

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 20 期 Vol.33 No.20 **2013**

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 33 卷 第 20 期 2013 年 10 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 中小尺度下西北太平洋柔鱼资源丰度的空间变异..... 杨铭霞,陈新军,冯永玖,等 (6427)
- 水分和温度对若尔盖湿地和草甸土壤碳矿化的影响..... 王 丹,吕瑜良,徐 丽,等 (6436)
- 荒漠啮齿动物群落对开垦干扰的响应及其种群生态对策..... 袁 帅,付和平,武晓东,等 (6444)
- 转 Bt 基因棉花对烟粉虱天敌昆虫龟纹瓢虫的影响 周福才,顾爱祥,杨益众,等 (6455)
- 微地形改造的生态环境效应研究进展..... 卫 伟,余 韵,贾福岩,等 (6462)

个体与基础生态

- 丹顶鹤春迁期觅食栖息地多尺度选择——以双台河口保护区为例..... 吴庆明,邹红菲,金洪阳,等 (6470)
- 新疆石河子南山地区表土花粉研究..... 张 卉,张 芸,杨振京,等 (6478)
- 鄱阳湖湿地两种优势植物叶片 C、N、P 动态特征 郑艳明,尧 波,吴 琴,等 (6488)
- 基于高分辨率遥感影像的森林地上生物量估算..... 黄金龙,居为民,郑 光,等 (6497)
- 异质性光照下匍匐茎草本狗牙根克隆整合的耗益..... 陶应时,洪胜春,廖咏梅,等 (6509)
- 湘潭锰矿废弃地栎树人工林微量元素生物循环..... 罗赵慧,田大伦,田红灯,等 (6517)
- 接种彩色豆马勃对模拟酸沉降下马尾松幼苗生物量的影响 陈 展,王 琳,尚 鹤 (6526)
- 生物炭对不同土壤化学性质、小麦和糜子产量的影响 陈心想,何绪生,耿增超,等 (6534)
- 延河流域植物功能性状变异来源分析 张 莉,温仲明,苗连朋 (6543)
- 榆紫叶甲赤眼蜂基础生物学特性及其实验种群生命表..... 王秀梅,臧连生,林宝庆,等 (6553)
- 几种生态因子对拟目乌贼胚胎发育的影响 彭瑞冰,蒋霞敏,于曙光,等 (6560)

种群、群落和生态系统

- 海南铜鼓岭灌木林稀疏规律..... 周 威,龙 成,杨小波,等 (6569)
- 青海三江源区果洛藏族自治州草地退化成因分析..... 赵志平,吴晓蕾,李 果,等 (6577)
- 模拟氮沉降对华西雨屏区苦竹林凋落物基质质量的影响..... 肖银龙,涂利华,胡庭兴,等 (6587)
- 基于光合色素的钦州湾平水期浮游植物群落结构研究 蓝文陆,黎明民,李天深 (6595)
- 基于功能性状的常绿阔叶植物防火性能评价..... 李修鹏,杨晓东,余树全,等 (6604)
- 北京西山地区大山雀与其它鸟类种群间联结分析..... 董大颖,范宗骥,李扎西姐,等 (6614)
- 被动式电子标签用于花鼠种群动态研究的可行性 杨 慧,马建章,戎 可 (6634)

景观、区域和全球生态

- 华北冬小麦降水亏缺变化特征及气候影响因素分析..... 刘 勤,梅旭荣,严昌荣,等 (6643)
- 基于 FAHP-TOPSIS 法的我国省域低碳发展水平评价 胡林林,贾俊松,毛端谦,等 (6652)
- 河漫滩湿地生态阈值——以二卡自然保护区为例..... 胡春明,刘 平,张利田,等 (6662)
- 应用 Le Bissonnais 法研究黄土丘陵区植被类型对土壤团聚体稳定性的影响 刘 雷,安韶山,黄华伟 (6670)
- 不同人为干扰下纳帕海湖滨湿地植被及土壤退化特征..... 唐明艳,杨永兴 (6681)

资源与产业生态

- 近 10 年北京极端高温天气条件下的地表温度变化及其对城市化的响应 李晓萌,孙永华,孟 丹,等 (6694)
- 三峡库区小江库湾鱼类食物网的稳定 C、N 同位素分析 李 斌,徐丹丹,王志坚,等 (6704)

研究简报

- 北京奥林匹克森林公园绿地碳交换动态及其环境控制因子..... 陈文婧,李春义,何桂梅,等 (6712)
- 植被恢复对洪雅县近 15 年景观格局的影响 王 鹏,李贤伟,赵安玖,等 (6721)
- 高盐下条斑紫菜光合特性和 S-腺苷甲硫氨酸合成酶基因表达的变化 ... 周向红,易乐飞,徐军田,等 (6730)

学术信息与动态

- 生态系统服务研究进展——2013 年第 11 届国际生态学大会 (INTECOL Congress) 会议述评 房学宁,赵文武 (6736)
- 生态系统服务评估——2013 年第 6 届生态系统服务伙伴国际学术年会述评 巩 杰,岳天祥 (6741)
- 回顾过去,引领未来——2013 年第 5 届国际生态恢复学会大会 (SER 2013) 简介..... 彭少麟,陈宝明,周 婷 (6744)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 320 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 33 * 2013-10



封面图说: 荒漠旱獭——旱獭属啮齿目、松鼠科、旱獭属,是松鼠科中体型最大的一种。旱獭多栖息于平原、山地和荒漠草原地带,集群穴居,挖掘能力甚强,洞道深而复杂,多挖在岩石坡和沟谷灌丛下,从洞中推出的大量沙石堆在洞口附近,形成旱獭丘。荒漠啮齿动物是荒漠生态系统的重要成分,农业开垦对功能相对脆弱的荒漠生态系统的干扰极大,往往导致栖息地破碎化,对动植物种产生强烈影响,啮齿动物受到开垦干扰后对环境的响应及其群落的生态对策,是荒漠生态系统生物多样性及其功能维持稳定的重要基础。

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/stxb201302030222

周福才, 顾爱祥, 杨益众, 周桂生, 胡其靖, 任佳. 转 Bt 基因棉花对烟粉虱天敌昆虫龟纹瓢虫的影响. 生态学报, 2013, 33(20): 6455-6461.

Zhou F C, Gu A X, Yang Y Z, Zhou G S, Hu Q J, Ren J. Effects of Bt-cotton on *Propylea japonica*, an Enemy Insect of *Bemisia tabaci* (Gennadius). Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(20): 6455-6461.

转 Bt 基因棉花对烟粉虱天敌昆虫龟纹瓢虫的影响

周福才^{1,*}, 顾爱祥¹, 杨益众¹, 周桂生², 胡其靖¹, 任佳¹

(1. 扬州大学园艺与植物保护学院, 扬州 225009; 2. 扬州大学江苏省作物遗传生理重点实验室, 扬州 225009)

摘要: 在实验室控制条件下, 以转 Bt 基因棉花 GK12、33B、SGK321 上的烟粉虱为食料饲养龟纹瓢虫, 研究转 Bt 基因棉花上的烟粉虱对龟纹瓢虫生长发育及捕食的影响, 同时利用 Y 型嗅觉仪, 观察龟纹瓢虫对来自不同类型棉花的棉叶及其烟粉虱的嗅觉反应和视觉反应。结果表明, 转 Bt 基因棉花和对应的常规棉亲本上的烟粉虱对龟纹瓢虫的发育历期和存活率没有明显的影响。龟纹瓢虫对棉花叶片、烟粉虱若虫、蜜露、蜕等 4 种物质的视觉反应之间没有明显的差异。对 4 种嗅源物质的嗅觉选择性的大小依次为: 烟粉虱若虫 > 蜕 > 棉花 > 蜜露; 在两类不同的棉花之间, 龟纹瓢虫对 GK12、33B、SGK321 等 3 种转基因棉花上的烟粉虱若虫的嗅觉选择性明显较对应的常规棉亲本 SM3、33、SY321 上的烟粉虱若虫小; 对烟粉虱若虫的蜕, 两种转单价基因棉花 GK12、33B 较对应的常规棉亲本上的小, 而转双价基因的棉花 SGK321 上与对应的常规棉之间没有明显的差异。烟粉虱密度大于 200 头/皿时, 龟纹瓢虫捕食转基因棉花上烟粉虱的数量大于对应的常规棉花亲本, 但烟粉虱密度小于 200 头/皿时, 龟纹瓢虫捕食转基因棉花上烟粉虱的数量小于对应的常规棉花亲本。龟纹瓢虫对烟粉虱的捕食符合 Holling II 型反应。龟纹瓢虫取食转基因棉花上的烟粉虱的理论极限值、瞬间攻击率均大于对应的常规棉亲本。

关键词: 转 Bt 基因棉花; Cry1Ac 杀虫蛋白; 烟粉虱; 龟纹瓢虫

Effects of Bt-cotton on *Propylea japonica*, an Enemy Insect of *Bemisia tabaci* (Gennadius)

ZHOU Fucan^{1,*}, GU Aixiang¹, YANG Yizhong¹, ZHOU Guisheng², HU Qijing¹, REN Jia¹

¹ School of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China

² Jiangsu Provincial Key Lab of Crop Genetics & Physiology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China

Abstract: In a laboratory test, *Bemisia tabaci* on the plants of three transgenic Bt cotton cultivars (GK12, 33B, and SGK321) and their non-transgenic parents (SM3, 33, and SY321) was used for feeding *Propylea japonica*. The effects of *B. tabaci* on the growth and predation of *P. japonica* were studied. Meanwhile, the olfactory and visual reactions of *P. japonica* to *B. tabaci* from the leaves of these transgenic and non-transgenic cotton plants were observed using a Y-shape olfactometer. The transgenic cotton plants and their non-transgenic cotton parents didn't produce significant effects on the developmental duration and survival of *P. japonica*. There was no significant difference in the visual reactions of *P. japonica* to cotton leaves, the nymph, honeydew, exuviae of *B. tabaci*. The olfactory reaction of *P. japonica* was descended in the order of nymph, exuviae, cotton plant, and honeydew. *P. japonica* on the three non-transgenic cotton plants had higher olfactory selectivity for the nymph of *B. tabaci* than those on the three transgenic cotton plants. *P. japonica* on the two univalent transgenic cotton plants of GK12 and 33B had lower olfactory selectivity for the exuviae of *B. tabaci* than those on their two non-transgenic cotton plants of GK12, 33B. There was no difference in the olfactory selectivity for the exuviae

基金项目: 转基因生物安全监测技术资助项目 (2013ZX08012004-005); 国家自然科学基金资助项目 (31171483); 江苏高校优势学科建设工程项目资助

收稿日期: 2013-02-03; 修订日期: 2013-05-03

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: fczhou@yzu.edu.cn

of *B. tabaci* on the bivalent transgenic cotton SGK321 and its non-transgenic parent SY321. When the prey density was greater than 200 head/dish, the amount of *B. tabaci* predated by *P. japonica* was higher on transgenic cotton plants than on non-transgenic cotton plants. When the prey density was lower than 200 head/dish, the amount of *B. tabaci* predated by *P. japonica* was higher on non-transgenic cotton plants than on transgenic cotton plants. The predation of *P. japonica* to *B. tabaci* was in conformity with Holling II type reaction. The theoretical limit and the instant attack rate of *P. japonica* on *B. tabaci* were significantly on transgenic cotton plants than on their non-transgenic cotton plants.

Key Words: transgenic Bt cotton; Cry1Ac insecticidal protein; *Bemisia tabaci*; *Propylea japonica*

转基因棉花的种植在有效控制了棉铃虫等靶标害虫危害的同时,对非靶标昆虫,特别是对天敌昆虫也会产生明显的影响,因此转基因棉花的生态安全性受到国内外众多专家越来越多的关注^[1]。转基因棉花对天敌昆虫的影响通常表现为直接作用和间接作用。直接作用指天敌昆虫取食转基因棉花上的昆虫后,毒蛋白随着食物链的传递,在天敌昆虫体内积累,这些积累的毒蛋白可能会直接影响天敌昆虫^[2];间接作用是指转基因棉花表达的 Bt 毒蛋白对天敌昆虫猎物的影响,转基因棉花通过影响猎物的种群数量和质量,从而间接地影响天敌种群^[3]。

转基因抗虫植物的种植不仅要求对靶标害虫具有良好的控制作用,而且还要求对天敌昆虫具有良好的协调性共存。转基因植物可能通过降低靶标害虫的种群数量而使其天敌昆虫种群数量减少,但由于杀虫剂使用量和使用次数的减少,又促进了非靶标害虫及其天敌种群的增加^[4-6]。尽管多数室内生测研究表明,以转 Bt 基因抗虫植物上的靶标害虫或非靶标害虫为食的捕食性天敌,其个体发育、生殖、捕食行为等均未受到不良影响^[7-8],但也有研究表明,以此类害虫为猎物的捕食性昆虫却受到了不良影响^[9-10]。因此,研究转基因抗虫植物和害虫、天敌之间的关系是其生态安全性评价的焦点之一。

天敌昆虫是调节害虫种群的重要因子。作为棉田生态系统中的重要天敌昆虫,龟纹瓢虫 *Propylea japonica* 曾被用来成功地防治棉蚜^[11],但转 Bt 基因棉花对龟纹瓢虫捕食非靶害虫烟粉虱会产生什么影响?这一问题尚未见系统研究的报道。本文通过 3 种转 Bt 基因棉田中龟纹瓢虫对烟粉虱 *Bemisia tabaci* 的捕食作用的研究,探讨转基因棉花对烟粉虱捕食性天敌龟纹瓢虫的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

棉花品种 国抗 12(文中简称为 GK12,转 Bt 基因棉)、33B(转 Bt 基因棉)、SGK321(转 Bt+CpTI 基因棉);泗棉 3 号(文中简称为 SM3)、33、石远 321(文中简称为 SY321)分别为 GK12、33B 和 SGK321 对应的常规棉亲本。上述棉花种子均由中国农业科学院植保所提供。在扬州大学园艺与植物保护学院试验田种植。棉花常规管理,整个生育期不施用任何化学杀虫剂。

天敌昆虫 龟纹瓢虫采自扬州大学园艺与植物保护学院试验田,在实验室中用黄瓜烟粉虱饲养。

1.2 试验方法

1.2.1 龟纹瓢虫对不同类型棉花及烟粉虱的嗅觉反应测定

利用 Y 形嗅觉仪测定。分别取棉花叶片(长×宽=1cm×1cm)、烟粉虱若虫(3 龄,1 头)、蜜露(1μL,滴在 parafilm 膜上)、蜕(1 个)等几种物质作为嗅源。将嗅源物质放入嗅觉仪的一臂,另一臂空白作对照。试验在 25℃左右,RH 80%左右的室内进行,在嗅觉仪上方 0.5 m 处放置 1 盏 40W 日光灯提供均匀光照。嗅觉仪臂端气体流量设定为 300 mL/min,每头龟纹瓢虫作为 1 个处理,5 min 内进入臂端者记为反应,没有进入臂端者记为不反应。每测 5 头将方向对换一下,以免光线不均匀而造成影响,并将测试区域先用无水乙醇擦拭,然后用蒸馏水擦拭,之后重新放入上述供试样品。每头龟纹瓢虫只受试 1 次,每个处理测定 20 头瓢虫。试验前用空气吹洗嗅觉仪 10—20min。

1.2.2 龟纹瓢虫对不同类型棉花上烟粉虱的视觉反应测定

参照周福才方法^[12]。在直径 15cm 的培养皿中放入一张湿滤纸,将棉花叶片、烟粉虱若虫、蜜露、蜕(样品量同 1.2.1)等几种供试物质一起随机放在滤纸四周,用透明度较好的保鲜膜将放在湿滤纸上的这些物质覆盖严密,以确保挥发性物质不挥发到培养皿中。在培养皿中间引入龟纹瓢虫 5 头,盖上培养皿上盖,30 min 后观察不同供试物质上龟纹瓢虫成虫数量。1 个培养皿作为 1 个处理,试验重复 4 次。

1.2.3 对龟纹瓢虫生长发育的影响

用直径 9cm 的培养皿饲养龟纹瓢虫。培养皿底部铺一层湿滤纸,分别将转基因棉花 GK12、33B、SGK321 及其对应常规棉花 SM3、33、SY321 切成直径 9cm 的圆形放在培养皿中,棉花叶片上保留 200 头左右的烟粉虱高龄若虫作为龟纹瓢虫的食料,棉花叶片每天更换 1 次。每只培养皿接龟纹瓢虫成虫 1 对,分别收集以不同品种棉花为食料的瓢虫第 1 天产的卵,每处理收集卵 60 粒。将上述卵移入放有对应棉花叶片的培养皿中至卵孵化,计卵发育历期。将刚孵化的幼虫单头接入放有对应棉花叶片的培养皿中,叶片上保留 200 头左右的烟粉虱高龄若虫,棉花叶片每天更换 1 次,观察龟纹瓢虫幼虫的发育历期、死亡率。试验条件为温度(27±0.5)℃,相对湿度 75%—80%,光照 14L:10D。试验重复 4 次。

1.2.4 瓢虫捕食功能反应测定

棉花叶片处理方法同 1.2.3。叶片上分别保留 50、100、150、200、250、300 头烟粉虱高龄若虫,叶片放入培养皿后,分别接入 1 头不同龄期的龟纹瓢虫,培养皿置于温度为(27±0.5)℃、相对湿度 75%—80%、光照 14L:10D 的培养箱中,24 h 后记录剩余烟粉虱若虫数量。计算龟纹瓢虫的捕食量,建立捕食功能反应模型。试验重复 3 次。

捕食功能反应模型为:

$$N_a = aTN / (1 + aT_h N)$$

式中, N_a 为捕食量, a 为发现域, N 为猎物密度, T_h 为捕食 1 头猎物所用的时间(处理时间), T 为搜寻猎物的时间。由于时间相同,即 $T=1$,当猎物密度 N 趋于无穷大时,则 N_a 为最大捕食量。

1.2.5 数据处理方法

试验数据采用 DPS 统计软件进行处理。用 Duncan's 多重比较的方法检验各处理的差异显著性,显著性检验水平均为 $P \leq 0.05$ 。转基因棉花与其对应的常规棉亲本之间成对数据间的差异显著性采用 t 测验。

2 结果与分析

2.1 取食不同类型棉花上烟粉虱的龟纹瓢虫的发育历期和存活率

从表 1、表 2 可以看出,取食 GK12、33B、SGK321 3 种转基因棉花上烟粉虱的龟纹瓢虫从卵发育到成虫分别为 12.21、12.44d 和 13.14d,在 SM3、33 SY321 和 3 种常规棉花上分别为 12.35、13.88d 和 13.70d,龟纹瓢虫取食 6 种棉花上的烟粉虱其发育历期之间没有显著差异,转基因棉花和对应的常规棉亲本之间经 t 测验,也没有明显的差异。取食 3 种转基因棉花上烟粉虱的龟纹瓢虫从卵发育到成虫的存活率分别为 60.73%、

表 1 取食不同类型棉花上烟粉虱的龟纹瓢虫的发育历期

Table 1 The developmental duration of *P. japonica* Feeding *B. tabaci* sucking with different cottons

棉花品种 Cotton variety	发育历期 developmental duration/d						
	卵 egg	1 龄 1 st instar larva	2 龄 2 nd instar larva	3 龄 3 rd instar larva	4 龄 4 th instar larva	蛹期 Pupa	卵-蛹期 The time of egg to pupa
GK12	2.21±0.54ab	1.80±0.20ab	1.80±0.20ab	1.40±0.24b	2.40±0.24a	2.60±0.40a	12.21±1.08a
SM3	2.85±0.32a	2.00±0.32ab	1.80±0.37b	1.60±0.40b	2.20±0.37ab	3.00±0.32a	12.35±0.50a
33B	1.94±0.63b	1.80±0.20b	1.60±0.24b	1.60±0.24b	2.40±0.24ab	3.00±0.45a	12.44±0.29a
33	2.23±0.24a	2.17±0.17a	1.83±0.17a	1.83±0.31a	2.33±0.33a	2.67±0.33a	13.88±0.75a
SGK321	1.89±0.46a	2.33±0.42a	2.00±0.26a	2.00±0.26a	2.50±0.22a	2.83±0.31a	13.14±0.63a
SY321	2.20±0.33ab	2.40±0.24ab	2.00±0.32b	2.20±0.37ab	2.40±0.40ab	3.20±0.37a	13.70±0.65a

表中数据为平均数±标准误;数字后英文字母为 Duncan 多重比较的检验结果,同列中具有不同小写字母者表示在 0.05 水平上差异显著;数字后有“*”表示成对棉花品种的试材之间经 t 测验差异显著

78.60%和 65.95%,在 3 种常规棉花上分别为 60.04%、76.76%和 62.33%,差异也不显著。说明取食转基因上的烟粉虱对龟纹瓢虫的生长发育和存活率均没有明显的影响。

表 2 取食不同类型棉花上烟粉虱的龟纹瓢虫的存活率

Table 2 The survival rate of *P. japonica* Feeding *B. tabaci* sucking with different cottons

棉花品种 Cotton variety	存活率 survival rate/%						卵-蛹期 The time of egg to pupa
	卵 egg	1 龄 1 st instar larva	2 龄 2 nd instar larva	3 龄 3 rd instar larva	4 龄 4 th instar larva	蛹期 Pupa	
GK12	95.14±10.07a	83.61±13.27a	80.84±8.43a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	60.73±14.46a
SM3	83.10±2.50a	97.50±2.50a	83.61±13.27ab	92.50±2.50a	96.61±13.27a	99.17±7.86a	60.04±15.15a
33B	90.43±11.67a	89.17±7.86a	97.50±2.50a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	78.60±8.10a
33	90.12±12.14a	97.50±2.50a	97.50±2.50a	89.17±7.86ab	100.00±0.00a	100.00±0.00a	76.76±8.81a
SGK321	88.24±7.86a	89.17±7.86a	89.17±7.86a	97.50±2.50a	97.50±2.50a	100.00±0.00a	65.95±8.42a
SY321	86.45±12.21a	97.50±2.50a	80.84±8.43b	95.00±5.00a	96.25±3.75a	100.00±0.00a	62.33±9.69a

2.2 不同类型棉花对龟纹瓢虫寄主选择的影响

应用嗅觉仪测定龟纹瓢虫对不同类型棉花叶片,以及取食这些棉花的烟粉虱产生的蜜露、烟粉虱若虫及其蜕的嗅觉反应。结果发现,在棉花叶片、烟粉虱若虫、蜜露、蜕等 4 种嗅源中,龟纹瓢虫对烟粉虱若虫的嗅觉反应最强,对蜜露的嗅觉反应最弱,对 4 种不同嗅源的嗅觉选择性的的大小依次为:烟粉虱若虫>蜕>棉花>蜜露,如龟纹瓢虫对 SY321 棉花上的烟粉虱若虫的选择率(40.00%)是蜜露(6.67%)的 6 倍(表 3)。

从表 3 还可以发现,龟纹瓢虫对转基因棉花和对应的常规棉亲本上的烟粉虱若虫的嗅觉反应之间存在明显的差异,对常规棉上的烟粉虱若虫的选择性明显较转基因棉花的烟粉虱若虫大,如龟纹瓢虫对常规棉 33 棉花上烟粉虱若虫的选择率(46.67%)是对应的转基因棉花 33B(20.00%)的 2.34 倍。龟纹瓢虫对转单价基因的棉花 GK12 和 33B 上烟粉虱若虫的蜕与其对应的常规棉亲本之间也存在明显的差异,对常规棉 SM3 和 33 上烟粉虱若虫的蜕选择率分别较对应的转基因棉花 GK12 和 33B 上的高 24.97%和 199.85%;但龟纹瓢虫对双价基因 SGK321 上烟粉虱若虫的蜕与其对应的常规棉亲本之间没有明显的差异。

表 3 龟纹瓢虫对不同嗅源的嗅觉反应

Table 3 The olfactory reaction of *P. japonica* to different odours

棉花品种 Cotton variety	瓢虫对不同嗅源的选择率 The select rate of <i>P. japonica</i> to different orders/%			
	棉花叶片 Leaf	蜜露 Honeydew	若虫 Nymph	蜕 Exuvates
GK12	6.67±6.67b	0.00±0.00b	33.33±6.67a	26.67±6.67a
SM3	0.00±0.00b	13.33±6.67 * ab	40.00±11.55 * a	33.33±6.67 * a
33B	13.33±6.67 * b	0.00±0.00c	20.00±11.55a	6.67±6.67b
33	0.00±0.00b	0.00±0.00b	46.67±24.04 * a	20.00±0.00 * a
SGK321	13.33±13.33b	6.67±6.67b	33.33±6.67a	20.00±11.55ab
SY321	13.33±6.67b	6.67±6.67b	40.00±0.00 * a	13.33±13.33ab

表中数据为平均数±标准误;数字后英文字母为 Duncan 多重比较的检验结果,同行中具有不同小写字母者表示在 0.05 水平上差异显著;数字后若有“*”表示成对棉花品种的试材之间经 *t* 测验差异显著

视觉反应测定表明(表 4),龟纹瓢虫对不同品种棉花及取食这些棉花的烟粉虱、蜜露、若虫、蜕等材料的视觉反应之间没有明显的差异,说明龟纹瓢虫对不同棉花品种及取食这些棉花的烟粉虱若虫、蜜露、蜕之间没有明显的视觉选择性差异。

2.3 不同类型棉花对龟纹瓢虫捕食量的影响

不同类型棉花上的烟粉虱对龟纹瓢虫的捕食量有明显的影响(表 5),在烟粉虱密度较低的环境中,龟纹瓢虫捕食转基因棉花上烟粉虱的数量小于对应的常规棉花亲本,但随着烟粉虱密度的增加,龟纹瓢虫的捕食

量逐渐增加,当烟粉虱密度大于 200 头/皿时,龟纹瓢虫捕食转基因棉花上烟粉虱的数量开始超过捕食常规棉花上的烟粉虱。如烟粉虱密度 50 头/皿时,龟纹瓢虫捕食 3 种转基因棉花上的烟粉虱的数量分别比对应的转基因棉花低 45.53%、25.68%、13.16%,但当烟粉虱密度达到 200 头/皿时,捕食 3 种转基因棉花上烟粉虱的数量分别比对应的常规棉亲本高 21.52%、7.29%和 3.22%。

表 4 龟纹瓢虫对不同物质颜色的视觉反应

Table 4 The visual reaction of *P. japonica* to different matters

棉花品种 Cotton variety	瓢虫对不同材料的选择率 The selection rate of <i>P. japonica</i> to different matters/%			
	棉花叶片 Leaf	蜜露 Honeydew	若虫 Nymph	蜕 Exuviae
GK12	0.00±0.00b	3.33±3.33b	16.67±3.33a	6.67±3.33ba
SM3	3.33±3.33b	6.67±6.67b	13.33±3.33a	6.67±3.33b
33b	3.33±3.33b	6.67±3.33b	13.33±3.33a	6.67±3.33b
33	3.33±3.33b	0.00±0.00b	16.67±3.33a	6.67±6.67b
SGK321	0.00±0.00b	0.00±0.00b	6.67±6.67a	3.33±3.33b
SY321	0.00±0.00b	3.33±3.33b	10.00±5.77a	0.00±0.00b

表 5 瓢虫对不同类型棉花上烟粉虱的捕食量

Table 5 Predation of *P. japonica* to *B. tabaci* feeding with different cottons

棉花 Cotton variety	不同猎物密度下的捕食量 The mount of predation under different prey density/(头/皿)					
	50	100	150	200	250	300
GK12	24.33 ± 2.18d	48.66±5.15b	99.67±12.75ab	133.67±2.33a	138.33±12.94a	137.00±3.52a
SM3	44.667 ± 4.82a	53.00±2.66ab	118.67±11.87a	110.00±1.72a	114.00±2.39a	117.33±11.61a
33B	27.00 ± 1.52cd	69.00±4.42a	109.33±1.76ab	137.33±28.86a	137.66±11.61a	138.67±3.90a
33	36.33 ± 2.72abc	69.67±6.66a	86.33±4.48b	128.00±8.55a	130.33±7.44a	129.67±9.65a
SGK321	33.00 ± 0.57bcd	54.67±8.00ab	118.00±4.72a	128.33±1.33a	129.33±7.23a	133.33±8.98a
SY321	38.00 ± 4.04ab	66.00±5.03ab	125.00±3.21a	124.33±15.07a	128.67±2.63a	130.33±2.48a

2.4 不同类型棉花对龟纹瓢虫捕食功能反应的影响

龟纹瓢虫捕食量随着猎物密度的增加而增加,但猎物密度达到一定值后,捕食量趋于稳定,符合 Holling II 型反应(表 6)。从功能反应方程可以看出,龟纹瓢虫的日捕食量存在理论最大值,龟纹瓢虫取食转基因棉花上的烟粉虱的理论极限值均大于常规棉花,而取食转基因棉花的烟粉虱所用的时间均短于对照,功能系数即瞬间攻击率均大于对照。如在 3 种转基因棉花 GK12、33B、SGK321 上,龟纹瓢虫对烟粉虱的日最大捕食量分别较对应的常规棉亲本 SM3、33、SY321 大 74.20%、24.24%和 77.43%,取食时间分别短 42.59%、19.51%、43.64%,功能系数分别大 24.45%、10.90%、9.50%。

表 6 瓢虫对不同类型棉花上烟粉虱的捕食功能反应

Table 6 Predator functional response of *P. japonica* to *B. tabaci* feeding with different cottons

棉花 Cotton variety	功能反应方程 equation of Predation functional reaction Predation functional reaction equation	相关系数 <i>r</i>	日最大捕食量 <i>N_a</i>	处理时间 <i>T_h</i>	功能系数 <i>a</i>	<i>a/T_h</i>
GK12	$1/N_a = 1.1457/N + 0.0031$	0.9928	322.58	0.0031	0.8728	281.54
SM3	$1/N_a = 1.4258/N + 0.0054$	0.9677	185.18	0.0054	0.7013	129.87
33B	$1/N_a = 1.0475/N + 0.0033$	0.9928	303.03	0.0033	0.9546	289.27
33	$1/N_a = 1.1617/N + 0.0041$	0.9871	243.90	0.0041	0.8608	209.95
SGK321	$1/N_a = 1.1564/N + 0.0031$	0.9623	322.58	0.0031	0.8647	278.93
SY321	$1/N_a = 1.2663/N + 0.0055$	0.9665	181.81	0.0055	0.7897	143.58

3 结果与讨论

大量研究表明,转 Bt 基因作物对捕食性天敌的生长发育、存活率、产卵量等没有不良的影响^[13-14]。如取食转基因水稻上的褐飞虱对拟水狼蛛的生长发育和存活率没有不良的影响^[15],取食转基因玉米上的二斑叶螨对深点食满瓢虫的发育和繁殖也没有明显的差异。本研究也发现,取食转基因棉花上的烟粉虱对龟纹瓢虫的生长发育和存活率也没有明显的影响。但是也有学者研究发现,转基因作物中的 Bt 毒蛋白可以通过植食性害虫对捕食性天敌产生不利的影响,如大丽二斑瓢虫成虫取食转 GNA 基因马铃薯的桃蚜后,瓢虫的产卵量减少三分之一,死亡率高 3 倍。桃蚜是转 GNA 基因马铃薯的靶标害虫,上述的这种差异是否是由于后者天敌昆虫取食的猎物是转基因作物的靶标害虫所引起的? 这一问题还有待于进一步研究。

大量研究已经证实,转基因棉花上烟粉虱的种群密度高于对应的常规棉亲本^[16]。关于转基因棉田烟粉虱种群上升的机制许多专家从不同侧面进行了研究,如转基因棉田化学农药使用量减少,削弱了对烟粉虱的兼治作用;外源基因导入后引起棉田天敌种群结构的变化,减弱了天敌对烟粉虱的控制作用^[17];转基因棉花的生理代谢发生变化,特别是同化产物中可溶性糖和氨基酸在绝对数量和相对比例上发生了明显的改变,这种变化有利于烟粉虱种群的上升^[18-19]等。本研究发现,龟纹瓢虫对转基因棉花和对应的常规棉亲本上的烟粉虱若虫的嗅觉反应之间存在明显的差异,对转 Bt 基因棉花上的烟粉虱若虫的选择性明显较对应的常规棉亲本上的烟粉虱若虫小,对单价基因的转基因棉花上烟粉虱若虫的蛻也明显较其对应的常规棉亲本上的小。捕食试验也发现,在猎物密度小于 200 头/皿,龟纹瓢虫对转 Bt 基因棉花上的烟粉虱的捕食量小于对应的常规棉亲本。在正常年份,棉田烟粉虱的平均密度一般小于 200 头/皿,因此在转基因棉花上,龟纹瓢虫对烟粉虱的捕食量小于对应的常规棉亲本。龟纹瓢虫是棉花烟粉虱的重要天敌昆虫,在转基因棉花上,龟纹瓢虫对烟粉虱的选择性和捕食量的下降,可能也是造成转 Bt 基因棉花上烟粉虱种群上升的重要原因之一。

References:

- [1] Cui J J, Xia J Y. Effects of Bt transgenic cotton (with Early Maturity) on population dynamic, of main pests and their natural enemies. *Acta Gossypii Sinica*, 1998, 10(5): 255-262.
- [2] Liu Z C. Ecological Risk Assessment of Bt Rice on Arthropod Community and Dominant Natural Enemies in Rice Paddy Habitat [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2002.
- [3] Wang F Y, Li R H, Zhou L Y, Yu D P, Li J, Li Z H. The study for tendency of community and copositive measure of prevention or cure on insect in Bt transgenic cotton field. *Journal of Laiyang Agricultural College*, 2003, 20(1): 16-20.
- [4] van Wilgen B W, Siegfried W R. Seed dispersal properties of three pine species as a determinant of invasive potential. *South African Journal of Botany*, 1986, 52: 546-548.
- [5] Frutos R, Rang C, Royer M. Managing insect resistance to plants producing *Bacillus thuringiensis* toxins. *Critical Reviews in Biotechnology*, 1999, 19(3): 227-276.
- [6] Hanne R C, Yu F Y, Fun S C. Development of a polyclonal antibody-based sensitive enzyme-linked immunosorbent assay for fumonisin B₄. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2000, 48(5): 1977-1984.
- [7] Down R E, Ford L, Mosson H J, Fitches E, Gatehouse J A, Gatehouse A M R. Protease activity in the larval stage of the parasitoid wasp, *Eulophus pennicornis* (Nees) (Hymenoptera: Eulophidae): effects of protease inhibitors. *Parasitology*, 1999, 119(2): 157-166.
- [8] Cui J J, Xia J Y, Chao J L. Effect of transgenic cotton on the insect population in different cropping patterns. *China Cotton*, 1999, 26(5): 8-9.
- [9] Hilbeck A, Baumgartner M, Fried P M, Bigler F. Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn-fed prey on mortality and development time of immature *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environmental Entomology*, 1998, 27: 480-87.
- [10] Bernal C C, Aguda R M, Cohen M B. Effect of rice lines transformed with *Bacillus thuringiensis* toxin genes on the brown planthopper and its predator *Cyrtorhinus lividipennis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2002, 102(1): 21-281.
- [11] Deng S D, Xu J, Zhang Q W, Zhou S W, Xu G J. Effect of transgenic Bt cotton on population dynamics of the non-target pests and natural enemies of pests. *Acta Entomologica Sinica*, 2003, 46(1): 1-51.
- [12] Zhou F C, Huang Z, Wang Y, Li C M, Zhu S D. Host plant selection of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(8): 3825-3831.
- [13] Li J W, Liu Q N, Jin Z T, Zhang L S, Zhou X. The observation of population dynamics of main pests and natural enemies on transgenic cotton with

conventional cotton. Journal of Binzhou Education College, 2000, 6(3): 76-79.

- [14] Nin X Z, Song Q P, Kong X H, Chen H, Meng J W, He Y J, Zhang S L. The observation of population dynamics of main pests and its natural enemies on transgenic cotton in Xinjiang areas. China Cotton, 2001, 28(9): 12-13.
- [15] Jiang Y H, Fu Q, Cheng J A. Dynamics of Cry1Ab protein from transgenic Bt rice in herbivores and their predators. Acta Entomologica Sinica, 2004, 47(4): 454-460.
- [16] Wu K M, Xu G, Guo Y Y. Seasonal population dynamics of tobacco white fly adults on cotton in Northern China. Plant Protection, 2001, 27(2): 14-15.
- [17] Yang Y Z, Yu Y S, Ren L, Shao Y D, Dai Z Y. The rejection of genetically modified cotton bollworm parasitoid. Jiangsu Agricultural Research, 2000, 21(4): 88-89.
- [18] Zhou F C, Ren S X, Du Y Z, Zhou G S, Shen Y. Effects of Bt-cotton and non-Bt cotton on development and reproduction of *Bemisia tabaci* (Gennadius). Acta Phytolacica Sinica, 2006, 33(3): 230-234.
- [19] Zhou F C, Ren S X, Chen D H, Li C M. Effect of introducing Bt gene in cotton on biochemical content of vascular bundle sap of cotton leaf and reproduction of *Bemisia tabaci* (Gennadius). Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2008, 16(6): 508-512.

参考文献:

- [1] 崔金杰, 夏敬源. 麦套夏播转 Bt 基因棉田主要害虫及其天敌的发生规律. 棉花学报, 1998, 10(5): 255-262.
- [2] 刘志诚. Bt 水稻对稻田节肢动物群落和优势天敌的生态风险评价 [D]. 杭州: 浙江大学, 2002.
- [3] 王风延, 李瑞花, 周兰英, 等. 转 BT 基因抗虫棉田昆虫种群动态及综合防治研究. 莱阳农学院学报, 2003, 20(1): 16-20.
- [8] 崔金杰, 夏敬源, 晁建立. 不同种植方式下转 BT 基因棉对昆虫群落的影响. 中国棉花, 1999, 26(5): 8-9.
- [11] 邓曙东, 徐静, 张青文, 周世文, 徐冠军. 转 Bt 基因棉对非靶标害虫及害虫天敌种群动态的影响. 昆虫学报, 2003, 46(1): 1-51.
- [12] 周福才, 黄振, 王勇, 李传明, 祝树德. 烟粉虱 (*Bemisia tabaci*) 的寄主选择性. 生态学报, 2008, 28(8): 3825-3831.
- [13] 李景文, 刘庆年, 金宗亭, 张路生, 周霞. 转 BT 基因棉与常规棉主要害虫及天敌消长规律的观察. 滨州教育学院学报, 2000, 6(3): 76-79.
- [14] 宁新柱, 宋庆平, 孔宪辉, 陈红, 孟建文, 何玉疆, 张松林. 新疆地区转 Bt 基因棉田主要害虫及其天敌消长规律的初步研究. 中国棉花, 2001, 28(9): 12-13.
- [15] 姜永厚, 傅强, 程家安, 等. 转 Bt 基因水稻表达的毒蛋白 Cry1Ab 在害虫及其捕食者体内的积累动态. 昆虫学报, 2004, 47(4): 454-460.
- [16] 吴孔明, 徐广, 郭予元. 华北北部地区棉田烟粉虱成虫季节性动态. 植物保护, 2001, 27(2): 14-15.
- [17] 杨益众, 余月书, 任璐, 邵益栋, 戴志一. 转 bt 基因棉对棉铃虫寄生性天敌的排斥反应. 江苏农业研究, 2000, 21(4): 88-89.
- [18] 周福才, 任顺祥, 杜予州, 周桂生, 沈媛. 转 Bt 基因棉和常规棉对烟粉虱生长发育和繁殖的影响. 植物保护学报, 2006, 33(3): 230-234.
- [19] 周福才, 任顺祥, 陈德华, 李传明. 外源 Bt 基因导入对棉花叶片维管束汁液的生化物质含量及烟粉虱种群增殖的影响. 中国生态农业学报, 2008, 16(6): 508-512.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.20 Oct., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Spatial variability of small and medium scales' resource abundance of *Ommastrephes bartramii* in Northwest Pacific YANG Mingxia, CHEN Xinjun, FENG Yongjiu, et al (6427)
- The effect of moisture and temperature on soil C mineralization in wetland and steppe of the Zoige region, China WANG Dan, LV Yuliang, XU Li, et al (6436)
- Response and population bionomic strategies of desert rodent communities towards disturbance of cultivation YUAN Shuai, FU Heping, WU Xiaodong, et al (6444)
- Effects of Bt-cotton on *Propylea japonica*, an Enemy Insect of *Bemisia tabaci* (Gennadius) ZHOU Fucui, GU Aixiang, YANG Yizhong, et al (6455)
- Research progress in the ecological effects of micro-landform modification WEI Wei, YU Yun, JIA Fuyan, et al (6462)

Autecology & Fundamentals

- A multi-scale feeding habitat selection of Red-crowned crane during spring migration at the Shuangtaihekou Nature Reserve, Liaoning Province, China WU Qingming, ZOU Hongfei, JIN Hongyang, et al (6470)
- Surface pollen research of Nanshan region, Shihezi City in Xinjiang ZHANG Hui, ZHANG Yun, YANG Zhenjing, et al (6478)
- Dynamics of leaf carbon, nitrogen and phosphorus of two dominant species in a Poyang Lake wetland ZHENG Yanming, YAO Bo, WU Qin, et al (6488)
- Estimation of forest aboveground biomass using high spatial resolution remote sensing imagery HUANG Jinlong, JU Weimin, ZHENG Guang, et al (6497)
- Cost-benefits of the clonal integration of *Cynodon dactylon*, a stolon herbaceous plant, under heterogeneous lighting condition TAO Yingshi, HONG Shengchun, LIAO Yongmei, et al (6509)
- Biological cycling of *Koeleria paniculata* plantation microelements in Xiangtan Manganese Mine wasteland LUO Zhaohui, TIAN Dalun, TIAN Hongdeng, et al (6517)
- Effects of ectomycorrhizal fungi (*tinctorius* (Pers.) Coker & Couch) on the biomass of masson pine (*Pinus massoniana*) seedlings under simulated acid rain CHEN Zhan, WANG Lin, SHANG He (6526)
- Effects of biochar on selected soil chemical properties and on wheat and millet yield CHEN Xinxiang, HE Xusheng, GENG Zengchao, et al (6534)
- Source of variation of plant functional traits in the Yanhe river watershed: the influence of environment and phylogenetic background ZHANG Li, WEN Zhongming, MIAO Lianpeng (6543)
- The general biology and experimental population life table about *Asynacta ambrostomae* WANG Xiumei, ZANG Liansheng, LIN Baoqing, et al (6553)
- Effect of several ecological factors on embryonic development of *Sepia lycidas* PENG Ruibing, JIANG Xiamin, YU Shuguang, et al (6560)

Population, Community and Ecosystem

- The thinning regular of the the shrubbery at Tongguling National Nature Reserve on Hainan Island, China ZHOU Wei, LONG Cheng, YANG Xiaobo, et al (6569)
- The cause of grassland degradation in Golog Tibetan Autonomous Prefecture in the Three Rivers Headwaters Region of Qinghai Province ZHAO Zhiping, WU Xiaopu, LI Guo, et al (6577)
- Effects of simulated nitrogen deposition on substrate quality of litterfall in a *Pleioblastus amarus* plantation in Rainy Area of West China XIAO Yinlong, TU Lihua, HU Tingxing, et al (6587)
- Phytoplankton community structure based on pigment composition in Qinzhou bay during average water period LAN Wenlu, LI Mingmin, LI Tianshen (6595)
- Functional trait-based evaluation of plant fireproofing capability for subtropical evergreen broad-leaved woody plants LI Xiupeng, YANG Xiaodong, YU Shuquan, et al (6604)
- Interspecific associations between *Parus major* and other bird communities in Beijing Xishan region DONG Daying, FAN Zhongji, LI Zhaxijie, et al (6614)

- Feasibility analysis of passive integrated transponders in population ecology studies of Siberian chipmunk
 YANG Hui, MA Jianzhang, RONG Ke (6634)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Dynamic variation of water deficit of winter wheat and its possible climatic factors in Northern China
 LIU Qin, MEI Xurong, YAN Changrong, et al (6643)
- Study on the levels' evaluation of provincial low-carbon development in China based on the FAHP-TOPSIS method
 HU Linlin, JIA Junsong, MAO Duanqian, et al (6652)
- An investigation of the safety threshold of a floodplain wetland: a case study of the Er-Ka Nature Reserve, China
 HU Chunming, LIU Ping, ZHANG Litian, et al (6662)
- Application of le bissonnais method to study soil aggregate stability under different vegetaion on the loess plateau
 LIU Lei, AN Shaoshan, Huang Huawei (6670)
- Analysis of vegetation and soil degradation characteristics under different human disturbance in lakeside wetland, Napahai
 TANG Mingyan, YANG Yongxing (6681)

Resource and Industrial Ecology

- Changes of land surface temperature and its response to urbanization under the extreme high-temperature background in recent
 ten years of Beijing LI Xiaomeng, SUN Yonghua, MENG Dan, et al (6694)
- Stable isotope (^{13}C and ^{15}N) analysis of fish food web of the Xiaojiang Bay in Three Gorges Reservoir
 LI Bin, XU Dandan, WANG Zhijian, et al (6704)

Research Notes

- Dynamics of CO_2 exchange and its environmental controls in an urban green-land ecosystem in Beijing Olympic Forest Park
 CHEN Wenjing, LI Chunyi, HE Guimei, et al (6712)
- Effects of vegetation restoration on landscape pattern of Hongya Country in recent 15 years
 WANG Peng, LI Xianwei, ZHAO Anjiu, et al (6721)
- Photosynthetic characteristics and SAMS gene expression in the red alga *Porphyra yezoensis* Ueda under high salinity
 ZHOU Xianghong, YI Lefei, XU Juntian, et al (6730)

《生态学报》2013 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,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

本期责任副主编 宋金明

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 20 期 (2013 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 20 (October, 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