

中国百种杰出学术期刊  
中国精品科技期刊  
中国科协优秀期刊  
中国科学院优秀科技期刊  
新中国 60 年有影响力的期刊  
国家期刊奖

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica

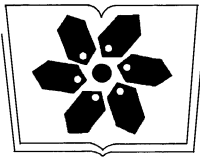
(Shengtai Xuebao)

第 30 卷 第 21 期  
Vol.30 No.21  
**2010**



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 30 卷 第 21 期 2010 年 11 月 (半月刊)

## 目 次

棉铃虫幼虫对人类呈味物质的取食反应·····	李为争,付国需,王英慧,等 (5709)
西藏拉萨机场周边风沙源空间分布及演变趋势·····	李海东,沈渭寿,邹长新,等 (5716)
新疆沙湾冷泉沉积物的细菌系统发育多样性·····	曾 军,杨红梅,徐建华,等 (5728)
应用鱼类完整性评价体系评价辽河流域健康·····	裴雪姣,牛翠娟,高 欣,等 (5736)
不同海拔天山云杉叶功能性状及其与土壤因子的关系·····	张慧文,马剑英,孙 伟,等 (5747)
滨河湿地不同植被对农业非点源氮污染的控制效果·····	徐华山,赵同谦,贺玉晓,等 (5759)
内蒙古温带荒漠草原能量平衡特征及其驱动因子·····	阳伏林,周广胜 (5769)
南北样带温带区栎属树种功能性状对气象因子的响应·····	冯秋红,史作民,董莉莉,等 (5781)
伏牛山自然保护区物种多样性分布格局·····	卢训令,胡 楠,丁圣彦,等 (5790)
减弱 UV-B 辐射对烟草形态、光合及生理生化特性的影响 ·····	陈宗瑜,钟 楚,王 毅,等 (5799)
川西亚高山针阔混交林乔木层生物量、生产力随海拔梯度的变化 ·····	刘彦春,张远东,刘世荣,等 (5810)
三峡库区消落带水淹初期地上植被与土壤种子库的关系·····	王晓荣,程瑞梅,肖文发,等 (5821)
洞庭湖西岸区防护林土壤和植物营养元素含量特征·····	柏方敏,田大伦,方 晰,等 (5832)
择伐对阔叶红松林主要树种径向与纵向生长的影响·····	蒋子涵,金光泽 (5843)
野鸭湖典型湿地植物光谱特征·····	刘 克,赵文吉,郭逍宇,等 (5853)
三种线性模型在杉木与马尾松地位指数相关关系研究中的比较·····	朱光玉,吕 勇,林 辉,等 (5862)
不同干扰类型下羊草种群的空间格局·····	陈宝瑞,杨桂霞,张宏斌,等 (5868)
基于 SWAT 模型的祁连山区最佳水源涵养植被模式研究——以石羊河上游杂木河流域为例 ·····	王军德,李元红,李赞堂,等 (5875)
2D 与 3D 景观指数测定山区植被景观格局变化对比分析 ·····	张志明,罗亲普,王文礼,等 (5886)
基于投影寻踪的珠江三角洲景观生态安全评价 ·····	高 杨,黄华梅,吴志峰 (5894)
海峡两岸 16 个沿海城市生态系统功能比较 ·····	张小飞,王如松,李 锋,等 (5904)
同安湾围(填)海生态系统服务损害的货币化预测评估 ·····	王 萱,陈伟琪,张璐平,等 (5914)
太阳辐射对玉米农田土壤呼吸作用的影响 ·····	孙敬松,周广胜,韩广轩 (5925)
水分胁迫下 AM 真菌对沙打旺生长和抗旱性的影响·····	郭辉娟,贺学礼 (5933)
宁夏南部旱区坡地不同粮草带比间作种植模式比较·····	路海东,贾志宽,杨宝平,等 (5941)
节节草生长对铜尾矿砂重金属形态转化和土壤酶活性的影响·····	李 影,陈明林 (5949)
自然植物群落形成过程中铜尾矿废弃地氮素组分的变化 ·····	安宗胜,詹 婧,孙庆业 (5958)
硅介导的水稻对二化螟幼虫钻蛀行为的影响 ·····	韩永强,刘 川,侯茂林 (5967)
饥饿对转基因鲤与野生鲤生长竞争和性腺发育的影响·····	刘春雷,常玉梅,梁利群,等 (5975)
<b>专论与综述</b>	
河流水质的景观组分阈值研究进展 ·····	刘珍环,李 猷,彭 建 (5983)
<b>研究简报</b>	
长期模拟增温对岷江冷杉幼苗生长与生物量分配的影响 ·····	杨 兵,王进闯,张远彬 (5994)
环境因素对长额斗蟋翅型分化的影响 ·····	曾 杨,朱道弘,赵吕权 (6001)

## 环境因素对长颚斗蟋翅型分化的影响

曾 杨<sup>1</sup>, 朱道弘<sup>1,2,\*</sup>, 赵吕权<sup>3</sup>

(1. 中南林业科技大学生命科学与技术学院; 2. 湖南第一师范学院; 3. 中南林业科技大学林学院, 湖南, 长沙)

**摘要:**长颚斗蟋具有明显的翅二型现象。比较长颚斗蟋不同翅型成虫的形态差异,结果表明其短翅型成虫除翅已明显退化外,与长翅型成虫并无其他形态差异。为探究环境因素与长颚斗蟋翅型分化的关系,就光周期、温度及密度对其翅型分化的影响进行了研究。结果表明,短光周期会抑制其长翅型的形成,而LD 16:8 h的长光周期则促进长翅个体的分化,但非自然条件的长光周期及全明或全暗条件与上述结论并不一致。变化光周期亦会影响其翅型分化,而随着改变光周期的时间及方向的不同,影响作用亦不相同。在孵化后第20天及40天经历光周期的趋长变化会促进其长翅化;而在孵化后第20天经历光周期的趋短变化则会抑制其长翅化,第30天转移却有促进作用。此外,低温(20℃)条件诱导长颚斗蟋短翅化,高温(25℃, 30℃)则促进长翅型的分化。单独饲养时,LD 12:12 h与LD 16:8 h条件下的若虫均羽化为短翅型成虫,当密度增加至2或5头/容器时,成虫的长翅率均明显增加,说明高密度亦是长翅型个体出现的重要诱因。

**关键词:**长颚斗蟋;翅二型;光周期;温度;密度

## Effects of environmental factors on wing differentiation in *Velarifictorus aspersus* Walker

ZENG Yang<sup>1</sup>, ZHU Daohong<sup>1,2,\*</sup>, ZHAO Lüquan<sup>3</sup>

<sup>1</sup> College of Life Science and Technology, Central South University of Forestry & Technology

<sup>2</sup> Hunan First Normal University

<sup>3</sup> College of Forestry, Central South University of Forestry & Technology, Changsha, Hunan 410004, China

**Abstract:** The cricket species *Velarifictorus aspersus* displays distinct wing dimorphism—individuals are either micropterous with much degenerate wings or macropterous with fully developed wings. In this paper, we compared the short and long-winged morphs based on several adult measurements, including fresh weight, head width, wing length and length of hind femur. We did not find significant difference between the two morphs for any of the four measurements other than wing length. In order to find out possible relationship between environmental factors and wing degeneration, we studied the effects of photoperiod, temperature and density on wing development. We found out that about 10% of the individuals, both females and males, would develop into macropterous morph when reared in photoperiods shorter than 14 hours, and the percentage of macropterous individuals would greatly increase, in both males (31.6%) and females (40%) when exposed to an increased photoperiods of 16 hours. However, the same trend was not observed at unusually long photoperiod (LD 20:4 h), whether successively treated in light or dark conditions. A long-day shift (from LD 12:12 h to LD 16:8 h), occurring at 20 or 40 days after hatching, exhibited strong macropters inducing effect, whereas transfer of nymphs from LD 16:8 h to LD 12:12 h at 20 days after hatching resulted in significantly decreased percentage of macropters. However, when transferred from LD 16:8 h to LD 12:12 h at 30 days after hatching, the percentage of nymphs to develop into macropters was still significantly increased. These results suggest that changes in photoperiod can have varying influences on wing development, depending on the timing and direction of the transfer. In experiment treating nymphs with various temperatures, low temperature (20℃) caused all nymphs to emerge as micropters while high temperature (25℃, 30℃)

**基金项目:**国家自然科学基金项目(30771740);湖南教育厅一般项目(09c1002)

**收稿日期:**2009-10-17; **修订日期:**2010-02-22

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: daohongzhuja@yahoo.com.cn

induced macropters. In crowding experiment, rearing of nymphs separately at 25 °C, under either LD 12:12 h or LD 16:8 h, produced no macropter while, and the number of macropters increased considerably as the per container density was increased to 2 and 5 nymphs, especially under LD 16:8 h, suggesting that density played an important role in the determination of the wing morphs, and high density induced macropters.

**Key Words:** *Velarifictorus aspersus* Walker; wing dimorphism; photoperiod; temperature; density

一些昆虫种类的个体间或种群间飞行分散能力存在着变异,这种影响昆虫飞行能力的多型性被称为分散多型现象<sup>[1]</sup>。昆虫的飞行分散能力主要与3个要素有关,即飞行行为、飞行肌和翅,而这3个要素都存在种内多型现象<sup>[2]</sup>。翅多型现象至少存在于鞘翅目、双翅目、半翅目、同翅目、膜翅目、直翅目、鳞翅目、缨翅目等10目的昆虫中,如蚜虫类有能飞行的有翅型和不能飞行的无翅型,蟋蟀类及水龟类等有具飞行能力的长翅型和不具飞行能力的短翅型<sup>[3]</sup>。这些昆虫的相对翅长呈不连续变异,亦称为翅二型现象(wing dimorphism)。一些昆虫,如东方长蝽 *Cavelerius saccharivorus*<sup>[4]</sup>、小翅稻蝗 *Oxya yezoensis*<sup>[3]</sup>,相对翅长呈连续的双模态分布,长翅型和短翅型以外,还存在着中间型。

翅多型是昆虫对应于栖息环境的时间和空间变动的适应,影响翅型分化的环境因素包括幼虫期的光周期、温度、密度和食物等<sup>[5]</sup>。周期性变化的光周期是季节变迁的主要信号,是调控昆虫生活史的主要环境因素。光周期对昆虫翅型分化的影响,一些种类长日条件下出现长翅型,短日条件下出现短翅型,如小翅稻蝗 *O. yezoensis* 在短日条件下成虫的短翅率极高,随着光周期的延长长翅率亦逐步增加<sup>[3]</sup>。但是,翅型分化的光周期反应复杂,不同种类的光周期反应模式往往存在差异。温度对翅型分化影响的研究较少,一般温度越高,长翅型的比例越大,如一种盲蝽 *Leptopterna dolabrata*<sup>[6]</sup>。不利环境的空间逃离是昆虫长翅型分化的重要生态诱因,高密度、食物短缺或食物质量降低可促进长翅型的分化<sup>[7]</sup>,如一种蟋蟀 *Allonemobius socius*,单独饲养时羽化成虫的长翅率仅10%,而在高密度饲养条件下成虫的长翅率达80%<sup>[8]</sup>;稻褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 若虫取食分蘖至孕穗、灌浆期的稻株,往往出现较高比例的短翅型个体;取食苗期或黄熟期的稻株,则会出现大量的长翅型个体<sup>[9]</sup>。

长颚斗蟋 *Velarifictorus aspersus* Walker 在我国的分布范围极广,南至海南,北至山东、北京等<sup>[10]</sup>,笔者在采集标本时发现吉林省也有其分布,且存在翅多型现象。长颚斗蟋的翅多型现象尚无研究报道,因此,本文对长颚斗蟋长翅型和短翅型的形态进行了比较,就环境因素对其翅型分化的调控及其机制进行了探讨,以期为解释长颚斗蟋翅型分化的生态意义及进化途径提供基础。

## 1 材料及方法

### 1.1 供试昆虫与饲养方法

供试昆虫采自山东泰安郊区林地,采集的若虫与成虫先于 LD 12:12 h, 25 °C 的人工气候室(宁波江南仪器厂, GX-HE302-300)饲养,饲养1代后,所获卵粒用于本研究。若虫和成虫饲养于塑料容器(13 cm × 13 cm × 8.5 cm)内,容器顶部开孔,并粘以纱网,利于通风和透光,并防止昆虫逃跑。容器内放置一定数量的折叠滤纸,以增加蟋蟀的活动空间。以昆虫饲料(Oriental Yeast Co., Japan)饲养,并辅以胡萝卜片,饲料每2d更换一次,确保食物充足及新鲜。每个容器内放入1装满水的塑料管(径4.3 cm,长5.5 cm),塞以脱脂棉,作为蟋蟀的水源及成虫的产卵基质,每5d换水1次。成虫产卵时每5d取出脱脂棉,收集卵粒。长颚斗蟋以卵滞育越冬,为解除其滞育,成虫所产卵粒先于25 °C放置30 d,尔后转移至8 °C低温处理60 d。待滞育解除后,转移至25 °C让卵粒孵化,孵化若虫作为后续试验的虫源。

### 1.2 长颚斗蟋长翅型和短翅型形态的比较

成虫羽化当日,以测微尺(Mitutoyo Corporation, Japan, 0.01 mm)分别测量长翅型、短翅型成虫的头幅及后足腿节、前后翅的长度,同时,以电子天平(Mettler-Toledo Group, Switzerland, 0.0001 g)测量其体重,以比较

二型间成虫形态的差异。

### 1.3 恒定光周期对长颚斗蟋翅型分化的影响

将刚孵化的若虫置于 25 ℃,光周期分别为 LD 0:24 h、4:20 h、8:16 h、12:12 h、14:10 h、16:8 h、20:4 h 及 24:0 h 条件下饲养,饲养方法同 1.1,每容器饲养 5 头若虫,每组 15 个容器。待成虫羽化时,统计不同光周期条件下成虫的翅型比。

### 1.4 变化光周期对长颚斗蟋翅型分化的影响

将刚孵化的若虫于温度为 25 ℃,光周期为 LD 16:8 h 或 LD 12:12 h 的条件下饲养,以 10 d 为间隔,分别从 LD 16:8 h 转移至 LD 12:12 h,或 LD 12:12 h 转移至 LD 16:8 h。各处理密度为 5 头/容器,共设置 15 个容器。检测变化光周期对长颚斗蟋翅型分化的影响。

### 1.5 温度对长颚斗蟋翅型分化的影响

将刚孵化的若虫置于光周期 LD 16:8 h,温度分别为 20 ℃、25 ℃ 或 30 ℃ 的条件下饲养,每容器饲养 5 头若虫,每组 15 个容器。待成虫羽化时,统计不同温度条件下成虫的翅型比。

### 1.6 密度对长颚斗蟋翅型分化的影响

由于长颚斗蟋个体较大,且存在明显的打斗行为,就本研究使用的容器来说,每容器饲养 5 头若虫显然已是密度较高。据此,为检测密度对长颚斗蟋翅型分化的影响,将刚孵化的若虫分为 3 组:第 1 组密度为 1 头/容器,饲养 40 个容器;第 2 组密度为 2 头/容器,饲养 30 个容器,第 3 组密度为 5 头/容器,饲养 15 个容器。均置于 25 ℃、光周期为 LD 12:12 h 或 LD 16:8 h 条件下饲养。成虫羽化后,统计各组成虫的翅型比。

## 2 结果

### 2.1 长颚斗蟋不同翅型形态的比较

为比较长颚斗蟋长翅型、短翅型形态的差异,测量了羽化当日成虫的体重、头幅及后足腿节和前后翅的长度(表 1)。不管是雌成虫,还是雄成虫,长翅型和短翅型个体间头幅和后足腿节长均无显著差异( $t$ -test,  $P > 0.05$ )。长翅型雌、雄成虫的体重虽略重于短翅型个体,但二者间无显著差异( $t$ -test,  $P > 0.05$ )。短翅个体的后翅明显退化,仅能见到残翅,雌、雄成虫后翅的长度分别为(3.7 ± 0.5) mm 和(3.8 ± 0.3) mm;而长翅个体后翅发达,长于成虫腹部末端,雌、雄成虫后翅的长度分别为(18.4 ± 0.9) mm 和(18.0 ± 0.7) mm,显著长于短翅型个体( $t$ -test,  $P < 0.001$ )。短翅型成虫前翅的退化程度虽然不似后翅,但亦显著短于长翅个体( $t$ -test,  $P < 0.05$ )。

表 1 长颚斗蟋不同翅型个体形态的比较

Table 1 Comparison of body dimensions between long-winged and short-winged adults in *V. aspersus*

翅型 Wing morph	体重/mg Body weight	头幅/mm Head width	后足腿节长/mm Femur length of hindleg	前翅长/mm Forewing length	后翅长/mm Hindwing length	样本数 <i>n</i>
雌性 Female						
长翅 LW	304.2 ± 59.7 a	4.1 ± 0.2 a	10.5 ± 0.5 a	10.0 ± 0.6 a	18.4 ± 0.9 a	20
短翅 SW	288.1 ± 40.7 a	4.2 ± 0.1 a	10.5 ± 0.4 a	7.3 ± 0.6 b	3.7 ± 0.5 b	20
雄性 Male						
长翅 LW	272.2 ± 42.3 a	4.4 ± 0.2 a	9.7 ± 0.4 a	10.3 ± 0.7 a	18.0 ± 0.7 a	20
短翅 SW	253.7 ± 32.5 a	4.5 ± 0.2 a	9.9 ± 0.4 a	9.5 ± 0.5 b	3.8 ± 0.3 b	20

表中数据为平均数 ± 标准误差, Data in the table are Mean ± SD; 不同字母表示 5% 差异显著水平,  $t$ -test

上述结果表明长颚斗蟋长翅型、短翅型除前后翅,特别是后翅,发达程度存在差异之外,个体大小并无显著的不同。在本文的后续实验中,依据后翅是否覆盖其腹部划分长翅型和短翅型。

### 2.2 长颚斗蟋翅型分化的光周期反应模式

将刚孵化的若虫置于 25 ℃,光周期分别为 LD 0:24 h、LD 4:20 h、LD 8:16 h、LD 12:12 h、LD 14:10 h、LD 16:8 h、LD 20:4 h、LD 24:0 h 条件下饲养,调查了恒定光周期对长颚斗蟋翅型分化的影响,其羽化成虫的长翅

率如图 1 所示。在光周期为 LD 16:8 h 的条件下,雌、雄成虫的长翅率较高,分别为 31.6%、40%;而在光周期为 LD 4:20 h、LD 8:16 h、LD 12:12 h、LD 14:10 h 及 LD 20:4 h 的条件下,羽化成虫的长翅率均较低,雌成虫的长翅率分别为 0%、12.0%、7.7%、12.0% 和 0%,雄成虫的长翅率分别为 13.0%、3.4%、15.8%、6.3% 和 11.5%。统计分析表明,LD16:8 h 条件下雌、雄成虫的长翅率均显著高于其它光周期 ( $\chi^2$ -test,  $\text{♀}:\chi^2 = 15.37, df = 5, P < 0.01$ ;  $\text{♂}:\chi^2 = 21.62, df = 5, P < 0.01$ )。在光周期为 LD 24:0 h 和 LD 0:24 h 的全明或全暗的条件下,羽化成虫的长翅率亦较高,雌成虫的长翅率分别为 57.1% 和 27.3%,雄成虫的长翅率分别为 48.5% 和 27.6%,显著高于 LD 4:20 h、LD 8:16 h、LD 12:12 h、LD 14:10 h 及 LD 20:4 h 处理组 (LD 24:0 h:  $\chi^2$ -test,  $\text{♀}:\chi^2 = 39.92, df = 5, P < 0.001$ ;  $\text{♂}:\chi^2 = 26.96, df = 5, P < 0.001$ ; LD 0:24 h:  $\text{♀}:\chi^2 = 13.16, df = 5, P < 0.05$ ;  $\text{♂}:\chi^2 = 11.59, df = 5, P < 0.05$ )。

上述结果说明,光周期对长颚斗蟋翅型分化有明显的影 响,短于 LD 14:10 h 的短日条件抑制其长翅型的分化,而长日条件则有利于长翅型的形成。此外,不存在于自然界的 全明、全暗或 LD 20:4 h 对其翅型分化的影响与上述规律不相吻合,非自然条件的长光周期(LD 20:4 h)趋向于促进长颚斗蟋的短翅化,而全明或全暗则促进长翅型的分化。

### 2.3 变化光周期对长颚斗蟋翅型分化的影响

在自然条件下,秋季至冬季光照时间逐渐缩短,而春季至夏季光照时间逐渐延长。为检测这种变化的光周期对长颚斗蟋翅型分化的影响,若虫孵化后先于 LD 12:12 h 或 LD 16:8 h 饲养,以 10 d 为间隔,分别从 LD 12:12 h 转移至 LD 16:8 h 或 LD 16:8 h 转移至 LD 12:12 h 继续饲养,调查了其羽化成虫长翅率(图 2,图 3)。

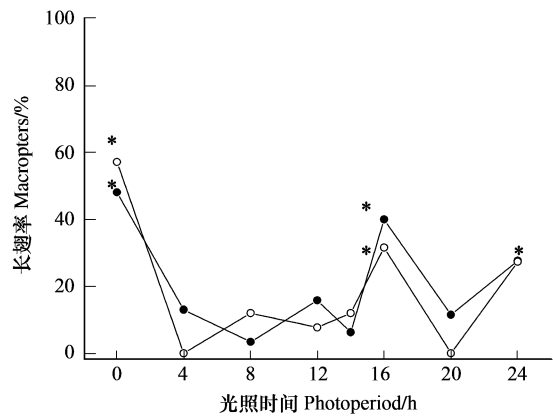


图 1 恒定光周期对长颚斗蟋翅型分化的影响

Fig. 1 Effect of constant photoperiod on wing differentiation of *V. aspersus*

○:雌性, n = 13—28; ●:雄性, n = 23—38; \* 指长翅率显著高于其他处理组,  $\chi^2$ -test,  $P < 0.05$

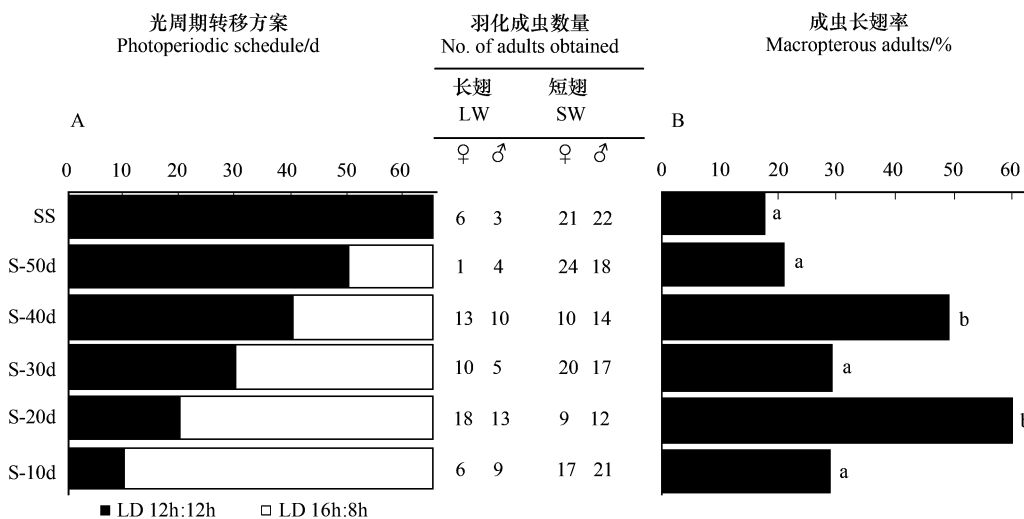


图 2 不同时期自 LD 12:12 h 向 LD 16:8 h 转移的变化光周期对长颚斗蟋翅型分化的影响

Fig. 2 Effect of increasing photoperiod on wing differentiation of *V. aspersus*

不同字母表示处理组之间差异显著,  $\chi^2$ -test,  $P < 0.05$

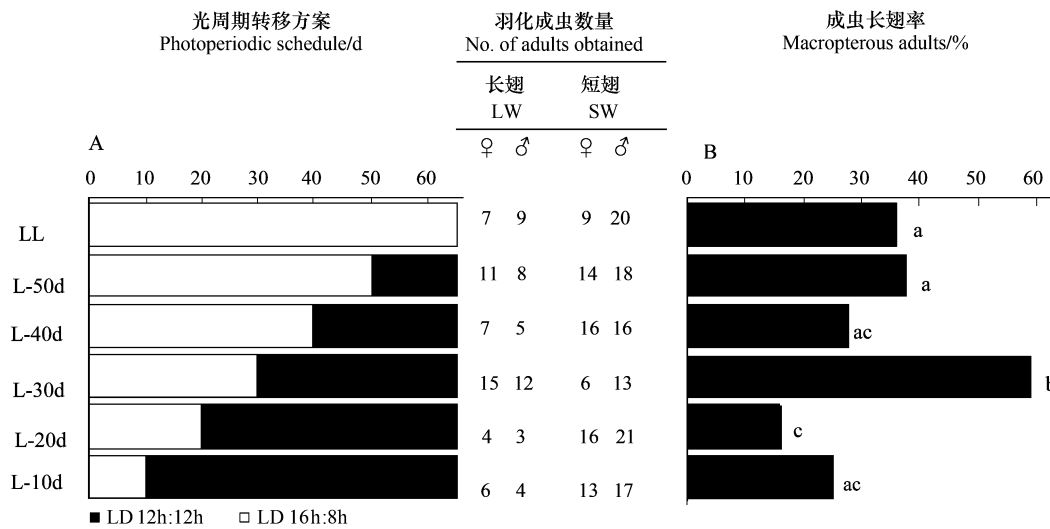


图3 趋短的光周期变化对长颧斗蟋翅型分化的影响

Fig. 3 Effect of decreasing photoperiod on wing differentiation of *V. aspersus*不同字母表示处理组之间差异显著,  $\chi^2$ -test,  $P < 0.05$ 

在短日条件向长日条件转移实验中,孵化后第10、20、30、40天转移时,羽化成虫的长翅率分别为28.3%、59.6%、28.8%、48.9%,均高于恒定LD 12 h:12 h条件下的成虫长翅率,尤其是孵化后第20天和第40天转移时,长翅率明显提高,显著高于恒定LD 12 h:12 h的长翅率(20 d:  $\chi^2 = 19.67$ ,  $P < 0.001$ ; 40 d:  $\chi^2 = 11.29$ ,  $P < 0.05$ )。若虫在LD 12 h:12 h条件下发育50 d后转移至LD 16 h:8 h时,成虫长翅率为20.7%,与恒定LD 12 h:12 h的长翅率无显著差异( $\chi^2 = 0.20$ ,  $P > 0.05$ ) (图2)。

在反方向转移实验中,孵化后第10天和20天转移时,羽化成虫的长翅率较低,分别为25.0%和15.9%,尤其是第20天转移时成虫的长翅率显著低于恒定LD 16 h:8 h的长翅率( $\chi^2 = 4.48$ ,  $P < 0.05$ )。孵化后第40天和50天转移时成虫的长翅率与恒定LD 16 h:8 h的长翅率无显著差异( $\chi^2 = 2.27$ ,  $df = 3$ ,  $P > 0.05$ )。然而,在孵化后第30天转移时成虫的长翅率达58.7%,显著高于恒定LD 16 h:8 h的长翅率( $\chi^2 = 4.89$ ,  $P < 0.05$ ) (图3)。

上述结果表明,长颧斗蟋的翅型分化受变化光周期的影响,中龄若虫期对光周期变化的敏感性最强。

### 2.3 温度对长颧斗蟋翅型分化的影响

孵化当日的若虫置于光周期LD 16:8 h,温度分别为20℃、25℃、30℃条件下饲养,其成虫翅型分化情况如图4所示。在20℃的温度条件下,羽化的雌、雄成虫均为短翅型。在25℃和30℃的温度条件下,羽化成虫均为部分长翅部分短翅,其雌、雄成虫的长翅率分别为31.6%、40.0%和45.5%、33.3%,无论是雌成虫还是雄成虫,其长翅率均显著高于20℃( $\chi^2$ -test, ♀:  $\chi^2 = 12.54$ ,  $df = 2$ ,  $P < 0.01$ ; ♂:  $\chi^2 = 13.43$ ,  $df = 2$ ,  $P < 0.01$ )。这些结果说明温度对长颧斗蟋翅型分化也有显著影响,高温诱导长翅型的分化,低温则促进短翅化。

### 2.4 密度对长颧斗蟋翅型分化的影响

为检测密度对长颧斗蟋翅型分化的影响,设置了若虫饲养的3个密度条件,其羽化成虫的翅型比如图5所示。

在LD 12 h:12 h的光照条件下,当密度为1头/容器时,羽化成虫皆为短翅型。而当密度增加到2或5头/容器时,均有长翅个体的出现,雄成虫的长翅率分别为13.3%和15.8%,雌成虫的长翅率分别为7.1%和7.7%。显示长颧斗蟋的翅型分化与密度有关,虽然各密度处理间在短日条件下长翅率无显著差异( $\chi^2$ -test, ♀:  $\chi^2 = 1.10$ ,  $df = 2$ ,  $P > 0.05$ ; ♂:  $\chi^2 = 2.93$ ,  $df = 2$ ,  $P > 0.05$ ) (图5A)。

进一步检测了LD 16:8 h条件下,密度对长颧斗蟋翅型分化的影响(图5B)。密度为1头/容器时,羽化成

虫仍无长翅个体的出现,而当密度增加为 2 或 5 头/容器时,成虫长翅率显著增加,雌成虫的长翅率分别为 60.0% 和 31.6%,雄成虫的长翅率分别为 50.0% 和 40.0%,均显著高于密度为 1 头/容器的长翅率( $\chi^2$ -test,  $\text{♀}:\chi^2 = 13.93, df = 2, P < 0.05$ ;  $\text{♂}:\chi^2 = 9.32, df = 2, P < 0.01$ ),但密度为 2 和 5 头/容器之间长翅率无显著差异( $\chi^2$ -test,  $\text{♀}:\chi^2 = 3.16, df = 1, P > 0.05$ ;  $\text{♂}:\chi^2 = 0.52, df = 1, P > 0.05$ )。

上述结果表明,长颚斗蟋的翅型分化明显受密度的影响,低密度时短翅化,高密度的条件下促进长翅型的分化。

### 3 讨论

长颚斗蟋存在明显的翅二型现象,长翅型前后翅发达,后翅长于腹部末端;而短翅型前后翅均有一定程度的退化,特别是后翅退化至仅存极短的残翅(表 1)。具翅多型现象的昆虫,在寄主植物的生长季节常常长翅个

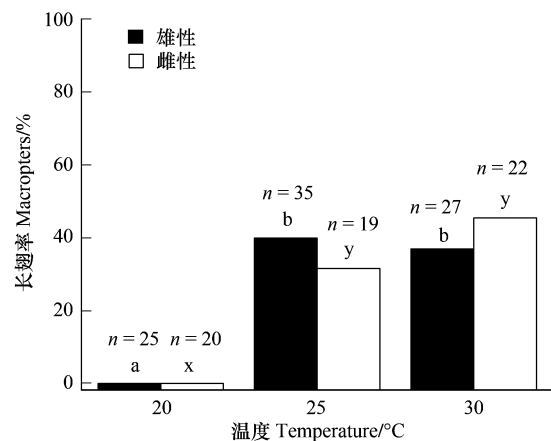


图 4 LD 16 h:8 h 条件下温度对长颚斗蟋翅型分化的影响

Fig. 4 Effect of temperature on wing differentiation of *V. aspersus* under LD 16 h:8 h

不同字母表示处理组之间差异显著,  $\chi^2$ -test,  $P < 0.05$

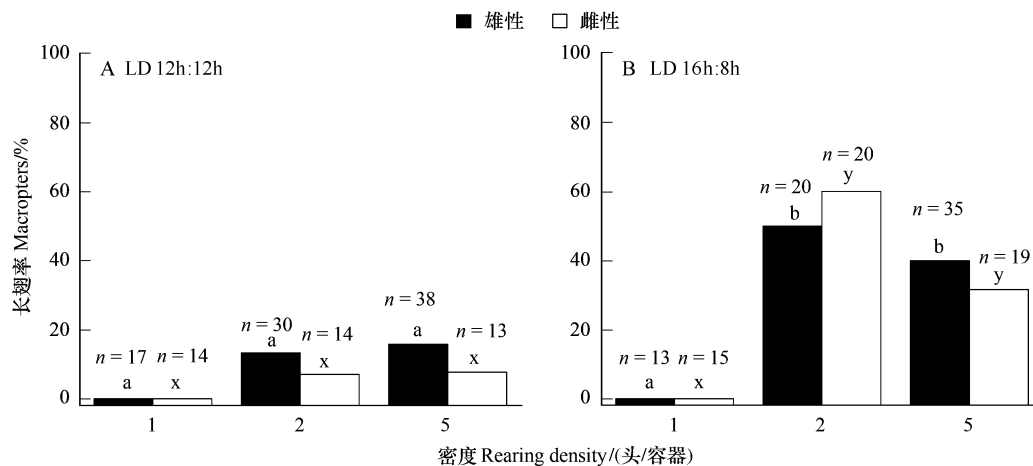


图 5 25 °C、LD 12 h:12 h 及 LD 16 h:8 h 条件下密度对长颚斗蟋翅型分化的影响

Fig. 5 Effect of crowding on wing differentiation of *V. aspersus* under LD 12 h:12 h, 25 °C and LD 16 h:8 h, 25 °C

不同字母表示处理组之间差异显著,  $\chi^2$ -test,  $P < 0.05$

体的比例较高,有利于其迁移,而在冬季来临之际则大量出现短翅个体,快速繁殖。翅多型昆虫的这种特征被认为有利于提高其种群的适合度<sup>[3]</sup>。

光周期作为昆虫感知季节变化最可靠的信号,对具翅多型性昆虫的翅型分化具有显著的影响。如小翅稻蝗 *O. yezoensis* 在短日照条件下短翅率几达 100%,在 LD14 h:10 h 的条件下,短翅率降至 66.8%,随着光照时间的延长短翅率逐渐降低,当光照时间  $\geq 18$  h 时则长翅率达 100%<sup>[3]</sup>。长颚斗蟋亦存在类似的现象,光周期介于 LD 4 h:20 h 至 LD 14:10 h 的短日条件下长翅率极低,长日条件(LD 16 h:8 h)则促进其长翅型的分化。不同昆虫种类翅型分化的光周期反应曲线存在差异,如一种蛾类 *Orygia thyellina* 在短日条件下几乎全为短翅型,长日条件下几乎全为长翅型,而在全明或全暗的极端光周期条件下其长翅率约为 40%<sup>[11]</sup>。长颚斗蟋翅型分化属短日光照型,短日条件诱导短翅型的分化。但其光周期反应曲线较为复杂,全明和全暗条件下长翅率较高,而 LD 20 h:4 h 的极端长日条件则诱导短翅型的分化(图 1)。这种自然界不存在的极端长日、短日条件下昆虫翅型分化的各种反应并无生态意义,但可能暗含着昆虫读取光周期的生物钟的相关信息<sup>[11]</sup>。



一些昆虫种类以随季节变迁而变化的光周期作为季节变化的信号。但是,变化光周期对昆虫翅型分化的影响较为复杂,随种类的不同而相异。如蟋蟀 *Pteronemobius nitidus*<sup>[12]</sup> 和 *Gryllus campestris*<sup>[13]</sup>, 在若虫的一定龄期感受光周期的趋长变化促进长翅型的分化,趋短的光周期则诱导短翅型的分化。而另一种蟋蟀 *Pteronemobius taprobanensis*, 在恒定光周期的条件,无论是短日还是长日条件其翅型的分化均无明显的差异,但是,当将其若虫置于趋短或趋长变化光周期的条件下饲养,则长翅率均显著增加<sup>[14]</sup>。变化光周期对长颚斗蟋翅型分化亦存在明显的影响,在中龄若虫期自短日条件向长日条件转移长翅率显著增加;反方向转移时,初龄若虫期转移的成虫长翅率显著低于恒定长日条件,高龄若虫期转移则与恒定长日条件成虫的长翅率无显著差异,这可能与长颚斗蟋光周期的感受期有关。令人感兴趣的是在中龄若虫期自长日条件向短日条件转移长翅率高达 58.7%,显著高于恒定长日条件下成虫的长翅率(图 2,图 3)。可见变化光周期对长颚斗蟋翅型分化的影响较为复杂,其进化意义及更精准的对变化光周期的反应规律有待进一步探讨。

温度也是一重要的季节信号,对昆虫的翅型分化有一定的调控作用。如稻褐飞虱 *N. lugens* 在 21 °C 时成虫的长翅率为 50.9%,当将温度提高至 30 °C 时则长翅率达 70.9%<sup>[15]</sup>;一种盲蝽 *L. dolabrata* 在 16 °C 的温度条件下长翅率为 39.1%,而在 22 °C 时长翅率达 60.4%<sup>[6]</sup>;可划分为有翅型和无翅型的蚜虫类与上述昆虫相反,低温条件有利于产生长翅个体,高温反而抑制翅的发育<sup>[16]</sup>。温度对长颚斗蟋翅型分化的调控作用明显,温度在 25 °C 以上时长翅率为 40% 左右,而在 20 °C 的温度条件下饲养则无长翅个体的出现。秋末冬初气温逐渐降低,大量出现短翅个体尽快繁殖显然更有利于长颚斗蟋种群的繁衍。

一般而言,具翅多型性的昆虫在高密度时,为降低栖息地的种群密度,长翅率升高而向栖息地外扩散。一种螽斯 *Eobiana engelhardti subtropica* 在 25 °C 和 LD 14 h:10 h 的条件下单独饲养时其成虫全部为短翅型,而当密度为 2、4 头/容器时长翅率分别达 60.0%、73.3%<sup>[17]</sup>。本研究的长颚斗蟋在 25 °C 的温度条件下,不管是短日还是长日条件,单独饲养时羽化成虫均为短翅型;而密度增加到 2、5 头/容器时,均有长翅个体的出现,尤其在 LD 16 h:8 h 的光周期条件下长翅率更是显著提高。但是,密度对不同种类昆虫翅型分化的调控也存在差异。如一种蟋蟀 *Gryllus rubens* 在高密度条件时促进短翅型的分化,单独饲养则出现长翅型<sup>[18]</sup>。Shimizu 证实了一种蟋蟀 *Dianemobius fascipes* 在人工摘除若虫附肢附器的胁迫条件下,会导致其成虫长翅率的显著下降<sup>[19]</sup>。长颚斗蟋属于斗蟋属,在实验过程中常能见到其个体间的打斗行为,因打斗而引起触角等附肢附器的脱落或损伤。在 LD 16 h:8 h 条件下,当密度增加至 5 头/容器时,长颚斗蟋成虫的长翅率较密度为 2 头/容器的处理有所下降(图 5)。这种现象可能是由于密度过大时其打斗行为趋于激烈,使其身体损伤加剧,而导致长翅率的降低。

Alexander 认为任何促进若虫发育的因素,如高营养条件、高温、滞育解除因子及高密度条件导致的触觉效果均可能促进长翅型的分化<sup>[20-21]</sup>。本研究证实了光周期、温度及饲养密度对长颚斗蟋的翅型分化均具调控作用,这种翅型分化调控的生态意义值得探讨。

**致谢:**中南林业科技大学生命科学与技术学院魏美才教授鉴定种名;聊城大学刘守柱博士在标本采集过程中提供帮助,特此致谢。

#### References:

- [ 1 ] Harrison R G. Dispersal polymorphism in insects. Annual Review of Ecology and Systematics, 1980, 11(1): 95-118.
- [ 2 ] Solbreck C, Anderson D B, Forare J. Migration and the coordination of life cycles exemplified by Lygaeinae bugs//Gilbert F. Insect life cycles: Genetics, Evolution and Coordination. New York, Springer-Verlag, 1990: 197-214.
- [ 3 ] Zhu D H. The wing polymorphism in rice grasshopper, *Oxya yezoensis* Shiraki (Orthoptera: Catantopidae). Acta Ecologica Sinica, 2001, 21(4): 624-628.
- [ 4 ] Fujisaki K. Wing form determination and sensitivity of stages to environmental factors in the oriental chinch bug, *Cavelerius saccharivorus*. Applied Entomology and Zoology, 1989, 24(3): 287-294.
- [ 5 ] Roff D A. The evolution of flightlessness in insects. Ecological Monographs, 1990, 60(4): 389-421.
- [ 6 ] Braune H J. The influence of environmental factors on wing polymorphism in females of *Leptopterna dolabrata*. Oecologia, 1983, 60: 340-347.

- [ 7 ] Dai H G, Wu X Y, Yang Y H. Regulative mechanism of wing-polymorphism of insects. *Entomological Journal of East China*, 1997, 6(1): 99-103.
- [ 8 ] Olvido A E, Elvington E S, Mousseau T A. Relative effects of climate and crowding on wing polymorphism in the southern ground cricket *Allonemobius socius*. *Florida Entomologist*, 2003, 86(2): 158-164.
- [ 9 ] Kisimoto R. Effect of crowding during the larval period on the determination of the wing-form of an adult plant-hopper. *Nature*, 1956, 178: 641-642.
- [ 10 ] Yin H S, Liu X W. The classified abstract of Gryllotalpidae and Gryllidae. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1995: 60-61.
- [ 11 ] Kimura T. Seasonal dimorphism and diapause in *Orygia thyellina* // Takada M, Tanaka S. Seasonal adaptation and diapause in insects. Tokyo, Bun-ichi Sogo Shupan, 1994: 142-148
- [ 12 ] Tanaka S. Photoperiodic determination of wing form in *Pteronemobius nitidus* Bolivar (Orthoptera, Gryllidae). *Kontyú*, 1978, 46(2): 207-217.
- [ 13 ] Ismail S, Fuzeau-Braesch S. Programmation de la diapause chez *Gryllus campestris*. *Journal of Insect Physiology*, 1976, 22(1): 133-139.
- [ 14 ] Tanaka S, Matsuka M, Sakai T. Effect of change in photoperiod on wing form in *Pteronemobius taprobanesis* Walker. *Applied Entomology and Zoology*, 1976, 11(1): 27-32.
- [ 15 ] Zhang Z Q. A study on the development of wing dimorphism in the rice brown planthopper, *Nilaparavata lugens* Stal. *Acta Entomologica Sinica*, 1983, 26(3): 260-265.
- [ 16 ] Liu S S, Wu X J. The influence of temperature on wing dimorphism in *Myzus persicae* and *Lipaphis erysili*. *Acta Entomologica Sinica*, 1994, 37(3): 292-297.
- [ 17 ] Ando Y, Higaki M. Effects of crowding and photoperiod on wing morph and egg production in *Eobiana engelhardti subtropica*. *Applied Entomology and Zoology*, 2003, 38(3): 321-325.
- [ 18 ] Zera A J, Tiebel K C. Brachypterizing effect of group rearing, juvenile hormone III and methoprene on wing length development in the wing dimorphic cricket, *Gryllus rubens*. *Journal of Insect Physiology*, 1988, 34(6): 489-498.
- [ 19 ] Shimizu T, Masaki S. Injury causes microptery in the ground cricket, *Dianemobius fascipes*. *Journal of Insect Physiology*, 1993, 39(12): 1021-1027.
- [ 20 ] Alexander R D. Aggressiveness, territoriality, and sexual behavior in field crickets. *Behaviour*, 1961, 17: 130-223.
- [ 21 ] Alexander R D. Life cycle origins, speciation, and related phenomena in crickets. *The Quarterly Review of Biology*, 1968, 43(1): 1-41.

#### 参考文献:

- [ 3 ] 朱道弘. 小翅稻蝗(*Oxya yezoensis*) 翅多型现象浅释. *生态学报*, 2001, 21(4): 624-628.
- [ 7 ] 戴华国, 吴小毅, 杨亦桦. 昆虫翅多型现象的控制机理. *华东昆虫学报*, 1997, 6(1): 99-103.
- [ 10 ] 殷海生, 刘宪伟. 中国蟋蟀总科和螞蛄总科分类概要. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1995: 60-61.
- [ 15 ] 张增全. 褐稻虱翅型分化的研究. *昆虫学报*, 1983, 26(3): 260-265.
- [ 16 ] 刘树生, 吴晓晶. 温度对桃蚜和萝卜蚜翅型分化的影响. *昆虫学报*, 1994, 37(3): 292-297.

# 2008 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊\*

(源于 2009 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	8956	1	生态学报	1.669
2	应用生态学报	7979	2	植物生态学报	1.656
3	植物生态学报	3742	3	应用生态学报	1.632
4	西北植物学报	3584	4	生物多样性	1.474
5	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3460	5	生态学杂志	1.276
6	植物生理学通讯	3187	6	植物学通报	1.058
7	生态学杂志	3148	7	西北植物学报	1.046
8	遗传学报	2142	8	植物生理与分子生物学 学报	1.034
9	植物生理与分子生物学学报	1855	9	遗传学报	0.887
10	昆虫学报	1580	10	遗传	0.835

★《生态学报》2008 年在核心版的 1868 种科技期刊排序中总被引频次 8956 次,全国排名第 2;影响因子 1.669,全国排名第 14;第 1~8 届连续 8 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 30 卷 第 21 期 (2010 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA  
(Semimonthly, Started in 1981)  
Vol. 30 No. 21 2010

**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

**主 编** 冯宗炜  
**主 管** 中国科学技术协会  
**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

**出 版** 科 学 出 版 社  
地址:北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717

**印 刷** 北京北林印刷厂  
**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

**订 购** 全国各地邮局  
**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

**广告经营** 京海工商广字第 8013 号  
**许 可 证**

**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

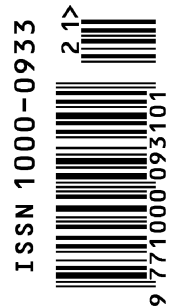
**Editor-in-chief** FENG Zong-Wei  
**Supervised** by China Association for Science and Technology  
**Sponsored** by Ecological Society of China  
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS  
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

**Published** by Science Press  
Add:16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China

**Printed** by Beijing Bei Lin Printing House,  
Beijing 100083, China

**Distributed** by Science Press  
Add:16 Donghuangchenggen North  
Street, Beijing 100717, China  
Tel:(010)64034563  
E-mail:journal@cspg.net

**Domestic** All Local Post Offices in China  
**Foreign** China International Book Trading  
Corporation  
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



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