

高接梨施用不同濃度硼對新梢生長之影響¹

劉惠菱²、徐錦木^{3*}

摘 要

高接梨生產過程中，萌芽後須多次進行摘心及除梢工作，耗費人力及時間成本。為簡化此流程，本研究於梨穗高接後新梢生長至4片葉及7片葉完全展開時分別施用硼500 ppm、250 ppm及170 ppm，結果可提早新梢停心及控制新梢伸長，皆顯著抑制新梢生長。試驗結果以7片葉完全展開時施用硼500 ppm，於新梢停心及停止伸長日數分別為15日及16.9日有最佳效果，但會造成葉片損傷，本研究中僅硼170 ppm處理未出現葉片損傷表現。硼處理之著果率以4片葉完全展開時，採硼250 ppm及170 ppm處理為最佳，分別為71.7%及66.7%。因此綜合考量建議於4片葉完全展開時施用硼170 ppm，即可達抑制新梢生長效果，且不影响後續著果數，可兼顧摘心及除梢之省工栽培及維持產量。

關鍵字：硼、抑梢、果實品質

前 言

高接梨為臺灣特殊生產梨果的方式，其栽培方式為12月中旬至隔年2月下旬間，以帶有花芽之梨枝條為接穗高接於砧木(橫山梨、豆梨及鳥梨等)徒長枝上，嫁接後約20-30天開花，依接穗品種不同於5-9月間採收。高接前後為使作為砧木枝梨樹能順利萌芽，常使用4-5%氰氨化鈣之澄清液加200倍美利得青液肥全樹噴施，促進梨樹萌芽(徐與黃，1990)。由於梨芽為複合芽，內含花序及葉芽(圖一)，新梢生長旺盛時會與花序形成養分競爭，不利著果，因此果農多在4片葉完全展開前多次進行摘心或剪除新梢(圖二)，抑制營養生長以促進著果，提升著果率，但此舉耗費相當多的人力及時間成本。

植株正常栽培下硼主要透過木質部從土壤中運輸至植體(Clarkson & Hanson, 1980; Raven, 1980)，並在植體中傾向於累積在葉片及幼果等小範圍移動區域，並透過木質部的供給及韌皮部的再分配(Shelp, 1993)。且硼在大部分植物為組成分生組織重要成分，

¹ 農業部臺中區農業改良場研究報告第1119號

^{2,3} 農業部臺中區農業改良場研究助理、助理研究員

*通訊作者：徐錦木，Email: hsucm@tcdares.gov.tw

Warington(1923)在培養皿試驗中證明缺硼會導致植物死亡，若再添加硼可使植物再次生長；除此之外硼亦會影響細胞壁結構、代謝作用、質膜完整性、苯酚代謝及 IAA 的擴散等。植物在酸性土壤中以硼酸(H_3BO_3)的形式吸收土壤中的硼，而在中性或鹼性 pH 值下則以四氫基硼酸鹽 $[\text{B}(\text{OH})_4^-]$ 的形式吸收(Vera-Maldonado *et al.*, 2024)。植物透過質膜通道吸收硼酸，並經由特定載體以 $\text{B}(\text{OH})_4^-$ 形式運輸(Stangoulis *et al.*, 2001; Yoshinari & Takano, 2017)。

硼對果樹著果具有關鍵作用。在梨(*Pyrus pyrifolia*)上的研究顯示，花後葉面施用 200 mg L^{-1} 硼酸顯著促進花粉萌芽及花粉管生長，並增加花藥及花粉重量(Lee *et al.*, 2009)。在草莓上，葉面及土壤施用硼可提高花粉活力達 71.8 % (Saridaş *et al.*, 2021)。在‘哈斯’酪梨中，一定的硼濃度範圍內(每株樹 15 g)與初期著果率呈強烈正相關，施用硼可改善自花授粉後的著果(Hapuarachchi *et al.*, 2022)。此外，硼在梨果類中可與多元醇(如山梨醇)形成穩定複合物，促進硼在韌皮部中的移動與再分配(Minchin *et al.*, 2012)。

硼具有抑制新梢生長的效果已在多種作物上獲得證實。如南瓜幼苗使用 40 ppm 硼於 72 hr 後根系生長停止且抑制莖伸長(Lovatt & Bates, 1984)；亦有研究指出葡萄開花期前單獨施用硼調整植體碳氮比，抑制結果枝新梢之徒長(謝，1988；Abd *et al.*, 2011)。此外葡萄及枇杷噴施過磷酸鈣 100 倍或第一磷酸鈣配合硼酸 800 倍，可減少新梢節位數而達抑梢效果(林與張，1994；葉等，2012)。

因此本研究以不同濃度硼分別於新梢 4 片葉及 7 片葉時完全展開施用，探討濃度與施用時期對新梢生長之影響，期能找到最適施用濃度及時期，以達到使用噴施硼即可調整新梢長度，提升著果率，減少果園摘心的作業勞力，穩定高接梨生產品質。



圖一、梨接穗開花時花序及腋芽同時生長形成養分競爭。

Fig.1. When pear scions bloom, the inflorescence and axillary buds grow simultaneously, created competition for nutrients.



圖二、農民通常於腋芽長出 3-4 片葉時進行摘心作業，耗費大量人力。

Fig.2. Farmers typically pinch off the tips of axillary buds when they have grown 3-4 leaves, which requires a lot of manpower.

材料與方法

一、試驗及調查方法：

(一)試驗材料及設計

2022 年 1 月 18 日於本場以梨‘台中 2 號’為砧木，高接已滿足低溫需求梨‘台中 5 號’之梨穗，並於高接後 5 日內以 5% 氰氨化鈣之澄清液加 200 倍美利得青液肥(精澧農業)催芽處理，2 月 10 日開始萌芽。

試驗採完全區集設計(RCBD)，分別於 4 片葉完全展開時與 7 片葉完全展開時(圖一)施用硼($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)，B 含量 20.5%。以單株砧木梨‘台中 2 號’為一小區，共分為 3 小區，每小區隨機選取生長一致枝條，重複數為 3 枝。處理濃度包括 170 ppm(1,200 倍)、250 ppm(800 倍)、500 ppm(400 倍)及對照組(不施硼)，每一枝條施用量約 3 mL。



(A)



(B)

圖三、4 片葉(A)及 7 片葉(B)完全展開。

Fig.3. Fourth leaf stage (A) and sevenyh leaf stage.

(二)調查方法及項目：

每枝條於硼處理前調查 0 天數據，包含處理前新梢長度、節間數及開花數，並於每隔 3-4 天調查一次，調查至該枝條新梢停止生長。調查項目為整枝新梢長度、枝條節數、

枝梢停心(如圖二)及停止伸長日數、節間長度、新梢停止生長前總生長長度(計算公式：處理後新梢長度－處理前新梢長度)、每枝著果數、每枝採收果實數，並計算著果率(計算公式：著果數÷開花數×100%)。果實成熟採收後測量重量、果實長度及寬度，並以果實硬度計(fruit hardness tester, Lutron Electronic, model FR- 5120)測量果肉硬度，數位式屈折計(hand refractometer; Atago, model PR210a)測量果肉總可溶性固形物等果實品質相關數據。

數據分析以 SAS enterprise guide 進行最小顯著差異(Fisher's least significant difference, LSD test)分析，顯著水準以 P 值為 5% 為界，分析各處理間有無顯著差異。



圖四、梨枝梢停心情形。

Fig. 4. Pear shoot growth cessation.

結 果

噴施不同硼濃度對高接後新梢生長的結果(詳如表一)，在萌芽至新梢停止生長日數、新梢停心及停止伸長日數上，不論是在 4 片葉或 7 片葉完全展開時處理，有施用硼者皆有縮短萌芽至新梢停止生長日數，及促進新梢停心及停止伸長的效果。並以 4 片葉完全展開時以 500 ppm 硼處理之效果最佳，萌芽至新梢停止生長日數較不施用硼之處理縮短 14.9 日；表示施用硼可以加速新梢停心並停止新梢伸長達抑制新梢生長效果。

在新梢長度及節間數增加量的結果(表二)與表一結果相似，施用硼可以減少新梢長度及節間數，4 片葉完全展開時以硼 250 ppm 及 7 片葉完全展開時以硼 0.050 % 處理新

梢總長度較短，分別為 25.1 及 25.3 cm；7 片葉完全展開時處理新梢伸長之長度及增加的節間數較少，分別為 10.1 cm 及 1.9。節間長度不論是否施用硼之結果差異不大，以 7 片葉完全展開時施用硼濃度 500 ppm 具顯著較長，為 6.1 cm。

綜合上述結果顯示，施用硼抑制新梢生長，主要為縮短新梢生長日數，即減少新梢細胞分裂速度，以及減少節間數。但在硼高濃度處理下葉片容易受損，由圖三可得知不論是在 4 片葉或 7 片葉完全展開時處理硼 500 ppm 及 250 ppm 皆會對葉片造成損傷，綜合考量兼具縮短新梢停心及停止伸長日數、新梢長度及減少節間數的效果，以 4 片葉或 7 片葉完全展開時施用硼 170 ppm，為最佳處理條件。

表一、不同硼濃度對高接後梨新梢生長相關物候性狀

Table 1. Effects of different boron concentrations on phenological traits related to the growth of shoots in grafted pears

Concentration(ppm)	Days from budbreak to shoot growth cessation	Days to terminal bud formation	Days to cessation of shoot elongation
CK	44.8 a ^z	30.1 a	34.2 a
4 leaf stage 500	29.9 b	27.3 ab	38.3 a
250	34.8 b	29.1 ab	38.6 a
170	35.3 b	29.2 ab	32.8 ab
7 leaf stage 500	31.0 b	15.0 c	16.9 c
250	32.4 b	16.8 c	20.0 c
170	30.3 b	20.9 bc	24.0 bc

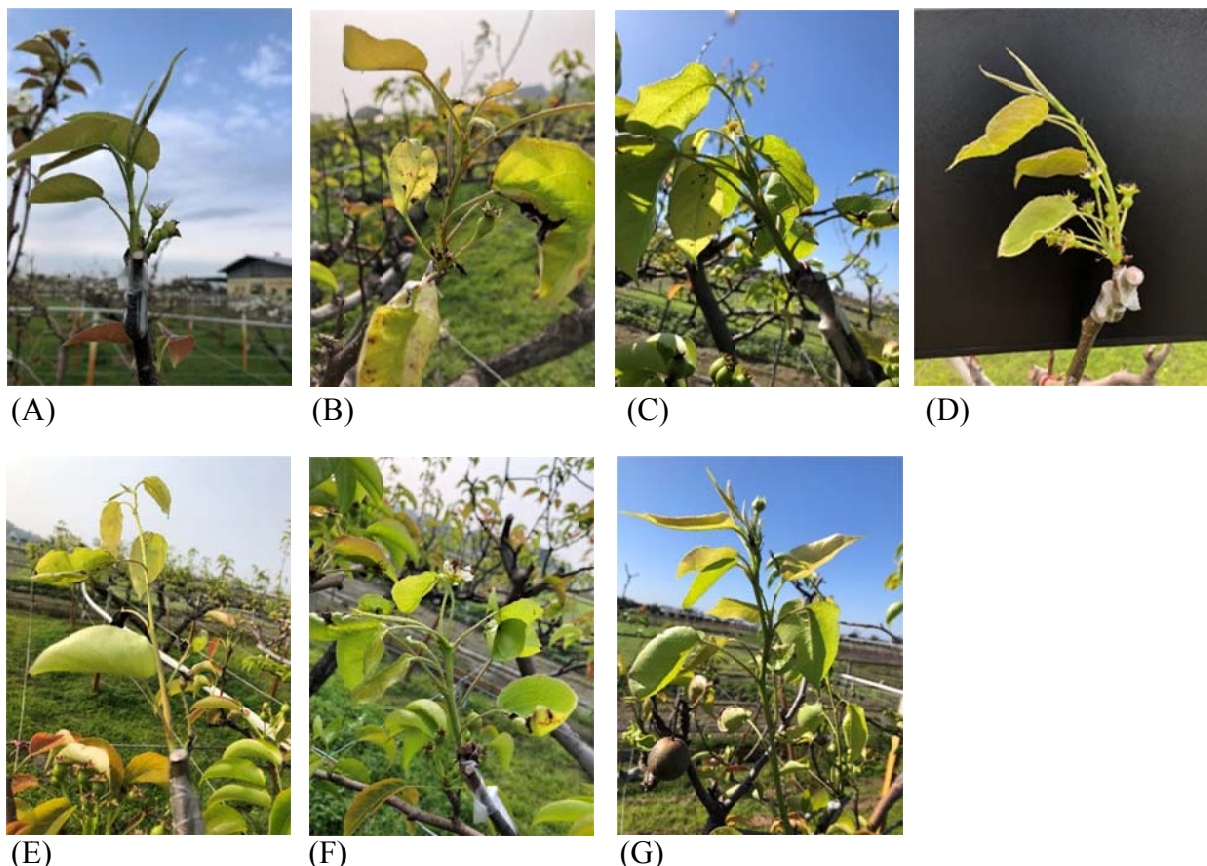
^zMeans within each column followed by the different letter(s) are significantly different at $P < 0.05$ by Fisher's protected LSD test.

表二、不同硼濃度對高接後新梢長度之影響

Table 2. Effect of boron concentration on the growth of shoots length after top grafted

Concentration(ppm)	Total shoot length (cm)	Total elongation length (cm)	Total increased internodes	Internodes length(cm)
CK	34.9 a ^z	27.4 a	7.4 a	4.1 b
4 leaf stage 500	28.0 a	23.9 a	5.8 a	4.1 b
250	25.1 a	21.3 ab	5.9 ab	4.6 b
170	27.6 a	23.4 a	7.0 a	3.8 b
7 leaf stage 500	25.3 a	10.1 b	1.9 c	6.1 a
250	26.6 a	10.4 b	2.4 bc	4.6 b
170	30.7 a	16.4 ab	3.9 abc	4.7 ab

^zMeans within each column followed by the different letter(s) are significantly different at $P < 0.05$ by Fisher's protected LSD test.



圖五、4 片葉及 7 片葉完全展開時施用不同濃度硼葉片受損情形，對照組(A)、4 片葉 500 ppm(B)、4 片葉 250 ppm(C)、4 片葉 170 ppm(D)、7 片葉 500 ppm (E)、7 片葉 250 ppm(F)及 7 片葉 170 ppm(G)。

Fig. 5. Leaf damage when different boron concentrations were applied to leaves at 4 leaf and 7 leaf stage. CK (A), 4 leaf stage 500 ppm (B), 4 leaf stage 250 ppm (C), 4 leaf stage 170 ppm (D), 7 leaf stage 500 ppm (E), 7 leaf stage 250 ppm (F) and 7 leaf stage 170 ppm (G).

硼可抑制新梢生長，但在著果及果實品質的影響如表三，著果率、果實採收數、總可溶性固形物結果於各處理間無顯著差異。就數據結果顯示 4 片葉完全展開時施用硼可使著果率增加，7 片葉完全展開時施用硼效果則隨著濃度減少著果率下降；各處理濃度單一枝條採收時果數則無顯著差異。

果實重量結果落差大且與處理時期及硼濃度無相關，以 7 片葉完全展開時施用硼 170 ppm 最重，為 517.4 g；4 片葉完全展開時施用硼 170 ppm 最輕，為 319.1 g，果實長度及寬度結果亦相似，果實重量越重者果實大小越大(圖二)。果實硬度結果以 4 片葉完

全展開時施用硼 170 ppm 最高，為 78.2 N，但 4 片葉完全展開時施用硼時並不隨著施用濃度增加而增加；但由 7 片葉完全展開時施用硼的結果可以得知隨著硼施用濃度越高，硬度越高。

表三、硼濃度對高接梨果實著果及品質之影響

Table 3. Effect of boron concentration on fruit set and quality of top grafted pear

Concentration on (ppm)	Fruit Setting (%)	Harvest No.	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit width (mm)	Firmness (N)	Total soluble solid (°Brix)
CK	51.0 a ^z	1.7 a	372.5 b	76.5 bc	90.0 ab	62.3 ab	14.5 a
4 leaf stage							
500	58.5 a	1.0 a	327.5 b	72.4 c	85.9 b	72.1 ab	14.7 a
250	71.7 a	1.6 a	394.9 b	81.0 ab	95.1 a	62.3 b	15.2 a
170	66.7 a	1.8 a	319.1 b	75.7 bc	85.0 b	78.2 a	14.1 a
7 leaf stage							
500	60.4 a	1.5 a	367.5 b	77.9 bc	91.3 ab	74.0 ab	14.2 a
250	50.0 a	1.3 a	374.2 b	78.1 bc	91.0 ab	72.1 ab	13.9 a
170	28.6 a	1.5 a	517.4 a	88.7 a	99.9 a	68.2 ab	13.8 a

^zMeans within each column followed by the different letter (s) are significantly different at $P < 0.05$ by Fisher's protected LSD test.



圖六、新梢不同硼濃度處理後採收果實外觀。

Fig. 6. Fruit appearance after different boron concentrations were treated on shoots.

討 論

硼對於新梢的影響主要機制如下：植體中硼藉由果膠中的 rhamnogalacturonan-II (RG-II)形成硼酸酯(borate-RG-II)，而硼酸酯與 Ca^{2+} 的結合影響果膠的甲基化程度與負電荷分佈，進一步改變細胞壁上可結合陽離子的位點及細胞壁的可塑性。硼過量時會減少細胞壁穩定性，抑制細胞膨大與伸長，從而阻礙新梢伸長。除了上述原因之外，硼也會改變細胞質內 Ca^{2+} 含量並誘發 Ca^{2+} 相關通道與轉運子(如 CNGC、ACA、CAX)及 Ca-sensor 基因的表達變化，造成訊息傳遞異常，影響細胞分裂、分化及分生組織活動，最終抑制頂端生長(María *et al.*, 2010；Vera-Maldonado *et al.*, 2024)。試驗結果施用硼於新梢停心、停止伸長日數、新梢長度及節間數有顯著抑制效果，與前人研究結果一致，表示試驗所施用之硼濃度對高接梨新梢而言屬於過量，可以達抑制新梢生長之效果。然而硼施用過多會改變碳水化合物運輸增加酚類或醌類等易氧化物質，誘發 ROS 生成；若抗氧化系統無法充分應對，將造成細胞損傷、膜功能下降與代謝受阻等傷害，因此使用濃度不宜過高(Juan *et al.*, 2015)。

前人研究中施用硼之後除了可以抑制新梢生長以外，對於葡萄及蘋果著果亦有促進的效果(林與張，1988；陳，1997)，本試驗中雖因處理枝條數過少差異不顯著，但由結果可以得知於 4 片葉完全展開時施用硼仍有增加著果率的趨勢。此外前人施用硼可增加果實硬度，酥梨採收前施用 $2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 硼可維持較高硬度(牛等，2019)，與本噴施硼處理組硬度具高於未處理組之趨勢，但差異未達顯著性。

綜合上述結果梨穗高接後施用硼皆可抑制新梢生長，施用較高濃度硼將造成葉片受損，建議不論 4 片葉或 7 片葉完全展開時施用濃度以 170 ppm 為佳。果實品質顯示，由於 7 片葉施用硼 170 ppm 新梢長度較長，因此果實重量較重；但抑制新梢生長，4 片葉完全展開時施用硼 170 ppm 可改善著果率，且操作時期較早，有利養分回流至果實。建議 4 片葉完全展開時施用硼 170 ppm，可減少農民除梢摘心之操作，促進著果率，達省工省時的效果。

參考文獻

1. 牛佳佳、張四普、郭超峰、徐振玉。2019。采前硼處理對酥梨品質和貯藏性的影響。河南農業科學，12，146-151。
2. 林嘉興、張林仁。1988。促進葡萄著果之管理。葡萄生產技術，14: 209-218。
3. 林嘉興、張林仁。1994。枇杷之結果枝性狀與花芽分化。頁 37-49。枇杷生產技術。
4. 徐信次、黃和炎。1990。寄接梨之栽培管理。臺南區農業改良場技術專刊第 116 號。

5. 陳仁寧。1997。蘋果樹葉面噴施硼肥試驗。農村科技，1002: 6193。
6. 葉文彬、邱禮弘、劉惠菱。2012。‘巨峰’葡萄結果枝抑梢處理之研究。臺中區農業改良場研究彙報。115: 23-31。
7. 謝慶芳。1988。葡萄園土壤之管理。頁 71-73。葡萄生產技術。臺中區農業改良場特刊第 14 號。
8. Abd, E. E., Treutter, D., Saleh, M. M. S., El-Shammaa, M., Amera, A. F., Abdel-Hamid, N. 2011. Effect of nitrogen and potassium fertilization on productivity and fruit quality of ‘Crimson seedless’ grape. *Agric. Biol. J. N. Am.* 2(2): 330-340.
9. Clarkson, D.T., Hanson, J.B. 1980. Mineral nutrition of higher plants. *An. Rev. Plant Physiol.* 31: 239 - 298.
10. Hapuarachchi, N.S., Kämper, W., Wallace, H.M., Hosseini Bai, S., Ogbourne, S.M., Nichols, J., Trueman, S.J. 2022. Boron effects on fruit set, yield, quality and paternity of Hass avocado. *Agronomy*, 12: 1479.
11. Juan, J. C. C., Esperanza, M. M. R., Begoña, H. R., Teresa, M. N. G., Jesús R., Agustin, G. F. 2015. Boron deficiency inhibits root cell elongation via an ethylene/auxin/ROS-dependent pathway in *Arabidopsis* seedlings. *J. of Exp. Bot.* 66(13): 3831-3840.
12. Lee, S.H., Kim, W.S., Han, T.H. 2009. Effects of post-harvest foliar boron and calcium applications on subsequent season's pollen germination and pollen tube growth of pear (*Pyrus pyrifolia*). *Sci. Hort.*, 122: 77-82.
13. Lovatt, C. J., Bates, L. M. 1984. Early effects of excess boron on photosynthesis and growth. *Cucurbita pepo* J. of Exp. Bot. 35(112): 297-305.
14. María, B. H. R., Agustín, G. F., Jesús, R., Juan, J.C.C., José, M. M., María, M. M. 2010. Role of boron in vascular plants and response mechanisms to boron stresses. *Plant Stress* 4(2): 115-122.
15. Minchin, P.E.H., Thorp, T.G., Boldingh, H.L., Gould, N., Cooney, J.M., Negm, F.B., Brown, P. 2012. A possible mechanism for phloem transport of boron in 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.) trees. *Jour of Hort Sci and Biot*, 87: 23-28.
16. Raven, J.A. 1980. Shortand long-distance transport of boric acid in plants. *New Phyto.* 84: 231-249.

17. Sarıdaş, M.A., Karabıyık, Ş., Eti, S., Paydaş Kargı, S. 2021. Boron applications and bee pollinators increase strawberry yields. *International Journal of Fruit Science*, 21: 481-491.
18. Shelp, B.J. 1993. Physiology and biochemistry of boron in plants. In: Boron and Its Role in Crop Production. U.C. Gupta (Ed.). CRC Press, Boca Raton. Pp. 53-85.
19. Stangoulis, J., Brown, P. H., Bellaloui, N., Reid, R. J., Graham, R. D. 2001. The efficiency of boron utilisation in canola. *Aust. J. Plant Physiol.* 28, 1109-1114.
20. Warington, K. 1923. The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants. *Ann. Bot.* 37: 457-466.
21. Vera-Maldonado, P., Aquea, F., Reyes-Díaz, M., Cárcamo-Fincheira, P., Soto-Cerda, B., Nunes-Nesi, A., Inostroza-Blancheteau, C. 2024. Role of boron and its interaction with other elements in plants. *Plant Sci.* <http://10.3389/fpls.2024.1332459> Accessed June 20, 2025.
22. Yoshinari, A., Takano, J. 2017. Insights into the mechanisms underlying boron homeostasis in plants. *Front. Plant Sci.* 8. <http://doi: 10.3389/fpls.2017.01951> Accessed June 20, 2025.

Effects of Applying Different Boron Concentrations on the Growth of Shoots in Grafted Pears¹

Huei-ling Liu ² and Ching-Mu Hsu ^{3*}

ABSTRACT

In top-grafted pear production, frequent topping and shoot thinning are required following bud break, making it a labor-intensive and time-consuming process. This study investigated the effects of different boron concentrations on new shoot growth on top-grafted pear trees. Boron treatments were applied when new shoots reached the stages of four and seven fully expanded leaves. Results showed that boron concentrations of 250 ppm and 170 ppm effectively promoted shoot apex development while significantly inhibiting shoot elongation compared with the untreated control.

Application of 500 ppm boron markedly suppressed new shoot growth; however, excessive inhibition resulted in leaf injury. The optimal inhibition effect was observed when shoot elongation ceased at 15 and 16.9 days after treatment, although higher boron concentrations increased the risk of leaf damage. In particular, leaf injury was observed when 170 ppm boron was applied at the four-leaf stage.

Among all treatments, 250 ppm and 170 ppm boron exhibited the highest inhibition rates, reaching 71.7 % and 66.7 %, respectively. Overall, application at the four fully expanded leaf stage provide the best balance between growth suppression and plant safety. Furthermore, applying 170 ppm boron at this stage effectively inhibited new shoot growth without negatively affecting subsequent fruit set, indication potential benefits for reducing labor input in orchard management.

Key words: Key word: boron, shoot growth inhibition, fruit quality

¹Contribution No. 1119 from Taichung DARES, MOA.

^{2,3}Research Assistant and Assistant Research of DARES, MOA.

*Corresponding Author: Chin-Mu Hsu, Email: hsucm@tcdares.gov.tw