

# 高溫對**稻米白堊質**的影響及因應對策

文／圖 ■ 嘉義分場／許龍欣、陳榮坤

## 前言

氣候變遷不再是個只存在於災難片或科幻片中的名詞，而是發生在你我身邊的現在進行式。根據聯合國政府間氣候變遷專門委員會IPCC AR6報告分析顯示，現今全球地表溫度較19世紀增加1.07°C，暖化效應已使全球海平面上升、伴隨高頻率之極端高溫、強降雨及降雨分布不均等天氣現象發生。相較於全球暖化速率，臺灣升溫趨勢更加明顯，氣象資料顯示近百年內臺灣暖化速率不但高於全球平均值，且30年內更呈現加速升溫趨勢，未來預測臺灣受高溫影響的氣候型態變化將更為嚴重。

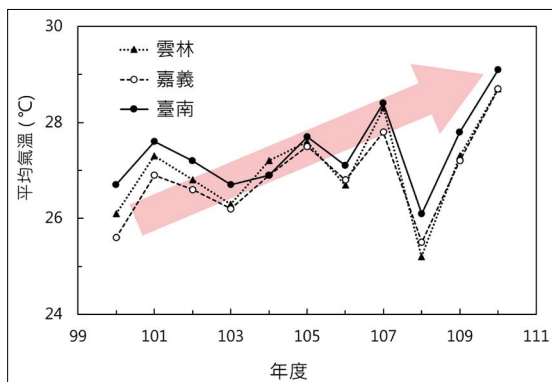
農業生產深受環境條件影響，為氣候變遷下首當其衝之產業，因此全球農業學者皆積極研擬氣候暖化下之作物生產因應對策。而水稻為臺灣主要糧食作物，其栽培過程中，由品種特性、環境因子與栽培管理措施三方面相互作用，共同影響最終收穫稻穀之產量與品質。近年水稻生產深受暖化效應之衝擊，最顯而易見的影響為一期作稻米白堊質粒大幅增加。根據CNS2424國家糙米分級標準規範，白粉質粒(白堊質粒)之定義為「米粒外觀呈現不透明或白粉質狀，且占米粒二分之一以上者」，其中糙米規範將白粉質粒歸為未熟

粒項下合併計算，糙米之未熟粒(含白粉質粒)最高限度重量百分比分別為一等米10%、二等米15%、三等米20%，高於20%則為等外。因此近年一期作稻米白堊質粒大幅增加，使得市售米符合一等米標準難度增加，而白堊質除造成糙米或白米外觀品質減損之外，也容易在碾米時產生碎粒，增加碾製過程的損耗成本，並降低米飯口感。

臺灣稻作栽培環境下，如何緩解夏季高溫對一期作稻米品質帶來危害，是目前亟需解決的問題。本文首先解析110年高溫造成雲嘉南地區稻米白堊質率大幅增加之現象，並呈現不同水稻栽培品種在高溫下的白堊質率表現差異，接著藉由瞭解稻米白堊質種類與發生原因，據以提出高溫環境下水稻栽培策略，期望能改善目前一期作稻米外觀品質。

## 雲嘉南地區一期作高溫導致稻米白堊質率上升

水稻各栽培階段以抽穗後穀粒充實期間的環境對稻米外觀品質影響最大，以臺灣兩期作栽培模式而言，兩者氣溫變化趨勢恰相反，一期作插秧時為冬末初春低溫環境，而抽穗時進入夏季，穀粒充實期間都處於高溫階



圖一、雲嘉南地區100年至110年度5月平均氣溫變化

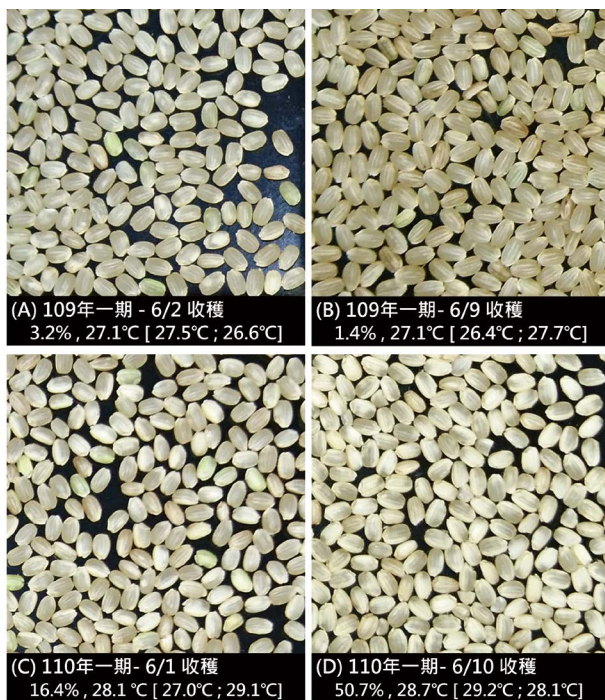
段，導致充實期較短(約30~35天)；而二期作秧苗期為高溫，抽穗後進入秋冬氣溫逐漸降低，穀粒充實期較長(約35~40天)，且氣溫較為溫和。因此，高溫導致稻米白堊質增加之問題主要發生在一期作環境。

雲嘉南地區一期作之栽培時序差異，使臺南地區抽穗期通常於4月下旬至5月上旬、嘉義地區抽穗期於5月上旬至5月中旬、雲林地區抽穗期則落在為5月上旬至5月下旬，因此雲嘉南地區稻作5月處於穀粒充實期間。然而近年臺灣暖化現象加劇使得夏季提前來臨，100~109年雲嘉南地區5月平均溫度26.9°C，變異範圍25.2~28.4°C，且5月氣溫呈現逐年增高趨勢，而110年5月雲嘉南地區平均溫度更高達28.8°C，為近10年來5月最高溫(圖一)，造成110年度一期作稻米外觀白堊質比例整體偏高。

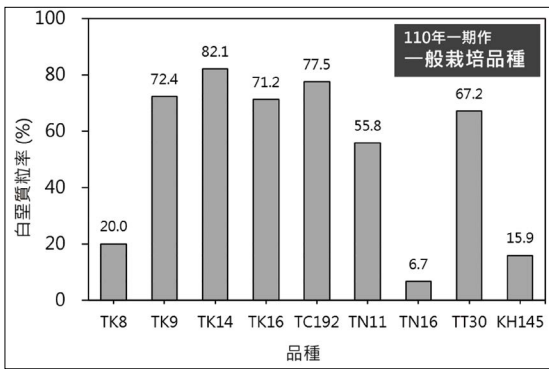
雲嘉南地區主要水稻栽培品種為臺南11號，109年及110年一期作於本場嘉義分場試驗田栽培之臺南11號(圖二)，不同批次收穫之糙米外觀及白堊質粒率呈現極大差異。過往研究顯示，水稻穀粒充實期遭遇高溫將導致

白堊質率增加，特別是抽穗後15天內的高溫影響最大，因此圖二分別將抽穗後1~15日均溫及抽穗後16~30日均溫分別計算。由於110年一期作無論早植或晚植組別，穀粒充實期間均面臨平均28°C以上嚴峻高溫，使得米粒白堊質粒率較往年大幅增加。此外110年一期作晚植組別(圖二-D)，於抽穗後15天內均溫更高達29.2°C，半數以上米粒為白堊質粒，米粒外觀品質整體低落許多。

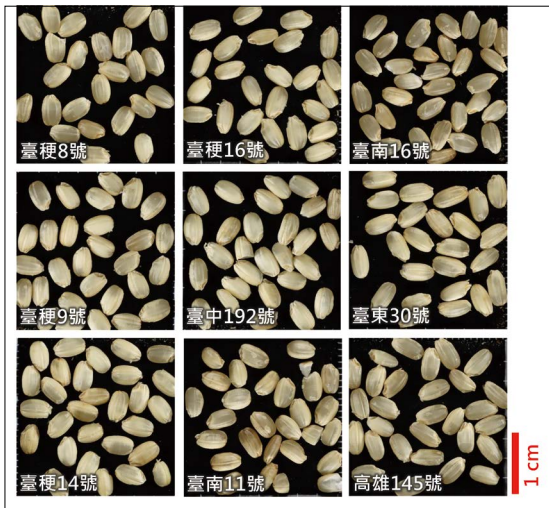
日本研究指出，日均溫低於26°C為優質米稻穀充實期間之安全溫度。臺灣雖然尚未對於該安全溫度進行研究及建議，但由圖二之4組數據差異顯示，雲嘉南地區臺南11號充實期間日均溫27°C尚屬安全範圍，白堊質率小



圖二、109年與110年一期作臺南11號不同收穫日期之糙米外觀、白堊質粒率及抽穗後氣溫之比較。(圖說4組數據分別表示：白堊質粒率(%), 抽穗後30日均溫 [抽穗後1~15日均溫; 抽穗後16~30日均溫])



圖三、110年一期作一般粳稻品種白堊質粒率

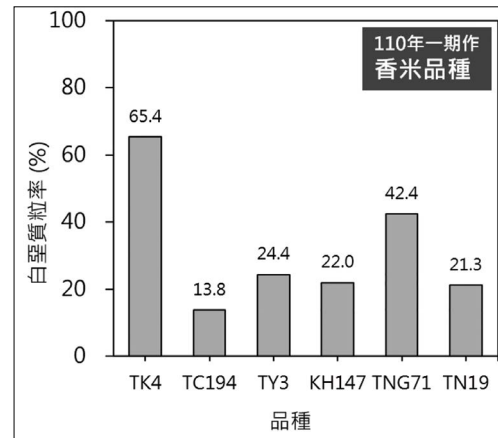


圖四、110年一期作一般粳稻栽培品種糙米外觀

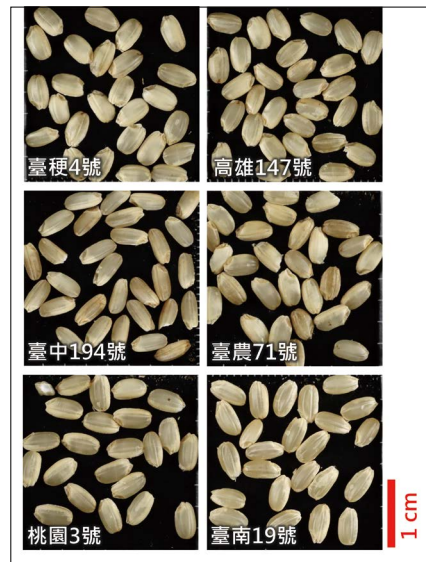
於5%；高於28°C則白堊質粒率大幅增加；而27°C~28°C間之安全溫度臨界值則需更多研究佐證。參照圖一雲嘉南地區5月均溫及臺灣未來氣候相關預測數據，未來雲嘉南地區5月面臨28°C以上高溫機會可能更為頻繁，為減少抽穗期遭遇高溫導致白堊質率增加之機會，未來一期作生產管理勢必需要因應對策。

## 主要水稻栽培品種在高溫環境下之白堊質率表現

高溫下水稻白堊質率表現受到品種本身特性、環境溫度與栽培管理等因素共同影響。由於110年5月為近10年來5月最高溫，且嘉義地區5月均溫達28.7°C，藉由分析本場嘉義分場試驗場域之重要栽培品種糙米外觀數據，



圖五、110年一期作一般粳稻品種白堊質粒率

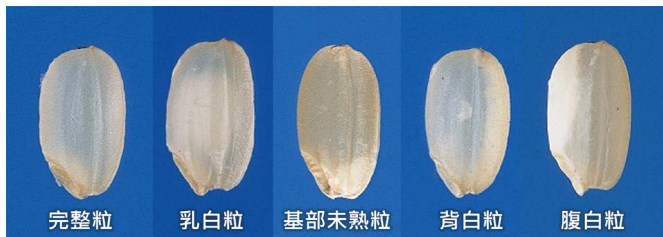


圖六、110年一期作主要粳型香米品種糙米外觀

可評估各品種於穀粒充實期間遭遇28°C以上高溫之白堊質表現情形。

一般粳稻栽培品種於110年5月充實期高溫下(圖三、圖四)，以臺南16號(TN16)白堊質粒率僅6.7%表現最佳，其次為高雄145號(KH145)及臺8號(TK8)白堊質粒不高於20%，其餘品種白堊質粒率皆大於50%，品種間白堊質粒率差異可達70%以上。主要粳型香米





圖七、稻米白堊質不同分布型態。(引用自日本農林水產省·玄米の検査規格検査用語の解説)

品種於110年一期作穀粒充實期高溫下糙米外觀表現如圖五及圖六，香米品種以臺中194號(TC194)、桃園3號(TY3)、高雄147號(KH147)及臺南19號(TN19)白堊質粒率介於13.8%~24.4%表現較佳，而臺農71號與臺稈4號白堊質粒率大於40%為偏高。由圖三至圖六顯示，栽培品種於穀粒充實期面臨高溫時，品種間白堊質發生率差異極大，因此慎選一期作栽培品種有益於減少高溫下白堊質粒。

## 稻米白堊質之種類及發生原因

瞭解高溫下米粒白堊質發生之機制，有益於調整水稻栽培管理措施及擬定耐熱品種選育策略。水稻抽穗後，會將抽穗前儲藏於莖葉的養分轉移到發育中穀粒，使穀粒逐漸充實膨大。充實期間若受高溫影響導致充實速度過快，或是充實期間養分供應不足，導致穀粒中澱粉顆粒與蛋白質體無法緊密排列，形成米粒外觀呈現白濁不透明的部分即為白堊質。

白堊質在米粒不同位置發生，有腹白、背白、基白及心白等不同的名稱(圖七)。

- (1) 腹白：白堊質發生在米粒與胚同側為腹白，主要受品種本身遺傳特性控制，較不受到高溫影響。
- (2) 基白與背白：白堊質發生於米粒基部稱為

基白或基部未熟粒，而白堊質分布在胚的相反側稱為背白，基白與背白之發生主要受到穀粒充實期高溫所致。

- (3) 心白及乳白粒：白堊質分布於胚乳中心部位稱為心白，若心白不透明部分佔全粒面積二分之一以上稱為乳白粒。心白主要為充實期間碳水化合物

供應不足使穀粒充實不良所造成，例如植株生育期間受到病蟲害、氮肥不足、根系不健康及充實期高溫等因素，進而減少光合作用之碳水化合物生成量與運轉量；或單位面積穗數、粒數過多，植株合成養分無法供應穀粒充實完全時，則容易造成穀粒不飽滿及心白粒發生。

## 高溫環境下之水稻栽培管理對策

### 一、提升稻株對高溫環境之韌性

#### (一) 慎選品種

前述各栽培品種於充實期遇高溫下之糙米外觀圖片顯示，品種特性為影響白堊質發生程度差異的重要因素之一，因此當種植前無法預期一期作穀粒充實期高溫程度時，選擇遭遇高溫仍能維持低白堊質率的品種(圖三、圖五)，例如臺南16號、臺中194號、高雄145號等，為避免白堊質發生的首要策略。

#### (二) 合理化施肥

水稻的產量構成要素由單位面積株數、每株穗數、每穗穎花數、稔實率及千粒重等構成，產量要素之間彼此互補也互相牽制。許多農民為了追求最高產量而過量施肥，例如基肥、追肥施用過多造成分蘖過於旺盛，造成抽

穗不整齊導致青米粒增加，或無效分蘗過多而浪費養分，使心白率增加；此外，穗肥施用過多則易造成每穗粒數過多，使弱勢粒數增加、二次支梗穎花充實不良、心白率上升、降低稔實率及千粒重等而影響稻米品質。因此栽培期間應掌握品種特性，合理化施用基肥與追肥、觀察葉色掌握植株氮素狀況，並配合觀察幼穗分化(做縷)時間點以掌握穗肥施用時期及施用量，藉由適時適量施肥控制合理的每株穗數與每穗粒數，能夠平衡穀粒充實期間的碳水化合物供給面與需求面，進而減少白堊質粒發生。

### (三) 病蟲害防治

培育健康植株可使水稻維持最佳光合作用效率，因此栽培期間須掌握病蟲害防治對象、防治時期，並配合安全用藥、合理化施肥及栽培管理，減輕病蟲害侵擾的機會，維持植株健康，以強化水稻應對環境變化之韌性。

## 二、降低充實期遭遇高溫之風險

### (一) 調節栽培期

參照圖二-C及圖二-D，依品種特性適度將一期作插秧期向前推移，可減輕穀粒充實期間遭遇高溫之危害。然而提前插秧通常需要更多灌溉需水日數，且一期作插秧期間通常為雲嘉南地區枯水期，仍需視水資源豐缺情形進行插秧期調節。此外，若種植早熟或香米品種切勿過早插秧，以避免幼穗分化期、抽穗期遇低溫寒害，造成穎花退化或稔實率降低。

### (二) 疏植及力行曬田

植株若栽培過密，容易導致高溫期間通風不佳、穗溫過高，而影響穀粒充實。而分蘗

盛期後若太晚曬田或曬田強度不足，容易造成分蘗過多、抽穗後成熟不整齊使青米率增加。因此，透過增加株距或減少每叢插秧支數，並力行曬田以減少無效分蘗數，控制單位面積合理穗數，可強化植冠通風性，不但能降低穗溫，亦能減少病蟲害發生機會，並使植株間土壤氮素及肥分能夠合理分配利用。

### (三) 抽穗期間水分管理

抽穗期間為水稻全生育期對水分需求最高之時期，而抽穗後至收穫前植株雖需水量減少，但仍需適度水分使上層葉片持續進行光合作用，以合成足夠碳水化合物供應穀粒充實所需，此時可採行3~5天乾溼輪灌，滿足植株水分需求同時確保根系活性，以維持碳水化合物合成及運轉能力。此外，若抽穗及充實期間氣溫過高，在水資源豐沛條件下，田區可進行白天排水、夜間灌溉之方式，維持土壤濕潤、降低夜間穗溫，同時避免白天根系浸漬於高溫水下之傷害。

## 結語

近年來氣候變遷趨勢下，逐年升高的氣溫、不穩定的雨量分布及各種極端天氣現象，已對農作物生產與品質帶來重大考驗。有鑑於此，水稻栽培管理策略需依據環境變化趨勢而有所應對。本文參考國內外相關研究並依據國內稻作生產現況，整理出近年高溫下水稻白堊質發生情形、白堊質發生機制及緩解水稻高溫傷害之栽培管理策略，期望能提供農民在應對未來高溫環境下有良好的管理決策組合，減少一期稻作白堊質發生情形，以維持國產稻米良好的外觀特性及品質。