



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

【Research report】

植物品質與害蟲之交互作用—從另一角度看蟲害管理問題【研究報告】

張念台

*通訊作者E-mail:

Received: Accepted: Available online: 1986/03/01

Abstract

摘要

植物與昆蟲乃共同演化 (co-evolution) 而來，因此不同作物的種類或數量會影響害蟲發育、生長、取食、生殖等表現 (performance)，同時作物「品質」(quality) 上的差異更會影響害蟲棲群反應。主要影響植食性害蟲表現的作物品質有三大類：(一)植物物理構造，(二)植株營養成分，以及(三)非營養生化物質 (allelochemical composition) 之種類及含量。這些品質會因作物本身生理或生長期 (phenology) 之不同，甚或受害蟲取食為害影響而有所改變，因此作物品質與害蟲間交互作用 (interaction) 的基本資料已成為蟲害管理策略之訂定與應用上不可或缺的要項。蟲害管理的發展演進乃由最初之單一防治法至多種防治綜合運用，再利用生物學 (作物及害蟲) 方面之探測而製定各種模式，由模式之預測及評估來「管理」整個作物—害蟲系統 (crop-pest coupled system)。在模式設計時我們應考慮除了害蟲對作物之直接為害外，作物品質與害蟲間之交互作用更能同時影響作物品質、產量及害蟲棲群消長。因此，本文將首先介紹作物在生物及非生物因子下的品質改變，及其改變後對害蟲 (幼蟲及成蟲) 各種表現之影響。同時以現有的研究成果為基礎，探討這種作物品質—害蟲交互作用對各種蟲害防治方法 (tactics) 應用上的影響。

為了達成蟲害管理系統整合的最後階段 (system-implementation phase)，更多作物—蟲交互作用的資料需要收集，而這些資料也要能歸併於各種現存的模式內，使我們更瞭解各種生物或非生物環境介量 (environmental parameter) 對害蟲棲群消長的效果與影響。

Key words:

關鍵詞:

Full Text:  [PDF \(0.75 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

植物品質與害蟲之交互作用

—從另一角度看蟲害管理問題

THE INFLUENCE OF PLANT QUALITY/INSECT PEST INTERACTION TO THE PRACTICES OF PEST MANAGEMENT

張 念 台

Niann-Tai Chang

國立屏東農專植物保護科

Department of Plant Protection, National Ping-Tung
Institute of Agriculture, Taiwan, R.O.C.

摘 要

植物與昆蟲乃共同演化 (co-evolution) 而來，因此不同作物的種類或數量會影響害蟲發育、生長、取食、生殖等表現 (performance)，同時作物「品質」(quality) 上的差異更會影響害蟲棲群反應。主要影響植食性害蟲表現的作物品質有三大類：(一)植物物理構造，(二)植株營養成分，以及(三)非營養生化物質 (allelochemical composition) 之種類及含量。這些品質會因作物本身生理或生長期 (phenology) 之不同，甚或受害蟲取食為害影響而有所改變，因此作物品質與害蟲間交互作用 (interaction) 的基本資料已成爲蟲害管理策略之訂定與應用上不可或缺的要項。

蟲害管理的發展演進乃由最初之單一防治法至多種防治法綜合運用，再利用生物學 (作物及害蟲) 方面之探測而製成各種模式，由模式之預測及評估來「管理」整個作物—害蟲系統 (crop-pest coupled system)。在模式設計時我們應考慮除了害蟲對作物之直接為害外，作物品質與害蟲間之交互作用更能同時影響作物品質、產量及害蟲棲群消長。

因此，本文將首先介紹作物在生物及非生物因子下的品質改變，及其改變後對害蟲 (幼蟲及成蟲) 各種表現之影響。同時以現有的研究成果為基礎，探討這種作物品質—害蟲交互作用對各種蟲害防治方法 (tactics) 應用上的影響。

爲了達成蟲害管理系統整合的最後階段 (system-implementation phase)，更多作物—害蟲交互作用的資料需要收集，而這些資料也要能歸併於各種現存的模式內，使我們更瞭解各種生物或非生物環境參量 (environmental parameter) 對害蟲棲群消長的效果與影響。

前 言

蟲害管理 (insect pest management) 發展至今，基本理論架構已趨完成，並獲得多數學者專家的肯定。對於害蟲棲群的抑制，最簡單決定防治或不防治之模式，邏輯上 (logical process)

我們可以(1)先由作物條件，害蟲及天敵密度等田間初級資料配合氣象資料判斷是否有所謂「害蟲」(insect pest)的存在，(2)調查害蟲發育、存活及消長狀況，(3)估算害蟲對作物之為害，(4)估算作物對為害的反應，(5)估算作物收成之產量，並配合經濟(市場)上的資料，比較遭受蟲害與不受蟲害之收益的損失，(6)再由防治方法的選擇及成本估算來作收益損失(profit loss)的比較，若收益損失大於防治成本，則採取防治措施，若收益損失比防治費用低則不予防治。

在這樣防治決心下達(decision-making)的模式中，我們對於作物與害蟲各別及相互間之生物學、生態學及行為學的了解是必要的；再者現今農業生態系作物環境(crop environments)的變異(diversity)比自然生態系小很多，但仍存有某種程度的變異並呈現消長(dynamic)現象。例如不同的溫度、濕度、降雨量、土壤肥力等均能影響作物的表現(crop plant performance)——亦即作物的成長、成分及產量。而作物環境之消長對害蟲棲群表現(population performance)——亦即取食、生長、存活、生殖與遷移等的影響，則是作物保護上首需瞭解的課題(Barfield and Stimaie 1980)。本文即針對作物「品質」(quality)及品質改變對害蟲表現之影響加以探討，並基於這些影響建議今後害蟲防治策略訂定與方法應用上的注意事項。

一、作物品質

取食是昆蟲維持生長、生殖、遷移等各種表現的基本行為，當植食性昆蟲(herbivorous insects)從選擇寄主到其能適存¹於某一寄主，它面臨了種種植株品質的考驗。就如 Visser (1983) 所作的彈珠模式(Marbles model)之比喻，各種植物由構造上至代謝上的不同品質，均可能成爲一種障礙或限制；而昆蟲就像一顆彈珠，在這一連串自選擇至適存某一植物的過程中，只有完全通過(克服或適應)這些品質上的障礙，此植物才能成爲它適宜(suitable)或偏好(preferent)的寄主。

影響植物性昆蟲各種表現的植物品質主要包括有三種：第一是植株物理特性(physical attributes)，例如葉片硬度、植株表面軟毛、色澤等；第二是植株的營養組成(nutritional composition)，例如蛋白質、胺基酸、水等之絕對或相對量；第三是植株非營養化學物質(allelochemical composition)，例如萜類(terpenoids)、生物鹼類(alkaloids)、酚類(phenolic compounds)等。這些植物品質因子，不但可個別作用影響昆蟲，同時更經常交互作用(interaction)，造成昆蟲生理及行為上的改變。事實上 Reese (1979) 就指出許多非營養化學物質對昆蟲不利生理的影響，主要是由於這些物質與必要營養之交相互作用所造成的，植株是否具備營養物質，固然是影響昆蟲表現的一個重要因素，而這些營養物是否能被昆蟲利用(bio-availability)對植食性昆蟲的表現與適存也同樣重要。橡樹葉片中鞣質(tannines)可與蛋白質結合，成爲不可消化的物質而影響冬蛾(*Operophtera brumata*)的表現(Feeny 1968)，即爲這種品質交互作用的最好例子。當然，不同害蟲對這種品質上的交互作用反應也不相同，Reese (1983) 就證明棉花中的濃縮鞣質(condensed tannin)對棉鈴蟲 *Heliothis zea* 的生長有抑制效果，但却無法降低該蟲同化作用(assimilation)的效率，這說明了棉花中鞣質與蛋白質的結合，只在行為上抑制該蟲取食，却不能對此害蟲的生理產生影響。

植物品質對昆蟲表現的影響不單是負面的，相反的，例如 *Dioclea* (一種豆類)的種子內非蛋白胺基酸，L-canavanine，雖然能抑制某些昆蟲精氨酸(arginine)的合成，但豆象(*Caryedes brasiliensis*)不僅能對其解毒，尚能利用解毒作用所產生的副產物，而有利於其表現(Rosenthal et al. 1978)。

以上植物品質對昆蟲表現的影響確實相當複雜，而我們要做的便是找出這些植物/昆蟲交互作用間的因果關係，進而了解害蟲棲群消長之生物與生態學上的機制(mechanisms)，甚至改變影響昆

¹ 適存(fitness)在此的定義是指個體對其下一代之相對生殖貢獻。

蟲表現的植物品質來達成蟲害防治的目的。

二、植物品質的改變

作物品質會因作物品種、植株生長期 (phenology) 及生長條件的不同，甚至外在病蟲害的侵襲而有所改變。不同種或同種不同品系之作物在遺傳因子控制下，品質自然不同，而這些品質上的差異，也是作物抗病、抗蟲之抗原尋求、機制探討及品種育成的工作重心 (Norris and Kogan, 1980)。植株生長期的不同，會使品質改變，這其中植株年齡 (plant age)、組織年齡 (tissue age) 的不同均可能改變其品質。Zummo *et al* (1984) 的試驗，指出在測試的各棉花品系在 $\frac{1}{2}$ grown square 生長期，其鞣質含量最低，故受棉鈴蟲 (*H. Zea*) 的為害遠比其他生長期要嚴重。至於生長條件方面，一般而言，改善土壤肥力往往會間接增加害蟲為害 (Barfield and Slansky 1981)。但也有許多的例子指出，改善植株生長條件後，對害蟲的表現却有負面的影響 (Rodriguez 1960)。另外，病原菌與害蟲的為害，也能改變植株品質，進而影響害蟲表現。Mcintyre. *et al* (1981) 曾證實煙草受煙草鑲嵌病毒 (TMV) 侵襲後，會使蚜蟲 (*Myzus persicae*) 棲群數降低；而蕃茄受科羅拉多馬鈴薯甲蟲 (*Leptinotarsa decemlineata*) 的為害時，葉內蛋白酶抑制物 (proteinase inhibitor) 之量會增高，使植株品質改變 (Green and Ryan 1972)。人為施用植物生長調節劑、殺草劑或殺蟲劑也可能改變植株之品質。例如 Maxwell and Harwood (1960) 研究除草劑 2, 4-D 對昆蟲發育的影響，證實施用 2, 4-D 後會使豆類植株內四種胺基酸 (alanine, aspartic acid, glutamic acid; Serine) 含量增多，因而促使豆蚜 (*Acyrtosiphon pisum*) 的繁殖。

作物各種品質上的複雜變化，致使不同昆蟲產生不同反應。所以，再一次強調，唯有每個作物/害蟲交互作用的基本特性，加以研究了解後，我們才能實際建立健全的蟲害管理模式。

三、作物品質對害蟲表現的影響

作物品質之不同或改變，使對其為害之幼蟲與成蟲的取食消化、生長發育、存活與生殖等表現有所影響。就拿植株內的含氮量而言，McNeill 和 Southwood (1978) 曾舉了許多例子說明不同的植物，其含氮總量並不相同。同時，單一植株之含氮總量更因部位 (葉、莖、果等) 不同而異，且隨季節變化而有不同。這些差異即可造成害蟲棲群變動性的消長。當然，更進一步而言，並非植株內所有含氮物均可被昆蟲利用。因此，不同植株可供利用的含氮物品質，含氮物 (如胺基酸) 間的平衡或比率，甚至含氮物與其他物質 (如含水量) 之共同作用，對昆蟲之取食與生長均有相當影響性 (Scriber 1979)。相對的，就昆蟲而言，不同的發育生長期對植株內各種含氮物之需求量也不相同。所以，在某一生長期，昆蟲會因植株缺乏可供利用的含氮物而增加取食量 (Scriber 1979)，改變取食部位 (Slansky and Feeny 1977)，甚至改變寄主植物 (Coaker and Finch 1972)、或調整生活史來配合寄主植物含氮物的消長 (Feeny, 1970)。從昆蟲營養生態學 (Nutritional Ecology) 的觀點而言；不同的作物品質對昆蟲發育生長的影響，可能是由於取食量的不同 (如表一)。也可能是由取食後，消化或同化效率的不同所造成 (如表二)。

作物品質的降低也常增加害蟲的死亡率，借用作物抗蟲方面的名詞，這現象稱為抗性 (antibiosis)，這種死亡率可以是直接的毒效一例如增加作物體內非營養化學物質的濃度，也可以是間接的營養缺乏使昆蟲產生代謝損傷 (metabolic impairment) 而致死。除此以外，若必要的取食刺激物濃度不够或作物存有取食抑制或忌避物，害蟲也可能因拒食而餓死 (Beck and Reese 1976)，更深入來看，這種因作物品質降低而增加的害蟲死亡率，也可能是因為昆蟲發育期延長而導致較長時間暴露於天敵的攻擊之下所造成的。

作物品質的差異，也能使幼蟲被寄生的可能性不同 (Vinson and Iwantsch, 1980)，對殺蟲劑的感受性不同 (Berry *et al.* 1980) 及分散行為的不同 (Barbosa *et al.* 1981)。就目前各研究

表一 植物品種對六齡夜盜幼蟲食物定量利用之影響

Table 1. Impact of plant variety on quantitative food utilization of 6th-instar fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, larvae. (from Chang, 1984)

Diets	Growth rate		Consumption rate		Efficiency		
	AGR ¹ (mg/day)	RGR ² (mg/mg/day)	ACR ³ (mg/day)	RCR ⁴ (mg/mg/day)	AD ⁵ (%)	ECD ⁶ (%)	ECI ⁷ (%)
Pinto bean diet (CK)	51.4a	0.9a	164.5a	2.8b	33.4a	85.5a	31.3a
Corn	27.6b	0.6b	161.6a	3.8a	34.3a	57.0b	17.5b
Tifton 10 bermudagrass	24.5b	0.7b	130.9b	4.0a	33.6a	59.2b	18.9b
Coastal bermudagrass	8.1c	0.4c	53.1c	2.4b	37.0a	47.8b	15.3b

1. AGR = 絕對生長率
2. RGR = 相對生長率
3. ACR = 絕對取食率
4. RCR = 相對取食率
5. AD = 同化效率
6. ECD = 消化食物轉換效率
7. ECI = 攝取食物轉換效率

表二 更換植物對五齡夜盜幼蟲食物利用之定量影響

Table 2. Impact of sequential diets on quantitative food utilization of 5th-instar fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, larvae. (from Chang, 1984)

Initially fed on	Transferred to	RGR ¹ (mg/mg/day)	RCR ² (mg/mg/day)	Efficiency		
				AD ³ (%)	ECD ⁴ (%)	ECI ⁵ (%)
Common Centipedegrass(R)	Coastal bernudegrass (S)	0.80a	3.4a	33.1a	71.8a	23.3a
Coastal bernudegrass (S)	Common Centipedegrass(R)	0.35b	3.6a	33.7a	28.8b	9.8b

1. RGR = 相對生長率
2. RCR = 相對取食率
3. AD = 同化效率
4. ECD = 消化食物轉換效率
5. ECI = 攝取食物轉換效率

結果歸納看來，不同的品種、植物與組織年齡、葉片含水量、非營養化學物質及植株生長條件，都會使幼蟲發育產生 20~50 % 的差異，幼蟲存活率產生 0~90 % 的差異，而幼蟲取食量的改變百分率更可高達 200% 以上 (Barfield and Slansky 1981)；這些差異則很可能會影響試驗各種溫度對害蟲發育之估算，抗感品系之篩選、害蟲棲群消長之調查，作物最終產量與品質受害程度之評估，甚至作物/害蟲模式中為害因子 (damage-inflicted factor) 分析的正確性。

植株品質對成蟲的影響可經由幼蟲、蛹間接使成蟲表現有所不同，也可直接作用於成蟲。成蟲受影響最大的表現是生殖能力與遷移能力，例如 Moscardi *et al* (1981) 發現當大豆捲葉蛾 (*Anticarsia gemmatilis* Hubner) 幼蟲飼以老齡大豆葉片時，成蟲生殖率 (fecundity) 比餵以嫩葉者減低 97 %；Sanders and Lucuik (1975) 也證實幼蟲食物品質對一種捲葉蛾 (*Choristoneura furnierana* Clemens) 成蟲的遷移相當有影響。這種幼蟲受影響後，間接改變成蟲表現的情形，對於成蟲不取食的昆蟲尤其重要。但目前幼蟲與成蟲表現間定量與定性的關係，所知不多。因此，幼蟲食物養份差時，成蟲能發生怎樣程度的補償 (compensatory response)? 幼蟲取食不同品質的作物時，成蟲在生殖或遷移的行為上是否有所不同? 等問題，均需再加研究，才能使蟲害管理的系統分析 (systemic analysis) 工作中，害蟲棲群模式之建立得以完全 (Stimac and Barfield 1979)。

至於作物品質與成蟲取食之害蟲間的關係，以前主要針對花蜜中糖類對成蟲壽命及生殖率方面影響的研究 (Baker and Baker 1975)，植物品質對成蟲之休眠 (Dewilde, *et al* 1969) 與遷移 (如 Harrison 1980) 的影響，後來才逐漸受重視。事實上，害蟲的休眠與遷移對於害蟲發生之預測、棲群的估算均極重要。因此，作物品質或其他環境因素對成蟲表現之作用與影響的探究，亦需加強。

四、作物品質對害蟲感受天敵的影響

在實際施用各種防治方法 (tactics) 時，植株品質的差異與改變也能影響防治效果。生物防治中天敵的應用一直是近年來昆蟲學家努力的目標，而作物品質對於應用天敵的效果會有怎樣的作用呢? Schultz (1983) 指出；由於植株防禦性化學物的改變，至少有三種途徑使昆蟲暴露受天敵攻擊的機會增加：(1) 因植物品質的影響，昆蟲侷限在某處取食，使天敵容易發現它的所在，此外，寄生或捕食性天敵亦可依植物之色澤、型式等物理特性或化學物放出之特殊氣味，認知某植物的所在位置，而尋獲其上之害蟲。(2) 害蟲為了找到適宜或偏好的植株，其分散或移動，常驚動天敵，使天敵更容易發覺它，這是對捕食性天敵而言；而對寄生性病原菌而言，害蟲的移動則有利於其散佈，也因此而增加害蟲與病原菌接觸與感染病原菌的機會。(3) 作物品質的改變，往往使昆蟲取食、生長受到抑制，致使生活史延長，因而增加害蟲被天敵捕食或寄生的風險。

正如 Price, *et al* (1980) 所言，取食專一的害蟲，趨向為寄生長期短，體積小，對防禦性化學物投資小的植物 (亦即 Feeny (1976) 所謂的 'unapparent' 植物)，害蟲本身發育快，世代短，如此天敵對其的效果也差。反之，若害蟲趨向為害體積大，生長期長，而主要以消化抑制物 (digestibility-reducer) 作防禦的植物時，其取食時間會因營養需求而延長，發育與世代跟著延緩下來。如此，害蟲暴露於天敵威脅下的時間增多，而使天敵捕殺或寄生的效果大為增加。此外，Schultz (1983) 更指出鞣質的作用，雖能與食物中蛋白質結合成不能消化的物質，但在 pH 值高的鹼性環境下，它與蛋白質的結合受抑制。所以，昆蟲若要取食含鞣質量高的植物時，往往腸內的 pH 值要大於 8.5；另一方面，蘇力菌 *Bacillus thuringiensis* 的毒性結晶體 (crystalline toxin) 需在 pH 8~9.5 之間才有活性，因此，昆蟲為了增加消化能力，就得冒受蘇力菌感染毒害的風險。這種「如果植株品質變異大，則昆蟲存活的機會就小」的現象，也就是害蟲獲取食物、發育成長與承當天敵風險間的一種取捨 (trade-off)²。

² 取捨 (trade-off) 是指 A 與 B 間的交換關係，增加 A 的情況，就需放棄 (或損失) 若干 B，無法兩者皆增加。

目前，我們常以增加天敵數目，幫助天敵分散及促進天敵與害蟲的「同時發生」性 (synchrony) 等方法，輔助或增加天敵的效果。事實上，在使用天敵方面，若能了解並應用或改變植物品質，則對害蟲防治之效果可更優於單獨使用天敵；因為它不但間接增加天敵效果，同時能直接作用於害蟲。

五、作物品質對害蟲感受抗蟲品種的影響

栽種抗蟲品種 (系) 的防治方法，本身即利用不同的作物品質來抑制害蟲取食 (即非偏好, nonpreference) 或毒殺害蟲 (即抗生, antibiosis)，甚至容忍 (tolerance) 害蟲取食為害。其中植物次級化學物質在作物抗蟲性中扮演相當重要的角色，Edwards and Wratten (1980) 更指出，這些化學物質不但要有足夠的量來產生抗蟲作用，同時最好能在最適當的時間 (昆蟲取食活動時) 及最適當的位置 (昆蟲喜歡取食的部位) 產生，以發揮其抗性。當然，抗蟲品種本身品質或抗性表現會因各種生物及非生物因子的影響而改變，這是抗蟲育種及昆蟲學家早已注意到的 (Painter 1951)。最近有更多的報告指出(1)評估抗蟲效果時，測定時間及種植位置，可能影響該作物的抗蟲性的表現，(2)抗蟲品種種植時，四週的其他作物，可能影響該作物的抗蟲效果。實際的例子可由 Cantelo and Sanford (1984) 的報告看出來，若視覺引誘是白粉蝶 (*Pieris rapae* (L.)) 在高麗菜上產卵偏好的主要影響因素，則抗性測定時，以抗感品系混雜種植的測試結果較佳；相反的，測試馬鈴薯對葉蟬 (*Empoasca fabae* (Harris)) 的抗性時，混雜種植抗感品系馬鈴薯却使抗性表現的程度減弱。此外，表二中也指出雜食性夜盜 (*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith))，若由感性品種的牧草上轉至抗性品種取食，其取食量並未減少，故對抗蟲品種亦造成相當的為害。而此相同的夜盜，在以高粱及玉米抗感品系測試時，其為害反應却不受植株種植位置及四週作物所影響 (Wiseunan *et al.*, 1980)，(3)作物抗蟲性表現，更可因對象害蟲的不同而有差異，甚至因受植物體內次級化學物的誘導而增加了害蟲本身對抗性作物的適應能力，Krieger *et al.* (1971) 測定35種鱗翅幼蟲體內 epoxidase 的活性，發現以雜食性的昆蟲其活性最高，寡食性 (取食 2~10 科植物) 者次之，而只取食一種植物的單食性昆蟲活性最低。這說明了不同食性的昆蟲，其體內解毒酶的活性有差異，不同食性的昆蟲對其寄主植物的適應策略也有所不同。

所以，抗蟲品種 (系) 在蟲害防治的應用上，除了考慮作物本身抗蟲品質之特性外，客觀條件的配合以及對象害蟲食性的了解，往往有助於抗性的充分發揮。

六、作物品質對害蟲感受藥劑的影響

昆蟲體內解毒酶的存在，主要是為了代謝可能存在於自然界植物體內的毒素 (Blum, 1983)。近來許多研究顯示，昆蟲不但耗用能量與養分合成各種解毒酶以代謝植株內的非營養化學物，昆蟲體內的解毒酶活性更可迅速被少量植物次級化學物所誘導 (induction)，而使昆蟲對毒素之感受性減低 (Terriere 1984)，而這也是 Brattsten, *et al.* (1977) 所認為植物—昆蟲交互作用的最佳例子。

有關植物與昆蟲交互作用而影響昆蟲對藥劑之感受性，馮 (1985) 已有專文介紹。在此，僅強調昆蟲抗藥性品系的發生乃是 Preadapted 的遺傳現象。換言之，昆蟲在藥劑篩選下，經過數代後，具有可遺傳的高代謝能力之昆蟲存活下來成為抗藥品系。但昆蟲高解毒酶活性的誘導却不具遺傳性，而是暴露在藥劑下，昆蟲暫時的適應 (adaptation) 行為。不過，由家蠅原本高 MFO 活性的群體比原本低 MFO 活性的群體，其 MFO 活性更易被誘導出來的現象來看，Brattsten (1979) 推測，昆蟲解毒酶的誘導現象，更能加速遺傳上抗藥性品系昆蟲的演化發生。

實驗室內 Yu (1982_{a, b}, 1983) 對夜盜蟲的測試，均發現在玉米上取食的蟲子，其解毒酶活性最大，與在大豆葉片上取食之幼蟲的最低活性，相差四倍以上。由此可見，植物的品質，或者更精確一點說，植物體內的某些次級化學物，雖然將害蟲的取食率抑制於某種程度之下，但也因對昆蟲代謝機

目前，我們常以增加天敵數目，幫助天敵分散及促進天敵與害蟲的「同時發生」性 (synchrony) 等方法，輔助或增加天敵的效果。事實上，在使用天敵方面，若能了解並應用或改變植物品質，則對害蟲防治之效果可更優於單獨使用天敵；因為它不但間接增加天敵效果，同時能直接作用於害蟲。

五、作物品質對害蟲感受抗蟲品種的影響

栽種抗蟲品種 (系) 的防治方法，本身即利用不同的作物品質來抑制害蟲取食 (即非偏好, nonpreference) 或毒殺害蟲 (即抗生, antibiosis)，甚至容忍 (tolerance) 害蟲取食為害。其中植物次級化學物質在作物抗蟲性中扮演相當重要的角色，Edwards and Wratten (1980) 更指出，這些化學物質不但要有足夠的量來產生抗蟲作用，同時最好能在最適當的時間 (昆蟲取食活動時) 及最適當的位置 (昆蟲喜歡取食的部位) 產生，以發揮其抗性。當然，抗蟲品種本身品質或抗性表現會因各種生物及非生物因子的影響而改變，這是抗蟲育種及昆蟲學家早已注意到的 (Painter 1951)。最近有更多的報告指出(1)評估抗蟲效果時，測定時間及種植位置，可能影響該作物的抗蟲性的表現，(2)抗蟲品種種植時，四週的其他作物，可能影響該作物的抗蟲效果。實際的例子可由 Cantelo and Sanford (1984) 的報告看出來，若視覺引誘是白粉蝶 (*Pieris rapae* (L.)) 在高麗菜上產卵偏好的主要影響因素，則抗性測定時，以抗感品系混雜種植的測試結果較佳；相反的，測試馬鈴薯對葉蟬 (*Empoasca fabae* (Harris)) 的抗性時，混雜種植抗感品系馬鈴薯却使抗性表現的程度減弱。此外，表二中也指出雜食性夜盜 (*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith))，若由感性品種的牧草上轉至抗性品種取食，其取食量並未減少，故對抗蟲品種亦造成相當的為害。而此相同的夜盜，在以高粱及玉米抗感品系測試時，其為害反應却不受植株種植位置及四週作物所影響 (Wiseunan *et al.*, 1980)，(3)作物抗蟲性表現，更可因對象害蟲的不同而有差異，甚至因受植物體內次級化學物的誘導而增加了害蟲本身對抗性作物的適應能力，Krieger *et al.* (1971) 測定35種鱗翅幼蟲體內 epoxidase 的活性，發現以雜食性的昆蟲其活性最高，寡食性 (取食 2~10 科植物) 者次之，而只取食一種植物的單食性昆蟲活性最低。這說明了不同食性的昆蟲，其體內解毒酶的活性有差異，不同食性的昆蟲對其寄主植物的適應策略也有所不同。

所以，抗蟲品種 (系) 在蟲害防治的應用上，除了考慮作物本身抗蟲品質之特性外，客觀條件的配合以及對象害蟲食性的了解，往往有助於抗性的充分發揮。

六、作物品質對害蟲感受藥劑的影響

昆蟲體內解毒酶的存在，主要是為了代謝可能存在於自然界植物體內的毒素 (Blum, 1983)。近來許多研究顯示，昆蟲不但耗用能量與養分合成各種解毒酶以代謝植株內的非營養化學物，昆蟲體內的解毒酶活性更可迅速被少量植物次級化學物所誘導 (induction)，而使昆蟲對毒素之感受性減低 (Terriere 1984)，而這也是 Brattsten, *et al.* (1977) 所認為植物—昆蟲交互作用的最佳例子。

有關植物與昆蟲交互作用而影響昆蟲對藥劑之感受性，馮 (1985) 已有專文介紹。在此，僅強調昆蟲抗藥性品系的發生乃是 Preadapted 的遺傳現象。換言之，昆蟲在藥劑篩選下，經過數代後，具有可遺傳的高代謝能力之昆蟲存活下來成為抗藥品系。但昆蟲高解毒酶活性的誘導却不具遺傳性，而是暴露在藥劑下，昆蟲暫時的適應 (adaptation) 行為。不過，由家蠅原本高 MFO 活性的群體比原本低 MFO 活性的群體，其 MFO 活性更易被誘導出來的現象來看，Brattsten (1979) 推測，昆蟲解毒酶的誘導現象，更能加速遺傳上抗藥性品系昆蟲的演化發生。

實驗室內 Yu (1982_{a, b}, 1983) 對夜盜蟲的測試，均發現在玉米上取食的蟲子，其解毒酶活性最大，與在大豆葉片上取食之幼蟲的最低活性，相差四倍以上。由此可見，植物的品質，或者更精確一點說，植物體內的某些次級化學物，雖然將害蟲的取食率抑制於某種程度之下，但也因對昆蟲代謝機

能作了微小而重要的改變，幫助了它們的存活。Yu (1984) 更指出，抗藥性與感性品系的害蟲均會因寄主作物或非營養化學物為誘導，而出現不同程度的解毒酶活性。因此，田間寄主作物對害蟲解毒酶活性的影響必是相當普遍的一種現象，再加上不同植物對昆蟲生化有不同誘導效果，在蟲害管理的發展上，寄主植物與害蟲間交互作用的研究，確有實用上的價值。例如 Berry *et al.* (1980) 即證實，在薄荷上取食之斑色切根蟲 (*Peridroma saucia*) 幼蟲，其 epoxidase 解毒酶活性要比在其他寄主 (如豆科作物) 上高出 9 倍。而在薄荷上取食的四齡蟲又比六齡蟲對 Aleplate, Methomyl 及 Malathion 等藥劑的感受性為高。因此，建議在實際防治時，應在該蟲五齡之前施藥。

結 語

植物之物理、營養、及非營養化學物等品質上的變異，對昆蟲存活期間的各種表現有顯著的影響。在不同植物品質的影響下，害蟲的取食受到最直接的作用；害蟲的取食量對其本身生長速率及植株受害程度均有關，生長速率又與害蟲生殖時間及能力有關。這些加上害蟲遷移與死亡的作用，將可決定害蟲棲群增加的速率。基本上，一個健全的害蟲管理計劃 (program)，是要將某一作物的生長模式 (growth model) 及有關害蟲的棲群模式整合在一起，藉以幫助我們了解在各種環境 (生物及非生物) 作用下，植物品質之改變與對害蟲表現的影響。因此，對作物品質/害蟲交互作用充分了解後，我們才能設計出完整的棲群模式 (population model)，作為害蟲管理 (或防治) 決心下達的工具。

參 考 文 獻

- 馮海東 1985 昆蟲對殺蟲劑之感受性與其寄主植物的關係。周延鑫、林飛棧、馬堪津、王清澄合編。農藥毒性研討會論文集。中研院。296頁。
- Baker, H. G., and I. Baker. 1975. Studies of nectar-constitution and pollinator plant coevolution. Page 100-40. In L. Gilbert and P. H. Raven (eds). Animal and plant coevolution. Univ. Texas Press. Austin.
- Barbosa, P., W. Cranshaw, and J. A. Greenblatt. 1981. Influence of food quantity and quality on polymorphic dispersal behaviors in the gypsy moth, *Lymantria dispar*. Can. J. Zool. 59: 293-6.
- Barfield, C. S., and J. L. Stimac. 1980. Pest management: An entomological perspective. Bio-Science 30: 683-9.
- Barfield, C. S., and F. Slansky, Jr. 1981. Response of insect population to dynamic crop environments. Paper No. 81-4068. Summer meeting, Amer. Soc. Agric. Engineers. 22 pp.
- Beck, S. D., and J. C. Reese. 1976. Insect-plant interactions: Nutrition and metabolism. Rec. Adv. Phytochem. 10: 41-92.
- Berry, R. E., S. T. Yu, and L.C. Terriere. 1980. Influence of host plants on insecticide metabolism and management of variegated cutworm. J. Econ. Ent. 73: 771-4.
- Blum, M. S. 1985. Detoxication, deactivation, and utilization of plant compounds by insects. Page 265-75. In P. A. Hedin (ed). Plant resistance to insects. ACS Symposium series 208, Amer. Chem. Soc. Washington, D. C.
- Brattsten, L. B. 1979. Biochemical defense mechanism in herbivores against plant allelochemicals. Page 199-270. In G. A. Rosenthal and D. H. Janzen (eds). Herbivores: Their interaction with secondary plant metabolites. Academic Press, N. Y.
- Brattsten, L. B., C.F. Wilkinson, and T. Eisner. 1977. Herbivore-plant interactions: Mixed-function

- oxidases and secondary plant substances. *Science* 196: 1349-52.
- Cantelo, W. W., and L. L. Sanford. 1984. Insect population response to mixed and uniform plantings of resistant and susceptible plant material. *Env. Entomol.* 13: 1443-5.
- Chang, N. T. 1984. Resistance of selected grasses to fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). Ph. D. Dissertation, Univ. of Florida, Gainesville, Fla. 154 pp.
- Coaker, T.H., and S. Finch. 1972. The association of cabbage rootfly with its food and host plants. Page 119-28. *In* H. F. Van Emden (ed). *Insect/plant relationships*. Royal Entomol. Soc., London.
- DeWilde, J., W. Bongers, and H. Schooneveld. 1969. Effects of hostplant age on phytophagous insects. *Ent. Exp. Appl.* 12: 714-20.
- Edwards, P. J., and S.D. Wratten. 1980. Ecology of insect-plant interactions. Edward Arnold, London. 59 pp.
- Feeny, P. P. 1968. Effects of oak leaf tannins on larval growth of the winter moth, *Operophtera brumata*. *J. Insect Physiol.* 14: 805-17.
- Feeny, P. P. 1970. Seasonal changes in oak leaf tannins as a cause of spring feeding by winter moth caterpillars. *Ecology* 51: 656-81.
- Feeny, P. P. 1976. Plant apparency and chemical defense. *Rec. Adv. phytochem.* 10: 1-40.
- Green, T.R., and C.A. Ryan. 1972. Wound-induced proteinase inhibitor in plant leaves: A possible defense mechanism against insects. *Science* 175: 776-7.
- Harrison, R. G. 1980. Dispersal polymorphisms in insects. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 11: 95-118.
- Krieger, R. I., P. P. Feeny, C. F. Wilkinson. 1971. Detoxication enzymes in the guts of caterpillars. An evolutionary answer to plant defenses? *Science* 172: 579-81.
- Maxwell, R. C., and R. F. Harwood. 1960. Increased reproduction of pea aphids on broad beans treated with 2,4-D. *J. Econ. Entomol.* 53: 199-205.
- McIntyre, J.L., J.A. Dodds, and J. D. Hare. 1981. Effects of localized infections of *Nicotiana tabacum* by tobacco mosaic virus on systemic resistance against diverse pathogens and an insect. *Phytopathology* 71: 297-301.
- McNeill, S., and T. R. E. Southwood. 1978. The role of nitrogen in the development of insect/plant relationships. Page 77-98. *In* J. B. Harborne (ed). *Biochemical aspects of plant and animal coevolution*. Academic Press, N. Y.
- Moscardi, F., C. Barfield, and G.E. Allen. 1981. Impact of soybean phenology on velvetbean caterpillar (Lepidoptera: Noctuidae): Oviposition, egg hatch, and adult longevity. *Can. Entomol.* 113:113-9.
- Norris, D. M., and M. Kogan. 1980. Biochemical and morphological basis of resistance. Page 23-62. *In* F. G. Maxwell and P. R. Jennings (eds). *Breeding plants resistant to insects*. Wiley-Intersci. Pub., N. Y.
- Painter, R. H. 1951. *Insect resistance in crop plants*. MacMillan Company, N. Y. 520 pp.
- Price, P. W., C. E. Bouton, P. Gross, B.A. McPherson, J.N. Thompson, and A.E. Weiss. 1980. Interactions among three trophic levels: Influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 11: 41-65.
- Reese, J. C. 1979. Interactions of allelochemicals with nutrients in herbivores food. Page 309-30. *In* G. A. Rosenthal, and D. H. Janzen (eds). *Herbivores: Their interaction with secondary plant metabolites*. Academic Press, N. Y.
- Reese, J. C. 1983. Nutrient-allelochemical interactions in host plant resistance. Page 231-43. *In* P. A. Hedin (ed). *Plant resistance to insects*. ACS Symposium Series 208, Amer. Chem. Soc. Washington, D. C.
- Rodriguez, J. G. 1960. Nutrition of the host and reaction to pests. Page 149-68. *In* L. P. Reitz

- (ed). Biological and chemical control of plants and animal pests. Ann. Ass. Adv. Sci., Publ. # 61, Washington, D.C.
- Rosenthal, G. A., D. L. Dahlman, and D. H. Janzen. 1978. L-canaline detoxication: A seed predator's biochemical mechanism. *Science* 202: 528-9.
- Sanders, C. J., and G. S. Lucuik. 1975. Effects of photoperiod and size on flight activity and oviposition in the eastern spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae). *Can. Entomol.* 107: 1289-99.
- Schultz, J. C. 1983. Impact of variable plant defensive chemistry on susceptibility of insects to natural enemies. Page 37-54. In P.A. Hedin (ed). Plant resistance to insects. ACS Symposium Series 208, Amer. Chem. Soc. Washington, D.C.
- Scriber, J. M. 1979. The effects of sequentially switching foodplants upon biomass and nitrogen utilization by polyphagous and stenophagous *Papilio* larvae. *Ent. Exp. Appl.* 25: 203-15.
- Slansky, F., Jr. and P. P. Feeny. 1977. Stabilization of the rate of nitrogen accumulation of larvae of the cabbage butterfly on wild and cultivated food plants. *Ecol. Monogr.* 47: 209-28.
- Stimac, J. L., and C. S. Barfield. 1979. Systems approach to pest management in soybeans. Page 249-59. In F. T. Corbin (ed). Proceedings world soybean Res. Conf. II. Westview Press, Colorado.
- Terriere, L.C. 1984. Induction of detoxication enzymes in insects. *Ann. Rev. Ent.* 29: 71-88.
- Vinson, S. B., and G. F. Zwantsch. 1980. Host suitability for insect parasitoids. *Ann. Rev. Ent.* 25: 397-419.
- Visser, J. H. 1983. Differential sensory perceptions of plant compounds by insects. Page 215-30. P. A. Hedin (ed). Plant resistance to insects. ACS Sympium series 208, Amer. Chem. Soc. Washington, D. C.
- Wiseman, B. R., B. G. Mullinix, and P. B. Martin. 1980. Insect resistance evaluations: Effect of cultivar position and time of rating. *J. Econ. Ent.* 73: 454-7.
- Yu, S. J. 1982a. Induction of microsomal oxidase by host plants in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Pestic. Biochem. Physiol.* 17: 59-67.
- Yu, S. J. 1982b. Host plant induction of glutathione s-transferase in the fall armyworm. *Pestic. Biochem. Physiol.* 18: 101-6.
- Yu, S. J. 1983. Induction of detoxifying enzymes by allelochemicals and host plants in the fall armyworm. *Pestic. Biochem. Physiol.* 19: 330-6.
- Yu, S. J. 1984. Interactions of allelochemicals with detoxication enzymes of insecticide-susceptible and resistant fall armyworm. *Pestic. Biochem. Physiol.* 22: 60-8.
- Zummo, G. R., J. C. Segers, and J. H. Benedict. 1984. Seasonal phenology of allelochemicals in cotton and resistance to bollworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Env. Entomol.* 13: 1287-90.