

應用土壤轉換方程式(PTF)評估台灣平地土壤之飽和水力傳導度

劉滄琴¹、彭宗仁²、范家華²、郭鴻裕¹

1. 農委會農業試驗所農業化學組
2. 國立中興大學土壤環境科學系

摘 要

為使過去四十年所建立之土壤基本資料能加值利用，本研究利用文獻中適當之土壤轉換方程式(Pedotransfer function, PTF)，將台灣各縣市地區之土壤調查報告中之土壤質地資料轉換成飽和水力傳導度數據。本研究利用有限的國內文獻數據，以驗證所使用PTF之適用性，結果顯示此PTF並不適用於坡地土壤；PTF推估之飽和水力傳導度比實測飽和水力傳導度低了約1~2個數量級。然而，對於平地土壤，PTF推估之飽和水力傳導度與實測飽和水力傳導度間則有相同數量級之結果。據此，我們利用此PTF將龐大的台灣平地土壤質地資料轉換成水力傳導度資訊。在完成1,004個土系之飽和水力傳導度估算後，本研究建立台灣地區平地土壤飽和水力傳導度分佈圖，以供各相關領域參考利用。因為本研究所利用之PTF為國外文獻之經驗式，可能無法完全反映出台灣土壤之區域性土壤構造因素；因此，發展國內之PTF是另一值得研究探討之課題。

關鍵詞：土壤轉換方程式、土壤質地、飽和水力傳導度、平地土壤、台灣

1. 劉滄琴電子郵件信箱：tsliu@wufeng.tari.gov.tw

1、緒 論

土壤是人類賴以生存之主要元素之一，它不僅提供植作之營養以供人類生活所需；同時，在物理性質方面，它亦是人類建設活動的地基。土壤之化育主要受第四紀之風化作用所影響，然而土壤是由不同的地質母質化育而來，再加上不同化育因子及化育程度的差異，使得土壤性質在空間上的變異是必然的現象。過去土壤界前輩為台灣農業生產及管理之需求，曾花不少心血進行台灣地區土壤基本資料調查工作，並建立豐碩之成果(陳, 1976, 1977, 1978, 1979；中興大學, 1969a, 1969b, 1971a, 1971b, 1975a, 1975b, 1976)。

基本資料是長久的，並不會隨著時代的演變而減低其重要性，端看後人如何加值利用並發揚。土壤基本資料中，土壤質地分析是最基本且最全面性的核心資料，它最直接的影響就是土壤的入滲與排水；以土壤或水文地質術語言之，也就是水力傳導度(Hydraulic conductivity, K)。一般而言，土壤水力傳導度的田間及實驗室測定通常是昂貴、費時且費力；同時，由於土壤空間的變異性及試驗上的誤差，有時也會使試驗測定值的代表性顯得有限(Topp and Sattlecker, 1983；Vereecken *et al.*, 1990)。因此，近年來有許多研究利用土壤特性資料，發展出適用的土壤水力傳導度或其它土壤水力特性的經驗推估式，藉以簡化水力傳導度資料的求取(林和陳, 1993；Gupta and Larson, 1979；Raws *et al.*, 1982；Saxton *et al.*, 1986；Wosten *et al.*, 1995；Young *et al.*, 1999)。這依據土壤基本資料來量化土壤水力特性的推估方法，就是所謂的土壤轉換方程式(Pedotransfer function, PTF)。

水力傳導度是指流體(水體)在土壤孔隙中移動的難易，它亦是描述土壤層中水分流動及溶質傳輸的要素之一。因此，許多 PTF 的相關研究主要是求取水力傳導度，提供作為土壤層中水分流動及溶質傳輸模擬的基礎。土壤中水分的移動分為飽和及不飽和流動。飽和流動乃指土壤孔隙中皆已被充滿水時，土壤水分在孔隙中的移動，它與質地的分佈，孔隙之大小、分佈及連續性有關(Scott, 2000)。反之，不飽和流動過程較為複雜，很難加以定量描述；這是由於在流動過程中，水分狀態及含量不斷的變化，包括土壤濕度、吸力及傳導度間之複雜關係，且其間的關係又因遲滯現象變得更形複雜(Scott,

2000)。因此，一般以 PTF 推估飽和水力傳導度較不飽和水力傳導度要單純的多。

然而，在過去之土壤調查報告中，或因水力傳導度量測的困難、不便與費時，多以描述性文詞如排水性良、不良等敘述之。因欠缺可參考的土壤水力傳導度量化數據，造成工程界、地質界或水文界在欲利用此土壤質地資料進行後續的水資源或環境分析工作時，常留下不能應用的遺憾。有鑑於此，本文之主要目的在以現有土壤調查報告書中之質地資料，藉由文獻中PTF的應用，快速處理大量的土壤資料以推估飽和水力傳導度，提高過去土壤調查基本資料的利用價值；同時，建立台灣地區土壤飽和水力傳導度分佈圖供各界應用及參考。

2、研究方法

2.1、土壤轉換方程式(PTF)

有關以 PTF 探討土壤水力傳導度的研究相當多，其中較符合台灣地區現有土壤調查報告書中之土壤質地資料格式的為 Saxton *et al.*(1986)的 PTF 關係式，他們利用 Rawls *et al.*(1982)之數據組，包括砂粒、粉粒、粘粒、有機質含量百分比、總體密度及實測之水力傳導度，經複迴歸及統計顯著分析後，得到下式之複迴歸方程式($n=230, R^2=0.95$)：

$$K=2.778 \times 10^{-6} \{ \exp [12.012-0.0755 (\% \text{ sand}) + [-3.8950+0.03671 (\% \text{ sand}) - 0.1103 (\% \text{ clay}) + 8.7546 \times 10^{-4} (\% \text{ clay})^2] (1/\Theta)] \} \quad (1)$$

式(1)中K為土壤之水力傳導度(m/sec)， Θ 為體積含水量(m^3/m^3)。此方程式於水勢能(Ψ)為 0~1,500 kpa 或更大時皆可適用。

因為現有土壤調查報告書中並沒有含水量(Θ)資料，而有關利用 PTF 求取 Θ 之方法有數種；本文利用 Saxton *et al.*(1986)中所述飽和含水量與質地間之經驗式推估：

$$\Theta_s=0.332 - 7.251 \times 10^{-4} (\% \text{ sand}) + 0.1276 \log_{10} (\% \text{ clay}) \quad (n=10, R^2=0.99) \quad (2)$$

式(2)中 Θ_s 表飽和含水量(m^3/m^3)。但式(2)之利用有其限制條件，因為如果粘粒含量過低或過高，所得到之飽和含水量推估值會比實際之飽和含水量量測值為高，造成推估錯誤(Saxton *et al.*, 1986)。式(2)之質地適用範圍為(Saxton *et al.*, 1986)：

$$5 \% \leq \% \text{ sand} \leq 30 \% \text{ 且 } 8 \% \leq \% \text{ clay} \leq 58 \% \quad (3)$$

$$30 \% \leq \% \text{ sand} \leq 95 \% \text{ 且 } 5 \% \leq \% \text{ clay} \leq 60 \% \quad (4)$$

2.2、研究材料

本文所應用之土壤資料主要是依據台灣各縣市之土壤調查報告，都為平原地帶之耕地土壤，包括台北宜蘭地區(陳, 1978)、桃園地區(陳, 1976)、新竹苗栗地區(陳, 1977)、台中南投地區(中興大學, 1976)、彰化地區(中興大學, 1969a)、雲林地區(中興大學, 1975a)、嘉義地區(中興大學, 1971a)、台南地區(中興大學, 1969b)、高雄地區(中興大學, 1975b)、屏東地區(中興大學, 1971b)以及花蓮台東地區(陳, 1979)。由上述土壤調查報告中選取既有不同土系的土壤質地組成資料，包括各深度土壤之砂粒、粉粒及粘粒含量百分比、土壤質地及有機質含量百分比等，並依不同土系土壤之剖面資料歸納整理。

2.3、進行步驟

1、由文獻中收集有現地量測飽和水力傳導度之數據與PTF所得之結果進行比對，探討其差異現象及 PTF 之適用性。

2、土壤資料篩選：依上述式(3, 4)之質地限制進行資料篩選。接續檢查砂粒、粉粒及粘粒三者含量百分比總和是否趨近於 100%，總和之近似值明顯偏離 100% 者，可能是土壤調查報告原本記錄上的錯誤，故不予採用。之後再檢視土壤資料中各土壤剖面，剖面中各深度土層不符合上述限制條件較多者，則捨去此整個測點之土壤剖面資料。

3、將符合條件之各分層數據代入式(2)，估算各層次之土壤飽和含水量；進而利用式(1)之推估方程式求得該層次之土壤飽和水力傳導度(Ks)。

4、每一土壤剖面之整體垂向水力傳導度(Ks)利用調和平均數計算(Scott, 2000)：

$$K_s = \Sigma b_i / \Sigma (b_i / K_{si}) \quad (5)$$

其中， b_i 為各分層土壤之厚度， K_{si} 為各分層土壤之飽和水力傳導度。

5、利用地理資訊系統(GIS)，建立台灣地區耕地土壤飽和水力傳導度圖。

3、結果與討論

3.1、水力傳導度之 PTF 推估值與實測值比較

本文先搜尋同時具有實測飽和水力傳導度數據(K_s')及土壤質地數據之文獻，將其土壤質地數據利用本文式(1, 2)估算飽和水力傳導度(K_s)，與對應之 K_s' 比對，以了解經由PTF推估之飽和水力傳導度與實測飽和水力傳導度間之差異。然而，同時具有實測飽和水力傳導度數據及土壤質地數據之文獻並不多，本文儘可能蒐集可利用之文獻數據進行比對探討。這些文獻中之實測飽和水力傳導度數據大致分為耕地土壤與坡地土壤二類。所謂耕地土壤泛指平地地區之大部分耕地土壤，而坡地土壤為地形標高在 1,000 m 以下之坡地土壤。

以陳(1985)之平地土壤數據而言，以本文PTF推估之飽和水力傳導度與其實測飽和水力傳導度有較為接近之結果(表一及圖一 a)。PTF 推估之飽和水力傳導度分佈範圍為 $7.32\sim 8.44\times 10^{-5}$ cm/s，而其對應之實測飽和水力傳導度分佈範圍為 $2.99\sim 22.5\times 10^{-5}$ cm/s(表一)。圖一a中，除一個表土實測值較高外(22.5×10^{-5} cm/s)，其餘PTF推估飽和水力傳導度與實測飽和水力傳導度接近 1:1 的比值線。若不計此高值，實測飽和水力傳導度分佈範圍為 $2.99\sim 6.33\times 10^{-5}$ cm/s(表一)。

相反地，在坡地土壤方面，PTF 推估飽和水力傳導度與實測飽和水力傳導度數據(林, 2000)的比較，則顯示出二者有明顯之差異(圖一 b)。PTF 推估之飽和水力傳導度不僅明顯較低，且飽和水力傳導度之分佈範圍顯的較為狹窄(表一及圖一 b)。PTF 推估之飽和水力傳導度分佈範圍為 $6.27\sim 45.6\times 10^{-5}$ cm/s，而其對應之實測飽和水力傳導度分佈範圍為 $25.3\sim 449\times 10^{-5}$ cm/s(表一)；實測飽和水力傳導度約比 PTF 推估之飽和水力傳導度大了 1~2 個數量級。

導致在坡地土壤實測值之飽和水力傳導度要明顯比 PTF 推估值高的原因，主要是本文之PTF是由一般砂、粉粒及粘粒為主要質地之土壤所建構，其土壤層之物理性狀如孔隙度、顆粒排列等較有規律性，且此土壤構造因素已被含括在PTF中。但是對於坡地土壤，因另有坡地土壤之特性，如坡度影響土壤含水量之因素，未被含括在本文所利用

表一、PTF 飽和水力傳導度估算值分別與平地土壤及坡地土壤之實測值比較。

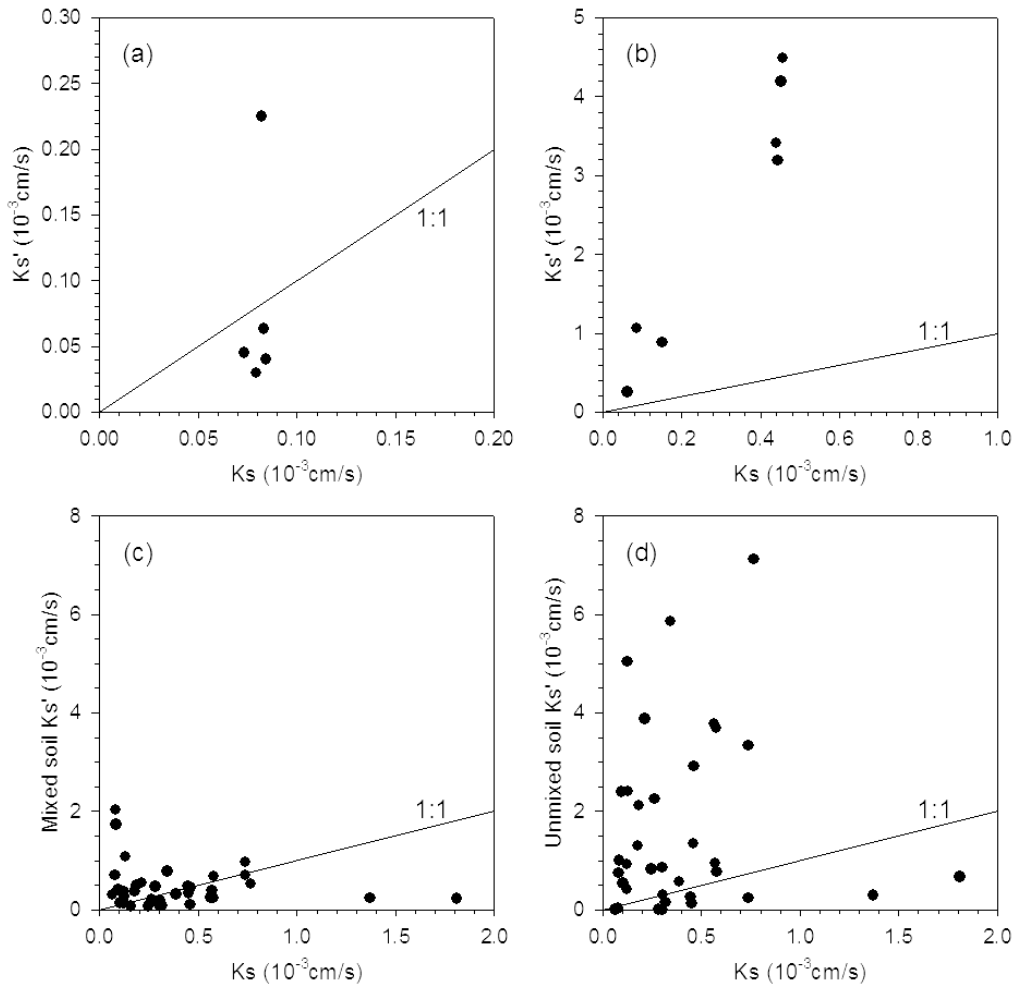
Table 1. Variation between PTF-derived and measured saturated hydraulic conductivity from plain soil data and slope land soil data, respectively.

Soil sample	% sand	% silt	% clay	Soil texture	Measured Ks' (cm/s)	PTF Ks (cm/s)
Plain soil (arable) (陳, 1985)						
# 1	10	47	43	SiC	2.25×10^{-4}	8.21×10^{-5}
# 2	14	46	40	SiC	4.00×10^{-5}	8.44×10^{-5}
# 3	8	48	44	SiC	6.33×10^{-5}	8.32×10^{-5}
# 4	4	35	61	C	2.99×10^{-5}	7.94×10^{-5}
# 5	8	43	49	SiC	4.50×10^{-5}	7.32×10^{-5}
Slope land soil (林, 2000)						
# 1	52.37	18.53	29.09	SCL	1.06×10^{-3}	8.56×10^{-5}
# 2	77.47	8.84	13.68	SL	3.19×10^{-3}	4.44×10^{-4}
# 3	64.24	13.59	22.17	SCL	8.86×10^{-4}	1.51×10^{-4}
# 4	25.91	33.23	40.86	C	2.53×10^{-4}	6.27×10^{-5}
# 5	82.69	3.66	13.65	SL	4.19×10^{-3}	4.52×10^{-4}
# 6	75.24	11.05	13.71	SL	3.41×10^{-3}	4.40×10^{-4}
# 7	83.5	2.89	13.61	SL	4.49×10^{-3}	4.56×10^{-4}

之 PTF 中；一般而言，坡度會促進水分的移動而顯示出較大之水力傳導度。此外，土壤調查報告中坡地土壤之砂、粉粒及粘粒百分比數據，為把礫石質地去除後再行計算，此舉顯然忽略常出現在礫石質地土層之大孔隙所造成的優勢流因素(Scott, 2000)。

另有一類坡地土壤，其所屬地區標高並未如上述南投縣魚池鄉土壤高，約在300 m 以下，分佈於梧棲、鰲峰山、南屯、軍功、成功嶺及大肚山一帶之坡地土壤(陳, 1993)，其PTF推估飽和水力傳導度與實測飽和水力傳導度數據的比較所顯示之特徵(圖一c, d)，介於上述之耕地土壤與標高較高之坡地土壤間(圖一)。這類標高較低之坡地土壤，其擾動土壤(採回之罐裝土樣，在實驗室重新裝填後測定)之實測飽和水力傳導度數據與PTF推估飽和水力傳導度間有較佳之相似性(圖一c)。但如以未擾動土壤(現場以滲透儀直接

測定)之實測飽和水力傳導度數據與 PTF 推估飽和水力傳導度比較，實測飽和水力傳導度明顯比PTF推估飽和水力傳導度要高(圖一d)。而在擾動土樣與未擾動土樣實測值間，最大存在約 1 個數量級的差異(圖一 c, d)。實驗室實測之擾動土樣的飽和水力傳導度與



圖一、PTF飽和水力傳導度估算值與實測值之比較。(a) PTF估算值與平地土壤實測值(陳, 1985)；(b) PTF 估算值與坡地土壤實測值(林, 2000)；(c) PTF 估算值與擾動土壤實測值(陳, 1993)；(d) PTF 估算值與未擾動土壤實測值(陳, 1993)。

Figure 1. Comparison of saturated hydraulic conductivity of PTF-derived with the measured ones. (a) PTF-derived vs. experimented on plain soil (Chen, 1985). (b) PTF-derived vs. experimented on slope land soil (Lin, 2000). (c) PTF-derived vs. experimented on mixed soil (Chen, 1993). (d) PTF-derived vs. experimented on unmixed soil (Chen, 1993).

PTF推估值有較為相似之結果；此說明在實驗過程中，土樣裝填之意義似與耕地土壤受人為耕犁一樣，其飽和水力傳導度有均勻化之現象，使其飽和水力傳導度之變異範圍較小。

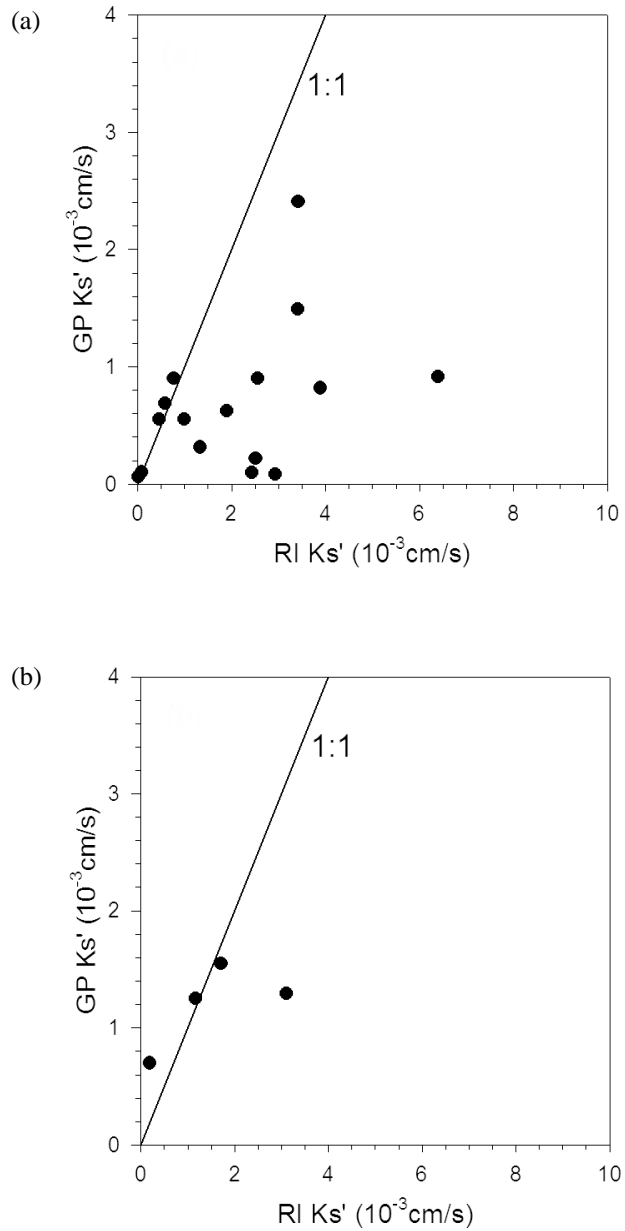
在同一地區應用不同之量測技術亦會有不同實測飽和水力傳導度之結果，這可能與現場操作因素有關。例如林(1998)應用二種不同之飽和水力傳導度量測技術，二者間約有半個數量級之差異(圖二 a)；但林(1999)在二種不同量測技術間就有不錯的相似性(圖二b)。由此顯示現場或實驗室實際量測須具備一定熟練程度的操作技術，才可獲得較佳的重現性。然而，以圖一a, b之比較顯示，以本研究之PTF推估平地土壤的飽和水力傳導度之操作，及接續處理數據龐大的台灣土壤資料應是可行的。

3.2、台灣地區平地土壤飽和水力傳導度分佈圖

早期在台灣各縣市耕地(平地)土壤調查建立了1,004土系共計1,225筆土壤剖面調查資料，接續本文在式(3)、(4)之條件下，利用式(2)、(1)之PTF估算台灣各土系之垂向飽和土壤水力傳導度(式5)。因為在土壤調查報告文獻中，部分土系欠缺粒徑百分比分佈基本資料，而以質地分級(soil texture class)敘述之。因欠缺粒徑百分比分佈資料，故無法直接以PTF推估土壤之飽和水力傳導度。

為彌補此粒徑百分比分佈資料空白之遺憾，本文參考Raws *et al.*(1982)之做法，先歸納質地三角圖中各質地分級中土壤的砂粒、粉粒及粘粒百分比分佈範圍(表二)，佐以本文PTF的質地限制條件(式3, 4)，代入式(2)及(1)，估算出各質地分級所對應的土壤的飽和水力傳導度分佈範圍及平均值(表二)，並據此表填補欠缺粒徑百分比分佈之土壤剖面基本資料。

因台灣各縣市地區土系共計有1,004種之多，礙於篇幅本文僅列出各縣市地區面積在前五大土系的飽和土壤水力傳導度(表三)。由表三顯示，台灣地區土壤層之飽和土壤水力傳導度數量級大都分布在 $10^{-4} \sim 10^{-3}$ cm/s的範圍，以滲透性而言，屬良好(Good)之等級(Bear, 1979)。同時，將全部飽和土壤水力傳導度以GIS系統繪製成台灣地區平地土壤之飽和水力傳導度分佈圖(圖三)，此平地土壤飽和水力傳導度分佈圖初步供各相關領



圖二、不同飽和水力傳導度現場實測法之差異比較。(a)數據取自林(1998)；(b)數據取自林(1999)。
GP：Guelph 入滲儀；RI：單環入滲計量儀。
Figure 2. Comparison of the saturated hydraulic conductivity measured by different field methods. (a) data from Lin (1998). (b) data from Lin (1999). GP: Guelph Permeameter; RI: Single Ring Infiltrrometer.

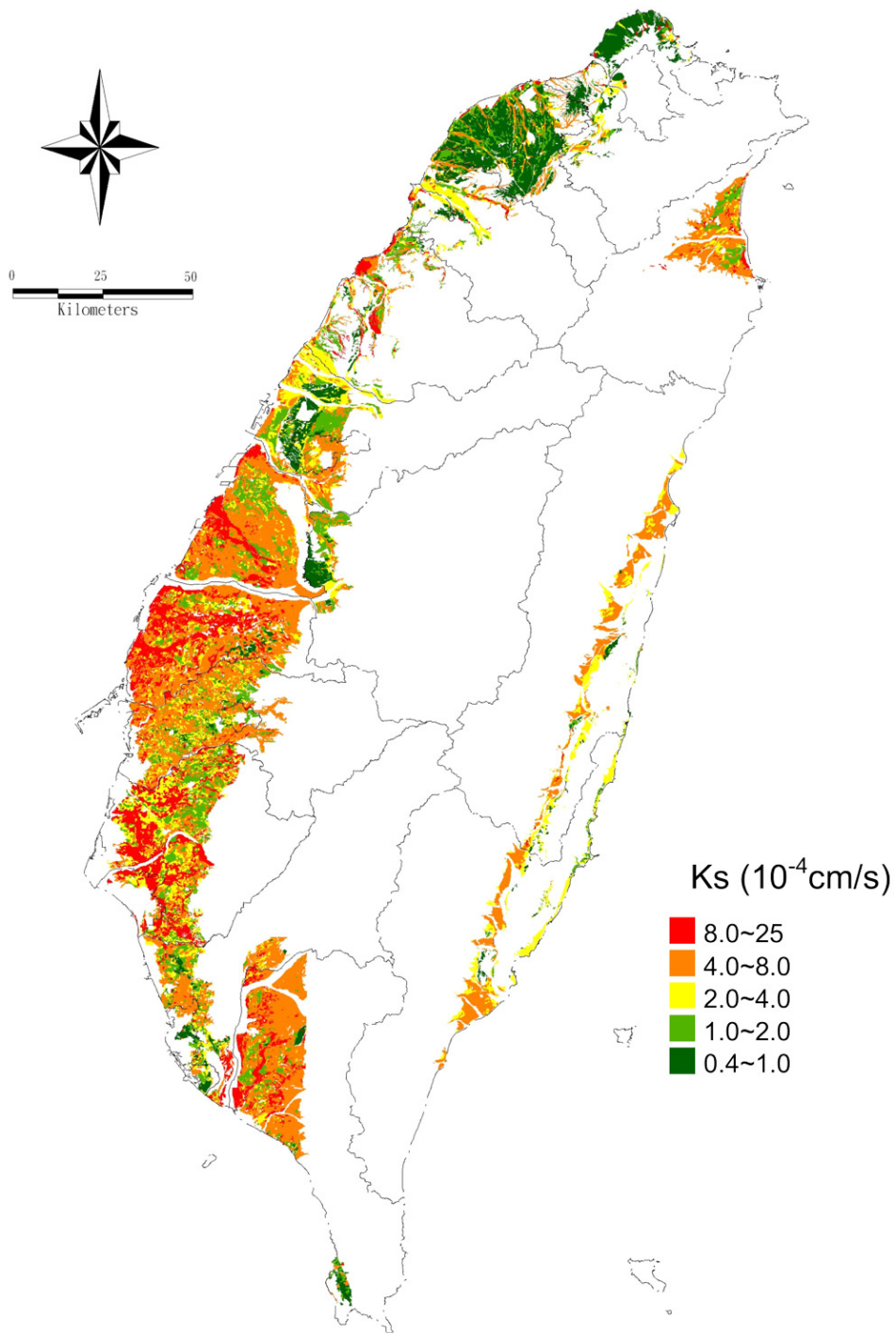
表二、土壤質地分級所對應之飽和水力傳導度。

Table 2. The corresponding saturated hydraulic conductivity of soil texture classes.

Soil texture class	% sand	% silt	% clay	PTF Ks ($\times 10^{-4}$ cm/s)	
				Range	Average
砂 (Sand, S)	85 ~ 95	0 ~ 15	5 ~ 10	8.30 ~ 24.6	16.7
壤質砂土 (Loamy sand, LS)	70 ~ 90	0 ~ 30	5 ~ 15	3.65 ~ 22.0	10.5
砂質壤土 (Sandy loam, SL)	43 ~ 58	0 ~ 50	5 ~ 20	1.82 ~ 19.9	7.15
壤土 (Loam, L)	23 ~ 52	7 ~ 27	28 ~ 50	1.14 ~ 10.5	3.55
粉質壤土 (Silt loam, SiL)	5 ~ 30 30 ~ 45	50 ~ 87 50 ~ 87	8 ~ 27 5 ~ 27	1.69 ~ 12.2	5.98
粉土 (Silt, Si)	5 ~ 12	80 ~ 100	8 ~ 12	8.10 ~ 11.3	9.91
砂質粘壤土 (Sandy clay loam, SCL)	45 ~ 80	0 ~ 28	20 ~ 35	0.45 ~ 2.18	1.16
粘質壤土 (Clay loam, CL)	20 ~ 45	15 ~ 53	27 ~ 40	0.45 ~ 1.69	0.90
粉質粘壤土 (Silty clay loam, SiCL)	5 ~ 20	40 ~ 73	27 ~ 40	0.74 ~ 2.26	1.31
砂質粘土 (Sandy clay, SC)	45 ~ 65	0 ~ 20	35 ~ 55	0.29 ~ 0.61	0.41
粉質粘土 (Silty clay, SiC)	5 ~ 20	40 ~ 60	40 ~ 55	0.68 ~ 1.04	0.81
粘土 (Clay, C)	5 ~ 30 30 ~ 45	0 ~ 40 0 ~ 40	40 ~ 58 40 ~ 60	0.30 ~ 0.75	0.49

表三、台灣各縣市地區面積前五大之土系的飽和土壤水力傳導度(單位： 10^{-4}cm/s)。
 Table 3. The saturated hydraulic conductivity of top five area-occupied soil series in each county of Taiwan. (Unit in 10^{-4}cm/s)

台北地區土系 面積(ha)	Ks	桃園地區土系 面積(ha)	Ks	新竹地區土系 面積(ha)	Ks
Ts(淡水)	6621 0.74	Pc(平鎮)	11228 0.78	Su(栗子園)	3300 2.91
Ps(北新莊)	3328 0.84	Sk(三坑子)	8076 6.69	Pc(平鎮)	2444 0.81
Pc(平鎮)	2160 0.45	Hh(後湖)	4744 1.02	Sk(三坑子)	2262 7.15
DI(斗崙)	1573 3.55	Tw(大竹圍)	3535 0.87	SI(上枋寮)	1273 2.95
Sk(三坑子)	1074 7.15	TI(大崙)	3392 0.73	DI(斗崙)	856 2.01
苗栗地區土系 面積(ha)	Ks	台中地區土系 面積(ha)	Ks	彰化地區土系 面積(ha)	Ks
Fp(番子坡)	3389 1.61	CCe(陳厝寮)	10637 1.00	Eh(二林)	15211 6.89
Wn(五分埔)	3330 16.7	TSp(水汴頭)	5471 3.55	Lu(鹿港)	6031 1.28
Su(栗子園)	2479 2.91	TWt(吳厝)	3122 2.04	Yu(員林)	5575 6.51
Tj(大山腳)	2156 7.69	TTq(大肚)	2842 4.27	Ph(平和)	5198 5.98
Ts(草漯)	2023 17.0	TWz(翁子)	2705 4.87	Cc(彰化)	2194 5.98
南投地區土系 面積(ha)	Ks	雲林地區土系 面積(ha)	Ks	嘉義地區土系 面積(ha)	Ks
CTf(大埔美)	2872 0.84	Nh(南興)	10492 5.98	Cr(將軍)	8347 4.61
CCe(陳厝寮)	2001 1.00	Nn(牛尿港)	9121 14.9	Ts(座駕)	7331 5.67
TCO(社腳)	1683 1.44	Sa(山寮)	6887 15.5	Je(仁德)	7183 6.19
TLb(栗林村)	1573 1.91	HI(下崙)	6885 8.84	Ly(柳營)	3788 5.98
TSp(水汴頭)	1367 3.55	Eh(二林)	5500 5.26	Hq(新和)	2756 2.60
台南地區土系 面積(ha)	Ks	高雄地區土系 面積(ha)	Ks	屏東地區土系 面積(ha)	Ks
Cf(將軍)	17834 8.91	Ts(座駕)	3423 5.98	Sp(下水埔)	24506 5.98
An(岸內)	10385 3.62	St(獅頭)	2405 0.85	Wl(五魁寮)	7369 5.98
Ts(座駕)	9614 4.37	Cf(將軍)	2098 5.47	Hp(西畔)	4578 9.01
Hk(下中)	7327 12.7	Ft(豐德)	2046 1.46	Ci(舊冬腳)	2820 1.31
Ly(柳營)	5675 3.18	Ci(菜舖部系)	1888 0.85	Kc(過溪子)	2798 6.76
宜蘭地區土系 面積(ha)	Ks	花蓮地區土系 面積(ha)	Ks	台東地區土系 面積(ha)	Ks
Ct(枕頭山)	6547 4.32	Js(瑞穗)	12740 6.80	Js(瑞穗)	12785 6.80
Lc(六結)	3993 6.97	Cl(初鹿)	3317 3.64	SI(水璉)	4081 3.13
Ca(淇武蘭)	2024 1.32	Sp(松埔)	2515 2.41	Cl(初鹿)	2451 3.64
Wu(武暖)	1165 5.54	FI(豐樂)	2184 4.42	FI(豐樂)	1154 4.42
Cc(壯七)	1122 6.40	Ky(觀音)	1912 2.27	Sq(石光)	990 1.77



圖三、台灣地區平地土壤之飽和水力傳導度分佈圖。

Figure 3. The saturated hydraulic conductivity distribution map of Taiwan plain soils.

域參考利用。

4、結論與建議

爲使過去四十年所建立之土壤基本資料能加值利用，本研究利用國外文獻中適當之土壤轉換方程式，將台灣各縣市地區之土壤調查報告中之平地(耕地)土壤，依各土系將質地資料轉換成飽和水力傳導度數據，並建立台灣地區平地土壤飽和水力傳導度分佈圖，以供各相關領域參考利用。

但此土壤飽和水力傳導度分佈圖有二個值得進一步深入之處：(1)此圖之土壤飽和水力傳導度爲利用國外之 PTF 所推衍而得；所利用之 PTF 雖經文獻中台灣平地土壤之實測值驗證，但可能無法完全反映台灣地區區域性特有之土壤構造因素。因此，發展國內之PTF仍是必須執行的工作。(2)就台灣地區土壤飽和水力傳導度分佈圖的目標而言，因尙欠缺坡地土壤地區之結果，此土壤飽和水力傳導度分佈圖工作只算完成了一半。下一步對於如何將坡地土壤質地資料轉換成飽和水力傳導度，亦是要努力的方向。

誌 謝

作者感謝三位審稿者的指正與建議。

參考文獻

- 中興大學 (1969a) 彰化縣土壤調查報告。省立中興大學土壤系，共 115 頁。
中興大學 (1969b) 台南縣土壤調查報告。省立中興大學土壤系，共 140 頁。
中興大學 (1971a) 嘉義縣土壤調查報告。省立中興大學土壤系，共 154 頁。
中興大學 (1971b) 屏東縣土壤調查報告。省立中興大學土壤系，共 129 頁。
中興大學 (1975a) 雲林縣土壤調查報告。國立中興大學土壤系，共 166 頁。
中興大學 (1975b) 高雄縣土壤調查報告。國立中興大學土壤系，共 177 頁。
中興大學 (1976) 台中縣、南投縣土壤調查報告。國立中興大學土壤系，共 115 頁。
林俐玲 (1999) 田間飽和水力傳導度量測方法之比較。中華水土保持學報，第 30 卷，第

- 3 期, 第 235-239 頁。
- 林俐玲、陳佩松 (1993) 坡面表土飽和水力傳導度之推估。中華水土保持學報, 第24卷, 第2期, 第 119-130 頁。
- 林明義 (2000) 九份二山崩場地土壤水分特性之研究。國立中興大學水土保持研究所碩士論文, 共 64 頁。
- 林勇州 (1998) 飽和水力傳導度之測定及其對水土流失之影響。國立中興大學水土保持研究所碩士論文, 共 84 頁。
- 陳春泉 (1976) 桃園縣土壤調查報告。台灣農業試驗所, 共 110 頁。
- 陳春泉 (1977) 新竹苗栗縣土壤調查報告。台灣農業試驗所, 共 162 頁。
- 陳春泉 (1978) 台北宜蘭縣土壤調查報告。台灣農業試驗所, 共 254 頁。
- 陳春泉 (1979) 花蓮台東縣土壤調查報告。台灣農業試驗所, 共 105 頁。
- 陳榮民 (1985) 不同灌溉頻度下蔗田土壤水分收支與養分利用。國立中興大學土壤學研究所碩士論文, 共 77 頁。
- 陳佩松 (1993) 坡面表土飽和水力傳導度之推估。國立中興大學水土保持研究所碩士論文, 共 88 頁。
- Bear, J. (1979) *Hydraulics of groundwater*, pp66-69, McGraw-Hill Inc.
- Gupta, S.C. and Larson, W.E. (1979) Estimating soil water retention characteristics from particle size distribution, organic matter content, and bulk density: *Water Resour. Res.*, **15**, 1633-1635.
- Rawls, W.J., Brakensiek, D.L. and Saxton, K.E. (1982) Estimation of soil water properties: *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, **25**, 1316-1320.
- Saxton, K.E., Rawls, W.J., Romberger, J.S. and Papendick, R.I. (1986) Estimating generalized soil-water characteristics from texture: *J. Am. Soil Sci. Soc.*, **50**, 1031-1036.
- Scott, H.D. (2000) *Soil physics*, pp165-243, Iowa State Univ. Press.
- Topp, G.C. and Sattlecker, S. (1983) A rapid measurement of horizontal and vertical components of saturated hydraulic conductivity: *Can. Agric. Eng.*, **25**, 193-197.
- Vereecken, H., Maes, J. and Feyen, J. (1990) Estimating unsaturated hydraulic conductivity from easily measured soil properties: *Soil Sci.*, **149**, 1-12.
- Wosten, J.H.M., Finke, P.A. and Jansen, M.J.W. (1995) Comparison of class and continuous pedotransfer functions to generate soil hydraulic characteristics: *Geoderma*, **66**, 227-237.
- Young, M.D.B., Gowing, J.W., Hatibu, N., Mahoo, H.M.F. and Payton, R.W. (1999) Assessment

and development of pedotransfer functions for semi-arid Sub-Saharan Africa: *Phys. Chem. Earth (B)*, **24**(7), 845-849.

APPLICATION OF PEDOTRANSFER FUNCTION (PTF) TO EVALUATE THE SATURATED HYDRAULIC CONDUCTIVITY OF PLAIN SOILS IN TAIWAN

TSANG-SEN LIU¹, TSUNG-REN PENG², CHIA-HUA FAN² AND HORNG-YUH GUO¹

1. Agricultural Chemistry Division, Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

2. Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.

ABSTRACT

In order to advance the values of the soil basic data base established over the past forty years in Taiwan, this study transferred the soil texture records into saturated hydraulic conductivity data via employing the feasible foreign pedotransfer function (PTF). Evaluation on the feasibility of PTF was done by using the limited literature data of soil texture and hydraulic conductivity. Our results indicate that the PTF is not suitable for soils on slope land, the saturated hydraulic conductivity inferred from the PTF (K_s) is lower than measurement value (K_s') by the magnitude of 1~2 orders. However, the PTF is applicable for plain soils, as has same order of magnitude with K_s' . Thus, we transfer the vast amount of texture data of plain soils to hydraulic conductivity information accordingly. A soil saturated hydraulic conductivity map with 1,004 soil series in plain area of Taiwan was established, providing important reference while evaluating the ability of infiltration for any specified region. Because the PTF utilized in this study did not derive from local data, the equation may not reflect the unique structure factor of soils in Taiwan. Therefore, appropriate local PTFs are needed for further study.

Key words: pedotransfer function (PTF), soil texture, saturated hydraulic conductivity, plain soils, Taiwan

1. Tsang-Sen Liu, e-mail: tslu@wufeng.tari.gov.tw