

出國報告

出國類別：其他

第九屆國際草莓線上研討會視訊報告
(9TH International Strawberry Symposium, ISS2021)

服務機關：行政院農業委員會苗栗區農業改良場

姓名職稱：賴巧娟 助理研究員

鐘珮哲 副研究員兼分場長

李怡蓓 助理研究員

鄭哲皓 技佐

會議時間：民國 110 年 5 月 1 日至 5 月 4 日

報告日期：民國 110 年 8 月 2 日

目錄

一、目的	1
二、議程	2
三、心得	3
1. 2021 國際草莓研討會議程	3
2. 2021 第九屆國際草莓線上研討會視訊內容	3
四、建議事項	22
五、附錄	22
1. 主講者名單	22
2. 研討會論文集發表論文摘要	28

摘要

第九屆國際草莓研討會原預計於 2020 年於義大利里米尼舉行，惟新冠肺炎於 2020 年上半年爆發，各國疫情充滿不確定性，爰延期至 2021 年採視訊方式舉行。

此次研討會議程包括 15 個主要演講、120 個口頭報告等，且分成 3 個各別會議室，同時分享 4 大面向主題：(1)草莓基因及生理相關(2)草莓栽培系統、營養、灌溉及氣候相關(3)草莓新興病蟲害及防治方法(4)草莓果實品質及行銷。

5 月 1 日開幕式，由主席 Prof. Bruno Mezzetti、Prof. Maurizio Battino、Dr. Gianluca Baruzzi 致詞揭開序幕；5 月 2 日由挪威 Anita Sønsteby 教授分享草莓因品種不同而有不同之開花特性，且環境之溫度與日照長度將影響開花週期，如何種植最適品種以因應不同氣候。另由美國 Yiannis Ampatzidis 教授分享世界正進行第四次農業革命，即利用機器人、人工智慧與自動化，將偵測器材(如感測器、影像等)的資訊進行深度學習，再與自動化機械配合，達到精確、省工、最佳化之目的；5 月 3 日由中國 Qing-Hua Gao 教授分享草莓頭號殺手草莓炭疽病致病途徑，並利用 RNA-Seq 技術探討基因表現量，找尋可能作為分子育種之基因。另由阿根廷 Juan Carlos Díaz Ricci 教授分享草莓植株經由伺機性致病菌 (opportunistic pathogens) 處理後誘導抗性之表現與可能途徑，同時探討炭疽病菌若先行感染草莓造成誘導抗性受阻之現象與原因，以及由美國 Ioannis Tzanetakis 教授分享如何訂定草莓驗證制度、病害檢驗規定等。

本次線上研討會內容豐富，同時段有需多不同報告主題同時進行，可供參加者自由選擇有興趣的部分。苗栗區農業改良場與臺灣大學合作團隊共同於本次研討會摘要集發表近年臺灣草莓炭疽病病菌類源分析、致病力最強之病原菌特性以及開發草莓炭疽病檢測技術相關內容摘要兩篇。本場研究人員鐘珮哲副研究員兼分場長、賴巧娟助理研究員、李怡蓓助理研究員、鄭哲皓技佐透過參加此線上研討會蒐集國際間草莓栽培相關研究資料，期望能豐富閱歷，同時提供我國草莓產官學未來研究依據及借鏡。

一、 目的

第九屆國際草莓研討會原預計於 2020 年於義大利里米尼舉行，主辦方預期透過這次機會向國際展示義大利境內草莓實際栽培現況，也讓各國專家互相交流、交換經驗。惟新冠肺炎於 2020 年上半年爆發，各國疫情充滿不確定性，爰延期至 2021 年舉行，苗栗區農業改良場數位研究人員雖無法到現地與其他專家面對面交流，亦期望透過此線上研討會蒐集國際間草莓栽培相關研究資料，豐富閱歷。



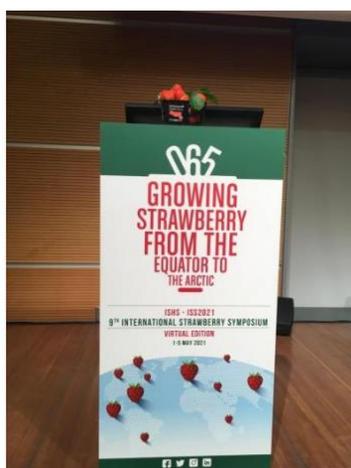
第九屆國際草莓線上研討會宣傳網站



第九屆國際草莓線上研討會入口網站

二、 議程

日期	會議起訖時間 義大利時間	活動紀要
5月1日	16:00-18:30	開幕式
5月2日	08:00-19:00	全體會議+個別會議
5月3日	08:00-19:00	全體會議+個別會議
5月4日	08:00-16:15	全體會議+個別會議+閉幕式



研討會開幕相關照片

三、心得

1. 2021 國際草莓研討會議程

2021 國際草莓研討會議程包括 15 個主要演講、120 個口頭報告、200 個海報展示，且分成 3 個各別會議室，同時分享 4 大面向主題：(1)草莓基因及生理相關(2)草莓栽培系統、營養、灌溉及氣候相關(3)草莓新興病蟲害及防治方法(4)草莓果實品質及行銷，期望透過此次研討會拉近學術界與產業界的距離，或是讓所有對草莓有興趣的農民、研究人員、業者及消費者都能一同參加，特別是發展中國家可以透過栽種草莓，改善生活品質及促進村落發展。

2. 2021 第九屆國際草莓線上研討會視訊內容

主題：生產栽培與氣候變遷

題目：Flowering and dormancy relations of strawberry and effects of management and a changing climate for production

講者：Anita Sønsteby

內文：

草莓依照開花結果習性可分為季節性開花及多次開花 2 類，季節性開花的品種一年僅於春季有一產果高峰，而多次開花的品種則除了春季的產果期，只要在適宜的環境條件下，整個生育期都可開花結實。而季節性開花基本上對光週期的要求多為短日型，多次開花類型則多為長日型，兩種類型的草莓開花皆受到光週期與溫度的交互影響。

短日型草莓於夏秋之季開始休眠與花芽分化，進入秋冬季低溫解除休眠，花芽分化同時進行，直到春季開花結實。開花的過程包括 3 個階段，花芽誘導、初始階段及花芽分化，其中初始階段及花芽分化階段受溫度影響大，而進入初始階段則因品種對光週期與溫度的需求而異。草莓休眠解除對低溫的需求未如林木類來得高，為半休眠狀態。而短日型草莓以 18°C 配合日長 12~14 小時為多數品種適宜的條件，即對短日光照的需求會隨溫度降低而降低。

相較於短日型草莓對開花特性的瞭解，長日型草莓開花特性尚未有深入的研究，一般而言，長日型草莓即於長日條件下開花早，生長勢強，若以 14~15 小時為臨界日照，溫度在低於 10°C 時不論日照長短皆可開花，呈現日中性表現，溫度在 15~25°C 時，不論日照長短亦皆可開花，但短日下開花所需時間較長，當溫度高於 25°C 時，短日條件則無法開花，表現完全長日型開花特性，即溫度越低對長光照需求也會隨之降低。在溫度與光週期需求上，不論短日型草莓或長日型草莓，在低溫下都能夠降低其對光週期的需求。因此於部分較高緯度地區，全年氣溫較低，可減少光週期對栽培類型的限制。

草莓休眠特性上，不論長日型或短日型，短日配合溫度大於 10°C 條件處理 5

週以上，能夠誘導其休眠特性，需要溫度-2°C~10°C處理數週來解除休眠，目前栽培上可能因為氣候變遷，冬季氣溫不足以完全解除休眠狀態，至春季開花時花序較短，而有礙田間操作與採收。

在長日型草莓栽培期中，主要有 2 個產果高峰，可藉由疏花的方式避免產果的空窗期，疏花雖會造成產量降低，但所得到大果的比例相對較高。另外，若栽培期間遇短日高溫條件，則花芽分化延遲，產量降低，可藉由夜晚提供光照打破黑暗的方式，避免短日照造成減產的發生。

短日型與長日型草莓雖然對於光照需求相反，但於低溫條件下皆為日中性的表現，休眠誘導條件亦相同。國內目前未有長日型草莓的栽培，隨著氣候變遷，夏季高溫病蟲害問題可能造成栽培上之障礙，倘以發展長日型草莓宜以高冷地栽培為佳。

主題：人工智慧、自動化

題目：Automation artificial intelligence and robotics in strawberry production

講者：*Yiannis Ampatzidis*

內文：

Dr. *Yiannis Ampatzidis* 是美國佛羅里達大學 (University of Florida) 的助理教授，報告目前世界上正在進行的第四次農業革命，即利用機器人、人工智慧與自動化，將偵測器材(如感測器、影像等)的資訊進行深度學習，再與自動化機械配合，達到精確、省工、最佳化之目的。演講者也舉例目前世界上最新的技術，如利用人工智慧辨識雜草，並精準朝雜草噴除草劑的機器(Blue River Technology 公司)，或標榜不使用化學藥劑，而辨識雜草後使用雷射來精準去除雜草(Carbon Robotics 公司)，亦有使用自動巡田機器人搭載 UV 來防除病蟲害(Saga Robotics 公司)。此外在無人機(unmanned aerial vehicle, UAV)，使用自動巡航的 UAV 來噴灑肥料或藥劑(KIWI 公司)，而 Dr. Ampatzidis 也有開發雲端界面(Agroview)，用來分析與視覺化 UAV 的資料，可確認植物生長狀況，肥份管理與病蟲害等。另外 Dr. Ampatzidis 亦利用 UAV 來進行植物高光譜影像分析，可分辨白粉病不同感染階段，並藉此推測病害發生情況。另外在草莓採收方面，Dr. Won Suk Lee 開發出一種能夠辨識草莓花朵與果實影像的程式，並搭配 UAV 可了解整個田區的開花分佈情形，未來更可配合採收機器人進行採收。而目前自動採收草莓的部份，Agrobot 公司已發展出大型採收機器，並可做後續果實大小分類，而 Harvest Croo Robotics 公司則發展出自動採收機器人，其影像辨識更可辨識果實挫傷部位。最後 Dr. Ampatzidis 提到目前採收最大的挑戰是偵測果實大小、甜度、形狀、成熟度與品質，另外機器也需要適應不同栽培系統、土壤與灌溉方式、採收時程及病蟲害管理等，並且未來機器採收成熟，對於勞工的影響也將成為問題之一。後面討論也有提到未來育種可能會朝向育出適合機器採收的品種，並舉番茄為例子。同時討論到病害預測系統，除了收集氣象資訊外，也需要其他不同資訊來預測，並討論到利用機器採收與人力採收所需要之費用若以時間拉長來評估是相差不

多的。

參考文獻：

Ampatzidis, Y., Partel, V., and Costa, L. 2020. Agroviz: Cloud-based application to process, analyze and visualize UAV-collected data for precision agriculture applications utilizing artificial intelligence. *Computers and Electronics in Agriculture* 174:105457.

主題：病害管理

題目：Induction and suppression of the defense response mediated by fungal pathogens in strawberry plants

講者：Juan Carlos Díaz Ricci

內文：

草莓病害防治目前以化學防治最為盛行，然而化學防治時有濫用與誤用造成環境衝擊與農藥殘留之問題，為減少化學藥劑使用，草莓非農藥防治方式不斷地研究開發，除了傳統的耕作防治、物理防治外，藉由植物本身抗性開發抗病品種與誘導抗性機制也是另一條途徑。本題目探討草莓植株經由伺機性致病菌 (opportunistic pathogens) *Acremonium strictum* 處理後誘導抗性之表現與可能途徑，同時探討炭疽病菌 *Colletotrichum acutatum* 若先行感染草莓造成誘導抗性受阻之現象與原因。

以 *A. strictum* 先接種之草莓植株，後續接種 *C. acutatum* 之毒性菌株 M11 發現植株健康未受影響。檢視植物抗性反應之相關指標發現，經 *A. strictum* 處理之植株相較於未處理者，出現葉肉細胞內部 H_2O_2 、 O_2 含量明顯提高、葉片氣孔閉合數量增加、胼胝質和木質素開始沉積，同時乙烯產生量增加等現象，研究發現 *A. strictum* 分泌之蛋白 AsES (34kDa) 能誘導草莓植株產生抗性，該蛋白處理過的植株水楊酸大量增加，同時與抗性反應相關的基因 (如 *FaPRI*、*FaCDPK*、*FaPDF1.2*、*FaCAT* 等) 在處理後 3-6 天內分別出現不同程度的表現增加情形，推論 AsES 蛋白之誘導抗性反應應該屬於後天獲得系統抗病性 (Systemic Acquired Resistance, SAR)。

然而，以 *C. acutatum* M11 先處理草莓再處理 AsES 蛋白則發現植株會受到 *C. acutatum* 感染而死亡，嚴重程度與單獨處理 *C. acutatum* 無異，推論 *C. acutatum* 之毒性菌株 M11 具有某種能抑制防禦反應發生的機制，其後找出 M11 分泌了一種分子量極小的次級代謝物 CaDS (<1kDa)，CaDS 本身不會造成植物出現病徵，但會抑制植物抗性反應，包含細胞不會累積 H_2O_2 與 O_2 、酚類化合物累積量減少等，而抗性相關基因 (*FaPRI*、*FaCDPK*、*FaPDF1.2*、*FaCAT*) 表現量明顯下降，然而抑制的途徑與機制目前尚未明確。

植物誘導抗性途徑目前主要分為後天獲得系統抗病性 (SAR) 和誘導性系統抗病性 (induced systemic resistance, ISR) 兩類，前者主要經由病原菌或害蟲危害時產生的分泌物引發，後者則多半藉由土壤的非病原微生物分泌訊息物質誘導。植

物誘導抗病性的相關研究在許多作物上都有所報導，然而實際應用在產業上的商品相當稀少，最有名的便是亞磷酸，因其容易製造、保存且對多種植物有效，因此為農民所接受。由此可知，在確認病原菌分泌的誘導物質後，務實層面上需要確認其結構是否能進行量產、測試誘導物質能否應用在其他植物以及是否造成副作用發生等。然而時有農民抱怨亞磷酸防治效果不佳，除了亞磷酸的誘導抗性反應屬於預防性措施，病原菌感染入侵後使用便無防治效果，因此使用尚須格外注意施用時機外，另一點便是植株本身的抵抗力問題，SAR 與 ISR 雖然能使植物及早表現抗性，但若植株本身抗性基因種類與表現水平就不佳，即便進行誘導依然會被病原菌所攻克。因此，使用誘導抗性作為防治手段之前，尚須注意植物本身的抗病能力並且了解田間病原菌的好發環境與感染時機，如此才能有效利用植物自體抵抗力抵抗田間病原。

參考文獻：

安寶貞、陳昭瑩。2006。植物誘導性抗病之研究與應用。「符合安全農業之病害防治新技術」研討會專刊: 133-155。

主題：病害管理

題目：Interactions of strawberry with fungus pathology and new germplasms enhancement with disease resistance

講者：*Qing-Hua Gao*

內文：

草莓產業面臨多種病害威脅，而炭疽病是其中重要病害之一，為有效防治此病害，抗病育種為策略之一。炭疽病感染草莓植株時，植物的細胞壁會抵禦病原菌的入侵以及分解，接著在病原菌入侵之後，植株感受到病原菌所發出的訊號而表現和抵抗病害侵染相關的基因(如啟動 PAMP-triggered immunity、Effector triggered immunity)，並啟動下游抗菌免疫反應(如 SA、ROS)。

世界各國草莓重要產區為選育抗炭疽病品種，自種原庫中進行抗耐病篩選，以中國為例，湖北省的研究團隊，針對草莓屬植物 12 個草莓野生種 24 份材料、1 個栽培種(*Fragaria × ananassa*)41 個品種、種間雜交種 6 個品種共 71 份 germplasms 以離葉(葉柄)接種方式進行炭疽病 (*Colletotrichum fructicola*，分離自果實) 抗性篩選。結果顯示供試材料中高抗 17 份、抗病 20 份、中抗 21 份、中感 3 份、感病 6 份以及高感 4 份，對炭疽病具中抗以上的材料佔總供試材料的 81.7%。栽培品種中，「3 公主」、「森加森加拉」、「達賽萊克特」、「全明星」、「香野」、「威斯塔爾」、「京藏香」屬於高抗品種。了解種原對病害的抗感受性有助於育種時父母本的選擇依據。

多年來草莓因炭疽病菌感染造成嚴重經濟損失，然其分子機制尚不清楚。近年隨著分子技術的發展，利用 RNA-Seq 技術比較草莓植株在感染 *C. fructicola* 後 transcriptome (Expressed Sequence Tag–Simple Sequence Repeats, EST-SSRs) 的差異性。研究結果顯示，從九香草莓的 transcriptomic 資料中可找到 3019 個 EST-SSRs。

在接種 24、72 及 96 小時後分別有 31、84 及 129 段含 EST-SSRs 之序列呈現不同的表現。此外，對於炭疽病菌不同耐受性的品種間，亦有 DE-EST-SSRs 序列上的多樣性。EST-SSRs 與已報導之 QTL 抗病基因座在不同品種草莓感染 *C. fructicola* 後所表現之差異有關聯性，此結果推斷未來將可以 EST-SSRs 作為分子輔助育種之策略。

目前國立臺灣大學植微所、桃園場及本場，為加速草莓耐(抗)病育種，組成合作團隊，針對種原材料進行抗病性篩選，篩選標的為 *C. siamense*(造成國內草莓最嚴重損失的炭疽病菌種類)，希望在團隊努力下，建立完整種原資料庫，確認各品種(系)對炭疽病的耐感受性，俾利選育抗病品種。

參考文獻：

Wang, F., Zhang, F., Chen, M., Liu, Z., Zhang, Z., Fu, J., Ma, Y. 2017. Comparative transcriptomics reveals differential gene expression related to *Colletotrichum gloeosporioides* resistance in the octoploid strawberry. *Front. Plant Sci.* 8:779.

Han, Y. C., Zeng, X. G., Xiang, F. Y., Guo, C., Zhang, Q. H., Chen, F. Y., Guan, W. 2019. In vitro evaluation of strawberry germplasm resources for resistance to anthracnose. *Scientia Agricultura Sinica*, 52(20): 3585-3594.

Zou, X., Huang, X., Zhang, L., Gao, Q. H. 2020. Characterization of Est-SSR markers related to *Colletotrichum fructicola* infection in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duchase). *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 34(1):680-689.

主題：種苗驗證

題目：Strawberry plant certification in the 21st century: from grafting to bioinformatics and beyond

講者：*Ioannis E. Tzanetakis*

內文：

此演講作者主要分享草莓病毒在種苗驗證的相關經驗，作者利用新科技來診斷病毒病害，傳統診斷方法包括聚合酶連鎖反應法 (PCR) 及生物檢定，而作者使用高通量定序法來鑑定 7 種病毒，且從樣品中發現 2 種新的病毒病害，此方法亦可增加每次可診斷之樣品數。

結果顯示高通量定序法優於 PCR，PCR 優於生物檢定法。高通量定序法可偵測到所有的病毒，有 2 種 Rhabdovirus 被新診斷出可感染草莓，但 PCR 無法。另作者在 2017 及 2018 年之春秋兩季分別採樣鑑定，發現有些樣品可在所有檢查點被檢測到，但有些無法，表示病毒隨著季節是有波動性的，且有無其他病毒複合感染亦會影響個別病毒量。表示需要兩年 4 個檢查點的時間來確保種苗為乾淨健康，才可繼續繁殖生產。

在驗證制度中，世代 1 (generation 1, G1) 是要確保為乾淨之種苗，而在 G4 則是要保持種苗的健康度和乾淨度，且作者強調無病徵並非無病毒。病毒病害常

於種苗場發生，且是一個不斷重演的狀況，例如 2002-2003 年在加州，一個未知的病毒病害爆發造成五千萬美元的損失，2013 年造成美東兩千五百萬美元的損失，亦曾造成加拿大東部種苗場百分之百的損失。

爰在病毒管理策略中，沒有什麼比開始生產和種植健康乾淨種苗更重要，再來為媒介昆蟲的防治管理，例如粉蝨是常見的病毒傳播媒介，最後是種苗場或植株應遠離感染源以降低被感染的風險。在種苗制度裡，病毒管控比病毒病害管控重要，是首要目標，配合檢驗降低感染風險。

草莓種苗種植過程中會有許多危險因子而感染病毒病害，包括蚜蟲、粉蝨、未知病毒、線蟲、種子帶毒等，原作者提出如何開始生產乾淨種苗？首先要先列出目標病害清單，並瞭解轄區內有哪些病毒種類及風險程度，並找出可鑑定特定病毒的引子對來偵測病毒的好發區。

驗證標準架構草案是由一群專家所共同提出，說明驗證制度內容及定義，可由美國各州自行針對內容修正以符合實際需求。在草案中，建議 G1 和 G2 的檢測數量為百分之百，而 G3 及 G4 則視種苗數目而定，大於 5,000 株後檢測數量固定變動不大，其中 G1、G2、G3 必須檢測所有的病原，而 G4 可針對各地區流行病原進行檢測。

整個驗證制度包括 G1 候選植株利用高通量定序法檢測後，如未檢出病毒則接續進行生物檢定，以符合其他規範，如未檢出任何病原，則進入驗證制度中，反之，若有檢測到病毒，則必須重新切生長點或以其他方式去除病毒後，再以高通量定序法檢測以確保植株健康未帶病菌。

參考文獻：

<https://www.ncpnberries.org/>

主題：國際生產狀況

題目：Current status and future prospect of strawberry production in East and Southeast Asia

講者：*Takashi Nishizawa*

內文：

由於草莓屬於溫帶作物，果實品質受外界環境包含溫溼度之影響，一般種植區域在冷涼濕度低的區域，如美國加州、地中海沿岸的國家:埃及、義大利、西班牙及土耳其等。然由於草莓深受消費大眾喜愛，且為優質禮品，近年來逐漸擴增至氣候較為溫暖潮濕的區域，如東亞和東南亞國家。根據聯合國糧食農業組織 (FAO) 的統計數據顯示，亞洲地區生產草莓的產量以東亞最多(86%)、其次為西亞(12.2%)、南亞(1.5%)及中亞(0.4%)。

東亞種植草莓的主要國家依面積大小依序為中國、韓國及日本，商業規模栽培的主要草莓品種類型為 June-bearing(JB)，此類型屬於休眠期短、短日照 1 季結果型，具有果實最大，且生產期集中於 2 至 3 個星期之特點，主要源自日本的品種。大多數的草莓種苗在溫室內繁殖，並在冬天及春天產果。其海外市場銷售策

略為販售高品質鮮果至東南亞富裕族群。

日本為東亞第一個商業化種植草莓的國家，於 1880 年代 Dr. Hayato Fukuba 自「General Chanzy」的實生苗選拔出「Fukuba」這個品種，一直到 1960 年代由於廣泛使用溫室(塑膠薄膜頂蓋)並且引入新的 JB 品種，例如「Donner」及「Hokowase」更適合在冬天和春天進行半促成栽培(semi-forcing culture)，而開始擴展草莓的生產。所謂促成栽培(forcing culture)係指於秋天以人為方式如低溫或短日照等誘導開花，接著將植株種植在加熱的溫室中，以避免發生休眠或矮化的現象，以此方式可維持不休眠狀態而持續採收，通常可從 11 月下旬採收到隔年 6 月。此種促成栽培技術在歐洲早期是為了提高 JB 品種早熟，近年來則是為了全年產果及因應氣候變遷。1980 年代由於日本民眾在耶誕節慶(12 月)對草莓果實的高度需求，因而育成新的 JB 品種如「Nyoho」、「Toyonoka」(休眠期非常短)。而臺灣豐香品種即源自「Toyonoka」，原本為主力品種的豐香於 107 年起逐漸因為不耐炭疽病，夏季育苗不易而大幅減少種植面積。在日本「Toyonoka」也因相似的原因而遭淘汰。日本在快速擴展草莓種植面積後，不同縣自行培育縣屬品種，而有所謂的限定品種，總計高達 300 多種品種。

由於東南亞國家有許多山區，而山區相對於都市的工業型態，現金收入較低，因而如草莓此種能有高經濟產值的作物，相當吸引當地民眾栽植，如泰國、越南、印尼、馬來西亞及菲律賓等國。以泰國為例，其草莓種植面積已達近 2000 公頃，主要產區在清邁及清萊，品種則以「Prachatan #80」為主。

以東亞及東南亞的產業特性來說，JB 品種擁有休眠期短的特性是提升產量的關鍵因素，然其無法於夏季種植，而 ever-bearing 品種雖然可以四季產果，但其果實品質仍不及 JB。因此，可人工控制環境條件的植物工廠逐漸興起。除氣候因素外，因產區位在偏遠山區，為利於輸送至距離遙遠的大都市，往往在果實尚未成熟時即須採收，鄰近都市的植物工廠未來將可望快速提供消費者高品質的草莓果實。

臺灣地狹人稠，草莓種植面積相較於國內其他果樹作物雖偏低，但卻有極高之產值，且主要產季正逢國人重要節慶，因而極受消費者喜愛。近年因應草莓種苗病害問題，農政機關、研究單位及農企業等共同努力朝向專業育苗以生產健康種苗為目標。除了對內供應穩定之種苗外，未來是否能朝向外銷種苗發展，亦是評估項目之一。輸出種苗品種、種苗規格及相關制度的建立，將影響後續輸出的品質及反饋。希冀在各單位的努力下，能有效提升國內草莓種苗品質，不僅供應內需，亦能投入國際市場。

參考文獻：

- Mochizuki, T., Yoshida, Y., Yanagi, T., Okimura, M., Yamasaki, A., Takahashi, H. 2009. Forcing culture of strawberry in Japan-production technology and cultivars. ISHS Acta Horticulturae. 842: VI International Strawberry Symposium.
- Neri, D., Baruzzi, G., Massetani, F., Faedi, W. 2012. Strawberry production in forced and protected culture in Europe as a response to climate change. Can. J.

主題：國際生產狀況

題目：Open and protected cultivation of strawberry in Armenia

講者：*Syuzanna Hovsepyan*

內文：

草莓為亞美尼亞重要的經濟作物，其國內可耕地面積約 16,150 平方公里，共有 11 個省份，然而地勢差異大，全國海拔平均 1,800 公尺，範圍自 375 公尺到 4,095 公尺，由於垂直高度上的落差，依照氣候條件共可劃分成 8 個栽培區，其中產量主要集中於 3 個省份。亞美尼亞全年日照充足，惟氣溫落差甚大，成為草莓栽培地區的限制，而平均相對濕度約 25~40%，屬乾燥地區，為草莓栽培適宜條件，在莓果類栽培面積中，草莓佔 70.3%。在品種的部分，亞美尼亞曾經發展的大果品種包括，Nairi 及 Lenakani，其單果重可達 15~22 克，惟目前未持續進行此類品種的選拔。

亞美尼亞草莓栽培分為露天栽培及設施栽培，露天栽培常配合簡易塑膠布覆蓋畦面，以確保果實潔淨。栽培品種多為當地的地方種，少部分為日中性品種，日中性品種則主要為 Albion。露天栽培模式包含兩種，一為同時栽培母株及子株，畦面寬 120 公分可種植 2 行，株距 60~80 公分，以利子株有足夠的生長空間，產果期同時收穫子株及母株的果實，所需栽培空間大，屬高密度栽培，目前已甚少農民採用此種方式。另一種只種植母株，單行種植畦面寬 50~70 公分，雙行則需 90~120 公分，並以株距 30 公分定植。亦有以千鳥植的方式種植，有助於提高土地的利用效率，而短日型草莓多以前兩者的方式栽培，日中性草莓則多以千鳥植方式以避免生育時間長，植株生長過於擁擠。露天栽培面積自 2014 年逐年提升，產量不高，因栽培模式尚缺乏技術上的調整，仍由人工方式進行，屬勞力密集的栽培模式。

設施栽培則有懸掛式栽培槽、多層高架栽培空間及增加葉片支架使果葉分離等技術上的增進，栽培介質為椰纖及珍珠石，使用前需先經過淋洗、離子飽和及緩衝等過程，相較土壤價格較低。溫室多以栽培日中性草莓為主，以達到全年皆可收穫，主要亦為 Albion 品種，其次為 Murano，溫室面積至 2021 年僅 27 公頃，預估至 2023 年可達到 61 公頃，而溫室栽培的銷售方向多為海外出口，訂立栽培介質的認證規範及發展適應當地氣候的最佳栽培模式將為未來發展方向，同時也於溫室內嘗試栽培其它日中性草莓品種的栽培，增加品種的多樣化與利用的可能性。

亞美尼亞設施栽培多以日中性品種為主，可能與其栽培期長，收穫期可達全年之特性有關，因採收期長，栽培於設施內較能確保其生長的穩定性，減少戶外環境的干擾。臺灣目前未有日中性草莓的栽培，非產果季節以國外進口為主，未來若發展日中性草莓亦可以栽培於設施環境導向，避免夏季高溫多雨之影響，填補草莓生產的缺口。

主題：國際生產狀況

題目：Profitable day-neutral strawberry variety and planting date combination for world production year-round strawberry fruit production in the Southern Cape, South Africa

講者：*Patience Parehw*

內文：

南非草莓產業受限於氣候因素，每年僅能在 3-5 月生產草莓，然而市場對於草莓供應的需求全年存在。因此開發產期調節技術，如種植日中性品種延長採收季、錯開種植時間等模式，將有利分散延長草莓生產季節，為農民帶來更高的收益。

比較 Monterey、San Andreas、Albion 三種國際上常見的日中性草莓品種在南非 4-9 月種植後的生長表現得知，生長勢評估依據冠數(crown)與走蔓數(runner)都是 Monterey 表現最佳，單棵草莓植株擁有的冠數越多能產生越多的花朵進而提昇產量，然而走蔓對於生產果實用的草莓植株而言只會分散花朵養分且需要花費人力去除，因此宜避免 8-9 月定植造成走蔓生長旺盛降低果實品質。產量取決於植株產生的花朵數與果實數，三種品種對於不同月份種植的反應相近：五月及八月定植產量較高，其他時間種植則因為氣溫太高或太低的關係造成花芽分化抑制或延遲。果實品質方面，4-6 月定植植株所產生的果實優於 7-9 月定植者，而在 6-7 月定植產生之果實甜度較高，三個品種產生的果實品質以 Albion 的甜度最高，果實重量則沒有太大差異。因此，在只考慮以這三種品種進行產期延伸的情況下，使用 Monterey 於 4-5 月種植可以明顯拉長草莓產季，使收益提高，若在 8 月接續種植 San Andreas 則可以繼續延長草莓收穫期，達到全年生產的目標。

臺灣草莓於 10-12 月定植田間，並於 12 月至隔年 4 月間採收果實，其他時間國內草莓供應大多倚賴國外進口。產期調節是國內眾多單季作物改良的目標之一，草莓產期調節遭遇的問題為市場接受品種過於單一，導致農民只願意種植少數特定品種，又國內主流品種—香水與豐香皆為短日照品種，難以延伸產季至長日照的夏季。若以設施栽培調節氣溫日照，其成本難為農民所負擔，因此國內草莓產期調節之首要目標應訂在及早獲得適應夏季生長環境之日中性品種，後續才能選育出國內市場可接受或具外銷潛力，可供農民種植之品種。

主題：國際生產狀況

題目：Productive performance and quality of fruits of Italian strawberry genotypes in the south plateau region of Santa Catarina

講者：*Leonardo Felipe Faedo*

內文：

巴西栽種草莓主要從 2000 年開始，栽種面積約 2,000 公頃，至 2016 年栽種面積已達 4,000 公頃，年產量也從每公頃 19 公噸上升至 36 公噸，約 20 年之間，

栽種面積成長 115%，產量成長 90%。主要栽種草莓地區在巴西南部，全年皆可生產，氣候較為冷涼，類似歐洲的栽種環境。由於巴西缺少園藝性狀良好的草莓品種，作者推測義大利之草莓品種可能適合種植在巴西，爰透過 CREA-OFA 提供義大利品種，讓作者可在巴西進行品種基因改良及適應性測試。

試驗田區位於巴西之聖卡塔琳娜州拉熱斯，高度為 922 公尺，年均溫約為 15.6°C，年均雨量為 1,500 毫米。種植年份為 2018-2019 年，以逢機區集實驗設計，4 重複，共實驗 17 種品種。作者於 9 月至隔年 1 月每 3 天於清晨採收果實，採收標準為果實表面有 75% 轉色。採收後進行分級及秤重，超過 10g 及沒有腐爛、變形區分為可販賣之果實，反之則無法販售。分析項目包括可溶性固形物、可滴定酸及果肉堅實度(pulp firmness)。

結果顯示果肉堅實度以 Sabrina 最硬，約 3 牛頓以上；甜度以 Sabrina 及 Piricinqe 品種結果最為顯著，從結果中以 Piricinqe 及其相關品系可得到較好的園藝性狀，可做為未來種植之潛力品種。

主題：國際生產狀況

題目：Success of Italian genotypes cultivated in Brazil

講者：Leo Rufato

內文：

Dr. Leo Rufato 是 UDESC (Universidade do Estado de Santa Catarina)的教授，報告內容介紹巴西草莓栽種情形，草莓栽植面積呈現逐年增加趨勢，總共約 4,500 公頃，但因為缺少品種更新及缺乏育種程序，成為巴西草莓農民最大之困境。巴西草莓主要栽種區域在南緯 20-32 度之間，海拔介於 10-1,600m，基於如此多樣性的栽種環境，巴西需要各種不同特性之草莓品種。巴西每年約需要 2.7 億株草莓種苗，但 60% 的草莓都是 Albion, Camarosa 與 San Andreas 這三種品種，而 Dr. Leo Rufato 在 2012 年與 Crea 公司協議引進義大利的草莓品種並建立育種程序，因此至 2016 年總共有 15 個不同 genotypes 的草莓，於 6 個不同育苗場內培育，並在 4 年內發展出 2 種具有潛力之草莓品種:Piricinqe 與 Jonica，其中 Piricinqe 為短日照，生長旺盛，對土壤病原菌有抗性，低氮肥需求，可離土栽培，但是對白粉病與灰黴病感病，主要以有機栽培為主，其果實甜度非常高，堅硬，風味佳，採後儲藏時間長。而 Jonica 則為短日照早熟品種，甜度高，風味佳，採後儲藏時間長。目前尚有 4 種草莓品種正在註冊，其中包含短日照與中性日照品種，目前有超過 100 種不同 genotypes 草莓，其中 12 種已進入田間試驗階段。

主題：栽培管理

題目：Breeding potential of underutilized *Fragaria* species

講者：Klaus Olbricht

內文：

草莓屬中存有多種具潛力之物種，物種間歧異度高，自食味、香氣、抗性、

顏色及果實大小等特性上皆有高度歧異性，其染色體倍體數亦不盡相同。草莓屬的物種，倍體數包括 2、4、6、8 及 10 倍體，倍體數的差異常為育種過程之限制因素。現行的栽培種草莓 *Fragaria ananassa* 為智利草莓(*Fragaria chiloensis*)與弗州草莓(*Fragaria virginiana*)雜交而得，兩親本皆為 8 倍體，雖為種間雜交，但因倍體數相同而於雜交過程不致發生雜交障礙。若進行不同倍體數之間的雜交則需透過回交或染色體加倍之技術，以獲得穩定後代。多數栽培廣泛之園藝作物皆為多倍體，講者也藉由離體培養產生嵌合體，比較 2 倍體與 10 倍體植株生長之差異，10 倍體草莓的果型、花瓣及葉片皆較 2 倍體草莓大，果實色澤也明顯較 2 倍體草莓深，10 倍體被認為具有較強的生長勢及較高之利用價值。

增進倍體數為一育種方法，不同倍體數間之雜交也是可行的，講者提供 2 種獲得 10 倍體之育種程序，透過 8 倍體草莓及 2 倍體草莓雜交後得到的 5 倍體後代，進行染色體加倍而得；也可透過 8 倍體草莓及 4 倍體草莓雜交後得到 6 倍體後代，配子不減數分裂回交 8 倍體親本而得。利用低倍體育成 10 倍體草莓，以 2 倍體 *F. nilgerrensis* 及 8 倍體草莓進行漸滲雜交育成 10 倍體草莓 Tokun(桃薰)即為一成功案例，大果及特殊桃香氣為其特色。

10 倍體草莓為具潛力的發展方向，育成過程中染色體加倍能於雜交後代中，保留較高成分低倍體數親本的遺傳質，而有較穩定表現。草莓屬中尚有多種具應用價值之野生種，有待更進一步了解，進而選擇具合適基因特性的種原，作為誘變育種或雜交的材料，擴大遺傳背景而有更佳之遺傳增進量。

主題：栽培管理

題目：Belgium Strawberry cultivation in four layers

講者：Maarten Hofkens Voort

內文：

高架草莓栽培床能夠提供更多的栽培空間，增加立體空間利用，而講者試驗中設計的四層栽培床，相較於單架栽培床，於 7m*8m*17.5 m 溫室中，每平方公尺面積栽培株數可增加 3.4 倍。除了增加栽培空間上的優勢，於溫室環境中也減少低溫時加溫的需求、減少二氧化碳排放。在比利時，申請溫室的擴建許可較為困難，增加溫室內栽培面積甚為重要，而多層架栽培，光照不足及栽培密度增加所造成之高濕度為應用上的障礙。

為改善光照及通風，評估相較於單層架栽培之應用潛力，包括以直立風扇配合 LED 燈帶(55400 $\mu\text{mole}/\text{m}^2/\text{s}$)、栽培燈(紅/藍光)(250400 $\mu\text{mole}/\text{m}^2/\text{s}$)，及直立風扇並加強通風之條件下配合栽培燈(紅/藍光)(250400 $\mu\text{mole}/\text{m}^2/\text{s}$)、栽培燈(全光譜)(250400 $\mu\text{mole}/\text{m}^2/\text{s}$)、栽培燈(紅/藍光)(400400 $\mu\text{mole}/\text{m}^2/\text{s}$)，評估應用潛力分別為 61%、80%、87%、89% 及 89%，產量皆以最上層最佳(與單層栽培相當)，越下層小果比率及畸形果比率高；果實品質上，常有花萼周圍轉色不完全且糖度較低的情況，提升光照度自 55400 $\mu\text{mole}/\text{m}^2/\text{s}$ 到 250400 $\mu\text{mole}/\text{m}^2/\text{s}$ 有助於產量的提升，而自 250400 $\mu\text{mole}/\text{m}^2/\text{s}$ 提升至 400400 $\mu\text{mole}/\text{m}^2/\text{s}$ 則沒有顯著的影響，增加光譜

波長範圍亦對果實產量及品質沒有影響。

透過多層栽培床增加溫室栽培空間雖可增加種植面積，但栽培品質及管理則尚待其他設施的投入，以避免遮陰導致下層植株產量低、高濕度及空氣不流通造成畸形果等問題。設施栽培投入成本相對較高，但為可耕地面積限制下，增加栽培面積與產量之潛力發展方向。

主題：草莓病蟲害

題目：The essential oils as biofungicide against strawberry *Colletotrichum* spp.

講者：*Neringa Rasiukeviciute*

內文：

為因應氣候變遷、新興草莓病害與系統性殺菌劑帶來之副作用已及病原菌的抗藥性，新興植物保護方法隨之而生，利用生物性防治方法來防治植物病害，不僅友善生態環境，亦可永續使用。

頻繁使用化學農藥將使病原菌產生抗藥性，造成效用降低，致使全世界將心力關注在新的植物保護方法上，如生物性農藥，且包括農作物採收前後之病害防治。生物性農藥包含精油、植物萃取物、微生物資材(如細菌、酵母菌、真菌等)。其中精油是一種無毒性的植物保護產品，含有不同抗細菌或真菌有效成分。而立陶宛農業與林業研究中心園藝組織植物保護研究室(LAMMC IH Laboratory of Plant Production)於 2011 年開始研究新興之植物保護方法。

Colletotrichum spp.病原菌在南邊國家是一個常見的病害，引起許多經濟作物之炭疽病，而炭疽病最佳的生長溫度大多為 26.7-32°C，然此病原菌可因為氣候變遷而適應較冷的氣候。草莓炭疽病由 *Colletotrichum* spp.所引起，可感染超過 80%的草莓種苗並引起死亡，且造成超過 50%的產量損失。這個研究主要為評估不同精油在不同濃度下防治草莓炭疽病菌(*Colletotrichum acutatum*)的能力。

此研究在立陶宛農業與林業研究中心園藝組織植物保護研究室執行，植物來源包括百里香(*Thymus vulgaris*)、鼠尾草(*Salvia officinalis*)、胡椒薄荷(*Mentha piperita*)、芫荽 *Coriandrum sativum*)、牛膝草(*Hyssopus officinalis*)，並以克萊文氏水上蒸餾法(Clevenger-type hydrodistillation)萃取精油，炭疽病菌於 25°C 黑暗培養 6 天後，以不同濃度(200、400、600、800 及 1000ul/L)處理，並在 2、4、6 天觀察菌落生長情形與菌絲生長速度及在第 7 天觀察分生孢子大小，同時於第 6 天重新培養，48 小時後觀察菌絲活性及生長情形。

結果顯示，百里香精油所有濃度皆可百分之百抑制菌落生長，控制組則生長良好；鼠尾草精油對菌落之抑制效果隨濃度上升而上升，然其抑制率皆在 20% 以下；胡椒薄荷精油對菌落之抑制效果隨濃度上升而上升，抑制率皆在 40% 以下；芫荽精油以 1000ul/L 濃度抑制效果最明顯，次要為 400、600、800ul/L，抑制率約為 20%；牛膝草精油僅有 800ul/L 超過 20% 抑制率。

綜合以上結果，濃度 200ul/L 以上的百里香精油具最佳抑制炭疽病菌之能力，鼠尾草、胡椒薄荷、芫荽精油需 1000ul/L 以上才有最高的抑制率，牛膝草則需要

濃度達 800ul/L 以上。植物精油未來可望做為防治草莓炭疽病之生物性資材，降低殺菌劑抗藥性問題。

參考文獻：

立陶宛農業與林業研究中心 <https://www.lammc.lt/en>

主題：草莓病蟲害

題目：Effect of sudangrass biosolarization on *Verticillium dahliae* populations in coastal California

講者：Ashraf Tubeileh

內文：

太陽能消毒法(soil solarization)係以塑膠布覆蓋在田區土壤或畦上，利用太陽照射產生高溫而殺死土壤中的病原菌或雜草種子等。在夏季，草莓農友亦常覆蓋低密度聚乙烯布(Low-density polyethylene tarp, LDPE tarp)於田區土壤上，利用高溫殺死土壤內的病原菌及雜草。但在臨海的草莓產區，因受到海洋影響大，此方法的效益可能會有所打折，爰利用 biosolarization 來改善。Biosolarization 是農友在覆蓋塑膠布前，於土壤中添加土壤改良劑或堆肥，透過微生物減少消毒所需時間，以加速整個過程。

蘇丹草在美國加州是一個很重要的作物，常用來作為管理雜草的方法，除了夏季種植作為覆蓋植物，能避免雜草生長外，蘇丹草為豆科植物，根部會分泌物質如高粱醜(sorgoleone)，以抑制雜草萌芽或生長，另外含有蜀黍氰苷(dhurrin)，分解時會釋放出有毒物質氰化氫。

本研究以蘇丹草(sudangrass)作為覆蓋植物，收割後覆蓋土壤或拌入土壤，並以有或無土壤熱消毒作為處理，共分成六種處理。試驗設計為裂區設計(n=4)，主區分成鋪設覆蓋植物、土壤拌入覆蓋植物及無覆蓋植物，3種處理，副區分成有或無太陽能消毒2種處理，每個副區為 1.2 x 6 公尺大。蘇丹草於 5 月 11 日種植，大約 7 月中旬收割，並拌入土壤，且在田區作畦。7 月 26 日鋪上太陽能塑膠布，大約 5 周後將布移除，草莓於 10 月 23 日種植。

以太陽熱消毒處理下，由土壤深度 5 公分下測得各處理組(覆蓋組、拌入組及無覆蓋植物組)之最高平均溫度分別為 40.9°C、42.6°C、43.2°C，而控制組(無覆蓋植物亦無太陽熱消毒處理)為 30.3°C。因為試驗田區離海岸大約 10 英里，受海洋影響大，故平均土溫不高。*V. dahliae* 族群數量以覆蓋植物不同處理下，各處理組在太陽能消毒前後比較皆無顯著差異，產量亦無顯著差異。但在有無太陽能處理比較下，各月份的 *V. dahliae* 族群數量大都有顯著差異，且處理後的 *V. dahliae* 族群保持較低數量，而有太陽熱處理的副區與無處理相比，產量亦有顯著差異，達 3 倍之多。

太陽熱消毒處理可有效降低 *V. dahliae* 族群數量，惟蘇丹草無法增加太陽熱消毒處理之效益，然而有覆蓋植物較無覆蓋植物而言，產量亦較高，其中因為生長的雜草較少，以覆蓋蘇丹草處理之產量又比拌入蘇丹草之處理高。

參考文獻：

Daugovish O, Howell A, Fennimore S, Koike S, Gordon T, Subbarao K (2016) Nonfumigant treatments and their combinations affect soil pathogens and strawberry performance in southern California. *Int. J. Fruit Sci.* 16:37–46.

主題：草莓病蟲害

題目：Susceptibility/tolerance to *Macrophomina phaseolina* in strawberry using different inoculation techniques under controlled and natural conditions

講者：Stanley Freeman

內文：

Stanley Freeman 是以色列農業部的資深研究員，這次介紹草莓病原菌 *Macrophomina phaseolina*，為典型土壤病原菌，可造成萎凋、根腐與冠腐病徵，寄主廣泛，可危害多種水果與蔬菜作物，在美國、以色列、土耳其、希臘、埃及、法國、西班牙、義大利、澳洲、印度與南美洲皆有報導發生。*Macrophomina* 可於植物殘體與土壤中產生菌核，並對淹水與熱逆境具有抗性，當溫度高(28-32°C)時，會增加病害的嚴重程度。在以色列，該病害發生於 2004 年，可感染所有品種，之後每年發生成為主要土壤傳播病害。Dr. Freeman 發展一種接種方式，用以篩選抗性品種，並在溫室與田間進行抗性篩選。Dr. Freeman 測試了 3 種方法：牙籤接種法、土壤混合菌核及自然感染的植物組織。

接種實驗測試了 5 種品種，牙籤法無法辨別抗性與感性品種，但使用土壤混合菌核或是自然感染組織，可分辨出不同品種的抗性差異。而在篩選抗性品種方面，顯示部分品種具有較佳之耐受性。

參考文獻：

Pickel, B., Dai, N., Maymon, M., Elazar, M., Tanami, Z., Frenkel, O., Toamy, M. A., Mor, N., and Freeman, S. 2020. Development of a reliable screening technique for determining tolerance to *Macrophomina phaseolina* in strawberry. *European Journal of Plant Pathology* 157:707-718.

主題：草莓病蟲害

題目：Screening strawberry cultivars and elite breeding line for susceptibility to *Macrophomina* crown rot and *Verticillium* wilt: a three-year summary

講者：Gerald Holmes

內文：

Dr. Holmes 為加州州立理工大學草莓研究中心(Cal Poly Strawberry Center)主任，選擇中心附近的兩塊田進行試驗，其中一塊為每年皆會發生 *Verticillium* 病害的田，另一塊則是於種植後 14 天藉由人工接種 *Macrophomina* 病原菌，植物的死亡率每兩週紀錄 1 次，總共測試約 90 個不同育種品系，於接種後 43 週死亡率明顯增加，而其中一個新品種"UCD Warrior"對 *Macrophomina* 具有耐受性，另外在

Verticillium 的試驗當中，UCD Warrior 與 UCD Victor 都具有耐受性，連續 3 年的田間試驗結果顯示，對 *Macrophomina* 具有耐受性的品種很穩定，但對 *Verticillium* 每年的差異則相對較大。藉由分析每日高溫，顯示溫度對於病害發生有所影響，例如 2019 年高溫日數較低，發病率也較低，這 3 年的田間試驗結果顯示部分品種對於 *Macrophomina* 與 *Verticillium* 具有抗性。

參考文獻：

Holmes, G. J., Mansouripour, S. M., and Hewavitharana, S. S. 2020. Strawberries at the crossroads: management of soilborne diseases in California without methyl bromide. *Phytopathology*. 110:956-968.

主題：病蟲害管理

題目：Sustainability of strawberry nurseries and fruit production in relation to fumigation practices in Europe

講者：Arben Myrta

內文：

歐洲草莓農正面臨日益嚴重的土壤病蟲害問題，然而有效的防治手段——化學熏蒸因為具有強烈的環境副作用風險而受到限制，因此各地學者與專家嘗試以科學分析的方式重新評估化學熏蒸使用在草莓產業上的可行性，希望將這個防治手段在最低副作用條件下進行有效使用。

歐洲草莓主要土壤害物包含：線蟲(莖線蟲 *Ditylenchus dipsaci*、草莓葉芽線蟲 *Aphelenchoides fragariae*、根腐線蟲 *Pratylenchus* spp.等)、病害(*Phytophthora cactorum*、*P. fragariae*、*Phoma* spp.、*Fusarium* spp.等)、草害、土壤質地改變(微量元素、微生物相、土壤結構出現失調)等，這些因子始於草莓長時間連作累積，導致歐洲草莓植株逐年生長不良、死亡率增加及產量下降。西班牙從 2003 至 2015 年的調查報告指出，使用土壤熏蒸劑於 *P. cactorum* 與 *Pratylenchus* spp.盛行的園區，相較對照組平均產量可高出 28%。另外，義大利、法國、比利時及西班牙的統計數據亦顯示使用化學熏蒸草莓園，於走蔓數量與收益方面皆較未使用者佳，尤其在溫網室等設施保護下效果更為明顯。化學熏蒸是目前針對草莓土壤問題最好且唯一的解決辦法，如果不使用這項武器將致歐洲草莓園的廢耕面積增加，每年造成 2.7 億歐元的損失與 3.6 萬人因草莓園廢耕而失業。二硫二甲烷(dimethyl disulfide, DMDS)是一種新興化學熏蒸劑，使用此熏蒸劑於種植草莓多年的園區，可減少土壤中不利草莓生長因子，為目前兼顧歐洲草莓產業與環境衝擊較可行之方式。

化學熏蒸劑種類開發不若其他防治方式盛行，且過去各國盛行使用的熏蒸劑——溴化鉀烷因對人體毒性及破壞臭氧層副作用而遭全面禁用，更使得社會對於化學熏蒸有著不佳觀感而被極力避免使用。檢視國內外開發非農藥防治之原因，不外乎是為了減少化學農藥濫用，表示化學防治若能適當使用，應當成為可接受的防治手段。歐洲因氣候適合全年種植草莓，長時間大面積連續種植導致土壤劣化，

在維持草莓產業鏈運作，迅速恢復地力的前提下，以化學熏蒸迅速消毒土壤不利因子實為一有效策略；而臺灣，草莓僅在 10 月至隔年 4 月種植於田間，其他時間可藉由輪作、淹水、翻土曬田、施用微生物肥料等方式改善土壤，因此較無使用化學熏蒸之必要性。土壤問題在國內眾多作物上同樣相當棘手，土壤化學熏蒸雖能有效消滅土壤病原，但也造成土壤有益微生物消失，因此使用前應擬定地力恢復策略，並優先嘗試其他防治方式後若效果不彰再將化學熏蒸列入考量。

參考文獻：

Greco, N.; López-Aranda, J.M.; Saporiti, M.; Maccarini, C.; de Tommaso, N.; Myrta, A. 2020. Sustainability of European vegetable and strawberry production in relation to fumigation practices in the EU. *Acta Hort.* 1270, 203–210.

主題：病蟲害管理

題目：Soil pest management in current California strawberry production

講者：*Oleg Daugovish*

內文：

美國加州是全球草莓產業主要產區之一，每年約有 1.3 萬公頃的土地用於種植草莓，然而近年來加州草莓種植面積有下降趨勢，原因在於土壤有害生物無法有效抑制。加州草莓產業遭遇之主要土壤有害生物為 *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*、*Macrophomina phaseolina* 兩種危害植株的病害以及 *Cyperus esculentus* (香附子)嚴重與植株競爭生長空間的多年生雜草。加州禁用土壤熏蒸劑—溴化鉀烷後，在兼顧效益、效果、減少環境衝擊的前提下，當地農民針對土壤有害生物採行的非熏蒸防治手段包含藥劑灌注、土壤還原消毒(ASD)、翻土曬田、田區淹水、覆蓋作物、栽培介質更新等。

然而非熏蒸防治受到防治效果、執行難度等限制，約只有 15% 農民作為主要防治手段，化學熏蒸依舊是加州多數草莓農的防治首選，美國仍有許多種化學熏蒸劑可使用，包含 methyl isothiocyanate (MITC)、metam sodium、chloropicrin 等。化學熏蒸使用便利性適合大規模種植的農民使用，在傳統全區熏蒸施用的情況下能達到 90-95% 之防治效果，但成本也相當高。因此在降低成本、改善防治效果及減少藥劑外洩等精準用藥考量下發展出「Drip fumigation」的施用方式。Drip fumigation 是以滴灌條帶埋入田畦作為熏蒸劑的釋放器具，將混有熏蒸劑的灌溉水滴入土壤，優點在於液相熏蒸劑能在土中充分擴散同時減少於表土揮發造成熏蒸劑外洩的機會，另外施藥時只需開水即可，操作者不需進入田區可減少接觸藥劑風險。Drip fumigation 能省下相較於一般施用方式近一半的用藥成本，但精準施藥的效果很容易受到環境條件左右，因此灌溉水用量的估算、田區整理程度、滴帶鋪設深度、滴灌密度、土壤內有無提供病菌躲藏的殘株等條件都會影響防治效果，目前加州已有 55% 的草莓農使用 Drip fumigation 防治土壤有害生物。

土壤有害生物亦是國內草莓與其他作物果樹栽培時所面臨的重要問題，國內化學熏蒸因使用種類限制、施用成本、栽培模式等關係，使用率不及國外普遍。

國內草莓病害防治以化學防治為主流，Drip fumigation 將藥劑灌注結合滴灌施用的概念可供國內借鏡，例如在植株定植前、畦面塑膠布尚未挖洞的情況下，先用化學藥劑經滴帶灌注於土表進行消毒，本田期結束前再滴灌一次藥劑進行消毒。精準用藥為化學防治更進階之應用，除了藉由精準用藥達到農藥減量外，農民規劃農事操作時可以併入其他非農藥防治方式，例如輪作前翻土曬田、施用基肥時添加糖蜜麩皮等進行土壤還原消毒、高架栽培定期更換介質翻新肥力等，藉由精準用藥與其他非農藥防治的搭配使用，達到兼顧農藥減量、降低成本並提昇防治成效之永續農業。

參考文獻：

Bolda MP, Dara SK, Daugovish O, Koike ST, Ploeg A, Browne GT, Fennimore SA, Gordon TR, Joseph SV, Westerdahl BB, Zalom FG. Revised continuously. UC IPM Pest Management Guidelines: Strawberry. UC ANR Publication 3468. Oakland, CA.

主題：採收後處理

題目：Do strawberry quality properties contribute to *Botrytis cinerea* tolerance?

講者：Hua Li

內文：

灰黴病菌(*Botrytis cinerea*)屬於死體營養型(Necrotrophic)植物病原菌，可廣泛感染多種作物達 500 種以上，尤以鮮果及蔬菜最為嚴重，以致每年全世界經濟損失高達 100~1,000 億美元。此病菌在採收前、後，幾乎可感染植株所有部位，包含莖、葉、花、果實及種子。由於此病害造成鉅大的損失，如何有效防治為重要課題。所謂知己知彼百戰不殆，從病原菌的致病機制開始，提升防治效率。活性氧化物質(reactive oxygen species, ROS)及胞外蛋白質調控灰黴病菌生長、發展及致病性。外在環境因素亦會影響灰黴病菌與其寄主作物的交互作用，例如酸鹼值(pH)即為主要因子之一，果實通常處於 pH 3.32-4.39，而葉片、莖及根酸鹼值較高，約為 pH 5.81-6.3。當灰黴病菌在不同酸鹼值環境下，其所分泌的酵素有所不同，於 pH 4 產生 proteolysis，反之在 pH 6 環境下產生 CWDEs (cell wall degrading enzymes，細胞分解酵素)感染寄主作物。

除了採收前的感染之外，採收後灰黴病菌感染鮮果，亦為產業重要問題。而草莓果實在尚未成熟前，由於細胞壁較為緊實，apoplastic sugar 含量少，多聚半乳糖醛酸酶抑制蛋白(PGIPs)含量高對於病原菌的抵禦能力較好，且此階段有較多的抗真菌物質，因而能抵抗灰黴病菌的感染，反之成熟的果實則對灰黴病菌感病。而成熟果實的品質是否會影響對灰黴病菌的抵抗能力，可從顏色、味道及抗氧化力三種影響果實品質的層面進行探討。經由不同品種草莓的研究結果顯示，草莓基因型屬於外表顏色較深、果量較多且能產生較多抗氧化物質者，對於灰黴病的抵抗性較佳。採收時花青素及抗氧化物質(維他命 C)的含量與鮮果保存期有顯著相關性，而原花青素雖與花青素在類黃酮素的代謝途徑中有相同的前驅物卻

與鮮果保存期無關聯性。有趣的是，採收時總可溶性糖(total soluble sugar, TSS)與總有機酸(total organic acids)的比例和花青素、原花青素及抗氧化物質有顯著相關性。整體來說，這些植物化學物質參與了草莓果實抵禦灰黴病菌的能力。

對於灰黴病的防治，除了以化學藥劑、生物防治等方式之外，在了解更多病原菌的生理機制以及草莓各品種間對灰黴病的抗性程度差異後，防治的策略可藉由表現型及基因型態的不同，選拔出對灰黴病較具抗(耐)病性的品種，藉由栽植抗(耐)病品種，減少化學農藥的使用，從而提升草莓果品安全。

參考文獻：

Li, H., Chen, Y., Zhang, Z., Li, B., Qin, G., Tian, S. 2018. Pathogenic mechanisms and control strategies of *Botrytis cinerea* causing post-harvest decay in fruits and vegetables. *Food Quality and Safety*. 2(3):111–119.

Petrasch, S., Knapp, S.J., van Kan, J.A.L., Blanco-Ulate, B. 2019. Grey mould of strawberry, a devastating disease caused by the ubiquitous necrotrophic fungal pathogen *Botrytis cinerea*. *Molecular Plant Pathology*. 20:877-892.

Petrasch, S., Mesquida-Pesci, S. D., Pincot, D.D.A., Feldmann, M. J., López, C. M., Famula, R., Hardigan, M. A., Cole, G. S., Knapp, S. J., Blanco-Ulate, B. 2021. Genomic prediction of strawberry resistance to postharvest fruit decay caused by the fungal pathogen *Botrytis cinerea*. *bioRxiv*. 447540.

主題：採收後處理

題目：Metabolic reconfiguration of strawberry physiology in response to post-harvest practices

講者：Jose Vallarino

內文：

由於草莓果實的水分含量高且質地柔軟以致容易腐爛，然其外表討喜且營養價值高，因此，如何有效延長其鮮果保存期，一直是研究人員努力的目標。草莓從採收到消費者，其硬度、水分及香氣皆會逐漸下降，而果實的感病性及物理傷害則是逐漸增加。通常為提升採收後果實的保存期及維持良好品質，儲存期間會使用低溫、調整氣體成分、抑制成熟及以外表篩選等方式。經由分析多種草莓品種之果實採收後的上千種代謝產物，於冷藏期間分別處理二氧化碳或臭氧以觀察其變化，並以果實硬度、可溶性固形物含量及代謝物作為評估指標，結果顯示添加臭氧之處理組與採收後的生理代謝有負交互作用，相較於對照組，臭氧組的果實發酵反應較少，且試驗數據顯示這些果實可以產生較多保護物質使其能耐受採收後非生物性逆境。有趣的是，從試驗結果可找到能作為生物性指標的代謝物質與草莓採收後保存期的品質具有關聯性，例如：Ethanol、ethyl octanoate、GABA、succinic acid 等，可幫助預測草莓果實採收後儲存期間的外觀變化，未來將更有助於延長果實保存期。

臺灣草莓產區主要販售及消費習慣仍以鮮食為主，以觀光果園、行口販售及

宅配自售為主，因而鮮果保存期攸關生產者或者行口收益。以育種目標來說，草莓品種不只需要能適應生產區的環境條件，於採後供應鏈也必須維持其果實品質。草莓品種是決定採後品質與鮮果保存期的重要關鍵因子，若現有品種無法符合市場所需，則尋求替代品種或從現有品種進行改良，為可應用之策略，例如已種植多年的主流品種豐香，除因不耐炭疽病的問題外，其鮮果不耐長途運輸亦為近年產區品種汰換因素之一。未來，草莓育種及採收後處理研究，除可篩選鮮果保存期長之品種特性外，搭配適當之採收後處理技術，將可提升鮮果採收後品質及延長保存期，增加農民收益。

參考文獻：

- Pott, D. M., de Abreu, E. Lima F., Soria, C., Willmitzer, L., Fernie, A. R., Nikoloski, Z., Osorio, S., Vallarino, J. G. 2020. Metabolic reconfiguration of strawberry physiology in response to postharvest practices. *Food Chemistry*. 321:126747.
- Reis, L., Forney, C.F., Jordan, M., Munro, P. K., Fillmore S., Schemberger M.O., Ayub R.A. 2020. Metabolic profile of strawberry fruit ripened on the plant following treatment with an ethylene elicitor or inhibitor. *Front. Plant Sci.* 11:995.
- Pott, D.M., Vallarino, J.G., Osorio, S. 2020. Metabolite changes during postharvest storage: effects on fruit quality traits. *Metabolites*. 10(5):187.
- 吳岱融。2018。延長草莓果實貯藏壽命之研究。國立中興大學園藝學系博士論文。150 頁。

四、 建議事項

1. 國際園藝科學協會(International Society for Horticultural Science, ISHS)每四年定期會舉辦國際草莓研討會，內容主題多元，為能與國際接軌，我國應持續參加國際草莓研討會，了解草莓產業最新發展與現況，以提升國內草莓栽培水準。
2. 透過參與國際研討會，能與全球草莓專家討論相關議題，實質與其保持良好溝通管道，有利尋求更多國際合作關係，拓展國內人員國際觀及幫助產業升級，並作為未來研提計畫方向之依據。

五、 附錄

1. 主講者名單

	<p><i>Yiannis Ampatzidis</i></p> <p>助理教授 美國佛羅里達大學</p> <p>專長：人工智慧、自動化、機器人</p>
	<p><i>Britt Burton-Freeman</i></p> <p>教授 伊利諾科技中心</p> <p>專長：莓類生理</p>

	<p><i>Daniele Del Rio</i></p> <p>副教授 義大利帕馬大學</p> <p>專長：草莓營養</p>
	<p><i>Béatrice Denoyes</i></p> <p>博士後研究 法國波爾多國立農藝研究所</p> <p>專長：草莓開花機制</p>
	<p><i>Juan Carlos Díaz Ricci</i></p> <p>教授 阿根廷國立研究理事會</p> <p>專長：植物生物科技</p>

	<p><i>Qing-Hua Gao</i></p> <p>教授 中國上海農業科學院</p> <p>專長：草莓抗性及分子生物</p>
	<p><i>Steven J. Knapp</i></p> <p>教授 美國加州大學戴維斯分校</p> <p>專長：草莓繁殖</p>
	<p><i>Aaron Liston</i></p> <p>教授 美國俄勒岡大學</p> <p>專長：草莓基因</p>



Peter Melis

Proefcentrum Hoogstraten 研究人員
比利時

專長：草莓栽培、綜合防治



Sonia Osorio

教授
西班牙馬拉加大學

專長：草莓生理



Stefano Predieri

院長
義大利波隆那研究院

專長：行銷市場、消費者

	<p><i>Anita Sønsteby</i></p> <p>教授 挪威生物經濟研究所</p> <p>專長：植物生長發育、開花、休眠</p>
	<p><i>Francisco A. Tomás-Barberán</i></p> <p>教授 西班牙莫夕亞大學</p> <p>專長：食品多酚類與人體健康</p>
	<p><i>Ioannis Tzanetakis</i></p> <p>教授 美國阿肯色州大學</p> <p>專長：流行病學、植物病毒診斷</p>



Yuntao Zhang

教授

中國北京林業果樹科學研究院

專長：草莓基因、繁殖、栽培

2. 研討會論文集發表論文摘要



ISHS - ISS2021
9TH INTERNATIONAL STRAWBERRY SYMPOSIUM VIRTUAL EDITION
1-5 MAY 2021

PATHOLOGY - PEST AND DISEASE MANAGEMENT

DEVELOPMENT OF A NESTED-PCR ASSAY FOR DETECTING LATENT INFECTION OF STRAWBERRY ANTHRACNOSE IN TAIWAN

Hung-Yi Wu

Guandong, Gongguan Township, Taiwan Miaoli County, Chinese Taipei

Anthracoise is a major strawberry disease causing seriously impact on the strawberry industry. It is important to diagnose anthracnose caused by *Colletotrichum* spp. at the stage of latent infection in the field. Because the internal transcribed spacer (ITS) regions in *Colletotrichum* spp. are too conserved, we conducted comparative genomics analysis of known *Colletotrichum* spp. genomes to search for ideal regions suitable for the design of specific primers. The selection criteria was set to find a 1000-1500 bp non-conserved target region in between of two highly conserved regions. The nested-PCR assay using selected primer sets could detect 100 to 1000 fg genomic DNA, which equals to the DNA contents of 2 to 20 cells of *C. siamense*. The assay was specific to *C. siamense* and *C. fructicola*, the predominant pathogens causing strawberry anthracnose in Taiwan. Saprophytes that usually associated with strawberry plants, such as *Fusarium* spp. and *Trichoderma* spp., were not detectable. Application of the new detection assay on 377 leaf samples collected from 11 strawberry farms showed that about 20-30% of strawberry seedlings in Taiwan were latent infected by *Colletotrichum* spp. The newly developed assay can be used to facilitate the production of healthy strawberry seedlings in the future.

COLLETOTRICHUM SPECIES ASSOCIATED WITH STRAWBERRY ANTHRACNOSE IN TAIWAN

Pei-Che Chung

Guandong, Gongguan Township, Taiwan Miaoli County, Chinese Taipei

Strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) is a small fruit crop with high economic value. The cultivated area in Taiwan is about 500 ha, mainly in Miaoli County. As a major disease of strawberry in Taiwan, anthracnose has caused serious economic losses in the past decade. To further investigate the population and diversity of infectious agents, we conducted a disease survey during 2010 to 2018 and pathogen identification based on morphological and multi-gene phylogenetic analysis with combination of seven genes (ITS, GAPDH, CHS-1, ACT, TUB2, CAL and ApMAT). With total 52 isolates, five *Colletotrichum* species associated with strawberry were identified, including a new species *Colletotrichum miaoliensis* sp. nov. (6% of all isolates), a newly recorded species *C. karstii* (6%), and three known species *C. siamense* (75%), *C. fructicola* (11%) and *C. boninense* (2%). In vitro fitness and in planta virulence of the five *Colletotrichum* spp. were tested on potato dextrose agar (PDA) medium and by wounded and non-wounded detached-leaf inoculation at different temperatures. The results suggested that the most dominant species, *C. siamense*, grows fastest at 28-32°C and generated the largest lesions with or without wounding at 30°C on strawberry leaves. The information on the population composition of strawberry anthracnose pathogen will help develop more efficient and precise management strategies against this disease.