

网络出版时间:2012-05-22 16:36

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120522.1636.035.html>

烟草对蚀纹病毒和马铃薯 Y 病毒的抗病性鉴定

黄 婷¹, 袁治礼², 成巨龙², 吴云锋¹, 武占敏¹, 代 锦¹

(1 旱区作物逆境生物学国家重点实验室, 农业部西北黄土高原作物有害生物综合治理重点实验室,
西北农林科技大学 植物保护学院, 陕西 杨凌 712100; 2 陕西省烟草研究所, 陕西 西安 710061)

【摘 要】 【目的】对 21 份我国生产中大面积推广使用的烟草品种和抗源材料进行烟草蚀纹病毒(TEV)和马铃薯 Y 病毒(PVY)的抗病性鉴定, 为烟草抗病品种的利用与品种合理布局, 以及烟草抗病毒病育种的亲本选择提供依据。**【方法】**以 21 份烟草品种为材料, 于 2009—2011 年采用大田人工接种鉴定的方法, 对 21 份烟草种质资源进行了 TEV 和 PVY 的抗病性鉴定。**【结果】**在供试种质中, 对 TEV 表现抗病的有双抗 70、云烟 97、中烟 103、秦烟 96、辽烟 17、云烟 203、秦烟 98、云烟 85、G28 共 9 份材料, 表现中抗的有中烟 90、龙江 237、NC89、G80 共 4 份材料, 表现中感的有云烟 87、RG11、净叶黄共 3 份材料, 表现感病的有 K326、红花大金元、CV87、Coker176、金星 6007 共 5 份材料。对 PVY 表现抗病的材料有 2 份, 分别为辽烟 17 和金星 6007, 表现中抗的材料有秦烟 98、秦烟 96 和双抗 70 共 3 份材料, 表现中感的有 NC89、云烟 87、净叶黄、G28、云烟 85、红花大金元、G80、K326 共 8 份材料, 表现感病的有 Coker176、龙江 237、云烟 97、RG11、中烟 90、中烟 103、CV87、云烟 203 共 8 份材料。其中兼抗 TEV 和 PVY 2 种病毒病的材料有 4 份, 分别为双抗 70、秦烟 98、秦烟 96 和辽烟 17; 均表现感病的有 7 份材料, 包括 Coker176、CV87、红花大金元、K326、净叶黄、RG11 和云烟 87。TEV 和 PVY 侵染对抗病性较强烟草品种生长发育的影响较小, 而对感病品种的影响较大。**【结论】**不同烟草品种对 TEV 和 PVY 的抗病性存在较大差异, 抗病性不同的烟草品种在病毒危害以后, 病毒对烟叶的产量和叶片生长发育的影响也不同。

【关键词】 烟草; 烟草蚀纹病毒; 马铃薯 Y 病毒; 抗病性鉴定

【中图分类号】 S572.037

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2012)06-0107-07

Identification of resistance to TEV and PVY in tobacco varieties

HUANG Ting¹, YUAN Zhi-li², CHENG Ju-long², WU Yun-feng¹, WU Zhan-min¹, DAI Jin¹

(1 State Key Laboratory of Crop Stress Biology in Arid Areas, Key Laboratory of Crop Pest Integrated Pest

Management on the Loess Plateau of Ministry of Agriculture, College of Plant Protection,

Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Shaanxi Tobacco Research Institute, Xi'an, Shaanxi 710061, China)

Abstract: 【Objective】 This study evaluated 21 tobacco germplasm resources for resistance to Tobacco etch virus (TEV) and Potato virus Y (PVY), and the results identified can not only be utilized to provide a basis for selection and variety deployment, but also as parent materials in breeding for resistance. **【Method】** The identification and evaluation of 21 tobacco varieties resistant to TEV and PVY were carried out by artificial inoculation in the field. **【Result】** The results showed that the resistance to TEV appeared in 9 varieties, including Shuangkang 70, Yunyan 97, Zhongyan 103, Qinyan 96, Liaoyan 17, Yunyan 203, Qinyan 98, Yunyan 85 and G28; moderate resistance to TEV consisted of 4 varieties, including Zhongyan 90, Longjiang 237, NC89 and G80; moderate susceptible varieties were comprised of Yunyan 87, RG11 and

* [收稿日期] 2011-12-14

[基金项目] 中国烟草总公司科技重点项目(110200902046); 高等学校学科创新引智计划项目(B07049)

[作者简介] 黄 婷(1986—), 女, 辽宁沈阳人, 硕士, 主要从事植物病毒学研究。E-mail: huangtingting22@126.com

[通信作者] 吴云锋(1960—), 男, 陕西乾县人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事植物病毒学研究。

E-mail: wuyf@nwsuaf.edu.cn

Jingyehuang; susceptible varieties included K326, Honghuadajinyuan, Coker176, Jinxing 6007 and CV87. The resistance to PVY consisted of Liaoyan 17 and Jinxing 6007; moderate resistance to PVY included Qinyan 98, Shuangkang 70 and Qinyan 96; moderate susceptible varieties appeared in 8 varieties, including NC89, Yunyan 87, Jingyehuang, G28, Yunyan 85, G80, K326 and Honghuadajinyuan; susceptible varieties were comprised of Coker176, Longjiang 237, Yunyan 97, RG11, Zhongyan 90, Zhongyan 103, CV87 and Yunyan 203. In this study, 4 varieties, including Shuangkang 70, Qinyan 98, Qinyan 96 and Liaoyan 17, were resistant to both virus diseases. 7 varieties, including Coker176, CV87, Honghuadajinyuan, K326, Jingyehuang, RG11 and Yunyan 87, were susceptible to both virus diseases. The influence on growth and development of tobacco infected with TEV and PVY was different between disease resistant varieties and the susceptible varieties. 【Conclusion】 Different tobacco varieties had different disease resistance to TEV and PVY, different resistance of tobacco varieties had different impacts upon output and growth of tobacco leaves.

Key words: tobacco; tobacco etch virus; potato virus Y; resistance identification

烟草病毒病是世界烟草主产区普遍发生且危害严重的侵染性病害。自 20 世纪 50 年代以来,烟草病毒病先后在日本、美国、中国等世界主产烟区大面积暴发流行,给烟草生产造成了巨大的经济损失^[1-3]。在病害流行的年份,由病毒病造成的烟叶产量损失可达 30%~50%,个别地块甚至绝产^[4]。据统计,2003 年我国烟草病毒病属轻发年,但发生总面积仍达 17.47 万 hm^2 ,估计产量损失为 5 619.185 万 kg,产值损失为 50 419.459 万元^[5]。20 世纪 90 年代以后,随着 K326、NC89、云烟 87、云烟 85 等一批品质优良但抗病性较差烟草品种的推广种植,由于受春季持续干旱少雨等因素的影响,以蚜虫介体传播的烟草蚀纹病毒(Tobacco etch virus, TEV)和马铃薯 Y 病毒(Potato virus Y, PVY)为主的病毒病在我国烟区的危害更加严重,导致烟草病毒病呈现出连年发生并间歇式暴发的流行态势^[6]。据报道,1998 年安徽烟区 PVY 大流行,仅固镇县一个烟区,发病率在 20%~50%的田块约为 330 hm^2 ,发病率达 50%~80%的严重田块达 40 hm^2 ,毁灭性田块约为 80 hm^2 ,一般田块 PVY 的发病率均在 10%左右^[7]。目前,烟草病毒病造成的经济损失已明显超过了烟草真菌病害,成为烟草生产上威胁最大的一类生物灾害^[8],而在烟草生产中缺乏抗病品种,是导致烟草病毒病危害严重的主要原因之一。

目前,国内外对 TEV、PVY 的研究多集中在生物学特性、发生规律、株系鉴定、基因功能研究和病害防治等方面^[9-17],关于烟草种质资源对这 2 种病害的抗病性,目前国内的相关研究还比较少,而选育和利用抗病品种是防治病毒病最经济有效的措施之一。因此,本研究于 2009—2011 年连续 3 年对 21

份烟草种质资源进行了 TEV 和 PVY 的抗病性鉴定,以期抗病品种的布局、抗源材料的筛选和利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试种质 烟草品种 G28、龙江 237、中烟 90、云烟 85、云烟 203、Coker176、K326、双抗 70、秦烟 98、云烟 87、云烟 97、辽烟 17、G80、中烟 103、CV87、金星 6007、净叶黄、红花大金元、秦烟 96、RG11、NC89,由陕西省烟草研究所提供,来源于国家烟草种质资源库。TEV 的抗病对照为中烟 90,感病对照为 K326;PVY 的抗病对照为双抗 70,感病对照为 NC89。

1.1.2 供试毒源 TEV、PVY^N(坏死株系)毒源分别由山东农业大学朱长香教授和李向东教授提供。本实验室分别利用鉴别寄主白菜和马铃薯进行毒源的分离提纯,并采用多重 PCR 方法对毒源进行分子鉴定^[18],确认为 TEV、PVY^N 纯毒源后接种在心叶烟上繁殖保存。

1.2 试验设计

田间试验在陕西省烟草研究所泾阳试验站大型网室内进行,随机区组设计,重复 3 次,单行区,每区种植 15 株,株距 0.5 m,行距 1.0 m。育苗、施肥、移栽等措施依照当地烟叶生产的规模化栽培技术执行。每年 3 月中旬采用塑料育苗盘育苗,网室烟草施纯氮 8 g/株, $\text{NO}_2 : \text{P}_2\text{O}_5 : \text{K}_2\text{O}$ 质量比为 1 : 1 : 2.5,5 月中旬移栽,同时使用甲拌磷灌根防治地下害虫。

1.3 试验方法

1.3.1 病毒的接种 将 3 g TEV、PVY 病叶分别

放入研钵中,加入 100 mL 0.01 mol/L 磷酸缓冲液 (pH=7.0) 研磨,制成质量浓度为 30 g/L 的接种物。于 6 月下旬在烟草生长至团棵期时,采用人工汁液摩擦法将病毒接种于接种株顶部的 4 片烟叶上,接种 1 min 后用自来水冲洗掉叶面多余病毒汁液;对照株只接种磷酸缓冲液。

1.3.2 病害分级与调查 每年 7 月下旬到 8 月上旬调查 2 次,选择发病期,逐株调查烟株的叶片数、株高和病级。

TEV 病害分级标准按烟草行业标准“YC/T 39—1996”规定执行^[19]。PVY 病害分级标准按“烟草种质资源描述规范和数据标准规定”执行^[20]。各参试品种的平均病情指数(DI)和抗性指数(RI)的计算公式为:

$$DI = \frac{\sum(\text{各级病株数} \times \text{该病级数})}{(\text{调查总株数} \times \text{最高级数})} \times 100,$$
$$RI = \ln \left(\frac{DI}{(100 - DI)} \right) - \ln \left(\frac{Do}{(100 - Do)} \right).$$

表 1 21 个供试烟草品种对 TEV 和 PVY 的抗病性鉴定结果

TEV				PVY			
品种 Variety	病情指数 Disease index	抗性指数 Resistance index	抗性评价 Resistant evaluation	品种 Variety	病情指数 Disease index	抗性指数 Resistance index	抗性评价 Resistant evaluation
双抗 70 Shuangkang 70	9.33	-1.05	R	辽烟 17 Liaoyan 17	10.67	-0.90	R
云烟 97 Yunyan 97	13.33	-0.65	R	金星 6007 Jinxing 6007	14.67	-0.53	R
中烟 103 Zhongyan 103	14.67	-0.53	R	秦烟 98 Qinyan 98	17.33	-0.33	MR
秦烟 96 Qinyan 96	16.00	-0.43	R	双抗 70 Shuangkang 70	21.33	-0.08	MR
辽烟 17 Liaoyan 17	18.33	-0.27	R	秦烟 96 Qinyan 96	21.89	-0.06	MR
云烟 203 Yunyan 203	18.67	-0.24	R	NC89	22.67	0.00	MS
秦烟 98 Qinyan 98	20.00	-0.16	R	云烟 87 Yunyan 87	26.67	0.22	MS
云烟 85 Yunyan 85	21.33	-0.08	R	净叶黄 Jingyehuang	30.67	0.41	MS
G28	21.33	-0.08	R	G28	34.67	0.59	MS
中烟 90 Zhongyan 90	22.67	0.00	MR	云烟 85 Yunyan 85	36.00	0.65	MS
龙江 237 Longjiang 237	24.00	0.07	MR	红花大金元 Honghuadajinyuan	37.33	0.71	MS
NC89	26.67	0.22	MR	G80	42.67	0.93	MS
G80	27.33	0.25	MR	K326	44.00	0.99	MS
云烟 87 Yunyan 87	30.55	0.41	MS	Coker176	48.00	1.15	S
RG11	30.67	0.41	MS	龙江 237 Longjiang 237	50.67	1.25	S
净叶黄 Jingyehuang	32.00	0.47	MS	云烟 97 Yunyan 97	50.67	1.25	S
K326	33.46	0.54	S	RG11	53.33	1.36	S
红花大金元 Honghuadajinyuan	33.58	0.54	S	中烟 90 Zhongyan 90	57.33	1.52	S
CV87	34.67	0.59	S	中烟 103Zhongyan 103	60.00	1.63	S
Coker176	34.67	0.59	S	CV87	62.67	1.75	S
金星 6007 Jinxing 6007	38.67	0.77	S	云烟 203 Yunyan 203	64.00	1.80	S

调查结果(表 1)表明,接种 TEV 的各个烟草品种中,双抗 70、云烟 97、中烟 103、秦烟 96、辽烟 17、云烟 203、秦烟 98、云烟 85 和 G28 等 9 份材料发病较晚,病情发展缓慢,发病症状较轻,叶片轻微褪绿和明

式中:DI 为参试品种的病情指数,Do 为对照品种的病情指数。

各参试品种的抗性划分标准为:

TEV:抗病, $RI \leq 0.0$;中抗, $0.0 < RI < 0.3$;中感, $0.3 \leq RI < 0.5$;感病, $RI \geq 0.5$ 。

PVY:抗病, $RI \leq -0.5$;中抗, $-0.5 < RI < 0.0$;中感, $0.0 \leq R < 1.0$;感病, $RI \geq 1.0$ 。

抗性表示方式为:R,抗病;MR,中抗;MS,中感;S,感病。

2 结果与分析

2.1 供试烟草品种的抗病性鉴定

供试 21 个烟草品种在接种 TEV、PVY 10 d 后开始发病,45 d 后病害发生程度加重,此时对各烟草品种进行的病情调查结果(表 1)表明,21 份烟草种质资源中,未发现对 TEV 和 PVY 免疫的品种,但不同烟草品种对 TEV 和 PVY 的抗病性有较大差异。

脉,病情指数为 9.33~21.33,属于抗病类型;G80、中烟 90、龙江 237 和 NC89 发病症状较明显,病情指数为 22.67~27.33,属于中抗类型;云烟 87、RG11 和净叶黄发病较早,症状较重,叶片严重褪绿黄化,产生坏

死斑点,病情指数为 30.55~32.00,属于中感类型;K326、红花大金元、CV87、Coker176 和金星 6007 的症状最重,植株矮化,叶片变形黄化,产生蚀刻坏死条纹,病情指数为 33.46~38.67,属于感病类型。

调查结果(表 1)还表明,接种 PVY 的各烟草品种中,辽烟 17 和金星 6007 发病较晚,症状较轻,叶片轻微斑驳和褪绿,病情指数分别为 10.67 和 14.67,属于抗病类型;秦烟 98、双抗 70 和秦烟 96 发病症状较明显,叶片斑驳和厚薄不均,病情指数分别为 17.33~21.89,属于中抗类型;NC89、云烟 87、净叶黄、G28、云烟 85、红花大金元、G80 和 K326 等 8 份材料发病较早,症状较重,叶片严重斑驳和皱缩,病情指数为 22.67~44.00,属于中感类型;Coker176、龙江 237、云烟 97、RG11、中烟 90、中烟 103、CV87 和云烟 203 等 8 份材料发病症状严重,植株矮化,叶片畸形呈烧焦状,叶脉坏死,病情指数为 48.00~64.00,属于感病类型。

综合分析鉴定结果(表 1)可以认为,21 种供试烟草品种中,兼抗 TEV 和 PVY 2 种病毒的材料有

4 份,即双抗 70、秦烟 96、秦烟 98 和辽烟 17,占供试材料的 19.1%;对这 2 种病毒病均表现感病的材料有 7 份,分别为 Coker176、CV87、红花大金元、K326、净叶黄、RG11 和云烟 87,占 33.3%。本研究鉴定筛选出的抗病品种,是利用抗病品种防治病毒病及进行 TEV、PVY 抗病育种的宝贵资源,在今后的抗病育种中可以参考和利用。

2.2 病毒侵染对烟草生长发育的影响

调查结果(图 1、图 2)表明,病毒侵染对不同烟草品种叶片数、株高的影响不同。其中,对 TEV 表现抗病的双抗 70 叶片数减少 10.71%,植株矮化程度为 4.88%;而对 TEV 表现感病的金星 6007 叶片数减少 40.54%,植株矮化程度为 26.09%。同样,对 PVY 表现抗病的金星 6007 叶片数减少 10.81%,植株矮化程度为 8.70%;而对 PVY 表现感病的云烟 203 叶片数减少 45.71%,植株矮化程度为 36.59%。可见,病毒侵染对抗病性较强的烟草品种生长发育的影响较小,而对感病品种的影响较大。

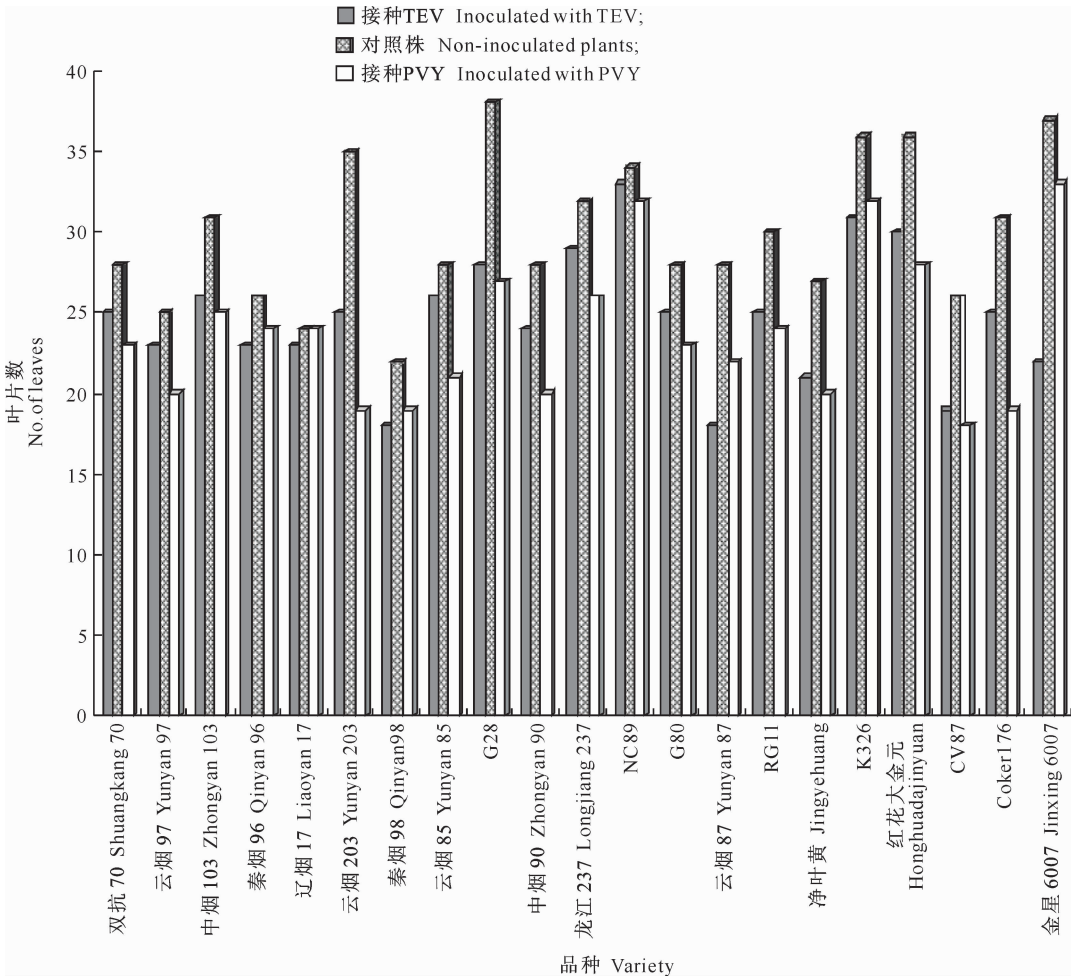


图 1 TEV 和 PVY 侵染对烟草叶片数的影响

Fig. 1 Effect of leaf number of tobacco infected with TEV and PVY

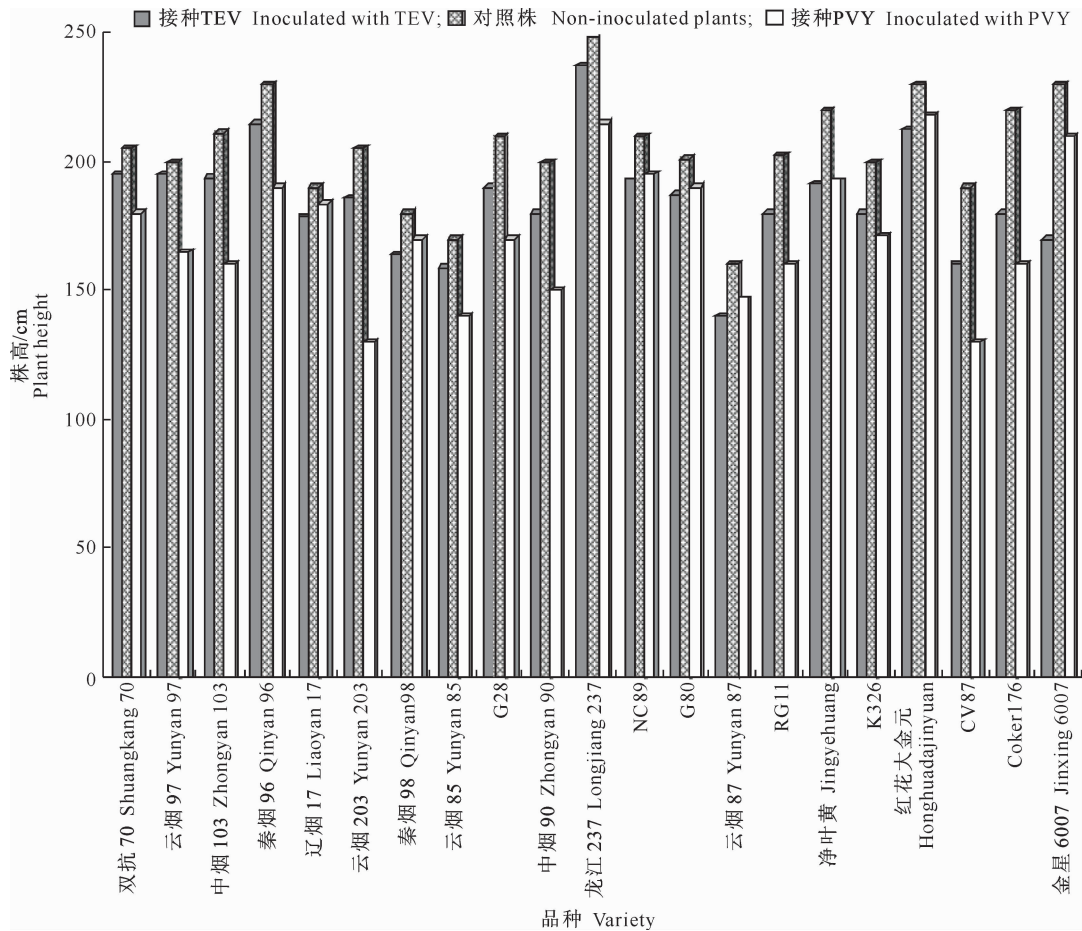


图 2 TEV 和 PVY 侵染对烟草株高的影响

Fig. 2 Effect of height of tobacco infected with TEV and PVY

2.3 病毒侵染对旺长期烟草叶片生长的影响

图 3 表明,在接种病毒后,不同烟草品种的叶片颜色、大小、形状差异明显。接种 TEV 后,双抗 70 叶片皱缩,未出现褪绿和明脉,症状较轻(图 3-A);净叶黄叶片严重褪绿黄化,初期叶面形成小斑点,继而连成不规则圈纹,病叶上产生坏死斑点,症状较重(图 3-B);Coker176 叶片变窄,叶柄拉长,叶面出现褪绿小黄点,脉间出现多角形坏死斑,呈蚀刻坏死条纹,症状最重,严重影响烟叶的生长发育(图 3-C)。

接种 PVY 后,辽烟 17 叶片上出现轻微斑驳和褪绿,症状较轻(图 3-D);云烟 87 叶片出现黄绿相间的斑驳,皱缩变形,症状较重(图 3-E);云烟 203 叶片皱缩呈畸形,有缺刻,叶脉变暗褐坏死,叶片呈烧焦状,叶脉附近有许多褐色斑点,严重影响烟叶的生长发育(图 3-F)。

病毒侵染对抗病性不同的烟草品种所表现的症状特点有明显差异。抗病性越强,其叶片发病的症状越轻,对烟叶生长发育的影响越小;抗病性越弱,发病的症状越重,对烟叶生长发育的影响越大。可

见,抗病性强的烟草品种,病毒对其叶片生长发育的影响明显小于感病品种。

3 讨论

本研究通过大田人工接种鉴定的方法,明确了烟草种质资源对 TEV 和 PVY 的抗病性,结果表明,不同的烟草品种对 TEV 和 PVY 的抗病性存在较大差异。在供试的 21 份烟草品种中,对 TEV 表现抗病和中抗的材料有 13 份,对 PVY 表现抗病和中抗的材料有 5 份,未发现对 TEV 和 PVY 具有免疫特性的材料。抗病性不同的烟草品种在病毒危害后,病毒对烟叶产量和叶片生长发育的影响也不同,对抗病性强的烟草品种,其烟叶产量和叶片生长发育受到的影响明显小于感病品种。目前,我国烟区这 2 种病毒病发生普遍而严重,在抗源缺乏的情况下,可结合这些抗 TEV 和 PVY 品种的综合性状应用于生产,并为抗病育种提供优良的种质资源。今后应在此基础上,明确主要抗源的遗传规律,再通过杂交、回交等手段进行抗病基因的重组及多代选择,

以培育出能抵抗多种病毒、抗性水平高且综合性状 优良的烟草新品种。

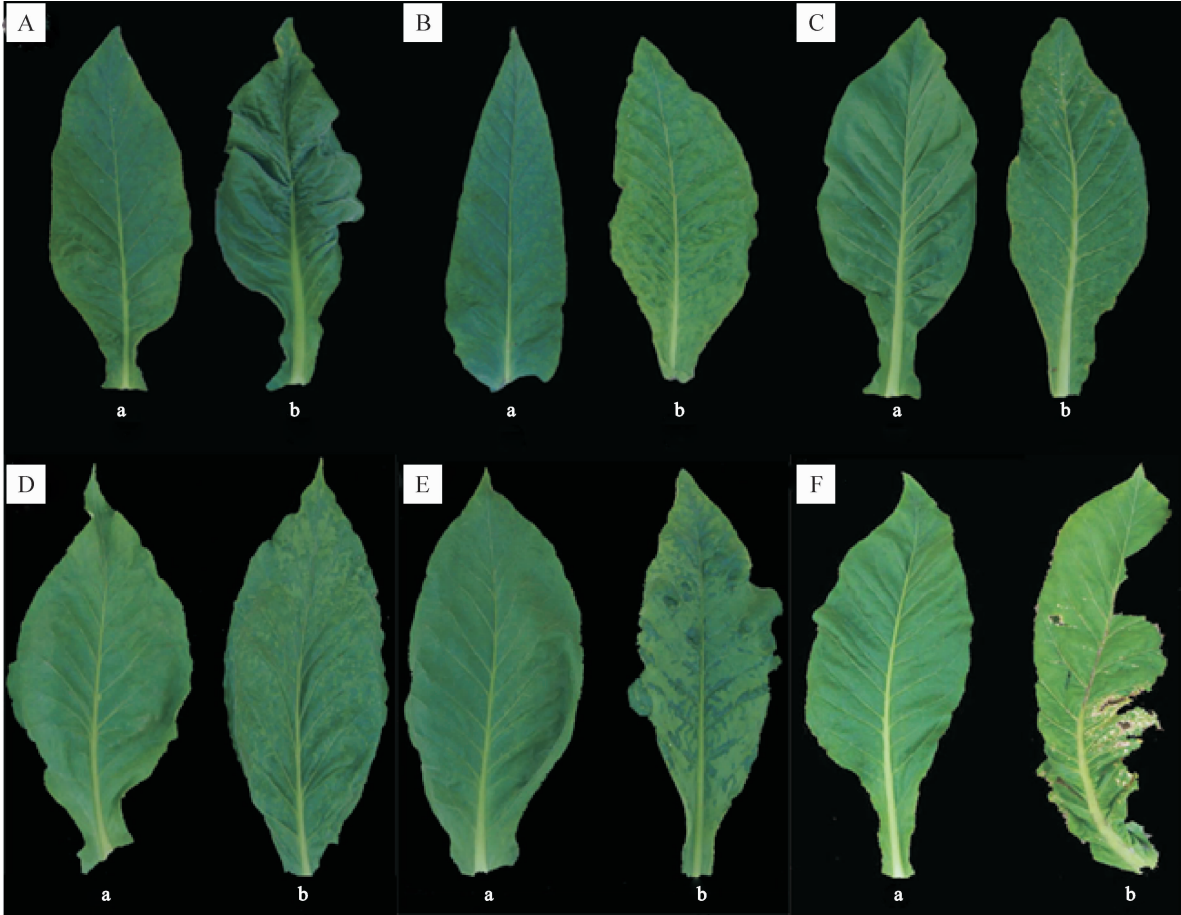


图 3 TEV 和 PVY 侵染对烟草叶片生长发育的影响
a. 未接种叶片;b. 接种叶片;A. 双抗 70;B. 净叶黄;C. Coker176;D. 辽烟 17;E. 云烟 87;F. 云烟 203
(其中 A、B、C 为接种 TEV 的叶片,D、E、F 为接种 PVY 的叶片)
Fig. 3 Effect on quality of tobacco leaves infected with TEV and PVY
a. Non-inoculated leaves;b. Inoculated leaves;A. Shuangkang 70;B. Jingyehuang;
C. Coker176;D. Liaoyan 17;E. Yunyan 87;F. Yunyan 203
(A,B and C were inoculated with TEV;D,E and F were inoculated with PVY)

我国地域辽阔,气候多样,环境条件对抗性鉴定结果影响较大,尤其是气候变化所带来的是一种综合效应,它可导致病毒病传播流行、虫媒种类及数量、烟草生长、烟草本身的抗病性等发生变化,直接或间接地影响到烟草的抗病性^[21-23],使不同批次间所得出的结果(发病率和病情指数)难以比较,这就要求引入对照品种以消除环境因素等所引起的差异。本研究在烟草品种对病毒病的抗病性鉴定中,采用了曾士迈先生提出的相对抗性指数法,该方法可按相对抗性指数值的大小划分感抗等级,同时还需要几种标准品种,以其相对抗性为标准进行感抗等级划分^[24]。

虽然我国现保存有烟草种质资源 4 042 份,居世界首位^[25],但对现有烟草种质资源的挖掘和利用

与国外相比尚有很大差距,在很大程度上制约了烟草种质资源作用的发挥,影响了我国烟草抗病毒病育种水平的提高。因此,应全面开展烟草种质资源抗病毒病的筛选和鉴定,充分发掘利用抗病毒病种质资源,从而为烟草品种的合理布局和烟草抗病毒病育种提供抗源材料。

[参考文献]

[1] 安徽省地方志编纂委员会. 安徽省志:烟草志 [M]. 北京:方志出版社,1998:30-38.
Editorial Board of Anhui Province Locality Records. Anhui Province: Tobacco [M]. Beijing: Fangzhi Press, 1998: 30-38. (in Chinese)

[2] 钱玉梅,王凤龙,王劲波,等. 山东省烟草病毒病种群发生动态及防治对策 [J]. 烟草科技,2001(2):43-46.
Qian Y M, Wang F L, Wang J B, et al. Occurrence dynamic and

- control of tobacco virus diseases in Shandong Province [J]. Tobacco Science and Technology, 2001(2): 43-46. (in Chinese)
- [3] 石延霞, 刘学敏, 李 杰. 烟草脉带病研究进展 [J]. 烟草科技, 2001(10): 44-48.
- Shi Y X, Liu X M, Li J. Recent advances in tobacco vein banding caused by Potato virus Y [J]. Tobacco Science and Technology, 2001(10): 44-48. (in Chinese)
- [4] 张满让, 成巨龙, 安德荣. 影响陕西烟草蚜传病毒病发生因子的研究 [J]. 中国烟草学报, 2000, 6(3): 27-31.
- Zhang M R, Cheng J L, An D R. Study on factors affecting the incidence of tobacco virus diseases transmitted by aphid in Shaanxi [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2000, 6(3): 27-31. (in Chinese)
- [5] 雷艳丽. 我国烟草病毒病的发生现状及防治进展 [J]. 安徽农学通报, 2004, 10(3): 55-56.
- Lei Y L. Current situation and control study on tobacco virus disease in China [J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2004, 10(3): 55-56. (in Chinese)
- [6] 马国胜, 郭 红, 陈 娟. 浅析皖北烟草脉斑病连年发生并间歇式暴发原因及对策 [J]. 植物保护, 2000, 26(4): 26-28.
- Ma G S, Guo H, Chen J. Superficial analysis on causation analysis and countermeasures of the successive outbreaks of potato virus Y in Wanbei [J]. Plant Protection, 2000, 26(4): 26-28. (in Chinese)
- [7] 马国胜, 郭 红, 高正良, 等. 固镇县烟草脉斑病流行规律调查研究 [J]. 烟草科技, 2000(2): 46-47.
- Ma G S, Guo H, Gao Z L, et al. Investigation of the epidemic rule of Potato virus Y in Guzhen county [J]. Tobacco Science and Technology, 2000(2): 46-47. (in Chinese)
- [8] 王凤龙. 烟草病毒病综合防治技术 [J]. 烟草科技, 2002(4): 43-45.
- Wang F L. Integrated control of tobacco virus diseases [J]. Tobacco Science and Technology, 2002(4): 43-45. (in Chinese)
- [9] 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.
- Wang X M, Hao X A, Wu Y F, et al. Identification of tobacco virus diseases pathogen and distribution of virus community in Shaanxi Province [J]. Tobacco Science and Technology, 2005(8): 38-42. (in Chinese)
- [10] 王秀敏, 吴云锋, 成巨龙, 等. 烟草蚀纹病毒外壳蛋白基因的克隆与原核表达 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34(6): 124-127.
- Wang X M, Wu Y F, Cheng J L, et al. Cloning of tobacco etch virus cp gene and prokaryotic expression in *E. coli* [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2006, 34(6): 124-127. (in Chinese)
- [11] 王秀敏, 吴云锋, 韩烈保. 烟草蚀纹病毒外壳蛋白基因的克隆及在毕赤酵母中的表达 [J]. 中国烟草学报, 2009, 15(1): 61-64.
- Wang X M, Wu Y F, Han L B. Cloning and expression of tobacco etch virus coat protein gene in *Pichia pastoris* [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2009, 15(1): 61-64. (in Chinese)
- [12] 张满良. 烟草蚀纹病毒弱株系的研究 [J]. 中国烟草学报, 1998, 4(1): 33-37.
- Zhang M L. Study on mild strains of tobacco etch virus [J]. Acta Tabacaria Sinica, 1998, 4(1): 33-37. (in Chinese)
- [13] 陈荣平, 焦庆明, 兰荣利, 等. 烟草抗 PVY 育种材料的筛选与应用 [J]. 中国烟草科学, 2000, 21(1): 1-4.
- Chen R P, Jiao Q M, Lan R L, et al. Selection and utilization of resistant tobacco materials to PVY [J]. Chinese Tobacco Science, 2000, 21(1): 1-4. (in Chinese)
- [14] 江 彤, 陈 伟. 来自安徽不同寄主 PVY 分离物的血清学鉴定及其 *cp* 基因分子进化分析 [J]. 植物病理学报, 2009, 39(5): 540-543.
- Jiang T, Chen W. Molecular evolution analysis of *cp* gene and serological identification of PVY isolates derived from different hosts in Anhui Province [J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2009, 39(5): 540-543. (in Chinese)
- [15] 项 瑜, 杨兰英, 周雪荣, 等. 表达马铃薯 Y 病毒外壳蛋白的转基因烟草的抗病性研究 [J]. 病毒学报, 1995(2): 158-162.
- Xiang Y, Yang L Y, Zhou X R, et al. Study on disease resistance in potato virus Y (PVYN) coat protein (CP) genes in transgenic tobacco [J]. Chinese Journal of Virology, 1995(2): 158-162. (in Chinese)
- [16] Singh R P, Valkonen J P T, Gray S M, et al. Discussion paper: The naming of potato virus Y strains infecting potato [J]. Arch Viro, 2008, 153: 1-13.
- [17] Burk L G, Gooding G V, Chaplin J F. Reaction of Nicotiana species and cultivars or breeding lines of Nicotiana tabacum to three strains of potato virus Y [J]. Tobacco Science, 1982, 26: 85-88.
- [18] 郑 轩, 成巨龙, 吴云锋, 等. 中国五种烟草病毒 TMV、CMV、TEV、PVY、TVBMV 的多重 RT-PCR 同步检测 [J]. 植物病理学报, 2011, 41(2): 146-153.
- Zheng X, Cheng J L, Wu Y F, et al. The simultaneous detection of five tobacco viruses TMV, CMV, TEV, PVY and TVBMV by multiplex RT-PCR in China [J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2011, 41(2): 146-153. (in Chinese)
- [19] 朱贤朝, 石金开. YC/T39—1996 烟草病害分级及调查方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- Zhu X C, Shi J K. YC/T39—1996 Grade and investigating method of tobacco disease [S]. Beijing: Standards Press of China, 1996. (in Chinese)
- [20] 王志德, 王元英, 牟建民. 烟草种质资源描述规范和数据标准 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- Wang Z D, Wang Y Y, Mou J M. Description specification and data standard of tobacco germplasm resources [S]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2006. (in Chinese)
- [21] 王秀敏, 成巨龙, 吴云锋, 等. 用甘蔗花叶病毒生物防治烟草蚀纹病毒病 [J]. 植物病理学报, 2006, 36(2): 171-173.
- Wang X M, Cheng J L, Wu Y F, et al. Biocontrol of tobacco etch virus by using sugarcane mosaic virus [J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2006, 36(2): 171-173. (in Chinese)