

水稻寒冷害指標與調適策略

作物改良課 助理研究員 鄭智允 分機213
副研究員 簡禎佑 分機251
副研究員 楊志維 分機255

前言

近年來氣候變遷，水稻栽培遇天然災害之風險漸趨增高，根據農糧署農業統計，歷年來水稻天然災害損失的前三項依序為颱風、雨害及低溫。其中低溫造成水稻秧苗枯萎黃化、根系發育遲緩，或是影響水稻生育後期穗部性狀之發育，造成每穗穀粒數與稔實率劣化。雖在氣候變遷下有全球暖化趨勢且年均溫逐年攀升，但近年來偶發之低溫頻度增加，影響更趨嚴重。

一、低溫危害之定義與影響因素

低溫對植物之危害根據溫度高低又可細分為 0°C 以下之凍害（frost injury）及 0°C 以上之冷害（cool damage），以水稻而言，在臺灣主要栽培區以低海拔平原為主，主要面臨 0°C 以上之冷害。水稻生長適溫 $20\text{-}35^{\circ}\text{C}$ ，因此，當外界氣溫開始低於此範圍後，會逐漸出現低溫危害，但須考慮品種、生育階段及周遭環境等因素交互影響。水稻以品種特性而論，稈型品種比籼型品種耐低溫，但非因具有稈型品種之外觀就一定耐寒，因其可能有籼型背景而使耐寒性較差。此外，不同生育階段對低溫的敏感臨界溫度各有不同，例如水稻幼苗期遭遇低溫會發生葉片黃化、捲曲等情況，如果持續時間加長加劇，嚴重時甚至導致全株枯萎；而幼穗分化期及抽穗開花期遭遇低溫，會有穎花敗育、穗發育不良、穗抽出程度較差及稔實率降低等情況。除此之外，其他氣象因子如低相對濕度及強風下，會造成水稻植株氣孔導度增加，加速水分蒸散流失，使得低溫危害加劇。總而言之，水稻低溫危害會依據品種、生育期及其

他氣象因子而有所不同之臨界溫度。

二、寒冷害指標與水稻品系(種)耐寒性檢定

目前全臺灣各試驗改良場所育成之水稻品系(種)之耐寒性評估，均委由本場進行，檢定圃設於新竹縣五峰鄉花園村，海拔高度約500公尺的田區，利用高海拔溫度較低之自然環境進行檢定(圖1)。第1期作進行秧苗期耐寒性檢定，採秧苗盤直播法，於本場育苗後待秧苗生長至2.5至3葉齡時，移至耐寒檢定圃處理7日，由秧苗之葉色是否變黃、葉片有無捲縮、成活率及生長勢判別耐寒性，共



▲圖1. 各試驗改良場所水稻專家進行田間觀摩檢討。



▲圖2. 秧苗期耐寒性第1級。抗(R)。

分5個等級(表1、圖2-6)。第2期作進行生育後期耐寒性檢定，育苗後於檢定圃進行人工插秧(圖7)，並按照一般慣行方式管理，各品系

(種)於成熟期收穫3株，風選後進行稻穀稔實與不稔實粒數計算，換算成熟稻穀之稔實率(圖8)，以判別各品系(種)耐寒等級。



▲ 圖3. 秧苗期耐寒性第3級。中抗(MR)。



▲ 圖4. 秧苗期耐寒性第5級。中感(MS)。



▲ 圖5. 秧苗期耐寒性第7級。感(S)。



▲ 圖6. 秧苗期耐寒性第9級。極感(HS)。



▲ 圖7. 生育後期耐寒檢定-幼穗分化期至抽穗開花期。



▲ 圖8. 生育後期耐寒檢定-透過風選機與數粒機判別稔實與不稔實粒數。

表1. 耐寒性檢定調查標準表

第1期作秧苗耐寒性檢定分級標準		
級別	說明	耐寒性反應
1	葉呈綠色，無捲縮及變橙黃色現象。	抗(R)
3	第1葉及心葉部分呈橙黃色或捲縮。	中抗(MR)
5	第1葉及心葉全部變黃。	中感(MS)
7	全株呈橙黃色，葉捲縮，植株枯萎。	感(S)
9	全株枯死。	極感(HS)
第2期作耐寒性檢定以成熟期稔實率為分級依據		
級別	說明	耐寒性反應
1	稻穀稔實率 80%以上。	抗(R)
3	稻穀稔實率 60%以上未達 80%。	中抗(MR)
5	稻穀稔實率 40%以上未達 60%。	中感(MS)
7	稻穀稔實率 10%以上未達 40%。	感(S)
9	稻穀稔實率未達 10%。	極感(HS)

三、北部地區低溫危害之高風險期與調適策略

1. 育苗期

北部地區水稻會遭遇低溫的主要時期為第1期作幼苗期與第2期作生育後期，幼苗期包含育苗期到插秧後開始進入分蘖這段期間；而第1期作從浸種到插秧，約需30日，農民大致從1月下旬至2月上旬就會開始投入育苗作業，以配合2月下旬至3月上旬之插秧工作。從浸種、消毒到堆積，稻種多處於室內有堆積覆蓋較保溫的場所，溫度相對較高；待稻種嫩芽冒出頂到上方秧苗盤底部時，則需將秧苗盤移到空曠場地進行綠化作業，避免秧苗過度彎曲及遮陰徒長，但在綠化場等於是直接和外界冷空氣接觸，使得秧苗面臨低溫危害的風險。在第1期稻作出秧綠化正值2月，根據中央氣象局長期氣溫統計，2月新竹測站平均氣溫有15.9℃，有3.1日的氣溫低於10℃，而其他臨海或更北部的地區溫度會更低，將導致秧苗生長及根系發育受阻。此時不進行相關措施而直接出秧綠

化，秧苗會因直接面臨低溫而導致葉片黃化萎凋甚至枯死。因此，一般育苗場或是自行育苗的農民會在剛出秧時覆蓋一層不織布，以物理方式保持溫度，同時不織布也可以透光而使秧苗正常生長(圖9、10)。

本場於民國107年2月在場內以隧道式塑膠布、隧道式不織布及平鋪式不織布進行相關防護作業。保溫效果以不透氣之塑膠布效果最好，在低溫來襲時(10℃以下)平均可提升1.7℃(表2)，是所有防護效果最佳者，但氣溫回暖時，務必立刻掀開，否則溫度將提升至46℃以上，反而會使秧苗熱損害造成葉片白化。故一般建議以平鋪不織布防寒，待氣溫回升後也不容易造成溫度過高，但需注意將不織布拉平固定完全，避免強風吹拂造成不織布在秧苗表面拍打造成葉片黃化現象。

2. 秧苗期

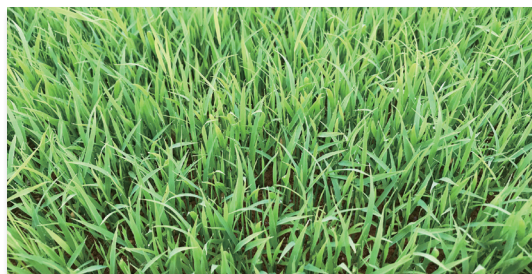
插植於本田後由於面積較大，很難進行相關防護措施，一般依靠田間灌溉

表 2. 防護處理對於秧苗箱之提升溫度效果

戶外氣溫	提升溫度(℃)		
	隧道式不織布 (基重 50 公克/平方公尺)	隧道式塑膠布 (厚度 1.8 毫米)	平鋪不織布 (基重 50 公克/平方公尺)
10℃ 以下	0.8	1.7	1.1
10-15℃	0.4	2.1	1.1
15-20℃	1.3	4.9	2.9
20-25℃	3.9	13.3	6.5
25℃ 以上	7.6	21.1	9.1



▲ 圖9. 不織布平鋪-播種後22日情況。



▲ 圖10. 不織布平鋪-播種後22日情況(近照)。

水進行防寒作業，利用水比熱大的特性緩衝溫度變化，待回溫後加速田間排水。根據本場106年度試驗結果顯示，插秧後7日內遭遇5-10°C之低溫，可觀察到水稻品種台中秈10號葉尖端枯萎葉片黃化，台農71號葉片輕微黃化，而台梗9號則沒有影響，葉片保持綠色(圖11)；但隨著氣溫回升後，受影響的品種有回復且開始分蘖。因此，在低溫寒害的防治策略上不需要噴施藥劑或添加額外的肥料與元素(圖12)，同時灌水也需注意水面高度不可淹沒秧苗，並透過調整插秧期或種植較耐寒品種來避免秧苗期遇低溫寒害。

3.生育後期

生育後期包含幼穗分化期到抽穗開花期，為低溫之敏感生育期，北部地區約在8月上旬以前插秧完畢，約在10月上旬開始進入幼穗分化期，於10月下旬抽穗開花。不過有些田區因作業時程受到延宕，大概在8月中旬以後才開始插秧，這些田區就有較高的機率在生育後期遭遇東北季風之低溫危害。本場於105-106年第1、2期作在水稻進入生育後期，於戶外田區進行約15°C為期7日之人工低溫處理(圖13、14)，結果顯示各品種對於低溫有各自之低溫敏感期，寒害指標以稔實率進行評估，台梗9號約在開花前7-14日最為敏感，台農71號在開花前0-14日最為敏感；此階段正是水稻幼穗



▲ 圖11. 不同品種台中秈10號(左圖)、台農71號(中圖)、台梗9號(右圖)在低溫下之表現情形。



▲ 圖12. 在低溫下耐寒品種無防護生育正常(左圖)，但過量噴施NAA(開根素)反而使生長受抑制(右圖)，葉片開始捲曲。

【農業新知】

分化及花粉母細胞發育的時期，可能在遭遇低溫後造成授粉不良影響稔實率；另外也觀察到每穗粒數有減少之趨勢，但統計結果不顯著。由於本次試驗中灌水皆無法獲得顯著的防護效果，可能是灌水的高度不夠或是需要保持田間水流動等因素，則需要更進一步研究，因此推薦防治策略上以選擇適當插秧期為主，避免生育後期遭逢東北季風。

四、其他相關防護策略

1. 氣象預報配合栽培管理

中央氣象局預報趨向精緻化，現行的氣象預報越來越準確且資訊公開，很容易利用手機上網取得相關資訊，或是下載相關APP並利用手機自動推播功能即時接收農業氣象之訊息，讓相關防護可預做準備。例如預測最低溫會降到 10°C 或以下時，接收到中央氣象局發布的低溫特報，田區位在沿海、山坡等高風險區域就需要密切注意溫度下降對作物造成之災害，若正逢需出秧到綠化場或是要進行插秧的作業可稍加暫緩，待氣溫回溫後再行相關作業。

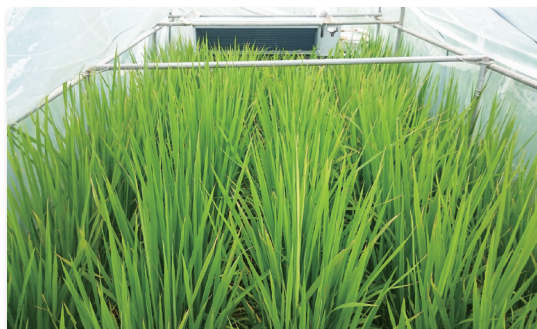
2. 農業保險與農業災害救助

當不可預期之天然災害發生造成農民損失，雖有農業災害救助相關的補助辦法，但需經過繁瑣的查報勘查作業，同時災害通常來的又急又快，礙於公務單位的人力有限且災害需要逐筆勘查，

災害判定標準又常無法準確快速。尤其如水稻生育後期低溫寒害，致災當下通常無法立即判斷，此類遲發性的災害更需要到穀粒充實時方能正確判斷，而農民往往錯過災害申報，造成行政人員與農民之間的摩擦屢見不鮮，而水稻農業保險正是為此而生。目前的水稻保險可以為農民多一層保障，且其出險條件依不同期別，保障該鄉鎮市區前5年平均實際收穫量之80-90%；若當期作不幸實際收穫量低於保證收穫量時即出險補貼農民損失，且不需要勘查災害嚴重程度或是受到什麼類型的災害；保證收穫量為農委會農糧署所公布之產量資料，可降低理賠爭議。目前水稻有農委會補助50%保費，部分地方政府也有補貼保費，所以農民實際上所需的負擔相當低，且水稻保險也可與農業災害救助並行，當遇到災害時可多一分保障。

結語

目前，已釐清相關低溫寒冷害對水稻的影響，本場除了持續開發防範低溫的調適技術及選育耐寒性較佳的品種外，也希望農民配合相關氣象預報進行農業操作，進行避災以減少寒冷害發生的風險。期盼能改變以往災害發生後依靠農業災害救助，改為積極性的田間作為，配合栽培期適時插秧，方可降低低溫對於水稻之損失風險。



▲ 圖13. 低溫處理內部情況。



▲ 圖14. 低溫處理外觀。