

## 稻稈掩埋對水稻生長與稻田土壤理化性質之影響<sup>1</sup>

林素禎<sup>2</sup> 黃山內<sup>3</sup> 簡宣裕<sup>4</sup>

### 摘要

利用能源物質，加速稻稈分解，減少作物毒害，本計畫利用添加微生物、氮肥或其他有機物質(米糠)，探討稻稈掩埋後對水稻生長與稻田土壤肥力之影響。試驗自 82 年 7 月至 84 年 12 月，計五個期作，於花蓮縣吉安鄉吉安村石灰性坩質壤土農田進行。試驗結果顯示，水稻在分蘖盛期及乳熟期之株高與分蘖數，六種處理中以稻稈掩埋加氮肥之處理之分蘖數較多，株高較高。水稻葉片之營養元素含量，各處理氮、鋅含量皆較低，其他元素皆在適量範圍內，各處理間無顯著差異。水稻產量構成因素、產量調查結果得知，稻稈移除區(對照區)之穗數 11.8 穗最少，稻稈掩埋加稻稈分解菌處理之 14.7 穗最多；各處理之一穗粒數為 86.3 90.7 粒，千粒重 25.8 26.8g，各處理間無明顯差異；稻穀產量以稻稈移除區 5.0 tons/ha 最少，稻稈掩埋加氮肥處理及稻稈掩埋加米糠加稻稈分解菌處理均為 6.1 tons/ha 最高。分析連續五個期作後之土壤性質，稻稈掩埋可增加土壤有機質含量 0.3 0.6 %；稻稈加氮肥或加米糠及分解菌之處理可增加土壤磷、鉀、鈣、鎂、鐵、銅、鋅等元素有效性之含量。84 年二期作水稻在不同生育時期測定土壤深度 0 60cm 之 pH 值，不論有、無稻稈掩埋，各種處理在浸水狀態下土壤 pH 值均會升高，而在曬田時期土壤 pH 值則趨向試驗前之數值。

(關鍵詞：稻稈掩埋)

<sup>1</sup>花蓮區農業改良場研究報告第 117 號，本試驗經費承行政院農業委員會補助(計畫編號：84 科技-2.6-16-3(1)，83 科技-2.6-57-3(1))，謹此致謝。

<sup>2</sup>花蓮區農業改良場前助理研究員，現職臺灣省農業試驗所助理。

<sup>3</sup>花蓮區農業改良場前場長，現任臺南區農業改良場場長。

<sup>4</sup>臺灣省農業試驗所助理研究員。

### 前言

臺灣地區稻稈年產量約為 200 萬噸，為本省最大的農作物殘體，是一種廢棄物也是一種資源，如何處理與利用，為一重要問題(黃，1994)。稻稈原為繩索、飼料、燃料、褥床、敷蓋之好材料，但由於人為之替代品普遍使用，稻稈利用率驟減。稻稈含有機物約 90%，其中全碳量約 35%，氮含量約 0.51%，碳氮比為 69(Gotoh and Onikura, 1971)。若以燃燒方式處理此種能源物質，不但污染空氣，更是一種能源浪費。近年來已有不少農民開始將稻稈埋入土中，藉以改善土壤肥力。由於稻稈之碳氮比大於 50，直接埋入土壤中容易造成土壤氮素被奪取固定，使作物缺氮，且若在長期浸水狀態下，土壤易發生缺氧，還原電位降低，稻稈很容易因微生物的分解不完全而產生對作物有毒之有機酸，如醋酸、酚酸等，妨礙作物生長。

若在土壤通氣良好的環境下，這些有機酸即轉化為其它物質，如二氧化碳等，而不再影響作物生長(Lynch, 1978; Patrick, 1971; Niranjana Rao, D. and D. S. Mikkelsen, 1977)。

土壤中有機質的分解主要是以真菌與細菌為主。在真菌分解研究方面，*Cyathus stercoreus*, *Trichoderma harzianum* Rifai 對稻稈、玉米稈的纖維分解能力較強(Harper and Lynch, 1985; Karunanandaa et al., 1992)。在細菌分解研究方面，*Aspergillus* sp.之分解能力較強(Wani and Shinde, 1977)；添加適量的氮肥可增加稻稈在土壤中之分解速度(Green et al., 1995)；為了減少有毒物質的傷害，可提早稻稈掩埋之時間(Harper and Lynch, 1981)。

為充分利用能源物質，加速稻稈分解，本計畫將利用微生物或添加氮肥與其他分解促進物(米糠)，期以加速稻稈分解，減少植物毒害，增進土壤肥力。試驗自 82 年 7 月至 84 年 12 月，耕作制度為每年均為一期及二期水稻，秋裡作為綠肥（烏豆或大菜花）。

### 材料與方法

#### 一、田間試驗

試驗在花蓮縣吉安鄉吉安村花蓮區農業改良場本場農場進行，試驗地點土壤為片岩沖積土，三棧系，質地為粉質壤土(SiL)，pH 為 7.7 - 7.9，土壤有機質含量為 1.1 - 2.1。

稻稈的施用量為 5 tons/ha，稻稈掩埋前先切成 5cm 長，於插秧前兩個星期埋入土中。試驗分為六小區，每一試驗小區面積為 204 m<sup>2</sup>，六個試驗處理分別為(1)稻稈移除區，(2)稻稈掩埋區，(3)稻稈掩埋加氮肥，氮素施用量為 8.5kgN/ha，使稻稈碳氮比由 65 降至 30，(4)稻稈掩埋加米糠，米糠施用量為 500kg/ha，(5)稻稈掩埋加稻稈分解菌，稻稈分解菌於稻稈掩埋前一天均勻噴灑於稻稈上，(6)稻稈掩埋加米糠加稻稈分解菌。各處理之化學肥料施用量，水稻一期作為 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=120-60-60 kg/ha，二期作為 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=110-60-60 kg/ha，水稻品種為臺梗六號。其他田間管理按目前慣行法實施之。

#### 二、稻稈分解菌劑之篩選製備與施用：

(一)稻稈分解菌之篩選：取分解中之稻稈，將其置於 Modified Dubos'液體培養基（以粉碎稻稈(ground straw)取代 cellulose）中，經 3 次加強培養後，取出培養液，稀釋 1000 倍，然後以接種環於 Modified Dubos'固體培養基上畫線，在 30℃ 下培養，待長出單一菌落時，將單一菌落以接種環挑出，分別接種於 Dubos'固體培養基及稻稈粉洋菜培養基(表一)，篩選以粉碎稻稈作為唯一營養源及可分解纖維素且其生長勢最強之細菌及放線菌各 1 株，做為本試驗用之菌株（簡與林，1985）。

(二)菌劑之製備：將試驗用菌株分別以 Nutrient broth 液體培養基，於 30℃ 下培養 24 小時，然後混合作為試驗用液體菌劑。

表一、稻稈洋菜培養基

Table 1. The rice straw and agar medium.

Ground rice straw	15g
-------------------	-----

Agar powder	20g
Distilled water	added to 1000ml

(三)菌劑施用方法：液體菌劑稀釋 1000 倍，20 公升稀釋菌劑噴灑於試驗小區 100 公斤稻稈上。

### 三、水稻之生育調查

在水稻分蘖盛期及乳熟期，調查水稻株高及分蘖數。在水稻分蘖盛期分析葉片之營養元素含量。水稻收穫時，調查單位面積水稻之穀稈比(稻穀烘乾至水分含量約 13%，稻稈在 75 烘乾 4 天)，及整區水稻之實際產量，於每一處理區中取 40 叢水稻調查產量構成因素。

### 四、土壤分析

土壤取樣為每一處理區 0 20cm, 20 40cm, 40 60cm 三層土壤各取三點，試驗前與水稻收穫後分析土壤理化性質。水稻連續三個期作後測定土壤總體密度。於 84 年二期作水稻生育期間調查土層 0 60cm 間之土壤 pH 值之變化。土壤理化性質之分析方法為本省現行土壤測定方法(張, 1981)。

## 結果與討論

### 一、稻稈掩埋與添加氮源、稻稈分解菌及米糠對水稻生長之影響

#### (一)水稻之株高與分蘖數

在水稻分蘖盛期及乳熟期，調查水稻之株高與分蘖數，五個期作水稻之平均分蘖數與株高如表二，由表二可知，在分蘖盛期，各處理之分蘖數、株高以處理(3)，即稻稈掩埋加氮肥之分蘖數較多，株高最高，但差異不大；在乳熟期，各處理之分蘖數與株高亦以稻稈掩埋加氮肥之分蘖數較多，株高最高，但處理間亦無明顯差異。

表二、處理間水稻分蘖數與株高之比較

Table 2. Comparison of the tillers and plant height of rice among six treatments\*

Treatments	Vegetative stage		Milking stage	
	tillers (no.)	Plant height (cm)	tillers (no.)	Plant height (cm)
(1)	14±2	69±8	14±1	98±2
(2)	14±1	73±8	13±0	96±3
(3)	17±3	75±5	16±3	102±1
(4)	14±1	70±7	14±2	101±1
(5)	15±1	73±6	15±1	100±2
(6)	15±2	73±12	15±2	101±1

\*1.The treatments were: (1): Straw removed from field; (2): straw incorporated into soil; (3): straw incorporated with extra N- fertilizer; (4): straw incorporated with bran; (5): straw incorporated with straw-degrading microbes; (6): straw incorporated with bran and straw-degrading microbes.

2.All the figures were mean of 40 measurements.

(二)稻稈掩埋與添加氮源、稻稈分解菌及米糠對水稻葉片營養影響

在水稻分蘖盛期分析各處理水稻葉片之植物營養元素。水稻在分蘖盛期之葉片植物營養元素適當含量(Jones,1964)，氮為 2.8 3.6%，磷為 0.1 0.18%，鉀為 1.2 2.4%，鈣為 0.15 0.30%，鎂為 0.15 0.30%，鐵為 75 200ppm，錳為 200 800ppm，銅為 8 25ppm，鋅為 25 50ppm。由表三得知，水稻在分蘖盛期，各處理之氮含量 2.4 2.7%，磷含量 0.10 0.18%，鉀含量 2.50 2.70%，鈣含量 0.23 0.35%，鎂含量 0.25 0.29%，鐵含量 117 129ppm，錳含量 535 679ppm，銅含量 8 12ppm，鋅含量 16 18ppm，由上述可知，各處理之氮、鋅含量稍低，鉀含量較高，惟各處理之其他元素皆在適量範圍內，且各處理間無顯著差異。

表三、水稻各處理在分蘖盛期之葉片營養分析

Table 3. Analysis of the leaf nutrition at vegetative stage of rice among six treatments.

Treatments <sup>1</sup>	N <sup>2</sup>	P	K	Ca	Mg	Fe <sup>3</sup>	Mn	Cu	Zn
(1)	2.7±0.2	0.13±0.04	2.55±0.40	0.35±0.05	0.29±0.13	129±13	535±12	10±3	16±2
(2)	2.6±0.4	0.14±0.04	2.68±0.07	0.23±0.07	0.25±0.05	127±45	562±23	8±3	18±2
(3)	2.6±0.3	0.18±0.09	2.55±0.51	0.24±0.11	0.27±0.02	117±15	679±13	10±3	17±3
(4)	2.4±0.5	0.15±0.05	2.68±0.42	0.26±0.05	0.27±0.03	118±12	529±10	10±1	17±2
(5)	2.6±0.6	0.14±0.04	2.70±0.18	0.29±0.06	0.27±0.09	124±17	665±36	10±3	16±4
(6)	2.7±0.9	0.10±0.05	2.50±0.47	0.29±0.05	0.28±0.10	123±12	642±14	12±2	17±3

1 : Legends for treatment (1) (6), same as in table 2.

2 : Unit for N, P, K, Ca, Mg is %。

3 : Unit for Fe, Mn, Cu, Zn is ppm。

(三)水稻產量構成因素、產量與穀稈比

構成水稻產量之主要因素為單位面積株數、一株穗數及一穗粒數（汪，1983），若加入千粒重即可計算單位面積水稻產量，本試驗在水稻收穫時，調查水稻產量構成因素與稻穀產量，五個期作水稻平均產量構成因素與稻穀產量列於表四，由表四可知，穗數以稻稈移除區（對照區）--處理(1)11.8 穗最少，稻稈掩埋加稻稈分解菌--處理(5)14.7 穗最多。各處理之一穗粒數為 86.3 90.7 粒，千粒重 25.8 26.8 g，處理間無明顯差異。產量以對照區 5.0 tons/ha 最少，稻稈掩埋加氮肥--處理(3)及稻稈掩埋加米糠加稻稈分解菌--處理(6)之產量皆為 6.1 tons/ha，兩處理區之產量最多，比對照區高 22%，稻稈掩埋--處理(2)5.4 tons/ha，稻稈掩埋加

稻稈分解菌--處理(5)6.0 tons/ha，稻稈掩埋加米糠--處理(4)5.8 tons/ha，分別比對照區高 8,20,16 %。

稻稈分解礦化後可釋出養分供給水稻吸收利用，故各稻稈掩埋區之稻穀產量皆比稻稈移除區高。稻稈掩埋並添加氮肥、稻稈分解菌或米糠之各處理區之產量皆比單獨稻稈掩埋區之產量高，此乃因稻稈在插秧前兩個星期埋入土中，尚未分解完全，添加氮肥、稻稈分解菌或米糠之處理皆可促進稻稈分解礦化釋出養分，幫助水稻生長。

表四、處理間水稻產量構成因素與稻穀產量之比較

Table 4. Comparison of the yield components and grain yield straw of rice among six treatments.

Treatments <sup>1</sup>	Panicle no. per hill	Grain no. per panicle	1000 grain weight(g)	grain yield <sup>2</sup> (tons/ha)
(1)	11.8±1.7	86.8±4.6	26.1±1.6	5.0b
(2)	12.9±1.1	87.4±3.5	26.8±1.3	5.4ab
(3)	13.4±1.8	89.4±4.6	26.2±0.2	6.1a
(4)	14.3±3.4	88.6±4.6	26.6±1.0	5.8ab
(5)	14.7±2.4	90.7±6.0	25.9±1.1	6.0ab
(6)	14.5±1.8	86.3±5.8	25.8±1.2	6.1b

1:Legends for treatment (1) (6), same as in table 2.

2:ANOVA , p=0.05 , means with the same letter are not significantly different.

## 二、稻稈掩埋與添加氮源、稻稈分解菌及米糠對土壤理化性質之影響

### (一)試驗前土壤之理化性質分析

土壤在試驗前之理化性質如表五，由表五中可知，土壤 0 20cm，20 40cm，40 60cm 之 pH 值為 7.73，8.01，8.03，屬鹼性土壤，有機質含量 0 20cm 為 2.1%，屬中等級含量（果園作物營養診斷應用研習會專輯，1989），20 40cm 及 40 60cm 之含量分別為 1.3，1.1%，屬低等級含量，EC 值 0 20cm，20 40cm，40 60cm 分別為 0.5，0.18，0.16mS/cm，顯示無鹽份累積現象，磷含量 0 20cm，20 40cm 分別為 17，17ppm，屬中等級含量，40 60cm 為 23ppm，屬高等級含量，鉀含量 0 20cm，20 40cm 分別為 44.9，41.3ppm，屬中等級含量，40 60cm 為 25.2ppm，屬低等級含量，鎂含量 0 20cm，20 40cm，40 60cm 分別為 95.5，87.6，73.3ppm，屬中等級含量，鐵含量 0 20cm，20 40cm，40 60cm 分別為 74.1，231.7，164.6ppm，屬中等級含量，錳含量 0 20cm，20 40cm，分別為 276.7，189.2ppm，屬中等級含量，40 60cm 為 59.3ppm，屬低等級含量，銅含量 0 20cm 為 1.8ppm，屬極低等級含量，鋅含量 0 20cm，20 40cm，40 60cm 分別為 2.1，3.2，2.5ppm，屬低等級含量。

表五、試驗處理前之土壤分析

Table 5. Soil analysis before the field experiment.

Soil depth (cm)	ph (1:1)	OM (%)	EC (mS/cm)	P	K	Ca
				-----ppm-----		
0 20	7.73±0.04	2.1±0.6	0.50±0.03	17.0±2.4	44.9±2.3	4011±583
20 40	8.01±0.07	1.3±0.4	0.18±0.02	17.0±0.9	41.3±13.7	3214±417
40 60	8.03±0.90	1.1±0.2	0.16±0.03	23.0±6.7	25.2±8.6	1218±537

表五、試驗處理前之土壤分析

Table 5. Soil analysis before the field experiment.

Soil depth (cm)	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	-----ppm-----				
0 20	96±17	74±21	277±38	1.8±0.5	2.1±0.7
20 40	88±5	232±53	189±58	10.0±1.3	3.2±0.5
40 60	73±19	165±37	59±14	7.2±1.1	2.5±0.4

(二)水稻連續三個期作後之土壤總體密度測定

連續種植水稻三個期作後，測定土壤 20 40cm 之總體密度（表六），稻稈移除區即處理(1)為 1.71g/cm<sup>3</sup>，其他五個稻稈掩埋區之總體密度為 1.54 1.62g/cm<sup>3</sup>，由此可知，稻稈掩埋可略微降低土壤之總體密度。

表六：水稻連續三個期作後之土壤總體密度測定

Table 6. The bulk density of soil after three crops of rice.

Treatments <sup>1</sup>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Bulk density(g/cm <sup>3</sup> )	1.71±0.02	1.54±0.01	1.62±0.00	1.54±0.02	1.57±0.03	1.57±0.02

1:Legends for treatment (1) (6), same as in table 2.

(三)稻稈掩埋與添加氮源、稻稈分解菌及米糠對水稻田土壤 pH 值之影響

84 年二期作水稻在不同生育時期測定土壤深度 0 60cm 之 pH 值，結果列於表七至表九。

1.水稻生育期間各處理區 0 20cm 深土壤 pH 之變化

由表七中可知，土壤 0 20cm，處理(1)之 pH 值為 7.54 8.05，處理(2)pH 值為 7.69 8.15，處理(3)之 pH 值為 7.65 7.93，處理(4)之 pH 值為 7.68 8.25，處理(5)之 pH 值為 7.72 8.22，處理(6)之 pH 值為 7.72 8.21。各處理在水稻生育期間土壤 pH 值雖有變動，但最後皆趨向試驗前土壤之 pH 值 7.7，不受外來添加物之影響。

表七、水稻生育期間各處理區 0 20cm 深土壤 pH 之變化

Table 7. Soil pH at the depth 0 20 cm of six treatments during rice growth.

Treatments <sup>1</sup>	Aug25	Sep12	Sep23	Oct13	Oct26	Nov14	Dec20
-------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

(1)	7.54±0.18	8.08±0.03	7.77±0.08	7.98±0.08	8.05±0.13	7.92±0.17	7.63±0.04
(2)	7.94±0.01	8.15±0.01	7.80±0.02	7.97±0.06	7.94±0.03	7.82±0.04	7.69±0.05
(3)	7.89±0.08	7.86±0.13	7.65±0.05	7.79±0.09	7.93±0.09	7.74±0.05	7.77±0.02
(4)	8.06±0.07	8.25±0.09	8.02±0.03	8.09±0.16	8.04±0.07	7.82±0.04	7.68±0.06
(5)	7.86±0.28	8.22±0.09	7.88±0.04	8.00±0.03	8.08±0.02	8.06±0.12	7.72±0.30
(6)	8.03±0.03	8.21±0.03	7.84±0.04	8.03±0.03	7.93±0.05	7.90±0.03	7.72±0.01

1:Legends for treatment (1) (6), same as in table 2.

2.水稻生育期間各處理區 20 40cm 深土壤 pH 之變化

土壤 20 40cm, 處理(1)之 pH 值為 7.76 8.20(表八), 處理(2)之 pH 值為 7.83 8.19, 處理(3)之 pH 值為 7.63 8.20, 處理(4)之 pH 值為 7.83 8.29, 處理(5)之 pH 值為 7.91 8.24, 處理(6)之 pH 值為 7.84 8.27。

表八、水稻生育期間各處理區 20 40cm 深土壤 pH 之變化

Table 8. Soil pH at the depth 20 40 cm of six treatments during rice growth.

Treatment <sup>1</sup>	Aug25	Sep12	Sep23	Oct13	Oct26	Nov14	Dec20
(1)	7.79±0.07	8.20±0.08	7.83±0.01	8.05±0.12	8.02±0.05	7.76±0.07	7.79±0.06
(2)	7.96±0.02	8.19±0.06	7.83±0.03	7.95±0.09	8.00±0.01	7.83±0.03	8.09±0.10
(3)	7.85±0.02	8.20±0.06	7.80±0.03	7.78±0.14	7.90±0.09	7.63±0.13	7.91±0.11
(4)	8.09±0.06	8.29±0.05	7.96±0.02	8.13±0.04	8.23±0.04	7.83±0.03	8.22±0.02
(5)	8.00±0.20	8.24±0.04	7.91±0.05	8.17±0.03	8.18±0.03	8.14±0.11	8.11±0.03
(6)	8.14±0.08	8.27±0.04	7.84±0.26	8.11±0.08	8.16±0.03	8.20±0.05	7.94±0.07

1:Legends for treatment (1) (6), same as in table 2.

3.水稻生育期間各處理區 40 60cm 深土壤 pH 之變化

土壤 40 60cm, 處理(1)之 pH 值為 7.93 8.25 (表九), 處理(2)pH 值為 7.73 8.10, 處理(3)之 pH 值為 7.69 8.01, 處理(4)之 pH 值為 7.61 8.18, 處理(5)之 pH 值為 7.94 8.22, 處理(6)之 pH 值為 7.94 8.24。

表九、水稻生育期間各處理區 40 60cm 深土壤 pH 之變化

Table 9. Soil pH at the depth 40 60 cm of six treatments during rice growth.

Treatment <sup>1</sup>	Aug25	Sep12	Sep23	Oct13	Oct26	Nov14	Dec20
(1)	8.07±0.01	7.93±0.02	7.93±0.02	8.25±0.15	8.08±0.02	7.93±0.00	7.94±0.02
(2)	8.00±0.06	8.10±0.13	7.88±0.06	8.05±0.09	8.01±0.02	7.73±0.13	7.82±0.20
(3)	7.85±0.05	8.00±0.07	7.69±0.03	7.81±0.32	8.01±0.05	7.72±0.19	7.77±0.07
(4)	8.08±0.00	8.17±0.05	7.61±0.37	8.08±0.08	8.15±0.03	7.73±0.13	8.18±0.10

(5)	8.05±0.02	8.17±0.05	7.94±0.06	8.17±0.02	8.10±0.05	7.97±0.12	8.22±0.07
(6)	8.11±0.08	8.21±0.07	7.94±0.06	8.07±0.03	8.14±0.05	8.24±0.01	8.11±0.12

1:Legends for treatment (1) (6), same as in table 2.

根據前人研究指出，石灰質土壤及鹼土在浸水狀態下土壤 pH 值較高（郭，1985）。本試驗土壤 0-20cm 乾濕狀態較明顯，在有、無稻稈掩埋下各處理在浸水狀態下土壤 pH 值升高，當曬田後，土壤之 pH 值則趨向試驗前土壤之 pH 值。

(四)水稻連續五個期作後之土壤理化性質分析（表十至表十二）

1.水稻連續五個期作後土壤 0-20cm 之理化性質分析

由表十可知，土壤 0-20cm 各處理之 pH 值為 7.63-7.77，處理間差異不大。各處理之有機質含量為 2.3-2.8%，以處理(6)最高，處理(1)最低，但差異不顯著。各處理之 EC 值為 0.22-0.34mS/cm，處理間皆無鹽份累積。土壤磷含量，處理(2)，(3)，(5)與(6)之磷含量為 30-50ppm，比處理(1)與處理(4)之 10ppm 高。土壤鉀含量，處理(2)，(3)，(5)與(6)之鉀含量為 21-28ppm，比處理(1)17ppm 高，處理(4)16ppm 最低。土壤鈣含量，有加稻稈之各處理為 5614-6312ppm，皆比處理(1)4920ppm 高，但差異不顯著。土壤鎂含量，處理(3)與(6)為 141, 132ppm，比處理(1)91ppm 高，其他處理比處理(1)低。土壤鐵含量，處理(2)，(3)，(5)與(6)為 136-472ppm，比處理(1)123ppm 高，處理(4)22ppm 最低。土壤錳含量，處理(1)為 214ppm，比其他處理 174-198ppm 高，但差異不顯著。土壤銅含量，處理(4)為 0.2ppm，比處理(1)0.5ppm 低，其他處理 0.8-14.5ppm 皆比處理(1)高。土壤鋅含量，處理(2)，(3)，(5)為 6-7ppm，比處理(1)3ppm 高，處理(4)1ppm 最低。

2.水稻連續五個期作後土壤 20-40cm 之理化性質分析

各處理之 pH 值 7.79-8.22（表十一），處理(4)之 pH8.22 最高。各處理之有機質含量為 1.6-2.1%，以處理(6)最高，處理(1)最低。各處理之 EC 值為 0.13-0.16mS/cm。土壤磷含量，處理(2)，(3)，(5)與(6)之磷含量為 10-40ppm，比處理(1)5ppm 高，處理(1)與處理(4)5ppm 最低。土壤鉀含量，處理(3)與(6)為 20, 19ppm，比處理(1)13ppm 高，處理(2)，(4)，(5)為 10-16ppm，比處理(1)13ppm 低。土壤鈣含量，處理(2)，(4)，(5)為 5840-6552ppm，比處理(1)5647ppm 高，處理(3)與(6)為 3266, 4986ppm，比處理(1)5647ppm 低，但差異不顯著。土壤鎂含量，處理(2)，(3)與(6)為 169, 102, 100ppm，比處理(1)84ppm 高，處理(4)，(5)比處理(1)低。土壤鐵含量，處理(3)與(6)為 378, 327ppm，比處理(1)176ppm 高，處理(2)，(4)，(5)為 1-8ppm，比處理(1)低。土壤錳含量，處理(1)為 271ppm，比其他處理 162-210ppm 高，但差異不顯著。土壤銅含量，處理(3)與(6)為 10.2, 9.9ppm，比處理(1)8.5ppm 高，其他處理為 0.2-0.3ppm，比處理(1)低。土壤鋅含量，處理(3)與(6)為 5.9, 5.0ppm，比處理(1)4.1ppm 高，其他處理為 0.9-2.0ppm，比處理(1)4.1ppm 低。

表十、水稻連續五個期作後土壤 0-20cm 之理化性質分析

Table 10. Soil analysis of six treatments at the depth 0-20 cm after five crops of rice.



Treatments <sup>1</sup>	ph (1:1)	OM (%)	EC (mS/cm)	P	K	Ca
				-----ppm-----		
(1)	7.63±0.04	2.3±0.7	0.34±0.02	10±1	17±1	4920±715
(2)	7.69±0.05	2.7±0.6	0.27±0.02	30±3	21±2	5614±728
(3)	7.77±0.02	2.6±0.6	0.25±0.03	50±6	27±2	5884±671
(4)	7.68±0.02	2.4±0.7	0.33±0.06	10±1	16±2	6108±551
(5)	7.72±0.30	2.7±0.1	0.22±0.03	40±1	28±6	5858±528
(6)	7.72±0.01	2.8±0.7	0.31±0.02	50±6	21±4	6312±762

表十、水稻連續五個期作後土壤 0 20cm 之理化性質分析

Table 10. Soil analysis of six treatments at the depth 0 20 cm after five crops of rice.

treatments <sup>1</sup>	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	-----ppm-----				
(1)	91±16	123±35	214±29	0.5±0.1	3±1
(2)	77±11	232±19	191±21	2.8±0.9	6±1
(3)	141±22	472±17	177±6	14.5±0.5	7±3
(4)	82±66	22±3	174±50	0.2±0.1	1.4±0.4
(5)	84±36	349±93	198±30	14.2±10.6	6±2
(6)	132±97	136±16	174±6	0.8±0.1	3±1

1 : Legends for treatment (1) (6), same as in table 2.

表十一、水稻連續五個期作後土壤 20 40cm 之理化性質分析

Table 11. Soil analysis of six treatments at the depth 20 40 cm after five crops of rice.

Treatments <sup>1</sup>	ph (1:1)	OM (%)	EC (mS/cm)	P	K	Ca
				-----ppm-----		
(1)	7.79±0.06	1.6±0.5	0.16±0.02	5±0	13±4	5647±733
(2)	8.09±0.10	1.9±0.4	0.13±0.02	10±1	10±1	6552±1282
(3)	7.91±0.11	1.9±0.2	0.14±0.01	40±3	20±4	3266±445
(4)	8.22±0.02	1.7±0.4	0.15±0.01	5±1	16±2	6095±442
(5)	8.11±0.03	1.8±1.0	0.15±0.00	10±1	14±1	5840±678
(6)	7.94±0.07	2.1±0.9	0.15±0.01	20±3	19±3	4986±165

表十一、水稻連續五個期作後土壤 20 40cm 之理化性質分析

Table 11. Soil analysis of six treatments at the depth 20 40 cm after five crops of rice.

treatments <sup>1</sup>	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	-----ppm-----				
(1)	84±5	176±40	271±83	8.5±1.1	4.1±0.6
(2)	169±23	1±0	184±10	0.2±0.0	0.9±0.0
(3)	102±21	378±57	165±19	10.2±0.8	5.9±0.7
(4)	66±23	8±0	167±30	0.2±0.1	2.0±0.8
(5)	68±50	3±1	162±39	0.3±0.1	1.8±0.1
(6)	100±15	327±39	210±24	9.9±5.6	5.0±1.3

1 : Legends for treatment (1) (6), same as in table 2.

3.水稻連續五個期作後土壤 40 60cm 之理化性質分析

土壤 40 60cm (表十二), 各處理之 pH 值為 7.94 8.22。各處理之有機質含量為 1.2 2.0%, 以處理(5)及處理(6)最高, 處理(1)最低。各處理之 EC 值為 0.08 0.17mS/cm。土壤磷含量, 處理(3)與(6)之磷含量為 30, 30ppm, 比處理(1)20ppm 高, 處理(2)與(4)10ppm 最低。土壤鉀含量, 處理(3),(4),(5)為 20 21ppm, 皆比處理(1)11ppm 高。土壤鈣含量, 有加稻稈之各處理為 1501 6204ppm, 比處理(1)1390ppm 高。土壤鎂含量, 處理(2)與(6)為 98, 92ppm, 比處理(1)80ppm 高, 其他處理比處理(1)低, 但差異不顯著。土壤鐵含量, 處理(3)為 229ppm, 明顯比處理(1)130ppm 高, 除了處理(2)外其他處理 6 69.4ppm 皆比處理(1)低。土壤錳含量, 處理(4), (5)與(6)為 192 215ppm, 比處理(1)57ppm 高, 其他兩處理比處理(1)低。土壤銅含量, 處理(4)0.4ppm 比處理(1)6.2ppm 低, 其他處理為 6.7 8.0ppm, 皆比處理(1)高。土壤鋅含量, 處理(3), (4)與(5)為 3.4 4.1ppm, 比處理(1)3.1ppm 高, 處理(4)1.5ppm 最低。

表十二、水稻連續五個期作後土壤 40 60cm 之理化性質分析

Table 12. Soil analysis of six treatments at the depth 40 60 cm after five crops of rice.

Treatments <sup>1</sup>	ph (1:1)	OM (%)	EC (mS/cm)	P	K	Ca
	-----ppm-----					
(1)	7.94±0.02	1.2±0.3	0.17±0.03	20±6	11±4	1390±612
(2)	7.82±0.20	1.8±0.2	0.09±0.02	10±1	15±7	1550±919
(3)	7.77±0.07	1.8±0.1	0.08±0.01	30±4	21±6	1501±115
(4)	8.18±0.10	1.6±0.2	0.12±0.01	10±2	12±1	6034±756
(5)	8.22±0.07	2.0±0.2	0.12±0.01	20±1	20±4	6204±917
(6)	8.11±0.12	1.9±0.2	0.13±0.01	30±2	20±11	5696±905

表十二、水稻連續五個期作後土壤 40 60cm 之理化性質分析

Table 12. Soil analysis of six treatments at the depth 40 60 cm after five crops of rice.

treatments <sup>1</sup>	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	-----ppm-----				
(1)	80±20	130±29	57±13	6.2±0.9	3.1±0.4
(2)	98±28	147±29	52±10	8.0±1.1	3.1±0.6
(3)	65±10	229±15	46±10	8.0±0.6	4.1±0.2
(4)	74±23	6±0	192±45	0.4±0.0	1.5±0.1
(5)	63±7	28±3	215±28	6.7±0.4	3.4±0.1
(6)	92±8	69±6	203±13	7.9±0.7	3.4±0.2

1 : Legends for treatment (1) (6), same as in table 2.

由上述可知，稻稈掩埋可增加土壤有機質含量 0.3 0.6%；稻稈掩埋加氮肥或加米糠及分解菌之處理可增加土壤磷、鉀、鈣、鎂、鐵、銅、鋅之含量，這可能是因為添加氮肥及稻稈分解菌促進稻稈之分解，使土壤營養元素含量增加；稻稈掩埋加米糠之處理會降低土壤磷、鉀、鐵、銅、鋅之含量，米糠是微生物很好的營養來源之一，添加米糠後可促進微生物之活性，可能造成營養元素之被固定。

### 結論

水稻在分蘗盛期及乳熟期之平均株高與分蘗數，六種處理中以稻稈掩埋加氮肥處理之分蘗數較多，株高較高。分析各處理水稻葉片之營養元素，各處理氮、鋅含量皆偏低，除了氮、鋅含量外，其餘各元素含量皆在適量範圍內，各處理間無顯著差異。在水稻收穫時，調查水稻之產量構成因素及產量，由試驗結果得知水稻之產量構成因素中，稻稈移除區（對照區）水稻穗數 11.8 穗最少，稻稈掩埋加稻稈分解菌處理之 14.7 穗最多，各處理之一穗粒數為 86.3 90.7 粒，千粒重 25.8 26.8 g，各處理間無明顯差異，產量以稻稈移除區（對照區）5.0 tons/ha 最少，稻稈掩埋加氮肥處理及稻稈掩埋加米糠加稻稈分解菌處理皆為 6.1 tons/ha 最多，比對照區高 22%，稻稈掩埋處理 5.4tons/ha，比對照區高 8%，稻稈掩埋加稻稈分解菌處理 6.0 tons/ha，比對照區高 20%，稻稈掩埋加米糠處理 5.8 tons/ha，比對照區高 16%。水稻連續五個期作後，稻稈掩埋可增加土壤有機質含量 0.3 0.6%；稻稈掩埋加氮肥或加米糠及分解菌之處理可增加土壤磷、鉀、鈣、鎂、鐵、銅、鋅之含量，稻稈掩埋加米糠之處理會降低土壤磷、鉀、鐵、銅、鋅之含量。84 年二期作水稻在不同生育時期測定土壤深度 0 60cm 之 pH 值，有、無稻稈掩埋之各種處理在浸水狀態下土壤 pH 值會升高，在曬田時期土壤 pH 值則趨向試驗前土壤之 pH 值。

### 參考文獻

1.汪呈因 1983 稻作學與米 徐氏基金會出版 p499-502。

- 2.郭魁士 1985 土壤學 p297.
- 3.張愛華 1981 本省現行土壤測定方法作物需肥診斷技術 臺灣省農業試驗所特刊第 13 號 p9-26 臺灣省農業試驗所編印。
- 4.黃山內 1994 稻蒿之處理與利用 農藥世界 134:31-35。
- 5.簡宣裕、林錫錦 1985 稻稈分解促進土壤固氮活性及稻稈分解菌與固氮菌共生之研究 中華農業研究 34(1):64-70。
- 6.果樹營養學與果園土壤管理研討會專輯 1990 台灣省台中區農業改良場特刊第 20 號 台灣省台中區農業改良場編印。
- 7.Gotoh, S. and Y. Onkkura. 1971. Organic acids in a flooded soil receiving added rice straw and their effect on the growth of rice. Soil. Sci. Plant Nut. 17(1):1-8.
- 8.Green, C. I., A. M. Blackmer, and R. Horton. 1995. Nitrogen effects on conservation of carbon during corn residue decomposition in soil. Soil Sci. Am. J. 59:453-459.
- 9.Harper, S. H. T. and J. M. Lynch. 1985. Colonization and decomposition of straw by fungi. Trans. Br. mycol. Soc. 82(4):655-661.
- 10.Harper, S. H. T. and J. M. Lynch. 1981. The role of water-soluble components in phytotoxicity from decomposing Straw. J. Soil Sci. 32:11-17.
- 11.Jones, J. B., Jr. 1964. Plant analysis-A method of detecting micronutrient deficiencies. Ohio Agr. Exp. Sta. Agron. Series 176:p.9.
- 12.Karunanandaa, K., S. L. Fales, G. A. Varaga, D. J. Royse. 1992. Chemical composition and biodegradability of crop residues colonized by white-rot fungi. J. Sci. Food Agric. 60(1):105-112.
- 13.Lynch, J. M. 1978. Production and phytotoxicity of acetic acid in anaerobic soils containing plant residues. Soil Biology 10:131-135.
- 14.Niranjan Rao, D. and D. S. Mikkelsen. 1977. Effect of rice straw additions on production of organic acids in a flooded soil. Plant and Soil 147:303-311.
- 15.Patrick, Z. A. 1971. Phytotoxic substances associated with the decomposition in soil of plant residues. Soil Science 111(1):13-18.
- 16.Wani, S. P. and P. A. Shinde. 1977. Studied on biological decomposition of wheatstraw. I. screening of wheat straw decomposing microorganism in vitro. Plant and Soil. 47:13-16.

### 誌謝

感謝廖火榮與康金坤兩位先生在試驗期間鼎力相助，使田間工作得以順利進行。