

出國報告（出國類別：考察）

赴秘魯考察藜麥育種研究及栽培生產

服務機關：行政院農業委員會臺東區農業改良場

姓名職稱：黃子芸 助理研究員

派赴國家：秘魯

出國期間：106年9月23日至10月06日

報告日期：106年12月15日

摘要

本次出國考察主要赴秘魯拉莫利納國立農業大學(UNALM)了解藜麥種原保存利用與育種現況，至 Fundo America S.A.C.經營之農場了解實際栽培生產情形，並蒐集藜麥市場資訊及多元化利用資料，行程為期 2 週。拉莫利納國立農業大學是當地在農業、林業及生物學領域研究上最好的大學，共保存了 2,942 種藜麥種原，育種研究以誘變育種及單倍體育種為主，相關研究成果豐碩。秘魯是藜麥第一大生產國家，種植面積為 68,140 公頃，總生產量為 114,725 公噸，國內前三大主要產區為普諾(Puno)、阿雷基帕(Arequipa)及胡寧(Junin)，生產量分別為 36,158 公噸、33,137 公噸及 10,528 公噸，本次參訪之 Fundo America S.A.C.農場即位於藜麥第二大產區—阿雷基帕，農場十分重視耕地肥力之維持，對藜麥栽培管理、病蟲害防治、肥培管理及採後處理等，皆有良好管理制度。此次考察調查範圍包括藜麥育種情形、種原保存情況、實際栽培情形及市售產品發展，秘魯在各方面均累積豐富的成果，值得我國學習，供未來臺灣藜產業發展之參考。

目次

一、目的.....	1
二、出國行程.....	2
三、考察過程.....	3
四、心得與建議.....	13

一、目的

全球藜科植物共約 130 屬，自史前時代至今供應人類蔬菜及糧食食用。藜屬植物被視為重要之民族植物，其種子可作為澱粉食用，與禾本科、莧科、蓼科植物，被歸為穀類作物，如原生自南美洲安地斯山脈的藜麥(*Chenopodium quinoa* Willd.)即是世界上廣泛食用的藜屬穀類作物。在臺灣的藜科植物中，臺灣藜是唯一與藜麥具備相同特性的植物。

臺灣藜原稱紅藜或赤藜，經學者研究，證實其為臺灣原生種植物，並正名為臺灣藜(*Chenopodium formosanum* Koidz.)，排灣族人稱臺灣藜為 djulis，魯凱族人稱之為 baae。其種子具有高優質的營養及機能性成分，含有人體無法自行合成的必需胺基酸，如離胺酸、纈胺酸及組胺酸等；鈣、磷、鐵、鈉、鎂、鉀與鋅等礦物元素的含量也較一般穀物高。除基本營養成分外，臺灣藜亦具有多種機能性成分，包含：甜菜色素(betainin)、多酚類、抗氧化酵素、多醣及 γ -胺基丁酸(γ -Aminobutyric acid, GABA)等，並以甜菜色素及多酚類為主，而甜菜色素正是臺灣藜豔麗風采的來源。

臺灣藜的利用侷限於原住民族部落，多為零星種植，現有地方品系之植株性狀不整齊，不易進行經濟栽培，種原種類及分布、經濟栽培模式等相關研究甚少。本場自 98 年在臺東縣金峰鄉、達仁鄉、花蓮縣吉安鄉、壽豐鄉及屏東縣瑪家鄉等地蒐集地方品系。經初步性狀調查、純化及選育工作，至今已篩選出數個優良潛力命名品系，並配合品系之機能性成分分析，期能推出高產、優質、高機能性的新品種。為保護新品種，亦制定了符合國際標準的藜屬品種試驗檢定方法，供未來品種權申請及品種保護。

綜合上述，藜屬植物於學術研究及傳統文化上極具重要性，秘魯為藜麥重要研究機構及擁有種原最多的國家之一，不論在栽培管理、病蟲害、育種、機能性成分分析及加工研究上，皆有良好完善之基礎，對目前臺灣藜研究與發展極具參考價值。為增進臺灣藜種原利用保護、遺傳育種研究及經濟栽培模式，本計畫至秘魯進行考察，調查範圍包括藜麥育種情形、種原保存情況、實際栽培情形及市售產品發展，期能供我國臺灣藜產業發展之參考。

二、出國行程

本次考察自民國 106 年 9 月 23 日至 10 月 6 日止，共 14 天，行程表簡列如下表所示：

日期	行程
9 月 23 日(星期六)	去程。桃園國際機場出發至荷蘭轉機
9 月 24 日(星期日)	抵達秘魯利馬
9 月 25 日(星期一)	利馬拉莫利納國立農業大學進行藜麥育種研習及技術交流
9 月 26 日(星期二)	阿雷基帕 Fundo America S.A.C.參訪及藜麥栽培資料蒐集
9 月 27 日(星期三)	
9 月 28 日(星期四)	
9 月 29 日(星期五)	
9 月 30 日(星期六)	庫斯科藜麥栽培資料及市場資訊蒐集
10 月 1 日(星期日)	
10 月 2 日(星期一)	利馬拉莫利納國立農業大學進行藜麥育種研習及技術交流
10 月 3 日(星期二)	
10 月 4 日(星期三)	返程。由利馬至荷蘭轉機
10 月 5 日(星期四)	由荷蘭回到桃園國際機場
10 月 6 日(星期五)	抵達桃園國際機場

三、考察過程

(一) 秘魯簡介

1. 地理環境：秘魯面積 1,285,220 平方公里，位於南美洲西部，北鄰厄瓜多和哥倫比亞，東與巴西和玻利維亞接壤，南接智利，西臨太平洋。縱貫國土南北向之安地斯山脈，將秘魯分為三個地理區，山脈以西的沿岸區，為狹長的平原；安地斯山區的高原區，及位於山脈以東，佔全國土地面積 60%的亞馬遜林區。
2. 氣候概況：秘魯的氣候與其他赤道國家不同，非單一的熱帶，安地斯山脈和秘魯寒流使全國各地的氣候有較大的差異。沿岸區氣候溫和、濕度高但雨量低，該區北部受副熱帶高壓壟罩，與秘魯涼流之影響，為降水稀少的沙漠氣候；高原區夏季多雨，氣溫和濕度隨海拔高度上升而下降；亞馬遜林區溫暖多雨，但南端的冬季寒冷，不是四季都有雨水。
3. 農業概況：2016 年農業秘魯農業產值 75.3 億美元，農產品出口總額為 46.5 億美元。秘魯農業首重咖啡業，2016 年咖啡總生產量為 25.7 萬公噸，出口總額為 6.1 億美元，除咖啡外，其他重點產品有葡萄、蘆筍、酪梨及芒果，出口金額分別為 6.5 億美元、4.2 億美元、3.9 億美元及 1.9 億美元，主要出口市場為美國、荷蘭及南美鄰近國家如智利、哥倫比亞及厄瓜多；秘魯特色農產，如藜麥及馬卡(Maca)，出口金額分別為 1 億美元及 1,721 萬美元，主要出口市場為美國、荷蘭、加拿大、香港及日本。
4. 藜麥產業概況：秘魯為世界上藜麥生產量第一的國家，2014 年之藜麥種植面積為 68,140 公頃，總生產量為 114,725 公噸(圖 1)，68%供內銷，32%供外銷。前三大主要產區為普諾(Puno)、阿雷基帕(Arequipa)及胡寧(Junin)，生產量分別為 36,158 公噸、33,137 公噸及 10,528 公噸。

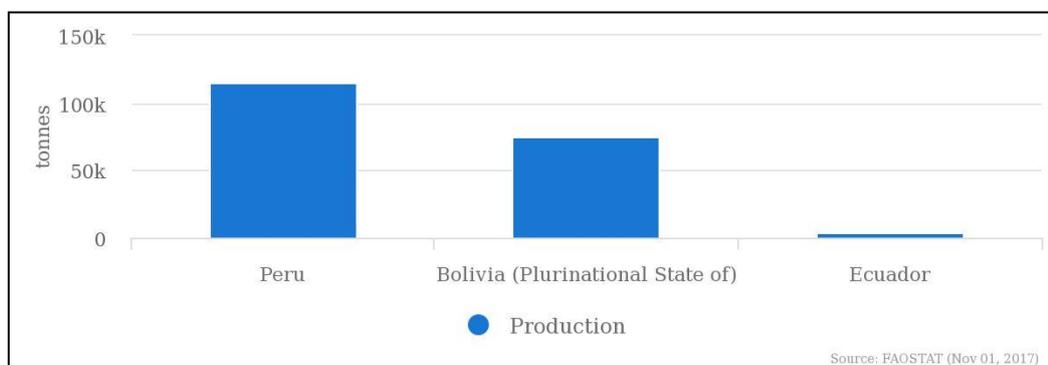


圖 1. 2014 年世界前三大藜麥生產國家

(二) 拉莫利納國立農業大學(Universidad Nacional Agraria La Molina, UNALM)

1. 概況：拉莫利納國立農業大學位於秘魯首都利馬，是當地在農業、林業及生物學領域研究上最好的大學，被認為是秘魯最重要的高等教育機構之一。該大學組織有八個學院，包含農學院、生命與物理科學學院、林業科學學院、經濟與規劃學院、食品科學學院、農業工程學院、漁業科學學院及動物科學學院。研究所包含碩士及博士學位，共有 33 個學程。

2. 研究內容：

(1) 種原觀察與保存：拉莫利納國立農業大學共保存了 2,942 種藜麥種原，藜麥起源自安地斯山脈，依其對海拔、乾旱、鹽度及光照等適應性，可分為 5 個主要生態型(ecotype)：Valley 型適合生長於海拔 2,000~3,800 公尺處，株高約 2~3 公尺，具分枝，生長期約 210 天，皂素含量低，具有許多對露菌病具有抗性的種原，主要分布於哥倫比亞、厄瓜多及秘魯地區；Altiplano 型原生於的的喀喀湖，海拔為 3,800~4,000 公尺，植株株高為 1~1.8 公尺，生長期為 120~210 天，不具分枝，籽實皂素含量高，主要分布於秘魯北邊高原及玻利維亞；Salar 型源自玻利維亞南部、海拔 4,000 公尺的鹽沼，此地區降雨量少，土壤 pH 值大於 8。植株特性與 Altiplano 型相似，Salar 型藜麥籽實多為黑色且富含皂素，但也擁有無皂素、大粒、白色籽實的品種，如:Real。主要分布於鹽沼或玻利維亞南邊高原、智利及阿根廷一帶；Coastal 型源自智利南部，南緯 40 度，多數為不具分枝的藜麥，開花期長，籽實小、皂素含量高，主要分布於沿海地區及智利中南部；Yunga 型分布於玻利維亞之亞熱帶區，Yunga 型藜麥籽實為橘黃色且籽粒小。5 個生態型之雨量、氣溫及海拔各不相同，環境差異極大，因而衍生出適應各個環境之不同性狀的藜麥，相同品種於不同環境種植之植株表現差異極大，故需針對栽培環境篩選合適之栽培品種。大學內目前種原觀察試驗以 400 種藜麥品種為材料，於 8 月播種，12 月收穫，每一品種種植兩行(圖 2)，進行調查與評估，根據植株表現，篩選適合低海拔種植之品種，或可作為育種用之優良材料，供後續研究之用。



圖 2. (1)種原觀察試驗田區(圖左上)(2)不同藜麥種原植株表現(圖右上、圖左下、圖右下)

(2) 育種研究：藜麥為雌花兩性花同株(gynomonoecious)，花序上同時具有兩性花及雌花，雜交率介於 1.5~9.9%。育種方法可分為選拔(單株選拔及混合選拔)、外來種原引進、雜交、回交及誘變育種等。此次拜訪的 Luz Rayda Gomez Pando 教授主要研究穀類及原生穀類作物(圖 3)，研究領域包括育種、不同生育期水分利用效率及植體營養成分分析及品質分析等。



圖 3. 筆者與 Luz Rayda Gomez Pando 教授合影

在藜麥育種方面，Luz 教授為誘變育種領域的專家，已從事 20 年的研究。藜麥因其繁殖系統、花器小之緣故，雜交不易進行且育種程序費時長，採用誘變育種可快速有效獲得變異體，縮短育種流程。Luz 教授採用物理誘變— γ 射線，藜麥誘變育種步驟簡述如下：誘變育種一般會以自交系為材料，若使用分離後代，會無法判別突變造成之效應。藜麥會以 γ 射線 150、250 及 350 Gy 不同照射強度處理種子(圖 4)，M1(誘變後種植之第一代)採混合種植，但須注重田間管理，以免因競爭弱勢而遭淘汰，收穫時可收 M1 單株種子，亦可混合收穫。M2(誘變後種植之第二代)以收穫之 M1 單株種子種一短行或種植混收種子，建議可以低密度栽植，以便調查及進行選拔，調查性狀包含葉綠素突變、子葉型態、莖部顏色、葉色、葉形穗部密度、穗型、株高及生育期等性狀，一般選拔多於此世代進行，並在 M3 世代進行後裔檢定，而在 M4 世代之後則可以一般育種方法(如：譜系法、混合法...等)進行選育，具重要性狀的突變體則常作為雜交的親本材料。目前藜麥育種目標為選育抗露菌病、高產、早熟、籽粒大及適合低海拔種植之品種。除誘變育種外，該校亦有進行花藥培養(Anther culture)進行藜麥單倍體育種，此方式較一般育種方式可縮短約 3~4 世代之育種年限，單倍體育種程序為進行雜交後，於 F1 世代利用花藥培養，產生單倍體(haploid)，再經加倍為雙單倍體(double haploid)，以快速獲得同質二倍體(homozygous diploid)。後續則可進行選拔創育新品種，因獲得後代為純系，易於檢定隱性突變基因並進行淘汰。



圖 4. 以不同照射強度處理之誘變後代生長狀況

3. 學術交流：筆者與該校藜麥研究相關人員進行討論交流，簡介我國臺灣藜生產及試驗研究概況，該校人員皆未聽說過此作物，對其十分感興趣。目前臺

灣藜病蟲害並不嚴重，並以蟲害為主，而秘魯在藜麥栽培上，露菌病為藜麥生產上一大限制，但臺灣藜尚未出現露菌病危害情形。

(三) Fundo America S.A.C.

1. 概況：Fundo America S.A.C. 為建立於 1970 年的家族企業，位於秘魯南部阿雷基帕大區，阿雷基帕省的聖里塔德西瓜斯區(Santa Rita de Sigwas)。原為飼養乳牛的牧場(圖 5、圖 6)，約 30 年前，發現在牧草用苜蓿田的後期作種植之洋蔥及馬鈴薯有良好的表現，而開始嘗試生產農作物，結合農業與畜牧，逐漸建立起完善的生產體系。在農業生產上，農場十分注重土壤肥力的維持，除運用牧場之牛糞作為基肥，並採用輪作制度，使土壤中養分能經濟而有效的被利用，夏季種植玉米及苜蓿，供牧草用，冬季以生產洋蔥、藜麥、朝鮮薊及蒜頭為主，亦種植少量蔬菜等園藝作物，廢棄莖桿則供作動物飼料，充分發揮農業與畜牧的優勢。
2. 農場環境：農場面積約 160 公頃，位於海拔約 1,200 公尺處，屬沙漠氣候，年雨量 300mm，雨季為 12-3 月，但極少降雨。早晚溫差大，全年最高溫約維持在 25~30℃，冬季(6-8 月)最低溫為 5℃，夏季(1-3 月)最低溫為 15℃，平均濕度為 50%。農場備有先進的灌溉系統，順著河流天然地形，自安地斯山脈引入融化雪水至溝渠作為灌溉。土壤質地為砂土及壤質砂土，pH 值為 8.1，因屬沙漠氣候，降水量小，蒸發量大，鹽分易積聚於土壤表層，造成土壤鹽化，需以乾淨的水源沖洗去鹽分，為生產上較大的困境。



圖 5. Fundo America S.A.C. 農場內環境。(1)飼養乳牛之牧場(圖左) (2)牧草用苜蓿田(圖右)



圖 6. 筆者與農場主人 Carlos Lozada(右 2) 及員工 Luis apaza surco 於辦公室前合影(左 1)

3. 藜麥生長條件：藜麥可生長於海拔 0~4,000 公尺，雨量 0~1,000 mm 之區域。生長適溫為 15~25°C，對土壤需求不嚴謹，pH 值在 4.5~9 之間皆可生長，最適宜種植於有機質含量豐富、排水良好之土壤。農場夏季低溫雖可低至 15°C，但全年白天高溫可達 30°C 以上，故夏季種植之藜麥會因高溫導致不稔或籽實不飽滿。冬季之低溫可達 5°C，溫差較大足以彌補白天高溫之影響，故此地區最適播種期為 5、6 月，使藜麥授粉期恰逢冬季最低溫時期，若為冷冬，則可提早於 4 月播種。
4. Fundo America S.A.C. 藜麥生產情形：
 - (1) 商業品種生產：藜麥為冬季作物，於 5、6 月播種，生長期約 4.5 個月。播種以人工播種為主，其他田間管理亦多仰賴人力，每人每天工資為 20 美元，亦有利用小型播種機輔助播種，其所需的人力約為人工播種的一半，種子用量為 6 公斤/公頃。種植品種有 Salcedo INIA、Pasankalla、Rosada Taraco、Quinoa Real 等(圖 7)，其中以 Salcedo INIA 品種最為普遍，其為 National Institute of Agricultural Innovation(INIA)育出之品種，為 Royal Bolivian 及 Sajama 的雜交後代，生育期約 135 天，為大粒白色籽實，千粒重為 3.1 克，產量可達 6,500 公斤/公頃。



圖 7. 藜麥商業品種：(1) Pasankalla(圖左上) (2) Rosada Taraco Puno(圖右上)
(3) Rosada Taraco Chuquibamba(圖左下)(4) Quinoa Real(圖右下)

該地區因日照強烈，作物多密植，藜麥種植密度約 400,000 株/公頃，採作畦栽培，畦寬約 1.5 公尺，行距約 50-75 公分(圖 8)。藜麥每公頃肥料施用量(公斤)為氮:磷:鉀=180:80:200，供作種子用之藜麥，每公頃肥料施用量(公斤)為氮:磷:鉀=140:80:150。肥料同水分皆是經由灌溉系統輸送至田間(圖 9)，分四次於生育期間施用。藜麥生育期間所需總水量為 4,000-5,000 立方公尺/公頃，灌溉頻率隨植株生長情況增加，播種後約 4 天灌溉一次，一個月後需每天灌溉一次，每次約 30 分鐘。



圖 8. 農場藜麥田間規劃



圖 9. 以灌溉系統輸送水份及肥料

田區主要病害為露菌病，其為藜麥在生產上棘手的問題之一，露菌病好

發於高濕環境(濕度>80%)，露菌病會造成葉部萎黃、壞疽，使部分或全部葉片受損而降低光合作用作用面積(圖 10)，影響穗部大小造成減產，為世界上藜麥生產的棘手問題之一；主要蟲害有鱗翅目昆蟲及蚜蟲，防治方法以物理及生物防治為主，化學防治為輔，物理防治有設置黏蟲板及利用糖蜜吸引蛾類取食而誘捕之(圖 11)。農場設有天敵養殖室，養殖草蛉(圖 12)及椿象(圖 13)，分別用以防治蚜蟲及鱗翅目昆蟲。草蛉施放數量為 10,000-30,000 個卵/公頃，將卵片夾於植株葉子上進行防治；椿象施放數量為 400 隻/公頃。



圖 10. 露菌病於不同藜麥品種上之葉部病徵



圖 11. 以物理防治防治蟲害：(1)設置黏蟲板進行誘殺(圖左) (2)利用糖蜜吸引蛾類取食而誘捕之(圖右)



圖 12. 草蛉養殖室，其幼蟲可防治蚜蟲



圖 13. 椿象養殖室，用以防治鱗翅目害蟲

(2) 藜麥品種試區：農場除進行商業生產外，亦有進行作物相關研究與調查，包含育種、栽培試驗及肥料試驗。本試驗田之目的在調查不同藜麥品種的表現及農藝性狀調查(圖 14)，種原蒐集自秘魯各地區及南美洲鄰近國家，共有 66 種，已進入第三年的試驗，目前已篩選至 24 個品種供調查，田區依品種成熟期分為早熟、中熟及晚熟區。早熟品種生育期約 110 天，產量約 1,000 公斤/公頃，晚熟品種生育期約 180 天，產量可達 7,000 公斤/公頃。農場設有種子庫，保存了所有種原、種原後代及植株乾燥穗部，所有品種皆有完整的性狀調查資料，包含生育期、農藝性狀、病蟲害特性、產量等。



圖 14. 藜麥品種試驗田間生長情況

(3) 藜麥收穫及調製：藜麥達採收適期時，以人力由莖桿基部割下植株後，置於田間自然乾燥，乾燥約需 10 天。乾燥完成後以租用之大型機械(租金 180 美元/天)，於田間進行脫粒及脫殼，作業時需仰賴人力將植株投入機械中，一次約可承載 2,500 公斤的藜麥籽實，因成熟度不一致、籽實易落粒等因素，以平均產量 4,000 公斤/公頃計算，此法約會造成每公頃 300 公斤產量損失，若利用聯合收穫機，則會造成每公頃 800 公斤的損失，故仍以人力收穫為主。處理完之籽實運至加工廠進行去雜，秤重後以肥料袋包裝並儲藏(圖 15)。



圖 15. 藜麥收穫處理流程：(1) 割下植株 置於田間自然乾燥(圖左上) (2)10 天後於田間進行脫粒及脫殼(圖右上) (3)藜麥籽實去雜作業(圖左下) (4)去雜秤重後，以肥料袋包裝並儲藏(圖右下)

(4) 藜麥品質控管：藜麥籽實會進行品質控管，項目包含皂素含量、籽實大小及雜質含量。皂素含量測定方法：取出 0.5 公克籽實，以手搓籽實使其互相摩擦後放入試管中，加入 5ml 蒸餾水，上下搖動 30 秒，量取泡沫高度(圖 16)，帶入公式換算皂素含量(皂素含量%)=(泡沫高度(cm) x 0.0441 - 0.001) / 0.5 克。籽實大小是利用四個不同大小的篩網，依序進行篩選(圖 17)，將籽實分為(1.4/1.6)、(1.6/1.9)、(1.9/2.1)、(2.1/2.3)

及(>2.3)五個等級(數字為 mm，表種子粒徑大小)，計算每一等級之比例。雜質評估項目包含未熟粒、不稔、碎粒、石頭、草稈、動物排泄物及異品種等占固定重量籽實的比例。由上述結果決定販售或收購價格，及監控生產品質。



圖 16. 不同藜麥品種皂素含量測定結果 圖 17. 以篩網篩選藜麥籽實大小

(5) 市場銷售概況：藜麥未經初級加工處理之價格為 1 美元/公斤；初級加工處理過之籽實為 2 美元/公斤，有機生產之藜麥為 2.6 美元/公斤，上述價格為農場出口至國外之販售價格。而在秘魯當地超市或傳統市場之售價介於 2~9.5 美元/公斤(圖 18)，有機藜麥可高達 12 美元/公斤。市面上主要可見白色、紅色、黑色籽實或三色混合之藜麥，以白色籽實藜麥最受歡迎，其次為紅色及黑色。除了作為一般穀類食用外，也有利用幼苗作為芽菜；加工產品包括：藜麥即食餐包(圖 19)、穀粉、巧克力及膨化休閒食品等。



圖 18. 傳統市場藜麥販售情況

圖 19. 藜麥即食餐包

四、 心得與建議

(一) 臺灣藜在臺灣之栽培品系以各地部落之地方品系為主，尚未有品種，植株性狀極不整齊，不易進行經濟栽培。為迎合市場取向，部分收購商僅收購紅色穗之

品系，長久下來，選種多偏重於特定少數性狀，可能導致品種多樣性的降低。藜麥起源地及秘魯最大產區—普諾，具有豐富種原，隨著藜麥產業發展，生產者雖改種商業品種，但仍持續繁殖原有地方品系。保種工作除依靠政府相關單位實行外，農民保種亦很重要。臺灣藜產區集中於原住民族地區，除為主要經濟作物，更是部落文化的象徵，未來品種推出後，可加強輔導農民保種觀念，避免地方品系流失。

(二) 臺灣藜與藜麥皆為藜屬作物，臺灣藜之種原分類、栽培模式及育種等相關研究甚少，秘魯為藜麥重要研究機構及擁有種原最多的國家之一，不論在栽培、生理、育種、病蟲害、成份分析及品質上，皆有良好完善之基礎，值得我國參考觀摩。秘方研究人員對我國之臺灣藜十分感興趣，可建立未來雙方合作交流之可能性。

(三) 臺灣藜栽培面積相對其他作物甚小，限制產業規模發展，其生產體系未全面機械化，極度仰賴人力，且收穫後之加工處理過程繁複，生產成本較高。秘魯藜麥生產雖多仰賴人力，惟其人力成本便宜，地幅廣大，總生產量大，價格較臺灣藜便宜。但臺灣之市售藜麥價格混亂不一，且生產方式不透明。在面對進口藜麥之競爭，可針對以下優勢因應：我國之臺灣藜在臺灣的藜科植物中，是唯一與藜麥具備相同特性的植物，且為臺灣原生種，種原具獨特性，極具市場價值，在生產上，可朝有機栽培及友善環境耕作方式生產，加強本土產品產地及標章認證，確保安全生產過程，以提升本土產品之優勢。