

種子健康驗證體系之種傳病毒的檢測

鄧汀欽 研究員

行政院農業委員會 農業試驗所植物病理組

電子郵件：tcde@wufeng.tari.gov.tw；傳真：04-2333-8162

摘 要

2006 年 Albrechtsen 整理後列出 115 種病毒，31 種潛隱病毒(cryptic viruses)，12 種類病毒(viroids) 具有經種子傳播的特性。在種子交易或種原交換時，病毒可隨種子存活，且可經長距離人為散佈，特別具檢疫風險。藉帶毒種子散佈到田間，即已建立初感染源，啟動整個病害流行，而病苗本身又是二次感染源，加上媒介體傳播，短期內即迅速蔓延，形成大面積流行。若無野生寄主或媒介體以供越冬(夏)，種子就是此類病毒渡過逆境的溫床。為防止病毒經種子傳播，應探討其經種子傳播的現象與機制，發展經濟實用的種子(苗)帶毒檢測技術，以流行病學研究評估其經濟臨界值，並據以研擬病毒種傳率之最高容許度，最後建立種子健康檢查標準流程及與國際接軌的驗證體系，以落實防疫檢疫政策，並供種苗業者遵行，嘉惠全球各角落的農民。

關鍵詞：容許度、胚、取樣、出芽試驗、免疫酵素分析、種子試驗分析程式

Detection of Seed-Transmitted Viruses in the Seed Phytosanitary Certification System

Ting-Chin Deng, PhD, Researcher

Plant Pathology Division, Agricultural Research Institute, COA, Executive Yuan

Email : tcde@wufeng.tari.gov.tw ; Fax : 04-2333-8162

Abstract

According to Albrechtsen, 2006, 115 viruses, 31 cryptic viruses, and 12 viroids are seed-transmitted in their hosts. With special phytosanitary risks, these seed-transmitted viruses are existed and dispersed along with their hosts in international movement of seed by seed trade or exchange. Initial inoculum brought by seeds at the beginning of the growing season to trigger the disease epidemics. Dissemination of virus-infected seedlings and conjunction with secondary spread by vectors can result in outbreak of the viral disease. Those viruses with seed-transmissibility but having no overwintering host plants or known vectors are harbored by their host in the seed. The seed transmission leading to the disease epidemics needs to be prevented. In this paper, the phenomenon and mechanism of seed transmission, practical methods for seed testing, tolerance level for seed-transmission rate according to epidemiology-based inoculum threshold, and standardization in testing protocols for establishing a worldwide phytosanitary system will be discussed. Therefore, the certification programs will minimize the phytosanitary risk and benefit seed industry or growers globally.

Key words: tolerance level, embryo, sampling, growing-on test, ELISA, STpro

緒 言

病毒系統性感染植物時，罹病株的繁殖器官也被侵染，但通常認為種子會避免被病毒感染，事實上在 1993 年 Mink 報告中約有 108 種病毒具有可經種子傳播(seed-transmission)的特性，2006 年經 Albrechtsen 整理後列出 115 種病毒，31 種潛隱病毒(cryptic viruses)，12 種類病毒(viroids) 具有種傳的特性，其中最具有經濟重要性的 34 種病毒 1 種類病毒，其生物學分類及在我國的防疫與檢疫分類詳如表 1。

這些具有種傳性的病毒在農業生態及檢疫或防疫體系中扮演著重要的角色。如種子銷售或種原交換時，病毒可隨帶毒種子存活長久，且可經長距離跨國界由人為散佈，因帶病毒的種子外表難目視辨別，特別具檢疫風險。再則藉帶毒種子散佈到田間即已垂直(vertically)傳播建立初感染源，由此啟動整個病害流行，而罹病苗本身又是二次傳染源，經媒介體水平(horizontally)傳播，短期內即迅速蔓延，形成大面積流行，影響作物生產。若是已屬風土病(endemic)的病毒，如無野生寄主或媒介體以供越冬(夏)，種子就是此類病毒渡過逆境的溫床。在植物防疫與檢疫的策略上，為防止病毒經種子傳播，應針對具種傳特性的各種病毒及植物組合，探討其經種子傳播的現象與機制，發展經濟實用的種子(苗)帶病毒檢測技術，以流行病學研究評估其臨界值(inoculum threshold)，並據以研擬病毒種傳率之最高容許度(tolerance level)，最後建立種子健康檢查標準流程(SOP)及與國際接軌的驗證(certification)制度，以落實防疫檢疫政策，並供種苗業者遵行，嘉惠全球各角落的農民。

1. 種子發育生理與構造

植物雌蕊具有一個到多個繁殖單位稱為心皮(carpel)，心皮分為柱頭(stigma)、花柱(style)與子房(ovary)三部份。胚珠(ovule)在子房內受精(fertilization)後發育成種子，心皮繼續發育，其花萼(calyx)、花托(receptacle)或其它與子房相連的部份伴隨子房長成為果實(fruit)，而果皮(pericarp)係由子房壁發育而成，分為內果皮，中果皮，外果皮。種子包括胚(embryo)、胚乳(endosperm)及種皮(testa)三部分。種皮係由珠被(integument)發育而成，保護胚和胚乳。與胚一起受精發育的胚乳中有澱粉、蛋白質、油脂類及各種酵素和生長激素等，供給胚發育所需的養分，大多數單子葉植物如禾本科水稻、玉米或小麥等，在種子成熟後仍具有胚乳，稱為有胚乳(albuminous)種子。部份豆類、瓜類、十字花科及菊科植物的種子，屬於無胚乳(exalbuminous)種子，其胚乳組織在種子發育時，即被胚所吸收用盡，因此種子發育的養分，便靠

子葉(cotyledons)來供給。

2. 病毒種傳的現象與機制

Maule, 1996 指出病毒經種子傳播的現象有以下幾項特性：(1)寄主品種間對同一株病毒的種傳率有差異，即寄主有基因控制病毒種傳的抗感性。(2)病毒株系間對同一寄主品種的種傳率有差異，即病毒有基因(如 *Potyvirus* 的 HC-Pro)控制其經種子傳播的效率。(3)病毒經種子傳播的效率會受外界環境影響，因此種傳率以百分率範圍表示(如 6-10%)。(4) 一個罹病株果實僅有少數種子會遭到感染而具有傳毒能力，通常病毒種傳率是 0% 的很常見，但是 100% 的極少見。(5) 病毒經種子傳播的效率受寄主株齡限制，如花期過後才遭病毒感染，其種子即無傳毒能力。(6) 大多數經種子傳播的病毒必須侵染至胚(embryo)，但一些例外如 Tobamoviruses 存活種皮內，於種子萌芽時侵染幼苗組織亦能造成種傳現象。(7) 多數種傳病毒於受精前即已感染胚珠或花粉粒，部份是在受精後才入侵至胚。

病毒在寄主體內運轉靠 2 種機制：(1) 病毒製造 movement proteins 撐開細胞間絲(plasmodesmata)使病毒在細胞間移行。(2) 利用植物維管束系統作長距離移行。被子植物的大孢子母細胞(megasporocyte)及其發育成的大配子(megagametophyte)-胚囊(embryo sac)，與維管束均無直接聯繫，與週圍的細胞亦無細胞間絲貫聯。因此大孢子母細胞一旦形成即與週圍的組織隔離，病毒無法傳到胚囊。花粉粒傳毒的機制與胚囊傳毒的情況相似，唯有小孢子母細胞(microsporocytes)形成前即已被病毒系統性感染的植株，其病毒才會經花粉粒傳播。存在於小孢子母細胞內的病毒，隨著細胞發育進入小配子(microgametophyte)-花粉粒內，後轉入生殖細胞及精細胞(sperm cell)內。過程中病毒可通過細胞間絲運轉，也可附著在細胞分裂所形成的紡錘體進入子細胞。受精時花粉粒長出花粉管(pollen tube)，通過柱頭伸入胚囊，釋放出精細胞。帶毒的精細胞與健康的卵細胞結合後，即會產生帶毒的種子(Maule, 1996)。但是通常帶毒花粉粒在受精過程中競爭力較小，且常有敗育現象，一般花粉粒的傳毒效率要小於胚珠的傳毒效率。

罹病株被系統性感染的果實，其組織也到處充斥著感染的病毒，很容易被檢測出來(Lecoq, et al., 2003)。種子未成熟時帶毒率很高，但在成熟過程中，帶毒率逐漸降低，甚至種子成熟乾燥貯藏後，病毒就完全被脫除了。

3. 發展種子(苗)帶病毒檢測技術

現有帶病毒種子檢測技術不外：(1) 生物分析(biological assays)，(2) 血清檢測(serological testing)，(3) 核酸檢測(nucleic acid-based testing)，(4) 電子顯微鏡觀察(electron microscopy)。其檢測技術的開拓及方法的優劣比較散見相關刊

物，歷年來多位專家亦曾作過整體回顧報告(張，2005；鄧等，2005；Bennett,1969；Johansen, et al., 1994；Lange, et al., 1992；Maury, et al., 1998；Phatak, 1974)，Albrechtsen 於 2006 將帶病毒種子檢測的原則與詳細操作流程整理成書，可供參考。但不論應用何種方法與流程，其關鍵必須兼具敏感性、專一性、重現性與經濟性。

4. 以流行病學研究評估種傳病毒的為害臨界值

近代農業經營的有害生物綜合管理(integrated pest management, IPM)體系，為維持生態平衡採用經濟為害水平(economic injury level)的觀念，經濟為害水平指的是該水平的有害生物族群密度所造成的危害，正好等於防止該危害的費用。因此經濟臨界值(economic threshold)指的是有害生物密度低於經濟為害水平，但已達相當密度，若在此時開始防治即可避免以後有害生物密度超過經濟為害水平。這些名詞多用在蟲害的文獻，在病害方面，inoculum threshold 指的是接種源潛勢(inoculum potential)達到為害水平(damage threshold)的量，若病原量未達此臨界值，病害發生也不致減產或影響經濟損失(Stace-Smith, 1988)。因此病毒種傳率若未超過臨界值的量，其對收成的影響即可忽視，以節省防治成本。此臨界值受各種流行病學因素影響，如作物品種、二次傳染的媒介個體、氣候環境、種植季節、耕作方式等。在人為訂定病毒種傳的臨界值時尚需注意檢疫風險及成本考量，一般被列為檢疫有害生物的項目，其臨界值應是零。

帶毒種子散佈到田間啟動整個病害流行，其間受流行病學因素影響(McGee, 1995)，不同的初感染源水平，造成不同的病勢發展與產量損失。如大豆嵌紋病毒(*Soybean mosaic virus*, SMV) 愈在生育早期侵染大豆植株，其產量損失愈重，因此種傳率高低決定了未來田間 SMV 的流行程度，且與產量損失呈正比。根據損失評估，盛花期的 SMV 感染率低於 3% 即可控制當期作 SMV 流行所造成的產量損失(郭等, 1992)。大豆 SMV 種傳率約為 29.60 - 1.04%，視品種而異 (郭等, 1991)。一般大豆若維持 0.5% 種子帶毒率即可顯著延緩 SMV 的流行，但其間受遷飛降落的媒介蚜蟲影響，在田間有翅蚜發生和飛翔高峰期，需降低到 0.2% 和 0.1% 種子帶毒率才可控制 SMV 的流行為害(郭與張, 1991)。根據媒介蚜蟲發生的程度，決定所播種子的帶毒率水平，以控制 SMV 危害。如輕發生年份，SMV 的種子帶毒率臨界水平為 0.5%，中等偏輕年份為 0.2%，中等發生年份為 0.1%，而中等偏重發生年份為 0.04%，大發生年則為 0.01% (郭, 1992)。

5. 訂定病毒種傳率之最高容許度(tolerance level)

從生產(檢驗)成本及國際貿易的公平性考量(McGee, 1997a；1997b)，加

上病害管理及檢疫風險的觀點(Kobayashi, 1990)，上述病毒種傳率的臨界水平，在種子健康檢查時即可當成制定最高容許度的標準。但如萵苣嵌紋病毒(Lettuce mosaic virus, LMV)在美國加州的種傳率之最高容許度曾定為 0.1%，但實驗證明其未能控制病毒的發生，必須採樣 30000 種子受檢均無病毒才能防治該病害(Grogan, 1983)。Roberts, 1999 曾發表關於臨界值、容許標準、及其間的試驗與風險等統計學概念。

6. 建立種子健康檢查及驗證標準流程

由於跨國採種、種源交換或種苗國際貿易的日趨頻繁，病毒經種子媒介傳播入境的風險日增，為了其間的檢疫與防疫之需，對於種傳病毒的檢測與健康種苗驗證必須有一套標準程序，且與國際接軌能被世界各國接受。因此擬訂以下的程序，建議作為種傳病毒檢測及驗證的標準程序。

(1) 取樣方式：種子病害檢測與一般種子檢查的取樣方式相同，首重取樣均勻，且能代表整批種(Albrechtsen, 2006；Russell, 1988)。因此遵循國際種子檢查規則的取樣程序，由同一批號的種子(seed lot)從不同位置隨機抽取原始樣品(primary sample)，其取樣頻度(sampling intensity)依規則所定。再將所有原始樣品組合並混合成複合樣品(composite sample)，由部份或全部複合樣品組成送驗樣品(submitted sample)送往檢測機關。檢測機關實驗室從送驗樣品中抽取出來進行檢測的次樣品(sub-sample)即為樣品(working sample) (Morrison, 1999)。供試的檢測樣品數(sample size)，在此規則下，Maddox (1997) 認為 SqMV 的供試樣品數為 500-2000，Kawi *et al.*, (1985) 則試驗證明 CGMMV 的供試樣品數不能少於 800。

(2) 檢測方法：

A. 出芽試驗 (growing-on test)：

從檢測用樣品中取適量的種子，在環境設定的隔離溫室內播種，先進行出芽試驗，觀察苗株是否出現病徵，必要時輔以接種試驗、電子顯微鏡檢查、血清或核酸鑑定等。

B. 免疫酵素分析 (ELISA)：

大多數種子所帶的病毒都可用 ELISA 檢測，有些且可以直接從種子研磨淬取液中檢測出來(Lister, 1978)，但是因為種子內所帶的病毒數量少且比率低，所以一批種子檢測的結果是偽陰性(false-negative)的機會頗大。若利用出芽試驗，讓經種子傳染到苗的病毒隨寄主生長繁殖，且數量已放大至可檢測的程度，再結合 ELISA 檢測苗組織中的病毒，其結果即無偽陰性的可能。如果供試苗株都無明顯病徵，則建議提高樣品數，且以 5 株苗的莖葉組織混合研磨當成一個樣品，以群體試驗法(group testing method)進行 ELISA(葛與張，1986)。

(3) 檢驗結果的計算與驗證表示：

依國際種子檢查規則，檢測結果應以受感染數的百分比，或一定重量樣品內檢出的病毒數表示。群體試驗的種傳百分比率、信心範圍

(confidence interval)及適合度 (goodness-of-fit)都可利用種子試驗分析程式- STpro (www.planthealth.co.uk/downloads)算出。再參考各種作物的種子所帶各種病毒的最高容許率，開發檢驗證明或作必要的檢疫措施。

種傳病毒檢測之實例

玉米種子 MDMV 檢測

1. ELISA 群體試驗檢測種子帶毒率

防檢局送檢玉米種子一批，所有送檢樣本的種子經浸水軟化並在濕室中摧芽 3 天，從中取 135 株已發芽的種子，分別剝取種皮為一組，和含胚體的殘餘組織樣本為另一組，集 3 顆種子為一個檢測單位，進行間接法 ELISA。檢驗用抗體為 Deng and Huang, 1986 自製玉米矮化嵌紋病毒 (*Maize dwarf mosaic virus*, MDMV) 抗血清。

2. 出芽試驗

摧芽後的種子分別種植於 72 格穴盤中，8 天後逐株觀察病徵並剪取葉片進行間接法 ELISA，檢測種子傳播 MDMV 至幼苗的情形。

3. 種傳率計算

利用 STpro 計算種傳百分比率、95% 信心範圍、及適合度。

大豆種子 CMV 及 Potyviruses 檢測

採購市售能源大豆種子 2.5 公斤，逢機取部分種子播種於 72 格穴盤中，14 天後逐株觀察病徵並剪取子葉和第一片本葉，進行間接法 ELISA，檢測種子傳播病毒至幼苗的情形，檢驗用抗體 CMV 為檢測胡瓜嵌紋病毒，另 Agdia 的 Potyvirus group 試劑應可同時檢測出 SMV、BCMV、BYMV、CABMV、PSbMV、PeMoV 等多種可能種傳的 potyviruses。

胡瓜病毒種傳率調查

供試材料包括市售的秀燕、喜燕、萬綠、萬青 2 號、青王等雜交一代胡瓜品種。每種逢機取 15 顆種子播種於 4 吋盆中，發芽後逐株觀察病徵。

結 果

玉米種子 MDMV 檢測

ELISA 群體試驗檢測種子帶毒率，結果在 45 個種皮檢測單位中有 1 個為正反應(有帶 MDMV)，但含胚體組織全為負反應(未帶 MDMV)。出芽試驗結果，在 135 株苗中確有 1 株為正反應(已感染 MDMV)，且可看到其病徵(圖 1)。綜合兩種試驗的結果，經以 STpro 計算，結果如表二，種傳百分比率估計為 0.74%，其 95% 信心範圍為 0.12% - 2.3%、適合度 chi-squared statistic = 0.00 (1 df; P = 0.996)。

大豆種子 CMV 及 Potyviruses 檢測

出芽試驗結果，在 144 株苗中雖有部分植株有疑似病徵(圖 2)，但經 ELISA，全為負反應(未感染 CMV 或任一種 *Potyvirus*)。

胡瓜病毒種傳率調查

出芽後調查，在喜燕的幼苗中發現 3 株有疑似病毒病徵(圖 3)。

討 論

具有經種子傳播能力的病毒在農業生態和檢防疫上有其特殊性，而種子帶毒的診斷與防除技術之重要性已不言可喻。上述實例中 MDMV 雖非感染至胚的種傳模式，但是 MDMV 確實存在種子中(seed-borne)，且可傳染至下一代苗株上(seed-transmitted)。雖然 MDMV 未被 Albrechtsen, 2006 列入重要種傳病毒，但是在玉米產區的病害管理，MDMV 的種傳現象卻是不能忽視的一個因素。SMV 的種傳現象研究甚多，實例中未能測出 SMV 或其他 potyviruses，因此出芽試驗觀察到的疑似病株，其病因有待釐清。至於喜燕胡瓜種傳的病毒種類已在分離鑑定中。

引用文獻

1. 張清安。2005。種傳病毒之特性、檢測與管理。植病會刊 14:77-88。
2. 郭井泉。1992。控制大豆花葉病毒危害的種子帶毒率臨界水平。東北農學院學報 23:220-225。
3. 郭井泉、何平、張明厚、呂文清。1991。SMV 種傳特性及其田間流行的

- 種子傳毒率預測。病毒學雜誌 6:171-178。
4. 郭井泉、張明厚。1991。種子帶毒率及有翅蚜降落量對 SMV 流行的影響。植物保護學報 18:29-33。
 5. 郭井泉、劉洪義、張明厚。1992。大豆花葉病毒(SMV)流行的產量損失及其模型預測。大豆科學 11:24-30。
 6. 葛莘、張明厚。1986。大豆花葉病毒種子傳毒率測定方法的比較。病毒學報 2: 65-73。
 7. 鄧汀欽、蔡錦慧、廖吉彥。2005。瓜類種子傳播病毒病害的特性。植物種苗 7:1-19。
 8. Albrechtsen, S. E. 2006. Testing Methods For Seed-transmitted Viruses: Principles and Protocols. CABI Publishing, Wallingford, UK.288 pp.
 9. Bennett, C. W. 1969. Seed transmission of plant viruses. *Adv Virus Res.* 14:221-61.
 10. Deng, T. C., and Huang, C. H. 1986. Purification and antiserum preparation of maize dwarf mosaic virus. *J. Agri. Res. China* 35:350-359.
 11. Grogan, R. G. 1983. Lettuce mosaic virus control by use of virus-indexed seed. *Seed Sci. & Technol.* 11:1043-1049.
 12. Johansen, E., Edwards, M. C., and Hampton R. O. 1994. Seed transmission of viruses: Current perspectives. *Annu. Rev. Phytopath.* 32: 363-386.
 13. Kawi, A., S. Kimura, T. Nishio, and N. Nagao. 1985. Detection for cucumber mottle mosaic virus in cucumber seeds using enzyme-linked immunosorbent assay. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* 21: 47-53.
 14. Kobayashi, T. 1990. Impact of seed-borne pathogens on quarantine in Japan. *Seed Sci. & Tech.* 18: 427-433.
 15. Lange, L., Wu, W.-S., and van Vuurde, J. W. L. 1992. Seed transmitted virus diseases: Biology , detection & control. Yi Hsien Publishing Co. Taipei, Taiwan., 165 pp.
 16. Lecoq, H., C. Desbiez, C. Wipf-Scheibel, and M. Girard. 2003. Potential involvement of melon fruit in the long distance dissemination of cucurbit potyviruses. *Plant Dis.* 87:955-959.
 17. Lister, R. M. 1978. Application of the enzyme-linked immunosorbent assay for detecting viruses in soybean seed and plants. *Phytopathology* 68:1393-1400.
 18. Maddox, D. A. 1997. Regulatory needs for standardized seed health tests. In: D. C. McGee, ed., *Plant Pathogens and the Worldwide Movement of Seeds.* APS Press, St. Paul, Minnesota, USA., pp. 81-92.
 19. Maule, A. J., and Wang, D. 1996. Seed transmission of plant viruses: a lesson in biological complexity. *Trends in Microbiology* 4:153-158.
 20. Maury, Y., Duby, C., and Khetarpal, R. K. 1998. Seed certification for viruses. In: A. Hadidi, et al., eds. *Plant Virus Disease Control.* APS Press, St. Paul,

- Minnesota, USA., pp. 237-248.
21. McGee, D. C. 1995. Epidemiological approach to disease management through seed technology. *Annu. Rev. Phytopath.* 33: 445-466.
 22. McGee, D. C. 1997a. Relevance of seed pathology research priorities to worldwide movement of seed. In: D. C. McGee, ed., *Plant Pathogens and the Worldwide Movement of Seeds*. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA., pp. 1-16.
 23. McGee, D. C. 1997b. World phytosanitary system: Problems and solutions. In: D. C. McGee, ed., *Plant Pathogens and the Worldwide Movement of Seeds*. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA., pp. 67-79.
 24. Mink, G. I. 1993. Pollen- and seed-transmitted viruses and viroids. *Annu. Rev. Phytopath.* 31: 375-402.
 25. Morrison, R. H. 1999. Sampling in seed health testing. *Phytopathology* 89:1084-1087.
 26. Phatak, H. C. 1974. Seed-borne viruses – identification and diagnosis in seed health testing. *Seed Sci. & Technol.* 2:3-155.
 27. Ridout, M.S., and Roberts, S. J. 1995. Instructions and notes on *STpro* program. Horticulture Research International, UK. Pp. 8
 28. 1999. Thresholds, standards, tests, transmission and risks. In: J. W. Sheppard, ed., *Proceedings of 3rd ISTA Seed Health Symposium*, Ames, Iowa, USA, 16-19 August 1999., pp. 20-24.
 29. Roberts, S. J., Phelps, K., Taylor, J.D. and 1993. Design and interpretation of seed health assays. In: J. W. Sheppard, ed., *Proceedings of the First ISTA Plant Disease Committee Symposium on Seed Health Testing*, Ottawa, Canada, August 1993., pp.115-125.
 30. Russell, T. S. 1988. Some aspects of sampling and statistics in seed health testing and the establishment of threshold levels. *Phytopathology* 78:880-881.
 31. Stace-Smith, R., and Hamilton, R. I. 1988. Inoculum thresholds of seedborne pathogens: viruses. *Phytopathology* 78:875-880.

表 1. 重要經種子傳播的病毒及其在臺灣的防疫與檢疫分類

Virus	Acronym	Family	Genus	Endemic	Quarantine
<i>Alfalfa mosaic virus</i>	AMV	<i>Bromoviridae</i>	<i>Alfamovirus</i>	-	Yes
<i>Barley stripe mosaic virus</i>	BSMV	-	<i>Hordevirus</i>	-	-
<i>Bean common mosaic necrosis virus</i>	BCMNV	<i>Potyviridae</i>	<i>Potyvirus</i>	-	-
<i>Bean common mosaic virus</i>	BCMV	<i>Potyviridae</i>	<i>Potyvirus</i>	Yes	Yes
<i>Bean yellow mosaic virus</i>	BYMV	<i>Potyviridae</i>	<i>Potyvirus</i>	Yes	-
<i>Broad bean stain virus</i>	BBSV	<i>Comoviridae</i>	<i>Comovirus</i>	-	Yes
<i>Broad bean true mosaic virus</i>	BBTMV	<i>Comoviridae</i>	<i>Comovirus</i>	-	Yes
<i>Cowpea aphid-borne mosaic virus</i>	CABMV	<i>Potyviridae</i>	<i>Potyvirus</i>	Yes	-
<i>Cowpea mosaic virus</i>	CPMV	<i>Comoviridae</i>	<i>Comovirus</i>	-	Yes
<i>Cowpea severe mosaic virus</i>	CPSMV	<i>Comoviridae</i>	<i>Comovirus</i>	-	Yes
<i>Cucumber green mottle mosaic virus</i>	CGMMV	-	<i>Tobamovirus</i>	Yes	-
<i>Cucumber mosaic virus</i>	CMV	<i>Bromoviridae</i>	<i>Cucumovirus</i>	Yes	-
<i>Indian peanut clump virus</i>	IPCV	-	<i>Pecluvirus</i>	-	Yes
<i>Lettuce mosaic virus</i>	LMV	<i>Potyviridae</i>	<i>Potyvirus</i>	Yes	Yes
<i>Pea early-browning virus</i>	PEBV	-	<i>Tobravirus</i>	-	Yes
<i>Pea seed-borne mosaic virus</i>	PSbMV	<i>Potyviridae</i>	<i>Potyvirus</i>	Yes	Yes
<i>Peanut clump virus</i>	PCV	-	<i>Pecluvirus</i>	-	-
<i>Peanut mottle virus</i>	PeMoV	<i>Potyviridae</i>	<i>Potyvirus</i>	Yes	-
<i>Peanut stunt virus</i>	PSV	<i>Bromoviridae</i>	<i>Cucumovirus</i>	-	Yes
<i>Pepper mild mottle virus</i>	PMMoV	-	<i>Tobamovirus</i>	Yes	-
<i>Plum pox virus</i>	PPV	<i>Potyviridae</i>	<i>Potyvirus</i>	-	Yes
<i>Potato spindle tuber viroid</i>	PSTVd	<i>Pospiviroidae</i>	<i>Pospiviroid</i>	-	Yes
<i>Prune dwarf virus</i>	PDV	<i>Bromoviridae</i>	<i>Ilarvirus</i>	-	Yes
<i>Prunus necrotic ringspot virus</i>	PNRSV	<i>Bromoviridae</i>	<i>Ilarvirus</i>	-	Yes
<i>Southern bean mosaic virus</i>	SBMV	-	<i>Sobemovirus</i>	-	-
<i>Southern cowpea mosaic virus</i>	SCPMV	-	<i>Sobemovirus</i>	-	-
<i>Soybean mosaic virus</i>	SMV	<i>Pospiviroidae</i>	<i>Pospiviroid</i>	Yes	-
<i>Squash mosaic virus</i>	SqMV	<i>Comoviridae</i>	<i>Comovirus</i>	-	Yes
<i>Subterranean clover mottle virus</i>	SCMoV	-	<i>Sobemovirus</i>	-	-
<i>Tobacco mosaic virus</i>	TMV	-	<i>Tobamovirus</i>	Yes	-
<i>Tobacco strerak virus</i>	TSV	<i>Bromoviridae</i>	<i>Ilarvirus</i>	-	-

<i>Tomato aspermy virus</i>	TAV	<i>Bromoviridae</i>	<i>Cucumovirus</i>	Yes	-
<i>Tomato mosaic virus</i>	ToMV	-	<i>Tobamovirus</i>	Yes	-
Urdbean leaf crinkle virus	ULCV	-	Unassigned	-	-
<i>Zucchini yellow mosaic virus</i>	ZYMV	<i>Potyviridae</i>	<i>Potyvirus</i>	Yes	-

表 2. 玉米種子 MDMV 檢測結果

Testing method	No. seeds in sample	No. samples tested	No. positive	Fitted value
ELISA group test	3	45	1	1.0
Growing-on test	1	135	1	1.0

Estimated proportion of infected seeds = 0.74%

95.0 % confidence limits 0.12% to 2.3%

Goodness-of-fit chi-squared statistic = 0.00 (1 df; P = 0.996)



圖一、玉米種子出芽試驗，檢測出 MDMV 感染的苗。



圖二、大豆種子出芽試驗，觀察有疑似病毒感染病徵的苗。



圖三、胡瓜種子出芽試驗，觀察有疑似病毒感染病徵的苗。