

光周期与温度对林地德国小蠊生长 发育与繁殖的影响

朱道弘, 刘世大, 赵吕权

(中南林业科技大学资源与环境学院, 湖南长沙 410004)

摘要:为弄清湖南株洲(北纬 27°50', 东经 112° 54')栖息于林地的德国小蠊(*Blattella germanica*)季节生活史策略,研究了光周期和温度对其若虫发育、龄数变异及成虫繁殖的影响。结果表明,德国小蠊的若虫发育明显受光周期的影响。长日条件(LD 16:8h)下若虫发育最快,中间日长(LD 14:10h)次之,短日条件(LD 12:12h)下若虫发育最慢。将孵化后 30 日的若虫自长日条件向短日条件转移,则若虫发育受到明显抑制,反方向的转移,则若虫发育迅速。说明德国小蠊若虫存在滞育现象,短日条件诱导并维持滞育,长日条件解除滞育。若虫期经历的龄数受光周期和温度的影响,25℃ 的温度条件下,LD 16:8h、LD 14:10h 及 LD 12:12h 若虫期的龄数分别为 7、8 和 9 龄;长日条件下,30℃ 和 25℃ 的若虫龄数为 7 龄,而 20℃ 为 9 龄。根据实验室观察和林地调查结果,德国小蠊在湖南株洲 1 年发生 1 代,以滞育若虫越冬。30℃、25℃、20℃ 的温度条件下,卵鞘成活率分别为 14.3%、90.1% 和 51.9%,高温和低温均不适合德国小蠊的繁殖。因此,可以认为控制若虫发育和龄数的光周期、温度反应的生态意义在于调控繁殖虫态和繁殖的适宜季节保持同步。

关键词:德国小蠊;滞育;龄;光周期;生活史策略

文章编号:1000-0933(2006)07-2125-08 **中图分类号:**Q965;Q969 **文献标识码:**A

Effects of photoperiod and temperature on nymphal development and adult reproduction in the forest-dwelling cockroach, *Blattella germanica*

ZHU Dao-Hong, LIU Shi-Da, ZHAO Lü-Quan (Laboratory of Entomology, College of Resource and Environment, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(7): 2125 ~ 2132.

Abstract: Cockroaches are one of the most commonly used laboratory insects. However, few attempts have been made to describe their life-cycle strategy. In this study, the environmental effects on nymphal development and adult reproduction were investigated to understand the seasonal life-cycle strategy and its control mechanism of one forest-dwelling population of a nymphal-overwintering cockroach, *Blattella germanica*, in Zhuzhou, Hunan (27°N).

Newly-hatched nymphs were reared at constant photoperiods LD 16:8, LD 14:10 or LD 12:12 h and 25℃. Nymphal development was the fastest at LD 16:8 h, followed by LD 14:10 h, and the slowest at LD 12:12 h. Similar results were obtained at 30℃ and 20℃. When nymphs were exposed to LD 16:8 h during the first 30 days and then transferred to LD 12:12 h at 25℃, adults emerged later than those reared continuously at LD 16:8 h and LD 12:12 h. At constant LD 16:8 h and LD 12:12 h the mean nymphal durations were (88.7 ± 15.8) (mean $\pm$ SD) and (195.1 ± 53.6) days respectively, whereas those transferred from LD 16:8h to LD 12:12 h adult emergence took 240.3 ± 29.3 days. However, in the reverse transfer, i.e. from LD 12:12 to LD 16:8 h, made 30 days after hatching, the duration of nymphal development was dramatically shortened. Nymphs matured almost simultaneously and developed faster than those kept at constant LD 12:12 h, the mean durations of nymphal

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30371167)

收稿日期:2005-09-17; **修订日期:**2006-06-01

作者简介:朱道弘(1963~),男,博士,教授,主要从事昆虫生理学、昆虫进化生态学研究. E-mail: daohongzhuja@yahoo.com.cn

Foundation item: The project was supported by National Natural Science Foundation of China(No. 30371167)

Received date:2005-09-17; **Accepted date:**2006-06-01

Biography: ZHU Dao-Hong, Ph. D., Professor, mainly engaged in entomological physiology and evolutionary ecology of insect.

development being 86.1 ± 7.5 days. These results indicate that nymphal development was markedly influenced by the photoperiod and the nymph of this species has a winter diapause that is induced and maintained by short days and terminated by long days.

Both photoperiod and temperature influenced the number of nymphal instars. The number of nymphal instars were 7, 8 and 9 at LD 16:8h, 14:10h and 12:12h under 25°C and were 7, 7 and 9 at 30°C, 25°C and 20°C under long days. These results indicate that this cockroach species varies the number of nymphal instars in response to photoperiod and temperature.

To examine how temperature would influence adult reproductive of this cockroach species, adults obtained at 25°C were exposed to 30°C, 25°C and 20°C in long days. The rate of surviving ootheca were 14.2%, 90.1% and 51.9% and the egg numbers per ootheca were (2.7 ± 6.1) , (35.8 ± 7.8) and (20.5 ± 16.1) , at 30°C, 25°C and 20°C, respectively.

To determine the overwintering stages and the time of adult emergence in the field, head widths of nymphs and adults collected from March through December were measured. Insects collected from September through next March showed a unimodal pattern in head width distribution and were all nymphs, whereas those collected in May and July contained nymphs and adults, indicating that they overwinter as nymphs and adults emerge in late Spring in Zhuzhou, Hunan.

Based on these observations and field-census data, it was suggested that this cockroach has a univoltine life-cycle overwintering as diapause nymphs, and that the photoperiod and temperature response controlling nymphal development and the number of nymphal instars might have evolved to adjust the timing of adult emergence and reproduction to the favorable season.

Key words: cockroach; diapause; instar; *Blattella germanica*; photoperiod; life-cycle strategy

栖息于温带、亚热带等地区的昆虫生活史一般都具有一定的季节模式,以保证其生活史与季节同步。光周期诱导产生的滞育不仅是昆虫克服不良环境条件(如低温、干旱、食物短缺)的一种适应机制,也是昆虫使其生活史保持与季节同步的一种生活史策略^[1-3]。栖息于温带地区的昆虫通常在冬季维持滞育状态,以逃避严酷的低温环境,春季随气温回升而解除滞育,恢复发育。

蜚蠊是一类古老的昆虫,根据昆虫化石的研究,起源于 3 亿多年以前,是环境适应能力最强和进化最为成功的昆虫类群之一^[4,5]。蜚蠊是常用的实验昆虫^[6,7],然而,有关自然界蜚蠊生活史的季节适应及其控制机理的研究报道并不多^[8,9]。蜚蠊一般若虫发育缓慢,生活周期较长,季节调控机理复杂^[7,10]。例如,分布于英国的斑椭蠊 *Ectobius panseri* 以滞育卵越冬,1a 发生 1 代^[11],而 *Ectobius lapponicus* 和 *Ectobius pallidus* 均 2a 发生 1 代,其中当年以滞育卵越冬,次年以滞育若虫越冬^[8,11,12]。分布于日本的日本大蠊 *Periplaneta japonica* 完成 1 个世代需要 2a,其中当年以低龄的滞育若虫越冬,而来年以老熟滞育若虫越冬^[9,13,14]。在最近对日本一亚热带岛屿栖息的数种蜚蠊生活史策略及其进化意义的系统研究中,东方土蠊 *Opisoplatia orientali* 为卵胎生昆虫,2a 发生 1 代,冬季的低温导致卵及雌虫体内胚胎死亡,而形成一定的季节模式^[15],*Margattea satsumana* 是一种小型蜚蠊,1a 发生 1 代,夏季通过若虫的夏滞育调控其若虫发育^[16],日本歪尾蠊 *Symptloce japonica* 为 2a 发生 1 代,生活史极其复杂,通过 3 种滞育使其生活史与适宜的季节保持同步,中龄若虫出现冬滞育,老熟若虫出现夏滞育,成虫于冬季出现繁殖滞育^[10]。

德国小蠊 *Blattella germanica* 是世界性的重要卫生害虫。被认为起源于非洲,分布遍及全球,热带、亚热带、温带、寒带均有分布。在我国分布于云南、贵州、四川、西藏、广西、广东、福建、上海、北京、辽宁、黑龙江、陕西和新疆等地^[17]。德国小蠊虽然主要作为家栖卫生害虫而备受关注,但野外也很常见。在进入室内危害以前,已在自然界繁衍了数亿年,形成了固有的季节适应模式。然而,尚无环境因子对德国小蠊自然种群生长发育及繁殖影响的研究。本文通过环境因子对栖息于湖南省株洲市市郊林地的德国小蠊若虫发育和成虫繁殖影响的调查,解释了其季节生活史策略及其生态意义。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫及饲养方法

本研究的德国小蠊成虫于 2003 年 6 月上旬采自株洲市市郊林地(北纬 27°50', 东经 112° 54')。采集的成虫置于塑料容器(13cm × 13cm × 8.5cm)内饲养,容器盖子的顶部开取一直径约 5cm 的圆孔,然后用纱网将其

覆盖粘住,防止供试昆虫逃跑,同时有利于通风。容器内放入两张折叠的滤纸,以增加德国小蠊活动的空间。另外,每个容器内放入一塑料管(直径 4.3cm,长 5.5cm),塑料管内装满水,管口塞有一团吸水的脱脂棉,定期给塑料管加水,以提供德国小蠊充足的水源。德国小蠊主要用胡萝卜片和宠物饲料[爱芬食品(北京)有限公司]进行饲养,饲料每 2d 更换 1 次。塑料容器置于光照培养箱内(韶关科力实验仪器厂, PYX-250G-C),饲养条件为温度 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$, 光周期 LD 16:8h。成虫产卵后,卵鞘被挟持于雌虫的腹部末端直至若虫孵化。待若虫孵化后,将当天孵化的若虫转移到另一塑料容器内(40~50 头/容器)进行各项试验。

1.2 恒定光周期对若虫发育的影响

为了调查恒定光周期对若虫发育的影响,检测若虫有无滞育,将孵化当天的若虫分为 7 组,分别置于温度 25°C , 光周期 LD 16:8h, LD 14:10h 或 LD 12:12h; 温度 30°C , 光周期 LD 16:8h 或 LD 12:12h; 温度 20°C , 光周期 LD 16:8h 或 LD 12:12h 的条件下饲养。每两天观察一次若虫的蜕皮情况,且以指甲油涂抹标记。待若虫接近羽化时每两天检查一次成虫的羽化情况,并将刚羽化的成虫移出。

1.3 变化光周期对若虫发育的影响

为了调查变化光周期对若虫发育的影响,刚孵化的若虫首先置于温度 25°C , 光周期 LD 16:8h 的条件下饲养 30d, 尔后,转移至 25°C , LD 12:12h 的条件下继续饲养,或者,刚孵化的若虫首先置于温度 25°C , 光周期 LD 12:12h 条件下的饲养 30d, 然后转移至 25°C , LD 16:8h 条件下继续饲养。每 2d 观察 1 次若虫的蜕皮情况,且以指甲油涂抹标记。每 30d 用电子天平(0.1mg, Mettler Toledo Group)称重 1 次。待若虫接近羽化时每 2d 检查 1 次成虫的羽化情况,并将刚羽化的成虫移出。

1.4 光周期对成虫繁殖的影响

为检测光周期对德国小蠊成虫繁殖有无影响,羽化当日的成虫雌雄配对于 25°C 、光周期 LD 16:8h 或 LD 12:12h 的条件下饲养,每 2d 检查 1 次成虫的产卵情况,记录其产卵前期和产卵间隔。

1.5 温度对德国小蠊成虫繁殖的影响

羽化当日的成虫配对于光周期 LD 16:8h、温度为 30°C 、 25°C 或 20°C 的条件下饲养,检测温度对成虫繁殖的影响。德国小蠊夹带于雌虫腹部末端的卵鞘在若虫孵化后,空卵鞘随之脱落。但在实验中,一些卵鞘提前脱落,脱落的卵鞘于相同条件下保存 40d,检查有无若虫孵化,并解剖卵鞘,检测卵鞘内卵粒是否存活。同时解剖了 3 个温度条件下的部分健康卵鞘,调查不同温度条件下各卵鞘的卵粒数。

1.6 野外越冬虫态及成虫出现时期的调查

分别于 2003 年 7 月 9 日、9 月 7 日、10 月 4 日、12 月 18 日和 2004 年 3 月 4 日、5 月 21 日自株洲市市郊林地采集了德国小蠊的标本带回实验室,于采集当日记录若虫和成虫的数量,并以冰块麻醉后在显微镜下以显微尺测量其头幅。

2 结果和分析

2.1 恒定光周期对若虫发育的影响

将刚孵化的若虫置于温度为 25°C 、光周期为 LD 16:8h、LD 14:10h 或 LD 12:12h 的条件下饲养,调查了 25°C 的温度条件下光周期对若虫发育的影响。不同光周期条件下,德国小蠊若虫的发育速度明显不同,LD 16:8h 的若虫最快,平均发育历期为 $(88.7 \pm 15.8)\text{d}$ (mean $\pm$ SD,下同, $n = 36$); 其次为 LD 14:10h,若虫的平均发育历期为 $(116.2 \pm 14.2)\text{d}$ ($n = 42$); LD 12:12h 的若虫发育最慢,平均发育历期为 $(195.1 \pm 53.6)\text{d}$ ($n = 28$),且成虫羽化极不整齐,从羽化开始至羽化结束持续了 190d(图 1)。3 个光周期条件下的若虫发育历期存在着显著差异(Mann-Whitney U-test, $p < 0.001$),光周期越短,若虫发育历期越长。同时,光周期对若虫经历的龄数也有明显的影响,成虫羽化时,LD 16:8h 若虫脱皮 7 次,LD 14:10h 为 8 次,LD 12:12h 为 9 次。短日条件下,不仅若虫发育缓慢,若虫经历的龄数也随之增加(图 1)。

将刚孵化的若虫置于 30°C 、长日条件(LD 16:8h)或短日条件(LD 12:12h)下饲养,调查了 30°C 的温度条件下光周期对若虫的影响。长日条件下,若虫羽化为成虫需 $(80.5 \pm 44.9)\text{d}$ ($n = 42$),而短日条件下为 $(153.9 \pm$

58)d($n=36$),长日条件下德国小蠊的若虫发育显著快于短日条件(Mann-Whitney U-test, $p<0.001$)(图2)。与25℃一样,在30℃的温度条件下,光周期也影响若虫的龄数,LD 16:8若虫脱皮7次,LD 12:12h为8次(图2)。

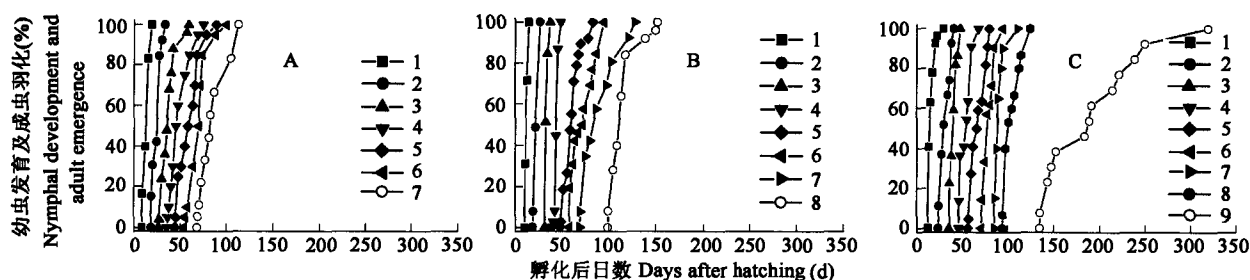


图1 25℃不同光周期(A LD 16:8h; B LD 14:10h; C LD 12:12h)对德国小蠊若虫发育和成虫羽化的影响

实心符号为若虫,空心圆为成虫,阿拉伯数字指蜕皮次数; $n=28\sim42$

Fig.1 Nymphal development and adult emergence in *B. germanica* at different photoperiod (A LD 16:8h; B LD 14:10h; C LD 12:12h) and 25℃

Closed symbols indicate nymphs, open circles indicate adults and Arabic numerals indicate times of molts; $n=28\sim42$

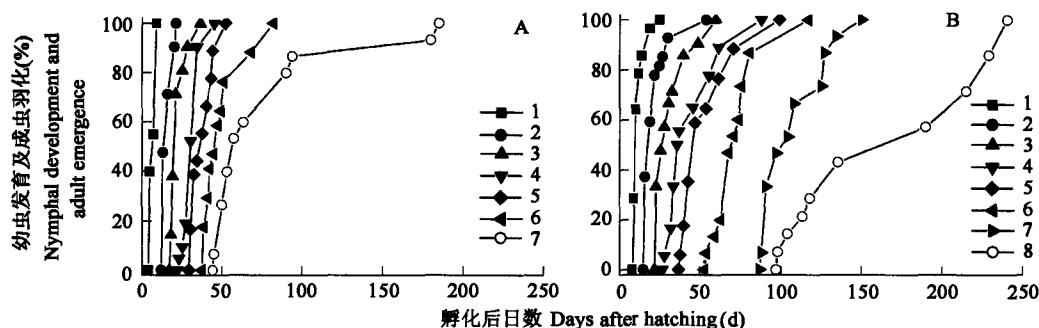


图2 30℃不同光周期(A LD 16:8h; B LD 12:12h)对德国小蠊若虫发育和成虫羽化的影响

实心符号为若虫,空心圆为成虫,阿拉伯数字指蜕皮次数; $n=36\sim42$

Fig.2 Nymphal development and adult emergence in *B. germanica* at different photoperiod (A LD 16:8h; B LD 12:12h) and 30℃

Closed symbols indicate nymphs, open circles indicate adults and Arabic numerals indicate times of molts; $n=36\sim42$

按同样的方法还检测了20℃的温度条件下,光周期对若虫发育的影响。长日条件下若虫发育较快,若虫羽化为成虫需(251.7 ± 74.5)d($n=48$),而短日条件下,若虫在孵化后200d开始羽化,至孵化后500d,羽化成虫仍然不到70%,成虫羽化极不整齐。然而,在20℃的低温条件下,若虫发育的龄数,不受光周期的影响,不管是短日条件,还是长日条件,至成虫羽化若虫都需经历9次脱皮(图3)。

上述结果表明,德国小蠊不管是高温还是低温条件下,短日条件都能诱导其若虫产生滞育。另外,光周期和温度还影响德国小蠊若虫的龄数,光周期越短,温度越低,若虫经历的龄数越多。

2.2 变化光周期对若虫发育的影响

将刚孵化的若虫首先置于温度25℃、光周期LD 16:8h的条件下,饲养30d后,转移至25℃、LD 12:12h的条件下继续饲养时,若虫发育趋向缓慢,体重的增加明显变缓(图4A),虽然一部分个体在孵化后75日前后羽化为成虫,但是,大部分个体在孵化后200日后才开始羽化,若虫平均发育历期为(240.3 ± 29.3)d($n=30$)(图5A),显著长于连续光周期LD 16:8h((88.7 ± 15.8) d, $n=36$)(图1A)条件下的若虫发育(Mann-Whitney U-test, $p<0.001$),而且,转移后终龄若虫的出现时间(孵化后(115.4 ± 25)d, $n=30$)(图5A)较连续光周期LD 12:12h(孵化后(107.5 ± 9.9)d, $n=28$)(图1C)的还迟(Mann-Whitney U-test, $p<0.01$)。可见,从长日条件向短日条件转移后,若虫进入了滞育状态。从长日条件向短日条件转移后,若虫期的龄数与短日条件相同,需经历9个龄期,较长日条件增加了2个龄期(图5A)。

然而,若孵化若虫首先于25℃、光周期LD 12:12h的条件饲养下,饲养30日后转移至25℃、光周期LD 16:

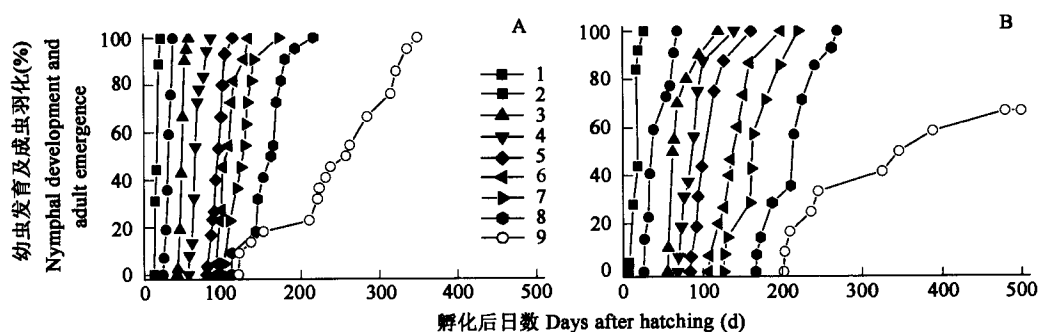


图3 20℃不同光周期(A LD 16:8h; B LD 12:12h)对德国小蠊若虫发育和成虫羽化的影响

实心符号为若虫,空心圆为成虫,阿拉伯数字指蜕皮次数; $n = 32 \sim 48$

Fig.3 Nymphal development and adult emergence in *B. germanica* at different photoperiod (A LD 16:8h; B LD 12:12h) and 20°C

Closed symbols indicate nymphs, open circles indicate adults and Arabic numerals indicate times of molts; $n = 32 \sim 48$

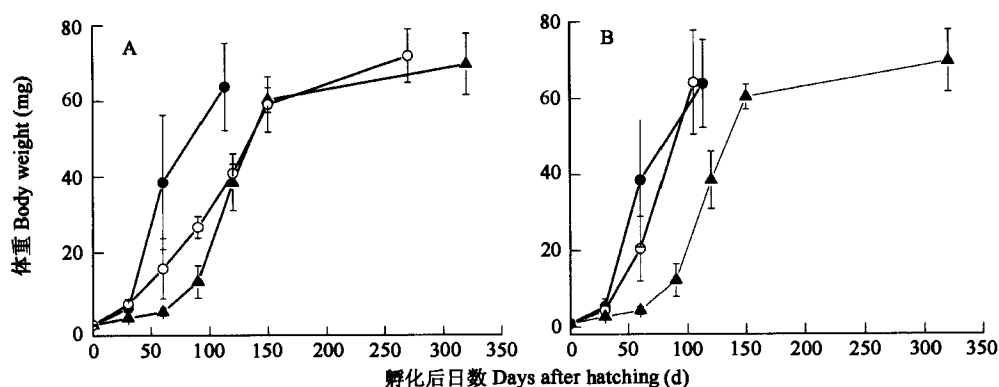


图4 孵化后30d从25℃, LD 16:8h转移至 LD 12:12h(A)和 LD 12:12h转移至 LD 16:8h (B)对德国小蠊体重的影响

实心圆(LD 16:8h)和实心三角(LD 12:12h)为25℃恒定光周期的若虫体重,空心圆表示转移若虫的体重;误差棒为SD, $n = 28 \sim 36$

Fig.4 Effect of a photoperiodic shift from LD 16:8h to LD 12:12h (A) and LD 12:12h to LD 16:8h (B) at 25°C at day 30 after hatching(open circles) on bodyweight of *B. germanica*

Closed circles (LD 16:8h) and closed triangle (LD 12:12h) are the nymphal body weight of constant photoperiod. Error bars indicate SD; $n = 28 \sim 36$

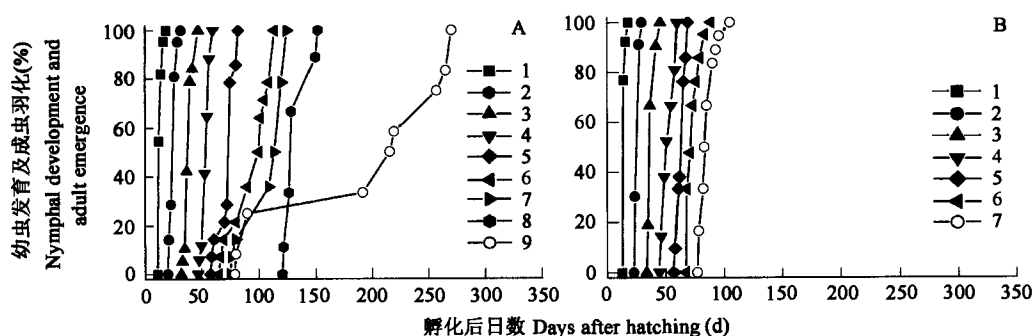


图5 孵化后30d从25℃, LD 16:8h转移至 LD 12:12h(A)和 LD 12:12h转移至 LD 16:8h(B)对德国小蠊若虫发育和成虫羽化的影响

实心符号为各龄若虫,空心圆为成虫,阿拉伯数字表示蜕皮次数; $n = 28 \sim 36$

Fig.5 Effect of a photoperiodic shift from LD 16:8h to LD 12:12h (A) and LD 12:12h to LD 16:8h (B) at 25°C at day 30 after hatching on nymphal development and adult emergence of *B. germanica*

Closed symbols indicate nymphs, open circles indicate adults and Arabic numerals indicate times of molts; $n = 28 \sim 36$

8h后,若虫发育明显加快,体重增加明显(图4B),孵化后(86.1 ± 7.5)d($n = 32$)羽化为成虫(图5B),与连续光周期 LD 16:8h 的若虫发育((88.7 ± 15.8)d, $n = 36$)(图1A)无显著差异(Mann-Whitney U-test, $p > 0.05$),而显

著快于连续 LD 12:12h 的若虫发育($(195.1 \pm 53.6)d, n = 28$)(图 1C)(Mann-Whitney U-test, $p < 0.001$)。同时,从短日条件向长日条件转移后,若虫期的龄数与长日条件相同,为 7 个龄期,较短日条件减少了 2 个龄期(图 5B)。

上述结果表明,德国小蠊的光周期反映模式属于长日型反应,长日条件下快速发育,短日条件下进入滞育状态。

2.3 光周期对成虫繁殖的影响

为检测光周期对德国小蠊成虫繁殖有无影响,刚羽化的成虫雌雄配对于 25℃、光周期 LD 16:8h 或 LD 12:12h 的条件下饲养,调查了其产卵前期和产卵间隔(表 1)。德国小蠊产卵时形成卵鞘,产卵后其卵鞘被夹带于雌虫腹部末端直至若虫孵化。光周期 LD 16:8h 和 LD 12:12h 条件下,成虫羽化至第 1 个卵鞘形成所需日数(产卵前期)分别为(13.6 ± 5.5)d 和(14.3 ± 3.6)d、两个卵鞘形成之间经历日数(产卵间隔)分别为(41.8 ± 5.3)d 和(40.5 ± 9.1)d,长日条件和短日条件下的产卵前期和产卵间隔均无显著差异(t -test, $p > 0.05$)。可见,光周期不影响德国小蠊成虫的繁殖。

2.4 温度对德国小蠊成虫繁殖的影响

德国小蠊夹带于雌虫腹部末端的卵鞘在若虫孵化后,空卵鞘随之脱落。但在实验中,一些卵鞘提前脱落,脱落的卵鞘经 40d 若虫亦不能孵化,解剖发现脱落卵鞘中的卵已坏死。30℃、25℃和 20℃ 3 个温度条件下饲养成虫的卵鞘成活率(未脱落卵鞘)分别为 14.3% ($n = 21$)、90.1% ($n = 22$)和 51.9% ($n = 27$),25℃条件下卵鞘成活率最高,20℃次之,30℃最低,经统计分析,存在显著差异(χ^2 -test, $p < 0.05$)(表 2)。同时,解剖了 3 个温度条件下的部分卵鞘,卵鞘内的卵粒数因成虫饲养的温度不同而存在差异,30℃、25℃和 20℃每卵鞘的平均卵粒数分别为(2.7 ± 6.1) ($n = 11$)、(35.8 ± 7.8) ($n = 13$)和(20.5 ± 16.1) ($n = 15$),卵鞘内卵粒数 25℃最高,20℃次之,30℃最低,三者之间存在着显著差异(Tukey's-test, $p < 0.05$)。

表 1 25℃不同光周期对德国小蠊成虫繁殖的影响

Table 1 Effect of different photoperiods on adult reproduction of *B. germanica* at 25℃

光周期 Photoperiod	产卵前期 Time to start deposition (mean $\pm$ SD, d)	产卵间隔 Interval between two deposition (mean $\pm$ SD, d)	成虫对数 Pairs of adults
16:8h	13.6 $\pm$ 5.5 [*]	41.8 $\pm$ 5.3 [*]	9
12:12h	14.3 $\pm$ 3.6	40.5 $\pm$ 9.1	13

* 不同光周期期间无显著差异(t -test, $p > 0.05$) No significant difference was found between the two photoperiods (t -test, $p > 0.05$)

表 2 温度对德国小蠊卵鞘发育的影响

Table 2 Effect of different temperatures on development of ootheca in *B. germanica*

温度 Temperature (℃)	卵鞘成活率 Surviving ootheca (%)	卵粒数/卵鞘 Egg numbers/ootheca (mean $\pm$ SD)
30	14.3 (21) ^a	2.7 $\pm$ 6.1(11) ^a
25	90.1 (22) ^b	35.8 $\pm$ 7.8(13) ^b
20	51.9 (27) ^c	20.5 $\pm$ 16.1(15) ^c

括号内数字指样本数;不同的上标字母指具有显著差异(* χ^2 -test, * Tukey's-test, $p < 0.05$) Numbers in parentheses indicate sample size; Different superscript letters are significantly different by * χ^2 -test and * Tukey's-test ($p < 0.05$)

2.5 野外越冬虫态及成虫出现时期

在实验室观察的同时,2003 至 2004 年先后 6 次,从株洲市市郊林地采集了德国小蠊标本,其头幅的频率分布如图 6 所示,2003 年 7 月采集标本的头幅呈双模态分布,主要为低龄若虫,亦有少量的成虫(图 6a)。2003 年 9 月至 2004 年 3 月采集标本的头幅均呈单模态分布,全部为若虫,其中,2003 年 12 月和 2004 年 3 月采集若虫的头幅无明显差异(t -test, $p > 0.05$)(图 6-e)。2004 年 5 月下旬采集的标本既有若虫也有成虫(图 6f)。可见,德国小蠊在湖南株洲地区 1 年发生 1 代,以高龄若虫越冬,春末为成虫羽化期。

3 讨论

蜚蠊若虫通常发育缓慢,需要较长的期间完成其发育,许多种类完成 1 个世代需要 2a 或更长的时间,光周期在调控其发育方面起着重要的作用^[7-10,12-16]。本研究的结果表明,德国小蠊的若虫发育明显受光周期的影响。25℃的温度条件下,LD 16:8h 若虫发育最快,LD 14:10h 次之,LD 12:12h 若虫发育最慢,短日条件下若虫发育明显受到抑制(图 1)。30℃和 20℃的温度条件下,LD 12:12h 若虫发育也显著慢于 LD 16:8h(图 2、图

3)。很显然,不管是高温还是低温,短日条件都能诱导德国小蠊若虫进入滞育状态。

光周期随着季节的变化而变化,春季至夏季光周期逐渐递增,而夏季至秋季则逐渐递减。许多昆虫种类,尤其是生活周期长的种类,往往以变化的光周期作为季节变化的信号^[18-20]。栖息于日本一亚热带岛屿的 2 种蜚蠊,日本歪尾蠊 *Symploce japonica* 和 *Margattea satsumana*,不管是长日条件还是短日条件下若虫发育缓慢,而将其若虫从长日条件向短日条件转移后,若虫历期显著缩短,成虫快速羽化,反方向转移则会抑制其若虫的发育^[10,16]。将长日条件下饲养的德国小蠊若虫转移至短日条件,若虫进入滞育,反方向的转移则若虫快速发育,羽化为成虫,可见德国小蠊若虫发育属于长日型。在自然界,春季逐渐增长的光周期解除德国小蠊的若虫滞育,促进成虫羽化。这与株洲地区野外于春末出现成虫的时期正相吻合。

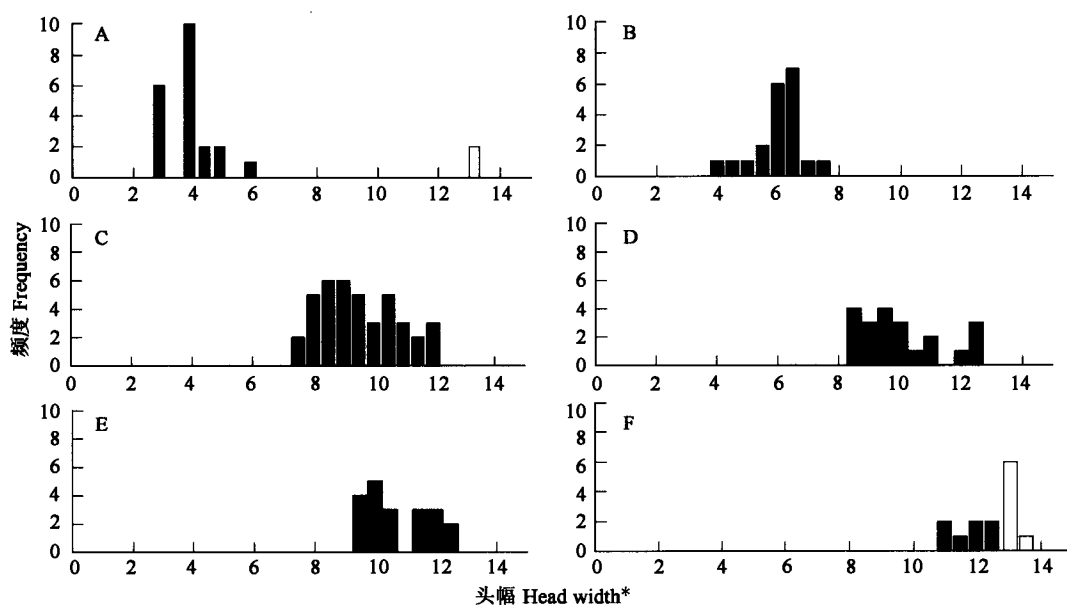


图 6 林地采集德国小蠊若虫(实心柱)和成虫(空心柱)头幅的频率分布

Fig. 6 Distribution in head width frequency of nymphs (closed bars) and adults (opened bars) of *B. germanica* collected

A: 2003 年 7 月 9 日 9 Jul 2003(A); B: 2003 年 9 月 7 日 7 Sep 2003 (B); C: 2003 年 10 月 4 日 4 Oct 2003(C); D: 2003 年 12 月 18 日 18 Dec 2003 (D); 2004 年 3 月 4 日 4 Mar 2004(E) and F: 2004 年 5 月 21 日 on 21 May 2004(F) * 横坐标刻度格为 1/7mm A scale equals 1/7 mm on abscissa

光周期不仅影响德国小蠊的若虫发育速率,也影响若虫期的龄数。25℃的条件下,LD 16:8h 脱皮 7 次,LD 14:10h 脱皮 8 次,而 LD 12:12h 需脱皮 9 次才能羽化为成虫。30℃的条件下,LD 16:8h 脱皮 7 次,LD 12:12h 脱皮 8 次。光周期越短若虫经历的龄数越多(图 1、图 2)。另外,德国小蠊若虫的龄数也受温度的影响。长日条件下,30℃和 25℃若虫脱皮 7 次,而 20℃若虫脱皮 9 次(图 1~图 3)。短日条件和低温都是冬季来临的季节信号,因此,冬季来临时增加若虫龄数,延缓成虫羽化也是德国小蠊的生活史策略之一。这种若虫龄数随光周期的变化而变异的现象在其他昆虫种类中也存在,如一些蜚蠊种类,日本大蠊 *Periplaneta japonica*^[9,14]、东方土蠊 *Opisoplatia orientalis*^[15]等。一些蟋蟀种类,*Teleogryllus yezoemma*^[21]、*Teleogryllus emma*^[22]及 *Dianemobius mikado*^[23]等。而一种以卵越冬的蟋蟀 *Allonemobius fasciatus* 对应于不同光周期若虫龄数的变异与德国小蠊相反,若虫在短日条件下较长日条件下发育快,若虫龄数少^[24]。

另外,从图 1 可以判断,25℃的温度条件下,无论是长日条件,还是短日条件,孵化后 30d 左右进入第 4 龄若虫期。孵化后 30d,从长日条件转移至短日条件若虫发育变缓,龄数与短日条件一致,反之则若虫发育加快,龄数与长日条件相同(图 5)。可见,德国小蠊若虫滞育和脱皮的光周期感受时期应为 4 龄以上的若虫期,至于具体的感受龄期有待进一步研究。

德国小蠊在株洲地区 1a 发生 1 代,以高龄滞育若虫越冬,春末出现成虫(图 6)。尽管蜚蠊起源于热

带^[25],但是其繁殖的适宜温度相对较低,高温和低温均不适合蜚蠊的繁殖^[10,14~16]。本文的结果亦表明,德国小蠊的繁殖最适宜温度为 25℃,高温和低温度均会影响其繁殖能力(表 2),可见适合德国小蠊繁殖的季节非常有限。因此,可以认为光周期控制的若虫发育和龄数变异的生态意义在于调控繁殖虫态出现时期,使之与繁殖的适宜季节保持同步。

References:

- [1] Beck S D. Insect photoperiodism. New York: Academic Press, 1980.
- [2] Tauber M J, Tauber C A, Masaki S. Seasonal Adaptations of Insects. Oxford: Oxford University Press, 1986.
- [3] Danks H V. Insect Dormancy: An Ecological Perspective. Ottawa: Biological Survey of Canada, 1987.
- [4] Lin Q B. Entomolites of Chinese cockroaches. Acta Entomol. Sinica, 1980, 21: 335 ~ 342.
- [5] Qi X, Sun G Y. Biological traits and control of *Blattella germanica*. Chin. J. Vector & Control, 2004, 15: 73 ~ 75.
- [6] Bell W I, Adiyodi K G. The American Cockroach. London: Chapman & Hall, 1981.
- [7] Gillott C. Entomology, 2nd edn. New York: Plenum Press, 1995.
- [8] Brown V K. Developmental strategies in British Dictyoptera: Seasonal variaion. In: Brown, V. K. & Hodek, I. eds., Diapause and Life Cycle Strategies in Insects. Hague: The Junk, 1983. 111 ~ 125.
- [9] Shindo J, Masaki S. Photoperiodic control of larval development in the semivoltine cockroach *Periplaneta japonica* (Blattidae: Dictyoptera). Ecolog. Res., 1995, 10: 1 ~ 12.
- [10] Tanaka S, Zhu D H. Presence of three diapauses in a subtropical cockroach: control mechanisms and adaptive significance. Physiol. Entomol., 2003, 28: 323 ~ 330.
- [11] Brown V K. The overwintering stages of *Ectobius lapponicus* (L.) (Dictyoptera: Blattidae). J. Entomol., 1973, 48: 11 ~ 24.
- [12] Brown V K. Developmental strategies in *Ectobius pallidus* (Dictyoptera: Blattidae). Inter. J. of Invertebrate Reproduction, 1980, 2: 84 ~ 94.
- [13] Tsuji H, Tabaru Y. Stage composition of over wintering field populations of the Japanese cockroach, *Periplaneta japonica*. Jap. Sanit. Zool., 1974, 24: 215 ~ 218.
- [14] Tanaka S, Uemura Y. Flexible life cycle of a cockroach *Periplaneta japonica* with nymphal diapause. J. Orth. Res., 1986, 5: 213 ~ 219.
- [15] Zhu D H, Tanaka S. Photoperiodism and temperature affect the life cycle of a subtropical cockroach, *Opisoplatia orisoplatia*: seasonal pattern shaped by winter mortality. Physiol. Entomol., 2004, 29: 16 ~ 25.
- [16] Zhu D H, Tanaka S. Summer diapause and nymphal growth in a subtropical cockroach: response to changing photoperiod. Physiol. Entomol., 2004, 29: 78 ~ 83.
- [17] Feng P Z, Guo Y Y, Wu F Z. Chinese cockroach and control. Beijing: Science Press, 1997.
- [18] Tauber M J, Tauber C A. Photoperiodic induction and termination of diapause in an insect: response to changing daylengths. Science, 1970, 168: 167 ~ 170.
- [19] Furunishi S, Masaki S. Seasonal life cycle in two species of ant-lion (Neuroptera: Myrmeleontidae). Jap. J. of Ecol., 1982, 32: 7 ~ 13.
- [20] Tanaka S. Seasonal control of nymphal diapause in the spring ground cricket, *Pteronemobius nitidus* (Orthoptera: Gryllidae). In: Brown V. K. & Brown V. K. eds. Diapause and Life Cycle Strategies in Insects, Hague: The Junk, 1983. 35 ~ 53.
- [21] Masaki S. Photoperiodism and geographic variation in the nymphal growth of *Teleogryllus yezoemma* (Ohmachi et aMatsuura) (Orthoptera: Gryllidae). Kontyu, 1966, 34: 277 ~ 288.
- [22] Masaki S. Geographic variation and climatic adaptation in a field cricket (Orthoptera: Gryllidae). Evolution, 1967, 21: 725 ~ 741.
- [23] Masaki S. Seasonal and latitudinal adaptation in the life cycle of cricket. In: Dingle H. ed. Evolution of Migration and Diapause in Insects, New York: Springer-Verlag, 1978. 72 ~ 100.
- [24] Tanaka S. Developmental characteristics of two closely related species of *Allonemobius* and their hybrids. Oecologia, 1986, 69: 388 ~ 394.
- [25] Borror D J, Delong D M, Triplhorn C A. An Introduction to the Study of Insects, 4th edn. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1976.

参考文献:

- [4] 林启彬. 中国的蜚蠊昆虫化石. 昆虫学报, 1980, 21: 335 ~ 342.
- [5] 齐欣, 孙耕芹. 德国小蠊生物学特性及综合治理. 中国媒介生物学及控制杂志, 2004, 15: 73 ~ 75.
- [17] 冯平章, 郭予元, 吴福祯. 中国蟑螂种类及防治. 北京: 中国科学出版社, 1997.