

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

國科會專題研究計畫成果報告

— A sample study of *Broussonetia papyrifera* and *Mallotus paniculatus*

計畫編號：NSC92—2211—E—216—021

執行期限：92年09月01日至93年08月31日

主持人：唐先柏副教授 中華大學景觀建築學系

計畫參與人員：顏佩雯 中華大學景觀建築學系

一、中文摘要

由於國內對於水土保持與生態發展的關注，在進行邊坡防護時，考量植生對邊坡的影響與採用邊坡原有植被進行恢復的必要性和可行性。本研究針對已開發的道路工程邊坡環境進行植生根系影響的研究，以新竹地區常見先驅植物白匏子、構樹進行研究，調查植株生長特性、根系分佈狀態、抗引拔力等並討論其相關性，進而推估該樹種根系功能。

經過調查研究結果構樹屬於顏正平(1973)琉球松根系型水平根或斜出根發達，白匏子屬於琉球松根系型中的楓香根系亞型，皆具有固土功能。

分析抗引拔力與各影響因子結果，以頭徑具有顯著關連性，如不破壞觀測的原則考慮下，頭徑應為推估引拔抗力的主要因素。構樹與白匏子抗引拔力與頭徑的迴歸模式如下：

構樹： $Fa=10.141e^{3.492Da}$ $R^2=0.8413$ $0.10 \leq Da \leq 1.20$

白匏子： $Fb=20.971e^{1.537Db}$ $R^2=0.793$ $0.10 \leq Db \leq 1.5$

Fa、Fb：抗引拔力值(kg) Da、Db：頭直徑(cm)

藉由抗引拔力與頭徑間關係，討論植栽適宜密度，與植株受風力影響後抗引拔效果，以提出可供應用的管理建議。

關鍵詞：根系、先驅植物、道路邊坡

Abstract

Given the domestic development of soil and water conservation and ecological concern; in terms of slope-protection, increasingly conscious of the influence of vegetation on slopes for which adopting the original vegetation on the slope recovery is necessity and feasibility. This research is focused on the influence of plant root system on the slope environment along the developed road construction. As taking the pioneer plants frequently observed in Hsinchu area: *Broussonetia papyrifera* and *Mallotus*

paniculatus for example; and investigate into their growing characteristics, the distribution and the pulling resistance of their root system; and also to discuss their relativity, so as to generalize on the root-system function of these plant species.

Through the research, we conclude that *Broussonetia papyrifera* belongs to the root system of Yan Jeng Pin (1973) *Pinus Luchuensis* Wayr family; and thus are with abundant horizontal or protruding root system; while *Mallotus paniculatus* belongs to the second type of *Liquidambarformosana* root system of *Pinus Luchuensis* Wayr family. Both these tree species are equipped with soil-stabilizing function.

After analyzing the influencing factors such as the pulling resistance, we discover that “maximum of basal diameter” has the conspicuous relativity. With the premise of not to invalidate the observation, “maximum of basal diameter” should be listed as the major factor for calculating the pulling resistance. The regression equations of pulling resistance on maximum of basal diameter are shown as following :
Broussonetia papyrifera :

The regression equations of pulling resistance on maximum of basal diameter are shown as following :

***Broussonetia papyrifera* :**

$Fa=10.141e^{3.492Da}$ $R^2=0.8413$ $0.10 \leq Da \leq 1.20$

***Mallotus paniculatus* :**

$Fb=20.971e^{1.537Db}$ $R^2=0.793$ $0.10 \leq Db \leq 1.5$

Fa、Fb：pulling resistance (kg)

Da、Db：maximum of basal diameter (cm)

Keywords: root system, pioneer plants, slope stability.

二、緣由與目的

台灣山區地區多屬發生陡坡處的豪雨型山崩，近年來面臨邊坡災害問題，許多水土保持專家學者提出需加強植生復育工作，利用植生具有再生能力採取植生處理，植生運用已逐漸成為人類與生態環境平衡共存之主流，但如何將植物根系力學的研究實際應用於邊坡穩定分析有其必要性。

在進行邊坡防護時考量植生對邊坡的影響與採用邊坡原有植被進行恢復的必要性和可行性。本研究於已開發的道路工程邊坡環境進行植生根系影響討論，邊坡受到人為擾動後初期之優勢植物(先驅植物)在穩定環境中所扮演的角色。新竹地區常見先驅植物白匏子、構樹進行研究，調查植株生長特性、根系分佈狀態、抗引拔力等並討論其相關性，進而推估該樹種根系於邊坡穩定功能。參考過去國內外資料進行實際道路邊坡根力模式與地上部植生間的關係，與進一步推演植生所帶來邊坡穩定效益的量化資料，此外藉由植栽根力模式，探討地下部根力與地上部植生冠幅間的相對關係，並提出可供應用的管理模式。

三、結果

(一) 植物根系調查

先驅樹種為道路邊坡中常見的優勢樹種，分析邊坡環境中植生根系的影響，首先從根系大小與植栽頭根徑間的關連性著手，由地上部與地下部間關連性思考是考量未來在管理上能由地上部植生生長狀態判別地下部生長差異，才能進行非破壞性的管理與提供未來在邊坡環境中先驅樹種的去留影響管理問題處理。

構樹屬於顏正平(1973)琉球松根系型水平根或斜出根發達，垂下根短淺，根系均集中於上層屬於中根性植物，具有固土功能根系。白匏子屬於琉球松根系型中的楓香根系亞型與構樹差異在於大根與細根集中在上層，顏正平(1973)楓香根系亞型屬於中根性植物，具有固土功能根系。以上植物根系調查結果與顏正平(1973, 1974a, 1974b)研究吻合。

(二) 地上部地下部根徑分析

構樹在 102 個試驗材料中頭徑在 0.1~1.2 之間，其受拉拔利後段根根徑在 0.08~0.64cm 之間。白匏子則在 97 個樣根中頭徑介於 0.1~1.5cm 之間，其受到抗引拔力斷根根徑介於 0.1~1.3 之間。其根系特性為細根分佈多或以水平中根較為發達，具有網結作用，使根莖交錯緊密握裹土壤，有側向分莖萌芽力。

(三) 抗引拔力相關影響因子

抗引拔力相關影響因子甚多，本研究針對樹高、頭徑、底部面積、冠幅、斷根直徑、土壤深度、坡度等因子進行回歸相關分析，使用逐步回歸分析法後結果構樹與白匏子抗引拔力影響因子皆為頭徑。頭徑為最接近地面的植株幹徑 (cm)。

(四) 抗引拔力分析

抗引拔力值試驗構樹、白匏子有效樣本分別有 102、97 個。經採用直線回歸、指數回歸、對數回歸三種方法，計算出合理的回歸式。因考量植生生長狀態為拋物線性最後呈現死亡，而其所能影響的抗引拔力相對會減弱，故採用指數迴歸模試較能表現其分佈特性。

構樹與白匏子抗引拔力與頭徑的迴歸模式如下：

構樹： $Fa=10.141e^{3.492Da}$ $R^2=0.8413$ $0.10 \leq Da \leq 1.20$

白匏子： $Fb=20.971e^{1.537Db}$ $R^2=0.793$ $0.10 \leq Db \leq 1.5$

Fa、Fb：抗引拔力值(kg) Da、Db：頭直徑(cm)

(五) 構樹與白匏子抗引拔力的比較

取構樹與白匏子相同的頭徑 (Da=Db) 時，比較兩者的引拔抗力計算如下：

Da=Db 值以 1.5(cm)

代入 $Fa=10.141e^{3.492Da}$ 得 $Fa=194.54kg$

代入 $Fb=20.971e^{1.537Db}$ 得 $Fb=126.5kg$

故如在地際直徑條件下，構樹的引拔抗力值大於白匏子 (即 $Fa > Fb$)，由此可知構樹的根較有握裹土壤的能力。可與構樹根系較具有延伸側根特性，可提供坡面錨定與支持的作用。

試驗結果顯示，構樹與白匏子的引拔抗力與頭徑呈現顯著相關，此結果與北村嘉一與難波宣士(1981)、林信輝與陳意昌(1994)、林信輝與張俊斌(1995)、高齊治(1996)、黃俊仁(2001)等學者的研究喬木類植物試驗結果相近，故引拔抗力與頭徑的關係式，可應用於喬木類植物。

四、討論與建議

(一) 應用根系抗引拔力推估植栽適宜密度

選擇適宜的栽植密度是恢復原有自然植生演替重要的環節之一，栽植密度是考量到單位體積內植栽、植株冠幅與根徑分佈範圍有關，由邊坡安全的考量角度來看，邊坡植生生長狀態所能輔助的穩定性皆不相同，此時植株抗引拔力為握裹土壤能力成為參考值的主要依據。在應用根系抗引拔力模式結果時，邊坡環境中單位面積內植株在中層土壤中提供的抗引拔力條件，計算適宜的植栽密度。本研究討論構樹、白匏子抗引拔力與冠幅間的關係中發現呈現正相關，符合一般株地植栽先密植再疏伐的栽種形式。若以每平方公尺抗引拔力在 800kg/m²時需頭徑 1cm 的一年生植株由公式推導構樹需要 5 株，白匏子 6 株，三年後頭徑約長成 3cm 構樹則為 3 株、白匏子則為 4 株，故可進行疏伐栽種工程。

(二) 植株根力與風力影響

邊坡環境中植生主要以能保護地表的機能為主，而影響植栽的穩固力的因子雨滴、風等以上外力，風所產生的強度超過 11 公尺/秒(蒲福六級風)時才會有顯著影響(林信輝，2001)。風力對於植物而言是承受基準面的平行方向外力，若抗引拔力低於外力對於邊坡環境的穩定性變成是另一種負擔，在未及輕度颱風下(風力 28.5~32.6m/s)推論植株受到風力影響，當 $C_b=2$ 時，植株本身抗引拔力需大於風壓力公式如下：

$$Fa=10.141e^{3.492Da} > P=(0.5 \rho_a V^2 C_b) \times A$$

當 $C_b=2$ 時

$$Fa=10.141e^{3.492Da} > (0.5 \times 1.2 \times (11)^2 \times 2) \times A = (144kg/m^2) \times A$$

本研究提出邊坡管理建議推算植株密度考量後，再計算推論冠幅與株高相乘的限制，進一步了解植株於邊坡上可幫助的最有效的抗引拔力，期望對於未來邊坡環境植株管理有所貢獻。

(三) 建議

1. 本研究抗引拔力試驗選擇先驅樹種構樹、白匏子進行研究對象，植生是自然恢復生長於邊

坡環境，對於植栽管理中並無法推論至設計植栽時的導論公式，推估模式限於以生長於邊坡上之植株，未來根力模式可再增加存活率加以探討，有助於進一步研究。

2. 未來期望可藉由不破壞植物取樣推估，本實驗曾使用透地雷達嘗試掃描根系作用，但因目前透地雷達主要針對鋼、鐵等金屬探測作用而無法進一步得到探測結果，若能配合野外的觀測探測出根系分佈狀態並提出合理的解釋，將更具價值。

五、參考文獻

- [1] 吳正雄，1989，林口台地堆積崩塌地優勢植生調查。中華水土保持學報 20 (2)：47-54
- [2] 吳正雄、陳信雄，1989，森林植生根力應用在崩塌地處理上之研究 (1)，中華林學季刊 22 (4)：3~19。
- [3] 吳正雄，1990，植生根力與坡面穩定關係之研究，國立中興大學森林學研究所，博士論文，225p。
- [4] 吳正雄，1993，樹根力與坡面穩定關係之研究，中華水土保持學報 24 (2)：23~37。
- [5] 吳安欽，1997，泥岩地區四種優勢植物對主要環境應力之適應性反應研究，國立中興大學水土保持學研究所，碩士論文，80p。
- [6] 林信輝，1987，三種防風林植物在海岸環境下之生理生態反應，國立中興大學植物學研究所，博士論文，238p。
- [7] 林信輝，1995，山鹽菁、山水柳在石灰石礦區及控制環境下之光合成氣體交換反應，中華水土保持學報 26 (2)：103~120。
- [8] 林信輝、張俊斌，1995，中橫崩塌地植被特性及其優勢植物主要生理反應之研究，中華水土保持學報 26 (1)：1~16。
- [9] 林信輝，2001，水土保持植生工程，高立圖書有限公司，343p。
- [10] 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)：185~193。
- [11] 邱創益，1984，台灣西南部青灰岩 (泥岩) 裸露地植生復原之研究 (第二報)，屏東農專學報 25：93~129。
- [12] 邱創益，1985，台灣西南部青灰岩 (泥岩) 裸露地植生復原之研究 (第三報)，屏東農專學報 26：59~86。
- [13] 高齊治，1998，台灣西南部泥岩地區刺竹之耐旱特性及其對坡面保育功能探討，碩士論文，79p。
- [14] 黃俊仁 (2001) 苦藍盤與冬青菊在泥岩地區之根系特性與水分生理之研究，國立中興大學水土保持學研究所，碩士論文，77p。
- [15] 顏正平，1972，水土保持植物學，中華水土保持學報 4 (1)：65~84。
- [16] 顏正平，1973，水土保持木本植物根系分佈基
本型態調查，中華水土保持學報 4 (1)：65~84。
- [17] 顏正平，1974a，水土保持木本植物根系分佈類型研究，中興大學水土保持學系，p. 1~9，198，213~243。
- [18] 顏正平，1974b，台灣木本植物根系分佈深度及密度型態調查，中華水土保持學報 5 (1)：105~123。
- [19] 北村嘉一、難波宣士，1981，伐根試驗を通して推定し；た林木根系崩壊の防止機能，日本林業試驗所研究報告 313：175~208。
- [20] 阿部和時，1984，樹木根系の分布特性と斜面の保護・安定效果，日本綠化工技術 10 (3)：1~9。
- [21] 阿部和時，1990，樹木根系分布のシミコレー；ヨソモデル—斜面安定解析への試慮考慮したモデル，日本林學會誌 72 (5)：375~387。
- [22] 塚本良則，1984，斜面の基盤構造と樹木の斜面安定效果，綠化工技術 11 (1)：1~7。
- [23] 塚本良則，1986，樹木根系の崩壊抑制效果に関する實驗，研究，東京農工大學農學部演習林報告 23：65~121。
- [24] 橫田弘一，1992，樹木根系の補強效果に関する研究，土研モニター—砂防部外部研究員研究報告書，土研モン 12479；—砂防部急傾斜地崩壊研究室，40p。
- [25] Abe, K., M. Iwamoto, 1985, Effect of roots on soil shearing strength. International symposium on erosion, Debris flow and disaster prevent September 3-5, Tsukuba, Japan, pp. 341~345.
- [26] Bielorai, H., Feigin, A., and Hadas, A., 1976, Response of cotton to irrigation with treated municipal effluents. In "Agrochemicals in Soils" (A. Banin and U. Kafkafi, eds.), pp. 395~403, Pergamon, Oxford.
- [27] Greenway, D. R., 1987, Vegetation and Slope Stability, in: Slope stability, edited by M. G. Anderson and K. S. Richards. New York: Wiley.
- [28] Holch AE. 1931, Development of roots and shoots of certain deciduous tree seedlings in different forest sites. Ecology 12(2):259-298.
- [29] Tyree, M. T. and P. G. Jarvis, 1982, Water in tissue and cells. In O. L. Lange, P. S. Nobel, C. B. Osmond and H. Ziegler (Ed), Encyclopedia of Plant Physiology (Volume 12B), Physiological Plant Ecology (II) — Water Relations and Carbon Assimilation. Springer-Verlag, Berlin, p. 35~77.