

園藝作物抗蟲育種

陳 炳 輝

臺灣省農業試驗所

摘要：園藝作物之重要性隨消費水準之提升而日增，為使消費者得到清潔安全之果蔬類，利用抗蟲育種方法來防治害虫以減少施藥，避免殘毒危及人畜，遂日受重視。本文就發展作物抗蟲研究之條件、目前國內外研究現況如：抗性來源之收集、測試；抗蟲機制之測定；抗性遺傳之研究；作物外部形態與抗蟲性之關係；作物抗蟲之生化分析；因作物別或抗蟲因子之不同而進行各種育種方法；以及探討抗蟲作物如何予以利用等，分別就較重要之園藝作物舉以實例說明。

關鍵詞：園藝作物、抗蟲研究、育種。

前 言

園藝作物是近年來本省推展精緻農業之主力，其重要性至為明顯，雖然種類繁雜，但以果蔬類提供人類營養所需之維他命與礦物質來源，而與日常民生息息相關。過去為維持高產量、高品質之果蔬生產，一直依賴化學藥劑以防治病虫害，但因此提高生產成本，且長久以來，造成害虫產生抗藥性、農藥殘毒污染環境、危及人畜等問題。因此，園藝作物抗蟲研究發展便日趨受重視。欲發展抗蟲作物，必須瞭解作物與害虫間之相互關係、抗性來源，從抗蟲作物之外部形態、內部生化及遺傳基礎上去探討。而瞭解抗性機制後，可引導正確之選育方法，以育成抗蟲品種。雖然園藝作物抗蟲研究工作，本省目前尚未萌芽，然而將來發展亦屬必然之趨勢。本文討論抗蟲研究之基本理論與實例、目前在國外之發展概況，俾提供相關工作人員之參考。

發展作物抗蟲研究之工作條件

團隊合作制度之建立：

成員包括育種、昆蟲、遺傳、園藝及病理等有關人員，各職所司。成員間互相接觸、討論以達成目標。譬如，育種者收集不同種源，並將抗蟲因子導入園藝性狀佳、可被接受之品種中。而昆蟲人員則負責設計、執行種源之抗蟲檢定工作，並維持飼育害虫族群隨時供應。

文獻資料之收集：

各成員儘可能從期刊及各種資料來源收集相關資料，並互通有無。

有完整的標的害虫與作物之資料：

如對害虫之分類地位、生活史、生理、形態、地理分佈、寄主範圍、遺傳、天敵種類及飼育

技術等。而對作物之外部形態、繁殖方式、生長習性、地理起源與分佈、遺傳分類地位及經濟重要性等均須充分瞭解。

檢定抗性種源之建立：

包括田間檢定圃之設立與室內檢定二種，各有其相對的必要性及優缺點，最好二者均備。一般來說，田間檢定圃之優點，在於自然發生之害虫族群，不須檢定人員花時間做人工接虫工作，能檢定大量之品系材料，而且田間之害虫族群最具代表性，檢定之結果正確性可靠，較能真正反應害虫與供試作物品種(系)之交互作用。而其缺點，則為每年害虫發生之程度無法掌握預測，且田間害虫之分佈亦難均勻，故結果之誤差變異較大，受外在因子影響較大。而且如果害虫僅年生一代，則須在極短之時間，把握住眾多材料之檢定工作，執行上負荷恐過重。

相反的，室內檢定之優點，則是全年均可進行，不受時空之限制，害虫族群可控制，減少供試材料發生免除(escape)，造成假抗性現象。而且害虫與供試材料之最適期可相配合，可控制環境因子之影響至最小，而得到最正確之害虫與作物間關係。缺點則是室內飼育之虫子，因缺乏自然環境之選汰，較難代表田間之自然族群，而室內飼育之害虫族群密度往往過高，易受病感染，維持族群不易。

目前研究現況

抗性來源

欲抗虫育種成功端視是否有效、簡單而可靠之方法以檢定測試抗虫種源。一般來說，種源(germplasm)可在田間篩選或室內檢定。通常是先在田間篩選，將大量之感虫材料淘汰，表現良好者，再於室內接受檢定，並進一步測試是否具抗生作用。進行室內測定必須注意以下各點：

1. 考慮到室內栽種之作物生育狀況。
2. 對於標的害虫之生物學、生態行為、取食、產卵、移動、存活率等，必須充分瞭解。
3. 供接種虫源虫期須一致均勻。
4. 受檢種源之生育期須一致且適期，並包括許多不同之來源。

接種後，按供試種源之反應或害虫之族群變化等結果，以評定受檢各品系之抗性或感虫等級。所收集之供試種源，通常應包括野生種、當地品系、新、舊栽培品種以及一些高級品系。下列將討論不同作物對抗虫來源之研究現況：

A. 茄科作物(Solanaceous crops)：

1. *Solanum* 屬之種類：

馬鈴薯(*S. tuberosum*)之抗虫性比較低，較少利用價值，大多數之抗性都源自野生種。從南美阿根廷與秘魯收集之種源，發現 *S. brachistotrichum* 對桃蚜具抗性。此外有六種具低度抗性。茄子(*S. melongena*)也是 *Solanum* 屬之重要作物，受螟虫為害至鉅。篩選抗虫結果顯示，栽培品種當中無一具抗性者，但野生種 *S. khasianum* 則具抗虫性。

2. 番茄屬 *Lycopersicon* 種類：

番茄夜蛾(*Heliothis armigera* 與 *H. zea*)係最嚴重之害虫，其初齡與二齡幼虫嚙食番茄葉片，三齡以後則侵入果實為害。篩選大量種源結果發現 *L. hirsutum* f. *glabratum* 對 *H. armigera* 具高度抗性。而在篩選 1,030 個所收集到之番茄(*L. esculentum*)種原中，一個品種

(Ting Tim)對 *H. zea* 之感虫性最小，取食具抗性品系之夜蛾幼虫，其存活率與發育情形均受影響(Kennedy et al., 1987)。

潛葉蠅類(*Liriomyza* spp.)亦是番茄之重要害虫。供試品系中，PI 126449 較具抗性，其葉片較少被潛蠅為害。

對於粉蝨(whitefly)之抗性檢定結果，發現 *L. hirsutum*、*L. hirsutum* f. *glabratum* 以及 *L. pennellii* 表現高度抗性，*L. hirsutum* f. *glabratum* 之抗性，已經由回交法轉至栽培品種 *L. esculentum*。

B. 豌豆(peas)與豆類 beans)：

葉潛蠅、豆蚜(*Aphis pisum*)及豆象鼻虫(*Sitona lineatus*)係豌豆最重要之害虫。對 *Pisum sativum* 的不同品系進行篩選發現 LMR4、LMR10 及 LMR20 對潛蠅之抗性較好，餘皆感虫。Peso 等人篩選品系對象鼻虫之反應，發現一些 PI 品系如 PI 196027、244241 及 280612 等具抗性。

而豆類 *P. vulgaris* 對豆莢象鼻虫(*Thanatephorus cucumeris*)之抗性檢定結果，數個品系 'Bat 1235'、'S 6038' 等具容忍性。在 1,075 個 *P. vulgaris* 品系對普通豆象鼻虫(*A. obtectus*)之反應時，發現大多數均為感虫，而多數之野生種品系則為抗性。

C. 瓜類(cucurbits)：

抗虫研究工作主要著重於甜瓜(*Cucumis melo*)、胡瓜(*C. sativus*)及南瓜(*Cucurbita moschata*)等作物種類。瓜實蠅(*Dacus cucurbitae*)是主要之害虫。幾乎所有的網紋甜瓜(musk-melon)均為感虫，僅野生種 *Cucumis callosus* 發現抗性。對瓜蚜之抗性檢定，發現 "Home-garden" 甜瓜具抗蚜性，另一品系之蚜虫棲息密度，在田間與室內均比標準品種為少。

D. 十字花科類(cole crops)：

有關抗虫之研究較多，如抱子甘藍、甘藍、花椰菜等抗蚜虫(*Brevicoryne brassicae*)、擬尺蠖蛾(*Trichoplusia ni*)、甘藍螟蛾(*Mamestra brassicae*)及紋白蝶(*Pieris rapae*)等。抱子甘藍的一種紅葉品種 "Rubin" 比綠葉品種較抗紋白蝶與甘藍螟蛾。而某些品種對蚜虫之忍受性較高，受害後有能力迅速復原。在甘藍方面，紅色品種 Storage red 4004 抗紋白蝶，而 PI 296133 與 PI 302985 二品系則抗擬尺蠖。在花椰菜方面，PI 234599 與 PI 343483 二個品系抗小菜蛾、擬尺蠖與紋白蝶。Lin et al. 發現小菜蛾在抗虫之花椰菜品系 PI 234599 上，其幼虫無法完成發育(17)。

抗虫機制之探討：

據 Kennedy 博士調查統計得知，研究人員至少對 23 種蔬菜類進行抗虫性相關研究⁽¹³⁾。這些蔬菜種類有：豆類 beans)、胡蘿蔔、十字花科類如甘藍、花椰菜等，瓜類(cucurbits)、萵苣、豌豆、茄科蔬菜(solanaceous vegetables)包括茄子、馬鈴薯、番茄等。部分之抗虫機制也已做了探討，屬於抗生作用的有：茄子(*Solanum melongena*)對一種葉蟬，*Amrasca biguttula*；番茄(*Lycopersicon esculentum*)對番茄夜蛾(*Heliothis zea*)；豌豆(*Pisum sativum*)對豆蚜(*Acyrtosiphon pisum*)；豆類(*Phaseolus vulgaris*)對豆象(*Acanthoscelides obtectus*)；甘藍對甘藍尺蠖蛾(*Trichoplusia ni*)等。

屬於非偏好性(nonpreference)之抗性機制者有：十字花科蔬菜葉面皮層腊質對葉蚤具抗棲作用⁽¹²⁾；黃秋葵(*Abelmoschus esculentus*)對一種葉蟬(*Empoasca devastans*)；豆類對一種葉蟬(*E.*

kraemeri)；抱子甘藍(brussels sprouts)對一些鱗翅目害虫；及蕪菁(turnip)對蕪菁蚜虫等。而在某些蕪菁品系也對蚜虫表現出忍受性(tolerance)。Bohn *et al.* (3)發現洋香瓜品系 LJ 90234 對瓜蚜 (*Aphis gossypii*)之抗性包括抗棲、抗生及忍受性等三個機制。

果樹研究方面，葡萄抗根瘤蚜虫屬於非偏好性反應。而蘋果抗蚜虫則為抗生作用，因為蚜虫在極抗之蘋果上取食後，無法繁衍下一代。蘋果對蘋果蛾(codling moth)之抗性機制未知，但梨對其抗性與抗生性有關。屬於忍受抗性的有桃樹螟虫(*Sanninoidea exitiosa*)。

抗性遺傳研究：

研究園藝作物抗虫性之遺傳，通常亦將抗虫品系(種)與感虫者交配，所得之 F_1 、 F_2 與回交後代，進行接虫檢定。計數分離後代之受害與健株之數目，以供估測其抗性係由幾個與何種基因所控制。儘管抗虫之作物不少，但僅有部份能進行其抗性之遺傳研究，最主要的原因在於抗虫性普遍低，因而較難分辨抗或感虫。另外往往害虫飼育不易，無法大量飼育，供應人工接虫以檢定分離後代用，因此影響到抗性之遺傳分析。

在蔬菜類，作物抗性遺傳研究主要以番茄(*Lycopersicon* spp.)、瓜類(cucurbits)、豇豆(cowpea)等。番茄的一種，*L. hirsutum* f. *glabratum*，已知對番茄夜蛾(*H. zea*)具高度抗生性。經抗性遺傳分析，得知此抗生作用係由隱性因子(recessive factor)所控制，該種番茄對另一種夜蛾(*H. armigera*)之抗性遺傳研究顯示，其分離後代並沒顯現清楚的遺傳比率，因此可證明其對 *H. armigera* 之抗性係由二個因子以上所控制。Lin *et al.* (17)報導具抗性之花椰菜與甘藍，其葉呈暗綠光滑之特性具遺傳性，廣義遺傳率分別為 0.75 與 0.88。

甜瓜的一種育成品系 LJ 20234，對棉蚜(*Aphis gossypii*)表現容忍抗性(tolerance)、遺傳分析結果得知此抗性係由一個顯性之單一因子所控制，該因子經命名為 Ag 因子，而 LJ 90230 品系對 *A. gossypii* 之容忍性因子則較複雜(4)。Kishaba *et al.* (16)發現洋香瓜品系 PI 371795 抗瓜蚜之抗生作用係由一對顯性因子所控制。而甜瓜對瓜實蠅之感受性，已知係由二個互補之顯性因子所控制。在南瓜(summer squash)抗椿象(squash bug)之遺傳研究發現 F_1 呈感虫反應，而 F_2 則表現出連續性變異，此顯示抗南瓜椿象係由數量因子(quantitative factors)所支配，這些因子之數目估計約在 3 ~ 6 個之間，而至少是 3 個以上。同樣的，南瓜抗黃條葉蚤(striped cucumber beetle)亦由數量因子所控制。Reinink *et al.* (24)研究萵苣對桃蚜之部分抗性得知，此抗性亦由數量因子所控制，有因子上位性效應(epistatic effects)。

作物外部形態之抗性：

作物之某些外部形態特徵能影響害虫之發生，這些特徵可加以利用。現依作物種分述如下：

1. 茄科作物之茄屬(*Solanum*)種類：

S. berthaultii 之有腺細毛(grandular trichomes)，密佈於葉片及枝幹上，可當作對桃蚜(green peach aphid)與馬鈴薯葉蟬(potato leafhopper)之防禦工具，此種特徵可轉移至一般馬鈴薯品種(*S. tuberosum*)，此種分佈在 *S. berthaultii* 葉部之B型細毛，可干擾桃蚜之取食，其分泌物可降低桃蚜之傳病率。而從此細毛分泌出之黏液，能捕捉蚜虫，使之死亡。具此種能捕捉蚜虫之細毛，能在 *S. tuberosum* 與 *S. berthaultii* 之雜交種出現(15)。因此，利用此由單因子顯性之野生馬鈴薯抗虫特性於一般馬鈴薯品種上，似乎可行。

2. 番茄屬(*Lycopersicon*)之種類：

野生 *Lycopersicon* 種類之有腺細毛在抗虫上佔很重要之角色。*L. hirsutum* 之細毛長且密，抗許多種害虫。其他 *Lycopersicon* 屬種類之有腺細毛對科羅拉多馬鈴薯甲虫(Colorado potato beetle)、粉蝨(white fly)、煙草葉蚤(tobacco flea beetle)、馬鈴薯蚜虫等均具抗性(1)。番茄抗夜蛾(*H. armigera*)幼虫之部位在果實外皮附近，根據觀察，夜蛾幼虫之發生密度與果實外皮長度、花萼之質地及花數有關。一般而言，小果實加工品種受害較輕，而大果實品種往往受害嚴重。

3. 豌豆類：

細毛數及密度與抗虫性成正比，在 *Vigna unguiculata* 豆莢之厚度與豆象鼻虫之穿入呈負相關，而品種間之厚度差異頗大。鉤狀細毛(hook trichomes)對害虫是一物理障礙。豆類之有鉤狀細毛對葉蟬等體質較軟之害虫可造成穿刺等傷害。此有鉤狀細毛可穿刺馬鈴薯葉蟬近腿節之腹部組織，而具抗性。

4. 瓜類：

具光滑葉面之品種比具絨毛者對瓜類之一種害虫 pickleworm 較具抗性，原因是該害虫成虫在光滑品種產卵較少。此種非偏好性反應，可能與光滑葉面對害虫產卵無法產生觸覺性刺激(tactile stimulus)有關。在南瓜屬(*Cucurbita*)之種類，維管束硬者受南瓜螟蛾(squash vine borer)幼虫食害減少而抗性較強。

5. 十字花科類(cole crops)：

色澤、腊質或光滑葉面對害虫之抗性反應因作物與害虫之種類而異。如具腊質葉面之抱子甘藍品種較少受葉蚤(flea beetle)之取食。相反的，具腊質之一種芥藍(Marrow-stem kale)易受蚜虫與粉蝨之為害。Eigenbrode *et al.*⁽⁹⁾發現光滑葉質之十字花科蔬菜較腊質者更抗小菜蛾。Stoner⁽²⁸⁾調查發現光滑葉表之花椰菜品種可減少 80% 紋白蝶及 95% 偽菜蚜之為害。

6. 果樹類：

絨毛(pubescence)較疏之草莓品系比密生絨毛者，較少受二點葉蟎之棲息。但相反的，黑醋栗(black currant)絨毛密生的品種，受蟎害較輕。因此，絨毛之多寡與抗性反應，隨作物與害虫之不同而異。

抗性之生化：

比較著名之例子是由野生番茄 *L. hirsutum f. glabratum* (PI 134417)所分離鑑定之二種成分，是該野生品種抗多種害虫之主因。從其有腺細胞分泌物所含之一種非生物鹼(nonalkaloid)物質，2-tridecanone，比普通番茄品種高出許多倍，對害虫具毒害之抗生作用⁽⁹⁾。另一種物質為屬於生物鹼之 α -番茄素(α -tomatine)，實驗證明，其對番茄夜蛾幼虫及寄生天敵均具毒性， α -tomatine 隨果實成熟而減少。分析發現，在野生之 PI 134417 番茄，每公斤生果含 3390 毫克之 α -tomatine，而栽培品種僅 5 毫克。瓜類之 cucurbitacin 含量與害虫蟎之發生有關，因此，選擇該成分較低之品種，以育成對害虫具非偏好性之抗性品種。此外，在十字花科作物含之 sinigrin，證明對桃蚜有干擾取食之作用等，均是抗虫性之生化分析研究結果。

育種方法：

抗虫育種之方法有許多，與抗病育種法相近。普通以回交法將抗虫基因從給體親(donor parent)轉移至栽培品種。有一些實例，如野生番茄 *L. hirsutum f. glabratum* 抗粉蝨(whitefly)之特性轉移至栽培品種上，第一次回交後代品系，除具許多番茄之園藝特性外，也同時有抗虫性。萵苣(*Lactuca*

sativa) 抗葉蚜(*Nasonovia ribis nigri*)之育種，係以種間雜交(interspecific hybridization)與回交法將抗虫基因從野生萵苣(*L. virosa*)轉移而來⁽⁸⁾。Dickson *et al.*⁽⁷⁾報導以譜系法育成抗紋白蝶、擬尺蠖及小菜蛾之 NYIR 9602、9605 及 8329 等甘藍品系。McCreight *et al.*⁽¹⁹⁾以回交法將抗蚜基因自抗性親本 90234 品系轉移至具優良性狀之栽培品種上，而分別育成 AR Hale's Best Jumbo、AR5、及 AR Topmark 等三個抗蚜洋香瓜品系。對於由微效基因所控制之抗虫特性，則宜用輪迴選種方法(Recurrent selection)進行族群改良(population improvement)。Sanford and Ladd⁽²⁷⁾以輪迴選種方法進行馬鈴薯抗馬鈴薯葉蚜之族群改良，結果經過 7 世代之輪迴選種，馬鈴薯比未選拔之族群減少 68% 之受害度。

作物抗虫研究之利用與在IPM之角色

作物抗虫研究最主要之目的在育成作物品種非但抗虫且又具高產量、高品質之特性，而欲利用抗虫品種以前，首先須瞭解其優劣點，做為決定虫害防治方法之參考。

1. 優點：

- (1)經濟：對於農民來說，唯一之花費在購買種子，而栽種一般品種，除種子花費外，尚須施藥。
- (2)無危險性(nonhazardness)：與化學防治相比，並不會發生施藥時，常造成之中毒、污染環境等問題。
- (3)可降低害虫密度：即使是低抗品種，仍能對害虫族群之增長有所抑制。
- (4)對於棲息在該品種上之其他非標的生物個體之干擾較小：由於一般作物品種，其抗生均較專一性，故對其他益虫之影響較小。
- (5)易與其他防治法相容。

2. 缺點：

- (1)較耗時(time consuming)：由於與育種有關，因此往往需數年時間去育成抗虫品種，等育成時其標的害虫有可能已不具經濟重要性。
 - (2)因為抗性係專一(specific)：而僅對某一種害虫具抗性，對其他害虫可能極感。
 - (3)抗虫品種之遺傳變異較窄：因為抗性來源，可能僅來自單一品系而已。
 - (4)生物小種之問題：抗虫品種推廣後，其抗性能持續多久，視作物害虫不同而異。
- 而抗虫作物在虫害管理體系(IPM)中之角色，可分為下列數種情形⁽¹⁰⁾：

1. 當作主要之害虫防治方法：

- (1)當沒有其他防治方法可用時。
- (2)不容許有任何農藥殘毒時。
- (3)當害虫或其為害性狀難予觀測評估時。

2. 配合化學防治方法。

3. 配合生物防治方法。

參考文獻

1. Bas, N., C. Mollema, and P. Lindhout. 1992. Resistance in *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* to the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) increases with plant age. *Euphytica* 640: 189-195.
2. Bodnaryk, R. P. 1992 Leaf epicuticular wax, an antixenotic factor in *Brassicaceae* that affects the rate and pattern of feeding of flea beetles, *Phyllotreta cruciferae* (Goeze). *Can. J. Plant Sci.* 72: 1295-1303.
3. Bohn, G. W., A. N. Kishaba, and H. H. Toba. 1972. Mechanisms of resistance to melon aphid in a muskmelon line. *HortScience* 7(3): 281-282.
4. Bohn, G. W., A. N. Kishaba, J. A. Principe, and H. H. Toba. 1973. Tolerance to melon aphid in *Cucumis melo* L.. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98: 37-40.
5. Daubeny, H. A. 1983. Insect, mite, and nematode resistance. p. 216-241. In: *Methods in fruit breeding*. Moore, J. N. and J. Janick (eds.), Purdue University Press, W. Lafayette, 464 pp.
6. Dickson, M. H., and C. J. Eckenrode. 1980. Breeding for resistance in cabbage and cauliflower to cabbage looper, imported cabbage worm, and diamondback moth. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105:782-785.
7. Dickson, M. H., C. J. Eckenrode, and A. E. Blamble. 1984. NYIR 9602, NYIR 9605, and NYIR 8329 Lepidopterous pest-resistant cabbage breeding lines. *HortScience* 19(2): 311-312.
8. Eenink, A. H., R. Groenwold, and F. L. Dieleman. 1982. Resistance of lettuce (*Lactuca*) to the leaf aphid *Nasonovia ribis nigri*. 1. Transfer of resistance from *L. virosa* to *L. sativa* by interspecific crosses and selection of resistant breeding lines. *Euphytica* 31: 291-300.
9. Eigenbrode, S. D., and J. T. Trumble. 1993. Antibiosis to beet armyworm (*Spodoptera exigua*) in *Lycopersicon* accessions. *HortScience* 28(9): 932-934.
10. Eigenbrode, S. D., and J. T. Trumble. 1994. Host plant resistance to insects in integrated pest management in vegetable crops. *J. Agric. Entomol.* 11: 201-224.
11. Frey, R. L., and F. P. Cuthbert, Jr. 1975. Antibiosis in *Lycopersicon* to the tomato fruitworm (*Heliothis zea*). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100: 276-278.
12. Kalloo. 1988. Insect resistance in vegetable crops. p. 95-140. In: *Vegetable breeding*, Vol. II. edited by Kallooo, CRC press, Boca Raton, 213 pp.
13. Kennedy, G. G. 1978. Recent advances in insect resistance of vegetable and fruit crops in North America: 1966-1977. *Entomol. Soc. Amer. Bull.* 24: 375-384.
14. Kennedy, G. G., R. R. Farrar, and M. R. Riskallah. 1987. Induced tolerance of neonate *Heliothis zea* to host plant allelochemicals and carbaryl following incubation of eggs on foliage of *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum*. *Springer-Verlag* 73: 615-620.
15. King, R. R., R. P. Singh, and A. Boucher. 1987. Variation in sucrose esters from the type B glandular trichomes of certain wild potato species. *Am. Potato Jour.* 64: 529-534.
16. Kishaba, A. N., G. W. Bohn, and H. H. Toba. 1976. Genetic aspects of antibiosis to *Aphis gossypii*

- in *Cucumis melo* from India. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101: 557-561.
17. Lin, J., M. H. Dickson, and C. J. Eckenrode. 1984. Resistance of Brassica lines to the diamondback moth (Lepidoptera: Yponomeutidae) in the field, and inheritance of resistance. J. Econ. Entomol. 77: 1293-1296.
 18. Maxwell, F. G., and P. R. Jennings. 1980. Breeding plants resistance to insects. Wiley & sons, New York, 683 pp.
 19. McCreight, J. D., A. N. Kishaba, and G. W. Bohn. 1984. AR Hale's Best Jumbo, AR5, and AR Topmark: Melon aphid-resistant muskmelon breeding lines. HortScience 19: 309-310.
 20. Painter. R. H. 1951. Insect resistance in crop plants. The Macmillan, Co., New York, 520 pp.
 21. Painter. R. H. 1958. Resistance of plants to insects. Ann. Rev. Entomol. 3: 267-290.
 22. Raman, K. V., W. M. Tingey, and P. Gregory. 1989. Potato glycoalkaloids: effect on survival and feeding behavior of the potato leafhopper. J. Econ. Entomol. 72: 337-341.
 23. Reinink, K., and F. L. Dieleman. 1989. Comparison of sources of resistance to leaf aphids in lettuce. Euphytica 40: 21-29.
 24. Reinink, K., F. L. Dieleman, and R. Groenwold. 1994. Inheritance of partial resistance to *Myzus persicae* in lettuce. Euphytica 80: 71-78.
 25. Robinson. R. W. 1992. Genetic resistance in the Curcubitaceae to insects and spider mites. p. 309-360. In : Plant breeding review Vol. 10 edited by J. Janick. Purdue University, Published by John Wiley & Sons, Inc. N. Y. USA.
 26. Rushell, G. E. 1978. Plant breeding for pest and disease resistance. Butterworth, London, 485 pp.
 27. Sanford. L. L., and T. L. Ladd, Jr. 1987. Genetic transmission of potato leafhopper resistance from recurrent selection populations in potato *Solanum tuberosum* L. GP. *Tuberosum*. Am. Potato J. 64: 655-662.
 28. Stoner, K. A. 1992. Density of imported cabbageworm (Lepidoptera: Pieridae), cabbage aphids (Homoptera: Aphididae), and flea beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) on glossy and trichome-bearing lines of *Brassica oleracea*. J. Econ. Entomol. 85: 1023-1030.
 29. Tingey, W. M. 1980. Breeding for arthropod resistance in vegetable. p. 495-522. In: Biology and breeding for resistance to arthropods and pathogens in agricultural plants. edited by M. K. Harris, Texas A & M University, pp 605.

Breeding Horticultural Crops Resistant to Insect Pests

Bing-huei Chen

Taiwan Agricultural Research Institute

Abstract

The importance of horticultural crops increases along with higher consuming standard, and in order to reduce residual side-effects and provide consumers residue-free vegetables, use of resistant variety for insect pest control has been emphasized. This review text cited examples of important horticultural crops in developing resistance to insect pests; The current status in studying source of resistance, mechanisms and inheritance of resistance, interaction of resistance with crop morphology, biochemical analysis of resistance, various breeding methods, and the application of resistant variety in integrated pest management.

Key words: horticultural crops, breeding, insect resistance.