

以土壤改良劑及熱水處理改善洋桔梗 之連作障礙¹

張元聰、王美琴²

摘 要

張元聰、王美琴。2017。以土壤改良劑及熱水處理改善洋桔梗之連作障礙。臺南區農業改良場研究彙報 70：46-55。

為探討及改善洋桔梗連作障礙的問題，以正常的田土加入洋桔梗磨粉之殘體再種植，確實會有連作障礙發生，而炭化稻殼等土壤改良劑並不能改善此生長受到抑制之現象。在連作土表面鋪上一層 1 公分厚之泥炭苔再種植可明顯恢復正常生長，但將同等份量的泥炭苔拌勻入連作土中則沒有效果。以不同熱水溫度及水量處理連作土（體積約 1,000 ml）後再種植洋桔梗的結果，100°C 300 ml 或 150 ml 及 80°C 300 ml 熱水處理可改善連作現象，80°C 150 ml 或 60°C 熱水和未處理者沒有差別，高水溫處理可使土溫達到 40°C 以上並持續 40 分鐘，可減少連作障礙之現象。

現有技術：洋桔梗連作障礙為產業上一大問題，目前尚無有效解決方法。

創新內容：本研究確定洋桔梗植株殘體是造成連作障礙的原因之一，並證明以熱水處理可有效減少連作障礙之現象，可應用在實際栽培管理工作。

對產業影響：以熱水處理連作土壤或在表面鋪一層泥炭苔再種植，可改善連作問題，並可實際應用達到週年供貨穩定生產之目標，促進產業發展。

關鍵字：洋桔梗、連作障礙、自毒作用、相剋作用、熱水處理、土壤改良劑

接受日期：2017 年 9 月 12 日

1. 行政院農業委員會臺南區農業改良場研究報告第 478 號。

2. 行政院農業委員會臺南區農業改良場副研究員、助理研究員。712 臺南市新化區牧場 70 號。

前 言

洋桔梗(*Eustoma grandiflora* (Raf.) Shnn.)屬龍膽科草本植物，由於花型和花色豐富多樣，切花瓶插壽命長而受到市場歡迎⁽¹⁷⁾。臺灣栽培面積在 2015 年約 105 公頃(104 年農業統計年報)。2016 年外銷日本的數量達 4,654,321 枝，佔日本進口洋桔梗總量的 91.6% (2016 年日本農林水產省統計資料)。洋桔梗在臺灣的栽培之簇生化(Rosette)現象已獲得解決；包括以種子低溫處理、涼溫育苗、高冷地栽培、植物生長調節劑、選育耐熱品種及選擇適合的品種，都是有效降低育苗期簇生化，提高開花率的方法^(11,14,18)。

設施內連作障礙的發生則是目前洋桔梗栽培的主要問題，連作障礙(successive cropping obstacle)是指在一塊土地上連續種植同一種作物一段時間後，作物出現生長發育不良的現象^(15,19)。連作障礙發生的原因不外是長期種植同種作物造成的養分失衡，設施內的鹽分累積，病原菌或線蟲密度增加及殘留，以及作物的自毒(autotoxicity)或相剋作用(allelopathy)⁽⁴⁾。洋桔梗採用設施栽培，上述問題均會發生，農民栽培多使用輪作、休耕地淹水，種植稻作或玉米來避免鹽分累積及病蟲害連作問題⁽²⁾。在洋桔梗連作障礙發生的原因之中，由於前作採收切花，殘留的植體及根部直接耕犁進土壤中，包含栽培時根部分泌及耕犁後分解產生的植物化學物質產生的自毒作用，則是洋桔梗目前連作障礙的主要原因⁽³⁾。

根據 Asao 等人(2007)的試驗，以活性炭吸附水耕洋桔梗根部分泌的有機化合物，其自毒物主要為馬來酸(maleic)及苯甲酸(benzoic acid)。其中苯甲酸也會在葉菜⁽⁵⁾、草莓⁽¹²⁾等作物造成生長抑制的情形。久保芳(2005)的研究指出，以外加數種有機物對洋桔梗幼苗生長的試驗，隨著馬來酸濃度升高使地上部的鮮重及乾重越少，有明顯的生長抑制現象，蘋果酸(malic)則只影響地上部鮮重，苯甲酸則無顯著差異。發生自毒作用之機制包括影響微量元素之吸收⁽⁸⁾，造成氣孔關閉引發水分逆境⁽⁷⁾，影響光合作用及蛋白質合成⁽¹⁹⁾。在洋桔梗的連作障礙改進的研究方面，包括施用土壤微生物資材以分解抑制化合物⁽³⁾，以活性炭吸附相剋及自毒物質⁽⁶⁾，在葉片噴施組胺酸(His)能有效改善生長不良的狀況⁽¹⁶⁾等，均能改善產生的植物化學物質產生的自毒作用導致連作障礙的問題。

本研究利用洋桔梗殘株混入正常土壤中，以及採用發生連作障礙的土壤以不同的土壤改良劑及熱水處理，調查生長之狀況，以探討洋桔梗發生連作障礙的原因及解決的方法，可作為改善洋桔梗連作障礙之參考。

材料與方法

一、以土壤改良劑處理模擬連作土對不同洋桔梗品種生育之影響

本試驗於臺南區農業改良場之溫室進行，試驗品種為海之波及克洛馬白，「海之波」(Umi Honoka)：為日本 Sumika 公司育成品種，白紫重瓣花，生育特性為中生品種。「克洛馬白」(Croma White)：為日本 Takii 公司育成品種，白色重瓣花，生育特性為中晚生品種。以 288 格穴盤播種，於日溫 22°C 夜溫 18°C，光強度為 150 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (photosynthetic photon flux, PPF) 育苗，育苗期 8 週。試驗處理(一)正常健康的田土加入洋桔梗殘體及土壤改良劑對生育之影響試驗：採用本場露天試驗田之田土，將採收切花後的洋桔梗含根莖葉之植體先以日光曬乾後磨成粉狀，磨粉的程度以高速粉碎

機磨到肉眼檢視呈現粉末狀，依體積比加入 5% 並充分混合，土壤改良劑處理另加 1. 碳化稻殼（光益農化公司出品，臺灣臺中），2. 蚵殼粉（黎瑋實業公司出品，臺灣南投），3. 蟹殼粉（黎瑋實業公司出品，臺灣南投），4. 有機肥（臺糖田寶 11 號有機質肥料，臺灣臺南），比例為體積比 5%，充分混合後將試驗土裝於直徑 15 公分規格的紅色塑膠盆內（體積約 1,000 ml）。5. 加入植株殘體之田土以泥炭苔（TS 1 medium, Klasmann, Geeste, Germany）平鋪於表面厚度 1 公分的處理組。試驗處理（二）連作土加入土壤改良劑對生育之影響試驗：連作土採取虎尾地區陳國明農戶，經多年連續種植洋桔梗發生連作障礙之土壤，土壤改良劑處理同試驗處理（一）之種類、混合比例及方法。試驗於 2015 年 6 月 30 日種植，每盆種植 3 株洋桔梗，每處理共 4 盆，種植後放於溫室內管理，除定期澆水外不施用肥料。於 8 月 12 日調查株高、地上部乾鮮重及地下部乾鮮重。

二、物理方式處理連作後對洋桔梗品種生育性狀之影響

本試驗於臺南區農業改良場之溫室進行，試驗品種為海之波及艾瑞娜粉，「艾瑞娜粉」（Arena Pink）：為日本 Takii 公司育成品種，粉色重瓣花，生育特性為中晚生品種。育苗條件同試驗一。試驗用之連作土取虎尾地區陳國明農戶，經多年連續種植洋桔梗發生連作障礙之土壤，裝於直徑 15 公分規格的紅色塑膠盆內（體積約 1,000 ml）。試驗處理 1. 以 100°C 熱水 300 ml 平均澆淋於盆土。2. 以泥炭苔（TS 1 medium, Klasmann, Geeste, Germany）平鋪於表面厚度 1 公分。3. 同處理 2 等量之泥炭苔均勻混入連作土中。4. 同處理 3 之處理再以 100°C 熱水 300 ml 平均澆淋於盆土，以連作土為對照。試驗於 2016 年 5 月 12 日種植，每盆種植 3 株洋桔梗，每處理共 4 盆，種植後放於溫室內管理，除定期澆水外不施用肥料。於 6 月 21 日調查株高、地上部乾鮮重及地下部乾鮮重。

三、不同熱水溫度及水量處理連作土對洋桔梗品種生育性狀之影響

本試驗於臺南區農業改良場之溫室進行，試驗品種為海之波及克洛馬白。育苗條件同試驗一。試驗用之連作土取虎尾地區陳國明農戶，經多年連續種植洋桔梗發生連作障礙之土壤，裝於直徑 15 公分規格的紅色塑膠盆內（體積約 1,000 ml）。試驗處理以 100°C、80°C 或 60°C 之熱水，水量分為 300 或 150 毫升兩種，平均澆淋於盆土使自然滲透，在 300 毫升的處理組盆土下 15 公分位置埋設溫度記錄器（HOBO U23Pro-v2, 慧技）感應頭，澆熱水後量測 250 分鐘之土溫變化。試驗於 2016 年 9 月 22 日種植，每盆種植 3 株洋桔梗，每處理共 4 盆。每星期量測植株高度，於 11 月 12 日調查最終株高、地上部乾鮮重及地下部乾鮮重。

試驗採完全隨機設計（CRD），採用 CoStat6.101（CoHort Software, CA, USA）統計軟體進行最小顯著差異（Least significant difference, LSD）分析各處理間是否有顯著差異（ $P \leq 0.05$ ），並以 SigmaPlot 8.0（SPSS Inc., USA.）進行繪圖。

結 果

一、以土壤改良劑處理模擬連作土對不同洋桔梗品種生育之影響

以正常健康的田土加入洋桔梗磨粉之殘體及土壤改良劑的結果如表 1 所示，以正常健康的田土種植的洋桔梗株高最高及植體最重。在田土中加入 5% 洋桔梗的磨粉殘體再種植其生長高度及植體乾鮮重均受到明顯抑制。再加入 5% 的土壤改良劑的結果，在海之波品種上，不論炭化稻殼、蚵殼粉、蟹殼粉或有機肥均不能改善生長受到抑制的現象，

其中蚵殼粉反而更抑制生長。克洛馬白品種有相同的情形，但炭化稻殼可改善抑制現象而與正常健康的田土種植者沒有差異。加入 5% 洋桔梗的磨粉殘體的田土上鋪上一層 1 公分厚的泥炭苔再種植的結果，兩品種的生長勢均和純田土沒有差異。

表 1. 田土加入植物殘體及土壤改良劑後對二個洋桔梗品種生長之影響

Table 1. Effects of plant residues and soil ameliorants mixed with normal healthy soil on the growth of two *Eustoma* cultivars

Cultivar	Treatment ^z	Aerial part		Root		Height (cm)
		Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	
Umi Honoka	NS	4.91a ^y	0.62a	2.48a	0.22a	19.5a
	NS + ER 5%	2.79b	0.38b	1.17bc	0.09b	11.2b
	NS + ER 5% + CRH 5%	2.96b	0.38b	1.02bc	0.09b	10.9b
	NS + ER 5% + OSP 5%	1.82c	0.23c	0.57c	0.05c	6.7c
	NS + ER 5% + CSP 5%	2.93b	0.38b	1.02bc	0.08b	10.2b
	NS + ER 5% + OF 5%	3.18b	0.38b	1.22b	0.09b	12.3b
	NS + ER 5% + PM 1 cm	4.85a	0.59a	1.46b	0.11b	17.2a
Croma White	NS	5.26a	0.72a	2.26a	0.21a	21.8a
	NS + ER 5%	3.17abc	0.44b	1.13b	0.10b	10.1b
	NS + ER 5% + CRH 5%	4.13a	0.57a	1.10b	0.11b	13.6ab
	NS + ER 5% + OSP 5%	1.51c	0.19c	0.27c	0.04c	4.6c
	NS + ER 5% + CSP 5%	2.87bc	0.39bc	0.71bc	0.07bc	8.7bc
	NS + ER 5% + OF 5%	3.50ab	0.46b	0.91b	0.08bc	11.5b
	NS + ER 5% + PM 1 cm	4.81a	0.64a	1.15b	0.11b	18.0a

^z NS: Normal, healthy soil. ER 5%: *Eustoma* residues 5% V/V. CRH 5%: Carbonized rice husk 5% V/V. OSP 5%: Oyster shell powder 5% V/V. CSP 5%: Crab shell powder 5% V/V. OF 5%: Organic fertilizer 5% V/V. PM 1 cm: Peat moss on surface 1 cm.

^y Mean separation within columns and cultivars by LSD test at $P \leq 0.05$.

採用發生連作障礙的土壤加入土壤改良劑的結果如表 2 所示，在連作土上鋪一層泥炭苔後再種植，克洛馬白品種在株高上明顯比連作土及加入土壤改良劑者較高，連作土加入土壤改良劑均使植株生長受抑制。海之波品種除了蟹殼粉處理之外，其它土壤改良劑之株高反而較純連作土矮。在植株乾鮮重方面，兩品種不論地上部或地下部鮮乾重以連作土上鋪一層泥炭苔者最重，和其它處理者有顯著差異，土壤改良劑並不能使改善連作土抑制生長的現象。

二、物理方式處理連作後對洋桔梗品種生育性狀之影響

連作土壤經處理後對洋桔梗之生育影響如表 3 所示，不經任何處理的連作土栽培後不論株高或乾鮮重均受到明顯抑制，而在表面鋪上一層厚度 1 公分的泥炭苔再種植可明顯恢復正常生長，但將同等份量的泥炭土拌勻入連作土中則不能改善生長受抑制的連作現象。以 100°C 熱水處理連作土或連作土混入泥炭土的結果，對海之波品種之株高和表面一層泥炭土的處理沒有差別，但對艾瑞娜粉熱水處理的結果在株高和沒有熱水處理者並無差別，但在乾重上明顯較重。

表 2. 連作土加入土壤改良劑後對二個洋桔梗品種生長之影響

Table 2. Effects of plant mixed residues and soil ameliorants mixed with sick soil on the growth of two *Eustoma* cultivars

Cultivar	Treatment ^z	Aerial part		Root		Height (cm)
		Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	
Umi Honoka	SS	3.22ab ^y	0.52ab	0.41b	0.06b	14.5ab
	SS + CRH 5%	2.17b	0.26b	0.32b	0.05b	12.3b
	SS + OSP 5%	3.32ab	0.43ab	0.44b	0.06b	11.8b
	SS + CSP 5%	3.66ab	0.42ab	0.48b	0.06b	14.7ab
	SS + OF 5%	2.41b	0.41ab	0.34b	0.07b	12.2b
	SS + PM 1 cm	4.09a	0.85a	0.52a	0.11a	17.1a
Croma White	SS	2.01b	0.29b	0.38b	0.05b	11.7b
	SS + CRH 5%	2.09b	0.30b	0.35b	0.05b	11.3b
	SS + OSP 5%	1.97b	0.29b	0.39b	0.05b	10.3b
	SS + CSP 5%	1.79b	0.25b	0.36b	0.05b	9.7b
	SS + OF 5%	1.91b	0.18b	0.27b	0.04b	9.5b
	SS + PM 1 cm	2.79a	0.33a	1.01a	0.10a	15.4a

^z SS: Sick soil. CRH 5%: Carbonized rice husk 5% V/V. OSP 5%: Oyster shell powder 5% V/V. CSP 5%: Crab shell powder 5% V/V. OF 5%: Organic fertilizer 5% V/V. PM 1 cm: Peat moss on surface 1 cm.

^y Mean separation within columns and cultivars by LSD test at $P \leq 0.05$.

表 3. 連作土以熱水或泥炭苔處理對二個洋桔梗品種生長之影響

Table 3. Effects of hot water and peat moss treated sick soil on the growth of two *Eustoma* cultivars

Cultivar	Treatment ^z	Aerial part		Root		Height (cm)
		Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	
Umi Honoka	SS	1.90c ^y	0.30b	0.31b	0.05c	12.2b
	SS + HW	4.28a	0.46a	1.17a	0.11a	18.8a
	SS + PM 1 cm	3.25b	0.35ab	0.85a	0.07ab	17.8a
	SS + PMM	2.11c	0.25b	0.37b	0.06bc	12.7b
	SS + PMM + HW	3.97ab	0.35ab	0.84a	0.10a	19.6a
Croma White	SS	5.54bc	0.53b	0.86b	0.09b	21.2b
	SS + HW	5.95ab	0.65ab	1.80a	0.14a	23.1b
	SS + PM 1 cm	6.96a	0.76a	1.93a	0.16a	30.2a
	SS + PMM	4.22c	0.50b	0.60b	0.07b	19.6b
	SS + PMM + HW	5.84ab	0.65ab	1.81a	0.15a	24.7ab

^z SS: Sick soil. HW: 100°C Hot water 300 ml. PM 1 cm: Peat moss on surface 1 cm. PMM: Peat moss mix in sick soil.

^y Mean separation within columns and cultivars by LSD test at $P \leq 0.05$.

表 4. 連作土以不同熱水溫度及水量對二個洋桔梗品種生長之影響

Table 4. Effects of sick soil treated with hot water on the growth of two *Eustoma* cultivars

Cultivar	Treatment ^z	Aerial part		Root		Height (cm)
		Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	
Umi Honoka	SS	2.73cd ^y	0.28cd	1.03bc	0.09bc	12.2bc
	SS + HW100°C 300 mL	5.58a	0.59a	1.93a	0.18a	17.7a
	SS + HW 80°C 300 mL	3.85b	0.41b	1.31b	0.12b	16.7a
	SS + HW 60°C 300 mL	2.31cd	0.27cd	0.98bc	0.10bc	12.3bc
	SS + HW + 100°C 150mL	3.68b	0.40b	1.52ab	0.13b	15.6a
	SS + HW + 80°C 150 mL	3.06bc	0.33bc	1.37b	0.12b	13.0b
	SS + HW 60°C 150mL	1.81d	0.20d	0.69c	0.08b	10.5c
Croma White	SS	1.69c	0.17de	0.48b	0.04bc	9.6de
	SS + HW100°C 300 mL	4.33a	0.45a	1.24a	0.08a	16.2a
	SS + HW 80°C 300 mL	3.37b	0.33b	1.10a	0.09a	14.4ab
	SS + HW 60°C 300 mL	1.92c	0.22cd	0.59b	0.06abc	9.7de
	SS + HW + 100°C 150mL	2.68b	0.30bc	0.60b	0.06ab	12.6bc
	SS + HW + 80°C 150 mL	1.52c	0.18de	0.27b	0.04bc	10.8cd
	SS + HW 60°C 150mL	1.21c	0.14e	0.28b	0.03c	8.2e

^z SS: Sick soil. HW: Hot water.

^y Mean separation within columns and cultivars by LSD test at $P \leq 0.05$.

三、不同熱水溫度及水量處理連作土對洋桔梗品種生育性狀之影響

以不同熱水溫度及水量處理連作土後再種植洋桔梗的結果如表 4，海之波品種在 300 或 150 毫升 100°C 熱水處理的土壤種植後，株高均較對照組不處理熱水的連作土高且有顯著差異，80°C 熱水則只有 300 毫升處理才有效果，80°C 熱水 150 毫升或 60°C 熱水和不經熱水處理者沒有差別。克洛馬白品種也有同樣趨勢，以 100°C 熱水 300 毫升水量和對照組有明顯差異，其次為 80°C 熱水 300 毫升的處理，之後才是 100°C 150 毫升的熱水處理組，80°C 熱水 150 毫升及 60°C 熱水處理和對照組沒有顯著差異。由圖 1 澆熱水後土溫的變化來看，100°C 300 毫升處理可將土溫提昇至 46°C，再緩慢下降約在 3 小時後才降至未處理前之溫度，80°C 處理可將土溫提昇至 43°C，同樣緩慢下降至 3 小時後才降至未處理前之溫度，60°C 處理只提昇土溫至 40°C，且快速下降在處理後 2.5 小時達到未處理前之溫度。

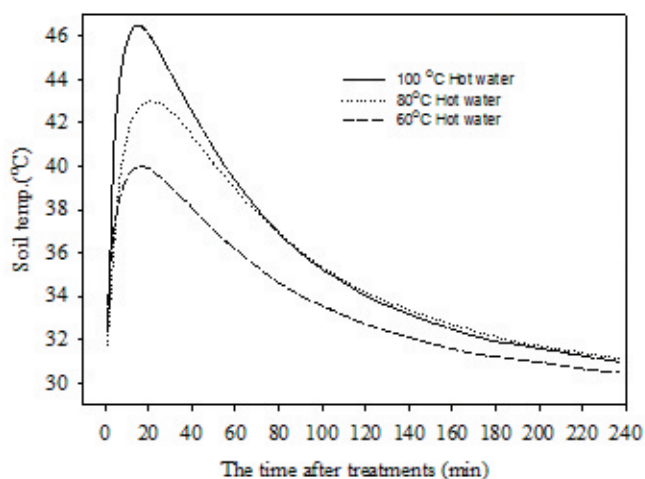


圖 1. 連作土以不同熱水溫度 300 mL 處理對土面下 15 公分之溫度變化

Fig. 1. Changes in soil water temperature (15 cm below the soil surface) with time after drenching 300 ml hot water with various temperatures

討 論

洋桔梗連作障礙原因之一是前作根部的分泌物及植體殘株耕犁入土壤中產生的自毒現象⁽³⁾，這可由試驗一將洋桔梗之乾燥植體磨粉後再混入田土中，有明顯生長勢受抑制的連作障礙現象。前人研究指出使用活性炭可吸附自毒物質來減緩連作現象⁽⁴⁾，本試驗以炭化稻殼或其它土壤改良劑混入含洋桔梗植株殘體的田土或已發生連作障礙的田土，再種植洋桔梗的結果，和沒有加入的處理組一樣生長勢明顯受到抑制，甚至生長的情形更差（蚵殼粉），顯示包含炭化稻殼在內的土壤改良劑並無改善連作障礙之效果，這可能是炭化稻殼的顆粒較粗或是土壤改良劑施用後立刻種植缺乏作用時間所致。

試驗一及二在混入植株殘體的田土或連作土表面鋪一層泥炭苔再種植後，其植株高度和不含植株殘體的處理組沒有差異（表 1），或是有明顯恢復生長勢的情形（表 2），此狀況可能為生長初期根部沒有接觸到自毒物質而能夠正常生長發育，此種未污染的土壤（uncontaminated soil）概念已應用在木瓜疫病防治之栽培⁽¹³⁾，在本試驗中也有避免連作障礙的效果，若將這層泥炭苔混入連作土之中，其避免連作障礙的效果也會減少而得到證明（表 3）。

使用高溫蒸氣處理土壤可有效避免連作障礙之發生^(1,6)，然而蒸氣處理機移動困難使用不便，以小型熱水機澆灌熱水處理或以塑膠布覆蓋土面讓日光進行加熱也能克服連作障礙及減緩病害發生^(9,20)。本試驗以連作土澆灌 100°C 的熱水處理，種植洋桔梗後其株高及乾鮮重確實較未處理者明顯較高和較重（表 3），顯示熱水處理確實能夠改進洋桔梗的連作障礙。為探討熱水作用的效果，試驗三以 100、80 或 60°C 的水溫，300 或 150 毫升的水量處理連作土再種植洋桔梗的結果，顯示 100°C 300 毫升及 150 毫升處理均可有效減緩連作障礙之現象，80°C 則只有 300 毫升處理才有效果，80°C 150 毫升及 60°C 處理和不澆熱水處理者沒有顯著差異（表 4），顯示水溫及水量必須高到某一程度才有效果。調查 300 毫升熱水處理後土溫的變化結果如圖 1，顯示 100°C 水處理土面下 15 公分處溫度最高可達 47°C，且在 40°C 以上

土溫約持續 50 分鐘，80°C 水處理土溫最高約 43°C，40°C 以上的土溫持續約 40 分鐘。前人研究指出，以熱水處理進行土壤消毒時在土面下 30 公分處之土溫達到 45°C 即可完全讓芹菜萎黃病完全不發生⁽⁹⁾，洋桔梗用太陽能消毒法在地面下 20 公分處的土溫在 42 ~ 45°C 即可減少莖腐病等病害發生的比率，以及用熱水滴灌使地表下 30 公分的土溫達到 45°C 以上，洋桔梗的根腐病可由 97.8% 降至 0%⁽²⁰⁾。Asao (2007) 的報告指出洋桔梗發生連作障礙的自毒物質主要為馬來酸、蘋果酸及苯甲酸，而根據 Fujishige (2002) 的分析報告，蘋果酸的溶點在 46 ~ 60°C，這可能是高溫處理土壤能夠減少連作障礙現象的原因，而本試驗 60°C 熱水處理最高土溫只有 40°C 且持續時間很短，這也是 60°C 熱水處理無效的原因。

引用文獻

1. 王毓華、蘇俊峰、楊智凱、林毓雯、林楨祐、魏夢麗。2011。土壤蒸汽處理對溫室東方甜瓜生育之影響。臺灣農業研究 60：167-177。
2. 張元聰、王裕權。2001。洋桔梗產業介紹。臺灣花卉園藝 165：24-34。
3. 久保田芳久。2005。トルコギキョウの連作障害におけるアレロパシーの可能性。農耕と園藝。2005/05：48-51。
4. Asaduzzaman M. and T. Asao. 2012. Autotoxicity in beans and their allelochemicals. Scientia Hort. 134: 26-31.
5. Asao T., H. Kitazawa, T. Ban, M. H. R. Pramanik, Y. Matsui, and T. Hosoki. 2004. Search of autotoxic substances in some leafy vegetables. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 73: 247-249.
6. Asao T., H. Kitazawa, K. Ushio, Y. Sueda, T. Ban, and M. H. R. Pramanik. 2007. Autotoxicity in some ornamentals with the means to overcome it. HortScience 42: 1346-1350.
7. Barkosky, R. R. and F. A. Einhellig. 1993. Effects of salicylic acid on plant-water relationships. J. Chem. Ecol. 19: 237-247.
8. Baziramakenga, R., R. R. Simard, and G. D. Lerous. 1994. Effects of benzoic and cinnamic acids on growth, mineral composition and chlorophyll content of soybean roots. J. Chem. Ecol. 20: 2821-2833.
9. Fujinaga M., H. Kobayashi, K. Komatsu, H. Ogiso, T. Uehara, Y. Ono, Y. Tomita, and T. Ogawara. 2005. Control of Fusarium Yellow on celery by soil sterilization with hot water injection using a portable boiler. Annual Report of the Kanto-Tosan Plant Protection Society. 52: 25-29.
10. Fujishige, S. 2002. Thermal decomposition of solid state poly (β -L-malic acid). J. Therm. Anal. 70: 861-865.
11. Harbaugh, B. K. 1995. Flowering of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. cultivars influenced by photoperiod and temperature. HortScience 30: 1375-1377.
12. Kitazawa H., T. Asao, T. Ban, M. H. R. Pramanik, and T. Hosoki. 2005. Autotoxicity of root exudates from strawberry in hydroponic culture. J. Hort. Sci. Biotechnol. 80: 677-680.
13. Ko, W. H. and J. L. Lockwood. 1970. Mechanism of lysis of fungal mycelia in soil. Phytopathology 60: 148-154.
14. Li, J., Y. Notsu, M. Ogawa, H. Ohno, and K. Ohkawa. 2002. Rosetting characteristics based

- classification of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. cultivars sown on different dates. *Environ. Control Biol.* 40: 229-237.
15. Minuto A., G. Minuto, Q. Micheli, M. L. Gullino, and A. Garibaldi. 2002. The “stanchezza” (soil sickness) of sweet basil. *Phytopathol Mediterr.* 41: 85-91.
 16. Mondal, F. M., M. Asaduzzaman, H. Tanaka, and T. Asao. 2015. Effects of amino acids on the growth and flowering of *Eustoma grandiflorum* under autotoxicity in closed hydroponic culture. *Scientia Hort.* 192: 453-459.
 17. Ohkawa, K. and E. Sasaki. 1999. *Eustoma* (Lisianthus) - its past, present, and future. *Acta Hort.* 482: 423-428.
 18. Pergola, G., N. Oggiano, and P. Curir. 1992. Effects of seeds and seedlings temperature conditioning on planting, bolting and flowering in *Eustoma russellianum*. *Acta Hort.* 314: 173-178.
 19. Rohn, S., H. M. Rawel, and J. Kroll. 2002. Inhibitory effects of plant phenols on the activity of selected enzyme. *J. Agr. Food Chem.* 50: 3566-3571.
 20. Tomita Y., T. Ogawara, T. Ichimura, and H. Nagatsuka. 2005. Control of soil diseases and nematode for Russell Prairie Gentian by soil solarization and hot water injection in greenhouse. *Bulletin of the Horticultural Institute Ibaraki Agricultural center.* 13: 43-47.

Improvement of *Eustoma* continuing cropping obstacle by soil ameliorants and hot water treatment¹

Chang, Y. T. and M. C. Wang²

Abstract

Continuing cropping obstacle is commonly observed in *Eustoma* as planted on the same piece of land after *Eustoma*. It was proved as a treat by mixing ground *Eustoma* plant residue into the soil and re-planting *Eustoma*. Soil ameliorants such as carbonized rice husk failed to improve the obstacle. Placing 1 cm layer of peat moss on the sick soil did improved the problem. However, the effect disappeared when the peat moss was incorporated or mixed into the soil. Treatment of 1,000 ml sick soil with 300 ml or 150 ml of hot water at 100°C or 300 ml at 80°C, growth of *Eustoma* was improved. No difference was observed between the treatment with 150 ml of hot water at 80°C or 60°C and no treatment control. If the sick soil was kept 40 minutes at 40°C or above, the continuing cropping obstacle was significantly improved.

What is already known on this subject?

Continuing cropping of *Eustoma* on the same piece of land after *Eustoma* is a problem. No answer is available to solve the phenomenon.

What are the new findings?

This is the first report to ease the obstacle by soil ameliorants and hot water treatment.

What is the expected impact on this field?

The method can be used by the farmers to improve this problem in continuing cropping of *Eustoma*, and increase their profits.

Key words: *Eustoma*, Successive cropping obstacle, Autotoxicity, Allelopathy, Hot water, Soil ameliorants

Accepted for publication: September 12, 2017

1. Contribution No.478 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station.

2. Associate Researcher, Assistant Researcher, Tainan District Agricultural Research and Extension Station. 70 Muchang, Hsinhua, Tainan 712, Taiwan, R.O.C.