

# 红壤喷洒粘着剂之防冲效果\*

许中立<sup>1</sup>, 戴欣怡<sup>2</sup>, 徐弘明<sup>2</sup>, 陈淑慈<sup>1</sup>, 陈佳吟<sup>1</sup>

(1. 屏东科技大学 水土保持系, 台湾 屏东 912; 2. 屏东科技大学 坡地防灾及水资源工程研究所, 台湾 屏东 912)

**摘要:** 台湾因地形、地质与气候的关系故崩塌与土壤流失颇多, 加上人为过度开发与土地超限利用结果, 遂造成不少土砂灾害问题。为了加速国土的复育, 水土保持植生工程中常加入黏着剂除使植物种子有效的停留于坡面生长外, 也有保护坡面防止土壤冲蚀的目的。研究乃以亚热带地区常见的红壤为试样, 喷洒常用的 3 种粘着剂, 并在降雨强度 50, 80, 110 mm/h 及坡度 16.7°, 21.8° 与 28.8° 的情况下进行 60 min 试验。结果表明: 高分子黏着剂较其它 2 种材料能保持稳定的抗冲蚀效果, 压克力树脂于高强度降雨冲蚀较多, 德国柏油乳剂则坡度愈陡冲蚀愈多。

**关键词:** 土壤冲蚀; 粘着剂; 降雨强度; 坡度

中图分类号: S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)06-0243-05

## Effect of Sprayed Adhesive on the Red Soil Erodibility

H SU Chang-li<sup>1</sup>, DAI Shin-yi<sup>2</sup>, HSU Hon-min<sup>2</sup>, CHEN Shu-tzu<sup>1</sup>, CHEN Chia-in<sup>1</sup>

(1. Department of Soil and Water Conservation, Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan 912, China; 2. Graduate Institute of Disaster Prevention on Hillslopes and Water Resources Engineering, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan 912, China)

**Abstract:** Because of the topography, geology and climate, so there are quite many landslides and soil loss in Taiwan. Furthermore, people exceed the land utilized limit for overdevelopment and the result should cause much more sediment disasters question. In order to accelerate national land reconstruction, vegetation engineering of soil and water conservation often put adhesive into the project of sprayed work to make plant seed effective staying and growing, and there is the purpose of protecting slope land surface for soil erosion. This research regard common red soils of subtropical area as testing samples, spray three kinds adhesive to carry on 60 min test with the rainfall intensity 50, 80, 110 mm/h and slope gradient 16.7°, 21.8°, 28.8°. The results show that soil spraying with polymer adhesive treatment can remain stable erodibility more than other two kinds material. Soil spraying with acrylic resin treatment has more soil erosion in high strength rainfall. Soil spraying German bitumen emulsion treatment has more soil erosion in steep slope conduction.

**Key words:** soil erosion; adhesive; rainfall intensity; slope

台湾地处亚热带, 因强烈的风化作用使得红土台地之分布颇广。一般边坡大面积植生工程是以喷植法为佳, 其目的在藉由基材中添加粘着剂能达到初期抗冲蚀与防冲的效果外, 并让种子、肥料与其它基材能附着在坡面上生长, 保护裸露的坡面, 稳定植生种子立地条件, 以及达成植生的覆盖与演替。

粘着剂为植生工程喷植工法中液体部分的主要

成份, 以往仅有部分学者针对特定粘着剂施工应用成效、保水性或对土壤物理性影响进行调查研究<sup>[1-8]</sup>, 至于粘着剂间的基本抗蚀性分析探讨则较少被提出。故本研究乃藉由对 3 种常用植生喷植用粘着剂进行人工模拟降雨之冲蚀试验结果, 期能探讨其间之抗冲蚀特性差异, 以利于尔后相关工程规划设计时之选用参考。

\* 收稿日期: 2009-08-16

作者简介: 许中立(1963-), 男, 台湾台中人, 博士, 副教授, 主要从事滑坡灾害评估、环境地质灾害调查防治及工程土壤改良的教学与科研工作。E-mail: chsu@mail.npu.edu.tw

# 1 材料与amp;方法

本研究主要探讨粘着剂为植生工程喷植工法中之常用之粘着剂(包括:高分子粘着剂、压克力树脂乳剂及德国柏油乳剂),在 3 种降雨强度与 3 种坡度下之人工模拟降雨之冲蚀试验,并以变异数统计方法进行分析比较,藉此了解不同粘着剂的抗冲蚀特性与能力。

## 1.1 试验材料

1.1.1 供试土样 土壤采取地点位于屏东县老埤村, TM 二度分带(TWD67) 坐标为 120° 36' 09" E, 22°

表 1 土壤基本性质

项目	土壤水分系数	总体密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	颗粒密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	土壤质地	pH	有机质/%
红壤	1.031	1.45	2.27	砂质壤土	4.46	2.23

(2) 压克力树脂乳液。属渗透型粘着剂,系由丙烯酸、甲基丙烯酸或甲酯或乙酯类的聚合物之通称。压克力树脂硬化后为一种热塑性塑胶,其硬化时间短,具有使用方便之工程特性,可加水数倍稀释,试验浓度配比为 0.5%。

(3) 德国柏油乳剂。属被膜型粘着剂,为暗褐色之液体,混合有机肥、种子喷植使用。在土壤表面形成薄膜,具有透气及透水性,其粘度约为 790 mPas,使用量 10~ 25 g/m<sup>2</sup>,试验浓度配比为 0.5%。

## 1.2 试验项目与方法

利用自行组装之点滴式人工模拟降雨器试验装置进行本研究之冲蚀试验工作,降雨模拟试验于屏东科技大学水土保持系地下室进行,本研究系试验在不同降雨强度及不同土壤坡度条件下,定时测定不同处理之土壤冲蚀量(流出土砂量),了解各粘着剂之土壤抗冲蚀性。

1.2.1 人工模拟降雨器之构造 本次试验之人工模拟降雨装置属于点滴式人工模拟降雨器,试验装置设备包括降雨设备、电压变频器、抽水帮浦、供水箱及流量控制阀等,有效降雨涵盖面积为 0.5 m × 0.4 m,有效高度 2 m,于实验前将降雨喷头使用针头与空气压缩机清除喷头阻塞,沉水马达下放置 30 号筛网过滤杂质,避免阻塞雨滴喷头,仪器构造如图 1<sup>[9]</sup>。

1.2.2 试验土箱准备 将野外采回之土样经自然风干后,将土壤过 4 号筛筛选所需要的土壤,在试验前土箱底部应钻孔,并于土箱底部四周铺上盆底网,以利排水。土箱规格为 40 cm × 30 cm × 10 cm。为使土壤重置于土箱中,乃以红土总体密度 1.45 g/cm<sup>3</sup>推算将 18 kg 红土回填于土箱中,并仿照一般

38' 17" N, 于屏东科技大学校内。将供试土样自现地采回后进行风干约 7 d 时间,再将土样过 4 号筛,取小于 2 mm 之土样进行室内土壤性质分析,分别量测土样的水分系数、总体密度、颗粒密度、土壤质地、酸碱值及有机质含量等,其检测结果如表 1 所示。

## 1.2.2 供试材料

(1) 高分子粘着剂。属填充型粘着剂,为高分子系列材料,为粉颗粒状,如加水稀释后,其不溶物仅占 3.5%,易与材料结合,并保持粘性,其成分中的阴离子特性佳,可以协助种子发芽及土壤有机质分解,试验浓度配比为 0.005%。

填土工程之压实方式分 2 层进行夯压处理。

1.2.3 试验土箱准备 为使土壤表面能安定减少土箱移动之扰动破坏,并减少土壤先前含水量不同而导致之误差,乃于试验前先喷附 600 ml 的水于试验土箱表面。冲蚀试验设定条件如表 2 所示,试验条件变数主要是参考前人研究之分级方式<sup>[10]</sup>,并且便于与之比较而采用,人工降雨冲蚀试验步骤如下:



图 1 本研究采用之人工模拟降雨器

- (1) 调整降雨强度与坡度。
- (2) 将土箱先喷覆 600 ml 的水,使其表面呈湿润状态。
- (3) 将土箱放置在坡度调整器上并于人工降雨器下方定位。

(4) 盖上塑胶布于土箱上, 启动人工降雨器, 带雨滴降落均匀时, 拉开塑胶布开始试验。

(5) 降雨冲蚀试验每 10 min 一次收集流出土量, 共计 60 min。

(6) 将每 10 min 收集到的冲蚀盒进行烘干称重, 扣除盒重, 可得冲蚀量。

(7) 更换试验条件并重复之。

表 2 试验条件

试验条件	试验条件数值		
降雨延时/min	60		
降雨强度/(mm·h <sup>-1</sup> )	50	80	110
试区坡度/(°)	16.7	21.8	28.8

## 2 结果与讨论

本研究利用 3 种粘着剂(高分子粘着剂、压克力树脂乳液及德国柏油乳剂)与对照组(设为未加保护措施者), 分别在 50, 80, 110 mm/h 降雨强度与 16.7°、21.8°与 28.8°坡度的情况下, 进行 27 种不同情形之冲蚀性试验, 每组试验重复施作 3 次, 再取其平均值进行以下之分析。

### 2.1 总冲蚀量比较

经试验 60 min 后所得之土壤冲蚀总量汇整如表 3 所示, 其中对照组的土壤冲蚀量确实高于其它喷洒粘着剂保护者。又德国柏油乳剂除降雨强度 110 mm/h 坡度 25.5°之试验条件外, 其土壤冲蚀总量为各种粘着剂中最低者, 显示经德国柏油乳剂喷洒处理的土壤之抗冲蚀性最佳。而高强度降雨且陡坡时的抗冲蚀性, 则以高分子粘着剂较佳。压克力树脂乳液则是试验粘着剂中抗冲蚀性较差的, 但其土壤冲蚀总量仍仅为对照组的一半, 显示植生工程喷植工法所喷洒之粘着剂确实有提供坡面保护的抗冲蚀效果。

### 2.2 冲蚀量之时间变化

又将试验时每 10 min 所收集之土壤冲蚀量予以绘图比较, 由图 2 观察降雨强度 50 mm/h 下各坡度之冲蚀量时间变化关系, 坡度 16.7°时最大冲蚀量为对照组在 30 min 与 40 min 时之 7.3 g, 最小冲蚀量为德国柏油乳剂在 10 min 时之 1.1 g; 坡度 21.8°时最大冲蚀量为对照组在 30 min 时之 12.8 g, 最小冲蚀量为高分子粘着剂在 10 min 时之 3.6 g; 坡度 28.8°时最大冲蚀量为对照组在 30 min 时之 10.8 g, 最小冲蚀量为德国柏油乳剂在 10 min 时之 1.4 g。显示在降雨强度 50 mm/h 之情况下, 不论何种试验坡度, 对照组各时段之冲蚀量均为最大, 而于坡度 16.7°时德国

柏油乳剂、坡度 21.8°时高分子粘着剂、坡度 28.8°时德国柏油乳剂则土壤冲蚀量较小。

表 3 试验 60 min 土壤冲蚀总量汇整 g

粘着剂别	坡度/(°)	降雨强度/(mm·h <sup>-1</sup> )		
		50	80	110
对照组	16.7	41.7	105.2	770.4
	21.8	64.8	155.8	833.5
	28.8	55.7	163.7	616.4
高分子粘着剂	16.7	22.5	41.5	382.0
	21.8	23.6	26.6	269.1
	28.8	29.3	70.6	234.4
压克力树脂乳液	16.7	32.6	86.0	232.5
	21.8	43.5	147.2	297.6
	28.8	39.6	111.5	563.3
德国柏油乳剂	16.7	11.5	60.7	106.6
	21.8	37.5	98.9	85.5
	28.8	17.4	21.5	416.8

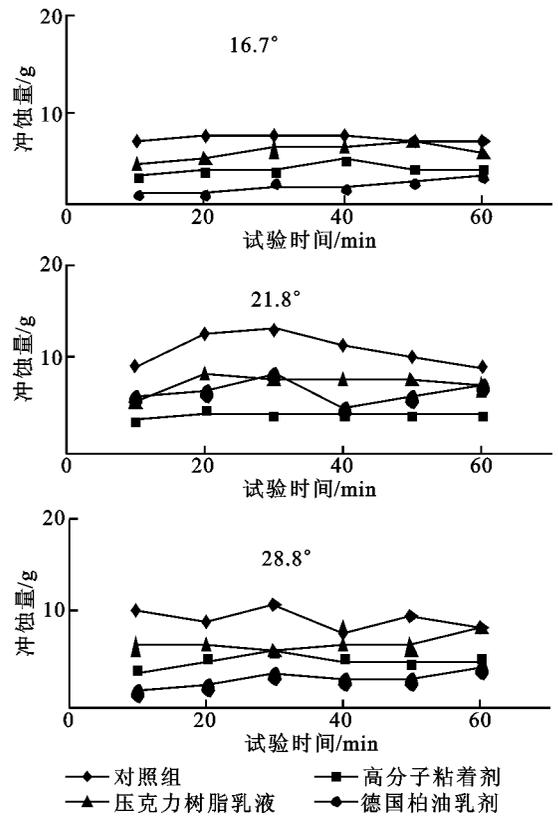


图 2 降雨强度 50 mm/h 不同坡度之冲蚀量

由图 3 观察降雨强度 80 mm/h 下各坡度之冲蚀量时间变化关系, 坡度 16.7°时最大冲蚀量为对照组在 60 min 时之 20.4 g, 最小冲蚀量为高分子粘着剂在 10 min 时之 4.3 g; 坡度 21.8°时最大冲蚀量为对照组在 50 min 时之 32.7 g, 最小冲蚀量为高分子粘着剂在 30 min 时之 4.1 g; 坡度 28.8°时最大冲蚀量为对照组在 40 min 时之 32.4 g, 最小冲蚀量为

德国柏油乳剂在 30 min 时之 1.3 g。显示在降雨强度 80 mm/h 之情况下, 不论何种试验坡度, 对照组各时段之冲蚀量均为最大, 而于坡度 16.7° 时高分子粘着剂、坡度 21.8° 时高分子粘着剂、坡度 28.8° 时德国柏油乳剂则土壤冲蚀量较小。

由图 4 观察降雨强度 110 mm/h 下各坡度之冲蚀量时间变化关系, 坡度 16.7° 时最大冲蚀量为对照组在 20 min 时之 143.2 g, 最小冲蚀量为德国柏油乳剂在 20 min 时之 15.8 g; 坡度 21.8° 时最大冲蚀量为对照组在 60 min 时之 154.3 g, 最小冲蚀量为德国柏油乳剂在 20 min 时之 13.7 g; 坡度 28.8° 时最大冲蚀量为对照组在 10 min 时之 150.8 g, 最小冲蚀量为高分子粘着剂在 50 min 时之 35.2 g。显示在降雨强度 110 mm/h 之情况下, 不论何种试验坡度, 对照组各时段之冲蚀量均为最大, 而于坡度 16.7° 时德国柏油乳剂、坡度 21.8° 时德国柏油乳剂、坡度 28.8° 时高分子粘着剂则土壤冲蚀量较小。

趋势, 在 110 mm/h 时则未出现土壤冲蚀量下降之趋势, 其时间有延后之可能。此表示降雨强度越大冲蚀力越大, 在 50 mm/h 降雨强度下土壤可在短时间内达到冲蚀稳定, 但在 110 mm/h 降雨强度下土壤却可能还在继续被冲刷中。

又根据以上的分析, 降雨强度提高时各组处理之土壤冲蚀不论是 60 min 之总量或每 10 min 的量均皆增多, 其中以 80 mm/h 与 110 mm/h 间之土壤冲蚀量变化, 较 50 mm/h 与 80 mm/h 间之土壤冲蚀量变化为大; 而坡度增大则各组土壤冲蚀量却未必增加, 分析不同降雨强度变化下可能因为坡度关系而有盛雨面积交互影响, 故在此仅能显现出降雨强度对土壤冲蚀量的影响。而本研究在 3 组降雨强度下其最大冲蚀量大多出现在 21.8° 坡度下, 此结果与前人研究结果相类似<sup>[11-12]</sup>, 推测为坡度变化造成盛雨面积减少的原因。另各时段冲蚀量变化线并不是圆滑之曲线, 而是上、下不断波动变化但却有固定趋势, 乃可能一波土石的下移后需再经过一段时间累积足够土壤与能量后再往下移动。

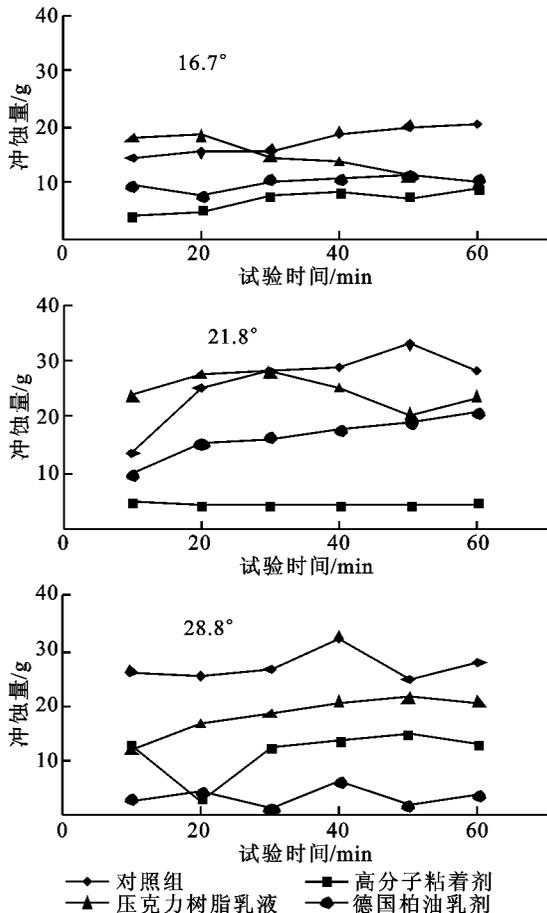


图 3 降雨强度 80 mm/h 不同坡度之冲蚀量

综合以上试验结果, 最大冲蚀量都为对照组, 但出现时间会随着降雨强度增大而延后, 在 50 mm/h 时约为 30 min 出现土壤冲蚀量有下降之趋势, 在 80 mm/h 时约为 50 min 出现土壤冲蚀量有下降之

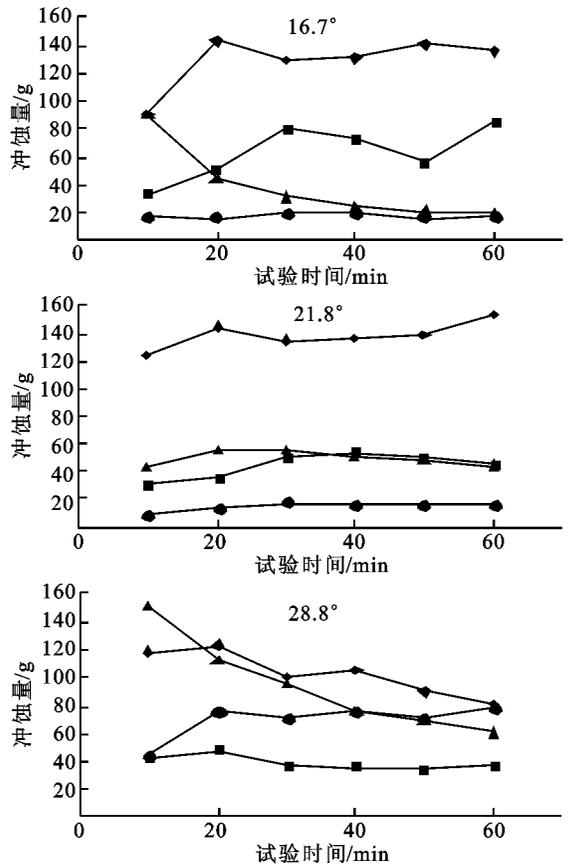


图 4 降雨强度 110 mm/h 不同坡度之冲蚀量

### 3.3 统计分析结果

#### 3.3.1 变异数分析部分 利用双因子变异数分析

检测各处理间的显著性关系, 如表 4 示。其中坡度因子经检定其显著性  $P$  值均未达 0.05 之临界值, 故坡度因子无法纳入本次的回归统计分析中; 而降雨强度因子经检定其显著性  $P$  值仅德国柏油乳剂未达 0.05 之临界值, 其余各处理则均达显著或极显著(0.01 之临界值) 标准, 故降雨强度因子将纳入本次的回归统计分析中。

2.3.2 回归统计分析部分 研究经分析发现试验之坡度变化对于土壤冲蚀量较无显著性关系, 故乃仅就各处理之降雨强度与总冲蚀量进行回归分析, 并取其相关系数  $r^2$  值较佳之回归方程式, 如表 8。并据此绘制各处理之 60 min 土壤冲蚀量推估图, 如图 5 所示。

表 4 变异数统计分析结果

处 理	变异因子显著性 $P$ 值	
	降雨强度	坡度
对照组	0.0005	0.4929
高分子粘着剂	0.0045	0.5672
压克力树脂乳液	0.0362	0.4173
德国柏油乳剂	0.2630	0.6320

表 8 各处理之回归方程式

处 理	回归方程式	相关系数
对照组	$Y = 5.3075e^{0.0437X}$	0.9525
高分子粘着剂	$Y = 2.5808e^{0.0408X}$	0.8499
压克力树脂乳液	$Y = 6.1886e^{0.0363X}$	0.9217
德国柏油乳剂	$Y = 3.3696e^{0.0346X}$	0.6538

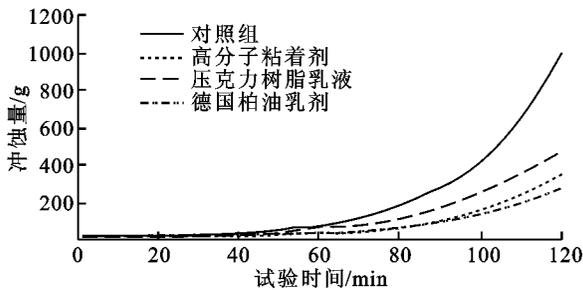


图 5 60 min 土壤冲蚀量推估图

### 3 结论

研究所选用之试验土样为位于亚热带地区的台湾分布较广的红土, 利用喷洒植生工程喷植方法中常用的高分子粘着剂、压克力树脂乳液与德国柏油乳剂等配合无处理的对照组进行人工模拟降雨冲蚀试验, 采用的坡度与降雨强度均为 3 个变级, 试验历时 60 min, 探讨其间之抗冲蚀特性与差异, 综合试

验与分析结果分述如下:

(1) 本次试验变因中处理材料与降雨强度对土壤冲蚀量之影响较为显著, 而坡度与土壤冲蚀量关系则较不显著, 分析不同降雨强度变化下可能因为坡度关系而有盛雨面积交互影响, 故在此仅能显现出降雨强度对土壤冲蚀量的影响。

(2) 喷洒处理材料之优劣顺序为: 德国柏油乳剂 > 高分子粘着剂 > 压克力树脂乳液, 而在高强度降雨且陡坡时的抗冲蚀性, 则以高分子粘着剂较佳。

(3) 粘着剂抗蚀方式为覆盖或渗入土壤表面层连结土粒, 其抗冲蚀能力受到雨滴飞溅与流水作用而有所改变。

(4) 土壤冲蚀量与降雨强度之回归方程式中指数系数值都接近 0.04, 而变化较大者为方程式的截距项系数, 其与喷洒处理材料或坡度间的关系可持续深入探讨之。

参考文献:

- [1] 李庆瑞. 植生草种稳定边坡喷播柏油乳剂试验[J]. 中华水土保持学报, 1973, 4(2): 14-32.
- [2] 丘创益, 尹承远. 泥岩崩塌裸地绿化试验[J]. 屏东农专学报, 1987, 28: 115-131.
- [3] 龟山章, 三尺彰. 最先端的绿化技术[M]. 台湾 台中: 淑馨出版社, 1995.
- [4] 仓田益二郎. 绿化工技术[M]. 台湾 台北: 地景企业股份有限公司, 1997.
- [5] 林信辉. 水土保持植生工程[M]. 台湾 台北: 高立图书有限公司, 1999.
- [6] 何怡增. 喷植基材对植物发芽生长影响之探讨[D]. 台湾 台中: 中兴大学水土保持学系, 2001.
- [7] 许荣峰. 土壤团粒化剂浓度对红壤抗蚀性与种子发芽之研究[D]. 台湾 台中: 中兴大学水土保持学系, 2002.
- [8] 林信辉. 喷植工法应用粘着剂类别与特性分析[C]// 水土保持植生工程研讨会论文集. 台湾 台中: 中兴大学水土保持学系, 2004: 43-55.
- [9] 吴益裕. 人工降雨器及雨点粒径分布与落速之试验研究[D]. 台湾 台中: 中兴大学土木工程学系, 1992.
- [10] 江秀雯. 粘着剂对土壤抗冲蚀性改良之研究[D]. 台湾 屏东: 屏东科技大学水土保持系, 2007.
- [11] 张贤明. 不同坡度及雨量强度下径流及冲蚀之研究[D]. 台湾 台中: 中兴大学水土保持学系, 1991.
- [12] 苏炜哲. 坡度影响地表径流与土壤冲蚀之探讨[D]. 台湾 台中: 中兴大学水土保持学系, 2007.