

國際農業科技新知

Agricultural Science and Technology Newsletter International Quarterly No.85



參加 CRISPRcon 2019 研討會紀實
架構移植栽培下雜草型紅米入侵之綜合清除技術



ISSN 2521-490-X



9 772521 490004

封面圖片提供：陳韋竣、吳東鴻

目 錄

農業科技視野

- 04 參加CRISPRcon 2019研討會紀實
- 21 架構移植栽培下雜草型紅米入侵之綜合清除技術

農業科技活動

- 30 2月活動預告
- 31 3月活動預告
- 32 4月活動預告

農業科技新知

- 34 利用受控環境糧食作物來解決糧食短缺問題
- 35 超乎想像！植物之間會互相幫助
- 36 如何使益蟲與害蟲競爭時贏在起跑點上
- 37 種子披衣技術可望使邊際土地成為農耕地
- 38 溫度提高會使稻米中的砷含量上升

國際農業科技新知 季刊 發行月份：1、4、7、10月

網 址 | <http://www.ccasf.org.tw>

發 行人 | 陳焜松

策 劃 | 劉易昇

諮詢委員 | 張 彬 · 王旭昌

出 版 | 財團法人中正農業科技社會公益基金會
臺北市中正區忠孝東路一段10號
02-2321-8217

總 編輯 | 劉嬋瑩

主 編 | 許吳仁

編輯排版 | 詹秀玲

編 印 | 財團法人豐年社

臺北市大安區溫州街14號1樓
02-2362-8148

中華郵政臺北雜字第1459號 執照登記為雜誌交寄



農業科技視野

參加CRISPRcon 2019研討會紀實
架構移植栽培下雜草型紅米入侵之綜合清除技術



參加CRISPRcon 2019研討會紀實

作者\ 黃明雅 (行政院農業委員會科技處技正)

陳韋竣 (財團法人農業科技研究院植物科技研究所助理研究員)

群聚且規律性間隔的短回文重複序列及其關聯蛋白質 (clustered regularly interspaced short palindromic repeats, CRISPR/CRISPR-associated protein, CRISPR-Cas) 技術的應用，將對農業、食品、醫療及醫藥等領域開啟革命性發展的可能性。世界農業先進國家正積極探討此新興技術將帶來的影響和須調適層面，包括公眾參與科學議題溝通，以瞭解公眾對新興科技的看法。為瞭解歐洲國家對基因編輯技術衍生議題的研析角度，赴荷蘭考察由瓦赫寧恩大學暨研究中心主辦的CRISPRcon 2019研討會。該研討會邀請世界各地，不同人生背景、職業和專業領域人士，以CRISPR技術發展必要性為主題，就農業、環境、健康和溝通等領域展開對話。研討會設計了座談討論會、主題演講、快閃演說，以及和不同社群對話等活動，使與會人士可由各自觀點發表對CRISPR議題之看法，並聆聽不同意見作多元交流。

CRISPRcon研討會係因應新興基因編輯技術CRISPR-Cas系統之崛起而創建的討論平臺，主要係廣納各領域人士，包含：農民、學生、消費者、育種業者、種子公司、

學研單位專家、法規制定者、醫生、病人、非營利組織、環保人士等，以發表對CRISPR等基因編輯技術在農業、醫療醫藥及環境保護等議題之看法，與各式應用及可能帶來的影響。第1屆研討會 (CRISPRcon 2017) 由加州大學柏克萊分校舉辦，第2屆研討會 (CRISPRcon 2018) 由麻省理工學院及哈佛大學共同舉辦，皆為CRISPR技術發源地，其討論內容相當受到國際關注。CRISPRcon 2019為第3年度舉辦，2019年度移師荷蘭瓦赫寧恩，由「瓦赫寧恩大學暨研究中心」主辦。研討會規劃內容包括：荷蘭基因編輯教育和政策發展、借鏡歷史重塑基因編輯未來、農業對基因編輯的正確期待、基因編輯對環境永續之利



CRISPRcon 2019舉辦地點：瓦赫寧恩大學 Orion Building。
(攝影／陳韋竣)

弊、國際間對基因編輯認知及法規政策之溝通與調和等。

研討會安排了不同活動形式，能讓各界專業背景人士充分溝通對話，歐洲執委會代表更於致詞時表示此類新興科技溝通會議應多舉行，並鼓勵科學家要大聲說出自己的看法，不要只讓某一方聲音被聽見。研討會活動特色與討論主題介紹如下。

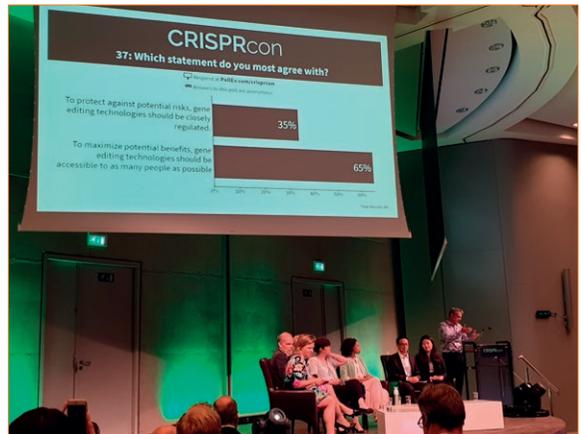
座談討論會

CRISPRcon 2019主要的活動形式是以座談討論會進行，每場大約1小時，由各節座談討論會主席，與4~5位具不同領域背景和國籍的專家，就CRISPR相關主題進行對話。此外，座談討論運用線上即時互動平臺，與會人士可用手機登入平臺進行互動，包括對特定問題進行投票及向與談者提問，非提問人可附議（+1）或反對（-1）其他與會人士想問的問題，分數越高越有機會讓座談會主持人瀏覽到並加進座談會的對話之中。以此互動過程，可以讓所有與會來賓共同參與對話，作多方向互動以增廣溝通層面。

CRISPRcon 2019安排的座談討論會主題有6項，重點摘要個別內容如下。

一、個人反思：基因編輯的承諾和危險

主持人來自倡議歐洲經濟繁榮、社會福祉和研究發展的非政府單位，她引導與談人自我介紹其人生故事背景、工作領域和人生信念，來述說基因編輯技術發展將對與談人的生活



CRISPRcon 2019 與會者即時投票活動。
(攝影／陳韋竣)

事業帶來的影響，以及對基因編輯產業是否必要的看法：

(一) 第1位與談人服務於關注自然環境的非政府組織，歐洲農業和環境交互作用是他關心的層面，他認為農業的前瞻方向之一是達到不使用農藥、除草劑等化學藥劑，使土壤生物多樣性提升，並永續發展。要達到此目標，包括傳統育種技術、友善環境的育種技術和新興育種技術都是可行的方法，但新興育種技術仍剛開始發展，有許多未知狀況，尚須小心謹慎評估使用。

(二) 第2位與談人服務於農業公司，認為現今農業面臨許多問題，包括土地環境汙染、可用資源減少等，需集結大眾智慧和可用技術來達成農業永續目

標，而CRISPR技術是其中有重大貢獻之方法。CRISPR技術可更精準快速育成自然界已有性狀的新品種作物，提供農民更優良的種子。讓消費者能購得更健康的產品，使社會更美好是其信念。此外，CRISPR技術發展可促進小公司發展多樣化作物育種，加速新品種進入市場，因應氣候變遷使農業生產時病蟲害發生越來越頻繁的問題等。歐洲市場面臨法規是否調整以接納新技術，藉此研討會也可聆聽到不同聲音。

(三) 第3位與談人為奧地利有機農夫，事業由家庭式農場發展為大規模農場，並導入革新技術研究有機農業，參與歐盟重要的前瞻計畫Horizon 2020。他表示，身為有機農須全面性檢視生產環境問題，而非像研發者只專注解決或改良單一特定項目，而忽略其他改變。例如大型農企業推廣少數優良種子獨占市場，可能引發其他需解決的產業問題，如降低多樣化作物品種生存的空間，及降低地球整體多樣性等。

(四) 第4位與談人為烏干達的企業家，與當地病毒研究中心密切合作，曾任國家農業諮詢專家和漁業管理等領域。她指出，

瘧疾問題是非洲仍在發生且具挑戰性的嚴重問題，仍有許多非洲人及幼童因瘧疾生病或死亡，深刻影響當地人生命歷程。烏干達人民多為大家庭，經濟水準不高，殺蟲劑、瘧疾藥物、蚊帳等防治瘧疾方法非普遍家庭能負擔，政府要全面補助各地區各個家庭和每個人的需求極不容易。許多國外科學家投入以不同方法改善瘧疾研究，基改蚊子降低族群以減少傳播是其中一項策略，而發展基因編輯技術，更可提供便宜有效之防治，使各階層人們皆可受惠。然而，新技術實際在非洲人們生活環境應用時，其不確定性可能引發恐懼和不信任問題，將是實務上會面臨之議題。基因編輯技術能否加速達成非洲人夢想中的無瘧疾國度，將可驗證新興科技對生活福祉改善的正向效益。



座談討論時臺下與會者可即時線上提問和票選是否附議讓臺上與會者回應。
(攝影／陳韋竣)

(五) 第5位與談人是神父，專業領域為生命倫理學 (bioethics) 和人權議題，另有數學、醫藥研究、家庭醫師等專業背景。談及基因編輯在道德和天主教信仰層面的觀點，神父以中國南方科技大學生物系賀建奎副教授及其團隊於2018年以基因編輯技術剔除胚胎的愛滋病毒受體而誕生的基因編輯雙胞胎所引起的爭議為例，認為在新興技術還沒準備與公眾完善溝通前就太早推出，影響公眾觀感，使正面研究角度更不易被理解。此外，更深入觀察到科學研究者在面臨研究倫理、商業利益和道德問題牽扯時，呈現的多種人性面向。神父認為，改造人類胚胎形同一件可操控、可改進的「物品」，衍生出科學持續進步發展是否可逆，是否需要設下停損界線以免失控的討論，並建議與會者對傳統文化及信仰等人生價值、生命倫理與新興科技的連結層面，能更深入自我思索。

由上述對話討論，呈現出基因編輯議題發展，要與更多更複雜背景的社群溝通實不容易，也會對政策制定者形成很大的挑戰。此研討會安排溝通對話，可讓不同背景有發表的空間，讓利害關係人瞭解不同聲音，以更多面向的角度檢視基因編輯技術的

發展和產業利用。

二、CRISPR治療：基因編輯於個人和公眾健康

此場與談的成員背景同樣來自不同領域角色，包括來自關注社群醫療之組織、協助歐洲失能殘疾人士和家庭之組織、微生物學者兼麩質過敏患者並推動改善計畫組織、健康衛生法規制定者、醫師、教授等背景。

CRISPR技術應用於醫療醫藥領域層面很廣，包括快速開發新藥、研發過敏患者合適的飲食；治療遺傳疾病、癌症、失能患者；解決瘧疾等公共衛生議題等。是否能在醫療醫藥領域充分活用已來到關鍵時刻，若發展順利將會造福許多病患。與談者認為CRISPR技術是其他已有的醫療醫藥技術之外的新選擇，類似基因療法 (genetherapy) 需考量要點如安全性和道德問題。歐盟在法規政策層面對基因治療醫藥領域持較開放的態度，支持安全的藥物能順利進入市場救助病患。歐盟在2017年通過了3種基因療法醫藥進入市場。歐盟對此也制定了終端醫藥產品安全性評估的指導原則，將可應用於CRISPR治療的評估與探討。

CRISPR治療遺傳疾病的功能，可大量改善特殊遺傳疾病造成幼童失能或死亡的課題。此技術的醫療用途進展越快，可越早造福病患。此外，目前多國邁入高齡化社會，失能人口會越來越多，基因編輯治療也提供了

改善方案，將會是興起議題。運用CRISPR技術於基因療法尚有許多安全性和道德問題，在安全性層面，取出細胞再送回人體，在不同個體、細胞之作用是否穩定一致等複雜問題，還待研究瞭解；在道德層面，使用基因療法需有自由選擇權且出於個人意願，首件人體試驗以及是否為遺傳性治療等，皆是需要科學家、患者和相關人士有良好的互信對話。

麩質過敏患者社群期待能早點購得以基因編輯研發低麩質或無麩質食品，但實際評估相關產品審查可能長達7年以上，且歐洲將基因編輯食品視為GMO，未來歐洲市場可能會無法購得，因此倡議將部分基因編輯食品排除於GMO法規管制。

在瘧疾等公共衛生議題改善方面，除了醫療技術，瘧疾嚴重國家建立基礎衛生醫療的層面也需同樣受到注重。與談者期許未來基因編輯於醫療醫藥成功的故事，可透過社群媒體傳遞新聞消息或在青年社群發酵，也讓在各角度社群對話讓有關人士皆能參與討論，也許更能發掘未注意到的問題加以改善，使此技術對需要的人士有正面且安全的貢獻。

三、革新的演進歷程：驅動社群接納或拒絕新興技術的是什麼？

由歷史經驗可知人類社群對新興技術發展初期多有複雜和不信任的反應，例如，疫苗接種、汽車、手機電磁波、基改、核能等，而有些技術會



座談討論「基因編輯的承諾和危險」。
(攝影／陳韋竣)

逐漸被多數人接納，有些則否，造成此現象之原因為何，而基因編輯議題將如何發展和引以為鑑，是此節探討的重點。

此節與談者多有10年以上長期投入讓公眾參與科技溝通的經驗，並分享有效的實務做法。與談者指出，隨現代科技的演進和發展越趨多樣化且互有牽連，很難拆分開來解說，例如奈米科技和生物科技原分屬2個領域技術，現今已有多方面複雜交集，使得探討安全性問題時變得頗為複雜，政策監管者不易釐清要管理什麼，更讓公眾難以理解。此現象使得當某項科技議題被提起時，相似的各種科技風險會浮現在大家的腦海中，例如，提到基因編輯時，基改、食安、訂製嬰兒、生物多樣性等議題會被引申，這是現今新興技術面臨與公眾溝通之困難挑戰。與談人建議當討論某項科技議題時，需先釐清溝通範圍，例如溝通基因編輯作物的風險時，首先要釐清與基因編輯醫療、動物、基改技術等有不同的安全性相關特性。公眾參與溝通科學議題時，提供公眾參與平

臺活動，接收穩健明確的科學訊息，並給予時間去反應、瞭解和檢驗這些資訊的可靠性，可提高公眾對溝通內容的信任。來自各國的與談人分享了一些公眾溝通案例和方法：

- (一) 英國政府在2017年實施與民眾對話基因科技對人類、動物、植物的應用效益，分2階段進行：第1階段先說明要討論議題的內容使民眾初步理解，民眾回去後與其周遭親朋好友討論，印證部分內容，加以思索發酵，2~3周後再次參與第2階段對話，此時民眾能更容易釐清議題的核心問題，政府則透過此策略，瞭解民眾對新科技接納程度的底線。
- (二) 與印度婦女溝通新興農業技術，以提升其生活品質或家庭經濟水準時，印度傳統文化對社群參與的影響十分明顯。印度社會仍以丈夫為決定大小事的角色，婦女以丈夫意見為主。推動團體透過邀請印度婦女於社區播放影片和討論活動，介紹新科技的優點，說明對家庭無害可提升經濟，並要有可模仿的範例。後續在社群中會開始觀察和討論範例案的成效，逐漸緩慢漸進式的接納新技術。

- (三) 荷蘭農民則重視新興科技是否為他們量身打造且符合其理念價值。持續改善農場到餐桌的供應鏈，是許多荷蘭農民重視的議題，例如農產品需有特色、產銷流程短、減少運輸成本並使消費者能享有更新鮮的農產品。有機農業推動小規模農業、效仿自然耕作模式、用心提供好的食物等理念，因荷蘭媒體時常報導，亦有非政府組織持續推動，已是很多消費者認同的主流價值。而歐洲財團壟斷食品產銷鏈資訊常在媒體看到，但非政府組織所宣導的不見得是農業全貌，例如以新興技術改良物種因應氣候變遷影響糧食減產的議題便經常被忽略。然而，如果能瞭解不同溝通對象的敘事背景、人生歷程，重新思索作整合對話，嚴謹看待人們想要更加參與食物產銷過程的期待，並說明新興技術之食品安全性，將可能是與歐洲民眾進行對話較好的模式。

綜上，溝通基因編輯技術時，與談者建議研發者可從個人人生歷程及專業背景角度，述說如何逐漸把最初原始物種改良到更符合我們的需求的理念故事，接著說明其中對安全性或溝通對象重視的理念價值做交流，聆聽回饋意見來達到雙

方互信和接納彼此看法。若去說明如何分辨不同育種技術之差異、提出數據佐證安全性，這不是好的策略；人們想要瞭解的科學訊息不見得很深入，若能實際感受或使用革新科技帶來的好處，自然會增加接納程度。關於有機農業與新興技術如何抉擇的溝通對話，與談者認為，某項農業技術不是達到永續農業唯一的道路，不同技術須被一起評估，由不同問題角度作出解決農業問題的貢獻，使有機農業社群價值理念得到保存的同時，也能接納新興技術。

四、永續生產？基因編輯與農業

此節探討基因編輯技術對農業發展是否必要。與談人背景包括：作物育種及銷售種苗業者、跨國超級市場負責產品安全與動物福祉及消費者服務、奈及利亞農夫（參與小規模農民組織及國際農民網絡並提供學術研究諮詢）、歐盟NGO團體成員（推動「印度農民不是因基改作物而自殺的」計畫）、動物育種研究專家。

非洲因地緣和歷史關係，農業政策或理念常受歐洲影響，但實際上非洲農業環境條件，可能和南美洲較相似。非洲大陸農業狀況和其他洲不同之處，包括非洲仍有作物生產不足、糧食短缺的問題，歐洲盛行之有機農業在非洲幾乎不可行，加上氣候變遷情形越來越明顯，也導致傳統耕作系統已不易因應。非洲需要以有限的自

然資源養活眾多人口、餵飽幼童、提供營養含量高的食品、減少眼盲；此外，非洲國家普遍面臨鐮刀型貧血和瘧疾。基因編輯或相關生物技術提供部分解決方案供選擇，而惟有能讓當地人自己選擇最切身需要的方案，才能實際改善當地問題。

基因編輯在動物育種可能之貢獻，包括在全球糧食供應鏈方面，發展更有效率的肉品生產、提供良好的動物性蛋白、增加抗病以避免使用抗生素；在增進動物福祉方面有去角牛、去勢豬育種，避免人工操作使動物痛苦。這些育種目標有些是難以透過傳統育種技術達到的。但與談者強調，基因編輯技術只是解決畜產問題的方法之一，並非唯一或可全面解決所有問題的方法。例如非洲豬瘟在中國已全面擴散，以基因編輯育種作為改善方式已太遲。另外，基因編輯畜產動物要能實際應用到產業，並確保其生物安全性，可能還需一段研究發展和觀察時間。

在作物育種方面，持續培育新品種，仍是改善各地區農業生產系統問題的根本。育種業者和種子公司各採用不同的育種方法、策略、目的及目標市場，基因編輯技術只是其中一項策略，但優勢是能明顯比其他育種工具育成新品種的速度加快，還有可一次調控多個基因。但基因編輯育種是否真的能貢獻於產業社會，還是要看社群、消費者和市場的接納狀況而定。與談者提到，有許多小規模的花

卉育種公司關注CRISPR技術可帶來的產業發展，因專用於花卉的農藥種類較少，但病蟲害問題越趨嚴重，以及傳統育種的時間過長、市場換新速度快等特性，使CRISPR技術在花卉育種和產業發展有很大的空間。

在消費者市場面向，農產品在國際不同市場的消費者各有不同的要求，例如要好吃、營養、安全、價錢合理，有些會再注意農產品生產時的道德和環境永續問題；不同國家文化，也會影響消費者所重視的產品價值重點。銷售商要做到的是公開透明讓消費者瞭解生產過程的資訊或故事，提供自由選擇權。因此，CRISPR技術可以滿足消費者對產品特性的需求，不見得是消費者會考量的，反而是產品的生產方式或故事是否能接受，以及最終使用產品時，是否會有好的體驗與享用印象。

在政策法規管理層面，由於運用生物科技具複雜性，農民、銷售者或消費者等不見得會專門仔細瞭解，此時研究者、專家的意見和政府對安全性把關及錯誤使用時給予的裁罰，是公眾所倚賴的重要的功能和價值。

五、雙股螺旋和循環經濟：基因編輯、可持續性與環境

此節座談會呈現與談者不同領域背景及文化價值，對同樣推動生物多樣性、環境保育時，有不同的看法和方法。

第1位與談者來自關注祕魯原住民

的非政府組織，支助當地小規模農糧產銷鏈和研究，亦推動環境和人權相關的政策。他提到許多重要作物之種原中心為原住民長久生活之地區，生態環境具複雜性使物種歧異度高且多樣化，而在地原住民多會發展出維持此物種歧異度的文化，這些發展久遠的價值觀是保護地球生態的重要資產，需要被尊敬和推廣實施。他表示，新興技術的溝通對話，不能只從西方現代價值觀追求快速獲利、商業專利保護等資本主義角度來談，祕魯已有超過400多種馬鈴薯，有各式顏色、形狀、風味，足夠的營養成分等，他認為以新興技術再開發更多品種沒有必要，能與自然大地保持緊密的生活文化連結、維護既有物種多樣性，才是真正重要的價值。

第2位與談者來自水產育種和應用研究的公司，目前尚在研發產品階段，鮭魚育種是該公司研發的主題，但未使用基改技術。CRISPR技術不導入外源基因的育種策略，是該公司有興趣的策略之一，也可用於研究探勘鮭魚的重要性狀，使育種更精準且加速育成。降低使用抗生素和藥劑，快速生長且健康、將對物種有利的性狀或遺傳資源應用於育種，是水產養殖永續經營的新品種研發方向。魚類不孕機制的研究，可避免研發具優勢的新品種從養殖範圍逃逸而與野生品種雜交發生基因流布，運用CRISPR來編輯鮭魚的性別決定基因為此技術的重要應用。

第3位與談者來自國際自然保護聯盟 (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN) 為重要的世界性環境保護組織。他認為應發展、推動與協調世界各地政府及非政府組織解決當前迫切環境問題，避免物種滅絕等議題的溝通平臺。近期IUCN也發布了合成生物學 (synthetic biology) 對自然保育的正面和負面影響。其中也探討到新興合成生物學不易有普遍性的管理機制，也不是解決永續問題的唯一關鍵方法，只能說是策略之一。CRISPR技術可應用於基因療法使瀕危物種的抗疾病、對降低物種滅絕的趨勢做出貢獻。但新興技術育成的作物更具生產適應性，使農業生產規模擴大且品種單一，會造成原生環境縮小，破壞瀕危物種棲地。他認為基因編輯技術的發展，這些面向都可以有更多探討和對話，以做出好的選擇。

第4位與談者來自澳洲國家科學和產業研究機構，帶領社會經濟研究者進行生物安全及管理研究，另組織了合成生物學對未來產業發展的研究平臺，關注新興科技於環境、道德、永續等議題之影響。近期有澳洲國家型計畫，調查計畫結合了社會領域學者和生物領域學者，擬出新興科技對產業或環境問題的解決方案，透過訪問調查，來瞭解公眾對新興合成生物學技術於多層面應用的感知、接受度和疑慮，建立評估基準線。澳洲原住民

對新興科技的價值觀，也是調查研究的項目。調查結果顯示，多數民眾在乎的是，為什麼要優先使用此技術，其背景原因及故事，是一般民眾想要瞭解的，再來才會用深入訪談的方式，使民眾瞭解對新興技術的風險和正面效益等。

六、基因編輯的全球舞臺：政府和領袖的考量要點

本研討會最後一場座談討論，主持人為科學領域的獨立記者，邀請與談者從國際視野角度檢視基因編輯議題的發展性，以及各自單位對全球發展CRISPR議題的角色定位。

研討過程探討了基因編輯和相關的基因科技在全球治理架構 (global governance structure) 層面，面臨各國產業應用需求不見得相同，跨國之間需調和管理制度，但不可影響各國可自主決定是否要使用基因科技。例如：歐盟對基因科技生物之產業管理採取保守態度，並注重農業永續、氣候變遷等議題，此態度也影響了非洲一些國家的政策。然而，非洲瘧疾問題嚴重，是否釋放基改蚊子到當地環境以解決問題，應由非洲國家自行決定，不應強加其他地區的道德或價值觀；此議題的另一層面，則隱含若非洲釋放基改蚊子，是否會造成跨洲或全球性的生物多樣性影響。國際共識條約的約束程度和確保各洲或國家自主之間如何協調平衡，與會者各有不同見解。與會者提到目前僅有

聯合國「卡塔赫納生物安全議定書」為全球性對基因科技於生物之應用規範，但此協定在套用到各國法規架構，與各國政府要回應民眾對基改認同的價值和相關治理政策時，有許多分歧或實務上不容易執行的現象，建議國際共識架構應對不斷出現的新議題或新技術，提供各國之間有合作討論的空間並共尋可行的指導原則，兼顧新技術的發展和維護生物安全，使各國政府能基於國際共識架構，再調和至各國對生物科技的治理政策。除此之外，與社會對話和溝通新興技術的作為，可能是國際共識還需加強的部分，目前尚有很大的努力空間。

值得一提的是，一位來自中國東南大學的與談者關注研究基因編輯於人類醫療應用時之醫學倫理及生命倫理，並推動對公眾作道德知識教育。他被問到有關基因編輯愛滋寶事件時表示，此研究案並非中國的研究政策，而是研究者未能把守研究分際，做出超過研究目標的作為。他認為此案已違反了中國在2003~2016年間公布的有關倫理道德相關的法律和準則，中國各界人士包括科學家、醫師、政府、學研單位人士等都認為此行為嚴重違法。他指出在中國大陸內部討論認為應加強對類似研究的倫理道德審查機制，並對相關研究有更高度的審查管理。在加強讓中國大陸公眾瞭解此案的所引發的爭議方面，他認為一般公眾對研究案的道德倫理相關知識與專家的知識水準有頗大的差

距，因此需要加強教育讓公眾瞭解此案的道德倫理爭議點。對於與會者提問中國與西方對研究倫理道德的價值觀是否有差異，該與談者認為不論東西方，都可能有人對道德倫理價值觀的不同想法，他個人認為，新科技的發展應該要對人類有益，而不該傷害個人，且建議中國大陸和西方間應建立更有效的溝通管道，使彼此都能互相瞭解在道德倫理價值觀有共識的部分。

主題演講

CRISPRcon 2019安排了2場具特色的主題演講，分別說明如下。

一、CRISPR科學與政策之對話

演講者和2位專家共同探討基因編輯領域的當前發展、科學家在社會辯論中的作用，以及荷蘭與周邊地區的基因編輯教育和政策前瞻展望。

討論中提到，部分歐盟辯論者認為基因科技議題常以要解決全球人口成長將導致糧食不足、食品安全問



主題演講「DNA vs. Hip-Hop」。
(攝影／陳韋竣)

題、援助第三世界難民等理想作包裝，並認為許多傳統經驗或自然存在的技術已足夠使用；但實際上以另一角度看待，是因為運作效率卓越的新興科學工具，自然會被人們應用在解決世界性的重要問題，不同科學工具都應擁有貢獻回饋社會和環境的機會，當然安全性和風險也同時需要受到重視。

對於脫靶效應（off-target effect）的問題，與談者認為科學家會透過專業知識作評估，並用有效的檢測方法瞭解脫靶效應發生可能性。基因編輯技術僅對特定目標基因作改變，較自然突變和傳統誘變技術會發生大量隨機的突變位點不同。此外，基因突變是自然界持續發生且驅動生物改良的過程，其中會有正面或負面變異；科學研究的持續進步也在於持續嘗試新的可能性，也可能會有正面或負面的結果。然而隨著對新興技術作用機制和效應有更多的研究，更精確並修正錯誤發生的方法也會持續推出，使新興科技衍生的產品持續改良，彰顯正面效益以貢獻於社會，是科學家投入研究的信念。

關於如何改善公眾對基因編輯技術產業應用的觀感，並走出基改字名的困境，與談者認為基因編輯生物的研發，應朝消費者重視的健康價值、開發多樣化特色產品可供選擇的方面著手，而非只研發對大企業投資產業累積資本有利的方向。而若CRISPR技術衍生生物的法規管理門檻能降

低，將促進小型企業運用此技術發展更多產業可能性，以更契合消費者和社會所需，突破目前生物科技產業由財團壟斷市場的現況。

有關財團掌握生物技術和基改基因序列的專利，限制了其他育種者自行留種和持續研發新品種等育種者權益，以及食物產銷鏈掌握在少數財團手中等討論，與談者期許基因編輯作物的發展更能符合普世價值，有賴各階層利害關係人持續對話，彙集為未來可推動國際共識條約的層次作協商，以改善此問題，使基因編輯技術育成生物的效益能讓世界各地需要的人共享。

二、我們的故事：我們的基因如何解釋我們的過去和預知未來

演講者曾任《自然》（*Nature*）期刊編輯逾10年，現於BBC電視臺主持科學節目。他以「DNA vs. Hip-Hop」為題，帶領與會者回顧生命、音樂、藝術演進的歷史，欣賞藝術文物、聆聽各年代的特色音樂，來闡述基因科技的演進也有相似的情形：由起始質樸單純的樣貌，逐漸有多樣態的潮流、不同特色類型的藝術形式或科技被發明和推展後，形塑各式各樣思潮大鳴大放的時代，這些原本演變出特色差異的藝術或科技元素，透過交流互動激盪後，發生競爭衝突或者融合等漸變和進化，最終會形成保有人們所共同期待的元素具多風貌但和諧的狀態。

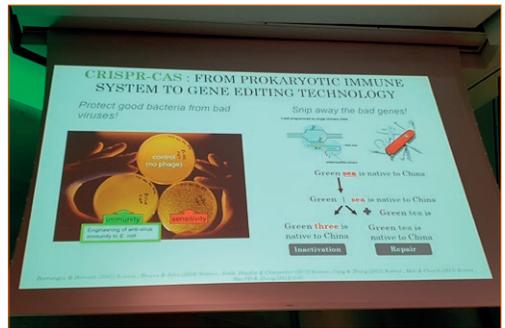
此演說呼應了研討會中許多與會者談到有機耕作、化學藥劑、生物技術等工具形塑農業生態的樣貌，新興技術也將不斷推陳出新，各領域互相交流學習、溝通對話、合作協調，形塑永續農業的共同理念。此外，藝術是普羅大眾會有興趣、更容易交流溝通的媒介，在科學家嘗試讓公眾理解新興技術對社會的功能時，讓藝術家參與溝通角色，導入藝術思維來述說故事親近群眾，將會比加強知識教育模式更能被公眾接納。

快閃演說

CRISPRcon 2019於各座談會期間安排數場不超過10分鐘的演講，由相關專家發表與基因編輯相關的研究主題。

一、CRISPR-Cas系統的探索和開發

此演講展示於培養皿上塗布帶有CRISPR-Cas系統與不帶有此系統之細菌後，再加入噬菌體，帶有CRISPR-Cas系統之細菌之免疫機制作用會繼續生長，不帶系統的細菌菌落會出現溶菌斑點現象，後續分析後找到導引到特定基因位置的機制和切斷核酸的關鍵蛋白質——核酸分解 Cas9，發展為容易操作的基因編輯作用，應用於人類醫療、醫藥開發、農業生物育種等領域。CRISPR-Cas有許多系統和不同特性的相似蛋白質，講者的研究團隊研析不同的Cas相似蛋白質，有編輯作用位置精確度極高的、低溫時作用



從細菌免疫機制發現CRISPR-Cas可編輯核苷酸的機制。(攝影／陳韋竣)

穩定的，或對多個基因同時編輯效率高的類型等，並找出蛋白質作用關鍵區位，測試將非關鍵區位的蛋白質部分移除後量體縮小，在細胞內運移更容易，並持續檢驗在醫療使用時之編輯作用的精確程度。

二、以基因編輯減少小麥的麩質免疫抗原特性

部分人因攝食麩質小麥引發免疫反應造成過敏、腹瀉、嚴重時休克致死之問題，目前可用藥物為緊急情況治療使用，過敏患者僅能選擇無麩質飲食。透過基因編輯技術可一次使小麥多個麩質蛋白質或表位結構相關基因序列剔除，但保留製作麵團所需之結構蛋白質，要育成此種無麩質小麥品系是傳統育種技術難以達成的。目前西班牙研究團隊已可降低小麥85%之麩質過敏成分，並持續改良。然而歐洲將基因編輯作物列為與基改作物同等嚴格管制，將使生產和進口皆受限，歐洲麩質過敏患者將無法享有可選擇更安全麵包的機會。



CRISPRcon 2019 快閃演說情景。
(攝影／陳章竣)

三、基因編輯與瘧疾：生物、藥物和疫苗

瘧疾每年造成40萬人口死亡，常發生在非洲醫療資源不足的貧困地區，目前沒有有效疫苗，藥物治療需阻斷瘧原蟲蚊子體內有性生殖、人類肝臟細胞無性生殖、侵入紅血球快速分裂生殖引發疾病反應等生活史各個階段，但常有突變瘧原蟲具抗藥性問題。早先研究以基改蚊子阻斷傳播寄主為防治策略，此團隊以基因編輯技術剔除瘧原蟲的抗藥物基因或阻斷其生活史重要基因，以應用於藥物開發，另可剔除瘧原蟲的致瘧疾基因，研發減毒疫苗，提供另一種阻絕瘧疾之策略。

四、逾期翻修：為什麼歐盟的基改生物法規需要與時俱進

目前歐盟法院判決對GMO管理規範之法規Directive 2001/18/EC，將研發GMO之技術列於Annex IA，並豁免列於Annex IB之傳統誘變技術適用，歐盟法院判決視新興育種技

術育成生物為GMO，但實務上卻無法和傳統誘變技術育成生物區分。有國際學生組成分析GMO法規架構團隊，關注新興植物育種技術於歐洲之運用，建議新增Annex IC將新興誘變技術納入，加強對終端產品特性的判斷來歸類。歸類Annex IC第一步：是否利用誘變技術；第

第二步：是否有外源基因；第三步：改良之性狀是否已現存於同物種。期待藉此可發展更適合的風險評估和管理機制，平衡新技術應用和安全性問題。此提案已提交至歐盟執委會，並期待認同此提案的人士共同上網聲援。

五、DNA對話：荷蘭第一次就生殖細胞改造之國家對話

荷蘭正在就人類生殖細胞基因體改造、胚胎基因編輯等主題做首次國家對話。此訊息在2019年3月時於荷蘭報章媒體公布，對話發起者包括科學家、社群、病患互助組織等，由荷蘭健康部補助經費，將於荷蘭各地舉辦多場與各類型的利害關係者及公眾對談的活動。藉由播放影片形式分享生殖基因體改造相關故事，啟發參與對話者共同探尋基因科技對未來的各種發展可能性。活動注重可吸引各階層、使用不同語言的人群參與對話，並導入藝術元素，使與會者可發揮想像力，以匯集各種想法和聲音，世界

各地人士也可於活動網站參與和提供意見。

六、使用基因改造可以阻止一日齡雛雞的死亡

蛋雞產業長久以來將無法生蛋的公雞於出生後絞殺，引發動物福祉和道德問題，在荷蘭僅有少數、約5百萬之公雛雞以人道方式犧牲。利用基改技術將綠色螢光蛋白（*）標定在雌雞的性染色體（Z*W）上與不標定的公雞（ZZ）交配，其所生的蛋若帶有相同性染色體且在蛋黃觀察到綠色螢光者為公雞蛋（Z*Z），在蛋的階段即可篩除；雌雞蛋（ZW）則不帶有外源的綠色螢光蛋白基因。此技術科學上雖可行，但在荷蘭仍受GMO管理規範，尚不能應用於產業。研究團隊也調查了荷蘭公眾對此策略之接受程度，統計結果顯示，民眾較不偏好使用基改技術提前於蛋階段進行性別篩選，此結果顯示了在歐洲使用基改技術改善人道問題，不一定可被公眾接受。

七、健康作物育種：菊苣根部之膳食纖維和藥用萜類

菊苣是歐洲常用的蔬菜，有葉用菊苣常作生菜食用，也有根用菊苣，富含含有長鏈果糖聚合的菊糖（Inulin），為對腸胃健康有益之膳食纖維，具甜味且熱量低，可用作甜味劑添加於各種食品。研究團隊利用基因編輯技術調控菊苣相關基因，以

增加菊糖含量、增加有益健康的果糖長鏈數量、增進抗寒逆境、增加萜類可抗發炎及抗癌等有益健康之成分。除了育種技術研究，在與執行利害關係人溝通對話之計畫中，亦調查了消費者接受度，及與公眾溝通專家、藝術家等專家合作以發掘更適合的溝通新策略之研究。

八、去除多巴胺抑制劑以研究斑馬魚性成熟過程

許多魚類需經過長時間的洄游歷程才能達成性成熟，利用CRISPR-Cas9技術調控魚類多巴胺生理途徑，可促進提早性成熟。團隊先以斑馬魚進行研究，再應用於歐洲鰻魚性成熟研究，使之有利於水產養殖，也可貢獻於減少野生捕撈和保育等永續運用海洋資源之價值。

九、創造基因編輯：科學、藝術和生物駭客

主講人的研究團隊關注新興科技的應用與社群對話、促進社群瞭解新科技。研究團隊學習和導入藝術家與公眾溝通的形式，以有趣的繪畫和設計呈現他們對基因編輯等新興科技的想法，並組織了工作坊讓參與者可以動手操作CRISPR，使公眾更有興趣參與，而進一步瞭解其背後的科研內容、發展歷程和應用。

十、對專家、公眾和利害關係者通知基因編輯研究

主講人的研究團隊意在解決

CRISPR技術實際導入應用產業時會遇到的問題，包括科學研究和社會研究計畫。其中，社會研究計畫研究研究的領域包括生物醫藥、公共衛生、法規、道德規範、公眾溝通，以及經濟等層面。對於許多對CRISPR技術能解決疾病困境抱持很大期待的人，哪些知識內容、技術的限制能讓他們充分瞭解，以評斷基因療法的可行性，是研究團隊正在釐清的題目。在農業方面，研究團隊評估基因編輯作物於經濟、環境、政策治理等層面之影響，以及促使美國基因編輯作物有關之利害關係人，包括政策制定者、農民、公眾、生物學家等連結和發表看法，以更瞭解哪些資訊是需要再補充的，使之能有更適當的溝通策略。研究計畫也導入了藝術家參與科學研究的過程，共同激盪出CRISPR技術對社會影響的多元看法。

十一、荷蘭植物育種者如何看待歐盟法院 2018年的判決？

2018年7月25日，歐盟法院判決解釋令認為：歐盟基因改造生物進行環境釋放之管理法規Directive 2001/18附件Annex IA、Annex IB所列，非天然配對或天然重組對生物之基因體造成改變之技術皆應視為GMO，包括基因編輯生物，且因尚無長期安全使用紀錄，因此基於該法規須以預防原則管理。研究團隊調查了荷蘭的100多家可食用作物育種公司對此判決結果看法。不論大型或小

型規模育種公司皆不滿意此判決結果，且多數公司經營投資方向將因此改變，並擔憂歐盟市場將失去競爭力。有超過半數的育種者認為，荷蘭將失去可食用作物於全球育種的領先地位，並期待未來5年內法律規範會對CRISPR技術之應用鬆綁。

創意市集

此活動設有30張討論桌，各桌安排1位主持人，與會來賓可自由選擇對哪個議題有興趣，隨時可加入討論，並且可換場。討論主題包含了基因編輯各層面的議題，如：消費者對基因編輯作物或基因編輯食物之接受程度、基因編輯與有機農業、基因編輯與永續農業、生物多樣性、原生物種、對非洲社群和原住民族之影響、編輯人類和動物胚胎議題、法規管理、歐盟判決的影響、支持與反對態度形成原因探詢、知識教育、道德層面等討論。此活動可讓與會來賓參與自己不熟悉的主題，更進一步瞭解此領域專家和其他人士之看法，或者參與自己熟悉的主題發表意見和交流新思維，啟發基因編輯對社會影響議題多層面的理解。

與特定社群對話

CRISPRcon 2019安排了年輕科學家和農民2個特定社群，和與會來賓對話討論進行互動。年輕科學家於此新興技術突破性發展時刻，研究方向有無限可能性，但研發成果要實際能推向產業，對於管理規範和消費者接受度的考驗尚需審慎思量。參與對話的農民社群，包括有機耕作、價



CRISPRcon 2019 與農民對話活動情景。
(攝影／陳韋竣)

型耕作、生產基改作物、大規模農場、小規模或推動小型社群農業等來自各種不同國家、耕作模式、不同規模的農民，共同討論研討會對話後的感想，以及對其事業是否有所幫助和願景。農民的生產操作模式、生產效益、對農業的理念影響其對基因編輯技術應用於農業有不同的看法。農民共同面臨的問題是：氣候變遷使生產環境變化快速，病蟲害問題也越趨嚴重，持續研發新品種以快速適應環境，並維持作物產量不降低是各類型農民皆期待新興技術能帶來的效益。然而，有機農民和推動小型社群之農民仍擔憂研發太具優勢的新品種作物，對地方品種、品種多樣化選擇和特色種原遺失之問題將更嚴重，將破壞大自然既有的平衡，因此建議使用新興技術時需特別審慎。

心得及建議

一、研討會不同於我國習慣的演講配合綜合討論方式，而是運用不同形式、不同網路工具，設法鼓勵參與者聆聽、思考、拋出想法、回應，

其作法非常符合大會強調「溝通」的主題。

二、CRISPRcon研討會邀請的與談者背景和領域十分多元，並刻意將背景差異不同，但可能關注共同議題的與會者安排在同一場次座談討論，使對話時能激盪出更多火花。對話中注重由每個人自身的生命歷程和經驗開始述說對新興科技的看法，並引導其他與會者從不同視角聆聽各種聲音，降低了會議呈現「一言堂」或「同溫層」的情況，能啟發新的思維，開啟新的對話模式，促進與會者相互理解對新興科技的疑慮和期待，使人們在發展運用新興科技時，會有更周到全面的考量。

三、過去基因改造倡議者常以大量科學數據向公眾證明效益，認為對於缺乏生物背景的受眾，需要透過教育方式讓他們獲得知識。然而本次會議多強調應該拋棄過去上對下權威式的「公眾教育」方式，並且需設身處地思考目標對象的擔憂，甚至創造受眾容易取得資訊的環境及誘因讓「公眾參與」，才能成功達到溝通的效果。

四、與會者對於農業的理念價值和熟悉的操作技術各有不同，而「農業永續」是大家的共同努力的目標，效法自然是共通的學習方式，不論有機研究生產技術、傳統農業技術、

新興技術等都各有優點和可貢獻於農業永續的道路，需要互相瞭解、共同合作、協調，不可偏廢。

五、讓公眾參與科學溝通，有一些可讓普羅大眾更願意親近的方法，例如導入音樂、藝術、故事性的敘事方式述說育種發展的歷程和成果，應較容易被接納，而非以科學數據強調其安全性，或知識教育性質的模式來比較育種方法等方法，這是科研學者走入人群時，可以學習的社會心理學跨領域溝通策略。

六、世界各個國家地區乃至個人，各有不同對新興科技的需求，例如非洲瘧疾問題與個人的遺傳疾病問題等，而能有「自由選擇權」是重要的，其他國家或個人不宜用道德枷鎖來限制其他人支持或反對的立場，沒有對或錯的問題。而在共同生活圈的人們，須多加溝通調和彼此看法，並要能共同承擔結果，這也是持續在發生且推動人類歷史演進的過程，在此會議可對不同的價值理念有更廣泛的認知。

七、溝通的前提在於信任，資訊透明、知識對等是信任的根本，因此不論新興科技產品推廣或新的政策措施推行前，要建立知識管理系統供公眾查詢，並與利害關係人進行廣泛溝通，若為求政策立竿見影，容易遭到反彈。例如我國未來如果要提基因編

輯作物育種計畫，總體目標可能是調適氣候變遷、保障糧食安全或農民收益，需先跟公眾說明目前有沒有解決上述問題的替代方案，如果進行育種改良，可評估各種技術方法達標的時間及成本，再分析哪項技術最適合，不能只為了使用新興技術而使用，且在相關法規尚未明確之前，更需要審慎使用。

八、本次研討會非學術性研討會，與會者來自不同組織，為自己區域的意見發聲，會議或許沒有結論，但與談人多發言表示相信在多次討論後，不同領域資訊會容易對接，有助未來在各項議題能逐步達到共識。而我國如果辦理相關公眾溝通研討會，建議不能是一次性活動，而需有5年以上的計畫，才見成效。

九、本次研討會有助蒐集歐洲地區對於新興生物科技的關切事項，並有助人脈網絡建立，建議持續關注該研討會動向俾派員參與。



CRISPRcon 2019 與年輕科學家對話活動情景。
(攝影／陳韋竣)

架構移植栽培下雜草型紅米入侵之綜合清除技術

作者\ 吳東鴻（行政院農業委員會農業試驗所副研究員）

雜草、肥料與氣候環境並列為稻作主要生產限制因子，其中雜草型紅米（weedy red rice, WRR）與栽培稻同屬同種（*Oryza sativa* L.），是全球直播稻栽培系統產量減損的重要危害因子（Ziska et al. 2015），也是水稻移植生產體系的威脅（Imaizumi, 2018；吳等，2017）；不易進行追蹤與化學防治（圖1和2），大幅增加稻作生產成本、降低商品價值而限制全球產業發展，世界各國無不積極尋找因應對策（Ziska et al., 2015）。全球糧食生產將隨全球人口增加，糧食供應隨之提高；全球糧食供應鏈高度仰賴全球水稻、小麥、大豆與玉米等主要穀物的穩定生產與否，然而穩定的糧食生產量則關乎是否能有效控制入侵田區

的雜草數量。目前除草劑施用是世界主要生產模式中對於雜草控制不可或缺的一環，隨之而來的就是除草劑抗藥性的風險，全球抗除草劑族群的演進變化，將影響著除草劑對於雜草控制的永續利用以及後續糧食生產。

除草劑已經被使用超過60年了，在50年前已經進行第一起抗除草劑的案例研究，並成為西方國家對於評估除草劑抗藥性的重要證據，也是在雜草控制上對於適應除草劑的首次案例。25年前開始出現具有除草劑耐性的基因轉殖作物，但隨之而來的是對於其他除草劑發生抗藥性的風險事件，當過度使用特定除草劑後，也加速使得該類型除草劑抗藥性的雜草族群隨之發生（Brunton et al., 2019; Jugulam



圖1. 2019年霧峰地區第1期作抽穗期清楚可見較早抽穗的雜草型紅米植株。



圖2. 2019年霧峰地區第1期作成熟期雜草型紅米植株的稻穗均已下垂被遮蔽而不易汰除。

and Shyam, 2019)。對於如何有效使用除草劑並減少除草劑抗藥性的發生，將是目前不可迴避的重要議題。借鏡過去西方國家的風險事件，有助於亞太地區的雜草控制策略調整，另外積極導入生物製劑或是非化學防治的雜草控制，或是藉由影像分析針對目標雜草進行精準噴施，而不是大規模的進行化學防治，也有助於除草劑的使用量降低，減緩非目標雜草的抗藥性發生。

馬來西亞稻作栽培概況

馬來西亞是東南亞區中少數分屬東西2大地區的國家，西半部在馬來半島上並與泰國相接，即西馬，另隔著南海相望是東半部的東馬，位於北部婆羅洲島上的沙巴與砂勞越2州，也造就兩方的代表性水稻品種並不相同；全區地理位置接近赤道，氣候屬於亞洲熱帶型雨林氣候，尤其馬來半島鮮少遭遇颱風或乾旱。從1980年起，由礦業與農業為基礎的馬來西亞經濟，開始逐漸轉為工業領域導向，但是農業仍是該國家重要經濟項目之一，每年仍貢獻國民生產總值（GDP）12%，且農業從業人員為全國人口16%，其重要性不言而喻。過去以橡膠、棕櫚油為農產品出口主要作物，雖近20年生產比例持續下降中，稻米仍是繼油棕與橡膠後第三重要作物。

以馬來西亞農業研究所（Malaysian Agricultural Research and Development Institute, MARDI）所公布2011年稻作產業規模，馬國水稻栽培面積達68.8萬公頃、平均單位面積產

量3,748公斤／公頃，顯示稻米預期生產力可達2,578,000公噸，若依當地每公噸稻米價格約台幣9,565元計算，馬國稻作產值規模約為臺幣246.2億。產業規模涵蓋稻農勞動人口數約296,000人，合法的稻種生產公司共有13家，稻米生產公司有230家。回顧1990年來，馬國每人米飯消費量由84.8公斤略降至2013年的74.5公斤，整體每年稻米需求量仍需269萬公噸，而每年白米產量自122萬公噸（1990）逐年增至270萬公噸（2013）。但以2011年為例，稻米實際生產量僅達166萬公噸，當年稻米進口103萬公噸，該年度的稻米自給率只有62%；儘管近年來稻米產量逐年增加，每年整體白米需求量仍有21%~28%仰賴進口以補足缺口，在1990年進口33萬公噸亦逐漸增至110萬公噸（2013），顯見馬來西亞國內稻穀自給率尚有提升的空間。

馬來西亞雜草型紅米研究概況

依據馬來西亞水稻品種權登錄資料庫（<http://pvpbkkt.doa.gov.my/>, 2015），回顧自1964年迄今，列為馬來西亞推薦農民栽培種植水稻品種的國家清單（national list）中累計41個，其中一般生產品種32個、糯米品種3個、黑糯米（black sticky rice）1個、香米品種（fragrant rice）2個、紅米（red rice）1個與抗除草劑品種2個（Herbicide resistance; MR220 CL-1與MR220 CL-1）。

而近年來主要栽培品種則以「MR219」與「MR220」掛帥，均來自

相同雜交組合MR151/MR137的姊妹系品種，分別在2001與2003年列入國家清單中，每公頃產量潛力已推至9~10公噸，產量最少也達6公噸多，也屬於高直鏈性澱粉品種（26.6%），株高76~80公分、生育期105~113天，目前以MR219栽培比例達87.1%以上，MR220比例亦達12.4%，兩者栽培比例已達99.5%，主要係適合直播系統、早熟高產等特性。而2010年後，利用分子輔助回交所選育的「MR220 CL-1」與「MR220 CL-2」（Clearfield 1770/MR220/3/MR220）開始提升栽培比例，兩者分別具有輪迴親「MR220」背景回復率98.5%與91.6%，但攜有耐除草劑的抗性基因，方便在幼苗期噴施除草劑後清除田間自生苗（weedy rice，圖3~5），提高雜草管理並穩定產量，且2013年後該類型品種已成為主要領先品種，另一個新香米品種「MR269」（P347/Y1362）則具有極高產能而快速竄升栽培比例。

田間除草劑imidazolinone因使用量低、可針對萌前跟萌後雜草劑，並對動物毒性低，主要機制是抑制乙酰乳酸合成的產生；為了防除雜草型紅米，選擇種植抗除草劑品種後，田間除草劑imidazolinone在田間試驗已經顯示在栽培季節結束後，在灌溉溝渠中發現可釋出與殘留累積的證據，這將會對環境安全產生風險；伴隨而來是該栽培系統一旦開始使用後，田裡除草劑半衰期長，會造成不具抗性的作物或水稻品種具有毒害，致使該田區不適合其他作物輪作，且只能持續使用該類型抗除草劑



圖3. 馬來西亞沙勞越州田區的紅色稃尖紅米植株，疑似宿根生長的雜草型紅米。



圖4. 馬來西亞沙勞越州田區的殘存植株上的雜草型紅米。



圖5. 農試所作物組吳東鴻博士在馬來西亞進行田野調查，確認雜草型紅米的樣態。

品種，因此對於環境殘留量等風險評估就變得更為迫切。在美國田間實驗也顯示推廣耐除草劑品種後，大概3年後就能

逐漸在野生的雜草型紅米族群上偵測到耐除草劑基因的情形 (Sudianto et al., 2016; Mispan et al., 2019)。

斯里蘭卡雜草型紅米研究概況

雜草型紅米對於各國稻米生產造成相當危害與生產風險，而雜草型紅米具有多項雜草化特徵，其中一項便是對於各種不同生態逆境或是棲地均具有高度且快速適應性，如果能瞭解各地區間的雜草型紅米形態變異，有助於改善其管理措施。在斯里蘭卡Vavuniya省近年開始發現雜草型紅米的入侵，對於初發生地的資料收集有助於日後提高雜草型紅米的擴散資料。該試驗從8個不同生產地區中進行紅米收集，代表3種不同農業生態區，分別為降雨量900公釐（中等乾燥）與小於800公釐降雨量（乾燥）等區域，然後所有材料與對照品種均種植在塑膠盆中進行形態調查，採CRD重複試驗設計，分別調查了31種農藝性狀，包含株高、抽穗期、稻穀顏色、糙米顏色等，結果顯示其中13種包含5種質量性狀與8種數量性狀在不同農業生態環境中具有高度顯著差異，從形態變異的程度也可以顯現雜草型紅米對於不同環境具有高度適應性的潛力。另一個試驗運用33個SSR標誌分析20個斯里蘭卡紅米族群、每一族群包含25個單

株，結果顯示平均每個族群可見26.7個對偶基因，不論是以遺傳距離分群或是基因頻度分群均可將所有族群主要分成2種大類型，族群內的遺傳變異大於不同地點間的族群變異，可能推測農業栽培管理與雜草型紅米的防除措施導致斯里蘭卡的紅米族群歧異度增加 (He et al. 2014)。

臺灣雜草型紅米研究概況

臺灣早期品種以高株、短粒型秈稻為主，而且紅米混雜氾濫；直到日據時代1906~1921年開始系統性防除才讓生產田區的紅米消失，1953年秈稻品種普查時，「低腳烏尖」仍為秈稻領先品種，而陸稻栽培仍保留10個紅米秈稻品種，隨著日長鈍感的稞稻臺中65號（1936）與秈稻臺中在來1號（1957）陸續育成後，1959年半矮性品種普及與水利設施改善後，才讓紅米品種絕跡。近年不論是稻種繁殖圃或是經濟生產區內，反覆出現具有



圖6. 2019年第2期作在霧峰地區的稻田中標示異型株者，可見部分田區混雜嚴重。



圖7. 在稈稻田中可見生長旺盛的雜草型紅米異型株，部分植株較高顯而易見。

褐色穀粒的田間異型株，而這類異型紅米已具有矮株、紅色種皮、高度休眠傾向、落粒強且生育期短等特徵，逐漸演變為稻田中一項新興雜草，雜草型紅米一旦在田間種子庫建立穩定族群，將難以管理、消除並追蹤其傳播模式（吳等，2018）（圖6和7）。普查全臺稻種繁殖圃時，收集雜草型紅米糙米後，先利用SSR標誌進行初步遺傳歧異度分析，再藉由次世代定序評估族群內雜草化遺傳區間，瞭解紅米族群與各類栽培品種的遺傳親緣關係，並納入各紅米樣品的地理資訊，並確定該類混雜的傳播模式與遺傳親緣，藉此擬定田間管理與防除技術。利用28個SSR標誌獲得各品系的遺傳親緣，在二維主軸分析圖上，可見雜草型紅米族群與稈稻品種相差甚遠，而與早期秈稻地方品系以及近代秈稻品種親緣較近；而美國雜草型紅米族群則與孟加拉秈稻族群以及秈稻族群相互重疊，如同文獻所示美國雜草型紅米可能起源於其上述2族群的雜交後裔。由此可

知，臺灣雜草型紅米收集系之遺傳背景主要係秈稻親緣，而非稈稻遺傳背景。

進一步，藉由定序資料可知紅米次族群中，部分染色體區間可能與雜草化性狀具有高度關聯性，如半矮性sd1株高基因等。進一步合併紅米族群內的親緣係數與地理資訊後，將552個品系劃分為6種主要類型，同一族群不僅橫跨東西半部並呈現由南向北遞減趨勢，可見汙染稻種透過南秧北調的運輸模式產生距離擴散，更甚於花粉媒介等短距離傳播，此暗示著農民經常使用到純度不足的秧苗或是不合格稻種無法有效管理。而國內繁殖圃與經濟生產交替使用，尤其以採種圃（5公頃）大都設於第2期作，第1期作經濟生產時發生汙染入侵，不易在期作間發芽耕鋤，也是累積稻種汙染源由之一。試驗初步已建立全臺雜草型紅米的類型分布，顯見臺灣雜草型紅米與早期秈稻地方品系以及秈稻栽培品種具有高度遺傳親緣，去馴化機制讓部分雜交後裔開始累積短生育、強落

粒與強休眠等雜草化特性，並隨著南秧北調栽培歷程開始入侵稻種繁殖圃進行遠距離傳播，因此加強汙染繁殖圃的稻種管理與田區清潔將係未來雜草型紅米之防治首務（Wu et al., 2019）。

日本雜草型紅米形態歧異性

日本近幾年也遭受雜草型紅米的嚴重威脅，根據過去的報導，早在1970年代已經紀錄到日本稻田中的雜草型紅米正在威脅稻米生產。當時，雜草型紅米因其外殼呈紅色而很容易區分栽培稻，並且通過密集的人工除草，稻田中的雜草紅米被大幅汰除。而早在日本本州長野縣地區，因開始引入直播栽培體系後，最早開始紀錄到雜草型紅米的混雜事件，雖後來又改以移植栽培控制雜草型紅米的混雜，但不時發現雜草型紅米的出現；近年在日本的某些地區又出現了一種潛在新類型的雜草型紅米，不似以往具有紅殼和長芒的異形態。目前尚不清楚最近重新出現的雜草稻種群是否獨立起源或與1970年代發現的雜草稻早期地方品系有密切關係。在形態上，大約可區分成3種類型，以越光株高為90公分為例，黑殼紅米的株高約110~120公分，抽穗期早熟、易落粒性，另外2種稻草色稻殼紅米類型的株高分別為100~110公分與90~100公分，而且具有不同程度的休眠性，也造成後續人工辨識上的困難度（Imaizumi, 2018）。

日本雜草型紅米的遺傳起源

雜草型紅米的重新出現很可能與日本稻米生產系統的變化密切相關，目前稻作生產鏈由於稻農明顯的人口老化、勞動力短缺、高度機械化和產量潛力增加，但卻相對缺乏完善與謹慎的雜草管理策略。在經濟生產的稻田中，發生混雜事件的可能原因，推測是從人工除草轉向廣泛使用除草劑的化學防治，特別是使用單次除草劑。此外，要區別稻草色的雜草型紅米與栽培稻種相對困難，增加了人工汰除的失敗率。第二個變化是直接播種技術在水稻種植中的應用面積，過去在日本主要以移植栽培為主，而直播模式僅占不到0.5%的栽培面積；但現在部分地方越來越多地採用直接播種用以替代移植秧苗，可能也使得自生苗發生越來越高。

另外，日本由於稻米相較於其他雜糧作物的生產成本要低，現在經常將稻穀用作飼料餵養使用，由於稻米消費量減少了，部分稻田被用於稻穀全青貯飼料等飼料生產用；在稻田中，種植具有高生物量



圖8. 左方為日本雜草型紅米的糙米樣品，右方為臺灣雜草型紅米的糙米照片。



圖9. 農試所吳東鴻博士(右)與日本農業生物資源研究所研究人員討論雙方雜草型紅米的遺傳起源與未來國際合作。



圖10. 日本冬季稻田收穫後進行翻埋與雜草管理試驗。

產量的栽培品種，這些栽培品種有時是稗稻和aus稻的雜交品種，與雜草型紅米一樣具有高度落粒性。有色的紅米也可能與雜草型紅米具有高度親緣或提供特性。傳統上，有色米是在神社裡為宗教儀式而種植的，有時是為了清酒或日本米酒而種植的；最近，稻田裡也開始種植一些彩葉稻用作一種新的藝術媒介，其中紅米以各種方式排列，以使用紅色，如繪畫中的顏色，以及田野中用作畫布的顏色。這些有色米品種與雜草型紅米相似，一些紅稻品種也具有高度落粒性。最近重新出現的

雜草稻的起源尚不清楚，藉由全基因體定序日本雜草型紅米與鄰近國家韓國、臺灣與日本稗稻品種、稗型地方品系進行遺傳親緣分析，初步結果顯示日本雜草型紅米與日本早期稗稻地方品系具有高度親緣 (Biet al., 2019)，而臺灣種原庫也保存1964年以前一些日本稗稻地方品系 (約309個)，可做為探討起源的重要遺傳資源 (圖8~10)。

雜草型紅米的除草劑耐受性與基因

現在在農作物生產中，雜草通常通過使用除草劑來控制。在現代農業中，選擇性除草劑用於作物生產，以更有效地減少雜草種群。作物和雜草之間的除草劑選擇性取決於作物和雜草之間的生長期、生長特性和生理特性的差異。但是，當雜草與農作物關係太緊密時，這種雜草控制策略就會被破壞。例如，雜草型紅米的起源可能係野生稻、或自生苗和/或野生稻和栽培品種之間的雜交後代。雜草型紅米與栽培稻屬於同屬同種，因此在幾乎所有稻米生產國都存在該項議題。雜草紅米會嚴重發生種子落粒性，但2種水稻之間的生態和生理差異很小；因此，控制雜草稻的主要困難是缺乏針對雜草稻的有效選擇性除草劑，而又不會損害栽培稻。

在2019年日本相關研究中已經發現

雜草型紅米與栽培品種具有除草劑耐受性的遺傳差異，雙環磺草酮（bTH benzobicyclon, BBC）屬於 β -三酮類抑制劑，是日本、韓國的主要水稻田除草劑之一；近年來有研究顯示，雙環磺草酮會抑制部分高產的水稻品種的生長，Maeda等人（2019）利用抗雙環磺草酮品種與敏感型品種構建BC1F2族群與染色體片段置換系群體，透過據圖選殖（map-based cloning）將抗性基因定位於水稻第2條染色體上涵蓋116.4千鹼基對（kb）的基因座上，且分析結果表明敏感型品種是由單一基因控制的隱性性狀，該基因座可通過催化 β -三酮類抑制劑的羥基化作用來解毒；研究指出該突變源自於印尼高產的秈稻品種「Peta」，且目前秈稻育種上常用的親本品種「Tadukan」與「IR64」亦屬於此類型，而稈稻品種則未發現該缺失序列；只要該基因座出現缺失突變後，經雙環磺草酮處理後，植株均出現白化的現象，且該突變的個體亦對磺草酮（sulcotrione, SLT）與甲基磺草酮（mesotrione, MST）的處理反應敏感；依據上述結果可推測目標基因在雜草型紅米與栽培品種間影響水稻對雙環磺草酮與其他 β -三酮類抑制劑抗性差異，是未來可以探討雜草型紅米的除草劑耐受性的遺傳依據。

結語

菲律賓、越南、斯里蘭卡等國家的雜草型紅米混雜近年日漸嚴重，並加強對於形態差異的瞭解，進行防治技術的調整；日本的雜草型紅米目前推測可能起源於日

本稈稻地方品系，而臺灣雜草型紅米則是秈稻地方品系，但為害特性卻都為高度休眠、易落粒與紅色糙米等，建議未來可協助盤點臺灣種原庫所保存的日本早期稈稻地方品系作為遺傳起源之基礎。

參考文獻

1. 吳東鴻、李長沛、黃永芬。2018。移植體系下雜草型紅米之危害、傳播與防治策略。中華民國雜草學會會刊，39(1):71-83。
2. 鄭智允、吳以健、吳炳奇、李長沛、David Gealy、吳東鴻。2017。臺灣雜草型紅米之形態歧異度分析。台灣農學會報，18(2):161-188。
3. Bi W, Sun J, Hosoi J, Aoki M, Sakai N, Itani T, et al. (2019) Genetic identity based on whole-genome SNP array data of weedy rice in Nagano, Japan. *Agronomy* 9:472.
4. Brunton DJ, Boutsalis P, Gill G, Preston C (2019) Resistance to very-long-chain fatty-acid (VLCFA)-inhibiting herbicides in multiple field-selected rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) populations. *Weed Sci* 67:267-272. <https://doi.org/10.1017/wsc.2018.93>
5. He ZX, Jiang XQ, Ratnasekera D, Grassi F, Perera U, Lu BR. (2014) Seed-mediated gene flow promotes genetic diversity of weedy rice within populations: implications for weed management. *Plos One* 9:e112778.
6. Imaizumi T (2018) Weedy rice represents an emerging threat to transplanted rice production systems in Japan. *Weed Biology and Management* 18:99-102.
7. Jugulam M, Shyam C (2019) Non-target-site resistance to herbicides: recent developments. *Plants* 8:417. <https://doi.org/10.3390/plants8100417>
8. Maeda H, Murata K, Sakuma N, et al. (2019) A rice gene that confers broad-spectrum resistance to β -triketone herbicides. *Science* 365:393-396. <https://doi.org/10.1126/science.aax0379>
9. Mispan MS, Bzoor M, Mahmod I, MD-Akhir AH, Zulrushdi A (2019) Managing weedy rice (*Oryza sativa* L.) in Malaysia: challenges and ways forward. *Journal of Research in Weed Science* 2:149-167.
10. Sudianto E, Neik TX, Tam SM, Chuah TS, Idris AA, Olsen KM, Song BK (2016) Morphology of Malaysian weedy rice (*Oryza sativa*): diversity, origin and implications for weed management. *Weed Science*, 64(3):501-512.
11. Wu D-H, Gealy D, Jia M, Edwards JD, Lai M-H, McClung A (2019) Phylogenetic origin and dispersal pattern of Taiwan weedy rice. *Pest Management Science*. In press. doi:10.1002/ps.5683
12. Ziska LH, Gealy DR, Burgos N, et al. (2015) Chapter three—Weedy (red) rice: an emerging constraint to global rice production. In: Sparks DL (ed.) *Advances in Agronomy*. Academic Press, pp. 181-228.

農業科技活動

放眼世界，掌握農業脈動



2/3-5 法國 蒙佩利爾**第2屆國際作物建模座談會****Second International Crop Modelling Symposium (ICROPM 2020)**

全球的農業工作者面對全球暖化等問題累積了許多經驗，同時也面臨更多挑戰，他們將在法國齊聚一堂，探討全球環境變化下保障食品安全的農業作物建模方式。本屆國際作物建模座談會重點放在作物模擬模型的實務應用與其對農業生產的輔助角色上，包括草原地、耕犁地與間作地都在討論範圍內，無論是大型農業企業、小型農夫群體或是個人，都能從中獲益。

2/5-8 美國 蘭開斯特**2020永續農業研討會****2020 Sustainable Agriculture Conference**

永續農業研討會歡迎糧食系統相關專業人士、教育家、環保倡導者與私人農莊主參與討論如何使農業永續發展，本次研討會也是各界人士共同提升農業技術、發展事業，同時兼顧環保理念的良機。在4天的會期之中，主辦方準備了超過100個糧食與農業主題，無論是剛踏入行業的初學者與業餘愛好者，或已進入農業產業數十年的業主，都提供了絕佳的交流平臺。

2/6-7 荷蘭 阿姆斯特丹**植物育種與農業國際研討會****International Conference on Plant Breeding and Agriculture (ICPBA 2020)**

植物育種與農業國際研討會提供農業系所學生、學術界人士與業界人員皆能從中獲益的深度交流，討論主題包括生物營養強化、育種信息學、基因工程、基因體編輯、寄主植物抵抗力、種間雜交等等。研討會為與會專家呈現近年來在植物育種領域上的發現、新潮流，與相關新技術在農業實務操作中遇到的挑戰，並期待與會專家共同找到可行的解決方案。

2/10-12 西班牙 巴塞隆納**第11屆環境科學與發展國際研討會****11th International Conference on Environmental Science and Development (ICESD 2020)**

本屆環境科學與發展國際研討會在巴塞隆納舉辦。來自學界與業界的環保專家互動交流，包含環境動力學、水文學、地球物理學、大氣物理學、全球環境變遷和生態系統管理、氣候變遷、全球暖化、碳捕捉和儲存、生物燃料等議題，提供各項計畫研究者之間交換意見的平臺，也讓更多計畫推動者、工程師、學生與業者吸收新知，向彼此取經。

2/13-14 英國 倫敦**農業與動物科學國際研討會****International Conference on Agriculture and Animal Science (ICAAS 2020)**

農業與動物科學國際研討會透過許多機構共同合作，鼓勵尚未發表的原創論文來稿，向與會者分享具建設性、經驗性、實驗性的學術論文，並在農業與動物科學方面建構穩固的理論。觸及的主題包括：農業生技、農業廢棄物管理、動物健康和福祉、環境工程、使用地圖追蹤數據分析鹽化地帶的土壤品質與地面水質、評估巨型建造計畫如何承擔社會責任等。

2/24-26 越南 河內**第6屆食品與環境科學國際研討會****6th International Conference on Food and Environmental Sciences (ICFES 2020)**

食品與環境科學國際研討會鼓勵食品與環境相關的研究與發展計畫，招徠各界學者與研發人員、工程師、學生與業界人士前來交換研究成果。本研討會每年舉辦，鼓勵與會者之間保持高度的意見交換連結，掌握食品與環境科學相關領域的脈動，例如食品和乳品的農業生技、食品和營養科學、食品安全和衛生等，並對研究的理論性、實驗性和應用可行性給予相同重視。

2/28 加拿大 巴里**安大略省中部農業研討會****Central Ontario Agricultural Conference**

安大略省中部農業研討會已舉辦超過40年，節目包括交流說明、討論與講者演說活動，於場內展覽區進行。本次特別邀請的講者為優秀學者或業內人士，例如經驗老到的農業環境與糧食產業環境專家、建立在地豬肉、禽肉與草飼羊肉品環保產業鏈並提倡人道畜牧的專家，以及動物科學與草食性動物營養學專家，瞭解如何建立更好的商業化農業。

3/2-3 西班牙 瓦倫西亞

世界農業高峰會 World Agriculture Summit

2020年世界農業高峰會主題為「農業領域的當前潮流與新角度」，主辦方竭誠歡迎學界研究者、學生與有興趣的一般聽眾前來瞭解農業的重要性：農業是培養動植物的活科學，更像是一門走出實驗室的藝術；它是人類文明發展的基礎，而技術躍進通常伴隨歷史的轉折。農業專家、業界人士以及重要科學社群，將為與會者帶來精采的主題演說、對話、座談會與有趣的科學展覽。

3/5-7 美國 丹維爾

印第安那州小農莊研討會 Indiana Small Farm Conference

印第安那州小農莊研討會是年年舉辦的農夫對農夫教育與意見交流盛會。本會繼承自2011年秋印第安那州農場主與投資人在普渡大學舉辦的會議，與會者從中得到機構與農民間互相協助的經驗，並將之延續、發揚。本年度小農莊研討會以印第安那州的農業產業為中心，討論與關心的主題範圍擴及各式不同的農場社群，可望吸引超過500位參加者、50個展覽單位參加。

3/13-15 荷蘭 阿姆斯特丹

第11屆生物科技與食品科學國際研討會 11th International Conference on Biotechnology and Food Science (ICBFS 2020)

依照目前的人口增長、自然資源缺乏與氣候趨勢，世界的糧食生產結構將會面臨大變革。生物科技與食品科學國際研討會以生物科技及食品科學為出發點，邀集掌握最新學術發展的重要科學家與研究者，以期成為解決問題的研討會與討論平臺。討論主題包括生物信息學、細胞和組織工程、微生物學、蛋白質和基因傳遞系統在農業上的發展和應用。

3/19-20 土耳其 伊斯坦堡

農業與園藝國際研討會 International Conference on Agriculture and Horticulture (ICAH 2020)

在伊斯坦堡舉辦的農業與園藝國際研討會，希望凝聚不同領域學者的學術研究動力，在推動農業與園藝的技術潮流中交換意見。農業與園藝國際研討會鼓勵研究者發表在概念上與實驗上新穎、具有前瞻理論架構的論文，包含但不限於以下主題：太陽能農場計畫的可行性、以活性生物碳處理農業汙水、複雜成分顆粒狀肥料的相關科技等。

3/25-26 英國 倫敦

植物科學與農業世界議會 World Congress on Plant Science and Agriculture

本屆在倫敦舉辦的植物科學與農業世界議會，主題為植物與農業的前沿新知，關注的主題包含植物解剖構造、植物基因學、植物與農業環境的塑造、農藝學中的植物營養議題等。透過集結研究者、學生與科學家，主辦單位提供主題演講、口頭報告、海報展示和座談會等方式來幫助與會者分享觀點。此外還有植物與農業職業發展前景的工作營與展覽，鼓勵學者將研究成果應用在業界。

3/28-30 日本 東京

第6屆生物科技與農業工程國際研討會 6th International Conference on Biotechnology and Agriculture Engineering (ICBAE 2020)

生物科技與農業工程國際研討會每年舉辦，2020年的主要目標是整合、宣傳新生物科技與農業工程的發展活動，鼓勵來自亞洲及國際、業界及學界之間的人才，關心生技和農業的交叉學科應用，並進行科學資訊整合。優秀論文將發表在《農業期刊》(Journal of Agriculture) 或《國際藥理藥物與生物科學期刊》(International Journal of Pharma Medicine and Biological Sciences) 中。

3/30-31 新加坡 新加坡

農業、食品與生物科技國際研討會 International Conference on Agriculture, Food and Biotechnology (ICAFB 2020)

今年的農業、食品與生物科技國際研討會與《農業、食品與生物科技》(Agriculture, Food and Biotechnology) 特刊合作。在期刊客座編輯與主編的協力下，ICAFB透過這次活動，鼓勵農業食品與生技相關領域中的有志專家、學者、研究者來稿，期望描繪出農業、食品與生物科技領域前景的重大潛能與影響力。研討會的主題包括可生物分解包裝與食品安全、糧食系統在環境計畫中扮演的角色等。

4/6-8 英國 倫敦**第22屆農業、生物與環境科學國際研討會**
22nd International Conference on Agricultural, Biological and Environmental Sciences (LABES-20)

本屆農業、生物與環境科學國際研討會的重點為探討近期最新研究結果在未來的實務應用，及早辨認兼顧農業發展與環境生態保護時的問題。主要討論主題如下：化學工程、生物學和細胞微生物學、農業工程、食品工程、氣候變遷、藥理科學、生物多樣性以及生物醫學等，期望為農業、生物與環境科學的跨領域研究提供新視野。

4/8-10 德國 漢堡**第22屆農業、生物學與公共衛生國際研討會**
22nd International Conference on Agriculture, Biology and Public Health (HABPH-20)

本屆農業、生物學與公共衛生國際研討會將在漢堡展開，邀請了來自世界各地的研究人員、工程師、學者等專業人士，共同討論農業生物學、科學技術與工程等議題，並為這些研究人員提供了一個平臺，展示在這些專業領域上的研究成果。

4/13-15 西班牙 巴塞隆納**第9屆營養與食品科學國際研討會**
9th International Conference on Nutrition and Food Sciences (ICNFS 2020)

營養與食品科學國際研討會是在理論、實驗和應用領域，展示研究成果及尋找創新構想的論壇。該會議為與會者提供了面對面交流想法和應用經驗、建立業務或研究關係以及尋找未來合作夥伴的機會，包括農業生物科技、食品工程、肉品科學、營養政策等主題。

4/14-16 泰國 曼谷**第7屆食品與農業科學國際研討會**
7th International Conference on Food and Agricultural Sciences (ICFAS 2020)

食品與農業科學國際研討會今年度的重點為環境工程，因此會中安排最佳平臺讓環境工程師與研究者呈現最新資訊、近期實驗與實務經驗，給來自全世界的食品與農業科學人士、從業專家，作為討論交流的指標。研討會方向包括：農業生物技術、育種和遺傳、家畜飼養、食品與營養科學、植物基因工程等。

4/20-21 義大利 羅馬**第4屆全球農業與氣候變遷研討會**
4th World Agriculture and Climate Change Conference

全球農業與氣候變遷研討會準備了豐富的會議內容、主題演講以及海報呈現，也邀請新生代研究者展開小組會議與座談會，主題為「在氣候變遷下尋求農業設施轉型」，希望在過程中促成產學交流。另一個主題為「農業與應用經濟學」，涉及環境學、植物科學、礦物學、氣候變遷、海洋學、土壤科學與地理學。

4/23-24 美國 波士頓**永續環境、農耕與農業國際研討會**
International Conference on Sustainable Environment, Farming and Agriculture (ICSEFA 2020)

永續環境、農耕與農業國際研討會致力於宣導永續環境議題在農業中的重要性，以吸引眾多不同領域的學者發表論文與前沿觀點，無論是農業學系學生或者涉足業界的研究者，均能滿載而歸。主題包括：如何逆轉酪農業對氣候暖化的衝擊、開發中國家如何建立去中心化的永續能源系統，以及建設規模最小污染與浪費的食品零售業等。

4/27-28 韓國 首爾**農業與營養國際研討會**
International Conference on Agriculture and Nutrition

農業與營養國際研討會在主辦團隊學術思維與產業深度經驗的整合下，鼓勵產業人士在交流過程中推銷自己的產品與品牌，同時鼓勵學者專家向業界說明手中研究的前瞻性與發展性。研討會的主題包含營養與食品安全、農業工程與生技、水土管理等，期望應用最新研究成果，解決當今農業面臨的問題。

農業科技新知

產業發展動向與環境相關議題探討



利用受控環境糧食作物來解決糧食短缺問題

編譯／黃仁藝

佛羅里達大學研究員針對「受控環境系統」(controlled environment system)的不同面向提出解釋與分析，試圖瞭解不同的糧食生產方案在目前有望成功的都市農耕中，能夠運用到何種程度。

在工業革命導致土地與勞動力短缺，並且將糧食生產逐出城市之前，農業本來是都市環境與規劃的核心。如今某些消費習慣與喜好的改變，使得都市農耕可望再次回歸，以面對糧食系統的永續性議題；同時藉著逐步擺脫石化燃料依賴與強化食品安全，增進社會與環保的融合度。

努力推動有效的都市農耕，如今不只是個願望，也是必要的目標。根據計算，市場對在地生產農產品的需求越來越高，使人們更有意願嘗試那些為受控環境農業產業發展出的技術。這種糧食生產的系統與方法，可望對全年均可生產糧食的目標，與降低糧食各項成本，作出貢獻。

受控環境的優勢是可預測植物的反應、強化生產效率、優化植物出產量、改進植物品質。研究者們提出的主題，還包括無土壤的培育系統，使植物能在特殊環境下生長、使用二極管發光體以節省能源，提升生產品質。空置屋頂加蓋的溫室不僅善加利用陽光，更使農作物生產盡可能地接近消費者。更重要的是，這

類溫室系統能根據各自的要求，採用特殊材質客製化建造，像是打造光伏系統(photovoltaic system)與建立一套雨水搜集策略，好讓它們在擴張發展時更具永續性。

要使都市農夫真正從受控環境農業中受益，必須做好地區性需求的分析，包括糧食供需、地點、人口密度、設施設計，與生產的農產品種類。從初步的研究可知，都市農場的可持續性面臨以下挑戰：它需要資本投注、會產生運作花費、須評估產量、農產品的品質與一致性，以及該地區市場的趨勢。

室內都市農場接受的挑戰更高，因為它們非常耗電，然而這種問題並非不可克服；再考量到室內耕作較可保證糧食品質安全，也能超越環境與季節的限制，有時確實是值得付出的成本。

受控環境在都市的背景下可行性有多高，能否真的為當前糧食供應鏈的挑戰提供解決之道，還是要依個案論處。大型室外農場在提供人們新鮮農產品上仍將扮演重要角色，但都市農場將會隨著都市化進程，與都市人口對在地農產品需求量的增加，變得越來越重要。

參考資料：<https://www.sciencedaily.com/releases/2019/11/191121123149.htm>



超乎想像！植物之間會互相幫助

編譯／黃仁藝

人們長久以來認為，植物跟動物一樣在自然界永遠處於彼此競爭的狀態。來自樸茨茅斯大學（University of Portsmouth）針對惡劣環境植物所進行的新研究顯示，成熟的植株會幫助較弱小的植物，使植物聚落繁榮。

該項研究開闢先例，試圖深入理解不良環境中植物的生命週期，以瞭解它們如何互動；結果報告中發現，植物會庇護幼苗，提高小株植物的生存機會；受庇護的苗株成熟之後會比它的植物前輩更加強壯。在生態學中，這個現象叫做「促進作用」（facilitation）。

樸茨茅斯大學Rocio Pérez-Barrales博士與西班牙瓦倫西亞沙漠化研究中心的Alicia Montesinos-Navarro博士，來到堪稱「生態沙漠」的西班牙東南方石膏土區進行研究。他們的發現對於嚴酷環境的管理十分有意義。

Pérez-Barrales博士說：「當我們要在一塊貧瘠的土地上播種時，比方說山頂或者沙丘，只要種子幸運地落在較大的植物底下，它的生存機率會比落在空地上的種子大大提升。更驚人的是，如果某株站穩腳跟的大植物正保護著幼苗——我們叫這樣的植物『保母』——它會比同樣尺寸的大植物長出更多花朵。」這對植物的成株與幼苗而言是雙贏的局面，但這個現象從未被發現。

「學者在評估植物之間的關係時，會把成株與幼苗當作不同的生長階段分開來看，並分開下結論。」Pérez-Barrales博士說，「一旦我們研究植物的整個生命歷程，從發芽到成熟，直到能夠開花，互益的證據就顯現出來了。」

幼苗從保母植株的葉片之下獲得了遮蔭、濕氣與營養，所生長的土壤環境也較容易有細菌與真菌，以及其他好處。而當幼苗逐漸長成時，保母植株也比附近同種類但單獨生長的植株開出更多花，因此有更好的機會產生種子並繁衍。

研究人員還觀察到，種類越繁多的植物加入保母——幼苗的夥伴關係中，能對環境產生正面的連鎖反應。舉例來說，在發生了保母與促進者植物夥伴關係的一小塊綠地中，由於開出了更多花，就會吸引不同種類的授粉昆蟲前來，強化昆蟲生態與土壤品質，最後的結果是產出更多類型的果實，引來更多鳥類與哺乳類動物。

「從植物保母關係中獲益最大的是物種多樣性。」Pérez-Barrales博士說，「一個區域的物種多樣性越強化，就意味著更多種植物、昆蟲、細菌、真菌、哺乳動物與鳥來到這裡生活，環境與生態圈的機能與健康狀況便更加健全。」

<https://www.sciencedaily.com/releases/2019/11/191113095246.htm>

如何使益蟲與害蟲競爭時贏在起跑點上

編譯／黃仁藝

玉米根葉甲蟲這種害蟲，在美國的玉蜀黍種植區造成高達20億美元的經濟損失，因此被視為農業大敵。牠是美國的原生物種，如今卻入侵歐洲，連瑞士都不能倖免。

來自伯恩大學（University of Bern）植物科學中心（IPS）的Christelle Robert與Matthias Erb在一項早期的研究中，說明玉米根葉甲蟲之所以成功的生存策略。玉蜀黍類植物將名叫「異脛脲酸」（benzoxazinoids）的自我防禦物質儲存在特定的地方，也就是根部。異脛脲酸對許多種害蟲而言是有毒物質，但玉米根葉甲蟲有能力使其毒性不對自己造成危害。甲蟲幼蟲對玉米的自我防禦機制產生抵抗力，更糟的是，異脛脲酸積累在玉米根葉甲蟲體內，可對付牠們的天敵，包括危害牠們幼蟲的致病性線蟲（entomopathogenic nematodes）。

IPS種間關係學（Biological interaction）教授Matthias Erb說：「我們曾經在玉米田中靠線蟲獲得巨大的成功，其他增進害蟲控制效率的相關措施，也是朝這個思路發展。然而在這樣的背景之下，我們卻發現玉米根葉甲蟲對植

物的自我防禦物質產生抵抗力，那麼，玉米益蟲致病性線蟲是否也能辦到？」

研究人員比對來自玉米根葉甲蟲肆虐區的線蟲，以及原生地沒有甲蟲的線蟲。以此為研究主題的博士生Xi Zhang說明：「我們發現採集自甲蟲災區的線蟲，跟其他地區的線蟲比，對異脛脲酸的抵抗力確實較好。」從實驗室的觀察中發現，與玉米根葉甲蟲共處過的線蟲，確實在幾個世代之內變得可抵抗植物的防禦物質。

研究者Ricardo Machado解釋說：「線蟲這種農業益蟲，只要牠們對植物的自我防禦物質產生抵抗力，就能有效地壓制住體內積累了這種物質的害蟲。」透過精準篩選，益蟲群體將快速得到這樣的特性，是很好的繁殖目標，「只要把重點放在益蟲對植物防禦化學物質的抵抗程度，我們認為其他有益於農業的生物也能加以改良。」

研究下一階段的對象是線蟲的共生細菌，探討細菌能否使線蟲抵抗異脛脲酸，然後將改良過的生物害蟲控制體釋放到田野中進行測試。

參考資料：<https://www.sciencedaily.com/releases/2019/11/191115101056.htm>



種子披衣技術可望使邊際土地成為農耕地

編譯／黃仁藝

根據麻省理工學院（MIT）的新研究，絲質種衣劑除了保護種子不受土壤鹽分侵害，還能提供微生物肥料。這種保護性強的種衣劑內含植物發芽所需的重要營養物質，使得沒有生產力的土壤也能耕種。

MIT工程師團隊嘗試以經過微生物處理的「絲」來做種子披衣，這類微生物會自然產生氮肥，促進發芽植物生長。測試結果顯示，經過處理的種子相較於一般種子，更能成功地在過度鹽化的土壤中成長。MIT的研究者們希望這項新技術毋須由專門機械生產，以便壓低成本，為邊際土地打開前所未有的農業可能性。

Benedetto Marelli教授試圖以絲當作種衣劑，延長糧食作物種子的保存期限。他說：「在研究進行的過程中，我發現『生物肥』能提高土壤中的營養含量。」所謂生物肥，就是利用與某些植物具共生關係的微生物，積極地將空氣中的氮轉化為植物可吸收的養分。「傳統氮肥的問題之一，就是需要很多能量來製造，不免造成環境衝擊；而且人工肥終究會使土壤品質降低。」

雖然不同品種的固氮細菌在全球的土壤中都找得到，但它們非常難以在土壤以外的地方生存。既然絲具有保存生物質的能力，Marelli的團隊想試看看它能否保存一種叫作根瘤菌（rhizobacteria）的固氮細菌。研究者使用海藻糖（trehalose）當營養劑，幫助微生物在



水分極低的狀態下存活。只要將絲、細菌與海藻糖置於水中，浸泡種子數秒，就能均勻地將披衣包覆在種子上。

在不宜耕作的土地中，這些種子發芽過後，由於不斷獲得固氮細菌的助益，比未經處理的種子長得更健康。研究團隊表示，這項技術的實務運用很簡單，只要在一般室溫與壓力的環境下浸泡或噴灑種子，就能為其施加幾微米厚的種衣劑。

Marelli說：「我們使用可溶於水的一般絲；這麼一來，當種子進入土壤中，種衣劑就能釋放細菌。這層包膜提供足夠的保護與養分，使種子在鹽分過高、本來寸草不生的土壤中仍能正常生長。」

豆類作物是本研究目前的重點，一般豆子如鷹嘴豆能從根瘤菌中獲得肥料，然而此技術經過調整，未來可望應用在其他作物上。同時，本技術的下一步發展是改良種衣劑，希望使其不只能夠抗土壤鹽分，還能藉著吸收土壤水分為種子熬過旱災。

參考資料：<https://www.sciencedaily.com/releases/2019/11/191125153004.htm>

溫度提高會使稻米中的砷含量上升

編譯／黃仁藝

稻米是世界人口每天消費的主食，但是稻米除了營養與熱量外，還含極少量的砷；大量的砷有毒，會引發各種疾病與消化系統癌症。

華盛頓大學的研究者發現，在符合氣候變遷預測水準的較高溫度下，會導致稻米穀粒累積更多砷。

砷是自然存在土壤中的物質，但是在慣用除草劑或灌溉水含砷的地區，土壤砷含量更多。當農夫在田中灌滿水種水稻時，砷就會從土裡釋出到水裡。

華盛頓大學公民與環境工程系博士生 Yasmine Farhat 解釋：「你可以想像植物體像是一根大吸管，藉著根把水一路吸到葉片。砷的分子結構接近於禾本植物容易從土中吸收的物質，於是稻米很自然地吸收砷，也累積了砷。」

為了瞭解在溫度升高的環境下，稻米是否吸收了更多砷，研究團隊從加州戴維斯水稻耕地採集土壤。回到西雅圖後，他們在溫度受控制的生長室中用採回的土種植稻米，並比對在4種溫度環境下稻米吸收砷的狀況。

第1組稻米生長在加州的正常溫度下，也就是日均溫華氏77度（攝氏25度）。其他3組稻米的種植環境溫度漸次提高，反映直到這個世紀末為止，全球暖化趨勢下加州該地的各個氣溫水平：華氏82度（攝氏28度）、華氏87度（攝氏30.5

度）以及華氏91度（攝氏33度）。每組稻米接受的夜間溫度皆比日均溫低了華氏3.6度（攝氏2度）。

團隊發現暴露在越高的溫度下，稻米整個植株包括穀粒的部分，吸收到的砷皆增加。Farhat說：「稻米的莖與葉中砷含量隨溫度提高，增加得很明顯。至於穀粒，在最高的溫度下，稻米植株受到太大的壓力，導致結不出稻穗。但從其他2組氣候變遷預測的高溫對照組中，確實看得見穀粒中的砷增加，而且在高低溫差之間含量相差可達3倍。」

砷其實也會毒害稻米本身，只不過稻米發展出了抵抗砷的機制，比方說植株會開啟一種將砷隔離在特定細胞與組織中的蛋白質。然而當研究人員測量這種蛋白質機制在高溫環境下展現得如何時，卻發現與低溫組的稻米比較起來，它們並沒有隨溫度變高而增加。

Farhat解釋：「可能是因為土壤中的砷含量本來就不高，所以植物體的防禦機制感受不到開啟的必要。問題是，從前我們並不特別關心低砷含量的環境系統，而現在已有數據證實當全球在暖化時，即便是生長在安全土壤中的稻米，它們的穀粒也可能在遭受砷汙染。」

參考資料：<https://www.sciencedaily.com/releases/2019/12/191204152827.htm>

農業網站導覽

知識經濟時代，一指蒐羅寰宇資訊



密西西比州大學森林與野生動物研究中心

Forest and Wildlife Research Center, Mississippi State University

<https://www.fwrc.msstate.edu>

森林的野生動物、漁業與其他出產對密西西比州的經濟有很深的助益，居民必須與森林共存共榮；因此密西西比州大學森林與野生動物研究中心（FWRC）的工作重點在於如何保護自然環境、有效管理森林資源。來自校園的科學家與學生們在州政府與各界款項的贊助之下，從地區出發，透過刊物宣傳，建立技術交流以及互助網絡，將森林管理與環境保護的最佳方案推展到全州、美國全國，與世界。森林經濟能否永續成功，端看科學基礎研究之深度，以及如何化知識為操作，讓產業與環保得以兼容，不再對立。為此，該中心成立的下屬單位除了自然資源產業中心與環保研究與教育中心外，還有人類與野生動物衝突解決中心，對蝙蝠疾病傳染、動



(圖片來源 / www.fwrc.msstate.edu)

物闖入民宅或農舍等困擾進行協助。

森林資源系大學生與研究生們將心力投入FWRC的研究計畫中，期望成為未來的自然資源管理領導者。近期投入的研究包括木製品副產品的創新利用、促進林木復育新招、森林大火防治，以及土地擁有者相關的案例研究。

徵稿簡則

1. 本刊以報導國際間之農業科技新知為宗旨，內容分為農業科技視野、農業科技活動、農業科技新知與農業科技網站等。本刊園地公開，凡與上述內容有關之稿件，均所歡迎。
2. 本刊篇幅有限，專題報導以不超過7,000字，新知文稿以不超過850字為原則，來稿文件請以word檔案 (*.doc) 儲存，並註明投稿《國際農業科技新知》。如有相關照片請註明其說明文字，譯稿請附原文檔案或影印本，並註明出處。來稿請詳示真實姓名、寄送地址、服務機關、職稱、聯絡電話，以利聯繫。
3. 一稿兩投恕不致酬。本刊對來稿有刪改權，如未採用，恕不退還，如需退稿或不願刪改，請於來稿時註明。

來稿請寄：haoren@agriharvest.tw

深耕臺灣 用心每一天

每期深入淺出報導農界熱門議題及動態
每期紮實採訪找出農民們的問題癥論點

幫助您掌握國內外農業的趨勢與新知
提供您完整農業疑難雜症的知識金庫

陪伴農民的逗陣好朋友，豐年！



豐年 一年 12 期

訂閱優惠價 **1,350 元**



料理生活 收集鄉間的美好

從農作、料理、

節氣、野趣

串連起物與人之

間的生命距離

堆疊起人與人之

間的情感厚度

鄉間小路

一路探詢

生活的空間感

與生命的光芒



澎派2020方案

訂閱《鄉間小路》一年12期 + 全聯禮券500元

優惠價 **1,880元** (定價2,516元)



- 請註記起訂月份。若無註記，每月15日前訂閱，寄送當月雜誌；15日後訂閱，首期雜誌寄送下月份。
- 續訂戶自動延長期數。請留訂戶編號以便查詢。
- 雜誌訂閱方案僅供台灣地區訂戶使用。
- 贈品以實物為準，若送罄將以等值贈品替代，贈品依訂單順序寄送，訂閱方案不能同時並用。
- 主辦單位保有權修改、終止活動之權利。