

# 雜草管理之昆蟲調控

## Insect manipulation through weed management

出處： M. A. Altieri. 2004. Biodiversity and pest management in agroecosystems. pp47-68.  
Food Productions Press, InC.

編譯者：黃文達

在作物田間或周遭出現之雜草將影響作物與相關生態之動態平衡，雖雜草之出現會與作物相互競爭光照、濕度及養分等，而造成作物產量減少，但卻可提供為食草昆蟲及其天敵的棲息地，且草食動物可以調控作物與雜草之相互作用，如選擇性食葉甲蟲會改變兩種植物間之競爭性。

一、在農業生態系中雜草可能會帶來害蟲：在農業生態系中雜草為害蟲與病源之重要寄主，且在蟲害與植物病害之傳染途徑中亦擔任了將染病作物之病源傳至鄰近作物之媒介。在植物馴化育種過程中，經常於植物不同部位中發生二次代謝物濃度降低情形，而產生了對食草動物防禦能力較低之植株；於作物周遭出現之野生近源種，亦會由於提供蟲害族群之遺傳變異而影響作物蟲害之族群基因組成。因此，作物周遭植物群可提供互補的防禦能力，而保護了當地蟲害族群的遺傳變異及降低新的生物小種的選拔速度，如此而增加了對抗寄主植物抵抗能力及病蟲害的應變力。

作物田旁的雜草可防止蟲害再次爆發，如 Wainhouse 及 Coaker (1981)發現在胡蘿蔔旁的刺蓴麻(*Urtica dioica*)可防止胡蘿蔔果蠅幼蟲侵害到鄰近的胡蘿蔔田區；在英國蘋果園中蚜蟲 (*Dysaphis plantaginea*)為主要害蟲，若種植車前草(*Plantago spp.*)可以當蚜蟲之取代食物，大部分夏季中蚜蟲均以車前草為食物，直到夏季末才回到蘋果樹上。另一種鋸蠅 (dock sawfly, *Ametrastegia glabrata*) 通常以酸模 (*Rumex spp*) 與節花路蓼 (*Polygonum spp*)為食物，但最後一齡幼蟲會爬至鄰近的蘋果樹上且鑽進果實或莖端 (Altieri and Letourneau,1982)。

某些特定的禾草 (如雀麥屬、狐草屬及黑麥草等) 可為穀類害蟲 (*Sitobium avenae* 及 *Rhopalosiphum padi*) 的寄主而傳染大豆黃色矮化病毒 (yellow dwarf virus, BYDV)，但可利用低刈處理來避免禾草抽穗，以成為病毒之寄主，但上述經低刈處理之禾草在穀物收穫後，可能成為病蟲害之綠色橋樑

(green bridge) 進而傳播至後期作物。

## 二、雜草在天敵生態中所扮演之角色：

某些雜草(如刺蓴麻、墨西哥臭杏 *Chenopodium ambrosioides*、樟腦草 *Heterotheca subaxillaris* 及豬草等) 在農業生態系中是重要的組成分，因其可提供對生態系動態平衡有益之昆蟲棲息並供應花粉、花蜜等食物來源，而在毫無雜草之單一作物田中，天敵則無法生存。

近二十年來研究報告中，發現作物田區內含有多種雜草者較不含雜草者其蟲害發生比率較低，可能是由於害蟲被天敵殺死的比率增加；且覆蓋多種雜草之田區中，其肉食性節肢動物的密度亦較高。很多成功寄生性防治方法均仰賴草類是否可供給雌性黃蜂足夠蜜源，且不同田區中特定雜草出現可控制蟲害的產生。

歐洲松樹莖潛蛾 (*Rhyacionia buoliana*) 之寄生蜂 (*Exeristes comstockii* 及 *Hyssopus thymus*) 在開花性雜草存在時，其產卵量與壽命均有明顯增加 (Syme,1975)；而在夏威夷發現甘蔗象鼻蟲之天敵螟寄生 *Lixophaga sphenophori* 主要是以乳仔草 (*Euphorbia hirta*) 為食物。Zandstra 與 Motooka (1978)在美國加州及 San Joaquin 山谷發現一種苜蓿毛蟲 (*Colias eurytheme*) 之寄生蜂 (*Apanteles medicaginis*) 以蓼屬、旋花科及向日葵等之雜草來餵食可增加其壽命與產卵量。在單年生作物及果園地上覆蓋野花，會使特殊病蟲害之寄生性天敵發生機率大增，例如 Leius(1967) 發現果園中地面植叢出現使毛蟲卵及幼蟲被寄生天敵比率較無覆蓋植叢者提高 18 倍。在果園中栽植綠肥作物 *Phacelia* spp.(紫草科) 可使天敵寄生發生率由 5%提高至 75%；俄羅斯學者發現在十字花科作物中可找到兩種捲心菜蛾的寄生蜂 *Apanteles glomeratus*，其可以野芥菜花朵為蜜源，並且野芥菜存在可使其壽命延長、產卵量增加；另在油菜田中的野芥菜，亦可使寄生蜂之寄生率由 10%提高至 60% (Telenga,1958)。雜草花朵亦為許多肉食性昆蟲的重要食物來源，花粉可為蠅類產生卵及肉食性瓢蟲等昆蟲之重要食物，其中草蜻蛉特別喜歡菊科花朵，因其富含花蜜可充分供應糖分來源 (Hagen,1986)。

作物田區中雜草可增加食草性益蟲的族群，Syme(1975) 指出歐洲玉米螟 (*Ostrinia nubilalis*) 之天敵寄生蠅 (*Lydella grisescens*) 在專門危害豬草莖桿之替代性寄主稈稈螟 *Papaipema nebris* 存在時，其出現率大增；由於這些益蟲可為取代性寄主或為協助受粉之花粉媒蟲，因此在農業生態系中益蟲存活率及繁殖增加是很重要的。很多報告亦指出豬草之存在可增進特定作物蟲

害之天敵防治成功率，如小蜂 *Eurytoma tyloclermatis* 對抗泥負蟲 (*Anthonomus grandis*)、繭蜂 *Macrocentrus delicatus* 對抗東方果實蛾 (*Grapholita molesta*) 這兩種益蟲均是以豬草為食物來源。

寄生在黑鑽石蛾(*Plutella maculipennis*) 上之菌體 *Horogenes* 屬，利用在生長在山楂灌木 *Crataegus* sp. 的毛蟲體內寄生而過冬；另一種相類似例子為葡萄園葉蟬 (*Erythroneura elegantula*)之天敵繆小蜂 *Anagrus epos* 會將卵產於鄰近葡萄園之野黑莓中之另一種葉蟬 (*Dikrella cruentata*)上過冬 (Doutt & Nakata,1973)。在英國棲息在刺蓴麻上之蚜蟲 (*Microlophium carnosum*)，每年四月至五月會有捕食蚜蟲的肉食性動物會大量掠食而阻擋蚜蟲侵入作物，但一到七月中旬蓴麻被砍除後蚜蟲就會跑去危害鄰近的作物 (Perrin,1975)。

部分蟲媒昆蟲只被特定雜草所吸引即使寄主或犧牲者不存在時，例如寄生蠅 *Eucelatoria* sp. 較喜歡秋葵而非棉花，寄生蜂 *Peristenus pseudopallipes* 特別喜歡菊科之野塘篙及加拿大蓬，另一種寄生菌特別喜歡棲息在芥菜園中的蚜蟲而不喜歡吃甜菜之蚜蟲，這可能是甜菜缺少芥菜油的香味。Altieri 等人 (1981) 發現寄生蜂 *Trichogramma* sp.在螟蟲卵上寄生之速率受到鄰近植物種類不同而有影響，當田區純為大豆時寄生速率遠較旁邊有玉米、巴豆 (*Croton* sp.)、肉桂 (*Cassia* sp.) 及蠅翼草 (*Desmodium* sp.) 存在時為低，另在大豆與雜草放置相同的蟲卵，結果大豆上蟲卵受寄生蜂感染的比率較高，可見對寄生蜂而言雜草上蟲卵較不具吸引力，可是雜草所分泌之揮發物卻能刺激寄生蜂的活動力，更進一步將植物抽出物噴施在大豆植株中蟲卵上，發現他種作物確能刺激寄生蜂的感染能力。以上可見田區間多種植物存在比單一作物更具有化學多樣性而吸引寄生蜂，因此開創一種利用雜草控制及調節昆蟲行為的生物防治新方法。

大部分益蟲較喜歡棲息在雜草，然後再遷移到作物上，且大多數例子中發現由於人為刈割或拔除雜草，而使這些棲息在雜草上的益蟲之遷移均被阻礙或延遲。例如每年五月或七月砍除刺蓴麻而迫使肉食性瓢蟲 移居至作物田中 (Perrin,1975)，同樣的在捷克東南方瓢蟲由於掩蔽的禾草被割除而移至果樹；另外 Pierce 等人(1912) 在兩個鄰近灌木叢之棉花試驗田中，將爬滿象鼻蟲 (*Lixus Scrobicollis*) 的豚草 *Ambrosia trifida* 樹籬砍除可增加小蜂感染棉鈴象鼻蟲機率達 10%。上述之試驗必須就益蟲的生態而特別注意實施時間，如在加州之苜蓿田必須遲至三月中當瓢蟲群落最大時，才能進行一年一度的雜草清理(van den Bosch & Telford,1964)。

三、在耕作制度中雜草歧異度對昆蟲動態之影響：在田間試驗中，管理雜草之多樣性為耕作系統之要點且可明顯降低病原族群，研究發現至少有兩種機制可降低病原，當植物的散佈及變異影響到食草昆蟲的密度，首先就改變了食草

昆蟲的遷移或掠食習性；另外在雜草叢中，肉食性與寄生性動物遭遇到食物來源及習性的巨大轉變，只有另尋較更多量的病源蟲為食物或寄主 (Root,1973; Letourneau & Altieri,1983)。

很多研究指出:降低雜草混雜於作物田的濃度或提高其分散度，有助於控制病媒昆蟲的動態，例如在拉丁美洲大豆田中主要害蟲葉蟬 *Empoasca kraemeri* 成蟲與蛹的密度，會因大豆田中雜草密度的增加而有顯著降低，且相反的肉食性甲蟲 *Diabrotica balteata* 的密度在含有雜草的大豆田較純大豆田中增加，並且由於雜草提供益蟲棲息而減少有害昆蟲危害大豆，因此大豆之產量不受影響；另外試驗發現 *E. kraemeri* 當雜草存在時族群數目明顯降低，尤其是大豆田周圍約一公尺寬有牛筋草及畔芒存在時葉蟬成蟲與蛹的數目有劇烈下降；而畔芒對降低葉蟬的作用更勝於牛筋草 (Schoonhoven et al.,1981)，但上述雜草若經由除草劑巴拉刈噴除後，其抑制害蟲的效果隨即終止。假設將禾草葉片萃取出之液體噴施於大豆田間，葉蟬的成蟲也會受影響，連續噴施就會抑制葉蟬的繁殖，進而減少蛹的數目 (Altieri et al.,1977)，其中莧科 (*Amaranthus dubius*) 之闊葉雜草抽出液的抑制效果最為顯著。

作物田間的雜草藉由吸引病源昆蟲而降低作物病害的發生，如甲蟲 *Phyllotreta cruciferae* 較喜歡混雜在芥藍菜田間的薹苔 (Altieri & Gliessman, 1983)，因薹苔含有異硫氰酸烯丙酯(allylisothiocyanate)濃度較芥藍菜為高，而此種化合物對甲蟲吸引力很強，因此使的甲蟲遷離作物。同樣的在 Tlaxcala 及墨西哥等地，於抽穗的玉米田間若混雜有豆科雜草 (魯冰) 亦開花時，則可吸引聖甲蟲 (*Macrodactylus* sp.)自玉米雌穗遷移至魯冰花上 (Trujillo-Arriaga & Altieri,1990)。

很多的研究證實由於田間雜草增加天敵而使害蟲量降低，秋天玉米田之軍隊蟲 (*Spodoptera frugiperda*) 及玉米穗蟲 (*Heliothis zea*) 均在無雜草存在時發生機率較高，假設這些昆蟲不受雜草變異的影響，在比較雜草對掠食性族群影響之試驗設計就是重要的因素。Altieri & Whitcomb (1980) 發現試驗田相距八米遠，掠食性昆蟲仍能自由遷移，因此就很難去證實處理間掠食性昆蟲組成之差異；另一試驗將試區間距離增加至五十公尺以降低昆蟲遷移之機率，結果一般食葉昆蟲之掠食者族群的數目於含有雜草之玉米田比不含雜草之田區更多，且雜草存在時之食物鏈關係比單一作物田間更為複雜。

在英國冬大麥田區出現雜草可使蚜蟲數目減少並使甲蟲數目增加十倍 (Burn,1987)，同樣的春天的苜蓿田中雜草存在亦使掠食動物 (如 步行蟲 *Harpalus pennsylvanicus*、小花蝽 *Orius insidiosus* 及姬蝽 *Nabidae* 等) 的種類及數目增加。Smith 早在 1969 年就證實孢子甘藍田區間的雜草可增加對付蚜蟲的天敵數目並提供掠食動物棲息，這大概可解釋在含雜草試區中蚜蟲族群減少的原因。另在孢子甘藍田區選擇性種植覆蓋植物石竹科(*Spergula arvensis*)

可明顯降低夜蛾 *Mamestra brassicae*、螟蛾 *Evergestis forficalis*、甘藍潛根蠅及菜蚜 *Brevicoryne brassicae* 等害蟲之族群數目。

#### 四、雜草歧異度對生態系之影響：

雖然所有的假設皆證實在含雜草之耕作系統中，由於食草動物數目降低或天敵密度的增加等，皆會影響草食性昆蟲族群的動態，而此昆蟲族群動態也會影響植物植冠的結構，但多數實驗在評定植物結構與密度時，皆將此種因素排除 (Altieri & Letourneau, 1984)；其中一個問題即是他們未將作物—雜草變異視為變數，在大多數案例中，雜草多樣性僅能降低危害作物大小及品質之草食昆蟲數目 (Kareiva, 1983)，實際上雜草密度、多樣性、盆鉢或土地之大小等，皆是影響作物質量與草食昆蟲密度的控制因子。

作物田間出現雜草不僅影響植物密度與空間排列，並且會明顯影響昆蟲的族群，事實上許多草食動物對植株的密度會反應其特異性，有些種類在植株密度高時為了打開作物植冠的遮掩而迅速增生，而掠食者及寄生動物則喜歡在高密度下生長。Mayse (1983) 假設植冠與動物棲息環境之微氣候關係十分密切，在密集栽植之初，就可能增加了掠食者的發展並更容易促進其去捕食草食昆蟲。Mayse & Price (1978) 發現在大豆田間由於行間距離之不同而使每一植株上之節肢動物數目產生明顯差異，但在每平方公尺土地上之昆蟲數目是無差異的，因此在考慮昆蟲族群數量時所使用之基礎單位是很值得注意的。緊接著在定義作物與雜草間之密度及空間對昆蟲族群的影響上，必須考慮有以下(1) 昆蟲對作物植株與雜草之生長發育及營養狀況之影響，(2) 棲息環境之微氣候改變 與草食動物及其天敵之生活習性之變遷，(3) 不同草食動物等級，對掠食性及寄生性動物族群動態之影響。

Andow (1991) 提出一種在大豆田間試驗可分離出降低昆蟲為害與增加植物競爭能力之因素之方法，即雜草可直接影響大豆上之草食昆蟲的密度即降低其活動力，進而間接對大豆植株產生保護作用。同時雜草與作物亦會互相競爭，因此在對昆蟲侵襲大豆頻度與雜草及作物互相競爭間呈現負相關。在另一方面，單一的作物田中只有高度的害蟲侵襲機率而無雜草競爭問題，雖混植雜草處理會與作物競爭養分，卻可使蟲害顯著降低，沒有蟲害則作物產量之降低就僅與雜草競爭有關 (當害蟲存在時，三種處理間產量無差異，其實作物—雜草間競爭與雜草存在降低昆蟲危害的優點二者間可互相平衡。)

在混植雜草處理中，作物產量與昆蟲危害間無明顯相關。當雜草處理對害蟲族群與危害之降低成效達到最大時，並且忽略草食動物的密度，則雜

草對作物產量無影響；顯然地，當雜草對草食動物數目降低之正面影響被排除後，由於雜草競爭所造成之作物減產問題才能受重視，亦顯示在雜草與作物間競爭不嚴重下，大豆、雜草與害蟲三者間關係就十分重要 (Andow,1991)。

## 五、作物—雜草管理的重點：

正如前述之很多證據均證實作物田間特殊的雜草相可調控特定的蟲害，且必須注意以避免雜草與作物競爭而影響其品質，因此在栽植季節中雜草對作物影響的平衡關係必須釐清。了解並調控雜草—作物之平衡後，才可成功地控制蟲害，並使作物的經濟效率由於慎選除草劑與利於作物成長之栽培介質而不受影響。當田間 (1) 經設計過之競爭性作物混植、(2) 准許雜草生長在行列間或田區邊緣、(3) 使用覆蓋作物、(4) 栽植行間採用密合式、(5) 提供無雜草時期 (如在作物生長之前三分之一時期，處理使田間無雜草存在)、(6) 覆蓋栽植、(7) 符合耕作制度等條件存在時，適當程度的雜草可提供有益昆蟲之族群之棲息。

除此以外為降低雜草之競爭性至最小，改變雜草群落的組成以使其更易吸引有益昆蟲出現，多樣且複雜的雜草相可利用下列方法形成，如改變土壤之主要化學成份含量、可利用除草劑有效地抑制特定雜草、可直接播種雜草種子與不定期翻犁土壤等(Altieri & Whitcomb,1979; Altieri & Letourneau,1982)，以下將詳盡說明。

### 1. 改變土壤之主要化學成份含量 (Changes of the levels of key chemical constituents in the soil)

土壤的肥力會間接影響雜草的出現，在阿拉巴馬州的田區，低鉀元素含量之土壤中會出現車前草與酸模，另降低土壤中有機磷含量則會有豆科之黃野百合、決明及牽牛花等出現(Hoveland et al.,1976)。土壤的酸鹼度甚至會影響某些特殊雜草的生長，如蕨類 (*Pteridium*)只生長在酸性土壤而 旋花科 *Cressa* spp. 偏喜好鹼性土壤，另菊科與蓼科雜草卻又喜歡鹽性土壤。

### 2. 可利用除草劑有效地抑制特定雜草 (Use of herbicides)

重複使用除草劑會引起雜草種子族群的改變，或使雜草發展出抵抗性的品系。Buchanan (1977) 指出特定除草劑會抑制某些雜草但卻促進其他雜草之生長，如在土壤耕犁前處理除草劑 trifluralin 最高噴施量 0.6 kg/ha，則棉花與大豆田間僅有瓊麻、野西瓜苗、蔓陀蘿及午時花等雜草而

無其他非期望出現之雜草存在，近年來研究證實 Buchanan 說法正確並發展出很多可保留特殊有益雜草而達到促使天敵族群提早到來之方法。

### 3. 可直接播種雜草種子 (Direct sowing)

在哥倫比亞之大豆田，直接播種牛筋草及畔芒等雜草，而在田區邊緣形成四分之一公尺寬之條帶，則可有效降低葉蟬的群落與繁殖量 (Altieri & Whitcomb, 1979)，但利用此一方法必須注意特定雜草種子之發芽需要，有些種子得在特殊環境下才會萌芽，而大部分雜草種子發芽需求不一，因此就很難能利用直接播種之方式。

### 4. 土壤結構變動 (Soil disturbance)

近年作物田間的雜草組成可利用搗亂其季節性來調控，在佛羅里達州北部每年不同時間的田區翻犁造成不同的雜草相，並且在這些田區內草食性昆蟲的族群會因寄主雜草組成及含量而變動，如葉甲蟲 *chrysomelids* 與葉蟬在試區內雜草覆蓋率高時才有較大族群。由於季節性耕犁使雜草出現，則嚼食此種雜草之昆蟲數量會產生變動，而捕食性節肢動物的數目也會跟著變動 (Altieri & Whitcomb, 1979)。

### 5. 調控雜草之臨界競爭時期 (Manipulation the weed's critical competition period)

在田間管理雜草以調節昆蟲之主要關鍵即在於“臨界時期”，這是在不影響作物產量下所能容忍雜草存在之最大期限，或是之後雜草的生長不會影響產量的時期。Zimdahl (1980) 是最早觀察特定作物生長中不同期間雜草對其競爭作用，Altieri 等人 (1981) 在喬治亞州南部試驗發現豆科益蟲 *Anticarsia gemmatilis* 及一種南部綠色臭蟲 *Nezara viridula* 在大豆萌芽二至四星期後或整個生長期間均有雜草之大豆田中之昆蟲數量均比毫無雜草之田區為多，且在大豆萌芽後二至四星期內防除雜草，接著之生長期間皆不清除雜草之處理反而會達到最佳產量 (Walker et al., 1984)。

在加州芥藍菜園中，准許雜草生長在所選定之時期（二至四星期無雜草或全期均有雜草）之處理，結果在有雜草之作物田中甲蟲之密度顯著降低，並且在整個季節中只要有雜草存在則甲蟲密度就能一直保持很低。前述兩種不同選定時期之處理對甲蟲密度降低之影響無明顯差異，但皆較無雜草之田區的甲蟲密度為低 (Altieri & Gliessman, 1983)。在芥藍菜園中放鬆“relaxed”雜草之系統中，田區中之雜草藝苔由於其生長較快並且較早開

花，一般在發芽後 60 天就能長至 39 公分並有 12 片葉子及 16 朵花，因此每一植株上之甲蟲數目至少較芥藍菜多五倍以上，由於甲蟲在蕓苔密度高就較不會危害芥藍菜，並且在有雜草之芥藍菜園較無雜草之園區，其葉片受到昆蟲啃食之機率較低。另 Kolen & Altieri (1990) 在花椰菜移植後一星期播種野芥菜種子，結果並不會影響花椰菜之產量且又可有效增加捕食蚜蟲卵之天敵數目。

毫無疑問的雜草存在對作物仍是一種壓力，但很多證據均支持作物田中雜草不能立刻判定其有害並且立即防除，事實上在考慮植物種類、環境因素及管理上，雜草與作物之相互關係是不容忽視的。因此在很多農業生態系中，雜草是經常扮演營養關係複雜之角色，可調控昆蟲使其不會影響最後作物之產量。因此必須先了解天敵與植物間、植物與草食性動物間、捕食者與犧牲者間、寄生性動物與寄主間之相互作用，才能建立作物田區中雜草多樣性系統。

由這些生態環境間之認知後，就可以進行雜草管理而非雜草防治，因此除草劑之施用僅佔耕作系統之一小部分，長時間防治雜草並保持田區僅剩單一作物而毫無雜草之管理方式，並不能使作物達到最佳產量 (Aldrich, 1984)。