

不同灌溉水溫對番茄苗生育之影響

孫永偉¹⁾ 陳駿季²⁾ 張武男³⁾ 曾夢蛟⁴⁾

關鍵字：冷水、葉溫、土溫、壯苗指數、番茄

摘要：本研究以'花蓮亞蔬五號'番茄為材料，調查不同水溫、植株部位、冷水灌溉時間對番茄苗矮化效果及其品質之影響，其目的為建立冷水灌溉矮化番茄苗之系統，以作為種苗產業之應用的參考依據，並作為深入研究矮化苗之基礎資訊。試驗結果顯示當灌溉水溫較室溫水愈低(5°C)或愈高(65°C)均可抑制番茄苗莖伸長，以冷水處理(5°C)能獲得較高莖硬度(g/mm)及壯苗指數(seedling index；地上部乾物重/株高比值)之番茄苗。冷水處理主要抑制番茄苗之部位為第一節間莖長。冷水灌溉時間於每日清晨(8:00)進行較中午(13:00)及下午(16:00)能夠獲得更矮之植株；每日植株最大生長速率為夜晚至清晨期間。冷水處理四週後，矮化植株的效果最佳，且冷水處理之溫度愈低或處理持續時間愈長，矮化植株效果愈明顯。冷水澆施至栽培介質內，介質土溫能夠在 60~90 秒內降至最低點，土溫回復至正常溫度約需 60 分鐘；葉溫較土溫變化程度大且葉片回溫時間較介質為短。綜合上述結果顯示 5°C 冷水灌溉能夠有效的矮化番茄苗及提升種苗品質，可作為種苗產業之參考及應用。

前 言

番茄為茄科一、二年生作物，富含茄紅素及維生素 A、C、E 等營養物質，具有抗氧化及預防癌症多種功效，全世界番茄栽培面積達 300 餘萬公頃，為全球重要蔬果作物之一。依據台灣農業統計年報之報導，民國 92 年番茄栽培總面積約有 5,128 公頃，年產量

-
- 1) 國立中興大學園藝系博士班研究生，農委會種苗改良繁殖場助理研究員。
 - 2) 農委會種苗改良繁殖場生物技術課課長。
 - 3) 國立中興大學園藝系教授。
 - 4) 國立中興大學園藝系教授，通訊作者。

為 142,703 公噸，年產值約 11.4 億元，全省均有種植，以嘉義縣、台南縣、雲林縣、彰化縣、高雄縣種植最多，包括大果、小果及加工番茄，屬於高單價之經濟作物，是台灣重要的蔬菜作物（九十二年農業統計年報）。

因應台灣農村勞力不足及老齡化問題，自動化的蔬菜育苗及發展專業化穴盤種苗生產，成立專業蔬菜育苗中心，已成為台灣蔬菜種苗產業發展的趨勢。穴盤育苗自 1970 年發展至今，已廣泛的應用在各種草花、蔬菜苗的培育上，由於穴盤苗具有節省種子，種苗生長整齊、病蟲害少、移植成活率高及可提早採收等優點，因此台灣近年來採用穴盤育苗已有明顯的增加。由於蔬菜穴盤苗地上部及地下部的生長空間受到限制，且育苗期間由於光線競爭容易導致徒長情形發生，徒長植株多細長軟弱、易感染病蟲害、對逆境抗性低，移植成活率及產量低，影響成株之產量及品質甚鉅(Bouaziz and Bruckler, 1989; Devlin and Witham, 1983)。因此抑制穴盤苗產生徒長苗，將有助於種苗品質提升，並確保作物收量。

影響植物莖伸長因子，包括外在非化學因子及內在荷爾蒙因子，非化學因子，包括溫度、光照、水分、營養、機械刺激等(孫, 1997, 1999; 孫等, 2000; 黃, 2001; Chen *et al.*, 1999; Styer and Koranski, 1997)。適度矮化種苗、可增加其莖幅及硬度，促進其植株乾物質累積，將會提升種苗生長優勢及定植田間成活率(葛, 1995)。

我們於 1999 年報導每日以 5~15°C 冷水灌溉番茄及甘藍穴盤苗，植株高度分別矮化 32 及 40%，乾物重並未明顯降低，而壯苗指數(地上部乾物重/株高比值)卻較高(Chen *et al.*, 1999)。此種冷水矮化苗株的現象，可經由噴施 10ppm Paclobutrazol 或 53 ppm Ethepon 獲得相同的效果(孫等, 2000)。冷水灌溉矮化植株原因之相關研究闕如，其機制仍不清楚。本研究乃以'花蓮亞蔬五號'番茄為材料，調查不同水溫、植株部位、冷水灌溉時間對矮化效果及矮化番茄苗品質之影響，其目的為建立冷水灌溉矮化番茄苗之系統，以作為種苗產業之應用的參考依據，並作為深入研究矮化苗之基礎資訊。

材 料 與 方 法

一、試驗材料與播種

本研究之試驗於行政院農業委員會種苗改良繁殖場(位於台中縣新社鄉)之溫室進行，供試材料為番茄品種'花蓮亞蔬五號'。將種子單粒播於標準規格品之 240 格寶麗龍穴盤(60 x 40 x 4.8 cm, 18.9 cm³/cell, Visser Co., The Netherlands)中，水平放置於環控溫室栽培植床上。溫室覆蓋材質為 PC 平板，光線穿透率約 90%，溫室高度 4.9 m，只靠風扇降溫，室內外溫差約 3°C，無遮蔭設施。穴盤內介質使用荷蘭進口 BVB 4 號泥炭土(成份為德國泥炭苔 70%、黑泥炭苔 20%、砂 10%，N、P₂O₅、K₂O 含量分別為 60、55、120 mg/l)。試驗期間均不施用任何化學肥料及農藥。種子出土後 5~7 天進行試驗處理。

二、不同水溫處理

每日或二日一次於上午 8:00 進行不同水溫之灌溉處理，每穴格內灌溉量約 5~6 ml，水溫為 5、20、35、50、65°C 及 CK(室溫水，約 27°C)。4 週後進行苗株生育調查，每處理 3 重複，每重複 5 株。株高(cm)量測為莖基部至莖頂處之高度；地上部及根部乾物重量測係切取莖基部以上及根部之植體置於 80°C 烘箱 48 小時；莖幅(mm)量測係以游標尺(Mitutoyo, CD-6" CS, Japan)測定子葉下方 1 cm 處之莖直徑；葉面積(cm²)量測係切取葉片部分以葉面積儀(LI-COR, LI-3000A, U.S.A.)測定植株全株葉片面積；壯苗指數量測為地上部乾重/植株高度之比值。調查 5°C 及 CK 水溫處理之植株各節位節間長度，包括莖基部至子葉處(下胚軸)、子葉至第一本葉處(第一節間)、第一本葉至第二本葉處(第二節間)。以物性測定儀(Stable Micro Systems, TA-XT2, England)量測 5、10、15°C 及 CK 水溫處理之植株子葉基部莖硬度(g/mm)，物性測定儀參數設定為 Pre Test Speed: 2.0 mm/s, Speed: 5.0 mm/s, Post Test Speed: 1.0 mm/s, Rupture Test Dist.: 1.0 mm, Distance: 10.0 mm, Force: 5000 g, Time: 5.0 sec.。

三、育苗前後期間之冷水處理

處理水溫時間為 4 週，前 2 週及後 2 週分別處理不同水溫，處理水溫包括 5°C(前 2 週)→5°C(後 2 週)、10°C(前 2 週)→10°C(後 2 週)、15°C(前 2 週)→15°C(後 2 週)、5°C(前 2 週)→CK(後 2 週)、10°C(前 2 週)→CK(後 2 週)、15°C(前 2 週)→CK(後 2 週)、CK(前 2 週)→5°C(後 2 週)、CK(前 2 週)→10°C(後 2 週)、CK(前 2 週)→15°C(後 2 週)及 CK(前 2 週)→CK(後 2 週)等。每日或二日一次於上午 8:00 進行同部水溫之灌溉處理，4 週後進行苗株生育調查，每處理三重複，每重複 5 株。株高量測為莖基部至莖頂處之高度(cm)；地上部及根部乾物重量測係切取莖基部以上及根部之植體置於 80°C 烘箱 48 hr.，將烘乾材料置於室溫下 1 hr.後，以微量天秤稱重。

四、每日不同時間澆施冷水處理

處理方式係每日或二日一次個別於上午 8:00、中午 13:00、下午 16:00 等時間進行冷水及 CK 之灌溉處理，每穴格內灌溉量約 5~6 ml。四週後進行植物株高調查，每處理 3 重複，每重複 5 株。

五、不同水溫處理之土溫及葉溫變化

處理方式係將 T type 熱電偶溫度感應器置於穴格內表土層下方 2 cm 處(根系分布區)，及以黑色電氣絕緣膠帶將熱電偶溫度感應器黏貼固定於植株最上節位完全展開之葉背處，將不同溫度之灌溉水澆施至穴盤內，並以資料收集器(data logger, MMS3000, T6V4, New Zealand)自動收集澆施不同水溫前後之土溫變化資料。

六、植株生長速率調查

利用 LVDT (linear voltage differential transducer; Model number: 0244-0000, TRANS-TEK, Canada)感應器之電壓(volts)差異，以偵測'花蓮亞蔬五號'番茄幼苗每日不同時間之生長速率變化。將感應器前端接觸番茄苗莖頂，感應器重量 4.64 g，以細棉線及滑輪串聯等重天秤平衡之，並以 Data logger 收集感應器電壓訊號變化。利用電壓與 LVDT

感應器位移呈線性變化關係，以表示植株不同時間之高度變化。

七、統計分析

將試驗獲得之數據以 SAS V8.2 軟體進行 ANOVA(analysis of variance)及最小顯著差異性(LSD, least significant difference)分析。

結 果

調查 5、20、35、50、65°C 及室溫水(約 27°C)等不同灌溉水溫處理 3 週(苗齡為 4 週)後對'花蓮亞蔬五號'番茄幼苗的各項園藝性狀之影響，如表 1 所示。結果顯示，灌溉水溫較室溫愈高或愈低均可明顯抑制其莖伸長(表 1)，各水溫處理以 5°C 及 65°C 水溫處理之株高 6.8 及 5.2 cm 最低，與室溫水處理比較，抑制株高比例為 43.8 及 57.0%。5°C 水溫處理之葉面積及莖幅，明顯低於室溫水處理，葉面積約減少 23.4%，莖及根乾物重與室溫水處理比較無明顯差異，壯苗指數顯著高於室溫水處理，約增加 42.4%。65°C 水溫處理之葉面積、莖幅、莖及根乾物重均明顯低於室溫水處理，降低幅度最高達 73%，壯苗指數與室溫水處理無明顯差異。水溫介於 5°C 至室溫或 65°C 至室溫之間的處理，其株高、莖及根乾物重、壯苗指數、葉面積等園藝性狀亦介於二處理溫度(5°C、65°C)之間。

量測四週齡植株各節位莖長，室溫水處理以第一節間之莖長為全株最高，約為全株長 54.6%，5°C 水溫處理其植株莖長被抑制程度亦以第一節間之莖長為最大，該節位莖長被抑制幅度達 44.7%，為全株之冠(表 2)。調查 4 週齡植株之第一節位莖硬度($\text{g}\cdot\text{mm}^{-1}$)，每日灌溉水溫控制為室溫、15、10、5°C，其莖硬度隨水溫降低而明顯增加，5°C 水溫處理之莖硬度高於室溫水處理 20.8%(圖 1)。番茄不同水溫處理 4 週期間，前後 2 週分別給與不同灌溉水溫處理，灌溉水溫愈低及持續時間愈長之株高愈矮，以持續連續 4 週澆施 5°C 冷水處理之植株株高最矮。無論前 2 週或後 2 週灌溉冷水(5~15°C)對矮化植株莖長的效果不明顯，以持續四週灌溉室溫水處理之植株株高較高。不同生育期間處理不同灌溉水溫對於根乾物重則無明顯影響；壯苗指數與株高變化呈相反關係，以持續 4 週澆施 5°C 冷水處理植株之壯苗指數最高，持續澆施溫水處理植株之壯苗指數較低(表 3)。

固定每日於 8:00、13:00、及 16:00 等三個時間分別灌溉 5°C 及室溫水處理，4 週後無論灌溉時間，植株莖長以 5°C 冷水處理明顯低於室溫水處理；每日不同時間灌溉室溫水以上午 8:00 灌溉處理之莖長最高；若灌溉水溫為冷水則以上午 8:00 及下午 16:00 灌溉處理之莖長最低，與室溫水處理最高莖長比較，其莖長約降低 37% (圖 2)。利用 LVDT 感應器電壓變化與植株株高變化呈線性關係的理論，偵測番茄苗每日不同時間之生長速率變化，其結果如圖 3 所示，植株生長速率於下午日落(約 18:00~19:00)後至翌日清晨(約 8:00)達最高，於日出至正午之生長速率最低。

灌溉水溫控制為 15、10 及 5°C 其根系周圍介質溫度隨水溫降低而降低(圖 4)。若水溫

為 15°C 其介質溫度約降低 2.8°C，水溫為 10°C 其介質溫度約降低 4.6°C，水溫為 5°C 其介質溫度約降低 7.7°C，當灌溉水澆施至介質時約 60~90 秒介質溫度達最低，約 46~70 分鐘介質回復至正常溫度(圖 4)。澆施室溫水或冷水約只需 20 秒即可降低葉片溫度至最低點，如圖 5 所示，未灌溉前之葉溫為 33°C (氣溫為 28°C)，以 5°C 冷水處理後之最低葉溫為 10°C，室溫水處理之最低葉溫為 26°C。

表 1. 不同灌溉水溫處理 3 週後對'花蓮亞蔬五號'番茄幼苗生育之影響

Table1. The influence of irrigation water temperature on the growth of 'Hualien-ASVEG No. 5' tomato seedlings after three weeks.

水溫處理	植株高度	地上部乾重	地下部乾重	總乾物重	莖直徑	地上部乾重/ 植株高度	總葉面積
Water Temperature	Plant Height (cm)	Shoot Dry Weight (mg)	Root Dry Weight (mg)	Total Dry Weight (mg)	Stem Diameter (mm)	Shoot D.W./ Plant Height (mg/cm)	Total Leaf Area (cm ²)
5°C	6.8	82.2	15.0	97.2	2.78	12.1	20.6
20°C	10.2	87.4	14.8	102.2	2.70	8.6	25.6
35°C	10.8	76.3	11.9	88.2	2.50	7.0	20.1
50°C	10.4	97.7	15.3	113.0	2.70	9.4	26.1
65°C	5.2	40.4	4.0	44.2	2.55	7.9	7.1
Control ^a	12.1	104.0	15.0	119.0	3.07	8.5	26.9
LSD _{0.05}	0.9	27.4	4.0	16.0	0.21	2.6	5.4

^a Control：室溫，約 27°C (room temperature, about 27°C)

討 論

優良強壯種苗必須具備莖短、植株充實及強壯等條件，亦即莖幅粗、植株乾物重及比葉重(cm²/mg)大、完整根系、壯苗指數高等性狀(葛, 1995; Styer and Koranski, 1997)。雖然許多研究顯示利用控制溫度、水分、光照、營養及矮化劑等方式，可達到矮化植株效果(孫, 1997; Beall *et al.*, 1996; Erwin and Heins, 1995; Styer and Koranski, 1997)，但多不符合

表 2. 冷水(5°C)灌溉水處理3週後對'花蓮亞蔬五號'番茄幼苗之節間長度的影響
Table 2. The influence of cold (5°C) water irrigation on the stem node length of 'Hualien-ASVEG No. 5' tomato seedlings after three weeks.

水溫處理	下胚軸	第一節間	第二節間	全株莖長
Water Temp.	Hypocotyl	1 st Internode	2 nd Internode	Stem Length
(°C)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
5°C	5.63	4.97	0.89	11.7
Control ^a	6.27	8.95	1.14	16.4
LSD _{0.05}	0.66	0.72	0.31	1.21

^a Control：室溫，約 27°C (room-temperature, about 27°C)

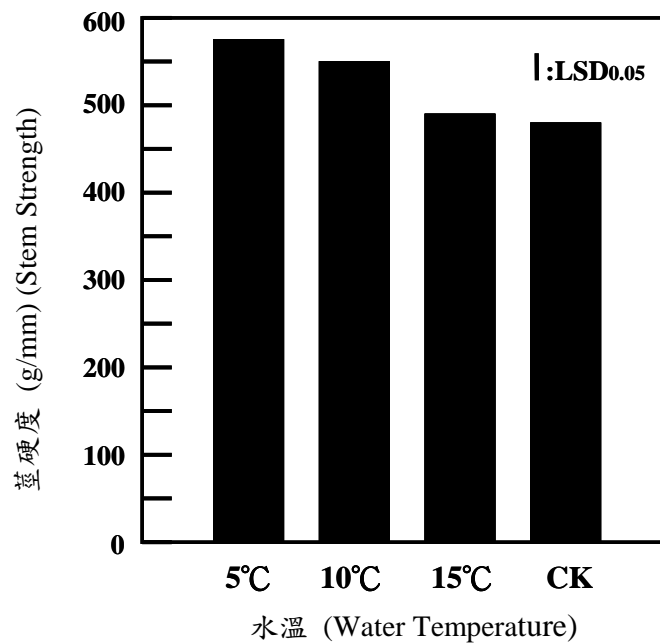


圖 1. 不同灌溉水溫 (5、10、15°C 及 CK) 處理 3 週後對'花蓮亞蔬五號'番茄幼苗莖硬度之影響。CK：室溫，約 27°C。

Fig. 1. The influence of irrigation water temperature (5, 10, 15°C, and CK) on the stem strength of 'Hualien-ASVEG No. 5' tomato seedlings after 3 weeks. CK: room-temperature, about 27°C.

經濟效益或易因人為疏忽造成植株死亡。以溫度控制為例，欲達矮化植株目的多使用降低氣溫、根溫或調整高夜溫及低日溫(-DIF)，上述方式必須耗費大量能源。Chen 等人(1999)利用降低灌溉水溫每日或數日澆施 1 次，數週後即可顯現矮化植株效果，此法只需降低灌溉水溫，可大幅降低能源成本。

表 3. 變化灌溉水溫度，前後各 2 週，對'花蓮亞蔬五號'番茄幼苗生育的影響

Table 3. The effects of changing irrigation water temperature on the growth of 'Hualien-ASVEG No. 5' tomato seedlings in two successive weeks for each temperature treatment.

處理 Treatments	植株高度 Plant Height (cm)	地上部乾重/植株高度 Shoot D.W./ Height (mg/cm)	地下部乾重 Root Dry Weight (mg)
5°C→5°C	10.5	6.2	32.6
10°C→10°C	11.6	6	37.3
15°C→15°C	12.6	5.6	36.5
5°C→CK ^a	15.1	3.9	26.3
10°C→CK	15.2	5.4	35.4
15°C→CK	14.8	5.5	39
CK→5°C	15.1	5.2	33.7
CK→10°C	14.4	4.8	30.4
CK→15°C	15.6	3.8	26.4
CK→CK	14.2	4.2	26.8
LSD _{0.05}	0.66	1.2	7.5

^a CK：室溫，約 27°C (room-temperature, about 27°C)

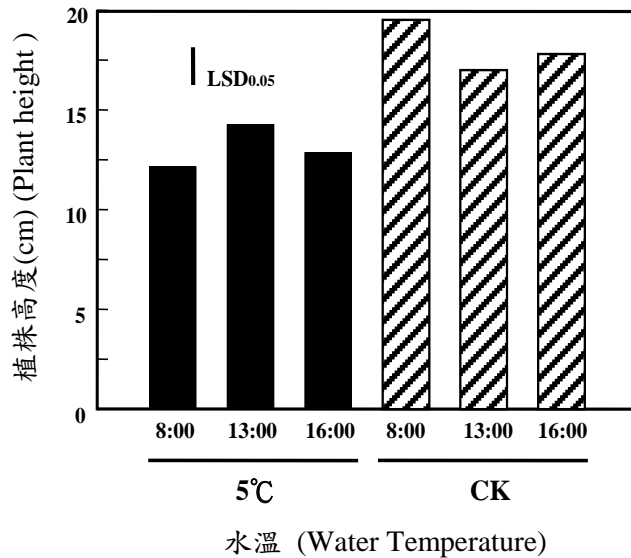


圖 2. 每日不同時間(8:00、13:00 及 16:00)灌溉冷水(5°C)及室溫水(CK) 3 週後對'花蓮亞蔬五號'番茄幼苗株高的影響。CK：室溫，約 27°C。

Fig. 2. The effects of daily timing (8:00, 13:00, 16:00) of cold (5°C) and room temperature (CK) water irrigation on the plant height of 'Hualien-ASVEG No. 5' tomato seedlings in 3 weeks. CK: room-temperature, about 27°C。

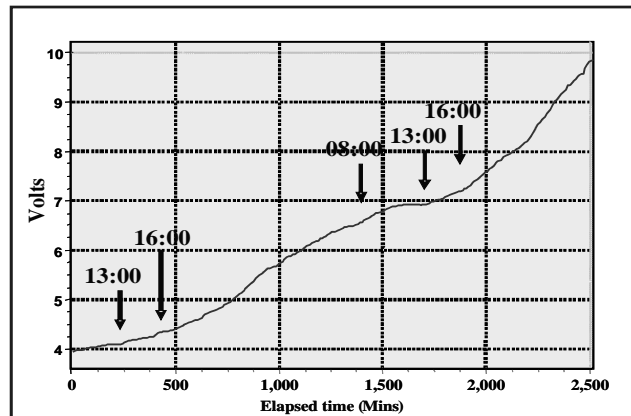


圖 3. 以 LVDT (linear voltage differential transducer)感應器之電壓差異，偵測'花蓮亞蔬五號'番茄幼苗，每日不同時間之生長速率的變化

Fig. 3. The differential electric voltages generated by LVDT (linear voltage differential transducer) sensor were used to detect the daily growth rate of 'Hualien-ASVEG No. 5' tomato seedlings.

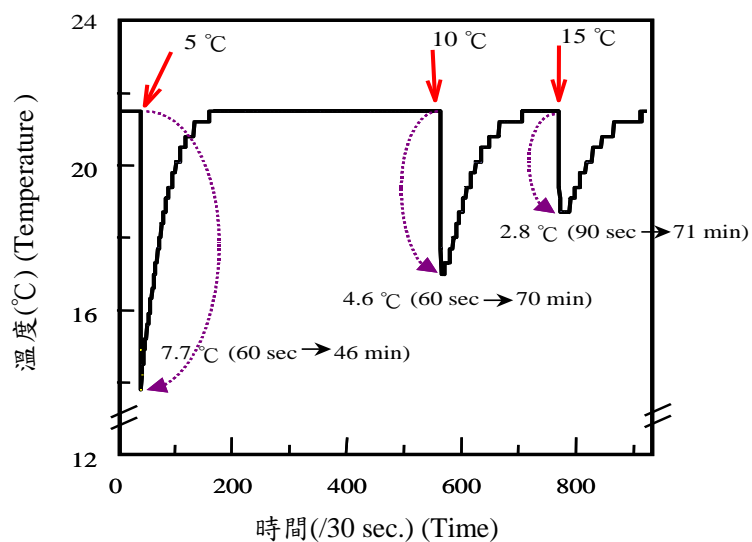


圖 4. 灌溉不同水溫(5、10 及 15°C)之灌溉水後對穴盤介質土溫變化之影響
Fig. 4. Influence of irrigation water treatments on plug medium.

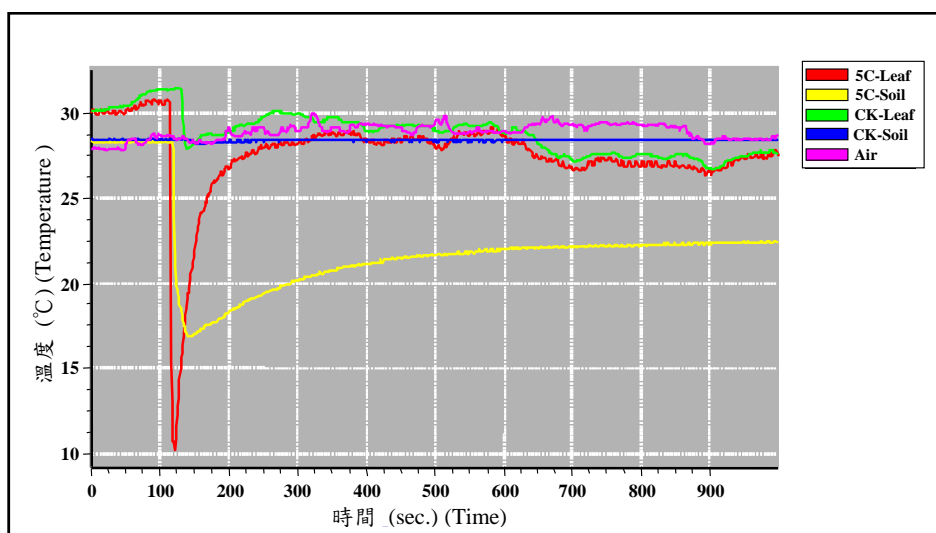


圖 5. 以熱電偶線(thermal couple)感應器，偵測灌溉冷水(5°C)及室溫水(CK)之介質土溫、番茄苗葉溫及氣溫變化。CK：室溫，約 27°C。
Fig. 5. The thermal couple sensor was used to detect soil, air, and leaf temperature of tomato seedling which was irrigated with cold (5 °C) or room-temperature (CK) water. CK: room temperature, about 27°C.

本試驗結果顯示提高或降低灌溉水溫均可明顯抑制植株莖伸長，達到矮化植株之目的，但由壯苗指數($\text{shoot DW} \cdot \text{Ht.}^{-1}$)觀點評估， 5°C 冷水處理之壯苗指數 12.1 明顯高於溫水處理之 8.5，反觀 65°C 熱水處理之壯苗指數 7.9 低於溫水處理，且冷水處理之莖硬度($\text{g} \cdot \text{mm}^{-1}$)明顯高於溫水處理，此更能證明冷水灌溉除能夠矮化植株，更能夠充實且強化植株(葛, 1995)，高水溫灌溉方式不適用於育苗管理。冷水處理植株除莖乾物種、莖幅及葉面積稍低於溫水處理，但其根乾物種不低於溫水處理，可知冷水灌溉之番茄苗品質大幅提升。番茄苗品質隨灌溉水溫降低而提升，此種控制株高方式簡單易行且所需能源成本較低廉，非常適用熱帶及亞熱帶高溫高濕地區。

本試驗使用冷水抑制番茄苗莖伸長方式，由資料顯示具有水溫及時間加乘效應，即水溫愈低或育苗期間冷水處理時間(週數)愈長，植株株高愈矮，此結果與許多學者研究顯示植株生育期間氣溫或根溫愈低均會造成莖伸長緩慢類似(Bollero *et al.*, 1996; Erwin and Heins, 1995)。

就每日灌溉時間而言，灌溉冷水時間為清晨(8:00)或黃昏(16:00)能夠抑制莖長約 37%，此時水溫及氣溫相差約 18°C ，若灌溉冷水時間為正午(13:00)能夠抑制莖長約 21%，此時水溫及氣溫相差約 27°C ，此結果意味著冷水澆施時間對於莖長影響較水溫及氣溫之溫差為大。此結果與利用“temperature drop”方式抑制株高最適時間為清晨或黃昏類似。由於清晨或黃昏遠紅光大量增加造成植株 Pfr 光敏素迅速轉換為 Pr 光敏素，植株進入暗形態發育期(skotomorphogenesis)，且內生 gibberellin 含量增加，刺激植株莖伸長(Bertram, 1992; Vogelegang, 1997)。Shichijo 等人(1996)指出低溫可調節植體內 Pfr/Ptotal 光敏素比例，進而影響植株生長。此現象於本次試驗亦獲得間接證明，即番茄苗於黃昏至翌日清晨之生長速率最高。因此，冷水處理對於 Pr 光敏素生成可能具有抑制效果，促使植株進入光形態發育期(photomorphogenesis)，造成植株莖變短。

本研究資料顯示澆施冷水後，土溫於 60 秒鐘迅速降至最低點，並於 60 分鐘逐漸回復至正常溫度，葉溫於 20 秒內從 33°C 迅速降至 10°C ，並於 3 分鐘回復至正常溫度，如此短時間溫度變化非常類似極端溫度休克反應(熱休克、冷休克)反應。是否促進熱休克蛋白或冷休克蛋白生成(Kadyrzhanova *et al.*, 1998; Salerno and Pontis, 1989; Weber and Marahiel, 2003)，誘導植株矮化，有待進一步分子層次上的驗證。

由上述結果得知，以 5°C 冷水灌溉方式具有抑制番茄苗莖伸長，且不影響乾物質累積的效果，甚至能夠明顯提升植株壯苗指數。本研究的冷水處理方式在試驗處理期間並未發現植株寒害症狀出現，此可能是因為寒害發生需較低溫環境及較長處理時間(Tandler *et al.*, 1989)，才會造成葉重減輕、葉片溶質大量滲漏(Singer *et al.*, 1992; Wang, 1985)、根系吸收能力降低、植株生育受阻(Wang, 1982)，這些傷害在本試驗之供試材料中均未出現。所以冷水灌溉可視為馴化作用(acclimation)，應可推廣至種苗產業應用。有關冷水處理矮化番茄苗機制可能與改變植物內生荷爾蒙、促進熱休克蛋白及/或抑制 Pr 光敏素形成有關係，此有待進一步研究探討。

參考文獻

- 孫永偉。1997。給水量與溫度對設施內甘藍穴盤苗生長之影響。中華農業氣象。4: 139-144。
- 孫永偉。1999。灌溉量對甘藍及番茄穴盤苗生育之影響。植物種苗。1: 131-140。
- 孫永偉、陳駿季、曾夢蛟、張武男、沈再發。2000。生長調節劑在冷水灌溉矮化番茄穴盤苗上扮演之角色。中華農業氣象。7: 61-68。
- 黃景岳。2001。冰水處理促進番茄苗乙烯生成及苗株矮化。國立中興大學植物學系碩士論文。
- 葛曉光。1995。蔬菜育苗大全。中國農業出版社。pp. 16-21。
- Beall, F. D., E. C. Yeung, and R. P. Pharis. 1996. Far-red light stimulates internode elongation, cell division, cell elongation, and gibberellin levels in bean. *Can. J. Bot.* 74: 743-752.
- Bertram, L. 1992. Stem elongation of *Dendranthema* and tomato plants in relation to day and night temperatures. *Acta Hort.* 327:61-69.
- Bollero, G. A., D. G. Bullock, and S. E. Hollinger. 1996. Soil temperature and planting date effects on corn yield, leaf area, and plant development. *Agron. J.* 88:385-390.
- Bouaziz, A., and L., Bruckler. 1989. Modeling wheat seedling growth and emergence. I. Seedling growth affected by soil water potential. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53 (6): 1832-1838.
- Chen, J. J., Y. W. Sun, and T. F. Sheen. 1999. Use of cold for irrigation reduces stem elongation of plug-grown tomato and cabbage seedlings. *HortScience* 34: 852-854.
- Devlin, R.M. and F.H. Witham. 1983. *Plant physiology*. Fourth edition. Maw Chang Co. Press.
- Erwin, J. E., and R. D. Heins. 1995. Thermomorphogenic responses in stem and leaf development. *HortScience* 30:940-949.
- Kadyrzhanova, D. K., K. E. Vlachonasios, P. Ververidis, and D. R. Dilley. 1998. Molecular cloning of a novel heat induced/chilling tolerance related cDNA in tomato fruit by use mRNA differential display. *Plant Mol. Biol.* 36: 885-895.
- Salerno, G. L. and H. G. Pontis. 1989. Raffinose synthesis in *Chlorella vulgaris* cultures after a cold shock. *Plant Physiol.* 89: 648-651.
- Shichijo, C., T. Hamada, C. B. Johnson, and T. Hashimoto. 1996. Effects of moderately low temperature (20°C) on phytochrome responses during preirradiation: anthocyanin synthesis in *Sorghum bicolor* at high- and low-Pfr/Ptot ratios. *Photochemistry and photobiology* 63: 328-335.
- Singer, S. M., A. F. Abou-Hadid, and P. H. Li. 1992. Reducing chilling injury with mefluidide in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Sunny) seedlings. *Acta Hort.* 323:371-378.
- Styer, R. C. and D. S. Koranski. 1997. Plug and transplant production. A grower's guide. Ball

Publishing., USA.

- Tandler, J., A. Borochoy, and A. H. Halevy. 1989. Chilling effects on clerodendrum: interactions of water balance and ethylene. *Acta Hort.* 261: 333-336.
- Vogelezang, J. V. M. 1997. The timing of low temperature treatments on stem elongation as affected by lighting strategies. *Acta Hort.* 435: 47-56.
- Wang, C. Y. 1982. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. *HortScience* 17: 173-186.
- Wang, C. Y. 1985. Modification of chilling susceptibility in seedlings of cucumber and zucchini squash by the bioregulator paclobutrazol (PP333). *Sci. Hort.* 26: 293-298.
- Weber, M. H. W. and M. A. Marahiel. 2003. Bacterial cold shock responses. *Science Progress* 86: 9-75.

Effects of Irrigation Water Temperature on the Growth of Tomato Seedlings

Yung-Wei Sun ¹⁾ Junne-Jih Chen ²⁾ Woo-Nang Chang ³⁾ Menq-Jiau Tseng ⁴⁾

Key words: Cold water, Leaf temperature, Soil temperature, Seedling index, Tomato

Summary

In this study, 'Hwalien Yasu No.5' tomato was used to study the effects of different temperatures of irrigation water, parts of plant, timing of irrigation on the shortening and quality of plug-seedling. The purposes of this study were to establish the cold-water irrigation system for plug-seedlings production, and to provide the basic knowledge of shortening seedling for advanced study.

The results indicated that shortest seedling was found in the seeding irrigated with the lowest (5°C) or highest (65°C) water temperature. However, highest stem strength and seedling index was only found in the seedling irrigated with the 5°C water. Decrease in the length of first internode was primary responsible for the shortening seedling by cold-water irrigation. Irrigation of cold water at the morning (8:00) or evening (16:00) showed the best results in shortening seedling. After the cold water irrigation, the soil temperature drop to minimum within 60 to 90 sec, and recovered to the room temperature after 60 min. Longer period of cold-water irrigation and lower the cold-water temperature resulted shorter the seedlings. In conclusion, cold-water irrigation system for plug-seedlings production could apply in the commercial usages.

-
- 1) Graduate student in Ph.D. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Assistant Researcher, Seed Improvement and Propagation Station.
 - 2) Chief of Biotechnology Section, Seed Improvement and Propagation Station.
 - 3) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.
 - 4) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

