

水稻香味及米粒品質突變體之篩選¹

吳永培^{2,5} 柯佩怡² 曾東海³ 王強生⁴

摘 要

吳永培、柯佩怡、曾東海、王強生。2007。水稻香味及米粒品質突變體之篩選。台灣農業研究 56:121~133。

本研究目的在篩選特殊香味及米粒品質之突變體，期能增加水稻香味類型與提昇食用品質，及提供未來水稻相關研究利用。試驗採用水稻品種台農嘉農育 911303 號經 ethylmethane sulfonate (EMS) 誘變之約 1000 個 M5 及 M6 突變系為材料，經篩選結果發現利用 EMS 可誘發香味發生變化，在突變後代中可篩出強香、中香、微香及無香等四種不同香味程度的品系，尤其香味檢定過程中亦發現 8 個有別於芋頭香味的突變系，結果顯示利用化學誘變可擴大目前栽培稻的香味類型，增加香味種類及強度。在米粒品質的檢定中發現，利用 EMS 誘變可誘發粗蛋白質、脂肪酸含量及食味值產大量的變異，蛋白質含量介於 4.8~10% 之間，脂肪酸含量介於 7.7~19.2 mg/100 g KOH 之間，食味值介於 48~69 之間，味度值介於 43~80 之間，可作為選育高品質良質米品種之用。而在不同香味等級材料中則發現強香型突變系其食味與中香、微香及無香型間有明顯的差異存在，可由此突變材料選出具有不同香味及食味佳之良質米品系。

關鍵詞：香味水稻、突變、米質。

前 言

稻作為我國目前生產面積與產值最大之農作物，近年來因台灣經濟的快速發展，國民生活水準的提升，使得米食消費由「量」的時代轉為「質」的要求，使得優質稻米的需求日愈殷切。而稻米品質可區分為市場品質及食用品質二大項，其中食用品質一般包含烹調品質 (cooking quality)、食用品質 (eating quality)、米粒理化特性等之間接測定品質 (indirected determination of quality)、營養品質 (nutrition quality)、貯藏米或米老化 (aging) 等五項 (Juliano 1985b)，顯示品質特性的內容及範圍相當廣泛。至於目前國產稻米在食用品質上則主要著重於食味官能品評特性、直鏈澱粉 (amylose) (Chikubu *et al.* 1983)、蛋白質 (Wu *et al.* 1999)、鹼性擴散值 (alkali spreading value)、凝膠展延性 (gel consistency) (Juliano 1985)、米飯質地 (Hsu *et al.* 2005; Wu *et al.* 2003a, 2002a; Chikubu *et al.* 1983; Okabe 1979)、澱粉之黏度特性等 (Wu *et al.* 2003b; Hsu *et al.* 2003, 1997; Hsu & Wu 1998; Liu *et al.* 1988; Chikubu *et al.* 1983)。

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2283 號。接受日期：2007 年 4 月 25 日。

2. 本所嘉義分所助理研究員、約僱助理。台灣 嘉義市。

3. 本所副研究員。台灣 台中縣。

4. 國立中興大學 農藝系副教授。台灣 台中市。

5. 通訊作者，電子郵件：wuypei@dns.caes.gov.tw；傳真機：(05)2773630。

由於水稻種原的利用是影響水稻育種發展的重要因子，可利用誘變方式加以創造及產生變異，藉以突破特殊種原缺乏的困境。而水稻利用化學誘變劑進行誘變研究以 sodium azide (SA), ethylene imine (EI), ethyl methane sulphonate (EMS) 及 N-methyl-N-nitroso-urea (NMU) 等四種化學誘變劑最為常見，研究成果亦較為豐碩。其中應用 NMU 的誘變成果主要來自日本學者處理 Kinmaze 品種 (Satoh & Omura 1975; 1979)，研究報告指出可利用化學誘變劑 NMU 誘發稻米品質特性之突變，諸如蛋白質、貯藏性蛋白質、胺基酸、心白、大胚、粉狀質、澱粉特性、糯性、半糯性 (Kikuchi 1994; Wu & Lur 2002b)、高直鏈澱粉 (Okuno *et al.* 1983; Satoh & Omura 1981) 等，顯示利用誘變手段可以改變稻米品質特性的表現，是良質米選育及多樣化育種值得嘗試之途徑。

近年來國內亦嘗試利用誘變劑來創造及改良水稻，諸如農業試驗所利用疊氮化鈉誘變法產生 3,000 個台農 67 號突變品系，其中包括米粒顏色、米粒外觀、蛋白質含量及組成、脂肪酸、食味、直鏈澱粉、抗病蟲性、農藝特性等多種具有實用或學術研究價值的突變系 (Chou 2004; Chern & Huang 1984; Wang *et al.* 2002)。此外，農試所嘉義分所利用疊氮化鈉、EMS 及 N-methyl-N-nitroso-urea (NMU) 等三種化學誘變劑誘變台農 67 號、台農 72 號、台梗 8 號及台梗 9 號等國內栽培品種，結果亦得到相當多品質及營養特性上有高度利用價值的突變體，具有發展新特性的潛力 (Wu & Lur 2002b)。

稻米就其香味之有無，可區分為香米 (aromatic rice 或 scented rice) 及非香米 (一般稻米)，通常稻米煮成米飯時有香味，雖然香米品種栽培面積不大，然這類稻米已在中亞、歐洲和美國日益受到消費者喜愛，尤其在印度香米受到相當程度的歡迎，其市場價格常高於一般稻米。目前商業生產香米的主要輸出國家以印度、巴基斯坦及泰國最多，前二個國家以 Basmati-type 的香米為主，而泰國則以 Jasmine 品種的香米為主，至於其它國際市場上較重要的香米品種則以 Khao Dawk Mali 105, Siamati (泰國), Bahra (阿富汗), Sadri (伊朗), Della, Texamati 和 Kasmati (美國) 較多 (Singh *et al.* 2000)。

國內香米品種命名已十餘年，然消費層面僅侷限在都會區而已，未普遍受到重視使得香米的栽培面積及市場價格無法明顯突破及提高。而真正引起生產者及消費者認識香米應歸功於台農 71 號 (益全香米) 命名前的介紹與推廣，台農 71 號於民國 89 年命名後，因被認為是加入 WTO 後，挽救台灣稻米產業的唯一武器，使得農民對香米栽培開始產生興趣，因此近年來香米乃成為人民耳熟能詳之名詞 (Wu & Lur 2002a)。

目前香米之栽培還未普遍，可能原因除了是目前香米品種農藝性狀不佳、產量較低外，消費者對香米認識不足及香米用途未能充分開發等均有關係。不過由香味品系雜交組合中可成功選育高產香米品種結果來看，透過育種手段進行操作和轉移香味性狀是可行的，尤其香味檢定方法相當簡便，在雜交育種過程中，可選拔具高產、抗病蟲及良質的香味後代，藉以改善現有香米品種的缺失。唯水稻雜交育種過程中由於品質控制性狀相當複雜，後代常會偏向品質較差的親本，因此要同時考慮經濟產量、香味及品質特性的育種，實際執行上相當困難。若能挑選高產、抗病蟲性等均優良的誘變親，再利用僅誘發少數基因突變的誘變方式，在誘變後代中選育香味佳、品質好且又保留親本優良栽培特性的好材料，便可以此方式改良現有栽培稻品種的香味及品質表現。

材料與方法

供試水稻與誘變方法

以 Wu & Lur (2002b) 發表之 EMS 誘變法進行種子誘變，誘變親本嘉農育 911303 號。誘變後代連續進行 3 代的自交，每一誘變世代以單本植方式種植，而族群大小則維持 3,000 單株左右，成熟後以單株方式收穫，於 M4 世代族群中選拔 1,100 株優良單株作為研究材料。

獲選之 1,100 株優良單株分別於 2005 年 2 期 (M5) 及 2006 年 1 期 (M6) 種植於嘉義農業試驗分所試驗田，栽培管理方式採嘉義地區慣行法進行，每單株種植成系，每品系種植三行，每行 10 株，以台農 67 號及誘變親本為嘉農育 911303 號做為對照品種。

突變體香味分析

1100 個突變系依 Liu (1986) 之氫氧化鉀 (KOH) 分析方法評斷香味，即於水稻最高分蘗期取劍葉以下第二葉約 2 克的葉片為材料，利用 10 mL 之 1.7% 氫氧化鉀溶液於室溫下浸漬 10 分鐘，而後逐一打開立即聞香。不設重複。依香味濃淡將之區分為強香、中香、微香及無香等四個等級。

2005 年 2 期之突變系材料成熟時去除邊行逢機取中間單株 10 株混合收穫，經碾去稻殼及種皮糠層後，同樣再依 Liu (1986) 之方法調查白米香味的表現，初步區分為香、微香及無香三種等級。

突變體食用品質分析

食味計 (KETTAN-800) 品質分析：每品系取稻穀 150 克，碾製糙米後，利用碎米分離機篩去碎米，取 70 克糙米置入 AN-800 儀器中，選取國內糙米檢量線測定粗蛋白、脂肪酸、直鏈澱粉、水份及食味值。另依重量除去糙米外層 10%，所得之白米取 70 克置入 AN-800 儀器 (KETT) 中測定粗蛋白、水分、直鏈澱粉及食味值 (eating quality score of AN-800)。

味度計 (TOYO MA30) 品質分析：每品系白米秤取 33 克依機器測定方法進行食味推估值 (味度值；palatability score of MA-30) 測定，每樣品測定需時 15 分鐘。

結 果

香味突變體篩選及分析

利用嘉義分所嘉農育 911303 號香米品系經 EMS 誘變之 M4 族群進行優良單株選拔，獲選材料於 M5~M6 世代進行特殊香味突變體與米粒品質篩選，而 M4 誘變族群 (2005 年 1 期種植) 於田間約種植 3,000 株，由田間栽培發現此一誘變族群之個體在株高、成熟期、葉色、穗型及稔實情形上均有相當的差異存在，顯示已成功誘變嘉農育 911303 號。而根據田間 M4 族群的單株農藝特性表現選拔約 1,100 個單株供香味篩選利用。

於 2005 年 2 期作種植獲選之 1,100 個單株為 M5 品系，利用 1.7% 氫氧化鉀溶液法 (Liu 1986) 進行香味分析，依香味強弱區分成強香、中香、微香及無香等四個等級，結果發現在 994 個檢測品系葉片的香味分析中，強香型有 36 個，佔誘變品系的 3.6%；而中香型品系有 264 個，佔誘變品系的 26.6%；微香品系有 548 個，佔誘變品系的 55.1%；無香品系有 146 個，佔誘變品系的 14.7%，其中誘變親嘉農育 911303 號之香味介於微香或中香之間。至於香味類型區分則發現多為芋香、無香兩類型居多，而有兩個品系之香味清新，類似國外 basmati type 的香味 (表 1；圖 1)。由香味分析結果發現，EMS 誘變可誘發香味發生變異，但強香型的出現頻度較低，尤其是特殊香味突變體的

表 1. 特殊香味水稻突變體之香味類型及味度值

Table 1. Aroma types and palatability scores of some mutated rice lines of CNY911303

Line	Description of aroma	Type of aroma	Palatability score
SM93	Delicate fragrance	Medium	60
SM96	Delicate fragrance	Medium	63
SM240	Delicate fragrance	Medium	68
SM241	Odorous	Medium	64
SM358	Delicate fragrance	Weak	65
SM435	Delicate fragrance	Medium	69
SM468	Odorous	Weak	70
SM830	Delicate fragrance	Weak	67

比率相當低，誘變率僅 0.2% (表 1)。由於品系出現頻度低，若能擴大誘變族群，對於篩選特殊香味仍具相當的可能性，唯需花費相當人力及物力方能將這些突變體篩選出來。

2006 年 1 期重複進行嘉農育 911303 號突變系 (M6) 葉片香味分析，結果發現在 1031 個突變系中，表現強香型者有 47 個品系，佔誘變品系的 4.6%；中香型之品系有 313 個，佔誘變品系的 30.4%；微香型之品系有 622 個，佔誘變品系的 60.3%；無香型之品系有 49 個，佔誘變品系的 4.8% (圖 1)。至於依香味類型區分則同樣發現多為芋香、無香兩類型，但有 8 個品系香味表現特殊，其中有 6 個香味清新，類似國外 basmati type 的香味，而這 6 個品系香味屬中有 4 個品系之香味屬於中香型，味度值的表現介於 60-68 之間；其餘 2 個品系之香味則屬於微香型，味度值分別為 65 和 68；另有 2 個品系的葉片香味散發類似中藥的氣味，由於氣味並不宜人，因此歸屬於難聞的氣味 (圖 1；表 1)。

食用品質分析

突變系除香味表現是吾人所期待的，然真正影響商業生產價值的仍取決於食用品質的表現，2005 年 2 期檢定所有突變系食用品質，結果 1,002 個品系經碾成糙米後，利用食味計 AN-800 進行食味、粗蛋白質、直鏈澱粉及脂肪酸含量分析，其後再碾成白米以 AN-800 進行食味、粗蛋白質、直鏈澱粉及味度值分析。結果如圖 2~5 所示，其中糙米粗蛋白含量介於 6.1~10% 之間，約 4% 的變異範圍，其中較低蛋白質 (6.1~6.5%) 含量有 10 個，佔突變系 1%，而較高蛋白質 (>9.1%) 含量有 17 個，佔約 2% 左右 (圖 2)，顯示誘發高低蛋白質的變異比率並不高；白米粗蛋白含量介於 4.8~10% 之間，約 5.2% 的變異，其中蛋白質含量較低 (4.8~5.5%) 者有 35 個，佔突變系 3.5%，而蛋白質含量較高 (8.6~10%) 者有 16 個，佔約 1.6%，結果顯示誘發高低蛋白質的變異已有相當的範圍。食味值介於 48~69 之間；其中糙米食味值較高 (66~69) 的品系有 95 個，佔突變系 9%，可選拔出高食味值表現的材料。白米食味值高於 71 的品系有 290 個，佔突變系比率 29% 左右，其中有 13 個品系更高於 76 以上，顯示可藉此選出高食味值表現的材料 (圖 3)。

糙米脂肪酸含量介於 7.7~19.2 mg/100 g，其中低脂肪酸品系 (10 mg/100 g 以下) 有 4 個 (圖 4)。至於糙米直鏈澱粉含量介於 14.9~19.8% 之間，除 1 品系為 14.9% 較低外，其餘大部份品系僅介於 18.8~19.8%，由於多數品系僅有 1-2% 的變異，顯示差異不大。白米直鏈澱粉介於 14.3~19% 之間，

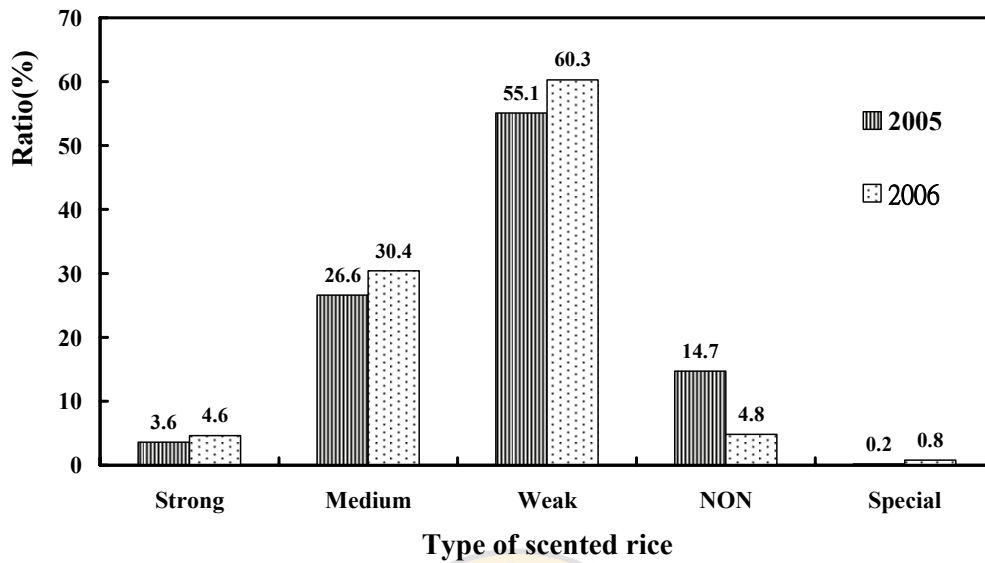


圖 1. 2005 年二期作及 2006 年一期作嘉農育 911303 號突變系不同香味類型比率分布。

Fig. 1. The ratio (%) of the different scented types of the mutated lines of CNY911303 rice planted in the 2nd crop season in 2005 and in the 1st crop season in 2006.

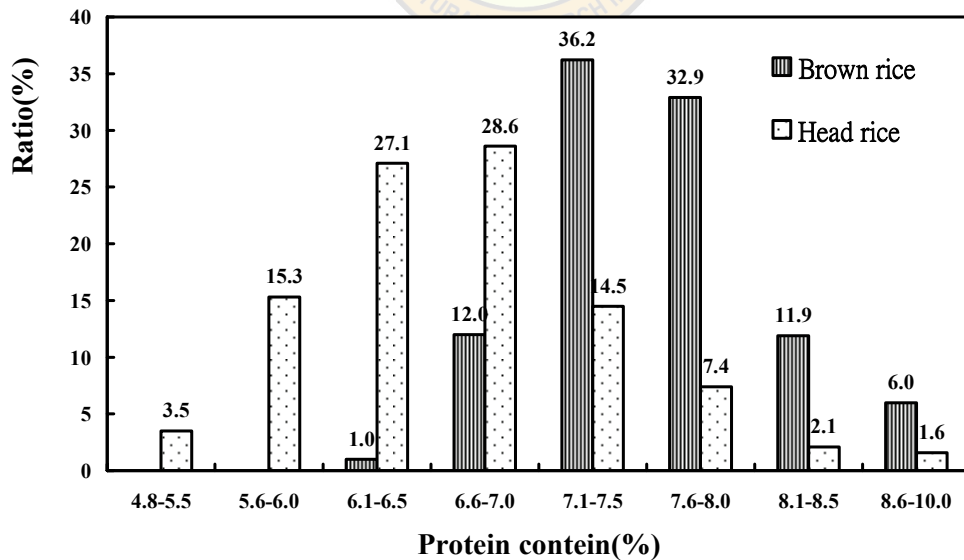


圖 2. 2005 年二期作嘉農育 911303 號突變系糙米及白米粗蛋白質含量 (%) 比率分布。

Fig. 2. The ratio of protein content (%) of brown and head rice of CNY911303 mutated rice lines planted in the 2nd crop season in 2005.

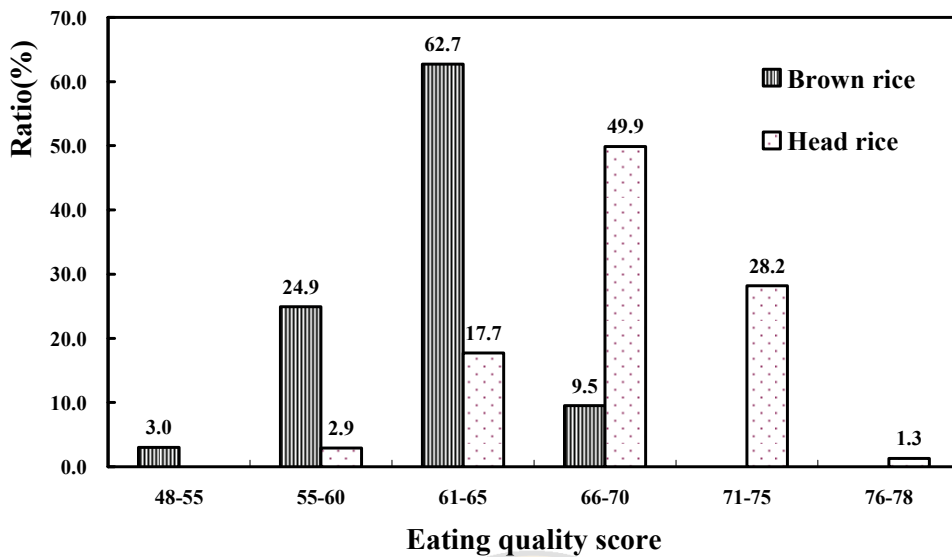


圖 3. 2005 年二期作嘉農育 911303 號突變系糙米及白米食味值比率分布。

Fig. 3. The ratio (%) of eating quality score of brown and head rice of the mutated rice lines of CNY911303 planted in the 2nd crop season in 2005.

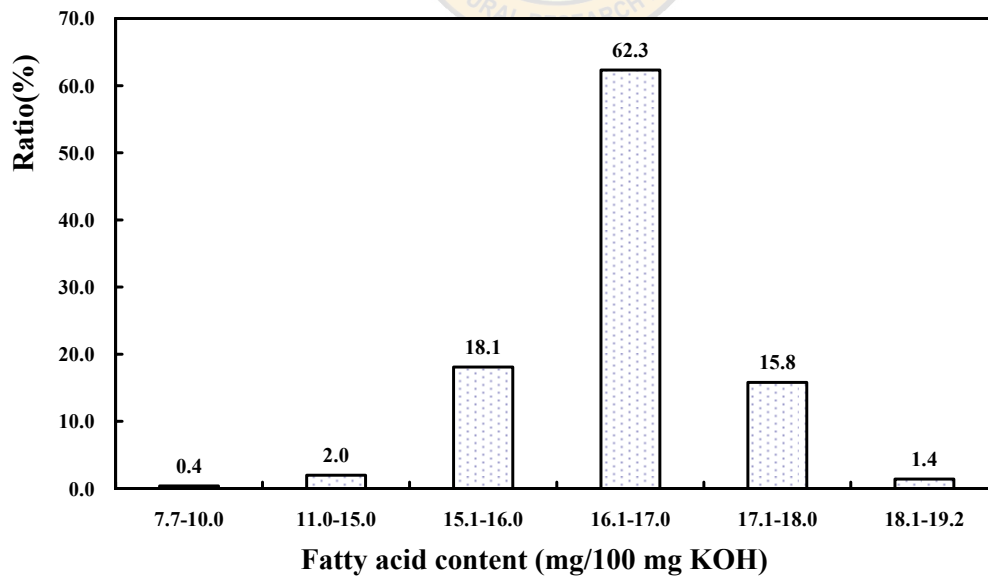


圖 4. 2005 年二期作嘉農育 911303 號突變系糙米脂肪酸含量比率分布。

Fig. 4. The ratio (%) of fatty acid content of brown rice of the mutated rice lines of CNY911303 planted in the 2nd crop season in 2005.

其中有 4 品系含量在 14.3~14.7%，這四個品系應屬於白米外觀較不透明者，可能是澱粉含量相關的突變體，由於不透明的外觀會影響食味計光譜進而造成測定的誤差，至於其餘大部份品系僅介於 16~19%，由於多數品系僅有 3% 的變異，顯示差異不大。

由分析結果可知，突變系中除直鏈澱粉外，其它食用品質特性均一定程度變異存在。至於白米味度值的測定結果如圖 5 所示，1016 個突變系之味度值介於 43~80，味度值較高 (71~75) 的品系有 177 個，佔突變系比率 17% 左右，而介於 76~80 之間者有 14 個，佔突變系比率 1% 左右，可由此選拔高味度值表現的良質米品系。

香味與食用品質間之關係

利用 2005 年 2 期作不同香味類型進行各項食用品質多重比較，即比較無香、微香、香、強香等四種香味型態食用品質間之差異 (表 2)，在各項分析特性中，糙米食味、糙米粗蛋白、糙米直鏈澱粉、糙米脂肪酸等無顯著差異存在。唯白米直鏈澱粉含量以微香型直鏈澱粉含量 17.76% 最低，次之為中香型含量 17.81%，而強香型 17.85% 又次之，無香型則為 17.91%，其中無香與微香型間呈明顯差異，但與微香、中香及強香型間則無明顯不同。

在不同香味類型之味度值比較中，以強香型味度值 64.32 最低，次之為無香型味度值 65.75，中香型為 66.05 又次之，而微香型 66.29 是四型中最高者。顯示強香型與微香型、中香型間有明顯不同，但與無香型間則差異不顯著，且無香、微香及中香型三者間亦無明顯差異存在。

討 論

香味特性及良食味稻米深受消費者喜愛，影響稻米市場銷售價格，因此強香味及良質米品種是育種選育的重要標的。而綜觀一、二期作突變系香味分析結果發現，二個期作的香味分析結果相當

表 2. 同香味類型食用品質及味度值的多重比較結果

Table 2. Comparisons of the average physicochemical properties and palatability scores among mutated rice lines with different aroma types

Character	Aroma type			
	None (N=48)	Weak (N=601)	Medium (N=304)	Strong (N=47)
Eating quality score of brown rice	62.08 ± 2.59	61.89 ± 3.16	61.89 ± 3.07	61.57 ± 3.13
Protein content of brown rice (%)	7.57 ± 0.47	7.61 ± 0.56	7.61 ± 0.54	7.68 ± 0.56
Amylose content of brown rice (%)	19.31 ± 0.16	19.35 ± 0.24	19.34 ± 0.14	19.29 ± 0.15
Fatty acid content of brown rice (mg /100 mg KOH)	16.49 ± 0.51	16.48 ± 0.89	16.47 ± 0.66	16.45 ± 0.73
Eating quality score of head rice	69.08 ± 2.74	68.18 ± 3.65	68.36 ± 3.98	68.09 ± 4.64
Protein content of head rice (%)	6.50 ± 0.50	6.68 ± 0.69	6.66 ± 0.78	6.69 ± 0.82
Amylose content of head rice (%)	17.91 ± 0.22 b	17.76 ± 0.41a	17.81 ± 0.32ab	17.85 ± 0.29ab
Palatability of head rice	65.75 ± 4.52ab	66.29 ± 5.11a	66.05 ± 5.03a	64.32 ± 4.53b

^z Means with the different letter within the same row are significantly different at 5% level by LSD test.

接近，其中一期作強香及中香型的突變系數略高於二期作，尤其特殊香味類型中表現特殊清香特性者，其一期作有 6 個品系，顯著高於 2 期作的數目，是否因為期作不同引發香味特性表現之差異，有待進一步探討方能據以定論。不過由於香味清新之品系不但香味強度在中香型者有 4 個品系，其味度值更都 60 以上，與目前栽培稻表現相近，尤其 SM240 味度值可達 68，顯示口感相當好，值得進一步觀察農藝特性與產量表現，藉以推廣使得國產米良質米的香味更形多樣化。至於葉片氣味難聞之 SM241 及 SM468 則須進一步觀察白米香味表現是否受到影響，如此方能二品系之實用價值。

由香味分析結果發現，化學誘變確實可誘發水稻香味特性發生變異，其中強香及中香型是未來商業生產栽培的標的，由目前結果發現突變系中兩類型的誘發比率並不低，合計約 30%-35%，雖其中強香型在 5% 以下，比率較低，但仍可藉由簡單的香味檢定篩選得到，尤其是特殊香味類型突變系亦會出現，這對增加目前水稻種原中香味的多樣化深具實用價值。因此本研究證明利用化學誘變手法改進香味特性頗具可行性。但由於香味表現易受氣候、栽培、管理等環境影響，因此須重複進行葉片香味分析，方能有效確認突變系之香味是否能穩定在世代間表現。至於白米香味僅能區分為中香、微香、無等三型，可能是香味成分有相當比例貯存於糠層，在精白過程將其去除，使得白米香味分析無法充份有效判別所致。大多數突變系屬於無香型者居多，屬於香味強者僅 5 個品系而已，這對食用白米為主的消費市場具有育種的困難度。

食味計可評估稻米食用品質，它是日人根據近紅外線原理建立各項化學成分檢量線，再利用測定之化學成分建立之各成分與食味官能品評間的迴歸公式，從而推定出食味表現。在日本此機器多做糧商或試驗單位評估米質表現的儀器。此儀器作者針對國內外近 100 個栽培稻為材料，分析食味官能品評結果與儀器測定值間之吻合程度，結果發現食味官能品評結果與食味計測定值（食味值）有一定程度之關係（相關係數 0.34），因此食味計應可做為國產稻米食味表現評估上之輔助儀器。尤其是粗蛋白質含量的測定上具有相當的準確度。

圖 2 所示結果 1,002 個突變系中部份品系粗蛋白質含量低，如粗蛋白質含量低於 6.5% 之突變品系便有 10 個，這些品系應可能屬於低粗蛋白質含量之突變體，未來這些品系可進一步發展成良質米或提供腎臟病人或有氮素代謝障礙之人士作為特殊米飯食用。測定 1,005 個突變系白米粗蛋白質含量之測定結果發現糙米蛋白質則介於 4.8%~10%，由於突變系粗蛋白質含量表現有一定程度的變異存在，顯示誘變手段確可造成栽培稻粗蛋白質含量發生改變，尤其部份品系粗蛋白質含量低，如白米粗蛋白質含量低於 5.5% 之突變品系便有 35 個，這些品系可能屬於粗蛋白質含量低的突變體，由於蛋白質含量與食味是呈負相關係。蛋白質含量愈高之材料，其米飯有愈硬，而食味愈差的趨勢 (Liu *et al.* 1888; Wu *et al.* 1999)，而這些低蛋白質含量品系之食味大都表現良好。

脂肪酸含量與水稻收穫貯藏劣變有相當密切的關係，近來國內栽培稻收穫後稻穀常因迅速劣變，以致商品價值快速下降，尤其是目前栽培面積最多的前二名品種，即台南 11 號及台梗 8 號之白米於常溫貯藏三個月後，不但白米易出現異味，食味值更迅速下降，酸鹼度亦迅速降低，使得商品價值明顯受到影響。基此，若能找到低脂肪酸種源，並轉移至主要之栽培稻中，將可改變目前國產米貯藏易劣變的現象。食味計 (AN-800) 具有測定糙米脂肪酸含量之功能，且測定速度相當快（每日可測近二百個樣品），因此相當適合作為低脂肪酸材料篩選利用，而 1,009 突變系進行低脂肪酸含量突變之篩選，結果如圖 5 所示，突變系中糙米脂肪酸含量有 4 個突變系含量低於 10 mg/100 g KOH，佔總突變系比率 0.4%，這些品系可能為低脂肪酸含量突變體，未來可進一步探討低脂肪酸含量表現及其貯藏時白米品質穩定性，藉以提供良質米育種時，選育耐貯藏的優質品種利用，或供研究稻米劣變機制及做為貯藏過程脂肪代謝酵素變化的研究材料。

由突變系之食味計糙米測定結果可知，食味值表現介於 48-69，其中有 95 個突變系食味值 (66~69) 優良，即優於突變親本，佔總突變系 9%，結果顯示突變系的食味值變異範圍相當大，顯示誘變手段確可改變栽培稻食味的表現，這些突變系應屬於食味較優良之突變體，未來可進一步開發這些品系成爲新品種或提供作爲良質米育種親本。白米之食味值介於 52~78 之間，其中有 29% 突變系之食味值高於 71，有 13 個品系更高於 76 以上，顯示在去除糠層干擾後，機器光譜值的讀取較爲正確的情形下，可有效篩選得到食味表現較佳的材料。不過由於利用糙米進行篩選無須經過碾白之程序，因此可節省大量的樣品調製時間。而因二者測定結果呈顯著相關性，故在突變體數目龐大時，可先利用糙米測定方式進行高食味值材料的篩選，先以較寬鬆選拔標準淘汰大部份食味值表現不良的突變系，最後於後代品系數量較少時，再利用白米方式測定篩選高食味突變系。

在直鏈澱粉含量突變的篩選中，大部份的品系變異範圍並不大，這與 Wu & Lur (2002b) 利用台稈 8 號 EMS 誘變可篩到糯性及極低直鏈澱粉含量結果有所差異，唯進一步檢視近千個突變系之糙米外觀，結果發現有 5 個品系外觀類似粉狀質 (floury)、糯性 (直鏈澱粉含量 1~2%) 及極低直鏈澱粉 (直鏈澱粉含量 3~13%) 表現，即呈現胚乳不透明而呈乳白狀。因此這幾個品系可能爲澱粉特性突變體。糙米外觀不透明會造成食味計讀取光譜的測定誤差，致使近紅外線 (Near Infrared Reflectance Spectroscopy) 測定結果發生偏離。尤其是直鏈澱粉是一相當複雜的高分子複合物的結構，以往認爲是由 α -D 葡萄糖以 α -1,4 糖苷鍵結合，爲一直鏈性的分子，唯目前許多報告指出其是一帶有少許分支鏈 (α -1,6 糖苷鍵) 的分子 (Biliaderis *et al.* 1981; Cura *et al.* 1995; Lii *et al.* 1987)，分子大小及分支度並不均一，而呈異質性 (heterogenous) 的現象，即直鏈澱粉的大小分布及分支數 (average chain number) 會隨澱粉來源、種類而不同，尤其在米粒中會與其它化學成分結合形成複雜的聚分子，會影響光譜吸收及反射等，進而造成光譜特性因結構及成分差異而不同表現。

所謂的近紅外線是指波長區域爲 0.8 μ m 以上 2.5~3.0 μ m 以下者，分析上主要是利用物質含氫原子結合基 (function group) 的不同，造成近紅外線因吸收差異而形成複雜的光譜，進而在樣品不經稀釋下推定化學成分含量。Kawamura *et al.* (1997) 則利用 61 個短粒形品種建立 NIRS 食味品評之檢量線，唯其檢量線之複相關係數僅達 0.62 而已。日本學者以日本北部生產的十三個品種之糙米、白米爲材料進行檢量線建立，其中除脂肪酸測定的效果不佳外，水分及蛋白質含量的測定均有不錯的結果 (Mroyasu 1993; Kasahara 1996)。而食味計是以日本生產之稻米所研發之近紅外線測定機器，而日本栽培之水稻直鏈澱粉含量多屬於中、低直鏈澱粉含量 (14~25%) 之品種，因此它的檢量線應不具備測定高直鏈澱粉含量 (>25%)、極低直鏈澱粉含量 (3~13%) 及糯稻的能力，尤其是食味計以整粒糙米或白米爲測定樣品，測定上是採近紅外線穿透式測定 (Kasahara 1996)，因此測定樣品外觀的透明程度、米粒形狀、大小及顏色等均會影響光譜的讀取，最後使得測定的準確度降低。這也是造成本研究中無法篩得像 Satoh & Omura (1981) 及 Satoh & Omura (1979) 報告提到的高直鏈澱粉含量突變體，也篩選不出像 Wu & Lur (2000b) 報告中出現的半糯稻及糯稻突變體。故食味計未來在國產稻米直鏈澱粉評估上僅可做爲參考儀器，尤其是直鏈澱粉含量突變體無法以食味計作爲篩選的有效工具。

味度計是日人根據米飯保水膜厚薄與口味間之關係所發展的儀器，用於評估米飯食味良劣，而由於國產米的食味官能品評結果與味度計測定值 (味度值) 相當吻合 (相關係數 0.72)，因此味度計可用於評估國產稻米之食味表現。參試的 1,016 個突變系味度值介於 43~80 之間，其中有 191 個突變系味度值高於 71，顯示食味品質相當優良，佔總突變系比率 18%。尤其有 14 個品系味度值更高於 76 以上 (圖 5)，表現遠優於目前國內主要栽培品種 (52~70)。本試驗結果除顯示突變系的味

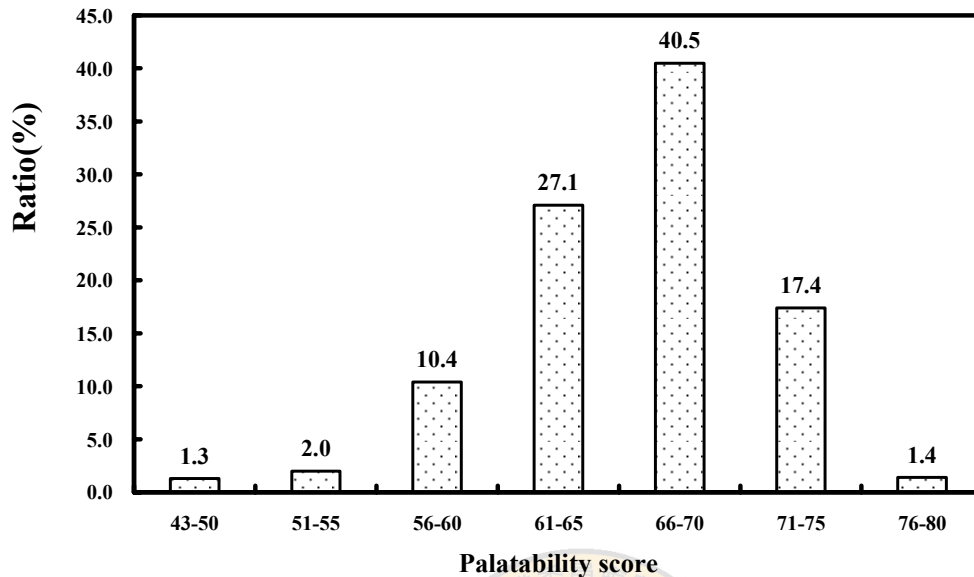


圖 5. 2005 年二期作嘉農育 911303 號突變系白米味度值比率分布。

Fig. 5. The ratio (%) of palatability of head rice of the mutated rice lines of CNY911303 planted in the 2nd crop season in 2005.

度值變異範圍相當廣，可藉由誘變手段來改變栽培稻食味之表現外，未來亦可進一步開發這些味度值優良品系成爲良質米新品種，或可提供作爲良質米育種之親本。

在不同香味類型食用品質的比較結果中，大部份的食用品質特性並不會因香味類型不同而有明顯的差異。多重比較中，雖然發現強香型與中香、微香型間之味度值有明顯差異，並有香味愈較強者食味愈差的趨勢，但因各香味類型間之味度值平均表現差距不大，而基本上味度計值表現須差異達 4（含）以上時，其以人進行之食味官能品評結果才會表現差異。再者，進一步檢視味度值 71 以上之突變系香味表現，其表現強香及中香型者有 42 個，顯示利用突變方式選育強香且具高食用品質表現的突變系之可行性及機會均應相當大。

引用文獻 (Literature cited)

- Biliaderis, C. G., D. R. Grant, and J. R. Vose. 1981. Structural characterization of legume starches. I Amylopectin and beta-limit dextrins. *Cereal Chem.* 58:496-502.
- Chern, C. G. and C. S. Huang. 1984. Mutagenic efficiency of sodium azide on rice variety Tainung 67. *J. Agric. Assoc. China* 33:345-353. (in Chinese with English abstract)
- Chikubu, S., S. Watanabe., T. Sugimoto., N. Manabe., F. Sakai and Y. Taniguchi. 1983. Relation between palatability evaluation of cooked rice and physicochemical properties of rice. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.* 30:333-341. (in Chinese with English abstract)

- Chou, S. Y. 2004. Characterization of Rice (*Oryza sativa* L.) Tainung 67 and Its Aromatic Mutant SA0420 Using Proteomic Approach. Master thesis. Department of Agronomy National Chung-Hsing University. Taichung, Taiwan. 53 pp. (in Chinese with English abstract)
- Cura, J. A., P. Jansson, and C. R. Krisman. 1995. Amylose is not strictly linear. *Starch* 47:207-209.
- Iida, S. 1995. Screening and genetic analysis of rice seed storage protein mutants. *Gamma Field Symposia* 34:31-47.
- Hsu, A. N., T. M. Chu., C. Pai, and Y. P. Wu. 2005. The relationship between physicochemical properties of rice quality and eating quality of cooked rice. *J. Agric. Assoc. China* 6:207-228. (in Chinese with English abstract)
- Hsu, A. N., Y. P. Wu., T. M. Chu, and P. Chiang. 2003. The relationship between viscosity of extracted rice starch and eating quality of cooked rice. *J. Agric. Assoc. China* 4:120-140. (in Chinese with English abstract)
- Hsu, A. N., and Y. P. Wu. 1998. Studies on viscosity of milled rice flour in rice varieties. *Bulletin of Taichung District Agricultural Improvement Station* 58:43-58. (in Chinese with English abstract)
- Hsu, A. N., T. M. Chu, C. Pai., S. C. Hsieh, and Y. P. Wu. 1997. The relationship between viscosity of milled rice flour and eating quality. *J. Agric. Assoc. China* 180:24-44. (in Chinese with English abstract)
- Juliano, B. O. 1985. Criteria and tests for rice grain qualities. p.443-524 *in*: Rice Chemistry and Technology (Juliano B. O. ed). Am. Assoc. Cereal Chem., MN.
- Kasahara, M. 1996. Special features and using methods of taste meter of rice. *J. Agric. Sci.* 51:19-22.
- Kawamura, S., M. Natsuga, and K. Itoh. 1997. Visual and near-infrared reflectance spectroscopy for rice taste evaluation. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 40:1755-1759.
- Kikuchi, H. 1994. Improving the eating quality of rice using low amylase mutants. *Gamma Field Symposia* 33:1-17.
- Lii, C. Y., T. W. Chiou, and Y. L. Chu. 1987. The degree of branching in amylose from tuber and ligume starches. *Proc. Natl. Sci. Council. ROC* 11:341-345.
- Liu, H. I., L. H. Lin., S. Song, and M. C. Hong. 1988. Relation between palatability evaluations of cooked rice and physicochemical properties of rice. *J. Agric. Res. China*. 37:177-195. (in Chinese with English abstract)
- Liu, W. T. 1986. Studies on the rice aroma testing method. *Bulletin of Hualion District Agricultural Improvement Station* 2:13-20. (in Chinese with English abstract)
- Motoyasu, N. 1993. Grain quality determination by near-infrared spectroscopy. *Hokaido Daigaku Nogakubu Hobun*. 19:257-287.
- Okabe, M. 1979. Texture measurement of cooked rice and its relationship to the eating quality. *J. Texture Stud.* 10:131-152.
- Okuno, K. 1983. Inheritance of induced mutations in rice, *Oryza sativa* L. and their application for rice breeding. *Bull. Nat. Inst. Agric. Sci., Series D* 34:187-274.

- Satoh H., and T. Omura. 1975. Effects of chemical mutagens applied on early stages of embryonic development in rice. II. Effects of EI and EMS. *Jpn. J. Breed.* 25:36-37.
- Satoh, H., and T. Omura. 1979. Induction of mutation by the treatment of fertilized eggs cell with N-nitroso-N-methylurea in rice. *J. Fac. Agric. Kyushu Univ.* 24:165-174.
- Satoh, H., and T. Omura. 1981. New endosperm mutations induced by chemical mutagens in rice *Oryza sativa* L. *Jpn. J. Breed.* 31:316-326.
- Singh R. K., U. S. Singh., G. S. Khush, and R. Rohilla. 2000. Genetics and biotechnology of quality trait in aroma rice. p.48-69 *in: Aromatic Rices.* (Singh R. K., U. S. Singh and G. S. Khush eds.). Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. Janpath, New Delhi.
- Sood, B. C., and E. A. Siddiq. 1978. A rapid technique for scented determination in rice. *Indian. J. Genet. Plant. Breed.* 38:268-271.
- Wang, C. S., T. H. Tseng, and C. Y. Lin. 2002. Rice biotech research at the Taiwan Agricultural Research Institute. p.950-956 *in Securing the Rice Bowl - Genomic Approaches and International Efforts.* (Yang, H., J. Yu., S. Ramachandran & S. Q. Pan, Eds.) KH Biotech Services Pte. Ltd.
- Wu, Y. P., and H. S. Lur. 2002a. Rice quality breeding. *Chinese Agron. J.* 12:93-124. (in Chinese with English abstract)
- Wu, Y. P., and H. S. Lur. 2002b. Rice mutation breeding. *Chinese Agron. J.* 12:219-239. (in Chinese with English abstract)
- Wu, Y. P., Y. C. Huang., and A. N. Hsu. 2003a. Studies on the texture among rice varieties and its relationship to palatability. *Chinese Agron. J.* 13:127-139. (in Chinese with English abstract)
- Wu, Y. P., Y. C. Huang., A. N. Hsu, and Y. S. Chen. 2003b. Studies on the viscosity of milled riceflour among rice varieties and its relationship to palatability of cooked rice. *Chinese Agron. J.* 13:1-14. (in Chinese with English abstract)
- Wu, Y. P., A. N. Hsu., Y. S. Chen., L. C. Chen, and Y. C. Huang. 1999. Studies on the storage proteins content among rice varieties and its relationship to palatability of milled rice. *J. Agric. Res. China* 48:1-11. (in Chinese with English abstract)

Screening for Scent and Grain Quality in Rice Mutants¹

Yong-Pei Wu^{2,5}, Pei-Yi Ko², Tung-Hai Tseng³ and Chang-Sheng Wang⁴

Abstract

Wu, Y. P., P. Y. Ko, T. H. Tseng, and C. S. Wang. 2007. Screening for scent and grain quality in rice mutants. *J. Taiwan Agric. Res.* 56:121-133.

Rice is an important staple food in the world. Aroma and quality are two of its important high value traits. In this study, different kinds of scented rice mutants with high grain quality were selected from the mutation pools of Tainung-Chianung-yu rice 911303 induced by mutagen ethylmethane sulfonate (EMS). Mutants with strong, medium, weak and no aroma were found in approximately 1,000 of M5 and M6 mutation lines. Among the scented mutants, eight lines exhibited aroma different from the taro fragrance. The results indicated that the EMS treatment could induce wide range variations of aroma in rice progenies. Therefore, the chemical mutation can be used to induce phenotype appearance of various aromatic genes for future study and rice breeding. In the quality analysis, it was found that there were many scented mutant lines with wide range variations in crude protein content, fatty acid content and eating quality. The range of protein content and fatty acid content were 4.8-10% and 7.7-19.2 mg/100 g KOH, respectively. The eating quality score and palatability score was 46-69 and 43-80, respectively. This indicates that we can select high crude protein content, low fatty acid content and high eating quality rice lines with strong aroma through chemical mutation treatment. However, when the rice quality of mutated lines with different degree of aromatic flavor was compared, it was found that the eating quality of strong aromatic rice was inferior to mutated lines with medium, weak and no aroma.

Keywords: Aromatic rice, Mutation, Rice quality.

1. Contribution No. 2283 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: April 25, 2007.

2. Respectively, Assistant Researcher and Assistant, Department of Agronomy, ChiaYi Agricultural Experiment Station, Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, ChiaYi, Taiwan.

3. Associate Researcher, Division of Biotechnology, Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Taiwan.

4. Associate Professor of Department of Agronomy, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan.

5. Corresponding author, e-mail: wuypei@dns.caes.gov.tw; Fax: (05) 2773630.