

灌排水路種草護坡研究試驗

Experiment on Treatment of Weeds and Selection of Effective Grasses for Irrigation and Drainage Channels

臺大農工系副教授

嘉南水利會管理員

臺大農工系助教

吳銘塘

郭俊開

陳增壽

壹、摘要

本試驗自民國 64 年 4 月起，迄 64 年 12 月，分別在學甲試驗田、麻豆中給水路、七股大排水路進行，雖歷時僅數月，但所獲結果甚為理想。在未完成內面工之各級灌排水路現況下，適當種植草類不失為維護水路經濟及有效之措施，蓋草類除可固結土壤外，地上部莖葉密集，對雜草之生長並具有抑制作用。然而草溝之修築及其完成後之維護管理工作却是細微繁鎖，牽涉廣泛，必須持之以恆，鍥而不捨，方可奏其功。預計在未來數年內，灌排水路種草護坡在嘉南地區全面推廣實施後，必然可節省龐大的改善工程費用。茲將本年試驗研究所得結果摘要敘述如下：

1. 灌排水路種草之前，宜連續噴施二次至四次之萌後殺草劑，俟大部份雜草有被撲滅之趨勢時，以人工清理溝內殘株塊根或其他雜物，並按設計規定整修內坡。

2. 本省南部六月至九月為雨季期間，坡面易被沖蝕，宜設法在雨季來臨之前完成坡面全部之覆蓋。因此，二月上旬至三月中旬為種草最適時期。

3. 供試草類中，以百喜草最適種於大排水路，狗牙根適種於中給灌溉水路，該二種草類護坡效果最佳，移植後容易成活，並耐浸、耐旱。

4. 夏季草苗分株移植後至完全覆蓋所需日數，以狗牙根草最速 (76 天)，其次為臺灣雀稗 98 天，百喜草 99 天，地毯草 106 天。

5. 移植後 150 天，各草類之平均株高以百喜草 50cm 為最高，狗牙根 28 cm 次之，地毯草 22 cm 及臺灣雀稗 15 cm 再次之。

6. 不同種植密度對大排內坡土壤沖蝕之差異顯著，行株距 15 cm、20 cm 及 30 cm 之累積沖蝕土深分別為 38.7 mm，53.6mm，72.8 mm，顯示種草密度愈大，土壤之流失愈小，但覆蓋之草類不同，對沖蝕之差異並不顯著。

7. 供試草類連續 15 天浸水處理中，以狗牙根、百喜草之存活率最高，分別為 97% 及 93%，地毯草及臺灣雀稗則分別為 57% 及 18%。各處理浸水之存活率，除百喜草與狗牙根未達顯著水準外，其餘每二草類間均為顯著或極顯著。

8. 草類與種植密度及其交感作用對株高之影響不顯著。

9. 草類完全浸沒水中後之存活率隨浸沒時間、浸沒深度及水之濁度的增加而減少。

10. 水理試驗分在 64 年 7/7, 9/6, 9/28 及 10/8 共實施四次，每次流量自 0.02 至 0.11 m³/sec 之間，流速在 0.2~0.5 m/sec 之間，渠道設計坡度為 $\frac{1}{600}$ 及 $\frac{1}{1000}$ (詳見圖 1)。試驗結果，狗牙根草之實測 n 值 (阻滯係數) 約在 0.022 至 0.066 之間，最大 n 值估計可達 0.07 (詳見圖 3)。試驗期間之平均草長約 25.5cm，覆蓋率約 92%。

貳、緒言

據調查嘉南水利會灌溉區域內各級大小渠道，除幹支線已完成內面工之設施外，其他各大中小排水路及中小給水路，總長約萬餘公里均屬土渠，此等土渠常因雜草叢生，鼠洞比隣，每年於通水之前，必須耗費龐大之經費加以整除與修補。為改善此等水路，除繼續鋪砌內面工外，如能在渠道上適當地種植草類，以抑制雜草之生長，亦不失為一項經濟及有效措施。因此特由農復會補助經費，辦理本項試驗研究工作。

灌排水路施工完成後為能保持其設計斷面及溝道之暢通，必須時時予以維護，雖然如此，仍難免有漏水、淤塞、沖蝕、崩塌及雜草滋生，故種草護坡及其完善之管理制度的建立為刻不容緩的工作。大致上，灌排水路內坡種草具有下列數項優點：其一為矮生草類具有保護灌排渠道內坡穩定，抑制雜草蔓生之特點。其二可減少坡面沖蝕或崩塌。其三可美化環境，

在可預見將來，一旦嘉南地區各級灌排水路種草全面完成後，則草類生長整齊，雜草不復存在，當可令人有一番悅目之感。

嘉南地區耕地遼闊，土壤條件變異頗大，種草方法及草類之選擇已非一、二種處理所能概括，其所涉及問題之內容十分複雜，不僅須考慮草類之性狀習性、種植方法、維護管理以及土壤質地，對於水流之阻滯程度，坡面穩定之各種水理，亦為不可忽視之問題。國外之研究資料與方法雖可供參考，但並不能直接完全引用於國內；尤其草類之選擇，國內之野生草或許較國外引進草更具選用之優點。本省南部氣候甚易繁衍野生莠草，且降雨密集坡面容易沖蝕崩塌；近海地區之排水路又因含鹽量太高，護坡草類不易種植成活，因此欲求種草護坡確切有效，必須綜合運用農藝、水利、土壤等各方面技術，不斷由試驗中收集有關基本研究資料。

在大排種草護坡工作中常有不同的觀念來決定其作業程序，有以施藥撲滅雜草在先，施工種草在後，有以施工種草在先，施藥撲滅雜草在後。灌溉給水路種草作業之程序又往往必須配合渠道輸水時期，否則極易導致除草劑藥效之降低。又為防止降雨之沖蝕，種草施工後必須在雨季來臨前有良好的覆蓋。欲達此目的，必須辦理試驗，觀察各種草類之性狀習性及其完全覆蓋所需日數，並研究有關問題，配合現狀以節省工程經費。

本試驗承蒙農復會補助經費，畜產試驗所、臺南區改良場新化分場提供草苗、美國孟山都公司臺灣分公司代理商林克明先生提供殺草劑、臺大農藝系贈送「臺灣耕地之雜草」一書，現場試驗工作承蒙王錦鈺、姜瑞國、林石獅、顏丁串等諸先生協力執行，謹此一併致謝。

叁、護坡草類耐浸性試驗

一、試驗目的

1. 觀測草類浸沒在水中後之存活率。
2. 尋求最適於灌排水路覆蓋之草類。
3. 探討不同草類完全浸沒於水中之抗性及浸水時間長短對草類生育之影響。
4. 探討草類及浸水日數二因子間之相關關係。

二、試驗方法與設計

1. 供試草類：(1)狗牙根 (Bermuda grass)，

(2)地毯草 (Carpet grass)，(3)百喜草 (Bahia grass)，(4)臺灣雀稗 (Paspalum sp.)。

2. 試驗處理：

參試因子計有草類種別四種及浸水日數（分為15天、7天、4天及2天）四種，共組成 $4 \times 4 = 16$ 種處理，重複兩次。

3. 試驗設計：

田間試驗採用裂區設計法 (Split plot design)，以浸水日數為主試因，四種草類為副試因，主處理之佈置方式採用逢機完全區集設計法，重複兩次，其設計步驟係先將試驗所需之 32 個小試區全部劃出（每區面積為 $6 \times 5 = 30 \text{ m}^2$ ），其次以鄰近之每 16 小區劃分為一區集，全試區分為二區集。然後分別在各大試區內以四種草類逢機決定各佔一個小區，再繼續分別在各區集中以浸水日數四種試級逢機決定各佔一個試區。試驗結束後，將各個試區之存活率、覆蓋率及生育調查記錄資料經綜合均方顯著性測驗，分離各種因子之變異性，並以各項統計分析方法，將草類及浸水日數二試因各變級間交感作用或各處理組合間之效應作比較，進行其差異個別顯著性測驗。

4. 田間管理與觀測項目：

本試驗於 64 年 5 月上旬整地，將所有雜草拔除後，於 7 月初旬開始移植，各區行株距各為 20cm，分株移植時，以二株至三株為一苗，每苗種入土中三分之一，露出田面三分之二，加壓澆水。移植初期，適當保護草類，以避免枯死，如有缺株，立即補植。生長期中並施以適量尿素，以促進草類之生長。俟草類成活後，約每隔十天調查其株高、根系分佈一次，浸水處理後七天內每日調查存活率。

三、試驗結果

1. 草類株高差異顯著性測驗：

本試驗自 64 年 7 月 2 日移植，除部份草苗因枯死而須補植外，各區草苗之生育狀況均甚良好，由表 1 之記錄知，移植後 30 天，地毯草及臺灣雀稗之株高分別為 6.5 公分及 6.9 公分外，百喜草及狗牙根草株高均已超過 10 公分，待至第 150 天後，各草類之平均株高以百喜草 50.4 公分為最高，狗牙根草 28.3 公分次之，再次為地毯草 21.9 公分及臺灣雀稗 14.8 公分。茲將移植後各調查記錄列表如下：

表 1. 供試草類株高調查記錄 (四重複平均)

單位: cm

草類 \ 移植後日數	30	44	51	61	68	78	91	103	119	136	150
百喜草	12.3	14.9	17.1	25.7	32.3	34.0	36.9	39.1	42.9	47.6	50.4
地毯草	6.5	8.2	11.5	13.4	13.5	13.8	14.8	15.0	15.5	18.1	21.9
狗牙根草	10.3	15.0	16.1	20.5	21.3	21.6	22.7	25.5	27.9	28.2	28.3
臺灣雀稗	6.9	9.3	10.9	11.0	12.6	13.4	15.4	16.8	12.7	12.4	14.8

根據移植後 150 天草高調查資料, 經顯著性測驗得悉, 處理之實測 F 值為 138.00, 理論 F (0.05, 0.01) 值分別為 3.49 及 5.95, 因此, 各草類之株高有極顯著差異。

再以最小差異顯著標準 (L. S. D) 進行每二草種株高平均值之差異顯著性測驗, 其結果如表 2 所示, 亦即任何二草類間之株高差異均極顯著。

表 2. 株高梯形比較表

草類	平均株高			
百喜草	50.4	百喜草		
狗牙根草	28.3	22.1**	狗牙根	
地毯草	21.8	28.6**	6.5**	地毯草
臺灣雀稗	14.8	35.6**	13.5**	7.0**

$$\text{最小顯著差 L. S. D } (P_{0.05}^{0.05}) = 3.99$$

$$(P_{0.01}) = 5.60$$

表 3. 各種草類覆蓋率調查記錄 (四處理二重複平均值)

單位: %

草類 \ 移植後日數	10	23	35	48	55	65	72	82	65	107	分株移植後至完全覆蓋所需日數
百喜草	7.5	30.0	63.1	75.0	80.0	84.4	91.3	94.4	98.1	100	99.1
地毯草	5.6	23.8	41.3	48.1	51.9	63.8	70.6	85.0	95.0	100	105.7
狗牙根草	9.4	35.6	71.9	83.8	88.1	93.1	97.5	100.0	100.0	100	75.7
臺灣雀稗	6.9	33.2	57.5	63.1	68.1	74.4	81.3	90.6	96.2	100	98.2

表 4. 供試草類完全覆蓋日數差異顯著性比較

草類	覆蓋日數 (平均值)			
狗牙根草	75.7	狗牙根		
臺灣雀稗	98.2	22.5**	臺灣雀稗	
百喜草	99.1	23.4**	0.9	百喜草
地毯草	105.7	30.0**	7.5**	6.6**

(註) 本計算參閱張魯智著: 「試驗技術講義」

pp. 41~45. 多種變域測驗法。

2. 草類覆蓋率差異顯著性測驗:

本試驗草類移植後平均每隔十日調查各個試區內草類之覆蓋率, 並分別記錄其完全覆蓋所需日數, 再以變域分析法, 探討四種供試草類之覆蓋率差異顯著性, 俾供今後灌排種草施工時對草類之選擇。根據試驗觀測結果, 顯示在行株距 20×20 公分之種植密度下, 分株移植後到達完全覆蓋所需之日數, 以狗牙根草最快 (76 天), 其次為臺灣雀稗 98 天及百喜草 99 天, 再次為地毯草 106 天。若就分株移植後同一生育日數之各次觀測, 亦顯示狗牙根草之平均覆蓋率為最高, 地毯草為最低。茲將各草類之覆蓋率調查記錄列於表 3:

依據各區集草類完全覆蓋所需日數之調查資料, 經變域分析結果, 顯示各草類覆蓋日數之差異極為顯著, 即實測 F 值 53.6 大於理論 F 值 3.1 (5%) 及 4.8 (1%)

再以多種變域測驗法, 進行每二草類覆蓋日數平均值之差異顯著性測驗, 結果如表 4 所示。

3. 草類浸水存活率差異顯著性測驗:

本試驗對各種草類浸水處理後, 依據觀測調查記錄, 以百喜草及狗牙根草兩種草類較為耐浸, 此兩種草類經 15 天浸水後, 其存活率仍達 93% 以上, 至於臺灣雀稗及地毯草則比較不耐浸水, 經調查臺灣雀稗施行 4 天浸水處理後, 其平均存活率僅 60%, 地毯草則有 82%。茲將存活率調查記錄及變域分析結果列表如下:

表 5. 供試草類田間浸水存活情形

單位：%

浸水 日數	15天				7天				4天				2天			
	狗牙根	地毯草	百喜草	臺灣雀稗	狗牙根	地毯草	百喜草	臺灣雀稗	狗牙根	地毯草	百喜草	臺灣雀稗	狗牙根	地毯草	百喜草	臺灣雀稗
代號	a ₁ s ₁	a ₂ s ₁	a ₃ s ₁	a ₄ s ₁	a ₁ s ₂	a ₂ s ₂	a ₃ s ₂	a ₄ s ₂	a ₁ s ₃	a ₂ s ₃	a ₃ s ₃	a ₄ s ₃	a ₁ s ₄	a ₂ s ₄	a ₃ s ₄	a ₄ s ₄
重複	I	95	60	90	10	100	80	100	50	100	90	100	65	100	100	100
	II	98	55	95	25	100	60	100	40	100	75	100	55	100	100	100

表 6. 草類間差異比較

草類	存活率 換算值		
狗牙根草	699.0	狗牙根	
百喜草	688.6	10.4	百喜草
地毯草	524.4	174.6**	164.2** 地毯草
臺灣雀稗	414.3	284.7**	274.3** 110.1**

$$LSD (p_{0.05}) = 31.0$$

$$LSD (p_{0.01}) = 43.6$$

肆、大排渠道種草護坡試驗

一、試驗目的

1. 尋求最適於維護排水渠道之草類。
2. 觀測不同草類對大排渠道內坡表土沖蝕之差異。
3. 探討草類之覆蓋率及其最適種植密度。
4. 探討覆蓋率與沖蝕關係。

二、試驗方法與設計

1. 試驗處理：

(1) 供試草類：狗牙根 (a₁)，地毯草 (a₂)，百喜草 (a₃)，臺灣雀稗 (a₄)。

(2) 種植密度：(i) 行株距 15cm, (ii) 20cm, (iii) 30 cm。將上列兩試因所含變級完全組合後，可得 3×4=12 種不同處理。

2. 試驗設計：

採用裂區設計法，以供試草類為主試因，種植密度為副試因，主處理之布置方式採用逢機完全區集設計法，重複兩次。試驗地點設在七股大排水路，全長 1000 m，劃分為 12 小區，每區長 80 m，以左邊坡為第一區集，右邊坡為第二區集，試驗前各區分別噴施化學殺草劑，待其殘毒消失後，以人工修築坡面，

清除雜草，並於種植之前再行噴施萌前殺草劑，然後以分株法三角形種草，生長期中並施以追肥，以促其生長。

3. 觀測及調查項目：

- (1) 試驗期間，每兩週生育調查一次，每區採樣 20 株，調查株高，根系分佈，並以目測法觀察全區之覆蓋率。
- (2) 每區分別在不同坡度選定四點裝置鉛質沖蝕管，雨後調查土壤沖蝕深度。

三、試驗結果

1. 不同草類與種植密度對邊坡沖蝕之差異比較：

本試驗自民國 64 年 9 月上旬完成全部植草作業至沖蝕調查結束 60 天內總降雨量達 129.5 mm，在植草區內邊坡表土之平均沖蝕深度，各草類間之差異並不顯著，此乃因各草類在調查期間均尚未完全覆蓋土面，故沖蝕深度與草類種別無關，但本試驗設有三種不同之植草密度，經試驗調查記錄，顯示種植密度愈大，對表土防止沖蝕之功效愈佳，茲將最後一次之土壤沖蝕深度記錄列表如下：

表 7. 不同草類與種植密度對土壤之沖蝕深度 (mm)

草類 種植密度	百喜草	狗牙根	地毯草	臺灣雀稗	平均
15 cm	11.0	4.1	9.8	13.8	9.7
20 cm	11.3	13.3	13.6	15.4	13.4
30 cm	26.0	15.0	18.3	13.5	18.2
平均	16.1	10.8	13.9	14.2	—

上項資料經變方分析結果得悉，行株距 30 公分與 15 公分之沖蝕量差異極為顯著，但 30 公分與 20 公分，20 公分與 15 公分之間則無顯著差異。

2. 不同種植密度對草類株高之影響：

草類植株若過高，則將增加坡面之粗糙率，因而影響灌排水流之暢通，因此亦為一項不可忽視之間

題。本試驗四種供試草種均屬匍匐性草類，節處生根，匍枝將隨土壤養分與水分及氣候等繼續延伸，本次試驗因時間尚短，截至移植後第 40 天止，各種草類株高平均仍低於 27 公分，各草類與種植密度對株高影響不顯著。

3. 不同草類與種植密度對內坡覆蓋之影響：

因試驗時間尚短，依據七股大排水路最後一次觀測資料，各種草類覆蓋率均低於 50%，草類間對覆蓋之影響不顯著，但覆蓋率則因種植密度之不同而呈現差異。茲將七股大排水路移植後第 40 天調查之覆蓋率列如下表：

表 8. 七股大排水路移植後第 40 天之覆蓋率

草 類	百 喜 草			狗 牙 根			地 毯 草			臺 灣 雀 稗		
	15	20	30	15	20	30	15	20	30	15	20	30
種植密度 (cm)	15	20	30	15	20	30	15	20	30	15	20	30
平均覆蓋率(%)	35	15	10	50	35	30	30	25	15	25	15	10

伍、護坡草類盆栽浸水試驗

一、試驗目的

藉溫室設備以避免降雨之干擾，設計各種不同之浸水處理，以供研究各種草類完全浸沒於清水及濁水之存活率以及其生育狀況，並與田間所得浸水存活率資料比較，作為護坡草類選擇之依據。

二、試驗方法與設計

試驗共分二組進行，一組將草類浸入清水中，另一組浸入濁水中，利用 60 (高) × 90 × 40cm 之水泥槽栽培草類，將草苗移植於槽內，俟其完全覆蓋後，始予浸水，浸水深度以能完全浸沒草類全株為限，處理結束後，調查各處理草類存活情形。

兩組試驗分別採用裂區設計法，以浸水日數為主區，草類為副區，其處理為：

(a) 浸水日數：連續浸水 15 天，7 天，4 天，2 天。

(b) 供試草類：百喜草、狗牙根、地毯草、臺灣雀稗。

將浸水日數及草類二種試因組合後，可得與田間浸水試驗相同之 16 種不同處理。

三、試驗結果

依據處理結束後之存活率調查記錄，各草類間耐浸力最強者為狗牙根草，經 15 天之浸水處理後，其存活率仍達 95% 以上，再次為百喜草，最弱者為臺灣雀稗。又各處理草類中，浸沒於清水之存活率較濁水中者為高，茲將各處理存活率之調查記錄列於下表：

表 9. 草類盆栽浸水存活情形 (二重複平均)

單位：%

浸水日數	15 天				7 天				4 天				2 天			
	百喜草	地毯草	狗牙根	臺灣雀稗	百喜草	地毯草	狗牙根	臺灣雀稗	百喜草	地毯草	狗牙根	臺灣雀稗	百喜草	地毯草	狗牙根	臺灣雀稗
清水	85	30	95	0	100	60	100	5	100	78	100	33	100	93	100	78
濁水	83	5	98	0	100	30	100	0	100	50	100	20	100	65	100	60

上述調查資料再經變方分析及個別差異顯著性測

驗結果列於以下兩表：

表 10. 浸水日數各個變級間存活率差異比較

浸水日數 (天)	存活率換算值	15	7	4
15	353.5 (316.2)			
7	480.2 (425.8)	126.7** (109.6*)		
4	552.7 (489.2)	199.2** (173.0*)	72.5* (63.4)	
2	632.6 (570.2)	279.1** (254.0**)	152.4** (144.4*)	79.9* (81.0)

註：() 內之數值為濁水處理，其上之數值為清水處理。

$LSD (P_{0.05}) = \frac{65.9}{120.9}$ (清水), $LSD (P_{0.05}) = \frac{114.9}{211.0}$ (濁水)

表 11. 草類試因中各個變級存活率差異比較

草 類	存活率換算值	狗牙根	百喜草	地毯草	臺灣雀稗
狗牙根	694.2 (707.1)				
百喜草	674.4 (670.6)	19.8 (36.5)			
地毯草	439.3 (282.7)	254.9** (424.4**)	235.1** (387.9**)		
臺灣雀稗	211.1 (141.0)	483.1** (566.1**)	463.3** (529.9**)	228.2* (141.7**)	

$LSD (P_{0.05}) = \frac{59.4}{83.2}$ ($LSD = (P_{0.01}) = \frac{77.5}{103.9}$)

陸、草類耐浸、大排水路種草 及盆栽浸水試驗結論

1. 試驗期間觀測所得之草類特性簡述如下：

百喜草：(1)分株移植後容易成活。(2)覆蓋密集，能抑制雜草生長及雨水沖蝕。(3)株高較長，不適種於小給水路。(4)根系網絡作用強，地上部生長茂盛。(5)耐旱耐浸。

狗牙根：(1)草苗來源廣，常見於路旁、荒野、山坡地。(2)耐旱、耐浸、適應性大。(3)分株移植後容易成活。(4)根系分佈淺，其表土固結力較弱。(5)覆蓋速率大，但細小，覆蓋不夠密集。

臺灣雀稗：(1)矮性，坡面粗糙率低。(2)苗種來源廣，常見於田野、路旁、山坡地。(3)匍匐於地表，構成良好之覆蓋。(4)不耐浸，不耐鹽。

地毯草：(1)根系茂密，其表土固結力強。(2)不耐浸、不耐鹽。

2. 根據顯著性測驗結果，各處理對草類株高、存活率、覆蓋率及表土沖蝕等影響分別簡述如下：

株高：(1)供試四種草類中，以百喜草株高最高，依次為狗牙根、地毯草、臺灣雀稗。株高間差異均極顯著。(2)種植密度對草類株高之影響無顯著之差異。

沖蝕：(1)不同草類間對覆蓋初期土壤之沖蝕量差異並不顯著。(2)種植密度對土壤沖蝕量，以行株距 30 cm 與 15 cm 之沖蝕量差異達到極顯著水準，30 cm 與 20 cm，20 cm 與 15 cm 之行株距則無顯著差異。

覆蓋率：(1)草類移植初期地表之覆蓋率在 40% 以下之情況下，土壤沖蝕量之多寡與覆蓋率無顯著相關。(2)四種供試草類中，以狗牙根之覆蓋速率最快，自移植日到完全覆蓋所需日數僅須 76 天，依次為臺灣雀稗 98 天或百喜草 98 天，再次為地毯草 106 天。經每兩草類間差異顯著性測驗，除百喜草與臺灣雀稗無顯著差異外，其餘均達顯著或極顯著水準。狗牙根之覆蓋率雖最快，但因葉細小，覆蓋不夠密集為其缺點。(3)種植密度對覆蓋之影響不因草類種別之不同而有顯著差異。行株距 15 cm 之種植密度，其坡面之覆蓋可較 20 cm 及 30 cm 者提早完成。經顯著性測驗知，20 cm 與 30 cm 間對覆蓋率並無顯著差異，但 15 cm 與 20 cm，15 cm 與 30 cm 間則有極顯著差異。因此，如在嘉南地區六月至九月為雨季之情況，四月至五月之種植密度以 15 cm 三角形密植為宜，九月至翌年三月間則以採用 30 cm 為宜。

存活率：(1)護坡草類浸沒水中之存活率亦受水質之影響，同種草類若分別試種於灌溉及排水路內坡，前者灌溉水質清潔，草類之耐浸性較大，後者在洪水期間，水質帶有大量污泥，可使草類降低其存活率。(2)經過連續 15 天浸水處理，臺灣雀稗之平均存活率僅 17%，地毯草為 57%，但百喜草及狗牙根則均在 90% 以上。顯示該二種草耐浸性最大，可被選為水路護坡之用。臺灣雀稗雖具有矮性之優點，但不耐浸，因此不適種於渠道通水之內坡，但可考慮植於水路外坡。(3)浸水日數僅 7 天與 4 天對存活率無顯著差異外，其餘均達極顯著或顯著水準。

柒、粗糙率指數試驗

一、前言

在渠道水力學中曼寧公式(Manning formula)
$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$
，為一種比較普遍與被常用的計算公式。式中的 n 稱為粗度係數 (Coefficient of roughness)，如應用於植草渠道時，則特稱為阻滯係數 (Retardance coefficient)。在應用設計上， n 值之決定頗為困難，蓋渠流中影響值的因子甚多，各影響因子之間，既不相互獨立，亦無法加以分離，故 n 值在渠流中，以往是一項不易確定的數值。

由水力學知， n 值可由下列兩法求出：其一為粗度測定法 (Method of roughness measurement)，其二為流速測定法 (Method of velocity measurement)，前者僅能適用於非植草的渠道中，後者為根據渠道中水流流速呈對數分佈之理論而推求者，故若已知渠道斷面的流速分佈，則者即可求得，其計算公式如下：

$$n = \frac{(x-1)d^{1/3}}{6.78(x+0.95)} \dots\dots\dots(1)$$

式中 $x = \frac{V_{0.2}}{V_{0.8}}$ ， d 為水深， $V_{0.2}$ 及 $V_{0.8}$ 分別表示距離水面 0.2 及 0.8 水深處之流速。

應用上式計算 n 值時，必須對流速有較精確的量測，蓋 n 值的準確與否主要決定於 x 值。但在植草渠道中欲獲得較準確的水流流速，似不甚可能。

故改用類似型式的曼寧公式 ($n = \frac{R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{V}$) 計算所需的 n 值，應較採用第(1)式的計算式方便與實用。上式中 V 為水流平均流速， S 為渠道坡降或水面比降， R 為水力半徑，($R = \frac{A}{P}$ ， A ：流水斷

面積， P ：潤周）。

如已知某種草類的阻滯係數與容許流速，即可應用於設計各種型式的植草渠道。臺灣各地水利會目前因尚未見推行植草渠道的實例，故如欲應用與推廣，首先宜從實驗研究開始着手。

二、試驗目的

1. 測定各種不同草類的草溝，在渠流中阻滯係數 n 的變化，並探討 n 值與其他水力因子之關係。

2. 研究襯砌於渠道的各種草類對渠流的穩定性。

試驗結果可提供將來推行草溝計劃的設計與應用之參考。

三、試驗觀測項目

1. 觀測不同草類的草溝在渠流中的流量、流速、

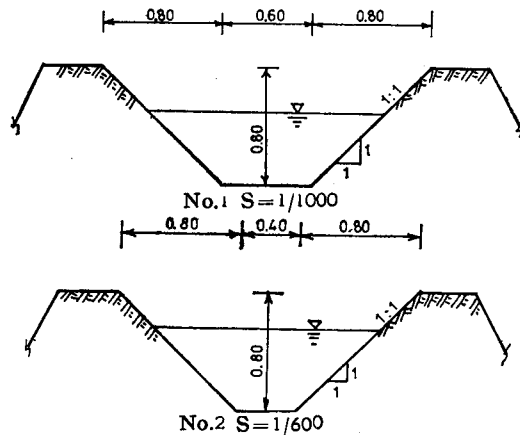


圖 1. 試驗渠道之設計斷面與坡度

上採用三角形分株法栽種狗牙根草（亦稱百慕達草 *Bermuda grass*），行株距各為20公分，渠底裸露不種草，經過適當時間的培育與繁衍，當渠道上的草類生長到達預定的覆蓋程度後，即配合附近幹道輸水灌溉時期，藉用該水源自幹道引水流入試驗渠道進行水力試驗。為量測引入試驗渠道的水流流量，乃於試驗渠道上游 20 公尺處埋設巴歇耳量水槽一座，俾便準確量測每次試驗觀測引進的流量。流量大小的控制及引進均利用嘉南水利會用以分水及制水的閘門設施，操作方法簡易輕便，每次進行觀測之前，必須控制流入試驗渠道的水流到達十分穩定的狀態，亦即符合試驗觀測所假定的定流（Steady flow）條件。當水流穩定後即開始量測流量（ Q ），各段渠道的水深（ d ）及水面寬（ T ）等等試驗所需的水力要素，並一一作成記錄，供室內計算及研究分析。觀測完畢渠道

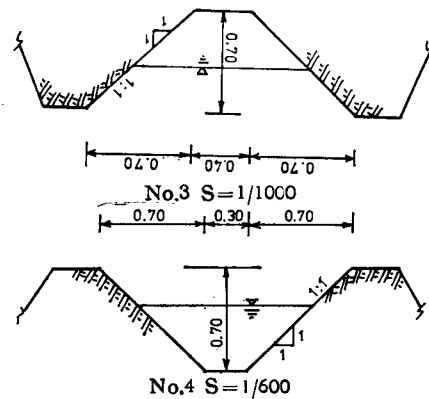
水深與水面寬等各種水力因子。

2. 草高及覆蓋率之調查。

3. 渠道在渠流中的沖淤情況。

四、試驗設置與測定方法

試驗場地選在臺南縣麻豆鎮，嘉南水利會管轄的一條中型輸水渠道（中給水路）上。試驗渠道共長 1000 公尺，分為四個渠段，每段長 200 公尺，各按設計之標準断面尺寸及坡降整修成四段梯形断面渠道（詳見圖-1）。自上游往下游的各段渠道分別以 No. 1、No. 2、No. 3 及 No. 4 加以區別，渠道坡度依次各為 $\frac{1}{1000}$ 、 $\frac{1}{600}$ 、 $\frac{1}{1000}$ 及 $\frac{1}{600}$ 、設計流量依次分別為 0.3、0.3、0.1 及 0.1 cms。試驗渠道依照設計之断面尺寸與坡度整修完成後，即在邊坡



斷水後，則進行淤積與沖蝕調查。

五、試驗結果

本計劃在水理試驗之渠道上僅栽種狗牙根草一種，故水力試驗亦僅觀測狗牙根（百慕達草）一種。觀測試驗日期分別在 7/7、9/6、9/28 及 10/8 舉行，合計進行四次。

由前人之研究知：阻滯係數（Retardance Coefficient）在渠流中乃隨水流流速、水深*、水力半徑*、渠道形狀*、渠道坡度*、草高及草類覆蓋率等等因子的變化而變化，故幾乎不可能選用某一特定的阻滯係數作為設計之應用。所幸，前人不屈不撓，不斷地重複研究與實驗，終於獲得了重大的發現：亦即將 n 值對相關的流速與水力半徑之乘積（ VR ）描繪成 n - VR 曲線時，該曲線僅受草類的性質影響，

* 見參考文獻(9)pp. 18-21

而與渠道的斷面形狀、大小與坡降等均無關。此一寶貴的發現，使 n 值的求法有了新的發展，蓋 n 值已不再受渠道斷面形狀、坡度等影響因子的干擾。美國水土保持局於是搜集所有適於水土保持栽種的數十種草類，長期進行各種草類 n -VR 關係之實驗與觀測，結果將各種草類與其生長情形之 n -VR 值歸類分

表 12. 草類阻滯水流程度之分級標準
(美國水土保持局)

阻滯級	阻滯程度	生長情形	草類高度
A	極高	優	30 吋以上
B	高	優良	11-24 吋 30 吋以上
C	中等	優良	6-10 吋 1-24 吋
D	低	各種情形	2-6 吋
E	極低	各種情形	12 吋以下

成 A、B、C、D、E 五級阻滯程度 (見圖-2 與表 12 所示)，提供給設計應用者之參考與選擇。

本試驗所得資料經計算整理結果，依照 n -VR 之關係描繪於圖-3。並為提供設計應用參考，又將試驗測資料整理如圖-4 所示。

由圖-3 知，本試驗狗牙根草之阻滯係數 n 值，約在 0.022 至 0.066 之間，其阻滯程度 (Degree of Retardance) 依美國水土保持局分級標準，係屬於 D 級以下之低阻滯係數。試驗期間百慕達草之平均草高約 25.5 公分，覆蓋率 92%，最大流速為 0.5 秒公尺。

有關試驗渠道沖淤情形的觀測，由於每次水力試驗時間，全部合計不過數天，非觀測時間則水源關閉，渠道斷水。因此渠道輸水時間僅僅數天，如非沖淤情形十分嚴重，實難發生沖淤。按本試驗最大流速不過 0.5 秒公尺，如此流速縱使無覆蓋的裸露土渠，亦不致有沖蝕之慮，有草類覆蓋的草溝可想而知。

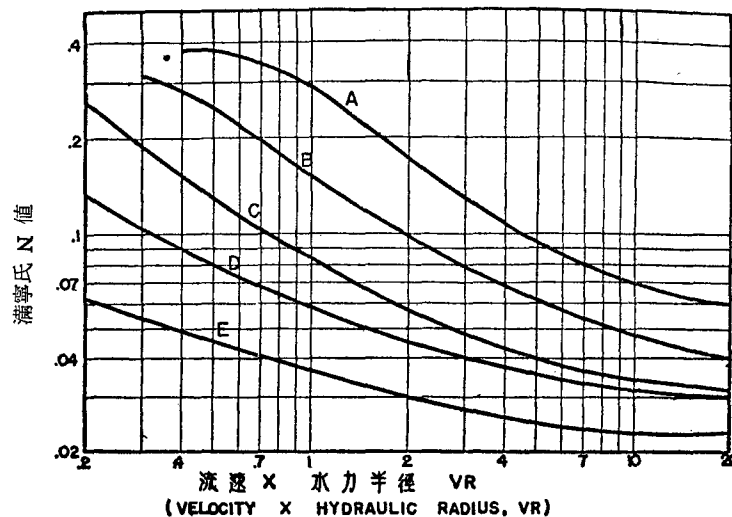


圖 2. 植草排水道阻滯度曲線

圖 4 為依據實測資料，將流速 (V)、水力半徑 (R)、渠道坡降 (S) 及阻滯係數 (n) 四項水力因素之關係描繪於圖上，可供設計應用之參考和依據。如

已知四項因素中的三項或二項，則其他一項或兩項因素即可由圖上求出。

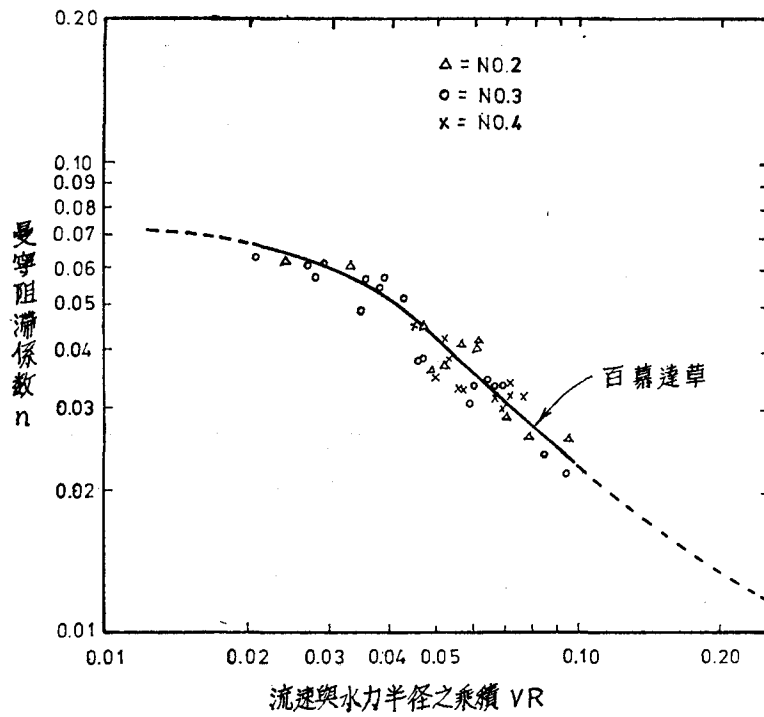


圖 3. 草類與阻滯係數試驗結果

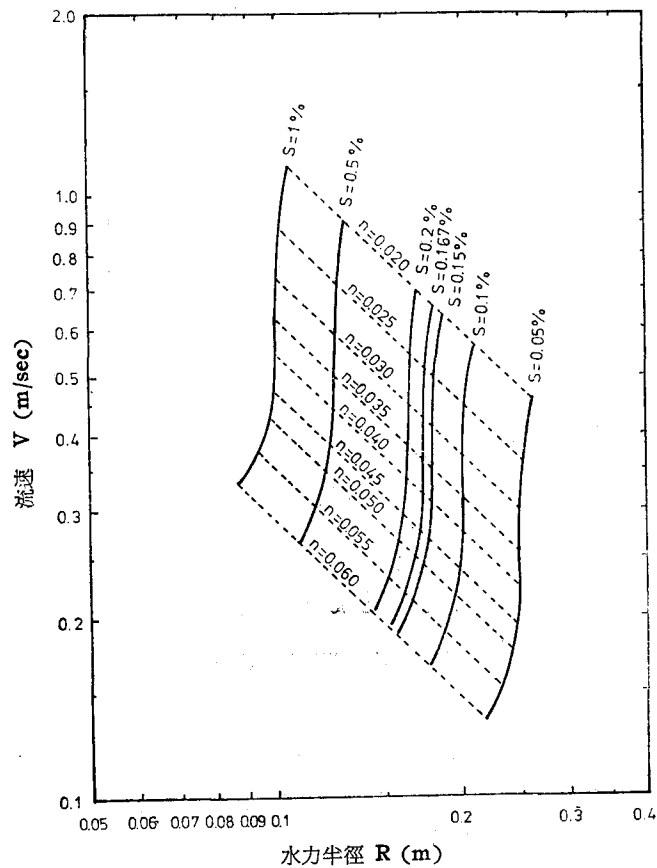


圖 4. 狗牙根草渠道水力試驗成果

六、粗糙率指數試驗之討論與建議

1. 本試驗主要目的為觀測各種草類在渠流中阻滯係數之變化，以供設計應用之參考；本次試驗結果詳示於圖-3 與圖-4 中。因試驗渠道僅栽種百慕達草一種，故本次水力試驗，也祇限於百慕達草一種。

2. 如祇對某一種草類進行水力試驗，則僅能獲悉該種草類的水力特性，無法推知其他草類在水力上的性狀，更無法相互比較彼此的性質與優劣，故為瞭解其他各種草類的特性，以供比較及將來推廣應用時選擇草種的依據，繼續試驗時草種種類有待增加。

3. 從圖-3中知： n 值與流速 V 有密切關係，流速變化幅度大， n 值的變化亦大，故有較大的流速變化，方可測出較大變幅的 n 值，而欲使流速大小的變幅增大，必須增選坡度較陡與較平的渠道進行試驗。本試驗渠道坡度僅有 $\frac{1}{1000}$ 及 $\frac{1}{600}$ 兩種，測出來的 n 值範圍祇在 0.022~0.066 之間。故為擴大 n 值的實測範圍，繼續試驗時應再加選坡度較陡與較平的兩種渠道，俾能測出變幅較大的 n 值，也可藉此觀測比較各種草類，在高流速與低流速的情況下，對渠道保護的效果。

4. 本試驗期間草類的平均草長約 25.5 公分，覆蓋率約 92%，且渠底裸露不種草，故測出之阻滯係數，祇能視為該草類在該生長情況下之值。如令該草類繼續生長與繁衍，蓋滿邊坡與渠底，則此種生長情況下的 n 值，必有若干程度的變化。故為獲悉各種草類在各種生長情況下的 n 值變化，試驗有待繼續進行。

5. 試驗進行中，控制引入試驗渠道之水流，成為定流 (Steady flow) 狀態的工作，頗為費時與困難，因此，除從技術上研究解決之道外，在選擇試驗渠道時亦應特別加以留意。

6. 在平地灌排渠道中的水流流速，並不如坡地渠道快速，因此，草溝在平地上灌溉渠道的主要功用在於固結渠身，抵阻崩塌，而對防止沖蝕則較為次要，本試驗雖列有沖蝕觀測項目，但未作詳密的觀測設計，事實上，因為渠道並不發生沖蝕，故即使有詳密的設計，亦難有效果。灌溉渠道的淤積觀測亦同。

捌、綜合建議與展望

1. 在未完成內面工之各種灌排水路現況下，適當

地種植禾草不失為維護水路經濟而有效之措施。臺灣之禾草計有 118 屬、270 種、1 亞種、39 變種及 8 種型。在此龐大分類中，禾草的性狀習性不一，其對鞏固灌排水路坡面及浸水存活效應亦有某種程度之差異，為資比較各種草類在水路栽培之適應性及綜合各年度不同區域之試驗資料，本試驗經由最基本之研究以至將來大規模推廣工作之辦理，宜分年實施。

2. 將來之展望：各種草類護坡試驗將按草類性狀習性，經濟價值，水路規劃措施，農藝與水利技術之互相配合運用，在嘉南灌區全面實施，其資料及成果之獲得，不但可減輕水利會每年維護水路之龐大經費，並可提供將來種草護坡研究及推廣應用上之參考。

玖、參考文獻

1. Ven Te Chow: "Open-channel hydraulics" (民國 53 年) 中央圖書供應社 pp. 179-189.
2. Bennett, H. H.: "Element of Soil Conservation". (1955) McGraw-Hill Book company, Inc.
3. W. O. Ree 著，張添鉢譯：植草排水溝之設計 (1965) 農牧局水土保持叢書之三。
4. 吳建民：草溝之試驗與設計 (1965) 農牧局水土保持參考資料 54-1。
5. 廖綿濬：鹿寮南北溪水土保持工作報告 (1954) 臺中縣清水地方水土保持推進委員會。
6. 張添鉢：水利局臺北水土保持工作站報告 (1957)。
7. 林菁：臺東縣的水土保持 (1959) 臺東縣水土保持促進會。
8. 廖綿濬、劉金龍、黃俊德、張雙滿：草溝之研究 (1970) 中華水土保持學報創刊號。
9. 李醒民、劉金龍、張添鉢譯：水土保持排水溝之設計 (1973) 水土保持叢書之三。
10. 毛壽彭、甘俊二：山邊溝粗糙率指數試驗報告 (1974) 臺大水工試驗所研究報告 43 號。
11. 臺大農藝系：臺灣耕地之雜草 (1968)。
12. 周恆、江永哲、梁昇：彰化區海埔地防潮堤植草防沖試驗 (1972) 中華水土保持學報 3 卷 1 期。
13. 孫定國：實用農藥 (1971)。
14. 許建昌：臺灣的禾草上、下冊 (1975)。
15. 張雙滿：果園敷蓋與覆蓋作物之研究 (1970) 中華水土保持學報 1 卷 1 期。
16. 張魯智：試驗技術講義 (1965)
17. 葉樹藩：試驗設計學第一部份生物統計學 (1968)。