

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2018.01.007

# 颈盲蝽取食对薇甘菊叶片营养物质和防御酶的影响

李 胜<sup>1</sup>, 郑端靖<sup>1</sup>, 王 尹<sup>1</sup>, 林 莹<sup>1</sup>, 刘梦然<sup>2</sup>, 桂富荣<sup>1,3,4</sup>, 万方浩<sup>5\*</sup>, 喜 超<sup>1,4\*</sup>

<sup>1</sup>云南农业大学植物保护学院, 云南省生物资源保护与利用国家重点实验室; <sup>2</sup>云南省农业环境保护监测站;

<sup>3</sup>云南农业大学科技管理处; <sup>4</sup>云南省高原特色农业产业研究院, 云南 昆明 650201;

<sup>5</sup>中国农业科学院深圳农业基因组研究所, 广东 深圳 518120

**摘要:**【目的】薇甘菊是世界最具危害性的入侵杂草之一, 对我国生态环境和农业、林业生产造成了严重的危害。颈盲蝽是控制薇甘菊的一种潜在的重要天敌昆虫。本研究旨在探讨薇甘菊被颈盲蝽取食后, 叶片防御相关酶系活性、营养物质和叶绿素含量的变化, 阐明颈盲蝽取食对薇甘菊生理功能的影响, 为利用颈盲蝽防控薇甘菊提供依据。【方法】从云南瑞丽野外采集薇甘菊的本地天敌昆虫颈盲蝽, 测定了颈盲蝽取食前及取食 12、24、48、96 h 后, 薇甘菊叶片中过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)、超氧化物歧化酶(SOD)活性, 以及可溶性糖、可溶性蛋白及叶绿素含量, 以取食前的植株作为对照。【结果】与对照相比, 颈盲蝽取食 12 h 时, 薇甘菊叶片中的 POD、CAT 活性升高, SOD 活性降低; 之后 POD、SOD 活性上升, CAT 活性降低, 取食 48 h 时, POD 和 SOD 活性达到最高值, CAT 活性达到最低值; 取食 96 h 时, POD 与 SOD 活性降低, 但仍高于对照, CAT 活性与取食 48 h 时相近。颈盲蝽取食后, 薇甘菊叶片中的可溶性糖含量明显上升, 取食 96 h 达到最高值; 可溶性蛋白和叶绿素含量显著降低, 在 96 h 达到最低值, 分别低于对照 39.30% 和 69.94%。【结论】颈盲蝽取食严重破坏了薇甘菊叶片的正常生理功能, 并最终导致其叶片萎蔫和坏疽。

**关键词:** 薇甘菊; 颈盲蝽; 营养物质; 抗氧化酶; 叶绿素

## Effects of feeding by *Pachypeltis* sp. (Hemiptera: Miridae) on the defensive enzymes and nutrients in *Mikania micrantha* leaves

LI Sheng<sup>1</sup>, ZHENG Duanjing<sup>1</sup>, WANG Yin<sup>1</sup>, LIN Ying<sup>1</sup>, LIU Mengran<sup>2</sup>,  
GUI Furong<sup>1,3,4</sup>, WAN Fanghao<sup>5\*</sup>, XI Chao<sup>1,4\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Conservation and Utilization of Biological Resources of Yunnan, College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University; <sup>2</sup>Yunnan Agricultural Environmental Protection and Monitoring Station; <sup>3</sup>Science Technology and Administrative Office, Yunnan Agricultural University; <sup>4</sup>Yunnan Plateau Characteristic Agriculture Industry Research Institute, Kunming, Yunnan 650201, China; <sup>5</sup>Agriculture Genome Institute at Shenzhen, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Shenzhen, Guangdong 518120, China

**Abstract:** 【Aim】 *Mikania micrantha* is one of the most dangerous invasive weeds in the world, which has caused serious damage to the environment, agriculture and forestry in China. *Pachypeltis* sp. is a potentially important natural enemy for *M. micrantha* management. This research aimed for investigating the effects of *Pachypeltis* sp. feeding on the defense-related enzymes, nutrition and chlorophyll in *M. micrantha* leaves, which would provide a basis for the management of *M. micrantha* using the natural enemy *Pachypeltis* sp. 【Method】 The local natural enemy *Pachypeltis* sp. was collected from the field in Ruili City, Yunnan Province, China and was fed with *M. micrantha*. The activities of peroxidase (POD), catalase (CAT) and superoxide dismutase (SOD), and the contents of soluble sugar, soluble protein and chlorophyll of *M. micrantha* leaves were determined after 12 h, 24 h, 48 h and 96 h exposure to the mirid; plants not exposed to *Pachypeltis* sp. served as control. 【Result】 Compared with the control, the activities of POD and CAT increased and SOD activity decreased in the leaves of *M. micrantha* after fed by *Pachypeltis* sp. for 12 h. Afterwards, the activities of POD and SOD increased while CAT activity decreased. The activities of POD and SOD reached the highest values while that of CAT was the lowest at 48 h. The activities of POD and SOD declined after 96 h herbivore exposure, but were still higher than

收稿日期 (Received): 2017-11-28 接受日期 (Accepted): 2017-12-19

基金项目: 深圳市大鹏新区产业发展专项资金项目 (KY20150204); 国家重点研发计划课题 (2016YFC1202100); 云南省科技人才培养计划项目 (2013HB072); 云南省农业环境保护监测站项目

作者简介: 李胜, 男, 硕士研究生。研究方向: 入侵生物防控。E-mail: lisheng\_ynau@163.com

\* 通信作者 (Author for correspondence), 万方浩, E-mail: wanfanghao@caas.cn; 喜超, E-mail: kaoronhee@qq.com

those in the control. CAT activity at 96 h was similar to that at 48 h. After feeding by *Pachypeltis* sp., the amount of soluble sugar in *M. micrantha* leaves increased significantly with the highest value at 96 h. The amounts of soluble protein and chlorophyll decreased significantly and reached the lowest values 39.30% and 69.94% lower than the control, respectively, after 96 h exposure to the herbivore. 【Conclusion】 The natural enemy *Pachypeltis* sp. would severely damage the normal physiological functions in *M. micrantha* leaves, causing wilting and gangrene.

**Key words:** *Mikania micrantha*; *Pachypeltis* sp.; nutrient; antioxidant enzyme; chlorophyll

薇甘菊 *Mikania micrantha* H.B.K. 原产于中、南美洲, 为菊科攀缘草本植物, 英文名为 Mile-a-minute-weed (1 分钟 1 英里的杂草), 素有“植物杀手”之称 (Zhang *et al.*, 2010), 是世界上最为严重的 100 种外来入侵物种之一 (Lowe *et al.*, 2000; Mini & Abraham, 2005)。薇甘菊既可以通过产生大量种子进行有性繁殖、扩散, 又能够通过极强的无性繁殖能力进行传播 (周晓梅和黄炳球, 2001)。自 20 世纪 80 年代初传入我国深圳以后, 已迅速扩散至我国广东、海南, 以及云南德宏、普洱、西双版纳等地 (莫南, 2011; 徐小伟等, 2014), 侵入当地的果园、苗圃、草坪等, 对生态环境、农业、林业、园林等造成了严重的危害, 其控制管理问题已经成为世界性难题 (徐高峰等, 2014; Li *et al.*, 2006)。薇甘菊的防除主要采用人工清除、化学防除和生物防治等方法, 但目前国内外尚无高效防除薇甘菊方法的报道, 而生物防除被认为是有广阔前景的一种途径 (朱西儒, 2000)。

薇甘菊颈盲蝽 *Pachypeltis* sp. 是一种能够控制薇甘菊的非常重要的本地天敌。泽桑梓等 (2013) 研究发现, 颈盲蝽取食薇甘菊叶片汁液后, 严重抑制了薇甘菊叶片的光合作用, 有效抑制了薇甘菊的生长、繁殖, 甚至造成植株枯死。国外暂未见颈盲蝽取食对薇甘菊影响的相关报道; 国内有研究表明, 颈盲蝽取食会使薇甘菊叶片中的过氧化物酶 (peroxidase, POD)、多酚氧化酶 (polyphenoloxidase, PPO)、苯丙氨酸酶 (phenylalaninase, PAL) 产生变化 (季梅等, 2014); 而有关颈盲蝽取食对薇甘菊叶片营养物质、叶绿素含量, 过氧化氢酶 (catalase, CAT)、超氧化物歧化酶 (superoxide dismutase, SOD) 等活性的影响尚未见报道。因此, 本研究通过实验探讨颈盲蝽取食后薇甘菊叶片的抗氧化能力、营养物质和叶绿素含量的变化, 为薇甘菊的生物防治提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

薇甘菊与颈盲蝽均采自云南省德宏州瑞丽市

(98°E, 24°N)。剪取长度 5 cm、茎直径 2 mm 的薇甘菊枝条, 采用口径 13.5 cm、高 13.0 cm 的花盆扦插种植, 每盆 1 株。待其生长 40 d、株高 20 cm 左右时, 选取长势一致的薇甘菊备用。采回的颈盲蝽若虫利用薇甘菊活株饲养, 挑选羽化时间一致的成虫进行实验。

### 1.2 实验设计

挑选 12 株叶片大小、高度、长势一致的薇甘菊, 单株放入养虫笼内, 并在每个养虫笼内接入 3 头健康的新羽化的颈盲蝽成虫。分别于接入颈盲蝽 12、24、48、96 h 后, 从 3 盆盆栽薇甘菊上采摘被取食的薇甘菊叶片, 作为 3 次重复处理, 并称重。样品用液氮冷冻后置于 -80 °C 冰箱保存, 用于物质含量和酶活性测定。以接入颈盲蝽前的植株作为对照。

实验于云南省昆明市云南农业大学温箱内进行, 每天光照 12 h, 光照度为 15000 lx, 温度 (27±1) °C, 相对湿度 80%。

### 1.3 测定方法

1.3.1 酶液的提取 称取植物叶片 0.1 g, 放入预冷的研钵中, 用液氮研磨后加入 2.5 mL 预冷的提取液, 冰浴下研磨成匀浆, 将匀浆液 12000 r·min<sup>-1</sup>、4 °C 离心 10 min, 上清液即为酶提取液。提取液为 50 mmol·L<sup>-1</sup> 磷酸缓冲液 (pH 7.8), 内含 1% 聚乙烯吡咯烷酮。

1.3.2 各指标的测定方法 POD 活性的测定采用愈创木酚法, 以每克鲜重每分钟  $D_{470\text{ nm}}$  变化 0.01 为一个酶活力单位 (U·g<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>); SOD 活性采用黄嘌呤氧化酶法测定, 以每毫克组织蛋白在 1 mL 反应液中 SOD 抑制率达 50% 时所对应的 SOD 量为一个酶活力单位 (U·mg<sup>-1</sup>); CAT 活性的测定通过钼酸铵终止过氧化氢酶分解 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 并与剩余的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 作用生成淡黄色的络合物, 在 405 nm 处测定其变化量, 计算出酶活力, 以每毫克组织蛋白每秒分解 1 μmol H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的量为一个酶活力单位 (U·mg<sup>-1</sup>)。可溶性蛋白质含量用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定; 可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定。叶绿素含量的测定: 利用 96% 乙醇提取后, 根据提取液在波

长 665、649 和 470 nm 下的吸光度, 计算 1 g 新鲜叶片中叶绿素含量(张以顺, 2009)。以上每个处理重复 3 次。

#### 1.4 数据处理

采用软件 Microsoft Excel 2016 和 SPSS 17.0 对数据进行处理, 不同处理的薇甘菊叶片防御酶活性、营养物质含量及叶绿素含量差异, 均采用单因素方差分析(One-way ANOVA; Fisher's LSD test)。

## 2 结果与分析

### 2.1 颈盲蝽取食对薇甘菊叶片酶活性的影响

2.1.1 POD 活性 如图 1A 所示, 颈盲蝽取食后, 薇甘菊叶片中的 POD 活性在 12~48 h 内迅速升高, 在 48 h 时 POD 活性达到最大值, 为对照的 4.43 倍, 差异达到显著水平( $P < 0.05$ ); 之后 POD 活性下降, 但 96 h 时, 被取食叶片的 POD 活性仍高于对照, 与对照差异达到显著水平( $P < 0.05$ )。

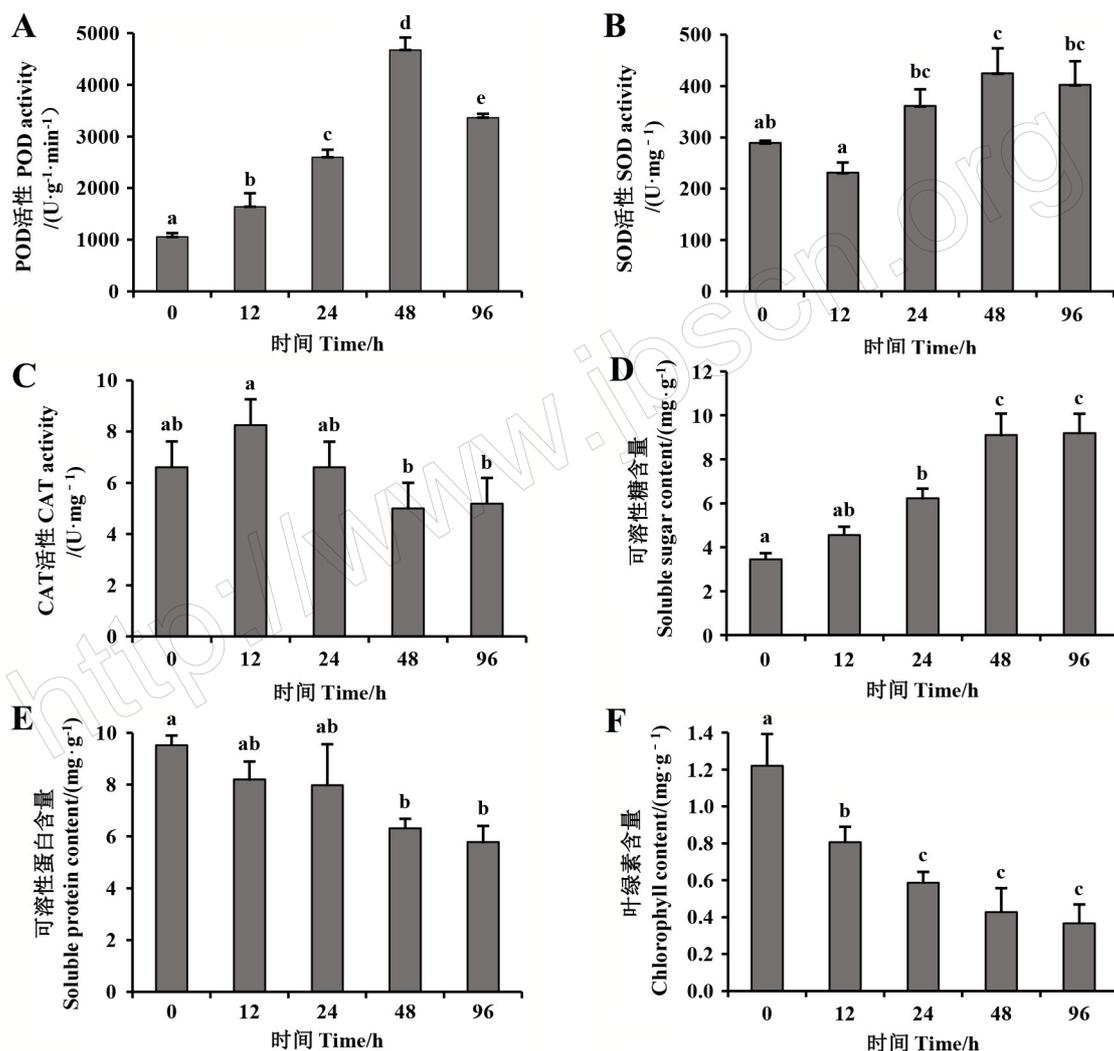


图 1 颈盲蝽取食后薇甘菊叶片中防御酶活性和营养物质含量的变化

Fig.1 Changes of defensive enzyme activities and nutrient contents in *M. micratha* leaves after exposed to feeding by *Pachypeltis sp.* Different letters mean significant differences at 5% level.

Different letters mean significant differences at 5% level.

2.1.2 SOD 活性 如图 1B 所示, 薇甘菊被颈盲蝽取食 12 h 时, SOD 活性较对照降低, 但差异不显著 ( $P > 0.05$ ); 取食 48 h 时, 被取食的薇甘菊叶片 SOD 活性达到最高值, 与对照差异达到显著水平 ( $P < 0.05$ ), 为对照的 1.47 倍; 取食 96 h 时, SOD 活性较 48 h

降低, 但仍高于对照, 与对照差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

2.1.3 CAT 活性 由图 1C 可知, 颈盲蝽取食后, 薇甘菊叶片中的 CAT 活性呈现先上升后下降再上升的趋势: 在取食 12 h 时达到最高点, 此时薇甘菊叶片中 CAT 活性较对照升高 24.9%; 随后 CAT 活性

下降,取食 24 h 时恢复到对照水平;取食 48 h 时, CAT 活性较对照降低了 24.4%;取食 96 h 时, CAT 活性较 48 h 升高,但仍低于对照 21.5%。

## 2.2 颈盲蝽取食对薇甘菊叶片营养物质和叶绿素含量的影响

2.2.1 可溶性糖含量 由图 1D 可知,颈盲蝽取食后,薇甘菊叶片中可溶性糖含量持续升高,取食 12、24、48、96 h 时可溶性糖含量与对照相比分别高 32.55%、81.71%、166.73%、169.03%,差异均达到显著水平 ( $P < 0.05$ )。其中,取食 12~48 h 内,可溶性糖含量升高较快,96 h 与 48 h 相比可溶性糖含量变化较小。

2.2.2 可溶性蛋白含量 由图 1E 可知,颈盲蝽取食后,薇甘菊叶片中可溶性蛋白含量逐渐下降:取食 12、24、48、96 h 时可溶性蛋白含量分别比对照低 13.91%、20.00%、33.67%、39.30%。其中,颈盲蝽取食 48 h 后,薇甘菊叶片中可溶性蛋白含量与对照差异达到显著水平 ( $P < 0.05$ )。

2.2.3 叶绿素含量 由图 1F 可知,颈盲蝽取食后,薇甘菊叶片中叶绿素含量逐渐下降:取食 12、24、48、96 h 时,薇甘菊叶片中叶绿素含量均显著低于对照 ( $P < 0.05$ ),分别比对照降低 33.88%、51.91%、65.00%、69.94%。其中,取食 12、24 和 48 h,叶绿素含量下降较快;取食 48 h 与 96 h 叶绿素含量相差较小。对叶片的表观性状观察显示,取食 48 h 时薇甘菊叶片表面已基本变为黑褐色。

## 3 讨论

在逆境条件下,植物体内正常的氧代谢会受到干扰,会使活性氧的产生加快,还会破坏保护酶系统,导致活性氧积累。POD、SOD、CAT 等是植物在逆境条件下酶促防御系统的关键酶(刘长仲和兰金娜,2009;南芝润和范月仙,2008;张宇婷等,2016)。POD 可以催化以  $H_2O_2$  为氧化剂的氧化还原反应,在其氧化其他物质的同时,将  $H_2O_2$  还原为  $H_2O$ ,以此清除线粒体或胞浆中产生的低浓度  $H_2O_2$ ,使脂质过氧化物转化为正常的脂肪酸,防止脂质过氧化连锁反应造成的膜伤害(代惠萍,2013;高俊凤,2006)。此外,POD 还与植物次生代谢及细胞壁合成有关,其活性升高使木质素的合成加快,有利于植物加厚细胞壁和修复被刺吸式口器害虫危害后造成的细胞壁损伤(刘长仲和兰金娜,2009)。SOD 的主要功能是清除植物体内超氧阴离子自由基( $O_2^-$ ),消除  $O_2^-$  对细胞膜的伤害,具有保

护生物体免受活性氧伤害的能力(鱼欢等 2007;张以顺,2009)。CAT 是植物体内清除  $H_2O_2$  的重要保护酶,对于维持叶片活力、抗御早衰具有重要作用(代惠萍,2013;鱼欢等,2007)。

季梅等(2014)研究显示,薇甘菊在培育 60 d 后,每瓶中接入 20 头颈盲蝽,在 96 h 内薇甘菊叶片中的 POD 活性总体呈下降趋势;而本实验中,薇甘菊培育 40 d 后每株接入 3 头颈盲蝽,在被取食后叶片 POD 活性迅速升高,取食 48 h 时 POD 活性达到最高值。有研究表明,植物发育阶段以及受胁迫程度会影响 POD 活性(吴明江和于萍,1994)。因此,本实验中薇甘菊叶片 POD 活性的变化趋势与季梅等(2014)研究的差异是否与颈盲蝽的接入量、薇甘菊的生长时间有关,还需要进一步研究。取食 12 h 时,薇甘菊叶片中的 SOD 活性低于对照,之后活性逐渐上升,在 48 h 时与对照差异显著;取食 12 h 时,薇甘菊叶片中的 CAT 活性升高,之后逐渐降低,并在 48 h 时降至最低值。颈盲蝽取食 96 h 时,薇甘菊叶片中的 POD 和 SOD 活性较 48 h 降低, CAT 活性较 48 h 升高,但仍低于对照。这说明颈盲蝽的刺吸胁迫会引起薇甘菊叶片酶促防御反应中关键酶活性的变化,并最终导致薇甘菊叶片关键酶活性降低,对颈盲蝽的抵御能力下降,叶片防御酶系统受到破坏。

叶绿体是植物光合作用过程中吸收光能的器官,其中,叶绿素是叶绿体中的主要色素,直接参与光合作用中光能的吸收、传递、分配和转化等过程(代惠萍,2013)。颈盲蝽取食后,薇甘菊叶片中叶绿素含量显著下降,在取食 96 h 时降到最低值,被取食叶片出现萎蔫和坏疽。这说明颈盲蝽的取食严重破坏了薇甘菊的光合系统,抑制了薇甘菊叶片的光合作用。泽桑梓等(2013)田间调查发现,在颈盲蝽取食初期,薇甘菊叶片表面会形成大小不一的斑点;取食面积超过叶面积 50%后,随着日照、蒸腾作用加强,可导致叶片皱缩甚至死亡。本实验中观察发现,薇甘菊叶片无论在被取食初期还是后期,受害部位均会逐渐枯萎,说明颈盲蝽取食对薇甘菊叶片造成了不可逆转的损伤。

寄主植物中可溶性糖、蛋白质、氨基酸是昆虫的重要营养物质,这些物质的缺乏或搭配比例不当,会影响昆虫的生长发育,通过降低昆虫的生存率而获得抗虫性(李传明等,2017;张风娟等,2006)。李传明等(2017)研究发现,辣椒可以通过增加自身可溶性糖含量、降低可溶性蛋白的含量来增强对烟粉虱

的抗性。本研究发现,颈盲蝽取食后,薇甘菊叶片可溶性糖含量比未被取食叶片显著上升,可溶性蛋白含量逐渐下降,在48 h与对照差异显著。对于还原糖、可溶性糖、可溶性蛋白等营养物质含量与抗虫的相关性,目前尚无定论(李继东,2003;王秋芬等,2015;王紫薇等,2016)。另有研究表明,刺吸式昆虫会根据不同的寄主植物和不同的生理需要,通过唾液组分的改变来达到取食和发育的目的,一些蝽类的唾液酶中包含的淀粉酶、蛋白酶、海藻糖酶等能帮助其对食物进行体外消化,将食物的淀粉转化为麦芽糖,并最终经消化系统分解为葡萄糖(严盈等,2008; Azevedo *et al.*, 2007; Kazzazi *et al.*, 2005)。因此,对于颈盲蝽取食后薇甘菊叶片中可溶性糖与可溶性蛋白含量等的变化是植物自身抗虫性的调节还是由某些物质分解导致,需进一步研究。

### 参考文献

- 代惠萍, 2013. 植物对非生物胁迫的生理响应机制. 成都: 西南交通大学出版社.
- 高俊凤, 2006. 植物生理学实验指导. 北京: 高等教育出版社.
- 季梅, 泽桑梓, 赵宁, 杨斌, 2014. 颈盲蝽取食对薇甘菊叶片防御性酶活性的影响. 浙江农业学报, 26(3): 748-751.
- 李传明, 何菁, 顾爱祥, 苏宏华, 吴晓霞, 张海波, 解雅梅, 鄢亚红, 周福才, 2017. 烟粉虱取食对不同抗虫性辣椒品种营养物质和抗性物质的影响. 中国生态农业学报, 25(10): 1456-1462.
- 李继东, 2003. 毛白杨无性系对桑天牛抗性相关生理指标研究. 硕士学位论文. 郑州: 河南农业大学.
- 刘长仲, 兰金娜, 2009. 苜蓿斑蚜对三个苜蓿品种幼苗氧化酶的影响. 草地学报, 17(1): 32-35.
- 莫南, 2011. 云南省薇甘菊发生特点及防控措施. 宁夏农林科技, 52(2): 40-41.
- 南芝润, 范月仙, 2008. 植物过氧化氢酶的研究进展. 安徽农学通报, 14(5): 27-29.
- 王秋芬, 胡启蒙, 吝亚杰, 宇文杏, 刘婷婷, 白会聪, 林胜男, 2015. 美国白蛾危害前后树木可溶性糖含量与抗虫性的关系. 广东农业科学, 42(22): 73-78.
- 王紫薇, 徐华潮, 汪云珍, 包志泉, 2016. 树皮内含物对光肩星天牛取食与刻槽产卵量的影响. 环境昆虫学报, 38(5): 942-949.
- 吴明江, 于萍, 1994. 植物过氧化物酶的生理作用. 生物学杂志(6): 14-16.
- 徐高峰, 申时才, 张付斗, 2014. 异质环境下入侵植物薇甘菊的适应性与繁殖特性. 生态环境学报, 23(8): 1258-1264.
- 徐小伟, 泽桑梓, 杨斌, 季梅, 2014. 薇甘菊的分布危害、生物防治及资源化利用研究现状与展望. 热带农业科学, 34(12): 75-84.
- 严盈, 刘万学, 万方浩, 2008. 唾液成分在刺吸式昆虫与植物关系中的作用. 昆虫学报, 51(5): 537-544.
- 鱼欢, 冯佰利, 张英, 刘鹏涛, 何永艳, 代惠萍, 李生秀, 2007. 不同栽培模式下冬小麦叶片衰老与活性氧代谢研究. 作物学报, 33(10): 1729-1732.
- 泽桑梓, 苏尔广, 闫争亮, 翟雍善, 季梅, 2013. 薇甘菊颈盲蝽对薇甘菊的控制作用. 西部林业科学, 42(1): 46-52.
- 张凤娟, 陈凤新, 徐东生, 霍志梅, 2006. 植物组织结构与抗虫性的关系(综述). 河北科技师范学院学报, 20(2): 71-76.
- 张以顺, 2009. 植物生理学实验教程. 北京: 高等教育出版社.
- 张宇婷, 高建民, 张琼琳, 张爱东, 王海霞, 孙杰, 2016. 植物超氧化物歧化酶的研究进展. 畜牧与饲料科学, 37(9): 28-31.
- 周晓梅, 黄炳球, 2001. 薇甘菊的发生及防治. 世界农业(10): 42-43.
- 朱西儒, 2000. 薇甘菊的生物防除技术研究与应用前景 // 中国农业科学院生物防治研究所, 中国科学院武汉病毒研究所, 中山大学生物防治国家重点实验室. 全国生物防治暨第八届杀虫微生物学术研讨会论文摘要集. 广州: 中山大学生物防治国家重点实验室: 4.
- AZEVEDO D D O, ZANUNCIO J C, ZANUNCIO J S, MARTINS G F, MARQUES-SILVA S, SOSSAI M F, SERRAO J E, 2007. Biochemical and morphological aspects of salivary glands of the predator *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(3): 469-477.
- KAZZAZI M, BANDANI A R, HOSSEINKHANI S, 2005. Biochemical characterization of  $\alpha$ -amylase of the Sunn pest, *Eurygaster integriceps*. *Entomological Science*, 8(4): 371-377.
- LI W H, ZHANG C B, JIANG H B, ZHANG C B, JIANG H B, XIN G R, YANG Z Y, 2006. Changes in soil microbial community associated with invasion of the exotic weed, *Mikania micrantha*, H.B.K. *Plant and Soil*, 281(1/2): 309-324.
- LOWE S, BROWNE M, BOUDJELAS S, DE POORTER M, 2000. 100 of the world's worst invasive alien species. A selection from the *Global Invasive Species Database*. Auckland, New Zealand: Invasive Species Specialist Group (ISSG).
- MINI A, ABRAHAM C T, 2005. Biology of mile-a minute weed *Mikania micrantha* H. B. K. an alien invasive weed in Kerala. *Indian Journal of Weed Science*, 37(1/2): 153-154.
- ZHANG L Y, YE W H, CAO H L, FENG H L, 2010. *Mikania micrantha* H.B.K. in China — an overview. *Weed Research*, 44(1): 42-49.

(责任编辑:杨郁霞)