

休耕農地契作短伐期經濟林潛在的土壤問題

◎林業試驗所育林組·杜清澤 (gisdu@tfri.gov.tw)、黃菊美
 ◎國立宜蘭大學森林暨自然資源學系·蔡呈奇

農委會自102年推動「調整耕作制度活化農地計畫」，將原休耕給付經費轉為轉(契)作補貼，休耕地可契作短伐期經濟林。依據林務局公告之「契作短伐期經濟林作業規範」補助樹種為相思樹、楓香、杜英、油桐與桉樹，凡符合「調整耕作制度活化農地計畫」認定基準的農民，憑與契作單位契作的契約書，即可向戶籍所在的鄉公所申請。契約內容包括樹種、供貨規格金額、地點等，簽約明訂產業必須負收購之責，而農民也有供貨之責。

農民契作短伐期經濟林時除注意生態環境外，因契約之規定及私人利益最大化之誘因，其林地之經營將是採取集約方式以追求林木在短期內能達到最大生產量，並希望土地能持續發揮其最大之生產力。但農民用來契作的農地係已經由人為的操作如施肥、機耕、灌排水、作物相等的影響而改變了土壤形態、物理性、化學性及生物性，與森林土壤在許多方面都有所不同，這些改變可能導致土壤過酸、過鹼、排水不良、質地過砂或黏、具有硬磐或鐵錳積聚層、營養不平衡的現象，使其成為土壤生產力的限制因子，如未能事先究明原因並予改良，將導致林木生長不良，甚或造林失敗。

森林土壤與農業土壤的差異

土壤是因活的生物體(植物、動物和人)、氣候和地形隨時間的作用，由母質(岩石、火山灰等)形成的，主要由四個基本部分組成：礦物質、有機質(活的或曾經活的)、水和空氣；作為植物生長的基質，土壤可提供給陸

生植物營養物質、水分，以及固定的複雜天然物質，可以考慮是其環境的產物。

農業土壤可以說是由人類依所需的化學和物理性質而特別培育出來的，森林土壤與農業土壤在許多方面都有所不同，充分化育的森林土壤是垂直分層天然土體，其各層次可如圖1所示說明。

頂部是一個有機質層(O層)，又可分為以下各副層：由新鮮的，未分解的植物殘體組成的Oi層；半分解，有機物質殘體組成的Oe層和由腐殖質，以及不含礦物質的無定形有機物質組成的Oa層。其下則是一礦質化化育層(A)、礦物質被洗出的化育層(E)、礦物質積累的化育層(B層)、可被根穿透的礦質化層(C)

| 化育層(或土層)名稱 | | 土體剖面性狀 |
|------------|-----|---|
| 新制 | 舊制 | |
| L,F或 Oi,Oe | O1 | 有有機殘體仍然能辨認者 |
| F,H或 Oa,Oc | O2 | 已分解之有機質(腐植質) |
| A | A1 | 暗色(或未必)，有機質和礦物質混和(但有有機含量須少於25%) |
| E | A2 | 淡色；洗出最多的部位(黏粒與氧化物外移) |
| AB或 EB | A3 | 過渡帶，但相對上仍較像上層 |
| --- | AB | |
| E/B | A&B | |
| BA或 BE | B1 | 過渡帶，但相對上較近似下層 |
| B/E | B&A | |
| B或 Bw | B2 | 洗入最多的部位(黏粒與其他懸浮塊狀或柱狀)相對最發達；紅、棕色質 |
| AC | AC | |
| BC或 CB | B3 | 過渡層 |
| B/C | B&C | |
| C | C | 生物因子如根系和動物等相對影響可及之深度，下方較無風化物質；可能為上層土層的成土母質；通常是已相當程度風化的岩體。 |
| R | R | 固結(consolidated)之岩體；一般都因太硬而無法以圓錐開挖 |

圖1 完整之土壤剖面的觀察
 (資料來源：王明果、謝兆申等土壤調查技術手冊)

及本地硬基岩(R)，可能會缺乏E、B、C和R層，或B層可能由地下水或積水被修改。通常森林的土壤都比農業土壤要淺而多石塊，其物理和化學性質往往較農業土壤有更多的變動。O化育層在森林土壤通常是更重要的，因為它是營養物質的主要來源。

農業土壤通常缺乏有機層(O層)，由於人為耕犁而形成耕犁層(Ap層)，此一A層通常已經混合了部份的E層甚至於B層，B和/或C層可能經由深耕或翻土而打破了。

由於耕作，農業土壤通常比他們相對應的森林更為單一均勻；土壤的物理性質被認為是森林土壤的極重要的因素之一，而農業上土壤的化學性質可能是最重要的；在森林

土壤中母質的性質是比在農業土壤更重要，天然林的肥力可以追溯到母質，在農業方面，肥料被添加以改善任何營養素缺乏的土壤。因此，兩種土壤之間的差異，更因農藥和肥料的加入而增強。

苗栗後龍鎮龍昇村休耕農地製作短伐期經濟林示範造林區旁之次生林與休耕農地兩者之土壤剖面如圖2、3。

圖2中次生林剖面有相對明顯的化育層次：由於位於較低海拔(110公尺)，地表枯落物覆蓋的O層因氣候濕熱而易分解，因此僅留下淺薄不明顯的一層，甚或流失；0~5公分處為由受有機物影響的A化育層，有良好的團粒狀構造；5~12公分為AB過渡層，土壤受有機



圖2 苗栗後龍鎮龍昇村次生林土壤剖面(蘇德忠 攝)

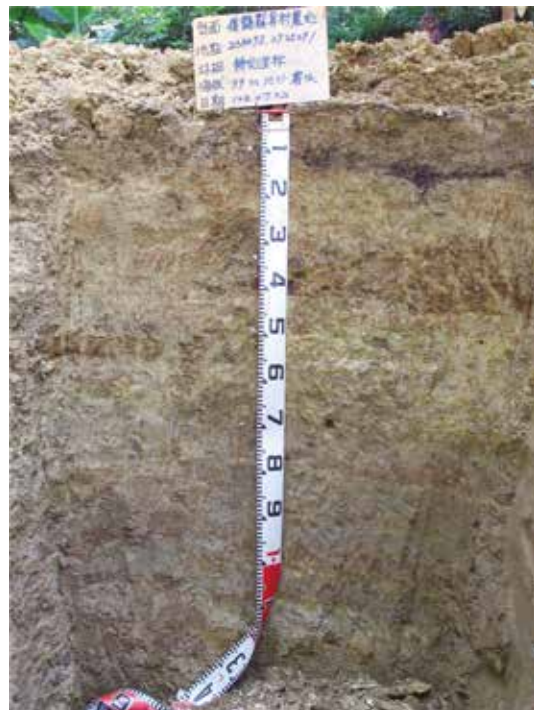


圖3 苗栗後龍鎮龍昇村農耕地土壤剖面(蘇德忠 攝)

物染色的影響而呈現為暗黃棕色，無團粒狀構造，以塊狀構造為主；12公分以下為變育層(Bw)，土壤構造明顯，土壤顏色為紅棕色與黃棕色，為砂頁岩母質風化後，土壤在濕熱氣候下長時間氧化的結果；本剖面的通氣排水良好，主要的根系多出現在表土(0~30公分)，而雖然有些下部土層較為密實，但植物的根系仍可以延伸至距地表50~60公分處，甚至100公分處。

圖3的耕地與次生林地海拔相近(99公尺)，因早期為種植水稻作物，長期耕作的結果使得土壤剖面表層已無有機物的聚積(無O層)；0~12公分有明顯的客土現象(或整地)，覆蓋住原來之A層；12公分以下為原來的土層，而經過長時期的耕犁，距地表40公分左右出現一層淺薄的犁底層(長期機器耕犁的壓實作用所形成的密實土層)，該層上方有明顯的鐵錳聚積(紅棕色與黑色的斑點)，表示該土壤長期受到人為灌溉與排水的影響；另外，犁底層下方的土層有多處表現出鐵的洗入與聚積的現象(顏色互層)，推測可能剖面下方早期有地下

水，而地下水的季節性上下變動造成現在看到的土壤顏色互層的變化，但目前並無地下水的湧出，必須進一步分析土壤性質來做確認。本剖面的土壤相當密實，根系多只在0~10公分處出現，其他下部土層幾乎沒有根系的延伸。

問題土壤及改良對策

臺灣地區位於高溫、多雨、多濕的環境，又有颱風及地震天災的衝擊，加上高度密集耕作如施肥、機耕、灌排水、作物相等人為的操作利用土壤，容易改變土壤形態、物理性、化學性及生物性，致使農地引起地力衰退、土壤疲乏的發生。

美國學者Lal等人將土壤劣化定義為：因為人類對於土壤之誤用，導致土壤品質之退化(Lal et al. 1993)。在農業使用上臺灣常見的土壤劣化問題，可分為土壤物理性、土壤化學性及土壤生物性劣化等；其中土壤物理性劣化主要包括：鐵錳積聚層及土壤壓實、土壤結皮、沖蝕(水蝕與風蝕)及排水不良；土壤化學性劣化包括：土壤酸化、土壤鹽鹼化、

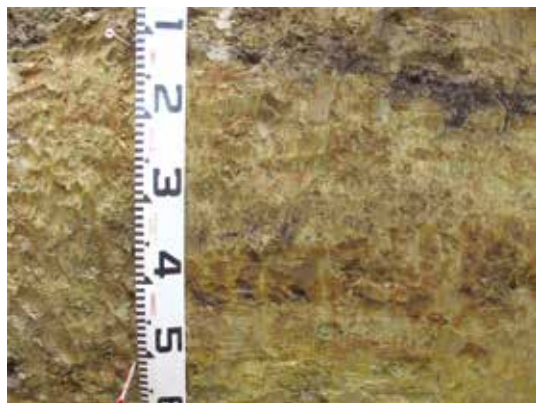


圖4 苗栗後龍龍昇村耕地土壤有鐵錳積聚，在35~45公分處形成硬盤(蘇德忠 攝)



圖5 苗栗後龍龍昇村校樹造林木因土壤密實及硬盤，根系在25公分深度即橫向發展(蘇德忠 攝)

表1 苗栗後龍鎮龍昇村土壤之容積及孔隙率

| 深度(公分) | 耕地 | | 次生林 | |
|--------|-------------------------|--------|------------------------|--------|
| | 容積 (g/cm ³) | 孔隙率(%) | 容積(g/cm ³) | 孔隙率(%) |
| 0~10 | 1.47 | 36.68 | 1.15 | 49.41 |
| 10~20 | 1.56 | 34.19 | 1.03 | 55.01 |
| 20~30 | 1.55 | 36.51 | 0.80 | 61.29 |
| 30~50 | 1.61 | 34.81 | 1.16 | 50.84 |
| 50~90 | 1.63 | 34.47 | 1.37 | 45.18 |

土壤肥力之流失、土壤有機質之減少、養分不平衡及有毒物質之加入；土壤生物性劣化包括：土壤大型與微生物之減滅及病蟲害生態的劣變等。

當耕地轉為林地使用時，造林初期首要面對的是土壤物理性劣化的問題，其中土壤的壓實性及土壤排水不良更直接關係造林初期之成敗及生長。苗栗後龍鎮龍昇村休耕地契作短伐期經濟林示範造林初期生長不良，土壤物理性劣化是其主要因素。

一、壓實性土壤

所謂壓實性土壤是指土壤長期不斷耕犁後，孔隙率降低，或是粘粒含量過高，造成土壤構造緊密、通氣性變差、排水不良、根難以穿透等問題。臺灣地區壓實性土壤多出現在粘粒含量多的紅壤與耕作歷史久遠的水田土壤中，而西南部沿海地區的看天田土壤，也有壓實性的問題。臺灣地區某些紅壤質地粘重，粘粒含量往往高達40%以上，因此土壤構造緊密，不論在耕犁或植根的發育上，都是很大的障礙。

至於水田土壤的壓實性問題，可能起因於長久的耕作歷史以及密集式的種植水稻。臺灣水田的開墾，至今約略三百年左右，加

上水稻為一年兩期作，土壤每經耕犁、灌水、耙平、植苗、排水等循環後，在30至50公分深度左右，會形成堅硬的犁底層，而隨著時間愈久，犁底層的壓實度也愈高。這些犁底層堅硬的水田土壤排水不良、通氣性差、土壤中的毒性有機酸不易排除，生產力因而較低，特別是在水田改作造林時，若不適時打破這些犁底層，對苗木的傷害極大。

測定苗栗後龍鎮龍昇村次生林及耕地土壤不同深度之土壤容積及孔隙率如表1，耕地之土壤容積較次生林為大，而孔隙率變小，顯示該地土壤確已有壓實的現象。

二、排水不良

一般所指的排水不良土壤是泛指旱田，而休耕地契作短伐期經濟樹種後之土地利用方式如同旱田一般，排水不良會影響苗木生長。引起土壤排水不良的主因是地下水位過高或土壤質地過於粘重，而像多雨地區的氣候因素，也會造成土壤排水不良。

當土壤排水不良時，會影響機械在田間操作；且因土壤水分過多，通氣不良，造成植物根部缺氧或累積毒性有機酸，根系會因缺氧而阻礙代謝作用，影響對養分與水分的吸收，容易引起病害。



圖6 苗栗後龍龍昇村楓香造林木因土壤密實，在15公分處根系即無法向下深入，影響林木生長(蘇德忠 攝)

三、改良對策

土壤因農機壓實而產生土壤壓實，進而導致排水不良，是耕地造林首要面對的土壤物理性劣化問題；此一問題將不利造林木根系的伸展，阻礙林木生長，且因地表缺乏覆蓋而易造成表土流失及增加表面逕流。針對土壤壓實性及排水不良的問題，建議改良對策如下：

(一) 利用深耕將犁底層打破：上、下層土壤將因而混合，消除對水分、空氣流通及根系穿透所造成的障礙，增大有效的土壤體積，促進根系深入土壤下層而增加水分與養分的供應。可配合施用足量的肥料以提高整體的土壤肥力，若是強酸

性土壤，可配合石灰的施用。

- (二) 利用明溝或暗管排水，同時以作畦方式栽植苗木：於造林地以明溝或暗管排水，排除多餘水分與毒性物質；並以作畦方式鬆開土壤，增加根系伸展空間，利於苗木向下紮根。
- (三) 植穴增大加深，並添加土壤改良劑或有機質：利用土壤改良劑促進團粒構造以抵抗土壤壓實的形，添加有機質可降低土壤的總體密度，提高土壤孔隙率，有利於根系發展並可增加土壤肥力及微生物活性。

結語

休耕農地契作短伐期經濟林可活化休耕農地，維護農業生產環境，增加產值及創造就業機會，但農業用地之土壤與森林土壤有極大的不同，在造林上需對土壤有更全面性的了解。耕地如果因人們對於土壤之誤用，可能導致土壤品質之退化影響造林，尤其土壤物理性劣化之情形更是攸關造林後能否長期經營的成敗因素。蓋因土壤物理性障礙如果不改善，即使土壤化學性質已改良，但不利於林木生長之環境仍存在；而土壤物理、化學障礙如改善，因其作物已轉變為林木而非農作，土壤將有6至10年之休養，其土壤之生物性劣化也將能有所改善，將可有持續經營的成效。⊗