

不同濃度與分子量幾丁聚醣對‘豐香’草莓生產之影響

鄔家琪* 陳琮閔

國立宜蘭大學園藝學系

摘要

草莓是經濟價值高的作物之一，但栽培不易，容易受環境與病蟲害等影響。幾丁聚醣為天然高分子聚合物具有生物活性等多種特性，可廣泛應用於生醫、食品、生技、農業等領域，促進植物生長與提升作物產量。為評估幾丁聚醣應用於草莓生產，以高低二種不同分子量與 20 mg L^{-1} 、 100 mg L^{-1} 濃度每週噴施‘豐香’草莓 4 週，再移至溫室栽培 8 週後，結果顯示無論施用濃度高低，低分子量幾丁聚醣能促進草莓的營養生長。 20 mg L^{-1} 低分子量幾丁聚醣能提高‘豐香’草莓果實的重量與糖酸比； 20 mg L^{-1} 高分子量幾丁聚醣能提高果實的維生素 C 含量。幾丁聚醣能促進‘豐香’草莓生長與果實品質，以 20 mg L^{-1} 低濃度低分子量幾丁聚醣效果較佳。

關鍵詞：幾丁聚醣、濃度、分子量、草莓、生產

*通訊作者。E-mail: angwu@niu.edu.tw

Effects of Chitosan Concentration and Molecular Weight on the Production of Strawberry ‘Toyonoka’

Chia-Chyi Wu*, Tsung-Min Chen

Department of Horticulture, National Ilan University

Abstract

Strawberry is a high-value crop in Taiwan. It's hard to cultivate results from many insects, diseases, and abiotic stress problems. Chitosan is a natural high polymer material, numerous studies have demonstrated that chitosan and its derivatives have various biological activities. Also, it has been proposed for diverse applications in biomedical, food, biotechnology, and agricultural fields. The application of chitosan promotes plant growth and yield. In order to examine the effects of different concentrations and molecular weight of chitosan on the growth and production of strawberry ‘Toyonoka’. Strawberry plants were applied two concentrations (20 mg L⁻¹, 100 mg L⁻¹) and two molecular weights (H, L). Different concentrations and molecular weight of chitosan were applied once a week for 4 weeks, then plants were transferred to the greenhouse and grown for 8 weeks. Results showed low molecular weight chitosan can promote strawberry vegetative growth whatever high and low concentration. Using 20 mg L⁻¹ low molecular weight chitosan can increase ‘Toyonoka’ strawberry fruit weight and TSS/TA ratio. On the other hand, using 20 mg L⁻¹ high molecular weight chitosan can increase fruit vitamin C content. We provide evidence that 20 mg L⁻¹ low molecular weight chitosan application can promote plant growth and also increase fruit weight and quality.

Keywords: chitosan, concentration, molecular weight, strawberry, production

*Corresponding author. E-mail: angwu@niu.edu.tw

壹、前言

草莓 (*Fragaria xananassa* Duch.) 果實香氣濃郁、味甜多汁、色澤鮮艷，果實富含維他命 C，為一多用途具競爭力之高經濟園藝作物。依農委會 108 年統計年報台灣的栽培面積為約 489 公頃，產量為 8743 公噸，單位面積產量則約為 17.9 公噸，主要聚集於苗栗縣，為重要觀光休閒產業，每年草莓季觀光採果為週邊產業帶來極高商機（農業統計要覽，2019）。不過草莓栽培不易，病蟲害甚多且果實嬌嫩極易損傷，一直有過量藥劑使用的疑慮，尤其鮮果採收利用對蔬果安全要求更嚴謹。幾丁聚醣一般由幾丁質去乙醯化後所獲得，是一種具有生理活性的高分子聚合物（Younes and Rinaudo, 2015）。由於幾丁聚醣與生物體細胞有良好的生物相容性，無毒性且可被生物體分解，對環境友善，又具有保濕、抗菌、抗氧化及增進免疫力等生物活性，廣泛利用在生醫或農業上（Abdelmalek et al., 2017；El Knidri et al., 2018）。劉與趙等（2009）利用幾丁聚醣處理小麥種子與幼苗，結果發現在乾旱逆境下，幾丁聚醣能明顯促進小麥發芽、幼苗生長與根系發育。以幾丁聚醣做為種子披衣的材料能促進青花菜、番茄、小麥、水稻等作物種子發芽（Nhut et al., 2005）。幾丁聚醣能增強作物光合作用，誘導植物對病原菌的抗性可增加幼苗對逆境的耐受性（Benhamou et al., 1994；Bhaskara Reddy et al., 1999；Ruan and Xue, 2002），減少葉片蒸散作用並維持作物產量（Bitelli et al., 2001；Tham et al., 2001）。在水稻、玉米、胡椒、甘藍、大豆、番茄、咖啡等作物生產上已廣泛應用（Chibu and Shibayama, 2000；Dzung et al., 2011）。然而幾丁聚醣去乙醯化程度和分子量大小是影響幾丁聚醣應用性的主要因素（Hernandez-Lauzardo et al., 2008；Liu et al., 2006；Mellegård et al., 2011），因此本研究擬探討不同分子量與濃度之幾丁聚醣對‘豐香’草莓生長之影響，試圖尋求能促進‘豐香’草莓植株生長與果實品質之適當幾丁聚醣分子量與濃度，以利後續利用評估。

貳、材料與方法

一、試驗材料

低分子量幾丁聚醣（分子量 50-190 kDa，Sigma-Aldrich, China）；高分子量幾丁聚醣（分子量 310-375 kDa，Sigma-Aldrich, Ireland）。以醋酸為溶劑，配製 20 mg L⁻¹、100 mg L⁻¹ 之幾丁聚醣溶液，對照組為水，處理共五組：1. 水（CK）；2. 20 mg L⁻¹ 高分子量幾丁聚醣（H20）；3. 100 mg L⁻¹ 高分子量幾丁聚醣（H100）；4. 20 mg L⁻¹ 低分子量幾丁聚

醣 (L20); 5. 100 mg L⁻¹ 低分子量幾丁聚醣 (L100)。

草莓 (*Fragaria xananassa* Duch.) 栽培種‘豐香’，選用走莖苗，種植於直徑 7.6 cm 軟盆內，待其發根，挑選大小與生長勢一致、四片完整葉片之健壯小苗，將其移植至直徑 12.7 cm 紅色塑膠盆中並放入生長箱中，待其適應環境一個月後進行試驗。定植介質為泥炭土：真珠石：蛭石 = 1：1：1 (v/v)，試驗期間基肥施用好康多 1 號 (氮：磷：鉀比例為 14：12：14。台和園藝企業股份有限公司) 一次，營養生長期間每次澆水時添加花寶 2 號 (氮：磷：鉀比例為 20：20：20。台和園藝企業股份有限公司)，稀釋 1000 倍進行澆灌，生殖生長期間每次澆水時添加花寶 3 號 (氮：磷：鉀比例為 10：30：20。台和園藝企業股份有限公司)，稀釋 1000 倍進行澆灌，每盆每次 30 ml。

‘豐香’草莓放置於日/夜溫 25/18°C、日/夜長 12/12 h 環控室進行 4 週幾丁聚醣噴施，每週於葉片噴施幾丁聚醣溶液一次，每株噴施約 20 mL，共噴施 4 次，每組處理 10 株。四週後將草莓移出至自然光無溫控溫室中繼續種植 8 週，共 12 週。

試驗結束逢機取 5 株調查葉片數、葉面積、葉長、葉寬、莖冠直徑、SPAD 讀值，測量植株地上部與下部鮮重、乾重，分析地上部與下部可溶性碳水化合物與澱粉含量，果實成熟後調查果實重、分析可溶性固形物、可滴定酸、維生素 C 含量。

二、測量與分析方法

1. 葉面積：每株植株由下往上選取 3 片完整展開葉，分別取下其三小葉，以 LI-3000 葉面積測定儀 (LI-3000 Area Meter, LiCor, USA) 測量。
2. 葉片長：葉柄基部至中間小葉頂端之長度。
3. 葉片寬：三片小葉最寬之長度。
4. 莖冠直徑：以電子游標尺量測植株基部莖冠直徑。
5. 葉綠素 (SPAD) 讀值：以葉綠素計 (SPAD-502, Konica Minolta, Japan) 將每片完整展開葉中三小葉分別量測後平均代表該葉片讀值，每株植株中選取 3 片完整展開葉測定。
6. 植株地上部與下部鮮重、乾重：以電子天平量測其地上部與地下部鮮重，以 75°C 烘乾 72 小時後秤其乾重。
7. 可溶性碳水化合物含量：參考 Moris (1948) 分析方法，秤取植株地上部樣品乾物重 1 g 加入 80%酒精 50 mL，於 80°C 下水浴 30 分鐘，以 ADVANTEC NO.2 濾紙過濾。殘渣再加入 80%酒精 20 mL，於 80°C 下水浴 30 分鐘，以濾紙過濾，此步驟重複兩次，最後將 3 次濾液合併。去除濾液中酒精並通過 Polyvinylpyrrolidone (PVP)，

以蒸餾水定量至 100 mL。取稀釋液 2 mL，於冷水浴中加入 4 mL anthrone 溶液並混合均勻，於 100°C 下水浴 6.5 分鐘，再以冰浴急速冷卻，以分光光度計（Thermo BioMate 3，USA）於 625nm 下測其吸光值。可溶性碳水化合物含量 (mg kg^{-1}) = 葡萄糖濃度/乾物重。

8. 澱粉含量：參考 Moris (1948) 分析方法，取可溶性碳水化合物烘乾之殘渣 0.5 g 加入 2% HCl 25 mL，於 90°C 下水浴 3.5 小時，用 ADVANTEC NO.2 濾紙過濾，加入少許 Phthalein 指示劑，以 5M NaOH 將萃取液滴定至淡紅色為止。取稀釋液 2 mL，於冷水浴中加入 4 mL anthrone 溶液並混合均勻，於 100°C 下水浴 6.5 分鐘，再將其於冰浴急速冷卻，以分光光度計（Thermo BioMate 3，USA）於 625 nm 下測其吸光值。澱粉含量 (mg kg^{-1}) = 葡萄糖濃度 \times 0.9 / 乾物重。
9. 可溶性固形物（糖度）：取完全紅熟草莓果實汁液，滴在手持屈折計（Hand Refractometer，N-1 α ，ATAGO，Japan）量測，單位以°Brix 表示。
10. 可滴定酸：參考 CNS8626 水果及蔬菜汁飲料檢驗法（中國國家標準，1997），秤取 10 g 完全紅熟草莓果實加蒸餾水至 100 mL，打成液體狀，將樣品液分裝至 25 mL 燒杯中，用 0.1N NaOH 滴定至 pH 8.2，紀錄 0.1N NaOH 滴定毫升數再換算為檸檬酸含量，單位以%表示。
11. 維生素 C 含量：取完全紅熟草莓果實，以果汁機打均勻，以反射式光度計（RQflex Plus 10，MERCK，Germany）測量果實的維生素 C 含量。

三、統計分析

試驗設計以單因子試驗，共 5 重複。試驗結果使用 SARS9.1（Statistical Analysis System 9.1，USA）軟體進行最小顯著差異分析（Least Significance Difference Test），比較其 5%之顯著差異。

參、結果與討論

以高低不同分子量與濃度幾丁聚醣噴施‘豐香’草莓 4 週，再將草莓移至溫室種植 8 週後，所有噴施幾丁聚醣的草莓植株生長比對照組好，葉片沒有受損之情形，也沒有嚴重的病蟲害發生（圖 1）。噴施幾丁聚醣能增加‘豐香’草莓葉片數、葉長、葉寬與葉面積（表 1）。噴施低分子量幾丁聚醣組的葉片數最多，平均每株 16.33 片，比對照組增加 4.66 片，也比高分子量處理組平均增加 1.45 片。而施用高分子量幾丁聚醣也比對照組增加 1.7-4.33 片葉片，以 100 mg L^{-1} 較高濃度的高分子量幾丁聚醣處理（H100）比 20

mg L⁻¹ 高分子量幾丁聚醣處理 (H20) 可增加葉片 2.33 片。低分子量幾丁聚醣處理組葉長、葉寬與葉面積都比高分子量幾丁聚醣處理組高。以高濃度低分子量幾丁聚醣處理組 (L100) 葉寬與葉面積最高，其葉面積比對照組增加 58.6%，比 H100 組增加 30.6%。對照組葉長與葉寬分別為 9.33 及 8.33 cm，高分子量幾丁聚醣能增加葉長 4.10-4.53 cm、葉寬 2.14-2.50 cm；低分子量幾丁聚醣能增加葉長 5.96-7.03 cm，葉寬 0.70-1.44 cm。施用幾丁聚醣可顯著增加‘豐香’草莓莖冠直徑與 SPAD 讀值 (表 1)。20 mg L⁻¹ 低分子量幾丁聚醣組 (L20) 莖冠直徑與 SPAD 讀值最高，比對照組增加 60.9% 莖冠直徑與 8.4% SPAD 讀值。100 mg L⁻¹ 高分子量幾丁聚醣處理 (H100) 比 20 mg L⁻¹ 高分子量幾丁聚醣處理 (H20) 增加 3.11 mm，27.3% 莖冠直徑。不同濃度與分子量幾丁聚醣處理間 SPAD 讀值無顯著差異 (表 1)。



圖 1. 噴施幾丁聚醣對‘豐香’草莓植株生長之影響 (bar = 15 cm)。

Fig. 1. Effect of spray chitosan on growth of strawberry ‘Toyonoka’ plant (bar = 15 cm). CK: Water, H20: 20 mg L⁻¹ high molecular weight; H100: 100 mg L⁻¹ high molecular weight; L20: 20 mg L⁻¹ low molecular weight; L100: 100 mg L⁻¹ low molecular weight.

試驗中所有濃度與分子量幾丁聚醣施用均能顯著增加‘豐香’草莓植株地上部與地下部的鮮、乾重 (表 2)。對照組地上部與地下部之鮮重分別為 0.68 g 及 1.57 g，而 100 mg L⁻¹ 高分子量幾丁聚醣 (H100) 地上部與地下部的鮮重，分別為 12.20 g 及 8.66 g，明顯高出對照組 11.52 g 及 7.09 g 與 H20 組 9.31 g 及 3.79 g。在植株乾重部分也有相似結果；H100 組植株地上部與地下部之乾重分別為 2.92 g 及 1.86 g，明顯高出對照組 2.77 g 及 1.55 g 與 H20 組 1.98 g 及 0.76 g。100 mg L⁻¹ 低分子量幾丁聚醣 (L100) 也比對照組增加‘豐香’草莓植株地上部與地下部的鮮重與乾重，L100 組地上部與地下部的鮮重

為 13.46 g 與 9.50 g；地上部與地下部的乾重 3.31g 與 2.20 g，地下部鮮、乾重高於 20 mg L⁻¹ 處理組 (L20)。100 mg L⁻¹ 幾丁聚醣處理對草莓植株鮮乾重高於 20 mg L⁻¹，又以高分子量組比較明顯。不同分子量幾丁聚醣處理間仍以低分子量幾丁聚醣增進草莓植株鮮乾重高於高分子量組。其中以 L100 處理組植株地上部與地下部之鮮重與乾重最重。

幾丁聚醣也能改變‘豐香’草莓植株地上部與地下部的可溶性碳水化合物與澱粉含量 (表 2)。高分子量幾丁聚醣 H100 與 H20 組之地上部與地下部可溶性碳水化合物含量分別為 549.15 mg kg⁻¹、553.08 mg kg⁻¹ 與 272.54 mg kg⁻¹、266.57 mg kg⁻¹，與對照組之地上部相比平均增加 214%，地下部平均增加 6.5%。低分子量幾丁聚醣增加草莓植株地上部與地下部可溶性碳水化合物含量更高於高分子量處理組，L20 地上部可溶性碳水化合物含量在所有處理間最高，比 H20 增加 8.6%，比 CK 增加 132.1%。但噴施幾丁聚醣卻顯著降低‘豐香’草莓植株地上部與地下部的澱粉含量 (表 2)。L100 處理組地上部澱粉含量最少，H100 處理組地下部澱粉含量最少，分別低於對照組 1630.5 mg kg⁻¹ 與 823.5 mg kg⁻¹。

幾丁聚醣對‘豐香’草莓果實重量、可溶性固形物 (糖度)、可滴定酸含量、糖酸比及維生素 C 含量也有顯著影響 (表 3)。L20 果重最重，單顆重 6.29 g，比對照高出 1.02 g，比最輕單果重 H20 組高出 2.87g。糖度與可滴定酸含量均以 L100 組最高，糖酸比則以 L20 組最高。所有幾丁聚醣處理組都能提高草莓果實維生素 C 含量，其中以 H20 組維生素 C 含量最高，比對照組高出 91.9%，也比 L20 組高出 44.3%。顯然幾丁聚醣施用對草莓果實糖度、糖酸比及維生素 C 含量等果實品質指標有明顯助益。

草莓植株生長勢可由植株外部型態，如葉片長度、葉片寬度、葉面積、莖冠直徑等評估 (Aspuria and Fujime, 1995; Konsin et al., 2001)。葉面積為反映植株生長發育狀態的重要指標 (陳等, 2009)，而一般具有較大的葉面積，代表植株具有越佳的捕獲光線能力，葉片可以行光合作用的面積亦提升，對於植株生長有所助益。本試驗中調查草莓葉片數、葉片長寬度及葉面積，均顯示幾丁聚醣處理確實可較對照組顯著提高；尤其以低分子量幾丁聚醣處理組最高，而無論其施用濃度高低。高濃度低分子量幾丁聚醣處理組 (L100) 葉寬與葉面積最高，其葉面積比對照組增加 58.6%，H20 組增加 47.6%，比 H100 組增加 30.6% (表 1)。草莓莖冠是一種變態莖，為草莓植株葉片、根部、走莖、花序生成之重要器官，亦是草莓儲存碳水化合物與養分的器官 (Macias et al., 2002)，較大的莖冠直徑有較佳的生產能力，且莖冠直徑與葉原體數為正相關 (Jahn and Dana, 1970)。本試驗中 L20、L100 與 H100 具有較大的莖冠直徑 (表 1)，代表植株內所蓄積的養分較

多，有利於葉片生成，而確實此三組處理也有較多葉片數，對於後續草莓生長有顯著的幫助。試驗中 100 mg L^{-1} 高分子量幾丁聚醣處理 (H100) 比 20 mg L^{-1} 高分子量幾丁聚醣處理 (H20) 增加 27.3% 莖冠直徑。 20 mg L^{-1} 低分子量幾丁聚醣組 (L20) 莖冠直徑最高，比對照組增加 60.9% 莖冠直徑。顯示較低濃度之低分子量幾丁聚醣施用即有益於‘豐香’草莓植株生長。

Dzung 等 (2011) 以 20-80 ppm 幾丁聚醣與幾丁聚醣寡體噴施咖啡苗，發現 60 ppm 幾丁聚醣寡體可增加咖啡株高 33.51%、莖直徑 30.77% 與葉面積 60.53%。低分子量幾丁聚醣寡體 60 ppm 能促進咖啡葉片生長，以幾丁聚醣寡體效果較好，顯示幾丁聚醣施用的濃度與分子量對促進植物生長有所不同。Abdel-Mawgoud 等 (2010) 以 $1-4 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ 不同濃度幾丁聚醣探討對草莓生長之影響，研究顯示 $2 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ 幾丁聚醣施用有最高植株生長和果實發育，但再提高幾丁聚醣施用濃度雖沒能再促進植株生長但仍高於對照組。可見幾丁聚醣施用效果與其施用濃度有關。Chibu and Shibayama (2000) 研究指出，於大豆與旱稻施用幾丁聚醣其適合的濃度為 0.5%，在萵苣和小番茄上有效濃度為 0.1%。葉面施用 0.1% 幾丁聚醣三次後，萵苣葉面積與對照組相比增加 50-60%；濃度 0.5% 時，亦能使蘿葡葉面積增加達 100%。而本試驗葉面施用幾丁聚醣能促進‘豐香’草莓的生長，施用 20 mg L^{-1} 低分子量幾丁聚醣比高分子量幾丁聚醣有利於草莓生長。

Limpanavech 等 (2008) 以 10-50 ppm 的幾丁聚醣噴施幼葉和 50 ppm 的幾丁聚醣噴施老葉後，能顯著增加石斛蘭的葉綠體直徑。10 ppm 幾丁聚醣能增加幼葉葉綠體直徑達 $3.01 \mu\text{m}$ ，50 ppm 幾丁聚醣噴施老葉能增加幼葉葉綠體直徑達 $2.46 \mu\text{m}$ 。文中表示幾丁聚醣影響葉綠體基因表現，所以可能是改變葉綠體大小和葉綠體擴大導致刺激植物生長。許多研究也顯示幾丁聚醣能增加植物葉片中葉綠素含量或 SPAD 讀值，如大豆、水稻、咖啡等 (Chibu et al., 2002; Dzung et al., 2011)。本試驗中所有施用幾丁聚醣處理組平均葉綠素讀值比對照組高，但不同分子量與濃度之幾丁聚醣處理間則無顯著差異。 20 mg L^{-1} 低分子量幾丁聚醣組 (L20) SPAD 讀值最高，所有施用幾丁聚醣組比對照組增加 6.5 - 8.4% SPAD 讀值 (表 1)。

Soppelsa (2019) 評估不同生長刺激物在營養限制條件下對草莓生長之影響，發現含幾丁聚醣在內的數種生長刺激物均有利於草莓植株地上部與地下部生物量累積。本試驗中所有濃度與分子量幾丁聚醣施用均能顯著增加‘豐香’草莓植株地上部與地下部的鮮、乾重 (表 2)。L20 地上部鮮重高於對照組 19.2%，L100 地下部鮮重、地上部與地下部乾重均為處理間最高，L100 地下部鮮重與乾重顯著高於對照組 5-6 倍。顯然幾丁聚

醣處理能增加‘豐香’草莓葉片生長、發育及莖冠的生長，進而增加了植株的鮮重與乾重。Dzung (2007) 研究顯示，施用幾丁聚醣能增加植物葉片的光合作用速率，可能因此增加了‘豐香’草莓的可溶性碳水化合物含量。羅等 (2006) 研究指出，噴施幾丁聚醣能明顯增加胡瓜葉片中蔗糖磷酸合成酶與蔗糖合成酶的活性，增加了胡瓜片糖的含量，而蔗糖轉化酶的活性則輕微的增加。L20 與 L100 幾丁聚醣施用增加葉片 SPAD 讀值(表 1)，可能促進植株光合作用，產生較多可溶性碳水化合物，而不是以澱粉的形式進行貯存。

施用幾丁聚醣能降低果實落果率並增加作物產量，如草莓 (Abdel-Mawgoud et al., 2010)、咖啡 (Dzung et al., 2011)、青椒 (Bitelli et al., 2001) 等。本試驗中低分子量幾丁聚醣組果重平均高於高分子量幾丁聚醣組，以低分子量幾丁聚醣 L20 草莓果重最重，高於 H20 組 83.9%。同時噴施幾丁聚醣與對照組相比能增加 2.43-3.90。Brix 果實糖度(表 3)，可能因為噴施幾丁聚醣能增加了葉片 SPAD 讀值與光合作用速率，能增加光同化產物的累積，進而增加了果實的糖度。而且所有幾丁聚醣處理組皆有較高的糖酸比與維生素 C 含量，L20 糖酸比高於對照組 57.6%；H20 維生素 C 含量最高，施用幾丁聚醣平均高出對照組維生素 C 含量 1.3-1.9 倍(表 3)。羅等 (2003) 對黃瓜葉面噴施或浸種幾丁聚醣都能增加果實維生素 C 的含量。Soppelsa 等 (2019) 幾丁聚醣施用於草莓上可增 17.9%果重與 18%果實緊實度，但並沒有增加維生素 C 含量，作者認為幾丁聚醣可能增加植物對環境逆境的抗性進而提高其生產與儲架壽命。

表 1. 不同濃度與分子量幾丁聚醣對‘豐香’草莓葉片數、葉面積、葉長、葉寬、莖冠直徑及 SPAD 讀值之影響

Table 1. Effect of different concentration and molecular weight chitosan on leaf number, leaf area, leaf length, leaf width, crown diameter and SPAD value of strawberry ‘Toyonoka’.

Treatment ^x	Leaf number	Leaf area (cm ²)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Crown diameter (mm)	SPAD value
CK	11.67 c	36.92 c	9.37 c	8.33 c	9.25 c	47.70 b
H20	13.67 b	36.66 c	13.47 b	9.77 ab	11.38 b	51.23 a
H100	16.00 a	44.84 bc	13.90 b	9.03 bc	14.49 a	51.40 a
L20	16.33 a	54.79 ab	16.40 a	10.47 a	14.88 a	51.73 a
L100	16.33 a	58.55 a	15.33 ab	10.83 a	14.44 a	50.80 a

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Least Significance Difference Test. (n=5)

^x CK: Water, H20 : 20 mg L⁻¹ high molecular weight; H100 : 100 mg L⁻¹ high molecular weight; L20 : 20 mg L⁻¹ low molecular weight; L100 : 100 mg L⁻¹ low molecular weight.

表 2. 不同濃度與分子量幾丁聚醣對‘豐香’草莓植株地上部與地下部鮮重、乾重、可溶性碳水化合物、澱粉含量之影響

Table 2. Effect of different concentration and molecular weight chitosan on fresh weight, dry weight, soluble carbohydrate content and starch content of strawberry ‘Toyonoka’ shoot and root.

Treatment ^x	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		Soluble carbohydrate (mg kg ⁻¹)		Starch (mg kg ⁻¹)	
	shoot	root	shoot	root	shoot	root	shoot	root
CK	0.68 b	1.57 c	0.15 b	0.31 b	258.92 c	253.08 b	2708.55 a	1709.55 a
H20	2.89 b	4.87 bc	0.94 b	1.10 ab	553.08 b	266.57 b	1397.55 b	890.55 c
H100	12.20 a	8.66 ab	2.92 a	1.86 a	549.15 b	272.54 b	1402.05 b	886.05 c
L20	13.76 a	6.23 ab	3.30 a	1.29 ab	600.90 a	339.20 a	1453.05 b	1004.55 b
L100	13.46 a	9.50 a	3.31 a	2.20 a	564.08 b	341.36 a	1078.05 c	1058.55 b

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Least Significance Difference Test. (n=5)

^x CK: Water, H20 : 20 mg L⁻¹ high molecular weight; H100 : 100 mg L⁻¹ high molecular weight; L20 : 20 mg L⁻¹ low molecular weight; L100 : 100 mg L⁻¹ low molecular weight.

表 3. 不同濃度與分子量幾丁聚醣對‘豐香’草莓果實重量、可溶性固形物（糖度）、可滴定酸度、糖酸比及維生素 C 含量之影響

Table 3. Effect of different concentration and molecular weight chitosan on fruit weight, Total Soluble Solid (TSS), Titratable acid (TA), TSS / TA ratio and vitamin C content of strawberry ‘Toyonoka’.

Treatment ^x	Fruit weight (g)	TSS (°Brix)	TA (%)	TSS / TA ratio	Vit. C content (mg L ⁻¹)
CK	5.27 ab	5.57 c	0.64 b	8.70 c	667 c
H20	3.42 c	8.00 b	0.66 b	12.12 b	1280 a
H100	4.33 b	8.90 ab	0.65 b	13.67 a	900 b
L20	6.29 a	8.63 ab	0.63 b	13.71 a	887 b
L100	5.95 ab	9.47 a	0.74 a	12.88 ab	933 b

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Least Significance Difference Test. (n=5)

^x CK : Water, H20 : 20 mg L⁻¹ high molecular weight; H100 : 100 mg L⁻¹ high molecular weight; L20 : 20 mg L⁻¹ low molecular weight; L100 : 100 mg L⁻¹ low molecular weight.

肆、結論

低分子量幾丁聚醣能促進草莓的營養生長，不同施用濃度間並無顯著差異，因此以 20 mg L⁻¹ 低分子量幾丁聚醣葉面噴施草莓 4 週，能促進‘豐香’草莓植株生長，提高果實重量、糖酸比與維生素 C 含量。本研究結果顯示幾丁聚醣施用能促進‘豐香’草莓植

物生長並提高作物產量與果實品質。

參考文獻

- 中國國家標準。1997。水果及蔬菜製品檢驗法-可滴定酸度之測定，總號 8626，類號 N6167。
經濟部中央標準局印行。
- 陳秀娟、陳衛平、糜林、高志紅、李金鳳、章鎮、渠慎春。2009。南方草莓葉面積計算方法的研究。中國農業通報 25：190-193。
- 行政院農業委員會。2019。農業統計要覽。行政院農業委員會網站
<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>
- 劉婷與趙永富。2009。低聚殼聚糖對小麥幼苗抗乾旱脅迫之影響。江蘇農業科學 1：88-89。
- 羅兵、徐朗萊、孫海燕。2003。殼聚糖對黃瓜品質和產量的影響。南京農業大學學報 27：20-23。
- 羅兵、徐朗萊、孫海燕。2006。殼聚糖對黃瓜幼苗葉片蔗糖代謝的影響。安徽農業科學 2：205-206。
- Abdelmalek, B. E., A. Sila, A. Haddar, A. Bougatef, and M. Ali. 2017. Chitin and chitosan from squid gladius: biological activities of chitosan and its application as clarifying agent for apple juice, *Int. J. Biol. Macromol.* 104: 953-962.
- Abdel-Mawgoud, A. M. R, A. S. Tantawy, M. A. El-Nemr, and Y. N. Sassine. 2010. Growth and yield responses of strawberry plants to chitosan application. *Eur. J. Sci. Res.* 39: 161-168.
- Aspuria, J. R. and Y. Fujime. 1995. Eco-physiological studies in the analysis of dormancy in strawberry. *Acta Hort.* 395: 97-104.
- Benhamou, N., P. J. Lafontaine, and M. Nicole. 1994. Induction of systemic resistance to *Fusarium crown and root rot* in tomato plants by seed treatment with chitosan. *Phytopathology* 84: 1432-1444.
- Bhaskara Reddy, M. V., J. Arul, P. Angers, and L. Couture. 1999. Chitosan treatment of wheat seeds induces resistance to *Fusarium graminearum* and improves seed quality. *J. Agric. Food Chem.* 47: 1208-1216.
- Bitelli, M., M. Flury, and G. S. Campbell, E. J. Nichols. 2001. Reduction of transpiration through foliar application of chitosan. *Agri. For. Meteorol.* 107: 167-175.
- Chibu, H. and H. Shibayama. 2003. Effects of chitosan applications on the growth of several crops, p. 235-239. In: T. Uragami, K. Kurita, and T. Fukamizo (eds.). *Chitin and chitosan*

- in life science. Yamaguchi, Japan.
- Chibu, H., H. Shibayam, and S. Arima. 2002. Effects of chitosan application on the shoot growth of rice and soybean. *Jpn. J. Crop Sci.* 71: 206-211.
- Dzung, N. A. 2007. Chitosan and their derivatives as prospective biosubstances for developing sustainable eco-agriculture. *Advances in chitin science X.* p.453-459.
- Dzung, N. A., V.T.P. Khanh, and T. T. Dzung. 2011. Research on impact of chitosan oligomers on biophysical characteristics, growth, development and drought resistance of coffee. *Carbohydrate Polymers* 84: 751-755.
- El Knidri, H., R. Belaabed, A. Addaou, A. Laajeb, A. Lahsini. 2018. Extraction, chemical modification and characterization of chitin and chitosan. *Intl. J. Bio. Macromolecules* 120: 1181-1189.
- Hernandez-Lauzardo, A. N., S. Bautista-Banos, M. G. Velazquez-del Valle, M. G. Mendez-Montealvo, M. M. Sanchez-Rivera, and L. A. Bello-Perez. 2008. Antifungal effects of chitosan with different molecular weights on in vitro development of *Rhizopus stolonifera* (Ehrenb.:Fr.) Vuill. *Carbohydrate Polymers* 73: 541-547.
- Jahn, O. L. and M. N. Dana. 1970. Crown and inflorescence development in the strawberry, *Fragaria ×ananassa*. *Amer. J. Bot.* 57: 605-612.
- Konsin, M. I. Voipio, and P. Palonen. 2001. Influence of photoperiod and duration of short-day treatment on vegetative growth and flowering of strawberry (*Fragaria ×ananassa* Duch.) *J. Hort. Sci.* 76: 77-82.
- Limpanavech, P., S. Chaiyasuta, R. Vongpromek, R. Pichyangkura, C. Khunwasi, and S. Chadchanwan. 2008. Effect of chitosan on floral production, gene expression and anatomical changes in the *Dendrobium* orchid. *Sci. Hort.* 116: 65-72.
- Liu, N., X. G. Chen, H. J. Park, C. G. Liu, C. S. Liu, X. H. Meng, and L. J. Yu. 2006. Effect of MW and concentration of chitosan on antibacterial activity of *Escherichia coli*. *Carbohydrate Polymers* 64: 60-65.
- Macias, R. L., E. Quero, and M. G. Lopez. 2002. Carbohydrate differences in strawberry crowns and fruit (*Fragaria ×ananassa*) during plant development. *J. Agric. Food Chem.* 50: 3317-3321.
- Mellegård, H., S. P. Strand, B. E. Christensen, P. E. Granum, and S. P. Hardy. 2011. Antibacterial activity of chemically defined chitosans: Influence of molecular weight, degree of acetylation and test organism. *Intl. J. Food Microbio.* 148: 48-54.
- Morris, D. L. 1948. Quantitative determination of carbohydrates with Dreywood's anthrone reagent. *Science* 107: 254-255.

- Nhut, D. T., T. N. T. Tien, M. T. N. Huong, N. T. T. Hien, P. X. Huyen, and V. Q Luan. 2005. Artificial seeds for propagation and preservation of *Cybidium* spp. *Propagation Ornamental Plants* 5: 3-9.
- Ruan, S. L. and Q. Z. Xue. 2002. Effects of chitosan coating on seed germination and salt-tolerance of seedlings in hybrid rice (*Oryza sativa* L.). *Acta Agron. Sinica*. 28: 803-808.
- Soppelsa, S., M. Kelderer, C. Casera, M. Bassi, P. Robatscher, A. Matteazzi, and C. Andreotti. 2019. Foliar applications of biostimulants promote growth, yield and fruit quality of strawberry plants grown under nutrient limitation. *Agronomy* 9: 483-504.
- Tham, L. X., N. Nagasawa, T. Matsushita, N. Ishioka, T. Ito, and T. Kume. 2001. Effect of radiation degraded chitosan on plant stress with vanadium. *Radiation Physics and Chem.* 61: 171-175.
- Younes, I. and M. Rinaudo. 2015. Chitin and chitosan preparation from marine sources. structure, properties and applications. *Marine Drugs* 13: 1133-1174.

109年 9月 24日 投稿

109年 12月 2日 接受

