

# 麻疯树潜在病毒病研究进展

吴跃开

(贵州省林业科学研究院, 贵州 贵阳 550005)

**摘要:** 综述了重要能源植物麻疯树上潜在病毒病研究进展, 包括其主要种类、危害特点、危害后果及防治措施, 并对麻疯树病毒病的研究前景进行了展望。

**关键词:** 麻疯树; 病毒病; 种类; 危害; 防治方法

**中图分类号:** S763.12   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1004-3268(2011)11-0022-05

## Progress on Potential Viral Diseases of *Jatropha curcas*

WU Yue-kai

(Guizhou Academy of Forestry, Guiyang 550005, China)

**Abstract:** This paper summarized the research progress on viral diseases which have potential to infect and damage biofuel plant *Jatropha curcas* regarding the species, damage characteristics and control strategies. The prospect of studies on viral diseases of *J. curcas* in the future was also discussed.

**Key words:** *Jatropha curcas*; Virus diseases; Species; Damage; Control strategies

随着生物质能源树种——麻疯树 (*Jatropha curcas*) 种植产业的不断发展, 麻疯树有害生物的危害也开始显现, 并逐渐成为这一新兴产业发展的重要制约因素。在各种各样的有害生物中, 病毒是一个特殊类群, 由于诊断比较困难, 往往被人们所忽视。但是, 由于病毒具有特殊的生物及生化特性, 导致病毒病容易发生流行, 而且一旦发生危害, 防治又十分困难, 因此, 对于麻疯树潜在的病毒病应当予以特别关注。鉴于此, 根据相关历史文献资料, 对潜在危害麻疯树的病毒种类及其危害特点进行了总结, 同时提出相应的防治建议。

### 1 麻疯树潜在病毒病的病原种类

#### 1.1 波多黎各麻疯树花叶病毒 (*Jatropha mosaic Puerto Rico virus*, JMV-PR)

Cook 于 1931 年最先报道了 JMV 在波多黎各的发生危害<sup>[1]</sup>。随后, Bird 也报道了西印度群岛普遍生长的棉叶麻疯树 (*Jatropha gossypii folia* L.)

常常感染花叶病毒病; 该病毒属菜豆金色花叶病毒属 (*Begomovirus*), 可通过烟粉虱 (*Bemisia tabaci*) 和嫁接进行传播, 而叶液和种子均不能起到传播作用<sup>[2]</sup>。事实上, 也正由于 B 型烟粉虱传入波多黎各, JMV 在该地区的流行危害程度大大增强<sup>[3]</sup>。除感染棉叶麻疯树外, 该病毒还可感染其他寄主植物种类, 包括细裂珊瑚油桐 (*J. multifida* L.)、佛肚树 (*J. podagrica* L.)、裂叶巴豆 (*Croton lobatus* L.)、蓝花蛾房藤 (*Jacquemontia tamnifolia* L.) 以及菜豆 (*Phaseolus vulgaris* L.)<sup>[2-3]</sup>。该病毒病的症状主要是叶片畸形、卷缩, 表面有突起, 呈现醒目的黄色花叶状<sup>[4]</sup>。

在非洲肯尼亚沿海地区, 细裂珊瑚油桐上也有一种可由烟粉虱传播的病毒病发生危害, 其病原为非洲木薯花叶病毒的一个株系即肯尼亚海岸株系 (cassava latent virus strain-C, CLV-C)。由于这种病毒与来自波多黎各的 JMV 在同一寄主植物 (即细裂珊瑚油桐) 上引起的症状几乎一致, 两者被认为

收稿日期: 2011-06-21

基金项目: 贵州省年度攻关项目 (黔科合 NY(2009)3065)

作者简介: 吴跃开 (1972-), 男, 贵州黎平人, 副研究员, 硕士, 主要从事植物病虫害防治、有益昆虫及微生物的应用开发研究。

E-mail: wuyaokai@163.com

具有重要的关联或相似性<sup>[5]</sup>。另外,该病毒在当地也可见感染危害菜豆<sup>[6]</sup>。

虽然在上述地区尚未有 JMV 危害能源植物麻疯树的报道,但是有鉴于该病毒的寄主危害特点以及麻疯树种植产业在当地的大力发展, JMV 在麻疯树上的发生危害极具可能性。

## 1.2 印度麻疯树花叶病毒 (*Jatropha mosaic India virus, JMIV*)

2004 年,在印度南部的卡纳塔克邦地区的麻疯树上首次发现一种类似 JMV-PR 病毒病的发生危害。其典型病状为:叶面出现褪绿花斑,叶片卷曲变形,起泡,叶形变小,植株生长受阻<sup>[7]</sup>。该病毒的主要传播途径主要有:烟粉虱 (*Bemisia bataci*)、菟丝子 (*Cuscuta subinclusa*)、嫁接、插条等<sup>[7-9]</sup>。

分子遗传分类学研究结果表明, JMIV 虽然也属于菜豆金色花叶病毒属病毒,但与来自美洲的 JMV 外壳蛋白 (CP) 核苷酸序列同一性仅为 72.8%~75.2%,而与印度木薯花叶病毒 (ICMV) 及斯里兰卡木薯花叶病毒 (SLCMV) 的同一性为 90%~95%,显示其与后两者的亲缘关系更为密切<sup>[8]</sup>。GAO 等通过研究也认为,来自达尔瓦德 (属卡纳塔克邦) 的麻疯树花叶病毒是印度木薯花叶病毒的一个株系<sup>[10]</sup>。

Raj 等于 2006—2007 年在印度北部的勒克瑙地区也发现一种类似的麻疯树病毒病危害;该病毒病的病状与上述 JMIV 典型症状有所不同,主要是感病叶片不显现扭曲变形及起泡的症状,因而被怀疑是另一种病毒种类。但通过分子遗传学研究发现,该病毒与 ICMV 及 SLCMV 具有 93%~94% 的 CP 核苷酸序列同一性,与来自卡纳塔克邦地区的 JMIV 具有 90%~94% 的同一性,与来自波多黎各及牙买加的 JMV (寄主为棉叶麻疯树) 却只有 47%~64% 的同一性<sup>[11]</sup>。根据这些研究结果,认为该病毒和上述 JMIV 病毒可能是同一个病毒种类。

Jayanna 以烟粉虱为媒介,对豆科、锦葵科、大戟科、茄科及葫芦科共 34 种植物进行接种试验,结果表明,仅大戟科中的麻疯树和棉叶麻疯树,以及豆科中的菜豆产生相应的病毒病症状<sup>[9]</sup>。

## 1.3 黄瓜花叶病毒 (*cucumber mosaic virus, CMV*)

黄瓜花叶病毒是世界上分布最广的植物病毒之一,而且其寄主植物种类众多,可以感染千余种植物包括谷类、果树、蔬菜及观赏植物<sup>[12]</sup>。根据病毒的血清学特点和核苷酸序列的同一性分析, CMV 的不同株系可以分为 2 个主要亚组即亚组 I 和亚组

II<sup>[13]</sup>,其中亚组 I 通过系统发育分析可再细分为 2 个群即 I A 和 I B<sup>[14]</sup>。该病毒主要以蚜虫非持久性方式传播,也可经汁液传播,有些株系可以通过种子传播。不同的株系间可能在寄主范围、症状特点、传播方式上有所不同。

Raj 等 2006 年在印度北方邦的勒克瑙首次发现 CMV 危害麻疯树,其发病株率高达 15%。从病株上提取汁液接种到健康幼苗上后,可导致健康苗产生花叶症状。通过系统发生学分析,结果显示,该株系与来自印度的 CMV 亚组 I B 病毒株系有密切关系<sup>[15]</sup>。

## 1.4 麻疯树曲叶病毒 (*Jatropha leaf distorting virus, JLDV*)

早在 1961 年, Garga 曾经报道了发生于麻疯树上的一种病毒病,发生地为印度中央邦印多尔地区。其病状为:叶片明显变小,叶缘向上卷起,叶表面明显起皱,不规则褪绿斑出现在叶缘及主脉中间,许多叶片下表面沿叶脉有小而明显的突起。通过试验发现,该病毒不能由种子、汁液、菟丝子以及烟粉虱进行传播,但能通过嫁接进行传播;而且,除了麻疯树,该病毒不能传播感染其他植物种类<sup>[16]</sup>。由于对该病毒缺乏后续的深入研究,其分类地位目前尚未有确切的定论。

## 1.5 其他病毒种类

2005 年雨季,在印度北方邦巴尔兰普尔地区麻疯树普遍发生一种病毒病,发病症状明显,主要表现为花叶,叶显著变小,叶缘卷曲,叶表面皱缩,侧脉之间出现不规则的褪色斑。通过试验发现,该病毒不能通过种子、菟丝子以及蚜虫、烟粉虱传播,但能通过嫁接、叶液进行传播。由于该病毒的传播特性与上述病毒种类都有差异,因而被认为是一种新病毒,其生物特性也在研究之中<sup>[17]</sup>。

在印度东北部的曼尼普尔区,还发生一种危害麻疯树的病毒病,依据 AC4 基因的序列同源性分析结果,该病毒种类被鉴定为番茄曲叶病毒 (ToLCV),其核苷酸序列已提交基因数据库 GenBank,登录号为 EU 688960<sup>[18]</sup>。

在菲律宾北哥打巴托省的卡巴肯 (Kabacan),也发现有一种麻疯树病毒病,其症状为叶片具杂色斑,叶皱缩,叶缘向背卷起,呈扇形<sup>[19]</sup>。

在国内,近几年来虽然涌现许多关于麻疯树有害生物的研究报道,但仍未涉及病毒类病害。即使偶尔有人注意到麻疯树病毒病的发生危害,也仅仅停留在表面观察上<sup>[20]</sup>。

## 2 麻疯树病毒病的危害后果

从细胞结构学的层面上看,病毒入侵将对寄主植物细胞内的重要细胞器如细胞核、叶绿体、线粒体等造成破坏<sup>[21]</sup>,植物生理功能由此发生异变,导致光合作用减弱<sup>[22-24]</sup>、代谢活动紊乱<sup>[25-27]</sup>等一系列不良后果,同时感病植物体出现种种症状如褪色、花叶、畸形、矮化等,最终影响植物的正常营养生长及果实产量。

Sidhu 等利用磁共振成像(MRI)和高分辨魔角旋转核磁共振(HR-MAS NMR)技术,对感染 JMIV 的麻疯树的代谢活动进行测定分析发现,感病植株的生理代谢活动受到显著影响:TCA 循环中间产物如柠檬酸(盐)、苹果酸(盐)等大量积累,表明呼吸速率增高,比正常植株呼吸速率的 2 倍还高;其他产物如丙氨酸、精氨酸、谷氨酰胺、缬氨酸、 $\gamma$ -氨基丁酸及胆碱等都明显增多;茎组织中的葡萄糖及蔗糖含量明显下降,表明叶部光合产物减少<sup>[27]</sup>。

Jayanna 的研究也表明,麻疯树感染 JMIV 后,病叶中糖类含量减少而酚类增加;各种生长指标如树高、节间长度、叶柄长度都显著减小;各种产量指标如每株果实数量、果实大小、每果种子数、种子质量、花粉数等也都受到影响,最终导致 78.3% 的产量损失,且含油率减少 41.78%。另外,其试验还表明,该病毒虽不能由种子传播,但从病株上采取的种子发芽率明显下降<sup>[9]</sup>。

根据目前的文献资料,麻疯树病毒病在印度发生最为普遍和严重,其中以 JMIV 及其导致的病毒病的研究及相关报道最多。根据 Jayanna 2005 年在印度卡纳塔卡邦各地的调查结果,该病毒病的发生率为 2.30%~31.40%<sup>[9]</sup>;而 Aswatha 等的调查结果显示,该病发生率可达 47%,对麻疯树产量造成明显损失<sup>[7]</sup>。

## 3 麻疯树病毒病的防治建议

病毒核酸及蛋白合成一般都依赖寄主植物体内已存在的或是侵染后诱导产生的一些酶,使用一些对病毒具有直接杀灭作用的化学药物将会对寄主植物细胞也造成伤害。因而,植物病毒病的科学有效防治主要依赖于间接的控制手段,必要时候配合采用病毒直接控制方法。根据麻疯树的生物学特性及相关病毒病的发生特点,建议综合协调使用如下一些防治措施。

### 3.1 无病育苗

前述的许多病毒病都可通过嫁接、插条工作进行传播,因而在进行嫁接、插条育苗时,要避免使用带病毒的品种植株。在病毒流行区采集种源,尽量采用种子进行繁殖。要严格检疫,严防从疫区调入带毒苗木。

### 3.2 营建混交

作物混种是避免因大面积单纯林分而导致病害暴发的重要技术措施,但是考虑到感染麻疯树的一些病毒病可以侵染危害多种寄主植物,在营建混交林或混农林时,要特别注意避免选择替代寄主植物。如在 JMIV 疫区,要尽量避免麻疯树与木薯、菜豆、裂叶巴豆等混种;而为了预防 CMV 危害,则要考虑避免与其他更多种潜在寄主植物的混种。

### 3.3 传媒控制

烟粉虱、蚜虫、菟丝子等是病毒病的重要传播媒介生物种类,对它们的有效控制是防治病毒病流行危害的重要手段,而且越早防治效果越好。(1)烟粉虱(可传播多种麻疯树病毒病)的防治方法主要有:清除田间杂草和残枝落叶以清除虫源;利用烟粉虱的黄色趋性,在林间挂黄色板诱杀;化学防治可选用 20%啶虫脒可溶性粉剂。(2)蚜虫(主要传播 CMV 等病毒病)的防治:发现后可用 50%抗蚜威 2000 倍液或 50%马拉硫磷 1500 倍液,连续 2~3 次,效果良好。(3)寄生性植物防治:发现寄生植物菟丝子,可喷洒 48%仲丁灵乳油或草甘膦等药物进行灭杀。

### 3.4 抗病育种

目前麻疯树抗病育种工作还没得到重视,今后要从以下 2 个方面加强研究:一是加强抗病品种筛选,在麻疯树品种选优工作中,要把其抗病(包括病毒病)特性列为重要评价指标之一;二是采取积极手段,运用生物工程技术如转基因技术培育新的麻疯树抗病品种。

### 3.5 健康管理

健康的营林措施是预防病毒病流行发生的重要手段,主要包括:①林间定期调查,一旦发现植株出现病毒病症状,应及时清除;②积极清除杂草,因为麻疯树林内及附近的杂草有可能成为一些病毒,特别是 CMV 等广谱性病毒的发源地;③加强水肥管理并适当修剪以提高树势,增强植株的抗病病毒侵染能力;④病区内作业(特别是修剪工作)完成后,要认真消毒手以及使用过的修剪工具,避免病毒通过器具传入健康区。

### 3.6 病毒控制

对病毒的直接控制措施主要有:(1)药剂防治:即使用抗病毒农药(包括病毒钝化剂、诱抗素等)对植物病毒进行直接控制;当抗植物病毒活性物质与诱抗素配合使用时,能大幅度提高防效。(2)交叉保护:即事先把弱毒株系接种到健康的植株上,使之产生一定程度的对于强毒株系的免疫能力,从而达到植株发病减轻或不发病的目的。这种方法可以克服传统化学防治方法的种种不足,特别是对由介体传播的病毒病的防治有特别效果和意义。

## 4 研究展望

实践表明,病毒病有可能会成为麻疯树重要病害种类之一,将成为威胁麻疯树产业持续发展的重要影响因子。针对现实状况,今后在以下领域有待加强研究:

1) 目前针对麻疯树上发生的病毒病的相关研究及报道比较少,也比较零散,在国内更是一个研究空白。随着麻疯树种植产业的不断扩大发展,十分有必要对麻疯树病毒病进行全面、详细的调查,掌握各种病毒病及其分布范围、危害特点等。

2) 麻疯树病毒种类的多样化及发生的普遍性要求人们具有准确的诊断鉴别手段,因为这是人们掌握病毒病流行规律、寄主植物的抗性育种及病毒病科学防治工作的基础。要运用现代诊断技术,在分子水平上对导致麻疯树病毒病的各种病毒种类进行科学分类。

3) 危害麻疯树的病毒种类中,除 JMIV、CMV 等少数种类外,大都未得到深入的研究,为了更好地对各种病毒病进行预测预报及实行有效的防治,今后要对各种病毒种类的生物学特性、生化特性及其流行发生规律加大研究力度。

4) 加强麻疯树各种病毒病的有效防治技术研究,特别是要掌握一套切实可行、成本低廉、无公害的可持续防控技术措施。

#### 参考文献:

[1] Cook M T. New virus diseases in Puerto Rico[J]. Journal Department Agriculture Puerto Rico, 1931, 15(2): 151-159.

[2] Bird J. A whitefly-transmitted mosaic of *Jatropha gossypii folia*[J]. Technical Paper of the Agricultural Experiment Station of Puerto Rico, 1957, 22: 1-35.

[3] Brown J K, Idris A M, Torres J I, et al. Jatropha mosaic begomovirus variants from weed and cultivated hosts

in Puerto Rico[J]. Phytopathology, 1999, 90: S122.

[4] Brown J K, Bird J. Whitefly-transmitted geminiviruses and associated disorders in the Americas and the Caribbean basin[J]. Plant Disease, 1992, 76(3): 220-225.

[5] Bock K R, Guthrie E J, Figuereido G. A strain of cassava latent virus occurring in coastal districts of Kenya [J]. Annals of Applied Biology, 1981, 99(2): 151-159.

[6] Brunt A A, Crabtree K, Dallwitz M J, et al. Plant viruses online: descriptions and lists from the VIDE database [EB/OL]. [1996-08-20]. <http://biology.anu.edu.au/Groups/MES/vide/>.

[7] Aswatha N D S, Shankarappa K S, Govindappa M R, et al. Natural occurrence of Jatropha mosaic virus disease in India[J]. Current Science, 2006, 91(5): 584-586.

[8] Aswatha N D S, Rangaswamy K T, Shankarappa K S, et al. Distinct begomoviruses closely related to cassava mosaic viruses cause Indian Jatropha mosaic disease [J]. International Journal of Virology, 2007, 3(1): 1-11.

[9] Jayanna K. Studies on Jatropha mosaic virus disease [D]. Dharwad: University of Agricultural Sciences, 2006.

[10] Gao S, Qu J, Chua N H, et al. A new strain of Indian cassava mosaic virus causes a mosaic disease in the biodiesel crop *Jatropha curcas*[J]. Arch Virol, 2010, 155(4): 607-612.

[11] Raj S K, Snehi S K, Kumar S, et al. First molecular identification of a begomovirus in India that is closely related to cassava mosaic virus and causes mosaic and stunting of *Jatropha curcas* L. [J]. Australasian Plant Disease Notes, 2008, 3: 69-72.

[12] Roossinck M J. Cucumoviruses (Bromoviridae) — general features [M] // Granoff L, Webster R G. Encyclopedia of virology. 2nd edition. San Diego: Academic Press, 1999: 315-320.

[13] Palukaitis P, Roossinck M J, Dietzgen R G, et al. Cucumber mosaic virus [J]. Adv Virus Res, 1992, 41: 281-348.

[14] Roossinck M J, Zhang L, Hellwald K H. Rearrangements in the 5' nontranslated region and phylogenetic analyses of cucumber mosaic virus RNA 3 indicate radial evolution of three subgroups [J]. J Virol, 1999, 73: 6752-6758.

[15] Raj S K, Kumar S, Snehi S K. First report of cucumber mosaic virus on *Jatropha curcas* in India [J]. Plant disease, 2008, 92(1): 171.

[16] Garga R P. A leaf distorting virus disease of *Jatropha curcas* Linn [J]. Current Science, 1961, 9: 345-346.

[17] Tewari J P, Himanshu D D, Madhvi P, et al. Incidence of a mosaic disease in *Jatropha curcas* L. from Eastern Uttar Pradesh [J]. Current Science, 2007, 93(8): 1048-1049.

(下转第 29 页)

瘤和溶血栓等功用<sup>[16-18]</sup>,从中提取活性物质制成抗肿瘤、溶栓药物用于疾病防治将成为未来重要的研究方向。

#### 参考文献:

- [1] 李诺,宋淑莲,唐永政,等.单环刺螭增殖生物学的研究[J].齐鲁渔业,1998,15(1):11-14.
- [2] 郑岩,白海娟,王亚平.单环刺螭对水温、盐度和 pH 的耐受性的研究[J].水产科学,2006,25(10):513-516.
- [3] 陈宗涛,张志峰,康庆浩,等.单环刺螭消化道的发生和分化[J].中国水产科学,2006,13(5):700-704.
- [4] 邵明瑜,张蕙峰,康庆浩,等.单环刺螭虫消化道组织学和细胞学[J].中国水产科学,2003,10(4):265-268.
- [5] 牛从从,张志峰,邵明瑜.单环刺螭虫精子生物学特性和环境因子的关系[J].中国水产科学,2005,12(5):556-561.
- [6] 谭信,彭安,唐永政,等. MAPK 和其他因素对单环刺螭卵母细胞减数分裂的影响[J]. Developmental & Reproductive Biology, 2001, 21(S1): 36.
- [7] 杨桂文,安利国,孙忠军.单环刺螭营养成分分析[J].海洋科学,1999(6):13-14.
- [8] 李诺,宋淑莲,唐永政,等.单环刺螭体壁氨基酸组分与含量的分析[J].齐鲁渔业,2000,17(5):26-27.
- [9] 邱旭春,朱丽岩,刘光兴.久效磷对单环刺螭体内几种酶活性影响的初步研究[J].海洋科学,2006,30(9):42-47.
- [10] 张志峰,王思锋,霍继革,等.单环刺螭对硫化物暴露的呼吸代谢适应[J].中国海洋大学学报,2006,36(4):639-644.
- [11] 王爱敏,冯俊荣,杨秀兰.氨氮及盐度对单环刺螭耗氧率的影响研究[J].齐鲁渔业,2009,26(5):1-4.
- [12] Zhang Zhi-feng, Shao Ming-yu, Kang Qing-hao, et al. Studies on the tolerating mechanism for sulfide in *Urechis unicinctus*-Cytological observation on *Urechis unicinctus* in different hydrogen sulfide environment [J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2003, 21(1): 86-90.
- [13] 霍继革,张志峰,胡晓丽,等.硫应激单环刺螭差异表达的初步研究[J].中国海洋大学学报,2007,37(3):457-462.
- [14] 陈宗涛,张志峰,牛从从,等.单环刺螭虫变态前幼虫发育的同工酶及酶学研究[J].中国水产科学,2005,12(3):233-238.
- [15] 吴志刚.单环刺螭线粒体全基因组及其系统发生研究[D].青岛:中国科学院海洋研究所,2008.
- [16] 赵欢,韩宝芹,刘万顺,等.单环刺螭多肽抗肿瘤及对小鼠免疫功能的调节作用[J].中国天然药物,2008(4):302-306.
- [17] 刁勇,居海亮,许瑞安.单环刺螭抗血栓组分的分离纯化和药效学研究[J].中国生化药物杂志,2007,28(3):199-200.
- [18] 蒋仲青.单环刺螭纤溶酶的分离纯化及其药效学研究[D].青岛:中国海洋大学,2009.
- [18] Singh P, Sharma P K, Mishra A K, et al. Identification of a virus associated with mosaic in *Jatropha* and vein yellowing disease in *Ageratum conyzoides*[M]// Book of abstract, national seminar on sustainable hill agriculture. Manipur: ICAR Research Complex for NEH Region, 2009.
- [19] Tangonan N G, Pecho J A, Butardo E G G. Disease profile of crops in USM, Kabacan, Cotabato: a practical guide to diagnosing and controlling common field diseases[M]. Cotabato: University of Southern Mindanao Agricultural Research Center (USMARC), 2008.
- [20] 李巧,赵毅博,高泰平,等.膏桐苗圃病虫害调查初报[J].林业调查规划,2009,34(1):69-72.
- [21] Stevens W A. Virology of flowering plants[M]. East Kilbride: Thomson Litho Ltd, 1983.
- [22] Naidu R A, Krishnan M, Ramanujam P, et al. Studies on peanut green mosaic infected peanut (*Archis hypogaea* L.) leaves. I. Photosynthesis and photochemical reactions[J]. Physiol Plant Pathol, 1984, 25: 181-190.
- [23] 郭兴启,温孚江,朱汉城.烟草感染马铃薯 Y 病毒 (PVY) 后光合作用的变化规律[J].浙江大学学报: 农业生命科学版, 2000, 26(1): 75-78.
- [24] 王春梅,施定基,朱水芳,等.黄瓜花叶病毒对烟草叶片和叶绿体光合活性的影响[J].植物学报, 2000, 42(4): 388-392.
- [25] 张海保,朱西儒,刘鸿先.香蕉束顶病毒 (BBTV) 侵染对寄主内源激素的影响[J].植物病理学报, 1997, 27(1): 79-83.
- [26] 钟丽娟,赵秀香,贾玉才,等.烟草感染马铃薯 Y 病毒脉坏死株系后内源激素的变化[J].安徽农业科学, 2006, 34(15): 3724-3725.
- [27] Sidhu O P, Sanjay A, Uday P, et al. Metabolic and histopathological alterations of *Jatropha* mosaic begomovirus-infected *Jatropha curcas* L. by HR-MAS NMR spectroscopy and magnetic resonance imaging [J]. Planta, 2010, 232(1): 85-93.

(上接第 25 页)