

土壤蒸汽消毒防治百合黃化型病害

李敏郎 呂理燊

臺中縣霧峰鄉 臺灣省農業藥物毒物試驗所

(接受日期：民國 87 年 6 月 3 日)

摘 要

李敏郎、呂理燊 1998 土壤蒸汽消毒防治百合黃化型病害 植保會刊 40 : 251-264.

以葵百合(*Lilium oriental hybrid cv. Stargazer*)為材料，連續兩年在后里同一塊百合連作田進行三次 60°C 維持 30 分鐘及 80°C 維持 20 分鐘之土壤蒸汽消毒試驗，並分別以溴化甲烷燻蒸(28.3 g/m³)及完全不做處理為對照，防治由 *Fusarium oxysporum f. sp. lilii* 或 *Rhizoctonia solani* 所引起之百合黃化型病害。結果第一次試驗之 60°C、80°C、溴化甲烷燻蒸區及對照組的發病率分別為 14.6、5.7、57.7 及 46.3%，第二次試驗則為 2.2、0.6、3.9 及 7.8%，兩種溫度之土壤蒸汽消毒防病效果無顯著差異，但均優於溴化甲烷處理及對照組。連作田土壤經蒸汽消毒處理一次後，對百合連續栽培之病害防治持續效果，分成僅在第一期百合種植前，進行土壤蒸汽消毒處理，然後連續種植兩期百合(S1)；及第一期不做處理，於第二期百合種植前，才進行土壤蒸汽消毒處理(S2)等方式，結果顯示 S1 及 S2 處理間之防病效果無顯著差異，但與對照組均達顯著差異。S1 區之 60°C 及 80°C 處理者發病率分別為 5.2 及 2.2%，溴化甲烷處理者則為 12.9%，S2 區之 60°C 及 80°C 處理者發病率分別為 10.2 及 11.1%，而溴化甲烷連續兩期皆處理者為 7.3%，S1 及 S2 區之對照組發病率則高達 33.9%。土壤蒸汽消毒除防治病害外，80°C 處理之切花品質及瓶插壽命，均優於 60°C、溴化甲烷處理者及對照組。本研究顯示土壤蒸汽消毒可防治百合黃化型病害，兩種溫度中，又以 80°C 較為理想，可持續每年連續兩次百合之生產，解決百合無法連作之問題。

(關鍵詞：百合、百合黃化型病害、連作障礙、土壤蒸汽消毒、病害防治)

緒 言

百合 (*Lilium* spp.) 為國內新興的切花作物，由於經濟價值高，近年栽培面積逐漸擴大，1995 年及 1996 年國內百合生產面積分別為 155 及 219 公頃⁽²⁾，進口種球數量由 1994 年的 3990 萬球增加到 1995 年的 4270 萬球⁽⁸⁾。東方型百合 (Oriental lily)，如阿卡波克 (*Lilium* oriental hybrid cv. Acapulco)、香水百合 (cv. Casa Blanca)、芬芳 (cv. Le Reve)、馬可波羅 (cv. Marco Polo)、葵百合 (cv. Stargazer) 等品種，由於花型優雅且具香味，經濟價值尤高，深受花農及消費者重視。適合百合生長之氣溫為 10-25 °C⁽⁹⁾，因此中部后里地區適合種植之時期，為每年九月中下旬至翌年三月中旬，生長期則到五月底。百合生長期長短受溫度影響頗鉅，正常生長期約需 13-21 星期⁽⁹⁾，若生育期之氣溫偏高，生長期有縮短情形，因此后里地區多在 10-12 月種植而春季切花，同一塊地若連續種植第二期時，往往由於病害及溫度過高造成產量不足及切花品質不佳^(5, 6, 7)，使每年只能在同一塊地進行一次東方型百合之生產。溫度過高可藉畦溝灌溉及遮陰處理來降低氣溫⁽⁹⁾，但仍無法解決連作障礙所導致之病害問題⁽⁵⁾。

百合栽培時之主要真菌性病害有白絹病 (*Sclerotium rolfsii* Sacc.)、疫病 (*Phytophthora parasitica* Dastur)、萎凋病 (*Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *lilii* Imle)、根腐病 (*F. oxysporum*, *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani* Kühn) 及灰黴病 (*Botrytis elliptica* (Berk.) Cook)^(4, 5, 11, 12, 25)。后里地區連續栽培第二期百合時，於花苞形成時，植株由下位葉向上黃化後落葉，莖部維管束有褐變現象，嚴重時全株萎凋枯死，調查罹病植株之病因，發現黃化型病害為 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lilii* 或 *Rhizoctonia solani* 感染百合位於土壤中之莖部著生莖根 (stem roots) 處及莖根，造成莖腐 (stem lesion) 及根腐 (root rot)，莖部維管束產生褐變，植株

逐漸黃化、萎凋及死亡^(5, 25)。1995-1997 年調查后里田間東方型百合黃化型病害之發病率，約在 46.3-65.2% 之間⁽⁵⁾，嚴重影響百合生產。

土傳性病害之防治常採用輪作^(3, 19)、淹水⁽²⁹⁾、土壤燻蒸^(13, 23, 31)、太陽能消毒^(15, 23, 24)及土壤蒸汽消毒^(13, 14, 15, 23, 26, 27)等方式，然而東方型百合之栽培方式多採簡易設施⁽⁹⁾，當百合連作時，為防治第二期百合黃化型病害，后里地區多應用溴化甲烷防治本病害。溴化甲烷為臭氧層破壞因子之一⁽³⁰⁾，已被列為逐漸禁用之燻蒸劑。國外應用土壤蒸汽消毒防治土傳性病害已行之有年^(13, 14, 15, 26)，為克服百合連作及降低田間用藥所造成之環保問題，本研究以葵百合品種進行連作，探討土壤蒸汽消毒法對百合黃化型病害之防治及持續效果^(6, 7)，同時調查其對百合生育之影響。

材料與方法

試驗田及葵百合種球來源

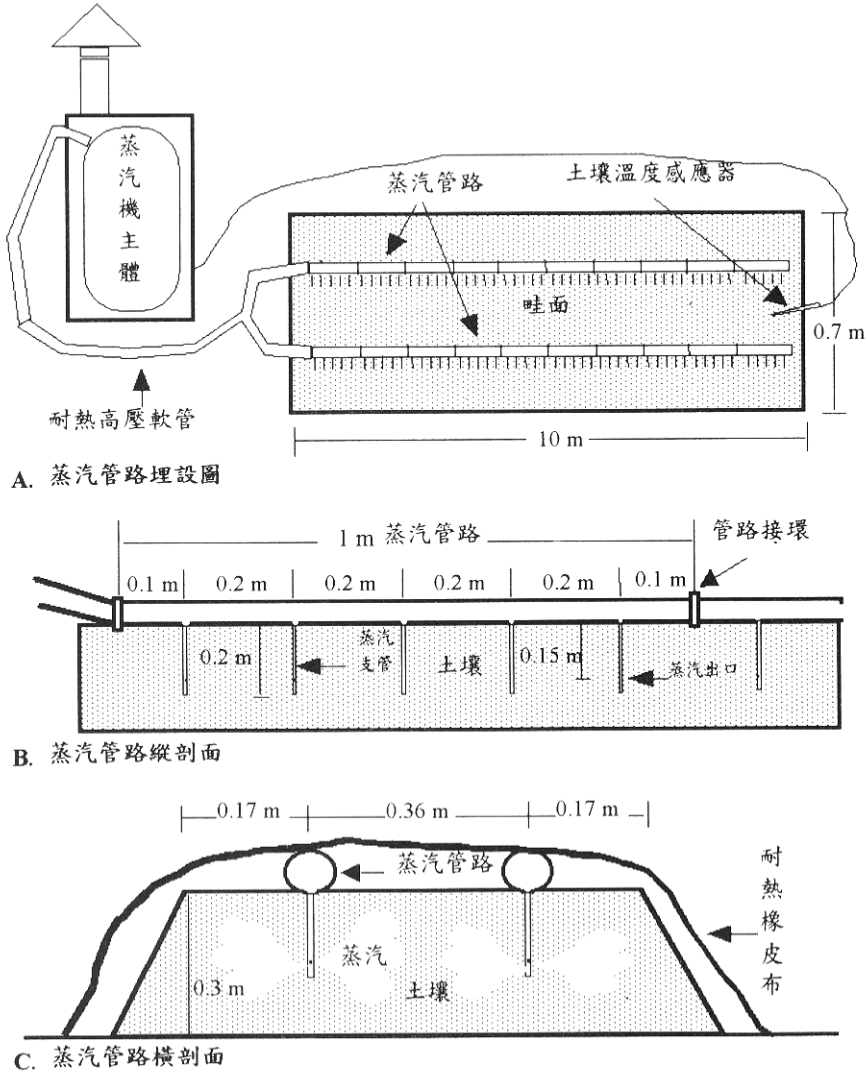
以臺中縣后里鄉一塊持續五年每年種植一期東方型百合田為試驗田，其土壤質地經改良為砂質壤土⁽¹⁷⁾，酸鹼值為 6.1。該區為自然發病田，試驗前一期於 1996 年 2 月切花時之百合黃化型病害發病率為 65.2%，罹病植株經分離及病原性測定，確定由 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lilii* 或 *Rhizoctonia solani* 所引起^(5, 6)。

本試驗所用之百合種球為荷蘭進口 (P. F. Onings Bloembollenbedrijf B. V., Holland)，種球周徑為 14-16 或 16-18 cm，種球於種植前，以撲克拉 (prochloraz) 25% 乳劑 2000 倍稀釋液浸泡消毒 10 分鐘^(1, 5)，種球瀝乾後，種球置於土深 5-10 cm 處覆土。生育期間，按田間慣例進行畦溝灌溉及追肥，地上部以納得護賽寧 (methomyl + flucythrinate) 33% 可溼性粉劑 1000 倍稀釋液防治蚜蟲及克氯得 (chlorzoxolonate) 50% 可濕性粉劑 1000 倍稀釋液防治灰黴病⁽¹⁾，不再施用其他藥劑。

土壤蒸汽消毒法

以 1 m 長、1.3 cm 內徑之鋼管連結成 10 m 長之蒸汽管路，每畦兩根管路，管路上每 20-35 cm 處連接一根 20 cm 銅管，銅管末端封閉，距其末端 5 cm 處有 1 mm 直徑之孔口，銅管部份插入土壤中，而連結於蒸汽機上之土壤

溫度感應器插在蒸汽管路末端附近的土壤裡約 15 cm 處，以耐熱橡皮布覆蓋溫度感應器、蒸汽管路及所要處理的土壤範圍後，進行土壤蒸汽消毒處理(圖一)。蒸汽機採用國人自製機型 N-200 KG/HR (潔康企業有限公司)，蒸汽鍋容積為 200 L，輸出壓力為 4.7 kg/cm²，



圖一、土壤蒸汽消毒法圖示。A：土壤蒸汽消毒時之蒸汽管路與土壤溫度感應器之埋設情形。B：蒸汽管路上支管長度、距離與蒸汽出口位置。C：每畦兩根蒸汽管路之距離。
 Fig. 1. Diagram of soil steam disinfection method. A: Design of main steam pipes and soil temperature sensor on soil surface. B: Length, distance and exit of steam of branch pipes on each main steam pipe in soil. C: Distance between two main steam pipes on each plot.

當土壤溫度達 60°C 或 80°C 時，分別保持 30 分鐘或 20 分鐘後，掀開橡皮布，將蒸汽管路及土壤溫度感應器移到另外一區，覆蓋耐熱橡皮布後，繼續土壤蒸汽消毒處理。

溴化甲烷燻蒸法

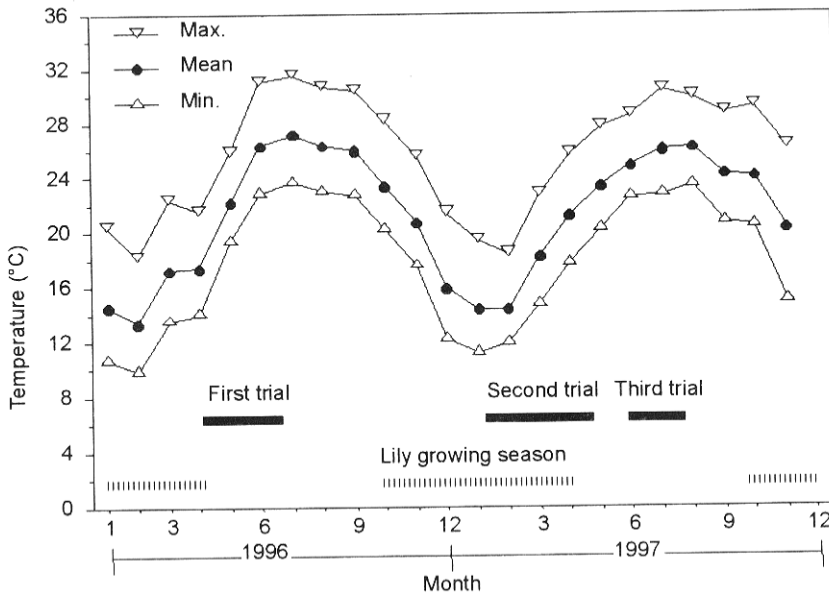
將溴化甲烷罐(Brom-O-Gas[®], Great Lakes Chemical Co., USA)固定在木板上，按其建議用量，每 16 m² 放置一罐(0.454 kg)於土表，將溴化甲烷罐及欲消毒之土壤覆蓋蓋膠布後，使木板上之釘子刺破罐子釋出溴化甲烷，處理七天後將膠布掀開鬆土，再待七天後無氯化苦之刺激性味道時，確定土壤中無殘留之燻蒸劑後，種植百合。

病害防治及其持續效果

為了解土壤蒸汽消毒法是否可防治百合黃化型病害及其防病效果之持續性，於 1996 年 3 月 25 日至 6 月 11 日、1997 年 1 月 1 日

至 4 月 15 日及 1997 年 5 月 19 日至 7 月 16 日共進行三次試驗，同時記錄試驗期之月平均溫度。三次試驗期及月均溫圖，見圖二。

第一、二次試驗探討土壤蒸汽消毒防治百合黃化型病害之效果。1996 年 3 月進行第一次試驗前，該區已種植一次葵百合，於 2 月切花後，將土壤耕耘均勻後做畦(寬 0.7 m，高 0.3 m)。由於土壤含水量影響土壤蒸汽消毒及溴化甲烷處理之效果⁽²⁶⁾，試驗進行前以溝灌方式灌溉，當畦面呈現溼潤狀態後進行排水，四到五天後，土壤含水量降到 20-30% 時，進行土壤處理。按逢機完全區集設計原則(random complete block design, RCBD)，將土壤處理分成 60°C 30 分鐘及 80°C 20 分鐘兩種蒸汽消毒處理^(6, 14, 15, 23)、溴化甲烷(28.3 g/m²)^(13, 21, 31)及土壤不做任何處理之對照組等四種處理。土壤蒸汽處理一星期後，溴化甲烷處理兩星期後，於 3 月 25 日種植。每處理三重複，每重複之小區面積為 10×0.7 m²，種



圖二、1996 至 1997 年后里地區月平均溫度分佈圖。實線代表三次防治試驗期(——)，虛線代表后里地區之百合栽培期(-----)

Fig. 2. The monthly average temperature in Houli. Solid line (——): Period of three field trials conducted. Dashed line (-----): Period of lily growing season in Houli.

植 240 顆周徑為 14-16 cm 之種球。6 月 11 日切花後，土壤休閒半年，於 12 月添加有機質等基肥後鬆土、做畦，同上述方式進行第二次蒸汽消毒及溴化甲烷燻蒸處理，依 RCBD 重新設置處理區，於 1997 年 1 月 1 日種植周徑為 16-18 cm 之種球，4 月 15 日切花後不再耕犁，仍維持原先畦面，立即進行第三次試驗。

第三次試驗為探討連作田土壤經蒸汽消毒處理後，可否維持每年連續兩次之百合生產。試驗區內分成兩種主處理：(一)第二次試驗區內，已做過 60°C 及 80°C 蒸汽消毒處理者，不再處理，直接種植百合(S1)；(二)將第二次試驗區內預留之對照區，分成 60°C 及 80°C 土壤蒸汽消毒處理區(S2)及完全不做處理之空白對照組。而第二次試驗中之溴化甲烷處理區，於第三次試驗時，亦分為不再處理，直接種植百合(S1)與仍進行溴化甲烷處理(S2)兩方式進行。每處理三重複，於 5 月 19 日每重複種植 240 顆周徑為 14-16 cm 之種球，直接在畦面上挖溝種植，兩個月後之 7 月 16 日切花。病害調查每次均從種植日至切花期止，每星期加以記錄。罹病株為植株下位葉提前黃化落葉且莖部及莖根產生褐變者，記錄試驗區內百合產生黃化型病徵之植株數，罹病率(%) = 罹病株數 / 調查株數 × 100%。

每株罹病植株分離莖部著生莖根處及莖根各 10 塊罹病組織部位，以 1% 次氯酸鈉 (sodium hypochlorite) 消毒表面後，將罹病組織塊移至 2% 水瓊脂 (water agar) 平板培養一至兩天，切取單一菌絲，移植至 PDA 斜面於 20 °C 培養，兩星期後鑑定並記錄病菌種類。

百合切花品質之調查

切花品質調查則以可供商品價值之標準進行切花，以百合最下面一朵(即第一朵花)轉色時，即可切花，測量切花植株之長度、鮮重及花苞數。每處理三重複，每重複 30 株切花。第三次試驗時，另外調查切花之瓶插壽命，將切花帶回室內插於水中，每天換水，

調查每株切花之花朵開放及凋謝數目，以最後一朵完全凋謝日期為整株凋謝標準，每處理三重複，每重複 15 株切花。計算百合切花於不同土壤處理下，不同天數後之凋謝百分比作為瓶插壽命長短之依據。

結 果

病害防治效果

第一次試驗於 1996 年 3 月 25 日種植，5 月 24 日所有處理區及對照區之植株下位葉開始提前黃化掉落。60°C、80°C、溴化甲烷處理者及對照組之發病率分別為 2.7、2.0、11.7 及 8.7%。至 6 月 4 日，依序為 7.7、2.8、39.1 及 25.2%。6 月 11 日切花時，分別為 14.6、5.7、57.7 及 46.3%，60°C 及 80°C 兩種蒸汽消毒法之間的防病效果雖無顯著差異，但皆與溴化甲烷處理者及對照組達顯著差異(圖三 A)。

第二次試驗於 1997 年 1 月 1 日種植，2 月 27 日除 80°C 處理者未發病外，60°C、溴化甲烷處理區及對照區均開始發病，發病率分別為 0.2、0.2 及 1.3%。至 4 月 2 日發病較多，80°C 處理者也開始發病，60°C、80°C、溴化甲烷處理區及對照區之發病率分別為 0.7、0.2、3.9 及 7.8%。4 月 15 日切花時，其發病率不再增加或增加有限，依序為 2.2、0.6、3.9 及 7.8%(圖三 B)。顯示百合於 1 至 4 月生育期之黃化型病害發病率較低。

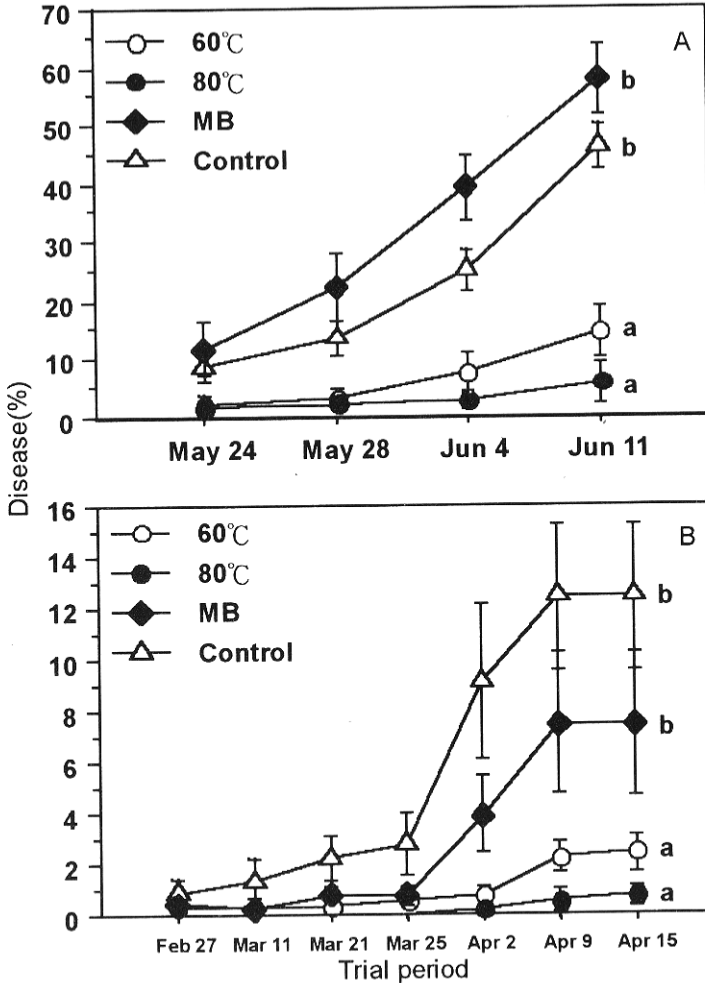
上述兩次試驗所採集之 216 株罹病植株均為莖部著生莖根處及莖根腐爛，造成植株下位葉黃化。自莖根分離到之尖鏟胞菌、立枯絲核菌及兩者皆有之比率分別為 1.4、0 及 0%，自莖部著生莖根處則分別為 69.6、0.9 及 1.4%。

土壤蒸汽消毒防病之持續效果

第三次試驗，即土壤蒸汽消毒防病之持續效果探討，乃於第二次試驗 1997 年 4 月 15 日切花後，於 5 月 19 日種植。S1 區，即第二次試驗區內已經蒸汽消毒及溴化甲烷處理而

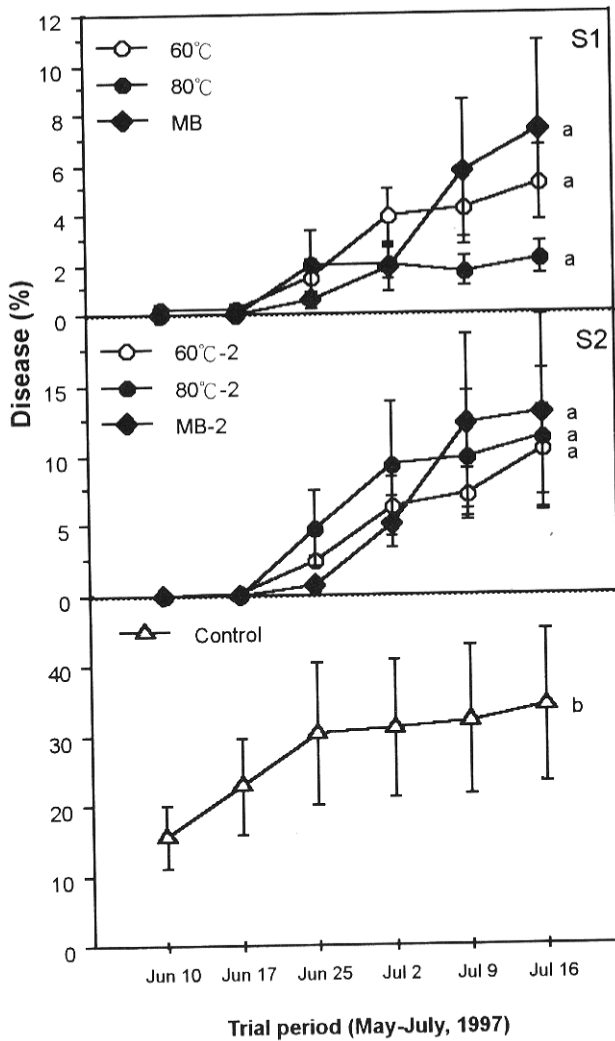
本次不再處理者，原 60°C、80°C及溴化甲烷處理區內，6 月 10 日之發病率分別為 0.2、0 及 0%，6 月 25 日時所有處理均發病，其發病

率分別為 1.5、1.5 及 0.8%，7 月 9 日時，則為 4.1、1.9 及 12.3%，7 月 16 日切花時之發病率分別為 5.2、2.2 及 12.9%(圖四 S1)。



圖三、土壤蒸汽消毒及溴化甲烷處理對百合黃化型病害發生之影響。A：1996 年 3 至 6 月之第一次試驗。B：1997 年 1 至 4 月之第二次試驗。60°C：土溫達 60°C後維持 30 分鐘。80°C：土溫達 80°C後維持 20 分鐘。MB：土壤經溴化甲烷(28.3 g/m²)處理。Control：土壤不做任何處理之對照組。圖中相同小寫文字母代表該處理在該次試驗結束時，依鄧肯氏新多域測試法分析無顯著差異(p=0.05)。偏差範圍=平均值±標準偏差。

Fig. 3. Effect of soil steam disinfection and methyl bromide treatments to control lily yellowing diseases. A: The first trial period was from Mar. to Jun., 1996. B: The second trial period was from Jan. to Apr., 1997. 60°C: Soil was treated with steam at 60°C for 30 min. 80°C: Soil was treated with steam at 80°C for 20 min. MB: Soil was treated with methyl bromide(28.3 g/m²). Control: Soil without any treatment. Mean in each trial followed by the same letter did not differ significantly (p=0.05) according to Duncan's New Multiple's Range Test. Error Bars = Mean ± Standard Error.



圖四、土壤蒸汽消毒處理防治第二期百合黃化型病害之持續效果。S1：僅在第一期百合種植前，以蒸汽消毒及溴化甲烷(MB)處理土壤後，第二期時不再做處理，連續種植，蒸汽消毒分成土溫達 60°C 維持 30 分鐘(60°C)及 80°C 20 分鐘(80°C)兩種。S2：第一期百合種植前預留未做處理區，於第二期種植前，土壤以蒸汽消毒(60°C-2 及 80°C-2)後才種植。MB-2 則為第一及第二期百合種植前之土壤，均以溴化甲烷(28.3g/m²)處理。Control：不做任何處理之對照組。試驗日期為 1997 年 5 到 7 月。圖中相同小寫文字母代表該處理依鄧肯氏新多域測試法分析無顯著差異(p=0.05)。偏差範圍=平均值±標準偏差。

Fig. 4. Duration effect of control lily yellowing diseases by soil steam disinfection treatments in the second lily crop. S1: For the first lily crop, soil was treated with steam, kept at 60°C for 30 min. (60°C) or 80°C for 20 min. (80°C), and fumigated with methyl bromide (MB), then the second lily crop was cultured without further soil treatment. S2: Soil was not treated for the first lily crop, but was treated with steam (60°C-2 and 80°C-2) before the second lily crop. Methyl bromide treatment was applied both in the first and the second lily crop (MB-2). Control: Soil without any treatment. The trial period was from May to July, 1997. Mean followed by the same letter did not differ significantly (p=0.05) according to Duncan's New Multiple's Range Test. Error Bars = Mean ± Standard Error.

S2 區，即原先第二次試驗中預留之對照區，本次進行土壤蒸汽消毒，但預留之溴化甲烷區則連續處理，6 月 25 日 60°C、80°C 及溴化甲烷連續處理區開始發病，發病率分別為 2.4、4.6 及 0.6%，7 月 9 日時，依序為 7.1、9.8 及 5.4%，7 月 16 日切花時，則為 10.2、11.1 及 7.3%(圖四 S2)。

本試驗 S1 及 S2 區之對照組於 6 月 10 日開始發病時，發病率為 13.9%，6 月 25 日及 7 月 16 日切花時發病率依序為 30.4 及 33.9%(圖四對照)。所有 S1 及 S2 區之土壤處理間的防病效果皆無顯著差異，但與對照組均達顯著差異。

百合切花品質及生育之調查

第一次試驗之切花長度，於 60°C、80°C、溴化甲烷處理者及對照組分別為 71.1、72.5、

70.2 及 67.9 cm，第二次試驗則為 77.1、78.4、79 及 80.3 cm (表一)，第三次試驗時，S1 區內即前期處理為 60°C、80°C 及溴化甲烷處理區，切花長度分別為 63.6、66.6 及 62 cm，S2 區即前期土壤未蒸汽消毒處理，本次試驗前才以 60°C 及 80°C 處理者，分別為 66.8 及 67.6 cm，而溴化甲烷連續處理者則為 63 cm，而 S1 及 S2 區對照組切花長度則為 63.8 cm(表二)。三次試驗結果顯示第一及第三次試驗之連作田，所有 80°C 處理者之切花長度，均比對照組長且達顯著差異。至於第二次試驗之正常生育期者，對照組之切花較長，僅 60°C 處理者與對照組達顯著差異。

切花鮮重在第一次試驗時，60°C、80°C、溴化甲烷處理者及對照組則分別為 77、86.5、66.7 及 60.5 g，第二次試驗則為 81.8、91.5、86.3 及 81.6 g (表一)，第三次試驗之 S1 區內

表一、土壤蒸汽消毒及溴化甲烷(MB)處理對葵百合切花品質之影響

Table 1. Effect of soil steam disinfection and methyl bromide (MB) treatment on the quality of cut lily (*Lilium oriental hybrid cv. Stargazer*)

Soil treatment ¹⁾	Quality of cut lily ²⁾		
	Length (cm)	Fresh weight (g)	No. of flower per plant
First trial: June, 11, 1996			
60°C	71.1 bc ³⁾	77.0 bc	3.9 b
80°C	72.5 c	86.5 c	3.7 ab
MB	70.2 b	66.7 ab	3.8 ab
Control	67.9 a	60.5 a	3.6 a
Second trial: April, 15, 1997			
60°C	77.1 a	81.8 a	3.3 a
80°C	78.4 ab	91.5 b	3.6 b
MB	79.0 ab	86.3 ab	3.4 ab
Control	80.3 b	81.6 a	3.5 ab

¹⁾ See explanation of fig. 3.

²⁾ Length, fresh weight and no. of flower: Mean of 30 cut lilies in each replicate. All cut lilies were harvested according to the marketable standard. Each treatment has 3 replicate, 90 cut lilies per replicate.

³⁾ In each trial period, means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p=0.05$) according to Duncan's New Multiple Range test.

原 60°C、80°C 及溴化甲烷處理者，分別為 44.3、46.3 及 44.7 g，S2 區內 60°C 及 80°C 處理者之切花鮮重為 52 及 50.2 g，溴化甲烷連續處理者為 48.8 g，S1 及 S2 區之對照組則為 42.8 g (表二)。第一、二次試驗結果顯示 80°C 處理者之切花鮮重均優於 60°C，溴化甲烷處理者及對照組，且與對照組達顯著差異(表一)。第三次試驗結果顯示所有處理均優於對照組，以 S2 區即種植前才進行土壤蒸汽消毒處理之效果最好，與對照組均達顯著差異(表

二)。至於花朵數，所有處理與對照組間不顯著(表一、二)。

第三次試驗時另外調查切花之瓶插壽命，7月16日切花後至第九天時，僅 S2 區內之 80°C 處理者達顯著差異，仍維持 74.3%之花，而溴化甲烷連續處理者及 60°C 處理者，則分別為 44.6%及 37.8%，S1 區內 60°C、80°C 及溴化甲烷處理者則分別為 40.2、45.0 及 41.7%，S1 及 S2 區之對照組最少，僅剩 37.6% 花朵(表三)。

表二、土壤蒸汽消毒及溴化甲烷(MB)處理之持續效果對 1997 年 5 月第二期百合切花品質之影響
Table 2. Duration effect of soil steam disinfection and methyl bromide (MB) treatment on the quality of cut lily in the second crop which was planted at May, 1997

Soil treatment ¹⁾	Quality of cut lily ²⁾		
	Length (cm)	Fresh weight (g)	No. of flower per plant
		S1 ³⁾	
60°C	63.6 a ⁵⁾	44.3 ab	2.2 a
80°C	66.6 b	46.3 abc	2.3 a
MB	62.0 a	44.7 ab	2.3 a
		S2 ³⁾	
60°C-2	66.8 b	52.0 d	2.4 a
80°C-2	67.6 b	50.2 cd	2.2 a
MB ⁴⁾	63.0 a	48.8 bcd	2.3 a
Control	63.8 a	42.8 a	2.2 a

¹⁾ See explanation of fig. 3.

²⁾ See footnote 2 of table 1. Lily was cut at Jul., 16, 1997.

³⁾ S1: No further soil treatment was conducted but the plots had been treated in the last crop which was planted at Jan., and cut at Apr., 1997.

S2: The plots were treated in this crop, but not treated in the last crop which was planted at Jan., and cut at Apr., 1997.

Control: Soil without any treatment in the last and this crop.

⁴⁾ Methyl bromide applied continuously both in the first and the second lily crop.

⁵⁾ Means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p=0.05$) according to the Duncan's New Multiple Range test.

表三、土壤蒸汽消毒及溴化甲烷(MB)處理對百合切花瓶插壽命之影響

Table 3. Effect of soil steam disinfection and methyl bromide (MB) treatments on the longevity of cut lily in water¹⁾

Soil treatment ²⁾	Longevity (days) of cut lily in water (%) ³⁾			
	5	7	9	11
	S1 ⁴⁾			
60°C		59.8 b ⁶⁾	40.2 a	
80°C		55.0 b	45.0 a	
MB		58.3 b	41.7 a	
	S2			
60°C-2	20.6 a	39.4 ab	37.8 a	2.2 a
80°C-2	6.6 a	15.4 a	74.3 b	3.7 a
MB ⁵⁾		55.4 b	44.6 a	
Control	13.3 a	46.9 b	37.6 a	2.2 a

¹⁾ Lily was cut at July, 16, 1997.

²⁾ See explanation of fig. 3.

³⁾ Longevity (days) of cut lily in water (%): Percentage of longevity (days) of cut lilies in water. Date was counted after the last flower of cut lily was dropped. Each treatment has 3 replicates, 15 cut lilies per replicate.

^{4,5,6)} See footnote 3, 4, 5 of table 2.

討 論

由於生物及非生物因子均能為害百合位於土壤中之莖部著生莖根處及莖根，造成下位葉提前黃化向上蔓延之病徵^(5, 25)，罹病植株分離結果顯示尖鏽胞菌及立枯絲核菌為主要種類，經接種試驗證明 *F. oxysporum* f. sp. *lilii* 可引起百合黃化型病害^(5,6)。除生物因子外，非生物因子是否可引起百合黃化型病害，則待進一步研究。以后里地區百合栽培為例，一般在連作狀況下，第二年百合之黃化型病害陸續發生，第三年發生嚴重時毫無收成⁽⁵⁾，因此大多在連作兩年後，採用與水稻田輪作來避免此一問題。但對固定設施內之百合生產而言，卻無法與水稻輪作，農民需要當季連作第二期百合時，直接鬆土，不回收種球，以溴化甲烷處理後種植。以溴化甲烷燻蒸土

壤時，溴化甲烷在土壤中隨距離與時間逐漸稀釋^(14, 20, 21)，對接觸土壤生物均有致死作用，但防治效果與土壤溫、溼度關係密切^(14,15, 20, 21)，適合溴化甲烷氣體擴散之溫度為 15°C^(23, 31)，因此冬季百合種植前之溴化甲烷燻蒸處理效果良好，如第二次試驗之溴化甲烷處理區，可將發病率自對照組之 7.8% 降到 3.9% (圖三B)。3 至 5 月種植時，氣溫提高，使溴化甲烷效果無法充分發揮⁽³¹⁾，且百合黃化型病害在高溫時較易發生，如第一、三次試驗之溴化甲烷處理區發病率分別為 57.7 及 12.9% (圖三、四)，若無其他土壤處理方式，百合往往無法連作。溴化甲烷會破壞臭氧層⁽³⁰⁾，許多國家已列入禁止製造及使用，因此溴化甲烷將面臨無法使用之命運。

由 1996-1997 年田間氣溫與試驗結果，顯示百合黃化型病害在每年春末夏初之百合連

作時嚴重發生(圖三 A、圖四),例如第一、三次試驗為連作且切花期為高溫時(圖二),1996年6月及1997年7月切花時之對照組,發病率分別為46.3及33.9%(圖三 A、四),第二次試驗時為1至4月,適合百合生育⁽⁹⁾,且於第一次試驗後休閒半年(圖二),其對照組發病率僅為7.8%(圖三 B),在三次試驗中,元月、三月及五月栽培者,分別在種植57、60及22天後發病(圖三、四),此結果與后里、神岡地區三到五月間百合田裡發病情形相符,顯示土壤傳播之百合黃化型病害除連作外,高溫亦為發病重要關鍵,因此后里地區一般都不在這段期間種植,而移往高冷地種植東方型百合,但是藉由80°C 20分鐘之土壤蒸汽消毒處理,可使百合黃化型病害發病率降到12%以下,而對照組則高達33.9%以上,若配合每年種植前之土壤蒸汽消毒處理,則防病效果更佳,發病率僅為2.2%(圖三、四),使后里該區進行東方型百合連作之可行性大為提高。另一方面,由於春末初夏氣溫偏高,不適合百合生育,常有消蕾、花朵轉色及發育不正常等問題,第一、三次試驗時,百合生育期之溫度偏高,對照組之植株多有消蕾、花苞過小及轉色不均等問題,而土壤蒸汽消毒處理者,植株無消蕾現象,花苞發育正常且顏色鮮豔,可比擬冬季生產之良好程度,且切花長度與鮮重均顯著高於對照組(表一、二),除此之外,80°C 20分鐘處理者所生產之切花瓶插壽命也比對照組好(表三),這與國外研究土壤蒸汽消毒處理影響芹菜與萵苣生育之結果相似^(13, 14, 16, 22)。第二次試驗期之溫度正適合百合生育,因此所有土壤處理者及對照組植株無消蕾現象,花苞也正常發育,轉色情形良好。第一次試驗時,於花苞期發現土壤蒸汽消毒處理區內之百合葉片厚度及顏色,均比對照組來得厚及綠,第二次試驗時,於花苞期調查葉片重量與總葉綠素濃度,雖然所有處理者植株葉片外觀上無顯著差異,但測量葉片重量及總葉綠素濃度發現,經由80°C土壤蒸汽消毒處理者,植株每張葉片重1.6 g

及每公克葉片含28.9 mg總葉綠素,與對照組植株之每張葉片1.4 g及每公克葉片23.5 mg總葉綠素含量達顯著差異(未發表資料)。另一方面,雖然第二次試驗之切花長度以對照組較長,但以切花鮮重而言,80°C 20分鐘之土壤蒸汽消毒處理者顯著地比對照組重,60°C 30分鐘處理者雖與對照組無顯著差異,但仍比對照組重(表一),均顯示土壤蒸汽消毒處理於百合正常生育期或不利生長之高溫期均有助於百合生育(表一、二)。除病害防治外,80°C蒸汽消毒處理後長達三到四個月期間,畦面上均無雜草,亦有助於雜草之防除及作物生長,而60°C 30分鐘處理者之效果則劣於80°C 20分鐘處理者,但均優於溴化甲烷處理者。由本研究證明土壤蒸汽消毒能克服百合連作障礙所引起之百合黃化型病害外(圖三、四),同時亦可提高切花品質(表一、二),使東方型百合連作之可行性大為提高,然而本試驗僅為一地連作田之試驗結果,是否適用其他不同土壤質地之百合栽培區及連作障礙之克服,則有待更多試驗證明。

土壤蒸汽消毒時之溫度分佈均勻與否影響防病效果,本試驗田間實際操作結果顯示,當蒸汽輸出壓力為4.7 kg/cm²之蒸汽機輸出蒸汽一小時後,在蒸汽管路10 m處,15cm深之銅管蒸汽出口左右20cm處之土溫維持76~80°C,若蒸汽管路在20 m遠時,土溫僅為50~60°C之間。50~80°C溫度對土傳性病原真菌均具殺菌效果^(14, 15, 23),但對鐮孢菌而言,厚膜孢子以50°C處理30分鐘後仍有62.5%發芽率,而60°C處理30分鐘者之發芽率為0(未發表資料),因此本試驗在設計蒸汽管路長度,都維持在10 m,且蒸汽出口左右之距離各為20~35cm,使土溫維持在60及80°C,即可達到防治土傳性病害之目的。溫度影響土壤化學性質之研究指出,土壤經100°C處理30分鐘後,土壤中交換性錳、氨態氮及亞硝酸態氮過高,造成敏感作物毒害現象,而80°C處理者則無此現象^(3, 14, 26),本研究兩年連續三次土壤蒸汽消毒試驗結果,均對百合無任何毒

害作用(表一、二)。對土壤微生物相而言,本研究採用 60-80°C作為土壤蒸汽消毒之溫度,當能抑制鐮胞菌及立枯絲核菌等土傳性病原真菌⁽²³⁾,殘存之耐熱性腐生細菌或放線菌,可能具有促進作物生長及生產抗生素之潛力^(15, 27),因此當土壤靜菌作用恢復後^(18, 28),土壤中殘存之有益菌已先佔有土壤適境(niche),可保護百合種植後免於病原菌為害,達到抑制病害發生及蔓延之防治目的,故本研究乃於土壤蒸汽消毒處理三到七天後^(14, 28),待土壤靜菌作用恢復後,才種植百合。

土壤蒸汽消毒法由於機械成本、操作成本及勞力支出等問題,面臨無法大面積應用及田間移動使用等問題,例如土壤蒸汽消毒所需燃料成本,若依本試驗蒸汽機型而言,每 m²約需 17 元柴油費,高於溴化甲烷之 11 元藥品費。但從本試驗結果發現,后里地區之連作田土壤經蒸汽消毒後,不僅降低病害,提高切花品質,使百合每年可以連作兩期共七個月之生產,且對土壤中之雜草亦具防治效果,更無土壤農藥殘留問題,可降低農藥用量及成本,而減少農藥對環境之衝擊,因此在整體百合生產管理上,尤其是簡易設施之百合生產管理上,若無其他適合之防治方式,土壤蒸汽消毒應可取代溴化甲烷燻蒸處理。考量土壤蒸汽消毒之優缺點,若能將土壤蒸汽消毒之周邊設備加以改進,降低燃料、人力成本及提高使用效率,應可用於固定設施之花卉生產,如百合、洋桔梗等高經濟價值之花卉栽培,或固定設施內夏季蔬菜栽培之土壤處理,當亦可做受污染園藝栽培介質之消毒回收利用⁽¹⁰⁾。

謝 辭

感謝農林廳植保科及農委會計畫經費補助下,本計畫得以進行。同時致謝王建城先生之田間管理、潔康企業有限公司協助蒸汽機操作及改良、本所農藥應用系陳秀眉、鄒雪玲小姐協助試驗工作,使本研究得以順利

完成。本文撰寫期間,蒙中興大學謝文瑞、黃振文教授及本系郭克忠博士對本文定稿前之建議與修正,特此致謝。

引用文獻

1. 未具名 1994 植物保護手冊。行政院農業委員會農藥技術諮詢委員會審定 臺灣省政府農林廳編印。南投臺灣。
2. 未具名 1997 臺灣農業年報。臺灣省政府農林廳。南投臺灣。
3. 吳文希 1991 植物病害防治學。茂昌圖書有限公司。台北、臺灣。
4. 安寶貞、羅朝村、謝廷芳 1992 台灣百合疫病。植保會刊 34: 64-69。
5. 李敏郎、呂理燊 1995 百合黃化型病害及其藥劑防治初步研究。植病會刊 4: 212(摘要)。
6. 李敏郎、呂理燊 1996 土壤蒸汽消毒防治萎百合黃化病。植保會刊 38: 378-379(摘要)。
7. 李敏郎、呂理燊、鄒雪玲 1997 土壤蒸汽消毒防治百合黃化病之持續效果。植保會刊 39: 403(摘要)。
8. 彭福全 1997 唐菖蒲及百合進口及遭遇。臺灣花卉園藝 19: 19-20。
9. 蔡月夏 1993 切花百合栽培管理要點(二)。花蓮區農業專訊 6: 22-25。
10. 鄭安秀、陳紹崇 1997 蒸氣消毒後栽培介質再利用之研究。植保會刊 39: 403(摘要)。
11. 杜金池、謝廷芳、蔡武雄 1991 溫濕度及添加物對百合白絹病之影響。植保會刊 33: 80-94。
12. 謝廷芳、杜金池 1993 本省百合灰黴病之發生。植保會刊 35: 355。
13. Awuah, R. T., and Lorbeer, J. W. 1991. Methyl bromide and steam treatment of an organic soil for control of Fusarium yellows of celery. Plant Dis. 75: 123-125.

14. Baker, K. F. 1970. Selective killing of soil microorganisms by aerated steam, pp. 234-239. In T. A. Toussoun, R. V. Bega, and P. E. Nelson [eds.], *Root Diseases and Soil-borne Pathogens*. Univ. of Calif. Press, Berkeley, Los Angeles, USA.
15. Chaube, H. S., and Singh, U. S. 1991. *Plant Disease Management. Principles and Practices*. 391pp. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
16. Dawson, J. R., Johnson, R. A. H., Adams, P., and Last, F. T. 1965. Influence of steam/air mixtures, when used for heating soil, on biological and chemical properties that affect seedling growth. *Ann. Appl. Biol.* 56: 243-251.
17. Day, P. R., 1965. Particle fractionation and particle-size analysis, pp. 545-567. In C. A. Black, D. D. Evans, J. L. White, L. E. Ensminger, and F. E. Clark [eds.], *Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Properties, including statistics and sampling*. Academic Press, New York, U. S. A.
18. Dobbs, C. G., and Hinson, W. H. 1953. A widespread fungistasis in soils. *Nature* 172: 197-199.
19. Glynne, M. D. 1965. Crop sequence in relation to soil-borne pathogens, pp. 423-435. In K. F. Baker, and W. C. Snyder [eds.], *Ecology of Soil-borne Plant Pathogens*. Univ. of Calif. Press, Berkeley and Los Angeles, U.S.A.
20. Goring, C. A. I. 1967. Physical aspects of soil in relation to the action of soil fungicides. *Ann. Rev. Phytopathol.* 5: 285-318.
21. Hemwall, J. B. 1959. A mathematical theory of soil fumigation. *Soil Sci.* 88: 184-190.
22. Jager, G., Boon, J. van der, and Rauw, G. J. 1969. The influence of soil steaming on some properties of the soil and on the growth and heading of winter glasshouse lettuce. I. Changes in chemical and physical properties. *Neth. J. Agric. Sci.* 17: 143-152.
23. Jarvis, W. R. 1992. *Managing Diseases in Greenhouse Crops*. APS Press. St. Paul, Minnesota, U.S.A.
24. Katan, J. 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. *Ann. Rev. Phytopathol.* 19: 211-236.
25. Linderman, R. G. 1985. Easter lilies, pp. 9-40. In D. L. Strider [ed.] *Diseases of Floral Crops*. vol. 2. Praeger Publishers, New York, U.S.A.
26. Nederpel, L. 1979. Soil sterilization and pasteurization, pp.29-38. In *Soil Disinfestation*. Mulder, D. ed. Elsevier Scientific Pub. Co., Amsterdam, Netherlands.
27. Raats, P. A. C. 1988. Disinfection of soils with steam. *Acta Horti.* 222: 117-119.
28. Rowe, R. C., and Farley, J. D. 1978. Control of *Fusarium* crown and root rot of greenhouse tomatoes by inhibiting recolonization of steam-disinfested soil with a captafol drench. *Phytopathology* 68: 1221-1224.
29. Stover, R. H. 1979. Flooding of soil for disease control, pp. 19-28. In D. Mulder [ed.] *Soil Disinfestation*. Elsevier Scientific Pub. Co., Amsterdam, Netherlands.
30. Thomas, W. B. 1996. Methyl bromide: effective pest management tool and environmental threat. *J. Nematol.* 28: 586-589.
31. Vanachter, A. 1979. Fumigation against fungi, pp. 163-183. In D. Mulder [ed.] *Soil Disinfestation*. Elsevier Scientific Pub. Co., Amsterdam, Netherlands.

ABSTRACT

Lee, M. L., and Leu, L. S. 1998. Control of lily yellowing diseases by soil steam disinfection. Plant Prot. Bull. 40: 251 - 264. (Pesticides Application Department, Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan 413, R.O.C.)

Control of lily yellowing diseases caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lilii* or *Rhizoctonia solani* was conducted in a lily monocultural field with *Lilium* oriental hybrid cv. Stargazer. Soil was steamed at 60°C for 30 min. or 80°C for 20 min. Methyl bromide (28.3g/m²) and blank were used as control treatments. The disease control was not significantly different between 60°C and 80°C treatments during 2 years' three trials. The disease incidence of steam treatments were less than methyl bromide treatment and blank control. The disease incidences occurred in 60°C, 80°C, methyl bromide and blank treatments were 14.6, 5.7, 57.7 and 46.3% in 1996 and 2.2, 0.6, 3.9 and 7.8% in 1997, respectively. To observe the duration effect of soil steam disinfection, trials including S1 in which the soil was treated with steam for the first lily culture crop, but without further soil treatment for the second crop, and S2 in which the soil was not treated with steam on the first lily crop, but was treated with steam before the second lily crop were undertaken. Effect of disease control between S1 and S2 trials was not significantly different, but disease control of both S1 and S2 trials was significantly better than blank control. In S1 trial, disease incidence of 60°C and 80°C treatments were 5.2 and 2.2% respectively, while for methyl bromide, it was 12.9%, and in S2 trial, disease incidence of 60°C and 80°C treatments were 10.2 and 11.1%, respectively, and 7.3% for methyl bromide continuously treated block. Disease incidence of blank control was as high as 33.9%. The result revealed that the control effect of S1 trial could last two continuous lily growing periods for 7 months. Except for the disease control effect by soil steam disinfection, 80°C treatment enhanced the quality of cut lily than 60°C and methyl bromide treatments. Soil steam disinfection indeed controlled the lily yellowing disease significantly and raised the quality of cut lily with the best treatment by 80°C for 20 min. which could last two continuous lily growing periods and overcome the lily monoculture problem.

(Key words: *Lilium* sp., lily yellowing diseases, monoculture problem, soil steam disinfection, disease control)