營養生長期土壤水分境況對水稻生育之影響—對產量及產量構成要素之影響—[1]

李健捧[2]　陳世雄[3]

摘　要

本試驗目的在探討水稻營養生長期，減少灌溉以減少水資源浪費之可行性。試驗分為田間試驗及盆栽試驗兩部分，1992年一、二期作連續在中興大學農場及溫室進行。採裂區設計，以品種為主區，使用　稻臺中189號及籼稻臺中籼10號兩品種，以比較品種間對土壤水分張力之反應。副區為水分境況管理，以15 cm深度土壤水分張力處理為副區，分別以0.00 MPa(連續浸水)，0.02 MPa及0.04 MPa等三級土壤水分張力，做為灌溉起點。連續兩個期作試驗結果顯示，在水稻營養生長期提高土壤水分張力，使得一期作臺中189號之穗數顯著降低20.7~29.3%，臺中籼10號降低13.9~14.8%；二期作臺中189號之穗數亦顯著降低35.9~38.3%，臺中籼10號則降低14.4~18.9%。因穗數降低，導致一期作臺中189號之稻穀產量顯著降低25%(0.02 MPa之處理)及31% (0.04 MPa)，臺中籼10號則兩個高水分張力處理產量均降低17%。二期作臺中189號在0.02及0.04 MPa之處理，產量大幅降低27%，臺中籼10號則在較高土壤水分張力處理並不致於造成產量降低。試驗結果顯示，臺中籼10號可以適應較高之土壤水分張力。

關鍵字：水稻、土壤水分境況、產量。

前　言

水稻栽培期間，土壤長時間處於水分飽和或湛水狀態，此種栽培方式不但消耗大量灌溉水，也阻礙土壤通氣(1,14)，使得土壤還原電位降低(5,6,12)，造成毒害物質的累積(13)，影響水稻的根活性及養分吸收(4)。減少灌溉使土壤暫時乾燥，可以有效改善土壤通氣，但也可能導致土壤穿刺阻力增加，水稻根系伸展受阻(4,7,15)。此外，由於土壤氧化還原電位的提昇，對氮素的有效性、磷的固定都可能造成影響，而影響水稻之生長及發育(2,3)。水稻如果因為減少灌溉水導致水分吸收不足，將造成葉片水分潛勢、氣孔導度及光合作用降低(8,9,10,11)，使得光合產物減少，不利於水稻生育。近年來由於工業及民生用水劇增，加上降雨量不足，造成農業灌溉用水嚴重缺乏。如何管理土壤水分，使水稻得以在適當通氣的根系環境下生長，並進一步探討節省灌溉水的可行方法，應是臺灣水稻栽培的重要課題之一。

---

[1] 臺中區農業改良場研究報告第 0325 號。

[2] 臺中區農業改良場助理研究員。
[3] 國立中興大學農藝系教授。

材料與方法

試驗分為田間試驗(中興大學農場)，及盆栽試驗(中興大學溫室)兩部分。一九九二年第一期作3月6日插秧，7月3日收穫。第二期作8月6日插秧，12月8日收穫。

田間試驗行株距30×15 cm，單本植，三重覆，小區面積6平方公尺。採裂區設計，品種為主區，選擇　稻之臺中189號及秈稻之臺中秈10號。以15 cm深度土壤水分張力(以自製張力計監控)，0.00 MPa(連續浸水)，0.02 MPa及0.04 MPa等三級作為灌溉起點之水分處理作為副區，第一期作從插秧後第14天開始處理，處理區不予灌溉，每天記錄土壤水分張力，直到水分張力達灌溉起點，再施行灌溉使土壤水分飽和，張力回復0.00 MPa為止，復排水至張力達到灌溉起點，再予以灌溉，反覆排、灌水處理，一直持續至最高分蘖期結束，其後保持浸水，至黃熟期。第二期作從插秧後第7天開始進行處理，執行步驟均比照一期作辦理。三要素N-P_2O_5-K_2O施用量為100-60-90 Kg/ha，其他田間管理按一般慣行栽培方法。此外，為考慮減少灌溉情況下氮肥有效性之變化，盆栽試驗增加三個等級氮肥處理，用量相當於每公頃60、120及240 kg，使用Wagner (1/2000 a)栽培缽，單本植，四重複。

結果與討論

對穗數之影響

將1992年田間試驗一、二期作，兩個水稻品種及三個等級土壤水分張力處理，進行合併變方分析。結果顯示期作間及品種間之穗數均無顯著差異，土壤水分張力處理之間則有極顯著差異，且其對穗數之影響呈二次曲線關係，期作與土壤水分張力處理及品種與土壤水分張力處理，均有顯著交感(表一)。造成土壤水分張力處理之間有顯著差異的原因，在於

表一、營養生長期土壤水分處理對水稻農藝特性之影響綜合變方分析(1992 年兩期作田間試驗)
Table 1. Combined analysis of variance (F-values) for rice agronomic performances as affected by soil moisture regime during vegetative growth stage (field experiment; 1st and 2nd crops, 1992)

Source of Variation	df	Yield	Panicle number	Kernels/panicle	Seed setting	1000-kernel weight
Crop Season(C)#	1	8.5	0.8	3.4	0.4	72.2*
Variety(V)#	1	36.5**	3.8	1.2	17.0*	63.8**
C × V	1	12.3*	1.2	14.9*	0.0	27.6**
Tension(S)#	(2)	18.5**	115.2**	2.2	15.5**	21.8**
Linear	1	32.6**	191.5**	3.5	26.3**	25.8**
Quadratic	1	4.4	38.9**	0.9	4.9*	17.8**
C × S	2	0.4	4.3*	3.8*	1.4	5.8*
V × S	2	3.5	15.3**	3.7*	4.2*	0.6
C × V × S	2	0.8	4.2*	1.9	0.5	4.0*

Crop season: The first crop (spring) and second crop (fall) seasons.
Variety: Rice cultivars Taichung 189 and Taichung Sen 10.
Tension: Soil moisture tension of 0.00, 0.02,and 0.04 Mpa reached before re-irrigation, respectively, where 0.00 MPa denotes submerged during the whole growth stage.
* and ** denote 5% and 1% significance levels, respectively.

施以高水分張力，對水稻之有效分蘖有顯著抑制的現象。在0.02及0.04 MPa之處理，其平均穗數分別為9.1及8.8支，較長期湛水處理(0.00 MPa)之11.8支，顯著降低23及26%。期作與土壤水分張力處理有顯著交感，其原因為一期作0.00 MPa之處理(對照區)，其穗數比二期作降低3.3%，但是一期作0.02及0.04 MPa之處理，其穗數則分別較二期作高出9.8及4.7%。品種與土壤水分張力有極顯著交感之原因，為臺中189號在0.00 MPa之處理，其穗數比臺中秈10號高出8.0%，但是臺中189號在0.02及0.04 MPa之處理，其穗數則分別比臺中秈10號降低11.9及12.8%(表二、表三)，顯示臺中189號比臺中秈10號不耐較高之土壤水分張力，在水稻營養生長期間若遇乾旱缺水情況，臺中秈10號將有較強的適應能力。

表二、營養生長期土壤水分處理對水稻臺中 189 號與臺中秈 10 號產量及其構成因子之影響(1992年一期作田間試驗)

Table 2. Agronomic characteristics and yield components of rice cultivars Taichung 189 and Taichung Sen 10 as affected by soil moisture regime during vegetative growth stsge (field experiment; 1st crop, 1992)

Cultiva	Soil moisture tension	Panicle number	Kernels /panicle	1000-kernel weight	Seed setting	Yield
	MPa			g	%	kg/ha
TC 189	0.00	11.6a[1]	154a	22.7d	90.0b	3304a
	0.02	9.2b	147a	25.2b	95.7a	2487b
	0.04	8.2c	143ab	23.6c	93.4a	2279b
TCS 10	0.00	11.5a	152a	25.0b	88.7b	3233a
	0.02	9.9b	122c	26.6a	89.5b	2670b
	0.04	9.8b	130bc	26.4a	90.5b	2676b

[1] Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at α =0.05 by Duncan's MRT.

表三、營養生長期土壤水分處理對水稻臺中 189 號與臺中秈 10 號產量及其構成因子之影響(1992年二期作田間試驗)

Table 3. Agronomic characteristics and yield components of rice cultivars Taichung 189 and Taichung Sen 10 as affected by soil moisture regime during vegetative growth stage (field experiment; 2nd crop, 1992)

Cultivar	Soil moisture tension	Panicle number	Kernels /panicle	1000-kernel weight	Seed setting	Yield
	Mpa			g	%	kg/ha
TC189	0.00	12.8a[1]	121a	24.9b	89.4b	3481a
	0.02	7.9d	130a	25.6ab	93.5a	2582b
	0.04	8.2cd	138a	26.5a	94.5a	2529b
TCS10	0.00	11.1b	142a	25.8ab	87.9b	3610a
	0.02	9.5c	140a	26.4a	89.3b	3584a
	0.04	9.0cd	127a	26.3a	91.3ab	3330a

[1] See Table 2.

一期作盆栽試驗經變方分析結果，顯示品種間之穗數，三個等級氮肥及三個等級土壤水分張力處理之間的穗數，均呈極顯著差異，品種與氮肥處理則有顯著交感(表四)。品種間之穗數呈極顯著差異的原因，在於臺中秈10號的穗數比臺中189號高出67%。氮肥處理之間

有極顯著差異，其原因在於低氮(60 kg/ha)、中氮(120 kg/ha)、及高氮(240 kg/ha)之處理，其穗數分別為6.1、8.9及12.8穗，提高氮肥用量明顯使穗數提昇。土壤水分張力在0.00、0.02及0.04 MPa之處理，其穗數分別為10.9、8.8及8.1穗，提高土壤水分張力則顯著抑制水稻之有效分蘖。品種與氮肥處理有顯著交感, 其原因在於臺中189號在低氮、中氮及高氮處理下，其穗數分別比臺中秈10號減少31.5、28.8及28.2%，顯示在低氮處理減少的幅度比高氮處理為大(表五、表六)。盆栽試驗二期作處理變方分析結果顯示，品種之間穗數呈極顯著差異，氮肥處理之間亦呈極顯著差異，其對穗數之影響呈直線關係，土壤水分張力處理之間亦呈極顯著差異，其對穗數之影響呈二次曲線關係，而品種與氮肥處理及品種與土壤水分張力處理均呈顯著交感(表七)。品種之間穗數有顯著差異的原因，在於臺中秈10號的平均穗數為6.7支，比臺中189號之2.9支顯著增加131%。氮肥處理之間呈極顯著差異，其原因為臺中189號在低氮、中氮、及高氮處理之穗數，分別為2.1、2.4及4.2穗，臺中秈10號則分別為4.0、6.9及9.2穗，增施氮肥明顯提高水稻之穗數。三個等級土壤水分張力處理之間呈極顯著差異，其原因為臺中189號在0.00、0.02及0.04 MPa之處理，其穗數分別為4、1.9及2.8穗，而臺中秈10號則分別為7.4、6.5及6.3穗，提高土壤水分張力，穗數明顯降低。品種與氮肥處理有顯著交感，其原因為臺中189號在低氮、中氮及高氮處理，其穗數分別比臺中秈10號減少48、65及55%，高氮處理減少的幅度比低氮處理為大。品種與土壤水分張力處理均有顯著交感，其原因在於0.00、0.02及0.04 MPa之處理，臺中189號之穗數分別比臺中秈10號減少46、71及56%，顯示在高土壤水分張力處理下，減少的幅度更大(表八、表九)。

表四、土壤水分及氮肥處理對水稻產量及其構成因子之影響變方分析(1992 年一期作盆栽試驗)
Table 4. Analysis of variance (F-values) for yield components of rice cultivars Taichung 189 and Taichung Sen 10 as affected by soil moisture regime and rate of nitrogen fertilizer (pot experiment; 1st crop, 1992)

Source of variation	df	Yield	Panicle number	Kernels/panicle	Seed setting	1000-kernel weight
Variety(V)#	1	3.7	214.0**	94.5**	115.2**	1.1
Nitrogen(N)#	(2)	416.6**	293.4**	17.0**	6.6*	7.5**
Linear	1	814.7**	581.8**	27.1**	10.2**	13.1**
Quadratic	1	18.5**	5.1*	7.0*	3.1	1.9
V × N	2	0.0	5.7*	0.6	0.2	1.2
Tension(S)#	(2)	109.5**	33.4**	1.1	3.1	8.4**
Linear	1	155.9**	61.2**	0.1	1.5	1.6
Quadratic	1	63.6**	5.6*	2.1	4.8*	15.3**
V × S	2	1.4	1.2	7.3**	6.5**	6.2**
N × S	4	9.8**	1.2	3.5*	2.4	0.7
V × N × S	4	1.2	0.2	0.3	3.8*	0.9

Variety: Rice cultivars Taichung 189 and Taichung sen 10.
Nitrogen: 0.3, 0.6 and 1.2 g N/pot, which equivalent to 60, 120 and 240 kg N/ha, respectively.
Soil moisture tension: 0, 0.02 and 0.04 MPa.
* and ** denote 5% and 1% significance levels, respectively.

表五、土壤水分及氮肥處理對水稻臺中 189 號產量及其構成因子之影響 (1992 年一期作盆栽試驗)
Table 5. Yield components of rice cultivar Taichung 189 as affected by soil moisture regime and rate of nitrogen fertilizer (pot experiment; 1st crop, 1992)

Soil moisture tension	Nitrogen fertilizer	Panicle number	Kernels /panicle	1000-kernel weight	Seed setting	Grain yield
Mpa	kg/ha			g	%	g/pot
0.00	60	6.5c[1]	135c	24.2a	94.8a	19.9c
	120	9.3b	135c	23.8ab	93.7a	27.8b
	240	13.1a	164ab	23.7ab	93.8a	47.5a
0.02	60	4.1d	156abc	23.1bc	90.4a	12.7d
	120	6.5c	146bc	23.1bc	91.8a	19.9c
	240	10.3b	151bc	22.4c	89.6ab	30.7b
0.04	60	4.3d	148bc	23.6ab	91.8a	13.1d
	120	6.5c	151bc	23.3abc	93.4a	21.1c
	240	8.8b	181a	22.5c	85.1b	30.1b

[1] See Table 2.

表六、土壤水分及氮肥處理對水稻臺中秈 10 號產量及其構成因子之影響(1992 年一期作盆栽試驗)
Table 6. Yield components of rice cultivar Taichung Sen 10 as affected by soil moisture regimes and rate of nitrogen fertilizer (pot experiment; 1st crop, 1992)

Soil moisture tension	Nitrogen fertilizer	Panicle number	Kernels /panicle	1000-kernel weight	Seed setting	Grain yield
Mpa	kg/ha			g	%	g/pot
0.00	60	8.8e[1]	111cd	23.75a	85.6a	19.79d
	120	11.5cd	125bc	23.51ab	87.1a	29.22c
	240	16.3a	142a	23.35ab	87.1a	46.01a
0.02	60	6.5f	113bcd	23.58a	89.9a	15.53c
	120	10.3dc	106d	23.42ab	87.2a	21.89d
	240	15.1ab	116bcd	22.79b	80.5b	31.77bc
0.04	94	6.5f	103d	23.63a	89.7a	14.19e
	101	9.3e	110d	24.16a	88.6a	21.79d
	240	13.3bc	127b	23.91a	87.4a	35.04b

[1] See Table 2.

綜合田間及溫室盆栽試驗結果顯示，在營養生長期，提高土壤水分張力，對水稻之有效分蘗產生不利的影響，臺中189號的反應則比臺中秈10號敏感。增施氮肥則可以有效促進水稻分蘗之產生。

對一穗粒數之影響

田間試驗兩期作、兩個水稻品種及三個等級土壤水分張力處理，進行合併變方分析，結果顯示期作間、品種間及三個等級土壤水分張力處理間之一粒穗數均無顯著差異。但是期作與品種之間，期作與土壤水分張力處理及品種與土壤水分張力處理之間均有交感存在(表一)。期作與品種之間有顯著交感，其原因為臺中189號在一期作之一穗粒數比臺中秈10號高出9.6%，但是二期作臺中189號則比臺中秈10號降低4.4%。品種與土壤水分張力處理有

顯著交感，其原因為臺中189號在0.00 MPa之處理，其一穗粒數為138，比臺中秈10號之148降低6.8%，但是臺中189號在0.02及0.04 MPa之處理，則分別比臺中秈10號高出3.0及3.7%。期作與土壤水分張力處理之間有顯著交感，其原因為一期作在0.00及0.04 MPa之處理，其一穗粒數均比二期作高，但是一期作在0.02 MPa之處理卻比二期作低(表二、表三)。

表七、土壤水分及氮肥處理對水稻產量及其構成因子之影響變方分析(1992 年二期作盆栽試驗)

Table 7. Analysis of variance (F-values) for yield components of rice cultivars Taichung 189 and Taichung Sen 10 as affected by soil moisture regime and rate of nitrogen fertilizer (pot experiment; 2nd crop, 1992)

Source of variation	df	Yield	Panicle number	Kernels/panicle	Seed setting	1000-kernel weight
Variety(V)#	1	171.2**	49.9**	6.9	9.4	1.3
Nitrogen(N)#	(2)	74.7**	84.3**	0.4	5.1*	0.5
Linear	1	149.4**	167.8**	0.3	9.4**	1.1
Quadratic	1	0.0	0.8	0.5	0.9	0.0
V × N	2	13.3**	17.1**	1.1	1.7	1.2
Tension(S)#	(2)	36.7**	21.3**	0.6	19.4**	80.8**
Linear	1	42.7**	22.9**	0.5	14.6**	92.3**
Quadratic	1	30.8**	19.5**	0.8	24.7**	69.4**
V × S	2	5.3**	3.4*	3.4*	20.3**	15.4**
N × S	4	8.1**	25.1**	3.2*	9.4**	2.6
V × N × S	4	0.9	4.2**	3.4*	2.8*	4.3**

Variety: Rice cultivars Taichung 189 and Taichung sen 10.
Nitrogen: 0.3, 0.6 and 1.2 g N/pot, which equivalent to 60, 120 and 240 kg N/ha, respectively.
Soil moisture tension: 0, 0.02 and 0.04 MPa.
* and ** denote 5% and 1% significance levels, respectively.

表八、土壤水分及氮肥處理對水稻臺中 189 號產量及其構成因子之影響(1992 年二期作盆栽試驗)

Table 8. Yield components of rice cultivar Taichung 189 as affected by soil moisture regime and rate of nitrogen fertilizer (pot experiment; 2nd crop, 1992)

Soil moisture tension	Nitrogen fertilizer	Panicle number	Kernels /panicle	1000-kernel weight	Seed setting	Grain yield
Mpa	kg/ha			g	%	g/pot
0.00	60	2.0cde[1]	149ab	25.82a	78.1ab	5.9bc
	120	3.0bc	123b	25.61a	88.9a	8.5b
	240	7.0a	129ab	23.87ab	69.5abc	15.3a
0.02	60	1.8dc	124b	20.57d	40.3d	1.7d
	120	1.0e	147ab	20.00d	10.2c	0.3d
	240	3.0bc	148ab	21.11d	58.3bcd	5.5bc
0.04	60	2.5bcd	137ab	21.62cd	48.6cd	3.8cd
	120	3.3b	147ab	21.25d	58.4bcd	6.5bc
	240	2.5bcd	153a	23.36bc	75.7ab	6.4bc

[1] See Table 2.

表九、土壤水分及氮肥處理對水稻臺中 189 號產量及其構成因子之影響 (1992 年二期作盆栽試驗)
Table 9. Yield components of rice cultivar Taichung 189 as affected by soil moisture regime and rate of nitrogen fertilizer (pot experiment; 2nd crop, 1992)

Soil moisture tension	Nitrogen fertilizer	Panicle number	Kernels /panicle	1000-kernel weight	Seed setting	Grain yield
Mpa	kg/ha			g	%	g/pot
0.00	60	3.8d[1]	123a	22.9ab	80.9a	8.4c
	120	6.3bc	128a	22.8ab	50.5a	14.4b
	240	12.0a	117a	23.5a	75.3a	24.6a
0.02	60	3.8d	114a	21.1c	75.6a	6.5c
	120	7.8b	108a	21.7bc	76.1a	13.6b
	240	7.8b	119a	21.4c	84.0a	16.3b
0.04	60	4.5cd	113a	20.4c	50.7b	5.2c
	120	6.5b	129a	21.7bc	77.5a	14.1b
	240	7.8b	106a	21.2c	83.0a	14.2b

[1] See Table 2.

盆栽試驗一期作處理結果，經變方分析顯示，品種間及三個等級氮肥處理間均有極顯著差異，但是土壤水分張力處理之間則無顯著差異，氮肥處理與土壤水分張力處理，均有顯著交感(表四)。臺中189號之平均一穗粒數為152，比臺中秈10號之117高出30%。低氮、中氮及高氮處理，其平均一穗粒數分別為117、129及147，顯示增施氮肥可以有效提昇水稻之一穗粒數。氮肥處理與土壤水分張力處理有顯著交感，其原因為中氮及高氮處理在0.00及0.04 MPa土壤水分張力下，其一穗粒數均比低氮處理為高，但是中氮及高氮處理在0.02 MPa處理下，其一穗粒數則比低氮處理為低(表五、表六)。二期作盆栽試驗，經變方分析，顯示品種間、三個等級氮肥處理間及三個等級土壤水分張力處理之一穗粒數均無顯著差異(表七)。表示增施氮肥及提高土壤水分張力對於水稻之一穗粒數均無影響(表八、表九)。

以上結果顯示，提高土壤水分張力對一穗粒數均無顯著影響，而增施氮肥對一期作則有明顯增加一穗粒數的效果，但對二期作則無顯著的影響。

對稔實率之影響

田間試驗合併變方分析結果, 顯示在營養生長期之土壤水分處理, 品種間有顯著差異, 三個等級土壤水分處理間有極顯著差異, 且其對稔實率之影響呈二次曲線關係(表一)。品種間有顯著差異，其原因為臺中189號之平均稔實率為92.8%，比臺中秈10號89.5%高出3.3%。三個等級土壤水分張力0.00、0.02及0.04 MPa之處理，其平均稔實率分別為89.0、92.0及92.4%，顯示高水分張力處理之稔實率比低水分張力之處理顯著提昇(表二、表三)。

一期作盆栽試驗處理結果，經變方分析顯示，品種間及三個等級氮肥處理間之稔實率有顯著差異，但是三個等級土壤水分張力處理間則無顯著差異(表四)。品種間有顯著差異，在於臺中189號之稔實率為90%，比臺中秈10號之87%高出3%。三個等級氮肥處理間有顯著差異，其原因為高氮處理之稔實率比低氮及中氮處理降低3%(表五、表六)。二期作變方分析結果顯示，三個等級氮肥處理及土壤水分張力處理間之稔實率，均有顯著差異，氮肥處理與土壤水分張力處理則有顯著交感(表七)。氮肥處理之間有顯著差異，其原因為低氮處理

之稔實率為62.4%比中氮及高氮處理之稔實率65.3及74.3%，分別顯著降低2.9及11.9%。三個等級土壤水分張力處理之間有顯著差異，其原因為在0.00 MPa之處理，其稔實率為78.9%，比0.02及0.04 MPa之處理57.4%及65.7%，分別高出21.5%及13.2%。氮肥處理與土壤水分張力處理有交感，其原因為中氮處理在0.00 MPa之處理，其稔實率均比低氮及高氮處理為高，但是中氮處理在0.02 MPa之處理又比低氮及高氮處理顯著降低(表八、表九)。

以上試驗結果顯示，在營養生長期，提高土壤水分張力，其稔實率明顯增加，一期作增施氮肥對於稔實率無助益，但是二期作增施氮肥則可以有效增進稔實率。

對千粒重之影響

田間試驗合併變方分析結果，顯示期作間及品種間之千粒重均有顯著差異，三個等級土壤水分張力處理間亦有顯著差異，且其對千粒重之影響呈二次曲線關係(表一)。一期作之平均千粒重為24.9 g，比二期作之25.9 g降低3.9%。臺中189號平均千粒重為24.8 g，比臺中秈10號之26.1 g降低5.0%。三個等級土壤水分張力0.00、0.02及0.04 MPa之處理，其平均千粒重分別為24.6、26.0及25.7 g，0.02及0.04 MPa之處理，其千粒重分別比0.00 MPa增加5.7及4.5%(表二、表三)。

一期作盆栽試驗結果，顯示氮肥處理之間有極顯著差異，且其對千粒重之影響呈直線關係，土壤水分張力處理之間亦有顯著差異，且其對千粒重之影響呈二次曲線關係(表四)。三個等級氮肥處理，其平均千粒重分別為23.6(低氮)、23.5(中氮)及23.1 g(高氮)，顯示隨著氮肥增加，其千粒重則明顯降低。三個土壤水分張力0.00、0.02及0.04 MPa，其平均千粒重分別為23.7、23.1及23.5 g，顯示高土壤水分張力，千粒重有降低之趨勢(表五、表六)。二期作盆栽試驗經變方分析結果，顯示氮肥處理之間千粒重無顯著差異，土壤水分張力處理之間則有顯著差異，且其對千粒重之影響呈二次曲線關係，品種與土壤水分張力處理有顯著交感(表七)。土壤水分張力處理之間有顯著差異，其原因為0.00 MPa之處理，其平均千粒重為24.1 g，比0.02及0.04 MPa之處理21.0及21.6 g，分別增加14.8及11.6%。品種與土壤水分張力之間有顯著交感，其原因為臺中189號在0.00及0.04 MPa之處理，其千粒重均比臺中秈10號高出6.4及4.7%，但是臺中189號在0.02 MPa之處理，其千粒重卻比臺中秈10號降低6.1%(表八、表九)。

以上結果顯示，在營養生長期，提高土壤水分張力，有助於千粒重之提昇，增施氮肥則對千粒重無明顯助益。

對產量之影響

田間試驗合併變方分析結果，顯示期作間產量差異不顯著，品種間差異極顯著，品種與期作有顯著交感，土壤水分張力處理間亦呈極顯著差異，且其對產量之影響呈直線關係(表一)。造成品種間差異顯著的原因在於臺中秈10號兩期作的平均產量比臺中189號高出14.1%(表二、表三)。品種與期作交感顯著，其原因為臺中秈10號在二期作栽培較能表現較臺中189號高產的特性。三個等級土壤水分張力處理呈極顯著差異，顯示水稻在營養生長期，提高土壤水分張力，不利於水稻之生產。一期作臺中189號在0.02及0.04 MPa之處理，稻穀產量分別為每公頃2,487及2,279 kg，較長期湛水對照區之3,304 kg，顯著降低24.7及31%；臺中秈10號亦均顯著降低17.4%(表二)。二期作臺中189號在0.02及0.04 MPa之處理，

每公頃產量分別為2,582及2,529 kg，較對照區之3,481 kg，顯著降低25.8及27.3%；然臺中秈10號在三個等級土壤水分張力處理間產量，則無顯著差異(表三)。

一期作盆栽試驗結果，經合併變方分析顯示，品種間差異不顯著，氮肥處理間呈極顯著差異，且其對產量之影響呈二次曲線關係存在，土壤水分張力處理間亦呈極顯著差異，且其影響亦呈二次曲線關係(表四)，氮肥處理與水分張力處理之間有極顯著交感。三個等級氮肥處理間產量呈極顯著差異，顯示增施氮肥可以有效提高水稻產量，臺中189號在低氮、中氮及高氮處理，每盆平均產量分別為15.2，22.9及36.1 g，中氮處理較低氮處理顯著增加51%，高氮處理則較中氮處理顯著增加58%，因此三個等級氮肥處理是隨著氮肥增施，其產量呈直線增加(表五)，臺中秈10號亦有相似的表現情形(表六)。三個等級土壤水分張力處理之間差異顯著，顯示提高土壤水分張力不利於水稻之生產，臺中189號在0.02及0.04 MPa之處理，每盆平均產量分別為21.1及21.4 g，較長期湛水之對照區31.7 g，顯著降低33.4及32.5%(表五)；臺中秈10號在0.02及0.04 MPa之處理，每盆平均產量分別為23.1及23.7 g，較對照區之31.7 g，顯著降低27.1及25.2%(表六)，因此三個等級土壤水分張力處理，其產量是隨著張力提高而呈下降之曲線關係。氮肥處理與水分張力處理間有極顯著交感，其原因為在長期湛水 (0.00 MPa)情況下氮肥的效應較高，但在高水分張力處理下，氮肥的效應則顯然降低。

二期作盆栽試驗結果，經變方分析顯示，品種間及氮肥處理間均呈極顯著差異，且氮肥處理對產量之影響為直線關係，土壤水分張力處理間亦呈極顯著差異，且其反應呈二次曲線關係，而品種與土壤水分張力處理之間有極顯著交感，氮肥處理與土壤水分張力處理之間亦呈極顯著交感(表七)。品種間呈極顯著差異，其原因為臺中秈10號在二期作的產量比臺中189號高。氮肥處理間差異極顯著，顯示增施氮肥可以顯著提高水稻的產量，臺中189號在中氮及高氮處理，每盆(1/2000 a)的平均產量分別為5.1及9.0 g，較低氮處理之3.8 g，顯著增加34.2及137%(表八)；臺中秈10號在中氮及高氮處理每盆的平均產量分別為14及18.4 g，較低氮處理之6.7 g，顯著增加109及175%(表九)，因此產量隨氮肥的增加而呈直線上昇關係。三個等級土壤水分張力處理之間呈極顯著差異，顯示提高土壤水分張力不利於水稻之產量，臺中189號在0.02及0.04 MPa之處理，其每盆平均產量分別為2.5及5.6 g，較對照區之9.9 g，顯著降低74.7及43.4%(表八)，臺中秈10號在0.02及0.04 MPa之處理，每盆平均產量分別為12.1及11.2 g，較對照區之15.8 g，顯著降低23.4及29.1%(表九)，產量隨著水分張力提高而下降。品種與土壤水分張力處理有極顯著交感，其原因為臺中189號在0.00、0.02及0.04 MPa之處理，平均產量比臺中秈10號，分別降低37、79及50%，在高水分張力處理降低的幅度較大，顯示臺中189號在高水分張力處理對產量的反應較敏感。氮肥處理與水分張力處理之間有極顯著交感，其原因為中氮處理在0.02及0.04 MPa之處理，其產量降低的幅度，均比高氮及低氮處理為少，顯示中氮處理對高土壤水分張力處理之產量的反應較不敏感(表八、表九)。

綜合田間及盆栽試驗結果顯示，水稻在營養生長期以0.02 MPa之土壤水分張力處理，即明顯抑制其有效分蘖，使產量顯著降低，顯然營養生長期適合較低張力之土壤水分境況，節省灌溉水的措施，不宜使土壤水分張力超過0.02 MPa。在高土壤水分張力情況下，增施氮

肥可以促進有效分蘖，使產量明顯提昇。臺中秈10號在二期作高水分張力處理下，亦能保有相當之產量，二期作在缺水情況下，或節省灌溉用水情況下，臺中秈10號顯然有較大的適應性。

誌　　謝

本報告承蒙國科會NSC82-0409-B-005-013補助經費，特申謝忱。

參考文獻

1. 王敏昭 1974 土壤通氣對水稻生長的影響 國立中興大學碩士論文。
2. 黃明輝 1984 稻田土壤還原電位之檢定及用於水分管理之研究 中華農業研究 33(3): 265~275。
3. 陳世雄 1991 曬田對水稻磷之吸收及分蘖之影響 中華農藝 1: 277~291。
4. 陳世雄 1992 土壤還原電位對水稻根活性與光合作用之影響 中華農藝 2: 169~181。
5. 張英勝 1984 水稻田還原電位的變異及管理 國立中興大學碩士論文。
6. Aomine, S. 1962. A review of research on redox potential of paddy soils in Japan. Soil Sci. 94: 6-13.
7. Baver, L. D., W. H. Gardner and W. D. Gardner. 1972. Soil Physics. John Wiley & Sons., Inc., New York, U.S.A.
8. Culter, J. M., K. W. Shahan and P. L. Steponkus. 1980. Alteration of the interanal water relations of rice in response to drought hardening. Crop Sci. 20: 307-310.
9. Dingkuhn, M., R. T. Cruz, J. C. O'Toole and K. Dorffing. 1989a. Net photosynthesis, water use efficiency, leaf water potential and leaf rolling as affected by water deficit in tropical upland rice. Aust. J. Agric. Res. 40: 1171-118.
10. Hsiao, T. C., J. C. O'Toole, E. B. Yambao and N. C. Turner. 1984. Influence of osmotic adjustment on leaf rolling and tissue death in rice (Oryza sativa L.). Plant Physiol. 75: 338-341.
11. O'Toole, J. C. and R. T. Cruz. 1980. Response of leaf water potential, stomatal resistance, and leaf rolling to water stress. Plant Physiol. 65: 428-432.
12. Patrick, W. H. Jr. and I. C. Mahapatra. 1968. Transformation and availability to rice of nitrogen phosphorus in waterlogged soils. Adv. Agron. 20: 323-357.
13. Ponnamperuma, F. N., R. Bradfield and M. Peech. 1955. Physiological disease of rice attributable to iron toxicity. Nature. 175-265.
14. Rahman, M. S. and S. Yoshida. 1985. Effect of water stress on grain filling in rice. Soil Sci. Plant Nutr. 31(4): 497-511.
15. Thangaraj, M., J. C. O'Toole and S. K. De Datta. 1990. Root response to water stress in rainfed lowland rice. Expl. Agric. 26: 287-296.

Effects of Irrigation Level on Growth of Rice During Vegetative Growth Stage[1]
—Grain Yield and Yield Components—

Jiann-Feng Lee[2] and Shih-Shiung Chen[3]

ABSTRACT

Field and pot experiments were conducted in the first and second crops of 1992 to investigate the effect of soil moisture regime on the growth and quality of two rice cultivars, Taichung 189 and Taichung Sen 10. Three levels of soil moisture tension were practiced by soil-drying to reach 0.02, and 0.04 MPa before next irrigation during vegetative growth stage, while the control (0.00 MPa) group was submerged continuously. Split-plot design was laid out with three replications. Two rice cultivars were used as main plot, and three levels of soil moisture tension as subplot.

Experimental results showed that two rice cultivars responded differently to the soil moisture regime. In the first crop, panicle numbers of Taichung 189 were 20.7% and 29.3% (with 0.02 and 0.04 MPa treatments, respectively)less than that of the control (0.00 MPa) group, while Taichung Sen 10 decreased only 13.9% and 14.8% in 0.02 and 0.04 MPa treatments. On the second crop, panicle numbers of Taichung 189 decreased 38.3% and 35.9% in 0.02 and 0.04 MPa treatments, while Taichung Sen 10 showed 14.4% and (0.02 MPa) and 18.9% (0.04 MPa) less than that in the control group. The high soil moisture tension restricted tillering, and decreased yield. In the first crop, yields of Taichung 189 were 25% and 31% (with 0.02 and 0.04 MPa treatments, respectively)less than that of the control (0.00 MPa) group, while Taichung Sen 10 decreased only 17% both in 0.02 and 0.04 MPa treatments. On the second crop, yield of Taichung 189 decreased 27% both in 0.02 and 0.04 MPa treatments, while Taichung Sen 10 were not significantly affected by soil drying. Cultivar Taichung Sen 10 showed a better adaptation to water stress environments.

Key words: rice, soil moisture regime, yield.

---

[1] Contribution No. 0325 from Taichung DAIS.

[2] Assistant Agronomist of Taichung DAIS.

[3] Professor, Department of Agronomy, National Chung Hsing University.