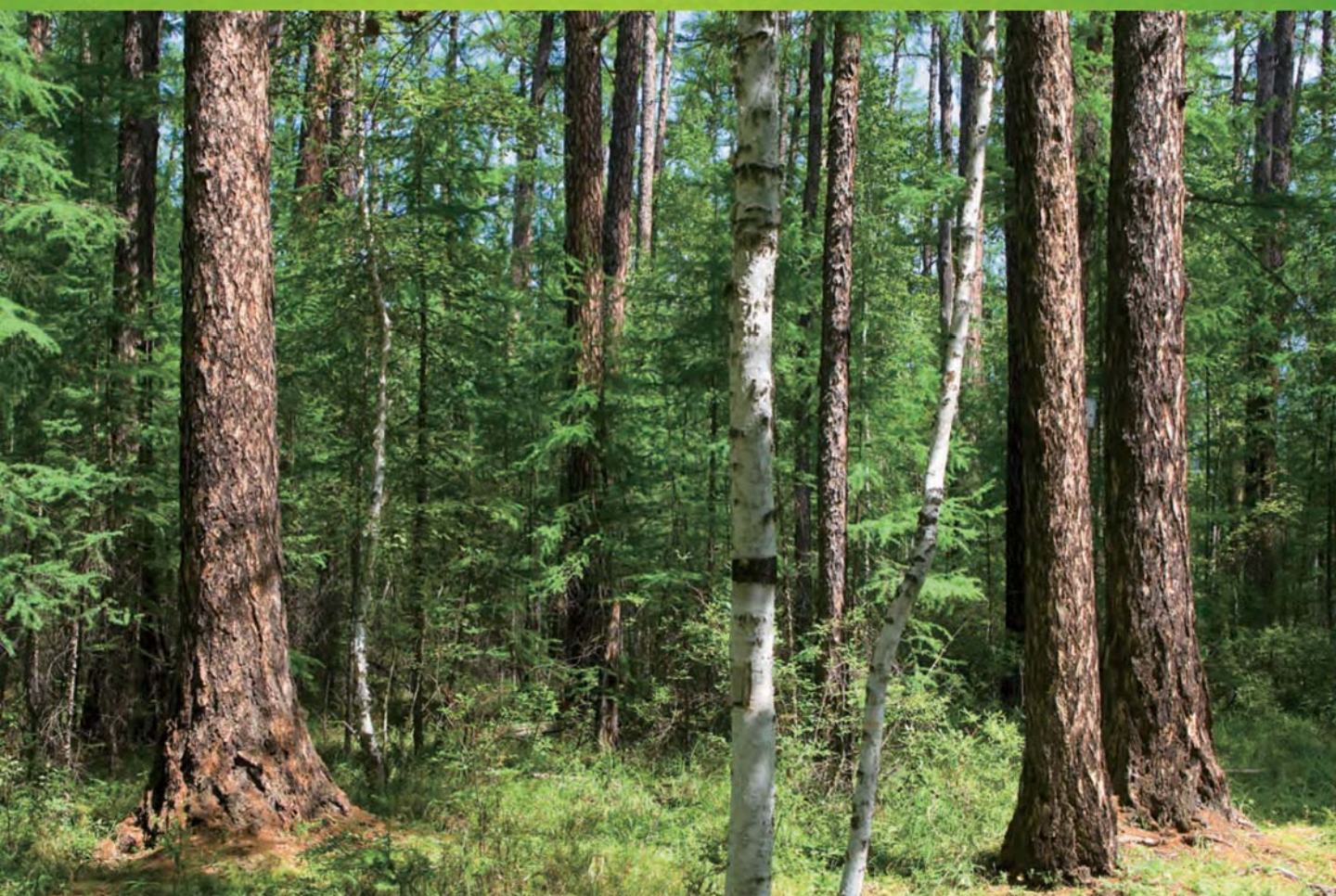


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第33卷 第23期 Vol.33 No.23 **2013**

中国生态学会
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 33 卷 第 23 期 2013 年 12 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 基于树干液流技术的北京市刺槐冠层吸收臭氧特征研究..... 王 华, 欧阳志云, 任玉芬, 等 (7323)
- 三疣梭子蟹增殖过程对野生种群的遗传影响——以海州湾为例..... 董志国, 李晓英, 张庆起, 等 (7332)
- 土壤盐分对三角叶滨藜抗旱性能的影响..... 谭永芹, 柏新富, 侯玉平, 等 (7340)
- 南美斑潜蝇为害对黄瓜体内 4 种防御酶活性的影响..... 孙兴华, 周晓榕, 庞保平, 等 (7348)

个体与基础生态

- 模拟氮沉降对华西雨屏区苦竹林凋落物养分输入量的早期影响..... 肖银龙, 涂利华, 胡庭兴, 等 (7355)
- 茎瘤芥不同生长期植株营养特性及其与产量的关系..... 赵 欢, 李会合, 吕慧峰, 等 (7364)
- 雷竹覆盖物分解速率及其硅含量的变化..... 黄张婷, 张 艳, 宋照亮, 等 (7373)
- 渍水对油菜苗期生长及生理特性的影响..... 张树杰, 廖 星, 胡小加, 等 (7382)
- 广西扶绥黑叶猴的主要食源植物及其粗蛋白含量..... 李友邦, 丁 平, 黄乘明, 等 (7390)
- 氮素营养水平对膜下滴灌玉米穗位叶光合及氮代谢酶活性的影响..... 谷 岩, 胡文河, 徐百军, 等 (7399)
- PFOS 对斑马鱼胚胎及仔鱼的生态毒理效应 夏继刚, 牛翠娟, 孙麓垠 (7408)
- 浒苔干粉末提取物对东海原甲藻和中肋骨条藻的克生作用..... 韩秀荣, 高 嵩, 侯俊妮, 等 (7417)
- 基于柑橘木虱 CO I 基因的捕食性天敌捕食作用评估 孟 翔, 欧阳革成, Xia Yulu, 等 (7430)
- 健康和虫害的红松挥发物对赤松梢斑螟及其寄生蜂寄主选择行为的影响.....
..... 王 琪, 严善春, 严俊鑫, 等 (7437)

种群、群落和生态系统

- 小麦蚕豆间作对蚕豆根际微生物群落功能多样性的影响及其与蚕豆枯萎病发生的关系.....
..... 董 艳, 董 坤, 汤 利, 等 (7445)
- 喀斯特峰丛洼地不同生态系统的土壤肥力变化特征..... 于 扬, 杜 虎, 宋同清, 等 (7455)
- 黄土高原人工苜蓿草地固碳效应评估..... 李文静, 王 振, 韩清芳, 等 (7467)

景观、区域和全球生态

- 粉垄耕作对黄淮海北部土壤水分及其利用效率的影响..... 李轶冰, 逢焕成, 杨 雪, 等 (7478)
- 三峡库区典型农林流域景观格局对径流和泥沙输出的影响..... 黄志霖, 田耀武, 肖文发, 等 (7487)
- 基于 BP 神经网络与 ETM+ 遥感数据的盐城滨海自然湿地覆被分类..... 肖锦成, 欧维新, 符海月 (7496)
- 寒温带针叶林土壤 CH₄ 吸收对模拟大气氮沉降增加的初期响应..... 高文龙, 程淑兰, 方华军, 等 (7505)
- 寒温带针叶林土壤呼吸作用的时空特征..... 贾丙瑞, 周广胜, 蒋延玲, 等 (7516)

黄土高原小麦田土壤呼吸季节和年际变化..... 周小平,王效科,张红星,等 (7525)

不同排放源周边大气环境中 NH₃ 浓度动态..... 刘杰云,况福虹,唐傲寒,等 (7537)

施加秸秆和蚯蚓活动对麦田 N₂O 排放的影响 罗天相,胡 锋,李辉信 (7545)

资源与产业生态

基于水声学方法的天目湖鱼类资源捕捞与放流的生态监测..... 孙明波,谷孝鸿,曾庆飞,等 (7553)

应用支持向量机评价太湖富营养化状态..... 张成成,沈爱春,张晓晴,等 (7563)

研究简报

亚热带 4 种森林凋落物量及其动态特征 徐旺明,闫文德,李洁冰,等 (7570)

青蒿素对蔬菜种子发芽和幼苗生长的化感效应 白 祯,黄 玥,黄建国 (7576)

NO 参与 AM 真菌与烟草共生过程 王 玮,赵方贵,侯丽霞,等 (7583)

基于核密度估计的动物生境适宜度制图方法..... 张桂铭,朱阿兴,杨胜天,等 (7590)

施氮方式对转基因棉花 Bt 蛋白含量及产量的影响 马宗斌,刘桂珍,严根土,等 (7601)

学术信息与动态

未来地球——全球可持续性研究计划..... 刘源鑫,赵文武 (7610)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 292 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 33 * 2013-12



封面图说: 兴安落叶松林景观——中国的寒温带针叶林属于东西伯利亚森林向南的延伸部分,它是大兴安岭北部一带的地带性植被类型,一般可分为落叶针叶林和常绿针叶林两类。兴安落叶松林景观地下部分为棕色森林土,中上部为灰化棕色针叶林土,均呈酸性反应。随着全球气候持续变暖,寒温带针叶林生态系统潜在的巨大碳库将可能成为大气 CO₂ 的重要来源,研究表明,温度是寒温带针叶林生态系统土壤呼吸作用的主要调控因子,对温度的敏感性随纬度升高而增加,根系和凋落物与土壤呼吸作用表现出相似的空间变异性。

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

DOI: 10.5846/stxb201209121285

孙兴华,周晓榕,庞保平,孟庆玖.南美斑潜蝇为害对黄瓜体内 4 种防御酶活性的影响.生态学报,2013,33(23):7348-7354.

Sun X H, Zhou X R, Pang B P, Meng Q J. Effects of *Liriomyza huidobrensis* infestation on the activities of four defensive enzymes in the leaves of cucumber plants. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(23): 7348-7354.

南美斑潜蝇为害对黄瓜体内 4 种防御酶活性的影响

孙兴华,周晓榕,庞保平*,孟庆玖

(内蒙古农业大学农学院,呼和浩特 010019)

摘要:植物对昆虫取食产生的防御反应,在昆虫与植物相互作用关系中起着重要的作用。为明确南美斑潜蝇 *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) 取食与植物防御之间的作用关系,分别测定了南美斑潜蝇幼虫持续为害 1、3、5、7 及 9 d 后黄瓜叶片中苯丙氨酸解氨酶(phenylalanine ammonia-lyase, PAL)、多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)、过氧化物酶(peroxidase, POD)及超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)活性的变化。结果表明:在南美斑潜蝇幼虫持续取食下, PAL、PPO、POD 和 SOD 等 4 种酶活性显著上升; PAL、PPO 和 POD 等 3 种酶活性随受害程度的加重而上升幅度加大,即重度受害>轻度受害>系统对照>健康对照,而 SOD 活性变化没有规律。在系统对照黄瓜叶片中, PAL、PPO、POD 和 SOD 等 4 种酶活性最大值分别在第 5、1、5 和 5 天;在轻度受害黄瓜叶片中, PAL、PPO、POD 和 SOD 等 4 种酶活性最大值分别在第 5、9、5 和 9 天;在重度受害黄瓜叶片中, PAL、PPO、POD 和 SOD 等 4 种酶活性最大值分别在第 7、7、5 和 5 天。黄瓜叶片受害后, POD 和 PPO 活性上升幅度较大, PAL 和 SOD 活性上升幅度较小,说明 POD 和 PPO 对取食胁迫响应比 PAL 和 SOD 更灵敏。

关键词:南美斑潜蝇;黄瓜;取食;苯丙氨酸解氨酶;多酚氧化酶;过氧化物酶;超氧化物歧化酶

Effects of *Liriomyza huidobrensis* infestation on the activities of four defensive enzymes in the leaves of cucumber plants

SUN Xinghua, ZHOU Xiaorong, PANG Baoping*, MENG Qingjiu

College of Agriculture, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China

Abstract: The pea leafminer, *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard), is a widely distributed pest of ornamental and vegetable crops from subtropical to temperate regions and can cause economic losses to host plants by both adult and larval infestations. Larval mining in palisade parenchyma tissue reduces the photosynthetic capacity of plants up to 62%, and severely infested leaves may fall. A further damage to leaves is caused by females, which use the ovipositor to make holes in the surfaces of the leaves promoting the production of leaf exudates on which both females and males feed. The defensive responses of plants to insect herbivory play an important part in the interactive relationship between insects and plants. Insects obtain their nourishment from plants. The nutritional quality of plants and the limited availability of various plant parts deter many insects from using plants as a food source. Insects can be prevented from feeding by plant defenses, ranging from physical barriers to toxins and antifeedants. Plants produce a considerable variety of chemicals with roles in defense against herbivory. These chemicals include secondary plant metabolites and some proteins. Plants can produce proteins that play a critical role in defense by targeting the digestive system of insects, thus impairing the ability of the insect to digest and absorb food. These proteins include protease inhibitors and defensive enzymes which are widespread in plants and are inducible by wounding and herbivory. Four main defensive enzymes, including phenylalanine ammonia-lyase

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30960219)

收稿日期:2012-09-12; 修订日期:2013-06-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: pangbp@imau.edu.cn

(PAL), polyphenol oxidase (PPO), peroxidase (POD) and superoxide dismutase (SOD), are key enzymes in the generating process of secondary plant metabolites. However, the interactions between the leafminer and its host plants have been studied mainly on the relationship between host preference of adults and trichomes, volatiles, primary and secondary metabolites in host plants. In order to explore the interaction between *L. huidobrensis* herbivory and plant defense, we investigated the changes in the active levels of these four defensive enzymes in the leaves of cucumber plants that had been continuously feeding by the larvae for 1, 3, 5, 7 and 9 days, respectively. The results indicated that the activities of four enzymes in the leaves of cucumber plants, which had been feeding by the larvae, rose significantly. The magnitude of activity rising of PAL, PPO and POD increased with the increase of damaged levels, i.e. damaged heavily > lightly > systemically > undamaged, but the change of SOD activity were not regular. The maximum activities of PAL, PPO, POD and SOD appeared on the 5th, 1st, 5th and 5th day, respectively, in the systemic controls. They were on the 5th, 9th, 5th and 9th day, respectively, in the damaged-lightly leaves, and on the 7th, 7th, 5th and 5th day, respectively, in the damaged-heavily leaves. The magnitudes of activity increasing of POP and PPO were more than those of PAL and SOD after the leaves had been feeding, which suggests the responses of POP and PPO to insect herbivory are more sensitive than those of PAL and SOD.

Key Words: *Liriomyza huidobrensis*; cucumber; herbivory; phenylalanine ammoniolyase; polyphenol oxidase; peroxidase; superoxide dismutase

植物在生长发育的过程中,经常会遭受到一些植食性昆虫的攻击,严重影响了植物体正常的生长发育,而在植物与害虫长期的协同进化过程中,植物并不是一味的被动受害,而是主动、积极地形成复杂的防卫体系,以寻求最适的生存对策^[1]。当植物受到侵害时,植物细胞中控制物质代谢的各种酶会首先做出相应的反应,尤其是一些次生代谢物质形成过程中的关键酶类,如苯丙氨酸解氨酶(phenylalanine ammoniolyase, PAL)、多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)、过氧化物酶(peroxidase, POD)和超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)作为植物次生代谢过程中的 4 种关键酶,在植物的抗虫防御中起着重要的保护作用^[2]。害虫取食为害对寄主植物体内防御酶活性的影响已有部分报道,如稻飞虱对水稻^[3-4]、绿盲蝽^[5-6]和棉铃虫^[7]对棉花、苜蓿蚜对苜蓿^[8-9]、蚜虫对高粱^[10]、温室白粉虱对黄瓜^[11]、杨扇舟蛾对杨树^[12]及棉铃虫对大豆^[13]等。

南美斑潜蝇 *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) 是一种危害多种蔬菜和观赏植物的检疫性害虫^[14]。目前有关南美斑潜蝇与寄主植物两者之间相互作用关系的研究,主要集中于寄主植物叶片表皮毛、挥发物、营养物质及次生化合物与寄主选择性的关系^[15-19],而有关南美斑潜蝇取食为害对其寄主植物体内防御酶活性影响的研究未见有过报道。因此,本试验通过对南美斑潜蝇幼虫取食诱导后黄瓜叶片中 PAL、POD、PPO 和 SOD 等 4 种酶活性的变化研究,以期进一步了解南美斑潜蝇与其寄主植物相互作用的机理,并从植物诱导抗性角度探索南美斑潜蝇的防治方法,为制订新的害虫综合防治策略提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试植物

选用我国北方地区普遍种植的黄瓜品种津春 4 号。精选无病饱满的种子,浸种催芽后直播于含有育苗基质花盆中,每盆播 3—4 粒种子。待植株长到一片真叶时,每盆选留 2 株置于温室中,待长到 7—8 片真叶时,去掉顶端以防其徒长,备用。

1.2 供试虫源

从呼和浩特东郊金河镇根堡村无公害蔬菜基地黄瓜和菜豆上采集南美斑潜蝇的成虫和蛹,成虫饲养于有盆栽菜豆的养虫笼内,将蛹群集饲养于装有含相对含水量 70% 的蛭石和细沙土混合的烧杯中,分别置于人工智能光照培养箱中(温度 25 ℃,相对湿度 70%—80%,光周期 16L:8D)。在盆栽菜豆上繁殖 1 代后,将 2 代蛹挑出,单头饲养于试管中,管口用湿棉球塞住,以防成虫羽化后逃逸并每天进行保湿。将试管置于上述标准的

人工智能光照培养箱中,培养至羽化,备用。

1.3 不同受害程度黄瓜叶片的获得

以 3 盆健康苗为 1 组放入养虫笼(40 cm×40 cm×50 cm)内,然后将养虫笼放于上述条件的人工智能光照培养箱中。在重度受害处理的植株上选取从上数和从下数第 2 片叶作为系统受害对照,即把叶片用针扎过小孔的保鲜袋套住,防止斑潜蝇产卵为害。健康对照、轻度受害和重度受害处理每笼分别接入 0、20 和 30 对同一天羽化的南美斑潜蝇成虫,7 d 后将黄瓜苗取出,以获取受害程度不同的黄瓜受害苗。重复 3 次。

1.4 南美斑潜蝇为害程度的划分

南美斑潜蝇为害程度(%)= 取样叶片的虫道面积(cm^2)/取样叶片的叶面积(cm^2)×100

分级标准如下:

健康对照 未接虫健康苗;

系统对照 邻近重度受害叶片的未受害叶片;

轻度受害 潜食叶面积小于叶面积的 10%;

重度受害 潜食叶面积大于叶面积的 40%。

1.5 测定方法

每个处理从同一养虫笼 3 盆黄瓜苗(苗龄约 45d)中选取受害程度相近的 2 株,剪取相同受害程度的黄瓜叶片 3—5 片,冲洗表面杂质晾干,然后按照各个测定指标所需的量进行称取,重复 3 次。

PAL 活性测定 参照薛应龙的方法^[20],酶活性单位为 $\Delta\text{OD}_{290} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

PPO 活性测定 参照高俊凤的方法^[21],酶活性单位为 $\Delta\text{OD}_{525} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

POD 活性测定 参照高俊凤的方法^[21],酶活性单位为 $\Delta\text{OD}_{470} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

SOD 活性测定 参照高俊凤的方法^[21],酶活性单位为 $\Delta\text{OD}_{560} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

1.6 数据统计分析

本实验所有数据均采用 SPSS16.0 统计软件进行统计分析,不同处理间差异显著性采用 Duncan 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 南美斑潜蝇幼虫为害对 PAL 活性的影响

由表 1 可知,在同一受害期内,4 种不同程度的虫害处理之间 PAL 活性在整体上差异显著($P<0.05$);同一受害程度处理不同时间之间 PAL 活性也在整体上差异显著($P<0.05$)。系统对照和重度受害 PAL 活性在不同时间均显著地高于健康对照($P<0.05$),轻度受害第 7 和 9 天低于健康对照,其余时间均高于健康对照。随着南美斑潜蝇幼虫持续为害时间的延长,所有处理的 PAL 活性上升,系统对照和轻度受害在第 5 天达到最高值,第 7 天略有下降,第 9 天又回升;重度受害第 7 天达最高值,第 9 天急剧下降。

表 1 南美斑潜蝇幼虫持续取食后黄瓜叶片中 PAL 活性的变化

Table 1 Changes of PAL activity in cucumber leaves after *Liriomyza huidobrensis* larvae feeding continuously

受害程度 Damage level	处理时间 Time/d				
	1	3	5	7	9
健康 U	18.34±2.20(d)d	19.43±3.25(d)c	23.34±1.27(d)a	22.48±2.52(c)b	23.27±1.49(c)a
系统 S	19.26±2.01(b)d	23.26±3.11(b)c	26.26±3.61(b)a	24.39±0.71(b)b	26.24±3.01(a)a
轻度 L	22.03±1.43(a)c	21.88±2.09(c)d	24.63±2.05(c)a	21.50±1.21(d)e	22.73±3.47(d)b
重度 H	18.92±3.02(c)e	23.73±2.82(a)d	26.53±2.32(a)b	29.99±2.08(a)a	24.03±2.04(b)c

表中数据为平均值±标准误;数据后括号内字母表示相同时间不同处理的差异显著性,数据后括号外字母表示相同处理不同时间的差异显著性;根据邓肯氏新复极差检验,字母不同者为差异显著($P<0.05$);U: 健康对照 Undamaged control;S: 系统对照 Systematic control;L: 轻度受害 Lightly damaged;H: 重度受害 Highly damaged

2.2 南美斑潜蝇幼虫为害对 PPO 活性的影响

由表 2 可知,在同一受害期内,4 种不同程度的虫害处理之间 PPO 活性在整体上差异显著($P<0.05$);同一受害程度处理不同时间之间 PPO 活性也在整体上差异显著($P<0.05$)。除第 5 天重度受害 PPO 活性低于轻度受害外,其余时间均是重度受害>轻度受害>系统对照>健康对照。随着受害程度的加深,PPO 活性变化幅度加大。健康对照 PPO 活性变化幅度较小,第 3 和 5 天略高。系统对照 PPO 活性第 1 天最高,然后下降,第 5 天达最低值,第 7 天又开始回升。轻度受害处理 PPO 活性第 1 和 3 天较低,第 3 天后快速上升,第 5 天后上升幅度较小。重度受害处理 PPO 活性变化较大,第 5 天达最低值,然后急剧上升。

表 2 南美斑潜蝇幼虫持续取食后黄瓜叶片中 PPO 活性的变化

Table 2 Changes of PPO activity in cucumber leaves after *Liriomyza huidobrensis* larvae feeding continuously

受害程度 Damage level	处理时间 Time/d				
	1	3	5	7	9
健康 U	19.17±1.07(d)b	19.63±1.53(d)a	19.77±1.69(d)a	19.10±1.09(d)b	18.97±0.87(d)b
系统 S	24.07±3.19(c)b	21.63±2.49(c)c	20.37±3.24(c)d	20.53±2.72(c)d	23.33±1.29(c)a
轻度 L	25.43±2.12(b)d	24.20±2.66(b)e	31.43±4.12(a)c	32.33±3.48(b)b	33.17±2.33(b)a
重度 H	30.17±1.22(a)d	32.70±3.21(a)c	28.23±3.15(b)e	44.73±4.09(a)a	43.47±3.08(a)b

2.3 南美斑潜蝇幼虫为害对 POD 活性的影响

由表 3 可知,在同一受害期内,4 种不同程度的虫害处理之间 POD 活性在整体上差异极显著($P<0.01$);同一受害程度处理不同时间之间 POD 活性也在整体上差异极显著($P<0.01$)。除第 9 天轻度受害 POD 活性最低外,其余时间均是随着受害程度的加深,POD 活性升高,即重度受害>轻度受害>系统对照>健康对照。健康对照和系统对照 POD 活性变化幅度较小,而轻度受害和重度受害 POD 变化幅度较大。所有处理均是在第 5 天达最高值。

表 3 南美斑潜蝇幼虫持续取食后黄瓜叶片中 POD 活性的变化

Table 3 Changes activity of POD in cucumber leaves after *Liriomyza huidobrensis* larvae feeding continuously

受害程度 Damage level	处理时间 Time/d				
	1	3	5	7	9
健康 U	31.20±2.21(c)d	31.20±1.25(c)d	35.47±2.46(c)a	33.47±1.41(d)b	32.17±2.36(c)c
系统 S	34.47±2.03(b)b	34.47±3.15(b)b	36.00±3.06(c)a	34.57±2.53(c)b	34.37±1.06(b)b
轻度 L	34.87±2.53(b)c	34.90±2.32(b)c	40.77±1.35(b)a	38.73±0.83(b)b	27.87±3.03(d)d
重度 H	48.67±1.81(a)c	58.77±1.38(a)b	63.33±0.93(a)a	49.00±1.46(a)c	44.23±2.73(a)d

2.2.4 南美斑潜蝇幼虫为害对 SOD 活性的影响

由表 4 可知,在同一受害期内,4 种不同程度的虫害处理之间 SOD 活性在整体上均存在极显著差异($P<0.01$),除第 5 天系统对照 SOD 活性最高外,其余处理均是重度受害 SOD 活性最高;除第 9 天系统对照 SOD 活性与轻度受害差异不显著外,其余时间均是系统对照 SOD 活性高于轻度受害。除健康对照 SOD 活性在不

表 4 南美斑潜蝇幼虫持续取食后黄瓜叶片中 SOD 活性的变化

Table 4 Changes of SOD activity in cucumber leaves after *Liriomyza huidobrensis* larvae feeding continuously

受害程度 Damage level	处理时间 Time/d				
	1	3	5	7	9
健康 U	30.88±1.26(c)a	30.93±0.28(b)a	30.68±0.62(c)a	30.05±0.26(c)a	30.13±1.67(c)a
系统 S	32.47±2.10(b)e	33.23±3.17(a)c	41.47±1.08(a)a	38.43±4.10(b)b	33.07±2.98(b)d
轻度 L	31.28±1.09(c)b	24.58±2.09(c)c	21.16±3.52(d)d	24.96±3.32(d)c	34.09±3.53(b)a
重度 H	38.18±0.22(a)c	32.94±3.21(a)e	35.16±2.70(b)d	40.89±2.70(a)b	55.69±2.19(a)a

同时时间差异不显著外($P=0.681$),其余处理不同时间之间 SOD 活性也在整体上差异极显著($P<0.01$)。南美斑潜蝇幼虫为害后,系统对照 SOD 活性逐渐上升,第 5 天达最高值后逐渐下降;轻度受害 SOD 活性逐渐下降,第 3 天达最低值后又逐渐上升;重度受害 SOD 活性在第 3 天下降后逐渐上升。

3 讨论

植物在受到病虫害的侵害时,通常会诱导产生某些自身防御酶系来对其进行化学抵御,以维持自身的生存^[2]。本文研究表明,南美斑潜蝇幼虫取食为害可诱导寄主植物叶片内 PAL、PPO、POD 和 SOD 等 4 种防御酶活性上升,受害程度越重上升幅度越大,而且诱导作用是系统性的。绿盲蝽^[5-6]、苜蓿蚜^[8-9]、高粱蚜^[10]及温室白粉虱^[11]取食为害均导致其寄主植物体内 PAL、PPO 和 POD 活性上升,与本文研究结果一致,但上述研究均未研究诱导效果是否具有系统性。刘裕强等研究表明^[3],褐飞虱刺吸取食诱导植株体内脂氧合酶(lipoxidase, LOX)、脂氢过氧化物裂解酶(hydroperoxide lyase, HPL)、苯丙氨酸解氨酶(PAL)的活性均显著升高,褐飞虱刺吸对 PAL 的影响是系统性的,而对 LOX 的影响则仅局限于褐飞虱刺吸部位的茎秆中。张金锋和薛庆中研究表明^[4],受白背飞虱为害后,稻株体内的 SOD 活性增加、过氧化氢酶(catalase, CAT)活性下降,POD 活性变化在抗虫和感虫材料中有差异,前者活性增加,后者下降;受褐飞虱为害后, SOD 活性增加, CAT 和 POD 活性在抗虫材料中下降,而在感虫材料中增加;其为害造成的抗虫材料 SOD 活性增长率和感虫材料 CAT 活性下降率均比白背飞虱高。综上所述,目前绝大多数研究表明,害虫取食为害可诱导寄主植物体内 PAL、PPO、POD 和 SOD 等防御酶活性上升,从而可能对害虫产生不利的影响。

苯丙氨酸解氨酶(PAL)是苯丙烷类代谢途径中的关键酶和限速酶^[22],在此代谢过程可产生酚类物质、木质素、植保素和阿魏酸等物质的合成,这些物质对植物的生长发育和防御病虫害的攻击有着重要作用^[23]。有实验证明,昆虫取食可诱导酚类物质的合成^[24]。本研究表明(表 1),南美斑潜蝇幼虫为害导致黄瓜叶片中 PAL 活性显著上升,诱导产生更多的单宁和黄酮等酚类物质,从而可能对南美斑潜蝇取食和生长发育产生不利的影响。这与寄主选择性的研究结果相一致,南美斑潜蝇不喜欢在单宁和黄酮等酚类物质含量高的寄主植物上产卵和取食^[15,18]。

多酚氧化酶(PPO)在植物的防御机制中发挥了重要的作用。在昆虫取食过程中,它能促进醌类等各种氧化酚类化合物的合成,这些物质会将食物蛋白中的必需氨基酸烷基化,进而产生一定的毒性,从而达到抵御病虫害的作用^[25]。本文研究表明(表 2),在黄瓜叶片受到南美斑潜蝇幼虫取食为害后, PPO 活性随着受害程度的增加而增加,而且与其他 3 种酶相比, PPO 活性上升幅度最大,特别是在第 7 天和 9 天重度受害叶片中 PPO 活性是健康对照的 1 倍以上,说明 PPO 对害虫为害更敏感。

植物受到病虫害为害时会产生大量的活性氧(reactive oxygen, ROS),多余的活性氧会影响植物正常的生理活动。在植物正常代谢过程中,植物体内的抗氧化酶系统和非酶抗氧化系统会及时清除某些活性氧类,从而避免了由活性氧引起的膜脂过氧化作用所造成的细胞膜系统的损伤^[26]。而 POD 和 SOD 作为活性氧清除系统的 2 个关键酶有效抑制了活性氧自由基对植物的损害。SOD 催化超氧自由基($O_2^{\cdot-}$)产生歧化反应,生成毒性较小的 H_2O_2 和 O^{2-} ^[27];POD 能催化酚类物质氧化,在清除 H_2O_2 和 $OH^{\cdot}$ 自由基方面 also 具有重要的防御作用^[28-29]。在这两种酶的相互作用下,细胞内的自由基得以维持在正常水平,从而减轻了自由基对植物的毒害,提高了植物的抗逆能力^[30]。本研究表明(表 3,表 4),在南美斑潜蝇幼虫取食诱导后,系统对照、轻度受害和重度受害叶片中 POD 和 SOD 活性均高于健康对照,并且在第 5 天达最高值。

本文首次对南美斑潜蝇取食诱导后黄瓜叶片中防御酶活性随虫害程度和持续时间的变化进行了初步研究,发现在黄瓜受到南美斑潜蝇幼虫为害时,其叶片中 PAL、PPO、POD 和 SOD 等 4 种酶的活性随着虫害程度的不同和持续时间的延长而变化,但其变化的分子机制有待深入研究。

References:

- [1] Ge F. Stressing role of insects on plants// Wan F H, Xia Y L, eds. Research Advances on Insect Ecology. Beijing: China Science and Technology

- Press, 1992: 87-91.
- [2] Qin J D. Relationship between Plants and Insects: on Interaction Between Insects and Plants and Its Evolution. Beijing: Science Press, 1987: 38-61.
- [3] Liu Y Q, Jiang L, Sun L H, Wang C M, Zhai H Q, Wan J M. Changes in some defensive enzyme activity induced by the piercing-sucking of brown planthopper in rice. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, 2005, 31(6): 643-650.
- [4] Zhang J F, Xue Q Z. The activity dynamics of main protective enzymes in rice plants under feeding stresses of *Sogatella furcifera* and *Nilaparvata lugens*. *Scientia Agricultura Sinica*, 2004, 37(10): 1487-1491.
- [5] Tan Y A, Bai 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.
- [6] 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 Journal of Applied Entomology*, 2011, 48(5): 1431-1436.
- [7] Sha P J, Qi Y F, Lü C, Li X X, Shi X Y, Gao X W. The effects of *Helicoverpa armigera* herbivory on the activity of phenylalanine ammonialyase, lipoxygenase and polyphenol oxidase in cotton seedling leaves. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2012, 49(2): 414-421.
- [8] Liu C Z, Lan J N. Variations of oxidase in the seedling of three alfalfa varieties infested by *Therioaphis trifolii* Monell (Homoptera: Aphididae). *Acta Agrestia Sinica*, 2009, 17(1): 32-35.
- [9] Cheng L, He C G, Hu G X, Wang S S, Zhu Y L. The effects of *Therioaphis trifolii* on the activities of PAL, POD and PPO in five alfalfa varieties. *Plant Protection*, 2009, 35(6): 87-90.
- [10] Zhang L, Chang J, Luo Y. Activity changes of POD, PPO, PAL of the different sorghum genotypes invaded by *Aphis sacchari*, Zehntner. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2005, 21(7): 40-42, 198-198.
- [11] Wang T, Lei G H, Cao C X, Ji C M. Effects of whitefly damage on activities of PAL, PPO and POD of glabrous cucumber in greenhouse. *Shandong Agricultural Sciences*, 2011, (9): 81-84, 87-87.
- [12] Hu Z H, Shen Y B, Wang N N, Wang J F, Zhou Y C, Zhang Z Y. The activities of polyphenol oxidase in *Populus simonii* × *P. pyramidalis* 'Opera 8277' leaves in response to insect herbivory and volatiles exposure. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(10): 5265-5270.
- [13] Felton G W, Bi J L, Summers C B, Mueller A J, Duffey S S. Potential role of lipoxygenases in defense against insect herbivory. *Journal of Chemical Ecology*, 1994, 20(3): 651-666.
- [14] Scheffer S J. Molecular evidence of cryptic species within the *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae). *Journal of Economic Entomology*, 2000, 93(4): 1146-1151.
- [15] Pang B P, Gao J P, Zhou X R, Wang J. Relationship between host plant preference of *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae) and secondary plant compounds and trichomes of host foliage. *Acta Entomologica Sinica*, 2006, 49(5): 810-815.
- [16] Gao J P, Pang B P, Liu H, Meng R X. Relationship between host selectivity of *Liriomyza huidobrensis* on tomatoes and leaf trichomes and nutriment. *Plant Protection*, 2006, 32(2): 25-28.
- [17] Gao J P, Pang B P, Meng R X, Wang J. Relationships between host preference of *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) and nutrient and chlorophyll contents in host foliage. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(3): 701-704.
- [18] Yan L Y, Pang B P, Zhou X R, Zhang C Q. Relationship between host plant preference of *Liriomyza huidobrensis* for different *Phaseolus vulgaris* varieties and plant compound contents. *Scientia Agricultura Sinica*, 2008, 41(3): 713-719.
- [19] Ma X D, Pang B P, Li Y Y, Zhen N, Cao Y, Meng Q J. Behavioral response of *Liriomyza huidobrensis* (blanchard) adults to host plant volatile. *Journal of Inner Mongolia Agricultural University: Natural Science Edition*, 2009, 30(2): 74-77.
- [20] Xue Y L. Experimental Manual of Plant Physiology. Shanghai: Shanghai Science and Technology Publishing House, 1985: 138-139.
- [21] Gao J F. Experimental Technique of Plant Physiology. 4th ed. Xian: The World Book Press Xian Company, 2000.
- [22] Fukasawa-Akada T, Kung S D, Watson J C. Phenylalanine ammonialyase gene structure, expression, and evolution in *Nicotiana*. *Plant Molecular Biology*, 1996, 30(4): 711-722.
- [23] Hahlbrock K, Scheel D. Physiology and molecular biology of phenylpropanoid metabolism. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 1999, 40: 347-369.
- [24] Hartley S E, Firm R D. Phenolic biosynthesis, leaf damage, and insect herbivory in birch (*Betula pendula*). *Journal of Chemical Ecology*, 1989, 15(1): 275-283.
- [25] Felton G W, Donato K K, Broadway R M, Duffey S S. Impact of oxidized plant phenolics on the nutritional quality of diatar protein to a noctuid herbivore, *Spodoptera exigua*. *Journal of Insect Physiology*, 1992, 38(4): 277-285.
- [26] Arias M C, Luna C, Rodríguez M, Lenardon S, Taleisnik E. Sunflower chlorotic mottle virus in compatible interactions with sunflower: ROS generation and antioxidant response. *European Journal of Plant Pathology*, 2005, 113(3): 223-232.

- [27] Zhao F G, He L F, Luo Q Y. Plant Physiology and Ecology Adversity. Beijing: Chemical Industry Press, 2004: 93-99.
- [28] Bowler C, Montagu M V, Inez D. Superoxide dismutase and stress tolerance. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1992, 43(1): 83-116.
- [29] Usha R P, Jyothsna Y. Biochemical and enzymatic changes in rice plants as a mechanism of defense. Acta Physiologiae Plantarum, 2010, 32(4): 695-701.
- [30] Bruce R J, West C A. Elicitation of lignin biosynthesis and isoperoxidase activity by pectic fragments in suspension cultures of castor bean. Plant Physiology, 1989, 91(3): 889-897.

参考文献:

- [1] 戈峰. 昆虫对植物的胁迫作用 // 万方浩, 夏云龙. 昆虫生态研究进展(青年生态学者论丛(2)). 北京: 中国科学技术出版社, 1992: 87-91.
- [2] 钦俊德. 植物与昆虫的相互关系: 论昆虫与植物的相互作用及其演化. 北京: 科学出版社, 1987: 38-61.
- [3] 刘裕强, 江玲, 孙立宏, 王春明, 翟虎渠, 万建民. 褐飞虱刺吸诱导的水稻一些防御性酶活性的变化. 植物生理与分子生物学报, 2005, 31(6): 643-650.
- [4] 张金锋, 薛庆中. 稻飞虱为害胁迫对水稻植株内主要保护酶活性的影响. 中国农业科学, 2004, 37(10): 1487-1491.
- [5] 谭永安, 柏丽新, 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.
- [6] 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.
- [7] 沙品洁, 元永凤, 吕超, 李秀霞, 史雪岩, 高希武. 棉铃虫持续取食对棉花三种防御酶活性的作用. 应用昆虫学报, 2012, 49(2): 414-421.
- [8] 刘长仲, 兰金娜. 苜蓿斑蚜对三个苜蓿品种幼苗氧化酶的影响. 草地学报, 2009, 17(1): 32-35.
- [9] 程璐, 贺春贵, 胡桂馨, 王森山, 朱亚灵. 苜蓿斑蚜为害对 5 种苜蓿品种(系)PAL、POD、PPO 酶活性的影响. 植物保护, 2009, 35(6): 87-90.
- [10] 张丽, 常金华, 罗耀武. 不同高粱基因型感蚜虫前后 POD、PPO、PAL 酶活性变化分析. 中国农学通报, 2005, 21(7): 40-42, 198-198.
- [11] 王涛, 雷关红, 曹辰兴, 季春梅. 温室白粉虱对无毛黄瓜叶片 PAL、PPO、POD 活性的影响. 山东农业科学, 2011, (9): 81-84, 87-87.
- [12] 胡增辉, 沈应柏, 王宁宁, 王金凤, 周艳超, 张志毅. 虫咬及挥发物诱导后合作杨叶片中多酚氧化酶活性的变化. 生态学报, 2009, 29(10): 5265-5270.
- [15] 庞保平, 高俊平, 周晓榕, 王娟. 南美斑潜蝇寄主选择性与植物次生化合物及叶毛的关系. 昆虫学报, 2006, 49(5): 810-815.
- [16] 高俊平, 庞保平, 刘慧, 孟瑞霞. 南美斑潜蝇对番茄的选择性与叶毛数和营养物质含量的关系. 植物保护, 2006, 32(2): 25-28.
- [17] 高俊平, 庞保平, 孟瑞霞, 王娟. 南美斑潜蝇寄主选择性与植物营养物质及叶绿素含量的关系. 应用生态学报, 2007, 18(3): 701-704.
- [18] 闫丽英, 庞保平, 周晓榕, 张翠青. 南美斑潜蝇对不同菜豆品种的偏好性与寄主化学物质含量的关系. 中国农业科学, 2008, 41(3): 713-719.
- [19] 麻旭东, 庞保平, 李艳艳, 郑楠, 曹阳, 孟庆玖. 南美斑潜蝇对寄主植物挥发物的行为反应. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2009, 30(2): 74-77.
- [20] 薛应龙. 植物生理学实验手册. 上海: 上海科学技术出版社, 1985: 138-139.
- [21] 高俊凤. 植物生理学实验技术(第四版). 西安: 世界图书出版社西安公司, 2000.
- [27] 赵福庚, 何龙飞, 罗庆云. 植物逆境生理生态学. 北京: 化学工业出版社, 2004: 93-99.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.23 Dec., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Ozone uptake at the canopy level in *Robinia pseudoacacia* in Beijing based on sap flow measurements WANG Hua, OUYANG Zhiyun, REN Yufen, et al (7323)
- Genetic impact of swimming crab *Portunus trituberculatus* farming on wild genetic resources in Haizhou Bay DONG Zhiguo, LI Xiaoying, ZHANG Qingqi, et al (7332)
- The effect of soil salinity to improve the drought tolerance of arrowleaf saltbush TAN Yongqin, BAI Xinfu, HOU Yuping, et al (7340)
- Effects of *Liriomyza huidobrensis* infestation on the activities of four defensive enzymes in the leaves of cucumber plants SUN Xinghua, ZHOU Xiaorong, PANG Baoping, et al (7348)

Autecology & Fundamentals

- Early effects of simulated nitrogen deposition on annual nutrient input from litterfall in a *Pleioblastus amarus* plantation in Rainy Area of West China XIAO Yinlong, TU Lihua, HU Tingxing, et al (7355)
- Relationship between nutrient characteristics and yields of tumorous stem mustard at different growth stage ZHAO Huan, LI Huihe, LÜ Huifeng, et al (7364)
- Decomposition rate and silicon dynamic of mulching residue under *Phyllostachys praecox* stands HUANG Zhangting, ZHANG Yan, SONG Zhaoliang, et al (7373)
- Effects of waterlogging on the growth and physiological properties of juvenile oilseed rape ZHANG Shujie, LIAO Xing, HU Xiaojia, et al (7382)
- The crude protein content of main food plants of François' langur (*Trachypithecus francoisi*) in Fusui, Guangxi, China LI Youbang, DING Ping, HUANG Chengming, et al (7390)
- Effects of nitrogen on photosynthetic characteristics and enzyme activity of nitrogen metabolism in maize under-mulch-drip irrigation GU Yan, HU Wenhe, XU Baijun, et al (7399)
- Ecotoxicological effects of exposure to PFOS on embryo and larva of zebrafish *Danio rerio* XIA Jigang, NIU Cuijuan, SUN Luyin (7408)
- Allelopathic effects of extracts from *Ulva prolifera* powders on the growth of *Prorocentrum donghaiense* and *Skeletonema costatum* HAN Xiurong, GAO Song, HOU Junni, et al (7417)
- Predation evaluation of *Diaphorina citri*'s (Homoptera: Chermidae) natural enemies using the CO I marker gene MENG Xiang, OUYANG Gecheng, XIA Yulu, et al (7430)
- Effect of volatiles from healthy or worm bored Korean pine on host selective behavior of *Dioryctria sylvestrella* and its parasitoid *Macrocentrus* sp. WANG Qi, YAN Shanchun, YAN Junxin, et al (7437)

Population, Community and Ecosystem

- Relationship between rhizosphere microbial community functional diversity and faba bean fusarium wilt occurrence in wheat and faba bean intercropping system DONG Yan, DONG Kun, TANG Li, et al (7445)
- Characteristics of soil fertility in different ecosystems in depressions between karst hills YU Yang, DU Hu, SONG Tongqing, et al (7455)
- Evaluation on carbon sequestration effects of artificial alfalfa pastures in the Loess Plateau area LI Wenjing, WANG Zhen, HAN Qingfang, et al (7467)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Effects of deep vertically rotary tillage on soil water and water use efficiency in northern China's Huang-huai-hai Region LI Yibing, PANG Huancheng, YANG Xue, et al (7478)

- Effects of landscape patterns on runoff and sediment export from typical agroforestry watersheds in the Three Gorges Reservoir area, China HUANG Zhilin, TIAN Yaowu, XIAO Wenfa, et al (7487)
- Land cover classification of Yancheng Coastal Natural Wetlands based on BP neural network and ETM+ remote sensing data XIAO Jincheng, OU Weixin, FU Haiyue (7496)
- Early responses of soil CH₄ uptake to increased atmospheric nitrogen deposition in a cold-temperate coniferous forest GAO Wenlong, CHENG Shulan, FANG Huajun, et al (7505)
- Temporal-spatial characteristics of soil respiration in Chinese boreal forest ecosystem JIA Bingrui, ZHOU Guangsheng, JIANG Yanling, et al (7516)
- Seasonal and interannual variability in soil respiration in wheat field of the Loess Plateau, China ZHOU Xiaoping, WANG Xiaoke, ZHANG Hongxing, et al (7525)
- Dynamics of atmospheric ammonia concentrations near different emission sources LIU Jieyun, KUANG Fuhong, TANG Aohan, et al (7537)
- Influence of residues and earthworms application on N₂O emissions of winter wheat ... LUO Tianxiang, HU Feng, LI Huixin (7545)
- Resource and Industrial Ecology**
- Ecological monitoring of the fish resources catching and stocking in Lake Tianmu basing on the hydroacoustic method SUN Mingbo, GU Xiaohong, ZENG Qingfei, et al (7553)
- Application of support vector machine to evaluate the eutrophication status of Taihu Lake ZHANG Chengcheng, SHEN Aichun, ZHANG Xiaoqing, et al (7563)
- Research Notes**
- Amount and dynamic characteristics of litterfall in four forest types in subtropical China XU Wangming, YAN Wende, LI Jiebing, et al (7570)
- Allelopathic effects of artemisinin on seed germination and seedling growth of vegetables BAI Zhen, HUANG Yue, HUANG Jianguo (7576)
- Nitric oxide participates symbiosis between am fungi and tobacco plants WANG Wei, ZHAO Fanggui, HOU Lixia, et al (7583)
- Mapping wildlife habitat suitability using kernel density estimation ZHANG Guiming, ZHU A'xing, YANG Shengtian, et al (7590)
- Effects of nitrogen fertilizer methods on the content of *Bacillus thuringiensis* insecticidal protein and yield of transgenic cotton MA Zongbin, LIU Guizhen, YAN Gentu, et al (7601)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的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;新书评价和学术、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,280 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

本期责任副主编 王德利

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 33 卷 第 23 期 (2013 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 23 (December, 2013)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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:100717	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 90.00 元