

九十四年度行政院農業委員會林務局暨所屬機關委託研究計畫

合約編號：94-00-5-09

小花蔓澤蘭之真菌性天敵生物防治研究

曾顯雄

國立台灣大學植物病理與微生物學系

九十四年十二月

摘要

於南投、嘉義、台南、花蓮小花蔓澤蘭盛行區域調查、分離、鑑定、保存可寄生侵染小花蔓澤蘭造成葉片、葉柄或枝條壞疽、潰瘍病斑之本土真菌性病原天敵。目前已分離出 99 菌株，涵蓋炭疽病菌(*Colletotrichum* spp.)，莖點病菌(*Phoma* spp.)，擬莖點病菌(*Phomopsis* spp.)，以及鐮孢病菌(*Fusarium* spp.)等病原，其病原性正測試中。為檢測由英國引進小花蔓澤蘭原產地之銹病菌天敵(*Puccinia spegazzinii*)，已向淡水家畜衛生試驗所竹南分所借取 P-3 研究室擬進行寄主範圍及病原性測定。並已寄送小花蔓澤蘭及香澤蘭種子至英國，並完成其對七種病原銹病菌天敵之罹病性測定，結果顯示此兩種雜草皆可罹病，但罹病度具顯著差異。若可編列經費支援英國入侵種生物防制管理研究中心，則可順利引進此小花蔓澤蘭之銹病菌天敵，評估其生物防治潛能以及量產並在田間釋放實際推廣應用。

前言

小花蔓澤蘭 (*Mikania micrantha* H. B. K.) 又稱薇甘菊，為菊科蔓澤蘭屬蔓性草本植物，原生於中南美洲，現已擴散至模里西斯、印度、孟加拉、斯里蘭卡、泰國、馬來西亞、新加坡、印尼及菲律賓。亦廣泛出現在太平洋諸島嶼；巴布亞新幾內亞、澳洲昆士蘭北部亦有發現。

小花蔓澤蘭約在 1990 年以前入侵台灣，目前已為本島侵凌性最強的外來入侵植物，在全島低海拔地區之廢耕、休閒農地、管理粗放之果園、林地、山坡地普遍蔓延。小花蔓澤蘭利用生長迅速之特性，攀爬纏繞寄主並重壓於樹冠層部位，阻礙寄主進行光和作用，輕者導致農作物產量減少，重者造成寄主枯死。

台灣的南部屏東一帶最近為小花蔓澤蘭入侵，南部生態環境適合其生長，並且目前並未有天敵的出現，生長極為快速，種子輕盈且產量繁多易隨風蔓延到山野各角落，造成林間棲地環境改變，對於台灣中南部當地動植物與生態環境巨大的衝擊。

依小花蔓澤蘭的繁殖生長特性，只要有一顆種子存在，它就可能再度蔓延，但台灣如此廣袤的土地上，到處是閒置農地及荒地，更有不易達到的山野，絕不可能同時消滅所有的植株及種子，通常外來種入侵問題皆具有不可回復性，小花蔓澤蘭更是如此。

由於小花蔓澤蘭危害甚鉅，各國無不投入大量人力及心血，研究防治小花蔓澤蘭。小花蔓澤蘭約於 1995 年入侵大陸深圳及廣東東南沿海；馬來西亞早期種植小花蔓澤蘭為地面覆蓋物，但隨後卻蔓延成災；澳洲的大學發現入侵後，隨即開始監測其族群及研究防治工作；印度 1940 年代早期，小花蔓澤蘭已出現在印度東北部，對農林栽培業造成威脅，如茶、竹、蘆葦、柚木及油加利樹等造成重大傷害，為此還與巴西、墨西哥、英國跨國合作，自小花蔓澤蘭原產地巴西、

千里達引進一種在原產地會感染小花蔓澤蘭之銹病菌，從事探討生物防治法的可行性。

印度(1996-2000)由英國 CABI Bioscience 研究所引進原產於中南美千里達(Trinidad)之小花蔓澤蘭真菌性天敵 *Puccinia spegazzinii*，並進行其生物防治小花蔓澤蘭評估以及進行寄生專一性檢測。試驗結果顯示此銹病菌天敵具極高之寄主專一性，除小花蔓澤蘭外，並不會對於其它 55 種測試作物包括重要之農作物造成感染(Ellison 2001; Ellison and Murphy, 2001)。此外澳洲過去為防治入侵雜草(skelton weed, *Chondrilla juncea*)，對於農地小麥和牧場牧草之為害，引進其原產地中海之銹病菌天敵(*Puccinia chondrillina*)防治此入侵雜草，結果非常成功，而且並未造成任何生態之衝擊和第二次為害；同樣之例子，也只見於智利，智利由於歐洲移民之移入，意外也於十九世紀引進 Blackberry(*Rubus* sp.)，造成對一千二百四十方公頃之農地和牧場造成覆蓋為害，也於 1973 由之原產地德國引進銹病菌天敵 *Phragmidium violaceum* 進行生物防治，1976 年調查發現成功抑制 Blackberry，恢復智利原來之生態平衡，此等生物防治皆未造成任何第二次生態傷害(Littlefield, 1981)。鑑諸上述，應用引進小花蔓澤蘭之真菌性天敵 *P. spegazzinii* 進行防治入侵之小花蔓澤蘭之經典生物防治，應屬相當安全，但在引進天敵進行生物防治時，聯合國所規範之生物防治執行守則(code of conduct behavior)仍須遵守並慎重因應。故在台灣為引進外來種生物進行生物防治工作，在現今生態環境考量下，需要做許多調查、評估、試驗及審查工作，以確定所引進之外來種生物對本土之生物環境並不會造成影響，避免造成第二度傷害。此外從事本土小化蔓澤蘭天敵之研究為一個可行之研究方向，經由調查、分離小花蔓澤蘭之本土真菌病原，進一步測試其防治潛力，希冀能成功防治小花蔓澤蘭，將其族群數目控制到危害水準以下，減低對台灣生態環境之危害。

結果與討論

小花蔓澤蘭之本土性真菌天敵及其病原性測定

本年度繼續調查分離鑑定小花蔓澤蘭之本土性真菌性天敵，已於花蓮、台南、嘉義和南投四縣小花蔓澤蘭為害之田野，進行調查其枝條或葉片受真菌為害所產生壞疽或潰瘍病徵，並進行徒手切片、光學顯微鏡鏡檢，以及單菌絲分離病原，目前已獲得 99 株分離株，有關此等病原相關資料，請參考所列舉之表、圖。此次田野調查顯示可侵入小花蔓澤蘭之真菌性天敵之盛行以 *Alternaria*, *Cercospora*, *Colletotrichum*, *Curvularia*, *Fusarium*, *Mycosphaerella*, *Nigrospora* 等屬最高，而其中 *Colletotrichum* 於莖部所造成田形，白化，穿孔之病徵，最為顯著，*Alternaria* 似與小花蔓澤蘭之大紡錘型、棕淺褐紅色之病斑有關，而 *Cercospora*, *Mycosphaerella* 則常

與環紋病徵逐漸擴大癒合，水浸狀浸潤，最為相關，此等真菌性天敵似具壓抑小花蔓澤蘭潛能，但在可資研發應用之前，應先行檢測其標本之主要作物之病原，也就是需先釐清其寄主範圍。此外，花蓮縣由小花蔓澤蘭病斑分離獲得一株不完全菌，具狹長鞭狀、多胞之孢子，此菌產孢之方式較為特別，每產生一個孢子，產孢母細胞頂端即著生一膜狀物，故產孢枝，常可見一串一定間隔之膜狀物，此菌與 *Sporoschismopsis* 這屬不完全菌之產孢方式類似，但孢子之大小、型態則差異極大，故其分類地位與病原性，皆值得進一步探索。至於其病原性之測定，則將待鑑定後，再選擇曾被導、具強病原性之菌株當為接種原，接種方法將依據一般植物病理學之接種流程行之。此外也將進行病原菌之小規模醱酵，萃取濾液以細滴噴霧法，噴佈小花蔓澤蘭幼株，以測定其是否具有毒殺效果，如有，則再進行此代謝產物之部分純化、鑑定分子式，化學特性等工作。

引進銹病菌天敵(*Puccinia spegazzinii*)防治入侵之小花蔓澤蘭(*Mikania micrantha*)，香澤蘭(*M. cordata*)

小花蔓澤蘭原產於中南美洲，如巴西、千里達等地，但由於長期演化之結果，原產地就有銹病菌(*Puccinia spegazzinii*)之出現，而此天敵之侵染也抑制了小花蔓澤蘭之族群，最後達到平衡，故小花蔓澤蘭於中南美洲諸國並不會對當地之農林作物產生顯著之有害影響。但此等雜草若意外入侵其他非此雜草原產地之國家如印度、馬來西亞、中國、台灣等地，則因尚未有專一性或侵染力特強之天敵，故族群繁衍迅速，如火燎原，一發不可收拾，釀成巨大傷害。為迅速扼止此入侵雜草之危害，最古典之生物防治法，就是由原產地引進天敵，這在過去皆有成功之例子，如澳洲大陸意外引進一種雜草 Skelton weed(*Chondrilla juncea*)，而危害當地之小麥和牧草，最後由該雜草之原生地中海諸國引入其天敵銹病菌(*Puccinia chondrillina*)，進行生物防治，終於達到控制，扼止此雜草在澳洲之危害。類似之例子也發生於十九世紀之智利；智利由於歐洲之移民移入，也意外引進一種黑莓(blackberry, *Rubus* sp.)雜草，而至少危害五百萬公頃之農地和牧場，也應用古典之生物防治法，即於一九七三年由德國引進黑莓之天敵銹病菌 *Phragmidium violaceum*，於幾年間便成功壓制黑莓之危害。此類生物防治成功有兩項重要機制(一)由雜草原生地引進銹病菌天敵；(二)該銹病菌天敵對寄主有極高之專一性和絕對寄生性，故對其他之作物不會造成危害，故也就相當安全。

印度、中國皆已和英國之 CABI 生物科技園區入侵種管理防治中心之 Dr. Carol Ellison 合作，而得以順利引進侵染小花蔓澤蘭之高致病力銹病菌株，但雙方之合作，在印度或中國提供多少研究金額給英國，這係當事國之間之協議，外人無從獲悉，但英國願意和台灣合作，提供菌株和相關之技術援助，所需求之經費約台幣 210 萬。關於如何以銹病菌接種，測試對主要作物之病原性，大量繁殖銹病菌之接種原，以及如何於田間釋放此等天敵之技藝、知識，台大植微系，應

用真菌研究室應可由探索，研究獲得並執行，但是前提是必須有小花蔓澤蘭之銹病菌天敵 *Puccinia spegazzinii*，而此等天敵之原有國如巴西學者也表明不可能贈與，因為受限於 1992 年於巴西里約日內盧聯合國地球高峰會所簽定之生物多樣性公約，如未經簽訂平等互惠契約，未經政府許可，不得任意將有應用價值之微生物輸出至第三國；所以說所研提之 2006 年、2007 年之研究經費並非編給台大植微系應用真菌研究室，而是編給英國之入侵種生物防治中心之相關研究經費，目的在順利引進銹病菌，用以支援台灣之小花蔓澤蘭之生物防治。這種研究模式是相當無奈，但卻是如此！

不管困難如前所述，小花蔓澤蘭之銹病菌之先驅作業已然進行，為引進銹病菌檢測，其對國內主要農林作物以及小花蔓澤蘭、香澤蘭之病原性，已向淡水家畜衛生試驗所竹南分所借取 P-3 試驗室一小角落，擬置放生長箱以及相關試驗設施，以供銹病菌被引進時，即可立即進行相關研究。並於 2005 年 2 月 25 日將大約各 300 粒小花蔓澤蘭，及香澤蘭種子寄給英國 Dr. Carol Ellison，此外也並撰寫下列雜草種子發芽之流程，以供 Dr. Carol Ellison 參考(詳見附件二)。

1. 於培養皿內襯兩張 whatman 濾紙，並以無菌水潤濕。
2. 其上置放 5-10 粒種子，以石蠟膜封邊，防止乾燥。
3. 於 28°C 定溫箱，12 小時照光，12 小時黑暗培養，培養 5-12 天即可獲得 50-60 % 之發芽率。
4. 將發芽之種子栽植於無菌之介質(水苔：泥炭土：土壤=1:1:1)，介質厚度不超過 0.2 公分為宜。而培養之條件如同上述，但溫度可調高至 28-31°C。幼苗於培養 7 天後，高度將可達 5 公分，即可供銹病菌接種之用。

英國之 Dr. Carol Ellison 即據此進行發芽栽植及接種試驗，並於 2005 年 9 月 1 日來信告知下列結果：

1. 已將 7 種不同病原型銹病菌(*Puccinia spegazzinii*)接種小花蔓澤蘭及香澤蘭。
2. 兩種雜草皆會受所有病原型(pathotype)之銹病菌感染，但罹病程度(susceptibility)，彼此間有顯著差異。
3. 目前正進行統計分析，但仍然需獲取台灣不同地區之小花蔓澤蘭之遺傳特性之變異度，以及測試其對最具致病能力之銹病菌病原型之感染率。
4. 詢問是否已找到可資輸入此等銹病菌之資金？是否此銹病菌因亦可感染台灣在地之香澤蘭，而此特性却有礙於此等銹病菌於自然界之釋放？

結論

1. 不少本土性之病原菌如炭疽病菌(*Colletotrichum spp*)，莖點霉(*Phoma spp*)，擬莖點霉(*Phomopsis spp*)，鐮刀病菌(*Fusarium spp*)等皆會感染小花蔓澤蘭之莖葉造成潰瘍或壞疽，此等病原或多或少可抑制此等雜草之生長，但其抑制率如何，則有待評估。但此等病原通常為多患性，可寄生多種重要農林果樹作物，故除非經過精確接種實驗測試，否則不宜大量量產，當為生物防治製劑。但若此等病原可產生特有毒殺效果之毒素，則亦有研發量產應用價值。

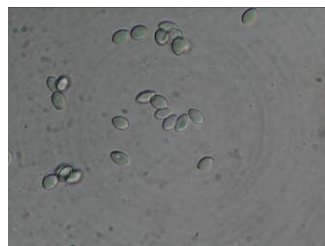
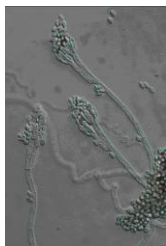
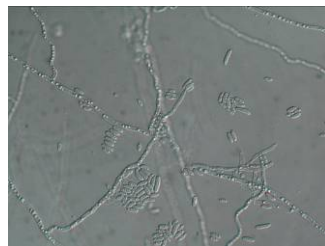
2. 小花蔓澤蘭之銹病菌天敵具寄主專一性和絕對寄生性，當寄主族群下降，此銹病菌也將式微，按學理和以往之實際生物防治應用經驗而言，係相當安全，可行之實際生物防治法。但需挹注約新台幣 160 萬元之資金，以便引進此等菌種，並由英國資深研究人員來台舉辦國際性研討會，以及現場示範之講習會。當然他山之石可以攻錯，吸取學習先進國家科研人員之寶貴經驗，當可以有效縮短防治入侵之小花蔓澤蘭之時程。

圖片

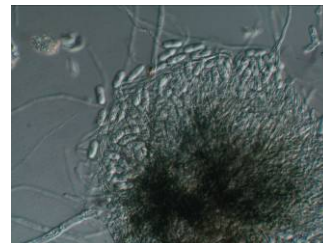
(一) 嘉義地區罹病小花蔓澤蘭之病斑及其相關真菌



Curvularia sp



Fusarium sp.; *Nigrospora* sp.; *Penicillium*



Mycosphaerella sp.

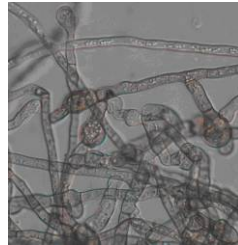
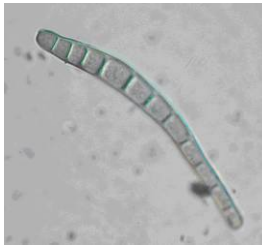
Alternaria sp.



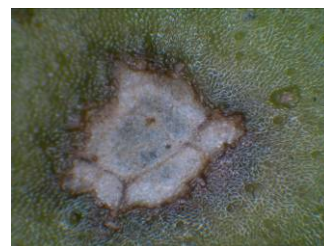
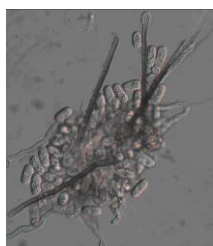
(二) 台南地區罹病小花蔓澤蘭之病斑及其相關真菌



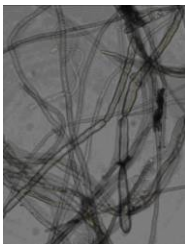
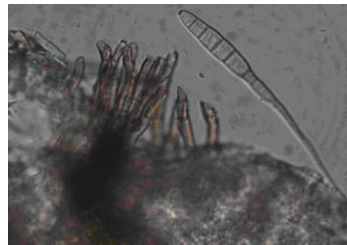
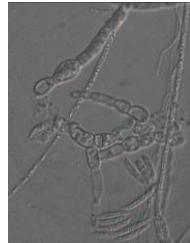
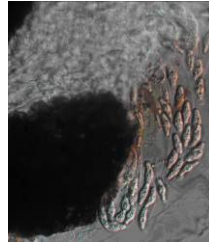
Collectotrichum sp.
Cercospora sp.



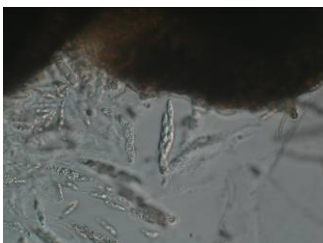
(三) 花蓮地區罹病小花蔓澤蘭之病斑及其相關真菌



Collectotrichum sp.
Cercospora sp.
Mycosphaerella sp.



Unknown sp.



***Mycosphaerella* sp.
Alternaria sp.**



(四) 田野常見罹病小花蔓澤蘭之病斑及蟲害



參考文獻

孔國輝。2000。薇甘菊的形態、分類與生態資料補記。熱帶亞熱帶植物學報 8(2):128-130。

王均俐。2000。小花蔓澤蘭種子發育與萌芽階段之生物與藥劑防除。台灣林地雜草—小花蔓澤蘭之防治成果報告 2:1-29。林務局。

郭耀綸。2000。小花蔓澤蘭之個體生態學調查。台灣林地雜草—小花蔓澤蘭之防治成果報告。林務局。

陳仁昭。2000。小花蔓澤蘭生物防治及天敵調查成果報告。台灣林地雜草—小花蔓澤蘭的防治成果報告 3:13-28。林務局。

陳滄海。2000。小花蔓澤蘭植株之藥劑、生物防治及天敵調查成果報告。台灣林地雜草—小花蔓澤蘭之防治 3:1-23。林務局。

傅春旭，鐘詩文，姚瑞禎，胡寶元。 2003。 小花蔓澤蘭的白絹病。 台灣林業科學 18: 81-84。

曾國洋，周昌弘。 2003。 台灣蔓澤蘭屬植物之族群遺傳變異。 小花蔓澤蘭危害與管理研討會專刊 p1-p8，153pp。 中華民國雜草學會。

馮蕙玲，曹洪麟，梁曉東，周霞，葉萬輝。 2002。 微甘菊在廣東的分佈與危害。 熱帶亞熱帶植物學報 10: 263-270。

黃忠良。 2000。 不同生境和森林內微甘菊 (*Mikania micrantha* H. B. K.) 的生存與危害狀況。 熱帶亞熱帶植物學報，8(2):131-138。

蔣慕琰，徐玲明，陳富永。 2002。 入侵植物小花蔓澤蘭 (*Mikania micrantha* Kunth) 之確認。 植物保護學會會刊 44: 61-65。

Alud, B. A. and Mcrae, C. 1997. Emerging technologies in plant protection-herbicides. Proceeding 50th N.Z. Plant Protection Conf. 1997: 191-194.

Amsellem, Z., Cohen, B. A. and Gressel, J. 2002. Engineering hypervirulence in a mycoherbicide fungus for efficient weed control Nature Biotechnology 20: 1035-1039.

Auld, B. A., Hetherington, S. D. and Smith, H. E. 2003. Advances in bioherbicide formulation. Weed Biology and Management 3: 61-67.

Barreto, R. W., and Evans, H.C. 1995. The mycobiota of the weed *Mikania micrantha* in southern Brazil with particular reference to fungal pathogens for biological control. Mycological Research 99:343-352.

Bellows, Jr. T. S., Fisher, T. W., Caltagirone, L. E., Dahlsten, D. L., Huffaker, C. and Gordh, G. 1999. Handbook of biological Control Academic Press

Bithell, S. L. and Stewart, A. 2001. Evaluation of the pathogenicity of *Phoma exigua* var. *exigua* on Californian thistle. New Zealand Plant Protection 54:179-183

Chandramohan, S., Charudattan, R., Sonoda, R. M. and Singh, M. 2002. Field evaluation of a fungal pathogen mixture for the control of seven

weedy grasses. *Weed Science* 50: 204-213.

Chen, N., Hsiang, T., and Goodwin P. H. 2003. Use of green fluorescent protein to quantify the growth of *Colletotrichum* during infection of tobacco. *Journal of Microbiological Methods* 53: 113-122.

Cock, M. J. W. 1982. Potential biological control agents for *Mikania micrantha* HBK from the neotropical region. *Tropical Pest Management* 28: 242-254.

Cock, M. J. W., Ellison, C. A., Evans, H. C. and Ooi, P. A. C. 2000. Can failure be turned into success for biological control of Mile-a-minute weed (*Mikania micrantha*). *Proceedings of the X International Symposium on Biological Control of Weeds* pp. 155-167.

Cullen, J. M., Kable, P.F. and Catt, M. 1973. Epidemic spread of rust imported for biological control *Nature* 244: 462-464.

Ellison, C.A. 2001. Classical biological control of *Mikania micrantha*. In: *Alien Weeds in Moist Tropical Zones, Banes and Benefits*. (eds K.V.Sankran, S.T. Murphy & H. C. Evans). Kerala Forestry Research Institute, India and CABI Bioscience, UK Centre (Ascot), UK, pp. 131-138.

Ellison, C.A. and Murphy, S. T. 2001. *Puccinia sepgazzinii* de Toni (Basidiomycetes: Uredinales) A Potential Biological Control Agent for *Mikania micrantha* Kunth. Ex H. B. K. (Asteraceae). *Bioscience Report*, U. K. Centre, 50pp.

Evans, H. C. 1999. Biological control of weed and insect pests using fungal pathogens, with particular reference to Sri Lanka. *Biocontrol News and Information* 20:63-68.

Goh, T-K., Wong, Y-S. 1999. In vivo and in vitro observations of *Cercospora mikanjacola* from Hong Kong: morphology, microcycle conidiation, and potential biocontrol of Mikania Weed. *Fungal Science* 14 (1, 2) : 1-10.

Gruyter, J. D. and Scheer, P. 1998. Taxonomy and pathogenicity of *Phoma exigua* var. *populi* var. nov. causing necrotic bark lesions on poplars. *Journal of Phytopathology* 146: 411-415.

Harley, K. L. S. and Forno, I. W. 1992. Biological control of weeds a

handbook for practitioners and students. Inkata Press, Melbourne, Australia, 74 pp.

Hills, L. A., Branch, W. and Darwin. 1999. Mile-a-minute. Agnote ISSN: 0157-8243 No. F57.

Hintz, W. and Shamoun, S. 1996. Environmental fate and risk assessment of a novel forest-weed biological control. Proceedings and papers from the 1996 Risk Assessment Research Symposium

Hoagland, R. E. 2001. Microbial allelochemicals and pathogens as bioherbicidal agents. Weed Technology 15: 835-857.

Holm, L., Pancho, J. V., and plucknett, D. L. 1977. The world's worst weeds: Distribution and biology. Univ. Hawaii Press, 610 pp.

Ismail, B. S. and Chong, T. V. 2002. Effects of aqueous extracts and decomposition of *Mikania micrantha* H.B.K. debris on selected agronomic crops. Weed Biology and Management 2: 31-38.

Jennings, J. C., Apel-Birkhold, P. C., and Anderson, J. D. 2000. Induction of ethylene biosynthesis and necrosis in weed leaves by a *Fusarium oxysporum* protein. Weed Science 48: 7-14.

Jennings, J. C., Apel-Birkhold, P. C., Mock, N. M., Baker, C. J., Anderson, J. D. and Bailey, B. A. 2001. Induction of defense responses in tobacco by the protein Nep1 from *Fusarium oxysporum*. Plant Science 161: 891-899.

Julien, M. H. and M.W. Griffiths. 1998. Biological control of weeds. A world catalogue of agents and their targets weeds CABI, Wallingford, UK, 223 pp.

Littlefield, L. J. 1981. Biology of the Plant Rusts, An Introduction. Iowa State Univ. Press. Ames Iowa. 103pp.

Nakaahima, C., Horie. H. and Kobayashi, T. 2004. Addition and reexamination of Japanese species delonging to the genus *Cercospora* and allied genera. VI. Four *Pseudocercospora* species from Ohshima island, Tokyo. Mycoscience 45: 49-55.

- Noordeloos, M. E., Gruyter, J. D., Eijk, G. W. V. and Roeijmans, H. J. 1993. Production of dendritic crystals in pure cultures of *Phoma* and *Ascochyta* and its value as a taxonomic character relative to morphology, pathology and cultural characteristic. *Mycological Research* 97: 1343-1350.
- Palit, S. 1981. *Mikania* a growing menace in plantation forestry in West Bengal, Indian. *Forester* 107(2) 119-126.
- Parisi, A., Piattelli, M., Tringali, C. and Di San Lio G. M. 1993. Identification of the phytotoxin mellein in culture fluids of *Phoma tracheiphila*. *Phytochemistry* 32: 865-867.
- Rai, M. K. 1989. *Phoma sorghina* infection in human being. *Mycopathologia*. 105: 167-170.
- Richard H. Groves, Jann Williams and Sharon Corey. 1998. Towards an integrated management system for blackberry (*Rubus fruticosus* L. agg.)
- Roustae, A., Dechamp-Guillaume, G., Gelie, B., Savy, C., Dargent, R. and Barrault, G. 2000. Ultrastructural studies of the mode of penetration by *Phoma macdonaldii* in sunflower seedlings. *Phytopathology* 90: 915-920.
- Smith, G. R., Munro, M. H. G., Fineran, B. A. and Cole, A. L. J. 1994. Evidence for the involvement of ascochitine in *phoma* leafspot-wilt disease of Clematis. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 45: 333-348.
- Smith, R. J. 1994. Biological controls as components of integrated weed management for rice in the United States. <http://www.agnet.org/library/abstract/bc45017.html>.
- Soledade, M., Pedras, C. and Tylor, J. L. 1993. A novel chemical signal from the "blackleg" fungus: beyond phytotoxins and phytoalexins. *Journal of Organic Chemistry* 58: 4778-4780.
- Soledade, M., Pedras, C., Morales, V. M. and Tylor, J. L. 1994. Phomapyrones: three metabolites from the blackleg fungus. *Phytochemistry* 36: 1315-1318 17: 301-310.
- Stevens, R. B., editor. 1981. *Mycology Guidebook*. University of Washington Press, Seattle.

- TeBeest, D. O. and Templeton, G. E. 1985. Mycoherbicides: Progress in biological control of weeds. *Plant Disease* 69: 6-10.
- Templeton, G. E. and TeBeest, D. O. 1979. Biological weed control with mycoherbicides. *Annual Review of Phytopathology*
- Toscano-Underwood, C., West, J. S., Fitt, B. D., Todd, A. D. and Jedryczka, M. 2001. Development of *phoma* lesions on oilseed rape leaves inoculated with ascospores of A-group or B-group *Leptosphaeria maculans* (stem canker) at different temperature and wetness durations. *Plant Pathology* 2001: 28-41.
- Venkatasubbaiah, P., Dyke, C. G. V. and Chilton, W. S. 1992. Phytotoxic metabolites of *Phoma sorghina*, a new foliar pathogen of pokeweed. *Mycologia* 84: 715-723.
- Walker, H. L. and Riley, J. A. 1982. Evaluation of *Alternaria cassiae* for biocontrol of sicklepod (*Cassia obtusifolia*). *Weed Science* 30: 651-654.
- Watson, A. K. 1989. Current advances in bioherbicide research. http://www.eap.mcgill.ca/PCBCW_3.htm
- Xu, X. L. and Ko, W. H. 1998. A quantitative confined inoculation method for studies of pathogenicity of fungus on plants. *Botanical Bulletin Academy Sinica* 39: 187-190.
- Zhang, L. Y., Ye, W. H., Cao, H. L. and Feng, H. L. 2004 *Mikania micrantha* H.B.K. in China- an overview. *Weed Research* 44: 42-49.
- Zhang, W., Wolf, T. M., Bailey, K.L., Mortensen, K. and Boyetchko, S. M. 2003. Screening of adjuvants for bioherbicide formulations with *Colletotrichum* spp. and *Phoma* spp. *Biological Control* 26: 95-108.