

# 雜草及外來植物風險評估介紹

蔣慕琰 徐玲明 袁秋英 蔣永正

## 前 言

通俗用語中雜草泛指農地、庭園、居住環境附近，自然發生且多不為人所喜歡，具有負面作用之野草。中文及漢字使用地區因『草』字之出現，多半將雜草與草本植物關連，而英文對應之 **weed** 則無『草』之意涵。英語世界中，**Weed** 一般所指為引起問題而不受歡迎之植物(包含草及其他類別之植物)。植物之價值經常因人、時、地而有差異，同一種植物，有人視為必須除掉之雜草，也有人看中其可利用之優點；例如農田中主要雜草龍葵及鴨舌草，也可是可口之野菜。在雜草防治、檢疫、植物保護等領域中，宜將『雜草』一詞與植物之負面特性相關連，並採取與國際相類似之『雜草』定義，包括草以外其他植物，以減少溝通上之混亂。如果涉及同種植物之優良特性時，則使用『野草』、『有用植物』、『野生植物』等語彙。農園環境中之雜草較易區分，環境及自然區域中也可發生一些與人類管理目標不相符之植物，國外文獻也用環境雜草(**environmental weeds**)、自然區域雜草(**natural-area weeds**)來稱呼，以與其他野生植物有所區隔。

外來(**alien, exotic, non-indigenous**)植物是指由人類活動所引入之植物。與外來植物相對應者是本地植物(**indigenous, native**)植物，這是指經自然擴散所發生或在本地演化之植物。外來植物如果可適應環境而在自然狀況下存活繁衍，稱為野化植物(**naturalized plant**，歸化種)。侵佔性植物(**invasive plant**，入侵植物)是指強勢可侵佔棲地之植物。有關外來種、野化種及侵佔種，一般以人為行政區域(如國界、省界)來界定劃分。

多數外來植物是為了某種目的如食用、畜牧、水保、造林、藥草、觀賞、加工等所刻意引入；外來植物也可能混雜於輸入之種子及穀物中，或黏附於衣鞋、車輛器材上而意外引入。非本地植物如果僅發生或存活於盆鉢、溫室、庭園、耕地等人為管理之情況，則其對自然環境之影響有限。只有能在原野中自行繁衍之外來植物，才會對農林生產及環境生態造成衝擊。

## 台灣之雜草、外來植物與侵佔性植物

台灣農地之雜草超過 500 種，種類數較多的為禾本科、菊科、莎草科及蓼科等。水稻田內發生之重要雜草多為水生或耐濕性植物，有記載之水田雜草超過 160 種。旱地是指水田以外，所有雜糧、特作、蔬菜、果樹等農地及非耕地。旱地發生之雜草多屬陸生性植物，由於環境狀況差異大，其種類遠比水田者為多；曾記錄之旱地雜草超過 400 種。一般管理集約，栽培期短的旱田中，雜草以一年生者為主；蔗園、茶園、果園、草坪等長期作物及非耕地上，除一年生草外，多年生草亦多。

台灣有紀錄之本地及外來植物分別約 4,000 及 2,600 種。外來植物中超過 300 種(>11%)已野化，絕大部分之問題都是由這些野化種所引起，目前資料顯示台灣野化之外來植物中，至少有 90 種為高度危害之侵佔性植物。

近年農藥所之調查顯示，水田中新侵入之外來雜草主要為美洲母草，各地休耕廢耕田，也常見翼莖闊苞菊、掃帚菊、豬草、銀膠菊、巴拉草、美洲含羞草、長梗滿天星、香澤蘭等外來草。果園及疏於管理之旱田中，新侵入之外來雜草為數甚多。在山地果園中有大扁雀麥、鴨茅、多花黑麥草、鋪地狼尾草、歐洲黃菀等，低海拔果園經常可見者有大黍、小花蔓澤蘭、大花咸豐草、毛西番蓮、闊葉鴨舌廣舅、碗仔花、紅花野牽牛、番仔藤、山珠豆、落葵等。

## 雜草風險評估之目的及對象

全球之植物超過 25 萬種，農林區域之雜草種類至少有 7,000 種(Holms *et al.*, 1979)，涵蓋農林及自然區域之雜草種類更多達 18,000 種(Randall, 2002)。為滿足農林生產、醫藥保健、景觀園林、水土保持等各方面需求，台灣無可避免的需自境外引入植物及農產品，以支持我們富足而多樣的生活。然而也必須防範及減少，引入植物對本地原有產業及環境之衝擊與傷害。

評估對象為可能引入之非本地種植物與在地局部發生之有害植物(雜草、侵佔種)。分布廣而普遍存在之植物，如農田常見雜草則不是風險評估之主要對象。由於防治管理可動用之資源有限，不可能對所有對象植物採用同等之管理方式。雜草風險評估(**weed risk assessment, WRA**)之目的在訂出對象植物之風險程度或等級，以作為進一步處置所採用方式之依據，將資源優先用於管理具有高度風險(危害潛力)之植物。雜草風險評

估與侵佔性植物(invasive plant)風險評估所牽涉之目的、原則及過程相同；視領域場合之特性而定，兩種名稱也常互換使用。

關口國境檢疫用之雜草風險評估，因涉及進出口貿易，其方法及過程應需符合國際之規範。紐、澳及美國是少數已建立檢疫用雜草風險評估國家。國內局部地區發生，但有可能擴散之種類，也可用風險評估之方式，決定是否要防治與防治之優先順序。國境內所用之風險評估方法，則較不受國際規範之約束。適用於境內之雜草風險評估，多見於美、加、澳、紐等國；所發展之體系常具針對性，用於特定行政區或棲地環境之管理。澳大利亞西澳省(West Australia) 即依據風險評估，建立列有 13,450 種植物之清單，其中包含不得輸入該省者有 1,890 種及可輸入者 11,560 種；凡未見於清單植物，輸入時均需另行評估。

## 害物檢疫與雜草風險評估所涉之國際規範

主權國家間使用不同標準之檢防疫措施，易造成國際貿易之障礙及糾紛。為調和此狀況，世界貿易組織(WTO) 架構下訂有動植物防疫檢疫措施協定(Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures, 亦稱 SPS Agreement of the WTO)，此協定之會員國有自主權採用必要及合乎科學之防檢疫措施，以保護境內之人、動物、植物。SPS 協定之大原則，另由聯合國糧農組織(FAO)所屬之國際植物保護公約(International Plant Protection Convention, IPPC)所訂定之國際植物防疫檢疫措施標準(International Standards of Phytosanitary Measures, ISPMs) 來落實。1990 年代中期以後，陸續訂有近 20 種規範或標準。世界貿易組織已有近 150 個會員，這些規範是國際間檢疫及相關植物保護措施最主要之依據。其中 Guidelines for Pest Risk Analysis (ISPM#2)、Pest Risk Analysis for quarantine pests including analysis of environmental risks (ISPM#11-Rev. 1)、Regulated non-quarantine pest: concept and application (ISPM#16)、Guidelines on lists of regulated pests (ISPM#19)均與害物風險評估密切相關。WTO 會員國訂定或更新之檢疫害物名單，均需參照 ISPMs 所規範之風險評估方法及程序。

ISPM 對風險評估之規範主要出於 ISPM#11-Rev. 1，完成於 2003 年 4 月，ISPM 害物風險分析目標，包含檢疫相關之害物(pests)、途徑之確認及其風險評估，並確認受害區域及風險管理之可行方案。分析包含如下之階段及重要內涵。

### 一、啟動(initiation)

由途徑、害物、政策面因素之需求而啟動風險分析。

## 二、害物風險評估(pest risk assessment)

### (一)害物歸類(pest categorization)

以種(採用較高或低分類位階，需有科學證據)為分類單位，決定害物為檢疫或非檢疫害物之管制身份(regulatory status)。

### (二)評估引入(introduction)及擴散(spread)之可能性。

### (三)評估潛在之經濟影響(含環境衝擊)

包含不易以市場價值(market value)導致影響之處置。影響之量化或非量化之評估。

## 三、害物風險管理(pest risk management)

視風險可接受程度、決定風險管理可行方案。

引人關注之生物多樣性公約(Convention on Biodiversity, CBD)是可能影響國際間害物管理之另一重要因素。此公約於 1993 年底正式生效，具有法律約束力。我國雖非簽約國，但可能直接或間接受該公約相關規範之影響。生物多樣性公約訂定有防範外來物種(alien species)之條文(Article 8(h))，以避免對生態系、棲地及物種之威脅。採取預防性原則(precautionary principle)為生物多樣性公約、生物安全議定書(Biosafety Protocol)及瀕臨絕種野生動植物國際貿易公約(CITES)之重要特色。在此原則下，當對生物多樣性有明顯威脅時，允許使用尚未經充分科學證實之節制方式以避免或減少威脅；這與要求科學證據之 SPS 協定不同。兩者之差異，可能引起外來物種管理實際層面之混亂，這種不協調尚有待解決。

涉及動植物防疫檢疫之 SPS 協定，因有世界貿易組織及國際植物保護公約之充分支援，已建立詳盡之各類規範可供運作。SPS 協定及國際植物防疫檢疫措施標準(ISPMs)較強調傳統農林牧產業之保護，相關規範將害物(pest)定義為對植物與植物產品(injurious to plants or plant products)有害之植物、動物或病原。此定義未觸及生態系及棲地，也未包括環境中植物以外之其他生物。SPS 協定與相關防檢疫規範對環境及生物多樣性之保護而言是明顯不足。生物多樣性公約(CBD)對環境與生物多樣性保育之涵蓋較廣，是針對非本地種(non-native species)控管之全球性條約，然而公約條文尚無適當運作機制及內涵以為配合。最近幾年國際保育聯盟(IUCN)/全球侵佔種計畫(GISP)之相關工作及影響力日趨擴大，未來可能促成 SPS 協定及國際植物防疫檢疫措施標準(ISPMs)之改變，以更符合環境及生物多樣性保育之目標。

## 雜草發生預測之基礎與相關研究

風險評估方法之主要內涵，包括對評估之標的物或事件發生機率與後果影響程度之預估。此預估須具有某種程度以上之準確性，風險評估才有意義。到底是否可對雜草與外來植物之發生行有效預測？以台灣來說，引入之 2,600 種外來植物中，僅約 11% 已野化，而屬侵佔性之種類更少。少數具危害潛力之植物有何共同屬性？外來植物之發生與擴散是否有規律可尋？植物學者一直在尋求這些問題之解答。

Williamson(1996)曾利用英國 12,500 種外來植物之資料，依據外來、偶現 (casual)、野化(established, naturalized)、有害(pest)、嚴重危害(serious pest)之種間比率，提出 10 數規律(The tens rule)；各階段植物數量為前階段者之十分之一(實際資料落於 5-20% 間者)。這個簡單而有名之規律，以歸納方式呈現了英國當地之情況，但對其他地區之適用性仍然存疑，也難用於正確預測尚未發生之狀況。侵入新環境之植物，往往需要度過緩慢之停滯期(lag phase)，族群發展才進入快速擴張期。植物間此停滯期長短差異極大，這是雜草發生與擴散預測不易掌握之變數。

國際上有關雜草與外來植物發生預測之探討，多著重於植物特性、環境配合及分類關連等方面。

### 一、植物特性(trait)

此類探討多為比較特定區域內植物形態、發育、生理、生態等特性，期望歸納出『良性』與『惡性』植物之差別。常與『惡性』植物相關連之特性包括：生命週期短、繁殖力強、繁殖體小易散佈、抗環境逆境等。美國農部動植物健康檢查署(APHIS)所用雜草風險評估中之 RE#2-有關擴散潛力之評估，即依據種子休眠、發芽率、逆境忍耐力等 10 項植物特性。

### 二、環境配合(climate-matching, environmental compatibility)

此類探討多依據植物已知分布範圍之環境與氣候條件，來預估其可能之侵入與擴散區域；也以棲地之環境條件，推測能侵入植物之種類與危害程度。美國 APHIS 之雜草棲地適應性評估，主要依據該國農部以氣象條件所劃分之植物適應區(hardiness zone)。澳洲聯邦科學與工業研究組織(CSIRO)所發展之軟體(CLIMEX)，建有全球 2,500 處之溫度、濕度、雨量等資料；可執行氣候匹配(match climates)與地區匹配(compare locations) 之功能。此類軟體多可依據氣象參數行模擬預測，已在部份國家地區利用為害物管理之依據。

### 三、分類關連

根據植物各地生態與危害之文獻記錄，歸納特定分類群(taxon)或屬性

相近植物風險性之高低及可能之散佈範圍。全球性之重要資料包括 A Geographical Atlas of World Weeds (Holms *et al*, 1979), A Global Compendium of Weeds (Randall, 2002), An Overview of Invasive Woody Plants in the Tropics (Binggeli *et al*, 1998), Weed Abstract(CABI), The PLANTs database (USDA), W3TROPICOS database (Missouri Botanical Garden)。不少學者認為依據分類關連之預測，仍是目前最可靠者。科與屬兩分類位階可提供重要之訊息；分布廣之莎草科、禾本科、菊科、十字花科、旋花科、蓼科、茄科等科之植物，極易侵入農田。具固氮特性之豆科植物易侵入土地貧瘠季之河床地。同屬植物(congenic plants)經常有相類似之生物特性。獨腳金屬(Striga)及列當屬(Orobanche)植物多為危害力高且難防治之寄生性植物，很多國家禁止輸入此兩屬之任何外來種。紐西蘭自然保育單位所提出之風險評估方法，主要依據同科及同屬其他植物之相關文獻紀錄。

雖然有相當多的探討，但各種方式均有其侷限性，很難以單一方法行可靠之預估。目前實際使用之雜草風險評估，均為納入多種方式之複合式預測體系。評估方法用於預測之可靠性，可以導入實際資料加以檢定，可靠性高者所得到之正反面誤判(false positive/false negative)較少。

## 國際上代表性雜草評估方法之介紹

農業及生態領域中之風險評估體系，以農藥、污染物或環境毒物等風險評估之發展較早，其方法過程多已成型，在所涉影響(consequence)評估時，多會先完成控制變數之暴露量實驗，以所得數據行定量(quantitative)推估。化學性物質在環境中之量，會因降解而逐漸減少；然而生物體因具繁殖力，在環境中之變化遠較化學物複雜。由於變數多且不易掌握，病、蟲、草等害物與基因改造生物之量化評估相當困難，多半尚未達定量階段。

目前雜草風險評估所使用之方法均屬比較性之定性(qualitative)評估。評估者針對所設計之多組問題選答，由答案之累計計分決定風險程度。

### 一、國境檢疫用雜草風險評估

1990 年代中期以後，各國開始調整檢疫法規及程序以配合 SPS 協定之及 ISPM 之規範。合乎新檢疫標準之雜草風險評估體系，主要見於澳大利亞及美國，前者除用於澳洲外，亦用於紐西蘭及太平洋之島國。

#### (一)澳洲雜草檢疫風險評估

所用方法由 Dr. Pheloung 所提出，經專家及權益單位參與意見後，於

1997 正式採用為澳洲 AQIS(Australia Quarantine and Inspecting Service)進口檢疫用。此方法針對植物之馴化/栽培(domestication/cultivation)、氣象與分布(climate and distribution)、其他地區雜草(weed elsewhere)、受排斥特性(undesirable traits)、植物型(plant type)、繁殖(reproduction)、散佈機制(dispersal mechanisms)與持久屬性(persistence attributes)等 8 大項設計有 49 個選題，每題需依據該題之說明，選擇『是』、『否』或不作答。各題之答案屬雜草與非雜草特性者分別得+1 與-1 分，未作答者不計分。累計分數越高者其風險愈大。評估對象植物依計分歸為 3 類，計分為負數(<0)者屬低風險允許輸入，計分大於 6(>6)者為高風險禁止輸入，計分落於 0-6 者需以栽培觀察進一步評估。

此方法所用之選題多且涵蓋面廣，可減少評估者主觀認定所導致之偏差。檢疫評估之對象為境外植物，絕大多數均不易取得完整之訊息。澳洲 WRA 最主要之特點為不必回答所有之問題，設計上允許知識差距(knowledge gap)，在取得部份相關之資料後即可進行分析。

澳洲 AQIS 之資料庫(Import Condition Database, ICON)建有包含植物在內 18,000 筆資料，提供查詢植物是否可輸入與輸入之條件。輸入貨物(commodity)如為該資料庫搜尋不到之植物，則都要以上述之方法評估；是以貨品狀況自行啟動(initiated)之特殊風險評估系統。澳洲 WRA 自 1997 使用以來，評估之植物已超過 1400 種，其中約 22% 屬高風險而禁止輸入。由檢疫途徑(pathway)所啟動之風險分析，亦採用相同之 WRA；實例之風險評估顯示，美國輸澳洲大宗玉米可能夾雜 80 種高風險性雜草種子，而被要求以檢疫處理排除風險。

## (二)美國雜草檢疫風險評估

由 APHIS 所發展(<http://www.aphis.usda.gov/ppq/weeds/>)，最新 5.3 版(2004)之全名為 Qualitative Risk Assessment for potential Federal noxious weeds。較早之版本全名為 Weed-Initiated Pest Risk Assessment Guidelines for Qualitative Assessments。全部內容實際涵蓋風險分析(risk analysis)之前兩部份-啟動(initiating)與評估風險(assessing risk)，共細分 8 步驟(表 1)。

主體之風險評估部份有 5 步驟(s4-s8)。步驟 s4-查核檢疫害物狀況，主要依據列有聯邦檢疫雜草名單(Federal Noxious Weed List)，該名單所列 96 分類群(多為種，亦有屬)禁止輸入聯邦各州之植物。步驟 s5-經濟與環境重要性：引入後果之評估，含對棲地適合性(habitat suitability)、擴散潛力(dispersal potential)、經濟衝擊評等(economic impact rating)及環境衝擊(environmental impact)等風險因子(risk element, RE)之評估。各因子之風險及評分為高(high)：3 分、中(medium)：2 分、低(low)：1 分、可忽視(negligible)：0 分。引入後果風險之高低由成分因子之累計而得(表 2)，步

驟 s6-引入可能性者評估。以所提供之 10 項指標(原產地普遍性、引入途中成活率、目測難易..等)，依據評估可能性高低分別給 3-0 分。步驟 s7-雜草之潛在風險評估，由引入後果風險(s5)與引入可能性風險(s6)之計分，決定最終之雜草潛在風險(表 2.)。

美國檢疫風險評估之實際運用案例，很少見於文獻之記錄。設計上，其風險評估最後結果屬高風險之雜草，可加入原有之聯邦檢疫雜草名單(Federal Noxious Weed List)。已列入名單之植物亦可由風險評估之結果，重新認定是否剔除。

## 二、國境內使用雜草風險評估

除了上述關口與國境所用之檢疫用途之風險評估外，針對國境內特殊需要之雜草風險評估體系，也在蓬勃發展中。此類方法較不受國際規範之約束，其方法與內容差異相當大。

較具代表性者，有澳洲在選定國家重要雜草(weeds of national significance for Australia, WONS)所採用之方法。該評估以澳洲局部地區發生，且具高危害潛力之雜草為對象。藉由侵佔性、衝擊、擴散潛力及社會-經濟-環境等 4 項指標之評估，選出 20 種為國家重要雜草(WONS)；這些雜草是澳洲實務防治與法規管理之最高優先。

美國自然環境保育界(NatureServe, The Nature Conservancy, National Park Service)針對外來侵佔性植物提出-侵佔性植物評級標準(Criteria for ranking invasive plants, CRIP)。由於以檢疫背景所產生之雜草風險評估與聯邦檢疫雜草名單(Federal Noxious Weed List)，重點在於產業與健康之保護，保育界乃推動發展適合生物多樣性保育之方法。其評估對象是美國境內野化之外來植物(約 3,500 種)。所開發之方法(CRIP)含生態衝擊、分布-豐富度現狀、分布-豐富度趨勢、管理困難度等 20 個相關問題。每題有 5 等級以供評選。依所提供辦法計分，可得各議題之分項評級與侵佔種衝擊之總評級(Invasive Species Impact Rank, I-Rank)。此方法已開始用於 300 種植物之評估，其目標也是選出需優先防治之種類。

## 結 語

雜草與外來侵佔性植物是全球各地作物生產與環境生態之主要危害因子，會導致有形與無形之嚴重損失。由於生物多樣性意識之醒覺，外來入侵生物問題也日益被重視。源自南美之小花蔓澤蘭，過去數年在台灣中南部擴散危害，引起各界高度關切，政府與民間已投入可觀之人力及物力資源，進行防治清除。實際上很多其他雜草與侵佔植物也有造成類似程度之危害潛力。這是台灣農業與環境永續之重要問題。

1990 以後，SPS/WTO 與 CBD 等國際性公約，主導國際間植物保護與生態保育相關規範與發展之走向。在農委會防檢局推動下，我國檢防疫之相關事務，多已迅速與國際發展接軌。過去數年防檢局積極增訂法規、推動相關計劃、舉辦研討會、講習會、強化檢防疫實務，成效卓著；在新國際秩序下，為台灣植物保護與生態保育，建立進一步發展之紮實基礎。

我國害物管理範圍中，雜草與外來植物是較弱之一環。未來亟需加強，才能因應必須面對之問題。不論就產業或環境之考量，外來雜草與有害植物之防範均是最迫切之問題。主文中所介紹之雜草風險評估是處理這些問題之重要工具。由於人力資源的限制，台灣目前要建立嶄新之方法困難度頗高；參照國際上現有方法，加以局部修改使之能適用於台灣，為比較可行之途徑。

表 1. 美國農部動植物健康檢查署(USDA/APHIS)雜草風險評估過程綱要

階段	步驟	內容
第一階：啟動	s1	記錄啟動相關事件
	s2	引述先前之風險評估
	s3	確定雜草之分類地位
	s4	查核檢疫害物狀況(quarantine pest status)
第二階：評估風險	s5	評估經濟與環境重要性：引入之後果 (consequences of introduction)
	s6	評估引入之可能性(likelihood)
	s7	決定雜草之潛在風險
	s8	記錄評估過程

取材自 <http://www.aphis.usda.gov/ppq/weeds/weedsrisk99.html>

表 2. 美國農部動植物健康檢查署(USDA/APHIS)雜草風險評估之風險等級與計分概要

引入後果風險(s5)*	引入可能性風險(s6)	雜草之潛在風險(s7)**
可忽略(0)	可忽略(0)	可忽略(0)
低(1)	低(1)	低(1-3)
中(2)	中(2)	中(4)、中-高(6)
高(3)	高(3)	高(9)

取材自 <http://www.aphis.usda.gov/ppq/weeds/weedsrisk99.html>

\*引入後果風險(s5)：組成因子風險累計為 0-2、3-6、7-10、11-12 分之等級。

\*\*雜草之潛在風險(s7) = 引入後果風險(s5) x 引入可能性風險(s6)。