

植生草種穩定邊坡噴播柏油乳劑試驗

Hydroseeding for Road Cut Slope Stabilization with Grass Seed and Asphalt Emulsion

李慶瑞*

Ching-zui Lee

一、緒言 (Introduction)

本省人口不斷增加，平地面積僅有 1,079,721 公頃 (ha)，且其利用幾已達飽和狀態，而山坡地面積 2,516,400 公頃，佔總面積 3,596,121 公頃之三分之二以上，故開發廣大山坡地，發展農牧生產事業、工業區及新社區，以滿足生活需要暨充裕國本，吸收外匯，加強經濟發展，實為迫切需要。山坡地開發，實施省力經營，農業機械化，築路尤為首要工作。他如為促進本省經濟急速成長，南北高速公路與北迴鐵路之興建為刻不容緩之工作。惟本省因地質鬆脆，地勢陡峻，豪雨驟降，築路最易造成山崩，填方不易穩定，每致交通阻塞，危及生命財產與水庫壽命，故道路邊坡穩定實為重要問題。

穩定邊坡，植生控制 (Vegetative Control) 係經濟有效方法，不僅較工程方法 (Mechanical Method) 費用低廉，兼可綠化與美化環境，且工程方法僅有剛性而缺乏彈性，當土壤浸水膨脹之力量大於水泥卵石之凝結力時，工程護坡每易崩塌。植生護坡能隨土壤膨脹與收縮，功效丕著，是以植生護坡，更為重要。植生方法中，道路下邊坡填方部份以打樁方法效果顯著。上邊坡挖方則以植草為宜，本省已往在上邊坡植草均以挖溝條播種子、條植草苗、植生帶、植生袋、植生盤等方法實施，工作效率低，成本高，難於配合大量修建道路之需，為提高工作效率，降低成本，宜以種子噴播方法，穩定與綠化及美化道路邊坡。

種子噴播穩定邊坡，首需瞭解適宜之草種及其適宜播種季節，粘着劑 (Cementing Materials) 之適宜濃度，噴播方法及對於草種萌芽生長之影響，防坍與綠化美化環境之效果。本省近年來雖已在試用植生草種噴播方法以穩定美化綠化道路邊坡，但鮮有人進行試驗研究，乃於民國六十二年針對此等目的進行試驗研究，以供今後穩定邊坡綠化與美化之用。

本試驗由中國石油股份有限公司高雄煉油廠補助經費與免費提供粘着劑柏油乳劑，蒙中興大學水土保持系主任周恆教授之鼓勵與指導，江教授永哲之斧正，復承山地農牧局陳振盛技士及中興大學水土保持系胡蘇澄助教熱心協助，試驗工作方克以成，謹此一併致謝。

二、試驗材料及方法 (Materials and Methods)

供試粘着劑係中國石油股份有限公司高雄煉油廠製品之柏油乳劑 (Asphalt Emulsion)；草種則選擇本省常用，生長迅速，覆蓋良好，固土力強，有防冲防坍效果之四種草種，為戀風草 [英名 Weeping love grass, 學名 *Eragrostis curvula* (Schrad) Nees.]、百喜草 [英名 Bahia grass, 學名 *Paspalum notatum* Fliigge]、百慕達草 [英名 Bermuda grass, 學名 *Cynodon dactylon*

* 國立中興大學水土保持學系講師

Instructor, Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University

(L.) Pers.] 及白三葉草 [英名 White clover, 學名 *Trifolium repens* L.]。

本試驗共有五個項目，試驗設計分別用兩個因子參試之復因子試驗，重複四次，以背負式噴播機實施，噴播後於15日，45日，90日調查三次，以觀察生長數目，統計係採用90日之調查資料。

茲分述各項試驗方法如下：

(一) 不同柏油乳劑濃度對於草種之生長影響

1. 試驗因子：

(1) 柏油乳劑濃度：分爲 1: 1, 1: 2, 1: 3, 1: 4, 1: 5 等五種濃度及對照區，合計六種。
(1: 1濃度之意義爲柏油乳劑重量1公斤與水之重量1公斤之比。)

(2) 草種：戀風草 (Weeping love grass) 與百慕達草 (Bermuda grass) 兩種。

2. 試驗地點：在南投縣魚池中潭公路，海拔高 700公尺。

3. 小區數目：試驗地共分48小區 (plot)，每小區之面積爲0.12m² (35×35cm)。

4. 每小區之草類種子重量：0.5公克 (gr.)。

5. 噴播日期：民國62年9月9日

6. 調查完成日期：民國62年12月10日

(二) 柏油乳劑濃度 1: 3 (現常用濃度) 時，不同噴播方法對於草種生長之影響

1. 試驗因子：

(1) 噴播方法：分爲兩種，即

a. 一次噴播：將種子混入柏油乳劑中一次噴播。

b. 二次噴播：先噴播種子，再於其上噴播柏油乳劑。

(2) 草種：戀風草 (Weeping love grass)、百喜草 (Bahia grass)、百慕達草 (Bermuda grass) 及白三葉草 (White clover) 四種。

2. 試驗地點：在南投縣霧社松岡中興大學溫帶果園，海拔高 2,000公尺。

3. 小區數目：試驗地共分32小區 (plot)，每小區之面積爲 0.12m² (35×35cm)。

4. 每小區之草類種子重量：0.5公克 (gr.)。

5. 噴播日期：民國62年9月2日

6. 調查完成日期：民國62年12月5日

(三) 柏油乳劑濃度 1: 3 時，不同海拔高度對於草種生長之影響

1. 試驗因子：

(1) 海拔高度：分爲高、中、低三種，即

a. 低海拔：在臺中大坑，海拔高100公尺。

b. 中海拔：在南投縣魚池中潭公路，海拔高 700公尺。

c. 高海拔：在南投縣霧社松岡中興大學溫帶果園，海拔高 2,000公尺。

(2) 草種：戀風草 (Weeping love grass)、百喜草 (Bahia grass) 及百慕達草 (Bermuda grass) 三種。

2. 小區數目：試驗地共分36小區，每小區之面積爲0.12m² (35×35cm)。

3. 每小區之草類種子重量：0.5公克 (gr.)。

4. 噴播日期：

(1) 低海拔 (臺中大坑)：民國62年9月7日

(2) 中海拔 (南投魚池)：民國62年9月9日

(3) 高海拔 (南投松岡)：民國62年9月2日

5. 調查完成日期：

(1) 低海拔 (臺中大坑)：民國62年12月8日

(2) 中海拔 (南投魚池): 民國62年12月10日

(3) 高海拔 (南投松岡): 民國62年12月5日

四 柏油乳劑濃度 1:3 時, 懸風草 (Weeping love grass) 在不同海拔高度不同時期之生長狀況

1. 試驗因子:

(1) 海拔高度: 分爲高、中、低三種, 即

a. 低海拔: 在臺中大坑, 海拔高 100 公尺。

b. 中海拔: 在南投縣魚池中潭公路, 海拔高 700 公尺。

c. 高海拔: 在南投縣霧社松岡中興大學溫帶果園, 海拔高 2,000 公尺。

(2) 時期: 分爲 2 月、4 月、9 月三種時期。

2. 小區數目: 試驗地共分 36 小區 (plot), 每小區之面積爲 0.12m^2 ($35 \times 35\text{cm}$)。

3. 每小區之草類種子重量, 0.5 公克 (gr.)。

4. 噴播日期:

(1) 低海拔 (大坑): 民國62年 2 月 18 日, 4 月 25 日, 9 月 7 日

(2) 中海拔 (魚池): 民國62年 2 月 13 日, 4 月 26 日, 9 月 9 日

(3) 高海拔 (松岡): 民國62年 2 月 16 日, 4 月 28 日, 9 月 2 日

5. 調查完成日期:

(1) 低海拔 (大坑): 民國62年 5 月 21 日, 7 月 26 日, 12 月 8 日

(2) 中海拔 (魚池): 民國62年 5 月 15 日, 7 月 27 日, 12 月 10 日

(3) 高海拔 (松岡): 民國62年 5 月 17 日, 7 月 28 日, 12 月 5 日

五 高海拔不同時期不同柏油乳劑濃度白三葉草 (White clover) 之生長狀況

1. 試驗因子:

(1) 柏油乳劑濃度: 分爲 1:3 與對照區兩種。

(2) 時期: 分爲 2 月、4 月、9 月三個時期。

2. 試驗地點: 在南投縣霧社松岡中興大學溫帶果園, 海拔高 2,000 公尺。

3. 小區數目: 試驗地共分 24 小區 (plot), 每小區之面積爲 0.12m^2 ($35 \times 35\text{cm}$)。

4. 每小區之草類種子重量: 0.5 公克 (gr.)

5. 噴播日期:

(1) 民國62年 2 月 16 日

(2) 民國62年 4 月 28 日

(3) 民國62年 9 月 2 日

6. 調查完成日期:

(1) 民國62年 5 月 17 日

(2) 民國62年 7 月 28 日

(3) 民國62年 12 月 5 日

三、試驗結果 (Results)

本試驗結果分項列述於后:

(一) 不同柏油乳劑濃度對於草種生長之影響

茲將各小區之生長株數列於表 1:

表 1: 不同柏油乳劑濃度戀風草與百慕達草之生長株數

Table 1: Seedlings of weeping love grass and bermuda grass counted on replicated plots under different concentrations of asphalt emulsion

柏油乳劑濃度 Asphalt emulsion concentration	草 Grass 種	生長株數 Seedlings	計 Total
對 照 區 Check	戀風草 (Weeping love grass)	0 0 6 3	9
	百慕達草 (Bermuda grass)	10 13 0 0	23
1:1	戀風草 (Weeping love grass)	7 25 2 2	36
	百慕達草 (Bermuda grass)	8 0 19 29	56
1:2	戀風草 (Weeping love grass)	4 8 7 4	23
	百慕達草 (Bermuda grass)	1 67 26 58	152
1:3	戀風草 (Weeping love grass)	9 6 2 5	22
	百慕達草 (Bermuda grass)	35 24 9 40	108
1:4	戀風草 (Weeping love grass)	5 8 8 6	27
	百慕達草 (Bermuda grass)	3 9 26 31	69
1:5	戀風草 (Weeping love grass)	0 1 4 13	18
	百慕達草 (Bermuda grass)	2 0 33 21	56

依表 1 之資料，進行變方分析如表 2：

表 2：不同柏油乳劑濃度草種株數變方分析

Table 2: Analysis of variance of seedlings of weeping love grass and bermuda grass among different concentrations of asphalt emulsion

變 異 原 因 Source of variation	自由度 d.f.	平方和 SS	均 方 MS	實測F值 F value	理 論 F 值 Theoretical F value	
					5%	1%
處 理 Treatment	11	4968.23	451.66	2.82		
柏油乳劑濃度 Asphalt emulsion concentration	5	1488.11	297.62	1.86	2.48	3.59
草 種 Grass	1	2255.02	2255.02	14.10**	4.12	7.42
柏油乳劑濃度×草種 Interaction	5	1225.10	245.02	1.53	2.48	3.59
機 差 Error	36	5757.75	159.94			
總 計 Total	47	10725.98				

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

由表 2 之 F 測驗知草種極顯著在 1% 平準，乃表示百慕達草之生長株數極顯著多於懸風草。至於柏油乳劑濃度之 F 值雖不顯著，另舉行單自由度測驗，其結果列於表 3：

表 3：各種柏油乳劑濃度與對照區草種生長株數比較

Table 3: Comparison of seedlings of weeping love grass and bermuda grass in plots hydroseeded with asphalt emulsion and check plots

變異原因 Source of variation	自由度 d.f.	平方和 SS	均方 MS	實測 F 值 F value	理論 F 值 Theoretical F value	
					5 %	1 %
各種濃度與對照區 Asphalt emulsion vs. check	1	32839.11	32839.11	205.32**	4.12	7.42
機差 Error	36	5757.75	159.94			
總計 Total	37	53595.76				

由表 3 可知各種柏油乳劑濃度草種之生長株數極顯著多於對照區，是以植生草種穩定邊坡，宜採用粘着劑柏油乳劑。

(二) 柏油乳劑濃度 1:3 時，不同噴播方法對於草種生長之影響

一般常用之柏油乳劑濃度為 1:3，為要增加生長株數，乃用不同噴播方法探討其對於草種生長之影響；茲將各小區之生長株數列於表 4：

表 4：兩種噴播法各草種之生長株數

Table 4: Seedlings of grasses counted on replicated plots under two hydroseeding methods

草種 Grass	噴播方法 Hydroseeding method	生長株數 Seedlings	計 Total
懸風草 Weeping love grass	A	1 3 1 3	8
	B	4 1 0 1	6
百喜草 Bahia grass	A	6 11 4 5	26
	B	10 9 5 5	29
百慕達草 Bermuda grass	A	1 9 1 3	14
	B	12 15 19 2	48
白三葉草 White clover	A	31 34 19 12	96
	B	194 44 135 197	570

A 一次噴播 (Hydroseed grass seed and asphalt emulsion meanwhile)

B 二次噴播 (Hydroseed grass seed first, then asphalt emulsion)

依表 4 之資料，進行變方分析如表 5：

表 5：兩種噴播法草種株數變方分析

Table 5: Analysis of variance of seedlings of grasses hydroseeded with two hydroseeding methods

變異原因 Source of variation	自由度 d.f.	平方和 SS	均方 MS	實測F值 F value	理論F值 Theoretical F value	
					5 %	1 %
處理 Treatment	7	64707.97	9244.00	13.90		
草種 Grass	3	36477.35	12159.12	18.28**	3.00	4.71
噴播法 Hydroseeding method	1	8096.28	8096.28	12.17**	4.26	7.82
草種×噴播法 Interaction	3	20134.34	6711.45	10.09**	3.00	4.71
機差 Error	24	15962.75	665.11			
總計 Total	31	80670.72				

由表 5 之 F 測驗知噴播法極顯著在 1 % 平準，乃表示二次噴播之生長株數極顯著多於一次噴播者；而草種及草種與噴播法之交感作用極顯著在 1 % 平準。茲再進行多變域測驗 (multiple range test) 如下：

1. 各草種間生長株數之比較如表 6：

表 6：各草種平均生長株數多變域測驗

Table 6: Mean differences in seedlings of grasses hydroseeded with two hydroseeding methods

草種間 Grass	戀風草 Weeping love grass	百喜草 Bahia grass	百慕達草 Bermuda grass	白三葉草 White clover
平均株數 Average seedling	1.8	6.9	7.8	83.3
顯著變域 Range of significance	5 %			
	1 %			

由表 6 得知白三葉草之生長株數極顯著多於戀風草、百喜草及百慕達草；而戀風草、百喜草及百慕達草等三種草種之生長株數無顯著差異。

2. 草種與噴播法之交感作用草種生長株數比較如表 7：

表 7: 草種與噴播法交感作用草種生長株數比較

Table 7: Comparison of grass seedlings for the interaction effect between grasses and hydroseeding methods

噴播法 Hydroseeding method	草種 Grass	戀風草 Weeping love grass	百喜草 Bahia grass	百慕達草 Bermuda grass	白三葉草 White clover	總計 Total
A		16.16*	15.53	11.66	- 43.35**	0
B		-16.16*	- 15.53	- 11.66	43.35**	0
總計 Total	計	0	0	0	0	

由表 7 得知百喜草與百慕達草，一次噴播或二次噴播其效果一致，但戀風草以一次噴播其生長株數多於二次噴播者；白三葉草以二次噴播者其生長株數多於一次噴播者。

(三) 柏油乳劑濃度 1:3 時，不同海拔高度對於草種生長之影響

茲將各小區之生長株數列於表 8:

表 8: 不同海拔高度各草種之生長株數

Table 8: Seedlings of grasses counted on replicated plots at low, medium and high altitudes

草種 Grass	海拔 Altitude	生長株數 Seedlings				計 Total
戀風草 Weeping love grass	低 Low	7	31	18	12	68
	中 Medium	9	6	2	5	22
	高 High	1	1	3	3	8
百慕達草 Bermuda grass	低 Low	35	118	320	322	795
	中 Medium	35	24	9	40	108
	高 High	1	9	1	4	15
百喜草 Bahia grass	低 Low	46	12	40	68	166
	中 Medium	26	25	29	56	136
	高 High	6	11	4	5	26

依表 8 之資料，進行變方分析如表 9:

表 9: 不同海拔高度草種株數變方分析

Table 9: Analysis of variance of seedlings of grasses hydroseeded at low, medium and high altitudes

變異原因 Source of variation	自由度 d.f.	平方和 SS	均方 MS	實測F值 F value	理論F值 Theoretical F value	
					5%	1%
處理 Treatment	8	123777.50	15472.19	6.29		
草種 Grass	2	29316.67	14908.34	6.06**	3.35	5.49
海拔高 Altitude	2	44157.17	22078.09	8.97**	3.35	5.49
草種×海拔高 Interaction	4	49803.66	12450.92	5.06**	2.73	4.11
機差 Error	27	66464.50	2461.65			
總計 Total	35	190242.00				

由表9之F測驗知草種，海拔高及草種與海拔高之交感作用均呈極顯著差異，是故另舉行多變域測驗如下：

1. 各草種間生長株數之比較如表10:

表 10: 各草種平均生長株數多變域測驗

Table 10: Mean differences in seedlings of various grasses hydroseeded

草種間 Grass	戀風草 Weeping love grass	百喜草 Bahia grass	百慕達草 Bermuda grass
平均株數 Average seedling	8.2	27.3	76.5
顯著變域 Range of significance	5%		
	1%		

由表10得知百慕達草之生長株數極顯著多於戀風草與百喜草，但戀風草與百喜草兩者之生長株數無顯著差異。

2. 各海拔高度草種平均生長株數之比較如表11:

表 11: 各海拔高度草種平均生長株數多變域測驗

Table 11: Mean differences in seedlings of grasses hydroseeded at low, medium and high altitudes

海拔高度間 Altitude	高 High	中 Medium	低 Low
平均株數 Average seedling	4.1	22.2	85.8
顯著變域 Range of significance	5 %		1 %

由表11得知低海拔草種之生長株數極顯著多於中海拔與高海拔者，但中海拔之生長株數與高海拔者無顯著差異。

3. 草種與海拔高交感作用草種生長株數比較如表12:

表 12: 草種與海拔高度交感作用草種生長株數比較

Table 12: Comparison of grass seedlings for the interaction effect between grasses and altitudes

海拔高 Altitude	草種 Grass	戀風草 Weeping love grass	百慕達草 Bermuda grass	百喜草 Bahia grass	總計 Total
	低 Low		-39.59*	73.84**	-34.25*
中 Medium		12.50	-34.34*	21.84	0
高 High		27.09	-39.50*	12.41	0
總計 Total		0	0	0	

由表12得知，在低海拔地區於9月實施噴播者百慕達草生長株數較戀風草與百喜草為多，故戀風草與百喜草較差。

四 柏油乳劑濃度 1:3 時，戀風草在不同海拔高度不同時期之生長狀況

茲將各小區之生長株數列於表13:

表 13: 不同海拔高度不同時期戀風草之生長株數

Table 13: Seedlings of weeping love grass counted on replicated plots hydroseeded in February, April and September and at low, medium and high altitudes

海拔 Altitude	時期 Time	生長株數 Seedlings				計 Total
低 Low	2月 Feb.	346	21	1	11	379
	4月 Apr.	212	89	132	38	471
	9月 Sep.	7	31	18	12	68

中 Medium	2月 Feb.	336	181	261	322	1100
	4月 Apr.	150	218	110	95	573
	9月 Sep.	9	6	2	5	22
高 High	2月 Feb.	190	182	243	21	636
	4月 Apr.	79	220	440	144	883
	9月 Sep.	1	1	3	3	8

依表 13 之資料，進行變方分析如表 14:

表14: 不同海拔高度不同時期懸風草株數變方分析

Table 14: Analysis of variance of seedlings of weeping love grass hydroseeded in February, April and September and at low, medium and high altitudes

變異原因 Source of variation	自由度 d.f.	平方和 SS	均方 MS	實測F值 F value	理論 F 值 Theoretical F value	
					5 %	1 %
處理 Treatment	8	297192.00	37149.00	4.43		
海拔高度 Altitude	2	27856.50	13928.25	1.66	3.35	5.49
時期 Time	2	206913.17	103456.59	12.32**	3.35	5.49
海拔高度×時期 Interaction	4	62422.33	15605.58	1.86	2.73	4.11
機差 Error	27	226666.00	8395.04			
總計 Total	35	523858.00				

由表14之F測驗得知海拔高及海拔高與季節之交感作用不呈顯著差異；而時期之F值呈極顯著，是故不同噴播時期間懸風草之生長株數比較如表15:

表 15: 不同時期懸風草平均生長株數多變域測驗

Table 15: Mean differences in seedlings of weeping love grass hydroseeded in different months of the year

時期 Time	9月 Sep.	4月 Apr.	2月 Feb.
平均株數 Average seedling	8.2	160.6	176.3
顯著變域 Range of significance	5 %		
	1 %		

由表15得知2月與4月噴播，戀風草之生長株數極顯著多於9月者，而2月與4月噴播，兩者之生長株數無差異。

(五) 高海拔不同時期不同柏油乳劑濃度白三葉草之生長狀況

茲將各小區之生長株數列於表16:

表 16: 高海拔不同時期不同柏油乳劑濃度白三葉草之生長株數

Table 16: Seedlings of white clover counted on replicated plots hydroseeded in February, April and September and with and without asphalt emulsion

柏油乳劑濃度 Asphalt emulsion concentration	時 期 Time	生 長 株 數 Seedlings				計 Total
Check	2月 Feb.	109	160	302	338	909
	4月 Apr.	8	60	28	28	124
	9月 Sep.	284	240	90	105	719
1:3	2月 Feb.	447	464	351	403	1665
	4月 Apr.	106	36	52	2	196
	9月 Sep.	31	34	19	12	96

依表16之資料，進行變方分析如表17:

表 17: 高海拔不同時期不同柏油乳劑濃度白三葉草株數變方分析

Table 17: Analysis of variance of seedlings of white clover hydroseeded in February, April and September and with and without asphalt emulsion

變 異 原 因 Source of variation	自由度 d.f.	平 方 和 SS	均 方 MS	實測F值 F value	理 論 F 值 Theoretical F value	
					5 %	1 %
處 理 Treatment	5	471423.71	94284.74	21.75		
柏油乳劑濃度 Asphalt emulsion concentration	1	1751.04	1751.04	0.4	4.41	5.98
時 期 Time	2	350817.59	175408.80	39.72**	3.56	4.60
柏油乳劑濃度×時期 Interaction	2	118855.08	9427.54	13.46**	3.56	4.60
機 差 Error	18	79500.25	4416.68			
總 計 Total	23	550923.96				

由表17之 F 測驗知柏油乳劑濃度間不呈顯著，乃表示對照區與柏油乳劑濃度 1:3 區之白三葉草生長株數無差異；至於噴播時期及柏油乳劑濃度與噴播時期之交感作用之F值呈極顯著，乃另舉行測驗如下：

1. 噴播時期間白三葉草生長株數之比較如表18：

表 18：不同時期白三葉草平均生長株數多變域測驗

Table 18: Mean differences in seedlings of white clover hydroseeded in different months of the year

時 期 Time	4 月 April	9 月 September	2 月 February
平 均 株 數 Average seedling	40	101.9	321.8
顯 著 變 域 Range of significance	5 %		
	1 %		

由表18得知 2月噴播之生長株數極顯著多於 4月及 9月，至於 4月與 9月噴播者無顯著差異。

2. 噴播時期與柏油乳劑濃度交感作用白三葉草生長株數比較如表19：

表 19：噴播時期與柏油乳劑濃度交感作用白三葉草生長株數比較

Table 19: Comparison of seedlings of white clover for the interaction effect between time of the year and concentration of asphalt emulsion

時 期 Time	柏油乳劑濃度 Asphalt emulsion conc.	對 照 區 Check	1:3	總 計 Total
	2 月 Feb.		- 85.96**	85.96**
4 月 Apr.		- 0.46	0.46	0
9 月 Sep.		86.42**	- 86.42**	0
總 計 Total		0	0	

由表19得知高海拔地區噴播白三葉草宜在 2月間實施而不宜於 9月噴播。

四、討論與結論 (Discussion and Conclusion)

1. 粘着劑柏油乳劑對於植生草種噴播穩定邊坡效果良好，尤其在雨季噴播時必需採用粘着劑，蓋在實施不同柏油乳劑濃度對於戀風草 (Weeping love grass) 與百慕達草 (Bermuda grass) 生長影響試驗時，噴播完竣隨即降雨，結果顯示混合柏油乳劑者優於對照區；噴播濃度似以1:2及1:3效果較佳。
2. 不同噴播方法對於草種生長影響，經於民國62年9月在南投霧社松岡中興大學溫帶果園海拔高度2,000公尺處噴播結果，二次噴播者優於一次噴播。百喜草 (Bahia grass) 與百慕達草一次與二次噴播效果一致，白三葉草 (White clover) 則宜實施二次噴播，但戀風草則以一次噴播生長情形良好。
3. 戀風草、百慕達草與百喜草三種草種於民國62年9月分別在低海拔 (臺中大坑，海拔高度100公尺)、中海拔 (南投魚池，海拔高度700公尺) 及高海拔 (南投松岡，海拔高度2,000公尺) 噴播結果，百慕達草優於戀風草與百喜草，但戀風草與百喜草無差異，推知百慕達草較耐寒與耐旱。在低海拔地區噴播效果生長情形較中、高海拔地區為優；中、高海拔地區生長情形無差異。
4. 戀風草於民國62年2月、4月及9月分別在低、中、高海拔地區噴播結果，2月與4月噴播者生長情形良好，9月者較差，但2月與4月噴播之生長情形無差異，此係戀風草之生長似受溫度影響所致，故在高溫的環境生長較佳。
5. 白三葉草於民國62年9月在高海拔地區噴播時，生長情形顯著優於百慕達草、百喜草及戀風草。白三葉草於2月噴播者，優於4月及9月，但4月與9月噴播者無顯著差異，故白三葉草雖適於在高海拔 (低溫) 地區生長，但噴播時期仍以2月為宜。

五、參考文獻 (Literature Cited)

1. 周 恆 1960 水土保持學 臺灣省立農學院 pp. 271~292, 572~576.
2. 林 淵 霖 1971 日本集水區經營與植生護坡之研討 中華水土保持學報 2 (2): 18~29.
3. 盛 志 澄 1967 道路沖蝕及其控制 集水區經營研習會講義 臺灣省政府農林廳山地農牧局 10P.
4. 陳 暄 1965 崩塌處理與谷溝防治 台灣公路工程 13(8): PP.1~5.
5. 陳 振 盛 1970 道路邊坡穩定綠化方法的商榷 台灣農業 6(3): PP.119~132.
6. 廖 綿 潛 1969 台灣省應用水土保持方法之檢討 中華林學季刊 3(1): 1~38.
7. 倉田益二郎 1963 綠化工概論 養賢堂 PP.87~108, 267~294.
8. 倉田益二郎 1972 綠化工ガイドブック 紅大貿易株式會社 PP.39~74.
9. 惠 花 安 雄 1964 植生のり面防護工 山海堂 PP.54~60.
10. 新田伸三、小橋澄治 1968 土木工事のり面保護工 鹿島研究所出版會 PP.157~166.
11. Barnett, A. P. 1965. Using perennial grasses and legumes to control runoff and erosion. J. Soil and Water Cons. 20(5):212-215.
12. Collinsworth, L. W., and L. V. Withee, 1962. Revegetating abandoned cropland in the Flint Hills of Kansas. J. Soil and Water Cons. 17(1):17-19.
13. Colman, E. A. 1953. Vegetation and Watershed Management. The Ronald Press Co.
14. Daubenmire, R. F. 1959. Plants and Environment. John Wiley and Sons. New York.

15. Foote, L. E., and A. G. Johnson. 1965. Seedling vigor of five strains of crownvetch. *J. Soil and Water Cons.* 20(5):220-221.
16. Graetz, K. E. 1966. Sericea for erosion protection and beauty along highways. *J. Soil and Water Cons.* 21(3):92-94.
17. Kraebel, C. J. 1936. *Erosion Control on Mountain Roads.* USDA.
18. MacLauchlan, R. S. and A. L. Hagenrichter. 1961. Alternate-row grass-legume seedlings. *J. Soil and Water Cons.* 16(2): 61-64.
19. Odum, E. P. 1959 *Fundamentals of Ecology.* W. B. Saunders Co., Philadelphia, Pennsylvania.
20. Oosting, H. J. 1956. *The Study of Plant Communities.* 2nd ed.
21. Rice, W. L., and F. J. Dragoun. 1965. Effects on runoff volume from perennial prairie grass seeded on cultivated land. *J. Soil and Water Cons.* 20(2):63-64.
22. Richardson, E. C., and E. G. Diseker. 1962. Fertilized native Plants promise quick and cheap roadbank protection. *Soil Cons.* 28(3):68-69.
23. SCS, USDA. 1970. Peanut cuts roadside erosion. *Soil Cons.* 36(3):53.
24. Sheng, T. C. 1966. *Landslide Classification and Studies of Taiwan.* JCRR Forestry Series. N. 10.
25. Stallings, J. H. 1957. *Soil Conservation.* Prentice-Hall, Inc.
26. USDA. 1948. Grass. *The Yearbook of Agriculture.* Washington D. C.
27. Veatch, C. L., and P. Tabor. 1961. Basal seeding of road cut slopes. *J. Soil and Water Cons.* 16(4):184.
28. Vogel, W. G., and W. A. Berg. 1968. Grasses and legumes for cover on acid strip-mine spoils. *J. Soil and Water Cons.* 23(3):89-90.
29. Wheeler, W. A. 1950. *Forage and Pasture Crops.* D. Van Nostrand Company, Inc.
30. Young, W.C. 1968. Ecology of roadside treatment. *J. Soil and Water Cons.* 23 (2): 47-50.



圖 1. 背負式噴播機攪拌草種與柏油乳劑

Figure 1. Mixing the grass seed and asphalt emulsion



圖 2. 噴播機噴播草種

Figure 2. Operating the portable hydroseeder



圖 3. 實施生長調查

Figure 3. Investigating grass seedlings



圖 4. 戀風草噴播後60天生長情形

Figure 4. Growing condition of Weeping love grass, 60 days after hydroseeding



圖 5. 白三葉草噴播後60天生長情形

Figure 5. Growing condition of White clover, 60 days after hydroseeding



圖 6. 百慕達草噴播後60天生長情形

Figure 6. Growing condition of Bermuda grass, 60 days after hydroseeding

Hydroseeding for Road Cut Slope Stabilization with Grass Seed and Asphalt Emulsion

By

Ching-zui Lee*

Summary

Hydroseeding is one of the most efficient methods for erosion control and scenic improvement along highway. The purposes of the experimental program were to find the effective cementing materials and grass seeds for various seasons and proper hydroseeding methods for vegetative stabilization of the cut slopes. The experiments were conducted at Ta-Kang, an elevation of 100m; Yu-Chyr, Nantou, an elevation of 700m and Song-Kang, an elevation of 2,000m. Weeping love grass, Bahia grass, Bermuda grass and White clover were used and mixed with asphalt emulsion as cementing material. The mixture of grass seed, fertilizer and water and asphalt emulsion was shot to the cut slope by a portable hydroseeder carried on the back. The asphalt emulsion had concentrations of 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, and 1:5, a ratio of asphalt emulsion to water in weight. The two hydroseeding methods included spraying the mixture of the seed and asphalt emulsion and spraying the seed first, then the asphalt emulsion. The grasses were hydroseeded in February, April, and September, 1973 at above-mentioned three spots. The seedlings of grasses were counted on the replicated plots about 15, 45, and 90 days after they were seeded.

The results from the data analyses of 90 day growth are summarized as follows:

1. The cementing material of asphalt emulsion was proved effective in providing stability for the grass seeds and seedlings, especially when the grass seeds were hydroseeded during rainy season. The grass seedlings in the plots of 1:2 and 1:3 concentrations of asphalt grew better than those in other plots.
2. Two hydroseeding methods were compared at Song-Kang in September 1973. No significant difference showed in the seedlings of Bahia grass plot and Bermuda grass plot with two methods. The method of spraying seed first, then the asphalt was proper for hydroseeding White clover, while the method of spraying the mixture of the seed and asphalt for Weeping love grass.
3. The Bermuda grass plots had significantly more seedlings than the Weeping love grass and Bahia grass plots about three months after they were hydroseeded in September, 1973 at three experimental spots. This seemed to indicate that

* Instructor, Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University

Bermuda grass could tolerate cold and dry weather. There was no significant difference in the seedlings of Weeping love grass and Bahia grass plots. The grasses hydroseeded at Ta-Kang grew better than those at Yu-Chyr and Song-Kang.

4. The Weeping love grass hydroseeded in February and April grew better than that in September while there was no significant difference between that in February and in April. This seemed to indicate the effect of temperature on the growth of Weeping love grass.
5. The White clover hydroseeded in September at Song-Kang grew much better than other three grasses used. As various seasons is concerned, the White clover hydroseeded in February had significantly more seedlings than those in April and September. So it is advisable to hydroseed White clover in spring.