

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

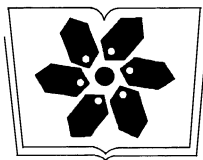
Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 24 期 Vol.32 No.24 **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 24 期

2012 年 12 月 (半月刊)

目 次

从文献计量角度分析中国生物多样性研究现状.....	刘爱原,郭玉清,李世颖,等 (7635)
CO ₂ 浓度升高和模拟氮沉降对青川箭竹叶营养质量的影响.....	周先容,汪建华,张 红,等 (7644)
陕西中部黄土高原地区空气花粉组成及其与气候因子的关系——以洛川县下黑木沟村为例.....	吕素青,李月从,许清海,等 (7654)
长三角地区 1995—2007 年生态资产时空变化.....	徐昔保,陈 爽,杨桂山 (7667)
基于智能体模型的青岛市林地生态格局评价与优化.....	傅 强,毛 锋,王天青,等 (7676)
青藏高原高寒草地生态系统服务功能的互作机制.....	刘兴元,龙瑞军,尚占环 (7688)
北京城市绿地的蒸腾降温功能及其经济价值评估.....	张 彪,高吉喜,谢高地,等 (7698)
武汉市造纸行业资源代谢分析.....	施晓清,李笑诺,赵吝加,等 (7706)
丽江市家庭能耗碳排放特征及影响因素.....	王丹寅,唐明方,任 引,等 (7716)
基于分布式水文模型和福利成本法的生态补偿空间选择研究.....	宋晓谕,刘玉卿,邓晓红,等 (7722)
设施塑料大棚风洞试验及风压分布规律.....	杨再强,张 波,薛晓萍,等 (7730)
湖南珍稀濒危植物——珙桐种群数量动态.....	刘海洋,金晓玲,沈守云,等 (7738)
云南岩陀及其近缘种质资源群体表型多样性.....	李萍萍,孟衡玲,陈军文,等 (7747)
沙埋和种子大小对柠条锦鸡儿种子萌发、出苗和幼苗生长的影响.....	杨慧玲,梁振雷,朱选伟,等 (7757)
栗山天牛天敌花绒寄甲在栎林中的种群保持机制.....	杨忠岐,唐艳龙,姜 静,等 (7764)
基于相邻木排列关系的混交度研究.....	娄明华,汤孟平,仇建习,等 (7774)
三种回归分析方法在 Hyperion 影像 LAI 反演中的比较.....	孙 华,鞠洪波,张怀清,等 (7781)
红松和蒙古栎种子萌发及幼苗生长对升温与降水综合作用的响应.....	赵 娟,宋 媛,孙 涛,等 (7791)
新疆杨边材贮存水分对单株液流通量的影响.....	党宏忠,李 卫,张友焱,等 (7801)
火干扰对小兴安岭毛赤杨沼泽温室气体排放动态影响及其影响因素.....	顾 韩,牟长城,张博文 (7808)
不同潮汐和盐度下红树植物幼苗秋茄的化学计量特征.....	刘滨尔,廖宝文,方展强 (7818)
腾格里沙漠东南缘沙质草地灌丛化对地表径流及氮流失的影响.....	李小军,高永平 (7828)
西双版纳人工雨林群落结构及其林下降雨侵蚀力特征.....	邓 云,唐炎林,曹 敏,等 (7836)
西南高山地区净生态系统生产力时空动态.....	庞 瑞,顾峰雪,张远东,等 (7844)
南北样带温带区栎属树种种子化学组成与气候因子的关系.....	李东胜,史作民,刘世荣,等 (7857)
模拟酸雨对龙眼叶片 PS II 反应中心和自由基代谢的影响.....	李永裕,潘腾飞,余 东,等 (7866)
沈阳市城郊表层土壤有机污染评价.....	崔 健,都基众,马宏伟,等 (7874)
降雨对旱作春玉米农田土壤呼吸动态的影响.....	高 翔,郝卫平,顾峰雪,等 (7883)
冬季作物种植对双季稻根系酶活性及形态指标的影响.....	于天一,逢焕成,任天志,等 (7894)
施氮量对小麦/玉米带田土壤水分及硝态氮的影响.....	杨蕊菊,柴守玺,马忠明 (7905)
微山湖鸟类多样性特征及其影响因素.....	吕昭智,潘卫林,张 鑫,等 (7913)
新疆北部棉区作物景观多样性对棉铃虫种群的影响.....	吕昭智,潘卫林,张 鑫,等 (7925)
杭州西湖北里湖沉积物氮磷内源静态释放的季节变化及通量估算.....	刘静静,董春颖,宋英琦,等 (7932)
基于实码遗传算法的湖泊水质模型参数优化.....	郭 静,陈求稳,张晓晴,等 (7940)
气候环境因子和捕捞压力对南海北部带鱼渔获量变动的影响.....	王跃中,孙典荣,陈作志,等 (7948)
象山港南沙岛不同养殖类型沉积物酸可挥发性硫化物的时空分布.....	颜婷茹,焦海峰,毛玉泽,等 (7958)
专论与综述	
提高植物抗寒性的机理研究进展.....	徐呈祥 (7966)
植被对多年冻土的影响研究进展.....	常晓丽,金会军,王永平,等 (7981)
凋落物分解主场效应及其土壤生物驱动.....	查同刚,张志强,孙 阁,等 (7991)
街尘与城市降雨径流污染的关系综述.....	赵洪涛,李叙勇,尹澄清 (8001)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 374 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 40 * 2012-12	

封面图说: 永兴岛海滩植被——永兴岛是中国西沙群岛的主岛,也是西沙群岛及南海诸岛中最大的岛屿。国务院 2012 年 6 月批准设立的地级三沙市,管辖西沙群岛、中沙群岛、南沙群岛的岛礁及其海域,三沙市人民政府就驻西沙永兴岛。永兴岛岛上自然植被密布,野生植物有 148 种,占西沙野生植物总数的 89%,主要树种有草海桐(羊角树)、麻枫桐、野枇杷、海棠树和椰树等。其中草海桐也称为羊角树,是多年生常绿亚灌木植物,它们总是喜欢倚在珊瑚礁岸或是与其他滨海植物聚生于海岸沙滩,为典型的滨海植物。

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

DOI: 10.5846/stxb201203120327

杨忠岐, 唐艳龙, 姜静, 王小艺, 唐桦, 吕军, 高源. 栗山天牛天敌花绒寄甲在栎林中的种群保持机制. 生态学报, 2012, 32(24): 7764-7773.

Yang Z Q, Tang Y L, Jiang J, Wang X Y, Tang H, Lu J, Gao Y. Population-keeping mechanism of the parasitoid *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera: Bothrideridae) of *Massicus raddei* (Coleoptera: Cerambycidae) in oak forest. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(24): 7764-7773.

栗山天牛天敌花绒寄甲在栎林中的种群保持机制

杨忠岐^{1,*}, 唐艳龙¹, 姜静¹, 王小艺¹, 唐桦¹, 吕军², 高源²

(1. 中国林科院森林生态环境与保护研究所/国家林业局森林保护学重点实验室, 北京 100091;

2. 辽宁宽甸县森林病虫害防治检疫站, 宽甸 118200)

摘要:花绒寄甲(*Dastarcus helophoroides*) (鞘翅目: 寄甲科 Bothrideridae) 是寄生栗山天牛(*Massicus raddei*) 中老龄幼虫和蛹的重要天敌, 但其寄主栗山天牛世代周期长(3 年 1 代)、发育比较整齐, 不利于寄生性天敌种群数量的稳定。为了解利用花绒寄甲防治栗山天牛后, 其种群能否在栎树林间长期保持较高的种群数量, 达到持续控制栗山天牛的防治效果, 调查研究了花绒寄甲在栎树林间的转主寄主和种群保持机制。结果表明, 在东北辽东栎树干和树枝上除了栗山天牛外, 还有其他 8 种天牛危害: 双簇天牛(*Moechotypa diphysis*)、四点象天牛(*Mesosa myops*)、中华薄翅锯天牛(*Megopis sinica*)、锯天牛(*Prionus insularis*)、双带粒翅天牛(*Lamimimus gottschei*)、八字绿虎天牛(*Chlorophorus tohokensis*)、日本绿虎天牛(*C. japonicus*) 和拟蜡天牛(*Stenygrinum quadrinotatum*)。其中以栗山天牛、双簇天牛、四点象天牛和拟蜡天牛数量较多, 而花绒寄甲在辽东栎树干上的垂直分布与栗山天牛、双簇天牛和四点象天牛的垂直分布重叠较多。室内研究表明, 花绒寄甲对四点象天牛老熟幼虫的寄生率达到 26.67%, 对蛹的寄生率达到了 43.33%; 对双簇天牛老熟幼虫的寄生率达到 20.00%, 对蛹的寄生率为 6.67%。对双簇天牛和四点象天牛在林间的生活史调查和研究发现, 花绒寄甲可寄生的这两种天牛的中老龄幼虫和蛹, 在花绒寄甲不适宜寄生的栗山天牛幼龄幼虫期大量存在, 表明双簇天牛和四点象天牛是花绒寄甲在栎树林中的主要转主寄主。由于这些转主寄主的存在, 花绒寄甲在不利于其寄生的栗山天牛卵期、幼龄幼虫期可转移寄生这些寄主, 从而在栗山天牛危害的栎树林间保持了较高的种群数量, 达到对栗山天牛长期而有效的持续控制效果。

关键词: 栗山天牛; 花绒寄甲; 转主寄主

Population-keeping mechanism of the parasitoid *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera: Bothrideridae) of *Massicus raddei* (Coleoptera: Cerambycidae) in oak forest

YANG Zhongqi^{1,*}, TANG Yanlong¹, JIANG Jing¹, WANG Xiaoyi¹, TANG Hua¹, LÜ Jun², GAO Yuan¹

1 Key Lab. of Forest Protection of State Forestry Administration, Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

2 Kuandian Forest Pest & Disease Control Station, Kuandian County, Liaoning Province 118200, China

Abstract: *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire) (Coleoptera: Bothrideridae) is an important parasitoid of the oak longhorn beetle *Massicus raddei* (Blessig) (Coleoptera: Cerambycidae) in China. It had a long developmental period needing three years to finish a generation and its generation showed uniformity. The biological character generally was unfavored for its insect natural enemies to maintain relative stable high populations. In order to understand whether the population of the parasitoid *D. helophoroides* could keep its high level in forests of oak trees (*Quercus liaotungensis* Koidz and *Q. mongolica* Fischer) or not after its releasing in forests, we investigated its potential alternative hosts in northeastern China oak forests.

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划课题(2006BAD08A12); 科研院所社会公益研究专项(2004DIB4J166)

收稿日期: 2012-03-08; **修订日期:** 2012-08-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yzhqi@caf.ac.cn

It was found that there were eight species of longhorn beetle species living in the east-Liaoning oak forests besides *M. raddei* attacking the oak trees. The numbers of four species of the longhorn beetles were predominant in oak forests, *i. e.* *M. raddei*, *Moechotypa diphysis* (Pascoe), *Masosa myops* Dalman, *Stenygrinum quadrinotatum* Bates. However, the vertical distributions of *M. raddei*, *M. diphysis* and *M. myops* on the oak trunk appeared as overlapping with the parasitoid *D. helophoroides*. The inoculating tests indoor indicated that the relative high parasitism rates occurred in both hosts of *M. myops* and *M. diphysis*, in the former with parasitism rate 26.67% on the last instar larval stage and 43.33% on the pupal stage, and in the latter with 20.00% on last instar larval stage and 6.67% on the pupal stage. The biological observations of *M. myops* and *M. diphysis* in forests indicated that the mature larvae of the two cerambycid species existed always in a year during the unfavorable parasitism periods of *D. helophoroides* on *M. raddei*, *i. e.* egg and young larval stages of *M. raddei* (prior 3rd instar), for the parasitoid to parasitize and to maintain its high population, as well as that the two cerambycid species were the principal alternative hosts of *D. helophoroides* in north eastern China oak forests. The results of the present study showed evidence of that the biological control program to apply the parasitoid *D. helophoroides* could reach effective and sustainable control efficiency for the severe damaged wood borer *M. raddei* after the parasitoid was released. By parasitizing mature larvae of *M. diphysis*, *M. myops* and other six species of cerambycids attacking oaks as alternative hosts *D. helophoroides* could keep its relative high population, and when the proper larval stage of *M. raddei* (*i. e.* over third instar larval stage and pupal stage) for its parasitizing occurred, it then could move to the main host, *M. raddei*, for parasitizing. Thus, the parasitoid has a high potential as an excellent natural enemy to be used in biocontrol program to make the cerambycid under control.

Key Words: *Massicus raddei* (Blessig); *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire); alternative hosts

花绒寄甲 *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire) (鞘翅目:寄甲科 Bothrideridae)是迄今发现的寄生天牛类害虫最主要的寄生性天敌昆虫,目前已广泛应用于防治云斑天牛 *Batocera horsfieldi* (Hope)、锈色粒肩天牛 *Apriona swainsonii* (Hope)、光肩星天牛 *Anoplophora glabripennis* Motschulsky 和松褐天牛 *Monochamus alternatus* Hope 等个体为中大型的天牛种类上^[1-4]。栗山天牛 *Massicus raddei* (Blessig) 属鞘翅目 (Coleoptera) 天牛科 (Cerambycidae) 山天牛属 (*Massicus*), 主要危害辽东栎 *Quercus liaotungensis* Koidz 和蒙古栎 *Q. mongolica* Fischer^[3]。自 20 世纪 90 年代大发生以来,栗山天牛已成为我国东北天然林区的头号害虫,寻找经济安全有效的途径来控制栗山天牛的危害已成为亟待解决的问题^[3]。

杨忠岐^[3]、高峻崇等^[5]在吉林省调查栗山天牛天敌时发现了自然寄生栗山天牛幼虫和蛹的花绒寄甲,其自然寄生率为 10% 左右。之后,经中国林科院生物防治专家多年研究,攻克了人工规模化繁育花绒寄甲技术,成功繁育出了大量寄生栗山天牛的花绒寄甲成虫和卵,大面积释放防治栗山天牛,释放面积达 15 万亩^[4,6-7]。唐艳龙等^[8]研究表明,花绒寄甲在栗山天牛中老龄幼虫期(3 龄以后)和蛹期,寄生率达 85% 以上,是控制栗山天牛的优秀天敌。根据调查研究,花绒寄甲只寄生栗山天牛 3 龄末及其随后的中老龄幼虫和蛹。但栗山天牛三年一代,生活史整齐^[9],在栗山天牛卵期和幼龄幼虫期(1—3 龄),不适合花绒寄甲寄生^[8],而这个时期长达近 1 年时间,在这个时间段中,花绒寄甲能否在林间存活下去,保持较高的种群数量,是利用这种天敌长期且持续控制栗山天牛的关键。除了其成虫寿命长(实验室条件下,花绒寄甲成虫寿命达 6 年)可以度过这个阶段外^[4],其是否在林间还有其他的转主寄主,以度过栗山天牛不适合其寄生的发育阶段,即花绒寄甲种群保持机制。为此,进行了花绒寄甲在栎林中转主寄主的调查和种群保持机制的研究,以为生产上应用花绒寄甲大面积防治栗山天牛提供依据。

1 材料与方法

1.1 林间天牛类蛀干害虫调查

2009 年 5—9 月,在辽宁省宽甸县大西岔镇(40°44.838' N;125°11.616' E; 海拔 460 m) 栎树林中,选择 2

类受蛀干害虫危害的栎树调查蛀干害虫:受害较轻(刚枯梢,侧枝枯死率 20% 以下)和已受害枯死的植株。选择胸径在 25—35 cm、树高 10 m 以上的辽东栎作为样株砍伐,然后以 1 m 为准锯成木段,随后逐一劈开,仔细解剖调查,统计各种蛀干害虫种类,特别是天牛幼虫、蛹和成虫的数量,各调查 12 株。随后对调查得到的天牛幼虫、蛹进行饲养,以得到成虫;同时在林间采集天牛类昆虫的成虫,最后进行种类鉴定。鉴定参考书主要是《中国天牛幼虫》和《东北天牛志》等^[10-11]。

1.2 天牛林间生活史研究

2008 年 8 月—2011 年 7 月,每月在栎树林间砍小树 6 株,置于林间固定地方,待观察到有四点象天牛和双簇天牛成虫产卵后,定期解剖部分刻槽,观察其发育进度,同时统计成虫数量。在越冬期,每月解剖部分幼虫虫道,观察幼虫的越冬状态。编制四点象天牛和双簇天牛生活史表。同时,每月解剖一次受栗山天牛危害的寄主树木,采集栗山天牛幼虫并测量其上颚长度及头壳宽度等指标,以确定幼虫龄期^[12]。

1.3 四点象天牛和双簇天牛的生物学特性观察

2009 年 5—9 月,每隔 10—20 d,在林间采集四点象天牛和双簇天牛成虫,带回室内。将部分健康成虫配对置于直径 24.5 cm、高 23.5 cm 的带孔塑料筐内,筐内放入直径约 6 cm、高 20 cm 的辽东栎木段供雌虫产卵;木段两端用蜡封上以防止水分蒸发,筐内放部分辽东栎枝叶供天牛补充营养,每天更换小枝,各饲养 30 对。每天检查,发现成虫产卵后,剖开产卵处,取出卵粒,置于带有测微尺的 Motic 体视镜 20 倍下测量卵粒大小。随后将卵粒放入带孔的圆形塑料盒内,在盒中放入滤纸和浸水棉花团保湿,统计产卵时间和卵孵化时间,计算卵发育的历期和孵化率等。同时用 Metriso 数显卡尺测量幼虫的体长,在体视镜下测量幼虫的头壳宽度等指标。

观察 2 种天牛成虫在寄主树干上的产卵刻槽形状和产卵孔形状,用数显卡尺测量产卵孔大小。解剖部分刻槽,记载有卵粒的刻槽数量。测量卵粒离产卵孔的距离,统计卵粒与产卵孔的方位、卵粒的数量,将部分卵粒带回室内,置于上述圆盒内饲养,随后统计卵的孵化率。

1.4 花绒寄甲寄生四点象天牛和双簇天牛试验

在野外采集这两种天牛的老熟幼虫和蛹带回室内,先测量其体长等指标。然后将砍伐的长约 30 cm、直径 10 cm 的栎树木段用凿子凿一刻槽,将幼虫和蛹接于该刻槽内,后用开始凿该刻槽时取下的栎树皮盖上刻槽,并用蜡封上刻槽四周之缝隙。将木段置于高 40 cm、直径 20 cm 的带盖塑料桶内,桶盖用针扎孔以透气。每个木段接入天牛幼虫或蛹 10 头,按 1:1(寄甲数量:天牛数量)的比例接入花绒寄甲成虫。每种天牛重复 6 次,共处理 30 头天牛幼虫和 30 头蛹。1 个月之后,检查寄生情况。发现天牛体上有花绒寄甲幼虫寄生或其坑道中有花绒寄甲茧,视为该天牛被寄生。

1.5 数据处理

用 Excel 2003 和 SPSS 11.0 等软件进行数据处理,用 SPSS 中的 One-Way ANOVA 进行方差分析,用 Duncan 氏新复极差法检验,比较各处理之间的差异水平。

2 结果与分析

2.1 辽东栎树干和树枝上天牛类害虫种类及数量

在辽东栎树干和树枝上共发现了 9 种天牛类蛀干害虫:栗山天牛、双簇天牛 *Moechotypa diphyis*、四点象天牛 *Mesosa myops*、中华薄翅锯天牛 *Megopis sinica*、锯天牛 *Prionus insularis*、双带粒翅天牛 *Lamiomimus gottschei*、八字绿虎天牛 *Chlorophorus tohokensis*、日本绿虎天牛 *C. japonicus* 和拟蜡天牛 *Stenogrinus quadrinotatum*。分属 3 个亚科,其中中华薄翅锯天牛和锯天牛属于锯天牛亚科(Prioninae);栗山天牛、八字绿虎天牛、日本绿虎天牛和拟蜡天牛属于天牛亚科(Cerambycinae);双簇天牛、四点象天牛和双带粒翅天牛属于沟胫天牛亚科(Lamiinae)。

在辽东栎衰弱木上发现的天牛类昆虫主要有 8 种(图 1)。数量最多的是栗山天牛,平均约 80 头/株,显著多于其它天牛($F=54.978$; $df=8,107$; $P=0.0001$);其次是双簇天牛和拟蜡天牛,平均约 20 头/株;四点象

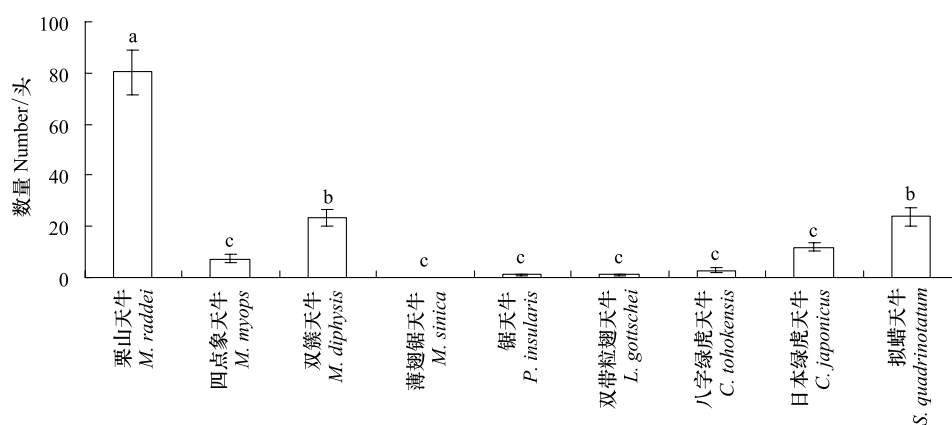


图1 辽东栎衰弱木上天牛类昆虫的种类和数量

Fig. 1 Number and species of longhorn beetles found in the weak oak trees

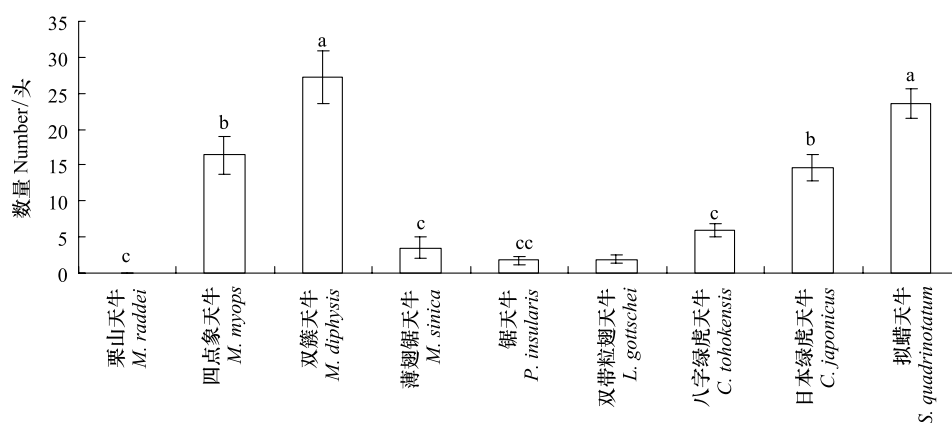


图2 辽东栎枯死木上天牛类昆虫的种类和数量

Fig. 2 Number and species of longhorn beetles found in the dead oak trees

天牛和日本绿虎天牛约 10 头/株,其它 3 种天牛数量较少,平均约 2 头/株,没有发现薄翅锯天牛。在辽东栎枯死木上天牛类昆虫也有 8 种(图 2)。数量最多的是双簇天牛和拟蜡天牛,平均约 25 头/株,显著多于其它天牛 ($F=30.026$; $df=8,107$; $P=0.0001$);其次是四点象天牛和日本绿虎天牛,平均约 15 头/株;薄翅锯天牛、锯天牛、双带粒翅天牛和八字绿虎天牛数量较少。

2.2 辽东栎树干和树枝上天牛类昆虫及其天敌花绒寄甲的垂直分布

栗山天牛在树干中的垂直分布较广,幼龄幼虫生活在未干枯的韧皮部,中老龄幼虫生活在未干枯的木质部(图 3);锯天牛和双带粒翅天牛基本分布在树干的中下部,主要生活在栎树已经腐烂或开始腐烂的髓心位置;四点象天牛和双簇天牛主要分布在树干中上部以及即将枯死或刚枯死的树枝上;八字绿虎天牛、日本绿虎天牛和拟蜡天牛均为枝天牛,只分布在较细的树枝上;日本绿虎天牛和拟蜡天牛分布在韧皮部,而八字绿虎天牛中老龄幼虫在木质部。从在树干上的垂直分布看,锯天牛和双带粒翅天牛和栗山天牛的分布有一部分重叠,不过前两者主要在栎树已经开始腐烂或者已经腐烂的髓心,而栗山天牛主要在未腐烂的木质部;四点象天牛和双簇天牛与栗山天牛的分布亦有一部分重叠,不过前两者主要在栎树的韧皮部,而且是分布在即将干枯或已经死亡的部分,栗山天牛只有幼龄幼虫分布在韧皮部,大多数在没有干枯的部分,只有极少数分布在即将干枯的位置。栗山天牛在栎树上的分布具有明显的生态位优势。花绒寄甲分布范围亦较广,包括了绝大多数栗山天牛、锯天牛、双带粒翅天牛、四点象天牛和双簇天牛的分布范围。

辽东栎枯死木上天牛的分布与衰弱木明显不同的是没有栗山天牛,而出现了薄翅锯天牛,不过该种分布范围较小,大多数分布在树干基部 1 m 以下的位置(图 4);锯天牛和双带粒翅天牛的分布范围有所扩大,但仍

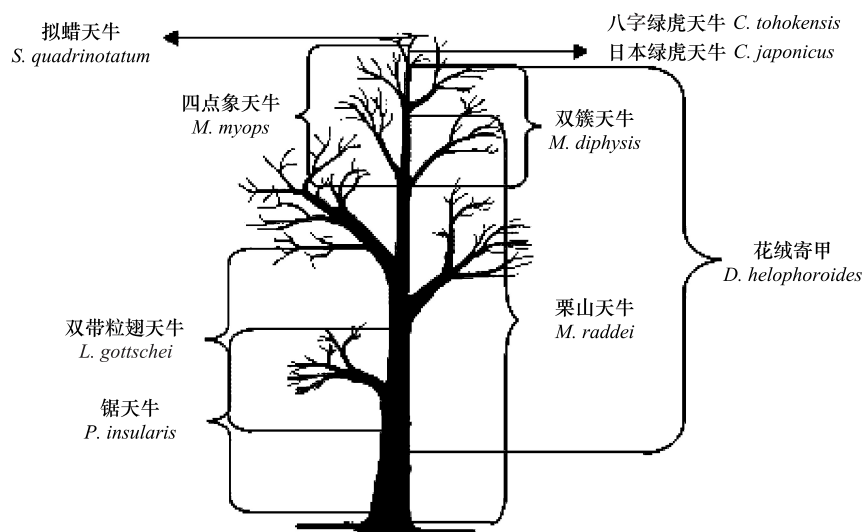


图3 辽东栎衰弱木上不同天牛种及花绒寄甲的垂直分布模式图

Fig. 3 Vertical distribution of different longhorn beetle species and *D. helophoroides* on weak oak

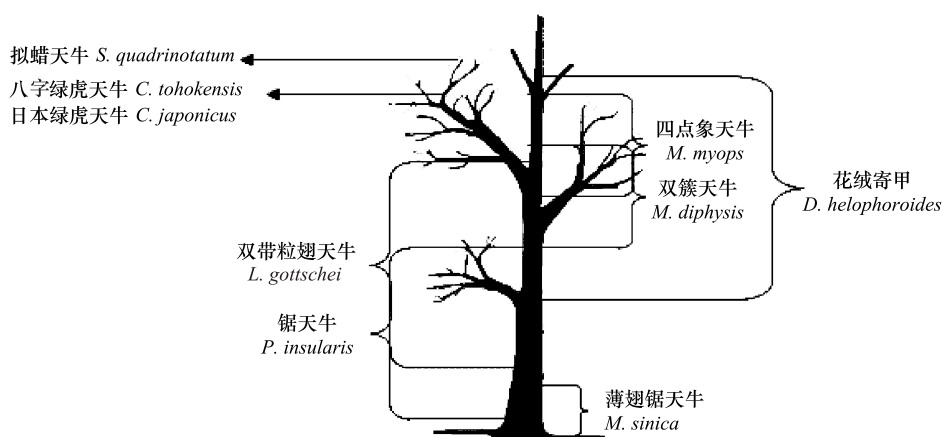


图4 辽东栎枯死木上不同天牛种及花绒寄甲的垂直分布模式图

Fig. 4 Vertical distribution of different longhorn beetle species and *D. helophoroides* on dead oak

然主要分布在髓心;四点象天牛和双簇天牛的分布亦有所扩大,开始出现在栎树的中部,在栎树的下部极少分布;八字绿虎天牛、日本绿虎天牛和拟蜡天牛仍然只分布在较细的树枝上。

2.3 花绒寄甲对四点象天牛和双簇天牛的寄生情况

根据林间调查结果,四点象天牛和双簇天牛在栎树林中是除了栗山天牛以外数量较大的类群,也是对栎树危害仅次于栗山天牛的天牛种类,而且在林间发现了自然寄生这两种天牛的花绒寄甲,因此选择了这两种天牛作为花绒寄甲在林间是否以其作为转主寄主重点进行了研究。

在室内试验中,花绒寄甲对四点象天牛幼虫和蛹的寄生率较高,对老熟幼虫的寄生率达到了 26.67%,对蛹的寄生率达到了 43.33% (表 1)。对双簇天牛老熟幼虫的寄生率达到 20%,对蛹的寄生率较低,只有 6.67%。分析可能是因为双簇天牛化蛹之后蛹体很快就变硬,而且蛹体受到惊扰时会不停地摆动,不利于花绒寄甲幼虫的寄生。

2.4 四点象天牛的生物学特性和生活史

2.4.1 四点象天牛生活史

四点象天牛属鞘翅目 (Coleoptera) 天牛科 (Cerambycidae) 沟胫天牛亚科 (Lamiinae) 象天牛属 (*Mesosa*),

经观察研究,其生活史见表 2。

表 1 室内花绒寄甲对四点象天牛和双簇天牛的寄生情况

Table 1 Parasitism rate of *M. myops* and *M. diphysis* by *D. helophoroides* in the lab

天牛种类 Longhorn beetle species	天牛老熟幼虫 Host larva			天牛蛹 Host pupa		
	供试虫数/头 number of longhorn beetle	被寄生数/头 Number of longhorn beetle parasitized	寄生率/% Parasitism rate	供试虫数/头 number of longhorn beetle	被寄生数/头 Number of longhorn beetle parasitized	寄生率/% Parasitism rate
四点象天牛 <i>M. myops</i>	30	8	26.67	30	13	43.33
双簇天牛 <i>M. diphysis</i>	30	6	20	30	2	6.67

表 2 四点象天牛年生活史(辽宁宽甸 2009 年)

Table 2 Life history of *M. myops* in Kuandian County, Liaoning Province, 2009

时间 Time	1—4 月 Jan. —Apr.			5 月 May			6 月 Jun.			7 月 Jul.			8 月 Aug.			9 月 Sep.			10 月 Oct.			11—12 月 Nov. —Dec.		
	F	M	L	F	M	L	F	M	L	F	M	L	F	M	L	F	M	L	F	M	L	F	M	L
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
							⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙									
									+	+	+	+	+	+	+	+								
									●	●	●	●	●	●	●	●	●							
											-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

• 卵期 Egg satge; - 幼虫期 larva stage; ○ 蛹期 Pupa stage; + 成虫期 Adult stage; F: 上旬 The first ten days of a month; M: 中旬 The middle ten days of a month; L: 下旬 The last ten days of a month

生活史:在我国东北林区 1 年发生 1 代,世代重叠(表 2)。以 2—5 龄幼虫在寄主树皮内越冬,第 2 年 5 月上中旬开始活动,取食寄主树皮韧皮部和形成层。5 月下旬有少数老龄越冬幼虫开始化蛹,蛹室椭圆形,比蛹体略大,蛹能够在蛹室摆动。蛹期 10—15 d,成虫出孔前,鞘翅较柔软,体色较浅,待鞘翅变硬体色变深时,咬一圆形孔羽化出孔活动。6 月中旬林间始见成虫,成虫取食寄主幼嫩树皮补充营养,7 月为成虫羽化高峰期,直到 9 月上旬在林间伐倒栎树上还能见到成虫活动。6 月下旬成虫开始产卵,产卵于衰弱或者死亡时间不长的寄主树木的韧皮部,不在已经完全干枯的寄主树木上产卵。林间刚伐倒的寄主树木,第 2 天就能观察到成虫在上面刻槽产卵。几天之后,伐倒木上就布满其产卵刻槽。刻槽眼状,中间有一椭圆形产卵孔。7 月上旬第 2 代幼虫开始出现。部分幼虫 8 月下旬即进入越冬状态,部分幼虫一直活动到 9 月,之后逐渐进行越冬。

2.4.2 四点象天牛的生物学特性

卵:椭圆形,长 2 mm,宽 0.4—0.6 mm,刚产时乳白色,表面光滑,后渐变为淡黄白色。产卵高峰期出现在 7 月,卵期较短,在平均温度为 24 ℃、相对湿度为 60% 左右的室温条件下,卵期为 9—12 d,平均为 9.85 d($n=32$)。室内卵的孵化率高达 94.12% ($n=34$)。

幼虫:初孵化幼虫体长(1.4 ± 0.10) mm ($n=32$),头壳宽为(0.2 ± 0.02) mm ($n=32$)。老熟幼虫长圆筒形,稍扁,淡黄白色。体长为(24.37 ± 3.35) mm ($n=16$),头壳宽(2.93 ± 0.75) mm ($n=16$)。老熟幼虫额前区有 1 横列长形深陷的刚毛孔,约 8—12 个。

蛹:裸蛹,初为乳白色,后颜色逐渐加深,变为乳黄色,羽化前变为黑褐色。蛹长(13.36 ± 0.78) mm ($n=11$),宽(5.95 ± 0.49) mm ($n=11$)。蛹期为 15—20d,平均为(16.76 ± 2.46) d。

成虫:体长 8—15 mm,宽 3—6 mm。体黑色,全身被灰色短绒毛。前胸背板有小颗粒及刻点,中区具细绒般的斑纹 4 个;触角 11 节,丝状,第 3 节起每节基部近 1/2 为灰白色;雄虫触角超出体长 1/3,雌虫触角与体等长。四点象天牛成虫取食寄主幼嫩树皮补充营养并因此造成危害。成虫产卵于寄主树皮木栓层下,绝大多数一个产卵刻槽内只有 1 粒卵,少数 2 粒,比例约为 20%。卵粒离刻槽的距离平均约 2.4 mm($n=29$)。卵位于

刻槽的正上方或者正下方,概率相当($n=29$)。平均空槽率为 27.82% ($n=17$)。

2.4.3 天敌

在幼虫和成虫期均有白僵菌寄生,在幼虫期还发现了一种寄生在幼虫体内的小蜂新种——四点象天牛跳小蜂 *Cerchysiella mesosae* Yang sp. nov., 2012, 一种在四点象天牛幼虫体外寄生的茧蜂新种——天牛窄腹矛茧蜂 *Rhoptrocentrus quercusi* Yang sp. nov., 2012。

2.5 双簇天牛的生活史和生物学特性

2.5.1 双簇天牛的生活史

双簇天牛属鞘翅目(Coleoptera)天牛科(Cerambycidae)沟胫天牛亚科(Lamiinae)污天牛属(*Moechotypa*)。其生活史见表 3。

表 3 双簇天牛年生活史(辽宁宽甸 2009 年)

Table 3 Life history of *M. diphysis* in Kuandian County, Liaoning Province

时间 Time	1—4 月 Jan. —Apr.			5 月 May			6 月 Jun.			7 月 Jul.			8 月 Aug.			9 月 Sep.			10 月 Oct.			11—12 月 Nov. —Dec.		
	F	M	L	F	M	L	F	M	L	F	M	L	F	M	L	F	M	L	F	M	L	F	M	L
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙												
				+	+		+	+	+	+	+	+	+											
							•	•	•	•	•	•	•	•										
							-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

生活史:双簇天牛在我国东北 1 年发生 1 代(表 3),世代重叠现象严重。以幼虫在寄主树皮内越冬,翌年 5 月上中旬开始活动,取食栎树韧皮部和形成层,5 月中旬有少数发育较早的越冬幼虫开始化蛹。蛹室椭圆形,比蛹体略大,蛹室外只有一层薄薄的树皮保护。蛹期 15—20d。成虫羽化后在树皮上咬一圆形羽化孔羽化而出。5 月下旬林间始见成虫,取食寄主幼嫩树皮补充营养。6 月下旬到 7 月中旬为成虫羽化高峰期,直到 8 月中旬在林间伐倒栎树上还能见到成虫活动。6 月中旬成虫开始产卵,产卵于衰弱或者枯死时间不长的栎树韧皮部。林间刚伐倒的寄主树木,第 2 天就能观察到成虫在上面刻槽产卵,几天之后,伐倒木上就布满刻槽。不产卵于已经完全干枯的寄主树木。刻槽眼状,中间有一椭圆形产卵孔。产卵高峰期出现在 7 月,卵期较短,6 月下旬第 2 代幼虫开始出现。幼虫取食量较大,产卵较早孵化出的幼虫到越冬前就能接近老熟。部分幼虫 8 月下旬即进入越冬状态,部分幼虫一直活动到 9 月之后才逐渐进行越冬。

2.5.2 双簇天牛的生物学特性

卵:长椭圆形,略弯曲,长(3.61 ± 0.20) mm ($n=16$),宽(1.03 ± 0.09) mm ($n=16$),初产时为乳白色,近孵化时为深黄色。林间调查 113 粒卵,其孵化率为 92.92%,室内孵化率高达 98.33% ($n=60$)。在平均温度为 24℃,相对湿度为 59% 的条件下,卵期为 8—11 d,平均为 9.55 d ($n=60$)。

幼虫:初孵化幼虫白色,较柔软,体长为(2.2 ± 0.10) mm ($n=24$),头壳宽为(0.3 ± 0.02) mm ($n=24$)。老熟幼虫乳白色,体长为(31.47 ± 4.43) mm ($n=16$),头壳宽(4.53 ± 0.89) mm ($n=16$)。

蛹:裸蛹,早期为白色,较柔软,随后颜色逐渐加深,变为黄白色,最后变为黄褐色,蛹体变得较为坚硬。蛹体长(27.48 ± 1.08) mm ($n=11$),宽(8.85 ± 0.79) mm ($n=11$),在平均温度为 24℃,相对湿度为 59% 的条件下,蛹期为 15—20 d,平均为(17.26 ± 2.39) d。

成虫:体长 16—24 mm,宽 6—10 mm。成虫取食寄主幼嫩树皮补充营养,并因此造成危害。补充营养后开始产卵,卵产于寄主树皮木栓层下,多数产卵刻槽只有 1 粒卵,少数 2 粒,产 2 粒的比例约为 15%,表现为在产卵孔的上下各 1 粒,约占 75%,25% 的 2 粒卵并排在一起;极少数也有产卵 3 粒的情况。卵较大的一头朝向产卵孔。卵粒距产卵刻槽的距离平均约为 4.4 mm ($n=26$)。卵位于产卵刻槽的正上方或者是正下方,这部分的概率相当($n=26$);产卵刻槽的平均空槽率为 20.82% ($n=43$)。双簇天牛刻槽与栎树直径呈正相关关系,

当栎树直径小于 2.5 cm 时,双簇天牛不产卵。

2.5.3 天敌

在幼虫和成虫期均有白僵菌寄生,在幼虫期发现了一种寄生在幼虫体外的茧蜂新种——天牛窄腹矛茧蜂 *Rhoptrocentrus quercusi* Yang sp. nov., 2012,该茧蜂与在四点象天牛上发现的为同一种。

2.6 栗山天牛不适合花绒寄甲寄生的时期及四点象天牛和双簇天牛适合花绒寄甲寄生的中老龄幼虫期和蛹期

根据林间调查结果,四点象天牛和双簇天牛在栎树林中是除了栗山天牛以外普遍而常见的天牛种类,也是花绒寄甲在林间能够自然寄生的转主寄主。对这两种天牛的生物学特性和年生活史的研究显示,它们在栗山天牛不适合花绒寄甲寄生的卵期、1—3 龄幼虫期可以作为转主寄主,以填补该天敌的寄主薄弱期,特别是这两种天牛一是种群数量较大,二是其生活史不整齐,在栗山天牛不适合花绒寄甲寄生的薄弱期存在大量的适合该天敌寄生的老熟幼虫和蛹,花绒寄甲可以转而寄生它们,这样,花绒寄甲必要的种群数量就能得以保持和延续下来,在栗山天牛幼虫发育至 3 龄末后,便可转移至栗山天牛上寄生,达到对栗山天牛持续控制的防治效果。研究也表明,林间的生物多样性在维持天敌昆虫的种群数量上具有重要意义,是维持林间益害平衡的基础。

表 4 栗山天牛不适合花绒寄甲寄生的时期及四点象天牛和双簇天牛适合花绒寄甲寄生的中老龄幼虫期和蛹期

Table 4 Unconformity period of *M. raddei* for *D. helophoroides* to parasitize and conformity period of mid-old age larvae and pupa of *M. myops* and *M. diphsis* for *D. helophoroides* to parasitize

虫态 Developmental stage		2008				2009			
		7 月 Jul.	8 月 Aug.	9 月 Sept.	10—12 月 Oct.—Dec.	1—4 月 Jan.—Apr.	5 月 May	6 月 Jun.	7 月 Jul.
栗山天牛	成虫期 Adult stage	+	+						
<i>M. raddei</i>	卵期 Egg stage		•	•					
	1—3 龄幼虫期 1st-3rd instar larva stage		—	—	—	—	—	—	—
四点象天牛	中老龄幼虫期 middle-old age larva stage	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>M. myops</i>	蛹期 pupa stage	⊙	⊙	⊙				⊙	⊙
双簇天牛	中老龄幼虫期 middle-old age larva stage	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>M. diphsis</i>	蛹期 pupa stage	⊙	⊙				⊙	⊙	⊙

3 讨论

“K 对策”类害虫,通常具有稳定的生境,它们的进化方向使它们的种群保持在平衡水平上,以及不断地增加种间竞争能力。因此,K 类害虫种群密度常常较低,在生态系统中长期存在,当天敌减少或者环境适宜,种群密度可能上升而爆发成灾。因而,强化生物防治和人为干扰等方法有助于缩小其生态位,收到良好的控制效果^[13]。栗山天牛正是属于偏“K 对策”种,对其采取以生物防治为主的治理手段,符合生态系统平衡发展的规律。对于栗山天牛的生物防治,通过多年的研究探索,研究出了一套科学、可行的防治技术:在栗山天牛成虫期,利用黑光灯诱杀^[14],也可利用引诱剂诱杀成虫;在 1—3 龄幼虫期释放白蜡吉丁肿腿蜂防治幼龄幼虫^[15-16];在 4 龄以后的中老龄幼虫期和蛹期释放花绒寄甲进行防治^[8]。栗山天牛属于种群世代发育整齐的昆虫,在不同的发育阶段应利用不同的天敌、采取不同的防治技术才能达到良好的防治效果。

多寄主型天敌昆虫往往因为有更宽泛的寄主,对目标害虫的寄生效果在短期内会有影响,但长期发展来看,这类天敌往往更容易在环境多变的条件下保持较高的种群数量,从而对害虫起到长期控制的效果^[17-20]。特别是对生活史历期较长,发育整齐的害虫而言。在不适于某种天敌昆虫寄生的虫期,天敌可以转而寄生其他寄主,待害虫发育到适合寄生的龄期,这些天敌又会转回来寄生害虫。栗山天牛生活史历期较长,而且发育很整齐。发现于吉林梅河口市的花绒寄甲是寄生栗山天牛的优秀天敌,虽然其成虫寿命较长,室内最长能够存活 6a,野外一般能存活 2—3a,但在复杂多变的自然环境中,能够寄生其他一些寄主显然更有利于保持其种

群数量^[3-4]。

栗山天牛是一种危害辽东栎活立木的害虫^[9]。本研究发现,在辽东栎衰弱木上有包括栗山天牛在内的多达8种天牛,而在枯死木上没有发现栗山天牛,在衰弱木上的栗山天牛分布在尚未干枯的部分。这与栗山天牛主要危害活立木的特点相一致。此外,研究还表明花绒寄甲不仅能够寄生栗山天牛中老龄幼虫和蛹,也能够寄生四点象天牛和双簇天牛的中老龄幼虫和蛹。由于四点象天牛和双簇天牛在我国东北林区一年一代,而且世代重叠现象严重,在一年当中的各个时期,在林间一直有处于不同发育阶段的虫态,尤其是中老龄幼虫和蛹普遍存在,正好可以填补栗山天牛幼龄幼虫期花绒寄甲寄主的空缺,从而使其能够保持较高的种群数量。而在栗山天牛中老龄幼虫和蛹期,由于数量多,个体大,适合花绒寄甲寄生的时间也较长,因此,花绒寄甲会主要寄生栗山天牛,在控制栗山天牛上能够发挥巨大作用。本研究也表明,应用花绒寄甲来防治栗山天牛不仅可以防治目标害虫,对四点象天牛和双簇天牛等蛀干害虫也能起到一定的控制作用,值得在大面积防治中应用推广。

References:

- [1] Ogura N, Tabata K, Wang W. Rearing of the colydiid beetle predator, *Dastarcus helophoroides*, on artificial diet. *BioControl*, 1999, 44(3): 291-299.
- [2] Miura K, Abe T, Nakashima Y, Urano T. Field release of parasitoid *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire) (Coleoptera: Bothrideridae) on pine logs infested with *Monochamus alternatus* hope (Coleoptera: Cerambycidae) and their dispersal. *Journal of the Japanese Forestry Society*, 2003, 85(1): 12-17.
- [3] Yang Z Q. Advance in bio-control researches of the important forest insect pests with natural enemies in China. *Chinese Journal of Biological Control*, 2004, 20(4): 221-227.
- [4] Wei J R, Yang Z Q, Ma J H, Tang H. Progress on the research of *Dastarcus helophoroides*. *Forest Pest and Disease*, 2007, 26(3): 23-25.
- [5] Gao J C, Shan G M, Zhao H B, Wu X Z, Gao L J, Hou B, Cao Y K. First found as predatory natural enemy of *Mallambyx raddei* in Jilin province-*Dastarcus longulus*. *Jilin Forestry Science and Technology*, 2003, 32(1): 45-47.
- [6] Wei J R, Yang Z Q, Wang P Y, Sun X G, Sun L G. Control of *Massicus raddei* (Blessig) (Coleoptera: Cerambycidae) by parasitic beetle *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire) (Coleoptera: Bothrideridae). *Chinese Journal of Biological Control*, 2009, 25(3): 285-287.
- [7] Tang Y L, Yang Z Q, Wei J R, Wang X Y, Wang X H, Wang W. Research progress on *Massicus raddei* Blessig (Coleoptera: Cerambycidae). *Forest Pest and Disease*, 2010, 29(3): 12-17.
- [8] Tang Y L, Yang Z Q, Wang X Y, Tang H, Jiang J, Wei K, Lv J. Studies on biocontrol of oak longhorn beetle, *Massicus raddei* by releasing parasitoid *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera: Bothrideridae) adults and eggs. *Scientia Silvae Sinicae*. 2012, 48(7): 186-191.
- [9] Hou Y, Ji C L, Gao C, Lv J, Tan S K, Li M G, Zhang H. Study on biological characters and prevention techniques of *Massicus raddei*. *Journal of Liaoning Forestry Science and Technology*, 2000, 19(5): 15-18.
- [10] Jiang S N. Cerambycid Larvae of China. Chongqing: Chongqing Publishing House, 1989.
- [11] Wang Z C. Monographia of original colored longicorn beetles of China's northeast. Changchun: Jilin Science and Technology Publishing House, 2003.
- [12] Wang X Y, Yang Z Q, Tang Y L, Jiang J, Yang Y L, Gao C. Instar and Stadia Determination for larvae of the oak longhorn beetle, *Massicus raddei* (Coleoptera: Cerambycidae). *Acta Entomologica Sinica*, 2012, 55(5): 575-584.
- [13] Price P W. Evolutionary Biology of Parasites. Princeton: Princeton University Press, 1990.
- [14] Jiang J, Yang Z Q, Tang Y L, Tang H, Sun G Y, Gao Z Q. Trapping technology about adults of *Massicus raddei* by a special black light. *Journal of Environmental Entomology*, 2010, 32(3): 369-374.
- [15] Wang X Y, Yang Z Q, Tang Y L, Jiang J, Gao C, Liu Y C, Zhang X W. Parasitism of *Sclerodermus pupariae* (Hymenoptera: Bethyridae) on the young larvae of *Massicus raddei* (Coleoptera: Cerambycidae). *Acta Entomologica Sinica*, 2010, 53(6): 675-682.
- [16] Tang Y L, Wang X Y, Yang Z Q, Jiang J, Wang X H, Lv J. Alternative hosts of *Sclerodermus pupariae* (Hymenoptera: Bethyridae), a larval parasitoid of the longhorn beetle *Massicus raddei* (Coleoptera: Cerambycidae). *Acta Entomologica Sinica*, 2012, 55(1): 55-62.
- [17] Murdoch W W, Briggs C J. Theory for biological control: recent developments. *Ecology*, 1996, 77(7): 2001-2013.
- [18] Stiling P, Cornelissen T. What makes a successful biocontrol agent? A meta-analysis of biological control agent performance. *Biological Control*, 2005, 34(3): 236-246.

- [19] Stilmant D, Van Bellinghen C, Hance T, Boivin G. Host specialization in habitat specialists and generalists. *Oecologia*, 2008, 156(4): 905-912.
- [20] Wang X Y, Yang Z Q. Host adaptations of the generalist parasitoids and some factors influencing the choice of hosts. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(6): 1615-1627.

参考文献:

- [3] 杨忠岐. 利用天敌昆虫控制我国重大林木害虫研究进展. *中国生物防治*, 2004, 20(4): 221-227.
- [4] 魏建荣, 杨忠岐, 马建海, 唐桦. 花绒寄甲研究进展. *中国森林病虫*, 2007, 26(3): 23-25.
- [5] 高峻崇, 山广茂, 赵海彬, 吴学贵, 高立军, 侯彬, 曹玉坤. 吉林省首次发现捕食栗山天牛的天敌——花绒坚甲. *吉林林业科技*, 2003, 32(1): 45-47.
- [6] 魏建荣, 杨忠岐, 王平彦, 孙绪良, 孙垒光. 利用花绒寄甲控制栗山天牛林间试验效果. *中国生物防治*, 2009, 25(3): 285-287.
- [7] 唐艳龙, 杨忠岐, 魏建荣, 王小艺, 王晓红, 王伟. 栗山天牛研究进展. *中国森林病虫*, 2010, 29(3): 12-17.
- [8] 唐艳龙, 杨忠岐, 王小艺, 唐桦, 姜静, 魏可, 吕军. 释放花绒寄甲成虫和卵防治栗山天牛试验研究. *林业科学*, 2012, 48(7): 186-191.
- [9] 侯义, 季长龙, 高纯, 吕军, 谭胜科, 李明贵, 张辉. 栗山天牛生物学特性及防治技术研究. *辽宁林业科技*, 2000, 19(5): 15-18.
- [10] 蒋书楠. *中国天牛幼虫*. 重庆: 重庆出版社, 1989.
- [11] 王直诚. *中国东北天牛志*. 长春: 吉林科学技术出版社, 2003.
- [12] 王小艺, 杨忠岐, 唐艳龙, 姜静, 杨远亮, 高纯. 栗山天牛幼虫的龄数和龄期测定. *昆虫学报*, 2012, 55(5): 575-584.
- [14] 姜静, 杨忠岐, 唐艳龙, 唐桦, 孙光翼, 高志强. 专用黑光灯对栗山天牛的诱杀技术研究. *环境昆虫学报*, 2010, 32(3): 369-374.
- [15] 王小艺, 杨忠岐, 唐艳龙, 姜静, 高纯, 刘云程, 张显文. 白蜡吉丁肿腿蜂对栗山天牛低龄幼虫的寄生作用. *昆虫学报*, 2010, 53(6): 675-682.
- [16] 唐艳龙, 王小艺, 杨忠岐, 姜静, 王晓红, 吕军. 栗山天牛幼虫天敌白蜡吉丁肿腿蜂的转主寄主研究. *昆虫学报*, 2012, 55(1): 55-62.
- [20] 王小艺, 杨忠岐. 多寄主型寄生性天敌昆虫的寄主适应性及其影响因素. *生态学报*, 2010, 30(6): 1615-1627.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 24 December, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

A bibliometric study of biodiversity research in China	LIU Aiyuan, GUO Yuqing, LI Shiying, et al (7635)
Effects of elevated CO ₂ and nitrogen deposition on leaf nutrient quality of <i>Fargesia rufa</i> Yi	 ZHOU Xianrong, WANG Jianhua, ZHANG Hong, et al (7644)
Airborne pollen assemblages and their relationships with climate factors in the central Shaanxi Province of the Loess Plateau: a case in Xiaheimugou, Luochuan County	LÜ Suqing, LI Yuecong, XU Qinghai, et al (7654)
Spatial and temporal change in ecological assets in the Yangtze River Delta of China 1995—2007	 XU Xibao, CHEN Shuang, YANG Guishan (7667)
Evaluation and optimization of woodland ecological patterns for Qingdao based on the agent-based model	 FU Qiang, MAO Feng, WANG Tianqing, et al (7676)
Interactive mechanism of service function of alpine rangeland ecosystems in Qinghai-Tibetan Plateau	 LIU Xingyuan, LONG Ruijun, SHANG Zhanhuan (7688)
Preliminary evaluation of air temperature reduction of urban green spaces in Beijing	 ZHANG Biao, GAO Jixi, XIE Gaodi, et al (7698)
Resources metabolism analysis for the pulp and paper industry in Wuhan, China	 SHI Xiaoqing, LI Xiaonuo, ZHAO Linjia, et al (7706)
The characteristics and influential factors of direct carbon emissions from residential energy consumption: a case study of Lijiang City, China	WANG Danyin, TANG Mingfang, REN Yin, et al (7716)
Spatial targeting of payments for ecosystem services Based on SWAT Model and cost-benefit analysis	 SONG Xiaoyu, LIU Yuqing, DENG Xiaohong, et al (7722)
The wind tunnel test of plastic greenhouse and its surface wind pressure patterns	 YANG Zaiqiang, ZHANG Bo, XUE Xiaoping, et al (7730)
Population quantitative characteristics and dynamics of rare and endangered plant <i>Davidia involucrata</i> in Hunan Province	 LIU Haiyang, JIN Xiaoling, SHEN Shouyun, et al (7738)
Phenotypic diversity in populations of germplasm resources of <i>Rodgersia sambucifolia</i> and related species	 LI Pingping, MENG Hengling, CHEN Junwen, et al (7747)
Effects of sand burial and seed size on seed germination, seedling emergence and growth of <i>Caragana korshinskii</i> Kom. (Fabaceae) ...	 YANG Huiling, LIANG Zhenlei, ZHU Xuanwei, et al (7757)
Population-keeping mechanism of the parasitoid <i>Dastarcus helophoroides</i> (Coleoptera: Bothrideridae) of <i>Massicus raddei</i> (Coleoptera: Cerambycidae) in oak forest	YANG Zhongqi, TANG Yanlong, JIANG Jing, et al (7764)
Study of mingling based on neighborhood spatial permutation	LOU Minghua, TANG Mengping, QIU Jianxi, et al (7774)
Comparison of three regression analysis methods for application to LAI inversion using Hyperion data	 SUN Hua, JU Hongbo, ZHANG Huaiqing, et al (7781)
Response of seed germination and seedling growth of <i>Pinus koraiensis</i> and <i>Quercus mongolica</i> to comprehensive action of warming and precipitation	ZHAO Juan, SONG Yuan, SUN Tao, et al (7791)
Impacts of water stored in sapwood <i>Populus bolleana</i> on its sap flux	DANG Hongzhong, LI Wei, ZHANG Youyan, et al (7801)
Dynamics of greenhouse gases emission and its impact factors by fire disturbance from <i>Alnus sibirica</i> forested wetland in Xiaoxing'an Mountains, Northeast China	GU Han, MU Changcheng, ZHANG Bowen (7808)
Different tide status and salinity alter stoichiometry characteristics of mangrove <i>Kandelia candel</i> seedlings	 LIU Biner, LIAO Baowen, FANG Zhanqiang (7818)
Effects of shrub encroachment in desert grassland on runoff and the induced nitrogen loss in southeast fringe of Tengger Desert	 LI Xiaojun, GAO Yongping (7828)
Community structure and throughfall erosivity characters of artificial rainforest in Xishuangbanna	 DENG Yun, [TANG Yanlin], CAO Min, et al (7836)
Temporal-spatial variations of net ecosystem productivity in alpine area of southwestern China	 PANG Rui, GU Fengxue, ZHANG Yuandong, et al (7844)

Relationships between chemical compositions of <i>Quercus</i> species seeds and climatic factors in temperate zone of NSTEC	LI Dongsheng, SHI Zuomin, LIU Shirong, et al (7857)
Effects of simulated acid rain stress on the PS II reaction center and free radical metabolism in leaves of longan	LI Yongyu, PAN Tengfei, YU Dong, et al (7866)
Assessment of organic pollution for surface soil in Shenyang suburbs	CUI Jian, DU Jizhong, MA Hongwei, et al (7874)
The impact of rainfall on soil respiration in a rain-fed maize cropland	GAO Xiang, HAO Weiping, GU Fengxue, et al (7883)
Effects of winter crops on enzyme activity and morphological characteristics of root in subsequent rice crops	YU Tianyi, PANG Huancheng, REN Tianzhi, et al (7894)
Dynamic changes of soil moisture and nitrate nitrogen in wheat and maize intercropping field under different nitrogen supply	YANG Ruiju, CHAI Shouxi, MA Zhongming (7905)
Characteristics of the bird diversity and the impact factors in Weishan Lake	YANG Yuewei, LI Jiuen (7913)
The effect of cropping landscapes on the population dynamics of the cotton bollworm <i>Helicoverpa armigera</i> (Lepidoptera, Noctuidae) in the northern Xinjiang	LU Zhaozhi, PAN Weilin, ZHANG Xin, et al (7925)
The seasonal variations of nitrogen and phosphorus release and its fluxes from the sediments of the Beili Lake in the Hangzhou West Lake	LIU Jingjing, DONG Chunying, SONG Yingqi, et al (7932)
Optimization of lake model salmo based on real-coded genetic algorithm	GUO Jing, CHEN Qiuwen, ZHANG Xiaoqing, et al (7940)
The influence of climatic environmental factors and fishing pressure on changes of hairtail catches in the northern South China Sea	WANG Yuezhong, SUN Dianrong, CHEN Zuozhi, et al (7948)
Seasonal and spatial distribution of acid volatile sulfide in sediment under different mariculture types in Nansha Bay, China	YAN Tingru, JIAO Haifeng, MAO Yuze, et al (7958)
Review and Monograph	
Research progress on the mechanism of improving plant cold hardiness	XU Chengxiang (7966)
Influences of vegetation on permafrost: a review	CHANG Xiaoli, JIN Huijun, WANG Yongping, et al (7981)
Home-field advantage of litter decomposition and its soil biological driving mechanism: a review	ZHA Tonggang, ZHANG Zhiqiang, SUN Ge, et al (7991)
Research progress on the relationship of pollutants between road-deposited sediments and its washoff	ZHAO Hongtao, LI Xuyong, YIN Chengqing (8001)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,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,300 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 32 卷 第 24 期 (2012 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 24 (December, 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