

屏東縣第65屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生物科

組 別：國中組

作品名稱：黃金莓與菌根菌的地下秘密交易

關 鍵 詞：黃金莓(*Physalis peruviana*)、菌根菌、共生作用

編號：B4008

目 錄

摘要.....	1
壹、前言.....	1
貳、研究設備及器材.....	2
參、研究方法.....	3
肆、研究結果.....	5
伍、討論.....	8
陸、結論.....	10
柒、參考資料.....	11

黃金莓與菌根菌的地下秘密交易

摘 要

黃金莓(*Physalis peruviana*)因為果實顏色金黃色營養豐富受到消費者的喜愛，是這幾年台灣農民喜歡栽培種植的特色農產品。菌根菌是一種能與植物根部共生結合的真菌，菌根菌形成的菌根能以菌絲和植物交換營養物質。本實驗以黃金莓根部感染菌根菌觀察對生長發育的影響，跟對照組比較起來，共生菌根的菌絲可能增加了根部養分的吸收能力，本實驗觀察到和菌根菌共生能促進黃金莓植株的生長，葉子的葉綠素含量增加，頂芽和側芽的發育也比較快速，因而提早花芽的形成和果實的發育，菌根菌也許可以做為種植黃金莓的微生物肥料。

壹、前言

一、研究動機

原產於南美洲的草本植物祕魯酸漿(*Physalis peruviana*) 果實金黃色，又稱為「黃金莓」，含有多種營養素用途很廣泛，可以直接食用或做成其他的加工品，因為含有一些特殊的成分，目前也是醫學上研究的重點。菌根菌是存在自然界中的一種真菌，能與植物根部結合形成「菌根」的構造，菌根以菌絲和植物交換營養物質，菌根菌直接從植物獲取植物的碳水化合物，而菌根菌的細長菌絲可幫助作物吸收肥料、礦物質及提高土壤水分利用率，所以雙方是屬於互利共生的關係，菌根菌被認為是一種很好的微生物肥料。

二、研究目的

這幾年以來因黃金莓果實顏色金黃廣受消費者的喜愛，所以許多台灣的農民栽培種植成為地方特色農產品，是未來具有消費市場潛力的水果之一。菌根菌這種微生物肥料在許多維管束植物的應用上已經得到證明，因為之前沒有學者做過黃金莓和菌根菌共生的研究，這個實驗的目的是將黃金莓的幼苗根部感染菌根菌，後續觀察黃金莓地上部植株的生長和果實發育情形，實驗的結果可以提供給栽培黃金莓的農民作為選用肥料時的參考依據。

三、文獻回顧

- (一)酸漿為茄科酸漿屬 (*Physalis*) 草本植物，廣泛分布在溫帶和亞熱帶地區，其中祕魯酸漿(*Physalis peruviana*; Cape Gooseberry)果實金黃色，又稱為「黃金莓」，黃金莓營養豐富、含有多種維生素及礦物質，且低熱量，每百公克酸漿果實含鉀292.6毫克，為蘋果的2.6倍，含鐵1.24毫克，為蘋果的12.4倍，是目前消費市場主流之一。此外含有多酚類及類胡蘿蔔素等多種營養素，因此從古至今都被視為一種民俗藥草，也是目前國際醫學研究重點之一。
- (二)菌根是土壤中的真菌與宿主植物根系所建立的互利共生體，參與形成菌根的真菌則稱為菌根菌，約有90%以上的維管束植物可與菌根菌共生。植物根系感染菌根菌共生形成菌根後，在菌根表面會產生許多微細之根外延伸菌絲，其直徑約為吸收根毛的 $1/5-1/10$ ，但長度卻可延伸為吸收根毛之 $10-20$ 倍，並能深入根毛不易到達之土壤微孔隙中，擴大接種作物根部吸收範圍。
- (三)研究發現根部感染菌根菌對植物的生長發育有促進的作用，它可以促進植物根系對礦物質元素及養分的吸收，特別是提高植物對磷、氮素及微量元素的吸收，促進植物根系生長、提高植物生物量、提高移植存活率、提高土壤水分利用率、提高植物對環境逆境的忍受力，所以可以改善植物的生長狀況並提高農作物的品質。

四、與生物教材相關性

國中生物科教材第二冊生態學內容有提及生物間的交互作用的章節，而植物與菌根菌的互動是屬於互利共生的關係，雙方都能得到好處，本黃金莓和菌根菌共生作用的實驗對於作物的栽培有其研究的價值性與實用性。

貳、研究設備及器材

一、實驗材料

- (一) 黃金莓(*Physalis peruviana*) 種苗從台南麻豆的茂盛種苗行購買，幼苗生長期約為30天，從日本引進的品種。

(二) 菌根菌(善玉肥2號) 原始的菌種來自印度，從屏東內埔興農農藥行購買。

二、實驗肥料與藥品

(一)有機液體肥料「來發氨基酸肥精」(三要素比例 氮肥8:磷肥3:鉀肥5)，從內埔全欣農藥行購買。

(二)化學藥品：氫氧化鈉、甘油、亞甲藍染色劑。

三、實驗器材

塑膠花盆、栽培土壤、澆水器、大水盆、燒杯、量筒、玻棒、滴管、漏斗、一號濾紙、量尺。

四、實驗設備

電子天平(HD DIGITAL SCALE ND-3000)、酸鹼度計 (EZDO PH5011)、葉綠素計(konica Minolta SPAD-502 Plus)、光學顯微鏡(金益萬儀器行)、顯微鏡照相機(Dino-Lite)、微波爐(Whirlpool)

參、研究方法

一、栽培土壤的酸鹼值測定

從內埔國中校園中挖取適合栽培植物的土壤，乾燥篩過處理後秤20 g土壤於 50 mL之燒杯內，加入 20 mL R0水，用玻棒攪拌靜置約1小時，上層懸浮液用1號過濾紙過濾後用pH測定儀測定pH值，3重複的平均值為8.2。

二、黃金莓幼苗感染菌根菌

拿一個水盤倒入稀釋200倍含有菌根菌的善玉肥2號溶液，然後將實驗組6棵黃金莓幼苗的根部泡在溶液中過夜，讓菌根菌和黃金莓幼苗的根有充分的時間完成感染共生的過程。

三、黃金莓幼苗換盆處理

黃金莓幼苗分成實驗組6棵(感染菌根菌6重複)和對照組6棵(沒有感染菌根菌6重複)，準備直徑20cm高19cm的塑膠盆子12個，在洗手台清洗乾淨擦乾後裝入在校園

挖的泥土(pH酸鹼值8.2)，將幼苗從軟盆中取出來移植到大塑膠盆中，然後澆水讓土壤保持潮濕。黃金莓幼苗被放在全日照的環境中生長，並定期澆水施用肥料。

四、黃金莓根部菌根菌菌根的觀察

黃金莓根部感染菌根菌30天後，取植株根部以10%NaOH用微波爐間歇加熱30秒軟化根部組織後以水沖洗3次，加入亞甲藍染色劑進行染色處理30分鐘，使染色劑滲入根部組織內，然後倒除亞甲藍染色劑加入甘油進行退染，取染色處理後的根使用光學顯微鏡觀察菌根的構造。

五、黃金莓葉片葉綠素測量

黃金莓換盆生長30天後測量實驗組和對照組植株葉片葉綠素濃度，實驗組和對照組用葉綠素計量測每一個重複中三個成熟的葉片的葉綠素值。

六、調查黃金莓生長情形

移植到大塑膠盆的黃金莓開始觀察它們的生長發育，每五天測量記錄一次實驗組和對照組黃金莓生長高度、頂芽分枝、花芽分化的變化情形。

肆、研究結果

一、黃金莓根部和菌根菌共生現象調查

黃金莓幼苗定植在塑膠盆後感染菌根菌四週後，取感染菌根菌處理的根部染色後，用複式顯微鏡下觀察共生菌根之構造。結果如圖1所示，菌根菌已經感染了黃金莓根部，類似於根毛的菌絲在黃金莓根部外生長(圖1A,B,C)，根部的內部也觀察到能與細胞交換養分的囊胞構造(圖1D)。

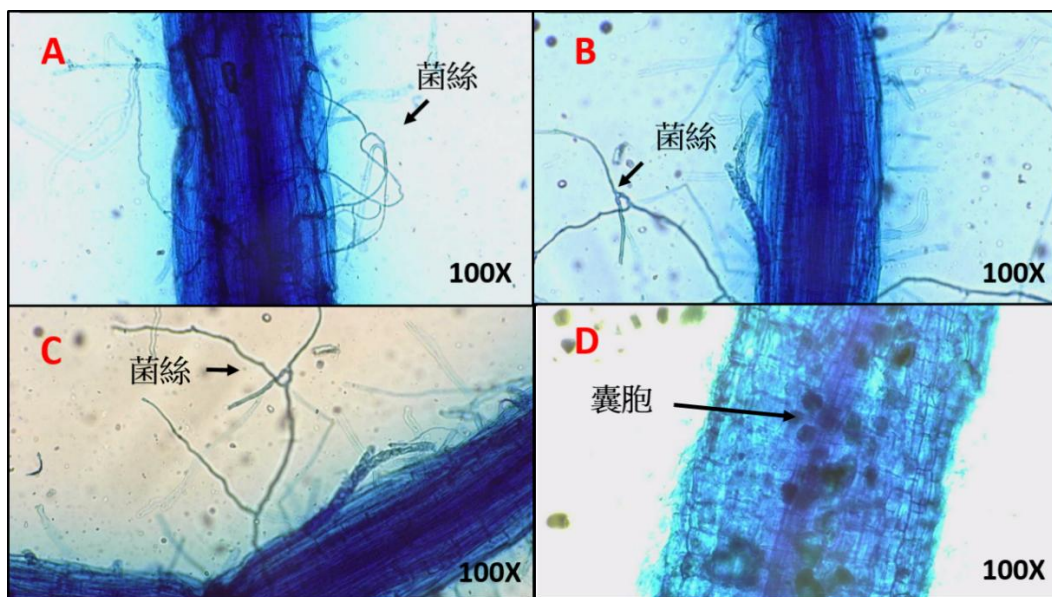


圖1.黃金莓根部感染菌根菌四週後形成的菌根構造

二、黃金莓葉片葉綠素含量調查

黃金莓根部感染菌根菌30天後測量實驗組和對照組植株葉片葉綠素的濃度，葉綠素計測量的結果如表1，葉綠素含量單位SPAD是日本人發明的一種測量濃度的方法，本實驗中根部感染菌根菌的實驗組的葉綠素含量平均為46.8 SPAD，另一方面對照組平均為40.2 SPAD。

表1、黃金莓感染菌根菌30天後葉子葉綠素濃度的比較(18重複)

	葉綠素含量(SPAD)
實驗組(感染菌根菌)	46.8
對照組(無感染菌根菌)	40.2

三、黃金莓生長發育情形觀察

(一)植株高度

移植到大塑膠盆的黃金莓苗，每隔五天測量記錄一次感染菌根菌的實驗組和對照組黃金莓生長高度的變化情形，連續40天生長期的測量結果如圖2，實驗組的植株高度從17.4cm成長到42.3cm，另一方面對照組的高度則從18.3cm成長39.7cm。

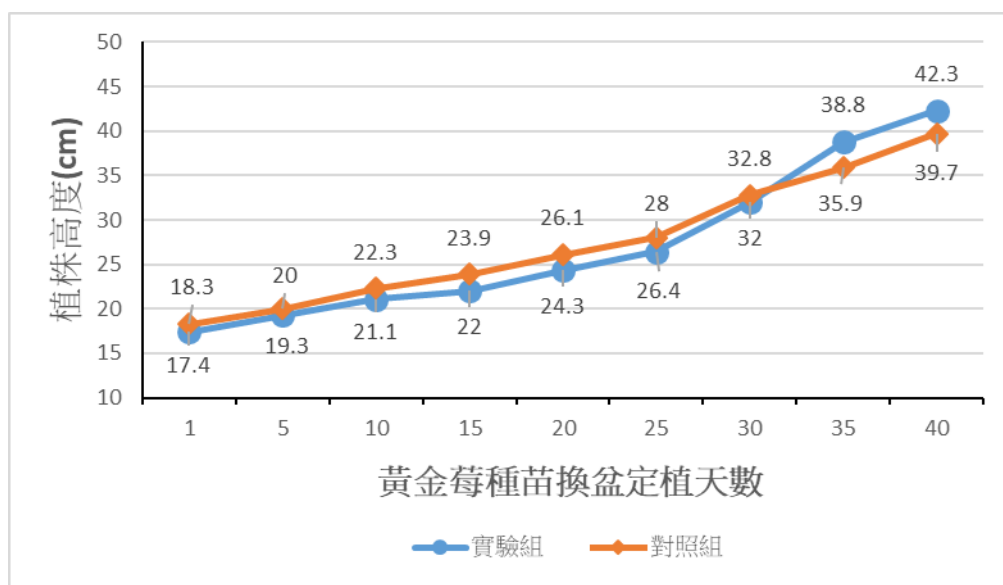


圖2、黃金莓感染菌根菌後生長高度的比較(6重複)

(二)植株分株觀察

移植到大塑膠盆的黃金莓苗，每隔五天觀察記錄一次實驗組和對照組黃金莓頂芽發育的變化情形，圖3是連續40天生長期的頂芽發育測量結果，實驗組的頂芽生長點從換盆定植的第15天左右開始產生分枝，到第40天時達到平均3.4個分枝，而另一方面對照組頂芽生長點從換盆定植的第30天左右才開始產生分枝，到第40天時達到平均2.8個分枝。

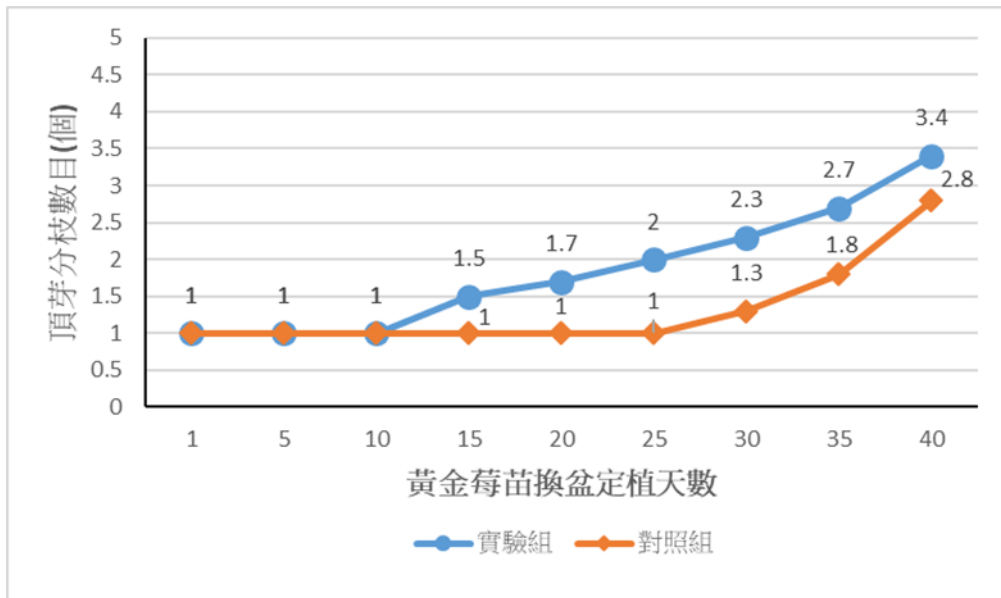


圖3、黃金莓感染菌根菌後頂芽分株數目的比較(6重複)

四、黃金莓生殖情形觀察

移植到大塑膠盆的黃金莓苗，每隔五天觀察記錄一次實驗組和對照組黃金莓花芽的變化情形，圖4是連續觀察40天生長期的花芽發育測量結果，實驗組從換盆定植的第15天左右開始出現平均3.2朵的花芽，到第40天時已經達到平均13.5朵，對照組部分從換盆定植的第15天左右開始產生很少量的花芽，但是到第40天時才長出平均4.3朵花芽。

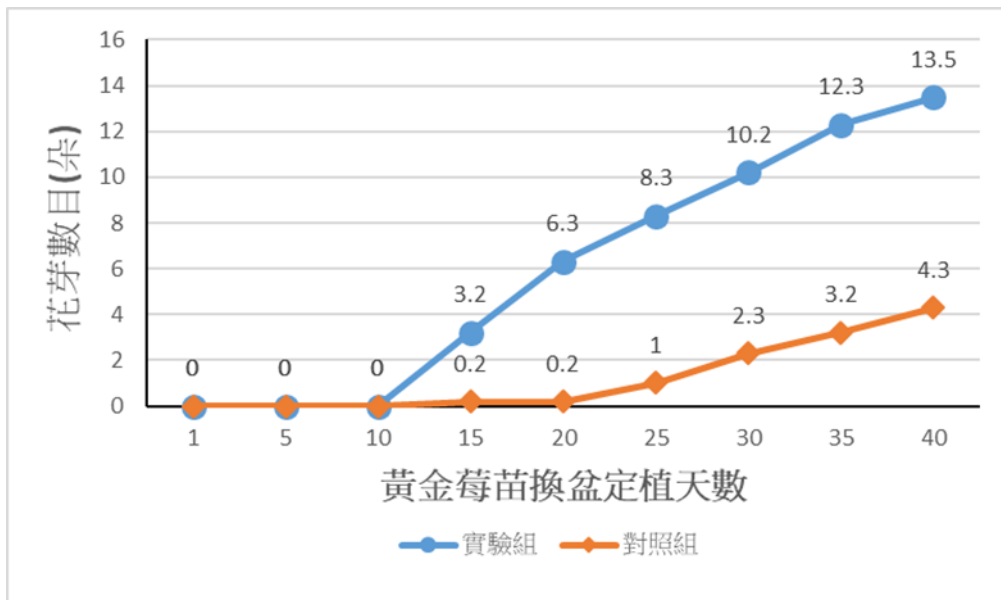


圖4、黃金莓感染菌根菌後花芽數目的比較(6重複)

伍、討論

一、黃金莓根部和菌根菌共生現象調查

觀察結果顯示菌根菌已經感染了黃金莓根部(圖1)，說明菌根菌能與黃金莓形成共生關係，在其他研究的報告中有提到有些植物幼苗感染菌根菌2-3週後可與植物根部共生形成菌根，並且在菌根表面會延伸出許多微細的菌絲，菌根可幫助植物吸收超出植物根部原本吸收範圍的養分和水分利用率，進而增進植物對土壤養分及水分吸收的能力，增加吸收根系發育，使幼苗生長更加健壯提高植物的存活率。本實驗黃金莓與菌根菌彼此間友善的親和性，可能會影響黃金莓後續的生長發育。

二、黃金莓葉片葉綠素含量調查

本實驗中實驗組的葉綠素含量平均為46.8 SPAD，對照組平均為40.2 SPAD(表1)，菌根菌的共生作用可能增加了葉綠素的含量。有其他的研究顯示菌根菌的菌絲會幫助植物吸收氮肥用來交換植物提供的碳水化合物，植物獲得的氮肥可以合成蛋白質因而增加葉綠體酵素的含量，所以當細胞內部葉綠體含量增加，提升了葉片光合作用效率，增進碳水化合物的產生，對於植物的生長有正面的幫助。

三、黃金莓生長發育情形觀察

(一)植株高度觀察

本實驗連續觀察黃金莓換盆移植後40天生長期的植物莖部發育情形，移植後的生長初期感染菌根菌的實驗組植株高度和對照組差異不大，甚至低於對照組，一直到第30天後才有比較明顯的差距(圖2)，根據學者的研究，植物感染菌根菌的共生初期，植物本身要先供應碳水化合物給菌根菌利用，所以幼苗植株的發育會比較矮小，但是經過一段時間之後菌絲會跟植物本身進行營養物質的交換，植物獲得菌絲提供比較多的營養元素之後就會長得比較快，分枝的能力也比較明顯(圖5)，這個說法與本實驗觀察到的結果相似。

(二)植株分株觀察

經由本實驗的觀察，黃金莓是一種分枝性強的草本植物，有感染菌根菌的實驗組在移植後的第15天頂芽生長點就開始產生分枝，比對照組提早了大約2-3週的時間(圖4)。

植物體內許多重要的成分如葉綠素、蛋白質、酵素與植物生長素等均含有氮元素的成分，所以氮元素會影響植物的生長，根據前人的研究菌根菌菌絲吸收並向植物提供氮元素可能是共生植物吸收氮元素的一個有效方法。

跟對照組比較起來，實驗組的黃金莓也許獲得了比較多的養分，所以生長速度比較迅速，生長點的分枝能力也隨著增強(圖5)，實驗中也觀察到植物側芽的生長也比較旺盛(圖6)，植物分枝多且強壯的枝條對於後續的生殖情況會有幫助。



圖5、黃金莓感染菌根菌頂芽分枝的比較(左:實驗組 右:對照組)



圖6、黃金莓感染菌根菌側芽生長發育的比較(A:實驗組 B:對照組)

四、黃金莓生殖情形觀察

本實驗連續觀察黃金梅換盆移植後40天生長期的花芽發育情形，有感染菌根菌的實驗組比對照組提早大約3周的時間產生花芽的構造，到換盆移植的第40天時已經達到平均13.5朵，是對照組平均4.3朵的3.1倍(圖4)。

根據前人的研究，植物的生殖開花結果期和磷、鉀等元素有密切的相關性，菌根的菌絲能延伸到根系以外，擴大了根部的吸收範圍，增加了土壤中磷肥和鉀肥的吸收能力，可幫助植物提早開花與結果。根據以上的推論，實驗組的黃金莓能夠提早開花並且有較多的花朵數目，有可能是生長期中有較多的枝條分支和菌根的菌絲吸收了比較多的磷和鉀元素。

黃金莓是自花授粉的草本植物，正常情況下每一個花朵都能發育成一個果實，花朵數目多果實的產量將會比對照組高(圖7)，如果農民栽培時能提早大約3週的時間採收成熟果實到市場去販售，將可以獲得較好的利潤。



圖7、黃金莓感染菌根菌果實發育的比較(右:實驗組 左:對照組)

陸、結論

菌根菌這種微生物肥料在植物的應用上已經得到許多的證明，黃金莓根部感染菌根菌後可能是共生菌根的菌絲增加了養分的吸收能力，跟對照組比較起來，本實驗過程中觀察到和菌根菌共生能促進黃金莓實驗組植株的生長，頂芽和側芽的發育也特別明顯，

葉子的葉綠素含量增加，因而提早花芽的形成和果實的發育。這個初步實驗結果如果後續能重複進行得到驗證，可以讓栽培黃金莓的農民減少肥料的使用量，並且可以縮短栽培的時間提早收穫果實，符合經濟上的最佳效益。

柒、參考資料

【中文期刊】

王仕賢、黃山內(2001)・介紹民俗植物-酸漿・台南區農業專訊，35，11-14。

呂斯文、張簡秀容、張喜寧(1995)・利用穴植盤培育番茄菌根苗及其田間生長之反應・中國園藝，41，54-67。

施純堅(2005)・內生菌根菌好處多・高雄區農技報導，64，1-8。

黃金芳、尚華山(2006)・VA菌根對植物有益作用的研究進展及應用展望・蔬菜，10，27-29。

鄒碧瑩 張雲翼(2008)・叢枝菌根(AM)真菌對植物營養代謝的影響研究進展・現代農業科技，15，10-13。

趙子亮(2023)・叢枝菌根真菌對番茄幼苗生長及礦質元素吸收的影響・Hans Journal of Agricultural Sciences 13(6)，1-8。

【網路期刊與相關報導資料】

拾間文化(2023)・黃金莓？燈籠果？一探來自日本養身果的真面目・山海札記・取自
<https://ms-harvest.com/post/20230422>

張耀聰(2006)・叢枝菌根菌之應用發展・農政與農情，289・取自
<https://www.moa.gov.tw/ws.php?id=2505159>

農業主題館(2014)・藥用植物圖鑑-苦蕒・取自
<https://kmweb.moa.gov.tw/subject/subject.php?id=37307>

劉依昌(2021)・黃金小莓果、「酸」甜果「漿」好滋味，初夏嘗鮮好選擇・農業知識入口網・
取自: <https://kmweb.moa.gov.tw/knowledgebase.php?func=&type=0&keyword=&id=411400>