



現地以電漿技術搭配生物炭優化資材 改善邊坡植生工法效益



國立屏東科技大學 水土保持系
簡士濠 教授

108年02月26日



計畫目的：

- 本計畫擬以“電漿處理過的草種”，加入噴植工法中常用之噴植基材中，並研究不同配比組合下，對提升邊坡植生工法之(1)發芽率、(2)存活率、(3)植被覆蓋率、(4)原生樹種入侵比例及速率。
- 本計畫以“電漿濺鍍後草種”在應用邊坡噴植工法上，評估其技術與可行性，在不增加成本前提(甚至可降低20%以上之成本)下，提升植生工法之施工成效。



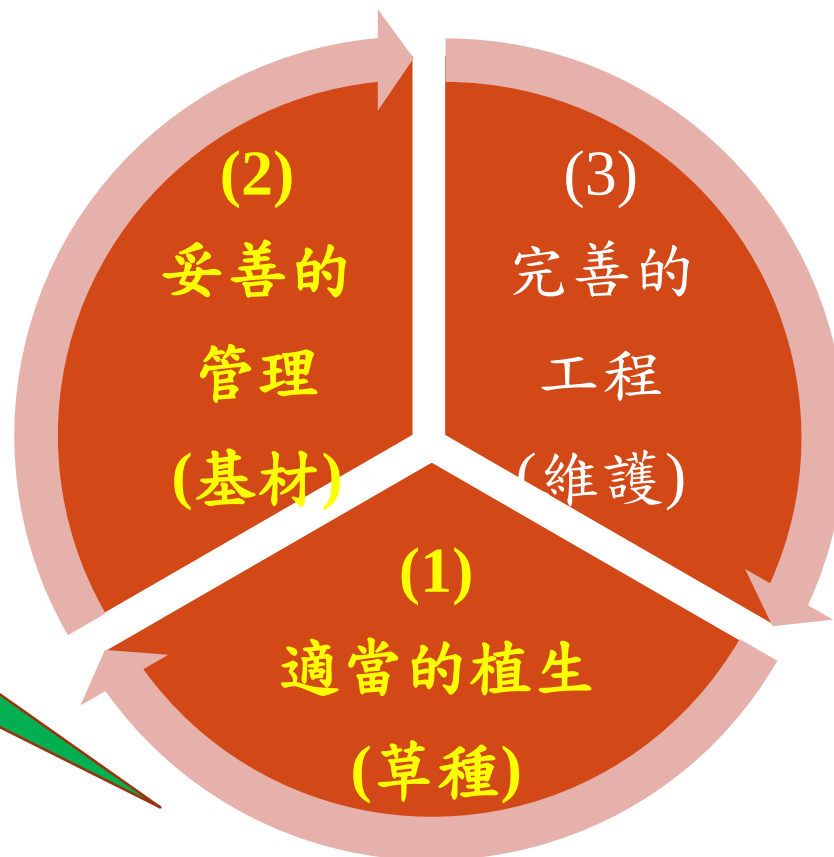
成功的邊坡植生條件：

1. 有機質的維持
2. 保水及土壤肥力
3. 草種的優劣

坡度的限制

利用工法克服

- 水泥格框
- 階段平台





解決問題之必要性與應用性 (1)：

- 將資材(培養土、木屑) + 黏著劑 + 草種 (傳統技術)，
於噴植工法中具有3個問題：
- 1) 草種品質不佳；
- 2) 噴植資材品質不佳，發芽效率不彰 (前30天，<30%)；如
噴植資材不具抗沖蝕能力，將提高成本風險。
- 3) 黏著劑濃度影響種子發芽率及其代謝產物具環境危害
(PAM之代謝產物)



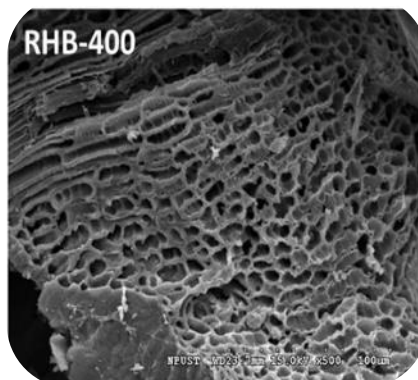


解決問題之必要性與應用性 (2)：

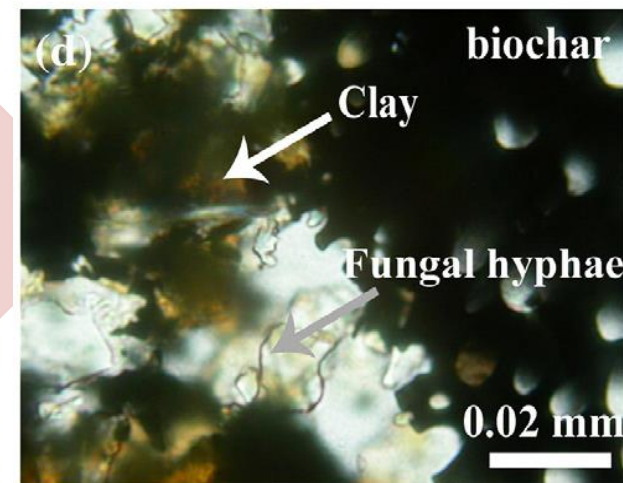
- **生物炭(Biochar)**為一富含碳之固形資材，**具多孔隙、高比表面積及增加微生物棲息空間等特性**。



- pH 6-9；可兼作為**土壤改良資材**；
- 具**肥力**(鉀肥)，可促進作物生長；
- **抗風化**，可永續土壤品質。



- **多孔隙、多官能基**，**保水力極佳**，形成**團粒快速**，兼具**抗沖蝕能力**；
- 提供**微生物棲息場所**，**養分轉替快**。



整體效益：

1. 達成農業廢棄物減量與資源再利用之雙重效果 (循環經濟)；

2. 建立“生物炭”於植生工法上之效益評估與技術，並透過生物炭施用提高噴植工法植生生長效率以降低施工成本。

a. 生物炭取代培養土；



\$ 20-30元/公斤

b. 生物炭取代黏著劑使用之可行性。



\$ 5-10元/公斤

生物炭

3. 運用“**大氣電漿技術**”加強草種植栽發芽率與生長速率，提升噴植工法植生之生長效率。



重要工作項目及試驗設計：

運用「生物炭優化資材」及「電漿濺鍍草種」作為改善邊坡植生之生長效益

噴植資材之
選擇

- 培養土 + 木屑；
- 2% 稻殼炭；
- 0.005% 陰離子型聚丙烯醯胺 (Polyacrylamide, PAM)。

電漿濺鍍草種
(試驗設計)

- 空白試驗 (培養土、生物炭及PAM)；
- 電漿功率及濺鍍時間 (15 W、30 W及45 W) (5分鐘)；
- 草種 (百喜草及百慕達草) (泡水4 hr)。

4重複

室內發芽
試驗

- 發芽率；
- 覆蓋率。

進行21天

試驗處理：

- CK+未濺鍍電漿草種 (未鍍)；
- CK+電漿功率15W之草種 (15W+5min)；
- CK+電漿功率30W之草種 (30W+5min)；
- CK+電漿功率45W之草種 (45W+5min)。

現地坡地
試驗

現地條件：

- 坡度: 40°；
- 格框大小 : 1.5 m × 1.5 m；

試驗項目：

- 土壤保水性試驗；
- 種子發芽率
- 植被覆蓋率。

進行21天與60天觀察



現地坡地試驗 (台南市龍崎區)

2重複

試驗處理:

• CK+百慕達 (CK_BD) ;

• CK+百喜草 (CK_BH) ;

無任何處理

• CK+電漿後百喜草 (CK_BH+P) ;

• CK+電漿後百慕達草 (CK_BD+P) ;

僅種子電漿處理

• 生物炭+ PAM +百慕達草 (P50_B2_BD) ;

• 生物炭+ PAM +生百喜草 (P50_B2_BH) ;

僅優化資材處理

• 生物炭+ PAM +電漿後百慕達草 (P50_B2_BD+P) ;

• 生物炭+ PAM +電漿後百喜草 (P50_B2_BH+P) 。

種子電漿+優
化資材處理



現地試驗及噴植過程





現地試驗狀況 (噴植後21天)

2017.06.15 ~ 2017.07.06





現地試驗狀況 (噴植後2月)

2017.06.15 ~ 2017.08.15





現地試驗狀況 (噴植後3月)

2017.06.15 ~ 2017.09.15





現地試驗狀況 (噴植後4月)

2017.06.15 ~ 2017.10.15





現地試驗狀況 (噴植後5月)

2017.06.15 ~ 2017.11.15



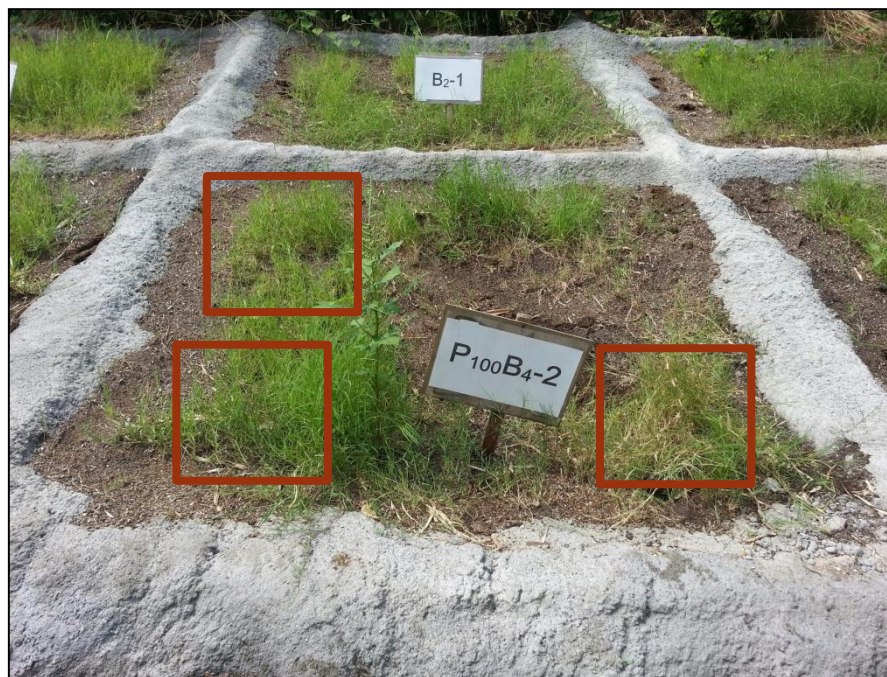
工作項目：發芽率 & 覆蓋率

- 發芽率 (germination percentage, GP):

試驗結束時之發芽種子數占供試種子總數之百分比。

- 覆蓋率：利用 Image J 軟體，以 K-means 方法計算各時期草種覆蓋率。

各格框約噴植1800-2000顆種子，假設均勻噴植，平均每觀測子框約200顆種子。



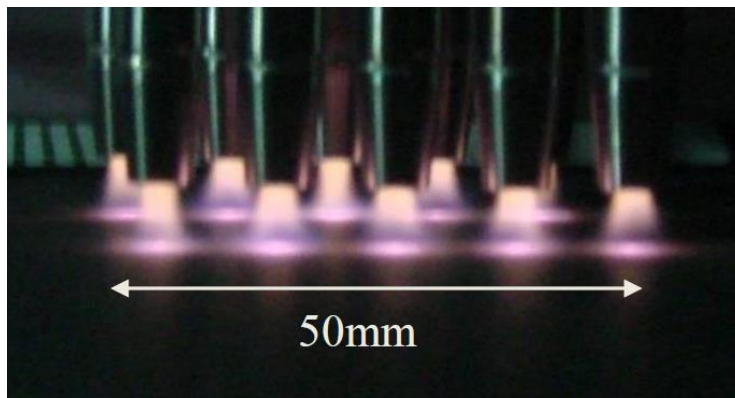


大氣電漿 (常壓電漿)

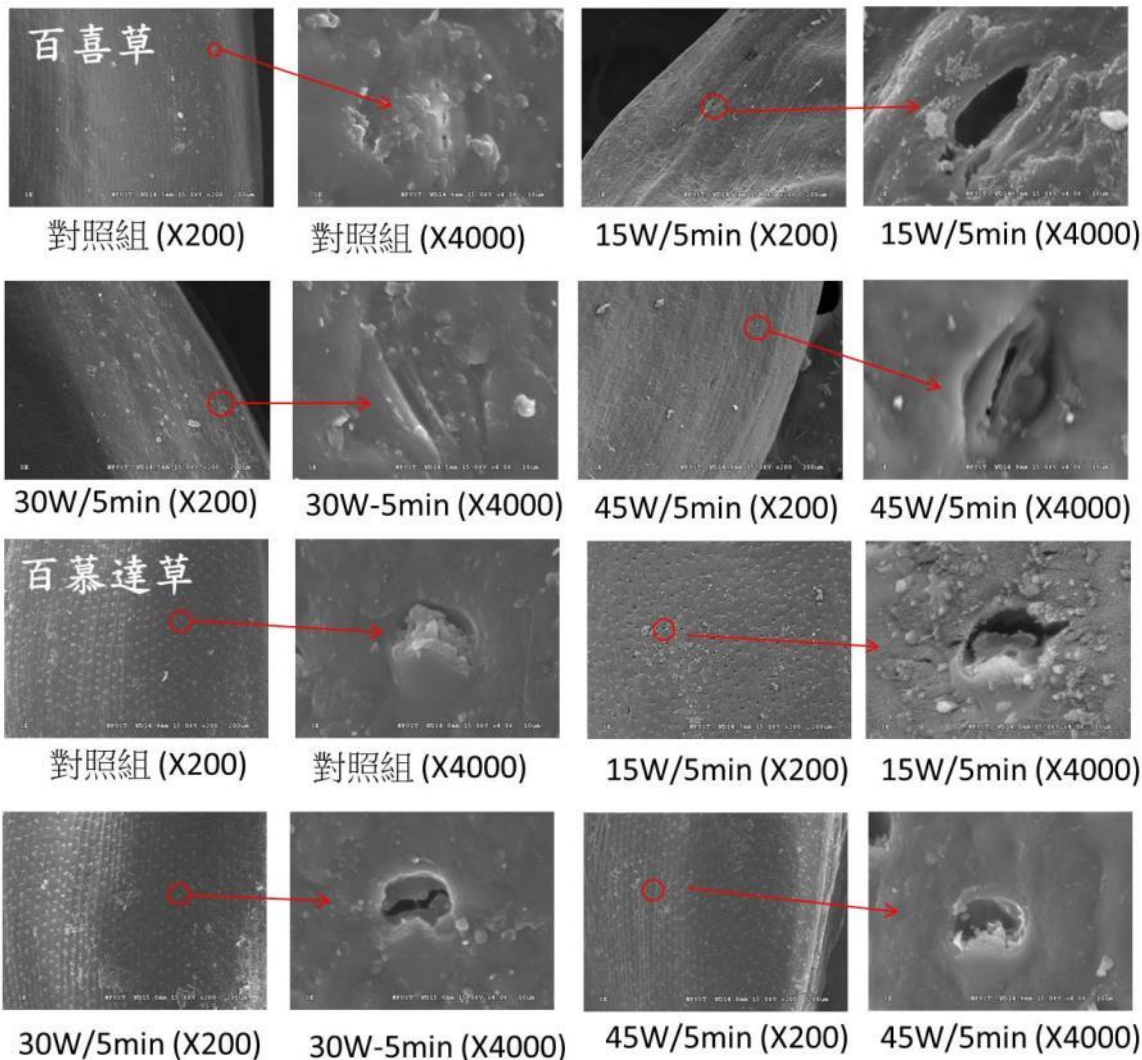
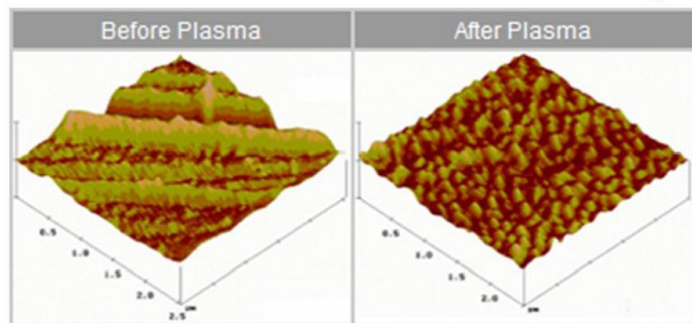
- 電漿為氣體物質在磁場中被解離成正負粒子的狀態。基本上電漿含有陰陽離子、電子、高反應性的自由基和中性粒子。在電場中，由於電子的平均自由徑中（mean free path）較陽離子大很多，因此電子可被急劇加速，累積至極高能量。
- 解離所產生的電子再受電場加速，與原、分子碰撞，產生更多的電子、離子或自由基，形成連鎖反應，最後形成具有高能電子及更高反應性自由基的電漿狀態。
- 「常壓電漿技術」設備與操作成本低、操作速度快、可適用於連續式的製程操作，因此容易與其他連續式的設備相結合而大幅提升生產效率，目前已是產學界積極研究的題目之一。



電漿濺鍍種子 SEM 微形態觀察



粗糙度變大





室內試驗 (電漿濺鍍)

試驗草種	種植時間(天)	氣溫(℃)	濕度(%)
百喜草	21	24	83
			
未鍍	15W-5 min	30W-5 min	45W-5 min

試驗草種	種植時間(天)	氣溫(℃)	濕度(%)
百慕達草	21	23.3	83
			
未鍍	15W-5 min	30W-5 min	45W-5 min

瓦數一分鐘數	試種數	發芽數	發芽率(%)
百喜草			
未鍍	20	2	10
15W—5min	20	9	45
30W—5min	20	13	65
45W—5min	20	3	15
百慕達草			
未鍍	20	8	40
15W—5min	20	5	25
30W—5min	20	12	60
45W—5min	20	2	10

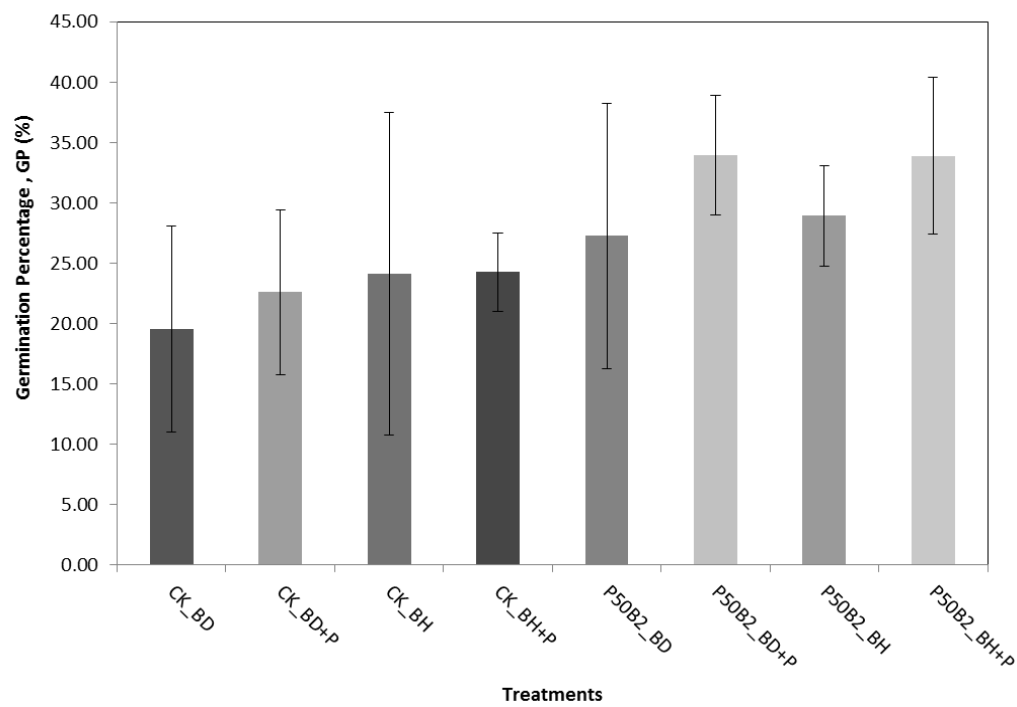


施用資材(培養土、生物炭及PAM)之 基本性質分析

Items	Substrate (培養土)	Biochar (rice husk)	Polyacrylamide (PAM)
pH	5.9 ± 0.1	6.9 ± 0.1	8.0 ± 0.1
TC (%)	84 ± 2.0	41 ± 0.3	82 ± 3.0
C/N	2.0	-	-
TN(g kg ⁻¹)	46.6 ± 1.78	3.67 ± 0.49	-
IN(mg kg ⁻¹)	453 ± 3.0	187 ± 38	-
Ex. Ca(mg kg ⁻¹)	242 ± 0	940 ± 40	-
Ex. Mg(mg kg ⁻¹)	75.0 ± 1	57 ± 2.0	-
Ex. K(mg kg ⁻¹)	15720 ± 110	188 ± 3.00	-



現地種子發芽率與提升率 (21天):



Sample	發芽率(%)	提升率(%)
CK_BD	19.5 ± 8.55	3.05
CK_BD+P	22.6 ± 6.80	
CK_BH	24.2 ± 13.3	0.10
CK_BH+P	24.3 ± 3.25	
P50B2_BD	27.3 ± 10.9	6.67
P50B2_BD+P	33.9 ± 4.96	
P50B2_BH	28.9 ± 4.15	19.0
P50B2_BH+P	33.9 ± 6.48	

現地發芽情形照片



P50B2_BD

電漿濺鍍



P50B2_BD_P



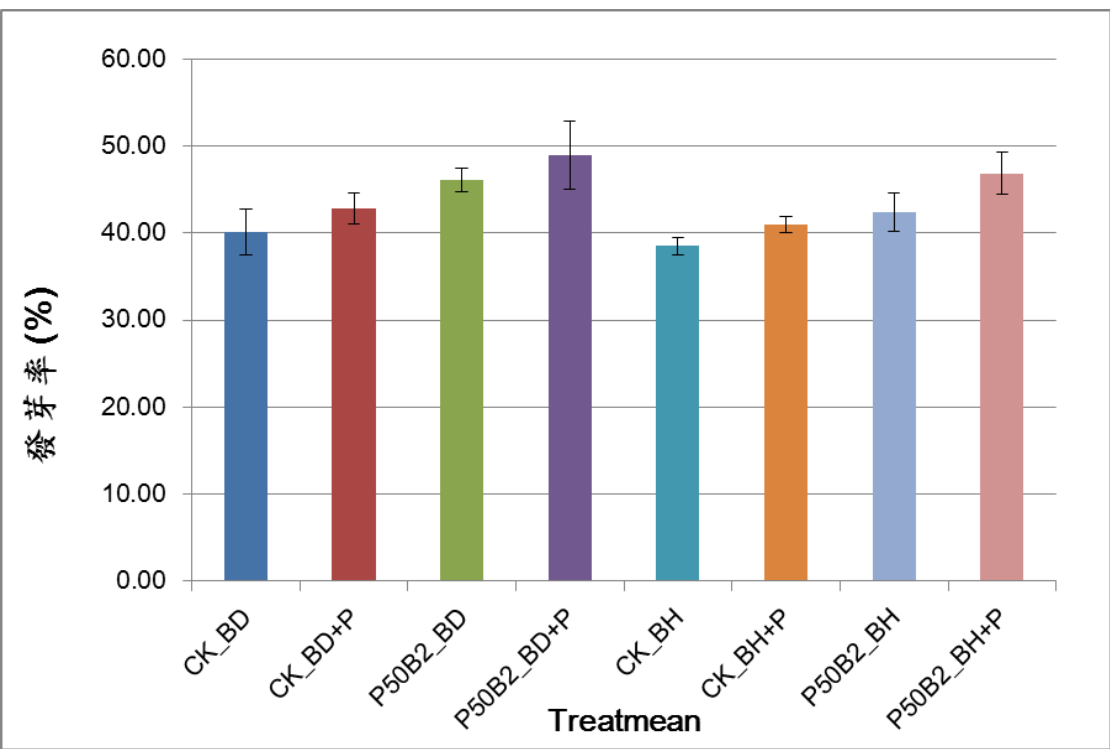
P50B2_BH



P50B2_BH_P



現地種子發芽率 (60天):



Samples	發芽率(%)
CK_BD	40.2±2.65
CK_BD+P	42.9±1.75
P50B2_BD	46.1±1.33
P50B2_BD+P	48.9±3.90
CK_BH	38.5±1.00
CK_BH+P	41.0±0.90
P50B2_BH	42.4±2.16
P50B2_BH+P	46.9±2.39

現地發芽情形照片(60天)



圖 4.3 P50B2_BD



圖 4.4 P50B2_BD+P



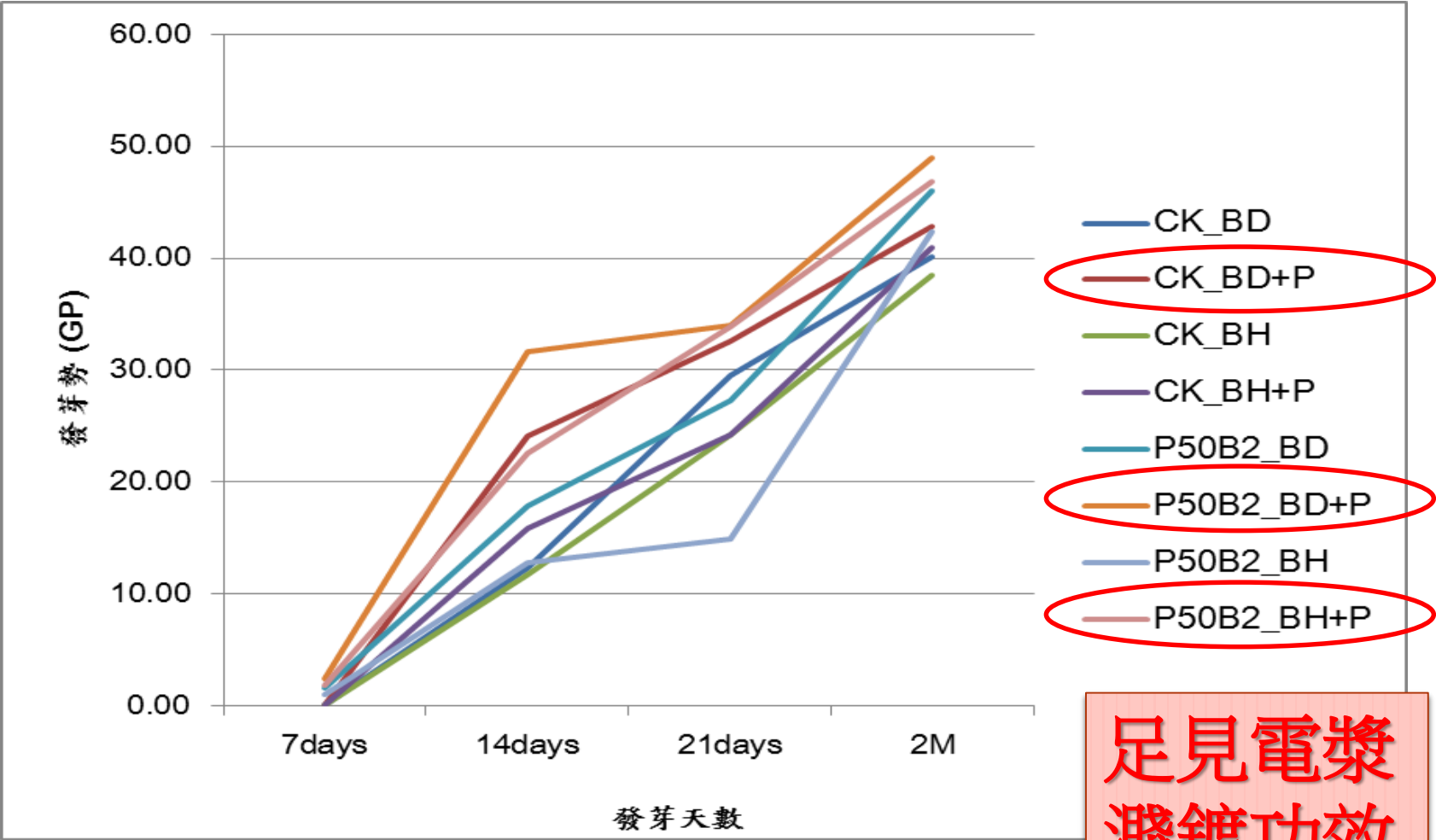
圖 4.5 P50B2_BH



圖 4.6 P50B2_BH+P

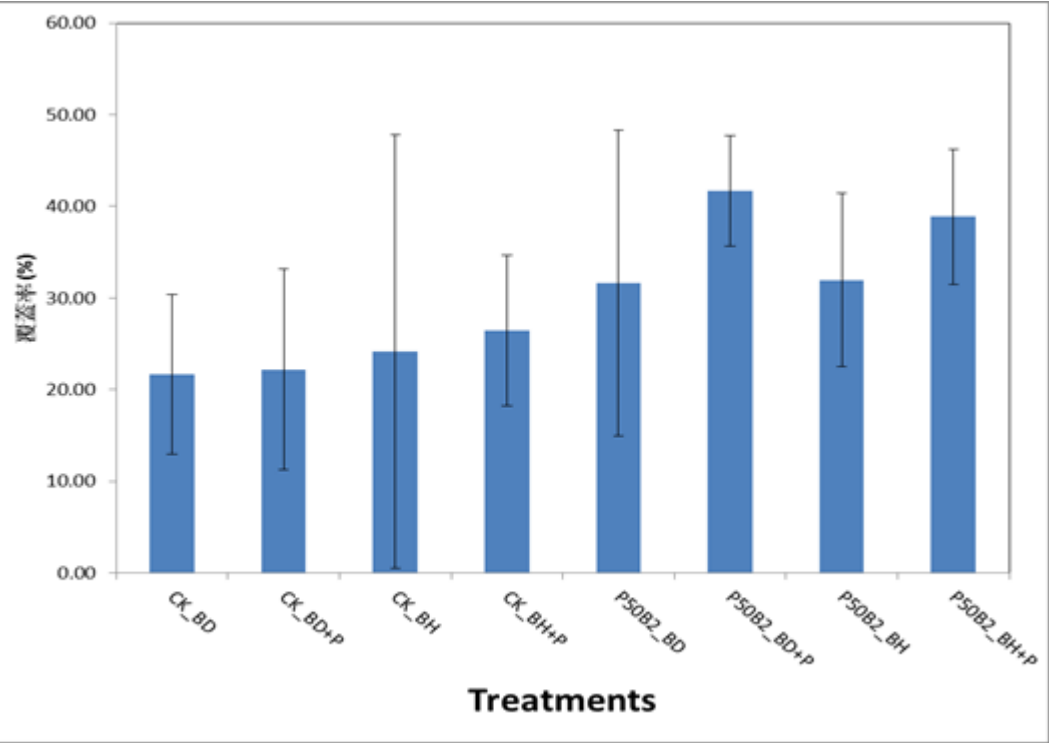


現地種子發芽勢 (60天):





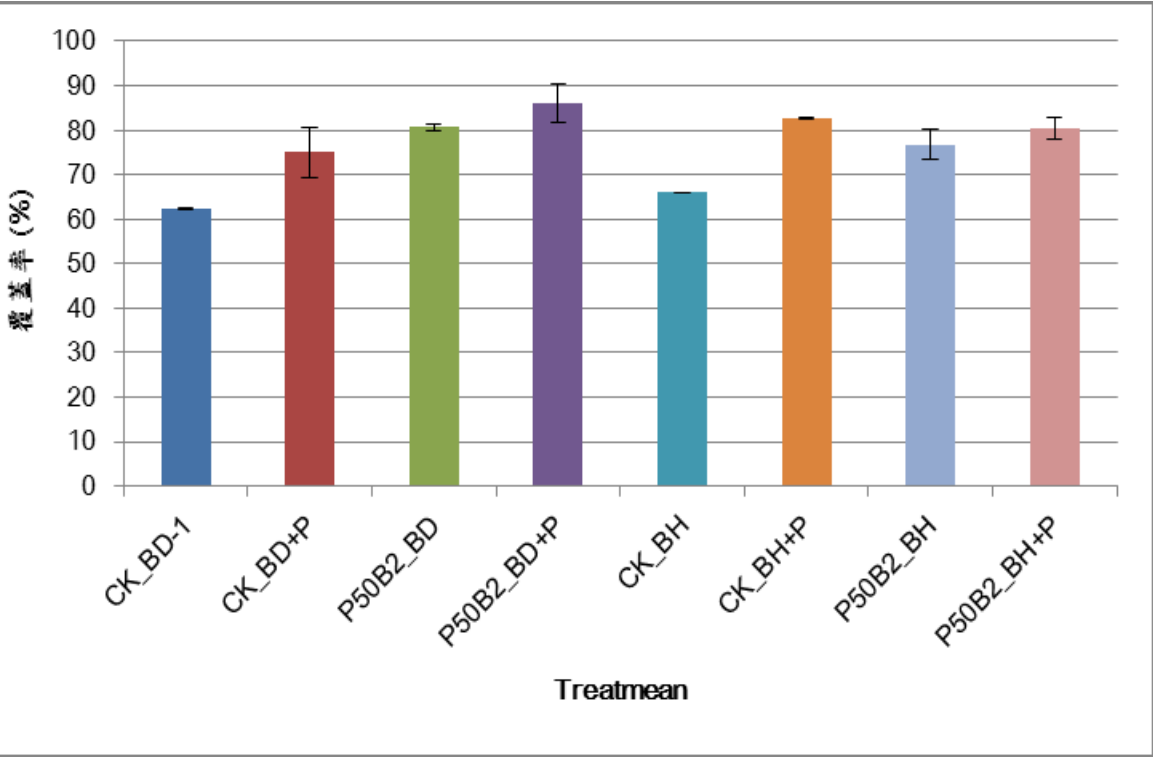
現地種子發芽覆蓋率 (21天):



Sample	發芽率(%)	提升率(%)
CK_BD	21.7 ± 8.72	0.49
CK_BD+P	22.2 ± 10.9	
CK_BH	26.2 ± 23.7	1.25
CK_BH+P	26.4 ± 8.18	
P50B2_BD	31.6 ± 16.7	10.1
P50B2_BD+P	41.7 ± 6.03	
P50B2_BH	31.9 ± 9.43	16.9
P50B2_BH+P	38.9 ± 7.39	



現地種子發芽覆蓋率 (4個月):



Sample	覆蓋率(%)
CK_BD	62.4 ± 0.12
CK_BD+P	75.0 ± 5.66
P50B2_BD	80.7 ± 0.78
P50B2_BD+P	85.9 ± 4.32
CK_BH	65.9 ± 0.07
CK_BH+P	82.7 ± 0.28
P50B2_BH	76.8 ± 3.30
P50B2_BH+P	80.4 ± 2.57



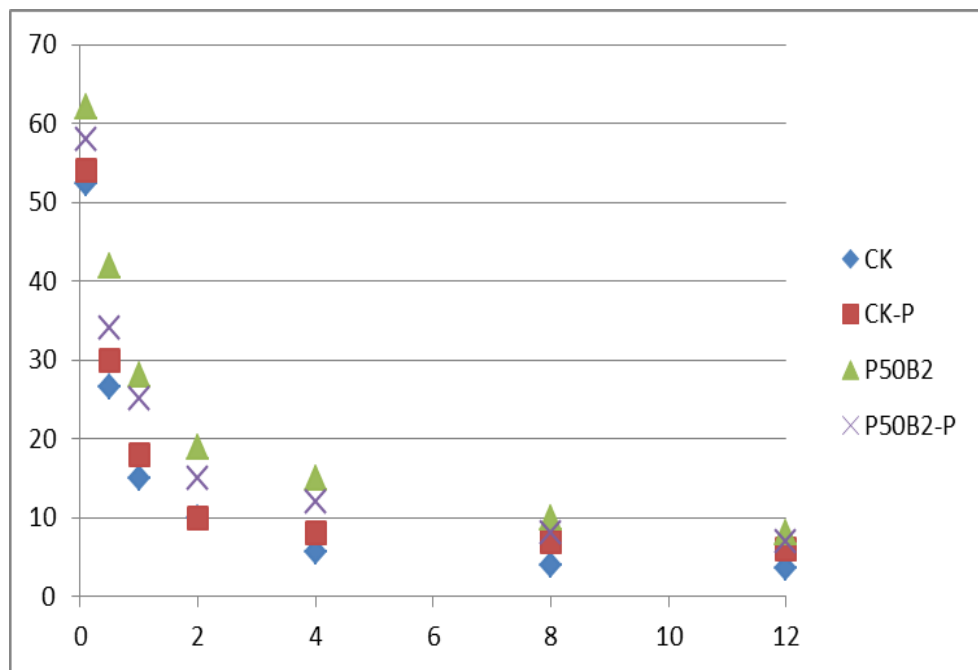
現地種子存活率 (4個月):

Samples	存活率(%)
CK_BD	25.9
CK_BD+P	30.7
P50B2_BD	24.8
P50B2_BD+P	31.9
CK_BH	19.9
CK_BH+P	28.2
P50B2_BH	25.5
P50B2_BH+P	31.5

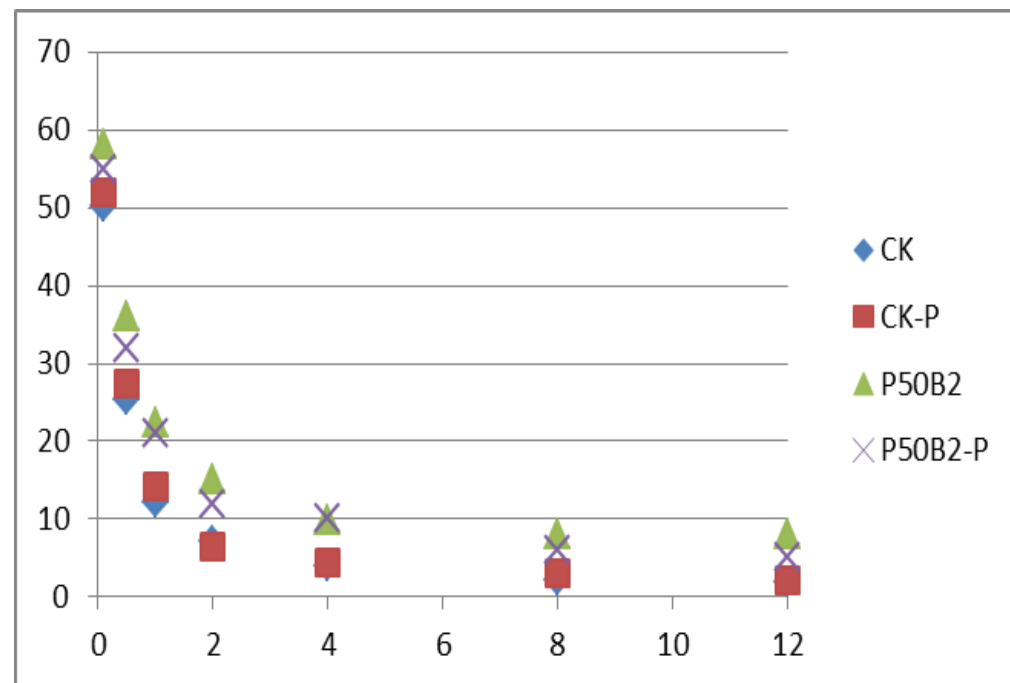


百慕達草與百喜草區之土壤保水度

● 水分特性曲線



百慕達草區



百喜草區



成本效益分析

工法	品項	價錢	所需量(假設)	工程總成本分析
傳統噴植	培養土 種子 黏著劑	8元/公斤 400/公斤 30/公升	假設需要2噸培養土、50公斤草種及100公升黏著劑。 (假設受汛期颱風破壞，考量需2次工程)	$8*2000+400*50+30*100$ $= 16,000+20,000+3,000 =$ $39,000*2 = \mathbf{78,000\ NT}$
創新技術I (培養土+生物炭)	培養土 生物炭 種子 黏著劑	8元/公斤(可減量) 10元/公斤(2% 400/公斤 30/公升	同上，但僅需噸培養土且僅一次工程	$8*1500+10*30+400*50+30*$ $=$ $\mathbf{35,300\ NT}$
創新技術II (培養土+生物炭+電漿種子)	培養土 生物炭 電漿種子 黏著劑	8元/公斤 10元/公斤 800/公斤 30/公升		$8*1500+10*30+800*50+30*$ $=$ $\mathbf{55,300\ NT}$



結論與建議

1. 種子噴值前已電漿濺鍍將有效提升發芽率；優化資材的環境將有效提升覆蓋率。
2. 電漿濺鍍種子發芽率試驗主要以30W-5min的濺鍍條件可使種子氣孔開啟，且有效增加發率至60 %以上。
3. 現地試驗(截至11月底為止)均以PAM 50ppm + 2% Biochar混合電漿處理後之種子在植物發芽率(~50%)、覆蓋率(~85%)中與存活率(~31%)最佳。
4. 現地保水性試驗，兩測試草種皆以PAM 50ppm + 2% Biochar處理區最佳，可提升約3-5%的保水能力。



智慧邊坡植生工法

- 概念&構想



善用智慧機具來進行
無人機掀農業新革命 衛星遙測作物情資





簡報完畢
感謝聆聽