

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

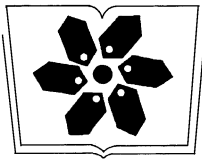
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第17期 Vol.32 No.17 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 17 期

2012 年 9 月 (半月刊)

目 次

基于生物生态因子分析的长序榆保护策略.....	高建国,章 艺,吴玉环,等 (5287)
闽江口芦苇沼泽湿地土壤产甲烷菌群落结构的垂直分布.....	余晨兴,仝 川 (5299)
涡度相关观测的能量闭合状况及其对农田蒸散测定的影响.....	刘 渡,李 俊,于 强,等 (5309)
地下滴灌下土壤水势对毛白杨纸浆林生长及生理特性的影响.....	席本野,王 焯,邸 楠,等 (5318)
绿盲蝽危害对枣树叶片生化指标的影响.....	高 勇,门兴元,于 毅,等 (5330)
湿地资源保护经济学分析——以北京野鸭湖湿地为例.....	王昌海,崔丽娟,马牧源,等 (5337)
湿地保护区周边农户生态补偿意愿比较.....	王昌海,崔丽娟,毛旭峰,等 (5345)
湿地翅碱蓬生物量遥感估算模型.....	傅 新,刘高焕,黄 舸,等 (5355)
增氮对青藏高原东缘典型高寒草甸土壤有机碳组成的影响.....	郑娇娇,方华军,程淑兰,等 (5363)
大兴安岭 2001—2010 年森林火灾碳排放的计量估算.....	胡海清,魏书精,孙 龙 (5373)
基于水分控制的切花百合生长预测模型.....	董永义,李 刚,安东升,等 (5387)
极端干旱区增雨加速泡泡刺群落土壤碳排放.....	刘殿君,吴 波,李永华,等 (5396)
黄土丘陵区土壤有机碳固存对退耕还林草的时空响应.....	许明祥,王 征,张 金,等 (5405)
小兴安岭 5 种林型土壤呼吸时空变异	史宝库,金光泽,汪兆洋 (5416)
疏勒河上游土壤磷和钾的分布及其影响因素.....	刘文杰,陈生云,胡凤祖,等 (5429)
COII 参与茉莉酸调控拟南芥吲哚族芥子油苷生物合成过程	石 璐,李梦莎,王丽华,等 (5438)
Gash 模型在黄土区人工刺槐林冠降雨截留研究中的应用	王艳萍,王 力,卫三平 (5445)
三峡水库消落区不同海拔高度的植物群落多样性差异.....	刘维湄,王 杰,王 勇,等 (5454)
基于 SPEI 的北京低频干旱与气候指数关系	苏宏新,李广起 (5467)
山地枣树茎直径对不同生态因子的响应.....	赵 英,汪有科,韩立新,等 (5476)
幼龄柠条细根的空间分布和季节动态	张 帆,陈建文,王孟本 (5484)
山西五鹿山白皮松群落乔灌木层的种间分离.....	王丽丽,毕润成,闫 明,等 (5494)
长期施肥对玉米生育期土壤微生物量碳氮及酶活性的影响.....	马晓霞,王莲莲,黎青慧,等 (5502)
基于归一化法的小麦干物质积累动态预测模型.....	刘 娟,熊淑萍,杨 阳,等 (5512)
上海环城林带景观美学评价及优化策略	张凯旋,凌焕然,达良俊 (5521)
旅游风景区旅游交通系统碳足迹评估——以南岳衡山为例.....	窦银娣,刘云鹏,李伯华,等 (5532)
一种城市生态系统现状评价方法及其应用.....	石惠春,刘 伟,何 剑,等 (5542)
黄海中南部细纹狮子鱼的生物学特征及资源分布的季节变化.....	周志鹏,金显仕,单秀娟,等 (5550)
蓝藻堆积和螺类牧食对苦草生长的影响.....	何 虎,何宇虹,姬娅婵,等 (5562)
黑龙江省黄鼬冬季毛被分层结构及保温功能.....	柳 宇,张 伟 (5568)
虎纹蛙选择体温和热耐受性在个体发育过程中的变化	樊晓丽,雷焕宗,林植华 (5574)
水丝蚓对太湖沉积物有机磷组成及垂向分布的影响	白秀玲,周云凯,张 雷 (5581)
专论与综述	
城市绿地生态评价研究进展.....	毛齐正,罗上华,马克明,等 (5589)
全球变化背景下生态学热点问题研究——第二届“国际青年生态学者论坛”	万 云,许丽丽,耿其芳,等 (5601)
研究简报	
雅鲁藏布江高寒河谷流动沙地适生植物种筛选和恢复效果.....	沈渭寿,李海东,林乃峰,等 (5609)
学术信息与动态	
生态系统服务时代的来临——第五届生态系统服务伙伴年会述评	吕一河,卫 伟,孙然好 (5619)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 334 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 36 * 2012-09	



封面图说: 带雏鸟的白枕鹤一家——白枕鹤是一种体型略小于丹顶鹤的优美的鹤。体羽蓝灰色,腹部较深,背部较浅,脸颊两侧红色,头和颈的后部及上背为白色,雌雄相似。其虹膜暗褐色,嘴黄绿色,脚红色。白枕鹤常常栖息于开阔平原芦苇沼泽和水草沼泽地带,有时亦出现于农田和海湾地区,尤其是迁徙季节。主要以植物种子、草根、嫩叶和鱼、蛙、软体动物、昆虫等为食。繁殖区在我国北方和西伯利亚东南部。我国白枕鹤多在黑龙江、吉林、内蒙古繁殖,与丹顶鹤的繁殖区几乎重叠,为国家一级保护动物。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201201070032

高勇, 门兴元, 于毅, 周洪旭. 绿盲蝽危害对枣树叶片生化指标的影响. 生态学报, 2012, 32(17): 5330-5336.

Gao Y, Men X Y, Yu Y, Zhou H X. Physiological indices of leaves of jujube (*Zizyphus jujuba*) damaged by *Apolygus lucorum*. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(17): 5330-5336.

绿盲蝽危害对枣树叶片生化指标的影响

高 勇¹, 门兴元², 于 毅², 周洪旭^{1,*}

(1. 青岛农业大学农学与植物保护学院, 山东省植物病虫害综合防控重点实验室, 青岛 266109;

2. 山东省农业科学院植物保护研究所, 济南 250100)

摘要: 绿盲蝽已在棉区爆发成灾, 并逐渐向枣树等北方果树转移危害, 已对我国北方果树生产造成严重威胁。绿盲蝽刺吸危害后, 能诱导植物产生一系列生化反应。通过生物化学方法研究绿盲蝽不同危害程度对枣树叶片生化指标的影响, 探讨受害枣树叶片对绿盲蝽危害的应激反应的变化规律。结果表明, 受害枣树叶片内可溶性糖含量随着危害程度的加重先升高, 后降低; 蛋白质含量随受害程度的加重而呈现降低趋势; 游离氨基酸含量随受害程度的加重逐渐升高。受害后枣树叶片内 3 种防御性酶随受害程度的加重发生不同程度的变化, 超氧化物歧化酶 (Superoxide Dismutase, SOD) 的活性随着危害程度的加重先升高后下降; 过氧化物酶 (Peroxidase, POD) 的活性总体升高; 不同受害程度枣树叶片内过氧化氢酶 (Catalase, CAT) 的活性之间以及它们与未受害枣树叶片内过氧化氢酶 (CAT) 的活性之间均未达到显著性差异水平。总之, 随着绿盲蝽危害程度的加重, 枣树叶片内可溶性糖、蛋白质、游离氨基酸含量以及防御性酶活性发生了不同程度的变化, 枣树叶片内除过氧化氢酶 (CAT) 的活性变化外, 可溶性糖、游离氨基酸和蛋白质的含量变化以及超氧化物歧化酶 (SOD) 和过氧化物酶 (POD) 的活性变化与绿盲蝽危害胁迫有明显的关系, 说明枣树叶片对绿盲蝽的危害胁迫产生了应激反应, 且叶片内除过氧化氢酶 (CAT) 外的其他生化指标与绿盲蝽的不同危害程度有一定的相关性。研究结果为理解枣树受绿盲蝽危害后的应激反应机制提供了材料, 对绿盲蝽可持续治理具有重要指导意义。

关键词: 绿盲蝽; 危害; 生理指标; 应激反应

Physiological indices of leaves of jujube (*Zizyphus jujuba*) damaged by *Apolygus lucorum*

GAO Yong¹, MEN Xingyuan², YU Yi², ZHOU Hongxu^{1,*}

1 Key Laboratory of Integrated Crop Pest Management of Shandong Province, College of Agronomy and Plant Protection, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China

2 Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100

Abstract: *Apolygus lucorum* Meyer-Dür (Hemiptera: Miridae) is an important type of pest, damaging various agricultural and forest crops such as cotton, fruits, and weeds. *A. lucorum* feeds on young buds, leaves, and various other tissues of host plants with its piercing and sucking mouthparts, and it is an important secondary insect pest in agricultural production in China. With the extensive cultivation of Bt cotton since 1997 in China, the wide-spread use of this insect-resistant cultivar has drastically reduced the need for insecticides to control many key lepidopteran pests. However, this reduction in insecticide use has led to increased population densities of various mirids, among which *A. lucorum* is considered as the most important pest in cotton production in northern China. The large-scale cultivation of fruits in recent years has provided

基金项目: 公益性行业科研专项经费项目 (201103012); 旱区作物逆境生物学国家重点实验室开放基金 (CSBAA2011-12); 山东省自然科学基金 (ZR2012CM018); 山东省“泰山学者”建设工程专项经费资助

收稿日期: 2012-01-07; **修订日期:** 2012-05-29

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hxzhou@qau.edu.cn

abundant food and appropriate hibernacle for *A. lucorum*. Consequently, it has gradually become a significant pest for fruit trees, especially jujube (*Zizyphus jujuba*), causing serious damage in orchards in northern China. After being damaged by *A. lucorum*, the young leaves of jujube (*Zizyphus jujuba*) showed many needle-like reddish-brown dots, which formed into irregular holes as the leaves grew. Growth of the floral buds ceased, and black spots appeared on the young fruit. Many studies have shown that pest damage induces plants to produce stress responses. Therefore, certain physiological indices in plants will change during the response to pest damage. To examine the responses of jujube leaves to insect damage, we conducted biochemical analyses to study changes in various physiological indices of jujube leaves damaged to different degrees by *A. lucorum*. The soluble sugar content first increased and then decreased, while the protein content decreased and free amino acids content increased with increasing severity of leaf damage. The activities of protective enzymes also changed with increasing severity of leaf damage. Superoxide dismutase (SOD) activity first increased and then decreased, while peroxidase (POD) activity increased. The catalase (CAT) activity was not significantly different between damaged and undamaged jujube leaves. In summary, jujube leaves damaged by *A. lucorum* showed changes in soluble sugar, protein, and free amino acids contents, and changes in the activities of defense enzymes. Except for CAT, the changes in soluble sugar and protein contents and SOD and POD activities were closely related to the severity of damage to jujube leaves caused by *A. lucorum*. This indicates that jujube leaves responded to damage caused by *A. lucorum*, and showed significant changes in physiological indices (except CAT) in response to damage caused by *A. lucorum*. The results of this study help to clarify the mechanisms of the stress responses of jujube to damage caused by *A. lucorum*, and will be useful for developing strategies to control this important insect pest.

Key Words: *Apolygus lucorum* Meyer-Dür; damage; physiological indices; stress response

绿盲蝽 *Apolygus lucorum* Meyer-Dür 寄主广泛、食性杂,可危害多种农林作物和杂草。与蚜虫、粉虱等汁液取食者不同,绿盲蝽主要取食植物细胞的细胞质和细胞核,属细胞取食者,成虫和若虫均可对寄主幼嫩的芽、叶、花蕾和幼果造成危害^[1]。

绿盲蝽主要是我国农业生产的次要害虫,但近年来随着农业结构的调整,果树和蔬菜种植面积的大幅度增加为绿盲蝽提供了丰富的寄主植物和适宜的越冬场所^[2]。同时转基因抗虫棉花的大规模种植,减少了防治棉铃虫(兼治绿盲蝽)的农药使用量,使绿盲蝽种群数量急剧上升,危害加重,并呈严重灾变趋势,在我国许多地区已经成为危害棉花、果树、蔬菜生产的重要害虫^[3-4]。自2001年开始,绿盲蝽在河北沧州枣区大面积发生,严重危害果实,为历史罕见。在枣树上,春季枣芽萌动后,越冬卵新孵化的若虫先刺吸危害幼叶,形成许多针刺状红褐色小点,并随叶片生长呈现不规则的孔洞;枣花蕾受害后即停止发育而枯落,受害严重的树几乎无花开放;被害幼果则出现黑色斑点^[5]。

目前,对绿盲蝽的研究多集中在生物学特性、寄主适合度、发生规律、防控技术等方面^[6-8],而关于寄主受绿盲蝽危害后体内生理代谢指标变化的研究较少。植物在受到害虫危害时能做出生理应激反应,能够调节其体内化学物质的数量或组成,降低植物的营养水平,以对昆虫的取食产生拮抗^[9]。魏书艳等研究了绿盲蝽对绿豆、Bt棉、苜蓿、大豆、甜叶菊5种偏好程度不同的植物危害后,寄主体内生理代谢指标的变化^[10];毛红等研究了绿盲蝽取食与机械损伤对棉花叶片内防御性酶活性的影响^[11]。随着绿盲蝽从棉区向枣树等北方果树转移危害,而关于绿盲蝽危害胁迫后对果树生理代谢指标的影响报道几乎空白。因此,本文以枣树叶片为对象,研究在绿盲蝽胁迫作用下,叶片内主要营养物质和防御性酶活性随受害程度不同的变化特点,了解枣树的应激反应发生发展过程,为绿盲蝽综合治理提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料的采集及处理

枣树叶片于2011年7月份采自山东省青岛市惜福镇枣园,将枣树叶片被害情况划分为3个等级,即轻

度、中度、重度,叶片受害程度分别为绿盲蝽刺吸危害所形成的孔洞面积占叶片面积的 $<10\%$ 、 $20\%—30\%$ 、 $40\%—50\%$ 。在枣园中选择 30 株树,每 10 株为一组,每组分别采集三个等级叶片各 100 片。在受害程度最轻的枣树上采摘正常叶片作为对照,将采摘的叶片洗净后分别用保鲜膜包裹放入冰盒中并贴上标签,带回实验室放进超低温冰箱中保存。

1.2 方法

1.2.1 待测样品的处理

测每一个生化指标时,从采摘的叶片中随机取出各等级的叶片各 10 片,分别将其剪碎混匀,分开盛放待测,每组各取 1 次共取 3 次。

1.2.2 测定

(1) 可溶性糖含量的测定

参照赵卫星等^[12]的方法,称取 0.5—1.0 g 碎叶片放入大试管中,加入 15.0 mL 蒸馏水,于沸水浴中加热 30 min,取出冷却过滤到 100 mL 容量瓶中,定溶至刻度。取待测样品提取液 0.5 mL 加 1.0 mL 9% 苯酚,摇匀,再加 5.0 mL 浓硫酸,摇匀。在室温下放置 30 min,然后进行比色。以蒸馏水代替提取液作为空白,于 485 nm 测定吸光度 (Optical Density, OD),同时用蔗糖标准液制作标准曲线。

(2) 蛋白质含量的测定

参照 Bradford^[13]的方法,称取约 2.0 g 碎叶片,加入蒸馏水 6.0 mL,研磨成匀浆,然后在 4000 r/min 离心 20 min,得上清液即为蛋白质粗提液。取待测液 0.1 mL 放入试管加入 0.9 mL 蒸馏水加入 5.0 mL 考马斯亮蓝染色液,以蒸馏水代替提取液作为空白进行调零,于 595 nm 测 OD 值,同时用牛血清蛋白制作标准曲线。

(3) 游离氨基酸含量的测定

参照邹琦^[14]的方法,称取约 1.0 g 叶片,加入 8.0 mL 10% 乙酸,研磨成匀浆,然后 4000 r/min 离心 20 min,上清定容至 25 mL。取待测液 2.0 mL 放入试管加入 3.0 mL 水合茚三酮试剂,摇匀,再加 0.1 mL 0.1% 的抗坏血酸,摇匀,加盖,沸水浴中 15 min,取出,冷却,加 15.0 mL 60% 乙醇,摇匀,以蒸馏水代替提取液作为空白进行调零,于 570 nm 测 OD 值,同时用亮氨酸制作标准曲线。

(4) 保护酶活性的测定

超氧化物歧化酶(SOD) 提取和测定参照邹琦^[14]的方法,称取 0.5—1.0 g 碎叶片,加入 6.0 mL 含 1% PVP (Polyvinylpyrrolidone) 的 50 mmol/L 磷酸缓冲液 (pH 值 7.8)。冰浴中研磨,匀浆,于 4℃ 下,5000 r/min 离心 20 min,上清即为酶液。3 mL 反应体系中含 50 mmol/L 磷酸缓冲液 (pH 值 7.8)、130 mmol/L 甲硫氨酸、750 $\mu\text{mol/L}$ 氮蓝四唑、200 $\mu\text{mol/L}$ 核黄素和 100 $\mu\text{mol/L}$ EDTA- Na_2 、蒸馏水,再加入 50 μL 酶液,置于 25℃,4 Klx 日光灯下进行反应 20 min,以不加酶液的反应液作空白对照,将一支对照管置于黑暗处,另一支在相同的条件下反应 20 min,于 560 nm 测 OD 值。以抑制反应 50% 的酶量为 1 个酶活单位。

过氧化物酶(POD) 参照 Hemmerschmidt 等^[15]的方法测定 POD 的活性,称取 1.0—2.0 g 碎叶片,加入 10.0 mL 50 mmol/L 磷酸缓冲液 (含 1% PVP, pH 值 5.5)。冰浴中研磨,匀浆,于 4℃ 下,5000 r/min 离心 20 min,上清即为酶液。反应体系中含 50 mmol/L 磷酸缓冲液 (pH 值 5.5)、50 mmol/L 愈创木酚、2% 过氧化氢,再加入 0.2 mL 酶液,室温下于 470 nm 测 OD 值,每隔 30s 记录 1 次。以煮沸 5 min 的酶液为空白对照。以每分钟 OD 值变化 0.01 为 1 个酶活性单位。

过氧化氢酶(CAT) 参考杨兰芳等^[16]的方法,称取 1.0—2.0 g 碎叶片,加入 3.0 mL 50 mmol/L 磷酸缓冲液 (pH 值 7.8),加入少量石英砂,在冰浴上研磨成匀浆,再加 7.0 mL 缓冲液研磨均匀,于 4℃ 下,4000 g 离心 10 min,上清即为酶液。测定时取试管 2 支,1 支为样品管,1 支为对照管。在对照管里依次加入 1.5 mL 缓冲液、0.5 mL 酶液、0.6 mL 蒸馏水、1.0 mL 8% 硫酸、0.4 mL 过氧化氢溶液。在样品管里依次加 1.5 mL 缓冲液、0.5 mL 酶液、0.6 mL 蒸馏水,然后加入 0.4 mL 过氧化氢溶液,立即计时 4 min 后加入 1.0 mL 8% 硫酸终止反应,以蒸馏水作为空白进行调零,于 240 nm 测样品管和对照管的 OD 值。以每分钟分解 H_2O_2 的毫克数

为 1 个酶活单位。

1.3 数据处理

数据处理采用 SPSS17.0 数据处理软件的 Duncan 氏新复极差检测法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 被害枣树叶片中可溶性糖、可溶性蛋白和游离氨基酸含量的比较

3 种受害程度不同的枣树叶片可溶性糖、可溶性蛋白和游离氨基酸含量的测定结果以及多重比较结果见表 1。在枣叶轻度受害时,可溶性糖含量(42.69 mg/g)显著高于正常枣叶(22.73 mg/g)、中度和重度受害的枣叶,但后三者之间差异不显著,这说明可溶性糖含量提高仅反映在轻度受害的叶片,而中度和重度受害的叶片与正常叶片没有显著差异。不同受害程度的枣叶以及正常叶中蛋白含量分别为 1.97、1.41、1.29 以及 2.22 mg/g,多重比对结果显示,在枣叶中度和重度受害时,蛋白含量均显著低于正常叶片,表明,随绿盲蝽危害程度的加重,枣树叶片内蛋白质含量呈现递减趋势。从表 1 中可以看出受绿盲蝽不同程度危害的枣树叶片内游离氨基酸含量由高到低的顺序为:重度>中度>轻度>正常。多重比对的结果显示,重度、中度以及轻度受害的枣树叶片内游离氨基酸含量显著高于正常叶片,而重度受害的叶片内游离氨基酸含量显著高于中度和轻度受害的叶片。可见枣树叶片受到绿盲蝽危害后,游离氨基酸含量随危害程度的加重呈现递增趋势。

表 1 不同受害程度下枣树叶片中可溶性糖、可溶性蛋白和游离氨基酸的含量比较(mg/g, Mean±SE)

Table 1 The contents of soluble sugar, protein and amino acid in jujube leaves damaged by *Apolygus lucorum* at different degrees

受害程度 Degree of damage	可溶性糖 Soluble sugar	蛋白质 Protein	氨基酸 Amino acid
CK	22.73±0.13 b	2.22±0.16 a	2.01±0.02 c
轻 Mild	42.69±6.22 a	1.97±0.05 a b	2.44±0.16 b
中 Moderate	17.80±1.92 b	1.41±0.25 b	2.53±0.03 b
重 Serious	21.28±0.56 b	1.29±0.27 b	2.90±0.04 a

同一列数据后小写字母不同表示不同受害程度间在 $P<0.05$ 水平差异显著

2.2 被害枣树叶片中超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)活性的比较

3 种受害程度不同的枣树叶片 SOD、POD 和 CAT 活性的测定结果以及多重比较结果见表 2。枣树叶片受绿盲蝽不同程度危害后,SOD 活性发生了变化,随着受害程度的加重,SOD 的活性先升高,后减低。多重比较的结果显示,轻度受害的枣叶 SOD 的活性显著高于正常叶片、中度和重度受害的枣叶中 SOD 的活性,这说明 SOD 活性提高仅反映在轻度受害的叶片,而中度和重度受害的叶片与正常叶片没有显著差异。枣树叶片在受绿盲蝽不同程度危害后,POD 活性发生了变化,并随受害程度的加重呈上升趋势。多重比较的结果显示,在轻度、中度和重度受害的枣叶中 POD 的活性均显著高于正常叶片,在重度受害的叶片中 POD 的活性显著高于轻度受害的叶片,但显著低于中度受害的叶片,表明,重度受害叶片中 POD 的活性出现降低趋势。在受绿盲蝽不同程度危害后,不同受害程度枣树叶片中 CAT 的活性之间以及它们与未受害枣树叶片中 CAT 的活性之间均未达到显著性差异水平,表明,叶片受害与其 CAT 的活性无明显关系。

表 2 不同受害程度下枣树叶片中超氧化物歧化酶、过氧化物酶和过氧化氢酶的活性比较(U/g, Mean±SE)

Table 2 The activities of SOD, POD and CAT in jujube leaves damaged by *Apolygus lucorum* at different degrees

受害程度 Degree of damage	超氧化物歧化酶 SOD	过氧化物酶 POD	过氧化氢酶 CAT
CK	107.34±6.53 b	6174.54±91.86 d	20.01±1.38 a
轻	150.45±7.31 a	13146.93±209.20 c	25.41±3.64 a
中	100.00±5.35 b	17479.84±372.97 a	23.05±0.17 a
重	80.09±4.09 b	14872.26±283.29 b	21.54±1.72 a

3 讨论

在长期协同进化过程中,植物与昆虫的相互作用关系复杂而又微妙,植物受到害虫的危害后不是被动受

害,而是主动、积极地产生一系列生理生化反应,以寻求最适的生存对策^[17],如产生影响昆虫生长发育的化学物质,减少昆虫对自身的危害^[18]。本文通过研究受绿盲蝽不同危害程度的枣树叶片内营养物质含量的变化和防御性酶活性的变化,初步探讨了受绿盲蝽危害的枣树体内新陈代谢变化,以了解寄主植物的防御性反应,为应用寄主植物抗性治理绿盲蝽提供依据。

任何一种昆虫都有一定的营养要求,当植物的营养物质处于昆虫最适需要范围之外时,植物的营养性状被看作是一种潜在抗性因素^[19]。可溶性糖不仅是高等植物的主要光合产物,而且是碳水化合物代谢和暂时储藏的主要形式,在植物代谢中占有重要地位,是植物体内一种重要的抗逆调节物质,与植物抗虫性存在密切联系^[20-21]。植物组织中所含的糖过高或过低不利于昆虫的生长发育,高的可溶性糖含量可以提高植物体自身的抗性水平^[22]。本研究中,随着绿盲蝽危害程度的加重,枣树叶片内可溶性糖含量先升高,后下降,推测可能是绿盲蝽危害初期,枣树叶片通过提高可溶性糖含量来抵抗绿盲蝽的危害,但随着绿盲蝽的进一步危害,抑制了可溶性糖的合成,其具体的机理有待进一步研究。

蛋白质代谢是连接植物体内三大代谢的纽带,在植物抗逆生理中具有重要作用^[23]。本研究中,受绿盲蝽中度危害的枣树叶中蛋白含量显著下降,推测可能是绿盲蝽危害初期,枣树叶片并没对绿盲蝽的危害产生应激反应,随着绿盲蝽的继续危害,枣叶通过降低蛋白质含量来抵抗绿盲蝽的危害这与雒珺瑜等研究结果一致,蛋白质含量与绿盲蝽抗性存在显著负相关性^[24]。造成蛋白含量下降的可能原因是绿盲蝽的刺吸危害使得蛋白的合成遭到阻碍或加速了蛋白的降解,具体机理有待进一步探讨。

游离氨基酸与寄主植物抗性之间存在密切联系^[25],本研究中,随着绿盲蝽受害程度的加重,枣树叶中游离氨基酸含量呈上升趋势,这与贺文婷等研究结果一致,在逆境条件下蛋白酶的活性增加,能加速蛋白质降解,增加游离氨基酸的含量^[26]。绿盲蝽利用刺吸式口器对枣树叶片刺吸危害,作为一个外界逆境压力,能诱导枣树体内蛋白酶的活性增加,从而引起蛋白质降解速度加快,游离氨基酸的含量升高。Koyama K 等研究表明,植物组织中游离氨基酸过高不利于昆虫的生长发育^[21]。因此,枣树叶片可能通过增加体内游离氨基酸的含量提高自身的抗性。

Fridovich 自由基学说^[27]认为,逆境条件下植物体内存在膜保护系统,能够清除体内多余的自由基,其活性氧自由基代谢是一个动态的变化过程,这一保护酶系统实际上是一个抗氧化系统,它由许多酶和还原型物质组成,其中 SOD、POD、CAT 是主要的抗氧化酶。谭永安等研究证明,植物受害虫危害胁迫后 SOD、POD 和 CAT 活性上升^[28]。本研究表明,在轻度受害的枣叶中,SOD 和 POD 酶活性显著升高,这可能是由于在受害初期枣树体内对绿盲蝽危害胁迫产生的一种代谢调节作用,通过增加 SOD 和 POD 活性来提高自身的抗性。中度和重度受害的枣叶中 SOD 活性显著低于轻度受害的枣叶与正常叶片没有显著差异,在重度受害的叶片中 POD 的活性显著高于轻度受害的叶片,但显著低于中度受害的叶片,说明重度受害叶片中 POD 的活性呈现出降低趋势。随着危害程度的加重 SOD 和 POD 活力出现下降推测可能是活性氧和抗氧化系统之间的平衡可能被打破,从而损伤膜结构并抑制酶的活性;不同受害程度枣树叶片中 CAT 的活性之间以及它们与未受害枣树叶片中 CAT 的活性之间均未达到显著性差异水平,表明叶片受害与其 CAT 的活性无明显关系。通过多重比较的结果可以看出,在绿盲蝽危害期间,SOD、POD 和 CAT 酶活性处于一个动态变化的过程,其中枣树叶片中 POD 活性变化与绿盲蝽危害胁迫之间相关性最为显著这与毛红等^[11]的研究结果一致,棉叶中 POD 活性变化与绿盲蝽危害胁迫之间具有一定相关性。在枣树保护性酶防御系统中 POD 起主要作用,SOD 次之,而 CAT 与绿盲蝽危害胁迫无明显关系。

本文研究了受绿盲蝽危害程度不同的枣树叶内生理代谢指标的变化情况,枣树叶内营养物质的含量、防御性酶活性随危害的加重发生了不同程度的变化,说明枣树叶片对绿盲蝽的危害进行了应激反应,这种营养物质含量的变化以及酶活性的变化与寄主植物的抗虫性之间是否存在相关性,尚待进一步研究。

References:

- [1] Lu Y H, Wu K M. The Cotton Mirids and Its Control. Beijing: Golden Shield Press, 2008: 29-31.

- [2] Zhang L W, Bo L X, Han Z J, Shu C E, Dong S L. Composition of pests and natural enemies and dynamics of dominant groups in transgenic Bt cotton fields. *Cotton Science*, 2005, 17(4): 222-226.
- [3] Men X Y, Ge F, Edwards C A, Yardim E N. The influence of pesticide applications on *Helicoverpa armigera* Hübner and sucking pests in transgenic Bt cotton and non-transgenic cotton in China. *Crop Protection*, 2005, 24(4): 319-324.
- [4] Wu K, Li W, Feng H, Guo Y. Seasonal abundance of the mirids, *Lygus lucorum* and *Adelphocoris* spp. (Hemiptera: Miridae) on Bt cotton in northern China. *Crop Protection*, 2002, 21(10): 997-1002.
- [5] Sun H R, Yu J J, Hu G Q. Damage and control of *Lygus lucorum* in jujube. *The Journal of Hebei Forestry Science and Technology*, 2006, (6): 63-63.
- [6] Zhang N Q, Yu L C, Li H M. Occurrence, damage and synthetic control of *Lygus lucorum* in the fruit tree. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2007, 35(35): 11409-11410.
- [7] Liu Y Q, Wu K M, Xue F S. Progress on the studies of Miridae resistance management. *Entomological Journal of East China*, 2007, 16(2): 141-148.
- [8] Xu W H, Wang R M, Lin F G, Zang H. Host plants, transfer law and ecological distribution of cotton plant bugs as well as their fitness to hosts. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2007, 19(12): 45-50.
- [9] Haukioja E, Neuvonen S. Theories of plant chemical defense in trees. *Annual Review of Entomology*, 1990, 36(1): 25-42.
- [10] Wei S Y, Xiao L B, Tan Y A, Zhao H X, Bai L X. Changes of physiological indices of host plants infested by *Lygus lucorum* Meyer-Dür (Hemiptera: Miridae). *Acta Phytophylacica Sinica*, 2010, 37(4): 359-364.
- [11] Mao H, Chen H, Liu X X, Zhang Q W. Effects of *Apolygus lucorum* feeding and mechanical damage on defense enzyme activities in cotton leaves. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2011, 48(5): 1431-1436.
- [12] Zhao W X, Jiang H B, Zhang L X, Zhu D. Research on extraction and determination of polysaccharides from *Dioscorea opposita* Thunb. *Journal of Baoji University of Arts and Sciences: Natural Science Edition*, 2010, 30(3): 34-38.
- [13] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 1976, 72(1/2): 248-254.
- [14] Zou Q. *Techniques of Plant Physiological and Biochemistry Experiment*. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1995: 59-99.
- [15] Hammerschmidt R, Nuckles E M, Kuc J. Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium*. *Physiological Plant Pathology*, 1982, 20(1): 73-76.
- [16] Yang L F, Pang J, Peng X L, Yan J J. Measurement of catalase activity in plants by ultraviolet spectrophotometry. *Modern Agricultural Sciences and Technology*, 2009, (20): 364-366.
- [17] Briston C M. Host development offers new insight into insect plant interaction. *Trends in Ecology and Evolution*, 1989, 5(4): 123-124.
- [18] He W, Li H Y, Duan J G, Li X. Plant systemic acquired resistance to insect and a cross-talk between pathogen and insect resistance signal molecules. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2005, 32(4): 425-430.
- [19] Li Y Z, Zheng Z L, Xie Z F. Relationship between chemicals in chestnut buds and chestnut gall wasp resistance. *Entomological Journal of East China*, 2006, 15(1): 13-16.
- [20] Tan G Q, Yan Z L, Wei L L. Effect of cadmium stress on the contents of tannin, soluble sugar and protein in *Kandelia candel* (L.) Druce seedlings. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(10): 3366-3370.
- [21] Koyama K, Mitsubashi J. Rearing of the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* Horvath (Hemiptera: Delphacidae) on a synthetic diet. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 1980, 24(2): 117-119.
- [22] Li J B, Fang L H, Lü Z Z, Zhang Z. Relationships between the cotton resistance to the cotton aphid (*Aphis gossypii*) and the content of soluble sugars. *Plant Protection*, 2008, 34(2): 26-30.
- [23] Chen J M, Yu X P, Chen J A, Lü Z X, Xu H X. The changes of physiological indexes of different rice varieties after infestation by brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stal). *Acta Phytophylacica Sinica*, 2003, 30(3): 225-230.
- [24] Luo J Y, Cui J J, Wang C Y, Xin H J, Zhang S, Lü L M. Relationship between the contents of protein, soluble sugar and anthocyanidins in cotton leaf and their resistance to *Apolygus lucorum* Meyer-Dür. *Journal of Northwest A and F University: Natural Science Edition*, 2011, 39(8): 75-79.
- [25] Febvay G, Bonnin J, Rahbé Y, Delrot S, Bonnemain J L. Resistance of different lucerne cultivars to the pea aphid *Acyrtosiphon pisum*; influence of phloem composition on aphid fecundity. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1988, 48(2): 127-134.
- [26] He W T, Peng D L. Physiological and biochemical response of plant to nematode stress. *Plant Protection*, 2007, 32(2): 11-15.
- [27] Fridovich I. *Free Radical in Biology*. New York: Academic Press, 1976, (1): 239-277.
- [28] Tan Y A, Bo L X, Xiao L B, Wei S Y, Zhao H X. Herbivore stress by *Lygus lucorum* inducing protective enzyme activity and MDA content on different cotton varieties. *Cotton Science*, 2010, 22(5): 479-485.

参考文献:

- [1] 陆宴辉, 吴孔明. 棉花盲椿象及其防治. 北京: 金盾出版社, 2008: 29-31.
- [2] 张龙娃, 柏立新, 韩昭君, 束春娥, 董双林. 转 Bt 基因棉田害虫和天敌组成及优势类群时序动态. 棉花学报, 2005, 17(4): 222-226.
- [5] 孙焕荣, 于金俊, 胡国庆. 绿盲蝽在枣树上的危害及防治. 河北农业科技, 2006, (6): 63-63.
- [6] 张乃芹, 于凌春, 李红梅. 绿盲蝽在果树上的发生·危害及综合防治. 安徽农业科学, 2007, 35(35): 11409-11410.
- [7] 刘仰青, 吴孔明, 薛芳森. 盲蝽象抗药性治理的研究进展. 华东昆虫学报, 2007, 16(2): 141-148.
- [8] 徐文华, 王瑞明, 林付根, 刘标, 臧慧. 棉盲蝽的寄主种类、转移规律、生态分布与寄主的适合度. 江西农业学报, 2007, 19(12): 45-50.
- [10] 魏书艳, 肖留斌, 谭永安, 赵洪霞, 柏立新. 不同寄主受绿盲蝽危害后生理代谢指标的变化. 植物保护学报, 2010, 37(4): 359-364.
- [11] 毛红, 陈瀚, 刘小侠, 张青文. 绿盲蝽取食与机械损伤对棉花叶片内防御性酶活性的影响. 应用昆虫学报, 2011, 48(5): 1431-1436.
- [12] 赵卫星, 姜红波, 张来新, 朱丹. 山药多糖的提取测定研究. 宝鸡文理学院学报: 自然科学版, 2010, 30(3): 34-38.
- [14] 邹琦. 植物生理生化实验指导. 北京: 中国农业出版社, 1995: 59-99.
- [16] 杨兰芳, 庞静, 彭小兰, 闫静静. 紫外分光光度法测定植物过氧化氢酶活性. 现代农业科技, 2009, (20): 364-366.
- [18] 何伟, 李红玉, 段建功, 李欣. 植物对虫害的系统获得性抗性及其抗虫与抗病信号途径间的相互作用. 植物保护学报, 2005, 32(4): 425-430.
- [19] 李奕震, 郑柱龙, 谢治芳. 板栗芽内化学物质与抗栗瘿蜂的关系. 华东昆虫学报, 2006, 15(1): 13-16.
- [20] 谭光球, 严重玲, 韦莉莉. 秋茄幼苗叶片单宁、可溶性糖和脯氨酸含量对 Cd 胁迫的响应. 生态学报, 2006, 26(10): 3366-3370.
- [22] 李进步, 方丽华, 吕昭智, 张铮. 棉花抗蚜性与可溶性糖含量的关系. 植物保护, 2008, 34(2): 26-30.
- [23] 陈建明, 俞晓平, 程家安, 吕仲贤, 徐红星. 不同水稻品种受褐飞虱危害后体内生理指标的变化. 植物保护学报, 2003, 30(3): 225-230.
- [24] 雒珺瑜, 崔金杰, 王春义, 辛惠江, 张帅, 吕丽敏. 棉花叶片蛋白质、可溶性糖和花青素含量及其与绿盲蝽抗性的关系. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2011, 39(8): 75-79.
- [26] 何文婷, 彭德良. 植物对线虫胁迫的生理生化响应机制. 植物保护, 2007, 32(2): 11-15.
- [28] 谭永安, 柏立新, 肖留斌, 魏书艳, 赵洪霞. 绿盲蝽危害对棉花防御性酶活性及丙二醛含量的诱导. 棉花学报, 2010, 22(5): 479-485.

CONTENTS

Conservation strategies for <i>Ulmus elongata</i> based on the analysis of biological and ecological factors	GAO Jianguo, ZHANG Yi, WU Yuhuan, et al (5287)
Vertical distribution of methanogen community structures in <i>Phragmites australis</i> marsh soil in the Min River estuary	SHE Chenxing, TONG Chuan (5299)
Energy balance closure and its effects on evapotranspiration measurements with the eddy covariance technique in a cropland	LIU Du, LI Jun, YU Qiang, TONG Xiaojuan, et al (5309)
Effects of soil water potential on the growth and physiological characteristics of <i>Populus tomentosa</i> pulpwood plantation under subsurface drip irrigation	XI Benye, WANG Ye, DI Nan, et al (5318)
Physiological indices of leaves of jujube (<i>Zizyphus jujuba</i>) damaged by <i>Apolygus lucorum</i>	GAO Yong, MEN Xingyuan, YU Yi, et al (5330)
Economic analysis of wetland resource protection: a case study of Beijing Wild Duck Lake	WANG Changhai, CUI Lijuan, MA Muyuan, et al (5337)
Comparative studies on the farmers' willingness to accept eco-compensation in wetlands nature reserve	WANG Changhai, CUI Lijuan, MAO Xufeng, et al (5345)
Remote sensing estimation models of <i>Suaeda salsa</i> biomass in the coastal wetland	FU Xin, LIU Gaohuan, HUANG Chong, LIU Qingsheng (5355)
Effects of N addition on soil organic carbon components in an alpine meadow on the eastern Qinghai-Tibetan Plateau	ZHENG Jiaojiao, FANG Huajun, CHENG Shulan, et al (5363)
Estimating carbon emissions from forest fires during 2001 to 2010 in Daxing'anling Mountain	HU Haiqing, WEI Shujing, SUN Long (5373)
Predicting the effects of soil water potential on the growth of cut lily	DONG Yongyi, LI Gang, AN Dongsheng, et al (5387)
Rain enrichment-accelerated carbon emissions from soil in a <i>Nitraria sphaerocarpa</i> community in hyperarid region	LIU Dianjun, WU Bo, LI Yonghua, et al (5396)
Response of soil organic carbon sequestration to the "Grain for Green Project" in the hilly Loess Plateau region	XU Mingxiang, WANG Zheng, ZHANG Jin, et al (5405)
Temporal and spatial variability in soil respiration in five temperate forests in Xiaoxing'an Mountains, China	SHI Baoku, JIN Guangze, WANG Zhaoyang (5416)
Distributions pattern of phosphorus, potassium and influencing factors in the upstream of Shule river basin	LIU Wenjie, CHEN Shengyun, HU Fengzu, et al (5429)
COI1 is involved in jasmonate-induced indolic glucosinolate biosynthesis in <i>Arabidopsis thaliana</i>	SHI Lu, LI Mengsha, WANG Lihua, et al (5438)
Modeling canopy rainfall interception of a replanted <i>Robinia pseudoacacia</i> forest in the Loess Plateau	WANG Yanping, WANG Li, WEI Sanping (5445)
The differences of plant community diversity among the different altitudes in the Water-Level-Fluctuating Zone of the Three Gorges Reservoir	LIU Weiwei, WANG Jie, WANG Yong, et al (5454)
Low-frequency drought variability based on SPEI in association with climate indices in Beijing	SU Hongxin, LI Guangqi (5467)
Response of upland jujube tree trunk diameter to different ecological factors	ZHAO Ying, WANG Youke, HAN Lixin, et al (5476)
The spatial distribution and seasonal dynamics of fine roots in a young <i>Caragana korshinskii</i> plantation	ZHANG Fan, CHEN Jianwen, WANG Mengben (5484)
Interspecific segregation of species in tree and shrub layers of the <i>Pinus bungeana</i> Zucc. ex Endl. community in the Wulu Mountains, Shanxi Province, China	WANG Lili, BI Runcheng, YAN Ming, et al (5494)
Effects of long-term fertilization on soil microbial biomass carbon and nitrogen and enzyme activities during maize growing season	MA Xiaoxia, WANG Lianlian, LI Qinghui, et al (5502)
A model to predict dry matter accumulation dynamics in wheat based on the normalized method	LIU Juan, XIONG Shuping, YANG Yang, et al (5512)
Optimization strategies and an aesthetic evaluation of typical plant communities in the Shanghai Green Belt	ZHANG Kaixuan, LING Huanran, DA Liangjun (5521)
Carbon footprint evaluation research on the tourism transportation system at tourist attractions; a case study in Hengshan	DOU Yindi, LIU Yunpeng, LI Bohua, et al (5532)
An urban ecosystem assessment method and its application	SHI Huichun, LIU Wei, HE Jian, et al (5542)
Seasonal variations in distribution and biological characteristics of snailfish <i>Liparis tanakae</i> in the central and southern Yellow Sea	ZHOU Zhipeng, JIN Xianshi, SHAN Xiujuan, et al (5550)
Effects of cyanobacterial accumulation and snail grazing on the growth of <i>vallisneria natans</i>	HE Hu, HE Yuhong, JI Yachan, et al (5562)
The structure and thermal insulation capability of <i>Mustela sibirica manchurica</i> winter pelage in Heilongjiang Province	LIU Yu, ZHANG Wei (5568)
Ontogenetic shifts in selected body temperature and thermal tolerance of the tiger frog, <i>Hoplobatrachus chinensis</i>	FAN Xiaoli, LEI Huanzong, LIN Zhihua (5574)
The influence of tubificid worms bioturbation on organic phosphorus components and their vertical distribution in sediment of Lake Taihu	BAI Xiuling, ZHOU Yunkai, ZHANG Lei (5581)
Review and Monograph	
Research advances in ecological assessment of urban greenspace	MAO Qizheng, LUO Shanghua, MA Keming, et al (5589)
Ecological hot topics in global change on the 2 nd International Young Ecologist Forum	WAN Yun, XU Lili, GENG Qifang, et al (5601)
Scientific Note	
Screening trial for the suitable plant species growing on sand dunes in the alpine valley and its recovery status in the Yarlung Zangbo River basin of Tibet, China	SHEN Weishou, LI Haidong, LIN Naifeng, et al (5609)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 17 期 (2012 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 17 (September, 2012)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元