第一章　緒論

楊純明
行政院農業委員會農業試驗所農藝組

一、前言

雜草科學(weed science)的發展受到作物疫病蟲科學(pest science)的影響頗大，尤其是有關雜草管理的部分，其與「有害生物綜合管理，或稱疫病蟲害綜合管理(integrated pest management, IPM)」的關聯更是密切。在規範雜草科學涵蓋的內容及範圍之前，首先需要澄清『雜草(weeds)』的定義，才能進一步探索與探究雜草科學的內涵。

對於雜草的定義，是因人因時因地而異的，有人將無利用價值的植物稱為雜草，有人則將妨礙主要作物(或母作物)生育的植物統稱為雜草。甚至有人狹義的將草本植物概視為雜草，或將田埂、路旁、屋鄰、田邊、荒地、溝壑、湖畔等著(叢)生的植物統歸為雜草。本章作者綜合生態學和農學的觀點提出的『雜草』定義是，舉凡其生態角色、生理機制、生活功能及生產價值尚未釐清而未能大量經濟性栽培的植物，即稱之為雜草。因此，在此定義下原被視為雜草的某一特定植物，可能由於內含某項可供人類利用的特殊化學成分，而立即受到萬眾矚目在短期間內集中研發且被大規模的栽培生產成為經濟作物。

從生態的立場，雜草只不過是尚未被人類有效利用的植物，與一般生活在大自然環境的植物並無不同，人們不應該將雜草視為異類除之而後快。雜草是地球上生物多樣性(biodiversity)的一環，當某雜草被納入農業生產體系時，其又將是農業生物多樣系統(agro-biodiversity system)中的一份子。同樣的從生態觀點，防除或管理雜草的化學藥劑應當稱為「除草劑」而非「殺草劑」，目的在於降低農耕地的雜草族群數量至低於「臨界經濟損失(threshold economic loss)」水準，或控制非被期待的植物於一可被接受的數量以下，絕對不是將所有雜草族群趕盡殺絕，破壞生物多樣的大自然。

由此可知，雜草之為『雜草』係一動態性的定義，其角色因人因時因地而異，可能隨著人類的認知、時間及所處的場所而調整對某一特定雜草的判斷和評價。所以，雜草科學在雜草防除(weed control)及雜草管理(weed management)二項科目之外，其他的內容及範圍無異於一般植物科學，值得深入研究探討。近年來，考量除草劑的氾濫使用和生物科技在除草劑抗性作物的

新興應用，衍生出了「雜草倫理學」，從農業生產、生態環境與社會安全等多元面向探討除草劑使用、雜草管理策略及雜草科學，期以導引雜草科學至正確的發展方向並貢獻於人類福祉。

二、雜草族群的生態

生態學是一門探討生物間交感、生物與環境關係、以及人類活動對其他生物生活與生存影響的專業學術領域。由於雜草是生物界的一分子，並影響農作物生育與糧食生產，對於農業生態系中生態組成及人類活動因子的研究，必須考量雜草的存在及其與環境、人類之間的相對關係。對於雜草生態學的研究和瞭解，提供了雜草科學家建構合適的雜草防除與雜草管理策略(strategy)，強調兼顧農作生產、環境保護與社會責任的雜草利用與管理(Radosevich 1998)。這些知識在探討雜草倫理學上亦是相當重要的關鍵，唯有澄清雜草的生態角色，才能建立正確且合適的雜草管理與雜草倫理的理念及系統。

一地之雜草族群通常都不是單一種原族群，而係多物種的雜草相，在隨時變遷的合適條件下，各種原可能逐一發展為主要的多數族群，成為當地的優勢雜草種類(prevailing weed species)。在不刻意防除或管理之下，這些年齡及遺傳組成不一的雜草族群極易擴張到造成作物經濟損失程度(Buhler *et al.* 1997a, O'Donovan 1996)。因此，如何依照各地不同雜草情況規劃適當的管理作業，對農民、生產者、或甚至雜草研究人員，都是一項艱鉅的挑戰，可能面對的包括防除藥劑與策略、各項策略的最佳實施時間、維持雜草族群於損害臨界值以下、以及控制雜草種子與蔓莖於最低水準等問題。異於雜草情況，有害昆蟲常於作物生育的某段期間同時且大量的出現，由單一物種獨佔並成災(Chiang 1978)。由於昆蟲的生命週期大都較短，只要採取的管理作業得宜，其防治成效較可預期，對作物造成的損害也較能評估。雜草的管理通常需要採取長期且綜合的手段，因為對於作物的損害評估可能包括雜草種類的交感效應、土壤中植物種原庫及環境變異等諸多潛在生態因素干擾，不容易在短期間內評斷出雜草管理的成效。

在生長季中，雜草的移動受限，常以群落方式散居(佈)於田間(Cardina *et al.* 1997, Mortensen *et al.* 1993)，僅少數雜草物種能夠在合適情況下佈滿全區造成優勢。雜草的傳播仰賴風、水、昆蟲、人類或其他自然運動作為媒介，然而在單一生長季中的傳播力仍屬有限(Cousens and Mortimer 1995)。農田中大多數的雜草族群是在作物的生長期間出現，且直接從土壤中萌發。相反的，某些有害昆蟲在非作物生長季節並不存在於當地生態系，而係在達到成災水準前才遷移至當地，隨即迅速在短期內發展成為災害。因此，族群的發展歷程可作為區別雜草與昆蟲族群特性的判識指標，也可應用於早期族群發展預測。由於雜草種子庫是當地土壤特有徵狀，由土壤種子庫的採樣分析資料，可以額外再提供吾人預測當地雜草族群的生態與動態(Buhler *et al.* 1997b, Swinton and King 1994, Wiles *et al.*

1996)。又由於雜草族群可能陸續在農作物生育期間不斷的冒出，不僅雜草的管理措施必須配合雜草種類與環境調整，雜草管理的成效因此需要在作季結束後才能完整的評估，各種雜草對作物生產的干擾也才能有所區隔。

作物產量受到雜草危害的實際損失，端視雜草密度、作物行株距、土壤肥力與水分含量、及作物鄰近雜草植株的距離等因素而定(Lindquist *et al*. 1996, 1999)。當雜草植株與作物同步萌芽時，其造成的危害高於較後萌芽的雜草，因為早期的資源競爭具有較大的壓迫潛力。多雜草物種地區造成的作物產量損失則較不易估算，特別在低族群密度下的各別影響程度(O'Donovan 1996)，很難加以切割、區隔各單一雜草族群的破壞力。尚且各種雜草族群的交感效應(interactions)不一，各有累積效應(cumulative effect)、非加成效應(non-additive effect)、或相互交感(mutual interactions)等作用，不容易做簡單的估測。病、蟲源感染造成的產量損失通常較單純，一般係由獨占或首要族群引起，出現的徵狀也較為一致(Pedigo 1995)。因此，吾人可以由疫病蟲引發的類似狀況推估另一田區可能造成的減產，評估危害程度，勿須再有對照處理比較之。相對的，僅僅量測一次雜草族群密度即做最後對產量影響的估測是不夠的，因為雜草族群可能在作物生育期間改變，造成經濟性減產的最小族群密度也可能隨時間異動。因此，多次量測是必要的，尤其在多雜草物種的族群，族群間的消長將改變減產的最小族群密度(Swanton *et al*. 1999)，也因此可知雜草生態對農作物生產的複雜影響。

三、雜草倫理學

許多科學領域雖然都刻意排除其與社會學(sociology)和倫理學(ethics)在理論及實務上的連帶關係，嘗試躲避道德面的束縛，然而卻無法做到完全的切割，因為科學的發展脫離不了人文層面。同樣的，雜草科學亦難以去除蘊涵的倫理價值觀及對社會應盡的責任(Zimdahl 1998)，當牽涉到生命與安全的考量，生態與環境的維護，就必須要兼顧社會倫理及道德責任。事實上無論從理論抑或應用而言，雜草科學均無以避開外在客觀及主觀的評價，雜草的生理與生態、雜草的種類與遺傳、雜草的管理與利用、乃至於除草劑的發展與應用及近代生物科技的引用等，俱是有形的實體，凡落實於應用就必然落入於世俗評價。學術界或一般社會大眾可以分從其對滿足人類糧食生產需求、促進糧食生產貢獻、有效提供安全食物改善人類生活、助益於農業永續的機能、提高糧食與纖維生產效率、以及增加農民收益等方面，逐一評估雜草科學的意涵、實用性與價值觀，論斷其對社會的各種正面與負面影響。

科學方法提供了追求事實與真理的介面及解謎的鎖鑰，科技的進步也成就了人類對真善美的信仰，然而無庸諱言的，科學的許多價值亦奠基於所謂機會主義。大多數雜草科學家及農業科學研究人員皆屬於機會主義者，認為總有一天他們的研究成果將對人類具有正

面貢獻，其用處可以增進大部分人們的福祉；或者，總希望有朝一日他們的研究結果受到社會的重視，帶來功成名就的實質收穫。如此想法，不但左右研究方向的取捨，也會因此影響到個人的價值觀。倘若雜草科學家未具有正確的倫理思想，研發成果未實施於正道上，或採用正當的方法操作，人類恐將未蒙其利先受其害。這是雜草倫理學衍生的起源，也是本文希望強調的重點，包括雜草科學在內，任何科學的發展與實用，必須受到社會的評價與規範，才不至於誤入歧途。

雜草科學或其他農業科學的倫理議題，未必僅限於批評或心智更新等嚴肅性話題，而應當是意志與理想的澄清及自我能力的提昇，體認科學家自身應該扮演的角色、抉擇適當的工作內容及具備正確的價值觀。Zimdahl (1998)更進一步的解釋，認為一位真正的雜草科學家應該致力於經驗與心得的相互交換，並努力於同儕間的深度切磋討論，激發出新的思緒、新的意境及新的點子，使得雜草科學的研究發展具有意義。在相同領域的個人若缺乏內在的倫理反射(internal ethical reflection)與價值判斷(value clarification)，並誠心喜悅接受外在的批判考驗(external distortions)與公共評論(public criticism)，將不能衍生出大家共同遵循的道德法則。

正如其他農業科學家或自然資源保留地規劃專家一樣，雜草科學家和同儕之間經常為了糧食與纖維生產的認知差異而陷於激烈爭辯，辯論的焦點通常集中於農作物生產與牧草地管理的適當工具及策略。其實比照其他農業科學，雜草科學家亦當不吝於經常性的彼此討論，歸納出專屬於雜草科學的倫理基石(ethical foundation)來，讓大家共同遵守與依循。舉例而言，過去幾十年間美洲(國)雜草科學會(Weed Science Society of America, WSSA)會員之間存在針對環境倫理議題方面的爭辯，諸如除草劑 2,4,5-T 是否適用於森林地、除草劑 atrazine 是否應禁用於農業雜草管理以維護人類健康與水源安全等，迴響及影響均十分深遠。

四、雜草科學的應用

雜草科學早期的發展與應用重點，偏重於除草劑的研發及雜草的防除，期以助益於農業生產。後來又在納入疫病蟲害的綜合管理做法下，積極朝向建立與改進雜草管理系統。但是在過去二、三十年間，生物科技擁有相當驚人的發展，無論在動物或植物領域，均有十分豐碩的成果。人類透過生物科技大幅改進了生產質量與效率，革新了生產技術與限制，也顯著縮短了作物育種的時程與精力消耗，然而卻也遷引出"生物科技的利弊"及"人類是否在扮演上帝"的問題(Comstock 1998)。

事實上雜草科學不落人後的亦納入應用生物科技於產品的研發，結合除草劑和種子生產的大型生物科技公司陸續推出「除草劑抗性作物(herbicide-resistant crops)」產品，如除草劑抗性玉米、大豆、油菜、棉花等(劉 2002)，使得除草劑能夠更方便大量施用，也適度的控制農場經營管理的成本。另一方面，長期大量使用除草劑帶

來的生存競爭壓力，卻可能在物競天擇之下誕生「除草劑抗性植物/雜草」，近三十年來幾乎每年皆有抗性植物被發現。當然，對除草劑的抗性也可能是與生俱來的，存在於植物之間，能夠忍受遠高於感性植物致死劑量的耐受性而保留、遺傳。然而，除草劑抗性作物的成功轉殖，是否會引起抗性基因飄移(drift)傳遞於植物之間(尤其是近緣植物)，製造更多的抗性植物或抗性雜草，乃是另一項生物科技利弊的爭論議題，近年來更是經常被討論的雜草科學倫理主題之一。

除此之外，人為轉殖產生的除草劑抗性作物，由於轉入的基因或基因片段可能造成深遠影響，帶來若干安全疑慮或不可測的潛在結果。在人們不信賴的假設前題下，這些抗性作物的衍生產品，受到部分人士抵制，尤其在歐洲許多國家地區這些產品的安全性普受質疑。對於雜草人(weed people)而言，抗性植物及抗性雜草可能是使用除草劑之後的產物，抗性作物則是生物科技公司的生財工具，應用雜草科學進退取捨之間，當以人類的福祉為優先抉擇。

五、雜草管理與農業生產

操作農業可能蘊涵五種不同目的:(1)創造生產的利潤、(2)追求永續的生產、(3)致力於環保安全的生產、(4)滿足人類的糧食需求、及(5)相容於公正的社會秩序。農業科學家在評估這些目的潛在的衝突時，常由不同的價值觀進行交叉辨論作出評斷，亦即站在不同的價值觀點上比較正負優劣。最後由永續農業(sustainable agriculture)的經營與發展恆定目標的結論中，擬定出有利於農業永續的價值標準，並進而謀求各種相對應的改進(善)對策，使得各種目的終歸於一。簡單的說，儘管各人操作農業起初可能懷有不同的目的，表面上看來或許相容或許衝突，但是在達到讓農業得以永續經營與發展(sustaining management and development)的目標上應當是合一的。基於此一共同的恆定目標，各人在做法上就應該自行調整，謀求一致的原則全心全力的往此標竿前進。

雜草科學亦復如此，當詳細分析雜草科學的內涵時，發現各有其正面與負面的機能。最尖銳及最終的問題可能是，如何改進現行雜草管理方法，妥善使用除草劑，使之能相容於更偏向永續與環保的農業，讓農業經營持續緜澤後代子孫。果若大家都能體認雜草科學的終極目的在於農業的永續，那麼各人均能放棄已見，共同朝向相同的前景努力。這也是雜草倫理學衍生的意義與推廣的精要，無論是研發業界、農業生產者、或是從事雜草管理人員，均使之奠基於相同的理念，那麼雜草管理與農業生產即是以永續農業為目標相容的一體兩面。

六、雜草管理的意義

延續以上觀點，現代化的雜草管理策略已在維持農作物生產力上扮演相當重要的角色。對許多農作物而言，噴施除草劑是其中最具成效的一環，明顯降低了產量的損失，且助益於低耕犛作業系統(reduced tillage systems)的推

廣。儘管如此，雜草干擾、土壤侵蝕崩解、及環保疑慮仍然持續存在於現行耕作系統，而除草劑的使用也將繼續遷引雜草族群的演化方向。雜草科學應當更致力於改進綜合管理系統，減輕環境的惡化傾向，並分散同向的物競天擇壓力，促使雜草族群維持多向的演化而保持多樣化(Buhler *et al.* 2000)。吾人可以利用疫病蟲害綜合管理 (Stern *et al.* 1959, Smith and van den Bosch 1967)的架構，來規劃與發展因應各種雜草情境的「雜草綜合管理系統(integrated weed management systems)」，雖然疫病蟲害綜合管理的基本原則已為人熟知且成功的實用於許多農業有害生物，可惜卻尚未充分應用於雜草管理上。雜草科學家未來應當致力於區隔疫病蟲害綜合管理中適用於雜草管理的原則，依照雜草族群特性加以發展與試驗，建立專屬於雜草管理的原理、做法與策略，這同時也是雜草綜合管理策略之理論與實務挑戰。

雜草加諸於農業生產的框架是普遍存在及循環不斷的威脅，換言之，在田間自然狀況下，雜草族群周而復始的普遍發生於農田各角落。近幾年間美國花費於雜草管理的金額，每一年估計均超過 150 億美金(Bridges 1994)，開發中國家則可能不只於此數(Akobunudu 1991)。基於消耗費用、環境影響及現行管理措施之長期功效等考量，雜草綜合管理仍需要進一步加強(Gressel 1992, Wyse 1992)。雖然藉由耕耨及除草劑施用，吾人能夠容易而便捷的控制田間雜草並改進生產效率，卻也因此伴隨對環境的污染、引起人類健康問題及加速土壤崩蝕。此外，如前述在長期施用除草劑狀況下，許多雜草演化出除草劑的抗性基因(Heap 1999)，對特定除草劑不再有敏感反應，給農業生產製造新的問題。

雜草在自然環境中，隨著環境的變異與壓力不斷的演化，除草劑抗性僅是演化途徑的其中一項(Heap 1999)，諸如栽培管理措施亦會導引雜草的演化方向(Buhler *et al.* 1997a, Holt 1994)。由於雜草族群具有龐大的外觀形態改變能力及豐富的基因庫，在經歷漫長的環境變遷過程中，能夠隨著環境條件而演化出適應的變異，衍生各種類型的雜草。舉例而言，稗草(*Echinochloa crus-galli* L.)即是在人工除草的情況下保留、延續及演化，因其外觀形態在生育初期類似於水稻(*Oryza sativa* L.)，未如其他雜草被人為淘汰(Gould 1991)。據此，雜草綜合管理內容視雜草種類及環境狀況而異，也隨著當地特有條件而有所差別，惟以下列二項為其共通點: (1)採用多層次控制策略，即選用不只一種方法或不只一次進行防除措施。(2)將雜草生物學知識融入管理系統，以維護生態環境並提高經濟效益。因此，研發雜草綜合管理策略應當容納各種可能的途徑，不必侷限於除草劑的使用及耕耨操作，才能針對特定雜草情境發展出最佳化的管理策略(Liebman and Gallandt 1997, Navas 1991)。一套最佳化的雜草綜合管理系統，應該可以提供使用者多元的選項，加諸於雜草族群不同的演化壓力，以及提高資源的有效利用。

七、合理的雜草管理

雜草管理並不等同於雜草防除，雜草防除係指為了降低現存雜草族群所採取的行動或措施，雜草管理則更進一步考量如何防制雜草繁殖，減少農作物栽植後的雜草萌芽，以及減輕雜草對作物的競爭效應(Buhler 1996, Zimdahl 1991)。換言之，雜草管理強調於綜合相關的知識與技術，以根本解決雜草併存所帶來的諸種負面問題，而不僅僅是對付雜草出現後產生的栽培干擾。雜草管理的最終目的在於執行最適當的預防性策略與措施，並追求最佳化的作物生產和經濟收益。所以，合理的雜草管理融合專業知識、管理技巧與監測管考，而且有效運用適當的防除作業，特別應當加入雜草生物學與生態學，才能充分瞭解造成當地雜草相變化的因果。如此具有宏觀視野與理念的雜草管理系統，才能真正維繫長期而成功的雜草管理成果，而非僅是不斷地處理一再發生的不同雜草問題(Maxwell 1999)。

近年來雜草管理已邁向較為合理的綜合管理型式，這些因應不同雜草特性研發的雜草綜合管理，其理論與觀念係延伸自植物蟲害及病害的疫病蟲害綜合管理架構(Benbrook 1996, Cardina *et al.* 1999)。依照 Pedigo(1995)的定義，疫病蟲害綜合管理係基於對病蟲族群生物學及其發生流行造成作物產量危害與經濟損失的瞭解，而採行的綜合式有效對應途徑。因此，疫病蟲害綜合管理具有以下五項基本觀念: (1)實施的場所長期存在具有抗性的潛在有害病蟲源，(2)以當地生態系作為管理單位，(3)融入最大可能的天然控制動因(natural control agents)，(4)任一管控措施可能造成未預期或未期待的結果，以及(5)連結跨領域的專業方法及系統(Bottrell 1979)。操作疫病蟲害綜合管理指導原則有下列六項: (1)分析特定病源或蟲源發展成為致災的潛力，並建立其造成經濟損失的平損臨界值；(2)研發降低重要病蟲平衡密度(equilibrium densities)的方法；(3)提高作物受到病蟲危害達經濟損失耐受力的栽培系統；(4)增加作物栽培系統的多樣化；(5)截短造成病蟲損害之現存病蟲源族群數量；及(6)採行多樣化的控制措施(Bottrell 1979, Pedigo 1995)。對於具有流行性感染能力的蟲源及病源，則甚至需要加上地區病蟲源與天氣的追蹤監測、複雜的預測模組、以及遺傳、栽培、生物性與生物科技等的組合資訊(National Research Council 1996)。雜草的綜合管理，可以仿照這些理論架構，再因應不同雜草特性來研發對稱與對應的合理管理方法，如以下之敘述。

八、雜草綜合管理系統

由於起步較晚，目前雜草綜合管理系統的建立尚未臻完整(Hall 1995)，有許多理論、經驗及方法係套用自疫病蟲害綜合管理(Benbrook *et al.* 1996, Cardina *et al.* 1999)，故不適用的部分必須經過釐清雜草與作物之生物性交感效應後才能進一步修正或改進。"病蟲源與作物"和"雜草與作物"之生態關係並不相同，生物性關聯亦非一致，直接引用疫病蟲害綜合管理原則於雜草綜合管理未必全然合適，且可能不容易解釋原則的利用(Cardina *et al.* 1999)。正確

的做法是將各項原則逐一驗證，檢視是否符合雜草族群的動態變化，評估其應用於雜草管理時的長期成效及對當地生態系的衝擊。當綜合多種策略與措施於雜草綜合管理時，除了雜草本身的相對反應之外，也需要考量人類活動的干擾，澄清究竟係緩和抑或強化雜草管理的效果後才能取捨(Cardina *et al.* 1999, Elmore 1996)。

從營養層次的交感立場，雜草多半藉由與作物相互競爭自然資源如水分、光照、二氧化碳、礦物元素等，或爭奪、劫掠這些資源而影響作物的生長與產量，病、蟲源則常直接以作物為食物予以直接侵害。因此，雜草族群存在造成的作物生產損失係受制於自然資源的短缺，疫病蟲的危害則在於加諸作物本身的侵犯或破壞，嚴重時甚至危及作物的生命(Norris 1999)。由於直接因素係自然資源的可利用量，一般只要管理資源的動態分佈即可適當控制雜草，對於疫病蟲的掌握則必須針對病、蟲源本身進行防治或以輪作方式移(消)除作為食物的寄主作物(Gould 1991)。例如，許多昆蟲在失去特定寄主作物後，族群即大量減少，剩餘的亦可能因此遷移他處尋找食源，或暫時寄生於鄰近的其他植物。輪作方式對雜草的作用就未必如此直接、有效，表面上也許改變了雜草相、族群數量，但不易真正滅絕或排除雜草的存在，只是暫時解除其對受害作物的威脅而已。存在於土壤種子庫的雜草種子，可能隨著環境條件的改變，族群再次興起壓迫該地的農作物。

其次，雜草族群的消長和作物一樣，可能隨著可利用自然資源的變化而異，但是長生命週期及低移動特性使其一旦建立了族群即不易去除(Harper 1977)。蟲源的族群大小及行為表現，卻隨著寄主或周遭作物栽植密度與排列所改變的資源濃度而起伏不定，也因生育期及葉片品質有所不同(Root 1973)，可以在短期間內有較大的變化，主要差別在於被視為食物的作物質量優劣多寡。尚且昆蟲族群通常較為脆弱，易因同時遷移至同一處或某狀況產生大量繁殖、存活，也可能因為極端天氣、季節變化、短生命週期或災難狀況而一夕間大幅降低數量(Chiang 1978)。於是，儘管已達實質危害數量，昆蟲族群可以在短期間內下降至成災的臨界值以下，使得作物再度恢復生機。雜草則不然，當雜草族群擴張至危害程度時，作物已然受到負面影響。

多數雜草能夠長期存活於一地，使土壤中併存著許多世代，形成龐大的雜草種子庫或基因庫(Cavers 1995)，具有調節雜草的寬廣緩衝容量。各個雜草種子能夠持續存活於土壤的期間不一，視種子內容物充實程度而定，從一年至四十年不等變異範圍頗大(Murdock and Ellis 1992, Wilson 1988)。相對地，大多數昆蟲的壽命並不長，自數天至一年不等，甚少有跨年重疊的不等蟲源世代同時存在(Price 1997)。泰半昆蟲族群在作季之初數量極低甚或不存在，當條件轉趨有利時，族群大量產生或遷移至當地，很快即發展至成災臨界值。雜草族群受限於移動力及土壤種子庫，一年生雜草通常於作季初期即快速繁衍至最大族群數量。部分躲過防除措施存活的

雜草植株，其生產的種子落入土壤種子庫中，改變種子庫族群比例及隔年出現的物種相。昆蟲則反之，在作物生長季中可能不斷的有不同種類的昆蟲移入同一地區，或同一物種移居廣大的地區，致使針對某特定爆發流行昆蟲族群的管理措施成效降低(Myers *et al.* 1998)。這些列舉在雜草與疫病蟲之間的差異點，反應了作物與疫病蟲及雜草在先天生物性關係及生態關聯上的歧異，導致雜草與昆蟲族群動態上的顯著差異，當然在研擬綜合管理時即需對採用的原則做適度修正。

在研發及實施雜草綜合管理的過程，需要先進的方法融入相關知識與技術，同時也需要驗證及改進(Hall 1995, Travis and Latin 1991)。無論係防除工具、管理策略及操作措施，在資料分析、知識運用與理論驗證上都應該提升至地區生態層次，考量管理系統內如作物族群、雜草與疫病蟲族群、長期經營的各項操作及成本效益等因子的交感。在周延的系統框架下經過不斷的檢定與修改，加上地區特定環境參數，作物與雜草的反應和實施結果，才能獲得最佳化的雜草綜合管理系統。總的來說，雜草綜合管理係依照當地特定的雜草情況，考量環境與生態特性，採行必要的物理性、化學性、生物性或其他合適防除方法來管理雜草族群，以獲取最佳的雜草管理效果。惟雜草綜合管理是否落實並得到成功，最終鎖鑰仍然掌握在農民或雜草管理者手中，採用符合理論邏輯正確且有效的操作工具則是其中關鍵所在。

國內行政院農委會花蓮區農業改良場曾針對蘭陽地區具有地方特色的經濟作物—金柑進行疫病蟲草害的綜合管理，同時考量病、蟲、草的潛在危害問題，經幾年努力而發展出一套綜合管理作業技術。在這套體系中，包括罹病株的剷除燒毀、調整嫁接於砧木的高度降低病原菌感染機率、噴施化學藥劑防治病蟲害、整枝剪葉維持理想樹型、機械除草與表土覆蓋、控制肥料施用及暢通排水系統等經營管理措施，在維持金柑植株生長、提高樹株優勢、減少病蟲害發生及防除雜草叢生等多方面獲得明顯效果。

九、結語

有鑑於雜草綜合管理仍屬於起步階段，未來尚須持續不斷的研發投資，透過產業界、推廣人員和雜草科學家的通力合作使其更臻完善。欲獲得民眾和政府支持，雜草管理必須加上環保功能，並且更加重視社區意識和經濟效益(Hall 1995)。融入疫病蟲害綜合管理做法的雜草綜合管理，其最終目標應該超越單純保障作物生產的限制，而加入諸如土壤保護、水土品質維持及生物多樣性維護等多重目的。未來在規劃特定農業地區的雜草管理系統時，宜跳脫以增產為主的固有農業經營思維，採取動態雜草族群變遷觀念及生態意識，提供更多雜草管理的選項配合情境的改變，而不要在收穫時才做補救式的檢討無濟於事。在新的農耕體系裡，惟有能夠產生更高經營效益及永續農業價值的雜草管理系統，才真正受到生產者的青睞與肯定。

此外，雜草只不過是地球生態系中尚未被人類有效利用的植物，同樣是地球村的一份子，人們不應該將雜草視為除之後快的寇讎，而是值得開發的生物多樣性寶庫。國內目前對於雜草的研究稍嫌不足，而且偏重於管理層次，有關雜草的生態維護機制、生物多樣性功能、有用化學組成分應用及除草劑抗性社會安全等議題均欠缺探討，期盼國人多加重視，將之導引至正確方向助益生產、生活、生態福祉。

十、參考文獻

劉明宗。2002。除草劑抗性的發展: 抗性雜草和抗性作物。中華民國雜草學會會刊 23(1):53-64。

Aiken, W. 1998. The goals of agriculture and weed science. Weed Sci. 46:640-641.

Benbrook, C.M. 1996. Pest Management at the Crossroads. Consumers Union, Yonkers, NY. 272pp.

Benbrook, C.M., P. Hoppin and M. Liebman. 1996. New tools to measure reliance and use of herbicides and the adoption of integrated weed management: Weed Sci. Soc. Amer. Abstr. 36:94–95.

Bottrell, D.R. ed. 1979. Integrated pest management: definition, features, and scope. p.19–26. *In:* Council on Environmental Quality. Integrated Pest Management. U.S. Government Printing Office, Washington, DC.

Buhler, D.D., R.G. Hartzler and F. Forcella. 1997 a. Implications of weed seed bank dynamics to weed management. Weed Sci. 45:329–336.

Buhler, D.D., R.G. Hartzler, F. Forcella and J.L. Gunsolus. 1997b. Relative Emergence of Weeds of Corn and Soybean. SA-11. Iowa State University Extension Pub., Ames, IA. 4pp.

Buhler, D.D., M. Liebman and J.J. Obrycki. 2000. Theoretical and practical challenges to an IPM approach to weed management. Weed Sci. 48:274–280.

Cardina, J., G.A. Johnson and D.H. Sparrow. 1997. The nature and consequence of weed spatial distribution. Weed Sci. 45:364–373.

Cardina, J., T.M. Webster, C.P. Herms and E.E. Regnier. 1999. Development of weed IPM: levels of integration for weed management: J. Crop Prod. 2:239–267.

Comstock, G. 1998. Is it unnatural to genetically engineer plants? Weed Sci. 46:647–651.

Cavers, P.B. 1995. Seed banks: memory in soil: Can. J. Soil Sci. 75:11–13.

Chiang, H.C. 1978. Insects and Their Environment. p.151–188. *In:* Fundamentals of Applied Entomology. R.E. Pfadt, ed. MacMillan, New York.

Cousens, R. and M. Mortimer. 1995. The Dynamics of Geographic Range Expansion. p.21–54. *In:* Dynamics of Weed Populations. Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain.

Elmore, C.L. 1996. A reintroduction to integrated weed management: Weed Sci. 44:409–412.

Gould, F. 1991. The evolutionary potential of crop pests: Amer. Sci. 79:496–507.

Hall, R. 1995. Challenges and Prospects of Integrated Pest Management. p.1–19. *In:* Novel Approaches to Integrated Pest Management. R. Reuventi, ed. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Harper, J.L. 1977. The Influence of Density on Form and Reproduction. p.195–235. *In:* Population Biology of Plants. Academic Press, San Diego, CA.

Lindquist, J.L., D.A. Mortensen, S.A. Clay, R. Schmenk, J.J. Kells, K. Howatt and P. Westra. 1996. Stability of corn (*Zea mays*)–velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) interference relationships. Weed Sci. 44:309–313.

Lindquist, J.L., D.A. Mortensen and P. Westra. 1999. Stability of corn (*Zea mays*)–foxtail (*Setaria*) interference relationships. Weed Sci. 47:195–200.

Mortensen, D.A., G.A. Johnson and L.J. Young. 1993. Weed distribution in agricultural fields. p.113–123. *In:* Soil Specific Crop Management. P.C. Robert, R.H. Rust and W.E. Larson, eds. Amer. Soc. Agron. Madison, WI.

Murdock, A.J. and R.H. Ellis. 1992. Longevity, viability, and dormancy. p.193–229. *In:* Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities. M. Fenner, ed. CAB International, Wallingford, Oxford, Great Britain.

Myers, J.H., A. Savoie and E Van Randen. 1998. Eradication and pest management: Annu. Rev. Entomol. 43:471–491.

National Research Council. 1996. Ecologically Based Pest Management: New Solutions for a New Century. National Academy Board on Agriculture. National Academy Press, Washington, DC. 320pp.

Norris, R.F. 1999. Ecological implications of using thresholds for weed management. J. Crop Prod. 2:31–58.

O'Donovan, J.T. 1996. Weed economic thresholds: useful agronomic tool or pipe dream? Phytoprotection 77:13–28.

Pedigo, L.P. 1995. Closing the gap between IPM theory and practice: J. Agric. Entomol. 12:171–181.

Price, P.W. 1997. Chapter 14: Life histories and reproductive strategies. p.341–374. *In:* Insect Ecology. 3rd ed. J. Wiley, New York.

Radosevich, S. 1998. Weed ecology and ethics. Weed Sci. 46:642–646.

Root, R.B. 1973. Organization of a plant–arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). Ecol. Monographs. 43:95–124.

Swinton, S.M. and R.P. King. 1994. A bioeconomic model for weed management in corn and soybean: Agric. Systems. 44:313–335.

Swanton, C.J., S. Weaver, P. Cowan, R. Van Acker, W. Deen and A. Shreshta. 1999. Weed thresholds: theory and applicability. J. Crop Prod. 2:9–29.

Travis, J.L. and R.X. Latin. 1991. Development, implementation, and adoption of expert systems in plant pathology. Annu. Rev. Phytopathol. 29:343–360.

Wiles, L.J., R.P. King, E.E. Schweizer, D.W. Lybecker and S.M. Swinton. 1996. GWM: general weed management model. Agric. Systems 50:355–376.

Wilson, R.G. 1988. Biology of weed seeds in the soil. p.25–39. *In:* Weed Management in Agroecosystems: Ecological Approaches. M.A. Altieri and M.Liebman, eds. CRC Press, Boca Raton, FL.

Zimdahl, R.L. 1998. Ethics in weed science. Weed Sci. 46:636–639.