

叢枝菌根菌接種對香水百合鱗莖生長與磷含量之影響¹

吳繼光 林素禎²

摘要：本試驗乃探討香水百合(*Lilium oriental* hybrid "Casa Blanca")經連續兩季接種四種不同叢枝內生菌根菌後，鱗莖的生長與磷含量的變化情形。在蛭石與珍珠石混合的介質中經第一季的生長，百合組培球分別接種四種不同菌根菌的處理，其生長勢皆較對照組差；但鱗莖內磷含量卻以接種*Acaulospora scrobiculata*的處理者為最高。第一季收穫後的鱗莖種植在相同的介質中，再經一季的生長後，發現接種*A. scrobiculata*和*Glomus pansihalos*菌根菌的香水百合的鱗莖周徑大小、株高等均顯著高於對照組。本研究指出菌根菌*A. scrobiculata*的接種，在第一季組培球的生長有助於鱗莖內磷含量的蓄積；而分離自鹼性土壤的菌根菌*A. scrobiculata*和*G. pansihalos*在鹼性介質中能有效促進百合鱗莖第二季的生長。

關鍵詞：香水百合、叢枝內生菌根菌、磷。

前 言

香水百合(*Lilium oriental* hybrid "Casa Blanca")在臺灣高溫、多濕的環境下，種球生長易受土壤傳播性病菌的入侵，以及因夏季高溫而進入休眠停止生長，目前業界栽培的月份大約從十一月起至翌年四~五月為止。收穫後的種球經清洗浸藥後進入冷藏，至該年年底才又開始下一季的種植。由於香水百合的養球過程冗長，自鱗片小芽球到開花球的養成階段約需兩年到三年的時間。在這養球期間，任何病害、施肥、種球儲藏或田間管理等流程中，若出現任何狀況則可能讓種球的養成事業功虧一潰。

有關百合接種有益微生物以加速種球增大的研究報告，國內外並不多見。Ames⁽¹⁰⁾及Vanderploeg⁽¹⁸⁾等人於溫室中將鐵砲百合(*L. longiflorum* Thunb.)幼苗接種囊叢枝內生菌根菌後，證實對於種球有增大的效果。Ames及Linderman⁽¹¹⁾經由田間土壤調查發現，美國奧勒岡州(Oregon)鐵砲百合的根圈內生菌根菌種主要為*Glomus fasciculatum* (Thaxter) Gerd. & Trappe和*Acaulospora trappei* Ames & Linderman。Ames及Linderman⁽¹²⁾對鐵砲百合幼苗接種百合根圈所發現的菌根菌種並配合不同施肥量，進行生長試驗。發現以幼苗期為接種菌根菌最佳時期，但田間施肥量會嚴重影響菌根菌的接種效果，田間施肥量越高，對於菌根菌的感染越不利。Valenciano Mora⁽¹⁷⁾將菌根菌*G. intraradices* Schenck & Smith接種於鐵砲百合，發現該菌種可兩倍促進上根(stem root)與下根(basal root)的生長，同時可降低種球根腐病(root rot complex)的病害程度。

1. 行政院農業委員會農業試驗所 研究報告第2013號。

2. 本所農化系副研究員、助理研究員。臺灣省、臺中縣、霧峰鄉。

我國有關百合的菌根菌接種試驗，啓始於1983年。王也珍及簡秋源⁽²⁾對台灣百合(*L. formosanum* Wall.)以*Scutellospora gregaria* (Schenck & Nicol.) Walker & Sanders, *S. nigra* (Redhead) Walker & Sanders及*Gigaspora gigantea* (Nicol. & Gerd.) Gerdemann & Trappe等菌種進行接種，研究其感染過程並了解介質的酸鹼值對於菌根菌孢子發芽的影響。結果發現以酸鹼值介於5至6之間為最佳，只可惜王與簡等二人並未就種球生長的效應進行評估。近來，臺灣大學園藝系曾在台中縣軍功鄉進行菌根百合之栽培，發現可以增加花朵數⁽⁷⁾，也報導以BVB四號、蛭石、眞珠石的混合介質(1:1:1 v/v/v)最適合菌根菌的感染⁽⁴⁾。

我國將菌根菌與其它有益微生物共同接種於百合及其它園藝作物的應用研究開始於1994年⁽³⁾。最近種苗場完成一香水百合組培苗的接種菌根菌與螢光菌試驗，結果顯示香水百合組培苗單獨接種*G. etunicatum* Becker & Gerdeman 或*Gigaspora* sp.者，四個月後可促進葉片、根及鱗莖鮮、乾重，並明顯增加鱗莖之直徑大小。單獨接種螢光菌對香水百合無促進效果⁽¹⁾。

本文主要探討不同菌根菌接種於香水百合組培苗後連續兩季的生長情形，並就接種菌根菌後鱗莖磷含量的變化進行比較。

材料與方法

- 一、試驗作物：**百合品種為東方型香水百合(*L. oriental* hybrid Casa Blanca)組培球，直徑約1公分，相當於周徑約3公分，係由生物技術開發中心所提供，種植前先於4°C冷藏一個月。百合鱗莖經第一季生育採收後，於冷房4°C保存三個月，作為第二季之試驗材料。
- 二、生長環境：**第一季之接菌試驗於農業試驗所大型生長箱中進行。生長箱光照強度8000~12000 Lux，光照時間16小時，溫度設定為16-18°C。第二季之接菌試驗，於農業試驗所玻璃精密溫室中進行，溫度為20~28°C。最強光照為6.25~13.75 MJ m² day⁻¹。
- 三、試驗菌種：**所使用之菌根菌菌種有四種，分別為*G. occultum* Walker (SM-282；簡稱LOCT)，*G. versiforme* (Karsten) Berch (SM-42；簡稱LVSF)，*G. pansihalos* Berch & Koske (SM-78；簡稱LPSH)，*Acaulospora scrobiculata* Trappe (SM-217；簡稱ASCB)。菌根菌以百喜草當宿主，繁殖於以砂為介質的盆栽中，經2至3個月的生長後，砂及菌根(含孢子，菌絲等)以塑膠袋密封，置於冷房4°C中保存備用。
- 四、接種方法：**接種方法為將菌土置於百合組培球正下方，讓百合組培球直接接觸菌土。接種濃度為每個百合組培球接種100個菌根菌孢子。
- 五、栽培介質與肥料：**栽培介質為蛭石：眞珠石=2：1(v/v)，栽培介質之pH值為7.5~8.0。每升栽培介質中添加24g的磷礦石粉(含P₂O₅ 33%)。第一季之栽培盆為28cm(w)x36cm(l)x10cm(h)的有孔方型塑膠盆，栽培介質填充的量為塑膠盆8公分高，體積約為8公升，每個栽培盆種35球，作為一重複，每個栽培盆每週以1/2磷含量的霍格蘭營養液(Hoagland's solution)澆灌兩次，每次每球約20毫升。第二季之栽培盆為直徑9公分、深15公分的圓錐型塑膠管，栽培介質填充的量為塑膠管13公分高，體積約為360毫升，每個栽培管種1球，每週以1/2磷含量的霍格蘭營養液(Hoagland's solution)澆灌一次，每管每次約50毫升；俟百合長至5~6葉時，營養液增為每週施用兩次。
- 六、試驗處理：**第一季百合生長試驗處理共有五組，含四組接種菌根菌組及一不接菌之對照處理，詳列如下：(一)不接菌之對照組(CK)，(二)接種菌根菌*G. occultum*(簡稱LOCT)，(三)接種菌根菌*G. versiforme*(簡稱LVSF)，(四)接種菌根菌*G. pansihalos*(簡稱LPSH)，(五)接種菌根菌*A. scrobiculata*(簡稱ASCB)。每處理有3重複，每一重複35球。第一季採收之鱗莖，每處理每重複各

取10球作為磷分析之用，另選周徑較大的20球作為第二季試驗所需的球莖。第二季之試驗處理組與第一季相同，每處理有3重複，每重複20球。第一與第二季試驗均採完全逢機設計(CRD)。

七、生育調查：香水百合在第一季生長139天後調查其葉數、周徑、鮮重與存活率，每處理每重複各取10株洗淨，80°C 2天烘乾後，秤乾重；球莖烘乾磨碎後，以硫酸分解與過氧化氫氧化，分解液用來測定磷含量。磷含量以鉬黃法測定⁽⁸⁾。第二季百合在生長148天後調查其株高、葉數、周徑、存活率與菌根感染率⁽³⁾。每處理每重複各取10株洗淨烘乾後秤乾重，鱗莖烘乾磨碎後測定磷含量，測定方法如上述。

結果與討論

一、第一季香水百合

第一季的香水百合經139天的生長後，如表1所示，各處理組培球之葉數在1.2~1.7葉，鱗莖周徑4.7~5.5 cm，鮮重2.00~3.37 g，存活率皆為100%。由試驗結果可知，各處理之葉數皆少於2葉。根據種苗場文等⁽¹⁾最近的香水百合組培苗試驗報告指出：未經冷藏之百合組培球因未能打破休眠，每球最多一片葉，有時甚至不長葉；4°C 冷藏2個月可使百合打破休眠，促進萌發。本試驗之組培球係由生物技術開發中心所提供，於4°C 冷藏一個月，由百合組培球長出的葉片數可知，4°C 冷藏一個月似乎尚未能完全打破休眠。

本試驗中，各處理之百合鱗莖周徑為4.7~5.5 cm，根據文等⁽¹⁾的報導中指出：百合組培鱗莖不同的接菌處理生長四個月後，其鱗莖之直徑為14.76~18.10 mm，相當於周徑4.6~5.7 cm，此結果與本試驗所得之結果相近。

在鱗莖的乾重方面，如表2所示，以對照組最重(5.74g/10株)，明顯比各接菌組重，各接菌組為3.21~4.81 g/10株。在根的乾重方面，亦以對照組最重(1.23g/10株)，明顯優於各接菌組，各接菌組為0.62~0.92 g/10株。在鱗莖磷的含量方面，以接種*A. scrobiculata*處理組之百合球莖磷濃度最高(0.38%)，其他處理組百合鱗莖磷濃度無顯著差異，為0.16~0.22%。

接種菌根菌的四種處理之百合組培球在第一季的生長後，葉數、球莖乾重與根乾重皆明顯較對照組小，顯示四種菌根菌在第一季的生長條件下，可能因為菌根菌的菌絲在根內拓殖 (colonization) 後，消耗了百合種球內過多的碳水化合物所致。然而在鱗莖的磷含量上，接種*A. scrobiculata*的處理是對照組的兩倍。有關菌根菌的接種有助於植體磷含量的增加，過去即有許多的論文驗證是項說法⁽¹³⁾。

第一季在生長箱內所設定的溫度與百合主要產地荷蘭及美國加州北部與奧勒岡州南部的溫度相當⁽⁹⁾。前者的最高溫季節在7~8月，平均為16.5°C。後者(美國西岸)的最高溫季節在9月，平均溫度為15.6°C。但以生長期的長短而言，在荷蘭可達6個月；在美國西岸更可長達11個月。本次試驗百合所生長的時間僅四個半月，主要是為了配合下一季百合生長的時間。第一季種植百合的時間為四月，因為考慮到夏季(七月~八月)溫度上升過高，會導至百合休眠的緣故，因此第一季的試驗是在室內恆溫生長箱中進行。第二季種植的時間為十二月，溫度適宜種植百合，因此第二季種植百合的地點選在農業試驗所的精密溫室進行。在第一季百合收穫與第二季百合開始種植之間，所收穫的種球需有兩個月至三個月的冷藏時間，以利於下一季百合種球的生長。

二、第二季香水百合

從第一季所收穫的鱗莖中選取周徑較大者來進行第二季的接種試驗。在相同的處理與相同的菌種接種下，第二季的生育調查如表3所示。在第一季球莖磷含量最高的ASCB接菌組在第二季的表現上已明顯比對照組好。除了ASCB接菌組外，在第二季LPSH接菌組生長勢亦與ASCB並駕齊驅。ASCB與

表1. 第一季香水百合接種不同菌根菌139天後之生育調查

Table 1. Lily growth survey of bulbs (*Lilium* "Casa Blanca") after inoculation 139 days (1st crop) by VA mycorrhizal fungi

Treatments ^z	Leaf number(no.)	Bulb perimeter(cm)	Fresh weight(g/plant)	Survival rate(%)
CK	1.7 a ^y	5.2 ab	3.37 a	100
LOCT	1.2 c	4.7 c	2.00 c	100
ASCB	1.4 bc	5.4 ab	2.88 ab	100
LPSH	1.4 bc	5.0 bc	2.74 b	100
LVSF	1.5 b	5.5 a	3.15 ab	100

^z CK: Control; LOCT: *G. occultum*; ASCB: *A. scrobiculata*; LPSH: *G. pansihalos*; LVSF: *G. versiforme*.

^y Means in columns by the same letter are not significantly different (P=0.05) according to Duncan's multiple range test.

表2. 第一季香水百合接種不同菌根菌139天後植株之乾物重與磷含量

Table 2. Lily dry weight and phosphorus contents of bulbs (*Lilium* "Casa Blanca") after inoculation 139 days (1st crop) by VA mycorrhizal fungi

Treatments ^z	Bulb dry weight (g/10 plants)	Root dry weight (g/10 plants)	Bulb P content (%)
CK	5.74 a ^y	1.23 a	0.19 b
LOCT	3.21 c	0.62 c	0.18 b
ASCB	4.33 b	0.82 bc	0.38 a
LPSH	4.37 b	0.79 bc	0.22 b
LVSF	4.81 b	0.92 b	0.16 b

^z CK: Control; LOCT: *G. occultum*; ASCB: *A. scrobiculata*; LPSH: *G. pansihalos*; LVSF: *G. versiforme*.

^y Means in columns by the same letter are not significantly different (P=0.05) according to Duncan's multiple range test.

LPSH接菌組在百合株高、葉數、鱗莖周徑、葉乾重、根乾重、球乾重等方面均顯著優於對照組(表3, 表4)。由於ASCB (*A. scrobiculata*)與LPSH (*G. pansihalos*)兩種菌種均是採自鹼性土壤。前者來自於澎湖馬公海邊的雜草根圈土壤；而後者則是採自太魯閣國家公園含石灰質的鹼性土壤。本試驗結果似乎支持原鹼性土壤的菌種較能在鹼性介質中發揮其功能的說法。有關類似的結論, B. Mosse曾以*G. mosseae* (Nciol. & Gerd.) Gerdemann & Trappe與*G. fasciculatum*兩菌種在不同的酸鹼值的土壤進行試驗。結果發現前者在中性的土壤中, 後者則在酸性的土壤中可顯著促進洋蔥的生質量⁽¹⁵⁾。

在所有的接菌組中, LOCT (*G. occultum*)是唯一經過兩季的種植後生長勢(株高、葉數、鱗莖周徑、葉乾重、根乾重、球乾重)比對照組差的菌種, 在鱗莖周徑方面更顯著小於對照組。*Glomus occultum*大多出現酸性土壤中^(6, 15, 16)。有關本菌種的接種效果, Sieverding⁽¹⁶⁾曾廣汎進行評估, 發現*G. occultum*在酸性土壤中若與磷礦石共同使用, 將可有效促進樹薯(casava)的生質量。但本次試驗於鹼性介質中, 本菌種似乎沒有發揮的空間。本菌種在溫室以盆栽繁殖的過程中, 具有產孢快速且數量多的特性。可能是因為消耗宿主植物太多的碳水化合物, 以致造成宿主的負擔所致。

本次試驗結果與亞洲型百合的接菌試驗⁽⁵⁾結果類似。在第一季的種球生長上並沒有顯著差異, 但是在第二季的後續生長, 某些接菌處理的百合其生長勢與對照組則有顯著的差異。本試驗結果指出叢枝內生菌根菌*A. scrobiculata*的接種有助於香水百合種球的養份儲存與後續的生長。

表3. 第二季香水百合接種不同菌根菌在生長148天後之生育調查

Table 3. Growth survey of lily bulbs (*Lilium* "Casa Blanca") after inoculation 148 days (2nd crop) by VA mycorrhizal fungi

Treatments ²	Plant height (cm)	Leaf number (no.)	Bulb perimeter(cm)	Survival rate(%)
CK	16.5 bc ³	8.2 cd	7.0 b	100 a
LOCT	14.7 c	7.8 d	6.5 c	100 a
ASCB	22.2 a	10.3 a	8.2 a	100 a
LPSH	20.8 a	9.6 b	7.9 a	100 a
LVSF	18.3 b	8.7 c	7.2 b	100 a

¹ CK: Control; LOCT: *G. occulturn*; ASCB: *A. scrobiculata*; LPSH: *G. pansihalos*; LVSF: *G. versiforme*.

² Means in columns by the same letter are not significantly different (P=0.05) according to Duncan's multiple range test.

表4. 第二季香水百合接種不同菌根菌在生長148天後之植株乾物重、磷含量與菌根感染率之比較

Table 4. Lily dry weight, phosphorus contents of bulbs (*Lilium* "Casa Blanca"), and infective rate after inoculation 148 days (2nd crop) by VA mycorrhizal fungi

Treatments ²	Leaf dry weight (g/plant)	Root dry weight (g/plant)	Bulb dry weight (g/plant)	Bulb P content (%)	Infective rate (%)
CK	0.40 b ³	0.31 b	1.02 b	0.26 ab	1 e
LOCT	0.39 b	0.34 b	0.80 b	0.28 a	68 c
ASCB	0.71 a	0.46 a	1.58 a	0.28 a	79 b
LPSH	0.63 a	0.50 a	1.66 a	0.24 b	90 a
LVSF	0.48 b	0.36 b	1.13 b	0.24 b	44 d

¹ CK: Control; LOCT: *G. occulturn*; ASCB: *A. scrobiculata*; LPSH: *G. pansihalos*; LVSF: *G. versiforme*.

² Means in columns by the same letter are not significantly different (P=0.05) according to Duncan's multiple range test.

誌 謝

本試驗經費來自行政院農委會計畫(86科技-1.7-糧-23(5); 87科技-1.1-糧-17(4); 88科技-1.1-糧-10(3))。感謝生物技術開發中心吳瑞鈺、郭書祥兩位博士提供香水百合之組培球，以及土壤微生物實驗室的所有同仁在試驗期間所提供的協助，在此一併致謝。

引用文獻

1. 文紀鑾、蔡瑜卿、蕭芳蘭、張正。1997。囊叢枝菌根菌在百合組織培養苗上的應用，119-126頁。八十五年度土壤肥料試驗研究成果報告。嘉義，臺灣。
2. 王也珍、簡秋源。1983。數種大孢菌屬孢子的萌發與接種對百合內生菌根形成的研究。中華真菌學會會刊1:29-40。
3. 吳繼光、林素禎。1998。叢枝內生菌根菌應用技術手冊。臺灣省農業試驗所，臺中，臺灣。232頁。
4. 呂斯文、張喜寧。1995。百合接種囊叢枝菌根菌之感染模式及菌根形態觀察。臺大農學院研究報告35: 285-293。
5. 林素禎、吳繼光、黃山內、洪崑煌。1999。叢枝內生菌根菌與溶磷細菌接種對亞洲型百合球莖增大之影響。中華農業研究 48:135-142。
6. 林素禎。1998。臺灣囊叢枝內生菌根菌之生態與其應用之研究。35頁。國立臺灣大學農化所博士論文，臺北，臺灣。
7. 張喜寧、鄭淑芬、文紀鑾、江婉祺、邱郁月。1994。囊叢枝菌根在花卉上之應用。173-181頁。微生物肥料之開發與利用研討會專刊。臺灣省農業試驗所嘉義分所編印。嘉義，臺灣。
8. 張淑賢。1981。本省現行植物分析法。53-59頁。作物需肥診斷技術。臺灣省農業試驗所編印，台中，臺灣。
9. 傅季郁。1994。香水百合種球來源及大小對其生育之影響。16-17頁。國立臺灣大學園藝所碩士論文，臺北，臺灣。

10. Ames, R. N. 1977. Studies on the vesicular-arbuscular mycorrhizae of Easter lily in the Pacific Northwest. MS thesis, Oregon State University, Corvallis, Oregon, U.S.A. P. 64.
11. Ames, R. N., and R. G. Linderman. 1977. Vesicular-arbuscular mycorrhizae of Easter lily in the northwest United States. *Can. J. Microbiol.* 23:1663-1668.
12. Ames, R. N., and R. G. Linderman. 1978. The growth of Easter lily (*Lilium longiflorum*) as influenced by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, *Fusarium oxysporum*, and fertility level. *Can. J. Bot.* 56:2773-2780.
13. Marschner, H., and B. Dell. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis, pp. 89-102. *In*: A. D. Robson, L. K. Abbott & N. Malajczuk (eds). *Management of mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
14. Morton, J. 1985. Variation in mycorrhizal and spore morphology of *Glomus occultum* and *Glomus diaphanum* as influenced by plant host and soil environment. *Mycologia* 77:192-204.
15. Mosse, B. 1981. Vesicular-arbuscular mycorrhizae research for tropical agriculture. P. 82. Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii.
16. Sieverding, E. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems P. 371. Technical Cooperation-Federal Republic of Germany, Eschborn.
17. Valenciano Mora, J. R. 1991. Effects of inoculations with pathogenic and beneficial microorganisms and ammonium or nitrate fertilization on Easter lily growth. p. 78. MS thesis, Oregon St. University.
18. Vanderploeg, J. F. 1972. The mycorrhizal association between *Lilium* taxa and the phycomycete *Endogone fasciculata*. P. 38. MS thesis, University of Delaware, Newark, Delaware, U.S.A.

Inoculation Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on the Growth and Phosphorus Contents of Oriental Lily Bulb¹

Chi-Guang Wu and Su-Chen Lin²

Summary

In this report, the inoculation effect of four different arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) was recorded for two consecutive crop seasons, and was evaluated in terms of growth and the change of phosphorus content in oriental lily bulbs. At the first crop, all of the bulbs were cultivated in a mixed medium of vermiculite and perlite, and the bulb growth in the four treatments of AMF was worse than control. However, the phosphorus content of bulbs in the treatment of *A. scrobiculata* was significantly higher than any other treatments. At the second growth season, the bulbs harvested from the first crop were cultivated in the same medium, and the treatments of *A. scrobiculata* and *G. pansihalos* came out significantly better than control based on the parameters of bulb perimeter, plant heights and so on. This study supports that the inoculation of *A. scrobiculata* is attributed to the nutrient accumulation, such as phosphorus in lily bulbs at 1st crop. Besides, the species originally isolated from alkaline soil, such as *A. scrobiculata* and *G. pansihalos* proved their effectiveness in the growth promotion of lily bulbs at 2nd crop under the alkaline growth medium.

Key words : Oriental lily, Mycorrhizal fungi, Phosphorus.

1. Contribution No. 2013 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Associate Researcher, Assistant Researcher, Department of Agricultural Chemistry, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.