

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 17 期 Vol.31 No.17 **2011**

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 31 卷 第 17 期

2011 年 9 月 (半月刊)

目 次

海洋生态资本理论框架下海洋生物资源的存量评估·····	任大川,陈 尚,夏 涛,等 (4805)
内生真菌对羽茅生长及光合特性的影响·····	贾 彤,任安芝,王 帅,等 (4811)
基于遥感图像处理技术胡杨叶气孔密度的估算及其生态意义·····	蒋圣淇,赵传燕,赵 阳,等 (4818)
水文变异下的黄河流域生态流量·····	张 强,李剑锋,陈晓宏,等 (4826)
黄河三角洲重度退化滨海湿地盐地碱蓬的生态修复效果·····	管 博,于君宝,陆兆华,等 (4835)
浙江省某 PCBs 废物储存点对其邻近滩涂生态系统的毒性风险·····	何闪英,陈昆柏 (4841)
鄱阳湖苔草湿地甲烷释放特征·····	胡启武,朱丽丽,幸瑞新,等 (4851)
三峡库区银鱼生长特点及资源分析·····	邵晓阳,黎道峰,谭 路,等 (4858)
低温应激对吉富罗非鱼血清生化指标及肝脏 HSP70 基因表达的影响 ···	刘 波,王美姝,谢 骏,等 (4866)
Cd ²⁺ 对角突臂尾轮虫和曲腿龟甲轮虫的急性毒性和生命表统计学参数的影响 ·····	许丹丹,席貽龙,马 杰,等 (4874)
圈养梅花鹿 BDNF 基因多态性与日常行为性状的关联分析 ·····	吕慎金,杨 燕,魏万红 (4881)
华北平原玉米田生态系统光合作用特征及影响因素 ·····	同小娟,李 俊,刘 渡 (4889)
长期施肥对麦田大型土壤动物群落结构的影响 ·····	谷艳芳,张 莉,丁圣彦,等 (4900)
蚯蚓对湿地植物光合特性及净化污水能力的影响·····	徐德福,李映雪,王让会,等 (4907)
三种农药对红裸须摇蚊毒力和羧酸酯酶活性的影响 ·····	方国飞 (4914)
六星黑点豹蠹蛾成虫生殖行为特征与性趋向·····	刘金龙,宗世祥,张金桐,等 (4919)
除草剂胁迫对空心莲子草叶甲种群的影响及应对策略·····	刘雨芳,彭梅芳,王成超,等 (4928)
荒漠植物准噶尔无叶豆结实、结籽格局及其生态适应意义 ·····	施 翔,王建成,张道远,等 (4935)
限水灌溉冬小麦冠层氮分布与转运特征及其对供氮的响应·····	蒿宝珍,姜丽娜,方保停,等 (4941)
准噶尔盆地梭梭、白梭梭植物构型特征 ·····	王丽娟,孙栋元,赵成义,等 (4952)
基于地表温度-植被指数关系的地表温度降尺度方法研究 ·····	聂建亮,武建军,杨 曦,等 (4961)
岩溶区不同植被类型下的土壤氮同位素分异特征 ·····	汪智军,梁 轩,贺秋芳,等 (4970)
施氮量对麻疯树幼苗生长及叶片光合特性的影响 ·····	尹 丽,胡庭兴,刘永安,等 (4977)
黄土丘陵区羔沟流域典型植物叶片 C、N、P 化学计量特征季节变化 ·····	王凯博,上官周平 (4985)
克隆整合提高淹水胁迫下狗牙根根部的活性氧清除能力·····	李兆佳,喻 杰,樊大勇,等 (4992)
低覆盖度固沙林的乔木分布格局与防风效果·····	杨文斌,董慧龙,卢 琦,等 (5000)
东灵山林区不同森林植被水源涵养功能评价·····	莫 菲,李叙勇,贺淑霞,等 (5009)
11 种温带树种粗木质残体分解初期结构性成分和呼吸速率的变化 ·····	张利敏,王传宽,唐 艳 (5017)
连栽第 1 和第 2 代杉木人工林养分循环的比较·····	田大伦,沈 燕,康文星,等 (5025)
最优化设计连续的自然保护区·····	王宜成 (5033)
基于自然地理特征的长江口水域分区·····	刘录三,郑丙辉,孟 伟,等 (5042)
煤电一体化开发对锡林郭勒盟环境经济的影响·····	吴 迪,代方舟,严 岩,等 (5055)
专论与综述	
生态条件的多样性变化对蜜蜂生存的影响·····	侯春生,张学锋 (5061)
研究简报	
胶州湾潮间带大型底栖动物次级生产力的时空变化·····	张崇良,徐宾铎,任一平,等 (5071)
湿地公园研究体系构建·····	王立龙,陆 林 (5081)
基于生态足迹的半干旱草原区生态承载力与可持续发展研究——以内蒙古锡林郭勒盟为例·····	杨 艳,牛建明,张 庆,等 (5096)
学术信息与动态	
恢复与重建自然与文化的和谐——2011 生态恢复学会国际会议简介 ···	彭少麟,陈蕾伊,侯玉平,等 (5105)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 302 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 37 * 2011-09	



封面图说: 相当数量的降雪与低温严寒是冰川发育的主要因素,地球上的冰川除南北两极外,只有在高海拔的寒冷山地才能存在。喜马拉雅山造山运动使中国成为了世界上中低纬度冰川最为发育的国家,喜马拉雅山地区雪峰连绵、冰川四溢,共有现代冰川 17000 多条,是世界冰川发育的中心之一。

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

刘金龙,宗世祥,张金桐,荆小院,刘红霞,吕玉里. 六星黑点豹蠹蛾成虫生殖行为特征与性趋向. 生态学报, 2011, 31(17): 4919-4927.

Liu J L, Zong S X, Zhang J T, Jing X Y, Liu H X, Lu Y L. Reproductive behavior character and sexual tendency of the adult *Zeuzera leuconotum* Butler (Lepidoptera: Cossidae). Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(17): 4919-4927.

六星黑点豹蠹蛾成虫生殖行为特征与性趋向

刘金龙¹, 宗世祥², 张金桐^{1,*}, 荆小院¹, 刘红霞¹, 吕玉里³

(1. 山西农业大学化学生态研究所, 太谷 030801; 2. 北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083;

3. 天津市东丽区森林防护站, 天津 300300)

摘要:六星黑点豹蠹蛾 *Zeuzera leuconotum* Butler (Lepidoptera: Cossidae) 是一种重要的园林害虫。在光周期 L:D=14:10、温度 19—32 ℃、相对湿度 75%—85% 条件下, 对六星黑点豹蠹蛾的羽化、性比、交配行为及能力进行了观察, 利用风洞技术和林间诱蛾试验验证了其性趋向。结果表明: 六星黑点豹蠹蛾羽化期 60 d 左右, 6 月下旬为羽化高峰期, 日羽化高峰出现在傍晚 17:00—18:00, 占全天羽化量的 55.4%; 雌雄性比为 1:1.03; 交配高峰期发生在进入暗期 5—7 h, 成虫 1 日龄后性成熟, 一生交配 1 次; 随雌蛾日龄增加, 其交配率逐渐下降, 交配时间提前, 交配持续时间逐渐加长; 雌蛾一生平均产卵 378 个, 孵化率 80%, 未交配雌蛾平均产卵 426 个, 孵化率 0%; 未交配雌蛾和雄蛾的平均寿命分别为 5.56 d 和 3.83 d, 交配过的雌蛾和雄蛾平均寿命分别为 5.66 d 和 2.41 d, 交配缩短雄蛾寿命; 六星黑点豹蠹蛾种内个体间引诱作用主要为雌蛾引诱雄蛾, 同性间不存在聚集行为; 2—3 日龄未交配雌蛾林间诱蛾量最高, 显著高于 1 日龄和 4—6 日龄 ($P<0.01$)。依据研究结果, 分析讨论了应用性信息素防治六星黑点豹蠹蛾的可行性, 说明六星黑点豹蠹蛾是可利用性信息素进行防控的理想对象。

关键词:六星黑点豹蠹蛾; 生殖行为; 性信息素; 性趋向

Reproductive behavior character and sexual tendency of the adult *Zeuzera leuconotum* Butler (Lepidoptera: Cossidae)

LIU Jinlong¹, ZONG Shixiang², ZHANG Jintong^{1,*}, JING Xiaoyuan¹, LIU Hongxia¹, LÜ Yuli³

1 Institute of Chemical Ecology, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China

2 The Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

3 Station of Forest Protection, Dongli County, Tianjin 300300, China

Abstract: *Zeuzera leuconotum* Butler (Lepidoptera: Cossidae), it has been one of the most damaging pests to many kinds of trees in northern China in recent years. Its larvae cause serious damage by tunneling into tree trunks. Commonly, it is controlled by cutting off damaged branches, but no significant results appear. Presently, there is a growing interest in manipulating its sexual behavior to lure and control its adult pests. Therefore, it is necessary to know reproductive character and sexual tendency of the adult *Zeuzera leuconotum* Butler.

In this paper, adult reproductive behavior and characters were investigated at 19—32 ℃ and 75%—85% RH under 14L:10D. While the sexual tendency of the pest was researched in detail by wind tunnel technique and field test.

The results showed that the emergence period of the pest lasted for 60 days, from the last half of May to the first half of July, with a peak of emergence in the last 10 days of June. The daily emergence peak occurred from 17:00 to 18:00, and counted 55.4 percent to the number of daily emergence. The ratio of female to male was 1:1.03. A few adults became sexual maturity on the same day of emergence. Furthermore, the mating behavior was observed at the scotophase. The mating peak occurred after 5 to 7 hours of entering scotophase. The female age influenced mating behavior. The ratio of

基金项目:山西省自然科学基金项目(2010011042-2); 中央高校基本科研业务费专项资金资助(YX2011-18)

收稿日期:2011-03-30; **修订日期:**2011-08-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhangjintong@126.com

mating raised as age increased, and reached a peak when females were 2 or 3 days old, then decreased gradually. As female age increased, the starting time of mating (time after light switched off) became earlier, which ranged from 6.83 h to 5.96 h, but the duration of mating became longer. Both the female and male mated only once in their whole life. A copulated female laid 378 eggs in its whole life on average, and the ratio of egg fertility is about 80%, while the virgin female laid 426 eggs on average, but they did not hatch. The lifespan of the virgin female and unmated male was 5.56 days and 3.83 days on average, whereas that of the copulated female and male was 5.66 days and 2.41 days on average, respectively, indicating that mating shortens the lifespan of male, but has no influence on that of female.

On the other hand, the 2-days-old virgin female and male *Zeuzera leuconotum* Butler moth was laid at the uptake of wind tunnel to determine their sexual tendency. The results showed that the virgin female attracted the male before mating in the same species, and the same sexual moths did not get together. In the field test, it was found that the delta-traps with a virgin female moth as lure caught the males. And the number of the males attracted by the 2 or 3-days-old virgin females was the biggest, significantly bigger than 1 or 4, 5, 6 days-old females ($P < 0.01$).

In conclusion, the female moth has more attractive ability to the male and the adult reproductive characters make for controlling the population of the pests by interfering sexual communication. Therefore, it is feasible to control *Zeuzera leuconotum* Butler by using the method of sex pheromone.

Key Words: *Zeuzera leuconotum* Butler; reproductive behavior; sex pheromone; sexual tendency

六星黑点豹蠹蛾 *Zeuzera leuconotum* Butler, 俗称截杆虫, 是园林重要害虫^[1]。其食性极杂, 为害甚烈, 寄主有 50 多种^[2]。以初孵幼虫在寄主幼枝的叶芽上方蛀孔, 于韧皮部与木质部之间蛀食, 后深入木质部蛀道为害, 1 年 1 代, 寄主受害后枝梢枯死或折断, 甚至导致整株死亡^[3]。1996 年皖南地区大量杜仲受害^[4]; 2004 年在天津市危害面积近 300 hm², 至 2007 年危害面积已达 3000 多 hm², 扩散速度非常快^[5]; 国家林业局重大生物灾害防治指挥部由此向全国发布了警示通报 (2006 第 5 号), 但目前除了剪除虫枝尚无更有效的防治措施。利用性信息素防治木蠹蛾科害虫具有独特优势, 而了解害虫生殖行为特征与种内引诱作用等生态学特征是研究性信息素的一项基础内容^[6]。已有学者分别对二化螟^[7]、枣粘虫^[8]、甜菜夜蛾^[9]、槐小卷蛾^[10]等成虫生殖行为进行研究, 其研究结果在相应昆虫性信息素研究和应用中均起到重要作用, 但有关六星黑点豹蠹蛾生殖行为的详细研究资料尚未见报道。为此, 本研究观察了六星黑点豹蠹蛾的羽化、交配、产卵等行为, 通过性趋向试验研究了其种内引诱作用, 为其性信息素研究提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

试验用六星黑点豹蠹蛾的老熟幼虫和蛹采自天津市东丽区外环线道路两旁绿化带白蜡树, 分别于 2007—2009 年的 5 月下旬开始, 大量采集六星黑点豹蠹蛾为害枝条, 保留长度为 30—60 cm 的有虫树枝, 以潮湿泥土堵住虫枝两端, 带回养虫室 (2 m × 2.5 m × 2 m), 以木工绳将其一端绑缚于横挂的铁丝上, 模拟树体状态。羽化后, 雌雄分离, 分别置于 50 cm × 50 cm × 60 cm 养虫笼内, 以 10% 蜂蜜水饲喂, 备用。养虫室光周期 L:D=14:10, 光期 5:30 开始, 19:30 结束, 温度 19—32 °C, 相对湿度 75%—85%, 室内保持自然通风状态。

1.2 试验方法

1.2.1 六星黑点豹蠹蛾羽化行为及其动态节律

在自然温度、湿度和光照条件下的养虫室内, 连续观察成虫羽化情况, 捕捉成虫, 记录羽化量, 数据按 5 d 进行统计, 调查羽化的日动态; 从室内单日成虫羽化量达 40 头开始, 由当日 8:00 至翌日 8:00 为一个周期, 重复 5 个周期, 按小时统计各个时段羽化成虫数量, 调查羽化的时动态。

1.2.2 六星黑点豹蠹蛾雌雄成虫的性比及羽化时间差异

根据雌蛾触角为丝状, 雄蛾触角下半部双栉状, 上半部丝状的外形特征鉴别雌雄。分别统计每天羽化的

雌蛾和雄蛾数量,分析性比,以加权平均法计算雌雄成虫羽化的时间差异。

1.2.3 六星黑点豹蠹蛾交配行为及其动态节律

将 15 头同日龄(从羽化到第一个光期结束为 1 日龄)处女雌蛾放养于同一纱罩养虫笼(80 cm × 80 cm × 80 cm)中,再配对放入 15 头未交配雄蛾,笼内置插在水瓶中的新鲜白蜡树枝,底部铺一层树叶,供成虫飞舞或爬行,观察成虫的性行为及时辰节律。据观察,六星黑点豹蠹蛾交配均在暗期,故只在暗期连续观察至雌雄蛾自然分开,记录交配情况。每日龄设 3 个养虫笼作为 3 次重复,记录交配数、交配开始和结束时间,按每小时的交配率进行数据分析。

交配次数的观察:将 10 头初次交配结束后的雌蛾放入养虫笼(50 cm × 50 cm × 60 cm),再放入 10 头健壮的未交配雄蛾,观察雌蛾的交配次数;同理,将初次交配结束后的雄蛾放入另一养虫笼,再放入未交尾雌蛾,观察雄蛾的交配次数,直至自然死亡。

1.2.4 六星黑点豹蠹蛾产卵行为及孵化率

将交配过的雌蛾单个置于纱罩笼(20 cm × 20 cm × 20 cm)内,盒底铺上牛皮纸,竖向放置带有叶片的白蜡枝条,观察和记录产卵时间、产卵方式、产卵量以及卵的发育情况及孵化率,以未交配雌蛾作对照。

1.2.5 六星黑点豹蠹蛾成虫寿命

将同日羽化的成虫分别放养在 3 个纱罩养虫笼(50 cm × 50 cm × 60 cm)中,笼中放入新鲜的白蜡树枝,再悬挂一个蘸有 10% 蜂蜜水的棉球。观察成虫的死亡情况,每天 22:00 时记录笼中所剩成虫的性别及其数量,统计成虫数量。试验共设 3 种处理:未交配雄蛾,未交配雌蛾,雌雄按 1:1 混养。每种处理观察雌雄蛾各 15 头。

1.2.6 六星黑点豹蠹蛾的性趋向试验

试验所用风洞(2 m × 1 m × 1 m)为拱门式透明有机玻璃箱,空气由形成风速约 0.5 m/s 的电风扇吹入风洞内,保持通风 15 min 后再进行试验。选择 2 日龄成虫在暗期(20:00—5:00)进行性趋性试验。每次试验以 1 头未交配成虫为活体诱源,将其放入一个铁纱笼(5 cm × 5 cm × 5 cm)后,置于风洞的上风口,在风洞的另一端(下风口)距底部约 40 cm 的置物架侧臂上夹有一纱笼,放入 10 头测试成虫。观察记录风洞中距诱源 30 cm 范围内以及诱源上附着的测试成虫头数。试验分 4 种处理,处理 A:以雌蛾作为诱源,同种雌蛾作为待试昆虫;处理 B:以雌蛾作为诱源,同种雄蛾作为待试昆虫;处理 C:以雄蛾作为诱源,同种雌蛾作为待试昆虫;处理 D:以雄蛾作为诱源,同种雄蛾作为待试昆虫。每种处理重复 5 次。

2009 年 6 月 10 日起,在天津市东丽区外环线绿化带进行林间性趋性试验。采用三角形诱捕器(黑色塑料瓦楞板制成,截面 30 cm × 30 cm × 30 cm,棱长 40 cm),将涂有粘虫胶的蜡纸板插入诱捕器内。将 1 头未交配的 2 日龄成虫装入纱笼(5 cm × 5 cm × 5 cm)内,由细铁丝从诱捕器上棱中间垂下,距粘胶面约 2 cm。诱捕器悬挂在白蜡受害树枝上,距地面 3—4 m。试验设 2 种处理,处理 I:未交配雌蛾为诱源;处理 II:未交配雄蛾为诱源,以仅有粘虫胶板的诱捕器为对照,每种处理设 3 个重复,诱捕器呈一字形排列,方向与林缘走向平行,间距 20 m 以上,随机顺序布置。从诱捕器放置后次日起,每天 7:00 时检查记录捕获的六星黑点豹蠹蛾头数,至诱源成虫自然死亡。

1.3 数据分析

数据采用 SPSS17.0 统计软件中单因素方差分析(One-Way ANOVA)进行比较。

2 结果与分析

2.1 六星黑点豹蠹蛾羽化行为及其动态节律

2.1.1 成虫羽化过程

老龄幼虫化蛹时在蛀道内以粪便和木屑形成蛹室,在头部一端筑成斜坡形,并咬一椭圆形羽化孔,仅剩一薄层树皮膜为羽化孔盖,孔盖与周围树皮若离若连,极易冲破。初蛹呈红褐色,随后体色逐渐加深,随着鳞毛的形成蛹皮变为黑色。羽化时,蛹体用头部的刺突,靠腹部蠕动,刺破蛹室隔膜,至羽化孔,顶掉孔盖,停息约

10 min 后,露出蛹体约 1/3,不停地扭动体躯,经 1 min 左右胸背开裂,继而蛹体前半部露出羽化孔外,成虫头胸部先露出蛹壳,然后迅速脱出蛹壳,蛹壳仍半藏于羽化孔内。初羽化的成虫翅呈乳黄色,柔软,湿润,皱叠,振翅摆腹约 2 min,在枝干上来回爬动 1—2 min 后,静伏约 20 min,翅逐渐展平,两翅向上竖起,当翅收回腹部呈屋脊状后,静伏于树枝交叉处下方或开始飞翔。成虫具有较强的趋光性。成虫羽化后,蛹壳插在羽化孔上,较长时间不会脱落,雌雄成虫此现象一致,可作为野外检查六星黑点豹蠹蛾羽化的标志。

2.1.2 六星黑点豹蠹蛾羽化的日动态节律

由图 1 可以看出,室内饲养的六星黑点豹蠹蛾于 5 月下旬开始羽化,至 7 月中旬进入羽化末期,羽化期约 60d。成虫羽化高峰期在 6 月 18 日至 7 月 2 日,期间成虫羽化量占总统计量的 53.4% (2008 年) 和 71.3% (2009 年)。林间成虫羽化期^[5]与室内观察结果基本一致。

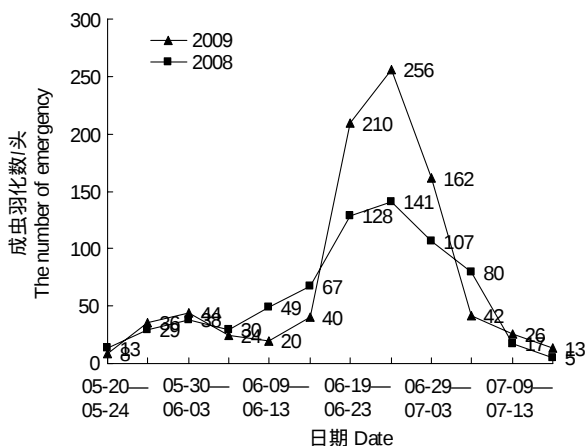


图 1 室内六星黑点豹蠹蛾羽化的日动态节律(2008 和 2009)

Fig. 1 The daily rhythm of *Zeuzera leuconotum* adult's emergence in laboratory (2008, 2009)

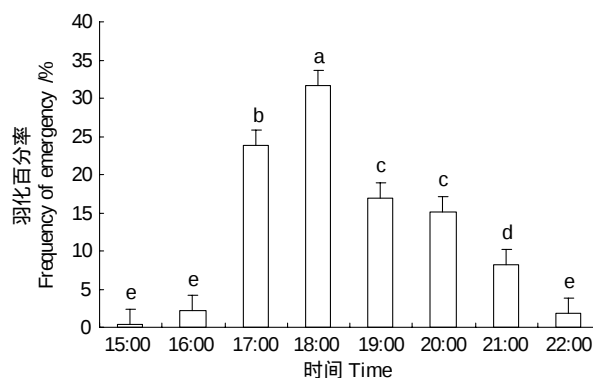


图 2 六星黑点豹蠹蛾羽化的时动态节律

Fig. 2 The emergence rhythm of *Zeuzera leuconotum* in a day
柱子标有不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

2.1.3 六星黑点豹蠹蛾羽化的时动态节律

试验间累计查蛹 231 个。由图 2 可以看出,六星黑点豹蠹蛾成虫羽化出现在 16:00—21:00,其中在傍晚 17:00—18:00 最为集中,羽化数占单日总羽化量的 55.4%,与其他时段相比差异达到显著水平 ($P < 0.05$)。15:00 时以前和 22:00 时以后,未见成虫羽化。

2.2 六星黑点豹蠹蛾雌雄成虫的性比及羽化时间差异

连续 3a 统计结果(表 1)表明,六星黑点豹蠹蛾雌、雄性比约为 1:1。

表 1 六星黑点豹蠹蛾雌雄比例(2007—2009 年)

Table 1 The ratio of *Zeuzera leuconotum* female to male moths (2007—2009)

年份 Year	成虫数量 No. of the moths		性比 Sex ratio ♀ : ♂	平均值 Mean ± SE
	♀	♂		
2007	293	301	1:1.04	1:1.03 ± 0.075
2008	378	359	1:0.95	
2009	421	460	1:1.09	

2009 年六星黑点豹蠹蛾的性比统计结果如图 3 所示,成虫于 5 月 20 日开始羽化,至 7 月 19 日羽化结束,共有 881 头成虫羽化,其中雌蛾 421 头,雄蛾 460 头,♀:♂ = 1:1.09。可以看出,雄蛾比雌蛾羽化要早一些时间。经加权平均法计算,自发现第一头成虫起,雌雄蛾羽化时间分别为 8.32 d 和 7.91 d,雄蛾比雌蛾早羽化 0.41 d。

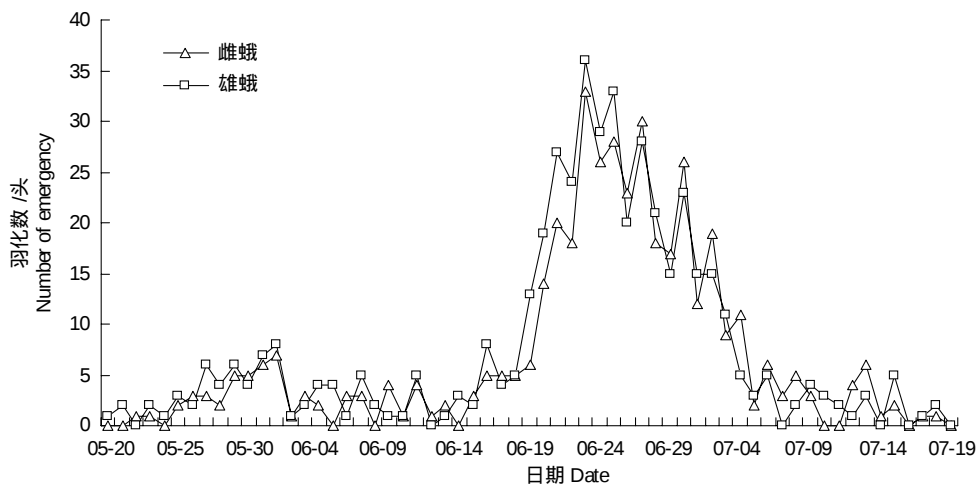


图3 雌雄成虫性比与羽化时间差异(2009 年)
Fig. 3 The ratio of two gender adults and the difference of their emergence(2009)

2.3 六星黑点豹蠹蛾交配行为及其动态节律

2.3.1 交配行为观察

六星黑点豹蠹蛾 23:00—2:00 进行婚飞和交配活动,其余时间大部分都在树干和树枝隐蔽处静伏不动。雌蛾静止时翅呈屋脊状,覆盖于腹部,经常性将产卵器暴露于体外,并向下弯曲,爬行时这一现象尤为突出;雄蛾静止时翅亦呈屋脊状,覆盖于腹部,经常性转动触角,舒展羽状部分。求偶交配前,雌蛾两翅微向两侧外伸,后腹末端经数次伸缩,黄色产卵器清晰可见,同时在枝干上反复往返爬动,快速振翅摆腹,引诱雄蛾;雄蛾触角竖立,腹部摆动,爬行迅速。当雄蛾接受到雌蛾释放的引诱作用时,便定向飞往雌蛾,在雌蛾周围振翅、爬行,高度兴奋,腹部侧向左右弯曲,不时伸出抱握器,作出企图交配的姿态。交配时雌、雄蛾尾对尾呈“一”字形。室内成虫交配一般选择在纱网上进行交配。

2.3.2 六星黑点豹蠹蛾交配时辰节律

在自然条件下,不同日龄六星黑点豹蠹蛾雌蛾均于暗期进行交配活动,光期未见交配,交配高峰期和交配百分率的测定结果见表2,可以看出,进入暗期5—7 h 交配率最高,而且随着蛾龄增长,交配高峰期不断前移,但差异不显著($P>0.05$);部分雌蛾在羽化当天即可交配,交配率33.3%,2 和3 日龄雌蛾性活动行为能力明显加强,交配率分别达88.9%和77.8%,说明雌蛾在羽化后即性成熟。3 日龄后交配率明显下降,差异显著($P<0.01$),到6 日龄仅有6.7%的雌蛾出现交配行为。

表2 不同日龄六星黑点豹蠹蛾处女雌蛾交配率和交配高峰期

Table 2 The percentage and peak period of mating in various age of female moths of <i>Zeuzera leuconotum</i> Butler			
雌蛾日龄 Age in days of the female/d	交配高峰期* Peak period of pairs mating /h	交配率 Ratio of mating /%	交配持续时间 Duration of mating/min
1	6.83±1.00Aa	33.33±3.85BCb	260.0±36.0Aa
2	6.74±1.09 Aa	88.89±2.22Aa	275.8±21.4 Aa
3	6.61±1.04 Aa	77.78±8.01Aa	322.7±20.4 ABab
4	6.57±0.82 Aa	42.22±5.88Bb	369.5±5.4Bb
5	6.31±0.63 Aa	15.56±5.88CDc	382.3±7.1 Bb
6	5.96±0.42 Aa	6.67±3.85Dc	393.3 **

* 进入暗期的时间; ** 数据没有参与统计; 同一列数据(平均值±标准误差)标有不同字母表示处理间差异显著(小写字母 $P<0.05$, 大写字母 $P<0.01$)

2.3.3 六星黑点豹蠹蛾的交配持续时间

据室内观察,在无惊扰的情况下六星黑点豹蠹蛾交配持续时间最短45 min,最长560 min。由表2 可看

出,随着雌蛾日龄的增加,交配持续时间逐渐延长,1 日龄交配持续时间平均为 260 min,5 日龄则为 382 min,各日龄间交配持续时间差异显著。

2.3.4 成虫交配次数

试验进行了 3 次重复,累计观察交配过的雌雄成虫各 30 头。观察结果显示,经过初次交配的雌蛾直到死亡,与处女雄蛾的交配率为 0,说明雌蛾一生只交配 1 次;经过初次交配的雄蛾,与处女雌蛾的交配率也为 0,说明雄蛾一生只交配 1 次。

2.4 六星黑点豹蠹蛾产卵行为及孵化率

雌蛾交配后,蛰伏 10—20 min,期间常见由尾部喷出淡黄色液体,随后伸出产卵器,爬行离开交配场所,以产卵器尖端探测适宜位置,准备产卵。六星黑点豹蠹蛾产卵场所多选择在潮湿而且狭窄的地方。室内观察,雌蛾多产卵于木棱的缝隙或寄主枝条的树皮缝;林间调查,雌蛾多产卵于寄主嫩叶主脉附近、芽腋处、树枝分叉处以及树皮缝内或伤口等处。雌蛾一般交配 1—2 h 后开始产卵,持续 2 d 左右。产卵时,雌蛾腹部稍弯曲,双翅颤动,产卵器伸直,将卵逐粒产下,期间不时变换场所。卵呈散状、块状或念珠状,可能是室内产卵条件和养虫笼空间的影响,雌蛾一般产 2—5 个卵块,部分卵块仅 30—60 粒,1 头雌蛾可产卵 180—748 粒,产卵后数小时死亡。另外,未交配雌蛾也能产卵,产卵方式一致,但卵的颜色不一,未受精卵呈黄色,受精卵呈橘红色。

统计了交配过的雌蛾所产的卵 15 份(15 头雌蛾所产的卵),未交配雌蛾所产的卵 15 份。卵粒数及孵化率见表 3,可以看出,未交配雌蛾产卵量略大于经过交配后雌蛾,可能交配行为影响产卵量。两类卵的孵化率区别明显,未交配雌虫产卵为无效卵,说明六星黑点豹蠹蛾是通过雌雄交配繁衍后代,并且繁殖量比较大,再者不存在孤雌生殖现象。

表 3 雌蛾的产卵量和卵孵化率

Table 3 The egg numbers and egg hatch rate of the females

处理 Treatment	雌蛾数 No. females	产卵量 Fecundity/粒	卵孵化率 Egg fertility/%
未交配雌蛾 Virgin females	15	425.8±26.9aB	0.0±0.0bB
交配过的雌蛾 Female of mating	15	377.9±18.1aAB	80.2±1.8aA

2.5 六星黑点豹蠹蛾成虫寿命

成虫寿命统计结果见表 4,在未交配情况下雌蛾平均寿命为 5.56 d,最长 8 d;未交配雄蛾平均寿命为 3.83 d,最长 5 d。未交配和混养中的雌蛾寿命与对应的雄蛾比较,差异显著($P<0.01$)。混养雌蛾的寿命与未交配雌蛾间差异不显著($P>0.05$)。未交配的雄蛾寿命长于混养中的雄蛾,差异显著($P<0.01$)。混养中的雄蛾平均寿命为 2.41 d,混养中的雌蛾平均寿命为 5.66 d。交配使雄蛾寿命变短,说明成虫的活动主要是完成生殖任务。

表 4 不同处理成虫的寿命

Table 4 The lifespan of the adults under different treatments

处理 Treatment	观察头数 Numbers of observed	最长寿命 Maximum/d	最短寿命 Minimum/d	平均寿命 Mean of lifespan/d
未交配♀ Virgin female	15	8	2	5.56±0.33aA
未交配♂ Virgin male	15	5	2	3.83±0.20bB
混养中♀ Female in mixture feed	15	7	3	5.66±0.17aA
混养中♂ Male in mixture feed	15	4	1	2.41±0.15cC

2.6 六星黑点豹蠹蛾交配前的性趋向试验

从表 5 中的风洞试验结果可看出,六星黑点豹蠹蛾种内的引诱作用主要为雌蛾引诱雄蛾,1 头雌蛾可平均诱到 6.4 头,显著高于雌性对雌性、雄性对雄性、雄性对雌性的引诱活性($P<0.01$)。试验中,雄蛾表现为逆风趋向雌蛾,而雌蛾并不趋向于作为诱源的雄蛾。可推断六星黑点豹蠹蛾在个体求偶交配过程中,存在着

特异的生物通讯系统,其通讯联系方式主要是以雌性成虫释放性信息素作媒介引诱雄虫;而雌性对雌性、雄性对雄性无明显引诱作用,个体间不存在聚集信息素。

表 5 雌、雄蛾间引诱作用的风洞试验结果

Table 5 The attracting determination between female and male ($P=0.008$)

处理 Treatment	重复 Repeat					平均值±标准误差/头 Mean±SE
	I	II	III	IV	V	
雌蛾对雌蛾 Female to female	0	0	0	0	0	0.00±0.00aA
雌蛾对雄蛾 Female to male	8	6	5	6	7	6.40±0.51bB
雄蛾对雌蛾 Male to female	0	0	1	0	0	0.20±0.20aA
雄蛾对雄蛾 Male to male	0	0	0	1	0	0.20±0.20aA

由林间活体诱捕试验结果可知,未交配雌虫可以诱到雄虫,3 个重复累计捕获雄蛾 59 头,雄蛾和对照没有诱到成虫。进一步证实了六星黑点豹蠹蛾种内的引诱作用主要为雌蛾引诱雄蛾,且具有较高的引诱活性。但不同日龄处女雌蛾单日诱蛾数量是不同的,统计结果见图 4,可以看出,2—3 日龄未交配雌蛾诱蛾量较高,显著高于 1 日龄和 4—6 日龄($P<0.05$),4 日龄以后雌蛾诱蛾活性显著降低($P<0.05$),可见雌蛾求偶和交配的高峰期是在羽化后 2—3 d,随日龄增加,诱蛾能力降低,与各日龄成虫的交配率相符。

3 结论与讨论

六星黑点豹蠹蛾 1 年 1 代,由于幼虫期主要在 2—4 年生枝条中为害,钻蛀性极强,一般的化学防治措施难以生效。由其生物学特性可知,六星黑点豹蠹蛾在成虫期离开钻蛀虫道,在寄主表面进行繁殖行为,若掌握其羽化、交配、产卵等成虫行为特征,利用性诱等化学生态措施对其加以防治,则能够大大降低其种群密度。

六星黑点豹蠹蛾的羽化高峰期在 6 月下旬,整个羽化期持续约 60 d,羽化期长可能与其寄主广泛(多达 50 余种)密切相关,由于此虫以老龄幼虫越冬,翌年随寄主汁液流动期继续取食发育,而各种寄主汁液流动期参差不齐。成虫的羽化行为不是全天可见,而是在临近暗期 3 h 至进入暗期 1 h 期间可见,羽化高峰期为 17:00—18:00,这和成虫仅在暗期进行交配活动有关^[11]。统计表明,六星黑点豹蠹蛾成虫的雌雄性比例约为 1:1,并且雌雄成虫一生只交配 1 次。可见利用性信息素防治六星黑点豹蠹蛾是切实可行的,因为只要诱杀雄蛾即可获得显著防治效果,也可根据诱捕到的雄蛾数量来监测发生情况或种群密度。六星黑点豹蠹蛾于暗期进行交配活动,光期未见交配,进入暗期 5—7 h 为交配高峰期。从雌雄成虫生殖行为的比较分析来看,六星黑点豹蠹蛾雌虫日龄显著影响交配率,雌蛾在羽化当天即可进行交配,交配率 33.3%,2 日龄雌蛾性活动行为能力最强,交配率达 88.9%,说明雌蛾在羽化 1 日龄后性成熟,3 日龄始其交配率下降,差异显著,到 6 日龄仅有 6.7% 的交配率。鳞翅目昆虫中,随着雌蛾日龄的增加,交配率下降的现象比较常见^[12-14]。另外,随着雌蛾日龄的增加,交配高峰期逐渐提前,而雄蛾日龄对交配高峰期基本没有影响,可见六星黑点豹蠹蛾的交配行为由雌蛾主导。成虫交配持续时间也受到雌蛾日龄的影响,随着雌蛾日龄增加,交配持续时间逐渐延长,说明由于较高日龄雌蛾的交配率低,因而通过增加交配持续时间来增加其生殖力,可以说是一种适应性的生殖策略,具有一定的补偿作用^[5,11]。六星黑点豹蠹蛾的产卵量比较大,1 头雌蛾产卵 180—748 粒。未交配雄蛾寿命长,未交配雌蛾和雄蛾的平均寿命分别为 5.56 d 和 3.83 d,交配过的雌蛾和雄蛾平均寿命分别为 5.66 d 和

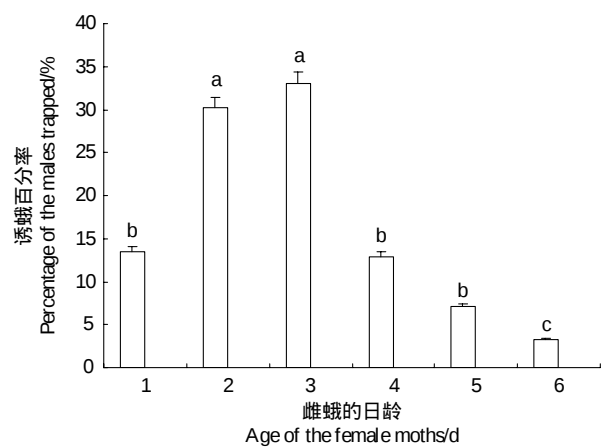


图 4 不同日龄未交配雌蛾在田间的诱蛾百分率

Fig. 4 Percentage of the males trapped by 1- to 6-days-old virgin female in the field

柱子上方标有不同字母表示差异显著 ($P<0.05$)

2. 41d, 交配可减少雄蛾寿命, 但对雌蛾影响不大, 说明成虫的活动主要是完成生殖任务。根据孟宪佐^[15]和杜家纬^[16]的研究, 用性诱剂进行大量诱捕的防治效果与害虫的性比和交配次数等生殖特点有密切的关系, 在成虫期利用性诱剂对雄蛾加以诱集, 降低羽化雌蛾的交配率, 使其不能够产生下一代, 达到控制其危害的目的, 而六星黑点豹蠹蛾的性比、交配行为、生殖力和寿命的特点, 均符合利用性信息素防治害虫的基本要求, 对生产实践无疑具有特别重要的意义。

风洞技术和林间处女雌蛾诱捕试验表明, 六星黑点豹蠹蛾种内引诱作用为雌蛾引诱雄蛾, 可推断六星黑点豹蠹蛾在个体求偶交配过程中, 存在着特异的化学通讯系统。其通讯联系方式是以雌蛾释放性信息素作媒介引诱雄蛾; 而雌性对雌性、雄性对雄性无引诱作用, 说明个体间不存在聚集信息素。统计结果显示各日龄处女雌蛾均有诱蛾活性, 3 头雌蛾累计诱到 59 头雄虫, 说明六星黑点豹蠹蛾雌蛾具有较强的性引诱能力。

目前, 利用昆虫信息素防治害虫以其高效、无毒、专一性强, 不伤害天敌和有益生物, 不污染环境以及与其他害虫防治措施联用表现出很好的相容性等特点, 已受到国内外学者的高度重视^[16]。如能应用性信息素诱杀雄蛾或干扰交配, 可极大地减少六星黑点豹蠹蛾的交配率, 达到有效防控的目的。六星黑点豹蠹蛾生殖行为学研究是为利用性信息素控制其危害的首要环节, 试验结果必将为下一步性信息素的提取鉴定与应用打下坚实的基础, 但研究中尚未确定性信息素的释放部位以及性信息素的产生和释放特征, 这些内容也将是下一步研究工作的重点。

References:

- [1] Hua B Z, Zhou Y, Fang D Q, Chen S L. Chinese Cossidae (Lepidoptera: Cossidae). Xian: Tianze Publish House, 1990: 62-64.
- [2] Lu Y L, Liu S L, Fan J N, Zhang F, Zhu G B. A new forest pest-*Zeuzera leuconotum* Butler. Science and Technology of Tianjin Agriculture and Forestry, 2006, (4): 44.
- [3] Tian X L, Sun Y H. Risk analysis and management of *Zeuzera leuconolum* Butler. Tianjin Agriculture Sciences, 2008, 14(1): 58-60.
- [4] Wang M F, Tao W C, Shen X P, Xu D F. Occurrence of *Zeuzera leuconolum* Butler and control measures. China Forestry Science and Technology, 2004, 18(2): 62.
- [5] Yin H G, Gao P, Guo S R, Li Y, Li Z B, Dong X. Investigate of life history about *Zeuzera leuconolum* Butler Tianjin. The Journal of Hebei Forest Science and Technology, 2009, (2): 16-17.
- [6] Unnithanv G C, Paye S O. Mating, longevity, fecundity and eggs fertility of *Chilo partellus* (Lepidoptera: Pyralidae): effects of delayed or successive mating and their relevance to pheromonal control methods. Environmental Entomology, 1991, 20(1): 150-155.
- [7] Jiao X G, Xuan W J, Sheng C F. Mating behaviour of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* Walker. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(4): 1110-1115.
- [8] Han G B, Du J W, Li J. Mating behavioral ecology of *Ancylis sativa* adult. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11(1): 99-102.
- [9] Luo L Z, Cao W J, Qian K, Hu Y. Mating behavior and capacity of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). Acta Entomologica Sinica, 2003, 46(4): 494-499.
- [10] Chen H M, Qi R S. Reproductive characteristics of *Cydia trasi* and its control by sex attractant. Plant Protection, 1996, 22(6): 8-10.
- [11] Lu P F, Qiao H L, Wang X P, Zhou X M, Wang X Q, Lei C L. Adult behavior and circadian rhythm of sex pheromone production and release of the legume pod borer, *Maruca vitrata* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae). Acta Entomologica Sinica, 2007, 50(4): 335-342.
- [12] Torres-Vila L M, Rodriguez-Molina M C, Stockel J. Delayed mating reduces reproductive output of female European grapevine moth, *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). Bulletin of Entomological Research, 2002, 92(3): 241-249.
- [13] Jiménez-Pérez A, Wang Q. Effects of mating delay on the reproductive performance of *Cnephasia jactatana* (Lepidoptera: Tortricidae). Journal of Economic Entomology, 2003, 96(3): 592-598.
- [14] Fadamiro H Y, Baker T C. Reproductive performance and longevity of female European corn borer, *Ostrinia nubilalis*: effects of multiple mating, delay in mating, and adult feeding. Journal of Insect Physiology, 1999, 45(4): 385-392.
- [15] Meng X Z. Application of insect sex phenomenon. Bulletin of Biology, 1997, 32(3): 46-47.
- [16] Du J W. Study and Application of Insect Semi Chemicals. Beijing: Chinese Forest Publish House, 1988: 182-197.

参考文献:

- [1] 花保祯,周尧,方德齐,陈树良. 中国木蠹蛾志(鳞翅目:木蠹蛾科). 西安:天则出版社,1990:62-64.
- [2] 吕玉里,刘仕玲,范金龙,张峰,朱国彬. 一种新的林业害虫六星黑点豹蠹蛾. 天津农林科技,2006,(4):44.
- [3] 田秀丽,孙彦辉. 六星黑点豹蠹蛾风险性分析和管理措施. 天津农业科学,2008,14(1):58-60.
- [4] 王鸣凤,陶维昌,沈小萍,许冬芳. 杜仲幼林豹蠹蛾的发生与防治. 林业科技开发,2004,18(2):62.
- [5] 尹鸿刚,高鹏,郭淑荣,李燕,李子博,董晓. 天津地区六星黑点豹蠹蛾生活史调查. 河北林业科技,2009,(2):16-17.
- [7] 焦晓国,宣维健,盛承发. 水稻二化螟的交配行为. 生态学报,2006,26(4):1110-1115.
- [8] 韩桂彪,杜家纬,李捷. 枣粘虫交配行为生态学研究. 应用生态学报,2000,11(1):99-102.
- [9] 罗礼智,曹卫菊,钱坤,胡毅. 甜菜夜蛾交配行为和能力. 昆虫学报,2003,46(4):494-499.
- [10] 陈合明,祁润身. 槐小卷蛾的生殖特点与性诱剂防治. 植物保护,1996,22(6):8-10.
- [11] 陆鹏飞,乔海莉,王小平,周兴苗,汪细桥,雷朝亮. 豆野螟成虫行为学特征及性信息素产生与释放节律. 昆虫学报,2007,50(4):335-342.
- [15] 孟宪佐. 昆虫性信息素的应用. 生物学通报,1997,32(3):46-47.
- [16] 杜家纬. 昆虫信息素及其应用. 北京:中国林业出版社,1988:182-197.

CONTENTS

Marine ecological capital: valuation of standing stock of marine living resources	REN Dachuan, CHEN Shang, XIA Tao, et al (4805)
Effect of Endophytic fungi on growth and photosynthetic characteristics of <i>Achnatherum sibiricum</i>	JIA Tong, REN Anzhi, WANG Shuai, et al (4811)
Based on image processing technology estimating leaves stomatal density of <i>Populus euphratica</i> and analysis of its ecological significance	JIAN Shengqi, ZHAO Chuanyan, ZHAO Yang, et al (4818)
Evaluation of the ecological instream flow in the Yellow River basin with hydrological alterations	ZHANG Qiang, LI Jianfeng, CHEN Xiaohong, et al (4826)
The ecological effects of <i>Suaeda salsa</i> on repairing heavily degraded coastal saline-alkaline wetlands in the Yellow River Delta	GUAN Bo, YU Junbao, LU Zhaohua, et al (4835)
Toxicity risks to the closed tidal flat ecosystem of a PCBs waste savepoint at the coast of Zhejiang	HE Shanying, CHEN Kunbai (4841)
Methane emission from a <i>Carex</i> -dominated wetland in Poyang Lake	HU Qiwu, ZHU Lili, XING Ruixin, et al (4851)
The study on Ice-fish Resources in the Three Gorges Reservoir	SHAO Xiaoyang, LI Daofeng, TAN Lu, et al (4858)
Effects of acute cold stress on serum biochemical and immune parameters and liver HSP70 gene expression in GIFT strain of Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	LIU Bo, WANG Meiyao, XIE Jun, et al (4866)
Acute toxicity and effect of Cd ²⁺ on life table demography of <i>Brachionus angularis</i> and <i>Keratella valga</i>	XU Dandan, XI Yilong, MA Jie, et al (4874)
The association of BDNF gene polymorphisms with normal behavior traits in house-hold sika deer (<i>Cervus nippon</i>)	LÜ Shenjin, YANG Yan, WEI Wanhong (4881)
Characteristics and controlling factors of photosynthesis in a maize ecosystem on the North China Plain	TONG Xiaojuan, LI Jun, LIU Du (4889)
The soil macrofaunal community structure under a long-term fertilization in wheat field	GU Yanfang, ZHANG Li, DING Shengyan, et al (4900)
Effect of earthworms on the photosynthetic characteristics of wetland plants and their capacity to purify wastewater	XU Defu, LI Yingxue, WANG Ranghui, et al (4907)
Toxicity of three pesticides and their effects on carboxylesterase activity of <i>Propiloscerus akamusi</i>	FANG Guofei (4914)
Reproductive behavior character and sexual tendency of the adult <i>Zeuzera leuconotum</i> Butler (Lepidoptera: Cossidae)	LIU Jinlong, ZONG Shixiang, ZHANG Jintong, et al (4919)
Effects of herbicides stress on the population of alligator weed flea beetles, <i>Agasicles hygrophila</i> (Col.: Chrysomelidae) and corresponding strategies	LIU Yufang, PENG Meifang, WANG Chengchao, et al (4928)
Patterns of fruit and seed production and ecological significance in desert species <i>Eremosparton songoricum</i> (FABACEAE)	SHI Xiang, WANG Jiancheng, ZHANG Daoyuan, et al (4935)
Effect of different nitrogen supply on the temporal and spatial distribution and remobilization of canopy nitrogen in winter wheat under limited irrigation condition	HAO Baozhen, JIANG Lina, FANG Baoting, et al (4941)
Plant architecture characteristics of <i>Haloxylon ammodendron</i> and <i>Haloxylon persicum</i> in Zhungar Basin	WANG Lijuan, SUN Dongyuan, ZHAO Chengyi, et al (4952)
Downscaling land surface temperature based on relationship between surface temperature and vegetation index	NIE Jianliang, WU Jianjun, YANG Xi, et al (4961)
Differential characteristics of soil δ ¹⁵ N under varying vegetation in karst areas	WANG Zhijun, LIANG Xuan, HE Qiufang, et al (4970)
Effect of nitrogen application rate on growth and leaf photosynthetic characteristics of <i>Jatropha curcas</i> L. seedlings	YIN Li, HU Tingxing, LIU Yongan, et al (4977)
Seasonal variations in leaf C, N, and P stoichiometry of typical plants in the Yangou watershed in the loess hilly gully region	WANG Kaibo, SHANGGUAN Zhouping (4985)
Clonal integration enhances the ability to scavenge reactive oxygen species in root of <i>Cynodon dactylon</i> subjected to submergence	LI Zhaojia, YU Jie, FAN Dayong, et al (4992)
Pattern of flow-covered sand-fixing woodland and its windbreak effect	YANG Wenbin, DONG Huilong, LU Qi, et al (5000)
Evaluation of soil and water conservation capacity of different forest types in Dongling Mountain	MO Fei, LI Xuyong, HE Shuxia, et al (5009)
Changes in structural components and respiration rates of coarse woody debris at the initial decomposition stage for 11 temperate tree species	ZHANG Limin, WANG Chuankuan, TANG Yan (5009)
Characteristics of nutrient cycling in first and second rotations of Chinese fir plantations	TIAN Dalun, SHEN Yan, KANG Wenxing, et al (5025)
The optimal design of a connected nature reserve network	WANG Yicheng (5033)
Sub-areas compartmentalization of Changjiang Estuary based on the natural geographical characteristics	LIU Lusan, ZHENG Binghui, MENG Wei, et al (5042)
The environmental and economic influence of coal-electricity integration exploitation in the Xilingol League	WU Di, DAI Fangzhou, YAN Yan, et al (5055)
Review and Monograph	
The influence of diversity changes of ecological conditions on the survival of honey bees	HOU Chunsheng, ZHANG Xuefeng (5061)
Scientific Note	
The spatio-temporal change in the secondary production of macrozoobenthos in the intertidal zone of Jiaozhou Bay	ZHANG Chongliang, XU Binduo, REN Yiping, et al (5071)
The studying system construction of wetland parks	WANG Lilong, LU Lin (5081)
Ecological footprint analysis of a semi-arid grassland region facilitates assessment of its ecological carrying capacity: a case study of Xilinguole League	YANG Yan, NIU Jianming, ZHANG Qing, et al (5096)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 17 期 (2011 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 17 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@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