

VFB 抗烟草花叶病毒活性及对烟草叶片超微结构的影响

景炳年, 李林茹, 何 军, 马志卿, 张 兴

(西北农林科技大学 无公害农药研究服务中心/陕西省生物农药工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】评价植物源病毒抑制剂 VFB 的抗烟草花叶病毒(TMV)活性,并初步探讨其作用机理。【方法】以心叶烟(*Nicotiana glutinosa* L.)和普通烟(*Nicotiana Tabacum* L.)为寄主材料,采用半叶枯斑法测定了 VFB 对烟草花叶病毒(Tobacco mosaic virus, TMV)的体外钝化作用及对 TMV 初侵染和增殖的抑制作用,并用透射电镜技术研究了 VFB 对感染 TMV 烟草叶片超微结构的影响。【结果】VFB 对 TMV 具有明显的体外钝化作用,在对 TMV 钝化 0.5, 1 和 2 h 后,其抑制率分别为 44.41%, 55.62% 和 64.43%; VFB 对 TMV 侵染心叶烟具有较好的预防作用,其 50 倍稀释液在 24 和 48 h 的抑制率分别达到 54.33% 和 55.60%,均优于对照药剂病毒 A; VFB 对 TMV 有一定的治疗作用,其 50 倍稀释液的抑制率为 36.15%,略低于对照药剂病毒 A。烟草叶片病理结构的超微观察表明,普通烟感染 TMV 后,叶片中大部分细胞结构会受到不同程度的破坏,经 VFB 处理的烟草,花叶症状减轻,叶片中的 TMV 粒子显著减少,叶绿体和线粒体的解体症状减轻,并产生大量嗜银颗粒和膜体。【结论】VFB 对 TMV 具有较好的抑制作用。

【关键词】植物源农药; VFB; 烟草花叶病毒; 诱导抗性; 组织病理学

【中图分类号】S482.2⁺92

【文献标识码】A

【文章编号】1671-9387(2011)06-0159-06

Anti-tobacco mosaic virus activity of VFB and its effect on ultrastructure of *Nicotiana tabacum*

JING Bing-nian, LI Lin-ru, HE Jun, MA Zhi-qing, ZHANG Xing

(Research and Development Center of Biorational Pesticides, Northwest A&F University/Biopesticide Engineering Research Center, Shaanxi Province, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】The experiment was conducted to evaluate anti-TMV activity of VFB and explore its mechanism. 【Method】Taking *Nicotiana glutinosa* and *Nicotiana tabacum* as the host material, the anti-TMV activity of VFB *in vitro* was tested by local lesion and histopathologic changes of leaves of *N. tabacum* were observed by TEM. 【Result】The results showed that VFB displayed significant inactivation, the inhibition rate of necrotic local lesions was 44.41%, 55.62%, 64.43% after mixing VFB with TMV for 0.5, 1 and 2 h. VFB had a good preventive effect on TMV infection to *N. glutinosa*, the preventive effect reached 54.33% (24 h) and 55.60% (48 h) treated with VFB water solution for 50 times. VFB also had a therapeutic effect on TMV, the therapeutic efficacy was 36.15% treated with VFB water solution for 50 times. The results of electron microscopic observation showed the ultrastructure of leaves of *N. tabacum* infected by TMV was altered partly. After VFB treatment, TMV particle decreased significantly, the disorganization of chloroplast and mitochondrion was mitigated, and VFB induced tobacco to produce

* [收稿日期] 2010-11-12

[基金项目] 农业部公益性行业科研专项(200903052); 西北农林科技大学青年学术骨干支持计划项目

[作者简介] 景炳年(1980—), 男, 甘肃武威人, 在读博士, 主要从事天然产物研究。E-mail: stop328@163.com

[通信作者] 马志卿(1975—), 男, 新疆奇台人, 副教授, 主要从事生物农药研究。E-mail: mazhiqing2000@126.com

a great deal of osmiumphilic bodies.【Conclusion】The VFB had the ability of inactivating TMV.

Key words: botanical pesticide; VFB; tobacco mosaic virus; induced resistance; histopathology

植物病毒病素有“植物癌症”之称,是农业生产中普遍发生且危害严重的一类植物病害,给农业生产造成了极大的经济损失,全球每年仅因烟草花叶病毒病造成的经济损失就达 1 亿多美元^[1],因此对该类病害的防治历来是农药研发领域的重点。近年来,国内外大量研究表明,牛心朴子草(*Boerhaavia diffusa* L.)、鸦胆子(*Brucea javanica* (L.) Merr.)等多种植物提取物均表现出了良好的抗植物病毒活性^[2-6],这些发现开辟了防治植物病毒病的新途径。

VFB 是西北农林科技大学无公害农药研究服务中心近年来研制的一种植物源病毒抑制剂,其主要成分是马齿苋(*Portulaca oleracea* L.)提取物。前期研究表明,VFB 不仅对辣椒、西葫芦、烟草等多种作物^[7]上的多种病毒病具有良好的预防和治疗作用,而且还表现出刺激作物生长、改善农产品品质等优点^[8];此外,VFB 还可诱导植物产生抗病性^[9],增强烟草对烟草花叶病毒侵染的抵抗力^[10]。然而,关于 VFB 对烟草花叶病毒(Tobacco mosaic virus, TMV)的作用方式及诱导植物产生抗病性的组织病理学机理尚不清楚。

为此,本研究以心叶烟(*N. glutinosa* L.)、普通烟(*N. tabacum* L.)为试验材料,测试了 VFB 对 TMV 的生物活性及普通烟叶片超微病理结构的影响,以期明确 VFB 的抗病毒机理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

1.1.1 供试植物 普通烟 K326(*Nicotiana tabacum* L. val: K326)和心叶烟(*Nicotiana glutinosa* L.)种子均由福建农林大学病毒研究所提供。将 2 种烟草种子温汤浸种 30 min,直接播于育苗盆内,放入光照培养箱中(温度 25 ℃,光照 16 h/d,相对湿度 60%)培养,至烟草长到 5~6 片真叶时供试。

1.1.2 供试毒源 供试毒源 TMV 保存于普通烟上,采用常规的汁液摩擦法接种。将病叶和 PBS 缓冲液(0.01 mol/L, pH 7.2)按 1:20 的质量(g)体积(mL)比混合研磨后,用 4 层纱布过滤得病毒接种液。

1.1.3 供试药剂 VFB 水剂,由西北农林科技大学无公害农药研究服务中心提供;20%病毒 A 可湿

性粉剂(简称为病毒 A),由黑龙江齐齐哈尔四友化工实业有限公司生产。

1.2 试验方法

1.2.1 VFB 对 TMV 的体外钝化作用 选取健康、生长旺盛的 5~6 叶期心叶烟,左半叶接种蒸馏水与病毒等体积混合液作为对照,右半叶接种供试药剂与病毒等体积混合液。VFB 和病毒 A 均稀释 50 倍,钝化时间分别为 0.5,1 和 2 h。每处理接种 5 片叶子,试验重复 3 次,3 d 后采用半叶枯斑法^[11]统计枯斑数,按下式计算抑制率:

$$\text{抑制率} = \frac{\text{对照枯斑数} - \text{处理枯斑数}}{\text{对照枯斑数}} \times 100\%。$$

1.2.2 VFB 对 TMV 的预防及治疗作用 选取健康、生长旺盛的 5~6 叶期心叶烟作为枯斑寄主。预防试验是在施药后 24 和 48 h 接种病毒,治疗试验是在接种病毒 24 h 后施药。施药方式为涂抹法,右半叶涂抹供试药剂(VFB 分别稀释 50,100 和 200 倍,病毒 A 稀释 500 倍),左半叶为清水对照。每处理接种 5 片叶子,试验重复 3 次,3 d 后统计枯斑数,计算抑制率。

1.2.3 普通烟叶片病理结构的超微观察 在 5~6 叶期,选择长势一致、健壮的普通烟供试。设 VFB (150 倍稀释液)预防处理(施药 24 h 后接种)、治疗处理(接种 24 h 后施药)和对照(只接种不施药)共 3 个处理。采用喷雾加灌根法施药,每处理 15 株烟苗,重复 3 次。在接种后第 6 和 12 天,取各处理中同一生育期、同一层次、同一叶位的叶片,进行固定、脱水、包埋和切片,然后置于透射电镜下进行超微结构观察。

2 结果与分析

2.1 VFB 对 TMV 的体外钝化效果

VFB 在心叶烟上对 TMV 的钝化作用结果见表 1。从表 1 可以看出,VFB 对 TMV 具有明显的钝化作用,且随钝化时间的延长,抑制率逐渐提高。在用 VFB 处理 TMV 病毒粒子 0.5,1 和 2 h 后,其抑制率分别为 44.41%,55.62%和 64.43%,差异均达显著水平($P<0.05$);病毒 A 对 TMV 也具有明显的钝化作用,但其 2 h 时的作用效果明显弱于相同钝化时间下的 VFB 处理。

表 1 VFB 对 TMV 的体外抑制效果
Table 1 Inhibiting effect of VFB on TMV *in vitro*

供试药剂 Pesticide	钝化时间/h Inactivation time	半叶枯斑数 No. of lesions/ half leaf		抑制率/% Inhibition rate
		处理 Treatment	对照 CK	
VFB (50×)	0.5	14.90	8.29	44.41 c
	1	15.12	6.71	55.62 b
	2	16.56	5.89	64.43 a
病毒 A(50×) Virus A	0.5	21.09	12.48	40.82 c
	1	16.20	7.75	52.16 b
	2	13.00	5.75	55.77 b

注:同列数据后标不同字母者表示经 Duncan’s 新复极差测验在 $P_{0.05}$ 水平上差异显著。下表同。
Note:Data within a column followed by different letters show significant difference at $P_{0.05}$ by Duncan’s multiple range test. The same below.

2.2 VFB 对 TMV 的预防效果

由表 2 可以看出,VFB 能够明显抑制 TMV 对心叶烟的侵染。喷施 VFB 24 和 48 h 后接种 TMV,发现其 50,100 和 200 倍稀释液对 TMV 的抑制率分别为 54.33%,46.88%,42.67% 和 55.60%,48.57%,44.07%。VFB 50 倍稀释液在 24 h 时的预防效果显著优于病毒 A 500 倍稀释液,而 48 h 时预防效果的差异不显著。

表 2 VFB 对 TMV 初侵染的预防效果
Table 2 Inhibiting effect of VFB on TMV infection

供试药剂 Pesticide	接种时间 (施药后)/h Inoculation time (after treatment)	稀释倍数 Dilution multiple	半叶枯斑数 No. of lesions/ half leaf		抑制率/% Inhibition rate
			处理 Treatment	对照 CK	
VFB	24	50	22.00	10.05	54.33 a
		100	22.25	11.82	46.88 b
		200	18.75	10.75	42.67 b
	48	50	22.00	6.55	55.60 a
		100	6.67	3.43	48.57 b
		200	10.73	6.00	44.07 b
病毒 A Virus A	24	500	24.95	14.05	43.70 b
	48	500	10.84	5.00	53.88 a

2.3 VFB 对 TMV 的治疗效果

从表 3 可以看出,在接种 24 h 后施药,VFB 对 TMV 增殖的抑制效果不明显,其中 50 倍稀释液的抑制率仅为 36.15%,且与病毒 A 无明显差异。

表 3 VFB 对 TMV 增殖的抑制效果
Table 3 Inhibiting effect of VFB on TMV replication

供试药剂 Pesticide	稀释倍数/倍 Dilution multiple	半叶枯斑数 No. of lesions/half leaf		抑制率/% Inhibition rate
		处理 Treatment	对照 CK	
VFB	50	17.41	11.12	36.15 a
	100	11.44	7.44	34.97 ab
	200	15.67	10.89	30.50 b
病毒 A Virus A	500	23.81	14.19	40.42 a

2.4 VFB 对感染 TMV 普通烟叶肉细胞超微结构的影响

2.4.1 处理 6 d 分别以 VFB 预防和治疗处理感染 TMV 的普通烟 6 d 后,对其叶片细胞的超微结构进行了观察。结果发现,只接种不喷药(对照)处理的烟叶叶肉细胞内存在大量病毒粒子(图 1-a,b);叶绿体周边产生一些小泡,有少量嗜银颗粒存在(图 1-c);叶绿体发生肿胀,基层片层排列紊乱,严重扭曲,并含有膨大的淀粉粒(图 1-d)。经 VFB 预防处

理的叶片,多数烟叶叶肉细胞中的各种细胞器保持完好,部分有轻度病变,叶肉细胞中存在极少量病毒粒子,且病毒粒子断裂,长短不一(图 1-e);还观察到有膜体出现(图 1-f)。经 VFB 治疗处理的叶片,其叶片叶肉细胞中存在少量的病毒粒子,多数细胞中的叶绿体结构正常(图 1-g);有多层膜同心排列的髓鞘样结构伸入液泡中,在一些细胞的液泡膜边缘也可看到一些特殊的多泡体(图 1-h)。

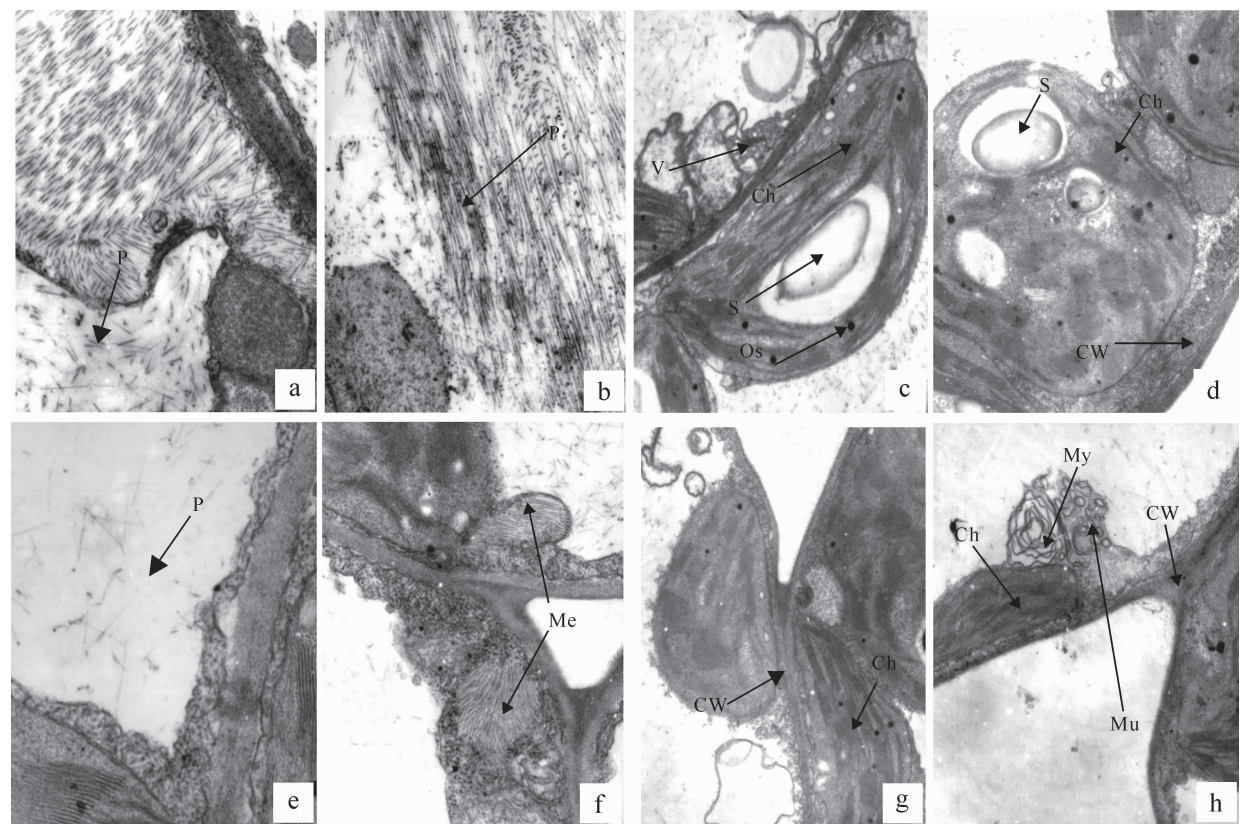


图 1 处理 6 d 后 VFB 对感染 TMV 的普通烟叶肉细胞超微结构的影响

a—d. 感染 TMV 6 d 后(a,c,d. $\times 14\ 500$; b. $\times 29\ 000$); e—f. 经 VFB 预防处理 6 d 后(e. $\times 43\ 500$; f. $\times 29\ 000$);
g—h. 经 VFB 治疗处理 6 d 后(g,h. $\times 14\ 500$)

P. TMV 病毒粒子; V. 小泡; Os. 嗜锇颗粒; Ch. 叶绿体; CW. 细胞壁; S. 淀粉粒; Me. 膜体; My. 髓鞘样; Mu. 多泡体。下同。

Fig. 1 Influence of VFB treatment after 6 days on TMV particles and associated structure in leaf cells of *N. tabacum*

a—d. Infected by TMV after 6 days(a,c,d. $\times 14\ 500$; b. $\times 29\ 000$); e—f. VFB protection treatment after 6 days(e. $\times 43\ 500$; f. $\times 29\ 000$);
g—h. VFB therapy treatment after 6 days(g,h. $\times 14\ 500$)

P. TMV particles; V. Vacuole; Os. Osmiophilic bodies; Ch. Chloroplast; CW. Cell wall; S. Starch granule;
Me. Membranous bodies; My. Myeloid body; Mu. Multivesicular body. The same below.

2.4.2 处理 12 d 感染 TMV 的普通烟经 VFB 预防和治理处理 12 d 后,对其叶片的超微结构观察表明,只接种不喷药(对照)处理的叶片内,多数细胞的叶绿体严重肿胀,基层片层排列紊乱、松散,严重扭曲,部分解体(图 2-a);有的叶绿体周边产生一些小泡,并有少量嗜锇颗粒(图 2-b);细胞质中存在大量的病毒粒子(图 2-c)。经 VFB 预防处理的叶片,其叶肉细胞中只有少量病毒粒子存在,且病毒粒子断裂,长短不一(图 2-d)。经 VFB 治疗处理的叶片,其叶肉细胞中存在少量的病毒粒子;有大量膜体产生(图 2-e),并有大量嗜锇颗粒存在,且在液泡中能看到多泡体结构(图 2-f)。

3 结论与讨论

本研究结果表明,VFB 对 TMV 具有较好的钝

化作用,且对 TMV 侵染心叶烟的预防效果优于病毒 A。这表明 VFB 和 NS-83、病毒唑、DHT 等抗病毒剂一样,可以通过在植物表面形成保护膜、钝化病毒粒子及干扰病毒颗粒组装等途径,阻止病毒进入寄主细胞,以达到抑制病毒侵染的目的^[12]。对感染 TMV 的烟草叶片进行超微结构观察发现,烟草叶片细胞内出现大量病毒粒子,叶绿体明显病变,且产生大量脂质球及膨大的淀粉颗粒,这与国内外的相关报道结果相符^[13-16]。经 VFB 预防处理后,叶肉细胞中的病毒粒子数量急剧减少,大多数叶绿体等细胞器结构完好,仅有部分发生轻度病变,且 VFB 处理导致病毒粒子断裂、长短不一,这在壳寡糖诱导烟草抗烟草花叶病毒和多羟基双萜醛提取物 WCT 抗西瓜花叶病毒的组织病理学研究中均有类似发现^[17-18]。可见,VFB 具有良好的钝化和抑制 TMV

病毒粒子侵染的作用,VFB 预防处理过的植株发病症状得到缓解,叶绿体等细胞器的完整性、有序性较好,能够进行各种正常的生理活动。此外,在 VFB

预防处理植株的细胞膜表面出现了膜体,由于这种膜体结构在正常和感病植株组织中均未发现,因此该膜体的结构和功能还有待进一步研究。

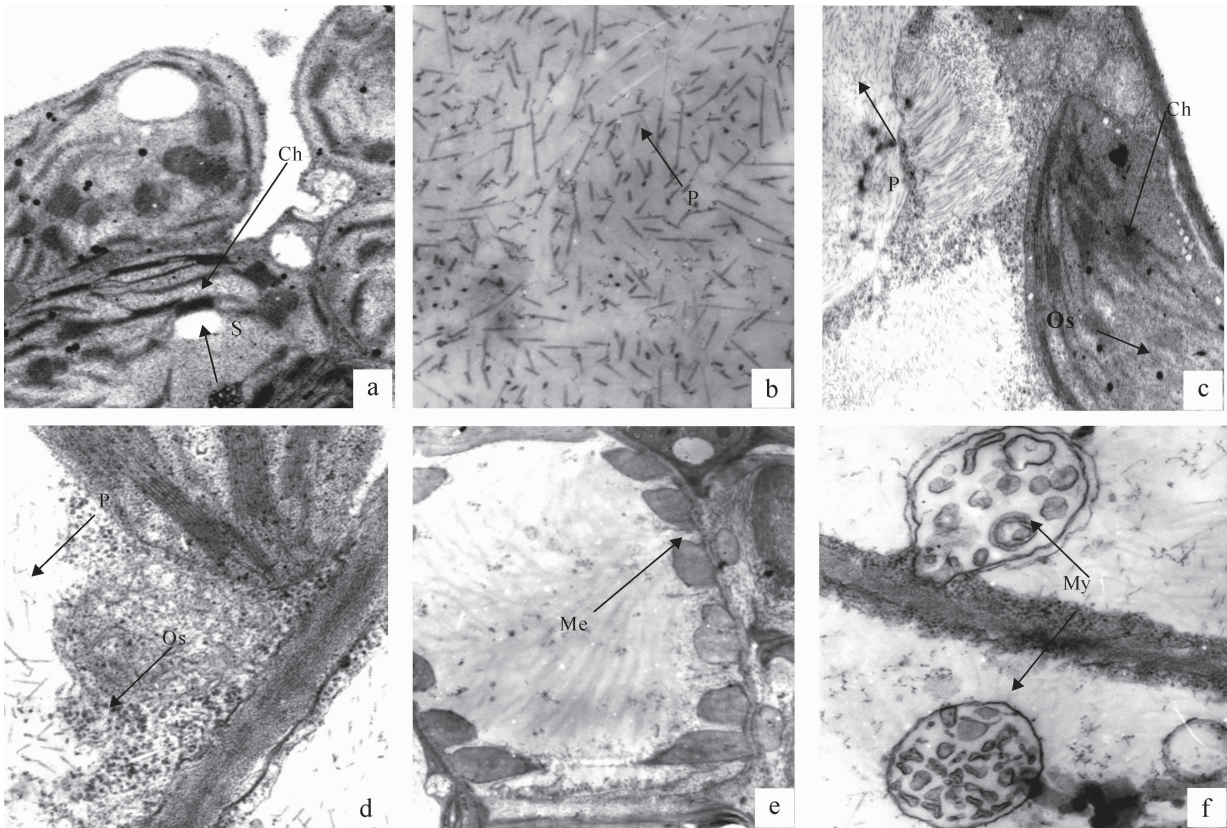


图 2 处理 12 d 后 VFB 对感染 TMV 的普通烟叶肉细胞超微结构的影响
a—c. 感染 TMV 12 d(a,c. $\times 14\,500$; b, $\times 58\,000$); d. 经 VFB 预防处理 12 d 后($\times 43\,500$);
e—f. 经 VFB 治疗处理 12 d 后(e. $\times 43\,500$; f. $\times 29\,000$)

Fig. 2 Influence of VFB treatment after 12 days on TMV particles and associated structure in leaf cells of *N. tabacum*

a—c. Infected by TMV after 12 days(a,c. $\times 14\,500$; b. $\times 58\,000$); d. VFB protection treatment after 12 days($\times 43\,500$);
e—f. VFB therapy treatment after 12 days(e. $\times 43\,500$; f. $\times 29\,000$)

VFB 与 DHT、病毒唑等植物病毒抑制剂一样,均可抑制 TMV 病毒粒子在烟草细胞内的复制增殖。本研究表明,VFB 预防和治疗处理改变了烟草叶片细胞的代谢,使烟草细胞中的病毒粒子数量急剧减少,多数细胞中的叶绿体结构正常,仅部分细胞有轻度病变,变形的叶绿体和基粒片层结构基本修复,产生了大量的嗜锇颗粒。嗜锇颗粒与植物的黄化以及细胞的衰亡有直接关系^[19],其积累在叶绿体附近说明细胞内有较多的酚类物质存在,而酚类物质能够抑制病毒的增殖和扩展。上述研究结果表明,VFB 预防和治疗处理均可使烟草体内酚类物质增多^[9]。此外,本研究还发现,经 VFB 治疗处理 6 d 后,烟草叶片细胞中产生了膜增生形成的髓鞘样、多

泡体结构。有研究表明,该类结构的增多预示着细胞病理变化程度的提高^[14],但其来源及功能目前尚不清楚。在 VFB 治疗处理的后期,膜增生形成的髓鞘样结构消失,且诱导烟草产生了大量的嗜锇颗粒。可见,VFB 能够抑制 TMV 病毒粒子在烟草体内的复制增殖。

另外,VFB 还可刺激植物生长^[8],诱导烟株产生抗病性^[9],这说明 VFB 抗病毒活性可能是多种因子综合作用的结果,似与中草药防治人和动物病毒病有相同之处。但 VFB 对 TMV 病毒粒子 RNA 或外壳蛋白的影响,VFB、病毒与寄主三者之间互作的分子生物学关系尚不清楚,其作用机理还有待于进一步研究。

[参考文献]

- [1] McGrath M N, Shishkoff N. Evaluation of biocompatible products for managing cucurbit powdery mildew [J]. Crop Protect, 1999, 18: 471-478.
- [2] 姚宇澄, 杨 焰, 高 俊, 等. 牛心朴子草抗植物病毒组分的生物活性研究 [J]. 内蒙古工业大学学报: 自然科学版, 2002, 21 (1): 1-3.
Yao Y C, Yang Z, Gao J, et al. Studies on bioactivities of *Cynanchum komarovii* Al. as inhibitor against plant viruses [J]. Journal of Inner Mongolia University of Technology: Natural Science Edition, 2002, 21 (1): 1-3. (in Chinese)
- [3] Yan X H, Chen J, Di Y D, et al. Anti-tobacco mosaic virus (TMV) quassinoids from *Brucea javanica* (L.) Merr. [J]. J Agric Food Chem, 2010, 58: 1572-1577.
- [4] Shen J G, Zhang Z K, Wu Z J, et al. Antiphytoviral activity of bruceine-D from *Brucea javanica* seeds [J]. Pest Management Science, 2008, 64: 191-196.
- [5] Wu Z J, Ouyang M A, Wang C Z, et al. Anti-tobacco mosaic virus (TMV) triterpenoid saponins from the leaves of *Ilex oblonga* [J]. J Agric Food Chem, 2007, 55: 1712-1717.
- [6] 陈启建, 欧阳明安, 吴祖建, 等. 金鸡菊 (*Coreopsis drummondii*) 的抗 TMV 活性物质 [J]. 应用与环境生物学报, 2009, 15 (5): 621-625.
Chen Q J, Ouyang M A, Wu Z J, et al. Anti-TMV active substances from *Coreopsis drummondii* [J]. Chin J Appl Environ Biol, 2009, 15 (5): 621-625. (in Chinese)
- [7] 李 威. 植物源农药 VFB 配方优化及其抗 TMV 活性研究 [D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2009.
Li W. Study on formula optimization and anti-TMV activity of botanical-derived VFB [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2009. (in Chinese)
- [8] 殷培军. 植物源抗病毒剂 VFB 抗烟草花叶病毒 (TMV) 活性研究 [D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2005.
Yin P J. Studies on anti-TMV activity of botanical-derived VFB [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2005. (in Chinese)
- [9] 殷培军, 马志卿, 冯俊涛, 等. VFB 诱导烟草叶片生理生化变化与 TMV 抗性的关系 [J]. 西北农业学报, 2005, 14 (2): 91-95.
Yin P J, Ma Z Q, Feng J T, et al. Correlation between physiological-biochemical changes of tobacco leaves and induced systemic resistance (ISR) to TMV by VFB [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2005, 14 (2): 91-95. (in Chinese)
- [10] 马志卿, 殷培军, 郭志波, 等. 植物源病毒抑制剂 VFB 诱导烟草抗烟草花叶病毒机理的初步研究 [J]. 植物病理学报, 2007, 37 (3): 296-300.
Ma Z Q, Yin P J, Guo Z B, et al. A preliminary study on induced resistant mechanism of tobacco to tobacco mosaic virus (TMV) with botanical-derived VFB [J]. Journal of Plant Pathology, 2007, 37 (3): 296-300. (in Chinese)
- [11] 田 波, 裴美云. 植物病毒研究方法 (上册) [M]. 北京: 科学出版社, 1987.
Tian B, Pei M Y. Research technique of plant virus (Vol. 1) [M]. Beijing: Science Press, 1987. (in Chinese)
- [12] 江 山, 郭雪柳, 韩熹莱. 一些抗植物病毒剂对烟草花叶病毒衣壳蛋白体外聚合过程的影响 [J]. 中国病毒学, 1996, 11 (1): 77-79.
Jiang S, Guo X L, Han X L. Influence of some antiphytoviral substances on the polymerization (*in vitro*) of coat protein of tobacco mosaic virus (TMV) [J]. Virologica Sinica, 1996, 11 (1): 77-79. (in Chinese)
- [13] 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: 190-191.
Hong J, Li D B, Zhou X P. Plant virus taxonomy atlas [M]. Beijing: Science Press, 2001: 190-191. (in Chinese)
- [14] 黄遵锡, 李 红, 陈文久, 等. 感染烟草花叶病毒烟叶超微病理结构的观察 [J]. 云南师范大学学报, 1995, 15 (2): 58-67.
Huang Z X, Li H, Chen W J, et al. On the observation of ultrastructure of tobacco leaf cells infected by tobacco mosaic virus [J]. Journal of Yunnan Normal University, 1995, 15 (2): 58-67. (in Chinese)
- [15] Kassanis B, Milne R G. An unusual inclusion in plants infected with a tobacco mosaic virus mutant [J]. Journal of General Virology, 1971, 11 (3): 193-195.
- [16] 洪 健, 徐 颖, 徐 正. 植物病毒感染寄主叶绿体的形态结构变化 [J]. 电子显微学报, 2000, 19 (3): 335-336.
Hong J, Xu Y, Xu Z. Ultrastructural alteration of chloroplast infected with plant virus [J]. J Chin Electr Microsc Soc, 2000, 19 (3): 335-336. (in Chinese)
- [17] 商文静, 吴云锋, 赵小明, 等. 亮壳糖诱导烟草抗烟草花叶病毒的超微结构研究 [J]. 植物病理学报, 2007, 37 (1): 56-61.
Shang W J, Wu Y F, Zhao X M, et al. Ultrastructure of induced resistance of tobacco to tobacco mosaic virus by chitooligosaccharides [J]. Journal of Plant Pathology, 2007, 37 (1): 56-61. (in Chinese)
- [18] 张建新, 吴云锋, 樊 兵. 多羟基双萜醛提取物 WCT 抗病毒的生理病理学研究 [J]. 植物病理学报, 2005, 35 (6): 514-519.
Zhang J X, Wu Y F, Fan B. Antiviral physiopathology of WCT extracts of polyhydroxy dinaphthaldehyde [J]. Journal of Plant Pathology, 2005, 35 (6): 514-519. (in Chinese)
- [19] 智海剑, 盖钧镛, 郭东全, 等. 对大豆花叶病毒不同抗性类型品种的细胞超微结构特征 [J]. 南京农业大学学报, 2005, 28 (1): 6-10.
Zhi H J, Gai J Y, Guo D Q, et al. Ultrastructural characterization of soybeans with different types of resistance to soybean mosaic virus [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2005, 28 (1): 6-10. (in Chinese)