

土壤水分境況對茶樹芽葉生育之影響

鄭混元¹

摘要

本試驗目的在於探討土壤水分境況對茶樹芽葉生育之影響，利用不同的土壤水分張力為灌溉起點之水管理方法，藉以了解茶樹需水量之最適範圍，做為省水灌溉之參考依據。由試驗結果顯示土壤水分張力計讀值與土壤水分含量兩者求得之直線迴歸方程式為 y (土壤水分含量) = $28.3 - 0.1107 x$ (土壤水分張力計讀值)。當土壤水分張力達到 100 分巴以上時對茶樹芽葉生育即產生顯著的影響，不同茶樹品種對土壤水分境況呈現不同的反應，其影響程度以青心烏龍大於臺茶 12 號及嫁接烏龍。當土壤水分張力達到 80 分巴再供給水分，對嫁接烏龍及青心烏龍的芽葉生育就會有比較明顯的影響，而臺茶 12 號尚可忍受較高的土壤水分張力。由灌溉水量及芽葉生育來看，連續(0) 及 20 分巴供水其灌溉水量最高，並不能有效的節省水源，若能控制在 40 至 60 分巴再進行灌溉，茶樹芽葉生育幾乎不受影響，亦能達到省水灌溉之目的。由此，顯示利用土壤水分張力計進行茶樹水分管理可以有效的減少灌溉水量。

關鍵字：茶樹、土壤水分境況、土壤水分張力、灌溉、芽葉生育

前言

適量的灌溉可以提昇茶樹芽葉品質及產量，尤其在旱季灌溉的效益更加明顯（黃，1983、1988）。茶樹全年的需水量在 1,100-1,300 公釐的降雨量，以土層 0-50 公分土壤水分最為重要，灌溉水量一次供給 60 公分根層之有效水分已足夠根部之有效吸收（黃，1983）。小葉種茶樹平均日耗水量在 10-20 °C 為 1.24-1.5 公釐，23-28 °C 為 1.34-2.68 公釐，其耗水量與氣溫成正比（吳及常，1971）。黃（1988）指出茶園以軟質聚乙烯（PE）穿孔管實施冬季灌溉，每日施灌水量 2 公釐較適宜，噴灑灌溉則以採行一次灌溉水量一次供給為宜（黃，1983）。灌溉過量造成茶樹濕害，其吸收根顯著減少，且集中分佈於土壤表層，輪導根短，呈水平狀態伸展，分佈較淺，主根難以往下伸長，植株生長緩慢，分枝稀少，枝條出現灰枯死亡現象（許及葛，1993）。以地下部最早出現症狀，首先細根變黑，隨後粗根變黑腐爛，葉片黃化脫落，造成茶樹矮小、葉薄、芽稀、發芽遲、生長慢、對口芽多，茶葉不耐沖泡、產量低、品質差，甚至枯死（李，2004）。具有蓄水灌溉設施系統良好的茶區，在豐水期能發揮貯水功能，提供茶園灌溉。由於用水取得容易常造成茶園灌溉過量的現象發生，對幼木或成木茶樹生長及製茶品質造成不利的影響，因此，水資源的合理應用相當重要。

茶樹旱害係屬於漸進累積性天然災害，受害時在葉片未出現萎凋癟狀前，肉眼不易辨識，當茶樹新梢已呈現受害癟狀，一兩天內即發生枝枯現象（陳及馮，1994）。茶樹發生缺水直接反應在新梢停止生長，芽葉容易形成對口，色澤黃綠，內折度大，節間短、葉面積小，百芽鮮重減輕、短小

1. 行政院農業委員會茶業改良場臺東分場 前副研究員兼茶作股長。臺灣 臺東縣。

且芽葉數明顯減少，造成減產（陳及蔡，1992；Burgess, 1996）。陳（1997）亦指出當土壤水分含量低時，生長發育受阻，葉面積減少，葉片變薄，節間伸長遲緩，且茶菁產量明顯降低（Odhiambo et al., 1993），產量的減少是由於芽葉生育受抑制，芽葉萌發、葉面積及生長速度明顯降低（Stephens and Carr, 1993; Stephens and Carr, 1994）。茶樹遭遇長時間的高溫、乾旱及強光照後，會出現葉片變色、枯焦、脫落，枝條乾枯，直至整株茶樹枯死，為茶樹熱旱的主要癥狀（尚及韓，2013）。茶樹生長旺盛，根系發達，其抗旱能力較強（盧等 2013）。余及黃（2013）指出樹勢健壯，根系深廣，葉片結構緊湊，葉面光滑，葉質硬，葉脈密，角質層厚質，新梢持嫩性強的品種，往往抗旱性較強。具有較高根冠比的品種其抗旱性也較強（伍，1991）。抗旱性較強的品種其比葉面積一般較小，葉片小而直立的中國類型茶樹，由於在單位面積葉片上所截留的輻射能量較少，因而在耐熱和抗旱能力上優於葉片大而水平著生的阿薩姆類型茶樹（伍，1991；伍等，1991）。潘等（1999）指出茶樹對高水量有較強的適應性，在高濕、中濕條件下，葉片水勢變化小，僅下降 1-2 巴，但在低濕條件下降幅度大，顯示耐旱性強的品種可保持較高的水勢，在逆境條件下尚能保持較強的光合作用。一般認為低水勢的品種較不耐旱（Odhiambo et al., 1993），葉片水勢高的品系對乾旱忍耐力較強（Sandanam et al., 1981）。

由於全球氣候變遷造成氣候異常現象逐年增加，在水資源有限之情況下，茶樹省水栽培為茶園管理的一項重要措施。茶樹定植後之幼木茶園往往給予太多的水分，以致茶園土壤過於潮溼，有數蓋之茶園土壤含水量更高且持續時間長，造成茶樹根系呈現水平方向生長，無法向下往土壤深層伸長，而且根系受到浸水之影響，地上部呈現黃化枯萎現象，嚴重時凋萎枯死。在成木茶園常過量灌溉，不但造成水資源的浪費，而且由於茶樹根系過淺，當遭逢乾旱缺水逆境，無論幼木或成木茶樹往往無法忍受而衰弱或枯死，以致茶樹生長年限有逐漸縮短之現象，因此，亟需建立茶園合理的灌溉來提高茶樹對逆境（乾旱、病蟲害）之抵抗力，使根系往下生長，讓茶樹生長更健康。所以本試驗目的在探討土壤水分境況及管理對茶樹芽葉生育之影響，利用不同的土壤水分張力為灌溉起點之水分管理方法，藉以了解茶樹需水量之最適範圍，做為省水灌溉之參考依據。

材料與方法

一、材料

本研究在茶業改良場臺東分場進行盆栽試驗，以臺茶 12 號、嫁接烏龍及青心烏龍扦插苗定植於高 33 公分、寬 26 公分、底徑 20 公分之白色塑膠盆鉢。嫁接烏龍係以臺茶 12 號為砧木品種，青心烏龍為接穗品種。茶樹生長至三年生再移入溫室，分別於萌芽期及一葉期進行土壤水分試驗。萌芽期為樹冠茶芽萌發達 70% 左右為萌芽日（魚葉開展算萌芽），一葉期係茶芽達到一芽一葉的時期。

二、方法

（一）試驗處理

1. 土壤水分境況試驗

試驗處理以土壤水分張力計設定 0、50、100、150 及 200 分巴，待茶樹達到此張力計讀值再持續供給水分，每日灌溉水量 200 ml，另以茶樹生長期間全期不供水為對照組（CK）。每處理 4 盆鉢，六處理，三品種計 72 盆。

2. 土壤水分管理試驗

試驗處理以 0、20、40、60、80 分巴之土壤水分張力為灌溉起點，待茶樹達到此張力計讀值再供給水分，每次灌溉水量 200 ml，另以茶樹生長期間全期不供水為對照組（CK）。每處理 4 盆鉢，

六處理，三品種計 72 盆。

(二) 試驗設計

試驗設計採裂區設計，主區為品種，副區為不同水分處理，四重複。

(三) 調查項目

1. 土壤水分張力測定

將土壤水分感測器 (watermark sensor, model 200SS, IRRMETER COMPANY, INC) 埋設在盆鉢深度 15 公分處，每日以土壤水分測定儀 (watermark digital meter, IRRMETER COMPANY, INC) 測定土壤水分張力，為一台手握式儀器，將纜線配置的彈簧夾，連接感測器接頭，讀取數值並記錄，量測範圍在 0 至 200 分巴 (centibars)，進行土壤水分調控。

2. 土壤水分含量測定

取盆鉢土壤秤重，於室內陰乾，再秤重，換算土壤水分含量。再由土壤水分張力計讀值與土壤水分含量求得兩者之迴歸方程式，並計算不同土壤水分張力之土壤水分含量。

3. 供水量記錄

分別於春秋兩季調查量測不同土壤水分管理茶樹生長期間灌溉水量。

4. 芽葉生育調查

盆鉢茶樹調查茶芽及葉片農藝性狀，包括茶芽鮮重與乾重、茶芽含水量、芽長、節間長、節間徑、葉厚、葉長、葉寬、葉面積。

(1) 茶芽鮮重與乾重：取採摘茶芽秤鮮重，置入烘箱乾燥後秤乾重。

(2) 茶芽含水量：取茶芽秤取鮮重 (FW) 後置入 80°C 烘箱，於烘乾 72 小時後秤取乾重 (DW)，由公式 $(FW - DW) / FW$ ，計算茶芽含水量。

(3) 芽長：測量全芽長度，由芽葉基部至頂端之長度。

(4) 節間徑：第二及第三節間枝梗直徑。

(5) 節間長：第一葉腋至第二葉腋及第二葉腋至第三葉腋之長度。

(6) 葉長：測量第二葉、三葉片最長之長度。

(7) 葉寬：測量第二葉、三葉片最寬之寬度。

(8) 葉面積：葉長×葉寬×0.7。

(9) 葉厚：以厚度計測量葉片中間主脈二旁厚度。

三、資料分析

上述分析資料利用 SAS 統計分析，先進行變方分析，處理間達 5% 顯著差異時，再以最小顯著性差異測驗法 (LSD) 比較各處理間之差異。

結果與討論

一、土壤水分張力計讀值與土壤水分含量之關係

由土壤水分張力計讀值與土壤水分含量兩者求得之直線迴歸方程式為 y (土壤水分含量) = 28.3 - 0.1107 x (土壤水分張力計讀值) (圖一)，藉由此方程式計算出不同土壤水分張力計讀值之土壤水分含量列於表一，當土壤水分張力為 0 分巴，即茶樹全期 (每日連續) 供水，其土壤水分含量為 28.30%，當土壤水分張力在 50 至 200 分巴，其土壤水分含量為 22.16 至 6.15%。在 20 至 80 分巴則為 26.09 至 19.44% (表一)。由此可看出當土壤水分張力在 150 分巴以上時，其土壤水分含量已相當低。鄭 (2003) 調查茶園旱害發生時之表底土含水量分別為 8.7 及 14.8%，七至八月高溫日照

強，茶園土壤水分張力大多維持在 100 分巴以下，有時會達到 150 分巴。

二、茶樹芽葉生長期供水量比較

春季茶樹芽葉生長期連續每日供給 200 ml 水量，全期灌溉水量可達 5,400 ml，灌溉次數高達 27 次。當土壤水分張力在 20 分巴再給供水灌溉，其灌溉水量以臺茶 12 號最高為 2,200 ml，其次為嫁接烏龍 1,800 ml，青心烏龍灌溉水量最少為 1,200 ml，三個品種之灌溉水量尚不及連續供水之半。在土壤水分張力達到 80 分巴再給供水灌溉，三個品種灌溉水量差異不大，分別為 1,200、1,000 及 1,200 ml。40 及 60 分巴時供水量以臺茶 12 號及青心烏龍高於嫁接烏龍。臺茶 12 號以全期供水灌溉水量最高，為 5,400 ml，其次為 20 分巴，其灌溉水量為 2,200 ml，60 分巴為 1,600 ml，40 及 80 分巴灌溉水量 1,200 ml 為最低。嫁接烏龍在 40 至 80 分巴其灌溉水量差異不大，為 800 至 1,000 ml。青心烏龍除了全期供水灌溉水量為 5,400 ml，其他不同水分管理其灌溉水量約略相同，為 1,200 至 1,400 ml（表二）。

秋季茶樹生長期連續每日供給 200 ml 水量，全期灌溉水量可達 4,800 至 5,800 ml，灌溉次數高達 24 至 29 次，以嫁接烏龍及青心烏龍灌溉水量高於臺茶 12 號。當土壤水分張力在 20 分巴再供水灌溉，其灌溉水量以臺茶 12 號及嫁接烏龍最高為 2,400 ml，青心烏龍灌溉水量最少為 2,000 ml，三個品種之灌溉水量尚不及連續供水之半。在土壤水分張力達到 40 分巴再供水灌溉，三個品種灌溉水量差異大，以嫁接烏龍高達 2,200 ml，其次為臺茶 12 號 1,600 ml，青心烏龍最低為 1,200 ml，當土壤水分張力在 60 至 80 分巴，以嫁接烏龍灌溉水量高達 2,400-2,600 ml，青心烏龍 1,600-2,000 ml，臺茶 12 號 1,400 ml（表二）。

由上述可看出春季臺茶 12 號及嫁接烏龍在不同水分管理之間，其需水量呈現較大的差異，而青心烏龍差異則不明顯。秋季則以臺茶 12 號及青心烏龍呈現較大的差異，嫁接烏龍反而不明顯。其原因可能在於臺茶 12 號茶樹植株（地上及地下部）大於嫁接烏龍及青心烏龍，以致需水量有較大的變動，其次可能在於茶季氣候環境的影響。利用土壤水分張力計進行茶樹水分管理可以有效的減少灌溉水量。由灌溉水量來看，連續（0）及 20 分巴供水其灌溉水量最高，並不能有效的節省水源，若能控制在 40 至 60 分巴再進行灌溉，可以達到省水灌溉之目的。以下再分別從土壤水分境況及水分管理對茶樹芽葉生育之影響，由茶芽及葉片性狀對土壤水分張力之反應，綜合研判茶樹需水量之最適範圍。

三、土壤水分境況對茶樹芽葉生育之影響

由萌芽期試驗結果顯示臺茶 12 號茶芽鮮重，在土壤水分張力達到 150 分巴已顯著受影響，芽長、節間長與徑、第三葉長、葉寬及葉面積呈現相同的結果。雖然葉厚隨著土壤水分張力上升而變薄，但並未達到顯著的差異。茶芽含水量、第二節間徑反而以土壤水分張力 50 或 100 分巴高於全期供水，而且達到顯著的差異。大部分芽葉性狀在土壤水分張力 150 或 200 分巴與全期不供水沒有顯著的差異。嫁接烏龍大部分芽葉性狀在土壤水分張力達到 150 分巴已影響顯著，土壤水分張力在 50 至 100 分巴之芽葉性狀則與全期供水差異不顯著，葉厚幾乎不受影響，土壤水分張力 50 分巴之節間長與徑反而高於全期供水，而且達到顯著的差異。大部分芽葉性狀在土壤水分張力 150 至 200 分巴與全期不供水沒有顯著的差異。青心烏龍對土壤水分張力之反應最為明顯，在 100 分巴已顯著影響芽葉生育，茶芽鮮重與含水量、芽長、第二葉長、葉寬及葉面積與全期供水達到顯著的差異，而且部分性狀在 50 分巴已稍受影響，葉厚則未受影響，土壤水分張力 100 分巴之茶芽乾重、節間長、第二節間徑、第三葉長、葉寬及葉面積與全期不供水差異不顯著（表三）。

由一葉期試驗結果顯示臺茶 12 號之茶芽鮮重，在土壤水分張力達到 150 分巴，才與全期供水及 50 分巴達到顯著的差異，與 100 分巴則差異不顯著。芽長、節間長、第二節間徑在土壤水分張力 100 分巴已顯著受影響。部分芽葉性狀在土壤水分張力 200 分巴才與全期不供水差異顯著。葉厚

則隨土壤水分張力上升而呈現愈薄之趨勢。嫁接烏龍茶芽鮮重與含水量、芽長、第二葉長、葉寬及葉面積在土壤水分張力 100 分巴已呈現顯著的影響，其他芽葉性狀在 150 或 200 分巴與全期供水並未達到顯著的差異。大部分芽葉性狀在土壤水分張力 200 分巴與全期不供水差異不顯著。葉厚則隨土壤水分張力上升而呈現愈薄之趨勢。青心烏龍茶芽鮮重在土壤水分張力 200 分巴才顯著受影響，其他芽葉性狀大致上呈現相同的結果，大部分芽葉性狀在土壤水分張力 200 分巴與全期不供水差異不顯著。葉厚則隨土壤水分張力上升而呈現愈薄之趨勢，在 50 分巴就與全期供水達到顯著的差異（表四）。

由上述結果顯示不同品種對土壤水分境況呈現不同的反應，萌芽期的影響程度以青心烏龍大於臺茶 12 號及嫁接烏龍，青心烏龍在土壤水分張力 50 分巴以上，芽葉生育已受影響，臺茶 12 號及嫁接烏龍則需至 100 分巴以上才受影響，萌芽期處理之芽葉生育隨著土壤水分張力的升高而有一致性的變化。一葉期大部分芽葉性狀是以臺茶 12 號及嫁接烏龍的影響程度大於青心烏龍，可能在於臺茶 12 號及嫁接烏龍枝葉較多，在相同的供水量下所需水量較大，以致深受影響。青心烏龍樹體小，水分需要量較少，所以無論在何種水分張力下供水，需要的水分已足夠，其所受的影響較小，但由葉厚的變化可以看出青心烏龍在土壤水分張力 50 分巴就已顯著影響。一葉期處理之臺茶 12 號及嫁接烏龍芽葉性狀隨著土壤水張力的升高而有一致性的變化，青心烏龍則變化較不一致。綜合上述，臺茶 12 號與嫁接烏龍當缺水至土壤水分張力 100 分巴，青心烏龍則視生育期在 50 或 100 分巴，茶樹芽葉生育還不致於受到嚴重的影響。由不同土壤水分境況試驗可看出，在土壤水分張力 100 分巴以上，即土壤水分含量在 17.23% 以下，茶樹芽葉生育才受影響，當土壤水分張力達到 150 分巴，土壤水分含量為 11.69%，已顯著影響芽葉生育。鄭（2003）調查茶園發生旱害時之土壤水分含量，當表土（0-20 cm）為 7.7-10.9%，底土（20-40cm）為 13.1-16.2，茶樹受害率在 20-70% 之間。一般而言茶樹生長最適宜的土壤相對含水量為 70-90%，低於 70% 茶樹生長及代謝即產生不利的影響（伍等，1991）。在一定的土壤水分範圍內，土壤相對含水量 70% 以上，土壤水分的降低並不影響根系的生育，反而對吸收根具有促進作用（段，1992）。本試驗有些芽葉性狀在土壤水分張力 50 分巴反而優於全期供水。在土壤田間容水量條件下，芽葉質地柔軟，色澤青翠，製茶品質良好（陳及蔡，1992）。當土壤水分張力在 0.01-0.08 Mpa，茶樹生長較適宜，達到 0.1 Mpa（1 巴）以上，表示土壤已開始缺水，茶樹生長易遭旱熱危害，應進行茶園灌溉（許，1993）。由本試驗結果顯示茶園水分管理可以設定在土壤水分張力 100 分巴以內來調整。

四、土壤水分管理對茶樹芽葉生育之影響

由夏季萌芽期試驗結果顯示臺茶 12 號在土壤水分張力 20 分巴再行供水，茶芽鮮乾重、芽長、節間長、第二葉長、寬與第二及三葉面積低於全期供水，而且達到顯著的差異，其中節間徑、第三葉寬及葉厚則需至 40 分巴才顯著影響，可以看出當土壤水分張力在 20 或 40 分巴再供水，部分芽葉性狀已受影響。土壤水分張力在 20 至 80 分巴之間，大部分芽葉性狀沒有顯著的差異，由此顯示在 20 至 80 分巴土壤水分張力下供水，對芽葉生育有相同的影響。嫁接烏龍在土壤水分張力 20 分巴再行供水，茶芽鮮重、第二葉長及葉面積低於全期供水，而且達到顯著的差異，其他芽葉性狀則需至土壤水分張力 60 或 80 分巴才呈現顯著的差異，土壤水分張力在 20 至 80 分巴之間，大部分芽葉性狀並沒有顯著的差異，對芽葉生育的影響相近於臺茶 12 號。青心烏龍在任何土壤水分張力下再行供水幾乎沒有顯著的差異，而且大部分芽葉性狀與全期供水差異不顯著，雖然葉面積在土壤水分張力 20 至 80 分巴差異不顯著，但還是可以看出當土壤水分張力在 60 分巴再行供水則已受影響。部分芽葉性狀則與全期不供水處理達到顯著的差異（表五）。

由秋季萌芽期試驗結果顯示臺茶 12 號在土壤水分張力 40 分巴再供水，茶芽鮮乾重、芽長、葉長、葉寬及葉面積高於全期供水，而且達到顯著的差異，土壤水分張力在 20、60、80 分巴之芽葉

性狀並沒有顯著的差異，其部分性狀與全期不供水差異顯著，葉厚在處理間互有高低，並無一致性的變化。由此可看出在適當的土壤水分張力灌溉，茶樹芽葉生育較佳，土壤水分過多或少皆不利於茶樹芽葉生育。嫁接烏龍在土壤水分張力 20 分巴再行供水，茶芽乾重、第一節間徑、葉厚、第二葉面積高於全期供水處理，而且達顯著的差異，土壤水分張力 20 至 80 分巴大部分芽葉性狀沒有顯著的差異，但與全期不供水差異顯著。由此顯示無論在 20 至 80 分巴土壤水分張力下供水，對芽葉生育有相同的影響。青心烏龍在任何土壤水分張力下再行供水幾乎沒有顯著的差異，而且大部分芽葉性狀與全期供水差異不顯著，只有第一節間長及第二葉厚顯著影響，土壤水分張力 20 至 80 分巴大部分芽葉性狀幾乎沒有顯著的差異，但與全期不供水差異顯著。由此顯示無論在 20 至 80 分巴土壤水分張力下供水，對芽葉生育有相同的影響（表六）。

由一葉期試驗結果顯示臺茶 12 號在土壤水分張力 20 分巴再行供水，茶芽鮮重與全期供水達到顯著的差異，有些性狀則需至土壤水分張力 40 分巴以上才呈現顯著的差異，大部分芽葉性狀在不同的土壤水分張力未達顯著差異，但與全期不供水差異顯著，由此顯示在 20 至 80 分巴土壤水分張力下供水，對芽葉生育有相同的影響。嫁接烏龍在土壤水分張力 60 分巴再行供水，茶芽鮮乾重、芽長、節間徑、葉長、第二葉寬、葉厚、第二葉面積低於全期供水，而且達到顯著的差異，無論何種土壤水分張力大部分芽葉性狀與全期不供水呈現顯著的差異。由此顯示當土壤水分張力至 60 分巴再供水，才會顯著影響芽葉生育，葉厚則隨土壤水分張力上升而變薄。青心烏龍在土壤水分張力 40 分巴再供水，大部分芽葉性狀高於全期供水，但幾乎未達顯著的差異，土壤水分張力 20 至 60 分巴各芽葉性狀互有高低，並未有一致性的變化，至 80 分巴芽葉生育已受影響，土壤水分張力 20 至 80 分巴之芽長、第二葉長、葉寬、葉厚及葉面積與全期不供水達到顯著的差異。由此顯示土壤水分張力至 80 分巴供水，已顯著影響芽葉生育（表七）。

由上述結果顯示不同品種對土壤水分管理呈現不同的反應。萌芽期處理之青心烏龍在土壤水分張力 60 分巴以上再供水，芽葉生育已受影響，臺茶 12 號及嫁接烏龍無論在 20 至 80 分巴土壤水分張力下供水，對芽葉生育有相同的影響。一葉期處理之臺茶 12 號無論在 20 至 80 分巴土壤水分張力下供水，對芽葉生育有相同的影響，嫁接烏龍及青心烏龍則分別在土壤水分張力 60 及 80 分巴才會受影響。由本試驗結果可以看出在低土壤水分張力並不一定有較佳的芽葉生育，而且不能達到省水灌溉。以水分張力計監控土壤水分可以達到省水灌溉，唯應用時尚需注意茶樹芽葉生育情形，再藉由水分張力計讀值配合芽葉性狀的變化，才能夠更加精準來管理茶園水分與灌溉。各種作物有其生長最適土壤水分範圍，如超過此一數值，即應加以灌溉，柑橘類在 30-90 分巴，酪梨 40-50 分巴，葡萄 30-50 分巴，香蕉 30 分巴，枇杷 10-70 分巴，番石榴 20-40 分巴（顏等，1996）。作物最易有效利用的水分，張力範圍只在 -1 巴以內，因此，一般作物的土壤水分管理，是保持水分在 -0.1 至 -1 巴的張力範圍內，針對園藝作物，為了保障作物維持最足量的水分消耗，蔬果類開始灌溉基準點大多訂定在 -0.3 巴或 -0.5 巴，果樹則為 -0.5 巴 或 -0.6 巴（向及吳，2004）。在水資源不充足的狀況下，以經濟用水及節能灌溉為原則，當土壤水分 PF 值達到 2.97，接近 1 巴，或土壤濕度降至田間容水量的 70% 左右才進行茶園灌溉，是茶樹最低的灌溉指標，在水源豐富灌溉指標可提高至 PF 2.78，有利於茶葉的生產（諶等，1985）。土壤田間容水量在 90-100%，PF 值常在 1.5-2.0，新梢生育旺盛，茶樹生長適宜的土壤含水量應為田間容水量的 90% 以上，PF 值為 2 左右，在高溫季節，土壤含水量達到田間容水量的 70% 左右，PF 值為 2.7 左右，即需進行灌溉（潘及顧，2006）。由本試驗結果顯示土壤水分張力範圍若能控制在 40 至 60 分巴再進行灌溉，茶樹芽葉生育幾乎不受影響，能達到省水灌溉之目的。

由於智慧化科技時代的來臨，以及對氣候變遷，市場需求之因應，茶業生產者必須以更精準的方式來管理茶園，尤其大面積經營者需要隨時監測茶園，藉以調整栽培管理方式及達到預警作用，

對土壤水分的管理可以利用水分張力計來觀測，並與電腦連線監測。現階段小面積農戶，很多是青年農民，對科技化的農機具並不陌生，因土壤水分測定儀較為昂貴，且需要較多的程序來測定，因此，可以先行利用簡易的土壤水分計隨時監測，即能有計畫的管理土壤水分調控灌溉，唯開始應用前需先了解茶園的土壤水分含量與土壤水分張力計讀值之關係，計算出 40 至 60 分巴之土壤水分含量，此方面田間應用技術可由改良場專業人員至現場操作及輔導推廣應用。

結 論

茶樹生長需要水分，過多或缺少水分皆會影響芽葉生育，適量的水分供應為茶樹生長良好的條件之一。由本試驗結果顯示過量灌溉並不能獲得較佳的芽葉生育，而且會造成水源的浪費。由於灌溉水源豐富，常因過量灌溉，以致可能是造成茶樹衰弱，以及茶葉品質不佳之原因，唯有合理的灌溉才能確保茶菁品質，獲得較佳的茶葉品質。綜合試驗結果可知，當土壤水分張力超過 100 分巴時茶樹芽葉生育即受影響，茶樹進行土壤水分管理應設定在 100 分巴以內來調控灌溉，再由不同土壤水分管理之芽葉性狀調查結果得知，當土壤水分張力達到 80 分巴再供給水分，對嫁接烏龍及青心烏龍芽葉生育就會有比較明顯的影響，而臺茶 12 號尚可忍受較高的水分張力。雖然全期供水有較佳的芽葉生育，但與其他處理差異並不是非常明顯，而且品種間的表現也有差異，在青心烏龍全期供水芽葉生育並非最佳，由灌溉水量及芽葉生育來看，全期供水 (0) 及 20 分巴供水其灌溉水量最高，並不能有效的節省水源，若能控制在 40 至 60 分巴再進行灌溉，茶樹芽葉生育幾乎不受影響，能達到省水灌溉之目的。

參考文獻

1. 伍炳華. 1991. 茶樹水分生理及抗旱性的研究概況與探討. 茶葉科學簡報 130: 1-15、22。
2. 伍炳華、韓文炎、姚國坤. 1991. 茶樹對土壤乾旱的生理反應. 中國茶葉 6: 2-3。
3. 向為民、吳宗諺. 2004. 農田土壤水分管理. 花蓮地區土壤特性及合理化施肥研討會論文集. pp. 64-68. 行政院農業委員會花蓮區農業改良場編印。
4. 余繼忠、黃海濤. 2013. 茶樹早熱害情況分析與災後恢復技術措施. 杭州農業與科技 5: 38-40。
5. 尚強、韓文炎. 2013. 2013 年茶樹熱旱害症狀及分級方法. 中國茶葉 9: 18-19。
6. 李淑美. 2004. 水分對茶樹所造成生理障礙. 植物保護圖鑑系列 4-茶樹保護 pp. 119-123. 行政院農委會動植物防疫檢疫局。
7. 段亮. 1992. 茶樹的抗旱生理研究 (之一) - 水分脅迫對茶樹生育的影響. 茶葉科學技術 134: 12-15。
8. 吳振鐸、常昭鳴. 1971. 茶樹灌溉對產量及其品質之影響. 臺灣省茶業改良場報告 53: 3-5。
9. 陳國任、蔡文福. 1992. 缺水及不同溫度處理對茶樹芽葉生育之影響. 臺灣茶業研究彙報 11: 31-42。
10. 陳玄、馮鑑淮. 1994. 茶樹旱害及其影響因子調查. 中華農業氣象 1: 133-141。
11. 陳彥熏. 1997. 不同土壤水分含量對茶樹生長、生理反應及芽葉化學組成份之影響. 國立中興大學植物學研究所碩士論文. 臺灣 臺中。
12. 許允文、葛鐵鈞. 1993. 茶樹濕害及其防救. 中國茶經 pp. 381-382. 陳宗懋主編. 上海文化出版社。

13. 許允文. 1993. 茶園灌溉與排水. 中國茶經 pp. 340-347. 陳宗懋主編. 上海文化出版社。
14. 黃騰鋒. 1983. 灌溉頻率對茶樹生育之影響. 臺灣茶業研究彙報 2: 18-24。
15. 黃騰鋒. 1988. 不同灌溉水量對茶樹生育之影響及灌溉效益之研究. 臺灣茶業研究彙報 7: 35-41。
16. 鄭混元. 2003. 乾旱對花東地區茶樹產量影響及因應措施之研究. 臺灣茶業研究彙報. 22: 57-78。
17. 潘根生、駱耀平、錢利生. 1999. 茶樹葉水勢、萎凋係數與耐旱力的關係. 茶葉 25: 147-149。
18. 潘根生、顧冬珍. 2006. 茶園噴灌效應及其技術指標. 茶樹栽培生理生態. pp. 168-173. 中國農業科學技術出版社。
19. 謔介國、劉志明、張振德. 1985. 茶樹需水規律和茶園噴灌的研究. 中國農業科學 2: 36-43。
20. 盧健、朱全武、駱耀平. 2013. 茶園旱熱害及其防治與補救措施. 茶葉 39: 153-155。
21. 顏昌瑞、柯立祥、施昭彰. 1996. 果樹生育與水分控制. 果園自動灌溉技術. pp. 27-37. 柯立祥主編. 國立屏東技術學院。
22. Burgess, P. J. and Carr, M. K. V. 1996. Responses of young tea (*Camellia sinensis*) clones to drought and temperature. I. Yield and yield distribution. *Expl. Agric.* 32: 357-372.
23. Odhiambo, H. O., Nyabundi, J. O. and Chweya, J. 1993. Effects of soil moisture and vapour pressure deficits on the shoot growth and the yield of tea in the highlands. *Expl. Agric.* 29: 341-350.
24. Sandanam, S., Gee, G. W. and Mapa, R. B. 1981. Leaf diffusion resistance in clonal tea (*Camellia sinensis* L.) effects of water stress, leaf age and clones. *Ann. Bot.* 47: 339-349.
25. Stephens, W. and Carr, M. K. V. 1993. Responses of tea (*Camellia sinensis*) to irrigation and fertilizer: III Shoot extension and development. *Expl. Agric.* 29: 323-339.
26. Stephens, W. and Carr, M. K. V. 1994. Responses of tea (*Camellia sinensis*) to irrigation and fertilizer: IV Shoot population density, size and mass. *Expl. Agric.* 30: 189-205.

Effect of Soil Moisture Regime on the Shoot Growth of Tea Tree

Hun-Yuan Cheng¹

Summary

The purpose of this experiment was to inquiry the effects of soil moisture regime and on the shoot growth of tea tree (*Camellia sinensis* L.), and to use different soil moisture tensions as the moisture management method for the irrigation starting point. In order to understand the optimum range of tea tree water requirements, it could be as a reference for water saving irrigation. According to the experimental results, the linear regression equation obtained from the reading of soil moisture tension meter and the soil moisture content was y (soil moisture content) = $28.3 - 0.1107x$ (reading of the soil moisture tension meter). When the soil moisture tension reached more than 100 cbar, it had a significant effect on tea shoot growth. Different tea tree cultivar showed different responses to soil moisture regime, and the degree of influence was higher in Chin-Shin Oolong than in TTES No. 12 and grafted Oolong. When the soil moisture tension reached 80 cbar and then supply water, it would have a significant impact on the shoot growth of grafted Oolong and Chin-Shin Oolong, while TTES No. 12 could still tolerate higher soil moisture tension. According to the amount of irrigation water and shoot growth, continuous (0) and 20 cbar water supply have the highest amount of irrigation water, which does not effectively save water resources. If it is possible to conduct irrigation at 40-60 cbar, tea shoot growth will be almost unaffected. Could also achieve the purpose of water saving irrigation. This shows that the use of soil moisture tension meter for tea tree water management can effectively reduce the amount of irrigation water.

Key words: Tea tree, Soil moisture regime, Soil moisture tension, Irrigation, Shoot growth

1. Former Associate Agronomist, Taitung Branch, Tea Research and Extension Station, Taitung, Taiwan R.O.C.

表一、不同土壤水分張力之土壤水分含量

Table 1 Soil moisture content of different soil moisture tension

土壤水分張力 soil moisture tension	土壤水分含量 soil moisture content	土壤水分張力 soil moisture tension	土壤水分含量 soil moisture content
cbar	%	cbar	%
50	22.76	20	26.09
100	17.23	40	23.87
150	11.69	60	21.66
200	6.15	80	19.44

表二、不同土壤水分管理茶樹之供水量比較

Table 2 Comparison of supply water amounts in different soil moisture management for tea tree

茶季 Tea season	土壤水分張力 Soil moisture tension	臺茶 12 號 TTES No.12	嫁接烏龍 Grafted Oolong	青心烏龍 Chin-Shin Oolong
	cbar		---ml---	
春茶 Spring tea	0	5,400	5,400	5,400
	20	2,200	1,800	1,200
	40	1,200	800	1,400
	60	1,600	1,000	1,400
	80	1,200	1,000	1,200
	CK	0	0	0
秋茶 Autumn tea	0	4,800	5,800	5,800
	20	2,400	2,400	2,000
	40	1,600	2,200	1,200
	60	1,400	2,400	2,000
	80	1,400	2,600	1,600
	CK	0	0	0

春茶：4/16-5/14、秋茶：9/19-10/17

表三、不同土壤水分境況對茶樹芽葉性狀之影響 (萌芽期)

Table 3 Effect of different soil moisture regime on the shoot characteristics in tea tree (burst stage)

品種 Cultivar	處理 Treat- ment	鮮重 Fresh weight	乾重 Dry weight	含水量 Water content	芽長 Shoot length	節間長 Internode length		節間徑 Internode diameter			葉長 Leaf length			葉寬 Leaf width			葉厚 Leaf thickness			葉面積 Leaf area		
						1st	2nd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
臺茶 12 號	0	1.04a	0.33a	74.2b	14.2a	1.51a	2.52ab	1.59a	1.65b	8.6a	8.6a	3.8a	3.9a	0.211a	0.226ab	22.7a	23.1a					
TTES	50	1.14a	0.25b	77.4a	12.0b	1.63a	2.38abc	1.65a	1.83a	7.7ab	8.4a	3.4ab	3.9a	0.204a	0.235a	18.7ab	23.2a					
No.12	100	1.03a	0.22bc	78.3a	12.1b	1.44a	2.89a	1.57a	1.80a	6.5bc	8.3a	2.9bc	3.9a	0.203a	0.225ab	13.2bc	22.3a					
	150	0.62b	0.16cd	73.5b	8.4c	0.84b	1.39d	1.43b	1.55b	5.2cd	5.4b	2.3cd	2.6b	0.211a	0.219ab	8.5cd	9.6b					
	200	0.47b	0.13d	73.5b	7.7c	0.78b	1.69bcd	1.33b	1.41c	4.5d	4.6b	2.2d	2.2b	0.213a	0.210b	7.2d	7.2b					
CK		0.39b	0.15d	61.6c	8.3c	0.86b	1.59cd	0.90c	1.00d	4.1d	4.8b	1.9d	2.3b	0.155b	0.152c	5.6d	8.3b					
嫁接烏龍	0	0.86ab	0.19ab	78.5a	11.2a	0.75b	1.71b	1.48b	1.51b	7.8a	8.1a	2.9a	3.0a	0.230a	0.249ab	15.6a	17.5a					
Grafted	50	1.07a	0.24a	78.1a	12.5a	1.42a	2.27a	1.73a	1.74a	7.7a	7.9a	2.9a	3.1a	0.235a	0.259a	15.8a	17.2a					
Oolong	100	0.88b	0.20a	77.7ab	11.7a	0.80b	1.64b	1.55ab	1.57ab	8.1a	7.6a	2.9a	2.9a	0.237a	0.250ab	16.6a	15.9a					
	150	0.53c	0.13bc	75.4bc	8.1b	0.40bc	0.87c	1.48b	1.50b	5.3b	5.8b	2.0b	2.1b	0.233a	0.241b	7.5b	8.7b					
	200	0.53c	0.13bc	74.7c	8.3b	0.23c	0.98c	1.42b	1.50b	5.7b	5.2bc	2.1b	1.9bc	0.240a	0.255ab	8.3b	7.1b					
CK		0.29d	0.09c	67.7d	7.5b	0.38bc	1.07c	1.18c	1.18c	5.0b	4.1c	1.8b	1.4c	0.179b	0.161b	6.3b	4.6b					
青心烏龍	0	0.64a	0.24a	77.7a	10.4a	0.62a	1.55a	1.32a	1.34ab	7.2a	6.4a	2.7a	2.4a	0.204ab	0.210a	13.7a	11.1a					
Chin-Shin	50	0.63a	0.15ab	75.9ab	9.8a	0.38ab	1.08ab	1.32a	1.27abc	7.1a	6.1ab	2.3b	2.1ab	0.218a	0.220a	11.7a	9.2ab					
Oolong	100	0.44b	0.13ab	71.9c	8.4b	0.36ab	0.94b	1.32a	1.29abc	5.8b	3.8bc	2.1b	1.5abc	0.215a	0.215a	8.6b	4.8bc					
	150	0.31c	0.09b	73.5bc	6.8c	0.20b	0.66b	1.25ab	1.20abc	4.5c	4.1bc	1.7c	1.6abc	0.214a	0.215a	5.4c	4.8bc					
	200	0.34c	0.09b	74.4bc	6.2c	0.30b	0.76b	1.39a	1.43a	4.7c	3.4c	1.7c	1.3bc	0.227a	0.219a	5.5c	3.6c					
CK		0.23c	0.09b	63.3d	6.6c	0.30b	1.02ab	1.12b	1.10c	4.2c	3.6c	1.5c	1.2c	0.179b	0.176b	4.5c	3.2c					

表中直行有相同英文字母者表示差異未達 5% 顯著。

Values followed by the same letters are not significant at $\alpha=0.05$

表四、不同土壤水分境況對茶樹芽葉性狀之影響 (一葉期)

Table 4 Effect of different soil moisture regime on the shoot characteristics in tea tree (one leaf stage)

品種 Cultivar	處理 Treat-ment	鮮重 Fresh weight	乾重 Dry weight	含水量 Water content	芽長 Shoot length	節間長 Internode length	節間徑 Internode diameter			葉長 Leaf length			葉寬 Leaf width			葉厚 Leaf thickness			葉面積 Leaf area		
							1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
臺茶 12 號	0	1.45a	0.32a	77.9ab	14.1a	1.13a	2.06a	1.48a	1.51a	9.8a	9.2a	4.1a	4.1a	0.210ab	0.218ab	28.1a	26.2a				
TTES	50	1.40a	0.31ab	77.8ab	14.1a	1.06a	2.00a	1.49a	1.53a	9.8a	8.6a	4.0a	3.7ab	0.217a	0.222a	27.4a	22.3a				
No.12	100	1.21ab	0.26abc	78.7a	12.5b	0.78b	1.46b	1.41ab	1.43b	8.9ab	8.0ab	3.8ab	3.7ab	0.204ab	0.211ab	23.9ab	21.0ab				
	150	1.07b	0.25bc	76.7ab	11.8b	0.67b	1.54b	1.34b	1.39b	8.7ab	8.3ab	3.5bc	3.4bc	0.195bc	0.205ab	21.3b	19.7ab				
	200	0.95b	0.22cd	76.9ab	11.4b	0.59b	1.71ab	1.30b	1.40b	8.3b	8.1ab	3.3c	3.3bc	0.190c	0.200bc	19.5b	19.0ab				
CK		0.62c	0.16d	73.5b	9.6c	0.61b	1.479b	1.11c	1.25c	6.5c	7.0b	2.6d	2.9c	0.167d	0.183c	11.7c	14.4b				
嫁接烏龍	0	1.10a	0.22a	79.7ab	12.9a	0.65ab	1.34ab	1.44a	1.52a	9.5a	8.4a	3.1a	2.6a	0.230ab	0.241ab	20.4a	15.7a				
Grafted	50	1.18a	0.23a	80.2a	13.1a	0.71a	1.44a	1.49a	1.56a	9.9a	8.9a	3.1a	2.8a	0.237a	0.251a	21.5a	17.1a				
Oolong	100	0.89b	0.20a	77.1c	11.7b	0.64ab	1.38ab	1.42a	1.50a	8.4b	8.2a	2.6bc	2.5ab	0.217b	0.227bc	15.6b	14.6ab				
	150	0.95b	0.21a	77.8bc	11.7b	0.46bc	1.19ab	1.40a	1.47a	8.5b	7.9ab	2.9ab	2.6a	0.234a	0.242ab	16.9b	14.5ab				
	200	0.65c	0.14b	77.7bc	10.7c	0.54ab	1.48a	1.20b	1.28b	7.2c	6.8bc	2.5cd	2.3ab	0.195c	0.211c	12.4c	11.1bc				
CK		0.53c	0.13b	76.3c	9.1d	0.25c	0.95b	1.13b	1.22b	6.8c	6.4c	2.3d	2.1b	0.181c	0.189d	11.0c	9.8c				
青心烏龍	0	0.58a	0.12abc	79.3a	9.1ab	0.37a	0.63a	1.33a	1.38a	6.5ab	5.6ab	2.3ab	2.0ab	0.238a	0.233a	10.6ab	7.8ab				
Chin-Shin	50	0.62a	0.16a	74.6ab	9.6a	0.38a	0.80a	1.27ab	1.39a	7.3a	6.4a	2.4a	2.1a	0.191b	0.193b	12.5a	9.7a				
Oolong	100	0.49a	0.12abc	75.3ab	9.1ab	0.45a	0.78a	1.21bc	1.22bc	6.9ab	5.8ab	2.3ab	1.8ab	0.189b	0.179bc	11.1ab	7.3ab				
	150	0.53a	0.15ab	73.0b	9.1ab	0.30a	0.75a	1.27ab	1.33ab	7.1a	5.7ab	2.2ab	1.8ab	0.194b	0.192b	11.0ab	7.7ab				
	200	0.32b	0.10bc	66.7c	7.8bc	0.35a	0.68a	1.06d	1.09c	5.8bc	4.5b	1.9bc	1.7ab	0.161c	0.167bc	7.8bc	5.1b				
CK		0.28b	0.08c	69.8bc	6.4c	0.24a	0.55a	1.15c	1.20c	4.8c	4.5b	1.5c	1.5b	0.153c	0.153c	5.0c	4.6b				

表中直行有相同英文字母者表示差異未達 5% 顯著。

Values followed by the same letters are not significant at $\alpha=0.05$

表五、不同土壤水分管理對茶樹芽葉性狀之影響 (夏茶萌芽期)

Table 5 Effect of different soil moisture management on the shoot characteristics in tea tree (burst stage in summer season)

品種 Cultivar	處理 Treat- ment	鮮重 Fresh weight	乾重 Dry weight	含水量 Water content	芽長 Shoot length	節間長 Internode length			節間徑 Internode diameter			葉長 Leaf length			葉寬 Leaf width			葉厚 Leaf thickness			葉面積 Leaf area		
						1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
臺茶 12 號	0	1.04a	0.33a	74.2a	14.2a	1.51a	2.52a	1.59a	1.65a	1.59a	1.65a	8.6a	8.6a	3.8a	3.9a	0.211ab	0.226a	22.7a	23.1a				
TTES	20	0.88b	0.25b	71.5abc	10.8b	1.02bc	2.03bc	1.52a	1.60ab	1.52a	1.60ab	6.1b	7.1ab	2.8b	3.3ab	0.226a	0.227a	12.2b	16.9b				
No.12	40	0.75b	0.20bc	72.9ab	10.5b	0.99c	1.74c	1.39b	1.42c	1.39b	1.42c	6.8b	5.8bc	3.2b	3.0bc	0.184c	0.196b	15.5b	12.6bc				
	60	0.78b	0.23b	69.6bc	10.5b	1.15bc	1.88bc	1.36b	1.41c	1.36b	1.41c	6.2b	6.6bc	3.0b	3.1b	0.189c	0.194b	13.1b	14.9b				
	80	0.73b	0.23b	68.9c	10.2b	1.35ab	2.30ab	1.39b	1.52bc	1.39b	1.52bc	6.0b	6.3bc	2.8b	3.1b	0.196bc	0.205b	11.6b	13.8bc				
CK		0.39c	0.16c	61.6d	8.3c	0.86c	1.59c	0.90c	1.00d	0.90c	1.00d	4.1c	4.8c	1.9c	2.3c	0.155d	0.152c	5.6c	8.3c				
嫁接烏龍	0	0.86a	0.19a	78.5a	11.2a	0.75a	1.71a	1.48a	1.51a	1.48a	1.51a	7.8a	8.1a	2.9a	3.0a	0.230a	0.249a	15.6a	17.5a				
Grafted	20	0.66b	0.18ab	72.4a	10.0ab	0.38b	1.58a	1.42a	1.48a	1.42a	1.48a	6.6b	7.7ab	2.5b	2.9a	0.223a	0.230a	11.4b	16.0ab				
Oolong	40	0.70ab	0.18ab	74.3a	10.6ab	0.61ab	1.61a	1.47a	1.47a	1.47a	1.47a	6.7b	7.2ab	2.5b	2.8ab	0.226a	0.242a	11.6b	14.5abc				
	60	0.62b	0.17ab	72.6a	9.8ab	0.77a	1.43a	1.39a	1.39a	1.39a	1.39a	6.4b	6.5ab	2.4b	2.5ab	0.222a	0.229a	10.8b	11.3bc				
	80	0.59b	0.14b	74.7a	9.7b	0.68a	1.48a	1.43a	1.39a	1.39a	1.39a	6.4b	6.1b	2.3b	2.2b	0.234a	0.228a	10.3b	9.4cd				
CK		0.29c	0.09c	67.7a	7.5c	0.38b	1.07a	1.18b	1.18b	1.18b	1.18b	5.0c	4.1c	1.8c	1.4c	0.179b	0.161b	6.3c	4.6d				
青心烏龍	0	0.64a	0.14a	77.7a	10.4a	0.62a	1.55a	1.32ab	1.34ab	1.32ab	1.34ab	7.2a	6.4a	2.7a	2.3a	0.204b	0.210ab	13.7a	11.1a				
Chin-Shin	20	0.60a	0.16a	73.8b	9.5a	0.50a	1.12ab	1.48a	1.44a	1.44a	1.44a	6.9ab	6.0ab	2.5a	2.3a	0.213ab	0.223a	12.3ab	10.2a				
Oolong	40	0.58a	0.15a	74.3ab	9.5a	0.48a	1.14ab	1.43ab	1.34ab	1.34ab	1.34ab	6.6ab	5.4ab	2.4ab	2.4ab	0.224a	0.225a	11.4abc	7.9ab				
	60	0.48a	0.12ab	74.2ab	8.8a	0.31a	0.81b	1.41ab	1.38a	1.38a	1.38a	6.4ab	4.7ab	2.1c	1.6ab	0.212ab	0.217ab	9.1c	5.6ab				
	80	0.46a	0.13ab	72.2b	9.1a	0.47a	1.14ab	1.27bc	1.20bc	1.20bc	1.20bc	6.3b	5.7ab	2.2bc	2.1ab	0.197bc	0.204b	9.9bc	8.5ab				
CK		0.23b	0.09b	63.3c	6.6b	0.30a	1.02ab	1.12c	1.10c	1.10c	1.10c	4.2c	3.6b	1.5d	1.3b	0.179c	0.176c	4.5d	3.2b				

表中直行有相同英文字母者表示差異未達 5 % 顯著。
Values followed by the same letters are not significant at $\alpha=0.05$

表六、不同土壤水分管理對茶樹芽葉性狀之影響 (秋茶萌芽期)

Table 6 Effect of different soil moisture management on the shoot characteristics in tea tree (burst stage in autumn season)

品種	處理	鮮重	乾重	含水量	芽長	節間長	節間徑			葉長			葉寬			葉厚			葉面積		
							Treat-ment	Fresh weight	Dry weight	Water content	Shoot length	Internode length	Internode diameter	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd
臺茶 12 號	0	0.62a	0.13b	78.8a	9.6b	0.95a	1.89a	1.50ab	1.48ab	5.5b	4.6a	2.7b	2.4b	0.214abc	0.224ab	10.2b	7.8b				
TTES	20	0.70b	0.16b	77.2a	9.9ab	0.93a	2.13a	1.54a	1.54a	5.5b	4.7a	2.7b	2.6ab	0.224ab	0.234ab	10.5b	8.5b				
No.12	40	0.91a	0.21a	76.8a	11.2a	1.03a	2.18a	1.54a	1.53a	6.8a	5.2a	3.4a	2.9a	0.225a	0.236ab	16.3a	10.7a				
	60	0.65b	0.16b	75.7a	9.7b	0.79a	2.05a	1.40c	1.53a	5.3b	5.0a	2.5b	2.6ab	0.202c	0.213b	9.5b	9.2ab				
	80	0.59b	0.14b	75.8a	9.4b	0.81a	1.81a	1.48abc	1.41b	5.4b	4.6a	2.7b	2.5b	0.210bc	0.224ab	10.3b	8.1b				
CK		0.43c	0.13b	64.8b	7.8c	0.78a	1.73a	1.43bc	1.54a	4.6c	3.5b	2.1c	1.8c	0.224ab	0.246a	6.9c	4.6c				
嫁接烏龍	0	0.49ab	0.11b	77.2a	9.6ab	0.88a	1.67a	1.45bc	1.54ab	5.6b	4.3ab	2.1a	1.6ab	0.218bc	0.212c	8.2b	5.0ab				
Grafted	20	0.64a	0.16a	74.5a	10.3a	0.73ab	1.46ab	1.66a	1.62a	6.9a	4.6a	2.4a	1.8a	0.241a	0.245ab	11.8a	5.9a				
Oolong	40	0.60a	0.15a	75.0a	9.6ab	0.68ab	0.84bc	1.54ab	1.62a	6.5ab	4.7a	2.3a	1.7ab	0.231ab	0.229a	10.5ab	6.3a				
	60	0.58ab	0.14ab	75.4a	9.7ab	0.62abc	0.62c	1.53abc	1.54ab	6.3ab	5.1a	2.2a	2.0a	0.233ab	0.240abc	10.0ab	7.2a				
	80	0.61a	0.15a	75.1a	9.2ab	0.60abc	0.60c	1.67a	1.57a	6.4ab	4.5ab	2.3a	1.7ab	0.240a	0.249ab	10.2ab	5.7a				
CK		0.16c	0.06c	60.0b	5.1c	0.35c	0.40c	1.39c	1.33b	3.6c	3.2b	1.4b	1.2b	0.201c	0.220bc	3.5c	2.7b				
青心烏龍	0	0.47a	0.12a	75.6b	8.7a	0.68a	1.07a	1.53a	1.43a	5.8a	4.0a	2.3a	1.7a	0.222a	0.233a	9.4a	4.8a				
Chin-Shin	20	0.52a	0.10a	80.2a	8.4a	0.43b	1.14a	1.42a	1.46a	5.6a	4.7a	2.2a	2.1a	0.202b	0.223ab	8.7a	6.9a				
Oolong	40	0.47a	0.11a	76.6b	8.5a	0.44b	1.15a	1.43a	1.42a	5.6a	4.5a	2.2a	2.0a	0.201b	0.220ab	8.6a	6.9a				
	60	0.46a	0.11a	75.4b	8.7a	0.45b	1.17a	1.39a	1.39a	6.1a	4.5a	2.3a	1.9a	0.204b	0.203bc	9.6a	5.9a				
	80	0.46a	0.11a	75.4b	8.5a	0.35b	1.08a	1.49a	1.41a	6.2a	4.7a	2.4a	1.9a	0.207ab	0.215abc	10.2a	6.6a				
CK		0.13c	0.05c	65.3c	4.7b	0.28b	0.47b	1.15b	1.22b	3.2b	2.4b	1.3b	1.0b	0.186c	0.205bc	3.0b	1.8b				

表中直行有相同英文字母者表示差異未達 5% 顯著。

Values followed by the same letters are not significant at $\alpha=0.05$

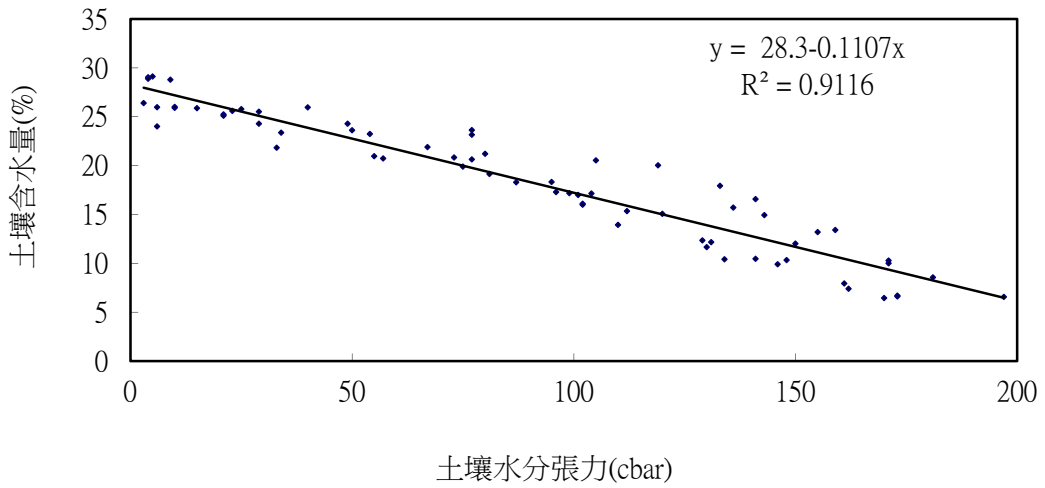
表七、不同土壤水分管理對茶樹芽葉性狀之影響 (一葉期)

Table 7 Effect of different soil moisture management on the shoot characteristics in tea tree (one leaf stage)

品種 Cultivar	處理 Treat- ment	鮮重 Fresh weight	乾重 Dry weight	含水量 Water content	芽長 Shoot length	節間長 Internode length		節間徑 Internode diameter			葉長 Leaf length			葉寬 Leaf width			葉厚 Leaf thickness			葉面積 Leaf area		
						1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st
臺茶 12 號	0	1.45a	0.32a	77.9a	14.1a	1.13a	2.06a	1.48a	1.51a	9.8a	9.2a	4.1a	4.1a	0.210a	0.218a	28.1a	26.2a					
TTES	20	1.23b	0.26b	79.3a	13.2ab	1.04ab	1.85ab	1.40ab	1.48ab	9.4ab	8.3abc	3.6ab	3.8ab	0.209a	0.216a	25.1ab	20.9ab					
No.12	40	1.12b	0.25b	77.6a	12.5bc	0.88bc	1.71abc	1.37bc	1.42ab	8.8b	8.6ab	3.7b	3.7b	0.194a	0.207ab	21.2c	21.2ab					
	60	1.08b	0.22bc	80.0a	11.8c	0.64cd	1.36c	1.32bc	1.39b	8.7b	8.1abc	3.6b	3.5ab	0.203a	0.209ab	21.9bc	19.9ab					
	80	1.05b	0.25b	76.6ab	12.3bc	0.81bcd	1.47bc	1.29c	1.40b	8.8b	7.6bc	3.7b	3.4ab	0.193a	0.200b	23.0bc	18.5b					
CK		0.62c	0.16c	73.5b	9.6d	0.61d	1.49bc	1.11d	1.25c	6.5c	7.0c	2.6c	2.9b	0.167b	0.183c	11.7d	14.4b					
嫁接烏龍	0	1.10a	0.22a	79.7a	12.9a	0.65a	1.34ab	1.44a	1.52a	9.5a	8.4a	3.1a	3.1a	0.230a	0.241a	20.4a	15.7ab					
Grafted	20	1.07a	0.22a	79.3a	12.6a	0.58ab	1.45a	1.41a	1.46a	9.4a	8.6a	3.2a	3.2a	0.235a	0.243a	20.7a	17.4a					
Oolong	40	1.08a	0.23a	78.8ab	12.6a	0.67a	1.30ab	1.38a	1.47a	9.3a	8.9a	3.0a	3.0a	0.233a	0.246a	19.6a	17.2a					
	60	0.73b	0.17b	77.4ab	11.0b	0.51ab	1.36ab	1.27b	1.36b	7.9b	6.9b	2.6bc	2.6bc	0.210b	0.223b	14.3bc	11.1bc					
	80	0.79b	0.17b	79.0ab	10.5b	0.36ab	1.06ab	1.35ab	1.42ab	8.3b	8.2a	2.9ab	2.7ab	0.208b	0.223b	17.0ab	15.7a					
CK		0.53c	0.13b	76.3b	9.1c	0.25b	0.95b	1.13c	1.22c	6.8c	6.4b	2.3c	2.1c	0.181c	0.189c	11.0c	9.8c					
青心烏龍	0	0.58ab	0.12bc	79.3a	9.1abc	0.38ab	0.63a	1.33a	1.38ab	6.5bc	5.6ab	2.3ab	2.0ab	0.238a	0.233a	10.6bc	7.8ab					
Chin-Shin	20	0.57b	0.15ab	73.3b	8.6bc	0.33ab	0.78a	1.28ab	1.33b	7.4b	5.8ab	2.4ab	1.8ab	0.202b	0.195abc	12.3ab	7.7ab					
Oolong	40	0.77a	0.20a	73.9b	10.4a	0.46a	0.86a	1.42a	1.49a	8.4a	7.1a	2.4ab	2.2a	0.218ab	0.223ab	14.5a	11.0a					
	60	0.63ab	0.17ab	72.9b	9.8ab	0.42a	0.79a	1.29ab	1.35b	7.3b	4.9bc	2.5a	1.8ab	0.205b	0.203ab	12.9ab	6.6ab					
	80	0.44bc	0.12bc	73.1b	8.2c	0.37ab	0.59a	1.17b	1.15c	5.7c	3.5c	2.2b	1.4b	0.191b	0.185bc	8.8bc	3.7b					
CK		0.28c	0.08c	69.8b	6.4d	0.24b	0.55a	1.15b	1.20c	4.8d	4.5bc	1.5c	1.5b	0.153c	0.153c	5.0d	4.6b					

表中直行有相同英文字母者表示差異未達 5 % 顯著。

Values followed by the same letters are not significant at $\alpha=0.05$



圖一、土壤水分張力值 (X) 與土壤水分含量 (Y) 之迴歸方程式

Fig. 1. Linear regression equation of soil moisture tension read (X) and soil moisture content (Y)