

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

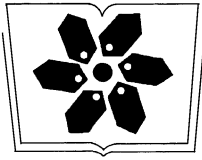
Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 24 期 Vol.32 No.24 **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 24 期

2012 年 12 月 (半月刊)

目 次

从文献计量角度分析中国生物多样性研究现状.....	刘爱原,郭玉清,李世颖,等 (7635)
CO ₂ 浓度升高和模拟氮沉降对青川箭竹叶营养质量的影响.....	周先容,汪建华,张 红,等 (7644)
陕西中部黄土高原地区空气花粉组成及其与气候因子的关系——以洛川县下黑木沟村为例.....	吕素青,李月从,许清海,等 (7654)
长三角地区 1995—2007 年生态资产时空变化.....	徐昔保,陈 爽,杨桂山 (7667)
基于智能体模型的青岛市林地生态格局评价与优化.....	傅 强,毛 锋,王天青,等 (7676)
青藏高原高寒草地生态系统服务功能的互作机制.....	刘兴元,龙瑞军,尚占环 (7688)
北京城市绿地的蒸腾降温功能及其经济价值评估.....	张 彪,高吉喜,谢高地,等 (7698)
武汉市造纸行业资源代谢分析.....	施晓清,李笑诺,赵吝加,等 (7706)
丽江市家庭能耗碳排放特征及影响因素.....	王丹寅,唐明方,任 引,等 (7716)
基于分布式水文模型和福利成本法的生态补偿空间选择研究.....	宋晓谕,刘玉卿,邓晓红,等 (7722)
设施塑料大棚风洞试验及风压分布规律.....	杨再强,张 波,薛晓萍,等 (7730)
湖南珍稀濒危植物——珙桐种群数量动态.....	刘海洋,金晓玲,沈守云,等 (7738)
云南岩陀及其近缘种质资源群体表型多样性.....	李萍萍,孟衡玲,陈军文,等 (7747)
沙埋和种子大小对柠条锦鸡儿种子萌发、出苗和幼苗生长的影响.....	杨慧玲,梁振雷,朱选伟,等 (7757)
栗山天牛天敌花绒寄甲在栎林中的种群保持机制.....	杨忠岐,唐艳龙,姜 静,等 (7764)
基于相邻木排列关系的混交度研究.....	娄明华,汤孟平,仇建习,等 (7774)
三种回归分析方法在 Hyperion 影像 LAI 反演中的比较.....	孙 华,鞠洪波,张怀清,等 (7781)
红松和蒙古栎种子萌发及幼苗生长对升温与降水综合作用的响应.....	赵 娟,宋 媛,孙 涛,等 (7791)
新疆杨边材贮存水分对单株液流通量的影响.....	党宏忠,李 卫,张友焱,等 (7801)
火干扰对小兴安岭毛赤杨沼泽温室气体排放动态影响及其影响因素.....	顾 韩,牟长城,张博文 (7808)
不同潮汐和盐度下红树植物幼苗秋茄的化学计量特征.....	刘滨尔,廖宝文,方展强 (7818)
腾格里沙漠东南缘沙质草地灌丛化对地表径流及氮流失的影响.....	李小军,高永平 (7828)
西双版纳人工雨林群落结构及其林下降雨侵蚀力特征.....	邓 云,唐炎林,曹 敏,等 (7836)
西南高山地区净生态系统生产力时空动态.....	庞 瑞,顾峰雪,张远东,等 (7844)
南北样带温带区栎属树种种子化学组成与气候因子的关系.....	李东胜,史作民,刘世荣,等 (7857)
模拟酸雨对龙眼叶片 PS II 反应中心和自由基代谢的影响.....	李永裕,潘腾飞,余 东,等 (7866)
沈阳市城郊表层土壤有机污染评价.....	崔 健,都基众,马宏伟,等 (7874)
降雨对旱作春玉米农田土壤呼吸动态的影响.....	高 翔,郝卫平,顾峰雪,等 (7883)
冬季作物种植对双季稻根系酶活性及形态指标的影响.....	于天一,逢焕成,任天志,等 (7894)
施氮量对小麦/玉米带田土壤水分及硝态氮的影响.....	杨蕊菊,柴守玺,马忠明 (7905)
微山湖鸟类多样性特征及其影响因素.....	吕昭智,潘卫林,张 鑫,等 (7913)
新疆北部棉区作物景观多样性对棉铃虫种群的影响.....	吕昭智,潘卫林,张 鑫,等 (7925)
杭州西湖北里湖沉积物氮磷内源静态释放的季节变化及通量估算.....	刘静静,董春颖,宋英琦,等 (7932)
基于实码遗传算法的湖泊水质模型参数优化.....	郭 静,陈求稳,张晓晴,等 (7940)
气候环境因子和捕捞压力对南海北部带鱼渔获量变动的影响.....	王跃中,孙典荣,陈作志,等 (7948)
象山港南沙岛不同养殖类型沉积物酸可挥发性硫化物的时空分布.....	颜婷茹,焦海峰,毛玉泽,等 (7958)
专论与综述	
提高植物抗寒性的机理研究进展.....	徐呈祥 (7966)
植被对多年冻土的影响研究进展.....	常晓丽,金会军,王永平,等 (7981)
凋落物分解主场效应及其土壤生物驱动.....	查同刚,张志强,孙 阁,等 (7991)
街尘与城市降雨径流污染的关系综述.....	赵洪涛,李叙勇,尹澄清 (8001)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 374 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 40 * 2012-12	

封面图说: 永兴岛海滩植被——永兴岛是中国西沙群岛的主岛,也是西沙群岛及南海诸岛中最大的岛屿。国务院 2012 年 6 月批准设立的地级三沙市,管辖西沙群岛、中沙群岛、南沙群岛的岛礁及其海域,三沙市人民政府就驻西沙永兴岛。永兴岛岛上自然植被密布,野生植物有 148 种,占西沙野生植物总数的 89%,主要树种有草海桐(羊角树)、麻枫桐、野枇杷、海棠树和椰树等。其中草海桐也称为羊角树,是多年生常绿亚灌木植物,它们总是喜欢倚在珊瑚礁岸或是与其他滨海植物聚生于海岸沙滩,为典型的滨海植物。

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

DOI: 10.5846/stxb201111241796

吕昭智, 潘卫林, 张鑫, 李贤超, 张娟. 新疆北部棉区作物景观多样性对棉铃虫种群的影响. 生态学报, 2012, 32(24): 7925-7931.

Lü Z Z, Pan W L, Zhang X, Li X C, Zhang J. The effect of cropping landscapes on the population dynamics of the cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera, Noctuidae) in the northern Xinjiang. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(24): 7925-7931.

新疆北部棉区作物景观多样性对棉铃虫种群的影响

吕昭智^{1,*}, 潘卫林², 张鑫¹, 李贤超³, 张娟¹

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 中国科学院干旱区生物地理与生物资源重点实验室, 乌鲁木齐 830011;

2. 新疆建设兵团农七师 124 团农业技术推广站, 奎屯 833200; 3. 新疆生产建设兵团农业技术推广总站, 乌鲁木齐 830011)

摘要: 如何从景观尺度上实现对害虫的科学管理已经成为昆虫生态学的研究热点。利用频振式杀虫灯诱集技术, 从 2007—2009 年在新疆北部棉区 16—17 个农场近 240 km² 作物范围内, 监测和评估棉田周边作物景观对棉铃虫种群的影响。结果表明: 农业景观多样化显著地影响棉铃虫种群数量, 复杂作物系统中(棉花比例 < 50% 作物面积)棉铃虫成虫数量明显大于简单作物系统(棉花比例 ≥ 50% 作物面积); 棉铃虫种群数量与景观多样性指数(Simpson's Reciprocal Index)呈正相关; 同时棉铃虫成虫与加工番茄、玉米和小麦的比例成正相关, 但与棉花比例呈负相关。研究结果为转基因棉花抗性管理提供科学依据, 同时农田景观多样性指标可作为修正棉区棉铃虫预测模型的重要指标。

关键词: 农业景观; 作物多样性; 棉铃虫; 种群动态

The effect of cropping landscapes on the population dynamics of the cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera, Noctuidae) in the northern Xinjiang

LÜ Zhaozhi^{1,*}, PAN Weilin², ZHANG Xin¹, LI Xianchao³, ZHANG Juan¹

1 Key Laboratory of Biogeography and Bioresource in Arid Land, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China

2 Sever Division of Xinjiang Construction Group, Kuitun 833200, China

3 Agricultural Extension Stations of Xinjiang Construction Group, Urumqi 830011, China

Abstract: The influence of diversity in agricultural landscapes on pest abundance remains controversial despite several studies on the subject. For example, the ecological role of crop diversity in determining the source-sink dynamics of populations of polyphagous *Heliothis* spp. is complex, and varies at field, farm, region and national scales. Recently, the cropping structures within farms in Xinjiang, China, were adjusted due to changes in market conditions. The effects of these rapid changes in cropping structure at the landscape scale on the dynamics of *Helicoverpa armigera* have, however, not been well studied. This is particularly so for intensive agriculture in isolated oasis ecosystems, such as the irrigated cropping regions within the deserts of northern Xinjiang. The influence of a mosaic landscape on the population dynamics of *H. armigera* was measured using light traps in 16—17 farms covering 240 km² in 2007—2009. Light traps were placed in clusters on commercial farms which varied in the relative amounts of cotton, tomatoes, sugar beet, corn and wheat that they grew. Moths were collected and identified every morning from the beginning of May to the middle of August in each of the three years of the study. The average number of moths caught each day / trap and each month / trap were calculated for

基金项目: 国家国际科技合作专项(2011DFA33170); 国际科技合作项目(2009DFA31370); 院地合作项目(XBJ2011029)

收稿日期: 2011-11-24; **修订日期:** 2012-08-28

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhaozhi@ms.xjb.ac.cn

individual farms for each year. Farms were classified according to whether they used complex or simple cropping systems. For the purposes of this study, farms wherein the acreage of conventional cotton constituted $< 50\%$ of the cropping area were arbitrarily classed as complex, whilst farms where cotton made up $> 50\%$ of the cropped area were classed as simple (i. e. with a more homogeneous pattern of crops compared to complex farms).

There were at least 3 generations of *H. armigera* per year, and as moth abundance was highest in the 3rd generation, there appeared to be a progressive build up in numbers through the season. The abundance of *H. armigera* moths was strongly correlated to the complexity of the agricultural landscape which influenced the source-sink dynamics of these pests amongst the different farms. The abundance of moths in complex cropping landscapes was 2—8 times larger than that in simple cropping landscapes.

The area of cotton (as a proportion of arable area) within the study region overall was 88% in 2007, 56% in 2008, and 35% in 2009. A consistent difference in Simpson's Reciprocal Index remained between the complex and simple agricultural systems throughout the 3 years. Furthermore, the numbers of moths captured annually per trap was correlated positively with Simpson's reciprocal diversity for three consecutive years. The annual abundance of *H. armigera* per trap had a positive relationship with the percentage of corn, processing tomato and wheat grown, and a negative relationship with the percentage of conventional cotton grown. Our study demonstrates that complex landscapes, with a variety of alternative plant hosts provided for *H. armigera* can support larger numbers of moths, compared with simpler (conventional cotton mostly) systems. These findings imply that diverse landscapes could increase the risk of a pest outbreak in non-Bt cropping regions, and delay the evolution of *H. armigera* resistant to Bt-crops in the Bt-crop belt. This study also suggests that an agricultural diversity index should be used for improving predictive modeling of pest abundance.

Key Words: agricultural landscape; crop diversity; *Helicoverpa armigera*; population dynamics

新疆北部是我国棉花优质早熟棉区,是世界上种植棉花纬度最高的区域。从1990年开始,通过“矮、密、早、膜”栽培模式的大力推广,棉花种植规模快速增加。与其它棉区类似,棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 也是新疆棉花产业持续发展的重要障碍因子之一。新疆北部棉铃虫以蛹越冬,不同于辽宁棉区(棉铃虫不能在本地越冬,虫源由黄淮海平原迁入),通常发生3代,其中在8月中旬蛾量最大^[1]。

滞育、多食性、迁移性强和高繁殖力等生物学特性是棉铃虫适应环境的重要生态策略^[2],因而棉铃虫能够在不稳定的农业生态系统中成功地生存和繁衍。已有研究报告证实夜蛾的卵和成虫数量与作物多样性存在正相关^[3-5],更直接证据来自稳定性同位素和植物次生代谢物为天然标志物来分析蛾类寄主来源^[6-8]。

农业生态景观多样性对害虫种群扰动虽然在理论方面存在很大分歧和争议,但已经成为昆虫生态学研究热点^[9-11]。昆虫种群数量受昆虫生物学特性(扩散能力、寄主适应性、在不同寄主上时空分布)和农业措施影响^[12-13]。同时基于田间尺度和区域尺度的寄主植物资源(寄主植物的多样性、物候、时空分布)明显地影响棉铃虫种群动态^[5,9,14-16]。

新疆作为典型的绿洲灌溉农业系统,近年随着粮食需求和棉花价格的波动,新疆北部地区作物结构发生了重大变化,棉花种植面积减少,粮食和其它经济作物种植规模扩大,种植格局向多样化发展,这种变化可能导致棉铃虫种群的变化。多样性的寄主在农田景观空间和时间格局变化,是如何影响棉铃虫种群动态不是很清楚;本文通过监测新疆北部地区不同种植模式下棉铃虫种群数量,分析作物景观对棉铃虫种群过程的影响,明确作物在时间和空间结构是如何影响棉铃虫种群数量。

1 研究区域及方法

1.1 研究区域

研究区域位于新疆北部奎屯地区124团,农业景观相对比较简单,主要种植棉花、玉米、加工番茄和小麦等作物,景观均质性高。124团为新疆兵团农业种植模式,属于典型的绿洲集约农业,农业开发和机械化程度

较高。试验区域有 20 个大农场,农场面积为 300—1000 多公顷,农业管理措施一致。1993 年以来,棉花一直是这个区域的主要作物,1993—2006 年棉花种植面积持续上升;从 2007 年开始,粮食和其它作物的种植比例开始增加,棉花面积急剧下降,2007 年棉花种植面积占总种植面积的 88%,2008 年下降至 56%,2009 年仅占 35%。将棉花占总作物面积 $\geq 50\%$ 和 $< 50\%$ 的农场分别定义为简单农业景观和复杂农业景观。

1.2 取样方法

棉铃虫成虫数量监测:棉花生长期,在每个农场安装诱虫灯(佳多牌频振式杀虫灯 PS-15-2)。2007 年在 16 个农场安装了诱虫灯,2008 年和 2009 年在 17 个农场安装;各农场诱集灯的数量为 4—20 个,实现对棉铃虫区域性监测。诱集灯(高度为 1.5 m)安装在棉田边缘,以便人工操作。每天早晨统计诱集灯上采集袋中棉铃虫成虫数量;作物的种植面积和比例由团场生产科提供。

幼虫调查:2007—2009 年 3a 间,在每年的 6 月、7 月和 8 月中旬分别在不同景观下的不同作物上,采集样点 20—30 个,通过标准采集网采集不同作物上的棉铃虫幼虫(在每种作物扫网的宽度和高度一致,来回算作 1 网),评测不同作物对棉铃虫幼虫的贡献。2009 年分别对简单作物系统和复杂作物系统中的棉铃虫幼虫数量进行了调查(各选 6 个农场,调查主栽作物为棉花、玉米、苜蓿和小麦,每种作物上选取 20 个样点;每个样点 1m^2 ,调查统计棉铃虫幼虫数量。)

1.3 数据处理

农田景观多样性指数采用 Simpson's Reciprocal 指数 ($1/D$),其中 $D = 1 / \sum (pi)^2$, pi 是不同作物在不同作物系统的比例^[16]。建立各年度不同农场农田景观多样性与单灯诱集成虫总量之间的线性方程。采用 T 测验,比较不同年份内简单系统和复杂系统单灯诱集蛾子年总量差异。

获得每个农场的主要作物的占整个播种面积的比例,采用 Pearson 相关系数法分析每个农场单灯年诱集蛾总量与作物比例的关系。

2 结果与分析

2.1 不同作物景观系统下的棉铃虫种群动态

在 2007—2009 年期间,复杂作物系统中的棉铃虫成虫数量均大于简单作物系统。2007 年的复杂作物系统和简单作物系统中,单灯平均年诱集成虫数量分别为 488 头和 266 头,但两者之间没有显著性差异 ($df=14$, $t=-1.16$, $P>0.05$)。2008 年 6—7 月高温少雨,适合棉铃虫种群增长,导致当年新疆北部棉区棉铃虫暴发。2008 年复杂作物系统镶嵌种植的大量番茄和玉米,棉花比例仅为 0—23.4%,简单作物系统中棉花比例为 51.9%—97.7%。在 2008 年的复杂作物系统中,8 月初单灯日诱集成虫数量达到 150—200 头,同期简单作物系统中的单灯日诱集数量相对较少,为 10—18 头;复杂作物系统中的单灯年诱集成虫量是简单作物系统的 7 倍多 ($t=6.51$, $df=15$, $P<0.0001$) (图 1)。复杂作物系统棉花比例只有 0—23.4%,但镶嵌种植的大量番茄和玉米,简单作物系统中棉花比例从 51.9%—97.7%。2009 年小麦和玉米种植面积的增加比较明显,复杂作物系统棉铃虫成虫数量(棉花比例 22.9%)是简单作物系统(棉花比例为 66.5%)的 4 倍多,棉铃虫成虫数量在两种作物系统中存在显著性差异 ($df=15$, $t=3.38$, $P<0.01$)。

2.2 景观多样性与棉铃虫成虫数量的关系

单灯棉铃虫年诱集总量与不同作物比例的关系不同(表 1)。在 3a 期间,棉铃虫数量与棉花负相关 ($P<$

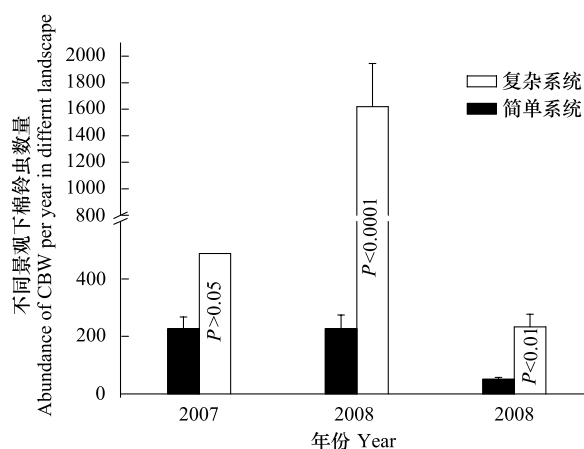


图 1 不同作物系统单灯棉铃虫年诱集总量

Fig.1 The abundance of cotton bollworm per trap per year in different crop system

0.05);与玉米和番茄均正相关($P<0.05$);与小麦在2007和2008年成正相关($P<0.05$),但2009年没有相关性($P>0.05$),可能与2009年特殊的气候有关系(6—7月期间降雨可能影响幼虫发育)。其他作物主要是油菜和苜蓿,也是棉铃虫的寄主,但比例相对比较小($<5\%$)。

表1 棉铃虫蛾子年诱集量与不同作物比例之间的相关性

Table 1 Correlation coefficients between the average numbers moths caught / trap with corresponding proportion of each farm used for different crops

年份 Year	棉花 Cotton	番茄 tomato	甜菜 Sugar beet	玉米 Corn	小麦 wheat	其他作物 Other crops
2007	-0.60 *	0.62 *	0.17	0.55 *	0.55 *	0.74 *
2008	-0.72 *	0.85 *	0.72 *	0.94 *	0.78 *	0.81 *
2009	-0.75 *	0.77 *	-0.86 *	0.66 *	-0.25	-0.35

表中为 Pearson 相关系数,*表示相关系统显著 ($P<0.05$)

农田景观多样性因棉花优势地位的下降而增加,整体农田作物结构受小麦、加工番茄和玉米等作物镶嵌效应的影响,景观多样性指数从1.43(2007年)增加到3.38(2009年)。数据分析表明,在2007—2009年3a期间,单灯成虫年诱集量($\ln$ (转化))与多样性指数之间存在明显的正相关关系(图2),即农田景观多样性的增加,影响了棉铃虫种群的时空分布,导致复杂作物系统棉铃虫成虫数量增加。

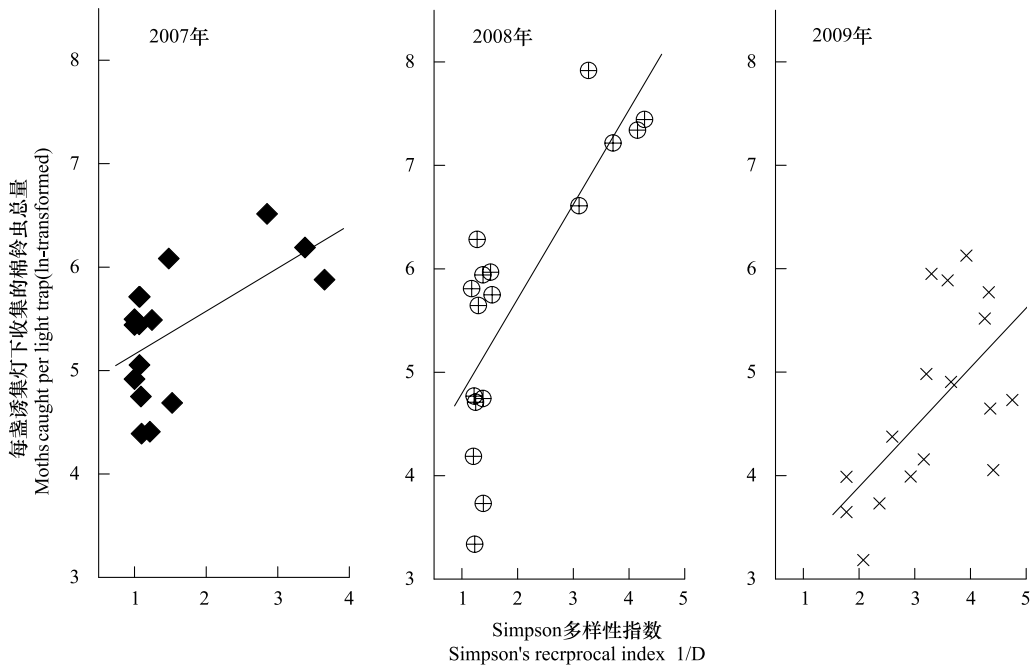


图2 单灯棉铃虫年诱集总量(X)与多样性指数(Y)的关系

Fig. 2 Relationship between the cotton bollworm abundance per trap per year and (Y) Simpson's reciprocal diversity (X), 2007—2009

2007: $Y = 4.740 + 0.4165X$, $R^2 = 0.342$, $p > 0.05$; 2008: $Y = 3.88 + 0.913X$, $R^2 = 0.618$, $P < 0.0001$; 2009: $Y = 2.739 + 0.576X$, $R^2 = 0.372$, $P < 0.01$

3 讨论

棉铃虫种群数量受作物景观多样性的影响,复杂作物系统棉铃虫种群数量高于简单作物系统;棉铃虫成虫种群数量与农作物生态系统中的多样性指数之间存在明显的正相关关系。

3.1 农田景观多样性从多个方面影响棉铃虫种群。

在2007—2009年间研究结果表明,复杂作物系统棉铃虫数量高于简单作物系统,其他研究也支持这一结果^[3-4]。Fitt 提出多样性的作物系统能在时间序列上为棉铃虫提供多样性寄主,提高棉铃虫种群对寄主的利用效率,有利于其种群数量的增加^[2];类似研究也表明了不同作物的物候差异有利于吸引夜蛾科成虫^[17-18]。

农田系统中不同农作物对棉铃虫危害的敏感程度不同,决定了不同作物的防治阈值差异很大,高防治阈值的棉铃虫寄主可以滋养大量幼虫,成为区域棉铃虫重要来源^[2]。

农药使用程度是影响棉铃虫库源关系的重要因子。棉花受多种害虫(棉铃虫、棉蚜和叶螨等)危害,每年通常使用4—5次的农药。为预防害虫和节约人工成本,除使用一些广谱性农药外,棉农也多采用混配农药防治多种害虫。在不同作物景观的棉田中,由于相对较高频次的使用农药,很难发现棉铃虫卵、幼虫,但在高防治阈值的玉米、小麦作物中,可以监测到一定数量的幼虫。小麦是越冬代棉铃虫产卵的理想场所,并且目前小麦田很少使用农药,导致棉铃虫数量的积累,在2008年6月初,小麦上幼虫数量是棉田的1.5倍之多。新疆很少防治玉米田中的棉铃虫,在2009年同一区域的春播玉米上存在大量的棉铃虫幼虫,到7月末期,玉米有虫株率30%以上,单个玉米幼穗上有1.06头幼虫。2009年复杂作物系统中玉米的受害率为43%,而简单作物系统中受害率为25%以上;每株受害玉米上均可发现1—2头棉铃虫幼虫,每公顷玉米中棉铃虫幼虫数量达到18850头以上。

寄主多样性和物候差异性也影响棉铃虫库源关系。寄主植物在不同时间和空间对棉铃虫种群有不同生态功能,不同寄主对棉铃虫取食、产卵、幼虫发育、化蛹场所以及提供避难所所起的生态意义不同^[2,14]。棉铃虫对寄主的利用情况是十分复杂的,雌蛾产卵行为和后代在寄主上适宜度之间没有直接的关系,雌性成虫通过扩散和迁移来实现对寄主的利用,有利于种群在农田系统中的增殖^[19]。在一个复杂作物系统中,棉铃虫可以在时间和空间序列上充分利用不同替代寄主,来满足种群增长需求。调查发现,加工番茄、小麦和玉米田的棉铃虫越冬蛹量较多;越冬代成虫在不同农场受上年作物复杂程度的影响,数量上存在差异。这些现象都表明多样性作物系统能影响棉铃虫种群的时空分布。农田作物景观复杂程度在年内和年际间均影响棉铃虫的种群数量,但对年际和年内影响程度如何,需要进行深入的研究。

在不稳定作物系统中,不同的作物物候也影响棉铃虫种群增长过程^[2],寄主诱集棉铃虫产卵阶段(特别是替代寄主开花期)的重叠,将有利于棉铃虫大量繁殖^[20]。吸引棉铃虫的作物物候阶段在新疆北部地区存在时间上重叠,小麦为第一代棉铃虫提供食物资源^[21-22],加工番茄开花时间早于棉花,花期相对较长,为2代和3代棉铃虫的产卵提供了环境;调查中,玉米由于播种时间差异,物候的差异也显著影响幼虫数量,小麦收获后,春播玉米为3代棉铃虫提供了替代寄主,在我国内地棉区也有报道^[23]。综上所述,小麦、玉米和番茄在新疆北部地区具有不同的花期,并且花期具有阶段性的重叠现象,持续为棉铃虫成虫提供了产卵场所,并为幼虫提供食物资源,成为棉铃虫种群的“源”;而棉花由于农药频繁使用的影响,变成了棉铃虫种群的“库”。但是棉铃虫“源-库”之间的相关性仍需要进一步的深入研究和探讨,以明确在不同作物系统下的不同作物对棉铃虫种群贡献率以及棉铃虫在不同作物之间的迁移。

不同作物管理措施也在一定程度上影响棉铃虫种群数量。在我国北部(包括新疆北部),小麦为棉铃虫越冬蛹提供了稳定的环境,从每年9月小麦播种到次年的4月份,小麦田基本上没有农事活动,土壤环境比较稳定;苜蓿作为多年生的植物,也为棉铃虫提供了稳定的越冬环境。在新疆为了消除土壤盐碱问题,棉花、玉米和番茄田特别在新疆地区每年进行冬灌或茬灌,这大大增加了棉铃虫蛹的死亡率。灌溉是压制棉铃虫蛹的有效措施^[14,24],棉田灌溉频率高于其他作物,在冬季和夏季作物生长期,导致大量蛹的死亡。

3.2 区域尺度上作物多样性增加可能增加棉铃虫暴发频率

新疆从1990年开始棉花种植规模快速增加,1996—1997年新疆南部棉铃虫开始大暴发,以后每隔几年暴发一次。多数专家和管理部门认为新疆棉铃虫暴发是由于棉花面积的增加。实际上气候是影响棉铃虫暴发的关键因子,温度偏高的干旱年份有利于棉铃虫成灾,可能是少雨有利于蛹和幼虫的存活,从而增加了棉铃虫种群增殖潜力^[25-26]。2008年新疆北部地区棉铃虫暴发,该年温度偏高,6—7月的降雨量明显少于历年。2009年前期调查棉铃虫种群数量比较大,但5—9月温度偏低、降雨量多,明显地抑制了棉铃虫种群增长。所以气候可能是影响区域尺度上的棉铃虫种群的关键因素之一。

作物多样性在时空尺度上的增加(特别是适合棉铃虫替代寄主种类的增加)为棉铃虫成灾起到了推动作

用。在新疆北部连续 3 年的监测表明:作物多样化、镶嵌种植区的棉铃虫数量是单一棉花种植区的 4—7 倍,因此,作物多样化的镶嵌种植模式下,特别是粮食和加工番茄等棉铃虫寄主作物面积的大幅度的增加,为棉铃虫的暴发奠定了有利物质基础。2008 年兵团大型农场棉铃虫暴发程度差异比较大,石河子垦区棉花为优势作物,面积占 70%—80% 以上,棉铃虫种群数量和危害程度与历年相差不大;但五家渠垦区由于蔬菜和粮食面积增加明显,加工番茄比例大,2008 年暴发高峰期单日单灯二代棉铃虫成虫诱集量达到 2500 头·灯⁻¹·晚⁻¹。多年数据也表明棉铃虫危害在新疆地方区域(非集约化种植棉区)明显高于兵团农场(集约化种植棉区),其原因可能地方区域的作物多样性和镶嵌种植比例更高。

综上所述,作物多样性的增加,特别是小麦、玉米和加工番茄等棉铃虫适合寄主种植比例的上升,为棉铃虫提供了连续的优质食物谱,促进棉铃虫繁殖力增加,提升了种群增长潜力。棉铃虫发育期在不同作物存在差异^[27],幼虫发育不整齐,防治难度增加,作物上的残虫量增加;同时不同作物的防治阈值不同,导致棉铃虫在高防治阈值作物上的数量增加,导致农田区域棉铃虫成虫数量的增加,但由于棉田大量使用农药及局部地区可能存在抗虫棉等因素影响,棉铃虫对棉花危害程度是否加强尚不确定。

3.3 景观多样性农田系统有利于棉铃虫对抗虫棉抗性的管理。

大面积利用转基因作物将带来害虫抗性的潜在进化,为延迟棉铃虫对抗虫棉抗性的进化,避难所是重要措施之一^[8,23,26]。研究发现:简单作物系统中棉铃虫数量比较少,提供敏感的棉铃虫概率比较小;若转基因棉花在新疆北部大面积推广,简单作物系统将成为棉铃虫的库,棉铃虫抗性管理将存在较高的潜在风险。从田间到景观尺度,作物景观多样性在时间和空间序列上不仅有利于产生敏感的棉铃虫个体,为棉铃虫在年内和年际间提供虫源,同时增加敏感个体与抗性个体之间交配频率^[29]。增加农田作物多样性,特别在干旱区集约化农田系统,通过条带种植、间套作和结构化避难所建立,将推迟棉铃虫对抗虫棉抗性的发展。国际上已有的报告认为避难所可以延迟害虫对转基因抗性的上升,但在干旱区农业系统中(特别是在新疆不同的作物结构和集约化程度)尚缺乏直接证据,未来的研究需要从农田景观尺度上重新评估敏感品系和抗性品系数量及其交配频率是否能满足抗性管理的需求。

References:

- [1] Wang C, Isoda A, Wang P. Growth and yield performance of some cotton cultivars in Xinjiang, China, an arid area with short growing period. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2004, 190(3): 177-183.
- [2] Fitt G P. The ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystems. *Annual Review of Entomology*, 1989, 34(1): 17-52.
- [3] Allen K C, Luttrell R G. Spatial and temporal distribution of heliothines and tarnished plant bugs across the landscape of an Arkansas farm. *Crop Protection*, 2009, 28(9): 722-727.
- [4] Maelzer D A, Zalucki M P. Analysis of long-term light-trap data for *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia: the effect of climate and crop host plants. *Bulletin of Entomological Research*, 1999, 89(5): 455-463.
- [5] Slosser J E, Witz J A, Puterka G J, Price J R, Hartstack A W. Seasonal changes in bollworm (Lepidoptera: Noctuidae) moth catches in pheromone traps in a large area. *Environmental Entomology*, 1987, 16(6): 1296-1301.
- [6] Head G, Jackson R E, Adamczyk J, Bradley J R, van Duyn J, Gore J, Hardee D D, Leonard B R, Luttrell R, Ruberson J, Mullins J W, Orth R G, Sivasupramaniam S, Voth R. Spatial and temporal variability in host use by *Helicoverpa zea* as measured by analyses of stable carbon isotope ratios and gossypol residues. *Journal of Applied Ecology*, 2010, 47(3): 583-592.
- [7] Ponsard S, Bethenod M T, Bontemps A, Pélozuelo L, Souqual M C, Bourguet D. Carbon stable isotopes: a tool for studying the mating, oviposition, and spatial distribution of races of European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, among host plants in the field. *Canadian Journal of Zoology*, 2004, 82(7): 1177-1185.
- [8] Gould F, Blair N, Reid M, Rennie T L, Lopez J, Micinski S. *Bacillus thuringiensis*-toxin resistance management stable isotope assessment of alternate host use by *Helicoverpa zea*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2002, 99(26): 581-586.
- [9] Andow D. The extent of monoculture and its effects on insect pest populations with particular reference to wheat and cotton. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 1983, 9(1): 25-35.
- [10] Tonhasca A Jr, Byrne D N. The effects of crop diversification on herbivorous insects: a meta-analysis approach. *Ecological Entomology*, 1994, 19

(3): 239-244.

- [11] Bianchi F J J A, Booij C J H, Tschamtkke T. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society*, 2006, 273(1595): 1715-1727.
- [12] 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.
- [13] Carrière Y, Ellsworth P C, Dutilleul P, Eilers-Kirk C, Barkley V, Antilla L. A GIS-based approach for areawide pest management: the scales of *Lygus hesperus* movements to cotton from alfalfa, weeds, and cotton. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2006, 118(3): 203-210.
- [14] Sequeira R. Inter-seasonal population dynamics and cultural management of *Helicoverpa* spp. in a Central Queensland cropping system. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 2001, 41(2): 249-259.
- [15] Wardhaugh K G. The effects of temperature and moisture on the inception of diapause in eggs of the Australian plague locust, *Chortoicetes terminifera* Walker (Orthoptera: Acrididae). *Australian Journal of Ecology*, 1980, 5(2): 187-191.
- [16] Stinner R E, Regniere J, Wilson K. Differential effects of agroecosystem structure on dynamics of three soybean herbivores. *Environmental Entomology*, 1982, 11(3): 538-543.
- [17] Johnson M W, Stinner R E, Rabb R L. Ovipositional response of *Heliothis zea* (Boddie) to its major hosts in North Carolina. *Environmental Entomology*, 1975, 4(2): 291-97.
- [18] Roome R E. Activity of adult *Heliothis armigera* (Hb.) (Lepidoptera, Noctuidae) with reference to the flowering of sorghum and maize in Botswana. *Bulletin of Entomological Research*, 1975, 65(3): 523-530.
- [19] Jallow M F A, Zalucki M P. Relationship between oviposition preference and offspring performance in Australian *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Australian Journal of Entomology*, 2003, 42(4): 343-348.
- [20] Pearson E O. The Insect Pests of Cotton in Tropical Africa. London: Commonwealth Institute of Entomology, 1958: 355-355.
- [21] Xu L R, Wang L M, Zhang X K, Wei Y, Xu C M, Yu D P. Distribution investigation of *Helicoverpa armigera* on different host crops. *Shandong Agricultural Sciences*, 2000, (5): 12-15.
- [22] Wang Z J, Li D M, Xie B Y. Determination and assessment for risk areas of the *Helicoverpa armigera* Hübner. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(12): 2642-2652.
- [23] Wu K M, Guo Y Y, Gao S S. Evaluation of the natural refuge function for *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) within *Bacillus thuringiensis* transgenic cotton growing areas in north China. *Journal of Economic Entomology*, 2002, 95(4): 832-837.
- [24] Yu F L, Wu G, Liu T J, Ping B, Chen F J. Effects of irrigation on the performance of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) during different pupal stages. *International Journal of Pest Management*, 2008, 54(2): 137-142.
- [25] Zhang J J, Yang Y Y, Shao Y D, Yu Y S, Ren L, Qian K. Preliminary study about effect of rainwater and soil moisture on cotton bollworm. *Journal of Jiangsu Agricultural Research*, 2001, 22(4): 32-34.
- [26] Yang Y T, Wang D H, Zhu M H, Yi H J. Studies on the relationship between soil moisture and the occurrence of cotton bollworm. *Acta Gossypii Sinica*, 1998, 10(4): 210-215.
- [27] Liu Z D, Li D M, Gong P Y, Wu K J. Life table studies of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), on different host plants. *Environmental Entomology*, 2004, 33(6): 1570-1576.
- [28] Pray C E, Huang J K, Hu R F, Rozelle S. Five years of Bt cotton in China-the benefits continue. *The Plant Journal*, 2002, 31(4): 423-430.
- [29] Caprio M A. Source-sink dynamics between transgenic and non-transgenic habitats and their role in the evolution of resistance. *Journal of Economic Entomology*, 2001, 94(3): 698-705.

参考文献:

- [21] 许立瑞, 王留明, 张学坤, 魏毅, 徐春明, 于佃平. 棉铃虫在不同寄主作物上的分布调查. *山东农业科学*, 2000, (5): 12-15.
- [22] 王正军, 李典谟, 谢宝瑜. 棉铃虫风险发生区的确定与评估. *生态学报*, 2003, 23(12): 2642-2652.
- [25] 张建军, 杨益众, 邵益栋, 余月书, 任璐, 钱坤. 雨水和土壤含水量对棉铃虫种群抑制作用初探. *江苏农业研究*, 2001, 22(4): 32-34.
- [26] 杨燕涛, 王东华, 朱明华, 易红娟. 土壤水分与棉铃虫化蛹的关系及对下代发生的影响程度. *棉花学报*, 1998, 10(4): 210-215.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 24 December, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

A bibliometric study of biodiversity research in China	LIU Aiyuan, GUO Yuqing, LI Shiyong, et al (7635)
Effects of elevated CO ₂ and nitrogen deposition on leaf nutrient quality of <i>Fargesia rufa</i> Yi	 ZHOU Xianrong, WANG Jianhua, ZHANG Hong, et al (7644)
Airborne pollen assemblages and their relationships with climate factors in the central Shaanxi Province of the Loess Plateau: a case in Xiaheimugou, Luochuan County	LÜ Suqing, LI Yuecong, XU Qinghai, et al (7654)
Spatial and temporal change in ecological assets in the Yangtze River Delta of China 1995—2007	 XU Xibao, CHEN Shuang, YANG Guishan (7667)
Evaluation and optimization of woodland ecological patterns for Qingdao based on the agent-based model	 FU Qiang, MAO Feng, WANG Tianqing, et al (7676)
Interactive mechanism of service function of alpine rangeland ecosystems in Qinghai-Tibetan Plateau	 LIU Xingyuan, LONG Ruijun, SHANG Zhanhuan (7688)
Preliminary evaluation of air temperature reduction of urban green spaces in Beijing	 ZHANG Biao, GAO Jixi, XIE Gaodi, et al (7698)
Resources metabolism analysis for the pulp and paper industry in Wuhan, China	 SHI Xiaoqing, LI Xiaonuo, ZHAO Linjia, et al (7706)
The characteristics and influential factors of direct carbon emissions from residential energy consumption: a case study of Lijiang City, China	WANG Danyin, TANG Mingfang, REN Yin, et al (7716)
Spatial targeting of payments for ecosystem services Based on SWAT Model and cost-benefit analysis	 SONG Xiaoyu, LIU Yuqing, DENG Xiaohong, et al (7722)
The wind tunnel test of plastic greenhouse and its surface wind pressure patterns	 YANG Zaiqiang, ZHANG Bo, XUE Xiaoping, et al (7730)
Population quantitative characteristics and dynamics of rare and endangered plant <i>Davidia involucrata</i> in Hunan Province	 LIU Haiyang, JIN Xiaoling, SHEN Shouyun, et al (7738)
Phenotypic diversity in populations of germplasm resources of <i>Rodgersia sambucifolia</i> and related species	 LI Pingping, MENG Hengling, CHEN Junwen, et al (7747)
Effects of sand burial and seed size on seed germination, seedling emergence and growth of <i>Caragana korshinskii</i> Kom. (Fabaceae) ...	 YANG Huiling, LIANG Zhenlei, ZHU Xuanwei, et al (7757)
Population-keeping mechanism of the parasitoid <i>Dastarcus helophoroides</i> (Coleoptera: Bothrideridae) of <i>Massicus raddei</i> (Coleoptera: Cerambycidae) in oak forest	YANG Zhongqi, TANG Yanlong, JIANG Jing, et al (7764)
Study of mingling based on neighborhood spatial permutation	LOU Minghua, TANG Mengping, QIU Jianxi, et al (7774)
Comparison of three regression analysis methods for application to LAI inversion using Hyperion data	 SUN Hua, JU Hongbo, ZHANG Huaiqing, et al (7781)
Response of seed germination and seedling growth of <i>Pinus koraiensis</i> and <i>Quercus mongolica</i> to comprehensive action of warming and precipitation	ZHAO Juan, SONG Yuan, SUN Tao, et al (7791)
Impacts of water stored in sapwood <i>Populus bolleana</i> on its sap flux	DANG Hongzhong, LI Wei, ZHANG Youyan, et al (7801)
Dynamics of greenhouse gases emission and its impact factors by fire disturbance from <i>Alnus sibirica</i> forested wetland in Xiaoxing'an Mountains, Northeast China	GU Han, MU Changcheng, ZHANG Bowen (7808)
Different tide status and salinity alter stoichiometry characteristics of mangrove <i>Kandelia candel</i> seedlings	 LIU Biner, LIAO Baowen, FANG Zhanqiang (7818)
Effects of shrub encroachment in desert grassland on runoff and the induced nitrogen loss in southeast fringe of Tengger Desert	 LI Xiaojun, GAO Yongping (7828)
Community structure and throughfall erosivity characters of artificial rainforest in Xishuangbanna	 DENG Yun, [TANG Yanlin], CAO Min, et al (7836)
Temporal-spatial variations of net ecosystem productivity in alpine area of southwestern China	 PANG Rui, GU Fengxue, ZHANG Yuandong, et al (7844)

Relationships between chemical compositions of <i>Quercus</i> species seeds and climatic factors in temperate zone of NSTEC	LI Dongsheng, SHI Zuomin, LIU Shirong, et al (7857)
Effects of simulated acid rain stress on the PS II reaction center and free radical metabolism in leaves of longan	LI Yongyu, PAN Tengfei, YU Dong, et al (7866)
Assessment of organic pollution for surface soil in Shenyang suburbs	CUI Jian, DU Jizhong, MA Hongwei, et al (7874)
The impact of rainfall on soil respiration in a rain-fed maize cropland	GAO Xiang, HAO Weiping, GU Fengxue, et al (7883)
Effects of winter crops on enzyme activity and morphological characteristics of root in subsequent rice crops	YU Tianyi, PANG Huancheng, REN Tianzhi, et al (7894)
Dynamic changes of soil moisture and nitrate nitrogen in wheat and maize intercropping field under different nitrogen supply	YANG Ruiju, CHAI Shouxi, MA Zhongming (7905)
Characteristics of the bird diversity and the impact factors in Weishan Lake	YANG Yuewei, LI Jiuen (7913)
The effect of cropping landscapes on the population dynamics of the cotton bollworm <i>Helicoverpa armigera</i> (Lepidoptera, Noctuidae) in the northern Xinjiang	LU Zhaozhi, PAN Weilin, ZHANG Xin, et al (7925)
The seasonal variations of nitrogen and phosphorus release and its fluxes from the sediments of the Beili Lake in the Hangzhou West Lake	LIU Jingjing, DONG Chunying, SONG Yingqi, et al (7932)
Optimization of lake model salmo based on real-coded genetic algorithm	GUO Jing, CHEN Qiuwen, ZHANG Xiaoqing, et al (7940)
The influence of climatic environmental factors and fishing pressure on changes of hairtail catches in the northern South China Sea	WANG Yuezhong, SUN Dianrong, CHEN Zuozhi, et al (7948)
Seasonal and spatial distribution of acid volatile sulfide in sediment under different mariculture types in Nansha Bay, China	YAN Tingru, JIAO Haifeng, MAO Yuze, et al (7958)
Review and Monograph	
Research progress on the mechanism of improving plant cold hardiness	XU Chengxiang (7966)
Influences of vegetation on permafrost: a review	CHANG Xiaoli, JIN Huijun, WANG Yongping, et al (7981)
Home-field advantage of litter decomposition and its soil biological driving mechanism: a review	ZHA Tonggang, ZHANG Zhiqiang, SUN Ge, et al (7991)
Research progress on the relationship of pollutants between road-deposited sediments and its washoff	ZHAO Hongtao, LI Xuyong, YIN Chengqing (8001)

《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 24 期 (2012 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 24 (December, 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: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 70.00 元