

出國報告（出國類別：研究）

參加第 6 屆植物基因體及基因編輯  
研討會及賓州州立大學研習

服務機關：衛生福利部食品藥物管理署

姓名職稱：陳育志 聘用副研究員

派赴國家：美國

出國期間：107 年 9 月 29 日至 107 年 10 月 7 日

報告日期：108 年 1 月 2 日

# 目次

摘要 .....	2
壹、目的 .....	3
貳、過程 .....	5
參、心得及建議.....	22
肆、參考文獻.....	24
伍、附件	
附件一、「第六屆植物基因體與基因編輯研討會」議程 .....	25
附件二、美國基因改造食品的標示現況.....	28

## 摘 要

基因編輯技術已廣泛運用於植物育種創新(Plant Breeding Innovation, PBI)，部分基因編輯產品也被美國農業部認為無需進行查驗登記，現今世界各國對於 PBI 或是基因編輯產品是否納入法規管理仍在研議中，面對此類即將上市的新穎食品，勢必為國人所關注，為因應未來檢驗的需求與能力的建置，建立國際交流管道與國際法規接軌，並配合本署業務需求與研究方向，至美國費城參加「第 6 屆植物基因體及基因編輯研討會」及至賓州州立大學研習。第 6 屆植物基因體及基因編輯研討會，內容涵蓋基因編輯與食品安全、基因編輯技術之應用、基因編輯與法規，以及植物基因體分析等主題，講者主要來自美加及歐洲，會中學習到基因編輯技術之最新發展應用，以及國際基因編輯法規現況，與專家學者之交流獲取實務經驗、拓展國際人脈及接軌國際最新趨勢。順道至賓州州立大學研習，拜訪楊亦農教授與高德輝院士，從而汲取老師們在基因編輯的豐富研究經驗與新知，對我國未來在研擬基因編輯食品法規與本署發展檢驗技術有重要的啟發。

## 壹、目的

基因改造作物發展至今已有超過一百種基因改造轉殖品系被核准作為食用，基因改造特性包括耐除草劑、抗蟲、營養成分改良與環境逆境耐受…等，全球商業化種植的基因改造作物主要為黃豆、玉米、棉花和油菜，為目前常見的基因改造食品原料，此外，尚有基因改造木瓜、馬鈴薯、蘋果等已先行在美國或加拿大上市。耐除草劑基因改造黃豆 Roundup Ready soybeans (簡稱 RRS)為最早開始商業化種植的基因改造大宗穀物，從 1996 年至今已經 22 年，儘管已上市的基因改造食品皆經過審慎的食品安全性審查，但消費者常常對其是否會導致過敏、癌症、具有毒性因子、具外來基因等因素產生疑慮，再加上一個基因改造作物的研發，生技業者常需要花費 10 至 20 年以上的時間進行基因轉殖、育種、田間試驗、安全性試驗、查驗登記法規事務、審查回覆等階段性工作，平均每個案件約耗費 1.3 億美元的成本，通常需要跨國性的大型生技業者才有能力負擔。隨著一些分子生物研究的突破性發現與演進，基因體分析與基因編輯技術的成熟發展，使用新育種技術(New Breeding Techniques, NBT)與基因編輯(Gene Editing)技術來進行作物改造，將會比傳統育種、現行的基因改造(基因轉殖)更有效率也更省時省錢，在歐盟 2011 年針對新育種技術發展提出的展望報告[1]，將新育種技術可分為 8 類，包括：(1)鋅指核酸酶(Zinc finger nuclease, ZFN)技術、(2)寡核苷酸點突變(Oligonucleotide directed mutagenesis, ODM)、(3)同源基因轉殖(Cisgenesis and intragenesis)、(4)依賴 RNA 誘發 DNA 甲基化(RNA-dependent DNA methylation, RdDM)、(5)嫁接

(Grafting)、(6)反向育種(Reverse breeding)、(7)農桿菌滲入法(Agro-infiltration "sensu stricto", agro-inoculation, floral dip)、(8)合成基因體(Synthetic genomics)。

另外，像是 RNA 干擾 (RNA interference, RNAi) 與 CRISPR/Cas9 的基因編輯技術也已經應用於新作物育種之研發。目前 ZFNs、TALENs (Transcription activator-like effector nuclease)、CRISPR/Cas9 (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats / CRISPR-associated 9)等基因編輯技術已研發出許多優良的作物，像是玉米、黃豆、稻米、小麥及向日葵等作物都有學者與公司在進行基因編輯育種，像是且基因編輯蘑菇、基因編輯蠟玉米等獲得美國農業部認可解除管制無須進行法規查驗[2,3]。考量未來基因編輯作物將會供作食品，目前各國基因編輯技術食品管理法規亦正規畫中，收集基因編輯國際研發資訊，與及早建立相關檢驗技術的實有必要，故選擇參加植物基因體與基因編輯研討會來蒐集資訊建立國際基因編輯技術聯絡管道，順道拜訪賓州州立大學(Penn State) Yinong Yang (楊亦農)教授實驗室了解基因編輯蘑菇近況，並研習基因編輯技術與檢測分析方式，以精進本署國家實驗室面對新穎生技產品時具有專業新知識與最新的檢驗能力。

## 貳、過程

日期	地點	行程
9/29-9/30	桃園→舊金山→費城	啟程
10/1-10/2	費城	第六屆植物基因體與基因編輯研討會 (6th Plant Genomics & Gene Editing Congress: USA)
10/3-10/5	費城→賓州州學院	賓州州立大學楊亦農教授實驗室研習
10/5-10/7	州學院→芝加哥→桃園	返國

### 9月29日至9月30日

9月29日搭乘長榮航空 BR27 班機至美國舊金山轉機，搭乘聯合航空 UA384 於9月30日抵達美國東岸費城。

### 10月1日至10月2日

#### 參加「第六屆植物基因體與基因編輯研討會」

第六屆植物基因體與基因編輯研討會(6th Plant Genomics & Gene Editing Congress: USA)係由 Global Engage 主辦，在費城城市大道希爾頓飯店(Hilton Philadelphia City Avenue)舉行，本次研討會的重點除了針對利用次世代定序(NGS)與基因編輯(Gene Editing)等最新技術應用於植物研究進行討論之外，主軸更聚焦於「基因編輯」，新增了基因編輯法規、基因組選擇、基因編輯與定序流程、基因編輯與產學合作等議題進行演講與討論。第三屆生物控制，生物刺激和微生物體研討會(3rd Partnerships in Biocontrol, Biostimulants & Microbiome Congress USA)也與本次研討會一起舉辦。



圖一、第六屆植物基因體與基因編輯研討會會場

研討會議程詳見附件一或見本次研討會網頁[4]，由於部份的演講時間重疊無法一併參加，筆者便專注於「植物基因體與基因編輯」這個主題，重要的演講內容整理如下：

來自加拿大 Saskatchewan 大學 Global Institute for Food Security (GIFS)的 Maurice Moloney 博士的演講為研討會揭開序幕，講題為「Plant genomics and genome editing: essential tools for the delivery of global food security」。糧食安全的含義就是要讓全世界所有人能夠穩定地取得足夠的食物，而植物學家進行作物育種的目的就是要讓作物能夠長的好、增加糧食產量、耐受病害、耐受環境變遷，使得糧食供應不會造成短缺。由於

生物技術的進步，基因體定序的革命性突破，次世代定序費用的大幅度降低，以及 ZFNs、TALENs、CRISPR/Cas9 等基因編輯技術的成功應用，藉基因技術來育成一個優良品種的植物變的比以前更快速。Moloney 博士以 Andersen 等人文章的圖一來說明傳統育種、基因改造（基因轉殖）與基因編輯的差異[5]，基因編輯相對於傳統育種、基因改造（基因轉殖），在過程中雖有使用到基因改造(GM)技術，但沒有新的基因殖入，與現行基因改造的定義不同，且能針對特定的標的基因進行單一寡核苷酸置換或是特定的核苷酸片段刪除，達到精準植物分子育種的結果。此外，藉由基因編輯技術，可加速作物新品種的培育來抵抗常見的植物病害，如小麥 MLO 基因在基因編輯後可抵抗真菌感染防止白粉病(powdery mildew)的發生[6]。目前加拿大對於新穎食品的管理是針對產品而非過程，依照這樣的管理架構，不見得所有的基因編輯作物都需要進行查驗登記，由於基因編輯作物的管理在全球尚無一致的共識，目前加拿大尚採個案認定的方式來進行。

由於歐盟法院在今年(2018年)7月25日公布的判決書認定，非自然發生的基因體突變應適用於歐盟基因改造法規，也就是使用基因編輯等技術所造成基因體突變所生產之產品，應視為基因改造生物。這樣的判決也在本次研討會引起廣泛討論，Moloney 博士用「King Canute on Gene Editing」來比喻這件事，意指「就像卡努特國王一樣下了命令，但潮流都將繼續存在」，對於英國史不熟悉的筆者來說，這樣的比喻似乎難懂，還好現在網路科技發達，立刻上網查詢，才原來卡努特國王曾命令海水波浪不要前進碰觸到自己腳的故事。

在技術方面，Moloney 博士也提到分子基因技術與 IT 產業的結合將有助於新興農業、作物科學的發展，尤其是次世代基因體定序生物資訊的處理，非需要仰賴 IT 產業的軟硬體協助。緊接著 Moloney 博士的演講的兩個基因編輯主題，分別是 Pairwise 公司介紹該公司的基因編輯研究與 NRGene 公司介紹如何基因體解序技術與大數據處理。

Tom Adams 博士是 Pairwise 公司的 CEO，曾任職於孟山都公司，有 30 年的研究經驗，且 Pairwise 公司共同創辦人包括有基因編輯界大師級的 Feng Zhang (張鋒) 教授、David R. Liu (劉如謙) 教授及 J. Keith Joung 教授。Pairwise 的基因編輯技術授權自哈佛大學，目標是發展出健康的食物，研發策略為針對植物疾病(Plant Disease)、植物生長結構與發育(Plant Architecture and Development)、植物生長密度(Plant Density)等特點經由基因編輯方式培育出優良性狀的作物，使耕地單位面積產量增加、增加營養價值、降低病蟲害影響、增加作物對環境變遷的耐受性。此外，Adams 博士詳細的說明該公司如何使用各種基因編輯技術進行研發，也簡單的揭露該公司在蕃茄與草莓上的研究，運用次世代定序與植物代謝路徑來分析確認基因編輯後的成果。

來自 NRgene 公司的 Paul Chomet 博士介紹如何基因體解序技術與大數據處理，NRGene 是一家提供基因體序列分析與生物資訊數據處理的商業實驗室，其應用範圍涵蓋醫學研究以及植物和動物育種。NRGene 研發出的關鍵分析技術可將基因檢測與組裝縮減到幾週的時間，花費也相對降低。通過我們的生物信息學家，遺傳學家和育種者

的跨學科團隊，NRGene 不斷完善我們用於高級基因組研究的大數據工具，揭示醫學研究以及植物和動物育種的多樣性。Chomet 博士的演講說明 NRGene 如何來檢視次世代定序實驗結果，進行生物資訊分析以及基因比對，經由這樣的技術與經驗分享，將有助於本署獲取經驗，將現行的檢測與分析流程最佳化。

Tom Greene 是 Coeteva 公司(原道禮及杜邦公司種子部門合併)的資深科學家，介紹已應用 CRISPR/Cas9 基因編輯技術所進行的目標育種，像是玉米、黃豆、稻米、小麥及向日葵等作物都正在進行基因編輯育種，以玉米及黃豆為例，目的要使玉米能抵抗病害、增加產量，使黃豆油酸含量增高。另外，CRISPR 技術的改良，像是使用新的 CasX 蛋白質，也促使目標基因的編輯更專一更有效率。杜邦公司亦使用 CRISPR/Cas9 技術培育出生長性狀優異的蠟玉米(Waxy corn)，蠟玉米所含的澱粉 100%是由支鏈澱粉組成，而一般正常田間玉米，則有兩種澱粉，大約 70%的支鏈澱粉，大約 30%直鏈澱粉。由於蠟玉米含有 100%支鏈澱粉，適用於食品用澱粉、工業用澱粉、飼料及釀酒精使用。

Calyxt 公司是一家以消費者為中心，著重食品和農業的公司。Calyxt 使用基因編輯技術為消費者提供更健康的食品成分，發展高油酸黃豆以提供更健康的油、高纖維小麥、有益於環境的農作物特性，以及減少農藥的使用。儘管 Calyxt 公司相對於現行基因改造生技公司規模來的小，但已積極運用 TALEN (Transcription activator-like effector

nuclease) 基因編輯技術來發展有益於食用健康的黃豆、小麥、油菜、馬鈴薯。Javier Gil Humanes 博士是 Calyxt 公司的產程經理，介紹 Calyxt 如何運用 TALEN 來編輯植物基因開發產品，並點出基因編輯在作物育種上的優勢，相較於基因改造而言，基因編輯作物從研發到上市的時間約可縮短一半以上，大約是 7 至 10 年，研發的成本相對也大幅降低。下圖為 Calyxt 公司基因編輯產品的研發進度。



圖二、Calyxt 公司基因編輯產品的研發進度

<http://www.calyxt.com/products/products-in-our-development-pipeline/>

目前 Calyxt 公司已有高油酸黃豆(high-oleic soybeans)、高油酸低亞麻油酸黃豆(high-oleic / low-linoleic soybeans)、高纖小麥(high fiber wheat)、抗白粉病小麥(powdery mildew-resistant wheat)、品質改良苜蓿(improved quality alfalfa)、低溫儲藏馬鈴薯(cold storable

potatoes)、降低褐變馬鈴薯(reduced browning potatoes)共 7 個基因編輯產品，獲得美國農業部 APHIS (Animal and Plant Health Inspection Service)的認可無須進行查驗登記的程序。Humanes 博士進一步介紹基因編輯高油酸黃豆和高纖小麥，Calyxt 高油酸黃豆的脂肪酸含量，油酸約為 80%，相較於現行大豆油商品的飽和脂肪酸減少 20%，零反式脂肪產生，符合美國 2018 年禁用反式脂肪的要求，改進後的油成分類似於橄欖油，增加油炸使用壽命達 3 倍，味道溫和適合食品應用，預計 2018 年上市。由於 Calyxt 公司是專精於基因編輯技術的研發公司，所以，高油酸黃豆的商業經營模式預計將委託現有的種子公司生產高油酸黃豆種子、農民契作、委託煉製場精鍊食用油，再由 Calyxt 公司販售高油酸黃豆油。此外，發展高纖小麥的目的是因為現行的美國成年人平均每日纖維攝取量約 15-18 克，但建議值為 25 克，過去 30 年美國成年人肥胖病例增加了 100%，與飲食不良相關的疾病（包括糖尿病和心臟病）導致了 43%的死亡。以 Calyxt 高纖小麥所製成的白麵粉，纖維含量跟其他小麥粉相比可多達 3 倍，食用一份 Calyxt 高纖麵粉預期可達到美國每日纖維 100%的建議攝食量。

綜整 Humanes 博士的演說，Calyxt 公司成功的應用基因編輯技術研發一系列可使人們攝食更健康的黃豆、小麥等產品，創新農業生物技術產業，無反式脂肪的高油酸黃豆預計 2018 年上市，高纖小麥預計 2020-2021 年上市，然而各國對於基因編輯產品的管理與法規仍在討論中，歐盟法院 7 月將基因編輯視為基因改造的判決結果，勢必有可能衝擊到這些基因編輯產品的上市時程。由於 Calyxt 公司網站及演講資料皆顯示高油酸黃豆於 2018 年上市，為了瞭解該產品的近況，休息時間筆者也與 Humanes 博士

交談，確認高油酸黃豆目前仍處於研發試驗的最後階段，尚未上市量產。

KeyGene 公司是由一些荷蘭的種子公司於 1989 年創立，總部位於荷蘭瓦赫寧恩 (Wageningen)，瓦赫寧恩也是荷蘭植物和食品的創新研究中心，KeyGene 擁有先進的實驗室，專注於次世代定序，細胞和組織培養以及植物表現型分析，具有溫室和培養設施進行植物和食品研究，發展大型資訊設備儲存、處理和分析次世代定序結果及生物資訊大數據解析。Walter Nelson 博士是 KeyGene 美國公司的 CEO，介紹 KeyGene 的技術與研究，KeyGene 公司的定位是介於研究機構與生技公司之間的研究橋樑，協助研究機構進行植物創新育種之基因體序列分析、基因編輯後之性狀分析，利用技術平台協助研發者突破作物之創新，驗證及確認有創新之價值後，能轉移給生技公司進行商業化之上市前試驗。KeyGene 公司運用 Oxford Nanopore 次世代定序系統進行甘蔗、蕃茄等作物之定序，配合該公司強大的生物資訊設備進行基因體組裝及分析，讓人印象深刻，會中並向 Nelson 博士請教如何優化基因體 DNA 的萃取技術，以便在次世代定序時能獲得好的定序結果。

在基因編輯法規議題的小組討論中，Neil Hoffman 博士是來自美國農業部 APHIS Biotechnology Regulatory Services 的首席科學顧問，簡單的說明目前美國農業部對於植物創新育種 PBI 的法規與作法，農業部長 Perdue 曾在 3 月發表聲明，說明美國政府的對於植物創新育種包括基因編輯技術的監管責任，美國農業部會持續尋求在沒有風險的

情況下允許創新，不管制使用基因編輯技術且與傳統育種產品無法區分的產品。生物技術研發者可利用「Am I Regulated?」的諮詢程序向 USDA 確認其基因編輯產品是否需要依據 7 CFR part 340 基因工程(genetically engineered, GE)法規來進行產品查驗登記程序才能解除管制(Deregulate)，所以根據美國生物技術法規，美國農業部目前沒有規定或是任何計劃來管理經由傳統育種技術(含部份基因編輯)開發的植物，只要它們不使用植物有害生物作為受體或載體，且自身不是植物有害生物，美國農業部認為下列 4 種基因編輯改變的 PBI 植物新品種是不需要進行法規查驗，包括：

- (1) 刪除(Deletions)：植物的變化來自於任何基因片段大小的刪除。
- (2) 單一核苷酸置換(Single base pair substitutions)：植物的改變源自於是單一核苷酸置換，例如 A 換成 G。
- (3) 來自於親源植物基因的插入(Insertions from compatible plant relatives)：植物的變化僅來自相容親源植物的核酸序列插入，可與受體生物經由傳統育種產生可行的後代。
- (4) 完整的剔除分離(Complete Null Segregants)：來自於基因工程(基因改造或基因轉殖)植物的後代，不保留其親本的基因改造轉殖基因。

儘管美國農業部已制訂程序說明哪些基因編輯特性的 PBI 植物可逕自進行生產，但大多數的生技業者還是依循諮詢程序來確認自家的 PBI 植物是否符合美國的法規要求。對於歐盟法院的判決，在小組討論中也引發熱烈的迴響，認為比照「基因改造」的見解，可能會導致基因編輯技術和 PBI 產品失去縮短研究時效與減少研發成本的優勢，使得基因科技育種的發展因面臨嚴格法規制度的規範，再次促使小規模的公司或

研發者考量因需要長期投入而無法在短期內獲益，而影響基因編輯育種技術的發展及投資。

然而基因編輯產品該如何來評估其安全性呢？來自於先正達(Syngenta)公司產品安全部門的 Hope Hart 博士，從傳統育種、基因改造到基因編輯的技術與法規歷程，來說明生技業者目前是如何進行基因編輯產品的安全性評估。評估產品安全性所考量的是產品本身對於人類、動物及環境是否造成的影響，傳統育種作物在過去很少有在做安全性評估，基因改造作物則是有農藝性狀、基因特性、營養成分、毒理、過敏原等安全性評估。目前全球對於基因編輯作物是否需要管理與評估，或是該如何來管理與評估其安全性，尚未有一致的共識，應用 ZNF、TALEN、CRISPR/Cas9 等定點核酸酶 (Site-Directed Nucleases, SDN) 技術所進行的基因編輯目前大致可分為 SDN1、SDN2 及 SDN3 共三類，SDN1 與 SDN2 屬於點突變的修補或刪除與置換單一或少數核酸位點，與現行的基因改造較不相同，而 SDN3 則是利用同源基因互換導入一段基因，較類似於現行的基因改造。如果基因編輯是針對獨特的目標位置，Hart 博士認為是不需要進一步的實驗分析，反而是非獨特的目標位置的則要評估是否需要進一步的分析。關於是否需要以實驗來分析基因編輯的脫靶(Off-target)結果，大多數的基因編輯技術研發者都認為這是不需要的或是非必要的，基因編輯具高專一性，再加上傳統作物不同品種間的基因型和表現型本身就具有差異，即便是基因編輯有脫靶的情況造成異常，也可藉由性狀篩選剔除。此外，分析基因編輯脫靶需要考慮是否有參考物(reference)可以比

對，這樣的實驗結果才具有科學意義。

在圓桌討論的議程中，筆者參加主題為「Genomics toolbox for genome editing downstream confirmation」的討論，內容著重基因體定序的流程，如何運用各種定序技術來分析及確認基因編輯的成果。由 Noble Research Institute 的 Yuhong Tang 博士負責主持，Noble Research Institute 位於奧克拉荷馬州，是美國最大的獨立農業研究機構，Tang 博士是基因體核心實驗室經理，參與討論的與會者皆對次世代定序技術應用於基因編輯充滿興趣。次世代定序已經成為基因體序列分析的必備工具之一，樣本的取樣、DNA 的萃取與 DNA 的品質都是次世代定序結果好壞的關鍵，目前美國使用的第二代定序技術，從討論的過程中了解，illumina 系統較常被美國與會者使用於植物基因體定序，而 ion torrent 系統則被認為較多使用於美國分子醫學檢測，使用商業套組進行 DNA 萃取即可滿足第二代定序上機 DNA 所需的品質。隨著第三代長片段定序技術的普及，Pacbio 系統將成為未來基因定序的標竿，無論是植物、動物及微生物的基因體解析，或是人類、生物醫學方面的應用，強大快速的長片段基因測序，提升基因大數據組裝的效率與正確性，Oxford Nanopore 系統也被提出討論，雖然圓桌討論的參與者並沒有實際的操作經驗，不過從先前 KeyGene 公司的演講內容，大家還是期待第三代定序對於植物基因體與基因編輯研究的幫助。另外，圓桌討論中有特別提到兩篇文獻以數位 (Digital) PCR 技術為新工具，用來分析基因編輯作物，正好本署已開始應用數位 PCR 技術來發展 GMO 檢驗方法，筆者便向參加者分享不同數位 PCR 平台的實驗技巧與心

得。恰巧在此分組遇到來自 Okanagan Specialty Fruits (OSF)公司的科學家，OSF 公司即是基因改造蘋果 Arctic® Apples 的研發商，便利用此一機會當面交流，並詢問基因改造蘋果的商業狀況與動態，未來是否計畫出口至臺灣或是其他亞洲國家？然而，目前 Arctic® Apples 是以袋裝切片即食型式在美國販售，2018 年預計是 10 月中以後才會上市，然而目前基因改造蘋果的產量仍不多，且需要通過各國的基改法規查驗登記的核准才能輸出，OSF 公司尚在瞭解各國的法規，故基因改造蘋果目前仍僅限於在美國販售。

綜整本次研討會內容，除了看到從事基因編輯研究的公司與學者提供最新的研究成果，更對基因編輯法規的方向、基因組選擇及利用、次世代定序技術應用於基因體及基因編輯分析、與產學合作方式等議題進行演說與廣泛的討論。此外，看到了第三代長片段定序系統像是 Pacbio 系統及 Oxford Nanopore 系統，已經開始被應用在作物基因體與基因編輯研發，CRISPR/Cas9 基因編輯技術也有學者研發提升至 2.0 版(Cpf1)、3.0 版(Cms1)以增加編輯效率與專一性，儘管歐盟的判決造成法規管理、研究發展與商業營運的短暫衝擊，但所有與會者還是期待各國主管機關能夠透過科學對話與風險評估機制，來審視植物創新育種及基因編輯技術在法規管理層面趨於嚴格限制的必要性與適當性。

10月3日至10月5日

## 至賓州州立大學研習

賓州州立大學(Pennsylvania State University)簡稱 Penn State 或 PSU，Penn State 建立於 1855 年，在賓州有 24 個校區，主校區是最大的校區，位於賓州的中心點：州學院(State College, PA)，農業科學院(College of Agricultural Sciences)是 Penn State 成立的第一個學院。10 月 3 日搭乘美國航空 AA4777 從費城國際機場出發，飛往賓州州學院的大學園機場(University Park Airport)，機場不大，服務的對象幾乎是往來 Penn State 的旅客，從機場到學校和市中心的车程約 15 分鐘，進入市區前道路兩側是田野和玉米田，由於附近地形屬丘陵谷地，學校是建設在廣闊的坡地上，較熱鬧的市中心則比鄰學校在 E College Avenue 馬路的另一側，坐接駁車至飯店放置行李後，旋即步行進入學校，至 Life Sciences Building (生命科學館)拜訪 Yinong Yang (楊亦農)教授。

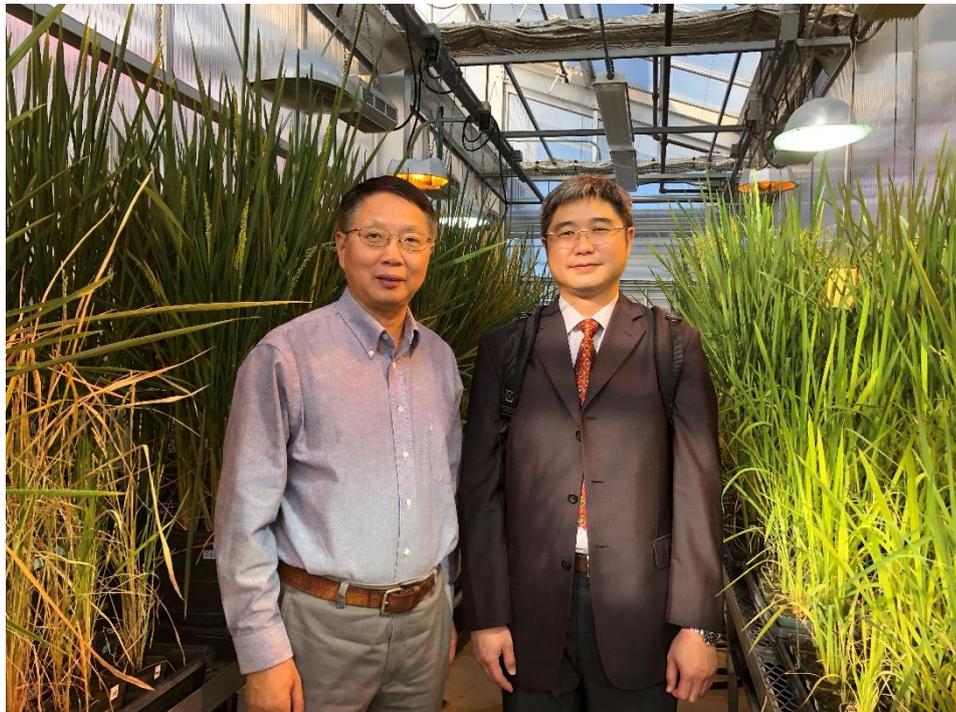
楊老師親切的招呼我在辦公室會談，老師很好奇為何我會大老遠飛至 Penn State，於是筆者便將此行的目的向老師報告。由於第六屆植物基因體與基因編輯研討會恰好在費城舉辦，Penn State 離費城不遠，長期以來對於老師在基因編輯的研究成果很有興趣，且老師研究的基因編輯蘑菇(button mushroom)又已獲得美國農業部認可解除管制無須進行法規查驗，遠在臺灣的我也想進一步了解基因編輯蘑菇現況，再加上 TFDA 正開始規劃基因編輯技術食品管理的法規草案，便藉此次出國研究的機會順道拜訪，學習基因編輯技術，並請益學術界對於法規制定與檢驗技術發展的建議。

楊老師實驗室的研究領域包括植物與微生物的分子層級的相互作用、疾病抵抗和非生物性的壓力耐受、功能基因組學和生物技術、基因編輯及精準育種等，主要的研究作物為水稻，楊老師的研究增進了 CRISPR/Cas9 基因編輯技術的效能，在植物基因編輯以及無轉殖基因作物的精準育種均展現優異的成效，發展的多重基因編輯策略，開發的轉殖載體、生物資訊工具和分子生物方法已被世界各地的研究人員廣泛使用。然而在 CRISPR/Cas9 基因編輯技術的專利申請，老師的研究也佔有一席之地，除了加州大學柏克萊分校 (University of California, Berkeley) 的 Jennifer Doudna 教授取得 CRISPR 基因編輯技術的專利，麻省理工學院的張鋒教授取得 CRISPR/Cas9 技術應用在真核細胞的專利，老師精進 CRISPR/Cas9 技術應用於植物基因編輯的專利也正在努力答辯中，筆者也祝福老師能順利取得專利。

關於基因編輯蘑菇的研究，經討論後才知道賓州原來是全美國蘑菇主要的種植地，產量約佔全美的 60%，位於費城西邊切斯特縣(Chester County)的肯尼特廣場(Kennett Square)是全美最早種植蘑菇的地方，每年 9 月都會舉辦蘑菇節活動[7]。由於 Penn State 是全美最早也是唯一研究蘑菇栽培與培養問題的學校，1928 年在校園內建立第一個蘑菇研究設施，1934 年擴建時是由肯尼特廣場蘑菇種植者合作協會提供[8]。長期以來蘑菇栽培的研究一直是 Penn State 的特色，由於系上研究蘑菇的老師漸漸退休，為了協助蘑菇的研究計畫，楊老師也參與使用擅長的基因編輯技術進行研究，使用 CRISPR/Cas9 將白鈕釦蘑菇(雙孢蘑菇，俗稱洋菇)基因體中 6 個多酚氧化酶(PPO)基因的其中 1 個 PPO 基因去除少量鹼基對，使得基因編輯蘑菇的 PPO 活性降低了約 30%，減緩蘑菇的

褐變速度。至於基因編輯蘑菇如何獲得美國農業部認可解除管制，老師也親切地告訴我整個歷程。由於蘑菇種植商考量基因編輯蘑菇的市場商機尚未成熟，且現行栽培有機蘑菇的利潤較高，所以基因編輯蘑菇仍未種植上市販售。

老師的研究重點在水稻，研究方向為運用基因編輯技術來培育出具有抗病特性、環境適應、產量增加特性的水稻新品種，解決現今影響水稻生長甚巨像是稻熱病及紋枯病等的真菌感染，或是可耐受種植環境氣候的變化，增加稻穀的產量。經由當面的請教與討論，使我更熟悉基因編輯技術，相關的應用有更深入的了解，更向老師請教該如何來看待科學家所關心的脫靶(Off-target)議題。討論結束後，老師帶領我參觀實驗室，並與老師指導的臺灣博士班研究生謝謙謙同學見面，實驗室是由同一層樓的老師與學生分區共用，實驗空間還算充裕，老師及謙謙同學並帶我參觀溫室，在溫室內見到實驗中的基因編輯水稻。



圖三、參觀基因編輯水稻溫室與楊亦農教授(左)合影

由於隔日(10月4日)是謝謙謙同學的博士班資格考試，經詢問該考試並未開放旁聽，為了避免叨擾便相約星期五(10月5日)見面。離開實驗室後，老師還帶我認識學校附近的環境，並聯繫安排我和中研院院士、Penn State 生化與分子生物系的高德輝教授在星期五早上見面。

#### 10月4日

因實驗室有重要活動不便打擾，且當地下大雨天候不佳，溫度從前一日攝氏 26 度驟降至攝氏 12 度，不適合徒步探訪校園，便選擇待在飯店處理公務及整理資料，午後雨勢暫歇，搭車前往鄰近超市訪查美國基因改造食品的標示現況。(附件二)

#### 10月5日

早上 9 點與謝謙謙同學會合後，帶領我至 South Frear Building 拜訪高德輝院士，高院士非常歡迎我的到訪，我也將此次到訪的原因，在費城參加基因編輯研討會的心得，以及國內正在討論基因編輯技術食品的管理向院士說明請益，也介紹衛生福利部、食品藥物管理署及筆者任職單位研究檢驗組食品生物科的業務與研究讓院士知道，由於院士亦擔任中央研究院植物暨微生物學研究所的學術諮詢委員會主席，每年都會回臺灣到中研院開會，對於捷運昆陽站非常熟悉，殊不知食品藥物管理署辦公室及實驗室就在昆陽站對面的昆陽街內，筆者亦邀請院士返國開會時撥空來食藥署實驗室參訪並給予指導。另外，院士告訴我中研院在 10 月 8 日舉辦的第 13 屆 Sunney Chan

Lecture(陳長謙院士講座)，正是邀請 CRISPR 基因編輯科學家 Jennifer A. Doudna (珍妮佛道納)教授來台灣演講，院士親自上網幫我報名，並叮囑我一定要去參加此一重要演說，也鼓勵我未來可多利用南港的地利之便，參加中研院的學術活動以學習新知增進研究動力。此外，利用此次難得的機會與院士當面的討論，除了閒話家常，並對基因改造與基因編輯的應用、基因編輯作物的檢測與分析，以及國際生物技術發展的趨勢和法規的制度，也獲得豐富的建議與科技新知。結束會談之後，院士親切的帶我參觀實驗室，參觀基因編輯後培養中的植物，陪我穿過校園內的數棟大樓，回到楊老師的辦公室。下圖為楊亦農教授、高德輝院士與筆者在植物科學實驗室前的合影。



圖四、與楊亦農教授(左)、高德輝院士在植物科學實驗室合影

### 叁、心得及建議

基因編輯技術是現今生物科技研究的一大進展，應用如 ZFNs、TALENs、CRISPR/Cas9 等基因編輯技術工具進行植物育種，相較於傳統育種、基因改造則更有效率且更快速，除了農業之外，像是生物醫學、基因治療、基因診斷與健康照護也都是基因編輯的應用範圍。11 月底大陸學者發表創造出對愛滋病免疫的基因編輯嬰兒，在全世界引發道德倫理的爭議，相較於農業方面則沒有這樣的議題，由於基因編輯作物研發週期短，不存在外來基因，可專一性的針對特定基因進行編輯，易研發培育出生長性狀優良、增加產量、耐受病害、耐受環境變遷的作物，預期將成為新一代基因育種的主流。

目前世界各國對於基因編輯作物的管理仍在研議中，美國農業部已制訂程序並認為 4 種類型的基因編輯作物無須查驗，歐盟法院判決基因編輯應比照現行「基因改造」法規的作法，無可避免的為基因編輯作物的快速發展踩了煞車。參加「第六屆植物基因體與基因編輯研討會」聆聽到產業界、學術界以及官方與會者的看法，從演講中也獲知許多檢測技術的應用與新技術的發展，到 Penn State 拜訪楊亦農教授和高德輝院士也獲得基因編輯的知識與寶貴的研究經驗。預期基因編輯技術在農業的發展是現在到未來的主流，即便是較反對基因改造的歐洲，對於基因編輯作物的研究卻相對積極。

非常感謝科技部、衛福部科技計畫經費的支持，以及署內長官長期重視檢驗技術的發展派員至國外研習最新知識與技術，此行在研討會與國外產業界、學術界及官方科學家進行交流與對談，並至 Penn State 研習基因編輯，預期未來面對基因編輯食品議題時，在檢驗技術上的準備與國際間資訊交流和聯繫會有很大的幫助，期盼未來還能有機會及較長的研習時間，至 Penn State 或其他國際基因編輯實驗室進行更完整的實驗技術研習，以精進本署實驗室在這方面的智能和檢測能力。最後感謝 Penn State 楊亦農教授、高德輝院士和謝謙謙學妹的接待，使得我此行收穫豐富。

## 肆、參考文獻

- [1] [https://ec.europa.eu/food/plant/gmo/modern\\_biotech\\_en](https://ec.europa.eu/food/plant/gmo/modern_biotech_en)
- [2] Waltz E. 2016. Gene-edited CRISPR mushroom escapes US regulation. 532:293.
- [3] Waltz E. 2018. With a free pass, CRISPR-edited plants reach market in record time. Nature Biotechnol. 36:6-7.
- [4] <http://www.global-engage.com/event/plant-genomics-usa/>
- [5] Andersen, M. M., Landes, X., Xiang, W., Anyshchenko, A., Falhof, J., Østerberg, J. T, Olsen, L. I., Edenbrandt, A. K., Vedel, S. E., Thorsen, B. J., Sandøe, P., Gamborg, C., Kappel, K. and Palmgren, M. G. 2015. Feasibility of new breeding techniques for organic farming. Trends Plant Sci. 20:426-34.
- [6] Wang, Y., Cheng, X., Shan, Q., Zhang, Y., Liu, J., Gao, C. and Qiu, J. L. 2014. Simultaneous editing of three homoeoalleles in hexaploid bread wheat confers heritable resistance to powdery mildew. Nature Biotechnology 32:947.
- [7] <https://mushroomfestival.org/about/all-about-mushrooms/>
- [8] <https://plantpath.psu.edu/facilities/mushroom/about>

# 附件一

## 「第六屆植物基因體與基因編輯研討會」議程

DAY 1 MONDAY OCTOBER 1 <sup>ST</sup> 2018													
8:00-8:40	Room: Versailles	Registration & Refreshments											
Room: Renaissance & Grand Salon													
8:40-8:50	Global Engage Welcome Address and Morning Chair's Opening Remarks: <b>Hope Hart</b> , Technical Leader, Product Safety, Syngenta												
8:50-9:35	Keynote Address: <b>Plant genomics and genome editing: essential tools for the delivery of global food security</b> <b>Maurice Moloney</b> , Executive Director and CEO, Global Institute for Food Security, University of Saskatchewan, Canada												
9:35-10:10	Keynote Address: <b>Tom Adams</b> , CEO, Pairwise												
10:10-10:40	Solution Provider Presentation: <b>GenoMagic™, a novel solution to describe and manage genomic variation</b> <b>Paul Chomet</b> , Director of Ag Alliances, NRGene 												
10:40-11:40	Room: Versailles	Morning Refreshments / Poster Presentations											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Room: Renaissance &amp; Grand Salon</th> <th>Room: Salon Venezia</th> <th>Room: Borghese Garden</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>GENE EDITING</b></td> <td><b>EPIGENETICS &amp; CHROMATIN</b></td> <td><b>REGULATION &amp; BUSINESS CONSIDERATIONS IN AGRICULTURAL BIOLOGICALS</b></td> </tr> <tr> <td> <b>Chair: Hope Hart</b>, Technical Leader, Product Safety, Syngenta             Keynote Address:  <b>Launching the era of targeted breeding</b>  <b>Tom Greene</b> Senior Research Director, Corteva Agriscience™, Agriculture Division of DowDuPont™   <b>Creating healthier food products through genome editing</b>  <b>Javier Gil Humanes</b> Trait Platform and Pipeline Manager, Calyxt         </td> <td> <b>Chair: William Baird</b>, Managing Director, Global Engage             Keynote Address:  <b>Defining the chromosomal basis for selective NOR silencing (Nucleolar Dominance)</b>  <b>Craig Pikaard</b>, HHMI Investigator; Distinguished Professor and Carlos O. Miller Professor, Departments of Biology and Molecular &amp; Cellular Biochemistry, Indiana University   <b>Non-coding RNA in plants: the long and the short of it</b>  <b>Blake Meyers</b>, Member &amp; Professor, University of Missouri &amp; Donald Danforth Plant Science Center         </td> <td> <b>Chair: Jonatan Montpetit</b>, Plant Physiologist, Terramera Inc., Canada   <b>Europe's pioneering approach to regulating biostimulants and its global relevance for the industry</b>  <b>Giuseppe Natale</b>, CEO, Valagro; President, European Biostimulants Industry Council   <b>Biopesticides Regulation</b>  <b>Robert McNally</b> Director Biopesticides and Pollution Prevention, Environmental Protection Agency         </td> </tr> <tr> <td>           Solution Provider Presentation:  <b>Breakthrough Crop Innovation Using an Integrated Technology Platform</b>  <b>Walter Nelson</b>, Chief Executive Officer, KeyGene USA            </td> <td>           Solution Provider Presentation:  <b>Trichoderma and the Biologicals Renaissance: Creative new ways to think about the usual suspects</b>  <b>Molly Cadle-Davidson</b>, Chief Science Officer, Advanced Biological Marketing, Inc            </td> </tr> </tbody> </table>			Room: Renaissance & Grand Salon	Room: Salon Venezia	Room: Borghese Garden	<b>GENE EDITING</b>	<b>EPIGENETICS &amp; CHROMATIN</b>	<b>REGULATION &amp; BUSINESS CONSIDERATIONS IN AGRICULTURAL BIOLOGICALS</b>	<b>Chair: Hope Hart</b> , Technical Leader, Product Safety, Syngenta  Keynote Address: <b>Launching the era of targeted breeding</b> <b>Tom Greene</b> Senior Research Director, Corteva Agriscience™, Agriculture Division of DowDuPont™  <b>Creating healthier food products through genome editing</b> <b>Javier Gil Humanes</b> Trait Platform and Pipeline Manager, Calyxt	<b>Chair: William Baird</b> , Managing Director, Global Engage  Keynote Address: <b>Defining the chromosomal basis for selective NOR silencing (Nucleolar Dominance)</b> <b>Craig Pikaard</b> , HHMI Investigator; Distinguished Professor and Carlos O. Miller Professor, Departments of Biology and Molecular & Cellular Biochemistry, Indiana University  <b>Non-coding RNA in plants: the long and the short of it</b> <b>Blake Meyers</b> , Member & Professor, University of Missouri & Donald Danforth Plant Science Center	<b>Chair: Jonatan Montpetit</b> , Plant Physiologist, Terramera Inc., Canada  <b>Europe's pioneering approach to regulating biostimulants and its global relevance for the industry</b> <b>Giuseppe Natale</b> , CEO, Valagro; President, European Biostimulants Industry Council  <b>Biopesticides Regulation</b> <b>Robert McNally</b> Director Biopesticides and Pollution Prevention, Environmental Protection Agency	Solution Provider Presentation: <b>Breakthrough Crop Innovation Using an Integrated Technology Platform</b> <b>Walter Nelson</b> , Chief Executive Officer, KeyGene USA 	Solution Provider Presentation: <b>Trichoderma and the Biologicals Renaissance: Creative new ways to think about the usual suspects</b> <b>Molly Cadle-Davidson</b> , Chief Science Officer, Advanced Biological Marketing, Inc 
Room: Renaissance & Grand Salon	Room: Salon Venezia	Room: Borghese Garden											
<b>GENE EDITING</b>	<b>EPIGENETICS &amp; CHROMATIN</b>	<b>REGULATION &amp; BUSINESS CONSIDERATIONS IN AGRICULTURAL BIOLOGICALS</b>											
<b>Chair: Hope Hart</b> , Technical Leader, Product Safety, Syngenta  Keynote Address: <b>Launching the era of targeted breeding</b> <b>Tom Greene</b> Senior Research Director, Corteva Agriscience™, Agriculture Division of DowDuPont™  <b>Creating healthier food products through genome editing</b> <b>Javier Gil Humanes</b> Trait Platform and Pipeline Manager, Calyxt	<b>Chair: William Baird</b> , Managing Director, Global Engage  Keynote Address: <b>Defining the chromosomal basis for selective NOR silencing (Nucleolar Dominance)</b> <b>Craig Pikaard</b> , HHMI Investigator; Distinguished Professor and Carlos O. Miller Professor, Departments of Biology and Molecular & Cellular Biochemistry, Indiana University  <b>Non-coding RNA in plants: the long and the short of it</b> <b>Blake Meyers</b> , Member & Professor, University of Missouri & Donald Danforth Plant Science Center	<b>Chair: Jonatan Montpetit</b> , Plant Physiologist, Terramera Inc., Canada  <b>Europe's pioneering approach to regulating biostimulants and its global relevance for the industry</b> <b>Giuseppe Natale</b> , CEO, Valagro; President, European Biostimulants Industry Council  <b>Biopesticides Regulation</b> <b>Robert McNally</b> Director Biopesticides and Pollution Prevention, Environmental Protection Agency											
Solution Provider Presentation: <b>Breakthrough Crop Innovation Using an Integrated Technology Platform</b> <b>Walter Nelson</b> , Chief Executive Officer, KeyGene USA 	Solution Provider Presentation: <b>Trichoderma and the Biologicals Renaissance: Creative new ways to think about the usual suspects</b> <b>Molly Cadle-Davidson</b> , Chief Science Officer, Advanced Biological Marketing, Inc 												
11:40-12:15	12:15-12:40	12:40-1:10											
1:10-2:10	Room: Versailles	Lunch											
<b>Chair: Deborah Thompson</b> , Director of Research Partnerships, College of Agriculture and Life Sciences, North Carolina State University  Panel Discussion: <b>Gene Editing Regulation</b> <b>Robert McNally</b> (Chair) Director Biopesticides and Pollution Prevention Division, Environmental Protection Agency <b>Karen Carr</b> Partner, Arent Fox LLP <b>Clint Nesbitt</b> Director of Regulatory Affairs, Food & Agriculture, Biotechnology Innovation Organization <b>Mike Mendelsohn</b> Chief, Emerging Technologies Branch, Biopesticides and Pollution Prevention Division, Environmental Protection Agency <b>Neil Hoffman</b> Chief Scientific Advisor, Biotechnology Regulatory Services, USDA-APHIS	<b>Chair: William Baird</b> , Managing Director, Global Engage  Roundtable Discussions Session 1: <b>Table 1: Challenges and solutions in crop transformation</b> <b>Zhanyuan Zhang</b> Research Professor, Division of Plant Sciences, University of Missouri <b>Table 2: Non-coding RNAs and gene regulations</b> <b>Hikmet Budak</b> Professor and Winifred-Asbjornson Plant Science Endowed Chair, Department of Plant Sciences and Plant Pathology, Montana State University <b>Table 3: Quantitative Trait Variation in the Genomics Era</b> <b>Randall Wisser</b> Associate Professor, Associate Chair, Department of Plant & Soil Sciences, University of Delaware	<b>Chair: Jonatan Montpetit</b> , Plant Physiologist, Terramera Inc., Canada  Company Showcases: <b>1) Developing reliable chemical biostimulants</b> <b>Steven Adams</b> Research and Development Director, Plant Impact, UK <b>2) Meeting grower expectations through a stage-gate approach to product development</b> <b>John Kruse</b> Chief Technology Officer, PlantResponse <b>3) Application of Microbial Consortia to Improve Plant and Soil Health</b> <b>Shawn Semones</b> Executive Vice President, Research and Development and Chief Technology Officer, Concentric Ag Corporation (Denver) and Concentric Agriculture Inc. (Montreal)											

2:45-3:10	<b>Safety Assessment of Genome Edited Products</b> <b>Hope Hart</b> , Technical Leader, Product Safety, Syngenta	2:10-3:10	Continued	2:10-3:10	<b>4) Targeted manipulation of the plant microbiome to enhance crop health and yield</b> <b>Peter Baas</b> Director of Research and Development, Growcentia
3:10-3:25	Solution Provider Presentation: <b>Increasing Shelf Life of Perishable Produce Using Patented Gene Technology</b> <b>Jerry Feitelson</b> , CEO, Co-Founder, Agribody Technologies	Agribody Technologies, Inc.		3:10-3:25	Solution Provider Presentation: <b>Bioparticle Delivery of Biocontrols</b> <b>Doug Eisner</b> , CEO, AgroSpheres
3:25-3:40	Solution Provider Presentation: <b>Michiel Reessink</b> , Global Key Account Manager, UgenTec	UgenTec			
3:40-4:30	Room: Versailles	Afternoon Refreshments			
4:30-4:55	<b>Genome Editing Agricultural Crops for Sustainable Disease Resistance</b> <b>Brian Staskawicz</b> , Maxine J. Elliot Professor of Plant and Microbial Biology, University of California Berkeley	4:30-4:55	<b>Mapping non-coding regulatory elements in plant genomes</b> <b>Robert Schmitz</b> , Associate Professor, Lars G. Ljungdahl Distinguished Investigator, Department of Genetics, University of Georgia	4:30-4:55	<b>Understanding US Regulations for Biologicals</b> <b>Amy Roberts</b> , North American Regulatory Manager, Lallemand Plant Care
4:55-5:20	<b>Genome Editing in Plants: The Leap from Academia to Industry</b> <b>Paul Bernasconi</b> , Director, Molecular Biology, RTP Research Site, BASF	4:55-5:20	<b>Epigenetic memory in plants and its utility in agricultural enhanced production schemes</b> <b>Sally Mackenzie</b> , Lloyd and Dottie Huck Chair for Functional Genomics, Departments of Biology and Plant Science, The Pennsylvania State University	4:55-5:45	Roundtable Discussions Session 2: <b>Table 1: Opportunities in Function-Driven Single-Cell Genomics and Metagenomics</b> <b>Axel Visel</b> Deputy Director of Science, Joint Genome Institute, Walnut Creek, CA <b>Table 2: Biostimulants Regulation</b> <b>David Beaudreau</b> Senior VP, DCLRS and U.S. Biostimulants Coalition <b>Table 3: Improving product delivery of biopesticides and biostimulants</b> <b>Jane Fife</b> Chief Science Officer, 3Bar Biologics
5:20-5:45	<b>Toward a better understanding of plant genomes structure using a CRISPR-cas9 large DNA fragment targeting approach</b> <b>Hélène Berges</b> , Director of the French Plant Genomic Resource Center, INRA, France	5:20-5:45	<b>Increased frequency of Arabidopsis thaliana transformation through transient silencing of epigenetic machinery using VIGS</b> <b>Igor Kovalchuk</b> , Professor, Plant Biotechnology, University of Lethbridge, Canada		
5:45-6:45	Room: Versailles	Networking Drinks Reception			
7:00	Room: Borghese Garden	Networking Dinner (Pre-Registration Required)			

## DAY 2 TUESDAY OCTOBER 2<sup>ND</sup> 2018

8:30-9:10	Room: Versailles	Refreshments			
Room: Renaissance & Grand Salon		Room: Borghese Garden			
PLANT GENOMICS		MICROBES			
Chair: <b>Oswald Crasta</b> , Leader, Innovation & Strategic Partnerships, Corteva Agriscience™, Agriculture Division of DowDuPont™		Chair: <b>Mike Burden</b> , Director, Conference Production, Global Engage			
9:10-9:35	<b>Fast-growing High Yield Crops via a Novel Biotechnology Platform</b> <b>Ai Oikawa</b> , Co-founder & CEO/CSO, Afigen, Inc.	9:10-9:35	<b>Exploring and Harnessing the Functional Diversity of Microbial Dark Matter</b> <b>Axel Visel</b> , Deputy Director of Science, Joint Genome Institute, Walnut Creek, CA		
9:35-10:00	<b>Increasing Crop Yields Through Enhanced Photosynthesis</b> <b>Gregory Bryan</b> , Chief Technology Officer, Zealal	9:35-10:00	<b>A microbiome selection approach to identify new biologicals with complementary modes of action</b> <b>Marcus Meadows-Smith</b> , CEO, BioConsortia		
10:00-10:30	Solution Provider Presentation: <b>Discovery and optimization of novel CRISPR nucleases for plant and microbial gene editing</b> <b>Matt Begemann</b> , Associate Director, Molecular Technologies, Benson Hill Biosystems	BENSON HILL BIOSYSTEMS			

10:30-11:30	Room: Versailles	Morning Refreshments / Poster Presentations
	Room: Renaissance & Grand Salon	Room: Borghese Garden
	ROUNDTABLE DISCUSSIONS	MICROBES
11:30-12:30	<p>Roundtable Discussions Session 3:</p> <p><b>Table 1: Genome Editing – A Path to Products</b>  <b>Elena Rice</b>  Genetic Gain &amp; Systems Yield Lead, Global Corn Technology, Bayer Crop Science</p> <p><b>Table 2: Genome Dynamics</b>  <b>Jeffrey Bennetzen</b>  Norman and Doris Giles Professor, Department of Genetics, University of Georgia</p> <p><b>Table 3: Disease Resistance</b>  <b>Lynne Reuber</b>  Program Director, 2Blades Foundation</p> <p><b>Table 4: Genomic selection for crop improvement</b>  <b>Vikas Belamkar</b>  Research Assistant Professor, Department of Agronomy &amp; Horticulture, University of Nebraska – Lincoln</p> <p><b>Table 5: Genomics toolbox for genome editing downstream confirmation</b>  <b>Yuhong Tang</b>  Genomics Core Manager, Noble Research Institute, LLC</p>	<p>11:30-12:05</p> <p><b>Harnessing the Power of the Plant Microbiome to Increase Crop Health, Growth, and Yield</b>  <b>Sharon Doty</b>, Professor, School of Environmental and Forest Sciences, University of Washington</p> <p>12:05-12:30</p> <p><b>The Populus microbiome and its potential for agroforestry crop improvement</b>  <b>Christopher Schadt</b>, Senior Staff Scientist, Biosciences Division, Oak Ridge National Laboratory</p>
12:30-1:30	Room: Versailles	Lunch
1:30-1:45	<p><b>Generating Novel Genomes: The exceptional dynamics of transposable elements in flowering plants</b>  <b>Jeffrey Bennetzen</b>, Norman and Doris Giles Professor, Department of Genetics, University of Georgia</p>	<p>Roundtable Discussions Session 4:</p> <p><b>Table 1: Strain Discovery</b>  <b>Dave Ingham</b>  Pre-Product Manager, Biologicals, AgBiome</p> <p>1:30-2:20</p> <p><b>Table 2: Benefits and Challenges of Industry-Academia Collaborations</b>  <b>Megan Andrews</b>  Project Manager, Plant Soil Microbial Community Consortium (PSMCC), Center for Integrated Fungal Research (CIFR), North Carolina State University</p> <p><b>Table 3: Product Formulation</b>  <b>Amit Vasavada</b>  Senior Vice President R&amp;D and CTO, Marrone Bio Innovations</p>
1:45-2:20	<p><b>Dissecting natural mechanisms of genome content variation and the impact on phenotypic variation</b>  <b>Patrick Monnahan</b>, Postdoctoral Associate, Department of Agronomy and Plant Genetics, University of Minnesota</p>	<p>2:20-2:45</p> <p><b>M-trophs™: Myriad Opportunities in Agricultural Biologicals</b>  <b>Desmond Jimenez</b>, Vice President of Product Development and Manufacturing, NewLeaf Symbiotics</p>
2:20-2:45	<p><b>Understanding the Genetic Bases of Variation in Disease Resistance and Response in Maize and Sorghum</b>  <b>Peter Balint-Kurti</b>, USDA-ARS Research Geneticist, Department of Entomology and Plant Pathology, North Carolina State University</p>	<p>2:45-3:10</p> <p><b>Rhizophagy Symbiosis in Cereals: Bacterial Transport of Nutrients to Roots/Oxidative Extraction of Nutrients from Bacteria in Roots</b>  <b>James White</b>, Professor, Department of Plant Biology, Rutgers University</p>
2:45-3:10	<p><b>Transgenerational response variation in maize: dissecting short-term gains for the long term</b>  <b>Randall Wisser</b>, Associate Professor, Associate Chair, Department of Plant &amp; Soil Sciences, University of Delaware</p>	<p>3:10-3:35</p> <p><b>Overcoming Common Hurdles to Create Longer- Lasting Biopesticide Products</b>  <b>Amit Vasavada</b>, Senior Vice President R&amp;D and CTO, Marrone Bio Innovations</p>
3:10-3:35	<p><b>Anatomics: Root Phenotyping Platform for Crop Improvement</b>  <b>Hannah Schneider</b>, Postdoctoral Scholar, Lynch Lab, Penn State University</p>	
3:35	Conference Close	

## 附件二

### 美國基因改造食品的標示現況

超市陳列標示為非基因改造之果汁



標示為非基因改造之水果乾



# 包裝食品標示

掃描 QR cord 可上網獲得 GMO 資訊



## GMO Disclosure

This product may include ingredients sourced from genetically engineered (GE) crops, commonly known as GMOs.

Explanation  
GMO crops have been widely adapted

## GMO Disclosure

This product may include ingredients sourced from genetically engineered (GE) crops, commonly known as GMOs.

### Explanation

GMO crops have been widely adapted by farmers in the U.S. and around the world over the past 20 years. The most widely grown GMO crops for the U.S. food supply are corn, soybeans, canola and sugar beets. The only other GMO crops that are widely grown in the US are alfalfa, squash, and cotton. To learn more, please visit: <https://www.nestleusa.com/ask-nestle/does-nestle-use-gmo-ingredients>.