

利用寄生性昆蟲於虫害管理之基本研究與考慮事項¹

Some Basic Researches and Considerations in the Utilization of Parasitoid Insects in a Pest Management Program

陳 秋 男²

Chiou-nan Chen

- 一、前 言
- 二、過去生物防治失敗原因之檢討
- 三、捕食性與寄生性昆蟲在應用上之比較
- 四、利用寄生性昆蟲的基本研究
- 五、引進一種或多種天敵之考慮
- 六、天敵族群遺傳上之考慮
- 七、參考文獻

摘要：為害作物最嚴重，最不易防治的害蟲往往是外來種。本地種害蟲常常是次要的，因為它常有一些天敵群在時、空的分佈上與其一致。但是當殺蟲劑施用不當時，則由於其天敵之被殺害，導致它升格為主要害蟲。所以天敵在農業生態系中扮演著重要但鮮被人覺察的角色。因此天敵之利用應受到更廣泛的重視。

針對過去生物防治計劃失敗的常見因素，本文建議在利用寄生性天敵時，應該加強下列的基本研究：1. 確定種名及其發源地。2. 研究主要害蟲棲群動態與天敵相。3. 研究引入之天敵將要立足的棲地之物理及生物的特性。4. 選擇適當的天敵。5. 天敵之大量飼養與釋放。6. 本地種天敵之生態與習性之研究。

本文提到利用天敵之重要考慮事項如下：1. 對付經濟為害限界高的，或者是加害於生長期較長的作物之外來種害蟲，宜引進天敵作永久性防治。2. 對付經濟為害限界較低的，或直接加害穀粒、果實、蔬菜或市場產品類的害蟲，宜飼養大量的天敵，作適時的釋放。3. 對於升格為主要害蟲之本地種昆蟲，宜設法改善現有的環境，使有利於原有天敵之存活與活動，以強化現成的調節力量。4. 對付群落型分佈的害蟲，宜使用捕食性昆蟲；對付均勻稀疏分佈的害蟲，宜採用寄生性天敵。5. Solomon對不同致死因子之組合及其作用之先後順序，對蟲群影響之大小，所提供的一些通則，可作為策劃生物防治的參考。6. 找尋寄生能力高的天敵在應用上較有利。7. 同時引進多種天敵是上策。8. 從實際的需求來看，新天敵之引進，不必一定要等到了詳細深入的害蟲基本生態資料才着手。9. 到天敵的發源地去引進天敵時，應該到與害蟲棲地最類似的天敵分佈區之中央部份的棲群去採集。採集的個體數要多。要多找一些棲群作廣泛性的搜集。10. 生物防治法之應用要從蟲害管理的整體來着眼，必要時應把它納入綜合防治系統中，才能達到經濟防治的效果。

前 言

根據Van den Bosch的統計，在1951年Metcalf, Flint及Metcalf所寫的“Destructive and

1. 臺灣植物保護中心綜合論述第5號。
2. 臺灣植物保護中心技正

useful insects" 一書中所記載的害蟲種類 (包括蠕類) 計有444種, 而其中有160種是從外地引入美國的⁽³⁴⁾。經濟昆蟲學者一般同意, 原產地的植物及作物受原產地害蟲(Native or endemic pest) 之損害一般不如外來種害蟲(Exotic pest) 嚴重。據報告, 在美國經濟昆蟲學史中, 最困擾且最重要的害蟲大都是外來種, 其中最著名的如棉鈴象鼻蟲 (*Anthonomus grandis*)、蘋果蛀心蟲 (*Carpocapsa pomonella*)、豆瓢蟲 (*Epilachna varivestis*)、馬鈴薯金花蟲 (*Leptinotarsa decemlineata*)、豆金龜 (*Popillia japonica*)、舞蛾 (*Porthetria dispar*)、紅圓介殼蟲 (*Aonidiella aurantii*)、褐圓介殼蟲 (*Chrysomphalus aonidum*)、聖約瑟介殼蟲 (*Aspidiotus perniciosus*)、苜蓿斑點蚜 (*Therioaphis maculata*)、苜蓿象鼻蟲 (*Hypera postica*)、及粟螟 (*Ostrinia nubilalis*) 等^(17, 34)。

長久從事植物保護工作的人, 一定會體認到一項事實, 那就是儘管一種作物會同時受到幾十種或上百種害蟲為害, 可是經常不斷地出現, 而且數目很多, 若不加以適當的防治每每引起嚴重損害的種類, 往往就是固定那幾種。這幾種即是一般所謂的主要害蟲 (Major pests) 或關鍵害蟲 (Key pests)。一種作物之主要害蟲種類大概與地區之大小成相關。地區小的也許只有二、三種, 大的可能有五、六種。表一的資料只是一些代表而已。當然, 每個國家或地區所認為主要害蟲之標準不一定相同, 一般的估計往往有偏多的趨勢。再者, 作物品種以及作物與害蟲共同演化 (Coevolution) 的歷史均可影響到主要害蟲之種數⁽¹⁷⁾。

表一、一些重要作物的主要害蟲種數 (包括蠕類)

作物	地域	害蟲種數	資料來源
水稻	全世界	20	(23)
"	臺灣	5	(1)
棉花	以色列	3	(14)
"	美國加州	2	(35)
苜蓿	美國	9	(22)
蘋果	"	6	(22)
"	美國華盛頓州	6	(16)
桃	美國加州	5	(16)
甘蔗	臺灣	4	(4)
香蕉	"	4	(2)
柑橘	以色列	5	(11)
"	敘利亞	8	(11)
"	埃及	9	(11)
"	蘇俄	9	(11)
"	伊朗	11	(11)
"	厄瓜多爾	9	(11)
"	墨西哥	12	(11)
"	南羅得西亞	2	(11)
"	臺灣	10	(3)

Doutt⁽¹⁰⁾ 曾經強調，在來種的昆蟲由於長期演化的結果，通常有幾種天敵在時間與空間的分佈上跟它一致，由於複雜的食物鏈的關係，使得在來種昆蟲與其天敵間保持著比較穩定的平衡狀態。而外來種害蟲往往在被引到新地域時，把它的天敵拋在原產地，以致於一旦在新的環境適應立足後，藉著驚人的生物潛能 (Biotic potential) 的發揮，不久即對其食料作物構成嚴重的威脅。而 Van den Bosch⁽³⁴⁾ 指出，在全美國的160種外來種害蟲中，到目前為止約有一半靠著自原產地引入天敵而獲得完全或部份防治成功。

自從合成有機殺蟲劑普遍被大量施用之後，在世界各地已不斷地發現次要的害蟲躍升為主要的害蟲^(26,28)。究其原因可能是藥劑對害蟲及天敵具有不同的殺傷力，原來次要害蟲的天敵被盲目的藥劑所殺害或驅逐出境，而主要害蟲之複群已降到很低的程度，此時重要的生態職位 (Ecological niche) 呈現暫時性的真空狀態，次要害蟲乃趁機佔據而升格為主要害蟲。

由以上的事實，我們可以知道害蟲的天敵在蟲害管理 (Insect-pest management) 中扮演著相當重要的角色，只是其功勞不太容易被明察就是了。固然，我們很難精確地以統計數據來評估自然界中天敵對害蟲複群的調節能力，但間接地從外來種害蟲之猖獗，本地種害蟲之不常引起嚴重為害，以及農藥之引起主要害蟲相之改變，不難反證天敵之重要性。等到自外來害蟲之原產地引進天敵而成功地防治外來種害蟲時，其效果就更加明顯了。因此，我們實在應該建立一項積極的觀念，把害蟲的天敵看作國家寶貴的自然資源 (Natural resources) 之一，同時也應竭力開發這項資源，善加保護，善加利用。

過去生物防治失敗原因之檢討

生物防治施行的方式大概有三種^(5,9,33,34,35)。第一是從外國或原產地引入天敵，作比較永久性的防治，適用於經濟限界 (Economic threshold) 高的外來種害蟲。或者是生長長期的植物如森林、果樹、牧草及多年生作物等。第二是飼養大量的天敵作臨時應急的釋放。適用於直接加害於穀粒、果實、蔬菜或市場產品類的害蟲，其所能被容忍的經濟為害限界一般較低。第三是改善現有的環境，所謂棲地管理 (Habitat management)，使有利於原有天敵的存活與活動，以強化現有的調節力量。適用於本地種害蟲或躍升為主要害蟲之次要害蟲。其中以第一種方式成功的例子較多，也較普遍被採用。

DeBach⁽⁹⁾ 在1971年指出，在全世界引進天敵來防治的223種害蟲中，有103種 (約佔46%) 的防治效果是完全失敗的。當然，每個個案有其特殊失敗的原因，不過若把較常出現的原因加以歸納，大概有下列數項：^(5,11,20,21,22)

1. 學名鑑定錯誤而引進不恰當的天敵。
2. 害蟲分佈的範圍遠超過天敵所能達到的範圍。
3. 天敵缺乏轉移寄主 (Alternate host)，或成蟲找不到適當的食料如花粉或蜜露等。
4. 無適當休眠場所。
5. 天敵不能適應新的區域性氣象條件。
6. 天敵與寄主之生活史配合失調 (Poor synchronization)。
7. 助虐昆蟲干擾捕食或寄生活動。
8. 天敵只能在害蟲複群密度高時才能發揮抑制力，但不能控制害蟲於更低的穩定密度之下。

捕食性與寄生性昆蟲在應用上之比較

Huffaker, Messenger及DeBach⁽¹⁸⁾ 等人一致認為，從經驗的證明及理論上的考慮而言，寄

生性昆蟲要優於捕食性昆蟲。暫且對這論點不加以評論，讓我們來看看兩者在應用上各有些什麼特性。綜合幾家的論點^(8,11,18)把比較重要的特性列表比較如下：

表二、捕食性與寄生性昆蟲在應用上之比較

項 目	捕 食 性 昆 蟲	寄 生 性 昆 蟲
食 量 需 求	需 要 大 量 食 餌	只 需 一 隻 寄 主 個 體
機 動 性	低	高
食 餌 專 一 性	通 常 較 雜 食	通 常 較 專 一
性 比 之 變 動	不 受 食 餌 多 寡 的 影 響	當 寄 主 棲 群 低 時 常 有 產 下 較 多 雌 蟲 的 趨 勢
食 餌 分 佈 的 影 響	適 宜 對 付 群 落 型 分 佈 的 害 蟲	對 均 勻 稀 疏 分 佈 的 害 蟲 易 湊 效

由表2可以看出，兩者爲了求生存，各採取不同的策略來適應不同的情況。捕食性昆蟲由於幼期無翅，只靠爬行，所以其活動範圍較小，而且需要大量食餌才能存活發育而完成其世代，因此當害蟲具有群落型的分佈 (Colonial type of distribution)，如綿介殼蟲、無殼介殼蟲、蚜蟲類及紅蜘蛛等，它往往能大大地飽食，發揮高度而即刻的抑制效率。可是當害蟲棲群低時，覓食不易，不得不採取雜食性以彌補其不足，否則死亡率必高，除了被迫他遷之外，則有滅種的危機。

寄生性昆蟲通常只需一個寄主個體就能完成其發育及生活史，又因爲幼期的食餌由成蟲所決定，所以其機動性較高，對寄主的需求也較專一，與寄主的生活史較能配合一致。由於其食餌由成蟲決定，所以對分佈稀疏 (Scattered type of distribution) 的害蟲，能發揮較大的控制效果。同時爲了適應寄主棲群太低時的情況，有些寄生蜂往往會產下較多的雌性個體，所以寄生性昆蟲往往能調節害蟲的棲群密度於較低的水平，從蟲害管理的立場來看，這種特性是很理想的。

從以上的討論可以得到一個結論：對捕食性昆蟲與寄生性昆蟲的利用，不應先存有優劣的偏見，應同時考慮到對象害蟲之特性才能作適當的抉擇。再則，假若能在害蟲棲群密度高時，適時釋放食量大的捕食性昆蟲，而當棲群被抑制到較低的情況時，再釋放機動性高的寄生性天敵，亦未嘗不是很理想的辦法。

利用寄生性昆虫的基本研究

本省爲處於熱帶及亞熱帶的島嶼，從生態學的觀點而言，正是實施生物防治很理想的地域⁽⁹⁾。據DeBach⁽⁹⁾的統計，截至目前爲止，靠引進天敵而達成生物防治完全成功的計劃，在熱帶區有60%(12/20)，亞熱帶45%(20/44)，溫帶—亞熱帶33%(17/51)，而溫帶只有24%(14/59)。多數學者認爲在熱帶島嶼從事生物防治，成功的可能性較大，其理由是海島上之害蟲大多是外來種，而且全年氣候較穩定，無酷冷的冬季及乾熱的夏季，有利於天敵之發育與增殖。

從上面的數據及論點，對於本省着手生物防治應該是很大的鼓勵，何況天敵一旦能適應立足之後，其效力是永久存在的，而且很經濟。再者，到目前爲止生物防治法未曾引起任何不良效果。筆者認爲本省之生物防治仍以自外地引進天敵較爲可行。

目前的生物防治大半仍如 Clausen⁽⁷⁾所言停留在經驗的嘗試階段上。可是他也認爲若能在引進天敵之前，對有關的天敵之生物學詳加研究，則成功的可能性及信心會大增。至於有那些是生物防治

的基本研究，則恐怕很難有一致的意見，底下的建議也只是提供參考而已。

1. 確定種名及其發源地：

正確地鑑定害蟲及天敵的種名（或亞種或生態種）才能查出二者的發源地。若害蟲確是外來種，則可進一步找尋原產地有關該蟲之天敵群。往往一大筆經費由於正名不當而浪費在不恰當的地域，結果徒勞而無功。這項基本資料，主要靠文獻的搜集，以及向世界有關的研究機構去詢問⁽²²⁾。

2. 主要害蟲棲群動態與天敵相之研究：

生物防治只是蟲害管理的戰術之一，至於如何運用它則有賴於深入的害蟲棲群動態的研究。透過害蟲的生命表 (Life table)⁽¹³⁾ 及關鍵因子的分析 (Key factor analysis)^(21,28)，可以找出棲群成長中最弱的一環，指出預測棲群變動的主要因子，同時對當地的天敵相之抑制力也會有正確的評估，如此可以可靠地預測棲群變動的趨勢，策劃適時加入適當的防治因子，使害蟲棲群降低到人類能够容忍的水平之下。

同樣的，若能利用上述的技術來研究天敵的棲群動態⁽²⁷⁾，則亦可探求影響天敵棲群成長最重要的因素，預測它成長的趨勢，配合適當的採樣法，則可隨時指出天敵的棲群能否調節當時情況下的害蟲棲群，這點在決定釋放天敵以彌補當時抑制力之不足時，應該是很重要的資料。

不過，利用生命表的方式來收集並分析蟲群動態的資料，雖然是很時髦的技術，但是因為它比較適宜用來研究一年一代或各世代分明沒有重疊的昆蟲，所以對於熱帶或亞熱帶的昆蟲而言，這項技術必先經過特殊的修改，而且要有適當的取樣技術才能適用^(13,28)。

關於不同致死因子作用之先後順序及其組合對害蟲棲群的影響之分析，Solomon^(29,30)從長期的研究生涯中，將它歸納成一些規則，對於通盤策劃生物防治及蟲害管理決策之運用，很有參考價值，簡單摘述如下：

a) 兩種或兩種以上非密度應變 (Density-independent) 致死因子，先後作用於一蟲群，其最後結果不因其作用之先後順序而受影響。

b) 兩種或兩種以上的密度應變 (Density-dependent) 因子，先後作用於一蟲群，若能依作用大小之順序先後作用的話，則最能發揮總作用效果。

c) 當一密度應變因子與一或一以上之非密度應變因子先後作用於一蟲群時，若密度應變因子作用在先，則其效果最大。

d) 若有一大約能殺死固定害蟲數目之因子，與一密度（或一非密度）應變因子先後作用於一蟲群，當密度（或非密度）應變因子作用在先時，則其總影響較大。

e) 一般言之，若一效率較高的因子作用在先，而殺死大部份的蟲子，然後另一較不受蟲群密度的影響而改變其作用效率之因子作用在後，則最能降低害蟲之棲群。

3. 研究引入之天敵將要立足的棲地之物理及生物的特性：

關於地域性的氣候對生物防治施行上的限制，Messenger^(19,20)曾有詳細的討論。Price⁽²⁴⁾認為棲地的一般性氣候、微氣候、植物相及害蟲之分佈情形，應該先有深入的探討，如此才能曉得將來要引進的天敵需要適應什麼樣的環境，以作為研判最恰當天敵的重要依據之一。他指出在測量這些資料時，即使所用的準則是很粗略的自然指標，如遮蔭程度、地面覆蓋物等，有時也就足夠實際應用了。

4. 選擇適當的天敵：

一種有效的天敵最好能具備底下的良好特性⁽¹⁸⁾：a) 有很高的找尋能力 (Searching ability)；b) 對於大幅度的環境條件有很好的適應能力；c) 與害蟲相對地比較起來有很高的增殖能力；及 d) 對於對象害蟲很有喜好性。不過這四種特性往往很難都齊備。一般的證據顯示，找尋能力與生殖潛能通常成相反的關係⁽¹²⁾，即找尋能力高的天敵常伴以低等或中等的生殖力，而找尋能力低的通常

其生殖力高。前者宜於控制害蟲棲群密度低的情況，後者可控制高的蟲群密度。

儘管在選擇天敵的條件上有許多不同的意見，多數人却一致認為高效率的找尋能力是最重要的考慮條件^(11,18)。然而這個特性並不一定從其高的寄生百分率顯示出來。譬如A種的寄生蜂儘管有很高的寄生率，但當其與害蟲棲群保持在平衡狀態時，其時害蟲之棲群密度可能仍高於經濟限界。此時若要把害蟲棲群壓抑到更低的情況，則非引進一種更具高度找尋能力的B種寄生蜂不可，因為此時蟲數稀少而且分佈很零散。B種的寄生率可能不高，但是其抑制力却足以維持害蟲棲群於經濟限界之下，而達到蟲害管理的目的。

5. 天敵之大量飼養與釋放：

關於如何飼養大量的天敵，以及如何利用溫度及光週期等之調節使天敵進入或打破滯育 (Diapause) 狀態，以儲備大量的天敵作適時釋放應付急需情況，也是很重要的問題。其他如代用寄主之探求，天敵運送器之設計等等，也都是很實際的研究項目。

6. 本地種天敵之生態與習性之研究：

任何方面的有關天敵之生態與習性之詳細資料，不但在天敵的利用與保育 (Conservation) 上很有價值，更重要的是對國際間生物防治機構的資料交換上，也會有直接的貢獻。

以上的討論並不意謂著要引進天敵必需先做了這些研究之後才可進行。事實上，應用科學往往爲了急需，只要知道如何做就行了，往往嘗試的過程中，自然而然問題也能迎刃而解。從實際的立場而言，我們應強調借重美國、加拿大及澳洲等國的經驗，先着手去做，再以研究去配合，去改進。

引進一種或多種天敵之考慮

這項考慮在引進天敵的策略上曾經是爭論的老問題，首先提出這問題的是加州大學的H.S.Smith⁽²⁷⁾。當時他主要是對夏威夷的Pemberton及Willard關於引進寄生蜂對地中海果蠅之總影響的討論提出反對意見。他們兩人認爲許多種寄生蜂同時攻擊一種果蠅，其結果反不如一種效率高的寄生蜂。贊成這種觀點的以加拿大的學者爲主，如Turnbull及Chant等⁽²⁸⁾。但是Smith認爲多種天敵同時攻擊一種害蟲，則由於截長補短，通力合作，較易使害蟲維持在一定的棲群密度，不易猖獗。因爲萬一惡劣環境的威脅（如極端而不尋常的天候），總會有一、兩種存活而發揮抑制的功能。加州大學的昆蟲學者一向是站在這一路線上。

到目前爲止以贊成同時引進多種天敵的人居多。前面的討論中我們曾經提到，本地種害蟲不常爲害成災，因爲有一些寄生昆蟲種群 (Parasitoid complex) 在時、空上與其分佈一致⁽¹⁰⁾。寄生昆蟲種群若能先後攻擊害蟲之不同發育階段，則不致抵消彼此的效力，而可同時共存 (Co-existence) 發揮協力效果。DeBach⁽⁸⁾報告在對抗加州紅介殼蟲80年的防治歷史中，先後引進了五十多種天敵，而他認爲從生存競爭適者生存的原則來看，其結果是良好的，至少該蟲之不再爲害成災是個見證。

最近 Hassell, Varley及Gradwell^(15,30)等曾從實驗室與田間蟲群動態的觀點來分析並評估天敵之重要角色，他們的結論也認爲同時引進數種寄生性昆蟲，更可能獲得最佳的生物防治效果。他們的看法是：1. 同時引進多種天敵，則至少有一種可以立足的機率比較大。2. 假若有一種可以立足，則情況會更加有利。3. 假若害蟲的分佈佔有不同的氣候區域，則由於競爭取代 (Competitive displacement) 的結果，不同的天敵將可在不同的區域發揮顯著的效果。

天敵族羣遺傳上之考慮

計劃到天敵的發源地去採集時，應該考慮到一項事實，那就是天然的族群之間在遺傳上往往有很

大的差異存在，這是近代的族群遺傳學(Population genetics)所證實的。當然我們可能無法獲得可靠的族群遺傳資料，但是Remington⁽²⁵⁾曾經從理論上提示引進天敵的兩大定則，簡單敘述如下：

1. 最好到與害蟲棲地最類似的天敵分佈區去找，而且應該選擇一個大的中央棲群作為採集的對象，採集的數量要多。更佳的方法是從各種不同但大略仍類似害蟲棲地的環境中，去採集鄰近但豐度(Abundance)不等的天敵棲群，如此可以採集到最多的具有不同遺傳變異的天敵個體。這樣在引進的新棲地中，受自然淘汰之後，很可能可以產生一種最適當的基因型(Genotype)。

2. 要避免從一個大的來源棲群(Source population)中引進少數天敵的個體；或自此棲群中採集一些個體而在實驗室中飼育幾世代之後釋放出去。

參 考 文 獻

1. 易希陶 1933 經濟昆蟲學(下篇) 正中書局 464頁
2. 貢毅紳 1936 香蕉害蟲 P.81—136. 臺灣植物保護工作: 昆蟲篇(1940—1935) 335頁
3. 陶家駒 1936 柑橘害蟲 P.137—188. 臺灣植物保護工作: 昆蟲篇(1940—1935) 335頁
4. 潘榮松 1936 甘蔗害蟲 P.235—241 臺灣植物保護工作: 昆蟲篇(1940—1935) 335頁
5. Beirne, B. P. 1932. Trends in applied biological control of insects. *Ann. Rev. Entomol.* 17:387—400.
6. Bodenheimer, F. S. 1958. *Animal ecology to-day*. Chap. IV. Biological equilibrium in nature and biological control. *Monographiae Biologicae Vol VI*. Den Haag: Uitgeverij Dr. W. Junk. 276 pp.
7. Clausen, C. P. 1953. Biological control of insect pests. *Ann. Rev. Entomol.* 3:291—310.
8. DeBach, P. 1939. Biological Control of Diaspine Scale insects on citrus in California. *Proc. 1st Intern. Citrus Symp.* 2:801—815.
9. DeBach, P. 1971. The Use of imported natural enemies in insect pest management ecology. *Proc. Tall Timbers Conf. Ecol. Anim. control Habit. Manage.* No 3:211—233.
10. Doutt, R. L. 1961. The dimensions of endemism. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 54:46—53.
11. Ebeling, W. 1959. Subtropical fruit pests. chap. 6. Biological control. Univ. of California. vi+436 pp.
12. Flander, S. E. 1947. Elements of host discovery exemplified by parasitic Hymenoptera. *Ecology.* 28:299—309.
13. Harcourt, D. G. 1939. The development and use of life tables in the study of natural insect populations. *Ann. Rev. Entomol.* 14:175—193.
14. Harpaz, I. and D. Rosen. 1971. Development of integrated control programs for crop pest in Israel. p.453—463. In: C. B. Huffaker (ed.) *Biological control*. New York: Plenum Press.
15. Hassell, M. P. and G. C. Varley. 1939. New inductive population model for insect parasites and its bearing on biological control. *Nature* 223:1133—1137.
16. Hoyt, S. C. and L. E. Caltagirone. 1971. The developing programs of integrated control of pests of apples in Washington and peaches in California. p.395—421. In: C. B. Huffaker (ed.) *Biological control*. New York: Plenum Press.
17. Huffaker, C. B. 1974. Some implications of Plant-Arthropod and higher-level, Arthropod-Arthropod food links. *Environ. Entomol.* 3:1—9.
18. Huffaker, C. B., P. S. Messenger, and P. DeBach. 1971. The Natural enemy component in natural control and the theory of biological control. p. 16—67. In: C. B. Huffaker (ed.)

Biological control. New York: Plenum Press.

19. Messenger, P. S. 1970. Bioclimatic inputs to biological control and pest management programs. p.84—99. In: R. L. Rabb and F. E. Guthrie. Concepts of pest management. xi+242pp. North Carolina State Univ. Raleigh, N. Carolina.
20. Messenger, P. S. 1971. Climatic limitations to biological controls. Proc. Tall Timbers Conf. Ecol. Anim. Control Habit. Manage. No.3: 97—114.
21. Morris, R. F. 1959. Single-factor analysis in population dynamics. Ecology. 40:580—538.
22. National Academy of Sciences. 1969. Insect pest management and control. Nat. Acad. Sci. Washington, D. C. 503pp.
23. Pathak, M. D. 1968. Ecology of common insect pests of rice. Ann. Rev. Entomol. 13:257—294.
24. Price, P. W. 1972. Methods of sampling and analysis for predictive results in the introduction of entomophagous insects. Entomophaga 17(2):211—222.
25. Remington, C. A. 1938. The population genetics of insect introduction. Ann. Rev. Entomol. 13:415—426.
26. Ripper, W. E. 1956. Effect of pesticides on balance of arthropod populations. Ibid. 1:403—438.
27. Smith, H. S. 1929. Multiple parasitism: its relation to the biological control of insect pests. Bull. Entomol. Res. 20:141—149.
28. Smith, R. F. 1970. Pesticides: their use and limitations in pest management. p.103—113. In: R. L. Rabb and F. E. Guthrie (eds.) Concepts of pest management. North Carolina State Univ., Raleigh.
29. Solomon, M. E. 1964. Rules governing the combined effects of successive mortalities. Proc. XIIth Intern. Congr. Entomol. p.399—400.
30. Solomon, M. E. 1964. Analysis of processes involved in the natural control of insects. Adv. Ecol. Res. 2:1—58.
31. Southwood, T. R. E. and M. J. Way. 1970. Ecological background to pest management p.6—28. In: R. L. Rabb and F. E. Guthrie (eds.) Concepts of pest management. North Carolina State Univ., Raleigh.
32. Taylor, T. H. C. 1955. Biological control of insect pests. Ann. Appl. Biol. 42:190—196.
33. Turnbull, A. L. and D. A. Chant. 1961. The practice and theory of biological control of insects in Canada. Can. J. Zool. 39:697—753.
34. Van den Bosch, R. 1971. Biological control of insects. Ann. Rev. Ecol. System. Vol. 2:45—66.
35. Van den Bosch, R., T. F. Leigh, L. A. Falcon, V. M. Stern, D. Gonzales, and K. S. Hagen. 1971. The developing program of integrated control of cotton pests in California, p. 377—394. In: C. B. Huffaker (ed.) Biological control. New York: Plenum Press.
36. Van den Bosch, R. and V. M. Stren. 1962. The integration of chemical and biological control of arthropod pests. Ann. Rev. Entomol. 7:367—386.
37. Varley, G. C. 1970. The need for life tables for parasites and predators. p.59—68. In: R. L. Rabb and F. E. Guthrie (eds) Concepts of pest management. North Carolina State Univ., Raleigh.
38. Varley, G. C. and G. R. Gradwell. 1970. Recent advances in insect population dynamics. Ann. Rev. Entomol. 15:1—24.
39. Varley, G. C. and G. R. Gradwell. 1971. The use of models and life tables in assessing the role of natural enemies. p.93—112. In: C. B. Huffaker (ed.) Biological control. New York: Plenum Press. xix+511p.