蔬菜抗病育種

蕭吉雄、楊偉正、王三太
台灣省農業試驗所

前　言

蔬菜種類很多，根據報導中國栽培的蔬菜約略統計共有 209 種，列屬 29 個科，而在台灣普遍栽培的蔬菜種類亦高達四十餘種以上，比較重要的蔬菜分屬於十字花科、葫蘆科、茄科、豆科、蔥科、菊科、傘形花科等，這些蔬菜均容易受到各種病原不同程度的危害，造成很大的損失。引起蔬菜發生病害的主要病原有真菌、細菌、病毒及線蟲四大類。例如十字花科的根瘤病、露菌病、黃葉病、菌核病、葉斑病；葫蘆科的白粉病、露菌病、蔓割病、蔓枯病、炭疽病、疫病、黑點根腐病；茄科之萎凋病、晚疫病、疫病、炭疽病、葉黴病；豆科之白粉病、立枯病、銹病、根腐病、炭疽病，角斑病、煤黴病；蔥科之露菌病、銹病、紫斑病；菊科之露菌病、菌核病、炭疽病；傘形花科黑斑病、斑點病等是由真菌所引起。而十字花科之黑腐病、軟腐病；葫蘆科之細菌性斑點病；茄科青枯病、細菌性斑點病、輪紋病；豆科之葉燒病、黃斑病；蔥科之軟腐病，則由細菌所引起，而在茄科、葫蘆科蔬菜發生極為普遍的根瘤線蟲病係由線蟲所致。病毒引起之病害在茄科的番茄、甜椒、辣椒、馬鈴薯；各種瓜類；十字花科的蘿蔔、芥菜、結球白菜；豆科的豇豆；蔥科的大蒜都是相當的嚴重。其中以土壤傳播性病原及病毒所引起之病害，利用藥劑防治效果不彰，栽培抗病品種是一個比較可行的辦法。

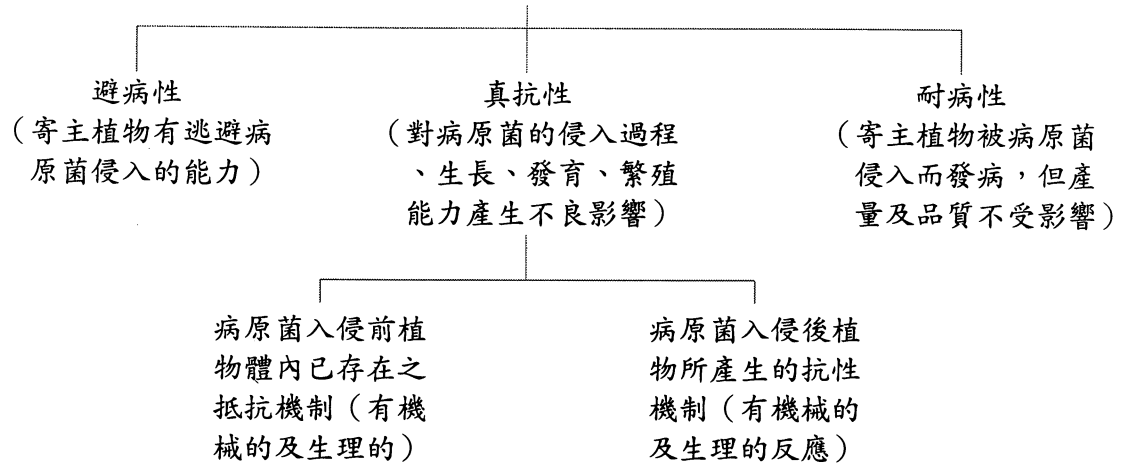
蔬菜的抗病育種在廿世紀初期，美國之西瓜、番茄、甘藍、豇豆等蔬菜及棉花和亞麻等產業原先受到土壤傳播性病害—蔓割病或萎凋病極大的威脅，最後因為育成了抗病品種而挽救了這些產業，有了萎凋病抗病育種的成功先例，進一步刺激了其他蔬菜作物的抗病育種工作的推展。

抗病性的類型

抗病性的觀念有廣義和狹義之分，從廣義上說，凡是某一作物不感染或不發生某一病害，或雖然發病但程度較輕，造成的經濟損失較小，都可以叫做抗病性。狹義的抗病性是指作物遭到病原物侵襲之後一種積極的、動態的反應，是指作物所具有的那些能影響病原菌所造成最終損失程度的遺傳性。廣義的抗病性可分成三類：(一)避病性（ disease escape ），即植物能夠逃避病原的感染。(二)耐病性（ tolerance ），植物對病原的感病性一如罹病品種，惟其恢復及再生能力較強或產量不受影響。(三)真抗病性（ disease resistance ），亦即植物在病原侵入後阻止其建立據點，抑制其在植株上生長或對其繁殖及散佈有妨礙作用，此即為狹義的

抗病性，植物對真菌所產生的三種抗病類型及其抗性機制可參考見圖 1.。目前對於抗病性的分類比較混亂，現依幾種主要分類法簡述如下：

圖 1. 植物對真菌產生的三種抗病類型及抗性機制



一、根據抗性的程度來分

1.免疫性（ immunity ）免疫是指某一品種在任何情況下對某一病害都完全不感染，而同類作物的其它品種則會感染這種病害。事實上，真正的免疫品種極為少見的。免疫性可以說是作物和病原之間具有不親和性所產生的一種現象，它和抗病性是不同的，而和感病性在程度上的區別是絕對的。

2.抗病性（ resistance ）抗病是指作物能抑制病原和病害發展的特性，根據作物在受到病原侵襲之後所表現的損失程度，又可區分為高抗、中抗和低抗，它和感病性只是程度上的差別，是相對的。

3.耐病性（ tolerance ）是指一個品種或植株當和另外的品種或植株同樣地受到病原侵襲以後，耐病的品種或植株並不是不表現症狀或不受損失，而只是對產量和品質無嚴重影響。

4.感病性（ susceptiblity ）所謂感病，是指作物品種極易受病原的侵襲，受害以後的損失達到一般品種的平均值或平均值以上。

二、根據抗性表現的形式來分

抗病性依表現型式可分三類，阻止入侵（這裡指病原菌全身性侵入和增殖時）或減少入侵型（阻止侵入型）、感染後能抑制病原菌在體內增殖的類型（抑制增殖型）和病原菌雖能正常增殖，但能抑制或延遲病症出現的類型（潛伏忍受型）。

1.阻止侵入型：在阻止侵入型中，有的完全不允許菌絲等侵入植物組織，有的可以允許菌絲侵入，但會立即將病灶封閉不允許病原菌增殖。

阻止侵入型的抗病機制與角質層的厚度和硬度、氣孔形狀和大小、厚膜組織的發達程度等有關。在蔬菜抗病性中屬於阻止侵入型的很少。但是對於以蟲為

媒介的病害，或者由蟲害所誘發的次生性障害，都能夠用避蟲的辦法阻止病原菌的侵入。例如最近危害限大的溫室粉蝨，其分泌物引起番茄、胡瓜的煤污病。而番茄近緣野生種 *Solanum pennellii*（它和番茄不同種，但比較容易和番茄雜交），從茸毛中分泌出粘稠的汁液，能防止溫室粉蝨的寄生，荷蘭等國已開始用於番茄育種。另有報導，番茄和甜瓜的品種間著生蚜蟲的多少，對傳播胡瓜嵌紋病毒（CMV）有很大差異。

抗病品種阻止病原菌侵入的方法最普遍的為過敏性致死反應（hypersensitivity）。當病原菌（真菌、細菌、病毒、線蟲等）侵入植物體時，其周圍組織迅速死亡而引起壞死，從而強化周圍組織，斷絕向病灶輸送養分，結果致病原菌本身死亡或失去活性。

過敏性致死反應常被誤解為只有抗病品種所持有的特有反應，實際正相反，它是植物界廣泛存在的普遍現象。例如把番茄和馬鈴薯等的疫病菌孢子接種在菜豆等作物的葉上，雖然菌絲能夠侵入，但由於被侵的幾個細胞立即死亡，阻止了其後的繼續增殖。簡單地說，過敏性致死反應可以認為是植物和微生物之間的一種普遍現象。而例外的不引起過敏性致死反應的微生物，可以說正是這種植物的病原菌。由於上述的過敏性致性死反應發生在單細胞，用肉眼不能辨認，所以至多出現一個相當大的壞死斑。在極端的情況下，有的壞死部分極大，甚至比全身感染被害還大。例如對抗具有煙草嵌紋病毒（TMV）基因 T_{m-2} 或 $T_{m-2}{}^{a}$ 的異質結合的品種，在高溫下感染煙草嵌紋病毒時，就容易在生長點或果實上產生壞死，其危害程度就比全身感染嵌紋症狀更大。

以過敏性致死反應為代表的阻止感染型抗性，除非發生新的生理小種，否則在多數情況下完全不發病，可稱做真正的抗病性。

2.抑制增殖型：過敏性致死反應是完全不允許病原菌在作物體內增殖，而抑制增殖型抗病性則是限制病原菌在作物體內的增殖量。如果是莖葉病害形成的孢子著生在此型抗病品種上，經過發芽、擴展菌絲、形成病斑，再進一步產生傳染源的孢子，這個過程和在感病品種上的表現是一樣的。但病斑的數目、大小和再生產孢子量均較少或產孢所需時間較長，結果對作物的被害程度和蔓延程度，比感病品種明顯降低。作物組織內菌絲的伸長力、病斑上孢子形成的時間、單位病斑面積上的孢子數和該病斑上孢子形成的持續時間等，都與品種的被害程度和蔓延程度有關。抗病品種對這些主要因子中的幾個或所有因素均有某種程度的抑制效果，綜合起來就有很大的抑制增殖作用。這和前述真正抗病性的過敏性致死反應不同，這個類型的抗病性不是完全阻止病害的發生。直接用幼苗接種鑑定時，其抗病性也不明顯，一般多在田間栽培中和感病品種相比較時才能看出差異，所以有人把這種抗性叫做田間抗性（field resistance）。

3.潛伏忍受型：病原菌在植物體內的增殖和感病品種差異不大，通常不出現病症，或者即使有病症也很輕微或是在產量或品質上所受的影響較少，或是受感染發病後恢復較快，這樣的品種就叫做潛伏忍受型抗病品種。

潛伏忍受型在病毒病中較為常見，例如日本很早在促成栽培中沿用的草莓品種“福羽”，雖能感染各種病毒，但不出現明顯病症，即不易發生矮縮症狀，而一般草莓品種受到病毒感染容易產生矮縮現象，但這些症狀在著果過多或線蟲寄生而生長勢衰弱時也容易發生，生育條件好的“福羽”就不發生病毒症狀。因此“福羽”可以認為是對病毒有潛伏忍受型的品種。

具有 T_m 基因的番茄煙草嵌紋病抗性也多為潛伏忍受型，也就是說，把病毒接種在 T_m 型抗病品種時，根據不同的環境條件及接種不同的病毒系統，可分成(1)不感染，就是病毒不能在番茄體內增殖。(2)病毒可以在體內增殖，但不出現病症。(3)發病等三種類型。其中以(2)的潛伏忍受型為多。

三、根據抗性的遺傳方式來分

1.單基因抗性（ monogenic resistance ）即指參與抗病的基因只有一個，還可以根據抗病基因在異質結合狀態下表現為顯性或隱性分為單基因顯性或單基因隱性。

2.寡基因抗性（ oligoenic resistance ）指抗病性是由少數幾個基因控制的類型。

3.多基因抗性（ polygenic resistance ）指抗病性是許多個微效基因控制。

以上三種類型的蔬菜抗病品種舉例如圖 2.

四、根據病原生理小種分化難易來分

1.垂直抗性（ vertical resistance ）又稱小種特異抗性（ race specific resistance ）或專一抗性（ specific resistance ）。其特點是寄主植物對某些病原生理小種具有高度的抗性，而對另一些小種則高度感染，即對不同生理小種具有“特異”反應或“專一”反應。例如，具有 R_1 基因的馬鈴薯品種對於晚疫病病菌小種 1 是感病的，但對小種 2 卻是抗病的。具有 R_2 基因的馬鈴薯品種對於病菌小種 2 是感病的，但對小種 1 卻是抗病的。這就是“基因對基因”的觀念。所謂“基因對基因學說”（ gene for gene theory ）是佛洛爾（ Flor, 1942, 1946 ）首先在亞麻銹病研究發現寄主基因與病原基因相互作用的關係而提出來的，請參見表 1.。由於自然選擇或突變的作用，當一個主效基因控制的單基因遺傳的抗病品種出現後，病原中也將出現新的小種，其中帶有決定對這品種具有致病性的基因而能感染這個品種，寄主植物中隨著又可能出現抗新生理小種的品種，其中存在有決定對新生理小種具有抗性的基因，由此可見寄主植物中存在決定對一種病原具有抗性的基因，而病原也有相應的決定對這一抗病品種具有致病的基因。

2.水平抗性（ horizontal resistance ）這種抗性又叫一般抗性（ general resistance ）或非專一抗性（ nonspecific resistance ）。這種抗性對病原的不同生理小種沒有什麼“專一性”或“特異性”的反應。它對各種小種的反應大體上接近在一個水平上，故稱之為水平抗性。

垂直抗病性往往表現為過敏性壞死反應，抗病反應表現明顯，易於識別。垂直抗病性的遺傳往往是單基因或少數基因決定的簡單遺傳，雜種後代分離也較簡單明顯。

水平抗性包括過敏性壞死以外的多種阻止病原侵入或抑制增殖型的抗病性。其表現形式有感染率低，潛伏期長，產生孢子量少和孢子堆小等特點。水平抗性的表現不如垂直抗性那樣突出，多數表現為中等程度的抗病性。在遺傳上，水平抗性是由多數微效基因所決定的，屬於數量遺傳範疇。

表 1. 基因對基因理論（ The gene-for-gene concept ）

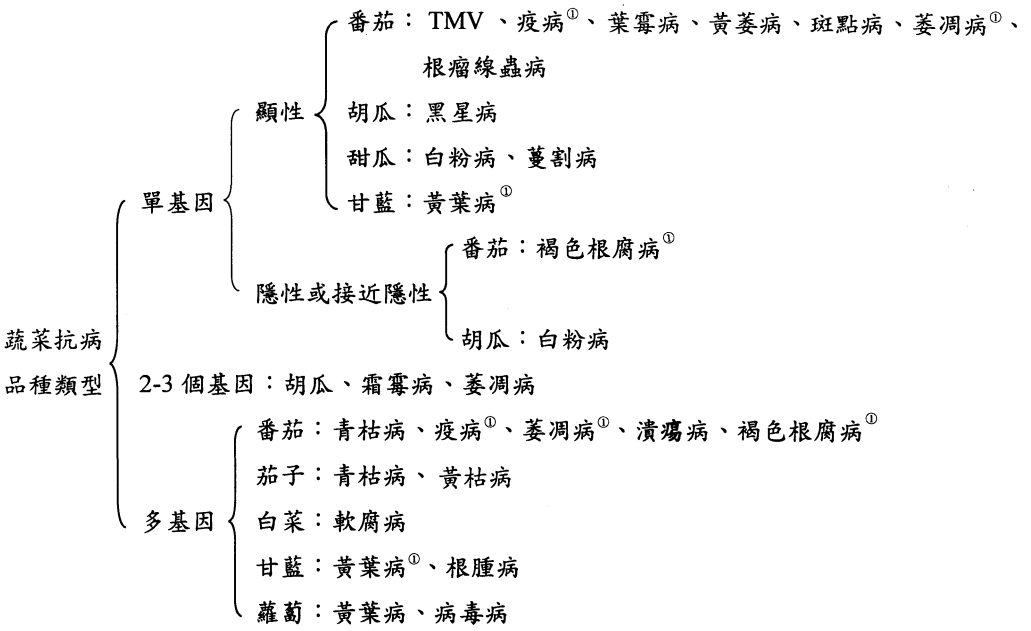
A. 寄主植物有一對抗感性基因且病原也具一對致病性基因

病原之基因 \ 寄主植物之抗感性基因	R	r
A	A-R 抗病性	A-r 罹病性
a	a-R 罹病性	a-r 罹病性

B. 寄主植物與病原各具有二對對應的不同基因座相互作用所產生的抗性反應

病原基因	寄主基因	抗感性反應
A_1 A_2	R_1 R_2	抗病
A_1 A_2	R_1 r_2	抗病
A_1 A_2	r_1 R_2	抗病
A_1 A_2	r_1 r_2	感病
A_1 a_2	R_1 R_2	抗病
A_1 a_2	R_1 r_2	抗病
A_1 a_2	r_1 R_2	感病
A_1 a_2	r_1 r_2	感病
a_1 A_2	R_1 R_2	抗病
a_1 A_2	R_1 r_2	感病
a_1 A_2	r_1 R_2	抗病
a_1 A_2	r_1 r_2	感病
a_1 a_2	R_1 R_2	感病
a_1 a_2	R_1 r_2	感病
a_1 a_2	r_1 R_2	感病
a_1 a_2	r_1 r_2	感病

圖 2. 蔬菜抗病品種類型表



註①這類病害有不同類型抗病品種

除了以上幾個主要分類外還有根據抗病的不同機制劃分為積極抗性（ active resistance ），即在寄主植物上受到病原菌感染以後產生的抗病反應。例如某些寄主植物在接種一定的病原後便會產生植物防禦素（ phytoalexins ）。消極抗性（ passive resistance ），即在病原侵入之前寄主植物本身已具有的抗病機制。例如由於寄主植物有比較厚的角質層，因而防止真菌的入侵或阻礙孢子的形成。

另外根據抗病性在植物不同生長階段表現 ，又可分為苗期抗性和成株抗性，又可統稱階段抗性（ stage resistance ）植物對某種病害有時在苗期表現更抗病或更感病，例如對一些土壤病害，往往在苗期表現為感病，而在成株階段則表現抗病。

抗 病 的 機 制

植物對於各種病害的抗病機制至今尚未完全弄清。許多研究結果表明，植物抵抗病原的侵襲有積極的和消極的兩個方面，包含著許多抗病因素，為了便於正確評價防禦系統中的這些因素，通常將它們劃分為預先形成的（消極的）和侵入誘發的（積極的）兩類，預先形成的抗病因素包括那些在植物未接觸病原之前已存在於植物本身的某些特性。侵入誘發的抗病因素，係指那些在植物受到侵入之前不具備或僅具低水平的，而在受到侵入時才產生或活化的那些因素。

植物體本身對病原具有抵抗的能力，基本上源自於(1)形態或構造上的防禦能力，如植物表皮細胞的蠟質或角質含量較多，葉片上氣孔的數目、排列方式或開閉時間，葉片上的絨毛的多寡、長短、絨毛的分泌物、葉片的排列、角度等，(2)化學的防禦能力，例如植物體的營養成分不符合病原需要、細胞滲透壓較高，產

生木質素、酚類化合物或其他抗生物質對病原菌的生長、發育及繁殖有不良的影響。植物的防禦能力有些是天生具來的，有些是在病原入侵後，植物才產生的反應。當病原入侵後，植物迅速產生一種防禦措施，使入侵部位的細胞或組織很快死亡，病原無法獲得營養或植物本身分泌有毒物質而殺死侵入之病原，這種反應稱為過敏性反應（ hypersensitivity ）。

一、預先形成的抗病因素

1.結構特徵

(1)角質層：抗病性與角質層厚度的直接關係尚無確切的証明。這可能由於角質層上只要有一小切口或裂縫，便給病原的入侵打開了門戶。加之，有些真菌似乎能夠利用它們的角質分解酶（ cutin-degrading enzymes ）使角質層分解。但一些研究表明，角質層的某些特性，如溫潤性（ wettability ）可能改變侵入率。例如，由於葉面的防水特性，使得那些由水滴攜帶的某些真菌的濕潤孢子不能停留在葉面上。有的植物的角質層含有能夠刺激或抑制某些真菌生長的物質。

(2)氣孔：氣孔的大小、形狀和行為已被証明與病菌必須通過氣孔侵入的一些病害的抗病機制有關。但科學家研究氣孔在抗菜豆細菌黑斑病（*Pseudomonas syringae* ）的作用時，認為在該寄主—寄生物體系中氣孔對抗性無關，因為菜豆的氣孔遠比細菌的體積大，不能阻止細菌的入侵。

(3)植物的絨毛：植物的絨毛有可能在抗病方面發揮作用，但迄今尚無直接証據，研究人員曾就植物結構特徵與抗病性的關係進行過綜合描述。認為很少証明單純依靠植物結構的特點就能防止病原的侵襲。然而許多研究顯示結構的特點有時可能成為抗病的基礎，確切的結論尚待今後的研究。

植物表面結構特徵在抗病方面的作用，可能是以相當精密的方式發生而不為一般肉眼所及。例如，病原穿入植物體內可能受到以下一些因素的影響，如表面角質層的蠟質構造，結構障礙的化學性質，保衛細胞的特點或葉面特徵等，而不是角質層的厚度和氣孔開放的程度。

有不少例子証明，植物結構特徵可能僅限於延緩病原的侵入，這種延緩對於有些植物的病害可能作用不大，但對另一些植物病害可能容許有時間誘發植物產生更為精密和有效的防禦反應。

2.預先形成的抗菌物質

許多預先形成的具有抗菌性質的物質都與植物的抗病性有關。這些物質通常在健康的植物中的濃度都較高,有時在植物受到侵入後,這些物質便轉化為更加有效的毒素，例如在有色（紅皮或黃皮）洋蔥的著色老化的外層鱗片中含有大量的兒茶酚（ catechol ）和原兒茶酸（ protocatechuric acid ）等，具有抗洋蔥炭疽病的作用。

在番茄和馬鈴薯中發現的配糖生物鹼，α-番茄素的含量比感病品種約多一倍。存在於十字花科蔬菜中的芥子油是異硫氰酸的配糖酯類，經酶水解後產生異硫氰酸鹽。大蒜所含的大蒜素（ allicin ）經酶水解為二烯丙基二硫化物。這些硫化物具有抗真菌和細菌的性質，但對於抗病作用還未完全肯定。

二、入侵誘發的抗病因素

1.物理特徵：除了前面所提的預先形成的防禦機制外，植物還具有種種其它物理和化學防禦體系，這些防禦體系是隨著病原入侵而活躍起來的。隨著侵入和損害的發生，植物不僅在細胞水平而且在胞器水平都發生物理性的改變，這是在遭遇寄生物之後很快開始的，反映高度複雜和協調的活動。這種物理性的變化是否由於防止病原入侵而有助於抗病已引起爭議。已經有人提出這類物理性障礙有時可能只是延緩了真菌的發展，容許有時間來活化那些非物理性質的防禦機制，如過敏反應和植物的抗病物質的累積。一些被認為在入侵後對抗病起重要作用的物理特徵有(1)周皮（ periderm ）和胼胝質（ callose ）、 (2)凝膠和侵填體（ tyloses ）、(3)細胞壁的木質化等。

2.化學特徵

(1)過敏反應：過敏反應是植物在受到病毒、真菌、細菌、線蟲的侵入以及許多非病原性的刺激的普遍反應。這種反應被認為是抗性反應，在於它能制止植物組織中入侵病原的生長和發展。帶有 R 基因的馬鈴薯塊莖對於晚疫病的抗性(不親和）反應就是一種過敏反應，其特點是有限的寄主細胞迅速死亡，組織變褐和積累對真菌有毒性的物質。病毒誘發的過敏反應，是和形成局部壞死相聯繫的，它限制了病毒的活動並抑制其增殖。

(2)過氧化物酶類：過氧化物酶存在於植物組織中，許多重要的生理過程都有這類酶的參與，例如吲哚乙酸和酚類化合物的氧化以及乙烯的生物合成等。認為過氧化物酶具有抗病力的假說是根據一些報導在誘發出抗性的一定組織中的過氧化物酶的活性提高。

(3)酚類化合物：許多酚類物質以及它們的氧化產物，如醌類，積聚在感病組織中，表現出抗菌特性，因此考慮其與抗病性有關。

(4)植物防禦素：植物防禦素（ phytoalexins ） 作為一種可能的抗病因素，已有許多人進行過較長時間的研究。這類物質是在植物受病菌或其它有害因素的刺激而產生和累積的，具有抗菌作用的低分子量物質，是植物在受侵入後的防禦反應，在生物化學上的一種重要因素。大約有 60 種不同的化學物質都具有類似植物防禦素的性質，包括有茄科植物產生的 Lectins 、 Tomatine 、 Solanine ，豆科的 Pisatin 、 Phaseollin ，十字花科的 Raphanin ，旋花科及繖形花科的 Chlorogenic acid 等。其他的化合物質尚有 Tannins 、 Chaconie 、 Solasidine 、 Pipecolic acid 、 Capsidiol 、 Isoflvonone 、 Flavonoids 、 Terpenes 、 Coumarin 、 Eugenol 、 L-Pinene 、 Quencetin 、 Thymol 、 Vanillin 、 Catechol 、 Singrin 、 Gossypol 、 Juglone 及 Phorizidin 等。大約有屬於 12 個科的 100 個以上的物種都能產生植物防禦素。但是，植物防禦素對於植物和對於微生物來說，都不具有高度的特異性。一種植物防禦素往往對於多種微生物，特別是對於其它植物的病原菌，都具有抑制作用。一種植物能產生不只一種植物防禦素。不同種植物，特別是親緣相近的植物，受不同因素的刺激能夠產生相同的植物防禦素。

抗病材料的來源

尋求抗病材料為抗病育種的首要步驟，有了抗病材料才有可能進行抗病育種。抗病來源一般應先從現有栽培品種著手去尋找，因為現有栽培品種比較沒有適應性的困難，需要改良的性狀也比較少，其次，再由古老的地方品種或國外引進抗病的栽培品種或育種品系來篩選。由國外引進之抗病材料引入後不一定就呈抗病性，其中可能會因病原菌的生理小種（physiological race）及病毒的 strain 而影響其抗病性，因此引進之抗病材料必須再作抗病性檢定。若在栽培種中沒發現抗病材料時，才從野生種或近緣種中去尋找。野生種或近緣種甚或不同屬的物種中所獲得之抗病性成功轉移的例子雖不少，但在利用時則有一些限制，譬如需克服種間雜交不親和或後代不稔性的問題。在轉移抗病性時往往也有可能從野生種和近緣種引入一些不需要但和抗病性有連鎖的性狀。另外從野生或近緣種轉移來的抗病性屬於過敏性（hypersensitivity）機制的例子很多，這種抗病性多由一對或少數對基因所控制，容易產生抗病生理小種，而導致抗病性消失，一般而言，這種抗病性較不具持久性，馬鈴薯抗晚疫病 R 基因的利用早已經有這種情形發生。上述的材料都找不到抗病種源時，最後才試圖利用人工誘變的方法產生抗病基因。表 2.至表 9.列舉胡瓜、甜瓜、番茄、番椒、茄子、菜豆、豇豆及萵苣之部分病害的抗病來源。

目前聯合國糧農組織所屬各國際農業機構及歐、美、日等國對於作物種源的蒐集及保存均很重視，育種家可以從下列種源庫得到所需之作物種源。

1.International Center for Tropical Agriculture (CIAT)
主要收集菜豆屬作物
地址： Cali, Colombia

2.International Institute of Tropical Agriculture (IITA)
主要收集豇豆屬、甘藷及山藥等作物
地址： Ibodan, Nigeria

3.International Potato Center (CIP)
收集馬鈴薯
地址： Lima, Peru

4.Asian Vegetable Research and Development Center (AVRDC)
主要收集番茄、茄子、結球白菜、番椒屬及蔥屬等作物
地址：台灣省台南縣善化鎮，亞洲蔬菜研究發展中心

5.N. I. Vavilov All Union Institute of Plant Industry (VIR)
收集各類作物種源
地址： Herzen Street 44, 19000 Leningrad, Union of Soviet Socialist Republics.
（前蘇聯）

6.National Vegetable Research Station (NVRS)
主要收集十字花科、傘形花科、蔥科等蔬菜
地址： Wellesbourne, Warwick CV35 9EF, U. K.

7.National Seed Storage Laboratory (NSSL)
收集各種作物種源
地址： USDA, Colorado State University, Fort Collins, Colorado 80523

8.Seed Storage Laboratory, National Institute of Agricultural Science. MAFF.
收集各種作物種源
地址： Ibaragi Prefecture, Japan

表 2. 胡瓜之抗病來源
Table 2. Sources of Resistance to Diseases in *Cucumis sativus*

Diseases	Pathogens	Sources of resistance
Anthracnose	*Colletotrichum lagenarium*	PI 197087
Downy mildew	*Pseudoperonospora cubensis*	PI197087
Powdery mildew	*Sphaerotheca fuliginia*	'Poinsett'. 'Yomaki'
		'Spartan Salad'
		PI 197088
Cucumber scab	*Cladosporium cucuberinum*	'Wisconsin SMR 9'
		'Wisconsin SMR 12
Angular leaf spot	*Pseudomonas lachrymans*	PI 169400
		MUS 9402, Gy14A
Bacterial wilt	*Erwinia tracheiphila*	PI 200815. PI 200818.
		79-48. 79-42-24
Cucumber green mottle mosaic	CGMMV	*Cucumis anguria*
Watermelon mosaic	WMV	'Tablegreen'
	WMV-1	'Surinam'
	WMV-2	
Cucumber mosaic	CMV	TMG 1

表 3. 甜瓜之抗病來源
Table 3. Sources of Disease Resistance in Muskmelon (*Cucumis melo*)

Diseases	Pathogens	Sources of resistance
Alternaria blight	*Alternaria cucumerina*	AC 82-37
Downy mildew	*Pseudoperonospora cubensis*	'Seminole'
		'Edisto'
		AC 70-154
		C. callosus
Fusarium wilt	*Fusarium oxysporum f. sp. melonis* race 2	*C. melo* var. *reticulatus. inodorus. chito.* and *flexuosus*
	F. oxysporum f. sp melonis	'Delicious 51'
Gummy stem blight	*Mycosphaerella melonis*	'Shiro-2', 'Korea 11', 'Early Forcing', 'PI 140471'
		'Chilton', 'Gulf Coast'
	Didylvnella bryomiae	AC 70-154
Powdery mildew	*Sphaerotheca fuliginia* race -1	PMR 45, PMR 450
		'Edisto'
		'Campo', 'PMR 6'
		'Georgia 47', 'C 68'
		PI 164323, PI 180283
Zucchini yellow mosaic	ZYMV	PI 161375
Watermelon mosaic	WMV	PI 414723
		B 66-5
		Cucumis metulifesrus

表 4. 番茄之抗病來源

Table 4. Sources of Resistance to Important Diseases of Tomato

Diseases	Pathogens	Sources of resistance
Fusarium wilt	*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 1	*L. pimpinellifolium* PI 79532, CR 6 'Walter', 'Columbia', 'Roma', HS 110 'Homestead', 'Flora-Dade', Sel. 22 and Sel. 30
	race 2	PI 126915
	race 3	US 629
Verticillium wilt	*Verticillium alboatrum*	*L. pimpinellifolium* Line 64480,'Petopride' and 10-15-2-2
Early blight	*Alternaria solani*	NCEBR-1 and NCEBR-2 *L. peruvianum* var. *dentatum, L pimpinellifolium,* 'Pan American'. *L. peruvianum* B 6002177, *L. hirsutum* f. *glabratum* C1943
Late blight	*Phytophthora infestans*	*L. hirsutum,* PI 251305, PI 126445, LA 1255
Leaf mould	*Cladosporium fulvum*	*L. pimpinellifolium* *L. hirsutum* f. *glabratum, L. peruvianum, L. pennellii*
Anthracnose	*Colletotrichum coccodes*	PI 272636
Septoria leaf spot	*Septoria lycopersici*	*L. hirsutum, L. peruvianum, L. pimpinellifolium, L. glandulosum,* PI 126448
Gray leaf spot	*Stemphylium solani*	Campbell 28, 'Rotella', 'Caraiba', Ont. 7620 and 'Flora-Dade'
Corky root	*Pyrenochaeta lycopersici*	PI 262906, PI 198601
Bacterial wilt	*Pseudomonas solanacearum*	'Louisiana Pink' *L. pimpinellifolium,* PI 127805a 'Venus', 'Saturn'
Bacterial canker	*Corynebacterium michiganense*	*L. hirsutum* PI 251305, *L. pimpinellifolium* *L. pimpinellifolium* line Utah 737, Utah 20
Bacterial spot	*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*	Hawaii 7998
Bacterial speck	*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*	*L. pimpinellifolium* PI 112215, *L. hirsutum* f. *glabratum* PI 129157 Campbell 28, Ohio 7663
Tomato mosaic	Tobacco mosaic virus	*L. pernvianum* PI 128650, *L. hirsutum*
Early top virus	ETV	CVF 6, CVF 7, CVF 8, CVF 9, CVF 11, CVF 12
Tomato leaf curl	TLCV	*L. hirsutum* f. *glabratum* B 6013 *L. hirsutum* f *typicum* A 1904 *L. peruvianum* accessions *L. pimpinellifolium* A 1921
Tomato yellow leaf curl	TYLCV	*L. chilense, L. peruvianum*

表 5. 番椒之抗病來源

Table 5. Sources of Disease Resistance in Pepper

Diseases	Pathogens	Sources of resistance
Phytophthora rot	*Phytophthora capsici* (Leonian)	PM 217
		Fyuco. P51
		Criollo de Morelos 334 and L29
		PI 188376, PI 201232, PI 201234
Fruit rot	*Colletotrichum capsici* (Syd.) Butler.	Line 1951, 2158
Bacterial spot	*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* race 1	Santanka
		C. chacoense PI 260435
Bacterial wilt	*Pseudomonas solanacearum*	'KAU Cluster' and 'White Khandari'
		'Antibois', 'Chay 3', 'Conic'
Cucumber mosaic	Cucumber mosaic virus	'Rama'
Leaf curl	Leaf curl virus	Hot pepper
Potato virus Y	Potato virus Y	'Delray Bell'
Tobacco mosaic	TMV	*Capsicum chinense*
		Capsicum chacoense acc. PI 260429 and SA 185
		C. chinense PI 159236

表 6. 茄子之抗病來源

Table 6. Sources of Resistance to Diseases in Eggplant

Diseases	Pathogens	Sources of resistance
Fusarium wilt	*F. oxysporum*	K 61, K72, Ghana local
		S. indicum, S. integrifolium, S. incanum
	F. oxysporum and *Phomopsis vexans*	F_4 plants from *S. melongena* × *S. indicum*
Verticillium wilt	*Verticillium dahliae*	PI 1649, PI 174362
		S. touvum, S. caripense, S. persicum
		LF 3, *S. sodomaeum*
		'Florida Market', Harris Hybrid 7763
		S. sisymbriifolium
Phomopsis fruit rot	*Cercospora solani (P. vexans)*	*S. gilo, S. integrifolium*
		S. macrocarpon, 'Udupi Gulla',86 (M)
		GO-3 and Composite 1
Bacterial wilt	*Pseudomonas solanacearum*	'Kopek', 'Black Beauty'
		S. integrifolium, SM 6-1, PPC, ARU2C
		SM 6-1, SP, SM-6-1-M, SM 6-7 SP
Root-knot nemaodes	*Meloidogyne incognita*	*S. sisymbriifolium*
	M. incognita, M. arenaria	*S. torvum, S. sisymbriifolium*
	Meloidogyne spp.	*S. torvum,* MM 392, MM450,
		S. aethiopicum, 'Gulla'
	M. incognita race 1&2	'Gulla'

表 7. 菜豆之抗病源

Table 7. Sources of Rdsistance to Diseases in *Phaseolus vulgaris*

Diseases	Pathogens	Sources of resistance
Anthranose	*Colletotrichum lindemuthianum*	
	race beta and gamma	'Michelite 62' and 'Seaway'
	beta, gamma and delta	PI 304110
	alpha. beta. gamma. delta	'Cornell 49-242'
Angular leaf spot	*Isariopsis griseola* Sacc.	'Alabama No. 1', 'California', 'Small White', 'Epicure', etc. (about 50 lines)
Fusarium root rot	*Fusarium solani* (Mart. and Appet Wr.) f. sp. *phaseoli* (Burk.) Snyd. and Hans.	PI 203958
Rust	*Urmyces phasceoli* (Reben) Wint. U.S. rust race	'U.S. Pinto 5 and 14'
	Maryland races	'Bush Blue Lake 290' 'Custer', 'Mountaineer White', 'Half Runner', 'Oregon 1604'
White mold	*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) deBary	*P. coccineus,* PI 271999, Florida 72, BTS 16, PI 821860
Bacterial canker	*Corynebacterium flaccumfaciens*	PI 165078
Bacterial spot (common blight)	*Xanthomonas phaseoli*	PI 207262 PI 313343 PI 282086
Halo blight	*Pseudomonas phaseolicola*	'GN Nebraska 1 Set. 27'
	Race 1	RMU 1-3 Red Mexican V 4604 (High or partial resistance); V 4058 (low resistance) 'Noorinbee' RH-13 HB 76-1
Bean common mosaic	Bean common mosaic virus	*P. coccineus* 'Morena', 'Monviso' 'Niveo', 'Montebianco'

表 8. 豇豆之抗病來源

Table. Sources of Disease Resistance in *Vigna unguiculata*

Diseases	Pathogens	Sources of resistance
Cercospora leaf spot	*Cercospora cruenta* Sacc.	CR 17-1-34 and Ala. 963-8
Fusarium wilt	*Fusarium oxysporum* f. *tracheiphilum* (E.F.S.) Snyder and Hansen.	Iron
Phytophthora stem rot	*Phytophthora vignae* Pruess.	$K_4$235, TVu 3861
Bacterial or fungal target leafspot	*Corynespora cassiicola* (Berk and Curt.)	'VITA 3'
Bacterial canker	*Xanthomonas vignicola*	P-309, P-901, P-426
Bean yellow mosaic	BYMV	PI 297562
Cowpea aphid-borne mosaic	CABMV	TVn 410
Cowpea yellow mosaic	CYMV	'Alabunch', 'Dixielee'
Cowpea severe mosaic	CSMV	'Macaibo', 'FP 7733-2'
Southerm bean mosaic	SBM	PI 186465

表 9. 萵苣屬之抗病來源

Table 9. Sources of Disease Resistance in Genus *Lactuca*

Diseases	Pathogens	Sources of resistance
Anthracnose	*Marssonia panattoniana*	'Alaska'
Corky root rot		'Oak Leaf Marquette'
Downy mildew	*Bremia lactucae* to races	'Valverde', 'Calmar'
	'Rio Grande'	
	'Valley' and 'California'	FL 49015, L. *serriola;*
	3 isolates to 11 races	*Lactuca saligna*
Leaf spot	*Stemphylium botryosum* f. *lactucum*	*Lactuca saligna*
Powdery mildew	*Erysiphe cichoracearum*	'Imperial 850'
Sclerotinia drop	*Sclerotinia sclerotiorum*	'PI 250427', 'Taiwan.', 'PI 251790' 'PI 255568', 'MUS 73-44', 'Bibb'
Lettuce mosaic	Lettuce mosaic virus	'Florida 1974'

抗 病 性 的 遺 傳

作物抗病性一般由細胞核之遺傳因子所控制者較多，由細胞質控制之例子極少，瞭解作物的抗病性遺傳，如顯隱性或由多少對遺傳因子控制以及細胞核或細胞質所控制等等，有助於育種計畫的擬定，可以幫助如何選擇父母本，需種植多少株才能獲得抗病的後代及其出現機率，以及抗病親本利用的方式。

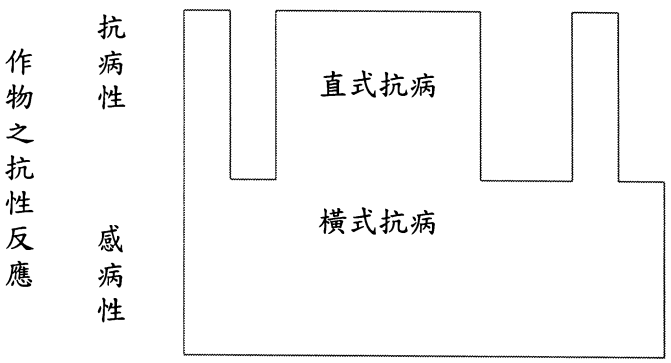


圖 3.直式（ vertical ）及橫式（ horizontal ）的抗病性。橫式抗病性對所有的生理小種均有抗病，直式則只對 1. 3. 4. 5.及 8.等生理小種有抗性。

抗病性通常由一對或少數對主效基因（ major gene ）控制者多屬於直式或垂直抗病性（ vertical resistance ），而微效基因（ polygenes ）所控制者多為橫式或水平抗病性（ hroizontal resistance ），但並非全然如此。直式抗病性對病原菌的不同生理小種會有不同之抗性，橫式抗病性則較不受病原菌生理小種的影響，也即這種抗病性對所有的生理小種均呈抗病性(圖 3.)。由一對或少數對遺傳基因所控制

的抗病性比較容易在分離世代如 F_2 分辨出抗病株與感病株，因此容易加以選拔，一般育種家比較喜歡利用。惟此種由一對或少數對基因控制之抗病性，一般而言較不能持久。而由微效基因所控制的抗病性，其抗病或感病是一種連續性的差異，兩者比較不容易區別並加選拔，微效基因控制的抗病性，容易受到環境的影響，且每一微效基因的抗病效果較小，必需累積較多的微效基因才能表現顯著的抗病效果，但其抗病性較能持久。直式抗病性與橫式抗病性之差別請參考表 10.。

表 10. 直式抗病性(vertical resistance)與橫式抗病性(horizontal resistance)之差異

	直 式 抗 性	橫 式 抗 性
基因控制	由少數對效應較大的基因所控制，大部分符合基因對基因理論。	通常由微效基因所控制，具基因累加效果。
抗性表現	一般抗感病呈不連續變異，差別明顯。	抗感性呈連續性變異，差別不明顯。
抗性機制	通常呈過敏性反應。	減少病原侵入，阻礙病原生長，發育及繁殖。
對流行病的影響	減少原始接種源，延遲流行病開始發病時間。	降低病害發生的程度及速度。
抗性效果	抗病程度高，抗病完全但僅抗某些生理小種。	抗病程度較低，但對所有的病原生理小種均有抗性。
抗性發生時間	通常抗性發生在苗期或整個生長期，亦可能只在成株發生。	只在成株時有抗性。
對病原的影響	病原會改變，容易產生新的生理小種。	病原不會改變，不易產生新的生理小種。
持久性	抗性容易失去，抗性不持久。	不易失去抗性，抗性較持久。
穩定性	抗性較不受環境影響。	抗性易受環境影響。
抗性導入	抗性判別及導入均容易。	較不易。
類似同義字	race specific, major gene, specific, seedling, transient, complete, differential, qualitative	non-race-specific, polygenes, general, adult or field resistance, partial, durable, permanent, uniform, quantitative

具有一對或少數對顯性基因控制的抗病材料為一代雜交種的親本時， F_1 亦具有抗病性，此點在一代雜交種的利用上甚具意義。由一對抗病因子所控制的例子如菜豆抗炭疽病、銹病，胡瓜抗炭疽病，西瓜抗炭疽病，甜瓜抗白粉病，南瓜抗白粉病，西瓜抗蔓割病，結球白菜抗根瘤病，豌豆抗白粉病，番茄抗萎凋病，

番茄抗根瘤線蟲病，番茄抗 TMV ，番茄抗葉黴病，番茄抗晚疫病等，馬鈴薯抗 PVX ，甜椒抗細菌性斑點病、 TMV 和根瘤線蟲病。多因子控制的例子如胡瓜抗炭疽病，胡瓜抗露菌病，西瓜抗蔓割病，番茄抗青枯病，番茄抗晚疫病，番茄抗瘡痂病，馬鈴薯抗 PVY 及捲葉毒素病等。惟所用之抗病材料不同時，其抗病遺傳也可能不同。有關胡瓜、甜瓜、番茄、番椒、菜豆、豇豆、豌豆、甘藍、花椰菜、青花菜、結球白菜和蘿蔔等之抗性材料及遺傳方式列於表 11.至 23.。

表 11. 胡瓜之抗病來源及其遺傳

Table 11. Resistances and Their Inheritance in Cucumber

Diseases	Pathogens	Sources	Model	Gene(s)
Anthracnose	*Colletotrichum lagenarium*	PI 175111 PI 175120 PI 179676 PI 183308 PI 183445	monogenic dominant	*Ar*
	race 1	SC 19B	monogenic recessive	*cla*
		AR 79-95 PI 197087	polygenic (3-8 fact.)	
Target leaf spot	*Corynespora cassicola*	Roy. Sluis Hybrid 72502	monogenic dominant	*Cca*
Scab	*Cladosporium cucumerinum*	'Davis perfect'	monogenic dominant	*Ccu*
Downy mildew	*Pseudoperonospora cubensis*	'Poinsett'	monogenic recessive	*dm* (one of several)
Powdery mildew	*Sphaerotheca fuliginia*	'Natsufushinari'	monogenic recessive	*pm-1*
		'Natsufushinari'		*pm-2*
		PI 200815		*pm-3*
		PI 200818 Gy2cpcp 'Spartan Salad' Wisc. 2757		*pm-h*
Fusarium wilt	*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	Wisc. 248	monogenic dominant	*Foc*
Angular leaf spot	*Pseudomonas lachrymans*	MSU 9402 GY 14A	monogenic recessive	*psl*
Bacterial wilt	*Erwinia tracheiphila*	PI 200818	monogenic dominant	*Bw*
Cucumber mosaic	Cucumber mosaic virus	Wisc. SMR 12 Wisc. SMR 15 Wisc. SMR 18	monogenic dominant	*Cmv* (one of several)
Watermelon mosaic 2	Watermelon mosaic virus strain 2	'Kyoto 3 Feet'	monogenic dominant	*Wmv*
Watermelon mosaic 1	Watermelon mosaic virus strain 1	'Surinam'	monogenic recessive	*wmv-1-1*
Zucchini yellows mosaic	Zucchini yellows mosaic virus	TMG 1	monogenic recessive	*zymv*

表 12. 甜瓜之抗病來源及其遺傳

Table 12. Inheritance of Disease Resistance in Muskmelon *(Cucumis melo)*

Diseases	Pathogens	Sources	Gene(s) involved
Fusarium wilt	*Fusarium oxysporum*		
	race 1 and 2	CM 17187	*Fom 1. Fom 2*
	race 4	'Perlita'	*Fom 4*
	race 0, 2	'Perlita FR'	*Fom3*
Powdery mildew	*Saphaerotheca fuliginea*		
	Erysiphe cichoracearum	*PMR 45, PMR 450*	*Pm 1, Pm 2*
	race 1,2	*'Georgia 47'* and *'C68'*	*Pm 1, Pm 2*
Downy mildew	*Pseudomonas cubensis*	PI 164323	A recessive gene and
		PI 180283	other genetic factors
		PI 124111	Two incompletely dominant genes
Cucumber mosaic	CMV	'Freeman'	Three recessive genes
		PI 161375 ('Songwhancharmi')	Single dominant gene
		'Mitangchang'	Two pairs of complementary genes
		'Shirourinigo'	Three pairs
		'Shiroubi Okayama'	Two recessive genes
Watermelon mosaic	WMV-1	PI 180283	Single dominant
		Cucumis metuliferus	*Wmv*
		PI 180280	*Wmv-1*

表 13. 番茄對真菌性病害之抗病來源及其遺傳

Table 13. Genetics of Host Resistance to Fungal Diseases in *Lycopersicon* spp.

Diseases	Pathogens	Sources	Gene(s) involved
Buck-eye rot	*Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*	*L. pimpinellifolium*	Ec 54725. *Br.*
Early blight	*Alternaria solani*	71B2	Two or more recessive factors
Collar rot	*Alternaria solani*	—	Single dominant
	Didymella lycopersici	*L. hirsutum*	More than one dominant factors
		L. hirsutum f. glabratum	
Foot and root rot	*Phytophthora nicotiana*	*L. esculentum* lines from U.S.	One incomplete dominant major gene
Fusarium wilt	*Fusarium oxysporum* race-1	*L. pimpinellifolium* Acc. 160	I
		VFN 8	Two independent genes FIR_1
Gray leaf spot	*Stemphylium solani*	—	Single dominant
Late blight	*Phytophthora infestans* race-0	West Verginia Acc. 36 and 106	*Tr 1*
		L. pimpinellifolium	Monogenic (Res.) Semidominant
		L. pimpinellifolium	Dominance and over-dominance of horizontal resistance
Leaf mold	*Cladosporium fulvum*	—	*Cf-5*

Diseases	Pathogens	Sources	Gene(s) involved
	races 6.10.11.12 1.2.3. 1.2.4. and 2.3.4	—	*Cf-1* to *Cf-24* Several genes
Soft rot	*Erwinia carotovora*	MH_1	Polygenic
		Heinz 3	Polygenic
Rhizoctonia fruit rot	*Rhizoctonia solani*	PI 193407	Polygenic
		U.S.D.A. 75B 846-1-1.	One major dominant gene
		U.S.D.A. 75B 610-3	Polygenic involving four major genes
Septoria leaf spot	*Septoria lycopersici*	PI 422397	Single dominant
Stem canker	*Alternaria alternata* f. sp. *lycopersici*	6718VF	Single dominant
Target leaf spot	*Corynespora cassicola*	PI 120265.	Single recessive gene
		PI 112215	Single recessive gene
Verticillium wilt	*Verticillium alboatrum*	—	*Ve*

表 14. 番茄對細菌性及病毒病害之抗病來源及其遺傳

Table 14. Genetics of Resistance to Bacterial and Virus Diseases in *Lycopersicon* spp.

Diseases	Pathogens	Sources	Gene(s) involved
		Bacterial diseases	
Bacterial canker	*Corynebacterium michiganense*	Okisu Sozai-1	Polygenic incomplete dominance
		L. hirsutum	A, B, C and D
Bacterial wilt	*Pseudomonas solanacearum*	PI 126408	Polygenic
Bacterial speck	*P. syringae* pv. tomato	'Rehovot 13'	Single dominant gene with a few minor genes
	Xanthomonas vesicatoria	*l. pimpinellifolium*, *L. minutum*, *L. .hirsutum* f. *glabratum*	Polygenic partially dominant
		Virus diseases	
Peru tomato virus	PTV	PI 126955	Single recessive gene
		L. hirsutum. PI 127827	Single dominant gene
Tobacco mosaic	TMV	PI 235673	*Tm 1*
		B 2247	*Tm 2*
Leaf curl	LCV	354A, Silvestra, S 1496. PR 5	Polygenic
Yellow leaf curl	*YLCV*	*L .pimpinellifolium*, LA121	Monogenic incompletely dominant
			Recessive
		L. cheesmanii	More than one dominant gene
		L. hirsutum	

表 15. 番椒屬之抗病來源及其遺傳

Table 15. Inheritance of Disease resistance in *Capsicum* spp.

Diseases	Pathogens	Sources	Gene(s) involved
Phytophthora rot	*Phytophthora capsici*	*C. frutescens*	Monogenic recessive
		Line 491 and 493	A dominant with modifiers
			Duplicate factors
		'Waxy Globe'	Single dominant
Bacterial spot	*Xanthomonas vesicatoria*	'Santanka'	Monogenic dominant
		PI 163192, PI 322719	Monogenic dominant
		PI 163189	Two or more additive genes
Cucumber mosaic	Cucumber mosaic virus		
	Hot pepper	–	*cm*
	Sweet pepper cmv strain	'Rama'	*Riv*
Leaf curl	Leaf curl virus		
	Hot pepper	–	*lc*
Pepper mottle	Pepper mottle virus	Brazillian capsicum	Single recessive gene
Pepper veinal mottle	Pepper veinal mottle virus	–	A recessive gene
Potato Y virus	Potato Y virus	'Delray Bell'	Single recessive
	Pathotype C & D	'Serrano Vera Cruz'	Single recessive
	Pathotype A	'Serrano Vera Cruz'	Partially dominant
Tobacco etch	Tobacco etch virus	Greenleaf Tobasco	Monogenic dominant
Tobacco mosaic	Tobacco mosaic virus	GT 3 and GT 4	Single dominant
		C. chinense (PI 152225)	*Tm*
		–	*Li*
		C. chinense	Monogenic partial dominant

表 16. 菜豆屬之抗病來源及其遺傳

Table 16. Inheritance of Host Resistance to Diseases in *Phaseolus* spp.

Diseases	Pathogens	Sources	Gene(s) involved
Angular leaf spot	*Isariopsis griseola*	*PBL 257 (Phaseolus coccineus)*	Single recessive gene
White mold	*Sclerotinia sclerotiorum*	*P. coccineus*	*Ws*
Common blight	*Xanthomonas phaseoli*	'GN Nebraska 1' Sel. 27; PI 1207262	Polygenic (Low heritable)
Halo blight	*Pseudomonas phaseolicola*	'Red Mexican'	Single dominant
		PI 150414	Single recessive
		L_{HB-1}	Tolerant to leaves; Tolerant to pods
		PD_{HB-1}	
Common bean mosaic	CBMV	–	*bc-1, bc-1²* *bc-2, bc-2²,* *bc-3*
		'Corbett Refugee'	1
		'Seafarer', 'Aurora'	1
		'Robust'	a
Bean yellow mosaic	BYMV	GN 1140	*by 3*
Blackeye cowpea mosaic	BCMV	'Black Turtle Soup'	*Bcm*
Cowpea aphid-borne mosaic	CABMV	'Black Turtle Soup'	*Cum*
Rust	*Uromyces phaseoli*	GN 1140	RB_{11}
		Negro San Ramon 5	Polygenic

表 17. 豇豆之抗病來源及其遺傳

Table 17. Genetics of Host Resistance to Diseases in Cowpea *(Vigna unguiculata)*

Diseases	Pathogens	Sources	Gene(s) involved
Cercospora leaf spot	*Cercospora cruenta*	CR 17-1-34	*Cls 1* dominant
		Ala. 963.8	*cls 2* recessive
Anthracnose	*Colletotrichum lindemuthianum*	—	Dominant gene(s)
Powdery mildew	*Erysiphe polygoni*	—	Single recessive
Target leaf spot	*Corynespora casiicola*	'VITA 3'	A recessive gene
Bacterial canker	*Xanthomonas phaseoli*	'Prima'	Two gene pairs with epistasis
	X. vignicola	'Iron'	Single recessive gene
		P-309, P-910, P-426	Single dominant gene
Bean yellow mosaic	BYMV	PI 297562	Single recessive gene *(by)*
Blackeye cowpea mosaic	BCMV	TVu 2480	*bcm*
Cowpea aphid-borne mosaic	CAMV	TVu 410	One partially dominant gene
Cowpea yellow mosaic	CYMV	'Alabunch'	Three additive loci
Cowpea chlorotic mottle	CCMV	PI 255811	Single recessive(*cc*)
Cucumber mosaic	CMV	—	Single dominant gene (*Cm*)

表 18. 豌豆之抗病材料及其遺傳

Table 18. Sources and Genetics of Resistance to Diseases in Peas

Diseases	Pathogens	Sources of resistance	Genetics
Fusarium root rot	*Fusarium solani* f. sp. *pisi*	PI 140165, PI 183910 PI 194006, PI 210257, PI 223385	—
Brown root	*Fusarium solani* f. sp. *pisi*	—	Single dominant
Damping-off	*Pythium ultimum*	Accessions 140165, 183910, 19404	—
		Minnesota 494 A II	—
Powdery mildew	*Erysiphe pisi*	Continental, JP 501, VP 7906, PH1-1,	*er* (single recessive)
		HWVP 1	*er2*
Rust	*Uromyces fabae*	JP 'Batri Brown 3' JP 'Batri Brown 4'	Single dominant gene
Wilt	*Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*		
	race 1	'New Era'	*Fw*
		'Kala Nagni', LMR 20, LMR 110, JP 501	
	race 2	—	*Fnw*
Fusarium root rot	*Fusarium oxysporum*	'Dia', 'Nike', K 7589, R 4006, 'Helia'	
Downy mildew	*Peronospora pisi*	'Dark Skin Perfection' 119, 21	Single dominant
Ascochyta blight	*Ascohyta pisi*	'Kinnauri'	Duplicate factor
		K 1632, K3055, K 5072, K5117	One dominant gene

Diseases	Pathogens	Sources of resistance	Genetics
Pea root rot	*Aphanomyces euteiches*	PI 166159, PI 167250, PI 169604, PI 180693, PI 180868 Minnesota 494	Single dominant gene or linked polygenes with l*e* or *pl*
Pea enation mosaic	PEMV	PI 193586, PI 193835	*En*
Pea seed-borne mosaic	PSBMV	Psb, Mv-Pam, Psbmv-P4 X 78122, X78123, X78124, X 78125, X 78126, X78128	A recessive factc (*sbm4)*
Bacterial blight	*Pseudomonas syringae* pv. *pisi*	'Onward' and 3080 resistant to both races	Single dominant gene (race 1)
Bean yellow mosaic	BYMV	'Bonneville' 'Wisconsin Perfection'	Single recessive (*mo*)
Top yellow	TYV	—	Monogenic recessive
Pea leaf-roll	PLRV	'Rando', 'Novette', 'Starlett'	Single recessive
Pea streak	PSV	—	Single recessive
Pea mosaic	PMV	—	(*mo*)
		Perfection type	Single recessive (*pmv*)
Bean virus 2	BV2	'New Era', 'Wisconsin Perfection'	Single recessive

表 19. 甘藍之抗病材料及其遺傳

Table 19. Inheritance of Resistance to Diseases in Cabbage

Diseases	Pathogens	Sources of resistance	Genetic information
Fusarium yellows	*Fusarium oxysporum*		Resistance due to number of factors with cumulative effects
		'Wisconsin Hollander'	Type B
		'Wisconsin All Seasons'	Type A+B
		'Wisconsin Brunswick'	
		'Maryland Flat Dutch'	
		'Jersey Wakefield ',	Single dominant gene,
		'All Head Early',	type A resistance
		'Glory of Enkhuizen',	
		'Copenhagen Market',	
		'Globelle'	Monogenic dominant
		'Wisconsin Ballhead C'	system (type A)
		'Tronchuda 1 to 4'	
Downy mildew	*Peronosproa parasitica*	PI 245015 savoy cabbage	Two independent dominant genes
		Globelle'	Single dominant gene
Clubroot	*Plasmodiophora brassicae*	Bohmerwaldkohl	Polygenic, recessive
		72755,72756,	
		C-2129-1, D-1831-1-2,	
		D-1831-3-3, D-1831-3-5,	
		Bindsachsener-1661-2,	
		PI 215515	
		'Badger Shipper' (race 6)	Oligogenic, recessive
		Oregon 100, 123, 140 and 142	

Diseases	Pathogens	Sources of resistance	Genetic information
		'Acadie' (races 1 and 6)	Polygenic, recessive
		'Richelain', 'Richesse' (races 2, 6 and 7)	Dominant
		Cab-mf-1, Cab-ms-1	Dominant
Black rot	*Xanthomonas campestris*	'Fuji'	One or more dominant genes
		'Hugenot'	
		'Early Fuji'	One major gene
		'Badger Inbreds' nos. 14-20	'f + one recessive and one dominant modifier gene
		PI 436606	One recessive gene
Turnip Mosaic (TuMV)	*Turnip mosaic virus*	'De Brunswick, cabbage 'Winter White III' cabbage 'Ace High' cabbage	Simple oligogenic system
Cauliflower Mosaic (CaMV)	*Cauliflower mosaic virus*	'Superette' cabbage Hybrid RI cabbage	Simple oligogenic system
Powdery mildew	*Erysiphe polygni*	Globelle', 'Hybelle', 'Sanibel,	Single dominant gene with minor genes

表 20. 花椰菜之抗病材料及其遺傳

Table 20. Inheritance of Disease Resistance in Cauliflower

Diseases	Pathogens	Sources of resistance	Inheritance
Black rot	*Xanthomonas campestris*	MGS, Pua Kea, Sel. 445, Sel. 6-1-2-1, Sel. 1-6-1-4, Pusa Snowball K-1	Dominant polygenes
Downy mildew	*Peronosproa parasitica*	PI 208474	A single recessive gene
		BR-2, CC (12-C), Sel.6 F_2-3-5-1-1	
		EC 177283, EC 191179	
		Novembrina, Kibo Giant	
		Mero Giant	
Clubroot	*Plasmodiophora brassicae*	Badger Shipper (cabbage)	Polygenic recessive

表 21. 青花菜之抗病材料及其遺傳

Table 21. Inheritance of Disease Resistance in Broccoli

Diseases	Pathogens	Sources of resistance	Inheritance
Clubroot	*Plasmodiophora brassicae*	MSU 134	Polygene
		Qregon CR-1	
		OSU CR-8	
Downy mildew	*Peronosproa parasitica*	PI 189028 (to race 1)	Race-specific and dominant
		PI 245015 (to race 2)	
		PI 231210 (to race 1,2)	
Yellows	*Fusarium oxysporum*	Gem (to race 2)	Not yet determinated
Black rot	*Xanthomonas campestris*	Early Fuji (cabbage)	One major gene f. with one recessive and one dominant modifiers

表 22. 白菜之抗病材料及其遺傳

Table 22. Inheritance of Disease Resistance in Chinese Cabbage

Diseases	Pathogens	Sources of resistance	Inheritance
Downy mildew	*Peronosproa parasitica*	Bau Chin 26, PHW 64707, 64710, 64722, 64620 B 742, B 639 (Hakuran)	Two dominant genes
Clubroot	*Plasmodiophora brassicae*	Michihili, E.C.D. Milan White (Turnip) Siloga, 77b (Turnip) Gelria R, Debra (Turnip)	One dominant gene to race 6 and race 7
		77b	One dominant gene to race 2 One dominant gene with modifiers
Turnip mosaic	*Turnip mosaic virus*	Bau Chin 26, PHW 64707, 64710, 64722, 64620, PI 419069 and PI 391560 、 PI 418959 (to C1, C2, and C3) PI 418957-5241 (to TuMV-C1, C2, C3 and C4) 平塚一號	More than one gene and partially dominant Two dominant genes
Soft rot	*Eriwinia caratovora*	平塚一號 No reliable source	Multiple genes

表 23. 蘿蔔之抗病材料及其遺傳

Table 23. Inheritance of Disease Resistance in Radish

Diseases	Pathogens	Sources of resistance	Inheritance
Fusarium Yellows / Wilt	*Fusarium oxysporum*	Red Prince, White Spike, Early Scarlet Globe White Prince, Otabe, China Rose, Anno no.1,2,3,4 美濃早生、練馬、宮重	Polygenes
Clubroot	*Plasmodiophora brassicae*	Hatsuka, Horyo, Shogoin, Miyashige, Nerima, Moriguchi	Multiple genes
White rust	*Albugo spp.*	Round Black Spanish, China Rose Winter	Monogenic dominant
Turnip mosaic	*Turnip mosaic virus*	Bansei-mino. Aki-wase Takakura, Motohashi-mino, Tosai, Nishimachiriso, Choko-hakusyu, Choko- hatsusyu, Sakuragima, Onnayama-aka. 美濃早生、關東、早粗練 馬、大藏、都西	Multiple genes
Soft rot	*Erwinia carotovora*	Waincha, Yokokadokei Pekin Shinribi, Takakura, Miura, Tosai	Need further study

抗病性篩選

在抗病性篩選過程中，接種能否成功是一個極重要的關鍵，接種方法和病原的種類、傳播方式及侵入植物體的途徑等均有很密切的關係。病毒或類病毒（MLO）通常經由植物傷口，細菌則由植物自然開口如氣孔、水孔、皮孔及傷口進入，真菌通常可以分泌酵素直接由表皮細胞入侵。真菌一般以分生孢子或菌絲配成懸浮液為接種源，以噴槍、吸管、注射器、毛刷或比較精密儀器用孢子灑佈在植物體之適當部位上或澆灌懸浮液或伴種接種，細菌以注射、動力噴槍、針刺、剪葉、斷根、澆灌懸浮液、拌種等來接種。機械傳播之病毒，被篩選之植株先均勻灑上金鋼砂或 celite 於葉片上，再用棉花球沾病毒接種液擦拭或將 celite 與病毒接種液混合，以動力噴霧器接種，由媒介昆蟲傳播之病毒的接種方法，需先以人工飼養清潔不帶毒的昆蟲，俟媒介昆蟲獲毒後，再用已帶毒的媒介昆蟲作為接種源。以一定數量帶毒的媒介昆蟲放養在欲測試的植株上。一般土壤傳播性的真菌、細菌或線蟲亦可利用病圃來接種。環境條件如溫度、濕度、光線強弱及植株生理狀態等，都會影響接種成功與否，應該注意每一病害的理想發病環境，一個良好的篩選技術必須能區分出抗病和感病的基因型，而且要簡便易行和比較經濟。抗病性篩選方法之大綱可參考圖 4.，番茄病原之接種技術及發病條件列在表 24。一般而言高溫高濕有助於細菌性病害的發生。以下介紹胡瓜露菌病、炭疽病、白粉病、病毒病、根腐病、細菌性枯萎病、疫病、萎凋病、角斑病及瘡痂病和西瓜蔓割病及炭疽病之抗性檢定，而胡瓜主要病害的苗期抗病鑑定技術列於表 25.。

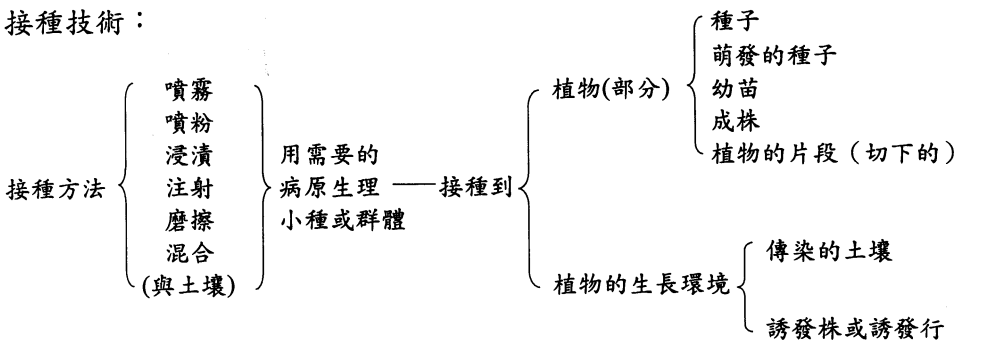


圖 4．抗病性篩選技術

表 24. 番茄抗病性評估技術

Table 24. Techniques for The Evaluation of Tomato Populations for Disease Resistance.

DISEASE	TEST LOCATION	PLANT GROWTH STAGE	INOCULATION TECHNIQUES	CONDITIONS DURING INCUBATION	SYMPTOM DEVELOPMENT ON SUSCEPTIBLS	
					Time Needed	Special Considerations
Fusarium wilt	GH[a]	Seedlings, cotyledons expanded.	Dip roots in inoculum and transplant to flats.	Hold at 24 C.	2-3 weeks	Sunny days; keep soil moist at first, then let dry in midday to encourage wilting.
Verticillium wilt	GH	Seedlings, cotyledons expanded.	Dip roots in inoculum and transplant to flats	Hold at 21 C.	3-4 weeks	Sunny days; keep soil moist at first, then let dry in midday to encourage wilting
Bacterial wilt	GH or F	Seedlings, 5-6 leaves (in flats or seedbed).	Cut roots on one side. Pour bacterial suspension into soil trench.	Keep plants between 20 C (night) and 30 C (day); keep soil moist.	1-3 weeks	Symptoms appear more rapidly at warm temperatures. Transplant survivors to field.
Bacterial canker	GH	Seedlings, 3-leaf stage.	Inoculate cut made by excising first true leaf at point of attachment with bacterial suspension.	Provide conditions for good seedling growth.	8 weeks	Plants with one or more unwilted shoots considered resistant.
Late blight Monogenic resistance	GH	Seedlings, 3-4 leaves.	Inoculate leaves with swarmspore suspension by atomization.	Place inoculated plants in a moist chamber at 21 C for 16 hr.	4-7 days	Provide conditions for good growth.
Multigenic resistance	GH	6 weeks old, grown in shallow beds.	Inoculate leaves with swarmspore suspension by atomization.	Cover bench with plastic and introduce mist for 16 hr.	1-2 weeks	Keep soil fertility low and give supplemental light.
Early blight Foliage	GH	Seedlings, 3-4 leaves.	Inoculate with atomized spore suspension.	Initial incubation for 24 hr at 21 C.	7-10 days	Place plants in mist chamber nightly.
Collar rot	GH (Soil beds)	Seedlings, 4 weeks old	Dunk tops and stems of seedlings into inoculum and transplant to a depth of 3 inches.	Keep soil damp at about 20 C.	7-14 days	Water between rows to prevent washing inoculum from stems.
Septoria leaf spot	GH	Seedlings, 3-4 leaves.	Atomize conidial suspension onto plants.	100% RH for 48 hr at 21 C.	7-10 days	
Leaf mold	GH	Seedlings, 3-6 leaves.	Inoculate by spraying lower-leaf surfaces with spore suspension.	100% RH for 48 hr at 21 C.	2-3 weeks	Keep plants at 20-24 C and at 80% RH or above.

DISEASE	TEST LOCA-TION	PLANT GROWTH STAGE	INOCULATION TECHNIQUES	CONDITIONS DURING INCUBATION	SYMPTOM DEVELOPMENT ON SUSCEPTIBLS	
					Time Needed	Special Considerations
Gray leaf spot	GH	Seedlings, cotyledons expanded. or 3-4 leaves.	Atomize spore suspension onto plants.	100% RH for 24-28 hr at 21-24 C.	3-5 days on cotyledons; 7 days on true leaves.	Intergrade-resistant reactions sometimes occur on true leaves.
Anthracnose	L	Mature.	Inoculate fruit by atomization or puncture.	If inoculation is by atomization. 24 hr at 100% RH and 24 C.	7-10 days	Hold fruit at about 24 C.
Tomato mosaic	GH	Seedlings, start series of inocula-tions on first true leaf.	Apply expressed inoculum with an air brush; inoculate again 10 days later.		Start roguing 10-14 days after inoculation	Transplant survivors in field and continue roguing.
Spotted wilt	F		Place seedlings in a disease nursery and encourage thrips.	Tarnsplant to field after 4 weeks.	7-20 days after vector feeding.	Grow plants to maturity, and rogue on basis of plant and fruit symptoms.
Curly top	GH	Seedlings, 10 days old at start.	Release viruliferous leafhoppers into screened greenhouse 2 or 3 times at 1 week intervals.		1 week after first feeding.	Classify plants after 1 month.
Root knot	GH	Seedlings, cotyledons expanded.	Transplant seedlings into flats containing soil infested with chopped, galled roots from a susceptible crop.	Keep soil moist, and GH temperature about 24-27 C.	4-6 weeks	Dig plants ,wash roots, count plants with galled roots as susceptible.
Root knot	L	Germinated seedlings.	Inoculate seedlings grown in test tubes with egg masses of nematodes .	Keep tubes at 28 C.	7 days	Examine roots microscopically at 10 × for amount of necrosis and galling.

[a] The following abbreviations are used in this table: GH = greenhouse, L = laboratory, F = field.

一、胡瓜抗病性檢定

1.露菌病

露菌病是胡瓜最重要的真菌性病害，病原菌為 *Pseudoperonospora cubensis* 。病菌喜冷涼潮濕的環境條件。晝暖夜涼，多雨潮濕，大霧重露天氣最有利於本病發生。感染的溫度範圍為 10~28 ℃，適溫為 16~24 ℃，主要侵害葉片，下部老葉先受害。發病初期，病斑呈淡黃色，擴大後為葉脈所限制，呈四方形或多角形黃褐色病斑。後期病斑彼此聯合成大斑，使全葉呈黃褐色乾枯，使產量大幅度下降。

露菌病菌是絕對寄生菌，不能用人工培養，必須保留在病株上，最好是每周生產一批胡瓜幼苗，以保存病菌，如果不是露菌病發病期，如在冬天，露菌病菌可以保存在溫室中，6~10 天苗齡的小苗有 5~6 株即可，病菌培養期為 7~14 天。露菌病菌的溫度要求比白粉病稍低，以 16~24 ℃為宜。讓病菌生長 1~2 個星期，因為病菌只能夠生存一個星期，所以要創造露菌病發生的環境，即把病苗放入 100 % 相對空氣濕度中保持 48 小時，在飽和的空氣濕度下，孢子在葉背面生長，然後用少量無菌水洗下，保存在小容器裡，加入 20 ℃沒有任何雜質（如銅等）的離子蒸餾水，病菌孢子在 16~24 ℃情況下，保存 48 小時，就可以產生小的游動孢子，這些游動孢子就是接種源。

(1)田間自然檢定

即將受檢的品種，在最有利於發病的季節及條件下，在瓜田裡播種。採用不抗病的品種作對照。在露菌病大發生季節，一般不抗病的早熟品種進行春或秋播往往發病嚴重，生長不到十片葉子就乾枯死亡，以致毫無收成。所以在春、秋季選擇和檢定抗病性狀是有利的。季節不同發病差異也很大。不同地區氣候條件往往差異很大，因而影響評估的準確性，總而言之，最主要的原則是因地制宜，在最容易發病的季節播種檢定。應當注意到的是，栽培條件對一個品種的發病及嚴重程度有相當的影響。例如栽植地通風不良，肥水不足（特別是缺乏磷鉀肥）或灌水不當，均有利於病害發生。凡是瓜地低洼、潮濕或蔭蔽的地方發病早而重，所有這些情況，在進行自然檢定時要注意考慮到。

(2)接種檢定

掌握接種技術是很重要的一環。此外了解病害的傳染方式與感染途徑，對於接種工作是非常必要的。

露菌病菌的孢子囊落到感病的寄主葉片上，在有水浸時萌發芽管或產生游動孢子，游動孢子游動片刻後靜止，也產生芽管，芽管從氣孔侵入寄主。寄主感病後 4~5 天就可以發生病斑，在葉背病斑上產生大量孢子囊。在有利於病害發生條件下（10~20 天左右），此病就可以流行成災。

品種或系統間對露菌病抗性的差異，通常都是用田間調查發病指數法檢定的，但是由於一些具體方法細節上的差異，有時使所得指數並不能反映真正的抗性差異。例如關於調查時期和次數方面，發病早晚雖然與抗性強弱也有些關係，但更多受感染早晚的影響，因此依靠一次發病初期調查的結果所作出的檢定就不一定可靠。另一方面，在適於病害發展的條件下，病情的發展是相當快的，因而單純在後期作一次調查，則往往只能區分抗性很強和很弱的品種。因此，調查至少應分前期和後期兩次進行，最好分前、中、後三次進行。其次是調查株數方面的問題，為了能通過病情發展的快慢來比較系統的抗病性，通常都採用定株調查，即每一品種或系統取樣若干株，每次都調查這幾株，因此就要考慮取樣株的代表性。取樣株數當然應該根據具體的品種或系統純度適當增減，一般來講每一品種

或系統至少應選定 10 株，這些調查株應該是在發病以前隨機選定的。再次是調查葉數方面的問題，對選定株的全部展開葉片都作調查當然最好，但工作量較大，如果採用取樣定葉調查，則每株至少應有相同節位的上、中、下三片葉子（做上明顯記號以便每次調查）。再次是病葉分級方面的問題，至少從抗病性選育的角度來看，分級過多沒有必要，反使調查時不易劃分葉片所屬的級別，應該是分四或五級較為合適。四級的標準是：

0＝ 葉上無病斑。

1＝ 病斑面積占葉面積 1/4 以下。

2＝ 病斑面積占葉面積 1/4~3/4 。

3＝ 病斑面積占 3/4~葉枯黃。

五級的標準是 1＝ 病斑為小圓點或占葉面積 1/10 之下，其他把四級標準內的 1 、 2 、 3 各加 1 級。

2.炭疽病

病原菌為 *Colletotrichum lagenarium* ，要求較高的溫度和濕度，潛育期隨濕度的增加而縮短，在 87~95％ 時潛育期僅三天，相對濕度低至 54％ 以下時則不發病，發病的溫度範圍為 10~38 ℃，但以 22~27 ℃為最適宜，因此在高溫多濕的季節和地區本病的危害就較重。人工接種時用在馬鈴薯葡萄糖培養基上的分離菌種，先接種在 2~3 厘米上的一段菜豆莢上，在 26~28 ℃試管內經過七天，取出磨碎去渣加水，使每毫升約有 10^4~10^5 個孢子噴在有一片真葉的幼苗上，也可以與露菌病孢子混合接種， 5~10 天後可檢定，感病株病斑大並有黃圈。

3.白粉病

病原菌為 *Erysiphe cichoracearum*，分生孢子在相對濕度 20％ 以下也能萌發。白粉病原菌不能在培養基上培養，只能用感染株在溫室內繁殖保存，但乾葉在室溫下能保存病菌生活力達一年。由於孢子的生活力只有 1~2 天，因而接種前先用口吹去病葉上的老孢子， 24~48 小時用毛筆刷下新生孢子抹在子葉期或第一真葉期的胚莖上，保持 22~28 ℃，約 14 天後可以看到病徵。

4.病毒病

病原主要是矮南瓜黃化嵌紋病毒（ ZYMV ）、瓜類蚜媒黃化病毒（ CABYV ）及胡瓜嵌紋病毒（ CMV ），有時為西瓜嵌紋病毒（ WMV ），病毒主要靠桃蚜和瓜蚜傳布，也能經傷口接觸傳染。人工接種用感染葉破碎後，以雙層紗布過濾， 1：10 稀釋後用 0.01 當量的磷酸二氫鉀調到 pH7.5 ，用 1~3 真葉期幼苗以金剛砂塗抹接種，接後先遮蔭 24 小時，其後放在 24~28 ℃的強光較乾燥條件下，約 7~14 天新葉上就可見到病徵。

5.根腐病

病原菌為 *Pythium aphanidermatum*，感染種子造成爛種，感染幼苗造成猝倒，感染成株造成全株枯萎，感染葉片造成褐色枯斑破碎穿孔或全葉枯死，感染瓜條產生灰綠色下陷斑塊上生淡灰色菌絲，最後腐爛。檢定方法可把分離菌種接種在

瓜條上，待發生孢子後配成懸浮液，噴播植株地上部分或灌溉根部，第五天即可看到病徵。

6.細菌性枯萎病（青枯病）

病原菌為 *Erwinia tracheiphila* ，侵害各種瓜類而以胡瓜最易感染。病原菌依靠胡瓜條甲蟲（ *Acalymuna* spp.）和胡瓜斑甲蟲（ *Diabrotiea* spp.）二類甲蟲傳播。

7.疫病

這是造成胡瓜整株枯死的主要病害之一，特別溫度高、雨水多的地區和秋胡瓜較嚴重。病原菌主要是 *Phytophthora melonis* ，也有 *P. capsici* 。抗性的離體檢定法是從上數第 4~5 片葉，為了避免造成傷口而不用水洗，用培養 6 天的菌種作定量接種，每葉接 3 菌塊，菌塊直徑 5 毫米，菌塊上各滴一滴蒸餾水放在乾燥器內保濕，在 20~25 ℃下經 1.5~2 天即可根據病斑大小檢定抗性差異。

8.萎凋病

萎凋病也是造成各地胡瓜枯死的主要病害。病原菌廣泛感染各種瓜類，但各有特異的生理種，感染胡瓜者為 *Fusarium oxysporium f. cucumerium* 。病原菌用馬鈴薯培養基培養。在 24~26 ℃下 7~14 天即可見到大小孢子，用細紗布過濾後，再用離心法分離收集孢子，接種液濃度要達到每毫升約 10^7 個孢子。接種時切斷苗一側的根，每株灌接種液 10 毫升，保持 28 ℃左右溫度，不抗病株 14 天內死亡。

9.角斑病

病原菌為 *Pseudomonas lacrymans* 。發生期往往早於露菌病和炭疽病，乾葉在 15~21 ℃紙袋內能保菌種生活力一年。溫室內接種噴霧於葉背，在 21 ℃下保濕 48 小時，約 4~5 天後可見病徵。

10.瘡痂病

病原菌為 *Cladosporium cucumerinum* ，侵害葉、莖和果實，較冷涼濕潤的氣候有利於病害的發展。抗性的檢定法係在幼苗接種並保持在 17 ℃左右的較高濕度環境下，不抗病株不久就枯萎至子葉節，抗病株只有輕微影響而且很快恢復，從而對抗性可以作出很正確的檢定。

二、西瓜抗病性檢定

1.蔓割病

西瓜蔓割病是尖孢鐮刀菌西瓜專化型〔 *Fusarium oxysporum* Schlecht. f. sp. *niveum* (E. F. Sm.) Snyd. & Hans.〕引起的，發生於世界所有西瓜產區及西瓜生長的各個時期。本世紀初，美國由於蔓割病的危害，使西瓜生產大幅度下降，不景氣的現象長達 16 年之久。由於蔓割病的發生，曾使愛荷華州（ lowa ） 90 % 的瓜田受害。以色列、日本的西瓜蔓割病在全國各地普遍發生，且日趨嚴重，是西瓜的頭號病害。

表 25. 胡瓜主要病害苗期抗病性鑑定技術

病害名稱	病原菌	接種方法	植株生長階段	接種濃度	接種條件
萎凋病	*Fusarium oxysporum f.* sp. *cucumerium*	灌根法 菌土法 沾根法 胚根法	第一片真葉展開或胚根為 1 cm時	2×10^5 個分生孢子/ml,10^5 個分生孢子/ml,10^6 個分生孢子/ml	在 20~25 ℃時播種於含菌的蛭石培養土中
疫　病	*Phytophthora melonis*	點滴接種	子葉期或第一真葉期	100~200 個游動孢子	20~24 ℃保濕 16 小時
露菌病	*Pseudoperonospora cubensis*	點滴法 噴霧法 注射法	真　葉 子葉期 真葉期	1500~4500 孢子囊 /ml	20~22 ℃保濕 12 小時發病避光,保濕有利於病情發展
白粉病	*Erysiphe cichoracearum*	噴霧法 離體葉盤法 撣菌粉法	子葉展平	10^5 個孢子/ml	保濕 12 小時 溫度 22~25 ℃
細菌性角斑病	*Pseudomonas larymans*	點滴法 噴霧法	一葉一心時期	3×10^8 孢子/ml	13~26 ℃遮光保持黑暗 48 小時,濕度 100％ 7~10 天發病
黑星病	*Cladosporium cucumerinum*	離體子葉點滴 接種法	子葉剛展開	10^4~10^5 孢子/ml	每滴 0.02ml 在 15~20 ℃黑暗條件下鑑定接種後 5 天調查
		噴霧接種	第一片真葉	10^5~10^6 孢子/ml	接種後 24 小時 ,RH100 ％ ,溫度 12~25 ℃
炭疽病	*Colletotrichum lagenarium*	噴霧法	第一片真葉展開	3×10^6 孢子/ml	24~25 ℃保濕遮光 24 小時後,轉入 24~26 ℃日間散光下繼續培育 4~5 天

由於蔓割病屬於土壤傳播性病害，生活力極強，可在土壤持續保存很長時間（10 年以上），化學藥劑的防治效果有限，輪作又因土地承租日益困難而效果不彰，因此，造成蔓割病的大量發生和流行，成為西瓜生產發展的最大障礙，而開

展抗蔓割病育種工作則是解決這一難題的有效途徑。西瓜蔓割病苗期人工接種檢定的技術和程序介紹如下：

(1)病原菌的採集、分離、純化和檢定

A.初分離：取病株近地面部的莖蔓一段，用 70％ 的酒精擦洗，進行表面消毒，再用 1％ 的昇汞浸泡 1~2 分鐘，用無菌水沖洗 2~3 次後，用濾紙吸乾水分，在無菌操作下，用刀片、剪刀等器具削去蔓的外皮，然後取中間維管束組織，用剪刀剪成數枚小塊，分散接種於 PSA 培養基上，放於 25~27 ℃恆溫箱中培養。

B.再分離：經初分離在恆溫箱中培養 2~3 天後，就可長出直徑 2~3 厘米大的菌落。篩檢各菌落，以確定目標菌落，在無菌操作下，從目標菌落的邊緣部分挑取一小塊帶有菌絲的培養基再接於 PSA 培養基上，在上述相同的條件下培養，並觀察各菌落的形態和顏色，選取典型的菌落進行單孢分離。

C.單孢分離：將上述分離的病原菌回接於 PS 培養液中，培養兩天後，取出部分懸浮液，稀釋到每個皿中約有 6~8 個單孢。然後按單孢分離的操作程序接種。培養的病原菌的單孢菌系一部分移入試管保存，一部分做回接檢定。

D.回接檢定：經過上述分離後，須進一步做回接檢定以確定該菌的專化性。方法是將西瓜種子用 50 倍的甲醛溶液處理 30 分鐘，清水沖洗後，再用 60 ℃溫水浸種，使其溫度維持 30 分鐘，再用清水浸泡一晝夜，充分淘洗、催芽，播種在滅菌的砬石中，待子葉展平後，從砬石中起取苗子，用自來水將根部沖洗乾淨，再將根部浸入上述分離得到的病原孢子懸浮液中 1 分鐘左右，然後移栽於育苗盆中。

E.再分離、再回接：從這些發病株中再進行分離、純化後再行回接，結果若發病趨勢與上相同，則進行下一試驗。

F.西瓜專化型的確定：經過上述步驟後，初步認為該病原屬西瓜鐮刀型蔓割菌。但為了進一步確定，尚需進行專化型試驗。選用胡瓜、絲瓜、扁蒲、甜瓜和西瓜作寄主，分別進行接種，西瓜發病率高達 97.8％ ~100％ ，胡瓜發病率為 4.4 ％ ，絲瓜、扁蒲、甜瓜均未表現任何症狀，據此証明該病原菌確為西瓜專化型。

(2)接種方法

根據研究人員對三種不同接種方法即土壤接種法，胚根接種法和浸根接種法研究之後，效果以浸根接種法最佳，因此確定以浸根接種法進行西瓜蔓割病苗期抗性篩選檢定，具體方法如下：

A.接種工作程序

a.接種源製備：用馬鈴薯、蔗糖培養液培養法製作。具體作法是 1000 ml 水中加入 200g 馬鈴薯，煮沸 30 分鐘，過濾，將水加至刻度，稍煮沸，再加入蔗糖 15g ，分裝於 3 個 500 ml 的三角瓶中，在 20 磅壓力下滅菌備用，將病原菌在無菌操作下接入瓶中，於 26 ℃左右的恆溫箱中培養 10 天（此

時該懸浮培養液中的病菌孢子數可達 10^6 個孢子/ml ）備用。用兩層紗布過濾。篩檢採用血球計數板統計孢子數。確定孢子濃度後，即可直接用於接種。

b.種子處理：為了排除種子帶菌的干擾，預防苗期其他病害發生，試驗所用種子都先用 50 倍的甲醛溶液浸泡半小時。在此過程中，用手搓洗種子兩次。反復用清水洗乾淨後，用 55~60 ℃溫水浸種 30 分鐘，再用清水浸泡種子一晝夜，進行催芽。

c.育苗：種子發芽後，播種於裝有洗淨的河沙的有孔盤內，覆以 1~3 ㎝厚的滅菌土，其外再套大鐵盤（不漏水），灌適量水，置溫室中。一般一個星期後苗可出齊，當幼苗達到子葉展平時便可準備接種移植。

d.接種移植：從育苗盤中小心起出苗子，用清水將根系沖洗乾淨後，將根部浸入接種液中，持續 1 分鐘，植入事先已準備好的裝有半盆滅菌土的育苗盆中，覆土種好後，灌適量水。按單株記載發病株，最後統計發病率。

B.接種濃度

採用 5 種不同孢子濃度進行，接種濃度試驗，以自來水浸根為對照。以 1×10^4 個孢子/ml 、以 1×10^5 個孢子/ml 、以 1×10^6 個孢子/ml 、以 1×10^7 個孢子/ml 四種孢子濃度進行試驗，結果以 1×10^5 個孢子/ml ～以 1×10^6 個孢子/ml 為最適宜的接種濃度範圍，具體使用濃度可根據病原菌分離物的致病力強弱而定。

C.浸根接種時間

國外的研究報告，所採用的浸根接種時間有 30 秒、 1 分鐘、 3 分鐘、 5 分鐘和 10 分鐘。因為蔓割病菌的侵入，並非發生在浸根接種的短暫時間內，浸根接種時間的長短對致病的影響作用不大。浸根 30 秒時間太短，不易精確掌握；浸根時間過長則操作中徒然浪費時間，並無效益。

2.炭疽病

瓜類炭疽病〔 *Colletotrichum lagenarium* (Pall.) Ell. & Palst.〕是 1867 年在義大利首次報導的，並被認為是一種葫蘆科作物的病害，是生長在潮濕條件下的胡瓜、甜瓜和西瓜葉片和果實上最為嚴重的病害。西瓜炭疽病也是一種世界性病害，對西瓜的為害僅次於蔓割病，而在高濕多雨的南方更為嚴重。

炭疽病人工接種檢定技術

(1)病原菌的採集、分離、純化和檢定

A.病原菌採集和初分離：在發病嚴重的植株上採集病葉（也可採用病果），先用 70 % 酒精擦洗表面，再用 0.1 % 昇汞浸泡 3~5 分鐘，然後用無菌水沖洗。在無菌條件下將病葉剪成約 2 × 2 (cm)的小塊，接於培養皿中的 PSA (Potato Sucrose Agar) 培養基上，置於 25~28 ℃恆溫箱中培養。

B.再分離 ：初分離的病葉組織在恆溫箱中培養 2~3 天，當長出直徑約 0.1~1 cm的菌落時，篩檢目標菌落。從其邊緣挑取少量菌絲再接於 PSA 培養基中繼續在上述條件下培養，如此經過 2~3 次轉接，去除雜菌，使菌種初步純化，同時根據對菌落形態和顏色的觀察，確認其為西瓜炭疽病病原菌。

C.單孢分離：將再分離獲得的病原菌挑取少量菌絲於無菌水中，經攪動使孢子脫離菌絲分散到菌水中，用接種環沾取少量孢子懸浮液，劃線接種於 PSA 培養基上。待長出菌絲體後從中挑取少量菌絲於無菌水中，按上述方法重復進行單孢分離。由單孢長出的病原菌，一部分轉接於試管中的 PSA 斜面培養基上保存，另一部分經擴大培養用於回接檢定及致病性試驗。

D.回接檢定：為確定分離得到的病原菌是否確為西瓜炭疽病的致病菌，將其配成一定濃度（ 10^4 孢子/ml ）的孢子懸浮淬，噴布於感病品種之葉面，以觀察其是否發病。

E.致病性試驗：為進一步確定所得到的病原菌對葫蘆科不同作物的致病性，將上述濃度的孢子懸浮液分別噴布接種於西瓜、甜瓜、胡瓜、絲瓜、夏南瓜等瓜類作物上，以觀察其致病性及差異。

(2)西瓜炭疽病人工接種檢定技術

A.接種液的製備

a.液體培養法：用 PS （ Potato Sucrose ）液體培養基，於 20 磅壓力下滅菌 20 分鐘，在無菌條件下接種病原菌，然後置於 28 ℃恆溫箱中培養 10~14 天，用無菌的雙層紗布過濾菌液，再用無菌水稀釋備用。

b.固體培養法：將病原菌接種於 PSA 培養基上擴大培養 10 天，然後用無菌水冲洗數次，收集分生孢子，稀釋至所需濃度供接種之用。

B.苗期人工接種檢定

一般在溫室內進行。通常在出苗後兩周當幼苗長出一片真葉時接種。孢子懸浮液濃度範圍為 $1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^6$ 孢子/ml 之間，而以 1×10^6 孢子/ml 為宜，接種方法有噴霧法、點滴法及塗抹法等，以噴霧法最適宜，此法人為誤差少、接種效率高、發病早並可根據病斑多少進行分級檢定。

接種後的西瓜幼苗應保持 25 ℃的溫度， 100 % 的相對濕度和無光照條件 48 小時，以利發病，約經一周後即開始出現病徵，並進行調查統計。

C.幼苗離體人工接種檢定

具體作法是將具有一片真葉的西瓜幼苗剪下地上部，用無菌水沖洗三次，吸乾表面水分，取直徑為 15 cm的培養皿經乾熱滅菌後，皿底及皿蓋均鋪 2 層無菌濾紙，並滴上無菌水，使之呈飽和狀態。，將剪下的幼苗放於培養皿中，用 1×10^6 孢子/ml 濃度的懸浮液噴霧接種，蓋上皿蓋，

在前述條件下保持 48 小時，然後揭去培養皿蓋上的濾紙使幼苗接受散射光，培養期間需及時給培養皿中補加無菌水，以保証濕度。

D.離體葉人工接種檢定

具有不同抗性水準的西瓜品種進行離體葉人工接種炭疽病抗性檢定，離體葉與幼苗人工接種同樣能夠真實地反映西瓜品種固有的抗病性，且能節省菌液、勞力、試材和費用，並對環境條件更易控制，簡便易行，可以廣泛採用。該法用注射器懸滴接種，菌液濃度為 1×10^5 孢子/ml 。接種葉片的葉齡為 15~20 天，接種後將離體葉片平放於鋪有 4 層無菌水飽和的吸水紙的培養盤中，其上用塑膠薄膜覆蓋，密閉保濕。溫度 25 ℃左右，在相對濕度為 100 % 的黑暗條件下保持 24 小時，其後改為日光燈照明，光周期為日照時數 16 小時，接種後 3 天開始發病，第 6 天調查平均病斑直徑，統計發病指數。

E.田間接種檢定

田間苗期接種檢定可在 15 葉期採用噴霧法進行，接種時間應放在傍晚，以保証高濕度，此外夜間也利於孢子萌發。田間成株接種可在植株伸蔓時進行，蔓長約 30 cm，接種濃度為 5×10^4 孢子/ml，於傍晚噴霧接種，10 天後可出現病斑，接種後三周按 6 級標準調查發病率及發病指數。

(3)西瓜炭疽病性檢定的分級標準

A.分級標準：

西瓜炭疽病的分級標準可參考胡瓜炭疽病所製定之 6 級分級標準。

0 級：無病斑。

1 級：輕微感染，僅子葉上極少數小病斑。

3 級：中度感染，真葉發病，有少數病斑（ 6~10 個）。

5 級：嚴重感染，擴展到莖及葉柄，病斑較多（ 11~20 個）。

7 級：感染非常嚴重，病斑數 21 個以上，壞死斑擴大，占葉面積 1/2 以上。

9 級：發病極為嚴重，植株枯死。

B.發病指數（ Disease Index, DI ）分級標準：

根據加權平均法計算發病指數，其抗性分級標準為：

0	極抗。	34~55	輕度抗病。
1~11	高抗。	56~77	感病。
12~33	抗病。	78 以上	高感。

鑑定抗病性的強弱，通常在田間、溫室及實驗室來進行，其中尤以田間檢定（自然感染或利用人工病圃）及溫室檢定最為實際。田間檢定時，病原之傳播方式及發病過程最為自然，結果相當可靠，惟利用田間自然感染時要瞭解所檢定的病害在什麼地區、什麼時期最容易發生，必需加以掌握。其缺點是環境無法控制，不能預測該病害是否會在該地區或該年發生。溫室檢定在比較能夠掌握的環境，可以利用幼苗大量而快速的進行篩選，以幼苗來作抗病篩選時可能把具有田間抗病性（ field resistance ）的遺傳基因淘汰為其主要缺點。並且幼苗的抗病性與成株

抗病性是否有相關，也是需要加以考慮。實驗室檢定是把病原接種到植物體的某些部位如葉片或果實上，或利用病原所產生之毒素作為接種源，接種到組織培養材料中。在進行抗病檢定時應以抗病及感病品種或材料作為對照。

在行抗病性篩選時要選用品質好、新鮮的接種源，所用接種源的濃度要能很恰當的分別抗病或感病性。另外，病原細菌經一般時間人工培養，容易發生變異，如番茄青枯病菌在 TC 培養基下培養，原來有致病性的菌株會突變產生帶有紅色而沒致病性的菌落，這一點也必需特別注意，所以應挑選具有致病性之菌株作為接種源。此外要篩選的育種材料必須保持在良好的生理狀態，避免抗病性的表現受到其他不必要因素的干擾而影響到檢定之可靠性。在抗病檢定和篩選抗病材料時，如果能同時對一種以上的病原進行鑑定和篩選，無疑是一個節約時間、加速抗病品種育成的好方法。

抗病性之分級標準，視病害的種類而異，有以病斑的數目、被害面積、病徵型態、發病株數（死亡株數）或發病的快慢等作為換算發病指數（ disease index ）的標準。通常各種病害均各有不同的分級方法，國外若已有訂定的標準，應可參考採用。

抗 病 育 種 方 法

抗病育種和一般育種方法並無差異，惟一般性育種目標比較單純，育種人員從事抗病育種時，則必需考慮到植物和病原間的互動。育種人員從事抗病育種時需對病原的種類、生態、生活史、接種方法、病徵、遺傳變異特性等有某種程度的瞭解，將有助抗病育種的執行，因此育種人員除需有作物病理的訓練外，若能與病理人員合作或獲得他們的協助，共同進行篩選及檢定等工作，對抗病品種育成將有很大的幫助。

由一對或少數對基因控制的抗病性，最常用的育種方法是回交或雜交。回交育種方法視轉移之抗病性為顯性或隱性而有不同，雜交育種則視作物的種類究竟為自交作物或異交作物或無性繁殖作物來決定後代的選拔方式及選拔時期。自交作物通常用譜系法（ pedigree method ）較多。而由微效因子所控制的抗病性的導入，宜利用輪迴選種（ recurrent selection ）的方法，經過幾次的循環選拔，將抗病基因逐漸集中於一體。為適應實際的需要，進行抗病育種時，應將不同之抗病主效基因或主效基因和微效基因累積在同一品種中，以避免抗病品種容易失去抗病性。將來抗病育種應考慮逐漸進行抗多種病害的育種，並且在接種病原時應考慮混合不同的生理小種或菌株作為接種源，或檢定特定病毒的不同 strains 或在不同地區進行抗病篩選，避免選育對特定生理小種或病毒 strain 的抗病品種，以延長抗病品種的利用年限。

在從事抗病育種時，為了延長抗病品種的應用年限，有一些育種策略已廣被討論採用。

1.混合多品系品種（ multiline ）：是將園藝性狀相同但各具有不同抗病基因的不同品系品種，混合種在一起。

2.基因累積（ gene pyramiding ）：是將不同的直式抗病主效基因累積在同一品種上，以避免抗病性被病原新的生理小種所克服。

3.基因展佈（ gene deployment ）:即將不同的抗病基因分別佈置在不同地區，以對付需要長途跨越及需在溫暖地區越冬的病原。

4.組合直式及橫式抗病性（ combination of vertical and horizontal resistance ）：將橫式抗病基因與不同的直式抗病基因組合在一個品種。

參 考 文 獻

1.西南農業大學主編　1979. 蔬菜育種學　農業出版社　中國北京.

2.周長久主編　1996. 現代蔬菜育種學　科學技術文獻出版社　中國北京.

3.孫明賢　1975. 蔬菜抗病育種　園藝作物育種講習會專刊　p.133-135. 台灣農業研究中心.

4.蕭吉雄　1990. 園藝作物抗病育種之理論及實際　園藝作物育種講習會專刊　p.29-39. 台灣省農業試驗所.

5.蕭吉雄、王三太　1997. 十字花科蔬菜抗病育種　十字花科蔬菜產業發展研討會專刊　p.55-73. 桃園區農改場.

6.山川邦夫　1978. 野菜／抵抗性品種とその利用　全國農村教育協會　日本東京.

7.有倉保雄　1989. 瓜類之抗病育種　農友種苗公司創立 20 週年紀念學術演講專集　農友種苗股份有限公司編印

8.真柄佐弘　1989. 番茄之抗病育種　農友種苗公司創立 20 週年紀念學術演講專集　農友種苗股份有限公司編印

9.蘆澤正和　1989. 十字花科蔬菜抗病育種　農友種苗公司創立 20 週年紀念學術演講專集　農友種苗股份有限公司編印

10.Bassett, M. J. 1986. Breeding Vegetable Crops. The AVI Publishing Company. Inc., Westport. Connecticut. U.S.A.

11.Bell. A. A. 1981. Biochemical mechanisms of disease resistance. Ann. Rev. Pl. Physiol. 32:21-81.

12.Chadha M. L., A.K.M. Amzad Hossain and S. M. Monowar Hossain (compiled). 1993. Breeding of Solanaceous and Cole Crops. AVRDC, Tainan, Taiwan.,

13.Curtis W. Roane. 1973. Trends in breeding for disease resistance in crops. Ann. Rev. Phytopath. 11:463-485.

14.Holmes, F. O. 1954. Inheritance of resistance to viral diseases in plants. Advance in Virus Research 2:1-30.

15.Fehr, W. R. 1987. Principles of Cultivar Development Vol. 1. Theory and Technique. Macmillan Publishing, N. Y.

16.Flor, H. H. 1947. Inheritance of reaction to rust in flax. J. Agri. Res. 74:24-262.

17.Flor, H. H. 1971. Current status of the gene-for-gene concept. Ann. Rev. Phytopath. 9:275-296.

18.Kalloo, G. 1988. Vegetable Breeding Vol. II. Chapt 1. Disease resistance in vegetable crops. CRS Press, Inc, Boca Raton, Florida.

19.Kalloo, G. and B. O. Bergh (1993). Genetic Improvement of Vegetable Crops. Pergamon Press, Oxfrod.

20.Kiraly, E. (ed.) 1974. Method in Plant Pathology. Elsevier Scientific Publishing Comp., N.Y.

21.Nelson, R. R. 1973. Breeding Plants for Disease Resistance - Concepts and Application. The Penn. Sta. University Press, University Park, Penn., USA.

22.Opeña, R. T., C. G. Kuo and J. Y. Yoon. 1988. Breeding and Seed Production of Chinese Cabbage in the Tropics and Subtropics. AVRDC, Tainan, Taiwan.

23.Roberts, D. A. and C. W. Boothroyd 1975. Fundamentals of Plant Pathology, W. H. Freeman and Comp., San Francisco, USA.

24.Russel, G. E. 1978. Plant Breeding for Pest and Disease Resistance. Butterworths, London, U. K.

25.Walker, J. C. 1941. Disease resistance in the vegetable crops I. Bot. Rev. 7:458-506.

26.Walker, J. C. 1965. Disease resistance in the vegetable crops II. Bot. Rev. 19:606-643.

27.Walker, J. C. 1965. Disease resistance in the vegetable crops III. Bot. Rev. 31:331-380.

28.Watts, L. 1980. Flower and Vegetable Plant Breeding. Grower Books, London.

29. Williams, P. H. and H. Leung. 1981. Methods of breeding for multiple disease resistant Chinese cabbage. In Taleker, N. S. and T. D. Girggs (ed.,) Chinese Cabbage. AVRDC, Tainan, Taiwan.