

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

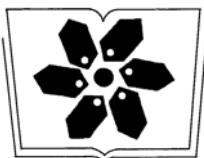
Acta Ecologica Sinica



第34卷 第11期 Vol.34 No.11 **2014**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 11 期 2014 年 6 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

土壤大孔隙流研究现状与发展趋势..... 高朝侠,徐学选,赵娇娜,等 (2801)

能源基地生态修复

我国大型煤炭基地建设的生态恢复技术研究综述..... 吴 钢,魏 东,周政达,等 (2812)

国家大型煤电基地生态环境监测技术体系研究——以内蒙古锡林郭勒盟煤电基地为例.....

..... 魏 东,全 元,王辰星,等 (2821)

基于 DPSIR 模型的国家大型煤电基地生态效应评估指标体系 周政达,王辰星,付 晓,等 (2830)

西部干旱区煤炭开采环境影响研究..... 雷少刚,卞正富 (2837)

露天煤矿区生态风险受体分析——以内蒙古平庄西露天煤矿为例..... 高 雅,陆兆华,魏振宽,等 (2844)

草原区矿产开发对景观格局和初级生产力的影响——以黑岱沟露天煤矿为例.....

..... 康萨如拉,牛建明,张 庆,等 (2855)

三七对土壤中镉、铬、铜、铅的累积特征及健康风险评价 林龙勇,阎秀兰,廖晓勇,等 (2868)

某焦化场地土壤中多环芳烃分布的三维空间插值研究..... 刘 庚,毕如田,权 腾,等 (2876)

个体与基础生态

杉木人工混交林对土壤铝毒害的缓解作用 雷 波,刘 彬,罗承德,等 (2884)

基于 $\delta^{15}\text{N}$ 稳定同位素分析的人工防护林大型土壤动物营养级研究 张淑花,张雪萍 (2892)

铅镉抗性菌株 JB11 强化植物对污染土壤中铅镉的吸收 金忠民,沙 伟,刘丽杰,等 (2900)

陕北地区石油污染土壤中不动杆菌属的筛选、鉴定及降解性能 王 虎,吴玲玲,周立辉,等 (2907)

祁连山高山植物根际土放线菌生物多样性..... 马爱爱,徐世健,敏玉霞,等 (2916)

新疆沙冬青 AM 和 DSE 真菌的空间分布 姜 桥,贺学礼,陈伟燕,等 (2929)

聚糠茶水剂对不同积温带玉米花后叶片氮同化的影响..... 高 娇,董志强,徐田军,等 (2938)

内蒙古河套灌区玉米与向日葵霜冻的关键温度..... 王海梅,侯 琼,云文丽,等 (2948)

四种类型栓皮栎栲胶含量..... 尹艺凝,张文辉,何景峰,等 (2954)

食物胁迫对翅二型丽斗蟋飞行肌和繁殖发育的影响..... 吴红军,赵吕权,曾 杨,等 (2963)

颜色对梨小食心虫产卵选择性的影响..... 杨小凡,马春森,范 凡,等 (2971)

缓释单萜类挥发物对落叶松毛虫行为及落叶松主要防御蛋白的影响..... 林 健,刘文波,孟昭军,等 (2978)

种群、群落和生态系统

黄土丘陵沟壑区不同植被恢复格局下土壤微生物群落结构 胡婵娟,郭 雷,刘国华 (2986)

刺参池塘底质微生物群落功能多样性的季节变化..... 闫法军,田相利,董双林,等 (2996)

基于 DGGE 技术的茯砖茶发花过程细菌群变化分析 刘石泉,胡治远,赵运林 (3007)

景观、区域和全球生态

中国区域间隐含碳排放转移..... 刘红光,范晓梅 (3016)

西南地区退耕还林工程主要林分 50 年碳汇潜力 姚 平,陈先刚,周永锋,等 (3025)

青海湖流域草地植被动态变化趋势下的物候时空特征..... 李广泳,李小雁,赵国琴,等 (3038)

黑龙江省温带森林火灾碳排放的计量估算..... 魏书精,罗碧珍,孙 龙,等 (3048)

三峡库区森林植被气候生产力模拟..... 潘 磊,肖文发,唐万鹏,等 (3064)

三峡水库支流拟多甲藻水华的形成机制..... 朱爱民,李嗣新,胡 俊,等 (3071)

流域库坝工程开发的生物多样性敏感度分区..... 李亦秋,鲁春霞,邓 欧,等 (3081)

城乡与社会生态

基于集对分析的京津冀区域可持续发展协调能力评价..... 檀菲菲,张 萌,李浩然,等 (3090)

江西省自然保护区发展布局空缺分析 黄志强,陆 林,戴年华,等 (3099)

鄱阳湖生态经济区生态经济指数评价 黄和平,彭小琳 ,孔凡斌,等 (3107)

基于有害干扰的中国省域森林生态安全评价..... 刘心竹,米 锋,张 爽,等 (3115)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 328 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 35 * 2014-06



封面图说: 三峡库区森林植被——三峡地区属亚热带区域,山高坡陡、地形复杂、物种丰富,森林是其最重要的自然资源之一,其面积占到库区总面积的 37%左右,库区内现有森林可初步分为 2 个植被型组,8 个植被型,18 个群系组,44 个群系,102 个群丛,主要树种有马尾松、杉树、柏树等,低海拔处多为落叶阔叶林、常绿阔叶林,较高海拔分布有针阔混交林、针叶混交林、灌木林等,人工林主要有经济林、竹林等。对三峡库区森林气候生产力进行模拟,分析库区森林植被的生产力并进行预测,可以为三峡库区的生态建设决策提供科学依据。

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

DOI: 10.5846/stxb201211101575

杨小凡, 马春森, 范凡, 刘玉峰, 冯娜, 李倩, 魏国树. 颜色对梨小食心虫产卵选择性的影响. 生态学报, 2014, 34(11): 2971-2977.

Yang X F, Ma C S, Fan F, Liu Y F, Feng N, Li Q, Wei G S. Effect of colours on oviposition preference of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* Busck. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(11): 2971-2977.

颜色对梨小食心虫产卵选择性的影响

杨小凡^{1,2}, 马春森³, 范凡^{1,2}, 刘玉峰^{1,2}, 冯娜^{1,2}, 李倩^{1,2}, 魏国树^{1,2,*}

(1. 河北农业大学植保学院, 保定 071001; 2. 河北省农作物病虫害生防工程中心, 保定 071001;

3. 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193)

摘要: 梨小食心虫 (*Grapholita molesta* Busck) 是一种重要的果树害虫, 早春产卵喜在桃嫩梢叶上, 为探明寄主颜色在其产卵选择中的作用, 利用彩色卡纸模拟寄主颜色, 室内比较了红、粉红、浅粉、橙黄、深黄、浅黄、青绿、深绿、浅绿、蓝、紫、褐色等 12 种不同颜色基质对其成虫产卵选择性的影响。结果发现: 基质颜色对梨小食心虫的产卵选择性有显著影响, 其产卵偏嗜浅黄和浅绿色, 白色和黑色参比时其产卵选择率分别依次为 68.9%、63.8% 和 64.1%、65.5%, 蓝和浅粉色则表现一定的拒避作用, 白色和黑色参比时其产卵选择率分别依次为 47.7%、40.4% 和 47.2%、42.7%, 且参比色对其产卵选择性影响差异显著。基质颜色对其产卵量亦有显著性影响, 无论黑或白色参比, 黄、绿颜色上的产卵量均较多, 尤其是深黄、深绿和青绿色。基质颜色对 1—7 日龄梨小食心虫成虫的产卵选择性均有显著影响。白色参比时, 2、3 日龄蛾对浅绿和浅黄色的产卵选择率显著高于其他颜色; 黑色参比时, 2 日龄时明显偏嗜浅绿色 (79.7%), 6 日龄时明显偏嗜浅黄色 (74.8%)。表明寄主颜色在梨小食心虫产卵场所选择中具有重要作用, 为其卵期监测和防控中颜色应用乃至进一步揭示其产卵寄主选择机理提供了依据和参考。

关键词: 梨小食心虫; 颜色; 产卵选择性; 日龄

Effect of colours on oviposition preference of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* Busck

YANG Xiaofan^{1,2}, MA Chunsen³, FAN Fan^{1,2}, LIU Yufeng^{1,2}, FENG Na^{1,2}, LI Qian^{1,2}, WEI Guoshu^{1,2,*}

1 Agriculture University of Hebei, Baoding 071001, China

2 Biological Control Center of Plant Pests of Hebei, Baoding 071001, China

3 Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China

Abstract: The oriental fruit moth (OFM), *Grapholita molesta* Busck is one of the major fruit tree pest insects which lay their eggs on the leaves of peach young shoots. In order to find out the roles of the host colour in oviposition orientation, we conducted a comparative study to reveal effects of 12 different colours (red, pink, light pink, orange yellow, deep yellow, light yellow, green, deep green, light green, blue, purple, brown etc) on oviposition preference of adults using the color cardboard to simulate the host colours outdoors. The results have showed that colour affected the oviposition preference significantly. OFM preferred to the light yellow and light green laying eggs, with oviposition preferences of 68.9% (white reference) and 63.8% (black reference) on light yellow cards, 64.1% and 65.5% on light green cards. OFM showed a certain avoidance to blue and light pink cards, with oviposition preferences of 47.7% and 40.4% on blue cards, 47.2% and 42.7% on light pink cards. and the reference colours can significantly affect the oviposition preference. Colour also affected the fecundity significantly. whether while or black reference, the eggs spawned on yellow and green cards were much more than others, especially the deep yellow, deep green and green cards. Colour affected the oviposition preference of 1—7 days

基金项目: 国家公益性行业 (农业) 科研专项项目 (201103024); 河北省自然科学基金 (C2010000680)

收稿日期: 2012-11-10; **网络出版日期:** 2014-02-24

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: weiguoshu03@aliyun.com

adults significantly. 2 and 3 days of OFM preferred to the light yellow and light green laying eggs on white reference, with oviposition preferences of 86.7% and 91.7%. On black reference, 2 day moth preferred light green laying eggs, with oviposition preference of 79.7% and 6 day moth preferred light yellow, with oviposition preference of 74.8%. The study showed that host colour play an important role in the spawning site selection, and provide bases and references for the application of colour in the monitoring and prevention and control of egg stage and even further reveals the spawning host selection mechanism of OFM.

Key Words: *Grapholita molesta* Busck; colour; oviposition preference; day

梨小食心虫 *Grapholita molesta* Busck 属鳞翅目小卷蛾科,简称“梨小”,是一种世界性的果树害虫,广泛分布于亚、欧、美、澳洲;在国内,除西藏未见报道外,南、北各果区普遍发生。它以幼虫蛀食危害桃、梨、苹果、杏、李、枇杷、海棠、枣等果实,严重影响果实的品质和产量^[1-2]。由于其具有个体较小、年发生世代数多、世代重叠和蛀梢、蛀果隐藏为害等特点,给其虫情预测预报及其防治带来严重困难^[3]。

昆虫在其寄主植物上的产卵选择性是其与寄主植物及其周边环境长期协同进化的结果,对其种群的生存繁衍具有重要的生物学意义^[4]。昆虫在寄主植物上的产卵行为是一系列选择判断过程,在此过程中视觉因素可能起着十分重要的作用,如寄主的颜色和形状等^[5]。橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis* Hendel 雌虫常选择桔黄色或绿色的圆球形寄主产卵^[6],粘虫 *Mythimna separata* Walker 雌蛾喜在黄褐色纸张上产卵,其产卵量和产卵次数明显高于绿色纸张^[7],均表明在昆虫产卵的场所选择中颜色具有重要指示作用。近年来,有关梨小食心虫产卵选择影响因素的研究多侧重于其寄主挥发物的作用^[8-13],Myers 等在研究不同的苹果栽培品种对梨小食心虫成虫产卵偏好的影响时推测:寄主颜色可能影响其雌蛾的产卵场所选择^[14],但其有关寄主颜色等视觉因素对产卵的影响和作用迄今未见报道。研究颜色等视觉因素对昆虫产卵的寄主选择性的影响,对揭示昆虫产卵规律,开发潜在的无害化害虫治理新途径具有重要意义。为此,本文比较研究了 12 种不同颜色基质—红色、粉红、浅粉、橙黄、深黄、浅黄、青绿、深绿、浅绿、蓝色、紫色、褐色对梨小食心虫产卵选择性的影响,以期揭示寄主颜色与其产卵选择行为间的联系及其作用。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试虫源:梨小食心虫由西北农林科技大学植物保护学院农业害虫综合治理研究室提供。试虫在人工气候箱(RXZ-300C,宁波江南仪器厂)内连续饲养,方法参考杜娟^[15],饲养条件:温度(26 ± 0.5)℃,相对湿度(70 ± 10)%,光周期 15L:9D,光照强度 4800lx。待幼虫化蛹羽化后,选取当日羽化的健壮成虫供试。

供试卡纸:红、粉红、浅粉、橙黄、深黄、浅黄、青绿、深绿、浅绿、蓝、紫、褐色 12 种颜色卡纸(上海鸣志文具有限公司生产)。

1.2 试验装置及方法

1.2.1 试验装置

试验利用彩色卡纸模拟寄主颜色的方法,颜色选取的原则为与田间果树梢、花和果实等颜色相应和近似,并根据其生长过程中的颜色深浅变化将红、黄、绿色各划分了 3 个区段,即红、粉红、浅粉、橙黄、深黄、浅黄、青绿、深绿、浅绿。试验在双色玻璃缸中进行,即将一圆柱形、透明玻璃缸($\Phi = 15\text{cm}$, $h = 15\text{cm}$)等分为两部分,选取质地相同的 A4 彩色卡纸分别铺贴于玻璃缸底部和侧壁的一半部位,对应的另一半以白或黑色卡纸为参比色。每缸在两色交界处悬挂一大小一致的蘸有 5% 蜂蜜水棉球,作为成虫补充营养,缸口以单层纱布覆盖。

1.2.2 试验方法

取梨小食心虫健壮雌、雄蛾各 5 头,置于双色玻璃缸内,再将该缸置于前述人工气候箱内,每天定时观察统计各颜色卡纸上的产卵量,并更换新的双色玻璃缸,连续观察 7d。每个处理重复 3 次。由下式计得各种颜色、各日龄梨小食心虫蛾的产卵选择率。

产卵选择率(%)= 每种颜色卡纸上的落卵量/(每种颜色上的落卵量+参比色上的落卵量)×100

另外,针对梨小食心虫对不同颜色的产卵选择性,用光谱仪(ACTON SP- 2758)测定了不同颜色卡纸的波长范围(表 1)。

表 1 不同颜色卡纸的波长范围
Table 1 The wavelength range of different colour

颜色 Colour	波长 Wavelength/nm	颜色 Colour	波长 Wavelength/nm
红 Red	630	粉红 Pink	605
浅粉 Light pink	600	橙黄 Orange yellow	590
深黄 Deep yellow	580	浅黄 Light yellow	565
青绿 Green	530	深绿 Dark green	525
浅绿 Light green	545	蓝 Blue	475
紫 Purple	645	褐 Brown	575

1.3 数据处理

数据统计分析采用 DPS 数据处理系统,利用 Duncan's 新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 颜色对梨小食心虫产卵选择性的影响

研究发现,不同颜色基质间梨小食心虫的产卵选择率有显著差异(图 1,图 2)。白色参比时,各颜色基质的产卵选择率依次为浅黄(68.9%)>橙黄(64.7%)>浅绿(63.8%)>褐(62.1%)>红(61.2%)>青绿(59.7%)>深绿(59.7%)>紫(57.5%)>粉红(50.9%)>蓝(47.7%)>深黄(45.3%)>浅粉(40.4%)(图 1),显示其产卵偏嗜浅黄、橙黄、浅绿、褐、红、青绿、深绿、紫色等颜色,尤其偏嗜浅黄色,其次为橙黄和浅绿色,蓝色、深黄和浅粉色则有一定的

拒避作用。黑色参比时,不同颜色基质的产卵选择率依次为浅绿(65.5%)>浅黄(64.1%)>青绿(63.0%)>深黄(59.4%)>深绿(54.1%)>褐(47.3%)>蓝(47.2%)>粉红(43.0%)>红(42.9%)>浅粉(42.7%)>橙黄(39.9%)>紫(38.9%)(图 2),显示其产卵偏嗜浅绿、浅黄、青绿、深黄、深绿等颜色,蓝、褐、红、粉红、粉、橙黄和紫色有一定的拒避作用。

结果表明,寄主颜色对梨小食心虫产卵选择性有显著影响,尽管黑、白参比色不同,其不同颜色基质间的产卵选择性有一定差异。综合两种不同的参比色结果分析可知,其产卵均偏嗜黄、绿颜色,尤其是浅黄和浅绿色,而蓝和浅粉色则表现一定的拒避作用,但不同参比色其产卵选择率的方差分析显示,参比色对其产卵选择性的影响差异显著(表 2)。

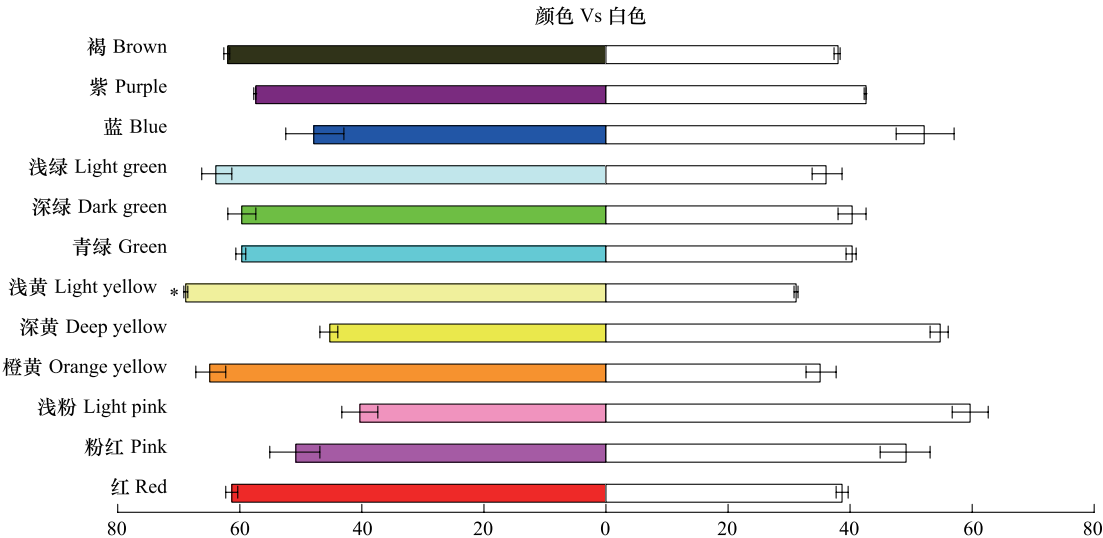


图 1 不同颜色基质梨小食心虫的产卵选择率比较(白色参比)
Fig.1 Oviposition selectivity of *Grapholita molesta* Busck to different colours on white reference
* 表示差异显著 (P<0.01)

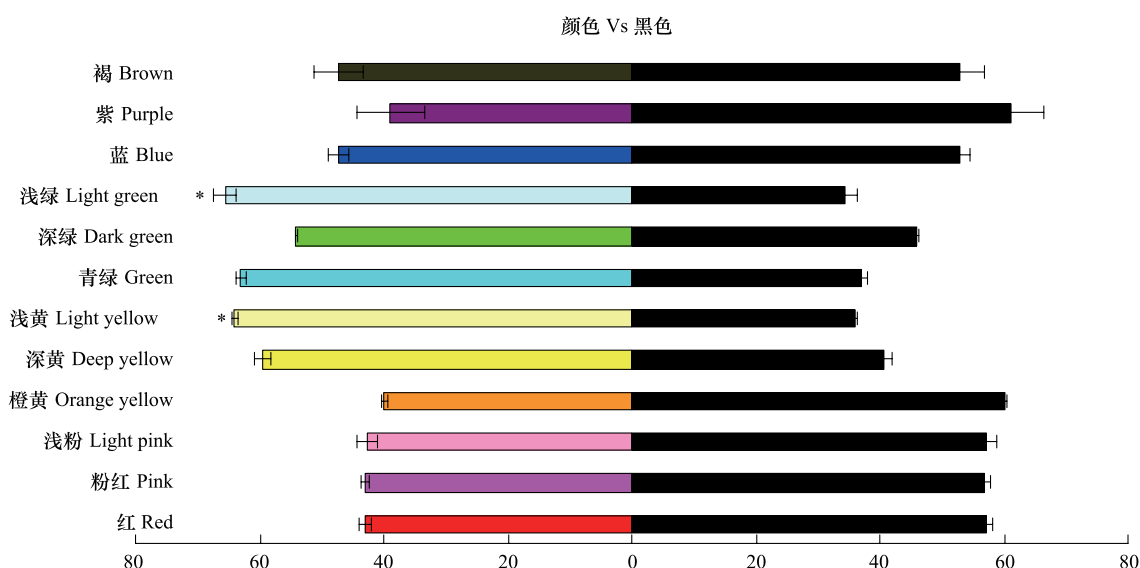


图2 不同颜色基质梨小食心虫的产卵选择率比较(黑色参比)

Fig.2 Oviposition selectivity of *Grapholita molesta* Busck to different colours on black reference

* 表示差异显著 ($P < 0.01$)

3.2 颜色对梨小食心虫产卵量的影响

研究发现,不同颜色基质间梨小食心虫的产卵量有显著差异(图3)。白色参比时,各颜色基质上7d的总产卵量依次为深黄(196.0粒)>红(162.7粒)>深绿(159.3粒)>青绿(156.7粒)>粉红(137.0粒)>浅粉(128.0粒)>蓝(118.7粒)>浅黄(103.7粒)>浅绿(87.3粒)>橘黄(71.3粒)>褐(51.7粒)>紫(41.3粒),显示其在深黄色卡纸上的产卵量显著高于其他颜色基质,其次为红、深绿和青绿,褐和紫色

上的产卵量较少。黑色参比时,不同颜色基质上7d的总产卵依次为青绿(384.7粒)>深绿(333.0粒)>深黄(304.0粒)>浅绿(280.0粒)>浅黄(169.3粒)>浅粉(144.7粒)>蓝(141.3粒)>粉红(130.7粒)>褐(63.0粒)>橘黄(52.0粒)>红(28.0粒)>紫(27.7粒),显示其在深绿色卡纸上的产卵量显著高于其他颜色基质,其次为深绿、深黄色,红和紫色上的产卵量较少。

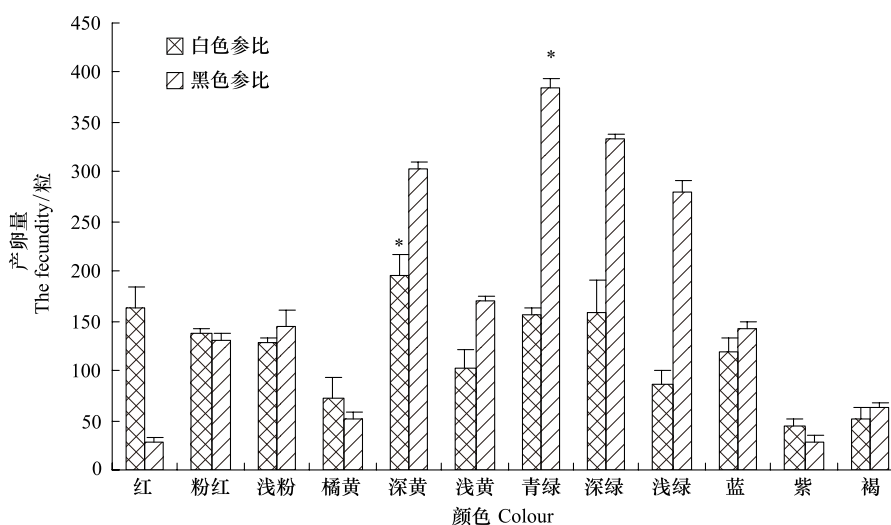


图3 不同颜色基质梨小食心虫的产卵量比较

Fig.3 The fecundity of *Grapholita molesta* Busck in each urn to different colours

* 表示差异显著 ($P < 0.01$)

结果表明,寄主颜色对梨小食心虫产卵量有显著影响,无论黑或白色参比,黄、绿颜色上的产卵量均较多,尤其是深黄、深绿和青绿色,而紫和褐色上的产卵量较少,并且发现黑色参比时其产卵量明显高于白色参比,但不同参比色其产卵量的方差分析显示,参比色对其产卵量的影响差异不显著(表2)。

表 2 不同参比色梨小食心虫产卵选择率、产卵量方差分析

Table 2 Variance analysis of the oviposition selectivity and fecundity of <i>Grapholita molesta</i> Busck in different reference colour						
处理 Treatments	变异来源 Source of variation	平方和 Sum of the squares	自由度 df	均方 Mean square	<i>F</i>	显著水平 Significance level
产卵选择率	参比色 Reference colour	0.0227	1	0.02	3.54	0.0865 *
Oviposition selectivity	颜色 Colour	0.1251	11	0.01	1.77	
	总变异 Total variation	0.2183	23			
产卵量 Fecundity	参比色	17209.1862	1	17209.19	3.14	0.104
	颜色 Colour	136260.2769	11	12387.30	2.26	
	总变异 Total variation	213737.8388	23			

* 在 5% 水平上差异显著

3.2 颜色对不同日龄梨小食心虫成虫产卵选择性的影响

白色参比时不同颜色基质对不同日龄的梨小食心虫成虫的产卵选择率有显著影响(图3)。2—7 日龄梨小食心虫成虫均对红、橙黄、浅黄、青绿、深绿、浅绿、褐色表现明显的产卵选择性,其中 2—3 日龄明显偏嗜浅黄、浅绿色,其产卵选择率分别为 86.7%、91.7%和 81.2%、75.8%;4 日龄时明显偏嗜深绿、橙黄、浅黄色,其产卵选择率分别为 70.4%、68.0%、67.1%;5 日龄时明显偏嗜褐(66.3%)、浅黄

(66.2%)、橘黄(64.3%)、红色(61.1%);6 日龄时明显偏嗜紫(69.1%)、橙黄(68.6%)、浅黄色(67.4%);7 日龄时明显偏嗜浅黄(70.6%)、浅绿色(70.0%)。表明梨小食心虫雌蛾在前期较偏嗜浅黄和浅绿色,随后其对浅黄、浅绿色的产卵选择率明显降低,对较深的黄、绿的产卵选择率提高,到了 7 日龄又明显偏嗜浅黄、浅绿色,并且 2、3 日龄对浅绿和浅黄的产卵选择率明显高于其他日龄,但不同日龄其对不同颜色的产卵选择率的方差分析显示,日龄对其产卵选择性的影响差异不显著(表5)。

表 3 不同日龄梨小食心虫成虫对不同颜色基质的产卵选择率比较(白色参比)

Table 3 Oviposition selectivity of different days <i>Grapholita molesta</i> Busck to different colour on white reference						
颜色 Colour	产卵选择率 The selectivity of oviposition (mean±S.D)/%					
	2 日龄(2d)	3 日龄(3d)	4 日龄(4d)	5 日龄(5d)	6 日龄(6d)	7 日龄(7d)
红	81.35±5.62ab	56.60±5.26cd	63.72±7.94ab	61.08±7.21a	54.50±3.87bcd	64.39±5.12abc
粉红	36.11±37.58de	47.22±20.97de	46.99±10.01c	46.70±2.42bc	53.23±6.42cd	56.83±3.72c
浅粉	65.00±21.79abcd	38.55±0.64ef	47.53±1.03c	41.56±7.71c	35.27±4.43e	32.99±3.20e
橘黄	65.56±15.03abcd	64.45±3.85bc	68.01±6.12ab	64.31±1.24a	65.58±11.36abc	65.62±8.96ab
深黄	41.76±4.73cd	37.95±8.32ef	39.95±4.19cd	40.56±1.24c	53.84±7.88bcd	45.00±1.47d
浅黄	86.67±23.09ab	81.15±8.10a	67.08±7.30ab	66.15±5.91a	67.41±1.28ab	70.62±5.12a
青绿	63.89±2.41abcd	62.38±6.75bcd	58.51±1.75b	59.74±2.22a	60.70±0.85abc	58.56±1.27bc
深绿	72.06±1.10abc	69.61±7.45abc	70.41±5.01a	55.92±4.28ab	58.35±3.55abc	56.72±1.99c
浅绿	91.67±14.43a	75.79±9.54ab	61.56±5.46ab	59.65±5.44a	59.27±1.79abc	70.04±2.41a
蓝	75.43±8.98ab	62.14±2.27bcd	48.18±7.17c	47.88±11.19bc	43.99±6.95de	41.13±0.60d
紫	8.33±14.43e	30.16±2.75f	34.72±2.41d	65.22±9.77a	69.10±16.06a	61.97±3.38bc
褐	58.89±8.39bcd	61.27±4.89bcd	59.26±6.41ab	66.32±0.60a	61.67±1.44abc	61.26±5.34bc

不同字母表示同列数据的检验结果显著($P\leq 0.05$)

黑色参比时不同颜色基质对不同日龄的梨小食心虫成虫的产卵选择率亦有显著影响(图4)。2—7

日龄梨小食心虫成虫均对深黄、浅黄、青绿、浅绿色表现明显的产卵选择性,其中,2、5 日龄时明显偏嗜

浅绿色,其产卵选择率分别为 79.7%、64.6%; 3 日龄时明显偏嗜浅黄 (64.7%)、浅绿 (64.2%); 4 日龄时为红 (77.0%)、青绿 (66.8%)、浅绿 (61.0%); 6、7 日龄时明显偏嗜浅黄、浅绿和青绿色,其产卵选择率分别为 74.8%、67.4%、74.1% 和 71.6%、66.1%、62.2%。表明梨小食心虫雌蛾偏嗜于黄、绿颜色的寄主上产卵,4 日龄雌蛾则显著偏嗜红色。方差分析显示,日龄对其产卵选择性的无显著性影响(表 5)。

表 4 不同日龄梨小食心虫成虫对不同颜色的产卵选择率比较(黑色参比)

Table 4 Oviposition selectivity of different days <i>Grapholita molesta</i> Busck to different colour on black reference						
颜色 Colour	产卵选择率 The selectivity of oviposition (mean±S.D)/%					
	2 日龄(2d)	3 日龄(3d)	4 日龄(4d)	5 日龄(5d)	6 日龄(6d)	7 日龄(7d)
红	31.02±7.90de	27.43±8.11f	77.02±6.82a	58.93±3.09ab	41.03±3.56ef	33.49±2.80ef
粉红	39.68±5.50de	45.53±2.32cd	45.10±1.28ef	41.65±1.38cd	42.55±0.53ef	43.38±1.22cd
浅粉	40.37±2.49d	45.06±1.73cd	43.07±4.59f	31.22±0.86d	46.09±2.00de	44.75±2.29cd
橘黄	28.33±10.41e	37.26±3.49de	44.39±3.63ef	44.65±1.27bcd	32.59±4.02g	39.30±1.45de
深黄	63.44±3.34bc	59.78±1.06ab	60.83±3.05bc	58.10±0.31ab	58.18±4.32c	61.30±1.57b
浅黄	54.95±1.90c	64.72±3.55a	52.53±1.64cdef	52.66±1.09abc	74.81±0.72a	71.62±1.71a
青绿	58.85±3.42bc	52.70±2.44bc	66.81±4.21b	54.44±0.73abc	74.09±9.45ab	64.24±5.80b
深绿	34.28±3.37de	44.37±1.21d	53.57±2.02cde	54.29±1.07abc	58.04±0.78c	61.12±1.84b
浅绿	79.05±7.19a	64.16±2.82a	60.96±3.73bc	64.60±3.58a	67.44±1.81b	66.08±1.80ab
蓝	69.45±4.81ab	59.87±3.80ab	55.09±3.05cd	46.45±2.21bcd	40.46±4.03ef	41.45±5.06d
紫	32.78±7.52de	32.80±10.33ef	48.12±13.50def	41.30±4.22cd	36.32±5.28fg	28.97±4.18f
褐	30.00±8.66de	40.18±0.77de	47.59±0.92def	59.66±28.28ab	51.03±3.63cd	49.46±6.37c

不同字母表示同列数据的检验结果显著($P<0.05$)

表 5 不同日龄梨小食心虫成虫对颜色产卵选择率方差分析

Table 5 Variance analysis of the Oviposition selectivity of different days <i>Grapholita molesta</i> Busck to different colour						
处理 Treatments	变异来源 Source of variation	平方和 Sum of the squares	自由度 df	均方 Mean square	<i>F</i>	显著水平 Significance level
白色参比 White reference	日龄	0.0864	5	0.0173	1.31	0.2739
	颜色	0.7313	11	0.0665	5.04	
	总变异	1.5437	71			
黑色参比 Black reference	日龄	0.0469	5	0.0094	1.09	0.375
	颜色	0.6995	11	0.0636	7.40	
	总变异	1.2190	71			

4 讨论

产卵是植食性昆虫个体发育史中的一个重要环节,主要通过视觉、嗅觉等识别和接受寄主^[16-17]。早春的梨小食心虫雌蛾之所以将卵产在嫩绿的桃梢叶片^[1-2],其颜色视觉刺激很可能是诱致因素之一。于海利^[16]研究发现梨小食心虫蛾对 520nm 的绿光趋性最强,其次为 590nm 黄光,表明其对不同单色光的趋性不同。本质上,昆虫对颜色的趋性是一种趋光性。本试验在研究不同颜色对梨小食心虫的产卵选择中发现,寄主颜色对梨小食心虫的产卵选择性有显著影响,初步证明了颜色在其产卵选择中的作用。并且针对寄主生长过程中颜色的深浅变化,选取了 3 个区段,发现其对深浅程度不同的黄、绿颜色的产卵

选择性不同,且明显偏嗜与嫩梢颜色接近的浅黄(565nm)、浅绿色(545nm),这可能是其早春喜在黄绿色嫩梢而非浅粉色桃花等部位产卵的主要原因之一,进一步验证了寄主颜色在梨小食心虫寻找产卵场所中的引导作用。

研究发现,梨小食心虫在不同颜色上的产卵量有明显差异,且黄、绿颜色上的产卵量均较多,尤其是深黄、深绿和青绿色,这与浅黄、浅绿色的产卵选择率较高的结果不一致,如白色参比时,深黄色的产卵选择率仅为 45.3%,7d 总产卵量为 196.0 粒,显著高于其他颜色,浅黄的产卵选择率最高,为 68.9%,其 7d 总产卵量则为 103.7 粒,其原因可能与其成虫的生理状态有关,推测颜色对其产卵生物学有一定影响,有待进一步的研究。

魏国树等^[17]研究认为,昆虫的趋光性与其羽化日龄相关。于海利^[16]亦研究发现 1—5 日龄梨小食心虫蛾对绿光的趋性大小不同,3 日龄时趋光性最强。本试验研究了 1—7 日龄梨小食心虫成虫对不同颜色的产卵选择率,结果表明日龄对其颜色的产卵选择性有一定影响,但差异不显著。另外,为探明梨小食心虫对产卵场所的视觉判断是否存在昼夜差异,试验设置了黑、白两个参比色,结果表明,不同参比色其对不同颜色基质的产卵选择性存在一定的差异,且差异显著。这可能与梨小食心虫的视觉系统在不同环境下对颜色的感知的差异性有关。但是本试验均是在光周期 15L:9D 的培养箱中进行,缺乏黑暗处理,有待下一步试验的开展。

References:

- [1] Li L L, Zhang S C, Zhang A S, Men X H, Zhou X H, Yu Y. Effects of several factors on trapped quantity of *Grapholitha molesta* with sex pheromone. *Shandong Agricultural Sciences*, 2012, 44(7): 95-97.
- [2] Myers C T, Hull L A, Krawczyk G. Effects of orchard host plants on the oviposition preference of the oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology*, 2006, 99(4): 1176-1183.
- [3] Cheng M X, Luo Y Q, Zhao C J, Tao W Q, Ma W E, Wang H, Liu J X. Research advance on *Grapholitha molesta* Busck. *Northern Horticulture*, 2009, (8): 144-147.
- [4] Qin J D. Studies on insect-plant relationships; recent trends and prospect. *Acta Zoologica Sinica*, 1995, 41(1): 12-20.
- [5] Tang Y C, Zhou C L, Chen X M. Progress in the oviposition behavioral ecology of Herbivorous Insects. *Forest Research*, 2010, 23(5): 770-777.
- [6] Rin L L, Qi L Y, Jiang Q G, Zhou S D, Dai H G. Oviposition preference of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2008, 45(4): 593-597.
- [7] Yin J, Xue Y G, Qiao H B, Hu Y, Cao Y Z. The significance of oviposition site selection and effect of color in orientation by oriental armyworm, *Mythimna separata* Walker. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(6): 2483-2489.
- [8] Masante-Roca I, Anton S, Delbac L, Dufour M C, Gadenne C. Attraction of the grapevine moth to host and non-host plant parts in the wind tunnel: effects of plant phenology, sex, and mating status. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2007, 122(3): 239-245.
- [9] Piñero J C, Dorn S. Response of female oriental fruit moth to volatiles from apple and peach trees at three phenological stages. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2009, 131(1): 67-74.
- [10] Piñero J C, Dorn S. Synergism between aromatic compounds and green leaf volatiles derived from the host plant underlies female attraction in the oriental fruit moth. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2007, 125(2): 185-194.
- [11] Natale D, Mattiacci L, Pasqualini E, Dorn S. Apple and peach fruit volatiles and the apple constituent butyl hexanoate attract female oriental fruit moth, *Cydia molesta*, in the laboratory. *Journal of Applied Entomology*, 2004, 128(1): 22-27.
- [12] Natale D, Mattiacci L, Hern A, Pasqualini E, Dorn S. Response of female *Cydia molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) to plant derived volatiles. *Bulletin of Entomological Research*, 2003, 93(4): 335-342.
- [13] Piero J C, Galizia C G, Dorn S. Synergistic behavioral responses of female oriental fruitmoths (Lepidoptera: Tortricidae) to synthetic host plant-derived mixtures are mirrored by odor-evoked calcium activity in their antennal lobes. *Journal Insect Physiology*, 2008, 54(2): 333-343.
- [14] Myers C T, Hull L A, Krawczyk G. Seasonal and cultivar-associated variation in oviposition preference of oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) adults and feeding behavior of neonate larvae in apples. *Journal of Economic Entomology*, 2006, 99(2): 349-358.
- [15] Du J, Guo J T, Zhang Y S, Wu J X. Effect of Temperature on development and reproduction of *Grapholitha molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae). *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2009, 18(6): 314-318.
- [16] Yu H L. The Phototaxis of *Grapholitha Molesta* Busck and the Effect of Green light on Its Biological Characteristics [D]. Yangling: Northwest A and F University, 2011.
- [17] Wei G S, Zhang Q W, Zhou M X, Wu W G. Studies on the phototaxis of *Helicoverpa armigera* (Hübner). *Acta Biophysica Sinica*, 2000, 16(1): 89-95.
- [18] Todd J L, Phelan P L, Nault L R. Interaction between visual and olfactory stimuli during host-finding by leafhopper, *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae). *Journal of Chemical Ecology*, 1990, 16(7): 2121-2133.
- [19] Allison J D, Borden J H, Seybold S J. A review of the chemical ecology of the Cerambycidae (Coleoptera). *Chemoeology*, 2004, 14(3/4): 123-150.
- [20] Košťál V. Physical and chemical factors influencing landing and oviposition by the cabbage root fly on host-plant models. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1993, 66(2): 109-118.

参考文献:

- [1] 李丽莉, 张思聪, 张安盛, 门兴元, 周仙红, 于毅. 几种因素对梨小食心虫性诱剂诱捕量的影响. *山东农业科学*, 2012, 44(7): 95-97.
- [3] 陈梅香, 骆有庆, 赵春江, 陶万强, 马万娥, 王合, 刘曦, 禹菊香. 梨小食心虫研究进展. *北方园艺*, 2009, (8): 144-147.
- [4] 钦俊德. 昆虫与植物关系的研究进展和前景. *动物学报*, 1995, 41(1): 12-20.
- [5] 唐宇翀, 周成理, 陈晓鸣. 植食性昆虫产卵行为生态学研究进展. *林业科学研究*, 2010, 23(5): 770-777.
- [6] 任荔荔, 祁力言, 蒋巧根, 周曙东, 戴华国. 植物果实、颜色和形状对橘小实蝇产卵选择的影响. *昆虫知识*, 2008, 45(4): 593-597.
- [7] 尹姣, 薛银根, 乔红波, 李克斌, 胡毅, 曹雅忠. 粘虫 (*Mythimna separata* Walker) 选择产卵场所的意义及颜色在定位中的作用. *生态学报*, 2007, 27(6): 2483-2489.
- [15] 杜娟, 郭建挺, 张亚素, 仵均祥. 温度对梨小食心虫 *Grapholitha molesta* Busck 生长发育及繁殖的影响. *西北农业学报*, 2009, 18(6): 314-318.
- [16] 于海利. 梨小食心虫 *Grapholitha molesta* Busck 的趋光性及绿光对其生物学特性的影响 [D]. 陕西: 西北农林科技大学, 2011.
- [17] 魏国树, 张青文, 周明群, 吴卫国. 不同光波及光强度下棉铃虫 (*Helicoverpa armigera*) 成虫的行为反应. *生物物理学报*, 2000, 16(1): 89-95.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.11 June, 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

Review on macropore flow in soil GAO Zhaoxia, XU Xuexuan, ZHAO Jiaona, et al (2801)

Ecological Restoration

A summary of study on ecological restoration technology of large coal bases construction in China
..... WU Gang, WEI Dong, ZHOU Zhengda, et al (2812)

The ecology and environment monitoring technical systems in national large-scale coal-fired power base: a case study in Xilingol
League, Inner Mongolia WEI Dong, QUAN Yuan, WANG Chenxing, et al (2821)

Evaluation index system on ecological effect of national large-scale coal-fired power base based on the dpsir conceptual model
..... ZHOU Zhengda, WANG Chenxing, FU Xiao, et al (2830)

Research progress on the environment impacts from underground coal mining in arid western area of China
..... LEI Shaogang, BIAN Zhengfu (2837)

Ecological risk receptors analysis of pingzhuang western open-cut coal mining area in inner mongolia
..... GAO Ya, LU Zhaohua, WEI Zhenkuan, et al (2844)

Impacts of mining on landscape pattern and primary productivity in the grassland of Inner Mongolia: a case study of Heidaigou
open pit coal mining KANG Sarula, NIU Jianming, ZHANG Qing, et al (2855)

Accumulation of soil Cd, Cr, Cu, Pb by *Panax notoginseng* and its associated health risk
..... LIN Longyong, YAN Xiulan, LIAO Xiaoyong, et al (2868)

3D interpolation of soil PAHs distribution in a coking contaminated site of China ... LIU Geng, BI Rutian, QUAN Teng, et al (2876)

Autecology & Fundamentals

Catabatic effect from artificial mixed plantation of *Cunninghamia lanceolata* on soil aluminum toxicity
..... LEI Bo, LIU Bin, LUO Chengde, et al (2884)

Study on the trophic levels of soil macrofauna in artificial protection forests by means of stable nitrogen isotopes
..... ZHANG Shuhua, ZHANG Xueping (2892)

Lead- and cadmium-resistant bacterial strain JB11 enhances lead and cadmium uptake in the phytoremediation of soils
..... JIN Zhongmin, SHA Wei, LIU Lijie, et al (2900)

Identification and oil-degrading performance of *Acinetobacter* sp. isolated from North Shaanxi oil-contaminated soil
..... WANG Hu, WU Lingling, ZHOU Lihui, et al (2907)

Phylogenetic and physiological diversity of actinomycetes isolated from plant rhizosphere soils in the Qilian Mountains
..... MA Aiai, XU Shijian, MIN Yuxia, et al (2916)

Spatial distribution of AM and DSE fungi in the rhizosphere of *Ammopiptanthus nanus*
..... JIANG Qiao, HE Xueli, CHEN Weiyan, et al (2929)

Effects of PASP-KT-NAA on maize leaf nitrogen assimilation after florescence over different temperature gradients
..... GAO Jiao, DONG Zhiqiang, XU Tianjun, et al (2938)

Key temperatures of corn and sunflower during cooling process in Hetao irrigation district, Inner Mongolia
..... WANG Haimei, HOU Qiong, YUN Wenli, et al (2948)

The content of tannin extract in four types of *Quercus variabilis* YIN Yining, ZHANG Wenhui, HE Jingfeng, et al (2954)

Effect of food stress on flight muscle and reproduction development in a wing dimorphic cricket, *Velarifictorus ornatus*
..... WU Hongjun, ZHAO Lüquan, ZENG Yang, et al (2963)

- Effect of colours on oviposition preference of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* Busck
..... YANG Xiaofan, MA Chunsen, FAN Fan, et al (2971)

- Monoterpene volatiles affecting host selection behavior of *Dendrolimus superans* and the activities of defense protein in larch needles
..... LIN Jian, LIU Wenbo, MENG Zhaojun, et al (2978)

Population, Community and Ecosystem

- Soil microbial community structure under different vegetation restoration patterns in the loess hilly area
..... HU Chanjuan, GUO Lei, LIU Guohua (2986)

- Seasonal variation of functional diversity of microbial communities in sediment and shelter of sea cucumber (*Apostichopus japonicus*)
cultural ponds YAN Fajun, TIAN Xiangli, DONG Shuanglin, et al (2996)

- Analysis of bacterial flora during the fahua-fermentation process of fuzhuan brick tea production based on DGGE technology
..... LIU Shiquan, HU Zhiyuan, ZHAO Yunlin (3007)

Landscape, Regional and Global Ecology

- CO₂ emissions transfer embedded in inter-regional trade in China LIU Hongguang, FAN Xiaomei (3016)

- Carbon sequestration potential of the major stands under the Grain for Green Program in Southwest China in the next 50 years
..... YAO Ping, CHEN Xiangang, ZHOU Yongfeng, et al (3025)

- Characteristics of spatial and temporal phenology under the dynamic variation of grassland in the Qinghai Lake watershed
..... LI Guangyong, LI Xiaoyan, ZHAO Guoqin, et al (3038)

- Estimates of carbon emissions caused by forest fires in the temperate climate of Heilongjiang Province, China, from 1953 to 2012 ...
..... WEI Shujing, LUO Bizhen, SUN Long, et al (3048)

- Simulation of the climatic productivity of forest vegetation in Three Gorges Reservoir area
..... PAN Lei, XIAO Wenfa, TANG Wanpeng, et al (3064)

- The mechanism for occurrence of *Peridiniopsis* blooms in the tributaries of Three Gorges Reservoir
..... ZHU Aimin, LI Sixin, HU Jun, et al (3071)

- Biodiversity sensitivity zoning of river dam and reservoir engineering development ... LI Yiqiu, LU Chunxia, DENG Ou, et al (3081)

Urban, Rural and Social Ecology

- Assessment on coordinative ability of sustainable development of Beijing-Tianjin-Hebei Region based on set pair analysis
..... TAN Feifei, ZHANG Meng, LI Haoran, et al (3090)

- Vacancy analysis on the development of nature reserves in Jiangxi Province
..... HUANG Zhiqiang, LU Lin, DAI Nianhua, et al (3099)

- Evaluation of ecological economy index in the poyang lake ecological economic zone
..... HUANG Heping, PENG Xiaolin, KONG Fanbin, et al (3107)

- Research on China's provincial forest ecological security appraisal based on the detrimental interferences
..... LIU Xinzhu, MI Feng, ZHANG Shuang, et al (3115)

《生态学报》2014 年征订启事

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

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

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

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

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

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

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

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 34 卷 第 11 期 (2014 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 34 No. 11 (June, 2014)

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



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行人

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元