

應用太陽能熱水循環消毒系統 防治菊花育苗期土壤傳播性病害¹

劉興隆²、趙佳鴻²、沈原民²、黃冬青²

摘 要

太陽能熱水循環消毒系統乃是於菊花育苗床安裝S型環繞管路，當管路末端之溫度控制電磁閥的溫度低於設定值時，啟動馬達補充太陽能熱水，直到溫度到達設定值。當太陽能熱水溫度在70°C以上，溫度控制電磁閥溫度分別設定在50°C及55°C，進行二次試驗，結果顯示入水口溫度皆較出水口溫度高，在電磁閥設定為50°C，其溫度差分別為1.4°C及9.1°C，在電磁閥設定為55°C，其溫度差分別為5.2°C及5.9°C；在電磁閥設定為50°C時及苗床循環管路間之介質溫度維持在45°C以上的時間分別為362分鐘及391分鐘；在電磁閥設定為55°C及苗床循環管路間之介質溫度維持在45°C以上的時間分別為229分鐘及319分鐘。進一步測試太陽能熱水循環消毒系統的殺菌能力，顯示溫度控制電磁閥溫度設定在50°C時，此溫度條件能有效殺死預先埋入介質內之菊花莖腐病菌(*Rhizoctonia solani*)及根腐病菌(*Pythium aphanidermatum*)。於育苗床建立菊花莖腐病及根腐病病圃，利用太陽能熱水循環消毒系統，處理後隔天扦插菊花，所生產之菊花扦插苗，未發生土壤傳播性病害，與介質不經消毒處理之對照組比較，其菊花扦插苗發病率高達93~100%，顯示太陽能熱水循環消毒系統能同時防治菊花育苗期土壤傳播性病害。

關鍵字：菊花、育苗床、菊花莖腐病、菊花根腐病、太陽能。

前 言

菊花育苗期病害主要為土壤傳播性病害，有莖腐病(*Rhizoctonia solani* Kuhn)、根腐病(*Pythium aphanidermatum* Edson)、白絹病(*Sclerotium rolfsii* Sacc.)、菌核病(*Sclerotinia sclerotiorum* de Bary)及細菌性軟腐病(*Erwinia* spp.)等⁽¹⁰⁾，其中又以莖腐病及根腐病發生最普遍，且危害較嚴重。調查發現，不同季節主要病害種類不同，同一時期不同育苗場間病害種類亦有差異，且同一育苗場常同時發生二種以上土壤傳播性病害。因不同土壤傳播性病害之有效防治藥劑差異很大^(1,2,10,12,14)，故無法使用單種藥劑同時防治多種土壤傳播性病害，又育苗場業者不易正確診斷菊花育苗期土壤傳播性病害種類，更難對症用藥，且藥劑易對環境生態造成破壞。雖然已建立蒸汽消毒防治菊花育苗期土壤傳播性病害技術⁽⁹⁾，可有效解決多種土

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0779 號。

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員、助理研究員、助理研究員、研究助理。

壤傳播性病害的難題，然而蒸汽消毒過程每平方公尺約需使用2.4 L柴油，能源消耗過高。爲了降低農藥的施用量及節能減碳政策，以維護自然生態，擬利用臺灣地區所擁有的充分日照條件－太陽能，做爲替代能源。太陽能熱水器是一種吸收太陽輻射能，轉成熱能，而產生熱水的一種設備，可用於一般家庭用熱水、商業用熱水、工業製程用水預熱、溫水游泳池、除濕機及發電等方面^(4,6,7)，其主要結構包括集熱器、儲水桶、管路及控制系統等四部份。本研究應用太陽能熱水器產生之熱水進行太陽能熱水循環消毒系統，乃是於菊花育苗床安裝S型環繞管路，入水口接太陽能熱水，於循環管路末端安裝溫度控制電磁閥，當管路末端溫度低於設定溫度時，啓動馬達將水回收到太陽能儲水桶，直到溫度到達設定溫度時停止馬達運轉，以評估太陽能熱水循環消毒系統對菊花育苗期主要土壤傳播性病害之防治可行性。

材料與方法

一、育苗床太陽能熱水循環消毒系統之架構

於高架之菊花育苗床內(長400 cm、寬172 cm、高度11 cm，以椰子木屑爲栽培介質)，以直徑2.6 cm之銅管焊接安裝成S型環繞管路，銅管間距11 cm，環繞管路入水口處接太陽能熱水，於環繞管路末端出水口處安裝溫度控制電磁閥(NCD廠牌 規格AD12-15 1/2" AC220V)，並將水接回太陽能儲水桶，以達到水的循環再利用；本試驗使用之太陽能熱水系統爲「地中海太陽能CH-403」機型，其集熱器面積爲5.7 m²，儲水桶容量爲400 L，試驗時之太陽能儲水桶溫度皆在70°C以上。每次試驗皆在早上11~12點間開始進行，試驗期間，每當管路末端溫度控制電磁閥之溫度低於設定值時，即自動啓動馬達進行太陽能熱水循環消毒系統運轉，自出水口處將管路內溫度較低之水回收到太陽能儲水桶，並由入水口補充較高溫度之太陽能熱水，直到溫度控制電磁閥之溫度到達設定溫度即停止馬達運轉，使整個太陽能熱水循環消毒系統管路內溫度均衡且在設定溫度以上。

二、太陽能熱水循環消毒系統之溫度控制電磁閥設定在不同溫度對苗床介質之溫度變化影響

將太陽能熱水循環消毒系統之溫度控制電磁閥分別設定在50°C及55°C，以溫度記錄器記錄苗床不同位置溫度變化情形，瞭解不同位置之最高溫度及45°C與50°C以上溫度維持時間，做爲後續試驗參考依據；試驗時溫度記錄器之感應棒分別放置在入水口銅管上、出水口銅管上、苗床中央二銅管中間之介質內及太陽能儲水桶內等位置。當太陽能儲水桶溫度達到70°C以上時開始試驗，先將溫度記錄器安裝到苗床設定位置上，再覆蓋塑膠布，啓動太陽能熱水循環消毒系統，隔天早上關閉太陽能熱水循環消毒系統，取出溫度記錄器讀取溫度記錄數值資料，進行統計分析。

三、太陽能熱水循環消毒系統對埋在不同位置之病原真菌殺菌能力

供試病原真菌有莖腐病菌(*R. solani*)及根腐病菌(*P. aphanidermatum*)。首先將6個直徑6 mm之莖腐病菌及根腐病菌菌絲塊分別放入不織布茶包袋內，再以手壓式封口機封口，將分別

埋在入水口處二銅管中間之介質內、苗床中央二銅管中間之介質內及出水口處二銅管中間之介質內，再覆蓋塑膠布，將太陽能熱水循環消毒系統之溫度控制電磁閥設定為50℃，於早上11點開始進行太陽能熱水循環消毒系統處理，隔天早上8點關閉太陽能熱水循環消毒系統，取出埋入之病原，再調查其存活情形。分別將莖腐病菌及根腐病菌菌絲塊移到potato dextrose agar (PDA)平板，於30℃培養3天後，調查菌絲塊存活比率；以埋入介質中，但未經太陽能熱水循環消毒系統處理之病原真菌菌絲塊為對照。

四、應用太陽能熱水循環消毒系統防治菊花育苗期土壤傳播性病害

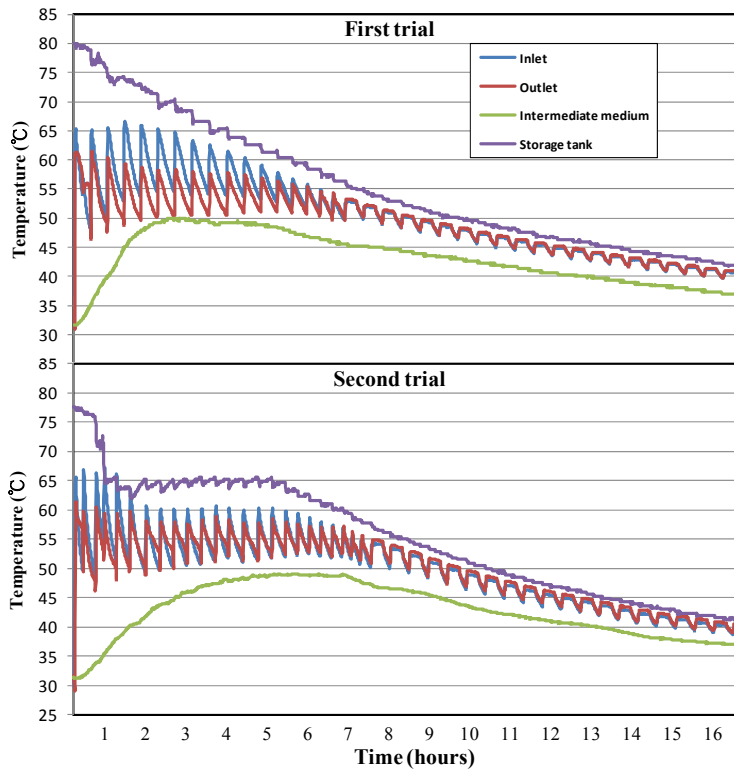
莖腐病及根腐病病圃建立，仍將長滿PDA培養基之病原菌絲塊切碎，分別撒在苗床介質上(每平方公尺之育苗床使用量為10個9 cm培養皿)，再均勻拌入介質中，拌入後即覆蓋塑膠布並進行消毒，將太陽能熱水循環消毒系統之溫度控制電磁閥設定為50℃，於早上11點開始進行太陽能熱水循環消毒系統處理，隔天早上8點關閉太陽能熱水循環消毒系統，完成栽培介質消毒工作，掀開塑膠布後馬上扦插菊花，於扦插後第7天調查菊花扦插苗之發病率；供試菊花品種為「黃秀芳」，本試驗有經太陽能熱水循環消毒系統處理之莖腐病及根腐病病圃，以及未經太陽能熱水循環消毒系統處理之莖腐病及根腐病病圃為對照，共4種處理，每處理3重複，每重複扦插100株菊花插穗。

結 果

一、太陽能熱水循環消毒系統之溫度控制電磁閥設定在不同溫度對苗床介質之溫度變化影響

太陽能熱水循環消毒系統之溫度控制電磁閥分別設定在50℃及55℃，各進行二次溫度變化記錄。在溫度控制電磁閥設定為50℃，第一次試驗結果，入水口管路上最高溫度(66.6℃)較出水口溫度(61.4℃)高，溫度差為5.2℃，維持在45℃以上均達704分鐘；在苗床銅管間介質之溫度皆未達50℃，不過維持在45℃以上達362分鐘；第二次試驗結果顯示，入水口管路上最高溫度(67.3℃)較出水口溫度(61.4℃)高，溫度差為5.9℃，維持在45℃以上均達716分鐘；在苗床銅管間介質之溫度亦皆未達50℃，不過維持在45℃以上達391分鐘。

在溫度控制電磁閥設定為55℃，第一次試驗結果入水口管路上最高溫度(69.7℃)較出水口溫度(60.6℃)高，溫度差為9.1℃；維持在45℃以上分別達752分鐘及696分鐘；在苗床銅管間介質之溫度皆未達50℃，不過維持在45℃以上達229分鐘；第二次試驗結果顯示，入水口管路上最高溫度(59.8℃)較出水口溫度(58.4℃)高，溫度差為1.4℃，維持在45℃以上分別達822分鐘及831分鐘；在苗床銅管間介質之溫度亦皆未達50℃，不過維持在45℃以上達319分鐘。



圖一、太陽能熱水苗床循環消毒系統溫度紀錄變化(早上 11 點開始進行處理，到隔天早上 8 點結束，溫度控制電磁閥設定為 50°C)。

Fig. 1. Temperature records of solar hot water circulation system. (From 11:00 am to 8:00 am next morning, the temperature control valve set at 50°C.)

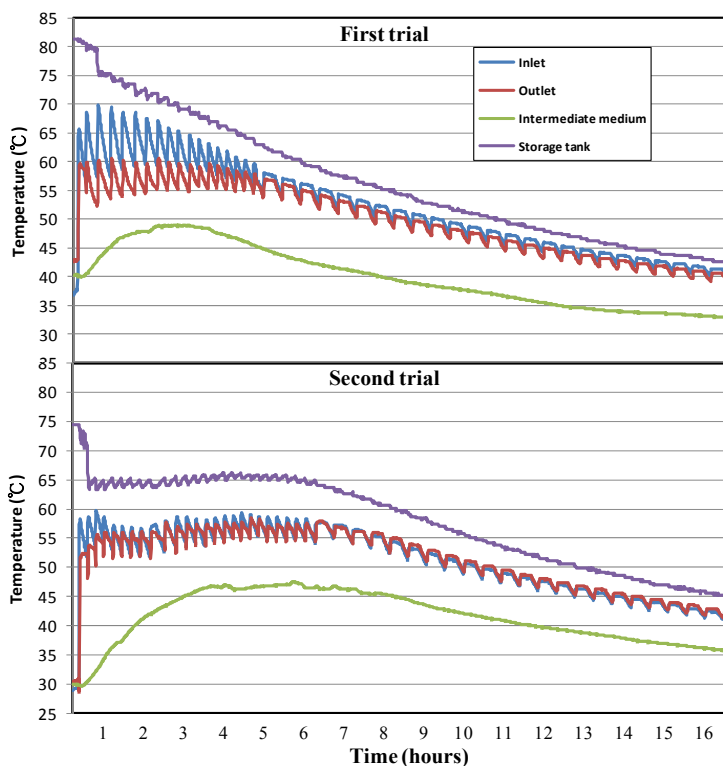
表一、太陽能熱水苗床循環消毒系統之溫度控制電磁閥設定為 50°C，不同偵測點之溫度變化情形
Table 1. The temperature change at different testing points of the solar hot water circulation system when it set at 50°C

Temperature conditions	Inlet ¹	Intermediate medium ²	Outlet ³	Storage tank
Trial I				
Time above 50°C (min.)	504.0	0.0	505.0	587.0
Time above 45°C (min.)	704.0	362.0	704.0	814.0
Highest temperature(°C)	66.6	49.8	61.4	79.9
Trial II				
Time above 50°C (min.)	546.0	0.0	545.0	626.0
Time above 45°C (min.)	716.0	391.0	716.0	768.0
Highest temperature(°C)	67.3	49.1	61.4	78.0

¹ The inlet water temperature was recorded on pipe surface at the start of solar hot water circulation system.

² The intermediate medium temperature was recorded in between two pipes at the center of the seedbed.

³ The outlet water temperature was recorded on pipe surface at the end of solar hot water circulation system.



圖二、太陽能熱水苗床循環消毒系統之溫度變化紀錄 (早上 11 點開始進行處理，到隔天早上 8 點結束，溫度控制電磁閥設定為 55°C)。

Fig. 2. Temperature records of solar hot water circulation system. (From 11:00 am to 8:00 am next morning, the temperature control valve set at 55°C.)

表二、太陽能熱水苗床循環消毒系統之溫度控制電磁閥設定為 55°C，不同偵測點之溫度變化情形
Table 2. The temperature change at different testing points of the solar hot water circulation system when it set at 55°C

Temperature conditions	Inlet ¹	Intermediate medium ²	Outlet ³	Storage tank
Trial I				
Time above 50°C (min.)	527.0	0.0	497.0	844.0
Time above 45°C (min.)	752.0	229.0	696.0	647.0
Highest temperature(°C)	69.7	49.1	60.6	81.2
Trial II				
Time above 50°C (min.)	604.0	0.0	630.0	769.0
Time above 45°C (min.)	822.0	319.0	831.0	996.0
Highest temperature(°C)	59.8	47.6	58.4	75.0

¹ The inlet water temperature was recorded on pipe surface at the start of solar hot water circulation system.

² The intermediate medium temperature was recorded in between two pipes at the center of the seedbed.

³ The outlet water temperature was recorded on pipe surface at the end of solar hot water circulation system.

二、太陽能熱水循環消毒系統對埋在不同位置之病原真菌殺菌能力

將莖腐病菌菌絲塊及根腐病菌菌絲塊分別埋在入水口處二銅管中間之介質內、苗床中央二銅管中間之介質內及出水口處二銅管中間之介質內，將太陽能熱水循環消毒系統之溫度控制電磁閥設定為50℃，於早上11點開始進行太陽能熱水循環消毒系統處理，隔天早上8點取出埋入之病原，再調查其存活情形。試驗結果所有埋在入水口處二銅管中間介質內、苗床中央二銅管中間介質內及出水口處二銅管中間介質內之病原真菌，經檢測均無法存活；而對照埋入介質，但未經太陽能熱水循環消毒系統處理之莖腐病菌菌絲塊及根腐病菌菌絲塊之存活率皆為100%。

三、應用太陽能熱水循環消毒系統防治菊花育苗期土壤傳播性病害

莖腐病及根腐病病圃建立後，將太陽能熱水循環消毒系統之溫度控制電磁閥設定為50℃，開始太陽能熱水循環消毒系統處理，處理後隔天扦插菊花。結果顯示太陽能熱水消毒處理區所扦插之菊花完全無發生苗期土壤傳播性病害，而對照組未經太陽能熱水循環消毒系統者，菊花莖腐病罹病率達100%，根腐病罹病率達93.1% (表三)。

表三、應用太陽能熱水循環消毒系統防治菊花育苗期土壤傳播性病害試

Table 3. Application of solar hot water circulation system on controlling soil-born diseases in chrysanthemum seedbeds

Treatments ¹	Disease severity (%) ²
Basal stem rot (<i>Rhizoctonia solani</i>)	
Solar hot water ³	0.0 a ⁴
Control	100.0 b
Root and basal stem rot (<i>Pythium aphanidermatum</i>)	
Solar hot water	0.0 a
Control	93.1 b

¹ Each treatment consisted of three replicates. Each replicate tested 100 chrysanthemum cuttings.

² Disease severity (%) = diseased cuttings / total tested cuttings × 100.

³ Seedbeds were treated with hot water generated by solar hot water circulation system the temperature control valve set at 50℃.

⁴ Mean within columns followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

討 論

菊花莖腐病(*R. solani*)及根腐病(*P. aphanidermatum*)為菊花育苗期主要土壤傳播性病害，此二種病害用藥種類不同^(1,2,12,14)，卻因病徵相近，造成栽培者誤判，無法對症用藥，導致防治效果不佳，為解決此難題，應尋求同時防治菊花育苗期多種土壤傳播性病害的方法^(10,11)。土壤傳播性病害的防治方法有淹水、輪作、土壤燻蒸劑消毒、土壤添加物處理、抗病育種、

太陽能消毒、蒸汽消毒及農藥處理等方法^(2,3,5,8,9,13,15,16,17,18)，雖然已建立蒸汽消毒防治菊花育苗期土壤傳播性病害技術，然能源消耗量過高(2.4 L柴油/平方公尺)，本研究利用臺灣地區所擁有的充分日照條件，將太陽能轉變為可用之熱水能源，應用此能源再配合循環管路系統，達到苗床消毒效果，此過程不只節省加熱水溫之能源，且將管路中的水回收到太陽能儲水桶，達到水資源的循環再利用，具有一舉數得好處。太陽能熱水循環消毒系統，每當管路末端溫度低於設定溫度時，即自動啟動馬達進行太陽能熱水循環消毒系統運轉，直到溫度控制電磁閥之溫度到達設定溫度即停止馬達運轉，此過程每次約3分鐘，本試驗使用之馬達用電量為每小時373瓦，用電量不多；而整個消毒過程馬達運轉約20次，合計馬達運轉約60分鐘，馬達用電量為373瓦，而每次消毒面積約為6.88 m²，平均每平方公尺用電量54瓦，換算成CO₂排放量為0.034 kg/m²；相對於蒸氣消毒每平方公尺消耗2.4公升柴油，換算成CO₂排放量為6.672 kg/m²，因此使用太陽能熱水循環消毒系統可減少約200倍CO₂排放量；如果能進一步再利用太陽能電能發電，應用在太陽能熱水循環消毒系統之馬達運轉所需耗電量，那本系統將更能節能減碳。

報告指出⁽⁹⁾，菊花根腐病菌菌絲塊，於45°C經10分鐘，即無法存活；而莖腐病菌菌絲塊，在45°C經30分鐘，也完全無法存活；由上述數據得知，若能將介質之溫度提升至45°C，處理時間超過30分鐘，菊花育苗期莖腐病菌及根腐病菌等主要病原真菌，皆可完全被殺死；而太陽能熱水循環消毒系統，當太陽能熱水溫度在70°C以上時，溫度控制電磁閥溫度設定在50°C或55°C，即使苗床循環管路間之介質溫度皆未達50°C，但溫度仍能維持在45°C以上，且時間長達229~391分鐘，達到防治莖腐病菌及根腐病菌致死溫度與時間，故試驗所埋入介質內之菊花莖腐病菌及根腐病菌皆無法存活，能達到消毒目的，且經消毒後之介質經扦插菊花後均未發生土壤傳播性病害。

太陽能熱水循環消毒系統優點，在於可同時殺死多種土壤傳播性病原、無農藥殘留問題、節能減碳不會造成環境污染、消毒完成後溫度降到常溫即可種植；但也有其缺點，如太陽能熱水設備成本貴、一次消毒面積不大及費時等，目前雖然技術層面已建立完備，但由於成本過高推廣不易，將來太陽能熱水設備更普及、價位更低時應更有其潛力；此外菊花苗床經太陽能熱水循環消毒系統處理後，應注意插穗消毒及田間衛生，避免土壤傳播性病原再次污染苗床，使得太陽能熱水循環消毒系統的效果能夠維持更久。

參考文獻

1. 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所 2010 植物保護手冊 p.963。
2. 吳文希 1991 植物病害防治學 茂昌圖書有限公司 臺北臺灣。
3. 李敏郎、呂理燊 1998 土壤蒸汽消毒防治百合黃化型病害 植物保護學會會刊 40:251-264。
4. 李清安、張克勤 2011 我國太陽能熱水系統發展使用情形剖析 臺灣電力股份有限公司業務處-100年度節約能源論文 379-390。

5. 林俊義、黃秀華 1995 太陽能防治土壤傳播性病害之機制 臺中區農業改良場研究彙報 49: 19-31。
6. 張克勤、李聰盛、鍾光民、連雅鳳 2008 臺灣推廣使用太陽能熱水器對節能和減碳之成效探討 環保資訊月刊 125: 1-5。
7. 陳祖德 2011 太陽能熱水器應用於游泳池之成效分析-以臺南市公立國民中小學為例 國立成功大學碩士論文。
8. 黃秀華、孫守恭 1991 利用太陽能防治Fusarial wilt之研究 臺中區農業改良場研究彙報 30: 71-78。
9. 劉興隆 2007 蒸汽消毒防治菊花育苗期土壤傳播性病害 臺中區農業改良場研究彙報 96: 53-62。
10. 劉興隆 2004 菊花育苗期病害管理 臺中區農業技術專刊167號 行政院農業委員會臺中區農業改良場編印。
11. 鄭安秀、陳紹崇 1997 蒸氣消毒後栽培介質再利用之研究 植保會刊 39: 403(摘要)。
12. Awuah, R. T. and J. W. Lorbeer. 1991. Methyl bromide and steam treatment of an organic soil for control Fusarium yellows of celery. Plant Dis. 75: 123-125.
13. Dawson, J. R., R. A. H. Johnson, P. Adams and F. T. Last. 1965. Influence of steam/air mixtures, when used for heating soil, on biological and chemical properties that affect seedling growth. Ann. Appl. Biol. 56: 243-251.
14. Gutierrez, W. A., H. D. Shew and T. A. Melton. 1997. Sources of inoculum and management for *Rhizoctonia solani* damping-off on tobacco transplants under greenhouse conditions. Plant Dis. 81: 604-606.
15. Matheron, M. E. and M. Porchas. 2010. Evaluation of soil solarization and flooding as management tools for Fusarium wilt of lettuce. Plant Dis. 94: 1323-1328.
16. Raats, P. A. C. 1988. Disinfection of soils with steam. Acta Horti. 222: 117-119.
17. Tesi, R., A. Gelsomino, A. Baldi, A. Lenzi and A. Peruzzi. 2007. Soil disinfection with steam alone or combined with CaO in a greenhouse radish crop. Advances in Horticultural Science. 21: 75-82.
18. Vitale, A., I. Castello, G. Cascone, A. D'Emilio, R. Mazzarella and G. Polizzi. 2011. Reduction of corky root infections on greenhouse tomato crops by soil solarization in South Italy. Plant Dis. 95: 195-201.

Control of Soil-borne Diseases on *Chrysanthemum* Cuttings by the Solar Heated Water Circulation System¹

Hsing-Lung Liu², Chia-Hung Chao², Yuan-Min Shen² and Tung-Ching Huang²

ABSTARCT

Solar heated water circulation system consisted of a s-shaped pipe installed surround into a nursery tray for *chrysanthemum* cuttings propagation. A temperature control valve was installed at the end of the system. When the temperature fell under the setup temperature, a electric bucket with hump was twisted to start recycling the solar heated water. When water temperature heated by the system was above 70°C, the inlet water temperature was detected higher than the outlet ones. The control valve of the system was setup both at 50°C and 55°C, temperatures of inlet water, substrate, and outlet water were recorded twice. When the setup temperature of the control valve was at 50°C, water temperature differences between the inlet and outlet were 1.4°C and 9.1°C, respectively, the substrate temperature exceeded 45°C for 362 and 391 minutes. When the setup temperature of the control valve was at 55°C, the water temperature differences between the inlet and outlet were 5.2°C and 5.9°C respectively, and the substrate temperature exceeded 45°C for 229 and 319 minutes. The substrate temperature between the pipe was under 50°C. The pre-incabated soil-borne pathogens (*Rhizoctonia solani* and *Pythium aphanidermatum*) in substrate could not survive after the seedbeds was disinfected when the temperature control system was setup at 50°C. The result showed that *Chrysanthemum* grew on disease-borne seedbed treated with the heat water circulation system remained healthy, but the disease incidences in unteated seedbed was between 93-100%. It concluded that the soil-borne diseases of *chrysanthemum* will be controlled through the solar heated water circulation system.

Key words: *chrysanthemum*, nursery tray, *Rhizoctonia solani*, *Pythium aphanidermatum*, solar energy.

¹ Contribution No. 0779 from Taichung DARES, COA.

² Associate Researcher, Assistant Researcher, Assistant Researcher, Assistant Research of Crop Environmental Division of Taichung DARES, COA.

