穀粒充實期土壤水份境況對水稻生育及米質之影響[1]

李健捧[2] 陳世雄[3] 許愛娜[2] 宋勳[2]

摘 要

本試驗目的在探討水稻穀粒充實期間，減少田間灌溉水量及灌溉次數之可行性。1992年一、二期作分別在中興大學農場進行田間試驗。採裂區設計，以品種爲主區，比較粳稻臺中189號及籼稻臺中籼10號兩品種，對土壤水分之反應。以15 cm深度土壤水分張力處理爲副區，分別以0.00 MPa(連續浸水)，0.02 MPa及0.04 MPa三等級土壤水分張力，做爲灌溉起點。試驗結果顯示在水稻穀粒充實期，兩個較高等級土壤水分張力處理，平均各需5天(0.02 MPa)及7天(0.04 MPa)才會到達灌溉起點。因此，提高土壤水分張力之處理，已明顯達到節省灌溉用水之目的。同時在0.02 MPa之處理，有增加稻穀產量之趨勢。穀粒充實期提高土壤水分張力，對於水稻之碾米品質、白米外觀、烹調及食用品質均不會有不利影響。多項式迴歸分析顯示在穀粒充實期，適當減少灌溉水，一期作提高土壤水分張力至0.018 MPa，二期作則提高至0.027 MPa做爲灌溉起點，可以得到最高的產量，似可作爲稻田土壤水分管理之參考，同時也顯示二期作臺灣稻田土壤通氣不良的情況，需要較高的土壤張力改善土壤通氣。

關鍵字：水稻、土壤水分境況、米質。

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[2,19]，使得土壤還原電位降低[7,8,17]，造成毒害物質的累積[18]，影響水稻的根活性及養分吸收[5]。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[5,9,21]。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[3,4]。水稻如果因爲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[11,12,13,16]，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，以降低生產成本，是臺灣水稻栽培的重要課題。

材料與方法

1992年一及二期作，選擇粳稻之臺中189號及籼稻之臺中籼10號，在中興大學農場之砂頁岩沖積土大里系(表一)進行田間試驗。採裂區設計。品種爲主區，15 cm深度土壤水分張力

[1] 臺中區農業改良場研究報告第 0311 號。

[2] 臺中區農業改良場助理研究員、副研究員、研究員兼作物改良課課長。

[3] 國立中興大學農藝學系教授。

處理爲副區，分別以0.00 MPa(連續浸水)，0.02 MPa及0.04 MPa三個等級土壤水分張力，做爲灌溉起點(以自製張力計監控)。抽穗前保持浸水狀態，直到齊穗後給予三級土壤水分張力處理，處理區排乾土壤水份俟其張力達到灌溉起點後，復行灌水俟其張力歸零，如此反復處理至黃熟期結束，對照區(0.00 MPa)則維持浸水狀態。行株距30×15 cm，單本植。三重覆，小區面積6 m^2。三要素(N-P_2O_5-K_2O)施用量爲100-60-90 Kg/ha，其它田間管理按一般慣行栽培方法。調查項目包括穗數、一穗粒數、稔實率、千粒重及容重量。每小區割取100株，脫粒曬乾後稱量穀粒之重量，四重複求其平均產量。米質分析包括碾米率(Mcgill No. 2)、米粒外觀、糊化溫度、直鏈澱粉含量(14)、凝膠展延性(10)、粗蛋白質含量。米飯物理性質測定項目包括硬度、粘度、均衡度、凝集性、附著性。並委託臺中場(本場)米質研究室進行米飯食味評鑑。由於考慮個別評審員可能存在偏性影響，故米飯食味評鑑結果先利用無母數統計方法之Friedman測驗進行變方分析，顯著後，再以Wolcoxon Signed rank測驗配對分析個別處理間之差異顯著性。

表一、沖積土大里系土壤物理化學性質
Table 1. Properties of the experimental soil (TTr Series)

Bulk density	pH[1]	Organic matter	Total N	P[2]	Exchangeable[3]		
					K	Ca	Mg
g/cm^3		%	%	ppm	---------- ppm ----------		
1.20	7.11	4.28	0.13	4.93	54	5876	970

[1] Soil:H_2O=1:1
[2] Available phosphorus，Bray No. 2.
[3] Extracted by 1 N ammonium acetate.

結果與討論

土壤水分境況對水稻農藝性狀之影響

一、對產量之影響

變方分析結果顯示，期作間產量呈極顯著差異二期作較一期作高8.3%，品種間差異不顯著，但是期作與品種間有顯著交感，土壤水分張力處理間則無顯著差異(表二)。期作與品種之間有顯著交感，則是由於臺中秈10號在二期作的平均產量表現顯著高出臺中189號14.7%(表三、表四)。穀粒充實期減少水分供應，顯然可以有效節省灌溉水的用量，水稻產量並未因減少灌溉而降低。

二、對穗數之影響

變方分析顯示期作間、品種間及土壤水分處理間之穗數均無顯著差異(表二)。穀粒充實期施以不同土壤水分張力處理，不致影響水稻的穗數(表三、表四)。

三、對一穗粒數之影響

品種間及土壤水分張力處理之間對一穗粒數均無顯著影響，但期作間有顯著差異(表二)，一期作之平均一穗粒數爲149，比二期作之141高出5.9%(表三、表四)。

表二、穀粒充實期土壤水分處理對水稻農藝特性之影響綜合變方分析表

Table 2. Combined analyses of variance (F-values) for rice agronomic performances as affected by soil moisture regime during grain filling stage (1st and 2nd crop, 1992)

Source of variation	df	Yield	Panicle number	Kernels /panicle	Seed setting	1000-kernel weight	Plant height
Crop(C)# season	1	155.0**	0.5	616.2**	13.7	0.0	729.0*
Variety(V)#	1	5.7	0.3	0.1	1.7	157.3**	2733.5**
C×V	1	13.1*	0.0	0.5	3.7	91.7**	43.6**
Tension(S)#	(2)	2.1	0.7	0.7	4.0*	1.7	0.1
Linear	1	0.2	1.5	0.3	2.2	0.0	0.1
Quadratic	1	4.0	0.1	1.3	6.0*	3.3	0.2
C×S	2	0.7	1.1	0.1	18.4**	4.2*	3.2
V×S	2	0.1	0.9	0.2	1.1	2.7	0.0
C×V×S	2	0.1	1.3	0.0	6.4**	5.0*	1.7

Crop season: The first crop (spring) and second crop (fall) seasons, 1992.
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 treatment submerged during the whole growth stage.
* and ** denote 5% and 1% significance levels, respectively.

表三、穀粒充實期土壤水分處理對水稻臺中 189 號與臺中秈 10 號產量及其構成因素之影響(1992 年一期作)

Table 3. Agronomic characteristics and yield components of rice cultivars Taichung 189 and Taichung sen 10 as affected by soil moisture regime during grain filling stage (1st crop, 1992)

Cultivar	Soil moisture tension	Plant height	Growth duration	Panicle weight	Panicle number	Kernels /panicle	1000-kernel weight	Seed setting	Yield
	MPa	cm	day	g			g	%	kg/ha
TC 189	0.00	124a[1]	120a	3.5a	12.9a	145a	24.6b	93.2a	3431a
	0.02	128a	122a	3.3a	12.0a	153a	22.9c	91.0ab	3581a
	0.04	127a	122a	3.3a	12.3a	152a	23.2c	89.1bc	3363a
TCS 10	0.00	112b	120a	3.6a	12.5a	146a	26.0a	88.5bc	3362a
	0.02	111b	122a	3.7a	13.2a	151a	26.2a	88.0c	3408a
	0.04	113b	121a	3.6a	11.1a	147a	26.3a	87.2c	3293a

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

表四、穀粒充實期土壤水分處理對水稻臺中 189 號與臺中秈 10 號產量及其構成因素之影響(1992年二期作)

Table 4. Agronomic characteristics and yield components of rice cultivars Taichung 189 and Taichung sen 10 as affected by soil moisture regime during grain filling stage (2nd crop, 1992)

Cultivars	Soil moisture tension	Plant height	Growth duration	Panicle weight	Panicle number	Kernels /panicle	1000-kernel weight	Seed setting	Yield
	MPa	cm	day	g			g	%	kg/ha
TC 189	0.00	112a[1]	125a	3.1a	13.0a	137a	24.3a	83.1b	3350c
	0.02	110b	125a	3.3a	12.8a	138a	24.5a	89.3a	3550bc
	0.04	110b	125a	3.3a	13.0a	138a	25.1a	91.0a	3409bc
TCS 10	0.00	99c	119a	3.4a	12.9a	143a	24.9a	86.7ab	3782ab
	0.02	100c	119a	3.5a	12.5a	147a	25.0a	90.5a	4041a
	0.04	98c	119a	3.4a	12.8a	141a	25.1a	88.0a	3996a

[1] See Table 3.

四、對稔實率之影響

土壤水分張力處理之間，水稻稔實率有顯著差異，且其對稔實率之影響呈二次曲線關係，期作與土壤水分張力處理之間顯示顯著交感效應(表二)。三個等級土壤水分張力處理之間有顯著差異，一期作臺中189號0.00 MPa之處理，平均稔實率爲93.2%，而0.04 MPa之處理只有89.1%，顯著降低。但在二期作臺中189號以0.00 MPa處理水稻稔實率只有83.1%，以0.04 MPa處理者則提高爲91%(表三、表四)，期作與土壤水分張力處理顯示交感存在，一期作穀粒充實期浸水有助於稔實率提高，但二期作則提高水分張力，改善通氣有助於提昇稔實率，可能與臺灣稻田二期作土壤還原電位較低，普遍通氣不良有關(6)。

五、對千粒重之影響

土壤水分張力處理間水稻千粒重無顯著差異，品種與期作間則有顯著交感(表二)，臺中189號在一期作之平均千粒重爲23.6 g，比臺中秈10號之26.2 g，顯著降低9.9%。但是二期作則無差異(表三、表四)，顯示穀粒充實期減少水分供應並不造成對水稻千粒重的影響。

土壤水分境況對稻米品質之影響

一、對碾米品質之影響

除0.04 MPa土壤水分張力之處理，使得一期作臺中秈10號之完整米率顯著降低2.1%外，對於參試兩品種水稻之稻穀容重量、糙米率、白米率及完整米率均無顯著影響(表五)。二期作提高土壤水分張力處理，不但不會造成碾米品質降低，反而有提昇碾米品質的效果，特別是0.04 MPa之處理，使得臺中189號之糙米容重量(878 g/l)、糙米率(82.3%)、白米率(75.1%)及完整米率(73.5%)，分別較長期湛水之對照區，顯著增加4 g/l、0.4%、0.8%及1.0%；臺中秈10號在0.04 MPa之處理，其白米率(72.0%)及完整米率(69.7%)，也分別比對照區顯著增加0.7%及1.0%(表六)。

表五、穀粒充實期土壤水分處理對水稻臺中 189 號與臺中秈 10 號碾米品質及化學性質之影響(1992年一期作)

Table 5. The milling quality and chemical property of rice cultivars Taichung 189 and Taichung sen 10 as affected by siol moisture regime during grain filling stage (1st crop, 1992)

Cultivar	Soil moisture tension	Volumn weight	Brown rice	Milled rice	Head rice	Trans-lucency	White center	White belly	Gt.*	Amylose	Crude portein	Gel consis-tency
	MPa	g/l	%	%	%					%	%	
TC 189	0.00	558a[1]	81.2a	72.1a	54.7b	3	0	1	L	16.7a	7.9c	94S
	0.02	556a	80.5b	71.5a	55.4b	3	0	1	L	16.7a	8.2c	92S
	0.04	557a	80.6b	71.6a	53.7b	3	0	1	L	16.9a	8.1c	95S
TCS 10	0.00	524b	78.0c	69.7b	62.8a	3	0	0	L	15.4b	9.2b	88S
	0.02	521b	78.1c	69.9b	62.8a	3	0	0	L	14.4b	9.6a	87S
	0.04	521b	77.9c	69.7b	60.7b	3	0	0	L	15.1b	9.5ab	85S

* Gt.: Gelatinization temperature.

[1] See Table 3.

表六、穀粒充實期土壤水分處理對水稻臺中 189 號與臺中秈 10 號碾米品質及化學性質之影響(1992年二期作)

Table 6. The milling quality and chemical property of rice cultivars Taichung 189 and Taichung Sen10 as affected by soil moisture regime during grain filling stage (2nd crop, 1992)

Cultivar	Soil moisture tension	Volumn weight	Volumn weight(brown rice)	Brown rice	Milled rice	Head rice	Trans-lucency	White center	White belly	Gt.*	Amylose	Crude protein	Gel consis-tency
	MPa	g/l	g/l	%	%	%					%	%	
TC 189	0.00	613a[1]	874b	81.9b	74.3b	72.5b	3	0	1	L	22.9a	8.39b	70S
	0.02	613a	871b	81.8b	74.4b	72.4b	3	0	1	L	22.9a	8.43b	73S
	0.04	617a	878a	82.3a	75.1a	73.5a	3	0	1	L	22.4b	8.53b	79S
TCS 10	0.00	571bc	829c	79.0c	71.3d	68.7d	3	0	1	L	20.3d	9.62a	68S
	0.02	568c	830c	78.5d	71.4d	68.9cd	3	0	1	L	21.0c	9.85a	56S
	0.04	575b	829c	79.2c	72.0c	69.7c	3	0	1	L	21.0c	9.52a	43M

* Gt.: Gelatinization temperature.

[1] See Table 3.

二、對米粒外觀之影響

無論一期作或二期作，土壤水分張力處理之間，對於稻米之透明度、心白及腹白均無影響(表五、表六)，但在品種之間，一期作臺中189號三個等級土壤水分張力處理腹白等級均爲1，略差於臺中秈10號，二期作則無差異(表五)。

三、對烹調品質之影響

一期作土壤水分張力處理，對於稻米品種的糊化溫度、直鏈澱粉含量、粗蛋白質含量及凝膠展延性均無顯著影響(表五)。二期作以0.04 MPa處理之臺中189號，直鏈澱粉含量顯著較對照區降低0.5%，而臺中秈10號以0.02及0.04 MPa之處理，直鏈澱粉卻顯著較對照區提高0.7%，同時臺中秈10號以0.04 MPa處理，其凝膠展延性則明顯降低(表六)。

四、對米飯物理性質之影響

一期作0.04 MPa之處理，使得臺中189號米飯之均衡性顯著降低，由湛水處理之0.09降低至0.07。凝集性由0.77顯著增加爲0.79。臺中秈10號凝集性顯著增加，對米飯之均衡性亦由湛水處理之0.11提昇爲0.12，對其它米飯物理性質則無影響(表七)。二期作在三個等級土壤水分張力處理之間，對於米飯之均衡性、凝集性及附著性均無差異存在(表八)。比較兩期作米飯之物理性質，顯示一期作米飯之均衡性及附著性均比二期作高，但一期作米飯之凝集性比二期作低(表七、八)。

表七、穀粒充實期土壤水分處理對水稻臺中 189 號與臺中秈 10 號米飯物理性質之影響(1992 年一期作)

Table 7. Physical properties of cooked rice (cultivars Taichung 189 and Taichung sen 10) as affected by soil moisture regime during grain filling stage (1st crop, 1992)

Cultivar	Soil moisture tension	H*	-H	-H/H	A2/A1	A3
	MPa					
	0.00	1.87c[1]	0.176bc	0.09c	0.77b	0.13c
TC 189	0.02	2.07b	0.180b	0.09c	0.77b	0.15c
	0.04	2.09b	0.150c	0.07d	0.79a	0.12c
	0.00	2.29a	0.260a	0.11b	0.73d	0.18b
TCS 10	0.02	2.15b	0.250a	0.12a	0.74cd	0.23a
	0.04	2.10b	0.260a	0.12a	0.75c	0.21a

* H: hardness. -H: viscousness. -H/H: balance. A2/A1: cohesiveness. A3: adhesiveness.

[1] See Table 3.

表八、穀粒充實期土壤水分處理對水稻臺中 189 號與臺中秈 10 號米飯物理性質之影響(1992 年二期作)

Table 8. Physical properties of cooked rice (cultivars Taichung 189 and Taichung sen 10) as affected by soil moisture regime during grain filling stage (2nd crop, 1992)

Cultivar	Soil moisture tension	H*	-H	-H/H	A2/A1	A3
	MPa					
	0.00	2.21a[1]	0.17a	0.07a	0.82ab	0.12a
TC 189	0.02	2.36a	0.19a	0.08a	0.83a	0.14a
	0.04	2.23a	0.17a	0.08a	0.82ab	0.11a
	0.00	2.05a	0.20a	0.10a	0.80b	0.16a
TCS 10	0.02	2.16a	0.21a	0.10a	0.79b	0.16a
	0.04	2.24a	0.21a	0.10a	0.80b	0.16a

* H: hardness. -H: viscousness. -H/H: balance. A2/A1: cohesiveness. A3: adhesiveness.

[1] See Table 3.

五、對米飯食味之影響

經由食味評鑑結果顯示，在穀粒充實期土壤水分處理，一期作臺中189號在0.02 MPa之處理，米飯外觀爲-1.174，較對照處理之-1.143，顯著降低0.031。口味爲-1.571，較對照之-1.000降低0.571。臺中秈10號在處理之間則均無顯著差異(表九)。二期作在處理之間，對於食味品評項目均無顯著差異，兩個參試水稻品種的反應一致，但臺中189號在0.04 MPa之處理，米飯外觀較對照之處理顯著增加0.05(表十)。

表九、穀粒充實期土壤水分處理對水稻臺中 189 號與臺中秈 10 號米飯食味評鑑之影響(1992 年一期作)

Table 9. Eating quality* of cooked rice (cultivars Taichung 189 and Taichung Sen 10) as affected by soil moisture regime during grain filling stage (1st crop, 1992)

Variety	Soil moisture tension	Appearance	Flavor	Taste	Stickiness	Hardness	Overall
	MPa						
	0.00	-1.143c[1]	-0.286ab	-1.000ab	-1.000ab	+0.571a	-1.000ab
TC 189	0.02	-1.174d	-0.714b	-1.571c	-1.571b	+0.587a	-1.571b
	0.04	-1.000b	-0.571ab	-1.286bc	-1.000ab	+1.000a	-1.286ab
	0.00	-0.500ab	0.000ab	-0.667ab	-0.500a	+0.333a	-0.667a
TCS 10	0.02	-0.667ab	-0.167ab	-0.500a	-0.500a	+0.500a	-0.500a
	0.04	-0.333a	-0.167ab	-0.333a	-0.333a	+0.333a	-0.333a

* Rating evaluated by sense of panel testing in comparison with rice cultivar Taichung 189 cultivated in Tien-chung, Chang-Hwa county, as the control. Where +, 0, and - denote ratings higher, equal to, and lower than the control, respectively.

[1] Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at α =0.10 by Wilcoxon signed-rank test.

表十、穀粒充實期土壤水分處理對水稻臺中 189 號與臺中秈 10 號米飯食味評鑑之影響(1992 年二期作)

Table 10. Eating quality* of cooked rice (cultivars Taichung 189 and Taichung Sen 10) as affected by soil moisture regime during grain filling stage (2nd crop, 1992)

Variety	Soil moisture tension	Appearance	Flavor	Taste	Stickiness	Hardness	Overall
	MPa						
	0.00	-0.134b[1]	-0.072a	-0.072a	-0.072a	+0.063a	-0.072a
TC 189	0.02	-0.167b	-0.250a	-0.250a	-0.333a	+0.083a	-0.334a
	0.04	-0.084a	-0.084a	-0.250a	-0.333a	+1.334a	-0.250a
	0.00	+0.197a	+0.063a	-0.009a	-0.134a	+0.161a	-0.009a
TCS 10	0.02	+0.473a	+0.063a	-0.072a	-0.063a	+0.402a	-0.072a
	0.04	+0.277a	+0.063a	-0.134a	-0.259a	+0.348a	-0.197a

* Rating evaluated by sense of panel testing in comparison with rice cultivar Taichung 189 cultivated in Tien-chung, Chang-Hwa county, as the control. Where +, 0, and - denote ratings higher, equal to, and lower than the control, respectively.

[1] See Table 9.

本試驗在穀粒充實期以高土壤水分張力處理，並未造成穀粒產量降低，可能由於開花前所貯存的光合產物轉移至穀粒中是主要的關鍵。Rahman等指出，莖及葉鞘於開花前貯存的光合產物，在缺水使光合作用受限時，可提供做爲穀粒充實的供源，小葉及高見指出在開花後第一天至第十天之間以劍葉相對水分含量95~97%處理，使得處理區由植株在開花前所貯存的光合產物轉移至穀粒者佔穀粒乾物質重量25.6%，而對照區只佔14.6%。在穀粒充實期，提高土壤水分張力，對於水稻之碾米品質、白米外觀、烹調及食用品質均不會產生影響，臺中秈10號一期作在高土壤水分張力處理下，米飯食味及總評優於對照之處理，二期作食味品評項目中之外觀、香氣亦不亞於對照之處理。

本試驗利用多項式迴歸分析，顯示在穀粒充實期，適當減少灌溉水，一期作以0.018 MPa，二期作則以0.027 MPa作爲灌溉起點，有得到最高產量(表十一)的可能。此一以單一水分張力估計稻穀產量之二次迴歸方程式，顯然R較低，但其主要意義在顯示二期作需要較高的土壤水分張力，以改善土壤通氣不良現象，此與前述二期作提高土壤水分張力有助於提昇稔實率的結果一致，亦足以顯示二期作土壤通氣不良的特殊現象，需要排水改善通氣，以提高水稻根活性。對米質之影響亦有限，似可作爲水稻生產土壤水分管理之參考。但若要求高產並講究提昇米質，可能必須再調整處理之水分張力並進一步了解不同水稻品種對土壤水分之反應。如何界定水分管理之關鍵時期，以及針對不同品種特性，給予適當的水分管理，以提昇產量及米質，應是將來值得進一步探討的課題。

表十一、穀粒充實期土壤水分處理對水稻臺中 189 號與臺中秈 10 號產量之影響多項式迴歸分析
Table 11. Polynomial regression analysis for yield of rice cultivars Taichung 189 and Taichung sen 10 on soil moisture tension during grain filling stage (1st and 2nd crop, 1992)

Crop season	Cultivar	Polynomial regression equation				Optimum soil moisture tension
		a	bx	cx^2	R^2	
						MPa
First	TC 189	3431	16700	-460000	0.3068	0.0182
	TCS 10	3362	6325	-201250	0.0716	0.0157
Second	TC 189	3350	18525	-426250	0.1742	0.0217
	TCS 10	3782	20550	-380000	0.2911	0.0270

參考文獻

1. 小葉田亨 高見普一 1981 登熟初期の水ストレスがイネの穀實生長，乾物分配および玄米收量に及ぼす影響 日作紀50(4): 536~545。
2. 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。
3. 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。
4. 陳世雄 1991 晒田對水稻磷之吸收及分蘖之影響 中華農藝 1: 277~291。
5. 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。
6. 陳世雄 楊策群 朱德民 張英勝 1911 乾犁田改進二期稻作的土壤通氣 中華農學會報 新155: 30~39。
7. 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。
8. Aomine, S. 1962. A review of research on redox potential of paddy soils in Japan. Soil Sci. 94: 6-13.
9. Baver, L. D., W. H. Gardner and W. D. Gardner. 1972. Soil Physics. John Wiley & Sons., Inc., New York, U. S. A.
10. Cagampang, G. B., C. M. Perez and B. O. Juliano. 1973. A gel consistency test for eating quality of rice. J. Sci. Food Agric. 24: 1589-1594.
11. 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.

12. Dingkuhn, M., R. T. Cruz, J. C. O'Toole and K. Dorffing. 1989. 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: 117-118.
13. 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.
14. Juliano, B. O. 1971. In proceedings of the workshop on chemical aspects of rice grain quality. pp.69-90. In IRRI (ed.) The Chemical Basis of Rice Grain Quality. Manila, Philippines.
15. Lehmann, E. L. 1982. Nonparametrics: Statistical Methods Based on Ranks. pp.123-131. Holden-Day, Inc. San Franciscu, USA.
16. 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.
17. 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.
18. Ponnamperuma, F. N., R. Bradfield and M. Peech. 1955. Physiological disease of rice attributable to iron toxicity. Nature. 175-265.
19. Rahman, M. S. and S. Yoshida. 1985. Effect of water stress on grain filling in rice. Soil Sci. Plant Nutr. 31(4): 497-511.
20. Takai, Y., Koyama and T. Kamura. 1956. Microbial metabolism in reduction process of paddy soils. Part 1. Soil and Plant Food. 2: 63-66.
21. 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 Management for Soil Moisture Regime on Growth and Quality of Rice During Grain Filling Stage[1]

Jiann-Feng Lee[2], Shih-Shiung Chen[3], Ai-Na Hsu[2] and Shung Song[2]

ABSTRACT

The 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. Two levels of soil moisture tension were practiced by soil-drying to reach 0.02, and 0.04 MPa before next irrigation. The control (0.00 MPa) group was submerged continuously. The results showed that the treatment plots needed 5 and 7 days drying to reach 0.02 and 0.04 MPa before next irrigation, respectively. It was showed that irrigation water was been saved. The grain yield in 0.02 MPa treatment was the highest, while the milling quality, chemical properties, physical properties and eating quality of rice with 0.02 and 0.04 MPa treatments were the same as the control. According to polynomial regression anaiysis, soil-drying to reach a soil moisture tension of 0.018 MPa in the first crop, and 0.027 MPa in the second crop, respectively, are recommended for management of soil moisture regime during grain filling stage.The optimum soil moistuve tension on the second crop was higher than that of the first crop, presumably due to the poorer soil aeration of the second crop rice in Taiwan.A higher soil moisture tension practice in the second crop was suggested to improve the adverse condition.

Key words: rice, soil moisture regime, rice quality.

---

[1] Contribution No. 0311 from Taichung DAIS.

[2] Assistant Pathologist, Associate Agronomist and Head of Crop Improvement Division of Taichung DAIS, Respectively.

[3] Professor of Department of Agriculture, National Chung Hsin University.