

蒸氣處理對改善洋桔梗土壤連作障礙之效果¹

張元聰、楊清富²

摘 要

張元聰、楊清富。2022。蒸氣處理對改善洋桔梗土壤連作障礙之效果。臺南區農業改良場研究彙報 80：78-85。

於洋桔梗連作障礙的溫室，以自走式土壤蒸氣消毒機之蒸氣釘管插入地面 10 cm 之深度，以蒸汽鍋爐出口溫度 105°C，壓力 4 kg/m² 導入高溫蒸氣處理土壤 10 分鐘或 5 分鐘後，再種植洋桔梗海之波與夏康白品種，和沒有蒸氣處理的區域相比，種植的兩個洋桔梗品種在蒸氣處理區之生長勢均優於未處理區。比較 5 分鐘或 10 分鐘蒸氣處理之差別，夏康白品種在株高、第一花高、節數以 10 分鐘處理者較佳，其餘性狀以 5 分鐘處理較好。海之波品種僅株高以 10 分鐘處理者較佳，其餘性狀均以 5 分鐘處理較好，由處理組和對照組各項性狀的比值來看，10 分鐘處理組均大於 5 分鐘處理組，顯示蒸氣處理連作土壤 10 分鐘的改善效果較佳，但 5 分鐘處理後之切花栽培已達市場可接受之品質。

現有技術：洋桔梗發生土壤連作障礙現象，現有方式以日光加熱法可有效克服連作障礙問題，但只能在夏季進行且處理時間長。

創新內容：國外的土壤蒸氣處理設備不適用於臺灣的栽培條件，本試驗開發自走式土壤蒸氣消毒機配合蒸氣釘管及遮罩，可處理深層土壤。

對產業影響：自走式土壤蒸氣消毒機可全年使用，對連作障礙處理成效良好，可進行週年排程栽培穩定供應市場，提高溫室週轉率。

關鍵字：洋桔梗、連作障礙、自毒作用、土壤蒸氣處理

接受日期：2022 年 12 月 26 日

1. 行政院農業委員會臺南區農業改良場研究報告第 553 號。

2. 行政院農業委員會臺南區農業改良場副研究員、副研究員。712009 臺南市新化區牧場 70 號。

前 言

洋桔梗 [*Eustoma grandiflora* (Raf.) Shnn.] 屬龍膽科花卉，近年來因花色多樣及觀賞壽命長等因素而受到市場歡迎⁽²⁾。臺灣栽培以生產切花供應外銷日本及國內市場，每年栽培面積約 100 公頃 (110 年農業統計年報)。近年來，洋桔梗在臺灣栽培面積有下降的趨勢，原因之一是溫室發生連作障礙，導致栽培困難^(3,4)，設施內土壤連作障礙是產業迫切需要解決的問題。

連作障礙 (successive cropping problem) 是指同一作物連續栽培後發生生長不良的現象^(5,12)，這種現象在設施內更容易發生，導致這種情形的原因有很多，包括病蟲持續危害及土壤肥力失去平衡等，以及累積的植物化學物質產生的自毒作用 (autotoxicity)⁽¹²⁾。洋桔梗在採收切花後，田間殘留的植體及根部通常會耕犁進土壤中，累積的相剋化合物 (allelochemicals) 是洋桔梗連作障礙的主要原因⁽⁴⁾。根據 Asao 等人 (2007) 的調查，洋桔梗相剋化合物包含丙二酸 (Malonic acid)、丁烯二酸 (Maleic acid)、己酸 (n-caproic acid)、苯甲酸 (Benzoic acid)、蘋果酸 (Malic acid)、間羥基苯甲酸 (m-Hydroxybenzoic acid) 及對羥基苯甲酸 (p-Hydroxybenzoic acid) 等，這些物質會引起根細胞的損壞，造成養分及水分吸收受阻使植株呈現生長不良的狀態⁽⁵⁾。

密集栽培所累積的相剋化合物造成連作障礙問題，在荷蘭其解決方法多採用介質蒸氣熱處理，在每個栽培階段開始前均會以不透氣耐熱布覆蓋介質表面配合負壓蒸氣加熱土壤，使土溫到達 70°C 並維持 30 分鐘以上⁽¹²⁾。以蒸氣處理來控制雜草的生長效果良好，不論在耕地或是荒地均可有效殺滅雜草種子減少發芽率及雜草密度^(8,10)。臺灣溫室採用土耕通氣性不佳，不適合採用荷蘭式的蒸氣處理法，本場為此開發自走式土壤蒸氣消毒機，利用不銹鋼中空釘管插入土層深處釋放蒸氣，蒸氣侷限在遮罩內不易逸散而能使土壤快速升溫，並於停止提供蒸氣後尚能維持溫度提高消毒效果，因本試驗利用此技術應用在產生連作障礙土壤，測試改善洋桔梗連作障礙的效果。

材料與方法

本試驗於臺南區農業改良場之溫室進行，試驗品種為‘夏康白’ (Chaconne White)：為日本 Miyoshi 公司育成品種，白色重瓣花，生育特性為中晚生品種。‘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。種苗購於彰化頂品公司，以 288 格穴盤播種，於日溫 30°C 夜溫 16°C，於株高處提供光強度約為 600 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (photosynthetic photon flux density) 育苗，育苗期 8 周，至苗具有 8 片本葉之程度。試驗地點為多年連作洋桔梗之溫室，由前作之表現具有連作障礙現象，栽培方式為地面土耕種植，試驗前以有機肥 (臺糖田寶 11 號有機質肥料，臺灣臺南) 每跨距 (6.8 × 32 m^2) 用 25 包，每包 20 kg。2022 年 6 月 23 日以曳引機耕犁使混合土壤疏鬆後，以自走式土壤蒸氣消毒機 (臺南區農業改良場研發，新型專利第 M621923 號) 進行消毒作業，蒸氣釘管插入畦面 10 cm 之深度，由蒸汽鍋爐 (出口溫度 105°C，壓力 4 kg/m^2) 導入高溫蒸氣。將溫度探頭預先埋設於土壤表層、深度 5 cm 及深度 10 cm 處，以資料記錄器配合熱電偶 (Thermocouple K Type；型號：CT-101；廠牌：冠輝技控；高雄市；ROC) 進行溫度量測及記錄。處理時間分為 5 分鐘

及 10 分鐘，並以同區域相鄰土壤不進行蒸氣處理做為各自的對照組。處理後以 8 格（行）鐵網鋪於地面，每格寬度為 12.5 cm，每兩格中間有一條滴灌管給水，8 行格種植左右各 3 行，中間 2 行不種。於 2022 年 6 月 27 日種植，種植後每周調查生長高度。於 8 月 30 日開花時調查株高、第一朵花高度、節數、花數、自地面向上第 5 節間莖直徑、地上部乾鮮重及地下部乾鮮重。

試驗採完全逢機設計，每處理範圍長 9 m 寬 1 m，處理範圍內兩品種每品種栽培 192 株，逢機取 10 株調查，數據採用 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 ($P < 0.05$)，並以 SigmaPlot 8.0 (SPSS Inc., USA.) 進行繪圖。

結 果

一、蒸氣處理對土壤溫度之影響

在發生連作障礙現象的溫室以自走式土壤蒸氣消毒機處理土壤，利用 10 cm 不銹鋼蒸氣釘管插入土層深處釋放蒸汽，透過預置溫度計進行檢測，土層溫度變化如圖 1 所示，持續供應蒸汽 10 分鐘後停供並移開遮罩，測得供應蒸汽 2 分鐘及 10 cm 深土壤溫度即可達到 100°C，深度 5 cm 土壤達 80°C 以上可保持 30 分鐘，10 cm 位置土壤在 80°C 以上可保持 15 分鐘，表土溫度在停供蒸汽並利去罩後溫度即快速下降。

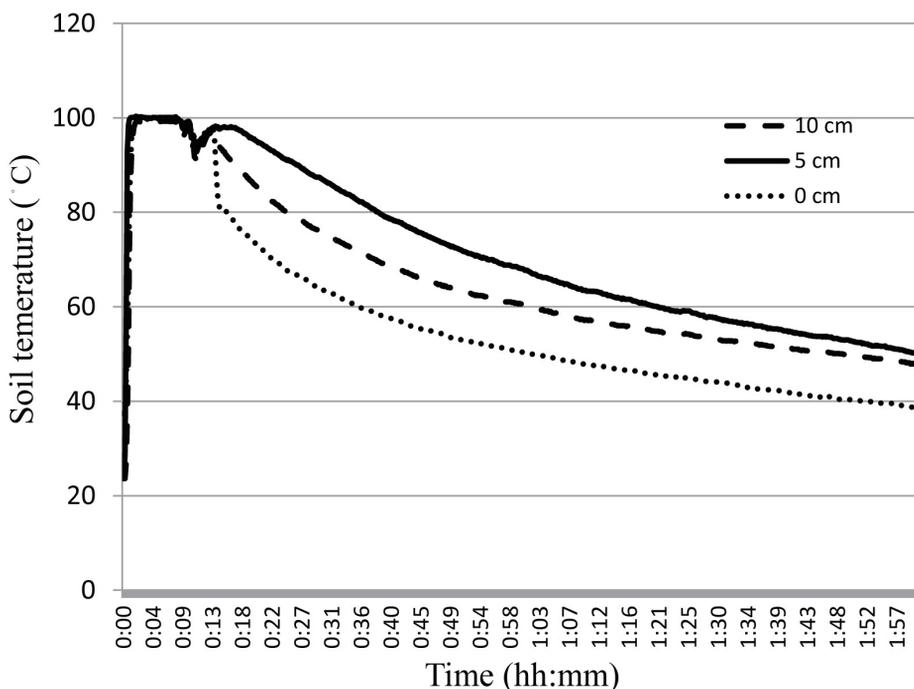


圖 1. 蒸氣消毒土層溫度變化

Fig. 1. Changes in temperature of soil under 0, 5 and 10 cm in deep after 10 min of steam sterilization

二、蒸氣處理對洋桔梗生育之影響

以自走式土壤蒸氣消毒機處理土壤 10 分鐘，和相鄰沒有蒸氣處理的區域為對照，以及處理 5 分鐘和相鄰沒有蒸氣處理的區域為對照，之後種植洋桔梗調查生長情形，結果顯示不論 10 分鐘或 5 分鐘，每周累積生長高度蒸氣處理區生長旺盛（圖 2），尤其第三至六周每周高度均超過 10 cm，沒有蒸氣處理的對照區整個期間生長緩慢，10 分鐘蒸氣處理之對照區比 5 分鐘蒸氣處理之對照區生長勢明顯較差，最終株高也呈現同樣的趨勢（表 1 及表 2），各項生育性狀，兩個洋桔梗品種在蒸氣處理區之生長勢均優於對照區。

比較 5 分鐘和 10 分鐘蒸氣處理後，種植之各項生育性狀，兩者之間雖無顯著性分析（表 1 及表 2），但由數據顯示，夏康白品種方面，在株高、第一花高、節數以 10 分鐘處理者較佳，其餘性狀以 5 分鐘處理較好。海之波品種方面，更是只有株高以 10 分鐘處理者較佳，其餘性狀均以 5 分鐘處理較好。

表 1-1. 蒸氣處理連作土時間對洋桔梗夏康白品種生育性狀之影響

Table 1-1. The effects of steam treatment of soil sickness on the growth characteristics of Eustoma 'Chaconne White'

Treatment	Plant height (cm)	Plant height at first flowering (cm)	Stem diameter (mm)	Flower number	Node number
5 min	75.1 a ^z	33.3 a	4.5 a	6.7 a	7.8 a
5 min CK	53.9 b	25.3 b	3.8 b	4.3 b	7.1 b
ratio	1.39	1.31	1.18	1.55	1.10
10 min	84.6 a	37.6 a	3.9 a	5.8 a	8.0 a
10 min CK	45.4 b	20.1 b	2.1 b	2.7 b	6.8 b
ratio	1.86	1.87	1.86	2.15	1.18

^z Mean separation within columns by LSD test at $P < 0.05$.

表 1-2. 蒸氣處理連作土時間對洋桔梗夏康白品種生育性狀之影響

Table 1-2. The effects of steam treatment of soil sickness on the growth characteristics of Eustoma 'Chaconne White'

Treatment	Aerial parts		Roots		Root length (cm)
	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	
5 min	35.33 a ^z	5.64 a	0.78 a	0.17 a	7.1 a
5 min CK	16.56 b	2.83 b	0.36 b	0.08 b	5.5 b
ratio	2.13	1.99	2.17	2.12	1.29
10 min	33.63 a	5.04 a	0.77 a	0.15 a	6.8 a
10 min CK	13.10 b	2.10 b	0.32 b	0.07 b	5.7 a
ratio	2.56	2.40	2.41	2.14	1.19

^z Mean separation within columns by LSD test at $P < 0.05$.

表 2-1. 蒸氣處理連作土時間對洋桔梗海之波品種生育性狀之影響

Table 2-1. The effects of steam treatment of soil sickness on the growth characteristics of Eustoma 'UmiHonoka'

Treatment	Plant height (cm)	Plant height at first flowering (cm)	Stem diameter (mm)	Flower number	Node number
5 min	77.0 a ^z	35.3 a	3.4 a	8.6 a	9.0 a
5 min CK	46.5 b	22.8 b	1.9 b	3.5 b	8.0 b
ratio	1.66	1.55	1.80	2.46	1.12
10 min	80.7 a	32.6 a	3.1 a	6.8 a	9.0 a
10 min CK	37.5 b	21.9 b	1.5 b	2.6 b	8.2 b
ratio	2.15	1.49	2.07	2.62	1.10

^z Mean separation within columns by LSD test at P < 0.05.

表 2-2. 蒸氣處理連作土時間對洋桔梗海之波品種生育性狀之影響

Table 2-2. The effects of steam treatment of soil sickness on the growth characteristics of Eustoma 'UmiHonoka'

Treatment	Aerial parts		Roots		Root length (cm)
	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	
5 min	36.39 a ^z	5.19 a	0.84 a	0.17 a	7.1 a
5 min CK	11.88 b	1.87 b	0.43 b	0.09 b	6.9 a
ratio	3.06	2.76	1.95	1.89	1.02
10 min	31.37 a	4.23 a	0.82 a	0.14 a	5.6 a
10 min CK	8.59 b	1.26 b	0.40 b	0.08 b	5.3 a
ratio	3.65	3.35	2.05	1.75	1.05

^z Mean separation within columns by LSD test at P < 0.05.

三、蒸氣處理對雜草發生之影響

在雜草生長之比較方面 (資料未顯示), 10 分鐘蒸氣處理區均無雜草生長, 只有在靠近處理區邊緣處有少數的大飛揚草 [(*Chamaesyce hirta* (L.) Millsp.)], 5 分鐘處理者只有美洲含羞草 (*Mimosa diplotricha.*), 少量的大飛揚草、白花蛇舌草 (*Hedyotis diffusa.* Willid.) 及紅乳草 [(*Chamaesyce thymifolia* (L.) Millsp.)], 未經蒸氣處理之區域除了前述雜草大量發生之外, 尚有馬齒莧 (*Portulaca oleracea* L.) 及通泉草 [(*Mazus pumilus* (Burm. f.) Steenis)]。

討 論

一、蒸氣處理對土壤溫度之影響

本場所開發之自走式土壤蒸氣消毒機可提供一個簡便快速的蒸氣處理連作土壤, 此

次蒸氣處理 10 分鐘土壤的溫度在遮罩移開後仍可保持 80°C 一段時間，較熱水處理溫度更高且持續時間更久⁽⁴⁾，處理後種植洋桔梗之結果如圖 2. 所示，對照組的生長勢較差，且在生長初期就呈現這種趨勢，以蒸氣處理生長勢較佳，可見高溫處理可破壞土壤中的連作障礙物質，由於洋桔梗的連作障礙物質以丙二酸、丁烯二酸、苯甲酸、蘋果酸等為主，這些造成連作障礙發生的有機物質會因高溫而分解，例如丁烯二酸在 46 ~ 60°C 產生汽化反應，這可能是高溫處理土壤能夠減少連作障礙現象的原因⁽⁷⁾。

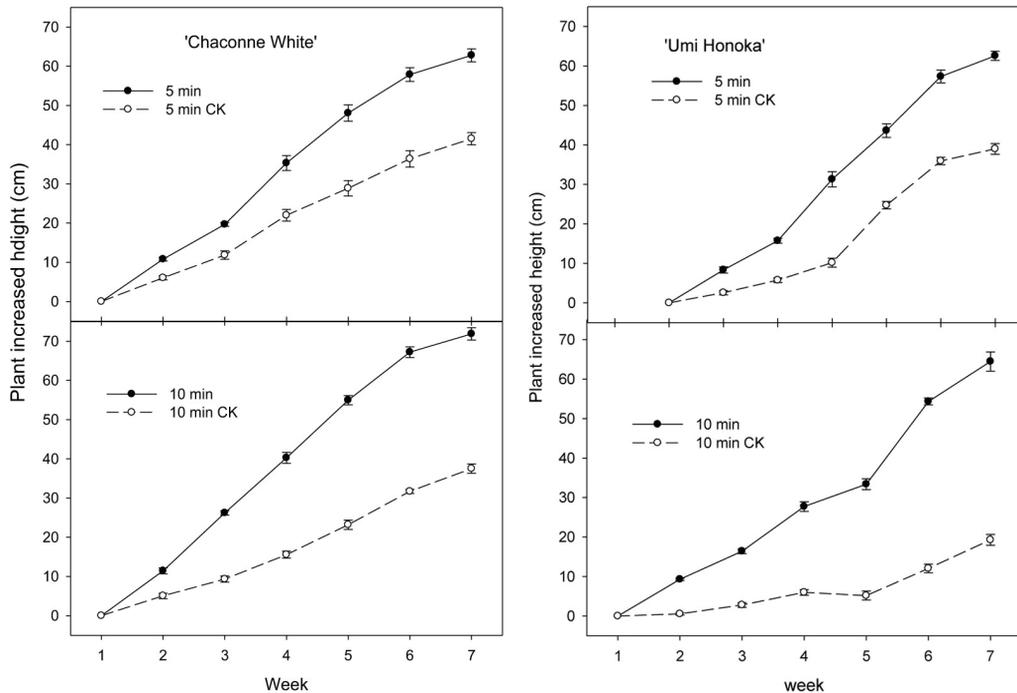


圖 2. 蒸氣處理連作土壤對洋桔梗每周增加植株高度生長之影響

Fig. 2. Changes in plant height of *Eustoma* grown in sick soil followed by steam sterilization for 5 or 10 minutes, respectively

二、蒸氣處理對洋桔梗生育之影響

土壤發生連作障礙現象會直接反應在洋桔梗的生長上，而以蒸氣處理連作土壤後栽培可以改善生長不良之現象，這種處理已用在洋香瓜⁽¹⁾、短期葉菜⁽¹¹⁾等的連作障礙改善而有良好成效，洋桔梗土壤連作問題以 100°C 熱水 300 mL 或 150 mL 及 80°C 熱水 300 mL 處理可改善⁽⁴⁾，日光配合塑膠布以及熱水都有相同的效果⁽³⁾。比較本試驗蒸氣處理 10 分鐘和 5 分鐘的生長勢，除了株高之外其它大部分的性狀在數據上均以 5 分鐘的處理表現較好，但這並不表示 5 分鐘處理比 10 分鐘好，而是應該和同區域鄰近未蒸氣處理的對照組表現來檢驗，這可由處理組和對照組各項性狀的比值來看，10 分鐘處理組均大於 5 分鐘處理組，以株高為例，夏康白品種 10 分鐘處理比值為 1.86，5 分鐘處理比值為 1.39，顯示 10 分鐘處理改進的效率高於 5 分鐘，其它性狀也有相同情形，這表示蒸氣處理連作土壤 10 分鐘的改善效果較佳，然而數據也顯示 5 分鐘處理後之切花栽培已達市場可接受之品質。

三、蒸氣處理對雜草發生之影響

以蒸氣處理土壤的另一個優點是可清除線蟲等有害生物及雜草種子⁽⁶⁾，在荷蘭以 70°C 處理土壤 30 分鐘可殺滅雜草種子⁽¹²⁾，本試驗處理的結果也顯示，10 分鐘蒸氣處理者處理區域內均無雜草長出，5 分鐘處理者只有種子較大的美洲含羞草，以及部份大飛揚草及紅乳草長出，數量目測明顯少於未處理的對照組，顯示蒸氣處理的時間越長，殺滅雜草種子的效果越好，且種子越大的草種耐熱種度越高，這個結果和類似本試驗所採用的盤床蒸氣機處理和殺草劑嘉磷塞的效果相同，相較於對照組可明顯減少雜草發芽率及生物質量⁽⁸⁾。另外以先做栽培畦再鋪透明塑膠布的日光消毒法，土壤溫度可達 55°C，經過 1 個月的處理時間，栽培後除了沒有連作障礙之外，土表同樣沒有雜草生長的效果相同⁽³⁾。

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。2020.03。臺灣洋桔梗產業發展現況。農友月刊 71(03)：10-13。
3. 張元聰、王美琴。2019。土壤熱處理改進洋桔梗連作障礙之研究。臺南區農業改良場研究彙報 74：36-46。
4. 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。
5. 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.
6. Bollen, G. J. 1985. Lethal temperatures of soil fungi. In Ecology and management of soilborne plant pathogens. Amer. Phytopathol. Soc. St. Paul, USA p. 191-193.
7. Fujishige, S. 2002. Thermal decomposition of solid state poly (β -L-malic acid). J. Therm. Anal. 70: 861-865.
8. Kolberg, R. L. and L. J. Wiles. 2002. Effect of steam application on cropland weeds. Weed Technol. 16: 43-49.
9. Mondal, M. F., 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. Sci. Hort. 192: 453-459.
10. Nishimura A, Asai M, Shibuya T, Kurokawa S and Nakamura H. 2015. A steaming method for killing weed seeds produced in the current year under untilled conditions. Crop Protect 71: 125-131.
11. Pinel, M. P. C., W. Bond, and J. G. White. 2000. Control of soil-borne pathogens and weeds in leaf salad monoculture by use of a self-propelled soil-steaming machine. Acta Hort. 532: 115-124.
12. Runia, W. T. and L.P.G. Molendijk. 2010. Physical methods for soil disinfestation in intensive agriculture: Old methods and new approaches. Acta Hort. 883: 249-258.

Efficacy of steaming sterilization of soil to improve the continuous cropping problem of *Eustoma*¹

Chang, Y. T. and C. F. Yang²

Abstract

Comparative growth was measured in *Eustoma grandiflorum* cultivars Chaconne White and Umi Honoka grown in continuous cropping soil treated or untreated steaming sterilization. A Tainan DARES self-developed machine (Patent # M621923) equipped with steam nails was inserted 10-cm depth into the soil and steaming (4 kg/m²) sterilized for 5 or 10 minutes, respectively. Results showed that soil steaming sterilization increased plant growth in terms of plant height, stem diameter, flower number, and fresh and dry weights for both cultivars. Plant growth did not differ between the soil steamed for 5 or 10 minutes, while cut flower quality was marketing acceptable in those grown in continuous cropping soil after steaming sterilization for 5 minutes.

What is already known on this subject?

Soil sickness happened in monocultured *Eustoma*. A simple solar heating was effective in overcoming soil sickness but it was only practical in summer and it must be treated for a long time.

What are the new findings?

The soil steaming method from abroad is not suitable for the cropping system in Taiwan. Self-propelled Soil Steaming machine equipped with steam nail tubes and metal cover can reach to the deeper soil.

What is the expected impact on this field?

Self-propelled Soil Steaming can work all year round at anytime and reduce the problem in continuous cropping of *Eustoma*. It is possible to carry out annual schedule cultivation to supply cut flower for the market, and have higher greenhouse turnover rate.

Key words: *Eustoma*, Soil sickness, Autotoxicity, Soil steaming

Accepted for publication: December 26, 2022

1. Contribution No. 553 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station.

2. Associate Researcher, Associate Researcher, Tainan District Agricultural Research and Extension Station. 70 Muchang, Hsinhua, Tainan 712009, Taiwan, R.O.C.