

國立臺灣大學生物資源暨農學院農業化學系

碩士論文

Department of Agricultural Chemistry
College of Bioresources and Agriculture
National Taiwan University
Master Thesis

探討臺灣代表性土壤利用世界土壤參比分類系統之
問題及其與美國土壤分類名稱之對應

The Problem of Using World Reference Base (WRB) Soil
Classification System in Taiwan Representative Soils and
the Correlation between WRB and Soil Taxonomy

范惠茹
Huei-Ju Fan

指導教授：陳尊賢 博士
Advisor: Zueng-Sang Chen, PhD.

中華民國 101 年 6 月
June, 2012

謝誌

本篇論文得以完成，要感謝指導教授—陳尊賢 老師不遺餘力的指導，也要感謝中興大學土壤環境科學系的黃政恆 教授、宜蘭大學森林暨自然資源學系的蔡呈奇 教授、屏東科技大學環境工程與科學系的許正一 教授及水土保持學系的簡士濠 教授等口試委員，對於本論文提供寶貴的意見及許多觀念的導正，由衷感謝各位老師的幫助。

在土調研究室攻讀碩士的這二年，在知識及思考上都成長許多，但也越顯得自己懂得太少、做得也太少，有必要在實際事務上好好磨練。要感謝的人好多，第一位要感謝的就是我的恩師 陳尊賢 教授，老師對我的教誨與啟發實在太深太廣，從每一天最早到實驗室工作、甚至最晚離開實驗室的真實身教，到對學生孜孜不倦、諄諄教誨的許多言教：「不要作有錢的人，要做一個大家都尊敬你的人！」「我們擁有那麼多的資源，要心存感激，要貢獻自己於這個社會！」「要常常幫助別人，別人才會願意幫你，離開實驗室前問自己兩個問題：今天有沒有學到什麼？今天有沒有幫到人？」…等，惠茹尤其感到慚愧，常常讓陳老師一再叮囑、點醒自己的缺失。

對於研究，惠茹曾經在藍海及紅海的領域中徬徨不知如何選擇，感謝陳老師的支持讓我得以繼續我喜愛的基礎研究—土壤分類，讓我可以貪心的面對巨觀的現象，而非侷限於微觀探討，去思考土壤於整個環境下會是什麼樣子的，從氣候、母岩、植被、流動在上面的河川及底下的地下水，乃至農業耕作的影響來著墨。

在臺大兩年的生活中除了宿舍，隱身在農場中的土壤調查與整治研究室（又稱洋菇館）就像是第二個家，研究室的大家：阿志學姐、家興學長、正介學長、紹偉學長、小燕、淑鑫、家綺、鄉娜、喬宜、大花、顥嚴、泰祥、依庭、宏毅，及已經回福建的青青，感謝你們一直以來的照顧與幫助，一同採樣、出遊及吃吃喝喝是研究生活中難得的調劑。喜愛排球運動的我來到農化系並不孤單，與農化生技女排隊友一起征戰大小沙場，得到生平第一座冠軍是我最最難忘的經典回憶。感謝摯友梅桂與淑憶總是包容我、陪我一起歡笑、一起流淚，以及一同放膽追逐人生的興趣及夢想。另外，也要特別感謝農試所農化組—陳柱中學長的協助，提供臺灣新調查樣點的資料作為我論文的參考。

最後，一定要感謝的是我的家人，老爸、老媽、媛姐、婷姐及珺珺始終給予我滿滿的愛與無怨無悔的支持，感謝老天賜與我許多，希望我能珍惜福分並努力對社會及國家做出貢獻。

探討臺灣代表性土壤利用世界土壤參比分類系統之 問題及其與美國土壤分類名稱之對應

范惠茹

摘要

臺灣土壤調查過去皆以美國土壤分類系統 (Soil Taxonomy, ST) 當作土壤分類系統，其中 Entisols (新成土)、Inceptisols (弱育土)、Alfisols (淋餘土) 及 Ultisols (極育土) 占前四大主要土壤分佈類別。世界土壤參比分類系統 (World Reference Base for Soil Resources, WRB) 為十年來由聯合國糧農組織土壤分類系統 (FAO-UNESCO system) 修改的國際土壤分類系統，近五年已於歐亞非三洲盛行，往往被當作全球化下各國土壤資訊轉換的橋樑，可補足 ST 土壤分類系統的相關缺憾。本論文將選出臺灣面積大於 1,000 公頃或具有特殊性的土壤作為此研究之臺灣代表性土壤，將這些土壤利用 WRB 分類系統分類後討論套用 WRB 時產生的問題，並利用 WRB (2006 版本) 及 Gray et al. (2011) 得到 ST 及 WRB 系統的標準對應表，而對應度 (similarity) 即表示為可正確對應的土壤數除上總土壤數。

本研究選出的 172 個代表性土系之平均對應度為 64%，討論造成對應度低的原因，首先是水成土壤，由於 WRB 系統十分重視水的作用而較 ST 新增了許多水成土壤的高階土壤分類單位及診斷特性，在臺灣常被討論的水成土壤，包含地下水造成的 Gleysols (灰白土)、Plinthosols (鐵網紋土)、表面浸水一段時間的 Stagnosols (淹水土)，診斷特徵如 Gleyic colour pattern (灰白色彩型態)、Plinthic horizon (鐵網紋層) 及 Stagnic colour pattern (淹水色彩型態)。WRB 新增特徵除了造成兩大系統下分類出的水成土壤結果不一致外，實際上在土壤分類時，常造成同一特徵由於同時符合診斷特徵而重複判斷。另外，人為灌水產生的淹水土由於也具有 Stagnic colour pattern 而可能遭誤解被分類為 Stagnosols。

Cambisols (變育土) 對應度低是因為 WRB 系統明顯比 ST 系統能有效描述人為耕作的因子，因此有許多 ST 系統新成土在 WRB 系統下可符合人為耕作層而進一步分類成變育土，例如 Anthraquic horizon (水田耕作層)、Hydragric horizon (人為浸水層) 及 Irragric horizon (灌溉沉積層)。其他與對應度無關，但在臺灣土壤往往會發生的特殊情況有：有大比例的臺灣水田土壤由於無法符合 Anthraquic horizon 對土色的要求，而錯失正確分類的機會。部分風化時間悠久的臺灣紅土即使土壤剖面中黏粒含量分佈均勻，但 CEC 仍不符合 $< 16 \text{ cmol/kg clay}$ 的標準而無法分類為 Ferralic horizon (鐵鋁層)。具可觀數量的臺灣新沖積土往往因為土層厚度太薄而無法符合 WRB 系統的 Fluvic material (沖積診斷特性)，而無法被分類為沖積土，僅能分類為 Regosols (腐石土)。Leptosols (薄層土) 在 WRB 系統中沒有明顯定義為當地母岩化育而成，容易被沖積或崩積土壤混淆而誤分類為此參考土類。WRB 系統的 Arenosols (砂質土) 僅提及沙漠或海灘的砂土，沒有將臺灣常見沖積及崩積砂質土包含在內，容易造成讀者對於砂質土分類的誤解。

關鍵字：世界土壤參比分類系統 (WRB)，美國土壤分類系統 (ST)，臺灣代表性土壤，土壤分類，參考土類，和諧化，土壤分類系統對應度。

The Problem of Using World Reference Base (WRB) Soil Classification System in Taiwan Representative Soils and the Correlation between WRB and Soil Taxonomy

Huei- Ju Fan

Abstract

620 rural soil series were developed in the history of soil survey projects from 1962 to 1979 in Taiwan. These soil series have been classified by the USDA Soil Taxonomy system (ST) and the major Soil Order were Entisols, Inceptisols, Alfisols and Ultisols. In last decade, World Reference Base for Soil Resources (WRB) system was revised from the FAO-UNESCO soil classification system and was significantly used by many countries in Europe, Asia and Africa regions. WRB system can be regarded as the system to compensate the weakness of USDA Soil Taxonomy system. A correlation table were developed to assess the correlation of soil taxa of this study based on the standard correlation tables by using the published paper of Gray et al. (2011).

In this study, we selected 172 representative soil series from Taiwan to discuss the problems for Taiwan soil series to be classified by the WRB system. The study showed the mean similarity of correlation was 64% which was produced mainly by the Hydric soils including Plinthosols, Gleysols and Stagnosols in the WRB system. The relative lower similarity of correlation table was produced by various soil formation factors and soil characteristics. WRB system has created more Hydric diagnostic properties and horizons than ST system, including plinthic horizon, gleyic colour pattern and stagnic colour pattern. The other main errors of high category are also produced by the hydraulic soil characteristics, including Gleysols, Plinthosols, Planosols, and Stagnosols. Although these differences can be identified by the pedogenetic processes of the magor soil groups, it make the soil surveyors easily confuse to identify and describe the soil properties and soil formation. Also, A lot of Flooding soils irrigated with water also have stagnic colour pattern, and it can be misunderstood and to be classified into Stagnosols.

WRB system created anthropogenic factors to affectly describe the soil formation process by human cultivation which are listed as criteria of Anthrosols, Cambisols and others, and the Entisols in ST with the cultivation evidence can be classified as Cambisols. There are some unique and important problems happened by using WRB systems to classify Taiwan soils. Many Paddy soils of Taiwan can be classified as uncorrected soil group which lack of the criteria of anthraquic horizon. Some red soils with long-term weathering soils even have uniform distribution of clay particle and without argic horizon, but it still can not meet the criteria of CEC value ($< 16 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ clay) and can not be classified as Ferralic horizon. Taiwan alluvial soils are too thin to meet the evidences of stratification of fluvic material, and it was classified as Regosols, not to be Fluvisols. The formation of Leptosols can not be identified to be developed in-situ weathering of sediments or rocks, therefore the alluvial and colluvic soils can be misunderstood and to be classified as Leptosols. Arenosols are defined as the soils formed from sandy soils appearing in the beach and desert, but it was not included the sandy soils with fluvic soils and colluvial soils in Taiwan.

Key words : World Reference Base for Soil Resources, USDA Soil Taxonomy, Taiwan representative soil, Soil classification system, Reference soil group, Harmonization, similarity of correlation table.

目錄

	頁碼
中文摘要.....	I
英文摘要.....	III
目錄.....	V
圖目錄.....	VII
表目錄.....	VIII
第 1 章 前言.....	1
第 2 章 文獻回顧.....	3
2.1 世界土壤參比分類系統 (WRB) 簡介.....	3
2.1.1 世界土壤參比系統 (WRB) 的歷史.....	3
2.1.2 世界土壤參比系統 (WRB) 的基本規則.....	4
2.1.3 世界土壤參比系統 (WRB) 的內容.....	5
2.1.4 WRB 的架構.....	8
2.2 WRB 的價值及應用.....	10
第 3 章 材料與方法.....	12
3.1 臺灣各縣市代表性土壤的選定標準.....	12
3.2 臺灣各縣市代表性土壤的分類.....	13
3.2.1 臺灣土壤利用 WRB 進行分類.....	13
3.2.2 分類的經驗法則.....	14
3.3 WRB 與 ST 的對應.....	31
第 4 章 結果與討論.....	33
4.1 臺灣各縣市農地具代表性土系.....	33
4.2 臺灣各縣市代表性土壤的分類及整理.....	33
4.2.1 臺北地區土壤的分類及討論.....	33
4.2.2 宜蘭地區土壤的分類及討論.....	43
4.2.3 桃園地區土壤的分類及討論.....	49
4.2.4 新竹地區土壤的分類及討論.....	59
4.2.5 苗栗地區土壤的分類及討論.....	63
4.2.6 臺中、南投地區土壤的分類及討論.....	68
4.2.7 彰化地區土壤的分類及討論.....	79
4.2.8 雲林地區土壤的分類及討論.....	94
4.2.9 嘉義地區土壤的分類及討論.....	108
4.2.10 臺南地區土壤的分類及討論.....	120
4.2.11 高雄地區土壤的分類及討論.....	132
4.2.12 屏東地區土壤的分類及討論.....	138

4.2.13	花蓮地區土壤的分類及討論	146
4.2.14	臺東地區土壤的分類及討論	152
4.3	WRB 與 ST 對應度及對應問題	155
第 5 章	結論	159
第 6 章	參考文獻	160



圖目錄

圖 1、簡易參考土類索引.....15



表目錄

表 1、32 個參考土類的釋義	6
表 2、字首修飾詞 (Prefix qualifiers) 及字尾修飾詞 (Suffix qualifiers).....	9
表 3、pH 相對應之鹽基飽和度	19
表 4、質地所相對應之陽離子交換能力 (CEC).....	21
表 5、ST 與 WRB 標準對應關係	32
表 6、挑選出臺灣的農地代表性土壤	34
表 7、臺北地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱	39
表 8、臺北地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應	42
表 9、宜蘭地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱	44
表 10、宜蘭地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應	48
表 11、桃園地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱	51
表 12、桃園地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應	58
表 13、新竹地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱	60
表 14、新竹地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應	62
表 15、苗栗地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱	64
表 16、苗栗地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應	67
表 17、臺中南投地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱	69
表 18、臺中南投地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應	78
表 19、彰化地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱	80
表 20、彰化地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應	93
表 21、雲林地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱	95
表 22、雲林地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應	107
表 23、嘉義地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱	109
表 24、嘉義地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應	119
表 25、臺南地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱	121
表 26、臺南地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應	131
表 27、高雄地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱	134
表 28、高雄地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應	137
表 29、屏東地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱	140
表 30、屏東地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應	145
表 31、花蓮地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱	148
表 32、花蓮地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應	151
表 33、臺東地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱	153
表 34、臺東地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應	154
表 35、臺灣代表性土壤在 WRB 和 ST 的對應度	157

第1章 前言

臺灣各縣市農地土壤調查報告書在 1962-1979 年間陸續完成，共建立了 620 個農地土系，當時使用的土壤分類系統是 1949 年美國農業部發行的舊美國土壤分類系統進行分類。由於舊分類系統較粗放及簡略，大多僅以土壤母質或剖面顏色以及其他特性命名，遂美國農業部於 1975 年建立新的美國土壤分類系統 (ST)，由六個分類綱目組成，可將土壤較仔細及準確的描述，正是目前學術界通用的世界分類系統之一。因此蔡呈奇等人 (1998) 以及陳尊賢等人 (2000) 陸續將臺灣各土系改以新美國土壤分類系統 (Soil Survey Staff, 1999) 重新分類及統整。

儘管新美國土壤分類系統發展已趨成熟，但仍屬單一國家所發行的土壤分類系統，與其他發展悠久的國家分類系統 (俄羅斯邦聯、德國、日本、法國、澳洲、加拿大…等) 一樣，無法作為全世界通用的土壤分類官方語言。另外，糧食問題以及地球上資源漸趨缺乏的情形下，國與國之間的互相依賴及資訊交流漸盛，更顯出缺乏統一性國際土壤語言的問題，因此，世界土壤參比系統 (WRB) 的概念就在聯合國農糧組織 (FAO) 及各國土壤學家推動下漸趨形成。

WRB 是一種國際間通用的土壤分類系統，由 IUSS (International Union of Soil Sciences) 和聯合國糧農組織 (FAO) 贊助發行，並且由 ISRIC (International Soil Reference and Information Centre) 參與內容的研究及修正。可提供國與國之間交換土壤資訊時，有統一且簡易的土壤科學語言可以利用，目前已成為歐盟及中西非土壤科學的官方土壤分類系統。除了作為土壤科學的共通語言外，WRB 集各國土壤分類系統於大成，除收錄各系統的診斷內容外，也增加當地土壤特色及土地利用情形，讓使用者能夠簡易利用此套系統，編撰地理資訊系統及擬定土壤管理政策，卻又不造成使用上出現國界的藩籬。

臺灣人口及占地雖小，但在亞洲地區的農業土壤科學以及環境科學擁有許多重大的研究成果，不論在科學研究文章之發表或是先進技術之互享的立場，都應該有國際性的土壤科學語言在國內流通，以增加能見度及便利性。臺灣地區近年來主要偏向使用美國土壤分類系統，目前國內尚未有學者利用 WRB 將臺灣地區的土壤進行分類的報告，就全球資訊和諧化的角度來看，臺灣在 WRB 系統方面之資訊較為不足，恐導致無法與世界系統（歐洲各國）聯繫；就科學進步角度來看，臺灣擁有優異的地理、氣候及地質條件，從低海拔到高海拔地區的土壤，土壤豐富的多樣性從新美國土壤分類系統 12 種土綱便出現 11 項便可知悉，定能提供 WRB 分類系統改進之建議，並讓臺灣土壤資訊成為世界土壤資訊之一員。另外，許多國家 (Zádorová and Penížek, 2011; Mojiri et al. 2011; Shi et al., 2010) 紛紛利用各自國家或原使用的分類系統，與國際分類系統的 WRB 作對應關係，除了可以利用對應度高低得知分類的可信程度，更重要的意義是此表可以作為未來國際間土壤語言交換時，將土壤分類單位轉換的橋梁。

因此本研究目的是將臺灣土壤利用 WRB 系統加以分類，來提供臺灣土壤使用 WRB 分類系統所遭遇之問題，並且將 WRB 分類結果與原先美國系統的分類結果做對應分析與比較。

第2章 文獻回顧

2.1 世界土壤參比分類系統 (WRB) 簡介

2.1.1 世界土壤參比系統 (WRB) 的歷史

1980 年代早期，國際間農產品與食物的供給開始互相依賴，土地退化的問題、以及土地的生產潛力和餵養人口能力之差異，成為國際間最在意的問題之一，也因此土壤資訊的統一被認為首要之務。在此種情勢下，聯合國農糧組織 (FAO) 認為應該存有一個土壤分類系統作為聯繫以及統一的語言，同時也能提供國際間溝通及交流經驗的方式。在 FAO 的倡議下，聯合國教科文組織 (UNESCO)、聯合國環境署 (UNEP) 及國際土壤科學協會 (時為 ISSS，後來更名為 IUSS) 的各領域土壤科學家，在 1980 及 1981 年召開會議，會中除發行 1:5,000,000 的世界土壤地圖 (FAO-UNESCO, 1971-1981)，更決議研究出一套「國際土壤參比分類」(IRB, International Reference Base for Soil Classification)，並且擬定其規模必須讓全世界的土壤都能夠定義及分組，並且開宗明義地說明其功能：交換土壤資訊、提供簡易的科學語言、加強土壤科學的應用，以及與土壤先進國家增加溝通。

1992 年，IRB 工作小組將訂正後的世界土壤地圖圖例 (FAO-UNESCO-ISRIC, 1988) 作為 IRB 日後的研究基礎，並同時將 IRB 更名為 WRB (World Reference Base for Soil Resources)，在本論文中譯作「世界土壤參比分類系統」。

經過多年不斷的會議討論和測試，以及在全世界各地進行實地考察 (包括比利時魯汶、德國基爾、俄羅斯莫斯科、南非、阿根廷及奧地利維也納)，終於在 1998 年出版了 WRB 的第一本教科書，內容包含：世界土壤參比分類系統之簡介、世界土壤參比分類系統之圖例及世界土壤參比分類系統正文。這本教科書也被 ISSS 接受並且推薦使用於官方文章中的分類及命名術語。在全體共識下，決議不改變內容至少八年，以接受廣泛的測試。一直到 2006 年第 18 屆世界土壤科學會議才提

出修改。在第一版出版的期間 (1998-2006 年)，WRB 成為了歐盟及中、西非土壤科學協會的土壤命名及分類的官方系統、被義大利、墨西哥、挪威、波蘭和越南列為較高等級的分類系統，並且翻譯成 13 種語言 (中、法、德、荷、義、日、西、俄、波蘭、越南、羅馬尼亞、立陶宛及拉脫維亞)。教科書內容更進一步以演講、世界主要土壤的 CD-ROM (FAO, 2001a and 2001b)、2002 年由 FAO 及 ISRIC 合作出版的 1:25,000,000 比例尺之世界土壤資源地圖來做範例說明。

2.1.2 世界土壤參比系統 (WRB) 的基本規則

WRB 是一個全方位的土壤分類系統，能夠容納各個國家發行的分類系統。WRB 除當作世界各國分類系統的聯繫外，也作為編寫全球土壤資料庫及監測、發現世界土壤資源的工具，其存在的目的並非是取代各國家本身的土壤分類系統，而是希望可以提供一個簡易的命名方式於國際間交流使用，因此其命名單位的寬度足以促進與其他原有的國家系統聯繫及統一。在 WRB 較低階的分類等級中，其尺度大概是一個國家大小的區域密度，同時也會強調出種種影響土地使用管理的相關土壤特徵。另外，WRB 土壤命名系統作為一個通用的系統，具有準確的土壤名詞及定義，以避免過去的傳統舊名詞與現代的新創詞彙衝突，出現同一名詞有不同意義的情形而混淆。

WRB 的基礎在於將 1980 年發行的 FAO-UNESCO 世界土壤地圖加以修正後的版本，使用者可方便直接連結到已建立好在地圖上的國際土壤。WRB 土壤單位的定義及描述可反映出土壤垂直及水平的特性，如此便可將地景 (land scape) 整個連結起來。WRB 分類土壤時，必須利用那些含量最大、可直接被觀察或是測量出的診斷層 (diagnostic horizons)、特性 (properties) 及物質 (materials) 的名詞來定義土壤性質。挑選診斷特性時，盡量地將土壤形成過程也考慮進去，因為了解土壤形成過程可以較完善地描述土壤；並且最好選擇高等級、具概括性及對土壤管理有明顯影響的診斷特徵。值得注意的是，許多參考土壤在不同的氣候下都會生成，因此

WRB 不把氣候納入分類的內容裡，換句話說，世界土壤參比系統在分類土壤時並不受任何氣候資訊控制，因為 WRB 小組認為氣候與土壤特性的動態因果關係，並不構成定義土壤的任何部分。根據 Gray et al. (2011) 探討五大成土因子與 WRB 參考土類的關係，發現部分參考土類與預期不同，的確在不同雨量區的氣候下都會出現。雖然在 WRB 土壤單位裡看不到美國土壤分類的溫度境況 (Soil Temperature Regime in the family-level) 或是水分境況 (Soil Moisture Regime)，但 WRB 並不會忽略氣候造成的特徵的描寫，例如水成土壤的特徵在 WRB 敘述極多，而有許多水成土壤的成因正是因為是多濕的氣候。

在 WRB 比較高級的分類項目裡，除非此土壤有特別重要的土壤母岩物質，否則，主要是依照初步成土過程對土壤造成的「初級風化特徵」來區分階級。而在較次級的分類項目中，土壤單位則根據那些會明顯改變初級土壤特徵的「次級土壤風化過程」來區分，但在某些土壤的情況中，也必須考慮明顯受到土地使用方式影響而發生的土壤特徵。

2.1.3 世界土壤參比系統 (WRB) 的內容

WRB 分類系統僅有兩個階級，其分類詞彙是由具「參考土類」(the RSGs)，加上一組獨特意義 (包含字首詞與字尾詞) 的「修飾詞」(qualifiers) 組合而成的詞，這樣的詞彙組合能夠給予土壤更精準的描述以及將單一、獨特的土壤剖面加以分類。

首先，參考土類屬於最高階級，目前已有 32 個參考土類 (WRB, 2006)，代表著許多不同的主要土壤區域，欲囊括全世界的所有土壤，其概念來自世界土壤地圖圖例的單位 (FAO-UNESCO, 1971-1981; FAO-UNESCO-ISRIC, 1988)。32 個參考土類可分成 10 種基本意義 (表 1)。

表 1、32 個參考土類的釋義

Table 1. Rationalized Key to the WRB Reference Soil Groups

Type	Reference soil groups (32 groups)
Soils with thick organic layers	Histosols
Soils with strong human influence	Anthrosols, Technosols
Soils with limited rooting due to shallow permafrost or stoniness	Cryosols, Leptosols
Soils influenced by water	Vertisols, Fluvisols, Solonetz, Solonchaks, Gleysols
Soils set by Fe/Al chemistry	Andosols, Podzols, Plinthosols, Nitisols, Ferralsols
Soils with stagnating water	Planosols, Stagnosols
Accumulation of organic matter, high base status	Chernozems, Kastanozems, Phaeozems
Accumulation of less soluble salts or non-saline substances	Gypsisols, Durisols, Calcisols
Soils with a clay-enriched subsoil Albeluvisol tonguing	Albeluvisols, Alisols, Acrisols, Luvisols, Lixisols
Relatively young soils or soils with little or no profile development	Umbrisols, Arenosols, Cambisols, Regosols

32 個土類分別為 Histosols (有機土)、Anthrosols (人為土)、Techosols (科技土)、Cryosols (冰凍土)、Leptosols (薄層土)、Vertisols (膨轉土)、Fluvisols (沖積土)、Solonetz (鹼土)、Solonchak (鹽土)、Gleysols (灰白土)、Andosols (灰燼土)、Podzols (暗色土)、Plinthosols (鐵網紋土)、Nitisols (黏亮土)、Ferralsols (鐵鋁土)、Planosls (黏盤土)、Stagnosols (淹水土)、Chernozems (黑鈣土)、Kastanozems (棕鈣土)、Phaeozems (灰鈣土)、Gypsisols (石膏土)、Durisols (硬盤土)、Calsisols (聚鈣土)、Albeluvisols (漂白洗入土)、Alisols (高活性聚鋁土)、Acrisols (聚鋁土)、Luvisols (高活性淋餘土)、Lixisols (淋餘土)、Umbrisols (黑瘠土)、Arenosols (砂質土)、Cambisols (變育土) 及 Regosols (腐石土)。

較次階級的參考土類修飾詞 (qualifiers) 為一組附於參考土類前或後的修飾詞。每個修飾詞具有特殊定義，可更進一步描述參考土類的詳細土壤特性，但在同一組分類詞彙中，不可同時出現兩個彼此意義相近或是相同的修飾詞。

參考土類修飾詞分兩種：

字首修飾詞 (Prefix qualifiers)：置於參考土類之前，為典型及過渡型的修飾詞 (典型：一個參考土類的典型特性；過渡型：參雜有其他參考土類的重要診斷特性)。但有一個字首修飾詞”Haplic”，為既非典型也非過渡型的字首修飾詞。利用 WRB 來設計小比例尺 (small-scale) 的世界土壤地景圖時，建議單位使用字首修飾詞，繪圖尺度約在 1:5,000,000 到 1:1,000,000 之間。在分類階級來看，字首修飾詞先於字尾修飾詞。

字尾修飾詞 (Suffix qualifiers)：置於參考土類之後並通常用括號框住，為其他型的修飾詞 (其他型：並非一個參考土類的典型特性，且與其他參考土類不具相關性)，代表了以下特徵：土壤出現的診斷層、特性或物質，以及其他關於化學、物理、礦物、表面、質地與顏色等的特徵。若要利用 WRB 來設計大比例尺 (big-scale) 的地區土壤地景圖，繪圖尺度在 1:6,000,000 到 1:25,000 之間時，建議使用字尾修飾詞。

2.1.4 WRB 的架構

一組完整的分類詞彙 (含有參考土類及參考土類修飾詞)，通常參考土類下會列出所有可能出現的字首及字尾修飾詞，以 Anthrosols (人為土) 為例 (表 2)。以接下來兩個範例說明可能會出現的詞彙情形，及其所代表的意義。

1. Hydragric Anthrosols (siltic)

由於耕作灌水而成的人為土；土層深度 100 cm 內有 30 cm 以上土壤質地為粉土、粉質壤土、粉質黏壤土或是粉質黏土。

2. Hydragric Fluvisol Anthrosols (Eutric, clayic)

因為耕作灌水而成的人為土，人為耕作層之下立即顯現原本沖積土的堆疊層化證據；土層深度 20-100 cm 或是 20 cm 到母岩內，其主要土壤的鹽基飽和度大於 50%，另外 100 cm 內有 30 cm 以上土壤質地為黏土。



表 2、字首修飾詞 (Prefix qualifiers) 及字尾修飾詞 (Suffix qualifiers)
 — 以 Anthrosols 為例

Table 2. Prefix and suffix qualifiers in the WRB-case of Anthrosols

Prefix qualifiers	Suffix qualifiers
Hydragric	Sodic
Irragic	Alcalic
Terric	Dystric
Plaggic	Eutric
Hortic	Oxyaquic
Escalic	Arenic
Technic	Siltic
Fluvic	Clayic
Salic	Novic
Gleyic	
Stagnic	
Spodic	
Ferralic	
Regic	

註：字首與字尾排的順序無關聯



2.2 WRB 的價值及應用

WRB 作為世界共通土壤語言，能夠提供一簡易的平臺作為各國溝通的橋梁，近年來許多環境及社會問題都正在跨越國界的發生，Sanchez et al. (2009) 曾提到：「包含糧食安全、氣候變遷、環境遭破壞退化、水資源缺乏或是生物多樣性屢遭破壞等，正需要全面性的政策及作法來預估或者解決，首先需要建立一套數位解析度佳的世界土壤地圖，除了輸入土壤特性外，也可進一步提供土壤管理方式或是土地利用情形。目前世界上 109 個國家仍使用解析度低 (1:1,000,000 或更小比例尺) 地圖，且這些地圖僅占地球 31% 的面積，尚有許多空間進步…」這些需求都仰賴著更臻成熟的 WRB 系統，因為具有通用及實用的特性，而能建構出世界通用的土壤地圖及地理資訊系統，並且尺度能適用於各個領域使用，例如研究全球養分循環的科學家僅需要 1 km 的解析度資訊，國家規劃者需使用 90 m 解析度資訊，農民則需要最佳的 30 m 之解析度資訊。

目前已有許多聯盟及國家使用 WRB 來繪製土壤圖，歐盟根據 WRB 的內容發表了歐洲土壤圖，北極圈、拉丁美洲都已完成了 1:3,000,000 的土壤圖。各國也利用 WRB 進行分類及相關探討，Shi et al. (2010) 將中國土壤發生分類 (GSCC, Genetic Soil Classification of China) 與 WRB 分類系統作了相互參比的討論，利用中國第二次土壤調查所得到的 7292 筆土壤資料作為國家尺度的背景資訊庫，並建立了可有效評斷參比情形是否可信的對應度 (referencibility) 方法；另外，提出了 WRB 沒有將氣候列入診斷標準是造成部分中國土壤對應度低的原因之觀點。Zádorová and Penížek (2011) 使用 1963-1967 年的舊捷克-斯洛伐克大尺度農業土壤調查報告書，從中隨機選取 433 筆樣點進行捷克土壤分類系統與 WRB 分類系統的對應 (correlation)，並且利用 Shi et al. (2010) 建立的對應度得到了 88% 的對應度，同時也指出捷克土壤分類系統的模糊定性內容是導致與定量的 WRB 轉換困難的原因。Takahashi et al. (2004) 也就日本常見的 Andosols (灰燼土)，提出修改原先

WRB 中與灰燼土相關的 Andic (火山灰特性) 及 Vitric (火山玻璃物特性) 之標準，並建議增加原先缺憾的“Aluandic”這個二階修飾詞 (qualifiers)。Bautista et al. (2010) 在馬雅地區，想要將當地原住民農夫利用土壤耕作上的特徵來分類土壤的這份古老智慧，藉助分類概念相對簡單的 WRB 來幫助馬雅地區建構出馬雅分類系統，保存馬雅原住民的文化及發展民族土壤學 (Ethnopedology)。Mojiri et al. (2011) 等人在伊朗 Segzi 平原，將土壤的 WRB 及 ST 之結果作對應。

許多國家近年來才開始編撰各自國內的分類系統，如中國土壤分類 (Chinese Soil Taxonomy)、捷克土壤分類 (Czech soil classification)、拉脫維亞土壤分類 (Lithuanian soil classification) 以及俄羅斯土壤分類 (Russian soil classification system) 等，這些國家分類系統的概念都是源自 WRB，也代表了 WRB 正風行全世界，逐漸達到當初做為世界官方語言的目標。



第3章 材料與方法

3.1 臺灣各縣市代表性土壤的選定標準

本論文所研究的地區僅限臺灣本島，而本島 21 個縣市又依農地土壤調查報告書而分成 15 個地區，除了臺中與南投合併成一個地區（臺中-南投）討論外，其他尚有 13 個地區：臺北、宜蘭、桃園、新竹、苗栗、彰化、雲林、嘉義、臺南、高雄、屏東、花蓮及臺東。另外，討論的範圍大多侷限於農地（平地）土壤，森林土壤僅有提出特殊個案來討論。

平地土壤係利用 11 本臺灣農地土壤調查報告書（臺北-宜蘭、桃園、新竹-苗栗、彰化、臺中-南投、雲林、嘉義、臺南、高雄、屏東與花蓮-臺東），以及陳尊賢等人於農委會計劃中所補齊的臺中-南投的農田土壤理化特性（陳, 2000, 2004, 2005）為背景資料庫；高山森林土壤則參考阿里山祝山鐵路沿線土壤剖面標本製作及性質調查（陳等人, 2005）及陽明山國家公園之地形土序及其化育作用（陳等人, 2002, 2003）。若上述資料庫內有符合以下任一要求的土系或是土壤，將選定為臺灣代表性土壤 (Representative soils in Taiwan)：

1. 各縣市占地面積超過 1000 公頃以上的土系。或者，
2. 各縣市占地面積雖不超過 1000 公頃，但具有特殊及典型的土壤特性，無法被其他土系所取代；或在許多縣市都出現、並且對農業生產有重要貢獻的土系。

3.2 臺灣各縣市代表性土壤的分類

3.2.1 臺灣土壤利用 WRB 進行分類

依照各縣市順序，利用 WRB (2006) 的分類方式，將挑選出的臺灣代表性土壤進行分類，當不同縣市出現了相同的土系（如臺北、桃園、新竹及苗栗皆有平鎮系），若跨縣市的土系資料（理化數據及型態描述）是一致的，則依照先分類的結果為主；若跨縣市的土系資料不一致，則依照個別資料作分類。

除依各土系逐一討論分類過程（根據母岩、生成環境、種植作物、土壤深度、顏色、斑紋、質地、構造及結持度進行分析），並在最後總結分類的問題。WRB 的簡略分類步驟如下，可參考簡單土類索引（圖 1）。

步驟一：由土壤表徵、土層厚度比對出 WRB 描述的診斷層、特性和物質。

步驟二：將得到的診斷層、特性和物質依照各參考土類的評斷標準，找出歸屬於哪一種最高等級的參考土類之下。若土壤診斷層、特性及物質可符合多個參考土類，則依參考土類優先出現的順序而納入。

步驟三：找到參考土類後，進一步從每個參考土類下列出的字首字尾修飾詞，找出符合欲分類土壤的次級修飾詞（字首及字尾修飾詞）。

事實上，各參考土類下列出的字首及字尾修飾詞仍可能不夠豐富及完整，需仰賴後人編增 WRB (2006) 的內容使其更完善 (Takahashi et al., 2004; Dazzi et al., 2009)。在本論文中也出現了土壤在對應的參考土類下無法找到適當的修飾詞，為了描述真實的土壤特徵，將利用「#」作為區分。例如：Hydragric[#] Cambisols，代表土壤因水耕而產生明顯的 Hydragric（鐵錳溶出），雖在歸屬的 Cambisols 中的修飾詞表中未列出 Hydragric，但在描述出正確特性的前提下，利用 Hydragric[#]作為修飾詞是必要的。

另外，某些特殊情況下，當土壤剖面是由上面新物質覆蓋住下層土壤，呈現上下層岩性不同的情形時，WRB 的表示方式有以下兩種情況：

1. 假設上方土壤被列為首要階級，則下方被掩埋的土壤名稱 (RSG) 要被當作修飾詞來形容上方土壤，則下方土壤的表示方式為前面加上 Thapto- 這個 specifier，後面要加上 -ic 這個字尾，且此整段名稱要在括號裡面。以上層是 Umbrisol 下層是 Podzol 為例，上方為主要的土壤階級，則此兩層土壤總稱為 Technic Umbrisols (Thapto-Podzolic)，Technic 是形容上方 Umbrisol 的字首修飾詞，可解釋成 (上) 科技黑瘠土披覆 (下) 暗色土。
2. 若是由被埋的下方土壤被列為首要階級，則上方物質則要加上 Novic 這個修飾詞。則一樣以上例來看，名稱應寫作 Technic Umbrisols (Novic) Podzols。

3.2.2 分類的經驗法則

當 1960-70 年代所調查的舊土壤調查報告書，要使用近代 WRB 的診斷內容來分類時，特別是 WRB 的許多要求在以往從未出現過，往往會遇到舊資料沒有相關資料可以符合 WRB 內容的窘境，此時必須要秉持 2 項分類原則，分別是推估原則以及呼應原則。

1. 推估原則

當 WRB 的診斷特性要求某項內容時，若是舊資料沒有具備，將盡量以舊資料具備的其他資訊推測，若是推測的結果不符合此項內容，則不會分入此診斷特性。

2. 呼應原則

由於要具備世界土壤的完整性，WRB 的診斷特性會有很多選項 (and/or)，在分類時必須找到最主要特性來加以呼應。在診斷特性列出的項目都要符合下，當丙項目的要求在舊資料中缺乏 (且也無法利用推估原則來符合)，而丙項目是較次要或是可以被其他甲、乙項目取代時，則將考慮舊資料內能夠符合甲或乙的內容來加以呼應。若舊資料沒有一個項目能夠符合時，則不會分入此診斷特性。

Organic material > 40 cm	Yes	→	Histosols
↓ No			
Human induced horizons	Yes	→	Anthrosols
↓ No			
Artefacts > 20%	Yes	→	Technosols
↓ No			
Cryic horizon	Yes	→	Cryosols
↓ No			
Depth < 25 cm	Yes	→	Leptosols
↓ No			
> 35% clay vertic horizon	Yes	→	Vertisols
↓ No			
Fluvic materials	Yes	→	Fluvisols
↓ No			
Natric horizon	Yes	→	Solonetz
↓ No			
Salic horizon	Yes	→	Solonchaks
↓ No			
Gleyic properties	Yes	→	Gleysols
↓ No			
Andic or vitric horizon	Yes	→	Andosols
↓ No			
Spodic horizon	Yes	→	Podzols
↓ No			
Plinthite, petroplinthite or pisoplinthic horizon	Yes	→	Plinthosols
↓ No			
Nitic horizons	Yes	→	Nitisols
↓ No			
Ferralic horizon	Yes	→	Ferralsols
↓ No			
Abrupt textural change	Yes	→	Planosols
↓ No			
Stagnic properties	Yes	→	Stagnozems
↓ No			
Chernic or blackish mollic horizon and secondary CaCO ₃	Yes	→	Chernozems
↓ No			
Brownish mollic horizon and secondary CaCO ₃	Yes	→	Kastanozems
↓ No			
Mollic horizon	Yes	→	Phaeozems
↓ No			
Gypsic or petrogypsic horizon	Yes	→	Gypsisols
↓ No			
Duric or petroduric horizon	Yes	→	Durisols
↓ No			
Calcic or petrocalcic horizon	Yes	→	Calcisols
↓ No			
(接下頁)			

Argic horizon with $CEC_c > 24$, BS < 50%	Yes →	Alisols
↓ No		
Argic horizon with $CEC_c < 24$, BS < 50%	Yes →	Acrisols
↓ No		
Argic horizon with $CEC_c > 24$, BS > 50%	Yes →	Luvisols
↓ No		
Argic horizon with $CEC_c < 24$, BS > 50%	Yes →	Lixisols
↓ No		
Umbric horizon	Yes →	Umbrisols
↓ No		
Coarse texture	Yes →	Arenosols
↓ No		
Cambic or other developed horizon	Yes →	Cambisols
↓ No		
Other soils	Yes →	Regosols

圖 1、簡易參考土類索引

Fig1. Key to the RSGs

(修改自 Deckers et al (2002))



以下將提出本論文中所有新舊不接的情形，並列出各情形下利用推估及呼應兩個原則來彌補不足的方法。另外也提出本論文常出現的參考土類之索引內容，和診斷層、特徵及物質之診斷標準。

(一) 適用推估及呼應原則之情形 (按字母順序列出)

A. Anthraquic horizon (水田耕作層)

WRB 對 Anthraquic horizon 的診斷特性如下

An anthraquic horizon is a surface horizon and has:

1. a puddled layer with both:
 - a. a Munsell hue of 7.5 YR or yellower, or GY, B or BG hues; value (moist) of 4 or less; chroma (moist) of 2 or less!; and
 - b. sorted soil aggregates and vesicular pores; and**
2. a plough pan underlying the puddled layer with all of the following:
 - a. a platy structure; and**
 - b. a bulk density higher by 20 percent or more (relative) than that of the puddled layer; and**
 - c. yellowish-brown, brown or reddish-brown iron-manganese mottles or coatings; and
3. a thickness of 20 cm or more.

WRB 描述 Anthraquic horizon 包含 puddled layer (混攪層) 及 plough pan (耕犁層) 兩個部分的描述，但在舊資料中的水田土壤調查內容中通常不包含整齊一致的土壤團粒及囊洞 (sorted soil aggregates and vesicular pores) 來描述混攪層，也不包含 platy structure (盤狀構造) 及 bulk density (總體密度) 來描述壓實的耕犁層，因此根據經驗法則及合理推論，若背景描述中提到此土壤主要為水田耕種，且表層土壤符合顏色要求可呼應到混攪層，底層土壤 (表土以下至 30-40 cm 以上) 具有符合規定的鐵錳斑紋可呼應到耕犁層，即可診斷具有 Anthraquic horizon。

B. Argic horizon (黏聚層)

WRB 對 Argic horizon 的診斷特性如下

1. has a texture of loamy sand or finer and 8 percent or more clay in the fine earth fraction; and
2. one or both of the following:
 - a. has, if an overlying coarser textured horizon is present that is not ploughed and not separated from the argic horizon by a lithological discontinuity, more total clay than this overlying horizon such that:
 - i. if the overlying horizon has less than 15 percent clay in the fine earth fraction, the argic horizon must contain at least 3 percent more clay; or
 - ii. if the overlying horizon has 15 percent or more but less than 40 percent clay in the fine earth fraction, the ratio of clay in the argic horizon to that of the overlying horizon must be 1.2 or more; or
 - iii. if the overlying horizon has 40 percent or more total clay in the fine earth fraction, the argic horizon must contain at least 8 percent more clay; or
 - b. has evidence of clay illuviation in one or more of the following forms:
 - i. oriented clay bridging the sand grains; or
 - ii. clay films lining pores; or
 - iii. clay films on both vertical and horizontal surfaces of soil aggregates; or
 - iv. in thin section, oriented clay bodies that constitute 1 percent or more of the section; or
 - v. a coefficient of linear extensibility (COLE) of 0.04 or higher, and a ratio of fine clay₁ to total clay in the argic horizon greater by 1.2 times or more than the ratio in the overlying coarser textured horizon; and
3. has, if an overlying coarser textured horizon is present that is not ploughed and not separated from the argic horizon by a lithological discontinuity, an increase in clay content within a vertical distance of one of the following:
 - a. 30 cm, if there is evidence of clay illuviation; or
 - b. 15 cm; and
4. does not form part of a natric horizon; and
5. has a thickness of one-tenth or more of the sum of the thicknesses of all overlying horizons, if present, and one of the following:
 - a. 7.5 cm or more, if it is not entirely composed of lamellae (that are 0.5 cm or more thick) and the texture is finer than loamy sand; or
 - b. 15 cm or more (combined thickness, if composed entirely of lamellae that are 0.5 cm or more thick).

土壤調查報告書中通常會記載各層黏粒含量，可由此做為判斷的依據；但少數缺乏黏粒含量的舊土壤調查報告書則可利用型態描述中的質地總結果、構造及結持度來輔助辨別是否具有 Argic horizon，例如質地越往下越黏、構造變得較多量及明顯，以及結持度變得黏稠、具可塑性、密或硬。

C. Base Saturation (鹽基飽和度，簡稱 BS)

舊土壤調查報告書中缺乏 BS 的資訊，可利用土壤 pH 來推估 (表 3)。

表 3、pH 相對應之鹽基飽和度

Table 3. pH and its corresponding BS%

pH < 5	pH 5-6	pH > 6
BS% < 50%	當下層底土 pH > 5.7 時, BS% > 50%。 當下層底土 pH < 5.3 時, BS% < 50%。	BS% > 50%

註：此換算來自陳尊賢教授口述。



D. Cation Exchangeable Capacity (陽離子交換能力，簡稱 CEC)

當土壤調查報告書中缺乏土壤剖面 CEC 的數據，原則上可利用以下運算式算出，但倘若資料也無法提供有機碳及黏土礦物資料時，則可利用質地來大略推估 (表 4)。

$$CEC_{total} = CEC_{contribution\ by\ organic\ matter} + CEC_{contribution\ by\ clay}$$

E. Fluvic material (沖積物質)

WRB 對 Fluvic material 的診斷特性如下

Fluvic material is of fluvial, marine or lacustrine origin that shows stratification in at least 25 percent of the soil volume over a specified depth; stratification may also be evident from **an organic carbon content decreasing irregularly with depth, or remaining above 0.2 percent to a depth of 100 cm from the mineral soil surface.** Thin strata of sand may have less organic carbon if the finer sediments below meet the latter requirement.

臺灣各縣市土壤調查報告書的各層有機碳數據常出現缺乏，因此需利用土壤各層的土色、質地、構造及其他岩性的不規則變化來推估到沖積物質。

F. Gleyic colour pattern (灰白色彩型態)

WRB 對 Gleyic colour pattern 的描述如下

Soil materials develop a gleyic colour pattern if they are saturated with groundwater, unless drained, for a period that allows Reducing conditions to occur (this may range from a few days in the tropics to a few weeks in other areas), and show a gleyic colour pattern.

WRB 對 Gleyic colour pattern 的診斷特性如下

A gleyic colour pattern shows one or both of the following:

1. **90 percent or more reductimorphic colours, which comprise neutral white to black (Munsell N1/ to N8/) or bluish to greenish (Munsell 2.5 Y, 5 Y, 5 G, 5 B); or**
2. 5 percent or more mottles of oximorphic colours, which comprise any colour, excluding reductimorphic colours.

Gleyic colour pattern 是由地下水浸泡造成的還原特徵，會造成土壤出現高比例的還原色彩型態。但由於舊土壤調查報告書並不會詳細寫出土層呈現還原色彩的比例，因此將「土壤基質的顏色」(土色) 當作相應的色彩型態，當土壤基質色彩符合上述顏色要求時即推估到 Gleyic colour pattern。

表4、質地所相對應之陽離子交換能力 (CEC)

Table 4. Certain Texture with their corresponding CEC

Texture	CEC (cmol _c /kg soil)
Clay	> 30
CL	15-30
Middle size (SiL, SiCL, L, SL, SCL)	5-15
Coarse size (LS, S)	< 5

註：

1. 此表修改自 Hausenbuiller (1985)
2. 此僅討論一般土壤 (沖積土、化育黃壤及紅壤)，有機碳一般在 2% 以下。有機質特別高的有機質土及灰燼土、或是黏粒組成是特殊層狀黏土礦物的特殊情況不在此考慮範圍。
3. CEC 是利用 pH 7, 1N NH₄OAc 所測，若是較低的酸性土壤 (紅土)，則得到的 CEC 值通常會被高估，應該要減少 2-4 cmol_c/kg soil 才是真實 CEC。
4. 本表的單位為 cmol_c/kg soil，需進一步換算成 WRB 使用的 cmol_c/kg clay。



G. Hydragric horizon (人為浸水層)

WRB 對 Hydragric horizon 的描述如下

A hydragric horizon (from Greek hydor, water, and Latin ager, field) is a human-induced subsurface horizon associated with wet cultivation.

WRB 對 Hydragric horizon 的診斷特性如下

A hydragric horizon is associated with wet cultivation and has:

1. one or more of the following:
 - a. Fe or Mn coatings or Fe or Mn concretions; or
 - b. dithionite-citrate extractable Fe 2 times or more, or dithionite-citrate extractable Mn 4 times or more that of the surface horizon; or
 - c. redox depleted zones with a Munsell colour value 4 or more and a chroma of 2 or less (both moist) in macropores; and
2. a thickness of 10 cm or more.

由於診斷特性僅需符合其一及厚度即可，因此若報告書中具有游離鐵數據即以其為診斷內容；若報告書缺乏游離鐵數據，僅描述出現在各層的斑紋（將其代表為鐵錳斑紋），則斑紋量達多量（或量 > 20%）以上則也可符合 Hydragric horizon。

H. Irragric horizon (灌溉沉積層)

WRB 對 Irragric horizon 的描述如下

The irrigric horizon is a human-induced mineral surface horizon that builds up gradually through continuous application of irrigation water with substantial amounts of sediments, and which may include fertilizers, soluble salts, organic matter, etc.

WRB 對 Irragric horizon 的診斷特性如下

- 1. a uniformly structured surface layer; and**
2. a higher clay content, particularly fine clay, than the underlying original soil; and
- 3. relative differences among medium, fine and very fine sand, clay and carbonates less than 20 percent among parts within the horizon; and**
4. a weighted average organic carbon content of 0.5 percent or more, decreasing with depth but remaining at 0.3 percent or more at the lower limit of the irrigric horizon; and
- 5. 25 percent (by volume) or more of animal pores, coprolites or other traces of soil animal activity; and**
6. a thickness of 20 cm or more.

舊土壤調查報告書的內容缺乏第 1、3、5 項的統一構造及生物洞等要求，僅具有第 2、4 項及厚度等要求的內容，因此土壤符合第 2、4、6 項即可呼應到 Irragric horizon。

I. Plinthic horizon (鐵網紋層)

WRB 對 Plinthic horizon 的描述如下

A plinthic horizon (from Greek plinthos, brick) is a subsurface horizon that consists of an Fe-rich (in some cases also Mn-rich), humus-poor mixture of kaolinitic clay (and other products of strong weathering, such as gibbsite) with quartz and other constituents, and which changes irreversibly to a layer with hard nodules, a hardpan or irregular aggregates on exposure to repeated wetting and drying with free access of oxygen.

WRB 對 Plinthic horizon 的診斷特性如下

A plinthic horizon has:

1. within 15 percent or more of the volume single or in combination:
 - a. discrete nodules that are firm to weakly cemented, with a redder hue or stronger chroma than the surrounding material, and which change irreversibly to strongly cemented or indurated nodules on exposure to repeated wetting and drying with free access of oxygen; or
 - b. mottles in platy, polygonal or reticulate patterns that are firm to weakly cemented, with a redder hue or stronger chroma than the surrounding material, and which change irreversibly to strongly cemented or indurated mottles on exposure to repeated wetting and drying with free access of oxygen; and
 - c. less than 40 percent of the volume strongly cemented or indurated nodules and no continuous, fractured or broken sheets; and
2. both:
 - a. **2.5 percent (by mass) or more citrate-dithionite extractable Fe in the fine earth fraction or 10 percent or more in the nodules or mottles; and**
 - b. **a ratio between acid oxalate (pH 3) extractable Fe and citrate-dithionite extractable Fe of less than 0.101; and**
 - c. a thickness of 15 cm or more.

舊土壤調查報告書內不同型態鐵的數據並不完整，缺乏第 2 項的要求，因此根據呼應原則，若是土壤報告書內紀錄斑紋及鐵錳結瘤的數量及色彩符合規定，則即可呼應到 Plinthic horizon。

J. Reducing conditions (還原情形)

WRB 對 Reducing conditions 的規定原文如下

Reducing conditions (from Latin reducirere) show one or more of the following:

1. a negative logarithm of the hydrogen partial pressure (rH) of less than 20; or
2. the presence of free Fe^{2+} , as shown on a freshly broken and smoothed surface of a field-wet soil by the appearance of a strong red colour after wetting it with a 0.2-percent α, α , dipyrindyl solution in 10-percent acetic acid¹; or
3. the presence of iron sulphide; or
4. the presence of methane.

原文規定中的每一點要求，在舊資料裡都沒有提供。為了使舊資料有效化，可以利用合理知識推估，在此可用其他特性如顏色判斷，當色彩呈現厭氧 (N, 2.5Y, 5Y, 5G 或 5B) 及色度極低 (≤ 1) 時可判斷此土壤為 Reducing conditions。

K. Stagnic colour pattern (淹水色彩型態)

WRB 對 Stagnic colour pattern 的描述如下

Soil material has a stagnic colour pattern (from Latin stagnare, to stagnate) if it is, at least temporarily, saturated with surface water, unless drained, for a period long enough to allow Reducing conditions to occur (this may range from a few days in the tropics to a few weeks in other areas).

WRB 對 Stagnic colour pattern 的診斷特性如下

A stagnic colour pattern shows mottling in such a way that the surfaces of the peds (or parts of the soil matrix) are lighter (at least one Munsell value unit more) and paler (at least one chroma unit less), **and the interiors of the peds (or parts of the soil matrix) are more reddish (at least one hue unit) and brighter (at least one chroma unit more) than the non-redoximorphic parts of the layer**, or than the mixed average of the interior and surface parts.

Stagnic colour pattern 乃受到表面水一段時間淹浸而產生的還原色彩型態，其診斷特性內容包含表面土 (surfaces) 及內土 (interiors) 的斑紋與土壤基質的比較，但舊土壤調查報告書型態描述中並未細分土壤的內外型態，因此合理推斷皆是土壤表面的色彩型態，所以當報告書中記錄的斑紋色彩，所顯示的色值較基質大且色度較基質小，即可呼應到 Stagnic colour pattern。

(二) 常見診斷層、特徵及物質和參考土類的內容 (按字母順序列出)

A. Acrisols (聚鋁土)

WRB對Acrisols的診斷索引 (Key to Acrisols) 如下

Soils have

1. an argic horizon that has a CEC (by 1 M NH_4OAc) of less than $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ clay in some part to a maximum depth of 50 cm below its upper limit, either starting within 100 cm of the soil surface, or within 200 cm of the soil surface if the argic horizon is overlain by loamy sand or coarser textures throughout, and
2. a base saturation (by 1 M NH_4OAc) of less than 50 percent in the major part between 50 and 100 cm.

B. Alisols (高活性聚鋁土)

WRB對Alisols的診斷索引 (Key to Alisols) 如下

Soils have

1. an argic horizon, which has a CEC (by 1 M NH_4OAc) of $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ clay or more throughout or to a depth of 50 cm below its upper limit, whichever is shallower, either starting within 100 cm of the soil surface, or within 200 cm of the soil surface if the argic horizon is overlain by loamy sand or coarser textures throughout; and
2. a base saturation (by 1 M NH_4OAc) of less than 50 percent in the major part between 50 and 100 cm.

C. Anthrosols (人為土)

WRB對Anthrosols 的診斷索引 (Key to Anthrosols) 如下

Soils have

1. either a hortic, irrigric, plaggic or terric horizon 50 cm or more thick; or
2. an anthraquic horizon and an underlying hydragic horizon with a combined thickness of 50 cm or more.

D. Arenosols (砂質土)

WRB對Arenosols 的診斷索引 (Key to Arenosols) 如下

Soils have

1. a weighted average texture of loamy sand or coarser, if cumulative layers of finer texture are less than 15 cm thick, either to a depth of 100 cm from the soil surface or to a petroplinthic, pisoplinthic, plinthic or salic horizon starting between 50 and 100 cm from the soil surface; and
2. less than 40 percent (by volume) of gravels or coarser fragments in all layers within 100 cm of the soil surface or to a petroplinthic, pisoplinthic, plinthic or salic horizon starting between 50 and 100 cm from the soil surface; and
3. no fragic, irrigric, hortic, plaggic or terric horizon; and
4. no layers with andic or vitric properties with a combined thickness of 15 cm.

E. Aridic properties (乾燥物質)

WRB 對 Aridic properties 的診斷特性如下

Aridic properties require all of the following:

1. an organic carbon content of less than 0.6 percent¹ if the texture is sandy loam or finer, or less than 0.2 percent if the texture is coarser than sandy loam, as a weighted average in the upper 20 cm of the soil or down to the top of a diagnostic subsurface horizon, a cemented layer, or to *continuous rock*, whichever is shallower; **and**
2. evidence of aeolian activity in one or more of the following forms:
 - a. the sand fraction in some layer or in in-blown material filling cracks contains rounded or subangular sand particles showing a matt surface (use a $\times 10$ handlens). These particles make up 10 percent or more of the medium and coarser quartz sand fraction; **or**
 - b. wind-shaped rock fragments (*ventifacts*) at the surface; **or**
 - c. aeroturbation (e.g. cross-bedding); **or**
 - d. evidence of wind erosion or deposition; **and**
3. both broken and crushed samples with a Munsell colour value of 3 or more when moist and 4.5 or more when dry, and a chroma of 2 or more when moist; **and**
4. base saturation (by 1 M NH₄OAc) of 75 percent or more.

F. Cambic horizon (變育層)

WRB 對 Cambic horizon 的描述如下

The cambic horizon (from Italian *cambiare*, to change) is a subsurface horizon showing evidence of alteration relative to the underlying horizons.

Diagnostic criteria

WRB 對 Cambic horizon 的診斷特性如下

A cambic horizon:

1. has a texture in the fine earth fraction of very fine sand, loamy very fine sand, or finer; and
2. has soil structure or absence of rock structure in half or more of the volume of the fine earth; and
3. shows evidence of alteration in one or more of the following:
 - a. higher Munsell chroma (moist), higher value (moist), redder hue, or higher clay content than the underlying or an overlying layer; or
 - b. evidence of removal of carbonates³ or gypsum; or
 - c. presence of soil structure and absence of rock structure in the entire fine earth, if carbonates and gypsum are absent in the parent material and in the dust that falls on the soil; and
4. does not form part of a plough layer, does not consist of organic material and does not form part of an anthraquic, argic, calcic, duric, ferralic, fragic, gypsic, hortie, hydragric, irrigric, mollic, natric, nitic, petrocalcic, petroduric, petrogypsic, petroplinthic, pisolithic, plaggic, plinthic, salic, sombric, spodic, umbric, terric or vertic horizon; and
5. has a thickness of 15 cm or more.

特別要注意的是第四點，WRB 規定 Cambic horizon 不可以是人為土層及其他

特殊土層的一部分。

G. Cambisols (變育土)

WRB對Cambisols的診斷索引 (Key to Cambisols) 如下

Soils have

1. a cambic horizon starting within 50 cm of the soil surface and having its base 25 cm or more below the soil surface or 15 cm or more below any plough layer; or
2. an anthraquic, hortie, hydragric, irragric, plaggic or terric horizon; or
3. a fragic, petroplinthic, pisoplinthic, plinthic, salic or vertic horizon starting within 100 cm of the soil surface; or
4. one or more layers with andic or vitric properties with a combined thickness of 15 cm or more within 100 cm of the soil surface.

H. Ferralsols (鐵鋁土)

WRB 對 Ferralsols 的診斷索引 (Key to Ferralsols) 如下

Soils have

1. a ferralic horizon starting within 150 cm of the soil surface; and
2. no argic horizon that has, in the upper 30 cm, 10 percent or more water-dispersible clay unless the upper 30 cm of the argic horizon has one or both of the following:
 - a. geric properties; or
 - b. 1.4 percent or more organic carbon.

I. Ferralic horizon (鐵鋁層)

WRB 對 Ferric horizon 的診斷特性如下

A ferralic horizon:

1. has a sandy loam or finer particle size and less than 80 percent (by volume) gravel, stones, pisoplinthic nodules or petroplinthic gravel; and
2. has a CEC (by 1 M NH_4OAc) of less than $16 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ clay and an ECEC (sum of exchangeable bases plus exchangeable acidity in 1 M KCl) of less than $12 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ clay; and
3. has less than 10 percent water-dispersible clay, unless it has one or both of the following:
 - a. geric properties; or
 - b. 1.4 percent or more organic carbon; and
4. has less than 10 percent (by grain count) weatherable minerals in the 0.05-0.2 mm fraction; and
5. does not have andic or vitric properties; and
6. has a thickness of 30 cm or more.

J. Ferric horizon (鐵錳層)

WRB 對 Ferric horizon 的描述如下

The ferric horizon (from Latin ferrum, iron) is one in which segregation of Fe, or Fe and manganese (Mn), has taken place to such an extent that large mottles or discrete nodules have formed and the intermottle/internodular matrix is largely depleted of Fe. Generally, such segregation leads to poor aggregation of the soil particles in Fe depleted zones and compaction of the horizon.

WRB 對 Ferric horizon 的診斷特性如下

A ferric horizon has:

1. one or both of the following:
 - a. 15 percent or more of the exposed area occupied by coarse mottles with a Munsell hue redder than 7.5YR and a chroma of more than 5, moist; or
 - b. 5 percent or more of the volume consisting of discrete reddish to blackish nodules with a diameter of 2 mm or more, with at least the exteriors of the nodules being at least weakly cemented or indurated and the exteriors having redder hue or stronger chroma than the interiors; and
2. less than 40 percent of the volume consisting of strongly cemented or indurated nodules and an absence of continuous, fractured or broken sheets; and
3. less than 15 percent consisting of firm to weakly cemented nodules or mottles that change irreversibly to strongly cemented or indurated nodules or mottles on exposure to repeated wetting and drying with free access of oxygen; and
4. a thickness of 15 cm or more.

K. Fluvisols (沖積土)

WRB對Fluvisols的診斷索引 (Key to Fluvisols) 如下

Soils have

1. fluvic material starting within 25 cm of the soil surface or starting immediately below a plough layer of any depth and continuing to a depth of 50 cm or more; and
2. no layers with andic or vitric properties with a combined thickness of 30 cm or more within 100 cm of the soil surface and starting within 25 cm of the soil surface.

L. Gleysols (灰白土)

WRB對Gleysols 的診斷索引 (Key to Gleysols) 如下

Soils have

1. within 50 cm of the mineral soil surface in some parts reducing conditions and in half or more of the soil volume a gleyic colour pattern; and
2. no layers with andic or vitric properties with a combined thickness of either
 - a. 30 cm or more within 100 cm of the soil surface and starting within 25 cm of the soil surface; or
 - b. 60 percent or more of the entire thickness of the soil when continuous rock or a cemented or indurated layer is starting between 25 and 50 cm from the soil surface.

M. Leptosols (薄層土)

WRB定義Leptosols發生的環境如下

Mostly land at high or medium altitude and with strongly dissected topography. Leptosols are found in all climate zones (many of them in hot or cold dry regions), in particular in strongly eroding areas.

WRB對Leptosols 的診斷索引 (Key to Leptosols) 如下

Soils have

1. one of the following:
 - a. limitation of depth by continuous rock within 25 cm of the soil surface; or
 - b. less than 20 percent (by volume) fine earth averaged over a depth of 75 cm from the soil surface or to continuous rock, whichever is shallower; and
2. no calcic, gypsic or spodic horizon.

N. Luvisols (高活性淋餘土)

Luvisols 的診斷索引 (Key to Luvisols) 如下

Other soils having an argic horizon with a CEC (by 1 M NH_4OAc) of $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ clay or more throughout or to a depth of 50 cm below its upper limit, whichever is shallower, either starting within 100 cm of the soil surface or within 200 cm of the soil surface if the argic horizon is overlain by loamy sand or coarser textures throughout.

由於Luvisols順序排在Acrisols之後，因此其還有一診斷內容是BS > 50 %。

O. Planosols (黏盤土)

WRB 對 Planosols 的診斷索引 (Key to Planosols) 如下

Soils have

1. an abrupt textural change within 100 cm of the soil surface and, directly above or below, a layer 5 cm or more thick, that has in some parts Reducing conditions for some time during the year and in half or more of the soil volume, single or in combination
 - a. a stagnic colour pattern; or
 - b. an albic horizon; and
2. no albeluvic tonguing starting within 100 cm of the soil surface.

P. Phaeozems (灰鈣土)

WRB 對 Phaeozems 的診斷索引 (Key to Phaeozems) 如下

Soils have

1. a mollic horizon; and
2. a base saturation (by 1 M NH_4OAc) of 50 percent or more throughout to a depth of 100 cm or more from the soil surface or to continuous rock or a cemented or indurated layer, whichever is shallower.

Q. Plinthosols (鐵網紋土)

WRB對Plinthosols的診斷索引 (Key to Plinthosols) 如下

Soils have either

1. a plinthic, petroplinthic or pisoplinthic horizon starting within 50 cm of the soil surface; or
2. a plinthic horizon starting within 100 cm of the soil surface and, directly above, a layer 10 cm or more thick, that has in some parts Reducing conditions for some time during the year and in half or more of the soil volume, single or in combination
 - a. a stagnic colour pattern; or
 - b. an albic horizon.

R. Stagnosols (淹水土)

WRB對Stagnosols的診斷索引 (Key to Stagnosols) 如下

Soils have

1. within 50 cm of the mineral soil surface in some parts reducing conditions for some time during the year and in half or more of the soil volume, single or in combination,
 - a. a stagnic colour pattern; or
 - b. an albic horizon; and
2. no albeluvic tonguing starting within 100 cm of the soil surface.



3.3 WRB 與 ST 的對應

將同一土系 (或土壤) 分別在 WRB 與 ST 兩系統下的結果列出後對應，並引用 Shi et al. (2010) 及 Zádorová and Penížek (2011) 的對應度計算方法，將符合標準對應的土壤數除上總土壤數而得到對應度，最後依各土壤的比例加權平均後得到總對應度，如此可利用對應度做為判別不同系統對應及轉換是否可信。

ST 的結果將引用並適度修正陳等人 (2000) 利用美國土壤分類系統 (Soil Survey Staff, 1999) 將全臺灣農地土系分類的結果。而 ST 與 WRB 的標準對應關係 (表 5) 則收集自 IUSS Working Group WRB (2006) 及 Gray et al. (2011) 的內容並加以統整而得。對應情形的撰寫將依各縣市順序，個別討論各地區土壤在 WRB 與 ST 兩系統對應的情形及無法標準對應的原因。WRB 及 ST 列出的土壤單位分別至修飾詞 (包含參考土類及修飾詞) 及大土類 (包含土綱、亞綱及大土類)，但事實上各對應的層級皆依標準對應表而定 (除部分對應討論到參考土類 vs. 大土類，大多討論層級僅涉及參考土類 vs. 土綱)。最後，另立一章節 (4.3)，除總結無法標準對應的原因，並列出全部土壤在兩大系統下對應的對應度及無法標準對應的結果。

表5、ST與WRB標準對應關係

Table 5. Standard correlation between WRB and ST

Reference soil group in WRB	Equivalent ST
Histosols	Histosols Gelisols <i>Histels</i>
Anthrosols	Inceptisols <i>Haplanthrepts, Plagganthrepts pp*</i>
Technosols	No correlation
Cryosols	Gelisols
Leptosols	Entisols (<i>lithic sub-groups</i>) Mollisols <i>Rendolls</i>
Vertisols	Vertisols
Fluvisols	Entisols <i>Fluvents, Fluvaquents</i>
Solonetz	Alfisols <i>Natraqualfs, Natrustalfs, Natrudalfs</i> Molisol <i>Natralbols, Natraquolls, Natrustolls, Natrudolls</i> Aridisols <i>Natrargids</i>
Solonchaks	Aridisols <i>Salids, Aquisalids, Haplosalids</i>
Gleysols	RSGs with <i>Aquic sub-orders Epiaquepts, Humaquepts pp</i>
Andosols	Andisols
Podzols	Spodosols
Plinthosols	Oxisols <i>Plinthaquox</i> Alfisols <i>Plinthaqualfs, Plinthoxeralfs, Plinthustalfs</i> Ultisols <i>Plintaquults, Plinthohumults, Plinthudults, Plinthustults</i>
Nitisols	Inceptisols Oxisols <i>Kandiudox, Kandiustox</i> Alfisols (Kandic Great groups) Ultisols (Kandic Great groups) <i>Kandiudults, Kandiustults</i>
Ferralsols	Oxisols
Planosols	Alfisols <i>Albaqualfs pp</i> Ultisols <i>Albaquults</i> Mollisols <i>Argialbolls</i>
Stagnosols	Entisols <i>Aquents</i> Inceptisols <i>Aquepts</i> Alfisols <i>Aqualfs, Albaqualfs pp</i> Ultisol <i>Aquults, Albaquults pp</i> Mollisols <i>Aquolls</i>
Chernozems	Mollisols
Kastanozems	Udolls <i>Ustolls</i> Mollisols <i>Ustolls, Xerolls</i> Alfisols <i>Mollic Paleudalf, Mollic Natrustalfs</i>
Phaeozems	Mollisols <i>Udolls, Albolls, Aquolls</i>
Gypsisols	Aridisols <i>Gypsids, Argids, Gypsargids</i>
Durisols	Aridisols <i>Durids, Natridurid, Agridurid, Haplodurid</i> Alfisols <i>Durustalfs</i> Inceptisols <i>Durustepts</i>
Calcisols	Aridisols <i>Calcids, Argids, Calciargids</i>
Albeluvisols	Alfisols <i>Fraglossudalfs, Glossaqualf, Glossocryalf</i> Ultisols <i>Fragiaquults, Albaquults</i>
Alisols	Ultisols <i>Udults pp</i>
Acrisols	Ultisols
Luisols	Alfisols
Lixisols	Alfisols
Umbrisols	Entisols Inceptisols <i>Humic Dystrudepts, Dystrustepts</i>
Arenosols	Entisols <i>Psamments, Quartzipsamments pp</i>
Cambisols	Inceptisols
Regosols	Entisols

*僅代表部分可能，尚有其他對應單位。

第4章 結果與討論

4.1 臺灣各縣市農地具代表性土系

臺灣地區各縣市農地土壤代表性土系 (表 6) 可分成兩類：(1) 面積大於 1,000 公頃。(2) 非常典型或是具有特色的土系。其中大面積的土系共有 162 個，面積不大但土壤特徵非常典型或是深深代表臺灣地區特色的土系共有 10 個，共計整理出全臺灣 172 個農地代表性土系。

4.2 臺灣各縣市代表性土壤的分類及整理

4.2.1 臺北地區土壤的分類及討論

(一) 臺北地區土壤的 WRB 分類結果

利用 WRB (2006) 分類臺北代表性土壤 (表 7)，並且依各土系分別討論分類原因及分類過程的問題 (臺北平鎮系分類原因同桃園平鎮系，故描述見桃園)。

TTs 淡水系

深層成土時間久的紅棕色土，安山岩母質紅壤。以淡水系 Tpb005 剖面來看，土層分四層 (A-Bt1-Bt2-Bt3)：A 層 (0-20 cm) 為坩質黏土，構造為細小鈍角塊狀，結持度為脆；Bt1 (20-40 cm) 為坩質黏壤土，構造結持度同上；到 Bt2-Bt3 (40-80 cm, 80-120 cm) 時皆為黏土，構造為小鈍角塊狀構造，結持度微密。

由於具有 Argic horizon (診斷內容示於材料與方法 3.2.2 中)，且由 $\text{pH} < 6$ 判斷 $\text{BS} < 50\%$ ， $\text{CEC} > 24 \text{ cmol/kg clay}$ ，故納入 Alisols (高活性聚鋁土，索引內容示於材料與方法 3.2.2 中)。Suffix 為 Siltic (土壤剖面 100 cm 內出現至少 30 cm 厚度的土壤質地為 Silt、SiL、SiCL 及 SiC) 及 Chromic (土壤剖面 150 cm 內出現至少 30 cm 厚度的土壤色彩較 7.5YR 紅，或色彩為 7.5YR 但色度 > 4 潤)。

表6、挑選出臺灣的農地代表性土壤

Table 6. Representative soils in Taiwan

County	Soil series	Area* ha	Special characters**	
Taipei 臺北	TTs 淡水系	6292		
	Ps 北新莊系	2378		
	Pc 平鎮系	1450		
	D1 斗崙系	1382		
	陽明山灰燼土 ¹	<1000	特殊少有灰燼土	
Ilan 宜蘭	Ct 枕頭山系	4645		
	Lc 六結系	3332		
	Ca 淇武蘭系	2017		
	Wu 武暖系	1161		
	Cc 壯七系	1023		
	Df 大福系	1010		
	Taoyuan 桃園	Lt 龍中系	4691	
Ks 龜山系		1197		
Nc 南坎溪系		1584		
Sk 三坑子系		7231		
Hh 後湖系		3701		
Hk 湖口系		2946		
Lc 蘆竹系		1474		
Lk 龍崗系		1584		
Pc 平鎮系		11392		
Pu 坡堵系		3060		
Tc 銅鑼圈系		3091		
Tl 大崙系		2708		
Tw 大竹圍系		4205		
Cu 九座寮系		<1000	特殊少有的有機質土	
Hsinchu 新竹		Sk 三坑子系	2249	
		Ce ² 竹南系	4391	
		Fp 番子坡系	1082	
	Su 栗子園系	4018		
	Pc 平鎮系	2263		
Miaoli 苗栗	Fc 福基系	1697		
	Fp 番子坡系	2660		
	Kp 溝貝系	1435		
	Ts 草漯系	1483		
	Wn 五分埔系	3275		
	Tj 大山腳系	1813		
	Tm 大茅埔系	1292		
Pc 平鎮系	2263			

(接下頁)

表 6、(續)

Table 6. (Continued)

County	Soil series	Area* ha	Special characters**	
Taichung Nantou 臺中南投	TSp 水汙頭系	1876		
	TTt 頂大安系	1020		
	Tha 下湍子系	1012		
	TNt 南屯系	1211		
	TSk 社口系	1402		
	Tci 聚興系	1791		
	Tco 社腳系	3697		
	TLb 栗林村系	3345		
	TNe 內轆系	1269		
	TSg 上楓樹系	2294		
	TTq 大肚系	5468		
	TWz 翁子系	2792		
	Cce 陳厝寮系	10874		
	CTf 大埔美系	2832		
	TWt 吳厝系	2479		
	Changhua 彰化	Cc 彰化系	2194	
		Su 伸港系	1328	
Cl 圳寮系		1412		
Co 濁水系		1364		
Ct 周厝崙系		1900		
Es 二水系		1623		
Hp 西畔系		1206		
Lk 路口厝系		1109		
Sp 下水埔系		2001		
Tp 大排沙系		1123		
Eh 二林系		14546		
Fy 芳苑系		1009		
Ha 海豐系		1332		
Hn 花壇系		1858		
Kh 館嶼厝系		1642		
Kk 公館系		1456		
Ls 路上厝系		1632		
Lu 鹿港系		5776		
Ph 平和系		4705		
Wh 萬興系		1946		
Yu 員林系	5043			
	快官 ¹	<1000	特殊少有的有機質土	

(接下頁)

表 6、(續)

Table 6. (Continued)

County	Soil series	Area* ha	Special characters**
Yunlin 雲林	CHp 西畔系	1239	
	CSp 下水埔系	2333	
	CEh 二林系	4972	
	CSa 山寮系	5255	
	KCw 中萬甲系	2537	
	KMI 旗山系	1132	
	KNh 南興系	8850	
	YFs 蕃薯厝系	2874	
	YFt 番子溝系	1856	
	YHk 新港系	1847	
	YHI 下崙系	6004	
	YKc 溝皂系	1194	
	YKh 口湖系	3846	
	YMm 馬鳴山系	1062	
	YNn 牛尿港系	8777	
	Cf 將軍系	2118	
	At 安定系	1698	
	Je 仁德系	1368	
	Lu 路麻產系	2456	
	YTI 斗六系	1926	
Chiayi 嘉義	An 岸內系	2108	
	Cf 將軍系	7496	
	Hk 下中系	1729	
	Lf 六分寮系	2226	
	Ft 豐德系	1595	
	Hq 新和系	2442	
	Ly 柳營系	3211	
	Td 大客系	1069	
	Te 大潭系	1047	
	C 菜公厝系	1751	
	Hd 後壁系	1483	
	Ht 弧山系	2665	
	Je 仁德系	6785	
	Ts 座駕系	6483	
	Lh 林鳳營系	1441	
	Sk 善化系	1041	
	Tk 太康系	1147	
	Tn 臺南系	2344	
	Ce 陳厝寮系	1064	
		阿里山森林淋殿土 ¹	<1000

(接下頁)

表 6、(續)

Table 6. (Continued)

County	Soil series	Area* ha	Special characters**
Tainan	An 岸內系	9202	
臺南	Cf 將軍系	16272	
	Hh 和順系	1075	
	Hk 下中系	6507	
	Lf 六分寮系	1620	
	Ma 麻豆系	1551	
	Ly 柳營系	4763	
	Yl 鹽埕系	1965	
	Je 仁德系	4278	
	Ts 座駕系	7501	
	Wl 五里林系	1386	
	Lh 林鳳營系	3491	
	Sk 善化系	2608	
	Tk 太康系	1306	
	Ku 歸仁系	1983	
	Wu 五甲勢系	1424	
	Kn 崁子頭系	2876	
	Sh 沙崙系	3272	
	Tn 臺南系	3324	
	Kt 官田系	<1000	淋餘土代表土壤
Kaohsiung	Cf 將軍系	2098	
高雄	Ft 豐德系	1786	
	St 獅頭系	2357	
	Hd 後壁系	1201	
	Ht 弧山系	9950	
	Je 仁德系	1145	
	Ts 座駕系	2670	
Pingtung	Ca 加興村系	1018	
屏東	Cd 崇蘭系	1471	
	Ci 舊冬腳系	2372	
	Cj 洲子系	2630	
	Kc 過溪子系	2556	
	Sc 石光見系	1725	
	Ti 德協系	1881	
	Wl 五魁寮系	7254	
	Ct 周厝崙系	1343	
	Es 二水系	2018	
	Hp 西畔系	4935	
	Sp 下水埔系	2090	
	Tp 大排沙系	1577	
	Lo 老埤系	<1000	氧化土代表土壤

表 6、(續)

Table 6. (Continued)

County	Soil series	Area* ha	Special characters**
Hualien 花蓮	Cl 初鹿系	2967	
	Fk 鳳光里系	1087	
	Fl 豐樂系	1912	
	Ml 美崙系	1024	
	Js 瑞穗系	12675	
	Ky 觀音系	1966	
	Sp 松浦系	2361	
	Tl 東里系	1029	
	Sl 水璉系	<1000	黑沃土代表土壤
	Yf 永豐系	<1000	膨轉土代表土壤
Taitung 臺東	Ly 鹿野系	<1000	極育土代表土壤
	Cl 初鹿系	2198	
	Fl 豐樂系	1042	
	Js 瑞穗系	11983	
	Sl 水璉系	4025	
	Ly 鹿野系	<1000	極育土代表土壤

註：

*：資料修改自臺灣各縣市農地土壤調查報告中，刪去雜地、複區後，篩選土壤面積 > 1000 ha 的土系。

**：資料參考自蔡呈奇等人 (1998) 以及陳尊賢等人 (2000)，所選出土壤面積雖 < 1000 ha，但是非常典型或是具有特色的土系。

¹：並非土系，而是區域性的特殊土壤。

²：Ce 代號在為新竹苗栗為竹南系，在桃園為中興系，在其他地區則為陳厝寮系。

表 7、臺北地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱

Table 7. Soil Taxa of representative Soils in Taipei region based on WRB system

Soil series	horizon	properties	RSG ¹ with Qualifiers
TTs 淡水	Argic		Alisols (Siltic, Chromic)
Ps 北新莊	Argic		Alisols (Chromic)
Pc 平鎮	Anthraquic, Argic		Acrisols (Anthraquic [#] , Rhodic)
Dl 斗崙	Ferric, Hydragric	Red. ² , Stagnic ³	Hydragric [#] Cambisols (Ferric, Siltic)
陽明山灰燼土		Andic ⁴	Andosols

RSG¹：參考土類。

Red.²：Reducing conditions (還原情形)。

Stagnic³：Stagnic colour pattern (淹水色彩型態)。

Andic⁴：Andic properties (火山灰特性)。

[#]：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。



Ps北新莊系

深層的黃色到黃紅色土，安山岩或老沖積物形成之黃紅壤。以北新莊 TP001 剖面來看，土層分四層 (A-Bt1-Bt2-Bt3)：A 層 (0-15 cm) 質地為粉質壤土，構造為明顯小團粒；Bt1-Bt2-Bt3 層 (15-55 cm, 55-70 cm, 70-110 cm) 變成粉質黏土，構造為明顯小鈍角塊狀。

由於具有 Argic horizon，且由 pH 大多 < 5.5 判斷 $BS < 50\%$ ，無 CEC 資料但報告書敘述此土系與淡水系僅有顏色差異，故納入 Alisols。Suffix 為 Chromic。

D1 斗崙系

粘板岩砂頁岩混合沖積土，即使地處高但因為水田利用而有鏽斑及灰紋。以斗崙系 Hs203 剖面來看，土層分四層 (Ap-B1-C1-C2)：Ap 層 (0-22 cm) 土色為灰色 (5Y 5/1)，具 10% 橄欖棕鏽紋 (2.5Y 4/6)，質地為重壤土；B1 層 (20-33 cm) 為橙色 (5YR 4/8) 到稍暗黃棕色 (10YR 4/3)，具有 5-30% 灰黃色斑紋 (2.5Y 6/2) 及少量但明顯之黑棕色 (7.5YR 2/3) 鐵錳凝聚物斑紋，質地為重壤土；C1-C2 (33-80 cm, 80-120 cm) 的顏色變成黑棕色 (10YR 3/2)，質地為極細砂壤土，頗為鬆散。

Ap 層明顯受浸水影響，具有 Reducing conditions (診斷內容示於材料與方法 3.2.2 中)。由 B1 層斑紋的出現可符合 Hydragric horizon (診斷內容示於材料與方法 3.2.2 中) 與 Ferric horizon (診斷內容示於材料與方法 3.2.2 中)，且斑紋較周遭土壤的顏色色值更大、色度更小亦符合 Stagnic colour pattern (診斷內容示於材料與方法 3.2.2 中)。由顏色及構造看雖符合 Cambic horizon (診斷內容示於材料與方法 3.2.2 中)，但由於已出現人為診斷層故不能重複存在 Cambic horizon。Stagnic colour pattern 的淹水體積不到土體的一半，故無法納入 Stagnosols (淹水土，索引內容示於材料與方法 3.2.2 中)。而因為具有 Hydragric horizon，故可納入 Cambisols (變育土，索引內容示於材料與方法 3.2.2 中)。Prefix 為 Hydragric[#] (土壤剖面 100 cm 內具有 Hydragric horizon)，Suffix 為 Ferric (土壤剖面 100 cm 內具有 Ferric horizon) 及 Silty。

陽明山灰燼土

此類土壤位於海拔 > 700 公尺大屯山主峰地勢較平緩的坡地上，表層鬆散，總體密度低 ($0.3-0.8 \text{ Mg/m}^3$)、高磷酸結持度、 Si_0 含量高與 $\text{Al}_0+1/2\text{Fe}_0 > 2\%$ 。其土壤的形態特徵與理化性質分析均符合火山灰土壤性質的定義，判斷具有 Andic properties，可納入 Andosols (灰燼土)。

(二) 臺北地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

將 ST 與 WRB 標準對應關係 (表 5) 作為參考，將 WRB 與 ST 的結果對應 (表 8)，並就不符合標準對應的土壤作原因的探討。臺北地區有對應問題的土系是平鎮系 (同桃園平鎮系)，相關討論見桃園地區。



表 8、臺北地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

Table 8. The correlation of soil Taxa between WRB and ST for representative soils in Taipei region

Soil series	WRB	ST ^{**}
TTs 淡水	Alisols (Siltic, Chromic)	Typic Paleudult
Ps 北新莊	Alisols (Chromic)	Typic Paleudult
Pc 平鎮	Acrisols (Anthraquic [#] , Rhodic)	Typic Hapludox
DI 斗崙	Hydragric [#] Cambisols (Ferric, Siltic)	Typic Endoaquept
陽明山灰燼土	Andosols	Andisols

^{**}：摘錄自陳等人 (2000) 的結果。

[#]：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。



4.2.2 宜蘭地區土壤的分類及討論

(一) 宜蘭地區土壤的 WRB 分類結果

利用 WRB (2006) 分類宜蘭代表性土壤 (表 9), 並且依各土系分別討論分類原因及分類過程的問題。

Ct 枕頭山系

在坡麓寬谷邊緣的沖積地 (老河床), 為粘板岩沖積土。洪水期時會有沖積泛濫或崩積, 因此滿佈小石片並含許多泥沙, 部分地區農民會去除石片而做水田或是種植果樹, 乃土層極淺的老沖積土。土號 316 號剖面僅有 A-C 層。A 層 (厚度小於 15 cm) 土色為橄欖黑到灰色 (10Y 3-4/1), 具有中量橄欖棕色鏽斑 (2.7Y 4/3), 之下即為礫石層 (C 層)。

雖然土層厚度符合 Leptosols (薄層土, 索引內容示於材料與方法 3.2.2 中) 的要求, 但 Leptosols 乃山坡地上現地生成。但探究枕頭山系形成原因應是沖積形成, 因此不符合 Leptosols。另外, Fluvic material (診斷內容示於材料與方法 3.2.2 中) 定義須出現有機碳互層的情形, 而此土系土層過薄、僅有一層土壤, 無法納入 Fluvisols (沖積土, 索引內容示於材料與方法 3.2.2 中)。最後僅能納入 Regosols (腐石土; 所有參考土類的最後一個, 若土壤無法符合任何一個參考土類時, 則納入此)。Prefix 為 Leptic (土壤剖面 100 cm 內即出現連續岩石, 土壤薄層之意), Suffix 為 Hyperskeletal (土壤剖面 75 cm 以內的「土壤」體積少於 20%)。

表 9、宜蘭地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱

Table 9. Soil Taxa of representative Soils in Ilan region based on WRB system

Soil series	horizon	properties	RSG ¹ with Qualifiers
Ct 枕頭山			Leptic Regosols (Hyperskeletal)
Lc 六結			Leptic Regosols (Skeletal)
Ca 淇武蘭	Anthraquic, Hydragric	Red ² , Gleyic ⁴	Hydragric Gleyic Anthrosols (Siltic)
Wu 武暖	Hydragric		Hydragric [#] Cambisols
Cc 壯七		Red., Gleyic	Gleysols (Siltic)
Df 大福			Regosols (Siltic)

RSG¹：參考土類。

Red.²：Reducing conditions (還原情形)。

Gleyic³：Gleyic colour pattern (灰白色彩型態)。

[#]：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。



Lc 六結系

一般為近河邊的新河床地，粘板岩沖積土，乃極淺層土（常 < 20 cm）。六結系土號 115 號剖面僅有三層 A1-A2-A3-(C)，A1-A2 層 (0-15 cm, 15-28 cm) 為灰色 (7.5Y 4/1, 10Y 4/1) 壤土，0-15 cm 有中量橄欖棕鏽紋；A3 層為黑色 (10Y 2/1) 砂土，底層為礫石 C 層。

受到粘板岩母岩影響，全層土壤顏色皆灰暗，並非淹水造成的 Reducing conditions。厚度條件雖符合 Leptosols，但事實上為沖積而成因無法符合 Leptosols，僅能納入 Regosols。Prefix 為 Leptic，Suffix 為 Skeletic (土壤剖面 100 cm 內的礫石、粗顆粒或是連續岩石粒徑大於 40 cm)。

Ca 淇武蘭系

地處蘭陽平原中段或近下段，土壤受到地下水影響或是水田作用影響（水稻高產土壤）。為粘板岩沖積土，由於年代較老粘板岩灰色已褪至淡灰色（色值 > 4-5）。土號 II308 剖面為 Ap-B1-B2-B3-B4-B5。Ap 層土色為綠灰色 (7.5GY 4/1)，具中量橄欖黃色鏽斑，坩質黏壤土。B1-B2-B3 層土色為灰色 (N 4/0)、暗藍灰色 (5BG 4/1)、藍灰色 (5B 4/1)，具多量橄欖色 (5Y 6/6) 及明黃棕色 (2.5Y 6/8) 的鏽紋，還有多量綠灰色 (7.5GY 5/1) 斑紋。B4 層土色為橄欖灰色 (10Y 5/2) 具少量藍灰 (10BC 6/1) 斑紋；B5 層土色為灰色 (N 4/0) 具中量橄欖灰色 (5GY 5/1) 斑紋。

判斷具有 Reducing conditions，斑紋也符合地下水的灰白色彩型態，即 Gleyic colour pattern (診斷內容示於材料與方法 3.2.2 中)。本剖面的色彩、鐵斑紋及緊密結持度皆可符合受水田影響的 Anthraquic horizon，此外中下層出現的多量偏紅或偏黃的鐵斑紋則可判斷有 Hydragric horizon。人為水田特徵明顯，Anthraquic horizon 與 Hydragric horizon 相加超過 50 cm，可納入 Anthrosols (索引內容示於材料與方法 3.2.2 中)。Prefix 為 Hydragric 及 Gleyic (土壤剖面 100 cm 內出現 Reducing conditions，且 Gleyic colour pattern 占土體體積 25% 以上)，Suffix 為 Siltic。

Wu 武暖系

深層暗灰色粘板岩沖積土，全剖面含有鏽紋。由於理化及剖面描述資料缺乏，報告書曾提到除了武暖系上層較粗外其餘與宜蘭踏踏系甚相近，因此為了方便分類，將參考踏踏系資料。踏踏系土號 304 號剖面大略可分為 Ap-B1-B2-B3，每層土色都是暗灰色 (5Y, 7.5Y, 10Y 4/1) 且都有斑紋，以斑紋量最多的 B1 為例 (15-25 cm)，具多量的棕色斑紋 (10YR 4-6/6) 及少量暗紅色鏽紋 (5YR 3/6)，將此多量棕色斑紋及少量暗紅色鏽紋當作鐵氧化物，則可證實由於人為水田耕作而有鐵向下走情況有 Hydragric horizon 的存在，但僅有 Hydragric horizon 無法納入 Anthrosols，故納入 Cambisols。Prefix 為 Hydragric[#]。

Cc 壯七系

深層暗灰色的粘板岩沖積土，位置通常較低或地下水位高。土壤下部經常處於缺氧狀態，因此下層通常無鏽紋。壯七系土號 132 剖面有 A-B1-B2-B3-B4-B5，僅有剖面中上 A-B1- B3 出現斑紋。A 層 (0-12 cm) 土色為灰色 (7.5Y 5/1)，具少量細小不明顯之棕色 (10YR 4/4) 鏽紋，往下 B1-B2-B3-B4-B5 顏色都呈暗灰色 (N 3/1, N 2/0, N 3/0)。B2-B3-B4-B5 明顯受到地下水影響，具有 Reducing conditions 及 Gleyic color pattern。上部土壤含少量到中量的棕色 (10YR 4/4, 5YR 4/6) 的鏽斑及斑紋，無法辨認是人為灌水或是地下水曾上昇又下降造成。由於缺乏判別的證據，故僅討論最明顯的地下水作用，將其納入 Gleysols (地下水作用的灰白土，索引內容示於材料與方法 3.2.2 中)。Suffix 為 Siltic。

Df 大福系

深層淺色 (比 7.5Y 4/1 淡) 的粘板岩沖積土，常位於平原較高之處。由大福系剖面發現黏粒含量出現微幅不規律增減，但有機碳量並無出現 Fluvic material (沖積物質互層) 的現象，且也無法符合 Abrupt textural change 特性 (質地突變，下層較上層突增 2 倍黏粒量)，故僅能納入 Regosols。Suffix 為 Siltic。

總結而言，宜蘭的枕頭山及六結系都是沖積薄層土壤，雖可符合 Leptosols 的標準，但由定義上來看，Leptosols 應該是在山坡上當地母岩化育而成的土壤。由於整本 WRB 的內容都未清楚描述此定義，再加上其分類標準易符合、分類索引的位置位居前面，故容易把沖積或崩積而成的薄層土壤放進 Leptosols。因此建議薄層土壤的索引部分或是分類標準部分，應該加上「非沖積物質」及「土壤來自當地母岩化育而成」。

枕頭山系土壤確為沖積而成，但此土系土層過薄，無法符合 Fluvic material 診斷定義中有機碳互層的情形。像枕頭山系這樣的薄層土壤將成為遺珠之憾，或許可加上但書：「若為此土壤沖積歷史僅有一次，則不須遵守層化證據」。

(二) 宜蘭地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

將 ST 與 WRB 標準對應關係 (表 5) 作為參考，將 WRB 與 ST 的結果對應 (表 10)，並就不符合標準對應的土壤作原因的探討。

有對應問題的土系為宜蘭武暖系。其在本論文納入 WRB 的 Cambisols，標準對應到 ST 的結果為 Inceptisols (弱育土)，而非武暖系 ST 分類結果的 Entisols (新成土)。這是因為 WRB 的 Cambisols 範圍較 ST 的 Inceptisols 大，土壤若符合任何人為診斷層即可進一步納入 Cambisols，故造成武暖系在兩大系統下對應發生問題。

表 10、宜蘭地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

Table 10. The correlation of soil Taxa between WRB and ST for representative soils in Ilan region

Soil series	WRB	ST [*]
Ct 枕頭山	Leptic Regosols (Hyperskeletal)	Lithic Udorthent
Lc 六結	Leptic Regosols (Skeletal)	Lithic Udipsamment
Ca 淇武蘭	Hydragric Gleyic Anthrosols (Siltic)	Aquic Dystrudept
Wu 武暖	Hydragric [#] Cambisols	Aquic Udorthent
Cc 壯七	Gleysols (Siltic)	Typic Endoaquent
Df 大福	Regosols (Siltic)	Typic Udorthent

*：摘錄自陳等人 (2000) 的結果。

#：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。



4.2.3 桃園地區土壤的分類及討論

(一) 桃園地區土壤的 WRB 分類結果

利用 WRB (2006) 分類桃園代表性土壤 (表 11)，並且依各土系分別討論分類原因及分類過程的問題。

Lt 龍中系

黃棕色紅壤。龍中系 Ty408 剖面具有 Ap-Bt1-Bt2。Ap 層 (0-25 cm) 土色為稍暗黃色 (2.5Y 6/4) 至明棕色 (7.5Y 5/8) 的坩質黏壤土；Bt1 (25-30 cm) 土色為灰色 (10Y 4/1)，具有黃棕色 (10YR 5/8) 鏽紋，且結持度變得緊密；Bt2 (35-120 cm) 土色皆為明黃棕色 (10YR 6/6)，坩質黏壤土，結持度緊密。

雖然缺乏黏粒數據，但根據陳等人 (2000) 的結果及結持度變得緊密可判斷其具有 Argic horizon。且由 Ap-Bt1 與 Bt2 土色差異以及斑紋顯示土壤經過人為灌水，再加上游離鐵往下移動的證據，判斷具有 Hydragric horizon。此外，由 $\text{pH} < 5.2$ 推測 $\text{BS} < 50\%$ ，而 CEC 數據雖缺乏，仍可由報告書提到剖面類似銅鑼圈系而進一步納入 Acrisols (聚鋁土，索引內容示於材料與方法 3.2.2 中)。Suffix 為 Siltic 及 Hydragric[#]。

Ks 龜山系

紅壤淺層砂質沖積土 (深度 60 cm 左右)，位於小川流邊。龜山土號 Ty4106 剖面顯示為 Ap-B1-B2-C。Ap 層 (0-15 cm) 為灰黃棕色 (10YR 5/2) 壤土，具極小而不明顯之團粒構造；B1 層 (15-35 cm) 土色為灰黃棕色 (10YR 5/2) 且具 30% 之明紅棕色 (5YR 5/8) 鏽斑，砂質黏壤土，無構造；B2 層 (35-55 cm) 土色為橄欖色 (5Y 5/6) 具 10% 之稍暗黃橙色 (10YR 6/4) 斑紋，黏質壤土，無構造；下為礫石層 (C 層)。黏質壤土 B2 層下立即接礫石層 C 層，斷定有 Lithological discontinuity (岩性不連續，顯示土壤剖面的上下層土壤來源不一致)。

由黏粒數據得知下層黏粒量是上層的 2 倍，具有 Abrupt textural change，但這樣沖積而成的黏粒增加並不符合 Argic horizon。由 B1-B2 紅棕色斑紋判斷鐵向下移動，具有 Hydragric horizon。由於上層 (Ap-B1-B2) 具有 Hydragric horizon 可納入 Cambisols，而下層為差異頗大的礫石層而納入 Regosols。以 Hydragric[#] Cambisols (Abruptic) (Thapto-Regosolic) 表示上下關係。雖具有 Abrupt textural change，但並未進一步造成淹水，且並未發現有 Reducing conditions、Stagnic colour pattern 或是 Albic horizon (漂白層，即物質洗出層)，無法納入 Planosols (黏盤土，索引內容示於材料與方法 3.2.2 中) 或是 Stagnisols。

Nc 南崁溪系

為紅土臺地沿海或紅土臺地內川邊沖積物，部分母質可能為風砂，受水田長期利用。南崁溪土號 Ty4103 剖面具有 Ap-B1-B2-B3-B4-B5-B6。Ap 層 (0-14 cm) 土色為暗灰黃色 (2.5Y 5/2)，疏鬆結持度；B1 層 (14-22 cm) 土色暗灰黃色 (2.5Y 5/2)，結持度變稍緊密；B2-B3 層 (22-34 cm, 34-50 cm) 土色棕灰色 (10YR 6/1) 到黑棕鏽色 (10YR 3/2) 具中量灰黃色 (2.5Y 6/2) 及少量棕色 (10YR 4/6) 斑紋；B4-B5 層 (50-60 cm, 60-80 cm) 土色轉成稍暗黃橙色 (10YR 7/2) 具中量暗棕色 (10YR 3/4) 斑紋；B6 (80-100 cm) 土色同 B5 但具中量稍暗黃棕色 (10YR 4/3) 斑紋。土壤有顏色層化差異，且有機碳由 Ap-B1-B2-B3-B6 依序為 3.25%、0.95%、1.2%、0.5%、11.1%，有機物不規則增加符合 Fluvic material 的分層情形。B2-B6 都有斑紋推測是水田造成而具有 Hydragric horizon。另長久灌溉，Ap 黏粒較 B1 多，且出現小團粒狀，有機碳 > 0.5 % 符合 Irragric horizon (診斷內容示於材料與方法 3.2.2 中)。此兩種人為診斷層擇 Irragric horizon 作為主要特性。

儘管 Fluvic material 並未立即出現在表面 25 cm，但因為 Fluvisols 分類標準提到「若受耕犁影響則 Fluvic material 可以出現在 plough layer (耕犁層) 之下」，因此仍可納入 Fluvisol。Suffix 應有 Irragric[#] (出現 Irragric horizon)。

表 11、桃園地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱

Table 11. Soil Taxa of representative Soils in Taoyuan region based on WRB system

Soil series	horizon	properties	materials	RSG ¹ with Qualifiers
Lt 龍中	Argic, Hydragric			Acrisols (Hydragric [#] , Siltic)
Ks 龜山	Hydragric, Argic	Abrupt ² Lith. D ³		Hydragric [#] Cambisols (Abruptic) (Thapto-Regosolic)
Nc 南崁溪	Hydragric, Irragric		Fluvic ⁴	Fluvisols (Irragric [#])
Sk 三坑子				Leptic Regosols (Skeletal)
Hh 後湖	Plinthic or/and Pisoplinthic	Red. ⁵ , Gleyic ⁶		Plinthic/ Pisoplinthic Gleysols (Siltic)
Hk 湖口	Hydragric, Argic			Acrisols (Hydragric [#] , Rhodic)
Lc 蘆竹	Argic, Plinthic			Plinthic [#] Alisols (Siltic)
Lk 龍崗	Hydragric, Lixic, Plinthic			Lixic Plinthosols (Chromic, Siltic)
Pc 平鎮	Anthraquic, Argic			Acrisols (Anthraquic [#] , Rhodic)
Pu 坡堵	Argic, Plinthic	Red., Gleyic		Acric Plinthosols (Gleyic [#] , Siltic)
Tc 銅鑼圈	Argic, Plinthic			Plinthic Acrisols
Tl 大崙	Argic			Acrisols (Rhodic)
Tw 大竹圍	Hydragric, Argic, Plinthic			Plinthic Acrisols (Hydragric [#] , Chromic, Siltic)
Cu 九座寮	Histic	Red., Gleyic, Lith. D		¹ Rheic Histosol (Thapto-Gleysolic) ² Rheic Histosol (Thapto-Plinthosolic) ³ Rheic Histosol (Thapto-Regosolic)

RSG¹：參考土類。

Abrupt²：Abrupt textural change (質地突變)。

Lith. D³：Lithological discontinuity (岩性不連續)。

Fluvic⁴：Fluvic material (沖積物質)。

Red.⁵：Reducing conditions (還原情形)。

Gleyic⁶：Gleyic colour pattern (灰白色彩型態)。

[#]：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。

Sk 三坑子系

紅壤母質沖積土，此土系淺薄無剖面特性，通常小於 35 cm，且表土下就是礫石層。標準符合但由於土壤定義問題，無法納入 Leptosols，雖然是沖積而成，但由於土層過薄，無法得到 Fluvic material。最後納入 Regosols。Prefix 具 Leptic，Suffix 為 Skeletic。

Hh 後湖系

為紅壤曾經長期浸水，土壤剖面變灰白、淺灰或灰藍色，剖面內含有鐵錳凝結塊。後湖系土號 Ty201 剖面 A-B1-B2-B3-B4-Bg5-Bg6，土壤黏重。A-B1 層 (0-16 cm、16-29 cm) 土色為暗灰黃色 (2.5Y 5/2) 具少量綠黑色 (5G 2/1) 及中等棕色 (7.5YR 4/6) 鏽紋；B2-B3-B4-Bg5-Bg6 層 (29-110 cm) 土色灰暗，且出現灰色 (7.5Y 4/1)、黑色 (N 2)、灰色 (7.5Y 4/1)、黑色 (2.5GY 1/1) 等色彩，並有從 29 cm 即出現鐵錳結核，甚至是數個暗橄欖棕色 (2.5Y 3/4) 中心且直徑 1-19 cm 的大結核。

由土色及斑紋色可判斷具有 Reducing conditions 及 Gleyic colour pattern，且由斑紋及鐵錳結核判定有 Plinthic horizon (診斷內容示於材料與方法 3.2.2 中) 及/或 Pisoplinthic horizon (即為具有豆狀鐵網紋的 Plinthic horizon)，故納入 Gleysols。Prefix 為 Plinthic (土壤剖面 100 cm 內出現 Plinthic horizon) 及/或 Pisoplinthic (土壤剖面 100 cm 內出現 Pisoplinthic horizon)，Suffix 為 Siltic。

Hk 湖口系

本系土壤受到長期雙季水田制度影響甚鉅，普遍出現長期浸水的紅色退化，土色為紅棕色為主黃棕色為輔，質地黏重。湖口系土號 Ty304 剖面 A-B1-B2-B3-B4-B5。A-B1 層 (0-16 cm、16-26 cm) 土色為灰黃棕色 (10YR 6/2) 具明紅棕色 (5YR 5/8) 鏽斑；B2 層 (26-48 cm) 土色明紅棕色 (5YR 4/8) 具中量紅棕色 (2.5YR 4/8) 及少許稍暗黃橙色 (10YR 6/3) 斑紋，質地為粉質黏土；

B3-B4-B5 層 (48-120 cm) 土色為紅棕色 (2.5YR 4/8) 具中量紅棕色 (5YR 5/8) 被覆物 (Coating) 及中量橙色 (7.5YR 7/6) 斑紋，質地變更黏為黏土。

由 A-B1 層土色偏黃，及土層幾乎都出現紅棕或明棕色鏽斑，推測有人為造成浸水，由於不符合 Anthraquic horizon 的顏色要求，僅具 Hydragric horizon。而黏粒增加數據顯示接近 Argic horizon。並由 pH 5-6 而下層不超過 5.7 判斷 BS < 50%，CEC < 24 cmol/kg clay，可納入 Acrisols。Suffix 為 Hydragric 及 Rhodic (土壤剖面 150 cm 內至少有 30 cm 厚度的色彩比 5YR 紅且色值 < 3.5 濕)。此外，此土系受到長期雙季水田制度影響頗大，但僅因顏色不符合 Anthraquic horizon 的規定，而無法納入 Anthrosols，應提出相關的修正。

Lc 蘆竹系

黃棕色為主體的紅壤，不具鐵錳結塊。與湖口系差異在此土系紅色退化成黃色的原因是地勢較低而長期浸水。但是由現在土色來看不至於是 Gleyic colour pattern，而是黃灰色 (2.5Y 5/3) 到黃棕色 (10YR 5/4)。底層土壤 (79-130 cm) 有 15-30% 的紅色結塊，推斷有 Plinthic horizon。由黏粒數據判斷具有 Argic horizon。由於 Plinthic horizon 出現深度過深 (超過 50 cm 才出現)，不符合 Plinthosols (鐵網紋土，索引內容示於材料與方法 3.2.2 中)。

由 Argic horizon，pH 5-6 且下層不超過 5.7 判斷 BS < 50%，CEC > 24 cmol/kg clay，可納入 Alisols。Prefix 有 Plinthic[#]，Suffix 為 Siltic。

Lk 龍崗系

為紅色紅壤，剖面上部退色成黃棕色。此土壤大多是由水田作用而成或少許受到地下水影響，因有鐵的移動而符合 Hydragric horizon，但表層顏色不符合 Anthraquic horizon 的要求而無法納入。由黏粒含量判斷有 Argic horizon，且由土壤 pH 5-6 而下層底土 pH > 5.7 判斷 BS > 50%，CEC < 24 cmol/kg clay，可納入 Lixisols。

此地土壤在最上層就有鏽斑，21 cm以下每層有暗紅色 (10R 3/6) 到紅棕色斑紋 (5YR 4/8)，且具紅土結塊及少許鐵錳凝聚片。雖然描述中是鐵錳凝聚片，但經觀察後認為不到Petroplinthic horizon的情況，因而分成Plinthic horizon。

最後，由於Plinthosols的索引順序較Lixisols前面，故納入前者。Prefix具Lixic (具Argic horizon，且Argic horizon的上界線到往下的50 cm內，僅有部分的CEC >24 cmol/kg clay；另土壤剖面50-100 cm內主要土壤的BS > 50%)，Suffix有Chromic及Siltic。

Pc 平鎮系

為桃園最大面積的土系，黏重紅壤，除表土及亞表土外，剖面相當均一，其深度可達5m以上，但平鎮系土號Ty108剖面顏色並不紅，上層0-29 cm偏灰黃(10YR)、下層29-120 cm才較紅(2.5YR, 10R)。表土顏色較7.5YR黃且色值 ≤ 4 、色度 ≤ 2 ，下層則是有中量鏽皮，且緊密，符合Anthraquic horizon。除去表土(約0-20 cm)數據，大多數桃園平鎮系剖面都仍具Argic horizon(即使少數剖面不符合Argic horizon，也有一定量黏粒(4-6%)的增加)。CEC估算後 < 24 cmol/kg clay，卻 > 16 cmol/kg clay，可納入Acrisols。Suffix有Rhodic及Anthraquic[#](具有Anthraquic horizon)。

Pu 坡堵系

本系土壤之特徵為含灰白色及鐵錳結塊，且存有不定量之紅土，灰白色經常存在剖面之中下部，偶有發現於剖面之中上部。剖面具灰白色、黃棕色及紅棕色的斑紋，且有一些鐵錳結塊。雖然挖得剖面的灰白色部分是在表層(0-26 cm)及底層(50-75 cm)是灰色(2.5Y 5/2, 7.5Y 6/1, 10Y 6/1)，但是依照背景描述灰白色區域應以底層為主，應該是受到地下水影響(地下水面高於土面)，報告書也曾提及地勢頗低，具有Gleyic color pattern，且色度頗低只有1應該有Reducing conditions。

但是底部有很多各色的斑紋，有些剖面的鐵錳結核量 $> 20\%$ ，具有 Plinthic horizon。另具 Argic horizon，CEC 估算 $< 24 \text{ cmol}_c/\text{kg clay}$ ，pH 低故推估 $BS < 50\%$ 。

由於 Gleyic colour pattern 所占體積不到一半，不可納入 Gleysols，而納入 Plinthosols。Prefix 具有 Acric，Suffix 為 Gleyic[#]及 Siltic。

Tc 銅鑼圈系

土色大多為黃棕色 (10YR 6/6) 至橙色 (7.5YR 6/8) 的土壤。剖面型態像 Pc 但卻沒有那麼紅，此地排水優良，只有在下層 (80-130 cm) 有 15% 紅棕色 (2.5YR 4/8) 及 10% 明紅棕色 (2.5YR 5/6) 斑塊，其量超過 15% 且顏色比周遭紅且色度大，可符合 Plinthic horizon。雖然有 Plinthic horizon，但並非在表土 50 cm 內出現而不納入 Plinthosols。因具有 Argic horizon， $BS < 50\%$ ，CEC 只比 $24 \text{ cmol}_c/\text{kg clay}$ 大一些，若以 pH 低通常 CEC 會高估來看 (原因見表 4 註解)，可納入 Acrisols。Prefix 有 Plinthic。

Tl 大崙系

土壤剖面上部是紅棕色像平鎮，下部紅棕色雜有橙色斑紋，地勢一般較平鎮系低。描述中有提到除了色澤外，大崙系的剖面與平鎮及銅鑼圈系類似。斑紋不多，無 Plinthic horizon 或 Hydragric horizon，但依黏粒剖面具 Argic horizon， $BS < 50\%$ ，CEC 估算後 $< 24 \text{ cmol}_c/\text{kg clay}$ ，納入 Acrisols。Suffix 為 Rhodic。

Tw 大竹圍系

為具斑紋之紅壤，但並非整個剖面皆為紅色，特色在於有分段：表土至 50-60 cm 無紅色，表土 50-60 cm 下紅色比黃棕色多。與湖口系及蘆竹系差異即在剖面的顏色：前者表土下即有紅色；後者表土至 50-60 cm 無紅色，50-60 cm 黃棕色比紅色多。表層有根跡鏽斑紋表示有種植過植物而留下痕跡，表面即有斑紋，到了 30 cm

以下，有中量到多量的斑紋 (20-40%)，顏色較周遭紅且也較大色度，故分成 Plinthic horizon，但同時這樣的斑紋若是人為造成，可看成 Hydragric horizon。由於 Plinthic horizon 並未出現在表面且無還原浸水的診斷物質，故無法納入 Plintiosols。具有 Argic horizon，且 pH 4-5.4 判斷 BS < 50%，CEC < 24 cmol/kg clay，應納入 Acrisols。Prefix 為 Plinthic，Suffix 有 Chromic、Siltic 及 Hydragric[#]。

Cu 九座寮系

臺灣難得看到的有機質層大於 70 cm 的有機質土。成因是川邊彎道處的沉積物，通常在低漥地區，報告另記載其為強酸性反應下生成。土壤剖面呈現上是有機質，而下面則可能接灰白色黏質土壤、鐵錳結片或礫石層。具有 Histic horizon (有機物質) 故可納入 Histosols (有機土)。其他特徵有 Gleyic color pattern、Reducing conditions、Lithological discontinuity。Prefix 為 Rheic (表土 40 cm 以內受到地下水或是流動水飽和過)。由於上下來源不同，可將上方有機物質與下方無機土層分成兩層看，故有三種情形：1. Rheic Histosol (Thapto-Gleysolic)，2. Rheic Histosol (Thapto-Plinthosolic)，3. Rheic Histosol (Thapto-Regosolic)。

總結而言，桃園土壤的三坑子系雖是薄層沖積土，但不符合 Leptosols 就地生成的定義而無法納入 Leptosols。此外由於土層太薄也無法納入 Fluvic material。水田土作用明顯的湖口系及龍崗系，由於土色無法符合水田診斷層之一的 Anthraquic horizon 而無法納入 Anthrosols，因此質疑 Anthraquic horizon 的規定太狹窄，將臺灣水田土排除在外。Anthraquic horizon 在前述經驗法則的規定提到，須以水田耕作為主的土系且具有鐵錳斑紋，另表土混攪層的土色還須符合以下：

A puddled layer with Munsell hue of 7.5 YR or yellower, or GY, B or BG hues; value (moist) of 4 or less; chroma (moist) of 2 or less;

應建議 WRB 修改 Anthraquic horizon 的土色標準，例如僅要求色度 ≤ 2 即可，如此可使得分類更正確及完善。

(二) 桃園地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

將 ST 與 WRB 標準對應關係 (表 5) 作為參考,將 WRB 與 ST 的結果對應 (表 12), 並就不符合標準對應的土壤作原因的探討。

有對應問題的土系是桃園龜山系、南崁溪系及平鎮系。龜山系在 ST 為 Entisols, 但在 WRB 卻對應到 Cambisols (Thapto-Regosolic), 是因為龜山系有明顯上下質地差異、堆積的情形, 可利用 WRB 描述覆蓋土壤的方式呈現, 另外土壤只要符合任一人為診斷層即可進一步分入 WRB 的 Cambisols, 也是原因之一。桃園南崁溪系為沖積土壤, 雖然其 Fluvic material 在表面以下而非一開始就出現因此在 ST 不屬於 fluvents (沖積新成土) 或是 fluaquents (沖積浸水新成土), 但 WRB 的 Fluvisols 索引標準可容許 Fluvic material 出現在耕犁層之下, 因此南崁溪系仍分入 Fluvisols。

桃園平鎮系在 ST 分類為 Oxisols (氧化土), 理論上對應到 WRB 應為 Ferralsols (鐵鋁土, 索引內容示於材料與方法 3.2.2 中), 在本論文卻納入為 Acrisols。原因在於雖然平鎮系質地分布尚稱均勻, 但大部分剖面仍具有 Argic horizon (即使除去表土後也是如此), 且 CEC 一般仍 $> 16 \text{ cmol}_e/\text{kg clay}$, 並無法完全符合 Ferralsols 的 Ferralic horizon (診斷內容示於材料與方法 3.2.2 中)。事實上, 平鎮系在 ST 分類中應處於 Oxisols 與 Ultisols (極育土) 的模糊地帶, 而本論文和陳等人 (2000) 一致選擇以 Oxisols 當作平鎮系的 ST 結果, 才会有此系統上對應問題。

表 12、桃園地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

Table 12. The correlation of soil Taxa between WRB and ST for representative soils in Taoyuan region

Soil series	WRB	ST ^{**}
Lt 龍中	Acrisols (Hydragric [#] , Siltic)	Oxyaquic Paleudult
Ks 龜山	Hydragric [#] Cambisols (Abruptic) (Thapto-Regosolic)	Oxyaquic Udipsamment
Nc 南崁溪	Fluvisols (Irragric [#])	Typic Udipsamment
Sk 三坑子	Leptic Regosols (Skeletal)	Lithic Udipsamment
Hh 後湖	Plinthic/ Pisoplinthic Gleysols (Siltic)	Typic Plinthaquult
Hk 湖口	Acrisols (Hydragric [#] , Rhodic)	Plinthic Paleudult
Lc 蘆竹	Plinthic [#] Alisols (Siltic)	Plinthaquic Paleudult
Lk 龍崗	Lixic Plinthosols (Chromic, Siltic)	Plinthic Paleudult
Pc 平鎮	Acrisols (Anthraquic [#] , Rhodic)	Typic Kandiodox
Pu 坡堵	Acric Plinthosols (Gleyic [#] , Siltic)	Typic Plinthudult
Tc 銅鑼圈	Plinthic Acrisols	Typic Paleudult
Tl 大崙	Acrisols (Rhodic)	Typic Paleudult
Tw 大竹圍	Plinthic Acrisols (Hydragric [#] , Chromic, Siltic)	Plinthic Paleudult
Cu 九座寮	1. Rheic Histosol (Thapto-Gleysolic) 2. Rheic Histosol (Thapto-Plinthosolic) 3. Rheic Histosol (Thapto-Regosolic)	Typic Haplohemist

*：摘錄自陳等人 (2000) 的結果。

#：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。

4.2.4 新竹地區土壤的分類及討論

(一) 新竹地區土壤的 WRB 分類結果

利用 WRB (2006) 分類新竹代表性土壤 (表 13)，並且依各土系分別討論分類原因及分類過程的問題。(新竹三坑子系、平鎮系同桃園三坑子系、平鎮系)

Ce 竹南系

紅壤或風砂母質之砂頁岩新沖積土，處於較低窪之處，上剖面灰色，有少許鏽斑，下部偏綠灰色。土號 Hs104 號剖面 A-B1-B2-B3-B4-B5。A 層 (0-20 cm) 土色為明棕鏽色 (5YR 4/8)，具 2% 灰色 (5Y 5/1) 斑紋；B1-B2-B3-B4-B5 (20-120 cm) 層土色為灰色 (7.5Y 5/1) 到綠灰色 (10GY 5/1)，具泥濘到塑性的結持度。

無人為土層，明顯受到地下水影響，具有 Reducing conditions 及 Gleyic colour pattern。具有 Fluvic material，但出現的深度不符合 Fluvisol 規定，最後納入 Gleysols。Prefix 具有 Fluvic (土壤剖面 100 cm 內存有 25 cm 厚度的 Fluvic material)。

Fp 番子坡系

砂頁岩母質沖積土，由於排水不完全，或因水田利用，剖面含有鏽紋及灰斑。由於 27 cm 開始就有明顯的灰白色黏土皮及 10-20% 的黑色鐵錳聚積物，以及中量到 30% 的黃灰色斑紋，這些斑紋比周遭的色彩還紅，符合 Plinthic horizon。灰白色 (2.5Y 7/1) 黏土皮以及游離鐵含量明顯隨著深度增加 2 倍以上顯示具有 Hydragric horizon，上兩層 0-20、20-27 cm 具有 5Y 或 2.5Y 的浸水顏色應該算是 Gleyic colour pattern，但是由於只出現在土體上部而非下部，可見並非地下水造成，不符合 Gleyic colour pattern，所以推測是受到表面水或是水田而造成在淺層即有這麼多氧化還原特徵出現，土號 Hs101 剖面受到水田影響較大，土號 Hs412 剖面則是受到水淹影響而有 Stagnic colour pattern。由於色度 1 斷定有 Reducing conditions。

表 13、新竹地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱

Table 13. Soil Taxa of representative Soils in Hsinchu region based on WRB system

Soil series	horizon	properties	materials	RSG ¹ with Qualifiers
Sk 三坑子				Leptic Regosols (Hyperskeletal)
Ce 竹南		Red. ³ Gleyic ⁴	Fluvic ²	Fluvic Gleysols
Fp 番子坡	Hydragric, Plinthic	Red, Stagnic ⁵		Hydragric [#] Plinthic Cambisols
Su 栗子園		Red, Gleyic		Gleyic Leptic Regosols (Hyperskeletal)
Pc 平鎮	Anthraquic, Argic			Acrisols (Rhodic, Anthraquic [#])

RSG¹：參考土類。

Fluvic²：Fluvic material (沖積物質)。

Red.³：Reducing conditions (還原情形)。

Gleyic⁴：Gleyic colour pattern (灰白色彩型態)。

Stagnic⁵：Stagnic colour pattern (淹水色彩型態)。

[#]：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。



Plinthic horizon 最早出現深度超過土表 50 cm 而無法納入 Plinthosols，而 Stagnic colour pattern 雖超過一半符合 Stagnosols 的要求，但是探討其淹水原因來自水田耕作而無法納入 Stagnosols。可由於 Plinthic horizon 及 Hydragric horizon 而納入 Cambisols。Prefix 具有 Hydragric[#]以及 Plinthic。

Su 栗子園系

土層淺，一般小於 20 cm，與三坑子類似，差在栗子園為粘板岩砂頁岩混合沖積物，而後者為紅壤。土壤分佈於溪沿岸，土壤是灰色到白色 (10Y 4/1) (2.5GY 4/1) (N 4/0)。顏色色度都很低，且也有一些斑紋存在，有 Reducing conditions 及 Gleyic colour pattern。雖極薄，但並非當地風化而成的土壤不符 Leptosols。雖具 Gleyic colour pattern，但是太薄不能算是 Gleysols，僅能納入 Regosols。Prefix 具 Leptic 及 Gleyic，Suffix 為 Hyperskeletal。

總結而言，新竹的三坑子薄層土分類上的困難同桃園三坑子系，沖積土層淺薄無法納入 Leptosols 及 Fluvisols。番子坡系的斑紋既可符合人為土層的 Anthraquic horizon，又可符合水淹特性的 Stagnic colour pattern，很難區別成因為何。這顯示出 WRB 的確具有精準描述水成特徵的優點，卻同時也帶來分類的困擾，在納入參考土類時須選擇出最具代表性的特徵或依照索引順序來抉擇。

(二) 新竹土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

將 ST 與 WRB 標準對應關係 (表 5) 作為參考，將 WRB 與 ST 的結果對應 (表 14)，並就不符合標準對應的土壤作原因的探討。

有對應問題的土系是新竹平鎮系，原因同臺北及桃園的平鎮系，即原因在於本論文認定平鎮系剖面仍具有 Argic horizon，以及 $CEC > 16 \text{ cmol/kg clay}$ ，並無法符合 ST 的 Oxisols 原先標準對應的 Ferralsols。

表 14、新竹地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

Table 14. The correlation of soil Taxa between WRB and ST for representative soils in

Hsinchu region		
Soil series	WRB	ST ^{**}
Sk 三坑子	Leptic Regosols (Hyperskeletal)	Lithic Udipsamment
Ce 竹南	Fluvic Gleysols	Typic Endoaquent
Fp 番子坡	Hydragric [#] Plinthic Cambisols	Typic Endoaquept
Su 栗子園	Gleyic Leptic Regosols (Hyperskeletal)	Lithic Udipsamment
Pc 平鎮	Acrisols (Rhodic, Anthraquic [#])	Typic Kandiodox

*：摘錄自陳等人 (2000) 的結果。

#：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。



4.2.5 苗栗地區土壤的分類及討論

(一) 苗栗地區土壤的 WRB 分類結果

利用 WRB (2006) 分類苗栗代表性土壤 (表 15)，並且依各土系分別討論分類原因及分類過程的問題。(苗栗栗子園系、番子坡系同新竹，苗栗平鎮系與桃園同)

Fc 福基系

剖面深度僅有 60-90 cm，地下水不高，雙季水田利用所以 0-30 cm 呈現棕灰色 (10YR 5/1, 4/1)，17-30 cm 略為緊密且具有 50% 黃棕色鏽斑，由於研判不是受到地下水影響，而是受到表面灌溉或是河水影響，而不是 Gleyic colour pattern。色彩不符合 Stagnic colour pattern 的規定，無法納入 Stagnic colour pattern。受水田作用影響明顯但土色不符合 Anthraquic horizon 的要求，無法符合 Anthraquic horizon。鐵往下走的痕跡明顯，下面土層的鐵是上面的 2 倍，且也有一些鐵錳小結核，符合 Hydragric horizon。可由於 Hydragric horizon 納入 Cambisols。Prefix 有 Hydragric[#]。

Kp 溝貝系

質地為粗質地的砂質壤土，但受水田利用影響，土層 (0-40 cm) 都呈現棕灰色 (10YR 5/1) 且有中量的斑紋棕色 (10YR 4/6) 鏽紋，有 Reducing conditions，雖主要為水田利用但土色不符合 Anthraquic horizon 規定而無法納入。游離鐵下移量雖不支持 Hydragric horizon 的存在，但表層鐵量最多且最上層便出現棕色斑紋可知道受到水田浸泡而鐵溶出的現象明顯，仍可符合 Hydragric horizon。因為具有 Hydragric horizon，最後可納入 Cambisols。Prefix 為 Hydragric[#]。

表 15、苗栗地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱

Table 15. Soil Taxa of representative Soils in Miaoli region based on WRB system

Soil series	horizon	properties	materials	RSG ¹ with Qualifiers
Fc 福基	Hydragric			Hydragric [#] Cambisols
Fp 番子坡	Hydragric, Plinthic	Red. ² , Stagnic ³		Hydragric [#] Plinthic Cambisols
Kp 溝貝	Hydragric	Red.		Hydragric [#] Cambisols
Ts 草漯		Lith. D. ⁴	Colluvic ⁵ , Fluvic ⁶	1. Colluvic Arenosols 2. Fluvic Arenosols
Wn 五分埔				Leptic Regosols (Skeletal)
Su 栗子園		Red., Gleyic ⁷		Gleyic Leptic Regosols (Hyperskeletal)
Tj 大山腳				Arenosols
Tm 大茅埔	Anthraquic, hydragric			Hydragric [#] Cambisols
Pc 平鎮	Anthraquic, Argic			Acrisols (Rhodic, Anthraquic [#])

RSG¹：參考土類。

Red.²：Reducing conditions (還原情形)。

Stagnic³：Stagnic colour pattern (淹水色彩型態)。

Lith. D.⁴：Lithological discontinuity (岩性不連續)。

Colluvic⁵：Colluvic material (崩積物質)。

Fluvic⁶：Fluvic material (沖積物質)。

Gleyic⁷：Gleyic colour pattern (灰白色彩型態)。

[#]：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。

Ts 草漯系

來自紅土臺地或是砂頁岩的風沙，或是崩積物及沖積物。根據描述主要為風砂，一部分為河沙所形成，可能具 Colluvic material* (崩積物)及 Fluvic material*。質地頗粗，土層 (0-30 cm) 是砂質壤土，土層 (30-120 cm) 都是砂土，上下質地有明顯差異，例如砂粒上面比下面少了 22%，粉粒跟黏粒上面比下面分別高了 5 倍跟快 10 倍，具有 Lithological discontinuity。而鐵斑紋並未出現且其下移量並不明顯，無明顯特性可以描述。則此土系應是 Arenosols (砂質土，索引內容示於材料與方法 3.2.2 中)。Prefix 有 Colluvic* (崩積而成) 或是 Fluvic*。

Wn 五分埔系

分類同三坑子系。為極淺層砂頁岩母質沖積土，本系土壤與紅壤母質沖積土三坑子系 (Sk)，及砂頁岩粘板岩混合母質沖積土栗子園系 (Su) 近似。

Tj 大山腳系

由沿海風沙形成的排水優良黃壤，沒有太多斑紋。質地都頗粗，乾燥特性如 Aridic properties、Vesicular layer 不甚符合，可納入 Arenosols。

Tm 大茅埔系

中質地 (細砂質壤土到粗粉質壤土) 的砂頁岩母質之黃壤，黃棕色土具斑紋，其實本身排水良，但受到水田利用而具鏽斑，中下層則有少量鐵錳結核，游離鐵量也符合 Hydragric horizon，雖主要是水田利用但土色不符合 Anthraquic horizon 的要求而無法納入。由於具有 Hydragric horizon 而可納入 Cambisols。Prefix 有 Hydragric[#]。

總結而言，福基系、溝貝系及大茅埔系明顯受水田作用影響，但卻僅是無法符合 Anthraquic horizon 土色的要求 (色值 ≤ 4 且色度 ≤ 2)，而無法正確分入水田土壤，應建議 WRB 修改其內容才可達到正確且完善的分類結果。

(二) 苗栗地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

將 ST 與 WRB 標準對應關係 (表 5) 作為參考，將 WRB 與 ST 的結果對應 (表 16)，並就不符合標準對應的土壤作原因的探討。

有對應問題的土系為苗栗溝貝系，其 ST 分類結果為 Entisols，但在 WRB 卻對應到 Cambisols，是因為土壤只要符合任一人為診斷層即可進一步分入 WRB 的 Cambisols 所致。



表 16、苗栗地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

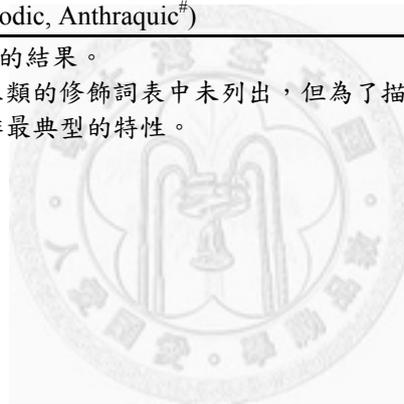
Table 16. The correlation of soil Taxa between WRB and ST for representative soils in Miaoli region

Soil series	WRB	ST**
Fc 福基系	Hydragric [#] Cambisols	Typic Endoaquept
Fp 番子坡	Hydragric [#] Plinthic Cambisols	Typic Endoaquept
Kp 溝貝	Hydragric [#] Cambisols	Typic Endoaquept
Ts 草漯	1. Colluvic Arenosols 2. Fluvic Arenosols	Oxyaquic Udipsamment
Wn 五分埔	Leptic Regosols (Skeletal)	Lithic Udipsamment
Su 栗子園	Gleyic, Leptic Regosols (Hyperskeletal)	Lithic Udipsamment
Tj 大山腳	Arenosols	Typic Udipsamment
Tm 大茅埔	Hydragric [#] Cambisols	Typic Endoaquept
Pc 平鎮	Acrisols (Rhodic, Anthraquic [#])	Typic Kandiodox

*：摘錄自陳等人 (2000) 的結果。

#：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。

*：代表偶發的情形，並非最典型的特性。



4.2.6 臺中、南投地區土壤的分類及討論

(一) 臺中、南投地區土壤的 WRB 分類結果

根據陳等人 (2000, 2004, 2005) 農委會科技計畫內採樣點的理化資料為來源，並綜合臺中、南投土壤調查報告書為資料庫，利用 WRB (2006) 分類臺中、南投代表性土壤 (表 17)，並且依各土系分別討論分類原因及分類過程的困難。

Tsp 水汴頭系

灰色粘板岩質砂礫沈積而成之排水尚佳石礫層。表土以下全層為石礫層，夾有少量砂土或砂質壤土之粘板岩風化沖積物。剖面表層 A (0-32 cm) 為砂質壤土灰色 (5Y 5/1 潤)，32 cm 以下即為石礫層 C。呈現灰色應為粘板岩母岩而非 Reducing conditions。由於土層尚薄，層數少，無法證明有 Fluvic material 的有機碳交互轉變證據。雖卻可符合 Leptosols 的標準，但為沖積而成而非就地風化生成，無法納入 Leptosols。則僅可分作 Regosols，Prefix 具有 Leptic，Suffix 具有 Hyperskeletal。

TTt 頂大安系

暗灰色粘板岩質砂礫沈積而成之石礫質沖積土，表土以下全層為粘板岩質石礫層。表層 A (0-25 cm) 為灰色 (N 5/0 潤) 壤土，25 cm 以下即為礫石層，石礫間夾有一些砂土。由於土層尚薄，層數少，無法證明有 Fluvic material 的有機碳交互轉變證據。雖符合 Leptosols 標準，但定義上為沖積而成而非就地風化生成，無法納入 Leptosols。則僅可分作 Regosols，Prefix 具有 Leptic，Suffix 具有 Hyperskeletal。

表 17、臺中南投地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱

Table 17. Soil Taxa of representative Soils in Taichung-Nantou region based on WRB system

Soil series	horizon	Properties	RSG ¹ with Qualifiers
TSp 水汙頭			Leptic Regosols (Hyperskeletal)
TTt 頂大安			Leptic Regosols (Hyperskeletal)
Tha 下湳子	Hydragric		Hydragric [#] Cambisols (Siltic)
TNt 南屯	Argic, Hydragric	Red ² , Gleyic ³	Bathy-Gleyic Luvisols (Hydragric [#] , Siltic)
TSk 社口	Hydragric	Red., Gleyic	Hydragric [#] Bathy-Gleyic Cambisols (Siltic)
Tci 聚興			Leptic Regosols (Skeletal)
Tco 社腳	Anthraquic, Hydragric		Anthraquic Leptic Cambisols (Skeletal)
TLb 栗林村	Hydragric		Hydragric [#] Cambisols
TNe 內轆	Hydragric	Stagnic ⁴	Hydragric [#] Cambisols (Siltic)
TSg 上楓樹	Argic, Hydragric	Stagnic	Hydragric [#] Luvisols (Siltic)
TTq 大肚	Hydragric	Red.	Hydragric [#] Cambisols
TWz 翁子			Regosols
Cce 陳厝寮	Argic	Ferralic ⁵	Acrisols(Profondic, Chromic)
CTf 大埔美	Argic, Hydragric		Acrisols(Profondic, Chromic)
TWt 吳厝	Argic		Acrisols (Profondic, Chromic)

RSG¹：參考土類。

Red.²：Reducing conditions (還原情形)。

Gleyic³：Gleyic colour pattern (灰白色彩型態)。

Stagnic⁴：Stagnic colour pattern (淹水色彩型態)。

Ferralic⁵：Ferralic properties (富鐵鋁特性)。

#：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。

THa 下滄子系

灰色至灰棕色的砂頁岩沖積土，全層以極細砂質壤土至壤土為主之質地剖面。土壤調查報告書提供的質地剖面有 A-B1-B2-B3-B4，整個剖面 (0-150 cm) 都呈現灰色 (5Y 6/1 潤) 到暗灰色 (5Y 4-5/1 潤)，且幾乎每層都有鐵斑紋出現，A (0-35 cm) 具多量橄欖棕色 (2.5Y 4/6 潤) 斑紋，B1 (35-45 cm) 具多量灰棕色 (2.5Y 5/3 潤) 斑紋，B2 (45-80 cm) 具多量淡黃棕色 (10YR 6/4 潤) 斑紋，B3 (80-110 cm) 具多量橄欖棕色 (2.5Y 5/6 潤) 斑紋。顏色灰暗應為母岩影響。整層土壤都有鐵斑紋出現，證明有鐵的釋出及下移，應有 Hydragric horizon，參考陳等人 (2000, 2004, 2005) 的游離鐵數據也支持鐵的下移。由於具有 Hydragric horizon 的出現，可納入 Cambisols。Prefix 具有 Hydragric[#]，Suffix 為 Siltic。

TNt 南屯系

灰色至灰棕色砂頁岩新沖積物沖積土，全層以坩質黏壤土為主之質地剖面。報告書提供的剖面 A-B1-B2-B3-B4-Bg5 土色皆偏灰，A-B1-B2-B3-B4 層 (0-120 cm) 土色從暗灰棕色 (2.5Y 4/1 潤) 到灰棕色 (2.5Y 5/2 潤)，具中量橄欖棕色 (2.5Y 4/4 潤) 斑紋及多量黃棕色 (10YR 5/6 潤) 斑紋，整塊狀構造，結持度為緊密；Bg5 (120-150 cm) 土色為青灰色 (10B 5/1 潤)，整塊狀構造，結持度變成極可塑性。

斑紋的出現可支持 Hydragric horizon，以陳等人 (2000, 2004, 2005) 游離鐵量是表層的兩倍以上，也支持具有 Hydragric horizon，並同時具有 Argic horizon。由黏粒來看發育程度，也可符合 Cambic horizon，但是 WRB 規定 Cambic horizon 的範圍不可包括人為土層，因此以 Hydragric horizon 或 Argic horizon 為主。Bg5 應受地下水浸泡具有 Reducing conditions，雖符合 Gleyic colour pattern 但出現深度過深而不納入 Gleysols。由於具有 Argic horizon 可納入 Luvisols (高活性淋餘土，索引內容示於材料與方法 3.2.2 中)。Prefix 為 Bathy-Gleyic (Gleyic colour pattern 出現深度 > 100 cm)，Suffix 為 Hydragric[#]及 Siltic。

TSk 社口系

灰色至灰棕色砂頁岩新沖積物沖積土，土壤調查報告書剖面 A-B1-B2-B3-Bg4 土色皆偏灰，從橄欖灰色 (5Y5/2 潤) 到灰色 (5Y 6/1 潤)，除了水稻耕作影響外，更可能是母岩的顏色。A-B1 (0-10 cm, 10-25 cm) 具有多量灰色 (7.5Y 5/1 潤-N 5/0 潤) 斑紋，應為鐵消竭；B2-B3 (25-110 cm) 出現多量的淡黃棕色 (2.5Y 6/4 潤) 斑紋代表鐵下移的證據，符合 Hydragric horizon。陳等人 (2000, 2004, 2005) 的數據也顯示游離鐵量是表層的 2 倍以上。另 Bg4 (110-150 cm) 應有地下水浸泡，土色灰色 (N 5/0 潤)，整塊狀構造，可塑性結持度，具有 Reducing conditions。雖符合 Gleyic colour pattern，但其出現體積不到一半而不納入 Gleysols。由於具有 Hydragric horizon 可納入 Cambisols。Prefix 為 Hydragric[#]及 Bathy-Gleyic，Suffix 為 Siltic。

TCi 聚興系

黃棕色砂頁岩老沖積物沖積土，有效土層較淺薄約 60-90 cm 左右，下面為石礫層，土壤調查報告書剖面 A-B1-B2-C，A 層為黃棕色 (10YR 5/4 潤) 具微量灰棕色 (2.5Y 5/1 潤) 斑紋的壤質極細砂土，單粒狀構造；B1 (10-30 cm) 質地轉為細砂質壤土，整塊狀構；B2 (30-60 cm) 為壤土；60 cm 以下即為礫石層 C。以 B2-C 層為母岩，B1-B2 都沒有明顯發育，不具 Cambic horizon，故納入 Regosols。Prefix 具有 Leptic，Suffix 具有 Skeletic。

TCo 社腳系

灰棕色至黃棕色砂頁岩沖積物沈積於石礫層上之石礫質沖積土。其特徵為有效土層極淺薄，其下為石礫層。土壤調查報告書剖面 A-B-C，A 層 (0-15 cm) 土色為暗灰棕色 (10YR 4/2 潤) 具中量淺灰色 (2.5Y 6/0 潤) 斑紋；B 層 (15-30 cm) 土色為黃棕色 (10YR 5/4 潤) 具多量灰色 (10YR 5/1 潤) 與中量極暗灰色 (10YR 3/1 潤) 斑紋，緊密；30 cm 以下即為礫石層 C。

A-B層土色符合色值 ≤ 4 及色度 ≤ 2 ，可納入Anthraquic horizon，其淺灰色到灰色斑紋代表著鐵消竭，亦可符合Hydragric horizon的其中一個要求，如下：

redox depleted zones with a Munsell colour value 4 or more and a chroma of 2 or less (both moist) in macropores。

另外，由陳等人 (2000, 2004, 2005) 的游離鐵數據觀察，也符合 Hydragric horizon。但由於此土系土層淺薄，Anthraquic horizon 及 Hydragric horizon 上下相加 < 50 cm 並無法納入 Anthrosols。雖符合 Leptosols 的 75 cm 內少於 20% 為土壤，但土壤仍為沖積而成，而非就地風化生成，無法納入 Leptosols。最後因以人為土 Anthraquic horizon 及 Hydragric horizon 而納入 Cambisols。Prefix 具 Anthraquic 及 Leptic，Suffix 具有 Skeletic。

TLb 栗林村系

黃棕色砂頁岩老沖積物之沖積土，土壤調查報告書的質地剖面 A-B1-B2-B3，整個剖面都有鐵斑紋出現，A 層 (0-30 cm) 具中量黃棕色 (10YR 5/4 潤) 斑紋，B1 (30-60 cm) 具多量棕黃色 (10YR 6/6 潤) 與中量極暗灰棕色 (10YR 3/2 潤) 斑紋，B2 (60-120 cm) 具多量淡灰色 (2.5Y 7/2 潤) 斑紋，B3 (120-150 cm) 具中量極淡棕色 (10YR 7/3 潤) 斑紋。證明有鐵的釋出及下移，應有 Hydragric horizon。此與陳等人 (2000, 2004, 2005) 的數據有所差異，其剖面 85 cm 以下便為石礫層，且土壤無太多特徵，僅能分入 Regosols。由於報告書顯示為老沖積土，仍以土壤調查報告書內容為主，故因 Hydragric horizon 而納入 Cambisols。Prefix 具有 Hydragric[#]。

TNe 內轆系

黃棕色砂頁岩老沖積物沖積土。土壤調查報告書的剖面 A -B1-B2-B3-B4，A 層 (0-20 cm) 粉質壤土為主，易碎；B1-B2 層 (20-80 cm) 以黏質黏壤土為主，具多量灰色 (N 6/0 潤) 斑紋，緊密；B3-B4 層 (80-150 cm) 為粉質壤土，具多量淡灰棕色 (2.5Y 6/2 潤) 與淡灰色 (N 7/0 潤) 斑紋，緊密。

質地變黏且結持度變緊密，是因為水田作用，但仍因土色標準不符合無法納入 Anthraquic horizon。具有多量灰色斑紋，屬於鐵消竭，符合 Hydragric horizon 的要求，同時陳等人 (2000, 2004, 2005) 的游離鐵數據也支持納入 Hydragric horizon。且此灰色斑紋同時也符合 Stagnic colour pattern。最後因 Hydragric horizon 納入 Cambisols。Prefix 具有 Hydragric[#]，Suffix 都有 Siltic。而雖有 Stagnic colour pattern，但是缺乏 Reducing conditions，無法具 Stagnic。

TSg 上楓樹系

黃棕色砂頁岩老沖積物之沖積土，土壤調查報告書的質地剖面 A-B1-B2-B3，A 層 (0-15 cm) 具多量淡黃棕色 (2.5Y 6/4 潤) 斑紋，坊質壤土，易碎；B1-B2-B3 (15-60 cm, 60-130 cm, 130-150 cm) 具中量淡灰色 (2.5Y 7/2 潤) 斑紋到具多量白色 (2.5Y 8/2 潤) 斑紋皆是坊質黏壤土，極緊密。質地由坊質壤土轉為坊質黏壤土，剖面的灰色斑紋應該是屬於鐵消竭，與水田耕作有關係，水的浸泡、重力水下移，都促進鐵的消竭、釋出及下移，符合 Hydragric horizon。從陳等人 (2000, 2004, 2005) 的黏粒數據及游離鐵量來看，支持 Argic horizon，同時支持著 Hydragric horizon 的存在。灰色斑紋同時也符合 Stagnic colour pattern 的要求。

診斷特性以化育程度大的 Argic horizon 為主，加上 CEC > 24 cmol/kg clay 及 BS > 50%，可納入 Luvisols。Prefix 為 Hydragric[#]，Suffix 有 Siltic。雖有 Stagnic colour pattern，但是缺乏 Reducing conditions，修飾詞無法具 Stagnic。

TTq 大肚系

黃棕色至橄欖棕色砂頁岩老沖積土，土壤調查報告書的質地剖面 A-B1-B2-B3-B4，A-B1 層 (0-40 cm) 土色呈灰色 (5Y 6/1 潤)，其中量至多量黃棕色 (10YR 5/4 潤) 斑紋；B2-B3-B4 層 (40-150 cm) 土色轉為淡橄欖棕色 (2.5Y 5/4 潤) 到黃棕色 (10YR 5/4 潤)，具多量灰棕色 (2.5Y 5/2 潤) 斑紋。

A-B1 呈現灰色應該是水田耕作造成，具有 Reducing conditions。整個土壤剖面幾乎都有斑紋出現，證明有鐵的消竭、釋出及下移，應有 Hydragric horizon，陳等人 (2000, 2004, 2005) 的游離鐵數據也支持 Hydragric horizon 由於 Hydragric horizon，可納入 Cambisols。Prefix 具有 Hydragric[#]。

TWz 翁子系

黃棕色砂頁岩老沖積土，土壤調查報告書的質地剖面 A-B1-B2-B3-C。A-B1 (0-40 cm) 為壤土，B2 (40-110 cm) 為砂質壤土，B3 (110-130 cm) 為壤土，130 cm 以下即為礫石層。鐵斑紋量並不明顯。以 B3-C 層當作原始母岩，往上看質地、顏色及構造，都沒有明顯發育，不具 Cambic horizon，僅能納入 Regosols。

Cce 陳厝寮系

陳厝寮系是由洪積層發育而成之紅棕色至棕色土壤，若被判用為水田者其表層或表土之土色可能為黃棕色至橄欖棕色。土壤調查報告書的質地剖面 A-B1-B2-B3，A 層 (0-15cm) 為暗黃棕色 (10YR 3/4 潤) 坩質黏壤土，不明顯細鈍角塊狀構造；B1 (15-45 cm) 為紅棕色 (5YR 5/4 潤) 坩質黏壤土，不明顯細鈍角塊狀構造。B2 (45-75 cm) 為黃紅色 (5YR 4/8 潤) 坩質黏壤土，明顯細至中鈍角塊狀構造。B3 (75-150 cm) 為紅色 (2.5YR 4/6 潤) 坩質黏土，具少量黃紅色 (5YR 5/6 潤) 斑紋。

隨著深度由質地變更細及構造變更明顯來看，存在 Argic horizon 的可能性大。但由陳等人 (2000, 2004, 2005) 的各剖面黏粒及游離鐵及鋁量來看，每層分佈量均勻並無 Argic horizon 的存在，土壤約 $17 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ ，但不符合 Geric properties ($\Delta\text{pH} (\text{pH KCl}-\text{pH H}_2\text{O}) < +0.1$) 及有機碳 $> 1.4\%$ 的要求，不屬於 Ferralic horizon，僅能算有 Ferralic properties。

Ferralic properties require in some subsurface layer:

1. a CEC (by $1 \text{ M NH}_4\text{OAc}$) of less than $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ clay; or
2. a CEC (by $1 \text{ M NH}_4\text{OAc}$) of less than $4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ soil and a Munsell chroma of 5 or more, moist.

土系關係表發現土壤剖面是玢質黏壤土往下走則為玢質黏壤土到玢質黏土，以土調報告書較為符合，仍以 Argic horizon 作為診斷層，pH 是酸性推測 $\text{BS} < 50\%$ ， $\text{CEC} < 24 \text{ cmol}_c/\text{kg clay}$ ，納入 Acrisols。Suffix 具有 Profondic (黏粒含量在土壤剖面 150 cm 內還未減少到原來上層的 20% 以上) 及 Chromic。

CTf 大埔美系

洪積層發育而成之紅棕色至棕色土壤，土壤調查報告書的質地剖面 A-B1-B2，A 層 (0-15cm) 為強棕色 (7.5YR 潤) 玢質黏壤土，不明顯細鈍角塊狀構造。B1-B2 層 (15-80 cm, 80-150 cm) 為黃紅色 (5YR 4/6 潤) 玢質黏土，明顯中鈍角塊狀構造。隨著深度由質地變更細及構造變得更明顯來看，存在 Argic horizon 的可能性大。陳等人 (2000, 2004, 2005) 的黏粒含量、游離鐵及鋁量也隨著深度增加，具 Argic horizon 以及 Hydragric horizon，但仍以 Argic horizon 為主。土壤 CEC 約 $< 24 \text{ cmol}_c/\text{kg clay}$ ， $\text{BS} < 50\%$ ，可納入 Acrisols。Suffix 具有 Profondic 及 Chromic。

TWt 吳厝系

吳厝系是洪積層發育而成之紅棕色土壤，本系土壤之分布面積頗廣大，為農業上重要土系之一。土壤調查報告書的質地剖面 A-B1-B2-B3，A 層 (0-30cm) 為水田耕作而退化的紅土，土色為灰棕色 (2.5Y 4-5/2 潤)，具中量淡橄欖棕色 (2.5Y 5/6 潤) 斑紋，坩質壤土，不明顯細團粒狀構造；B1 層 (30-40 cm) 為強棕色 (7.5YR 5/6 潤) 具多量淡棕灰色 (2.5Y 6/2 潤) 斑紋，坩質壤土，不明顯細純角塊狀構造；B2 (40-80 cm) 黃紅色 (5YR 5/6 潤) 坩質壤土，不明顯細至中鈍角塊狀構造；B3 層 (80-150cm) 紅棕色 (5YR 4/4 潤)，坩質黏壤土，明顯中鈍角塊狀構造。

隨著深度漸增，質地變更細、結持度變緊密且構造變得更明顯來看，存在 Argic horizon 的可能性大。陳等人 (2000, 2004, 2005) 也證明具 Argic horizon。土壤 CEC 約 16-24 cmol/kg clay, BS < 50%，可納入 Acrisols。Suffix 具有 Profondic 及 Chromic。

總結而言，臺中南投的水汴頭、頂大安系、聚興、社腳的土壤淺薄，卻因其成為沖積而非就地生成而無法納入 Leptosols，其中水汴頭、頂大安系太淺薄也無法符合 Fluvic material。由於臺中南投土壤調查報告書中理化特性不可考，因此綜合陳等人 (2000, 2004, 2005) 農委會報告中的理化及剖面特性一同討論，但發生了部分土系 (栗林村系及陳厝寮系) 的兩個資料庫數據無法吻合之情形，僅能照土系關係圖給予分類方向。

WRB 重視水的作用，對水造成的型態分的較仔細，因此在南屯系、內轆系及上楓樹系中，出現了診斷層重疊的情況，南屯系為 Hydragric horizon 與 Argic horizon 難以分辨，內轆系及上楓樹系則為 Hydragric horizon 與 Stagnic colour pattern 重疊，如此將影響到後續的高階參考土類的選擇 (具有 Hydragric horizon 的土壤可納入 Cambisols，具有 Stagnic colour pattern 可納入 Stagnosols)。事實上由描述者角度刻意區別出人為灌水或是天然浸水或淹水是有難度的，因此建議 WRB 修改 Stagnosols 的診斷特性，特別加上「人為灌水除外」以方便讀者辨別。

(二) 臺中、南投地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

將 ST 與 WRB 標準對應關係 (表 5) 作為參考,將 WRB 與 ST 的結果對應 (表 18), 並就不符合標準對應的土壤作原因的探討。

有對應問題的土系為臺中、南投的社腳、栗林、內轆及上楓樹系, 其中社腳在 ST 為 Entisols, 但在 WRB 卻對應到 Cambisols, 是因為土壤只要符合任一人為診斷層即可進一步分入 WRB 的 Cambisols。



表 18、臺中南投地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

Table 18. The correlation of soil Taxa between WRB and ST for representative soils in Taichung -Nantou region

Soil series	WRB	ST ^{**}
TSp 水汴頭	Leptic Regosols (Hyperskeletal)	Udorthent
TTt 頂大安	Leptic Regosols (Hyperskeletal)	Entisols
Tha 下滴子	Hydragric [#] Cambisols (Siltic)	Inceptisols
TNt 南屯	Bathy-Gleyic Luvisols (Hydragric [#] , Siltic)	Alfisols
TSk 社口	Hydragric [#] Bathy-Gleyic Cambisols (Siltic)	Inceptisols
Tci 聚興	Leptic Regosols (Skeletal)	Entisols
Tco 社腳	Anthraquic Leptic Cambisols (Skeletal)	Udipsamment
TLb 栗林村	Hydragric [#] Cambisols	Typic Kandiodults
TNe 內轆	Hydragric [#] Cambisols (Siltic)	Typic Hapludults
TSg 上楓樹	Hydragric [#] Luvisols (Siltic)	Typic Kandiodults
TTq 大肚	Hydragric [#] Cambisols	Endoaquept
TWz 翁子	Regosols	Entisols
Cce 陳厝寮	Acrisols (Profondic, Chromic)	Typic Paleudult
CTf 大埔美	Acrisols (Profondic, Chromic)	Rhodudult
TWt 吳厝	Acrisols (Profondic, Chromic)	Ultisols

^{**}: 摘錄自陳等人 (2000, 2004, 2005) 及蔡 (1998) 的結果。

[#]: 代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。

*: 代表偶發的情形，並非最典型的特性。

4.2.7 彰化地區土壤的分類及討論

(一) 彰化地區土壤的 WRB 分類結果

利用 WRB (2006) 分類彰化代表性土壤 (表 19)，並且依各土系分別討論分類原因及最後總結分類過程的問題。

Cc 彰化系

砂頁岩與粘板岩混和沖積物而成的沖積土，顏色是黃棕色 (10YR 5/4 濕) 或是橄欖棕色 (2.5 Y 4/6 濕)，都會帶中量到多樣的斑紋。表土呈現灰色 (2.5Y 5/1)，應該是因為用於種植水稻。表面灌溉、淹水與整地所形成的一些形態，但顏色不符合 Anthraquic horizon 標準而無法納入，上層黏粒分佈並未比下層多黏粒而不符合 Irragric horizon 等人為土層的要求，但鐵下移量可符合 Hydragric horizon。另剖面 40-150 cm 皆有許多棕色到灰色的斑紋符合 Stagnic color pattern。由於沒有適合的人為診斷層而無法分入 Anthrosols；一半面積以上都是 Stagnic color pattern，但不具有 Reducing conditions 所以不屬於 Stagnosols。由於 Hydragric horizon 而納入 Cambisols。Prefix 有 Hydragric[#]，Suffix 有 Siltic。

Su 伸港系

粗質地沖積地，上層是灰色砂質壤土下層以青灰色壤質細砂土，屬於粗質地的沖積土，但全層土壤排水不良為水田利用。土壤灰暗 (色度僅有 1)。上層 (0-30 cm) 有中量至多量黑色斑紋，因為有機碳並無特別多，猜測這可能是錳的聚集。此黑色斑紋並未比 7.5YR 紅且色度 < 5 ，不符合 Ferric horizon 中對斑紋的描述；斑紋比基質更紅及更大的色度也不符合 Plinthic horizon。由於色度低，且明顯有淹水情況，判斷有 Reducing conditions。土色為灰色 (5Y 5/1 濕) 到頗暗青灰色 (7.5GY 2/1 濕)，符合 Gleyic color pattern。可納入 Gleysols。Suffix 有 Greyic (灰暗，色值 ≤ 3 及色度 ≤ 3 潤)。

表 19、彰化地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱

Table 19. Soil Taxa of representative Soils in Changhua region based on WRB system

Soil series	horizon	properties	materials	RSG ¹ with Qualifiers
Cc 彰化	Hydragric	Stagnic ²		Hydragric [#] Cambisols (Siltic)
Su 伸港		Red. ³		Gleysols (Greyic)
Cl 圳寮	Irragic	Red., Gleyic* ⁴	Calcaric ⁵	Irragic Gleyic* Cambisols (Arenic, Calcaric)
Co 濁水			Calcaric	Parafluvic Arenosols (Greyic, Calcaric)
Ct 周厝崙	Anthraquic, Irragic	Red.*, Gleyic*	Calcaric	Gleyic* Irragic Cambisols (Greyic, Calcaric, Arenic)
Es 二水	Anthraquic	Red., Gleyic	Calcaric	Anthraquic Gleysols (Calcaric, Greyic, Siltic)
Hp 西畔	Anthraquic	Red. *, Gleyic*		Anthraquic Leptic Gleyic* Cambisols (Calcaric, Greyic, Skeletic)
Lk 路口厝	Irragic	Red., Gleyic	Calcaric	Irragic [#] Gleysols (Calcaric, Greyic, Arenic)
Sp 下水埔			Calcaric	Leptic Regosols (Calcaric, Greyic, Skeletic)
Tp 大排沙			Calcaric	Parafluvic Arenosols (Calcaric, Greyic)
Eh 二林	Anthraquic, Irragic, Hydragric		Fluvic ⁹	Hydragric Irragic Fluvic Anthrosols (Siltic)
Fy 芳苑		Aridic ⁶		Arenosols (Aridic)
Ha 海豐		Stagnic, Aridic Abrupt ⁷ Lith. D. ⁸		Arenosol (Aridic, Novic) Planosol
Hn 花壇	Hydragric		Fluvic	Fluvisols (Hydragric, Siltic)
Kh 館嶼厝	Irragic		Calcaric, Fluvic	Fluvisols (Calcaric, Irragic [#])
Kk 公館	Irragic	Red.		Irragic Cambisols
Ls 路上厝	Cambic	Lith. D.		Cambisols (Thapto- Arenosolic)
Lu 鹿港	Anthraquic, Hydragric	Stagnic, Gleyic		1. Hydragric Anthrosols (Siltic) 2. Stagnic Anthrosols (Siltic) 3. Gleyic Anthrosols (Siltic)
Ph 平和	Anthraquic, Hydragric		Fluvic	Hydragric Fluvic Anthrosols (Siltic)

(接下頁)

表 19、(續)

Table 19. (continued)

Soil series	horizon	properties	materials	RSG ¹ with Qualifiers
Wh 萬興	Hydragric		Calcaric, Fluvic	Fluvisols (Calcaric, Siltic, Hydragric [#])
Yu 員林	Anthraquic, Hydragric	Gleyic*	Calcaric	Hydragric Anthrosols (Calcaric, Siltic)
快官	Histic			Histosols

RSG¹：參考土類。

Stagnic²：Stagnic colour pattern (淹水色彩型態)。

Red.³：Reducing conditions (還原情形)。

Gleyic⁴：Gleyic colour pattern (灰白色彩型態)。

Calcaric⁵：Calcaric material (碳酸鈣物質)。

Aridic⁶：Aridic properties (乾燥特性)。

Abrupt⁷：Abrupt textural change (質地突變)。

Lith. D.⁸：Lithological discontinuity (岩性不連續)。

Fluvic⁹：Fluvic material (沖積物質)。

#：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。

*：代表偶發的情形，並非最典型的特性。



Cl 圳寮系

為粘板岩新沖積土 (濁水溪粘板岩沖積出的土壤特色為呈現灰色)，近溪邊低溼處排水不完全的粗質地沖積土。剖面 A-B1-B2-B3-B4-B5，A 層 (0-10 cm) 土色頗暗灰色 (5Y 3/1 濕)，與 B1 都具小屑粒構造到小鈍角塊構造，易碎；B2-B3-B4-B5 層 (30-150 cm) 皆為單粒構造，疏鬆。B3 (30-50 cm) 出現中量的斑紋 (2.5Y 4/6)。雖土壤基質岩色都偏暗色，但 A-B1 明顯受耕作有構造，A 層判斷有 Reducing conditions。雖為水田土壤，卻因土色不符合 Anthraquic horizon 而無法納入，且游離鐵下移量不支持 Hydragric horizon，顯示 WRB 的水田土的診斷特性不夠完善。灌溉物質累積導致上方質地較細，有機碳 > 0.6 可納入 Irragric horizon。碳酸鈣量 > 2% 為 Calcaric material。部分圳寮系土壤在溪邊低濕地區時，地下水面常在表面下 30-40 cm，具有 Gleyic colour pattern* (表示部分變異)。由於 Irragric horizon，可納入 Cambisols。Prefix 有 Irragric 及 Gleyic*，Suffix 有 Arenic (土壤剖面 100 cm 內有 30 cm 厚度的質地為 LS 或 Sand) 及 Calcaric (具有 Calcaric material)。

Co 濁水系

粘板岩排水尚良新沖積土，剖面 A-B1-B2-B3-B4，全層皆呈暗灰色，此為濁水溪粘板岩的特色。A 層 (0-40 cm) 為砂質壤土，小屑粒構造；B1-B2-B3-B4 層 (40-150 cm) 細砂土至壤質細砂土，單粒構造。B3 (70-90cm) 出現中量灰棕色斑紋 (2.5Y 5/2)。碳酸鈣量 > 2% 為 Calcaric material。表層因為灌溉及耕作而質地變細，但是有機碳量不符合 Irragric horizon，而游離鐵下移量並不明顯也不符合 Hydragric horizon，無法有適當人為土層描述。為新沖積土但無 Fluvic material 層化的情形。土壤質地普遍是壤質砂土或是砂土，符合 Arenosols。Arenosols 一般來源為當地自然生成或是藉由風吹及海邊沉積等經外力搬運的砂，雖無提及濁水系的成因-河流沖積，但其成因仍為外力搬運應可納入 Arenosols。Prefix 具有 Parafluvic (Para 為類似之意，表示似沖積物質)。Suffix 有 Greyic 及 Calcaric。

Ct 周厝崙系

粘板岩新沖積土，質地剖面以粘板岩細砂土為主，夾淺薄壤質細砂土。剖面 A-B1-B2-B3 皆灰暗 (5Y 3/1 濕)，A-B1 層 (0-35 cm) 具中量橄欖灰色 (5Y 4/2 濕)，質地為砂質壤土，整塊構造；B2-B3 層 (30-150 cm) 具中量橄欖色 (2.5Y 4/3 濕) 斑紋，質地為壤質細砂土，單粒構造。表層土壤有水稻種植且土色符合 Anthraquic horizon 要求，具有 Anthraquic horizon。質地變細且有機碳 > 0.5% 符合 Irragric horizon。由於鐵含量少及缺乏明顯斑紋而不符合 Hydragric horizon。碳酸鈣量 > 2% 為 Calcaric material。部分周厝崙系土壤在溪邊低濕地區時水面常表面下 30-40 cm，且底土為青灰色，有此情形時就符合 Gleyic colour pattern，且有 Reducing conditions。由於 Anthraquic horizon 或是 Irragric horizon 而納入 Cambisols。Prefix 是 Irragric 及偶有出現變異 Gleyic*。Suffix 有 Greyic、Arenic 及 Calcaric。

Es 二水系

暗灰色粘板岩新沖積土，質地剖面全層以粉質壤土為主。由於種水稻，且土色及黃紅色鐵錳斑紋皆符合 Anthraquic horizon，具有 Anthraquic horizon。從 40 cm 以下土色即開始變成 N 4/ 濕，且結持度變得黏稠，表示受地下水淹水影響具 Gleyic colour pattern。碳酸鈣量 > 2% 為 Calcaric material。表土 40 cm 才出現 Reducing conditions，勉強符合 50 cm 內的規定而納入 Gleysols。Prefix 具有 Anthraquic，Suffix 具有 Calcaric、Slitic 及 Greyic。

Hp 西畔系

石礫層上面蓋著淺薄暗灰色粘板岩新沖積物。由於排水不完全，底土時常潮濕。剖面上部 (0-40cm) 是粉質壤土，顏色頗暗灰色 (5Y 3/1 濕-N 3/ 濕)、土層 40 cm 以下即為黑色粘板岩大石礫。主要種水稻，土色及具黃紅色鐵錳斑紋可符合 Anthraquic horizon，但鐵增加量無法符合 Hydragric horizon。

表層 (0-22 cm) 碳酸鈣量 > 2% 可納入 Calcaric material。部分西畔系土壤近溪流邊低窪地，表土顏色呈頗暗青灰色 (10GY 3-2/1 濕)，有 Gleyic colour pattern 及 Reducing conditions。西畔系是由兩層沖積物堆積而成，但也因僅有兩層而無法符合 Fluvic material 中顏色及有機碳層化證據，定義也不符 Leptosols 就地生成的意義而不納入。具有 Anthraquic horizon 且厚度不足 50 cm 而僅可納入 Cambisols。Prefix 是 Anthraquic、Leptic 及 Gleyic*，Suffix 有 Calcaric、Greyic 及 Skeletic。

Lk 路口厝系

頗暗灰色粘板岩之砂性新沖積土，質地剖面以粘板岩質粗砂土為主，剖面為表層 (0-20 cm) 為砂質壤土，越下面越質地越粗。20-50 cm 為壤質粗砂土，底土 (50-150 cm) 為粗砂土。雖然種水稻，但表面土層無鐵錳斑紋不符合 Anthraquic horizon，且鐵增加量或是鐵斑紋不明顯而不符合 Hydragric horizon，僅由黏粒分佈及有機碳判斷具有 Irragric horizon。由於位於溪邊常有多濕相，頗暗灰色 (5Y 3/1 濕) 至青黑色 (10GY 2/1 濕)，地下水面約在 60-30 cm 出現，有 Gleyic colour pattern 及 Reducing conditions。底土為強鹼性，碳酸鈣量 > 2% 為 Calcaric material。符合 Gleysols，Prefix 有 Irragric[#]，Suffix 有 Calcaric、Greyic 及 Arenic。

Sp 下水埔系

石礫層上面蓋著淺薄粘板岩質暗灰色沖積物，與西畔系差異在本土系排水較良。剖面分成上部與下部，上部分 (0-30 cm, 30-40 cm) 都是暗灰色 (5Y 4/1 濕) 坩質壤土，且 0-30 cm 出現中量黃棕色斑紋 (10YR 5/4)，應是人為灌溉所致，但不符合任一人為土層。30 cm 以下土壤的碳酸鈣 > 2%，有 Calcaric material。下部分 (> 40 cm) 都是粘板岩質大石礫。雖上下為沖積而成，但卻無法符合 Fluvic material 中的層化證據。另也無法符合 Leptosols 就地生成的意義而無法納入之。僅能納入 Regosols。Prefix 有 Leptic，Suffix 有 Calcaric、Greyic 及 Skeletic。

Tp 大排沙系

暗灰色粘板岩粗質新沖積物沉積而成之排水優良砂性沖積土。第一層 (0-40 cm) 暗灰色 (5Y 4/1 濕) 壤質細砂土，單粒構造且頗疏鬆；第二層 (40-100 cm) 為細砂土；第三層 (100-150 cm) (N 3/ 濕) 為細砂土。40-100 cm 處碳酸鈣 > 2%，為 Calcaric material。雖為沖積土但土層變化看不出其層化證據，不能納入 Fluvic material。Arenosols 的內容指出來源為當地自然生成，或是藉由風吹及海邊沉積等經外力搬運的砂，雖無提及本土系的成因-河流沖積，但仍為外力搬運應可納入 Arenosols。Prefix 具有 parafluvic[#]，Suffix 有 Greyic 及 Calcaric。

Eh 二林系

粘板岩老沖積土，質地剖面全層均以坩質壤土為主。表土 (0-20 cm, 20-30 cm) 顏色因為種水稻的關係較暗，為暗橄欖灰色 (5Y3 /2 濕) 坩質壤土，帶有中量暗棕色斑紋 (10YR 4/4 or 10YR 3/3)；底土 (100-125 cm、125-150 cm) 顏色是橄欖棕色 (2.5Y 4/4 濕) 坩土，有中量到多量的淡橄欖棕斑紋 (2.5Y 5/4 濕) 及暗黃棕色 (10YR 3/4 濕) 斑紋。

由於人為作用，表層有較多的有機碳 (約 > 0.5%) 及較多的黏粒，判斷符合 Irragric horizon；由於主要為水田作用且土色及具有鐵錳斑紋皆符合 Anthraquic horizon 規定，具有 Anthraquic horizon。由斑紋量明顯向下增加判定具有 Hydragric horizon。由有機碳量、碳酸鈣的變化推測此土壤經過覆蓋過一次 (交界點在 100 cm 處)，斷定底土上面蓋了一層暗新沖積土有 Fluvic material。Calcaric material 出現深度太深不符合 Calcaric 規定的 20-50 cm。在耕犁層之下並非直接是有 Fluvic material 而排除了 Fluvisols。由於有 Anthraquic horizon 及 Hydragric horizon 相加的厚度 > 50 cm 而可納入 Anthrosols。Prefix 具 Hydragric、Irragric 及 Fluvic，Suffix 具 Siltic。

Fy 芳苑系

以粘板岩砂粒為主並夾有砂頁岩砂粒之粗質地、風積砂丘土。大排沙系與本系差異在於砂土來源不同，前者為粘板岩質細砂土為主。由土壤剖面來看顏色都屬於橄欖色 (5Y 4/3 濕)，第一層 0-70 cm 是細砂土，單粒構造、頗疏鬆、微鹼性反應。到了第二層 70-120 cm 除為中鹼性土，其他質地、構造皆一致。底土 120-150 cm 則是砂土且中鹼性土。屬於 Aridic properties (乾燥物質)。土壤剖面中碳酸鈣不夠多，不屬於 Calcaric material。由於來源是風積砂丘土所以斷定為 Arenosols。Suffix 是 Aridic (具有 Aridic properties 而缺乏其他乾燥特性)。

Ha 海豐系

暗橄欖灰色粘板岩老沖積土。本系分佈於近海地區，常與芳苑及鹿港系錯綜分佈存在，為芳苑系之細砂土蓋上於鹿港系之坩質黏壤土而成，為風砂土與沉積土的結合。剖面上層 (0-60 cm, 60-80 cm) 是風積砂丘而成，橄欖色 (5Y 3/4 濕)，質地剖面為砂質壤土至壤質細砂土，單粒構造、頗疏鬆，可視為 Aridic properties。下層 (80-115 cm, 115-150 cm) 是粘板岩老沖積物，暗橄欖灰色 (5Y 3/2 濕)，坩質黏壤土至坩質黏土之底土，小鈍角塊構造，緊密。由於土壤剖面的質地上為壤質細砂土、下為坩質黏土，上下有質地突變異具 Abrupt textural change，造成排水不完全，下層底土出現多量灰色 (5Y 5/1 濕) 及橄欖色 (5Y 4/4 濕) 斑紋，這些斑紋可符合 Stagnic colour pattern。另也符合 Lithological discontinuity。由於 100 cm 內有 Abrupt textural change 且有 Stagnic colour pattern，再加上具有暗橄欖灰色 (5Y 3/2 濕) 接近 Reducing conditions，因此斷定具有 Planosols。土壤剖面中碳酸鈣不夠多，不屬於 Calcaric material。診斷此土系可以當成兩層土壤，Planosols 算是較整體的土壤，若要同時表示上下土壤則為 Arenosol (Aridic, Novic) Planosol。

Hn 花壇系

橄欖灰色至淡橄欖色粘板岩老沉積土。本系下層底土之質地較粗，上層底土內常有約 20 cm 厚之頗暗灰色 (10YR 3/1-2 濕) 間層於表土層。土壤剖面為例，表層 (0-20 cm, 20-35 cm) 為橄欖灰 (5Y 5/2 濕) 玢質壤土，帶中量橄欖棕色 (2.5Y 4/4 濕) 的斑紋；在底土底端 (95-130 cm, 130-150 cm) 顏色為淡橄欖灰色 (5Y 6/2 濕) 玢質壤土，斑紋的量明顯變多，具多量淡橄欖色 (5Y 6/4 濕) 斑紋。

雖然主要種植水稻且土層 (20-35 cm) 呈現壓實的緊密，但是土色卻無法符合 Anthraquic horizon 的要求而無法納入；但具鐵移動的證據及消竭灰色斑紋可符合 Hydragric horizon。由有機碳、顏色 (50-95 cm) 及石灰物質的不規則變化，判斷具有 Fluvic material，出現在耕犁層以下不遠處有 Fluvic material，由於無法符合 Anthrosols 而依後面順序而納入 Fluvisols。Suffix 有 Hydragric[#]及 Siltic。

Kh 館嶼厝系

橄欖棕色至橄欖灰色粘板岩老沖積土。剖面 (0-20 cm) 是玢質壤土，小屑粒構造，結持度為易碎；土層 (20-50 cm) 出現突兀的細砂土層，單粒構造、疏鬆；土層 (50-100 cm) 是細砂質壤土，單粒構造，頗易碎。底土上部 (50-100 cm) 的碳酸鈣當量 > 2%，具有 Calcaric material。

表層質地與結持度都與下層有差異，應該是耕作水稻的關係。有機碳明顯比下層多 (> 0.5%)、質地也較下層細，可符合 Irragric horizon。由有機碳證據可看出有互層情況，支持 Fluvic material 的存在。顏色雖符合 Stagnic colour pattern 但是其上層沒有出現 Reducing conditions，所以推翻 Stagnic colour pattern 的可能。由於表土層以下即有 Fluvic material，可納入 Fluvisols。Suffix 是 Calcaric 及 Irragric[#]。

Kk 公館系

橄欖棕色粘板岩老沖積土。由於表土層有耕作水稻，為暗灰色 (5Y 4/1 濕) 坩質壤土，顏色較下層暗，具有 Reducing conditions。表層有機碳 > 0.5%，明顯比下層多、質地也較下層細，可符合 Irragric horizon。表土以下 (20-150 cm) 顏色呈現淡 (橄欖 2.5Y 5/4 濕) 到橄欖色 (2.5Y 4/4 濕)，土壤大多是單粒構造且疏鬆。表層為坩質壤土，底層為細砂質壤土到壤質細砂土，差異頗大，但顏色及有機碳並不支持 Fluvic material 的層化證據。碳酸鈣當量不足 2%，不具有 Calcaric material。由於有 Irragric horizon，可納入 Cambisols。Prefix 是 Irragric。

Ls 路上厝系

微鹼性粘板岩老沖積土。本系質地剖面為公館系之壤質細砂土剖面上蓋上坩質壤土而成。土層 (0-40 cm) 為橄欖色 (5Y 4/4 濕) 壤質細砂土，帶少量淡橄欖棕色 (2.5Y 5/6 濕) 斑紋，單粒構造，疏鬆；土層 (40-80 cm) 為橄欖黃色 (2.5Y 6/6 濕) 壤土，帶少量灰色 (5Y 5/1 濕) 斑紋，小鈍角塊構造，緊密；土層 (105-150 cm) 為灰色 (5Y 5/1 濕) 細砂土，單粒構造，疏鬆。

表土層 (0-40 cm) 與土層 (40-80cm) 的構造及質地都有所差異，土層 (40-80cm) 又與土層 (105-150 cm) 有所差異，彷彿沖積兩次土壤在原本的土層 (105-150 cm) 上，而非自然化育而成。具 Lithological discontinuity。判斷此為沖積而得，應有 Fluvic material，但卻不符合 Fluvic material 的層化定義。去掉表層 (0-40 cm) 僅描述下兩層土壤。土層 (40-80 cm) 是具有化育構造的 Cambic horizon，而土層 (105-150 cm) 為砂土納入 Arenosols。以 Cambisols (Thapto-Arenosolic) 表示。

Lu 鹿港系

淡橄欖灰色至淡黃棕色粘板岩老沖積土。質地剖面為全層以玢質黏土壤至玢質黏土為主。具有兩個土壤剖面：剖面一表土層 (0-30 cm, 30-55 cm) 為暗灰色 (5Y 4/1 濕) 玢質壤土，頗暗灰棕色 (10YR 3/2 濕) 玢質黏土，推測土色較暗是因為水田耕作，且土色顏色及鐵錳斑紋皆符合 Anthraquic horizon；土層 (30-55cm, 55-150 cm) 有帶中量黃棕色 (10YR 6/8 濕) 斑紋到多量淡橄欖灰色 (5Y 6/2 濕) 斑紋，加上游離鐵證據，符合 Hydragric horizon。由於有 Anthraquic horizon 及 Hydragric horizon 可納入 Anthrosols，Prefix 有 Hydragric。剖面二也由於有 Anthraquic horizon 及 Hydragric horizon 可納入 Anthrosols。兩個剖面 100 cm 內皆有 Reducing conditions。此土系剖面十分特殊，還同時符合其他兩種水成特徵：土層 (40-70 cm) 出現多量灰色 (5Y 5/1 濕) 斑紋，符合 Stagnic colour pattern；土層 (70-120cm, 120-150 cm) 基質為灰色 (N 5/濕) 玢質黏壤土，帶多量橄欖色 (5Y 5/3 濕) 斑紋，且黏稠緊密具有 Gleyic colour pattern。因此最後描述此土系有三種表示：Hydragric Anthrosols、Gleyic Anthrosols 及 Stagnic Anthrosols。Suffix 皆有 Siltic。

Ph 平和系

黃色至橄欖黃色粘板岩老沖積物沖積土。土層 (0-35 cm) 為暗灰色 (5Y 4/1 濕) 玢質壤土，帶中量深棕色 (7.5YR 4/6 濕) 斑紋；土層 (35-110 cm) 為黃棕色 (10YR 5/4 濕) 玢質壤土，帶多量暗棕色 (10YR 4/3 濕) 斑紋，小屑粒構造。土層 (110-150 cm) 為淡橄欖棕色 (2.5Y 5/4 濕) 玢質壤土，帶多量橄欖棕色 (2.5Y 4/4 濕) 斑紋，小鈍角塊構造。此土系主要土地利用為水田耕作，且土色也可符合 Anthraquic horizon 規定而可納入之。鐵下移的證據明顯，也符合 Hydragric horizon。整個土壤剖面的顏色、有機質及碳酸鈣量隨著深度漸增皆不正常增減，符合 Fluvic material。由於 Anthraquic horizon 及 Hydragric horizon 相加 > 50 cm 而可納入 Anthrosols。Prefix 具有 Hydragric 及 Fluvic，Suffix 有 Siltic。

Wh 萬興系

橄欖色至橄欖灰色粘板岩老沖積土，質地剖面為上層底土之質地以玢質壤土為主，而下層底土之質地以玢質黏壤土為主。表土層 (0-35 cm) 暗灰色 (5Y 4/1 濕) 玢質壤土，帶中量淡橄欖棕色 (2.5Y 5/6 濕) 斑紋；土層 (35-70 cm) 為橄欖灰色 (5Y 4/2 濕) 玢質壤土，帶中量淡橄欖棕色 (2.5Y 5/6 濕) 斑紋；土層 (70-130 cm) 變為頗暗灰色 (10YR 3/1 濕) 到暗灰色 (N 4/濕) 的土層，且帶頗多量的灰色 (5Y 6/1 濕) 及暗黃棕色 (10YR 4/6 濕) 斑紋

出現鐵錳下移的證據符合 Hydragric horizon 的特性。從有機碳量、顏色的變化 (35-70 cm, 70-115 cm, 115-150 cm) 可看出有層化證據，屬於 Fluvic material。45-70 cm 的碳酸鈣當量 > 2%，具有 Calcaric material。雖此土壤不是表面 25 cm 即出現 Fluvic material，但由於上面有人為層可納入 Fluvisols，Suffix 有 Calcaric、Siltic 及 Hydragric[#]。

Yu 員林系

橄欖灰色至橄欖色粘板岩老沖積土。表層土 (0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm) 為暗灰色 (5Y 4/1 濕) 玢質壤土，帶中量橄欖灰色 (5Y 5/2 濕) 及暗棕色 (10YR 4/3 濕) 斑紋；75-100 cm 為橄欖灰色 (5Y 5/2 濕) 細砂質壤土，帶多量橄欖黃色 (2.5Y 6/6 濕) 及黃棕色 (10YR 5/8 濕) 斑紋，整塊構造；100-150 cm 為暗灰色 (5Y 4/1 濕) 細砂質壤土，帶多量淡橄欖棕色 (2.5Y 5/4 濕) 斑紋，單粒構造。

表層主要為水田耕作，土色及鐵錳斑紋皆符合 Anthraquic horizon，也可符合 Hydragric horizon 的鐵錳下移的標準。20-40 cm 石灰物質碳酸鈣當量 > 2%，具有 Calcaric material。由於 Anthraquic horizon 及 Hydragric horizon 加起來超過 50 cm 符合標準，納入 Anthrosols。Prefix 有 Hydragric，Suffix 有 Calcaric 及 Siltic。

快官

為臺灣罕有之有機土，具有 Histic horizon，納入 Histosols。

總結而言，根據彰化土壤生成受到母質影響很深，尤其是濁水溪沖積的粘板岩風化物，生成的土壤呈現灰色，需與 Reducing conditions 區別。

分類過程中，周厝崙由於濁水溪粘板岩沖積土特殊的暗灰色，導致斑紋顏色的色度都無法小過基質的色度，而此為 Stagnic colour pattern 的標準之一。提議 WRB 的淹水土壤定義中，應該對於母岩顏色較暗灰的土壤，當出現斑紋時要加以區別較適當。

彰化、圳寮、花壇系明顯為水田土壤，但其原因同桃園、苗栗及臺中-南投的部分水田土，由於土色無法符合 Anthraquic horizon 規定，而無法分類到正確的結果，應提出妥善的建議。

薄層沖積土如下水埔系，同前縣市的薄層土一樣，既無法符合 Fluvic material 也無法符合 Leptsols 的定義。員林系的土層上下部質地差異頗大，雖是沖積而成，但有機碳及顏色無法證實具有 Fluvic material 的層化現象。路上厝系剖面為三層土壤堆積，也很難符合 Fluvic material 的層化證據，質地及構造差異很大可是無法符合有機碳及顏色的層化現象。

鹿港系印證 WRB 細微描述水的特性，卻也同時造成判斷困難，由於其剖面十分特殊出現了三種水成特徵，使分類結果變成三種結果，含 Hydragric Anthrosols、Gleyic Anthrosols 及 Stagnic Anthrosols。

Arenosols 在 WRB 中曾提及其成因為當地風化或是經外力搬運的海砂、風吹砂或是沙漠砂土，而濁水系及大排沙系是沖積而成的砂質土，雖仍可符合 Arenosols，但建議 WRB 可修改 Arenosols 之定義，新增「河流沖積」這個成因。

(二) 彰化地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

將 ST 與 WRB 標準對應關係 (表 5) 作為參考,將 WRB 與 ST 的結果對應 (表 20), 並就不符合標準對應的土壤作原因的探討。

有對應問題的土系彰化的彰化、圳寮、周厝崙、二水、西畔、海豐、花壇、館嶼厝及萬興等系對應有問題,彰化、圳寮、周厝崙、西畔系的 ST 分類結果為 Entisols, 但在 WRB 卻對應到 Cambisols, 是因為土壤只要符合任一人為診斷層即可進一步分入 WRB 的 Cambisols 所致。花壇、館嶼厝及萬興系的 ST 分類為 Inceptisols, 而非 WRB 的 Fluvisols, 這是因為 WRB 可容許 Fluvisols, 不一定要表面 25 cm 即出現 Fluvic material, 若上方人為層之下的 Fluvic material 也可納入 Fluvisols。



表 20、彰化地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

Table 20. The correlation of soil Taxa between WRB and ST for representative soils in Changhua region

Soil series	WRB	ST**
Cc 彰化	Hydragric [#] Cambisols (Siltic)	Aquic Udorthent
Su 伸港	Gleysols (Greyic)	Typic Endoaquent
Cl 圳寮	Irragric Gleyic* Cambisols (Arenic, Calcaric)	Aquic Udipsamment
Co 濁水	Parafluvic Arenosols (Greyic, Calcaric)	Typic Udipsamment
Ct 周厝崙	Gleyic* Irragric Cambisols (Greyic, Calcaric, Arenic)	Aquic Udipsamment
Es 二水	Anthraquic Gleysols (Calcaric, Greyic, Siltic)	Aquic Udorthent
Hp 西畔	Anthraquic Leptic Gleyic* Cambisols (Calcaric, Greyic, Skeletic)	Lithic Udorthent
Lk 路口厝	Irragric [#] Gleysols (Calcaric, Greyic, Arenic)	Typic Endoaquent
Sp 下水埔	Leptic Regosols (Calcaric, Greyic, Skeletic)	Lithic Udorthent
Tp 大排沙	Parafluvic Arenosols (Calcaric, Greyic)	Typic Udipsamment
Eh 二林	Hydragric Irragric Fluvic Anthrosols (Siltic)	Aquic Dystrudept
Fy 芳苑	Arenosols (Aridic)	Typic Udipsamment
Ha 海豐	Arenosol (Aridic, Novic) Planosol	Typic Dystrudept
Hn 花壇	Fluvisols (Hydragric, Siltic)	Aquic Dystrudept
Kh 館嶼厝	Fluvisols (Calcaric, Irragric [#])	Aquic Dystrudept
Kk 公館	Irragric Cambisols	Typic Dystrudept
Ls 路上厝	Cambisols (Thapto- Arenosolic)	Typic Udipsamment
Lu 鹿港	1. Hydragric Anthrosols (Siltic) 2. Stagnic Anthrosols (Siltic) 3. Gleyic Anthrosols (Siltic)	Aquic Dystrudept
Ph 平和	Hydragric Fluvic Anthrosols (Siltic)	Aquic Dystrudept
Wh 萬興	Fluvisols (Calcaric, Siltic, Hydragric [#])	Aquic Dystrudept
Yu 員林	Hydragric Anthrosols (Calcaric, Siltic)	Aquic Dystrudept
快官	Histosols	Medihemist

*：摘錄自陳等人 (2000) 的結果。

[#]：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。

*：代表偶發的情形，並非最典型的特性。

4.2.8 雲林地區土壤的分類及討論

(一) 雲林地區土壤的 WRB 分類結果

利用 WRB (2006) 分類雲林代表性土壤的結果 (表 21)，並且依各土系分別討論分類原因及分類過程的問題。

CHp 西畔系

石礫層上面蓋著淺薄暗灰色，石灰質粘板岩新沖積之石礫質沖積土。因排水不完全，底土時常潮濕。表土層 (0-10 cm, 10-20 cm) 為暗灰色 (5Y 4/1 潤) 玢質壤土到暗灰色 (2.5Y 4/0 潤) 玢質壤土。主要為水田耕作，且土色符合 Anthraquic horizon 的規定故可納入。表層碳酸鈣量 $< 2\%$ ，表示無 Calcaric material。部分近溪流邊低窪地，常見多濕相土壤，其表土顏色呈頗暗的青灰色 (10GY3-2/1 濕)。有 Gleyic colour pattern 及 Reducing conditions。

由於 Leptosols 的定義其實應該是當地自然發育的新薄層土壤，而非他處搬運過來而堆積成的薄層土壤，故不分入 Leptosols，而以具有 Anthraquic horizon 納入 Cambisols。Prefix 為 Anthraquic、Gleyic* 及 Leptic，Suffix 具有 Greyic* 及 Skeletic。

CSp 下水埔系

粘板岩質砂礫沉積而成之排水良好之石礫土，其特徵為表土以下全層為黑色粘板岩質石礫，夾有少量暗灰色砂土。表層土僅 20 cm，為暗灰色 (5Y 4/1 潤) 的玢質壤土，自 20 cm 以下都是夾有一些玢質壤土的大石礫。碳酸鈣量 $< 2\%$ ，無 Calcaric material。

由於 Leptosols 的定義其實應該是當地自然發育的新薄層土壤，而非他處搬運過來而堆積成的薄層土壤，所以不分入 Leptosol，而納入 Regosols。Prefix 是 Leptic，Suffix 具有 Greyic* 及 Skeletic。

表 21、雲林地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱

Table 21. Soil Taxa of representative Soils in Yunlin region based on WRB system

Soil series	horizon	properties	materials	RSG ¹ with Qualifiers
CHp 西畔	Anthraquic	Red. * ² , Gleyic ³		Anthraquic Gleyic* Leptic Cambisols (Greyic, Skeletic)
CSp 下水埔				Leptic Regosols (Greyic*, Skeletic)
CEh 二林	Anthraquic, Cambic, Hydragric	Red., Stagnic ⁴		Hydragric Anthrosols (Siltic)
CSa 山寮		Red.		Arenosols (Paraturbic)
KCW 中萬 甲	Anthraquic, Hydragric Salic*	Red., Stagnic, Lith. D ⁵		Hydragric Salic* Anthrosols (Ruptic)
KMl 旗山	Hydragric	Red., Stagnic	Calcaric ⁶	Hydragric [#] Cambisols (Calcaric, Siltic)
KNh 南興	Anthraquic, Hydragric	Red., Stagnic	Calcaric	Hydragric Anthrosols (Calcaric [#] , Siltic)
YFs 蕃薯厝	Hydragric, Argic	Red., Stagnic		Hydragric [#] Luvic [#] Salic* Cambisols
YFt 番子溝	Hydragric			Hydragric [#] Cambisols
YHk 新港	Hydragric	Red., Stagnic		Hydragric Stagnic Anthrosols (Salic*)
YHl 下崙	Irragric, Hydragric	Red., Stagnic	Fluvic ⁷	Fluvisols (Arenic, Irragric [#] /Hydragric [#])
YKc 溝皂	Hydragric	Red., Stagnic		Hydragric [#] Cambisols (Siltic)
YKh 口湖	Irragric, Hydragric	Red., Stagnic	Fluvic	Fluvisols (Irragric [#] /Hydragric [#])
YMm 馬鳴 山	Hydragric	Red., Stagnic		Hydragric [#] Cambisols (Siltic)
YNn 牛尿港	Irragric			Irragric [#] Arenosols
Cf 將軍	Hydragric		Fluvic	Fluvisols (Hydragric [#])
At 安定	Hydragric	Red., Stagnic, Gleyic		Hydragric [#] Cambisols (Siltic)
Je 仁德	Hydragric	Stagnic		Hydragric [#] Cambisols (Siltic)
Lu 鹿麻產				Leptic Regosols (Skeletic)
YTI 斗六	Argic, Hydragric	Red., Stagnic		Stagnic Luvisols (Hydragric [#])

RSG¹：參考土類。

Red.²：Reducing conditions (還原情形)。

Gleyic³：Gleyic colour pattern (灰白色彩型態)。

Stagnic⁴：Stagnic colour pattern (淹水色彩型態)。

Lith. D⁵：Lithological discontinuity (岩性不連續)。

Calcaric⁶：Calcaric material (碳酸鈣物質)。

Fluvic⁷：Fluvic material (沖積物質)。

#：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。

*：代表偶發的情形，並非最典型的特性。

CEh 二林系

橄欖色至淡橄欖棕色粘板岩老沖積土，質地剖面全層以玢質壤土為主。表土 (0-20 cm) 為暗灰色 (2.5Y 4/0 潤) 的玢質壤土；土層 (20-120 cm) 是淡橄欖棕色 (2.5Y 5/4 潤) 玢質壤土，帶多量灰色 (2.5Y 5/0 潤) 或淡灰色 (5Y 6/1 潤) 的斑紋，不明顯小鈍角塊狀構造；土層 (80-120 cm) 變成淡黃棕色 (10YR 6/4 潤) 玢質壤土，土層 (120-150 cm) 則是灰色 (5Y 5/1 潤) 壤土。

表層因為水稻耕作的關係顯得較暗，具 Reducing conditions；其土色及鐵錳斑紋也符合 Anthraquic horizon 的規定。而多量灰色為還原消竭可符合 Hydragric horizon 的特性，如此的斑紋也符合 Stagnic colour pattern。此外，土層 (80-120 cm) 的色質及色度較上下層都還大，具有 Cambic horizon。由 Anthraquic horizon 及 Hydragric horizon 加起來的厚度 > 50 cm，而可納入 Anthrosols。Prefix 具有 Hydragric，Suffix 有 Siltic。

CSa 山寨系

石灰性粘板岩與砂頁岩之混合沖積物。經風力吹動再堆積而成之風積土，往往成為砂丘，與芳苑系類似，差異在後者為橄欖色之粘板岩老沖積物再堆積而成。

剖面表層 (0-20 cm) 為橄欖棕色 (2.5Y 4/4 潤) 夾雜多量黑色 (5Y 2/2 潤) 之壤質細砂土，為粘板岩與砂頁岩混合的沖積物，單粒狀構造，疏鬆。土層 (20-150 cm) 則為細砂土，其餘特性相同。質地粗於 Sandy Loam，但有機碳 > 0.2%，不符合 Aridic properties 的定義。質地為砂質土可納入 Arenosols。Suffix 為 Paraturbic (Para- 代表「類似」之意，turbic 代表在永凍土翻攪作用下將不同層的土壤物質打亂及攪混。由於找不到適合的修飾詞，暫以此代表「混合石灰性粘板岩與砂頁岩之沖積物」的特性)。

KCw 中萬甲系

石灰性粘板岩與砂頁岩混合新沖積土。表土層 (0-30 cm) 為暗灰色 (7.5Y 4/1 潤) 壤土，具少量暗灰棕色 (2.5Y 4/2 潤) 斑紋，整塊狀構造；土層 (30-60 cm, 60-70 cm) 為橄欖棕色 (2.5Y 4/4 潤) 的坩質壤土，具多量灰色 (2.5Y 6/0 潤) 斑紋，整塊狀構造；土層 (70-100 cm, 100-150 cm) 則為橄欖棕色 (2.5Y 4/4 潤) 的壤質細砂土，具有多量黑色 (5Y 2/1 潤) 斑紋，而構造變成單粒狀構造。

表土因水田耕作的關係，具有 Reducing conditions，但黏粒及有機碳不比下層高而不符合 Irragic horizon。此土系之土色及鐵錳斑紋則可符合 Anthraquic horizon。多量灰色為還原消竭可符合 Hydragric horizon，同樣斑紋的顏色也可符合 Stagnic colour pattern。質地及構造顯示有堆積過，但仍不符合有機碳及顏色互層的規定，故無 Fluvic material，僅能用 Lithological discontinuity 解釋之。部分土壤分佈在近海地區會形成鹽斑，歸為含鹽相，以 Salic* 表示偶發情形。碳酸鈣當量 < 2%，不具有 Calcaric material。由 Anthraquic horizon 及 Hydragric horizon 加起來的厚度 > 50 cm，判定可納入 Anthrosols。Prefix 有 Hydragric 及 Salic*，Suffix 有 Ruptic (土壤剖面 100 cm 內具有 Lithological discontinuity)。

KMI 旗山系

石灰性粘板岩與砂頁岩之混合沖積物沉積而成。表土層 (0-20 cm) 為灰色 (2.5Y 5/0 潤) 坩質壤土，具中量暗黃棕色 (10YR 4/4 潤) 斑紋，整塊狀構造；土層 (20-40 cm, 40-60 cm) 為橄欖棕色 (2.5Y 4/4 潤) 的坩質壤土，具中量到多量灰色 (2.5Y 6/0 潤) 斑紋，整塊狀構造；底土 (60-95 cm, 95-150 cm) 為淡橄欖棕色 (2.5Y 5/6 潤) 坩質黏壤土，具多量灰色 (2.5Y 6/0 潤) 斑紋。

表土為浸水還原的顏色，判斷有 Reducing conditions。黏粒分布情況不符合 Irragric horizon 而無法納入之。此土系雖然主要種植水稻，但土色不符合 Anthraquic horizon 之規定而無法納入。出現色值 ≥ 4 且色度 ≤ 2 之還原消竭可符合 Hydragric horizon 的特性，且此類灰色斑紋同時符合淹水特性 Stagnic colour pattern。雖然有一半以上體積皆為 Stagnic colour pattern，但是究其淹水原因乃是來自水田耕作而無法納入 Stagnosols。而 20-40 cm 處的碳酸鈣當量 $> 2\%$ 顯示具有 Calcaric material。由於具有 Hydragric horizon 故可納入 Cambisols。Prefix 有 Hydragric[#]，Suffix 有 Calcaric 及 Siltic。

KNh 南興系

粘板岩與砂頁岩之混合沖積土，質地剖面全層以坊質壤土或壤土為主。表土層 (0-30 cm) 是暗灰色 (5Y 4/1 潤) 坊質壤土，具中量橄欖棕色 (2.5Y 4/4 潤) 斑紋；表土以下土層 (30-150 cm) 皆呈橄欖棕色 (2.5Y 4/4 潤) 坊質壤土，具中量到多量灰色 (5Y 6/1 潤) 斑紋，整塊狀構造，易碎。

表土層因為種水稻而色度頗低，判斷有 Reducing conditions。黏粒情形雖不符合 Irragric horizon，但是土色及鐵錳斑紋依據前述材料與方法中的經驗法則而符合 Anthraquic horizon。每層都具有的灰色斑紋為還原消竭，符合 Hydragric horizon 的標準，且此類灰色斑紋的色值較基質大且色度較基質小，也符合 Stagnic colour pattern 的淹水特性。30-40 cm 處的碳酸鈣當量 $> 2\%$ ，具有 Calcaric material。由 Anthraquic horizon 與 Hydragric horizon 加起來的厚度 > 50 cm 判定可納入 Anthrosols。Prefix 有 Hydragric，Suffix 有 Calcaric[#]及 Siltic。

YFs 蕃薯厝系

粘板岩與砂頁岩混合沖積物沖積土。表土層 (0-40 cm) 是暗灰色 (5Y 4/1 潤) 細砂質壤土，具中量暗灰棕色 (2.5Y 4/2 潤) 斑紋；土層 (60-95 cm, 95-120 cm) 為橄欖棕色 (2.5Y 4/4 潤) 坩質壤土，具中量到多量灰色 (2.5Y 6/0 潤) 與中量暗黃棕色 (10YR 3/4 潤) 斑紋，整塊狀構造，緊密；底層 (120-150 cm) 為灰色 (5Y 6/1 潤) 坩質黏壤土，具多量橄欖棕色 (2.5Y 4/4 潤) 斑紋，整塊狀構造，具塑性。表土層受水田浸泡，判斷有 Reducing conditions。黏粒含量分布不符合 Irragic horizon。依此土系的主要耕作並非水田土，無法符合 Anthraquic horizon 的經驗法則內容，但是在 40-60 cm 時出現具中量暗棕色 (10YR 3/4 潤) 斑紋，具有鐵下移的證據而符合 Hydragric horizon。60-120 cm 出現灰色斑紋符合淹水特性 Stagnic colour pattern。上層細砂質壤土 (60-95 cm) 轉成下層坩質黏壤土 (95-120 cm) 具黏粒明顯增加情況，推測具有 Argic horizon。部分近沿海地區於旱季表面可能有鹽斑出現者，以 Salic* 表示此偶發狀況。雖然有一半以上體積皆為 Stagnic colour pattern，但其淹水成因是人為造成而無法納入 Stagnosols。並以具有 Hydragric horizon 而納入 Cambisols。Prefix 具有 Hydragric[#]、Luvic[#] (Argic horizon 的上界線到往下的 50 cm 的土層內，所有的 CEC 都必須 > 24 cmol/kg clay；另土壤剖面 50-100 cm 內主要土壤的 BS > 50%) 及 Salic*。

YFt 番子溝系

粘板岩與砂頁岩混合沖積物之新沖積土。表土層 (0-20 cm) 為暗灰色 (5Y 4/1 潤) 細砂質壤土，具中量暗灰棕色 (2.5Y 4/2 潤) 斑紋，整塊狀構造，頗易碎；土層 (20-80 cm, 80-130 cm) 為暗黃棕色 (10YR 4/4 潤) 極細砂土到橄欖棕色 (2.5Y 4/4 潤) 極細砂土，具中量黃棕色 (10YR 5/4 潤)、中量到多量極暗灰色 (5Y 3/1 潤) 斑紋，單粒狀構造，疏鬆。表土層不符合 Anthraquic horizon 的規定。而斑紋增多的情形符合 Hydragric horizon 的特性，可納入 Cambisols。Prefix 具有 Hydragric[#]。

YHk新港系

粘板岩與砂頁岩混合新沖積物的新沖積土。表土層 (0-20 cm) 顏色較暗，暗灰色 (5Y 4/1 潤) 砂質壤土，單粒狀構造 (全剖面)，疏鬆到極疏鬆 (全剖面)；土層 (20-90 cm) 為橄欖棕色 (2.5Y 4/4 潤) 砂質壤土，具少量灰色 (5Y 6/1 潤) 斑紋；土層 (90-120 cm) 仍具有中量灰色 (5Y 5/1 潤) 斑紋。

表土層由於色度頗低，判斷具有 Reducing conditions。受到水田影響明顯，且土色符合 Anthraquic horizon，而可納入之。此外，出現了色值 ≥ 4 且色度 ≤ 2 之還原消竭符合 Hydragric horizon 的特性，且這些灰色斑紋還同時符合 Stagnic colour pattern 的淹水特性，但事實上根據背景描述，此土層不可能有短暫浸泡在水裡的情形，因此判定不具有 Stagnic colour pattern。部分土壤近沿海地區之土壤，表面於旱季可能出現鹽斑，若厚度 > 15 cm 即可符合 Salic horizon。由 Anthraquic horizon 與 Hydragric horizon 相加的厚度 > 50 cm 的結果，可將此土系納入 Anthrosols。Prefix 具有 Hydragric 及 Stagnic，Suffix 具有 Salic*。

YHI 下崙系

粘板岩與砂頁岩之混合沖積物沉積而成。表土層 (0-35 cm) 顏色較暗，暗灰色 (5Y 4/1 潤) 的細砂質壤土，具有 Reducing conditions。由黏粒分佈及有機碳判斷具有 Irragic horizon。剖面 (35-95 cm) 具多量暗灰色 (7.5Y 4/1 潤) 的還原消竭可符合 Hydragric horizon 的特性，且此灰色斑紋也可符合 Stagnic colour pattern 的淹水特性。雖然缺乏有機碳的資料，但可將剖面出現的顏色變化及質地改變作為 Fluvic material 存在的證據，故可納入 Fluvisols。而此土系無 25% 以上的 Stagnic colour pattern 出現，故無法將 Stagnic 納入 Prefix。Suffix 有 Arenic 及 Irragic[#]/Hydragric[#] (擇一)。

YKc 溝皂系

粘板岩與砂頁岩混合沖積物沉積而成之新沖積土。表土層 (0-20 cm) 顏色較暗，灰色 (5Y 5/1 潤) 壤土，具中量灰色 (2.5Y 6/0 潤) 斑紋；底土 (20-150 cm) 皆都出現多量的灰色 (2.5Y 5/0-6/0 潤) 斑紋，質地和結持度皆為粉質黏壤土及緊密到頗緊密。

表土層浸水具有 Reducing conditions。由黏粒分佈判斷不符合 Irragric horizon，且雖土地利用主要為水田但土色不符規定也無法納入 Anthraquic horizon。具有色值 ≥ 4 且色度 ≤ 2 之還原消竭的灰色斑紋可符合 Hydragric horizon 的特性，此類灰色斑紋符合淹水特性 Stagnic colour pattern。雖有一半以上體積皆為 Stagnic colour pattern，但其淹水成因是人為導致而無法納入 Stagnosols。具有 Hydragric horizon 可納入 Cambisols。Prefix 具 Hydragric[#]，Suffix 有 Siltic。

YKh 口湖系

粘板岩與砂頁岩混合沖積物沉積而成之新沖積土。表土層 (0-30 cm) 為暗灰棕色 (2.5Y 4/2 潤) 的壤土，具中量灰色 (2.5Y 5/0 潤) 斑紋。受人為耕作影響，由黏粒分佈及有機碳判斷符合 Irragric horizon。土層 (100-125 cm, 125-150 cm) 的斑紋具還原消竭色彩可符合 Hydragric horizon，但此顏色同時符合 Stagnic colour pattern，由於研判此斑紋乃人為產生且無 Reducing conditions，修飾詞無法用 Stagnic 表示。剖面出現了顏色變化及質地的改變，具有 Fluvic material，可納入 Fluvisols。Suffix 具 Irragric[#]/Hydragric[#] (擇一)。

YMm 馬鳴山系

粘板岩與砂頁岩混合沖積物沉積之新沖積土。表土層 (0-20 cm) 為粉質壤土，到了 (20-60 cm) 變成粉質黏壤土，到了底土 (95 cm) 又變成粉質壤土，但顏色及結持度並無不規則變化，依照規定而無法納入 Fluvic material。

表土層 (0-20 cm) 顏色較暗，為暗灰色 (5Y 4/1 潤) 坩質壤土，具有中量灰色 (2.5Y 5/0 潤) 斑紋，整塊狀構造，應該是水田耕作或是其他耕作造成。黏粒分佈比例不符合 Irragic horizon，未出現黃或紅色鐵錳斑紋亦無法符合 Anthraquic horizon。暗灰色浸水表層可作為 Reducing conditions；土層 (20-60 cm) 中雖無法找出顏色較紅或較黃的鐵斑紋，但出現了色值 ≥ 4 且色度 ≤ 2 之還原消竭可符合 Hydragric horizon 的特性。且表土層以下具有中量到多量灰色斑紋，如 20-60 cm 基質為橄欖棕色 (2.5Y 4/6 潤) 的坩質黏壤土，具有多量灰色 (2.5Y 6/0 潤) 斑紋，為整塊狀構造，緊密。如此灰色的斑紋一直到底層 130-150 cm 仍存在，且整個剖面出現的灰色斑紋都符合淹水特性 Stagnic colour pattern。然而，雖然有一半以上體積皆為 Stagnic colour pattern，但這些斑紋成因乃是人為淹水而成，而無法納入 Stagnosols。具有 Hydragric horizon 而可納入 Cambisols。Prefix 具有 Hydragric[#]，Suffix 具有 Siltic。

YNn 牛尿港系

粘板岩與砂頁岩混合沖積物沉積而成新沖積土。表土層 (0-30 cm) 顏色較暗，為暗灰色 (5Y 4/1 潤) 的壤質砂土，具有少量灰棕色 (2.5Y 5/2 潤) 斑紋，受到水田耕作或是其他耕作造成，由其黏粒分佈及有機碳判斷具有 Irragic horizon。雖為沖積而成的砂質新沖積土，但是由於無顏色深淺交替或是有機碳交替的層化證據，無法證實有 Fluvic material。此土壤剖面質地皆為壤質砂土到砂土，雖為沖積砂土而非海砂、風吹或是沙漠砂土但原因同彰化濁水系，仍納入 Arenosols。Prefix 有 Irragic[#]。

Cf 將軍系

砂岩頁岩新沖積物沉積而成之新沖積土。表土層 (0-20 cm) 為橄欖棕色 (2.5Y 3/4 潤) 的壤土，並不如其他水田人為土層那麼暗。土層 (20-90 cm) 具有顏色較紅或較黃的暗黃棕色 (10YR 3/4 潤) 斑紋，具有 Hydragric horizon。出現顏色變化及質地的改變，雖欠缺有機碳資料，仍支持 Fluvic material 的存在，故可納入 Fluvisols。Suffix 有 Hydragric[#]。

At 安定系

砂岩頁岩沖積物沉積而成之新沖積土，剖面質地全層以玢質壤土為主。表土層 (0-20 cm) 顏色較暗，暗灰色 (5Y 4/1 潤) 玢質壤土，具有中量灰色 (2.5Y 5/0 潤) 斑紋，整塊狀構造，乃受水田耕作造成，暗灰色具有 Reducing conditions，但黏粒分佈不符合 Irragic horizon，雖主要種植水稻但土色不符合 Anthraquic horizon。土層 (20-40 cm) 出現色值 ≥ 4 且色度 ≤ 2 之還原消竭可符合 Hydragric horizon 的特性，如此灰色的斑紋也符合 Stagnic colour pattern。

底層底土 (105-150 cm) 為灰色 (2.5Y 6/0 潤) 玢質壤土，具有 Reducing conditions 及 Gleyic colour pattern。但出現 Gleyic colour pattern 的深度太深且所占體積不夠多，無法納入 Gleysols，雖有一半以上體積皆為 Stagnic colour pattern 但就其成因乃是人為導致，無法納入 Stagnosols。由於具有 Hydragric horizon 而可納入 Cambisols。Prefix 具有 Hydragric[#]，Suffix 具有 Siltic。

Je 仁德系

砂岩頁岩新沖積物沉積而成之新沖積土。表土層 (0-20 cm) 顏色暗，應該是耕作影響，但黏粒分佈並不符合 Irragic horizon。土地利用並不以水田為主因此根據前述經驗法則不納入 Anthraquic horizon，土層 (30-50 cm) 出現色值 ≥ 4 且色度 ≤ 2 之還原消竭可符合 Hydragric horizon 的特性。土壤剖面 (30-130 cm) 具有少量淡灰色 (10YR 7/2 潤) 至中量黃棕色 (10YR 5/4 潤) 斑紋及中量白色 (10YR 8/1 潤)，符合 Stagnic colour pattern。但由於 Stagnic colour pattern 量不夠多，且也無 Reducing conditions，而既無法納入 Stagnosols 也無法列為 Stagnic。故由具有 Hydragric horizon 判定可符合 Cambisols。Prefix 具 Hydragric[#]，Suffix 具有 Siltic。

Lu 鹿麻產系

砂頁岩新沖積土。表層土 (0-20 cm) 為暗灰棕色 (2.5Y 4/2 潤) 壤土；土層 (20-45 cm) 為淡橄欖棕色 (2.5Y 5/4 潤) 玢質壤土；45 cm 往下即是礫石層。由於部分明顯是沖積而成，但沒有 Fluvic material 中的層化證據，故納入 Regosols。Prefix 具有 Leptic，Suffix 有 Skeletic。

YTI 斗六系

砂岩頁岩風化沖積物的臺灣黏土 (即看天田)，其特徵為質地黏重，亞表土色暗，具稜柱狀構造。表土層為暗灰色 (5Y 4/1 潤)，為人為水稻耕作造成的 Reducing conditions。土層 (15-40 cm) 為暗灰棕色 (2.5Y 4/2 潤) 玢質黏壤土，具有中量灰色 (2.5Y 5/0 潤) 斑紋；土層 (65-110 cm) 為黃棕色 (10YR 5/4 潤) 玢質黏土，具中量灰色 (7.5Y 6/1 潤) 斑紋；土層 (110-150 cm) 為暗黃棕色 (10YR 4/4 潤) 玢質黏土，具多量青灰色 (5BG 6/1 潤) 斑紋，符合 Stagnic colour pattern 的淹水特性，且斑紋所占體積有剖面一半以上，而同時，這些斑紋也同時符合 Hydragric horizon 的特性。

從土層 (40-65 cm) 的玢質黏壤土變成土層 (60-150 cm) 的玢質黏土，具有 Argic horizon 的證據，加上 $BS > 50\%$ 且 $CEC > 24 \text{ cmol/kg clay}$ ，也可納入 Luvisols。雖然當土壤符合兩種參考土類時要以索引順序優先的為主，但事實上淹水情形而產生的 Stagnic colour pattern 並非每個剖面都出現，而出現黏聚層卻是每個斗六系都會出現的典型特性，故選擇將此土系納入 Luvisols，而非 Stagnosols。Prefix 具有 Stagnic，Suffix 具有 Hydragric[#]。

總結而言，旗山系的表土層，受到水田耕作明顯，卻在 WRB 中沒有人為土層可以符合，例如無法符合水田耕作會產生的土層 Anthraquic horizon 的土色要求：上層混攪層較 7.5YR 黃，且色值 ≤ 4 及色度 ≤ 2 ，故應建議 WRB 修改 Anthraquic horizon 才能讓臺灣水田土壤有正確的分類結果。

下水埔及鹿麻產皆由薄層沖積物堆積而成，但是由於太薄而無法符合 Fluvic material 中的層化證據 (顏色及有機碳)，WRB 應該修正 Fluvic material 的描述；此類薄層土壤容易誤分入 Leptosols，因為 Leptosols 應該是就地生成而非沖積形成，但在 WRB 內容中卻沒有提及此點。

牛尿港系為砂質沖積土，雖 Arenosols 內容僅提及海灘砂土與沙漠風積砂土，但原因同彰化濁水系及大排沙系，仍可視作 Arenosols，但是仍建議 WRB 修改 Arenosols 的內容至完善。

中萬甲、旗山、南興、蕃薯厝、溝皂、口湖、馬鳴山及安定系都發生同一層剖面的斑紋，可同時符合 Hydragric horizon 的條件 (具有色值 ≥ 4 且色度 ≤ 2 的還原消竭) 及 Stagnic colour pattern 的特性 (斑紋色質較基質大，及色度較基質小) 的重複情形，顯示 WRB 過於重視水的作用導致特性重複，甚至造成分類複雜。類似的情形也發生在蕃薯厝及斗六系，土壤同時有 Hydragric horizon 及 Argic horizon，也造成特性重複描述，在後續分類也會變得複雜。

旗山、南興、蕃薯厝、溝皂、馬鳴山及安定系等土系主要為水田耕作，因此淹水的斑紋都是人為灌水造成，但皆因為有大量灰色斑紋可符合 Stagnic colour pattern 而容易誤分入 Stagnosols，應建議 WRB 新增 Stagnosols 「人為灌水除外」的內容，避免讀者意混淆。

(二) 雲林地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

將 ST 與 WRB 標準對應關係 (表 5) 作為參考，將 WRB 與 ST 的結果對應 (表 22)，並就不符合標準對應的土壤作原因的探討。

雲林西畔、旗山、蕃薯厝、番子溝、溝皂、馬鳴山及安定系及牛尿港的 ST 分類結果為 Entisols，但在 WRB 卻納入到 Cambisols，是因為土壤只要符合任一人為診斷層即可進一步分入 WRB 的 Cambisols 所致。類似情形，中萬甲、南興及新港系的 ST 分類結果為 Entisols，在 WRB 卻納入 Anthrosols，是因為 WRB 較 ST 重視人為作用而導致兩個系統對應的困難。

下崙及口湖的 ST 分類結果為 Udipsamment (濕潤砂質新成土)，但 WRB 分為 Fluvisols，兩系統結果並不對應，是因為本論文在土系有機碳資訊缺乏情況下，而以明顯互層的顏色及質地代替有機碳互層作用，這樣的想法是來自 WRB 在 Fluvic material 的田間辨識曾提到有機碳的不規律增減也會反映到顏色互層上，因此在 WRB 中仍可進一步納入 Fluvisols。

表 22、雲林地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

Table 22. The correlation of soil Taxa between WRB and ST for representative soils in Yunlin region

Soil series	WRB	ST**
CHp 西畔	Anthraquic Gleyic* Leptic Cambisols (Greyic, Skeletic)	Lithic Udorthent
CSp 下水埔	Leptic Regosols (Greyic*, Skeletic)	Lithic Udorthent
CEh 二林	Hydragric Anthrosols (Siltic)	Aquic Dystrudept
CSa 山寮	Arenosols (Paraturbic)	Typic Udipsamment
KCw 中萬甲	Hydragric Salic* Anthrosols (Ruptic)	Typic Udorthent
KMI 旗山	Hydragric [#] Cambisols (Calcaric, Siltic)	Typic Udorthent
KNh 南興	Hydragric Anthrosols (Calcaric [#] , Siltic)	Aquic Udorthent
YFs 蕃薯厝	Hydragric [#] Luvic [#] Salic* Cambisols	Aquic Dystrudept
YFt 番子溝	Hydragric [#] Cambisols	Typic Udorthent
YHk 新港	Hydragric Stagnic Anthrosols (Salic*)	Typic Udorthent
YHI 下崙	Fluvisols (Arenic, Irragric [#] /Hydragric [#])	Typic Udipsamment
YKc 溝皂	Hydragric [#] Cambisols (Siltic)	Typic Udorthent
YKh 口湖	Fluvisols (Irragric [#] /Hydragric [#])	Typic Udipsamment
YMm 馬鳴山	Hydragric [#] Cambisols (Siltic)	Aquic Udorthent
YNn 牛尿港	Irragric [#] Arenosols	Aquic Udipsamment
Cf 將軍	Fluvisols (Hydragric [#])	Typic Ustifluent
At 安定	Hydragric [#] Cambisols (Siltic)	Typic Udorthent
Je 仁德	Hydragric [#] Cambisols (Siltic)	Typic Dystrustept
Lu 鹿麻產	Leptic Regosols (Skeletic)	Lithic Udorthent
YTI 斗六	Stagnic Luvisols (Hydragric [#])	Typic Paleudalf

*：摘錄自陳等人 (2000) 的結果。

[#]：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。

*：代表偶發的情形，並非最典型的特性。

4.2.9 嘉義地區土壤的分類及討論

(一) 嘉義地區土壤的 WRB 分類結果

利用 WRB (2006) 分類嘉義代表性土壤 (表 23)，並且依各土系分別討論分類原因及分類過程的問題。

An 岸內系

岸內系為石灰性砂頁岩新沖積土，剖面質地為坩質壤土。表土層 (0-21 cm) 具有團粒構造，極脆；土層 (21-33 cm) 具有淡黃棕色 (10YR 6/4 濕) 斑紋，微弱鈍角塊狀構造，略具有塑性，與底土 (無構造) 相比明顯有構造出現，乃耕作所造成，由結持度及構造推測具有較多黏粒，具有 Irragric horizon。

土層 (33-120 cm, 120-150 cm) 出現了淹水特性的斑紋，淡灰色 (2.5Y 7/1 濕) 斑紋，經比較基質顏色後 (淡棕色 (10YR 6/3 濕))，判斷可符合淹水特性 Stagnic colour pattern，但由於所占體積不到一半且表層 100 cm 沒有 Reducing conditions 出現，故無法納入 Stagnosols。由於 Irragric horizon 而納入 Cambisols。Prefix 具有 Irragric，Suffix 具有 Siltic。

Cf 將軍系

砂頁岩風化物積沖積而成之石灰性土壤。本系土壤極為鬆脆，耕性極佳，由土層無法找出有鐵下移增加的證據，所以不列入 Hydragric horizon 及其他人為土壤。隨著剖面深度出現了有機碳交互增減變化、質地變化等層化證據有利於 Fluvic material 存在的證據，且深度符合可納入 Fluvisols。Prefix 偶有 Salic*。

表 23、嘉義地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱

Table 23. Soil Taxa of representative Soils in Chiayi region based on WRB system

Soil series	horizon	properties	materials	RSG ¹ with Qualifiers
An 岸內	Cambic Irragric			Irragric Cambisols (Siltic)
Cf 將軍			Fluvic ²	Salic* Fluvisols
Hk 下中	Irragric			Irragric Cambisols
Lf 六分寮	Irragric	Stagnic ³	Fluvic	Irragric Bathy-Fluvic Cambisols
Ft 豐德	Hydragric		Fluvic	Hydragric [#] Fluvic Cambisols (Siltic)
Hq 新和	Cambic			Cambisols (Siltic)
Ly 柳營	Hydragric			Hydragric [#] Cambisols (Siltic)
Td 大客			Fluvic	Fluvisols (Hydragric [#] , Siltic)
Te 大潭	Hydragric			Hydragric [#] Cambisols (Siltic)
C 菜公厝	Hydragric		Fluvic	Fluvisols (Hydragric [#] , Siltic)
Hd 後壁	Hydragric			Hydragric [#] Cambisols (Siltic)
Ht 弧山	Cambic			Cambisols (Siltic)
Je 仁德	Hydragric, Cambic	Stagnic		Hydragric [#] Cambisols
Ts 座駕	Hydragric, Cambic			Cambisols (Siltic)
Lh 林鳳營	Argic			Cutanic Luvisols (Hydragric [#] , Siltic)
Sk 善化	Argic, Hydragric			Cutanic Luvisols (Hydragric [#] , Siltic)
Tk 太康	Argic, Hydragric			Cutanic Luvisols (Profondic, Siltic Hydragric [#])
Tn 臺南	Cambic		Fluvic	Fluvic Cambisols (Siltic)
Ce 陳厝寮	Argic, Hydragric			Acrisols (Chromic, Hydragric [#])
阿里山森林 淋殿土壤	Spodic			Podzols

RSG¹：參考土類。

Fluvic²：Fluvic material (沖積物質)。

Stagnic³：Stagnic colour pattern (淹水色彩型態)。

#：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。

*：代表偶發的情形，並非最典型的特性。

Hk 下中系

砂岩頁岩風化物質沖積而成之新沖積土。表土層為 (0-20 cm) 為淡棕色 (2.5Y 6/2 濕) 具多量灰色 (5Y 6/1 濕) 斑紋，有機碳約為 0.5% 並隨深度漸減，極細砂質壤土，不明顯屑粒狀構造，極脆。與底土 (無構造) 相比已有構造出現，且質地也較下層底土細，可符合 Irragic horizon。雖具有質地的互層變化 (由極細砂質壤土變成壤質細砂土，又重複一次極細砂質壤土變成壤質細砂土)，但有機碳及顏色並無變化，因此無法有 Fluvic material 的層化證據。由於有 Irragic horizon，符合 Cambisols，Prefix 有 Irragic。

Lf 六分寮系

砂岩頁岩之風化物質沖積而成之新沖積土，表土層為 (0-20 cm) 為壤土，具不明顯細屑粒狀構造，有機碳約為 0.7% 並隨深度漸減，與下層 (無構造) 相比已有構造出現，且質地也較細，符合 Irragic horizon。鐵下移或是鐵斑紋的顯現並不明顯。隨著剖面深度出現了一些有機碳交互增減變化、質地變化等層化證據有利於 Fluvic material 存在的證據

土層 (22-37 cm, 85-100 cm) 都出現了淹水特性的斑紋-具中量淡橄欖灰色(5Y 6/2 濕) 斑紋、具多量淡灰色 (2.5Y 7/2 濕) 斑紋，經比較基質顏色後 (橄欖棕色 (2.5Y 4/6 濕)、淡橄欖棕色 (2.5Y 6/3 濕))，判斷可符合淹水特性 Stagnic colour pattern，但由於所占體積不到一半且表層 100 cm 沒有 Reducing conditions 出現而無法納入 Stagnosols。由於 Fluvic material 出現位置過深，可不視為主要特性，因 Irragic horizon 而納入 Cambisols，Prefix 具有 Irragic 及 Bathy-Fluvic。

Ft 豐德系

砂岩頁岩沖積物所形成，表土層 (0-20 cm, 20-42 cm) 為耕作人為土層，其顏色 (淡橄欖棕 (2.5Y 5/4 濕)) 不像是水田土壤那麼暗，雖土壤結持度呈現密實但土色並不符合 Anthraquic horizon 特性而無法納入。就其游離鐵量下移情形，以及出現了色值 ≥ 4 且色度 ≤ 2 之還原消竭區塊 (淡灰色 (N7/0 濕) 細斑紋)，可符合 Hydragric horizon 的特性，其中土層 (95-125 cm) 出現微量細極淡灰色 (10YR 3/1 濕) 軟鐵結核，但量不夠多或者顏色不夠紅，不符合 Ferric horizon 及 Plinthic horizon。

隨著剖面深度出現了有機碳交互增減變化，有利於 Fluvic material 存在。但由於受人為作用明顯，Hydragric horizon 出現範圍大而不納入 Fluvisols，可納入 Cambisols。Prefix 具有 Hydragric[#] 及 Fluvic，Suffix 是 Siltic。

Hq 新和系

砂岩頁岩沖積土。表土層 (0-30 cm) 為灰棕色 (2.5Y 5/2 濕)，坩質黏壤土，極密實，主要為水田耕作利用且結持度壓實，但土色卻無法符合 Anthraquic horizon 而無法納入，明顯的水田土壤卻無法符合 Anthraquic horizon 及 Hydragric horizon，WRB 或許需要修改診斷特性才能更完善。

底土 (60-98 cm, 98-125 cm) 出現了顏色變化，屬於 Cambic horizon，將最底層視為 C 層 (125-150cm)，則土層 (60-98 cm) 土色為淡黃棕色 (2.5Y 6/4 濕) 具暗灰棕色 (10YR 4/2 濕) 細斑點；土層 (98-125 cm) 淡橄欖棕色 (2.5Y 6/5 濕) 具中量黃色 (10YR 7/8 濕) 斑紋，此兩層都較 C 層還明亮 (色值較大、色度較大)。由於有 Cambic horizon 可納入 Cambisols。Suffix 是 Siltic。

Ly 柳營系

砂岩頁岩風化物沖積土，整個剖面皆為粉質壤土，表層 (0-30 cm) 為極脆到微脆，土層 (30-90 cm) 則是微密實，其土色卻無法符合 Anthraquic horizon 特性。土層 (60-90 cm) 游離鐵量增加近 2 倍，具有 Hydragric horizon 的特性。由於具有 Hydragric horizon 而可納入 Cambisols。Prefix 為 Hydragric[#]，Suffix 是 Siltic。

Td 大客系

砂岩頁岩沖積土。表層土色 (0-35 cm, 35-65 cm) 為灰棕色 (2.5Y 5/2 濕)，不明顯中團粒狀構造，脆，土色較 7.5YR 還黃。土層 (65-100 cm, 100-135 cm) 為淡橄欖棕色 (2.5Y 5/4 濕)，具中量極暗灰色 (10YR 3/1 濕) 斑紋到中量淡黃色 (2.5Y 7/4 濕) 斑紋。表層土色不符合 Anthraquic horizon 規定而無法納入，由游離鐵的下移增加量達到 2 倍而可支持 Hydragric horizon。隨著剖面深度出現有機碳交互增減變化、質地變化等層化證據有利於 Fluvic material 存在的證據，人為土層之下立即出現 Fluvic material 可納入 Fluvisols。Suffix 是 Hydragric[#]及 Siltic。

Te 大潭系

砂岩頁岩沖積土。上剖面 (0-90 cm) 為粉質壤土，下剖面最底層 (90-150 cm) 為極細砂質壤土。結持度由上到下都是脆到極脆。表土層 (0-25 cm, 25-45 cm) 為耕作人為土層，就游離鐵量下移情形，及色值 ≥ 4 且色度 ≤ 2 之還原消竭區塊-少量灰色 (10YR 5/1 濕) 斑紋，可符合 Hydragric horizon 的特性。由於 Hydragric horizon 可納入 Cambisols。Prefix 具有 Hydragric[#]，Suffix 是 Siltic。

C 菜公厝系

砂岩頁岩沖積土。表土層受人為耕作影響，就游離鐵量下移情形可發現，在土層 (30-70 cm) 出現了色值 ≥ 4 且色度 ≤ 2 之還原消竭區塊-中量淡棕灰色 (2.5Y 6/2 濕) 斑紋，符合 Hydragric horizon 的特性。隨著剖面深度出現了有機碳交互增減變化、質地變化等層化證據有利於 Fluvic material 存在，可納入 Fluvisols。Suffix 具有 Hydragric[#] 及 Siltic。

Hd 後壁系

砂岩頁岩沖積土。整個剖面都是坩質黏壤土；結持度為微密實、密實到極密實。表土層 (0-10 cm, 10-30 cm) 為耕作人為土層，雖然為水田土壤且結持度也密實但土色無法符合 Anthraquic horizon。從游離鐵量下移情形來看的確較表層增多，已符合 Hydragric horizon 的特性。由於 Hydragric horizon 可納入 Cambisols。具有 Prefix 為 Hydragric[#]，Suffix 是 Siltic。

Ht 孤山系

砂岩頁岩風化物沖積土。表土層 (0-17 cm, 17-30 cm) 受人為耕作影響，上層 (0-17 cm) 淡棕灰色 (10YR 6/2 濕)，較 7.5YR 還黃，具多量暗灰色 (5Y 4/1 濕) 斑紋，明顯細團粒狀構造，微脆；下層 (17-30 cm) 灰棕色 (2.5Y 5/2 濕)，具中量淡黃棕色 (10YR 6/4 濕) 斑紋，明顯中鈍角塊狀構造，密實，含有微量極暗灰棕色 (10YR 3/2 濕) 鐵結核。雖為水田耕作且結持度密實但土色無法仍符合 Anthraquic horizon 特性。

底土上部 (30-43 cm, 43-80 cm) 較底土下部 (80-150 cm) 出現了一些顏色變化及較多構造，屬於 Cambic horizon：30-43 cm 為淡棕灰色 (2.5Y 6/2 濕)，明顯中鈍角塊狀構造，坩質黏壤土；43-80 cm 為棕黃色 (10YR 6/6 濕)，不明顯中鈍角塊狀構造，坩質黏壤土。相較之下，將底土 (80-150 cm) 視為 C 層，其為淡橄欖棕色 (2.5Y 5/4 濕)，無構造，坩質壤土。可發現底土上部比底土下部的色彩較紅或是色值較大 and/or 色度較大)，且質地較細及構造較明顯。由於具 Cambic horizon 可納入 Cambisols。Suffix 是 Silty。

Je 仁德系

砂岩頁岩新沖積土。表土層 (0-24 cm) 顏色並不暗，不像是經過水田耕作，也可能是旱作或是水田與旱作輪作下，其下層 (24-65 cm) 具多量淡灰色 (10YR 7/2 濕) 斑紋，看起來像是紅色的鐵斑紋加上黏粒的顏色，對照游離鐵數據可得知此層的鐵含量是表層的 2 倍以上，可符合 Hydragric horizon 的特性。

24-65 cm 與 60-110 cm 的質地與顏色明顯較上 (0-24 cm)、下 (110-150 cm) 層還細 (粗坩質壤土較極細砂質壤土還細) 及顏色還明亮 (色值較大及色度較大)，這樣的顏色及質地變化，可納入 Cambic horizon。但由於人為土不可構成 Cambic horizon 的一部分，即 Hydragric horizon 和 Cambic horizon 深度不可重複的規定，因此僅有 60-115 cm 符合 Cambic horizon。

最底層 (110-150 cm) 出現了具淹水特性的斑紋-具中量白色 (10YR 8/1 濕) 與中量黃色 (2.5Y 7/6 濕) 斑紋，經比較基質顏色後 (橄欖棕色 (2.5Y 4/4 濕))，判斷可符合淹水特性 Stagnic colour pattern (斑紋色值較基質大，色度較基質小)，但因為所占體積不夠大且表層 100 cm 且無 Reducing conditions 出現，無法納入 Stagnosols 且 Prefix 無 Stagnic。

由於 Cambic horizon 出現深度太深超過 50 cm，但仍具有 Hydragric horizon 而符合 Cambisols。Prefix 具有 Hydragric[#]。

Ts 座駕系

砂岩頁岩沖積土，表土層 (0-25 cm) 經過耕作為灰棕色 (2.5Y 5/2 濕)，具少量極淡棕色 (10YR 7/3 濕) 斑紋；其下層 (25-45 cm) 出現具中量黃棕色 (10YR 6/4 濕) 與少量橄欖黃色 (2.5Y 6/6 濕) 斑紋，但鐵量增加量並不明顯，無法符合 Hydragric horizon 的特性。底土 (45-80 cm, 81-100 cm) 出現了一些顏色及質地變化，屬於 Cambic horizon，明顯較下層 (100-150 cm) 還有明顯構造 (不明顯中鈍角塊狀構造較無構造更多發育) 及顏色還明亮，可納入 Cambisols。Suffix 是 Siltic。

Lh 林鳳營系

臺灣黏土 (即看天田)，由砂岩頁岩風化物沖積而成，其特徵為亞表土色暗，具大稜柱狀構造。表土層之下 (15-40 cm, 40-65 cm) 為暗灰棕色 (10YR 4/2 濕) 之坩質黏壤土，明顯粗稜柱狀構造，極硬，較上層 (0-15 cm 處，橄欖棕色 (2.5Y 4/4 濕)，坩質黏壤土，不明顯中鈍角塊狀構造，硬) 及下層 (65-90 cm 處，淡橄欖棕色 (2.5Y 5/4 濕)，坩質壤土，不明顯中銳角塊狀構造，微密實) 都暗且出現明顯構造。此層 (15-40 cm, 40-65 cm) 具有黏聚層 Argic horizon。

由於有 Argic horizon，且 $\text{pH} > 7$ 判斷 $\text{BS} > 50\%$ ， $\text{CEC} > 24 \text{ cmol}_c/\text{kg clay}$ ，斷定為 Luvisols。Prefix 具 Cutanic (土壤剖面 100cm 內的部分 Argic horizon 出現黏粒的被覆)，Suffix 為 Siltic 及 Hydragric[#]。

Sk 善化系

臺灣黏土 (即看天田)，母質為砂岩頁岩風化沖積物，表土層之下 (20-35 cm, 35-60 cm, 60-70 cm) 的特徵 (極暗灰棕色 (10YR 3/2 濕) 坩質黏壤土，明顯極粗稜柱狀構造)，較上層 (0-20 cm 處，橄欖棕色 (2.5Y 4/6 濕) 坩質黏壤土，不明顯粗鈍角塊狀構造) 及下層 (70-95 cm 處，淡橄欖棕色 (2.5Y 5/4 濕)，具中量灰色 (5Y 5/1 濕) 斑紋，坩質黏壤土，不明顯中銳角塊狀構造) 都暗且出現明顯構造。可由出現稜柱狀構造的出現來研判此層 (20-70 cm) 具有黏聚層 Argic horizon。表土之下出現中量橄欖棕色 (2.5Y 4/4 濕) 與少量黑色 (10YR 2/1 濕) 斑紋，顏色明顯較基質還紅或是較黃棕色，為鐵/錳斑紋或被覆；且出現了色值 ≥ 4 且色度 ≤ 2 之還原消竭區塊-多量灰色 (5Y 5/1 濕)可符合 Hydragric horizon 的特性，其範圍包含 Argic horizon。由於有 Argic horizon，且 $\text{pH} > 7$ 判斷 $\text{BS} > 50\%$ ， $\text{CEC} > 24 \text{ cmol}_e/\text{kg clay}$ ，斷定為 Luvisols。Prefix 具 Cutanic，Suffix 為 Hydragric[#]及 Siltic。

Tk 太康系

細質地臺灣黏土 (即看天田)，為砂岩頁岩風化沖積物。表土層之下 (27-55 cm, 55-65 cm) 的特徵 (暗灰色 (10YR 4/1 濕) 到極暗灰色 (10YR 3-4/1 濕)坩質黏土，明顯極粗稜柱狀構造)，較上層 (0-27 cm 處，淡橄欖棕色 (2.5Y 5/4 濕)，具中量暗灰色 (10YR 4/1 濕) 斑紋，坩質黏壤土，不明顯中鈍角塊狀構造) 暗且質地較細並出現明顯稜柱狀構造，可由出現稜柱狀構造的出現來研判此層 (27-65 cm) 具有黏聚層 Argic horizon。表層以下由游離鐵下移的量會發現有鐵下移的情況，55-65 cm 具中量橄欖黃色 (2.5Y 6/6 濕) 斑紋，65-110 cm 具多量黃色 (10YR 7/8 濕)，出現較基質還黃，為鐵斑紋或被覆；且出現了色值 ≥ 4 且色度 ≤ 2 之還原消竭區塊-少量灰色 (5Y 6/1 濕) 斑紋符合 Hydragric horizon 的特性，其範圍包含 Argic horizon 出現的土層。因為有 Argic horizon，且 $\text{pH} > 7$ 判斷 $\text{BS} > 50\%$ ， $\text{CEC} > 24 \text{ cmol}_e/\text{kg clay}$ ，納入 Luvisols。Prefix 具 Cutanic，Suffix 為 Hydragric[#]及 Siltic。

Tn 臺南系

砂岩頁岩風化沖積物所形成之黃棕色土壤，為老沖積土。出現了顏色變化及有機碳交互增減變化、質地變化等層化證據有利於 Fluvic material 存在的證據。

土壤普遍都無構造，但在土層 (50-60 cm, 65-100 cm, 100-115 cm) 出現了顏色及構造的差異，支持 Cambic horizon 的存在。Fluvic material 出現的深度太深，且土壤已經開始發育具 Cambic horizon，僅能納入 Cambisols，Prefix 具有 Fluvic，Suffix 具有 Siltic。

Ce 陳厝寮系

由洪積層發育而成之紅棕色土壤，分佈於洪積臺地或殘丘。有明顯的黏粒及鐵下移的證據，土層 (24-70 cm) 為黏質壤土，無構造，到了土層 (70-125 cm) 為坩質黏土，且有明顯中鈍角塊狀構造，鐵量較表土層增加了 3 倍，同時具有 Argic horizon 及 Hydragric horizon。由 Argic horizon，且 $\text{pH} < 5$ 推測 $\text{BS} < 50\%$ ，而 $\text{CEC} > 16 \text{ cmol/kg clay}$ 但 $< 24 \text{ cmol/kg clay}$ ，納入 Acrisols。顏色頗紅但不到 Rhodic，僅符合 Chromic，故 Suffix 具有 Chromic 及[#]Hydragric

阿里山森林土壤 (蔣公行館及祝山支線)

阿里山全年大致處於冷涼潮濕狀態，土壤表層為礦物質與有機質混合表層，在漂白層下方有一層典型的 Spodic horizon，而在淋澱層下方則為母岩層 (C)。質地為砂質淋澱土，可納入 Podzols (淋澱土)。

總結而言，同一土系在不同縣市，甚至在同一縣市不同剖面，都會產生變異，例如嘉義及臺南的柳營，而這樣的變異在 WRB 可能有不同的分類結果。

豐德、新和、柳營、大客、後壁及弧山等系皆明顯為水田作用，卻因為土色無法符合 Anthraquic horizon 而無法納入，建議 WRB 修改 Anthraquic horizon 的內容才能將臺灣水田土正確的分類。

善化、太康及陳厝寮出現 Argic horizon 及 Hydragric horizon 在同一土層的情形，必須斟酌選用代表性的診斷土層，否則將造成分類的結果卻非最具代表性。

(二) 嘉義地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

將 ST 與 WRB 標準對應關係 (表 5) 作為參考，將 WRB 與 ST 的結果對應 (表 24)，並就不符合標準對應的土壤作原因的探討。

嘉義下中、六分寮、新和、柳營及後壁系，其 ST 分類結果為 Entisols，但在 WRB 卻對應到 Cambisols，這是由於即使是新成土只要符合任一人為診斷層即可進一步分入 WRB 的 Cambisols。

六分寮由於 Fluvic material 出現的深度過深，加上在 WRB 內有許多人為診斷層能符合而納入其他結果，因此與 ST 的 Fluvent 無法對應。

表 24、嘉義地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

Table 24. The correlation of soil Taxa between WRB and ST for representative soils in Chiayi region

Soil series	WRB	ST**
An 岸內	Irragric Cambisols (Siltic)	Typic Dystrustept
Cf 將軍	Salic* Fluvisols	Typic Ustifluent
Hk 下中	Irragric Cambisols	Typic Ustipsamment
Lf 六分寮	Irragric Bathy-Fluvic Cambisols	Typic Ustifluent
Ft 豐德	Hydragric [#] Fluvic Cambisols (Siltic)	Typic Dystrustept
Hq 新和	Cambisols (Siltic)	Typic Udorthent
Ly 柳營	Hydragric [#] Cambisols (Siltic)	Typic Ustifluent
Td 大客	Fluvisols (Hydragric [#] , Siltic)	Typic Udifluent
Te 大潭	Hydragric [#] Cambisols (Siltic)	Typic Dystrudept
C 菜公厝	Fluvisols (Hydragric [#] , Siltic)	Typic Udorthent
Hd 後壁	Hydragric [#] Cambisols (Siltic)	Typic Udorthent
Ht 弧山	Cambisols (Siltic)	Typic Dystrudept
Je 仁德	Hydragric [#] Cambisols	Typic Dystrustept
Ts 座駕	Cambisols (Siltic)	Typic Dystrustept
Lh 林鳳營	Cutanic Luvisols (Hydragric [#] , Siltic)	Typic Paleustalf
Sk 善化	Cutanic Luvisols (Hydragric [#] , Siltic)	Typic Paleustalf
Tk 太康	Cutanic Luvisols (Hydragric [#] , Siltic)	Typic Paleustalf
Tn 臺南	Fluvic Cambisols (Siltic)	Typic Dystrudept
Ce 陳厝寮	Acrisols (Chromic, Hydragric [#])	Typic Paleudult
阿里山森林 淋殿土壤	Podzols	Spodosols

*：摘錄自陳等人 (2000) 的結果。

[#]：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。

*：代表偶發的情形，並非最典型的特性。

4.2.10 臺南地區土壤的分類及討論

(一) 臺南地區土壤的 WRB 分類結果

利用 WRB (2006) 分類臺南代表性土壤 (表 25)，並且依各土系分別討論分類原因及分類過程的問題。

An 岸內系

岸內系為石灰性砂頁岩沖積土，剖面質地為坭質壤土，沿海岸或魚塭邊者，含鹽分常影響作物生長，具有 Salic*。表土層 (0-10 cm) 具有屑粒狀構造，極脆，其下(10-40 cm)具有團粒構造，淡橄欖棕色 (2.5Y 5/4 濕) 斑紋，與底土底層 (無構造) 相比明顯有構造出現，應該是耕作造成。主要為水田耕作，但表土土色不符合 Anthraquic horizon 規定，游離鐵下移增加量可至 2 倍可符合 Hydragric horizon。20-40 cm 的碳酸鈣當量 > 2%，符合 20-50 cm 出現 Calcaric material 特性。具有 Hydragric horizon 可納入 Cambisols，Prefix 有 Hydragric[#]，Suffix 具有 Calcaric、Siltic 及 Salic*。

Cf 將軍系

砂岩頁岩物質沖積而成之石灰性土壤，排水尚佳。有區域性之鹽害問題。主要為水田耕作，但表土土色無法符合 Anthraquic horizon 規定而無法納入，鐵斑紋量及下移增加量也不夠多無法納入 Hydragric horizon。碳酸鈣當量 < 2% 無法符合 Calcaric material。

隨著剖面深度出現了有機碳交互增減變化，且根據質地變化及游離鐵的增減等層化證據有利於 Fluvic material 的存在，深度符合可進一步納入 Fluvisols。Suffix 具有 Salic*。

表 25、臺南地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱

Table 25. Soil Taxa of representated Soils in Tainan region based on WRB system

Soil series	Horizon	properties	materials	RSG ¹ with Qualifiers
An 岸內	Hydragric		Calcaric ²	Hydragric [#] Cambisols (Calcaric, Salic*, Siltic)
Cf 將軍			Fluvic ³	Fluvisols (Salic*)
Hh 和順	Hydragric	Red ⁴ , Gleyic ⁵		Endogleyic Cambisols (Salic*)
Hk 下中	Hydragric		Calcaric, Fluvic	Bathyfluvic [#] Cambisols (Calcaric, Salic*)
Lf 六分寮	Hydragric	Gleyic, Stagnic ⁶	Calcaric, Fluvic	Fluvisols (Calcaric, [#] Hydragric, Salic*)
Ma 麻豆	Argic, Hydragric	Red, Gleyic		Luvic [#] Cambisols (Salic*, Siltic)
Ly 柳營	Anthraquic Hydragric		Fluvic	Hydragric Fluvic Anthrosols (Siltic)
Yl 鹽埕	Hydragric	Lith. D. ⁷		Cambisols (Thapto-Arenosolic)
Je 仁德	Hydragric	Lith. D.	Fluvic	Fluvisols (Hydragric [#] , Siltic)
Ts 座駕	Hydragric, Cambic			Hydragric [#] Cambisols (Siltic)
Wl 五里林			Fluvic	Bathyfluvic [#] Regosols
Lh 林鳳營	Hydragric, Argic			Cutanic Luvisols (Profondic, Hydragric [#] , Siltic)
Sk 善化	Cambic, Hydragric			Cambisols (Hydragric [#] , Siltic)
Tk 太康	Argic, Hydragric			Luvisols (Hydragric [#] , Siltic)
Ku 歸仁	Hydragric, Argic			Cutanic Luvisols (Hydragric [#] , Greyic, Siltic)
Wu 五甲勢	Hydragric, Argic			Cutanic Luvisols (Hydragric [#] , Siltic)
Kn 坎子頭	Cambic		Fluvic	Bathyfluvic [#] Cambisols (Siltic)
Sh 沙崙			Aridic ⁸	Arenosols (Aridic)
Tn 臺南	Cambic		Aridic	Cambisols (Aridic)
Kt 官田	Hydragric		Fluvic	Fluvic Cambisols (Hydragric [#] , Siltic)

RSG¹：參考土類。

Calcaric²：Calcaric material (碳酸鈣物質)。

Fluvic³：Fluvic material (沖積物質)。

Red⁴：Reducing conditions (還原情形)。

Gleyic⁵：Gleyic colour pattern (灰白色彩型態)。

Stagnic⁶：Stagnic colour pattern (淹水色彩型態)。

Lith. D.⁷：Lithological discontinuity (岩性不連續)。

Aridic⁸：Aridic material (乾燥物質)。

#：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。

*：代表偶發的情形，並非最典型的特性。

Hh 和順系

砂岩頁岩母質，石灰性新沖積土，位於低地，土壤常濕潤，質地細而黏，剖面下部以灰色較為顯明。表土層 (0-20 cm) 及其下 (20-65 cm) 顏色偏灰，應該是水田作用，灰棕色 (2.5Y 5/2 濕) 坩質壤土，不明顯，中至粗鈍角塊狀構造。表土以下 (20-65 cm) 出現中量暗棕色 (7.5YR 4/4 濕) 斑紋，土層 (65-80 cm) 出現中量淡橄欖棕色及少量至中量黃棕色 (10YR 5/4-6 濕) 斑紋，這些偏紅的鐵斑紋可當作有鐵因為灌溉而下移的證據，具 Hydragric horizon。底層土 (80-127 cm, 127-165 cm) 顏色明顯變暗灰色至暗灰棕色 (5Y 4/1-2.5Y 4/2 濕)，具甚多灰棕色 (2.5Y 5/3 濕) 斑紋，且質地偏黏。此地位於低地且常濕潤，具有地下水影響的 Gleyic colour pattern 及 Reducing conditions。

由於 Reducing conditions 出現在土壤深度 50 cm 之後，故無法納入 Gleysols。由於具有 Hydragric horizon 故納入 Cambisols。和順系偶出現鹽土相則有 Salic*。Prefix 有 Endogleyic (Endo-表示物質或特性發生在 50-100 cm，故此代表地下水灰白色彩發生在 50-100 cm 處)，Suffix 有 Salic*。

Hk 下中系

石灰性新沖積土，由砂岩頁岩物質沖積而成。表層土以下具有多量橄欖色 (5Y 5/4 濕) 及中量淡橄欖棕色 (2.5Y 5/6 濕) 斑紋，且游離鐵量下移也增多，具有 Hydragric horizon。底土的部分隨著剖面深度出現了有機碳交互增減變化，且根據質地變化及游離鐵的增減等層化證據有利於 Fluvic material 的存在。以上 Fluvic material 出現深度過深，無法符合 Fluvisols (Fluvic material 出現在表面 25 cm 處)。20-40 cm 的碳酸鈣當量 > 2% 符合 Calcaric material。部分下中系具有鹽土相 Salic*。

此土因為具有 Hydragric horizon 而能納入 Cambisols，土層偏底層 (110 cm 以下) 具有 Fluvic 特性。Prefix 具 Bathyfluvic[#]，Suffix 具 Calcaric 及 Salic*。

Lf 六分寮系

由砂岩頁岩母質沖積而成新沖積土。本系含有鹽土相，可能具有 Salic*。土層 (60-80 cm) 的碳酸鈣當量 > 2% 符合 Calcaric material。表層土以下具有較基質還紅的橄欖棕色 (2.5Y 4/4 濕) 斑紋，且游離鐵量下移也增多，具有 Hydragric horizon。底土的部分隨著剖面深度出現了有機碳交互增減變化，且根據質地變化等層化證據有利於 Fluvic material 的存在。土層 (60-80 cm) 為橄欖棕色 (2.5Y 4/6 濕) 壤土，其中量橄欖色 (5Y 5/3 濕) 斑紋，符合 Stagnic colour pattern 特徵。底層 (100-110 cm, 110-120 cm, 120-150 cm) 的土壤由上方無構造轉變成整塊狀構造，推論可能受到水影響，且土色漸暗表示受地下水影響，具 Gleyic colour pattern。

Fluvic material 出現在耕作層之下，可符合 Fluvisols。不具有 Reducing conditions 因此 Prefix 無 Stagnic 及 Gleyic。Suffix 具 Calcaric、Hydragric[#] 及 Salic*。

Ma 麻豆系

砂岩頁岩物質沖積土。由於有水田或其他耕作的灌溉，由土層 (70-90 cm, 90-110 cm) 的鐵量明顯比表面的鐵量多兩倍，具有 Hydragric horizon，以黏粒來看下層較上層多了許多黏粒量符合 Argic horizon。

底層 (120-150 cm) 呈現灰色土壤 (5Y 4.5/1 濕)，具灰色 (2.5Y 6/1 濕) 及淡橄欖棕色 (2.5Y 5/6 濕) 斑紋，具有 Reducing conditions 及 Gleyic colour pattern。由於出現 Reducing conditions 及 Gleyic colour pattern 的深度太深，不符合 Gleysols。在 Hydragric horizon 或是 Argic horizon 中，因為人為耕作明顯，且推測土壤黏粒下移也受到人為耕作促進，故將 Hydragric horizon 作為主要特徵而納入 Cambisols。Prefix 具有 Luvic[#]。偶有鹽土相，Suffix 有 Salic* 及 Siltic。

Ly 柳營系

砂岩頁岩沖積土，位於低臺地。土層經過水田或其他耕作影響，表土層及其下 (0-10 cm, 10-40 cm, 40-55 cm) 出現了大量的鐵錳斑紋，土層 (0-10 cm) 具多量黃棕色 (10YR 5/4 濕) 斑紋，土層 (10-40 cm) 具多量極微棕色 (10YR 7/4 濕)、中量棕黃色 (10YR 6/8 濕) 及少量暗黃棕色 (10YR 3/4 濕) 斑紋，土層 (40-55 cm) 具多量暗灰棕色 (2.5Y 3-5/2 濕) 及中量橄欖黃色 (2.5Y 6/8 濕) 斑紋，都可符合 Hydragric horizon。表土土色及鐵錳斑紋要求也可符合 Anthraquic horizon 的規定。土壤剖面各層的顏色多變化，有機質數據也有互層的情形，都有利於 Fluvic material。Anthraquic horizon 及 Hydragric horizon 相加厚度 > 50 cm 而可納入 Anthrosols。Prefix 具有 Hydragric 及 Fluvic，Suffix 具有 Siltic。

YI 鹽埕系

砂岩頁岩沖積土，少部分為風積物。土層經過水田或其他耕作影響，土層 (28-50 cm) 黏粒含量突增 (上層為 8.41%，此層為 24.82%) 並出現了少量黃棕色 (10YR 5/8 濕) 斑紋，含鐵結核 (10YR 2/3 濕)，土層 (50-85 cm) 出現多量橄欖色 (5Y 5/3 濕) 及中量橄欖棕色 (2.5Y 3/4 濕) 斑紋，顯示具有鐵錳斑紋或被覆，可符合 Hydragric horizon 要求。土壤剖面到了 85 cm，質地及構造與其上之壤土截然不同，從 85 cm 到底層都是壤質細砂土至細砂土，沒有任何構造，應該是風積或沉積物物質，符合 Arenosols。若以土壤剖面來看，土層在 85 cm 處出現轉變處，具有 Lithological discontinuity。

上層因為有 Hydragric horizon，而納入 Cambisols，下層為截然不同的 Arenosols。Suffix 有 Thapto-Arenosolic，表示成 Cambisols (Thapto-Arenosolic)。

Je 仁德系

砂岩頁岩非石灰性新沖積土，位於低臺地。表土層 (0-20 cm) 顏色並不暗，非經過水田耕作，其下層 (20-35 cm) 多量黃色 (2.5Y 7/8 濕) 及中量黃色 (10YR 7/8 濕) 斑紋，對照游離鐵數據可得知此層的鐵含量是表層約莫兩倍，可符合 Hydragric horizon 的特性。土層 (35-120 cm) 為一厚度達 85 cm 的土層，此層質地剖面為極細砂質壤土，與上下土層的坩質壤土有所差異，除了有 Lithological discontinuity 外，可能是 Fluvic material 覆蓋的轉變處。土色、有機碳互層的轉變，可支持 Fluvic material 的存在。

由於上面有 Hydragric horizon 人為耕作層，而其下立即出現 Fluvic material，可納入 Fluvisols。Suffix 是 Hydragric[#]及 Siltic。

Ts 座駕系

位於低至中等高臺地之非石灰性砂岩頁岩沖積土，排水尚佳。整層剖面皆為坩質壤土。表土層 (0-20 cm) 顏色並不暗，不像是經過水田耕作，也可能是旱作或是水田與旱作輪作下，其下層 (20-60 cm) 含中量橄欖棕色 (2.5Y 4/4 濕) 及少量微黃色 (5Y 7/4 濕) 斑紋，60-75 cm 含多量暗灰至灰及中量橄欖黃色 (2.5Y 6/6 濕) 斑紋，對照游離鐵數據可得知此層的鐵含量比表層還多，可符合 Hydragric horizon。

底土 (75-90 cm, 90-115 cm, 115-135 cm) 出現了一些顏色變化，屬於 Cambic horizon，與最底層 (135-150 cm) 的 C 層土壤比較 (橄欖色 (5Y 5/4 濕))，土層 (75-90 cm) 為橄欖黃色 (2.5Y 6/6 濕)，90-115 cm 為淡黃棕色 (2.5Y 6/4 濕)，115-135 cm 為橄欖黃色 (2.5Y 6/6 濕)，都明顯色彩較紅或是色值及色度較大。

不論是以 Hydragric horizon 或是 Cambic horizon 的理由，都可納入 Cambisols。Prefix 具有 Hydragric[#]，Suffix 是 Siltic。

WI 五里林系

非石性砂岩頁岩沖積土。隨著剖面深度出現了有機碳交互增減變化，且根據質地、構造變化等層化證據有利於 Fluvic material 的存在，但 Fluvic material 出現深度過深，無法符合 Fluvisols。此土僅能納入 Regosols，Prefix 具有 Bathyfluvic[#]。

Lh 林鳳營系

臺灣黏土 (即看天田)，砂岩頁岩沖積物所成，其特徵為亞表土色暗，及具大稜柱狀構造。剖面質地有些混亂，大體來說，表層為 (0-15 cm, 15-30 cm, 30-55 cm) 玢質壤土、底土中層 (55-80 cm, 80-100 cm) 為玢質黏土、底土中下層 (100-110 cm, 110-120 cm) 為玢質黏壤土、底土底層 (120-140 cm, 140-150 cm) 為玢質黏壤土到玢質壤土。中層 (55-80 cm, 80-100 cm) 黏粒明顯增加，具有 Argic horizon，有稜柱狀構造且結持度都是硬實。由土層 (0-15 cm) 就開始出現的鐵斑紋可得知有水往下走的作用，15-30 cm 具中量棕黃色 (10YR 6/6 濕) 及暗黃棕色 (10YR 4/6 濕) 斑紋，30-55 cm 具中量淡棕灰色 (2.5Y 6/3 濕) 及少量黃色 (7.5YR 5/8 濕) 斑紋，55-80 cm 具多量淡橄欖棕色 (2.5Y 5/4 濕) 及中量黃棕色 (10YR 5/4 濕) 斑紋，對照游離鐵數據也可符合 Hydragic horizon。Hydragic horizon 與 Argic horizon 的範圍有所重覆。

由於具有 Argic horizon，加上 pH > 7 推測 BS > 50%，CEC > 24 cmol/kg clay，斷定為 Luvisols。Prefix 為 Cutanic，Suffix 為 Profondic、Hydragic[#] 及 Siltic。

Sk 善化系

臺灣黏土 (即看天田)，母質為砂岩頁岩沖積物。無黏粒顯著增加情況，沒有 Argic horizon。表層以下有鐵下移的情況，一直到土層 (50-60 cm) 都還具多量暗黃棕色 (10 YR 3/4 濕)、中量暗灰棕色 (2.5Y 4/2 濕) 及少量淡橄欖棕色 (2.5Y 5/4 濕) 斑紋，可符合 Hydragic horizon 的特性。

底部C層 (120-150 cm) 質地及土色為黑色 (5Y 2/1 濕) 坩質壤土，其上部幾乎所有土層顏色都較C層還紅或是色值/色度較大，且構造也較C層還深度的發育，符合Cambic horizon，Cambic horizon的範圍不得與人為土層重複，因此Cambic horizon範圍為土層 (60-120 cm)。可納入Cambisols，Suffix是Hydragric[#]及Siltic。

Tk 太康系

細質地臺灣黏土 (即看天田)，乃由位於低或稍高臺地之砂岩頁岩沖積物所形成，有 Argic horizon。由於黏粒含量多，整個剖面都具明顯到不明顯稜柱狀構造，結持度都是硬實。表層以下有鐵下移的情況，到土層 (90-120 cm) 的鐵量增加最多，還具含中量橄欖色 (5Y 5/3 濕) 及淡橄欖棕色 (2.5Y 5/6 濕) 斑紋，可符合 Hydragric horizon 的特性，可納入 Luvisols。Suffix 是 Hydragric[#]及 Siltic。

Ku 歸仁系

臺灣黏土 (即看天田)，由砂岩頁岩沖積土而成於臺地上，土層 (30-60 cm) 黏粒明顯增加，具有黏聚層 Argic horizon，有明顯粗稜柱狀構造且結持度是硬。由表土層以下就開始出現的鐵斑紋可得知有水往下走的作用，對照游離鐵數據可得知土層 (30-60 cm) 的鐵含量比表層多最多，具多量橄欖灰色 (5Y 4/2 濕) 及中量橄欖色 (5Y 4/6 濕) 斑紋，可符合 Hydragric horizon。Hydragric horizon 與 Argic horizon 的範圍有所重覆。剖面由表面到 110 cm 的土色都頗灰或暗，土層 (0-20 cm, 20-30 cm, 80-110 cm) 皆符合 Greyic。

因為有 Argic horizon，且 pH > 7 推測 BS > 50%，CEC > 24 cmol_c/kg clay，故納為 Luvisols。Prefix 有 Cutanic，Suffix 為 Greyic、Hydragric[#]及 Siltic。

Wu 五甲勢系

臺灣黏土 (即看天田)，由低及略高地上之砂岩頁岩沖積物所形成質地上部 (0-22 cm, 22-39 cm, 39-73 cm) 為玢質壤土，質地下部 (39-73 cm, 73-92 cm, 115-150 cm) 為玢質黏壤土，可發現黏粒雖深度而增加，構造也由明顯中鈍角塊狀構造轉成中至粗稜柱狀構造，結持度由略硬轉成硬實，具有黏聚層 Argic horizon。

由表土層就開始出現的鐵斑紋可得知有水往下走的作用，土層 (22-39 cm) 具有多量白色 (2.5Y 8/3 濕) 及中量黃棕色 (10YR 5/8 濕) 斑紋，土層 (39 cm) 以下一直到底端土層 (150 cm)，都還具多量淡橄欖棕色 (2.5Y 5/6 濕) 到橄欖色 (5Y 5/3 濕) 斑紋，及中量黃棕色 (10YR 6/8 濕) 斑紋，並且都含鐵結核。土層 (22-39 cm) 的白色斑紋是鐵消竭被往下洗的證據，而在土層 (39-150 cm) 皆出現的鐵斑紋及鐵結核可證明受灌溉水響往下走的情況，可符合 Hydragric horizon。Hydragric horizon 與 Argic horizon 的範圍有所重覆。

剖面由表土以下 (39-73 cm, 73-92 cm) 的土色雖然都頗灰或暗，但不符合 Greyic 的標準。由具有 Argic horizon，且 $\text{pH} > 7$ 推測 $\text{BS} > 50\%$ ， $\text{CEC} > 24 \text{ cmol/kg clay}$ ，將此土系納入 Luvisols。Prefix 有 Cutanic，Suffix 為 Hydragric[#] 及 Siltic。

Kn 炭子頭系

砂岩頁岩老沖積物之黃棕色土壤，表層土沒有明顯人為診斷土層。底土的部分隨著剖面深度出現了有機碳交互增減變化，且根據質地變化及游離鐵的增減等層化證據有利於 Fluvic material 的存在。將土層 (60-100 cm) 視為底部 C 層，其構造為整塊狀構造，而 C 層以上已具有較進一步的構造，土層 (40-60 cm) 不明顯細鈍角塊狀構造，土層 (20-30 cm, 30-40 cm) 具明顯細至中鈍角塊狀構造，都較 C 層還深度的發育，符合 Cambic horizon。Fluvic material 深度過深無法符合 Fluvisols。可納入 Cambisols。Prefix 具 Bathyfluvic，Suffix 為 Siltic。

Sh 沙崙系

黃棕色土壤，為砂岩頁岩質之風積或沖積或二者混合物，質地頗粗以壤質細砂土至細砂土為主，剖面上部為壤質細砂土，剖面下部為細砂土，沒有任何構造，鬆散，且可視為風積物質，符合 Arenosols，亦符合 Aridic properties 有機碳及風積物質的要求，故可納入 Arenosols。Suffix 為 Aridic。

Tn 臺南系

位於高臺地及低丘陵地之黃棕色土壤，由中粗質地之砂岩頁岩沖積或風積物所形成。土壤剖面上部 (0-10 cm, 10-30 cm, 30-50 cm, 50-70 cm) 為壤土，下部 (100-120 cm, 120-150 cm) 為砂質壤土，質地偏粗但沒有沙崙系那麼砂。將土層 (100-120 cm) 及土層 (120-150 cm) 視為底部 C 層，其顏色、質地及構造為橄欖棕色 (2.5Y 4/1 濕) 細砂質壤土、整塊狀構造至無構造，而 C 層以上已具有較紅的顏色，較進一步發育的質地及構造。土層 (50-70 cm) 為黃棕色 (10YR 5/6 濕) 壤土、不明顯細鈍角塊狀構造，土層 (10-30 cm, 30-50 cm) 為暗黃棕色 (10YR 4/4 濕) 壤土、明顯細鈍角塊狀構造，都較 C 層還深度的發育，符合 Cambic horizon，可納入 Cambisols。此土系亦符合 Aridic properties，Suffix 為 Aridic。

Kt 官田系

低臺地之砂岩頁岩非石灰性沖積土，表土層其下土層都具有鐵斑紋，土層 (20-40 cm) 土色為橄欖色 (5Y 4/6 濕) 具中量暗橄欖色 (5Y 3/4 濕) 及少量至中量橄欖棕色 (2.5Y 4/6 濕) 斑紋，鐵斑紋一直到土層 (90-110 cm) 仍出現，對照游離鐵數據可證明符合 Hydragric horizon 的特性。有機碳及質地互層的轉變，可支持 Fluvic material 存在，儘管有人為土層 Hydragric horizon 在 Fluvic material 之上，但其出現的深度太深，無法納入 Fluvisols，故依具有 Hydragric horizon 而納入 Cambisols。Prefix 具有 Fluvic，Suffix 是 Hydragric[#]及 Siltic。

總結而言，岸內系與將軍系明顯受到水田影響，但土色卻由於不符合 Anthraquic horizon 而無法納入，建議 WRB 適度修改 Anthraquic horizon 內容，如此才能將臺灣常見的水田土分類正確。

臺南的麻豆、林鳳營、歸仁及五甲勢系在同一土層內同時出現 Argic horizon 及 Hydragric horizon 的情形，同樣因為水的作用而導致細顆粒下移，選用代表性的診斷土層時必須斟酌，否則將造成分類的結果卻非最具代表性。

即使是同一土系，當發生在不同縣市甚至不同剖面，都會發生分類結果的變異，例如嘉義及臺南都有的柳營（嘉義：Cambisols；臺南：Anthrosols）與六分寮系（嘉義：Cambisols；臺南：Fluvisols），分類結果大不同。

(二) 臺南土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

將 ST 與 WRB 標準對應關係（表 5）作為參考，將 WRB 與 ST 的結果對應（表 26），並就不符合標準對應的土壤作原因的探討。

臺南和順及下中系對應有問題，其 ST 分類結果為 Entisols，但在 WRB 卻對應到 Cambisols，是因為土壤只要符合任一人為診斷層即可進一步分入 WRB 的 Cambisols 所致。

鹽埕系為 Cambisols (Thapto- Arenosolic)，而 WRB 描寫兩層土層堆積而成的特殊方式，而造成與 ST 的對應有問題。

仁德系對應困難是因為 WRB 的 Fluvisols 內容提到，若上面有人為耕作層，而其下立即出現 Fluvic material，仍可納入 Fluvisols。

表 26、臺南地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

Table 26. The correlation of soil Taxa between WRB and ST for representative soils in Tainan region

Soil series	WRB	ST**
An 岸內	Hydragric [#] Cambisols (Calcaric, Salic*, Siltic)	Typic Dystrustept
Cf 將軍	Fluvisols (Salic*)	Typic Ustifluent
Hh 和順	Endogleyic Cambisols (Salic*)	Udic Ustorthent
Hk 下中	Bathyfluvic [#] Cambisols (Calcaric, Salic*)	Typic Ustipsamment
Lf 六分寮	Fluvisols (Calcaric, Hydragric [#] , Salic*)	Typic Ustifluent
Ma 麻豆	Luvic [#] Cambisols (Salic*, Siltic)	Typic Dystrustept
Ly 柳營	Hydragric Fluvic Anthrosols (Siltic)	Typic Ustifluent
Yl 鹽埕	Cambisols (Thapto- Arenosolic)	Typic Udorthent
Je 仁德	Fluvisols (Hydragric [#] , Siltic)	Typic Dystrustept
Ts 座駕	Hydragric [#] Cambisols (Siltic)	Typic Dystrustept
Wl 五里林	Bathyfluvic [#] Regosols	Typic Udorthent
Lh 林鳳營	Cutanic Luvisols (Profondic, Hydragric [#] , Siltic)	Typic Paleustalf
Sk 善化	Cambisols (Hydragric [#] , Siltic)	Typic Dystrustept
Tk 太康	Luvisols (Hydragric [#] , Siltic)	Typic Paleustalf
Ku 歸仁	Cutanic Luvisols (Hydragric [#] , Greyic, Siltic)	Typic Paleustalf
Wu 五甲勢	Cutanic Luvisols (Hydragric [#] , Siltic)	Typic Dystrustept
Kn 崁子頭	Bathyfluvic [#] Cambisols (Siltic)	Typic Dystrudept
Sh 沙崙	Arenosols (Aridic)	Typic Udipsamment
Tn 臺南	Cambisols (Aridic)	Typic Dystrudept
Kt 官田	Fluvic Cambisols (Hydragric [#] , Siltic)	Typic Dystrudept

*：摘錄自陳等人 (2000) 的結果。

#：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。

*：代表偶發的情形，並非最典型的特性。

4.2.11 高雄地區土壤的分類及討論

(一) 高雄土壤的 WRB 分類結果

利用 WRB (2006) 分類高雄代表性土壤 (表 27)，並且依各土系分別討論分類原因及分類過程的問題。(高雄仁德系引用臺南仁德系結果)

Cf 將軍系

砂岩頁岩物質沖積而成，土壤極為鬆脆，耕性極佳。雖為重要農業土壤，但並無符合之人為土層。隨著剖面深度出現了一些有機碳交互增減變化，有利於 Fluvic material 的存在，可分入 Fluvisols。部分土壤近海或魚池處土壤常含鹽分，可能具有 Salic*，故 Suffix 為 Salic*。

Ft 豐德系

砂岩頁岩沖積物所形成，其特性為剖面質地細。表土層 (0-20 cm, 20-60 cm) 為耕作人為土層，表土 20 cm 顏色為淡橄欖色 (2.5Y 5/4 濕) 粉質壤土且脆，土壤顏色不符合 Anthraquic horizon 的特性。此外，淡橄欖棕色 (2.5Y 5/4 濕) 及灰色 (N 5/0 濕) 斑紋的還原消竭區塊，也出現了少量極暗灰棕色 (10R 3/2 濕) 之鐵結核，皆符合 Hydragric horizon 的特性，故可納入 Cambisols。Prefix 具有 Hydragric[#]，Suffix 是 Siltic。

St 獅頭系

砂頁岩沖積土。本系土壤黏重且多種植水稻，但表土土色不符合 Anthraquic horizon 的規定而無法納入。而土層 (120-150 cm) 具有的 5% 之暗棕色 (10YR 3/3) 錳結核可推測具有 Ferric horizon。整個剖面 (0-150 cm) 皆呈現淡灰色，顯示曾浸水一段時間，具有 Reducing conditons。由於此土系位於平原內較低之地，故推論可能是地下水以及水稻浸水而水排不出去綜合影響造成，具有 Gleyic colour pattern 及 Stagnic colour pattern。且由於整個剖面基質一半以上都是 Gleyic colour pattern 而 Stagnic colour pattern 出現體積不到一半，再加上此土系為低地，故可納入 Gleysols。Suffix 具有 Bathyferic 及 Siltic。

Hd 後壁系

砂岩頁岩沖積土，位於臺地，排水尚佳。土層 (20-150 cm) 出現了多量鐵斑紋；土層 (20-50 cm) 具多量橄欖棕色 (2.5Y 4/3 濕) 斑紋；土層 (50-75 cm) 多量橄欖黃色 (2.5Y 6/5 濕) 斑紋；到了底端土層 (105-150 cm) 仍含多量黃色 (10YR 7/8 濕) 斑紋，都可符合 Hydragric horizon 的特性。而表土土色無法符合 Anthraquic horizon 的規定而無法納入，故以 Hydragric horizon 的存在將此土系納入 Cambisols。Prefix 具有 Hydragric[#]，Suffix 具有 Siltic。

表 27、高雄地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱

Table 27. Soil Taxa of representative Soils in Kaohsiung region based on WRB system

Soil series	horizon	properties	materials	RSG ¹ with Qualifiers
Cf 將軍			Fluvic ²	Fluvisols (Salic*)
Ft 豐德	Hydragric			Hydragric [#] Cambisols (Siltic)
St 獅頭	Ferric	Red ³ , Gleyic ⁴ or Stagnic ⁵		Gleysols (Bathyferric, Siltic)
Hd 後壁	Hydragric			Hydragric [#] Cambisols (Siltic)
Ht 弧山	Hydragric, Plinthic		Fluvic	Hydragric [#] Endofluvic Plinthic Cambisols (Siltic)
Je 仁德	Hydragric	Lith. D. ⁶	Fluvic	Fluvisols (Hydragric [#] , Siltic)
Ts 座駕	Hydragric			Hydragric [#] Cambisols

RSG¹：參考土類。

Fluvic²：Fluvic material (沖積物質)。

Red³：Reducing conditions (還原情形)。

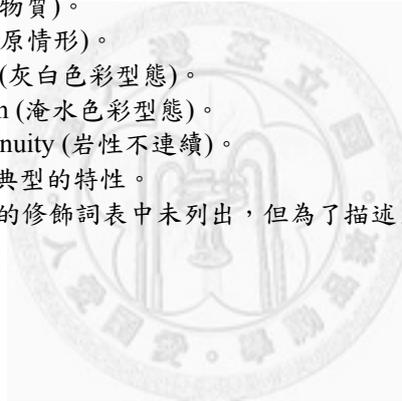
Gleyic⁴：Gleyic colour pattern (灰白色彩型態)。

Stagnic⁵：Stagnic colour pattern (淹水色彩型態)。

Lith. D.⁶：Lithological discontinuity (岩性不連續)。

*：代表偶發的情形，並非最典型的特性。

#：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。



Ht 弧山系

砂岩頁岩沖積土，表土以下 (15-40 cm) 就開始出現有鐵斑紋，具多量橄欖棕色 (2.5Y 4/3 濕) 及橄欖黃色 (2.5Y 6/5 濕) 斑紋；土層 (60-150 cm) 具有多量黃色 (10YR 7/8 濕)；一直到最底層 (110-150 cm) 仍具多量黃色 (10YR 7/8 濕) 及中量灰色 (5Y 5/1 濕) 斑紋，可符合 Hydragric horizon 的特性。表土土色無法符合 Anthraquic horizon 的規定而無法納入。若將質地為玢質壤土且無構造的底土 (110-150 cm) 視為母岩 C 層，則質地為玢質黏壤土且具有明顯中鈍角塊狀構造的土層 (< 50 cm) 已開始發育，較 C 層出現較多黏粒及進一步的構造，屬於 Cambic horizon，但推估同時受到人為影響範圍，因此以 Hydragric horizon 為主。此外，土層 (60-150 cm) 的斑紋較基質還紅且色度還大，符合 Plinthic horizon。出現有機碳交互增減的變化有利於 Fluvic material 的存在。

然而，Plinthic horizon 深度太深 (> 50 cm) 無法分入 Plinthosols，且 Fluvic material 特徵不如 Hydragric horizon 明顯，故將此土系納入 Cambisols 較為適當。Prefix 為 Hydragric[#]、Plinthic 及 Endofluvic (Fluvic material 出現深度為土壤剖面 50-100 cm)，Suffix 是 Siltic。

Ts 座駕系

位於低至中等高臺地之砂岩頁岩沖積土。剖面質地為玢質壤土，土壤顏色以黃棕色 (2.5Y 5/4) 為主。由於為優良耕地，常有灌溉導致水成作用，具黃棕色 (10YR 5/6) 斑紋，對照游離鐵數據證明鐵明顯增加，可符合 Hydragric horizon，故納入 Cambisols。Prefix 為 Hydragric[#]。

總結而言，獅頭、後壁及弧山系明顯為水田土壤但卻因為土色無法符合 Anthraquic horizon 而無法納入，建議 WRB 適度修改 Anthraquic horizon 內容，才能將臺灣水田土正確分類。

(二) 高雄地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

將 ST 與 WRB 標準對應關係 (表 5) 作為參考,將 WRB 與 ST 的結果對應 (表 28), 並就不符合標準對應的土壤作原因的探討。

後壁系在 ST 土壤中後壁系被分成 Entisols, 但在 WRB 裡, Cambisols 規定較寬鬆且包容較多種診斷層, 不論是自然發育形成的 Cambic horizon 或是人為作用的各種人為土層, 只要符合以上任一診斷層皆可納入 Cambisols。

高雄仁德系與臺南系仁德系都出現對應有問題, 因為 WRB 的 Fluvisols 內容提到, 若上層有人為耕作層 (例如仁德系情形為 Hydragric horizon), 而其下立即出現 Fluvic material, 仍可納入 Fluvisols。另外, 同一土系在不同縣市的 WRB 結果都不大相同, 與採得剖面也有相關, 此時引用陳等人 (2000) 的全省同一土系同一分類結果之資訊容易導致誤差。



表 28、高雄地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

Table 28. The correlation of soil Taxa between WRB and ST for representative soils in Kaohsiung region

Soil series	WRB	ST**
Cf 將軍	Fluvisols (Salic*)	Typic Ustifluent
Ft 豐德	Hydragric [#] Cambisols (Siltic)	Typic Dystrudept
St 獅頭	Gleysols (Bathyferric, Siltic)	Typic Epiaquent
Hd 後壁	Hydragric [#] Cambisols (Siltic)	Typic Udorthent
Ht 弧山	Hydragric [#] Endofluvic Plinthic Cambisols (Siltic)	Typic Dystrudept
Je 仁德	Fluvisols (Hydragric [#] , Siltic)	Typic Dystrustept
Ts 座駕	Hydragric [#] Cambisols	Typic Dystrustept

*：摘錄自陳等人 (2000) 的結果。

#：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。



4.2.12 屏東地區土壤的分類及討論

(一) 屏東地區土壤的 WRB 分類結果

利用 WRB (2006) 分類屏東代表性土壤 (表 29)，並且依各土系分別討論分類原因及分類過程的問題。(屏東周厝崙系、二水系、西畔系、下水埔系及大排沙系分類皆同彰化土系)

Ca 加興村系

黃棕色粘板岩老沖積物沉積而成。由剖面表土層來看明顯受水田耕作，土層 (0-20 cm) 為灰色 (5Y 6/1 濕) 至暗灰色 (5Y 4/1 濕)，具有Reducing conditions，但表土土色無法符合規定而無法分入Anthraquic horizon。表土以下 (20-40 cm, 40-80 cm, 80-110 cm) 土色較表層紅，土色從暗灰棕色 (2.5Y 4/2 濕) 到暗黃棕色 (10YR 4/6 濕)，且都帶多量灰色 (5Y 6/1 濕) 斑紋，並具紅棕色鐵錳結核。此灰色斑紋應該是鐵錳的消竭，鐵錳結核則是鐵錳團塊、鐵錳結瘤 (核) 的表現，游離鐵數據也可證明符合Hydragric horizon，同時灰色消竭斑紋卻也符合Stagnic colour pattern。對於鐵錳結核的描述，因為並無形容其量多寡，因此以Ferric horizon描述較保守。

雖然Stagnic colour pattern體積占一半以上，但是究其淹水原因乃是來自水田耕作而無法納入Stagnosols。由於具有Hydragric horizon，而可納入Cambisols。Prefix具有Hydragric[#]，Suffix具有Ferric及Siltic。

Cd 崇蘭系

黃棕色至灰棕色粘板岩老沖積物沉積而成之含有鐵錳結核沖積土。質地剖面從表土到 67 cm 均為玢質壤土 (小鈍角塊狀及整塊構造)，但突然在 67 cm 處以下出現厚達 70 cm 的土層為砂質壤土 (單粒狀構造)，應具有 Lithological discontinuity。由剖面表土層來看明顯經過耕作，土層 (0-20 cm) 為灰色 (5Y 6/1 濕) 玢質壤土，小鈍角塊狀及整塊構造，易碎。

土壤明顯受到水田作用但土色不符合規定而無法分入 Anthraquic horizon。表土以下 (20-36 cm, 36-47 cm, 47-57 cm, 57-67 cm) 色彩較表層紅，土色從淡黃棕色 (10YR 6/4) 到黃棕色 (10YR 5/3 濕)，並都具少量淡黃色 (10YR 7/3 濕) 斑紋，游離鐵數據也證明符合 Hydragric horizon，故可納入 Cambisols。Prefix 具有 Hydragric[#]，Suffix 具有 Siltic，而底部出現的粗質地土壤為 Thapto-Regolic。

Ci 舊冬腳系

橄欖灰色至淡橄欖棕色粘板岩老沖積物沉積而成之含鐵錳結核。整個質地剖面為玢質黏壤土。由剖面表土層來看明顯受水田耕作，土層 (0-15 cm, 15-30 cm) 為灰色 (5Y 6/1 濕)，具有 Reducing conditions，但土色不符合規定而無法分入 Anthraquic horizon。表土以下 (30-42 cm, 42-59 cm) 都帶中量到多量灰色 (5Y 6/1 濕) 斑紋，並從土層 (42-59 cm) 以下到底部 (130-150 cm) 都出現了少量鐵錳結核。此灰色斑紋應該是鐵錳的消竭，鐵錳結核則是鐵錳團塊、鐵錳結瘤 (核) 的表現，以游離鐵數據作為佐證，可證明此土系符合 Hydragric horizon，另外也可符合 Ferric horizon。灰色 (5Y 6/1 濕) 斑紋除了可認為是鐵的消竭特徵，也可以當作是 Stagnic colour pattern。由於土壤明顯受到人為灌溉影響，以 Hydragric horizon 為主，可納入 Cambisols。Prefix 具有 Stagnic 及 Hydragric[#]，Suffix 具有 Ferric 及 Siltic。

表 29、屏東地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱

Table 29. Soil Taxa of representative Soils in Pingtung region based on WRB system

Soil series	horizon	properties	materials	RSG ¹ with Qualifiers
Ca 加興村	Hydragric, Ferric	Red ² , Stagnic ³		Hydragric [#] Cambisols (Ferric, Siltic)
Cd 崇蘭	Hydragric	Red, Lith. D. ⁴		Hydragric [#] Cambisols (Thapto-Regolic, Siltic)
Ci 舊冬腳	Hydragric Ferric	Red, Stagnic		Hydragric [#] Stagnic Cambisols (Ferric, Siltic)
Cj 洲子	Irragric, Hydragric Ferric	Red, Stagnic		Irragric Stagnic Cambisols (Ferric, Siltic)
Kc 過溪子	Anthraquic Hydragric, Ferric	Lith. D.		Hydragric Ferric [#] Anthrosols (Siltic) (Thapto-Regolic)
Sc 石光見	Anthraquic Hydragric Ferric			Hydragric Ferric [#] Anthrosols (Siltic)
Ti 德協	Ferric, Cambic			Cambisols (Ferric, Siltic)
Wl 五魁寮	Hydragric Ferric	Red		Hydragric [#] Cambisols (Ferric, Siltic)
Ct 周厝崙	Anthraquic Irragric	Red*, Gleyic* ⁵	Calcaric ⁶	Gleyic* Irragric Cambisols (Calcaric, Arenic, Greyic)
Es 二水	Anthraquic	Red, Gleyic	Calcaric	Anthraquic Gleysols (Calcaric, Greyic, Siltic)
Hp 西畔	Anthraquic	Red*, Gleyic*		Anthraquic Gleyic* Leptic Cambisols (Calcaric, Greyic, Skeletic)
Sp 下水埔			Calcaric	Leptic Regosols (Calcaric, Greyic, Skeletic)
Tp 大排沙			Calcaric	Parafluvic [#] Arenosols (Greyic, Calcaric)
Lo 老埤系	Argic, Ferralsol			Ferralsols (Siltic, Chromic)

RSG¹: 參考土類。

Red²: Reducing conditions (還原情形)。

Stagnic³: Stagnic colour pattern (淹水色彩型態)。

Lith. D.⁴: Lithological discontinuity (岩性不連續)。

Gleyic⁵: Gleyic colour pattern (灰白色彩型態)。

Calcaric⁶: Calcaric material (碳酸鈣物質)。

#: 代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。

*: 代表偶發的情形，並非最典型的特性。

Cj洲子系

黃棕色粘板岩老沖積物沉積而成之含有鐵錳結核的沖積土。由剖面表土層看明顯受耕作影響，土層 (0-16 cm) 為灰色 (5Y 6/1 濕) 至微灰色 (5Y 6-7/1 濕) 具有 Reducing conditions，雖有明顯水田影響但土色不符合規定而無法分入 Anthraquic horizon。而此土系的黏粒分佈可符合 Irragric horizon。表土層以下 (16-150 cm) 土色都較表層紅，土色從淡黃色 (10YR 7/3 濕) 到暗黃棕色 (10YR 4/6 濕)，且都帶微量到中量微灰色 (5Y 6-7/1 濕) 斑紋，以及都有少量鐵錳結核，此灰色斑紋應該是鐵、錳的消竭，鐵錳結核則是鐵錳團塊、鐵錳結瘤 (核) 的表現，參考游離鐵數據也可證明此土系符合 Hydragric horizon。此外，灰色 (5Y 6/1 濕) 斑紋可認為是鐵的消竭特徵，也符合 Stagnic colour pattern。對於鐵錳結核的描述，則以 Ferric horizon 描述。最後判斷將此土系納入 Cambisols。Prefix 具有 Stagnic 及 Irragric，Suffix 具有 Ferric 及 Siltic。

Kc 過溪子系

橄欖灰色至灰色粘板岩老沖積物沉積而成之含有鐵錳結核的沖積土。質地剖面 (0-85 cm) 均為坩質壤土 (不明顯鈍角塊狀及整塊構造，易碎)，但突然在 85 cm 處以下出現厚達 60 cm 的土層為砂質壤土及壤質砂土 (單粒狀構造，疏鬆)，應具有 Lithological discontinuity。主要種植水稻且表土顏色也符合 Anthraquic horizon 規定而可納入。表土以下 (10-85 cm) 都具鐵斑紋及鐵錳結核，10-20 cm 中量淡黃棕色 (10 YR 6/4 濕) 斑紋、含鐵錳結核；土層 (20-31 cm) 少量淡灰棕色 (2.5Y 6/2 濕) 斑紋、含微量鐵錳結核；土層 (31-49 cm) 具少量暗灰棕色 (7.5YR 3/4 濕)、含少量鐵錳結核。由游離鐵數據可證明此土系符合 Hydragric horizon。對於鐵錳結核的描述，則以 Ferric horizon 描述。由於 Anthraquic horizon 與 Hydragric horizon 相加厚度 > 50 cm，故納入 Anthrosols。Prefix 為 Hydragric 及 Ferric[#]，Suffix 具有 Siltic，而底部出現的粗質地土壤為 Thapto-Regolic。

Sc 石光見系

淡灰黃色至暗灰色粘板岩老沖積物沉積而成之含有鐵錳結核的沖積土。質地剖面 (0-75 cm) 均為坩質壤土，但突然在 75 cm 處以下出現大石頭層。主要為水田耕作，表土土色可符合 Anthraquic horizon 的規定而納入。表土以下 (30-40 cm, 40-75 cm) 具中量暗灰色 (5Y 4/1 濕) 斑紋及淡灰棕色 (2.5Y 6/2 濕) 斑紋，並含鐵錳結核，符合 Hydragric horizon。對於鐵錳結核的描述，則以 Ferric horizon 描述。土壤剖面 75 cm 以下雖主要為大石頭，但尚不能符合 Skeletic 的要求，而不具此修飾詞。由於 Anthraquic horizon 與 Hydragric horizon 相加厚度 > 50 cm，故將此土系納入 Anthrosols。Prefix 為 Hydragric 及 Ferric[#]，Suffix 具有 Siltic。

Ti 德協系

黃棕色粘板岩老沖積物沉積而成之含鐵錳結核。質地剖面 (0-70 cm) 均為坩質壤土，但在 70 cm 處以下突然出現大石頭層。土層 (20-40 cm) 含多量鐵錳結核，其游離鐵量 < 2.5% 雖無法符合 Plinthic horizon，但符合 Ferric horizon。由於人為作用無法以 Hydragric horizon 描述。土層 (40-75 cm) 出現小鈍角塊狀構造，與下方大礫石層相比，還出現了構造，符合 Cambic horizon，最後判定納入 Cambisols。Suffix 具有 Ferric 及 Siltic。

WI 五魁寮系

淡橄欖色至黃棕色粘板岩老沖積物沉積而成之含鐵錳結核的沖積土。表土 (0-30 cm, 30-50 cm) 為灰色 (N 6/0 濕) 坩質壤土及灰棕色 (10YR 6/2 濕)，顯得較灰暗或較淡，明顯受水田影響而有 Reducing conditions，但缺乏被壓實的證據而無法納入 Anthraquic horizon。表土以下 (30-40 cm, 40-75 cm, 85-120 cm) 均含鐵錳結核，土層 (85-120 cm) 有中量灰色 (5Y 6/1 濕) 斑紋，此為鐵或錳的消竭，符合 Hydragric horizon 的規定。對於鐵錳結核的描述，則以 Ferric horizon 描述。由於具有 Hydragric horizon，故納入 Cambisols。Prefix 為 Hydragric[#]，Suffix 具有 Ferric 及 Siltic。

Lo 老埤系

洪積層臺地上之土壤或洪積層之崩積物，參雜砂頁岩、粘板岩沖積物所混合生成之紅棕色紅壤，其全質地剖面差異不大。由於此土系皆為坩質黏土，剖面相當均勻，且土層游離鐵量偏多，可見得已有一定程度的風化。CEC 約 8-10 cmol/kg clay，可符合 Ferralic horizon。最後判定以 Ferralic horizon 為診斷層，並依 Ferralsols 診斷索引，其 CEC 特性及可兼有 Argic horizon 的但書而納入之。Suffix 具有 Chromic[#]及 Siltic。

總結而言，WRB 對於水成特徵詳細描述，會造成重複描述，如加興村、舊冬腳及洲子土壤剖面的灰色斑紋，既可符合 Hydragric horizon，也可符合 Stagnic colour pattern，容易造成分類結果的錯誤（例如 Hydragric horizon 可納入 Cambisols；Stagnic colour pattern 可納入 Stagnosols），應建議 Stagnic colour pattern 新增「人為灌水除外」的內容。

另外，加興村、崇蘭、舊冬腳、洲子等系明顯為水田土壤，但卻因為土色無法符合 Anthraquic horizon 而無法納入，應適度修改 Anthraquic horizon 內容以符合臺灣水田情況。

(二) 屏東地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

將 ST 與 WRB 標準對應關係（表 5）作為參考，將 WRB 與 ST 的結果對應（表 30），並就不符合標準對應的土壤作原因的探討。

對應有問題的土壤是屏東周厝崙系、二水系及老埤系，由於前二者分類結果參照彰化的土系，在此僅討論老埤系。本論文認為老埤系質地均勻，且 $CEC < 16 \text{ cmol/kg clay}$ ，較平鎮系更符合 Ferralic horizon。雖與 ST 的 Typic Paleudult（典型厚育濕潤極育土）不完全對應，但與 Pale（厚育或是老育，指土壤風化時間已久，黏粒分佈十分均勻）的意義上是符合的。

表 30、屏東地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

Table 30. The correlation of soil Taxa between WRB and ST for representative soils in Pingtung region

Soil series	WRB	ST**
Ca 加興村	Hydragric [#] Cambisols (Ferric, Siltic)	Typic Dystrudept
Cd 崇蘭	Hydragric [#] Cambisols (Thapto-Regolic, Siltic)	Typic Dystrudept
Ci 舊冬腳	Hydragric [#] Stagnic Cambisols (Ferric, Siltic)	Aquic Dystrudept
Cj 洲子	Irragic Stagnic Cambisols (Ferric, Siltic)	Typic Dystrudept
Kc 過溪子	Hydragric Ferric [#] Anthrosols (Siltic) (Thapto-Regolic)	Typic Dystrudept
Sc 石光見	Hydragric Ferric [#] Anthrosols (Siltic)	Aquic Dystrudept
Ti 德協	Cambisols (Ferric, Siltic)	Typic Dystrudept
Wl 五魁寮	Hydragric [#] Cambisols (Ferric, Siltic)	Typic Dystrudept
Ct 周厝崙	Gleyic* Irragic Cambisols (Calcaric, Arenic, Greyic)	Aquic Udipsamment
Es 二水	Anthraquic Gleysols(Calcaric, Greyic, Siltic)	Aquic Udorthent
Hp 西畔	Anthraquic Gleyic* Leptic Cambisols (Calcaric, Greyic, Skeletic)	Lithic Udorthent
Sp 下水埔	Leptic Regosols (Calcaric, Greyic, Skeletic)	Lithic Udorthent
Tp 大排沙	Parafluvic [#] Arenosols (Greyic, Calcaric)	Typic Udipsamment
Lo 老埤	Ferralsols (Siltic, Chromic)	Typic Paleudult

*：摘錄自陳等人 (2000) 的結果。

[#]：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。

*：代表偶發的情形，並非最典型的特性。

4.2.13 花蓮地區土壤的分類及討論

(一) 花蓮地區土壤的 WRB 分類結果

利用 WRB (2006) 分類花蓮代表性土壤 (表 31)，並且依各土系分別討論分類原因及分類過程的問題。(Cl 初鹿系同臺東初鹿系)

Fk 鳳光里系

中淺層 (50-60 cm) 棕黑至暗黃色的較輕質地片岩老沖積土，因為灌溉水含石灰處，故呈石灰偏鹼性，有 Calcaric material。表層顏色有機碳量都符合 Mollic horizon (黑沃土，是深色、構造好、高 BS 及具有中到高有機質含量的表層土)，含多量蟲糞形成之極小團粒構造，應該是農業活動及施用石灰所造成，但是厚度不足 20 cm 所以不符合 Mollic horizon，以及與 Mollic horizon 類似的 Anthric horizon (與 Mollic horizon 的顏色、構造有機碳等特性皆相同，但是其為受到人為耕作而產生的土層)、Irragric horizon 及 Voronic horizon (也是類似 Mollic horizon 的土壤，差異在於其有機碳及顏色的要求更多及更黑，其最大的特色是具有高生物活性)。有機碳及顏色有互層情況，符合 Fluvic material，但出現深度太深無法納入 Fluvisols。若將底層土 65-75 cm (壤土，棕黑 (2.5Y 3/1)，無構造) 當作 C 層來看，在其上 (35-50 cm) 處有較大色值及色度且出現構造，便已開始發育，具有 Cambic horizon，故可納入 Cambisols。Prefix 具有 Fluvic，Suffix 具 Calcaric*。

F1 豐樂系

深層淡灰色片岩老沖積土。土號 H1a116 號剖面為 A-B1-B2-B3-B4-B5，A-B1 層 (0-20 cm) 為灰色 (10Y 4/1) 具 20% 粗而明顯之暗紅棕色 (5YR 3/6) 鏽斑；B2-B3 (35-80 cm) 為稍暗黃色 (2.5Y 6/4) 具 40% 中不明顯橄欖黃色 (5Y 6/3) 斑紋及 2% 之錳小凝聚物；B4-B5 (80-150 cm) 土色為橄欖黃色 (5Y 6/3) 具 30% 中等量之明黃棕色 (10YR 6/6) 鏽斑及 10% 灰棕色 (7.5YR 4/2) 鐵錳凝聚物。

表層明顯經過水田作用，土色及鐵錳斑紋皆可符合規定而具 Anthraquic horizon。65-80 cm 處發現鐵的下移，且 40% 橄欖黃斑紋及 2% 錳小凝聚物符合 Hydragric horizon 或是 Ferric horizon。而表面的色度 ≤ 1 ，具有 Reducing conditions。此外，中下層出現 20% 黑棕色鐵錳軟結核和結片，為 Plinthic horizon。因為灌溉水含石灰處，所以剖面為石灰偏鹼性，有 Calcaric material。

由於 Plinthic horizon 出現深度較深超過 50 cm，無法符合 Plinthosols。且 Hydragric horizon 及 Anthraquic horizon 相加厚度 > 50 cm 而將此土系納入 Anthrosols。Prefix 具有 Hydragric。Suffix 具有 Plinthic[#]、Ferric[#]及 Calcaric*。

MI 美崙系

深層較粗質風沙混合少量沖積物之片岩沖積，為沿海岸之風沙地，與沙丘近似。三層土層都是砂質壤土，種植花生，但並不符合 Aridic properties 的診斷特徵。表層土具有一些構造產生，但由於是表面受人為影響，故無法納入自然化育的 Cambic horizon。此剖面的質地雖然非常接近壤質砂土，但是不符合 Arenosols 對土壤質地中壤質砂土或砂土的要求。但以大體來看，仍應屬於 Arenosols。

Js 瑞穗系

片岩母質極淺層較新沖積土，土色灰或棕灰，土層深度僅有 15-30 cm，其下即為礫石。由於 Leptosols 含意應為當地自然生成土壤而非沖積而成土壤，故僅能納入 Regosols。Prefix 具有 Leptic，Suffix 具有 Skeletic。

Ky 觀音系

砂頁岩及火成岩沖積物所形成之極淺層土壤，常見深度小於 20 cm。本系土壤大部分由暗棕色火成集塊岩崩塌，一部分由砂頁岩混合沖積、崩積成的平谷邊沖積地或山麓沖積扇。

表 31、花蓮地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱

Table 31. Soil Taxa of representative Soils in Hualien region based on WRB system

Soil series	horizon	properties	materials	RSG ¹ with Qualifiers
Cl 初鹿	Cambic			Hyperskeletal Cambic Leptosols
Fk 鳳光里			Fluvic ² , Calcaric* ⁴	Fluvic Cambisols (Calcaric*)
Fl 豐樂	Anthraquic Hydragric, Ferric, Plinthic		Calcaric*	Hydragric Anthrosols (Plinthic [#] , Ferric [#] Calcaric*)
Ml 美崙				Arenosols
Js 瑞穗		Red* ³		Leptic Regosols (Skeletal)
Ky 觀音	Mollic*			Mollic* Leptic Regosols (Skeletal)
Sp 松浦				Leptic Regosols (Skeletal)
Tl 東里	Cambic		Fluvic	Fluvic Cambisols (Siltic)
Sl 水璉	Mollic		Calcaric	Greyic Leptic Phaeozems (Calcaric, Skeletal)
Yf 永豐	Vertic	Vertic ⁵	Calcaric	Grumic Mazic Vertisols (Calcaric)
Ly 鹿野	Anthric, Argic			Acrisols (Anthric, Chromic, Siltic)

RSG¹：參考土類。

Fluvic²：Fluvic material (沖積物質)。

Red³：Reducing conditions (還原情形)。

Calcaric⁴：Calcaric material (碳酸鈣物質)。

Vertic⁵：Vertic properties (膨脹特性)。

#：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。

*：代表偶發的情形，並非最典型的特性。

以 Mollic horizon 的標準來看，此土系的有機碳、鹽基飽和度及厚度皆可符合，而顏色則不一定符合要求，須依火成物與砂頁岩比例而定；若砂頁岩比例較高則呈色較為不暗，當火成物比例較高則顏色較暗，此時才能納入 Mollic horizon。而此土系僅能列入 Regosols。Prefix 具有 Mollic* 及 Leptic，Suffix 具有 Skeletic。

Sp 松浦系

東岸山脈礫岩、砂頁岩及集塊岩沖積物所形成之石礫質極淺層土壤，剖面深度一般小於 20 cm，僅能納入 Regosols。Prefix 具有 Leptic，Suffix 具有 Skeletic。

Tl 東里系

黏質暗色土壤，因土壤沖蝕嚴重，大部分土壤已失去暗色層，不符合 Mollic horizon 的要求。由剖面的有機碳及顏色可發現此土壤具有互層現象，轉變處在表土層之下 17 cm 處，符合 Fluvic material。此土壤剖面已出現構造體，可符合 Cambic horizon，故納入 Cambisols。Prefix 具有 Fluvic，Suffix 為 Siltic。

Sl 水璉系

火成集塊岩沖崩積物極淺層黑色土壤，土色暗（色值及色度皆 < 3.5 ）。剖面只有一層，厚度小於 30 cm。土壤呈黑色，顏色、有機碳含量及相關厚度標準都符合 Mollic horizon，且碳酸鈣 $> 2\%$ 而具有 Calcaric material。根據 $\text{pH} > 6$ 推斷 $\text{BS} > 50\%$ ，可納入 Phaeozems（灰鈣土，具有 Mollic horizon 且土層 100 cm 內的 $\text{BS} > 50\%$ ）。Prefix 具 Greyic 及 Leptic，Suffix 具有 Skeletic 及 Calcaric。

Yf 永豐系

石灰質棕色泥所形成之深層黑色黏重土，頗有膨脹性，曾發現過 Slickenside（斷面擦痕）。

報告中提到土壤龜裂深入 50 cm，具有寬 4 mm 之 crack (裂口)，與長 9 cm、寬 3 cm 左右的稜塊狀構造，符合 Vertic horizon (膨轉土層，整層黏粒量 > 30%，且具有楔型構造及斷面擦痕，土層至少厚於 25 cm) 及 Vertic properties (至少有 15 cm 厚的土壤黏粒量 > 30%，且符合楔型構造或斷面擦痕任一項)，而納入 Vertisols。亦具有 Calcaric material。Prefix 為 Mazic (整塊狀且結持度硬) 及 Grumic (至少 3 cm 厚度以上的土層，具有比粗團粒還細的明顯構造)，Suffix 為 Calcaric。

Ly 鹿野系

深層細質地紅壤，土色為棕色到暗紅棕色。由於長久種植茶及甘蔗因此表層有機碳 (1.74%)、顏色及構造類似 Mollic horizon，而其為人為作用而生成，故應納入 Anthric horizon。且具有明顯的 Argic horizon，並由 $\text{pH} < 6$ 推斷 $\text{BS} < 50\%$ ， $\text{CEC} < 24 \text{ cmol}_e/\text{kg clay}$ ，故納入 Acrisols。Suffix 為 Anthric (具有 Anthric horizon)、Chromic 及 Siltic。

總結而言，豐樂系明顯有水田耕作，但卻因土色無法符合 Anthraquic horizon 之規定而無法正確分類。瑞穗系乃薄層土沖積土層淺薄，同前面因素而無法納入 Leptosols 及 Fluvic material。

(二) 花蓮地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

將 ST 與 WRB 標準對應關係 (表 5) 作為參考，將 WRB 與 ST 的結果對應 (表 32)，並就不符合標準對應的土壤作原因的探討。

對應有問題的土壤是花蓮觀音系，原因是因為本論文認為 Mollic horizon 並非總是出現，僅為次要特性，因此僅將 Mollic 列入修飾詞。

表 32、花蓮地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

Table 32. The correlation of soil Taxa between WRB and ST for representative soils in Hualien region

Soil series	WRB	ST**
Cl 初鹿	Hyperskeletal Cambic Leptosols	Lithic Udifluent
Fk 鳳光里	Fluvic Cambisols (Calcaric*)	Typic Dystrudept
Fl 豐樂	Hydragric Anthrosols (Plinthic [#] , Ferric [#] , Calcaric*)	Aquic Dystrudept
Ml 美崙	Arenosols	Typic Udipsamment
Js 瑞穗	Leptic Regosols (Skeletal)	Lithic Udipsamment
Ky 觀音	Mollic* Leptic Regosols (Skeletal)	Typic Hapludoll
Sp 松浦	Leptic Regosols (Skeletal)	Lithic Udorthent
Tl 東里	Fluvic Cambisols (Siltic)	Typic Dystrudept
Sl 水璉	Greyic Leptic Phaeozems (Calcaric, Skeletal)	Lithic Hapludoll
Yf 永豐	Grumic Mazic Vertisols (Calcaric)	Typic Dystrudert
Ly 鹿野	Acrisols (Anthric, Chromic, Siltic)	Typic Paleudult

*：摘錄自陳等人 (2000) 的結果。

[#]：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。

*：代表偶發的情形，並非最典型的特性。

4.2.14 臺東地區土壤的分類及討論

(一) 臺東地區土壤的 WRB 分類結果

利用 WRB (2006) 分類臺東代表性土壤 (表 33)，並且依各土系分別討論分類原因及分類過程的問題。(豐樂系、瑞穗系、水璉系、鹿野系同花蓮各土系)

CI 初鹿系

片岩母質沖積土，土色棕或稍暗黃棕，質地頗粗為礫質砂壤土到礫質壤土。厚度通常不厚，但本土壤形成已久，與新形成的沖積土不同，大多已發生風化作用，且出現明顯中度大小的團粒構造，具有 Cambic horizon。此土為當地自然生成的薄層土，符合 Leptosols。Prefix 具有 Hyperskeletal 及 Cambic。

(二) 臺東地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

將 ST 與 WRB 標準對應關係 (表 5) 作為參考，WRB 與 ST 分類對應結果 (表 34)，臺東土壤對應皆符合標準。



表 33、臺東地區代表性農地土壤利用 WRB 的分類名稱

Table 33. Soil Taxa of representative Soils in Taitung region based on WRB system

Soil series	horizon	properties	materials	RSG ¹ with Qualifiers
Cl 初鹿				Hyperskeletal Cambic Leptosols
F1 豐樂	Anthraquic Hydragric, Ferric, Plinthic		Calcaric* ³	Hydragric Anthrosols (Plinthic [#] , Ferric [#] Calcaric*)
Js 瑞穗		Red* ²		Leptic Regosols (Skeletal)
Sl 水璉	Mollic		Calcaric	Greyic Leptic Phaeozems (Calcaric, Skeletic)
Ly 鹿野	Anthric, Argic			Acrisols (Anthric, Chromic, Siltic)

RSG¹：參考土類。

Red²：Reducing conditions (還原情形)。

Calcaric³：Calcaric material (碳酸鈣物質)。

[#]：代表此特性在此參考土類的修飾詞表中未列出，但為了描述出正確特性而自行加上。

*：代表偶發的情形，並非最典型的特性。



表 34、臺東地區土壤的 WRB 及 ST 分類結果之對應

Table 34. The correlation of soil Taxa between WRB and ST for representative soils in Taitung region

Soil series	WRB	ST**
Cl 初鹿	Hyperskeletal Cambic Leptosols	Lithic Udifluent
Fl 豐樂	Hydragric Anthrosols (Plinthic [#] , Ferric [#] Calcaric*)	Aquic Dystrudept
Js 瑞穗	Leptic Regosols (Skeletal)	Lithic Udipsamment
Sl 水璉	Greyic Leptic Phaeozems (Calcaric, Skeletal)	Lithic Hapludoll
Ly 鹿野	Acrisols (Anthric, Chromic, Siltic)	Typic Paleudult

*：摘錄自陳等人 (2000) 的結果。

*：代表偶發的情形，並非最典型的特性。



4.3 WRB 與 ST 對應度及對應問題

大體來看，WRB 汲取 ST 的許多診斷特性之內容，兩者的分類內容類似，但架構有所不同：ST 宛如 6 節車廂的豪華火車；WRB 儘管只有 2 節車廂但每節車廂十分寬敞，載客數卻也不少於 ST。除了架構不同，實用上也有些微差異，WRB 為半定量到定量的系統，對於土壤現地提供了田間辨識的內容幫助分類，也提及如何與在現地辨別典型與其他性質相近的土壤，WRB 使用上較 ST 偏向簡易分類且有利實際土地管理。

依本論文結果來看，臺灣土壤在兩大系統下總對應度為 64% (表 35)，表中另羅列無法標準對應的土壤。以下就 Anthrosols、Fluvisols、水成土壤系列 (Gleysols、Plinthosols 與 Planosols)、Acrisols、Cambisols 的順序來討論無法標準對應的原因：

1. WRB 較 ST 新增 Anthrosols (人為土) 為高級分類單位 (且索引位置第二)，另外也新增加許多人為診斷層 (Anthraquic horizon、Hydragric horizon、Hortic horizon、Irragric horizon、Plaggic horizon 及 Terric horizon)，顯示 WRB 大大地提升人為作用因子在分類的地位，換言之任何土壤若經過明顯人為化都可能納入 Anthrosols，此與 ST 不同而造成對應有問題。
2. WRB 的 Fluvisols (沖積土) 標準對應為 ST 的 Fluvaquents 或是 Fluvents，但卻常對應到 Inceptisols，這是因為 WRB 容許 Fluvic material (沖積物質) 出現的深度不必一定是表面 25 cm 即出現，若在任何深度人為層之下的 Fluvic material 也可納入 Fluvisols。
3. WRB 重視水的作用，因此較 ST 新增許多水成特徵，如 Hydragric horizon (人為浸水土層)、Anthraquic horizon (水田耕作層)、Plinthic horizon (鐵網紋土層)、Gleyic colour pattern (灰白色彩型態)、Stagnic colour pattern (淹水色彩型態) 甚至是 Argic horizon (黏聚層)，雖可清楚分別出水的來源，但後來的描述者是以總觀角度來辨認，往往若無法斟酌出適合的代表性診斷特性，而造成分類複

雜 (因為許多特徵都可以符合) 或是分類到其他 ST 所不具備的參考土類，造成與 ST 無法標準對應。

4. 臺灣大面積紅土平鎮系，部分平鎮系剖面的黏粒分佈均勻 (無 Argic horizon)，但 CEC 不符合 Ferralic horizon (鐵鋁層) $< 16 \text{ cmol/kg clay}$ 的情況；部分平鎮系剖面則仍具有 Argic horizon，因此平鎮系不論在哪種情況都僅能納入 Acrisols (聚鋁土)，而非標準的 Ferralsols (鐵鋁土)。平鎮系在 ST 分類中處於 Oxisols 與 Ultisols 的模糊地帶，而本論文和陳等人 (2000) 一致選擇 Oxisols 當作平鎮系的 ST 結果，也進一步造成此對應問題。
5. WRB 的 Cambisols (變育土)，只要符合任一人為診斷層即可進一步納入，導致 ST 的 Entisols 若受到人為干擾，即可進一步納入 Cambisols，而非標準對應的 Regosols (腐石土)。

另外，部分土壤即使符合標準對應，但仍可能隱藏著一些瑕疵，如下：

1. Leptosols (薄層土) 的來源是坡地上就地生成的淺層土壤，但其診斷特性僅有要求土壤厚度及其他簡單內容，並未在書中任何一章節提及過含有「就地生成」的含意，在分類時容易與淺薄的新沖積土、山坡崩積土或風積土混淆。
2. 許多臺灣新沖積土厚度往往因為太薄無法符合 Fluvic material 所要求的有機碳及顏色之層化證據，或是僅出現質地與結持度差異而缺乏有機碳跟顏色的變化，但其定義上的確是沖積土。
3. Arenosols (砂質土) 在 WRB 內文中僅提到風積、沙漠或是海灘，但臺灣地區大部分的砂質土壤是由沖積或崩積而搬運形成，雖然仍可符合 Arenosols 但可能誤導讀者，應建議 WRB 新增「沖積而成的砂質土」到 Arenosols 內容中。

表 35、臺灣代表性土壤在 WRB 和 ST 的對應度

Table 35. The correlability of soil taxa between WRB and ST in Taiwan representative soils

WRB	Propotion* of total soils (%)	Equivalent ST**	Correlability** * (%)	Accesory ST****
Histosols	1	Histosols	100	-
Anthrosols	8	Inceptisols	71	Aquic Udorthent, Typic Ustifluent, Typic Udorthent
Leptosols	1	Entisols (with lithic sub-groups)	100	-
Vertisols	1	Vertisols	100	-
Fluvisols	8.5	Fluvents, Fluvaquents	40	Typic Udipsamment, Typic Udorthent, Aquic Dystrudept, Typic Dystrustept
Gleysols	4.5	Any order (with Aquic sub-orders)	75	Aquic Udorthent
Andosols	0.5	Andisols	100	-
Podzols	0.5	Spodosols	100	-
Plinthosols	1	Oxisols, Ultisols, Alfisols (with Plinthic great group)	50	Plinthic Paleudult
Ferralsols	0.5	Oxisols	0	Typic Paleudult
Planosols	0.5	Albaqualfs, Albaquults, Argialbolls	0	Typic Dystrudept

(接下頁)

表 35、(續)

Table 35. (Continued)

WRB	Proportion* of total soils (%)	Equivalent ST**	Correlability*** (%)	Accessory ST****
Phaeozems	0.5	Mollisols	100	-
Alisols	3	Ultisols	100	-
Acrisols	8.5	Ultisols	73	Typic Hapludox Typic Kandiodox
Luvisols	6	Alfisols	60	Typic Dystrustept, Typic Kandiodults
Arenosols	6	Psamments, Quartzipsamments	100	-
Cambisols	37	Inceptisols	44	Aquic Udipsamment, Aquic Udorthent, Udic Ustorthent, Typic Endoaquent, Typic Ustipsamment, Typic Udorthent, Typic Ustifluent, Lithic Udorthent, Typic Kandiodults, Typic Hapludults
Regosols	12	Entisols	95	Typic Hapludoll
Total	100		64	

*：此土壤單位占所有土壤 (172 個) 的比例。

**：利用標準對應表 (表 5) 對應到的標準 ST 單位 (經過精簡)，完整對應仍以表 5 為主。

***：符合表 5 對應關係的土壤數除上總土壤數，利用加權平均數得到總對應度。

****：無法符合表 5 對應到的標準 ST 單位，而分到其他 ST 單位的土壤。

第5章 結論

1. WRB 十分重視水的作用，因此新增許多水成特徵，但這些特徵在臺灣土壤常發生在同一個土層一起出現 Hydragric horizon、Plinthic horizon 及 Argic horizon 出現的情況，甚至同樣的斑紋同時符合 Stagnic colour pattern 與 Hydragric horizon 的情況，若無法斟酌出適合的代表性診斷特性，將造成分類結果不具代表性，也常是與 ST 無法標準對應的原因。
2. 由於 Stagnosols 並未特別將人為灌水區分出來，因此許多受到人為灌水一段期間的水田土壤，出現的灰白浸水特徵可同時符合人為灌水造成的 Hydragric horizon 及淹水一段時間造成的 Stagnic colour pattern，若是讀者若不了解其生成因素容易誤分入 Stagnosols，應建議 WRB 新增「人為灌水除外」的內容到 Stagnosols。
3. WRB 較 ST 新增許多人為診斷層，其中在本論文中最大的問題是，Cambisols 包含土壤的範圍大於所對應 ST 的 Inceptisols，往往會造成兩大系統對應的問題，前者的變育土定義是只要符合任一人為診斷層即可分入 Cambisols，因此許多 ST 的 Entisols 在表層土受人為干擾後，即可納入 Cambisols，而造成兩系統的不對應。
4. 臺灣大多數的水田土壤，明顯是受水田耕作影響，卻僅因為 Anthraquic horizon 內 puddled layer (混攪層) 顏色的要求 (色值 ≤ 4 且色度 ≤ 2) 嚴苛而無法符合，建議 WRB 可修改內容成較寬鬆的規定 (例如：色度 ≤ 2 即可)，如此才能將臺灣水田土壤正確的分類。
5. 部分臺灣紅土無法完全符合 Ferralic horizon 之定義，出現土壤剖面中黏粒分佈均勻，但 CEC 不符合 $< 16 \text{ cmol}_c/\text{kg clay}$ 標準的情況。

第6章 參考文獻

- 陳春泉。1976。桃園縣土壤調查報告。臺灣省農業試驗所報告第三十三號，臺中市。
- 陳春泉。1977。新竹、苗栗縣土壤調查報告。臺灣省農業試驗所報告第三十四號，臺中市。
- 陳春泉。1978。臺北、宜蘭縣土壤調查報告。臺灣省農業試驗所報告第三十五號，臺中市。
- 陳春泉。1979。花蓮、臺東縣土壤調查報告。臺灣省農業試驗所報告第三十六號，臺中市。
- 陳尊賢、許正一、蔡呈奇。2000。臺灣地區土系之分類與代表性土系之特性。88年下半年及89年度農業科技「農田土壤管理改進研究之二」計劃。農委會計畫編號：89科技-1.1-糧-72(1)。期末報告。236頁。
- 陳尊賢、許正一、蔡呈奇。2001。臺灣地區耕地之永續土壤管理系統之建立(1/3)：土壤管理組土壤資料庫之建立。農委會(計畫編號：90-農科-1.1.1-糧—ZA(1))期末報告。151頁。
- 陳尊賢、蔡呈奇、張學雷、高政毅。2002。陽明山國家公園之地形土序及其化育作用(I) (1/2)。行政院國科會生物處委託計畫。(計畫編號：NSC-91-2313-B-002-347)。期末報告。4頁。
- 陳尊賢、蔡呈奇、張學雷、高政毅。2003。陽明山國家公園之地形土序及其化育作用(2) (2/2)。行政院國科會生物處委託計畫。(計畫編號：NSC-92-2313-B-002-347)。期末報告。4頁。
- 陳尊賢、許正一、賴鴻裕、簡士濠、吳森博、李家興、林惠淑、林美如。2004。農田土壤管理改進研究—臺中及南投農田土壤土系永續管理資料庫之建立與屏東強酸性土壤施肥管理計畫。行政院農委會農糧署委託計畫。(計畫編號：93-農科-1.1.3-糧-Z2(1))。期末報告。24頁。
- 陳尊賢、高政毅、胡庭恩、賴鴻裕、簡士濠、李家興、崔君至、黃正介、蘇紹璋、廖偉至、林淳純。2005a。農田土壤管理改進研究—臺中及南投農田土壤土系永續管理資料庫之建立。行政院農委會農糧署委託計畫。(計畫編號：94-農科-1.1.3-糧-Z2(1))。期末報告。37頁。

- 陳尊賢、蔡呈奇、吳森博、賴鴻裕、簡士濠、李家興。2005b。阿里山祝山鐵路沿線土壤剖面標本製作及性質調查(祝山、自忠、麟芷山、塔塔加等地區土壤剖面標本製作及性質調查)。行政院農業委員會林務局嘉義林區管理處委託研究計畫(計畫編號：94-05-8-02)。期末報告。59 頁。
- 國立中興大學土壤學系。1971a。屏東縣土壤調查報告。臺中市。
- 國立中興大學土壤學系。1971b。嘉義縣土壤調查報告。臺中市。
- 國立中興大學土壤學系。1975。高雄縣土壤調查報告。臺中市。
- 臺灣省立中興大學土壤學系。1969a。臺南縣土壤調查報告。臺中市。
- 臺灣省立中興大學土壤學系。1969b。彰化縣土壤調查報告。臺中市。
- 蔡呈奇、陳尊賢、許正一、郭鴻裕。1998。臺灣地區農地與坡地代表土壤的選定與其相關資料庫的建立。土壤與環境。1(1): 73-88.
- Bautista, F. and J. A. Zinck. 2010. Construction of an Yucatec Maya soil classification and comparison with the WRB framework. *J. Ethnobiology and Ethnomedicine* 6:7.
- Chen, Z. S. 1993. Proposal for Prefecture Soils in Taiwan. *Soils and Fertilizers in Taiwan (1993 issues)*: 1-11.
- Dazzi, C., G. L. Papa, and V. Palermo. 2009. Proposal for a new diagnostic horizon for WRB Anthrosols. *Geoderma* 151(1-2): 16-21.
- Deckers, J., P. Driessen, F. Nachtergaele, and O. Spaargaren. 2002. World Reference Base for Soil Resources – in a nutshell. p. 173–181. In Micheli, E., F. O. F. Nachtergaele, R. J. A. Jones, L. Montanarella (Eds.), *Soil Classification 2001*. European Soil Bureau Research Report No. 7, EUR 20398 EN.
- Driessen, P. M., J. Deckers, O. Spaargaren & F. Nachtergaele. FAO. 2001. Lecture notes on the major soils of the world (with CD-ROM). *World Soil Resources Report No. 94*. Rome.
- FAO. World reference base for soil resources 2006: a framework for international classification, correlation, and communication. *World Soil Resources Reports No. 103*. FAO, Rome.
- FAO. 2006. *Guidelines for Soil Description*. Fourth edition. Rome: FAO.
- FAO–UNESCO. 1971–1981. *Soil map of the world 1:5 000 000*. 10 Volumes. Paris, UNESCO.

- FAO-UNESCO-ISRIC. 1988. Soil map of the world. Revised legend. World Soil Resources Report No. 60. Rome.
- Gray, J. M., G. S. Humphreys, and J. A. Deckers. 2011. Distribution patterns of World Reference Base soil groups relative to soil forming factors. *Geoderma* 160: 373-383.
- Hausenbuiller, R. L. 1985. Soil science: Principles and practices (3rd ed.). Wm. C. Brown Co., Dubuque, IA.
- Mojiri, A., A. Jalalian, and N. Honarjoo. 2011. Comparison Between Keys to Soil Taxonomy and WRB to Classification of Soils in Segzi Plain (Iran). *J. Appl. Sci.* 11: 579-583.
- Morand, D. T. 2010. The world Reference Base for Soils (WRB) and Soil Taxonomy: an initial appraisal of their application to the soils of the Northern Rivers of New South Wales. 19th World Congress of Soil Science: The WRB evolution. Brisbane, Australia, 1 – 6 August, 2010.
- Sanchez, P. A., S. Ahamed, F. Carre, A. E. Hartemink, J. Hempel, J. Huising, P. Lagacherie, A. B. McBratney, N. J. McKenzie, M. D. Mendonca-Santos, B. Minasny, L. Montanarella, P. Okoth, C. A. Palm, J. D. Sachs, K. D. Shepherd, T. G. Vagen, B. Vanlauwe, M. G. Walsh, L. A. Winowiecki, and G. L. Zhang. 2009. Digital Soil Map of the World. *Science* 325: 680-681.
- Shi, X. Z., D. S. Yu, S. X. Xu, E. D. Warner, H. J. Wang, W. X. Sun, Y. C. Zhao, and Z. T. Gong. 2010. Cross-reference for relating Genetic Soil Classification of China with WRB at different scales. *Geoderma* 155: 344-350.
- Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. USDA-NRCS, Agricultural Handbook No. 436, 2nd ed., U.S. Gov. Print. Office, Washington, D.C.
- Takahashi, T., M. Nanzyo, and S. Shoji. 2004. Proposed revisions to the diagnostic criteria for andic and vitic horizons and qualifiers of Andosols in the world reference base for soil resources. *Soil Sci. Plant Nutr.* 50(3): 431-437.
- Zádorová, T. and V. Penížek. 2011. Problems in correlation of Czech national soil classification and World Reference Base 2006. *Geoderma* 167-168: 54-60.