogen content.

1. Contribution No.2160 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : May 9, 2003.

2. Respectively, Assistant Agronomist and Senior Agronomist, Chiayi Agricultural Experiment Station, ARI, Taiwan, ROC.

3. Corresponding author, e-mail : lojchung@dns.caes.gov.tw ; Fax : (05)2698810.