

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

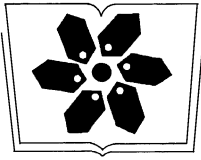
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第5期 Vol.32 No.5 **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 5 期 2012 年 3 月 (半月刊)

目 次

淀山湖富营养化过程的统计学特征	程 曦, 李小平, 陈小华 (1355)
拟水狼蛛对食物中镉的吸收和排泄及生物学响应	张征田, 张光铎, 张虎成, 等 (1363)
接种后共培养时间对丛枝菌根喜树幼苗喜树碱含量的影响	于 洋, 于 涛, 王 洋, 等 (1370)
沙尘暴发生日数与空气湿度和植物物候的关系——以民勤荒漠区为例	常兆丰, 王耀琳, 韩福贵, 等 (1378)
西藏牦牛 mtDNA D-loop 区的遗传多样性及其遗传分化	张成福, 徐利娟, 姬秋梅, 等 (1387)
红松阔叶混交林林隙土壤水分分布格局的地统计学分析	李 猛, 段文标, 陈立新, 等 (1396)
黄土丘陵区子午岭不同植物群落下土壤氮素及相关酶活性的特征	邢肖毅, 黄懿梅, 黄海波, 等 (1403)
毛竹高速生长期土壤碳氮动态及其微生物特性	王雪芹, 张奇春, 姚槐应 (1412)
长期 N 添加对典型草原几个物种叶片性状的影响	黄菊莹, 余海龙, 袁志友, 等 (1419)
接种 AMF 对菌根植物和非菌根植物竞争的影响	张宇亭, 王文华, 申 鸿, 等 (1428)
福州大叶榕隐头果内的小蜂群落结构与多样性	吴文珊, 陈友铃, 蔡美满, 等 (1436)
不同生境朝鲜淫羊藿生长与光合特征	张永刚, 韩 梅, 韩忠明, 等 (1442)
基于日均温度的华山松径向生长敏感温度研究	封晓辉, 程瑞梅, 肖文发, 等 (1450)
长江三峡库区蝶类群落的等级多样性指数	马 琦, 李爱民, 邓合黎 (1458)
甜瓜幼苗叶片光合变化特性	韩瑞锋, 李建明, 胡晓辉, 等 (1471)
双季稻田种植不同冬季作物对甲烷和氧化亚氮排放的影响	唐海明, 肖小平, 帅细强, 等 (1481)
古尔班通古特沙漠西部地下水位和水质变化对植被的影响	曾晓玲, 刘 彤, 张卫宾, 等 (1490)
流溪河水库颗粒有机物及浮游动物碳、氮稳定同位素特征	宁加佳, 刘 辉, 古滨河, 等 (1502)
采用本土蔬菜种子替代水藓评价污泥有机肥腐熟度	刘颂颂, 许田芬, 吴启堂, 等 (1510)
人为营养物质输入对汉丰湖不同营养级生物的影响——稳定 C、N 同位素分析	李 斌, 王志坚, 金 丽, 等 (1519)
流沙湾海草床海域浮游植物的时空分布及其影响因素	张才学, 陈慧妍, 孙省利, 等 (1527)
福寿螺的过冷却研究	赵本良, 章家恩, 罗明珠, 等 (1538)
水稻生育期对褐飞虱和白背飞虱卵巢发育及起飞行为的影响	陈 宇, 傅 强, 赖凤香, 等 (1546)
绿盲蝽越冬卵的耐寒能力	卓德干, 李照会, 门兴元, 等 (1553)
陆桥岛屿环境下社鼠种群数量的估算方法	张 旭, 鲍毅新, 刘 军, 等 (1562)
北京市居民食物消费碳足迹	吴 燕, 王效科, 逯 非 (1570)
社会经济系统磷物质流分析——以安徽省含山县为例	傅银银, 袁增伟, 武慧君, 等 (1578)
内陆河流域试验拍卖水权定价影响因素——以黑河流域甘州区为例	邓晓红, 徐中民 (1587)
专论与综述	
台风对森林的影响	刘 斌, 潘 澜, 薛 立 (1596)
海洋酸化对珊瑚礁生态系统的影响研究进展	张成龙, 黄 晖, 黄良民, 等 (1606)
三种外来入侵斑潜蝇种间竞争研究进展	相君成, 雷仲仁, 王海鸿, 等 (1616)
沉积物生源要素对水体生态环境变化的指示意义	于 宇, 宋金明, 李学刚, 等 (1623)
异化 Fe(III) 还原微生物研究进展	黎慧娟, 彭静静 (1633)
问题讨论	
锡林郭勒盟生态脆弱性	徐广才, 康慕谊, Marc Metzger, 等 (1643)
研究简报	
哥斯达黎加外海夏季表层浮游动物种类组成及分布	刘必林, 陈新军, 贾 涛, 等 (1654)



封面图说: 气候变暖下的北极冰盖——自从 1978 年人类对北极冰盖进行遥感监测以来, 北极冰正以平均每年 8.5% 的速度持续缩小, 每年 1500 亿吨的速度在融化。这使科学家相信, 冰盖缩小的根本原因是全球变暖。北极的冰盖消失, 让更大面积的深色海水暴露出来, 使海水吸收更多太阳热辐射反过来又加剧冰盖融化。由于北极冰的加速融化, 北冰洋的通航已经成为 21 世纪初全球最重要的自然地理事件和生态事件。从这张航片可以看到北极冰缘正在消融、开裂崩塌的现状。

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

DOI: 10.5846/stxb201101140077

相君成,雷仲仁,王海鸿,高玉林. 三种外来入侵斑潜蝇种间竞争研究进展. 生态学报, 2012, 32(5): 1616-1622.

Xiang J C, Lei Z R, Wang H H, Gao Y L. Interspecific competition among three invasive *Liriomyza* species. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(5): 1616-1622.

三种外来入侵斑潜蝇种间竞争研究进展

相君成,雷仲仁*,王海鸿,高玉林

(中国农业科学院植物保护研究所,植物病虫害生物学国家重点实验室,北京 100193)

摘要:美洲斑潜蝇、南美斑潜蝇、三叶斑潜蝇是危害蔬菜、花卉的世界性大害虫。不同种间相互更替或取代的现象时有发生。根据国内外相关研究报道,综述了对近年来 3 种斑潜蝇种间竞争的研究。对斑潜蝇种间更替和取代现象的分析显示,生殖干扰、新生物型的出现、天敌、生态位、寄主植物以及抗药性等因素可能是影响它们种间竞争的关键。以期为斑潜蝇种群演替研究及防治策略制定提供参考。

关键词:美洲斑潜蝇;南美斑潜蝇;三叶斑潜蝇;种间竞争

Interspecific competition among three invasive *Liriomyza* species

XIANG Juncheng, LEI Zhongren*, WANG Haihong, GAO Yulin

State Key Laboratory for Biology of Plant Disease and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China

Abstract: Leafminers (*Liriomyza sativae*, *L. huidobrensis*, and *L. trifolii*) are a group important insect pests of vegetable and ornamental crop production globally. Previous studies indicate that interspecific competition, and species succession and/or displacement are commonly present among different leafminer species. This review herein has reviewed the recent research progresses on interspecific competition among *Liriomyza* species worldwide with a special focus on Chinese literature. In addition to the review of the fast expanding literature on distribution, biology, ecology, and management of the three leafminer species worldwide, we focused on the interspecific competition and its ramifications in deciphering the possible underlying mechanisms for the competition. The key factors affecting interspecific competition, species succession and/or displacement were identified as reproduction interference, emergence of virulent biotypes, natural enemy suppression, niches of leafminers and their host crops, and pesticide resistance. Although the three invasive species of *Liriomyza* are the key pest species in China, their distribution patterns vary significantly. While *L. sativae* is distributed in all provinces in the mainland China, *L. huidobrensis* is distributed in majority of, but not all provinces, and *L. trifolii* is currently limited in the southeastern provinces (e. g., Guangdong and Hainan provinces). However, the distribution of *L. trifolii* is rapidly expanding among the eastern coastal provinces as the result of the development of new virulent biotypes, which is likely to be selected by frequent insecticide applications on the short-cycled vegetable and ornamental crops in the region. The dynamic changes in key ecological factors influencing interspecific competition are valuable in designing innovative management strategies for leafminers in general and to advance our knowledge of understanding ecological genetics, and plasticity of host plant adaptation, and evolution of host speciation of leafminer pest in the confined greenhouse and/or field vegetable and ornamental crop production ecosystems. This review on key ecological research status

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973)项目(2009CB119000);国家大宗蔬菜产业技术体系资助项目(CARS-25-B-07)

收稿日期:2011-01-14; **修订日期:**2011-10-31

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: leizhr@sina.com

and prospects on invasive *Liriomyza* spp., which could be readily used as the guidelines of ecological research on other invasive pest species to identify the key factors related to interspecific competition, and consequently species succession and displacement.

Key Words: *Liriomyza trifolii*; *Liriomyza sativae*; *Liriomyza huidobrensis*; interspecific competition

斑潜蝇隶属于双翅目(Diptera)潜蝇科(Agromyzidae)植潜蝇亚科(Phytomyzinae)。斑潜蝇属(*Liriomyza*)自1894年建立以来,迄今已记载有300余种,其中有23种具有重要经济意义,遍布各个动物地理分布区^[1-2]。美洲斑潜蝇(*Liriomyza sativae* Blanchard)、南美斑潜蝇(*L. huidobrensis* Blanchard)、三叶斑潜蝇(*L. trifolii* Burgess)是3种危害蔬菜、花卉等植物最重要的斑潜蝇,是世界性大害虫。3种斑潜蝇均原产于美洲,从20世纪70年代至80年代开始向世界各地扩散,现已分布于世界几十多个国家和地区。例如,在美国的加利福尼亚州,1981—1985年仅菊花就损失9300万美元^[3]。1996年四川省美洲斑潜蝇危害所造成的经济损失达3亿元以上^[4]。近两年对海南三亚市冬春季蔬菜的调查发现,三叶斑潜蝇对豇豆、丝瓜等蔬菜危害严重,被害株率和叶率几乎达100%。研究显示各地斑潜蝇优势种群的扩散入侵,往往伴随着不同斑潜蝇种群的取代更替^[5-8]。三叶斑潜蝇是2005年在我国广东中山新发现的危险性外来种^[9],近几年调查发现它向内陆不断蔓延,现已蔓延至我国东部和南部沿海几个省市和地区危害,且局部地区危害严重。连续几年的调查发现,三叶斑潜蝇已取代美洲斑潜蝇成为海南省的优势种群。了解斑潜蝇种间竞争取代机制,对于解释3种斑潜蝇的广泛入侵或相互间取代的现象和规律,以及预测预报等,具有重要的意义。本文根据国内外相关研究报道,对近年来3种斑潜蝇种间竞争的研究进展进行了综述,对斑潜蝇种间更替和取代现象的可能机理进行了分析,以期为我国斑潜蝇种群演替研究和防治策略制定提供参考。

1 我国斑潜蝇的主要种类及其分布区

我国已知有19种斑潜蝇^[10-11],有9种具有重要经济意义^[12]。其中美洲斑潜蝇、南美斑潜蝇和三叶斑潜蝇是我国危害最严重的3种斑潜蝇,它们都是外来入侵物种。根据文献报道^[11,13]和调查,对3种斑潜蝇在我国的地理分布进行了综述。如图1所示,南美斑潜蝇主要分布于除西藏、安徽、上海以外的其他地区。美洲斑潜蝇在我国大陆31省市以及台湾地区皆有分布。三叶斑潜蝇主要分布在海南、云南、广东、广西、上海、福建、江苏、台湾等地区,据雷仲仁等^[14]对其适生区分析,三叶斑潜蝇在我国可能具有更广大的扩散空间。

2 斑潜蝇的种间竞争研究

2.1 国外斑潜蝇的种间竞争研究

农药的施用致使斑潜蝇由次要害虫成为主要害虫,商业和贸易的发展致使斑潜蝇向世界各地蔓延扩散。美洲斑潜蝇、南美斑潜蝇和三叶斑潜蝇在向世界各地扩散的过程中,不断取代入侵地的原有斑潜蝇种群或已定居的外来斑潜蝇种群。在美国加利福尼亚州,斑潜蝇种群近30a至少发生了两次剧烈的种间取代现象。美洲斑潜蝇直到20世纪70年代中期都是加州最主要的为害种类,它是美国南部和南美的本地种;70年代中期美国东南部的三叶斑潜蝇侵入加州,成功取代了美洲斑潜蝇,成为了加州以及美国西部其他地区的主要斑潜蝇种群^[5-7],这次竞争取代的主要原因是三叶斑潜蝇对很多农药都具有高抗性^[6,15]。1992年加州的斑潜蝇种群发生了第二次剧烈变动,南美斑潜蝇成功取代了



图1 三种入侵斑潜蝇在我国的分布图

Fig. 1 The distribution of *Liriomyza trifolii*, *Liriomyza sativae*, *Liriomyza huidobrensis* in China

Ls, 美洲斑潜蝇; Lt, 南美斑潜蝇; Lh, 南美斑潜蝇

三叶斑潜蝇,成为了加利福尼亚州中部沿海谷地的主要斑潜蝇种群,但是在加州南部依然是三叶斑潜蝇占优势^[16-17]。Reitz 等^[18]认为本次斑潜蝇种群的竞争取代可能与这两种斑潜蝇中部种群和南部种群的生物型及所取食寄主植物存在差异有关。Tokumaru 等^[8]对日本京都地区的美洲斑潜蝇、三叶斑潜蝇和番茄斑潜蝇季节种群变化进行调查时发现:美洲斑潜蝇取代了三叶斑潜蝇成为当地的主要斑潜蝇种群。本次取代可能与美洲斑潜蝇的高繁殖力和天敌寄生蜂寄生选择不同有关^[19],并没有发现美洲斑潜蝇比三叶斑潜蝇具有更高的抗药性^[20]。

2.2 我国斑潜蝇的种间竞争研究

美洲斑潜蝇首先于 1994 年在我国三亚发现,随后在全国范围内暴发成灾^[21-22];不久南美斑潜蝇也侵入我国云南、贵州两省并造成严重为害,同时也向内陆蔓延^[23]。由于两种斑潜蝇季节生态位上的差异,南美斑潜蝇并没有取代美洲斑潜蝇,如在北京地区南美斑潜蝇在 5—7 月发生,6 月份是种群盛发期;美洲斑潜蝇发生在 7—10 月,8 月份是其盛发期^[24]。美洲斑潜蝇成为我国大陆主要的斑潜蝇种群,而南美斑潜蝇主要发生在适于其生存的一些温凉地区和季节,但三叶斑潜蝇一直没有被发现,这一现象维持了约 11a。2005 年底我国广东中山市首次发现三叶斑潜蝇为害蔬菜^[9],入侵后不断向内陆蔓延,现已分布于我国东部和南部沿海几个省市和地区。近年调查发现,原来在海南三亚、儋州、海口等地及附近地区占优势的美洲斑潜蝇现已明显减少,而三叶斑潜蝇则取代美洲斑潜蝇成为海南斑潜蝇优势种群。除海南省外,三叶斑潜蝇与美洲斑潜蝇的竞争取代现象也同样出现在我国东部和南部沿海的几个省市地区。以江苏和台湾两地区为例。三叶斑潜蝇在江苏发现后不久,就成为江苏省的重要斑潜蝇种群。2008 年,首次在江苏句容地区发现三叶斑潜蝇为害芹菜^[25];2009 年,杨飞等对江苏地区的斑潜蝇分布进行了调查,三叶斑潜蝇在江苏除徐州和淮安外的 11 个地市均有发生,尤其在江苏的苏中和苏南地区发生更为严重^[26]。王清玲等报道,原来在我国台湾蔬菜产地为害的斑潜蝇主要是番茄斑潜蝇(*L. bryoniae* Kalténbach),但 1988 年 2 月于台中市首次发现三叶斑潜蝇,随后三叶斑潜蝇危害面积迅速扩大^[27],1992 年已分布到彰化、云林、嘉义、高雄等地,一般常用触杀性杀虫剂无法收效^[28]。三叶斑潜蝇在我国大陆还有更广大的扩散空间^[14],虽然它没有像美洲斑潜蝇那样迅速蔓延至全国,但在江苏和海南地区迅速蔓延。

3 斑潜蝇种间更替或取代的原因分析

3.1 生殖干扰

斑潜蝇雌虫可与多个雄虫进行交配,同时雄虫也可与多个雌虫进行交配。斑潜蝇雌虫的交配次数影响着其生殖力,交配次数越多其生殖力越高^[29]。有关文献报道三叶斑潜蝇和美洲斑潜蝇存在种间杂交,且杂交后代不育^[30-31]。作者发现三叶斑潜蝇和美洲斑潜蝇之间存在生殖干扰。向美洲斑潜蝇实验笼中释放不同数量的三叶斑潜蝇雄虫,其后代数量会有不同程度的降低,三叶斑潜蝇雄虫越多,其后代越少;相反,向三叶斑潜蝇实验笼中释放美洲斑潜蝇雄虫,三叶斑潜蝇后代数量也有不同程度的降低;相较而言,三叶斑潜蝇具有较强的生殖干扰能力。生殖干扰强的物种就具有更强的竞争优势。因此,生殖干扰也可能是影响斑潜蝇种间竞争的重要因子之一。

3.2 高致害性生物型

斑潜蝇的新生物型的出现可能成为斑潜蝇种群更替取代的重要因子^[15]。例如在美国加利福尼亚州中部,1992 年南美斑潜蝇暴发为害,取代三叶斑潜蝇成为优势种,几乎同时在欧洲、东南亚及南亚也暴发为害,推测是来自美国南部频繁施药形成的高抗药性、高致害性南美斑潜蝇新生物型,Scheffer^[32]根据染色体细胞色素氧化酶基因序列变异证明这些暴发区的种群是来自南美种群,并证明它们和加州原来零星存在的南美斑潜蝇生物型不同。Morgan 等^[33]用随机扩增多态 DNA 聚合酶链式反应也证明加州中部和南部的南美斑潜蝇生物型不同。Reitz 等^[15]通过研究在寄主上的生殖力也证明中部和南部的南美斑潜蝇生物型不同。

Reitz 等^[15]试验发现,加利福尼亚州南部三叶斑潜蝇种群在供试的 5 种寄主植物上都可成功取食、产卵和繁殖,而中部种群除了辣椒外,其余寄主植物取食和产卵都很少。除了辣椒外,三叶斑潜蝇南部种群在其余

寄主植物上幼虫存活率显著高于中部种群;三叶斑潜蝇的中部和南部种群都表现出同种群交配成功率显著高于异种群交配率的现象。以上现象表明加州三叶斑潜蝇的南部种群和中部种群生物型不同。

3.3 天敌

外来入侵物种在新入侵地会出现大暴发现象,新扩散地的寄生性天敌缺乏或寄生性天敌稀少是主要原因之一^[34]。Abe 等^[35]发现西伯利亚蝇茧蜂 *Dacnusa sibirica* 在三叶斑潜蝇幼虫体内产卵后能完成寄生生活史,能有效控制三叶斑潜蝇,但在美洲斑潜蝇幼虫体内则不能完成其发育,不能有效防治美洲斑潜蝇,而且该蜂只在低温下才能有效寄生,推测这可能是当地美洲斑潜蝇入侵后能取代三叶斑潜蝇的原因之一^[19]。我国寄生蜂对不同斑潜蝇的寄生适应性尚未研究过,推测亦应与种群取代现象有关。

3.4 斑潜蝇的生态位

不同物种间生态位重叠程度决定着它们竞争的激烈程度,生态位重叠程度越大,竞争越激烈。

3.4.1 寄主生态位

南美斑潜蝇、美洲斑潜蝇和三叶斑潜蝇都是广食性斑潜蝇。南美斑潜蝇已发现的寄主植物有 39 科 287 种,主要危害 13 科 35 种,最喜食植物包括豆科、葫芦科、茄科、菊科、苋科等^[36]。美洲斑潜蝇已记载寄主植物约有 31 科植物,喜食茄科、豆科、葫芦科和菊科等,不能为害禾本科^[37-38]。三叶斑潜蝇已记载寄主植物有 25 科 300 多种作物,喜食菊科、葫芦科、豆科、茄科等^[9]。它们的寄主范围都十分广泛,其中南美斑潜蝇寄主范围最广。另外,它们的幼虫潜食叶片的习性和组织存在一定差异,美洲斑潜蝇和三叶斑潜蝇幼虫潜道蛇形往往避开叶脉且喜好取食叶片栅栏组织,而南美斑潜蝇幼虫主要沿叶脉取食且更喜好叶片海绵组织^[39-40]。这 3 种斑潜蝇的寄主植物大部分相同,但是它们的喜食寄主植物存在差异^[9,36-38]。斑潜蝇喜食寄主植物的分布状况,对斑潜蝇的田间分布具有重要影响。2011 年初在海南省三亚市郊区蔬菜调查时发现,相邻丝瓜和黄瓜地块斑潜蝇危害严重但种类不同,黄瓜地块主要为美洲斑潜蝇,丝瓜地块主要为三叶斑潜蝇。我们对海南省三亚市郊区蔬菜连续几年的调查发现,三叶斑潜蝇爆发时各种寄主蔬菜皆受害极为严重,叶片基本布满潜道,在低种群密度时,则主要危害豇豆、丝瓜等蔬菜,而相邻的辣椒、冬瓜、黄瓜等蔬菜基本不被危害或少量危害。因此,对作物合理布局,可作为斑潜蝇防治的有效手段。

3.4.2 地理生态位

从生存环境来看,美洲斑潜蝇和三叶斑潜蝇都喜欢高温环境,它们主要分布在热带、亚热带等温度较高的地区,例如我国的海南省、广东、广西等地,在我国北方只在高温季节或保护地有分布^[24,41];南美斑潜蝇喜欢温暖凉爽环境,它们主要生存在温带以及海拔较高的地区,例如我国的云南、贵州等西南地区 and 青海省、甘肃省等西北地区^[23-24]。Tantowijoyo 等^[42]研究表明:海拔在 700 m 以上南美斑潜蝇占优势,1400 m 以上只有南美斑潜蝇;美洲斑潜蝇在 600 m 以下占优势,1200 m 的平均温度为 20.7 °C,在其以上没有发现美洲斑潜蝇。从这 3 种斑潜蝇在我国的适生地理区域来看,美洲斑潜蝇和三叶斑潜蝇的地理生态位基本重叠,二者与南美斑潜蝇地理生态位部分重叠,但最适区域不同。

3.4.3 季节生态位

季节变化往往伴随着温度而变化。南美斑潜蝇世代发育最低、最高临界温度分别为 7 °C 和 32 °C,最适发育温度为 22 °C^[43]。美洲斑潜蝇的发育起点温度为 9.572 °C,在 36 °C 下不能完成世代^[44]。三叶斑潜蝇的发育起点温度和致死高温分别为 8.7 °C 和 38 °C^[45]。南美斑潜蝇更耐低温,不适宜高温下生存;美洲斑潜蝇较南美斑潜蝇耐高温,适宜高温下生存^[41];三叶斑潜蝇适宜生存温度范围最广,也最耐高温^[45]。三叶斑潜蝇较美洲斑潜蝇更耐高温。在高温的夏季,三亚市田间存有三叶斑潜蝇而难见美洲斑潜蝇,可能与三叶斑潜蝇更耐高温有关。在我国,春秋季节更适应南美斑潜蝇,夏季更适宜美洲斑潜蝇和三叶斑潜蝇。

以上分析可见 3 种斑潜蝇是生态位相似的近缘种。其中美洲斑潜蝇与三叶斑潜蝇的生态位是基本重叠的,这两种斑潜蝇种间竞争较激烈,南美斑潜蝇的生态位与以上两种斑潜蝇间存在部分重叠,所以也存在一定的竞争。南美斑潜蝇适合低温下生存,美洲斑潜蝇和三叶斑潜蝇适合高温下生存,它们分布的地理纬度虽然

大部分重叠,但南美斑潜蝇所处纬度更高。

3.5 抗药性

斑潜蝇对广谱性杀虫剂的抗性都很强,但不同斑潜蝇种类或种群对农药的敏感性存在差异。研究表明,南美斑潜蝇成虫的耐药性高于美洲斑潜蝇^[46];三叶斑潜蝇的耐药性也较美洲斑潜蝇强^[47-48]。农药的喷施就会导致抗药性更强的斑潜蝇种类或种群处于优势地位,进而取代农药敏感性种类或种群。因此,农药抗性差异就成为世界上很多地区斑潜蝇种群更替的重要因子。例如在美国的加利福尼亚州,三叶斑潜蝇成功取代了美洲斑潜蝇,三叶斑潜蝇的高抗药性是主要原因^[6]。在海南省三亚市,全年种植蔬菜,特别是斑潜蝇喜爱的寄主植物,如豇豆、菜豆、芹菜等,种植面积大且常年种植,其环境极适宜病虫害的生存和暴发,致使农药的喷施量大且频繁。这就会导致对农药弱敏感性的种类或种群占优势,进而取代敏感性种类或种群。因此,三叶斑潜蝇和美洲斑潜蝇对农药的敏感性差异,很可能就是我国海南省三亚市三叶斑潜蝇取代美洲斑潜蝇的重要原因之一。

4 总结与讨论

美洲斑潜蝇、南美斑潜蝇和三叶斑潜蝇均为我国的外来物种,是目前我国主要斑潜蝇种类。在我国局部地区,3种斑潜蝇间的取代、更替现象时有发生,其原因很多,初步分析与生殖干扰、新生物型的出现、天敌、生态位、寄主植物以及抗药性等有关。在我国,美洲斑潜蝇分布于我国大陆所有省市地区;南美斑潜蝇发生于我国大部分省市地区,并在其生存区域与美洲斑潜蝇进行着一定程度的种间竞争,它们间的更替现象时有发生;三叶斑潜蝇的适生区位我国全部省市自治区,现已蔓延至我国东部和南部沿海几个省市和地区危害,还有更广的扩散空间,其在我国局部地区的迅速蔓延和危害给们敲响了警钟。因此,探索研究斑潜蝇的种间更替与取代现象,有助于深入了解斑潜蝇的发生和扩散规律,为斑潜蝇防治策略的制定提供参考。值得重视的是三叶斑潜蝇入侵我国大陆后,最初仅在广东、海南等省的个别地区发现,近年不断扩散,很可能由于频繁施药已造成高抗药性新生物型,因此,亟需重点开展研究三叶斑潜蝇发生扩散规律及其控制措施。

References:

- [1] Kang L. Ecology and Sustainable Control of Serpentine Leafminers. Beijing: Science Press, 1996.
- [2] Sencer K A. Agromyzidae (Diptera) of economic importance. Series Entomologist, 1973, 9: 219-225.
- [3] Parrella M P, Dusky J A, Waddill V H. Biology of *liriomyza*. Annual Review of Entomology, 1987, 32: 201-224.
- [4] Peng W, Fan J A, Zhao X Q, Wu Z P, Li G, Zhao Z M, Chen W L, Shi W C, Li J R. Occurrence and integrated control of *Liriomyza sativae* in Sichuan Province. Plant Quarantine, 1998, 12(3): 135-138.
- [5] Trumble J T, Nakakihara H. Occurrence, parasitization, and sampling of *Liriomyza* species (Diptera: Agromyzidae) infesting celery in California. Environmental Entomology, 1983, 12(3): 810-814.
- [6] Zehnder G W, Trumble J T. Host selection of *Liriomyza* species (Diptera: Agromyzidae) and associated parasites in adjacent plantings of tomato and celery (*Liriomyza sativae*, *Liriomyza trifolii*). Environmental Entomology, 1984, 13: 492-496.
- [7] Palumbo J C, Mullis C H Jr, Reyes F J. Composition, seasonal abundance, and parasitism of *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae) species on lettuce in Arizona. Journal of Economic Entomology, 1994, 87(4): 1070-1077.
- [8] Tokumaru S, Ando Y, Kurita H, Hayashida Y, Ishiyama M, Abe Y. Seasonal prevalence and species composition of *Liriomyza sativae* Blanchard, *L. trifolii* (Burgess), and *L. bryoniae* (Kaltenbach) (Diptera: Agromyzidae) in Lyoto Prefecture. Applied Entomology and zoology, 2007, 42(2): 317-327.
- [9] Lei Z R, Zhu C J, Zhang C Q. Risk analysis of alien invasive *Liriomyza trifolii* (Burgess) in China. Plant Protection, 2007, 33(1): 37-41.
- [10] Chen W L, Li Z Z, Gu D, Liu Q Y. Species summary of the genus *Liriomyza* in China (Diptera: Agromyzidae). Journal of Southwest University: Natural Science Edition, 2007, 29(4): 154-158.
- [11] Yang Y M, Ye X Y, Li Y L. Geographical distribution and taxonomic identification of *Liriomyza* species in China. Shandong Agricultural Sciences, 2010, (6): 82-85.
- [12] Chen X L, Wang X J. The list and identification of 23 species of *Liriomyza* mik in the world. Plant Quarantine, 2000, 14(5): 266-271.
- [13] Chen B, Kang L. Analysis of trends of occurrence and geographic variation of pealeafminer *Liriomyza huidobrensis*. Plant Quarantine, 2002, 16(3): 138-140.

- [14] Lei Z R, Yao J M, Zhu C J, Wang H H. Prediction of suitable areas for *Liriomyza trifolii* (Burgess) in China. *Plant Protection*, 2007, 33(5): 100-103.
- [15] Reitz S R, Trumble J T. Competitive displacement among insects and arachnids. *Annual Review of Entomology*, 2002, 47: 435-465.
- [16] Dlott J W, Chaney W E. Identifying management techniques and research needs for pea leafminer cultural, chemical, and biological control in celery. *Dinuba: California Celery Research Advisory Board*, 1995: 79-91.
- [17] Heinz K M, Chaney W E. Sampling for *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) larvae and damage in celery. *Environmental Entomology*, 1995, 24(2): 204-211.
- [18] Reitz S R, Trumble J T. Interspecific and intraspecific differences in two *Liriomyza* leafminer species in California. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2002, 102(2): 101-113.
- [19] Abe Y, Tokumaru S. Displacement in two invasive species of leafminer fly in different localities. *Biological Invasions*, 2008, 10(7): 951-953.
- [20] Tokumaru S, Kurita H, Fukui M, Abe Y. Insecticide susceptibility of *Liriomyza sativae*, *L. trifolii*, and *L. bryoniae* (Diptera: Agromyzidae). *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 2005, 49(1): 1-10.
- [21] Wen J Z, Wang Y, Lei Z R. New record of *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) from China. *Entomotaxonomia*, 1996, 18(4): 311-312.
- [22] Lei Z R, Wen J Z, Wang Y. Research progress of risky *Liriomyza* pests and some insections for future work. *Academic Annual Report of China Youth Agricultural Sciences B*. Beijing: China Agricultural Press, 1997: 495-499.
- [23] Wen J Z, Lei Z R, Wang Y. Survey of *Liriomyza huidobrensis* in Yunnan Province and Guizhou Province, China. *Plant Protection*, 1998, 24(3): 18-20.
- [24] Wang Y, Lei Z R, Zhao G W, Wen J Z, Huang D R. Population dynamics of vegetable leafminers in Beijing suburbs. *Plant Protection*, 1998, 24(4): 10-14.
- [25] Xiao T, Guo J, Zhu G M, Yang J H, Pan Y L. Report of discovering *Liriomyza trifolii* in Jurong, Jiangsu Province. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2009, (1): 126-127.
- [26] Yang F, Cao J M, Du Y Z. Survey and molecular identification of *Liriomyza trifolii* in Jiangsu, China. *Plant Protection*, 2010, 36(6): 108-111.
- [27] Wang C L, Lin F C. A newly invaded insect pest *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Taiwan. *Journal of Agricultural Research of China*, 1988, 37(4): 453-457.
- [28] Deng X F, Wang J, Qu J. The research progress of species and control of *Liriomyza* spp. in Taiwan Province. *Plant Quarantine*, 1997, 11(5): 284-289.
- [29] Kaspi R, Parrella M P. Polyandry and reproduction in the serpentine leaf miner *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *Journal of Insect Behavior*, 2008, 21(5): 323-336.
- [30] Sakamaki Y, Miura K, Chi Y C. Interspecific hybridization between *Liriomyza trifolii* and *Liriomyza sativae*. *Annals of the Entomological Society of America*, 2005, 98(4): 470-474.
- [31] Tokumaru S, Abe Y. Interspecific hybridization between *Liriomyza sativae* Blanchard and *L. trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). *Applied Entomology and Zoology*, 2005, 40(4): 551-555.
- [32] Scheffer S J. Molecular evidence of cryptic species within the *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae). *Journal of Economic Entomology*, 2000, 93(4): 1146-1151.
- [33] Morgan D J W, Reitz S R, Atkinson P W, Trumble J T. The resolution of Californian populations of *Liriomyza huidobrensis* and *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) using PCR. *Heredity*, 2000, 85(1): 53-61.
- [34] Wan F H, Zheng X B, Guo J Y. *Biology and Management of Invasive Alien Species in Agriculture and Forestry*. Beijing: Science Press, 2005.
- [35] Abe Y, Takeuchi T, Tokumaru S, Kamata J. Comparison of the suitability of three pest leafminers (Diptera: Agromyzidae) as hosts for the parasitoid *Dacnusa sibirica* (Hymenoptera: Braconidae). *European Journal of Entomology*, 2005, 102(4): 805-807.
- [36] Gao J P. *Host Selectivity of Liriomyza huidobrensis and Its Mechanisms [D]*. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2006.
- [37] Dai X H, You M S, Fu L J. Comparison of host-plants of *Liriomyza sativaeblanchard* and *L. huidobrensis* (Blanchard). *Wuyi Science Journal*, 2000, 16: 202-206.
- [38] Li J J, Li X L, Zhang Y L, Cheng W N. Progress in study on vegetable and flower leafminers *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae). *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry: Nature science Edition*, 2003, 31(Supplement): 162-166.
- [39] Parrella M P, Jones V P, Youngman R R, Lebeck L M. Effect of leaf mining and leaf stippling of *Liriomyza* spp. on photosynthetic rates of chrysanthemum. *Annals of the Entomological Society of America*, 1985, 78: 90-93.
- [40] Wang Y, Lei Z R, Wen J Z. Morphological characteristics and damage characteristics of *Liriomyza huidobrensis*. *Plant Protection*, 1998, 24(5): 30-31.

- [41] Wang Y, Lei Z R, Wen J Z, Sun F Z, Wu K M. On the overwintering and cold-hardiness of the vegetable leafminer *Liriomyza sativae* Blanchard. *Journal of Plant Protection*, 2000, 27(1): 32-36.
- [42] Tantowijoyo W, Hoffmann A A. Identifying factors determining the altitudinal distribution of the invasive pest leafminers *Liriomyza huidobrensis* and *Liriomyza sativae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2010, 135(2): 141-153.
- [43] Zhou Y H, Zhao Z M, Deng X P, Wu S Y. Effect of temperature on the population of *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard). *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2000, 23(4): 33-36.
- [44] Zeng L, Wu J J, Liang G W. Effects of temperature on the development of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). *Journal of South China Agricultural University*, 1998, 1(3): 21-25.
- [45] Chien C C, Ku H C. Morphology, life history and reproductive ability of *Liriomyza trifolii*. *Journal of Agricultural Research of China*, 1996, 45(1): 69-88.
- [46] Lei Z R, Wen J Z. Determination of the toxicity of insecticides to *Liriomyza sativae* and *L. huidobrensis*. *Plant Protection Technology and Extension*, 1999, 19(5): 27-27.
- [47] Mason G A, Johnson M W, Tabashnik B E. Susceptibility of *Liriomyza sativae* and *L. trifolii* (Diptera: Agromyzidae) to permethrin and fenvalerate. *Journal of Economic Entomology*, 1987, 80(6): 1262-1266.
- [48] Parrella M P, Keil C B, Morse J G. Insecticide resistance in *Liriomyza trifolii*. *California Agriculture*, 1984, 38(1): 22-23.

参考文献:

- [1] 康乐. 斑潜蝇的生态学与持续控制. 北京: 科技出版社, 1996.
- [4] 彭炜, 范京安, 赵学谦, 吴志平, 李刚, 赵志模, 陈文龙, 石万成, 李建荣. 四川省美洲斑潜蝇发生与综合防治初步研究. *植物检疫*, 1998, 12(3): 135-138.
- [9] 雷仲仁, 朱灿健, 张长青. 重大外来入侵害虫三叶斑潜蝇在中国的风险性分析. *植物保护*, 2007, 33(1): 37-41.
- [10] 陈文龙, 李子忠, 顾丁, 柳琼友. 中国斑潜蝇属种类和 2 新纪录种记述 (双翅目, 潜蝇科). *西南大学学报: 自然科学版*, 2007, 29(4): 154-158.
- [11] 杨永茂, 叶向勇, 李玉亮. 斑潜蝇属害虫在中国的地理分布与分类鉴定. *山东农业科学*, 2010, 6: 82-85.
- [12] 陈小琳, 汪兴鉴. 世界 23 种斑潜蝇害虫名录及分类鉴定. *植物检疫*, 2000, 14(5): 266-271.
- [13] 陈兵, 康乐. 南美斑潜蝇在我国发生趋势和地理差异分析. *植物检疫*, 2002, 16(3): 138-140.
- [14] 雷仲仁, 姚君明, 朱灿健, 王海鸿. 三叶斑潜蝇在中国的适生区预测. *植物保护*, 2007, 33(5): 100-103.
- [21] 问锦曾, 王音, 雷仲仁. 美洲斑潜蝇中国新记录. *昆虫分类学报*, 1996, 18(4): 311-312.
- [22] 雷仲仁, 问锦曾, 王音. 我国危险性斑潜蝇的研究进展及今后工作的建议. *中国青年农业科学学术年报 B 卷*. 北京: 中国农业出版社, 1997: 495-499.
- [23] 问锦曾, 雷仲仁, 王音. 云南贵州两省南美斑潜蝇的考察. *植物保护*, 1998, 24(3): 18-20.
- [24] 王音, 雷仲仁, 赵光文, 问锦曾, 黄冬如. 京郊蔬菜上潜叶蝇种群动态调查. *植物保护*, 1998, 24(4): 10-14.
- [25] 肖婷, 郭建, 朱桂梅, 杨敬辉, 潘以楼. 江苏句容地区发现三叶草斑潜蝇初报. *江苏农业科学*, 2009, (1): 126-127.
- [26] 杨飞, 曹婧曼, 杜予州. 江苏省三叶斑潜蝇发生调查及分子检测. *植物保护*, 2010, 36(6): 108-111.
- [28] 邓晓峰, 王峻, 屈娟. 台湾省斑潜蝇种类及其防治研究进展. *植物检疫*, 1997, 11(5): 284-289.
- [34] 万方浩, 郑小波, 郭建英. 重要农林外来入侵物种的生物学与控制. 北京: 科学出版社, 2005.
- [36] 高俊平. 南美斑潜蝇寄主选择性及其机理的研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2006.
- [37] 戴小华, 尤民生, 付丽君. 美洲斑潜蝇、南美斑潜蝇寄主植物比较. *武夷科学*, 2000, 16: 202-206.
- [38] 李建军, 李修炼, 张雅林, 成卫宁. 蔬菜花卉斑潜蝇研究进展. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2003, 31(增刊): 162-166.
- [40] 王音, 雷仲仁, 问锦曾. 南美斑潜蝇的形态特征及危害特点. *植物保护*, 1998, 24(5): 30-31. [题名、发表日期有修改]
- [41] 王音, 雷仲仁, 问锦曾, 孙福在, 吴孔明. 美洲斑潜蝇的越冬与耐寒性研究. *植物保护学报*, 2000, 27(1): 32-36.
- [43] 周亦红, 赵志模, 邓新平, 吴世源. 温度对南美斑潜蝇实验种群的影响. *南京农业大学学报*, 2000, 23(4): 33-36.
- [44] 曾玲, 吴佳教, 梁广文. 温度对美洲斑潜蝇生长发育的影响. *华南农业大学学报*, 1998, 1(3): 21-25.
- [45] 钱景秦, 古琇芷. 非洲菊斑潜蝇之形态、生活史、及繁殖力. *中华农业研究*, 1996, 45(1): 69-88.
- [46] 雷仲仁, 问锦曾. 杀虫剂对斑潜蝇成虫触杀毒性的测定. *植保技术与推广*, 1999, 19(5): 27-27.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 5 March, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

- Statistical characteristics of eutrophication process in Dianshan Lake CHENG Xi, LI Xiaoping, CHEN Xiaohua (1355)
- Cadmium assimilation and elimination and biological response in *Pirata subpiraticus* (Araneae: Lycosidae) fed on Cadmium diets ZHANG Zhengtian, ZHANG Guangduo, ZHANG Hucheng, et al (1363)
- Effect of co-cultivation time on camptothecin content in *Camptotheca acuminata* seedlings after inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi YU Yang, YU Tao, WANG Yang, et al (1370)
- Relationship between frequency of sandstorms and air humidity as well as plant phenology: a case study from the Minqin desert area CHANG Zhaofeng, WANG Yaolin, HAN Fugui, et al (1378)
- Genetic diversity and evolution relationship on mtDNA D-loop in Tibetan yaks ZHANG Chengfu, XU Lijuan, JI Qiumei, et al (1387)
- Geostatistical analysis on spatiotemporal distribution pattern of soil water content of forest gap in *Pinus koraiensis* dominated broadleaved mixed forest LI Meng, DUAN Wenbiao, CHEN Lixin, et al (1396)
- Soil nitrogen and enzymes involved in nitrogen metabolism under different vegetation in Ziwuling mountain in the Loess Plateau, China XING Xiaoyi, HUANG Yimei, HUANG Haibo, et al (1403)
- Soil carbon, nitrogen and microbiological characteristics during bamboo high-speed growth WANG Xueqin, ZHANG Qichun, YAO Huaiying (1412)
- Effects of long-term increased soil N on leaf traits of several species in typical Inner Mongolian grassland HUANG Juying, YU Hailong, YUAN Zhiyou, et al (1419)
- Influence of arbuscular mycorrhizal associations on the interspecific competition between mycorrhizal and non-mycorrhizal plants ZHANG Yuting, WANG Wenhua, SHEN Hong, et al (1428)
- Structure and biodiversity of fig wasp community inside syconia of *Ficus virens* Ait. var. *sublanceolata* (Miq.) Corner in Fuzhou WU Wenshan, CHEN Youling, CAI Meiman, et al (1436)
- Growth and photosynthetic characteristics of *Epimedium koreanum* Nakai in different habitats ZHANG Yonggang, HAN Mei, HAN Zhongming, et al (1442)
- The critical temperature to Huashan Pine (*Pinus armandi*) radial growth based on the daily mean temperature FENG Xiaohui, CHENG Ruimei, XIAO Wenfa, et al (1450)
- The analysis of grade diversity indices of butterfly community in the Three Gorges Reservoir Area of Yangtze River MA Qi, LI Aimin, DENG Heli (1458)
- Research on dynamic characteristics of photosynthesis in muskmelon seedling leaves HAN Ruifeng, LI Jianming, HU Xiaohui, et al (1471)
- Effects of different winter covering crops cultivation on methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O) emission fluxes from double-cropping paddy field TANG Haiming, XIAO Xiaoping, SHUAI Xiqiang, et al (1481)
- Variations in groundwater levels and quality and their effects on vegetation in the western Grubantonggut Desert ZENG Xiaoling, LIU Tong, ZHANG Weibin, et al (1490)
- Carbon and nitrogen stable isotope characteristics of particulate organic matter and zooplankton in Liuxihe Reservoir NING Jiajia, LIU Hui, GU Binhe, et al (1502)
- Selection of vegetable seeds native in China instead of the cress seed for evaluating the maturity of biosolids LIU Songsong, XU Tianfen, WU Qitang, et al (1510)
- Effects of anthropogenic nutrient input on organisms from different trophic levels in Hanfeng Lake: evidence from stable carbon and nitrogen isotope analysis LI Bin, WANG Zhijian, JIN Li, et al (1519)
- Temporal and spatial distribution of phytoplankton in Liusha Bay ZHANG Caixue, CHEN Huiyan, SUN Xingli, et al (1527)
- Study on the supercooling of golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) ZHAO Benliang, ZHANG Jia'en, LUO Mingzhu, et al (1538)
- The effects of rice growth stages on the ovarian development and take-off of *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera* CHEN Yu, FU Qiang, LAI Fengxiang, et al (1546)
- Cold tolerance of the overwintering egg of *Apolygus lucorum* Meyer-Dür (Hemiptera: Miridae) ZHUO Degan, LI Zhaohui, MEN Xingyuan, et al (1553)
- A suggestion on the estimation method of population sizes of *Niviventer confucianus* in Land-bridge island ZHANG Xu, BAO Yixin, LIU Jun, et al (1562)
- The carbon footprint of food consumption in Beijing WU Yan, WANG Xiaoke, LU Fei (1570)
- Anthropogenic phosphorus flow analysis of Hanshan County in Anhui Province FU Yinyin, YUAN Zengwei, WU Huijun, et al (1578)
- A laboratory study of auctions for water rights transactions in inland river basin: a case study of irrigation areas of Heihe river basin DENG Xiaohong, XU Zhongmin (1587)
- Review and Monograph**
- A review of the effect of typhoon on forests LIU Bin, PAN Lan, XUE Li (1596)
- Research progress on the effects of ocean acidification on coral reef ecosystems ZHANG Chenglong, HUANG Hui, HUANG Liangmin, et al (1606)
- Interspecific competition among three invasive *Liriomyza* species XIANG Juncheng, LEI Zhongren, WANG Haihong, et al (1616)
- Indicative significance of biogenic elements to eco-environmental changes in waters YU Yu, SONG Jinming, LI Xuegang, et al (1623)
- Recent advances in studies on dissimilatory Fe(III)-reducing microorganisms LI Huijuan, PENG Jingjing (1633)
- Discussion**
- Ecological vulnerability research for Xilingol League, Northern China XU Guangcai, KANG Muye, Marc Metzger, et al (1643)
- Scientific Note**
- Spatial distribution and species composition of zooplanktons in the eastern tropical Pacific Ocean off Costa Rica LIU Bilin, CHEN Xinjun, JIA Tao, et al (1654)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,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,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 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 5 期 (2012 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 5 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:100071	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100071, 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:100071 电话:(010)64034563 E-mail: journal@espg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100071, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@espg.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