

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 15 期 Vol.31 No.15 **2011**

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 31 卷 第 15 期

2011 年 8 月 (半月刊)

目次

- 地面节肢动物营养类群对土地覆被变化和管理扰动的响应..... 李锋瑞,刘继亮,化伟,等 (4169)
- 两种书虱微卫星富集文库的构建及比较..... 魏丹丹,袁明龙,王保军,等 (4182)
- 菲律宾蛤仔 EST-SSRs 标记开发及不同地理群体遗传多样性..... 闫喜武,虞志飞,秦艳杰,等 (4190)
- 菲律宾蛤仔大连群体不同世代的遗传多样性..... 虞志飞,闫喜武,杨霏,等 (4199)
- 玻璃温室与田间栽培小麦幼穗分化的比较..... 姜丽娜,赵艳岭,邵云,等 (4207)
- 施用有机肥环境下盐胁迫小麦幼苗长势和内源激素的变化..... 刘海英,崔长海,赵倩,等 (4215)
- 黄土高原半干旱区气候变化对春小麦生长发育的影响——以甘肃定西为例..... 姚玉璧,王润元,杨金虎,等 (4225)
- 不同耕作模式下稻田水中氮磷动态特征及减排潜力..... 冯国禄,杨仁斌 (4235)
- 大田环境下转 Bt 基因玉米对土壤酶活性的影响..... 颜世磊,赵蕾,孙红炜,等 (4244)
- 短期淹水培养对水稻土中地杆菌和厌氧粘细菌丰度的影响..... 朱超,Stefan Ratering,曲东,等 (4251)
- 气候变化背景下广东晚稻播期的适应性调整..... 王华,陈新光,胡飞,等 (4261)
- 长期封育对不同类型草地碳贮量及其固持速率的影响..... 何念鹏,韩兴国,于贵瑞 (4270)
- 黄土丘陵区两种主要退耕还林树种生态系统碳储量和固碳潜力..... 刘迎春,王秋凤,于贵瑞,等 (4277)
- 植物叶表面的润湿性及其生态学意义..... 石辉,王会霞,李秧秧 (4287)
- 长白山北坡主要森林群落凋落物现存量月动态..... 郑金萍,郭忠玲,徐程扬,等 (4299)
- 古尔班通古特沙漠及周缘 52 种植物种子的萌发特性与生态意义..... 刘会良,宋明方,段士民,等 (4308)
- 吉首蒲儿根的繁殖生态学特性及其濒危成因..... 邓涛,陈功锡,张代贵,等 (4318)
- 栖息地永久性破坏的比例对物种多度稳定值影响的迭代算法..... 时培建,戈峰,杨清培 (4327)
- 喷施多效唑提高麻疯树幼苗耐盐性的生理机制..... 毛轶清,郑青松,陈健妙,等 (4334)
- 阿尔山落叶松主要蛀干害虫的种群空间生态位..... 袁菲,骆有庆,石娟,等 (4342)
- 2009 年云南省白背飞虱早期迁入种群的虫源地范围与降落机制..... 沈慧梅,吕建平,周金玉,等 (4350)
- 中华稻蝗长沙种群的生活史及其卵滞育的进化意义..... 朱道弘,张超,谭荣鹤 (4365)
- “518”油桃主要害虫与其捕食性天敌的关系..... 施晓丽,毕守东,耿继光,等 (4372)
- 青藏东缘若尔盖高寒草甸中小型土壤动物群落特征及季节变化..... 张洪芝,吴鹏飞,杨大星,等 (4385)
- 青海可鲁克湖水鸟季节动态及渔鸥活动区分析..... 张国钢,刘冬平,侯韵秋,等 (4398)
- 排放与森林碳汇作用下云南省碳净排放量估计..... 刘慧雅,王铮,马晓哲 (4405)
- 北京城市生态占水研究..... 柏樱岚,王如松,姚亮 (4415)
- 专论与综述**
- 植物水分传输过程中的调控机制研究进展..... 杨启良,张富仓,刘小刚,等 (4427)
- 环境介质中的抗生素及其微生物生态效应..... 俞慎,王敏,洪有为 (4437)
- 自然生态系统中的厌氧氨氧化..... 沈李东,郑平,胡宝兰 (4447)
- 研究简报**
- 山东半岛南部海湾底栖动物群落生态特征及其与水环境的关系..... 张莹,吕振波,徐宗法,等 (4455)
- 新疆乌伦古湖浮游甲壳动物的季节演替及与环境因子的关系..... 杨丽丽,周小玉,刘其根,等 (4468)
- 不同施肥与灌水量对槟榔土壤氮挥发的影响..... 卢丽兰,甘炳春,许明会,等 (4477)
- 学术信息与动态**
- 水土资源保持的科学政策:全球视野及其应用——第 66 届美国水土保持学会国际学术年会述评..... 卫伟 (4485)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 320 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 34 * 2011-08



封面图说:塞罕坝地处内蒙古高原南缘向华北平原的过渡带,地势分为坝上、坝下两部分。解放初期,这里是“飞鸟无栖树,黄沙遮天日”的荒原沙丘,自 1962 年建立了机械化林场之后,塞罕坝人建起了 110 多万亩人工林,造就了中国最大的人工林林场。这是让人叹为观止的落叶松人工林海。

彩图提供:陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

朱道弘, 张超, 谭荣鹤. 中华稻蝗长沙种群的生活史及其卵滞育的进化意义. 生态学报, 2011, 31(15): 4365-4371.

Zhu D H, Zhang C, Tan R H. Life history and the evolutionary significance of egg diapause in Changsha population of the rice grasshopper, *Oxya chinensis* (Orthoptera: Catantopidae). Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(15): 4365-4371.

中华稻蝗长沙种群的生活史及其卵滞育的进化意义

朱道弘^{1, 2, *}, 张 超¹, 谭荣鹤¹

(1. 中南林业科技大学昆虫行为与进化生态学实验室, 长沙 410004; 2. 湖南第一师范学院动物学实验室, 长沙 410250)

摘要:中华稻蝗 *Oxya chinensis* 为重要的水稻害虫, 在我国除青海、西藏、新疆、内蒙古等未见报道外, 南起海南北至东北均有分布, 在许多的分布区域 1 年发生 1 代。为探索中华稻蝗长沙种群的生活史及其季节适应特征, 通过野外和实验室的研究, 调查了其发生代数、孵化率和卵滞育率的季节变化及越冬卵的存活率。结果显示, 中华稻蝗长沙种群为 1 年 2 代和 1 年 1 代混合发生; 第 1 代卵产卵后大部分孵化为若虫而 1 年完成 2 代, 但亦有 19.4%—4.1% 的卵不孵化而 1 年只能完成 1 世代。第 1 代成虫于 6 月上旬至 8 月上旬羽化, 6 月下旬至 8 月中旬产卵; 第 2 代若虫于 7 月初开始孵化, 9—10 月羽化为成虫, 10 月上旬至 11 月下旬产卵。在室外自然条件下, 中华稻蝗长沙种群 6—8 月(第 1 代)和 10—11 月(第 2 代)所产卵块均为部分滞育, 滞育率为 30% 左右, 皆无显著差异。然而, 其卵滞育率在 12 月以后显著降低, 仅为 6.6% 或以下, 卵滞育快速地得以解除。因此, 包括非滞育卵和滞育解除卵, 中华稻蝗长沙种群的越冬卵皆以非滞育状态度过其后的寒冷季节。即使是遭遇长江流域 2007 年末至 2008 年初异常寒冷的冬季, 在长沙地区越冬后其卵的存活率亦在 98% 以上。非滞育状态的中华稻蝗长沙种群越冬卵完全能安全地越冬, 其滞育的发生并非是为了提高其耐寒性而安全度过不适环境。并探讨了中华稻蝗长沙种群卵滞育的进化意义。

关键词:中华稻蝗; 生活史; 卵滞育; 越冬; 季节适应

Life history and the evolutionary significance of egg diapause in Changsha population of the rice grasshopper, *Oxya chinensis* (Orthoptera: Catantopidae)

ZHU Daohong^{1, 2, *}, ZHANG Chao¹, TAN Ronghe¹

1 Laboratory of Insect Behavior & Evolutionary Ecology, Central South University of Forestry & Technology, Changsha 410004, China

2 Laboratory of Zoology, Hunan First Normal University, Changsha 410250, China

Abstract: The Chinese rice grasshopper, *Oxya chinensis* Thunberg (Orthoptera: Catantopidae), is an important pest in rice paddy fields, and is widely distributed throughout China except for the cold and dry northwestern provinces and autonomous regions of Qinghai, Tibet, Xinjiang, and Inner Mongolia. It is known to be univoltine in northern China and bivoltine in southern China, and it shows a complex pattern of latitudinal variation in diapause induction. Eggs of both the northern and southern populations of *O. chinensis* enter diapause and overwinter. The incidence of diapause is genetically determined in the northern populations and regulated by maternal photoperiod and incubation temperature in the southern populations. In populations at intermediate latitudes, diapause is only affected by the incubation temperature of eggs. To understand the life cycle and seasonally adaptive traits of *O. chinensis* in a Changsha population (28.2°N, 113.0°E), we investigated the number of generations per year, seasonal variation in egg hatching and diapause rate, and survival of overwintering eggs in the field and laboratory. The results indicated that the Changsha population of *O. chinensis* showed a uni-bivoltine mixed life cycle with non-diapause and diapause eggs in the first generation. Non-diapause eggs subsequently hatched and completed two generations per year. Diapause eggs overwintered and completed only one generation per year.

基金项目:科技部科技合作与交流项目(2009FDA32930)

收稿日期:2010-12-27; **修订日期:**2011-05-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: daohongzhuja@yahoo.com.cn

Adults of the first generation appeared from early June to early August and oviposited from late June to mid-August. Nymphs of the second generation started appearing in early July and emerged as adults from September to October, with most individuals finishing oviposition by late November. In the field, eggpods obtained from June to August (the first generation) or from October to November (the second generation) were all enter diapause partially in this Changsha population of *O. chinensis*. The diapause rate was about 30% and it did not significantly differ among different months. However, the diapause rate of eggs exposed to field conditions significantly decreased after December, to only 6.6% at most, indicating that the eggs had terminated their diapause spontaneously because of the low temperatures before the end of winter. Thus, both non-diapause and diapause *O. chinensis* eggs overwintered in a non-diapause state through the subsequent cold season in Changsha. Freezing rain swept across large areas south of Yangtze River from the end of 2007 to early 2008 and the winter was unusually cold at our experimental site. However, the survival rate of overwintered eggs was more than 98%, as assessed in the following spring. These results reveal that non-diapause eggs are able to safely overwinter, and diapause does not seem to be an adaptation to improve the cold tolerance of eggs in the Changsha population of *O. chinensis*. Additionally, this paper also discusses the evolutionary significance of egg diapause in Changsha population of *O. chinensis*.

Key Words: rice grasshopper; *Oxya chinensis*; life history; egg diapause; overwintering; seasonal adaptation

中华稻蝗 *Oxya chinensis* Thunberg 在我国分布广泛,除青海、西藏、新疆、内蒙古未见报道外,全国大多数地区均有发生^[1-3]。20 世纪 80 年代中期以来,由于有机氯农药的禁用以及耕作制度和生态环境的改变,其为害逐步加重,已成为一些地区水稻的重要害虫^[3]。中华稻蝗以卵越冬,无论南北越冬卵均出现滞育,卵滞育的发生受雌雄基因的共同作用,但滞育程度与滞育率高的亲本关联性更大^[4-5]。Zhu 等进一步的研究证实了其卵滞育发育具两个适温区,即低于发育起点温度的低温和高温(如 30℃),而秋季的适度高温则可以逆转滞育的解除,亦即其卵滞育强度存在着可逆性,这种滞育强度的可逆性对于冬季前的滞育维持及防止秋季的不适时孵化起着重要的作用^[6]。中华稻蝗的滞育发生存在着明显的地理变异,不同地理种群滞育的调控机制亦存在差异,如北方的铁岭、济宁及泗洪种群为完全滞育,卵滞育与母代光周期及卵期的温度无关,所产卵全部进入滞育,完全由遗传控制;南方的长沙、海口种群为部分滞育,长沙种群的滞育不受母代光周期的影响,不管是长日条件还是短日条件均只有部分卵进入滞育,但滞育率受卵期温度的影响,温度越高滞育率越低;而低纬度地区的海南种群滞育受母代光周期和卵期温度的共同调控^[5]。

中华稻蝗在我国大部分地区 1 年发生 1 代,如辽宁^[2]、河南^[1]、江苏^[7]、浙江^[3]等。长沙种群不论是长日条件还是短日条件下,所产卵均为部分滞育,部分不滞育,即使将卵块置于 30℃ 的高温下亦然,因此,赵琴等认为中华稻蝗长沙种群为 1 年 2 代和 1 年 1 代混合发生,从地理分布来看长沙等地应为中华稻蝗一化性和二化性的交叉区域^[5]。赵琴等^[5]对中华稻蝗长沙种群生活史的推测虽然有其合理性,但并未进行野外调查,无自然条件下的研究数据加以佐证。本文以野外调查和实验室研究相结合的方式,调查了其自然条件下发生代数、孵化率和卵滞育率的季节变化及越冬卵的存活率,弄清了中华稻蝗长沙种群的生活史,并探讨了其卵滞育的生态意义。

1 材料与方法

1.1 中华稻蝗长沙种群生活史的调查

为调查中华稻蝗长沙种群的生活史,分别于 2007 年 6—10 月的每月 5 日于长沙市郊区(28.2°N, 113.0°E)以捕虫网随机采集中华稻蝗若虫和成虫,带回实验室统计若虫及雌、雄成虫的数量,并以电子游标卡尺(Mitutoyo Corporation, Japan, 0.01 mm)测量其头幅。每月采集的标本均置于养虫笼(长×宽×高:30 cm×20 cm×30 cm)内,于校内苗圃的自然条件下以栽培的扁穗雀麦 *Bromus catharticus* Vahl. 集团饲养。扁穗雀麦的叶片插入盛水的广口瓶(100 mL)置于养虫笼内,每日更换 1 次,以保持充足而新鲜的饲料。更换饲料时,收集成虫产于扁穗雀麦叶片之间的卵块,并记录其产卵日期和卵块数量。

1.2 自然条件下中华稻蝗长沙种群孵化率的季节变化

为调查自然条件下中华稻蝗长沙种群卵的孵化率,于2007年6—11月将上述自然条件下饲养成虫所产的卵块分别置于培养皿(直径10 cm)内,埋入苗圃的土壤中(深约5 cm)。培养皿内垫放一层湿润的吸水纸,吸水纸上铺放滤纸1张,每培养皿的滤纸上放置1卵块。每3d检查、记录1次孵化若虫数,并以洗瓶加水,保持吸水纸、滤纸的湿润。于12月分别统计各卵块未孵化的存活卵粒数和死亡的卵粒数,计算其孵化率。

1.3 自然条件下中华稻蝗长沙种群卵滞育率及存活率的季节变化

为调查自然条件下中华稻蝗长沙种群卵滞育率的季节变化,自然条件下饲养成虫6—10月所产的卵块分别直接转移至(25±1)℃的人工气候室(宁波江南实验仪器设备厂);11月所产卵块一部分直接转移至实验室,一部份按上述方法埋入苗圃的土壤中,然后于12月至翌年3月的每月15日分别转移20个左右卵块至25℃的人工气候室。转移至实验室后每日检查、记录1次孵化若虫数。依据赵琴等的方法^[5],将转移至实验室后50d内孵化的卵视为非滞育卵,50d之后仍未孵化的卵视为滞育卵。于转移至实验室50d后分别统计各卵块未孵化的存活卵粒数及死亡的卵粒数,计算其滞育率和存活率。

1.4 数据的统计分析

对中华稻蝗长沙种群不同月份的孵化率、滞育率及存活率使用StatView软件分别进行Tukey-Kramer多重比较,求取其相应的差异显著水平。

2 结果与分析

2.1 中华稻蝗长沙种群的生活史

为调查中华稻蝗长沙种群的生活史,在长沙市郊于2007年6—10月的每月5日随机采集若虫和成虫,其头幅的频度分布如图1所示。

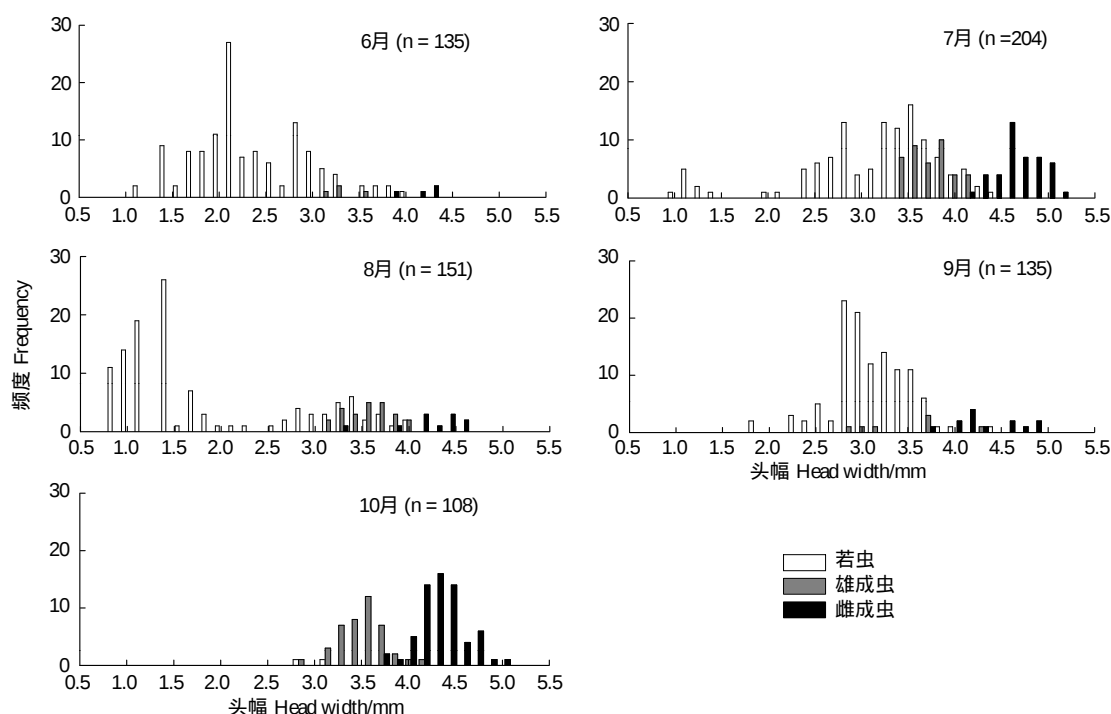


图1 野外采集中华稻蝗若虫和成虫头幅的频度分布

Fig. 1 Distribution in head width frequency of nymphs and adults of *Oxya chinensis* collected in June, July, August, September and October 2007

6月初采集标本的头幅呈连续的单模态分布,大部分为若虫,亦有5.9% ($n = 135$)的雌、雄成虫,说明其第1代成虫于6月初开始羽化。7月采集标本的头幅呈双模态分布,大部分为第1代的高龄若虫和雌、雄

成虫,此时应是第1代成虫的羽化盛期;亦有少量的低龄若虫,这些低龄若虫应为刚孵化的第2代若虫。8月采集标本的头幅亦呈双模态分布,大部分为低、中龄若虫,也有部分高龄若虫和雌、雄成虫,这些低、中龄若虫很显然为第2代若虫,而高龄若虫和成虫应属第1代。9、10月采集标本的头幅均呈单模态分布。9月初采集标本的85.2%为第2代的高龄若虫,14.8%为成虫,这些成虫应为第2代成虫,说明第2代成虫于9月初开始羽化。10月采集标本则98.1%已羽化为成虫,仅有少量的若虫(图1)。

田间采集的成虫和若虫于校内苗圃的自然条件下饲养,调查了其各月份的产卵情况。中华稻蝗长沙种群所产卵块的频度分布具两个明显的峰期,即6月下旬至8月中旬和10月上旬至11月下旬,显然前者为第1代成虫的产卵期,后者为第2代成虫的产卵期(图2)。

上述结果显示,中华稻蝗长沙种群1年出现2代,6月上旬至8月上旬为第1代成虫的羽化时期,第1代成虫于6月下旬至8月中旬产卵;第2代若虫于7月初开始孵化,9—10月羽化为成虫,第2代成虫于10月上旬至11月下旬产卵。

2.2 自然条件下中华稻蝗长沙种群孵化率的季节变化

于自然条件下,分别调查了苗圃饲养成虫各月份所产卵块的孵化率(图3)。2007年6—8月所产卵块(即第1代成虫之卵块)至当年12月均有少量卵粒未孵化,剔除死亡卵粒数后的孵化率分别为 $(80.6 \pm 31.9)\%$ (平均 $\pm$ SD, $n=6$, n 为卵块数)、 $(92.1 \pm 18.6)\%$ ($n=29$)和 $(95.9 \pm 6.9)\%$ ($n=10$),虽然6月份所产卵块的孵化率略低于7、8月的孵化率,但三者间并无显著差异(Tukey's-test, $P>0.05$)。9月未收集到卵块,而10—11月所产卵块(即第2代成虫之卵块)自然条件下均未见孵化。

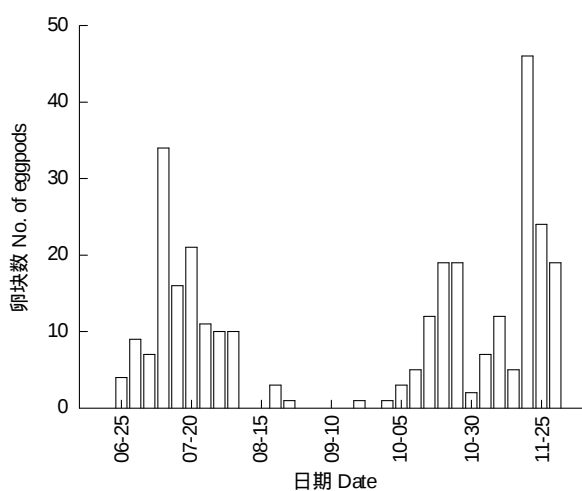


图2 自然条件下2007年6—11月中中华稻蝗成虫每5d的产卵量
Fig. 2 Seasonal change in frequency of female oviposition in the field in *Oxya chinensis* from June to November 2007. Each bar indicates the number of eggpods per five days

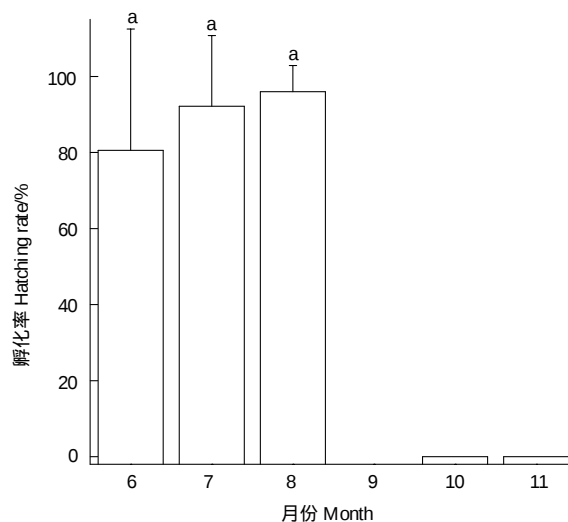


图3 自然条件下2007年6—11月中中华稻蝗卵的孵化率
Fig. 3 Seasonal change in the hatching rates of *Oxya chinensis* in the field from June to November 2007

图中数据为平均数 $\pm$ 标准差,相同字母表示经Tukey's检测不存在显著差异

上述实验结果表明,自然条件下中华稻蝗长沙种群第1代成虫所产卵块大部分其后孵化为若虫,1年发生两代,以第2代成虫所产卵越冬;但亦有少量当年不孵化、直接越冬的第1代卵,1年只完成1个世代。

2.3 自然条件下中华稻蝗长沙种群卵滞育率的季节变化

除9月未获取卵块外,饲养于苗圃的成虫2007年6—10月所产卵块直接转移至25℃;11月所产卵块,一部分直接转移至25℃,一部分埋入苗圃的土壤中,于12—3月的每月15日转移至25℃,检测了自然条件下中华稻蝗长沙种群卵滞育率的季节变化(图4)。在25℃的温度条件下,第1代成虫所产卵块,即6、7、8月卵滞育率分别为 $(29.3 \pm 33.9)\%$ ($n=7$)、 $(29.4 \pm 28.2)\%$ ($n=32$)和 $(24.0 \pm 6.9)\%$ ($n=6$);第2代成虫所产

卵块,即 10、11 月的卵滞育率分别为 $(37.5 \pm 37.6)\%$ ($n=22$)和 $(37.6 \pm 35.6)\%$ ($n=21$),虽然第 2 代卵的滞育率略高于第 1 代,但各月所产卵的滞育率均无显著差异(Tukey's-test, $P>0.05$)。而 11 月所产卵块埋入苗圃的土壤中,于 12 月 15 日以后转移至 25 °C 时,滞育率均明显降低,12、1、2、3 月转移至 25 °C 的卵滞育率分别为 $(6.6 \pm 7.8)\%$ ($n=21$)、 $(5.5 \pm 8.1)\%$ ($n=20$)、 $(3.9 \pm 7.2)\%$ ($n=19$)和 $(1.8 \pm 6.9)\%$ ($n=17$)(图 4),均显著低于 11 月前直接转移至 25 °C 时的滞育率(Tukey's-test, $P<0.0001$)。

上述结果说明,中华稻蝗长沙种群第 1 代和第 2 代成虫所产卵块均为部分滞育,且两代卵的滞育率无显著差异。经历一段时间室外的低温,12 月以后其卵滞育快速地得以解除。包括非滞育卵和滞育解除卵,中华稻蝗长沙种群的越冬卵以非滞育状态度过其后的寒冷冬季。

2.4 自然条件下中华稻蝗长沙种群越冬卵的存活率

本文实验的 2007 年末至 2008 年初正值长江流域罕见的冰雪灾害天气。从湖南省气象局获取的气象资料显示,2008 年 1 月 13 日至 2 月 9 日近 30 d 的日最低气温低于 0 °C,平均气温亦低于 0 °C 或为 0 °C 左右,其间日最低温度达 -4.7 °C,温度低且低温持续时间长(图 5)。

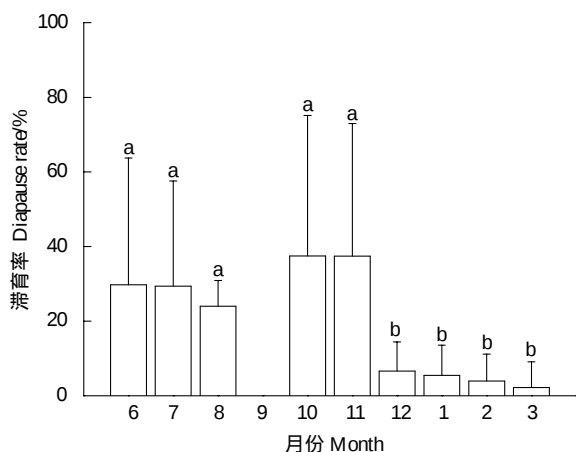


图 4 自然条件下 2007 年 6 月至 2008 年 3 月中中华稻蝗卵滞育率的季节变化

Fig. 4 Seasonal change in the rates of egg diapause in *Oxya chinensis* in the field from June 2007 to March 2008

图中数据为平均数±标准差,不同字母表示经 Tukey's 检测存在显著差异

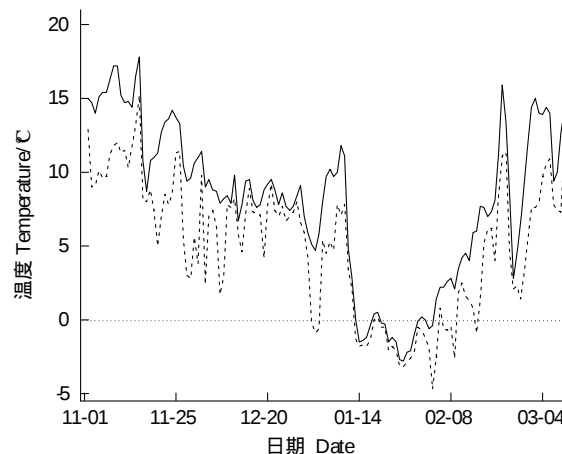


图 5 长沙市 2007 年 11 月 1 日至 2008 年 3 月 15 日的最低(虚线)和平均气温(实线)

Fig. 5 Minimum (dashed) and mean (real line) temperatures from Nov 1, 2007 to Mar 15, 2008 at experimental site

资料来源于湖南省气象局

在调查 2.3 的各月卵滞育率的同时,也统计了死亡和存活的未孵化卵的数量,2007 年 10、11、12 月及 2008 年 1、2、3 月室外条件下,中华稻蝗长沙种群卵的存活率分别为 100% ($n=21$)、 $(98.6 \pm 5.0)\%$ ($n=21$)、 $(98.6 \pm 6.2)\%$ ($n=21$)、100% ($n=20$)、 $(98.5 \pm 3.6)\%$ ($n=19$)和 $(98.1 \pm 3.8)\%$ ($n=17$),越冬前后卵的存活率均在 98% 以上,且无显著差异(Tukey's-test, $P>0.05$)(图 6)。上述研究结果表明,以非滞育状态越冬的中华稻蝗越冬卵,即使是遭遇 2007—2008 年般异常寒冷的冬季,在长沙地区亦能安全地越冬。

3 讨论

中华稻蝗在我国大部分地区 1 年发生 1 代,如辽宁^[2]、河南^[1]、江苏^[7]、浙江^[3]等,而在海南则 1 年可发生 2 代或 2 代以上^[5]。中华稻蝗以卵越冬,无论南北越冬卵均存在滞育现象^[5]。其长沙种群的卵滞育不受母代光周期的影响,不论是长日条件还是短日条件,所产卵均为部分滞育,部分不滞育,即使将卵块置于 30 °C 的高温下亦然,因此,赵琴等认为中华稻蝗长沙种群为 1 年 2 代和 1 年 1 代混合发生,从地理分布来说长沙等地应为中华稻蝗一化性和二化性的交叉区域^[5]。本文野外调查的结果证实,中华稻蝗长沙种群 1 年出现 2 代,第 1 代成虫的羽化期为 6 月上旬至 8 月上旬,产卵期为 6 月下旬至 8 月中旬;第 2 代若虫于 7 月上旬开始孵

化,9—10月第2代成虫羽化,10月上旬至11月下旬为其产卵期(图1—图2)。然而,室外自然条件下,第1代成虫所产卵虽然大部分其后孵化为若虫,1年完成2代,但亦有19.4%—4.1%的第1代(6—8月)卵粒未孵化,而直接越冬,1年只完成1个世代(图3)。这些室外自然条件下所获取的数据为赵琴等^[5]的观点提供了佐证。

滞育是一种昆虫生活史的适应特征,栖息于世界各地的许多昆虫种类均发生滞育^[8]。一般认为,滞育具有如下进化意义:(1)使昆虫的生活史与季节变化保持同步,安全度过不适环境,保持种群的延续;(2)维持种群内个体整齐发育,增强雌雄个体间交配的机率,保证种群的繁衍;(3)使昆虫的活动与食物资源供给相协调^[9-13]。将室外饲养成虫所产卵块直接转移至25℃的实验室,各月所产卵块的滞育率无显著差异,均在30%左右(图4),与赵琴等^[5]中华稻蝗长沙种群的卵滞育与

母代光周期无关的结论相一致,并进一步说明了自然条件下的变化光周期对其滞育发生亦无影响。而将11月所产卵块埋入室外的土壤中,于12月15日以后转移至25℃时,滞育率则显著降低,即使12月卵滞育率亦仅6.6%,滞育基本得以解除(图4)。低于发育起点的温度(如10℃)能促进中华稻蝗的卵滞育发育^[6]。2007年11月中旬以后长沙的气温已低于10℃或为10℃左右(图5),此时的室外低温应是大部分滞育卵的滞育得以解除、滞育率降低的原因。同时,如此短时间内滞育率即显著降低,也说明长沙种群越冬滞育卵的滞育强度较低。通常12月前并非温度最低的时期,而1—2月往往是最为寒冷的季节。然而,中华稻蝗长沙种群的卵滞育在寒冷的季节来之前,滞育已经消除,包括非滞育卵和滞育解除卵,越冬卵以非滞育状态度过其后的寒冷冬季。本文进行研究的2007年末至2008年初正值长江流域罕见的冰雪灾害天气,气温低且低温持续时间长(图5)。但是,即使是遭遇如此异常寒冷的冬季,以非滞育状态越冬的中华稻蝗长沙种群越冬卵亦能安全地越冬,死亡率极低(图6)。因此,可以认为中华稻蝗长沙种群卵滞育的发生并不是为了安全度过严寒的冬季。此外,由于中华稻蝗长沙种群第1、2代成虫所产卵均只有部分发生滞育,因而也可以认为,其滞育的意义也不是为了维持种群内个体整齐发育或使昆虫的活动与食物资源供给相协调。中华稻蝗长沙种群第1代卵存在着滞育和非滞育两种表现型,或许可视为一种危险分散机制。由于既具滞育卵又具非滞育卵,通常非滞育卵能多完成1世代的繁衍,从而增加种群数量;另一方面,如遇秋季气候异常、温度偏低,第2代成虫或不能完成繁殖,那么,第1代未孵化的滞育卵则有利于种群的维持,保持种群的延续。然而,第2代卵的部分滞育特征应如何理解?双针蟋属2近缘种 *Dianemobius nigrofasciatus* 和 *D. fascipes* 分布遍及热带、亚热带及温带区域,热带的印度尼西亚巴厘种群(8.2°S)的卵不发生滞育,但少量卵粒(<1%)存在孵化延迟现象,即具卵期间的多型性;亚热带的日本石垣种群(24.6°N)短日条件下,25℃时有少量卵进入滞育,20℃时滞育率在50%以上;温带的日本奈良种群(34.7°N)在短日条件下滞育率达100%^[14-15]。进而Masaki提出了其卵滞育的进化假说:热带种群为应对热带地区不可预知的自然灾害的选择压,因危险分散的适应策略,维持一定比例的孵化延迟卵(卵期间多型);分布区域扩大至冬季温暖而短暂的亚热带过程中获得卵滞育特性,低温、短日条件下部分卵进入滞育;分布区域继续北扩,因寒冷而漫长的冬季的选择压力,温带种群获得完全而稳定的卵滞育特征^[16]。中华稻蝗分布区域的纬度跨度大,在我国南起海南岛北至东北^[1-3,5]。低纬度(如海口)种群亦具滞育特性,其滞育发生受母代光周期和卵期温度的共同调控,在高温、长日照的夏季几无滞育的发生,秋季世代则部分卵进入滞育;而北方(如铁岭、济宁和泗洪)种群的卵为专性滞育,其卵滞育与母代光周期及卵

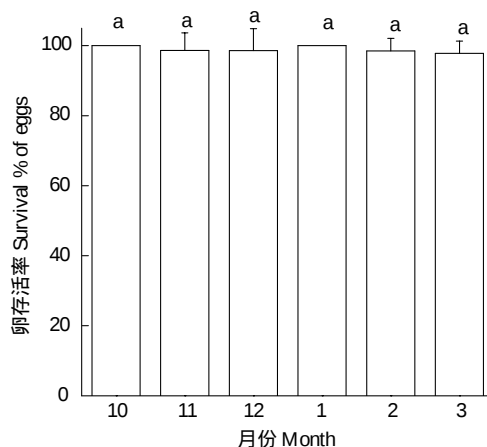


图6 自然条件下2007年10月至2008年3月中中华稻蝗越冬卵的存活率

Fig. 6 Seasonal change in the egg survival rate in *Oxya chinensis* in the field from October 2007 to March 2008

数据为平均数±标准差,相同字母表示经Tukey's检测无显著差异

期的温度无关,所产卵全部进入滞育^[5]。因此,可以认为长沙种群的卵滞育特征是中华稻蝗由南方温暖地区向北方寒冷地区不断扩大分布区域的适应结果,从地理分布来说是一过渡形态。虽然未能获得中华稻蝗纬度更低、无滞育种群的数据,笔者推测中华稻蝗分布区域的北移或经历如下路径:(1)1 年发生 2 代或多代的低纬度地区(如海口)种群获得卵滞育特征——部分滞育,滞育发生受母代光周期和卵期温度的共同调控;(2)经 1 年 1 代和 2 代混合发生区域(如长沙)——部分滞育,滞育发生不受母代光周期影响但与卵期温度有关;(3)达至 1 年 1 代北方地区(如泗洪、济宁、铁岭)种群的适应——专性滞育,滞育发生与母代光周期及卵期的温度无关,而完成分布区域的北移和对北方环境的适应进化。

References:

- [1] Liu Z, Gao S S, Zhang L Q, Lou H Y. Study on the biology and control of Chinese rice grasshopper. Entomological Knowledge, 1997, 34(4): 195-197.
- [2] Li Y J. Occurrence control and cure of Chinese rice grasshopper in middle region of Liaoning. Reclaiming and Rice Cultivation, 2003, (4): 29-30.
- [3] Wang H D, Xu Z H, Feng Z Q, Xu F S, Wu Y X. Study on occurrence and control of Chinese rice locust. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(8): 387-391.
- [4] Tan R H, Zhu D H, Yang Y P. The diapause rate of hybrid offsprings among three geographic populations in a grasshopper, *Oxya chinensis*. Chinese Bulletin of Entomology, 2008, 45(3): 394-397.
- [5] Zhao Q, Zhu D H, Yang Y P, Tan R H. Variation of embryonic diapause intensity and life-cycle pattern in five geographic populations of the Chinese rice grasshopper, *Oxya chinensis* (Orthoptera: Acridoidea: Catantopidae) from China. Acta Entomologica Sinica, 2009, 52(2): 183-190.
- [6] Zhu D H, Yang Y P, Liu Z. Reversible change in embryonic diapause intensity by mild temperature in the Chinese rice grasshopper, *Oxya chinensis*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2009, 133(1): 1-8.
- [7] Xu F Z, Li L B. Study on the life history of Chinese rice grasshopper. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2007, 13(1): 158-159.
- [8] Masaki S. Geographic variation of diapause in insects. Bulletin of the Faculty of Agriculture of Hirosaki University, 1961, (7): 66-98.
- [9] Tauber M J, Tauber C A, Masaki S. Seasonal Adaptations of Insects. New York: Oxford University Press, 1986.
- [10] Danks H V. Insect Dormancy: An Ecological Perspective. Ottawa: Biological Survey of Canada, 1987.
- [11] Xu W H. Advances in insect diapause. Acta Entomologica Sinica, 1999, 42(1): 100-107.
- [12] Nation J L. Insect Physiology and Biochemistry. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2008.
- [13] Han B, Denlinger D L. Mendelian inheritance of pupal diapause in the flesh fly, *Sarcophaga bullata*. Journal of Heredity, 2009, 100(2): 251-255.
- [14] Masaki S, Nagase A. Genetics, variability, and origin of tropical, subtropical and temperate life cycles in the *Dianemobius fascipes* species-complex (Orthoptera: Gryllidae). Studies on Neotropical Fauna and Environment, 1992, 27(2/3): 69-82.
- [15] Masaki S. Ecophysiological consequences of variability in diapause intensity. European Journal of Entomology, 2002, 99: 143-154.
- [16] Masaki S. Distribution expansion and adaptation in crickets//Tanaka S, Higaki M, Kotaki T, eds. Insect Diapause: Mechanisms and Evolution. Tokyo: Tokai University Press, 2004: 76-94.

参考文献:

- [1] 刘珍,高山松,张连全,娄海玉. 中华稻蝗生物学特性及防治研究. 昆虫知识, 1997, 34(4): 195-197.
- [2] 李艳君. 中华稻蝗在辽宁中部地区的发生及防治. 垦殖与稻作, 2003, (4): 29-30.
- [3] 王华弟,徐志宏,冯志全,徐福寿,吴玉香. 中华稻蝗发生规律与防治技术研究. 中国农学通报, 2007, 23(8): 387-391.
- [4] 谭荣鹤,朱道弘,阳艳萍. 中华稻蝗不同地理种群杂交子代的滞育率. 昆虫知识, 2008, 45(3): 394-397.
- [5] 赵琴,朱道弘,阳艳萍,谭荣鹤. 中华稻蝗五地理种群的卵滞育强度及生活史模式变异. 昆虫学报, 2009, 52(2): 183-190.
- [7] 徐凤珍,李兰标. 中华稻蝗生活史的研究. 安徽农学通报, 2007, 13(1): 158-159.
- [11] 徐卫华. 昆虫滞育的研究进展. 昆虫学报, 1999, 42(1): 100-107.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.31 ,No.15 August ,2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Trophic group responses of ground arthropods to land-cover change and management disturbance	LI Fengrui, LIU Jiliang, HUA Wei, et al (4169)
Construction and comparative analysis of enriched microsatellite library from <i>Liposcelis bostrychophila</i> and <i>L. entomophila</i> genome	WEI Dandan, YUAN Minglong, WANG Baojun, et al (4182)
Development of EST-SSRs markers and analysis of genetic diversities among different geographical populations of Manila clam <i>Ruditapes philippinarum</i>	YAN Xiwu, YU Zhifei, QIN Yanjie, et al (4190)
Genetic diversity of different generations of the Dalian population of Manila clam <i>Ruditapes philippinarum</i> through selective breeding	YU Zhifei, YAN Xiwu, YANG Fei, et al (4199)
Comparative study of spike differentiation in wheat in the glasshouse and field	JIANG Lina, ZHAO Yanling, SHAO Yun, et al (4207)
Effects of organic fertilizer on growth and endogenous hormone contents of wheat seedlings under salt stress	LIU Haiying, CUI Changhai, ZHAO Qian, et al (4215)
Impacts of climatic change on spring wheat growth in a semi-arid region of the Loess Plateau: a case study in Dingxi, Gansu Province	YAO Yubi, WANG Runyuan, YANG Jinhu, et al (4225)
Dynamic changes in nitrogen and phosphorus concentrations and emission-reduction potentials in paddy field water under different tillage models	FENG Guolu, YANG Renbin (4235)
Effects of planting and straw returning of transgenic Bt maize on soil enzyme activities under field condition	YAN Shilei, ZHAO Lei, SUN Hongwei, et al (4244)
Effects of short-term flooding on <i>Geobacteraceae</i> spp. and <i>Anaeromyxobacter</i> spp. abundance in paddy soil	ZHU Chao, Stefan Ratering, QU Dong, et al (4251)
Adaptive adjustments of the sowing date of late season rice under climate change in Guangdong Province	WANG Hua, CHEN Xinguang, HU Fei, et al (4261)
Carbon and nitrogen sequestration rate in long-term fenced grasslands in Inner Mongolia, China	HE Nianpeng, HAN Xingguo, YU Guirui (4270)
Ecosystems carbon storage and carbon sequestration potential of two main tree species for the Grain for Green Project on China's hilly Loess Plateau	LIU Yingchun, WANG Qiufeng, YU Guirui, et al (4277)
Wettability on plant leaf surfaces and its ecological significance	SHI Hui, WANG Huixia, LI Yangyang (4287)
Seasonal dynamics of litter accumulation in major forest communities on the northern slope of Changbai Mountain, Northeast China	ZHENG Jinping, GUO Zhongling, XU Chengyang, et al (4299)
A comparative study of seed germination traits of 52 species from Gurbantunggut Desert and its peripheral zone	LIU Huiliang, SONG Mingfang, DUAN Shimin, et al (4308)
The reproductive ecological characteristics of <i>Sinosenecio jishouensis</i> (Compositae) and its endangerment mechanisms	DENG Tao, CHEN Gongxi, ZHANG Daigui, et al (4318)
Iterative algorithm for analyzing the influence of the proportion of permanently destroyed sites on the equilibrium abundances of species	SHI Peijian, GE Feng, YANG Qingpei (4327)
Physiological mechanism of foliage spraying paclobutrazol on increasing salt tolerance of <i>Jatropha curcas</i> seedlings	MAO Yiqing, ZHENG Qingsong, CHEN Jianmiao, et al (4334)
Spatial ecological niche of main insect borers in larch of Aershan	YUAN Fei, LUO Youqing, SHI Juan, et al (4342)
Source areas and landing mechanism of early immigration of white-backed planthoppers <i>Sogatella furcifera</i> (Horváth) in Yunnan, 2009	SHEN Huimei, LÜ Jianping, ZHOU Jinyu, et al (4350)
Life history and the evolutionary significance of egg diapause in Changsha population of the rice grasshopper, <i>Oxya chinensis</i> (Orthoptera: Catantopidae)	ZHU Daohong, ZHANG Chao, TAN Ronghe (4365)
Relationships between main insect pests and their predatory natural enemies in "518" nectarine orchard	SHI Xiaoli, BI Shoudong, GENG Jiguang, et al (4372)
Dynamics of soil meso- and microfauna communities in Zoigê alpine meadows on the eastern edge of Qinghai-Tibet Plateau, China	ZHANG Hongzhi, WU Pengfei, YANG Daxing, et al (4385)
Seasonal changes in waterbirds population and movements of Great Black-headed Gull <i>Larus ichthyaetus</i> at Keluke Lake of Qinghai, China	ZHANG Guogang, LIU Dongping, HOU Yunqiu, et al (4398)
Predictions of net carbon emissions based on the emissions and forest carbon sinks in Yunnan Province	LIU Huiya, WANG Zheng, MA Xiaozhe (4405)
Ecological water depletion by human use in Beijing City	BAI Yinglan, WANG Rusong, YAO Liang (4415)
Review and Monograph	
Research progress on regulation mechanism for the process of water transport in plants	YANG Qiliang, ZHANG Fucang, LIU Xiaogang, et al (4427)
Antibiotics in environmental matrices and their effects on microbial ecosystems	YU Shen, WANG Min, HONG Youwei (4437)
Anaerobic ammonium oxidation in natural ecosystems	SHEN Lidong, ZHENG Ping, HU Baolan (4447)
Scientific Note	
Ecological characteristics of macrobenthic communities and their relation to water environmental factors in four bays of southern Shandong Peninsula	ZHANG Ying, LÜ Zhenbo, XU Zongfa, et al (4455)
Seasonal succession of crustacean zooplankton in relation to the major environmental factors in Lake Ulungur, Xinjiang	YANG Lili, ZHOU Xiaoyu, LIU Qigen, et al (4468)
Effect of different fertilization and irrigation practices on soil ammonia volatilization of Arecanut (<i>Areca catechu</i> L.)	LU Lilan, GAN Bingchun, XU Minghui, et al (4477)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 15 期 (2011 年 8 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 15 2011

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