

水稻有機栽培專業區規劃及栽培技術導入研究

李健鋒

臺中區農業改良場副研究員

摘要

本項試驗分別於彰化縣二水鄉及台中縣選擇環境不受污染，同時毗鄰之耕地，面積各 10 公頃進行栽培試驗。二水試區土壤屬於中性及微鹼性，外埔試區土壤則屬於偏酸性。經由栽培技術導入，每公頃有機質肥料施用 5 噸腐熟堆肥及 3 噸菜籽粕做為處理，試驗結果，二水有機試區，一期作平均產量為 6,386 kg/ha，比較慣行栽培法 7,079 kg/ha 降低 9.78%；二期作平均產量為 4,660 kg/ha，比較慣行栽培法 5,479 kg/ha 降低 14.95%。外埔有機試區，一期作平均產量為 5,681 kg/ha，比較慣行栽培法 6,284 kg/ha 降低 9.60%；二期作平均產量為 5,473 kg/ha，比較慣行栽培法 5,613 kg/ha 降低 2.45%。分析二水有機試區一期作平均完整米率為 39.76%，比較慣行栽培法 41.04%降低 1.28%，平均白米粗蛋白質含量為 6.16%，比較慣行栽培法 6.32%降低 0.16%；二期作平均完整米率為 55.80%，比較慣行栽培法 58.40%降低 2.60%，平均白米粗蛋白質含量為 6.59%，比較慣行栽培法 7.03%降低 0.44%。分析外埔有機試區一期作平均完整米率為 44.23%，比較慣行栽培法 42.08%提高 2.15%，平均白米粗蛋白質含量為 6.35%，比較慣行栽培法 6.10%提高 0.25%；二期作平均完整米率為 57.59%，比較慣行栽培法 56.24%提高 1.35%，平均白米粗蛋白質含量為 6.31%，比較慣行栽培法 7.16%降低 0.85%。試驗結果顯示，部分試區之水稻有機栽培產量較慣行栽培法為高，同時具有較優質之碾米品質及食味品質，顯示本套水稻有機栽培技術可以成功導入，並獲得豐碩成果。

中英文關鍵字：有機栽培 Organic farming、產量 Yield、稻米品質 Rice quality、有機質肥料 Organic fertilizer。

前 言

永續性農業為目前世界性關切的話題，有機農業則為其中重要之一環。利用有機質提供作物生長所需之養分，其益處包括直接供應作物生長所需之營養要素成分⁽¹⁾、改良土壤物理化學性質^(4,13,14)、維護土壤微生物相與活性，以及減少地下水污染等⁽⁴⁾。施用有機質肥料，由於供應之營養元素較為均衡，可能有促進作物生長，提昇產量及品質之效果⁽¹¹⁾。影響有機質肥料礦化之因子包括：有機資材之種類、土壤之水分境況、土壤之溫度、土壤之 pH 值、無機態的營養元素等環境因子，均可影響微生物族群，進而影響有機質之礦化作用^(5,9)。Yaacob 和 Blair⁽¹⁵⁾指出，一般有機質之 C/N 比在 25~30 之間，且含氮量在 1.4%~1.7% 時較易分解礦化。Kai 和 Wada⁽¹⁰⁾以不同的 C/N 比(8~84)稻桿加入土壤進行 20 週的孵育試驗，顯示在前兩週固化現象最大，且隨 C/N 比增加而增加，爾後逐漸下降，淨礦化方可發生，而 C/N 比=84 之稻桿則全期呈固化現象。Chae 和 Tabatahai⁽⁶⁾則指出，動物之堆廐肥在 0~4 週礦化較慢，4~12 週則呈快速礦化釋放，爾後呈平穩礦化速率，其中雞糞堆肥之礦化較豬、牛糞堆肥顯著，此因雞糞堆肥 C/N 比最低，且氮含量最高所致。在植物資材方面，苜蓿(C/N=14)在 1~12 週有較快的礦化作用，玉米桿(C/N=42)和鋸木屑(C/N=337)則有固化現象發生，在整個孵育期間土壤氮素均被微生物消耗利用。因不同有機資材 C/N 比不一樣，在土壤中養分的礦化及釋放亦不同。水稻為本省最大宗農作物，亦為國人之主食，在現今國人生活水準及消費意識提昇的情況下，利用有機質及不噴施化學農藥生產高品質及無農藥污染之良質米，可迎合消費者之需求。有機質中無論植物殘體、堆肥、廐肥、動物排泄物等，都需要依賴土壤中微生物進行分解，將有機質中營養成分礦化釋放出來，方可提供植物吸收利用。水稻有機栽培隨著耕作制度的差異、栽培時間的長短、有機質肥料施用量及施用時期，對水稻生育及稻米品質會有直接的影響，特別是水稻有機

栽培，如果長期漫無標準的大量使用有機質肥料，將使土壤中累積過量的有機質，而使稻穀中的粗蛋白質含量增加，不利於稻米品質的提昇，甚至於水稻生育後期造成倒伏，嚴重影響產量及米質。

材料與方法

一、重要工作項目

於台中縣及彰化縣選擇適宜水稻有機栽培耕地，每地毗鄰面積各10公頃，將水稻有機栽培可行技術導入並評估。

二、實施方法

(一)地點選擇：於台中縣及彰化縣選擇適宜水稻有機栽培耕地，每地毗鄰面積各10公頃。

(二)參試品種：台梗9號。

(三)技術導入：有機質肥料施用法為5 ton/ha腐熟堆肥(N:P₂O₅:K₂O=1.83:2.01:1.51%)+1500kg/ha菜籽粕(N:P₂O₅:K₂O=5.04:2.12:2.39%)做為基肥，1000 kg/ha做為追肥，500 kg/ha做為穗肥，試驗區預估投入之有機質肥料礦化釋出N:P₂O₅:K₂O =143：85：80 kg/ha。使用枯草桿菌控制紋枯病、稻熱病及白葉枯病。使用蘇力菌控制稻縱捲葉蟲及二化螟蟲。使用下油或辣椒粉防治褐飛蟲及斑飛蟲。運用良質米栽培管理技術培育健康秧苗，控制灌排水及水稻生長勢。運用湛水管理、飼養鴨子或使用水田除草機防除水田雜草。以水稻慣行栽培作為對照，一期作施用量為N:P₂O₅:K₂O=141：58：68 kg/ha，二期作施用量為N:P₂O₅:K₂O=122：50：70 kg/ha。

(四)調查水稻產量、稻米品質、病蟲害發生相及土壤理化性質。

結果與討論

一、栽培環境評估與有機栽培試區土壤理化性質分析

彰化縣二水鄉試驗區引用濁水溪水灌溉，台中縣外埔鄉主要引用大安溪水灌溉，試驗區域均屬於封閉型農業區域，灌溉溝渠生物相含量豐富，溪水不受污染，非常適合發展有機農業。

分析彰化縣二水試區試驗前土壤理化性質，顯示土壤 pH 值除對照區為 6.07 外，其餘有機試區均屬於中性或微鹼性土壤。土壤電導度 (EC) 則介於 0.43-2.10 dS/m 之間，以有機試區 1 為最高 2.10 dS/m。土壤有機質介於 1.67-3.14% 之間，以有機試區 8 為最低 1.67%。土壤有效性磷則介於 14-88 mg/kg soil 之間，有機試區 2、7 及 9 之土壤有效性磷含量均偏高。土壤交換性鉀介於 37-89 mg/kg soil 之間，有機試區 5、8 及 9 之土壤交換性鉀含量均偏高。土壤交換性鈣介於 884-2963 mg/kg soil 之間，有機試區 1、3、4、7 及 8 之土壤交換性鈣含量均偏高。土壤交換性鎂介於 127-195 mg/kg soil 之間，有機試區 1 及 5 之土壤交換性鎂含量均偏高(表一)。

分析台中縣外埔試區試驗前土壤理化性質，顯示土壤 pH 值介於 4.88-5.92 之間，均屬於微酸性土壤，pH 值偏低。土壤電導度 (EC) 則介於 0.78-1.73 dS/m 之間，試區之間表現相似。土壤有機質介於 2.17-2.95% 之間，試區之間表現相似。土壤有效性磷則介於 36-277 mg/kg soil 之間，有機試區 6 及 7 之土壤有效性磷含量均偏高。土壤交換性鉀介於 53-157 mg/kg soil 之間，有機試區 6 及 7 之土壤交換性鉀含量均偏高。土壤交換性鈣介於 719-1082 mg/kg soil 之間，試區之間表現相似。土壤交換性鎂介於 127-184 mg/kg soil 之間，有機試區 1、6 及 8 之土壤交換性鎂含量均偏高(表二)。

表一、彰化縣二水試區試驗前土壤理化性質(2009年)

處理	pH	EC	O.M.	磷	鉀	鈣	鎂
		dS/m	%	----- mg/kg soil -----			
98 年一期作試驗前取樣							
對照區	6.07	1.37	2.76	46	48	958	157
有機試區 1	6.92	2.10	2.25	27	71	2963	195
有機試區 2	6.28	0.79	2.16	88	56	884	146
有機試區 3	7.47	1.44	2.40	14	61	2847	161
有機試區 4	7.14	1.57	2.23	19	56	2718	148
有機試區 5	6.94	0.97	3.01	19	84	1399	188
有機試區 6	7.11	0.88	2.24	41	37	1116	127
有機試區 7	7.77	0.43	2.37	75	53	2325	145
有機試區 8	7.60	1.32	1.67	13	78	2819	130
有機試區 9	6.57	0.75	3.14	70	89	951	145

土壤樣品為表土 0-15 公分。

表二、台中縣外埔試區試驗前土壤理化性質(2009年)

處理	pH	EC	O.M.	磷	鉀	鈣	鎂
		dS/m	%	----- mg/kg soil -----			
98 年一期作試驗前取樣							
對照區	5.45	1.03	2.34	53	72	814	146
有機試區 1	5.92	1.46	2.89	36	57	1082	184
有機試區 2	5.09	0.86	2.84	43	53	759	130
有機試區 3	4.88	0.93	2.54	75	56	719	129
有機試區 4	4.90	1.20	2.88	52	64	773	133
有機試區 5	5.21	1.02	2.49	45	63	819	141
有機試區 6	5.37	0.78	2.17	182	111	897	162
有機試區 7	5.46	1.23	2.39	277	157	886	139
有機試區 8	4.97	1.73	2.95	39	64	1004	162
有機試區 9	5.37	0.92	2.30	31	86	742	127

土壤樣品為表土 0-15 公分。

二、對水稻生育之影響

經由試驗結果顯示，一期作彰化縣二水有機試區產量介 5,093-7,505 kg/ha 之間，平均產量為 6,386 kg/ha，比較慣行栽培法 7,079 kg/ha 降低 9.78%。其中以有機試區 3 之產量 5,093 kg/ha 表現為最低，造成產量降低之主要原因為雜草相發生嚴重，導致水稻生育過程中，一穗粒數及稔實率均偏低。其次為有機試區 1、2 及 5 之產量亦偏低，主要原因為水稻生長過於旺盛，發生局部白葉枯病危害，一穗粒數明顯偏低所致。二期作產量介於 2,706~5,770 kg/ha 之間，平均產量為

4,660 kg/ha，比較慣行栽培法 5,479 kg/ha 降低 14.95%，有機試區 3、7 及 8 發生嚴重稻縱捲葉蟲危害，導致有機栽培產量較慣行栽培法顯著降低 26~49% 以上。一期作有機試區 6 及 7 之產量與二期作有機試區 2 及 6 之產量均較慣行栽培法為高，顯示水稻有機栽培技術在彰化縣二水地區能夠成功導入(表三)。

一期作台中縣外埔有機試區產量介 4,836-7,056 kg/ha 之間，平均產量為 5,681 kg/ha，比較慣行栽培法 6,284 kg/ha 降低 9.60%。其中以有機試區 1 之產量 4,836 kg/ha 表現為最低，造成產量降低之主要原因為發生嚴重胡麻葉枯病危害，導致水稻生育過程中，一穗粒數、稔實率及千粒重均偏低。其次為有機試區 7 及 9 之產量亦偏低，主要原因為水稻生長過於旺盛，發生局部稻熱病危害，一穗粒數及稔實率均明顯偏低所致。二期作產量介於 5,160~5,902 kg/ha 之間，平均產量為 5,473 kg/ha，比較慣行栽培法 5,613 kg/ha 降低 2.45%，水稻生育正常無明顯病蟲害。一期作有機試區 8 之產量與二期作有機試區 1 及 5 之產量較慣行栽培法為高，顯示水稻有機栽培技術在台中縣外埔地區亦能夠成功導入(表四)

表三、彰化縣二水試區有機栽培對水稻農藝性狀之影響

Table3. Agronomic performances of as affected by conventional and organic farming in Ershui, Changhua

處理	穗數	一穗粒數	稔實率	千粒重	產量
	no./hill	no./ panicle	%	g	kg/ha
一期作					
慣行法	20.89	108	88.08	24.16	7,079
有機試區 1	23.11	91	85.06	23.38	5,873
有機試區 2	22.89	83	85.78	21.82	5,784
有機試區 3	23.44	75	77.71	23.59	5,093
有機試區 4	18.56	124	78.99	21.26	6,413
有機試區 5	29.67	67	87.95	24.02	5,915
有機試區 6	18.67	112	90.65	26.90	7,505
有機試區 7	23.56	117	87.49	23.06	7,611
有機試區 8	23.44	112	89.94	22.95	6,307
有機試區 9	15.67	113	78.85	23.22	6,974
L.S.D. _{0.05}	2.13	7	2.90	0.65	328
二期作					
慣行法	17.44	107	87.94	24.72	5,479
有機試區 1	14.89	112	75.72	23.84	4,500
有機試區 2	16.44	116	92.03	24.33	5,770
有機試區 3	12.44	117	83.79	23.71	4,048
有機試區 4	16.89	87	84.25	23.60	5,032
有機試區 5	13.00	115	93.38	27.37	5,283
有機試區 6	18.78	109	72.97	25.25	5,684
有機試區 7	12.56	94	81.16	23.75	2,706
有機試區 8	21.67	90	65.54	24.94	3,778
有機試區 9	15.44	90	87.70	25.35	5,141
L.S.D. _{0.05}	2.21	5	2.70	0.61	295

L.S.D._{0.05} : Least significant difference at 5% level.

表四、台中縣外埔試區有機栽培對水稻農藝性狀之影響

處理	穗數	一穗粒數	稔實率	千粒重	產量
	no./hill	no./ panicle	%	g	kg/ha
一期作					
慣行法	24.78	82	86.30	24.41	6,284
有機試區 1	24.00	79	80.27	23.39	4,836
有機試區 2	19.78	97	89.13	24.84	5,867
有機試區 3	22.22	103	88.90	24.60	5,546
有機試區 4	22.33	82	83.82	25.33	5,802
有機試區 5	21.00	98	81.36	23.59	5,593
有機試區 6	20.45	110	76.04	23.24	6,040
有機試區 7	28.45	75	75.59	23.56	5,099
有機試區 8	22.11	99	87.51	24.98	7,056
有機試區 9	21.22	92	79.79	24.71	5,290
L.S.D. _{0.05}	1.09	5	2.23	0.71	369
二期作					
慣行法	14.67	96	89.54	25.10	5,613
有機試區 1	20.44	97	83.59	24.81	5,902
有機試區 2	17.67	93	79.13	25.80	5,324
有機試區 3	20.00	73	82.38	24.36	5,480
有機試區 4	18.00	82	82.59	24.00	5,455
有機試區 5	17.67	107	79.07	24.32	5,800
有機試區 6	17.67	96	78.96	24.36	5,160
有機試區 7	16.33	88	93.19	24.74	5,200
有機試區 8	16.67	111	78.61	25.00	5,705
有機試區 9	19.33	95	78.41	24.20	5,600
L.S.D. _{0.05}	1.05	6	2.20	0.68	255

L.S.D_{0.05} : Least significant difference at 5% level.

三、對稻米品質之影響

經由試驗結果顯示，一期作彰化縣二水有機試區糙米率介 80.48~84.77%之間，平均糙米率為 82.62，比較慣行栽培法 84.43%降低 1.81%。有機試區白米率介 67.87~72.91%之間，平均白米率為 70.52，比較慣行栽培法 73.41%降低 2.89%。有機試區完整米率介 25.87~51.09%之間，平均完整米率為 39.76，比較慣行栽培法 41.04%降低 1.28%。有機試區白米粗蛋白質含量介於 5.71~6.65%之間，平均白米粗蛋白質含量為 6.16%，比較慣行栽培法 6.32%降低 0.16%。二期作有機試區糙米率介 81.33~83.92%之間，平均糙米率為 82.48，比較慣行栽培法 83.44%降低 0.96%。有機試區白米率介 71.15~76.77%之間，平均白米率為 73.78，比較慣行栽培法 73.84%降低 0.06%。有機試區完整米率介 49.81~59.89%之間，平均完整米率為 55.80，比較慣行栽培法 58.40%降低 2.60%。有機試區白米粗蛋白質含量介於 6.00~7.11%之間，平均白米粗蛋白質含量為 6.59%，比較慣行栽培法 6.32%降低 0.44%。一期作有機試區 4 及 7 之完整米率均較慣行栽培法為高，白米粗蛋白質含量則較慣行栽培法為低；二期作有機試區 8 之完整米率均較慣行栽培法為高，白米粗蛋白質含量則較慣行栽培法為低，顯示施用有機栽培仍有較高的碾米品質及較優的食味品質表現(表五)。

一期作台中縣外埔有機試區糙米率介 80.96~82.88%之間，平均糙米率為 81.88，比較慣行栽培法 82.96%降低 1.08%。有機試區白米率介 68.93~70.24%之間，平均白米率為 69.78，比較慣行栽培法 70.29%降低 0.51%。有機試區完整米率介 40.00~47.73%之間，平均完整米率為 44.23，比較慣行栽培法 42.08 提高 2.15%。有機試區白米粗蛋白質含量介於 5.92~7.29%之間，平均白米粗蛋白質含量為 6.35%，比較慣行栽培法 6.10%提高 0.25%。二期作有機試區糙米率介 82.61~83.68%之間，平均糙米率為 83.14，比較慣行栽培法 81.84%提高

1.30%。有機試區白米率介 71.71~73.71%之間，平均白米率為 72.39，比較慣行栽培法 72.83%降低 0.44%。有機試區完整米率介 52.69~60.05%之間，平均完整米率為 57.59，比較慣行栽培法 56.24%提高 1.35%。有機試區白米粗蛋白質含量介於 6.05~6.48%之間，平均白米粗蛋白質含量為 6.31%，比較慣行栽培法 7.16%降低 0.85%。一期作有機試區 4、5、7 及 9 之完整米率均較慣行栽培法為高，白米粗蛋白質含量則較慣行栽培法為低；二期作有機試區 3、4、5、6、7、8 及 9 之完整米率均較慣行栽培法為高，白米粗蛋白質含量則較慣行栽培法為低，顯示施用有機栽培仍有較高的碾米品質及較優的食味品質表現(表六)。

表五、彰化縣二水試區有機栽培對水稻碾米品質及化學性質之影響

處理	糙米率	白米率	完整米率	粗蛋白質
	----- % -----			
	一期作			
慣行法	84.43	73.41	41.04	6.32
有機試區 1	81.31	68.93	40.35	5.84
有機試區 2	80.48	67.87	38.67	5.71
有機試區 3	80.96	69.44	25.87	6.46
有機試區 4	82.77	71.28	47.92	5.87
有機試區 5	83.49	71.52	41.65	6.30
有機試區 6	83.84	71.68	32.51	6.57
有機試區 7	82.96	71.49	51.09	6.11
有機試區 8	84.77	72.91	37.95	6.65
有機試區 9	82.96	69.52	41.87	5.91
L.S.D. _{0.05}	0.21	0.45	5.18	0.14
	二期作			
慣行法	83.44	73.84	58.40	7.03
有機試區 1	81.33	71.89	58.00	6.44
有機試區 2	81.97	72.91	55.25	6.26
有機試區 3	81.73	71.15	49.81	6.68
有機試區 4	82.67	73.68	58.11	6.90
有機試區 5	81.79	72.72	55.49	6.00
有機試區 6	83.60	75.36	55.68	6.55
有機試區 7	82.80	74.75	56.16	6.96
有機試區 8	83.92	76.77	59.89	6.41
有機試區 9	82.51	74.75	53.79	7.11
L.S.D. _{0.05}	0.23	0.31	4.12	0.13

L.S.D._{0.05} : Least significant difference at 5% level.

表六、台中縣外埔試區有機栽培對水稻碾米品質及化學性質之影響

處理	糙米率	白米率	完整米率	粗蛋白質
	----- % -----			
	一期作			
慣行法	84.43	73.41	41.04	6.32
有機試區 1	81.31	68.93	40.35	5.84
有機試區 2	80.48	67.87	38.67	5.71
有機試區 3	80.96	69.44	25.87	6.46
有機試區 4	82.77	71.28	47.92	5.87
有機試區 5	83.49	71.52	41.65	6.30
有機試區 6	83.84	71.68	32.51	6.57
有機試區 7	82.96	71.49	51.09	6.11
有機試區 8	84.77	72.91	37.95	6.65
有機試區 9	82.96	69.52	41.87	5.91
L.S.D. _{0.05}	0.21	0.45	5.18	0.14
	二期作			
慣行法	81.84	72.83	56.24	7.16
有機試區 1	82.61	73.71	52.69	6.27
有機試區 2	83.28	71.95	55.81	6.40
有機試區 3	82.83	71.71	57.92	6.14
有機試區 4	83.68	71.97	56.48	6.05
有機試區 5	83.23	72.24	60.05	6.39
有機試區 6	83.23	72.24	60.05	6.39
有機試區 7	83.60	72.35	57.20	6.48
有機試區 8	82.99	73.60	59.84	6.40
有機試區 9	82.85	71.71	58.24	6.28
L.S.D. _{0.05}	0.20	0.31	3.20	0.12

L.S.D._{0.05} : Least significant difference at 5% level.

由以上結果顯示，彰化縣二水試區土壤屬於中性及微鹼性，台中縣外埔試區土壤則屬於偏酸性，則有待進行改進。一期作彰化縣二水有機試區平均產量為 6,386 kg/ha，比較慣行栽培法 7,079 kg/ha 降低 9.78%，部分試區發生嚴重雜草相及局部白葉枯病危害，導致有機栽培產量較慣行栽培法顯著降低 20% 以上；二期作平均產量為 4,660 kg/ha，比較慣行栽培法 5,479 kg/ha 降低 14.95%，部分試區發生嚴重稻縱捲葉蟲危害，導致有機栽培產量較慣行栽培法顯著降低 26~49% 以上。台中縣外埔有機試區平均產量為 5,681 kg/ha，比較慣行栽培法 6,284 kg/ha 降低 9.60%，部份試區發生嚴重胡麻葉枯病及葉稻熱病危害，導致有機栽培產量較慣行栽培法顯著降低 19% 以上；二期作平均產量為 5,473 kg/ha，比較慣行栽培法 5,613 kg/ha 降低 2.45%，水稻生育正常無明顯病蟲害。而引起白葉枯病及稻熱病發生之主要原因為水稻生長過於旺盛所致，應該降低有機質肥料之施用量；引起胡麻葉枯病發生之原因主要養份供應不足及矽吸收不足所致，因此應該加強土壤改良及有效分配有機質肥料施用量及施用時期，應可有效抑制胡麻葉枯病之發生，二期作二水試區因莫拉克颱風影響，發生嚴重稻縱捲葉蟲集體危害，部分試區因未即實施用蘇力菌進行防治，導致葉片嚴重受到稻縱捲葉蟲集體啃食，致使產量明顯降低。但是試驗結果顯示，二水地區及外埔地區均有試區之水稻有機栽培產量較慣行栽培法為高，顯示本套水稻有機栽培技術可以成功導入，並獲得豐碩成果。

完整米率愈高代表穀粒的充實程度愈高，碾米品質愈好，商品的販售價值愈好。白米粗蛋白質含量愈低，則代表白米的食味品質愈高。因此收穫之稻穀如果能兼具有高的完整米率及較低的白米粗蛋白質含量，將有最優質的碾米品質及食味品質表現。本試驗結果顯示，二水地區及外埔地區均有試區之水稻有機栽培完整米率較慣行栽培法為高，白米粗蛋白質含量則較慣行栽培法為低，顯示水稻施用有機栽培，適時適量提供有機質肥料，亦可獲得極優的稻米品質。

結論與建議

水稻有機栽培成功之關鍵在於合理化施用有機質肥料，培育健康植株，不僅病蟲害相控制容易，亦可獲得穩定之產量收成。本年度二期作在二水試區發生嚴重稻縱捲葉蟲集體危害，雖然施用蘇力菌進行控制，仍然造成產量部分損失，因此為了對抗病蟲害大量發生，適當有效之有機防治資材仍應努力開發，讓國內有機農業能夠順利推展。

參考文獻

- 1.王銀波、趙震慶、黃山內 1993 永續性農耕法對土壤性質與養分供應量之影響 p.9-17 永續農業研討會專集 臺中區農業改良場編印。
- 2.李健擇、陳榮五、陳世雄、蔡宜峰 2002 有機質肥料施用量對水稻生育之影響 臺中區農業改良場研究彙報 74: 53-63。
- 3.洪崑煌 1979 一、二期作水稻氮肥吸收利用率與收量之關係 p.133-140 臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集 行政院國家科學委員會編印。
- 4.鄧耀宗、黃伯恩 1993 臺灣永續農業之現況與展望 p.1-8 永續農業研討會專集 臺中區農業改良場編印。
- 5.Broadbent, F. E. and T. Nakashima. 1970. Nitrogen immobilization in flood soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 34: 218-221.
- 6.Chae, Y. M. and M. A. Tabatabai. 1986. Mineralization of nitrogen in soils amended with organic wastes. J. Environ. Qual. 15: 193-198.
- 7.Chang, F. H. and F. E. Broadbent. 1982. Influence of trace metals on some soil nitrogen transformations. J. Environ. Qual. 11: 1-4.
- 8.Fortun, A., C. Fortun and C. Ortega. 1989. Effect of farmyard manure and its humic fractions on the aggregate stability of a sandy loam soil.

- J. Soil Sci. 40:293-298.
9. Haynes, R. J. 1986. The decomposition process: Mineralization, immobilization, humus formation, and degradation. p.52-109. In: R. J. Haynes(ed.) Mineral nitrogen in the plant-soil systems. Academic press. New York.
 10. Kai, H. and K. Wada. 1979. Chemical and biological immobilization of nitrogen in paddy soils. p.157-192. In: Nitrogen and Rice. Int. Rice Res. Inst.
 11. Koshino, M. 1990. The use of organic and chemical fertilizer in Japan. p.1-16, Ext. Bull. 312, Food & Fertilizer Technology. Ceter, Taipai, Taiwan, ROC.
 12. Ponnampereuma, F. N., R. Bradfield and M. Peech. 1955. Physiological disease of rice attributable to iron toxicity. Nature. : 175-265.
 13. Reganold, J. P. 1989. Comparison of soil properties as influenced by organic and conventional farming systems. Amer. J. Alternative Agri. 3:144-155.
 14. Su, K. C. 1987. Evolution of rice-based cropping pattern in Taiwan. p.37-47. In: Sung-Ching and Dah-Jian Liu(eds.) Paddy Field Diversion and Upland Crop Production. Special Pub. No.7 of Taichung DAIS .
 15. Yaacob, O. and G. J. Blair. 1980. Mineralization of ¹⁵N-labelled legume residues in soils with different nitrogen contents and its uptake by rhodes grass. Plant and Soil. 57: 237-248.