

山梨糖醇混合硼酸溶液處理對'如玉' (*Pyrus* spp.) 高接梨萌芽、果實與花芽品質之影響

胡庭維¹⁾ 張哲嘉²⁾

關鍵字: 高接梨、'如玉'、抗逆境、花穗、山梨糖醇。

摘要: '如玉'梨 (*Pyrus* spp.) 為台灣目前少數可於低海拔地區進行花穗生產的品種之一，且在台灣中部發展出花穗自產自用的獨特栽培模式。然'如玉'梨在低海拔地區栽培模式之成功與否對高低溫度逆境敏感。本研究評估'如玉'梨高接後施用山梨糖醇混合硼酸溶液以改善上述問題的可行性。試驗於東勢邱氏 15 年生果園進行，並於高接後噴施 1%、2% 山梨糖醇混合硼酸 100 ppm 溶液與清水處理 (對照組)，探討對高接後萌芽率、開花、著果、果實及花穗品質之影響。各處理間萌芽率、開花與著果均無顯著差異。除 2% 山梨糖醇混和 100 ppm 硼酸溶液處理可降低果實可滴定酸含量 (0.18%) 之外，其他果實品質試項，如果實橫、縱徑、鮮重、硬度、可溶性固形物含量與水心症發生率亦無顯著差異。處理間之芽體橫、縱徑、消蕾率與花原基數量之花芽品質也無顯著差異。結果顯示'如玉'梨於高接後噴施山梨糖醇混合 100 ppm 硼酸溶液不影響其萌芽、果實與芽體發育。

前 言

'如玉'梨 (*Pyrus* spp.) 為台灣目前少數可於低海拔地區進行花穗生產的品種之一，目前在台中市東勢區發展出花穗自產自用的獨特高接 (top-working) 栽培模式。'如玉'梨可能為綠皮、早熟的品種，為'新世紀' (*P. pyrifolia*) 與中國'京白梨' (*P. ussuriensis*) 雜交的後代；而在自產花穗的栽培模式下，副梢 (bouese shoots) 上芽體可於台灣低海拔地區進行花芽分化，經培養可成

-
- 1) 國立中興大學園藝系碩士班研究生。
 - 2) 國立中興大學園藝副教授，通訊作者。

為下一年度高接所需的花穗 (flower-budwood) 來源 (施昭彰, 未發表資料)。*'如玉'*梨的栽培模式為每年在 12 月中旬至 1 月初期間進行高接, 5、6 月採收果實後留下副梢培養成花穗, 10 月初至中旬採收花穗, 經 5°C 冷藏兩個月後於 12 月中旬再一次高接, 惟*'如玉'*高接後常發生接穗成活率不穩定每花序開花數稀少問題, 影響後續果實品質與產量, 使產業發展受到限制, 而此可能與芽體分化、發育期間之高溫逆境有關 (張和許, 2015)。

Petri 和 Herter (2002) 指出, *'豐水'*與*'二十世紀'*等日本梨在暖冬的年份, 隔年春季萌芽前花芽內部花序小花已消蕾, 導致開花數量下降。而近年台灣中部地區冬春之際高接適期亦發生氣溫變動幅度大, 受到寒流侵襲影響嫁接梨穗成活 (Li and Chang, 2012)。除受低溫度影響外, 台灣中、低海拔地區栽培的梨樹, 如*'玉金香'*與*'早生黃金'*, 在 9 月高溫期間逢颱風或暴雨, 容易促使葉片提早掉落, 而解除相對休眠 (paradormancy) 並誘發不時花 (張, 2008), 或花芽雖未萌發, 經解剖後發現花序已枯死等現象 (廖, 1991; 曹, 2010)。*'如玉'*梨於夏季遭逢暴雨或颱風, 容易誘使副梢上葉片提早掉落, 落葉後不久便會有不時花開放, 導致當年採收的花穗, 高接後開花數比其他年份少 (胡庭維、張哲嘉, 未發表資料)。

綜合上述, 推測*'如玉'*梨在低海拔以高接模式生產易受到溫度逆境影響, 包含高接適期低溫將影響接穗萌芽、開花與著果表現, 以及生長期高溫造成副梢提早落葉, 影響花芽發育導致花穗品質下降, 以致隔年高接後開花表現未達標準。如何提高*'如玉'*梨的抗逆境能力, 以減少生理障礙、改善花穗品質, 為當務之急。

醣類代謝的成分變化參與落葉果樹的休眠誘導 (induction)、過程 (progress) 以及解除 (release), 以對應休眠各階段的生理反應 (Maurel *et al.*, 2004a, b; Tabaei-Aghaei *et al.*, 2003)。梨樹為薔薇科的果樹之一, 主要以山梨糖醇 (sorbitol) 為運移的糖類型態 (Kanayama, 2009), Loescher (1987) 與 Kanayama (2009) 認為薔薇科果樹在冬季休眠期間, 山梨糖醇除運移功能外, 可能參與植物抵抗逆境的生理反應, 藉由累積山梨糖醇濃度以提高抗逆境之能力。此外, 硼為植物細胞中細胞膜與果膠合成的元素之一, 能維持植物細胞的結構與細胞膜上胞器的活性 (Blevins and Lukaszewski, 1998), 糖醇物質可以與硼形成錯合物 (B-complexing polyols), 於植物韌皮部中運輸, 提高植物利用硼元素之效率 (Brown1 and Shelp, 1997)。在高接後接穗萌芽前噴施山梨糖醇混合溶液, 或可提升梨樹對於硼素的可利用性, 應有助於提升嫁接芽體的耐寒性、增加開花數和著果率, 以及增進其果實和芽體的發育 (李, 2013)。

本試驗將探討*'如玉'*梨高接後噴施不同濃度山梨糖醇混合硼酸溶液對高接萌芽率、著果率、果實及翌年花穗品質之影響, 以評估*'如玉'*梨高接後應用上述溶液以改善其生產的可行性。

材料與方法

一、試驗材料

本研究於 2014 年 12 月中旬至 2015 年 9 月，在東勢邱氏 15 年生果'如玉'梨園進行試驗。果園內植株株距 5 至 6 公尺，行距約 2 至 3 公尺，採水平棚架 (trellis system) 整枝。以完全逢機方式 (CRD) 選生長勢相近之'橫山'梨植株進行標記，每處理 3 株樹，共 9 株樹。'如玉'梨花穗為 2013 年 10 月初至中旬採收，經 5°C 冷藏 2 個月後，並於 2014 年的 12 月 23 日進行高接，每株樹高接 20-40 個'如玉'梨接穗。

二、試驗方法

(一) 山梨糖醇混合硼酸溶液處理：2014 年 12 月 23 日嫁接後分別於 2014 年 12 月 30 日、2015 年 1 月 6 日、13 日、20 日全株噴施，累計 4 次，每處理 3 株樹。

處理方式：

1. Control：施用清水。
2. 1% sorbital (D-sorbitol, 欣宏生化科技股份有限公司, 台灣)：全株噴施，於 12 月 30 日、1 月 13 日施用，另每次均添加 100 ppm 硼酸(H_3BO_3 , 林純藥劑工業株式會社, 日本)。
3. 2% sorbital：全株噴施，於 12 月 30 日、和 1 月 13 日施用，每次均添加 100 ppm 硼酸。

(二) 高接後之表現：於 2015 年 2 月 3 日調查高接後的每單穗萌芽率、開花與著果表現。

調查項目：

1. 萌芽率 = (萌發的芽數/高接後所有的芽數) × 100%
2. 開花率 = (開花的芽數/高接後所有萌發的芽數) × 100%
3. 著果率 = (著果數量所有開花數) × 100%
4. 單一接穗著果數

(三) 果實品質分析：

於 2015 年 6 月 4 日採收果實，每株樹縫機採收 3-6 顆果實，共 15 顆，測果重、果徑、果心直徑、硬度 (FT327, ALTEST, Italy)、可溶性固型物含量 (Digital held "Pocket" Refractometer, PAL-1, ATAGO, Japan)、可滴定酸含量 (果汁酸度計 FS-2, ATAGO, Japan, 以 0.1 N NaOH 滴定至酚酞指示劑變色) 與水心症 (watercore) 發生率等項目。水心症發生率 = (肉眼可見果肉水浸狀褐化之果實數量/採樣的果實數量) × 100%。

(四) 花芽品質：

於 2015 年 9 月 9 日於採收副梢花穗，由於受到颱風影響，試驗植株上的'如玉'梨花穗大部分已萌芽開花，因此各處理只有逢機剪取 3 支進行花芽品質調查。調查項目包括：花穗上花芽直徑、橫徑、消蕾率 (圖 2) 率與花芽內小花原基 (floral primordium) 數目。

(五) 統計分析：

所得之數據以 SAS 9.0 (SAS Institute Inc., North Carolina, USA)進行 LSD test，分析處理間是否具有顯著差異 (P = 0.05)。

結 果

一、山梨糖醇混合硼酸溶液處理對'如玉'高接萌芽、開花及著果之表現:

對照組、1%及 2%混合液處理組之高接萌芽率分別為 42.7%、69.9%、71.6%；開花率分別為 36.9%、62.5%、67.3%；單穗開花數分別為 3.3、3.9、4.3；著果率分別為 57%、59.2%、64%；單穗著果數分別為 2.0、2.5、3.5，各處理間均無顯著差異(表 1)。

表 1. 不同濃度山梨糖醇混合硼酸溶液處理對'如玉'梨高接萌芽、開花與著果之影響。

Table 1. The effects of different concentrations of sorbitol mixed with boric acid solution on bud break, flowering, and fruit sets in top-worked 'Ruh Yue' pears.

Treatment	Bud break rate (%) ^w	Flowering rate (%) ^x	Flowers (No.)	Fruit set rate (%) ^y	Fruit set per-scion (No.)
Control	42.7 ± 16.0 a ^z	36.9 ± 17.9 a	3.4 ± 0.4 a	57.0 ± 17.0 a	2.0 ± 1.0 a
1% sorbitol + boric acid	69.6 ± 23.3 a	62.5 ± 24.9 a	4.0 ± 0.6 a	59.2 ± 16.5 a	2.5 ± 0.9 a
2% sorbitol + boric acid	71.6 ± 13.5 a	67.3 ± 5.1 a	4.3 ± 0.3 a	64.0 ± 11.6 a	3.5 ± 0.8 a

^w Bud break rate (%): (number of bud break/total number of scions of top-woking) × 100%.

^x Flowering rate (%): (number of buds on flowering/total number of bud on bud break) × 100%.

^y Fruit set rate (%): (number of fruit set/number of flowers on a inflorescence) × 100%.

^z Means ± S-D followed by the same letter within columns were not significantly different by LSD test at 5% level (n = 3).

二、山梨糖醇混合硼酸溶液處理對'如玉'高接梨果實品質之影響:

對照組、1%和2%混合液處理之可滴定酸含量分別為0.23%、0.25%、0.18%，除2%山梨糖醇處理顯著降低果實可滴定酸含量之外，果實橫、縱徑、鮮重、硬度、可溶性固形物含量與水心症發生率皆無顯著差異(表2)。

三、山梨糖醇混合硼酸溶液處理對'如玉'花芽品質之影響:

對照組、1%、2%混合液處理之花芽橫徑分別為9.3 mm、9.4 mm、10.2 mm；花芽縱徑分別為5.9 mm、5.6 mm、5.9 mm；花芽消蕾率分別為9.5%、4.8%、19.1%；花芽內小花原基數量分別為7.9、8.2、8.2，各處理間均無顯著差異(表3)

表2. 不同濃度山梨糖醇混合硼酸溶液處理對'如玉'梨果實品質之影響。

Table 2. The effects of different concentrations of sorbitol mixed with boric acid solution on fruit quality in top-worked 'Ruh Yue' pears.

Treatment	Fruit length (mm)	Fruit width (mm)	Fresh weight (g)	Firmness (kg/cm ²)
Control	80.7 ± 6.8 a ^z	91.1 ± 6.9 a	389.6 ± 89.8 a	3.6 ± 0.4 a
1% sorbitol + boric acid	80.3 ± 4.6 a	90.7 ± 8.4 a	382.0 ± 88.3 a	3.9 ± 0.5 a
2% sorbitol + boric acid	84.7 ± 2.7 a	96.5 ± 2.6 a	454.5 ± 28.2 a	3.5 ± 0.3 a
Treatment	Soluble solid content (°brix)	Titrateable acid (%)	Watercore incidence (%) ^y	
Control	10.8 ± 0.6a	0.23 ± 0.0 b	0 ± 0 a	
1% sorbitol + boric acid	10.8 ± 0.9 a	0.25 ± 0.0 b	33.3 ± 28.9 a	
2% sorbitol + boric acid	11.3 ± 0.3 a	0.18 ± 0.0 a	11.1 ± 9.6 a	

^y Watercore incidence: (number of fruits that suffering in watercore/total of collected fruits) × 100%

^z Means ±S-D followed by the same letter within columns were not significantly different by LSD test at 5% level. (n = 3)

表 3. 不同濃度山梨糖醇處理對'如玉'梨花芽品質之影響。

Table 3. The effects of different concentrations of sorbitol mixed with boric acid solution on flower bud quality in top-worked 'Ruh Yue' pears.

Treatment	Bud length (mm)	Bud width (mm)	Abortion ^y (%)	Floral primordium per bud (No.)
Control	9.3 ± 0.1 a ^z	5.94 ± 0.5 a	9.5 ± 8.2 a	7.9 ± 0.2 a
1% sorbitol + boric acid	9.4 ± 0.6 a	5.6 ± 0.4 a	4.8 ± 8.2 a	8.2 ± 0.2 a
2% sorbitol + boric acid	10.2 ± 0.7 a	5.9 ± 0.2 a	19.1 ± 8.2 a	8.2 ± 0.6 a

^y Abortion (%): (number of abortive buds/total number of flower buds) × 100%.

^z Means ± S:D followed by the same letter within columns were not significantly different by LSD test at 5% level. (n = 3).



圖 1. 不同濃度山梨糖醇處理後的'如玉'梨果實。(2015 年 6 月 4 號採收) (Scale = 15 cm)。

Fig 1. 'Ruh Yue' pear fruit after different concentrations of sorbitol mixed with boric acid solution treatment. (Fruits were harvested on June 4, 2015) (Scale = 15 cm).

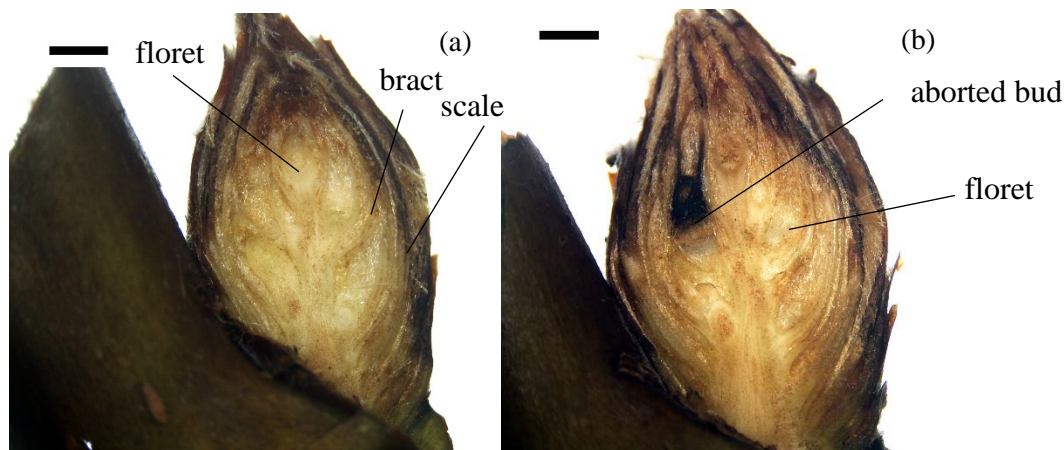


圖 2. '如玉'梨(a)正常花芽(b)消蕾花芽。(2015 年 08 月 14 日採樣) (Scale = 1 mm)。

Fig. 2. (a) Normal flower bud and (b) aborted flower bud borne to bourse shoot in 'Ruh Yue' pear. (Samples were collected on August 14, 2015) (Scale = 1 mm).

討 論

山梨糖醇是薔薇科果樹主要糖類運移型態，主要藉由韌皮部與木質部進行運移 (Moing *et al.*, 1997; Kanayama, 2009; Ito *et al.*, 2012)。相較於蔗糖，山梨糖醇在維管素運輸的糖類中佔 50% 以上，在蘋果植株韌皮部運移的糖類含 63-75% 的山梨糖醇 (Klages *et al.*, 2001)、杏則含有 65-75% (Bieleski and Redgwell, 1985)。山梨糖醇亦為薔薇科果樹的光合產物貯藏型態，除累積在果實中，亦普遍存在於植物芽、莖、葉與種子等器官中 (劉, 1985; Cheng *et al.*, 2008)。

落葉果樹的物候期變化於秋季植株落葉後停止合成碳水化合物，故需在未落葉前於枝條內累積碳水化合物，使隔年春季休眠芽體有足夠的能量萌芽、開花與著果 (劉, 1985; Yamane, 2014)。Ito 等 (2012) 指出 '幸水' 梨花芽從內生休眠轉變成生態休眠期間，鄰近芽體枝條中的澱粉逐漸被分解，使樹液內山梨糖醇濃度逐漸提高，說明可能需要大量可溶性糖以供應芽體萌發及生長。其他薔薇科果樹，如蘋果 (Alves *et al.*, 2007) 與桃 (Maurel *et al.*, 2004a)，也有在休眠解除後木質部中醣類 (山梨糖醇、甘露醇等) 濃度增加的現象。Loescher (1987) 與 Kanayama (2009) 認為，冬季休眠期間醣類代謝，除了增加可溶性糖提供碳源之外，也可能參與植株抵抗低溫與乾旱重要的生理反應。Ito 等 (2013) 發現，'幸水' 梨樹體內山梨糖醇濃度變化與溫度有關連性，在 0°C 與 6°C 兩種溫度下，0°C 中木質部樹液中含有較高濃度的山梨糖醇，認為梨樹在低溫環境下增加樹液中可溶性糖含量，有助於提高抗寒能力，其機制可能為調節細胞滲透

壓；藉由增加溶質以提高水分潛勢以維持住細胞含水量、限制水分子自由度和降低原生質冰點以減少低溫造成胞器膜體變性進而導致細胞破裂 (Wellinga and Palvab, 2006; Kanayama, 2009)。

在梨樹高接後噴施山梨糖醇溶液，應能增加山梨糖醇於高接穗木和周邊枝梢的累積量，減少接穗與砧木競爭枝條內之養分，有助於芽體萌發與發育，並期能提高接穗抗寒能力以減少高接初期遭受寒流侵襲之影響，並增加高接成功率、開花與著果表現 (李, 2013)。然本試驗'如玉'梨高接後噴施山梨糖醇溶液，對未能提高高接後萌芽率、開花與著果表現，可能因受限於試驗植株數量太少，重複數不足，加以植株間個體差異較大，致使統計後無顯著差異。

硼為高等植物必需的微量元素之一，參與植物細胞壁、原生質膜與果膠的組成 (Ganie *et al.*, 2013)。Raven (1980)指出由木質部運輸硼元素，其運輸速率受到蒸散作用影響。在薔薇科果樹中硼運輸研究發現，硼與糖醇類形成錯合物 (B-complexing polyols)，可在韌皮部進行運輸 (Brown and Shelp, 1997; Lehto *et al.*, 2004)。另外，Brown 等 (1999)在煙草中轉入蘋果合成山梨糖醇酵素的基因，山梨糖醇與硼結合的錯合物，可在韌皮部運輸不受蒸散作用影響，提高菸草於維管束中運輸硼的能力，且有效率地分配到植物其它器官，使成熟的組織中硼的利用效率增加，幫助生長與發育。Will 等 (2012)在荔枝與黃豆葉面噴施硼酸溶液，發現混合山梨糖醇的硼酸溶液，能增加荔枝與黃豆吸收硼的能力，比單純噴施硼酸，有添加山梨糖醇溶液的處理對硼吸收能力更好。因此在高接後噴施山梨糖醇，可提升梨樹對於硼素的可利用性，於接穗萌芽初期，梨樹從土壤中吸收硼的能力上升，增加樹體內硼素的累積 (李, 2013)，使其它器官分配到足夠的硼元素，如小花、小果與幼嫩的副梢中，對果實、葉片與芽體的生育有正面的助益。

本試驗於'如玉'梨高接後噴施 2% 山梨糖醇混合 100 ppm 硼酸溶液可降低果實可滴定酸含量 (表 2)。果實最終的有機酸含量為酸合成、降解、利用及貯存之淨平衡 (Yamaki, 1984)，而果實內有機酸含量下降與果實肥大造成的稀釋作用、有機酸分解增加或合成減少和有機酸轉換為其他物質等有關 (Tucker, 1993)，由於本次試驗樣品數少且重複數變異大，較難直接由統計分析結果討論可能原因，未來應朝上述方向釐清可滴定酸含量下降之原因。

另部分經山梨糖醇混合硼酸溶液處理之果實，果肉剖面具水心症病徵 (表 2；圖 1)，1% 處理之果實發生率達 33% 左右，2% 處理達 11%，雖統計分析各處理的水心症發生率無顯著差異，但仍應評估山梨糖醇混合硼酸溶液施用對於'如玉'梨果實是否有負面效果，並研究釐清其詳細原因。趙 (2007)指出採收成熟度愈高的梨果，其水心症之發生率明顯提高，本試驗各處理的果實高接及採收時間皆同，山梨糖醇處理的果實應無採收成熟度過高問題。糖類累積亦為誘發發生水心症之原因。劉和張 (2005)指出梨果實發生水心症原因，為梨果實中山梨糖醇脫氫酵素 (sorbitol dehydrogenase) 失去活性，致使山梨糖醇不能被轉化為果糖並貯存於細胞內液胞，便累積在細胞間隙，導致此處滲透壓 (osmotic pressure) 增高，從細胞中吸取水分，故

呈水浸斑狀，另亦可能因山梨糖醇與硼結合之錯合物運移能力增加 (Will *et al.*, 2012)，導致'如玉'梨果實果肉細胞間隙累積過多的山梨糖醇，進而部分果實誘發水心症。

Marafon 等 (2011)認為醣類代謝與消蕾花芽之間存在關聯，在逆境下梨花芽中澱粉分解酶(starchy enzymes)活性下降，導致貯藏在枝條中的澱粉無法被轉化為可溶性糖類運移至花芽中，造成花芽內花序生理反應異常，最終消蕾、芽體死亡。另一方面，楊等 (2016)與劉等 (2016)指出消蕾花芽中微量元素的含量，如硼、鎂、鋅等，皆低於正常花芽，推論花芽內的微量元素缺乏為造成花芽消蕾的主因之一。若藉由噴施山梨糖醇混合硼酸溶液，因能增加'如玉'梨萌芽初期幼嫩副梢中硼素累積，維持細胞結構穩定性，同時山梨糖醇提高植物抗逆境能力與初期養分供給，藉此改善'如玉'梨花穗品質問題。本試驗噴施山梨糖醇混合硼酸醇溶液對'如玉'梨花芽品質沒有顯著差異，可能受到8月期間蘇迪勒(8月6日)與天鵝(8月20日)颱風影響提早落葉，導致9月中旬'如玉'梨試驗植株副梢上的花芽大量萌芽、開花，除減少調查的樣本數，造成樣本間差異過大外，亦可能使副梢枝條內部的貯存澱粉減少，導致翌年花芽萌動時可使用的可溶性糖類減少而影響試驗結果。未來應在樣品充足的情況下再重複試驗，或可釐清山梨糖醇混和硼酸溶液施用對'如玉'梨果實與花芽發之影響。

誌 謝

本研究承行政院農委會農業試驗所 施昭彰博士、國立台灣大學園藝暨景觀學系 李國譚博士提供寶貴意見，謹此致謝。

參 考 文 獻

- 李國譚。2013。抗逆境嫁接梨生產技術。行政院農業委員會農糧署 102 年度科技計畫研究報告。<<http://140.137.11.136/handle/987654321/24726>>。pp.13-20。
- 張祐銘。2008。低海拔高接梨花穗品質與高接梨果實發育關係之研究。國立中興大學園藝研究所碩士論文。57pp。
- 張哲嘉、許怡萱。2015。臺灣西部平地溫帶果樹發展。農業試驗所特刊第 189 號。行政院農業委員會農業試驗所編印。pp. 66-88。
- 曹靖玟。2010。玉金香高接用花穗的花序發育。國立台灣大學生態學與演化生物學研究所碩士論文。91pp。
- 廖萬正。1991。利用“二次催芽栽培法”在本省低海拔地區生產高需冷性東方梨。臺中區農業改良場研究彙報 32: 33-39。
- 趙婉琪。2007。嫁接'豐水'梨果肉水心症之研究。國立宜蘭大學園藝學系碩士論文。91pp。

- 楊盛、郝國偉、張曉偉、白牡丹、李凱、石美娟、陳培紅、郭黃萍、李六林。2016。'玉露香梨'僵芽發生與礦質營養的關係。林業科學 52: 127-133。
- 劉熙。1985。有機物質的代謝、轉化與貯存。果樹生理與栽培。五周出版社。pp. 62-118。
- 劉雲聰、張哲嘉。2005。'豐水'梨梨蜜症的發生與預防對策。梨栽培管理技術研討會專集 pp. 193-215。
- 劉雅、張虎平、張紹鈴、陶書田。2016。梨萌芽期僵芽和正常芽的生理差異分析。南京農業大學學報 39: 373-378。
- Alves, G., M. Decourteix, P. Fleurat-Lessard, S. Sakr, M. Bonhomme, T. Ameglio, A. Lacoite, J. L. Julien, G. Petel, and A. Guilliot. 2007. Spatial activity and expression of plasma membrane H⁺-ATPase in stem xylem of walnut during dormancy and growth resumption. *Tree Physiol.* 27: 1471-1480.
- Bieleski, R. L. and R. J. Redgwell. 1985. Sorbitol versus sucrose as photosynthesis and translocation products in developing apricot leaves. *Aust. J. Plant Physiol.* 12: 657-668.
- Brown, P. H. and B. J. Shelp. 1997. Boron mobility in plants. *Plant and Soil* 193: 85-101.
- Brown, P. H., N. Bellaloui, H. Hu, and A. Dandekar. 1999. Transgenically enhanced sorbitol synthesis facilitates phloem boron transport and increases tolerance of tobacco to boron deficiency. *Plant Physiol.* 119: 17-20.
- Cheng, Y., O. Arakawa, M. Kasai, and S. Sawada. 2008. Analysis of reduced photosynthesis in the apple leaf under sink-limited conditions due to girdling. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 77: 115-121.
- Ganie, M. A., F. Akhter, M. A. Bhat, A. R. Malik, J. M. Junaid, M. A. Shah, A. H. Bhat, and T. A. Bhat. 2013. Boron – a critical nutrient element for plant growth and productivity with reference to temperate fruits. *Curr.Sci.*104: 76-85.
- Ito, A., D. Sakamoto, and T. Moriguchi. 2012. Carbohydrate metabolism and its possible roles in endodormancy transition in Japanese pear. *Sci. Hort.* 144: 187-194.
- Ito, A., T. Sugiura, D. Sakamoto and T. Moriguchi. 2013. Effects of dormancy progression and low-temperature response on changes in the sorbitol concentration in xylem sap of Japanese pear during winter season. *Tree Physiol.* 33: 398-408.
- Klages, K., H. Donnison, J. Wunsche, and H. Boldingh. 2001. Diurnal changes in non-structural carbohydrates in leaves, phloem exudate and fruit in 'Braeburn' apple. *Aust. J. Plant Physiol.* 28: 131-139.
- Kanayama, Y. 2009. Physiological roles of polyols in horticultural crops. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 78: 158-168.
- Loescher, W. H. 1987. Physiology and metabolism of sugar alcohols in higher-plants. *Physiol. Plant* 70: 553-557.

- Lehto, T., M. Räisänen, A. Lavola, R. Julkunen-Tiitto, and P. J. Aphalo. 2004. Boron mobility in deciduous forest trees in relation to their polyols. *New Phytol.* 163: 333-339.
- Li, K. T. and J. C. Chang. 2012. A multi-cultivar annual topworking system for Asian pear production in subtropical Taiwan. *Acta Hort.* 903: 707-709.
- Moing, A., F. Carbonne, B. Zipperlin, L. Svanella, and J. P. Gaudillere. 1997. Phloem loading in peach: symplastic or apoplastic? *Physiol. Plant.* 101: 489-496.
- Maurel, K., G. B. Leite, M. Bonhomme, A. Guilliot, R. Rageau, G. Pétel, and S. Sakr. 2004a. Trophic control of bud break in peach (*Prunus persica*) trees: a possible role of hexoses. *Tree Physiol.* 24: 579-588.
- Maurel, K., S. Sakr, F. Gerbe, A. Guilliot, M. Bonhomme, R. Rageau, and G. Pétel. 2004b. Sorbitol uptake is regulated by glucose through the hexokinase pathway in vegetative peach-tree buds. *J. Exp. Bot.* 55: 879-888.
- Marafon, A. C., I. Citadin, L. do Amarante, F. G. Herter, and F. J. Hawerth. 2011. Chilling privation during dormancy period and carbohydrate mobilization in Japanese pear trees. *Sci. Agric.* 68: 462-468.
- Petri, J. L. and F. G. Herter. 2002. Nashi pear (*Pyrus pyrifolia*) dormancy under mild temperature climate condition. *Acta Hort.* 587: 353-361.
- Raven, J. A. 1980. Short and long distance transport of boric acid in plants. *New Phytol.* 84: 231-249.
- Tabaei-Aghdai, S. R., R. S. Pearce, and P. Harrison. 2003. Sugar regulate cold-induced gene expression and freezing-tolerance in barley cell cultures. *J. Exp. Bot.* 54: 1565-1575.
- Tucker, G. A. 1993. Introduction. In: *Biochemistry of fruit ripening*, Seymour, Taylor and Tucker (eds.), Chapman and Hall, London. pp. 1-51.
- Welling, A. and E. T. Palva. 2006. Molecular control of cold acclimation in trees. *Physiol. Plant* 127: 167-181.
- Will, S., T. Eichert, V. Fernández, T. Müller, and V. Römheld. 2012. Boron foliar fertilization of soybean and lychee: Effects of side of application and formulation adjuvants. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 175: 180-188.
- Yamiki, S. 1984. Isolation of vacuoles from immature apple fruit flesh and compartmentation of sugars, organic acids, phenolic compounds and amino acid. *Plant Cell Physiol.* 28: 557-564.
- Yamane, H. 2014. Regulation of bud dormancy and bud break in Japanese apricot (*Prunus mume* Siebold & Zucc.) and peach [*Prunus persica* (L.) Batsch]: A Summary of Recent Studies. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 83: 187-202.

The Effect of Sorbitol Mixed with Boric Acid on Bud Break, Fruit, and Flower Bud Quality in Top-Worked 'Ruh Yue' Pears (*Pyrus* spp.)

Ting-Wei Hu ¹⁾ Jer-Chia Chang ²⁾

Keyword: Top-working pear, 'Ruh Yue', Stress tolerance, Flower-budwoods, Sorbitol

Summary

A self-sufficient production model of flower-budwoods under top-working system for 'Ruh Yue' pear (*Pyrus* spp.) have been developed in lowland region central Taiwan. However, the 'Ruh Yue' pear is sensitive to temperature stress, and in order to improve its stress tolerance, we investigated the efficacy of spraying sorbitol mixed with boric acid solution on top-worked pears. Particularly, we aimed to investigate the effect of different concentrations of solution on the bud break, flowering, fruit set, fruit quality, and flower-budwood quality, and we also assessed the feasibility of solution treatment on 'Ruh Yue' pears. There were no significant differences in bud break, flowering, and fruit set after sorbitol solution treatment. However, 2% sorbitol with 100 ppm boric acid treatment reduced the titratable acid content (0.18%). Additionally, there were no significant differences in fruit size, core size, firmness, soluble solids content, and watercore incidence upon treatments. Lastly, flower bud quality was not significantly affected by sorbitol treatment. It was indicated that, application of sorbitol mixed with boric acid solution does not affect fruit and flower bud development in top-worked 'Ruh Yue' pears.

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

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