

比較四品種牛番茄在高溫季節下栽培之生育及產量

張 魁 元¹⁾ 宋 好²⁾

關鍵字：牛番茄、高溫、尻腐病、著果率

摘要：本研究調查了牛番茄四品種在夏季高溫下生育及產量，將牛番茄'和生 688'、'和生 743'、'和生 768'及'全福 994'於 2021 年 8-9 月種植，高溫環境下'和生 688'及'和生 743'出現長花柱現象。'和生 768'及'全福 994'的柱頭則長於花藥筒，花粉在 33 °C 環境下培養發芽率分別為 16.3%和 17.5%。'和生 768'及'全福 994'的著果率及產量顯著高於'和生 688'和'和生 743'。'和生 768'果實尻腐病發生率則高於'全福 994'。結果顯示，在高溫季節生產牛番茄時，無長花柱現象且花粉發芽率高為重要性狀，因此本研究向生產者推薦'和生 768'及'全福 994'兩品種進行栽培。

前 言

番茄(*Solanum Lycopersicum* L.)為茄科茄屬之草本植物，為世界重要蔬菜作物，果實為主要食用部位，依果型可分為小果、中果及大果，其中牛番茄為全紅大果番茄，果重介於 150-200 g 之間，主要用途以鮮食為主。臺灣於 2020 年番茄種植面積 3999 公頃，每公頃產量為 24.5t·ha⁻¹，產地位於中南部，產期集中於秋冬季(FAOSTAT, 2021)。

番茄生長合適日溫介於 21.0-29.5°C，夜溫介於 18.5-21.0°C，臺灣位處亞熱帶，夏季日夜均溫可達 30/25°C 以上，在高溫情形下番茄花粉數量及花粉發芽率減少(Arrizumi *et al.*, 2013; Song *et al.*, 2002)且花器構造異常，即花柱(Style)凸出至花藥筒外，導致番茄無法自行授粉受精，柱頭也容易乾燥影花粉沾附(Golam *et al.*, 2012; Heuvelink and Okello, 2018)，上述現象影響了著果率及產量(Sato, 2006)。果實的發育同樣受到溫度影響，番茄果實發育

1) 國立中興大學園藝學系碩士班學生。

2) 國立中興大學園藝學系教授、通訊作者。

前期在較高的日夜溫環境下果重增加速率較高，但在授粉後 20 天後降低，Fanwoua 等人(2012)指出番茄的果實在日夜溫 27°C/23°C 的環境下，與日夜溫 22°C/18°C 處理相比，提早進入轉色期，果實較輕。De Pascale 和 Stanghellini(2009)則指出番茄在高溫季節栽培，果實在採收期有較低的果重，進而導致了果實產量的減少。

尻腐病為番茄果實之生理病害，發生主因果實快速發育階段果頂部鈣濃度不足，於果頂部現水浸狀現象(Ho and White, 2005)。鈣經由根部吸收後透過蒸散作用經木質部導管運移至地上部各器官，儘管於肥料或是養液中添加足夠的鈣，在不利環境下可能影響鈣在植體中分佈，導致果實發生尻腐病，例如地中海氣候國家在夏季高溫時段蒸氣壓差有 >2.0 kPa 情形，導致葉片蒸散作用旺盛，有較少的木質部液流入果實，果實尻腐病發生率有增加情形(Huevelink *et al.*, 2018)，不同的番茄品種、果實形狀及生長速率對尻腐病發生率也有影響，Vinh 等人(2018)指出大果品種'Momotaro Fight'與中果品種'Cindy Sweet'相比有較高的果實生長速率，尤其是在高溫季節，導致幼果可溶性鈣濃度的減少，尻腐病發生情形嚴重。

近年來全球暖化導致環境升溫，機端氣候出現機率有增加情形，在臺灣高溫已對番茄生產造成很大的挑戰，因此迫切需要篩選或是選育出能適應在高溫下具有高產量的番茄品種及找出適應高溫下的生理表現。本試驗為了解牛番茄在臺灣高溫環境下產量減少原因及發生尻腐病情形，選用了四品種牛番茄在夏季高溫下栽培，觀察營養生長及生殖生長情形，篩選出於高溫下高著果率及高產量之品種。

材料與方法

一、試驗材料:牛番茄'和生 688'、'和生 743'、'和生 768'(和生種子股份有限公司, Ho Sheng Seeds Co., LTD.)及'全福 994'(可樂種苗)。

二、栽培管理: 2021 年 7-10 月於中興大學蔬菜室之棚架區進行。

(一)育苗:於 2021 年 7 月將種子播種於 128 格穴盤。育苗介質使用泥炭土、蛭石(南海蛭石)及珍珠石，以體積比 8:1:1 人工均勻混和。播種後於國立中興大學園藝系風扇水牆溫室進行育苗管理。當第一片本葉展開後每週以獅馬葉綠精速效肥(15-10-15-2, Hakaphos blue, Belgium)稀釋 1000 倍澆灌至介質中。

(二)定植及栽培:在番茄苗第四片本葉展開時定植於 8 L 黑軟盆，介質使用泥炭土(Jiffy substrates 003B, the Netherlands)、蛭石(南海蛭石)及珍珠石以體積比 8:1:1 人工進行均勻混和，定植完成後置於棚架下並充分澆水至澆透。

(三)整枝:採單幹整枝模式，栽培過程中將側芽及側枝全數摘除，植株留一莖幹。於棚架上方依株距垂吊尼龍繩線，使番茄主莖能纏繞繩線固定呈直立式栽培。九月時在第四花序開花後於第四花序上方留三片葉並摘心。

(四)果實管理及採收:每花序留果數不超過七果，若花朵數量超過、過晚開花者進行疏花。至第4花序出現時打頂，果實於紅熟期採收，共採收4花序果實。

(五)灌溉方法及管理:灌溉養液使用山崎氏基礎養液配方(山崎，1982)，養液每1000公升成分含量如表1。灌溉方式採自動滴灌，每植株於定植後配置1滴灌管，定植1週後開始供給，每日灌溉頻率及階段如表2。

(六)處理方法:將四品種在以行株距45 cm × 50 cm 逢機置於棚架下，觀察四品種夏秋季高溫情形下營養生長及生殖生長之表現，每處理3重複，每重複4株。

表 1. 山崎氏番茄基礎養液配方

養液成分	濃度 (g·1000 L ⁻¹)
Ca(NO ₃) ₃	360.00
KNO ₃	400.00
NH ₄ H ₂ PO ₄	80.00
MgSO ₄	250.00
Fe-EDTA	30.00
H ₃ BO ₃	2.00
MnSO ₄ ·H ₂ O	2.00
ZnSO ₄ ·H ₂ O	0.22
CuSO ₄ ·H ₂ O	0.05
NaMoO ₄ ·H ₂ O	0.02
EC 值:1.64 dS/m	pH 值:6.0-6.6

表 2. 不同栽培階段灌溉基礎養液濃度及每日滴灌頻率

生長階段	基礎養液濃度	滴灌次數(90 mL·min ⁻¹)
定植一週後至第六片本葉展開	1/2	2次，每次2分鐘
第六片葉展開至第一花序開花	正常	5次，每次2分鐘
第一花序開花至第一花序著果	正常	8次，每次2分鐘
第一花序開始著果至試驗結束	1 1/2	10次，每次2分鐘

三、調查項目

(一)環境條件

1.溫度及濕度:於2021年8-10月間以HOBO Temperature/Relative Humidity Data

Logger (Onset Computer, USA)懸掛於植株旁，每小時記錄溫度及濕度。

(二)植株性狀

- 1.葉片厚度:於第一花序開花(定植後 4 週)時測量植株自生長點向下數第四片完全展開葉，以厚度測量器(Mitutoyo, Japan)於葉片隨機測量三點取平均(mm)。
- 2.葉片角度:於第一花序開花時(定植後 4 週)以量角器測量植株自生長點向下數第 4、5 及第 6 片完全展開葉與主莖幹之夾角並取平均。
- 3.葉片長度:於第一花序開花時(定植後 4 週)測量植株自生長點向下數第四片完全展開葉片長度，以皮尺測量由葉片基部至葉片尖端之長度(cm)。
- 4.葉面積:以相機(Nikon, Coolpix P330, Japan)固定於拍攝用之支架上，距離拍攝面固定 60 cm，拍攝背景選用黑色絨布，放置鐵尺做為比例尺，將番茄完全展開葉片固定於黑色絨布上，拍攝完成後以 Image J(National Institutes of Health, USA)軟體計算葉面積(cm²)。

(三)光合作用速率

以攜帶式光合作用測定儀 LICOR-6800(Li-Cor Inc., Lincoln, NE., USA)於定植後第 6 週晴天正午時段(11:30-12:30)測量，測定前進行儀器暖機及校正，設定 CO₂ 濃度 400 ppm，控制氣體流速為 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$ ，光源採自然光源(以 Apcer Ai101 測定，PPFD 為 1100-1200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)。夾取自生長點向下數第四片完全展開葉，測定二氧化碳同化速率(CO₂ assimilation rate, A)、氣孔導度(stomatal conductance, gsw)、葉肉細胞間二氧化碳濃度(intercellular CO₂ concentration, Ci)及蒸散作用速率(transpiration rate, E)。

(四)花器及花粉發芽率

- 1.花藥筒長及花柱長:取第一花序自花序基部向末端數第一朵花，於開花當日以鑷子小心撕開一花藥筒後，以游標卡尺(Mitutoyo, Japan)調查花藥筒及花柱長度。
- 2.花粉發芽率:花粉發芽培養基以 Brewbaker 和 Kwack(1963)配方作為測定花粉活力的基本配方(H₃BO₃ 100 mg·L⁻¹, MgSO₄ 200 mg·L⁻¹, Ca(NO₃)₃ 300 mg·L⁻¹, KNO₃ 100 mg·L⁻¹)，加入 5%蔗糖，並將 pH 值調整至 6.0。配置之培養基滴於雙凹載玻片中。將第一花序第一朵花開花當日採集之新鮮花粉，均勻散佈於培養基上，再將載玻片置入底部鋪有沾溼的紙巾保鮮盒中。保鮮盒放置於 33°C及 27°C黑暗生長箱中，經 2 小時及 4 小時分別取出以光學顯微鏡觀察，並計算花粉發芽率，當花粉管長度超過花粉直徑 2 倍視為發芽。每 200 粒視為一重複，每品種進行六重複並取平均值。

(五)果實性狀

- 1.始花日:定植後至第一花序第一朵花開花經過天數(Day)。
- 2.開花數:每植株第一至第四花序花朵數量(No.)。
- 3.果實數:每花序上果實數(No.·plt⁻¹)
- 4.著果率:計算第一至第四花序上果實數量除以每花序花朵數(%)。

5.果實橫徑:標定第二至第四花序上第二朵花(由花序基部向末端數),於授粉後每日以游標卡尺量測‘和生 768’及‘全福 994’果實赤道線最寬處並取平均(mm)。

相對變化速率計算= $[(\text{果徑}_d - \text{果徑}_{d-3}) / \text{果徑}_{d-3}] / 3$, d 為授粉後天數

6.果實重量:於授粉後 7 日採收第一花序第 2 個果實以及於授粉後 14 日取第一花序第 3 個果實,以電子磅秤調查重量。第二至第四花序果實以紅熟期為採收準採收後以電子磅秤調查重量。

7.屍腐病發生率:觀察屍腐病發生時機,於授粉後 7、14、21 日觀察紀錄,以果頂部出現水浸狀為基準(圖 1),並將發生時間分布換算為百分比(%)。



圖 1. 番茄果實果頂部水浸狀

8.單株產量:將單果重乘以果實數($\text{g} \cdot \text{plt}^{-1}$)。

五、統計分析

本試驗使用完全逢機設計(Completely randomized design),使用 SAS 套裝軟體 9.4 版(SAS. Institute, Cary NC)進行變方分析(Analysis of variance, ANOVA, $\alpha=0.05$),並以 Fisher's Least significant difference (LSD)分析各處理間平均值是否有顯著差異($P < 0.05$)。

結 果

本試驗於 2021 年 8-9 月進行栽培,棚架區晴天溫度變化如圖 1,日均溫為 32.0°C ,夜均溫為 27.0°C ,於 09:00 至 17:00 間出現超過 30°C 之高溫,平均每日最高溫出現在 12:00 間為 34.4°C ,平均每日最低溫出現在 06:00 為 25.5°C 。

於定植後第六週晴天正午時段測量牛番茄成熟葉片二氧化碳同化速率及氣體交換能力(表 1),‘和生 768’二氧化碳同化速率分別與‘和生 743’及‘全福 994’兩品種無顯著差異,但顯著高於‘和生 688’將近 17%。胞間二氧化碳濃度於‘和生 688’、‘和生 743’、‘和生 768’和‘全福 994’依序分別為 328.5 、 328.18 、 304.74 及 $318.5 \mu\text{mol mol}^{-1}$,四品種間並無顯著差異。‘和生 768’蒸散作用速率顯著高於‘和生 688’和‘全福 994’將近 44%及 21%,‘和生 743’分別與

和生 768'及'全福 994'兩品種無顯著差異，並顯著高於'和生 688'，'全福 994'顯著高於'和生 688'。氣孔導度有相似結果，'和生 768'顯著高於'全福 994'和'和生 688'將近 10%及 26%，'和生 743'分別與'和生 768'和'全福 994'兩品種無顯著差異，但顯著高於'和生 688'，'全福 994'同樣顯著高於'和生 688'。葉面溫度在四品種間則無顯著差異。

調查牛番茄四品種葉片性狀(表 3)，'和生 768'及'和生 743'兩品種葉柄夾角無顯著差異，並顯著大於'和生 688'及'全福 994'，'和生 688'及'全福 994'兩品種則無顯著差異。'和生 768'的葉片厚度與其他三品種相比顯著較薄，'和生 688'、'和生 743'及'全福 994'三品種間則無明顯差異。'和生 768'及'全福 994'兩品種葉片長度無顯著差異，並顯著長於'和生 688'及'和生 743'，'和生 688'及'和生 743'兩品種之間則無顯著差異。葉面積結果有相似情形，'和生 768'及'全福 994'兩品種葉面積無顯著差異，但顯著大於'和生 688'及'和生 743'，'和生 688'及'和生 743'兩品種之間則無顯著差異，

於開花當日量測牛番茄花器花藥筒及花柱之長度(表 4)，'全福 994'花藥筒長為 6.24 mm，花柱長為 5.87 mm，'和生 768'花藥筒長為 5.89 mm，花柱長為 5.75 mm，'和生 743'花藥筒長為 5.76 mm，花柱長為 5.89 mm。'和生 688'花藥筒長為 5.65 mm，花柱長為 5.72 mm，'和生 743'和'和生 688'兩品種在夏季生長皆有長花柱現象出現。

比較牛番茄四品種開花當日花粉發芽率(表 5)，在 27°C環境條件下分別培養 2 小時及 4 小時，'和生 768'及'全福 994'兩品種之花粉發芽率顯著高於'和生 688'及'和生 743'，'和生 688'顯著高於'和生 743'。在 33°C環境條件培養 2 小時後'和生 688'、'和生 768'及'全福 994'三品種花粉發芽率顯著高於'和生 743'，三品種之間則無顯著差異。在培養 4 小時後'和生 768'及'全福 994'兩品種花粉發芽率顯著高於'和生 688'及'和生 743'，'和生 688'顯著高於'和生 743'。

調查牛番茄四品種始花日(表 6)，'和生 743'和'和生 768'在四品種中有顯著較早的始花日，'和生 688'與'全福 994'始花日較晚。'和生 768'和'全福 994'在四品種中有顯著較多的花朵數，'和生 743'顯著多於'和生 688'。調查第 1 花序至第 4 花序之結果率，'和生 768'和'全福 994'結果率分別為 91.0 及 93.0%，兩品種間無顯著差異，並顯著高於'和生 688'和'和生 743'，'和生 688'與'和生 743'相比則有較高的結果率。

於授粉後每三日量測牛番茄'全福 994'及'和生 768'果實橫徑(圖 2)，在授粉後第 6 日至授粉後第 18 日之間，'和生 768'與'全福 994'相比有顯著較長之果實橫徑，在授粉後第 9 日相差 41% ($p=0.002$)，在授粉後第 21 日至第 36 日，兩品種果實橫徑並未出現顯著差異。在授粉後第 39 天(果實紅熟階段)，'全福 994'果實橫徑 60.81 mm 顯著較'和生 768'之 50.96 mm 多 8.6% ($p=0.004$)。調查果實橫徑相對變化速率(圖 3)，在授粉後第 6 及第 9 日(果實發育前期)，'和生 768'有較高的相對增加速率，在授粉後第 15、24、27 及 36 日(果實發育中後期)，'全福 994'則有較高的果實橫徑增加速率，即'和生 768'果實於生長初期生長較快，

'全福 994'果實則在中後期生長較快。授粉後第 7 日及第 14 日將果實橫徑與果實鮮重進行相關性分析(圖 4)，其呈現正相關性，決定係數(R^2)達 0.97。

於生殖生長期每日調查牛番茄果實水浸狀發生時間如圖 10，'和生 768'在試驗期間有 36 顆果實發生尻腐病現象(單株果實尻腐病發生率平均為 12.1%)，其中有 69%果實之果頂部於授粉後第 2 週出現水浸狀現象，28%出現於授粉後第 3 週，3%於授粉後第 4-6 週出現。'全福 994'在試驗期間僅 1 果實果頂部出現水浸狀(單株尻腐病發生率為 1.7%)，發生於授粉後第 3 週。

調查牛番茄三品種果實性狀及產量(表 6)，'和生 768'與'全福 994'兩品種間紅熟果實橫徑及單果重無顯著差異，但與'和生 688'相比，兩品種果實皆顯著較重且果實橫徑顯著較長。'和生 768'與'全福 994'第 1 至第 4 花序果實數無顯著差異，分別為每植株 22.1 及 19.9 個，兩品皆顯著多於'和生 688'。單株產量有相似情形，'和生 768'與'全福 994'兩品種單株產量分別為每植株 2699 及 2716 g，兩品種間無顯著差異，並顯著高於'和生 688'。

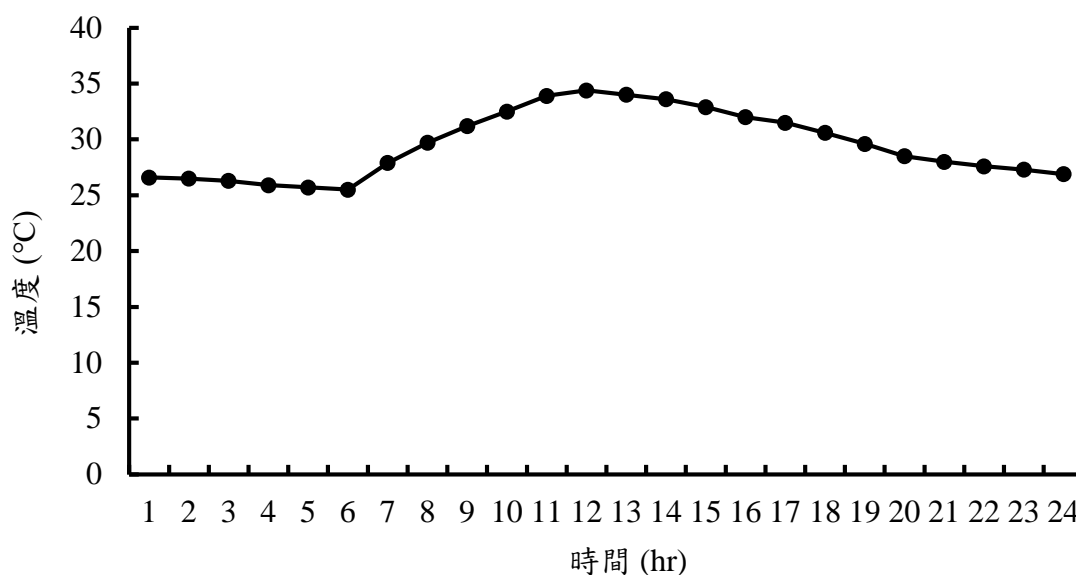


圖 1. 棚架區 2021 年 8 月 19、20 日及 9 月 13、14 日間晴天平均溫度日變化。

Fig 1. Changes of daily mean temperature under the trellis on August 19th and 20th, 2021 and September 13th and 14th, 2021.

表 1. 牛番茄四品種於 2021 年 8-9 月生長之葉片蒸散作用速率、二氧化碳同化速率、胞間二氧化碳濃度、氣孔導度及葉片溫度

Table 1. The leaf transpiration rate, CO₂ accumulation rate, CO₂ cellular concentration, leaf stomatal conductance and leaf temperature of four beef tomato cultivars grown in August and September, 2021.

Cultivar	Emm ^z (mmol m ⁻² s ⁻¹)	A (μmol m ⁻² s ⁻¹)	Ci (μmol mol ⁻¹)	gsw (mol m ⁻² s ⁻¹)	T _{leaf} (°C)
'和生 688'	5.82 c ^y	16.12 b	329.50	0.434 c	31.63
'和生 743'	7.83 a	17.83 ab	328.18	0.571 ab	32.43
'和生 768'	8.36 a	18.86 a	304.74	0.585 a	32.23
'全福 994'	6.89 b	17.23 ab	318.50	0.533 b	31.64
LSD _{0.05}	0.89	1.74	-	0.049	-
P value	0.0009	0.037	0.0654	0.002	0.0921

^zEmm-蒸散作用速率，A-二氧化碳同化速率，Ci-胞間二氧化碳濃度，gsw-氣孔導度，T_{leaf}-葉面溫度

^yMeans within a column with the same letters are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

表 2. 牛番茄四品種於 2021 年 8-9 月生長之葉柄角度、葉片厚度、葉片長及葉面積

Table 2. The petiole angle, leaf thickness, leaf length and leaf area of four beef tomato cultivars grown in August and September, 2021.

品種	葉柄角度 (°)	葉片厚度 (mm)	葉片長度 (cm)	葉面積 (cm ²)
'和生 688'	72.2 b ^z	0.370 a	47.91 b	504.10 b
'和生 743'	90.2 a	0.359 a	48.08 b	563.91 b
'和生 768'	91.3 a	0.314 b	50.14 a	643.70 a
'全福 994'	73.7 b	0.368 a	49.45 a	655.33 a
LSD _{0.05}	3.10	0.014	1.34	68.90
P value	<0.0001	0.0186	0.0153	<0.0001

^zMeans within a column with the same letters are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

表 3. 牛番茄四品種於 2021 年 8-9 月開花當日^z花藥筒與花柱長度

Table 3. The anther tube lengths and style lengths of the four cultivars of beef tomato on the anthesis day in August-September, 2021.

品種	花藥筒長 (mm)	花柱長 (mm)	花柱長減 花藥筒長
'和生 688'	5.65 ± 0.16 ^y	5.72 ± 0.09	0.07
'和生 743'	5.76 ± 0.21	5.89 ± 0.14	0.13
'和生 768'	5.89 ± 0.10	5.75 ± 0.04	-0.14
'全福 994'	6.24 ± 0.07	5.87 ± 0.10	-0.37

^z和生 688':定植後第 26-29 日, '和生 743':定植後第 23-25 日, '和生 768':定植後第 23-25 日, '全福 994':定植後第 25-27 日。

^y± Means standard error.

表 4. 牛番茄四品種於 2021 年 8-9 月開花當日^z之花粉發芽率(%)

Table 4. The pollen germination rate of four beef tomato cultivars on the anthesis day in August-September, 2021.

品種	27°C		33°C	
	2 小時	4 小時	2 小時	4 小時
'和生 688'	10.3 b	15.7 b	6.7 a ^y	10.7 b
'和生 743'	7.0 c	14.0 c	1.8 b	2.0 c
'和生 768'	16.5 a	24.3 a	6.7 a	16.3 a
'全福 994'	14.8 a	26.7 a	8.3 a	17.5 a
LSD _{0.05}	2.51	2.44	2.03	2.76
P value	0.0006	0.0011	0.0033	0.0015

^z和生 688':定植後第 26-29 日, '和生 743':定植後第 23-26 日, '和生 768':定植後第 23-25 日, '全福 994':定植後第 25-28 日。

^yMeans within a column with the same letters are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

表 5. 四品種牛番茄於 2021 年 8-9 月生長之始花日、花朵數、落花率及著果率

Table 5. The days to first flower anthesis, number of flowers, flower drop rate and fruit setting rate of four beef tomato cultivars grown in August and September, 2021.

品種	始花日 ^y (day)	花朵數 (No./plt)	落花率 (%)	著果率 (%)
'和生 688'	26.3 a ^y	15.8 c	0.0	22.0 b
'和生 743'	24.1 b	18.9 b	1.7	4.0 c
'和生 768'	23.4 b	23.3 a	0.0	91.0 a
'全福 994'	25.5 a	21.4 a	0.0	93.0 a
LSD _{0.05}	0.83	2.25	-	10.13
P value	0.002	0.0016	-	0.0012

^yMeans within a column with the same letters are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

表 6. 牛番茄三品種果實紅熟期性狀及產量

Table 6. Characteristics and yields of three beef tomato cultivars at red ripening stage.

品種	果實橫徑 (mm)	單果重 (g)	單株果實數 ^z (No./plt)	單株產量 ^y (g/plt)
'和生 688'	44.49 b ^x	130.42 b	3.53 b	491.0 b
'和生 768'	55.13 a	144.67 a	22.10 a	2642.7 a
'全福 994'	59.45 a	149.50 a	19.94 a	2505.6 a
LSD _{0.05}	6.19	12.77	3.43	341.76
P value	0.0002	0.0023	0.0014	<0.0001

^z 第 1-4 花序果實數

^y 第 2-4 花序果實產量

^xMeans within a column with the same letters are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

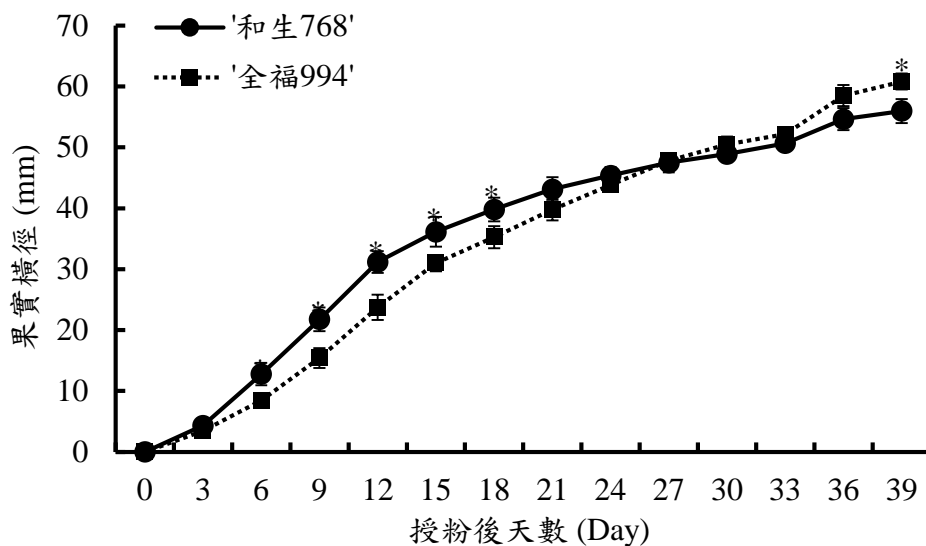


圖 2. 牛番茄'全福 994'及'和生 768'果實果徑變化。

Fig 2. Changes of fruit diameters of beef tomato 'ChanFu 994' and 'Ho Sheng 768'

Vertical bar represent standard error (n=3).

*Means significant difference at p=0.05.

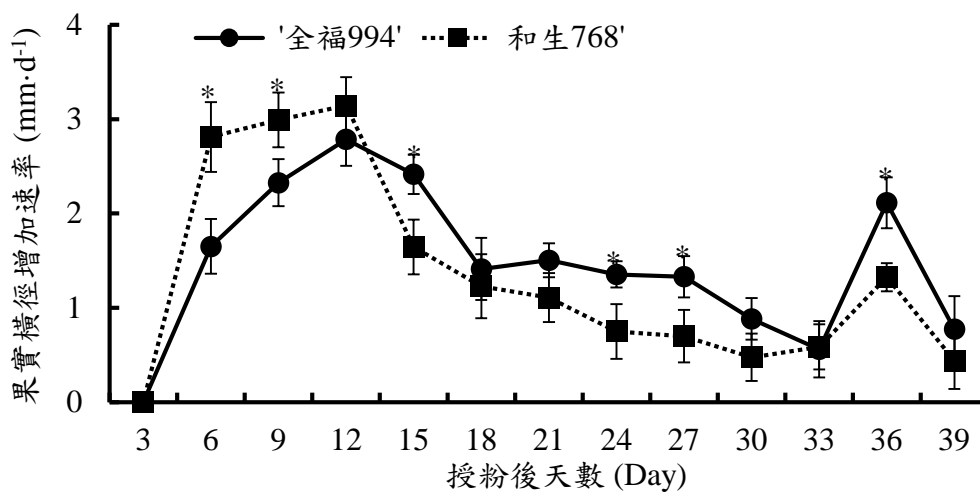


圖 3. 牛番茄'全福 994'及'和生 768'果實橫徑增加速率。

Fig 3. Fruit transversal diameter increased rate of beef tomato 'ChanFu 994' and 'Ho Sheng 768'.

Vertical bar represent standard error (n=3).

*Means significant difference at p=0.05.

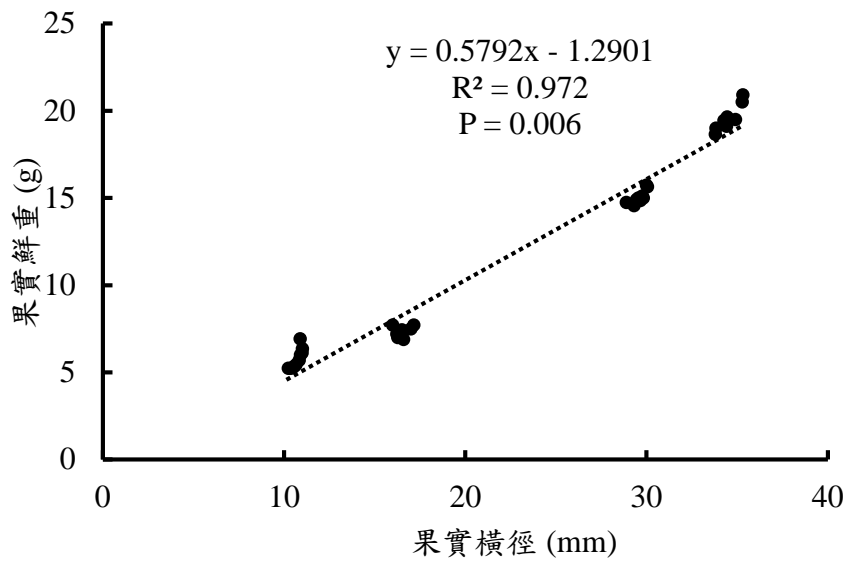


圖 4. 牛番茄果實橫徑及果實鮮重間之相關性。

Fig 4. The relationship between fruit transversal diameter and fruit fresh weight of beef tomato 'ChanFu 994' and 'Ho Sheng 768'.

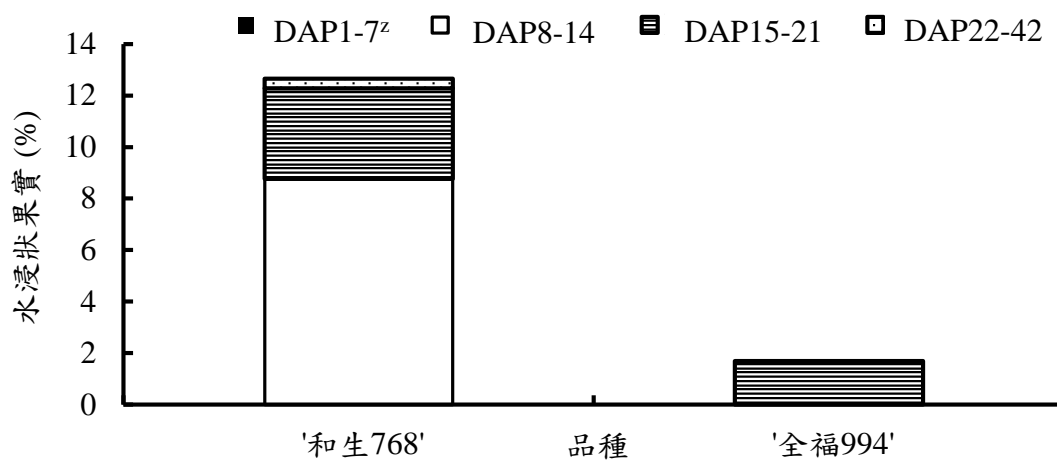


圖 5. 牛番茄'和生 768'及'全福 994'水浸狀果實發生百分率及發生時間。

Fig 5. The blossom end rot incidence and occurrence time of beef tomato 'ChanFu 994' and 'Ho Sheng 768'.

^zDAP-授粉後天數(Days after pollination)

討 論

本試驗位於露天棚架區，挑選了四品種牛番茄在 8、9 月栽培，其日夜均溫為 32°C/27°C(圖 1)，觀察植株觀察營養生長與生殖生長表現。四品種中'和生 768'蒸散作用速率與'全福 994'及'和生 688'相比分別高出 43%及 21%，氣孔導度則分別高出 35%及 10%(表 1)。番茄耐熱品種在高溫環境下光合作用能力及相關生理表現與非耐熱品種具有差異(Camejo *et al.*, 2005)，Nkansah 和 Ito(1994)比較了番茄耐熱品種與非耐熱品種在高溫下葉片光合作用及氣體交換能力，耐熱品種在 30°C及 40°C處理下，蒸散作用速率及氣孔導度高於非耐熱品種，且光合作用與產量具呈現正相關性。葉片性狀對植物生理具有影響，本試驗中'和生 743'與'和生 768'兩品種葉片角度 90.2°及 91.3°大於'和生 688'和'全福 994'(表 2)，葉片夾角較大將增加葉面接收到的光輻射，並在葉片上產生更多的熱，對葉面蒸散作用速率造成影響(Ehleringer and Comstock, 1987)，本試驗中'和生 768'較旺盛的葉片蒸散使植株消耗更多的水分以帶走葉片之熱量，相比之下'全福 994'及'和生 688'較低的蒸散作用速率及氣孔導度，推測兩品種在高溫情形下所需灌溉量可減少，Islam(2011)指出在高溫下栽培番茄，二氧化碳同化速率較高且葉片蒸散作用速率較低的品種具有較多的花朵數、果實數及較高的單果重。本試驗中'和生 768'與'和生 688'相比二氧化碳同化速率顯著較高(17%)，'和生 768'花朵數較'和生 688'多出 47%，顯示出'和生 768'葉片具有高二氧化碳同化速率的同時也促進了生殖生長有較佳的表現。

夏秋季高強光伴隨之高溫在亞熱帶區域為常見現象，此環境條件限制了番茄生殖生長及產量(Golam *et al.*, 2012)，其中長花柱(短花藥筒)現象及花粉發芽率降低為高溫環境下影響著果率之因子(Golam *et al.*, 2012; Sato *et al.*, 2006)。本試驗調查四品種開花當日之花器構造(表 3)，'和生 768'及'全福 994'在高溫季節下並未出現花柱長於花藥筒之現象，'和生 688'及'和生 743'則有長花柱(短花藥筒)現象，花器構造異常將使自花授粉難以進行(Golam *et al.*, 2012)，因此在高溫環境下番茄花器無長花柱現象為番茄品種耐熱篩選上重要之指標(Bhattacharai *et al.*, 2016)。在開花期花粉發芽率為決定著果率的重要因子，本試驗將開花當日採集之新鮮花粉分別放置 33°C(白天高溫時段均溫)及 27°C(夜均溫)環境下培養(表 4)，'和生 768'及'全福 994'在高溫環境下有顯著較高的花粉發芽率，且著果率分別為 91%及 93%，'和生 743'花粉發芽率在 4 品種間最低，在 27°C環境下培養仍然有相似情形。Bita 等人(2011)比較了番茄耐熱品種'HS1'與對熱逆境敏感品種'FR'，前者在適度高溫逆境下(Moderate heat stress, 32°C/26°C day/night)，與'FR'相比花粉發芽率無顯著差異且花器構造正常，後者花粉發芽率低且出現長花柱(短花藥筒)現象。

本試驗中四品種著果率、果實數量及單株產量具顯著差異(表 5、表 6)，在耐熱品種篩選上花朵數、著果率及早花特性為考量之性狀(Bhattacharai *et al.*, 2016)，'和生 768'及'全福 994'著果率 91%及 93%顯著高於'和生 743'及'和生 688'，著果率與果實數量及果實產量具有高

度的正相關性(Nkansah *et al.*, 1994), Sherzo 等人(2020)針對 37 個不同番茄品種依果實大小分類後進行耐熱性狀分析,在大果番茄中果實數量與果實產量具有相關性($r=0.769$), '和生 768'及'全福 994'之單株果實數及單株產量在四品種比較中顯著較高,為高溫季節下具有耐熱性及產量之品種。

本試驗中以非破壞性方式調查果實橫徑,發現'和生 768'在果實發育前期(開花後 6-18 日)有較長的果實橫徑(圖 2),且在開花後 6-9 日有較高的果實橫徑增加速率(圖 3)。果實寬度量測為非破壞性方式調查果實生長之方法,也能用以推估果實重量(Morandi *et al.*, 2006; Morandi *et al.* 2007; Wang *et al.*, 2018), Matsumoto 等人(2021)發現易感尻腐病品種'IL5-4'在開花後第 2-3 週期間,與'M82'相比有較長的果實橫徑。本試驗中挑選四品種皆為大果牛番茄,在具有高著果率的兩品種間尻腐病發生率出現差異, '和生 768'尻腐病發生率 12.1%, '全福 994'則為 2.1%, '和生 768'水浸狀的現象主要發生於開花後第 2-3 週(97%), 高溫及栽培品種皆是影響尻腐病發生之因子。在高溫季節下,大果品種'Momotaro fight'在果實快速生長期間有較高生長速率,且與其他品種相比有較高的尻腐病發生率 (Vinh *et al.*, 2018; Yoshida *et al.*, 2014)。另外,在夏季常出現蒸氣壓差過高現象,使葉片蒸散作用旺盛,更多的木質部液流入葉片中,流入果實的木質部液相對減少,果實尻腐病發生率有增加情形, (Huevelink *et al.*, 2018), 本試驗中'和生 768'在四品種中也具有顯著較高的葉片蒸散作用速率,推測此現象使果實更不易獲得鈣,促進了尻腐病之發生。

在耐熱商業品種中,高溫下栽培需要具有高產量(Scarano *et al.*, 2020), 本試驗挑選牛番茄四品種之中, '和生 768'與'全福 994'在生殖生長期間花器發育正常,且有較高的花粉發芽率,因此在 33°C/27°C環境下著果率高,並且有較佳的果實產量表現,本結果顯示著果率為高溫下栽培牛番茄之重要指標,透過開花期花器構造及花粉發芽率的調查能盡早一步篩選出具有高著果率之品種。

參 考 文 獻

- Arrizumi, T., Y. Shinozaki, and H. Ezura. 2013. Genes that influence yield in tomato. *Breeding Sci.* 63:3-13.
- Bhattarai, K., F. J. Louws, J. D. Williamson, and D. R. Panthee. 2016. Diversity analysis of tomato genotypes based on morphological traits with commercial breeding significance for fresh market production in eastern USA. *Austral. J. Crop Sci.* 10:1098-1103.
- Bitá, C. E., S. Zenoni, W. H. Vriezen, C. Mariani, M. Pezzotti, and T. Gerats. 2011. Temperature stress differentially modulates transcription in meiotic anthers of heat-tolerant and heat-sensitive tomato plants. *BMC Genomics* 12:1-18.

- Camejo, D., P. Rodríguez, M. A. Morales, J. M. Dell'Amico, A. Torrecillas, and J. J. Alarcón. 2005. High temperature effects on photosynthetic activity of two tomato cultivars with different heat susceptibility. *J. Plant Physiol.* 162:281-289.
- De Pascale, S. and C. Stanghellini. 2009. High temperature control in mediterranean greenhouse production: the constraints and the options. In: *Intl. Symp. High Technol. Greenhouse Systems* p.103-116.
- Ehleringer, J. R. and J. Comstock. 1987. Leaf absorptance and leaf angle: mechanisms for stress avoidance, p. 55-76. In: *Plant response stress*. Springer, Berlin, Germany.
- Fanwoua, J., P. de Visser, E. Heuvelink, G. Angenent, X. Yin, L. Marcelis, and P. Struik. 2012. Response of cell division and cell expansion to local fruit heating in tomato fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 137:294-301.
- FAOSTAT. 2021. food and agriculture data. May, 2022. <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>.
- Gautier, H., V. Diakou-Verdin, C. Bénard, M. Reich, M. Buret, F. Bourgaud, J. Poëssel, C. Caris-Vayrat, and M. Génard. 2008. How does tomato quality (sugar, acid, and nutritional quality) vary with ripening stage, temperature, and irradiance? *J. Agr. Food Chem.* 56:1241-1250.
- Golam, F., Z. H. Prodhan, A. Nezhadahmadi, and M. Rahman. 2012. Heat tolerance in tomato. *Life Sci. J.* 9:1936-1950.
- Ho, L. C. and P. J. White. 2005. A cellular hypothesis for the induction of blossom-end rot in tomato fruit. *Ann. Bot.* 95:571-581.
- Huevelink, E. and R. C. O. Okello. 2018. Developmental process. p.70-99. In: E. Huevelink (ed.). *Tomatoes*. CABI, Boston, USA.
- Islam, M. T. 2011. Effect of temperature on photosynthesis, yield attributes and yield of tomato genotypes. *Intl. J. Expt. Agr.* 2:8-11.
- Jones, J. B. 2013. Instructions for growing tomatoes in the garden and greenhouse. *Grosystems*. Anderson, SC, USA.
- Matsumoto, C., H. Yada, C. Hayakawa, K. Hoshino, H. Hirai, K. Kato, and H. Ikeda. 2021. Physiological characterization of tomato introgression line IL5-4 that increases Brix and blossom-end rot in ripening fruit. *Hort. J.* 1:264.
- Morandi, B., L. Manfrini, M. Zibordi, M. Noferini, G. Fiori, and L. C. Grappadelli. 2007. A low-cost device for accurate and continuous measurements of fruit diameter. *HortSci.* 42:1380-1382.

- Nkansah, G. O. and T. Ito. 1994. Relationship between some physiological characters and yield of heat-tolerant, non-tolerant, and tropical tomato cultivars grown at high temperature. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 62:781-788.
- Portree, J. 1996. *Greenhouse Vegetable Production Guide*. British Columbia Ministry Agr. Abbotsford, British Columbia.
- Rajametov, S. N., K. Lee, H.B. Jeong, M. C. Cho, C. W. Nam, and E. Y. Yang. 2021. Physiological traits of thirty-five tomato accessions in response to low temperature. *Agr.* 11:792.
- Sato, S., S. Sakaguchi, H. Furukawa, and H. Ikeda. 2006. Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on fruit characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Sci. Hort.* 109:248-253.
- Scarano, A., F. Olivieri, C. Gerardi, M. Liso, M. Chiesa, M. Chieppa, L. Frusciante, A. Barone, A. Santino, and M.M. Rigano. 2020. Selection of tomato landraces with high fruit yield and nutritional quality under elevated temperatures. *J. Sci. Food Agr.* 100:2791-2799.
- Shaheen, M. R., C. M. Ayyub, M. Amjad, and E. A. Waraich. 2016. Morpho-physiological evaluation of tomato genotypes under high temperature stress conditions. *J. Sci. Food Agr.* 96:2698-2704.
- Sherzod, R., E. Y. Yang, M. C. Cho, S. Y. Chae, and W. B. Chae. 2020. Physiological traits associated with high temperature tolerance differ by fruit types and sizes in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Hort. Environ. Biotechnol.* 61:837-847.
- Song, J., K. Nada, and S. Tachibana. 2002. Suppression of S-adenosylmethionine decarboxylase activity is a major cause for high-temperature inhibition of pollen germination and tube growth in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Plant Cell Physiol.* 43:619-627.
- Vinh, T. D., Y. Yoshida, M. Ooyama, T. Goto, K. I. Yasuba, and Y. Tanaka. 2018. Comparative analysis on blossom-end rot incidence in two tomato cultivars in relation to calcium nutrition and fruit growth. *Hort. J.* 87:97-105.
- Yoshida, Y., N. Irie, T. D. Vinh, M. Ooyama, Y. Tanaka, K. I. Yasuba, T. Goto, 2014. Incidence of blossom-end rot in relation to the water-soluble calcium concentration in tomato fruits as affected by calcium nutrition and cropping season. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 107.
- Wang, Z., A. Koirala, K. Walsh, N. Anderson, and B. Verma. 2018. In field fruit sizing using a smart phone application. *Sensors* 18:3331.
- White, P. J. 2001. The pathways of calcium movement to the xylem. *J. Expt. Bot.* 52:891-899.

Growth and Yield of Four Beef Tomato Cultivars Cultivated During the Hot Season

Kuei-Yuan Chang¹⁾ Yu Sung²⁾

Key words : Beef tomato, Long stigma, High temperature, Fruit set

Summary

The aim of this study is to investigate the growth and yield of beef tomato during the hot season. 'Hesheng 688', 'Hesheng 743', 'TMB-768' and 'ChanFu 994' beef tomatoes were grown in August and September, 2021. The high temperature induced stigma exertion of beef tomato 'Hesheng 688' and 'Hesheng 743'. The stigma of 'Hesheng 768' and 'ChanFu 994' were not longer than anther cone, and the pollen germination rate was 16.3% and 17.5% at 33 °C, respectively. The fruit set rate and yield of 'Hesheng 768' and 'ChanFu 994' were significant higher than 'Hesheng 688' and 'Hesheng 743'. The blossom-end rot incidence of 'Hesheng 768' fruits was higher than 'ChanFu 994'. The results showed that no stigma exertion and high pollen germination rate were important when beef tomato was cultivated under high-temperature season, 'Hesheng 768' and 'ChanFu994' were tolerant to high temperature.

1) Student in M.S. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

