

栽培技術

的肥培管理措施 降低高溫下水稻白堊質

文圖／李誠紘、鄧執庸

近十年來，全球氣候變遷對農業生產的影響日益顯著，聯合國氣候變遷委員會 (IPCC) 2021 年報告指出，氣候變遷已造成全球農業超過 2,900 億美元的損失。隨著溫室氣體的持續排放，近年我國的氣溫較過去 (1910 - 2010 年) 平均增溫約 1.6℃，預估 2100 年可能上升 2-4℃，對水稻等高溫敏感的農作物生產將構成嚴重威脅。研究顯示，氣溫每上升 1℃，水稻產量平均下降 6%，完整米率下降 9-14%，另一方面，溫度上升將提高劇烈氣象的頻率，若水稻開花期逢強降雨，更會嚴重衝擊產量。氣候變遷已經相當有感，也逐漸對稻米的安全生產造成明顯的衝擊。

水稻是我國的主要糧食作物，然而，高溫與極端天氣頻發，導致「白堊質」米大量產生，影響碾米品質及外觀；此外，氣候變遷導致降雨強度增加、雨量分配不均的氣候模式，更使水稻生產面臨挑戰。面對此危機，針對水稻產業研發韌性調適栽培技術，已是迫在眉睫的需求。

一、高溫對水稻生產的影響

我國常見的水稻栽培品種包括粳稻 (蓬萊稻) 與秈稻 (在來稻)，粳稻如台粳 9 號等，相對秈稻品種，對高溫較為敏感。高溫對粳稻品質影響最為關鍵的時間點，在稻株開花後 20 日內，此時進入對環境敏感的穀粒充實期，稻穀內部正在填充養

分，在高溫環境下，稻米胚乳細胞的澱粉生合成相關酵素表現量將改變，使細胞生理異常；並將原應用於充實的養分，轉而形成熱休克蛋白質、胺基酸，並形成較大的液胞，用於調節細胞滲透壓，結果導致穀粒充實的蛋白質含量及直鏈澱粉減少。當蛋白質含量降低、胚乳澱粉粒填充不緊實，會產生空隙，進而形成白垩質。從巨觀尺度的稻米品質指標來看，發現上述生理變化將導致白垩質粒數與稻米糊化溫度增加、完整米率與透明度下降，造成稻米 CNS 外觀品質等級降低，衝擊稻米的商品價值。

研究也發現，穀粒充實期（抽穗後 20 日內）高溫敏感的日均溫閾值為 26℃，當超過此溫度，白垩質 (chalkiness) 米的比例顯著提升。分析近年高溫發生情形，中部地區一期作 2 月插秧至 6 月成熟，氣溫由冷轉熱；二期作從 8 月插秧至 10 月成熟，氣溫由熱轉冷。分析近 5 年彰化地區的氣溫變化，發現一期作穀粒充實期 5 月的日均溫平均為 26.3℃，最高可達 28.2℃；二期作穀粒充實期為 10 月，日均溫平均為 25.8℃，最高可達 26.7℃，均已經高於此時期水稻的高溫閾值。因此，現行臺灣的稻米產業，應開始逐步導入減降白垩質發生的品種或栽培技術。如台中 194 號、台中秈 199 號、台中 200 號及高雄 147 號等品種，即能在高溫環境下維持低白垩質及高食味品質，可減輕高溫對稻米產業

的衝擊。栽培技術可配合品種，調適日益不穩定的氣候變化，如保持田間流水灌溉以降低水體與土壤溫度，高溫敏感品種便可維持外觀品質；或在高溫發生時，即時補充氮素營養，調適稻米充實受阻的生理機制，強化充實以確保品質。

二、改善白垩質的肥培管理技術

以營養調適策略為例，研究發現，在抽穗後施用氮素，稻株會將這些氮素營養用於穀「粒」充實使用，因此又稱此技術為「粒肥施用技術」。當稻株得到足夠的養分，可進一步穩定澱粉生合成酵素，增加蛋白質合成作用，使胚乳中澱粉與蛋白質體填充得更為緊密。

113 年於大村鄉試驗田間進行試驗，以合理化施肥量，將每公頃 80 公斤氮素，分基肥 25%、一追 20%、二追 30% 及穗肥 25% 施用，接著再於抽穗開花期 7 日內，進行粒肥處理，額外增施每公頃 20 公斤氮素。進一步比較增加施用後，稻株的葉綠素相關數值 SPAD 值增加，葉色轉為濃綠，顯示稻株光合作用效率獲得改善，但株高與分蘗無改變，顯示改變施肥方式不會增加倒伏風險。在稻米品質方面，施用粒肥後，容重量增加、完整米率顯著增加、白垩質率顯著下降，顯示施用粒肥對碾米與外觀品質有改善效果。然而，施用粒肥後，稻穀產量不變，稻米硬

度增加，證實粒肥可改善稻米品質。值得注意的是，若進一步比較營養生長期施用每公頃 120 及 160 公斤氮素配合施用粒肥，則白垩質粒數量減降效果不明顯。因此，若要利用施用粒肥減少白垩質率，須配合營養生長期施肥用量，以每公頃 80 公斤氮素配合每公頃 20 公斤氮素粒肥，方可達到白垩質減降之成效。

三、評估粒肥施用技術的經濟效益

因此，粒肥對碾米與外觀品質有正面影響，若進一步評估此措施的成本效益。以每公頃 80 公斤氮素，配合粒肥每公頃 20 公斤氮素之總氮素 100 公斤施用量，較現行合理化施肥每公頃 120 公斤氮素，每公頃總共氮素減少施用 20 公斤，等同

於少施用 125 公斤台肥 5 號 (16%N，每公斤約 12.28 元)，農友可節省施肥成本 1,535 元。

在碾米廠端，以高溫敏感品種台梗 9 號為例，目前白米生產成本每公斤約為 42-45 元，在近年頻繁的高溫影響下，完整米率為 65%，導入粒肥施用技術後，白垩質米率減少 2.7%，成品率增加為 67.7%，估計所需生產成本可減少至 40-43 元，每公斤成本至少可節約 2 元。另一方面，白垩質粒的減少可幫助降低稻米的碎粒及白粉質粒，改善包裝米的外觀，以中華民國標準 (CNS) 稻米外觀等級由原本三等提升為二等，並提升每公斤包裝米價格 3-5 元。因此，若以中部地區 113 年 1 期作台梗 9 號栽培面積推估 1,335 公頃，每公頃 6 公噸稻穀計算，導

計算方式

$1,335\text{公頃} \times 6,000\text{公斤/公頃} \times 0.65\text{碾米率} \times \text{增加}3\text{元} = 1,562\text{萬元}$

$1,335\text{公頃} \times 6,000\text{公斤/公頃} \times 0.65\text{碾米率} \times \text{增加}5\text{元} = 2,603\text{萬元}$



■ 稻株抽穗開花期7日內施用氮素，稻株高度不變，不必擔心稻株倒伏

利用複合肥實行粒肥管理之施肥模式範例 (每公頃)

栽培管理 模式	總氮素量 (公斤 / 公頃)	基肥	一追	二追	穗肥	粒肥
合理化 施肥	120	台肥 39 號 400 公斤	台肥 1 號 200 公斤	台肥 5 號 120 公斤	台肥 5 號 80 公斤	-
粒肥管 理模式	100 (營養生長期施用 80 + 抽穗開花期施用 20)	台肥 39 號 267 公斤	台肥 1 號 133 公斤	台肥 5 號 80 公斤	台肥 5 號 53 公斤	硫酸銨 96 公斤

入粒肥施用技術後，提升白米外觀與碾米品質，對中部地區水稻產業的經濟增益約為 1,562-2,603 萬元。

四、結語

氣候變遷對我國水稻生產帶來嚴峻挑戰，高溫導致白垩質米增加、完整米率下降，嚴重影響碾米與外觀品質，進而衝擊農民收益與市場競爭力。本場開發的粒肥施用技術，可有效降低白垩質率 2.7%，顯著改善稻米品質。每公頃並可

節省 1,535 元的施肥成本，提高包裝米價值之下，對中部地區水稻產業的整體經濟效益超過 1,562 萬元 (以一期作中部地區台梗 9 號面積 1,335 公頃估算)。未來藉由全臺的推廣，並結合水分管理與耐熱品種選育，預估可再進一步減少高溫逆境對品質之衝擊，穩定及提升稻米產值。長期來看，韌性栽培管理策略不僅保障農民收益與產業永續，也為氣候變遷下的糧食安全提供重要支援，確保臺灣稻米產業在暖化趨勢下的競爭力與穩定性。



■ 台梗9號抽穗開花期每0.1公頃追施2公斤氮素粒肥(右)，可改善白米外觀