

水稻清、濁水淹浸損失試驗研究總報告

Final Report on Damage of Paddy Rice with Clean and Muddy Water Inundation

國立臺灣大學農工系教授

施 嘉 昌

Charles C. C. Shih

Abstract

This study is based on experiment data on the field and pot in Agricultural Engineering Research Center, Chung-Li, Taiwan for four years from Jan. 1976 to Dec. 1979. The treatments of this experiment are controlled by growing stage, height of water inundation and days of water ponding both in clean and muddy water. After harvest, surveying the growing differences and compare the variation of yield then use regression curve to compare the significance with statistical method. The variation of the yield is shown on parabola equation. The actual minimum yield is occurred at 80th to 90th day after transplanting in the period of heading to milk stage in first crop and at 20th to 30th day after transplanting in the period of tillering period to panicle initiation stage. The average rate of reduction yield in first and second crop are about 17 % to 22% respectively. The most damage of rice at 100% water inundation of plant height, but no significance between water inundation at 40 % and 70 % of plant height respectively. It is not much different between clean and muddy water for inundation but it is significant to compare with check data. The rates of reduction yield are 16 % and 19 % to inundate once and twice respectively in first crop and 19 % , 25 % respectively in second crop.

中文摘要

水稻淹水試驗共做了四年，地點在中壢農業工程研究中心。前二年清水，後二年濁水淹浸。處理項目分淹水時期，淹浸日數及淹水高度，分田區與盆栽二種。收穫後調查其生長差異，比較產量變化，繪出迴歸曲線，並以生統方法比較其顯著性，其產量變化呈二次拋物線形態。一期作實際最低產量發生在抽穗至乳熟期，亦即插秧後 80 至 90 天，第二期作發生在分蘗期至幼穗形成期，即插秧後 20 至 30 天。一、二期之平均減產率分別為 17 % 及 22 %。三種淹水高度以 100 % 株高損害最大，40 % 與 70 % 產量相差不大。四種淹水日數間之產量差並不顯著。清水與濁水淹浸其產量無甚差異，但與對照組比較已達顯著程度。一期作淹水一次者約減產 16 %，二次者為 19 %；二期作淹水一次約減產 19 % 而淹二次者則減產 25 %。

一、前 言

本計畫始自民國 65 年元月，終於 68 年 12 月，共計四年。試驗地點在中壢農業工程研究中心農場。前二年進行清水淹浸，第一年在田區試驗，第一期水稻，因無經驗，滲漏現象不易控制，僅有第二期水稻資料；第二年繼續清水淹浸試驗，分田區與盆栽二種，因氣候影響，盆栽第二期水稻無資料，故第二年資料第一期水稻二作及第二期一作。後考慮水稻遭受浸水損失時，均在颱風暴雨季節，所淹之水均為流動之濁水，因此在第三年（67）起改用濁水淹浸，為避免泥沙沉澱，不能繼續在田區內進行，僅採用盆栽試驗，以上三年試驗報告均已刊出^(12,13,14)，68 年繼續濁水淹浸試驗，因此清、濁水水稻淹浸各有二年資料。本報告除敘述 68 年度之試驗過程及資料分析外，尚作歷年來清、濁水試驗研究之綜合報導，作為將來應用之參考。

本計畫之處理項目分淹水時期，淹水日數及淹水高度。有關處理及調查項目分述如下：

1. 淹水時期

65 年第一期水稻品種為臺南 5 號，於插秧後 6 日每隔 15 天處理一次共 8 次，最後一次處理在插秧後 104 天。第二期作以期能出現臨界期，縮短處理間距於插秧後 10 日開始每隔 10 日處理一次，最後一次在插秧後 110 天，共 11 次，但品種為高雄選一號。田區與盆栽均相同。

66 年第一期作自插秧後 30 日開始處理，每隔 5 天處理一次共 14 次，最後一次在插秧後 115 天，品種為臺南 5 號；第二期作每隔 5 至 10 天處理一次，（植後 40 至 80 天每隔 5 日處理，餘為每隔 10 日）共 13 次，首次為插秧後 20 天，最後一次在插秧後 90 天，品種為臺北 309 號。田區與盆栽相同。

67 年第一期水稻起改用濁水處理，插秧後 15 天每隔 5 至 15 天處理一次，植後 45 天以前間距為 15

日，45 至 80 天之間距為 5 日，80 至 100 天為 10 日，最後在 115 日處理，共計 12 次。但為考慮當時清水處理情況以資比較，亦在插秧後 60, 80, 115 日處理共三次，均採用盆栽，品種為新竹 56 號。第二期水稻因經二次颱風大雨襲擊，風後莖折，倒伏嚴重無法取得資料。

2. 淹水日數：淹水日數 65 年與 66 年相同，均 1, 2, 3, 4 日四種，田間與盆栽相同均為清水。67 年改為 0.5, 1, 2, 3 天四種，清濁水處理相同。68 年僅為 1, 3 日兩種。

3. 淹水高度：65 年與 66 年為當時株高之 40%，70% 及 100% 三種，67 年改為水稻株高之 40% 及 100% 兩種，68 年僅為 100%。

4. 重複數：因 65 年田間試驗工作繁重，僅設計 2 重複數，每區之實驗筒，則第二作計有小田區 528 個，即 3（高度）× 4（浸水日數）× 11（浸水時期）× 2（重複）× 2（實驗筒）。66 年除田區試驗外，尚加做盆栽，3 重複，計試盆 504 個，即 3（高度）× 4（浸水日數）× 14（浸水時期）× 3（重複數）。67 年亦為 3 重複，清、濁水處理同。

5. 淹水方法：田間淹水方法，採用直徑約 68 公分之無底汽油桶，直接打入試驗田中深 30~50 公分，然後在桶內灌入處理高度之水，此法操作便利，防漏效果良好。盆栽之淹水分別在三個大塑膠桶內進行。濁水淹浸時，為避免桶內泥沙沉積，加設抽水泵浦馬達，保持泥水流動，如圖片一所示。

6. 資料調查：淹水處理及收穫前，全面進行生育調查，包括株高與分蘗數。收穫後進行考種工作，調查各穗重、穎花數、實穀總數、總穀粒重、實穀粒重、稔實及千粒重等。

本報告分二部分敘述，即前二年為清水淹浸，後二年為清、濁水同時淹浸，後者俟 68 年試驗資料分析後在結論內敘述，茲將前二年清水淹浸部分結論先略述如下：

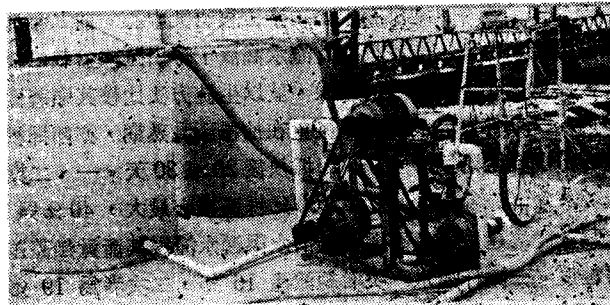


圖 1. 輪迴抽水裝置以免桶內泥沙沉積

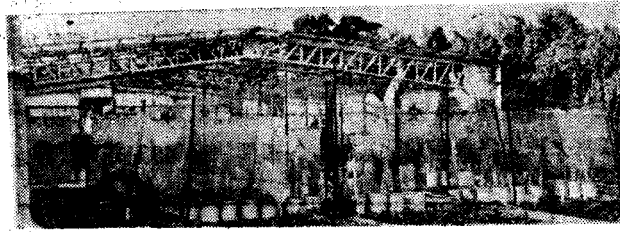


圖 2. 栽培盆置於尼龍表皮鐵絲網室內

1. 水稻各生長期予以浸水處理，其產量變化呈二次拋物線形態（理論與試驗值誤差為 4.7% 至 7.9%）。經迴歸分析及二次微分，得知一期作極小值在植後 83 天，二期作在植後 45 至 51 天，換言之，水稻在生長時期浸水，一期作在植後 83 天左右（抽穗至乳熟期；二期作在植後 45 至 51 天（最高分蘗期至幼穗形成期）可能發生最低產量。

2. 淹水高度以株高 100% 損害最大，損失率約 50% 至 80%，40% 與 70% 株高淹水時，產量相差不大，損失率約 10% 至 20%。

3. 四種淹水日數之間之產量相差不顯著，但產量依淹水日數增加而逐漸減少，淹水 4 天者可減產 40% 至 50%，3 天淹水之減產量約 20%。

本計畫進行四年，參加工作人員計五人以上，在分工合作之情形下進行，前三年參加工作同仁均已於分年報告中提及，並予以致謝。68 年度試驗工作由研究助理蕭學欽，技術員陳睿智現場執行及資料分析。並蒙臺大農藝系教授曾美倉及沈明來先生指導，特此一併致謝。

二、68 年度試驗設計、佈置與工作執行

本試驗採用之栽培盆與前相同，即直徑 25 公分，高 30 公分，公頃產量換算值為 20 萬分之一之塑膠栽培盆。栽培盆置於一尼龍表皮鐵絲網搭成之防鳥網架室內（如圖片二），並於網架室外設置大塑膠桶六座，其中四座為濁水淹浸用，一座為清水淹浸用，另一座貯存備用水，以備水源缺乏時之需。濁水浸水用之四座加裝定時控制之抽水馬達，以保持桶內沙質流動狀態。試驗用土採自農工中心之農場，為黏質壤土。於裝盆前，均經篩析攪拌，並同量配放肥料，以消除土壤性質不均可能引起之誤差。

1. 試驗設計

本試驗採用完全逢機裂區設計，重複數 (B) 為 3，主試因為浸水時期 (S)5，以插秧後日數為準。

副試因包括濁水濃度 (P)3，以含沙量濃度 ppm 為單位浸；水延時 (U)2，以天為單位；及浸水次數 (T)2，故共需 $5 \times 3 \times 2 \times 3 \times 2 = 180$ 個栽培盆，另再設 12 盆為對照組 (CK)。試驗用水之含沙量標準由各水利會提供水樣，送至農工中心分析，經加權平均後，得一高標準及低標準，分別為 2,000ppm 及 600ppm。試驗時，先將塑膠桶內灌滿水，由田間所採之土，經篩析稱重後，均勻散佈桶內和入水中。每桶容水量為 1,000 公升，其中兩座加土 2,000 公克，調製成 2,000ppm，另兩座加土 600 公克，調製成 600ppm。試驗品種第一期為臺南 5 號，第二期臺北 309 號。現將各試因詳細說明如下：

(1) 淹水時期 (S)：

為了解稻作生長中各階段如被淹水時，其產量可能發生之差異，本試驗於全生長期中定出 5 個主要時間，對稻作進行淹水處理。今就兩期分別說明。

a：一期作之淹水時期分別於插秧後 55、65、75、90、120 天 5 種，又為適應試驗需要及實際生長狀況，特於插秧後 110 天進行一次處理。其原因請見 (4) 浸水次數 (T) 之說明。5 種浸水時期，按次序分別以 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 及 S_5 符號代表之。

b：二期作之浸水時期區分插秧後 20、40、65、80 及 110 天五種。

(2) 淹水濃度 (P)：

本試驗繼上年度計劃，為符合實際暴雨時田間浸沒狀況，設計浸水水濃度因子 (P)。分別為 0、600 及 2000ppm 含沙量。其中 0 ppm 命為清水，600ppm 命為輕濁水，2000ppm 命為重濁水，以利區分。其代號分別為 P_1 、 P_2 及 P_3 。

(3) 淹水延時 (U)：

為比較短期與長期浸水對稻作損害之差異，本次試驗將浸水延時分為 1 日及 3 日兩種，以

U₁ 及 U₂ 代表之。

(4) 淹水次數(天)：

本試驗為得知水稻被多次淹沒後，其產量損失狀況，設計浸水次數，區分為一次及二次兩種。現以二期作說明浸水次數與浸水時期及其他

諸因子之關係，請參考圖 3。圖中左下角為第一期進行處理時間為插秧後 20 天，此時將圖中標明 (20) 及 (20,40) 者共 36 盆進行淹沒處理。其中一半(18盆)，即標 (20,40)者，將於第二期S₂時，即插秧後 40天時，(圖之中下部分)，與標 (40)

浸 瀆 水 度	浸 天 水 數	浸時 水 期	重 複 數			浸時 水 期	重 複 數			浸時 水 期	重 複 數			圖 例
			1	2	3		1	2	3		1	2	3	
清 水 組 0 ppm	3 天	本區 36 盆為對照及預備組	○	○	○	90 80	○	○	○	120 110	○	○	○	○ 浸水一次 ◎ 浸水二次
			○	○	○	90,110 80,100	◎	◎	◎	110,120 100,110	◎	◎	◎	
			○	○	○	90 80	○	○	○	120 110	○	○	○	
	1 天		○	○	○	90,110 80,100	◎	◎	◎	110,120 100,110	◎	◎	◎	
			○	○	○	90 80	○	○	○	120 110	○	○	○	
			○	○	○	90,110 80,100	◎	◎	◎	110,120 100,110	◎	◎	◎	
重 濁 組 2000 ppm	3 天	○	○	○	90 80	○	○	○	120 110	○	○	○	下列數字表第二期作自插秧後之日數。 浸水時期項內上列數字表第一期作。	
		○	○	○	90,110 80,100	◎	◎	◎	110,120 100,110	◎	◎	◎		
		○	○	○	90 80	○	○	○	120 110	○	○	○		
	1 天	○	○	○	90,110 80,100	◎	◎	◎	110,120 100,110	◎	◎	◎		
		○	○	○	90 80	○	○	○	120 110	○	○	○		
		○	○	○	90,110 80,100	◎	◎	◎	110,120 100,110	◎	◎	◎		
輕 濁 組 600 ppm	3 天	○	○	○	90 80	○	○	○	120 110	○	○	○		
		○	○	○	90,110 80,100	◎	◎	◎	110,120 100,110	◎	◎	◎		
		○	○	○	90 80	○	○	○	120 110	○	○	○		
	1 天	○	○	○	90,110 80,100	◎	◎	◎	110,120 100,110	◎	◎	◎		
		○	○	○	90 80	○	○	○	120 110	○	○	○		
		○	○	○	90,110 80,100	◎	◎	◎	110,120 100,110	◎	◎	◎		
清 水 組 0 ppm	3 天	55 20	○	○	○	65 40	○	○	○	75 65	○	○	○	下列數字表第二期作自插秧後之日數。 浸水時期項內上列數字表第一期作。
		55,65 20,40	◎	◎	◎	65,75 40,65	◎	◎	◎	75,90 65,80	◎	◎	◎	
		55 20	○	○	○	65 40	○	○	○	75 65	○	○	○	
	1 天	55,65 20,40	◎	◎	◎	65,75 40,65	◎	◎	◎	75,90 65,80	◎	◎	◎	
		55 20	○	○	○	65 40	○	○	○	75 65	○	○	○	
		55,65 20,40	◎	◎	◎	65,75 40,65	◎	◎	◎	75,90 65,80	◎	◎	◎	
重 濁 組 2000 ppm	3 天	55 20	○	○	○	65 40	○	○	○	75 65	○	○	○	
		55,65 20,40	◎	◎	◎	65,75 40,65	◎	◎	◎	75,90 65,80	◎	◎	◎	
		55 20	○	○	○	65 40	○	○	○	75 65	○	○	○	
	1 天	55,65 20,40	◎	◎	◎	65,75 40,65	◎	◎	◎	75,90 65,80	◎	◎	◎	
		55 20	○	○	○	65 40	○	○	○	75 65	○	○	○	
		55,65 20,40	◎	◎	◎	65,75 40,65	◎	◎	◎	75,90 65,80	◎	◎	◎	
輕 濁 組 600 ppm	3 天	55 20	○	○	○	65 40	○	○	○	75 65	○	○	○	
		55,65 20,40	◎	◎	◎	65,75 40,65	◎	◎	◎	75,90 65,80	◎	◎	◎	
		55 20	○	○	○	65 40	○	○	○	75 65	○	○	○	
	1 天	55,65 20,40	◎	◎	◎	65,75 40,65	◎	◎	◎	75,90 65,80	◎	◎	◎	
		55 20	○	○	○	65 40	○	○	○	75 65	○	○	○	
		55,65 20,40	◎	◎	◎	65,75 40,65	◎	◎	◎	75,90 65,80	◎	◎	◎	

圖 3. 試驗盆排列圖

及 (40,65) 者之 36 盆，共同進行處理，同樣的 (40,65) 之 18 盆亦將於第三期 S_3 ，即插秧後 65 天時，再淹浸一次，依此類推。則每期之半數盆組，將於下次處理時再浸一次，而第四期 S_4 ，插秧後 80 天者之半數，將於第五期 (S_5)，插秧後 110 天再浸一次。110 天組 (S_5) 之半數，必將於稍後某時再浸一次。但二期作之全生長期約 120 天左右，且插秧 110 天後，谷粒已為黃熟階段，根據前幾年度之試驗，黃熟期浸水作用殊不明顯，故將 80 天及 110 天之浸二次組盆，同時於插秧後 100 天進行浸水處理。一期作之狀況同二期作，加插秧後 110 天之處理。

此外全期並作生育調查，收穫後進行考種工作

，調查各盆穗數，總谷粒數，實谷粒數，實谷重，稔重率及千粒重等。

2. 試驗布置

試驗按生長期之次序，將栽培盆區分為五區 (如圖 3)，每區再以浸水濃度，浸水延時，浸水次數之順序排列栽培盆，重複數為 3，如此每區得 36 盆，5 區合計 180 盆。其排列如圖 3。塑膠桶放置於網架室內如圖 4 所示。下方兩座為 2,000ppm，上方者為 600ppm 均裝攪水馬達，並於每次試驗前清除桶底之淤泥，以免累加濁水之濃度。試驗時分別測定水面及水面下 50 公分 (約當稻梗中央) 的含沙量狀況，隨時加以控制，以減少各期試驗間之差別。

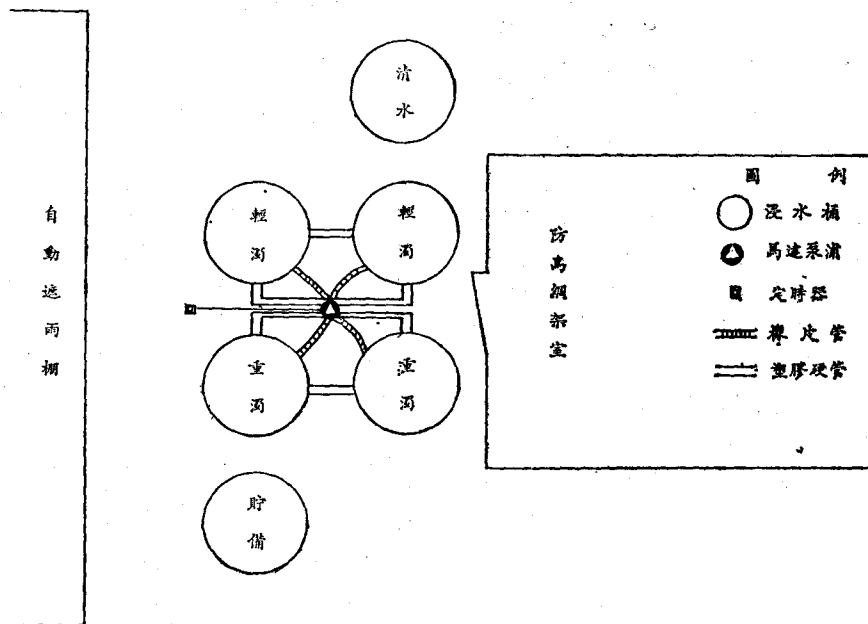


圖 4. 試驗場佈置圖

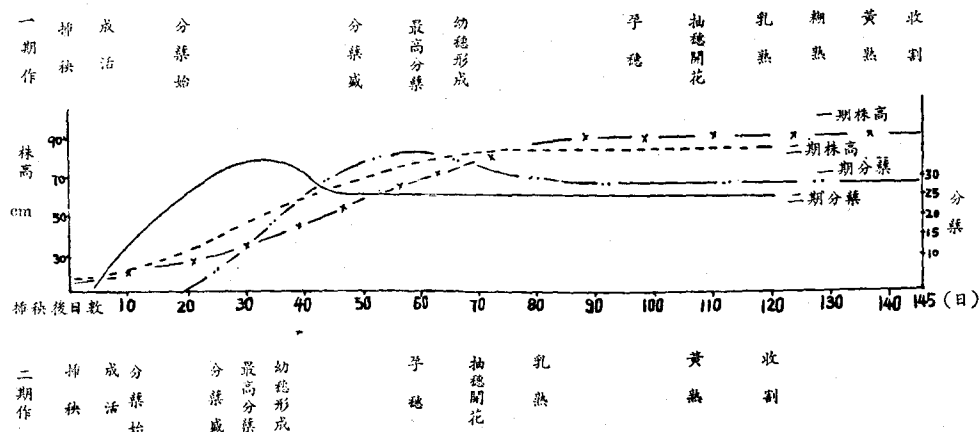


圖 5. 生長狀況圖

3. 工作執行狀況

試驗之進行處理，均按預定計畫實施之。第一期稻作於 68 年 3 月 7 日插秧，68 年 7 月 30 日收穫，全生長期 145 天。第二期稻作於 68 年 8 月 23 日插秧，12 月 20 日收穫，全生長期 119 天。生育過程見圖 5。

三、資料分析與討論

根據試驗之產量及產量構成因素等資料之統計與分析，茲就第一期與第二期稻作分別說明之。

1. 一期作

(1) 產量變方分析，迴歸分析及梯形測驗

由表 1 中知主試因浸水時期(S)間的差異極顯著，副試因浸水濃度(P)，浸水延時(U)及浸水次數(T)諸因子差異均不顯著。交感因子 S×T 及 P×U 兩項差異顯著；S×P，S×U，S×U×T 有極顯著差異，其餘諸項均不顯著。由表 2 中可看出，經二次迴歸分析後得知其迴歸方程式為 $\hat{y} = 11916.3 - 170.7x + 0.958x^2$ ，經二次微分後，推測一期作在理論上，如插秧後 89 天時遭受淹浸，產量可能最低，平均誤差為 5.03%。今將淹水時期，淹水濁度，淹水日數及浸水次數各試驗因子之各變級間和變級與對照組(CK)間之梯形顯著測驗列如表 3。由表 3a 可知產量高低之次序由低至高依次為 S₁，S₂，S₃，S₄，S₅，即插秧後 90 天，65 天，75 天，120 天及 55 天。產量最低為插秧後 90 天被浸水後發生，即為孕穗期，與迴歸分析 89 天近似亦與過去試驗結果接近。表中顯示插秧後 90 天組之產量與插秧後 55，75，120 天組之間有極顯著差異；插秧後 65 天組之產量與 120 天組間亦有顯著差異。單就對照組而言，插秧後 65，75，90 天組與對照組產量間有極顯著差異，而 55，120 天組與對照組間之差異僅達顯著狀況。因此或可將減產情況區分為二級，一級減產為插秧後 65，75 及 90 天時被浸水時可能發生之情況，即幼穗形成初期至孕穗初期時被浸水減產情況極嚴重。二級減產為插秧後 55 及

120 天時被浸水時可能發生之情況，即分蘗期及成熟期發生淹沒狀況時減產情況明顯。由表 3b 可顯示三種不同濃度之浸水效應間其差異不顯著，但三者對對照組之差異均達極顯著。由此可知，因不同浸水濃度所導致之減產，其比率雖與清水值同趨向，但其差異並不足顯示某種濃度之浸水對產量損害較小或較大，反而由其與對照組比較之情況得知，稻株一經淹沒，不論清水，輕濁或重濁水，對產量損害均極嚴重。再由表 3c 可看出浸水處理使一期稻作產量有極顯著之降低，但浸水 1 天和 3 天間並無顯著之差異存在。最後再測試不同浸水次數之間在一期作之產量上有無造成顯著差異，由表 3d 可看出雖不同次數之浸水在產量損害程度上並無顯著差異，而兩變級與對照組之差異均達極顯著。

表 1 一期作水稻盆栽試驗實粒重變方分析

變方因子	自由度	平方和	均方	F 值
S	4	1202,555	300,639	20.18**
E _a	10	149,002	14,900	—
P	2	91,814	45,907	1.41
U	1	46,107	46,107	1.42
T	1	27,927	27,927	0.86
S×P	8	722,818	90,352	2.78**
S×U	4	466,422	116,606	3.59**
S×T	4	332,491	83,123	2.56*
P×U	2	271,083	135,542	4.18*
P×T	2	31,821	10,911	0.34
U×T	1	0,000	0,000	0,00
S×P×U	8	332,707	41,588	1.28
S×P×T	8	175,377	21,922	0.68
S×P×T	4	781,649	195,412	6.02**
P×U×T	2	37,082	18,541	0.57
S×P×U×T	8	264,558	33,070	1.02
E _b	110	3569,444	32,449	—

S:生長期 E_a:主區機差 P:浸水濃度 U:浸水延時
T:浸水次數 E_b:副區機差 *:顯著 **:極顯著

表 2 一期作理論與實際產量對照表

生長期 (X)	S ₁ (55)	S ₂ (65)	S ₃ (75)	S ₄ (90)	S ₅ (120)
實際產量 ks/ha()	5418	4622	5034	3983	5272
理論產量 kg/ha()	5408	4779	4455	4508	5171
誤差率 (%)	0.14	5.32	10.55	8.29	0.83

迴歸方程式: $\hat{y} = 11916.3 - 170.7X + 0.958X^2$ 當 \hat{y} 為最小值時 $X = 89$

平均 = 5.03%

表 3 水稻一期作梯形顯著測驗表
3a. 浸水時期之梯形表

項次	產量 (kg/ha)					
S ₄	717.0	S ₄				
S ₂	831.9	114.9*	S ₂			
S ₃	906.1	189.1**	74.2	S ₃		
S ₅	948.8	231.8**	116.9*	42.7	S ₅	
S ₁	975.3	258.3**	143.4**	69.2	26.5	S ₁
CK	1058.4	341.4**	226.5**	152.3**	109.6*	83.1*

LSD 5% = 81.0 * 顯著
LSD 1% = 117.9 ** 極顯著
S₁ 至 S₅ 分別表示插秧後 55, 65, 75, 90, 120 天

3b 浸水濁度之梯形表

項次	產量 (kg/ha)			
P ₂	1411.8	P ₂		
P ₁	1451.5	32.7	P ₁	
P ₃	1515.8	104.0	64.3	P ₃
CK	1764	352.2**	321.6**	248.2**

LSD 5% = 123.7
LSD 1% = 163.7 ** 極顯著
P₁ 至 P₃ 別表含沙量 0, 600 及 2,000ppm

3c 浸水日數之梯形表

項次	產量 (kg/ha)		
U ₂	2144.0	U ₂	
U ₁	2235.1	91.1	U ₁
CK	2625.8	481.8**	390.7**

LSD 5% = 151.3 ** 極顯著
LSD 1% = 200.3
U₁ U₂ 分表浸一天, 三天

3d 浸水次數之梯形表

項次	產量 (kg/ha)		
T ₂	2154.1	T ₂	
T ₁	2225.0	70.9	T ₁
DK	2625.8	471.7**	400.3**

LSD 5% = 151.3 ** 極顯著
LSD 1% = 200.3
T₁ T₂ 分表浸水一次及二次

(2) 各試驗因子對主要產量構成因素之影響

水稻生長狀況與其產量有絕對之相關性，而在水稻整個生長過程中，主要構成產量因素如穗數，粒數，稔實率，千粒重等均有其特定之生成決定期與忍受損害之最大限度，如在特定時期或受損害超越其忍受限度，則產量必因此而減少。現分別探討各單獨因子與交感因子對穗數，總粒數，充實粒數，稔實率，千粒重及重量之影響。

(a) 不同浸水時期對主要產量構成因素之影響

任何時期浸水之影響可由表 4 第①欄看出，無論在插秧後何時浸水，均造成穗數在比例上之減少，尤以插秧後 90 天浸水之減產率達 17%。第②欄中之每盆總粒數，除插秧後 90 天之 S₂ 組低 20% 外，其餘四組平指數約為對照組之 99%。插秧後 55 天淹水之 S₁ 組每穗總粒數指數高達 113%，65 天之 S₂ 組亦高達 110%，此可能因插秧後 55 及 65 天，約當分蘗盛期至幼穗形成始期，稻作需水量大，淹水對生長反有所助益。第③欄中各組指數以插秧後 90 天淹水之 S₄ 組之 82% 為最低，因此時約當減數分蘗期，為稔實決定期，此時淹水影響減數分裂之進行、根據農業要覽第六輯第一卷中稻之發育生理⁽⁸⁾ (P.37) 指出稻穗之發育有兩重要時期。一為雌雄蕊內外類分化期，一為花粉核及胚囊卵生殖細胞之分化形成期，倘此時期遭水害，旱害，冷害等災害時，則穗短，粒多，為稻作之全生長期中被害最大時期，一期作抽穗時間約在插秧後 110 天，故 90 天時正當孕穗及減數分裂期，故其稔實率低。

表 4 一期作各試驗因子對主要構成產量因素之影響

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩								
	每盆穗數	每總粒數	每穗粒數	每實粒數	每實粒數	稔實率	千粒重	每實粒重	公頃產量									
S	S ₁	21	88	1389	100	66	113	1202	100	57	114	87	100	22.5	93	27.1	5418	92
	S ₂	22	92	1399	101	64	110	1018	85	46	92	73	84	22.7	93	23.1	4622	79
	S ₃	23	96	1359	98	59	102	1134	94	49	98	83	95	22.2	91	25.2	5034	86
	S ₄	20	83	1110	80	56	97	787	66	39	78	71	82	25.3	104	19.9	3983	68
	S ₅	23	96	1365	98	59	102	1231	103	54	108	90	103	21.4	88	26.4	5271	90
P	P ₁	21	88	1288	93	61	105	1062	88	51	102	78	90	22.8	94	24.2	4838	82
	P ₂	23	96	1347	97	59	102	1080	90	47	94	80	92	21.8	90	23.5	4706	80
	P ₃	22	92	1337	96	61	105	1135	95	52	104	85	98	22.3	92	25.3	5053	86
U	U ₁	22	92	1322	95	60	103	1103	92	50	100	83	95	22.5	93	24.8	4967	84
	U ₂	22	92	1325	95	60	103	1082	90	49	98	82	94	22.0	91	23.8	4764	81
T	T ₁	21	88	1313	95	63	109	1119	93	53	106	85	98	22.1	91	24.7	4944	84
	T ₂	23	96	1335	94	58	100	1065	89	46	92	80	92	22.4	92	23.9	4784	81
CK	24	100	1391	96	58	100	1211	100	50	100	87	100	24.3	100	29.4	5880	100	

S₁ 至 S₅ 分表插秧後 55, 65, 75, 90, 120 天 P₁ 至 P₃ 分表含沙量 0, 600, 2000 ppm U₁ U₂ 分表浸一天、三天、T₁ T₂ 分表浸一次、二次 CK 表對照組

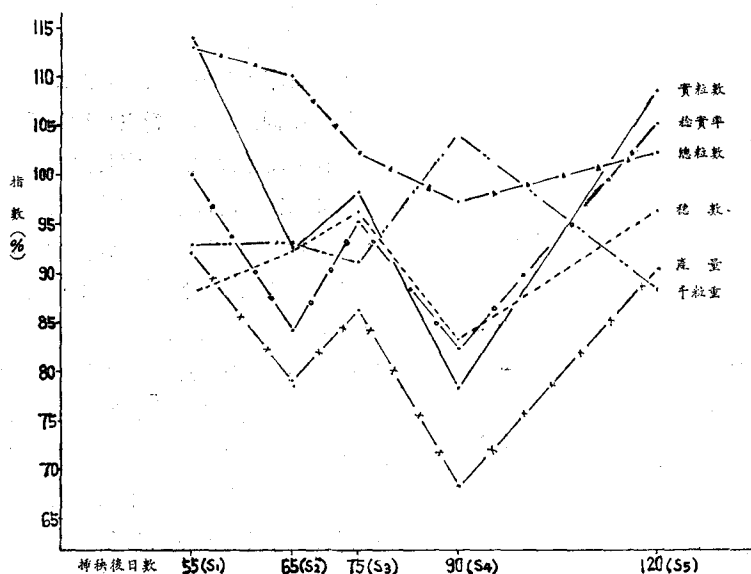


圖 6. 一期作不同生長期各構成產量因素生長變化圖

千粒重值最低值為插秧後 120 天淹水組之 S₅，僅為對照組之 88%。判斷原因有二：i. 每盆實粒數特別多，稔實率亦高，為對照組的 103%，高出處理組平均指數 (93%) 10%。因而使實重分散。ii. 120 天淹水約當乳熟期，有害於澱粉之集積，且提前至 110 天處理之各盆之穎花發育亦可能受損，因此造成千粒重值低落。

綜上觀之，任何時期淹水對產量均造成損害，從第⑧欄中得知其減產率由 8% 至 32%。在生長之前期 (如 S₁, S₂) 浸水，易造成生長遲緩，而使孕穗及開花抽穗過程拉長，使其遭逢夏初不穩定氣候及強風暴雨之機率增大，根據汪呈因氏稻作學——稻之生態⁽¹⁾ (P. 63) 中指陳低溫及暴風雨均易損傷莖葉及穗軸，阻斷水分上升，即可形成白穗，且

穎花雖可開放，但粉囊不能破裂，致不能受精而成批。故 S_2 之稔實率低，產量亦因而減少實肇因於此。中期 75 天遭淹水(如 S_2)，正值枝梗分化，根據汪呈因氏稻作學 (P.55) 指陳枝梗數與穗粒數，穗粒重及結實率為顯著相關，相關係數穗粒數為 0.786，穗粒重為 0.708，結實率為 0.764。即枝梗分化如受破壞而減少將減少粒數，造成低實率和低產量。此可由 S_3 組之穗數雖較 S_1 組多，但不論總粒數，實粒數均相形見絀，產量亦降低了 6% 而得證。中後期 90 天浸水如 S_4 ，已如前文所述，為全期中受害最大者。後期 120 天淹水如 S_5 ，米谷已達成熟階段，淹水對產量的影響將稍微緩和。

又此次試驗，因重複浸水，各生長期之處理相互重疊，其交錯影響之結果，使各處理組之產量均較對照組為低。尤以與 S_4 交錯之 S_3 及 S_5 而言， S_3 與 S_4 重疊處理於插秧後 90 天時， S_4 與 S_5 重疊處理於插秧後 110 天時， S_3 組的稔實即較對照組低 5%， S_5 之實粒數雖較其各組平均值 90%，多出 13%，但產量却受千粒重值之干擾，僅較平均指數增加 7%。由此可看出重複浸水之效應複雜，實不能就單方面而論斷產量之高低。

(b) 不同浸水濃度對主要產量構成因素之影響

由表 4 中各欄觀察，不同濃度浸水對一期稻作產量構成因素均造成近似之損害，其產量之差異亦不顯著。其原因可能有二：i 一期作夏期日照充足，且多直射，雖含沙量高可能影響光之效能，但其差別不大。ii 農工中心土壤，沉積性大。經處理時採水分析實測值顯示，600ppm 桶水面含沙量約為 100~200 ppm，水面下 50 公分為 500~600ppm。2,000ppm 桶水面之含沙量約為 300~500ppm，水面下 50 公分約為 1,600~2,000ppm，故證實土壤顆粒沉積性大，因此實際淹浸至稻穗之濁度均較設計者為低。浸水濃度間雖無差異，但與對照組間之差異却均達極顯著，其減產率均為 17%。

(c) 不同浸水延時對產量構成因素之影響

由表 3c 及表 4 可知，浸水對產量有極顯著之影響，其減產率達 16~19%，但不同浸水日數間差異不顯著。另由表 4 浸水延時對各產量構成要素之影響而言，平均較對照組減少甚多，如以對照組為 100，則分別為穗數 92，總粒數 95，稔實率 94.5 實粒數 91 及千粒重 92。但浸水日數間無顯著差異存在。

(d) 不同浸水次數對主要產量構成因素之影響

不同浸水次數在一期稻作產量上，未造成顯著差異(如表 3d)，但兩變級間與對照組分別比較，則差異極顯著，浸水一次減產 16%，二次減產 19%，其原因可由表 4 中得知，即最大原因乃穗數，稔實率及千粒重減少而影響產量。浸水一次及二次間之差異雖未達顯著水準，但由總穎花數，稔實率，總實粒數等主要性狀，可知浸水二次均有降低之趨勢。

(e) 二次交感效應之探討

一期作產量變方分析結果，交感效應達 1% 顯著水準者有淹水時期與濃度 ($S \times P$)，淹水時期與淹水延時 ($S \times U$) 及淹水時期、延時及淹水次數 ($S \times U \times T$) 等三組合。達 5% 顯著水準者有淹水時期與次數 ($S \times T$)，淹水濃度與延時 ($P \times U$) 兩組合。

淹水時期與濃度組合如表 5 以 $S_1 P_1$ 產量最高，較對照組之產量增加 4%，而以插秧後 90 天淹清水或濁水之產量最低，約減產 29% 至 38%，最高最低組合間相差 42%，每公頃約相差 2450 公斤。由高至低產量之組合順序為 $S_1 P_1$ ， $S_5 P_2$ ， $S_1 P_3$ ， $S_3 P_2$ ， $S_2 P_3$ ， $S_3 P_3$ ， $S_5 P_1$ ， $S_4 P_1$ ， $S_2 P_1$ ， $S_1 P_2$ ， $S_1 P_3$ ， $S_4 P_3$ ， $S_2 P_2$ ， $S_4 P_1$ 由此排列中，以 S_1 及 S_5 組合之順序在前， S_4 之組合多在後，由此看來一期作插秧後 90 天前後浸清水濁水減產最大，分蘗期似無影響。而淹水濁度之影響似無規律可循。

淹水時期與延時組合中(表 6) $S_4 U$ 之產量最低， $S_5 U_1$ 之產量最高，亦即顯示插秧後 90 天淹水 1 天與 3 天減產 36% 至 29%，插秧後 120 天淹水一天不至減低產量。最高與最低組合間每公頃產量約相差 2160 公斤。最低之二個組合均出現在 S_4 組中，由此可知插秧後 90 至 110 天孕穗至抽穗期淹水，不論延時長短，均可造成相當嚴重之減產。水稻黃熟期淹水一天並無減產現象，但淹水三天則對產量有明顯之下降與對照組比較減產達 22%。

淹水時期與次數如表 7 所示，插秧後 90 天，淹水一次減產 24%，二次減產 41%，可見此時淹水對第一期水稻損失而言相當嚴重。但在插秧後 55 天淹水，一次者僅損失 7%，二次者為 9%。插秧後 120 天淹水損失亦約為 5% 至 15%，因此時穀粒已成熟，快至收穫階段。插秧後 65 至 75 天淹水，約減產 10% 至 23%。

淹水濁度與延時組合如表 8 所示，由表中數字

看出，濁度 600ppm 淹水一天與清水淹浸三天，水稻減產約 24 %。爲此組合之最嚴重減產，另一現象亦可看出減產情況如清水淹一天約減產 12 %

表 5 淹水時期與淹水濃度組合公頃產量表 單位 kg/ha

生長期別	濃度別	P ₁	指數	P ₂	指數	P ₃	指數
S ₁		6120	104	4607	79	5468	93
S ₂		4723	80	3840	65	5302	90
S ₃		4822	82	5315	90	4965	84
S ₄		3670	62	4098	70	4182	71
S ₅		4857	83	5610	95	5347	91

對照組產量 5880kg/ha

S₁ 至 S₅ 分別表插秧後 55, 65, 75, 90, 120 天

P₁ 至 P₃ 分別表含沙量 0, 600, 2000ppm

表 7 淹水時期與次數組合公頃產量表 單位 kg/ha

生長期別	次數別	T ₁	指數	T ₂	指數
S ₁		5470	93	5367	91
S ₂		4522	77	4721	80
S ₃		5289	90	4809	82
S ₄		4488	76	3479	59
S ₅		4983	85	5559	95

對照組產量 5880 kg/ha T₁ T₂ 分別表浸一次及二次

表 8 淹水濃度與延時組合公頃產量表 單位 kg/ha

濃度別	延時別	U ₁	指數	U ₂	指數
P ₁		5156	88	4521	77
P ₂		4464	76	4948	84
P ₃		5281	90	4825	82

對照組產量 5880kg/ha

U₁ U₂ 分別表浸一天及三天

表 10 二期作理論與實際產量對照表

生產期 (X)	S ₁ (20)	S ₂ (40)	S ₃ (65)	S ₄ (80)	S ₅ (110)
實際產量 kg/ha (y)	3994	5154	4052	4427	5139
理論產量 kg/ha (ŷ)	4360	4350	4461	4593	5003
誤差率 (%)	9.16	15.60	10.09	1.49	2.65

迴歸方程式: $\hat{y} = 4456.510 - 7.018X + 0.109X^2$ 當 \hat{y} 爲最小值時 $X = 32$

平均: 7.8%

, 600ppm 淹水三天減產 16%, 2000ppm 淹水三天減產 18%, 淹一天減產 10%。因試驗桶內濁度控制不易, 淹水濃度與延時無一定規則可循。

表 6 淹水時期與延時組合公頃產量表 單位 kg/ha

生長期別	延時別	U ₁	指數	U ₂	指數
S ₁		5207	89	5630	96
S ₂		4739	80	4504	77
S ₃		5151	88	4917	84
S ₄		3789	64	4178	71
S ₅		5949	101	4593	78

對照組產量 5880 kg/ha U₁ U₂ 分別表浸一天及三天

表 9 二期作水稻盆栽試驗實粒重變方分析表

變方因子	自由度	平方和	均方	F 值
S	4	1155.910	288.978	5.40*
E _a	10	535.154	53.515	—
P	2	34.332	17.166	0.54
U	1	1.513	1.513	0.05
T	1	130.220	130.220	4.12*
S×P	8	532.393	66.549	2.10*
S×U	4	109.699	27.425	0.87
S×T	4	161.966	40.492	1.28
P×U	2	62.049	31.025	0.98
P×T	2	216.095	108.048	3.42*
U×T	1	7.106	7.106	0.22
S×P×U	8	646.635	80.829	2.55*
S×P×T	8	171.209	21.401	0.68
S×U×T	4	112.311	28.078	0.89
P×U×T	2	82.525	41.263	1.30
S×P×U×T	8	134.519	16.815	0.53
E _b	110	3480.273	31.639	—

S: 浸水時期 E_a: 主區機差 P: 浸水濃度 U: 浸水日數

T: 浸水次數 E_b: 副區機差 *: 顯著

表 11 水稻二期作梯形顯著測驗表 產量單位:kg/ha.

表 11a 淹水時期之梯形表

項次	產量 (kg/ha)					
S ₁	718.9	S ₁				
S ₃	729.4	10.5	S ₃			
S ₄	796.8	77.9	67.4	S ₄		
S ₅	925.0	206.1*	195.6*	128.2	S ₅	
S ₂	927.8	208.9*	198.4*	131.0	21	S ₂
CK	1050.3	331.4**	320.9**	253.5**	125.1	122.5

LSD 5 % = 150.8 *S₁ 至 S₅

LSD 1 % = 219.4 分別表插秧後 20, 40, 65, 80, 110天

11b 淹水濁度之梯形表

項次	重量 (kg/ha)				
P ₃	1329.0	P ₃			
P ₂	1382.2	53.2	P ₂		
P ₁	1386.7	57.7	4.5	P ₁	
CK	1750.5	421.5**	368.3**	363.8**	

* LSD 5 % = 123.6

LSD 1 % = 163.6

* P₁ 至 P₃ 分別表含沙量 0, 600, 2000ppm

表 11c 淹水日數之梯形表

項次	產量 (kg/ha)			
U ₁	2040.7	U ₁		
U ₂	2057.2	16.5	U ₂	
CK	2423.3	366.1**	382.6**	

LSD 5 % = 149.5

LSD 1 % = 197.8

U₁, U₂ 分別表浸一天, 三天

表 11d 淹水次數之梯形表

項次	產量 (kg/ha)			
T ₂	1972.4	T ₂		
T ₁	2125.5	153.1*	T ₁	
CK	2423.3	297.8**	450.9**	

LSD 5 % = 149.5

LSD 1 % = 197.8

T₁, T₂ 分別表浸一次, 二次

2. 二期作

(1) 產量變方分析、迴歸分析與梯形測驗

本試驗二期作之產量變方分析表如 9 所示。二期作生長期短，且受冬季季風及低溫影響，因此諸處理因子效應不如一期作強烈。表 9 中以生長期 (S) 及浸水次數 (T) 有顯著差異。二次交感因子以浸水時期與浸水濃度之交感 (S×P) 及浸水濃度與浸水次數之交感 (P×T) 達顯著水準。三次交感僅以浸水次數，浸水濃度及浸水延時之交感組合 (S×P×U) 有顯著差異。經迴歸分析及二次微分後，如表 10 得知方程式為 $\hat{y} = 4456.510 - 7.018x - 0.109x^2$ ，理論最低產量點，為插秧後 32 天，平均誤差為 7.8%。試驗值以插秧後 20 天時加以浸水得最低產量，與理論值相差 12 天，此誤差可能因為 i. 迴歸分析之參試項次僅五項，所導析之曲線，代表性不高。ii. 插秧後 20 天組因抽穗時遇低溫，

產量特低，而使迴歸曲線偏向左端。如與前數年分析值比較，最低產量淹水時間均在最高分蘗期至幼穗形成期，尚算合理。

再分析各因子間及與對照組間之差異，茲作梯形顯著測驗如表 11 所示。表 11a 為浸水時期之梯形表。二期作各生長期處理組與對照組之產量由低至高之順序為 S₁, S₃, S₄, S₅, S₂。其中 S₁, S₃, S₄ 與對照組之間有極顯著差異，亦即如分蘗期，孕穗至抽穗開花期及乳熟期淹水處理，對減產之影響甚大，尤以分蘗期淹水對減產之影響最大。由表 11b 中得知二期作在不同濃度下，其產量由低至高為 P₃, P₂, [P₁]，即淹水濁度愈高時產量愈低。三不同濃度處理組相互之間並無顯著差異，但與對照組比較，其差異均達極顯著。表 11c 中，1 日與 3 日浸水延時時間之差異極微，但兩延時處理組對對照組之差

異均達極顯著。表 11d 中兩不同浸水次數處理在二期作有顯著程度之差異，且與對照組之間均達極顯著程度。

(2) 各試驗因子對主要產量構成因素之影響

二期作之生長環境由高溫而低溫，高溫時為夏季，多颱風豪雨，低溫時則進入冬季，常逢強烈季風，故一般生長均不及一期作優良。而試驗時，亦因惡劣環境之干擾，諸試驗因子間之效應並不如一期作單純，但一般減產情況較一期作嚴重；二期作平均減產率 22%，較一期作 17%，高出 5%。今就各試驗因子對構成產量因子之影響，探討二期作減產之原因如下：

(a) 不同浸水時期對主要產量構成因素之影響

自表 12 及圖 7 中可看出，二期作在生長期無論何時淹水，對穗之生成並無影響。由圖 6 一期作之各種曲線中可看出稔實率及千粒重曲線大致成相反趨向。而二期作之處理效應不如此明顯，尤以 S_1 組之稔實率及千粒重與 S_3 組千粒重較為反常。通常前期浸水，即 S_1 時，並不致直接影響植株之稔實率，但本試驗 S_1 組之稔實率却較對照組低 25%，僅較最低稔實高 1%。此原因可能由於 S_1 組係生長前期浸水，復元緩慢生育遲延，其抽穗開花即較對照組遲 7~10 天，因而遭遇寒流（11 月 17 日鋒面到達），氣溫降至 12°C ，而使花藥不開，無法傳粉受精，致使稔實降低。因 S_1 之生長一直比他組為慢，其成熟期亦較他組為遲，當對照組及 S_3 、 S_1 、 S_5 穗谷已轉黃時， S_1 組穗粒尚為青綠色，且多未散開，至收割時，成熟狀況不及他組為佳，尚有青粒存在，而使千粒重值大為降低。以上多重因素，均為導致 S_1 組減產 32% 之最大原因。 S_3 處理正值孕穗期至減數分蘗期，浸水影響顯花發育，故稔實率下降而影響產量，較對照組顯著地減少。插秧後 80 天浸水之 S_4 組，其千粒重指數降低至 93%，此現象可作為乳熟期浸水，將使二期作千粒重值受影響。

綜上而論，二期作在分蘗盛前期浸水，其生長狀況尚未趨穩定，而後之生長環境又較差，致使復元緩慢，生長期延長，其開花抽穗成熟等階段因進入冬季風期，較易遭受大風或寒流之侵襲，而使產量減低。中期浸水，即約當插秧後 65 至 80 天，正逢生長中之孕穗及抽穗開花期。 S_3 組第一次浸水， S_2 組第二次浸水即約當孕穗期時，此時浸水將影響穀殼發育，使穎殼較小，千粒重值受影響。（此

亦為 S_2 、 S_3 之千粒值並未因過低之稔實率而出現突出高值之原因），此現象尤其影響 S_3 組之產量。同樣乳熟浸水對二期作千粒重值亦為一不良影響，雖 S_4 組實粒數及稔實率等指數均不低，但因低千粒重而導致 24% 之減產。由此可知乳熟期亦為決定產量之重要時期，此時如被害，損失亦可觀。至於後期浸水，似乎對任何構成產量因子均不致有大損害，此可能因插秧後 110 天，米粒均已相當成熟。據汪呈因氏⁽¹⁾於稻作學指出，大約受精後 12 日左右，米粒即充滿至穎的內部，重量以開花後第 9 日至 28 日增加最多。因此推斷，插秧後 110 天，距開花期約 6—7 週，米粒飽滿度及重量大致已定，故浸水並不造成甚大之損害。

(b) 不同浸水濃度對主要產量構成因素之影響

二期作日照較斜，日光效能易受他種因素干擾。據汪呈因氏⁽¹⁾稻作學中指出：日光對開花有促進作用，在黑暗處，不特阻止稻之開花，且延遲穎花成熟。而浸水將使日照功能減弱。形成黑暗作用為濃度愈大，水之透光性愈小，折光性愈大，因此開花抽穗均受損而導致減產。此現象二期作較一期作明顯。表 12 中第⑩欄顯示，清水組與輕濁組之產量差不多，每公頃僅比重濁組多 200 公斤，即 3%。但就梯形測驗而言，三變級之間差異仍不顯著，三變級比對照組減產 21~24%，其差異均達極顯著。

(c) 不同浸水延時對主要產量構成因素的影響

不同延時處理，在表 12 第⑩欄產量指數上看來，並未在二期稻作之產量上造成顯著之差別。但如與對照組比較其減產率均達極明顯之程度。（見表 11c）。

(d) 不同浸水次數對主要產量構成因素之影響

自表 12 第⑩欄可知，二期作浸水一次組 (T_1) 減產 19%，浸二次組 (T_2) 減產 25%。不同次數之浸水產生顯著之產量差異。兩變級與對照之間亦有極顯著之產量差異。現自生長狀況圖(圖 5)及表 12 中諸項資料檢討其減產原因。首先浸水次數之設計，在於試驗各生長期重複浸水之效應。本期最主要之重複為 S_2 、 S_3 及 S_3 、 S_4 ，即插秧後 40~90 天之間之各次重複。此期間對稻谷之千粒重與稔實率均能造成相當程度之損害。 S_2 、 S_3 重複為幼穗始成期至孕穗初期，此期間浸水，對穗枝梗數與谷實大小均可能造成傷害，即對穎花總數與千粒重值有所影響。 S_3 、 S_4 重複為自孕穗初期至乳熟期，

浸水對穎花大小及澱粉質之集積均有影響，此兩種情況均可能使千粒重值降低。因此二期作中，不同

次數浸水造成之穎花數及千粒重之下降，為導致產量減少及有顯著差異之主要原因。

表 12 二期作各試驗因子對主要構成產量因素之影響

	① 每盆穗數	② 每穗粒數	③ 每盆粒數	④ 每穗粒數	⑤ 每實粒數	⑥ 每實粒數	⑦ 每穗實率	⑧ 千粒重	⑨ 每實粒重	⑩ 公頃產量								
S	S ₁	22	110	1681	107	76	96	1027	80	47	73	61	75	19.4	85	20.0	3994	68
	S ₂	23	115	1746	111	76	96	1142	90	80	78	65	80	22.6	100	25.8	5154	88
	S ₃	22	110	1508	96	69	87	908	71	41	64	60	74	22.3	98	20.3	4052	69
	S ₄	21	105	1405	89	70	89	1043	81	50	78	74	91	21.2	93	22.1	4427	76
	S ₅	23	115	1560	99	68	85	1147	89	50	78	74	91	22.4	99	25.7	5139	88
P	P ₁	23	115	1604	102	70	89	1125	88	49	77	70	86	20.5	90	23.1	4622	79
	P ₂	23	115	1543	98	67	85	1039	81	45	70	67	83	22.1	97	23.0	4607	79
	P ₃	22	110	1592	101	72	91	997	78	45	70	63	78	22.2	98	22.2	4430	76
U	U ₁	23	115	1576	100	69	87	1033	80	45	70	66	81	22.0	97	22.7	4535	77
	U ₂	22	110	1583	100	70	91	1074	84	49	77	68	84	21.3	94	22.9	4572	78
T	T ₁	23	115	1661	105	72	91	1072	83	47	73	56	80	22.0	97	23.6	4723	81
	T ₂	22	110	1499	95	68	85	1035	81	47	73	69	85	21.2	93	21.9	4383	75
CK	20	100	1577	100	79	100	1284	100	64	100	81	100	22.7	100	29.2	5835	100	

S₁ 至 S₅ 分表插秧後 20, 40, 65, 80, 110 天, P₁ 至 P₃ 分表含沙量 0, 600, 2000 ppm, U₁, U₂ 分別表淹水一天, 三天, T₁, T₂ 分表浸一次, 二次, CK 表對照組。

(e) 交感因子

二期作交感因子組合間之效應差異，亦不如一期作強烈，今僅就二期作中出現顯著差異二次交感因子組合淹水時期與濃度 (S × P) 及淹水濃度與次數作下列之分析。

如表 13, SP 組合中以 S₂P₂ 之產量最高，減產率 4%，次高為 S₃P₃，減產率 7%，次低組合為 S₁P₃，減產率 35%，最低產量組合為 S₃P₂ 減產達 40%。最高最低組合間之差異如以公頃產量表之為 2,100 公斤。不同生長期與同濃度組合間之比較即 S₁, S₂, S₄ 與 P₃ 之組合在各生長期中產量最低，插秧後 65 天 (S₅) 淹水，則以 600ppm 之濃度 (P₂) 為最低，110 天 (S₆) 淹水則以清水淹浸為最低。分蘗期 (S₁) 幼穗期 (S₂) 及抽穗開花期 (S₃) 均需日照，以利光合作用，重濁水組不易通過光線，在二期作形成日照不佳狀態。而 S₅ 組以 P₁ 為最低，可能在低溫下，濁水溫度不易發散，在成熟期淹浸濁水，反而形成保溫作用。

表 14 中淹水濃度與次數之組合產量以 P₂T₁ 為最高，其減產率為 14%，最低組合為 P₃T₂，其減產率為 28%，最高最低組合公頃產量差距為 64 公斤。同濃度下 T₂ 組較 T₁ 組之差距亦類似一期作，即濃度愈高，T₁ 與 T₂ 組之差距愈小。

表 13 淹水時期與濃度組全公頃產量 單位 kg/ha

生長期別 \ 濃度別	P ₁	指數	P ₂	指數	P ₃	指數
S ₁	4262	73	3917	67	3808	65
S ₂	5318	91	5600	96	4545	78
S ₃	4627	79	3507	60	4023	69
S ₄	4345	73	4605	79	4330	74
S ₅	4560	78	5413	93	5443	93

* 對照組產量 5835 kg/ha

* S₁ 至 S₅ 分別表插秧後 20, 40, 65, 80, 110 天

* P₁ 至 P₃ 分別表含沙量 0, 600, 2000ppm.

表 14 淹水濃度與次數組合公頃產量 單位 kg/ha

濃度別 \ 次數別	T ₁	指數	T ₂	指數
P ₁	4518	77	4727	81
P ₂	5039	86	4175	72
P ₃	4613	79	4247	73

* 對照組產量 5835kg/ha

* P₁ 至 P₃ 分別表含沙量 0, 600, 2000ppm

* T₁, T₂ 分別表浸一次, 二次。

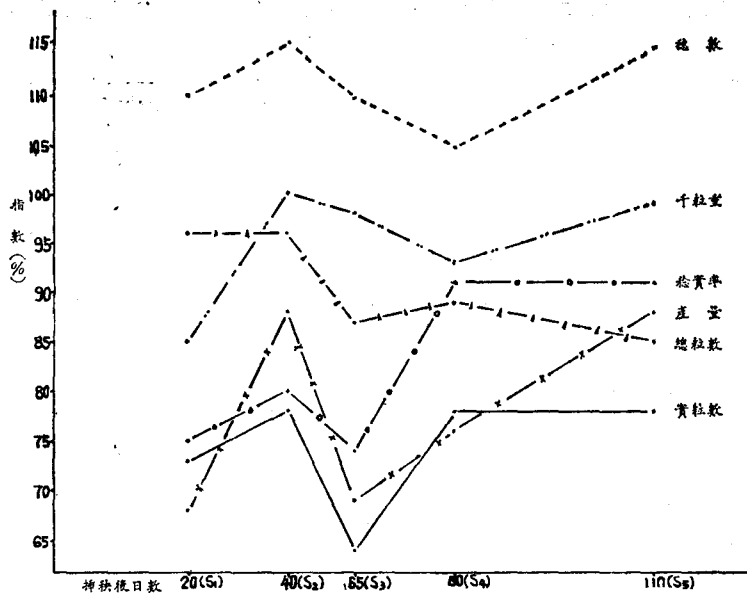


圖 7. 二期作不同生長期各構成產量因素生長變化圖

四、結 論

1. 一期作經四年之試驗實際最低產量為插秧後 80 至 90 天浸水，其理論最低產量為插秧後 83 至 89 天，均發生在抽穗期至乳熟期。二期作實際最低產量為插秧後 20 至 30 天浸水，理論最低產量為插秧後至 32 天，均在分蘖期至幼穗形成期。根據分析結果，此期間浸水對穀實之稔實，穎谷大小及飽滿均可造成較大之損失。

2. 一期作平均減產率為 17%，二期作為 22%，一期作稔實率平均較對照組低 7%，二期作低 16%，一期作千粒重值較對照組低 6%，二期作低 5%。

3. 不同濃度浸水，在高溫與日照良好之一期作，其效應差異不明顯，但在二期作時因日照較斜，則效應差較明顯且趨向明確。即濃度愈大，水中之光線愈差，光合功能愈不完全。除成熟後期受影響較小外，其餘生長期間，均受或大或小之損害。

4. 濁水淹浸一天與三天在一期作之減產分別為 16% 與 19%，清水者約減產 12%，而二期作差異不顯著。

5. 浸水次數因子在稻作生長過程中，其主要減產原因在於多次浸水使植株一再受傷，遲滯其生長，使其復元困難，尤以在二期作較差之生長環境下，且生長期短，多次浸水所造成的損害，遠比一期作明顯。一期作時，淹水一次者，減產 16%，二次者為 19%；二期作淹水一次者減產 19%，而二次者為 25%。

6. 生長前期浸水，因根系尚未發達，生理尚未穩定，將使植株生長遲緩，而使生長之各階段均延後。一期作因後期生長環境較好，生長期長，恢復機率較高，開花時較對照組延後 5~10 天。二期作因後期氣溫下降，進入季風期，生長環境不良，開花抽穗比對照組晚 7~14 天。

7. 為求參考方便，特將歷年水稻淹水試驗對減產率之影響繪如圖 8 至 14。

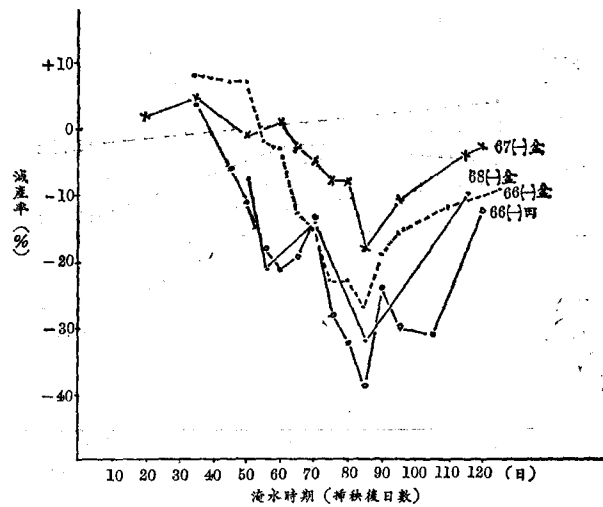


圖 8. 水稻一期作不同淹水時期減產率曲線

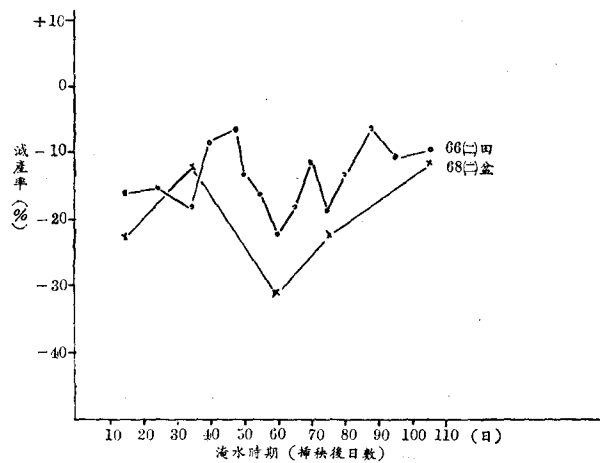


圖 9. 水稻二期作不同淹水時期減產率曲線

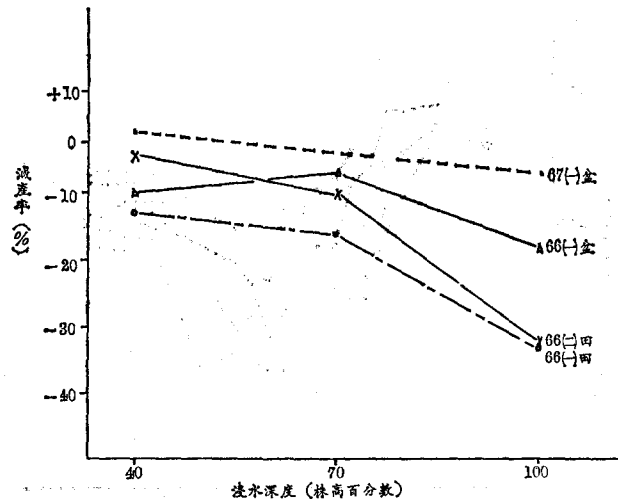


圖 10. 水稻一、二期作不同淹水深度減產率曲線

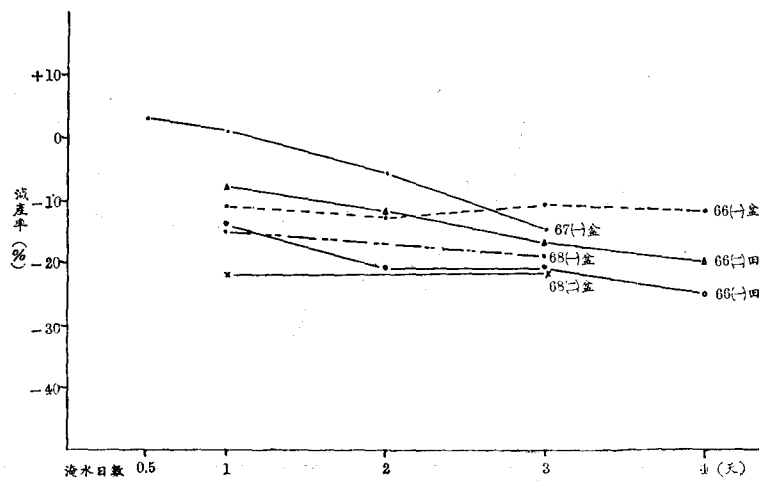


圖 11. 水稻一、二期作不同淹水日數減產率曲線

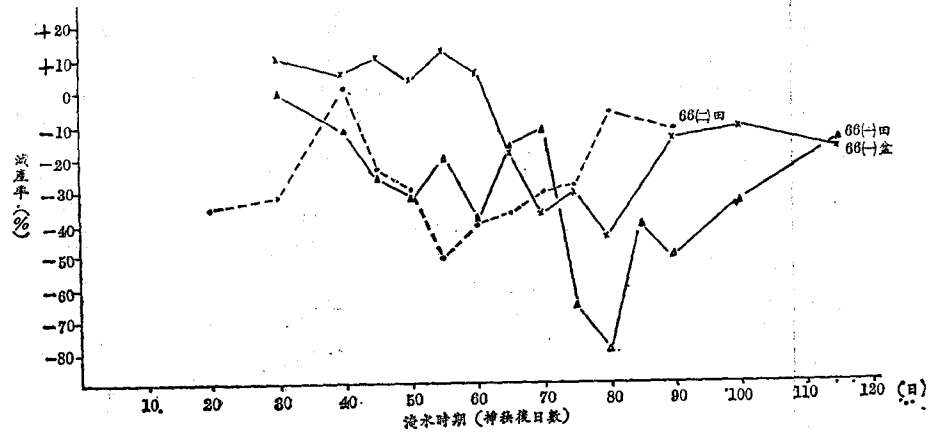


圖 12. 水稻一、二期作不同淹水時期完全浸沒減產率曲線

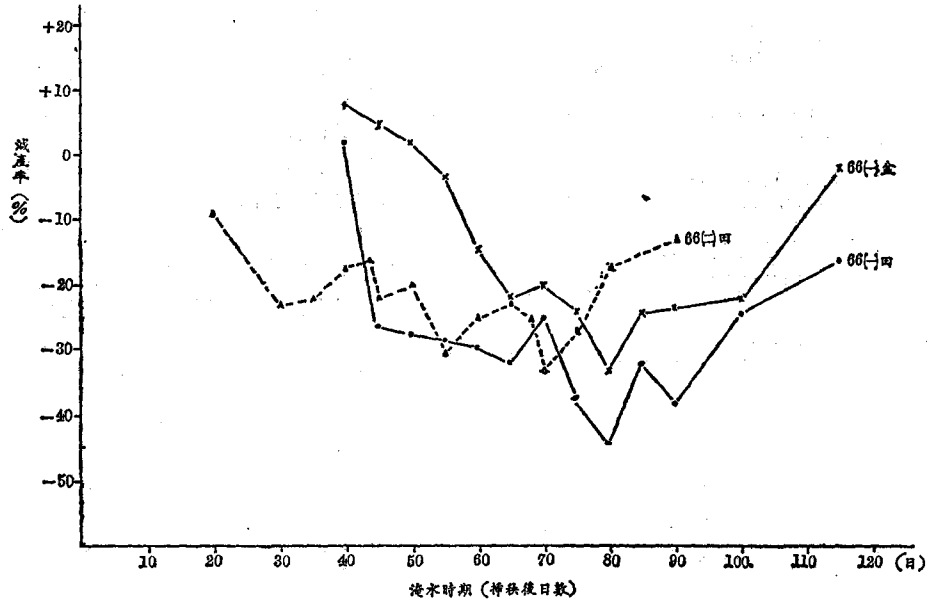


圖 13. 水稻一、二期作不同淹水時期淹水 4 天減產率曲線

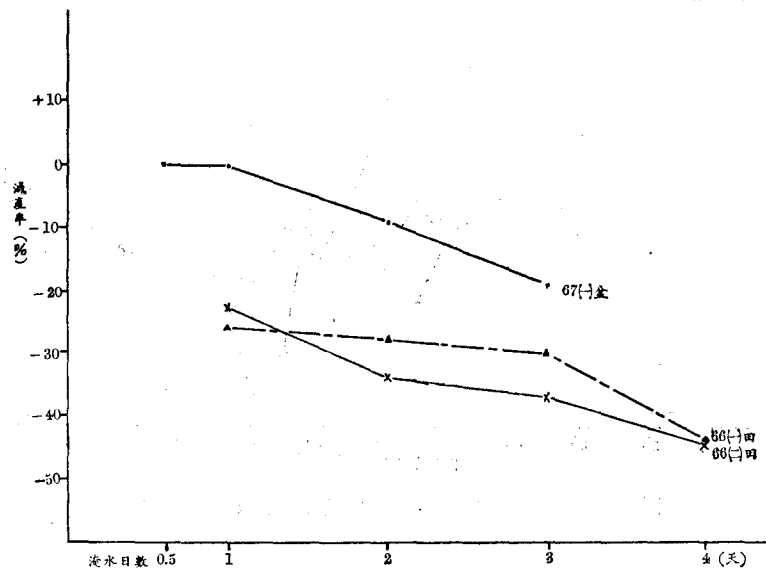


圖 14. 水稻一、二期作不同淹水日數完全淹沒減產率曲線

主要參考文獻

1. 汪呈因「稻作學」(1955)
2. 湯文通「農藝植物學」(1955)
3. 「農業要覽」第六輯糧食篇第一卷「稻」
4. 松尾大五郎「稻作診斷篇」(1952)
5. 中山包「最近稻之研究概觀」(1950)
6. 張聰興「如何防止稻根腐敗」豐年(25)(10), (1975)
7. 鄭義雄「水稻生殖生長之管理」豐年(23)(20), (1973)
8. 馬揚赴「水稻的生理」(1962)
9. 岩槻信治「稻作精說」(1936)
10. 吳振能「水稻窒息病」臺灣農業研究中心作物生理講習專刊(1967)
11. 「桃園臺地紅壤不同濕度對水稻生育及產量之影響」農業工程研究中心(1975)
12. 施嘉昌「水稻浸水損失初步試驗研究」(1977)
13. 施嘉昌「水稻浸水損失試驗研究」(1978)
14. 施嘉昌「水稻濁水淹水損失試驗研究」(1979)