

臺灣灰泥土、紅土、及灰化黃土沖蝕比率之測定

周 恆*

Test on the Erosion Ratio of Gray-mudstone Soil, Red Soil and Yellow-podzolic Soil in Taiwan

by

Heng Chou

一、前言 (Introduction)

臺灣中南部低海拔之丘陵地帶，大部份為灰泥土 (Gray-mudstone)，紅土 (Red soil) 及灰化黃壤 (Yellow podzolic soil) 所構成，範圍至廣，為現時山坡地利用最複雜亦沖蝕最嚴重之地區。近年人口迅速擴張，坡地之開墾因以加速，且以此等土壤分佈區域為目標，因而造成劇烈沖蝕，不僅影響於土地生產之普遍低落，更造成洪水災害之發生，故有人稱此等土壤分佈區為洪水生產區 (Birth place of flood) 實有以也。

考沖蝕之原因，固由於降雨強度 (Intensity of rainfall) 太大及地面覆蓋缺乏所致，但土壤本身之抗蝕力 (Resisting power) 之大小，實為主要因素之一。土壤之抗蝕力可由其有機質含量 (Organic matter content)，結構組織 (Soil structure)，粘粒含量 (Clay content)，膠質粒子含量 (Colloidal Particle content)，含水當量 (Moisture equivalent)，收縮性 (Shrinkage)，比重 (Gravity)，孔隙度 (Porosity)，膠質土含量與含水當量之比 (Ratio of soil colloid content and moisture equivalent)，擴散比率 (Dispersion ratio)，沖蝕比率 (Erosion ratio) 及矽鐵鋁氧化物之比 ($\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ ratio) 等等以決定之，據各學者之研究沖蝕比率為測定土壤沖蝕性 (Erodibility) 高低之重要依據。Rost與 Rowles 兩氏曾謂美國明尼蘇達州 (Minnesota) 耕地土壤之沖蝕比率若大於19者，為易沖蝕土壤 (Erosive soils)，小於19者，即為不易沖蝕土壤 (Non-erosive soils)。

以前許多學者，均係在實驗室中測定沖蝕比率，因以判定土壤之是否易遭沖蝕，近年來由於土壤物理科學之日新月異，許多學者認為務必實地利用人工降雨 (Simulated rainfall) 測驗土壤沖蝕量，地表逕流量 (Surface run off)，滲透量 (Infiltration) 做為沖蝕比率劃定臨界值 (Critical value) 之依據，是故本試驗兼具各學者所提倡之優點。

本試驗之目的為測定該三種土壤之沖蝕比率，劃定其臨界值為今後分佈區域，土壤管理，耕作施肥，及推行水土保持方法上之重要依據，以減少沖蝕，增強土壤抗蝕力，確定山坡土壤之合理利用。

本試驗承蒙 國家長期發展科學委員會之資助，謹以誌謝。

二、試驗方法 (Experimental method)

(一) 野外工作：

* 臺灣省立中興大學農學院水土保持學系教授兼主任

1. 在阿公店附近田寮鄉著名之「月亮世界」之山坡採取灰泥土，在大肚山麓採取紅土，在集集附近之山坡採取灰化黃土。

2. 在各選定取樣地帶，用活板沖蝕試驗箱，不破壤土壤之團粒(Aggregate)下，盛土壤於沖刷試驗箱中。

3. 在各取樣地點，另採土壤樣品，做為實驗室內分析之用。

(二) 土壤物理試驗室內工作：

各種土壤在實驗室均施以機械分析(Mechanical analysis)，並測其滲透率，孔隙比率(Void-ratio)，有機質含量，團粒安定性(Stability of Aggregation)，田間容水量(Field capacity)，永久凋萎點(Permanent wilting point)， SiO_2/R_2O_3 ，擴散比率，沖蝕比率，其方法如下：

1. 機械分析

稱取粒徑在 2mm 以下之土壤樣品 50 克，置於攪拌杯中，加蒸餾水至 2/3 刻度處。再加入 0.05N NaOH 與飽和 Na_2CO_3 各 5ml，攪拌約五分鐘後，倒入有 1000 c.c 刻度之量筒中，加水至包函 Bouyoucos Hydrometer 在內時為 1000 c.c 刻度處。然後以手掌緊壓筒口，上下倒轉猛搖數次後，迅置於桌上，記取時間，在靜置 30 秒鐘後，輕輕插入 Bouyoucos 氏比重計，不使擺動，至 40 秒鐘時，記錄比重計之讀數，並記取溫度。取出比重計時，勿搖動玻璃筒，待靜置二小時後，再以比重計測其讀數並記取溫度。由比重計所測之讀數經校正後，換算成粘粒、粉粒、砂粒之百分率。

2. 滲透率 (Infiltration)

將欲測之土壤樣品置入滲透率測定之銅管中，上端置玻璃棉以防止加水時產生結皮，由入水管加水，過剩之水由出水管排出，以維持固定之水壓力。直至滲透水由管底漏出後，再用量筒收集之，並加以計時。代入滲透率換算公式

$$V = \frac{L}{(2.53)^3 At}$$

L = 滲透水之 c.c. 數。

A = 銅管之橫截面積 (inch²)。

t = 滲透之時間 (hour)。

V = 滲透率 (in/hr)。

即得滲透率。

3. 孔隙比率

以已知口徑之採樣器，小心挖取 10cm 長之土樣樣品，置入濕度罐中，在溫度為 110°C 之烘箱內烘乾，直至稱得三次重量皆恆量為止。由此而求得土壤之假比重(Bulk density)，經換算後即得孔隙比率(Void-ratio)。

4. 有機質含量

應用 Walkley-Blank 法測得有機質含量。

稱取 1.50 克之土樣，置於 500ml 之三角瓶中，加入 1N 之重鉻酸鉀 ($K_2Cr_2O_7$) 溶液 10ml，再加入濃硫酸溶液 20 ml，輕輕搖盪約 1 分鐘後，靜置 30 分鐘。再加入蒸餾水 200 ml 及磷酸 (H_3PO_4) 10ml 後，加入 0.5 ml 之指示劑 (Diphenylamine indicator)，用 0.5N 之硫酸亞鐵 ($FeSO_4$) 溶液標定至溶液由藍色變為綠色為止。

5. 團粒穩定性

精確稱取粒徑小於 2mm 而大於 1mm 之土樣 4 克，置入 60 目 (Mesh) 而直徑為 1.5 吋之網底杯中，然後移入真空乾燥器 (Vacuum desiccator) 內抽氣，預濕 (Prewetting) 後，再將網底杯置於上下搖動機之鐵盤中，使在盛有分散溶液 (Dispersion solution) 之水盆中上下搖盪 5 分鐘，烘乾後稱取大於 60 目之團粒，再於分散溶液內充分分散，求取含砂量。

6. 田間容水量

應用八個直徑為 3 公分，高為 2 公分之塑膠杯，以塑膠布縛連之使相疊，底部套以紗布並固定之。然後將土樣盛入杯內，使用玻璃棉以防表面發生結皮。加水至三分之二水分當量(Moisture equivalent)時，移置於定溫暗室中，測定 24、48，及 72 小時等之 3~7 杯內土壤含水量。

7. 永久凋萎點

將 500 克之土壤樣品盛入鑽有 5 小洞之着臘紙盒中，使毛細管水上升，然後置於塑膠盤上，植三顆向日葵 (Sun-flower) 種子於其上，加水，俟第二對子葉發生後留一健株，並加蓋鑽孔之紙蓋，以防止水分之蒸散，當第三對子葉發生後，移出塑膠盤，停止供水至第三對子葉開始凋萎時，測定根部附近之土壤含水量。

8. 矽 (Silicon) 之分析

稱取 0.10 克之土樣置於白金坩鍋 (Platinum crucible) 中，再加 1 克之 Na_2CO_3 後，加熱至液化狀態。經冷卻再加入 8ml 60% HClO_4 ，置於砂盤 (Sand bath) 上加熱至 HClO_4 揮發之煙消失為止。冷卻後加入 5ml 之蒸餾水及 2ml 6N 之 HCl ，並將溶液稀釋至 60ml，置入 1800 rpm 之離心機內離心 5 分鐘。抽出溶液後以比色法換算其含量百分率。

9. 鋁含量之分析

稱取 0.10 公克之土樣置於白金坩鍋中，加入 1.0 克之 Na_2CO_3 及 8ml 之 60% HClO_4 ，在砂盤 (Sand bath) 上強熱後，加 5ml 之蒸餾水，倒入離心管中，再加入 2ml 之 6N HCl ，將溶液稀釋至 60ml 離心，以去矽氧化物，取 50ml 之澄清液至另一離心管中，加濃 NH_4OH 至有微量沉澱發生，以 4N 之 NH_4OH 調整溶液至 PH 為 6.2~6.4 後，置於水浴 (Water bath) 中，加熱五分鐘，離心，移去澄清液以去 Ca , Mg , Mn 等。加 3ml 之熱 6N HCl 後，置於鍋中使沉澱溶解，並加 10ml 之熱 NaOH 溶液，加熱後離心以去沉澱之鐵氫氧化物。澄清液稀釋後以光電比色法測定之，換算後即得鋁之含量。

10. 沖蝕比率 (Erosion ratio)

先測定

(A) 膠質土含量

(B) 含水當量

(C) 擴散比率

$$\text{則沖蝕比率} = \frac{(B) \times (C)}{(A)}$$

(A) 膠質土含量

精確稱取 50 克之土樣，加 30% 之 H_2O_2 去有機質後，加入 1M 之 Sodium Citrate 及 NaHCO_3 與 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 以去鐵。然後再加入 HCl 以去石灰質後，加分散劑在攪拌機中使充分分散，倒入 1000 c.c. 刻度之長量筒中，應用 Stock's equation 計算粒徑小於 0.002 mm 之沉降速度，應用吸管法 (Pipette method) 即可求得膠質土之含量。

(B) 含水當量

稱取 50 克之土壤樣品，置於蒸發皿中，加水拌和，並以小刀將土面輕輕壓平，滴水於表面，如在 30 秒鐘內，不被吸收，此時之土壤含水量百分率，即為含水當量。

(C) 擴散比率

由機械分析所求得之結果，求

$$A = \frac{\text{Clay} + \text{Silt}}{\text{Total Soil}}$$

然後稱取 10 克之土樣，放入 1000 c.c. 刻度之量筒中，加水至 1000 c.c. 刻度處 (不加分散劑)，以手掌蓋住筒口，上下搖盪約 20~30 次，靜置 2 小時後，用吸管吸取 30 公分深之懸濁液 (粒徑小於 0.05 mm) 求得

$$B = \frac{\text{Clay} + \text{Silt}}{\text{Total Soil}}$$

$$\text{則得擴散比率} = \frac{A}{B}$$

(三) 人工降雨試驗

1. 活板冲刷試驗箱 (95 cm × 45 cm × 50 cm) 下端頂部連以塑膠管，通于集水槽 (25 cm × 25 cm × 15 cm) 中，以收取表面逕流量及土壤冲刷量。箱下端底部有孔，連以塑膠管，通于集水槽中以收集滲透量。

2. 降雨量均控制為220公厘，降雨持續時間為60分鐘，是故降雨之強度為每10分鐘36.6公厘。

3. 用完全逢機設計 (Completely randomized design)，即三種土壤配合四種坡度得12種處理，重複三處實施。

三種土壤為：灰泥土、紅土、灰化黃土。

四種坡度在室內定成：20%、30%、40%、50%等坡度。

三、試驗結果 (Result)

(一) 三種土壤物理性質之測定

茲將三種土壤物理性質列表如下：

表1. 三種土壤之物理性質

Table 1. Physical properties of three kinds of soil

土類 Soils	處理 Treatments	重複數 Replication	機械分析 Mechanical Analysis			滲透率 infil- tration cm/ sec.	孔隙 比率 void- ratio %	有機質 含量 organic matt- er co- n- tent %	團粒穩 定性 of aggre- gation %	田間容 水量 field mois- ture capa- city %	永久凋 萎點 wilt- ing point %	SiO ₂ / R ₂ O ₃	擴散 比率 disper- sion ratio	冲蝕 比率 ero- sion ratio
			Clay	Silt	Sand									
紅土 Red Soil	1		30.5	54.6	14.9	0.0413	29.56	1.573	47.52	17.96	7.56	2.35	12.44	15.64
	2		32.5	52.5	15.0	0.0394	29.64	1.684	47.60	18.41	7.85	2.12	16.54	16.84
	3		29.6	50.0	20.4	0.0386	29.59	1.483	47.82	18.90	6.94	2.13	18.37	17.65
灰泥土 Gray-mudstone Soil	1		40.6	42.2	17.2	0.0128	21.96	0.510	4.53	24.68	11.34	3.82	27.42	20.81
	2		41.2	40.3	18.5	0.0116	22.68	0.517	4.67	25.24	10.53	4.10	33.85	22.64
	3		43.8	41.6	14.6	0.0120	22.95	0.524	4.78	25.46	9.68	3.95	39.24	23.46
灰化黃壤 Yellow-podzolic soil	1		32.6	24.8	42.6	0.0240	24.30	1.435	39.26	19.65	8.43	2.73	16.23	18.92
	2		35.6	38.7	38.7	0.0246	24.31	1.514	38.95	20.07	10.24	2.93	16.11	18.74
	3		34.6	24.5	41.4	0.0252	24.75	1.612	38.79	20.34	9.56	2.87	19.15	17.93

由上表得知

1. 三種土壤之滲透率為紅土>灰化黃壤>灰泥土。如根據滲透率以判定土壤之抗蝕性 (Resisting powers) 則紅土>灰化黃壤>灰泥土。

2. 三種土壤之孔隙比率為紅土>灰化黃壤>灰泥土。根據孔隙比率以判定土壤之抗蝕性，則紅土

>灰化黃壤>灰泥土。

3. 三種土壤之有機質含量以紅土與灰化黃壤之含量多於灰泥土。根據有機質含量以判定土壤之抗蝕性，則紅土與灰化黃壤>灰泥土。

4. 三種土壤之團粒穩定性為紅土>灰化黃壤>灰泥土。根據團粒穩定性以判定土壤之抗蝕性，則紅土>灰化黃壤>灰泥土。

5. 矽鐵鋁氧化物之比，其比值小者抗蝕性強，三種土壤之矽鐵鋁氧化物比值為紅土<灰化黃壤<灰泥土。如根據矽鐵鋁氧化物比以判定土壤之抗蝕性，則紅土>灰化黃壤>灰泥土。

6. 擴散比率其值大者抗蝕性弱，三種土壤之擴散比率為紅土<灰化黃壤<灰泥土，根據擴散比率以判定土壤之抗蝕性，則紅土>灰化黃壤>灰泥土。

7. 沖蝕比率其值大者抗蝕性弱，三種土壤之沖蝕比率為紅土<灰化黃壤<灰化土，如根據沖蝕比率以判定土壤之抗蝕性，則紅土>灰化黃壤>灰泥土。

以上各種結果均係利用實驗室分析之結果而判定之。茲再利用人工降雨儀以測定三種土壤之表面逕流量，土壤沖蝕量，及滲透率，並藉統計分析之方法以判別各種土壤之抗蝕性能。

(二) 人工降雨下三種土壤之表面逕流量，土壤沖蝕量，滲透量之測定：

1. 表面逕流量 (Surface runoff)

表2. 各種不同處理之表面逕流量 (公厘)
Table 2. Surface runoff of each treatment (m.m)

處 理 Treatments	紅土 Red soil 20%	紅土 Red soil 30%	紅土 Red soil 40%	紅土 Red soil 50%	灰泥土 Gray- mud- stone 20%	灰泥土 Gray- mud- stone 30%	灰泥土 Gray- mud- stone 40%	灰泥土 Gray- mud- stone 50%	灰化黃壤 Yellow podzo- licsoil 20%	灰化黃壤 Yellow podzo- licsoil 30%	灰化黃壤 Yellow podzo- licsoil 40%	灰化黃壤 Yellow podzo- licsoil 50%
表面逕流量	75	81	93	113	96	101	111	138	78	90	92	106
Surface runoff	68	85	85	104	98	111	120	123	83	88	88	114
	79	87	95	107	102	109	113	124	71	78	104	119
總 和 Total	222	253	273	324	296	321	344	385	232	256	284	339
平 均 Mean	74.00	84.33	91.00	108.00	98.67	107.00	114.67	128.33	77.33	85.33	94.67	113.0

茲依上面資料進行變方分析如下：

表3. 各不同處理之表面逕流量變方分析表
Table 3. Analysis of variance of surface runoff of each treatment

變 因 Source of variation	自 由 度 Degree of freedom	平 方 和 Sum of squares	均 方 Mean squares	實 際 F 一值 observed F-value	理 論 F 一值 Theoretical F-value	
					5%	1%
處 理 Treatments	11	9044.3055	822.2096	24.1039**	2.22	3.09
機 差 Error	24	818.6667	34.1039			
總 和 Total	35	9862.9722				

註：表中**者表示 1% 差異極顯著，
*者表示 5% 差異顯著，以下各表均同。

由上表變方分析結果，處理之實際 F 值大於理論 F 值，極顯著在 1% 準準，及表示不同之處理，對於表面逕流量有極顯著之差異，茲分別進行 New multiple range test 測驗於後

表4. 各不同處理之平均表面逕流量比較 (公厘)

Table 4. Comparison on the differences of average surface runoff of each treatment (m.m)

處理組合 Treatments	平均表面逕流 Average surface runoff																								
灰泥土 50 % Gray-mudstone soil	128.33	g	灰泥土 50%																						
灰泥土 40 % Gray-mudstone soil	114.67	2	13.66***	g	灰泥土 40%																				
灰化黃土 50 % Yellow podzolic soil	113.00	3	15.33**	2	—	g	灰化黃土 50%																		
紅土 50 % Red soil	108.44	4	20.33**	3	—	2	5.00	g	紅土 50%																
灰泥土 30 % Gray-mudstone soil	107.00	5	21.33**	4	76.3	3	—	2	—	g	灰泥土 30%														
灰泥土 20 % Gray-mudstone soil	98.67	6	29.66**	5	16.00**	4	—	3	—	2	8.33	g	灰泥土 20%												
灰化黃土 40 % Yellow podzolic soil	94.67	7	—	6	20.00**	5	18.33	4	—	3	—	2	—	g	灰化黃土 40%										
紅土 40 % Red soil	91.00	8	—	7	23.67**	6	—	5	17.00**	4	—	3	—	2	3.67	g	紅土 40%								
灰化黃土 30 % Yellow podzolic soil	85.33	9	—	8	—	7	27.67**	6	—	5	21.67**	4	—	3	9.43	2	—	g	灰化黃土 30%						
紅土 30 % Red soil	84.33	10	—	9	—	8	—	7	23.67**	6	22.67**	5	—	4	—	3	6.67	2	1.00	g	紅土 30%				
灰化黃土 20 % Yellow podzolic soil	77.33	11	—	10	—	9	35.67**	8	—	7	—	6	21.34**	5	17.34**	4	—	3	8.00	2	—	g	灰化黃土 20%		
紅土 20 % Red soil	74.00	12	—	11	—	10	—	9	34.00**	8	—	7	24.67**	6	—	5	17.00**	4	—	3	10.33	2	3.33	g	紅土 20%

由表4.得知：

(1) 紅土在四種坡度上之表面逕流以 50%最多，且極顯著多於40%、30%及20%之表面逕流量。40%之表面逕流量與30%者無顯著差異，但極顯著多於 20%之表面逕流量。30%之表面逕流量與20%者無顯著差異。

(2) 灰泥土在四種坡度上之表面逕流量以50%最多，且極顯著多於40%、30%及 20%之表面逕流量。40%之表面逕流量與30%者無顯著差異，但極顯著多於20%之表面逕流量。30%之表面逕流量與20%者，無顯著差異。

(3) 灰化黃壤在四種坡度上之表面逕流量以50%最多，且極顯著多於40%、30%及 20%之表面逕流量。40%之表面逕流量與30%者，無顯著差異，但極顯著多於20%之表面逕流量。30%之表面逕流量與20%者無顯著差異。

(4) 在50%坡度上比較三種土壤之表面逕流量，灰泥土極顯著多於灰化黃壤及紅土，但灰化黃壤與紅土無顯著之差異。

(5) 在40%坡度上比較三種土壤之表面逕流量，灰泥土極顯著多於灰化黃壤及紅土，但灰化黃壤與紅土亦無顯著之差異。

(6) 在30%坡度上比較三種土壤之表面逕流量，灰泥土極顯著多於灰化黃壤及紅土，但灰化黃壤與紅土仍無顯著之差異。

(7) 在20%坡度上比較三種土壤之表面逕流量，灰泥土極顯著多於灰化黃壤及紅土，但灰化黃壤與紅土仍無顯著之差異。

3. 土壤沖蝕量

表5. 各不同處理之土壤沖蝕量 (公斤)
Table 5. Soil losses of each treatment (kg)

處 理 Treatments	紅土 Red soil 30%	紅土 Red soil 30%	紅土 Red soil 40%	紅土 Red soil 50%	灰泥土 Gray- mud- stone soil 20%	灰泥土 Gray- mud- stone soil 30%	灰泥土 Gray- mud- stone soil 40%	灰泥土 Gray- mud- stone soil 50%	灰化黃土 Yellow podzolic soil 20%	灰化黃土 Yellow podzolic soil 30%	灰化黃土 Yellow podzolic soil 40%	灰化黃土 Yellow podzolic soil 50%
土 壤 沖 蝕 量	6.5	8.3	11.3	12.1	11.8	13.4	13.2	15.2	6.2	9.2	11.1	13.3
Soil losses	5.3	8.5	10.1	11.3	10.3	10.8	14.3	17.2	8.5	8.7	10.4	11.2
	7.1	9.3	10.3	13.2	11.4	13.2	16.3	16.3	6.5	10.3	12.6	13.2
總 和 Total	18.9	26.1	31.7	36.6	33.5	37.4	43.8	48.7	21.2	28.2	34.1	37.7
平 均 Mean	6.30	8.70	10.57	12.20	11.17	12.47	14.60	16.23	7.07	7.40	11.37	12.57

茲依上表資料進行變方分析如下：

表6. 各不同處理之土壤沖蝕量變方分析表
Table 6. Analysis of variance of soil losses of each treatment

變 因 Source of variation	自 由 度 Degree of freedom	平 方 和 Sum of squares	均 方 Mean squares	實 際 F 一 值 observed F-value	理 論 F 一 值 Theoretical F-value	
					5 %	1 %
處 理 Treatments	11	276.3630	25.1239	22.3105 **	2.22	3.09
機 差 Error	24	27.0267	1.1261			
總 和 Total	35	303.3897				

由上表6變方分析結果，處理之實際F值大於理論F值，極顯著在1%水準，乃表示不同之處理對於土壤沖蝕量有極顯著之差異，茲分別進行 New multiple range test 測驗於後：

表7. 各不同處理之平均土壤沖蝕量比較 (公斤)

Table 7. Comparison on the differences of soil losses of each treatment (kg)

處理組合 Treatments	土壤平均 沖蝕量 Average soil looses																				
灰泥土 50 % Gray-mud- stone soil	16.23 g	灰泥土 50%																			
灰泥土 40 % Gray-mud- stone soil	14.60 2	1.63 g	灰泥土 40%																		
灰化黃土 50% Yellow podzolic soil	12.57 3	3.66** 2		灰化黃土 50%																	
灰泥土 30 % Gray-mud- stone soil	12.47 4	3.76** 3	2.13* 2		灰泥土 30%																
紅土 50 % Red soil	12.20 5	4.03** 4		0.37 2		紅土 50%															
灰化黃土 40% Yellow podzolic soil	11.37 6		5	3.23** 4	1.20 3		2		g	灰化黃土 40%											
灰泥土 20 % Gray-mud- stone soil	11.17 7	5.06 6	3.43** 5		4	1.30 3		2		g	灰泥土 20%										
紅土 40 % Red soil	10.57 8		7	4.03** 6		5		4	1.63 3	0.80 2		g	紅土 40%								
灰化黃土 30% Yellow podzolic soil	9.40 9		8		7	3.17** 6	3.07** 5		4	1.97** 3		2		g	灰化黃土 30%						
紅土 30 % Red soil	8.70 10		9		8		7	3.77** 6	3.50** 5		4		3	1.87 2	0.70 g	紅土 30%					
灰化黃土 20% Yellow podzolic soil	7.07 11		10		9	5.50** 8		7		6	4.30** 5	4.10** 4		3	2.33** 2		g	灰化黃土 20%			
紅土 20 % Red soil	6.03 12		11		10		9		8	5.90** 7		6	4.87** 5	4.27** 4		3	2.40 * 2	0.77 g	紅土 20%		

由表 7 得知

(1) 紅土在四種坡度上之土壤沖蝕量以50%最多，極顯著多於30%及20%之土壤沖蝕量，但與40%者無顯著差異。40%之土壤沖蝕量與30%者無顯著差異，但極顯著多於20%者。30%之土壤沖蝕量顯著多於20%者。

(2) 灰泥土在四種坡度上之土壤沖蝕量以50%最多，極顯著多於30%及20%之土壤沖蝕量。但與40%者無顯著差異。40%之土壤沖蝕量顯著多於30%者，極顯著多於20%者。30%之土壤沖蝕量與20%者無顯著差異。

(3) 灰化黃壤在四種坡度上之土壤沖蝕量以50%最多，極顯著多於30%及20%之土壤沖蝕量，但與40%者無顯著差異。40%之土壤沖蝕量顯著多於30%及20%者。30%之土壤沖蝕量顯著多於20%者。

(4) 在50%坡度上比較三種土壤之沖蝕量，灰泥土極顯著多於灰化黃壤及紅土，但灰化黃壤與紅土無顯著之差異。

(5) 在40%坡度上比較三種土壤之土壤沖蝕量，灰泥土極顯著多於灰化黃壤及紅土，但灰化黃壤與紅土無顯著之差異。

(6) 在30%坡度上比較三種土壤沖蝕量，灰泥土極顯著多於灰化黃壤及紅土，但灰化黃壤與紅土無顯著之差異。

(7) 在20%坡度上比較三種土壤之土壤沖蝕量、灰泥土極顯著多於灰化黃壤及紅土，但灰化黃壤與紅土無顯著之差異。

3. 滲透量

表8. 各不同處理之滲透量(公厘)

Table 8. Infiltration of each treatment (m.m)

處 理 Treatments	紅土 Red soil 20%	紅土 Red soil 30%	紅土 Red soil 40%	紅土 Red soil 50%	灰泥土 Gray- mud- stone soil 20%	灰泥土 Gray- mud- stone soil 30%	灰泥土 Gray- mud- stone soil 40%	灰泥土 Gray- mud- stone soil 50%	灰化黃土 Yellow podzolic soil 20%	灰化黃土 Yellow podzolic soil 30%	灰化黃土 Yellow podzolic soil 40%	灰化黃土 Yellow podzolic soil 50%
滲 透 量	36	35	28	25	18	17	13	10	30	20	19	13
Infiltration	31	29	24	21	21	15	11	9	26	25	17	14
	28	28	22	17	15	12	9	7	24	24	23	19
總 和 Total	95	92	74	63	64	54	33	26	80	69	59	46
平 均 Mean	31.67	30.67	24.67	21.00	18.00	14.67	11.00	8.67	26.67	23.00	19.67	15.33

茲依上表資料進行變化分析如下：

表9. 各不同處理之滲透量變方分析表

Table 9. Analysis of variance of infiltration of each treatment

變 因 Source of variation	自 由 度 Degree of freedom	平 方 和 Sum of squares	均 方 Mean squares	實 際 F 一 值 observed F-value	理 論 F 一 值 Theoretical F-value	
					5 %	1 %
處 理 Treatments	11	1763.4187	160.3106	16.9243**	2.22	3.09
機 差 Error	24	227.333	9.4722			
總 和 Total	35	1990.7500				

由上表 9 變方分析結果，處理之實際 F 值大於理論 F 值極顯著在 1% 平準，乃表示不同之處理對於表面逕流有極顯著之差異，茲分別進行 New Multiple Range test 測驗於後：

表10. 各不同處理之平均滲透量比較 (公厘)

Table 10. Comparison on the differences of infiltration of each treatment (m.m)

處理組合 Treatments	平均滲透量 Average-infiltration	比較 (公厘)																							
紅土 20 % Red soil	31.67	g	紅土 20%																						
紅土 30 % Red soil	30.67	2	1.00	g	紅土 30%																				
灰化黃土 20% Yellow podzolic soil	26.67	3	5.00	2		g	灰化黃土 20%																		
紅土 40 % Red soil	24.67	4	7.00*	3	6.00	2		g	紅土 40%																
灰化黃土 30% Yellow podzolic soil	23.00	5	8.67**	4	7.67	3	3.67	2		g	灰化黃土 30%														
紅土 50 % Red soil	21.00	6	10.67	5	9.67	4		3	3.67	2		g	紅土 50%												
灰化黃土 40% Yellow podzolic soil	19.67	7		6		5	7.00*	4	5.00	3	3.33	2		g	灰化黃土 40%										
灰泥土 20 % Gray-mudstone soil	18.00	8	23.67	7		6	8.67**	5		4		3		2	g	灰泥土 20%									
灰化黃土 50% Yellow podzolic soil	15.33	9		8		7	11.34**	6		5	7.67*	4	5.67*	3	4.34	2		g	灰泥土 50%						
灰泥土 30 % Gray-mudstone soil	14.67	10		9	16.00**	8		7		6	8.33**	5		4		3	3.33	2		g	灰泥土 30%				
灰泥土 40 % Gray-mudstone soil	11.00	11		10		9		8	13.67**	7		6		5	8.67**	4	7.00*	3		2	3.67	g	灰泥土 40%		
灰泥土 50 % Gray-mudstone soil	18.67	12		11		10		9		8		7	12.33**	6		5	9.33**	4	6.66*	3	6.00*	2	2.33	g	灰泥土 50%

由表10得知：

(1) 紅土在四種坡度上之滲透量以20%最多，顯著多於40%之滲透量，極顯著多於50%之滲透量，但與30%者無顯著差異。30%之滲透量顯著多於40%者，極顯著多於50%者。40%之滲透量與50%者無顯著差異。

(2) 灰泥土在四種坡度上之滲透量以20%最多，顯著多於40%之滲透量，極顯著多於50%之滲透量，但與30%者無顯著差異。30%之滲透量顯著多於50%者，但與40%者無顯著差異。40%之滲透量與50%者無顯著差異。

(3) 灰化黃壤在四種坡度上之滲透量以20%最多，顯著多於40%之滲透量，極顯著多於50%之滲透量，但與30%者無顯著差異。30%之滲透量顯著多於50%者，但與40%者無顯著差異。40%之滲透量與30%無顯著之差異。

(4) 在20%坡度上比較三種土壤之滲透量，紅土極顯著多於灰泥土，但與灰化黃壤無顯著之差異。灰化黃壤極顯著多於灰泥土。

(5) 在30%坡度上比較三種土壤之滲透量，紅土顯著多於灰化黃壤，極顯著多於灰泥土。灰化黃壤極顯著多於灰泥土。

(6) 在40%坡度上比較三種土壤之滲透量，紅土極顯著多於灰泥土，但與灰化黃壤無顯著之差異。灰化黃壤極顯著多於灰泥土。

(7) 在50%坡度上比較三種土壤之滲透量，紅土顯著多於灰化黃壤，極顯著多於灰泥土。灰化黃壤極顯著多於灰泥土。

四、結 論 (Conclusions)

綜合三種土壤之物理性質測定及在人工降雨室內之沖蝕試驗，比較後列出結論如下：

1. 本試驗與世界各學者已往之試驗結果之比較：

測定項目	世界各學者試驗之結果			本 試 驗		
	Middleton 氏	Rost and Rowles 氏	日 人	紅 土	灰化黃壤	灰 泥 土
擴 散 比 率	易蝕土壤 > 15	易蝕土壤 > 19	易蝕土壤 < 15	12.44—	16.11—	27.42—
	抗蝕強之土壤 < 15	抗蝕強之土壤 < 19	抗蝕強之土壤 < 12	18.37	19.15	37.24
Si O ₂ /R ₂ O ₃	易蝕土壤 > 2	易蝕土壤 > 2	易蝕土壤 > 2	2.21—	2.87—	6.58—
	抗蝕強之土壤 < 2	抗蝕強之土壤 < 2	抗蝕強之土壤 < 2	3.13	3.13	8.34
沖 蝕 比 率	易蝕土壤 > 10	易蝕土壤 > 19	易蝕土壤 > 15	15.64—	17.93—	20.81—
	抗蝕強之土壤 < 10	抗蝕強之土壤 < 19	抗蝕強之土壤 < 15	17.65	18.92	23.46

2. 就世界各學者試驗結果之絕對值來判斷此三種土壤之沖蝕性能 (Erodibility)，得知紅土及灰化黃壤之絕對值為近於抗蝕強之土壤之臨界值，尙勉強可稱為抗蝕性強之土壤，在山坡地荷能合理利用，就可免受嚴重之沖蝕。至於灰泥土，無論用那一學者之標準來判斷，均屬於極易蝕土壤。在人工降雨

室試驗之結果，此泥灰土在20%上之表面逕流量，土壤沖蝕量均多於灰化黃壤及紅土在40%坡度上之表面逕流量及土壤沖蝕量，可見灰泥土之抗蝕力極弱，在土地利用上必須妥為設計水土保持設施與良好之保土防沖計劃，或不作農地之使用而予以嚴密之天然覆蓋，俾供遊樂或他種使用。

3. 在人工降雨室之試驗，根據三種土壤在各不同坡度上之表面逕流量，土壤沖蝕量，測驗之結果均顯示紅土與灰化黃壤之抗蝕力尚無顯著差異，但皆較灰泥土為高。至於滲透量之測定，仍以紅土之滲透量為多，且在20%之坡度上更為顯著，足證其於降雨時，超滲雨量 (Excessive Rainfall) 之發生較少且較遲，逕流之發生即少，沖蝕亦因之減低也。

五、參考文獻 (Literature Cited)

1. 川口武雄 (1951) : 山地土壤侵蝕の研究 (日本林業試驗集報61號)。
2. 野口彌吉 (1958) : ベーバ土壤物學。
3. 滿鐵調查局譯 (1943) : 土壤侵蝕防止之研究, P223。
4. Middleton, H.E. (1930): Properties of soils which influence soil erosion. U.S.D.A Tech. Bul. 178, 16, pp.



Test on Erosion Ratio of Gray-mudstone Soil, Red Soil, and Yellow-podzolic Soil in Taiwan.

by

Heng Chou

Summary

In order to decrease soil losses an increase soil resisting powers which can help us to decide a reasonable use of the sloping land, this experiment is to test the erosion ratio and determine their critical value of the Gray-mudstone soil, reds soil and yellow podzolic soil as the important principle of managing soils, fertilizing technique on the cultivated land, and practicing soil conservation methods at these soil distributed areas in the future.

In soil physics laboratory, three kinds of soils were tested their texture, infiltration-capacity, void-ratio, organic matter content, permanent wilting point, silica-sesqui-oxide ratio, dispersion ratio etc. In simulated rainfall laboratory, three kinds of soils which were put in the eroding test-box separately, were tested their surface runoff, soil losses and infiltration.

This experiment, involving 12 treatments (4 kinds of slope x 3 kinds soils) with three replications, was carried out by completely randomized design. Four kinds of slopes were 20%, 30%, 40%, and 50 %, The results obtained are summarized as follows:

1. Comparison between results of this experiment and that of the experiments worked by early investigators:

Test items	Results of the experiments worked by early investigators			This experiment		
	Middleton	Rost and Bowles	Japanese	Red soil	Yellow-podzolic soil	Gray-mudstone soil
Dispersion ratio	Erosive soil >15	Erosive soil >19	Erosive soil >12	12.44—	16.11—	27.42—
	Nonerosive soil <15	Nonerosive soil <19	Nonerosive soil <12	18.37	19.15	37.24
Silica sesquioxide ratio	Erosive soil >2	Erosive soil >2	Erosive soil >2	2.21—	2.87—	6.58—
	Nonerosive soil <2	Nonerosive soil <2	Nonerosive soil <2	3.13	3.13	8.34
Erosion ratio	Erosive soil >10	Erosive soil >19	Erosive soil >15	15.64—	17.93—	20.81—
	Nonerosive soil <10	Nonerosive soil <19	Nonerosive soil <15	17.65	18.92	23.46

2. From the data shown in the table, such a fact can be obtained that the red soil and the yellow-podzolic soil may be classified as nonerosive soils. However, gray-mudstone soil is an easily erosive soil.

3. According to surface runoff and soil losses of three kinds of soils at different slopes under the simulated rainfall, there were no significant differences in soil resisting power between the red soil and yellow-podzolic soil, but both were greater than that of gray-mudstone soil. As for the infiltration, the red soil had the most quantity of water intake among the three kinds of soil, especially at the slope of 20%. Therefore the excessive rainfall was slowly and less, and the runoff and soil were also reduced.