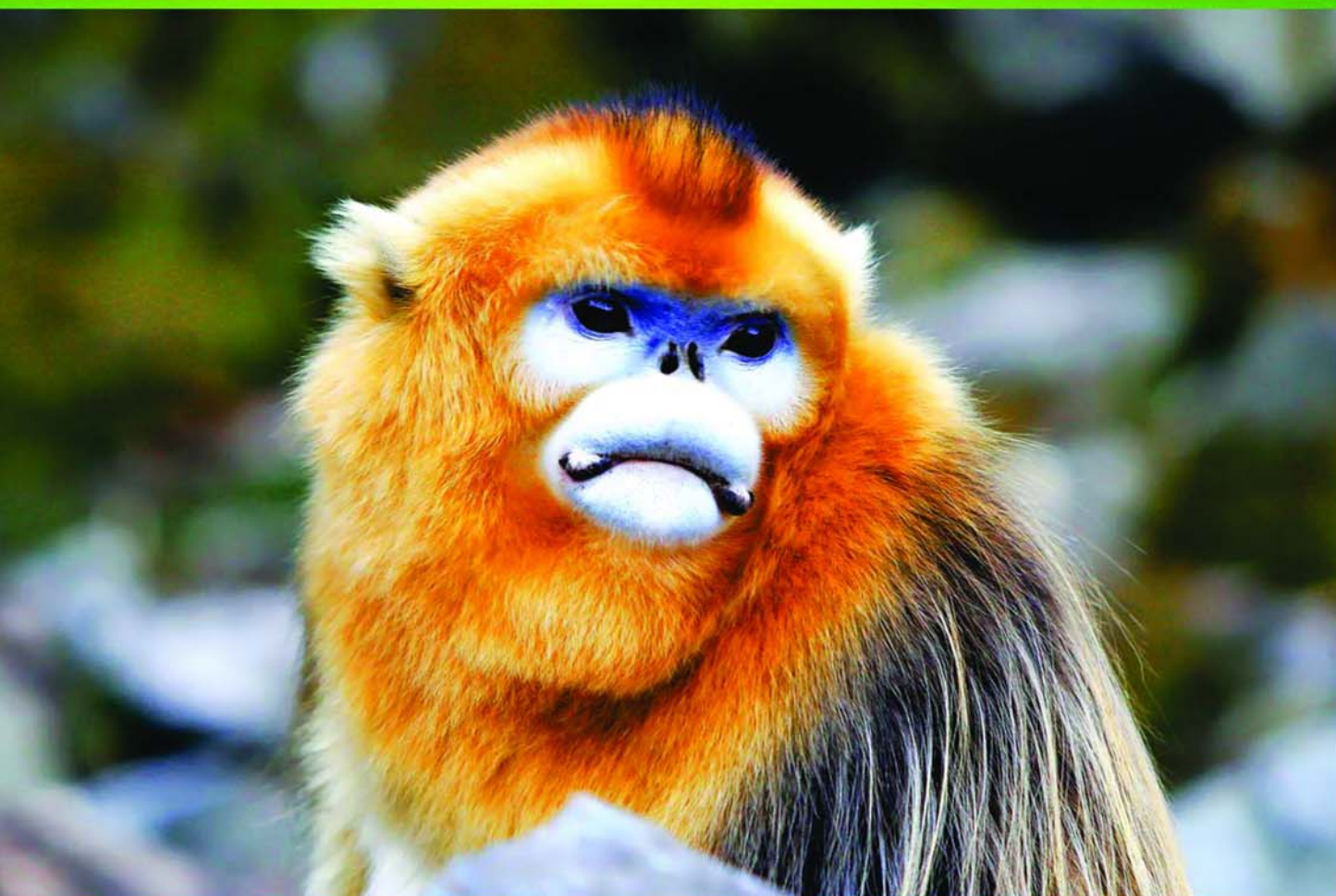


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第2期 Vol.32 No.2 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 2 期

2012 年 1 月 (半月刊)

目 次

北部湾秋季底层鱼类多样性和优势种数量的变动趋势	王雪辉,邱永松,杜飞雁,等 (333)
中国大陆鸟类和兽类物种多样性的空间变异	丁晶晶,刘定震,李春旺,等 (343)
粉蝶盘绒茧蜂中国和荷兰种群学习行为及 EAG 反应的比较	王国红,刘 勇,戈 峰,等 (351)
君主绢蝶的生物学及生境需求	方健惠,骆有庆,牛 犇,等 (361)
西南大西洋阿根廷滑柔鱼生物学年间比较	方 舟,陆化杰,陈新军,等 (371)
城市溪流中径流式低坝对底栖动物群落结构的影响	韩鸣花,海燕,周 斌,等 (380)
沉积再悬浮颗粒物对马氏珠母贝摄食生理影响的室内模拟	栗志民,申玉春,余南涛,等 (386)
太平洋中西部海域浮游植物营养盐的潜在限制	徐燕青,陈建芳,高生泉,等 (394)
几株赤潮甲藻的摄食能力	张清春,于仁成,宋静静,等 (402)
高摄食压力下球形棕囊藻凝聚体的形成	王小冬,王 艳 (414)
大型绿藻浒苔藻段及组织块的生长和发育特征	张必新,王建柱,王乙富,等 (421)
链状亚历山大藻生长衰亡相关基因的筛选	仲 洁,隋正红,王春燕,等 (431)
太湖春季水体固有光学特性及其对遥感反射率变化的影响	刘忠华,李云梅,吕 恒,等 (438)
程海富营养化机理的神经网络模拟及响应情景分析	邹 锐,董云仙,张祯祯,等 (448)
沙质海岸灌化黑松对蛀食胁迫的补偿性响应	周 振,李传荣,许景伟,等 (457)
泽陆蛙和饰纹蛙蝌蚪不同热驯化下选择体温和热耐受性	施林强,赵丽华,马小浩,等 (465)
麦蚜和寄生蜂对农业景观格局的响应及其关键景观因子分析	赵紫华,王 颖,贺达汉,等 (472)
镉胁迫对芥蓝根系质膜过氧化及 ATPase 活性的影响	郑爱珍 (483)
生姜水浸液对生姜幼苗根际土壤酶活性、微生物群落结构及土壤养分的影响	韩春梅,李春龙,叶少平,等 (489)
九州虫草菌丝体对 Mn 的耐性及富集	罗 毅,程显好,张聪聪,等 (499)
土霉素暴露对小麦根际抗生素抗性细菌及土壤酶活性的影响	张 昊,张利兰,王 佳,等 (508)
氮沉降对杉木人工林土壤有机碳矿化和土壤酶活性的影响	沈芳芳,袁颖红,樊后保,等 (517)
火炬树雌雄母株克隆生长差异及其光合荧光日变化	张明如,温国胜,张 瑾,等 (528)
湖南乌云界自然保护区典型生态系统的土壤持水性能	潘春翔,李裕元,彭 亿,等 (538)
祁连山东段高寒地区土地利用方式对土壤性状的影响	赵锦梅,张德罡,刘长仲,等 (548)
沙质草地生境中大型土壤动物对土地沙漠化的响应	刘任涛,赵哈林 (557)
腾格里沙漠东南缘可培养微生物群落数量与结构特征	张 威,章高森,刘光琇,等 (567)
塔克拉玛干沙漠南缘玉米对不同荒漠化环境的生理生态响应	李 磊,李向义,林丽莎,等 (578)
内蒙古锡林河流域羊草草原 15 种植物热值特征	高 凯,谢中兵,徐苏铁,等 (588)
不同密度条件下芨芨草空间格局对环境胁迫的响应	张明娟,刘茂松,徐 驰,等 (595)
环境因子对巴山冷杉-糙皮桦混交林物种分布及多样性的影响	任学敏,杨改河,王得祥,等 (605)
海藻酸铈配合物对毒死蜱胁迫下菠菜叶片抗坏血酸-谷胱甘肽循环的影响	栾 霞,陈振德,汪东风,等 (614)
城市化进程中城市热岛景观格局演变的时空特征——以厦门市为例	黄聚聪,赵小锋,唐立娜,等 (622)
基于遥感和 GIS 的川西绿被时空变化研究	杨存建,赵梓健,任小兰,等 (632)
亚热带城乡复合系统 BVOC 排放清单——以台州地区为例	常 杰,任 远,史 琰,等 (641)
研究简报	
不同水分条件下毛茛苔草枯落物分解及营养动态	侯翠翠,宋长春,李英臣,等 (650)
大山雀对巢箱颜色的识别和繁殖功效	张克勤,邓秋香,Justin Liu,等 (659)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 330 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 37 * 2012-01	



封面图说: 雄视——中国的金丝猴有川、黔、滇金丝猴三种,此外还有越南和缅甸金丝猴两种。金丝猴是典型的森林树栖动物,常年栖居于海拔 1500—3300m 的亚热带山地、亚高山针叶林、针阔叶混交林,常绿落叶阔叶混交林中,随着季节的变化,只在栖息的生境中作垂直移动。川金丝猴身上长有柔软金色长毛,十分漂亮。个体大,嘴角处有瘤状突起的是雄性金丝猴的特征。川金丝猴只分布在中国的四川、甘肃、陕西和湖北省。属国家一级重点保护、CITES 附录一物种。

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

DOI: 10.5846/stxb201012011711

赵紫华, 王颖, 贺达汉, 关晓庆, 辛明. 麦蚜和寄生蜂对农业景观格局的响应及其关键景观因子分析. 生态学报, 2012, 32(2): 0472-0482.

Zhao Z H, Wang Y, He D H, Guan X Q, Xin M. Effects of landscape structure and key landscape factors on aphids-parasitoids-hyper parasitoids populations in wheat fields. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(2): 0472-0482.

麦蚜和寄生蜂对农业景观格局的响应 及其关键景观因子分析

赵紫华^{1,2}, 王 颖¹, 贺达汉^{1,2,*}, 关晓庆¹, 辛 明¹

(1. 宁夏大学 农学院, 银川 710021; 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 710021)

摘要:多样性的农业景观格局通常会导致主要作物害虫及其寄生蜂的种类、数量和动态规律等发生相应的变化。利用并设计了两种尺度的麦田农业景观格局,依据麦蚜种群发生特点,分为迁入、增长与高峰 3 个时期,论述了不同尺度下农业景观元素对麦蚜及寄生蜂系统的影响,通过逐步回归筛选了不同时期麦蚜及寄生蜂分布的关键景观元素,最后通过 CANOCO 软件模拟了麦蚜及寄生蜂的分布排序格局。结果表明不同景观因子对麦蚜及寄生蜂种群影响不同,迁入期两种尺度下裸地最有利于两种有翅蚜迁入田,塑料大棚对有翅蚜种群入田有抑制作用。增长期草地与林地生境对麦蚜种群增长率促进最大,塑料大棚同样抑制了麦蚜种群增长;但塑料大棚、草地与林地对蚜茧蜂的种群增长有促进作用,非麦类作物生境对蚜茧蜂种群增长抑制作用最大;草地与林地有利于重寄生蜂种群的增长;高峰期裸地比例大的农业景观下麦蚜的最大种群密度较高,草地与林地对蚜茧蜂与重寄生蜂的最大种群密度在某种程度上均有促进作用。两种尺度下的研究结果一致。不同物种的对不同景观元素反应与形态学及其生活史特征有关,且景观结构中特定的植物种类、非作物植物的密度和物候期都可能影响寄生蜂集团的多样性与功能。

关键词:景观格局;裸地;景观因子;寄生蜂;空间尺度;麦蚜

Effects of landscape structure and key landscape factors on aphids-parasitoids-hyper parasitoids populations in wheat fields

ZHAO Zihua^{1,2}, WANG Ying¹, HE Dahan^{1,2,*}, GUAN Xiaoqing¹, XIN Ming¹

1 Agricultural School, Ningxia University, Yinchuan 710021, China

2 State Key Laboratory for Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystem in North-western China, Ningxia University, Yinchuan 710021, China

Abstract: Studies have shown that multiple agricultural structures could affect the dynamics and distribution of aphids, parasitoids and hyperparasitoid systems. In this article, we designed two spatial scales of agricultural structure and analyzed the affects of different agricultural landscape factors for wheat aphids, parasitoids and hyper parasitoids in two spatial scales in wheat fields in Ningxia Province, P. R. China. Through stepwise regression methods, we screened key landscape factors in two spatial scales that influenced wheat aphids, parasitoids and hyperparasitoids in different population growth periods. We then stimulated distribution and sequence of wheat aphid, parasitoids and hyperparasitoids with CANOCO software. As a result, we were able to study the influence of the landscape matrix and composition of surrounding landscapes on the proliferation of aphids, parasitoids and hyperparasitoids and analyze the dynamics of wheat aphids, parasitoids, hyper parasitoids and seven landscape factors (wheat fields, non-wheat crop fields, grassland, tree lands, bare area, plastic house, and other lands) in 95 fields over a two year periods (2009—2010). The composition and texture of the

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30860164)

收稿日期:2010-12-01; **修订日期:**2011-04-11

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

surrounding landscape were derived from high altitude photographs. Seven landscape variables, aggregated at two spatial scales ranging from 31400 m² to 125600 m², were measured from aerial photographs. Regression models incorporating within-field and seven landscape factors accounted for 37%—58% of the variety of aphids, parasitoids and hyperparasitoids in the wheat fields. Result showed a correlation between landscape factors and dynamics and distribution of aphids, parasitoids and hyperparasitoids. In immigration periods, bare areas greatly enhanced the immigration numbers of two wheat aphids while the employment of a plastic greenhouse sharply decreased the immigration number. In growth periods, grasslands and tree lands accelerated the population growth rate of two aphids species. As plastic greenhouse suppressed the population growth rate of aphids, however, plastic greenhouses, grasslands and tree lands accelerated the population growth rate of parasitoids (aphidiidae), which was greatly restrained by non-wheat crop habitat. Grasslands and tree lands accelerated the population growth rate of hyperparasitoids. Thus, we concluded that, in stable periods, the maximum population density was highest in the agricultural landscapes with the greatest percent of bare area. Both grasslands and tree lands increased the maximum population density of parasitoids and hyperparasitoids. The results in two spatial scales were similar. Overall, parasitoids and hyperparasitoids abundance and species diversity increased with increasing bare area in wheat fields and with increasing amounts of non-cultivated lands and increasing patchiness in the surrounding landscape. We attributed the discrepancy between the response of these parasitoids and hyperparasitoids to landscape factors in relation to differences in morphological and life history characteristics. The specific composition of parasitoid and hyperparasitoid assemblages significantly alters parasitism at different levels of agricultural landscape composition. Future studies should evaluate more plants in landscape, non-crop herbivore densities and allot more time to the impact of agricultural landscapes on diversity and function parasitoid and hyperparasitoid. Major areas of study covered the construction and design of agricultural structure in successive spatial-temporal scale, which enhanced activity and predation of natural enemies in agricultural landscape and suppressed the pest population to the greatest extent.

Key Words: landscape structure; bare area; landscape factors; Parasitoids; spatial scale; wheat aphids

景观生态学是研究空间景观结构以及与生态过程相互关系的一门科学^[1]。空间过程在群落与种群生态学中扮演着越来越重要的角色,复合群落理论描述了空间中多个群落之间的相互扩散过程。昆虫个体在不同的空间斑块之间扩散成为局部群落组成的一个重要的方面,而对群落功能产生重要的影响。几个世纪以来,农业景观一直从自然生境向农田生境不断过渡与转化,目前中国耕地面积已占国土面积的 36%,在这些多种类型的农业景观中,耕地类型仍然在发生迅速的变化,由人类活动引起的空间景观结构的变化对动植物在原有生境中的分布与生存具有重要的影响^[1-3]。景观结构的改变正逐年加剧,景观结构影响生物间相互作用^[4-8],包括寄生性天敌对寄主的寄生率^[9-10],这方面的研究对将来生物多样性的保护是非常关键^[1,4]。农业景观中,非作物生境为寄生蜂提供食物、避难所、适宜的微气候环境、中间寄主或这些资源的结合^[2,7]。一般情况下,寄生蜂在非作物环境中主要寻找可利用的资源,在作物生境中寻找自己适宜的寄主^[10-11]。因此,寄生蜂需要不同的生境的资源才能维持健康的种群,而多样性的农业景观多样性的资源可为寄生蜂提供更多有用的资源与适宜的生境^[2,4]。

最近研究证明,农业景观下非作物生境的丰富度与多样性显著影响着寄生蜂种群^[2,11-13]。在人类活动的影响下,农业景观已经成为高度时空异质化的结构,但这种高度异质化的农业景观如何影响生物的过程尚有待深入研究^[14]。近 10a 来,随着农业景观格局的加速转变^[12-14],农业景观格局能够影响天敌的多样性,提供良好的越冬环境,提供替代猎物与转移寄主等。然而这方面的研究在生物防治上还鲜有关注。景观结构对昆虫种群发生有一定影响作用,但对害虫生物防治上有关景观格局的研究多数集中在定性上的研究,较少的学者将不同的景观因子量化,而在不同农业景观格局下研究影响害虫及天敌关键景观因子,尤其是景观格局对害虫寄生率及重寄生率的影响及关键景观因子,目前还处于空白。

景观结构影响生物间的相互作用越来越成为生物学家的共识,包括寄生性天敌对猎物的寄生率。因此,复杂农业景观中多样的与丰富的资源能够极大促进寄生蜂与重寄生蜂的寄生率。麦长管蚜 *Macrosiphum avenae* (F.)、麦二叉蚜 *Schizaphis graminum* (Rond) 是中国西北小麦种植区域中危害最为严重的种类,寄主植物大约 100 种,不仅直接吸食小麦汁液,而且传播小麦黄矮病毒,甚至降低小麦种的蛋白质含量,给小麦生产造成了巨大的危害,燕麦蚜茧蜂 *Aphidius avenae* Haliday、烟蚜茧蜂 *Aphidius gifuensis* Ashmead 为麦蚜的初寄生蜂优势种,蚜虫宽缘金小蜂 *Pachyneuron aphidis* Walker、蚜茧蜂金小蜂 *Asaphes vulgaris* Walker 为麦蚜重寄生蜂优势种。随着西北农业现代化与设施化的发展,农业景观发生了巨大的变化,这种农业景观的变化带来了麦蚜与寄生蜂种群的巨大影响,但农业景观格局的演化最终对麦蚜的影响还不清楚。本文研究了农业景观格局对麦蚜初寄生蜂及重寄生蜂的影响,探讨农业景观格局对麦蚜初寄生蜂与重寄生蜂群落多样性影响的关键景观因子及交互作用。主要拟解决 3 个问题:(1) 农业景观结构中影响麦蚜及寄生蜂种群的关键景观因子是什么?(2) 这些关键景观因子是如何导致麦蚜及寄生蜂种群发生变化的?(3) 农业景观影响麦蚜及寄生蜂分布的空间尺度? 研究麦蚜种群及天敌寄生率对这种麦田斑块动态变化的响应,对揭示麦蚜活动规律的变化、蚜虫生物防治及预测预报具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 研究区域

试验研究分别在 2009 年和 2010 年的 4—7 月进行,共实施 2 a。研究区域设在宁夏银川市兴庆区掌政乡 (38°25'45N; 106°22'21E),该试验区为银川温棚设施农业示范园区,有着近 0.1 万 hm^2 的设施温棚,而且近年来呈不断扩大的趋势,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,复杂的农业景观与简单的农业景观并存,种植作物与种植模式多种多样,春小麦是主要的粮食作物。利用 Google Earth (Http://earth.google.com/) 提供的数字影像图(分辨率为 2 m),在直径 10000 m 的圆形范围内,以自然选取和人为空间补种地方法,共设置小麦斑块 95 块,平均面积 676.55 m^2 (图 1)。

1.2 研究方法

研究对象包括麦蚜:麦长管蚜 *Macrosiphum avenae* (F.)、麦二叉蚜 *Schizaphis graminum* (Rond); 初寄生蜂(蚜茧蜂科):燕麦蚜茧蜂 *Aphidius avenae* Haliday、烟蚜茧蜂 *Aphidius gifuensis* Ashmead 与重寄生蜂(金小蜂科):蚜虫宽缘金小蜂 *Pachyneuron aphidis* Walker、蚜茧蜂金小蜂 *Asaphes vulgaris* Walker。以不同的小麦田块为样地,GPS 定位,根据麦蚜种群变化,结合寄生蜂的种群动态,把种群动态划分为麦蚜种群迁入期(5-02—5-15)、麦蚜种群增长期(5-16—5-30)和麦蚜种群高峰期(5-30—6-20)。在麦蚜的上述不同时期分别全面调查小麦斑块内的麦蚜种类及百株蚜量,同时调查寄生蜂百株虫量,并采集僵蚜带回实验室饲养鉴定,根据种类数量比例换算各时期不同寄生蜂在各小麦斑块内的种群数量。

景观结构划分:把农业景观划分为麦田、非麦类作物、林地、草地、大棚薄膜、裸地与其它七大类。以每块小麦斑块圆心点,以 100 m 为半径,向外扩展,划同心圆,共划 2 个,半径分别为 100 m 与 200 m 的同心圆,两种尺度分别为 31400 m^2 与 125600 m^2 ,每个半径为一个缓冲带,共 2 个缓冲带,每个缓冲带的景观因子包括麦田作物、非麦类作物、草地、林地、大棚,其他景观,共 7 种景观因子的斑块与面积,麦田土地斑块的隔离度与麦田格局指数等。针对不同景观背景的小麦田斑块,进行不同麦田斑块的麦蚜与僵蚜的调查,分别调查麦蚜、寄生性天敌与景观因子,景观数据的判定方法通过地面测量与航片识别相结合进行。

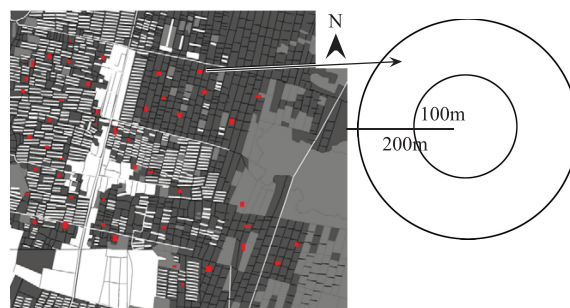


图 1 研究区域的土地利用图及取样示意图

Fig. 1 The satellite map of study area and sampling sketch map

具体调查采用棋盘式五点取样法,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 200 株小麦,采取目测和计数相结合的方法,每 200 株小麦观察并记录 15—20 min,分别记录 200 株小麦上的僵蚜、麦长管蚜、麦二叉蚜有翅蚜与无翅蚜的数量,将每块样地采集到的所有僵蚜分别装入指形瓶,带回实验室放入培养皿,用采集日期与样地代号编号(例如 2009 年 5 月 7 日 14 样地,编号为 09050714),放入光照培养箱中饲养,饲养条件(L:D=16:8,(20±1)℃,RH=65%±3%),共饲养 40 d 以上,每天 17:00 观察羽化的情况,直至僵蚜中无新的寄生蜂羽化,将羽化的寄生蜂放入 90% 酒精浸泡,没有羽化的僵蚜在实验室内解剖,观察没有羽化的原因,蚜尸放入 90% 酒精,以待鉴定。

1.3 分析方法

1.3.1 景观格局指数与其他指数选取

景观类型多样性指数^[7]: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 在景观中出现的概率, n 为景观中斑块类型的总数;麦田斑块景观破碎化指数^[7]: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。本文中只计算并使用麦田生境的破碎化指数;景观连接度指数:采用平均最近邻体距离 $MNV = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n h_{ij}}{N'}$,式中 m 、 n 为斑块类型的总数, N 为景观中总斑块数,本文中最近邻体距离全部为麦田生境;种群增长率^[8]: $R = \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{N_0}/n$,式中 N_i 是增长期前期的种群密度, N_0 是麦蚜增长期后期的种群密度, n 为同样面积的斑块数;控制力指数: $C = 1 - \frac{AP - PA + HY}{AP}$,式中 C 为控制力指数,AP、PA、HY 分别为麦蚜、蚜茧蜂与重寄生蜂的种群密度。

1.3.2 原始数据的前处理

标准化处理:物种数据的处理:对 CANONO 分析中的麦蚜有翅蚜迁入量、种群增长率与最大种群密度的原始数据在分析前实行标准化处理,迁入量、种群增长率与最大种群密度分别标准化,每个时期每个物种数据总量合为 1,分别计算每块样地中不同物种所占有的比例,用每个物种所占的比例代替真实值,这种比例是一种相对值,使用相对比例进行 CANONO 分析。景观特征指数与个体数原始数据使用同样的方法处理。景观数据的处理:7 个景观因子全部换算为面积的百分率,保持量纲统一,以百分率进行本论文的所有关于景观因子的计算。

1.3.3 统计模型的选用

逐步回归模型分析 SAS 8.2 (Statistics Analysis System 8.2, SAS Institute Inc.):在建立多元回归方程的过程中,按偏相关系数的大小次序将自变量逐个引入方程,对引入方程中的每个自变量偏相关系数进行统计检验,效应显著的自变量留在回归方程内,循此继续遴选下一个自变量。本文使用小麦斑块景观因子的 7 个变量对 6 个不同的物种分别作逐步回归分析,以探求不同景观因子对不同物种的影响程度。

CANONO 4.5 的 PCA 排序^[17]:PDA 排序是一种线性多元回归模型,可用于检验分析环境变量与物种变量之间的关系。本文使用环境变量为 7 中景观变量的比例,物种变量为蚜虫,初寄生蜂与重寄生蜂标准化处理后的相对值。

2 结果与分析

2.1 景观结构指数对麦蚜及寄生蜂种群及分布的影响

由图 2 可知,两种景观尺度下景观多样性指数对麦蚜-初寄生蜂-重寄生蜂系统个体数有促进作用,随着景观多样性的增加,个体数也随着增加,100 m 与 200 m 尺度下斜率分别为 0.0087 与 0.0336,200m 尺度下对个体数的影响更大。

两种景观尺度下麦田景观破碎化指数对总个体数略有促进作用,呈正相关关系(图2),斜率分别为0.0148与0.022,两种尺度下麦田破碎化指数均能促进个体数的增加,相关系数分别为0.4172与0.1479。

麦田景观连接度对个体数的影响不明显,两种尺度下模拟的线性关系斜率都极小,分别为-0.0024与0.0047,相关系数极低,分别为0.0077与0.0041。说明麦田景观连接度对景观中个体数的影响不大。

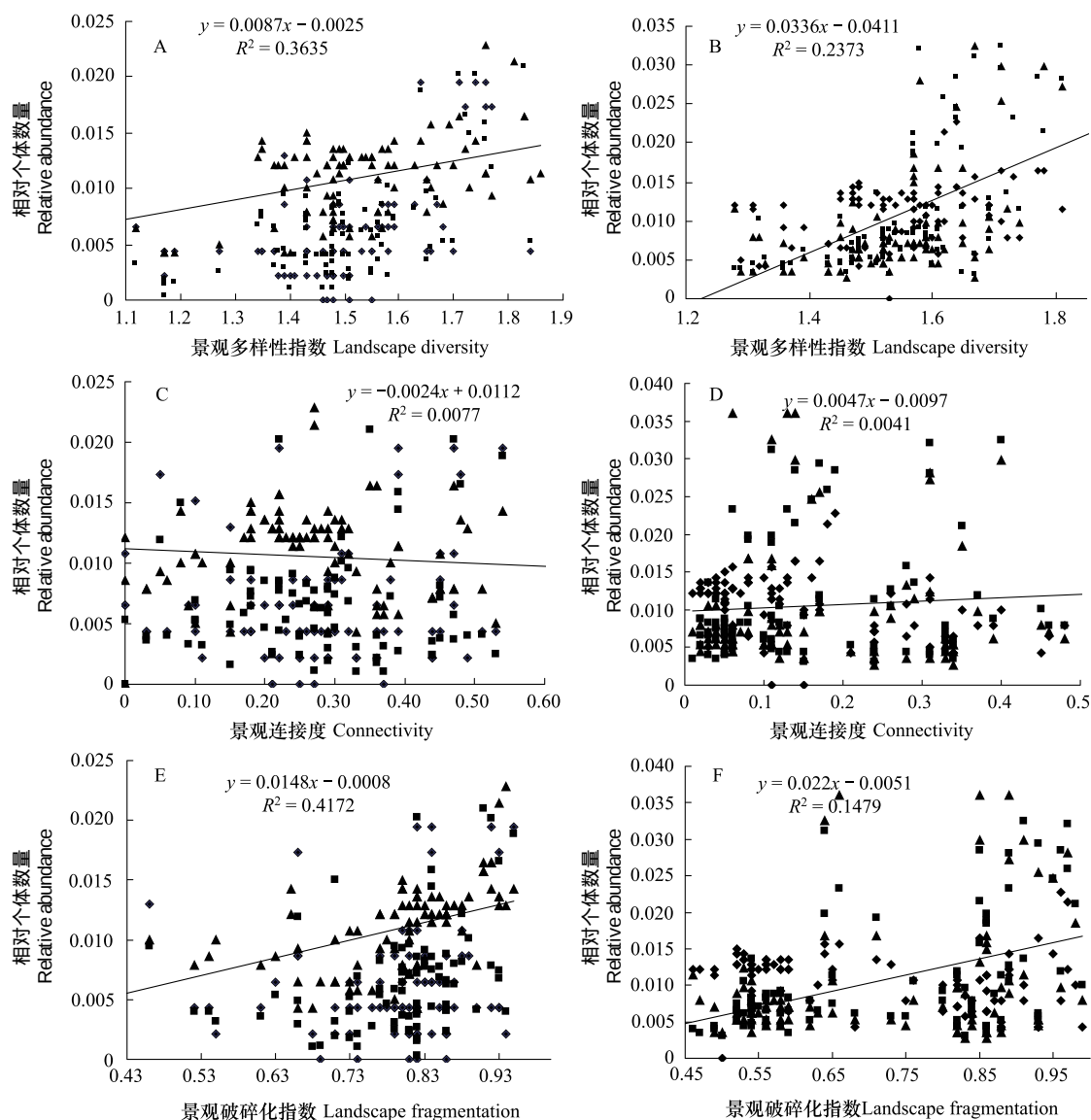


图2 景观特征指数与麦蚜-初寄生蜂-重寄生蜂的相对个体数量关系

Fig. 2 Relationship of between landscape index and relative abundance of wheat aphids, parasitoids and hyperparasitoids

A, C, E: 100m 尺度 100m spatial scale, B, D, F: 200m 尺度 200m spatial scale

2.2 麦田斑块的景观结构组成对麦蚜及寄生蜂分布的影响

2.2.1 迁入期景观结构对麦蚜种群的影响

迁入期景观结构主要影响麦二叉蚜与麦长管蚜有翅蚜的迁飞入田,不同斑块类型对有翅蚜种群的影响不一致(表1)。其中裸地(BA)的比例对有翅蚜的迁入影响最大,100 m 景观尺度下对麦长管蚜与麦二叉蚜有翅蚜影响系数分别为1.43与1.32;200 m 景观尺度下的系数分别为1.83与1.99。随景观尺度的增大,裸地的比例与有翅蚜的迁入量呈正相关关系。其次100 m 尺度下塑料大棚的比例对有翅蚜的迁入呈负相关关系,高比例的棚膜有利于抑制有翅蚜的迁入。200 m 景观尺度下草地生境对麦长管蚜有翅蚜迁入有促进作用,非

麦类作物生境对麦二叉蚜有翅蚜迁入也有促进作用。

表 1 迁入期景观结构组成对麦蚜有翅蚜的影响
Table 1 Effects of landscape structure on alate wheat aphids in immigration periods

种名 Name	尺度 Scale/m	回归方程 Regression	R^2
麦长管蚜 <i>M. avenae</i>	100	MA = 1.43BA - 0.16PH + 5.01	0.100, 0.52
	200	MA = 1.83BA + 0.36PH + 0.09GL + 11.98	0.71, 0.77, 0.78
麦二叉蚜 <i>S. graminum</i>	100	SG = 1.32BA - 0.18PH + 5.71	0.44, 0.46
	200	SG = 1.99BA + 0.28PH + 0.17NW + 1.94	0.69, 0.76, 0.77

SG: 麦二叉蚜的种群密度 Population density of *S. graminum*, WF: 麦田景观因子的比例 Percentage of wheat fields, NW: 非麦类作物景观因子的比例 Percentage of non-wheat crop fields, BA: 裸地景观因子的比例 Percentage of bare area, GL: 草地景观因子的比例 Percentage of grasslands, TL: 林地景观因子的比例 Percentage of tree lands, PH: 塑料大棚景观因子的比例 Percentage of plastic house, OL: 其他类型景观因子的比例 Percentage of other lands

2.2.2 增长期景观结构对麦蚜及寄生蜂种群的影响

增长期不同景观因子对不同种类的影响差异较大(表2)。草地生境与林地生境对麦长管蚜种群增长率影响和较大,在不同尺度下均能促进麦长管蚜的种群增长率,100 m 与 200 m 景观尺度下系数分别为 0.43 与 0.77(表2),非麦类作物生境能够降低麦长管蚜的种群增长率。裸地对麦二叉蚜的种群增长率有巨大的促进作用,100 m 与 200 m 尺度下的系数分别为 1.54 与 1.68(表2),塑料棚膜与林地对麦二叉蚜的种群增长率也有促进作用。

塑料大棚比例对蚜茧蜂种群的促进作用最大,不同尺度下对燕麦蚜茧蜂与烟蚜茧蜂均有较大的促进作用,不同尺度下对燕麦蚜茧蜂的系数分别为 0.78 与 1.47,对烟蚜茧蜂的系数分别为 0.25 与 1.23,尤其在 200 m 景观尺度下影响更大。其次 100 m 景观尺度下裸地的分布对蚜茧蜂也有较大的促进作用,非麦类作物生境对蚜茧蜂种群有抑制作用,100 m 景观尺度下对燕麦蚜茧蜂与眼蚜茧蜂的影响系数分别为-0.12 与-0.03。

林地与裸地对重寄生蜂种群的促进作用最大。不同景观尺度下裸地对蚜茧蜂金小蜂的影响系数分别为 0.62 与 1.10,对蚜虫宽缘金小蜂的影响系数分别为 0.78 与 1.23。塑料大棚也同样对重寄生蜂种群有弱促进作用,100 m 景观尺度下麦田生境的比例低对蚜虫宽缘金小蜂有抑制作用,影响系数为 0.05。

表 2 增长期景观结构组成对麦蚜及寄生蜂增长率的影响
Table 2 Effects of landscape structure on growth rate of wheat aphids, parasitoids and hyperparasitoids in growth periods

种名 Name	尺度 Scale/m	回归方程 Regression	R^2
麦长管蚜 <i>M. avenae</i>	100	MA = 0.43TL + 0.39OL - 0.16NW + 0.15GL + 17.19	0.30, 0.43, 0.48, 0.100
	200	MA = 0.77GL + 0.26PH + 0.26TL + 0.27	0.44, 0.87, 0.97, 0.98
麦二叉蚜 <i>S. graminum</i>	100	SG = 1.54BA + 1.19PH + 6.16	0.74, 0.83
	200	SG = 1.68BA + 1.13TL + 6.73	0.84, 0.89
燕麦蚜茧蜂 <i>A. avenae</i>	100	AA = 0.78PH + 0.77BA - 0.12NW - 0.04GL + 5.03	0.79, 0.84, 0.86, 0.86
	200	AA = 1.47PH + 0.83TL + 2.08	0.72, 0.75
烟蚜茧蜂 <i>A. gifuensis</i>	100	AG = 0.25PH + 0.18BA - 0.03NW + 0.63	0.76, 0.80, 0.81
	200	AG = 1.23PH - 0.17NW + 2.25	0.36, 0.53
蚜茧蜂金小蜂 <i>P. aphidis</i>	100	PA = 0.62BA + 0.48TL + 0.34PH - 0.24	0.70, 0.81, 0.87
	200	PA = 1.10BA + 0.89TL - 0.09PH + 5.29	0.54, 0.59, 0.60
蚜虫宽缘金小蜂 <i>A. vulgaris</i>	100	AV = 0.78TL + 0.71BA + 0.31OL + 0.12PH - 0.05WF + 1.39	0.57, 0.77, 0.79, 0.80, 0.81
	200	AV = 1.16TL + 0.93BA - 0.09PH + 5.94	0.100, 0.58, 0.58

AA: 燕麦蚜茧蜂的种群密度 Population density of *A. avenae*, AG: 烟蚜茧蜂的种群密度 Population density of *A. gifuensis*, PA: 蚜茧蜂金小蜂的种群密度 Population density of *P. aphidis*, AV: 蚜虫宽缘金小蜂的种群密度 Population density of *A. vulgaris*

2.2.3 高峰期景观结构对麦蚜及寄生蜂种群的影响

高峰期不同景观因子对麦蚜及寄生蜂种群影响不同。裸地对麦蚜最大种群数量影响最大,尤其在 100 m 尺度下裸地的影响最大,对麦长管蚜与麦二叉蚜的影响系数分别为 29.05 与 73.72。在两个景观尺度下塑料大棚对麦蚜的最大种群数量均有抑制作用,对麦长管蚜的影响系数为-2.72 与-8.21,对麦二叉蚜的影响系数分别为 5.69 与 13.34。草地生境在 100 m 景观尺度下对麦长管蚜有促进作用,麦田生境在 200 m 景观尺度下对两种蚜虫的最大种群密度也有促进作用。

草地生境与裸地的比例对蚜茧蜂种群的促进作用最大。100 m 景观尺度下草地生境对蚜茧蜂的最大种群密度影响最大,影响系数分别为 0.78 与 0.49,200 m 景观尺度下裸地对蚜茧蜂的最大种群密度影响最大,影响系数分别为 0.68 与 0.43。林地生境对蚜茧蜂的最大种群密度也有促进作用。

高峰期林地生境对重寄生蜂的最大种群密度影响最大。200 m 尺度下对 2 种重寄生蜂的影响系数分别为 0.35 与 0.19,其次草地生境在 100 m 尺度下对蚜茧蜂金小蜂的最大种群密度影响也较大,影响系数为 0.79。裸地也能够一定程度上促进重寄生蜂的最大种群数量。麦田生境与非麦类作物生境对重寄生蜂的分布有抑制作用。

表 3 高峰期景观结构组成对麦蚜及寄生蜂最大种群密度的影响

Table 3 Effects of landscape structure on maximum population density of wheat aphids, parasitoids and hyperparasitoids in peak periods			
种名 Name	尺度 Scale/m	回归方程 Regression	R ²
麦长管蚜 <i>M. avenae</i>	100	MA = 29.05BA + 13.99GL - 2.72PH - 194.18	0.75, 0.77, 0.79, 0.81
	200	MA = 12.88BA - 8.21PH + 3.53WF - 138.65	0.60, 0.63, 0.66
麦二叉蚜 <i>S. graminum</i>	100	SG = 73.72BA - 5.69PH + 224.63	0.68, 0.87
	200	SG = -38.14OL + 35.07BA - 13.34PH + 3.26WF - 168.67	0.74, 0.77, 0.79, 0.80
燕麦蚜茧蜂 <i>A. avenae</i>	100	AA = 0.78GL + 0.54TL + 0.49PH + 0.07WF - 1.84	0.54, 0.47, 0.57, 0.60
	200	AA = 0.68BA + 0.43TL + 9.26	0.37, 0.44
烟蚜茧蜂 <i>A. gifuensis</i>	100	AG = 0.49GL + 0.01WF + 0.49	0.67, 0.68
	200	AG = 0.43BA + 0.04TL + 0.22	0.35, 0.48
蚜茧蜂金小蜂 <i>P. aphidis</i>	100	PA = 0.79GL - 0.11PH - 0.06NW + 6.64	0.41, 0.100, 0.52
	200	PA = 0.35TL + 0.22BA + 0.11PH - 0.05WF + 3.76	0.28, 0.34, 0.37, 0.38
蚜虫宽缘金小蜂 <i>A. vulgaris</i>	100	AV = 0.74TL + 0.23PH - 0.04NW + 2.11	0.55, 0.57, 0.59
	200	AV = 0.66BA + 0.19TL + 1.87	0.49, 0.52

2.3 景观结构对麦蚜-初寄生蜂-重寄生蜂系统的影响

由图 3A 可知,100 m 尺度麦田农业景观下蚜虫-初寄生蜂-重寄生蜂系统总体上受景观因子的影响是一致的。裸地、林地与草地是促进蚜虫-初寄生蜂-重寄生蜂系统的关键景观因子,而麦田、非麦类作物、塑料大棚与其他景观因子对蚜虫-初寄生蜂-重寄生蜂系统有抑制作用。裸地是迁入期影响麦蚜有翅蚜迁入的最重要的景观因子,裸地(BA)箭头与两种麦蚜有翅蚜(IAP)箭头夹角极小,近于重叠,说明裸地能够极大促进麦蚜有翅蚜的迁入量。林地(TL)与草地(GL)也能促进有翅蚜的迁入量,影响效果基本一致,他们在裸地(BA)上的投影距离基本相等。塑料大棚(PH)是抑制有翅蚜迁入的最大景观因子,然后依次为非麦类作物、麦田与其他,抑制作用依次降低。草地与裸地是影响增长期各不同物种种群增长率的两个重要景观因子,增长期不同物种的种群增长率与草地和裸地均呈锐角关系,林地也与增长期种群增长率呈正相关关系,塑料大棚、非麦类作物、麦田与其他,按他们在种群增长率反方向的投影距离,抑制作用也依次减弱。林地是影响高峰期出寄生蜂与重寄生蜂的重要景观因子,草地与裸地也能促进出寄生蜂重寄生蜂的最大种群密度,其余景观因子均有抑制作用,而影响高峰期麦蚜最大种群密度的仍然是裸地,草地与林地也能促进麦蚜的最大种群密度,其余景观因子均有抑制作用。增长期蚜茧蜂的对麦蚜的控制力(GCON)受林地(TL)景观因子的影响最大,两个箭头的夹角极小,另外草地(GL)与裸地(BA)对增长期蚜茧蜂的控制力也有促进作用,其余景观因子均有不同

程度的抑制作用。而稳定期蚜茧蜂的控制力受非麦类作物生境(NW)与其他(OL)影响最大,麦田生境(WF)也有促进作用,塑料大棚几乎不影响蚜茧蜂对麦蚜的控制作用,其余景观因子对稳定期蚜茧蜂的控制力有抑制作用。

由图 3B 可知,200 m 尺度下景观因子对麦蚜-初寄生蜂-重寄生蜂系统的影响略有差异,主要表现在塑料大棚(PH)与草地(GL)上,200 m 尺度下塑料大棚能够促进有翅蚜的迁入量,而且草地对麦蚜-出寄生蜂-重寄生蜂系统的影响不大,与迁入量、种群增长率和最大种群密度夹角几乎呈垂直关系。

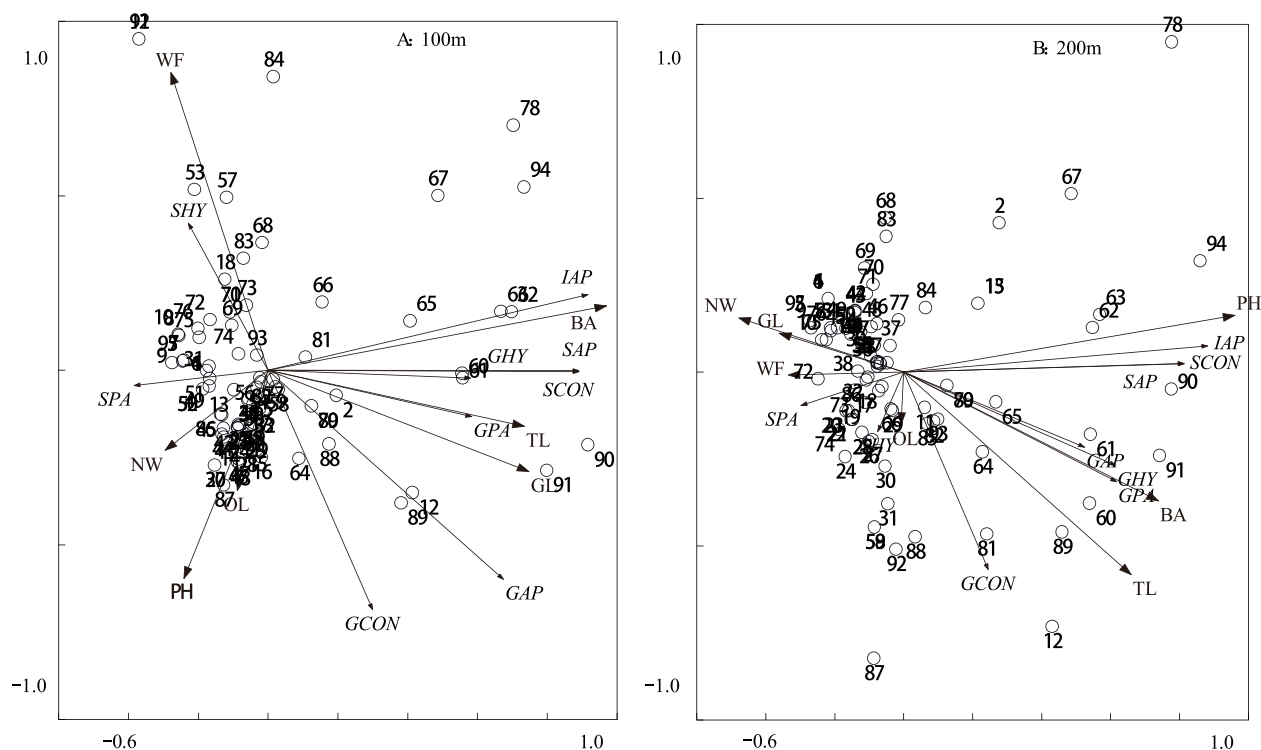


图 3 麦蚜-初寄生蜂-重寄生蜂系统采样点与景观因子的典型对应分析图

Fig. 3 PCA ordination diagrams of wheat aphids, parasitoids and hyperparasitoids

IAP: 迁入期有翅蚜总量, GAP: 增长期总麦蚜种群增长率, SAP: 高峰期总麦蚜最大种群密度, GPA: 增长期蚜茧蜂种群增长率, GPA: 高峰期蚜茧蜂最大种群密度 t, GHY: 增长期重寄生蜂的种群增长率, SHY 高峰期重寄生蜂最大种群密度 t, GCON: 增长期蚜茧蜂控制力, SCON: 高峰期蚜茧蜂控制力

3 讨论

研究结果表明,塑料大棚对麦蚜有翅蚜的迁入有很强的抑制作用,对麦蚜最大种群密度也有抑制作用,塑料大棚在一定程度上降低了麦蚜的危害,但却对蚜茧蜂种群的建立有一定的促进作用,提高了其对麦蚜的寄生率。增长期蚜茧蜂的控制力与林地关系密切,可能林地为麦田蚜茧蜂种群的建立提供了必要的食物资源与栖息地,而高峰期蚜茧蜂的控制力却受非作物生境影响较大,与林地生境呈负相关关系,这有可能是林地还维持了大量的重寄生蜂种群,对麦田中已经建立的蚜茧蜂种群有抑制作用,而导致高峰期林地、草地的蚜茧蜂控制效果减弱。侯茂林指出塑料大棚抑制了麦蚜有翅蚜的迁飞入田,对寄生蜂种群却又微弱的促进作用,与我们的结论一致^[7]。此外也有周海波等指出裸地也是影响有翅蚜迁入的重要因子^[8],这些结论与本文的部分结果相符。寄生蜂是麦蚜的重要天敌,寄生蜂通常存在于整个害虫的危害期,而不像一些捕食性天敌仅仅在害虫危害较重的时期(6—7月)内存在,因此如何让寄生蜂种群更稳定的生存是害虫生物防治的关键^[13]。Bianch 曾报道在所有空间尺度下菜青虫 *Mamesta brassicae* 的寄生率都与作物的比例呈负相关关系^[5],并推测非作物生境必定存在寄生性天敌完成生命周期的重要资源。Thies 认为草地生境存在寄生蜂的越冬环境与中间寄主,且多次观察到寄生蜂从草地向农田生境的转移^[9-10]。Langer 认为寄生蜂在存在转移寄主存在的条件

下有利于寄生麦蚜^[18]。有些多寄生型的寄生蜂很容易在不同的猎物间转移,Pungerl 成功的诱导阿维蚜茧蜂 *A. evri* 从 *A. pisum* 寄主到 *S. avenue* 寄主的转移,而 *A. rhopalosiph* 也经常从寄生草地生境中的 *M. festucae* 到寄生麦蚜。

种间竞争是维持食物网中物种相互作用的重要因素,但现代的农业景观通常会打乱这些稳定的系统。生境破碎化几乎不影响初寄主蜂的寄生率,在不同的空间尺度上寄主密度与寄生率关系亦存在差异^[13-14]。Landis 在密歇根的研究表明多样性的农业景观下的寄生蜂对 *Pesudaletia unipuncta* 的寄生率更高^[15]。Langer 认为农田中频繁的人工干扰强烈影响寄生蜂的群落组成,而形成较差的环境适应性,景观结构复杂性的上升有利于寄生率的上升,非作物生境能够为寄生蜂提供良好的越冬场所、食物与转移寄主^[18]。Costamagn 研究发现非作物生境中的植物花粉花蜜是多种寄生蜂需要取食的蜜源植物^[12]。最近的研究已经证明了非作物生境的丰富度与多样性能显著影响农业景观中寄生蜂种群的发生^[12-13]。这些结果大多是通过特异性的寄主-寄生蜂系统研究得到的,大部分的研究集中在寄生蜂群落与变化的农业景观之间的关系上。

农业景观基质的组成如何影响物种的丰富度主要由景观结构的组成、基粒大小与物种的生活史特征决定,尤其是生物的运动能力与生境需要^[3]。对于大多数有关寄生蜂的研究,不同生境中越冬环境与栖息环境的布局对于影响寄生性天敌的分布尤为关键,这些天敌需要在这些不同的生境中活动,以满足不同生活史的需求^[4,16,19-20]。小尺度农业景观中,非作物生境对寄生性天敌的影响是局部的,物种对农业景观元素的空间组成、大小、分布及变异的反应也有差异,因此观察物种分布的差异较为困难。在大尺度的农业景观中,局部寄生蜂的分布受基质效应的影响更为强烈,不同物种的扩散能力大大影响他们在大尺度农业景观中需求基本资源的时间和消耗的能量^[3,21]。

研究发现麦蚜及寄生蜂对不同的景观基质组成及斑块的反应不同,景观元素影响每个物种的程度不同,尤其不同的营养级之间物种,受不同景观元素的影响差异巨大^[22-24]。随着景观基质中非作物生境(草地、林地等)的增大,寄生蜂种群分布也随之增加,相反作物生境的比例上升,麦蚜危害的程度也逐步上升。因此在农业景观中设计不同景观元素合理的组成、大小与分布对增加麦蚜天敌的种群数量颇有前景。从蚜虫生物防治的角度看,在最小程度的降低农业景观中作物比例的情况下,最优的农业景观设计应该为天敌在不同需要的生境相互转移提供最便捷的条件^[3,25-26]。燕麦蚜茧蜂与烟蚜茧蜂运动与迁飞能力较差,对小尺度农业景观结构组成反应非常敏感。本研究认为这种初寄生蜂与重寄生蜂群落的演化受景观结构的复杂性影响的原因可能受景观格局中的植物种类有关,尤其是1年生或多年生的开花植物,这些植物可以为寄生性昆虫提供花粉、花蜜与适宜的微气候,甚至成为农田生境受干扰后的避难所或越冬场所,当然这些植物与寄生蜂间的关系是特异性的,寻找这种初寄生蜂与特异性植物间的关系,排除为重寄生蜂提供资源的特异性植物可能是将来保护性生物防治的重要研究方向^[9-10,15,22]。因此景观格局中的植物种类、非作物植物的密度与物候期的研究,对寄生蜂群落的多样性与功能具有更重要的意义^[23-25]。

结构复杂的景观以高比例的半自然生境为特征,例如田埂、林地与草地等^[26-29]。Vollhardt 报道复杂的景观下能够维持更大的寄生蜂种群,而简单的景观中寄生蜂群落非常不稳定^[30],Brewer 也报道了基本一致的研究结果^[31]。无论是农田尺度还是景观尺度,非作物生境都是影响害虫-寄生蜂重要的景观因子。而且影响寄生蜂的景观尺度不一,Schmidt 研究认为景观尺度影响麦蚜-寄生蜂群落的有效景观尺度为0.5—2km,甚至更小的尺度^[32],Brewer 研究发现300m以下的景观尺度对麦蚜-寄生蜂系统同样有很强影响,而随着景观尺度的增减,景观格局与麦蚜-寄生蜂间的相关关系逐渐减弱^[31]。

农田水平上的生境管理受农业机械、土壤侵蚀、水与经济成本的制约,害虫种群控制目前还没在农业景观的设计上加以考虑,虽然欧洲与北美有些工作表明景观格局对害虫及天敌种群越冬有重要的影响,研究更大尺度上农业景观的景观斑块组成,以及景观斑块的演化与功能、对天敌群落物种组成、丰富度、及分布还存在很大的不足与困难^[32-33]。这些包括大尺度上小麦种植区域麦蚜-天敌相互关系研究的缺乏,以及农业种植模式改变潜在经济与种植文化障碍等等^[34]。土地利用与农业害虫种群控制相互关系研究还应该进一步的深入

研究,来完善作物生态系统中害虫种群控制的基础理论。生境管理对天敌的间接影响为将来麦蚜生物防治开辟了崭新的途径,在麦蚜种群的最优管理中具有重要的意义^[35]。

麦蚜及寄生蜂种群对农业景观格局的响应及关键景观因子的研究表明:1)影响不同物种的关键景观因子不同,尤其在不同的营养级之间(麦蚜、初寄生蜂与重寄生蜂),影响程度的变异较大;2)裸地与塑料大棚是影响麦蚜有翅蚜迁入量与最大种群密度的关键景观因子,塑料大棚、草地与林地是影响初寄生蜂与重寄生蜂的关键景观因子,其余景观因子对麦蚜-初寄生蜂-重寄生蜂有不同程度的抑制作用;3)两种景观尺度下景观因子对麦蚜-初寄生蜂-重寄生蜂的影响基本一致,只有塑料大棚与草地影响略有变动;4)景观多样性指数对麦蚜-初寄生蜂-重寄生蜂系统个体数有正相关作用,景观破碎化指数对个体数也呈弱相关关系,景观连接度基本不影响麦蚜-初寄生蜂-重寄生蜂的个体分布。揭示了麦蚜及寄生蜂在不同农业景观中的分布与种群动态,为保护性生物防治及合理的农业景观结构设计提供了相关理论基础。

在过去农业景观布局及农田规划设计中,对考虑害虫生物防治有利的农业景观方案还极为少见^[26-28]。然而农业景观中非作物生境的存在确实能够增加作物害虫天敌的多样性与丰富度,因为这些非作物生境能够为天敌提供必要的越冬环境、转移寄主、替代猎物与暂时的避难所等等^[15,24,29,35]。这种以加强促进天敌多样性为目的的农业景观格局设计,对于有效的生物防治和更持续的作物生产等方面具有重要的意义。而全面的研究天敌的运动能力、不同生境的需要及动态对有效的生物防治和农业景观格局设计最为关键。

致谢:宁夏农林科学院植物保护研究所张蓉研究员对研究给予指教,宁夏大学硕士研究生赵映书,张婷婷,杭佳,本科生卢纯,李小虎,南阳,张楠楠对试验取样给予帮助,南非斯坦陵布什大学 Hui Cang 博士对写作给予帮助,在此一并感谢。

References:

- [1] Parker M, Nally R M. Habitat loss and the habitat fragmentation threshold: an experimental evaluation of impacts on richness and total abundances using grassland invertebrates. *Biological Conservation*, 2002, 105(2): 217-229.
- [2] Rebeck E J, Sadof C S, Hanks L M. Manipulating the abundance of natural enemies in ornamental landscapes with floral resource plants. *Biological Control*, 2005, 33(2): 203-216.
- [3] Elliott N C, Kieckhefer R W, Lee J H, French B W. Influence of within-field and landscape factors on aphid predator populations in wheat. *Landscape Ecology*, 1998, 14(3): 239-252.
- [4] Clough Y, Kruess A, Tgcharntke T. Local and landscape factors in differently managed arable fields affect the insect herbivore community of a non-crop plant species. *Journal of Applied Ecology*, 2007, 44(1): 22-28.
- [5] Bianchi F J J A, Wingerden W K R E, Griffioen A J, Van der veen M, Van der straten M J J, Wegman R M A, Meeuwsen H A M. Landscape factors affecting the control of *Mamestra brassicae* by natural enemies in Brussels sprout. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2005, 107(2/3): 145-150.
- [6] Purtauf T, Roschewitz I, Dauber J, Thies C, Tgcharntke T, Wolters V. Landscape context of organic and conventional farms: influences on carabid beetle diversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2005, 108(2): 165-174.
- [7] Hou M L, Wang F L, Wang F H. Influence of farming measures on population size of *Myzus persicae* and *Aphidius gifuensis* in the early growth season in tobacco field. *Entomological Knowledge*, 2004, 41(6): 563-565.
- [8] Zhou H B, Xhen J L, Cheng D F, Liu Y, Sun J R. Effects of wheat-pea intercropping on the population dynamics of *Sitobion avenae* (Homoptera: Aphididae) and its main natural enemies. *Acta Entomologica Sinica*, 2009, 52(7): 775-782.
- [9] Thies C, Steffan-Dewenter I, Tschamtk T. Effects of landscape context on herbivory and parasitism at different spatial scales. *Oikos*, 2003, 101(1): 18-25.
- [10] Thies C, Tschamtk T. Landscape structure and biological control in agroecosystems. *Science*, 1999, 285: 893-895.
- [11] 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.
- [12] Costamagna A C, Menalled F D, Landis D A. Host density influences parasitism of the armyworm *Pseudaletia unipuncta* in agricultural landscapes. *Basic and Applied Ecology*, 2004, 5: 347-355.
- [13] Roschewitz I, Hücker M, Tgcharntke T, Thies C. The influence of landscape context and farming practices on parasitism of cereal aphids. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2005 108: 218-227.
- [14] Giulio M D, Edwards P J, Meister E. Enhancing insect diversity in agricultural grasslands: the roles of management and landscape structure. *Journal of Applied Ecology*, 2001, 38(2): 310-319.

- [15] Landis D A, Wratten S D, Gurr G M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, 2000, 45: 175-201.
- [16] Menalled F D, Costamagna A C, Marino P C, Landis D A. Temporal variation in the response of parasitoids to agricultural landscape structure. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2003, 96(1/3): 29-35.
- [17] Lepš J, Šmilauer P. *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- [18] Langer A, Hance T. Enhancing parasitism of wheat aphids through apparent competition: a tool for biological control. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2004, 102(2): 205-212.
- [19] Menalled F D, Marino P C, Gage S H, Landis D A. Does agricultural landscape structure affect parasitism and parasitoid diversity? *Ecological Applications*, 1999, 9: 634-641.
- [20] Roland J, Taylor P D. Insect parasitoid species respond to forest structure at different spatial scales. *Nature*, 1997, 386(6626): 710-713.
- [21] Dauber J, Hirsch M, Simmering D, Waldhardt R, Otte A, Wolters V. Landscape structure as an indicator of biodiversity: matrix effects on species richness. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2003 98(1/3): 321-329.
- [22] Zaller J G, Moser D, Drapela T, Schmöger C, Frank T. Effect of within-field and landscape factors on insect damage in winter oilseed rape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2008, 123(1/3): 233-238.
- [23] Tschamtké T, Bommarco R, Clough Y, Clough Y, Crist T O, Kleijn D, Rand T A, Tylianakis J M, van Nouhuys S, Vidal S. Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biological Control*, 2007, 43: 294-309.
- [24] He D H. Landscape structure and control of insect pests in agroecosystems. *Plant Protection*, 2009, 35(3): 12-15.
- [25] Zhao Z H, He D H, Zhao Y H, Shi Y, Zhang D Z. Dynamics of aphids and parasitoids in different agricultural landscape//The 2009 Annual Meeting of China Society of Plant Protection. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2009.
- [26] He D H, Zhao Z H, Zhang D Z. Responses of insect communities and populations on habitat fragmentation in grassland landscapes. *Acta Prataculturae Sinica*, 2009, 18(6): 235-241.
- [27] Zhao Z H, Shi Y, He D H, Hang J, Zhao Y S, Wang Y. Population dynamics of wheat aphids in different agricultural landscapes. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(23): 6380-6388.
- [28] Zhao Z H, Hang J, Shi Y, He D H, Zhao Y S, Wang Y. Minimum amounts of suitable habitat for wheat aphid, parasitoid, and hyperparasitoid in facility-based agricultural landscapes. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2011, 22(1): 206-214.
- [29] Zhou H B, Chen J L, Liu Y, Cheng D F, Cen L, Sun J R. Using genetied iversity of wheat varieties for ecological regulation on *Sitobion avenae*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2009, 36(2): 151-156.
- [30] Vollgastdt I M G, Tschamtké T, Wachkers L, Bianchi F J J A, Thies C. Diversity of cereal aphid parasitoids in simple and complex landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2008, 126(1/3): 289-292.
- [31] Brewer K J, Elliott N C. Biological control of cereal aphids in North America and mediating effects of host plant and habitat manipulation. *Annual Review of Entomology*, 2004, 49: 219-242.
- [32] Schmidt M H, Thies C, Nentwig W, Tschamtké T. Contrasting responses of arable spiders to the landscape matrix at different spatial scales. *Journal of Biogeography*, 2008, 35:157-166.
- [33] Tschamtké T, Kleijn D, Kruss A, Steffan-Dewenter I, Thies C. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. *Ecology Letters*, 2005, 8: 857-874.
- [34] Muratori F B, Borlee S, Messing R H. Induced niche shift as anti-predator response for an endoparasitoid. *Proceedings of the Royal Society B*, 2009, 277: 1475-1480.
- [35] Garratt M P, Wright D J, Leather S R. The effects of organic and conventional fertilizers on cereal aphids and their natural enemies. *Agricultural and Forest Entomology*, 2010, 12: 307-318.

参考文献:

- [7] 侯茂林, 王福莲, 万方浩. 栽培措施对烟田前期烟蚜和烟蚜茧蜂种群数量的影响. *昆虫知识*, 2004, 41(6): 563-565.
- [8] 周海波, 陈巨莲, 程登发, 刘勇, 孙京瑞. 小麦间作豌豆对麦长管蚜及其主要天敌种群动态的影响. *昆虫学报*, 2009, 52(7): 775-782.
- [24] 贺达汉. 农业景观与害虫种群控制. *植物保护*, 2009, 35(3): 12-15.
- [25] 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.
- [26] 贺达汉, 赵紫华, 张大治. 草原景观下昆虫群落及种群对生境破碎化的反应. *草业学报*, 2009, 18(6): 235-241.
- [27] 赵紫华, 石云, 贺达汉, 杭佳, 赵映书, 王颖. 不同农业景观结构对麦蚜种群动态的影响. *生态学报*, 2010, 30(23): 6380-6388.
- [28] 赵紫华, 杭佳, 石云, 贺达汉, 赵映书, 王颖. 设施农业景观下破碎化麦田麦蚜及寄生蜂种群的最小适生面积. *应用生态学报*, 2011, 22(1): 206-214.
- [29] 周海波, 陈巨莲, 刘勇, 程登发, 陈林, 孙京瑞. 小麦品种多样性对麦长管蚜的生态调控作用. *植物保护学报*, 2009, 36(2): 151-156.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.32 ,No.2 January ,2012(Semimonthly)

CONTENTS

Dynamics of demersal fish species diversity and biomass of dominant species in autumn in the Beibu Gulf, northwestern South China Sea	WANG Xuehui, QIU Yongsong, DU Feiyan, et al (333)
Spatial variation in species richness of birds and mammals in mainland China	DING Jingjing, LIU Dingzhen, LI Chunwang, et al (343)
Comparative study on learning behavior and electroantennogram responses in two geographic races of <i>Cotesia glomerata</i>	WANG Guohong, LIU Yong, GE Feng, et al (351)
Biological characteristics and habitat requirements of <i>Parnassius imperator</i> (Lepidoptera: Parnassidae)	FANG Jianhui, LUO Youqing, NIU Ben, et al (361)
Annual variability in biological characteristics of <i>Illex argentinus</i> in the southwest Atlantic Ocean	FANG Zhou, LU Huajie, CHEN Xinjun, et al (371)
The impact of run-of stream dams on benthic macroinvertebrate assemblages in urban streams	HAN Minghua, YU Haiyan, ZHOU Bin, et al (380)
Effect of suspended sediment on the feeding physiology of <i>Pinctada martensii</i> in laboratory	LI Zhimin, SHEN Yuchun, YU Nantao, et al (386)
Potential nutrient limitation of phytoplankton growth in the Western and Central Pacific Ocean	XU Yanqing, CHEN Jianfang, GAO Shengquan, et al (394)
Ingestion of selected HAB-forming dinoflagellates	ZHANG Qingchun, YU Rencheng, SONG Jingjing, et al (402)
Formation of aggregation by <i>Phaeocystis globosa</i> (Prymnesiophyceae) in response to high grazing pressure	WANG Xiaodong, WANG Yan (414)
Growth and reproduction of the green macroalga <i>Ulva prolifera</i>	ZHANG Bixin, WANG Jianzhu, WANG Yifu, et al (421)
Screening of growth decline related genes from <i>Alexandrium catenella</i>	ZHONG Jie, SUI Zhenghong, WANG Chunyan, et al (431)
Analysis of inherent optical properties of Lake Taihu in spring and its influence on the change of remote sensing reflectance	LIU Zhonghua, LI Yunmei, LU Heng, et al (438)
Neural network modeling of the eutrophication mechanism in Lake Chenghai and corresponding scenario analysis	ZOU Rui, DONG Yunxian, ZHANG Zhenzhen, et al (448)
The compensatory growth of shrubby <i>Pinus thunbergii</i> response to the boring stress in sandy coast	ZHOU Zhen, LI Chuanrong, XU Jingwei, et al (457)
Selected body temperature and thermal tolerance of tadpoles of two frog species (<i>Fejervarya limnocharis</i> and <i>Microhyla ornata</i>) acclimated under different thermal conditions	SHI Linqiang, ZHAO Lihua, MA Xiaohao, et al (465)
Effects of landscape structure and key landscape factors on aphids-parasitoids-hyper parasitoids populations in wheat fields	ZHAO Zihua, WANG Ying, HE Dahan, et al (472)
Effects of cadmium on lipid peroxidation and ATPase activity of plasma membrane from Chinese kale (<i>Brassica alboglabra</i> Bailey) roots	ZHENG Aizhen (483)
Effects of ginger aqueous extract on soil enzyme activity, microbial community structure and soil nutrient content in the rhizosphere soil of ginger seedlings	HAN Chunmei, LI Chunlong, YE Shaoping, et al (489)
Manganese tolerance and accumulation in mycelia of <i>Cordyceps kyusyuensis</i>	LUO Yi, CHENG Xianhao, ZHANG Congcong, et al (499)
Influence of oxytetracycline exposure on antibiotic resistant bacteria and enzyme activities in wheat rhizosphere soil	ZHANG Hao, ZHANG Lilan, WANG Jia, et al (508)
Effects of elevated nitrogen deposition on soil organic carbon mineralization and soil enzyme activities in a Chinese fir plantation	SHEN Fangfang, YUAN Yinghong, FAN Houbao, et al (517)
Differences in clonal growth between female and male plants of <i>Rhus typhina</i> Linn. and their diurnal changes in photosynthesis and chlorophyll fluorescence	ZHANG Mingru, WEN Guosheng, ZHANG Jin, et al (528)
Soil water holding capacity under four typical ecosystems in Wuyunjie Nature Reserve of Hunan Province	PAN Chunxiang, LI Yuyuan, PENG Yi, et al (538)
The effect of different land use patterns on soil properties in alpine areas of eastern Qilian Mountains	ZHAO Jinmei, ZHANG Degang, LIU Changzhong, et al (548)
Responses of soil macro-fauna to land desertification in sandy grassland	LIU Rentao, ZHAO Halin (557)
Characteristics of cultivable microbial community number and structure at the southeast edge of Tengger Desert	ZHANG Wei, ZHANG Gaosen, LIU Guangxiu, et al (567)
Physiological and ecological responses of maize to different severities of desertification in the Southern Taramakan desert	LI Lei, LI Xiangyi, LIN Lisha, WANG Yingju, et al (578)
Characterization of caloric value in fifteen plant species in <i>Leymus chinensis</i> steppe in Xilin River Basin, Inner Mongolia	GAO Kai, XIE Zhongbing, XU Sutie, et al (588)
Spatial pattern responses of <i>Achnatherum splendens</i> to environmental stress in different density levels	ZHANG Mingjuan, LIU Maosong, XU Chi, et al (595)
Effects of environmental factors on species distribution and diversity in an <i>Abies fargesii</i> - <i>Betula utilis</i> mixed forest	REN Xuemin, YANG Gaihe, WANG Dexiang, et al (605)
Effects of alginate cerium complexes on ascorbate- glutathione cycle in spinach leaves under chlorpyrifos stress	LUAN Xia, CHEN Zhende, WANG Dongfeng, et al (614)
Analysis on spatiotemporal changes of urban thermal landscape pattern in the context of urbanisation: a case study of Xiamen City	HUANG Jucong, ZHAO Xiaofeng, TANG Lina, et al (622)
The analysis of the green vegetation cover change in western Sichuan based on GIS and Remote sensing	YANG Cunjian, ZHAO Zijian, REN Xiaolan, et al (632)
An inventory of BVOC emissions for a subtropical urban-rural complex: Greater Taizhou Area	CHANG Jie, REN Yuan, SHI Yan, et al (641)
Scientific Note	
Litter decomposition and nutrient dynamics of <i>Carex lasiocapa</i> under different water conditions	HOU Cuicui, SONG Changchun, LI Yingchen, et al (650)
Nest-box color preference and reproductive success of great tit	ZHANG Keqin, DENG Qiuxiang, Justin Liu, et al (659)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

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

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

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

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 32 卷 第 2 期 (2012 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 2 2012

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元