

# 平臺階段蓄水功能之測定與調查\*\*

江 永 哲\*

Test And Investigation of The Water Storage  
Capacity of Bench Terraces

by

Yung Cheh Chiang

## 一、前 言

臺灣地形南北長而東西狹，中央山脈縱貫南北，把全島分割為東西兩部，地陡勢促，河短流急，每易成災。近十幾年來人口繁衍甚速，加以自「八七」及「八一」水災後，良田埋沒，廣大農林邊際土地之整理，大部份低海拔之丘陵地均列為開墾範圍，舉凡 55% 以下之山坡率皆修築為平台階段。

修建平台階段之原意在於阻截逕流，保持土壤肥力，增進蓄水功能以期穩定土力永續利用以達久遠。往昔平鎮茶業試驗所，鳳山熱帶園藝試驗所及糖試所東台試驗分所曾舉辦水土流失觀察結果，平台階段可阻截逕流及保持土壤肥力固無疑問，但蓄水功能若何實為各學者爭論之焦點，却有進一步研究與探討之必要。本試驗之目的在求得適當研究結果，為將來教學上及各水土保持工作人員舉辦流域管理與階段區植生保育上之參考。

本試驗自民國 53 年 7 月開始迄於 54 年 6 月底止，歷時壹年，因過去一年之氣候異於往年，每次之降雨量均在 100 公厘以下，致未能獲得最理想之結果，但亦可由此試驗結果指示平台階段之蓄水功能。試驗初期承農牧局李慶瑞先生，游培基先生惠予聯絡試驗場所，農藝系吳邦雄，江永欣兩位同學之協助採取土樣，又實施期中承業師周恒教授之指導與校正，謹以附誌，更祈各同好賢達不吝賜教是幸。

## 二、試驗方法及試驗場地說明

(一) 試驗地點：臺中市近郊大坑附近之丘陵地

(二) 試驗設計方法：

(1) 試驗地分階段區與對照區(非階段區)，均種植鳳梨，階段為內斜式，垂距(Vertical Interval)=1.2公尺，橫距(Horizontal Distance)=3公尺，對照區之坡度為 15 度。

(2) 試驗地面積階段區與對照區各為 900 平方公尺(30公尺×30公尺)，然後各劃分為 100 小

\*\*本研究之完成得國家長期發展科學委員會之補助，謹此誌謝。

\*臺灣省立中興大學農學院水土保持系講師

區，每小區之面積為9平方公尺，劃分之小區均編號釘樁，每次採取土樣均用逢機取樣方法，分別於塹段區及對照區隨機取出五個逢機小區為採取土樣之地。塹段區之土壤採取塹面中央部份之土壤，外緣及內側部份均不採取。

(3) 每一小區之土樣分 0.00~0.10 公尺，0.40~0.50 公尺，0.90~1.00 公尺深等三種。土樣藉土樣採取儀採取分別編號碼，塹段區與對照區每次分別採取 15 種土樣 (3 種深度及 5 個小區)。

### (三) 土壤含水量之測定法：

土壤含水量之表示法用重量百分比，是故土壤含水量 (%) =  $\frac{\text{濕土重} - \text{烘乾土重}}{\text{烘乾土重}} \times 100$ ，在試驗地採取土樣後立刻稱其重量為濕土重，濕土裝入塑膠袋緊密包裝後送回實驗室，將濕土放入 105°C 以上之烘乾器中烘乾 10 小時以上，稱其重量為烘乾土重。

### (四) 採取土樣時間：

- (1) 每次降雨停止後立刻採取，但必須前次降雨停止後連續 15 天不再降雨者為有效。
- (2) 每次降雨停止後五天、十天、十五天、二十天、三十天採取。

(五) 統計分析方法：比較塹段區與對照區之土壤含水量差異用 t 測驗。塹段區與對照區係相鄰且均種植鳳梨，又土壤經機械分析結果，兩區之質地相同，所以採取之 t 測驗公式為：

$$t = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{\sqrt{S_p^2 \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

$\bar{y}_1$  = 塹段區之平均土壤含水量

$\bar{y}_2$  = 對照區之平均土壤含水量

$n_1 = n_2$  = 樣品變值數

$S_p^2$  = 共同均方

若實測 t 值大於理論 t 值即塹段區與對照區之平均含水量有差異。

(六) 試驗地之土壤經機械分析後得結果如下：

表 1. 土壤機械分析  
Table 1. Soil mechanical analysis

地別 Region	深度 Depth	機械分析 Mechanical analysis	砂 sand	粉 silt	粘 clay	質地 Texture
塹段區 Terraces region	0.00~0.10公尺		41.04	28.93	30.03	粘質壤土 clay loam
	0.40~0.50公尺		34.02	41.00	24.98	壤土 loam
	0.90~1.00公尺		43.04	33.30	23.66	壤土 loam
對照區 Check region	0.00~0.10公尺		41.04	29.30	29.66	粘質壤土 clay loam
	0.40~0.50公尺		35.04	40.30	24.66	壤土 loam
	0.90~1.00公尺		50.00	28.30	21.70	壤土 loam

(七) 氣候記錄

表 2. 民國 53 年 7 月起至 54 年 6 月試驗地區之氣候記錄

Table 2. Climatic records of experimental region from July 1964 to June 1965

年 度 year	月 份 month	氣候記錄 climatic records	晴天日數 Fine day	陰天日數 cloudy day	溫 度 Temperature (°C)	相對濕度 Relative humidity (%)	降 雨 量 Rainfall (m. m)
1964年	7	July 月	17	14	31.9	80.7	158.5
	8	August 月	14	17	33.8	80.6	177.9
	9	September 月	25	15	33.6	76.0	168.0
	10	October 月	27	4	31.3	74.3	70.0
	11	November 月	27	3	24.3	71.5	11.2
	12	December 月	15	16	18.5	70.6	4.0
1965年	1	January 月	13	18	16.9	71.4	4.3
	2	February 月	12	16	17.1	79.2	32.3
	3	March 月	17	14	16.8	73.5	9.8
	4	April 月	9	21	16.4	74.3	73.4
	5	May 月	12	19	17.8	78.4	93.2
	6	June 月	13	17	18.0	81.3	253.3

三、試驗結果

本試驗係自民國 53 年 7 月開始至 54 年 6 月底結束，歷時約一年，所得資料經統計分析結果，分述於次：

(一) 不同降雨量下，降雨停止後塔段區與對照區（非塔段區）土壤含水量之比較。

表 3. 不同降雨量下, 降雨停止後埤段區與對照區土壤含水量之差異比較

Table 3. Comparison on the differences of average soil moisture content between terraces region and check region at the stopping of rain under different amounts of rainfall

降雨量 (公厘) Amount of rainfall (m.m)	土壤深度 Soil-depth (meter)	埤段區之平均土 壤含水量 (%) Average soil moisture con- tent at the terraces region (%)	對照區之平均土 壤含水量 (%) Average soil moisture con- tent at the check region (%)	差 異 Differences	實測 t 值 Observed t-value
20.0	0.00~0.10	21.74	18.86	2.88	2.984*
	0.40~0.50	14.42	13.44	0.98	1.010
	0.90~1.00	15.46	14.24	1.22	0.829
32.3	0.00~0.10	26.92	24.24	2.68	1.687
	0.40~0.50	19.28	15.04	4.24	2.890*
	0.90~1.00	16.18	14.10	2.08	1.516
42.7	0.00~0.10	29.30	28.20	1.10	0.497
	0.40~0.50	28.42	20.92	7.50	3.759**
	0.90~1.00	16.24	14.46	1.78	1.614
56.7	0.00~0.10	33.12	32.80	0.32	0.109
	0.40~0.50	30.18	20.76	9.42	3.862**
	0.90~1.00	15.46	14.28	1.18	0.631
73.4	0.00~0.10	33.46	32.84	0.62	0.289
	0.40~0.50	31.52	24.48	7.04	2.692*
	0.90~1.00	29.22	19.88	9.34	5.340**
90.5	0.00~0.10	33.20	32.72	0.48	0.293
	0.40~0.50	31.44	25.54	5.90	3.460*
	0.90~1.00	20.06	19.62	10.44	4.811**

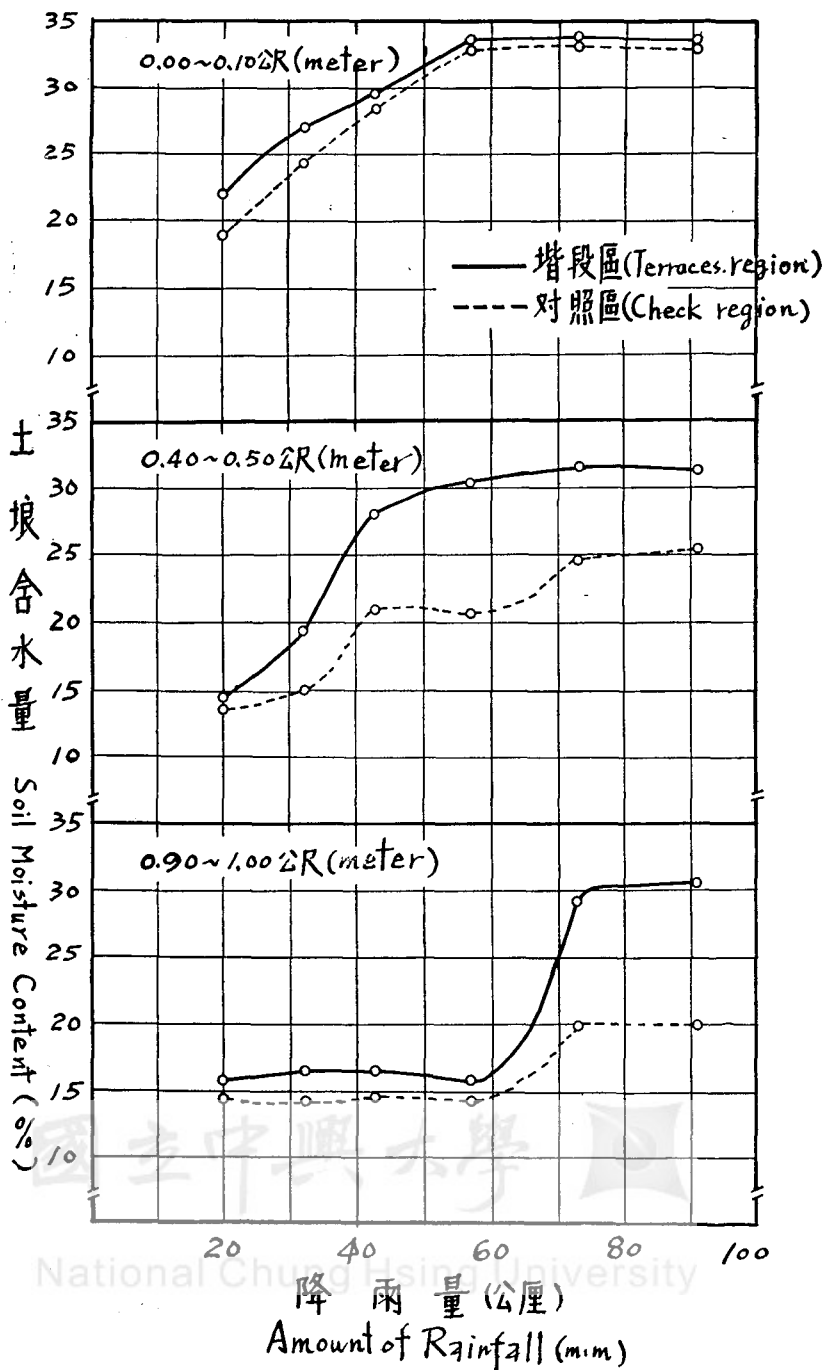
附註：理論 t 值， $t_{\left(\frac{\nu=8}{p=0.05}\right)}=2.306$

$t_{\left(\frac{\nu=8}{p=0.01}\right)}=3.555$

表中\*記號表示 5% 差異顯著，\*\*表示 1% 差異極顯著，以下各表均同。

圖 1. 不同降雨量下，降雨停止後梯段區與對照區在各深度之土壤含水量

Fig 1. Average soil moisture content in each depth between terraces region and check region at the stopping of rain under different amounts of rainfall



由表 3. 及圖 1. 得知：

(1) 降雨量 20 公厘，深度在 0.00~0.10 公尺處階段區之土壤含水量顯著多於對照區；深度在 0.40~1.00 公尺處兩者之含水量均無顯著差異。

(2) 降雨量 32.3 公厘時，深度在 0.40~0.50 公尺處階段區之土壤含水量顯著多於對照區；深度在 0.00~0.10 公尺，0.90~1.00 公尺處兩者之含水量無顯著差異。

(3) 降雨量 42.7 公厘與 56.7 公厘時，深度在 0.40~0.50 公尺處階段區之土壤含水量極顯著多於對照區；深度在 0.00~0.10 公尺，0.90~1.00 公尺處兩者之含水量無顯著差異。

(4) 降雨量 73.4 公厘時，深度在 0.40~0.50 公尺處階段區之土壤含水量顯著多於對照區；深度在 0.90~1.00 公尺處階段區之土壤含水量極顯著多於對照區。

(5) 降雨量 90.5 公厘時，深度在 0.40~1.00 公尺處階段區之土壤含水量極顯著多於對照區，深度在 0.00~0.10 公尺處兩者無顯著差異。

(二) 降雨停止後，在不同日期階段區與對照區土壤含水量之比較：

(1) 當降雨量為 42.7 公厘時：

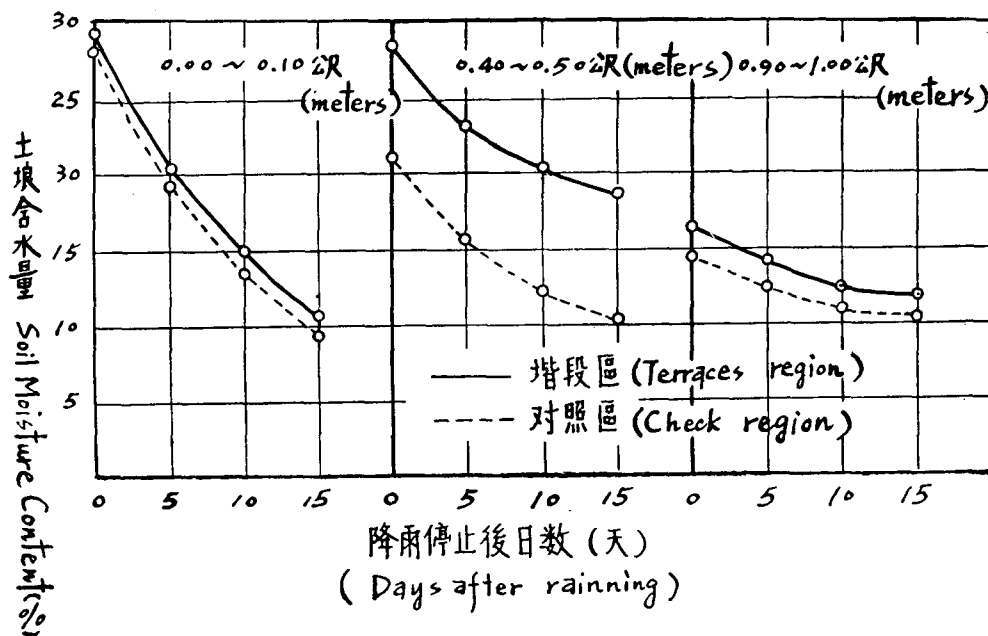
表 4. 當降雨 42.7 公厘後，在不同日期階段區與對照區土壤含水量差異之比較

Table 4. Comparison on the differences of average soil moisture content between terraces region and check region after the rainfall of 42.7 millimeters within different dates

土壤含水量測定日期 Dates of testing for soil moisture content	土壤深度 (公尺) Soil-depth (meter)	階段之平均土壤含水量 (%) Average soil moisture content at the terraces region (%)	對照區之平均土壤含水量 (%) Average soil moisture content at the check region (%)	差異 Differences	實測 t 值 Observed t-value
降雨停止後 Rain stopping	0.00~0.10	29.30	28.20	1.10	0.497
	0.40~0.50	28.42	20.92	7.50	3.759**
	0.90~1.00	16.24	14.46	1.78	1.614
降雨停止後 5 天 5 days after raining	0.00~0.10	20.50	19.60	0.90	0.732
	0.40~0.50	23.06	15.52	7.54	4.654**
	0.60~1.00	14.16	12.44	1.72	1.594
降雨停止後 10 天 10 days after raining	0.00~0.10	14.74	13.44	1.30	0.947
	0.40~0.50	20.48	12.16	8.32	5.777**
	0.90~1.00	12.76	11.14	1.62	1.088
降雨停止後 15 天 15 days after raining	0.00~0.10	10.56	9.46	1.10	0.935
	0.40~0.50	18.90	10.36	8.54	7.864**
	0.90~1.00	12.30	10.72	1.58	1.131

圖 2. 當降雨 42.7 公厘後，在不同日期階段區與對照區在各深度之土壤含水量

Fig 2. Average soil moisture content in each depth between terraces region and check region after the rainfall of 42.7 millimeters within different dates



由表 4 及圖 2 得知降雨停止後 15 天內，在 0.40~0.50 公尺處之土壤含水量階段區均顯著多於對照區，而 0.00~0.10 公尺及 0.90~1.00 公尺處兩者均無顯著差異。

(2) 當降雨量為 73.4 公厘時：

表 5. 當降雨 73.4 公厘後，在不同日期階段區與對照區土壤含水量差異之比較

Table 5. Comparison on the differences of average soil moisture content between terraces region and check region after the rainfall of 73.4 millimeters within different dates

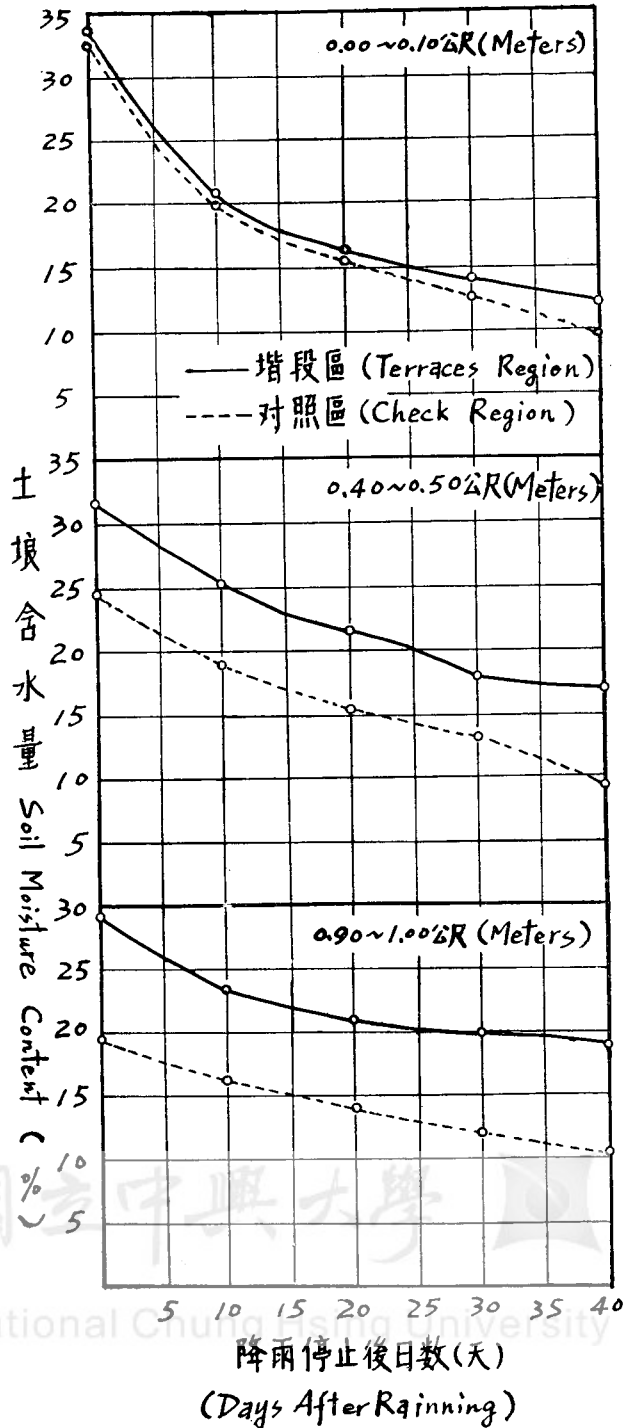
土壤含水量測定日期 Dates of testing for soil moisture content	土壤深度 (公尺) Soil-depth (meter)	階段區之平均土壤含水量 (%) Average soil moisture content at the terraces region (%)	對照區之平均土壤含水量 (%) Average soil moisture content at the check region (%)	差異 Differences	實測 t 值 Observed t-value
降雨停止後 Rain stopping	0.00~0.10	33.46	32.84	0.62	0.289
	0.40~0.50	31.52	24.48	7.04	2.692*
	0.90~1.00	29.22	19.88	9.34	5.240**

降雨停止後10天 10 days after raining	0.00~0.10	20.58	20.00	0.58	0.296
	0.40~0.50	25.06	18.84	6.22	2.702 <sup>*</sup>
	0.90~1.00	23.48	16.34	7.14	3.276 <sup>*</sup>
降雨停止後20天 20 days after raining	0.00~0.10	16.30	15.56	0.74	0.431
	0.40~0.50	21.64	15.30	6.34	3.615 <sup>**</sup>
	0.90~1.00	21.06	14.12	6.94	2.907 <sup>*</sup>
降雨停止後30天 30 days after raining	0.00~0.10	14.22	12.66	1.56	1.046
	0.40~0.50	17.60	13.04	4.56	3.725 <sup>**</sup>
	0.90~1.00	19.88	12.32	7.56	4.635 <sup>**</sup>
降雨停止後40天 40 days after raining	0.00~0.10	12.02	9.56	2.46	1.797
	0.40~0.50	17.36	8.98	8.38	5.042 <sup>**</sup>
	0.90~1.00	18.90	10.48	8.42	4.459 <sup>**</sup>

由表 5 及圖 3 得知降雨停止後四十天內 0.40~1.00 公尺處之土壤含水量階段區顯著多於對照區，而 0.00~0.10 公尺處兩者無顯著差異。



圖 3. 當降雨 73.4 公厘後，在不同日期階段區與對照區在各深度之土壤含水量  
 Fig 3. Average soil moisture content in each depth between terraces region and check region after the rainfall of 73.4 millimeters within different dates



#### 四、土壤之滯留保蓄與固定保蓄

修建平臺階段之目的在於阻截逕流及保持土壤肥力，歷經數年可改變土壤性質，土壤之蓄水功能因土壤改良而增加。土壤之保蓄水分猶如一組羅篩，當水傾注在羅篩之上即迅速通過而流下，並留一部分於網眼之上。假如以若干羅篩層疊而後注水於其上，則水仍可通過流下，惟不如單層羅篩之迅速耳。此時必有較多之水滯留於許多網眼上，若用大小不同之網眼羅篩試之則可知網眼愈大者，水流愈速而滯留於網眼上之水分亦愈少也。此種比喻為說明平臺階段蓄水功能最好之例證。即修建平臺階段後土壤愈深厚，孔隙愈多，大部份之降水可為土壤吸收，其通過性及滲透之速率亦愈大也。

土壤中水分之分配有兩種型式，即水分保蓄與水分移動。水分保蓄為土壤之毛細管作用，稱為固定保蓄 (Retention storage)，即保留於土粒間不被動力所移動之水分，此種水分亦能呈緩慢之移動，僅能供蒸發之進行與植物之吸收，對於水源之供應則收效甚微。另有一種土壤含水現象，為受較大孔隙之保蓄作用，水分受地心力作用，可通過直徑大於 0.05 公厘之孔隙向下移動，對於河川流量與水庫水源等，具有極大之影響力，而為水源涵養上極應注意之問題。因為此種水分僅係暫時性之蓄存，稱為滯留保蓄 (Detention storage)。

本試驗階段區與對照區之土壤經機械分析結果，兩者之質地由表 1 可知均相同，又兩試驗地緊密相鄰，對於氣候及其他一切環境之反應亦相同，地上均種植鳳梨，由表 3 得知當降雨量為 32.3 公厘時，階段區深度 0.40~0.50 公尺處之土壤含水量顯著多於對照區，但 0.90~1.00 公尺處兩者即無差異，可見降雨為 32.3 公厘時階段區之滯留保蓄已達到 50 公分深，而對照區則否。降雨量為 73.4 公厘時，階段區深度 0.90~1.00 公尺處之土壤含水量極顯著多於對照區，可見降雨量為 73.4 公厘時，階段區之滯留保蓄已達到一公尺深，對照區則否。水分進入或通過土壤中之速率及暫時保蓄於土壤中之情形，依土壤孔隙之大小，數量與排列而定。修建平臺階段固可阻截逕流，保持土壤肥力，同時因有機肥料之施用，以及植物根部之穴隙自然增加大毛孔之空間，其滯留保蓄量亦隨之增大。

再者由表 5 得知降雨量為 73.4 公厘時，由不同時間及不同深度水分之損失量，可比較階段區與對照區之固定保蓄。

地 別	土 壤 深 度 (公尺)	降雨剛停止後 之土壤含水量 (A)	降雨停止40 天後之土壤 含水量 (B)	水份損失量 (A)-(B)	水分損失百 分率 (%) $\frac{(A)-(B)}{(A)} \times 100$
階 段 區	0.00~0.10	33.46	12.02	21.44	64.08
	0.40~0.50	31.52	17.36	14.16	44.92
	0.90~1.00	29.22	18.90	10.32	35.32
對 照 區	0.00~0.10	32.84	9.56	23.28	70.82
	0.40~0.50	24.48	8.98	15.10	63.82
	0.90~1.00	19.88	10.48	9.40	47.28

由上表階段區各不同深度之水分損失百分率均少於對照區，可見階段區之土壤固定保蓄力大於對照區之土壤固定保蓄力。

## 五、摘要與結論

(一) 深度 0.00~0.10 公尺處，階段區與對照區之土壤含水量差異，隨降雨量之增加而遞減，當降雨量為 20 公厘時兩者之差異顯著，降雨量多於 32.3 公厘時兩者就無顯著差異。乃是兩者均近於或達於田間含水量 (Field capacity) 即不易再增加水量也。

(二) 深度 0.40~0.50 公尺處，階段區與對照區之土壤含水量差異，降雨量為 56.7 公厘以下時隨降雨量之增加而遞增；降雨量 73.4 公厘以上時隨降雨量之增加而遞減，乃是降水在 56.7 公厘以前，階段區含水量高而對照區含水量低，迨至降水達到 56.7 公厘以後，階段區已達到固定保蓄量而對照區漸近於固定保蓄量逐漸接近矣。

(三) 深度 0.90~1.00 公尺處，階段區與對照區之土壤含水量差異，降雨量為 90.5 公厘以下時隨降雨量之增加而遞增，其原因與上項同。

(四) 當降雨 42.7 公厘後之 15 天內，在 0.40~0.50 公尺處之土壤含水量階段區顯著多於對照區，而 0.00~0.10 公尺及 0.90~1.00 公尺處兩者均無顯著差異。因為 0.90~1.00 公尺處尚未受到地表蒸發之影響，而表層 0.00~0.10 公尺處已由蒸發而達於穩定之含水率。

(五) 當降雨 73.4 公厘後之 40 天內，在 0.40~1.00 公尺處之土壤含水量階段區顯著多於對照區，而 0.00~0.10 公尺處兩者無顯著差異。

(六) 降雨量為 32.3 公厘時階段區之滯留保蓄已達到 50 公分深，而對照區則否，降雨量為 73.4 公厘時階段區之滯留保蓄已達到一公尺深，對照區則否。

(七) 以降雨量 73.4 公厘為例，經測定結果，階段區固定保蓄量大於對照區之固定保蓄量。

## 六、參考文獻

- (一) 小野薰等四人共譯 (1962年)：土質力學基礎編 p. p100~116 日本東京都丸善株式會社。
- (二) 朱海帆譯 (1963年)：土壤學，p. p96-117 教育部出版，正中書局印行。
- (三) 周 恒 (1960年)：水土保持學 p. p318-323，臺灣省立農學院出版委員會出版。
- (四) 陳克誠編 (1961)：土壤力學與基礎學 p. p62~91，國立編譯館出版，商務印書局發行。
- (五) 陳孚華編著 (1947 滬三版)：公路土壤學 p. p 8 ~37，正中書局印行。
- (六) 野口彌吉、福田仁志譯 (1955年)：土壤物理學 p. p205~267，日本東京都朝倉書店出版。
- (七) 野口陽一 (1963年)：森林の影響 p. p36~50，地球出版社出版。
- (八) AA—ロジエ著、山崎不二夫監譯 (1963年)：土壤と水 p. p41~56，日本東京大學出版會。
- (九) Howard W. Lull (1959)：Soil Compaction on Forest and Range Lands (Forest Service, United States Department of Agriculture Washington, D. C Miscellaneous Publication No. 768)
- (十) L. A. Richards: Retention and Transmission of Water in Soil (Reprinted from Pages 144~151 of the 1955 Yearbook of Agriculture, Yearbook Separate No. 2580)
- (十一) L. A. Richards: Water Conducting and Retaining Properties of Soils in Relation to Irrigation (Reprinted from Proceedings International Symposium on Desert Research, Research Council of Israel in Cooperation with United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Jerusalem May 7-14)

# Test And Investigation Of The Water Storage Capacity Of Bench Terraces

by

Yung-Cheh Chiang\*

## Summary

As the rapidly increasing population in Taiwan made it necessary to find more reclaimable land and the siltation of fields after the flood "August 7 th" 1959 and "August 1st 1960", the large areas of low altitudinal hillside and hilly land were measured in the reclaimable region, in which the land lower than 55% slope was built into bench terraces.

The original end for building bench terraces stemmed from the controlling run-off, conserving soil fertility, and increasing water storage capacity, for the purpose of getting procedures for controlling run-off and conserving soil fertility; however, the question of water storage capacity was disputed by some scholars. This disagreement made it necessary for us to research and to discuss as to water storage capacity. The main aim of this experiment was to do research on such problem and furnish suitable results of the important datum factors for reference for the future teaching, soil and water conservation and the vegetation conservation in the terracing.

The experimental regions were located on hilly land of suburban Taichung. The experiment was carried out from July, 1964 to June, 1965. The results obtained were summarized as below:

1. The differences of the soil moisture content in the depth of 0.00-0.10 meters between terraces region and check region were decreased directly in proportion to the increase of rainfall. There were significant differences between the terraces region and check region at the rainfall of 20 millimeters, However, there were no more differences between these two regions when the rainfall exceeded 22.3 millimeters, because the soil moisture content of terraces region and check region was approaching to the field moisture capacity.

2. The differences of the soil moisture content in the depth of 0.40-0.50 meters between terraces region and check region were increased directly in

---

\*Instructor, Department of Soil and water Conservatrion, College of Agriculture, Taiwan provincial Chung Hsing University.

proportion to the increase of rainfall when the rainfall was less than 56.7 millimeters; however, when the rainfall exceeded 73.4 millimeters, the differences were decreased directly in proportion to the increase of rainfall. Because the soil moisture content of terraces region had more than that of check region when the rainfall was less than 56.7 millimeters; however at the rainfall of 56.7 millimeters the terraces region had been reached the retention storage and check region had approached to the retention storage.

3. The differences of the soil moisture content in the depth of 0.90-1.00 meters between terraces region and check region were increased directly in proportion to the increase of the rainfall when the rainfall was less than 90.5 millimeters. The cause is the same as given above.

4. The soil moisture content of terraces region in the depth of 0.40-0.50 meters was significantly more than that of check region within 15 days after the rainfall of 42.7 millimeters; but in the depth of 0.00-0.10 meter and 0.90-1.00 meter it didn't appear so, because the soil moisture content in the depth of 0.90-1.00 meter was not affected by the evaporation of top soil whose moisture content had already been affected by conditions to which it was exposed.

5. The soil moisture content of terraces region in the depth of 0.40-1.00 meter was significantly more than that of check region within 40 days after the rainfall of 73.4 millimeters.

6. When the rainfall was 32.3 millimeters, detention storage for terraces region had been down to the depth of 50 centimeters; when the rainfall was 73.4 millimeters, detention storage for terraces region had been down to the depth of 100 centimeters. Both effects were not observed in the check region.

7. Taking the rainfall of 73.4 millimeters for example, we could find that the retention storage for terraces region was more than that of the check region.