

國立臺灣大學生物資源暨農學院園藝學系

碩士論文

Department of Horticulture

College of Bioresources and Agriculture

National Taiwan University

Master Thesis

土壤介質添加保水劑對花壇植物

生育及水分利用之影響

Effects of Medium-incorporated Hydrogels on Plant

Growth and Water Use of Bedding Plants

黃瀞頤

Ching-Yi Huang

指導教授：張育森 教授

Advisor: Prof. Yu-Sen Chang

中華民國九十九年七月

July, 2010

誌謝 (Acknowledgement)

本論文承蒙恩師 張育森老師於學生修業期間的諄諄教誨與指導，使我在學業研究與處事態度上受益良多。論文稿成之初，複蒙黃光亮老師、沈榮壽老師及張祖亮老師之細心斧正，並惠予許多寶貴意見，使論文更臻完善，特置卷首以致最深的謝意。

於碩士修業期間，特別感謝 李咩老師不僅建造花卉館提供學生良好的研究環境，更以充沛的活力帶領學生努力向學。非常感謝小賴大學姊與進學大學長在研究路上的關心、建議與大力相助，謝謝筱嫻帶我進入花卉館，感謝韶妤、小侯、文秋、怡嘉、秀婷、俊宏、荷惠、永良、芳吟、俊偉、明治、玲娜、小范及子瑄等學長姊在學業、試驗、課業及生活上的諸多建議，使學妹受益良多。謝謝同是 96 級同學們——救援投手子耀、分場夥伴文茹、認真善良的佳紋、喜愛種菜的碧霜、建佑大帥哥、忙碌千里馬、宅諮詢亞勛、很紳士的江豪、蹦蹦跳跳的婉怡及無厘頭的嘉緯——很有義氣的陪我延畢（雖然不是故意的），一起為試驗而努力打拚的日子，是值得收藏內心回味再三的。謝謝一點都不學弟妹的 97 級——貼心大毛、魚蛋老闆、愛虧人的阿秉、真性情芙美、蕙心媽媽、廚娘小寶、暗黑怡景、愛花草的毓真、飛出籠的聿純——種種的關心及鼓勵，謝謝你們在論文撰寫期間的收留。感謝瑜家、思佑、丁楨、慈柔、綿羊、雁子及 Tya 在試驗上的幫助，使我得以有效率地作試驗。

很感謝一起同住兩年餘的室友——擁有寫論文配電視又能順利畢業絕技的維倩、適時送上熱可可的小靜以及一起奮鬥到最後的小波。常常一起過節的哲瀚及公主，總是為我帶來無限的歡樂與不同體驗。謝謝奇跡似的胖丁，你是最好的學長同學。

最後感謝親愛的家人們——阿爸、阿母、姊姊和弟弟，對我這個不愛回家的孩子給予百般包容與萬般支持。謝謝姑姑每次的盛情款待，使我感受到家的溫暖。

~謹以此論文獻給我喜愛的所有人~

摘要

作物栽培過程中，經常面臨缺水的逆境；如何減少農業用水以充分利用水資源，是現今所需面對的重要課題。當花壇植物種植於較小的盆器中時，對水分逆境較為敏感。由於以保水劑種植作物可降低灌溉用水量、增加苗木移植成活率及促進植物生長與開花，因此本研究擬探討保水劑種類與施用劑量對花壇植物生長及育苗之影響，以期能對花壇植物之生長及抗乾旱逆境有所幫助。

馬纓丹 (*Lantana camara*) 以三種保水劑 Alcosorb® (AS)、TerraCottem® (TC) 及 Taisap DC-386A (TS) 分別混合添加 6 或 12 g·L⁻¹ 於砂質壤土 (田土) 及泥炭苔：真珠石 (3 號)：蛭石 (3 號)=2：1：1 (體積比) (泥炭苔混合介質) 中栽植，結果顯示：無論於田土或泥炭苔混合介質中添加何種廠牌之保水劑，皆能增加其介質含水量及 EC 值，且降低介質硬度。栽培介質添加保水劑皆能減輕乾旱逆境對馬纓丹植株生長之不良影響，尤以田土為栽培介質時，添加 12 g·L⁻¹ 保水劑 AS 或添加 6 及 12 g·L⁻¹ TS 者之表現較佳；而以泥炭苔混合介質種植時，添加 12 g·L⁻¹ 保水劑 Alcosorb® 者之表現較佳。

夏堇‘小丑酒紅’ (*Torenia fournieri* ‘Clown Burgundy’) 以三種保水劑 AS、TC 及 TS 分別添加 6 或 12 g·L⁻¹ 於泥炭苔混合介質中栽植，結果顯示：以添加 12 g·L⁻¹ TC 與 6 g·L⁻¹ AS 較能減輕乾旱逆境對植株生長之不良影響。另以保水劑 AS 分別混合添加 3、6、9 及 12 g·L⁻¹ 於泥炭苔混合介質中栽植，以添加 3 g·L⁻¹ 保水劑者之株高、幅寬及抗乾旱逆境之綜合表現較佳。

非洲鳳仙花‘音樂’ (*Impatiens wallerana* ‘Accent’)、四季秋海棠‘超級奧運粉紅’ (*Begonia semperflorens-cultorum* ‘Super Olympia Pink’) 及香堇菜 (*Viola cornuta*) 以 3 g·L⁻¹ 保水劑 AS 混合添加 (Mix-AS) 及底部添加 (Bottom-AS) 於泥炭苔混合介質中，並栽植於日夜溫 30/25 °C 及 20/15 °C 環境下，結果顯示：添加保水劑 AS 對非洲鳳仙花‘音樂’於兩日夜溫下之抗乾旱逆境較無助益，而四季秋海棠‘超級奧運粉紅’與香堇菜皆以涼溫下混合添加保水劑 AS 之生長表現較佳。又黃金金露華

(*Duranta repens* ‘Golden Leaves’) 以 $9\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 保水劑 AS 混合添加於田土及泥炭苔混合介質中栽植，結果顯示：田土添加保水劑有促進黃金金露華植株生長之效果，且以夏季使用較為有效。而以泥炭苔混合介質種植黃金金露華時，未因添加保水劑而有促進植株生長之效果，尤以冬季種植時，添加保水劑處理之植株生長表現反而略遜於對照組。綜合上述，植物於適當生長環境下生長較快、需水量也較大，於該種環境下以介質混合添加保水劑對植株抗乾旱逆境較為有效。



Abstract

Reducing water usage in order to make full use of water resources is an important issue for growers today. Bedding plants are usually grown in small containers that are easily susceptible to water stress. Hydrogel amendments had been reported to be effective on reducing irrigation requirements, increasing transplanting survival rate, and improving plant growth and flowering. This study aimed to investigate the effects of hydrogel amendments on plant growth and water use of bedding plants.

Three hydrogels, Alcosorb® (AS), TerraCottem® (TC), and Taisap DC-386A (TS), were incorporated in the growing media of *Lantana camara* grown under water deficit environment. Substrate incorporated with these three hydrogels had increased water content and electrical conductivity, and reduced hardness. Hydrogel treatments could reduce drought stress of plants grown under water deficit environment. Especially sandy loam treated with 12 g·L⁻¹ AS, 6 or 12 g·L⁻¹ TS had better plant growth. Peat based substrate [2 peatmoss: 1 perlite: 1 vermiculite (by volume)] treated with 12 g·L⁻¹ AS had better plant growth.

Torenia fournieri ‘Clown Burgundy’ plants grown with peat based substrate incorporated with 12 g·L⁻¹ TC and 6 g·L⁻¹ AS had better plant growth under water deficit condition. In addition, Alcosorb® at rate of 0, 3, 6, 9, or 12 g·L⁻¹ was tested for the production of *Torenia fournieri* ‘Clown Burgundy’ in 9-cm pot with peat based medium. Overall plant growth and drought tolerance was better when 3 g·L⁻¹ AS was incorporated in the substrate.

Impatiens wallerana ‘Accent’, *Begonia semperflorens-cultorum* ‘Super Olympia Pink’, and *Viola cornuta* were grown in peat based substrate mixed with 3 g·L⁻¹ AS (Mix-AS) or with 3 g·L⁻¹ AS placed under substrate (Bottom-AS) under day/night temperatures of 30/25 and 20/15 °C. Hydrogel treatments had no effect on improving

drought tolerance of *Impatiens wallerana* ‘Accent’. Whereas Mix-AS treatment had better plant growth of *Begonia semperflorens-cultorum* ‘Super Olympia Pink’ and *Viola cornuta* under 20/15 °C. *Duranta repens* ‘Golden Leaves’ was grown with sandy loam and peat based substrate both mixed with 9 g·L⁻¹ AS. Hydrogel treatment resulted in better plant growth when plants were grown with sandy loam substrate, especially during summer. However, no significant effect were recorded when plants were grown with peat based substrate. Moreover, plant growth of hydrogel treatment was reduced compared to control plants. Consequently, growth rate and water requirement were greater when plants were grown under suitable conditions, therefore hydrogel treatments had significant effect on improving drought tolerance of plants.



目錄

誌謝 (Acknowledgement)	I
摘要	II
Abstract	IV
目錄	VI
表目錄	VIII
圖目錄	IX
第一章 前言	1
第二章 前人研究	3
一、栽培介質	3
二、栽培介質之特性	3
(一) 物理特性：	3
(二) 化學性質：	4
三、常用栽培介質之簡介	5
二、保水劑	7
(一) 定義	7
(二) 主要成分	7
(三) 保水劑之吸水特性	7
(四) 保水劑於植物栽培上之應用	8
(五) 保水劑之安全性	9
第三章 栽培介質添加不同保水劑對馬纓丹抗乾旱逆境之影響	11
摘要 (Abstract)	11
一、前言 (Introduction)	12
二、材料與方法 (Materials and Methods)	12
(一) 試驗一 砂質壤土添加土壤保水劑對馬纓丹生長品質之影響	12
(二) 試驗二 不同栽培介質添加土壤保水劑對馬纓丹生長品質之影響	13
(三) 調查項目	14
(四) 統計分析	15
三、結果 (Result)	15
四、討論 (Discussion)	20
第四章 保水劑種類與劑量對夏堇‘小丑酒紅’生長之影響	39
摘要 (Abstract)	39
一、前言 (Introduction)	40
二、材料與方法 (Materials and Methods)	40
試驗一 泥炭苔混合介質添加保水劑對介質物理性質之影響	40
試驗二 土壤保水劑對夏堇生長之影響	42
試驗三 土壤保水劑 Alcosorb [®] 對夏堇育苗品質之影響	42

(二) 調查項目	43
(三) 統計分析	43
三、結果 (Result)	44
四、討論 (Discussion)	49
第五章 不同保水劑施用方式對花壇植物種植於不同溫度下之影響	73
摘要 (Abstract)	73
一、前言 (Introduction)	74
二、材料與方法 (Materials and Methods)	74
(一) 試驗一 不同溫度下保水劑對草花盆苗生產之影響	74
(二) 試驗二 不同季節下田土添加保水劑對黃金金露華苗木生長之影響	75
(三) 調查項目	75
(四) 統計分析	76
三、結果 (Result)	76
四、討論 (Discussion)	78
參考文獻 (References)	91
附錄 (Appendix)	97



表目錄

表 3. 1. 砂質壤土以保水劑及灌溉處理對馬纓丹節間數與葉片葉綠素計讀值之影響	24
表 3. 2. 砂質壤土以保水劑及灌溉處理對馬纓丹植株乾重之影響	25
表 3. 3. 保水劑及栽培介質處理對馬纓丹介質酸鹼值與電導度之影響	26
表 3. 4. 保水劑及栽培介質處理對馬纓丹植株高度、冠層幅寬及葉片葉綠素濃度之影響	27
表 3. 5. 保水劑及栽培介質處理對馬纓丹植株鮮重之影響	28
表 3. 6. 保水劑及栽培介質處理對馬纓丹植株乾重之影響	29
表 4. 1. 保水劑及灌溉處理對夏堇‘小丑酒紅’植株花苞數與花朵數之影響	53
表 4. 2. 保水劑及灌溉處理對夏堇‘小丑酒紅’植株乾重及乾重比之影響	54
表 4. 3. 栽培介質混合保水劑 Alcosorb [®] 處理對夏堇‘小丑酒紅’植株開花情形之影響	55
表 4. 4. 栽培介質以保水劑 Alcosorb [®] 處理對夏堇‘小丑酒紅’植株乾重及乾重比之影響	56
表 5. 1. 保水劑 Alcosorb [®] 以不同方式加入泥炭苔混合介質對介質 pH、EC 及體積含水量之影響	81
表 5. 2. 保水劑 Alcosorb [®] 處理及栽培季節對黃金金露華田土介質灌溉前後含水量之影響。	82
表 5. 3. 保水劑 Alcosorb [®] 處理及栽培季節對黃金金露華處理植株乾重之影響	83

圖目錄

圖 3.1. 砂質壤土以保水劑及灌溉處理種植馬纓丹對介質 pH 值之影響	30
圖 3.2. 砂質壤土以保水劑及灌溉處理種植馬纓丹對介質電導度之影響	31
圖 3.3. 砂質壤土以保水劑及灌溉處理種植馬纓丹對介質容積含水量之影響	32
圖 3.4. 砂質壤土以保水劑及灌溉處理種植馬纓丹對介質硬度之影響	33
圖 3.5. 砂質壤土以保水劑及灌溉處理對馬纓丹植株高度之影響	34
圖 3.6. 砂質壤土以保水劑及灌溉處理對馬纓丹植株冠層幅寬之影響	35
圖 3.7. 保水劑及灌溉處理對以砂質壤土種植之馬纓丹生長表現之影響 (調查日期: 2008 年 10 月 6 日).....	36
圖 3.8. 保水劑及栽培介質處理對馬纓丹介質容積含水量變化之影響	37
圖 3.9. 保水劑及栽培介質處理對馬纓丹介質硬度之影響	38
圖 4.1. 夏堇‘小丑酒紅’葉片水勢與介質體積含水量之關係。	57
圖 4.2. 泥炭苔混合介質添加保水劑對介質總孔隙度、容器含水量、通氣孔隙度、氣相百分比及總體密度之影響	58
圖 4.3. 保水劑及灌溉處理 48 天對夏堇‘小丑酒紅’栽培介質 [泥炭苔: 真珠石(3 號): 蛭石(3 號)=2:1:1 (體積比)] 酸鹼值變化之影響	59
圖 4.4. 保水劑及灌溉處理 48 天對夏堇‘小丑酒紅’栽培介質 [泥炭苔: 真珠石(3 號): 蛭石(3 號)=2:1:1 (體積比)] 電導度變化之影響	60
圖 4.5. 保水劑及灌溉處理對夏堇‘小丑酒紅’栽培介質 [泥炭苔: 真珠石(3 號): 蛭石(3 號)=2:1:1 (體積比)] 體積含水量變化之影響	61
圖 4.6. 保水劑及灌溉處理對夏堇‘小丑酒紅’栽培介質 [泥炭苔: 真珠石(3 號): 蛭石(3 號)=2:1:1 (體積比)] 硬度變化之影響	62
圖 4.7. 栽培介質 [泥炭苔: 真珠石(3 號): 蛭石(3 號)=2:1:1 (體積比)] 混入保水劑及灌溉處理對夏堇‘小丑酒紅’植株高度之影響	63
圖 4.8. 栽培介質 [泥炭苔: 真珠石(3 號): 蛭石(3 號)=2:1:1 (體積比)] 混入保水劑及灌溉處理對夏堇‘小丑酒紅’植株冠層幅寬之影響	64
圖 4.9. 保水劑 Alcosorb [®] 處理對並栽培夏堇‘小丑酒紅’栽培介質 [泥炭苔: 真珠石(3 號): 蛭石(3 號)=2:1:1 (體積比)] 酸鹼值及電導度之影響	65
圖 4.10. 泥炭苔混合介質 [泥炭苔: 真珠石(3 號): 蛭石(3 號)=2:1:1 (體積比)] 添加保水劑 Alcosorb [®] 並栽培夏堇‘小丑酒紅’之介質硬度、體積含水量及灌溉次數	66
圖 4.11. 泥炭苔混合介質 [泥炭苔: 真珠石(3 號): 蛭石(3 號)=2:1:1 (體積比)] 添加保水劑 Alcosorb [®] 並栽培夏堇‘小丑酒紅’之植株高度、冠層幅寬、葉片葉綠色計讀值(CMR)及節間長	67
圖 4.12. 保水劑 Alcosorb [®] 處理對種植夏堇‘小丑酒紅’於斷水處理後的介質 [泥炭苔: 真珠石(3 號): 蛭石(3 號)=2:1:1 (體積比)] 體積含水量變化之影響	68
圖 4.13. 保水劑 Alcosorb [®] 處理對種植夏堇‘小丑酒紅’於斷水處理後的葉片水勢變	

化之影響	69
圖 4. 14. 保水劑 Alcosorb [®] 處理對種植夏堇‘小丑酒紅’於斷水處理後的葉片相對水分含量變化之影響	70
圖 4. 15. 保水劑及灌溉處理對以泥炭苔混合介質種植之夏堇‘小丑酒紅’生長表現之影響	71
圖 4. 16. 栽培介質混合保水劑 Alcosorb [®] 處理對夏堇‘小丑酒紅’植株生長情形之影響	72
圖 5. 1. 不同日夜溫下，以正常澆灌、限水灌溉、泥炭苔介質混合添加 3 g·L ⁻¹ 保水劑 Alcosorb [®] 乾劑及底部添加 80 mL Alcosorb [®] 溼劑處理對非洲鳳仙花‘音樂’植株(A)株高、(B)冠層幅寬及(C)葉片葉綠素計讀值之影響	84
圖 5. 2. 不同日夜溫下，以泥炭苔混合介質、限水灌溉、未添加保水劑、介質混合保水劑 Alcosorb [®] 3 g·L ⁻¹ 乾劑及底部添加 80 mL Alcosorb [®] 溼劑處理對非洲鳳仙花‘音樂’植株地上部及地下部乾重之影響	85
圖 5. 3. 不同日夜溫下，以泥炭苔混合介質、限水灌溉、未添加保水劑、介質混合保水劑 Alcosorb [®] 3 g·L ⁻¹ 乾劑及底部添加 80 mL Alcosorb [®] 溼劑處理對四季秋海棠‘超級奧運粉紅’植株(A)株高、(B)冠層幅寬及(C)葉片葉綠素計讀值之影響	86
圖 5. 4. 不同日夜溫下，以泥炭苔混合介質、限水灌溉、未添加保水劑、介質混合保水劑 Alcosorb [®] 3 g·L ⁻¹ 乾劑及底部添加 80 mL Alcosorb [®] 溼劑處理對四季秋海棠‘超級奧運粉紅’植株地上部及地下部乾重之影響	87
圖 5. 5. 不同日夜溫下，以泥炭苔混合介質、限水灌溉、未添加保水劑、介質混合保水劑 Alcosorb [®] 3 g·L ⁻¹ 乾劑及底部添加 80 mL Alcosorb [®] 溼劑處理對香堇菜植株(A)株高、(B)冠層幅寬及(C)葉片葉綠素計讀值之影響	88
圖 5. 6. 不同日夜溫下，以泥炭苔混合介質、限水灌溉、未添加保水劑、介質混合保水劑 Alcosorb [®] 3 g·L ⁻¹ 乾劑及底部添加 80 mL Alcosorb [®] 溼劑處理對香堇菜植株地上部及地下部乾重之影響	89
圖 5. 7. 田土混合添加 9 g·L ⁻¹ 保水劑 Alcosorb [®] 對夏、冬兩季黃金金露華植株高度及冠層幅寬之影響	90

第一章 前言

Chapter 1. Introduction

國家溫室氣體存量政府間氣候變遷研究小組 (International panel on climate change, IPCC) (2007) 指出，自中世紀以來低緯度地區的河川流量與可用水量減少 10%至 30%，且熱帶乾旱地區正面臨缺水困境，受缺水影響的地區正逐漸增加。

臺灣地區 (經度：120-122 °E；緯度：22-25 °N) 位於歐亞大陸東南緣，太平洋西岸花綵列島之一嶼，北迴歸線橫跨中部，屬於亞熱帶季風區。東岸黑潮流經使氣候溫暖溼潤，再配合不同季節盛行李風，使得臺灣雨量豐沛、全年平均雨量達 2500mm。山脈南北縱走、地勢陡峭，多為高山、丘陵及台地，共佔全島面積約 70%，平原地區僅 30%。河川多為東西走向、短而湍急，實際可運用之水資源僅佔年平均降雨量 16%至 22%。又因年降雨量不均，每年 5 至 7 月為河川豐水期，佔總降雨量 77%，11 月至隔年 4 月降雨量僅約 23%，為河川枯水期 (經濟部水利署水文統計年報，2008)，造成夏季多雨冬季乾旱之景象。

所有可利用水中，以農業用水量佔最大比例 (70%)，其中灌溉水量又占農業用水量之 86%為最主要之水資源用途 (經濟部水利署水文統計年報，2007)。然而，現今之灌溉方式，如澆灌、淹灌等，均會造成水資源成浪費與流失。如能減少灌溉水之浪費，勢必能有效達到節省水資源之目的。以色列等國也以從事節水灌溉之研究而行之有年。

為有效利用水資源，其作法可分為幾種方面進行，如建立作物水分逆境指標，以選拔抗逆境之作物，或於缺水時機適當給水灌溉，使作物用水量得以合理化；再者如調整灌溉方式，供應乾旱地區水源；或於土壤中加入保水劑，使介質水分得以保留、減少逸失，並在植物生長過程中逐漸釋出水分供應植物使用，使水來源增加或流失量減少 (Johnson, 1984; Idso et al., 1981)。然而，作物水分逆境指標與調整灌溉依植物不同而有所差異，且運用時大多需仰賴儀器測量或經驗判斷；耐乾旱品種選育雖能確實提高植株耐旱能力，但所需時間冗長。保水劑為一方便應

用、低成本且使用效果立見之材料，若能建立其相關應用方式，必能在節省灌溉水量上有良好效率。

保水劑之使用在國外已行之有年，多應用於交通不便之偏遠及乾旱地區之樹木移植、旱地作物栽培及土壤改良等方面。目前國內也有少量用於偏遠地區樹木移植，但在栽培上則無使用紀錄與資訊。花卉作物需要較其他作物較充足之水分供應，如栽培期間遇乾旱逆境，則會造成植株生長勢弱、植株萎凋、花苞敗育與掉葉等現象，降低其觀賞品質。本論文研究保水劑對花卉作物之影響，以期達到節水栽培且不影響作物觀賞價值之目標。



第二章 前人研究

Chapter 2. Literature review

一、栽培介質

在園藝上栽種作物使用之介質，可分為土壤與無土介質。土壤依黏粒、粉粒與砂粒之組成比例可分為多種；而無土介質是指非土壤之栽培介質，如：泥炭苔 (Peat moss)、真珠石 (Perlite)、蛭石 (Vermiculite) 與椰纖等。一般而言，土壤較重且雜質多，以盆栽栽種植物時若以土壤為介質則應用多受限制。為使作物生長良好及操作便利，通常會以無土介質栽種作物，尤以花卉栽培較為常見。如：泥炭苔種植草花、水苔種植蝴蝶蘭及椰纖種植火鶴等。其中又以泥炭苔之使用範圍最廣 (Hartmann et al., 2002)。

良好的栽培介質必需具備以下四點以使植物生長良好 (Nelson, 1985)：其必需蓄積養分供植物利用、滯留植物可利用之水分、提供孔隙供植物根系與環境間之氣體交換且必需有固定與支撐植物之能力。上述特性可藉由測量介質之物化特性加以瞭解。

二、栽培介質之特性

(一) 物理特性：

1. 保水性與通氣性

土壤是由固、氣、液三相組合而成。固相部分較少在在栽培過程中變化，而氣相和液相部分則會因灌溉與植物吸收而互相消長變動。植物的根系多半喜歡通氣良好之環境，以進行呼吸作用，因此栽培作物之介質應屬於蓬鬆多孔、具通氣性、保水性和排水性良好的特性 (黃敏展，2002)。故選擇花卉作物栽培時使用的介質，應為澆水後體積含水量在 35%至 50%間，而空氣占介質體積的 10%至 20%者為佳 (Nelson, 1985)。

2. 總體密度(bulk density)

介質之總體密度代表其體積比重，與使植物固著與支撐之能力有關。此外，比重較重之介質亦具有降低盆栽重心之功能，使整盆植物不易倒伏。但總體密度若太高則不利機械操作及搬運 (Nelson, 2003)。一般認為介質浸水後適宜的體積比為 640 至 1200 g/dm³ (Nelson, 2003)。栽種植物過程中，介質總體密度會隨時間增加而改變，例如以三種泥炭苔混合介質配方種植聖誕紅，介質總體密度均隨種植時間增加而上升，作者認為此現象與物質沉澱或介質收縮 (shrinkage) 有關 (Fonteno et al., 1981)。

(二) 化學性質：

1. 酸鹼值

介質之酸鹼值通常以介質中氫離子濃度的負對數值表示，即 pH；介質 pH 越低時表示土壤膠體中氫離子濃度越高。介質之 pH 值會影響植物根部對養分的吸收，介質太酸或太鹼，均會影響植物對某些元素利用之有效性。一般盆栽種植時，若介質為土壤，其適宜的 pH 為 6.2-6.8，而以無土介質種植時，應控制在 5.4-6.0 之間 (李咩, 1987; Peterson, 1984)。部分植物喜愛酸性介質，則 pH 可在 4.5-5.8 (李咩, 1987)。

在種作前需依植物對介質酸鹼之喜好並調整介質之酸鹼值；台灣夏季高溫多雨，如在雨水較多之露地栽培，則土壤中養分易因淋洗而流失，使化學性惡化；而在設施內栽培時，澆灌量受到控制而較少，因此常見鹽類累積於土壤或介質表面，易對植物產生鹽害之現象 (黃敏展, 2002)。

2. 鹽類濃度

作物生長所需之無機鹽類均由介質所提供，經由根部吸收再為植體各部分所利用。若介質鹽類濃度低，作物可能缺肥；若鹽類濃度過高，則易有高滲透壓而

引起根部腐爛之問題，或葉片尖端焦枯之現象。

土壤導電度之程度可做為土壤中可溶性鹽類含量之指標 (Brady and weil, 2002)，一般以電導度 (electrical conductivity, EC) 稱之。

3. 陽離子交換能力 (Cation exchange capacity, CEC)

土壤膠體具有廣大的表面積與帶負電荷，可吸附陽離子如銨態氮、鉀、鈣、鎂、鐵等陽離子，而被吸附的陽離子，又可被其他陽離子置換出來。此種吸附陽離子、並置換陽離子之能力，稱為陽離子交換能力。陽離子交換能力多以每 100 克乾燥介質所含之陰離子荷毫當量表示，一般而言栽培介質陽離子交換能力之適當範圍在 6-15 meq/100g (李咩，1987；Nelson, 2003)。

選擇盆栽介質時要考慮操作方便，價格便宜、性質一致、無毒性、質地輕、陽離子交換能力強，通氣性佳，保水力強，適當的碳氮比和 pH 值，及耐衝擊等要素 (李咩，1987)。

三、常用栽培介質之簡介

(一) 土壤 (Soil)

土壤是由固相、液相與氣相三部分組成。固相的部分包括無機物與有機物，其中無機物為母岩 (parent rock) 經風化、侵蝕作用生成之殘渣，且可依顆粒大小分類。粗顆粒為土體的主要支撐結構；膠狀黏粒為土體貯存、供給植物養分之區域 (Hartmann et al., 2002)。有機物的部分包括死與活著的生物，如昆蟲、蚯蚓、真菌、細菌與植物的根等，而腐爛的殘渣 (腐植質) 能滯留水分與提供植物養分 (Hartmann et al., 2002)。

土壤的結構特性是由砂粒 (顆粒直徑 0.05 至 2 mm)、粉粒 (0.05 至 0.002 mm) 與黏粒 (小於 0.002 mm) 的比例所決定 (Brady and Weil, 2002)。砂粒具良好的通

氣性，但保水力不佳；黏粒保水性佳，但通氣不足；而粉粒則介於兩者之間。

(二) 泥炭苔 (Peat moss)

泥炭 (Peat) 是古代溼地中植物的分解殘體，經數百年時間而達部分分解狀態。不同的植物相、分解階段、礦物元素的含量與環境酸度，造成泥炭廣泛的種類 (Miller, 1981; Whittle, 1987)。其中以泥炭苔 (Peat moss) 為分解最少之種類，其來源為苔蘚類植物。以水蘚泥炭苔 (Sphagnum peat moss) 為最大宗，另有立灰蘚泥炭苔 (Hypnum peat moss)、蘆葦莎草泥炭 (Reed-sedge peat)、腐質泥炭 (Peat humus) 等 (Hartmann et al., 2002)。

泥炭苔之體積含水量最高可達 60%，為其乾重的 10 至 20 倍，但在完全乾燥或持續使用下保水能力會持續減少。泥炭苔的陽離子交換能力約為 7-13 meq/100 cc (Nelson, 2003)，其初始 pH 約為 3 至 4，為酸性介質，使用前需調整其酸鹼度。泥炭苔的穩定性佳，不易因長時間種植而分解，故為多數栽培業者使用 (李侖, 1987)。

然而，泥炭苔與石油同為不可再生性資源，其來源有限，現今學者仍致力於開發替代介質 (李侖, 1987)。

(三) 真珠石 (Perlite)

真珠石為灰白色矽酸鹽物質，由火山熔岩經 760 °C 高溫下形成之顆粒 (Hartmann et al., 2002)。無菌、質輕、穩定性高、陽離子交換能力低、pH 約 7.5。其保水力低但通氣度佳，常被用於取代砂子以增加介質通氣度。

(四) 蛭石 (Vermiculite)

蛭石是由雲母岩經 1090 °C 鍛燒後之產物。蛭石同樣具無菌、質輕之特性，但其陽離子交換能力高、保水力佳、化學性質穩定。然而蛭石物理結構脆弱易因壓縮而被破壞，長期使用可能會破壞整體結構 (Hartmann et al., 2002)。

二、保水劑

(一) 定義

親水性凝膠 (Hydrophilic gels) 通常被稱為水凝膠 (Hydrogels)，是立體網狀的親水聚合物，可在吸水膨脹後保留相對原本體積 10 至 1000 倍的水分 (Johnson, 1984)。其特性對藥學應用、生態問題之解決及各種現代科技極具重要性 (Zohuriaan-Mehr and Kabiri, 2008)。在農業上，水凝膠之保水功能亦常被應用於植被復育 (Pery et al., 1995)、苗木移植 (Agaba et al., 2010; Apostol et al., 2002; Burdett, 1990; Haase and Rose, 1993) 及作物抗乾旱逆境 (Arbona et al., 2005; Austin and Bondari, 1992; del Amor et al., 2007; Gu et al., 1996; Minami et al., 2003)，因此亦被稱作「保水劑 (Water absorbents)」。

(二) 主要成分

保水劑依其組成成分可分為天然聚合物、半合成聚合物與合成聚合物 (Mikkelsen, 1994)。天然聚合物如蛋白質、纖維素、木質素與樹脂等；合成聚合物是由石化產品的單體聚合而成，其分子含有羧基 (-COOH)、羥基 (-OH)、醯胺基 (-CONH₂，或稱肽鍵) 等親水性基團，如 polyacrylamide、propenoate-propenamide copolymers；半合成聚合物則以纖維素為主成分，再加上人工合成的支鏈組合而成 (Jhurry, 1997)。

(三) 保水劑之吸水特性

1. 與栽培介質之結合度

介質的種類會影響保水劑吸水效力，例如 Fonteno 與 Bilderback (1993) 以樹皮添加保水劑，介質可使用水量 (available water) 下降；但以樹皮：砂 = 4：1 (v/v) 之混合介質添加保水劑，則使可用水量增加。另外，保水劑施用於砂質土，能使介質之蒸發散量增加；而施用於壤質土中，則介質之蒸發散量降低 (Nadler, 1993)。

Akhter 等人 (2004) 亦提出於壤土中使用保水劑較於砂質壤土中使用，可有較高的介質含水量。一般而言，吸水能力較強的介質與保水劑之結合效果較好，較易提高介質之含水量。

2. 水溶液離子含量

保水劑之吸水能力會受水溶液中離子含量所影響，如 Johnson (1984) 以三種保水劑施以各式水溶液，結果顯示隨水溶液可溶性鹽類濃度提高，保水劑之吸水能力降低，且含二價離子 (Mg^{2+} , Ca^{2+} , SO_4^{2-}) 之水溶液較含單價離子 (Na^+ , HCO_3^- , Cl^-) 者易降低保水劑之水分吸收能力。另對保水劑施以去離子水、自來水與含鈣離子水溶液，並記錄復水率，結果顯示含鈣離子水溶液會顯著降低保水劑之水分吸收能力，且即使再以去離子水復水，保水前的吸水率仍較低 (Frantz et al., 2005)。綜合上述，保水劑易與灌溉水溶液中之離子結合，因而降低其吸水效力，且保水劑與離子結合具累積效果與不可逆性。

(四) 保水劑於植物栽培上之應用

1. 提高苗木移植成活率

Apostol 等人 (2008) 指出，北美紅櫟 (*Quercus rubra*) 冷藏後之小苗，於限水灌溉環境下使用含保水劑之介質種植，能縮短芽體萌發時間、增加根長及根乾重，且淨光合作用與氣孔導度也較無保水劑處理者為高。其他研究亦多指出保水劑有提高樹苗移植成活率之效果 (Apostol et al., 2009; Burdett, 1990; Haase and Rose, 1993; Pery et al., 1995)。

2. 提高果實產量

柑橘 (*Citrus*) 幼苗以含保水劑之介質種植並 21 天灌溉一次，結果顯示有加保水劑處理者較對照組 (無保水劑處理) 存活率較高，且以介質中含 0.4% 保水劑處

理者存活率最高 (Arbona et al., 2005)。此外，灌溉前柑橘葉片水勢以保水劑處理者較高，且復水後測值與良好灌溉處理者相當，保水劑處理者之總葉片數明顯較未處理者多，光合作用效率與氣孔導度亦以保水劑處理者下降量較無保水劑者少 (Arbona et al., 2005)。於半乾旱地區砂質土添加保水劑種植胡瓜 (*Cucumis sativus* Var. Beth alfa)，不僅增加果實產量，亦可減少灌溉次數 (Baasiri et al., 1986)。其他如藍莓 (Austin and Bondari, 1992)、草莓 (Minami et al., 2003) 及番茄 (Gu et al., 1996) 等作物種植時添加保水劑亦有在乾旱逆境下提高果實產量之效用。

3. 促進植株生長

於紅葉石楠 (*Photinia × fraseri*) 栽培介質中添加 0% (v/v) 至 1% 保水劑並進行四種灌溉頻度，以含 0.57% 保水劑者，可達到節水並同時有較重之植株乾重 (Dehgan et al., 1994)。Boatright 等人 (1997) 亦指出矮牽牛 (*Petunia parviflora*) 栽培在含 366 g/m² 保水劑之介質中，可有最高開花數與植株乾重。胡瓜 (*Cucumis sativus*) 種植於含 0% 至 0.4% 保水劑之介質，以含 0.3% 保水劑者之植株生長較佳 (Al-Harbi et al., 1999)

4. 幫助盆植植物抵抗缺水逆境

以含土壤保水劑之土壤介質栽培作物，能延長菊、東方型百合及變葉木到萎凋日數，但對黛粉葉則較無影響 (Bearce and McCollum, 1977; Wang, 1989)。另以含保水劑介質栽種吊蘭，能減少灌溉次數且使植株鮮重增加，但對波斯頓腎蕨僅能減少灌溉次數而植株鮮重與對照組無顯著差異 (Wang and Boogher, 1987)。Still (1976) 亦指出，菊花 'Sunny Mandalay' 以含保水劑之介質種植能減少灌溉次數，且能延長儲架壽命。

(五) 保水劑之安全性

聚丙烯醯胺 (polyacrylamide) 之水分吸收及釋放效果良好，經常用作保水劑之主要原料。是由丙烯醯胺 (acrylamide) 聚合而成，且經各試驗證實其對人類 (Thomas, 1964; Hunkeler and Hamielec, 1991, McCollister et al., 1965)、動物 (McCollister et al., 1965)、魚類 (McCollister et al., 1965) 及植物 (Wallace and Wallace, 1986) 不具毒性。

然而，丙烯醯胺無法達到 100% 聚合，其聚合物之單體殘餘含量一般小於 0.0002% (Wallace and Wallace, 1986)。在使用聚丙烯醯胺製成之物品時，亦會伴隨少量降解之單體 (Abdelmagid and Tabatabai, 1982)，故被視為具低毒性及副作用的污染物質 (Seybold, 1994)。

在常溫下，土壤中的丙烯醯胺半衰期為每 25 ppm 18 至 45 小時 (Lande et al., 1979)。Brown 等人 (1980) 亦指出丙烯醯胺於自然環境中，可在 100 至 700 小時內被生物降解。其在土壤中水解產生氨 (NH_4)，在有氧環境中最終氧化為亞硝酸鹽 (NO_2) 和硝酸鹽 (NO_3)，可供植物吸收利用 (Abdelmagid and Tabatabai, 1982)。Wallace 等人 (1986) 亦指出，聚丙烯醯胺分解後的最終產物不會是丙烯醯胺，即使第一步會分解產生單體，丙烯醯胺亦迅速分解為丙醯胺和丙酸，而丙醯胺和丙酸迅速水解至最終產物二氧化碳、氨和水。其他研究亦指出丙烯醯胺可被微生物迅速降解且最終產物為氨 (NH_3) (Kay-Shoemake et al., 1998a,b, 2000; Hayashi et al., 1994)。

第三章 栽培介質添加不同保水劑對馬纓丹抗乾旱逆境之影響

Chapter 3. Effects of hydrogel amendments to substrate on *Lantana camara* growth under drought stress

摘要 (Abstract)

馬纓丹 (*Lantana camara*) 以三種保水劑 Alcosorb® (AS)、TerraCottem® (TC) 及 Taisap DC-386A (TS) 分別混合添加 6 或 12 g·L⁻¹ 於砂質壤土 (田土) 及泥炭苔：真珠石 (3 號)：蛭石 (3 號)=2：1：1 (體積比) (泥炭苔混合介質) 中栽植，結果顯示：無論於田土或泥炭苔混合介質中添加何種廠牌之保水劑，皆能增加其介質含水量及 EC 值，且降低介質硬度。栽培介質添加保水劑皆能減輕乾旱逆境對馬纓丹植株生長之不良影響，尤以田土為栽培介質時，添加 12 g·L⁻¹ 保水劑 AS 或添加 6 及 12 g·L⁻¹ TS 者之表現較佳；而以泥炭苔混合介質種植時，添加 12 g·L⁻¹ 保水劑 AS 者之表現較佳。

一、前言 (Introduction)

保水劑為人工合成之化學聚合物，可吸收大量水分 (Jhurry, 1997; Johnson, 1984; Zohuriaan-Mehr and Kabiri, 2008)。將其添加於栽培介質中可增加土壤保水能力及土壤滲透力，減少土壤緊實趨勢及水分流失，亦增加植物水分利用效率及植物表現 (Jhurry, 1997)。

目前已知保水劑可應用於乾旱地區樹苗移植，以提高移植後存活率 (Agaba et al., 2010; Apostol et al., 2009; Burdett, 1990; Haase and Rose, 1993; Pery et al., 1995); 亦可降低乾旱逆境對果樹、瓜類或茄科作物果實生長發育之影響 (Arbona et al., 2005; Austin and Bondari, 1992; del Amor et al., 2007; Gu et al., 1996; Minami et al., 2003)，探討施用保水劑對盆植植物的水分供給 (Bearce and McCollum, 1977; Ferrazza, 1974; Keever et al., 1989; Still, 1976; Taylor and Halfacre, 1986)，或庭園地被植物之生產及觀賞品質之影響 (Henderson et al., 1991; Frantz et al., 2005; Gehring and Lewis, 1980)。

雖然國外已有各項研究與應用，但國內也僅少數見於景觀業者使用於偏遠地區之苗木移植，栽培產業上之應用仍闕如。此外，各廠牌的保水劑特性不盡相同，必須瞭解其吸水相關特性方能對其應用於栽培作物上有所助益。

本試驗以田土或泥炭苔混合介質添加臺灣市售保水劑種植馬纓丹 (*Lantana camara*)，並給予限水灌溉，以期初步了解保水劑減輕乾旱逆境對作物生長之效用。

二、材料與方法 (Materials and Methods)

(一) 試驗一 砂質壤土添加土壤保水劑對馬纓丹生長品質之影響

參試材料為 2008 年 8 月 25 日訂購自桃園觀音鄉花龍園藝公司之馬纓丹 9 公分黑軟盆苗，於 2008 年 8 月 28 日換盆至 15 公分塑膠硬盆，並施以栽培介質混合保水劑之處理。

栽培介質為國立臺灣大學生物資源暨農學院附設試驗農場園藝分場田間採取

之砂質壤土 (砂粒 69.6%、粉粒 25.4%、黏粒 5.0%)，以下簡稱田土 (Field soil)。保水劑吸霸 (Alcosorb[®]) (sodium acrylate/acrylamide copolymer) (AS) 與地樂通 (TerraCottem[®]) (Polyacrylamide) (TC) 購於農友種苗股份有限公司，Taisap DC-386A (Polyacrylate, PAA) (TS) 購於台塑台麗朗公司 (附錄 1)。介質處理為田土以未吸溼保水劑 0、6 及 12 g·L⁻¹ 混合，每盆約 1.3 L 並種植一棵植株。一株為一試驗單位，各處理六重複。灌溉處理分為每三天澆水一次之限水對照組及每日澆水的對照組。澆灌以地下水澆灌至介質充分溼潤為止。每六天紀錄一次植株生長及介質性質。試驗處理期間為 2008 年 8 月 31 日至 10 月 13 日。

試驗期間每六天施予一次含 200 ppm N 之 20.0N-8.8P-16.6K 可溶性肥料 (Peter's 20-20-20, Scotts Co., Marysville, Ohio, USA)。植株栽培於園藝分場簡易溫室，試驗期間以氣象資料收集器 (Datalogger DL2e, Delta-T Devices, Cambridge, UK) 紀錄溫度及光度 (附錄 2)。

(二) 試驗二 不同栽培介質添加土壤保水劑對馬纓丹生長品質之影響

參試材料為 2008 年 9 月 20 日於國立臺灣大學校內剪取馬纓丹插穗，自行扦插生產之穴盤苗，待根長大於 3 cm 具有 10 條根以上者，於 2008 年 11 月 27 日上盆至 12 公分塑膠硬盆，並施以栽培介質混合保水劑之處理。

栽培介質有二，其一為田土，來源與試驗一相同，另一種介質為泥炭苔混合介質 (Peat based) [泥炭苔：真珠石 (3 號)：蛭石 (3 號)=2：1：1 (體積比)，其中泥炭苔 (Fafard No. 1) 購自 Fafard 公司 (Fafard Co., Agawam, MA, USA)，真珠石與蛭石購自南海蛭石工業股份有限公司 (台北，臺灣)]，以下簡稱泥炭苔。使用保水劑品牌與試驗一相同，栽培環境同試驗一，並以氣象資料收集器紀錄試驗期間之溫度及光度 (附錄 3)。

介質處理為田土或泥炭苔混合介質各別與未吸溼之 6 或 12 g·L⁻¹ 保水劑 AS、TC 及 TS 充分混合，每盆種植一植株，並以未添加保水劑者做為對照組。灌溉處

理以乾旱對照組 (Control-dry) 植株明顯萎凋占處理內 50%，方將全部乾旱處理之植株澆水，田土及泥炭苔介質處理的實際澆水時間平均分別為 13.0 天及 21.4 天，正常澆水對照組 (Control) 之田土及泥炭苔介質處理的實際澆水時間平均分別為 6.5 天及 10.7 天。每兩週紀錄一次植株生長，而介質含水量及硬度會於每次澆水前後各測量一次，介質 pH、EC 於每次澆水後測量。試驗期間為 2008 年 11 月 27 日至 2009 年 3 月 15 日。各處理六重複，每一株視為一重複。

(三) 調查項目

植物生長之測量項目包括植株株高、冠層幅寬、節數、葉綠素計讀值及植株乾重。介質特性之測量項目包括酸鹼值、電導度、容積含水量與硬度。

1. 植物生長

- (1) 株高：介質表面至主莖頂芽之距離。
- (2) 冠層幅寬 (幅寬)：測量植株最大開張距離及其旋轉 90 度後之長度，兩者平均為其幅寬。
- (3) 節數：由介質表面算起，至主莖莖頂之莖節數。
- (4) 葉綠素計讀值：以葉綠素計 (SPAD-502, Minolta, Japan) 測量植株第一對完全展開葉之葉綠素含量，並以葉綠素計讀值 (Chlorophyll meter reading value, CMR) 表示。
- (5) 植株乾重：試驗結束後將植株分為地上部與地下部，並以 70 °C 之烘箱烘乾一週後稱取乾重。

2. 介質特性

- (1) 酸鹼值 (pH)：使用手提式酸鹼度/電壓/溫度測定計 (Type 2162S, IQ Scientific Instruments, Illinois, USA) 於充分澆灌介質並平衡一小時後，將感測器插入介質中心處測量。
- (2) 電導度 (Electrical conductivity, EC)：使用野外土壤及溶液電導度測定計 (2265FS, Spectrum Technologies, Illinois, USA) 於充分澆灌介質並平衡一小時後，將感測器插入介質中心處測量。
- (3) 容積含水量 (Volumetric water content, VWC)：使用 Theta Probe (Type HH2,

Delta-T Devices, Cambridge, UK) 於充分澆灌介質並平衡一小時後，將感測器插入介質中心處測量，田土以 Organic 模式測量；泥炭苔則以 Peat base 模式測量。

(4) 硬度：以土壤硬度計之圓錐尖端刺入介質表面，並紀錄其讀值。

(四) 統計分析

試驗皆採完全逢機設計 (Complete randomized design, CRD)。數據以 Costat 6.2 (CoHort Software, Monterey, CA, USA) 統計軟體進行統計分析，以最小顯著差異 (Least significant difference, LSD) 分析處理間有無顯著差異 ($P \leq 0.05$)；繪圖採用 SigmaPlot 8.0 (SPSS Inc., IL, USA)。

三、結果 (Result)

試驗一 土壤保水劑對馬纓丹生長品質之影響

(一) 田土添加保水劑種植馬纓丹對其介質特性之影響

田土添加保水劑並種植馬纓丹之介質 pH 值變化如圖 3. 1 所示。添加保水劑 AS 與 TC 之處理，在試驗開始 (第 0 天) 時之 pH 值均為 7.3 與對照組相同，而添加 TS 者之 pH 值為 6.8，顯著低於對照組。隨著處理日數增加，各處理之介質 pH 值皆日漸下降，每日澆水處理之對照組於處理後 43 天之 pH 值為 6.8，而每三天澆灌一次且未添加保水劑者之 pH 值為 6.9。田土添加不同劑量保水劑之各處理 pH 值下降幅度則較大，其中 AS 與 TC 於處理後 43 天之 pH 值各為 6.3 及 6.4，但不同施用量與澆水頻率對介質 pH 值無顯著影響；而 TS 於處理後 43 天之介質 pH 6.0，明顯較其他保水劑處理低，且添加 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 者之 pH 值較 $6 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 者低，又以三天澆水一次處理之介質 pH 值較每日澆灌者低。

介質加入保水劑後，EC 值均高於未添加保水劑之對照組，試驗開始時，添加 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 者之 $1.4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 最高 (圖 3. 2)。添加 AS 與 TC 者之介質 EC 值皆為 $0.4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ，未因施用劑量不同而變化，但添加 TS 者，則以 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 顯著高於 $6 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$

者 (圖 3. 2)。每日澆灌之對照組的介質 EC 值未隨處理日數增加而顯著變化 (約 $0.1-0.3 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$)，但三天澆灌一次者則稍微升高；而 AS 處理之 EC 值在處理開始後以添加 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 者高於 $6 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ，分別為 $0.4-0.7 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 及 $0.3-0.5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 之間；添加 TC 者之 EC 值則略高於對照組 ($0.3-0.4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$)，不同灌溉處理間則無顯著差異；添加 TS 之處理中，以 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 處理之介質 EC 值顯著高於 $6 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 者，各浮動於 $1.4-0.9 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 與 $0.8-0.4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 之間，又以三日澆灌一次處理組之 EC 值稍高於每日澆灌者，且比值變動較大 (圖 3. 2)。

未混入保水劑田土的介質容積含水量 (Volumetric water content, VWC) 為 25%，而混入保水劑 AS 及 TC 的 VWC 分別為 35% 及 32%，不同劑量無顯著影響；而添加 TS 者，VWC 隨保水劑劑量增加而增加， $6 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 及 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 分別為 40% 與 46% (圖 3. 3)。對照組於處理期間介質含水量維持於 23% 至 25% 之間，澆水頻率間亦無顯著差異 (圖 3. 3)。添加 AS 者之 VWC 於試驗期間介於 20% 至 40%，其中每日澆灌處理者不同施用比例間之 VWC 無差異，而三天澆灌一次處理者中以施用 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 之 VWC 較 $6 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 者高約 5% (圖 3. 3)。施用 TC 者之 VWC 未明顯不同於對照組，其中每日澆水處理下不同施用比例之 VWC 無明顯差異，但三天澆灌一次處理下則以 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 之 VWC 於試驗後期較對照組高 (圖 3. 3)。添加 TS 者的介質 VWC 依施用劑量增加而增加，且兩施用劑量之 VWC 皆顯著高於對照組，不同澆灌頻率間之趨勢亦相同，但三天澆灌一次者之不同施用比例間 VWC 差異較不明顯 (圖 3. 3)。

介質硬度之變化如圖 3. 4 所示，對照組初硬度為 6.7 mm，保水劑處理組之介質硬度明顯低於對照組，試驗第 0 天時介質硬度會因施用比例增加而下降，試驗期間不同灌溉處理，有添加保水劑之介質硬度皆顯著低於對照組，僅每三天澆灌一次、添加 TC 者未有顯著差別。整體而言，以添加 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 者之介質最軟。

綜合上述，田土添加保水劑使介質於處理時 pH 下降幅度增加。介質 EC 值隨保水劑添加劑量增加而增加，且增加幅度由大至小依序為 TS、AS 及 TC。除 TC

處理之外，介質添加保水劑會明顯增加其容積含水量，且隨劑量增加而上升，又以 TS 處理之介質含水量較 AS 高。介質添加保水劑會明顯降低介質硬度，且隨施用劑量上升而下降，以添加 TS 者下降幅度最大，其次為添加 AS 與 TC 之處理。

(二) 田土添加保水劑種植馬纓丹對其植株生長之影響

每日澆灌下，介質未添加保水劑者之植株高度由 16 cm (第 0 天) 成長至 27 cm (第 42 天)；介質添加 AS 者之株高於處理後 18 天即高於對照組，至處理後 42 天其株高達 31 cm，但並無施用劑量上之差異；介質添加 TC 之株高亦大於對照組，且 $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 稍高於 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ；TS 之株高亦於處理後 18 天顯著高於對照組，且 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 大於 $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ，並於處理後 42 天之株高分別達 38 及 32 cm (圖 3.5)。三日澆灌一次處理下，乾旱對照組 (未添加保水劑者) 於處理後 6 至 18 天有枝條乾枯及落葉之現象，其株高由 17 cm 降至 15 cm，但試驗進行 18 天之後，株高即逐漸增加至 22 cm (第 42 天)，較每日澆灌者低；介質於 AS 處理下，植株高度逐漸增加並高於乾旱對照組， $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 之值於處理後 42 天達 34 cm 且高於每日澆灌對照組， $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 之株高於試驗進行 12 天後始逐漸升高，但處理後 42 天之值亦有 29 cm；添加 TC 者之株高於處理後 18 天明顯高於對照組，且 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 大於 $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ，其處理後 42 天之株高分別為 30 與 26 cm；TS 處理之植株高度亦大於乾旱對照組， $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 之值於處理後 42 天為 33 cm 且高於每天澆灌對照組， $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 之株高於試驗進行後 12 天始上升，至 42 天之值為 29 cm (圖 3.5)。綜合上述，介質添加保劑於每日澆灌或三日澆灌一次均能促進植株株高增加，以 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AS 與 $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 之表現較佳，其於保水劑處理者次之。

馬纓丹植株冠層幅寬如圖 3.6 所示。每日澆水下，對照組之幅寬由 20 cm 增加至 32 cm；AS 之幅寬於試驗進行 24 天後較對照組大，且 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 大於 $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ，但處理後 42 天之值均為 34 cm；而 TC 與 TS 之幅寬皆與對照組無顯著差異。三日澆灌一次之對照組之幅寬，於處理後 12 天因枝條部分萎凋及落葉由 19 cm 降至 16

cm，此後幅寬才逐漸增加至 26 cm (第 42 天)；介質添加保水劑之馬纓丹植株冠層幅寬，於處理後 12 天始逐漸增加，保水劑處理之值均大於乾旱對照組，但無施用劑量上之差異。

試驗進行後 48 天，每日澆灌對照組之主莖節數為 20.2 節，而添加保水劑者之節數為 19-23 節，未達顯著差異；三日澆灌一次者之節數於 18-22 之間，與每日澆灌處理相似 (表 3. 1)。保水劑處理間之葉綠素劑讀值無明顯差異，唯 AS 與 TS 之三日澆灌一次者較每日澆灌者高 (表 3. 1)。

每日澆灌下，植株乾重於各處理間亦無差異，只有 12 g·L⁻¹ TS 之地下部乾重 5.6 g 較對照組 4.0 g 重；地上、下部之比值由高至低依序為 AS、TC 與 TS，其中以 12 g·L⁻¹ AS 之 3.1 最高及 12 g·L⁻¹ TS 之 2.0 g 最低 (表 3. 2)。三日澆灌一次者，添加保水劑有增加地上部及地下部乾重之趨勢，地上部乾重以 12 g·L⁻¹ AS 與 6 g·L⁻¹ TS 最高，地下部乾重則以 6 g·L⁻¹ TS 高；而地上、下部之比值最高者為 AS，其次為 TC 與 TS，對照組最低 (表 3. 2)。不論每日澆灌或三日澆灌一次，植株乾重皆以對照組最低，且添加保水劑有增加地上部乾重之趨勢，尤以三日澆灌一次者較明顯，以 AS 及 TS 之乾重較大，TC 次之。

田土混合保水劑種植馬纓丹，無論每日澆灌或三日澆灌一次，植株均能較無添加保水劑者生長良好。每日澆灌下，以 12 g·L⁻¹ TS 處理之植株有最佳之生長表現；三日澆灌一次下，則以 12 g·L⁻¹ AS 與 6 g·L⁻¹ TS 之生長表現最佳。另外，三日澆灌一次之 12 g·L⁻¹ TS 之植株生長量雖稍低，但其開花表現較佳，且乾旱兩天後唯一不萎凋之處理 (圖 3. 7)，故其生長表現亦佳。

試驗二 土壤保水劑於不同栽培介質對馬纓丹生長品質之影響

(一) 不同栽培介質添加保水劑種植馬纓丹對之介質特性

泥炭苔混合介質對照組 pH 值為 7.01，TC 及 TS 處理之介質 pH 值隨施用劑量增加下降，而 AS 之 pH 則與對照組相同，且無劑量差異。田土處理對照組之 pH

值 (7.66) 較泥炭苔高，AS 之 pH 值與對照組相同，而 TC 與 TS 之值則小於對照組，且 TS 處理之 pH 值隨保水劑用量增加而下降 (表 3.3)。泥炭苔混合介質之 EC 值高於田土，且隨保水劑劑量增加而上升，又以 TS 處理者最高，其次為 AS，最後為 TC (表 3.3)。

泥炭苔混合介質澆灌後 VWC 為 45%，介質添加保水劑能增加其澆灌後之 VWC，增加量由多至少分別為 TS、AS 與 TC，且均隨保水劑施用量增加而升高，以 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 73% 最高，而 $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TC 53% 為增加最少者。泥炭苔正常澆灌對照組澆灌前 VWC 為 25%，限水灌對照組為 13% (圖 3.8)。介質添加保水劑者之澆灌前 VWC 皆以 12 較 6 高，但只有 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AS 與 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 之 VWC 較正常澆水對照組高，分別為 35% 及 41%；以及 $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TC 之 16% 較低，其他則與正常澆水對照組無差異 (圖 3.8)。介質容積含水量不因處理時間增加而改變。

田土澆灌後 VWC 約為 40%，正常澆水與限水對照組之澆灌前 VWC 分別為 16% 及 8% (圖 3.8)。保水劑處理之 VWC 皆高於對照組，由高至低為 TS、AS 及 TC，保水劑施用比例增加 VWC 亦上升； $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 之含水量為 35.3% 至 69.5%，為含水量最高之保水劑處理； $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TC 為含水量最低之處理，亦有 9.8% 至 47.5%，雖稍高於對照組，但差異不大 (圖 3.8)。介質容積含水量不因處理時間增加而改變。

介質硬度方面，泥炭苔之澆水前後之質變化不大，但正常澆灌組之澆水前硬度於處理 50 天後均略高於乾旱對照組；介質加入保水劑後，硬度皆為 0 mm，且不隨處理後天數增加而變化 (圖 3.9)。田土正常澆水對照組之澆水前介質硬度為 15 mm，乾旱對照組更可達 20 mm，但澆灌後之值均為 1 mm (圖 3.9)。田土添加保水劑後，澆灌前硬度明顯降低，且依保水劑種類而有程度上之差異，硬度由高至低依序為 TC (10.8 至 13.3 mm)、AS (1.6 至 3.8 mm) 及 TS (0.2 至 3.7 mm)，且硬度下降幅度隨保水劑用量增加而增加；而澆灌後之介質硬度皆為 0 mm (圖 3.9)。

(二) 不同栽培介質添加保水劑馬纓丹生長之影響

以田土種植之馬纓丹植株於生長表現 (表 3. 4) 及鮮、乾重 (表 3. 5、表 3. 6) 均大於泥炭苔處理者。田土處理下，使用 AS、TC 與 TS 三種保水劑對植株株高及葉綠素濃度無顯著差異，而冠層幅寬則以對照組最小，AS 處理者較大，其次為 TC 及 TS (表 3. 4)。田土添加保水劑處理者之植株鮮、乾重均明顯高於對照組，其中添加 AS 與 TS 者之地上部乾、鮮重隨施用劑量增加而上升，以 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AS 有最大鮮重 7.11 g 與乾重 2.19 g (表 3. 5、表 3. 6)。地下部鮮重以添加 $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 有最大值 17.80 g ，而 AS 與 TC 之地下部鮮、乾重則隨施用劑量增加而升高；地下部乾重之表現趨勢均與地下部鮮重相同 (表 3. 5、表 3. 6)。植株鮮種比值雖無差異 (表 3. 5)，但乾重之地上、下部比值以對照組最大，其次為 TC 及 AS 處理，比值最小者為 TS (表 3. 5)。

泥炭苔介質處理下，添加保水劑者之植株株高及冠層幅寬與對照組無差異，但葉綠素計讀值則隨添加 AS 與 TC 之劑量增加而上升，但添加 TS 者則隨施用量增加而下降 (表 3. 4)。泥炭苔添加保水劑 AS 及 TC 者之植株地上部鮮、乾重隨施用比例增加而增加，而添加 TS 者則未有劑量效應。添加保水劑 AS 與 TC 處理之地下部鮮、乾重亦隨施用量增加而上升，但添加 TS 者則隨添加量增加而下降。植株鮮乾重之地上、下部比值均以 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 較高，其他處理則無顯著差異 (表 3. 5、表 3. 6)。

本試驗以田土種植馬纓丹時，以 AS 之植株生長表現最佳，其次為 TC 及 TS，無添加保水劑者最差。而以泥炭苔混合介質為栽培介質時，以 AS 之馬纓丹植株生長表現最佳，其次為 TC，而 TS 及對照組則最差。

四、討論 (Discussion)

(一) 保水劑對介質物化特性及植物生長之影響

田土 pH 值於添加保水劑 AS 或 TC 時雖無顯著差異，但添加 TS 者之 pH 值便立即下降，且此三種保水劑處理者均有些微的介質提早酸化情形發生 (圖 3. 1)。水

蘚泥炭與樹皮混合之介質 pH 值於添加保水劑 Agrosoke (polyacrylamide gel) 後立即下降，其認為是介質內游離酸釋放所致 (Wang and Boogher, 1987)。而介質提早酸化現象與聖誕紅、蔓綠絨、天竺葵等盆栽作物以潮汐灌溉處理之結果相同 (郭坤峰, 1994; 郭宏遠, 1997; Morvant et al., 1997)。Molitor (1990) 認為介質 pH 下降是淋溶作用減少而造成氫離子累積之情形。而潮汐灌溉之下層介質含水量較傳統灌溉者高，因而加速介質的礦質化和釋放有機酸，亦為造成下層介質酸化之原因 (Heiskanen, 1995)。保水劑處理者之介質含水量較對照組高，且於灌溉時較能滯留養、水分並減少介質淋洗，可能因而加速有機酸之釋放，以 $12 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ TS 三天澆灌一次之處理之酸化程度較明顯可見。

介質 EC 值於添加保水劑後即升高，且隨施用劑量增加而上升 (圖 3.2、表 3.3)。石英砂添加保水劑 (a starch-polyacrylamide hydropohilic gel) 以硝酸銨水溶液澆灌後，以去離子水淋洗並測量其淋洗液 EC 值，保水劑處理者於澆灌四次後仍可滯留 90% 之銨態氮，而無添加保水劑之對照組只能滯留 30% (Henderson and Hensley, 1985)。是故保水劑會增加介質內可溶性鹽類滯留量 (Henderson and Hensley, 1985; Wang and Boogher, 1987)。故使用添加保水劑之栽種植物時應可減少料施用量，如密葉女貞 (*Ligustrum lucidum*) 以添加保水劑 (Liqua-gel) 之介質種植並施以 0.5、1 及 1.5 倍之 Osmocote 18N-6P-12K 肥料，24 週後以保水劑加 0.5 倍施肥處理者之植株乾重最重；保水劑加 1.5 倍施肥處理者不僅乾重低，亦有葉色過綠、葉片較薄及節間較短之肥料毒害症狀 (Taylor and Halfacre, 1986)。需留意栽種植物對鹽類濃度之耐受性與重新評做肥料施用量。

保水劑對介質含水量增加之程度，以 TS 最多，其次為 AS 與 TC (圖 3.3、圖 3.8)。主要原因為其主成分不同及製造時能與水鍵節之支鏈含量多寡所共同造成之差異。Johnson (1984) 使用三個種類的保水劑進行吸水能力測量，以澱粉-丙烯腈共聚物 (Starch-polyacrylonitrile graft co-polymers) 之吸收水量高於其他二者 (vinyl alcohol-acrylic acid co-polymers; acrylamide-sodium acrylate co-polymers)。而

以澱粉為主之保水劑擁有許多羥基能輕易與水分子形成鍵結，故澱粉性保水劑之吸水速率亦較高 (Wang and Gregg, 1990)。且有些保水劑易與陽離子做鍵結，而使得保水劑吸水能力下降 (Ghebru et al., 2007)。

本試驗使用之保水劑為吸水後會膨脹變大之水凝膠。無論是吸水後形成之凝膠，亦或是放出水後在介質中留下之孔隙空間，均會增加介質之孔隙度與降低總體密度，介質硬度亦因此而下降 (圖 3.4、圖 3.9)。田土於栽作期間，會因澆灌破壞介質團粒構造，使其孔隙度下降，介質含水量降低時會形成較緊實之土層，是為土壤夯實 (Brady and Weil, 2002)。夯實之介質有較高之總體密度，水分、空氣及植物根系難以穿透，對栽種作物極為不利。保水劑混合入栽培介質中，能適時增加介質孔隙度，並阻止土壤夯實，降低澆灌前之介質硬度，有助於作物之根系生長。而本試驗以田土添加保水劑者以 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AS 及 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 之處理有較佳之根乾重。

(二) 不同栽培介質及保水劑處理對馬纓丹生長之影響

田土之飽合含水量原為 40%，添加保水劑後介質含水量提高 10% 至 30% (圖 3.3)，能供應較多水量讓植物吸收。試驗一中，三日澆灌一次的 (限水灌溉處理組)，以添加 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AS、 $6 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 及 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 者之生長表現最佳 (表 3.2、圖 3.5、圖 3.6)。而其介質含水量於試驗進行期間大多高於 30% (圖 3.3)，顯示田土之介質容積含水量達 30% 以上時，可維持馬纓丹三天之生長所需水量。植物面臨缺水逆境會減少地上部之生長 (Kuchenbuch et al., 1986b; Sharp et al., 1988; Saab et al., 1990)。試驗期間介質含水量經常不足 30% 之處理，其植株可能遭遇缺水逆境而減緩其新陳代謝，致使生長量減少。

將介質澆灌前含水量與植株地下部鮮重相互比較，若以地下部鮮重 10 g 為界，可得田土介質澆灌前含水量於 13% 至 40% 時之植株地下部乾重較重；泥炭苔混合介質則分別為 30% ($6 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AS) 或 20% ($12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TC) 以上者較佳，TS 則完全

不適合 (表 3. 6、圖 3. 8)。Nelson (2003) 指出，理想栽培介質之容器含水量 (Container capacity) 應為 30%至 50%，而通氣孔隙則為 10%至 20%。田土在未添加保水劑時之介質容積含水量為 8%至 40%，加入保水劑後介質含水量提高 10 至 30%，而 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 處理之介質含水量可高達 70% (圖 3. 8)，已高出理想範圍，故其植株生長表現稍差 (株高、幅寬)。泥炭苔原介質含水量在 15%至 45%之間，具高保水力，混入保水劑後介質含水量皆增加，而 TS 更達到 67% ($6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) 及 73% ($12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$)，已高出理想範圍許多。且 TS 之膠體粒徑較小，介質通氣孔隙可能因而減少。一般通氣及土質結構都良好的土壤內，氧氣充塞於土壤顆粒之孔隙間，一旦土壤淹水或浸水情況下，土壤顆粒之孔隙為水分所充滿，氧氣之擴散因而受阻，植物根部、土壤微生物和土壤內動物幾乎可在 24 小時內將溶解於土壤水分內之氧氣消耗殆盡 (Taiz and Zeiger, 2006)。TS 處理之介質可能因孔隙度較少而造成介質內氧氣長期供應不足，使得根無法順利生長 (地下部鮮重較輕)。是故，試驗二以田土種植馬纓丹時，介質添加保水劑皆可促進植株生長，以 AS 處理者之表現較其他兩者佳。而以泥炭苔混合介質作為栽培介質時，以 AS 處理之馬纓丹植株生長表現最佳，其次為 TC 處理者，而介質添加 TS 者及對照組則最差 (表 3. 4、表 3. 5、表 3. 6)。

以田土為栽培介質種植馬纓丹時，添加保水劑能有效增加介質含水量，促進植株生長，尤以使用於缺水環境下，可有效減少乾旱逆境抑制植株生長之影響，以添加 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AS 或 $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 及 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 者之表現較佳。而以泥炭苔混合介質栽種馬纓丹時，需注意其介質含水量是否過高，反使植株陷於缺氧逆境，以 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AS 處理者之表現較佳。

表 3. 1. 砂質壤土以保水劑及灌溉處理對馬纓丹節間數與葉片葉綠素計讀值之影響

Table 3. 1. Effects of hydrogel and irrigation treatments on plant internode number and leaf chlorophyll reading meter (CMR) value in *Lantana camara* grown with sandy loam.

Hydrogel rate (g·L ⁻¹)	Node number		CMR	
	1D ^y	3D	1D	3D
0	20.2 bA ^z	18.0 bA	40.5 aA	41.1 aA
Alcosorb				
6	23.0 aA	19.7 abA	37.8 bB	42.4 aA
12	21.5 abA	22.8 aA	39.7 abB	43.2 aA
TerraCottem				
6	21.3 abA	19.5 abA	40.1 abA	41.8 aA
12	23.0 aA	20.7 abA	40.6 aA	42.3 aA
Taisap				
6	19.5 bA	22.3 aA	39.9 abB	43.0 aA
12	21.3 abA	21.2 abA	39.8 abA	42.3 aA

^zMean separation within the same rows and parameters (upper case) and the same columns (lower case) by LSD test at $P \leq 0.05$. (n = 6)

^y1D = Daily irrigation, 3D = Irrigated by three-day interval.

表 3. 2. 砂質壤土以保水劑及灌溉處理對馬纓丹植株乾重之影響

Table 3. 2. Effects of hydrogel and irrigation treatments on plant dry weight in *Lantana camara* grown with sandy loam.

Hydrogel rate (g·L ⁻¹)	Shoot dry wt. (g)		Root dry wt. (g)		Shoot: Root ratio	
	1D ^y	3D	1D	3D	1D	3D
0	8.7 bA ^z	5.3 cB	4.0 bcA	3.1 bA	2.2 bcdA	1.7 cA
Alcosorb						
6	10.0 abA	9.2 abA	4.0 bcA	3.3 abA	2.5 bcA	2.9 abA
12	10.4 abA	10.0 aA	3.4 cA	3.1 bA	3.1 aA	3.3 aA
TerraCottem						
6	9.1 abA	7.4 bB	3.5 cA	3.2 bA	2.6 abA	2.4 bA
12	10.1 abA	8.8 abA	4.1 bcA	3.5 abA	2.5 bcA	2.5 bA
Taisap						
6	9.0 abA	9.9 aA	4.3 bA	4.1 aA	2.1 cdA	2.5 bA
12	10.8 aA	7.9 bB	5.6 aA	3.3 abB	2.0 dA	2.4 bA

^zMean separation within the same rows and parameters (upper case) and the same columns (lower case) by LSD test at $P \leq 0.05$. (n = 6)

^y1D = Daily irrigation, 3D = Irrigated by three-day interval.

表 3. 3. 保水劑及栽培介質處理對馬纓丹介質酸鹼值與電導度之影響

Table 3. 3. Effects of hydrogel and substrate treatments on substrate pH and electrical conductivity (EC) with *Lantana camara* grown in.

Hydrogel rate (g·L ⁻¹)	pH		EC (dS·m ⁻¹)	
	Peat ^y	Field soil	Peat	Field soil
0	7.01 aB ^z	7.66 aA	0.22 fA	0.16 fA
Alcosorb				
6	6.99 abA	7.64 aA	0.60 dA	0.35 dA
12	7.06 aB	7.64 aA	0.85 cA	0.42 cB
TerraCottem				
6	6.88 cB	7.35 bA	0.47 eA	0.23 eB
12	6.73 dA	7.31 bA	0.70 dA	0.32 dB
Taisap				
6	6.88 bcA	7.19 cA	1.09 bA	0.51 bB
12	6.73 dB	6.98 dA	1.91 aA	1.10 aB

^zMean separation within the same rows and parameters (upper case) and the same columns (lower case) by LSD test at $P \leq 0.05$. (n = 6)

^yPeat means 2 peat : 1 perlite : 1 vermiculite (by volume); Field soil means sandy loam.

表 3. 4. 保水劑及栽培介質處理對馬纓丹植株高度、冠層幅寬及葉片葉綠素濃度之影響

Table 3. 4. Effects of hydrogel and substrate treatments on plant height, canopy diameter, and leaf chlorophyll meter reading (CMR) value in *Lantana camara*.

Hydrogel rate (g·L ⁻¹)	Plant height (cm)		Canopy diameter (cm)		CMR	
	Peat ^y	Field soil	Peat	Field soil	Peat	Field soil
0	14.3 abA ^z	15.7 abcA	9.8 abcA	8.9 dA	12.0 deB	33.3 aA
Alcosorb						
6	13.0 bB	15.5 bcA	10.0 abcB	13.2 bA	18.7 bB	32.5 aA
12	16.8 aA	16.8 aA	10.4 abB	15.3 aA	24.3 aB	33.9 aA
TerraCottem						
6	14.2 abB	17.5 abA	8.7 bcB	11.2 cA	17.4 bcB	31.3 aA
12	15.3 abA	15.0 cA	10.8 aB	13.4 bA	25.2 aB	33.1 aA
Taisap						
6	12.8 bB	16.0 abcA	9.6 abcB	13.8 bA	13.8 cdB	31.7 aA
12	13.7 bB	16.5 abcA	8.1 cA	10.7 cdA	7.2 eB	31.5 aA

^zMean separation within the same rows and parameters (upper case) and the same columns (lower case) by LSD test at $P \leq 0.05$. (n = 6)

^yPeat means 2 peat : 1 perlite : 1 vermiculite (by volume); Field soil means sandy loam.

表 3. 5. 保水劑及栽培介質處理對馬纓丹植株鮮重之影響

Table 3. 5. Effects of hydrogel and substrate treatments on plant fresh weight in *Lantana camara*.

Hydorgel rate (g·L ⁻¹)	Shoot fresh weight (g)		Root fresh weight (g)		Shoot: Root ratio	
	Peat ^y	Field soil	Peat	Field soil	Peat	Field soil
0	1.50 bcB	2.31 eA	5.77 cA	4.32 dA	0.26 bB	0.56 aA ^z
Alcosorb						
6	2.00 bB	4.85 bcA	8.50 bB	13.13 cA	0.23 bB	0.37 aA
12	3.34 aB	7.11 aA	12.12 aB	15.50 bA	0.27 bB	0.46 aA
TerraCottem						
6	1.72 bcB	4.54 cdA	7.73 bB	11.22 cA	0.22 bB	0.40 aA
12	3.03 aB	5.09 bcA	12.87 aA	13.22 cA	0.23 bA	6.35 aA
Taisap						
6	1.35 bcB	5.33 bA	5.30 cB	17.80 aA	0.24 bA	0.30 aA
12	1.04 cB	3.85 dA	2.55 dB	11.75 cA	0.41 aA	0.33 aA

^zMean separation within the same rows and parameters (upper case) and the same columns (lower case) by LSD test at $P \leq 0.05$. (n = 6)

^yPeat means 2 peat : 1 perlite : 1 vermiculite (by volume); Field soil means sandy loam.

表 3. 6. 保水劑及栽培介質處理對馬纓丹植株乾重之影響

Table 3. 6. Effects of hydrogel and substrate treatments on plant dry weight in *Lantana camara*.

Hydorgel rate (g·L ⁻¹)	Shoot dry weight (g)		Root dry weight (g)		Shoot: root ratio	
	Peat ^y	Field soil	Peat	Field soil	Peat	Field soil
0	0.54 bcB	0.94 eA	1.12 cdA	0.94 dA	0.48 bB	1.02 aA ^z
Alcosorb						
6	0.68 bB	1.60 bcA	1.55 bB	2.54 bA	0.43 bB	0.63 cdeA
12	1.11 aB	2.19 aA	2.29 aB	3.02 aA	0.49 bB	0.73 bA
TerraCottem						
6	0.58 bcB	1.52 cA	1.41 bcB	2.14 cA	0.41 bB	0.71 bcA
12	1.02 aB	1.67 bcA	2.24 aA	2.57 bA	0.45 bB	0.65 bcdA
Taisap						
6	0.47 bcB	1.78 bA	0.97 dB	3.31 aA	0.47 bA	0.54 eA
12	0.37 cB	1.24 dA	0.57 eB	2.14 cA	0.66 aA	0.59 deA

^zMean separation within the same rows and parameters (upper case) and the same columns (lower case) by LSD test at $P \leq 0.05$. (n = 6)

^yPeat means 2 peat : 1 perlite : 1 vermiculite (by volume); Field soil means sandy loam.

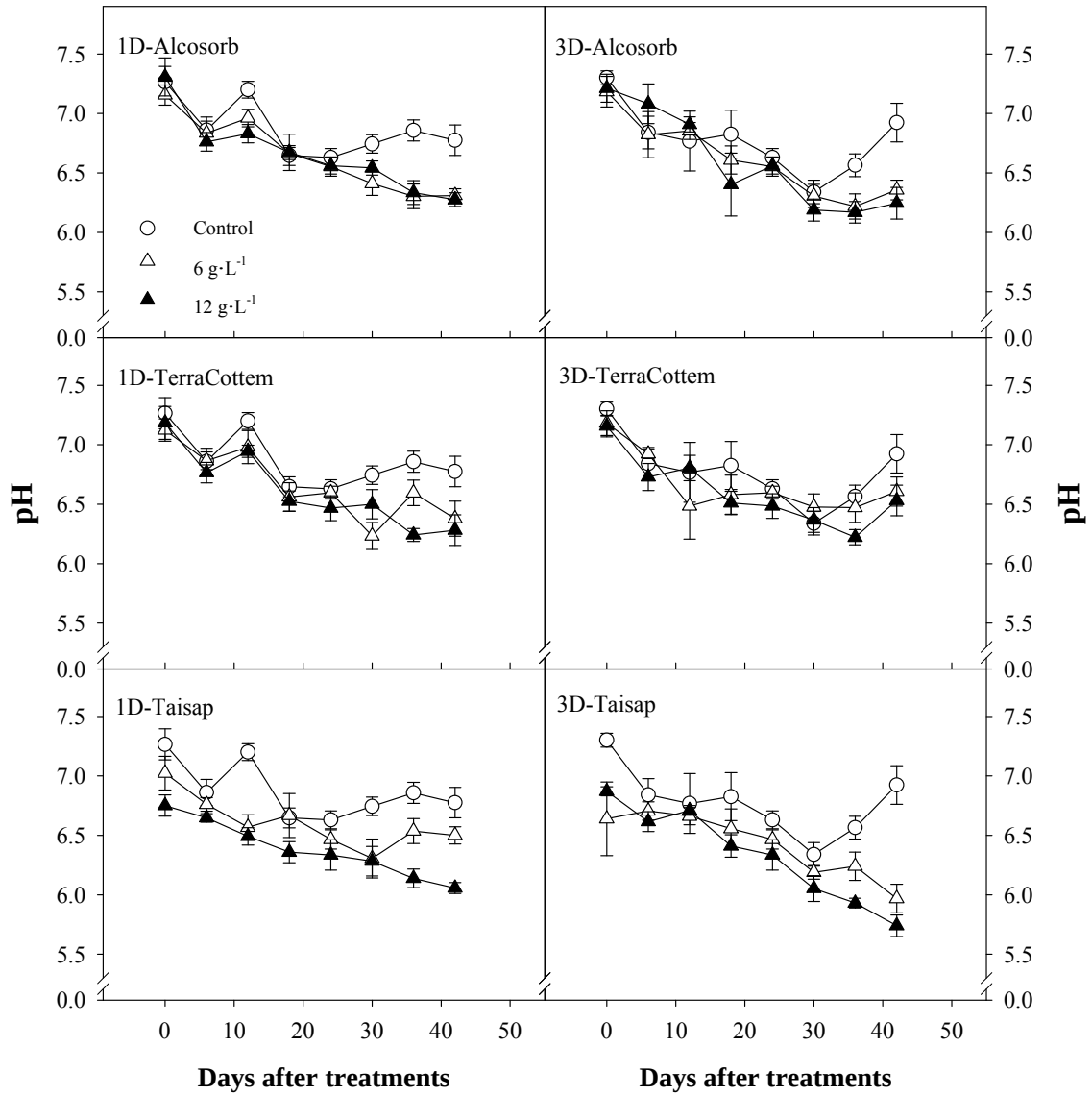


圖 3. 1. 砂質壤土以保水劑及灌溉處理種植馬纓丹對介質 pH 值之影響

Fig. 3. 1. Effects of water hydrogel and irrigation treatments on sandy loam substrate pH with *Lantana camara* grown in. 1D = Daily irrigation, 3D = Irrigated by three-day interval. (n = 6)

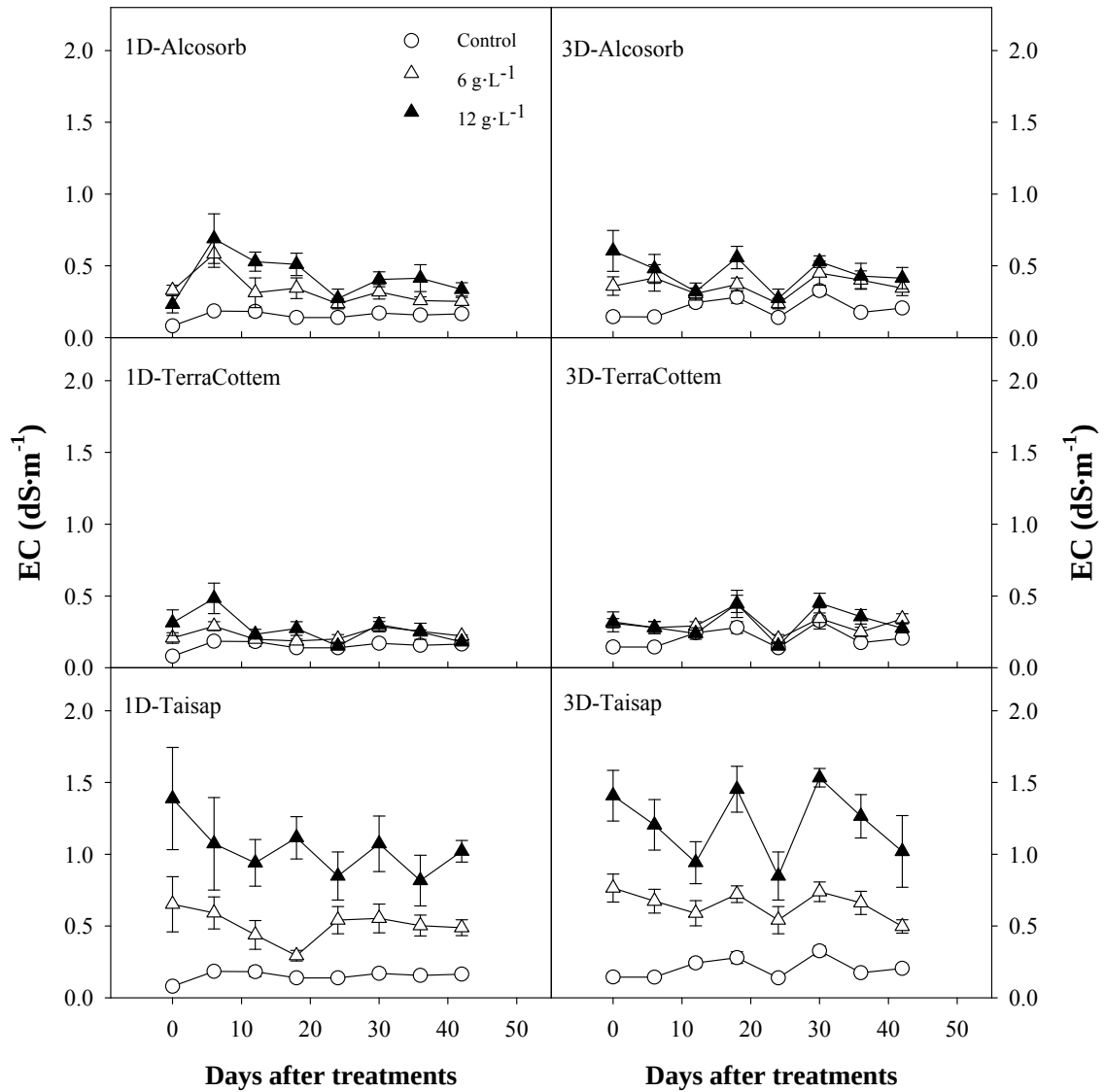


圖 3. 2. 砂質壤土以保水劑及灌溉處理種植馬纓丹對介質電導度之影響

Fig. 3. 2. Effects of water hydrogel and irrigation treatments on sandy loam substrate electrical conductivity (EC) with *Lantana camara* grown in. 1D = Daily irrigation, 3D = Irrigated by three-day interval. (n = 6)

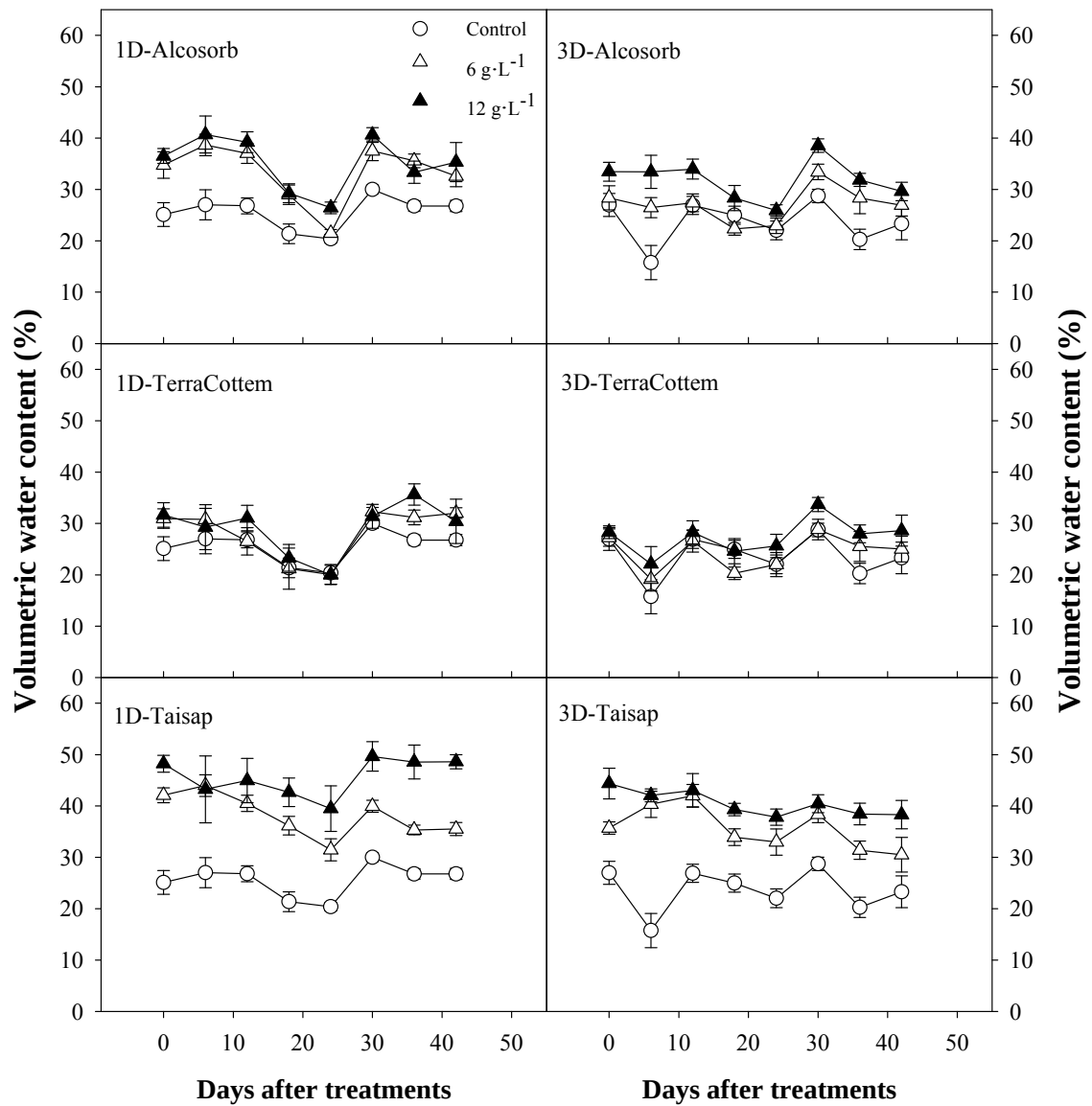


圖 3.3. 砂質壤土以保水劑及灌溉處理種植馬纓丹對介質容積含水量之影響

Fig. 3.3. Effects of water hydrogel and irrigation treatments on sandy loam substrate volumetric water content with *Lantana camara* grown in. 1D = Daily irrigation, 3D = Irrigated by three-day interval. (n = 6)

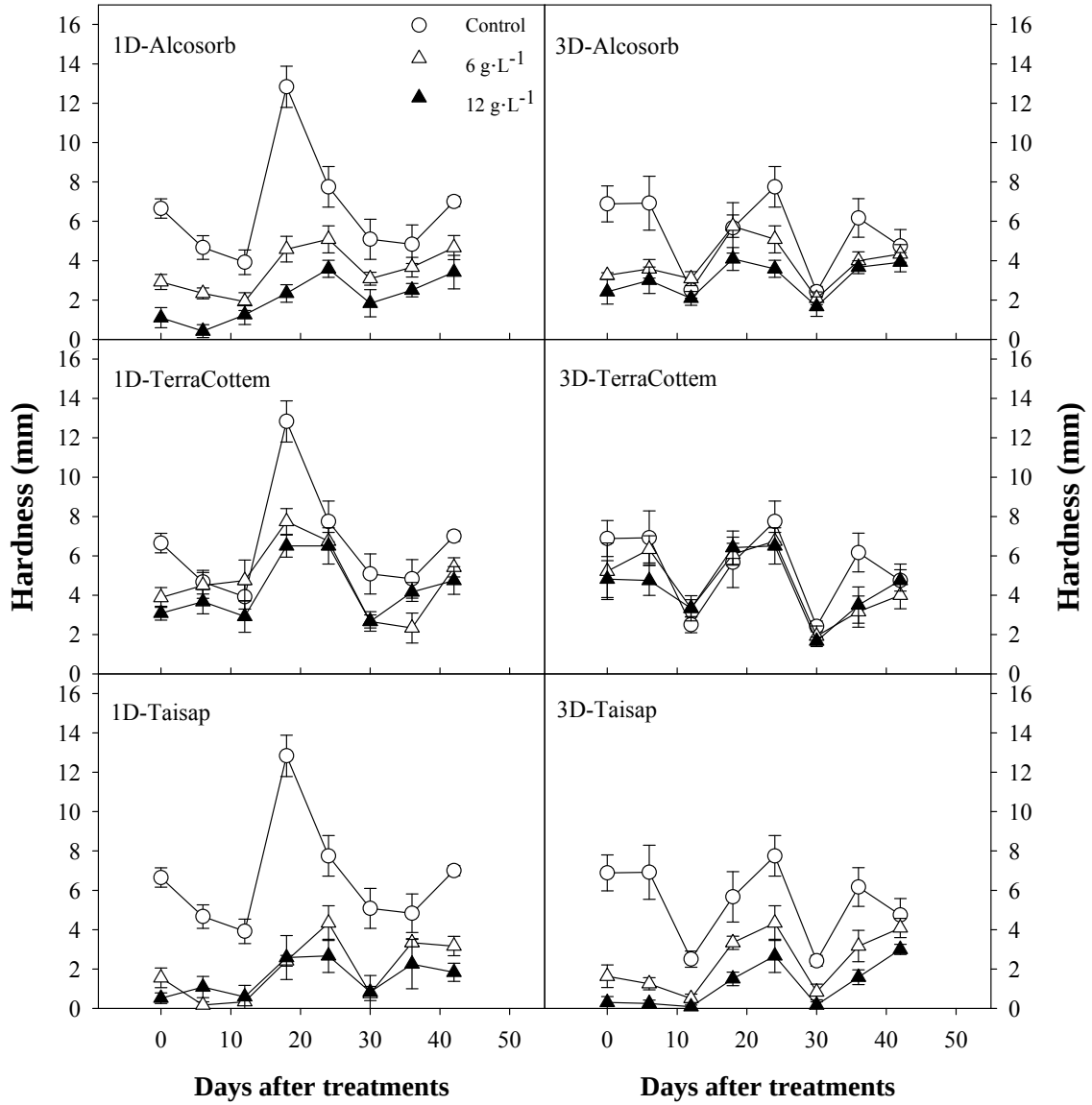


圖 3.4. 砂質壤土以保水劑及灌溉處理種植馬纓丹對介質硬度之影響

Fig. 3. 4. Effects of water hydrogel and irrigation treatments on sandy loam substrate hardness with *Lantana camara* grown in. 1D = Daily irrigation, 3D = Irrigated by three-day interval. (n = 6)

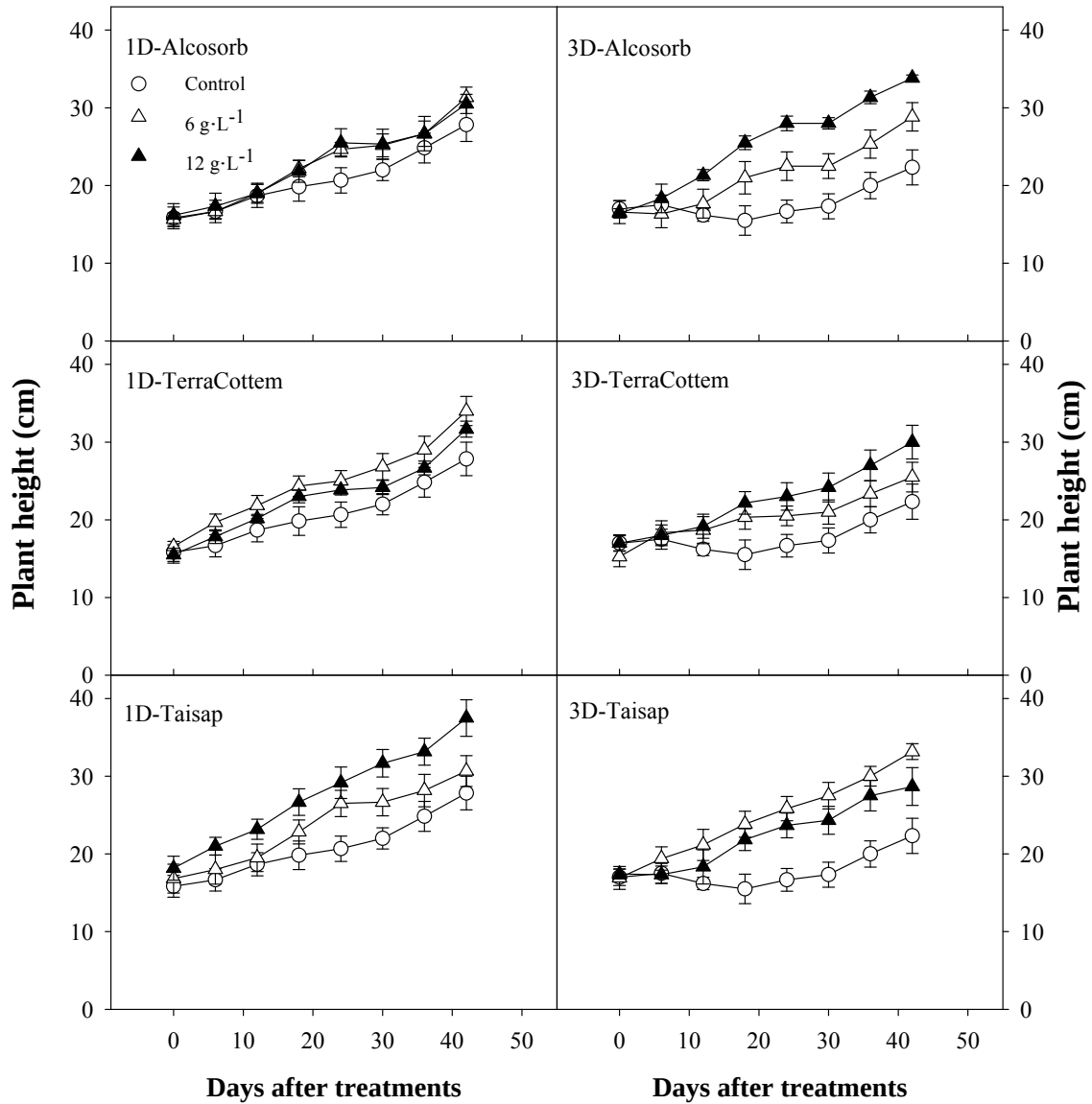


圖 3. 5. 砂質壤土以保水劑及灌溉處理對馬纓丹植株高度之影響

Fig. 3. 5. Effects of hydrogel and irrigation treatments on plant height in *Lantana camara* grown with sandy loam. 1D = Daily irrigation, 3D = Irrigated by three-day interval. (n = 6)

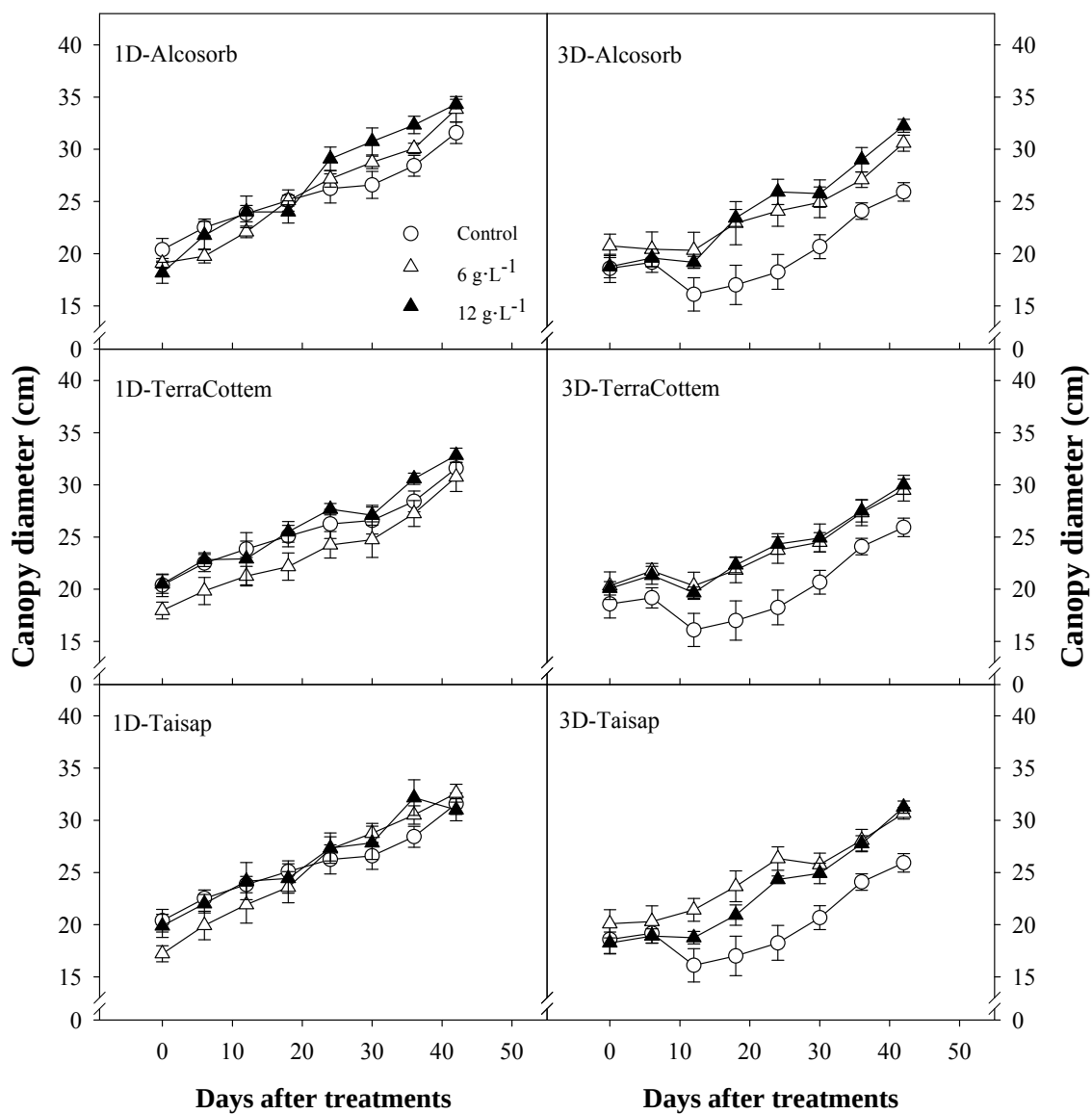


圖 3. 6. 砂質壤土以保水劑及灌溉處理對馬纓丹植株冠層幅寬之影響

Fig. 3. 6. Effects of hydrogel and irrigation treatments on canopy diameter in *Lantana camara* grown with sandy loam. 1D = Daily irrigation, 3D = Irrigated by three-day interval. (n = 6)

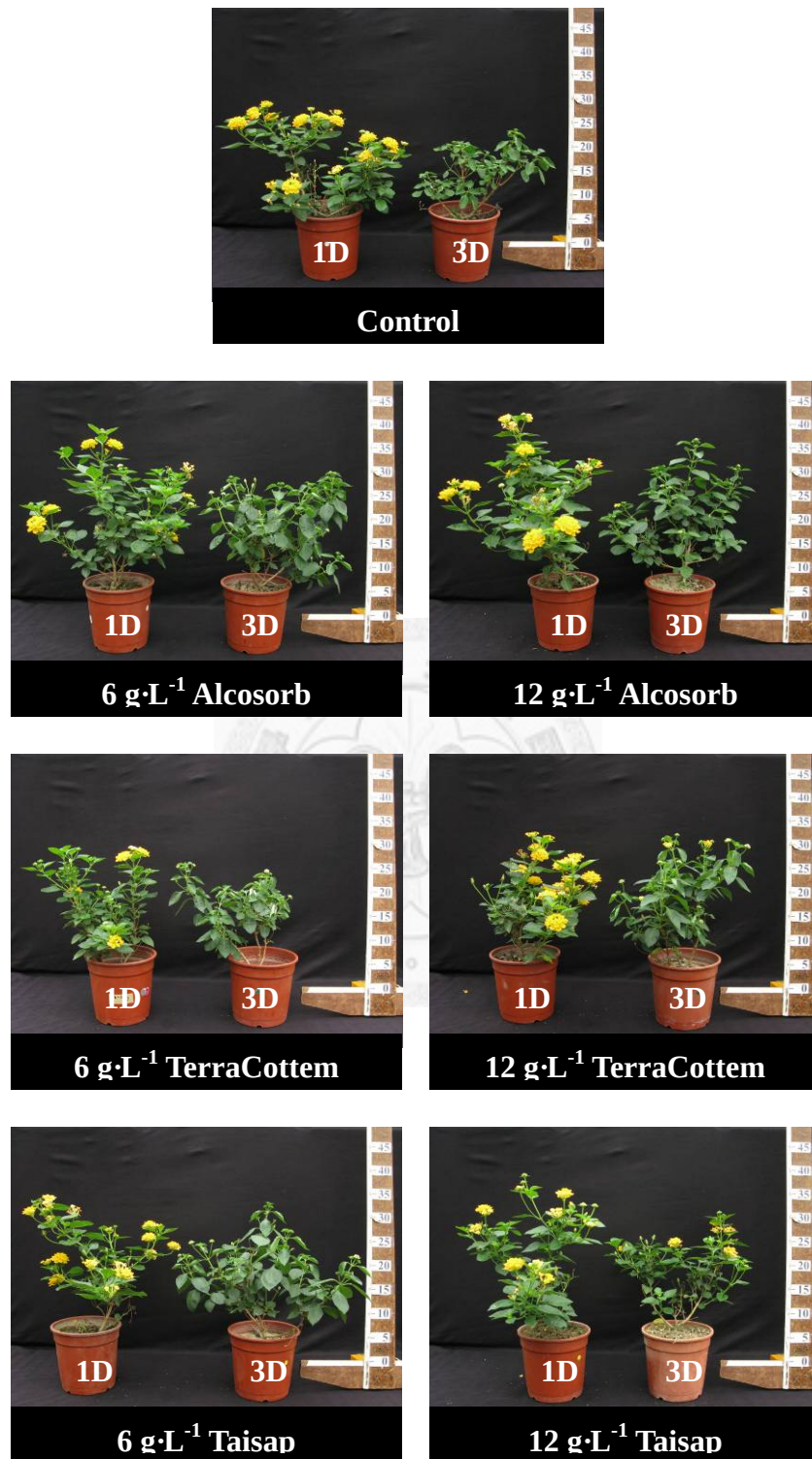


圖 3. 7. 保水劑及灌溉處理對以砂質壤土種植之馬纓丹生長表現之影響 (調查日期：2008 年 10 月 6 日)

Fig. 3. 7. Effect of hydrogel and irrigation treatments on plant growth in *Lantana camara* at 36 days after treatments. 1D = Daily irrigation, 3D = Irrigated by three-day interval. (n = 6)

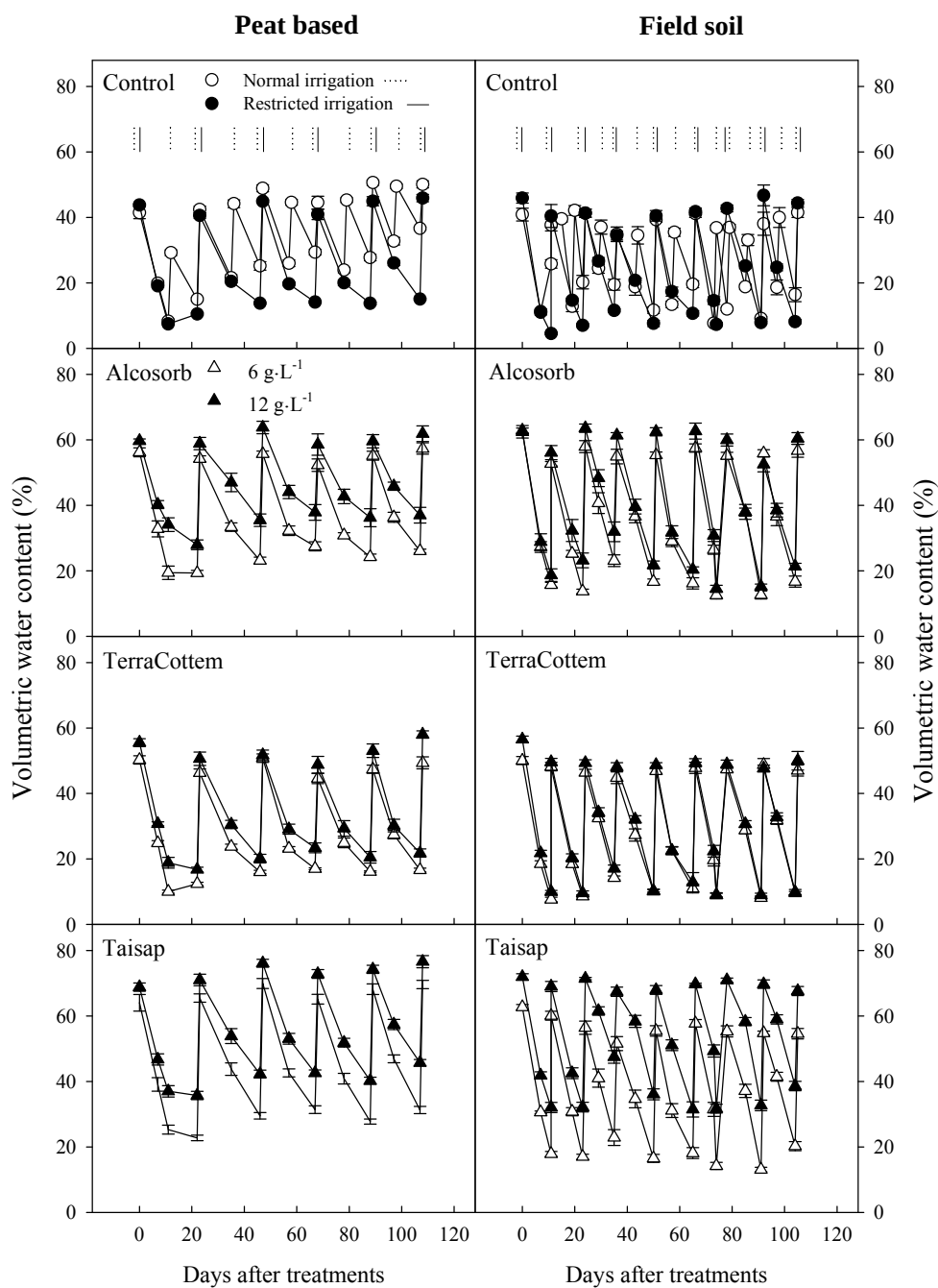


圖 3.8. 保水劑及栽培介質處理對馬纓丹介質容積含水量變化之影響

Fig. 3. 8. Effect of hydrogel and substrate on changes of substrate volumetric water content with *Lantana camara* grown in. Peat means 2 peat : 1 perlite : 1 vermiculite (by volume); Field soil means sandy loam. (n = 6)

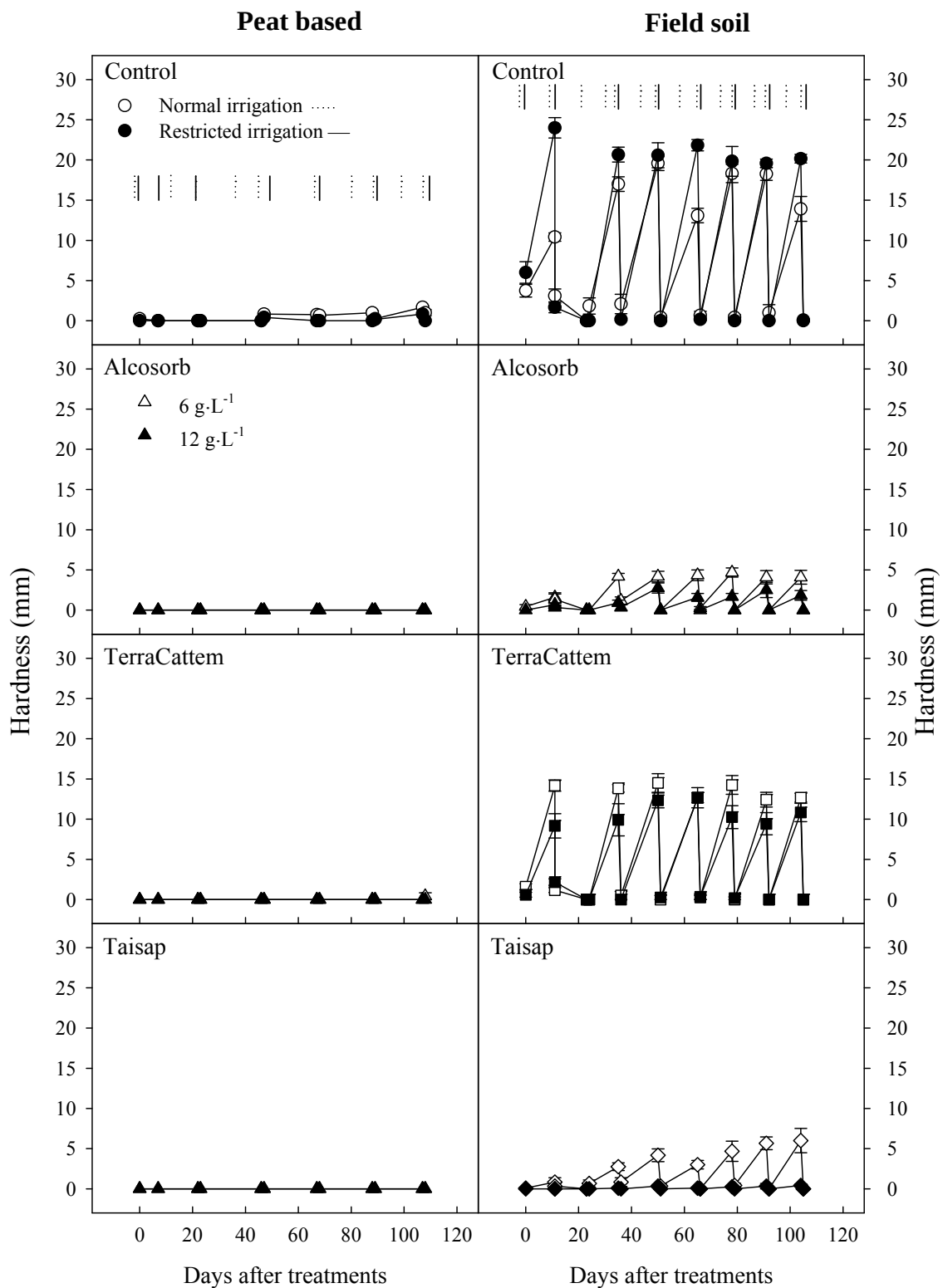


圖 3. 9. 保水劑及栽培介質處理對馬纓丹介質硬度之影響

Fig. 3. 9 . Effect of hydrogel and substrate on changes of substrate hardness with *Lantana camara* grown in. Peat means 2 peat : 1 perlite : 1 vermiculite (by volume); Field soil means sandy loam. (n = 6)

第四章 保水劑種類與劑量對夏堇‘小丑酒紅’生長之影響

Chapter 4 Effect of hydrogel type and amending ratio on *Torenia fournieri* ‘Clown Burgundy’ growth

摘要 (Abstract)

夏堇‘小丑酒紅’ (*Torenia fournieri* ‘Clown Burgundy’) 以三種保水劑 Alcosorb® (AS)、TerraCottem® (TC) 及 Taisap DC-386A (TS) 分別添加 6 或 12 g·L⁻¹ 於砂質壤土 (田土) 及泥炭苔：真珠石 (3 號)：蛭石 (3 號) = 2：1：1 (體積比) (泥炭苔混合介質) 中栽植，結果顯示：以添加 12 g·L⁻¹ TC 與 6 g·L⁻¹ AS 較能減輕乾旱逆境對植株生長之不良影響。另以保水劑 AS 分別混合添加 3、6、9 及 12 g·L⁻¹ 於泥炭苔混合介質中栽植，以添加 3 g·L⁻¹ 保水劑 AS 之株高、幅寬及抗乾旱逆境之綜合表現較佳。



一、前言 (Introduction)

花壇植物種植於較小的盆器中時，對水分逆境較為敏感，又以草本花卉更甚 (Gehring and Lewis, 1980)。在作物栽培期間若遭遇缺水逆境，會影響植株日後生長速率及觀賞品質 (Gehring and Lewis, 1980)。且盆植植栽在出貨至市場前，栽培業者為節省運送成本及方面搬運，欲出貨之植栽所帶之介質含水量均不高，而送至市場後亦鮮少替植栽補充水分，因而造成花苗萎凋、賣相不佳。

以含土壤保水劑之土壤介質栽培作物，能延長菊、東方型百合及變葉木到萎凋日數，但對黛粉葉則較無影響 (Bearce and McCollum, 1977; Wang, 1989)。另以含保水劑介質栽種吊蘭，能減少灌溉次數且使植株鮮重增加，但對波斯頓腎蕨僅能減少灌溉次數而植株鮮重與對照組無顯著差異 (Wang and Boogher, 1987)。Still (1976) 亦指出，菊花‘Sunny Mandalay’以含保水劑之介質種植能減少灌溉次數，且能延長儲架壽命。

前章已得栽培介質添加保劑可有效幫助馬纓丹抵抗缺水逆境，故本章節以草本之夏堇‘小丑酒紅’為參試材料，以同樣三種廠牌保水劑及施用劑量添加入泥炭苔混合介質栽種，以期能找出適用於其之保水劑添加量。亦進一步探討以含保水劑介質對夏堇‘小丑酒紅’生長之影響。

二、材料與方法 (Materials and Methods)

(一) 試驗設計

試驗一 泥炭苔混合介質添加保水劑對介質物理性質之影響

以泥炭苔混合介質 (Peat based) 同第三章試驗二，加入 0、3、6 或 12 g·L⁻¹ 之保水劑吸霸 (AS) 與地樂通 (TC) 或 Taisap DC-386A (TS)。將泥炭苔混合介質及保水劑充分混合均勻後，填入黑色塑膠花箱 (長 41 × 寬 21 × 高 11cm) 中至八分滿 (約 7.6 L)。連續四週每日澆灌 1000 mL 自來水一次。每處理各四重複。

介質物理性之測定，依據 Fonteno and Bilderback (1993) 建議的方法 (附錄 4)：以底部附有排水開關之鋁製圓筒罐 (直徑 7.0 公分、高 7.6 公分) 盛取土樣。將罐底開關打開放置於布氏漏斗上，將漏斗底部以橡皮塞塞住防止漏水。由漏斗與鋁罐中間加去離子水至約與鋁罐等高，但水不可由罐口滲入並平衡 15 分鐘。關閉鋁罐底部開關後，移去漏斗下橡皮塞以排除漏斗內的水。將鋁罐底部開關打開，並以量筒於漏斗下方盛接。經 60 分鐘後紀錄量筒內之水量，並稱量紀錄此時之介質重量。將介質以 105 °C 烘乾 3 天至恆重，紀錄乾重。進一步以公式計算容器含水量、充氣孔隙度、總孔隙度及總體密度，其換算公式如下：

容器含水量 (Container capacity, CC)：

$$CC(\% \text{volume}) = (\text{排水後介質重量} - \text{烘乾後介質重量}) / \text{容器體積}$$

通氣孔隙度 (Air filled porosity, AFP)：

$$AFP(\% \text{volume}) = \text{排出水之體積} / \text{容器體積}$$

總孔隙度 (Total porosity, TP)：

$$TP(\% \text{volume}) = CC + AFP$$

總體密度 (Bulk density, BD)：

$$BD(\text{g}/\text{cm}^3) = \text{烘乾後介質重量} / \text{容器體積}$$

固相百分比 (Solid space, SS)：

$$SS(\% \text{volume}) = \text{容器體積} - TP$$

試驗二 土壤保水劑對夏堇生長之影響

參試材料於桃園觀音鄉花龍園藝公司 2008 年 8 月 25 日送達的夏堇‘小丑酒紅’ (*Torenia fournieri* ‘Clown Burgundy’) 288 格穴盤苗，於 2008 年 8 月 28 日定植至 12 公分塑膠硬盆，並施以栽培介質混合保水劑之處理。

栽培介質使用同試驗一，每盆約有 680 mL 介質並種植一棵植株。一株為一試驗單位，各處理七重複。灌溉處理分為每三天澆水一次的限水處理組及每日澆水的對照組。澆灌以地下水澆灌至介質充分溼潤為止。每六天紀錄一次植株生長及介質性質。試驗處理期間為 2008 年 8 月 28 日至 10 月 15 日。

試驗期間每六天施予一次含 200 ppm N 之 20.0N-8.8P-16.6K 可溶性肥料 200 mL (Peter’s 20-20-20, Scotts Co., Marysville, Ohio, USA)。植株栽培於園藝分場簡易溫室。試驗期間以氣象資料收集器 (Datalogger DL2e, Delta-T Devices, Cambridge, UK) 記錄溫度及光度 (附錄 2)。

試驗三 土壤保水劑 Alcosorb[®] 對夏堇育苗品質之影響

參試材料於桃園觀音鄉花龍園藝公司 2009 年 5 月 20 日送達的夏堇‘小丑酒紅’ (*Torenia fournieri* ‘Clown Burgundy’) 288 格穴盤苗，於 2009 年 5 月 30 日定植至 9 公分黑色塑膠軟盆，並施以栽培介質混合保水劑之處理。

栽培介質同樣為試驗一中使用之泥炭苔混合介質，但以保水劑吸霸 (Alcosorb[®]) 進行試驗。介質處理為泥炭苔混合介質加入未吸溼保水劑 0、3、6、9 及 12 g·L⁻¹ 並均勻混合，每盆約有 220 mL 介質並種植一棵植株。一株為一試驗單位，各處理 20 重複。灌溉處理以介質含水量低於 30%，植株明顯萎凋 (圖 4.1) 時進行灌溉，並紀錄灌溉次數。澆灌以地下水澆灌至介質充分溼潤為止 (約 80 mL/pot)。於三週後紀錄植株生長及介質性質，並於試驗進行三週後調查開花情形。試驗進行三週後，每處理取 10 盆調查植株鮮、乾重；另 10 盆予以充分澆灌後斷水處理並移至生長箱 (日夜溫 30/25 °C、光度 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)，逐日測量葉片水勢、

介質體積含水量與葉片相對含水量，至植物完全死亡為止。試驗處理期間為 2009 年 6 月 1 日至 7 月 6 日。

試驗期間每七天施予一次含肥料 200 ppm N 之 20.0N-8.8P-16.6K 可溶性肥料 80 mL。植株栽培於園藝分場簡易溫室。試驗期間以氣象資料收集器 (Datalogger DL2e, Delta-T Devices, Cambridge, UK) 記錄溫及光度(附錄 5)。

(二) 調查項目

植株生長之測量項目包括株高、冠層幅寬、節間長及葉綠素計讀值。介質特性之測量項目包括酸鹼值 (pH)、電導度 (electrical conductivity, EC)、體積含水量、硬度及灌溉次數，以上測量方式與第三章相同。植株開花情形之調查項目包括定植後到開花日數、第一朵花之所在節數、花朵與花苞數及植株主莖與介質表面之夾角度數。葉片水勢與葉片相對含水量之測量方式如下：

1. 葉片水勢：每株每次剪取兩片完全展開葉，置於圓形樣品盒中，以葉片水勢計 (WP4, Decagon Devices, USA) 測量。
2. 葉片相對含水量：將完全展開葉片剪下後紀錄鮮重，之後將葉片置入裝有一次蒸餾水的封口袋中吸水，以達水飽和狀態。一天後，取出葉片測量飽和重，再將葉片置入 70 °C 烘箱中三天後量取乾重，依下列公式計算：相對含水量 = $[(\text{鮮重} - \text{乾重}) / (\text{飽和重} - \text{乾重})] \times 100\%$ 。

(三) 統計分析

試驗皆採完全隨機設計 (Complete randomized design, CRD)。數據以 Costat 6.2 (CoHort Software, Monterey, CA, USA) 統計軟體進行統計分析，以最小顯著差異 (Least significant difference, LSD) 分析處理間有無顯著差異 ($P \leq 0.05$)；繪圖採用 SigmaPlot 8.0 (SPSS Inc., IL, USA)。

三、結果 (Result)

試驗一 泥炭苔混合介質添加保水劑對介質物理性質之影響

泥炭苔混合介質各別混入保水劑 AS、TC 及 TS 後，總孔隙度及容器含水量隨保水劑添加劑量增加而上升，上升幅度以 TS 處理者最大，其次為 AS 及 TC (圖 4. 2)。而充氣孔隙度、固相百分比及總體密度則隨保水劑劑量增加而下降。充氣孔隙度固相百分比及總體密度之下降幅度皆以 TS 處理者最大，其次為 AS 及 TC (圖 4. 2)。

試驗二 土壤保水劑對夏堇生長之影響

(一) 泥炭苔混合介質添加保水劑後之介質特性變化

泥炭苔混合介質添加保水劑並種植夏堇之介質 pH 值變化如圖 4. 3 所示。各保水劑及灌溉處理組之初始 pH 皆與對照組 (pH 6.5) 無顯著差異，僅 TC 每日澆灌組為 pH 6.3，低於對照組。未添加保水劑者之介質 pH 值隨處理時間增加而下降，每日澆灌及三天澆灌一次者之 pH 值於試驗結束時降至 6.3 與 6.0。介質添加保水劑、每日澆灌者之 pH 值隨處理時間增加而下降，以 $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TC 與 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 之下降幅度較大，至試驗結束時分別降至 5.6 及 5.7，其他處理則與對照組相似。三天澆灌一次處理下，各保水劑處理之 pH 值亦隨處理時間增加而下降， $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 之 pH 值更於處理後 25 日顯著低於未加保水劑之對照組，並於處理後 48 日達最低值 5.3。三天澆灌一次且添加 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AS 者，植株於試驗後 45 天後陸續死亡，遂未測量第 48 天之介質 pH 值。綜合上述，泥炭苔混合介質添加保水劑對介質 pH 值無顯著影響，唯添加 $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 者於處理後 pH 下降幅度較對照組大，且灌溉頻率處理對介質 pH 質無顯著影響。

介質加入保水劑後，EC 值均高於未添加保水劑之對照組，試驗開始時，以添加 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 者之 $2.3\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 最高；添加 AS 與 TC 者之介質 EC 值平均各為 0.9 及 $0.8\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ，未因施用劑量不同而變化 (圖 4. 4)。每日澆灌及三日澆灌一次，未添

加保水劑者的介質 EC 值於試驗進行後，由 $0.3 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 下降至 $0.1 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 後即不再改變；添加保水劑 AS 者，試驗期間 EC 值以保水劑施加劑量較多者較高，每日澆水添加 $6 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AS 者，試驗期間 EC 值為 $0.5\text{-}0.7 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ，而添加 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 者則為 $1.3 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ，但三天澆灌一次者變動於 $1.0\text{-}1.5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 之間（圖 4.4）。添加保水劑 TC 者之介質 EC 值以加入 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 較 $6 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 者高，但差異為三種保水劑中最小，兩劑量之 EC 值在 $0.2\text{-}0.4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 之間，而三天澆灌一次者之介質 EC 值較每日澆灌者高（圖 4.4）。添加保水劑 TS，每日澆水處理者之介質 EC 值隨時間增加而下降，處理後 48 天時添加 6 與 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 者之介質 EC 值各為 0.8 及 $1.6 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ，在三天澆灌一次處理中，添加 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 者於試驗結束時介質比值達 $2.5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ，為處理間最高者；而添加 $6 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 者則維持於 $1.4\text{-}1.7 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 之間（圖 4.4）。上述顯示，介質 EC 值隨添加之保水劑劑量增加而增加，增加幅度由大至小依序為 TS、AS 及 TC，而三天澆灌一次下較每日澆灌者之 EC 值高。

泥炭苔混合介質加入保水劑前的體積含水量 (VWC) 為 47%，混入保水劑 AS 及 TS 者的 VWC 分別為 60% 及 69%，但不同劑量無顯著影響；而添加 TC 者，VWC 隨保水劑劑量增加而增加， 6 及 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 分別為 54% 與 58%（圖 4.5）。未添加保水劑者之 VWC 於試驗期間介於 37%-50% 之間，而灌溉處理間無顯著差異（圖 4.5）。添加保水劑 AS 者之 VWC 於試驗進行後即以加入 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 者明顯高於 $6 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 處理，且 VWC 隨試驗時間增加而增加，而三天澆灌一次之處理的 VWC 較每日澆灌者低，但仍以較高劑量者之 VWC 較高。介質添加 6 與 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TC 者之 VWC 於試驗進行後即與對照組無顯著差異且變動大，尤以每天澆灌者較明顯。添加保水劑 TS 者之介質 VWC 較加入其他保水劑高，試驗進行後以添加 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 者高於 $6 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 之處理，且隨試驗天數增加而增加，而三天澆灌一次者之 VWC 明顯低於每日澆灌者（圖 4.5）。是故，添加保水劑會明顯增加體積含水量，且隨施用劑量增加而上升，又以 TS 處理之介質含水量較 AS 高，然添加 TC 未能顯著增加介質體積含水量。

介質硬度變化如圖 4.6 所示，對照組之介質初始硬度為 2.6 mm ，而保水劑處

理組之硬度皆明顯低於對照組，且隨施用比例增加而下降。每日澆灌處理對照組之試驗期間介質硬度較三天澆灌一次者高，且隨處理後天數增加而增加；而添加保水劑者之介質硬度皆顯著低於對照組，以加入保水劑 TS 者較加入其他廠牌保水劑更為明顯。而加入保水劑 TC 者之介質硬度變化則與對照組類似。三天澆灌一次處理下，各保水劑處理之介質硬度變化趨勢與每日澆灌處理類似，惟硬度較低。綜合上述，添加保水劑會明顯降低介質硬度，且隨施用劑量上升而下降，以添加 TS 者下降幅度最大，其次為添加 AS 與 TC 者，又以每日澆灌者之硬度大於三日澆灌一次者。

(二) 泥炭苔混合介質添加保水劑對夏堇‘小丑酒紅’生長之影響

每日澆水處理下，對照組之株高由 11 cm (第 0 天) 成長至 32 cm (第 48 天) (圖 4. 7)。添加 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AS 者之株高於處理後第 6 天明顯低於對照組且生長緩慢，並於處理 30 天後陸續局部萎凋或死亡；添加 $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AS 者之株高於處理後 18 天明顯低於對照組，但株高仍持續增加至 28 cm (圖 4. 7)。添加 TC 者之株高與對照組無顯著差異，試驗結束時之株高則高於對照組，且無施用劑量上之差異 (圖 4. 7)。TS 之株高於處理後 6 天即明顯低於對照組，處理 30 天後生長較差之植株陸續萎凋死亡。三天澆灌一次處理下，各介質處理的株高相對趨勢與每天澆灌處理相同，唯株高明顯低於每天澆灌者 (圖 4. 7)。生長情形如圖 4. 15 所示。

植株冠層幅寬之表現與株高相同，以添加保水劑 TC 者與對照組相當，添加 $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AS 者略低於對照組，其餘處理則皆明顯低於對照組，又以 TS 處理者之幅寬未有增加 (圖 4.8)。三天澆灌一次者與每日澆灌處理未有顯著差異 (圖 4. 8)。

植株花苞數與花朵數於每天澆灌處理下，以添加保水劑 TC 者最多，其次為對照組與 $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AS 處理者，最後則是 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AS 與 6 及 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 處理者，而三天澆灌一次者之花苞與花朵數均明顯少於每天澆灌者 (表 4. 1)。葉片溫度於每日澆灌處理下，各處理間均無顯著差異；三日澆灌一次下，以對照組與 TS 處理者之葉溫較高，

而 AS 與 TC 處理者較低 (表 4. 1)。

每日澆水之處理中，以添加 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TC 者之地上部乾重明顯高於對照組，而添加 $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TC 者則與對照組相當，添加 AS 及 TS 者較低，又以添加 TS 者為所有處理中最低(表 4. 2)。未添加保水劑、三天澆水一次者之地上部乾重較每日澆水者低，添加 TC 且三天澆水一次亦較每天澆灌者低，AS 與 TS 處理者之地上部乾重則未與每天澆灌、相同介質處理者有顯著差異，但顯著小於三天澆水一次之對照組；各處理地下部乾重之表現與地上部之趨勢相同 (表 4. 2)。每日澆灌對照組之地上部對地下部乾重比為 8.7，與保水劑處理組無顯著差異，唯添加 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AS 者之比值為 22.9 較高，而三天澆灌一次處理組之比值均較每天澆灌處理組高，只有 $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 處理者之值與每天澆灌、相同介質處理者未有顯著差異 (表 4. 2)。

綜合上述，泥炭苔混合介質添加保水劑 TC 者之植株生長及開花情形為所有處理中最佳者，其次為對照組與添加 $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AS 者，而介質添加 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AS、 $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 與 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 者之植株生長勢均較衰弱。

試驗三 土壤保水劑 Alcosorb[®] 對夏堇‘小丑酒紅’育苗品質之影響

(一) 保水劑施用劑量對泥炭苔混合介質特性之影響

泥炭苔混合介質分別與 0、3、6、9 及 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AS 混合後，介質初始 pH 值隨保水劑使用比例增加而上升，以未添加保水劑者之 pH 6.5 最低，而最高則為添加 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 者之 pH 6.8 (圖 4. 9)。以此介質種植夏堇三週後，所有介質之 pH 值均下降，而添加保水劑者之值皆為 5.8，明顯低於對照組之 6.2 (圖 4. 9)。介質初始 EC 值隨保水劑施用量增加而上升， $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 者可達 $1.0\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 。種植夏堇三週後，所有處理之介質 EC 值皆顯著下降，但仍隨保水劑用量增加而增加，最高者為 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ，其值為 $0.5\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (圖 4. 9)。

未添加保水劑之最初介質硬度為 0.4 mm，而添加保水劑 AS 後之介質硬度均為 0 mm (圖 4. 10)。試驗進行三週後，介質硬度依保水劑 AS 比例增加而減少，對

照組之介質硬度為 3.7 mm，係處理中最高者，最低則為添加 9 及 12 g·L⁻¹ 者，只 0.4 mm (圖 4. 10)。種植夏堇三週後，未添加保水劑之介質含水量於澆灌前為 27%，隨保水劑劑量增加介質含水量亦上升，介於 30%至 40%；澆灌後對照組之介質含水量為 51%，保水劑處理之介質含水量隨施用量增加而上升，介於 60%至 73% (圖 4. 10)之間。試驗期間未添加保水劑者之澆水次數為 17 次，添加保水劑者之澆灌次數隨劑量增加而減少，依序為 15、14、13 及 13 次，顯示介質添加保水劑能減少灌溉次數 (圖 4. 10)。

(二) 保水劑施用劑量對夏堇‘小丑酒紅’植株生長之影響

植株株高以對照組及添加 3 g·L⁻¹ 保水劑 AS 處理高於其他處理，冠層幅寬與節間長無顯著差異。葉片葉綠素計讀值以對照組最低為 32，添加保水劑者均較高，又以添加 9 g·L⁻¹ 者最高，其值為 36 (圖 4. 11)。

植株種植三週後之開花情形方面，處理間之到開花日數、開花節數、花朵數及花苞數均無顯著差異 (表 4. 3)，植株主莖與地面夾角以對照組及添加 3 g·L⁻¹ 者較高，為 80°以上，添加 6、9 及 12 g·L⁻¹ 者之夾角低於 65°，顯示植株地上部重心不穩、容易傾倒 (圖 4. 16)。

植株地上部乾重以對照組、添加 3 及 6 g·L⁻¹ 者較高，地下部乾重則無顯著差異，而植株地上部相對地下部乾重比值以對照組、添加 6 及 9 g·L⁻¹ 者較高，添加 3 g·L⁻¹ 者稍低但與對照組無顯著差異，而以添加 12 g·L⁻¹ 者最低 (表 4. 4)。

(三) 保水劑對夏堇‘小丑酒紅’植株斷水後表現之影響

停止給水後，介質體積含水量變化如圖 4.12 所示。對照組之介質體積含水量於斷水後一天即由 51%降至 18%，而添加保水劑處理組之介質含水量陸續於斷水後二 (添加 3 g·L⁻¹)、三 (6 g·L⁻¹) 及四 (9 g·L⁻¹ 與 12 g·L⁻¹) 天時低於 20%。

對照組之葉片水勢於停止給水後第二天降至 -1.1 MPa，其他處理仍有 -0.9 MPa

以上。斷水三天時，對照組及添加 $3\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 者之葉片水勢已降至 -1.6 MPa ，而其他處理組則為 -0.7 MPa 。斷水四天時，對照組及添加 $3\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 者已萎凋死亡，而其他保水劑處理組之葉片水勢亦降至 -1.7 MPa ，至斷水後五天各處理組皆萎凋死亡 (圖 4. 13)。

對照組葉片相對含水量於斷水後兩天，由 96% 降至 66% 且萎凋死亡，添加保水劑者此時仍維持於 95% (圖 4. 14)。斷水後三天時，添加 $3\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 者之葉片相對含水量降至 77% 且萎凋死亡，而添加 6、9 與 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 者亦於斷水後四日時分別降至 83%、73% 及 77% (圖 4. 14)。

四、討論 (Discussion)

(一) 不同保水劑對泥炭苔混合介質物化特性之影響

泥炭苔混合介質添加保水劑對介質 pH 值無顯著影響，唯添加 $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 者於試驗進行之 pH 下降幅度較對照組大 (圖 4. 3)。Nelson (2003) 指出無土介質之理想 pH 值為 5.4 至 6.5，而本試驗之介質介於 pH 5.6 至 6.5 之間，仍在合適範圍中。介質 EC 值隨保水劑添加劑量增加而增加，且增加幅度由大至小依序為 TS、AS 及 TC 處理者，而三天澆灌一次較每日澆灌者之 EC 值高 (圖 4. 4)。本章節泥炭苔介質添加保水劑後之介質 pH 及 EC 表現與前一章節以田土種植馬纓丹之反應相似。

除 TC 處理之外，添加保水劑會明顯增加介質之體積含水量，且隨劑量增加而上升，又以添加 TS 者之介質含水量較 AS 處理者高 (圖 4. 5)。此外，介質總孔隙度會隨保水劑添加量增加而上升，而充氣孔隙亦隨之下降 (圖 4. 2)。

Alcosorb 與 TS 處理於 $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 之通氣孔隙即降至 10%，而 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 更只有 5%，已低於理想值。而 TS 處理之植株於試驗進行 18 天後之株高與幅寬即不再增加，介質通氣孔隙不足造成根系缺氧為可能原因之一。另以樹皮 (pine bark) 或樹皮:砂質壤土 = 4:1 之介質添加保水劑，其介質總孔隙度未因保水劑處理而有顯著差異，但容器含水量皆依保水劑添加劑量增加而上升，而通氣孔隙則隨之下降

(Fonteno and Bilderback, 1993)。Nelson (2003) 認為介質通氣孔隙應為介質總體積之 10%至 20%。

泥炭苔介質實測之總體密度為 $0.11 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (圖 4. 2)，與 Drzal 等人 (1999) 及 deBoodt 和 Verdonck (1972) 所測之 0.109 及 $0.203 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 相似，但皆不在作物之建議範圍 $0.64\text{-}1.20 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 內 (李咩，1987; Nelson, 2003)。顯示泥炭苔原屬較低密度之栽培介質。泥炭苔混合介質添加保水劑後，介質總體密度依保水劑添加量上升而下降，又以 AS 及 TS 處理者之下降幅度較大 (圖 4. 2)，而介質硬度亦隨保水劑添加量增加而明顯下降，以添加 TS 者下降幅度最大，其次為添加 AS 與 TC 者 (圖 4. 6)。添加保水劑後泥炭苔介質密度又再下降，介質硬度也隨之下降，更不適合植物之生長。

又每日澆灌下之介質硬度大於 3 日澆灌一次者 (圖 4. 6)。栽作時，澆灌介質易破壞其團粒構造，使介質較為緊實 (Brady and Weil, 2002)。另一方面，以砂質壤土添加保水劑連續種植五季小黃瓜 (*Cucumis sativus* L.)，其介質密度隨栽種時間增加而上升，且田間含水量隨之下降 (Al-Harbi et al., 1999)，顯示保水劑之吸水力隨使用時間增加而減少。然本試驗之進行時間較短，故澆灌應為介質硬度增加之主因。

(二) 不同廠牌保水劑對夏堇‘小丑酒紅’生長之影響

夏堇‘小丑酒紅’種植於添加保水劑 AS 之泥炭苔混合介質，以加入 $6 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 者之生長表現 (株高、幅寬及乾重) 較佳，且於限水灌溉下 (三日澆灌一次處理) 亦能生長至開花；但加入 $12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 者則生長不良，而限水灌溉組在試驗進行中陸續萎凋死亡 (表 4. 1、表 4. 2、圖 4. 7、圖 4. 8)。其介質物理性質顯示，兩劑量之容器含水量及通氣孔隙皆差異不大，但其固相百分比及總體密度皆隨保水劑劑量增加而明顯下降 (圖 4. 2)，推測根系固持度可能不夠，因而造成植株地上部生長不良 (表 4. 2)。

夏堇‘小丑酒紅’植株以添加保水劑 TC 之泥炭苔混合介質種植，每日澆水處理下兩劑量處理之植株均生長良好，而限水灌溉下雖亦生長良好，但在缺水兩天時，添加 $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 者會呈現萎凋， $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 處理者則無（圖 4. 15），且植株鮮重及乾重皆以添加 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 者較佳（表 4. 2）。植物在遭遇乾旱逆境時，須忍受細胞與組織間脫水及可觀的植體高溫（Henckel, 1964）。介質添加保水劑 TC 能促進夏堇‘小丑酒紅’之植株生長，並減輕乾旱逆境之威脅，但施用劑量需較高（ $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ）才較有效。

泥炭苔混合介質以保水劑 TS 處理後，夏堇‘小丑酒紅’之生長表現均不佳，又以添加 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 者更甚（圖 4. 7、圖 4. 8）。介質之總孔隙度在添加 6 及 $12\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ TS 時均高達 97% 及 99%，而固相百分比皆低於 3%（圖 4. 2）。在試驗進行期間，可觀察到 TS 處理者之保水劑吸水速率較為快速，且介質體積於灌溉前後差異甚大，無法將植入之穴盤苗穩固其中，導致根系發育不良（表 4. 2）。

綜合上述，保水劑 TC 之植株綜合表現為所有處理中較佳者，但有效使用量較多。介質添加 AS 者之植株生長表現較 TC 處理者稍差，但若適當調整施用劑量，應能改善其對夏堇生長之影響，且花費成本亦能降低。保水劑 TS 為三者中保水能力最佳者，推測其對適合於泥炭苔介質中使用之劑量，應大幅向下修正，且其 pH、EC 值及吸水速率等特性與其他兩廠牌保水劑較不相同，若要應用於種植植物，應對其基本特性做更徹底之調查。是故，本次選定 AS 做為進一步適用劑量之研究。

（三）保水劑 Alcosorb[®] 劑量對夏堇種苗生長之影響

以不同劑量保水劑 Alcosorb[®] 加入泥炭苔混合介質種植夏堇‘小丑酒紅’，其株高、冠層幅寬、植株生長角度及植株乾重皆以對照組與 $3\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 較高（表 4. 3、圖 4. 11），但隨保水劑劑量增加，葉片葉綠素計讀值亦隨之上升（圖 4. 11）且植株灌溉次數減少（圖 4. 10）。葉綠素計（SPAD-502）是以非破壞性的方法測定葉片的綠色度，在許多植物中，葉綠素計讀值與使用 80% 丙酮或 Dimethyl sulfoxide (DMSO)

萃取之葉綠素含量呈正相關，故可用來測定植物相對的葉綠素含量 (Yadava, 1986)。又葉片葉綠素濃度與葉片氮濃度具高度相關性 (Madakadze et al., 1999)，故葉片葉綠素計讀值可用以代表葉片相對氮濃度 (Richardson et al., 2001)。本研究

中，葉片葉綠素計讀值隨保水劑處理劑量增加而上升，推測植株在高劑量保水劑下能獲得較多之氮肥，使得葉色較為濃綠，且介質之 EC 值也隨保水劑劑量增加而上升 (圖 4. 9)，故介質添加保水劑可增加植株之肥料使用率。

上述顯示，保水劑在夏堇‘小丑酒紅’育苗過程中能減少灌溉水量並增加植株肥料吸收，然保水劑之添加量雖能增加介質含水量，亦使介質總體密度下降，致介質硬度下降，而無法固持植株，易造成澆灌時植株倒伏，而影響植株之生長與外觀表現。故栽培夏堇‘小丑酒紅’時，於泥炭苔介質中添加 $3 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 保水劑 Alcosorb[®] 可能較為適合。

隨保水劑添加劑量增加，斷水後至植株萎凋死亡時間較長 (圖 4. 12)。由介質體積含水量下降趨勢可看出，未添加保水劑者之可用水量 (飽和含水量-植株萎凋時之介質含水量) 於斷水後一天即幾乎用盡，經保水劑處理者則皆於斷水後兩天，其介質含水量之減少趨勢才逐漸平緩 (圖 4. 12)。葉片水勢與葉片相對含水量之變化趨勢亦支持此一論點。介質含水量、葉片水勢與葉片相對含水量皆為觀察植株水分狀態之指標。保水劑可用於延長盆植植物之貯架壽命及減少澆水頻率 (Bearce and McCollum, 1977; Still, 1976)。故栽培介質添加保水劑，可減緩夏堇遭遇乾旱逆境時植株水分流失及增加葉片水勢維持之時間，且效果隨保水劑施用劑量增加而增加。

表 4. 1. 保水劑及灌溉處理對夏堇‘小丑酒紅’植株花苞數與花朵數之影響

Table 4. 1. Effect of hydrogel and irrigation treatments on flower bud and flower number of *Torenia fournieri* ‘Clown Burgundy’.

Hydrogel rate (g·L ⁻¹)	Flower bud number / pot		Flower number / pot	
	1D ^y	3D	1D	3D
0	75.3 bA ^z	30.7 aB	33.1 aA	0.1 aB
Alcosorb				
6	71.7 bA	29.7 aB	10.0 bA	1.1 aB
12	9.8 c	--- ^x	0.2 b	---
TerraCottem				
6	103.4 aA	36.9 aB	28.3 aA	1.4 aB
12	112.7 aA	32.7 aB	37.7 aA	1.3 aB
Taisap				
6	5.3 cA	5.0 bA	1.0 bA	0.3 aA
12	9.8 cA	0.5 bA	0.7 bA	1.0 aA

^zMean separation within the same rows (upper case) and columns (lower case) by LSD test at $P \leq 0.05$. (n = 7)

^y1D = Daily irrigation, 3D = Irrigated by three-day interval.

^x---indicated plant died before end of experiment.

表 4. 2. 保水劑及灌溉處理對夏堇‘小丑酒紅’植株乾重及乾重比之影響

Table 4. 2. Effect of hydrogel and irrigation treatments on plant dry weight and shoot to root dry weight ratio of *Torenia fournieri* ‘Clown Burgundy’.

Hydrogel rate (g·L ⁻¹)	Shoot dry wt. (g)		Root dry wt. (g)		Shoot: root ratio	
	1D ^y	3D	1D	3D	1D	3D
0	9.3 bA ^z	8.1 abB	1.08 bA	0.70 aB	8.7 bB	11.8 bA
Alcosorb						
6	7.6 cA	7.1 bA	0.80 cA	0.44 cB	9.7 bB	18.0 aA
12	3.6 d	--- ^x	0.34 d	---	22.9 a	---
TerraCottem						
6	10.0 bA	8.1 abB	1.14 abA	0.52 bcB	9.1 bB	16.1 abA
12	11.3 aA	9.0 aB	1.33 aA	0.65 abB	8.5 bB	14.1 abA
Taisap						
6	2.0 eA	1.3 cA	0.17 dA	0.12 dA	12.7 abA	11.4 bA
12	1.0 eA	0.6 cA	0.11 dA	0.04 dA	9.4 bB	18.4 aA

^zMean separation within the same rows (upper case) and columns (lower case) by LSD test at $P \leq 0.05$. (n = 7)

^y1D = Daily irrigation, 3D = Irrigated by three-day interval.

^x---indicated plant died before end of experiment.

表 4. 3. 栽培介質混合保水劑 Alcosorb[®]處理對夏堇‘小丑酒紅’植株開花情形之影響
 Table 4. 3. Effects of hydrogel Alcosorb[®] treatments on plant flowering of *Torenia*
fournieri ‘Clown Burgundy’ grown.

Hydrogel rate (g·L ⁻¹)	Days to flowering	First flowering node no.	Flower bud no./ pot	Flower no./ pot	Angle ^y (°)
0	15 a ^z	7 a	27 a	5 a	81 a
3	15 a	6 a	28 a	5 a	83 a
6	16 a	7 a	29 a	5 a	59 b
9	16 a	7 a	30 a	5 a	55 b
12	14 a	7 a	29 a	6 a	62 b

^zMean separation within columns by LSD test at $P \leq 0.05$. (n = 10)

^yAngle was measured between medium surface and main stem.

表 4. 4. 栽培介質以保水劑 Alcosorb[®]處理對夏堇‘小丑酒紅’植株乾重及乾重比之影響

Table 4. 4. Effects of hydrogel Alcosorb[®] treatments on plant dry weight and shoot to root dry weight ratio of *Torenia flunieri* ‘Clown Burgundy’ grown for.

Hydrogel rate (g·L ⁻¹)	Dry weight		Shoot: root ratio (g/g)
	Shoot (g)	Root (g)	
0	2.22 a ^z	0.32 a	7.0 ab
3	2.10 ab	0.36 a	6.0 b
6	2.13 ab	0.28 a	7.6a
9	1.81 b	0.26 a	7.4 a
12	1.76 b	0.31 a	5.7 b

^zMean separation within columns by LSD test at $P \leq 0.05$. (n = 10)

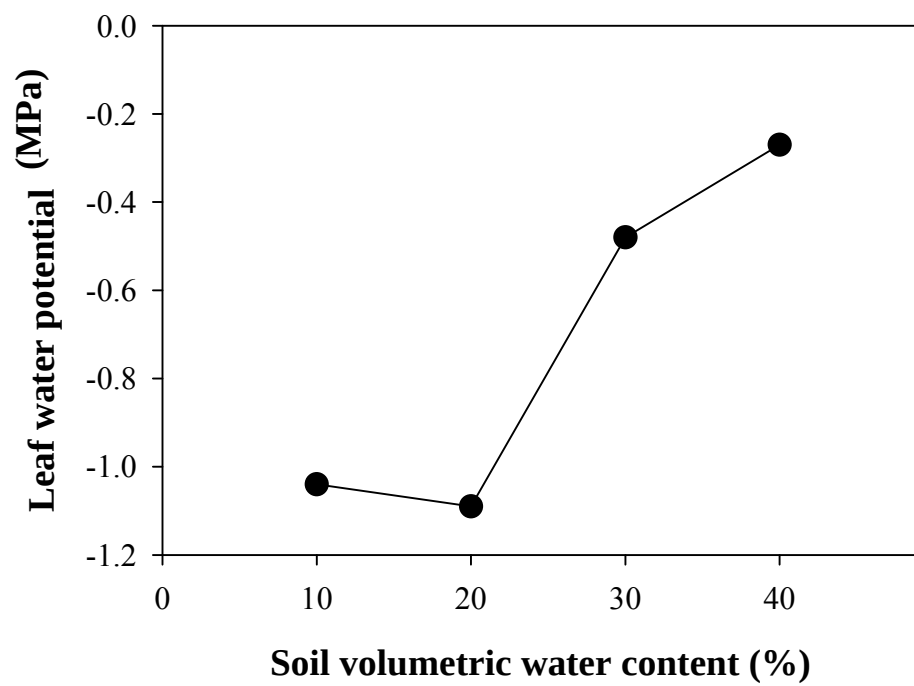


圖 4. 1. 夏堇‘小丑酒紅’葉片水勢與介質體積含水量之關係。

Fig. 4. 1. Relationship between soil volumetric water content and leaf water potential in *Torenia fournieri* ‘Clown Burgundy’.

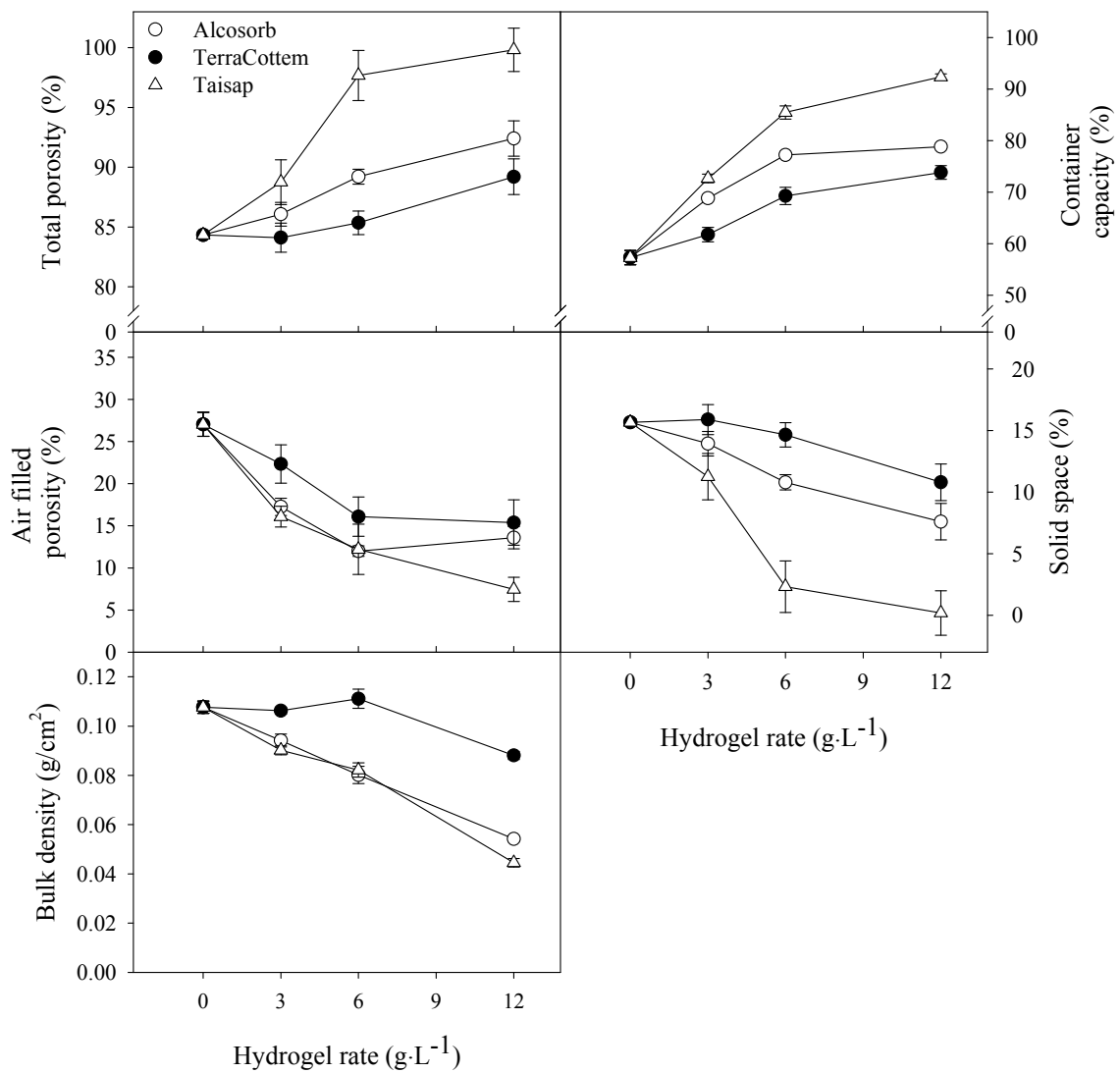


圖 4. 2. 泥炭苔混合介質添加保水劑對介質總孔隙度、容器含水量、通氣孔隙度、氣相百分比及總體密度之影響

Fig. 4. 2. Effect of hydrogel amendments on total porosity, container capacity, air filled porosity, solid space, and bulk density of peat-based substrate at 4 weeks after treatments. (n = 4)

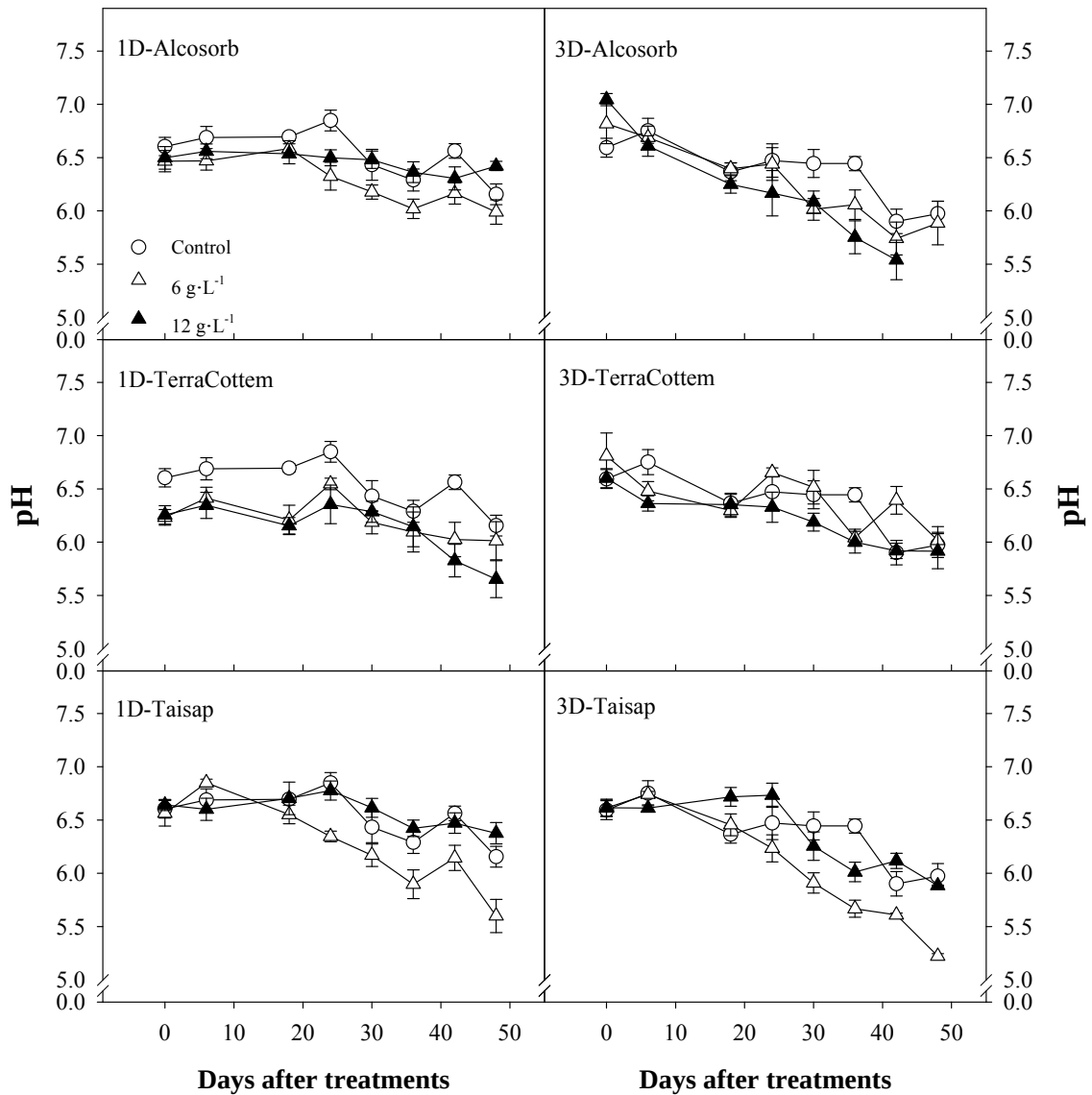


圖 4. 3. 保水劑及灌溉處理 48 天對夏堇‘小丑酒紅’栽培介質 [泥炭苔：真珠石(3 號)：蛭石(3 號)=2：1：1 (體積比)] 酸鹼值變化之影響

Fig. 4. 3. Effects of hydrogel and irrigation treatments on peat-based substrate [2 peat : 1 perlite : 1 vermiculite (by volume)] pH with *Torenia fournieri* ‘Clown Burgundy’ grown in for 48 days. Bars indicate standard error of the means. 1D = Daily irrigation, 3D = Irrigated by three-day interval. (n = 7)

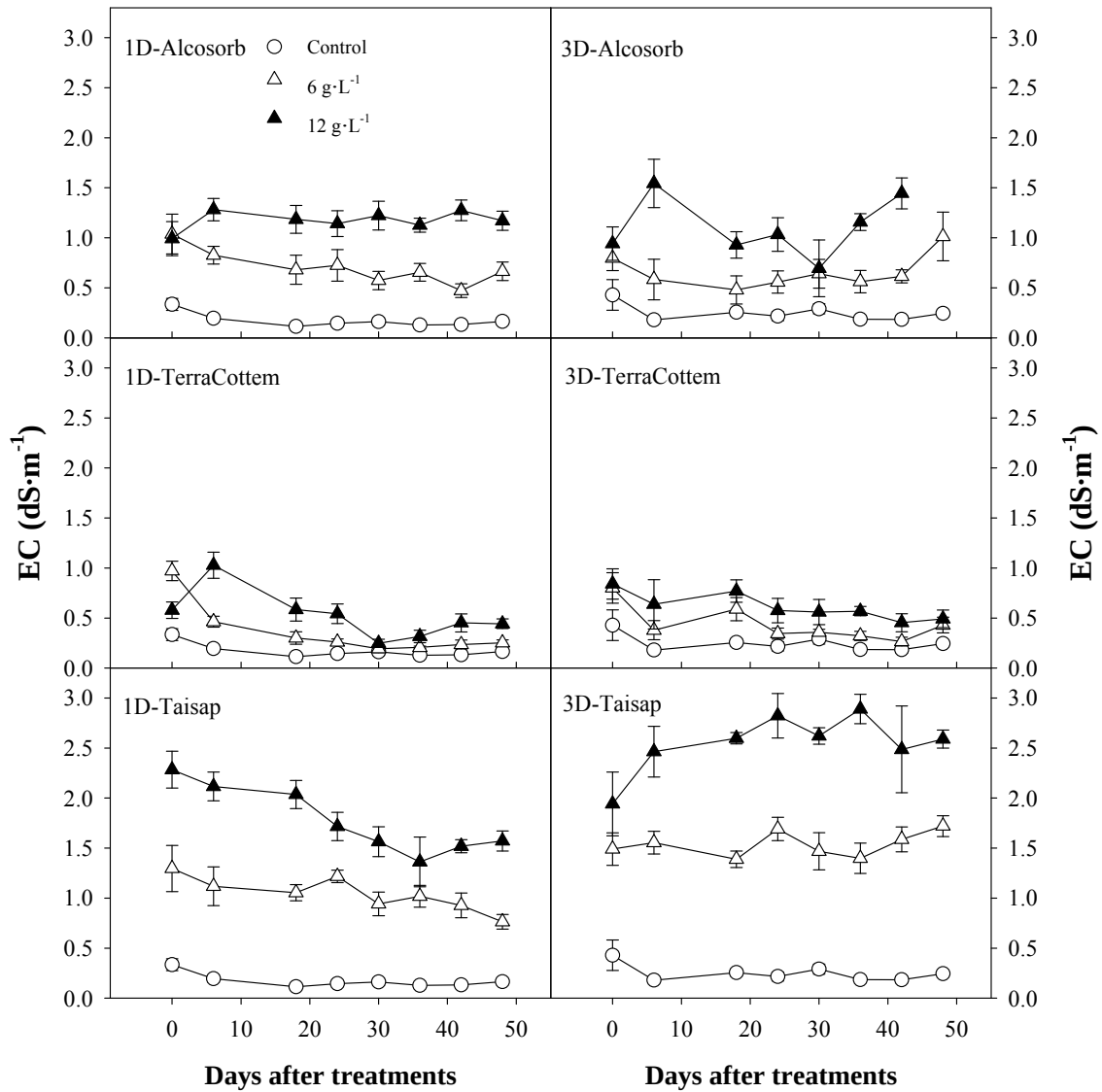


圖 4.4. 保水劑及灌溉處理 48 天對夏堇‘小丑酒紅’栽培介質 [泥炭苔：真珠石(3 號)：蛭石(3 號)=2：1：1 (體積比)] 電導度變化之影響

Fig. 4.4. Effects of hydrogel and irrigation treatments on peat-based substrate [2 peat : 1 perlite : 1 vermiculite (by volume)] electrical conductivity (EC) value with *Torenia fournieri* ‘Clown Burgundy’ grown in for 48 days. Bars indicate standard error of the means. 1D = Daily irrigation, 3D = Irrigated by three-day interval. (n = 7)

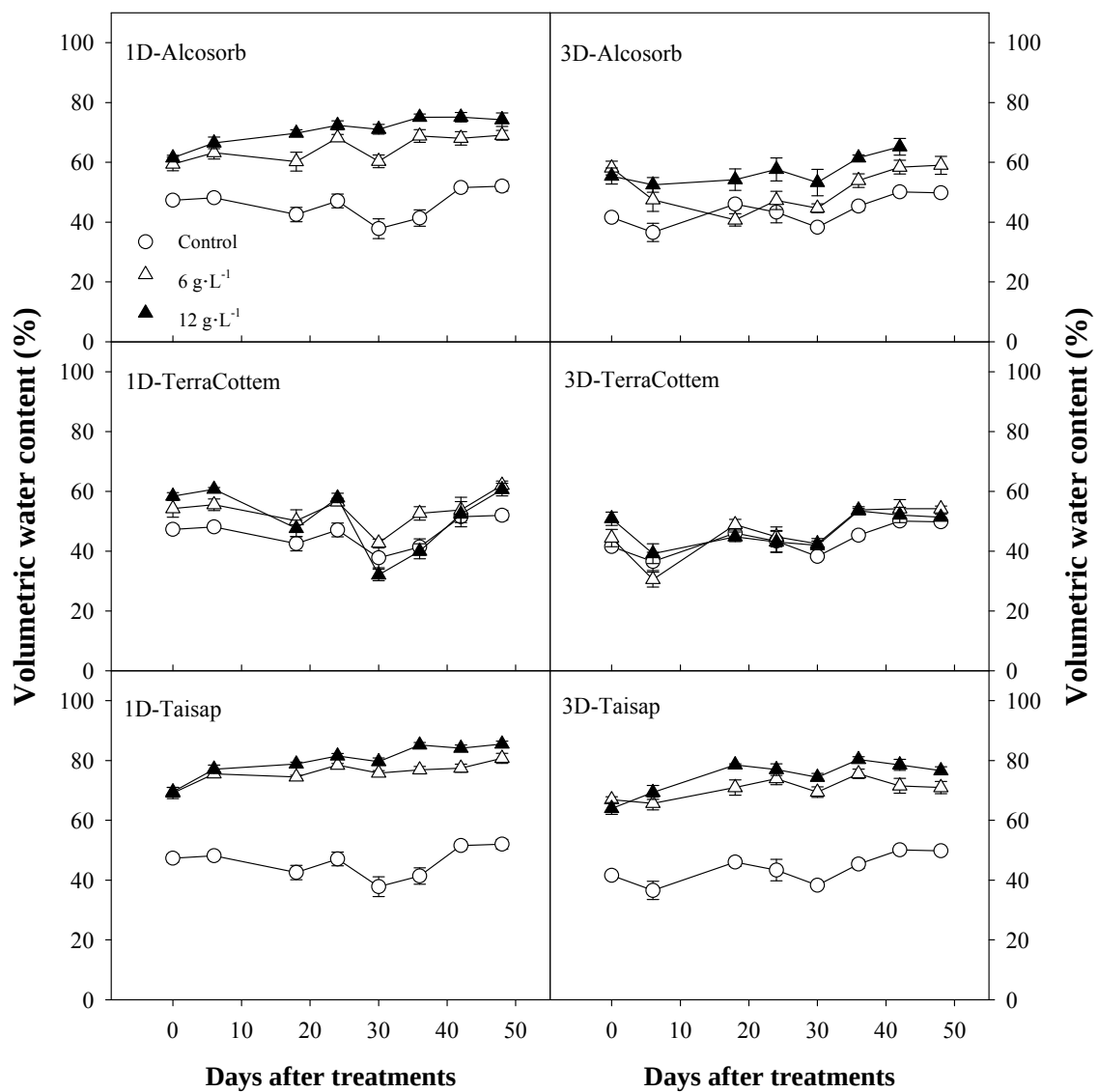


圖 4. 5. 保水劑及灌溉處理對夏堇‘小丑酒紅’栽培介質 [泥炭苔：真珠石(3 號)：蛭石(3 號)= 2：1：1 (體積比)] 體積含水量變化之影響

Fig. 4. 5. Effects of hydrogel and irrigation treatments on peat-based substrate [2 peat : 1 perlite : 1 vermiculite (by volume)] volumetric water content with *Torenia fournieri* ‘Clown Burgundy’ grown in. Bars indicate standard error of the means. 1D = Daily irrigation, 3D = Irrigated by three-day interval. (n = 7)

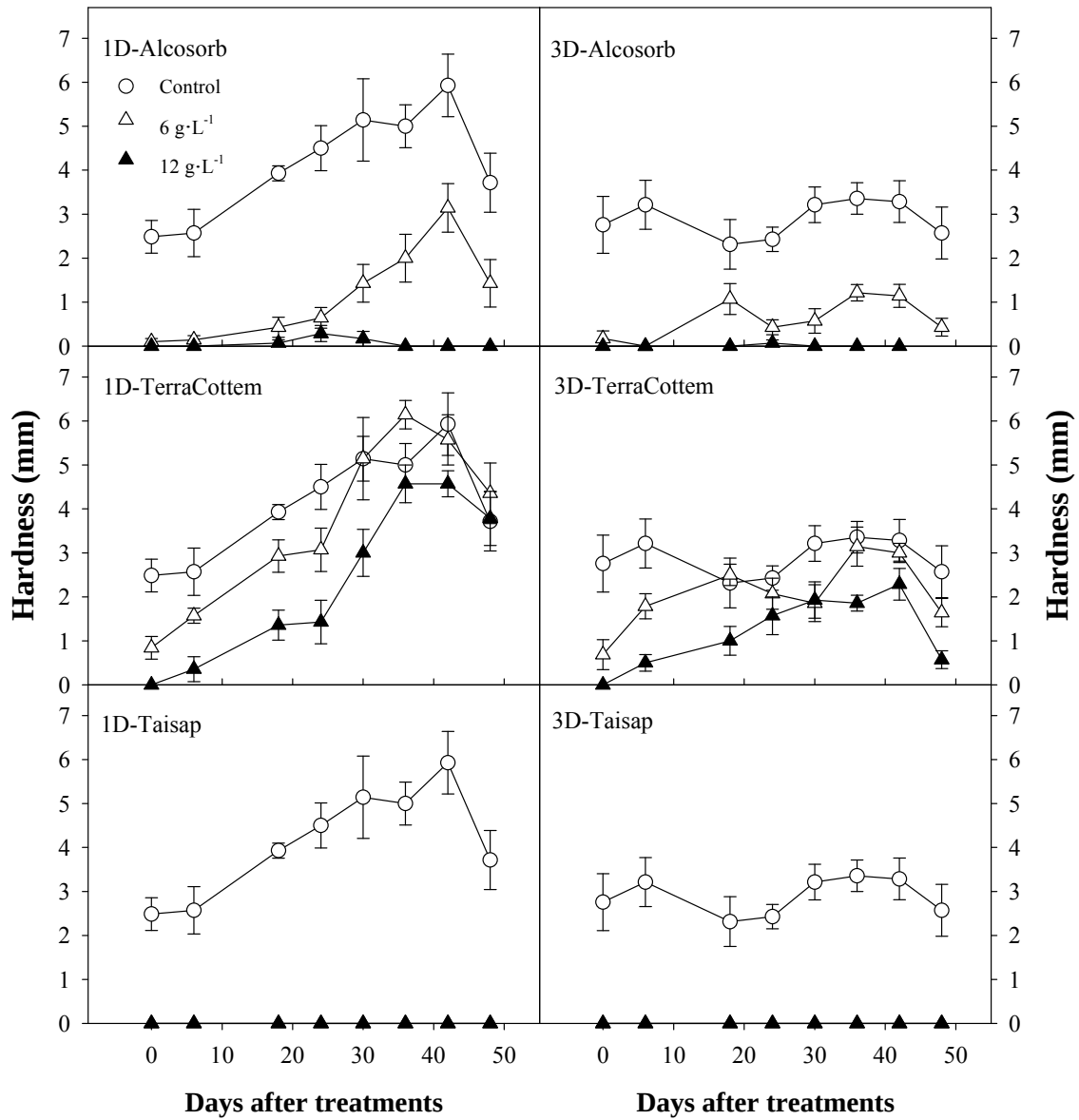


圖 4. 6. 保水劑及灌溉處理對夏堇‘小丑酒紅’栽培介質 [泥炭苔：真珠石(3 號)：蛭石(3 號)=2：1：1 (體積比)] 硬度變化之影響

Fig. 4. 6. Effects of hydrogel and irrigation treatments on peat-based substrate [2 peat : 1 perlite : 1 vermiculite (by volume)] hardness with *Torenia fournieri* ‘Clown Burgundy’ grown in. Bars indicate standard error of the means. 1D = Daily irrigation, 3D = Irrigated by three-day interval. (n = 7)

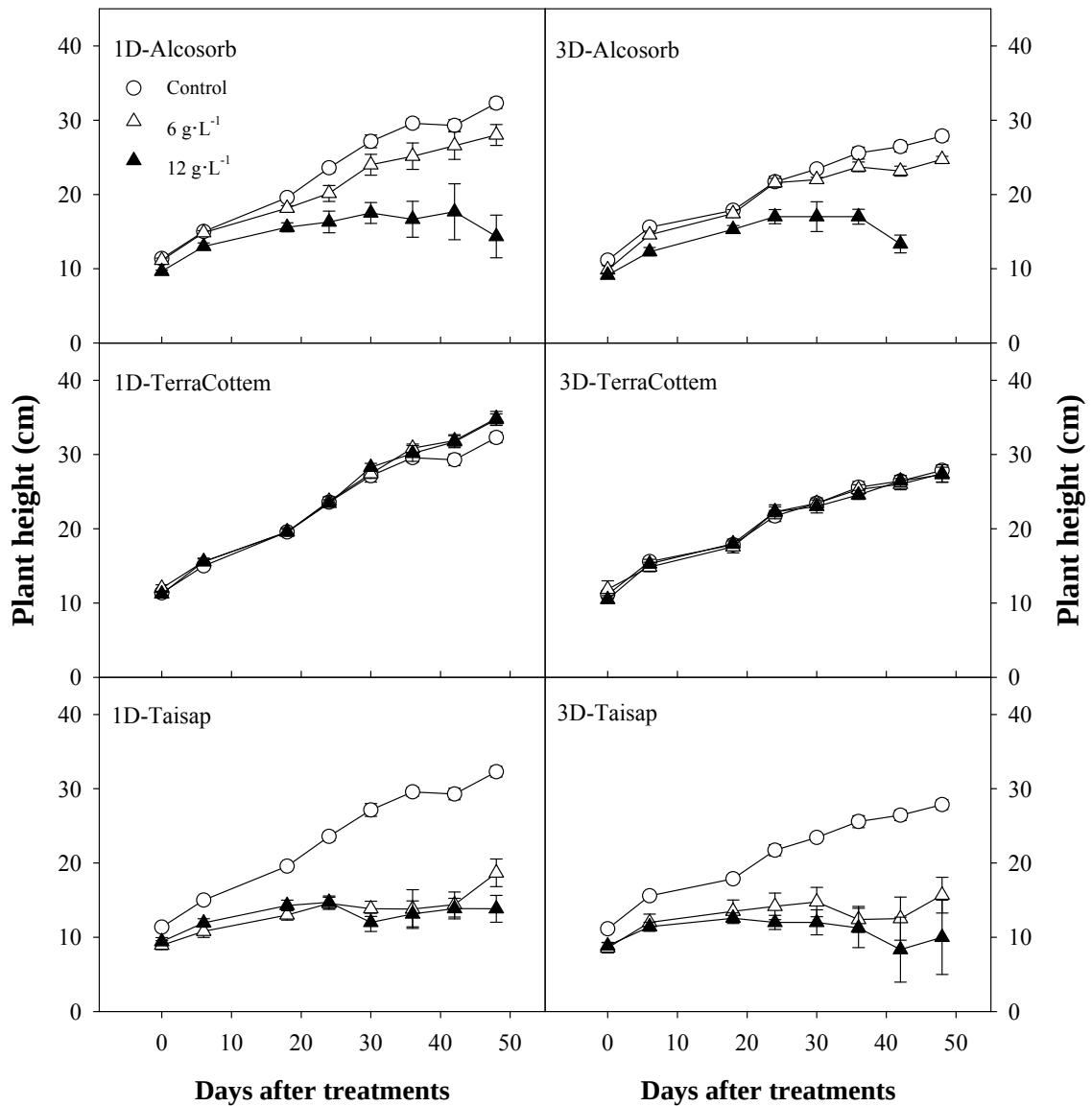


圖 4. 7. 栽培介質 [泥炭苔：真珠石(3 號)：蛭石(3 號) = 2：1：1 (體積比)]混入保水劑及灌溉處理對夏堇‘小丑酒紅’植株高度之影響

Fig. 4. 7. Effects of hydrogel and irrigation treatments on plant height of *Torenia fournieri* 'Clown Burgundy' grown in peat-based substrate [2 peat : 1 perlite : 1 vermiculite (by volume)] grown in. Bars indicate standard error of the means. 1D = Daily irrigation, 3D = Irrigated by three-day interval. (n = 7)

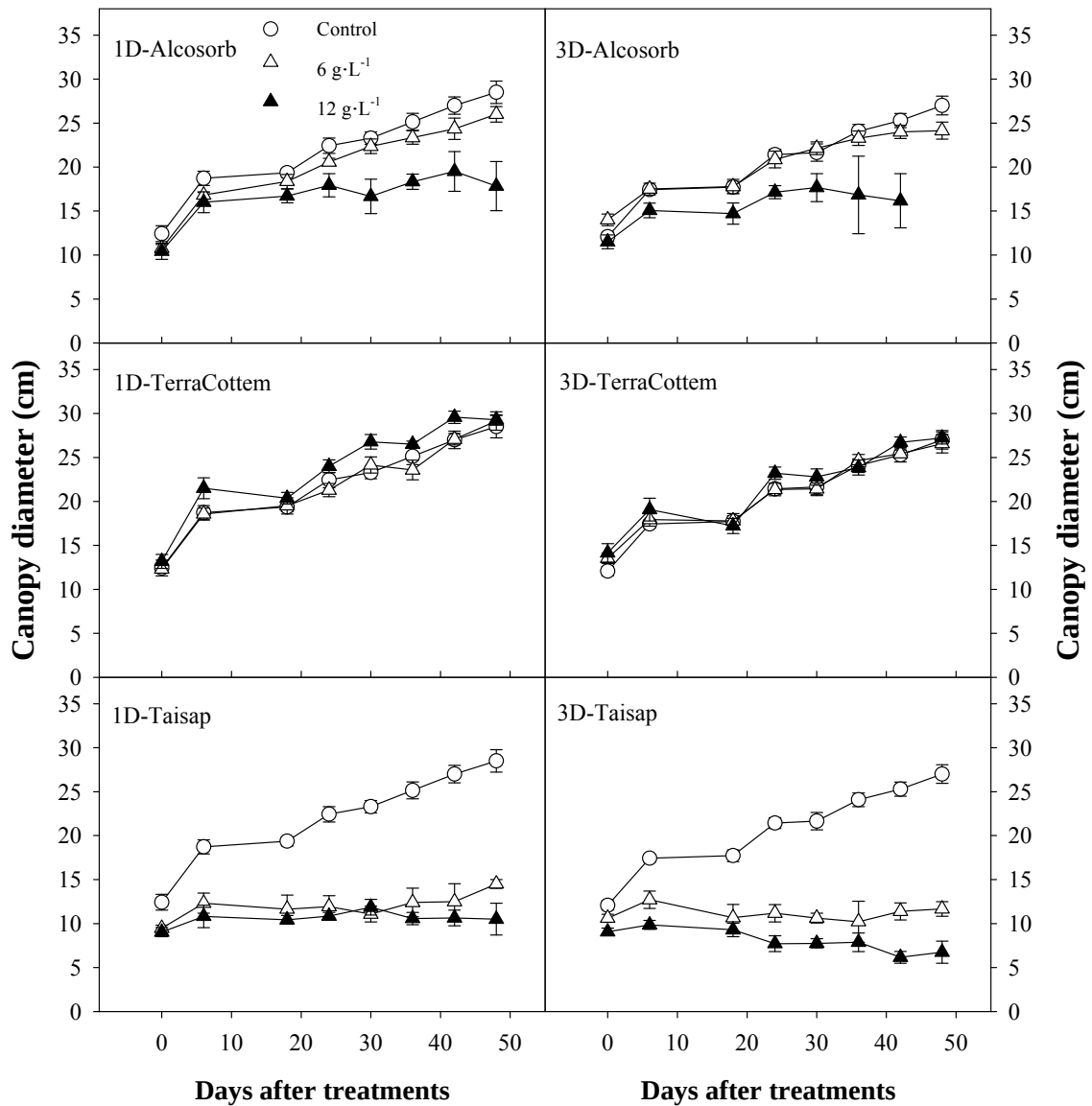


圖 4. 8. 栽培介質 [泥炭苔：真珠石(3 號)：蛭石(3 號) = 2：1：1 (體積比)]混入保水劑及灌溉處理對夏堇‘小丑酒紅’植株冠層幅寬之影響

Fig. 4. 8. Effects of hydrogel and irrigation treatments on plant canopy diameter of *Torenia fournieri* 'Clown Burgundy' grown in peat-based substrate [2 peat : 1 perlite : 1 vermiculite (by volume)] grown in. Bars indicate standard error of the means. 1D = Daily irrigation, 3D = Irrigated by three-day interval. (n = 7)

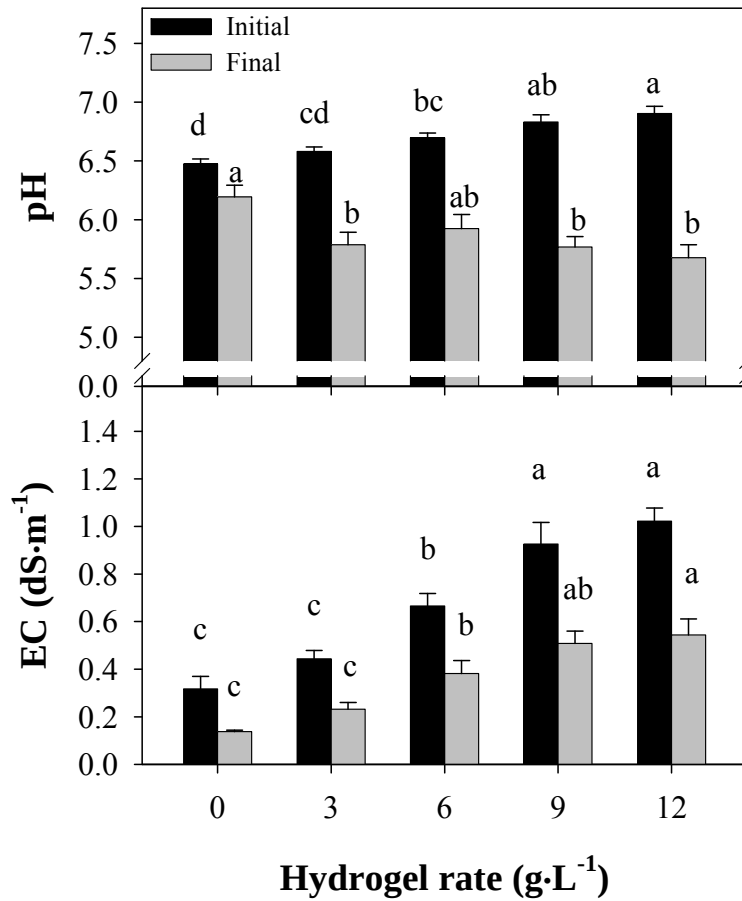


圖 4. 9. 保水劑 Alcosorb[®]處理對並栽培夏堇‘小丑酒紅’栽培介質 [泥炭苔：真珠石 (3 號)：蛭石(3 號)=2：1：1 (體積比)] 酸鹼值及電導度之影響

Fig. 4. 9. Effects of hydrogel Alcosorb[®] treatments on peat based substrate [2 peat : 1 perlite : 1 vermiculite (by volume)] pH and electrical conductivity (EC) with *Torenia fournieri* ‘Clown Burgundy’ grown. Mean separation within time (Initial, final) by LSD test at $P \leq 0.05$. Bars indicate standard error of the means. (n = 10)

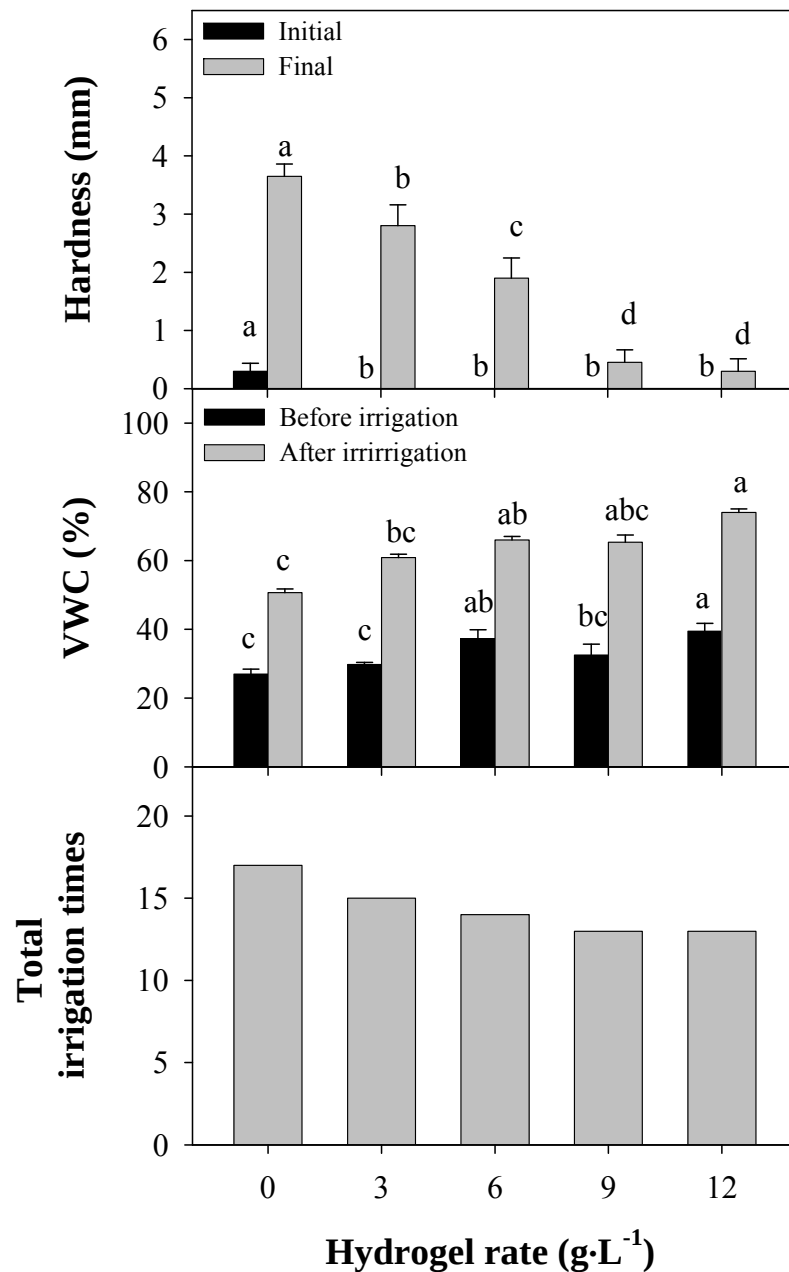


圖 4.10. 泥炭苔混合介質 [泥炭苔：真珠石(3 號)：蛭石(3 號)=2：1：1 (體積比)] 添加保水劑 Alcosorb[®] 並栽培夏堇‘小丑酒紅’之介質硬度、體積含水量及灌溉次數

Fig. 4. 10. Effects of hydrogel Alcosorb[®] treatments on substrate hardness, volumetric water content (VWC), and irrigation times of peat based substrate [2 peat : 1 perlite : 1 vermiculite (by volume)] with *Torenia fournieri* ‘Clown Burgundy’ grown. Mean separation within time (Initial, final) by LSD test at $P \leq 0.05$. Bars indicate standard error of the means. (n = 10)

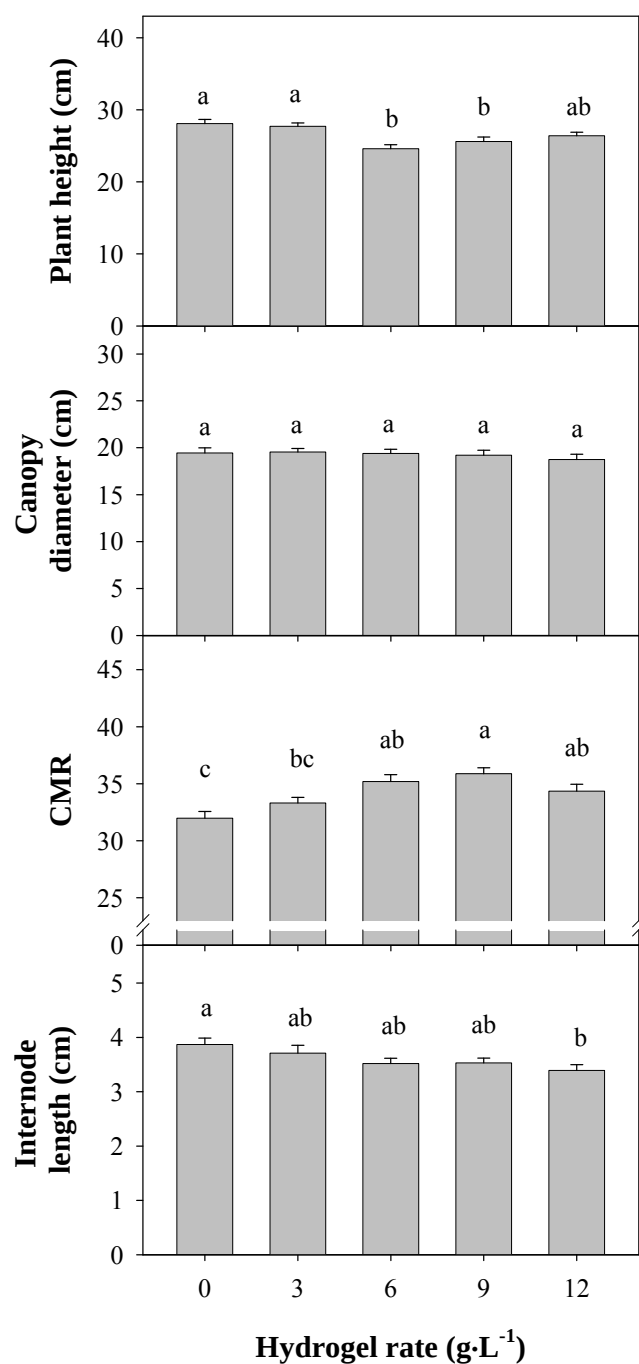


圖 4. 11. 泥炭苔混合介質 [泥炭苔：真珠石(3 號)：蛭石(3 號)=2：1：1 (體積比)] 添加保水劑 Alcosorb[®] 並栽培夏堇‘小丑酒紅’之植株高度、冠層幅寬、葉片葉綠色計讀值(CMR)及節間長

Fig. 4. 11. Effects of hydrogel Alcosorb[®] treatments on plant height, canopy diameter leaf chlorophyll meter (CMR) reading, and internode length of peat based substrate [2 peat : 1 perlite : 1 vermiculite (by volume)] with *Torenia fournieri* ‘Clown Burgundy’ grown. Mean separation within time (Initial, after 21 days) by LSD test at $P \leq 0.05$. Bars indicate standard error of the means. (n = 10)

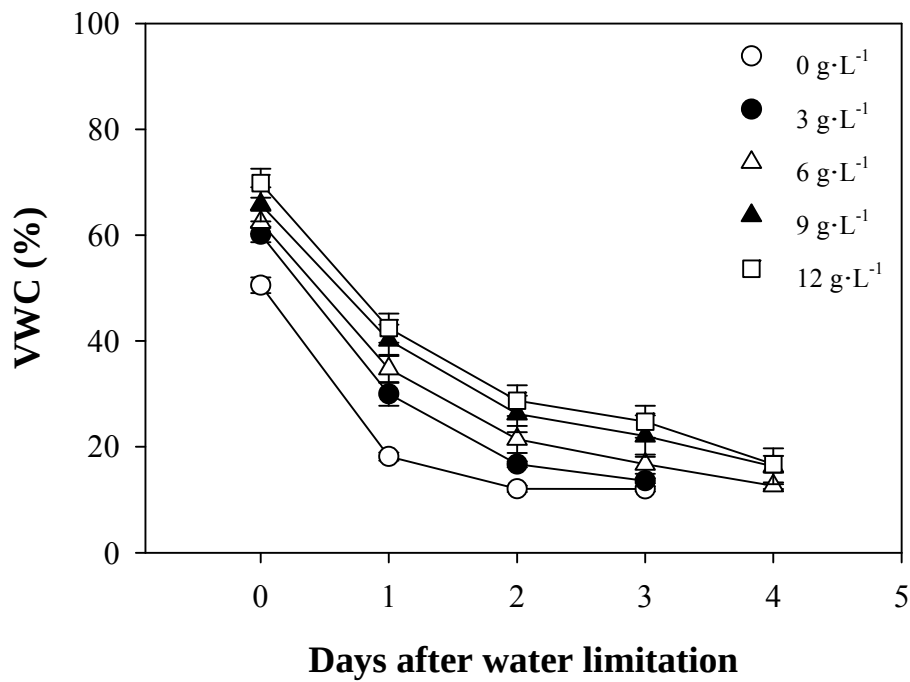


圖 4. 12. 保水劑 Alcosorb[®] 處理對種植夏堇‘小丑酒紅’於斷水處理後的介質 [泥炭
苔：真珠石(3 號)：蛭石(3 號)=2：1：1 (體積比)] 體積含水量變化之影響

Fig. 4. 12. Effect of hydrogel Alcosorb[®] treatments on changes of peat-based substrate
[2 peat : 1 perlite : 1 vermiculite (by volume)] volumetric water content with
Torenia fournieri ‘Clown Burgundy’ grown in after water limitation. Bars
indicate standard error of the means. (n = 10)

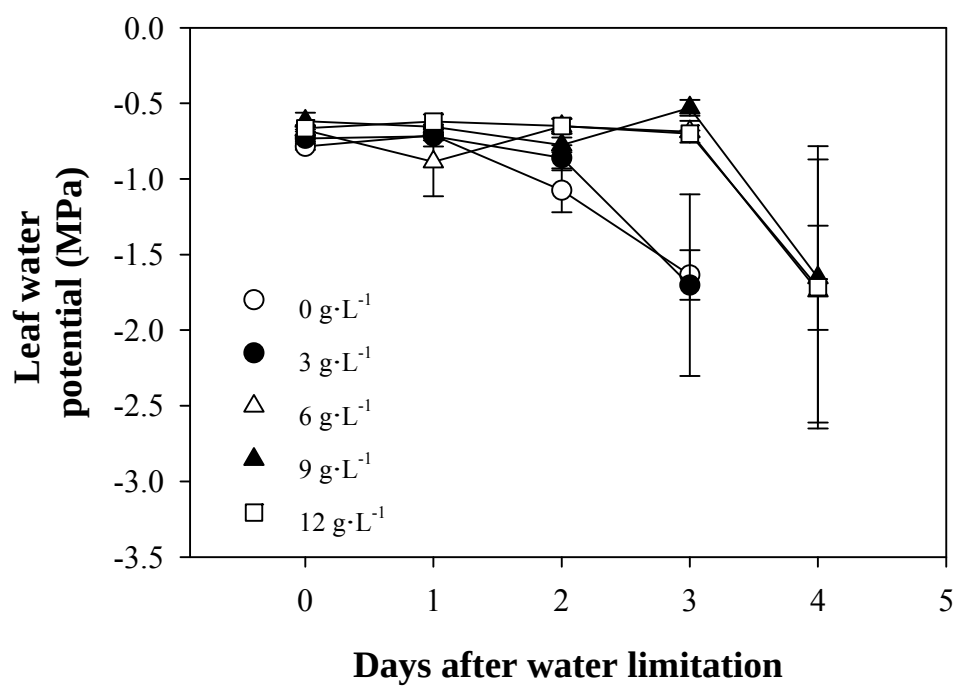


圖 4. 13. 保水劑 Alcosorb[®]處理對種植夏堇‘小丑酒紅’於斷水處理後的葉片水勢變化之影響

Fig. 4. 13. Effect of hydrogel Alcosorb[®] treatments on changes of leaf water potential in *Torenia fournieri* ‘Clown Burgundy’ grown in after water limitation. Bars indicate standard error of the means. (n = 10)

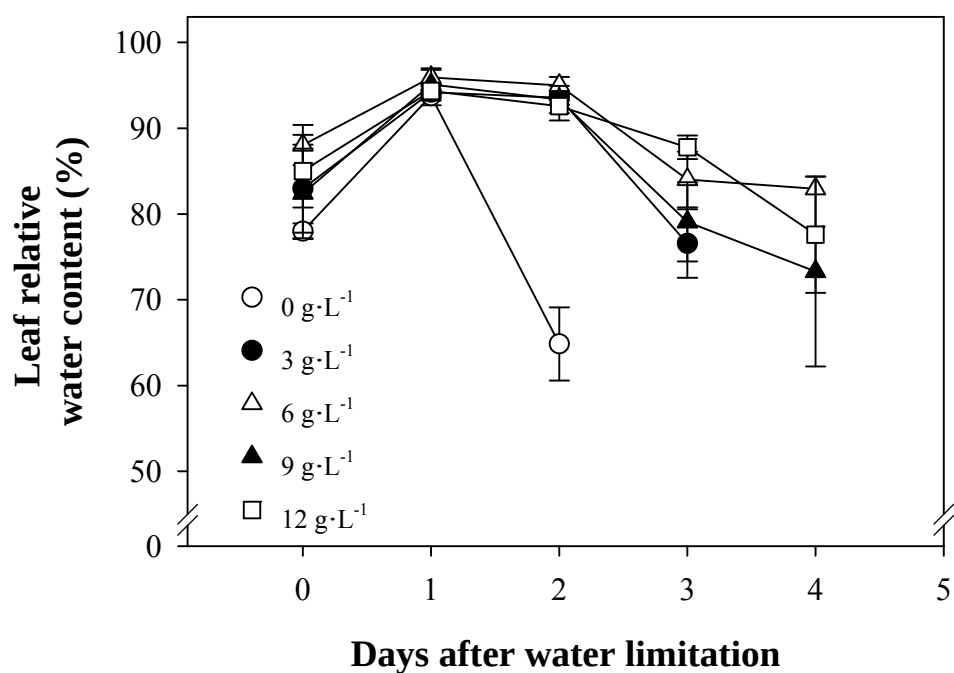


圖 4. 14. 保水劑 Alcosorb[®]處理對種植夏堇‘小丑酒紅’於斷水處理後的葉片相對水分含量變化之影響

Fig. 4. 14. Effect of hydrogel Alcosorb[®] treatments on changes of leaf relative water content in *Torenia fournieri* ‘Clown Burgundy’ grown in after water limitation. Bars indicate standard error of the means. (n = 10)

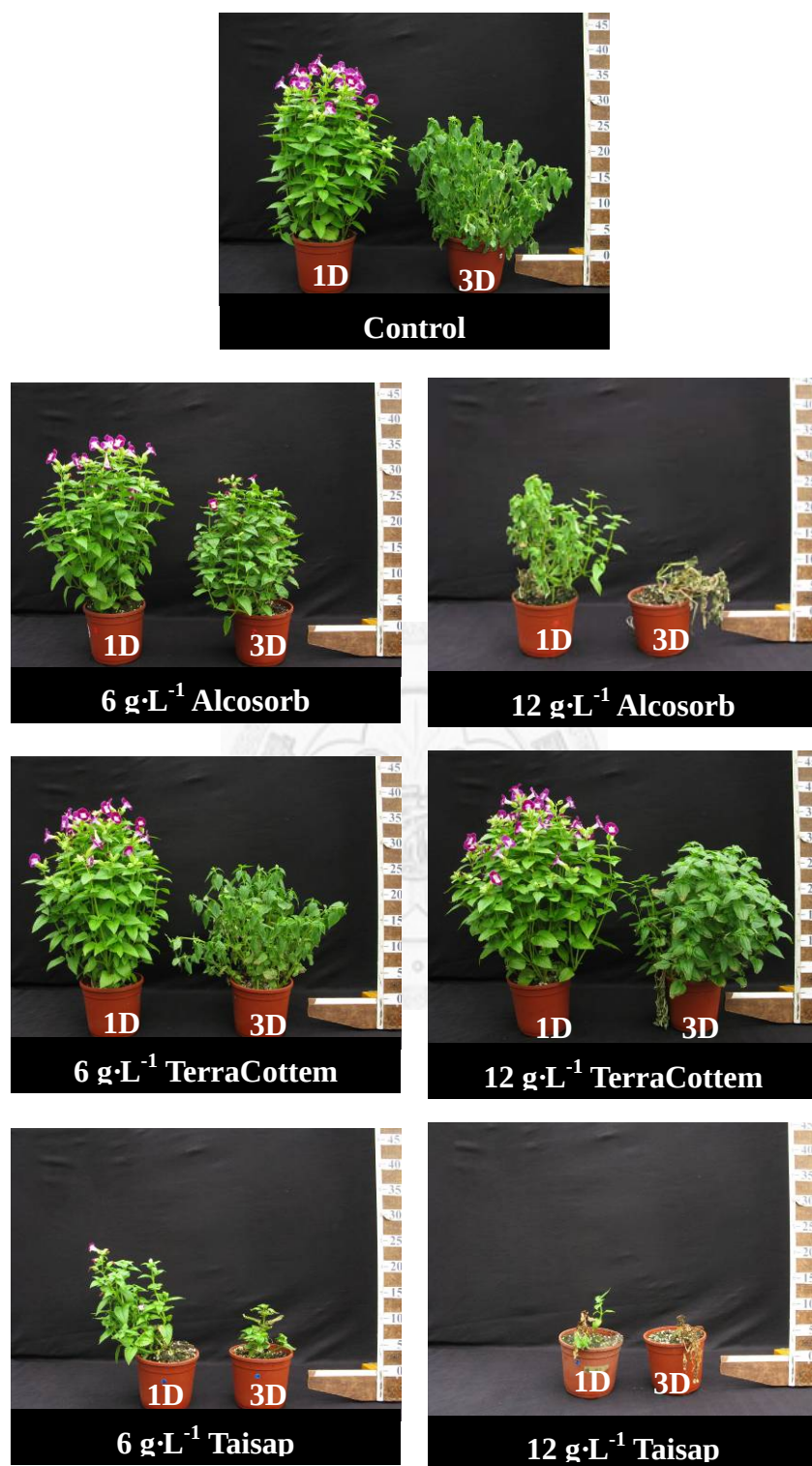


圖 4. 15. 保水劑及灌溉處理對以泥炭苔混合介質種植之夏堇‘小丑酒紅’生長表現之影響

Fig. 4. 15. Effect of hydrogel and irrigation treatments on plant growth of *Torenia fournieri* ‘Clown Burgundy’ grown in peat-based substrate after treatments. 1D = Daily irrigation, 3D = Irrigated by three-day interval.

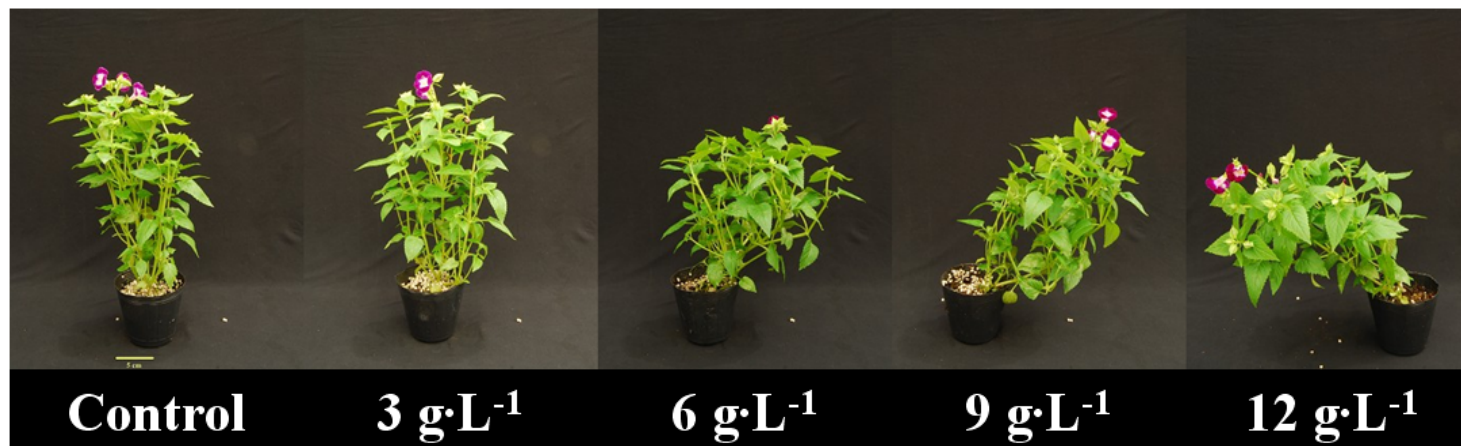


圖 4. 16. 栽培介質混合保水劑 Alcosorb[®]處理對夏堇‘小丑酒紅’植株生長情形之影響

Fig. 4. 16. Effects of hydrogel Alcosorb[®] treatments on plant growth of *Torenia fournieri* ‘Clown Burgundy’.

第五章 不同保水劑施用方式對花壇植物種植於不同溫度下之 影響

Chapter 5 Effect of hydrogel amending method on growth of bedding plants under different temperature

摘要 (Abstract)

非洲鳳仙花‘音樂’ (*Impatiens wallerana* ‘Accent’)、四季秋海棠‘超級奧運粉紅’ (*Begonia semperflorens-cultorum* ‘Super Olympia Pink’) 及香堇菜 (*Viola cornuta*) 以 $3 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 保水劑 Alcosrob[®] 混合添加 (Mix-AS) 及底部添加 (Bottom-AS) 於泥炭苔混合介質中，並栽植於日夜溫 30/25 及 20/15 °C 環境下，結果顯示：添加保水劑 AS 無助於非洲鳳仙花‘音樂’於兩日夜溫下抵抗乾旱逆境，而四季秋海棠‘超級奧運粉紅’與香堇菜皆以涼溫下混合添加保水劑 AS 之生長表現較佳；然底部添加保水劑無助於三作物抵抗乾旱逆境。又黃金金露華 (*Duranta repens*) 以 $9 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 保水劑 AS 混合添加於田土中栽植，夏、冬兩季節之試驗結果顯示：田土添加保水劑有促進黃金金露華植株生長之效果，且以夏季使用較為有效。綜合上述，植物於適當生長環境下生長較快、需水量也較大，於該種環境下在介質中混合添加保水劑有助於植株抗乾旱逆境。

一、前言 (Introduction)

花壇植物種植於較小的盆器中時，對水分逆境較為敏感，又以草本花卉更甚 (Gehring and Lewis, 1980)。在作物栽培期間若遭遇缺水逆境，會影響植株日後生長速率及觀賞品質。

前一章節之結果顯示保水劑可添於草本花卉之生產過程中達到省水或促進生產之效果。本章節欲進一步以三種常用草花—非洲鳳仙花‘音樂’、四季秋海棠‘超級奧運粉紅’及香堇菜以印證保水劑確實有助於花壇植物抵抗乾旱逆境。

前一章節之試驗結果已顯示：介質添加保水劑後，會使總體密度及介質硬度下降，使夏堇植株容易倒伏，顯著降低觀賞品質。因此本章節擬探討不同保水劑施用方式，如均勻混合於介質中或添加於介質底部，是否可在植株不倒伏之前提下，達到介質含水量之增加。

已知環境溫度會對植物生長及蒸發散量造成影響。因此本章節以人工控制環境及不同季節進行類似的保水劑處理，以探討溫度對於保水劑幫助花壇植物抵抗乾旱逆境之效果及影響。

二、材料與方法 (Materials and Methods)

(一) 試驗一 不同溫度下保水劑對草花盆苗生產之影響

參試材料於桃園觀音鄉花龍園藝公司 2010 年 1 月 13 日送達的非洲鳳仙花‘音樂’ (*Impatiens wallerana* ‘Accent’)、四季秋海棠‘超級奧運粉紅’ (*Begonia semperflorens-cultorum* ‘Super Olympia Pink’) 及香堇菜 (*Viola cornuta*) 288 格穴盤苗，於 2010 年 1 月 14 日定植至 9 公分黑色塑膠軟盆，並施以栽培介質混合保水劑之處理。

栽培介質與第三章試驗二相同，添加保水劑 Alcosorb[®] 處理分為保水劑乾劑以 $3 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 與栽培介質混合 (Mix-AS)，及保水劑溼劑 80 mL 添加於軟盆底部 (Bottom-AS)；並以未添加保水劑者做為對照組，且分為正常澆灌組 (Control) 及限水灌溉組 (Control water limited, Control WL)。每盆介質總體積於充分澆灌後約 220 mL，並種植一棵植株。植株上盆後置於國立臺灣大學生物資源暨農學院附設人工氣候室的人工照明室，日/夜溫度處理為 30/25 與 20/15 °C，環境光度約 $200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。每一盆視為一試驗單位，各處理 8 重複。正常澆灌對照組於介質體積

含水量低於 35%時進行灌溉；限水灌溉處理以 Mix-AS 之介質含水量低於 30% (植株明顯萎凋) 時進行灌溉，實際澆水次數為兩次 (正常澆灌組為三次)。澆灌以自來水澆灌至介質充分溼潤為止 (約 80 mL/ pot)。於試驗之初調查介質性質；並於試驗結束後測量植株生長性狀，並於試驗進行 18 天後調查觀賞品質及稱量植株地上部及地下部乾重。試驗處理期間為 2010 年 1 月 13 日至 2 月 1 日。

試驗期間施予含 200 ppm N 之 20.0N-8.8P-16.6K 可溶性肥料 (Peter's 20-20-20, Scotts Co., Marysville, Ohio, USA) 一次，

(二) 試驗二 不同季節下田土添加保水劑對黃金金露華苗木生長之影響

參試材料為自國立臺灣大學校內剪取黃金金露華 (*Duranta repens*) 插穗，自行扦插生產之穴盤苗，待根長大於 3 cm、具有 5 條以上根時，定植至 12 公分塑膠硬盆，並施以栽培介質混合保水劑之處理。每一盆視為一試驗單位，各處理 10 重複。

介質處理為田土 (pH 6.12 至 6.63) (與第三章試驗一相同) 與未吸溼之 $9\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AS 充分混合，每盆種植一株，並以未添加保水劑者做為對照組。處理內明顯萎凋者達一半以上，即給予該處理充分澆灌。每兩週紀錄一次植株生長，而於每次澆水前後各測量一次介質體積含水量，介質 pH 及 EC 則於澆水後測量。試驗期間分為夏季：2009 年 7 月 16 日至 10 月 2 日，以及冬季：2009 年 11 月 16 日至 2010 年 1 月 28 日。試驗地點位於臺灣大學生農學院附設農業試驗場簡易遮雨棚。

試驗期間每兩週施用一次含 200 ppm N 之 20.0N-8.8P-16.6K 可溶性肥料 (Peter's 20-20-20, Scotts Co., Marysville, Ohio, USA) 200 mL，另以氣象資料收集器 (Datalogger DL2e, Delta-T Devices, Cambridge, UK) 記錄溫度及光度 (附錄 6、附錄 7)。

(三) 調查項目

植株生長之測量項目包括株高、冠層幅寬及葉綠素計讀值。介質特性之測量項目為體積含水量，以上調查項目之測量方式皆與第三章相同。

(四) 統計分析

試驗皆採完全逢機設計 (Complete randomized design, CRD)。數據以 Costat 6.2 (CoHort Software, Monterey, CA, USA) 統計軟體進行統計分析，以最小顯著差異 (Least significant difference, LSD) 分析處理間有無顯著差異 ($P \leq 0.05$)；繪圖採用 SigmaPlot 8.0 (SPSS Inc., IL, USA)。

三、結果 (Result)

試驗一 不同溫度下保水劑對草花盆苗生產之影響

(一) 保水劑施用方式對介質特性之影響

無論保水劑是混合於介質中或置於盆器底層，介質 pH 值均有些微上升，EC 值則較無添加保水劑之對照組低 (表 5. 1)。而介質體積含水量則以保水劑混合添加者最高，其次為對照組，保水劑底部添加者之含水量則最低 (表 5. 1)。

(二) 不同溫度下保水劑對草花盆苗生產之影響

1. 非洲鳳仙花

高溫 (30/25 °C) 環境下，非洲鳳仙花無添加保水劑正常澆水對照組 (Control) 於試驗進行 18 天後，株高為 4.2 cm、冠層幅寬 8.5 cm 而葉片葉綠素計讀值為 49 (圖 5. 1)。不同處理間之株高及葉綠素計讀值無顯著差異。限水灌溉、底部添加保水劑 (Bottom-AS) 者之植株冠層幅寬明顯低於正常澆水對照組，而混合添加保水劑 (Mix-AS) 者與限水對照組 (Control WL) 之冠層幅寬則與正常澆水對照組無顯著差異 (圖 5. 1)。涼溫 (20/15 °C) 環境下，正常澆灌對照組之株高為 4.0 cm、冠層幅寬 9.5 cm 及葉片葉綠素計讀值為 55，植株生長表現較高溫處理佳 (圖 5. 1)。限水灌溉之三處理，除植株冠層幅寬較低溫對照組低之外，株高及葉片葉綠素計讀值皆與低溫對照組無顯著差異 (圖 5. 1)。植株地上部及地下部乾重，以涼溫處理較高溫處理者高；而高溫下，正常澆灌對照組之地下部乾重則較他處理高 (圖 5. 2)。

非洲鳳仙花於 20/15 °C 下之植株生長較快速，缺水環境下之植株幅寬明顯變小，但添加保水劑無法抑制缺水之負面效應。而在 30/25 °C 下，植株生長較慢，限水處理之植株均與正常供水對照組相似，只底部添加保水劑者之冠層幅寬較正常供水對照組小。

2. 四季秋海棠

高溫處理下，四季秋海棠正常澆水對照組之株高與冠層幅寬分別為 2.9 cm 及 7.8 cm，為所有處理間最大者，但葉片葉綠素計讀值 36 為所有處理間最低者 (圖 5. 3)。限水灌溉的三處理植株株高與幅寬均明顯低於對照組，而 CMR 則以 Bottom-AS 處理較低 (圖 5. 3)。涼溫正常澆水對照組之株高與幅寬分別為 2.1 cm 及 5.9 cm，低於高溫對照組，但 CMR 為 44 則明顯高於高溫對照組 (圖 5. 3)。限水灌溉的三處理株高及 CMR 與低溫對照組無顯著差異，而限水對照組與 Mix-AS 處理之幅寬高於低溫對照組 (圖 5. 3)。

高溫處理下，植株地上部乾重以正常澆灌對照組最高，而限水處理者之乾重皆較低，且保水劑處理間無顯著差異。涼溫且正常澆灌者之植株地上部乾重明顯低於高溫對照組，而限水對照組及 Mix-AS 之植株地上部乾重略高於涼溫對照組。各處理之植株地下部乾重則皆無顯著差異。

正常澆灌下，四季秋海棠以高溫栽培者之生長較低溫栽培者快速，而高溫且限制供水時則生長速率明顯下降，但添加保水劑無助於生長速率之回復。低溫下植株生長緩慢，限制給水不影響株高，且以限水對照組及 Mix-AS 有較高之幅寬。

3. 香堇菜

高溫下，正常澆灌者之株高與幅寬各為 2.9 及 5.3 cm，葉綠素計讀值為 44。限水三處理與高溫對照組皆無顯著差異，但 Mix-AS 之株高與幅寬均略高於其他處理；而 Bottom-AS 之株高與幅寬皆稍低於其他兩限水處理組 (圖 5. 5)。低溫對照組之株高與高溫對照組相同，幅寬及 CMR 值則明顯高於高溫對照組，顯示低溫較適合香堇菜生長。限水灌溉處理間之株高、幅寬及 CMR 值雖無顯著差異，但以 Bottom-AS 略低於其他處理組 (圖 5. 5)。高溫處理組之植株乾重皆低於低溫處理者，且三個限水處理間皆無顯著差異 (圖 5. 6)，但低溫下以 Bottom-AS 之地上部乾重較輕。各處理間之地下部乾重仍以低溫處理者略高於高溫處理者，但各溫度下，處理組間則無顯著差異 (圖 5. 6)。

綜合上述，香堇菜於低溫環境生長較佳；而以 Mix-AS 之表現較佳，Bottom-AS 之表現較差。

試驗二 不同季節下保水劑對黃金金露華苗木生產之影響

(一) 不同季節之介質含水量之改變

田土對照組之夏季澆灌前含水量為 24.9%，較保水劑處理者低；而澆灌後之介質含水量亦以保水劑處理者較高 (表 5.2)。冬季時，田土對照組之介質澆灌前含水量為 9.1%，較保水劑處理者低；但二者之澆灌後含水量無顯著影響。而冬季之介質澆灌前含水量明顯低於夏季者，而澆後之含水量則無顯著差異。

(二) 季節對栽培介質添加保水劑種植黃金金露華之影響

夏季以田土種植黃金金露華，添加保水劑者之植株高度及冠層幅寬之生長速率明顯於對照組，於試驗進行 78 天後之株高及幅寬分別為 16.7 cm 與 25.4 cm，均高於對照組 (圖 5.7)。植株地上部與地下部乾重皆以添加保水劑者顯著高於對照組，而其地上部與地下部比值則以對照組較高 (表 5.3)。

以田土種植之黃金金露華冬季株高及植株冠層幅寬明顯較夏季種植者小。未添加保水劑者之株高由 2.6 cm 生長至 6.5 cm (73 天)，而保水劑處理者之株高於試驗進行 31 天後逐漸高於對照組，至處理後 73 天達 7.7 cm (圖 5.7)。幅寬表現與株高相似，保水劑處理亦於處理後 31 天高於對照組，且於第 73 天達 16.9 cm，明顯高於對照組 (圖 5.7)。植株地上部乾重則以添加保水劑者較高，但地下部乾重及地上與地下部乾重比值則無顯著差異 (表 5.3)。

田土添加保水劑有促進黃金金露華植株生長之效果，且以夏季使用較為有效。

四、討論 (Discussion)

(一) 保水劑施用方式對草花盆苗生長之影響

將保水劑 Alcosorb[®] 以不同方式加入泥炭苔混合介質中，介質體積含水量以與介質均勻混合添加者最高，其次為對照組，而底部添加者之含水量則最低 (表 5.1)。以上顯示，保水劑與泥炭苔混合介質混合添加，能提高介質體積含水量；而吸水後保水劑添加於盆器底層，不僅無法增加介質含水量，反而使其降低。保水劑 AS 吸水後顆粒較一般介質大，若單獨放置於盆器中則易形成較大之通氣孔隙，能滯留水分之空間相對減少，使得介質體積含水量下降 (表 5.1)。本試驗以

Bottom-AS 處理者，如鳳仙花栽培於 30/25 °C 及香堇菜栽培於 20/15 °C 者，其之生長表現均較其他處理者稍差 (圖 5. 1、圖 5. 6)，應為其介質可用水量較少而導致之乾旱逆境加劇所造成。

(二) 不同溫度下保水劑對草花盆苗生長之影響

非洲鳳仙花之生長適溫為日溫 21 至 24 度、夜溫 15 至 18 度 (Dole and Wilkins, 2005)。故涼溫下之植株有較高之地上部及地下部乾重 (圖 5. 2)，其植株之蒸散速率應較高溫處理者較快。在涼溫下介質添加保水劑無法抑制缺水負面效應 (圖 5. 2)；且在高溫下以底部添加保水劑者之冠層幅寬較正常供水對照組小 (圖 5. 2)。保水劑底部添加者之介質含水量為處理間最小者 (表 5. 1)，在面臨輕微水分逆境 (高溫) 時，底部保水劑添加者之植株生長首先受到抑制。但當植物對水分需求量提高時 (涼溫)，限水灌溉者之生長皆受到抑制 (圖 5. 2)。顯示保水劑混合添加於介質中雖能提高介質含水量，但介質增加之水量應不足以供應涼溫限水下非洲鳳仙花之生長，因此可能需要再添加保水劑以達到非洲鳳仙花生長之需求。

正常澆灌下，四季秋海棠以高溫栽培者之生長較涼溫栽培者快速，有較佳之株高、幅寬及植株乾重 (圖 5. 3、圖 5. 4)，可推測四季秋海棠在高溫時之水分需求量較高。在限水處理下，高溫處理者之植株生長速率明顯下降，但添加保水劑無助於生長速率之回復。顯示在介質中混合添加保水劑只能提供較輕微缺水逆境 (涼溫) 下之植株生長所需水分，一旦缺水逆境增強 (高溫) 時，試驗中所使用餐保水劑添加劑量則不能符合植株生長之需求。

香堇菜之生長適溫為日溫 15 至 20 °C、夜溫 13 至 15 °C，高溫下雖植株較高，但其分枝數會減少，且觀賞品質不佳 (Dole and Wilkins, 2005)。本試驗之香堇菜以涼溫栽培者較矮且有較多之植株乾重 (圖 5. 5、圖 5. 6)，推測其於涼溫下生長較快，有較多之水分需求。在涼溫下之底部添加保水劑處理乾重較少，顯示在較易缺水的條件下 (涼溫)，底部添加保水劑者易面臨缺水而抑制生長。

綜合上述，植物因生長特性不同，在不同溫度環境下之水分需求也不一。在介質中混合添加保水劑，能減緩植株面臨輕微缺水逆境所受之負面影響；但於介質底部添加保水劑卻會降低介質含水量，因而加重植株受缺水逆境之影響。

(二) 不同季節下田土添加保水劑對黃金金露華苗木生長之影響

黃金金露華之生長量 (株高、幅寬及植株乾重) 以夏季較高 (表 5.3、表 5.4、圖 5.7、圖 5.8)。夏季植株蒸散作用旺盛、需水量較大，植株生長表現較好；冬季氣溫較低且空氣相對溼度高，植株蒸散作用較夏季微弱許多、生長速率較慢，植株所需水量較少。田土添加保水劑能增加介質含水量 (表 5.1) 及降低介質硬度，能提供植株較多之水分需求及較佳之根部生長環境。故保水劑處理之植株生長較佳，且以夏季較為明顯。



表 5. 1. 保水劑 Alcosorb[®]以不同方式加入泥炭苔混合介質對介質 pH、EC 及體積含水量之影響

Table 5. 1. Effect of hydrogel amending method on peat-based substrate [2 peat : 1 perlite : 1 vermiculite (by volume)] pH, electrical conductivity (EC), and volumetric water content (VWC) at the beginning of experiment.

Hydrogel treatments ^y	pH	EC (dS·m ⁻¹)	VWC (%)
Control	6.4 c ^z	1.2 a	54.6 b
Mix-AS	6.6 a	0.6 c	57.3 a
Bottom-AS	6.5 b	0.8 b	50.3 c

^zMean separation within columns by LSD test at $P \leq 0.05$. (n = 10)

^yMix-AS = Substrate mixed with 3 g·L⁻¹ dry Alcosorb[®] hydrogel; Bottom-AS means 80 mL water-saturated Alcosorb[®] hydrogel were placed under substrate.

表 5. 2. 保水劑 Alcosorb[®]處理及栽培季節對黃金金露華田土介質灌溉前後含水量之影響。

Table 5. 2. Effect of season and hydrogel (Alcosorb[®]) treatment on changes of substrate volumetric water content of *Duranta repens* 'Golden Leaves' grown in field soil substrate.

Hydrogel rate (g·L ⁻¹)	Volumetric water content (%)	
	Before irrigation	After irrigation
Summer ^z		
0	24.9 bA ^x	45.8 bA
9	35.9 aA	55.8 aA
Winter		
0	9.1 bB	45.8 aA
9	10.8 aB	47.9 aA

^zSummer duration: 2009/7/16 to 2009/10/2; Winter duration: 2009/11/16 to 2010/1/28.

^yField soil means sandy loam.

^xMean separation within columns (upper case) and seasons (lower case) by LSD test at $P \leq 0.05$. (n = 10)

表 5. 3. 保水劑 Alcosorb[®]處理及栽培季節對黃金金露華處理植株乾重之影響

Table 5. 3. Effects of season and hydrogel (Alcosorb[®]) treatment on shoot, root dry weight and shoot to root dry weight ratio in *Duranta repens* ‘Golden Leaves’ after planting with field soil substrate^y.

Hydrogel rate (g·L ⁻¹)	Shoot dry weight (g)	Root dry weight (g)	Shoot: Root ratio
Summer ^z			
0	6.97 bA ^x	1.97 bA	3.59 aB
9	8.53 aA	3.00 aA	2.91 bB
Winter			
0	1.26 bB	0.34 aB	3.89 aA
9	1.93 aB	0.41 aB	4.93 aA

^zSummer duration: 2009/7/16 to 2009/10/2; Winter duration: 2009/11/16 to 2010/1/28.

^yField soil means sandy loam.

^xMean separation within columns (upper case) and seasons (lower case) by LSD test at $P \leq 0.05$. (n = 10)

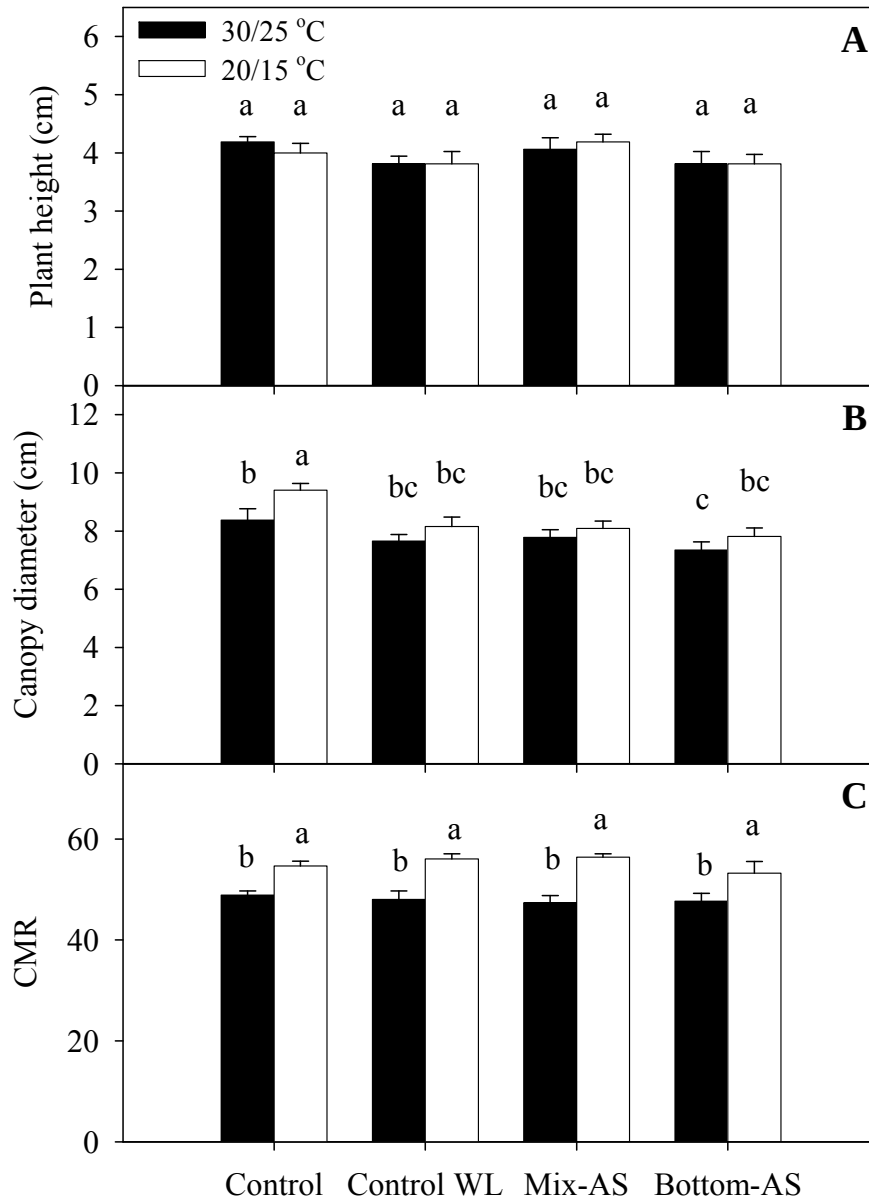


圖 5.1. 不同日夜溫下，以正常澆灌、限水灌溉、泥炭苔介質混合添加 $3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 保水劑 Alcosorb[®] 乾劑及底部添加 80 mL Alcosorb[®] 溼劑處理對非洲鳳仙花‘音樂’植株(A)株高、(B)冠層幅寬及(C)葉片葉綠素計讀值之影響

Fig. 5. 1 Effect of normal irrigation (Control), limited irrigation (Control WL), peat-based substrate mixed with $3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ dry Alcosorb[®] hydrogel (Mix-AS), and placing 80 mL water-saturated Alcosorb[®] hydrogel under substrate (Bottom-AS) treatments on (A) plant height, (B) plant canopy diameter, and (C) leaf chlorophyll meter reading (CMR) in *Impatiens wallerana* ‘Accent’ after treatment, under low (20/15 °C) and high (30/25 °C) day/night temperatures. Mean separation within time (Initial, after 21 days) by LSD test at $P \leq 0.05$. Bars indicate standard error of the means. (n = 10)

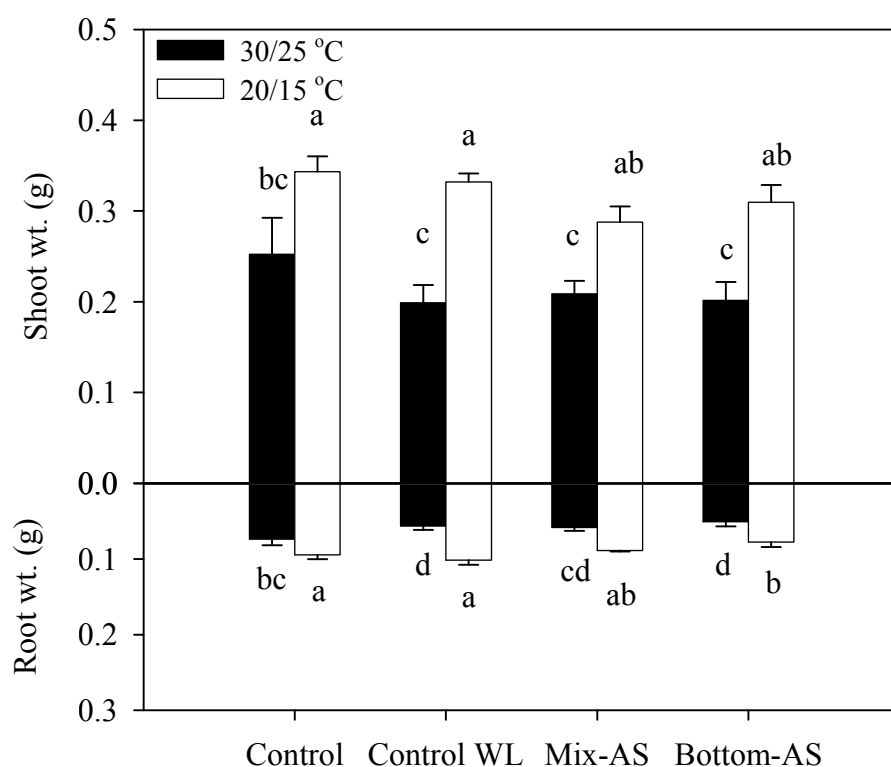


圖 5. 2. 不同日夜溫下，以泥炭苔混合介質、限水灌溉、未添加保水劑、介質混合保水劑 Alcosorb[®] 3 g·L⁻¹ 乾劑及底部添加 80 mL Alcosorb[®] 溼劑處理對非洲鳳仙花‘音樂’植株地上部及地下部乾重之影響

Fig. 5. 2 Effect of peat-based substrate (Control), limited-irrigated without hydrogel (Control WL), substrate mixed with 3 g·L⁻¹ dry Alcosorb[®] hydrogel (Mix-AS), and adding 80 mL water-saturated Alcosorb[®] hydrogel at bottom of pot (Bottom-AS) treatments on shoot and root dry weight of *Impatiens wallerana* ‘Accent’ after treatment, under low (20/15 °C) and high (30/25 °C) day/night temperatures. (n = 10)

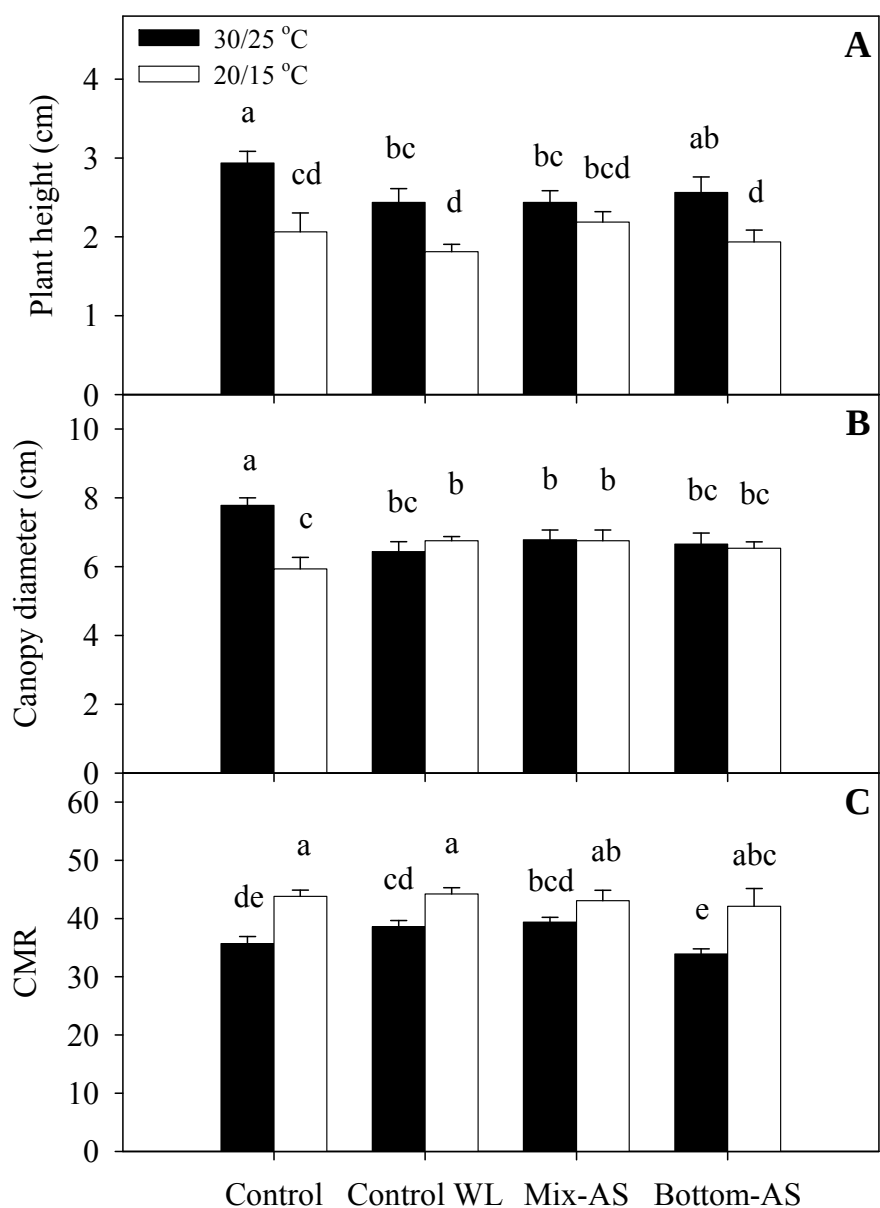


圖 5.3. 不同日夜溫下，以泥炭苔混合介質、限水灌溉、未添加保水劑、介質混合保水劑 Alcosorb[®] 3 g·L⁻¹ 乾劑及底部添加 80 mL Alcosorb[®] 溼劑處理對四季秋海棠‘超級奧運粉紅’植株(A)株高、(B)冠層幅寬及(C)葉片葉綠素計讀值之影響

Fig. 5. 3. Effect of peat-based substrate (Control), limited-irrigated without hydrogel (Control WL), substrate mixed with 3 g·L⁻¹ dry Alcosorb[®] hydrogel (Mix-AS), and adding 80 mL water-saturated Alcosorb[®] hydrogel at bottom of pot (Bottom-AS) treatments on (A) plant height, (B) plant canopy diameter, and (C) leaf chlorophyll meter reading (CMR) of *Begonia semperflorens-cultorum* ‘Super Olympia Pink’ after treatment, under low (20/15 °C) and high (30/25 °C) day/night temperatures. (n = 10)

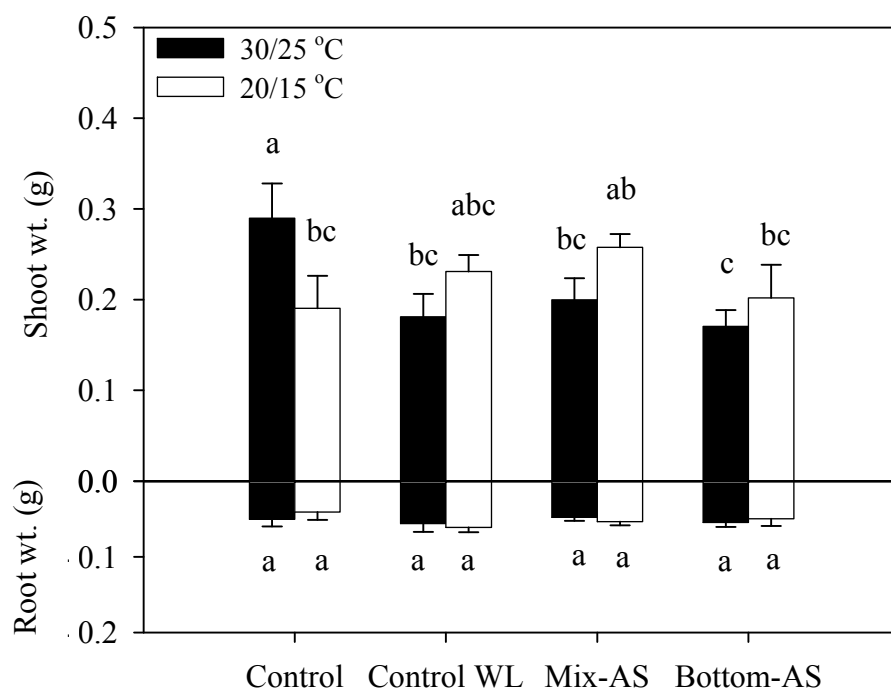


圖 5. 4. 不同日夜溫下，以泥炭苔混合介質、限水灌溉、未添加保水劑、介質混合保水劑 Alcosorb® 3 g·L⁻¹ 乾劑及底部添加 80 mL Alcosorb® 溼劑處理對四季秋海棠‘超級奧運粉紅’植株地上部及地下部乾重之影響

Fig. 5. 4. Effect of peat-based substrate (Control), limited-irrigated without hydrogel (Control WL), substrate mixed with 3 g·L⁻¹ dry Alcosorb® hydrogel (Mix-AS), and adding 80 mL water-saturated Alcosorb® hydrogel at bottom of pot (Bottom-AS) treatments on shoot and root dry weight of *Begonia semperflorens-cultorum* ‘Super Olympia Pink’ after treatment, under low (20/15 °C) and high (30/25 °C) day/night temperatures. (n = 10)

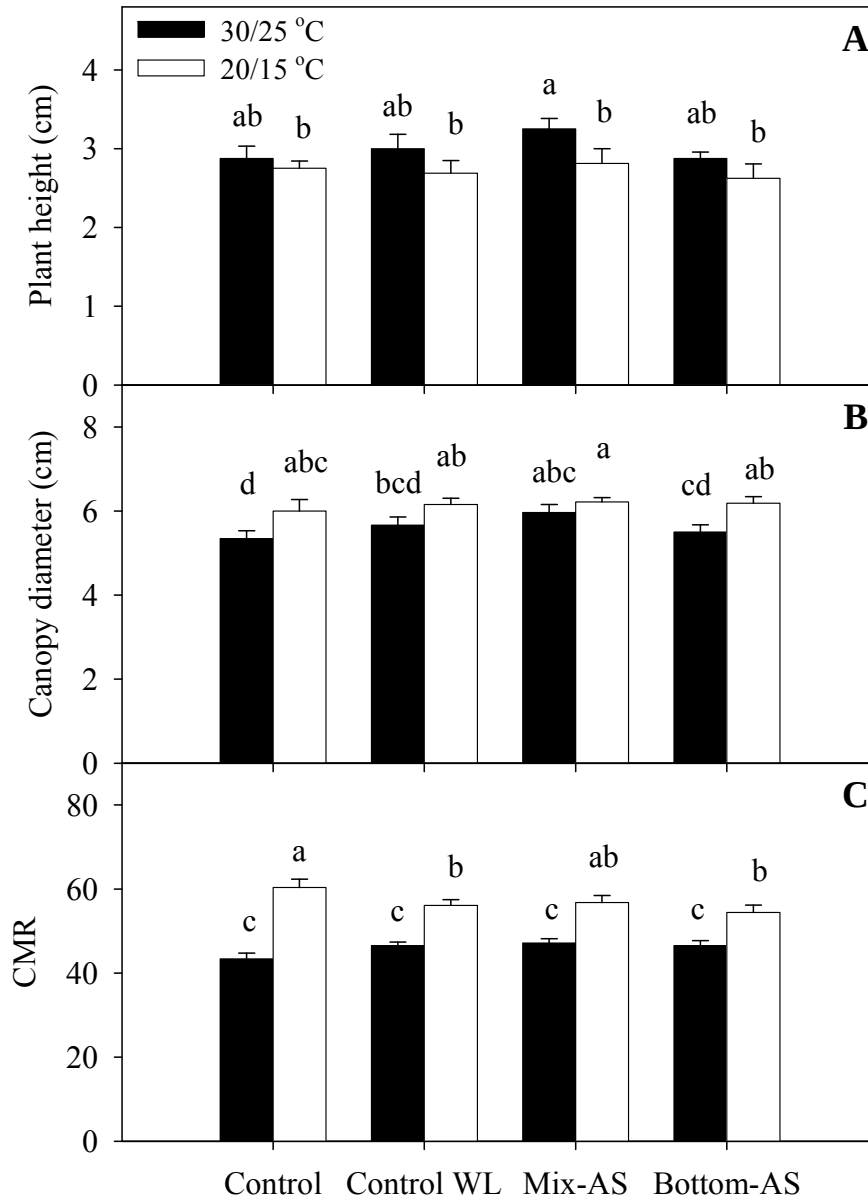


圖 5.5. 不同日夜溫下，以泥炭苔混合介質、限水灌溉、未添加保水劑、介質混合保水劑 Alcosorb[®] 3 g·L⁻¹ 乾劑及底部添加 80 mL Alcosorb[®] 溼劑處理對香堇菜植株(A)株高、(B)冠層幅寬及(C)葉片葉綠素計讀值之影響

Fig. 5. 5. Effect of peat-based substrate (Control), limited-irrigated without hydrogel (Control WL), substrate mixed with 3 g·L⁻¹ dry Alcosorb[®] hydrogel (Mix-AS), and adding 80 mL water-saturated Alcosorb[®] hydrogel at bottom of pot (Bottom-AS) treatments on (A) plant height, (B) plant canopy diameter, and (C) leaf chlorophyll meter reading (CMR) of *Viola cornuta* after treatment, under low (20/15 °C) and high (30/25 °C) day/night temperatures. (n = 10)

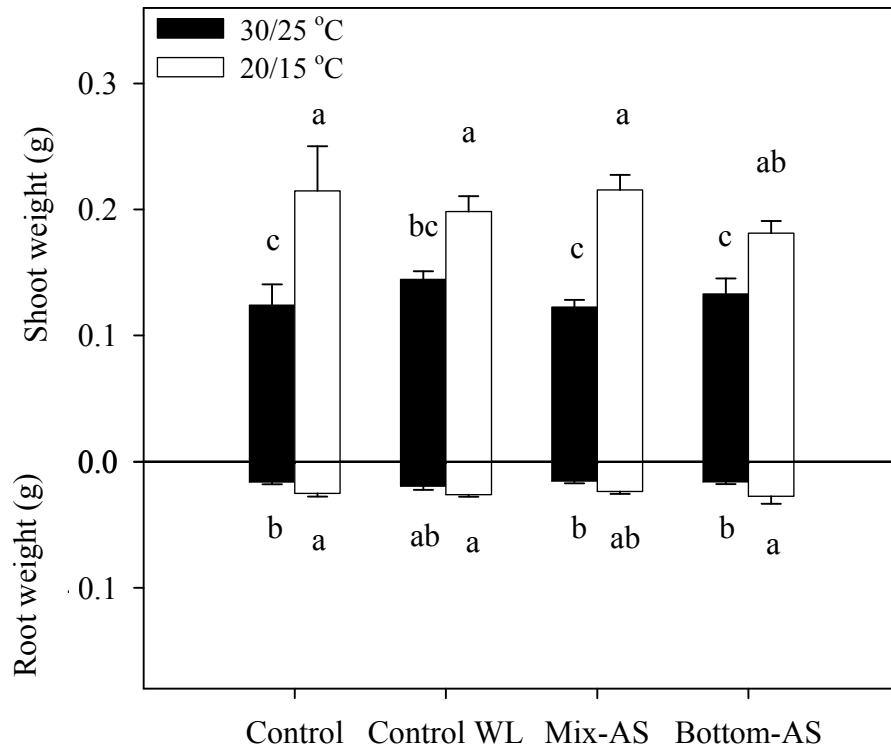


圖 5. 6. 不同日夜溫下，以泥炭苔混合介質、限水灌溉、未添加保水劑、介質混合保水劑 Alcosorb[®] 3 g·L⁻¹ 乾劑及底部添加 80 mL Alcosorb[®] 溼劑處理對香堇菜植株地上部及地下部乾重之影響

Fig. 5. 6. Effect of peat-based substrate (Control), limited-irrigated without hydrogel (Control WL), substrate mixed with 3 g·L⁻¹ dry Alcosorb[®] hydrogel (Mix-AS), and adding 80 mL water-saturated Alcosorb[®] hydrogel at bottom of pot (Bottom-AS) treatments on shoot and root dry weight of *Viola cornuta* after treatment, under low (20/15 °C) and high (30/25 °C) day/night temperatures. (n = 10)

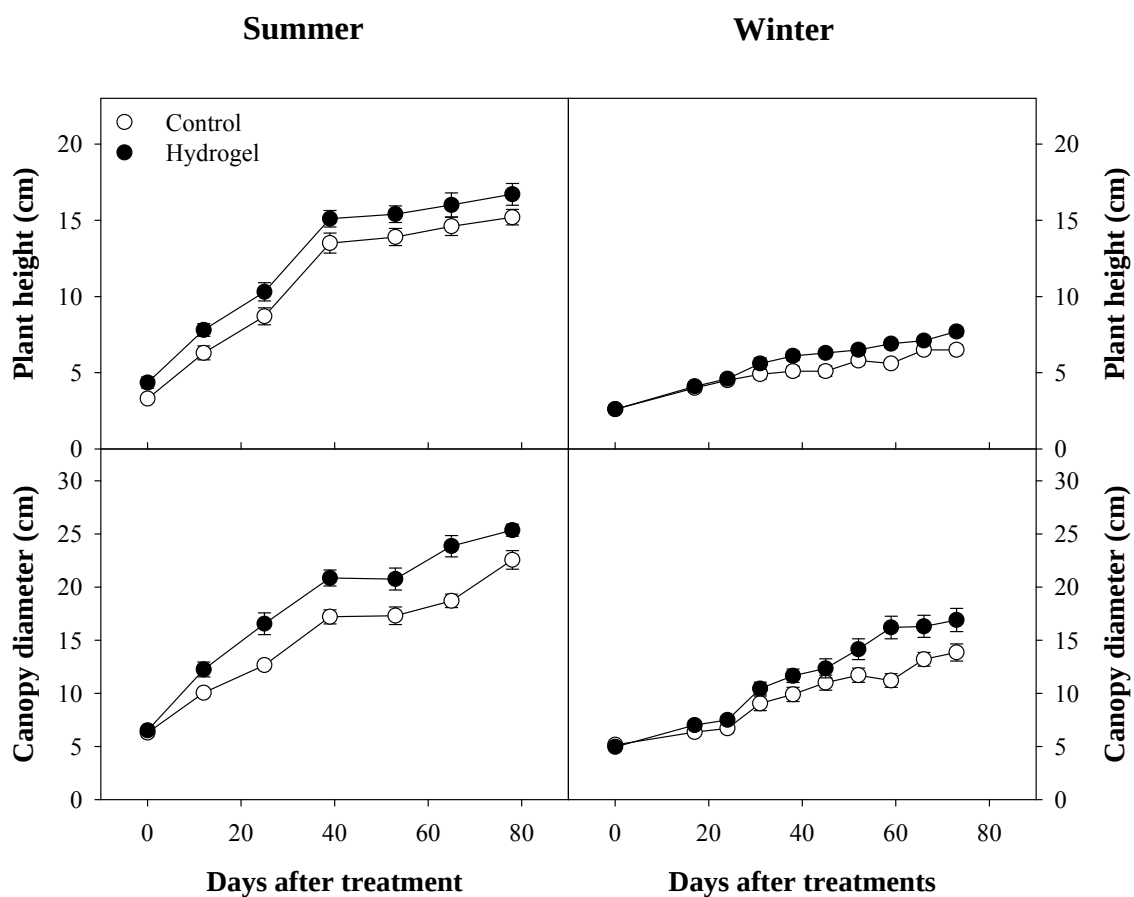


圖 5. 7. 田土混合添加 $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 保水劑 Alcosorb[®] 對夏、冬兩季黃金金露華植株高度及冠層幅寬之影響

Fig. 5. 7. Effects of mixing $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ hydrogel (Alcosorb[®]) to substrate on changes of plant height and canopy diameter of *Duranta repens* 'Golden Leaves' planted with field soil during summer and winter. Bars indicate standard errors of the means. Field soil was sandy loam. Summer: 2009/7/16 to 2009/10/2, Winter: 2009/11/16 to 2010/1/28. (n = 10)

參考文獻 (References)

- 李咩. 1987. 花卉之無土栽培. 花卉生產改進研討會專集. p.18-26.
- 李咩. 1988. 育苗介質與施肥. 園藝種苗產銷技術研討會專集. 種苗改良繁殖場編印. p.188-202.
- 林冠成、張志鵬. 2001. 聚丙烯酸的添加對椰纖無土栽培之影響. 華岡紡織期刊. 8:446-451.
- 郭宏遠. 1997. 天門冬屬四種觀葉植物種子發芽、幼苗生育與蔓綠絨潮汐灌溉之研究. 國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文. 臺北.
- 郭坤峰. 1994. 聖誕紅與天竺葵之養水管理對根圈環境及淋洗問題之研究. 國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文. 臺北.
- 黃光亮、黃達雄. 1988. 國內盆栽植物栽培介質及利用. 花卉生產體系及栽培介質研討會專集. p.29-41.
- 黃敏展. 2002. 亞熱帶花卉學總論. 國立中興大學園藝系. 臺中.
- Abdelmagid, H.M. and M.A. Tabatabai. 1982. Decomposition of acrylamide in soils. J. Environ. Qual. 11:701-704.
- Agaba, H., L.J.B. Orikiriza, J.F.O. Esegu, J. Obua, J.D. Kabasa, and A. Hüttermann. 2010. Effects of hydrogel amendment to different soils on plant available water and survival of trees under drought conditions. Clean Soil Air Water 38:328-335.
- Akhter, J., K. Mahmood, K.A. Malik, A. Mardan, M. Ahmad, and M.M. Iqbal. 2004. Effect of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. Plant Soil Environ. 50:463-469.
- Al-Harbi, A.R., A.M. Al-Omran, A.A. Shalaby, and M.I. Choudhary. 1999. Efficacy of a hydrophilic polymer declines with time in greenhouse experiments. HortScience 34:223-224.
- Apostol, K.G., D.F. Jacobs, and R.K. Dumroese. 2009. Root desiccation and drought stress responses of bareroot *Quercus rubra* seedlings treated with a hydrophilic polymer root dip. Plant Soil 315:229-240.
- Arbona, V., D.J. Iglesias, J. Jacas, E. Primo-Millo, M. Talon, and A. Gomez-Cadenas. 2005. Hydrogel substrate amendment alleviates drought effects on young citrus plants. Plant Soil 270:73-82.

- Austin, M.E. and K. Bondari. 1992. Hydrogel as a field medium amendment for blueberry plants. *HortScience* 27:973-974.
- Baasiri, M, J. Ryan, M. Muciek, and S.N. Harik. 1986. Soil application of a hydrophilic conditioner in relation to moisture, irrigation frequency and crop growth. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 17:573-589.
- Bearce, B.C. and R.W. McCollum. 1977. A comparison of peatlite and noncomposted hardwood-bark mixes for use in pot and bedding-plant production and the effects of a new hydrogel soil amendment on their performance. *Flor. Rev.* 161:21-23.
- Boatright, J.L., D.E. Balint, W.A. Mackay, and J.M. Zajicek. 1997. Incorporation of a hydrophilic polymer into annual landscape beds. *J. Environ. Hort.* 15:37-40.
- Brady, N.C. and R.R. Weil. 2002. The nature and properties of soils. 13th ed. Person Education, NJ, USA. p.162-164.
- Brown, L., M.M. Rhead, K.C.C. Bancroft, and N. Allen. 1980. Model studies of the degradation of acrylamide monomer. *Water Res.* 14:775-778.
- Burdett, A.N. 1990. Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. *Can. J. Res.* 20:415-427.
- deBoodt, M. and O. Verdonck. 1972. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Hort.* 26:37-44.
- Dehgan, B., T.H. Yeager, and F.C. Almira. 1994. *Photinia* and *Podocarpus* growth response to a hydrophilic polymer-amended medium. *HortScience* 29:641-644.
- del Amor, F.M., G. Ortuño, M.D. Gómez, F. Vicente, and A.J. García. 2007. Yield and fruit quality response of sweet pepper plants cultivated in environmentally friendly substrates. *Acta Hort.* 761:527-531.
- Dole, J.M. and H.F. Wilkins. 2005. *Floriculture-Principles and Species*. 2nd ed. Upper Shaddle River, N.J., USA.
- Drzal, M.S., W.C. Fonteno, and D.K. Cassel. 1999. Pore fraction analysis: a new tool for substrate testing. *Acta Hort.* 481:43-54.
- Ferrazza, J. 1974. Grower evaluates soil amendment. *Flor. Rev.* 155:69-70.
- Fonteno, W.C. and T.E. Bilderback. 1993. Impact of hydrogel on physical properties of coarse-structured horticultural substrates. *J. Amer. Soc. Hort.* 118:217-222.
- Fonteno, W.C., D.K. Cassel, and R.A. Larson. 1981. Physical properties of three container media and their effect on poinsettia growth. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106:736-741.

- Frantz, J.M., J.C. Locke, D.S. Pitchay, and C.R. Krause. 2005. Actual performance versus theoretical advantages of polyacrylamide hydrogel throughout bedding plant production. *HortScience* 40:2040-2046.
- Gehring, J.M. and A.J. III Lewis. 1980. Effect of hydrogel on wilting and moisture stress of bedding plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105:511-513.
- Ghebru, M.G., E.S. du Toit, and J.M. Steyn. 2007. Water and nutrient retention by Aquasoil and Stockosorb polymers. *South African J. of Plant Soil* 24:32-36.
- Gu, S., L.H. Fuchigami, S.H. Guak, and C. Shin. 1996. Effects of short-term water stress, hydrophilic polymer amendment, and antitranspirant on stomatal status, transpiration, water loss, and growth in 'Better Boy' tomato plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121:831-837.
- Haase, D.L. and R. Rose. 1993. Soil moisture stress induces transplant shock in stored and unstored 2+0 Douglas-fir seedlings of varying root volume. *For. Sci.* 39:275-294.
- Hartmann, H.T., D.E. Kester, F.T. Jr. Davies, and R.L. Geneve. 2002. Hartmann and Kester's plant propagation: principles and practices. 7th ed. Prentice Hall Intl., N. J., USA.
- Hayashi, T., H. Nishimura, K. Sakano, and Y. Tani. 1994. Microbial degradation of poly(sodium acrylate). *Biosci. Biotech. Biochem.* 58:444-446.
- Heiskanen, J. 1995. Water status of sphagnum peat and a peat-perlite mixture in containers subjected to irrigation regimes. *HortScience* 30:281-284.
- Henderson, J.C. and D.L. Hensley. 1985. Ammonium and nitrate retention by a hydrophilic gel. *HortScience* 20:667-668.
- Henderson, J.C., F.T. Jr. Davies, and H.B. Pemberton. 1991. Landscape rose response to low moisture levels and a hydrophilic gel. *Scientia Hort.* 46:129-135.
- Idso, S.B., R.J. Reginato, D.C. Reicosky, and J.L. Hatfield. 1981. Determining soil-induced plant water potential depressions in alfalfa by means of infrared thermometry. *Agron. J.* 78:826-830.
- International panel on climate change. 2007. Climate change impacts, adaptation and vulnerability. IPCC, Geneva, Switzerland.
- Jhurry, D. 1997. Agricultural polymers. *Food Agr. Res. Council, Réduit, Mauritius.* p.109-113.
- Johnson, M.S. 1984. Effect of soluble salts on water absorption by gel-forming soil

- conditioners. *J. Sci. Food Agr.* 35:1063-1066.
- Kay-Shoemaker, J.L., M.E. Watwood, R.D. Lentz, and R.E. Sojka. 1998a. Polyacrylamide as an organic nitrogen source for soil microorganisms with potential effects on inorganic soil nitrogen in agricultural soil. *Soil Biol. Biochem.* 30:1045-1052.
- Kay-Shoemaker, J.L., M.E. Watwood, R.E. Sojka, and R.D. Lentz. 1998b. Polyacrylamide as a substrate for microbial amidase in culture and soil. *Soil Biol. Biochem.* 30:1647-1654.
- Kay-shoemaker, J.L., M.E. Watwood., L. Kilpatrick, and K. Harris. 2000. Exchangeable ammonium and nitrate from different nitrogen fertilizer preparations in polyacrylamide-treated and untreated agricultural soils. *Biol. Fertil. Soils* 31:245-248.
- Keever, G.J., G.S. Cobb, J.C. Stephenson, and W.J. Foster. 1989. Effect of hydrophilic polymer amendment on growth of container grown landscape plants. *J. Environ. Hort.* 7:52-56.
- Kuchenbuch, R., N. Claasen, and A. Jungk. 1986. Potassium availability in relation to soil moisture. II. Calculations by means of a mathematical simulation model. *Plant Soil* 95:233-243.
- Lande, S.S., S.J. Bosch, and P.H. Howard. 1979. Degradation and leaching of acrylamide in soil. *J. Environ. Qual.* 8:133-137.
- Larcher, W. 1995. Stress due to extreme temperatures, *Physiological Plant Ecology*. p340-354.
- Madakadze, I.C., K.A. Stewart, R.M. Madakadze, P.R. Peterson, B.E. Coulman, and D.L. Smith. 1999. Field evaluation of the chlorophyll meter to predict yield and nitrogen concentration of switchgrass. *J. Plant Nutr.* 22:1001-1010.
- McCollister, D.D., C.L. Hake, S.E. Sadek, and V.K. Rowe. 1965. Toxicologic investigations of polyacrylamides. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 7:639-651
- Mikkelsen, R.L. 1994. Using hydrophilic polymers to control nutrient release. *Fert. Res.* 38:53-59.
- Miller, N. 1981. Bogs, bales, and BTU'S: A primer on peat. *Horticulture* 49:38-45.
- Minami, K., S.C.S. Bueno, S.F. Blat, and F.L. Cuquel. 2003. Efficiency of a soil conditioner on strawberry. *Acta Hort.* 607:169-173.
- Molitor, H.D. 1990. The European perspective with emphasis on subirrigation and

- recirculation of water and nutrients. *Acta Hort.* 272:165-173.
- Morvant, J.K., J.M. Dole and E. Allen. 1997. Irrigation systems alter distribution of roots, soluble salts, nitrogen, and pH in the root medium. *HortTechnology* 7:156-160.
- Nadler, A. 1993. Negatively charged PAM efficacy as a soil conditioner as affected by the presence of roots. *Soil Sci.* 156:79-85.
- Nelson, P.V. 2003. *Greenhouse operation and management*. Prentice Hall Intl., N. J., USA.
- Pery, R.S.M., O. Marfà, and L. Serrano. 1995. The effect of a hydrophilic polymer on plant water status and survival of transplanted pine seedlings. *HortTechnology* 5:141-143.
- Richardson, A.D., S.P. Duigan, and G.P. Berlyn. 2002. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New Phytol.* 153:185-194.
- Saab, I.M., R.E. Sharp, J. Pritchard, and G.S. Voetberg. 1990. Increased endogenous abscisic acid maintains primary root growth and inhibits shoot growth of maize seedlings at low water potentials. *Plant Physiol.* 93:1329-1336.
- Seybold, C.A. 1994. Polyacrylamide review: soil conditioning and environmental fate. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 25:2171-2185.
- Sharp, R.E., W.K. Silk, and T.C. Hsiao. 1988. Growth of the maize primary root at low water potentials. I. Spatial distribution of expansive growth. *Plant Physiol.* 87:50-57.
- Still, S.M. 1976. Growth of 'Sunny Mandalay' chrysanthemums in hardwood-bark-amended media as affected by insolubilized poly (ethylene oxide). *HortScience* 11: 483-484.
- Taiz, T. and E. Zeiger. 2006. *Plant Physiology*. 4th ed. Sinauer Associates, MA, USA.
- Taylor, K.C. and R.G. Halfacre. 1986. The effect of hydrophilic polymer on media water retention and nutrient availability to *Ligustrum lucidum*. *HortScience* 21:1159-1161.
- Wallace, A. and G.A. Wallace. 1986. Effects of soil conditioners on emergence and growth of tomato, cotton, and lettuce seedlings. *Soil Sci.* 141:313-316.
- Wang, Y.T. 1989. Medium and hydrogel affect production and wilting of tropical ornamental plants. *HortScience* 24:941-944.
- Wang, Y.T. and C.A. Boogher. 1987. Effect of a medium-incorporated hydrogel on plant growth and water use of two foliage species. *J. Environ. Hort.* 5:125-127.

- Wang, Y.T. and L.L. Gregg. 1990. Hydrophilic polymers – Their response to soil amendments and effect on properties of a soilless potting mix. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:943-948.
- Whittle, J. 1987. Physical and chemical properties of peat. *Comb. Proc. Intl. Plant Prop. Soc.* 36:284-287.
- Yadava, U.L. 1986. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. *HortScience* 21:1449-1450.
- Zohuriaan-Mehr, M.J. and K. Kabiri. 2008. Superabsorbent polymer materials: a review. *Iranian Polymer J.* 17:451-477.



附錄 (Appendix)



Alcosorb[®] → Sodium acrylate and acrylamide

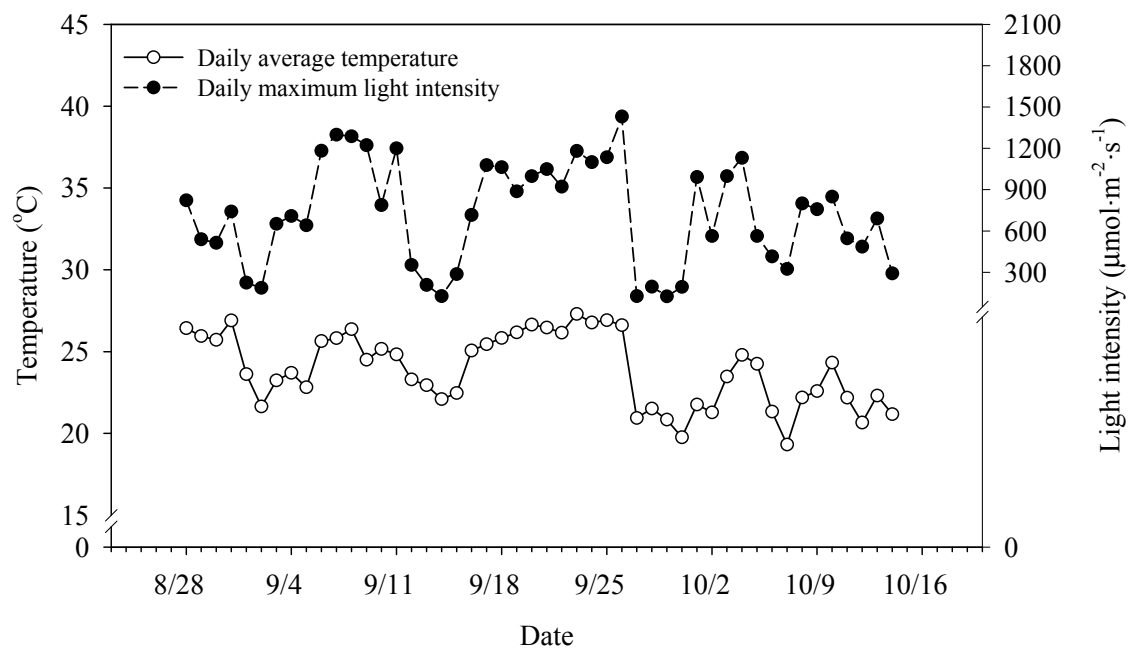


TerraCottem[®] → Polyacrylamide

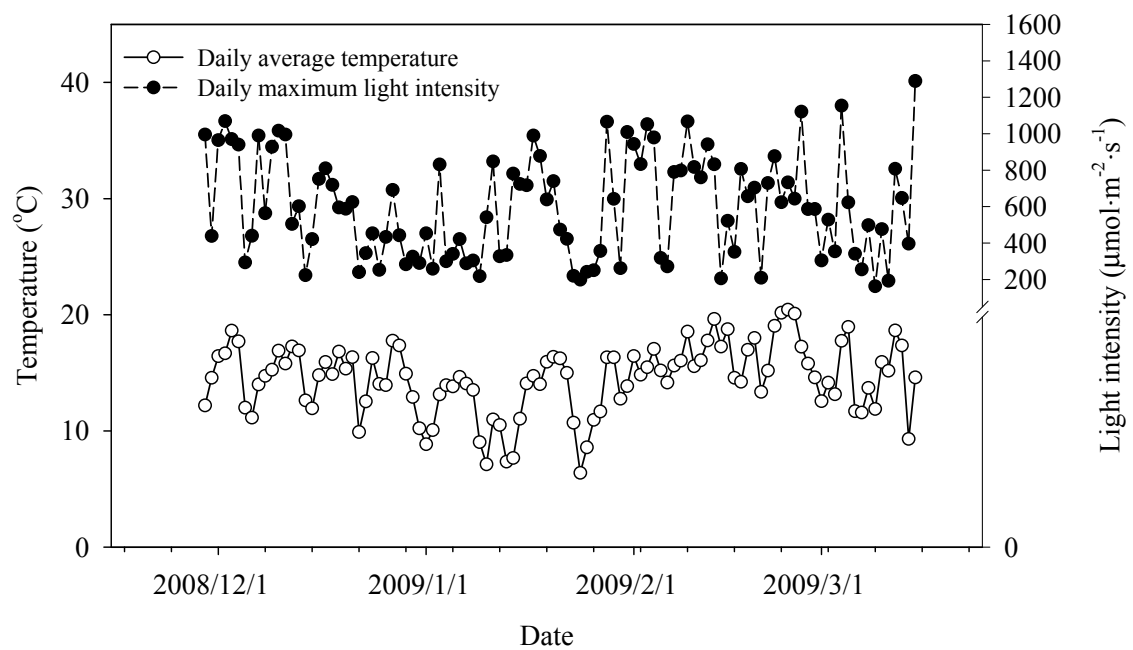


Taisap DC-386A → Polyacrylate

附錄 1. 保水劑 Alcosorb[®]、TerraCottem[®]及 Taisap DC-386A 之外觀與吸水後形態
Appendix 1. Appearance of hydrogel Alcosorb[®], TerraCottem[®] and Taipsap DC-386A before and after water imbibition.



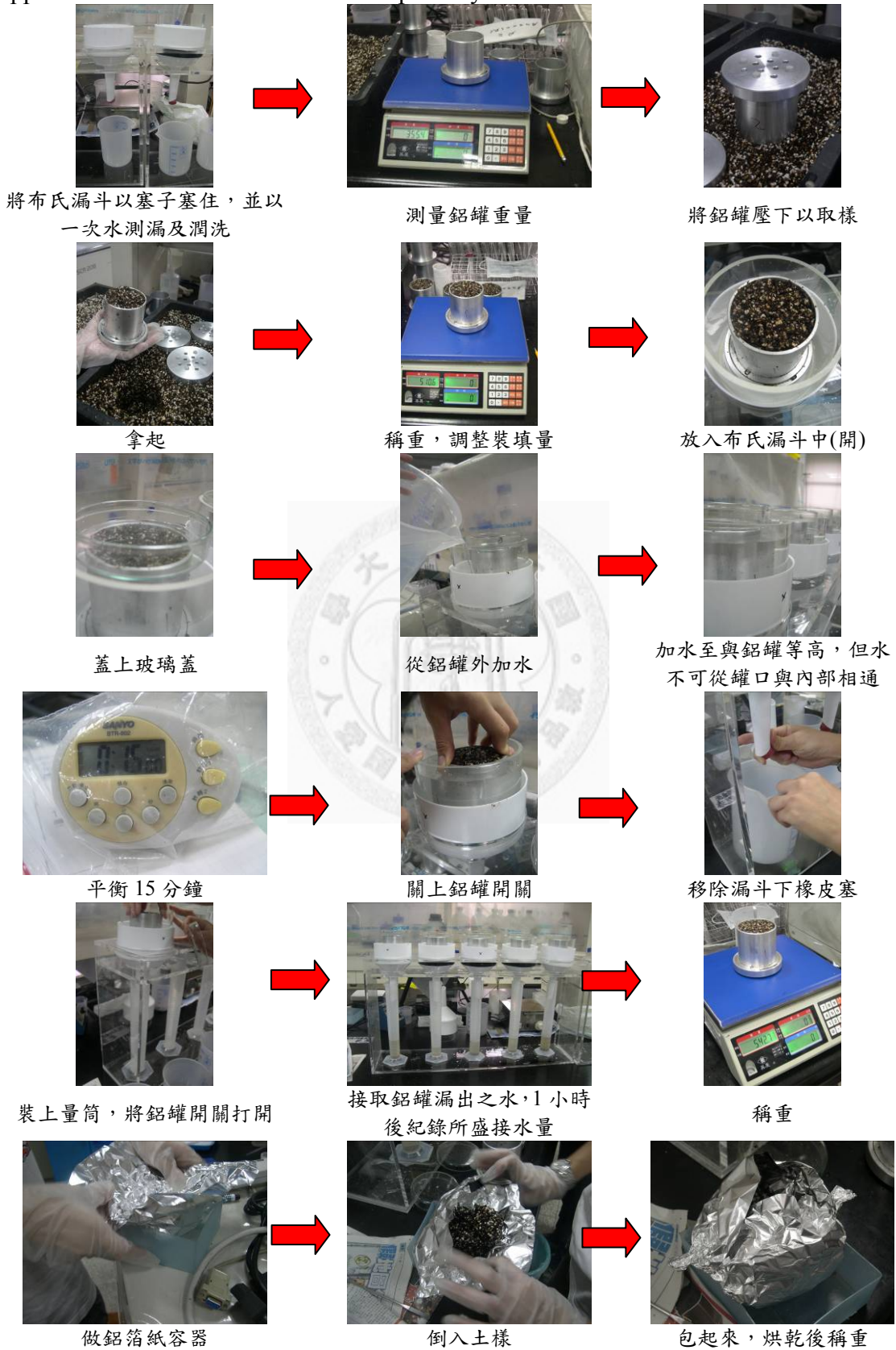
附錄 2. 第三章及第四章試驗一期間(2008 年 8 月至 10 月)之環境溫度及光度變化
Appendix 2. Changes in temperature and light intensity during experiment 1 of chapter 3 and 4 (August to October 2008).

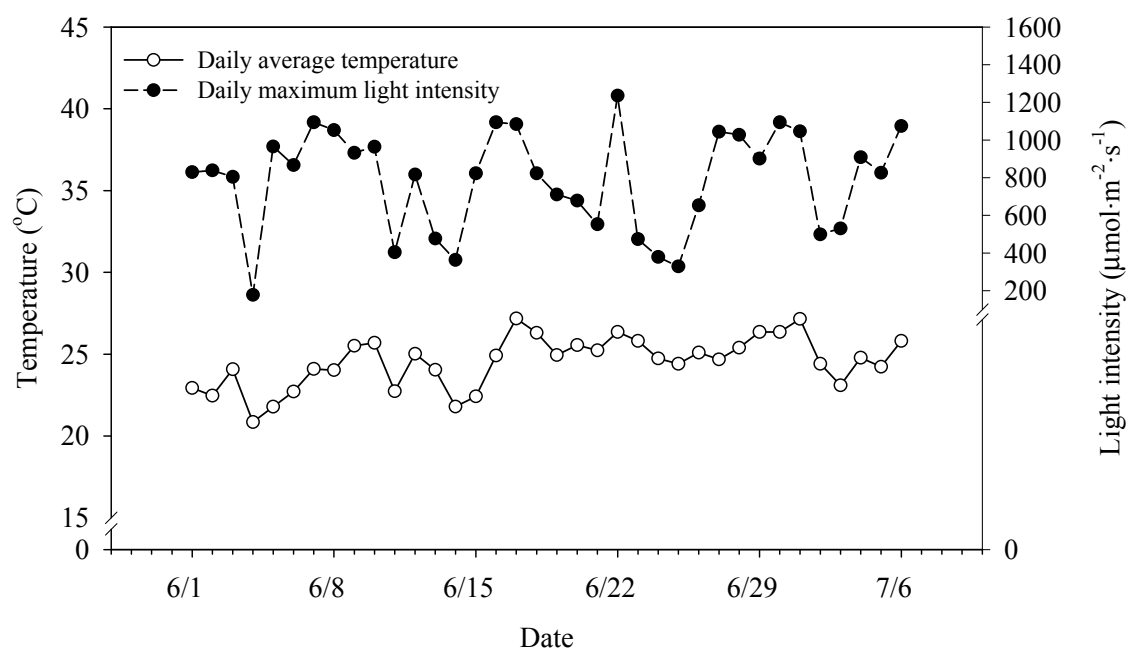


附錄 3. 第三章試驗二期間(2008 年 11 月至 2009 年 3 月)之環境溫度及光度變化
 Appendix 3. Changes in temperature and light intensity during experiment 2 of chapter
 3 (November 2008 to March 2009).

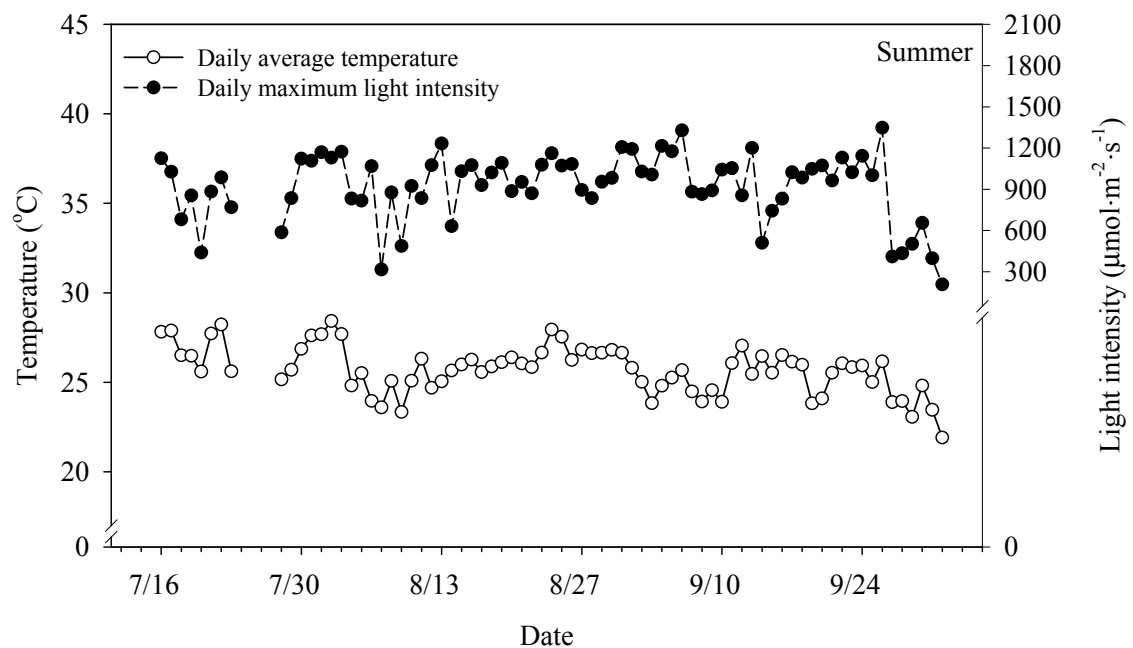
附錄 4. 介質孔隙度之測量方法

Appendix 4. Measurement of substrate porosity.

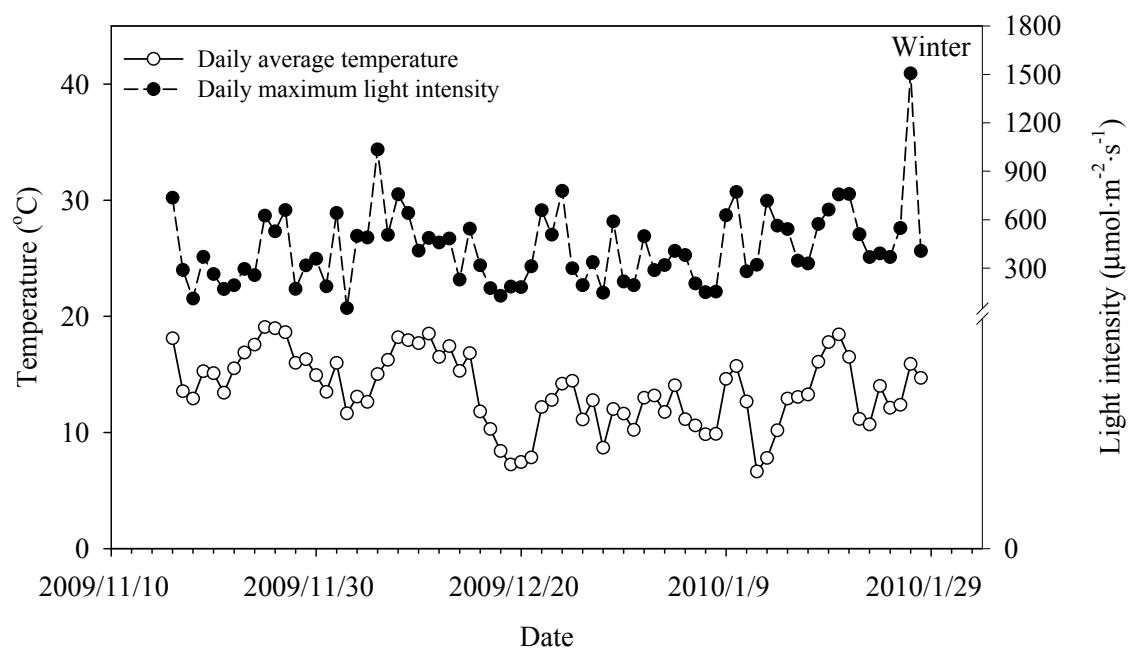




附錄 5. 第四章試驗三期間(2009 年 6 月至 7 月)之環境溫度及光度變化
Appendix 5. Changes in temperature and light intensity during experiment 3 of chapter 4 (June to July 2009).



附錄 6. 第五章試驗二夏季期間 (2009 年 7 月至 9 月) 之環境溫度及光度變化
Appendix 6. Changes in temperature and light intensity during experiment 2 of chapter 5 (June to July 2009). (summer)



附錄 7. 第五章試驗二冬季期間(2009 年 11 月至隔年 1 月)之環境溫度及光度變化
Appendix 7. Changes in temperature and light intensity during experiment 2 of chapter 5 (Nov 2009 to Jan 2010). (winter)