重大植物病害之認定及其因應措施

黃鴻章[1,3]、謝廷芳[2]

[1] Agriculture & Agri-Food Canada, Research Centre, Lethbridge, Alberta, Canada (*Emeritus*); Present Address: 農業委員會農業試驗所植物病理組

[2] 行政院農業委員會農業試驗所花卉研究中心

[3] 聯絡作者，電子郵件信箱：Hchuang39@gmail.com

摘　　要

植物病害種類可以分成生物性(傳染性)與非生物性(非傳染性)兩大類。引起生物性病害的病原有真菌、細菌、菌質、線蟲、濾過性病毒及寄生性高等植物等等；而造成非生物性的因子則有凍傷、日燒、乾旱、藥害、肥傷、風害、冰雹、雷電、機械傷害及環境污染等。很多生物性引起的病原具高度傳染性，一旦流行傳播，往往造成作物減產和重大經濟損失。本文僅以 1970 年代末期在美國、加拿大及 1980 年代初期在日本首次發現的病害苜蓿黃萎病(Verticillium wilt of alfalfa 由真菌 *Verticillium albo-atrum* 引起)為例，來討論有關重大植物病害之認定及其因應措施等問題。本病自 1976 年在美國西北部苜蓿田首次發現後，迅速蔓延到美國和加拿大很多地區，而成為眾所關注的重要病害。它之所以能受到有效控制是歸功於積極進行病害調查和研發有效病害防治策略如加強防、檢疫工作和開發新抗病品種等。

關鍵詞： 病害發生、植物防檢疫、病害流行、病害防治

緒　　言

植物病害種類可以分成生物性與非生物性兩大類。引起生物性病害的病原有真菌、細菌、菌質、線蟲、濾過性病毒及寄生性高等植物等；而造成非生物性的因子則有凍傷、日燒、乾旱、藥害、肥傷、風害、冰雹、雷電、機械傷害及環境污染等。很多生物性引起的病原具有高度傳染性，一旦流行傳播，往往造成作物重大經濟損失。以豆科植物苜蓿 (alfalfa 學名 *Medicago sativa*) 為例，它是北美的重要經濟作物之一。苜蓿莖葉富含蛋白質可做為動物飼料，種子可用以生產苜蓿芽做為餐館重要食材。如果苜蓿因為重大病害病而無法生產，它影響的層面不僅是從事苜蓿牧草和種子生產的農民和苜蓿加工業者，而且會對肉牛業、乳牛業、以及用於苜蓿種子生產的切葉蜂 (leafcutter bee 學名 *Megachile rotundata*) 飼養業造成極大衝激。本文用 1970 年代末期在美國[19]、加拿大[5]及日本[43]首次發現的苜蓿黃萎病 (Verticillium wilt of alfalfa 由 *Verticillium albo-atrum* 引起) 為例，來討論重大植物病害之認定方法及其因應措施等問題。

重大植物病害之認定

每一作物病害的發生和嚴重性，因病原菌種類及其致病性 (pathogenicity)、流行性 (epidemiology) 和病害普遍性 (disease distribution) 與嚴重性 (disease severity) 而異。一個新發現的病害必定會引起廣泛重視，但是否會成為一重大病害則必需依照其蔓延速度、作物產量和經濟損失情形而定。因此認定重大病害的手段包括病害發生調查，評估作物受害程度和病害蔓延情形，以確認其經濟重要性。例如由黑白輪枝菌 (*Verticillium albo-atrum*) 所引起的苜蓿黃萎病，它是一系統性病害[26, 41]。本病於 1918 年首次在瑞典[23]出現後，就在歐洲的溫帶地區迅速蔓延，成為歐洲地區苜蓿的主要病害。但是北美洲早期苜蓿病害調查報告中，在美國仍未出現本病[36]，直到 1976 年才在美國西北部[19]與 1977 年在加拿大西部 British Columbia 省[44]的農田裡首次被發現。其後病害調查發現本病發生於

美國包括 Pacific Northwest 諸州[10, 19]和 California[13]，Wisconsin[37]，Wyoming[40] 諸州和加拿大包括西部的 British Columbia[44]，Alberta[25]和 Saskatchewan[18]省; 中部的 Ontario[6,7,46]，和 Quebec[39,42]省; 和東部的 Prince Edward Island[38] 省。在 Manioba 省和 British Columbia, Alberta 和 Saskatchewan 等省的中部苜蓿產區仍無本病發生。又雖然苜蓿是多年生作物，一旦發生苜蓿黃萎病往往使生產年限由正常的七年縮短為 3-4 年而增加生產成本[5]。所以本病發生後由於蔓延迅速、受害嚴重而威脅牧草和苜蓿種子生產，因此於 1980 年代本病被生產者與業界認定為北美苜蓿最重要的病害。

瞭解作物病害從發源地向外擴散和傳播範圍是很重要的關鍵。苜蓿黃萎病是一種系統性病害 (systemic disease)，它的病菌可藉由受害莖葉和種子[8, 9, 11, 14, 31, 35, 45]，並透過貿易或種原交換等途徑而自疫區傳播到其他無病地區。據推測本病可能是經由帶菌種子而流入北美洲[22]。同樣地，苜蓿黃萎病於 1981 年首次出現於日本北海道地區，也肇因於由國外引進帶菌種子所惹出來的禍害[43]。

除受黃萎病危害的苜蓿莖葉和種子可在區域內短距離或長距離跨海傳播之外[22]，很多研究顯示本病尚可藉由其它管道四處散播、威脅更多苜蓿田而使經濟遭到重創。苜蓿黃萎病除可經由空氣[12]、流水、農機具[24]外，加拿大的研究發現此病菌還可經由動物糞便[33]和許多種昆蟲攜帶[21]。其中很多害蟲如蚜蟲[30]、蝗蟲和苜蓿象鼻蟲[27]等都是本病的媒介昆蟲。實驗證明蚜蟲[30]和苜蓿象鼻蟲[27]能夠將身上所攜帶的病原孢子，傳播至苜蓿植株，並藉由咀嚼的傷口，促使孢子發芽，進而侵入植株引起黃萎病。另一實驗證明蝗蟲吃食苜蓿黃萎病葉片，所排出的糞便也能傳播病原菌使苜蓿植株產生黃萎病[27]。

由於苜蓿是異花授粉的植物，必須藉由傳粉昆蟲如苜蓿切葉蜂的幫助授粉，才能提高種子產量[15]。但是切葉蜂不但會在發病田中藉採蜜的過程攜帶苜蓿黃萎病菌的孢子 (conidia)，而且也會在病田中採剪病葉帶回蜂巢中來做繭[29]。這種帶菌的蜂繭有可能經貿易過程而做遠距離傳播。另外研究

又發現苜蓿黃萎病菌可直接侵染苜蓿花粉[28]，它所侵染的苜蓿花粉也有可能由切葉蜂攜帶[32]而傳播到其他苜蓿植株。

苜蓿黃萎病自 1970 年代末期在北美田間首次被發現後，即快速傳播擴散蔓延而成為一重要苜蓿新病害。本病之倍受關注不只是因為它是新發現病害，而且是在病害調查和研究中發現本病可經由多種管道 (如種子、昆蟲等) 快速傳播蔓延於美、加很多苜蓿生產地區，嚴重影響該作物的產量和品質[34,48]、造成重大經濟損失[47]。由此可見一新興病害是否能成為重要病害要依其發生普遍性、危害程度 (severity)，傳播途經 (epidemiology)、以及經濟重要性 (economic impact) 而定。

重大植物病害之因應措施

每一新作物病害很容易受關注，但是最確重要的是要盡速確認它的發生、蔓延、經濟重要性、並盡速研發該病害的防治策略。茲以苜蓿黃萎病在北美發現後的因應方法說明如下。

1. 展開病害調查。本病於 1976 年在美國西北部[19]與 1977 年在加拿大西部 British Columbia 省[44]的農田首次被發現後，在加拿大很快發動全國苜蓿田調查機制，期以瞭解本病發生與蔓延情形[5, 7, 17, 25, 46]。在美國很多大學和聯邦政府、州政府等研究和推廣機構也紛紛展開調查本病發生情形[4, 10, 13, 16]。

2. 建立病害防檢疫的策略。由於苜蓿黃萎病可經由受害種子、莖葉、空氣、流水、農機具和媒介昆蟲等多種方法傳播。它也可能透過貿易過程進行長距離(跨國) 或短距離傳播。加拿大政府乃以本病在全國苜蓿生產區的調查資料[5, 25]建立檢疫措施。其檢疫法規中規定自他國輸入加國的苜蓿種子、乾草等必需經過檢驗。在國內疫區 (如 British Columbia 省南部和 Alberta 省南部) 所生產的苜蓿不得運往非疫區 (如 British Columbia 省和 Alberta 省中部和北部以及 Manitoba 全省等)。其他方法包括銷毀罹病苜蓿田，用殺菌劑得恩地 (Thiram) 處理種子 (本法規已於 1993 年取消) 和採用無病認證種子 (certified seeds) 等。日本於 1981 年首次在日本北海

道 Sorachi 地區出現苜蓿黃萎病[43]後，迅速訂定本病檢疫措施(http://www.co.kern.ca.us/kernag/phytotxt/Japan.pdf)。該檢疫法規規定，自國外進口苜蓿乾草(hay, cubes 等)必需出具檢疫證明 (Phytosanitary Certificate)。苜蓿乾草可經由燻蒸消毒 (Alfalfa Hay Fumigation Certification Program for Japan) 後進口，至於苜蓿地下根莖則必需有入境許可 (Import Permit) 和檢疫證明 (Phytosanitary Certificate) 才准予進口，而且必需先取得入境許可後才准予核發檢疫證明。針對苜蓿種子進口，日本政府規定必須出具檢疫證明。又苜蓿種子經檢驗如有下列項目之一者即禁止進口 (不核發檢疫證明)： 1) 苜蓿種子中參雜麥角菌(ergot;學名為 *Claviceps purpurea*) 之菌核 (sclerotia)超過 0.05% (即 500 mg/kg)；2) 苜蓿種子中參雜菌核病菌 (學名為 *Sclerotinia sclerotiorum*) 之菌核 (sclerotia) 超過 0.01% (即 100 mg/kg)；和 3) 苜蓿種子中參雜任何土壤 (zero tolerance for soil in seed shipments)。

3. 設立苜蓿種子生產專業區與加强病蟲害檢驗，以生產品質優良之健康種子。這種生產區大都選在比較偏僻隔離的地方，而且有嚴密的田間衛生管理規定，如清除雜草和去除弱小有病或畸型植株等。另外，還要針對此一病害訂定田間調查與種子認證 (seed certification) 標準，如果達不到這些特定標準之要求，則該田區作物就不得做為留種之用。
4. 研發抗病品種。抗病育種是作物病害最有效的防治策略。苜蓿黃萎病在美國出現後，除了公立研究機構之外，很多私立公司紛紛成立研究團隊進行本病抗病育種計畫。其後競相推出很多抗黃萎病新苜蓿品種，以謀取種子銷售利益。加拿大農業部自 1981 年成立一全國性研究團隊負責研發抗黃萎病的苜蓿新品種，該育種計畫育成了三個抗黃萎病的苜蓿新品種，包括 Barrier[20]、AC Blue J[3]及 AC Longview[1]。這些抗病品種每年平均乾草產量每公頃比感病的苜蓿品種約高出 1.5 公噸[34]。又苜蓿是一多年生豆科牧草，如果栽培易遭黃萎病菌侵染的感病品種，大約 3-4 年就要廢耕，但是栽培抗病品種則可以延長一倍以上的收穫年限。經由經濟評估在加拿大西部栽培這些抗黃萎病的苜蓿品種，每年大約可增加兩千七百萬元(加幣)的經濟效益[2, 47]。由於這幾個抗病品種的推廣栽培，使加拿大

苜蓿黃萎病疫情顯著減輕。在美國針對栽培抗黃萎病苜蓿品種的經濟效益也有多篇報導[40, 48]。

結論與展望

作物病害一旦被發現就要盡速調查其起因、來源、分佈情形、傳播速度以及其危害程度，並用這些資料評估該病害的經濟重要性。如果該病害被確認具有潛在重要性之病害 (high impact disease)，就應積極透過推廣與研發等手段來防止本病之擴散蔓延。研發策畧除訂定防檢疫法規以有效防堵該病害之長途 (跨國貿易)與短途 (區域性或田間) 傳播之外，還要積極研發該病害之快速檢測技術 (如研發分子探針，選擇性培養基等技術) 做為進出口農產品進行快速檢驗、病害調查與防治之工具。其他還包括研發有效的田間病害防治技術如設立種子生產專業區，訂定田間調查與種子認證標準以生產高品質之健康種子 (或種苗)，研發抗病、豐產、優質作物品種，和研發有效方法防止病菌媒介 (如昆虫等) 之傳播等。因此要有效因應作物新病害可能帶來的衝激，政府必需提高農業研究經費投入和依賴產學界密切合作才能有效控制新病害可能帶來的衝激。

引用文獻

1. Acharya, S.N., and Huang, H.C. 2000. AC Longview alfalfa. Can. J. Plant Sci. 80:613-615.
2. Acharya, S. N., and Huang, H. C. 2003. Breeding alfalfa for resistance to verticillium wilt: A sound strategy. Pp 345-371 *in*: H. C. Huang and S. N. Acharya (eds.) Advances in Plant Disease Management. Research Signpost, Trivandrum, Kerala, India.
3. Acharya, S.N., Huang, H.C., and Hanna, M.R. 1995. Registration of "AC Blue J" alfalfa. Crop Sci. 35:1225-1226.
4. Arny, D.C., and Grau, C.R. 1985. Importance of Verticillium wilt of alfalfa

in North America. Can. J. Plant Pathol. 7:187-190.

5. Atkinson, T.G. 1981. Verticillium wilt of alfalfa: Challenge and opportunity. Can. J. Plant Pathol. 3:266-272.
6. Basu, P.K. and Brown, N.J. 1988. Incidence of Verticillium wilt of alfalfa in eastern Ontario. Can. Plant Dis. Surv. 68:65-67.
7. Busch, L.V., and Christie, B.R. 1982. Combating verticillium wilt of alfalfa. Highlights of agricultural research in Ontario. 5:4-6.
8. Christen, A.A. 1982a. Demonstration of *Verticillium albo-atrum* in alfalfa seed. Phytopathology 72:412-414.
9. Christen, A.A. 1983. Incidence of external seed-borne *Verticillium albo-atrum* in commercial seed lots of alfalfa. Plant Dis. 67:17-18.
10. Christen, A.A., and Peaden, R.N. 1981. Verticillium wilt in alfalfa. Plant Dis. 65:319-321.
11. Christen, A.A., and Peaden, R.N. 1982. Relative importance of sources of Verticillium wilt infestation in alfalfa. Phytopathology 72:960. (Abstract)
12. Davies, R.R., and Isaac, I. 1958. Dissemination of *Verticillium albo-atrum* through the atmosphere. Nature (London) 181:649.
13. Erwin, D.C., and Khan, R.A.1988. Verticillium wilt of alfalfa in southern California caused by *Verticillium albo-atrum*. Plant Dis. 72:453.
14. Gilbert, R.G., and Peaden, R.N. 1988. Dissemination of *Verticillium albo-atrum* in alfalfa by internal seed inoculum. Can. J. Plant Pathol. 10:73-77.
15. Goplen, B.P., Baenziger, H., Bailey, L.D., Gross, A.T.H., Hanna, M.R., Michaud, R., Richards, K.W., and Waddington, J. 1980. Growing and managing alfalfa in Canada. Agr. Can. Publication 1705. Agr. Can., Ottawa. 49 pp.
16. Gordon, T.R., Correll, J.C., Gilchrist, D.G., and Martensen, A.N. 1989. Verticillium wilt of alfalfa in California. Plant Dis. 73:18-20.
17. Gossen, B.D., and Jesperson, G. 1988. Survey of irrigated alfalfa in

Saskatchewan. Can. Plant Dis. Surv. 68:61.

18. Gossen, B.D., Kaminski, D.A., and Coulman, B. 1995. Survey for Verticillium wilt of alfalfa under irrigation in Saskatchewan, 1991-94. Can. Plant Dis. Surv. 75:164-165.
19. Graham, J.H., Peaden, R.N., and Evans, D.W. 1977. Verticillium wilt of alfalfa found in the United States. Plant Dis. Rep. 61:337-340.
20. Hanna, M.R., and Huang, H.C. 1987. 'Barrier' alfalfa. Can. J. Plant Sci. 67:827-830.
21. Harper, A.M., and Huang, H.C. 1984. Contamination of insects by the plant pathogen *Verticillium albo-atrum* in an alfalfa field. Environ. Entomol.13:117-120.
22. Heale, J.B., Isaac, I., and Milton, J.M. 1979. The administrative control of verticillium wilt of lucerne. *In:* Ebbels, D.L., and King, J.E. (eds.). Plant Health: The Scientific Basis for Administrative Control of Plant Diseases. Blackwell Scientific Publications Ltd., Oxford. pp. 71-78.
23. Hedlund, T. 1923. Om Nagrasjukdomar och skador pa vara lantbruksvaxter. Sver. Allm. Jordbrukstidskr. 5:166-168.
24. Howard, R.J. 1985. Local and long-distance spread of *Verticillium* species causing wilt of alfalfa. Can. J. Plant Pathol. 7:199-202.
25. Howard, R.J., Huang, H.C., Traquair, J.A., Moskaluk, E.R., Kokko, M.J., and Philippe, L.M. 1991. Occurrence of verticillium wilt of alfalfa in southern Alberta, 1980-86. Can. Plant Dis. Surv. 71:21-27.
26. Huang, H.C. 1989. Distribution of *Verticillium albo-atrum* in symptomed and symptomless leaflets of alfalfa. Can. J. Plant Pathol. 11:235-241.
27. Huang, H.C., and Harper, A.M. 1985. Survival of *Verticillium albo-atrum* from alfalfa in feces of leaf-chewing insects. Phytopathology 75:206-208.
28. Huang, H.C., and Kokko, E.G. 1985. Infection of alfalfa pollen by *Verticillium albo-atrum*. Phytopathology 75:859-865.
29. Huang, H.C., and Richards, K.W. 1983. *Verticillium albo-atrum*

contamination on leaf pieces forming cells for the alfalfa leafcutter bee. Can. J. Plant Pathol. 5:248-250.

30. Huang, H.C., Harper, A.M., Kokko, E.G. and Howard, R.J. 1983. Aphid transmission of *Verticillium albo-atrum* to alfalfa. Can. J. Plant Pathol. 5:141-147.
31. Huang, H.C., Hanna, M.R. and Kokko, E.G. 1985. Mechanisms of seed contamination by *Verticillium albo-atrum* in alfalfa. Phytopathology 75:482-488.
32. Huang, H.C., Richards, K.W. and Kokko, E.G. 1986. Role of the leafcutter bee in dissemination of *Verticillium albo-atrum* in alfalfa. Phytopathology 76:75-80.
33. Huang, H.C., Hironaka, R. and Howard, R.J. 1986. Survival of *Verticillium albo-atrum* in alfalfa tissue buried in manure or fed to sheep. Plant Dis. 70:218-221.
34. Huang, H.C., Acharya, S.N., Hanna, M.R., Kozub, G.C., and Smith, E.G. 1994. Effect of verticillium wilt on forage yield of alfalfa grown in southern Alberta. Plant Dis. 78:1181-1184.
35. Isaac, I., and Heale, J.B. 1961. Wilt of lucerne caused by species of *Verticillium*. III. Viability of *V. albo-atrum* carried with lucerne seed; effect of seed dressings and fumigants. Ann. Appl. Biol. 49:675-691.
36. Kreitlow, K.W. 1962. Verticillium wilt of alfalfa. A destructive disease in Britain and Europe not yet observed in the United States. U. S. Dep. Agric., Agric. Res. Serv. 34-20. 15 pp.
37. Lindermann, J., Arny, D.C., and Delwiche, P.A. 1982. Detection of *Verticillium albo-atrum* in the air over infected alfalfa fields in Wisconsin. Phytopathology 72:1382 (Abstract).
38. Martin, R.A., and Boswall, P. 1989. First occurrence report of Verticillium wilt of alfalfa on Prince Edward Island. Can. Plant Dis. Surv. 69:51.
39. Nicholls, H., Richard, C., and Martin, J.-G. 1987. Verticillium wilt of

alfalfa in Quebec. Can. Plant Dis. Surv. 67:17-21.

40. Page, M.S., Gray, F.A., Legg, D.E., and Kearl, W.G. 1992. Economic impact and management of Verticillium wilt on irrigated alfalfa hay production in Wyoming. Plant Dis. 76:504-508.
41. Pennypacker, B.W., and Leath, K.T. 1983. Dispersal of *Verticillium albo-atrum* in the xylem of alfalfa. Plant Dis. 67:1226-1229.
42. Richard, C., and Nicholls, H. 1988. Survey of Verticillium wilt of alfalfa in Quebec, 1986-1987. Can. Plant Dis. Surv. 68:72-73.
43. Sato, R. 1994. Outbreak of alfalfa Verticillium wilt in Hokkaido. Japan Agric. Res. Quart. 28:44-51.
44. Sheppard, J.W. 1979. Verticillium wilt, a potentially dangerous disease of alfalfa in Canada. Can. Plant Dis. Surv. 59:60.
45. Sheppard, J.W., and Needham, S.N. 1980. Verticillium wilt of alfalfa in Canada. Occurrence of seed-borne inoculum. Can. J. Plant Pathol. 2:159-162.
46. Smith, B.D., Busch, L.V., and Boland, G.J. 1988. Survey of Verticillium wilt of alfalfa in southern Ontario. Can. Plant Dis. Surv. 68:68-69.
47. Smith, E.G., Acharya, S.N., and Huang, H.C. 1995. Economics of growing verticillium wilt resistance and adapted alfalfa cultivars in western Canada. Agronomy J. 87:1203-1207.
48. Viands, D.R., Lowe, C.C., Bergstrom, G.C., Vaughn, D.L., and Hansen, J.L. 1992. Association of level of resistance to verticillium wilt with alfalfa forage yield and stand. J. Production Agric. 5:504-509.

ABSTRACT

Assessment and Management of High Impact Diseases of Crops

Huang, H. C.[1, 3], and Hsieh, T. F.[2]

[1] Agriculture & Agri-Food Canada, Research Centre, Lethbridge, Alberta, Canada (*Emeritus*); Present Address: Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Wu-feng, Taichung 413, Taiwan.

[2] Taiwan Agricultural Research Institute, COA, Taiwan, R.O.C.

[3] Corresponding author, Email: Hchuang39@gmail.com

Plant diseases may be due to biotic factors such as fungi, bacteria, mycoplasma, viruses, nematodes and parasitic plants or abiotic factors such as freezing injury, sun scorch, drought injury, injury of agrochemicals (pesticides and fertilizers) or environmental pollutants, wind damage, hail injury and mechanical injury. Most of the biological agents are contagious and capable of spreading via infected plants. A crop disease is considered high risks if it spreads rapidly and causes severe economic loss. The outbreak of a new crop disease will likely draw attention but its potential impacts depend upon mode of infection and means of spreads of the pathogen as well as economic impacts of the disease. Verticillium wilt of alfalfa, an important disease in Europe since 1918, was first found in some commercial fields of alfalfa in North America in 1976. The disease spread rapidly to all major alfalfa production areas in the USA and Canada in 1980s and 1990s because of numerous methods for dispersal of the pathogen and lack of resistance in commercial alfalfa cultivars. The outbreak of this disease in North America is used as an example to discuss strategies for assessment and management of new and high impact diseases in crops.

Key Words：Disease occurrence, Plant quarantine, epidemiology, Plant disease control