

你對這題目有興趣嗎？

梁 昇*

一、厭水性土壤 (Water-repellent soils)

過去咸認為土壤似海棉能吸收且遞移水分，自 1930 年 Zunker 氏在其論及某種土壤有厭水性傾向 (Hydrophobic tendency) 的報告發表後，厭水性土壤的問題始漸漸受到重視。美國南加州叢林地帶火災地土壤，在秋冬雨後，林業工作人員常為「dusty tracks in the mud」現象所困惑，如今已能給予相當程度的解釋。

在澳大利亞，以色列、法國、紐西蘭、西班牙、蘇俄、英格蘭、蘇格蘭及美國 Hawaii, Florida, Oregon, Arizona, Utah, Colorado, Nevada, Idaho, Montana 等州也發現此種土壤，顯然係一廣及世界各地的問題。

加州大學於 1968 年五月六日至十日，在 Riverside 發起第一次專研會 (Symposium)，廣邀世界各地有興趣有心得的土壤、森林、化學專家學者近百人參加聚會，僅就其結果略述如下：

(甲) 厭水性土壤的生成視植生種類，火災情形，土壤物理化學性質及其他氣候、環境因子而異。

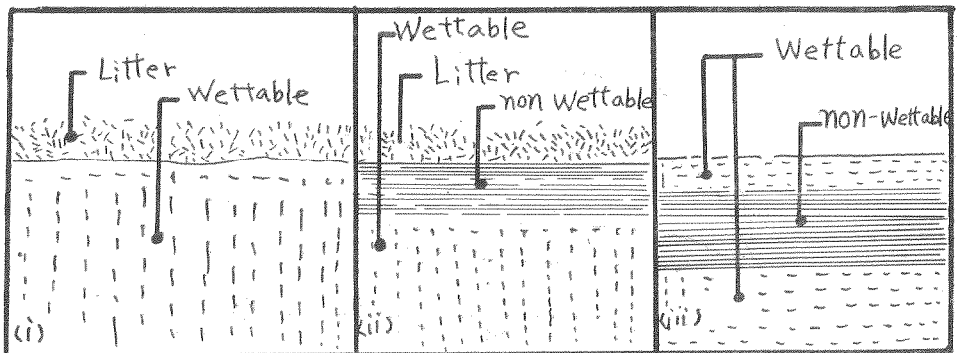
- (a) 植生種類：以下列數種林地牧地較易形成 —— Ponderosa pine, Jeffrey pine, Lodgepole pine, Alpine fir, spruce-fir, Larch Douglas fir, Mountain hemlock, Chaparral, Big sagebrush grass, Rabbit brush, Leptospermum, myrsinaoides, juniper plant cover, turf grass, Pasture of phalaris tuberosa 多年紫花苜蓿地、柑橘、有加利 (mallee trees)

(b) 與火災發生的時間長短，面積大小有關。

(c) 含 clay ($<2\mu$) 很低的土壤 (尤其低於 7% 者)，泥炭地 (Peat bogs)，過度壓擠的土壤。

(乙) 就厭水性土壤 (water-repellent, hydrophobic, non-wettable soils) 與喜水性土壤 (hydrophilic, wettable soils) 比較之。

(a) 在南加州叢林地發現土壤大別為三種，其排列如圖 1。

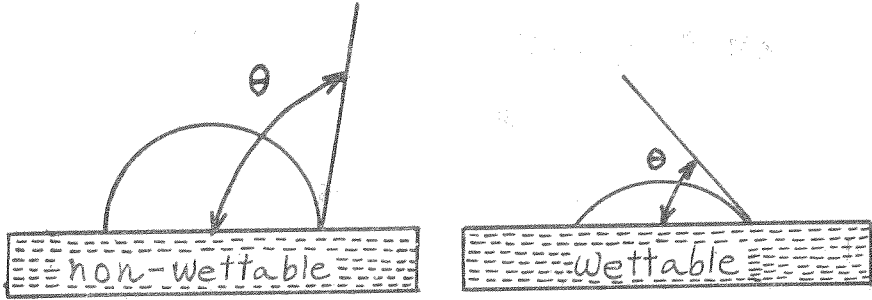


圖一：三種土壤排列

(i) 一般性土壤

(ii) 未發生火災地
厭水性土壤

(iii) 火災地
水性土壤



圖二：(i) θ 較大
結球

(ii) θ 較小
迅速吸收

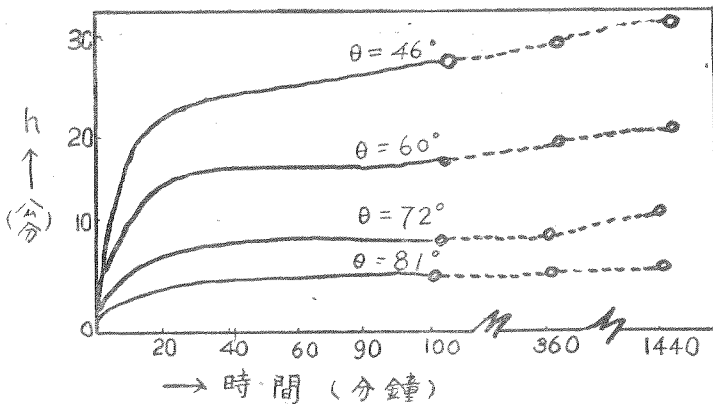
(i) 一般性土壤 (wetable soil) (ii) 未發生火災地厭水性土壤。(iii) 發生火災地厭水性土壤。

(b) 厭水性土壤簡單測定：

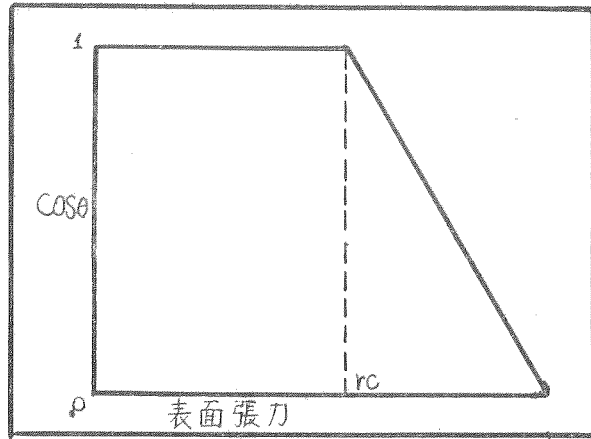
(i) 滴水測定 (Drop test)：滴小水滴於土壤表面，不立即為土壤所吸收，反而結球 (ball up) (圖 2)。水滴消失，60 秒後方為土壤所吸收者有顯著厭水性，全不為土壤吸收而蒸發消失者為不透水性 (impedence)。圖 2 之 θ 為濕潤角 (wetable angle, solid-liquid Contact angle)，作為厭水性程度 (Non-wettability) 的指數 (Index) 甚佳， θ 值大者厭水性程度顯著，大者常超過 90° 。

(ii) 毛細管上升 (Capillary rise) — 將打碎的土壤裝於測定管中，其高度小者厭水性顯著。由 $h = \frac{2r_c \cos\theta}{pgr}$ 公式亦可見 h 與 θ 之關係為 h 小則 θ 大。(圖三)

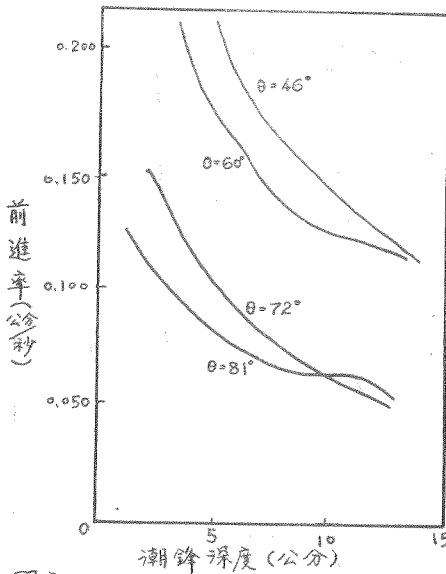
(iii) 表面張力：以臨界表面張力 (r_c) 表之，所謂臨界表面張力乃液體在 $\theta=0^\circ$ 時潤濕一特定固體之最大表面張力，其與 $\cos\theta$ 之關係如圖四， r_c 低者厭水性顯著。



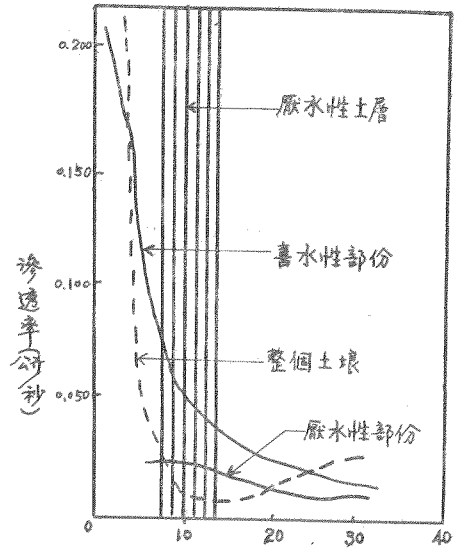
圖三：h 與 θ 之間關係圖



圖四. $\text{Cos}\theta$ 與表面張力

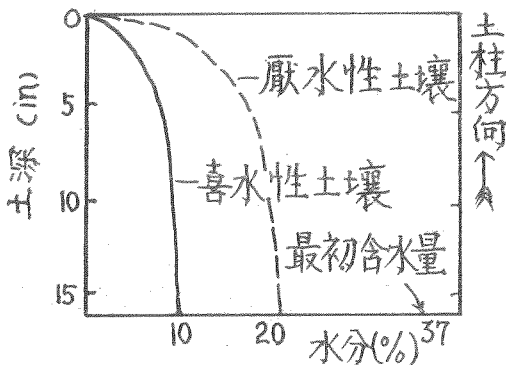


圖五: a: θ 與潮鋒前進關係



圖五: b: 南加州叢林土壤潮鋒前進情形

圖六: 土柱水分分布

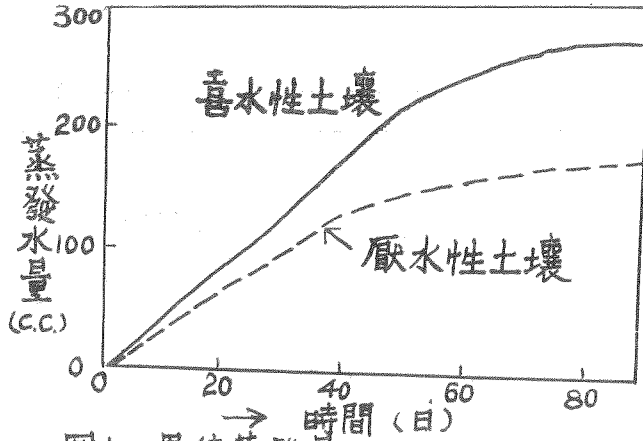


(c) 滲透率：放水於裝土的管中，觀其潮鋒 (wetting front) 前進情形，可知厭水性顯著的土壤，前進的深度淺，速度慢。

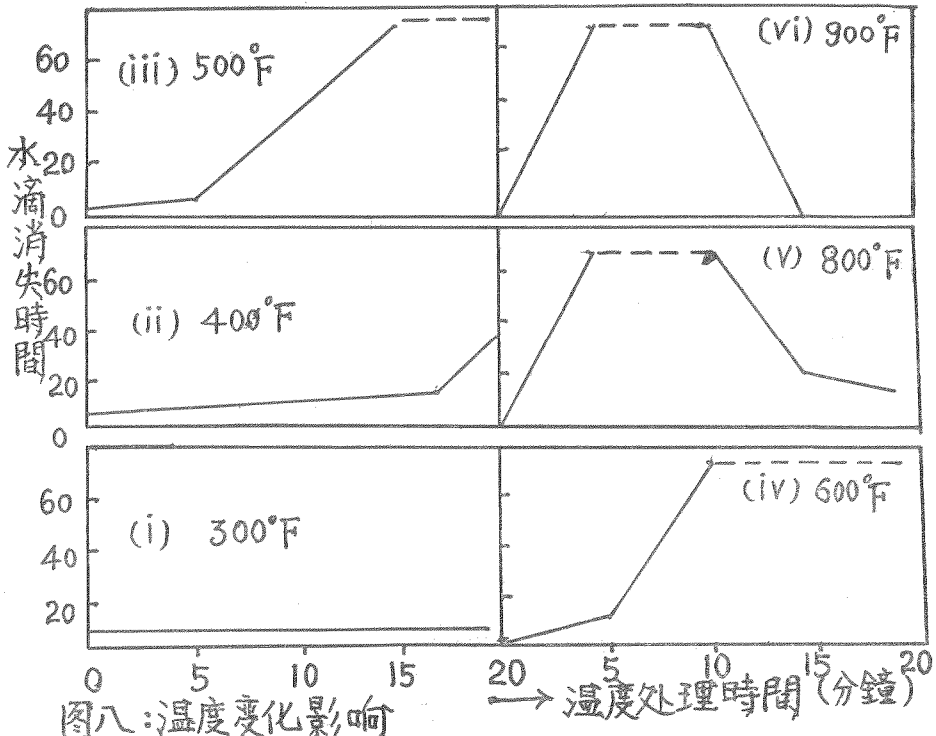
(d) 土柱水分分佈：圖六。

(e) 土柱水分累積蒸發量：圖七。

(f) 溫度變化影響：試驗的樣品係經 120 秒方吸乾滴於其上小水滴的土壤。圖八 (i) 300°F 時無影響，(ii) 400°F 時，厭水性在 15 分後稍為顯著增高，(iii) 500°F 時經過處理 15 分鐘，已完全拒水 (不吸水)。(iv) 為 600°F 時，(v) 為 800°F。(vi) 為 900°F 可知 800°F 以上的溫度，10 分鐘時開始破壞其厭水性，至 15 分時已完全破壞。



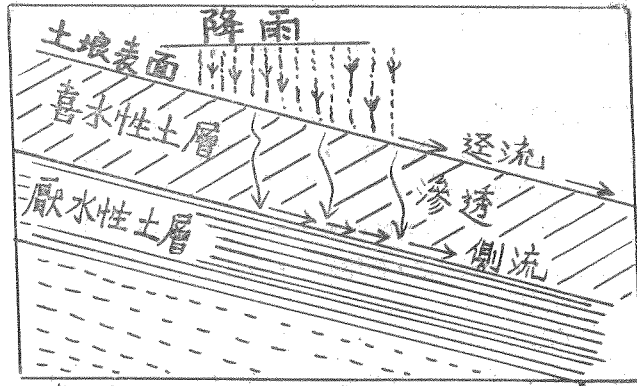
圖七：累積蒸發量



圖八：溫度變化影響

(丙) 引起的問題：

(a) 斜坡地逕流與土層的下移：因林地發現的厭水性土壤中，有一層 1 至 3 吋厚的厭水性土層夾於其間，上面表土約 1 至 2 吋，只能吸收少量的雨量，甚至小小的一場雨，逕流會沿斜坡流下；同時因上層濕潤層甚薄易成塊成片滑落或為逕流沖下。(圖九)



圖九：降雨進入南加州叢林土壤之情形

(b) 乾燥蠕動沖蝕 (Dry-creep Erosion)。乾燥時，土壤結合因乾濕不一致，而使其安息角降低，土壤慢慢下移。

(c) 影響蒸發情形：地面蒸發量減少。且因厭水性土壤摻雜其中，雨後蒸發時常生一種力量使上層土塊以厭水性土層表面為滑板，徐徐沿斜面滑落。

(d) 造林地天然播種不易發芽，移植的種苗成活不易。廢植此種土型的菓園，在利用上遭受困難。甚至造林地上草類無法生長，易遭雨蝕。

(丁) 改進方法

(a) 以化學藥劑 (wetting agent) 摻雜處理後再行植草。

(b) 摻雜腐植土及吸水性有機質。

(c) 溫度處理，以破壞厭水性。

二、嗜水植物參考資料 (Phreatophytes)

水保學報第三輯第 24 頁第 32 頁有一個有趣的問題「水賊—嗜水植物」，就筆者所知，嗜水植物在美國由 PSIAC 嗜水植物分委會主司此專題，1951 五月一日首由 AGU 於首都華盛頓舉辦第一次嗜水植物專研會，第二次則於 1957 年在加州 Sacramento, Pacific southwest Regional meeting 年會中二月十四、十五日二天舉行，第三次 1961 年十一月二十九日在 Nevada 州, Las Vegas. PSIAC. (Pacific Southwest Inter Agency Committee) 該年度第四會議中舉行，第四次 1966 年 8 月 30 日於新墨西哥州 Albuquerque, PSIAC 該年度第三次會議舉行；多年來已有相當成就。

嗜水植物 "Phreatophytes" 一字，即意 "water-loving vegetation" 譯之甚當。嗜水植物廣延於主要氾濫平原 (尤以檉柳最足代表) 不但引起除草與土地管理問題，尤其引起美國西部缺水之危機「嗜水植物開始滋生即缺水之信號」。通常嗜水植物深根性者靠地下水生存，淺根性者靠河川流水生活，故此植物之生長與水構成密切關係，該文已就蒸散，生長等因子論之，不擬重提。嗜水植物每有大量種子，遇水即迅速繁衍，尤其在水庫、河川、湖沼之水位消退地帶更見囂張。可利用價值甚低，僅稍具遊樂，野生動物之效用而已。

美國西部的檉柳 (Pentandra) 可能是中國種而非法國檉柳 (T. gallica)，檉柳必須於乾旱時連根剷除方為有效，否則就是火燒或根除之殘株遇水仍能復活。茲就各地區之特徵分別述之：

(甲) 潮濕氾濫平原 (moist Flood plains) — 若地下水位離地面甚近；則極淺根性植物比檉柳更易生長，管理容易。若地下水位離地面不到 4 呎，則狗牙根 (Bermudgrass) 或鹽草 (Saltgrass) 易活，可為牧地，只須以輪轉割草機 (rotary mower) 或放牧即可消滅禾本嗜水植物之滋生；植生與草木覆蓋雖因此有增加蒸散 (ET) 之消耗，但放牧與全面放洪 (open-flood channel) 之利，足以彌補。

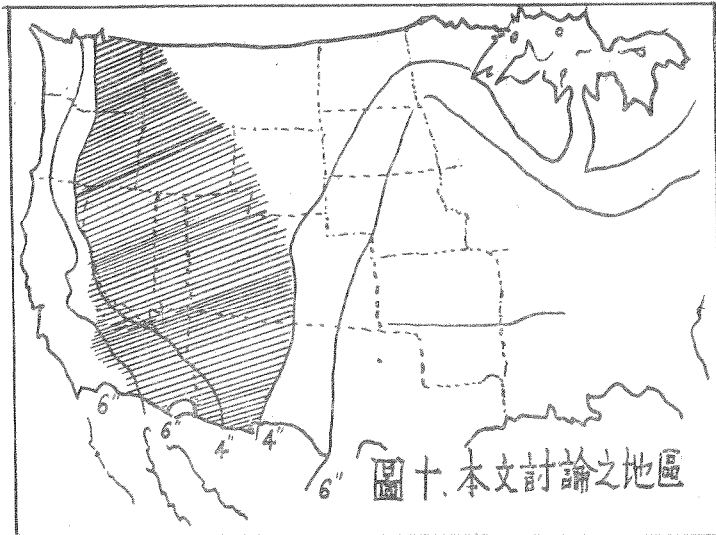
(乙) 乾燥氾濫平原 (dry Flood plains) — 地下水位低於離地 4 呎，則為深根性檉柳主要繁衍區，根除檉柳後則其他植生移植不易成活，且因灌溉不易，無法利用易罹風蝕之害，但却可降低蒸散 (ET) 耗損；移植草皮乃唯一補救之法。

(丙) 河岸植物 (Riparian Vegetation) — 指山坡地區，河道溪旁衍生的植物，隨流量、海拔、淤積物之量與性質而異，一般言之，河岸植生，多叢林與村鎮賴以利用為水源的河川流量有利害關係，改叢林為草地，可減低 ET。

(i) 長流溪流 (Perennial streams) — 高海拔，長流溪流水道旁常發現 alder, cotton, woods, willow, aspen, 等樹木因靠近流道耗損水量，但因流水長流，耗水問題並不嚴重，反有遊樂、釣魚之用途，且可賴以蔽蔭減低水溫，減少河面之蒸發 (E) 損失，恰可抵消其本身輸散 (T) 消耗之水量，其存在顯然有利。

(ii) 間歇性溪流 (Intermittent streams) — 大部分為白楊 (cotton wood) 將之部分剷除，一方面減少水損失 (water loss, ET) 一方面可在夏天有流水時維持蔽蔭，降低河面蒸發。在 Arizona 州以槲櫟 (Sycamore) 較多，雜有 Cottonwoods, evergreen oak, Arizona ash。

(iii) 沙漠沖刷堆積地 (Desert Washes) — 沙漠地區河道有深厚沖刷沙漠沈積物，水概以地下水方式儲存，植生以 mesquite 為多，僅略具野生動物之效，但無遊樂價值。



(丁) 湖積原 (playas) 一在廣袤的西南部乾旱地區內流盆地中央部位平坦的小平原 (過去爲一湖泊，現則乾涸成爲小平原，偶遇沙漠陣雨，始有短時間積水) 以 pickle weed, greasewood rabbit brush 爲多，水爲鹼性 (alkaline) 無家給與灌溉之用，此區河流旁的嗜水植物剷除土地可供畜牧之用，其他用途甚少。

圖十所示乃本文第二部分所論之範圍；大部分地區其連續二十四小時降雨量少於4"，幾全屬乾燥或半乾燥地域，其中西部尤多沙漠，平原佔四分之三，平原地有五種，河流氾濫平原 (river flood plains)，構造平原 (Structural plains)，湖積原 (playas) 波狀原 (Bajada)，山足面 (pediments) 氾濫平原面積並不大；其他四分之一爲斷層山塊 (fault-block mountains)

參 考 資 料

- 一、Campbell, C. J., and W. Green, 1968. Perpetual succession of stream-channel vegetation in a semiarid region. *Journal of the Arizona Academy of Science* vol. 5, No. 2.
- 二、Debano, L. F. 1966. Formation of Non-wettable soils. U.S. Forest Service research note PSW-132.
- 三、Debano, L.F. etc., 1967. Soil Wettability and Wettig Agents. U.S. Forest Service research Paper PSW-43.
- 四、Debano, L.F, and J. Letey, 1969. Water-repellent soils. Proceedings of the Symposium on water-Repellent soils held at the University of California, Riverside. Cal. U.S.A.
- 五、Debano, L.F. and J. S. Krammes, 1966. Water repellent soils and their Relation to wildfire temperatures. Reprints of *Bulletin of the I.A.S.H.* XI^e Année N°2 1966, pp. 14—19.
- 六、Horton, J.S. 1966. Vegetation management on Flood plains and Riparian lands.
- 七、Information sheet for Symposium on Non-wettable soils. Sponsored by the Dry-lands Research Institute university of Cal., Riverside, Cal. U.S.A.