

我国常见药用植物病毒病的危害与防控

刘 舟^{1,3}, 彭秋平³, 向云亚^{3,4}, 李黎明^{2,3*}

(1. 福建省道地药材生物工程重点实验室, 厦门 361023; 2. 华中科技大学同济医学院公共卫生学院, 武汉 430030; 3. 厦门医学院, 厦门 361023; 4. 福建省中药精加工与健康产品开发研究室, 厦门 361023)

摘要 药用植物种植是我国中医药事业传承和快速发展的必要物质基础。近年来,随着规模化种植模式的推广,我国药用植物种植面积不断扩大,经济效益稳步提升。然而,药用植物病毒病的危害也日益凸显,严重降低了药用植物的产量和品质,对中医药临床疗效造成不利影响。本文对我国多种常见药用植物上已报道的病毒病的致病病原、典型症状、发生流行危害以及防控策略做了介绍和归纳总结。

关键词 药用植物病毒病; 典型症状; 发生流行; 防控

中图分类号: S 435.67 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2017380

Damage and control of viral diseases on common medicinal plants in China

LIU Zhou^{1,3}, PENG Qiuping³, XIANG Yunya^{3,4}, LI Liming^{2,3}

(1. *Fujian Provincial Key Laboratory of Genuine Regional Drug Bio-Engineering, Xiamen 361023, China*; 2. *School of Public Health, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China*; 3. *Xiamen Medical College, Xiamen 361023, China*; 4. *Research Office of Traditional Chinese Medicine Deep Processing and Health Products Development of Fujian Province, Xiamen 361023, China*)

Abstract The cultivation of medicinal plants is the material basis necessary for the inheritance and rapid development of Chinese medicine. In recent years, with the promotion of large-scale cultivation mode, the planting area of medicinal plants in China continues to expand, and the economic benefits also improve steadily. However, the damage of viral diseases on medicinal plants has become increasingly prominent, seriously reduces both the yield and quality of medicinal plants, causing adverse effects on clinical efficacy of traditional Chinese medicine. This paper summarized the pathogens, typical symptoms, epidemic situation and the prevention and control strategies of viral diseases reported on common medicinal plants in China.

Key words medicinal plant viral disease; typical symptom; epidemic situation; prevention and control

2016年国务院发布《中国的中医药》白皮书,中医药发展上升为国家战略。药用植物种植作为中医药事业传承发展的物质基础,是我国现代农业、生物医药和大健康产业的重要组成部分。近年来,受全球气候变暖,规模化、集约化种植模式的推广,种植品种固定,繁殖方式单一(多为无性繁殖)等影响,药用植物病毒病发生十分普遍。一方面,药用植物抗病品种少,防治措施有限,加之生产者对病毒病的了解不足,致使药用植物病毒病逐年加重,种质严重退化,产量和品质大幅下降,影响临床疗效;另一方面,药用植物种类繁多且种植区分布零散,国内对其

病毒病的系统性研究较少,病害普查和防治工作亟待加强。本文就我国常用药用植物上发现并报道的病毒病发生情况、病原种类、危害特征及防控方法进行综述,以期为我国后续开展药用植物病毒病系统性调查和研究提供参考。

1 以根和根茎入药的药用植物病毒病发生情况

1.1 百合病毒病发生情况

卷丹 *Lilium lancifolium* Thunb.、百合 *L. brownii* var. *viridulum* Baker 或细叶百合 *L. pumilum* D.C.

收稿日期: 2017-09-30 修订日期: 2017-11-27

基金项目: 福建省自然科学基金(2014D010);厦门市科技计划项目(3502Z20154076);福建省高校杰出青年科研人才培育计划和厦门医学院博士启动基金(Z2013-06)

* 通信作者 E-mail: llm@xmmc.edu.cn

为百合科 Liliaceae 多年生草本植物,其干燥肉质鳞叶药用价值高,具养阴润肺,清心安神等功效^[1],主产区有安徽、贵州、湖南、江苏、甘肃和浙江等^[2]。我国百合病毒病流行较为严重,全国各大产区病毒病自然发生率约 20%~30%,部分达 70%~80%,重者可达 90%^[3]。每年病毒病造成百合种植业的损失高达数十亿元,成为药用百合产业的发展瓶颈^[4]。

迄今为止国内外报道侵染百合的病毒多达 19 种,在我国危害重、发病广的病毒主要有 3 种,百合无症病毒 *Lily symptomless virus* (LSV)、黄瓜花叶病毒 *Cucumber mosaic virus* (CMV) 和百合斑驳病毒 *Lily mottle virus* (LMoV)^[5]。蚜虫是上述病毒的主要传播介体。百合田间病毒复合侵染现象十分普遍^[5-6],且病毒含量随种植期延长而增加^[7]。

LSV 隶属于线形病毒科 *Flexiviridae* 麝香石竹潜隐病毒属 *Carlavirus*,病毒颗粒呈略弯曲线状,大小为 635 nm×(15~18) nm^[8],寄主范围仅限百合科植物。单独侵染一般隐症,常与其他病毒复合侵染引起花叶、畸形、坏死斑等症状^[9]。对云南川百合、兰州西果园百合、湖南龙山卷丹百合和浙江丽水百合的病毒检测发现,LSV 检出率分别高达 50%^[3]、66.7%^[7]、58.3%^[10]和 56%^[11]。

CMV 为雀麦花叶病毒科 *Bromoviridae* 黄瓜花叶病毒属 *Cucumovirus* 的代表成员,病毒粒子为等轴对称的二十面体^[8],可侵染上千种单、双子叶植物。CMV 在我国多个百合主产区均有检出,如云南栽培川百合、兰州地区栽培百合和湖南龙山卷丹百合的 CMV 的感染率分别高达 53.3%^[3]、100%^[4]和 75%^[12]。CMV 常引起百合轻花叶、斑驳、扭曲症状,轻病株能开花但花器畸形或花瓣开裂,重病株则矮化、鳞片短、不能开花^[13]。

LMoV 为马铃薯 Y 病毒科 *Potyviridae* 马铃薯 Y 病毒属 *Potyvirus* 成员,颗粒呈螺旋对称的弯曲线状^[8],寄主范围仅限百合科的郁金香属和百合属。沈嘉乐等发现浙江田间百合样品的 LMoV 检出率达 86.7%^[14]。LMoV 侵染后百合叶片出现斑驳条纹甚至坏死斑,后期花、叶片卷曲畸形,并常伴植株矮小、花与球茎减产等^[15]。

1.2 半夏病毒病发生情况

半夏 *Pinellia ternata* (Thunb.) Breit. 属天南星科 Araceae 多年生草本植物,分水生和陆生两类,以块茎供药用,具燥湿化痰,降逆止呕,消痞散结等

功效^[1],主产于四川、湖北、辽宁、河南、陕西、山西、安徽、江苏、浙江等地^[16]。目前国内报道侵染半夏的病毒主要有 3 种,CMV、大豆花叶病毒 *Soybean mosaic virus* (SMV) 和芋花叶病毒 *Dasheen mosaic virus* (DsMV)^[17]。病毒病在各半夏种植地普遍发生且复合侵染较常见,已成为半夏生产的突出问题^[16-17]。

CMV 是侵染我国半夏的主要病毒,可引起半夏花叶、皱缩和矮化等症状。SMV 和 DsMV 均属马铃薯 Y 病毒科马铃薯 Y 病毒属成员,病毒粒子均为略弯曲、螺旋对称线形,大小约 (630~800) nm×(13~19) nm^[8]。SMV 寄主范围较窄,主要侵染少数几种豆科植物,侵染半夏的是半夏株系 (SMV *Pinellia ternata* isolate)^[18]。DsMV 主要侵染天南星科植物,以汁液和蚜虫传播,侵染半夏可引起花叶、褪绿、皱缩、明脉和植株矮化等系统症状^[19]。SMV 和 DsMV 在血清学上易出现交叉反应而不易区分^[20],故有学者认为侵染半夏的实为 SMV 而非 DsMV^[21]。

何煜波等对浙江宁波、浙江萧山、河北、安徽、四川南充、北京、江苏丰县等 7 个地区栽培半夏进行酶联免疫反应 (enzyme linked immunosorbent assay, ELISA) 检测,发现 CMV 检出率分别为 75%、100%、63%、30%、5%、0 和 30%; SMV 检出率分别为 35%、30%、40%、25%、0、25% 和 30%; 复合检出率分别为 25%、10%、20%、25%、0、0 和 5%^[22]。申屠苏苏等也对浙江宁波、浙江萧山、河北、安徽、四川、北京等地栽培半夏采样检测,结果显示各地 CMV 检出率分别为 71.4%、100%、61.9%、50%、16.7% 和 31.3%, SMV 检出率分别为 14.3%、44.4%、33.3%、41.7%、16.7% 和 0, DsMV 检出结果则与 SMV 相同,验证了前人的结果^[20]。

1.3 浙贝母病毒病发生情况

浙贝母 *Fritillaria thunbergii* Miq. 为百合科 Liliaceae 多年生草本植物,其干燥鳞茎是我国传统的重要中药材,具清热化痰止咳,解毒散结消痈功效^[1],浙江、江西、湖南、江苏和安徽等省均有大面积种植^[23]。对宁波和磐安浙贝母田间调查发现大面积植株表现花叶和斑驳等症状,引起减产和种质退化,严重影响浙贝母产量和质量^[24]。国内报道侵染浙贝母的病毒主要有 4 种,分别是浙贝母花叶病毒 *Thunberg fritillary mosaic virus* (TFMV)^[25]、浙贝母 Y 病毒 *Fritillary virus Y* (FVY)^[26]、马铃薯卷叶病毒 *Potato leaf roll virus* (PLRV)^[27] 和百合

斑驳病毒 LMoV^[27-28]。

浙贝母花叶病毒 TFMV、浙贝母 Y 病毒 FVY 和百合斑驳病毒 LMoV 都是马铃薯 Y 病毒科马铃薯 Y 病毒属成员,均为(+)ssRNA 病毒,病毒粒子同为(730~770) nm×(12~15) nm 的线形^[8,24]。不同的是,TFMV 侵染贝母产生花叶症状,其他 2 种病毒单独侵染不表现症状,但 3 种病毒复合侵染产生危害^[26]。PLRV 隶属于黄症病毒科 *Luteoviridae* 马铃薯卷叶病毒属 *Polerovirus*,为(+)ssRNA 病毒,病毒粒体呈轴对称球状,颗粒直径 25 nm^[8],主要侵染马铃薯等茄科植物,传播介体为蚜虫。通过反转录 PCR(reverse transcription PCR,RT-PCR)对宁波周边大田随机采集浙贝母样品进行病毒检测,结果表明 40% 的样品受 PLRV 侵染,12.5% 的样品感染 LMoV,未检到其他病毒^[27]。

1.4 太子参病毒病发生情况

太子参 *Pseudostellaria heterophylla* (Miq.) Pax. 属石竹科 Caryophyllaceae 多年生草本植物,其干燥块根入药,具与人参类似的益气健脾,生津润肺等功效^[1],主产于福建、江苏、安徽和山东等省^[29]。太子参病毒病在各主产区普遍发生,田间发病率和种根带毒率可达 100%,平均 90% 左右,是太子参生产最主要的病害^[30]。已知侵染太子参的病毒主要有 4 种,芜菁花叶病毒 *Turnip mosaic virus* (TuMV)、烟草花叶病毒 *Tobacco mosaic virus* (TMV)、CMV 和蚕豆萎蔫病毒 *Broad bean wilt virus* (BBWV)^[29]。

TuMV 为马铃薯 Y 病毒科马铃薯 Y 病毒属成员,为(+)ssRNA 病毒。病毒颗粒呈线形,大小约 750 nm×(12~15) nm^[8]。TuMV 寄主范围广,可侵染 156 属的 300 多种植物,尤其对十字花科植物危害严重,主要通过蚜虫以非持久性方式传播。TMV 是帚状病毒科 *Virgaviridae* 烟草花叶病毒属 *Tobamovirus* 成员,为(+)ssRNA 病毒。病毒粒子呈螺旋对称杆状,大小约 300 nm×18 nm^[8]。TMV 寄主范围非常广泛,主要通过汁液传播,咀嚼式口器的昆虫亦可传播。BBWV 属豇豆花叶病毒亚科 *Comovirinae* 蚕豆病毒属 *Fabavirus* 成员^[31],病毒粒子呈球状,直径约 30 nm^[8]。BBWV 可侵染豆科、茄科、藜科、十字花科的 20 多种植物,通过蚜虫和汁液传播。BBWV 有 2 种血清型——蚕豆萎蔫病毒 1 号(BBWV 1)和蚕豆萎蔫病毒 2 号(BBWV 2),国内仅

BBWV 2 被发现并报道^[32]。

TuMV、TMV、CMV 和 BBWV 侵染太子参均引起轻重不一的花叶症状,不同的是 TuMV 还可引起叶片皱缩和植株矮小,CMV 一般不引起叶片皱缩,而 TMV 引起的花叶症状较轻^[33]。有报道称 TuMV 是江苏、山东和安徽等地危害太子参的主要病毒^[34],TMV 则主要分布于山东和江苏太子参种植地,BBWV 不多见且分布较局限^[35]。针对福建闽东太子参病毒病的调查结果表明,花叶病发病面积占总种植面积的 30%~40%,高峰期发病率普遍达到 70%,个别种植区甚至高达 95%~100%,血清学鉴定证实 CMV 为主要病原^[36]。谢仁菊等报道贵州瓮安太子参病毒病危害也逐年加重,发病面积高达 83.3%,病株率达 20%~75%,产量损失达 15%~35%,主要病原为 TMV 和 CMV^[37]。

1.5 地黄病毒病发生情况

地黄 *Rehmannia glutinosa* Libosch. 为玄参科 Scrophulariaceae 多年生草本植物,以块根入药,主产地有河南、辽宁、河北、山东、山西等。依炮制不同,地黄分鲜地黄、干地黄和熟地黄,三者药性和功效差异较大,鲜地黄和干地黄用于清热、凉血、生津,熟地黄则为补益药,能滋阴补血,益精填髓^[1]。病毒病是地黄栽培中最严重的病害,田间感染率可达 100%^[38]。随病症加重可减产 60% 以上,有效成分降低 30%~50%^[39]。目前报道侵染地黄的主要病毒有 TMV、地黄花叶病毒 *Rehmannia mosaic virus* (ReMV)、油菜花叶病毒 *Youcai mosaic virus* (YoMV) 和番茄花叶病毒 *Tomato mosaic virus* (ToMV),BBWV 2 和 CMV 侵染也见报道^[40-41]。

ReMV、YoMV、ToMV 与 TMV 同属于帚状病毒科 *Virgaviridae* 烟草花叶病毒属 *Tobamovirus* 成员,均为(+)ssRNA 杆状病毒^[8]。ReMV 可侵染茄科、番杏科、十字花科和藜科的 10 种植物,YoMV 可侵染十字花科和茄科的 9 种植物,ToMV 可侵染茄科、十字花科等 4 科的 15 种植物,3 种病毒都通过蚜虫和汁液传播^[42-44]。不同病原侵害不同地黄品种后的症状不尽相同,主要有叶片出现褪绿黄化、花叶、皱缩、畸形、坏死斑、泡状背突、叶缘卷曲或干枯,地下块根表面粗糙、不生长、不膨大等^[45]。

余方平等对河南武陟地黄种植地田间调查显示病毒病平均发病率为 61%,病株检出 4 种病毒,其中 TMV、CMV 及另 2 种未知病毒的带毒率分别为

63%、31.6%、52.6%和36.3%，且多为复合侵染^[46]。张振臣等对河南温县、孟县地黄调研结果显示田间发病率为30%~60%，病株100%感染TMV，6.5%为TMV与BBWV2复合侵染^[47]。王德富等报道山西绛县地黄产区病毒病发生普遍，病株率最高可达95%，随机采样检测显示86.7%植株感染YoMV^[41]。另有田间调查证实河北安国地黄主要由TMV侵染^[48]，山东菏泽和河南焦作地黄普遍感染TMV和CMV^[49]，而北京地黄则主要为CMV和BBWV2混合侵染^[40]。

1.6 三七病毒病发生情况

三七 *Panax notoginseng* (Burk.) F. H. Chen 是五加科 Araliaceae 多年生草本植物，其干燥根及根茎入药，具有散瘀止血，消肿定痛的功效^[1]，属云南文山州道地药材，广西部分地区也有栽培。近年来三七病毒病大面积发生，多地病毒病发生率超过50%^[50-51]，病株株高、茎粗、叶长、叶宽均明显减少，单株鲜重平均减少近50%，三七皂苷含量下降，显著影响其产量和质量^[52]。

国内侵染三七的主要病毒有：三七Y病毒 *Panax virus Y* (PnVY)^[53]、中国番茄黄化曲叶病毒 *Tomato yellow leaf curl China virus* (TYLCCNV) 及其卫星 (satellite)^[54]、番茄斑萎病毒 *Tomato spotted wilt virus* (TSWV)^[55] 和 CMV^[56]。病毒单独侵染或复合侵染三七后往往呈现多样化的症状^[57-58]。陈昱君等人对云南三七园取样调查，结合前人报道将三七病毒病分7个类型：①皱缩型，即从叶尖或叶缘卷曲皱缩，田间发病率最高达14.21%，致病病毒有PnVY、ToMV、TYLCCNV及其卫星DNA-β和DNA-B；②麻点叶斑型，即初期叶片现点状失绿，后期叶背呈麻点状突起，各地均有发生，部分区块发病率达11.42%，致病病毒为TSWV；③褪绿型，即叶脉叶肉褪绿、黄化甚至白化，田间发病率约3%，致病病毒为未鉴定的直径45 nm的球形病毒；④花叶型，即叶片现点状、块状斑驳或白绿相间条纹，田间发病率约1%，致病病毒有PnVY、TYLCCNV及其DNA-B和一种未鉴定的线状病毒；⑤驴耳型，即叶片现皱缩、疱斑且叶缘上翘似驴耳状，田间时有发生，致病病毒未知；⑥丛顶型，即茎顶部生小叶柄而不分化复叶柄，致丛顶状，田间发病率约0.5%，致病病毒为TYLCCNV及其DNA-B；⑦复合型，即同时出现2种及以上症状，常见于二、三年生园中，主

要为PnVY、ToMV、TYLCCNV及其卫星DNA-β和DNA-B、CMV等病毒复合侵染^[58]。

1.7 山药病毒病发生情况

山药又称薯蓣 *Dioscorea opposita* Thunb.，为薯蓣科 Dioscoreaceae 一年、多年生缠绕藤本植物，以根茎入药，药食两用，具有补脾养胃，生津益肺，补肾涩精等功效^[1]，主产地遍及河南、陕西、山东、江苏、浙江、江西、福建和广西等省、自治区^[59]。近年山药栽培多采用无性繁殖，病毒感染严重，如河南温县怀山药发病率可达50%^[60]，保定田间病株率可达30%^[61]。山药病毒病主要症状有叶片黄化、褪绿、花叶、坏死、畸形，严重时植株矮化且地下块根畸形等^[62]。国内报道侵染山药的病毒主要有11种，PVY^[60,63]、PLRV^[60,63]、马铃薯A病毒 *Potato virus A* (PVA)^[63]、S病毒 *Potato virus S* (PVS)^[63]、X病毒 *Potato virus X* (PVX)^[63]、M病毒 *Potato virus M* (PVM)^[63-64]、BBWV^[64]、淮山药X花叶病毒 *Potexvirus yam mosaic virus* (PYMV)^[64]、中国淮山药坏死花叶病毒 *Chinese yam necrotic mosaic virus* (CYNMV)^[64]、淮山药温和花叶病毒 *Yam mild mosaic virus* (YMMV)^[59,64] 和日本山药花叶病毒 *Japanese yam mosaic virus* (JYMV)^[64-65] 等。

PVX隶属甲型线状病毒科 *Alphaflexiviridae* 马铃薯X病毒属 *Potexvirus*，病毒粒子为螺旋对称线形，大小515 nm×13 nm^[8,31]，寄主范围广。PVM和PVS同为乙型线状病毒科 *Betaflexiviridae* 香石竹潜隐花叶病毒属 *Carlavirus* 成员，病毒粒子线状，大小650 nm×12 nm^[8,31]，寄主范围窄，仅侵染茄科少数植物。PVA是马铃薯Y病毒科马铃薯Y病毒属成员，病毒粒子线状，大小730 nm×11 nm^[8]，寄主范围仅限茄科少数植物。曾军等报道闽西栽培山药病毒病普遍发生，不同品种染病程度亦不同，RT-PCR检出PVM、PVA、PLRV、PVS、PVX和PVY 6种病毒，各病毒检出率为25%~100%，其中PVM和PVA检出率最高^[63]。邹承武等调查广西种植山药病毒病时，发现某种未知杆状DNA病毒属病毒 *Badnavirus* 检出率最高，其次是YMMV，两者复合侵染发生约占1/6^[59]。江西瑞昌山药主产区病毒病也较严重，全田发病率最高达50%，鉴定为JYMV侵染，另有病原待进一步明确^[62]。

1.8 白术病毒病发生情况

白术 *Atractylodes macrocephala* Koidz. 为菊

科 Asteraceae 多年生草本植物,以根茎入药,具有健脾益气,燥湿利水,止汗,安胎的功效^[1],主产于浙江、安徽、河南、河北和湖南等。近年白术病毒病害日趋严重,山西绛县和河北安国部分种植地病株率可达 95%,田间伴随各种蚜虫、飞虱等刺吸式口器害虫的暴发^[39]。目前国内报道侵染白术的病毒有 CMV^[66]、SMV^[67] 和 BBWV2^[68]。其中,CMV 和 BBWV2 侵染白术后均可引起叶片褪绿黄化、花叶、植株矮化等症状^[66,68],而 SMV 侵染则主要引起白术叶片花叶、蕨叶、疱斑、皱缩,节间缩短,分枝增多等症状^[67]。

1.9 柴胡病毒病发生情况

柴胡 *Bupleurum chinense* DC. 为伞形科 Umbelliferae 一、二年生或多年生草本植物,根为其药用部位,具疏散退热,疏肝解郁,升举阳气等功效^[1],主产于甘肃、山西、陕西等地^[69]。有学者对山西稷山柴胡主产区的病毒病害进行普查,发现田间柴胡大部分表现典型花叶症状,经分子鉴定确定为 CMV 和 BBWV2 复合侵染^[70]。

1.10 丹参病毒病发生情况

丹参 *Salvia miltiorrhiza* Bunge 为唇形科 Labiatae 多年生草本植物,其干燥根和根茎入药,具活血祛瘀,通经止痛,清心除烦,凉血消痛的功效^[1],主产地为四川、山东、河南、陕西和河北等地^[71]。有调查显示丹参花叶病危害严重,部分区块发病率可达 60%~80%,病株呈花叶、斑驳、卷叶、黄化、矮化、畸形等症状。染病植株根系细小,药用成分下降,产量和品质大幅降低^[72]。对河北、山东丹参种植基地实地调查结果表明,丹参花叶病在田间普遍存在,主要病原为 CMV,但不排除存在复合侵染^[72-73]。

2 以花入药的药用植物病毒病发生情况

2.1 菊花病毒病发生情况

菊花 *Chrysanthemum morifolium* Ramat. 为菊科 Asteraceae 多年生草本植物,其头状花序可入药,具散风清热,平肝明目,清热解毒等功效^[1]。药用菊花分滁菊、亳菊、怀菊、济菊、杭菊、贡菊等多个种类,主产区有安徽、浙江、河南、山东和云南等^[74]。病毒病是菊花栽培的重要病害,已报道侵染菊花的病毒和类病毒多达 20 多种,复合侵染常见,可造成菊花减产 10%~30%^[75],严重地块甚至减产 30%~50%^[76]。引起菊花病毒病的主要病毒有 4 种,菊花 B

病毒 *Chrysanthemum virus B* (CVB)、番茄不孕病毒 *Tomato aspermy virus* (TAV)、TMV 和菊花矮化类病毒 *Chrysanthemum stunt viroid* (CSVd)^[77]。

CVB 属乙型线性病毒科香石竹潜隐花叶病毒属,粒子为 685 nm×12 nm 的线状病毒,通过汁液和蚜虫以非持久性方式传播^[8]。CVB 侵染菊花常见症状有叶片轻微斑纹,明脉,小花现褐色坏死条纹甚至枯斑。刘辉辉等对浙江桐乡杭白菊主产区调研后发现 CVB 等病毒复合侵染引起的菊花不开花现象十分普遍,严重地块发病率高达 85%^[76]。吴红芝等对昆明田间菊花采样检测,检出 CVB、TAV 等 6 种病毒,其中 CVB 为优势病毒,检出率达 52.6%^[78]。

TAV 是雀麦花叶病毒科黄瓜花叶病毒属成员,病毒粒子为等轴对称球形,直径 27~30 nm^[8]。TAV 寄主范围广泛,主要通过汁液和蚜虫以非持久性方式传播,在栽培菊花上普遍存在。菊花感染 TAV 常见植株矮化、花变形、叶片黄化斑驳等症状^[77]。有研究表明昆明地区田间菊花 TAV 检出率达 33%,且普遍为 2~3 种病毒复合侵染^[78]。宋瑞琳在福建多个菊花种植地中检出 TAV、TMV 等 6 种病毒,其中 TAV 危害最重,检出率达 80%~90%^[79]。

TMV 侵染菊花引起叶片呈现花叶、斑驳、明脉、坏死斑等症状^[77,80]。福建 5 个菊花种植地的 46.6%~94.4% 样品检测出 TMV^[79]。昆明地区菊花植株 TMV 的感染率则为 8.6%^[78]。

CSVd 属马铃薯纺锤形块茎类病毒科 *Pospi-viroidae* 马铃薯纺锤形块茎类病毒属 *Pospiviroid* 成员,由 354~365 nt 的单链环状分子组成,不编码蛋白质。CSVd 潜伏期长,主要通过汁液传播,引起菊花植株矮化、花色改变、叶片褪绿黄化等症状。张志想等对北京、海南万宁、合肥和哈尔滨等地区采集的 122 个菊花叶片样品进行检测,结果显示 CSVd 感染率达 11.5%^[81]。Zhao 等通过多重 RT-PCR 和 ELISA 方法对北京、黑龙江、河南、山西、四川、云南、江苏和广东地区采集的 275 份田间菊花样品进行检测,结果表明 CVB、TAV、TMV 和 CSVd 的检出率分别为 24.7%、17.5%、4.4% 和 2.9%^[75]。

2.2 西红花病毒病发生情况

西红花 *Crocus sativus* L. 又称番红花、藏红花,属鸢尾科 Iridaceae 多年生草本植物,其柱头入药,具活血化瘀,凉血解毒,解郁安神的功效^[1],主产地有浙江、上海、江苏、山东、河南、北京、四川和福建等

地^[82]。有学者早在1982年就报道番红花种植区常见花叶病,由大小800 nm×15 nm的线状病毒引起,病株现花叶、褪绿、黄斑、矮化等症状,严重危害生产,但病原分类待鉴定^[83]。赵培洁等借助电镜对浙江栽培番红花病毒病采样镜检后认为病原为鸢尾轻花叶病毒 *Iris mild mosaic virus* (IMMV)^[84]。陈集双调研了1989—1998年间杭州及附近番红花种植地病害发生情况,发现田间病毒病发病率高达70%~97%,病株早期呈现重花叶、叶形扭曲、矮化,后期则出现坏死斑或条点,经鉴定病原为TuMV^[85-86]。谢礼等在浙江建德栽培藏红花上采得呈黄化花叶、植株矮缩症状的病株,经电镜、ELISA和RT-PCR检测后证实为菜豆黄花叶病毒 *Bean yellow mosaic virus* (BYMV) 侵染所致^[82]。IMMV、TuMV和BYMV均为马铃薯Y病毒科马铃薯Y病毒属成员,病毒粒子同为线形^[8]。

3 以果实或种子入药的药用植物病毒病发生情况

3.1 脂麻病毒病发生情况

脂麻 *Sesamum indicum* L. 又称芝麻,是脂麻科 Pedaliaceae 一年生草本植物,其成熟种子入药(即黑芝麻),具补肝肾,益精血,润肠燥的功效^[1],主产区集中在江淮流域的河南、安徽、湖北、江西和山东等地。脂麻对气候和栽培条件十分敏感,近年来病毒病频发且有加重趋势,如湖北襄阳栽培脂麻田间病毒病发病率在10%~30%,重者可达50%以上^[87],成为主产区的主要病害^[88]。脂麻病毒病田间症状复杂,主要病原有花生条纹病毒 *Peanut stripe virus* (PStV)^[89]、TuMV^[90-91]和芝麻坏死花叶病毒 *Sesame necrotic mosaic virus* (SNMV)^[92-93]。此外,CMV、TMV和西瓜花叶病毒 *Watermelon mosaic virus* (WMV)在脂麻上也有检出^[94]。

PStV为马铃薯Y病毒科马铃薯Y病毒属成员,病毒颗粒为730 nm×14 nm的线形^[8, 95],具有广泛的寄主范围,主要通过蚜虫以非持久性方式传播,可侵染茄科和豆科经济作物。PStV侵染脂麻主要引起花叶、斑驳、黄化和矮化等症状,无蒴果或蒴果小且畸形,通常零星发生,但流行年份发病率可高达50%^[95-97]。TuMV侵染脂麻主要引起植株矮化、叶片变小、皱缩,叶脉出现黄斑等症状^[90]。SNMV属番茄丛矮病毒科 *Tombusviridae* 绿萝病毒属 *Au-*

reusvirus,病毒粒子为直径32 nm的球形,可侵染豆科、茄科、藜科、苋科、菊科和胡麻科的23种植物,侵染脂麻后产生皱缩花叶和叶脉坏死等症状^[92-93]。

许泽永等对安徽、江西、河南和湖北芝麻产区以及北京种植地进行调查,将病害分为3类:①黄化花叶型:叶片花叶,全株叶片均匀黄化,植株矮化,无蒴果或蒴果小而畸形;②普通花叶型:叶片花叶且常出现黄斑,叶脉黄化或褐色坏死,叶片变小、畸形、扭曲,植株矮化;③混合型(皱缩花叶、黄化),同时表现上述2种症状。其中,黄化花叶型和普通花叶型分别由PStV和TuMV引起,田间较常见;混合型田间较少见,由未鉴定的球状病毒引起^[89],后经证实为芝麻坏死花叶病毒 SNMV^[92-93]。侯明生等系统研究了湖北襄阳栽培脂麻病毒病症状发展情况,将病害分为4类:①花叶型:早期新叶由轻微褪绿演变为花叶,后期病株矮化,重病株结蒴减少;②皱缩型:叶片在花叶基础上皱缩、卷曲,主茎S形生长,顶部丛生卷叶,几乎不结蒴;③黄化型:从植株下部往上发黄,叶片均匀黄化、易脱落,虽能结蒴但不能正常结籽;④混合型:同时出现几种上述症状。田间多见混合、花叶、皱缩型,黄化型较少见,与许泽永调查结果存在差异,猜测可能与不同脂麻品种在不同产地呈现的症状不同有关。其中混合型和皱缩型对产量和质量影响最为明显,单株产量降幅可达68.4%~98.4%,千粒质量可下降32.5%~60.1%^[87]。王红艳等对山东产区表现花叶、黄化、皱缩、线叶和果实畸形等症状的脂麻病株进行检测并检出3种病毒:CMV、TMV和WMV,其中多数存在复合侵染,且同一病毒在不同品种上的症状确实存在差异^[94]。

3.2 罗汉果病毒病发生情况

罗汉果 *Siraitia grosvenorii* (Swingle) C. Jeffrey ex Lu et Z. Y. Zhang 属葫芦科 Cucurbitaceae 多年生宿根藤本植物,以干燥果实入药,有清热润肺,利咽开音,滑肠通便的功效^[1],主产于广西的桂北山区,广东、江西、湖南和贵州亦有种植^[98]。病毒病在罗汉果生产中危害最重,在各主产区普遍发生,平均发病率为52.8%,最高可达100%,受害植株减产25%~50%,尤其开花后更易染病,且留薯种植年限越长病害越重,严重影响其经济效益^[99]。目前国内报道侵染罗汉果的病毒有小西葫芦黄花叶病毒 *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV)、WMV和番木瓜环斑病毒 *Papaya ring spot virus* (PRSV)等,

田间常见复合侵染,其中 ZYMV 是主要病毒^[100]。

ZYMV、WMV 和 PRSV 同属马铃薯 Y 病毒科马铃薯 Y 病毒属,病毒粒子都为 750 nm×12 nm 的弯曲线状^[8],三者在血清学上相关,寄主范围均较窄,主要侵染西瓜、黄瓜、西葫芦等葫芦科植物和少量豆科植物,不经种子而通过汁液和蚜虫以非持久性方式传播^[101]。感染 WMV 的罗汉果病株常见花叶、斑驳、脉带、疱斑和蕨叶等症状^[100,102]。ZYMV 侵染罗汉果可引起与 WMV 相似的叶片花叶、褪绿、皱缩和畸形等症状,故有研究推测前人报道 WMV 侵染罗汉果实为 ZYMV 侵染^[98]。而 PRSV 侵染罗汉果主要引起叶片皱缩伴黄色斑点^[103]。针对广西罗汉果主产区的调研结果表明 WMV、ZYMV 和 PRSV 复合侵染十分普遍^[104]。

3.3 牛蒡病毒病发生情况

牛蒡 *Arctium lappa* Linn. 为菊科 Asteraceae 二年生草本植物,药食两用,以种子入药(牛蒡子),具疏散风热,宣肺透疹,解毒利咽的功效^[1],主产地有江苏、山东、安徽、河南、山西、陕西和台湾等。因兼具较高营养价值和药用价值,近年牛蒡的规模化种植面积越来越大,病毒病也呈加重和蔓延之势。陈炜等 1982 年观察到北京栽培牛蒡发生矮化病,病株明显矮化,不能抽薹、开花和结籽,但病叶组织中未见病毒颗粒^[105],却发现 2 种具环形 RNA 结构的类病毒,命名为牛蒡矮化类病毒 Burdock stunt vir-oid (BSVd)^[106-107]。随后,各地陆续报道牛蒡花叶病的发生,病叶呈花叶状斑块或斑驳、皱缩、明脉,植株矮化,且发病周期与长管蚜迁飞传毒为害期吻合^[108-110]。刘权等对表现典型褪绿、枯斑症状的牛蒡样品进行病毒 dsRNA 分离鉴定,证实病原为 TMV^[111]。吕娜在沈阳牛蒡种植地也发现花叶病,田间发病率达 50%,病叶皱缩、褪绿,上有泡状突起,但 ELISA 和 RT-PCR 未检出 TMV、CMV、PVX 和 PVY,说明花叶病由其他未知病毒引起,待进一步鉴定^[112]。

4 以全草入药的药用植物病毒病发生情况

4.1 薄荷病毒病发生情况

薄荷 *Mentha haplocalyx* Briq. 为唇形科 Labiatae 多年生草本植物,以全草入药,具疏散风热,清利头目,利咽,透疹,疏肝行气的功效^[1],主产地有江苏、江西、河北、四川和云南等地^[113]。薄荷多采用无

性繁殖栽培,病毒病普遍发生,种质退化现象严重。王小刚等借助电镜从江苏东台薄荷种植基地的病株上观察到大量 300 nm×12 nm 的杆状病毒,认定为 TMV 感染^[113],但未做血清学鉴定。郝小军等对新疆椒样薄荷产区呈叶片变红和花叶症状的病株进行 dsRNA 分离和 RT-PCR 检测,证实病害由 CMV 引起^[114]。赵明富等在云南田间栽培的美国薄荷上采集到叶片花叶、畸形,植株细弱、矮化的病株,电镜镜检观察到长度为 740~760 nm 的线状病毒粒子,经 RT-PCR 鉴定为 ZYMV^[115]。岳瑾等对北京市栽培薄荷进行病毒病调查时发现田间病株率为 6.7%~13.3%,早期病叶出现花叶、斑驳和轻微扭曲,后期病株明显矮化,中下部叶片呈不规则坏死终致全株枯死,怀疑病原为 ZYMV^[116]。

4.2 黄蜀葵病毒病发生情况

黄蜀葵 *Abelmoschus manihot* (Linn.) Medic. 为锦葵科 Malvaceae 多年生草本植物,其花、种子、茎、叶、根均可入药,具有清利湿热,消肿解毒的功效^[1],主产地有江苏、安徽、山东、广西等。唐美琼等在广西黄蜀葵种植园中采集到植株矮化,叶片皱缩、边缘下卷,叶脉黄化等症状的病株,经分子生物学检测鉴定为双生病毒科 *Geminiviridae* 菜豆花叶病毒属 *Begomovirus* 的一点红黄脉病毒 *Emilia yellow vein virus* (EYVV) 侵染,此外电镜镜检还观察到 300 nm×20 nm 的杆状病毒颗粒,表明存在其他病毒复合侵染^[117]。

除了上述药用植物外,国内还有一些药用植物遭受病毒病影响,但受害程度较轻。如张玉在大宗药材当归 *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels 主产地甘肃岷县田间也发现叶片呈现褐色斑点的当归病毒病害,借助电镜和 RT-PCR 鉴定病原为马铃薯 Y 病毒属的日本金鱼藻花叶病毒 Japanese homwort mosaic virus (JHMOV)^[118]。刘雯等对甘肃省 18 种药用植物病毒病进行调查,除了半夏和贝母病毒病较重外,当归、红花、掌叶大黄 *Rheum palmatum* Linn. 和马兜铃 *Aristolochia debilis* Sieb. et Zucc. 上病毒病害均较轻,ELISA 和 RT-PCR 检测证实半夏、掌叶大黄和红花携带 CMV,马兜铃、土贝母和当归感染 ToMV^[17],但未对病毒病发生率及产量影响作说明。吕娜对辽宁省药用植物病毒病进行了调查,发现五味子 *Schisandra chinensis* (Tuecz.) Baill.、苍术 *Atractylodes chinensis* (DC.) Koid Z、草本龙牙

Agrimonia pilosa Ledeb var. *japonica* (Miq.) Nakai 和锦灯笼 *Physali alkekengi* L. 等药用植物种植园也遭受病毒病危害,其中五味子发病率约 7.5%,病株呈叶片褪绿、皱缩等症状,血清学检验证实为 TMV 感染;苍术发病率约 24%,病株呈叶片花叶、黄化、顶端卷曲等症状,血清学检验证实为 TMV 或 CMV 感染;草本龙牙发病率为 6.5%,病株呈叶片花叶、皱缩、植株矮化等症状,血清学检验证实为 TMV 感染;锦灯笼发病率在 50%~100%,病株呈叶片严重皱缩、黄化等症状,血清学检验证实为 TMV 感染^[112]。魏宁生等报道陕西杨凌种植地的白芷 *Angelica dahurica* (Fisch. ex Hoffm) Benth. 病毒病发病率可达 25%~60%,病株呈叶片花叶、褪绿、皱缩、植株显著矮化等症状,生物学和血清学检验证实为烟草环斑病毒 Tobacco ring spot virus (TRSV)感染^[119]。

此外,还有一些药用植物病毒病危害严重,但病原仍未知。如 20 世纪 80 年代有学者报道了人参 *Panax ginseng* C. A. Mey 病毒病发生情况,病株株高仅为健株的 1/5,叶片面积仅为健株的 1/4~1/6,根重仅为健株的 1/2,主要症状为黄矮、丛矮、卷叶等,但未鉴定病原^[120-122]。辽宁省短梗五加 *Acanthopanax sessiliflorus* (Rupr. Maxim) Seem.、人参、白头翁 *Pulsitilla chinensis* (Bge.) Regel、北沙参 *Glehnia littoralis* F. Schmidt ex Miq. 和牛蒡等药用植物也被发现病毒病十分严重,其中短梗五加发病率高达 60%以上,病株表现叶片花叶、皱缩、褪绿、黄化、植株矮化、顶端卷曲等症状,极大影响药材品质和产量,小 RNA 深度测序检出大蒜病毒 *Garlic virus* (GV)、PRSV、隐形病毒 *Stealth virus* (SV) 和柑橘裂皮类病毒 *Citrus exocortis viroid* (CEVd) 等,但仅 CEVd 得到 RT-PCR 验证,其他病原仍待进一步确认;北沙参发病率约 32%,病株呈叶片黄化、皱缩、畸形和植株矮化等症状,血清学未能检出病原;牛蒡发病率约 50%,病叶呈现花叶、泡状突起、皱缩、褪绿、叶缘变黄等症状,血清学未鉴定出病原;人参病株呈叶脉黄化坏死症状,发病率未知,血清学检验疑似 PVY 感染,有待进一步鉴定;白头翁发病率约 5.4%,病株呈花叶、皱缩等症状,随种植时间延长病害逐渐加重,但病原仍待鉴定^[112]。陈小红和严吉明等分别对四川药用植物病害进行了调查,发现附子花 *Aconitum carmichaeli* Debx.、芍药 *Paeo-*

nia lactiflora Pall.、板蓝根 *Isatis tinctoria* Linn. 泽泻 *Alisma orientale* (Sam.) Juzepcz.、益母草 *Leonurus heterophyllus* Sweet、吴茱萸 *Evodia rutaecarpa* (Juss.) Benth.、马兜铃、党参 *Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf.、半夏、黄精 *Polygonatum sibiricum* Red. 和金钱草 *Lysimachia christinae* Hance 等药用植物都遭受病毒侵染,但病原均不甚清楚^[123-124]。

5 药用植物病毒病的防治

病毒病导致药用植物光合作用减弱,生长速率减缓,种质资源退化,产量和经济效益显著下降,严重干扰了中医药的临床疗效,对我国中医药产业的健康发展产生不利影响。药用植物种类繁多,危害病毒和病害流行特点也不尽相同,更是为病毒病防控带来一定的困难。鉴于此,及时采取综合防治措施对药用植物病毒病进行预防和治理势在必行,具体措施列举如下。

5.1 开展药用植物病毒病调查

掌握病毒病田间发生动态是防控病毒病的必要前提。一方面应定期化、常态化普查各药用植物种植区病毒病害发生的种类、时间、危害面积、严重程度、发生趋势和相关传播介体变化等情况。另一方面,重点针对种植面积大、经济效益高的药用植物或道地药材,适时开展病毒病专项调查,明确病原种类、分布情况、发生规律和发病气候条件及生态条件,研究病害预测方法,实践不同防治措施的实际成效。

5.2 开展种质资源抗病性鉴定,选育高产兼抗病品种

同品种长期种植易致种性退化,抗性降低。许多药用植物栽培历史悠久,种质资源丰富。通过人工接种等方式对不同品种抗病性进行鉴定,发掘高抗性与高产品种,杂交选育兼具高产和抗病性状的种质资源,及时提纯和复壮,是实现增产的有效举措。另一方面,转基因育种相比传统育种具有育种周期更短、目的性更强等优势,通过转基因表达病毒 dsRNA,或通过 TALEN 或 CRISPR-Cas9 基因编辑技术敲除寄主中参与病毒侵染和复制的关键基因,也是解决提高植株病毒抗性的有效手段^[124]。

5.3 利用生物技术生产脱毒种苗

许多药用植物主要通过无性繁殖栽培,易造成病毒积累。通过组织培养等生物技术手段获得脱毒

种苗,可从源头有效控制病毒病发生。研究不同热处理温度和时间、不同茎尖或珠芽大小、不同病毒抑制剂的添加和超低温处理等方法及其组合对病毒脱除效果的影响,有助于指导无毒种苗的快速繁殖,实现有效增产。研究发现热处理结合茎尖脱毒法可实现较为理想的脱毒效果^[5, 125-129],值得借鉴。

5.4 及时控制传播介体种群数量

因昆虫介体可传播病毒,故及时控制蚜虫等传播介体的种群数量对于病毒病预防至关重要。在虫媒盛发期及时施用农药,降低昆虫介体数量,能有效控制病毒病的发生和危害^[124]。防治传播介体的可选药剂很多^[130-131],可在田间实践运用。但农药使用易造成土壤污染、农药残留和病毒抗性增加等问题,应避免过量施用。此外,若农药防治效果不佳,可采用地膜覆盖、大棚栽培或防虫网隔离等方式进一步干扰或阻断虫媒传播途径。

5.5 加强田间管理,做好农业防治

干旱、栽培粗放、基肥不足、植株生长弱势、排水通风不良均利于病毒病发生。加强田间管理,精细整地,合理增施有机肥,施用抗病毒药剂,改善排水和通风,控制田间湿度等措施能促进植株健壮生长,提高抗病毒能力^[132]。注意农机、器械消毒,避免通过机械损伤和人工操作传播。尽量实行轮作倒茬,先以无毒药用植物品种进行 2~3 年的栽培,再种植脱毒繁育的另一药用植物,或与玉米等其他高秆作物进行轮换种植甚至套种,避免连作重茬。种植地周边尽量避免种植番茄、辣椒、烟草、十字花科蔬菜和瓜类等易患病毒病的植物。此外,田间杂草可为昆虫越夏、越冬、产卵提供场所,也可能是病毒潜伏的适生寄主,故及时中耕除草,发现病株后及早拔除并烧毁,也是防止病害发生和流行的重要措施。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[S]. 2015 年版. 北京: 中国医药科技出版社, 2015.

[2] 吴海霞. 百合无症病毒 TGB 基因克隆、表达及定位分析[D]. 大连: 大连理工大学, 2015.

[3] 王连春, 孔宝华, 赵丹, 等. 云南食用百合病毒病的发生与检测[J]. 云南农业大学学报, 2009, 24(4): 518-521.

[4] 王光鹏. 兰州百合病毒病害调查研究及 LSV, CMV 衣壳蛋白表达纯化[D]. 兰州: 兰州大学, 2009.

[5] 丰先红, 李健, 罗孝贵. 百合病毒脱除技术研究进展[J]. 农学学报, 2015, 5(9): 91-95.

[6] 刘文洪, 洪健, 陈集双, 等. 百合黄瓜花叶病毒及其检测[J]. 植

物保护, 2006, 32(1): 73-76.

[7] 李瑛, 黄惠英, 张金文, 等. 兰州百合病毒多重 PCR 和 ELISA 检测体系的比较与应用[J]. 甘肃农业大学学报, 2011, 46(3): 59-64.

[8] 洪健, 李德葆, 周雪平. 植物病毒分类图谱[M]. 北京: 科学出版社, 2001.

[9] 刘成科, 吴建祥, 李燕宏, 等. 百合无症病毒单克隆抗体制备及快速检测方法的建立[J]. 植物病理学报, 2005, 35(S1): 145-146.

[10] 蒋辉, 源朝政, 陈海霞. 龙山卷丹百合无症病毒的检测[J]. 天津农业科学, 2014, 20(5): 27-30.

[11] 刘文洪. 百合病毒的分子鉴定与重要病毒的检测研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2003.

[12] 王成龙, 源朝政, 陈海霞, 等. 龙山卷丹百合黄瓜花叶病毒的检测[J]. 天津农业科学, 2015, 21(5): 15-18.

[13] 沈淑琳. 百合病毒病及其检验[J]. 植物检疫, 1996(4): 32-35.

[14] 沈嘉乐. 侵染百合和水仙的部分线状植物病毒外壳蛋白基因的原核表达、抗血清制备及检测应用[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.

[15] 童勋章, 王亚军, 谢忠奎, 等. 百合斑驳病毒 CP 与 CI 基因的融合表达、多抗制备及其应用[J]. 植物病理学报, 2010, 40(5): 475-481.

[16] 潘平, 李伟平, 熊明星, 等. 我国半夏产业现状及可持续发展策略[J]. 中国药房, 2013(31): 2881-2884.

[17] 刘雯, 晏立英, 文朝慧, 等. 甘肃省 18 种药用植物病毒病调查及 2 种病毒病的鉴定[J]. 植物保护, 2014, 40(5): 133-137.

[18] 陈炯, 郑红英, 林林, 等. 与大豆花叶病毒相关的杭州半夏病毒鉴定及其分类[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2003, 18(S1): 113.

[19] 陈集双, 洪健, 周雪平, 等. 引起掌叶半夏花叶病的芋花叶病毒[J]. 植物病理学报, 1996(1): 89-93.

[20] 申屠苏苏, 王海丽, 陈集双, 等. 三叶半夏的 2 种病毒检测[J]. 中国中药杂志, 2007, 32(8): 664-667.

[21] SUN Haohua, SHENTU Susu, XUE Feng, et al. Molecular characterization and evolutionary analysis of Soybean mosaic virus infecting *Pinellia ternata* in China [J]. Virus Genes, 2008, 36(1): 177-190.

[22] 何煜波. 三叶半夏病毒病和细菌病的鉴定、检测和侵染特性及脱毒组培研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2006.

[23] 吴琪瑶, 韦传宝, 李进华. 侵染浙贝母 3 种病毒 CP 基因的原核表达、抗血清制备及其病毒检测[J]. 植物研究, 2013, 31(1): 73-79.

[24] 韦传宝. 一个侵染浙贝母的马铃薯 Y 病毒属新成员——浙贝母花叶病毒的鉴定[D]. 杭州: 浙江大学, 2005.

[25] WEI C B, CHEN J, ZHANG Q Y, et al. A new potyvirus from *Thunberg fritillary* (*Fritillaria thunbergii* Miq.) in Zhejiang, China [J]. Archives of Virology, 2005, 150(7): 1271-1280.

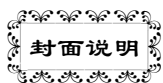
[26] CHEN J, ZHENG H Y, SHI Y H, et al. Detection and characterisation of a second Potyvirus from *Thunberg fritillary* in China [J]. Archives of Virology, 2006, 151(3): 439-447.

[27] 覃川杰. 浙贝母病害的检测和茯苓多糖对鳖非特异性免疫的作用[D]. 武汉: 华中农业大学, 2006.

- [28] 覃川杰,屠善军,吴月燕,等. 贝母—中国百合斑驳病毒的新宿主(英文)[J]. 黑龙江大学自然科学学报,2006,23(6):774-778.
- [29] 陈选珍,吴英兰,黄露. 太子参病毒病及其防治技术浅析[J]. 农技服务,2015,32(5):109-110.
- [30] 朱艳,周小华,秦民坚. 太子参病毒病及其脱病毒研究进展[J]. 中国野生植物资源,2005,24(2):31-32.
- [31] 洪健,周雪平. ICTV 第九次报告以来的植物病毒分类系统[J]. 植物病理学报,2014,44(6):561-572.
- [32] 匡云波,叶炜,李金辉,等. 太子参蚕豆萎蔫病毒 2 号 CP 基因的遗传多样性及分子进化分析[J]. 植物病理学报,2017,47(4):470-478.
- [33] 吴朝峰. 太子参茎尖培养脱毒及增产效果的研究[D]. 福州:福建农林大学,2004.
- [34] 陆家云,曹以勤,龚浩. 药用植物病害[M]. 北京:中国农业出版社,1995.
- [35] 宋荣浩,濮祖芹. 太子参(*Pseudostellaria heterophylla*)病毒病病原鉴定[J]. 上海农业学报,1991(2):80-85.
- [36] 黄勇毅,林丛发. 闽东太子参花叶病发病规律调查及防治途径研究[J]. 宁德师专学报(自然科学版),2004,16(1):65-68.
- [37] 谢仁菊,董宇忠. 瓮安县太子参病毒病的发生及防治[J]. 植物医生,2012(3):27.
- [38] 温学森,李先恩,杨世林. 地黄病毒病及其亟待解决的问题[J]. 中草药,2001,32(7):88-90.
- [39] 张西梅. 地黄和白术病毒病病原检测及病毒全基因组序列测定与分析[D]. 晋中:山西农业大学,2013.
- [40] 周颖,张瑞,郭颂,等. 北京地区地黄花叶病病原的分子鉴定[J]. 植物保护学报,2010,37(5):447-452.
- [41] 王德富,张西梅,杨锋,等. 油菜花叶病毒山西地黄分离物的全基因组序列测定与分析[J]. 植物病理学报,2016,46(5):598-604.
- [42] 侯红琴,张振臣,雷彩艳,等. 地黄花叶病毒(ReMV)生物学特性研究初报[J]. 中国农学通报,2007,23(9):406-408.
- [43] 蔡丽,许泽永,陈坤荣,等. 油菜花叶病毒 Wh 株系的鉴定[J]. 植物保护学报,2005,32(4):367-372.
- [44] 周雪平,钱秀红,刘勇,等. 侵染番茄的番茄花叶病毒的研究[J]. 中国病毒学,1996(3):268-276.
- [45] 温学森,赵华英,李先恩,等. 地黄病毒病在不同品种中的症状表现[J]. 中国中药杂志,2002,27(3):68-70.
- [46] 余方平,杨立. 地黄花叶病的初步研究[J]. 植物病理学报,1994(4):310.
- [47] 张振臣,张丽芳,乔奇,等. 河南省地黄病毒病初步鉴定[J]. 植物病理学报,2004,34(5):395-399.
- [48] 高雅红,李明福,刘冬梅,等. 地黄病毒病的检测与初步鉴定[J]. 北京农学院学报,2009,24(2):31-34.
- [49] 王敏,李明福,黄璐琦,等. 栽培地黄(*Rehmannia glutinosa* Li-bosch.) 普遍感染 TMV 和 CMV [J]. 植物病理学报,2006,36(2):189-192.
- [50] 燕照玲,周涛,范在丰,等. 三七病毒病病原的初步鉴定[C]//中国植物病理学会 2007 年学术年会论文集. 杨凌:西北农林科技大学出版社,2007.
- [51] 陈燕芳,金羽,李桂芬,等. 三七病毒病鉴定初报[J]. 植物检疫,2004,18(4):212-213.
- [52] 马妮,王勇,刘云芝,等. 三七病毒病对三七产量和质量的影响研究[J]. 现代农业科技,2015(14):110-111.
- [53] YAN Z L, SONG L M, ZHOU T, et al. Identification and molecular characterization of a new potyvirus from *Panax notoginseng* [J]. Archives of Virology, 2010, 155(6): 949-957.
- [54] LI X J, LIU F, LI Y Y, et al. First report of Tomato yellow leaf curl China virus with Beta satellite Infecting *Panax notoginseng*[J]. Plant Disease,2014,98(9):63.
- [55] 杨建忠,王勇,张葵,等. 蓟马危害三七调查初报[J]. 中药材,2008,31(5):636-638.
- [56] 金羽,张永江,陈燕芳,等. 三七花叶症的检测与鉴定[J]. 中国植保导刊,2005,25(6):10-11.
- [57] 刘云芝,王勇,孙玉琴,等. 三七皱缩型病毒病发生规律调查研究[J]. 现代农业科技,2015(14):105-106.
- [58] 陈昱君,王勇,杨建忠,等. 三七皱缩型病毒病与环境因子的关系研究[J]. 现代农业科技,2014(16):108-109.
- [59] 邹承武,蒙皎荣,宋静静,等. 广西淮山药病毒病调查及病毒病原鉴定[C]//中国植物病理学会学术年会论文集. 北京:中国农业科学技术出版社,2011.
- [60] 李明军,张峰,陈明霞,等. 怀山药病毒病的研究[J]. 中草药,2003,34(11):100-102.
- [61] 陈红岩,刘晓芸,齐红茹,等. 保定市山药病害种类及为害特点调查初报[J]. 中国植保导刊,2010,30(6):24-26.
- [62] 黄婷. 瑞昌山药炭疽病菌初步研究及其病毒和线虫病害病原鉴定[D]. 南昌:江西农业大学,2015.
- [63] 曾军,兰志斌,张志勇,等. 闽西山药病毒种类的检测初报[J]. 武夷科学,2003,19(1):176-178.
- [64] 邹承武,蒙皎荣,韦本辉,等. 利用深度测序技术鉴定淮山药病毒病新病原[C]//中国植物病理学会学术年会论文集. 北京:中国农业科学技术出版社,2012.
- [65] 贺哲,黄婷,秦双林,等. 瑞昌山药病毒病原鉴定[C]//中国植物病理学会 2016 年学术年会论文集. 北京:中国农业科学技术出版社,2016.
- [66] 赵慧琪. 白术和番茄病毒病病原鉴定及其全基因组序列分析[D]. 晋中:山西农业大学,2013.
- [67] 赵保佳. 大豆花叶病毒山西大豆和白术分离物的分子鉴定[D]. 晋中:山西农业大学,2013.
- [68] 牛颜冰,时晓丽,张西梅,等. 侵染白术的蚕豆萎蔫病毒 2 号的分子检测与序列分析[J]. 病毒学报,2015,31(1):58-64.
- [69] 秦雪梅,王玉庆,岳建英. 栽培柴胡资源状况分析[J]. 中药研究与信息,2005,7(8):30-32.
- [70] 寇丽莎,赵慧琪,王德富,等. 药用植物柴胡病毒病原物的分子鉴定[J]. 病毒学报,2017(4):610-616.
- [71] 赵志刚,舒舒蕊,宋燃,等. 丹参主产区生产技术调查研究[J]. 中药材,2014,37(3):375-379.
- [72] 温春秀,谢晓亮,吴志明. 丹参脱病毒技术研究[C]//全国天然药物资源学术研讨会论文集,2004.
- [73] 谢晓亮,温春秀,刘铭,等. 脱毒丹参比较评价研究[C]//全国药用植物及植物药学术研讨会论文集,2010.

- [74] 王德群,刘守金,梁益敏. 中国药用菊花的产地考察[J]. 中国中药杂志,1999,24(9):10-13.
- [75] ZHAO X, LIU X, GE B, et al. A multiplex RT-PCR for simultaneous detection and identification of five viruses and two viroids infecting *Chrysanthemum* [J]. Archives of Virology, 2015,160(5):1145-1152.
- [76] 刘辉辉. 杭白菊病毒病原鉴定及脱毒苗生物学性状与品质性状分析[D]. 杭州:浙江大学,2015.
- [77] 刘辉辉,沈学根,毛碧增. 菊花病毒病及其防治对策[J]. 药物生物技术,2015(1):91-94.
- [78] 吴红芝,孔宝华,陈海如,等. 昆明地区菊花病毒病的调查与鉴定[J]. 云南农业大学学报,2002,17(1):24-27.
- [79] 宋瑞琳,吴如健,黄兆才. 福建省菊花病毒病的初步调查与检测[J]. 福建农业科技,1997(5):20.
- [80] 赵霜. 菊花病毒脱除与检测技术研究[D]. 北京:北京林业大学,2013.
- [81] 张志想,葛蓓李,潘嵩,等. 菊花矮化类病毒的分子检测与序列分析[J]. 园艺学报,2011,38(12):2349-2356.
- [82] 谢礼,吕明芳,董峰丽,等. 藏红花病毒病原的分子鉴定[J]. 中草药,2013,44(8):1033-1036.
- [83] 朱本明,陈作义,黄哲夫. 番红花花叶病原研究[J]. 自然杂志,1982(8):639-640.
- [84] 赵培洁,许彩霞,徐正,等. 由栽培番红花中检出鸢尾轻花叶病毒[J]. 中药材,1990(5):4-6.
- [85] 陈集双. 番红花花叶病的发生与防治[J]. 浙江农业科学,2000(3):30-33.
- [86] 陈集双,李德葆. 侵染番红花的芜菁花叶病毒[J]. 植物病理学报,1995(4):361-365.
- [87] 侯明生,何冬兰. 湖北省襄阳地区芝麻花叶病发生的症状及其病原菌的研究[J]. 华中农业大学学报,1989(3):270-272.
- [88] 燕照玲,任银玲,刘毓侠. 芝麻病毒病研究进展[J]. 山西农业科学,2015,43(12):1718-1723.
- [89] 许泽永,张宗义,陈坤荣,等. 芝麻病毒病类型及发生分布调查[J]. 中国油料,1994(2):46-48.
- [90] 杨书军,余子林,许泽永. 侵染芝麻的芜菁花叶病毒黄斑黄化株系的初步鉴定[J]. 中国油料,1992(3):48-51.
- [91] 杨书军,余子林,许泽永. 芝麻病毒病病原研究——I. 芝麻矮化坏死病害的鉴定[J]. 病毒学杂志,1989,4(3):308-314.
- [92] 晏立英,陈坤荣,韩成贵,等. 芝麻坏死花叶病毒(SNMV)部分 cDNA 合成及序列分析[J]. 中国油料作物学报,2002,24(2):62-67.
- [93] 许泽永,陈坤荣,张宗义,等. 芝麻坏死花叶病毒的鉴定[J]. 植物病理学报,2000,30(3):226-231.
- [94] 王红艳,宫慧慧,赵鸣,等. 为害山东芝麻的病毒种类检测[C]//吴学宏. 植物病理学研究进展—中国植物病理学会第十二届青年学术研讨会论文选编. 北京:中国农业大学出版社,2015.
- [95] 杨书军,余子林,许泽永. 芝麻病毒病害研究——II. 芝麻黄花叶病原鉴定[J]. 中国病毒学,1993,8(3):277-283.
- [96] 晏立英,许泽永,廖伯寿. 芝麻黄花叶病原的分子鉴定[J]. 中国油料作物学报,2009,31(1):19-22.
- [97] 许泽永,张宗义. 芝麻黄化花叶病毒病——一种 Potyvirus 引起的病害[J]. 中国油料,1985(2):75.
- [98] 秦碧霞,郑红英,蔡健和,等. 侵染广西罗汉果的小西葫芦黄花叶病毒的鉴定及抗血清制备[J]. 病毒学报,2005,21(6):468-473.
- [99] 林伟,黎起秦,莫娜,等. 广西罗汉果病毒病发生情况调查[J]. 植物保护,2003,29(4):27-30.
- [100] 蔡健和,秦碧霞,余玉冰,等. 罗汉果花叶病原病毒鉴定[J]. 广西科学,2001,8(1):66-69.
- [101] 朱英芝,陈保善,蒙姣荣. 罗汉果种子传播小西葫芦黄化花叶病毒的检测[J]. 基因组学与应用生物学,2011,30(6):678-681.
- [102] 秦碧霞,蔡健和,刘志明,等. 广西西瓜花叶病原病毒鉴定[J]. 广西农业科学,2001(6):296-297.
- [103] 朱静,谭冠林,包改丽,等. 云南番木瓜环斑病毒的发生及遗传多样性[J]. 微生物学通报,2014,41(6):1142-1151.
- [104] 韩英. 番木瓜环斑病毒罗汉果分离株生物学特性研究及其抗体的研制与应用[D]. 南宁:广西大学,2007.
- [105] 陈炜,田波. 牛蒡矮化类病毒的研究——III. 病叶组织的超微结构[J]. 植物病理学报,1985(3):185-188.
- [106] 陈炜,田波,杨希才,等. 牛蒡矮化类病毒(BSV)的研究——BSV-RNAs 的变性行为和植株中的分别存在[J]. 中国科学(B辑),1985(9):806-812.
- [107] 陈炜,田波,朱玉香,等. 与牛蒡矮化病相关的类病毒 RNA——I. 类病毒 RNA 的提取和某些性质的测定[J]. 微生物学报,1982(3):241-247.
- [108] 张心玲,孙彩霞. 牛蒡易发病害防治方法[J]. 农家参谋,2000(10):11.
- [109] 石新. 牛蒡病害与药剂防治[J]. 农药市场信息,2006(8):35-36.
- [110] 刘伟,张艳秋,胡长效. 淮北地区牛蒡的主要病虫害及综合防治[J]. 中国果菜,2003(3):20-21.
- [111] 刘权,王贵军,任惠,等. 牛蒡病毒 dsRNA 的分离鉴定及病毒部分序列分析[C]//泛环渤海地区九省市生物化学与分子生物学会——学术交流会议论文集,2011.
- [112] 吕娜. 辽宁药用植物病毒病调查研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2016.
- [113] 王小刚,高山林,白雨,等. 薄荷脱病毒苗的农艺性状和有关生理指标的测定[J]. 药物生物技术,2003,10(2):92-95.
- [114] 郝小军,王胜,黄家凤. 侵染椒样薄荷的病毒种类的分子鉴定[J]. 石河子大学学报(自然科学版),2012,30(5):582-586.
- [115] 赵明富,彭晟,杨莹,等. 侵染美国薄荷的小西葫芦黄花叶病毒的检测与鉴定[J]. 云南农业大学学报(自然科学),2013(6):898-901.
- [116] 岳瑾,董杰,马萱,等. 北京市人工栽培薄荷病虫害发生规律初探[J]. 辽宁农业科学,2015(2):1-5.
- [117] 唐美琼,覃柳燕. 引起黄蜀葵黄脉症状双生病毒的分子鉴定[J]. 中药材,2011,34(2):168-171.
- [118] 张玉. 当归中一种新马铃薯 Y 病毒的分离和鉴定[D]. 兰州:兰州大学,2007.
- [119] 魏宁生,吴云峰. 白芷花叶病的毒原鉴定[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),1988(4):60-63.

- of G protein α subunits in the infection process of the gray mold fungus *Botrytis cinerea* [J]. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 2001, 14(11): 1293–1302.
- [16] HU Yibo, LIU Guodong, LI Zhonghai, et al. G protein-cAMP signaling pathway mediated by PGA3 plays opposite roles in regulating the expressions of amylases and cellulases in *Penicillium decumbens* [J]. *Fungal Genetics and Biology*, 2013, 58: 62–70.
- [17] 郝志敏, 申坤, 李志勇, 等. 玉米大斑病菌 *Stga-2* 及其启动子的克隆与基因表达分析[J]. *中国农业科学*, 2010, 43(18): 3705–3712.
- [18] TAKAO K, AKAGI Y, TSUGE T. Functional characterization of putative G protein-coupled receptors in the tomato pathotype of *Alternaria alternata* [J]. *Journal of General Plant Pathology*, 2016, 82(2): 1–7.
- [19] 张丽勋,段可,邹小花,等. 草莓胶孢炭疽菌 GPCRs 超家族蛋白鉴定及生物信息学分析[J]. *上海农业学报*, 2017, 33(1): 1–9.
- [20] YU J H. Heterotrimeric G protein signaling and RGSs in *Aspergillus nidulans* [J]. *Journal of Microbiology*, 2006, 44(2): 145–154.
- [21] PRIYATNO T P, BAKAR F D A, KAMARUDDIN N, et al. Inactivation of the catalytic subunit of cAMP-dependent protein kinase a causes delayed appressorium formation and reduced pathogenicity of *Colletotrichum gloeosporioides* [J]. *The Scientific World Journal*, 2012, ID 545784.
- [22] 吴曼莉, 李晓宇, 张楠, 等. 胶孢炭疽菌 *CgRGS2* 基因的克隆及生物学功能[J]. *微生物学报*, 2017, 57(1): 66–76.
- [23] 徐爽, 吴曼莉, 柯智健, 等. 胶孢炭疽菌 *CgRGS4* 调控营养生长、渗透压响应、氧化应激反应和致病性[J]. *浙江农业学报*, 2017, 29(2): 277–285.
- (责任编辑: 田 喆)
- (上接 19 页)
- [120] 李北辰, 史素琴, 朱平, 等. 人参病毒病的研究[J]. *微生物学报*, 1982, 22(3): 291–292.
- [121] 李云峰, 逯弘捷, 祝红波. 人参病毒病调查初报[J]. *特产科学实验*, 1985(3): 27–29.
- [122] 田成刚, 张占伟, 王稚琪. 人参病毒田间发病规律的观察[C]//《吉林农业大学学报》编辑部. 中国吉林国际人参大会会议论文集, 2008.
- [123] 陈小红, 叶华智, 严吉明, 等. 四川药用植物病害调查与病原鉴定 I. 主要栽培药用植物病害[J]. *西南农业学报*, 2006, 19(1): 58–62.
- [124] 严吉明, 叶华智, 秦芸, 等. 四川药用植物病害调查与病原鉴定 II. 四川药用植物病害[J]. *西南农业学报*, 2008, 21(2): 359–363.
- [125] 张超, 战斌慧, 周雪平. 我国玉米病毒病分布及危害[J]. *植物保护*, 2017, 43(1): 1–8.
- [126] 周晓波, 吴艺飞, 丁苗黄, 等. 卷丹百合 3 种主要病毒脱毒方法研究[J]. *湖南农业科学*, 2016(10): 7–10.
- [127] 解晓红, 李江辉, 陈丽, 等. 半夏脱毒技术研究及应用[J]. *中药材*, 2011, 33(7): 1014–1017.
- [128] 朱艳, 秦民坚, 周小华. 太子参脱毒技术研究[J]. *植物资源与环境学报*, 2005, 14(4): 27–31.
- [129] 郭倩楠, 张文芳, 贾小玉, 等. 菊花病毒脱除及其检测技术研究进展[J]. *浙江农业科学*, 2016, 57(12): 2035–2039.
- [130] 李军, 高广春, 李白, 等. 植物组培脱毒技术及其在药用植物藏红花中的应用[J]. *生物技术通报*, 2014(7): 44–48.
- [131] 潘志金. 薄荷病害的发生及综合防治[J]. *安徽农学通报*, 2010, 16(9): 139–140.
- [132] 姚永松. 太子参病毒病的综合防治技术[J]. *福建农业科技*, 2014(6): 41–42.
- (责任编辑: 田 喆)



封面说明

十四点负泥虫 *Crioceris quatuordecimpunctata* (Scopoli, 1763)

十四点负泥虫属鞘翅目叶甲科 Chrysomelidae。寄主植物有石刁柏(芦笋)、文竹等百合科天门冬属植物,可成为芦笋的害虫。幼虫(封面图片 a)不负泥。成虫体长 5.5~7.5 mm;棕黄色或橘红色(封面图片 b),具黑斑;头前端、复眼及四周、触角均黑色,两眼间稍后有 1 个黑斑。前胸背板长略大于宽,前半部具黑斑 4 个,成一横排,基部中央有时有 1 个黑斑;小盾片黑色;鞘翅斑纹变化大,典型的是每个鞘翅上具黑斑 7 个,但斑纹可以减少甚至消失,或黑斑变大相连,鞘翅几乎全为黑色(封面图片 c),仅侧缘橘红色。国内分布于北京、陕西、内蒙古、黑龙江、吉林、辽宁、河北、山东、江苏、浙江、福建、广西;国外分布于日本、朝鲜、俄罗斯及欧洲。图片拍摄于北京。

虞国跃
(北京市农林科学院植物保护环境保护研究所)