

# 訂做抗病的 番茄寶寶

人類一直夢想著可以訂做完美的「基因寶寶」或複製人，但在技術及道德上仍有很多的障礙。

然而，對於植物，

早已操控並培育出具多種優良特性的新品種了。

鄭秋萍 郭如玉

番茄是世界上重要且具有高經濟價值的農作物之一，品種很多，產地遍布全球，且產量很高。番茄富含各類的維生素、纖維素、果膠及礦物質，亦蔬亦果，可以生吃、加工、榨汁、煮湯、做成罐頭或番茄醬，在鮮食及食品加工業上的需求量都很大。近年來，番茄更被評估為防癌食品，且可用來生產口服疫苗或藥用蛋白，用途非常廣。

此外，由於番茄的染色體圖譜、基因標記及其他遺傳相關資料，是開花植物中少數較完整的物種，而其基因轉殖效率及再生能力也比絕大部分的經濟作物好，所以已經被當做是基因轉殖模式作物，廣泛用於各類基礎科學與應用的研究課題上。

台灣南部因氣候適宜，加上多年來，位於台南的亞洲蔬菜研究發展中心（亞蔬中心）收集了豐富的番茄原生種原，並成功地培育出許多優良番茄新品種，使得台灣的番茄事業興盛，且成為全球重要品種供給來源地及採種地區，栽種面積很廣。

## 番茄病害與病害防治

番茄是一種極易遭受病菌感染的作物，由各類真菌、細菌、病毒及線蟲所引起的番茄病害超過100種。在台灣，高溫多濕的環境及密集的作物栽種方式，使得番茄在生長發育過程中極易得病，有時甚至會同時發生多種病害，造成極大損失。因此，如何有效預防番茄病害的發生是非常重要的。

由於番茄的病害多又複雜，為了有效防治病害的發生，除了必須注意適當的施肥、做好田間衛生管理、立即除去罹病植株殘骸、勤於除草等基本措施之外，整個生長期更需要頻繁施用各類殺菌劑，或配合殺蟲劑、天敵防治法，以滅除病菌的媒介昆蟲。但是，由於經常性的噴藥容易造成農產品安全及環境污染等問題，尋求其他方法達到保護植物的目的，就成為當前的要務。

在植物保護方法中，以栽種抗病品種最有效，可以避免不必要的噴藥，省工、省



亞洲蔬菜研究發展中心提供

番茄受各種真菌、細菌、病毒或線蟲感染所引起的重要病徵。

由於經常性的噴藥容易造成農產品安全及環境污染等問題，尋求其他方法達到保護植物的目的，就成為當前的要務。

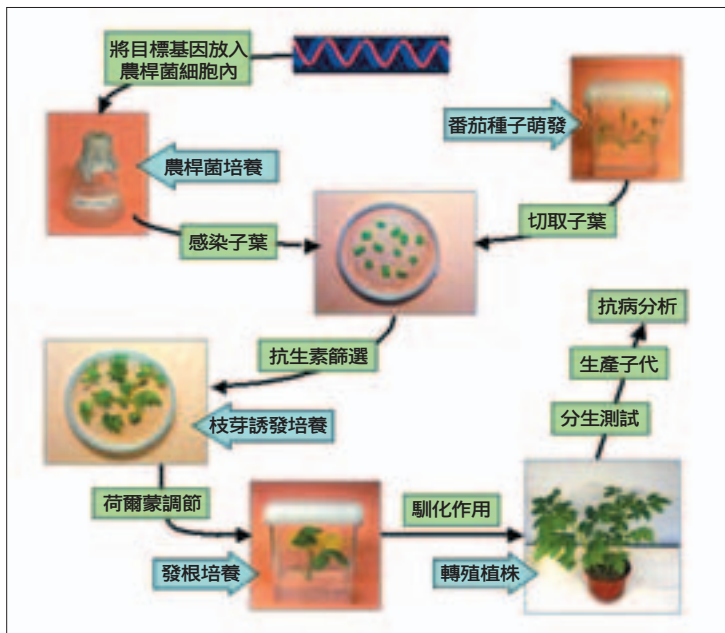
錢、有效性又高，而最常用的抗病育種方法是雜交育種法。傳統育種是藉由不同品種相互雜交，再自所得的大量子代中，選出具有特殊抗病性的優良子代，並持續進行好幾代的自交及抗病性篩選，使抗病性穩定。傳統的雜交

育種在番茄抗病育種上確實有顯著的貢獻，但十分費時、費力。

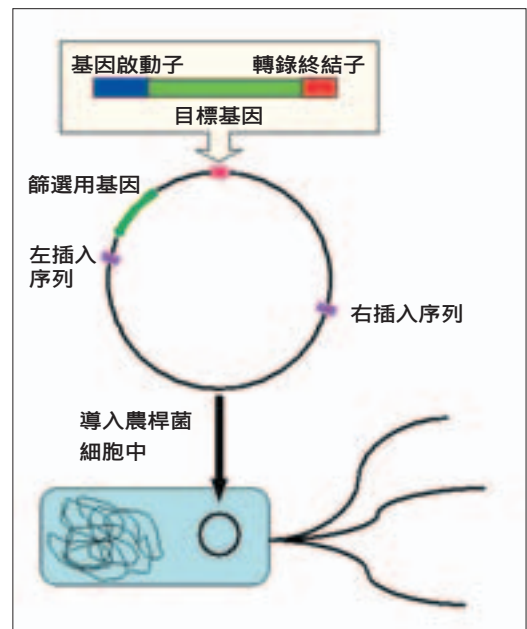
另外，以組織培養無性繁殖抗病植物、以組織培養篩選抗病突變株、以化學或物理突變法誘導突變並篩選出抗病品種等，也都是可行的抗病育種方法，只是育種的成功率依然偏低，而且費工、費時。

### 番茄基因轉殖

隨著生物科技的發展，利用遺傳工程，藉由DNA載體把外來基因導入植物體內，已經成功且高效率地育成傳統育種法無法獲得的作物新品種，改良作物承受逆境的能力，以減少損失或提高單位面積的產量，並減緩土地無限開發及農藥



**番茄基因轉殖流程** 把希望轉殖入番茄體內的目標基因先放入載體中，再裝入農桿菌的細胞內，藉由農桿菌可以感染植物的特性，把目標基因帶入番茄細胞內，並進一步導入番茄的染色體中，之後再以組織培養的方式培養出具特殊性狀的基改番茄新品種。



**植物基因轉殖所用的去氧核醣核酸 (DNA) 表現載體** 進行植物基因轉殖前，必須把希望轉殖入植物體內的目標基因先植入特殊的DNA載體，然後再導入農桿菌的細胞中。基因啟動子是一段負責調控基因表現特性的特定DNA序列，而轉錄終結子則是一段決定基因核醣核酸 (RNA) 產物長度的特定DNA序列。基因重組科技讓我們得以依不同的目的，自行決定最適合的基因啟動子及轉錄終結子，以達到最佳的植物基因改造效果。在DNA表現載體中帶有篩選用基因，是用來篩選及判別真正的基改植株。在大部分的情況下，所有介於左插入序列及右插入序列間的DNA都會被導入植物的染色體中，但是插入植物染色體的位置則無法控制。

肥料的濫用，省工又省成本。

隨著生物科技的發展，利用遺傳工程，藉由DNA載體把外來基因導入植物體內，已經成功且高效率地育成傳統育種法無法獲得的作物新品種。

在各種植物基因轉殖法中，比較常用的是基因槍轉殖、農桿菌轉殖及電穿孔轉殖法，不同植物物種、組織

所適用的基因轉殖法也不盡相同。目前番茄的基因轉殖是利用農桿菌轉殖法。第一個獲准上市的基改作物於1994年在美國推出，就是可以延長食用期的基因改造番茄。

### 分子育種法培育番茄

要有效地進行抗病育種，便必須對植物病

害的發生及抗病機制有所了解。就像有些人天生體弱多病，而有些人卻不常生病一樣，有些植物也是天生的健康寶寶，對病菌的抵抗力比較強。過去數十年來，從眾多國內外研究累積的知識，讓我們對植物的抗病機制有了一些了解，並且已經找出在抗病過程中，扮演重要角色的一些基因及化學物質。

雖然，我們以前都認為不會動的植物與動物的抗病免疫系統，應該不會相同，有趣的是，愈來愈多的研究發現，其實植物與動物的抗病機制，在很多方面頗為相似。比較不同的是，植物並不會產生抗體對抗病菌，但卻有其他非常特殊的防禦方法。

一般來說，對某種病原菌具有天然抗病力的植物，會帶有非常重要且專一性高的抗病基因。這類的基因與病原菌之間的高專一性關係，就像是鑰匙孔與鑰匙，可以在該病原菌侵入時馬上知道有病菌來襲了，於是立即啟動一連串防禦機制。不同的防禦訊息及各種抗菌措施，會從被病原菌侵入的細胞，慢慢傳遞到沒有被感染的其他部位，進而達到整棵植物的抗病效果。

近年來，許多研究發現，利用基因轉殖，把參與植物抗病反應的基因導入同種或不同種

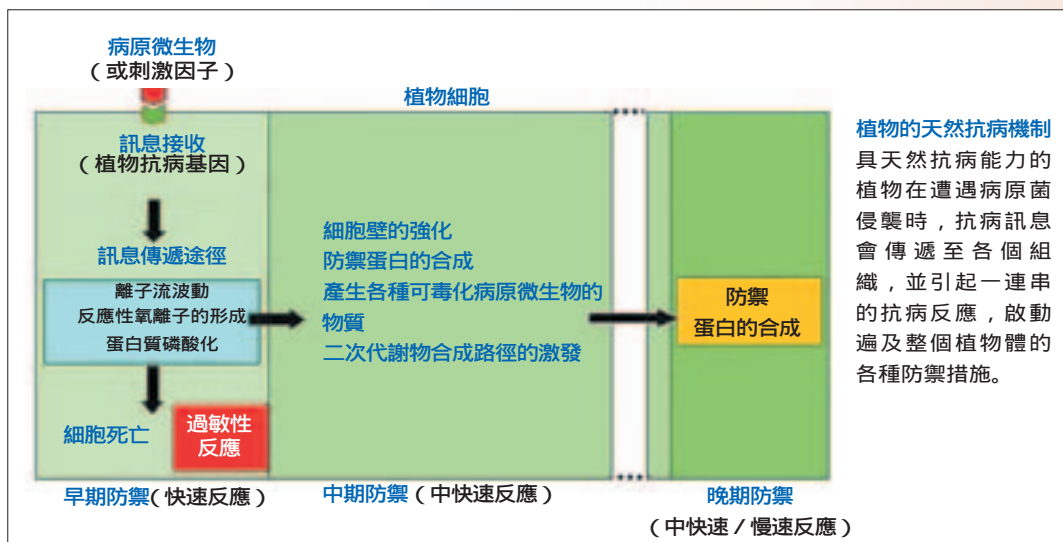
**第一個獲准上市的基改造作物於1994年在美國推出，就是可以延長食用期的基因改造番茄。**

的農作物後，可以成功培育出對病原菌有較高免疫力的新作物品種。例如，把專門對付特定病原菌的植物抗病基因轉殖入農作物中，使這

個經基因改造的農作物在該病菌入侵時，馬上做出危機判斷，隨即拉起警報，進而達到良好的保護效果。

但可惜的是，因為病原菌非常容易突變，而這種植物抗病基因辨識特定病原菌的能力往往是非常專一的，使得被導入的抗病基因無法再辨識及偵測出突變後的病原菌，進而導致這類基改作物，其抗病性被突變的新病菌突破。此外，有非常多的研究是藉由轉殖下游的防禦蛋白基因，以期培育出基改抗病作物。但是，這類下游防禦蛋白基因在農作物分子抗病育種的應用，效果往往不好，而且抗病持久性差。

除了上述的高專一性抗病基因與下游的防禦蛋白基因外，在植物的抗病機制中，還有一群負責接收抗病基因指令的上游基因，會把重要的抗病訊息傳遞到沒有被感染的其他部位，並進一步負責指揮更多的下游防禦基因，策動全身性的防禦措施，以達到遍及整棵植物的抗病效果。就像一個國家打仗一樣，這種由幾個重要將領分頭同時傳達重要指令、啟動各種防禦機制的作戰系統，能發揮良好的擴大效應，

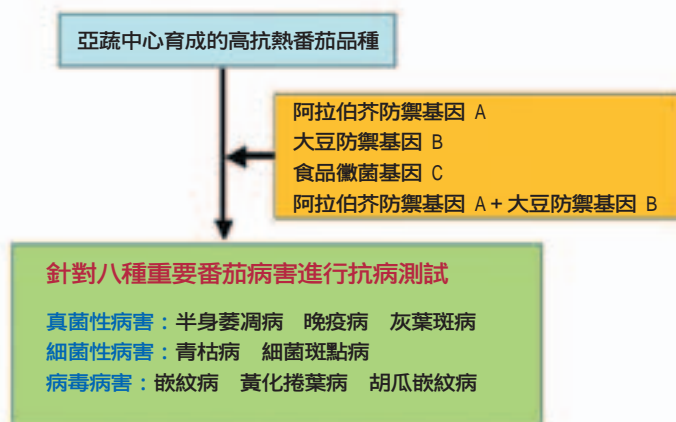


是一種非常有效率且可以同時對抗多種敵人的作戰方式，也是一種較為廣泛的抗病機制。

前人的研究也確認，把這類在植物抗病機制中扮演非常重要角色的上游調控基因轉殖到農作物上，可模擬高效能的天然防禦系統，在植物體內同時啟動多重防禦機制，誘導出更持久且廣效的抗病性，培育具有多重抗病能力的基改作物。

由於番茄常同時受到多種病害的侵害，尤其在熱帶及亞熱帶更是嚴重，因此選育可同時抗多種病害的番茄新品種，自然是非常重要且急迫的工作。雖然利用傳統雜交育種法也可以培育出同時抗多種病害的番茄新品種，但所需要的人力、物力及時間非常龐大。而且，由於遺傳上的一些限制，雜交育種有時候很難，甚至於無法培育出可同時對抗某些病害的番茄新品種。

為了培育出具多重抗病性的番茄新品種，中央研究院生物農業科學研究所籌備處與亞蔬中心共同合作，進行番茄分子育種的工作。我們把一個或兩個上游防禦性基因，轉殖入一個抗熱番茄優良品種後，已經培育出新的番茄品系，可以同時抗多種重要且極難防治的真菌及細菌性病害。



**基因轉殖法培育具多重抗病能力的番茄新品系** 以一個由亞蔬中心育出的抗熱番茄優良品種為基礎品種，藉由農桿菌基因轉殖法，把來自阿拉伯芥的重要抗病調控蛋白質基因、來自大豆的抗病防禦基因、以及來自食品用黴菌的基因，個別或同時導入番茄染色體中。獲得基因改造番茄新品系後，進一步以幾種重要的番茄病原菌測試這些新品系的抗病力，以期培育出具多重抗病能力的番茄新品系。

這些番茄新品種將可直接做為栽培品種加以推廣，也可當作抗病育種的抗病性來源親本，或進一步用來研究抗病育種，再以傳統或分子育種法增加其抗病範圍。例如，可以配合轉殖特定番茄病毒的基因片段，進一步達到抗一種或多種病毒病害的育種目的。

## 基改番茄的安全性

雖然近年來基因轉殖技術已成為培育農作物新品種的重要策略，更有許多科學家已經成功地利用基因轉殖技術，培育出具優良性狀的新品種的實例，但是，由於社會大眾不了解基改作物的育成原理及過程，對諸多細節與安全性，總是有著許多的好奇與疑慮。

對於基改作物，常被問到的問題有：基改番茄長得正常嗎？基改產品吃起來安全嗎？落跑基因會跑到哪裡？對以花蜜或花粉為食的昆蟲有不良影響嗎？基改作物的花粉會因為與原生物種雜交而影響生態嗎？強勢的基改作物會影響生物多樣性嗎？

雖然，在國外上市已久的基改作物的安全性，確實已經通過多種測試，但是，科學家們也了解，必須重視與考量上述的重要問題，並積極尋求解決之道。

事實上，在過去10年裡，為了解決這些可能的問題並化解疑慮，已經陸續研發出許多新技術，應用於基改作物的生產上。例如，可以利用特定的方法，確保導入農作物的目標基因，只會在特定的部位或生長期表現。如此一來，不但可達到防治作物病害的目的，也可避免基改作物不正常的生長與發育，在食用安全性及生態影響上減少大眾的疑慮。

另外，在作物基因轉殖過程中，常會利用一些抗抗生素基因，以篩選及判別真正的基改植株。為了減少大眾疑慮，並避免造成可能的不良副作用，現在已經可以用其他具篩選性的基因，取代目前常用的抗抗生素基因，或是在育成基改新品系後，以一些新的技術把抗抗生

## 植物保護生技

訂做抗病的番茄寶寶

素基因自新品系中移除。

目前常用的基因轉殖方法無法事先預測目標基因會插入植物染色體的哪個位置，以至於對基因轉殖後作物的特性無法確實掌控。然而最近發展出的基因轉殖系統，已可將目標轉殖基因插入作物染色體的特定位置了。此外，特別針對基改作物制定的相關法規已經建立，且其審定標準遠比一般作物新品種管理法嚴格，在形態、內含成分及食品安全等層面上，進行層層評估，嚴格把關。

## 未來展望

為了更有效地進行作物病害防治，對植物與病

原菌間的交戰細節必須有更透徹的了解。而近年來，各種新開發的分子生物學研究策略，使我們更加了解植物為何會生病、以何種機制抵抗病菌、植物與病原菌間的互動又是如何，這些知識將進一步加速抗病育種工作的進行。

以分子育種所培育出的基改番茄及其他作物，將成為農作物綜合防治課題中重要的一環，配合其他各類防治措施，以提高單位面積產量，減緩土地無限開發，並抑制農藥的濫



利用基因轉殖可以培育出具多重抗病能力的基改番茄

用。此外，由於番茄本身的用途很廣，未來還可能把其他的優良特性，如豐產性、多重環境逆境耐受性、高營養／保健／醫療成分等，同時導入現有的抗病番茄品系，提高可利用性，對人類的生活需求提供更多的資源。

鄭秋萍 郭如玉  
中央研究院生物農業科學研究所籌備處