

# 有機物之碳氮比對土壤團粒化之影響

王新傳、林登鴻

## 導 言

根據過去研究，有機物之改良土壤構造效能，須要經過在土壤中之分解過程始能發揮，而其效能之高低由於有機物本身之特質而有異，新鮮而易被土壤微生物分解之有機物之土壤團粒化效能較高於老朽而不易分解之有機物<sup>(1)</sup>。另一方面高 C/N 比之禾本科綠肥作物之效能高於低 C/N 比之荳科綠肥作物之效能<sup>(2)</sup>。本研究乃為究明不同 C/N 之同樣有機物，是否也影響其土壤團粒化促進效能而舉行。

## 試驗材料與方法

一、土壤：供試土壤為臺北砂頁岩沖積土與彰化粘板岩沖積土，其有關理化性質如下：

| 土 壤<br>Soils             | 機 械 組 成<br>Mechanical Composition |                  |                  | 質 地<br>Texture | pH  | 有 機 碳<br>Organic Carbon<br>% | 全 氮<br>Total N<br>% | 碳/氮比<br>C/N<br>ratio |
|--------------------------|-----------------------------------|------------------|------------------|----------------|-----|------------------------------|---------------------|----------------------|
|                          | 粘 粒<br>Clay<br>%                  | 粉 粒<br>Silt<br>% | 砂 粒<br>Sand<br>% |                |     |                              |                     |                      |
| 臺 北 土 壤<br>Taipei Soil   | 30.44                             | 54.40            | 15.16            | Si.C.L.        | 5.2 | 0.99                         | 0.13                | 7.6                  |
| 彰 化 土 壤<br>Changhua Soil | 34.50                             | 49.80            | 15.68            | Si.C.L.        | 7.8 | 1.09                         | 0.19                | 5.7                  |

二、有機物

### 1. 新鮮稻草：

將含有碳45.27%，氮0.53%，C/N 比85.4之新鮮稻草粉，加入純硫銨，調節稻草粉之碳氮比為80、40及20三種。

### 2. 稻草堆肥

採用腐熟度不同之堆肥二種，新鮮堆肥含有碳46.6%，氮1.05% C/N 比為44.4。腐熟堆肥含有碳40.27%，氮1.86% C/N比為21.6。

三、有機物加用處理

將不同 C/N 比之稻草粉和堆肥粉以500mg碳/100g土壤之比例，分別加入於臺北土壤與彰化土壤，而將不同有機物處理之土壤各分為二組，一組放置於 10°C，另一組放置於 25°C 恆溫箱，將各處理土壤之水分，始終保持水分當量狀態，使有機物分解，茲將有機物加用處理情形列表於如下：

| 土 壤<br>Soils           | 處 理 號 碼<br>Treatment No. | 加用稻草之 C/N 比<br>C/N ratio of rice<br>Straw added | 加用堆肥之 C/N 比<br>C/N ratio of<br>Compost added | 放 置 溫 度<br>Incubation<br>temperature |
|------------------------|--------------------------|---|--|--------------------------------------|
| 臺 北 土 壤<br>Taipei Soil | Ts 80a                   | 80  |  | 10°C                                 |
|                        | Ts 40a                   | 40  |  |                                      |
|                        | Ts 20a                   | 20  |  |                                      |

|                       |        |      |      |      |
|-----------------------|--------|------|------|------|
|                       | Ts 80b | 80   |      | 25°C |
|                       | Ts 40b | 40   |      |      |
|                       | Ts 20b | 20   |      |      |
|                       | Tc 40a |      | 44.4 | 10°C |
|                       | Tc 20a |      | 21.6 |      |
|                       | Tc 40b |      | 44.4 | 25°C |
| Tc 20b                |        | 21.6 |      |      |
| 彰化土壤<br>Changhua Soil | Cs 80a | 80   |      | 10°C |
|                       | Cs 40a | 40   |      |      |
|                       | Cs 20a | 20   |      |      |
|                       | Cs 80b | 80   |      | 25°C |
|                       | Cs 40b | 40   |      |      |
|                       | Cs 20b | 20   |      |      |
|                       | Cc 40a |      | 44.4 | 10°C |
|                       | Cc 20a |      | 21.6 |      |
|                       | Cc 40b |      | 44.6 | 25°C |
|                       | Cc 20b |      | 21.6 |      |

#### 四、分析方法：

將各處理土壤於每二星期取出一部份土壤，風乾後，測定土壤之碳、氮含量，大於 0.05mm 之團粒安定度，其各分析方法如下：

1. 有機碳含量 Walkey 氏法<sup>(3)</sup>。
2. 全氮含量：Kjeldal 法分解後以擴散法測定銨態氮。
3. 團粒安定度：Leo 氏法<sup>(4)</sup>

### 結果與討論

#### 一、土壤中之碳含量之變化

70天放置期間各處理土壤之碳含量之變化測定結果列於表一

表一、不同有機物處理土壤之碳含量 (%) 之經日變化

Tab. 1. The change in carbon contents of the treated soils as related to incubation days.

| 土 壤<br>Soils        | 處理號碼<br>Treatment No. | 放 置 日 數 Days of Incubation |      |      |      |      |      | 70天內碳損失量. Amounts of Carbon lost in 70 days (Cg/100 g soil) |
|---------------------|-----------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|---|
|                     |                       | 0                          | 14   | 28   | 42   | 56   | 70   |   |
| 臺北土壤<br>Taipei soil | Ts 80a                | 1.49                       | 1.48 | 1.42 | 1.40 | 1.38 | 1.34 | 0.15  |
|                     | Ts 40a                | 1.49                       | 1.45 | 1.40 | 1.39 | 1.32 | 1.32 | 0.17  |
|                     | Ts 20a                | 1.49                       | 1.43 | 1.35 | 1.34 | 1.33 | 1.28 | 0.21  |

|                       |        |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|
| 彰化土壤<br>Changhua soil | Ts 80b | 1.49 | 1.44 | 1.42 | 1.35 | 1.32 | 1.26 | 0.23 |
|                       | Ts 40b | 1.49 | 1.37 | 1.32 | 1.32 | 1.27 | 1.24 | 0.25 |
|                       | Ts 20b | 1.49 | 1.41 | 1.38 | 1.38 | 1.26 | 1.24 | 0.25 |
|                       | Tc 40a | 1.49 | 1.46 | 1.42 | 1.44 | 1.43 | 1.43 | 0.06 |
|                       | Tc 20a | 1.49 | 1.47 | 1.46 | 1.46 | 1.47 | 1.46 | 0.03 |
|                       | Tc 40b | 1.49 | 1.46 | 1.45 | 1.42 | 1.42 | 1.42 | 0.07 |
|                       | Tc 20b | 1.49 | 1.48 | 1.44 | 1.45 | 1.45 | 1.45 | 0.04 |
|                       | Cs 80a | 1.60 | 1.60 | 1.56 | 1.47 | 1.46 | 1.39 | 0.21 |
|                       | Cs 40a | 1.60 | 1.58 | 1.53 | 1.49 | 1.45 | 1.37 | 0.23 |
|                       | Cs 20a | 1.60 | 1.59 | 1.50 | 1.49 | 1.34 | 1.30 | 0.30 |
|                       | Cs 80b | 1.60 | 1.54 | 1.48 | 1.46 | 1.40 | 1.30 | 0.33 |
|                       | Cs 40b | 1.60 | 1.49 | 1.47 | 1.44 | 1.35 | 1.22 | 0.38 |
| Cs 20b                | 1.60   | 1.46 | 1.46 | 1.44 | 1.30 | 1.24 | 0.36 |      |
| Cc 40a                | 1.60   | 1.54 | 1.52 | 1.53 | 1.53 | 1.52 | 0.08 |      |
| Cc 20a                | 1.60   | 1.55 | 1.54 | 1.54 | 1.53 | 1.54 | 0.06 |      |
| Cc 40b                | 1.60   | 1.53 | 1.53 | 1.52 | 1.53 | 1.53 | 0.07 |      |
| Cc 20b                | 1.60   | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.53 | 1.54 | 0.06 |      |

由表一可知，不同 C/N 比之稻草處理土壤，在70天放置期間之碳損失量，有如下現象：（1）所加入稻草之 C/N比愈低，碳之損失量愈多。（2）同一 C/N比稻草處理，放置溫度高者比低溫者之碳損失量較多。（3）彰化土壤之碳損失量，比同處理之臺北土壤之損失量較多。

不同 C/N 比之堆肥處理土壤，在70天內之碳損失量頗少，均在 0.06~0.08g/100g soil 左右，而 C/N比較高之新鮮堆肥比 C/N 比較低之腐熟堆肥，其碳損失量較多，但其相差頗少。不同土壤與溫度處理間之差異亦甚少。

同 C/N 比之稻草與堆肥處理間之碳損失量，即稻草處理之碳損失量，遠多於堆肥處理者，即表示稻草之有機碳比堆肥之有機碳較容易分解。

## 二、土壤中之碳含量變化

茲將放置70天期間之各處理土壤之氮含量之變化之測定結果，列於表二。

表二、不同有機物處理土壤之氮含量 (%) 之經日變化

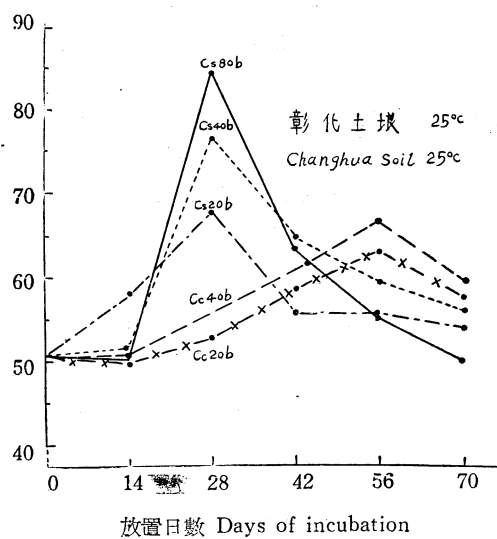
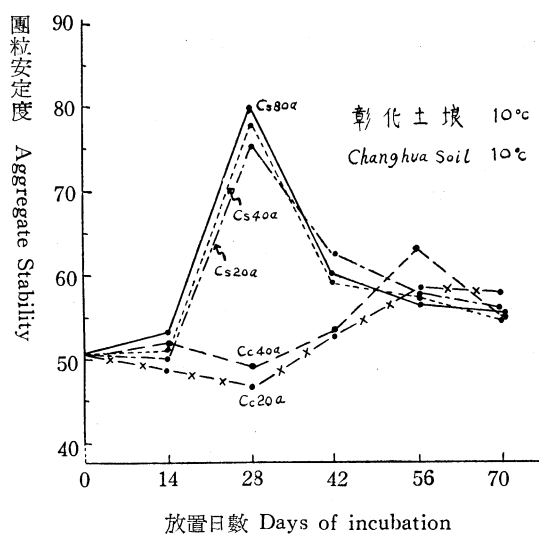
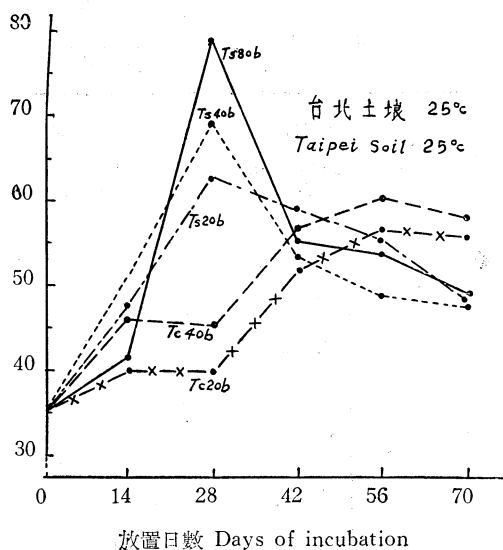
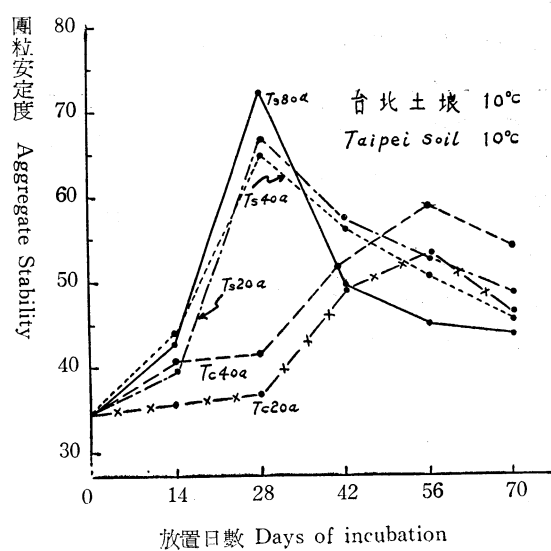
Tab. 2: The change in nitrogen contents of the treated soils as related to incubation days.

| 土 壤<br>Soils        | 處理號碼<br>Treatment<br>No. | 放 置 日 數<br>Days of Incubation |      |      |      |      |      | 70天內氮損失<br>量. Amounts<br>of N. lost in<br>70 days<br>(N.g/100gsoil) |      |
|---------------------|--------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|---|------|
|                     |                          | 0                             | 14   | 28   | 42   | 56   | 70   |   |      |
| 臺北土壤<br>Taipei soil | Ts 80a                   | 0.13                          | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.02  |      |
|                     | Ts 40a                   | 0.14                          | 0.13 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.11 | 0.03  |      |
|                     | Ts 20a                   | 0.16                          | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.13 | 0.12 | 0.04  |      |
|                     | Ts 80b                   | 0.13                          | 0.13 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.10 | 0.03  |      |
|                     | Ts 40b                   | 0.14                          | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.03  |      |
|                     | Ts 20b                   | 0.16                          | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.13 | 0.12 | 0.04  |      |
|                     | Tc 40a                   | 0.14                          | 0.13 | 0.12 | 0.13 | 0.14 | 0.13 | 0.01  |      |
|                     | Tc 20a                   | 0.15                          | 0.14 | 0.13 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.01  |      |
|                     | Tc 40b                   | 0.14                          | 0.14 | 0.13 | 0.14 | 0.12 | 0.12 | 0.02  |      |
|                     | Tc 20b                   | 0.15                          | 0.14 | 0.13 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.01  |      |
|                     | 彰化土壤<br>Changhua soil    | Cs 80a                        | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 0.16  | 0.03 |
|                     |                          | Cs 40a                        | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.15  | 0.05 |
| Cs 20a              |                          | 0.22                          | 0.21 | 0.18 | 0.17 | 0.17 | 0.15 | 0.07  |      |
| Cs 80b              |                          | 0.19                          | 0.19 | 0.18 | 0.19 | 0.16 | 0.15 | 0.04  |      |
| Cs 40b              |                          | 0.20                          | 0.18 | 0.17 | 0.17 | 0.17 | 0.15 | 0.03  |      |
| Cs 20b              |                          | 0.22                          | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.14 | 0.08  |      |
| Cc 40a              |                          | 0.20                          | 0.19 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.02  |      |
| Cc 20a              |                          | 0.21                          | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.02  |      |
| Cc 40b              |                          | 0.20                          | 0.19 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.02  |      |
| Cc 20b              |                          | 0.21                          | 0.18 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.02  |      |

由表二可明瞭70天之內之土壤氮之損失量甚少。在同一土壤不同 C/N 比稻草處理間之氮損失量為低C/N 比之稻草處理之損失量，多於高 C/N比稻草處理者。不同溫度處理間之氮損失量差異不大，不同土壤同處理間之氮損失量即高 pH 值之彰化土壤之氮損失量略高於低 pH 值之臺北土壤，堆肥處理土壤之氮損失量，即無論其所加氮肥之C/N比與溫度如何，其氮損失量甚少，並且不同處理間之氮損失量無差異。總言之在70天放置期間，無論所加之稻草之 C/N 比如何，其最後土壤之氮含量均頗接近，即臺北土壤在0.11%左右，彰化土壤在0.15%左右。而堆肥處理者即低C/N 比之堆肥加用土壤之最後氮含量略高於高C/N比之堆肥加用者之氮含量，由此可明瞭，加入於稻草之硫銨之氮，比堆肥所含之氮較容易損失。

### 三、有機物之 C/N 比對團粒安定度之影響

茲將放置70天之大於0.05mm之團粒安定度之變化，測定結果，列於表三及圖一。



圖一 不同C/N比之稻草及堆肥加用對土壤團粒安定度之影響

Fig. 1. Effects of C:N ratios of rice straw and Compost on the aggregate stability of the Soils

表三、不同C/N比之稻草及堆肥加用對土壤團粒安定度之影響

Tab. 3: Effects of C/N ratio of rice straw and compost on the aggregate stabilities of the soils

| 土 壤<br>Soils          | 處理號碼<br>Treatment No. | 放 置 日 數 Days of Incubation |       |       |       |       |       | 最高安定度與<br>原安定度之差<br>數. Maximum<br>increase in<br>aggregate<br>Stability |
|-----------------------|-----------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
|                       |                       | 0                          | 14    | 28    | 42    | 56    | 70    |   |
| 臺北土壤<br>Taipei soil   | Ts 80a                | 35.12                      | 43.14 | 72.50 | 49.83 | 45.42 | 44.18 | 37.38   |
|                       | Ts 40a                | 35.12                      | 44.24 | 65.10 | 56.48 | 50.82 | 45.98 | 29.98   |
|                       | Ts 20a                | 35.12                      | 39.74 | 67.10 | 57.48 | 52.82 | 48.96 | 31.98   |
|                       | Ts 80b                | 35.12                      | 41.54 | 78.90 | 55.68 | 53.82 | 48.76 | 43.78   |
|                       | Ts 40b                | 35.12                      | 52.18 | 69.30 | 53.48 | 49.02 | 47.56 | 34.18   |
|                       | Ts 20b                | 35.12                      | 47.72 | 65.30 | 59.08 | 55.52 | 48.66 | 30.18   |
|                       | Tc 40a                | 35.12                      | 40.40 | 41.78 | 54.70 | 59.10 | 54.60 | 23.93   |
|                       | Tc 20a                | 35.12                      | 35.60 | 36.96 | 49.30 | 53.10 | 45.80 | 17.98   |
|                       | Tc 40b                | 35.12                      | 46.00 | 45.38 | 57.10 | 60.70 | 58.40 | 25.58   |
|                       | Tc 20b                | 35.12                      | 40.00 | 40.00 | 52.30 | 56.90 | 56.00 | 21.78   |
| 彰化土壤<br>Changhua Soil | Cs 80a                | 50.82                      | 53.54 | 80.00 | 60.28 | 56.52 | 55.18 | 29.18   |
|                       | Cs 40a                | 50.82                      | 51.23 | 77.90 | 59.08 | 57.52 | 54.58 | 27.08   |
|                       | Cs 20a                | 50.82                      | 50.38 | 75.50 | 60.08 | 57.72 | 55.58 | 24.68   |
|                       | Cs 80b                | 50.82                      | 50.42 | 85.00 | 63.48 | 55.52 | 50.64 | 34.18   |
|                       | Cs 40b                | 50.82                      | 54.02 | 77.20 | 64.88 | 59.72 | 57.18 | 26.38   |
|                       | Cs 20b                | 50.82                      | 58.02 | 68.20 | 56.08 | 55.72 | 54.58 | 17.38   |
|                       | Cc 40a                | 50.82                      | 52.40 | 49.38 | 53.74 | 63.30 | 55.20 | 12.48   |
|                       | Cc 20a                | 50.82                      | 49.20 | 47.18 | 53.30 | 57.90 | 57.00 | 7.08  |
|                       | Cc 40b                | 50.82                      | 51.00 | 55.78 | 61.50 | 66.90 | 60.00 | 16.08   |
|                       | Cc 20b                | 50.82                      | 50.60 | 53.18 | 59.00 | 63.50 | 58.00 | 12.68   |

由表三與圖一可知，無論土壤或放置溫度之不同，高C/N比之稻草加用土壤之安定團粒形成量，均高於低C/N比之稻草加用者，而其安定團粒之最多形成日期均為放置後28天，然後急速降低。C/N比80之稻草施用土壤之安定團粒形成量最多。C/N比40稻草施用者次之。C/N比20之稻草施用者最少。但初期14天之C/N比，40及20之稻草施用土壤在25°C溫度時之團粒形成量，即均高於C/N比80之稻草施用土壤之形成量。

堆肥施用者亦高C/N比之新鮮堆肥處理土壤之安定團粒形成量，高於低C/N比之腐熟堆肥處理者，而其安定團粒最高時期均為放置後56天，然後緩慢減低，在同一C/N比之稻草與堆肥之團粒促進效能，即新鮮稻草均高於堆肥，但團粒安定度之維持效果即堆肥比新鮮稻草較高。

不同溫度處理對安定團粒形成促進效能即 25°C 處理者略高於 10°C 處理者，蓋因放在 25°C 之土壤中之有機物分解比較快之故。

## 結 論

從上述不同有機物處理土壤之有機碳與氮之損失量之測定結果，可推測，以人工調節之不同 C/N 比對稻草粉之分解影響與原有不同 C/N 比對堆肥分解速度之影響有所不同。以硫銨調節 C/N 比之稻草之分解速度為 C/N 比愈低，即多量無機氮存在之稻草之分解速度較快，但堆肥之分解速度即高 C/N 比稻草之分解速度較快，可能因所含之無機氮與有機氮之別，影響土壤微生物之繁殖與分解方式之不同之故。

若以有機物團粒形成效能與有機物分解速度之關係而言，易分解之新鮮堆肥之效能高於較安定之腐熟堆肥之效能。和高溫度處理者之效能高於低溫度處理之效能之事實，可指出有機物分解速度愈快，土壤團粒形成率愈高，但是人工調節 C/N 比之分解速度較快之低 C/N 比稻草之效能低於分解速度較慢之高 C/N 比稻草者之事實，即不符合於這原則。

若以有機物之 C/N 比之高低與有機物之土壤團粒形成效能而言，本研究證實無論新鮮稻草或稻草堆肥之差別，高 C/N 比之有機物之土壤團粒化效能均高於低 C/N 比者，但是腐熟堆肥所形成之團粒安定度之維持力較長於新鮮堆肥者。以上述試驗結果可指出，以改良土壤構造為目的而施用有機物者，應以新鮮高 C/N 比之有機物為優。

## 摘 要

為究明不同 C/N 比之有機物施用對土壤團粒化之效能，將以硫銨調節之不同 C/N 比 (80, 40 及 20) 之新鮮稻草粉及腐熟度不同之堆肥 (C/N 比為 44.4 及 21.6) 以 500mg 碳 / 100g 土壤之比例，分別加入於砂頁岩酸性沖積土與粘板岩鹼性沖積土，然後將各處理土壤分別分為二組，各放置於 10°C 與 25°C 之不同溫度之恆溫箱內 70 天，以適當水分狀態下，使有機物分解。在放置期間，每十四天，取出一部份土壤，分析各處理土壤之碳、氮含量之變化及大於 0.05mm 團粒之安定度，茲將主要結果列舉於如下：

1. 低 C/N 比稻草施用土壤之有機碳損失量較高於高 C/N 比稻草施用者之損失量，但高 C/N 比之新鮮堆肥施用土壤之碳損失量，即較高於低 C/N 比之腐熟堆肥施用者之損失量。新鮮稻草施用土壤之碳損失量，均高於同 C/N 比堆肥施用土壤之損失量。高溫處理土壤之碳損失量，均高於同 C/N 比之低溫處理土壤之損失量。
2. 高 C/N 比之稻草施用土壤之氮損失量，均高於低 C/N 比之稻草施用土壤之損失量，但堆肥施用土壤之氮損失量，無論其 C/N 比之高低，其損失量均頗相近，而其損失量較同 C/N 比稻草施用土壤之損失量為少。不同溫度之處理對各處理土壤之氮損失量亦無顯著影響。
3. 不同 C/N 比有機物施用之土壤團粒化之效能，無論稻草粉或堆肥之別，均以高 C/N 比之有機物之效能較高於低 C/N 比之有機物，而新鮮稻草之效能，均較高於同 C/N 比堆肥之效能，但堆肥之效果比稻草效果者，維持較長。高溫處理，即促進有機物之分解速度，均能增加有機物之土壤團粒化效能。

誌謝：本研究承國家科學委員會之資助，方能完成謹致謝忱。

## 參考文獻

- (1) Stallings. J.H (1959) Soil conservation P. 107-108  
Prentice-Hall. Inc.
- (2) 四國農試 (1953)：土壤保全研究室試驗成績書
- (3) Walkey. A (1947) a critical examination of a rapid method for determining organic

carbon in soils

Soil Sci 63:251

(4) Leo, M.W.M. (1963) : A rapid method for estimating structural stability of soils

Soil Sci 96 : 342-346

## EFFECT OF C : N RATIO OF ORGANIC MATTER ON AGGREGATION OF SOILS

by

S. T. Wang, T. H. Lin

### SUMMARY

Fresh rice straw varied in C : N ratios which adjusted with ammonium sulphate to 80, 40 and 20 and rice straw compost with different C:N ratios of 44.4 and 21.6 are applied to acid, sand stones and shales alluvial soil and alkaline, slate alluvial soil at the rate of 500mg carbon per 100g soil.

The changes in contents of carbon and nitrogen in the treated soils and the aggregate stabilities of the soils are determined every 14 days during the incubation at 25°C and 10°C for 70 days respectively.

The results are summerized as follows:

1. The organic carbon loss of the soils applied with rice straw of lower C : N ratio is found more than that of the soils applied with that of higher C:N ratio but the reverse effect is found in soils applied with compost. Higher incubation temperature has increased the loss of organic carbon in the all treated soils.
2. The nitrogen loss of soils applied with rice straw of higher C : N ratio is found more than that of soils applied with that of lower C : N ratio, but about the same amounts of the loss are found in all soils applied with compost regardless of difference in C : N ratio.
3. The higher C : N ratio of the straw or compost applied, the higher aggregate stabilities of the treated soils are found and higher incubation temperature tends to increase the efficiency of organic matter applied.