

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

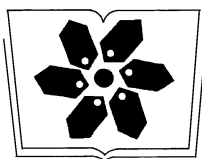
(Shengtai Xuebao)

第 30 卷 第 23 期
Vol.30 No.23
2010



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 30 卷 第 23 期 2010 年 12 月 (半月刊)

目 次

1940—2002 年长江中下游平原乡村景观区域中耕地类型及其土壤氮磷储量的变化	武俊喜,程 序,焦加国,等 (6309)
海洋生态资本概念与属性界定	陈 尚,任大川,李京梅,等 (6323)
海洋生态资本价值结构要素与评估指标体系	陈 尚,任大川,夏 涛,等 (6331)
黔中喀斯特山区退化生态系统生物量结构与 N、P 分布格局及其循环特征	杜有新,潘根兴,李恋卿,等 (6338)
长白山阔叶红松林样地槭属树木木生真菌的群落组成和分布	魏玉莲,戴玉成,袁海生,等 (6348)
内蒙古退化荒漠草原土壤细菌群落结构特征	吴永胜,马万里,李 浩,等 (6355)
盐度对尖瓣海莲幼苗生长及其生理生态特性的影响	廖宝文,邱凤英,张留恩,等 (6363)
基于树轮火疤塔河蒙克山樟子松林火灾的频度分析	胡海清,赵致奎,王晓春,等 (6372)
不同农业景观结构对麦蚜种群动态的影响	赵紫华,石 云,贺达汉,等 (6380)
黑河中游荒漠灌丛斑块地面甲虫群落分布与微生境的关系	刘继亮,李锋瑞,刘七军,等 (6389)
刺槐树冠光合作用的空间异质性	郑 元,赵 忠,周 慧,等 (6399)
南海北部夏季基础生物生产力分布特征及影响因素	宋星宇,刘华雪,黄良民,等 (6409)
怒江三种裂腹鱼属鱼类种群遗传结构	岳兴建,汪登强,刘绍平,等 (6418)
大型水生植物对重金属的富集与转移	潘义宏,王宏镔,谷兆萍,等 (6430)
依据大规模捕捞统计资料分析东黄渤海白姑鱼种群划分和洄游路线	徐兆礼,陈佳杰 (6442)
正交试验法分析环境因子对苦草生长的影响	朱丹婷,李铭红,乔宁宁 (6451)
基于中分辨率 TM 数据的湿地水生植被提取	林 川,官兆宁,赵文吉 (6460)
基于 CVM 的三江平原湿地非使用价值评价	敖长林,李一军,冯 磊,等 (6470)
耕地易地补充经济补偿的生态价值——以江阴市和兴化市为例	方 斌,杨 叶,郑前进,等 (6478)
自然旅游地居民自然保护态度的影响因素——中国九寨沟和英国新森林国家公园的比较	程绍文,张 捷,徐菲菲 (6487)
基于 PSR 方法的区域生态安全评价	李中才,刘林德,孙玉峰,等 (6495)
灌浆期高温对水稻光合特性、内源激素和稻米品质的影响	滕中华,智 丽,吕 俊,等 (6504)
秦岭北坡不同生境栓皮栎实生苗生长及其影响因素	马莉薇,张文辉,薛瑶芹,等 (6512)
子午岭三种生境下辽东栎幼苗定居限制	郭 华,王孝安,朱志红 (6521)
温度、盐度对龟足胚胎发育和幼虫生长的联合影响	饶小珍,林 岗,张殿彩,等 (6530)
锡林郭勒盟气候干燥度的时空变化规律	王海梅,李政海,韩国栋,等 (6538)
北京市水足迹及农业用水结构变化特征	黄 晶,宋振伟,陈 阜 (6546)
延安北部丘陵沟壑区退耕还林(草)成效的遥感监测	孙智辉,雷延鹏,卓 静,等 (6555)
冰川前缘土壤微生物原生演替的生态特征——以乌鲁木齐河源 1 号冰川为例	王晓霞,张 涛,孙 建,等 (6563)
储藏方式和时间对三峡水库消落区一年生植物种子萌发的影响	申建红,曾 波,施美芬,等 (6571)
云南普洱季风常绿阔叶林演替系列植物和土壤 C、N、P 化学计量特征	刘万德,苏建荣,李帅锋,等 (6581)
青藏高原高寒矮蒿草草甸碳增汇潜力估测方法	曹广民,龙瑞军,张法伟,等 (6591)
基于 CEVSA2 模型的亚热带人工针叶林长期碳通量及碳储量模拟	顾峰雪,陶 波,温学发,等 (6598)
太原盆地土壤呼吸的空间异质性	张义辉,李洪建,荣燕美,等 (6606)
专论与综述	
热带森林碳汇或碳源之争	祁承经,曹福祥,曹受金 (6613)
景观对河流生态系统的影响	欧 洋,王晓燕 (6624)
自由空气中臭氧浓度升高对大豆的影响	杨连新,王云霞,赵秩鹏,等 (6635)
研究简报	
基于生态系统服务价值的区域生态补偿——以山东省为例	王女杰,刘 建,吴大千,等 (6646)
鹤伴山国家森林公园土壤甲螨群落结构	许士国,付荣恕 (6654)
栓皮栎人工林树干液流对不同时间尺度气象因子及水面蒸发的响应	桑玉强,张劲松,孟 平,党宏忠,等 (6661)
赤眼蜂发育速率对梯度恒温的响应	陈洪凡,岑冠军,黄寿山 (6669)
学术信息与动态	
GIS 和遥感技术在生态安全评价与生物多样性保护中的应用	李文杰,张时煌 (6674)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 374 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 42 * 2010-12	

不同农业景观结构对麦蚜种群动态的影响

赵紫华^{1,2}, 石 云³, 贺达汉^{1,2,*}, 杭 佳¹, 赵映书¹, 王 颖¹

(1. 宁夏大学 农学院, 银川 750021; 2. 宁夏大学西北退化生态系统恢复与重建国家重点实验室培育基地, 银川 750021;

3. 宁夏大学 资源与环境学院, 银川 750021)

摘要: 研究表明农业景观结构的复杂性与害虫种群发生强度关系密切, 然而在不同农业景观结构下研究麦蚜的发生、种群及寄生蜂的变化还不多。设计了不同的麦田景观结构, 调查研究了不同麦田景观结构对麦蚜种群的影响。在简单与复杂两种农业景观结构下, 分析了不同种类麦蚜的入田时间、入田量、种群增长率、种群密度及寄生性天敌的多样性与寄生率。结果表明: 景观结构对不同种类麦蚜影响不同, 但复杂农业景观下麦蚜迁飞入田时间都要晚于简单农业景观(连片种植)下的入田时间, 复杂农业景观下有翅蚜的迁入量显著低于简单景观下有翅蚜的迁入量, 并且复杂农业景观下麦蚜种群增长速率高于简单农业景观下的增长速率。不同种类麦蚜对景观结构的不同反应可能与形态学与生活史特征有关, 两种不同农业景观结构下寄生性天敌的多样性与寄生率无显著差异。复杂景观结构下的麦蚜有翅蚜低的迁入量、高的增长速率可能与生境高度破碎化有关, 其中与温室大棚塑料白色反光有的很大的影响。生境破碎化影响了麦蚜对寄主植物寻找以及天敌对猎物的寻找效应。

关键词: 景观结构; 种群; 麦蚜; 寄生蜂; 农业景观; 迁入

Population dynamics of wheat aphids in different agricultural landscapes

ZHAO Zihua^{1,2}, SHI Yun³, HE Dahan^{1,2,*}, HANG Jia¹, ZHAO Yingshu¹, WANG Ying¹

¹ Agricultural School, Ningxia University, Yinchuan 750021, China

² State Key Laboratory for Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystem in North-western China, Ningxia University, Yinchuan 750021, China

³ College of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan 750021, China

Abstract: Habitat destruction and fragmentation remain major influences of biodiversity loss due mainly to anthropogenic disturbance, e. g. the expansion and intensification of modern agriculture. Designing a robust and sensitive landscape that can sustain a viable population has become a priority in conservation. Several studies have gathered negative responses regarding pest populations to landscape complexity, but articles about wheat aphid dynamics in different agricultural landscapes are rare. In agro-ecosystems, landscape structure may alter the assemblage of insects, such as phytophagy (aphids) and parasitoids (aphidiidae), potentially affected intraguild interactions. In this article, two different agricultural landscapes were designed; three species of wheat aphids, parasitism and diversity of parasitoids of wheat aphids were collected and studied. Time of immigration, individuals of immigration, population growth rate, population density, diversity and parasitism of parasitoids were recorded and analyzed in two different agricultural landscapes. According to population dynamics of wheat aphids and parasitoids, we divided population dynamics into three different periods: immigration periods (May 2 — May 15), growth periods (May 16 — May 30), and stable periods (May 30 — June 20). The results showed that different agricultural landscapes affected different species respectively. For example, the time of immigration in simple agricultural landscapes was 5 — 7d earlier than that in complex agricultural landscapes; the individuals of immigration in complex agricultural landscapes were less than simple agricultural landscapes; and the population growth rates in complex agricultural landscapes were higher than simple agricultural landscapes. The population growth rates of wheat aphids in complex and simple agricultural landscapes were 39.43 ± 11.84 and 13.73 ± 7.49

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30860164)

收稿日期: 2010-04-27; **修订日期:** 2010-10-26

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hedahan@163.com

respectively in growth periods, three species of wheat aphids behaved the similar tendency. Our study also suggested that the differences of diversity and parasitism of parasitoids in different agricultural landscapes made no significances. The diversity indices of parasitoids and parasitism were 2.65 ± 0.58 and $(28.76 \pm 13.09)\%$ respectively in complex agricultural landscapes, comparing to 3.24 ± 0.37 and $(48.32 \pm 18.61)\%$ respectively in simple agricultural landscapes in growth periods. We got the similar results by comparing and analyzing the experiment results in stable periods. The diversity indices of parasitoids and parasitism were 2.94 ± 0.65 and $(38.54 \pm 8.92)\%$ respectively in complex agricultural landscapes, comparing to 3.73 ± 0.48 and $(61.29 \pm 12.43)\%$ respectively in simple agricultural landscapes. It appeared that the different responses of different species were related to taxonomy and life characteristics. The lower individuals of immigration and higher growth rate in complex agricultural landscapes could be related to higher habitat fragmentation in complex agricultural landscape. We concluded that habitat fragmentation might affect the search of wheat aphids for host plants and natural enemies for prey. The lower individuals of immigration and higher growth rate in complex agricultural landscape were related to higher habitat fragmentation in complex agricultural landscape. Habitat fragmentation effected the rearch of wheat aphids to host plant and natural enemies to prey. The strong reflection of flim may disturb the immigration of wheat aphids and action of natural enemies. The max population density of wheat aphids in complex and simple agricultural landscapes were 821.65 ± 66.56 and 677.81 ± 32.98 respectively. Our research also found that landscape structure had the same affects on *Macrosiphum avenae* (F.) and *Rhopalosiphum padi* (L.), but had different affects on *Schizaphis graminum* (Rond). The analysis results also suggested that the host-parasitoid interactions worked only at certain spatial scales (patch sizes), which not only coincides with the general conclusion from spatial ecology but also enables us to conduct successful biological control without encountering the environmental risk of pesticide. The application of this scale-dependence of host-parasitoid interaction, together with providing heterogeneous and refugee habitat for the natural enemies of pests, could beget efficient pest control in agricultural land. The focus of most habitat management research has been on understanding the role of these plant-provided resources to natural enemies biologically and ecologically, and their ability to enhance suppression of pest populations. The core technology in this study was the construction and design of agricultural structure in successive spatial-temporal scales, which enhanced activity and predation of natural enemies in agricultural landscapes and suppressed the pest population to a greatest extent.

Key Words: landscape structure; population; wheat aphids; parasitoids; agricultural landscape; immigration

随着景观生态学在昆虫生态中的广泛应用,景观结构影响生物间相互作用得到多次研究的证实^[1-3],不同景观格局影响昆虫的分布与多样性,已经成为生态学家与保护生物学家关注的重大问题^[4]。近 10a 来世界范围内的土地覆盖类型的巨大改变减少了自然生境的比例,甚至有些农业用地也逐步呈现出斑块化的格局。研究这种不同的景观格局与生物的相互作用对于探索生物多样性的维持、生物群落结构与生态系统的功能非常重要^[3]。昆虫是农业生态系统的重要组成部分^[5],尤其重大害虫是危害农作物的隐患。因此在农业景观格局中,研究害虫与景观结构间的相互关系对于指导农作物的害虫防治非常重要。景观结构例如景观复杂性、多样性、斑块面积与破碎化等,直接影响到昆虫的扩散能力和死亡率^[5]。因此农田周围的景观对于维持作物田间害虫及天敌的分布非常重要,甚至决定了害虫与天敌在田间的定殖与存活。在世界范围内,现代农业的迅速发展加剧了农业耕地的破碎化,严重的干扰了昆虫与环境之间的关系。探索农业景观变化对害虫种群的影响是 IPM 的重要方向^[1,3,5]。空间结构的异质性与害虫的爆发负相关关系,例如简单景观下苜蓿蚜虫的爆发更为频繁和严重,简单景观下天敌的数量与多样性也较低^[5-6]。结构复杂的景观通常是以高比例半自然生境为特征,例如田埂、篱笆、弃耕地与草地等。研究表明提高景观的复杂性能够提高农田的生物多样性与多种生态系统服务^[1,3,7-8]。对农田中景观组成与生物多样性的内在关系已经在多个昆虫类群中反应^[9]。比起简单的农业景观,复杂农业景观中作物-非作物界面更宽而增加了物种的丰富度与多样性^[8,10]。农业生态

系统中超过 60% 的物种很大程度是依靠半自然生境生存的^[6,8],然而也有研究表明景观复杂性与生物多样性间不存在明显的正相关关系^[10]。高度多样性的物种和功能团能够稳定生态系统的过程,因为高度的多样性对环境变化与农事操作有更强的抗干扰能力^[9-10]。

近年来,随着我国农村城镇化、农业设施化以及种植业多元化的发展,北方城郊农业设施化和非农田化的面积愈来愈大,特别是在冬春季,设施化和麦田镶嵌排列,形成破碎化的麦田格局。这种格局是否影响麦蚜的迁飞着陆?是否影响蚜虫寄生蜂的扩散?是否影响捕食性天敌的寻找效率?麦田破碎程度与麦蚜与天敌发生的相关性的程度究竟多大?都还不清楚,对农业景观变化对麦蚜与天敌发生影响及作用机理的研究,能为有效地控制麦蚜发生提供新的途径^[11-14]。本文以银川平原春麦区最常见的 3 种蚜:麦长管蚜 *Macrosiphum avenae* (F.)、麦二叉蚜 *Schizaphis graminum* (Rond)、禾缢管蚜 *Rhopalosiphum padi* (L.) 与蚜虫寄生蜂为研究对象,探讨银川平原简单农业景观与复杂农业景观下麦田蚜虫与景观结构复杂性之间的关系。设置了不同的农业景观结构,研究麦蚜的种类及多样性与景观结构复杂性的关系^[10,13]。本文拟解决以下几个问题:(1)景观结构的复杂性是否影响麦蚜的迁入时间与数量?(2)景观结构的复杂性是否影响麦蚜的种群动态?(3)不同农业景观结构是否影响麦蚜寄生蜂多样性与寄生率?

1 材料与方法

1.1 研究区域

研究区域设为宁夏银川市西夏区军马场(复杂的景观结构或高度异质化的农业景观格局)、兴庆区掌政五度桥(复杂的景观结构或高度异质化的农业景观格局)与兴庆区掌政乡(简单的景观结构或高度同质化的农业景观格局)(图 1),试验研究为 2009—2010 年每年 5—7 月。西夏区军马场试验地(38°32'35N, 106°7'58E)为温棚设施农业集中区域,面积为 0.05 万 hm^2 ,有着大片的设施温棚,土地面积较少,居民区较多,农田、道路、林地、杂粮与荒地交错纵横,为复杂的农业景观格局,主要种植小麦、玉米和蔬菜为主,小麦斑块面积较小,选择军马场一队棚间空地小麦斑块 27 块(GPS, eXplorist 500 LE, MAGELLAN),平均面积 85.19 m^2 ;兴庆区掌政五度桥(38°25'45N, 106°22'21E)也是温棚设施农业示范园区,有着近 0.1 万 hm^2 的设施温棚,形成典型的城镇居民区、设施温棚区和零散麦田的农业景观镶嵌体,土地面积广,条田林网纵横,小麦,玉米,水稻,杂粮与枸杞形成特有的生态农业景观,选择五度桥小麦斑块 21 块(GPS, eXplorist 500 LE, MAGELLAN),平均面积 732.67 m^2 ;兴庆区掌政镇(38°25'21N, 106°22'21E),这里为掌政的小麦主产区,面积为 0.5 万 hm^2 ,小麦种植广泛,作物品种单一,仅有部分水稻种植,随逐年降水减少,水稻产区逐步衰退,小麦面积逐年扩大,选择小麦斑块 22 块(GPS, eXplorist 500 LE, MAGELLAN),平均面积 4356.88 m^2 ,调查区为春麦区。

1.2 研究方法

研究对象包括麦长管蚜 *Macrosiphum avenae* (F.)、麦二叉蚜 *Schizaphis graminum* (Rond)、禾缢管蚜 *Rhopalosiphum padi* (L.)。以不同面积的小麦田块为样地,GPS 定位,共研究调查了不同面积与景观的小麦斑块 70 个样地。

麦蚜调查方法:调查方法为棋盘式五点取样法^[15],根据田块特点分为东,南,西,北,中 5 个方位,每个方位随机选择 100 株小麦,采取目测和计数相结合的方法,每 100 株小麦观察并记录 15—20min,分别记录 100 株小麦上的麦长管蚜、麦二叉蚜、禾缢管蚜有翅蚜与无翅蚜的数量;农田边缘植被调查:在每种农业景观下的农田边缘选择 3 块 10m × 10m 的样方,进行样带调查。调查时 5m × 5m 为调查单位,记录木本植物胸高(以离地 130cm 为胸高标准)的周长,测量出以划红线作为标记;鉴定每株树木的种类并记录数量,投影法并估算每株树木的高度,草本植物没有列入调查范围。

麦蚜种群不同时期划分:根据麦蚜种群变化,把种群动态划分为麦蚜迁入期(05-02—05-15),麦蚜增长期(05-16—05-30),麦蚜稳定期(05-30—06-20)。

1.3 分析方法

景观多样性指数^[15] 采用 Shannon-Wiener 指数 $H = - \sum_{k=1}^n (P_k \ln P_k)$,式中 P_k 表示景观中斑块类型 k 在景

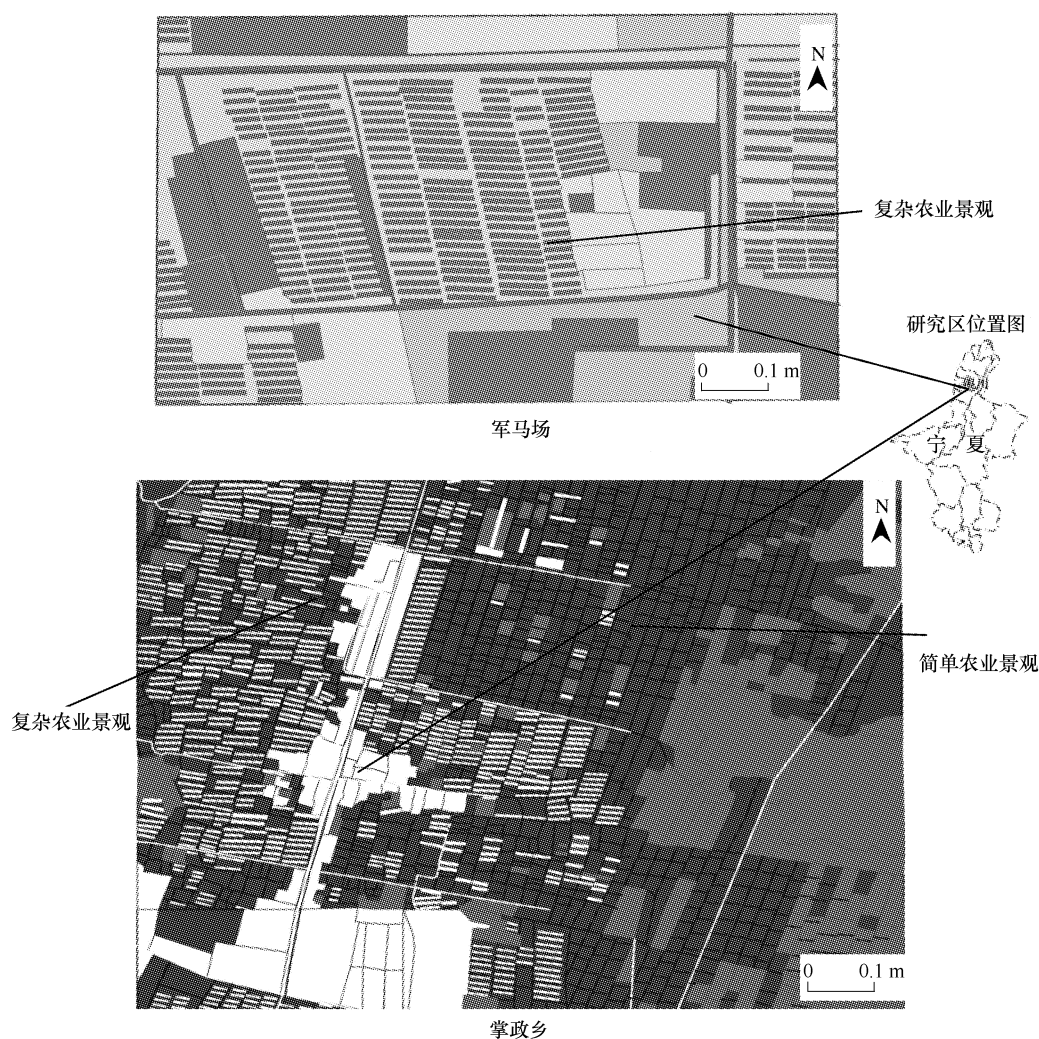


图1 研究区域军马场与掌政的土地利用分布图

Fig. 1 The satellite image of study area in Junmachang and Zhangzhen

观中出现的概率, n 为景观中斑块类型的总数。

景观破碎化指数^[15] 采用 $FN_1 = (N_p - 1)/N_c$, 式中 FN_1 是某一景观类型斑块数破碎化指数, N_c 是景观数据矩阵的方格网中格子总数, N_p 是景观中 p 类型斑块的总数。

种群增长速率 $R = N_2/N_1$, 式中 N_2 是稳定期的种群密度, N_1 是麦蚜迁入期的种群密度。

方差分析(ANOVA)使用 Duncan 法对不同样本(简单农业景观与复杂农业景观)的结果进行多重比较, 并进行 Tukey 显著性检验。以上数据处理分析及作图均采用 Microsoft Office Excel 与 SAS 8.2 (Statistics Analysis System 8.2, SAS Institute Inc.) 数据处理系统进行。

2 结果与分析

2.1 不同农业景观结构分析

共选取了 70 块麦田斑块, 其中复杂农业景观下 48 块, 平均面积为 598.67m^2 ; 简单农业景观下 22 块, 平均面积为 4356.88m^2 。复杂农业景观结构的多样性指数更高 1.713, 而简单景观结构的多样性指数仅为 1.102(表 1)。景观破碎化指数也基本一致, 复杂农业景观结构的破碎化指数为 66.129, 简单农业景观结构的破碎化指数为 36.746。

2.2 不同农业景观对麦蚜发生早期的迁入时间与迁入量的影响

麦长管蚜 *M. avenae* 在复杂农业景观结构下的种群发生有所延迟, 最早发现时间为 4 月 22 日, 晚于简

表 1 不同农业景观格局分析

Table 1 Analysis and Characteristics of wheatfields variables(mean $\pm$ SE) in different agricultural landscapes

田间边缘因素 Fields border variable	景观多样性指数 Landscape diversity index	景观破碎化指数 Landscape fragmentation index	麦田斑块数 Number of wheat fields	平均面积/m ² Average area
复杂农业景观 Complex agricultural landscape	1. 713	66. 129	48	598. 67
简单农业景观 Simple agricultural landscape	1. 102	36. 746	22	4356. 88

单农业景观结构下 8d(表 2)。迁飞进入不同景观结构的春麦区数量差异显著,复杂农业景观结构下麦长管蚜有翅蚜迁入量为(9.76 $\pm$ 3.43)头/百株,远远低于简单农业景观结构下有翅蚜迁飞量(30.91 $\pm$ 6.76)头/百株。麦二叉蚜 *S. graminum* 在复杂农业景观结构下的种群发生同样有所延迟,最早发现时间为 5 月 8 日,晚于简单农业景观结构下 6d(表 2)。迁飞进入不同景观结构的春麦区数量差异显著,复杂农业景观结构下麦二叉蚜有翅蚜迁入量为(6.46 $\pm$ 1.23)头/百株,远远低于简单农业景观结构下有翅蚜迁飞量(13.35 $\pm$ 2.54)头/百株。禾缢管蚜 *R. padi* 在复杂农业景观结构下的种群发生有所延迟,最早发现时间为 5 月 3 日,晚于简单农业景观结构下 5d(表 2)。迁飞进入不同景观结构的春麦区数量差异显著,复杂农业景观结构下禾缢管蚜有翅蚜迁入量为(6.19 $\pm$ 1.43)头/百株,低于简单农业景观结构下有翅蚜迁飞量(9.32 $\pm$ 3.14)头/百株。麦蚜在复杂农业景观结构下的种群发生也有所延迟,最早发现时间为 4 月 14 日,晚于简单农业景观结构下 8d,与麦长管蚜一致,麦长管蚜是首先迁飞入田,麦二叉蚜与禾缢管蚜迟 20d 左右(表 2)。迁飞进入不同景观结构的春麦区有翅蚜数量差异显著,复杂农业景观结构下麦有翅蚜迁入量为(21.08 $\pm$ 4.43)头/百株,远远低于简单农业景观结构下有翅蚜迁飞量(51.32 $\pm$ 5.98)头/百株。

表 2 不同农业景观结构对麦蚜种群发生时间与迁入量的影响

Table 2 Effects of different agricultural landscape structure for immigration time and numbers of wheat aphids

种类 Species	迁入期(05-02—05-15) Immigration Periods	复杂农业景观 Complex agricultural landscape	简单农业景观 Simple agricultural landscape
麦长管蚜	最早发生时间 Immigration time	04-22	04-14
<i>Macrosiphum avenae</i> (F.)	迁入量 Immigration numbers	9.76 $\pm$ 3.43a	30.91 $\pm$ 6.76b
麦二叉蚜	最早发生时间 Immigration time	05-08	05-02
<i>Schizaphis graminum</i> (Rond)	迁入量 Immigration numbers	6.46 $\pm$ 1.23a	13.35 $\pm$ 2.54b
禾缢管蚜	最早发生时间 Immigration time	05-09	05-03
<i>Rhopalosiphum padi</i> (L.)	迁入量 Immigration numbers	6.19 $\pm$ 1.43a	9.32 $\pm$ 3.14b
总麦蚜 Wheat aphids	最早发生时间 Immigration time	04-22	04-14
	迁入量 Immigration Numbers	21.08 $\pm$ 4.43a	51.32 $\pm$ 5.98b

2.3 不同景观结构对麦蚜种群动态的影响

2.3.1 不同景观结构对麦蚜增长速率与最大种群密度的影响

麦长管蚜种群增长速率同样差异显著,复杂农业景观下麦长管蚜的种群增长率为 29.13 $\pm$ 4.76,远远超过简单农业景观下的增长率 4.845 $\pm$ 0.95(表 3)。麦长管蚜稳定期的最大种群密度差异显著,复杂农业景观与简单农业景观下麦长管蚜的最大种群密度分别为(286.42 $\pm$ 49.32)头/百株与(144.82 $\pm$ 31.33)头/百株,差异显著。麦二叉蚜种群增长速率同样差异显著,复杂农业景观下麦二叉蚜的种群增长率为 53.25 $\pm$ 15.32,超过简单农业景观下的增长率 30.21 $\pm$ 16.42(表 3),但差异不显著。麦二叉蚜稳定期的最大种群密度差异显著,复杂农业景观与简单农业景观下麦二叉蚜的最大种群密度分别为(319.32 $\pm$ 57.32)头/百株与(396.54 $\pm$ 63.91)头/百株,差异不显著。禾缢管蚜种群增长速率同样差异显著,复杂农业景观下禾缢管蚜的种群增长率为 43.43 $\pm$ 25.32,远远超过简单农业景观下的增长率 25.62 $\pm$ 9.35(表 3)。禾缢管蚜稳定期的最大种群密度差异显著,复杂农业景观与简单农业景观下禾缢管蚜的最大种群密度差异显著,分别为(252.83 $\pm$ 45.32)头/百株与(136.56 $\pm$ 34.32)头/百株。总麦蚜种群增长速率同样差异显著,复杂农业景观下麦蚜的种群增长

率为 39.43 ± 11.84 , 远远超过简单农业景观下的增长率 13.73 ± 7.49 (表 3)。麦蚜稳定期的最大种群密度差异显著, 复杂农业景观与简单农业景观下麦蚜的最大种群密度差异显著, 分别为 (821.65 ± 66.56) 头/百株与 (677.81 ± 32.98) 头/百株。

表 3 不同农业景观结构对麦蚜种群增长速率与种群密度的影响

Table 3 Effects of different agricultural landscape structure for growth rate and max population density of wheat aphids			
种类 Species	增长期(05-16—05-30) 与 稳定期(05-30—06-20) Immigration periods	复杂农业景观 Complex agricultural landscape	简单农业景观 Simple agricultural landscape
麦长管蚜 <i>Macrosiphum avenae</i> (F.)	增长速率 Growth rate	$29.13 \pm 4.76b$	$4.845 \pm 0.95a$
	最大种群密度/(头/百株) Max population density	$286.42 \pm 49.32b$	$144.82 \pm 26.33a$
麦二叉蚜 <i>Schizaphis graminum</i> (Rond)	增长速率 Growth rate	$53.25 \pm 15.32b$	$30.21 \pm 16.42a$
	最大种群密度/(头/百株) Max population density	$319.32 \pm 57.32a$	$396.54 \pm 36.91b$
禾缢管蚜 <i>Rhopalosiphum padi</i> (L.)	增长速率 Growth rate	$43.43 \pm 25.32a$	$25.62 \pm 9.35a$
	最大种群密度/(头/百株) Max population density	$252.83 \pm 45.32b$	$136.56 \pm 28.32a$
总麦蚜 <i>Wheat aphids</i>	增长速率 Growth rate	$39.43 \pm 11.84b$	$13.73 \pm 7.49a$
	最大种群密度/(头/百株)	$821.65 \pm 66.56b$	$677.81 \pm 32.98a$
	Max population density		

2.3.2 不同农业景观结构对麦蚜种群动态的影响

复杂农业景观结构下麦长管蚜在迁入期种群数量一直低于简单农业景观结构下有翅蚜的迁飞量(图 2), 增长期前期也是如此, 相对于简单农业景观结构下的麦长管蚜无翅蚜的数量, 复杂农业景观结构下的无翅蚜相对较少, 但种群增长速度较快, 到了增长期后期, 复杂农业景观下麦长管蚜无翅蚜的数量超过简单农业景观下麦长管蚜无翅蚜的种群数量, 并一致维持到麦长管蚜种群迁飞出境。

复杂农业景观结构下麦二叉蚜在迁入期种群数量也一直低于简单农业景观结构下有翅蚜的迁入量(图 3), 迁入时间晚 5d, 但在增长期前期种群数量增长很快, 超过简单农业景观结构下麦二叉蚜种群数量, 到了增长期中期, 简单农业景观结构下的麦二叉蚜无翅蚜的数量就超过了复杂农业景观结构下的无翅蚜的种群数量, 到了增长期后期, 简单农业景观下麦二叉无翅蚜的数量远远超过简单农业景观下麦二叉蚜无翅蚜的种群数量, 并一直维持到麦二叉蚜种群迁飞出境。

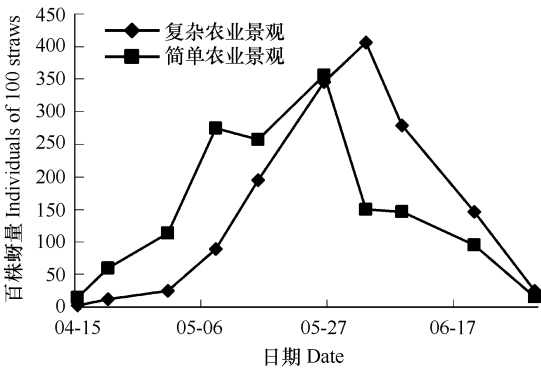


图 2 不同农业景观结构下麦长管蚜的种群动态
Fig. 2 Population dynamics of *M. avenae* in different agricultural landscapes

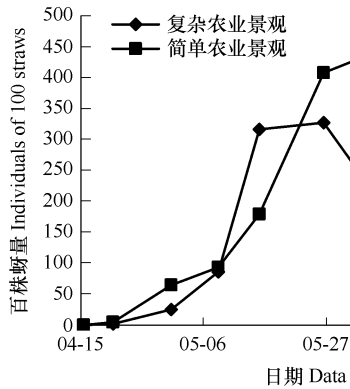


图 3 不同农业景观结构下麦二叉蚜的种群动态
Fig. 3 Population dynamics of *S. graminum* in different agricultural landscapes

复杂农业景观结构下禾缢管蚜在迁入期种群数量也一直低于简单农业景观结构下有翅蚜的迁飞量(图

4),与麦长管蚜的种群动态相似,复杂农业景观结构下禾缢管蚜在增长期前期种群数量增长很快,超过简单农业景观结构下禾缢管蚜种群数量,到了增长期中后期,简单农业景观结构下的禾缢管蚜无翅蚜的数量就大大超过了复杂农业景观结构下的无翅蚜的种群数量,但到稳定期以后,复杂农业景观结构下禾缢管蚜种群数量下降迅速,低于简单农业景观下禾缢管蚜的中种群数量。

复杂农业景观结构下总蚜量在迁入期种群数量也同样表现出相似的特点,一直低于简单农业景观结构下有翅蚜的迁飞量(图5),到了增长期前期,复杂农业景观结构下麦蚜种群数量增长稍快,超过简单农业景观结构下总麦蚜种群数量,到了增长期中期,简单农业景观结构下的总麦蚜无翅蚜的数量就与复杂农业景观结构下的无翅蚜的种群数量基本一致,到了增长期后期,简单农业景观下总无翅蚜的数量高于简单农业景观下无翅蚜的种群数量,但差异不显著,到了稳定期及以后,复杂农业景观结构下总蚜量稍高于简单农业景观结构下的总蚜量,并一致维持到麦蚜种群迁飞出田。

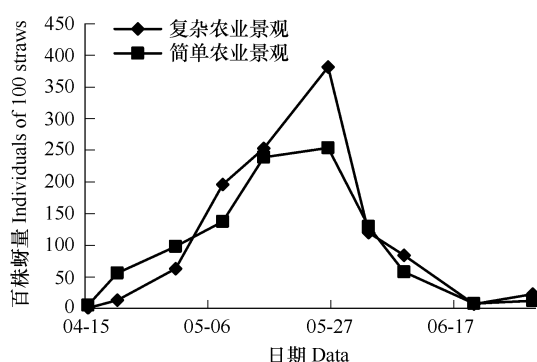


图4 不同农业景观结构下禾缢管蚜的种群动态

Fig. 4 Population dynamics of *R. padi* in different agricultural landscapes

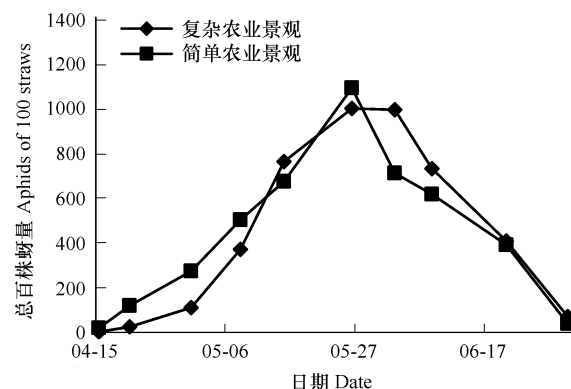


图5 不同农业景观结构下总麦蚜的种群动态

Fig. 5 Population dynamics of the whole wheat aphids in different agricultural landscapes

2.4 不同农业景观结构下寄生性天敌的动态变化

复杂农业景观下寄生蜂多样性指数低于简单农业景观下的寄生蜂多样性,但差异不显著(图6)。5月28日复杂农业景观下寄生蜂多样性指数为 2.65 ± 0.58 ,简单农业景观下寄生蜂多样性指数为 3.24 ± 0.37 (图6);6月15日复杂农业景观下寄生蜂多样性指数为 2.94 ± 0.65 ,简单农业景观下寄生蜂多样性指数为 3.73 ± 0.48 。景观结构对总寄生蜂丰富度的影响不显著($F = 25.03, df = 1, 19; P = 0.01$),复杂景观中总寄生蜂为21种,简单景观中仅为19种,但景观结构对总寄生蜂的多样性影响并不显著($F = 3.09, df = 1, 19; P = 0.21$)。

同样,不同农业景观结构对寄生蜂寄生率的影响也不显著,但复杂农业景观结构下寄生蜂的寄生率低于简单农业景观下寄生蜂的寄生率(图6)。5月28日复杂农业景观下寄生蜂寄生率为 $(28.76 \pm 13.09)\%$,简单农业景观下寄生蜂寄生率为 $(48.32 \pm 18.61)\%$;6月15日复杂农业景观下寄生蜂寄生率为 $(38.54 \pm 8.92)\%$,简单农业景观下寄生蜂寄生率为 $(61.29 \pm 12.43)\%$ 。

3 结论与讨论

通过对两种不同景观结构下麦蚜的试验研究调查表明:(1)景观结构对麦蚜入田时间及迁飞入田量影响显著,简单农业景观下各种有翅蚜的迁飞入田量大于复杂农业景观下有翅蚜的迁飞入田量,入田时间也早5—8d;(2)不同种类的麦蚜受景观结构的影响不同,麦长管蚜与禾缢管蚜一致,复杂农业景观下种群数量的最高点超过简单农业景观下的种群数量,麦二叉蚜恰恰相反,不同农业景观结构下麦蚜的种群增长速率不同,复杂农业景观下各种麦蚜的种群增长速率高于简单农业景观下麦蚜的种群增长速率,(3)不同农业景观对寄生蜂的多样性及寄生率影响不显著。

农业景观的改造与重新布局来增加天敌是生境管理的重要理论之一,农业景观的布局研究主要在探求植

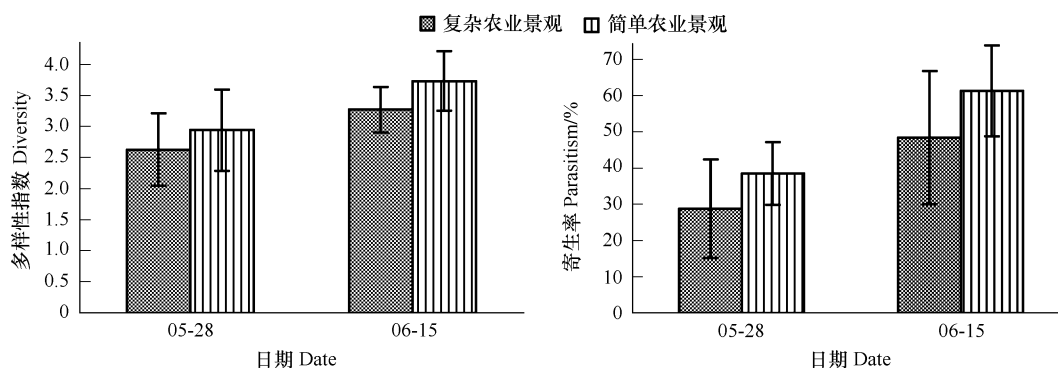


图6 不同农业景观下寄生率的多样性指数与寄生率

Fig. 6 Diversity indices and parasitism of parasitoids in different agricultural landscapes

物提供的资源如何给加强天敌的生物、生态学功能与抑制害虫爆发的能力,核心技术是在连续的时空范围内农业景观格局的构建与设计,从景观格局上提高天敌生存活动的连续性,切断害虫存活的时空连续性,最大程度的抑制害虫种群^[16-19]。

据前人研究,麦长管蚜与麦二叉蚜均可以在宁夏境内越冬,但越冬虫量不是迁入春麦区的主要蚜源,迁入春麦区的有翅蚜主要是外地远距离迁飞^[16,20-22]。因此麦蚜对不同景观复杂性的麦田生境具有不同的选择机制,导致对不同景观结构的麦田有翅蚜的迁入量差异显著,本文中设施农业大棚的白色反光也可能是减少有翅蚜迁入的重要原因之一,并延缓了有翅蚜的迁入期。虽然复杂农业景观中有翅蚜的迁入量显著低于简单农业景观中有翅蚜的迁入量,但增长速率较快,差异显著,这可能由于复杂农业景观中生境的高度破碎化干扰了天敌对猎物或寄主的寻找效应而导致复杂农业景观中麦蚜较高的种群增长速度^[1]。

3种麦蚜形成了一个完整的寄主-植物群落。群落中不同麦蚜对景观结构具有不同的反应,包括在不同时空范围内的变异性。不同种类麦蚜与景观结构关系不同,可能受产卵、时间、行为、体型和多种与寄主植物有关的环境因素影响。不同麦蚜对景观结构的不同反应可能是因为不同的生活史特征和体型大小^[16]。由于群居产卵特征与较短的雌性产卵时间,麦二叉在发生初期密度较小,可能由于温度的升高和种间竞争,体型较大的麦二叉蚜还具有更长的生活史,因此在寄主的竞争中获胜,成为后来绝对的优势种。对不同麦蚜的更详细的行为学特征,包括田间对寄主斑块的搜寻,对寄主及植物特征的识别,能够进一步的揭示麦蚜对景观结构反应的潜在机制。

总麦蚜种群数量受景观结构的影响不显著,这与 Costamagna 对 *Pseudaletia unipunctas* 研究的结论一致^[9],但也与更多研究景观结构与生物过程间相互作用的结论相反^[13]。在麦蚜的发生期寄生蜂优势种的转变可能与寄主丰富度的波动、成虫的食物资源、自然种群循环、分布型、竞争作用或气候因子有关。尽管大部分的文献表明景观结构的复杂性与害虫种群呈负相关^[18],但在试验研究中,只发现了寄主密度与景观结构的复杂性相关性不大。不同麦蚜对景观结构复杂性的变化反应也有差异,这种不同的反应可能与整个麦蚜群落在相同的时空范围内竞争同一资源长期性形成的进化机制有关。本文认为这种麦蚜群落的演化受景观结构的复杂性影响不大,而可能受景观格局中寄主植物斑块的破碎化程度有关。

复杂农业景观下寄生性天敌的多样性与寄生率均低于简单农业景观,但差异不显著。复杂农业景观结构下的麦田生境破碎化较大,破碎化指数是简单农业景观结构生境的 1.54 倍,生境破碎化的加剧影响天敌对猎物的寻找,也同样影响害虫对寄主植物的寻找,从而首先影响了不同农业景观下麦蚜入田时间的不同及迁入量的差异,麦田麦蚜捕食性天敌与寄生性天敌非常丰富^[19,23],复杂农业景观下麦蚜种群数量的急速增长可能是因为生境破碎化影响了天敌对猎物的寻找效应及寄生蜂的寄生^[1,24],此复杂农业景观下 3 中麦蚜的种群增长率都是大于简单农业景观下麦蚜的种群增长率。因此为进一步研究景观结构对麦蚜种群结构及动态的影响,还应在以下几方面深入研究:(1)景观结构复杂性与麦蚜寻找寄主植物及种群增长率之间的数量关系?

(2) 复杂农业景观结构下较大生境破碎化是否影响捕食性天敌及寄生性天敌对猎物的寻找效应? (3) 何种复杂性农业景观结构影响捕食性天敌及寄生性天敌对猎物的寻找效应?

References:

- [1] He D H. Landscape structure and control of insect pests in agroecosystems. *Plant Protection*, 2009, 35(3): 12-15.
- [2] Yu Z R, Hu D X, Wang J W. Landscape ecological functions of field boundary. *Chinese Journal of Ecology*, 1998, 17: 53-58.
- [3] Roland J, Tayler P D. Insect parasitoid species respond to forest structure at different spatial scales. *Nature*, 1997, 386: 531-538.
- [4] Gibbs J P, Stanton E J. Habitat fragmentation and arthropod community change: Carrion beetles, Phoretic metes, and flies. *Ecological Application*, 2001, 11(1): 79-85.
- [5] Losey J E, Vaughan M. The economics value of ecological services provided by insects. *Bioscience*, 2006, 56: 311-323.
- [6] With K A, Pavuk D M, Worchuck J L, Oates R K, Fisher J L. Threshold effects of landscape structure on biological control in agroecosystems. *Ecological Application*, 2002, 12(1): 52-65.
- [7] Stary P. Parasitoids and biocontrol of Russian wheat aphids *Diuraphis noxia* expanding in central Europe. *Journal of Applied Entomology*, 1999, 123: 273-279.
- [8] Tschamtk T. Parasitoid populations in the agricultural landscape//Hochberg M E, Ives A R, eds. *Parasitoid Population Biology*. Princeton, N J: Princeton University Press, 2000.
- [9] Costamagna A C, Menalled F D, Landis D A. Host density influences parasitism of the armyworm *Pseudaletia* in agricultural landscapes. *Basic and Applied Ecology*, 2004, 5: 347-355.
- [10] Menalled F D, Costamagna A C, Marino P C. Temporal variation in the response of parasitoids to agricultural landscape structure. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2003, 96: 29-35.
- [11] Henle K, Lindenmayer D B, Margules C R, Saunders D A, Wissel C. Species survival in fragmented landscapes: where are we now?. *Biodiversity and Conservation*, 2004, 13: 1-8.
- [12] Jonsson M, Wratten S D, Landis D A, Gurr G M. Recent advances in conservation biological control of aphropods by aphropods. *Biological Control*, 2000, 45: 172-175.
- [13] Kruss A. Effects of landscape structure and habitat type on a plant-herbivore-parasitoid community. *Ecography*, 2003, 26: 283-290.
- [14] Marino P C, Landis D A. Effect of landscape structure on parasitoid diversity in agroecosystems. *Ecological Application*, 1996, 6: 276-284.
- [15] Li B, Yang C, Lin P. *Ecology*. Beijing: Higher Education Press, 2005.
- [16] Vollhardt M G, Tschamtk T, Wackers F C, Bianchi F J, Thies C. Diversity of cereal aphid parasitoids in simple and complex landscapes. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2008, 126: 289-292.
- [17] Tschamtk T, Bommarco R, Clough Y, Criste T O, Kleijnd D, Rande T A, Tylianakis J M, Nohuysg S, Vidali S. Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biological Control*, 2007, 43: 294-309.
- [18] Stary P. Parasitoids and biocontrol of Russian wheat aphids *Diuraphis noxia* expanding in central Europe. *Journal of Applied Entomology*, 1999, 123: 273-279.
- [19] Ji Z D, Zheng M Y, Yang S S, Zhao J Z, Liu J J, Song J. The studies of parasites on wheat aphids in the south-central area of Hebei Province. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 1985, 8: 61-65.
- [20] Dong Q Z, Wei K, Meng Q X, Wu F Z, Zhang G X, Zhong T L, Liu D H. Investigation on long distance migration of grain aphids *Macrosiphum avenae* (Fabr.) in Ningxia. *Acta Entomologica Sinica*, 1987, 30: 277-282.
- [21] Dong Q Z, Li X Y, Meng Q X, Zhang G X, Wei K. Investigation on long distance migration of the greenbug *Schizaphis graminum* (Rond.) in Ningxia. *Acta Entomologica Sinica*, 1995, 38: 414-450.
- [22] Zhang X C, Zhou G H, Shi M. Studies on the long-distance migration and virus transmission by the aphid *Sitobion avenae* (F.). *Journal of Plant Protection*, 1985, 12: 9-14.
- [23] Li S G, Liu A Z. Study on the relationships among wheat aphids, natural enemy and yield loss of wheat and the threshold of aphids. *Journal of Plant Protection*, 1994, 21: 15-19.
- [24] Zhao Z H, He D H, Zhao Y S, Shi Y, Zhang D Z. Dynamics of aphids and parasitoids in different agricultural landscapes//The 2009 Annual Meeting of China Society of Plant Protection. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2009.

参考文献:

- [1] 贺达汉. 农业景观与害虫种群控制. *植物保护*, 2009, 35(3): 12-15.
- [2] 宇振荣, 胡敦孝, 王建武. 试论农田边界的景观生态功能. *生态学杂志*, 1998, 17: 53-58.
- [15] 李博, 杨持, 林鹏. *生态学*. 北京: 高等教育出版社, 2005.
- [19] 季正端, 郑明义, 杨树森, 赵建洲, 刘建军, 宋健. 河北省中南部地区的小麦蚜虫寄生蜂. *河北农业大学学报*, 1985, 8: 61-65.
- [20] 董庆周, 魏凯, 孟庆祥, 吴福桢, 张广学, 钟铁森, 刘驾慧. 宁夏地区麦长管蚜远距离迁飞的研究. *昆虫学报*, 1987, 30: 277-282.
- [21] 董庆周, 李效禹, 孟庆祥, 张广学, 魏凯. 宁夏地区麦二叉蚜远距离迁飞的研究. *昆虫学报*, 1995, 38: 414-450.
- [22] 张向才, 周广和, 史明. 麦蚜远距离迁飞和传毒规律的研究. *植物保护学报*, 1985, 12: 9-14.
- [23] 李世功, 刘爱芝. 麦蚜与天敌相互关系研究及麦蚜防治指标初报. *植物保护学报*, 1994, 21: 15-19.
- [24] 赵紫华, 贺达汉, 赵映书, 石云, 张大治. 农业景观变化对麦蚜种群动态及寄生蜂寄生率的影响. *中国植物保护学会 2009 年学术年会*. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2009.

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 30 卷 第 23 期 (2010 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 30 No. 23 2010

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