

部分烟区烟草病毒病病原检测及复合侵染分析

青 玲^{1,2}, 牛颜冰^{* 3}, 吴楚钊⁴, 肖崇刚¹, 周常勇^{** 1 2}

1 西南大学植物保护学院植物病害生物学重庆市高校级重点实验室, 重庆市北碚天生路 1 号 400716

2 中国农科院柑橘研究所, 重庆市北碚歌马镇柑桔村 15 号 400712

3 山西农业大学, 太原市兴农街 1 号 030801

4 饶平出入境检验检疫局, 广东省饶平黄冈镇龙眼城汕汾西路北 58 号 515700

关键词: 烟草; 病毒; 复合侵染

摘要: 为明确主要烟区烟草病毒病的主要病毒种类, 采用抗原直接包被 ELISA 法对重庆、四川、云南、贵州、河南、陕西和甘肃等省市部分烟区采集的 266 个烟草病毒病样品进行了检测。结果表明, 样品中共检测到马铃薯 Y 病毒 (*Potato virus Y*, PVY)、烟草花叶病毒 (*Tobacco mosaic virus*, TMV)、黄瓜花叶病毒 (*Cucumber mosaic virus*, CMV)、番茄花叶病毒 (*Tomato mosaic virus*, ToMV) 及芜菁花叶病毒 (*Turnip mosaic virus*, TuMV) 等 5 种病毒。其中 PVY 的侵染最普遍, 总检出率达 75.56%; TMV、CMV、ToMV 和 TuMV 的总检出率分别为 65.41%、57.14%、36.84% 和 34.59%, 其中, ToMV 和 TuMV 仅在云南、四川、贵州和重庆样品中检测到。在 257 个阳性样品中有 97 个样品受 CMV、TMV 或 PVY 单独侵染, 其检出率分别为 7.39%、13.23% 和 17.12%; 其余样品均受 2 种以上病毒复合侵染, 其中 55.63% 的样品中检测到 5 种病毒复合侵染。田间烟草样品表现出复杂的病毒病症状类型。这些结果说明田间烟草病毒复合侵染现象严重, PVY 已成为当前我国烟区的优势毒原。

中图分类号: S432.41 文献标识码: C 文章编号: 1002-0861(2009)12-0058-07

Virus Detection of Tobacco Viral Disease and Analysis of Viruses Mixed-infection in Some Tobacco Growing Areas

QING LING (1, 2), NIU YAN-BING (3), WU CHU-ZHAO (4), XIAO CHONG-GANG (1), and ZHOU CHANG-YONG (1, 2)

1 Chongqing Key Laboratory of Plant Disease Biology, College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400716, China

2 Citrus Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 400712, China

3 Shanxi Agricultural University, Taiyuan 030801, China

4 Raoping Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Raoping 515700, Guangdong, China

Keywords Tobacco Virus Mixed-infection

Abstract In order to investigate the main viruses causing tobacco viral diseases in main tobacco-growing areas, 266 tobacco leaf samples with viral disease symptoms collected from part of the tobacco-growing areas in Chongqing, Sichuan, Yunnan, Guizhou, Henan, Sha'anxi and Gansu were tested by antigen direct coated

基金项目: 国家青年科学基金项目“烟草曲茎病毒病害复合种群遗传结构及变异研究”(30700524)及西南大学博士后基金资助项目“我国部分地区烟草和蔬菜病毒病主要病毒种类的检测及鉴定”(207001)。

作者简介: 青玲(1972-), 女, 博士, 副教授, 主要从事分子植物病毒学研究; E-mail: qing99@yahoo.com.cn^{*} 牛颜冰(1968-), 与第一作者同等贡献, 女, 博士, 副教授, 主要从事分子植物病理学研究; E-mail: niuniugood@yahoo.com.cn^{**} 通讯作者: 周常勇 E-mail: changyong@hotmail.com

收稿日期: 2009-05-27

责任编辑: 董志坚 E-mail: yckj225@yahoo.com.cn 电话: 0371-67672650

enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Tobacco mosaic virus (TMV), Cucumber mosaic virus (CMV), Tomato mosaic virus (ToMV), Turnip mosaic virus (TuMV) and Potato virus Y (PVY) were detected. The infection percentage (75.56%) of PVY was the highest and that of TMV, CMV, ToMV and TuMV was 65.41%, 57.14%, 36.84% and 34.59%, respectively. ToMV and TuMV were detected only in the samples from Yunnan, Sichuan, Guizhou and Chongqing. Of the 257 positive samples, 97 cases were infected by CMV (7.39%), TMV (13.23%) or PVY (17.12%) alone. Other positive samples were infected by two or more viruses and about 55.63% of them were infected by all the five viruses. Tobacco samples in the field showed complex viral disease symptoms. These results indicated that viral mixed-infection occurred seriously in field tobacco and PVY has become a dominant virus in some tobacco-growing areas.

烟草病毒病是烟草上的主要病害之一,发生普遍且严重,在我国部分烟区已上升为烟草上的第一大病害^[1-2]。据报道,自然状态下能侵染烟草的病毒有近40种^[24]。由于我国烟区分布地域广,且南北方气候、耕作制度和农业产业结构及生态条件均有较大差异,因此,烟草病毒种类繁多,目前已报道侵染烟草的病毒有近20种^[2-15]。其中,以TMV、CMV、PVY、马铃薯X病毒(Potato virus X, PVX)、烟草蚀纹病毒(Tobacco etch virus, TEV)、烟草环斑病毒(Tobacco ring spot virus, TRSV)和烟草坏死病毒(Tobacco necrosis virus, TNV)在烟草病毒中所占比例较大,危害最严重,成为我国烟草上的主要病毒种类^[1, 11, 16-30]。近年来,我国烟草病毒病危害呈日趋严重且复杂多变的趋势,主要表现为烟草上多种病毒复合感染现象十分严重,田间症状表现更加复杂^[10-11, 16-30];一些新病毒侵染烟草在部分烟区已造成严重危害,如烟草曲茎病毒(Tobacco curly shoot virus, TBCSV)、云南烟草曲叶病毒(Tobacco leaf curl Yunnan virus, TLCYNV)及中国番茄黄化曲叶病毒(Tomato yellow leaf curl China virus, TYLCCNV)等双生病毒单独或复合侵染引起的烟草曲叶病已在云南、广西等省烟区爆发流行^[6, 10, 12-14];就同一烟区而言,不同年份引起烟草病毒病流行的优势毒原不断变化,如20世纪90年代初我国烟草病毒病主要以TMV和CMV复合侵染为主,其中,以TMV为优势毒原,但到了90年代末,CMV逐渐取代TMV而成为烟草病毒中的主要病毒种类,在局部烟区PVY、PVX和TEV也可能成为当地烟草病毒病的主要病原^[11, 16-30],这种变化给烟草病毒病的防治工作带来极大困难。因此,摸清当前我国烟区烟草病毒种类和变化趋势,病毒种群区系分布及复合侵染情况,有助于全面掌握田间烟草病毒病的现状,对于针对性地制定以抗病育种为中心的综合防治措施具有重要意义。为此,于2005~2008年在重庆、云南、四川、贵州、河南、甘肃及陕西等主要烟区进行了烟草病毒病的调查和取样,利用5种作物常见病毒特异性

血清对烟草样品进行了针对主要病毒种类的ELISA检测,并对样品中存在的病毒复合侵染现象进行了分析。

1 材料与方法

1.1 样品采集

在2005~2008年间分别从重庆、四川、贵州、云南、陕西、河南及甘肃等省市部分烟区共采集266个烟草病毒病样品。病株严重矮缩、畸形,烟叶呈现浓绿淡绿不均匀或褪绿变黄的花叶或环斑症状,部分样品叶片皱缩、扭曲、畸形,边缘呈现轻微卷曲或叶脉坏死等症状。

1.2 标准抗原及抗体

TMV、CMV、ToMV及ToMV相应的抗原及单克隆抗体(浙江大学生物技术研究所周雪平教授惠赠)、PVY的抗原及多克隆抗体(本实验室保存)、碱性磷酸酶标记的羊抗鼠IgG及羊抗兔IgG(美国Pierce公司)。

1.3 病毒检测方法

参考青玲等^[11]的方法,采用抗原直接包被ELISA法进行病毒检测。

2 结果与讨论

2.1 烟草主要病毒的种类

对采集的266个烟草花叶病毒病样品,经ELISA检测结果(表1)表明,共有257个样品与5种供试血清中的1种或多种血清发生不同程度的阳性反应。其中,PVY的侵染最普遍,除贵州省外,PVY在其它省市烟草样品上的侵染率均最高,总检出率达75.56%,河南省的10个烟草样品全部被PVY侵染;其次为TMV和CMV,其总检出率分别为65.41%和57.14%;ToMV和TuMV仅在云南、四川、贵州和重庆烟草样品中检测到,其总检出率分别为36.84%和34.59%。5种病毒在不同烟区的分布存在差异,CMV、TMV、ToMV、TuMV及PVY在云

南烟草样品中的检出率分别为 100 00%、100 00%、93 33%、86 66%和 100 00%;在四川烟草样品中的检出率分别为 83 72%、88 37%、73 26%、73 26%和 90 70%;在贵州烟草样品中的检出率分别为 37 66%、49 35%、5 19%、6 49%和 40 26%;在重庆烟草样品中的检出率分别为 56 36%、58 18%、30 91%、20 00%和 80 00%;另外 CMV、TMV 及 PVY 在甘肃烟草样品中的检出率分别为 20 00%、60 00%和 100 00%;在陕西烟草样品中的检出率分别为 33 33%、33 33%和 100 00%,见表 1。另外,共有 9个烟草样品未检测到上述 5种病毒,分别为贵州六盘水的样品 4个、重庆涪陵样品 2个、四川西昌样品 3个。

表 1检测结果表明,257个烟草花叶病毒病样品感染了 CMV、TMV、T_aMV、T_mMV 及 PVY 等 5种病毒中的 1种或多种病毒。其中 CMV、TMV 及 PVY 在南北烟区均有发生,其总检出率分别为 57.14%、65.41%和 75.56%,说明这 3种病毒仍然是当前我国烟区的主要病毒种类。除此之外,在云南、四川、贵州和重庆等地烟草样品中还检测到 T_aMV 和 T_mMV。本实验室曾在重庆武隆烟区的烟草中检测到 T_mMV^[11],但国内未见 T_aMV 田间侵染烟草的报道^[31],因此本研究发现 T_aMV 田间侵染烟草可能为国内的首次报道。尽管本

研究用于病毒种类检测的 T_aMV 血清是其特异性的单克隆抗体,但由于 TMV 与 T_aMV 血清学关系密切,且 TMV 株系复杂,因而还需针对侵染田间烟草的 T_aMV 进行进一步的分子鉴定。目前 T_aMV 和 T_mMV 仅在南方烟区发生,贵州烟区也仅在六盘水烟草样品中检测到,因而,这两种病毒在其它烟区的发生趋势和危害程度值得关注。有报道^[18,20-22,27-28]表明除 CMV、TMV 及 PVY 外,在我国部分烟区 TEV、PVX、TRSV 及 TNV 也是引起烟草病毒病的主要病毒种类。本实验室对部分烟草样品进行了针对 PVX 和蚕豆萎蔫病毒 2号(*Broad bean wilt virus 2 BBWV-2*)的血清学检测,证实某些样品中存在这些病毒的单独或复合侵染(结果另文发表),由于没有 TEV、TRSV 及 TNV 的抗血清,因此,未对样品进行针对这 3种病毒的检测,不能排除样品感染这些病毒的可能性。在本研究中有 9个烟草样品未检测到上述 5种病毒,但样品病毒病症状明显,说明这些样品中可能仍含有其它病毒种类而未被检测出,田间样品的症状复杂性也极有可能与此有关。

本研究发现 5种病毒在不同烟区的分布与已有的一些报道有较大差异,如 PVY 和 CMV 是河南烟草病毒病的主要病毒种类^[22],但在本研究中仅发现 PVY 单

表 1 侵染烟草的病毒种类检测 /Tab 1 Detection of virus types of infected tobacco

省份 /Province	地点 /Location	样品数 / Numbers of samples	检出百分比 /Percentages of viruses detected(%)				
			CMV	TMV	T _a MV	T _m MV	PVY
甘肃 /Gansu	清水 /Qingshui	20	20 00	60 00	—	—	100 00
陕西 /Shaanxi	陇县 /Longxian	3	33 33	33 33	—	—	100 00
云南 /Yunnan	大理 /Dali	15	100 00	100 00	93 33	86 66	100 00
河南 /Henan	洛宁 /Luoning	6	—	—	—	—	100 00
	许昌 /Xuchang	4	—	—	—	—	100 00
	合计或平均 /Total or average	10	—	—	—	—	100 00
四川 /Sichuan	西昌 /Xichang	31	54 83	80 65	41 94	41 94	74 19
	万源 /Wanyuan	23	100 00	82 61	82 61	78 26	100 00
	德昌 /Dechang	32	100 00	100 00	96 88	100 00	100 00
	合计或平均 /Total or average	86	83 72	88 37	73 26	73 26	90 70
贵州 /Guizhou	安顺 /Anshun	22	—	77 27	—	—	45 45
	遵义 /Zunyi	30	80 00	—	—	—	53 33
	六盘水 /Lupanshui	25	20 00	84 00	16 00	20 00	20 00
	合计或平均 /Total or average	77	37 66	49 35	5 19	6 49	40 26
重庆 /Chongqing	黔江 /Qianjiang	12	58 33	16 67	8 33	8 33	50 00
	酉阳 /Youyang	29	41 38	68 97	20 69	10 34	89 66
	南川 /Nanchuan	11	100 00	81 82	81 82	54 55	100 00
	涪陵 /Fuling	3	33 33	33 33	33 33	33 33	33 33
	合计或平均 /Total or average	55	56 36	58 18	30 91	20 00	80 00
	合计或平均 /Total or average	266	57 14	65 41	36 84	34 59	75 56

独侵染,可能与采样地点不同和样品数量偏少有一定的关系。另一方面,田间烟草病毒类型常处于动态变化中,一些次要病毒种类在某些年份可能上升为主要病毒种类,因而这种差异也可能是烟草病毒病优势毒原变化趋势的客观反映。本研究表明 PVY 在大部分烟区已取代 TMV 和 CMV 成为优势毒原,这种变化给以抗病育种为中心的烟草病毒病的防治工作带来极大困难,值得高度重视。

2.2 烟草病毒侵染的类型

对 257 个阳性样品进行病毒侵染类型分析,结果有 97 个样品为单一病毒侵染,总检出率为 37.74%,见图 1;其余 160 个样品均为 2 种以上病毒复合侵染,其中 2 种病毒复合侵染的检出率为 18.65%,3 种、4 种和 5 种病毒复合侵染的检出率分别为 5.06%、3.89% 和 34.63%,见表 2。

2.2.1 单一病毒的侵染

在单一病毒侵染样品中,仅发现 CMV、TMV 及 PVY 的单独侵染,其检出率分别为 7.39%、13.23% 和 17.12%。在某些省份烟区烟草样品中仅检测到 1 种病毒单独侵染,如甘肃、河南及陕西烟草样品中只检测到 PVY 单独侵染,其中河南的 10 个烟草样品全部为 PVY 单独侵染,贵州六盘水烟草样品仅发现 TMV 单独侵染。而同一省份的不同烟区烟草受单一病毒侵染的情况也不相同,如四川仅西昌烟区烟草样品中检测到单一病毒侵染,重庆仅酉阳和黔江烟区烟草样品存在单一病毒侵染,且不同烟区烟草样品中单独侵染的病毒种类不同。贵州烟草样品单一病毒侵染的比例最高,达 72.60%,而云南烟草样品中未检测到单一病毒侵染,见图 1。

2.2.2 病毒复合侵染

ELISA 检测结果表 2 表明,在 257 个阳性样品中,160 个烟草样品检测到 2 种以上病毒的复合侵染,总检出率为 62.26%,共有 9 种病毒侵染类型。其中 2 种病毒复合侵染的类型包括 CMV + PVY, TMV + PVY 及

CMV + TMV, 其在阳性样品中的总检出率分别为 7.39%、10.51% 和 0.78%; 共有 13 个烟草样品检测到 3 种病毒复合侵染,其中各有 1 个样品检测到 CMV + TMV + PVY 或 CMV + TMV + TaMV, 而 CMV + TMV + PVY 在阳性样品中的总检出率为 4.28%; CMV + TMV + TaMV + PVY 及 CMV + TMV + TaMV + PVY 的总检出率分别为 2.72% 和 1.17%。另外,检测到 5 种病毒复合侵染的样品在所有复合侵染样品中所占比例高达 55.63%,特别是四川德昌的烟草样品几乎全部受 5 种病毒的复合侵染,一种可能是自然界本来就存在如此严重的复合侵染现象,但由于前人未同时利用这 5 种病毒的血清来检测烟草样品,因而这种现象一直没有被发现;此外,本研究所用 PVY 的血清是多抗,故不能排除在检测中出现假阳性的可能性。比较不同烟区烟草病毒复合侵染情况发现,云南、四川、甘肃和重庆烟草样品中病毒复合侵染最为严重,在各自烟草样品中的检出率分别为 100%、91.53%、65.00% 和 65.91%,贵州烟草样品的病毒复合侵染率最低,仅为 27.40%。重庆烟草样品的病毒复合侵染类型最复杂,检测到了上述 9 种病毒复合侵染类型。

田间病毒侵染的情况通常比较复杂,常有 2 种以上的病毒复合侵染^[10-11, 16-30]。比较南北方烟区烟草样品的病毒种类及复合侵染情况表明,北方烟区样品的病毒种类简单,优势病毒明显,且无论病毒单一或复合侵染的类型也相对较少,可能与检测样品的数量少有关。南方几个省份烟区烟草的病毒种类较复杂,且病毒复合侵染很普遍。特别是云南大理和四川德昌烟区的样品与前人报道不同^[20-21, 23-25, 30],均没有单一病毒侵染,几乎全部受 5 种病毒的复合侵染。而在南方烟区中,贵州安顺和遵义烟区样品的检测结果较为独特,不仅病毒种类简单而且复合侵染率较低。采自安顺烟区的烟草样品仅检测到 TMV 和 PVY 侵染,而检测到 CMV 和 PVY 侵染的样品全部采自遵义烟区,因而,这两个地区的样品中均未发现 TMV 与 CMV 复合侵染,这种情况还未见报道。

在采样过程中发现,有些烟田管理粗放,周边杂草丛生,且常与茄科蔬菜间作或轮作。蚜虫是病毒的强力传播媒介,杂草和茄科蔬菜又是大多数病毒的常见寄主,因而,烟草上的病毒很可能来源于这些寄主和媒介昆虫。鉴于病毒在烟草上的复合侵染现象严重,因此,在制定病毒防治策略时,在以主要病毒防治为主的前提下,还应兼顾其它病毒,同时要加强对烟田的管理。

2.3 田间烟草病毒病症状的复杂性

对采自甘肃、贵州和陕西的部分样品进行了外部

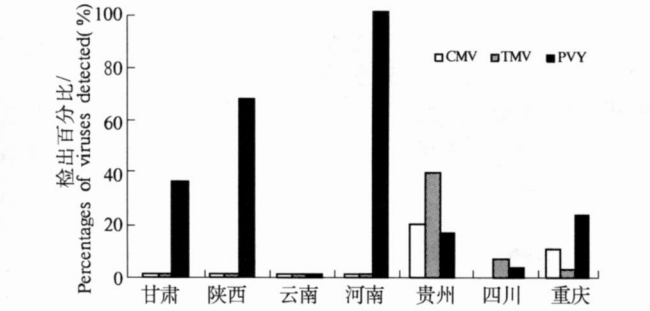


图 1 烟草样品单一病毒侵染分析 /

Fig 1 Analysis of single virus infection in tobacco samples

症状观察,并结合 ELISA 检测结果,发现田间烟草病毒病样品表现出非常复杂的外部症状,见表 3。相同病毒侵染类型在不同地区引起的症状不同,即使在同一烟区也有较大差异,可能与病毒的株系不同有关。单一病毒与几种病毒复合侵染时引起的外部症状均十分复杂,特别是贵州样品的症状多样性尤其明显。如 PVY 侵染呈阳性的甘肃样品表现典型花叶症状,但贵州样

品除花叶症状外还可引起叶皱缩、扭曲变小、狭长、环斑及叶脉坏死等症状。我国已鉴定的 PVY 有 3 个株系,即普通株系 (PVY⁰)、脉坏死株系 (PVY^N) 和条痕花叶株系 (PVY^C),其中 PVY⁰ 株系发生较普遍,其次为 PVY^N 株系, PVY^C 株系发生较少,由于不同株系引起症状差异较大,因而, PVY 侵染引起的症状复杂性可能与其株系的复杂性有关^[32]。

表 2 复合侵染烟草的病毒种类检测 /Tab 2 Detection of virus types of m ix-infected tobacco

省份 /Province	地点 /Location	阳性样品数 / Numbers of positive samples	检出百分比 /Percentages of viruses detected(%)								
			CMV + PVY	TMV + PVY	CMV + TMV	CMV + TMV + PVY	CMV + ToMV + PVY	CMV + TMV + ToMV	CMV + TMV + ToMV + PVY	CMV + TMV + ToMV + PVY	CMV + TMV + ToMV + PVY
甘肃 /Gansu	清水 /Q ingshui	20	5.00	45.00	—	15.00	—	—	—	—	—
陕西 / Sha' anxi	陇县 /Longxian	3	—	—	—	33.33	—	—	—	—	—
云南 / Yunnan	大理 /Dali	15	—	—	—	6.67	—	—	6.67	—	86.67
河南 / Henan	洛宁 /Luoning	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	许昌 /Xuchang	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	合计或平均 / Total or average	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
四川 / Sichuan	西昌 /Xichang	28	3.57	14.29	—	10.71	—	—	—	—	46.43
	万源 /Wanyuan	23	17.39	—	—	—	—	—	4.35	—	78.26
	德昌 /Dechang	32	—	—	—	—	—	—	—	3.13	96.88
	合计或平均 / Total or average	83	6.01	4.82	—	3.61	—	—	1.20	1.20	74.69
贵州 / Guizhou	安顺 /Anshun	22	—	22.73	—	—	—	—	—	—	—
	遵义 /Zunyi	30	33.33	—	—	—	—	—	—	—	—
	六盘水 / Liupanshui	21	—	—	—	—	—	—	—	4.76	19.05
	合计或平均 / Total or average	73	13.70	6.85	—	—	—	—	—	1.37	5.48
重庆 / Chongqing	黔江 /Qianjiang	12	—	—	—	—	—	8.33	—	8.33	—
	酉阳 /Youyang	29	6.90	31.03	6.90	6.90	—	—	10.34	—	10.34
	南川 /Nanchuan	11	9.09	—	—	9.09	9.09	—	18.18	—	54.55
	涪陵 /Fuling	1	—	—	—	—	—	—	—	—	100
	合计或平均 / Total or average	53	5.66	16.98	3.64	5.66	1.89	1.89	9.43	1.89	18.87
合计或平均 / Total or average		257	7.39	10.51	0.78	4.28	0.39	0.39	2.72	1.17	34.63

表 3 部分烟草病毒病样品的症状特征 /

Tab 3 Symptom characteristics of some tobacco viral samples

病毒种类 / Virus types	省份 / Province	症状特征 / Symptom characteristics
PVY	甘肃 /Gansu	典型花叶, 深浅绿相间。
	贵州 /Guizhou	典型花叶。
	贵州 /Guizhou	叶皱缩, 扭曲变小、狭长。
	贵州 /Guizhou	环斑, 叶脉坏死。
TMV + PVY	甘肃 /Gansu	皱缩黄化。
	贵州 /Guizhou	叶片皱缩、扭曲、畸形、变小。
	贵州 /Guizhou	典型花叶, 叶脉坏死。
CMV + PVY	甘肃 /Gansu	叶色黄绿相间。
	贵州 /Guizhou	叶扭曲、畸形、变小, 重者仅剩叶脉。
	贵州 /Guizhou	叶皱缩、扭曲、叶变狭长。
	贵州 /Guizhou	深绿部分皱缩, 叶缘上卷, 有缺刻。
TMV + CMV + PVY	甘肃 /Gansu	叶皱缩, 边缘黄化。
	陕西 /Shaanxi	严重皱缩, 叶片变狭长, 仅剩叶脉。

黄遵锡等^[31]曾报道云南烟草病毒病有复杂的病毒侵染类型和症状表现, 在本研究中贵州田间样品的病毒侵染类型简单, 但症状复杂, 很可能是由于样品中还含有未被检测出的其它病毒种类。

3 结论

从重庆、四川、贵州、云南、陕西、河南及甘肃等省市部分烟区采集了 266 个烟草花叶病毒病样品, 共有 257 个样品检测到 CMV、TMV、ToMV、TuMV 及 PVY 等 5 种病毒中的 1 种或多种病毒。CMV、TMV 及 PVY 在南北烟区均有发生且检出率均在 57% 以上, 其中, PVY 已成为当前我国烟区的优势毒原; 其次为 TMV 和 CMV; ToMV 和 TuMV 仅在云南、四川、贵州和重庆烟草样品中检测到。田间烟草病毒复合侵染现象严重, 在 257 个阳性样品中仅有 97 个样品受 CMV、TMV 或 PVY 单独侵染, 其余样品均受 2 种以上病毒复合侵染, 其中, 55.63% 的样品检测到 5 种病毒复合侵染。田间烟草样品表现复杂的病毒病症状类型。

致谢: 本试验在样品采集过程中得到了贵州省六盘水市农业局胡秋龄先生, 西南大学植物保护学院孙现超博士、奚彦霞博士、陈国康博士和马冠华博士的帮助, 在此表示由衷的谢意!

参考文献

[1] 陈瑞泰, 朱贤朝, 王智发, 等. 全国 16 个主产烟省(区)烟草侵染性病害调研报告 [J]. 中国烟草科学, 1997

(4): 1-7.

[2] 佟英, 鲁世军, 张务水. 烟草病毒感染机理及其综合防治 [J]. 中国烟草学报, 2003, 9(2): 39-42

[3] 马国胜, 何博如. 烟草病毒研究现状与展望 [J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(2): 150-153

[4] 李凡, 陈海如. 引起烟草病害的病毒种类研究 [J]. 云南农业大学学报, 2001, 16(2): 160-166

[5] 段玉琪, 秦西云, 莫笑晗, 等. 烟草丛顶病 (TBTV) 传毒特性及寄主范围研究 [J]. 中国烟草科学, 2003(4): 23-26

[6] 宫倩红, 刘玉乐, 洪益国, 等. 导致田间烟草曲叶病的又一病毒(非中国烟草曲叶病毒) [J]. 科学通报, 2000, 45(7): 718-724

[7] 龚祖坝, 沈菊英, 郑巧兮, 等. 我国第一例双联病毒—烟草曲叶病毒的分离 [J]. 科学通报, 1982, 27(22): 393-395

[8] 韩晓东, 史万华, 李林森, 等. 烟草曲顶病研究初报 [J]. 中国烟草, 1983, 4(4): 4

[9] 兰平秀, 程建勇, 李凡, 等. 烟草扭脉病毒部分基因组特征及其分类地位分析 [J]. 农业生物技术学报, 2008, 16(7): 177-178

[10] Liu Y, Xie Y, Liao B L, et al. Occurrence and distribution of Geminiviruses in tobacco in Yunnan Province of China [J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2007, 37(6): 566-571.

[11] 青玲, 刘映红, 马丽娜. 武隆烟区烟草病毒病的病原初步鉴定 [J]. 西南农业大学学报, 2005, 27(3): 319-322

[12] 青玲, 牛颜冰. 烟草曲茎病毒 Y128 分离物及伴随卫星的分子鉴定 [J]. 微生物通报, 2005, 32(5): 82-86

[13] Xie Y, Zhou X P, Li G X. Molecular characterization of Tomato yellow leaf curl China virus and its satellite DNA isolated from tobacco [J]. Chinese Science Bulletin, 2003, 48: 766-770

[14] Xie Y, Zhou X P, Zhang Z K, et al. Tobacco curly shoot virus isolated in Yunnan is a distinct species of Begomovirus [J]. Chinese Science Bulletin, 2002, 47: 197-200

[15] 张仲凯, 方琦, 丁铭, 等. 侵染烟草的番茄斑萎病毒 (TSWV) 电镜诊断鉴定 [J]. 电子显微学报, 2000, 19(3): 339-340

[16] 巢进, 张洪波, 肖启明, 等. 湖南省烟草病毒病种类的鉴定 [J]. 湖南农业科学, 2008(4): 104-106, 108

[17] 陈顺辉, 顾钢, 巫升鑫, 等. 福建省烟草病毒病种类的检测与防治 [J]. 烟草科技, 2003(9): 42-46

[18] 成巨龙, 陈明山, 张永峰. 陕西洛南烟草病毒病原鉴定初报 [J]. 中国烟草学报, 2008, 14(4): 52-54

[19] 韩晓东, 陈瑞泰. 我国烟草一个重要病毒——马铃薯 Y 病毒 [J]. 上海农业科技, 1985(2): 20-21.

[20] 孔宝华, 杨泮川, 顾刚, 等. 云南省烟草病毒病种类鉴定 (II) [J]. 云南农业大学学报, 1995, 10(2): 180

- [21] 李斌, 夏先全, 姚革, 等. 四川烟草主产区烟草病毒种类及流行分析 [J]. 西南农业学报, 2007, 20 (6): 1237-1240
- [22] 李义强, 王维超, 刘建坤, 等. 豫中烟区烟草病毒病种类鉴定及对策分析 [J]. 中国烟草科学, 2003(1): 40-42
- [23] 李月秋, 张仲凯, 管仕军, 等. 宾川地区烟草病毒病病原种类及其侵染循环初探 [J]. 云南农业大学学报, 1997 12(4): 263-268
- [24] 李月秋, 张仲凯, 管仕军, 等. 转基因烟草在田间引起的病毒区系变化研究 [J]. 云南农业大学学报, 1998 13 (1): 59-62
- [25] 刘勇, 莫笑晗, 余清, 等. 云南、福建、湖南烟区烟草花叶病主要病毒种类检测及黄瓜花叶病毒亚组鉴定 [J]. 植物病理学报, 2006 36(4): 310-313
- [26] 王劲波, 王凤龙, 时焦, 等. 山东省烟草病毒病原鉴定 [J]. 中国烟草学报, 1998(1): 26-29
- [27] 王秀敏, 郝兴安, 吴云锋, 等. 陕西烟草病毒病原鉴定及种群区系分布 [J]. 烟草科技, 2005(8): 38-42
- [28] 王秀敏, 吴云锋, 成巨龙, 等. 陕西省咸阳市、商州市烟草病毒病原鉴定初报 [J]. 西北农业学报, 2003 12 (1): 139-141
- [29] 谢联辉, 林奇英, 谢莉妍. 福建烟草病毒种群及其发生频率的研究 [J]. 中国烟草学报, 1994, 2(1): 25-31
- [30] 黄遵锡, 李红, 施正丽. 云南省几种主要烟草病毒病理特征的观察 [J]. 云南师范大学学报, 1997, 17 (2): 55-60
- [31] 薛朝阳, 周雪平, 青玲, 等. 利用 DAS-ELISA 进行番茄花叶病毒的田间检测 [J]. 植物病理学报, 1999, 29(2): 157-162
- [32] 姚康生, 蔡少华, 贾士荣, 等. 分泌抗马铃薯 Y 病毒株系特异性单克隆抗体杂交瘤细胞株的建立 [J]. 中国农业科学, 1985(3): 91-92

(上接第 37 页)

- [4] 王利杰, 卢红. 烟草有机酸研究进展 [J]. 贵州农业科学, 2007, 35(3): 142-144
- [5] 刘百战, 徐亮, 胡便霞, 等. 卷烟中非挥发性有机酸及某些高级脂肪酸的分析 [J]. 烟草科技, 2000(1): 25-27
- [6] 沈轶, 刘百战, 王瑾, 等. 烟草中非挥发性有机酸及高级脂肪酸的快速分析方法 [C] //上海市烟草学会 2004 年学术年会优秀学术论文集. 2004
- [7] 刘百战, 蔡继宝, 朱立军, 等. 国内外部分白肋烟烟叶中非挥发性有机酸、高级脂肪酸、生物碱及 pH 值的对比分析 [J]. 中国烟草学报, 2002(2): 1-5
- [8] 金闻博, 戴亚, 横田拓, 等. 烟草化学 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2000 623-628
- [9] 金永明, 张明福, 刘百战. 烟草中多元酸和高级脂肪酸的分析 [J]. 烟草科技, 2002(4): 21-24