

本文章已註冊DOI數位物件識別碼

▶ 土壤含水量對菊花生長、開花與切花品質之影響

Effects of Soil Water Content on Growth, Flowering, and Cut flower Quality of *Chrysanthemum Cultiva*

doi:10.6964/JTSHS.201212.0271

臺灣園藝, 58(4), 2012

Journal of the Taiwan Society for Horticultural Science, 58(4), 2012

作者/Author : 邱奕璇(Yi-Hsuan Chiu);葉德銘(Der-Ming Yeh)

頁數/Page : 271-284

出版日期/Publication Date :2012/12

引用本篇文獻時，請提供DOI資訊，並透過DOI永久網址取得最正確的書目資訊。

To cite this Article, please include the DOI name in your reference data.

請使用本篇文獻DOI永久網址進行連結:

To link to this Article:

<http://dx.doi.org/10.6964/JTSHS.201212.0271>



DOI Enhanced

DOI是數位物件識別碼 (Digital Object Identifier, DOI) 的簡稱，是這篇文章在網路上的唯一識別碼，用於永久連結及引用該篇文章。

若想得知更多DOI使用資訊，

請參考 <http://doi.airiti.com>

For more information,

Please see: <http://doi.airiti.com>

請往下捲動至下一頁，開始閱讀本篇文獻

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE



土壤含水量對菊花生長、開花與切花品質之影響¹ Effects of Soil Water Content on Growth, Flowering, and Cut flower Quality of Chrysanthemum Cultivars

邱奕璇² 葉德銘²

by

Yi-Hsuan Chiu² and Der-Ming Yeh²

附加關鍵字：菊花、水分管理、限水灌溉、蒸散作用、水分關係

Additional index words: *Dendranthema ×grandiflorum*, water management, deficit irrigation, transpiration, water relation

摘要：本研究探討土壤含水量對四品種菊花[*Dendranthema ×grandiflorum* (Ramat.) Kitam.]不同生長時期生長和切花品質之影響。在土壤含水量測定方法上，分析土壤體積含水量測定儀 WaterScout SM100 測定結果與重量法之相關性，結果兩者數值呈直線正相關。‘F15’、‘雙色紅’（‘Remix’）、‘花御殿’（‘Hua-Yu-Dieng’）和‘青心黃’（‘Regatta’）菊花於可見花苞前，以低土壤含水量(14%)處理使株高與葉片數大幅下降，但使葉綠素計讀值增加。在過高含水量(48%)處理之‘青心黃’株高、葉片數和葉綠素計讀值皆下降。土壤含水量 30%處理之四品種菊花皆生長良好。四品種菊花於可見花苞後進行不同土壤含水量處理對開花期皆無影響；但低含水量(14%-22%)會使採收時花徑、主花序梗長下降，對‘雙色紅’與‘青心黃’多花菊則會減少採收時顯色之花數。‘雙色紅’及‘青心黃’栽培於高含水量(40%-55%)下，採收時花徑較大，但瓶插時花朵開放數無顯著差異。可見花苞後限水至土壤含水量 14%和 22%會使四個品種於切花瓶插時氣孔導度和蒸散速率降低，導致切花鮮重下降幅度較緩。然而，不同土壤含水量處理對四品種菊花瓶插壽命影響不大。綜合本研究結果顯示，參試之四品種菊花於可見花苞前宜栽培於含水量 30%之土壤；於可見花苞後降低土壤含水量至 14%-22%，可減少瓶插時鮮重降低。

前 言

菊花[*Dendranthema ×grandiflorum* (Ramat.) Kitam.]花色花形多變，在臺灣可周年生產，且切花壽命長，為世界重要切花(許和王，2005)。2011年臺灣種植面積為 825 公頃，年產量為 20512 千打，約占總切花產量的五分之一，居於各類切花之首(行政院農委會，2012)。菊花設施栽培日漸盛行，合理

¹ 本文為第一作者之部分碩士論文。 This paper is a part of master thesis of the first author.

² 臺灣大學園藝暨景觀學系研究生及教授(通訊作者)。 Graduate student and professor (corresponding author, E-mail: dmyeh@ntu.edu.tw), respectively. Department of Horticulture and Landscape Architecture, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

³ 本文於民國一百零一年八月二十八日收到。民國一百零一年十月十二日接受刊登。 Received for publication: 28 Aug., 2012. Accepted for publication: 12 Oct., 2012.

化的土壤水分管理是現今栽培重要議題，給予農作物不同生育階段時需要的適當水分，才能保障產量和品質(張等，2004)。

土壤水的動態變化反映了作物的水分供需狀況，因此快速、準確地測定土壤含水量對農田水分管理有重要意義(王等，2000)。重量法是測定土壤含水量較準確的方法，但測定方式為破壞性，且費力費時。目前普遍使用土壤水勢儀(tensiometer)於自動灌溉感測土壤含水量，然而土壤水勢儀需要定期保養且容易產生錯誤的讀值(Burnett and van Iersel, 2008)。使用 WaterScout SM100 (SM100, Spectrum Technologies, Inc, Illinois, USA)，係利用頻域反射(Frequency domain reflectometry)測定土壤體積含水量，具有簡便、測定速度快、精度高、無放射性和適於長期定位觀測等優點，可應用於自動連續地定點監測土壤含水量(王等，2000)。

過低或過高土壤含水量皆會抑制植物生長發育，植物根系缺水時，會使葉片氣孔關閉、光合作用速率下降，使植株地上部生長減緩，葉片數與葉面積下降(Niu *et al.*, 2008)。而過量水分造成植株處於淹水逆境，根部缺乏氧氣供給，使根系吸收水分之速率下降、植株產生生理乾旱，進而造成氣孔關閉、光合作用下降(Else *et al.*, 2009; Liao and Lin, 2001)，最終造成植株生長減緩或萎凋死亡。

洋桔梗[*Eustoma grandiflora* (Raf.) Shinn.]於花蕾出現時減少水分供給，有助於提升切花品質(莊，2010)。控制康乃馨(*Dianthus caryophyllus* L.)栽培土壤水勢於 15-75 kPa，再灌溉至飽和田間含水量，結果在 15 kPa 灌溉處理下，高長度切花(> 60 cm)之切花數較多，但品質較差，而以 45 kPa 灌溉處理之切花品質最佳(Taylor *et al.*, 2004)。採前栽培環境亦會影響切花瓶插壽命(Fanourakis *et al.*, 2012)。切花瓶插期間生理變化導因於碳水化合物、賀爾蒙及水分平衡改變(van Doorn and Han, 2011)，其中水分失衡來自水分吸收和蒸散不平衡，例如非洲菊切花採收後，蒸散作用持續進行，而吸水速率則迅速降低，使切花萎凋(van Meeteren, 1979)。藉由誘導葉片氣孔關閉，降低蒸散作用，可改善水分平衡而延遲萎凋(Halevy *et al.*, 1974)。臺灣有些菊花農友會於花蕾可見後降低灌溉量及頻率，以增加日後之切花吸水性，使花莖較硬挺，其學理有待討論。

本研究以 SM100 和重量法進行迴歸分析，探討兩者測量方法所得數據之相關性。並調查可見花苞前土壤水分含量對菊花生長之影響，及可見花苞後土壤水分含量對菊花採收品質和瓶插期間水分吸收、氣孔開放和蒸散作用之影響，期供業者栽培參考。

材料與方法

試驗一、土壤水分測定儀 SM100 與重量法測得之含水量相關性

準備 11 個直徑 14.5 cm、高 13.5 cm 之塑膠盆，盆內裝填彰化地區田土和泥炭苔(Fafard No.1, Fafard Co., Agawam, MA, USA)以 1:1 (體積比)混合。每盆分別添加 0、15、30、50、70、100、150、180、200、205 和 300 mL 逆滲透(reverse osmosis, RO)水，並待 1 h 水分平衡後，分別插入土壤體積含水量測定計 WaterScout SM100 (SM100, Spectrum Technologies Inc, Illinois, USA)。為排除盆內位置不同之水量差異性，SM100 插入一盆內不同位置三次所得之數值，平均後為一重複。量測操作於室內溫度 20°C、相對濕度 75%±10%及光度 10-15 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ photosynthetic photon flux (PPF)之環境。分別測量完後將該盆土壤秤重(W1)，之後以 70°C 烘乾土壤一周至恆重，測其重量(W2)。計算(W1-W2)/W2 為乾土重量法測得之相對重量含水量。將 SM100 和乾土重量法測得的土壤含水量數值進行迴歸分析。

試驗二、土壤含水量對菊花於可見花苞前生長之影響

於 2011 年 11 月 4 日自彰化專業切花菊種苗生產者購得未帶根插穗，分別為大花型(standard type) '花御殿' ('Hua-Yu-Dieng')、'F15'，和多花型(spray type) '青心黃' ('Regatta')、'雙色紅' ('Remix')，共計

四個品種。在平均溫度 23.2°C、最高光度 540 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF 下扦插 20 天發根後，於 2011 年 11 月 24 日將平均株高 11.5 cm、具 7-8 片葉及 10 條以上根之穴盤苗定植於直徑 14.5 cm、高 13.5 cm 之塑膠盆器，每盆種植一株，內盛彰化地區田土和泥炭苔 1:1 (體積比)，每公升土壤拌入 8 g 之 13N-4.8P-10.8K 全能好康多 S101 型緩效性顆粒肥(台和園藝股份有限公司，臺北，臺灣)。植株種植於溫室內，試驗期間每日平均溫度為 19.1°C、相對濕度為 80.7%、最高光度為 600 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF。於夜間 2130 HR 至 0230 HR 以鎢絲燈行暗期中斷，植株高度處之光度維持在 2-5 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF，使植株維持營養生長。

於 2011 年 12 月 3 日開始進行試驗，各品種不同土壤水分含量處理 10 株。每一至二天以土壤體積含水量測定計 SM100 於澆水前測定體積含水量，水分處理分別為：(1)在盆底墊一水盤(高 3 cm、直徑 11.5 cm)，每盆給予約 50 mL RO 水，使水面達水盤頂部。(2)當 SM100 測量四盆土壤含水量，其平均值低於 30%時，每盆給予 50 mL 之 RO 水。(3)當土壤平均含水量低於 20%時，每盆給予 35 mL 之 RO 水。(4)當土壤平均含水量低於 15%時，每盆給予 35 mL 之 RO 水。因 SM100 數量有限，各種水分處理測定四盆，為四重複。

於 2012 年 1 月 14 日，水分處理 42 天後調查植株生長情形。包括株高、肉眼可見大小之葉片數，並以葉綠素計(SPAD-502, Minolta, Camera Co., Tokyo, Japan)測定剛完全展開葉之葉綠素計讀值。每處理測定 10 株，為 10 重複。

試驗三、土壤含水量對菊花於可見花苞後開花及切花品質之影響

試驗材料同試驗二，同樣於 2011 年 11 月 24 日將穴盤苗種植於溫室，先行暗期中斷使植株維持營養生長。於 2012 年 1 月 6 日植株高度達 45 cm 後，以黑布遮光使暗期為 1700 HR 至 0600 HR，維持 11 小時日長，促進菊花花芽分化。試驗期間每日均溫為 19.0°C、相對濕度為 82.6%、日間最高光度為 600 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF。

所有植株出現可見花苞時，於 2012 年 2 月 7 日開始進行試驗，各品種之土壤含水量處理各 10 株。四種含水量處理分別為：(1)在盆底墊一水盤，每盆給予約 80 mL RO 水，使水面達水盤頂部。(2)當 SM100 測量四盆土壤之平均含水量低於 40%時，每盆給予 50 mL 之 RO 水。(3)當土壤平均含水量低於 25%時，每盆給予 35 mL 之 RO 水。(4)當土壤平均含水量低於 15%時，每盆給予 25 mL 之 RO 水。每一至二天以 SM100 於澆水前測定體積含水量，為四重複。

之後調查可見花苞至花苞顯色所需天數，及花苞顯色至第一朵盛花所需日數。並於 2012 年 3 月 4 日採收前以可攜式光合作用測定儀(LI-6400 portable photosynthesis system, Licor, Lincoln, Nebraska, U.S.A)測定每株植株的剛完全展開葉之淨光合作用、氣孔導度和蒸散速率。試驗期間葉箱中葉溫為 27°C、平均相對濕度為 40%。控制葉箱內光度為 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF，並將 CO_2 參考濃度維持 350 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。每處理測定 10 株，為 10 重複。

四個菊花品種之切花於 0900 HR 至 1100 HR 採收後，將所有切花剪為 65 cm 長，除去基部葉片及側芽，每枝切花皆留 16 片葉片。迅速放置於桶內吸水，移至室內環境。溫度維持 20°C，以日光燈(Philips T5，臺灣飛利浦股份有限公司，臺灣)為光源，於切花高度之光度為 10-15 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF，每日光照 12 小時，平均相對溼度為 80%。調查可見花苞數、頂花直徑及花序梗長。其中‘F15’和‘花御殿’為大花型，不計算花朵數。將切花置於壓克力瓶插管中，內盛 200 mL 一次蒸餾水。每三天調查切花鮮重，計算當日測量之鮮重除以採收時的鮮重，以百分比記錄之。以 LI-6400 光合作用測定儀測定採收前標定之剛完全展開葉(由上往下第 10 片葉)的氣孔導度和蒸散速率。試驗期間葉箱中葉溫為 23.5°C、平均相對濕度為 41%。控制葉箱光度為 15 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF， CO_2 參考濃度維持 350 ppm，每處理為 10 重複。並於頂花開放至最大時，測量最大花徑。‘雙色紅’和‘青心黃’於瓶插壽命結束時，調查已盛開之花數，並記錄四品種菊花瓶插壽命。瓶插壽命計算方式為外圈三或四層舌狀花失去膨壓、略呈淺

褐色、葉片失水下垂，視為失去其切花壽命(李等，1978)。所有測量項目每處理調查 10 株，為 10 重複。

本研究之試驗二、三採完全隨機試驗設計(Completely randomized design, CRD)，以 CoStat 6.1 (CoHort Software, Monterey, CA, USA)統計軟體，進行變方分析及最小顯著差異分析(Least significant difference, LSD)，並利用 SigmaPlot 10.0 (Systat Software Inc., USA)進行繪圖。

結果

試驗一、土壤水分測定儀 SM100 與重量法測得之含水量相關性

以土壤重量法和土壤體積含水量測定計 SM100 測得之土壤水分含量進行迴歸分析，結果顯示兩者呈直線正相關(圖 1)，顯示利用 SM100 能可靠的量測土壤水分含量。

試驗二、土壤含水量對菊花於可見花苞前生長之影響

試驗期間每日以 SM100 測量土壤體積含水量之結果如圖 2 所示，四種處理之土壤水分含量分別維持在 45%-55%、25%-35%、15%-25%和 10%-20%。於第五天到達設定之土壤含水量範圍後，計算四種處理於試驗期間之平均含水量，分別為 48%、30%、18%及 14%。

‘F15’於含水量 48%及 30%時之株高最高，兩者無差異；含水量 14%和 18%時，其株高下降。‘雙色紅’和‘花御殿’由含水量 48%降至 14%，株高亦下降。‘青心黃’則於含水量 30%下，株高最高，而於含水量 14%和 48%，株高皆降低(表 1)。於 30%及 48%平均含水量時‘F15’葉片數最多，‘雙色紅’和‘花御殿’於含水量 18%、30%和 48%葉片數亦多，三者無差異，含水量降至 14%則會減少葉片數。而‘青心黃’於含水量 30%處理時，葉片數最多，含水量 14%、18%及 48%，葉片數皆下降。參試四品種菊花中，以‘青心黃’受土壤含水量過高或過低之影響最大，葉片數明顯減少(表 1)。四品種菊花皆以土壤含水量為 14%時，葉綠素計讀值最高，顯示介質乾旱會使葉色較濃綠。‘F15’、‘雙色紅’和‘花御殿’於含水量為 48%時，葉綠素計讀值維持在 36-45；但‘青心黃’葉綠素計讀值則降至 25，顯示葉片黃化(表 1)。

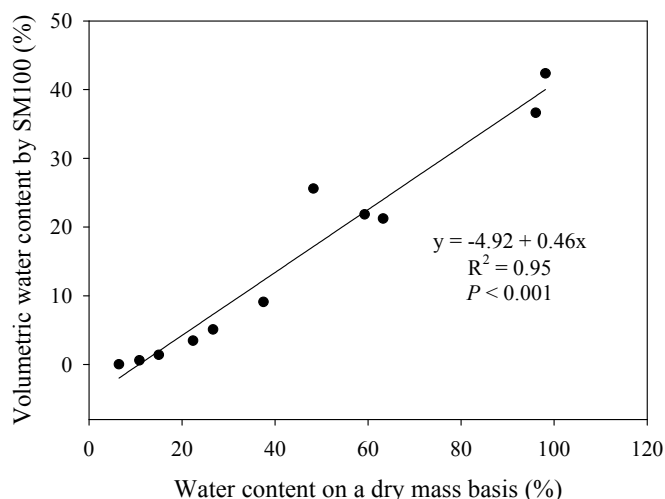


圖 1. 以重量法與土壤水分測定儀 SM100 所測得之土壤體積含水量的關係。

Fig. 1. Relationship between water content on a dry mass basis and volumetric water content measured with SM100 soil moisture sensor.

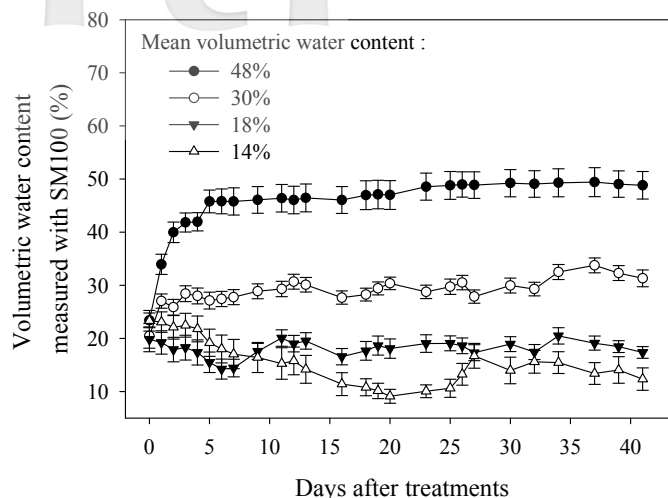


圖 2. 菊花可見花苞前進行不同灌溉水量處理之土壤體積含水量變化。

Fig. 2. Changes in volumetric water content reading at various soil volumetric water contents applied before visible floral bud stage in chrysanthemum. Data are means \pm standard error (n=4).

表 1. 可見花苞前土壤含水量對四品種菊花株高、葉片數和葉綠素計讀值之影響。

Table 1. Effects of soil volumetric water content (VWC) before visible floral bud stage on plant height, leaf number per plant, and SPAD-502 value of four chrysanthemum cultivars.

Cultivar	Mean VWC (%)	Plant height (cm)	Leaf number per plant	SPAD-502 value
F15	48	48.9 a ^z	21.2 a	44.6 c
	30	49.7 a	20.5 ab	41.4 b
	18	41.0 b	19.4 bc	49.1 a
	14	30.6 c	18.4 c	48.1 a
Remix	48	47.9 a	23.7 a	38.8 c
	30	42.9 b	23.5 a	38.3 c
	18	41.2 b	22.8 a	44.4 b
	14	28.9 c	21.2 b	49.7 a
Hua-Yu-Dieng	48	46.4 a	27.6 a	36.7 b
	30	42.1 b	27.3 a	32.7 c
	18	39.9 b	27.7 a	38.6 b
	14	29.2 c	23.7 b	41.8 a
Regatta	48	24.9 c	21.2 c	24.7 c
	30	41.7 a	26.2 a	36.8 b
	18	34.8 b	24.9 b	41.2 a
	14	23.9 c	22.2 c	44.1 a
Significance				
Cultivar (C)		***	***	***
VWC (V)		***	***	***
C×V		***	***	***

^zMeans in the same column within cultivars followed by different letters are significantly different by LSD at $P < 0.05$.

*** Significant at $P < 0.001$.

試驗三、土壤含水量對菊花於可見花苞後開花及切花品質之影響

試驗期間每日以 SM100 測量土壤體積含水量，結果如圖 3 所示，四種處理分別維持土壤含水量為 50%-60%、30%-45%、15%-30%和 10%-20%。於第七天到達設定之土壤含水量範圍後，計算四種處理於試驗期間之平均含水量，分別為 55%、40%、22%及 14%。

於可見花苞後以土壤含水量 14%-55%栽培四品種菊花，各處理由可見花苞至花苞顯色，及由花苞顯色至切花採收所需天數皆相似(表 2)。於含水量 22%及 14%下，‘雙色紅’和‘青心黃’多花菊於採收時，剛完全展開葉之淨光合作用、氣孔導度和蒸散速率皆下降(圖 4)。

‘F15’、‘雙色紅’和‘花御殿’菊花經各種不同土壤含水量處理後，其瓶插壽命皆相似，由含水量 55%或 40%降至 14%，會使‘青心黃’瓶插壽命增加約兩天(表 2)。四品種菊花於含水量 22%及 14%處理下，花序梗長度小於含水量 40%和 55%之處理，其中多花菊‘雙色紅’和‘青心黃’之花序梗長度下降程度較大(表 2)。隨著土壤含水量減少，四品種菊花採收時花徑和瓶插時期最大花徑皆變小。而‘F15’、‘雙色紅’和‘花御殿’於含水量 22%和 14%處理下，瓶插期間花徑增加之幅度較大，為採收時花徑之 113%-124%，而含水量 40%和 55%處理則為 105%-109% (表 2)，顯示採前限水有使菊花於瓶插後迅速吸水、促進花朵開展之效果。土壤含水量由 55%降至 14%會使‘雙色紅’和‘青心黃’多花菊於採收時之顯色花苞數減少，但並不影響於瓶插期間的盛花數(表 3)。

可見花苞後四品種菊花以低含水量(14%)處理，瓶插期間鮮重上升幅度大於高含水量(55%)處理者，且瓶插後期鮮重下降幅度也較小(圖 5)。「雙色紅」和「青心黃」多花菊於瓶插期間，氣孔導度下降。

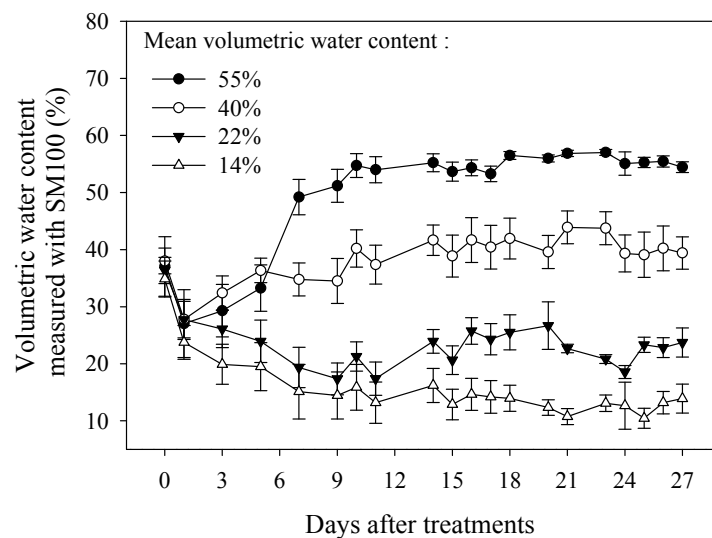


圖 3. 菊花可見花苞後進行不同灌溉水量處理之土壤體積含水量變化。

Fig. 3. Changes in volumetric water content reading at various soil volumetric water contents applied after visible floral bud stage in chrysanthemum. Data are means \pm standard error (n=4).

表 2. 可見花苞後土壤含水量對四品種菊花至花苞顯色與盛花所需天數、瓶插壽命、主花序梗長、採收時花徑和瓶插期間最大花徑之影響。

Table 2. Effects of soil volumetric water content (VWC) after visible floral bud stage on days from visible floral buds (VFB) to buds showing color (BSC), days from buds showing color to inflorescence anthesis (IA), vase life, main peduncle length, inflorescence diameter at harvest, and maximal inflorescence diameter during vase life of four chrysanthemum cultivars.

Cultivar	Mean VWC (%)	Days from		Vase life (d)	Main peduncle length (cm)	Inflorescence diameter (cm)	
		VFB to BSC	BSC to IA			At harvest	During vase life
F15	55	14.5 a ^z	10.5 a	17.8 a ^z	1.0 a	9.7 a	10.3 a
	40	14.9 a	10.4 a	17.9 a	1.2 ab	9.3 a	9.9 a
	22	14.7 a	10.3 a	19.6 a	0.6 b	8.1 b	9.4 b
	14	15.0 a	10.3 a	19.4 a	0.7 b	7.5 c	9.2 b
Remix	55	13.9 a	11.7 a	17.4 a	4.2 a	6.9 a	7.2 a
	40	12.2 a	11.9 a	18.5 a	3.7 a	6.7 a	7.3 a
	22	12.7 a	11.7 a	17.6 a	2.3 b	5.6 b	6.3 b
	14	12.1 a	11.1 a	18.2 a	2.0 b	5.5 b	6.3 b
Hua-Yu-Dieng	55	12.1 a	12.6 a	22.7 a	2.3 a	9.0 a	9.7 a
	40	12.6 a	12.0 a	23.8 a	1.9 ab	8.5 ab	9.5 ab
	22	12.2 a	12.2 a	25.6 a	1.8 b	7.9 bc	9.2 b
	14	12.8 a	11.9 a	24.8 a	1.7 b	7.5 c	8.7 c
Regatta	55	14.7 a	10.3 a	18.1 b	3.1 a	7.0 a	7.7 a
	40	15.4 a	9.6 a	18.0 b	2.8 a	6.4 b	7.1 b
	22	15.3 a	10.0 a	19.3 ab	1.8 b	6.3 b	7.0 b
	14	14.9 a	10.1 a	20.9 a	1.3 b	5.4 c	6.1 c
Significance							
Cultivar (C)		***	***	***	***	***	***
VWC (V)		NS	NS	***	***	***	***
C×V		NS	NS	NS	***	NS	NS

^z Means in the same column within cultivars followed by different letters are significantly different by LSD at $P < 0.05$.

NS, *** Nonsignificant or significant at $P < 0.001$, respectively.

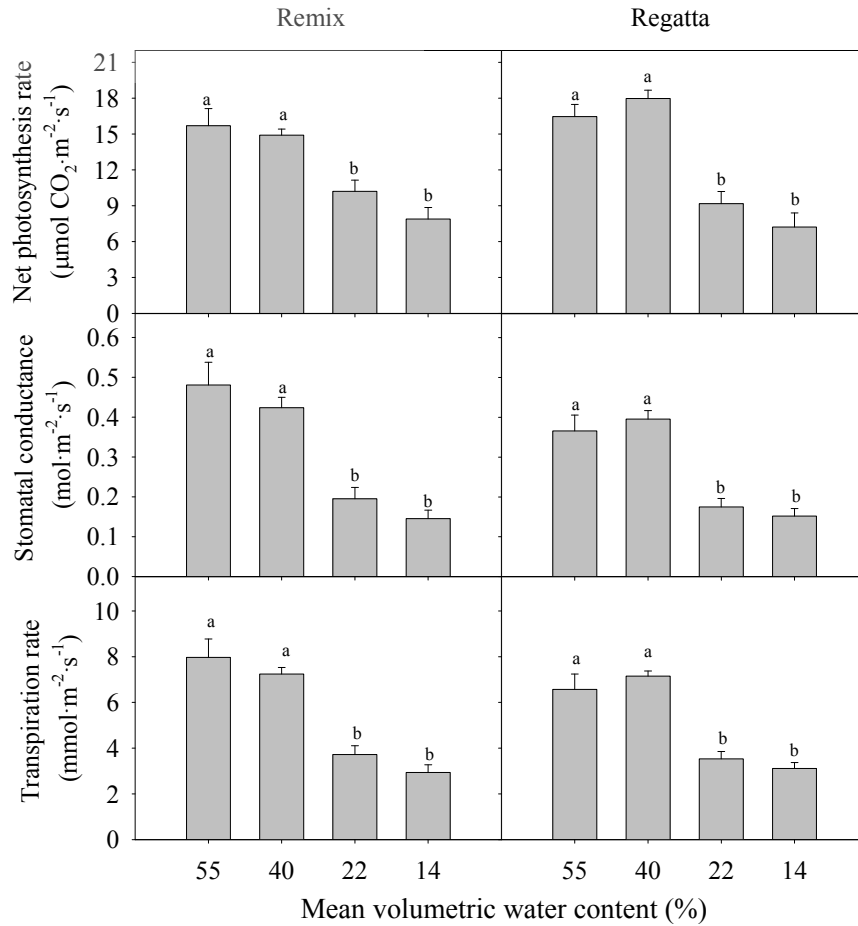


圖 4. 可見花苞後土壤含水量對菊花‘雙色紅’和‘青心黃’採收前光合作用、氣孔導度和蒸散速率之影響。

Fig. 4. Net photosynthesis rate, stomatal conductance, and transpiration rate before harvesting chrysanthemum ‘Remix’ and ‘Regatta’ subjected to different mean volumetric water contents after visible floral bud stage. Vertical bars represent standard error (n = 10). Mean separation within cultivars by LSD at $P < 0.05$.

表 3. 可見花苞後土壤含水量對兩品種多花菊切花採收時顯色花苞數和瓶插期盛花數之影響。

Table 3. Effects of soil volumetric water content (VWC) after visible floral bud stage on number of flower buds showing color at harvest and opened inflorescences during vase life of two spray-type chrysanthemum cultivars.

Cultivar	Mean VWC (%)	Number of flower buds showing color at harvest	Number of opened inflorescences during vase life
Remix	55	11.4 a ²	8.6 a
	40	10.3 ab	8.0 a
	22	9.1 bc	8.9 a
	14	8.2 c	7.6 a
Regatta	55	6.0 a	4.3 a
	40	5.6 ab	3.6 a
	22	5.2 b	4.5 a
	14	5.6 ab	4.6 a
Significance			
Cultivar (C)		***	***
VWC (V)		***	NS
C×V		**	NS

² Means in the same column within cultivars followed by different letters are significantly different by LSD at $P < 0.05$.

NS, **, *** Nonsignificant, or significant at $P < 0.01$, or 0.001, respectively.

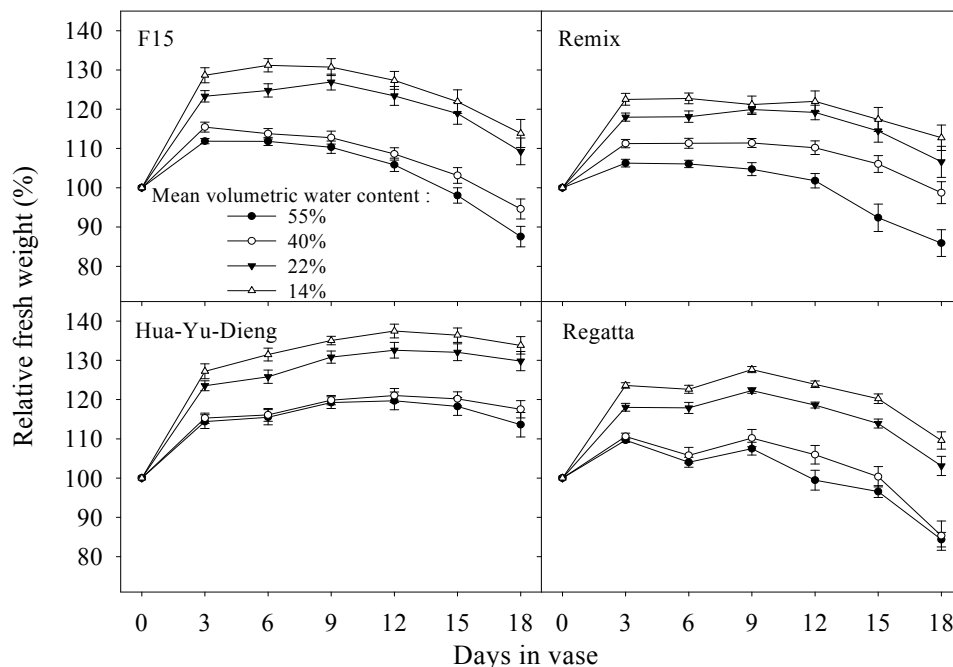


圖 5. 可見花苞後土壤含水量對四品種菊花瓶插期間相對鮮重之影響。

Fig. 5. Changes in relative cut flower fresh weight during vase in four chrysanthemum cultivars subjected to different irrigation volumetric water contents after visible floral bud stage. Data are means \pm standard error (n = 10).

於含水量 22%或 14%處理下，‘雙色紅’瓶插第 7、13 和 16 天之氣孔導度顯著低於含水量 40%或 55%處理者($P<0.05$)；‘青心黃’則於瓶插第 1、10 和 13 天之氣孔導度顯著低於含水量 40%或 55%處理者(圖 6)。「雙色紅」和「青心黃」之蒸散速率在瓶插期間逐漸下降，於含水量 22%或 14%處理下，‘雙色紅’瓶插第 7 和 13 天之蒸散速率顯著低於含水量 40%或 55%處理者($P<0.05$)；‘青心黃’瓶插第 1、10 和 13 天之蒸散速率顯著低於 40%和 55%含水量處理者(圖 6)。以上結果顯示菊花於可見花苞後，以低土壤水分處理會造成瓶插期間氣孔導度、蒸散速率減小。

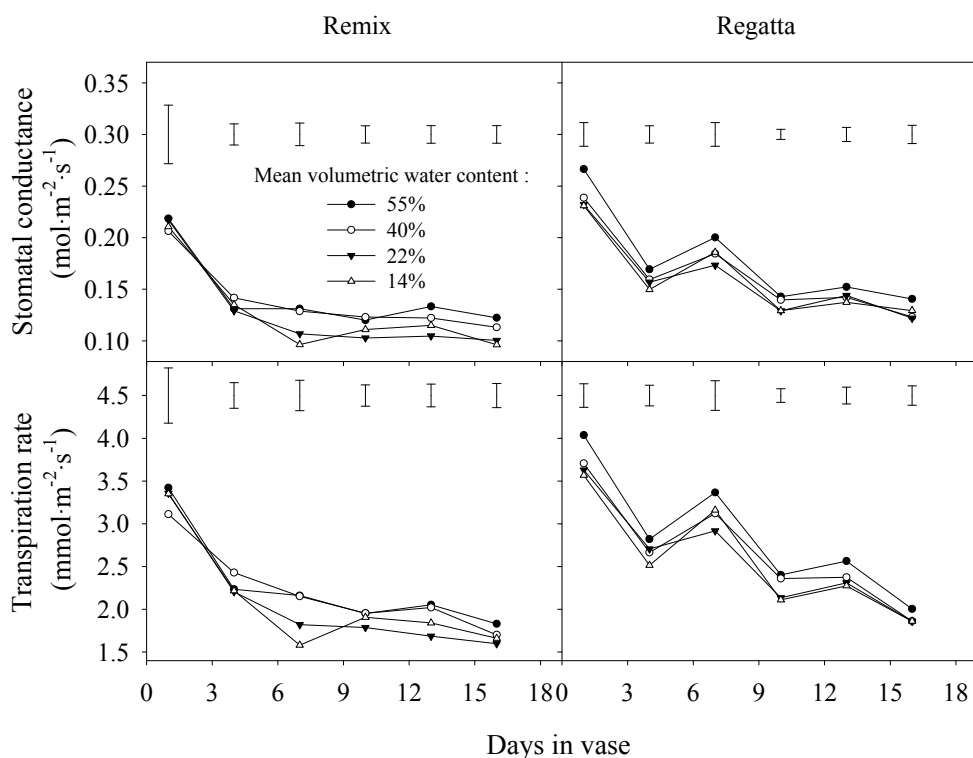


圖 6. 可見花苞後土壤含水量對菊花‘雙色紅’和‘青心黃’瓶插期間氣孔導度和蒸散速率之影響。

Fig. 6. Changes in stomatal conductance and transpiration rate during vase in chrysanthemum ‘Remix’ and ‘Regatta’ subjected to different mean volumetric water contents after visible floral bud stage. Data are means \pm standard error ($n = 10$). Vertical bars represent $LSD_{0.05}$ among treatments on a given day.

討論

土壤含水量測定計 WaterScout SM100 是利用頻域反射法，根據電磁波在土壤中傳播頻率來測定土壤的介電常數，藉以求得土壤體積含水量。本研究利用 SM100 與重量法量測之土壤水分含量呈線性正相關(圖 1)，顯示可利用 SM100 可靠量測土壤含水量。SM100 是利用頻域反射測定土壤體積含水量，

其特性為簡便、測定速度快、精度高且適於長期定位觀測，可自動連續地定點監測土壤含水量(王等，2000)。

於可見花苞前降低土壤含水量對‘青心黃’之株高和葉片數影響程度較大，其餘三品種菊花栽培於土壤含水量 18% 至 48% 下，株高和葉片數差異並不大。顯示‘青心黃’生長對乾旱較敏感(表 1)。限水對夾竹桃(*Nerium oleander* L.)品種間抑制生長的程度亦不同(Niu *et al.*, 2008)。含水量 14% 則使四個參試菊花品種之株高和葉片數大幅降低(表 1)，可見對參試菊花品種而言，當土壤降至含水量 14% 為過低含水量，會使植株遭受乾旱逆境，生長嚴重減緩。土壤含水量下降亦會提高剛完全展葉之葉綠素計讀值(表 1)，前人研究亦指出乾旱會增加葉片濃綠程度(Songsri *et al.*, 2009)。熱帶草種於低土壤水分下，因生長減緩，使葉片氮、磷、鉀濃度增加，養分累積在葉片(Baruch, 1994)。而當土壤水分含量提高至 48% 時，‘青心黃’之株高和葉片數大幅下降(表 1)，顯示土壤含水量 48% 為過高含水量，會使不耐淹水逆境之菊花品種生長嚴重受抑制。且‘青心黃’完全展葉之葉綠素計讀值亦大幅下降(表 1)；熱帶草種及紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)受到淹水逆境，亦使葉片內氮和磷濃度下降、新生葉片黃化(Baruch, 1994; Smethurst and Shabala, 2003)。由上述結果顯示，四個參試品種菊花於可見花苞前栽培於土壤含水量 30%，可使其生長良好且不受淹水及乾旱逆境危害。

可見花苞後限水至土壤含水量為 14%，並不會影響四品種菊花由可見花苞至花朵顯色以及切花採收所需日數(表 2)，此結果和玫瑰(*Rosa hybrida* L.)相似(Chimonidou-Pavlidou, 1999)。土壤水分含量會影響菊花切花形態，隨著土壤含水量由 55% 降至 14%，花朵較小、花序梗長較短、花數減少(表 2)，以致花序較為緊密。然而比較四品種菊花於瓶插期間，含水量 20% 和 14% 處理者之花徑增加量大於含水量 40% 和 55% 處理者(表 2)，且土壤水分含量不影響多花菊‘雙色紅’和‘青心黃’於瓶插時期之盛開花數(表 3)，此結果與洋桔梗類似(莊，2010)。可見限水處理之菊花切花於瓶插期間，可迅速吸水回復膨壓，使花苞開放能力不受影響。

菊花切花於瓶插第三天鮮重大幅增加，而且當可見花苞後土壤含水量由 55% 降至 14%，菊花切花於瓶插期間之鮮重上升幅度越大(圖 5)。植物栽培於水分逆境下，為防止水勢過低造成萎凋及生長抑制，可能經由累積溶質以維持細胞吸水能力(Riseman *et al.*, 2001)，一旦水分足夠，切花鮮重迅速增加。另有研究指出，菊花和百日草(*Zinnia elegans* Jacq.)栽培於低土壤含水量下，會因切花莖部導管生長減緩、不易形成氣穴，使其導水度高於栽培在高土壤含水量處理者、於離水後之復水能力較佳(Twumasi *et al.*, 2005; van Meeteren *et al.*, 2005)。切花於瓶插約 9-12 天後，鮮重漸減(圖 5)。隨著瓶插日數增加，當切花逐漸老化、導管受樹脂、微生物和氣體栓塞等影響，吸水速率不及蒸散作用，產生水分逆境，即導致花朵萎凋。而四品種菊花於可見花苞後 14% 含水量處理下，切花於瓶插 12 天後，鮮重下降幅度小於含水量 55% 處理者(圖 5)，顯示可見花苞後限水會使切花較不易失水。Riseman 等(2001)認為水分逆境會影響植物生理反應，增加植株對限水之耐受性。菊花‘雙色紅’和‘青心黃’於栽培期間，隨著土壤含水量下降，光合作用、氣孔導度及蒸散速率下降(圖 4)。本研究以低土壤含水量處理約 20 天，推測菊花氣孔表現可能對限水有適應現象，造成限水過後採收之切花於瓶插期間，氣孔不易開張導致蒸散作用速率下降(圖 6)，降低切花失水。一串紅(*Salvia splendens* L.)經四次葉片萎凋再給水之乾旱循環前處理後，重新給予充足水分，葉片氣孔導度和蒸散速率仍低於未經限水循環前處理之對照組，顯示植株歷經限水逆境過後，氣孔會逐漸適應，因此即使之後獲取充足水分，氣孔仍不會充分開張(Eakes *et al.*, 1991)。由此可見，菊花於可見花苞後適當限水處理，可有效減緩瓶插時期切花失水現象。本試驗於可見花苞後限水處理，瓶插期間鮮重下降幅度較小，但瓶插壽命只提升 1-2 天，影響並不大(表 2、圖 5)。推測除了水分失衡，碳水化合物或賀爾蒙不平衡對菊花切花壽命之影響可能更為重要(許和陳，2005；van Doorn and Han, 2011)。

綜合上述，可用 SM100 測定土壤含水量。參試四品種菊花於可見花苞前處理含水量 30%，植株生長良好，不因缺水使生長減緩且不耐淹水參試品種菊花亦無萎凋死亡。於可見花苞後不同土壤含水量處理，並不影響花朵發育時間。四品種菊花於可見花苞後栽培於低含水量(14%和 22%)下，花徑較小、花序梗較短，但不影響瓶插壽命和瓶插期間多花菊之小花開放花朵數，且瓶插期間，葉片氣孔導度和蒸散作用低，切花失水現象較不明顯。

參考文獻

1. 王貴彥、史秀捧、張建恒、梁衛理. 2000. TDR 法、中子法、重量法測定土壤含水量的比較研究. 河北農業大學學報 23:23-26.
Wang, G.Y., X.P. Shi, J.H. Zhang, and W.L. Liang. 2000. A study on the comparison of measuring soil water content with TDR, neutron probes and oven dry. J. Agr. Univ. Hebei 23:23-26.
2. 行政院農業委員會. 農委會 100 年年報. 5 Aug. 2012. < <http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=207>>
Council of Agriculture, Executive Yuan, R.O.C. 2011 Agricultural statistics yearbook. 5 Aug. 2012. < <http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=207>>
3. 李岍、鄭秀敏、張尚仁. 1978. 蔗糖與 8-HQS 對蕾期採收菊花改善品質與延長壽命之研究. 中國園藝 24:223-233.
Lee, N., S.M. Cheng, and S.Z. Chang. 1978. Studies on improving quality and prolong longevity of bud cut chrysanthemum by sucrose and 8-HQS. J. Chinese Soc. Hort. Sci. 24:223-233.
4. 張錦興、王仕賢、王裕權、張元聰. 2004. 菊花設施栽培管理理論與應用. 臺南區農業改良場技術專刊 126:8-9.
Chang, C.S., S.S. Wang, Y.C. Wang, and Y.T. Chang. 2004. Greenhouse management theory and applications of chrysanthemum. Tainan District Agr. Improvement Sta. Special Issue 126:8-9
5. 莊雅晴. 2010. 植體水分狀況及碳水化合物變化對洋桔梗切花品質之影響. 國立臺灣大學園藝學系碩士論文. 臺北. 臺灣.
Chuang, Y.C. 2010. Effects of plant water and carbohydrate status on cut flower quality in *Eustoma*. MS thesis, Dept. of Hort., Natl. Taiwan Univ., Taipei. Taiwan.
6. 許謙信、王仕賢. 2005. 菊花. 臺灣農家要覽農作篇(二). 行政院農業委員會. p.657-668.
Sheu, C.S. and S.S. Wang. 2005. Chrysanthemum. Taiwan agriculture encyclopedia. Crop Edition-2. Council of Agriculture, Executive Yuan, Taiwan. p.657-668.
7. 許謙信、陳彥睿. 2005. 幾種瓶插液對菊花切花觀賞壽命及碳水化合物變化之影響. 臺中區農業改良場研究彙報 87:33-45.
Sheu, C.S. and Y.R. Chen. 2005. Changes of vase life and carbohydrate contents of chrysanthemum in some preservatives. Taichung District Agr. Improvement Sta. Res. Bul. 87:33-45.
8. Baruch, Z. 1994. Responses to drought and flooding in tropical forage grasses. 1. Biomass allocation, leaf growth, and mineral nutrients. Plant Soil 164:87-96.
9. Burnett, S.E. and M.W. van Iersel. 2008. Morphology and irrigation efficiency of *Gaura lindheimeri* grown with capacitance sensor-controlled irrigation. HortScience 43:1555-1560.
10. Chimonidou-Pavlidou, D. 1999. Irrigation and sensitive stages of rose development. Acta Hort. 481:393-401.

11. Eakes, D.J., R.D. Wright, and J.R. Seiler. 1991. Moisture stress conditioning effects on *Salvia splendens* 'Bonfire'. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116:716-719.
12. Else, M.A., F. Janowiak, C.J. Atkinson, and M.B. Jackson. 2009. Root signals and stomatal closure in relation to photosynthesis, chlorophyll a fluorescence and adventitious rooting of flooded tomato plants. Ann. Bot. 103:313-323.
13. Fanourakis, D., S.M.P. Carvalho, D.P.F. Almeida, O. van Kooten, W.G. van Doorn, and E. Heuvelink. 2012. Postharvest water relations in cut rose cultivars with contrasting sensitivity to high relative air humidity during growth. Postharvest Biol. Technol. 64:64-73.
14. Halevy, A.H., S. Mayak, T. Tirosh, H. Spiegelstein, and A.M. Kofranek. 1974. Opposing effects of abscisic-acid on senescence of rose flowers. Plant Cell Physiol. 15:813-821.
15. Liao, C.T. and C.H. Lin. 2001. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC 25:148-157.
16. Niu, G.H., D.S. Rodriguez, and W. Mackay. 2008. Growth and physiological responses to drought stress in four oleander clones. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 133:188-196.
17. Riseman, A. 2001. Stomatal conductivity and osmotic adjustment during acclimation to multiple cycles of drought stress in potted miniature roses (*Rosa ×hybrida*). J. Hort. Sci. Biotechnol. 76:138-144.
18. Smethurst, C.F. and S. Shabala. 2003. Screening methods for waterlogging tolerance in lucerne: Comparative analysis of waterlogging effects on chlorophyll fluorescence, photosynthesis, biomass and chlorophyll content. Funct. Plant Biol. 30:335-343.
19. Songsri, P., S. Jogloy, C.C. Holbrook, T. Kesmala, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, and A. Patanothai. 2009. Association of root, specific leaf area, and SPAD chlorophyll meter reading to water use efficiency of peanut under different available soil water. Agr. Water Mgt. 96:790-798.
20. Taylor, R.D., B.W.W. Grout, and J. Hill. 2004. Use of a tensiometer-based control system to reduce irrigation of cut flower *Dianthus caryophyllus* 'Santorini' whilst maintaining flower yield and quality. Acta Hort. 664:647-652.
21. Twumasi, P., W. van Ieperen, E.J. Woltering, A.M.C. Emons, J.H.N. Schel, J.F.H. Snel, U. van Meeteren, and D. van Marwijk. 2005. Effects of water stress during growth on xylem anatomy, xylem functioning, and vase life in three *Zinnia elegans* cultivars. Acta Hort. 669:303-312.
22. van Doorn, W.G. and S.S. Han. 2011. Postharvest quality of cut lily flowers. Postharvest Biol. Technol. 62:1-6.
23. van Meeteren, U. 1979. Water relations and keeping-quality of cut gerbera flowers. 3. Water-content, permeability, and dry-weight of aging petals. Scientia Hort. 10:261-269.
24. van Meeteren, U., A. van Gelder, and W. van Ieperen. 2005. Effect of growth conditions on postharvest rehydration ability of cut chrysanthemum flowers. Acta Hort. 669:287-295.

Abstract

This study investigated the effects of soil water content on growth and cut flower performance of four chrysanthemum [*Dendranthema ×grandiflorum* (Ramat.) Kitam.] cultivars. The volumetric water content (VWC) was compared with two methods. Results showed a linear relationship exists between VWCs, as measured with WaterScout SM100 soil moisture sensors (SM100) and gravimetric method. Four VWC treatments were given during the period from planting to visible floral bud stage. Results showed that chrysanthemum 'F15', 'Remix', 'Hua-Yu-Dieng', and 'Regatta' grown at 14% VWC as measured with SM100 exhibited reduced plant height and leaf number, but increased SPAD-502 value. 'Regatta' grown at 48% VWC exhibited reduced plant height, leaf number, and SPAD-502 value. All chrysanthemum cultivars grew well at 30% VWC. Time to anthesis was not altered in four chrysanthemum cultivars under 14%-55% VWC after visible floral bud stage. Deficit-irrigation (14%-22% VWC) resulted in smaller inflorescence diameter, shorter main peduncle length, and fewer show-colored flower buds of 'Remix' and 'Regatta' at harvest. High-irrigated (40%-55% VWC) 'Remix' and 'Regatta' plants had higher inflorescence diameter than deficit-irrigated plants. After visible floral bud stage, the deficit-irrigated plants of four cultivars had lower stomatal conductance and transpiration rates during vase, which led to better water balance and slower water loss. However, all four irrigation regimes resulted in similar number of opened inflorescences during vase life. We concluded that prior to floral bud stage, the four chrysanthemum cultivars should be well-irrigated to 30% VWC, as measured with SM100. After visible floral bud stage, plants of four cultivars at 14%-22% VWC produced cut flowers with delayed water loss.