

烟草内源提取物抗 TMV 活性筛选*

周文兵^{1,2}, 计思贵¹, 李江舟^{1,2}, 崔永和^{1,2}, 张立猛^{1,2**}

(1. 云南省烟草公司玉溪市公司, 云南 玉溪 653100;

2. 烟草行业病虫害生物防治工程研究中心, 云南 玉溪 653100)

摘要:【目的】探讨3种烟草提取物的抗TMV活性,为开发烟草内源性抗烟草花叶病物质提供依据。【方法】利用半叶枯斑法对心叶烟、云烟203和K326三种烟草的根、茎、叶、杈甲醇提取物进行抗烟草普通花叶病毒活性筛选,并用叶盘法对部分筛选结果进行验证。【结果】3种烟草根和茎的提取物对TMV具有较明显的抑制活性,其中根对TMV体外钝化、初侵染和复制增殖作用的抑制率范围分别为65.00%~79.75%、64.08%~74.31%、26.9%~42.40%,活性最强;茎的活性次之,对TMV体外钝化、初侵染和复制增殖作用的抑制率范围分别为33.33%~44.25%、42.82%~66.06%、10.96%~47.76%。3种烟草叶和杈的提取物对TMV虽有一定的抑制活性,但较全株提取物对TMV体外钝化、初侵染和复制增殖作用的抑制活性均降低,抑制活性不明显。【结论】3种烟草的根部粗提物具有较好的抗TMV活性,值得进一步研究。

关键词:烟草;提取物;普通烟草花叶病(TMV);抑制活性

中图分类号: S 435.72 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-390X (2017) 06-1022-06

Extracts from Different Tobacco Varieties with Inhibitory Activity against Tobacco Mosaic Virus (TMV)

ZHOU Wenbing^{1,2}, JI Sigui¹, LI Jiangzhou^{1,2},
CUI Yonghe^{1,2}, ZHANG Limeng^{1,2}

(1. Yunnan Tobacco Company, Yuxi Branch, Yuxi 653100, China;

2. Application Technology of Biological Control for Tobacco Diseases

and Insect Pests Engineering Research Center of China Tobacco, Yuxi 653100, China)

Abstract: [Purpose] The antiviral activities of tobacco extracts against tobacco mosaic virus (TMV) were studied to provide basis for exploitation of bio-pesticides from tobacco. [Method] The inhibitory activity against tobacco mosaic virus (TMV) was testing respectively with extracts from roots, stems, leaves and branches of *Nicotiana glutinosa*, Yunyan 203 and K326 distilled by the half-leaf method, and leaf disk method were used to confirm the validity of the results. [Result] The results showed that the extracts from roots and stems of this three tobacco varieties showed a good inhibitory activity against

收稿日期: 2016-10-12 修回日期: 2017-03-21 网络出版时间: 2017-11-30 14:15:00

* 基金项目: 中国烟草总公司云南省烟草公司科技计划项目 (2015YN11)。

作者简介: 周文兵 (1983—), 男, 湖北枣阳人, 博士, 农艺师, 主要从事烟草药用化学成分研究。

E-mail: yaowufx2001@163.com

** 通信作者 Corresponding author: 张立猛 (1978—), 男, 云南昭通人, 博士, 高级农艺师, 主要从事烟草营养与病虫害生物防治。E-mail: zlm.d@163.com

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20171130.1415.009.html>

TMV. Especially, extracts from roots exhibited the best inhibitory activities and the ranges of inhibition rates were 65.00% – 79.75%、64.08% – 74.31% and 26.9% – 42.40%; The inhibitory activities of the extracts from the stems were slightly weaker than the extracts from roots, but better than the extracts from leaves and branches, and the ranges of inhibition rates were 33.33% – 44.25%, 42.82% – 66.06% and 10.96% – 47.76%. The inhibition effect of the extracts from the leaves and branches of *N. glutinosa*, Yunyan 203 and K326 was not obvious. [**Conclusion**] The extracts from roots of this three tobacco varieties show a good inhibitory activity against TMV, which is valuable to study more.

Keywords: tobacco; extracts from tobacco; tobacco mosaic virus (TMV); inhibitory activity

烟草普通花叶病 (tobacco mosaic virus, TMV) 严重危害了烟叶的产量和质量, 给烟农造成了巨大的经济损失^[1-3]。由于植物病毒对寄主细胞具有绝对寄生性, 病毒传播方式具有多样性且植物缺乏完整的免疫系统, 所以高效抗病毒剂的开发存在极大困难, 至今尚未有理想的防治药剂^[4]。目前采用的农业防治措施存在较大的局限性, 化学防治则易引发环保问题, 于是人们把目光转向了抗 TMV 天然产物的研究与开发^[1,5-6]。

植物体内含有丰富的生物活性物质, 其次生代谢产物超过 40 万种, 而且大多数物质具有一定的杀虫抑菌作用。目前已筛选出一些植物病毒抑制剂, 但这些抑制剂在抑制病毒的同时, 也对寄主植物本身产生毒害作用。例如: 目前广泛使用的广谱抗植物病毒剂——病毒唑, 它对一些主要的植物病毒都有一定程度的防治效果, 但对寄主植物本身也有不同程度的毒害作用^[7]。烟草中的化合物相当丰富, 而且多种成分具有较好的药用价值, 烟草中的主要次生代谢产物酚类物质对多种致病菌和病毒有较强的抑制和杀灭作用, 从烟草中发掘高效、特异的内源性抗 TMV 化学防御物质用于烟草自身是可行的, 这样不仅可以解决对寄主植物本身的毒害作用, 也可以进一步扩宽烟草的使用空间^[8-12]。

本研究从烟草内源性抗烟草花叶病次生代谢物质出发, 选择高抗病毒品种心叶烟、云烟 203 和工业需求较大的烤烟品种 K326 进行抗 TMV 活性筛选, 研究 3 个品种的烟草根部提取物对 TMV 体外钝化、初侵染和复制增殖的抑制作用, 为进一步开发利用烟草源抗病毒物质提供基础。

1 材料与方法

1.1 烟草的培育

以心叶烟 (*Nicotiana glutinosa* L.)、云烟 203 和 K326 为供试烤烟品种, 烟草种子由玉溪中烟种子有限责任公司提供。将烟草种子播种于装有基质的育苗盘, 漂于育苗池中, 于适宜条件下 [温度 (22 ± 1)℃, 光照 16 h/d, 湿度 60%] 培养, 待幼苗长至三叶期移植于小花盆中, 每盆 1 棵。试验用苗均放置于 (23 ± 1)℃ 人工气候箱中, 光照和黑暗循环为 12 h/12 h, 待长至 4 ~ 6 片真叶时供试。

1.2 供试烟草样品

3 种烟草样品由云南省烟草公司玉溪市公司烤烟生产技术中心提供。全株、烟根、烟茎和烟叶在烟草打顶后 15 d 一起采收 (控制烟杈的生长), 烟杈于烟草打顶后 30 d 采收, 样品均剁碎后 50℃ 烘干, 粉碎, 过 40 目筛, 室温保存备用^[13]。

1.3 供试病毒

烟草花叶病毒 (tobacco mosaic virus, TMV) 普通株系由云南省烟草农业科学研究院提供, 由本实验室保存于普通烟 K326 上。保存毒源的烟草分别放置在 23℃ 恒温箱中培养, 恒温箱光照与黑暗比例为 16:8。培养过程中应避免毒源的污染。在开展抗病毒活性测定的当天选取幼嫩、新鲜的病叶 100 g, 放置在研钵中, 加入 200 mL 的 0.1 mol/L 磷酸缓冲液 (PBS, pH = 7.2, 内含 1% 的巯基乙醇), 研磨过滤, 取滤液并加入 8% 正丁醇, 搅拌 15 min, 4℃、10 000 g 离心 30 min, 取上清液分别加入聚乙二醇 3000 (PEG3000) 至终质量分数 4%、NaCl 至终质量分数为 3%, 4℃ 放置 1 h, 然后 4℃、10 000 g 离心 15 min, 得沉

淀, 后将沉淀溶于 20 mL 0.01 mol/L PBS ($\text{pH} = 7.2$) 缓冲液中, 室温搅拌 2 h, 4 ℃、10 000 g 离心 15 min, 取上清, 按每 10 mL 加入 0.4 g 的 NaCl 及 0.4 g 的 PEG3000, 搅拌 1 h, 后 4 ℃、10 000 g 离心 30 min, 取沉淀, 按照原液每 100 mL 加入 2 mL 0.01 mol/L PBS ($\text{pH} = 7.2$), 待完全溶解后, 4 ℃ 10 000 g 离心 30 min。上清液即为 TMV 粗提液, 保存到 4 ℃ 冰箱备用^[14]。

1.4 样品的制备

每样称取样品粉末 100 g, 置 1 L 的三角烧瓶中, 每次加入 500 mL 分析纯甲醇, 室温下超声提取 3 次, 每次 15 min, 合并 3 次滤液, 浓缩得粗提物^[15]。称取少量粗提物 (约 100 mg), 用少量二甲亚砜 (DMSO) 溶解后加水配成 100 mg/mL 的水溶液, 按比例分别加水稀释成 10 mg/mL、1 mg/mL 和 0.1 mg/mL 的水溶液, 置于 4 ℃ 冰箱备用^[16-17]。

1.5 试验方法

1.5.1 对 TMV 体外钝化作用测定

采用半叶枯斑法^[18]测定。选取生长旺盛的 4~6 叶期心叶烟, 将一定浓度的化合物溶液和对应剂量的溶剂分别与等体积的 TMV 溶液混合钝化 30 min, 然后分别接种于心叶烟左半叶和右半叶。待叶片干后用清水将叶片冲洗干净。随后在光照培养箱中保温保湿培养 [温度 (22 ± 1) ℃, 光照 12 h/d, 湿度 60%], 3~4 d 后观察并记录产生枯斑的数目。每处理 3 株, 每株 3~4 片叶。每处理重复 3 次。

1.5.2 对 TMV 初侵染和复制增殖作用测定

采用半叶枯斑法^[18]测定。选取生长旺盛的 4~6 叶期心叶烟, 初侵染试验在左半叶涂施一定浓度的粗提物溶液, 右半叶涂对应剂量的溶剂作对照。间隔 12 h 后再全叶接种病毒; 复制增殖作用先全叶接种病毒, 待叶片干后 12 h, 左半叶涂施化合物溶液, 右半叶涂施对应剂量的溶剂作对照。随后在光照培养箱中保温保湿培养 [温度 (22 ± 1) ℃, 光照 12 h/d, 湿度 60%], 3~4 d 后观察并分别记录左右半叶枯斑的数目。每处理 3 株, 每株 3~4 片叶。每处理重复 3 次。

1.5.3 提取物 TMV 体内增殖抑制活性

为进一步验证 3 种烟草根部提取物对 TMV 的抑制活性, 在普通烟 K326 上采用圆盘悬浮筛选

法^[19-20]测定 3 种烟草根部提取物对 TMV 增殖的抑制活性。室温条件下, 用摩擦法将 TMV 接种于普通烟 K326 叶上, 6 h 后, 用清水将叶片上金刚砂冲洗干净, 待叶片干后 (约 2 h), 用打孔器于接种叶片上取直径 12 mm 的圆盘。将接种面朝上, 让其漂浮在含不同质量浓度的供试液细胞培养板中, 每细胞培养板设空白接种病毒和不接种病毒的阳性和阴性叶片对照各 1 个。3 d 后磨碎叶片, 用间接 ELISA 法检测病毒含量。每处理重复 6 次。

1.5.4 计算与统计方法

(1) 枯斑抑制率计算公式如下:

抑制率 = [(对照枯斑数 - 处理枯斑数) / 对照枯斑数] $\times 100\%$ 。

(2) 病毒增殖抑制率计算公式如下:

病毒增殖抑制率 = [(药剂空白阳性叶片对照病毒含量 - 药剂处理叶片病毒含量) / 药剂空白阳性叶片对照病毒含量] $\times 100\%$ 。

(3) 数据处理

采用邓肯氏新复极差法对数据进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同部位烟草提取物对 TMV 侵染活性的抑制作用

2.1.1 钝化作用

从表 1 可见: 3 种烟草的各部位甲醇提取物对 TMV 病毒侵染的抑制作用中, 根部提取物活性最强, 抑制率都在 65.00% 以上, 最大抑制率达到 79.75%; 根部提取物活性较全株升高较多, 茎提取物活性升高不明显, 叶和根的甲醇提取物活性降低。

2.1.2 保护作用

从表 2 可见: 在 TMV 侵染过程中, 3 种烟草的各部位甲醇提取物均对 TMV 寄主表现出一定的保护作用。总体而言, 仍是根的活性最强, 抑制率为 64.08% ~ 69.10%, 茎次之, 根的活性最弱。

2.1.3 治疗作用

从表 3 可见: 3 种烟草的全株、根、茎甲醇提取物均对 TMV 侵染表现出一定的治疗作用, 仍以根部提取物的活性最强, 最高抑制率可达到 47.76%; 根、茎部提取物活性较全株升高明显, 叶和根活性降低。

表 1 3 种烤烟品种内源粗提取物对 TMV 钝化作用
Tab. 1 Inhibitory activity against TMV of the extracts from three tobacco varieties

部位 parts	品种 varieties	枯斑数量 lesion number		抑制率/% inhibition rate
		处理 treatments	对照 control	
全株 av ¹	K326	21	31.5	33.33 a ²
	心叶烟	21.4	37.5	42.93 b ²
	云烟 203	19.0	33.0	42.42 b ²
根 b ¹	K326	8.4	33.0	74.50 a ³
	心叶烟	8.0	39.5	79.75 b ³
	云烟 203	14.0	40.0	65.00 c ³
茎 ac ¹	K326	25.6	41.0	37.56 a ⁴
	心叶烟	21.5	37.0	41.89 b ⁴
	云烟 203	22.3	40.0	44.25 c ⁴
叶 c ¹	K326	33	45.0	26.67 a ⁵
	心叶烟	23	37.0	37.84 b ⁵
	云烟 203	22.0	34.0	35.29 c ⁵
杈 d ¹	K326	25.0	30.0	16.67 a ⁶
	心叶烟	19.0	25.0	24.00 b ⁶
	云烟 203	31.6	37.8	16.40 a ⁶

注：数字上标表示显著性分析组别，不同字母表示组内差异显著 ($P < 0.05$)；下同。
Note: Numeric superscripts mean the groups and the different small letters mean significant difference ($P < 0.05$) ; the same as below.

表 2 3 种烤烟品种内源粗提取物对 TMV 寄主的保护作用
Tab. 2 Protection effects of extracts from three tobacco varietie on the primary infection of TMV

部位 parts	品种 varieties	枯斑数量 lesion number		抑制率/% inhibition rate
		处理 treatments	对照 control	
全株 a ¹	K326	22.8	40.3	43.42 a ²
	心叶烟	18.8	37.8	50.26 b ²
	云烟 203	21.3	42.5	49.88 ab ²
根 b ¹	K326	13.0	41.7	68.82 a ³
	心叶烟	14.8	41.2	64.08 a ³
	云烟 203	11.0	35.6	69.10 ab ³
茎 abc ¹	K326	15.0	37.0	59.46 a ⁴
	心叶烟	15.0	44.2	66.06 b ⁴
	云烟 203	20.3	35.5	42.82 c ⁴
叶 c ¹	K326	28.0	38.1	26.51 a ⁵
	心叶烟	24.4	37.5	34.93 a ⁵
	云烟 203	26.8	38.2	29.84 a ⁵
杈 c ¹	K326	28.4	39.0	27.18 a ⁶
	云烟 203	22.7	35.4	35.88 b ⁶
	心叶烟	25.6	38.7	33.85 bc ⁶

表 3 3 种烤烟粗提取物对 TMV 寄主的治疗作用

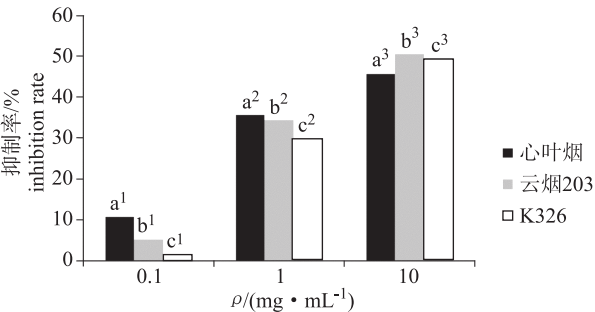
Tab. 3 Curative effects of extracts from three tobacco varieties on TMV

部位 parts	品种 varieties	枯斑个数 lesion unnumber		抑制率/% inhibition rate
		处理 treatments	对照 control	
全株 a ¹	K326	18.0	24.3	25.92 a ²
	心叶烟	19.0	22.5	15.60 b ²
	云烟 203	39.0	43.8	10.96 c ²
根 b ¹	K326	14.0	26.8	47.76 a ³
	心叶烟	19.0	28.0	32.1 b ³
	云烟 203	24.5	36.8	33.4 b ³
茎 c ¹	K326	16.0	27.8	42.4 a ⁴
	心叶烟	32.5	45.5	28.6 b ⁴
	云烟 203	16.0	22.6	29.20 ab ⁴
叶	K326	35.5	29.0	—
	心叶烟	31.5	28.3	—
	云烟 203	45.0	34.6	—
杈	K326	34.0	34.3	2.10
	云烟 203	37.8	25.8	—
	心叶烟	34.6	42.3	18.20

注：“—”表示没有活性。
Note: “—” means no inhibitory activity.

2.2 不同烟草根部提取物对 TMV 增殖的抑制活性

从图 1 可见：通过 0.1、1、10 mg/mL 3 个质量浓度的筛选发现，随着样品质量浓度的提高，3 种烟草根部提取物对 TMV 增殖的质量抑制率均逐渐提高，表现出显著的剂量效应；在质量浓度为 10 mg/mL 时，云烟 203 的根部提取物活性质量最强，对 TMV 增殖的抑制率达到 50.67%；在质量浓度为 0.1 mg/mL 时，心叶烟的根部提取物活性最强，对 TMV 增殖的抑制率达 10.67%。



注：数字上标表示显著性分析组别，不同字母表示组内差异显著（ $P<0.05$ ）。
Note: Numeric superscript means the groups and the different small letters means significant difference ($P<0.05$).

图 1 不同质量浓度烟草根部提取物对 TMV 增殖的抑制活性
Fig. 1 Inhibition effect of different mass concentration of the root extracts from three tobacco varieties on TMV

3 讨论

根据自然选择规则，植物在长期进化和自然选择中会与其他物种相互竞争，逐渐形成与生长环境相适应的防卫系统，并产生相应的化学防御物质，对外来伤害进行防御。同时，由于这些化学防御物质由植物自身合成，而对自身的细胞毒性较小^[21]。经过国内外学者的不懈努力，植物源抗病毒抑制剂的研究已经取得了一些进展，方法也已相对成熟^[8]。因此，从烟草中发掘高效、特异的内源性抗 TMV 化学防御物质是可行的。

目前，国内外对烟草抗烟草花叶病的研究主要集中在抗病毒基因 *N* 基因上，对烟草活性物质的研究也主要是在人类医药的应用上，而对烟草自身病害的化学防御物质研究较少。本研究首次对烟草提取物对烟草花叶病的生物活性进行了报道，发现 3 种烟草的根、茎部提取物对普通烟草花叶病毒有较好的抑制活性，丰富了烟草自身防御物质的应用领域，为烟草资源的进一步开发和利用奠定基础。

本研究利用半叶枯斑法对心叶烟、云烟 203 和 K326 三种烟草的全株、根、茎、叶、杈甲醇提取物进行抗烟草普通花叶病毒活性测定，并用叶盘法对部分结果进行了验证，但具体是哪些物质起主要作用还需要进一步研究发掘。如果找到这些活性物质，可以从烟草废弃物中提取病毒抑

制剂综合利用烟草废弃物,还可以通过仿生合成方法合成高效、低毒及对环境无压力的新型病毒抑制剂,更可以通过人工诱导的方法在烟草未感染烟草花叶病之前诱导烟草主动合成抗病毒次生代谢产物,从而达到烟草对病毒主动防御的效果。可以说,从烟草自身开发抗病毒抑制剂具有重要的学术和社会经济意义。

4 结论

心叶烟、云烟203和K326的全株、根、茎、叶和杈甲醇提取物对TMV体外钝化、初侵染和复制增殖均具有一定的抑制活性;3种烟草均以根部甲醇提取物活性最强,对TMV体外钝化、初侵染和复制增殖作用的抑制率范围分别为65.00%~79.75%、64.08%~74.31%、26.9%~42.40%,相对于全株对TMV的抑制率提升较多;经普通烟草K326活体验证,3种烟草根部甲醇提取物表现出明显的剂量效应,在10 mg/mL时对TMV增殖的抑制率最高达到50.67%,值得进一步研究发掘。

【参考文献】

- [1] 耿召良,商胜华,陈兴江,等. 植物源抗烟草花叶病毒天然产物研究进展[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(1): 84. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5119.2011.01.019.
- [2] 吴艳兵,颜振敏,谢荔岩,等. 天然抗烟草花叶病毒大分子物质研究进展[J]. 微生物学通报, 2008, 35(7): 1096. DOI: 10.3969/j.issn.0253-2654.2008.07.019.
- [3] 夏纬跃. 吉林省烟草重要病害防治关键技术研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2014.
- [4] 许良忠,郭玉晶,张书圣. 植物病毒病化学防治研究进展[J]. 青岛化工学院学报, 2000, 21(4): 293. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6987.2000.04.004.
- [5] 吴艳兵,谢荔岩,谢联辉,等. 毛头鬼伞多糖CCP60a对TMV外壳蛋白的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2008, 17(3): 63. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2008.03.012.
- [6] 祝雯,林志铿,吴祖建,等. 河蚬中活性蛋白CFp-a的分离纯化及其活性[J]. 中国水产科学, 2004, 11(4): 349. DOI: 10.3321/j.issn:1005-8737.2004.04.013.
- [7] 郭亮,蔡海林,何命军,等. 植物源活性天然提取物抗烟草花叶病毒的研究进展[J]. 湖南农业科学, 2012(23): 77. DOI: 10.3969/j.issn.1006-060X.2012.23.024.
- [8] 周恒,许自成,赵会纳,等. 烟草多酚类物质的研究进展[J]. 浙江农业科学, 2009(5): 949. DOI: 10.3969/j.issn.0528-9017.2009.05.037.
- [9] 徐晓燕,孙五三,王能如. 烟草多酚类化合物的合成与烟叶品质的关系[J]. 中国烟草科学, 2003(1): 3. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5119.2003.01.009.
- [10] MITSCHER L A, TELIKEPALLI H, MCGHEE E, et al. Natural antimutagenic agents[J]. Mutation Research, 1996, 350(1): 142. DOI: 10.1016/0027-5107(95)00099-2.
- [11] OWEN R W, GIACOSA A, HULL W E. The antioxidant/anticancer potential of phenolic compounds isolated from olive oil[J]. European Journal of Cancer, 2000, 36(10): 1235. DOI: 10.1016/S0959-8049(00)00103-9.
- [12] SALA A, RECIO M D, GINER R M, et al. Anti-inflammatory and antioxidant properties of *Helichrysum italicum* [J]. Journal of Pharmacy and Pharmacology, 2002, 54(3): 365. DOI: 10.1211/0022357021778600.
- [13] 陈丕庭,马树杰,殷培军,等. 植物源抗病毒剂VFB-1防治烟草花叶病毒病研究[J]. 中国烟草学报, 2015, 21(3): 93. DOI: 10.16472/j.chinatobacco.2014.088.
- [14] 王人元. PEG—蔗糖正反浓度梯度离心法提纯植物病毒的研究[J]. 东北农业大学学报, 1990, 21(3): 298.
- [15] 徐晓庆,张秀丽,郭勃予,等. 15种中草药抗烟草花叶病毒活性的研究[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(6): 1691. DOI: 10.3969/j.issn.0517-6611.2014.06.040.
- [16] 田兆丰,刘伟成,刘霆,等. 小链霉菌Yn168发酵产物抗植物病毒活性的研究[J]. 中国生物防治学报, 2011, 27(4): 569. DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2011.04.024.
- [17] 操海群,岳永德,彭镇华,等. 竹提取物的抗真菌作用[J]. 植物保护学报, 2003, 30(1): 35. DOI: 10.3321/j.issn:0577-7518.2003.01.007.
- [18] 谢鑫,桑维钧,张新强,等. 6种病毒抑制剂对烟草花叶病毒的抑制作用及其机制初探[J]. 河南农业科学, 2011, 40(5): 104. DOI: 10.3969/j.issn.1004-3268.2011.05.026.
- [19] 李在国,黄润秋. 植物病毒防治剂的作用机制[J]. 植物保护, 1999, 25(3): 37. DOI: 10.3969/j.issn.0529-1542.1999.03.016.
- [20] 陈齐斌,李重九,滕晓红,等. 24种中草药提取物抗病毒活性筛选[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2012, 27(1): 19. DOI: 10.3969/j.issn.1004-390X(n).2012.01.004.
- [21] DIXON R A. Natural products and plant disease resistance[J]. Nature, 2001, 411(6839): 843. DOI: 10.1038/35081178.