

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

泥岩地區植生復育材料之篩選

Vegetative materials for the use of revegetation in mudstone area

計畫編號：NSC 88-2625-Z-005-005

執行期限：87 年 8 月 1 日至 88 年 7 月 31 日

主持人：林昭遠 國立中興大學副教授

摘要

泥岩為台灣水土保持問題土質之一，旱季表土鹽分含量高，土壤電導度值可達 466 mmhos/cm，為植物生長之最大阻礙。本研究引進鹽定、鹽地鼠尾粟及濱水菜等鹽生植物，以烏山頭水庫紅泉坑水源保護區為對象，選定區內植生緩衝帶最佳配置區兩處進行試驗，並以水土保持常用草種百慕達草與百喜草為對照，行盆栽耐鹽試驗，探討供試植物之耐鹽性。

供試植物以 0、50、100 及 150mmhos/cm 等四種鹽度梯度處理後，鹽定生長不受鹽度處理之影響，耐鹽能力最好。鹽地鼠尾粟在 150mmhos/cm 鹽度處理時，覆蓋度略有下降，但在一週後隨即恢復。濱水菜及百慕達草則隨著處理鹽度的增加，覆蓋度呈顯著減少。百喜草在預備試驗中，處理鹽度超過 10 mmhos/cm 時已呈枯萎，耐鹽性最低。鹽定及鹽地鼠尾粟植株之光合效率較不受處理鹽度的影響，百慕達草及濱水菜之光合效率則隨處理鹽度的增加而呈明顯下降。

供試植物在鹽度處理 45 天後予以去鹽處理，洗鹽一週後供試植株覆蓋度與 150 mmhos/cm 鹽度處理時相較，皆達 5% 顯著水準差異，覆蓋度增量之順序依序為濱水菜、百慕達草、鹽地鼠尾粟及鹽定。洗鹽一週後供試植物之光合效率與 150 mmhos/cm

鹽度處理時相較亦達 5% 顯著水準差異，濱水菜甚至恢復至鹽度處理前之光合效率值。植體鹽度含量大小依序為，鹽地鼠尾粟、百慕達、濱水菜、鹽定，其中以鹽地鼠尾粟表面之泌鹽情形最為明顯。鹽地鼠尾粟、鹽定、濱水菜等鹽生植物均能抵抗高鹽分之逆境，雨季土壤鹽度稀釋時，可迅速恢復生長，為泥岩地區高鹽分地緩衝帶之適生植物材料。

ABSTRACT

Mudstone is one of the problem soils regarding soil and water conservation in Taiwan. High salinity in surface soils hinders vegetation growth in the drought season. The purposes of this study are to introduce salt tolerance herbs and screen the suitable plants for the use of vegetated buffer strips at the mudstone bare areas. Three salt tolerance herb *Sporobolus virginicus*, *Suaeda nudiflora*, *Sea-purslane* and two major conservation grasses *Paspalum notatum* and *Cynodon dactylon* were used to rate the salt tolerance. Two plots were selected at mudstone distributed areas in Wu-Shan-Tou reservoir watershed for the observation of drought and/or salt tolerance of the tested herbs. The results were summarized as follows:

In a sequence of 0, 50, 100, 150

mmhos/cm of NaCl gradient treatment, *Suaeda nudiflora* shows the best tolerance in salinity. *Sporobolus virginicus* has slight declines in coverage at the initial treatment of 150 mmhos/cm NaCl, while soon recovers a week later. The higher soil salinity, the lower coverage *Sea-purslane* and/or *Cynodon dactylon* has. *Paspalum notatum* was discarded because of susceptible to salt damage in the pilot experiment. Photosynthesis efficiency of *Suaeda nudiflora* and *Sporobolus virginicus* were not obviously affected by the salt treatment, while that of *Sea-purslane* and *Cynodon dactylon* show a decline against the salinity treatment.

After a week of leaching process to remove the salts, coverage of each tested plant increases and there is a 5% level of significant difference comparing with that at the stage of 150 mmhos/cm salinity treatment. The increment of coverage in order for the tested plants is *Sea-purslane*, *Cynodon dactylon*, *Sporobolus virginicus* and *Suaeda nudiflora*. Photosynthesis efficiency of tested plants were all increasing and showing a 5% level of significant difference with that of 150 mmhos/cm salinity treatment respectively. Photosynthesis efficiency of *Sea-purslane* even recovered to the level of pre-salinity treatment.

Leaves of *Sporobolus virginicus* show obviously salt excretion. At the stage of 150-mmhos/cm salinity treatment, water-soluble salts in plant tissue of the tested plants is *Sporobolus virginicus*, *Cynodon dactylon*, *Sea-purslane* and *Suaeda nudiflora* in a decrease order.

前 言

台灣泥岩地質分布遼闊，以西南部最多，其範圍涵蓋嘉義、台南與高雄等縣市，總面積達 3836 公頃，占台灣面積的百分之三，且其範圍常涵蓋本省的主要水庫，如西南部的曾文水庫、烏山頭水庫、阿公店水庫、白河水庫、虎頭埤水庫及尖山埤水庫

等。據民國 76 年的調查顯示，台灣西南部泥岩地區水庫的淤砂率以阿公店水庫的 45.7% 最為嚴重，其次為烏山頭水庫的 38.9% 及白河水庫的 25.3%，遠較本省其他水庫之平均淤砂率 14.7% 均超出甚多，因此如何控制泥砂流入下游渠道已是刻不容緩的問題。

植生緩衝帶能增加地表對逕流的抵抗力，減低地表沖蝕，可過濾泥砂、農藥、肥料等污染物，減緩水庫水質的劣化，為集水區防治非點源污染物污染水質的有效方法之一。泥砂為集水區內主要的非點源污染物，尤其在低入滲區，泥砂易隨逕流水沖刷流失，更需利用植生緩衝帶攔阻泥砂。

結果與討論

1. 土壤鹽度與植物生長

針對預備試驗所篩選出的供試植物，模擬旱季野外試區鹽度增加之情形，供試期間依序以鹽度分別為 0 50 100 150 mmhos/cm 四種鹽度行梯度處理，每週測定覆蓋度及土壤電導度之變化，表 1 為供試植物在不同鹽度下覆蓋度之變化情形。鹽地鼠尾粟在處理第 35 天時也就是處理濃度 150mmhos/cm 時，覆蓋面積下降約 20 平方公分，其因為是植株以葉片捲曲之方式適應高鹽度環境，致覆蓋度驟降。濱水菜隨著土壤中電導度的增加，覆蓋度呈負相關，其原因為鹽度的增加造成葉片脫水現象，從其原本肥厚的葉片漸漸脫水現象所得知，濱水菜以落葉之方式適應高鹽度環境。鹽定在施以鹽度處理後覆蓋度即呈現下降的趨勢，但隨著土壤中電導度的增加，覆蓋度不減反增，此現象是由於老葉因鹽度處理逐漸凋萎所造成，鹽度處理後新萌芽之枝葉逐漸長成致覆蓋度顯現逐漸增加的趨勢，由此可知，經鹽度處理馴化後之鹽定對於土壤中的鹽度之適應性較高。百慕達草之覆蓋度隨著土壤電導度之增加而呈顯著之下降，處理濃度達 150mmhos/cm 時葉片幾乎枯萎，顯示百慕

達草耐鹽能力較低。

2. 洗鹽試驗

植物為求延續其族群的生命,乃演化出許多保護自身以適應高鹽分環境之機制,如排除體內之鹽分、葉片捲曲或黃化、減少葉片、調整生理機能等,以便在逆境消除後能恢復生長。為了解植物因土壤中鹽度減少,其恢復生長的情形,於鹽度試驗末期,將土壤中之鹽分洗去,約一星期後所有供試植物之生長增量皆呈現顯著之成長(表1),增加量以濱水菜之48%最多,已恢復至鹽度處理前之覆蓋度等級,顯示其回復生長快速,頗適宜做為緩衝帶之草種。百慕達草雖未因地上部枯黃而死亡,

表 1 供試植物在不同鹽度下覆蓋面積(平方公分)之變化

| 植物別 鹽度 (mmhos/cm) | 百慕達 草 | 濱水菜 | 鹽地鼠 尾粟 | 鹽定 |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 0 | 179.5 ^a | 301.7 ^a | 132.3 ^c | 118.8 ^{dc} |
| 50 | 141.1 ^b | 272.9 ^a | 157.2 ^b | 109.8 ^d |
| 100 | 99.4 ^d | 218.5 ^b | 150.1 ^b | 131.2 ^c |
| 150 | 87.2 ^d | 189.5 ^b | 154.3 ^b | 150.8 ^b |
| 洗鹽後 | 121.5 ^c | 281.3 ^a | 188.4 ^a | 168.0 ^a |

註：Duncan's multiple range test(同欄相同字母表示處理間未達5%顯著水準之差異)

在洗鹽後也恢復生長,覆蓋度增量為39%呈顯著之成長,惟鹽度處理過程中,百慕達草覆蓋度之衰減率較其他供試草種為快,洗鹽後覆蓋度僅達鹽度處理 50-100 mmhos/cm 之等級,在野外長期乾旱之條件下,與其他供試草種相較,耐鹽性較低。

而鹽地鼠尾粟及鹽定於洗鹽後覆蓋度之增量雖分別僅22%與11%,惟其植株在洗鹽過程中穩定生長,較不受土壤鹽度變動所影響,為良好的耐鹽草種。

3. 土壤鹽度對植株光合效率的影響

植物光合效率之比值 (F_v/F_m) 與光化學反應總產量成正比,若 (F_v/F_m) 之值愈大,表示葉片淨光合作用之總產量愈高 (Bjorkman and Demmig, 1987)。將供試植物光合效率之比值 (F_v/F_m) 乘上覆蓋面積,以植群光合效率來探討土壤鹽度對供試植物光合效率之影響,供試植物在不同鹽度處理下植群光合效率之分析如表2所示。鹽定與鹽地鼠尾粟之光合效率較不受土壤電導度增加之影響,而百慕達草及濱水菜,則隨著土壤中電導度之增加而呈現下降之趨勢。洗鹽一週後供試植物之光合效率與未洗鹽前相較亦達5%顯著水準差異,濱水菜甚至恢復至鹽度處理前之光合效率值。由耐鹽試驗及光合效率分析的結果得知,供試植物耐鹽等級依序為鹽定>鹽地鼠尾粟>濱水菜>百慕達草。

表 2 供試植物在不同鹽度下植群之光合效率{ (F_v/F_m) /植群}

| 植物別 濃度 mmhos/cm | 百慕達 草 | 濱水菜 | 鹽地鼠 尾粟 | 鹽定 |
|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 0 | 140.9 ^a | 261.5 ^a | 103.1 ^c | 101.3 ^{cd} |
| 50 | 110.8 ^b | 234.0 ^a | 123.5 ^b | 92.0 ^d |
| 100 | 75.7 ^d | 183.2 ^b | 117.4 ^b | 110.4 ^c |
| 150 | 44.9 ^e | 152.7 ^b | 113.5 ^b | 124.9 ^b |
| 洗鹽後 一週 | 97.1 ^c | 239.9 ^a | 149.3 ^a | 142.4 ^a |

註：Duncan's multiple range test(同欄相同字母表示處理間未達5%顯著水準之差異)

4. 供試植物耐鹽機制探討

濱水菜為典型之多汁型植物,在高鹽度之處理下,原本肥厚之葉片逐漸變薄,於洗鹽後植株生長快速,在短時間內即吸收大量水份造成葉部肥厚,增加覆蓋度,為其適應高鹽度之生理機制,此一機制可使其能渡過泥岩地區旱季時之土壤高電導度及缺水之逆境。

鹽地鼠尾粟在處理濃度 150 mmhos/cm 時，為適應高鹽分之環境，避免體內鹽分濃度發生累積產生毒害現象以及減少水份蒸散，葉片開始捲曲，且葉面上有明顯之泌鹽現象，為了進一步了解各供試植物植體內鹽度含量及植體外泌鹽情形，將各供試植物剪其部份葉片，測其地上部植體水溶性鹽分含量，其結果如表 3 所示。植體鹽度含量大小依序為鹽地鼠尾粟>百慕達>濱水菜>鹽定，其中以鹽地鼠尾粟表面之泌鹽情形最為明顯。鹽定為減少蒸散，葉部呈肥厚針葉狀，其植體鹽分含量較少，其耐鹽機制可能係藉根部對鹽分離子作選擇性吸收。

表3 供試植物地上部植體水溶性鹽分含量
{ mmhos/cm } /g]

| 項目 | 鹽地鼠尾粟 | 鹽定 | 濱水菜 | 百慕達草 |
|------|--------|-------|-------|--------|
| 未處理 | 14.35 | 7.20 | 13.72 | 15.12 |
| 鹽度處理 | 190.30 | 24.38 | 44.14 | 105.09 |
| 增量 | 176.0 | 17.2 | 30.4 | 90.0 |

4. 野外樣區試驗

樣區試驗地點為烏山頭水庫集水區內之紅泉坑水源保護區，分為二試區，供試植物以鹽定、濱水菜、鹽地鼠尾粟為主，種植地點為泥岩裸露邊坡之坡腳處，於雨季時進行種植，種植後，停止一切養護，在長達八個月的生長中經歷了雨季、旱季。供試植物在旱季時植物生長較緩慢，但並未有枯萎的情形，雨季來臨時生長較為快速。而附近的原生草種大部份則因旱季的來臨而呈現地上部枯萎之現象，這結果顯示供試植物對於耐鹽、耐旱的能力較強。

鹽地鼠尾粟繁殖方式以分蘖為主，而其根部長度約為 20 公分以上，而其地上部高度約可到達 50 公分左右，且生長較為緻密，對抵抗泥砂之攔砂力較強，為植生緩衝帶之適宜草種。

鹽定可生產種子，具有自播性強之優點，且在室內實驗中發現其幼苗對土壤之高電導度忍受能力較強，因此，在泥岩中其覆蓋度也不低，但根系淺是其缺點，對提供土壤之抗沖蝕性較低，且其地上部也較不緻密，對攔阻泥砂效果也有限，然而鹽定在緩衝帶上之功用，可扮演提供遮陰之角色，減少土壤中之水份蒸發，為一重要貢獻。

濱水菜為匍匐性草類，在泥岩地區著地性強，生長快速，肥厚之莖、葉為其優點，可忍受水份及鹽分之逆境，其在緩衝帶上可扮演提供遮陰、保護地表、攔阻泥砂之功用，為良好之緩衝帶植物。

結 論

植生緩衝帶之配置為集水區農業非點源污染之最佳管理措施之一，植生緩衝帶在泥岩之低入滲地區，宜配置在坡度變化點也就是坡腳處，利用植生來攔阻逕流所產生的泥砂，除具有減緩坡度之功用，也可防止泥砂流入渠道中，但泥岩地區特殊之土壤理化性質造成一般植物不易在此地點生長，因此導入耐鹽植物為解決此一問題的可行方法，本研究即利用濱海植物之高耐鹽草種，將之導入泥岩之環境中，結果顯示鹽地鼠尾粟、濱水菜、鹽定均能依本身之特殊耐鹽機制在此「惡地」中存活，可適應該地區之鹽分逆境，為泥岩地區高鹽分地之適生植物材料。

參考文獻

1. 田永銘、李德河、陳景文 1989 台灣西南部泥岩裸露地坡向因子成因探討 第三屆大地工程學術研究討論會 pp. 77~94
2. 朱德民 1978 植物生長與耐鹽性 . 植物對鹽分的反應. 科學農業26:pp. 227~233
3. 朱德民 1978 植物生長與耐鹽性 .

- 滲透壓調節作用。科學農業26:pp. 292~298
4. 朱德民 1980 植物生長與耐鹽性 鹽腺構造及功用。科學農業28:pp. 133~138
 5. 李德河、蔡錦松、翁駿德 1984 泥岩吸水破壞及其穩定方法之研究 行政院國家科學委員會防災科技研究報告 73~15號
 6. 李寶珠 蕭志榮 1993 台南市四草紅樹林保護區植物之調查研究 台南師院學生學刊第14期 pp. 129~134
 7. 林昭遠 1997 集水區泥岩裸露邊坡植生復育之研究 水土保持學報29(2) : pp. 169~181
 8. 林昭遠 林文賜 1996 阿公店水庫集水區潛在植生復育困難等級劃分之研究 中華水土保持學報 27(3) : pp. 185~193
 9. 林務局農林航空測量所 1988 台灣省西南部泥岩(青灰岩)裸露地面積航測調查 59 : pp. 1~17
 10. 林國彰 1995 台灣西南海岸鹽濕地植群變遷之研究 國立中興大學植物學研究所碩士論文 pp. 64~65.
 11. 邱創益 1983 青灰岩崩塌裸露地植生復原之研究(第一報) 屏東農專學報 24 : pp. 191~208
 12. 邱創益 1985 台灣西南部青灰岩(泥岩)裸露地植生復舊之研究(第三報) 屏東農專學報26 : pp. 59~86
 13. 高景輝 林安秋 1985 鹽性與植物生長 科學農業33(11~12) : pp.365~368
 14. 陳時祖 1993 泥岩挖方邊坡保護工程試驗研究計劃介紹泥岩邊坡工程研討會論文集 pp. 1~29
 15. 顏富士 1993 台灣西南部泥岩區起始裸坡發育過程之研究—台灣西南部泥岩坡地貌與風化侵蝕之關係三 行政院國家科學委員會防災科技研究報告81~57號
 16. 顏富士、蔡鎰輝 1985 台灣西南部主要泥岩坡地所含泥岩之物化性質 行政院國家科學委員會防災科技研究報告 74~09號
 17. Bjorkman, O. and B. Demmig. 1987. Photon Yield of O₂ Evolution and Chlorophyll Fluorescence Characteristics at 77k among Vascular Plants of Diverse Origin. *Planta* 170:pp. 489~504.
 18. Chapman, V. J. 1974. Salt marshes and salt deserts of the world. In *Ecology of Halophytes*. Academic Press, New York. pp. 3~19.
 19. Flowers, T. J., P. F. Troke, and A. R. Yeo. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annual Review of Plant Physiology* 28:pp. 89~121.
 20. Kapil Arora, S. K. Mickelson, J. L. Baker 1995 Evaluating Vegetative Buffer Strips for Herbicide Retention, ASAE Meeting Presentation, pp. 28.
 21. Logan, T. J., and E. O. Mclean. 1973. Effects of Phosphorus Application Rate, Soil Properties, and Leaching Mode on P Movement in Soil Column. *Soil Sci. Amer. Proc.* 37:pp. 371~374.
 22. Saadeddin, R. and Doddema, H. 1986. Anatomy of the Halophyte *Arthrocnemum Fruitcosum* in Relation to its Physiology. *Annals of Botany* 57:pp. 531~544.
 23. Tanaka, M. 1942. Vegetation on an abandoned salt~field. *Ecological Review* 8(4) pp. 243~254.