

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

## 草坪植物之水分生理與灌溉指標之研究

計畫類別： 個別型計畫          整合型計畫

計畫編號：NSC 89 - 2313 - B - 002 - 108

執行期間：88 年 08 月 01 日至 89 年 07 月 31 日

計畫主持人：張育森

共同主持人：

執行單位：國立臺灣大學園藝學系

中 華 民 國 89 年 10 月 25 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 草坪植物之水分生理與灌溉指標之研究

### Studies on Water Relations and Irrigation Criterion of Turfgrasses

計畫編號：NSC 89-2313-B-002-108

執行期限：88 年 08 月 01 日至 89 年 07 月 31 日

主持人：張育森 國立臺灣大學園藝學系

共同主持人：無

計畫參與人員：蔡玉茹 國立臺灣大學園藝學系

#### 一、中文摘要

本研究探討草坪植物—地毯草 (*Axonopus compressus* (Swartz) Beauv.)、假儉草 (*Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack.) 於塑膠布溫室 (plastic tunnel) 與人工光照氣候室 (artificially lighted phytotron) 下，以葉溫或作物水分逆境指數 (crop water stress index; CWSI) 作為水分狀況偵測值之指標。於塑膠布溫室中將地毯草與假儉草分為乾旱及濕潤兩種處理，乾旱處理之地毯草與假儉草葉溫高出濕潤處理者 6-7℃，復水後，葉溫明顯下降，可見葉溫隨著植物水分狀況而變化；乾旱處理者之  $T_c$  ( $T_c - T_a$ ，即葉溫減去氣溫的差值) 約為 6℃，濕潤處理者之  $T_c$  約為 0℃。於人

工光照氣候室中將地毯草作濕潤、中等與乾旱三種處理， $T_c$  同樣以中等與乾旱處理者較高，約 5~6℃；濕潤處理者之  $T_c$  維持在 3~4℃。由此可知單以  $T_c$  無法用來判斷植物遭受水分逆境的程度。CWSI 是從  $T_c$  和 VPD (蒸氣壓差) 間的線性方程式所求算的相對值，較葉溫或  $T_c$  更利於作物間水分狀況之比較，經 CWSI 的運算則可推測植物的水分狀況，當 CWSI 偏於 1 時，暗示此植物遭受水分逆境，偏於 0 時則植物的水分狀況佳。

關鍵詞：地毯草、假儉草、葉溫、作物水分逆境指數 (CWSI)、水分管理

Abstract

The objective of this experiment were to evaluate whether  $\Delta T$  ( the difference of leaf and air temperature ) or CWSI ( crop water stress index ) is a better plant water stress indicator for tropical carpetgrass and centipedegrass. In the plastic tunnel experiment, the leaf temperature of drought treated plants was 6~7 higher than that of the well-watered plant in tropical carpetgrass and centipedegrass. After rewatering, the leaf temperatures drop significantly. The  $\Delta T$  of drought treated plants in both plastic tunnel and phytotron was 6 , and that of well-watered plants in plastic tunnel was 0 , but present 3~4 in phytotron. So  $\Delta T$  could not be a reasonable quantifier for water stress. However, the CWSI values of well-watered plants and drought treated plants, either in plastic tunnel or in phytotron, were about 0 and 1 respectively. Therefore, the CWSI values, range from 0 ( no stress ) to 1 ( maximum stress ), could be a better indicator of plant water status than leaf temperature and  $\Delta T$  values in both tropical carpetgrass and centipedegrass.

Keywords: Tropical Carpetgrass,  
Centipedegrass, Leaf  
Temperature, Crop Water  
Stress Index (CWSI), Water  
Management

## 二、緣由與目的

建立一套簡易且非破壞性測定植物水分狀況的方法，一直是作物生理

學者努力的目標。Tanner ( 1963 ) 率先指出植物的水分狀況可藉由葉片溫度的變化來預測，未經灌溉的馬鈴薯葉溫比灌溉者高出 3 ，其葉溫所以上升，乃由於蒸散作用下降的結果。Idso 等人 ( 1977 ) 與 Jackson 等人 ( 1977 ) 發展的 stress-degree-day ( SDD ) 系統，以葉溫和氣溫的差值 (  $T$  ) 作為水分逆境量化的表現，當  $T$  為負值時，表示植物水分狀況良好；呈現正值時，表示作物面臨水分逆境。Ehrler 等人 ( 1973 ) 指出  $T$  與 VPD 之間具有一線性關係。於是 Idso 等人 ( 1981 ) 發展出作物水分逆境指數 ( crop water stress index; CWSI )，利用紅外線測溫儀，量測溫度，使用 CWSI 前需先建立欲測量植物的上下限。讓植物缺水在完全沒有蒸散作用所顯示的  $T$ ，其不受 VPD 所影響，此為上限基準線 ( upper baseline )，其值平行於 X 軸 ( Idso 等人，1981 )；下限即給予植物良好的水管理，使其達到最大的蒸散作用潛力。蒸散作用增加，葉片溫度下降，而 VPD 與  $T$  呈現負相關，VPD 愈大， $T$  越小，此即為下限基準線 ( lower baseline )，其公式： $(T_c - T_a)_p = a + b \times VPD$ ， $(T_c - T_a)_p$  是當水分供應足夠，蒸散作用可發揮至最大潛力時，葉溫減去氣溫的差值；a 和 b 分別是截點 ( intercept ) 與斜率 ( slope )。CWSI 即建立在上下限的相對值 ( Idso 等人，1981 )，其範圍為 0-1 之間。當 CWSI 值越接近 0 時，水分狀況越好；相反的，CWSI 值越接近 1，則表示植物正處於逆境狀態 ( Garrot 等人，1993 )。鑑於草坪植物的綠化應用日趨重要，而水分灌溉管理為影響草坪品質之重要因素，因此本試驗即以草坪

植物地毯草與假儉草為材料，於戶外與人工光照室分別探討不同灌溉處理下以葉溫、 $T$ 及CWSI作為水分狀況指標之可行性比較，藉以作為未來進一步研究之基礎。

### 三、結果與討論

塑膠布溫室自上午 10:30 至下午 2:30，地毯草乾旱處理，其葉片溫度明顯高於濕潤處理，上午 10:30 時，乾旱處理之葉片較濕潤處理者高 4，隨著正中午輻射量的增加、空氣溫度的升高，至下午 12:30(灌溉前)，地毯草乾旱處理之葉片較濕潤處理者升高至 6，經復水後其葉片溫度有明顯下降的趨勢，但仍高於濕潤處理者，隨後葉片溫度再度上升而後下降。同樣地假儉草乾旱處理與濕潤處理者，其葉溫之表現與地毯草結果類似，但是乾旱處理經復水後，其葉片溫度反較濕潤處理低，隨後葉溫之變化與地毯草相同。在濕潤處理葉片溫度的比較上，地毯草似乎較假儉草穩定，地毯草維持在 37 附近，假儉草則在  $36.5 \pm 1.5$  之間。

將地毯草葉片溫度與空氣溫度相減，所得的葉氣溫差 ( $T$ )，乾旱處理約在 6，隨復水後下降；濕潤處理者，則保持在 0 左右。假儉草乾旱處理與濕潤處理之  $T$  與地毯草相似。將地毯草  $T_c - T_a$  套用 9 月份上下限 ( $T_c - T_a$ )<sub>p</sub> = 5.4、( $T_c - T_a$ )<sub>p</sub> = 7.22 - 0.23 × VPD 可得到 CWSI 值，其 CWSI 主要分佈於 0-1 之間，乾旱處理復水後，其 CWSI 仍高於濕潤處理，其值大於 0。在假儉草中也獲得類似的結果，不同的是，

乾旱處理經復水後，其 CWSI 低於濕潤處理。

人工光照氣候室，其環境變化較塑膠布溫室穩定，在葉片溫度方面，因地毯草花箱於試驗前兩天皆不澆水，故試驗第一天，三種處理之葉片溫度約 32，隨著試驗的進行，濕潤處理維持在 30 左右，中等與乾旱處理葉溫較高。為期 9 天的人工光照氣候室試驗中，前 6 天中等與乾旱處理的葉溫似乎沒有明顯的變化，至第七天中等與乾旱處理之葉片出現萎凋，其葉溫有上升的趨勢，中等處理經復水後，隔天葉溫明顯下降，但仍高於濕潤處理者；反觀，乾旱處理者，其葉溫則上升至 36。比較兩次試驗地毯草之葉溫，明顯的塑膠布溫室試驗之葉溫皆高於人工光照氣候室試驗者，且中等處理經復水後其葉溫會明顯下降，但仍較濕潤處理高。

在  $T$  的表現上，地毯草中等與乾旱處理，其值約在 5~6，濕潤處理者則維持在 3~4。中等處理隨復水後下降；乾旱處理則上升至 8.4。塑膠布溫室試驗之乾旱處理其值亦約為 6，與人工光照氣候室試驗之中等與乾旱處理結果相似，然而塑膠布溫室試驗之濕潤處理者，則保持在 0 左右，較人工光照氣候室試驗之濕潤處理低許多。將  $T_c - T_a$  套用人工光照室之上下限 ( $T_c - T_a$ )<sub>p</sub> = 6.7、( $T_c - T_a$ )<sub>p</sub> = 10.81 - 0.62 × VPD 可計算 CWSI 值，濕潤處理 CWSI 主要分佈於 0 上下，中等與乾旱處理皆大於 0.4 以上，除了

試驗第一天。當試驗第七天，中等與乾旱葉片出現萎凋時，此時 CWSI 為 1.07 與 1.13，復水後，CWSI 降為 0.18。乾旱處理於試驗末期 CWSI 值為 2.06，此時植物已經死亡。由兩次試驗可看出，葉溫可用來表示地毯草與假儉草植體的水分狀況，當植物水分狀況較好時， $T_c$  較低；水分狀況較差者， $T_c$  較高，此結果與 Idso 等人（1977）和 Jackson 等人（1977）相同。在塑膠布溫室試驗中，地毯草與假儉草於水分狀況良好時， $T_c$  分佈在 0 上下，乾旱處理則約在 6，復水後  $T_c$  有明顯下降趨勢，隨後又上升。Ehrler（1973）認為，在灌溉後，需持續一段時間後， $T_c$  才會降至最小值，直到土壤水分成了限制因子， $T_c$  才又上升。

然  $T_c$  雖可用來表示植株的水分狀況，但卻無法用來判斷植物遭受水分逆境的程度（Jackson 等人，1981）。人工光照氣候室試驗中地毯草濕潤處理者之  $T_c$  明顯較塑膠布溫室試驗之濕潤處理者高 3~4。因此，若以  $T_c$  之絕對值代表植株受到水分逆境之程度，似乎與事實不符。若以 CWSI 來評估植物水分逆境的程度，其值大多分佈在 0~1 之間，當 CWSI 值越接近 0 時，水分狀況越好；相反的，CWSI 值越接近 1，則表示植物正處於逆境狀態，此結果與胡桃（Garrot 等人，1993）和小麥（Garrot 等人，1994）相符。

綜合上述之結果，葉溫與 CWSI 皆可有效的偵測出地毯草與假儉草的

水分狀況，然而，單獨以葉溫或  $T_c$ ，易受環境因子，如 VPD 與光度等影響，因而無法確實瞭解植物受水分逆境的程度。相反的，CWSI 為一相對應讀值，且其值介於 0~1 之間，趨於 0，即表示水分狀況良好；趨於 1，植株則處於水分逆境，故 CWSI 較葉溫與  $T_c$  較能評估出植株水分逆境的程度。

#### 四、計畫成果自評

1. 本研究內容與原計畫大致相符。
2. 葉溫、 $T_c$  與 CWSI 皆可有效的偵測出地毯草與假儉草的水分狀況的高低。
3. 然而，單獨以葉溫或  $T_c$ ，易受環境因子，如 VPD 與光度等影響，因而無法確實瞭解植物受水分逆境的程度。
4. CWSI 是從  $T_c$  和 VPD（蒸氣壓差）間的線性方程式所求算的相對值，較葉溫或  $T_c$  更利於作物間水分狀況之比較，當 CWSI 偏於 1 時，暗示此植物遭受水分逆境，偏於 0 時則植物的水分狀況佳。
5. 由於 CWSI 為一相對應讀值，且其值介於 0~1 之間，故 CWSI 較葉溫與  $T_c$  更能評估出植株水分逆境的程度，具有發展成草坪植物灌溉指標之潛能和可行性。

#### 五、參考文獻

1. Ehrler, W. L. 1973. Cotton leaf temperature as related to soil water depletion and meteorological factors. *Agron. J.* 65:404-409.
2. Garrot, D. J., Jr., M. W. Kilby, D. D.

- Fangmeier, S. H. Husman, and A. E. Ralowicz. 1993. Production, growth, and nut quality in pecan under water stress based on the crop water stress index. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118:694-698.
3. Garrot, D. J., Jr., M. J. Ottman, D. D. Fangmeier, S. H. Husman. 1994. Quantifying wheat water stress with the crop water stress index to schedule irrigations. *Agron. J.* 34:178-184.
  4. Idso, S. B., R. D. Jackson, and R. J. Reginato. 1977. Remote sensing of crop yields. *Science* 196: 19-25.
  5. Idso, S. B., R. D. Jackson, P. J. Pinter, Jr. R. J. Reginato, and J. L. Hatfield. 1981. Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. *Agric. Meteorol.* 24:45-55.
  6. Jackson, R. D., R. J. Reginato, and S. B. Idso. 1977. Wheat canopy temperature: A practical tool for evaluating water requirements. *Water Resour. Res.* 13: 651-656.
  7. Jackson, R. D., S. B. Idso, R. J. Reginato, and P. J. Pinter, Jr. 1981. Canopy temperature as a crop water stress indicator. *Water Resour. Res.* 17:1133-1138.
  8. Tanner, C. B. 1963. Plant temperatures. *Agron. J.* 55:210-211.