

低溫對花胡瓜嫁接南瓜癒合及生理之影響

柯 鈺 庭¹⁾ 宋 妤²⁾

關鍵字：嫁接親和性、耐寒性、花胡瓜、南瓜

摘要：花胡瓜(*Cucumis sativus* L.)屬於連續採收型蔬菜作物，農民常使用嫁接苗以提升田間瓜類植株的生長勢。唯於冬季嫁接時常遇到不定期寒流，造成嫁接苗出現寒害及存活率下降，因此需選擇具耐低溫性及親和性高的品種以穩定低溫下接穗的生長情形。花胡瓜'212'嫁接四品種南瓜於 25/12°C 癒合五天，花胡瓜'212'嫁接'壯士'及'日本種'的成活率較高為 91.7%、砧木及接穗間的維管束較早連接。植株癒合後移至溫室生長，兩者皆有較佳的株高及接穗葉面積。花胡瓜'212'嫁接'壯士'和'日本種'有較好的嫁接親和性。花胡瓜'212'嫁接四品種南瓜三葉期於 10/8°C 生長六天，花胡瓜'212'嫁接耐寒'鐵甲'於低溫 10/8°C 六天有較高的 PSII 最大光化學效率 (Fv/Fm)且電解質滲漏率較低，在低溫下仍可維持正常的膜穩定性。以上結果顯示於 25/12°C 下以花胡瓜'212'嫁接親和性高'壯士'及'日本種'有較好的癒合及生長表現，但於強烈低溫下，花胡瓜嫁接耐寒砧木'鐵甲'則有較耐寒的特性。

前 言

花胡瓜(*Cucumis sativus* L.)屬於葫蘆科一年生蔓性作物，109 年農業統計資料顯示花胡瓜的種植面積分別為 1,958 公頃，年產量為 51,331 公噸，以高屏地區為主要產區，在栽培上易受土壤傳播性病害或連作障礙影響導致植株生長不良，影響其生產。透過嫁接可使瓜類植株提高對土壤病害的抗病力、增加對環境的適應性及增加產量等(Tamilselvi and Pugalendhi, 2018；Tamilselvi *et al.*, 2016)。甜瓜嫁接南瓜砧木可有效降低萎凋病的發生、胡瓜嫁接南瓜可提高植株的耐鹽性(Crino *et al.*, 2007；Huang *et al.*, 2009)。

1) 國立中興大學園藝學系研究生

2) 國立中興大學園藝學系教授、通訊作者

臺灣農民逐漸採用嫁接苗，南瓜為目前瓜類嫁接常用砧木，由於其根系廣、耐病性佳，但不同品種對環境適應性不同，與接穗品種的親和性不一(Crino *et al.*, 2007；Yetişir *et al.*, 2003；Yetişir *et al.*, 2007；Zhou *et al.*, 2014)。在 Yetisir 等人(2003)及 Xu 等人(2015)的研究中，顯示西瓜及花胡瓜親和性佳組合的成活率顯著高於不親和的組合。不適當的砧穗組合造成癒合期長或癒合不良使植株易出現生長勢衰弱、果實產量及品質下降，因此需挑選與接穗作物有良好親和性的砧木(Aloni *et al.*, 2008；Kawaguchi *et al.*, 2008；Pina *et al.*, 2005；Yang *et al.*, 2016)。溫度是影響嫁接植株的癒合的重要環境條件，癒合環境的溫度維持在一般作物的生育適溫可正常癒合，番茄嫁接苗於不同溫度下癒合的研究顯示於 23°C/23°C 及 25°C/18°C 皆有良好的癒合情形；夜溫低於 18°C 以下會延長砧木與接穗癒合時間(黃, 1999；Muneer *et al.*, 2016；Yang *et al.*, 2016)。

蔬菜正常的生育過程需維持在穩定的適溫範圍，嫁接苗冬季遇到寒流時，嫁接苗容易出現寒害，導致嫁接存活率降低，造成損失。瓜類嫁接適當的砧木可提升植株的耐寒性(Ahn *et al.*, 1999；Li *et al.*, 2015)。Ahn 等人(1999)的研究顯示花胡瓜嫁接黑籽南瓜可生長的臨界根溫較自根苗低，於 15°C 8 天仍可觀察到生長的情形。花胡瓜嫁接南瓜於三片葉期在 15°C/10°C 預處理兩天再處理 5/5°C 兩天，葉片的脂質過氧化及離子滲漏程度較低，其中花胡瓜嫁接黑籽南瓜的超氧化物歧化酶(superoxide dismutase；SOD)、過氧化氫酶(catalase；CAT)及抗壞血酸過氧化物酶(ascorbate peroxidase；APX)活性最高，低溫下使用不同砧木種類進行嫁接，其抗氧化活性提升程度不同而產生低溫耐受性的差異(Li *et al.*, 2015)。

不同品種南瓜砧木有耐低溫性及親和性的差異，因此需選擇具耐低溫性及親和性高的品種以穩定低溫下花胡瓜接穗的生長。本研究欲了解花胡瓜嫁接四品種南瓜砧木在低溫(25/12°C)下五天的癒合和生長情形及在低溫(10/8°C)六天的生理表現，期能挑選花胡瓜適合嫁接之砧木，以提升冬季嫁接苗的耐低溫性及存活率，減少育苗業者及農民的損失。

材料與方法

I. 低溫對花胡瓜嫁接南瓜癒合之影響

一、試驗材料

1. 接穗品種：花胡瓜'212'。
2. 砧木品種：'鐵甲'、'壯士'(農友種苗)、'春力'(和生種苗)、'日本種'(明富種苗)。

二、種子催芽處理及植株栽培方法

(一)催芽處理：

1. 花胡瓜種子：花胡瓜種子浸種 6 小時後，即播入土中。
2. 南瓜砧木種子：將南瓜砧木種子以流水浸種 4 小時後，放置於鋪有濕潤濾紙的培養皿，在恆溫 30°C 黑暗生長箱待胚根露出即播種。

(二) 花胡瓜接穗及南瓜砧木之栽培方法：播種於 72 格 PE 育苗圓孔穴盤，育苗介質使用泥炭土(peat moss)：珍珠石(perlite)：蛭石(vermiculite)以 10：1：1 混合。植株栽培於作物科學大樓地下一樓的走入式生長箱，生長箱的溫度條件設定為 25/25°C (日/夜)，光週期 12 小時，南瓜砧木於光強度 6000-7000 lux 下生長，苦瓜及花胡瓜接穗於光強度 2000 lux 下生長。

三、嫁接方法

(一) 花胡瓜嫁接南瓜之嫁接方法：使用頂插接，接穗比砧木晚 1 天播種，於接穗苗齡七天、砧木苗齡六天時，於花胡瓜接穗子葉展開期、南瓜砧木本葉露出時進行頂插接，將砧木生長點去除後，在原生長點位置，由右上往左下斜插一個洞，再將接穗的下胚軸，約 60° 斜切，保留接穗子葉及約 1 公分的下胚軸，最後將接穗斜插入砧木的洞中，即完成嫁接。

(二) 嫁接後癒合環境：嫁接苗在生長箱中癒合馴化。嫁接後將穴盤置於籃中，以白色塑膠袋包覆，嫁接後第一到四天，光度約為 2000 lux，濕度約為 100%。嫁接後第五到七天，光度維持，將塑膠袋打四個約兩公分的洞，濕度降為 95%。逐漸增加通風時間及次數，嫁接後第十天光度恢復至 6000-7000 lux 且濕度降至約 70%，並使用葉綠精(N:P₂O₂:K₂O=15:10:15，獅馬牌肥料)稀釋 1000 倍施肥，施肥一次。

四、癒合期溫度處理條件：將試驗植株置於生長箱，生長箱的溫度條件設定分別為常溫 25/25°C 及低溫 25/12°C (日/夜)，光週期 12 小時、光強度 2000 lux，植株於嫁接後連續低溫處理五天後，取出放回常溫 25/25°C 兩天後觀察嫁接存活率及癒合情形，並移至溫室生長於兩週後調查生長情形。

五、調查項目

1. 嫁接存活率：花胡瓜接穗第一片本葉完全展開定義為嫁接苗存活，計算公式為存活株數 / 總嫁接株數 × 100%。
2. 株高：自土面至生長點之長度，單位為公分(cm)。
3. 接穗葉面積：植株葉片攤平拍照後，以 Image J 利用投影方式，由程式計算葉面積，單位為平方公分(cm²)。
4. 葉數：計算葉片中肋長大於 3 公分的葉片數，單位為片。
5. 地上部乾重：葉片裝入牛皮紙袋後，置於 80°C 之烘箱，烘乾至恆定重量後以電子天平秤重調查，單位為公克(g)。
6. 根乾重：根部將土清洗乾淨後，裝入信封紙袋，置於 80°C 之烘箱，烘乾至恆定重量後以精秤天平秤重調查，單位為公克(g)。
7. 植株相對生長率：嫁接後第 12 天及 19 天調查，植株相對生長率為七天植株的平均生長量，計算方式：(嫁接後第 19 天-嫁接後第 12 天)/(19-12)×100%。
8. 接穗維管束染色情形：於嫁接後 7 天，將嫁接苗根部洗淨後，根系浸泡在 0.1% 的 Safranin O 染液中，植株照光 4 小時後，橫切嫁接部位上 2 cm 處，計算接穗橫切面維管束染色數量，單位為個。

9. 株高、鮮重、乾重及葉面積的抑制程度：計算公式為(常溫數值-低溫數值)/常溫數值×100%，單位為%。

六、統計分析

試驗結果以 SAS 套裝軟體 9.4 版本中，使用 ANOVA(Analysis of variance)進行統計分析(p<0.05)，以 Fisher's LSD 比較各處理間平均值差異之顯著性。

II. 低溫對花胡瓜嫁接南瓜生理之影響

一、試驗材料：

1. 接穗品種：花胡瓜'212'。

2. 砧木品種：'鐵甲'、'壯士'(農友種苗)、'春力'(和生種苗)、'日本種'(明富種苗)。

二、嫁接方法及癒合條件同上，並於常溫 25/25°C 癒合並生長至三葉期後進行試驗。

三、常溫及低溫條件：將試驗植株置於生長箱，常溫及低溫生長箱的溫度條件分別設定為 25/25°C 及 10/8°C (日/夜)，光週期 12 小時、光強度 6000-7000 lux，連續處理六天後，進行調查。每處理三重複，每重複兩株。

四、調查項目：

1. 接穗葉面積

植株葉片攤平拍照後，以 Image J 利用投影方式，由程式計算葉面積，單位為平方公分(cm²)。

2. PSII 最大光化學效率(the maximum quantum yield of PSII ; Fv/Fm)

測量前將生長箱燈熄進行 30 分鐘的暗適應後，利用可攜式葉綠素螢光測定儀(Chlorophyll fluorometer, MINI-PAM, WALZ, Effeltrich, Germany)測定，將測定夾夾取避開葉脈的地方，機器會先給於一個測定光，而後在瞬間給予飽和脈衝光，由系統換算後得到 PSII 最大光化學效率(the maximum quantum yield of PSII ; Fv/Fm)，代表光系統 II 在暗適應下的最大光化學效能，公式為 $Fv/Fm=(Fm-Fo)/Fm$ 。每株測定第一片本葉，每片葉夾取三個點並平均。

3. 總葉綠素含量(total chlorophyll content)

將新鮮葉片取 0.1 g 添加 10 mL 萃取液(80% Acetone 及 20% Methanol)置於玻璃試管中，封上石蠟膜置於黑暗環境中避光 4 天。參考 Lichtenthaler (1987)的方法，以分光光度計(U-2900, HITACHI)測量 652 nm 波長下之吸光值。以下列公式計算每單位葉片鮮重總葉綠素(Total Chl.)含量，V 為萃取液體積 10 mL，W 為葉片鮮重 0.1 g，單位為 mg/g。

總葉綠素含量計算公式： $Total\ Chl.=(OD_{652}\times 1000/34.5)\times V/1000/W$

4. 電解質滲漏率(electrolyte leakage ; EC)

使用去離子水將葉片涮洗兩次後，輕輕以紙巾吸乾葉面的水分後，每株取第一片本葉避開中肋的葉圓片(直徑 1 公分)共五片並使用瓶頂分注器(dispenser, Vitab)吸取 10 mL 去離子水加入試管，在室溫以 100 rpm 震盪三小時後，以電導度計(electrical conductivity meter, SUNTEX, Taiwan)測定初始電導度(initial electrical conductivity, EC₀)，之後將試管管口放上

彈珠後置於 95°C 熱水水浴兩小時，完全破壞細胞膜，於室溫待溶液恢復為室溫後，測定最大電導度(maximum electrical conductivity, EC_1)，計算相對電解質滲漏率，公式為 $EC_0/EC_1 \times 100\%$ 。

5. 根部吸水量

將植株於一片本葉展開時定植於容量為 170 mL 的無孔塑膠杯中，一塑膠杯定植一株，添加定量水分維持介質濕度，每天調查測量含有植株及介質總重量，有一組僅有介質且未種植植株的對照組，測量介質水分一天的蒸發量。日吸水量定義為當日測量前的重量減去前一日補充水分後的重量再減去介質本身的蒸發量。定植後三天開始低溫處理，每日測量各株日吸水量變化並平均，以各植株每日平均吸水量進行統計分析。

五、統計分析

數據以 SAS 套裝軟體 9.4 版本(SAS. Institute, Cary NC)之 ANOVA(Analysis of variance) 中的 one-way ANOVA 進行變方分析($\alpha=0.05$)，以 Fisher's LSD 比較各處理間平均值差異之顯著性。

結 果

在常溫(25/25°C)下，花胡瓜'212'嫁接四種南瓜砧木中，嫁接成活率最高的品種為'日本種'為 100%，其次為'壯士'的 93.3%，而'春力'及'鐵甲'成活率較低，分別為 73.3%及 66.7%。在嫁接後低溫(25/12°C)環境下癒合，與常溫癒合環境下相比，各品種的成活率皆下降，其中'日本種'及'壯士'維持較高的成活率皆為 91.7%，'春力'及'鐵甲'成活率為 64.3%及 57.1% (圖 1)。

透過根系吸收染劑 safarin O 後，吸收染劑經嫁接癒合處後，可計算接穗莖徑維管束染色的數量，觀察砧穗的癒合情形。花胡瓜'212'嫁接南瓜苗在低溫 25/12°C 下五天移至 25°C 四天之後接穗維管束染色情形及數目如圖 2 及圖 3 所示。在常溫下，'鐵甲'、'日本種'及'壯士'的維管束染色數量皆為 6 個，'春力'為 5 個。而在低溫(25/12°C)下癒合五天後回到常溫四天后，以'日本種'的接穗維管束染色數量顯著最高為 5.7 個，其次為'壯士'，'鐵甲'及'春力'最低，分別為 3.5 個、0 個及 1 個。

嫁接後於 25/12°C 下癒合五天花胡瓜'212'嫁接苗於溫室恢復之生長情形如表 1 所示。低溫癒合條件下的株高、葉數、接穗葉面積、地上部鮮重及乾重與常溫相比，皆受到抑制。株高方面，在低溫處理下，'日本種'及'壯士'的株高顯著最高皆為 15.0 cm，低溫癒合條件下的株高與常溫相比，'鐵甲'、'春力'、'日本種'及'壯士'分別下降了 26%、22%、31%及 23%。葉數方面，在低溫處理中，'春力'、'日本種'及'壯士'的葉數無顯著差異，介於 4.2-4.3 片，'鐵甲'的葉數最少為 3.2 片。接穗葉面積方面，在低溫處理中，以花胡瓜'212'嫁接'日本種'及'壯士'的葉面積為 98.4 及 95.1 cm^2 顯著最高。低溫癒合條件下的接穗葉面積與常溫相比，'

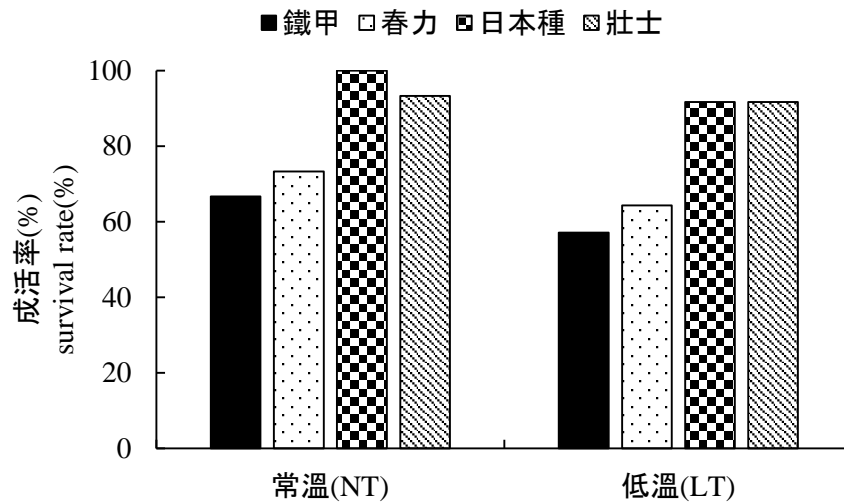


圖 1. 花胡瓜'212'嫁接四品種南瓜苗在低溫(25/12°C)下五天移至 25°C 四天之嫁接存活率。
Fig. 1. The survival rate of cucumber scion '212' grafted on four squash rootstock cultivars healing under normal temperature (25°C; NT) and low temperature (25/12°C; LT) and returning to 25°C for 4 days.

鐵甲'、'春力'、'日本種'及'壯士'分別減少了 20%、6%、38%及 35%。地上部鮮重方面，在低溫處理中，花胡瓜'212'嫁接'春力'、'日本種'及'壯士'的鮮重無顯著差異，介於 4.3 g-4.5 g，'鐵甲'顯著較低為 3.5 g。低溫癒合條件下的地上部鮮重與常溫相比，'鐵甲'、'春力'、'日本種'及'壯士'分別減少了 28%、14%、40%及 40%。地上部乾重方面，在低溫處理中，花胡瓜'212'嫁接'春力'、'日本種'及'壯士'的乾重無顯著差異，介於 0.42 g-0.45 g，'鐵甲'顯著較低為 0.34 g。低溫癒合條件下的地上部乾重與常溫相比，'鐵甲'、'春力'、'日本種'及'壯士'分別減少了 35%、17%、35%及 39%。

花胡瓜'212'嫁接植株苗於常溫(25°C)及低溫(10/8°C)處理六天的葉片 PSII 最大光化學效率(Fv/Fm)如圖 4 所示，常溫處理期間的 Fv/Fm 皆維持在 0.8 以上(圖 4A)。低溫處理方面，隨著低溫處理天數增加，各品種嫁接植株的葉片 Fv/Fm 有逐漸下降的趨勢。於低溫處理第六天，'鐵甲'嫁接植株的 Fv/Fm 為 0.72 顯著高於'春力'及'壯士'的 0.69 及 0.67(圖 4B)。

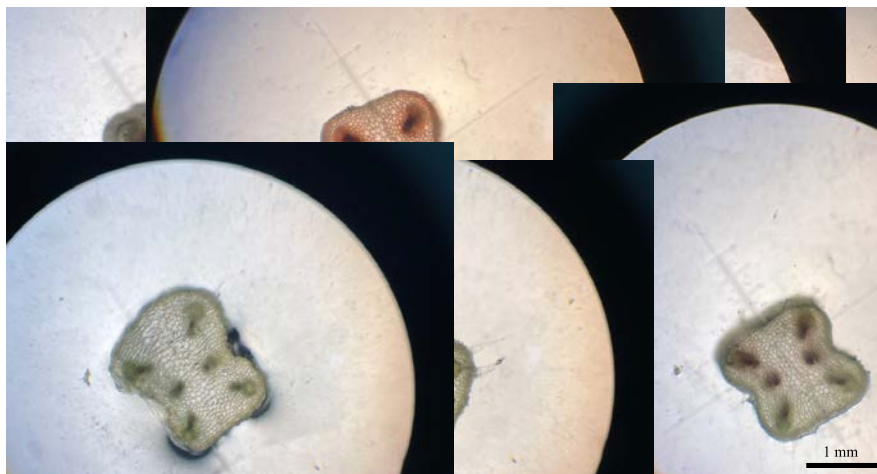


圖 2. 花胡瓜'212'嫁接四品種南瓜苗在常溫(25°C)及低溫(25/12°C)下五天移至 25°C 四天之接穗維管束染色情形。

Fig. 2. The scion's vascular of cucumber scion '212' grafted on four squash rootstock cultivars absorbed with safarin O from the plants' root after healing under normal temperature (25°C; NT) and low temperature (25/12°C; LT) for 5 days and returning to 25°C for 4 days.

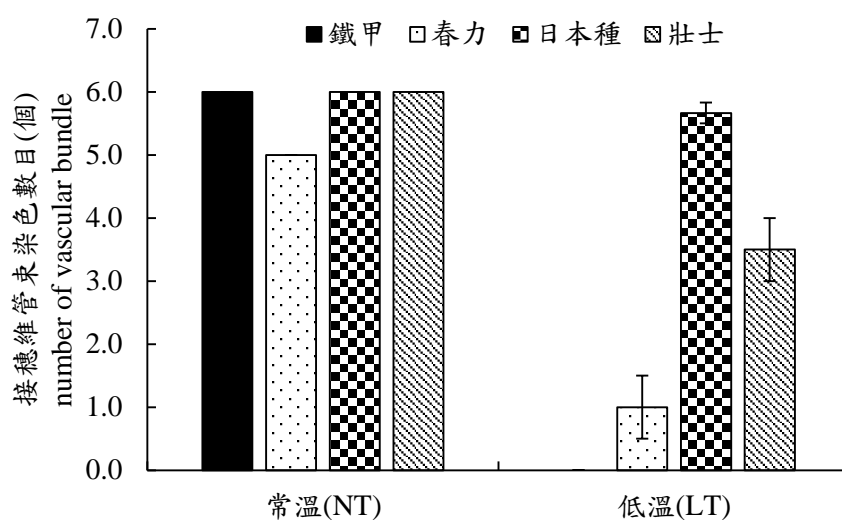


圖 3. 花胡瓜'212'嫁接四品種南瓜苗在常溫(25°C)及低溫(25/12°C)下五天移至 25°C 四天之接穗維管束染色數目。

Fig. 3. Number of vascular bundles of cucumber scion '212' grafted on four squash rootstock cultivars healing under normal temperature (25°C; NT) and low temperature (25/12°C; LT) and returning to 25°C for 4 days. Error bars indicate the standard deviation of the means.

表 1. 花胡瓜'212'嫁接四品種南瓜苗於常溫(25°C)及低溫(25/12°C)下癒合五天移至溫室生長 14 天之情形

Table 1. The growth parameters of cucumber scion '212' grafted on four squash rootstock cultivars healing under normal temperature (25°C; NT) and low temperature (25/12°C; LT) for 5 days and removed to grow for 14 days in the greenhouse.

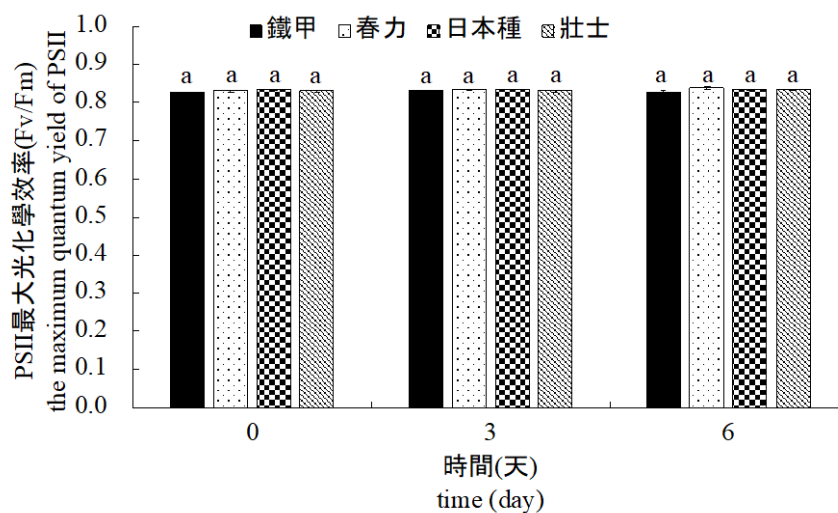
溫度 temperature	砧木 品種 rootstock cultivar	株高 (公分) plant height (cm)	葉數 (片) leaf number	接穗 葉面積 (平方公分) scion leaf area (cm ²)	地上部 鮮重 (公克) shoot fresh weight (g)	地上部 乾重 (公克) shoot dry weight (g)
常溫(NT) 25°C	鐵甲	15.6b ^z	3.5c	79.7c	4.2c	0.42c
	春力	16.7b	4.8b	98.1b	4.8b	0.47b
	日本種	19.9a	5.7a	156.6a	6.2a	0.58a
	壯士	19.4a	5.2b	151.0a	6.0a	0.60a
低溫(LT) 25/12°C	鐵甲	12.3c	3.2b	62.4c	3.5b	0.34b
	春力	13.7b	4.2a	91.8b	4.4a	0.42a
	日本種	15.0a	4.3a	98.4a	4.5a	0.45a
	壯士	15.0a	4.2a	95.1a	4.3a	0.44a
溫度		***y	***	***	***	***
砧木品種		***	***	***	***	***
溫度 x 砧木品種		*	*	***	***	**

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

^yns, *, **, *** mean non-significant or significant different at $p \leq 0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

花胡瓜'212'嫁接植株苗於常溫(25°C)及低溫(10/8°C)處理六天的接穗葉面積、總葉綠素含量、電解質滲漏率及根部吸水量，如表 2 所示。經低溫處理六天後的接穗葉面積生長於常溫相比受到抑制，低溫處理組的'壯士'嫁接植株的接穗葉面積為 174 cm² 顯著高於'春力'及'鐵甲'的 145 cm² 及 142 cm²，'壯士'與'日本種'嫁接植株的接穗葉面積無顯著差異。低溫處理六天後，'日本種'及'壯士'砧木嫁接植株葉片的總葉綠素含量顯著高於'春力'，而兩品種與'鐵甲'無顯著差異。'春力'、'日本種'及'壯士'嫁接植株電解質滲漏率介於 31-34% 顯著高於'鐵甲'的 26%。低溫處理組與常溫相比顯著抑制四品種嫁接植株的根部吸水量，而四品種砧木嫁接植株的根部吸水量介於 9-10 mL/天並無顯著差異。

(A)



(B)

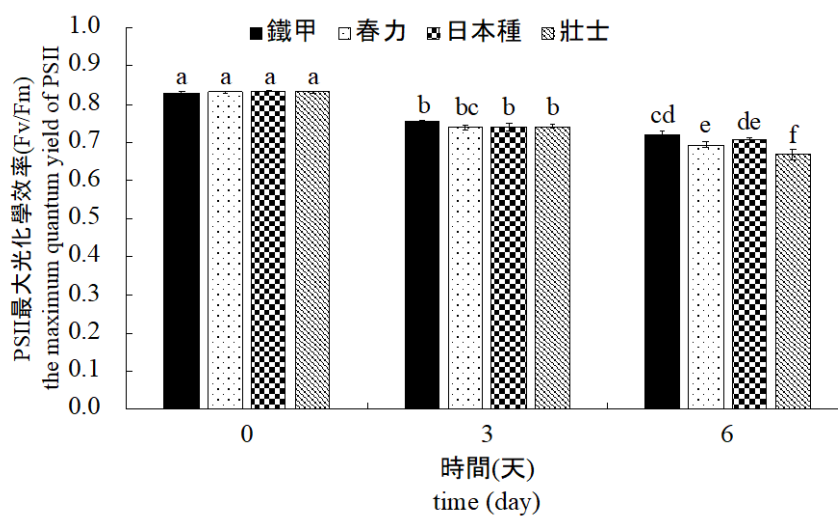


圖 4. 花胡瓜'212'嫁接四品種南瓜植株於常溫(25°C)(A)及低溫(10/8°C)(B)六天之 PSII 最大光化學效率(Fv/Fm)。

Fig. 4. The maximum quantum yield of PSII (Fv/Fm) of cucumber '212' grafted on four squash rootstock cultivars under the normal condition (25°C; NT) and the low temperature condition (10/8°C; LT).

Means with the same letter are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level. Error bars indicate the standard deviation of the means.

表 2. 花胡瓜'212'嫁接四品種南瓜植株於常溫(25°C)及低溫(10/8°C)六天後之接穗葉面積、總葉綠素含量、電解質滲漏與及根部吸水量

Table 2. The scion leaf area, total chlorophyll content, electrolyte leakage and the volume of root water absorption of cucumber '212' grafted on four squash rootstock cultivars under the normal condition (25°C; NT) and the low temperature condition (10/8°C; LT).

處理 treatment	砧木 rootstock	接穗葉面積 (平方公分) scion leaf area (cm ²)	總葉綠素含量 (微克/公克) total chlorophyll content (µg/g)	電解質滲漏率 (%) electrocyte leakage (%)	根部吸水量 (毫升/天) root absorption volume (mL/day)
正常(NT) 25°C	鐵甲	253.9a	4.4a ^z	24.3 a	30.6a
	春力	270.2a	3.8b	25.2a	31.2a
	日本種	272.9a	4.5a	25.2a	29.3a
	壯士	269.1a	4.1ab	26.7 a	28.8a
低溫(LT) 10/8°C	鐵甲	144.5b	2.6ab	26.0c	9.6a
	春力	141.9b	2.4b	30.7b	9.9a
	日本種	157.1ab	2.8a	33.3ab	8.7a
	壯士	173.9a	2.8a	33.7 a	9.5a
處理	***	***y	***	***	
品種	ns	**	***	ns	
處理 x 品種	ns	ns	***	ns	

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

^yns, *, **, *** mean non-significant or significant different at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

討 論

溫度是影響嫁接存活率的重要因素，於嫁接癒合期接穗與砧木之維管束還未連接，溫度變動容易造成種苗癒合不良影響存活率，傳統嫁接場嫁接後放置於室內一天後，便會移出至室外隧道式露天棚架，若於冬季或早春易受低溫而影響嫁接苗成活率，造成損失。

試驗結果顯示花胡瓜'212'嫁接'壯士'及'日本種'有較高的嫁接存活率，以'鐵甲'及'春力'為砧木存活率則較低(圖 1)，推論花胡瓜嫁接不同南瓜砧木有親和性差異，其可能與親緣遠近有關，親緣越近親和性越高，親緣越遠則親和性越低(Edelstein *et al.*, 2004)。本試驗使

用品種'鐵甲'及'春力'屬於印度南瓜與中國南瓜的種間雜交種(*Cucurbita maxima* × *C. moschata*)，'壯士'則為中國南瓜(*C. moschata*)。Edelstein 等人(2004)的研究顯示甜瓜(*Cucumis melo*)嫁接扁蒲(*Lagenaria siceraria*)及中國南瓜與灰籽南瓜種間雜交種(*C. moschata* × *C. argyrosperma*)於定植後 21 天的營養生長情形較慢，而甜瓜嫁接中國南瓜種內雜交種(*C. moschata* × *C. moschata*)、印度南瓜種內雜交種(*Cucurbita maxima* × *C. maxima*)及中國南瓜與印度南瓜種間雜交種(*C. moschata* × *C. maxima*)的生長快慢因使用不同品種而有親和性上的差異，穗砧品種組合需經試驗後才可得知其親和性對嫁接種苗生長的影響。

本試驗於癒合期結束時將根系洗淨浸泡 Safarin O 染劑，使植體吸收、運輸染劑後，觀察接穗是否染色，以染色維管束數量判斷砧穗維管束連通情形(圖 2)。花胡瓜嫁接四個南瓜品種可觀察到低溫(25/12°C)下維管束染色數量較少，顯示低溫下嫁接癒合組織形成較慢，延長癒合時間(圖 3)。此結果與 Yang 等人(2016)的研究相似，夜間低溫延後維管束組織的形成，夜間溫度越高有利於砧木及接穗的維管束連接，嫁接時夜間低溫不宜低於 18°C。林(2000)的研究顯示西瓜嫁接後於 25/20°C 及 20/15°C 下癒合時間會延長，在 15/13°C 下砧穗無法癒合，嫁接苗多數死亡。本試驗嫁接後將苗置於 25/12°C 下五天，花胡瓜嫁接南瓜於低溫癒合後以'壯士'及'日本種'成活率較高且維管束較早連接(圖 1 及圖 3)，而親和性佳的'壯士'與'日本種'於溫室的接穗長及接穗葉面積生長情形最佳(表 1)。馮(2019)的研究雖接穗作物不同，但結果與本試驗相似，甜瓜嫁接'壯士'的存活率較高，甜瓜嫁接'鐵甲'的存活率則較低，顯示品種間親和性會影響嫁接苗的存活率。選擇親和性佳品種於 25/12°C 五天後的癒合快，癒合後苗況一致且生長情形好，可減輕育苗業者於嫁接後管理的負擔。

花胡瓜'212'嫁接南瓜砧木於三片葉期以低溫 10/8°C 處理 6 天，結果顯示花胡瓜嫁接四種南瓜的接穗葉面積生長情形均因低溫而受到抑制，低溫造成其葉綠素含量的降低，花胡瓜'212'嫁接南瓜'壯士'的接穗葉面積及葉綠素含量的抑制程度較低。由於花胡瓜'212'嫁接南瓜'壯士'親和性較佳，低溫前植株本身的生長勢及葉片狀況較佳，而造成三片葉花胡瓜嫁接苗於低溫 10/8°C 下 6 天未出現明顯寒害，導致花胡瓜'212'嫁接南瓜'壯士'的抑制程度較低(表 2)。Zhou 等人(2007)的研究顯示花胡瓜嫁接黑籽南瓜植株與自根植株於低溫 14°C 及 7°C 七天的生長勢無顯著差異，回到常溫後的生長勢嫁接植株恢復的生長勢優於自根植株。

在植株生理方面，低溫使植株葉片出現光抑制的情形，因此低溫處理植株的 PSII 最大光化學效率(Fv/Fm)皆有下降的趨勢(Tang *et al.*, 2021; Zhou *et al.*, 2007; Zhou *et al.*, 2009)。花胡瓜'212'嫁接南瓜'鐵甲'與'日本種'砧木植株維持較高的 Fv/Fm，而'壯士'砧木嫁接植株則顯著較低(圖 4)。Zhou 等人(2007)的研究中花胡瓜嫁接耐寒植株於低溫下的 Fv/Fm 下降幅度不同，自根不耐寒植株下降至 0.56，耐寒植株的 Fv/Fm 下降較少，因此本試驗結果顯示南瓜'鐵甲'與'日本種'砧木嫁接植株在低溫下葉片的光合系統的耐寒性優於'壯士'砧木嫁接植株。

低溫會影響葉片膜體的結構。花胡瓜'212'嫁接南瓜'鐵甲'砧木有顯著較低的電解質滲

漏率，顯示低溫對膜體的傷害程度較輕(表 2)。Li 等人(2015)花胡瓜嫁接三種耐寒砧木植株的耐寒性，花胡瓜嫁接‘Tielizhen’(*C. maxima* × *C. moschata*)及‘Figleaf gourd’(*C. ficifolia* Bouche.)有較佳的耐寒性，兩者於低溫後的電解質滲漏率顯著低於花胡瓜嫁接‘Kilameki’(*C. moschata* × *C. moschata*)，與本試驗花胡瓜‘212’嫁接南瓜‘鐵甲’砧木有相同的趨勢。Zhou 等人(2007)的研究顯示花胡瓜嫁接耐寒植株與自根不耐寒植株相比，前者的膜損傷指標丙二醛含量較低，顯示耐寒植株有較好的膜穩定性。花胡瓜‘212’嫁接南瓜‘鐵甲’砧木於低溫 10/8°C 6 天有較高的 Fv/Fm 及較低的電解質滲漏率，應可減緩低溫逆境對花胡瓜嫁接植株的危害。

本研究結果顯示於 25/12°C 下以花胡瓜‘212’嫁接親和性高‘壯士’及‘日本種’有較好的癒合及生長表現，但若遇強烈低溫(10/8°C)，以花胡瓜‘212’嫁接耐寒砧木‘鐵甲’有較耐寒的特性。

參 考 文 獻

- 林俊良。2000。西瓜‘富貴二號’的嫁接栽培與果實發育。國立臺灣大學園藝暨景觀學系碩士論文。臺灣臺北。
- 馮錦來。2019。子葉、光線和低溫對銀輝甜瓜(*Cucumis melo* L.)嫁接植株生長之影響。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。臺灣臺中。
- 黃圓滿。1999。蔬菜作物的嫁接技術。臺南區農業專訊 30:9-14。
- Ahn, S. J., Y. J. Im, G. C. Chung, B. H. Cho, and S. R. Suh. 1999. Physiological responses of grafted-cucumber leaves and rootstock roots affected by low root temperature. *Sci. Hortic.* 81:397-408.
- Aloni, B., L. Karni, G. Deventurero, Z. Levin, R. Cohen, N. Katzir. M. Lotan-Pompan, M. Edelstein, H. Aktas, E. Turhan, D.M. Joel, C. Horev, and Y. Kapulnik. 2008. Physiological and biochemical changes at the rootstock-scion interface in graft combinations between *Cucurbita* rootstocks and a melon scion. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 83:777-783.
- Crino, P., C. L. Bianco, Y. Roupahel, G. Colla, F. Saccardo, and A. Paratore. 2007. Evaluation of rootstock resistance to *Fusarium* wilt and gummy stem blight and effect on yield and quality of a grafted ‘Inodorus’ melon. *HortScience* 42:521-525.
- Edelstein, M., Y. Burger, C. Horev, A. Porat, A. Meir, and R. Cohen. 2004. Assessing the effect of genetic and anatomic variation of *Cucurbita* rootstocks on vigour, survival and yield of grafted melons. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 79:370-374.
- Huang, Y., R. Tang, Q. Cao, and Z. Bie. 2009. Improving the fruit yield and quality of cucumber by grafting onto the salt tolerant rootstock under NaCl stress. *Sci. Hortic.* 122:26-31.

- Kawaguchi, M., A. Taji, D. Backhouse, and M. Oda. 2008. Anatomy and physiology of graft incompatibility in solanaceous plants. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 83:581-588.
- Li, J., P. Yang, Y. Gan, J. Yu, and J. Xie. 2015. Brassinosteroid alleviates chilling-induced oxidative stress in pepper by enhancing antioxidation systems and maintenance of photosystem II. *Acta Physiol. Plant.* 37:1-11.
- Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Meth. Enzymol.* 148:350-382.
- Muneer, S., C. H. Ko, H. Wei, Y. Chen, and B. R. Jeong. 2016. Physiological and proteomic investigations to study the response of tomato graft unions under temperature stress. *PLoS ONE* 11:e0157439.
- Pina, A. and P. Errea. 2005. A review of new advances in mechanism of graft compatibility–incompatibility. *Sci. Hortic.* 106:1-11.
- Tamilselvi, N. A. and L. Pugalendhi. 2018. Role of cucurbitaceous rootstocks on vegetative growth, fruit yield and quality of bitter melon (*Momordica charantia* L.) scions through grafting. *J. Anim. Plant Sci.* 28:811-818.
- Tamilselvi, N. A., L. Pugalendhi, and M. Sivakumar. 2016. Defence responses of cucurbitaceous rootstocks and bitter melon scions against root knot nematode *Meloidogyne incognita* Kofoid and White. *Vegetos Int. J. Plant Res.* 29:1-8.
- Tang, C., J. Xie, J. Lv, J. Li, J. Zhang, C. Wang, and G. Liang. 2021. Alleviating damage of photosystem and oxidative stress from chilling stress with exogenous zeaxanthin in pepper (*Capsicum annuum* L.) seedlings. *Plant Physio. Biochem.* 162: 395-409.
- Xu, Q., S. R. Guo, H. Li, N. S. Du, S. Shu, and J. Sun. 2015. Physiological aspects of compatibility and incompatibility in grafted cucumber seedlings. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 140:299-307.
- Yang, X., X. Hu, M. Zhang, J. Xu, R. Ren, G. Liu, X. Yao, and X. Chen. 2016. Effect of low night temperature on graft union formation in watermelon grafted onto bottle gourd rootstock. *Sci. Hortic.* 212:29-34.
- Yetişir, H., N. Sari, and S. Yücel. 2003. Rootstock resistance to *Fusarium* wilt and effect on watermelon fruit yield and quality. *Phytoparasitica* 31:163-169.
- Yetişir, H., Ş. Kurt, N. Sari, and F. M. Tok. 2007. Rootstock potential of Turkish *Lagenaria siceraria* germplasm for watermelon: plant growth, graft compatibility, and resistance to *Fusarium*. *Turk. J. Agric. For.* 31:381-388.
- Zhou, Y., L. Huang, Y. Zhang, K. Shi, J. Yu, and S. Nogués. 2007. Chill-induced decrease in capacity of RuBP carboxylation and associated H₂O₂ accumulation in cucumber leaves are alleviated by grafting onto figleaf gourd. *Ann. Bot.* 100:839-848.
- Zhou, Y., J. Zhou, L. Huang, X. Ding, K. Shi, and J. Yu. 2009. Grafting of *Cucumis sativus* onto

Cucurbita ficifolia leads to improved plant growth, increased light utilization and reduced accumulation of reactive oxygen species in chilled plants. *J. Plant Res.* 122:529-540.

Zhou, X., Y. Wu, S. Chen, Y. Chen, W. Zhang, X. Sun, and Y. Zhao. 2014. Using *Cucurbita* rootstocks to reduce *Fusarium* wilt incidence and increase fruit yield and carotenoid content in oriental melons. *HortScience* 49:1365-1369.

Effects of Low Temperature on Graft Healing and Physiology in Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Grafted onto Squash Rootstock

Yu-Ting Ko¹⁾ Yu Sung²⁾

Key words : graft compatibility, chilling tolerance, *Cucumis sativus* L., squash

Summary

Cucumber (*Cucumis sativus* L.) is continuously harvested vegetable crops. Growers often use grafted seedlings to improve the growth vigor of gourd plants in the field. However, the grafted seedlings often encounter irregular cold front during graft-healing stage in winter. The low temperature will cause chilling injury on the grafted seedlings, and the graft survival rate will decline. It is necessary to select rootstock varieties which has chilling tolerance and great graft compatibility to stabilize the growth vigor of scions under low temperature. Cucumber '212' grafted onto four squash rootstock varieties were healed at 25/12°C for 5 days. The survival rate of cucumber '212' grafted onto 'Zhuangshi' and 'Riben' were 91.7%, and their vascular bundles between rootstock and scion connected quickly. After the grafted seedlings were healed, they were moved to the greenhouse and growth for 14 days. Both of them had better plant height and scion leaf area. The results suggested that cucumber '212' grafted onto 'Zhuangshi' and 'Riben' had good grafting compatibility. Cucumber '212' grafted onto four squash rootstock varieties were grown at 10/8°C for 6 days. The cucumber '212' grafted onto chilling-tolerant squash 'Tiejia' had higher PSII maximum photochemical efficiency (Fv/Fm) and lower electrolyte leakage than grafted other rootstocks at 10/8°C for 6 days, which could keep membrane stability. The results showed that cucumber '212' grafted onto high compatibility squash rootstock 'Zhuangshi' and 'Riben' which healed at 25/12°C for 5 days had better healing process and growth vigor, but cucumber '212' grafted onto squash 'Tiejia' had higher chilling-tolerant under low temperature stress.

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

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

