

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 22 期 Vol.33 No.22 **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 22 期 2013 年 11 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 利用分布有/无数据预测物种空间分布的研究方法综述 刘芳,李晟,李迪强 (7047)
- 景观服务研究进展 刘文平,宇振荣 (7058)
- 土壤呼吸组分分离技术研究进展 陈敏鹏,夏旭,李银坤,等 (7067)

个体与基础生态

- 平茬高度对四合木生长及生理特性的影响 王震,张利文,虞毅,等 (7078)
- 不同水分梯度下珍稀植物四数木的光合特性及对变化光强的响应 邓云,陈辉,杨小飞,等 (7088)
- 水稻主茎节位分蘖及生产力补偿能力 隗溟,李冬霞 (7098)
- 基于辐热积法模拟烤烟叶面积与烟叶干物质产量 张明达,李蒙,胡雪琼,等 (7108)
- 耕作方式和秸秆还田对华北地区农田土壤水稳性团聚体分布及稳定性的影响 田慎重,王瑜,李娜,等 (7116)
- 不同光照强度下兴安落叶松对舞毒蛾幼虫生长发育及防御酶的影响 鲁艺芳,严俊鑫,李霜雯,等 (7125)
- 南方小花蝽在不同空间及笼罩条件下对西花蓟马的控制作用 莫利锋,郅军锐,田甜 (7132)
- 浮游植物对溶解态 AI 的清除作用实验研究 王召伟,任景玲,闫丽,等 (7140)
- 卧龙巴郎山川滇高山栎群落植物叶特性海拔梯度特征 刘兴良,何飞,樊华,等 (7148)
- 春夏季闽江口和兴化湾虾类数量特征 徐兆礼,孙岳 (7157)
- 啃食性端足类强壮藻钩虾对贫营养湖三种大型海藻的摄食选择性 郑新庆,黄凌风,李元超,等 (7166)

种群、群落和生态系统

- 4 种农业措施对三化螟种群动态的控制作用 张振飞,黄炳超,肖汉祥,等 (7173)
- 黄土高原沟壑区森林带不同植物群落土壤氮素含量及其转化 邢肖毅,黄懿梅,安韶山,等 (7181)
- 基于诊断学的生态系统健康评价 蔡霞,徐颂军,陈善浩,等 (7190)
- 稻田生态系统中植硅体的产生与积累——以嘉兴稻田为例 李自民,宋照亮,姜培坤 (7197)
- 自由搜索算法的投影寻踪模型在湿地芦苇调查中的应用 李新虎,赵成义 (7204)
- 贺兰山不同海拔典型植被带土壤微生物多样性 刘秉儒,张秀珍,胡天华,等 (7211)
- 内蒙古典型草原灌丛化对生物量和生物多样性的影响 彭海英,李小雁,童绍玉 (7221)
- 黄土丘陵沟壑区 80 种植物繁殖体形态特征及其物种分布 王东丽,张小彦,焦菊英,等 (7230)
- 基于 MAXENT 模型的贺兰山岩羊生境适宜性评价 刘振生,高惠,滕丽微,等 (7243)
- 太湖湖岸带浮游植物初级生产力特征及影响因素 蔡琳琳,朱广伟,李向阳 (7250)

景观、区域和全球生态

- 艾比湖地区土壤呼吸对季节性冻土厚度变化的响应…………… 秦 璐,吕光辉,何学敏,等 (7259)
- 田间条件下黑垆土基础呼吸的季节和年际变化特征…………… 张彦军,郭胜利,刘庆芳,等 (7270)

资源与产业生态

- 光核桃遗传资源的经济价值评估与保护 …………… 张丽荣,孟 锐,路国彬 (7277)
- 棉花节水灌溉气象等级指标…………… 肖晶晶,霍治国,姚益平,等 (7288)

研究简报

- 云南红豆杉人工林萌枝特性…………… 苏 磊,苏建荣,刘万德,等 (7300)
- 赣中亚热带森林转换对土壤氮素矿化及有效性的影响…………… 宋庆妮,杨清培,余定坤,等 (7309)

学术信息与动态

- 2013 年 European Geosciences Union 国际会议述评 …………… 钟莉娜,赵文武 (7319)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 276 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 30 * 2013-11



封面图说: 山坡岩羊图——岩羊属国家二级保护动物,因喜攀登岩峰而得名,又名石羊。贺兰山岩羊主要分布于海拔 1500—2300m 的山势陡峭地带,羊群多以 2—10 只小群为主。生境适宜区主要为贺兰山东坡(宁夏贺兰山国家级自然保护区)的西南部,而贺兰山西坡(内蒙古贺兰山国家级自然保护区)也有少量分布。贺兰山建立国家级自然保护区以来,随着保护区环境的不断改善,这里岩羊的数量也开始急剧增长,每平方公里的分布数量现居世界之首,岩羊的活动范围也相应扩大到低山 900 米处的河谷。贺兰山岩羊生境选择的主要影响因子为海拔、坡度及植被。

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/stxb201208071120

莫利锋, 邹军锐, 田甜. 南方小花蝽在不同空间及笼罩条件下对西花蓟马的控制作用. 生态学报, 2013, 33(22): 7132-7139.

Mo L F, Zhi J R, Tian T. Biological control efficiency of *Orius similis* Zheng (Hemiptera: Anthocoridae) on *Frankliniella occidentalis* (Pergande) under different spatial and caged conditions. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(22): 7132-7139.

南方小花蝽在不同空间及笼罩条件下 对西花蓟马的控制作用

莫利锋, 邹军锐*, 田 甜

(贵州大学昆虫研究所, 贵州山地农业病虫害重点实验室, 贵阳 550025)

摘要:在室内研究了 5 种空间异质条件下南方小花蝽对西花蓟马的捕食作用, 并研究了笼罩条件下 4 种比例释放南方小花蝽对西花蓟马的控制效果。结果表明, 不同空间异质下, 南方小花蝽对西花蓟马的功能反应均符合 Holling II 圆盘方程; 以瞬时攻击率和寻找效应为评价指标, 发现南方小花蝽在小容器中的瞬时攻击率(a')最高, 为 0.9204, 寻找效应最好; 在大容器且空间异质最复杂的处理中的瞬时攻击率(a')最低, 为 0.6303, 寻找效应最差。在笼罩条件下, 以 3:120 和 6:120 比例释放南方小花蝽和西花蓟马, 其控制效果差; 以 9:120 的比例释放, 5 周后对西花蓟马成虫和若虫的控制效果分别达到 74.70% 和 81.01%; 以 15:120 比例释放, 5 周后对西花蓟马成虫和若虫的控制效果分别达到 95.71% 和 89.02%。结果显示空间越小或异质性越简单, 越利于南方小花蝽捕食西花蓟马。若实际生产中采用 9:120 的益害比例释放南方小花蝽, 既可以达到对西花蓟马较好的控制效果, 又相对节约成本。

关键词:南方小花蝽; 西花蓟马; 控制效果; 空间异质性; 功能反应; 寻找效应

Biological control efficiency of *Orius similis* Zheng (Hemiptera: Anthocoridae) on *Frankliniella occidentalis* (Pergande) under different spatial and caged conditions

MO Lifeng, ZHI Junrui*, TIAN Tian

Provincial Key Laboratory for Agricultural Pest Management of Mountainous Region, Institute of Entomology, Guizhou University, Guiyang 550025, China

Abstract: The western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), is one of the most important agricultural pests worldwide; it invaded China in 2003. Increasing *F. occidentalis* damage to vegetables has been observed in recent years. Several species of the genus *Orius* have been evaluated experimentally and established throughout Europe as potential biological control agents of these thrips. *Orius similis* Zheng is the dominant species in southern China, and this species appears viable as a controlling agent of *F. occidentalis*.

The functional response describes the rate at which a predator kills its prey at different prey densities and can thus determine the efficiency of a predator in regulating prey populations. As an assessment of the effectiveness of *O. similis* in controlling *F. occidentalis* populations, the functional response and searching efficiency of *O. similis* to *F. occidentalis* were studied at five kinds of space heterogeneity, and the population control of *O. similis* to *F. occidentalis* on pepper in cages in the greenhouse at five levels of spatial heterogeneity with enemy: pest ratios of 3:120, 6:120, 9:120, and 15:120. Spatial heterogeneity significantly affected the functional response of *O. similis*. The number of thrips eaten by *O. similis* increased

基金项目: 贵州省农业攻关资助项目(黔科合 NY 字[2010]3065 号); 贵州省优秀科技教育人才省长专项资金项目(黔省专合字(2007)20 号)

收稿日期: 2012-08-07; 修订日期: 2013-04-02

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

with increasing density of *F. occidentalis* at every examined level of spatial heterogeneity. Predation rate increased quickly at lower thrips density and increased slowly at higher thrips density. The highest predation rate was observed in small bottles. The functional responses of *O. similis* to *F. occidentalis* fit Holling's type II equation under all conditions. Instantaneous attack rate and searching efficiency were used to assess the predation efficiency of *O. similis* on *F. occidentalis*. Higher instantaneous attack rates and searching efficiencies in *O. similis* predicted more efficient regulation of *F. occidentalis* populations at 5 different levels of spatial heterogeneity. A maximum instantaneous attack rate of 0.9204 occurred in small bottles, where searching efficiency was optimal. The lowest instantaneous attack rate of 0.6303 occurred in large bottles, where searching efficiency was lowest. Abundance of both larval and adult thrips decreased quickly at higher enemy:pest ratios, and *O. similis* abundance decreased when thrips density decreased. The ability of *O. similis* to control *F. occidentalis* populations was weak at the enemy:pest ratio of 3:120. Population control was stable for *F. occidentalis* adults, and control reached 50% for *F. occidentalis* larvae at five weeks with an enemy:pest ratio of 6:120. Control of *F. occidentalis* adults and larvae was 74.70% and 81.01%, respectively, at the enemy:pest ratio of 9:120. Rates of biological control reached 95.71% for *F. occidentalis* larvae and 89.02% for adults at the enemy:pest ratio of 15:120. These results indicate that *O. similis* hunted *F. occidentalis* more efficiently when space was small and spatial heterogeneity was low. The most suitable enemy:pest ratio was 9:120, which may result in better biological control at a relatively low cost.

Key Words: *Orius similis* Zheng; *Frankliniella occidentalis* (Pergande); effective control; functional response; space heterogeneity; searching efficiency

小花蝽 *Orius* spp. 是世界范围内捕食性强且适应性好的杂食性昆虫天敌^[1-2]。利用小花蝽控制西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande), 与小花蝽对西花蓟马的嗜好性有很大关系^[3-4]。国外对小花蝽的研究较早, 至今已经有多家公司规模化生产小花蝽, 并且应用于田间取得了良好的成效^[5-7]。

南方小花蝽 *Orius similis* Zheng 是我国南部地区的优势种, 一些学者对南方小花蝽的生物学特性、发生、消长、活动规律和人工饲养等方面进行了相关的研究^[8-9]。功能反应是判断捕食者对其猎物捕食效能的重要因子^[10]。前人通过研究南方小花蝽对二斑叶螨、西花蓟马、蚕豆蚜、棉铃虫卵、红铃虫的捕食作用发现, 南方小花蝽对这些害虫有较大的捕食能力, 具有较大的利用价值^[3, 11-13]。环境条件对天敌的捕食能力有很大的影响, 寄主植物对天敌的捕食有一定的影响, 如 *O. insidiosus* 在叶毛较多的番茄上对西花蓟马的捕食量明显低于叶毛较少的菜豆和甜椒上的捕食量^[6]; 空间异质性的对天敌的捕食效率也有很大的影响, 且对不同天敌造成的影响程度不同。周集中和陈常铭研究发现拟环纹狼蛛对褐飞虱的捕食作用率随着空间异质性的提高而增加, 捕食作用率在大容器内比小容器大, 空间复杂度对捕食作用率影响不甚明显^[14]。其他学者有与此不同的发现, 如庞保平等研究发现, 随空间及异质性的增大, 多异瓢虫成虫和各龄幼虫对麦长管蚜的攻击率、搜索系数和捕食效率减小^[15]。李桂亭等研究发现大草岭雄成虫对麦二叉蚜高龄若蚜的捕食随着空间异质性的复杂, 捕食率下降^[16]。邹运鼎等研究七星瓢虫对麦二叉蚜的捕食作用也有类似的结果^[17]。蒋兴川等研究发现在相同的猎物数量下, 南方小花蝽成虫在大饲养容器中对西花蓟马的日均捕食量均低于其在小饲养容器中对西花蓟马的日均捕食量^[18]。空间异质性对南方小花蝽捕食作用的影响还没有报道。

利用南方小花蝽田间控害最早的属雷朝亮等人, 研究表明以 1:2 的益害数量比例释放南方小花蝽, 就能够较好地控制棉红铃虫^[19]。蒋月丽等、王恩东等分别研究了释放东亚小花蝽和巴氏钝绥螨控制西花蓟马的效果, 结果显示两种天敌都有比较理想的控制作用^[20-21]。

利用小花蝽控制西花蓟马是值得深入研究的问题。本文在实验室从空间大小、空间异质性和室外笼罩试验探究了南方小花蝽对西花蓟马的控制能力, 为田间利用南方小花蝽控制西花蓟马奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

西花蓟马: 采自贵州省贵阳市花溪区附近的豆科植物上, 在人工气候箱中用无筋豆豆荚饲养 3 代纯化供

试。空间异质性实验选用西花蓟马 2 龄若虫作为供试猎物。

南方小花蝽:采自于贵州省贵阳市花溪区附近豆科植物上,在人工气候箱中用蚕豆蚜和西花蓟马混合饲料饲养 3 代纯化供试。空间异质性实验选用同一天羽化的南方小花蝽雌成虫为供试虫源。

1.2 试验方法

1.2.1 不同空间异质下南方小花蝽对西花蓟马的捕食效能

该实验在贵州大学昆虫研究所人工气候箱(RXZ 系列多段可编程智能人工气候箱)中进行,温度设定为 $(25\pm 1)^{\circ}\text{C}$,湿度 $(70\pm 1)\%$,光照 L:D(16 h:8 h)。以菜豆为寄主植物。实验选用 5 个空间分别为:小容器(N_1 处理,直径 3.5 cm,高度 5 cm),中等容器(N_2 处理,下底直径 4 cm,上口直径 6 cm,高度 8 cm),大容器 A(N_3 处理,直径 9 cm,高度 10 cm),大容器 B(N_4 处理,直径 9 cm,高度 10 cm,放置边长为 9 cm 的正方形白纸一张,折叠成波浪状),大容器 C(N_5 处理,直径 9 cm,高度 10 cm,放置边长为 9 cm 的正方形白纸两张,折叠成波浪状)作为空间异质性的不同处理,且所有处理均放入一枝两叶菜豆幼苗,再分别接入 10, 20, 30, 40, 50 头猎物 and 1 头饥饿 24 h 的南方小花蝽雌成虫,所有处理瓶口以 100 目纱网封口并用橡皮筋扎紧。24 h 后在体视显微镜下统计并记录西花蓟马被捕食数。每个处理重复 6 次。同时每一处理设置不放置天敌时各密度下的西花蓟马,观察其自然死亡率。

1.2.2 笼罩条件下释放南方小花蝽对辣椒上西花蓟马的控制效果

该试验在贵州大学昆虫研究所试验基地进行,温度、湿度、光照均为自然状态。供试的寄主植物为辣椒。每个钢制笼罩笼长、宽、高均为 2 m×2 m×2 m 的正方形,作为一个小区,面积为 4 m²,外面用 100 目的纱网罩住,纱网的底部埋于泥土中,纱网的一面有长达 2 m 的拉链。试验共设计 5 个小区,每个小区种植 20 株辣椒,株距为 0.4 m。辣椒开花期释放西花蓟马,1 周后释放南方小花蝽。释放的西花蓟马为同一天羽化交配 2 d 后的雌成虫,5 个小区均释放 120 头,释放密度为:CK(对照,即不释放天敌),3 头(K_1),6 头(K_2),9 头(K_3),15 头(K_4)。重复 4 次,以后每星期调查 1 次,共调查 5 次。调查时用 50 cm×60 cm 的封口袋轻轻从辣椒植株顶端往下套,到根部时,迅速用剪刀齐地表剪断,封口,拿到实验室进行检查,统计整株辣椒上的西花蓟马的若虫和成虫数量及小花蝽的数量。

1.3 数据统计分析

实验数据均采用 Excel 2007 进行统计,在 SPSS 18.0 下计算所有重复数据的平均数和标准误。利用 Duncan 氏新复极差法进行显著性检验。用线性回归分析对功能反应 Holling II 圆盘方程进行拟合。Holling II 型圆盘方程模型为: $Na = a'NT / (1 + a'ThN)$,式中 a' 为瞬时攻击速率, Th 为处理时间, Na 为日捕食量, N 为猎物密度, T 为试验时间(1 d)。最大理论捕食量 $Na_{\max} = 1/Th$,攻击率(a')和处理时间(Th)之比越大,则表示天敌对害虫的控制能力越强^[22]。寻找效应: $S = a' / (1 + a'ThN)$,控制效果: $P(\%) = (1 - T_x CK_0 / T_0 CK_x) \times 100$,式中 P 为控制效果; T_0 为释放区的虫口基数; T_x 为在 x 时间时释放区的虫口数量; CK_0 为对照区的虫口基数; CK_x 为在 x 时间时对照区的虫口数量。

2 结果与分析

2.1 不同空间异质条件下南方小花蝽对西花蓟马的捕食效能

2.1.1 不同空间异质条件下南方小花蝽对西花蓟马的功能反应

南方小花蝽在不同空间异质条件下对不同密度西花蓟马的捕食量见图 1。由图可知,南方小花蝽捕食量与空间异质性和猎物密度有一定的关系。同一空间异质条件不同猎物密度下,南方小花蝽的捕食量随着猎物密度的增加而增大,且当猎物密度低时(10—40 头),南方小花蝽对西花蓟马 2 龄若虫的捕食量均表现为较快的增长趋势,当猎物密度较高时(40—50 头),南方小花蝽的捕食量增大的速度变慢,呈负加速曲线。这可能是由于猎物密度高于 40 头后,南方小花蝽的捕食量更接近饱和状态,因此呈负加速曲线。同一猎物密度不同空间异质条件下南方小花蝽对西花蓟马的捕食量也有差异。无论何种猎物密度下,南方小花蝽的捕食量随着试验空间的扩大,其捕食量降低;异质性越复杂,其捕食量也相应降低。

对南方小花蝽在 5 种空间异质条件下对西花蓟马捕食的功能反应进行拟合,均符合 Holling II 模型曲线(表 1)。通过各参数的比较可以看出,南方小花蝽在小容器中捕食西花蓟马的瞬时攻击率最高,而在大容器 C 中的瞬时攻击率最低。根据瞬时攻击率(a')和处理时间(Th)之比可以衡量天敌对害虫的控制能力, a'/Th 越大,则表示天敌对害虫的控制能力越强。不难看出南方小花蝽在小容器中对西花蓟马的控制能力最大,而在大容器 C 中的控制能力最小,同时,由捕食上限也不难看出:其控制能力的总体趋势是:大容器 C<大容器 B<大容器 A<中等容器<小容器。

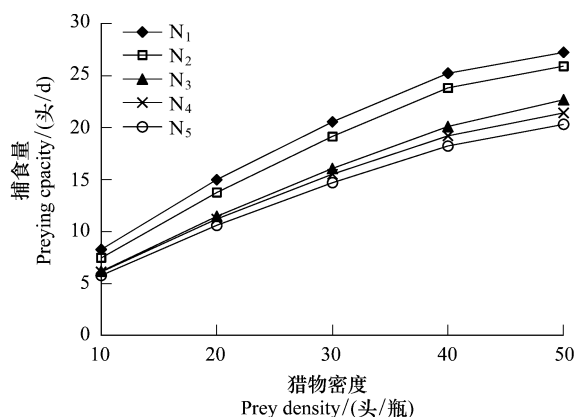


图 1 南方小花蝽在不同空间异质下对西花蓟马的捕食量

Fig. 1 The preying capacity of *Orius similis* to *Frankliniella occidentalis* at different space heterogeneities

表 1 南方小花蝽在不同试验空间下对西花蓟马的功能反应

Table 1 Functional response of *Orius similis* to *Frankliniella occidentalis* at different space heterogeneities

空间异质性 Space heterogeneity	功能反应方程 Functional response equation	相关系数 r	瞬时攻击率 a'	a'/Th	捕食上限 Na_{max}
小容器 Small bottle	$Na = 0.9204N / (1 + 0.0115N)$	0.9982 **	0.9204	73.63	89.28
中等容器 Middle bottle	$Na = 0.8118N / (1 + 0.0091N)$	0.9989 **	0.8118	72.48	82.64
大容器 A Large bottle A	$Na = 0.6697N / (1 + 0.0081N)$	0.9925 **	0.6697	54.93	80.00
大容器 B Large bottle B	$Na = 0.6647N / (1 + 0.0099N)$	0.9948 **	0.6647	44.95	67.11
大容器 C Large bottle C	$Na = 0.6303N / (1 + 0.0096N)$	0.9981 **	0.6303	41.20	65.35

* * 表示回归方程达到极显著相关水平 ($P < 0.01$)

2.1.2 不同空间异质条件下南方小花蝽对西花蓟马的寻找效应

由寻找效应估计公式以及表 1 中的各参数值,可以计算出南方小花蝽对西花蓟马的寻找效应。由寻找效应曲线图(图 2)可知,南方小花蝽各虫态的寻找效应随着猎物密度的增高而降低,不同空间异质条件下南方小花蝽的寻找效应变化不完全相同。如在猎物密度为 10 头的条件下,南方小花蝽的寻找效应最好。在 5 个不同试验空间中,无论在何种猎物密度下,南方小花蝽在小容器中的寻找效应最好;南方小花蝽在中等容器的寻找效应次之,随着猎物密度增加,其寻找效应更加接近于在小容器的寻找效应。在 3 种不同空间异质性的容器中,寻找效应无论在何种猎物密度下均较低,其中又以在大容器 C 中的寻找效应最差。综合分析,南方小花蝽对西花蓟马的寻找效应总体变化趋势是:大空间<小空间,异质性复杂的空间<异质性简单的空间。

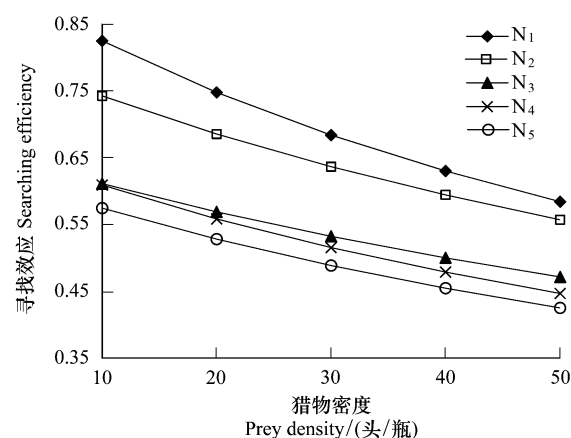


图 2 南方小花蝽在不同试验空间下对西花蓟马的寻找效应

Fig. 2 The searching efficiency of *Orius similis* to *Frankliniella occidentalis* at different space heterogeneities

2.2 笼罩条件下释放南方小花蝽对辣椒上西花蓟马的控制效果

2.2.1 西花蓟马的种群数量变化

西花蓟马的种群数量变化与南方小花蝽的释放比例有明显的相关性(图 3,图 4)。无论是西花蓟马若虫还是成虫,南方小花蝽释放密度越高,西花蓟马种群数量下降越快。 $K_3(9:120)$ 、 $K_4(15:120)$ 处理下在第 3 次

调查后其种群数量开始下降,而释放比例较低的 $K_2(6:120)$ 处理到第4次调查后其种群数量才开始下降。南方小花蝽释放密度最低的 $K_1(3:120)$ 处理,对西花蓟马的控制作用不理想。当没有释放南方小花蝽的对照 CK (0:120) 下,西花蓟马的种群数量快速增长。

2.2.2 南方小花蝽的种群动态

南方小花蝽种群动态变化趋势见图5。从图5可以看出, $K_1(3:120)$ 和 $K_2(6:120)$ 处理下的南方小花蝽种群数量在整个调查期间均呈现出快速增长趋势; $K_3(9:120)$ 处理下的南方小花蝽种群数量在第4次调查前呈高速增长趋势,第4次调查后呈快速下降趋势; $K_4(15:120)$ 处理下南方小花蝽种群数量在第3次调查前呈高速增长趋势,第3次调查后呈快速下降趋势。这可能是当南方小花蝽种群数量增长到一定的程度时,限制了西花蓟马种群数量的增长,由于猎物数量的下降,从而导致南方小花蝽自身种群数量快速下降。 K_3 处理的峰值比 K_4 处理的峰值晚一个星期是因为 K_4 处理释放的南方小花蝽密度高于 K_3 处理, K_4 处理的南方小花蝽由于对西花蓟马的种群数量控制能力强,造成猎物数量减少而导致本身数量下降较快。

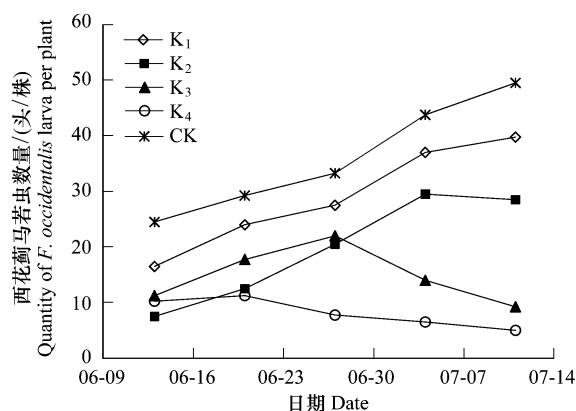


图3 西花蓟马若虫数量的变化趋势

Fig.3 The population dynamics of *Frankliniella occidentalis* larva

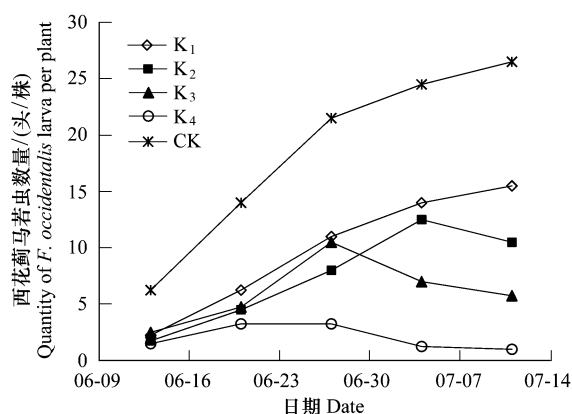


图4 西花蓟马成虫数量的变化趋势

Fig.4 The population dynamics of *Frankliniella occidentalis* adult

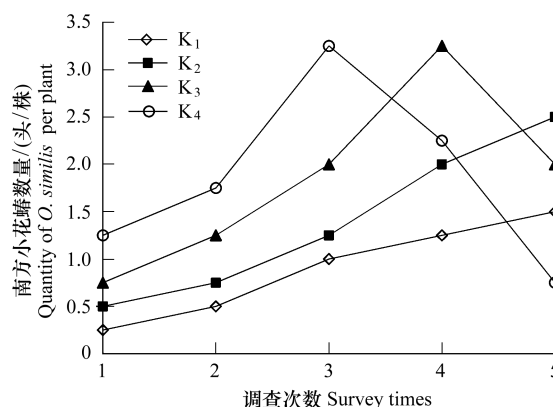


图5 南方小花蝽种群数量动态

Fig.5 Population dynamics of *Orius similis*

2.2.3 释放南方小花蝽对西花蓟马的控制效果

南方小花蝽对西花蓟马的控制效果与释放后的时间长短及每株辣椒上释放南方小花蝽的数量有一定关系(表2)。当释放的南方小花蝽密度低于0.3头/株时,即使到了第5周,无论对西花蓟马若虫还是成虫的控制效果均低于60%,并且各周之间控制效果差异不明显。当释放的南方小花蝽密度高于0.5头/株时,随着时间的推移,南方小花蝽对西花蓟马的控制效果越来越好,同时表现出明显的差异性。

3 讨论

(1) 本文结果表明空间较小时,南方小花蝽对西花蓟马的捕食量大,瞬时攻击率高,寻找效应好,这与蒋兴川等人研究的南方小花蝽在不同试验空间对西花蓟马的捕食及搜寻效应结果相似^[18],并且本试验进一步阐明,随着试验空间逐渐增大,南方小花蝽对西花蓟马的捕食量、瞬时攻击率、寻找效应也相应减弱。同时,相同空间中异质性越复杂,环境阻力越大,南方小花蝽对西花蓟马的捕食量、瞬时攻击率、寻找效应也跟着减弱;这与邹运鼎等人研究的麦秆数越多造成空间异质性越复杂,导致七星瓢虫捕食量下降结果类似^[17]。在田间

自然状态下,空间不仅是开放的,而且复杂程度远远高于室内条件,猎物逃避被捕食的机会大增,导致捕食者的捕食效能下降。

表 2 笼罩条件下南方小花蝽对西花蓟马的控制效果

Table 2 Control efficiency of *Orius similis* to *Frankliniella occidentalis* on pepper in cage

虫态 Stage	处理 Treatment	释放量/(头/株) Release quantity (Number/per plant)	控制效果 Control efficiency/%			
			第 2 周 The 2 nd week	第 3 周 The 3 rd week	第 4 周 The 4 th week	第 5 周 The 5 th week
蓟马成虫 Thrips adult	CK	0	0	0	0	0
	K ₁	0.15	42.24±0.17aA	40.53±0.12aB	39.94±0.90aB	35.73±0.18aB
	K ₂	0.30	54.0±0.19aA	54.07±0.15aB	49.58±0.66aB	54.32±0.12aB
	K ₃	0.50	55.51±0.16bA	43.18±0.12bB	70.51±0.73aAB	74.7±0.73aAB
	K ₄	0.75	65.81±0.14bA	83.14±0.57abA	94.56±0.20aA	95.71±0.27aA
蓟马若虫 Thrips larva	CK	0	0	0	0	0
	K ₁	0.15	15.54±0.11aB	13.66±0.14aC	9.17±0.17aC	17.14±0.11aC
	K ₂	0.30	20.54±0.97aB	35.94±0.96aB	37.72±0.15aB	52.79±0.54aB
	K ₃	0.50	34.70±0.13cB	29.26±0.17bcB	66.98±0.46abA	81.01±0.20aA
	K ₄	0.75	59.23±0.10bA	75.44±0.62abA	82.50±0.75abA	89.02±0.36aA

表中数字为 $M \pm SE$, 后面的英文字母为 Duncan 氏新复极差测验法, 同一行中小写字母不同表示在相同南方小花蝽密度不同控制时间下在 0.05 水平差异显著, 否则不显著; 同一列中大写字母不同表示相同时间不同南方小花蝽释放密度下在 0.05 水平差异显著, 否则不显著

(2) 一般而言, 从控制效果可以反映出昆虫天敌在寄主植物上对害虫的控制潜能, 对温室大棚的绿色生产意义重大。Chambers 等研究释放 *O. laevigatus* 对温室大棚黄瓜和辣椒上西花蓟马的控制效果发现, 每株辣椒上释放 1—2 头 *O. laevigatus*, 1 个月后西花蓟马就得到了很好的控制^[23]。Sanchez 等释放 *O. laevigatus*、*O. albidipennis* 控制温室辣椒上西花蓟马发现, 每株开花期辣椒上释放 0.25—0.75 头小花蝽就能较好地控制西花蓟马^[24]。蒋月丽等人研究东亚小花蝽对大棚辣椒上西花蓟马的控制效果时发现, 以 1 头/ m^2 比 0.5 头/ m^2 释放控制效果要好, 但 7 周后其控制效果都达 90%^[20]; 这与本研究的相似之处是高密度比低密度释放天敌要好; 但与本试验以 0.5 头/株 (2.25 头/ m^2) 释放南方小花蝽在第 5 周控制效果就达到 80% 有区别, 这可能与释放的天敌密度不一样有关, 也可能是释放的时间长短及两种不同地域的小花蝽本身对西花蓟马控制能力有关。黄振等研究的大田笼罩条件下释放淡色斧瓢虫 *Axinoscymnus cardilobus* Pang and Ren 对变叶木上烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Genadius) 种群的控制作用, 发现以 3:40 的比例释放, 其控制效果见效快, 稳定性较好, 变叶木是季节性园艺作物, 从经济学和生态学的角度综合考虑, 淡色斧瓢虫和烟粉虱以 3:40 比例释放较适宜^[25], 而辣椒是季节性经济作物, 本实验结果以 9:120 (K_3) 释放南方小花蝽对辣椒上西花蓟马的控制效果, 同样符合经济学和生态学的要求。

(3) 寄主植物对小花蝽捕食西花蓟马的影响很大, Brown 等研究发现 *O. laevigatus* 对不同科植物上西花蓟马的捕食量不同^[26]。Coll 和 Ridgway 等研究发现 *O. insidiosus* 在菜豆、番茄、甜椒 3 种寄主植物上对西花蓟马的捕食量和攻击率在菜豆上最高^[6]。空间异质性对南方小花蝽捕食西花蓟马效能的影响试验选取菜豆作为供试寄主, 是因为小花蝽在菜豆寄主上捕食量可能比其它寄主更高, 能更加真实地反映空间异质性对南方小花蝽控制西花蓟马效能的影响。

(4) 西花蓟马进入成虫期后, 经过 2.3 d 的产卵前期后, 产卵量迅速上升, 并在一段时间内可产生大量后代个体, 产卵期达 22 d, 平均每天产卵量为 3 粒左右^[27-28]。Lublinkoh 等人研究西花蓟马在 20 °C 时在辣椒上每雌每天产卵量为 3.84 粒^[29]。本实验接种交配 2 d 的西花蓟马就是保证西花蓟马可产出大量的卵, 以使小花蝽有足够的食物。南方小花蝽各虫态对不同发育期西花蓟马的捕食量不同, 很多研究发现南方小花蝽对西花蓟马若虫的捕食选择性强于成虫; 对西花蓟马成虫的捕食量小于若虫^[8, 18]。郑珊珊等研究发现在足够量的猎物密度下, 南方小花蝽成虫对西花蓟马若虫和成虫的捕食量分别可以达到 36.7 头和 12.4 头, 南方小花蝽取

食西花蓟马时在 27 ℃ 下的日均卵量为 5.8 粒,产卵期为 22 d^[8]。高的捕食率和产卵率保证了南方小花蝽可以有效控制西花蓟马。本试验结果表明以 9:120 的比例释放南方小花蝽能较快地控制住西花蓟马,且节约成本;以 15:120 的比例释放南方小花蝽控制住西花蓟马的时间最短,但成本相对较高。西花蓟马是杂食性的害虫,喜欢取食植物的花粉和花蜜,一旦进入寄主植物开花期,西花蓟马种群数量迅速增长^[30-31]。选择辣椒寄主开花期进行笼罩条件下释放南方小花蝽对西花蓟马的控制效果,是为了探究在西花蓟马种群数量增长较快时,南方小花蝽是否依然能够对西花蓟马保持较强控制能力。

References:

- [1] Arnó J, Roig J, Riudavets J. Evaluation of *Orius majusculus* and *O. laevigatus* as predators of *Bemisia tabaci* and estimation of their prey preference. *Biological Control*, 2008, 44(1): 1-6.
- [2] Sanderson J P, Brodsgaard H F, Enkegaard A. Preference assessment of two *Orius* spp. for *Neoseiulus cucumeris* vs. and *Frankliniella occidentalis*. *IOBC WPRS Bulletin*, 2005, 28(1): 221-224.
- [3] Zhi J R, Zheng S S, Zhang C R, Liu F J. The predation of *Orius similis* to *Frankliniella occidentalis* and *Aphis craccivora*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2011, 48(3): 573-578.
- [4] Xu X N, Enkegaard A. Prey preference of *Orius sauteri* between western flower thrips and spider mites. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2009, 32(1): 93-98.
- [5] Van Lenteren J C, Roskam M M, Timmer R. Commercial mass production and pricing of organisms for biological control of pests in Europe. *Biological Control*, 1997, 10(2): 143-149.
- [6] Coll M, Ridgway R L. Functional and numerical responses of *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthocoridae) to its prey in different vegetable crops. *Annals of the Entomological Society of America*, 1995, 88(6): 732-738.
- [7] Tommasini M G, Nicoli G. Pre-imaginal activity of four *Orius* species reared on two preys. *International Organization for Biological Control*, 1994, 17(5): 237-241.
- [8] Zheng S S. The Study on biological character and predation of *Orius similis* [D]. Guizhou: Guizhou University, 2010.
- [9] Zhang C R. Evaluation of rearing effect of four animal diets on *Orius similis* Zheng [D]. Guizhou: Guizhou University, 2011.
- [10] Murdoch W W, Oaten A. Predation and population stability. *Advances in Ecological Research*, 1975, 9: 1-131.
- [11] Huang Z Y, Huang L M, Huang S S. Comparison of the effect of two prey species on the population growth of *Orius similis* Zheng and the implications for the control of *Tetranychus urticae* Koch. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(10): 2947-2952.
- [12] Zhou X M, Lei Z L. Utilization efficiency and functional response of *Orius similis* Zheng (Hemiptera: Anthocoridae) to different preys. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(12): 2085-2090.
- [13] Wang X P, Lei Z L, Jiang Y, Niu C Y, Deng J H, Li T F, Song C M. Studies on the functional response of a predator *Orius similis* to its prey. *Natural Enemies of Insects*, 1999, 21(3): 117-120.
- [14] Zhou J Z, Chen C M. Predation of wolf spider, *Lycosa pseudoannulata* on brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, and its simulation model: I. Functional response. *Chinese Journal of Biological Control*, 1986, 2(1): 2-9.
- [15] Pang B P, Zhao J X, Meng R X, Meng H W, Yi W D. Predation of *Adonia variegata* (Goeze) on the wheat aphid, *Macrosiphum avenae* (F.) — Intraspecific interference and space heterogeneity. *Journal of Inner Mongolia Agricultural University*, 2000, 21(3): 13-17.
- [16] Li G T, Zou Y D, Zhou X Z, Liu T W. Effect of mutual interference and spatial heterogeneity on predation of adult *Chrysopa septempunctata*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(4): 433-434.
- [17] Zou Y D, Meng Q L, Chen G C, Geng J G, Wang G M. The effect of mutual interference and spacial heterogeneity on predation of adult *coccinella septempunctata*. *Acta Entomologica Sinica*, 1999, 42(1): 52-56.
- [18] Jiang X C, Gui F R, Chen B, Li Z H, Mu J J, Li Z Y. Prey preference and searching efficiency of *Orius similis* on *Frankliniella occidentalis* in different experimental space. *Journal of Biosafety*, 2012, 21(1): 20-26.
- [19] Lei C L, Zong L B, Zhong C Z, Liu Q. The field control effect of *Orius similis* on pink bollworm. *Entomological Knowledge*, 1990, (2): 113.
- [20] Jiang Y L, Wu Y Q, Duan Y, Gao X G. Control efficiencies of releasing *Orius sauteri* (Heteroptera: Anthocoridae) on some pests in greenhouse pepper. *Chinese Journal of Biological Control*, 2011, 27(3): 414-417.
- [21] Wang E D, Xu X N, Wu S Y. Control effects of *Amblyseius barkeri* on *Frankliniella occidentalis* on the eggplants and their natural enemy *Orius sauteri* in the greenhouse. *Plant Protection*, 2010, 36(5): 101-104.
- [22] Ding Y Q. *Mathematical Ecology of Insects*. Beijing: Science Press, 1994: 257-258.
- [23] Chambers R J, Long S, Helyer N L. Effectiveness of *Orius laevigatus* (Hem.: Anthocoridae) for the control of *Frankliniella occidentalis* on cucumber and pepper in the UK. *Biocontrol Science and Technology*, 1993, 3(3): 295-307.
- [24] Sanchez J A, Lacasa A. Modelling population dynamics of *Orius laevigatus* and *O. albidipennis* (Hemiptera: Anthocoridae) to optimize their use as biological control agents of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Bulletin of Entomological Research*, 2002, 92(1): 77-88.
- [25] Huang Z, Ren S X, Yao S L. Population control of *Axinoscymnus cardilobus* to *Bemisia tabaci*. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(7): 3075-3081.

- [26] Brown A S S, Simmonds M S J, Blaney W M. Influence of species of host plants on the predation of thrips by *Neoseiulus cucumeris*, *Iphiseius degenerans* and *Orius laevigatus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1999, 92(3): 283-288.
- [27] Gai H T, Zhi J R, Sun M. Effects of temperature on the survival and fecundity of *Frankliniella occidentalis* and *Frankliniella intonsa* (Thysanoptera: Thripidae). *Acta Phytophylacica Sinica*, 2011, 38(6): 521-526.
- [28] Zhang S C, Zhou X M, Wang X P, Lei Z L. Oviposition on preference of *Orius similis* and preservation condition of eggs. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2008, 45(4): 600-603.
- [29] Lublinkoh J, Foster D E. Development and reproductive capacity of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) reared at three temperatures. *Kansas Entomological Society*, 1997, 50(3): 313-316.
- [30] Hao C Y, Wang X J, Hou W J, Shi X Z, Wu Q J, Xu B Y, Zhang Y J. Dynamics of western flower thrips and its natural enemy categories on plastic shed cultivation vegetables. *China Vegetables*, 2011, (20): 74-78.
- [31] Jiang X C, Zhang Y, Gui F R, Li Z Y, Li J, Gao F. Population dynamic and spatial distribution of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in different period of pepper. *Journal of Yunnan Agricultural University: Natural Science*, 2011, 26(4): 465-471.

参考文献:

- [3] 邹军锐, 郑珊珊, 张昌容, 刘丰姣. 南方小花蝽对西花蓟马和蚕豆蚜的捕食作用. *应用昆虫学报*, 2011, 48(3): 573-578.
- [8] 郑珊珊. 南方小花蝽的生物学特性及捕食作用研究 [D]. 贵州: 贵州大学, 2010.
- [9] 张昌容. 四种动物类饲料对南方小花蝽的饲养效果评价 [D]. 贵州: 贵州大学, 2011.
- [11] 黄增玉, 黄林茂, 黄寿山. 两种猎物对南方小花蝽种群增长的影响及其对二斑叶螨的控害潜能. *生态学报*, 2011, 31(10): 2947-2952.
- [12] 周兴苗, 雷朝亮. 南方小花蝽对不同猎物捕食作用及利用效率. *生态学报*, 2002, 22(12): 2085-2090.
- [13] 王香萍, 雷朝亮, 姜勇, 牛长缨, 邓建华, 李天飞, 宋春满. 南方小花蝽对烟蚜捕食功能反应的研究. *昆虫天敌*, 1999, 21(3): 117-120.
- [14] 周集中, 陈常铭. 拟环纹狼蛛对褐飞虱的捕食作用及其模拟模型的研究 I. 功能反应. *生物防治通报*, 1986, 2(1): 2-9.
- [15] 庞保平, 赵建兴, 孟瑞霞, 孟焕文, 伊卫东. 多异瓢虫对麦长管蚜的捕食效应——种内干扰和空间异质性. *内蒙古农业大学学报: 自然科学版*, 2000, 21(3): 13-17.
- [16] 李桂亭, 邹运鼎, 周夏芝, 刘同文. 干扰作用及空间异质性的对大草蛉雄成虫捕食作用的影响. *应用生态学报*, 2002, 13(4): 433-434.
- [17] 邹运鼎, 孟庆雷, 陈高潮, 耿继光, 王公明. 干扰作用及空间异质性的对七星瓢虫成虫捕食作用的影响. *昆虫学报*, 1999, 42(1): 52-56.
- [18] 蒋兴川, 桂富荣, 陈斌, 李志华, 穆静娟, 李正跃. 南方小花蝽在不同试验空间对西花蓟马的捕食及搜寻效应. *生物安全学报*, 2012, 21(1): 20-26.
- [19] 雷朝亮, 宗良炳, 钟昌珍, 刘琼. 南方小花蝽对棉红铃虫田间控制效应. *昆虫知识*, 1990, (2): 113.
- [20] 蒋月丽, 武予清, 段云, 高兴国. 释放东亚小花蝽对大棚辣椒上几种害虫的防治效果. *中国生物防治学报*, 2011, 27(3): 414-417.
- [21] 王恩东, 徐学农, 吴圣勇. 释放巴氏钝绥螨对温室大棚茄子上西花蓟马及东亚小花蝽数量的影响. *植物保护*, 2010, 36(5): 101-104.
- [22] 丁岩钦. *昆虫数学生态学*. 北京: 科学出版社, 1994: 257-258.
- [25] 黄振, 任顺祥, 姚松林. 淡色斧瓢虫 (*Axinoscymnus cardilobus*) 对烟粉虱 (*Bemisia tabaci*) 种群的控制作用. *生态学报*, 2008, 28(7): 3075-3081.
- [27] 盖海涛, 邹军锐, 孙猛. 温度对西花蓟马、花蓟马存活和繁殖的影响. *植物保护学报*, 2011, 38(6): 521-526.
- [28] 张士昶, 周兴苗, 王小平, 雷朝亮. 南方小花蝽对寄主植物的产卵选择性及其卵的保存条件. *昆虫知识*, 2008, 45(4): 600-603.
- [30] 郝晨彦, 王相晶, 侯文杰, 施秀珍, 吴青君, 徐宝云, 张友军. 大棚蔬菜西花蓟马的种群动态及其天敌种类. *中国蔬菜*, 2011, (20): 74-78.
- [31] 蒋兴川, 张勇, 桂富荣, 李正跃, 李隽, 高飞. 辣椒植株上西花蓟马的种群动态和空间分布. *云南农业大学学报: 自然科学版*, 2011, 26(4): 465-471.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.22 Nov., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The review of methods for mapping species spatial distribution using presence/absence data LIU Fang, LI Sheng, LI Diqiang (7047)
- A research review of landscape service LIU Wenping, YU Zhenrong (7058)
- Progress on techniques for partitioning soil respiration components and their application in cropland ecosystem CHEN Minpeng, XIA Xu, LI Yinkun, MEI Xurong (7067)

Autecology & Fundamentals

- Effect of different stubble height treatments on the annual growth index and physiological characteristics of *Tetraena mongolica* in two growing seasons WANG Zhen, ZHANG Liwen, YU Yi, et al (7078)
- Photosynthetic characteristics of an endangered species *Tetrameles nudiflora* under different light and water conditions DENG Yun, CHEN Hui, YANG Xiaofei, et al (7088)
- The compensation capacity of tillering and production of main stem nodes in rice WEI Ming, LI Dongxia (7098)
- Simulation of leaf area and dry matter production of tobacco leaves based on product of thermal effectiveness and photosynthetically active radiation ZHANG Mingda, LI Meng, HU Xueqiong, et al (7108)
- Effects of different tillage and straw systems on soil water-stable aggregate distribution and stability in the North China Plain TIAN Shenzhong, WANG Yu, LI Na, et al (7116)
- Effects of the *Larix gmelinii* grown under different light intensities on the development and defensive enzyme activities of *Lymantria dispar* larvae LU Yifang, YAN Junxin, LI Shuangwen, et al (7125)
- Biological control efficiency of *Orius similis* Zheng (Hemiptera: Anthocoridae) on *Frankliniella occidentalis* (Pergande) under different spatial and caged conditions MO Lifeng, ZHI Junrui, TIAN Tian (7132)
- Preliminary study on scavenging mechanism of dissolved aluminum by phytoplankton WANG Zhaowei, REN Jingling, YAN Li, et al (7140)
- Leaf-form characteristics of plants in *Quercus aquifolioides* community along an elevational gradient on the Balang Mountain in Wolong Nature Reserve, Sichuan, China LIU Xingliang, HE Fei, FAN Hua, et al (7148)
- Comparison of shrimp density between the Minjiang estuary and Xinhua bay during spring and summer XU Zhaoli, SUN Yue (7157)
- The feeding selectivity of an herbivorous amphipod *Ampithoe valida* on three dominant macroalgal species of Yundang Lagoon ZHENG Xinqing, HUANG Lingfeng, LI Yuanchao, et al (7166)

Population, Community and Ecosystem

- Effects of four different agricultural prevention and control measures on rice yellow stem borer *Tryporyza incertulas* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) ZHANG Zhenfei, HUANG Bingchao, XIAO Hanxiang, et al (7173)
- Soil nitrogen concentrations and transformations under different vegetation types in forested zones of the Loess Gully Region XING Xiaoyi, HUANG Yimei, AN Shaoshan, et al (7181)
- Ecosystem health assessment based on diagnosis CAI Xia, XU Songjun, CHEN Shanhao, et al (7190)
- The production and accumulation of phytoliths in rice ecosystems: a case study to Jiaxing Paddy Field LI Zimin, SONG Zhaoliang, JIANG Peikun (7197)
- Application of a free search-based projection pursuit model in investigating reed in wetlands LI Xinhua, ZHAO Chengyi (7204)

- Soil microbial diversity under typical vegetation zones along an elevation gradient in Helan Mountains
..... LIU Bingru, ZHANG Xiuzhen, HU Tianhua, et al (7211)
- Effects of shrub encroachment on biomass and biodiversity in the typical steppe of Inner Mongolia
..... PENG Haiying, LI Xiaoyan, TONG Shaoyu (7221)
- Research on diaspore morphology and species distribution of 80 plants in the hill-gully Loess Plateau
..... WANG Dongli, ZHANG Xiaoyan, JIAO Juying, et al (7230)
- Habitat suitability assessment of blue sheep in Helan Mountain based on MAXENT modeling
..... LIU Zhensheng, GAO Hui, TENG Liwei, et al (7243)
- Characteristic of phytoplankton primary productivity and influencing factors in littoral zone of Lake Taihu
..... CAI Linlin, ZHU Guangwei, LI Xiangyang (7250)
- Landscape, Regional and Global Ecology**
- Responses of soil respiration to changes in depth of seasonal frozen soil in Ebinur Lake area, arid area of Northwest China
..... QIN Lu, LV Guanghui, HE Xuemin, et al (7259)
- Seasonal and annual variation characteristic in basal soil respiration of black loam under the condition of farmland field
..... ZHANG Yanjun, GUO Shengli, LIU Qingfang, et al (7270)
- Resource and Industrial Ecology**
- Economic evaluation and protection of *Amygdalus mira* genetic resource ZHANG Lirong, MENG Rui, LU Guobin (7277)
- Meteorological grading indexes of water-saving irrigation for cotton XIAO Jingjing, HUO Zhiguo, YAO Yiping, et al (7288)
- Research Notes**
- Sprouts characteristic structure of *Taxus yunnanensis* plantation SU Lei, SU Jianrong, LIU Wande, et al (7300)
- The effects of forest conversion on soil N mineralization and its availability in central jiangxi subtropical region
..... SONG Qingni, YANG Qingpei, YU Dingkun, et al (7309)

《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

本期责任副主编 杨志峰

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 22 期 (2013 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 22 (November, 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