

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生物科

030304

尋根究底－菌根菌與植物的共生現象

學校名稱：新竹縣立成功國民中學

作者：	指導老師：
國二 陳暉靜	黃伶莉
國二 蔡沛樺	張君豪
國二 林政孚	

關鍵詞：菌根菌、共生、微生物農業科技

題目：『尋根究底』－菌根菌與植物的共生現象

摘要

本實驗是探討菌根菌與植物(非絕對菌根植物)的共生關係並以紅豆與綠豆為菌根菌的接種對象。觀察植物在有無菌根菌接種處理後的生長影響並實驗是否藉由植物根系間的聯繫而相互傳遞。結合之前微波爐實驗來模擬土壤中微生物相狀態、植物種植過程中之處理狀況等實驗來觀察菌根菌效益。結果發現，有接種菌根菌的植株生長性狀多比未接種菌根菌的植株佳，但若植物本身不夠強壯或在栽種初期時菌根菌共生的效益並不易呈現。將植物根部進行染色切片，顯示紅豆有菌根菌(內生菌根)感染共生，菌絲在細胞間隙生長，形成叢枝狀體(arbuscule)與寄主細胞間交換養分。

壹、研究動機

曾閱讀過一篇名為「樹木會靠菌類溝通」的網路文章給了我們靈感，裡頭提到 UBC 一位專長研究林下地植群的森林教授 Suzanne Simard 證實植物會和地下的菌類形成一種可以溝通的網絡，可達到共生的效應，能有效運用養分及管理族群資源，因此希望能透過實驗來觀察菌根菌和植物根部共生的神奇效果與運作方式，進而了解這微小生物體奧妙之處。

近年來，消費大眾普遍講究自然有機的飲食，於是台灣農業也逐漸從農藥化肥時代改往以生物科技為主流的永續農業邁進，加上隨著人口數量逐年攀升，糧食需求量也與日劇增，有效運用微生物進行培植能大量減少化學有毒物質的應用，減少對自然環境的衝擊，並且提升農作物品質與產量等，可說是一舉多得。

目前臺灣農業土地的利用趨向飽和，若添加菌根菌於較為貧瘠的土壤中，將能克服氣候及土壤性質的限制，使農業的普及率提升。基於上述種種原因，好奇心的驅使之下我們開始日以繼夜地展開了實驗。

貳、研究目的

- 一、查閱關於繡球屬菌根菌的基礎資料，及菌根菌製劑的使用方法。
- 二、觀察有無接種菌根菌之植物生存率、生長性狀的差異。
- 三、結合去年科展的研究，利用經微波的栽培土將土壤中其他的菌種破壞，確保植物長的茁壯是因為菌根菌所造成。
- 四、觀察破壞植物根系後菌根菌是否能更容易感染植株，達到最佳的共生效果。(五)利用染色切片技術，並利用顯微鏡觀察植物與菌根菌間的共生現象。

參、研究器材與設備

一、材料

以菌根菌、萬丹紅豆、進口綠豆、栽培土為主。

二、器材

以穴盤、透明育苗盆、按壓式針筒、燒杯、培養皿、電子秤、溫濕度計為主。

(一) 關於實驗所使用菌根菌

本次採用農業生產常應用之內生菌根(endomycorrhizas)三種繡球屬菌根菌(*Glomus* spp.)以純化菌根菌之混合菌進行實驗。由於菌根菌並沒有宿主專一性(host specificity)，不同菌種與宿主植物間接種效益會隨組合不同而有所差異。

1. 來源

由屏東科技大學農園生產系植物生理暨有益微生物實驗室提供，係以百喜草(*Paspalum notatum* Flü gge)為宿主作物生產之繡球孢子屬 *Glomus* spp.接種劑。接種劑為 *Glomus* 屬三種菌根菌 *G. mosseae*, *G. etunicatum* 及 *G. fasciculatum* 之孢子及菌絲片段之混和物。

2. 分離、純化

利用濕篩傾倒法(wet-sieving and decanting method)分離 *Glomus* 屬菌根菌孢子。

3. 鑑定

以顯微鏡觀察形態鑑定。

4. 保存

接種劑之保存置於乾燥陰涼處所。

5. 菌根菌製劑的製備

將百喜草種在以砂為介質的盆栽中，待其收穫時，將根與砂一起採收，檢查菌根菌純度及密度，根與砂風乾後以塑膠袋密封，置於冷房 4℃ 中保存，此即為菌根菌製劑。

6. 特性

對磷之吸收及生物量之增加最為顯著。

(二) 材料、器材補充說明如下表格所示。

器材名稱	備註	器材名稱	備註
栽培土	養菇木屑、椰纖製， 有機質 68.3%、 Ph 值:8.0	穴盤 (育種盆)	高度和盤口直徑皆約 4 公分
透明育苗盆	尺寸:28.5x18x13.5	按壓式針筒	澆水用，容積 10ml

三、設備

以顯微鏡、微波爐、數位相機為主，補充說明如下表格所示。

器材名稱	備註	器材名稱	備註
顯微鏡	廠牌:NIKON 型號:OPTIPHOT-2 放大倍率目鏡:15X 物鏡:10X/20X/40X	微波爐	廠牌: National 型號:NE-R30A 微波輸出: 720W.800W(IEC) 震盪頻率: 2450MHZ
數位相機	廠牌:SONY 型號; DSC-W710		

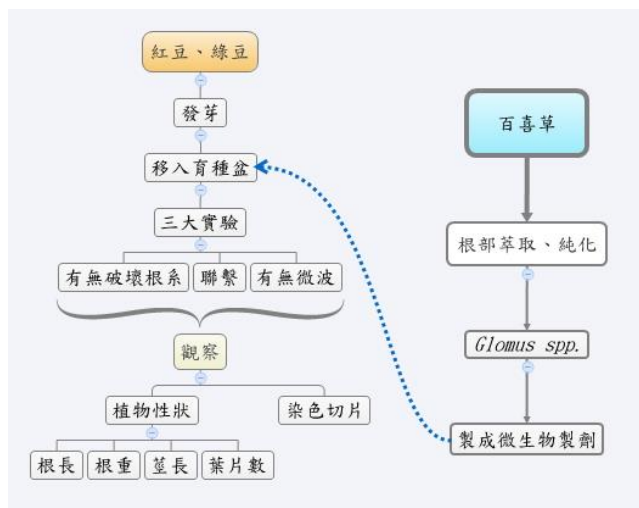
四、研究器材與設備附圖



肆、研究過程與方法

一、 研究方法

如下實驗流程圖所示:



二、 研究過程

(一)紅、綠豆發芽

分別將紅、綠豆置於玻璃培養皿中，加入 30 毫升 R0.滲透水，待種子發芽(約 2~3 天)，接著進行移植。

註: 每次實驗所需紅、綠豆數量各 360 顆，為實際需要種子數量的 2 倍，以篩選生長狀態較為相似者進行實驗，研究結果較為一致。

(二)發芽移植

種子發芽後，篩選露出約 0.5 毫米的胚根之種子進行移植至穴盤中。

1.移植說明

(1)一格穴盤中放置一顆種子。

(2)每組實驗皆有 15 個植株進行觀察與紀錄，最後再取其中 5 株性狀最相似的植株移植至育苗盆繼續研究。

(3)有受微波處理的栽培土皆以微波大火三分鐘滅菌。

2.土壤配方:

配方總質量差異在於有無添加菌根菌(置菌根菌與土壤中的方式於討論中有示意圖說明)，其添加數量如下表所示: (未計穴盤重量)

組別	土壤處理		成分數量		總質量
	有無微波	有無菌根菌	添加菌根菌	添加栽培土	
1.	有	有	2g	16g	18g
2.	有	無	0g	16g	16g
3.	無	有	2g	16g	18g
4.	無	無	0g	16g	16g

(三)栽培移植

選取株高約 15 公分的幼苗移植至育苗盆，以供給更充裕的生存空間及養分。

(四)性狀觀察

1.根部

當製作切片送驗標本時將其植株移出育苗盆後，觀察其根系、測量根長。

2.根重

當製作切片送驗標本時將其植株移出育苗盆後，測量其根重。

3.莖長

為考慮其植株生長期，每 10 天測量一次移入穴盤之植株的莖長。

4.葉片數

當製作切片送驗標本時將其植株移出育苗盆後，計算每棵植株的葉片數。

(五)菌根菌於植物內的生長情形

當送驗標本製作好後，將其低溫保存送至屏東科技大學農園生產系植物生理暨有益微生物實驗室進行植物切片觀察。

1.為菌根菌染根步驟:

(1)軟化

a.將根放置於試管或燒杯中，加 10%KOH(淹泡過根)，用加熱用微波爐，間歇加熱 5 秒 6 次。

b.倒掉 KOH，用自來水清洗 3 次。

(2)抽氣漂白

- a.加熱 3% Alkaline H_2O_2 抽氣 30 分鐘。
- b.倒掉雙氧水。

(3)酸化

- a.加入 0.5N HCL 酸化漂白 15~20 分鐘。
- b.倒出 HCL 加入 0.01% 苯胺藍染液，加熱 5 秒 6 次。
- c.倒出染液，加入去色液。
- d.排根。
- e.鏡檢。

2.藥劑配方:

- (1)10% KOH :取 10g KOH 加入 90ml 水。
- (2)Alkaline H_2O_2 : NH_4OH 3ml 加 10% H_2O_2 30ml 加 H_2O 567 ml。
- (3)0.5N HCL: 取濃鹽酸 41.66 ml，稀釋至 1000ml
- (4)染色劑: 0.01% staining solution:
- (5)Lactic Acid 875ml
- (6)Glycerin 63ml
- (7)Tap water 63ml
- (8)苯胺藍 aniline blue 0.1g
- (9)去色液:acid glycerol(500ml glycerol+450ml H_2O +50ml 1% HCL)

伍、研究結果

編號方式：

編號	微波處理	有無菌根菌
M-A	有微波	有接種
M-B	有微波	未接種
N-A	無微波	有接種
N-B	無微波	未接種

一、紅豆

- 1.生存率、觀察有無接種菌根菌對紅豆植株生存率的影響
(變因：有無接種菌根菌)



2.實驗一、接種菌根菌的紅豆植株在不同土壤環境下的生長性狀情形

(變因：有無微波土壤)

由以下數據(表 5-1-2-1、5-1-2-2 及圖 5-1-2-1、5-1-2-2)，我們可得知:在 1 個月多月的生長期，有微波土壤較無微波土壤之植株株高還低；而大概過了 1.5 個月，有微波的土壤生長性狀卻較佳。

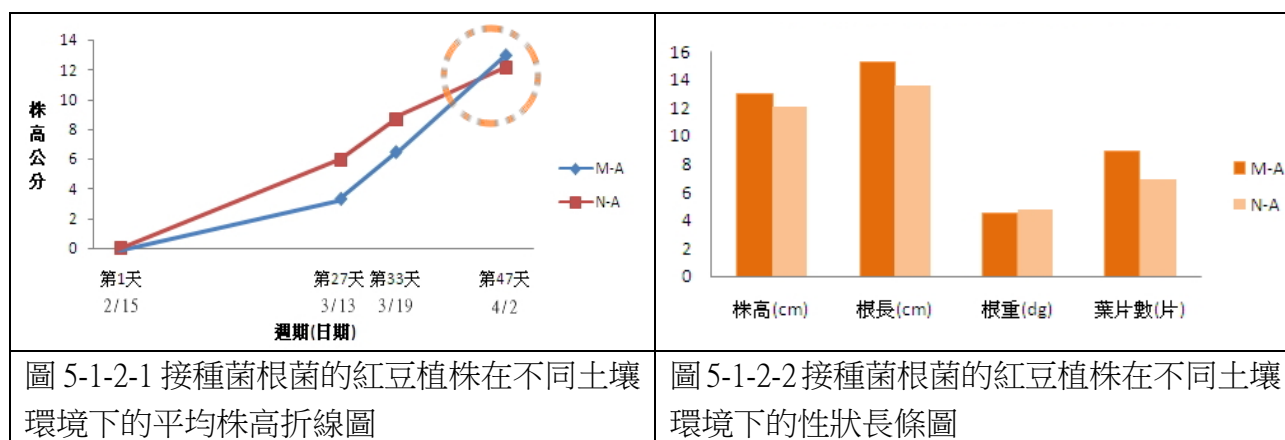
故由此實驗可知：植物在經微波土壤的環境下生長性狀較佳。

表 5-1-2-1 接種菌根菌的紅豆植株在不同土壤環境下的平均生長株高(單位:cm)

	第 1 天 2/15	第 27 天 3/13	第 33 天 3/19	第 47 天 4/2
M-A	0	3.31	6.46	12.99
N-A	0	5.94	8.67	12.13

表 5-1-2-2 接種菌根菌的紅豆植株在不同土壤環境下的性狀

	株高 (cm)	根長 (cm)	根重 (dg)	葉片數 (片)
M-A	12.99	15.23	4.55	8.9
N-A	12.13	13.63	4.8	6.88



3.實驗二之一、有無接種菌根菌對有經微波土壤的紅豆植株生長性狀的影響

(變因:有無接種菌根菌)

由以下數據(表 5-1-3-1-1、5-1-3-1-2 及圖 5-1-3-1-1、5-1-3-1-2)，我們可得知：在經微波土壤的環境下，未接種菌根菌之植株生長性狀較佳。因與我們實驗所推測結果不同，所以我們會在討論時，再做更進一步的說明。

表 5-1-3-1-1 有無接種菌根菌對有經微波土壤的紅豆植株株高影響(單位:cm)

	第 1 天 2/15	第 27 天 3/13	第 33 天 3/19	第 47 天 4/2
M-A	0	3.31	6.46	12.99
M-B	0	5	8.62	14.82

表 5-1-3-1-2 有無接種菌根菌對有經微波土壤的紅豆植株性狀影響

	株高 (cm)	根長 (cm)	根重 (dg)	葉片數 (片)
M-A	12.99	15.23	4.55	8.9
M-B	14.82	18.93	5.75	7.6

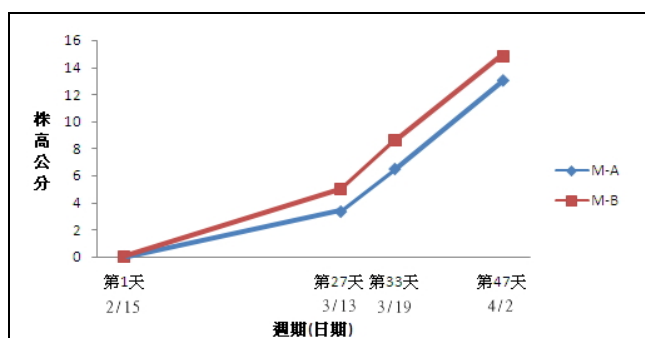


圖 5-1-3-1-1 有無接種菌根菌對有經微波土壤的紅豆植株株高折線圖

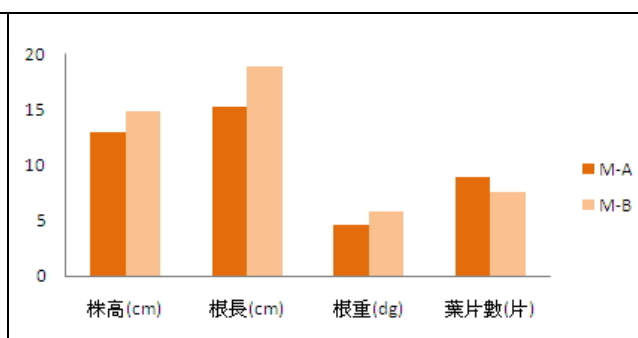


圖 5-1-3-1-2 有無接種菌根菌對有經微波土壤的紅豆植株性狀長條圖

實驗二之二、有無接種菌根菌對無經微波土壤的紅豆植株生長性狀的影響 (變因:有無接種菌根菌)

由以下數據(表 5-1-3-2-1、5-1-3-2-2 及圖 5-1-3-2-1、5-1-3-2-2)，我們可得知：在未經微波的培養土中，有接種菌根菌之植株生長性狀較佳。

故由此實驗可知：在培養土中，菌根菌能幫助植物提升它的生長性狀。

表 5-1-3-2-1 有無接種菌根菌對無經微波土壤的紅豆植株株高影響(單位:cm)

	第 1 天 2/15	第 27 天 3/13	第 33 天 3/19	第 47 天 4/2
N-A	0	5.94	8.67	12.13
N-B	0	5.55	6.3	11.69

表 5-1-3-2-2 有無接種菌根菌對無經微波土壤的紅豆植株性狀影響

	株高 (cm)	根長 (cm)	根重 (dg)	葉片數 (片)
N-A	12.13	13.63	4.8	6.88
N-B	11.69	10.3	4.6	7.13

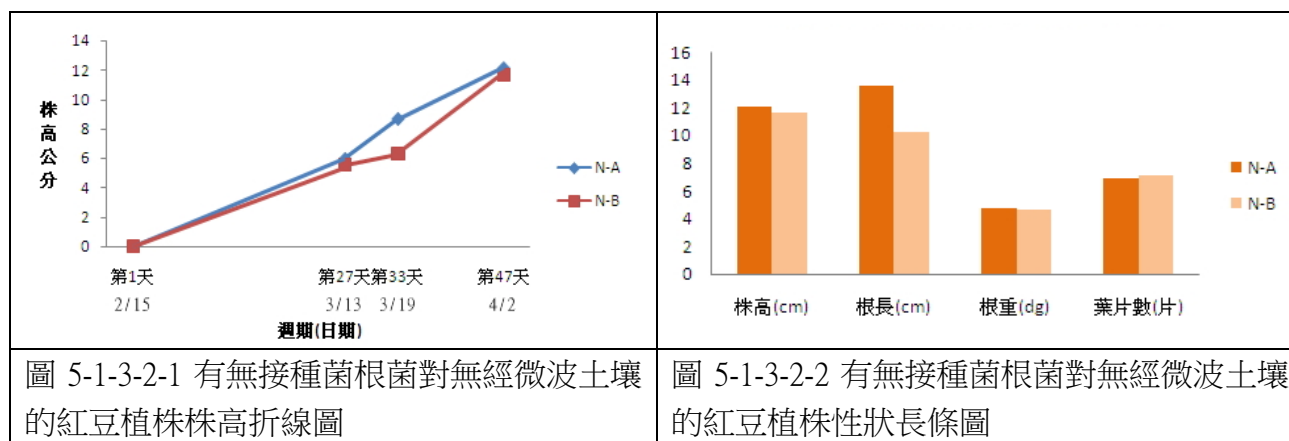


圖 5-1-3-2-1 有無接種菌根菌對無經微波土壤的紅豆植株株高折線圖

圖 5-1-3-2-2 有無接種菌根菌對無經微波土壤的紅豆植株性狀長條圖

4.實驗三之一、有無破壞根系對有菌根菌、有微波土壤的紅豆植株生長性狀的影響 (變因:有無破壞根系)

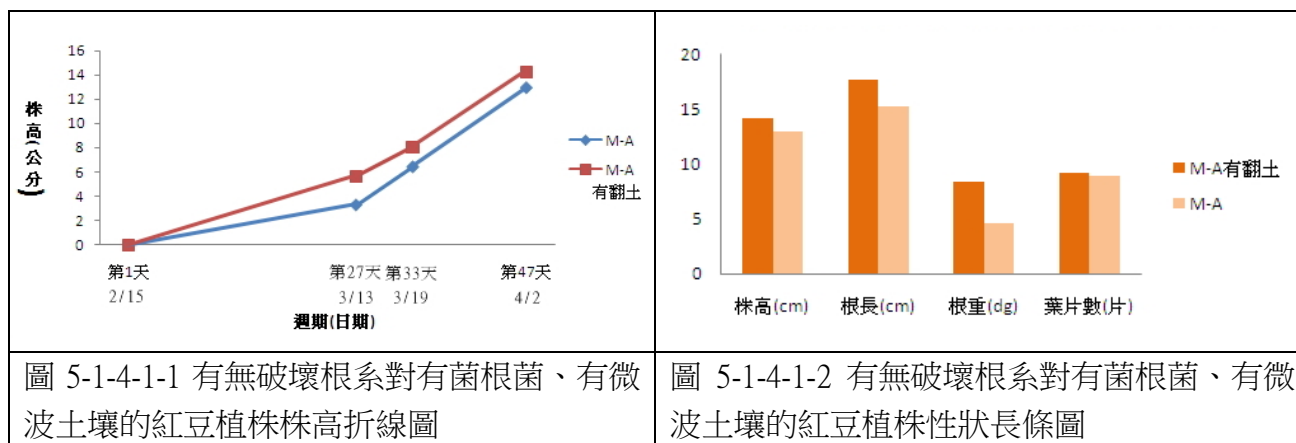
由以下數據(表 5-1-4-1-1、5-1-4-1-2 及圖 5-1-4-1-1、5-1-4-1-2)，我們可得知:
有翻土(有破壞根系)的植株生長性狀都較無翻土(無破壞根系)生長性狀佳。
故由此實驗可知：有翻土(有破壞根系)的植株生長性狀較佳。

表 5-1-4-1-1 有無破壞根系對有菌根菌、有微波土壤的紅豆植株株高影響(單位:cm)

	第 1 天 2/15	第 27 天 3/13	第 33 天 3/19	第 47 天 4/2
M-A	0	3.31	6.46	12.99
<u>M-A</u>	0	5.64	8.08	14.24

表 5-1-4-1-2 有無破壞根系對有菌根菌、有微波土壤的紅豆植株性狀影響

	株高 (cm)	根長 (cm)	根重 (dg)	葉片數 (片)
M-A	12.99	15.23	4.55	8.9
<u>M-A</u>	14.24	17.68	8.34	9.2



實驗三之二、有無破壞根系對有菌根菌、無微波土壤的紅豆植株生長性狀的影響
(變因:有無破壞根系)

由以下數據(表 5-1-4-2-1、5-1-4-2-2 及圖 5-1-4-2-1、5-1-4-2-2)，我們可得知:有翻土(有破壞根系)的植株生長性狀都較無翻土(無破壞根系)生長性狀佳，並且在生長期時，幫助植物提升它的生長幅度。

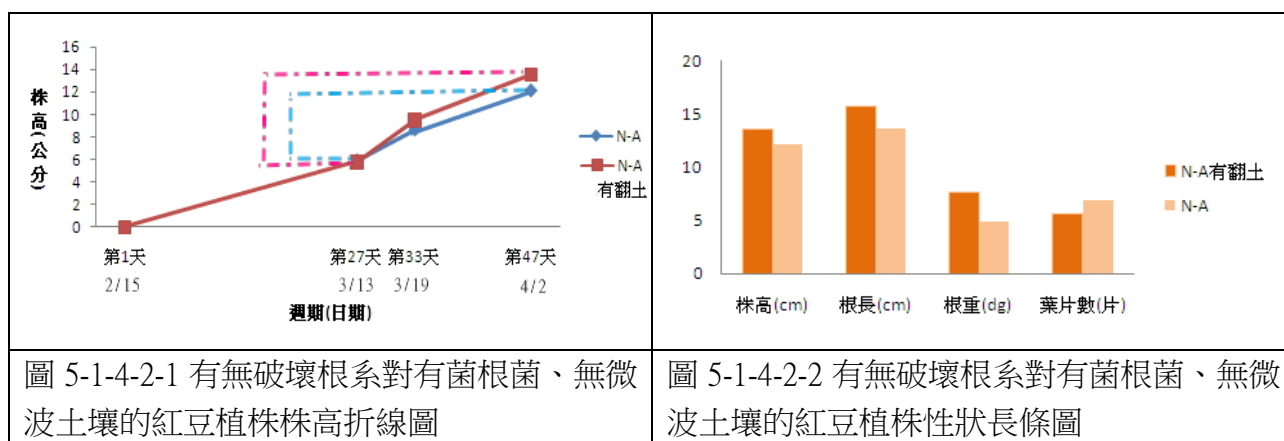
故由此實驗可知：有翻土(有破壞根系)的植株在生長期時生長幅度較大。

表 5-1-4-2-1 有無破壞根系對有菌根菌、無微波土壤的紅豆植株株高影響(單位:cm)

	第 1 天 2/15	第 27 天 3/13	第 33 天 3/19	第 47 天 4/2
N-A	0	5.94	8.67	12.13
<u>N-A</u>	0	5.76	9.48	13.52

表 5-1-4-2-2 有無破壞根系對有菌根菌、無微波土壤的紅豆植株性狀影響

	株高 (cm)	根長 (cm)	根種 (dg)	葉片數 (片)
N-A	12.13	13.63	4.8	6.88
<u>N-A</u>	13.52	15.72	7.64	5.6



5.實驗四、觀察植物透過根系傳遞菌根菌的現象

由以下數據(表 5-1-5-1 及圖 5-1-5-1)，我們可得知:在同一育苗盆內(如圖 5-4-1 的黑色圈圈)生長速率很類似。

故由此實驗可知：植物可透過根系傳遞菌根菌，並調節植物間的成長速率。

表 5-1-5-1 同一育苗盆內有無接種菌根菌的紅豆植株平均株高(單位:cm)

	第 1 天 2/15	第 21 天 3/8	第 27 天 3/14
M-A	0	6.3	6.94
M-B	0	7.22	8.28
N-A	0	8.42	13.14
N-B	0	6.96	10.94

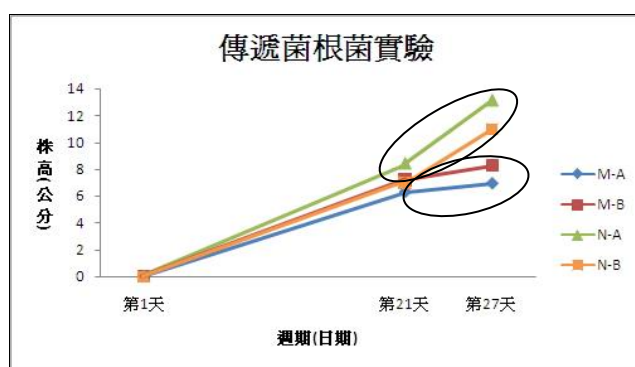


圖 5-1-5-1 同一育苗盆內有無接種菌根菌的紅豆植株平均株高折線圖

二、綠豆

1.生存率、觀察有無接種菌根菌對紅豆植株生存率的影響

(變因：有無接種菌根菌)

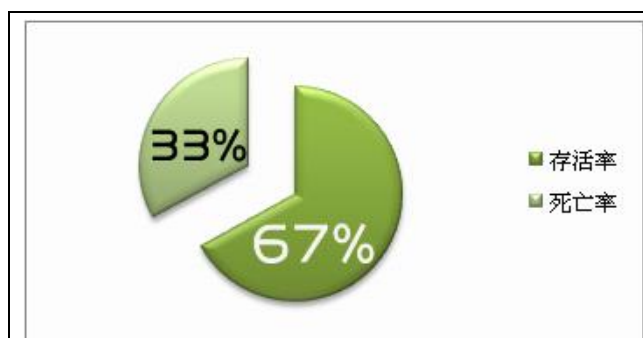


圖 5-2-1-1 為有接種菌根菌的綠豆植株原餅圖

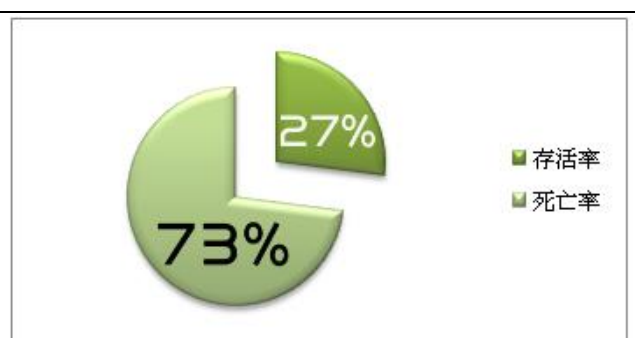


圖 5-2-1-2 為未接種菌根菌的綠豆植株原餅圖

2.實驗一、接種菌根菌的綠豆植株在不同土壤環境下的生長性狀情形

(變因：有無微波土壤)

詳細內容會在討論多作探討

表 5-2-2-1 接種菌根菌的綠豆植株在不同土壤環境下的平均生長株高(單位:cm)

	第 1 天 3/1	第 12 天 3/12	第 19 天 3/19	第 27 天 4/27
M-A	0	4.39	4.96	6.29
N-A	0	4.23	5.8	6.73

表 5-2-2-2 接種菌根菌的綠豆植株在不同土壤環境下的性狀

	株高 (cm)	根長 (cm)	根種 (dg)	葉片數 (片)
M-A	8.57	13.15	3.53	5.34
N-A	9.92	14.05	5.73	6

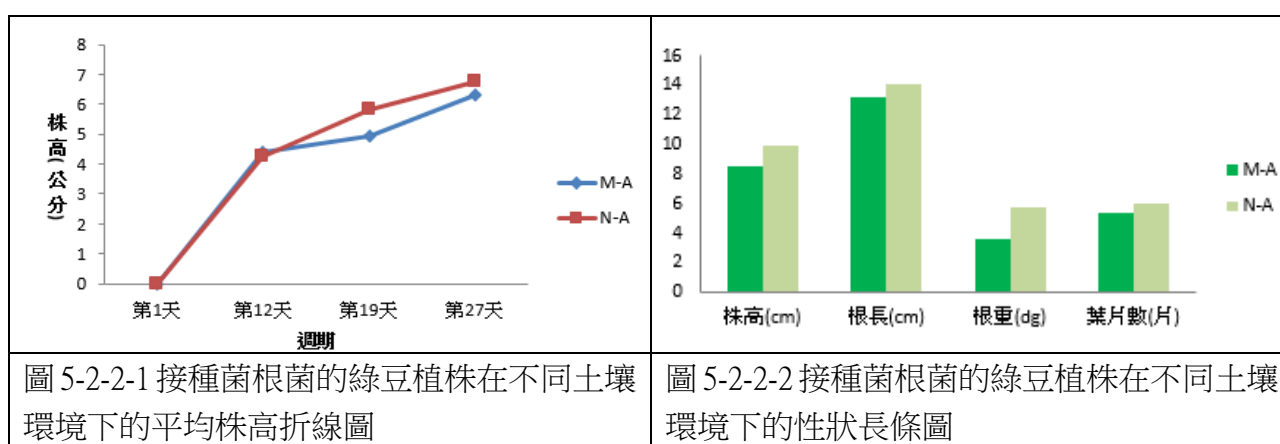


圖 5-2-2-1 接種菌根菌的綠豆植株在不同土壤環境下的平均株高折線圖

圖 5-2-2-2 接種菌根菌的綠豆植株在不同土壤環境下的性狀長條圖

3.實驗二之一、有無接種菌根菌對有經微波土壤的綠豆植株生長性狀的影響

(變因:有無接種菌根菌)

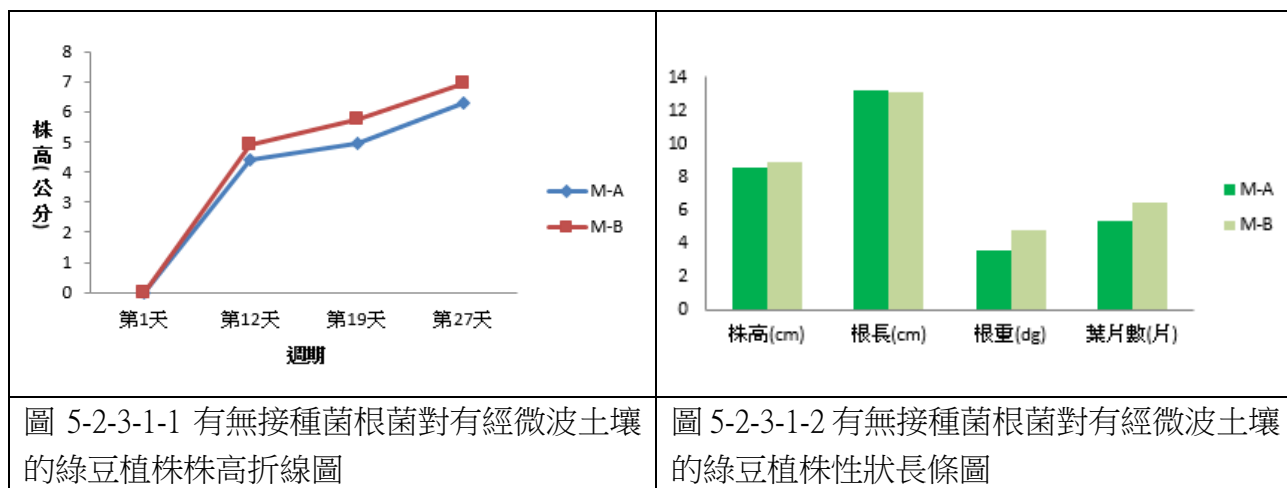
詳細內容會在討論多作探討

表 5-2-3-1-1 有無接種菌根菌對有經微波土壤的綠豆植株株高影響(單位:cm)

	第 1 天 3/1	第 12 天 3/12	第 19 天 3/19	第 27 天 4/27
M-A	0	4.39	4.96	6.29
M-B	0	4.92	5.76	6.92

表 5-2-3-1-2 有無接種菌根菌對有經微波土壤的綠豆植株性狀影響

	株高 (cm)	根長 (cm)	根種 (dg)	葉片數 (片)
M-A	8.57	13.15	3.53	5.34
M-B	8.87	13.05	4.79	6.5



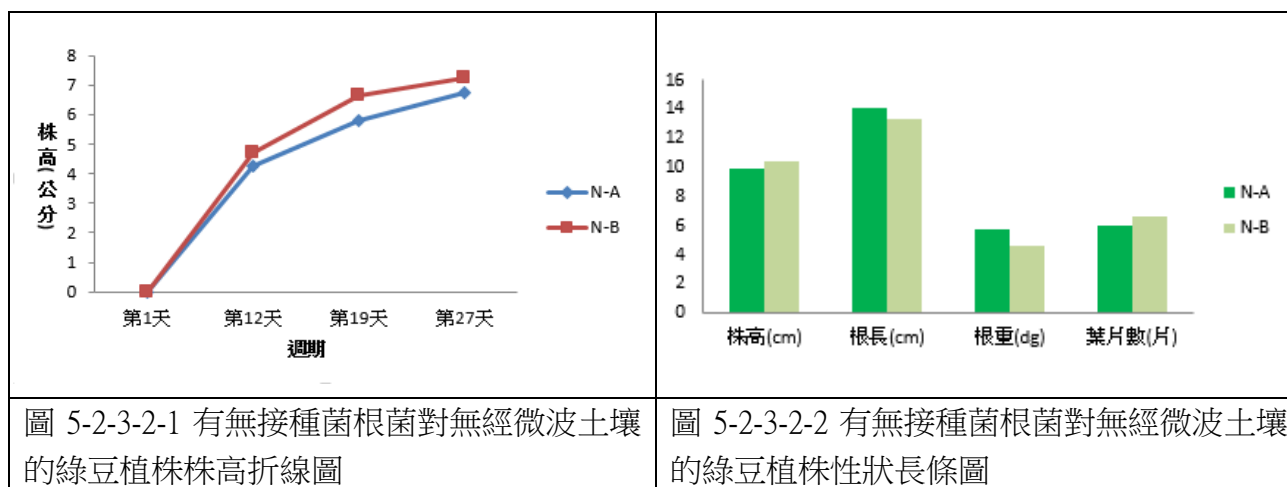
實驗二之二、有無接種菌根菌對無經微波土壤的綠豆植株生長性狀的影響
(變因:有無接種菌根菌)
詳細內容會在討論多作探討

表 5-2-3-2-1 有無接種菌根菌對無經微波土壤的綠豆植株株高影響(單位:cm)

	第 1 天 3/1	第 12 天 3/12	第 19 天 3/19	第 27 天 4/27
N-A	0	4.23	5.8	6.73
N-B	0	4.72	6.66	7.24

表 5-2-3-2-2 有無接種菌根菌對無經微波土壤的綠豆植株性狀影響

	株高 (cm)	根長 (cm)	根種 (dg)	葉片數 (片)
N-A	9.92	14.05	5.73	6
N-B	10.35	13.37	4.64	6.63



4.實驗三之一、有無破壞根系對有菌根菌、有微波土壤的綠豆植株生長性狀的影響
(變因:有無破壞根系)

詳細內容會在討論多作探討。

表 5-2-4-1-1 有無破壞根系對有菌根菌、有微波土壤的綠豆植株株高影響(單位:cm)

	第 1 天 3/1	第 12 天 3/12	第 19 天 3/19	第 27 天 4/27
M-A	0	4.39	4.96	6.29
<u>M-A</u>	0	5.08	6.3	8.08

表 5-2-4-1-2 有無破壞根系對有菌根菌、有微波土壤的綠豆植株性狀影響

	株高 (cm)	根長 (cm)	根種 (dg)	葉片數 (片)
M-A	8.57	13.15	3.53	5.34
<u>M-A</u>	10.32	13.67	5.33	6.33

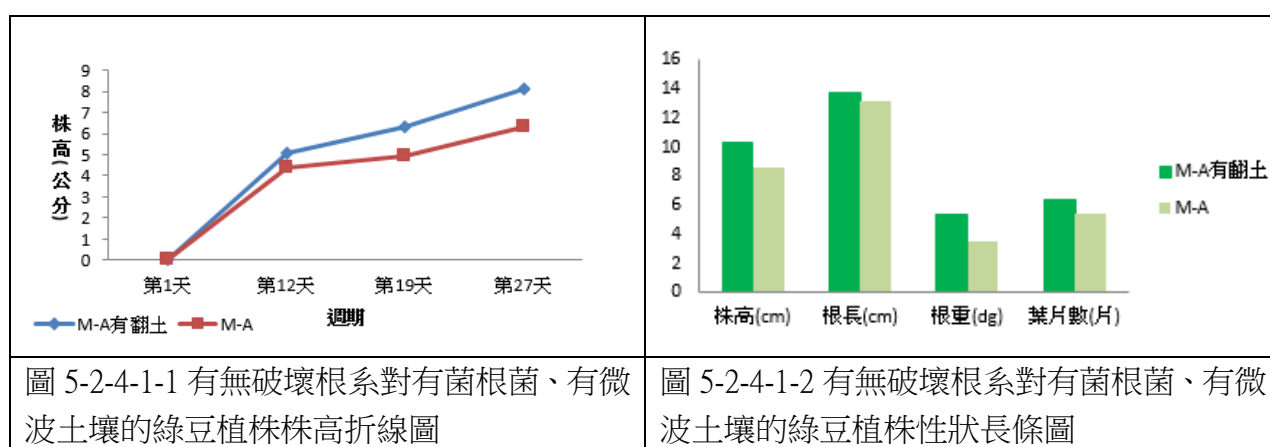


圖 5-2-4-1-1 有無破壞根系對有菌根菌、有微波土壤的綠豆植株株高折線圖

圖 5-2-4-1-2 有無破壞根系對有菌根菌、有微波土壤的綠豆植株性狀長條圖

實驗三之二、有無破壞根系對有菌根菌、無微波土壤的綠豆植株生長性狀的影響
(變因:有無破壞根系)

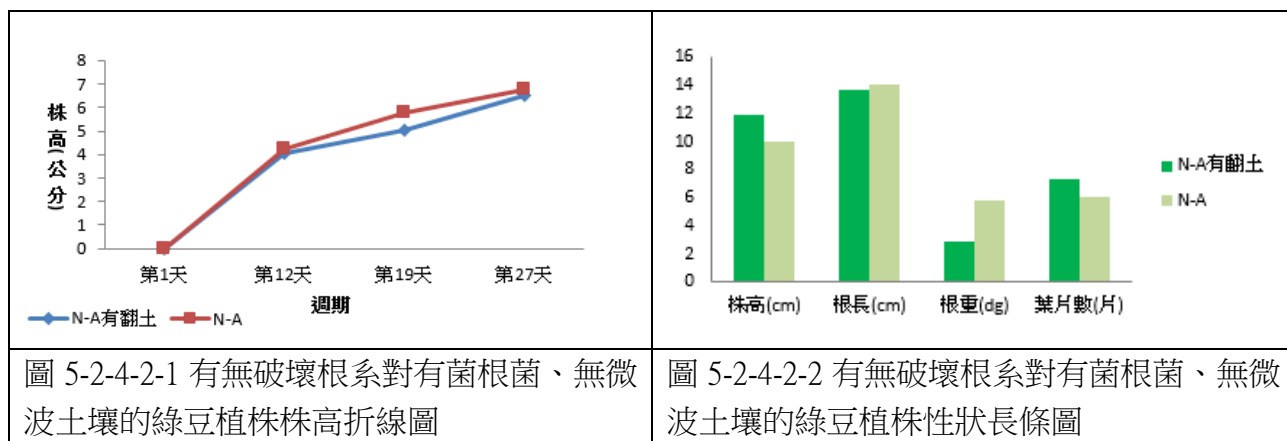
詳細內容會在討論多作探討。

表 5-2-4-2-1 有無破壞根系對有菌根菌、無微波土壤的綠豆植株株高影響(單位:cm)

	第 1 天 3/1	第 12 天 3/12	第 19 天 3/19	第 27 天 4/27
N-A	0	4.23	5.8	6.73
<u>N-A</u>	0	4.02	5.02	6.5

表 5-2-4-2-2 有無破壞根系對有菌根菌、無微波土壤的綠豆植株性狀影響

	株高 (cm)	根長 (cm)	根種 (dg)	葉片數 (片)
N-A	9.92	14.05	5.73	6
<u>N-A</u>	11.84	13.7	2.8	7.33



5.實驗四、觀察植物透過根系傳遞菌根菌的現象 詳細內容會在討論多作探討。

表 5-2-5-1 同一育苗盆內有無接種菌根菌的綠豆植株平均株高(單位:cm)

	第 1 天 3/1	第 12 天 3/12	第 19 天 3/19	第 27 天 4/27
M-A	0	5.62	7.2	8.34
M-B	0	5.84	7.32	8.32
N-A	0	4.7	6.46	7.18
N-B	0	6.18	7.58	8.22

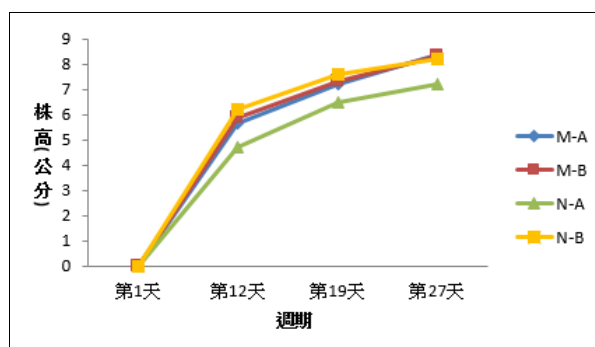


圖 5-2-5-1 同一育苗盆內有無接種菌根菌的綠豆植株平均株高折線圖

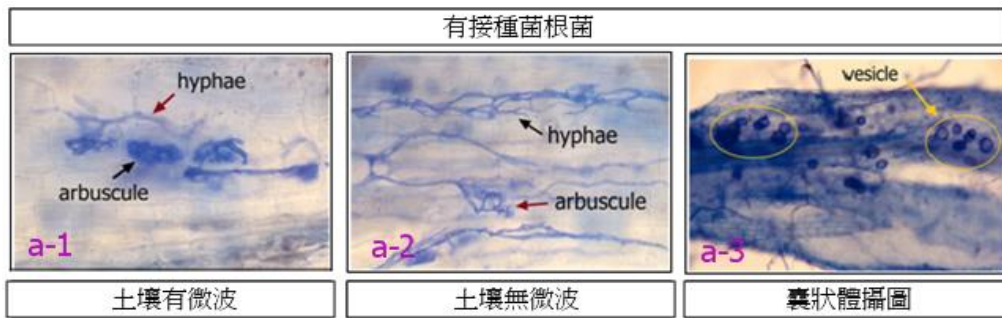
三、菌根菌和植株的關係

以下圖片為本次實驗紅豆根部切片結果-

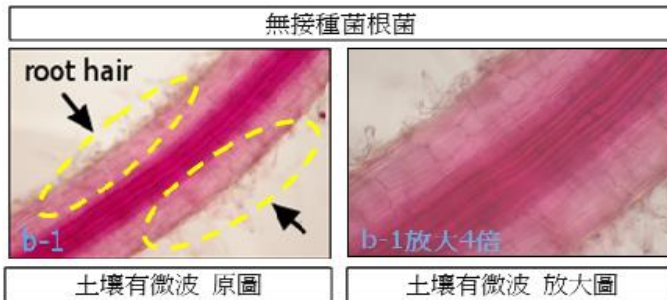
(切片結果顯示:綠豆的部分並未有菌根菌感染現象，將於討論加以說明)

由有接種菌根菌之切片結果可觀察到:(圖 a-1~a-3)

菌根菌絲(hyphae)在細胞間隙生長，有時伸入根的皮層細胞內反覆二叉分支，形成叢枝狀體(arbuscule)，菌絲中間或一端有時膨大成為囊狀體(vesicle)能貯存養分。



由無接種菌根菌之切片結果可觀察到:(圖 b-1~b-2)
植物體內無菌根菌感染的現象。

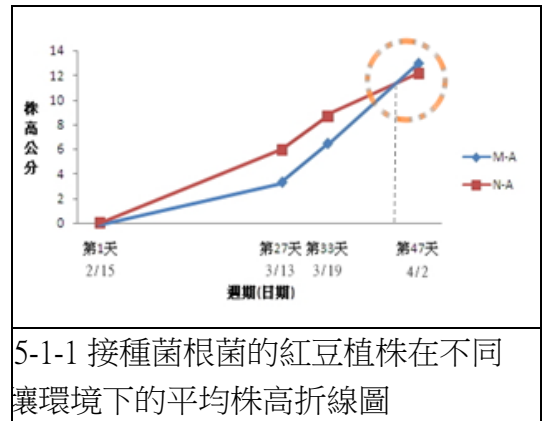


陸、討論

一、推測紅豆實驗結果不如預期的原因

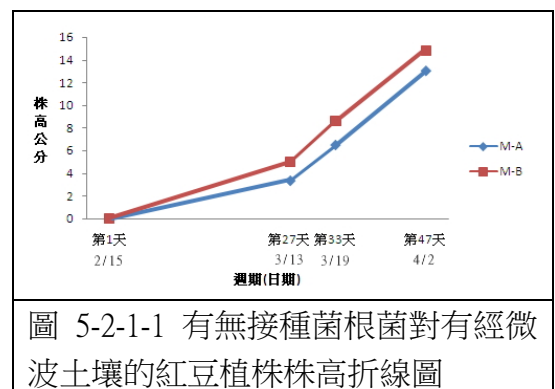
(一) 對實驗一：接種菌根菌的紅豆植株在不同土壤環境下的生長平均株高折線圖的探討

同樣都是有接種菌根菌的植株，由圖表線段所示：在橘色框線標示處之前的線段皆是以土壤無受微波處理的株高數據(N-A)居上位，直到兩線相交(灰色虛線標示處)至菌根菌接種第 47 天之間，可明顯觀察到土壤有受微波處理的植株株高漸漸超越土壤無受微波處理的植株，而最初實驗設計便是希望藉由微波栽培土，排除原本土壤就具有的其他菌種，降低影響菌根菌接種效果的機率。



(二) 對實驗二之一：有無接種菌根菌對有經微波土壤的紅豆植株平均株高折線圖的探討

同樣都是土壤有受微波的植株，由圖表線段所示：無論接種菌根菌的時間長短，無接種菌根菌的植株株高皆高於有接種菌根菌的植株，另外經由植株無接種菌根菌、土壤有受微波之切片發現：有受微波的菌根土並無其他共生菌類感染，因此推測此圖表線段會如此呈現的原因是植株本身較不健壯的原故，對於菌根菌而言，若感染宿主無法供給所需養分，便不會與植株產生互利共生的現象。



二、推測綠豆未發現感染菌根菌之因

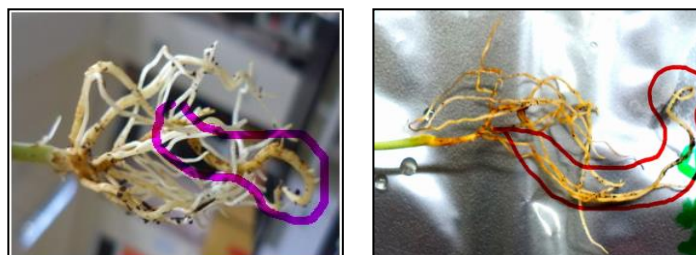
關於切片結果未發現綠豆有感染菌根菌的現象，我們推測是因為：

本次實驗進行育種時，發現綠豆剛開始萌芽的速度較紅豆快，直到移入育苗盆十天後，紅豆生長的速度居然高出綠豆快一倍，且其他性狀的成長也較綠豆來得快速。菌根菌感染至植物體內至少需要兩個星期的時間，而紅豆生長較綠豆快速，因此這段所需的感染時間，由於本次實驗時間的限制，對於紅豆可能是足夠的，綠豆可能是不夠的。

另外觀察兩者植株根系，發現紅豆的根粗、根數都較綠豆多(圖 6-8-1)、(圖 6-8-2)，由此可知紅豆根部能接觸到土壤的表面積也較綠豆大，接種到菌根菌的機率也比綠豆來得大。

右圖分別為：

(圖 6-8-1)、(圖 6-8-2)。



結論：

(一) 菌根菌感染至植物體需要一定的時間，且紅豆生長較綠豆快速，

由於本次實驗時間限制的關係，這段所需的感染時間對於紅豆可能是足夠的，綠豆可能是不夠的。

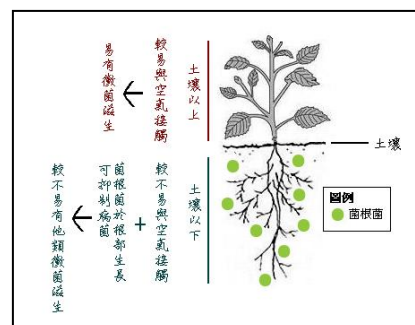
(二) 紅豆的根粗、根數都較綠豆多，因此紅豆根部能接觸到土壤的表面積也較綠豆大，接種到菌根菌的機率也比綠豆來得大。

三、菌根菌與其他菌類的關係

在文獻中有看到菌根菌有抑制其他菌類生長的功用，我們實驗過後發現有接種菌根菌的植株確實能抑制黴菌，增加其存活率，但仍有黴菌生長，我們推測是因菌根菌主要接觸的是與根部接觸的地方，而不是土壤表面，所以土壤表面難免會有黴菌生長。

示意圖如右(圖 6-1-1)。

(圖 6-1-1)



四、植物種類的選擇

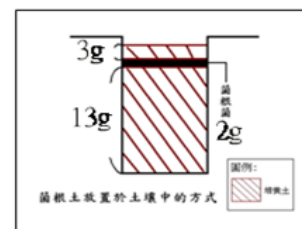
由於實驗時間、空間的限制，考慮以生長期較短、較不佔空間的小型作物為主，另外文獻資料顯示，菌根菌主要會從植物的根毛感染，而豆類的根毛可以使其根部面積平均增大 12 倍，更容易接觸到土壤內的菌根菌，因此就將實驗對象設定成紅豆與綠豆(蝶形花科豇豆屬植物)。

五、澆水方式

紅豆、綠豆在栽植初期時需給予較大量的水分，但因實驗是在冬季進行，氣溫較低，若加上天候狀況不佳(下雨)，土壤極困難完全乾燥，過溼將會有礙植物的呼吸作用。經過觀察後發現(以 16g 培養土/10ml 水為例):澆水後兩天土壤便會完全乾燥(排除下雨等因素)，為確保植物吸收養分的穩定性，往後改採栽培土乾了再澆水，每次澆水務必濕透，並皆以 10 毫升的水為一次澆水量單位(剛好能使多餘水分溢出穴盤底部)。

六、菌根土放置於土壤中的方式

為考慮將植株澆水後菌根菌的擴散與植物吸收的狀況，參考文獻後以種子接種法進行育種:右圖以穴盤剖面圖進行示意(圖 6-5-1)。



(圖 6-5-1)

七、突長現象

由於空間不足的關係，在進行第一批栽植實驗時，將植物放置於室內使其生長，發現植物的性狀根節細長且莖部柔軟多汁，皆匍匐於土壤表面上(如圖 1 與圖 2 比較)，生長速度極迅速。推測是因室內光照不足(室內光照量通常低於 50%)使植物產生突長現象，因此缺乏某些營養元素，有發育不良的狀況，於是之後的實驗就改於室外(日照充裕)進行。

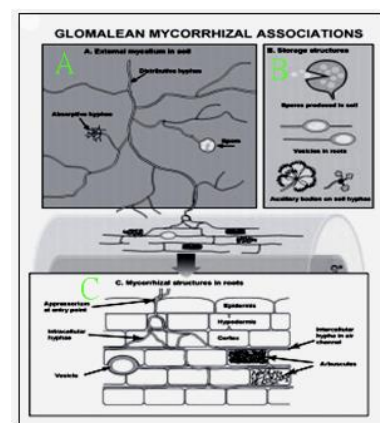
八、*Glomus* spp.構造與感染過程:

為更詳細了解繡球屬菌根菌接種至植物體內的感染現象，採用以下文獻資料進行詳細說明。

圖、文皆引用自:Brundrett *et al.*1966。

以下菌根菌感染過程 對照(圖-6-7-1):

- (A)繡球屬菌根菌菌絲由根深長至土中，產生分布菌絲、吸收菌絲及其他構造。
- (B)在根內或土壤中產生的儲存構造(孢子和囊泡)。
- (C)於根內形成叢枝狀體與囊胞的構造。



(圖-6-7-1)

柒、結論

- 一、在有無接種菌根菌的變因下，有接種菌根菌的株高和生長性狀通常較無接種菌根菌的佳，因為菌根菌可以幫助植株吸收養分和水分。而在有無微波的變因下，可能會因植株本身與培養土中的微生物之間的結合，造成實驗上的誤差。
- 二、在有無破壞植株根系的實驗中，可以發現到破壞植株的根系可以使菌根菌更容易地侵入根部，並不會因根系受損而使得植物生長性狀表現變差，所以我們推測：有破壞根系的株高和生長性狀通常較無破壞根系的佳。
- 三、在聯繫的實驗中，我們將有接種菌根菌、無接種菌根菌的植株各 5 株移植進一個育苗盆內，發現 10 株植物的生長速率相似，因此我們認為是因為菌根菌從有接種菌根菌的植株透過根部感染了未接種菌根菌的植株，藉此調節彼此間的養分和水分。
- 四、菌根菌僅能幫助植物吸收水分和養分，不能完全增加植物的生長速率，主要影響植株株

高的還是在於植株本身還是發芽期的時候。

- 五、本次實驗感染菌根菌之切片結果，發現菌根菌絲(hyphae)在細胞間隙生長，有時伸入根
皮層細胞內反覆二叉分支，形成叢枝狀體(arbuscule)，菌絲中間或一端有時膨大成為囊狀
體(vesicle)能貯存養分。

捌、參考資料

- 一、有機農業全球資訊網(民 92 年 11 月 18 日) **内生菌根菌**。民 103 年 11 月 28 日，取自
[http://organic.supergood.com.tw/supergood/front/bin/ptdet
ail.phtml?Part=manager-29&PreView=1](http://organic.supergood.com.tw/supergood/front/bin/ptdetail.phtml?Part=manager-29&PreView=1)。
- 二、林金和(民 97 年 2 月) **生物顯微技術**。民 103 年 12 月 13 日，取自
<http://web.nchu.edu.tw/~chinho/section/index.doc>。
- 三、蔣豐煜、陳澄芳、鄭妤真(無日期) **植物的好幫手-菌根菌**。民 12 月 13 日，取自
<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2012/04/2012040317474184.pdf>。
- 四、謝文彰(民 96 年 07 月 16 日) **菌根菌、放射線菌與枯草桿菌對盤固草與狼尾草生長的影響**。
民 103 年 12 月 13 日，取自 [http://www.tlri.gov.tw/Docs/TL
RIRes/2007-040-4-0203-0211.pdf](http://www.tlri.gov.tw/Docs/TLRIRes/2007-040-4-0203-0211.pdf)。
- 五、黃瑞彰、江汶錦、林經偉、卓家榮(民 100 年 03 月) **菌根菌的特性及田間應用技術**。臺南
區農業專訊，75，14-19。
- 六、taiwan-dm 園藝(無日期) **園藝(horticulture)**。民 103 年 12 月 14 日，取自
<http://www.taiwan-dm.com.tw/convenience/garden.htm>。
- 七、黃雅玲、王均琍、王惠美(無日期) **接種叢枝菌根菌對台灣百合植株生長之影響**。高雄區農
業改良場研究彙報，第 15 卷第 3 期，民 103 年 12 月 14 日
，取自 [http://kdais.coa.gov. tw/htmlarea_file/web_articles/kdais/397/15-3-3.pdf](http://kdais.coa.gov.tw/htmlarea_file/web_articles/kdais/397/15-3-3.pdf)。
- 八、邱明賜、王均琍(102 年 9 月) **微生物肥料--菌根菌在茶苗的應用技術**。茶業專訊，85，11-13，
民 103 年 12 月 14 日，取自 [http://teis.coa.gov.tw/htmlarea_
file/web_articles/teis/1373/0213-40.pdf](http://teis.coa.gov.tw/htmlarea_file/web_articles/teis/1373/0213-40.pdf)。
- 九、維基百科(無日期) **菌根**。民 103 年 12 月 14 日，取自 [http://zh.wikipedia.org/
wiki/%E8%8F%8C%E6%A0%B9](http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%8F%8C%E6%A0%B9)。

【評語】 030304

本研究探討菌根的共生現象，除了有學術價值外，亦有農業應用的潛力。

然而，菌根共生有益植物生長為已熟悉的知識，作者宜針對尚未瞭解內容進行探討，以提升作品的創新性。此外，部分實驗設計可再加強，以準確控制單一變因，例如，比較有無菌種的影響，宜先將一組加菌再微波處理；加一組則先微波土壤，再接種菌種。

本研究的諸多數據也須進行統計分析，以確定實驗組間的差異性。