

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

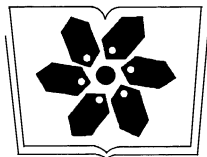
Acta Ecologica Sinica



第34卷 第2期 Vol.34 No.2 **2014**

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 34 卷 第 2 期 2014 年 1 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 连续免耕对不同质地稻田土壤理化性质的影响 龚冬琴, 吕 军 (239)
- 下辽河平原景观格局脆弱性及空间关联格局 孙才志, 闫晓露, 钟敬秋 (247)
- 完全水淹环境中光照和溶氧对喜旱莲子草表型可塑性的影响 许建平, 张小萍, 曾 波, 等 (258)
- 赤潮过程中“藻-菌”关系研究进展 周 进, 陈国福, 朱小山, 等 (269)
- 盐湖微微型浮游植物多样性研究进展 王家利, 王 芳 (282)
- 臭氧胁迫对植物主要生理功能的影响 列淦文, 叶龙华, 薛 立 (294)
- 啮齿动物分子系统地理学研究进展 刘 铸, 徐艳春, 戎 可, 等 (307)
- 生态系统服务制图研究进展 张立伟, 傅伯杰 (316)

个体与基础生态

- NaCl 胁迫下沙枣幼苗生长和阳离子吸收、运输与分配特性 刘正祥, 张华新, 杨秀艳, 等 (326)
- 不同生境吉首蒲儿根叶片形态和叶绿素荧光特征的比较 向 芬, 周 强, 田向荣, 等 (337)
- 小麦 LAI-2000 观测值对辐亮度变化的响应 王 龔, 田庆久, 孙绍杰, 等 (345)
- K^+ 、 Cr^{6+} 对网纹藤壶幼虫发育和存活的影响 胡煜峰, 严 涛, 曹文浩, 等 (353)
- 马铃薯甲虫成虫田间扩散规律 李 超, 彭 赫, 程登发, 等 (359)

种群、群落和生态系统

- 莱州湾及黄河口水域鱼类群落结构的季节变化 孙鹏飞, 单秀娟, 吴 强, 等 (367)
- 黄海中南部不同断面鱼类群落结构及其多样性 单秀娟, 陈云龙, 戴芳群, 等 (377)
- 苏南地区湖泊群的富营养化状态比较及指标阈值判定分析 陈小华, 李小平, 王菲菲, 等 (390)
- 盐城淤泥质潮滩湿地潮沟发育及其对米草扩张的影响 侯明行, 刘红玉, 张华兵 (400)
- 江苏省农作物最大光能利用率时空特征及影响因子 康婷婷, 高 苹, 居为民, 等 (410)
- 1961—2010 年潜在干旱对我国夏玉米产量影响的模拟分析 曹 阳, 杨 婕, 熊 伟, 等 (421)
- 黑龙江省 20 世纪森林变化及对氧气释放量的影响 张丽娟, 姜春艳, 马 骏, 等 (430)
- 松嫩草原不同演替阶段大型土壤动物功能类群特征 李晓强, 殷秀琴, 孙立娜 (442)
- 小兴安岭 6 种森林类型土壤微生物量的季节变化特征 刘 纯, 刘延坤, 金光泽 (451)

景观、区域和全球生态

- 黄淮海地区干旱变化特征及其对气候变化的响应 徐建文, 居 辉, 刘 勤, 等 (460)

我国西南地区风速变化及其影响因素 张志斌,杨 莹,张小平,等 (471)

青海湖流域矮嵩草草甸土壤有机碳密度分布特征 曹生奎,陈克龙,曹广超,等 (482)

基于生命周期评价的上海市水稻生产的碳足迹 曹黎明,李茂柏,王新其,等 (491)

研究简报

荒漠草原区柠条固沙人工林地表草本植被季节变化特征 刘任涛,柴永青,徐 坤,等 (500)

跨地带土壤置换实验研究 靳英华,许嘉巍,秦丽杰 (509)

SWAT 模型对景观格局变化的敏感性分析——以丹江口库区老灌河流域为例
..... 魏 冲,宋 轩,陈 杰 (517)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 288 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 29 * 2014-01



封面图说：高原盐湖——中国是世界上盐湖分布比较稠密的国家,主要分布在高寒的青藏高原以及干旱半干旱地区的新疆、内蒙古一带。尽管盐湖生态环境极端恶劣,但它们依然是陆地特别是高原生态系统中十分重要的组成部分。微微型浮游植物通常是指粒径在 0.2—3 μm 之间的光合自养型浮游生物。微微型浮游植物不仅是海洋生态系统中生物量和生产力的最重要贡献者,也是盐湖生态系统最重要的组成部分。研究显示,水体矿化度是影响微微型浮游植物平面分布及群落结构组成的重要因子,光照、营养成分和温度等也会影响盐湖水体中微微型浮游植物平面分布及群落结构组成(详见 P282)。

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

DOI: 10.5846/stxb201304180743

李超, 彭赫, 程登发, 郭文超, 刘怀, 张云慧, 孙京瑞. 马铃薯甲虫成虫田间扩散规律. 生态学报, 2014, 34(2): 359-366.
Li C, Peng H, Cheng D F, Guo W C, Liu H, Zhang Y H, Sun J R. Diffusion of colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, adults in field. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(2): 359-366.

马铃薯甲虫成虫田间扩散规律

李 超^{1,2}, 彭 赫², 程登发², 郭文超³, 刘 怀^{1,*}, 张云慧², 孙京瑞²

(1. 西南大学植物保护学院, 重庆 400715; 2. 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;
3. 新疆农业科学院植物保护研究所, 乌鲁木齐 830000)

摘要: 马铃薯甲虫具有很强的自主扩散能力, 为进一步明确马铃薯甲虫在田间自然条件下的扩散特性, 采用“标记—释放—回捕”方法研究了农田生态系统下的马铃薯甲虫扩散规律。结果表明: 随着释放时间的推后, 回捕得到的虫口数量逐渐减少。田间的平均拥挤度、平均密度和拥挤度指标也逐渐减小, 至释放后 7 d, 马铃薯甲虫的空间分布格局变化为均匀分布。在扩散速度上, 马铃薯甲虫越冬代和第 2 代成虫扩散速度显著高于第 1 代成虫, 而越冬代和第 2 代成虫的扩散速度差异不明显, 雌虫的扩散速度大于雄虫。在扩散方向上, 各世代成虫扩散没有明显的方向性, 呈向四周随机扩散趋势。

关键词: 马铃薯甲虫; 扩散速率; 扩散方向; 空间分布型; 聚集度指标

Diffusion of colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, adults in field

LI Chao^{1,2}, PENG He², CHENG Dengfa², GUO Wenchao³, LIU Huai^{1,*}, ZHANG Yunhui², SUN Jingrui²

1 College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China
2 State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China
3 Institute of Plant Protection, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830000, China

Abstract: The Colorado potato beetle (CPB), *Leptinotarsa decemlineata* (Say), is a highly destructive migratory pest on potato crops worldwide. It originated in the United States or Mexico and has now invaded more than 40 countries across North America, Europe, Australia, and Asia. This invasive pest dispersed from Kazakhstan into the Xinjiang Uygur Autonomous Region of China, where it was first discovered on potato crops in the Ili River Valley area in 1993. Since then, it has spread widely throughout the northern of Tianshan Mountain region. CPB can migrate independently, and its optimal survival strategy involving high reproductive rates and diapause have allowed it to spread eastward, where it now threatens to invade Gansu and the Inner Mongolia Autonomous Region, the main potato-producing regions of China. CPB can migrate both naturally and artificially. Although CPB can travel via running water, flight migration is more ecologically important. Several factors can affect CPB migration, including geographic blockages, overwintering conditions, host distribution, wind speed and direction, and level of CPB control; the first two are the most decisive factors. CPB adult flight is directly affected by environmental factors; starvation and high light intensity can both stimulate flight of CPB. Adults of the overwintered generation continue to store nutrients in their bodies, which helps them fly long distances to find an appropriate host. Therefore, understanding the diffusion pattern of this migratory pest is important for developing more efficient prevention and control measures. In this study, the diffusion of CPB was evaluated using the “mark-release-recapture” method in a potato field in Xinjiang Province, China, in 2012. Diffusion speeds and direction of adult CPB were compared

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项资助项目(201103026-2); 西南大学研究生科技创新基金资助项目(ky2011007)

收稿日期: 2013-04-18; 修订日期: 2013-09-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liuhuai@swu.edu.cn

among the overwintering generation, first summer generation, and second summer generation. We also analyzed the differences in diffusion patterns between females and males and compared the CPB adult densities between early release days and later periods in the potato field. Mean crowding was used to analyze the spatial distribution of CPB adults. The results showed that the number of recaptured insects decreased as release time increased. The congestion analysis showed that the distribution of CPB in the field was uniform, except after 1 d, 3 d, and 5 d, when the distributions were all clumped, and that the congestion index became smaller over time. Thus, diffusion process of CPB progressed from a clumped distribution to a uniform one. With respect to diffusion velocity, there were significant differences between generations; the overwintering and second summer generation adults had significantly higher velocities than the first summer generation, but the velocities did not differ significantly between the overwintering and second summer generation adults. In addition, there were significant differences between genders; female adult CPB spread more quickly than male adults; the velocity of female adults was (2.74 ± 0.25) m/d, while that of males was (1.33 ± 0.28) m/d. There was no significant directionality in any of the three adult generations in diffusion direction. After being released from the center of a potato field, adults spread randomly to their surroundings. Only in first summer generation CPB were there significant differences in recapture amounts and diffusion speeds among directions, while for overwintering and second summer generations adults, there were no significant differences among directions in recapture amounts and diffusion speeds of adults. The results of this study will provide a scientific basis for the mechanism of CPB diffusion in fields, as well as help in its comprehensive prevention and control.

Key Words: *Leptinotarsa decemlineata*; diffusion velocity; diffusion direction; spatial distribution pattern; aggregation index

马铃薯甲虫是国际公认危害马铃薯的毁灭性害虫,也是我国重大外来入侵物种和一类植物检疫对象^[1-3],自主扩散能力很强^[4-5]。在过去的 100 多年里,马铃薯甲虫从美国落基山东部地区逐步传播扩散到北美洲、欧洲、亚洲、非洲等 40 多个国家^[6-8]。马铃薯甲虫以幼虫和成虫危害马铃薯等茄科作物,其危害通常是毁灭性的,每年给世界马铃薯生产造成十分严重的损失。马铃薯甲虫的扩散行为多发生在越冬滞育前后,在我国新疆北部地区多见于秋季和翌年初夏时节^[9]。对于马铃薯甲虫在农田生态系统下的分布扩散规律^[10],国外学者已开展了相关研究。美国学者运用“标记—释放—回捕”的方法^[11]对马铃薯甲虫在田间扩散情况进行了研究^[12]。结果表明释放的马铃薯甲虫更趋向于沿着释放时所在的垄上进行扩散,而很少进行跨行迁移。马铃薯甲虫自 1993 年入侵我国新疆北部地区以来,有关马铃薯甲虫在室内条件下的迁飞能力的研究的报道较多^[13-16],但在田间自然条件下马铃薯甲虫的扩散特性方面尚未见报道。本研究利用标记的方法对马铃薯甲虫不同世代成虫在马铃薯田块内的扩散规律展开研究,由于马铃薯甲虫在寄主田块内的扩散为短距离扩散,一般通过爬行的方式^[1,17-18],本论文重点

马铃薯甲虫在马铃薯田块内这一小范围内的扩散规律,不考虑通过飞行的方式进行的长距离扩散规律,旨在明确马铃薯甲虫在农田单一作物生态系统下的扩散特性,为后续研究更加复杂多样的生态环境下其扩散规律奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验虫源准备

供试昆虫均采自新疆农科院综合试验场内的马铃薯田块,越冬代成虫采集于 6 月上旬,第 1 代成虫和第 2 代成虫则分别选择第 1 代和第 2 代老熟的四龄幼虫,让其在室内条件下羽化,第 1 代老熟四龄幼虫采集于 7 月上旬,第 2 代幼虫采集于 8 月上旬。释放时间为越冬代成虫,6 月 30 日释放开始试验;第 1 代成虫,7 月 16 日释放进行试验;第 2 代成虫,8 月 2 日释放进行试验,试验开始前将成虫饲养 48 h,待其鞘翅坚硬后,再进行标记。每次释放的虫口数为 600 头。

1.2 试验地概况

试验地位于新疆维吾尔自治区乌鲁木齐县安宁渠镇($43^{\circ}57'0.06''N$, $87^{\circ}28'16.33''E$),该田块连年种植马铃薯,是马铃薯甲虫越冬寄主田,面积约

0.6 hm²。马铃薯品种为紫花白,播种时间为 2012 年 4 月 30 日,周边种植作物有玉米、豇豆、以及长年种植的榆树林,试验田北部为试验场内道理,宽约 5 m,道路与豇豆田块之间有一行杨树作为防风林,以及水渠隔开,马铃薯田块内的株距、行距分别为 0.25 m×0.75 m,种植垄呈东西排列。

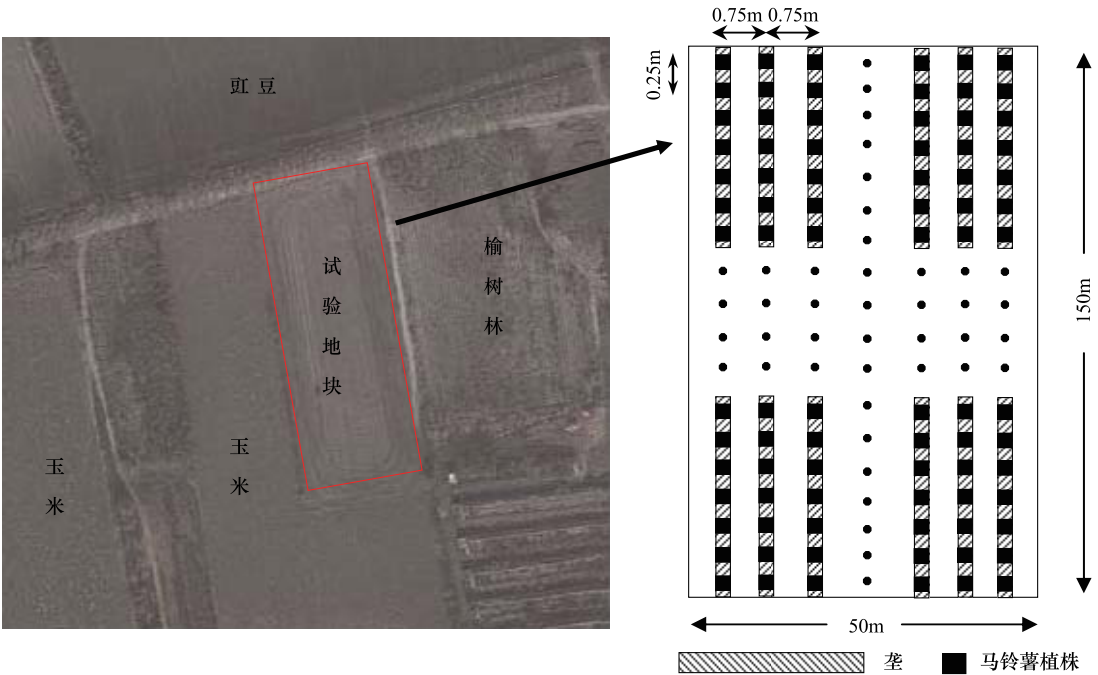


图 1 试验地概况及马铃薯种植情况
Fig.1 Experimental field and potato planted pattern

调查时对试验田内进行全面系统的调查,即从释放点开始,沿马铃薯种植行依次进行,每隔 1 m 记录一次标记成虫的数量,马铃薯种植垄上 1 m 范围内所有马铃薯植株上的标记成虫全部统计。

1.4 数据处理与分析

1.4.1 扩散速度

马铃薯甲虫成虫个体的扩散速度用该个体与释放点的直线距离除以其到达该点所耗时间得到。

$$Vi = \frac{\sum_{i=1}^n Si}{\sum_{i=1}^n Ti} \quad i = 1, 2, 3, \cdots, n$$

式中, S_i 为扩散后成虫的位置; T_i 为调查时间。

1.4.2 聚集指标

聚集度指标 (m^*/m): Lloyd 定义平均拥挤度

1.3 试验方法

试验在 2012 年夏季(6—8 月)进行,将供试的昆虫准备好后用白色修正液在其鞘翅上做好标记,雌虫标记鞘翅的右边部分,雄虫标记左边部分,以便在田间释放后观察其扩散情况。在试验田块中心点来释放标记过的马铃薯甲虫成虫。释放后 1,3,5,7,15 d 定时(18:00—20:00)调查标记马铃薯甲虫在试验田内的分布情况。

(m^*)与平均密度(m)的比值为拥挤度指标。平均拥挤度指标表示平均每个个体与多少个其他个体在同一样方中。按照 Lloyd 的判断法则:当 $m^*/m = 1$ 时,种群为随机分布;当 $m^*/m < 1$ 时,种群为均匀分布;当 $m^*/m > 1$ 时,种群为聚集分布^[19]:

$$m^* = \frac{\sum_{j=1}^n x_j(x_j - 1)}{\sum_{j=1}^n x_j} \quad j = 1, 2, 3, \cdots, n$$

式中, m^* 为平均拥挤度; m 为平均密度; x_j 为同一样方内的个体数量。

不同世代之间马铃薯甲虫的扩散速度的差异运用单因素方差分析(One-way ANOVA)进行比较,不同性别之间马铃薯甲虫扩散速度采用 t -test 检验分析,而对应各世代中不同扩散方向上的回捕虫量和

扩散速度,由于得到的取样为关联样本,因此采用非参数 Kruskal-Wallis 检验进行比较,所有数据采用 SPSS16.0 软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 不同世代马铃薯甲虫扩散速度分析

不同世代的马铃薯甲虫成虫释放后,回捕得到虫口数量均随时间推移逐渐减少,回捕率逐渐下降。具体分析如下:释放 1 d 后,越冬代马铃薯田成虫回捕得到(277.3±4.06)头,第 1 代(272.3±4.33)头,第 2 代(235.7±4.98)头,回捕率分别为(46.22±0.68)%,(45.39±0.72)%,(39.28±0.83)%,且差异极显著($F=25.88$, $df=2$, $P<0.01$);释放 3 d 后,越冬代马铃薯田成虫回捕得到(225±2.83)头,第 1 代(148±3.46)头,第 2 代(100.7±2.60)头,回捕率分别为(37.5±0.48)%,(24.7±0.58)%,(16.8±0.43)%,且差异极显著($F=435.77$, $df=2$, $P<0.001$);释放 5 d 后,越冬代马铃薯田成虫回捕得到(116±2.31)头,第 1 代(87±2.32)头,第 2 代(50±3.79)头,回捕率分别为(19.3±0.38)%,(14.5±0.38)%,(8.3±0.63)%,且差异极显著($F=131.32$, $df=2$, $P<0.001$);释放 7 d 后,越冬代马铃薯田成虫回捕得到(66±2.31)头,第 1 代(53.3±2.60)头,第 2 代(35±1.73)头,回捕率分别为(11±0.38)%,(8.9±0.43)%,8(.3±0.29)%,且差异极显著($F=48.23$, $df=2$, $P<0.001$);释放 15 d 后,各世代回捕得到的标记成虫数量几乎为零。

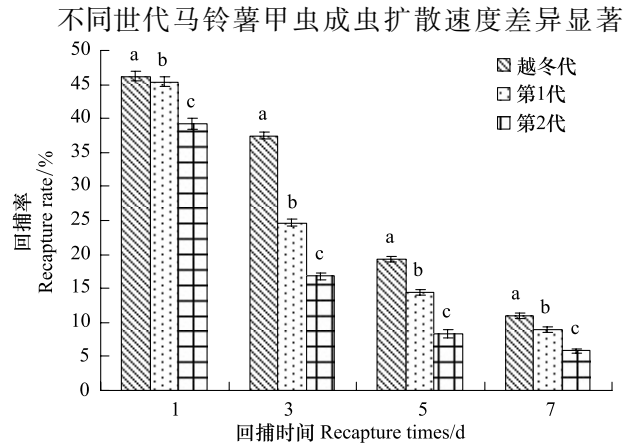


图2 释放后不同时间后不同世代马铃薯甲虫回捕率分析(新疆,2012)

Fig.2 The recapture rate of different generations of CPB after releasing (Xinjiang, 2012)

($F=4.45$, $df=2$, $P<0.05$)越冬代成虫和第 2 代成虫扩散速度显著高于第 1 代成虫,而越冬代和第 2 代成虫之间比较,两者扩散速度差异不明显,分别为 2.64,2.52 m/d。马铃薯甲虫释放后,随着时间的推移,其扩散速度也在发生变化。越冬代成虫在释放前期(1 d 和 3 d)扩散速度较低,中期(5 d)扩散速度达到最大,3.44 m/d,随后扩散速度逐渐下降。第 1 代成虫扩散速度随时间波动变化较小,扩散速度多维持在 1.66 m/d。第 2 代成虫则在释放后前期(1 d)扩散速度最高,达 3.51 m/d,后随时间推移逐渐降低,但在释放后期(15 d),其扩散速度有所上升,达到 2.59 m/d(图 3)。

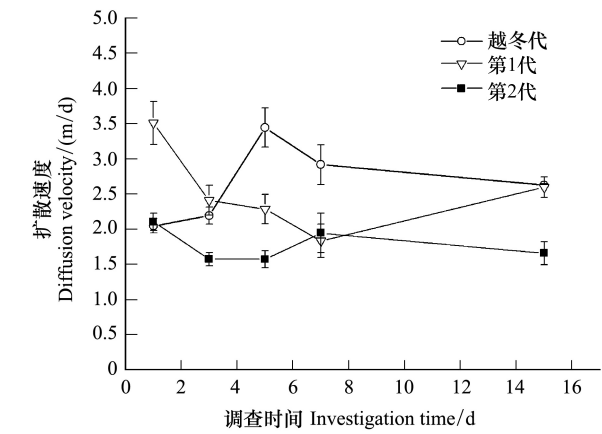


图3 不同世代马铃薯甲虫释放后不同时间内扩散速度(新疆,2012)

Fig.3 The curves of diffusion velocity of different generations after release (Xinjiang, 2012)

2.2 马铃薯甲虫扩散速度的性别差异

结果如图 4 所示,试验田内调查时,不同调查时间回捕得到的马铃薯甲虫雌虫数量均多于雄虫数

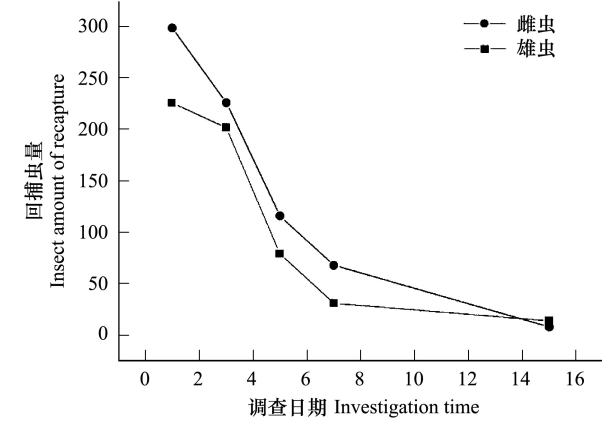


图4 不同性别的马铃薯甲虫成虫的回捕数量(新疆,2012)

Fig.4 The insect amount of recapture of different genders after release (Xinjiang, 2012)

量。在扩散速度上(图 5),雌虫扩散速度为(2.74 ± 0.25) m/d,雄虫扩散速度仅为雌虫一半,即(1.33 ± 0.28) m/d。释放后不同时间内,雌虫扩散速度均大于雄虫,且差异极显著($F=0.143$, $df=8$, $P<0.01$)。同时,释放不同时间后,马铃薯甲虫雌虫和雄虫的扩

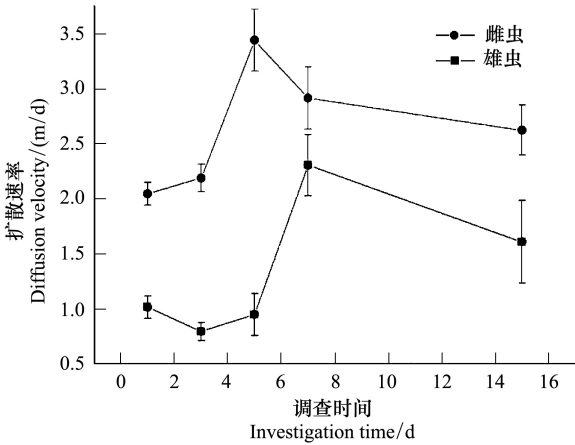


图 5 不同性别的马铃薯甲虫成虫扩散速度(新疆,2012)
Fig.5 The diffusion velocity of different genders (Xinjiang, 2012)

散速度变化趋势,基本一致,其中雄虫扩散速度跟随雌虫扩散速度变化。

2.3 不同世代马铃薯甲虫扩散方向的比较分析

越冬代马铃薯甲虫对扩散方向的选择如图 6 所示,对不同方向上回捕得到的马铃薯甲虫虫口数量和扩散速度进行非参数检验差异显著,结果显示,不同方向上回捕得到的虫量差异不显著,不同方向上的马铃薯甲虫成虫的扩散速度差异也不显著。

释放不同时间后,各方向上回捕得到的虫量分析可知,在西北方向上的回捕虫量均为最多,1 d 后,回捕得到 122 头;释放 3 d 后,回捕得到 121 头;释放 5 d 后,回捕得到 46 头;释放后 7 d 后,回捕得到 32 头。同时,马铃薯甲虫成虫在田间的平均拥挤度、平均密度和拥挤度指标均随释放后时间的增大而逐渐减小,至释放后 7 d,马铃薯甲虫的空间分布从聚集分布逐渐变化为均匀分布(表 1)。而在不同扩散方向上,越冬代成虫的扩散速度无明显规律。

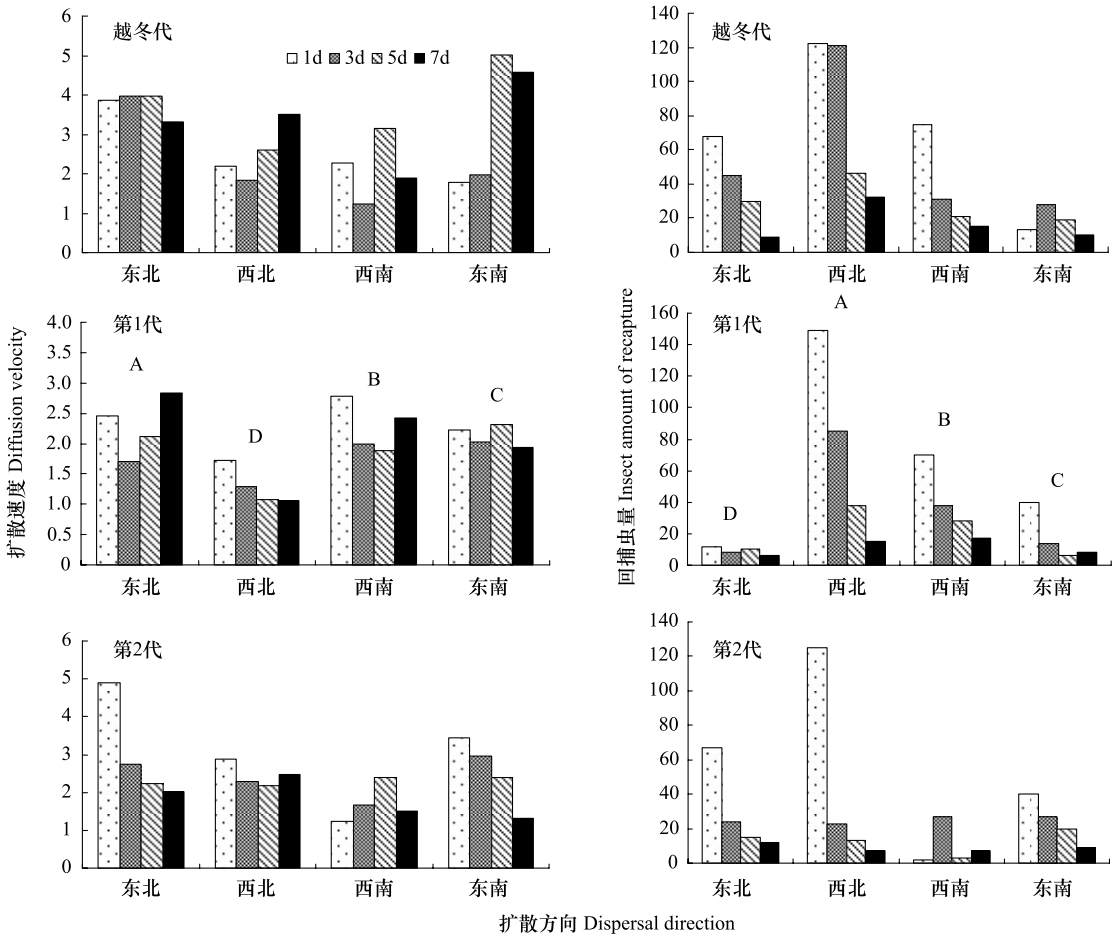


图 6 马铃薯甲虫成虫在不同方向上的回捕虫量和扩散速率的比较分析(新疆,2012)
Fig.6 The recapture amount and diffusion velocity of CPB in different directions after release (Xinjiang, 2012)
不同大写字母表示第 1 代成虫在不同扩散方向上回捕虫量与扩散速率的差异($P<0.05$,非参数检验)

表 1 不同世代马铃薯甲虫成虫的空间分布型的聚集度指标(新疆,2012)

Table 1 Aggregation index of different generations CPB adults (Xinjiang, 2012)

世代 Generations	释放后时间/d Time after release	平均拥挤度 Mean crowding(m^*)	平均密度 Mean density(m)	拥挤度指标 Aggregation index(m^*/m)
越冬代 Overwintering	1	24.749	5.642	4.387
	3	4.221	2.036	2.073
	5	0.500	1.137	0.440
	7	0.294	1.115	0.264
第 1 代 First summer	1	38.347	6.949	5.519
	3	4.828	2.042	2.364
	5	0.927	1.390	0.667
	7	0.087	1.045	0.083
第 2 代 Second summer	1	17.670	4.816	3.669
	3	1.248	1.485	0.840
	5	0.078	1.041	0.075
	7	0	1	0

2.3.2 第 1 代成虫扩散方向

根据非参数检验分析结果,第 1 代马铃薯甲虫成虫在不同方向上回捕的虫量差异显著 ($U=8.72$, $df=3$, $P<0.05$),在不同方向上扩散速度差异也显著 ($U=7.92$, $df=3$, $P<0.05$)。释放不同时间后,各方向上回捕得到的虫量分析可知,除释放 7 d 后回捕得到的马铃薯甲虫成虫数量在西南方向上最多外,其他时间在西北方向上的回捕虫量均为最多:1 d 后,回捕得到 149 头;释放 3 d 后,回捕得到 85 头;释放 5 d 后,回捕得到 38 头。释放后 7 d 后,西北方向回捕得到 15 头,而西南方向上得到 17 头。同时,马铃薯甲虫成虫在田间的平均拥挤度、平均密度和拥挤度指标均随释放后时间的增大而逐渐减小,至释放后 7 d,马铃薯甲虫的空间分布从聚集分布逐渐变化为均匀分布(表 1)。而在不同扩散方向上,第 1 代成虫的扩散速度无明显规律。

2.3.3 第 2 代成虫扩散方向

运用非参数检验比较第 2 代成虫在不同方向上的回捕虫量和扩散速度,结果表明,不同方向上回捕虫量差异不显著,不同方向上的扩散速度差异不显著。释放 1 d 后,在西北方向上回捕虫量最多,为 125 头,释放 3 d 后,回捕虫量最多的方向为西南和东南方向上,虫量均为 27 头,释放 5 d 后,东南方向上回捕虫量最多,为 20 头,释放后 7 d 后,东北方向上回捕得到的虫量最多,均为 12 头。随着释放后时间的延长,第 2 代马铃薯甲虫成虫不同方向上回捕得到的虫量逐渐减少。同时,马铃薯甲虫成虫在田

间的平均拥挤度、平均密度和拥挤度指标均随释放后时间的增大而逐渐减小,至释放后 7 d,马铃薯甲虫的空间分布从聚集分布逐渐变化为均匀分布(表 1)。而在不同扩散方向上,第 2 代成虫的扩散速度无明显规律。

3 结论与讨论

爬行是马铃薯甲虫成虫在田间扩散的主要方式^[20]。田间寄主植物的匮乏或低劣的食物质量是导致马铃薯甲虫大量扩散的原因^[21],由于越冬代马铃薯甲虫成虫出土后,食物的匮乏会迫使其寻找寄主植物,补充营养以完成生活史,而第 2 代马铃薯甲虫成虫的发生高峰期在 8 月中下旬至 9 月上旬,此时早熟的马铃薯品种已经收获,晚熟的品种也已转入成熟期,植株长势衰弱给马铃薯甲虫的食物供给带来问题,扩散转移以获得新的食物来源是马铃薯甲虫的必然选择。而相比越冬代与第 2 代成虫,第 1 代成虫的发生时期食物来源充沛。由此可以推测寄主植物的匮乏也是导致 3 种世代的马铃薯甲虫扩散能力差异的关键因素。同时,国内学者在室内条件下对马铃薯甲虫飞行能力的测试的结果也表明短时间的营养缺乏容易引起马铃薯甲虫的扩散飞行^[13],同时虫口密度增大也在一定程度上造成了食物的匮乏,从而影响马铃薯甲虫的扩散^[16]。越冬后饥饿的马铃薯甲虫飞行距离大于取食的马铃薯甲虫^[8,22]。

本研究着眼于农田生态系统下的马铃薯甲虫扩散规律,分别对 3 种世代成虫的扩散特点进行研究。

随着时间的推移,马铃薯甲虫迁出调查田块的数量逐步增加,到释放 15 d 时,被标记的马铃薯甲虫的几乎全部迁出田外。由于马铃薯甲虫在实验田内多采用爬行的方式进行扩散,在实验田内回捕得到的虫口数量多,则表明选择爬行方式扩散的马铃薯甲虫多,其余未调查到的标记马铃薯甲虫成虫大部分则可能通过飞行的方式扩散到周边田块甚至更远处(排除少部分死亡个体)。郭丽娜等在室内条件下运用飞行磨对不同温度条件下马铃薯甲虫的飞行能力进行了研究,结果表明雄虫飞行能力稍大于雌虫,但无显著性差异^[15]。与本文研究结果得到雌虫在田间的扩散能力显著强于雄虫这一结论存在一定差异。

本研究结果得到的马铃薯甲虫扩散速度只是一个低限的估测,因为马铃薯甲虫的扩散行为一般不会是连续地直线移动。在其扩散过程中可能会不断地改变运动方向,甚至可能会来回折返移动。因此马铃薯甲虫实际的迁移距离会大于通过释放——重捕来估测的扩散距离。同时本研究中,对马铃薯甲虫个体扩散距离的估测采用的是回捕点与释放点的直线距离,马铃薯田内沟垄交替,以及马铃薯植株自身的高度造成了马铃薯甲虫成虫实际扩散距离比直线距离要大得多。故本研究估测的速度扩散速度也是小于实际的扩散速度的。此外,本试验采用标记的马铃薯甲虫,也可能比未标记的正常马铃薯甲虫的扩散距离要短些。因为昆虫在标记过程中可能对其造成一定损伤,扩散能力有所降低。

明确马铃薯甲虫在田间的扩散规律,为马铃薯甲虫的田间监测提供了依据^[23]。田间马铃薯甲虫的扩散受其栖息环境的影响,作物的覆盖作用对马铃薯甲虫的田间迁移起到了一定的阻碍作用。由于在 650 m 范围内马铃薯甲虫成虫的回捕率在 30%左右,为有效的降低马铃薯甲虫越冬虫口基数,实施轮作的有效距离至少 $\geq 0.5\text{ km}$ ^[11]。同时,马铃薯甲虫的取食活动会受到多重景观结构的影响,为马铃薯甲虫的综合防控提供了新的思路:增加寄主密度和多样性能减小各阶段马铃薯甲虫的数量^[24],非寄主田的存在能降低其定殖成功^[25-26]。本研究后续将开展马铃薯甲虫在多种作物混合种植等复杂生境下的扩散规律,为实际生产中马铃薯甲虫的监测防控提供理论依据。

References:

[1] Alyokhin A. Colorado potato beetle management on potatoes: current challenges and future prospects // Tennant P, Benkeblia N, eds. Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology. Isleworth: GSB Publisher, 2009, 3: 10-19.

[2] Alyokhin A, Baker M, Mota-Sanchez D, Dively G, Grafius E. Colorado potato beetle resistance to insecticides. American Journal of Potato Research, 2008, 85(6): 395-413.

[3] Zhang R Z. Study of occurrence pattern and control techniques of Colorado potato beetle. Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 1997.

[4] Casagrande R A. The Iowa potato beetle, its discovery and spread to potatoes. Bulletin of the Entomological Society of America, 1985, 31 (2): 27-29.

[5] Casagrande R A. The Colorado potato beetle; 125 years of mismanagement. Bulletin of the Entomological Society of America, 1987, 33 (3): 142-150.

[6] Hare J D. Ecology and management of the Colorado potato beetle. Annual Review of Entomology, 1990, 35 (1): 81-100.

[7] Caprio M A. Flight initiation behavior and host plant attraction in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). Michigan State University. Department of Entomology, 1987.

[8] Caprio M A, Grafius E J. Effects of light, temperature, and feeding status on flight initiation in postdiapause Colorado potato beetles (Coleoptera: Chrysomelidae). Environmental Entomology, 1990, 19 (2): 281-285.

[9] Ahemaiti T, Xu J J, Guo W C, Liu J, He J, Xia Z H, Fu W J, Zhang D M. Study on major biological characteristics and occurrence regulation of Colorado potato beetle. Xinjiang Agricultural Sciences, 2010, 47(6): 1147-1151.

[10] Alvarez J M, Srinivasan, R, Cervantes, F A. Occurrence of the Carabid beetle, *pterostichus melanarius* (Illiger), in potato ecosystems of Idaho and its predatory potential on the Colorado potato beetle and aphids. American Journal of Potato Research, 2012: 1-10.

[11] Follett P A, Cantelo W W, Roderick G K. Local dispersal of overwintered Colorado potato beetle (Chrysomelidae: Coleoptera) determined by mark and recapture. Environmental Entomology, 1996, 25 (6): 1304-1311.

[12] Szendrei Z, Grafius E, Byrne A, Ziegler A. Resistance to neonicotinoid insecticides in field populations of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). Pest Management Science, 2012, 68 (6): 941-946.

[13] Guo L N, Guo W C, Ahemaiti T, He J, Xu J J. Effects of different nutrients on flight capacity in Colorado potato beetles. Xinjiang Agricultural Sciences, 2012, 49 (3): 461-469.

[14] Guo L N, Guo W C, Ahemaiti T, He J, Xu J J. Effects of host plants on flight capacity in Colorado potato beetles. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2011, 48 (5): 853-858.

[15] Guo L N, Guo W C, Ahemaiti T, He J, Xu J J. Effect of temperature and feeding status on flight capacity of overwintering Colorado potato beetle. *Plant Protection*, 2011, 37 (5): 56-61.

[16] Guo L N, Guo W C, Liu M S, Ahemaiti T, He J, Xu J J. Effects of density on flight capacity of Colorado potato beetles. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2011, 48 (2): 320-327.

[17] Voss R H, Ferro D N. Ecology of migrating Colorado potato beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in western Massachusetts. *Environmental Entomology*, 1990, 19 (1): 123-129.

[18] Voss R H, Ferro D N. Phenology of flight and walking by Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) adults in western Massachusetts. *Environmental Entomology*, 1990, 19 (1): 117-122.

[19] Xu R M, Cheng X Y. Basics and frontiers in population ecology of insects. Beijing: Science Press, 2005.

[20] Boiteau G. Recruitment by flight and walking in a one-generation Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) environment. *Environmental Entomology*, 2001, 30 (2): 306-317.

[21] Sandeson P, Boiteau G, Le Blanc J R. Adult density and the rate of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) flight take-off. *Environmental Entomology*, 2002, 31 (3): 533-537.

[22] Ferro D N, Alyokhin A V, Tobin D B. Reproductive status and flight activity of the overwintered Colorado potato beetle. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1999, 91 (3): 443-448.

[23] Werling B P, Gratton C. Local and broadscale landscape structure differentially impact predation of two potato pests. *Ecological Applications*, 2010, 20 (4): 1114-1125.

[24] Capinera J L, Horton D R, Epsky N D, Chapman P L. Effects of plant density and late-season defoliation on yield of field beans. *Environmental Entomology*, 1987, 16 (1): 274-280.

[25] Bach C E. The influence of plant dispersion on movement patterns of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Great Lakes Entomologist*, 1982, 15 (4): 247-252.

[26] Zehnder G W, Hough G J. Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) population development and effects on yield of potatoes with and without straw mulch. *Journal of Economic Entomology*, 1990, 83 (5): 1982-1987.

参考文献:

[3] 张润志. 马铃薯甲虫发生规律和防治技术研究. 北京: 中国科学院动物所, 1997.

[9] 吐尔逊·阿合买提, 许建军, 郭文超, 刘建, 何江, 夏正汉, 付文君, 张冬梅. 马铃薯甲虫主要生物学特性及发生规律研究. *新疆农业科学*, 2010, 47(6): 1147-1151.

[13] 郭文超, 吐尔逊, 郭利娜, 何江, 许建军. 营养对马铃薯甲虫迁飞能力的影响. *新疆农业科学*, 2012, 49 (3): 461-469.

[14] 郭利娜, 郭文超, 吐尔逊, 何江, 许建军. 寄主对马铃薯甲虫飞行能力的影响. *新疆农业科学*, 2011, 48 (5): 853-858.

[15] 郭利娜, 郭文超, 吐尔逊, 何江, 许建军. 温度与取食对越冬后马铃薯甲虫飞行能力的影响. *植物保护*, 2011, 37 (5): 56-61.

[16] 郭利娜, 郭文超, 刘曼双, 吐尔逊, 何江, 许建军. 拥挤度对马铃薯甲虫飞行能力的影响. *新疆农业科学*, 2011, 48 (2): 320-327.

[19] 徐汝梅, 成新跃. 昆虫种群动态学——基础与前沿. 北京: 科学出版社, 2005.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34 ,No.2 Jan. ,2014 (Semimonthly)
CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

Effects of soil texture on variations of paddy soil physical and chemical properties under continuous no tillage GONG Dongqin, LÜ Jun (239)

Evaluation of the landscape patterns vulnerability and analysis of spatial correlation patterns in the lower reaches of Liaohe River Plain SUN Caizhi, YAN Xiaolu, ZHONG Jingqiu (247)

Effects of light and dissolved oxygen on the phenotypic plasticity of *Alternanthera philoxeroides* in submergence conditions XU Jianping, ZHANG Xiaoping, ZENG Bo, et al (258)

A review of the relationship between algae and bacteria in harmful algal blooms ZHOU Jin, CHEN Guofu, ZHU Xiaoshan, et al (269)

Biodiversity and research progress on picophytoplankton in saline lakes WANG Jiali, WANG Fang (282)

Effects of ozone stress on major plant physiological functions LIE Ganwen, YE Longhua, XUE Li (294)

The current progress in rodents molecular phylogeography LIU Zhu, XU Yanchun, RONG Ke, et al (307)

The progress in ecosystem services mapping: a review ZHANG Liwei, FU Bojie (316)

Autecology & Fundamentals

Growth, and cationic absorption, transportation and allocation of *Elaeagnus angustifolia* seedlings under NaCl stress LIU Zhengxiang, ZHANG Huaxin, YANG Xiuyan, et al (326)

Leaf morphology and PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of *Sinosenecio jishouensis* in Different Habitats XIANG Fen, ZHOU Qiang, TIAN Xiangrong, et al (337)

Response of change of wheat LAI measured with LAI-2000 to the radiance WANG Yan, TIAN Qingjiu, SUN Shaojie, et al (345)

Effects of K⁺ and Cr⁶⁺ on larval development and survival rate of the acorn barnacle *Balanus reticulatus* HU Yufeng, YAN Tao, CAO Wenhao, et al (353)

Diffusion of colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, adults in field LI Chao, PENG He, CHENG Dengfa, et al (359)

Population, Community and Ecosystem

Seasonal variations in fish community structure in the Laizhou Bay and the Yellow River Estuary SUN Pengfei, SHAN Xiujuan, WU Qiang, et al (367)

Variations in fish community structure and diversity in the sections of the central and southern Yellow Sea SHAN Xiujuan, CHEN Yunlong, DAI Fangqun, et al (377)

Research on the difference in eutrophication state and indicator threshold value determination among lakes in the Southern Jiangsu Province, China CHEN Xiaohua, LI Xiaoping, WANG Feifei, et al (390)

Effect of tidal creek system on the expansion of the invasive *Spartina* in the coastal wetland of Yancheng HOU Minghang, LIU Hongyu, ZHANG Huabing (400)

The spatial and temporal variations of maximum light use efficiency and possible driving factors of Croplands in Jiangsu Province KANG Tingting, GAO Ping, JU Weimin, et al (410)

Simulation of summer maize yield influenced by potential drought in China during 1961—2010 CAO Yang, YANG Jie, XIONG Wei, et al (421)

Forest change and its impact on the quantity of oxygen release in Heilongjiang Province during the Past Century ZHANG Lijuan, JIANG Chunyan, MA Jun, et al (430)

Soil macro-faunal guild characteristics at different successional stages in the Songnen grassland of China	LI Xiaoqiang, YIN Xiuqin, SUN Lina (442)
Seasonal dynamics of soil microbial biomass in six forest types in Xiaoxing'an Mountains, China	LIU Chun, LIU Yankun, JIN Guangze (451)
Landscape, Regional and Global Ecology	
Variation of drought and regional response to climate change in Huang-Huai-Hai Plain	XU Jianwen, JU Hui, LIU Qin, et al (460)
Wind speed changes and its influencing factors in Southwestern China	ZHANG Zhibin, YANG Ying, ZHANG Xiaoping, et al (471)
Characteristics of soil carbon density distribution of the <i>Kobresia humilis</i> meadow in the Qinghai Lake basin	CAO Shengkui, CHEN Kelong, CAO Guangchao, et al (482)
Life cycle assessment of carbon footprint for rice production in Shanghai	CAO Liming, LI Maobai, WANG Xinqi, et al (491)
Research Notes	
Seasonal changes of ground vegetation characteristics under artificial <i>Caragana intermedia</i> plantations with age in desert steppe	LIU Rentao, CHAI Yongqing, XU Kun, et al (500)
The experimental study on trans-regional soil replacement	JIN Yinghua, XU Jiawei, QIN Lijie (509)
Sensitivity analysis of swat model on changes of landscape pattern: a case study from Lao Guanhe Watershed in Danjiangkou Reservoir Area	WEI Chong, SONG Xuan, CHEN Jie (517)

《生态学报》2014 年征订启事

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

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

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 34 卷 第 2 期 (2014 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 2 (January, 2014)

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

主 编 王如松

主 管 中国科学技术协会

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

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂

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

订 购 全国各地邮局

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

广告经营 京海工商广字第 8013 号

许 可 证

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

Editor-in-chief WANG Rusong

Supervised by China Association for Science and Technology

Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel: (010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China

Foreign China International Book Trading
Corporation
Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China

