

水稻高溫逆境下 韌性栽培管理

文圖/李誠紘、吳以健

【高溫逆境對水稻生長發育的影響】

在氣候變遷情境下，臺灣日夜平均溫度增加、降雨強度與時期改變，以及病蟲害發生情形改變，均成為影響水稻生產的負面因子。氣候變遷使氣溫日漸增高，如超出水稻植株耐受溫度的臨界值，將對水稻生長造成負面影響。高溫逆境對水稻的影響，依水稻的發生時期、溫度高低及栽培品種而異，可能導致分蘗數、每穗穎花數減少及不稔實粒增加，進而導致稻穀產量減少。除此之外，日益增加的氣溫，也導致病蟲害發生情形改變，許多低緯度發生的病蟲害，有往高緯度移動的趨勢。

如果穀粒充實期發生高溫(開花後10-15日，日溫 $\geq 26^{\circ}\text{C}$)，將影響稻米養分充實與千粒重減少，使稻米澱粉與蛋白質的性質改變，並在胚乳形成不透明的白堊質(chalkiness)。白堊質的質地較軟，在碾米時容易形成碎粒，使完整米率下降，進而影響食味口感；即使沒有碎裂，也因CNS國家標準，將帶有較多白堊質米(白粉質粒)與碎粒之白米分級至較低外觀等級，嚴重衝擊其商品價值，並減少消費者的購買意願。經研究預估每增溫 1°C ，將使稻米產量下降6%，也使完整米率下降9-14%，由此可見，高溫逆境對水稻產業的衝擊，不僅限於栽培農民，對碾米廠也造成一定影響。因此，多數水稻高溫韌性栽培管理技術，著重在穀粒充實期之栽培管理措施，以減少高溫對水稻產量與品質之衝擊。

高溫環境對水稻各階段生長發育造成的影響

	高溫逆境臨界點	高溫逆境影響	調適策略
秧苗期	31°C	葉片黃化 生長延遲	增加行株距 流水灌溉 乾濕交替灌溉
分蘗期	32°C	秧苗枯萎 分蘗數減少	飽和灌溉 合理化施肥 曬田
幼穗形成期	33°C	花發育異常 不稔實粒增加 每穗穎花數減少	流水灌溉 乾濕交替灌溉 飽和灌溉 合理化施肥 曬田
開花期	26°C	開花時間改變	
穀粒充實期	26°C	稻米直鏈澱粉含量 與蛋白質含量減少 白堊質粒增加	晝灌夜排 流水灌溉
成熟期	26°C	稻穀產量減少 劍葉老化	

成碎粒，使完整米率下降，進而影響食味口感；即使沒有碎裂，也因CNS國家標準，將帶有較多白堊質米(白粉質粒)與碎粒之白米分級至較低外觀等級，嚴重衝擊其商品價值，並減少消費者的購買意願。經研究預估每增溫 1°C ，將使稻米產量下降6%，也使完整米率下降9-14%，由此可見，高溫逆境對水稻產業的衝擊，不僅限於栽培農民，對碾米廠也造成一定影響。因此，多數水稻高溫韌性栽培管理技術，著重在穀粒充實期之栽培管理措施，以減少高溫對水稻產量與品質之衝擊。

【水稻韌性栽培管理措施】

針對高溫逆境，可以從選擇栽培品種、栽培期調整、土壤水管理與肥培管理等三方面著手調整栽培管理措施：

(一) 栽培品種

高溫逆境對水稻的影響，與品種抽穗時期及高溫耐受性有關。極早熟品種如越光，其抽穗期與穀粒充實期較早，可躲避中晚熟品種常遭遇的高溫逆境，因此具有較佳的稻米外觀品質。本場稈稻栽培品種台中194號，在目前環境下具有較低的白垩質粒比例，食味品質亦極優良，可做為耐高溫的稈稻的栽培選擇，惟此品種栽培技術門檻較高，目前僅透過集團產區推廣栽培。另一方面，秈稻品種普遍對高溫耐受性較佳，本場育成的秈稻品種，包含軟秈台中秈10號、加工用硬質秈稻品種台中秈197號與高產及高容重的軟秈台中秈198號，在高溫下白垩質粒比率皆較稈稻更低。此外，本場近年利用分子標誌輔助選拔育成的台中秈199號，不僅保留秈稻耐高溫特性，也同時具有抗白葉枯病與抗稻熱病特性，因此對未來增溫情境的高溫逆境與病蟲害情況，具良好適應性。

(二) 栽培期調整

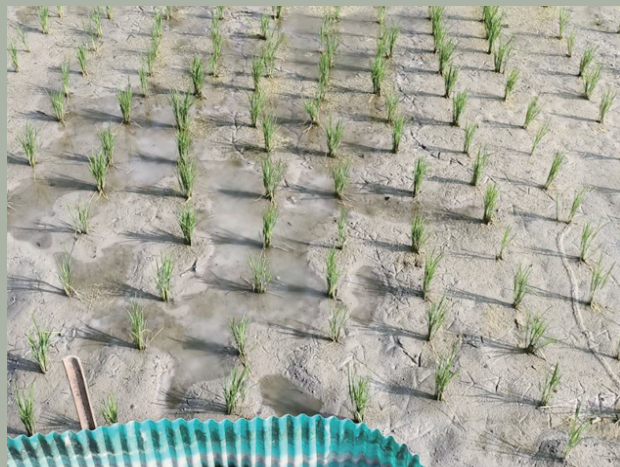
調整栽培期是較簡易採行的調適策略，在中部地區第一期作插秧期原本為2月中旬至3月上旬插秧，若提前至1月底至2月上旬插秧，可以藉此使穀粒充實期避開原本6月的高溫，使穀粒在4-5月之較適宜氣溫下充實。然而栽培期提前，雖可趨避充實期高溫，但在3月下旬至4月上旬應留意氣象報導，如有寒流或冷氣團來襲，應引入田間管理之防寒措施，例如採用深水灌溉進行田間保溫，以避免低溫影響幼穗分化。再者，栽培期提前也應與相鄰地區同時進行，以大面積管理分散鳥類啄食危害的風險，才能達成逆境調適之目標。

除栽培期微調之外，另一新型栽培系統，不同於傳統的兩期作水稻栽培，是將春季的一期稻作，延至夏初插秧的水稻「中間作」系統，或稱「夏季單期作」水稻。此系統在5月中旬插秧，9月中旬進入抽穗充實期，10月底收穫，藉此避開第一期作生育後期的夏季高溫，並得以利用豐沛的夏季降雨，取代原本灌溉水源，因此水分利用效率較高。然而



高溫逆境使水稻穀粒形成白垩質(紅色箭頭)

，由於夏季與兩期作的環境有很大的差異，此系統有不同的品種特性之需求，目前本場已初步篩選並育成適應夏季單期作的栽培品系，該品系具有生育期較長，對日照長度敏感等品種特點，因此不可於傳統兩期作栽培系統種植。此外，由於夏季單期作於10月收穫，可接續栽培適合冬季栽培的雜糧作物如小麥，達成水旱輪作的生態效益，且有助於提高國產雜糧的自給率。



當田間水分蒸發，土壤表面露出時，為乾濕交替灌溉時機

(三) 土壤水分管理

現行水稻栽培期間，常以湛水栽培抑制田間雜草生長，但長期淹水使土壤缺氧，形成甲烷等溫室氣體，反而不利水稻根系發育。因此，在水稻的營養生長期(秧苗成活期至最大分蘗期)進行「乾濕交替灌溉」或「飽和灌溉」，可以降低土壤溫度，進而緩解高溫對稻米生產的傷害。「乾濕交替灌溉」作法是在水稻營養生長期時，灌水至水深約5公分，當土壤表面無積水，但土面仍是濕潤狀態時再灌水；「飽和灌溉」作法是在土面只有淺淺一層(約1-3公分)積水時，再灌水至水深約5公分，如此反覆操作，並在抽穗期至穀粒成熟期，改為湛水栽培，如此不但減少灌溉用水，更可維持產量，增進水分利用效率。健康的根系也可避免水稻植株倒伏，減少稻米白垩質，改善高溫逆境對稻米外觀品質的影響。

除了前述充實期高溫逆境，二期作秧苗期，也可能因為高溫環境、土壤有機質過多以及長期湛水，使土壤缺氧，水稻下位葉產生紅棕色鏽斑或黃化、根部腐爛，導致窒息病。高溫環境為導致秧苗期窒息病的影響因子，如溫度過高與土壤有機質過多，會使窒息病發生風險增加。要避免窒息病，在插秧前藉由兩段式整地，翻埋植物殘體，待殘體分解後再種植，並在後續採用合理化施肥，減少藻類造成淹水優養化。亦可在秧苗成活期，採用前述「流水灌溉」，沖淡土壤有毒物質並使水溫降低；或是進行排水曬田，使氧氣充分進入土壤，有利於減少窒息病發生風險。

在水分管理方面，於分蘖盛期將田間淹水排乾，日曬至土壤表現龜裂，至可下田行走且不泥濘的程度，使水稻根部與土壤取得充分氧氣，可以增強根部健康，減少無效分蘖，控制單位面積穗數，不但減少倒伏風險，亦使青米率降低，外觀品質提升。

(四) 肥培管理

水稻的產量構成要素，如每株穗數、一穗粒數、稔實率及千粒重共同形成，如每株分蘖過多，將使水稻植冠通風性不佳，進而衝擊稻米品質；施用氮肥雖可改善白垩質的發生，但也會因為稻米粗蛋白質增加，導致口感變硬，衝擊食味品質，因此採用合理化施肥可取得外觀、食味品質與氮肥施用量的平衡點。

利用合理化施肥改善品質方面，以本場育成品種台稔9號、台中192號、台中194號為例說明。台稔9號在第一與第二期作，建議施用每公頃120公斤的氮素，稻米品質與產量綜合表現最佳，外觀與粗蛋白質亦較低，每公頃160公斤氮素，則株高過高，有倒伏風險；台中192號第一期作建議施用每公頃160公斤氮素，第二期作則建議每公頃120公斤氮素；台中194號第一期作建議施用每公頃120公斤氮素，第二期作建議施用80公斤氮素。

高溫下本場稔稻品種稻米品質與產量最佳之氮素施用量

品種	期作	建議氮素施用量 (公斤/公頃)
台稔9號	I	120
	II	120
台中192號	I	160
	II	120
台中194號	I	120
	II	80

不同氮素施用量等級下三要素肥料的建議施用時期與施用量

(單位：公斤/公頃)

氮素 施用量	施用時期				總施用量		
	基肥	第1次追肥	第2次追肥	穗肥	氮素	磷鉀	氧化鉀
80	氮素 16 磷鉀 56 氧化鉀 24	氮素 24	氮素 24 氧化鉀 24	氮素 16 氧化鉀 12	80	56	60
	氮素 24 磷鉀 56 氧化鉀 24	氮素 36	氮素 36 氧化鉀 24	氮素 24 氧化鉀 12	120	56	60
160	氮素 32 磷鉀 56 氧化鉀 24	氮素 48	氮素 48 氧化鉀 24	氮素 32 氧化鉀 12	160	56	60

【結語】

氣候變遷帶來的挑戰，包括溫度上升、降雨模式的改變，以及害蟲與疾病發生率的增加，皆為臺灣水稻生產的威脅因子。其中，高溫逆境將造成稻米產量減少，品質變差，影響稻米市場價值。本文所介紹的韌性栽培調適技術，包括選擇栽培品種、調整種植時期、土壤水分管理及肥培施用技術，有助緩解高溫的影響。然而，這些技術仍須考量栽培當地的氣候、土壤與栽培品種特性，進行適當調整，才能有效地降低高溫對稻米產量與品質的影響。