

淹水對水稻生長之影響

前言

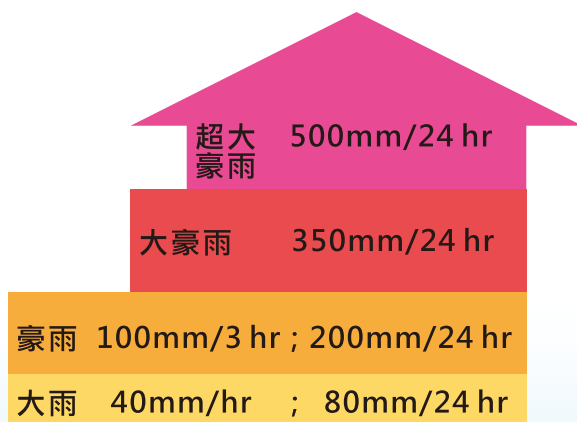
臺灣常發生之天然災害以颱風、豪雨對農作損害最為嚴重。105年9月中旬至10月上旬期間4個颱風接連而來，二期作水稻從分蘖盛期一直到抽穗期、穀粒充實期間，遭遇連日大雨，造成極大的農業損失。除了颱風外，梅雨及東北季風都可能帶來過多水氣而致災，100年11月7日至17日期間，兩波東北季風在10天之內累積了將近500毫米的雨量，田間水稻發生倒伏及發芽等現象，造成約九千萬的農業災害損失。中央氣象局為因應實際致災條件與發生情況，在104年上修了雨量分級標準，並增加了短時間強降雨的警戒值，將大雨定義為24小時

文 / 圖 侯雅玲
累積雨量達80毫米以上，或1小時雨量達40毫米以上；豪雨則是24小時累積雨量達200毫米以上，或3小時達100毫米以上，以提高大眾對災害發生的警覺性。

近年來由於各地極端氣候事件發生的頻率有日益增加的趨勢，農業天然災害發生的機率已不能僅用過往的歷史經驗來推斷，除了沿海或河岸旁容易淹水的低窪農田範圍外，只要是排水系統無法負荷短時間大量集中降雨的區域，都可能遭遇農田流失、田區淹水或水稻倒伏等災情。有鑑於此，本文針對水稻在遭遇淹水逆境時的淹水反應、損害情形與成因進行整理，期望農友對水稻水害有更深入的了解，並在面臨水害時有更即時的預防與因應對策。

淹水逆境對水稻造成的傷害

雖然水稻大部分時間是在水中生長，但仍然無法承受長時間的淹水逆境。淹水逆境分為完全淹水及不完全淹水，差別在於植株是否完全滅頂或尚有葉片露出水面上。淹水逆境會造成水稻機械性及生理性的傷害，包括植株流失、根系受損、葉片破損黃化、抽生高節位分蘖、稔實率降低、稻株倒伏或穗



中央氣象局新雨量分級定義於民國104年9月1日起實施 (hr：小時)



上發芽等徵狀，且隨著淹沒時間延長而更嚴重，造成爛根、空穗及植株爛死等無法恢復之傷害。

淹水造成水稻傷害的主要成因在於水稻養分的耗盡。水稻在泡水環境下因為氣體交換困難，而無法吸收氧氣及二氧化碳，水稻缺氧會抑制有氧呼吸，而轉向無氧呼吸，但無氧呼吸的產能效率低，不足以維持水稻基本生理代謝；當水稻能量不足會使得光合作用效率大幅下降，甚至停止，水稻沒有辦法合成有機物來補足能量的耗損，只能大量消耗體內原有的可溶性糖來應急。隨著時間延長，能量用罄時，則發生葉綠素分解，組織受損，葉片黃化，甚至逐漸壞死之情形。

淹水的外在環境條件，例如：水中含氧量、水的透光度、溫度等因素都會影響水害的嚴重程度。在低水中含氧量的靜水狀態、透光度差的濁水條件，亦或是高溫加速耗能的情況，對水稻來說都是雪上加霜，造成水稻對淹水的耐受性降低，使淹水危害加劇。

耐淹水稻的反應機制

目前僅有少數水稻品種能耐長時間的淹水逆境，主要都和體內植物賀爾蒙—乙烯的調控有關。耐淹水稻採用的策略分為兩種：一種是利用水稻節間快速伸長，讓葉片能露出水面，避免滅頂、缺氧的逃脫策略；另一種是減緩水



民國105年9月~10月期間連日豪雨造成池上鄉正值黃熟期之水稻田倒伏(照片池上鄉公所提供)

稻生長速度，節約能量耗損的靜止策略。

在東南亞的雨季，農田長達數月的時間泡在汪洋一片的深水環境，仍然有水稻發展出能夠存活在這樣艱鉅環境的一套生存之道，一般稱之為深水稻或浮稻。深水稻之所以能耐淹水的原因是其具有獨特的 *SNORKEL1 (SK1)* 及 *SNORKEL2 (SK2)* 基因。一般水稻在遭遇淹水缺氧情況下，在短時間(一個小時內)體內都會累積大量乙烯氣體。深水稻的 *SK1* 及 *SK2* 基因偵測到高濃度的乙烯，會啟動一連串的緊急應變對策，主要是使水稻體內離層素(Abscissic acid, ABA)生合成下降、勃激素(Gibberellin acid, GA)生合成增加並同時使植物組織對勃激素變得敏感而發揮顯著的作用效果，勃激素使水稻節間、鞘葉能夠快速伸長、抽高，葉片得以露出水面進行氣體交換，並經由體內的孔隙讓氣體擴散到其



他器官而不至於缺氧。這類水稻將大量養分用在植株抽長上，因此產量並不高。

另外一類可耐受長時間淹水的水稻—FR13A印度地方品系，能在淹沒14天後，於水退後恢復生長，並維持穩定的產量。其在淹沒、缺氧的水中，藉由採取靜止生長的策略來降低生理代謝及能量的耗費，好撐過這個淹水的逆境，等到水退去後仍可恢復生長。在FR13A水稻中找到其中關鍵的耐淹基因*Sub1A*，當淹水發生時，水稻*Sub1A*基因偵測到乙烯濃度提高，便啟動了耐淹反應。*Sub1A*作用主要是抑制勃激素作用，暫停莖稈的伸長與生長，可以減少碳水化合物化合物的消耗；*Sub1A*基因另一方面也抑制乙烯的生成，阻止葉綠素和碳水化合物化合物的降解以及延緩葉片老化。國際稻米

研究所(International Rice Research Institute, IRRI)已運用育種的方法，已將耐淹基因*Sub1A*導入不耐淹水的商業品種中。

但絕大多數的水稻品種都不帶有*SK1*、*SK2*或*Sub1A*耐淹基因，無法在水害發生時轉換成「潛水模式」或是「凍齡模式」，當植株淹沒時僅靠植體內原有的養分來維持代謝機能，因此一旦缺氧時間拉長，能量耗盡則造成植株組織受損、死亡或是逆境解除後根系受損，發生倒伏，受損根系也影響水分與養分的吸收，當能量不足情況下，水稻恢復生長所需要的時間也較長。

生育時期對淹水耐受性差異

水稻在不同生育時期受淹水逆境影響程度也不盡相同，水稻在孕穗期受害最大，抽穗期次之，乳熟期、分蘗期和秧苗期的受害程度依次減少。

秧苗期遭遇到淹水逆境，主要影響是秧苗存活率降低、缺株多，而導致單位面積產量減少。在淹水時間較短的情況，秧苗尚有恢復生長的機會；然而若是缺株太多則建議農友儘速補植或翻耕重新插秧，以期趕上耕作時程，減少損失。

當水稻分蘗時期遭遇水害，因重新翻耕的成本較高，因此了解分蘗期後水害影響的相關研究，可以作為水害復育的參考依



臺東縣池上鄉正值糊熟期的水稻，因106年卡努颱風外圍環流的強大雨勢所造成稻穗浸水情形(照片為李永善農友所拍攝提供)。



據。繆韋瀚等人的研究顯示，水稻分蘗時期進行淹水7天或是14天的處理，對水稻的分蘗速度及抽高能力都造成抑制。另外在梅少華等人的研究報告中也指出，水稻在分蘗期淹沒處理4~10天，會造成根系活力降低，雖然水退後具有恢復能力但造成生育期延遲及產量降低。當淹水時間越長，淹水逆境解除後，植株回復生長的能力越慢，造成分蘗狀況不佳且整齊度差的穗型，也使產量減少的幅度加大且生育期拉長，平均淹沒4天，會造成產量減少2成，其產量降低的主要原因是有效穗數、粒數及千粒重的下降。因此當分蘗期遭遇短時間淹水，可能造成植株生長停滯，分蘗受阻，但及時排水後可以恢復生長，生育期稍微延遲，如果能災後補救，提高分蘗數，可減輕損失。建議農友於排乾積水2~3天後，立即施用台肥1號(每分地5~10公斤)，或有效量相同之單質肥料，並加強病蟲害防治以減少損失。

生殖生長(孕穗、抽穗、齊穗及乳熟期)期間遇到淹水逆境，都較營養生長時期來得脆弱。在謝彥等人的報告中顯示，抽穗期至乳熟期生育期間的水稻泡在淹水高度1/2~2/3植株高(不完全淹水)的逆境1~8天，主要危害癥狀為根系發育不良、葉片變黃、空穎比例增加及易倒伏的情況，在淹水排除後仍可恢復生長，平均產量損失為3.65%。生殖生長期的水稻若是遭受完全淹沒的受害情況

則較為嚴重，且耐淹的時間很短，時間一長甚至整株爛死。當淹沒2天時，平均減少產量已超過2成(27%)，抽穗期又比乳熟期不耐淹，減產更明顯，抽穗期淹沒5天以上、乳熟期淹沒6天以上，幾乎沒收成。生殖生長期遭遇完全淹水逆境而減產，主要原因是幼穗穎花壞死、花粉遇水破裂而造成空穎結實率低、生理代謝及養分運輸受阻使稻穀充實差而千粒重降低，以及長時間缺氧導致植株死亡。

結語

水稻除了要辛勤耕作外，也要看老天爺吃飯，雖然希望年年是好年冬，但仍偶有颱風、豪雨等天然災害造成水稻淹水、倒伏等重大損失。為了減低損失，首要預防措施便是疏通排水溝，維持農田排水系統之暢通，讓水稻免於浸水、淹水的情形。

淹水高度越高、時間越長，對水稻傷害越大，因此豪大雨過後應儘速排水，增加土壤通氣，有助於根系發育，並降低還原態土壤中的有毒物質對根系的毒害。若水稻正值秧苗期，應依缺株嚴重情形選擇補植或是進行翻耕；若水稻正值分蘗期則可酌量葉面施肥，但是進入分蘗盛期之後，則僅能極少量施用或不予補施；若水稻幾近收穫期，應進行搶收，減少稻株倒伏、穗上發芽等損失。



臺東縣水稻天然災害近十年年度累計農業損失價值前5名資料

年度 農損 排名	年 度	月 份	災害別	當月累積雨量 (毫米)	水稻生育時期	被害 面積 (公頃)	估計農損 價值 (千元)	備 註 (臺東站累計雨量,毫米)	受害成因
1	105	合計					100,385		
		7	尼伯特颱風	298	收穫後期、育苗	35	4,134	7/6~9 尼伯特(252.5)	土石埋沒、 秧田受淹
	9		莫蘭蒂颱風	608	分蘗盛期~孕穗期	55	1,514	9/12~15 莫蘭蒂(284.7) 9/15~19 馬勒卡(120)	倒伏、發芽
			梅姬颱風		孕穗~抽穗期	2,481	94,738	9/25~29 梅姬(145.4) 10/5~10 艾利颱風(848.63)	
2	100	合計					91,989		
		6	米雷颱風 外圍環流	470	黃熟~收穫期	60	1,400	6/21 海馬颱風外圍環流(245.3) 6/27~28 米雷颱風外圍環流(66.2)	倒伏、發芽
	11		11月豪雨	595	乳熟期~收穫期	2,849	90,589	東北季風 11/7~10(108.4) 11/15~17(391)	倒伏、發芽
			合計				68,697		
3	101	6	6月豪雨及 泰利颱風	550	黃熟~收穫期	2,366	67,821	6/3 瑪娃颱風外圍環流(4.7) 6/10 西南氣流(52.8) 6/12~14 梅雨(180.4) 6/19~20 颱風及西南氣流(94)	倒伏、發芽
4	97	8	蘇拉颱風	542	分蘗盛期	29	868	8/24、28 天秤颱風兩次登陸 8/23~25(312.5) 8/27~28(102.7)	倒伏
			天秤颱風						
4	97	合計					45,006		
		9	辛樂克颱風 蕃蜜颱風	308	孕穗~抽穗期 抽穗~乳熟期	1,609 214	41,019 3,987	臺東地區發生焚風並持續18小時 9/22~23 哈格比颱風(145.4) 9/25~28 蕃蜜颱風(104.7)	焚風不稔 倒伏及焚風
5	96	合計					37,720		
		10	柯羅莎颱風		抽穗~乳熟期	2,055	37,431	警報期間累計雨量2.2毫米	焚風
		11	米塔颱風	300	收穫盛期	25	289	警報期間累計雨量232.5毫米	倒伏