

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

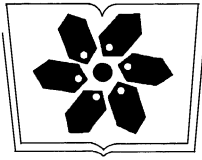
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第7期 Vol.32 No.7 **2012**

中国生态学会
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 7 期

2012 年 4 月 (半月刊)

目次

城市生态景观研究的基础理论框架与技术构架	孙然好, 许忠良, 陈利顶, 等 (1979)
拟南芥芥子酸酯对 UV-B 辐射的响应	李 敏, 王 垠, 牟晓飞, 等 (1987)
蛋白核小球藻对 Pb(II) 和 Cd(II) 的生物吸附及其影响因素	姜 晶, 李 亮, 李海鹏, 等 (1995)
梨枣在果实生长期对土壤水势的响应	韩立新, 汪有科, 张琳琳 (2004)
产业生态系统资源代谢分析方法	施晓清, 杨建新, 王如松, 等 (2012)
基于物质流和生态足迹的可持续发展指标体系构建——以安徽省铜陵市为例	 赵卉卉, 王 远, 谷学明, 等 (2025)
河北省县域农田生态系统供给功能的健康评价	白琳红, 王 卫, 张 玉 (2033)
温郁金内生真菌 <i>Chaetomium globosum</i> L18 对植物病原菌的抑菌谱及拮抗机理	 王艳红, 吴晓民, 朱艳萍, 等 (2040)
基于稳定碳同位素技术的华北低丘山区核桃-小麦复合系统种间水分利用研究	 何春霞, 孟 平, 张劲松, 等 (2047)
云贵高原喀斯特坡耕地土壤微生物量 C、N、P 空间分布	张利青, 彭晚霞, 宋同清, 等 (2056)
水稻根系通气组织与根系泌氧及根际硝化作用的关系	李奕林 (2066)
苹果绵蚜对不同苹果品种春梢生长期生理指标的影响	王西存, 于 毅, 周洪旭, 等 (2075)
磷高效转基因大豆对根际微生物群落的影响	金凌波, 周 峰, 姚 涓, 等 (2082)
基于 MODIS-EVI 数据和 Symlet11 小波识别东北地区水稻主要物候期	 徐岩岩, 张佳华, YANG Limin (2091)
基于降水利用比较分析的四川省种植制度优化	王明田, 曲辉辉, 杨晓光, 等 (2099)
气候变暖对东北玉米低温冷害分布规律的影响	高晓容, 王春乙, 张继权 (2110)
施肥对巢湖流域稻季氨挥发损失的影响	朱小红, 马中文, 马友华, 等 (2119)
丛枝菌根真菌对枳根净离子流及锌污染下枳苗矿质营养的影响	肖家欣, 杨 慧, 张绍铃 (2127)
不同 R:FR 值对菊花叶片气孔特征和气孔导度的影响	杨再强, 张 静, 江晓东, 等 (2135)
神农架海拔梯度上 4 种典型森林凋落物现存量及其养分循环动态	刘 蕾, 申国珍, 陈芳清, 等 (2142)
黄土高原刺槐人工林地表凋落物对土壤呼吸的贡献	周小刚, 郭胜利, 车升国, 等 (2150)
贵州雷公山秃杉种群生活史特征与空间分布格局	陈志阳, 杨 宁, 姚先铭, 等 (2158)
LAS 测算森林冠层上方温度结构参数的可行性	郑 宁, 张劲松, 孟 平, 等 (2166)
基于 RS/GIS 的重庆缙云山自然保护区植被及碳储量密度空间分布研究	 徐少君, 曾 波, 苏晓磊, 等 (2174)

模拟氮沉降增加对寒温带针叶林土壤 CO₂ 排放的初期影响 温都如娜,方华军,于贵瑞,等 (2185)

桂江流域附生硅藻群落特征及影响因素..... 邓培雁,雷远达,刘 威,等 (2196)

小浪底水库排沙对黄河鲤鱼的急性胁迫..... 孙麓垠,白音包力皋,牛翠娟,等 (2204)

上海池塘养殖环境成本——基于双边界二分式 CVM 法的实证研究 唐克勇,杨正勇,杨怀宇,等 (2212)

稻纵卷叶螟绒茧蜂对寄主的搜索行为 周 慧,张 扬,吴伟坚 (2223)

农林复合系统中灌木篱墙对异色瓢虫种群分布的影响..... 严 飞,周在豹,王 朔,等 (2230)

苹果脱乙酰几丁质发酵液诱导苹果叶片对斑点落叶病的早期抗性反应.....
..... 王荣娟,姚允聪,戚亚平,等 (2239)

专论与综述

气候变化影响下海岸带脆弱性评估研究进展..... 王 宁,张利权,袁 琳,等 (2248)

外来红树植物无瓣海桑引种及其生态影响 彭友贵,徐正春,刘敏超 (2259)

问题讨论

城市污泥生物好氧发酵对有机污染物的降解及其影响因素..... 余 杰,郑国砥,高 定,等 (2271)

4 种绿化树种盆栽土壤微生物对柴油污染响应及对 PAHs 的修复 闫文德,梁小翠,郑 威,等 (2279)

研究简报

云南会泽铅锌矿废弃矿渣堆常见植物内生真菌多样性..... 李东伟,徐红梅,梅 涛,等 (2288)

南方根结线虫对不同砧木嫁接番茄苗活性氧清除系统的影响 梁 朋,陈振德,罗庆熙 (2294)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 322 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 37 * 2012-04



封面图说: 站立的仓鼠——仓鼠为小型啮齿类动物,栖息于荒漠、荒漠草原等地带的洞穴之中。白天他们往往会躲在洞穴中睡觉和休息,以避开天敌的攻击,偶尔也会出来走动,站立起来警惕地四处张望。喜欢把食物藏在腮的两边,然后再走到安全的地方吐出来,由此得仓鼠之名。它们的门齿会不停的生长,所以它们的上下门齿必须不断啃食硬东西来磨牙,一方面避免门齿长得太长,妨碍咀嚼,一方面保持门牙的锐利。仓鼠以杂草种子、昆虫等为食。

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

DOI: 10.5846/stxb201105160639

严飞,周在豹,王朔,曹玉成,李凯. 农林复合系统中灌木篱墙对异色瓢虫种群分布的影响. 生态学报, 2012, 32(7): 2230-2238.

Yan F, Zhou Z B, Wang S, Cao Y C, Li K. The effect of hedgerows on the distribution of *Harmonia axyridis* Pallas in agroforestry systems. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(7): 2230-2238.

农林复合系统中灌木篱墙对异色瓢虫 种群分布的影响

严 飞¹, 周在豹², 王 朔³, 曹玉成⁴, 李 凯^{1,*}

(1. 北京林业大学生物科学与技术学院, 北京 100083; 2. 北京市林业保护站, 北京 100029;

3. 北京大东流苗圃, 北京 102211; 4. 赤峰市克什克腾旗桦木沟林场, 内蒙古 025350)

摘要:以北京大兴农区农林复合系统为对象,围绕灌木篱墙(沙棘绿篱和杨树萌条带)上和麦田中的主要捕食性天敌——异色瓢虫对栖息地的选择趋向及灌木篱墙对异色瓢虫种群分布的影响进行了研究。结果表明:(1)小麦生长前期(返青期至抽穗期或扬花期)灌木篱墙上异色瓢虫种群密度是麦田的 3.25—9.57 倍,是异色瓢虫由越冬地向麦田过渡前的主要栖息地,是农林复合系统中异色瓢虫种群建立的“种库”;(2)异色瓢虫对栖息生境有较强的选择性,明显趋向于蚜虫密集分布的生境,小麦生长前期趋向于灌木篱墙,小麦生后期(扬花期或灌浆期至完熟期)趋向于麦田,整个小麦生长期异色瓢虫种群在不同生境斑块间存在明显的移动现象;(3)麦收后,邻近麦田的杨树萌条带上异色瓢虫种群密度相比于完熟期增加了 42%,为异色瓢虫提供了重要的庇护场所。

关键词:异色瓢虫;灌木篱墙;农林复合系统;栖息地选择

The effect of hedgerows on the distribution of *Harmonia axyridis* Pallas in agroforestry systems

YAN Fei¹, ZHOU Zaibao², WANG Shuo³, CAO Yucheng⁴, LI Kai^{1,*}

1 Biological Science and Technology College, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

2 Beijing Forestry Protection Station, Beijing 100029, China

3 Beijing Dadongliu Nursery, Beijing 102211, China

4 Huamugou Forest Farm, Keshiketeng Banner, Chifeng, Inner Mongolia 025350, China

Abstract: Non-crop habitats may enhance diversity of natural enemy species in simplified crop fields and benefit the reduction of pest population density. Hedgerow is a type of non-crop habitat which has its specific characteristics in vegetation structure. Much research in other countries indicates that hedgerows can attract natural enemies or become their habitats because they can provide shelter and alternative food, so that hedgerows have become important sources of natural enemies in crop fields. In China, however, the effect of hedgerows on the population distribution of predatory insects in agricultural fields has not been reported. This paper constitutes a study on the effect of hedgerows on the population distribution of predatory insects in wheat fields. Its purpose is to provide certain scientific evidence that hedgerow can provide shelter and alternative food for the survival and development of natural enemy population and to utilize these non-crop habitats.

This paper reports a study on the habitat selection of *Harmonia axyridis* Pallas as the main predator in hedgerows,

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30870463)

收稿日期:2011-05-16; 修订日期:2012-02-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: likai_sino@sina.com

including *Hippophae rhamnoides* L. and coppice shoot poplar (*Populus* sp.), in wheat fields, and on the effect of hedgerows on the distribution of *Harmonia axyridis* Pallas in the agroforestry system of Daxing, Beijing, from 2009 to 2010. The result shows that: firstly, in the early period of wheat growth (from regreening to heading or anthesis), the population density of *H. axyridis* on hedgerows is 3.25 to 9.57 times more than that in wheat fields, so that hedgerows are the main habitat for *H. axyridis* when transiting from overwintering sites to wheat fields and the species pool of *H. axyridis* in the agroforestry system. Secondly, in different periods of wheat growth, *H. axyridis* is inclined to the habitat of aphides substantive distribution, and there is apparent movement of *H. axyridis* among these habitats. More concretely, *H. axyridis* appears to favour hedgerow in the early stages of wheat growth (from seedling establishment to heading stage or anthesis), because on the one hand there are many other aphides in the hedgerow which can provide alternative food for *H. axyridis* to reproduce when there are not many wheat aphides in early stages of wheat growth, and on the other hand the overwintering generation of *H. axyridis* prefers to perch on high plants after excited insects, while *H. axyridis* prefers the wheat field in the later period of wheat growth (anthesis or pustulation to full ripe stage), because wheat aphides increase largely but there are few aphides in the hedgerow. Thirdly, after wheat harvesting, the population density of *H. axyridis* on coppice shoot poplar (*Populus* sp.) increases by 42% more than that in the full ripe stage, when the hedgerow can supply an important refuge for *H. axyridis*.

This paper concludes that population density of *H. axyridis* rises and falls in different periods and different habitats, which on the one hand has to do with spatio-temporal distribution of aphides and on the other hand hedgerows that are stable and in natural habitat provide an important refuge for *H. axyridis* when agricultural landscape changes sharply due to crop harvest. It implies that habitat having above-mentioned functions is the survival foundation of natural enemies in the agro-ecological system and is the requirement for realizing ecological regulation and management of pests. Therefore agricultural protection forest may play an important role of ecological stability in agroforestry systems.

Key Words: *Harmonia axyridis* Pallas; hedgerows; agroforestry system; habitat selection

农田非作物生境可以为节肢动物天敌提供适宜的栖息地、越冬场所或避难场所、替代猎物或寄主、花粉和花蜜等资源,从而有利于天敌的繁衍生息^[1-9]。因此合理布局、利用非作物生境或其植被组成将有利于提高天敌对害虫的控制效能^[8,10-11]。例如,我国新疆大量使用棉田边缘苜蓿带自然繁殖食蚜天敌控制棉蚜的生态治理措施,取得了良好效果^[12-13]。

灌木篱墙作为非作物生境的一种类型,在结构和景观上具有其特殊性。国外不少研究认为农田灌木篱墙能够吸引天敌或为天敌提供替代食物资源成为其栖息地^[1,5,14-15],也可以为天敌提供庇护场所^[5,15]以及成为农田天敌种库^[16]。

国内关于非作物生境中灌木篱墙对农田节肢动物天敌的影响未见报道,不过国内利用棉田边缘苜蓿带与国外利用灌木篱墙涵养天敌控制害虫的机理是一致的^[12-15]。本文就灌木篱墙对麦田捕食性天敌昆虫种群分布的影响开展了研究,以期有效保护利用天敌昆虫资源,构建适宜天敌昆虫繁衍栖息的生境提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于北京大兴区青云店镇四村(N39°40'35.51",E116°29'52.95"),主要作物为冬小麦和玉米,二者轮作,偶有休耕,试验地所在农田四周栽有杨树(*Populus* sp.),形成林网型农林复合系统。

试验地农田总面积约 15 hm²。本研究选取了一块麦田和早玉米田农地,以及与之相邻近的乔灌木篱墙作为样地(图 1)。麦田(前一年 10 月上旬播种)样地东西长约 25 m,南北长约 45 m,面积约为 1125 m²;早玉米田(当年 5 月播种)紧邻麦田样地东侧,东西长约 21 m,南北长约 32 m,面积约为 672 m²。样地农田南北走向的正西面依次平行排列着宽 3 m 的田间道路和由两排交错排列 5—6 年生的杨树林带与单排 7—8 年生的

沙棘(*Hippophae rhamnoides* L.)带组成的乔灌木篱墙。杨树带南北长约 500 m, 平均株行距为 3 m, 约 1/3 杨树基部抽生萌条, 萌条高 1—3 m。沙棘带长约 400 m, 高度 1—3 m, 地径平均间距 0.5 m, 其地径与最近杨树带平均株间距约 2.3 m, 二者冠幅有一定的重叠。杨树萌条在形态上符合灌木的特征, 本研究因此将沙棘带和杨树萌条带视作灌木篱墙。

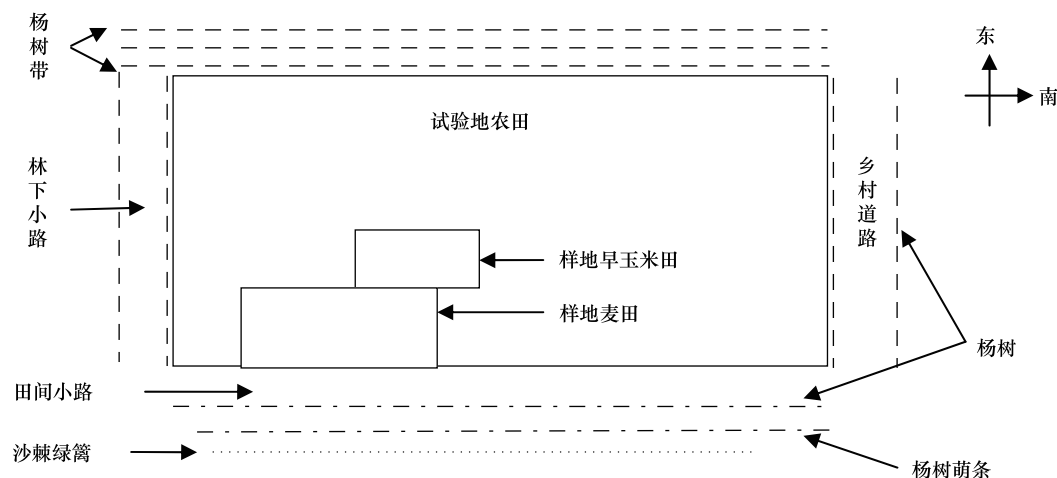


图1 试验地示意图

Fig.1 Sketch map of test-field

1.2 调查时间与方法

调查时间为 2009—2010 年的 4—10 月, 每隔 5—7d 调查 1 次。

样地麦田棋盘式设置 10 个样点、每样点为 1 m×1 m, 记录捕食性天敌昆虫(包括成虫、幼虫和蛹)的种类和数量, 并随机选取 50 株小麦, 记录全株麦蚜(包括有翅成蚜、无翅成蚜及若蚜)的混合数量。本地麦蚜主要是麦长管蚜(*Sitobion avenae* Fabricius)和麦二叉蚜(*Schizaphis graminum* Rondani)。

样地早玉米田调查为单对角线 5 点取样、每样点为 1 m×1 m(含玉米 16—20 株), 待小麦进入完熟期(此时玉米苗为 4—6 叶期)后调查捕食性天敌昆虫(包括成虫、幼虫和蛹)的种类和数量。

选取紧邻样地农田正西方向, 覆盖样地农田南北长度的灌木带作为样地。样地沙棘带等间距 5 点取样, 每样点 6 株沙棘, 共计 30 株。样地杨树萌条分布不均匀, 选取长势较好的 30 株(丛)杨树萌条。试验沙棘和杨树萌条均挂牌标记, 记录全株捕食性天敌昆虫(包括成虫、幼虫和蛹)的种类和数量。沙棘和杨树萌条上蚜虫(包括有翅成蚜、无翅成蚜及若蚜)的调查选定上、中、下和东、南、西、北共 12 个方位, 每个方位选定 2 段长 10 cm 的端部枝条作为调查部位^[17], 记录蚜虫混合数量。农田、沙棘绿篱和杨树萌条带同步调查。试验麦田常规栽培管理, 试验调查期间不使用任何农药。

杨树(品种为白杨系)萌条上的蚜虫——以白杨毛蚜(*Chaitophorus populeti* Panzer)和毛白蚜(*Chaitophorus populialbae* Boyer de Fonscolombe)^[18]为主, 沙棘上以胡颓子钉毛蚜(*Capitophorus elaeagni* del Guercio)^[19]为主。为了便于研究, 将杨树萌条和沙棘上的蚜虫发生程度划分为 5 个等级, 主要以每个调查位点的平均蚜量来确定, 各级指标见表 1。

表1 灌木篱墙蚜虫发生程度分级指标

Table 1 Classification index of aphides occurrence level on hedgerows

级别 Level	0	1	2	3	4
每个位点平均蚜量/头 Population density of aphides	0	<20	20—50	50—100	>100

2009 年杨树萌条数量非常少, 不能满足调查要求, 所以文中没有列出当年数据。2010 年早春较常年和去

年低温、降水天气偏多,使小麦返青较常年偏晚 15 d 以上,收获期较常年推后 5 d 左右^[20]。

1.3 数据分析方法

数据处理采用 SPSS17.0 和 Origin7.5 软件,分析方法为 Mann-Whitney U 检验,可重复、无交互作用的双因素方差分析,多重比较采用 LSD 法,相关性用 Pearson 相关系数。对麦蚜虫量数据应用 $x' = \log(x+1)$ 公式进行对数转换后再进行统计分析[x 为麦蚜种群密度(头/百株)]。优势度指数采取 Simpson 的优势度公式: $C = \sum (N_i/N)$,优势种群为优势度大于 0.1 的种群, N_i 为群落中第 i 个物种的个体数, N 为群落中物种总个体数。

2 结果与分析

对样地调查发现,本地麦蚜捕食性天敌昆虫主要为瓢虫类,以龟纹瓢虫(*Propylea japonica* Thunberg)、七星瓢虫(*Coccinella septempunctata* L.)、异色瓢虫(*Harmonia axyridis* Pallas)为主,此外还有食蚜蝇(Syrphidae)、草蛉(Chrysopidae)等天敌昆虫。

2.1 不同生境中天敌优势种

沙棘绿篱和杨树萌条带上 4—10 月份天敌优势种皆为异色瓢虫,麦田中 4—6 月份优势种分别是龟纹瓢虫、异色瓢虫和七星瓢虫(表 2)。由此可见,从小麦返青至收获,异色瓢虫是麦田和灌木篱墙(沙棘绿篱和杨树萌条带)上的优势种。

表 2 不同生境中天敌优势度
Table 2 Dominant in different types of habitats

生境 Habitat	天敌 Natural enemy				
	龟纹瓢虫 <i>P. japonica</i>	异色瓢虫 <i>H. axyridis</i>	七星瓢虫 <i>C. septempunctata</i>	食蚜蝇 Syrphidae	草蛉 Chrysopidae
2009 年沙棘绿篱 2009 Sea-buckthorn hedgerow	0.00	0.98	0.01	0.00	0.00
2009 年麦田 2009 Wheat field	0.19	0.41	0.33	0.04	0.03
2010 年沙棘绿篱 2010 Sea-buckthorn hedgerow	0.01	0.92	0.02	0.01	0.04
2010 年杨树萌条带 2010 Coppice shoot poplar forest belt	0.02	0.88	0.00	0.01	0.10
2010 年麦田 2010 Wheat field	0.57	0.29	0.08	0.03	0.02

2.2 灌木篱墙上天敌种群动态

系统调查发现,灌木篱墙(沙棘绿篱和杨树萌条带)上优势食蚜天敌昆虫是异色瓢虫。异色瓢虫发生盛期在 4—6 月份,高峰期在 5 月份,此时正是冬小麦生长旺季(抽穗至灌浆期)。而龟纹瓢虫、七星瓢虫、食蚜蝇、草蛉零星发生且数量较少(图 2、图 3 和图 4)。

沙棘于 4 月上旬发芽,4 月中旬出叶,4 月下旬到 5 月初叶片逐渐增多。异色瓢虫(成虫)在沙棘绿篱上于 4 月上旬出现,发生高峰期在 5 月上中旬(小麦抽穗至扬花初期),扬花期后明显减少。杨树萌条于 4 月中下旬出叶,以白杨毛蚜(*C. populeti*)和毛白蚜(*C. populialbae*)为主的蚜虫种群于 5 月上中旬进入发生盛期。因而,杨树萌条成为这段时期异色瓢虫主要的栖息和取食场所。随着杨树蚜虫的大量减少和麦田麦蚜的大量增加,瓢虫迁入麦田。直至小麦收获期,部分异色瓢虫迁入邻近的稳定生境。

从表 3 可以看出,灌木篱墙上蚜虫发生盛期在小麦拔节至扬花期,异色瓢虫数量基本上随蚜量的大量增加而增加,其随蚜量的大量减少而减少,瓢虫数量高峰期晚于蚜量高峰期。需要说明的是,2010 年 5 月上旬(小麦抽穗初期)杨树萌条蚜虫(有翅蚜)扩散到沙棘绿篱上和麦田中,但持续时间较短约 10d 左右,其在沙

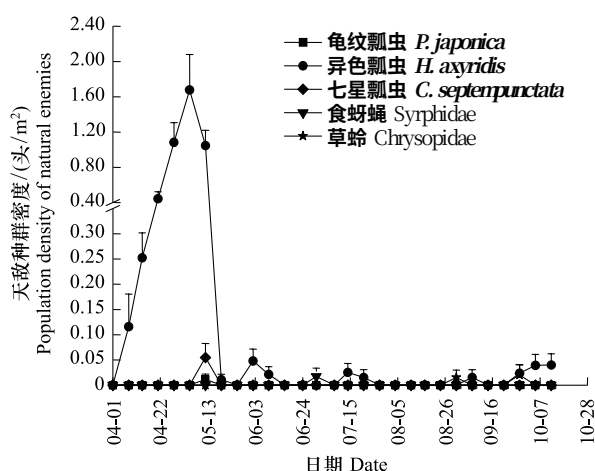


图2 2009年沙棘绿篱上天敌种群动态

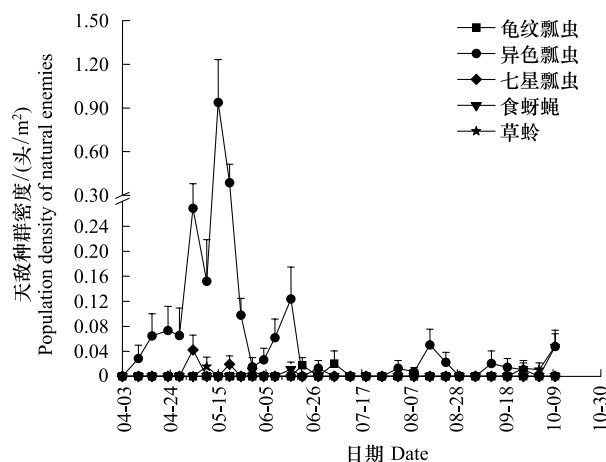
Fig. 2 Population dynamics of natural enemies on hedgerows of *H. rhamnoides* in 2009

图3 2010年沙棘绿篱上天敌种群动态

Fig. 3 Population dynamics of natural enemies on hedgerows of *H. rhamnoides* in 2010

棘绿篱上发生程度相当于杨树萌条上蚜虫发生程度的2级。沙棘绿篱上有少量的胡颓子钉毛蚜 (*C. elaeagni*), 其发生时间从4月中旬至5月中旬, 发生程度相当于杨树萌条蚜虫发生程度的1级。但相比于杨树萌条而言, 沙棘绿篱上缺乏蚜虫资源。其余时间沙棘绿篱和杨树萌条带上的天敌较少。

小麦整个生长期沙棘绿篱上异色瓢虫种群密度, 年际间差异显著 ($P=0.000, \alpha=0.05$), 如2009年的是2010年的2.55倍, 并且2009年异色瓢虫高峰期较2010年早10d左右, 这可能由于2010年早春多低温降水, 越冬代异色瓢虫成活率降低、出现时间偏晚, 从而使其在沙棘绿篱上数量较少。

沙棘绿篱和杨树萌条带上异色瓢虫种群密度(表5)分别于小麦抽穗期和扬花期达到高峰, 之后大量减少, 成熟期小幅增加。

2010年小麦整个生长期内杨树萌条带上异色瓢虫密度是沙棘绿篱上的7.58倍, 二者差异显著 ($P=0.000, \alpha=0.05$), 这是由于杨树萌条带上有大量蚜虫资源蓄养了较多的异色瓢虫, 而沙棘绿篱则相对匮乏(表3)。

2.3 麦蚜及其捕食性天敌昆虫种群动态

麦蚜主要捕食性天敌昆虫是龟纹瓢虫、异色瓢虫和七星瓢虫。在小麦生长期, 2009年异色瓢虫、七星瓢虫的密度分别是2010年的1.31倍和3.53倍, 而2010年龟纹瓢虫密度是2009年的3.36倍。年际间麦田瓢虫种群密度差异显著, 分别是异色瓢虫 ($P=0.043, \alpha=0.05$)、七星瓢虫 ($P=0.000, \alpha=0.05$)、龟纹瓢虫 ($P=0.005, \alpha=0.05$)。这可能与2010年早春低温降水天气偏多有关, 造成瓢虫种群年际间密度差异显著。

对天敌与麦蚜种群密度进行相关分析, 结果(表4)显示2009年天敌与麦蚜种群密度相关性显著(单侧检验均 $<0.025, \alpha=0.025$), 表明天敌对麦蚜有明显的追随效应。此外, 从图5可以看出七星瓢虫种群密度高峰期与麦蚜种群密度高峰期同时出现, 而其它天敌高峰期均晚于麦蚜高峰期7d左右, 说明七星瓢虫对麦蚜追随密切且无滞后现象, 而其它天敌虽追随密切却存在滞后现象。2010年只有七星瓢虫、食蚜蝇与麦蚜种群密

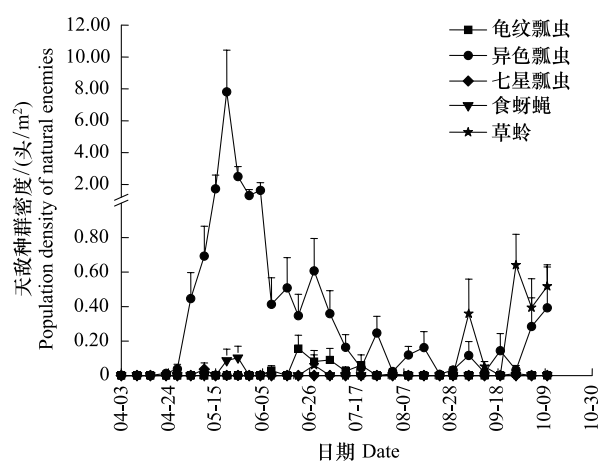


图4 2010年杨树萌条上天敌种群动态

Fig. 4 Population dynamics of natural enemies on coppice shoot poplar forest belt in 2010

度相关性显著(单侧检验均 <0.025 , $\alpha=0.025$),而其它天敌与麦蚜种群密度相关性不显著(单侧检验均 >0.025 , $\alpha=0.025$),这说明七星瓢虫和食蚜蝇对麦蚜有明显的追随效应,而其它天敌对麦蚜追随不密切。这可能与2010年早春低温降水天气偏多有关。从图6还可以看出,天敌种群密度峰期均晚于麦蚜种群密度高峰期5 d左右,说明天敌追随麦蚜但存在滞后现象。总的来说,天敌一般对麦蚜有一定的追随效应,但存在滞后现象。

表 3 2010 年小麦各生育期灌木篱墙上异色瓢虫种群密度(头/m²)

Table 3 Mean±SE of *H. axyridis* in different types of hedgerows in wheat growing period

小麦生育期 Childbearing period	沙棘绿篱 Sea-buckthorn hedgerow		杨树萌条带 Coppice shoot poplar forest belt	
	异色瓢虫密度 Population density of <i>H. axyridis</i>	蚜虫发生程度 Aphides occurrence level	异色瓢虫密度 Population density of <i>H. axyridis</i>	蚜虫发生程度 Aphides occurrence level
返青期 Regreening stage	0.03±0.01	0	0	0
拔节期 Jointing stage	0.14±0.04	0—2	0.02±0.05	0—3
抽穗期 Heading stage	0.55±0.16	2—1	1.21±0.44	4—3
扬花期 Anthesis	0.24±0.06	1	5.16±1.38	2—1
灌浆乳熟期 Pustulation to milk stage	0.02±0.01	0	1.47±0.30	1
腊熟期 Hard-dough ripening stage	0.06±0.03	0	0.41±0.15	1
完熟期 Full ripening stage	0.06±0.03	0	0.43±0.11	0
麦收后第五天 Fifth day after wheat harvest	0.01±0.01	0	0.61±0.19	0

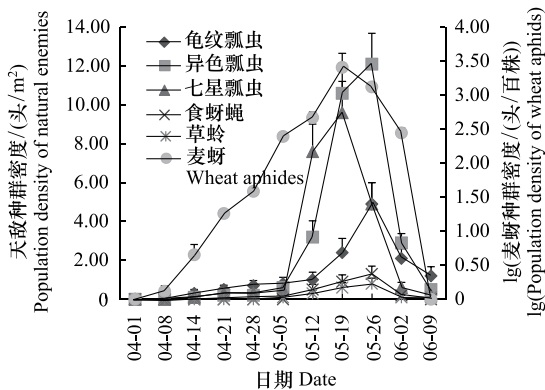


图 5 2009 年麦蚜及其捕食性天敌昆虫种群动态

Fig.5 Population dynamics of wheat aphides and their natural enemies in 2009

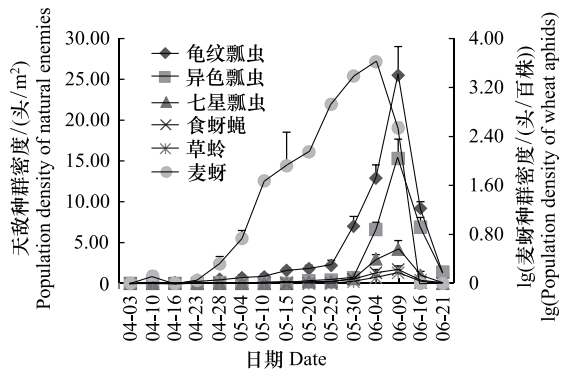


图 6 2010 年麦蚜及其捕食性天敌昆虫种群动态

Fig.6 Population dynamics of wheat aphides and their natural enemies in 2010

表 4 麦蚜与天敌种群密度相关系数 r_{ij}

Table 4 Correlation coefficients(r_{ij}) of population density between wheat aphides and natural enemies						
年度 Year	相关系数 Correlation coefficients	龟纹瓢虫 <i>P. japonica</i>	异色瓢虫 <i>H. axyridis</i>	七星瓢虫 <i>C. septempunctata</i>	食蚜蝇 Syrphidae	草蛉 Chrysopidae
2009	r_{ij}	0.677	0.757	0.744	0.744	0.740
	Sig. (单侧)	0.011	0.003	0.004	0.004	0.005
2010	r_{ij}	0.504	0.311	0.517	0.594	0.453
	Sig. (单侧)	0.028	0.129	0.024	0.010	0.045

2.4 小麦生长期异色瓢虫栖息地选择趋向

2009 年,在小麦生长前期(返青期至抽穗期)沙棘绿篱上异色瓢虫种群密度是麦田的 3.25 倍,二者差异

显著 ($P=0.000, \alpha=0.05$)。而这一时期农区异色瓢虫基本以具有较强运动能力的成虫为主,表明在小麦生长前期异色瓢虫对栖息地有明显的选择性——沙棘绿篱优于麦田。但这一时期沙棘绿篱和麦田的蚜虫都较少。小麦生长后期(扬花期至完熟期)麦田中的异色瓢虫种群密度显著高于沙棘绿篱上的 ($P=0.000, \alpha=0.05$),是沙棘绿篱上的 26 倍。这表明在小麦生长后期异色瓢虫对栖息地的选择倾向于麦田。这是因为麦蚜进入发生盛期,而沙棘绿篱上几无蚜虫,异色瓢虫成虫从沙棘绿篱上迁入麦田;至成熟期麦蚜大量减少,异色瓢虫迁入邻近稳定生境。

对 2010 年异色瓢虫种群密度(表 5)进行生境、小麦生育期双因素方差分析,结果表明:在小麦生长前期(即返青期至扬花期)异色瓢虫种群密度在杨树萌条带、沙棘绿篱和麦田 3 种生境间差异显著 ($P=0.000, \alpha=0.05$),杨树萌条带上的异色瓢虫密度分别是沙棘绿篱和麦田的 6.38 倍和 16.55 倍;而整个灌木篱墙上异色瓢虫密度是麦田的 9.57 倍,二者差异显著 ($P=0.000, \alpha=0.05$);多重比较结果显示杨树萌条带上的异色瓢虫密度显著高于沙棘绿篱的与麦田的,这表明在小麦生长前期异色瓢虫对栖息地有着较强的选择性,其栖息地选择趋向优先次序是杨树萌条带>沙棘绿篱>麦田。这是由于小麦拔节期至抽穗期杨树萌条带有大量蚜虫,沙棘绿篱上也有较多的蚜虫,从而吸引了较多的异色瓢虫成虫。小麦生长后期(灌浆乳熟期至完熟期),异色瓢虫种群密度在 3 种生境间差异显著 ($P=0.000, \alpha=0.05$),麦田的异色瓢虫密度分别是沙棘绿篱和杨树萌条带的 136.42 倍和 7.34 倍,是整个灌木篱墙的 13.93 倍,多重比较结果显示麦田的异色瓢虫密度>杨树萌条带上的>沙棘绿篱上的(>表示显著高于),这表明在小麦生长后期异色瓢虫对栖息地有较强选择性——明显趋向于麦田。这是因为在小麦抽穗期杨树萌条带和沙棘绿篱上异色瓢虫幼虫开始增多,同时杨树蚜虫开始大幅减少,沙棘绿篱上蚜虫亦在减少,此时麦蚜进入发生盛期,杨树萌条带和沙棘绿篱上的异色瓢虫成虫开始迁入麦田,之后麦田中瓢虫逐渐增多;至成熟期,随着麦蚜大量减少,异色瓢虫迁入邻近的稳定生境。

表 5 小麦各生育期不同生境异色瓢虫平均密度(头/m²)

Table 5 Mean±SE of *H. axyridis* in different types of habitats in wheat growing period

年度 Year	小麦生育期 Childbearing period	生境(平均密度±标准误差) Habitat (Mean±SE)			
		沙棘绿篱 Sea-buckthorn hedgerow	麦田 Wheat field	杨树萌条带 Coppice shoot poplar forest belt	早玉米田 Corn field
2009	返青期 Regreening stage	0.06±0.03	0		
	拔节期 Jointing stage	0.35±0.05	0.15±0.08		
	抽穗期 Heading stage	1.38±0.23	0.40±0.15		
	扬花期 Anthesis	0.53±0.11	6.90±1.37		
	灌浆乳熟期 Pustulation to milk stage	0	12.10±1.59		
	腊熟期 Hard-dough ripening stage	0.05±0.02	2.90±0.48		
	完熟期 Full ripening stage	0.01±0.01	0.50±0.22		0
	麦收后第 3 天 Third day after wheat harvest	0			0.02±0.02
2010	返青期 Regreening stage	0.03±0.01	0	0	
	拔节期 Jointing stage	0.14±0.04	0.03±0.03	0.17±0.05	
	抽穗期 Heading stage	0.55±0.16	0	1.21±0.44	
	扬花期 Anthesis	0.24±0.07	0.35±0.13	5.16±1.38	
	灌浆乳熟期 Pustulation to milk stage	0.02±0.01	3.65±0.81	1.47±0.30	
	腊熟期 Hard-dough ripening	0.06±0.03	15.30±2.38	0.41±0.15	
	完熟期 Full ripening stage	0.06±0.03	4.15±0.88	0.43±0.11	0
	麦收后第五天 Fifth day after wheat harvest	0.01±0.01		0.61±0.19	0.60±0.40

麦收后,杨树萌条带上异色瓢虫密度显著高于几无异色瓢虫的沙棘绿篱 ($P=0.000, \alpha=0.05$),其密度与早玉米田里的相当 ($P=1.000, \alpha=0.05$);同比完熟期,杨树萌条带上异色瓢虫密度增加了 42%。

异色瓢虫在不同时期、不同生境斑块间的移动规律大致可以归纳为:小麦生长前期(返青期至抽穗期或扬花期),异色瓢虫趋向于灌木篱墙,而小麦生长后期(扬花期或其后至完熟期),异色瓢虫迁入麦田,麦收后迁入邻近的稳定生境——灌木篱墙和早玉米田。

3 结论与讨论

异色瓢虫是大兴农区主要捕食性天敌之一,小麦生长前期(返青期至抽穗期或扬花期)灌木篱墙(沙棘绿篱和杨树萌条带)是异色瓢虫从越冬地向麦田过渡前的主要栖息地,是麦田及后期作物田中异色瓢虫种群建立的“种库”。刘星等^[21]虽然对此也有报道,但没有明确此现象的机理。这种机理一方面是由于惊蛰后越冬代异色瓢虫成虫喜欢在高秆植株或作物上活动^[22];另一方面是杨树萌条带及沙棘绿篱上生存有相当数量蚜虫,且其发生高峰期比麦蚜发生盛期早 10d 左右,待麦蚜进入发生盛期时(扬花至乳熟期),灌木篱墙已经蓄养了较多的天敌。该结论与张润志等^[13]利用棉田边缘苜蓿带控制棉蚜的生物学机理相似。本研究发现灌木篱墙一是可以为异色瓢虫提供替代猎物,从而成为异色瓢虫的栖息地和繁殖场所;二是麦收后,灌木篱墙能够为异色瓢虫提供庇护场所。这与 Burgio 等^[15]在研究意大利北部非作物类植物树-灌-草对瓢虫生物多样性和物候学的影响所得结论相似。

异色瓢虫在不同时期和不同生境间表现出的种群密度差异与波动情况,既反映出其与蚜虫的时空分布存在一定关系;也反映出在农田景观发生剧烈变动时,以灌木为代表的稳定生境是异色瓢虫的庇护场所。因此,具有上述双重属性的生境是农田生态系统中天敌种群稳定存在的基础,是发挥和实现有害生物生态调控的条件,农田防护林在构建农林复合生态系统方面有着重要的生态稳定性作用。

References:

- [1] Morandin L, Long R F, Pease C, Kremen C. Hedgerows enhance beneficial insects on farms in California's Central Valley. *California Agriculture*, 2011, 65(4): 197-201.
- [2] Zheng Y K, You M S. Biological diversity in support of ecologically-based pest management at landscape level. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(3): 1508-1518.
- [3] Wu Z, Lü X H, Hu D F, Chen H Z, Li K. Preliminary research on habitat selection of *Chrysopa septempunctata* in farmland in central Hebei Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(8): 3379-3383.
- [4] Zhi J R. Biodiversity and sustainable pest management. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 2007, 26(5): 440-443.
- [5] Sam Earnshaw. Hedgerows for California Agriculture; A Resource Guide. Community Alliance with Family Farmers, 2004: 4-12. [2011-11-27]. http://www.goldridergcd.com/project/pollinators/CAFF_hedgerows-4-CA-ag.pdf.
- [6] Sutherland J P, Sullivan M S, Poppy G M. Distribution and abundance of aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae) in wildflower patches and field margin habitats. *Agricultural and Forest Entomology*, 2001, 3(1): 57-64.
- [7] Pfiffner L, Luka H. Overwintering of arthropods in soils of arable fields and adjacent semi-natural habitats. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2000, 78(3): 215-222.
- [8] Long R F, Corbett A, Lamb C, Reberg-Horton C, Chandler J, Stimmann M. Beneficial insects move from flowering plants to nearby crops. *California Agriculture*, 1998, 52(5): 23-26.
- [9] Du X G, Yan Y H. Effect of the cover crops on the pest mite *Panonychus ulmi* and its predator *Orius sauteri*. *Chinese Journal of Biological Control*, 1994, 10(3): 114-117.
- [10] Bianchi F J J A, Booij C J H, Tscharntke T. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences*, 2006, 273(1595): 1715-1727.
- [11] You M S, Hou Y M, Liu Y F, Yang G, Li Z S, Cai H J. Non-crop habitat manipulation and integrated pest management in agroecosystems. *Acta Entomologica Sinica*, 2004, 47(2): 260-268.
- [12] Zhang R Z, Ren L, Wang C L, Lin R H, Tian C Y. Cotton aphid predators on alfalfa and their impact on cotton aphid abundance. *Applied Entomology and Zoology*, 2004, 39(2): 235-241.
- [13] Zhang R Z, Liang H B, Tian C Y, Zhang G X. The biological mechanism of controlling cotton aphid (Homoptera: Aphididae) by the marginal alfalfa zone surrounding cotton field. *Chinese Science Bulletin*, 1999, 44(20): 2175-2178.
- [14] Gareau T P, Shennan C. Can hedgerows attract beneficial insects and improve pest control? A study of hedgerows on central coast farms. Center for

- Agroecology and Sustainable Food Systems, Research Briefs #13, 2010: 1-10.
- [15] Burgio G, Ferrari R, Pozzati M, Boriani L. The role of ecological compensation areas on predator populations: an analysis on biodiversity and phenology of Coccinellidae (Coleoptera) on non-crop plants within hedgerows in Northern Italy. *Bulletin of Insectology*, 2004, 57(1): 1-10.
- [16] Alvarez T, Frampton G K, Goulson D. The role of hedgerows in the recolonisation of arable fields by epigeal Collembola. *Pedobiologia*, 2000, 44(3/4): 516-526.
- [17] Yan D L, Chen S R, Miu Y, Jiang J Q, Xue B Y, Chen J. Study on Community Dynamics of *Aphis Gossypii* and Its Predatory Enemy *Hibiscus Syracuse* Plants. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2003, 31(1): 26-28.
- [18] Zhang G X, Qiao G X, Chen X L. Chaitophoridae//Zhang G X, ed. Fauna of Agricultural and Forestry Aphids of Northwest, China *Insecta Homoptera Aphidinea*. Beijing: China Environmental Science Press, 1996: 259-261.
- [19] Zhang G X, Chen X L, Zhong T S, Li J H. Aphididae//Zhang G X, ed. Fauna of Agricultural and Forestry Aphids of Northwest, China *Insecta Homoptera Aphidinea*. Beijing: China Environmental Science Press, 1996: 361-362.
- [20] Li H J, Ye C H. 2010 Beijing agricultural climate annals. Baidu library, 2011: 1-6. [2011-09-20]. <http://wenku.baidu.com/view/9647173283c4bb4cf7ecd1ee.html>.
- [21] Liu X, Yan G Z, Hu D F, Wei D C, Li K. Resource and dominant population dynamics of coccinellids in agro forestry farmland in Central Hebei Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(10): 5463-5470.
- [22] Fang C Y, Zhang X D. Massive reproduction, protection and utilization of coccinellids//Bao J Z, Gu D X, eds. *Biological Control in China*. Taiyuan: Shanxi Science and Technology Press 1998: 189-191.

参考文献:

- [2] 郑云开, 尤民生. 农业景观生物多样性与害虫生态控制. *生态学报*, 2009, 29(3): 1508-1518.
- [3] 吴专, 吕小红, 胡德夫, 陈合志, 李凯. 冀中农区大草蛉 (*Chrysopa septempunctata*) 栖息地选择. *生态学报*, 2007, 27(8): 3379-3383.
- [4] 邹军锐. 生物多样性与害虫持续控制. *山地农业生物学报*, 2007, 26(5): 440-443.
- [9] 杜相革, 严毓骅. 苹果园混合覆盖植物对害螨和东亚小花蝽的影响. *中国生物防治*, 1994, 10(3): 114-117.
- [11] 尤民生, 侯有明, 刘雨芳, 杨广, 李志胜, 蔡鸿娇. 农田非作物生境调控与害虫综合治理. *昆虫学报*, 2004, 47(2): 260-268.
- [13] 张润志, 梁宏斌, 田长彦, 张广学. 利用棉田边缘苜蓿带控制棉蚜的生物学机理. *科学通报*, 1999, 44(20): 2175-2178.
- [17] 闫德龙, 陈树仁, 缪勇, 江俊起, 薛宝燕, 陈洁. 木槿上棉蚜及其捕食性天敌群落动态研究. *安徽农业科学*, 2003, 3(1): 26-28.
- [18] 张广学, 乔格侠, 陈小琳. 毛蚜科//张广学. 西北农林蚜虫志: 昆虫纲、同翅目、蚜虫类. 北京: 中国环境科学出版社, 1996, 259-261.
- [19] 张广学, 陈小琳, 钟铁森, 李静华. 蚜科//张广学. 西北农林蚜虫志: 昆虫纲、同翅目、蚜虫类. 北京: 中国环境科学出版社, 1996, 361-362.
- [20] 李惠君, 叶彩华. 北京市 2010 年度农业气象年报. 百度文库, 2011: 1-6 [2011-09-20]. <http://wenku.baidu.com/view/9647173283c4bb4cf7ecd1ee.html>.
- [21] 刘星, 闫国增, 胡德夫, 魏东臣, 李凯. 冀中农林复合环境瓢虫资源及优势种群动态. *生态学报*, 2009, 29(10): 5463-5470.
- [22] 方昌源, 张宣达. 瓢虫的大量繁殖与保护利用//包建中, 古德祥. *中国生物防治*. 太原: 山西科学技术出版社, 1998, 189-191.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 7 April, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Theoretical framework and key techniques of urban ecological landscape research	SUN Ranhao, XU Zhongliang, CHEN Liding, et al (1979)
Response of sinapate esters in <i>Arabidopsis thaliana</i> to UV-B radiation	LI Min, WANG Yin, MU Xiaofei, et al (1987)
Biosorption of lead (II) and cadmium (II) from aqueous solution by <i>Chlorella pyrenoidsa</i> and its influential factors	JIANG Jing, LI Liang, LI Haipeng, et al (1995)
Response of pear jujube trees on fruit development period to different soil water potential levels	HAN Lixin, WANG Youke, ZHANG Linlin (2004)
An approach for analyzing resources metabolism of industrial ecosystems	SHI Xiaoqing, YANG Jianxin, WANG Rusong, et al (2012)
Establishment of environmental sustainability assessment indicators based on material flow and ecological footprint model in Tongling City of Anhui Province	ZHAO Huihui, WANG Yuan, GU Xueming, et al (2025)
Health status evaluation of the farmland supply function at county level in Hebei Province	BAI Linhong, WANG Wei, ZHANG Yu (2033)
Inhibition effects and mechanisms of the endophytic fungus <i>Chaetomium globosum</i> L18 from <i>Curcuma wenyujin</i>	WANG Yanhong, WU Xiaomin, ZHU Yanping, et al (2040)
Water use of walnut-wheat intercropping system based on stable carbon isotope technique in the low hilly area of North China	HE Chunxia, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (2047)
Spatial heterogeneity of soil microbial biomass carbon, nitrogen, and phosphorus in sloping farmland in a karst region on the Yunnan-Guizhou Plateau	ZHANG Liqing, PENG Wanxia, SONG Tongqing, et al (2056)
Relationship among rice root aerenchyma, root radial oxygen loss and rhizosphere nitrification	LI Yilin (2066)
Effects of <i>Eriosoma lanigerum</i> (Hausmann) on physiological indices of different apple cultivars	WANG Xicun, YU Yi, ZHOU Hongxu, et al (2075)
Effects of P-efficient transgenic soybean on rhizosphere microbial community	JIN Lingbo, ZHOU Feng, YAO Juan, et al (2082)
Detecting major phenological stages of rice using MODIS-EVI data and Symlet11 wavelet in Northeast China	XU Yanyan, ZHANG Jiahua, YANG Limin (2091)
Cropping system optimization based on the comparative analysis of precipitation utilization in Sichuan Province	WANG Mingtian, QU Huihui, YANG Xiaoguang, et al (2099)
The impacts of global climatic change on chilling damage distributions of maize in Northeast China	GAO Xiaorong, WANG Chunyi, ZHANG Jiquan (2110)
Effect of fertilization on ammonia volatilization from paddy fields in Chao Lake Basin	ZHU Xiaohong, MA Zhongwen, MA Youhua, et al (2119)
Effects of arbuscular mycorrhizal fungus on net ion fluxes in the roots of trifoliate orange (<i>Poncirus trifoliata</i>) and mineral nutrition in seedlings under zinc contamination	XIAO Jiaxin, YANG Hui, ZHANG Shaoling (2127)
The effect of red:far red ratio on the stomata characters and stomata conductance of <i>Chrysanthemum</i> leaves	YANG Zaiqiang, ZHANG Jing, JIANG Xiaodong, et al (2135)
Dynamic characteristics of litterfall and nutrient return of four typical forests along the altitudinal gradients in Mt. Shennongjia, China	LIU Lei, SHEN Guozhen, CHEN Fangqing, et al (2142)
Aboveground litter contribution to soil respiration in a black locust plantation in the Loess Plateau	ZHOU Xiaogang, GUO Shenli, CHE Shengguo, et al (2150)
Life history and spatial distribution of a <i>Taiwania flousiana</i> population in Leigong Mountain, Guizhou Province, China	CHEN Zhiyang, YANG Ning, YAO Xianming, et al (2158)
The feasibility of using LAS measurements of the turbulence structure parameters of temperature above a forest canopy	ZHENG Ning, ZHANG Jinsong, MENG Ping, et al (2166)
Spatial distribution of vegetation and carbon density in Jinyun Mountain Nature Reserve based on RS/GIS	XU Shaojun, ZENG Bo, SU Xiaolei, et al (2174)
Early nitrogen deposition effects on CO ₂ efflux from a cold-temperate coniferous forest soil	WENDU Runa, FANG Huajun, YU Guirui, et al (2185)
Epilithic diatom assemblages distribution in Gui River basin, in relation to chemical and physiographical factors	DENG Peiyan, LEI Yuanda, LIU Wei, et al (2196)
Acute stress caused by sand discharging on Yellow River Carp (<i>Cyprinus carpio</i>) in Xiaolangdi Reservoir	SUN Luyin, Baiyinbaoligao, NIU Cuijuan, et al (2204)
Environmental cost of pond aquaculture in Shanghai: an empirical analysis based on double-bounded dichotomous CVM method	TANG Keyong, YANG Zhengyong, YANG Huaiyu, et al (2212)
Host searching behaviour of <i>Apanteles cypris</i> Nixon (Hymenoptera: Braconidae) ...	ZHOU Hui, ZHANG Yang, WU Weijian (2223)
The effect of hedgerows on the distribution of <i>Harmonia axyridis</i> Pallas in agroforestry systems	YAN Fei, ZHOU Zaibao, WANG Shuo, et al (2230)
Induction of early resistance response to <i>Alternaria alternata</i> f. sp. <i>mali</i> in apple leaves with apple and chitosan fermentation broth ...	WANG Rongjuan, YAO Yuncong, QI Yaping, et al (2239)
Review and Monograph	
Research into vulnerability assessment for coastal zones in the context of climate change	WANG Ning, ZHANG Liquan, YUAN Lin, et al (2248)
Introduction and ecological effects of an exotic mangrove species <i>Sonneratia apetala</i>	PENG Yougui, XU Zhengchun, LIU Minchao (2259)
Discussion	
Degradation of organic contaminants with biological aerobic fermentation in sewage sludge dewatering and its influencing factors	YU Jie, ZHENG Guodi, GAO Ding, et al (2271)
Remediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) using four greening tree species	YAN Wende, LIANG Xiaocui, ZHENG Wei, et al (2279)
Scientific Note	
Diversity of endophytic fungi from six dominant plant species in a Pb-Zn mine wasteland in China	LI Dongwei, XU Hongmei, MEI Tao, et al (2288)
Effects of <i>Meloidogyne incognita</i> on scavenging system of reactive oxygen species in tomato seedlings grafted with different rootstocks ...	LIANG Peng, CHEN Zhende, LUO Qingxi (2294)

《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 7 期 (2012 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 7 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:100071	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@csppg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@csppg.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