

出國報告（出國類別：考察）

# 以樹豆固氮根瘤菌應用研究增加 臺東地區原民部落農田土壤肥力

服務機關：農業部臺東區農業改良場

姓名職稱：王誌偉 助理研究員

派赴國家/地區：德國/慕尼黑

出國期間：112年10月11日至112年10月24日

報告日期：112年11月22日

# 摘要

本次出國行程赴德國慕尼黑大學生物學系 Dr. Marin Macarena 副教授實驗室參訪，學習 Dr. Marin 在固氮菌的研究專長與經驗，從實驗計畫的構思、材料的取得、試驗設計、使用的相關技術、實驗方法與資料分析等全方面學習，以期未來將其經驗與技術用於「以樹豆固氮根瘤菌應用研究增加臺東地區原民部落農田土壤肥力」等相關研究。Dr. Marin 對於樹豆固氮菌研究提供幾點建議：1. 確認田間樹豆感染固氮菌並產生固氮根瘤後，對植株生長有助益。2. 於實驗室內建立樹豆固氮菌接種與固氮根瘤觀察之試驗系統。3. 建立田間土壤懸浮液對樹豆生長反應之試驗。對於日後樹豆固氮菌之試驗研究規劃訂出明確目標，獲益良多。從馬鈴薯種薯微生物相的研究得知，即便子代馬鈴薯都是同一塊田區生長而成，這些後代馬鈴薯的微生物相受到種薯來源影響頗深，並造成不同來源種薯種植後，影響其生長勢與產量。從參訪的實驗室環境與參與的研討會發現，德國不同研究人員或單位間，在研究題目的構思經常密切交流與討論，試驗工作上經常分工合作，此共同作戰的合作模式值得我們學習。本次參訪行程收穫豐碩，可作為本場未來農業科技計畫研究方向之參考。

關鍵字：德國慕尼黑大學、土壤微生物相、固氮菌

## 內容

壹、目的.....	1
貳、行程.....	1
參、參訪內容.....	2
一、環境介紹.....	2
二、背景知識-固氮菌.....	5
三、可降低模式植物 <i>Lotus</i> spp. 無效固氮根瘤之有益微生物 <i>Pseudomonas</i> sp. (摘錄自 Duncan B. Crosbie 等, 2022 之文章, 發表於 <i>New phytologist</i> 234:242-255).....	5
四、Dr. Marin Macarena 教授對樹豆固氮根瘤菌開發之建議.....	6
五、DECrypT Meeting.....	7
六、馬鈴薯種薯微生物相與產量之關係.....	9
七、當地消費與農產品訪查.....	10
八、後記.....	13
肆、心得及建議.....	14
伍、參考資料.....	15
陸、致謝.....	15

## 壹、目的

本次考察為執行科發基金「農漁業技術優化與擴散」之子計畫「以樹豆固氮根瘤菌應用研究增加臺東地區原民部落農田土壤肥力」，赴德國慕尼黑大學生命科學院生物學系遺傳學組 Dr. Marin Macarena 副教授實驗室參訪，學習 Dr. Marin 針對豆科模式植物 *Lotus* spp. 之研究，包含其根瘤形成過程之環境與生物學探討等。其研究團隊包含 Crosbie D.B. (2022) 等學者近期研究發現 *Lotus* spp. 的有效根瘤 (effective nodule) 中，相較於無效根瘤 (ineffective nodule) 具有更多的螢光假單孢菌屬細菌 (*Pseudomonas* spp.) 纏據之現象。進一步分析這些 *Pseudomonas* spp. 的角色後發現其具有抑制根瘤菌 (*Rhizobium* sp.) 產生無效根瘤的數量。從 Dr. Marin 在實驗計畫的構思、材料的取得、試驗設計、使用的相關技術、實驗方法與資料分析等各方面的學習，以期未來將其經驗與技術應用於開發臺東地區樹豆固氮根瘤菌等相關研究。

## 貳、行程

日期	考察重點與地點
10月11日(三)	去程。臺灣(桃園國際機場)→德國(慕尼黑國際機場)
10月12日(四)	研習豆科模式植物 <i>Lotus</i> spp. 固氮根瘤相關研究(Dr. Marin Macarena 實驗室)
10月13日(五)	有效固氮根瘤與無效固氮根瘤形態特徵、微生物種類分離鑑定(Dr. Marin Macarena 實驗室)
10月14日(六)	當地農場市集與超市農產品販售種類與價格調查
10月15日(日)	慕尼黑大學生命科學系實驗室參訪
10月16日(一)	固氮菌分離培養與接種(Dr. Marin Macarena 實驗室)
10月17日(二)	樹豆固氮菌研發構想與討論(Dr. Marin Macarena 實驗室)
10月18日(三)	前往科隆參加 Dr. Marin 計畫會議(Cologne, 科隆市會議室)
10月19日(四)	DECrypT meeting(Cologne, 科隆市會議室)
10月20日(五)	DECrypT meeting(Cologne, 科隆市會議室)
10月21日(六)	由科隆回程至慕尼黑
10月22日(日)	文獻閱讀與資料整理
10月23日(一)	返程。德國慕尼黑(慕尼黑國際機場) →

## 參、參訪內容

### 一、環境介紹

慕尼黑位於德國南部，面積為 310 平方公里，是德國南部第一大城市，全德國第三大城市。前來考察期間，最初 3 天的白天最高氣溫約 24°C，但 10 月 15 日後，白天最低溫降至 0°C，在室內穿著短袖上衣即可，天氣熱時於辦公室打開窗戶透氣，不需要冷氣空調或電風扇，氣候相當舒適。氣溫驟降時，於戶外活動需再加厚外套。由於德國大多數商店最晚只營業到晚上 8 點，因此不太有機會晚上到戶外活動，夜晚時街道大多很冷清。交通方面，慕尼黑地鐵發達，短距離亦有公車或輕軌列車接駁，當地留學生或一般居民都會購買月票，每月約 50 歐元，可無限搭乘地鐵與公車等高速鐵路以外的交通工具。慕尼黑的大眾交通工具以搭乘區域範圍(zones)與車票有效期限(例如單日票、周票與月票等)來計價，例如考察行程從桃園機場搭飛機直飛慕尼黑機場(MUC)後，轉搭地鐵至靠近中央車站的住宿旅館單程票為 13 歐元。由於考察的慕尼黑大學生命科學系系館位於郊區，附近無旅館或餐廳等，因此當地留學生大多住在市區，每日通勤約 40 分鐘至實驗室上班。考察時購買會搭乘的區域(Zones M與 1)週票為 32.6 歐元，每日往返旅館與學校，購買的區域與時間內所有大眾交通工具皆可無限搭乘。在德國搭大眾交通工具皆無驗票閘門，不需要出示車票或感應票卡，採自由心證與信任制，但如果被驗票員查驗未購買車票或購買的區域等資料不符(在德國考察的 11 天行程，未遇到查票員)，會遭罰款，以慕尼黑當地為例，罰款為 60 歐元，需當場付現金或刷卡。在德國使用廁所需付費 0.5-1 歐元，有些車站設立的廁所採投幣制，需投幣後門才會打開，部分商場的廁所會有收費人員。因此如果到較遠的景點或公共場所，建議多準備上廁所的零錢以備不時之需。

本次參訪的對象-Dr. Marin Macarena 副教授，服務於慕尼黑大學(LMU)生命科學院生物學系遺傳學組，該系館建築物於 2008 年新建立，並自慕尼黑大學校本部遷出，實驗室空間規劃非常完整。每個教授個人實驗室空間不大，約只有 4 條實驗桌，其餘所有實驗儀器與設備皆為共同使用，並集中於專門的空間，例如有藥品儲藏室(圖 4A-C)、滅菌室(圖 4D-E)、無菌操作台(圖 5A)、電泳分析室(圖 5B-C)、種子儲藏室(圖 5D-E)、PCR 儀器室(圖 5F)等，使用前皆需上網預約，因此每個博士生或博士後研究學者等人員，須於進行實驗前即詳細規劃，否則當下要使用的儀器被預約了，即無法進行實驗。有趣的是共同實驗室的耗材如塑膠培養皿與化學藥品等都是統一採購，再根據每個實驗室學生的人頭數平均分攤經

費，如果某個教授實驗室的學生比較勤奮做實驗使用了很多耗材，相對而言就替指導教授省了不少經費。Dr. Marin 實驗室目前成員有 7 人，包含 1 位博士生、5 位碩士生、1 位大學部學生。德國副教授要升等為教授有項奇特的規定，不能於自己任教的大學升等，必需找到其他學校的教職才能升等為教授，Dr. Marin 將於 2024 年 1 月至瑞士洛桑大學任教並升任為教授，德國學制為師徒制，博士生需跟隨指導教授前往瑞士的新實驗室，但學籍仍為入學時的慕尼黑大學。



圖 1、慕尼黑大學(LMU)校本部，校門口壯麗的大門



圖 2、LMU 生物學系之系館

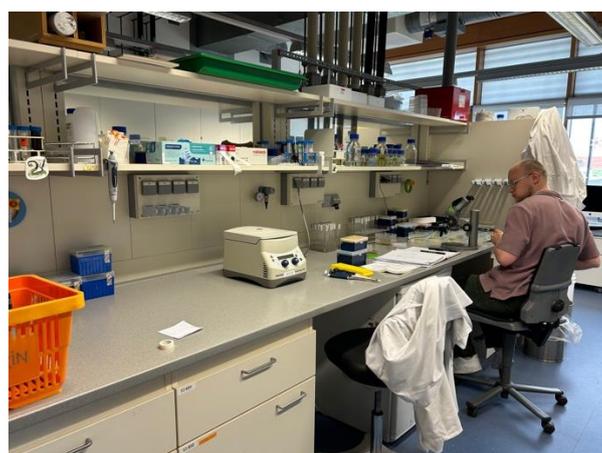


圖 3、Dr. Marin Macarena 實驗室，空間約照片所示之實驗桌的 4 倍。



圖 4、LMU 生物學系遺傳學組共同空間，藥品儲藏室(A-C)、滅菌室(D-E)

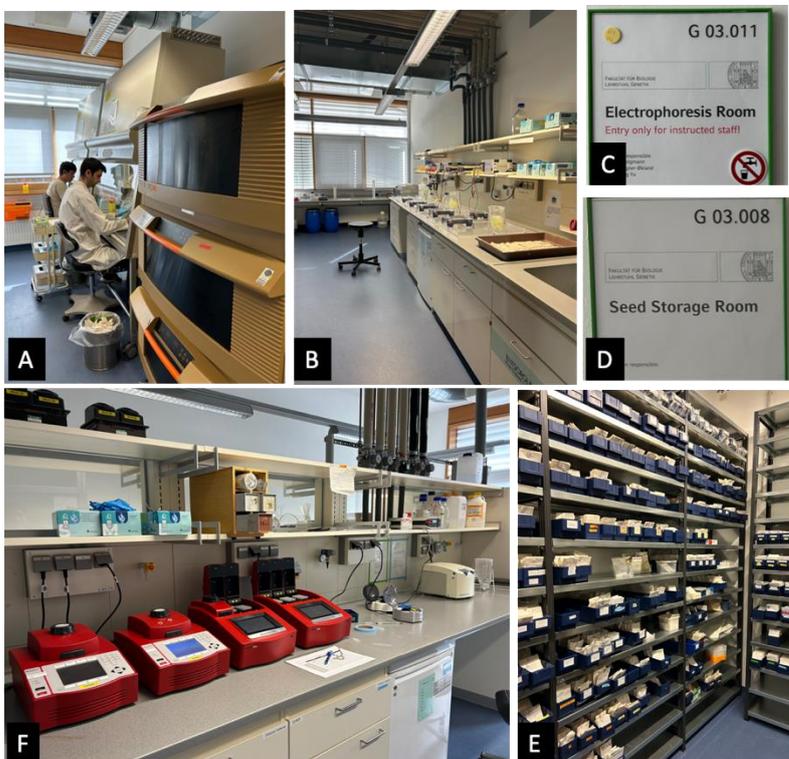


圖 5、LMU 生物學系遺傳學組共同空間，無菌操作台(A)、電泳分析室(B-C)、種子儲藏室(D-E)、PCR 儀器室(F)

## 二、背景知識-固氮菌

氮氣佔大氣組成成分達五分之四，但植物無法直接吸收利用氮氣作為養分。與豆科等植物根部共生的固氮菌會將空氣中游離氮素加以固定於根瘤內，並轉化成氨態氮(NH<sub>3</sub>)，再將其轉換成銨離子(NH<sup>+</sup>)和硝酸根離子(NO<sup>3-</sup>)，製成氮素養份以提供植物利用。而另一方面，豆科植物的根部會分泌出生物素(biotin)、維生素B1(thiamine)、醣類及氨基酸等碳水化合物，提供給根瘤菌作為生長所需的養分，此種關係稱為互利共生(Symbiosis)。固氮根瘤菌與宿主植物間具有一定程度的專一性，例如 Dr. Marin 實驗室的固氮菌(*Rhizobium* sp.)菌株 BW8-2 對 *Lotus japonicus* 形成固氮根瘤效果良好，但是對於同屬不同種的另二個植物 *L. burttii* 與 *L. corniculatus* 形成固氮根瘤效果相較差異大。因此日後在樹豆固氮菌的研究規劃，我們必須篩選、分離並測試可使樹豆產生良好固氮根瘤之固氮菌菌株，並釐清其他豆科作物如大豆等固氮菌菌株對樹豆形成固氮根瘤之效率。同樣的，我們必須瞭解對樹豆產生良好固氮效果的固氮菌，是否可作用於其他作物。

## 三、可降低模式植物 *Lotus* spp. 無效固氮根瘤之有益微生物 *Pseudomonas* sp. (摘錄自 Duncan B. Crosbie 等, 2022 之文章, 發表於 *New phytologist* 234:242-255)

Dr. Marin Macarena 研究團隊，長期針對豆科模式植物 *Lotus* spp. 進行深入研究，包含其根瘤形成過程之環境與生物學探討等。該團隊近期發現豆科模式植物 *Lotus* spp. 的有效根瘤(effective nodule)中，相較於無效根瘤(ineffective nodule)具有更多的 *Pseudomonas* spp. 纏據之現象。進一步分析這些 *Pseudomonas* spp. 的角色後，發現其具有抑制根瘤菌(*Rhizobium* sp.) 產生無效根瘤數量之能力。以應用面來說，除了透過接種固氮菌增加作物固氮根瘤的數目與增加作物固氮能力，另可透過篩選有益微生物來降低作物根系中無效根瘤之形成，或增加有效根瘤之比率。以 Dr. Marin 的研究為例，使用 2 種不同採集地點之土壤懸浮液接種至 3 種不同 *Lotus* 屬植株，土壤懸浮液 1(soil suspension 1)在所有植株皆形成粉紅色的有效固氮根瘤，但土壤懸浮液 2 則會在植株形成不同比例之白色無效根瘤(圖 6、a-c)，試驗系統將植株種植於缺乏氮素營養源之培養條件，如果根系無法形成足夠的固氮根瘤，植株將呈現葉片偏黃矮小營養不良的狀態(starved plants)，土壤懸浮液 2 在 *L. burttii*、*L. corniculatus* 與 *L. japonicus* 分別造成 starved plants 中有 26.2%、40.7%與 54.8%無任何根瘤(圖 6、d)，這些有根瘤形成的 starved plants 分別有 88.4%、24%與 33.3%的根瘤為白色的無效根瘤(圖 6、e)。如果以 Dr. Marin 測試土壤懸浮液固氮能力的試驗方法，我們將可測試臺東地區不同來源樹豆農地採集所得的土壤，對樹豆根系形成有效固氮根瘤能力之強弱，以利進一步篩選對固氮根瘤形成有利之有益微生物與固氮菌菌株。

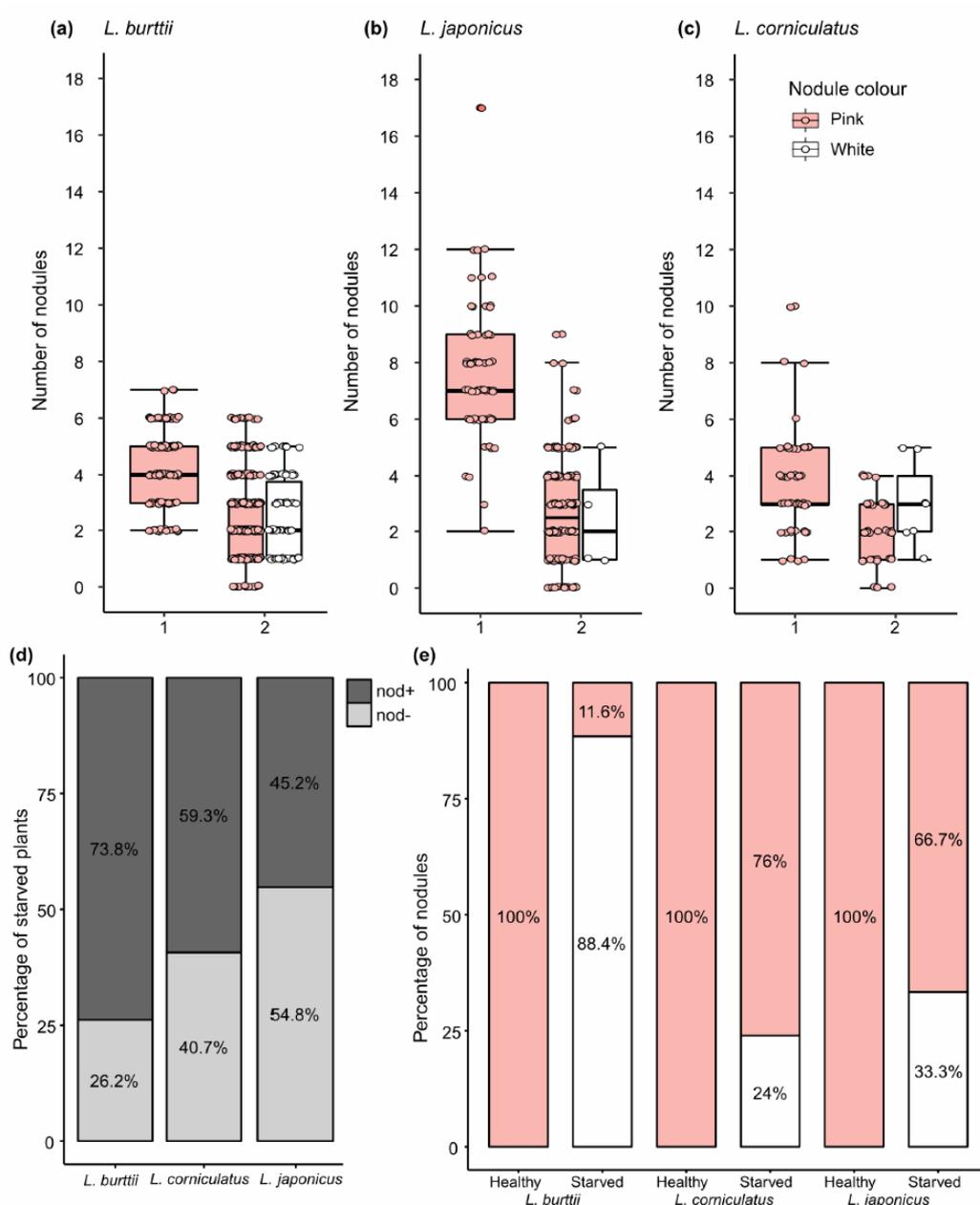


圖 6、不同來源土壤懸浮液對 3 種不同 *Lotus* 植株固氮根瘤形成之影響

#### 四、Dr. Marin Macarena 教授對樹豆固氮根瘤菌開發之建議

Dr. Marin 副教授特別安排在 10 月 17 日(星期二)上午實驗室會議的時間，請我報告分享我在臺灣的一些微生物菌相研究，與開發樹豆固氮菌的研究構想。討論後 Dr. Marin 點出幾個重要的論點，並且不吝於分享她實驗室的實驗步驟，包含推薦一本菌根菌實用的工具書 Handbook for Rhizobia，以下逐點討論 Dr. Marin 對我試驗規劃之建議：

1. 確認田間樹豆感染固氮菌並產生固氮根瘤後，對植株生長有助益：由於固氮菌的共生對植株而言，需提供能量與營養物質給固氮菌來換取氮肥，

宿主植物不見得可以得到好處，因此必須先確認在相同的土壤肥力環境下，樹豆感染固氮菌並形成有效固氮根瘤後，植株的生長情形較良好，或樹豆的產量變高，才有必要開發固氮菌來感染樹豆增加其有效固氮根瘤數目並增加固氮能力，以期達到減少肥料施用並增加土壤地力之目標。此外 Dr. Marin 也提醒，氮肥施用高的農田，即便有固氮菌存在，固氮根瘤的形成會被抑制。因此建議先針對臺東地區的樹豆種植田區進行普查，釐清各田區土壤肥力情形與植株根系固氮根瘤之多寡。

2. 於實驗室內建立樹豆固氮菌接種與固氮根瘤觀察之試驗系統：固氮菌的菌種與分離株對宿主植物通常具有專一性，自田間根瘤分離到的菌種，必須透過接種實驗來確認各菌種在樹豆形成有效固氮根瘤的效率，例如 Marin 教授實驗室研究的百脈根屬(*Lotus spp.*)模式植物，種子經過表面消毒後，放置於含基礎植物生長鹽類 B5 培養基(Gamborg B5 medium, basal salt mixture)，先經過三天避光培養促進發芽，再經過 3 天的光照培養促進生長，之後將植株移植至含有滅菌蛭石與沙土混合介質的玻璃罐進行培養與接種固氮菌等試驗，這些試驗都是在無菌操作台進行，種子、發芽用培養基與栽培介質都必須進行滅菌以確保實驗過程無其他微生物之污染。考量樹豆植株遠較他們使用的模式植物尺寸大，Dr. Marin 建議我使用稱為「Leonard jars」的系統來進行樹豆的實驗，不吝分享她整理的試驗步驟給我，並且提醒操作時，植物莖基部周圍的栽培介質必需蓋上一層鋁箔紙，除避免空氣中細菌污染實驗，營養液不夠時必須於無菌操作台內打開上層部位，添加下層的營養液，不可使用澆水的方式補充介質水分，因為澆水時的噴濺會造成污染，整個植株可以使用透明塑膠罐或塑膠套罩住以減少水份的散失。
3. 建立田間土壤懸浮液對樹豆生長反應之試驗：Dr. Marin 在分析比較有效根瘤與無效根瘤的微生物菌相研究試驗時，自慕尼黑野外採集 2 處有種過百脈根屬的土壤，將土壤製成懸浮液後接種至 3 個不同品種的百脈根，接種土壤懸浮液 1(S1)的植株都呈現健康生長較好的狀態，但接種土壤懸浮液 2(S2)者，有較高比例的植株(定義為 starved plants)生長差，株高較矮，這些 starved plants 有 26.2-54.6%植株沒有固氮根瘤，植株呈現 starved 但有固氮根瘤者 24-88.4%根瘤是白色的無效根瘤，健康的植株則 100%都是粉紅色的有效根瘤。日後進行探討不同樹豆田區土壤促進樹豆產生固氮根瘤的效果的試驗，將採用類似的試驗方法。

## 五、DECrypT Meeting

本次參訪行程很幸運地可以參與 Dr. Marin 計畫團隊在科隆舉辦之會議(DECrypT meeting)，研討會總共舉辦 3 天(10 月 18 日至 20 日)，主要由參與計畫的跨國研究單位成員報告自己最新的研究成果，以達到互相交流、學習等目的，這個會議是不對外公開的，但學弟在會議前幫我詢問主辦單位，說明我的身分與

到訪的原由後，主辦單位不吝嗇的歡迎我參加，因此跟著 Dr. Marin 聽了 3 天非常精彩的演講，總共有 28 個節次演講，海報展示有 22 篇，包括幾個大實驗室的研究室主持人(PI, Principle Investigator)進行比較完整的研究成果報告、一些博士後研究學者、博士生等，有些演講尚在研究初期，有些則已經相當完整並準備發表中。從許多演講中發現，歐洲已經很多研究人員開始用複合微生物菌種進行作物耐環境逆境、作物病害與微生物族群變動等研究，使用多種微生物菌種的方法稱之為 synthetic community，在此翻譯為合成微生物族群，簡稱“SynCom”。例如海報展示的其中一個關於大麥耐旱研究，使用 SynCom 之菌種清單(圖 7)包括放線菌類(*Aeromicrobium ginsengisoli*、*Arthrobacter humicola*)、根瘤菌類(*Mesorhizobium ciceri*、*Rhizobium alarii*、*Rhizobium viscosum*)、分枝桿菌(*Mycolicibacterium montmartrense*)、葉桿菌屬(*Phyllobacterium brassicacearum*、*Phyllobacterium loti*)、芽孢桿菌屬(*Priestia aryabhattai*、*Priestia megaterium*)、螢光假單孢菌屬(*Pseudomonas poae*)、紅球菌屬(*Rhodococcus fascians*)、鏈黴菌屬(*Streptomyces nigrescens*、*S. resistomycificus*、*S. rishiriensis*、*S. tauricus*)，由清單菌種發現該複合菌種材料主要為多菌種的已知有益微生物，如放線菌、鏈黴菌、枯草桿菌、固氮菌與螢光假單孢菌等，總共有 16 種菌種，調配時研究人員會利用吸光值測量，將各個不同純培養菌株調整為一致濃度，經過均勻混合後再澆灌或噴施於試驗植物。未來在農業有益微生物的開發上，複合性菌種應該是非常值得研究與開發的方向之一。

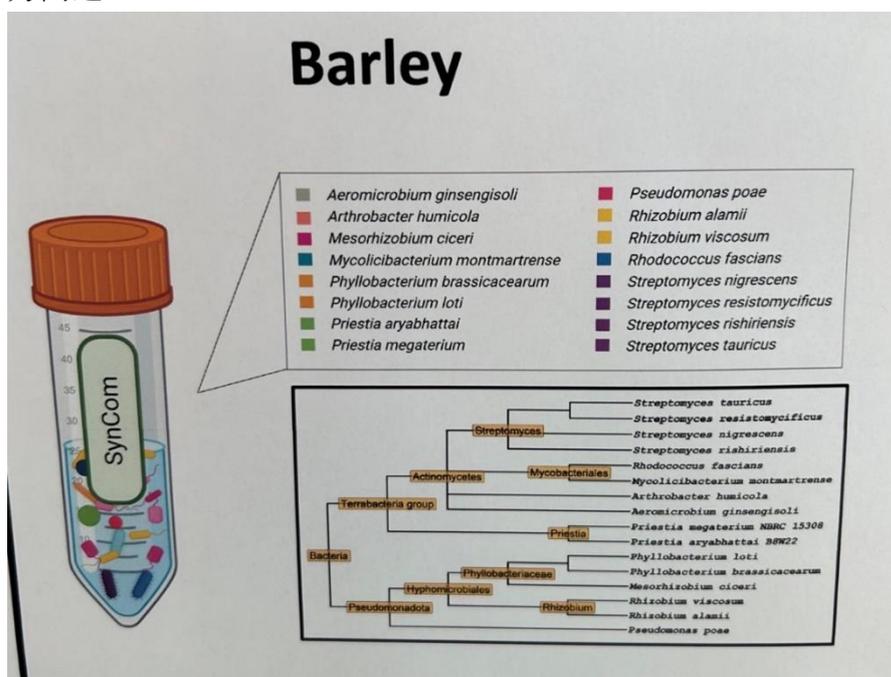


圖 7、海報展示其中一個關於大麥耐旱研究使用的合成微生物族群(Synthetic Community)之菌種清單

## 六、馬鈴薯種薯微生物相與產量之關係

在科隆參加的 DECRyPT Meeting 中，聽到一個關於馬鈴薯種薯微生物相的研究感到相當有趣，演講者為 Dr. Corné Pieterse，任教於荷蘭烏特勒支大學 (Utrecht University)，Dr. Corné 演講時說馬鈴薯種薯這個計畫是歐洲一家很大的馬鈴薯種薯供應公司委託他們進行的計畫，該種薯公司將不同來源農場所生產的種薯賣給生產食用馬鈴薯的農民後，農民反應有些來源種薯生長較差，且產量較低。於是 Dr. Corné 開始進行一系列試驗探討種薯來源與產量等問題。首先他們收集不同農場來源同品種之種薯，並種植於同一農場土地，進行生長等調查後，發現不同田區來源之種薯生長狀況差異大，由空拍機拍攝田區植株生長狀況，可發現有些來源的種薯生長旺盛，有些來源的種薯生長狀況明顯較差(圖 8)。之後他們將 6 處不同來源種薯(seed tuber)，包含兩個馬鈴薯品種 A 與 B，種植至田間 3 個月後，分析子代馬鈴薯(daughter tuber)之表皮與根部微生物相，結果發現即便所有的 daughter tuber 都是在同一塊田區生長而成，這些 daughter tuber 的微生物相仍然受到 seed tuber 來源明顯的影響，第一代種薯的土壤微生物影響約 7% 第二代子代馬鈴薯微生物相(圖 9)。進一步將微生物相的差異性與馬鈴薯產量進行迴歸分析後，甚至可以從種薯微生物相預測子代馬鈴薯產量是否良好，這部分研究成果雖未出現在 Dr. Corné 團隊正要發表的研究文章 (<https://doi.org/10.1101/2023.07.27.549298>)，但其演講中有展現他們以微生物相進行產量預測的分析成果。本研究成果讓我聯想到薑或其他作物的種植是否也有類似的現象，除了健康不帶病原菌的薑種，種薑種植農地之微生物相應也會影響後續在另一處農地種植的子代薑生長勢與產量，值得進一步研究並開發適合薑生長之關鍵微生物菌種。

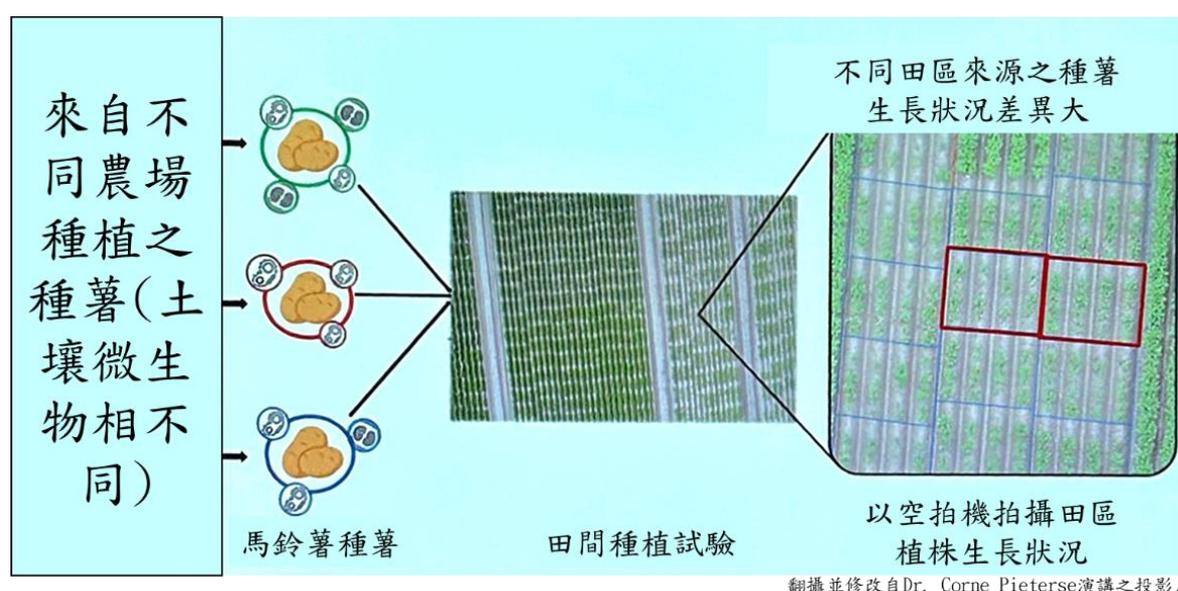


圖 8、不同田區來源種薯影響馬鈴薯植株之生長勢

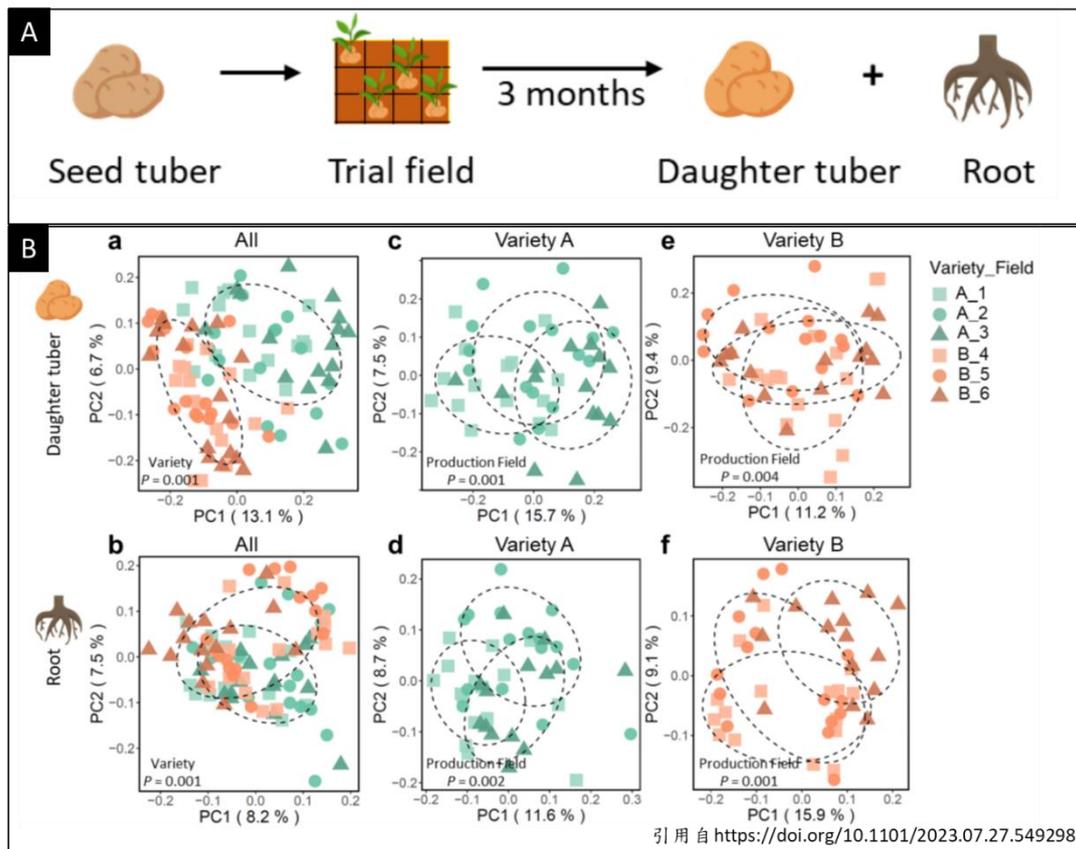


圖 9、種薯(see tuber)種植地點之土壤微生物相影響子代馬鈴薯(Daughter tuber)之微生物相

## 七、當地消費與農產品訪查

德國慕尼黑的生活平均消費大約是臺灣的 2-3 倍，農產品種類多樣化，超市貨架擺放各式各樣蔬菜水果，非常壯觀(圖 10)，但普遍價格不低(表 1)，其中較便宜的水果為香蕉與蘋果，價格分別為每臺斤新臺幣 41 與 52 元。較便宜的蔬菜為番茄(62 元/臺斤)與孢子甘藍(31 元/臺斤)，大多數水果、蔬菜與新鮮菇類價格落在每臺斤新臺幣 300-600 元。馬鈴薯為當地栽培面積大宗之農產品，因此價格較臺灣便宜許多，每臺斤僅新臺幣 12 元。大多數家庭與留學生都會自己煮飯，較少去餐廳外食，因為餐廳提供的食物普遍價格不低，但德國比較沒有小費文化，不像美國去餐廳吃飯一定要給服務生 15-20%的小費。我在慕尼黑大學學校餐廳內，中午吃的餐點為自助式以重量計價，一份炸魚排加上些許番茄、洋菇、馬鈴薯與起司等要價 224 元(圖 11)，已經算是很便宜的餐點。至慕尼黑當地一家算中等以上的越南餐廳，單點一份蝦仁河粉要價約新台幣 1,032 元(圖 12)。

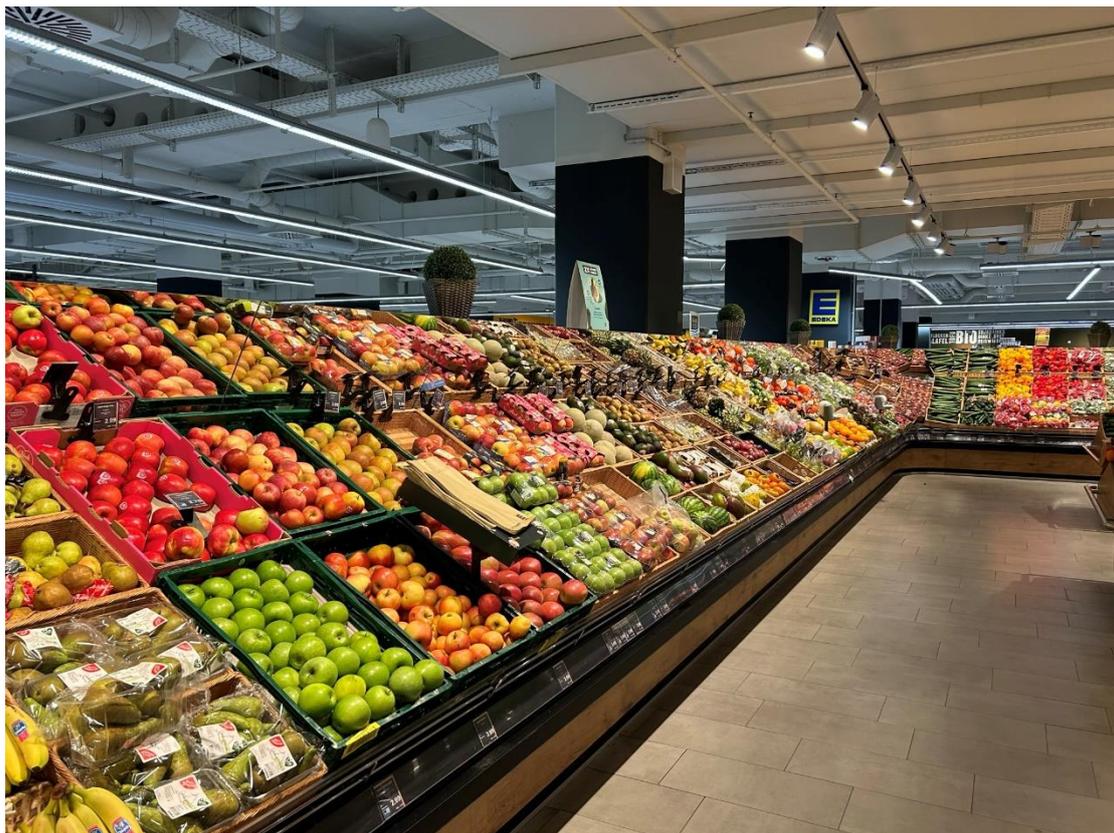


圖 10、慕尼黑當地超市水果與蔬菜種類多，但平均價格約臺灣 2-3 倍以上。

表 1、德國慕尼黑當地超市各項農產品價格

品名(德文)	中文名	歐元/每 100g	新台幣 <sup>*1</sup> /臺斤
Bio Feldsalat Mix	有機混合生菜	1.99	412
Bio Ruccola	有機芝麻葉	1.79	371
Bio Blattspinat	有機葉菠菜	1.99	412
Bio Mangold Rot	有機瑞士紅甜菜	1.79	371
Bio Champignons Braun	有機棕色蘑菇	1.99	412
Bio Champignons Weiss	有機白蘑菇	1.99	412
Champignons Braun	棕色蘑菇	1.69	350
Champignons Weiss	白蘑菇	1.69	350
Krauterseitlinge	杏鮑菇	2.99	619
Austernpilze	平菇	1.99	412
Shiitake	香菇	2.49	515
Pfifferlinge	雞油菌	2.99	619
Petersilie Glatt	歐洲芹菜	0.79	164
Bio Heidelbeeren	有機藍莓	3.49	722
Heidelbeeren	藍莓	2.99	619
cranberries	蔓越莓	2.99	619
Brombeeren	黑莓	3.49	722

Johannisbeeren Rot	紅醋栗	2.99	619
Physalis Ohne Blatt	無葉酸漿	2.49	515
Kulturheidelbeeren	栽培藍莓	3.99	826
Erdbeeren	草莓	3.33	689
Bio Trauben hell kernlos	有機無籽葡萄	2.99	619
Bananen	香蕉	0.199	41
Apfel	蘋果	0.249	52
Tomaten	番茄	0.299	62
Paprika Orange	橘色彩椒	0.699	145
Knoblauch Trocken	蒜頭	1.29	267
Speisekartoffeln	馬鈴薯	0.0598	12
Cherimoya	冷子番荔枝	1.89	391
Rosenkohl	孢子甘藍	0.148	31

\*1 歐元對新臺幣匯率以 34.5 元計算



圖 11、慕尼黑大學學校餐廳餐點

歐元:29.9 €  
新臺幣:29.9\*34.5=1,032 NTD



圖 12、慕尼黑當地越南餐廳餐點

## 八、後記

常常耳聞博士班同學或在歐洲工作的朋友，提及當地人工作時間相當自由且時數短，來到德國慕尼黑大學後，確實深深體驗到這個說法，例如參訪的實驗室 Dr. Marin 副教授，在抵達的當日(10月12日)下午四點前就下班不見人影，隔天她說她女兒托兒所停課，因此必需在家上班不會進辦公室，週末六日更是不可能由博士生以外的人員到實驗室工作。一般員工第一年即有 30 天特休，且可以保留到隔年 9 月，休假天數的多寡跟年資累積較無關，身份別不同或特殊狀況有另外有薪水的假，例如產假、病假、婚假與育嬰假等。在這邊留學的學弟也說德國學校這邊的工作型態確實如此，大家動不動就請假或遲到早退，頗為隨興。在參訪期間，休息的茶水間經常有三五個人在喝咖啡聊天，而且常常一聊就是半小時以上。但他們留學生大部分都非常勤奮，力拼以最短時間做出好的研究成果，並且發表在好期刊儘早畢業，以利找到下一份好工作。以學弟的生活型態來說，他早上五點半即起床，搭車到實驗室約六點多，工作到晚上六七點才下班回宿舍。慕尼黑市區的房價相當驚人，以學弟租賃的公寓為例，總價約 100 萬歐元，屋齡超過 40 年，室內約 22 坪，格局為 2 房 1 廳 1 衛浴 1 廚房，客廳另外以櫥櫃隔出一間房間出租，3 個房間總租金約每月 2,200 歐元。換算後每坪單價高達新臺幣 157 萬元，但租金年投報率僅 2.64%。房價高的原因可能和行政效率差有關，根

據學弟的說法，要蓋 1 間房子，行政程序至少要 3 年才能完成。例如學校附近的地鐵站延伸案，才延伸一站工期預定為 30 年。近期附近有一地鐵站，只更新一座手扶梯但花了 2 個月還沒完工。學弟說他辦理簽證等了快 5 個月才完成，且效期只有 12 個月，學校差旅費等報支都要等 3-4 個月以上才會完成入帳，所以自己常常要墊付許多款項。新聞常看到歐洲各地常發生大規模罷工，慕尼黑也不例外，例如遇到地鐵罷工他們就無法來學校工作，因為搭計程車或 Uber 太貴，一般留學生負擔不起。考察慕尼黑期間，10 月 19-20 日即有一場地鐵罷工，所幸當時人在科隆參加會議，因此沒有受到影響。

## 肆、心得及建議

- 一、本次參訪德國慕尼黑大學 Dr. Marin 副教授實驗室，在固氮菌與微生物體學有相當豐富的研究經驗。藉由本次參訪，對於未來將進行的樹豆固氮菌相關研究已經有明確方向，Dr. Marin 亦提供許多實驗步驟與方法，透過學弟在其實驗室攻讀博士學位的關係，相信未來能持續建立更深入且密切的合作關係。
- 二、與國內大學與其他學研單位建立合作關係：透過參加 Dr. Marin 副教授參與的 DECrypT Meeting，發現歐洲不同國家研究學者間交流互動非常密切，除了研究的計畫為跨國成員參與，彼此間研究題目與技術交流討論密切，例如在研提計畫時，計畫審查單位會要求計劃執行必需包含辦幾場的技術交流會 (work shop) 或研討會，讓某個實驗室建立的技術能交流給其他實驗室，使大家都能熟悉技術，應用在自己的研究。各學者間研究的菌株、材料與方法等也都互通有無，發揮一加一大於二的功效。因此建議政府農研單位與大專院校教師或不同研究單位間建立合作關係，共同發揮所長。
- 三、研提固氮菌相關研究計畫：2050 淨零碳排為當前重要政策目標，透過固氮菌的研究，未來應用於樹豆等作物健康管理，減少化學肥料使用，提高原民部落農田土壤地力，建構安全農業體系。
- 四、農業相關有益微生物之研究：目前無論是微生物肥料或微生物農藥之研發與法規皆以單一菌種之概念為主，例如農糧署公告已被鑑定為安全之微生物肥料菌種只有 16 種，安全菌種之種類少。微生物農藥成分之登記目前尚無複合菌種，如為多重菌種，則每成分菌種皆需個別進行毒理試驗，甚至登記後之多重菌種成品農藥需再進行一次最終的產品之毒理試驗。合成微生物族群 (Synthetic Community) 的概念與研究已相當盛行，相信未來複合微生物的應用與研究也會愈來愈多，農業用微生物相關法規理應隨之調整。

## 伍、參考資料

1. 王誌偉。2018。利用土壤微生物相分析技術找尋作物根圈益菌-以洛神葵為例。臺東區農業專訊。105:20-21。
2. 陳振義。2017。南迴特色作物輪作栽培樣樣好。臺東區農情月刊第 209 期。
3. Crosbie, D.B., Mahmoudi, M., Radl, V., Brachmann, A., Schloter, M., Kemen, E., and M. Macarena. 2022. Microbiome profiling reveals that *Pseudomonas* antagonizes parasitic nodule colonisation of cheater rhizobia in Lotus. *New Phytologist*. 234:242-255.
4. Song Y., Spooren J., Jongekrijg C.D., Manders E.H.H., Jonge R., Pieterse C.M.J., Bakker P.A.H.M., and Berendsen R.L. 2023. Seed tuber imprinting shapes the next-generation potato microbiome. in revision. (<https://doi.org/10.1101/2023.07.27.549298>)
5. Tom O. Delmont, Christopher Quince, Alon Shaiber, Özcan C. Esen, Lee Sonny T.M., Sebastian Lücker, A. Murat Eren. 2018. Nitrogen-fixing populations of Planctomycetes and Proteobacteria are abundant in the surface ocean. *Nature Microbiology* 3: 804–813

## 陸、致謝

本次出國計畫承蒙行政院國家科學技術發展基金管理會 112 年度補助計畫「農漁業技術優化與擴散」(NSTC 112-3111-Y-067E-001)之子項計畫「以樹豆固氮根瘤菌應用研究增加臺東地區原民部落農田土壤肥力」補助，感謝本場長官與同仁支持與協助，使計畫執行順利。