

# 土壤特性對稻米品質影響

## (四)土壤管理模式的探討

蘇慕容<sup>1</sup> 陳世雄<sup>2</sup>

<sup>1</sup>臺灣省農業試驗所農藝系

<sup>2</sup>中興大學農藝學系

**摘要：**本試驗探討良質米生產的土壤管理模式，由台灣中部地區自1989年至1991年間，調查90處稻田所得之17個土壤物理、化學、及肥力因子，對13項稻米品質進行之逐步迴歸分析。結果顯示，對米飯食味總評之土壤管理模式為 $y = -0.0357 + 3.03 \times 10^{-2} (\text{有機質} \times \text{鋅}) - 3.16 \times 10^{-5} (\text{氮} \times \text{鋅}) + 6.00 \times 10^{-8} (\text{鈣} \times \text{鐵}) - 9.56 \times 10^{-5} (\text{鎂} \times \text{鋅}) + 1.62 \times 10^{-5} (\text{鐵} \times \text{Eh 下降速率})$  ( $R^2 = 0.7859$ )，對米飯均衡度之土壤管理模式則為 $y = 0.1044 + 5.52 \times 10^{-3} (\text{有機質}) - 1.03 \times 10^{-4} (\text{鎂}) - 5.80 \times 10^{-5} (\text{Eh}) + 4.00 \times 10^{-8} (\text{鎂})^2 - 7.86 \times 10^{-5} (\text{鋅})^2$  ( $R^2 = 0.6619$ )，對白米粗蛋白含量之土壤管理模式為 $y = 6.7077 \times 0.265 (\text{有機質}) + 0.223 (\text{鋅}) - 0.0059 (\text{鋅})^2 + 1.00 \times 10^{-8} (\text{鈣})$  ( $R^2 = 0.6637$ )，其他對白米直鏈澱粉含量，有關各項碾米品質，米飯質地，及米飯各食味品評項目，包括米飯外觀、香氣、口味、黏性及硬性，均分別得到有意義（決定係數顯著）之土壤管理模式。由土壤管理模式綜合結果顯示透過合理的土壤管理，諸如增加土壤有機質，適度減少氮肥施用，提昇土壤氧化還原電位，並適度增加土壤中鉀、鐵和鋅的含量，均有助於提昇米質。

**關鍵詞：**米質、土壤管理模式、氧化還原電位、米飯食味品質、米飯均衡度。

### Effect of soil characteristics on rice quality. IV. Modeling for soil management.

Muh-Rong Su<sup>1</sup> and Shih-Shiung Chen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Agronomy, Taiwan Agricultural research Institute, Wufeng, Taiwan.

<sup>2</sup>Department of agronomy, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan.

**Abstract.** This experiment aimed on the modeling of soil management for production of good quality rice. Stepwise regression analyses were made for 17 soil physical, chemical, and fertility properties on 13 items of rice qualities collected from 90 locations of paddy fields at central Taiwan from 1989 to 1991. The model for over all eating quality of cooked

rice is  $y = -0.0357 + 3.03 \times 10^{-2} (OM \times Zn) - 3.16 \times 10^{-5} (N \times Zn) + 6.00 \times 10^{-8} (Ca \times Fe) - 9.56 \times 10^{-5} (Mg \times Zn) + 1.62 \times 10^{-5} (Fe \times Ehs)$  ( $R^2 = 0.7859$ ). The model for balance of cooked rice is  $y = 0.1044 + 5.52 \times 10^{-3} (OM) - 1.03 \times 10^{-4} (Mg) - 5.80 \times 10^{-5} (Eh) + 4.00 \times 10^{-8} (Mg)^2 - 7.86 \times 10^{-5} (Zn)^2$  ( $R^2 = 0.6619$ ). The soil management model for the protein content is  $y = 6.7077 - 0.265 (OM) + 0.223(Zn) - 0.0059 (Zn)^2 + 1.00 \times 10^{-8} (Ca)$  ( $R^2 = 0.6637$ ). The model of soil management for amylose content, milling qualities, cooked rice texture, sensory evaluation of cooked rice including appearance, aroma, flavor, cohesion and hardness are also obtained. Through these models, it is suggested that application of organic matter, adequately reducing nitrogen fertilizer, promotion of redox potential and availability of soil potassium, iron and zinc, are essential for the production of better quality rice.

**Keywords:** Rice quality, Soil management model, Redox potential, Eating quality, Balance of cooked rice.

## 前言

以往本省稻作生產及消費需求主要著重於產量之增加，目前則已逐漸轉變為品質之提升。良質米生產是否仍可沿用目前栽培管理方式，或需重新釐定栽培管理制度，尚待進一步探討。稻米品質為一種十分複雜的特性，水稻整個生育期乃至收穫後乾燥調製等過程，外在環境變異極大，土壤雖確知與米質有關，影響程度則依不同之米質性狀而異。Hou等(1988)指出，土壤質地對米質影響程度因米質性狀而異，Matsue (1993)探討環境因子中，產地土壤特性影響米飯食味，其中日本黑土區土壤生產之白米氮素含量過高，米飯食味有低下的趨勢。Chen等(1994a)曾就土壤母質探討對米質的關係，並歸納本省中部地區以黏板岩新沖積土生產的稻米食味及均衡度較佳，紅壤及砂頁岩老沖積土生產之稻米米質較差。在土壤肥力方面，全氮、交換性鎂、鋅含量較低，鉀含量較高的土壤可望生產食味及均衡度較佳的稻米(Chen et al. 1994b)。

本試驗目的在探討改善稻米品質之土壤管理模式，瞭解重要土壤因子及不同土壤因子的交感作用如何影響各項米質成分，以及影響的重要程度，做

為選擇栽培良質米之適當土壤，及改進良質米生產肥培管理技術之參考。

## 材料與方法

本試驗自1989年二期作至1991年二期作共三年五期作，於本省中部地區90處稻田，進行良質米栽培及土壤特性（包括土壤母質、化學性質、物理性質及肥力等）調查。水稻採用良質米品種台農70號及台中189號，栽培管理及施肥依一般慣行法，水稻成熟後每處採樣三點，每點收穫100株，經乾燥調製至水分含量14.5%，進行米質分析。水稻生育後期進行土壤採樣，每處稻田逢機採二十點以上，經風乾混合後，進行土壤分析。

土壤pH：水、土比為1:1，以玻璃電極測定(Van Lierop 1990)。土壤有機質：土壤樣品加入1N  $K_2Cr_2O_7$ 溶液及95-97%濃硫酸，充分作用並冷卻後，再以0.5N  $FeSO_4$ 滴定(Walkley and Black 1934)。土壤全氮：土壤樣品經以濃硫酸分解，加入10N NaOH蒸餾，以2%硼酸收集氨氣，最後以0.01N硫酸滴定(Bremner 1965)。土壤有效性磷：土壤樣品加入0.5N鹽酸及氟化銨( $NH_4F$ )混合液萃

取，與硝酸銨溶液反應後，再以還原劑氯化亞錫還原，最後以光電比色計波長660nm測定(Olson and Sommers 1982)。另土壤樣品以1N醋酸銨(pH7.0)振盪30分鐘後過濾，交換性鉀以火焰光度計測定，交換性鈣、鎂以原子吸光儀測定(Page et al. 1982)。有效性鐵、錳、銅、鋅：土壤樣品以0.1N HCl振盪40分鐘萃取，再以原子吸光儀測定(Viets and Lindsay 1983)。

土壤穿刺阻力：在分蘗盛期土壤曬田後，重行灌溉前，以土壤穿刺阻力計(Hogentogler, Model P.O.Drawer 2219)測量土壤剖面30公分深度內每3公分之穿刺阻力。水田滲漏速率：在水稻生育期間，土壤灌水情況下，以自製黃金電極測定一定時間內，水分往下滲漏之速率。土壤氧化還原電位：以自製白金電極插入土中，深度約8公分，待平衡24小時後，測電動勢(emf)，並換算土壤氧化還原電位，參考電極為4M氯化銀電極，並根據連續一週測值變化估算迴歸係數，換算氧化還原電位下降速率。灰斑層深度：以土鑽採取土壤剖面140公分深度內每20公分之土樣，置於剖面盒內觀察並檢算灰斑層出現深度。水稻根活性：在水稻齊穗期，採稻根以TTC法(Sagami and Fujimaki 1960)測定根活性。

由台中區農業改良場米質研究室協助各項米質分析工作，白米化學性質中測定直鏈澱粉及粗蛋白質含量，其中直鏈澱粉含量採用簡易直鏈澱粉分析法測定(Juliano 1971)，粗蛋白質含量以近紅外線自動分析儀(NIR)測定。米飯物理性質：以Texturometer測定米飯物理性，測定項目為硬度(H)、粘度(-H)、均衡度(-H/H)、凝集性(A2/A1)及附著性(A3)等。食味評估：以合格品評員六人以上組成之品評團，對米飯進行品評試驗，品評項目包括外觀(Appearance)、香味(Aroma)、口味(Flavor)、粘性(Cohesion)及硬性(Hardness)。

以上述調查之17個土壤因子分別對13個稻米品質項目進行逐步迴歸分析，17個土壤變數同時考慮因子間之交互作用及二次項，統計分析以SAS (SAS Institute 1988)套裝軟體中的Reg程序，Stepwise選項，變數進入及剔除設定 $\alpha=0.05$ 。

## 結果與討論

白米化學性質選擇粗蛋白質含量及直鏈澱粉含量做為討論之對象，因Liu等(1988)指出，白米粗蛋白質含量與米飯烹調及食品品質有關，且高蛋白含量之稻米易造成米飯碎裂，口感較差(Hsu and Song 1988)。本試驗逐步迴歸分析結果顯示，對米粒粗蛋白質之土壤管理模式為 $y = 6.7077 - 0.265 (OM) + 0.223 (Zn) - 0.0059 \times (Zn)^2 + 1.00 \times 10^{-8} (Ca)$  ( $R^2 = 0.6637$ ，表一)，土壤交換性鋅的一次及二次項皆明顯影響稻米粗蛋白質含量。有機質可以降低蛋白質含量，與Chen et al.(1997)指出增加土壤有機質有助於降低米飯硬性結果一致。鋅之影響為二次曲線，隨土壤交換性鋅含量之增加，生產之稻米粗蛋白質含量提高，但土壤交換性鋅含量太高時，則生產之稻米粗蛋白質含量不再增加。

土壤有機質對米粒粗蛋白質有負面的效果，有機質似有抑制土壤鋅的過度吸收，而降低米粒粗蛋白質合成之功能。Lee (1992)指出土壤有機質含量與土壤鋅含量有相反的趨勢。Price et al. (1972)指出，鋅與植物氮素代謝有密切關係，缺鋅植株所含之RNAase活性較正常植株為高，顯示鋅可能與RNA代謝有關，而影響蛋白質合成。但土壤交換性鋅含量太高，生產之稻米蛋白質反而降低，則可能由於毒害或抑制其他元素吸收所造成。

又因國人喜食粘性較強之米飯，因此較低直鏈澱粉含量之稻米較受喜愛，具有較廣的消費群。直鏈澱粉的合成，主要受遺傳因子控制(Kuo and

Hsieh 1982; Heda and Reddy 1986), 而環境因子也會影響直鏈澱粉含量高低(Gomez 1979; Bhattacharya 1979)。本研究探討土壤環境對米粒直鏈澱粉含量的影響, 經由逐步迴歸分析得到之土壤管理模式為  $y = 18.7237 + 0.276 (\text{Root Ac.}) + 0.109 (\text{Eh}) - 9.30 \times 10^{-7} (\text{Mg} \times \text{Fe}) - 0.0328 (\text{pH} \times \text{Ehs})$  ( $R^2 = 0.4272$ , 表二), 影響直鏈澱粉含量之土壤因子中, 根活性及氧化還原電位較高時, 皆會造成稻米直鏈澱粉含量提高, 但又同時受到氧化還原電位下降速率(Ehs)與pH交互影響, 氧化還原電位屬土壤物理化學特性, 根活性則代表根系代謝及

吸收能力, pH與營養元素有效性有關, 因此土壤環境對直鏈澱粉的影響係一種綜合作用。但決定此一模式之解釋能力似乎偏低( $R^2 = 0.427$ ), 可能還受到品種、氣候等其他更重要因素之影響。

由於米飯質地主要描述人類口腔對米飯咀嚼之感覺, 因此利用儀器測定米飯物理性, 可以模擬口腔對米飯之咀嚼感。本試驗採取質地分析儀測得之三種介量—均衡度、凝集性及附著性, 用以描述米飯物理性質。土壤性質對米飯均衡度之迴歸分析結果得到之模式為  $y = 0.1044 + 5.52 \times 10^{-3} (\text{OM}) - 1.03 \times 10^{-4} (\text{Mg}) - 5.80 \times 10^{-5} (\text{Eh}) + 4.00 \times 10^{-8}$

**Table 1.** Stepwise regression for crude protein of rice on soil properties.

S.O.V.	df	S.S.	M.S.	F	Prob>F	Model R <sup>2</sup>
Regression	4	21.895	5.474	27.63	0.0001	0.6637
Error	56	11.093	0.198			
Lack of fit	46	9.687	0.211	1.49ns.		
Pure error	10	1.406	0.141			
Intercept	Variable entered	Parameter estimate	Standard error	Partial F		
6.7077	O.M.	$-2.65 \times 10^{-1}$	$6.11 \times 10^{-2}$	15.53		
	Zn	$2.23 \times 10^{-1}$	$5.15 \times 10^{-2}$	40.50		
	Ca <sup>2</sup>	$1.00 \times 10^{-8}$	0.00	14.70		
	Zn <sup>2</sup>	$-5.88 \times 10^{-3}$	$2.42 \times 10^{-3}$	5.91		

**Table 2.** Stepwise regression for amylose of rice on soil properties.

S.O.V.	df	S.S.	M.S.	F	Prob>F	Model R <sup>2</sup>
Regression	4	141.56	35.39	10.44	0.0001	0.4272
Error	56	189.79	3.39			
Lack of fit	46	152.71	3.32	0.89ns.		
Pure error	10	37.08	3.71			
Intercept	Variable entered	Parameter estimate	Standard error	Partial F		
18.7237	Root Ac.	$2.76 \times 10^{-1}$	$8.44 \times 10^{-2}$	9.64		
	Eh	$1.09 \times 10^{-2}$	$2.45 \times 10^{-3}$	8.15		
	Mg × Fe	$-9.30 \times 10^{-7}$	$2.70 \times 10^{-7}$	8.18		
	pH × Ehs	$-3.28 \times 10^{-2}$	$1.13 \times 10^{-2}$	8.39		

Root Ac.: Root activity. Eh: Initial redox potential. Ehs: Slope of redox potential declined.

$(\text{Mg})^2 - 7.86 \times 10^{-5} (\text{Zn})^2$  ( $R^2 = 0.6619$ , 表三), 均衡度係米飯黏度(-H)與硬度(H)的比值(-H/H), 根據Okaba (1979)理論, 米飯入口性與均衡度有很大關係。上述模式中影響米飯均衡度最主要的土壤因子為鎂及鋅的二次項(淨F值分別為37及17.5), 以及有機質。Chen et al. (1994b)調查土壤肥力顯示, 交換性鎂及鋅對稻米品質之關係密切, 此處再度證實有機質及鋅對米質之重要影響。此外, 氧化還原電位及鎂含量較高土壤, 生產之稻米均衡度皆降低, 對米質有不良影響。

米飯食味品評之總評一項, 乃根據品評員對米飯之整體表現加以評分。各土壤變項中, 對米飯食味總評具有顯著影響而進入迴歸方程式者皆為交感項, 其模式為 $y = -0.0357 + 3.03 \times 10^{-2} (\text{OM} \times \text{Zn}) - 3.16 \times 10^{-5} (\text{N} \times \text{Zn}) + 6.00 \times 10^{-8} (\text{Ca} \times \text{Fe}) - 9.56 \times 10^{-5} (\text{Mg} \times \text{Zn}) + 1.62 \times 10^{-5} (\text{Fe} \times \text{Ehs})$  ( $R^2 = 0.7859$ , 表四)。

其中以鎂×鋅的淨F值最大, 達72.4。由迴歸分析結果顯示, 土壤有效鋅與有機質、全氮、交換性鎂交感效應下, 對食味總評具有重大的影響。其中除與有機質交感具有正面影響外, 其餘二者之交感則為負面影響。鎂離子除構成葉綠體之主成份

外, 尚擔任PCR cycle中質子由葉綠體基質進入類囊體空腔(lumen)之交換者(Heldt, 1979); 另外, 鎂離子亦是Rubisco的活化物質(Lawlor, 1987), 及Pi的轉移並調節ADPG之形成(Preiss et al., 1985), 最後可能扮演影響澱粉累積之重要角色, 鎂與鋅含量皆高時, 可能由於兩者促進穀粒澱粉快速合成, 累積速率過快, 造成澱粉構造疏鬆, 並合成過量蛋白質而影響米飯質地。Chaudhr et al. (1977)指出, 浸水土壤增施氮肥可同時提高土壤有效鋅, 主要因為銨態氮肥可提高鋅的溶解度, 並提高根系吸收效率。因此, 土壤全氮過高, 可能間接導致鋅的有效性提高, 並造成米粒粗蛋白累積較多, 影響米飯食味。Mikkelsen and Kuo (1977)指出, 水田土壤有機質含量高, 造成有效鋅含量低, 水稻吸收的鋅相對減少。有機質使氧化還原電位降低, 嫌氣分解時形成較多的 $\text{CO}_2$ 及大量 $\text{HCO}_3^-$ 以及多種有機酸, 這些化合物或離子都會導致水稻鋅吸收減少。

除了上述四個主要描述米質特性的分析項目外, 其餘碾米品質、米飯物理性及食味品評項目之迴歸模式均詳列如表五。由於稻米碾米品質易受到品種、氣候、收穫調製等因子影響, 故相形之下,

**Table 3.** Stepwise regression for balance of cooked rice on soil properties.

S.O.V.	df	S.S.	M.S.	F	Prob>F	Model R <sup>2</sup>
Regression	4	0.0253	0.0051	21.54	0.0001	0.6619
Error	56	0.0129	0.0002			
Lack of fit	46	0.0057	0.0001	0.18ns.		
Pure error	10	0.0072	0.0007			
Intercept	Variable entered	Parameter estimate	Standard error	Partial F		
0.1044	O.M.	$5.52 \times 10^{-3}$	$2.05 \times 10^{-3}$	8.67		
	Mg	$-1.03 \times 10^{-4}$	$2.54 \times 10^{-5}$	37.00		
	Eh	$-5.80 \times 10^{-5}$	$2.10 \times 10^{-5}$	5.02		
	Mg <sup>2</sup>	$4.00 \times 10^{-8}$	$2.00 \times 10^{-8}$	6.17		
	Zn <sup>2</sup>	$-7.86 \times 10^{-5}$	$2.43 \times 10^{-5}$	17.50		

**Table 4.** Stepwise regression for overall sensory evaluation of cooked rice on soil properties.

S.O.V.	df	S.S.	M.S.	F	Prob>F	Model R <sup>2</sup>
Regression	5	17.659	3.532	40.37	0.0001	0.7859
Error	55	4.812	0.087			
Lack of fit	45	0.692	0.015	0.04ns.		
Pure error	10	4.120	0.412			
Intercept	Variable entered	Parameter estimate	Standard error	Partial F		
-0.0357	O.M. × Zn	$3.03 \times 10^{-2}$	$5.10 \times 10^{-3}$	9.08		
	N × Zn	$-3.16 \times 10^{-5}$	$9.20 \times 10^{-6}$	20.13		
	Ca × Fe	$6.00 \times 10^{-8}$	$1.00 \times 10^{-8}$	9.44		
	Mg × Zn	$-9.56 \times 10^{-5}$	$1.20 \times 10^{-5}$	72.40		
	Fe × Ehs	$1.62 \times 10^{-5}$	$5.77 \times 10^{-6}$	7.92		

**Table 5.** Stepwise regression for rice quality on soil properties.

Rice quality		Equation	Model R <sup>2</sup>
Milling quality	Brown rice percentage	$Y = 82.75 + 5.81 \times 10^{-3}(\text{Eh}) - 5.06 \times 10^{-5}(\text{Mg} \times \text{Zn}) - 2.71 \times 10^{-2}(\text{pH} \times \text{Ehs})$	0.3644
	Head rice percentage	$Y = 64.31 + 6.98 \times 10^{-4}(\text{P}^2) + 5.42 \times 10^{-4}(\text{pH} \times \text{Fe}) - 1.21 \times 10^{-4}(\text{P} \times \text{Mg})$	0.3703
Physical properties of cooked rice	Cohesiveness	$Y = 0.83 + 2.25 \times 10^{-6}(\text{Ca}) + 2.90 \times 10^{-3}(\text{RA}) + 1.18 \times 10^{-4}(\text{Eh}) - 1.82 \times 10^{-3}(\text{Pe})$	0.4115
	Adhesiveness	$Y = 0.23 - 2.97 \times 10^{-4}(\text{Mg}) - 2.04 \times 10^{-4}(\text{Eh}) - 1.00 \times 10^{-8}(\text{N}^2) + 1.50 \times 10^{-7}(\text{Mg}^2) - 4.12 \times 10^{-4}(\text{Zn}^2) + 1.82 \times 10^{-3}(\text{OM} \times \text{Zn})$	0.6857
Sensory evaluation of cooked rice	Appearance	$Y = 1.85 - 7.44 \times 10^{-1}(\text{pH}) + 2.21 \times 10^{-1}(\text{OM}) - 1.87 \times 10^{-4}(\text{N}) + 6.66 \times 10^{-2}(\text{pH}^2) - 9.70 \times 10^{-6}(\text{K} \times \text{Mn}) - 3.77 \times 10^{-5}(\text{Mg} \times \text{Zn})$	0.7261
	Aroma	$Y = 1.40 \times 10^{-2}(\text{OM} \times \text{Zn}) - 6.46 \times 10^{-6}(\text{K} \times \text{Mn}) - 6.01 \times 10^{-5}(\text{Mg} \times \text{Zn}) - 2.17 \times 10^{-6}(\text{Mn} \times \text{Eh}) + 2.50 \times 10^{-5}(\text{Fe} \times \text{Ehs}) + 1.68 \times 10^{-3}(\text{RA} \times \text{Pe})$	0.7912
	Flavor	$Y = -0.02 + 3.03 \times 10^{-2}(\text{OM} \times \text{Zn}) - 3.27 \times 10^{-5}(\text{N} \times \text{Zn}) + 6.00 \times 10^{-8}(\text{Ca} \times \text{Fe}) - 9.24 \times 10^{-5}(\text{Mg} \times \text{Zn}) + 1.37 \times 10^{-5}(\text{Fe} \times \text{Ehs})$	0.7925
	Cohesion	$Y = -0.20 + 2.57 \times 10^{-1}(\text{OM}) - 1.73 \times 10^{-4}(\text{N}) + 2.78 \times 10^{-2}(\text{Ehs}) - 8.63 \times 10^{-6}(\text{K} \times \text{Mn}) + 5.00 \times 10^{-8}(\text{Ca} \times \text{Fe}) - 7.02 \times 10^{-5}(\text{Mg} \times \text{Zn})$	0.7463
	Hardness	$Y = 0.26 - 1.72 \times 10^{-1}(\text{OM}) + 1.98 \times 10^{-4}(\text{N}) + 1.58 \times 10^{-4}(\text{pH} \times \text{Eh}) + 8.70 \times 10^{-6}(\text{K} \times \text{Mn}) - 5.12 \times 10^{-6}(\text{Ca} \times \text{Zn}) + 5.32 \times 10^{-5}(\text{Mg} \times \text{Zn})$	0.6888

RA.: Root activity. Eh: Initial redox potential. Ehs: Slope of redox potential declined. Pe: Penetration resistance.

土壤因子對碾米品質之影響可能較輕微。因此，模式中土壤因子對糙米率及完整米率影響的解釋率不及40%（迴歸方程式之決定係數皆在40%以下），

但仍大略可看出，氧化還原電位較高，通氣好的土壤，水稻根系可能較健全，養分吸收正常，而可以生產糙米率較高之稻米。

在土壤性質對米飯凝集性之迴歸分析結果，大部分影響之土壤因子皆與土壤物理性有關，因此，影響米飯凝集性之土壤特性應以土壤物理性為主。氧化還原電位以及根活性較高，穿刺阻力較低之土壤，生產之米飯凝集性較高。顯示土壤質地疏鬆，排水良好，有助於改善稻根活性，可望提高米飯凝集性，提高米質。在土壤特性對米飯附着性之迴歸分析結果，獲知影響米飯附着性較重要之土壤因子為鎂及氧化還原電位（淨F值未列），二者皆為負面的影響。

食味品評外觀一項乃根據品評員對米飯外觀之色澤、整齊性等做一評斷。迴歸分析結果，對米飯外觀之迴歸方程式導入之土壤因子為pH一次項及二次項，有機質、全氮、鉀與鎂之交感、及鎂與鋅之交感，此一方程式顯示，影響米飯外觀最主要之土壤因子為交換性鎂與鋅之交感，並為負面影響（淨F值=54.45）；其次是土壤有機質，呈正面影響（淨F值=12.64）。另外，pH對米飯外觀之影響包括一次及二次效應。

米飯香味是各種芳香類化合物之綜合表現，根據迴歸分析結果，其中以鎂與鋅之交感，對米飯香味具有最大之負面影響力（淨F值=62.21），有機質與鋅之交感次之。此外，鐵、氧化還原電位下降速率等交感項亦扮演重要影響米飯香味之角色。

米飯口味為品評員依據米飯入口咀嚼之口腔感覺，逐步迴歸分析結果，其中鎂與鋅、全氮與鋅及有機質與鋅之交感，對於米飯口味具重大影響（淨F值皆大於10），因此，土壤有效鋅仍是影響米飯口味的重要因子，而且是不良的影響。此外，鐵與鈣、鐵與氧化還原電位下降速率之交感，亦可以影響米飯口味，使口味評分提高。Lee (1992)指出，土壤還原物質所引起的土壤氧化還原電位的變化，其肥力意義在於引起某些營養元素形態的轉化而間接影響水稻生長。較大的氧化還原下降速率與鐵交

感項，顯示土壤吸附能力較大之亞鐵離子大量出現，並使原先被土壤粒子吸附之鈣鉀離子轉入土壤溶液，而提高該等陽離子之有效性。此外，氧化還原電位較低可能增加土壤粒子對 $Zn^{2+}$ 的吸附，使鋅的有效性降低，可能因而減少水稻對鋅的吸收而有利於米質的改進。

就影響米飯粘性之土壤因子，包括有機質、全氮、氧化還原電位下降速率、鉀與鎂、鈣與鐵、鎂與鋅之交感等。其中鎂與鋅交感項負面影響最大（淨F值=60.04），其次是有機質具有正面的影響。顯示有機質含量較高、全氮含量較低，及氧化還原電位下降速率較快之土壤，生產之稻米有較好的粘性，可能提昇米飯均衡度，有助於生產較適合國人口味之良質米，此點可以作為生產良質米土壤肥力管理之參考。

品評項目除口味、粘性外，硬性亦屬於一種口腔感覺，硬性是口腔咀嚼時之壓力。國人普遍偏好質軟之米飯，硬性太高的米飯一般被認為是口感差者，較不易被民眾接受。其中影響米飯硬性最大者為鎂與鋅之交感作用，二者濃度太高將增加米飯硬性，使食味不適合國人口感。有機質含量增加則可降低米飯硬性，可以提高米飯入口性。由粘性及硬性之迴歸分析，均顯示土壤有機質增加可以提高米飯粘性，降低硬性。土壤全氮則扮演相反的作用，全氮含量高則降低米飯粘性，增加硬性，結果極為一致。

上述各項土壤因子對食味品評逐步迴歸分析的結果顯示：土壤交換性鎂與鋅之交感作用是影響米飯食用品質低下的主要因子，該項交感除硬性項目之迴歸係數為正值外，其餘皆為負值。影響米飯食味的土壤性質主要在於土壤化學肥力因子。並且除有機質有提昇米質之效果外，上述肥力因子含量較低時，米飯食味有促進之效果。Mikkelsen and Kuo (1977)指出，有機質含量高的水田土壤，有效

鋅含量較低，主要是有機質使氧化還原電位降低，更加重鋅的吸附固定，使水稻吸收鋅量少，有助於米質的提昇。另一方面，上述土壤元素含量過高，養份蓄積過量，水稻生育及代謝旺盛，可能造成澱粉合成速率過快，組織疏鬆而影響米飯質地，或蛋白質累積過多，進而影響米飯食味低下。試驗結果諸多模式亦顯示，影響稻米品質之因素眾多，且其間交互作用亦極為複雜，值得進一步試驗以驗證模式之可靠性，供改善台灣良質米栽培之參考。

### 參考文獻

- Bhattacharya, K. R. (1979) Gelatinization temperature of rice starch and its determination. *In: Proceedings of the Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality.* pp. 231-249. IRRI, Los Banos, Philippines.
- Bremner, J. M. (1965) Total nitrogen, inorganic forms of nitrogen, organic forms of nitrogen, nitrogen availability indexes. *In: Methods of Soil Analysis, Part 2.* (ed. by Black, C.A. et al. ) pp. 1149-1255, 1324-1348. Agronomy Am. Soc. Agron., Inc., Medison, Wis.
- Chaudhry, F. M., Kausar, M. A., Rashid, A. and Rakmatullah. S. (1977) Mechanism of nitrogen effect on zinc nutrition of floated rice. *Plant & Soil* 46:649-654.
- Chen, S. S., Su, M. R., Hwang, J. C. and Song, S. (1994a) Effects of soil characteristics on eating quality of rice. 1. Quality and balance of cooked rice as affected by soil parental materials. *Chinese Agron. J.* 4:173-181.
- Chen, S. S., Su, M. R., Hwang, J. C. and Song, S. (1994b) Effects of soil characteristics on eating quality of rice. 2. Quality and balance of cooked rice as affected by soil fertility. *Chinese Agron. J.* 4:183-195.
- Gomez, K. A. (1979) Effect of environment on the protein content and amylose content of rice. *In: Proceedings of the Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality.* pp. 59-60. IRRI, Los Banos, Philippines.
- Heda, G. D. and Reddy, G. M. (1986) Studies on the inheritance of amylose content and gelatinisation temperature in rice (*Oryza Sativa* L.). *Genet. Agr.* 40:1-8.
- Heldt, H. W. (1979) Light-dependent changes of stomatal  $H^+$  and  $Mg^{2+}$  concentration controlling  $CO_2$  fixation. *In: Photosynthesis II. Encyclopedic of plant physiology, New Series. Vol.6* (ed. by Gibbs, M. and Latzko, E. ) pp. 202-207. Springer. Verlag, Berlin.
- Hou, F. F., Hong, M. C. and Song, S. (1988) The effect of soil texture on rice quality. *In: Proceeding of Symposium on Rice Grain Quality.* (ed. by Song, S. and Hong, M. C.) pp. 232-241. Taichung District Agricultural Improvement Station. R. O. C.
- Hsu, A. N. and Song, S. (1988) Relation between palatability evaluations of cooked rice and physicochemical properties of rice. *In: Proceeding of Symposium on Rice Grain Quality.* (ed. by Song, S. and Hong, M. C.) pp. 91-104. Taichung District Agricultural Improvement Station. R. O. C.
- Kuo, Y. C. and Hsieh, S. C. (1982) Improvement of grain quality in rice. 2. Genetical studies on gel consistency and amylose content. *J. Agric. Res. China* 32:14-22.
- Lawlor, D. W. (1987) Photosynthesis: metabolism, control, and physiology. p.127-137. John Wiley and Son, Inc., New York.
- Lee, C. K. (1992) The Paddy Soils of China. p. 391-398. The Science Publisher, China.
- Matsue, Y. (1993) The effects of environmental conditions on palatability and physicochemical properties of rice and the evaluation of good eating quality rice varieties. p. 49-64. Special Bulletin of the Fukuoka Agricultural Research Center No.6.
- Mikkelsen, D. S. and Kuo, S. (1977) Zinc fertilization and behavior in flooded soils. Special Publication NO.5. Common Wealth Bureau of Soils. Harparden.
- Okaba, M. (1979) Texture measurement of cooked rice and its relationship to the eating quality. *J. Texture Studies* 10: 131-152.
- Olson, S. R. and Sommers, L. E. (1982) Phosphorus.

- In: Methods of Soil Analysis - Part 2* (ed. by Page, A. L. et al.) pp. 403-430. Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. ASA, CSSA, SSSA, Medison, Wis.
- Page, A. L., Miller, R. H. and Keeney, D. R. (1982). *Methods of Soil Analysis*, p. 225-262. Part 2, 2nd ed. ASA.
- Preiss, J., Robinson, N., Spilatro, S. and Menamara, K. (1985) Starch synthesis and its regulation. *In: Regulation of carbon partitioning in photosynthetic tissue*, (ed. by L.H. Robert and J. Preiss) pp. 1-26. Am. Soc. Plant Physiol. Rockville, Maryland.
- Price, C. A., Clark, H. E. and Funkhouser, H. E. (1972) Function of micronutrients in plants. *Micronutrient in Agriculture* p. 731-742. S. S. A.
- Sagami, I. and Fujimaki, K. (1960) Methods for measuring the root activity by TTC. *Agric. Hort.* 35:1345-1346.
- SAS Institute. (1988) SAS/STAT User's guide, 6.03 ed. SAS Institute, Cary, NC.
- Van Eriop, W. (1990) Soil pH and lime requirement determination. *In: Soil Testing and Plant Analysis*, 3rd (ed. by Wasterman, R. L.) pp. 73-89. SSSA, No. 3. Madison, Wis.
- Viets, F. G. Jr., and Lindsay, W. L. (1983) Testing soils for zinc, copper, manganese, and iron. *In: Soil Testing and Plant Analysis*, (ed. by Walsh, L. M. and Beaton, J. D.) pp. 153-172. SSSA, Madison, Wis.
- Walkly, A., and Black, I. A. (1934) An examination of the Degjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37:29-38.

—————  
 投稿日期：86年2月13日

接受日期：86年4月29日

編者：高錕

刊址：華南農學院 電話：04-3302301 • 傳真：

04-3302806