

变化光周期对丽斗蟋 (*Velarifictonus ornatus*) 若虫发育的影响

赵吕权, 朱道弘*, 贺一原, 阳艳萍

(中南林业科技大学资源与环境学院, 湖南长沙 410004)

摘要:为弄清湖南株洲丽斗蟋若虫的季节适应策略,研究了恒定及变化光周期对其若虫发育的调控。结果表明,丽斗蟋若虫发育明显受变化光周期的影响。25℃温度条件下,3个光周期条件下的若虫发育都较慢,羽化也极不整齐,长日条件(LD 16:8h)、中间日照条件(LD 14:10h)和短日条件(LD 12:12h)的若虫发育历期(mean ± SD)分别为(206.2 ± 44.0)d、(236.6 ± 93.3)d和(230.3 ± 47.4)d,若虫从开始羽化到供试个体全部完成羽化所需时间分别为216、301和156d,经历短日条件的若虫转移至长日条件后能够促进其快速发育,羽化也很整齐,反方向转移则会抑制若虫发育,且羽化也不整齐。30℃温度条件下,恒定长日条件下的若虫发育明显快于短日条件,变化光周期对若虫发育的调控与25℃相类似。变化光周期对若虫发育的影响与光周期的变化方向及低龄若虫感受的光周期类型有关。丽斗蟋若虫复杂的光周期反应模式的生态意义在于调节其生活史与季节同步。

关键词:丽斗蟋;光周期;滞育;若虫发育;生活史策略

文章编号:1000-0933(2008)01-0253-07 中图分类号:Q145,Q968 文献标识码:A

Effects of changing photoperiod on nymphal development in a cricket (*Velarifictonus ornatus*)

ZHAO Lü-Quan, ZHU Dao-Hong*, HE Yi-Yuan, YANG Yan-Ping

College of Resource and Environment, Central South University of Forestry & Technology, Changsha, Hunan 410004, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(1): 0253 ~ 0259.

Abstract: The effects of constant and changing photoperiod on nymphal development are investigated to understand the seasonal life-cycle strategy of a nymph-overwintering cricket, *Velarifictonus ornatus*, in Zhuzhou, Hunan. Nymphal development was slow under constant photoperiods at 25℃. The shortest mean duration of nymphal development was (206.2 ± 44.0) (mean ± SD) days at LD 16:8 h, followed by (230.3 ± 47.4) days at LD 12:12 h and (236.5 ± 93.3) days at LD 14:10 h. No significant difference was observed in the nymphal durations among different constant photoperiods at 25℃. Nymphal development was further prolonged when nymphs were exposed to LD 16:8 h during the first 60 days and then transferred to LD 14:10 h or LD 12:12 h at 25℃. Similar results were obtained when nymphs were transferred from LD 14:10 h to LD 12:12 h at 60 days after hatching at 25℃. However, in the reverse transfer, i. e. from short days to long days, the durations of nymphal development was dramatically shortened. When nymphs were transferred

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30771740);中南林业科技大学青年科学研究基金资助项目(06002B);中南林业科技大学引进高层次人才资助项目(101-0610)

收稿日期:2006-11-02; **修订日期:**2007-04-29

作者简介:赵吕权(1980~),男,江苏人,硕士,主要从事昆虫季节适应研究. E-mail: zhaolvquan80@163.com

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

致谢:日本农业资源研究所田中诚二博士为本实验提供了帮助;中南林业科技大学生命科学与技术学院魏美才教授鉴定了种名,特此致谢!

Foundation item: The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 30771740) and Scientific Research Fund of Central South University of Forestry & Technology (No. 06002B, 101-0610)

Received date:2006-11-02; **Accepted date:**2007-04-29

Biography: ZHAO Lü-Quan, Master, mainly engaged in insect seasonal adaptation. E-mail: zhaolvquan80@163.com

from LD 12:12 h to LD 16:8 h at 10, 30, 60 or 90 days after hatching, the mean nymphal durations were (135.9 ± 88.5) , (80.0 ± 5.9) , (110.4 ± 10.4) and (142.9 ± 10.8) days respectively. When photoperiod was shifted from LD 12:12 h to LD 14:10 h at 60 days after hatching, the nymphal duration was (120.9 ± 7.7) days. Nymphs exposed to those photoperiodic shift developed faster than those kept at constant photoperiods. Although adults emerged more rapidly under long days than those reared under short days at 30°C, changing photoperiods showed similar results on nymphal development as those at 25°C. These results suggested that seasonal changing day-length controls nymphal development of *V. ornatus* to synchronize their life-cycle with the season.

Key Words: *Velarifictonus ornatus*; photoperiod; diapause; nymphal development; life-cycle strategy

许多昆虫种类为了保持种群持续繁衍,在不利环境条件下常采取进入滞育的季节适应策略,诱导昆虫进入滞育的外界因子很多,如光周期、温度、湿度、营养条件等。光周期是诱导昆虫滞育的主要外在因子,因为光周期或日长给昆虫提供了一种比较可靠的季节信号,通过这种季节信号,使昆虫感受季节的变化,而使其生活史与季节保持同步^[1]。

光周期对昆虫幼虫发育的调控方式因昆虫种类的不同而存在差异,依此可将昆虫发育划分为3种类型:(1)幼虫在长日条件下发育较快,而在短日条件下发育受到抑制,从短日条件转移至长日条件后滞育得到解除,这类昆虫被称为长日型,如:二化螟 *Chilo suppressalis*^[2]、*Velarifictorus parvus*^[1]、*Modicogryllus* sp^[3]等;(2)幼虫在短日条件下发育较快,长日条件下生长发育受到抑制,从长日条件转移至短日条件后滞育得到解除,这类昆虫被称为短日型,如 *Margattea satsumana*^[4]等;(3)一些昆虫,如 *Dianemobius nigrofasciatus*^[5]等无论是长日条件还是短日条件下,幼虫发育都会受到抑制,只有在中间日照条件下才会快速发育,这类昆虫被称为中间日照型。

然而,亦有一些昆虫种类,如 *Pteronemobius nitidus* 无论是恒定长日条件、短日条件,还是中间日照条件,若虫发育都较缓慢,而一旦进行光周期的转换,如短日条件向长日条件转移,则显著促进若虫发育,成虫快速羽化^[6]。这类昆虫以变化光周期作为其若虫发育调控的季节信号,但是,这种光周期反应的报道尚不多。丽斗蟋 *Velarifictonus ornatus* 在我国湖南、海南、广东等地均有分布,以若虫越冬^[7]。本文对其若虫发育的调控机制进行了探讨,结果表明,丽斗蟋若虫发育主要受变化光周期的调控,现将结果报告如下。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫与饲养方法

丽斗蟋成虫于2005年6月下旬采自株洲市郊菜田(北纬27°50',东经112°54'),采集的成虫使用塑料容器(13cm×13cm×8.5cm)饲养,容器的顶部开一直径约5cm的圆孔,然后粘上纱网,以利于通风和透光,并防止供试昆虫逃跑。容器内部放两张折叠的滤纸,以增加蟋蟀的活动空间。每个容器内放一个装满水的小塑料管(直径4.3cm,长5.5cm),以脱脂棉为塞,作为蟋蟀所需的水源。采集的成虫置于光照培养箱内(韶关科力实验仪器厂, PYX-250G-C)饲养,蟋蟀主要以昆虫饲料饲养(Oriental Yeast Co., Japan),饲料每两日更换一次。饲养条件为温度 $(25 \pm 1)^{\circ}\text{C}$,光周期 LD 16:8h(明期16h,暗期8h,下同)。蟋蟀的卵主要产在脱脂棉上,每3日更换1次脱脂棉,将脱脂棉放在培养皿内,每日检查若虫孵化情况,将当日孵化的若虫转移至另一容器内(20~30头/容器)进行后续实验。

1.2 恒定光周期对若虫发育的影响

为调查恒定光周期对丽斗蟋若虫发育的影响,检测若虫有无滞育,将当日孵化的若虫置于温度为25°C,光周期为 LD 16:8h、LD 14:10h、LD 12:12h 和温度为30°C,光周期为 LD 16:8h、LD 12:12h的条件下饲养。待若虫接近羽化时每两日检查一次成虫羽化情况,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

为调查变化光周期对若虫发育的影响,进行了如下实验:(1)当日孵化若虫先置于温度为25°C,光周期

LD 12:12h 的条件下饲养,尔后,分别于第 10、30、60、90 天转移至 25℃、LD 16:8h 的条件下继续饲养,或者先于 25℃、LD 16:8h 的条件下饲养,孵化后第 60 天转移至 25℃、LD 12:12h;(2)孵化后第 60 天从 25℃、LD 12:12h 转移至 25℃、LD 14:10h 或 25℃、LD 14:10h 转移至 25℃、LD 12:12h;(3)孵化后第 30、60 天从 25℃、LD 14:10h 转移至 25℃、LD 16:8h 或第 60 天从 25℃、LD 16:8h 转移至 25℃、LD 14:10h;(4)30℃ 温度条件下,孵化当日若虫先置于 LD 12:12h 条件下饲养 10、20、50、80d 后转移至 LD 16:8h 条件下继续饲养,或先于 LD 16:8h 饲养 10、30、50d,然后转移至 LD 12:12h。待若虫接近羽化时每两日检查一次若虫羽化情况,并将刚羽化的成虫移出。

1.4 野外越冬虫态调查

为调查丽斗蟋的越冬虫态,于 2006 年 4 月 29 日将采自株洲市效菜地的丽斗蟋标本带回实验室内,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 结果与分析

2.1 恒定光周期对若虫发育的影响

将刚孵化的若虫置于 25℃、光周期为 LD 16:8h、LD 14:10h 及 LD 12:12h 的条件下饲养,调查了 25℃ 温度条件下光周期对丽斗蟋若虫发育的影响(图 1)。丽斗蟋具有翅型分化现象,但在所有的实验条件下长翅个体比例都较低(0~10%),因此,结果统计时将长翅型和短翅型的若虫发育数据一并计算。LD 16:8h 条件下,丽斗蟋若虫发育最快,平均发育历期为(206.2 ± 44.0)d(mean ± SD,下同, $n = 43$);其次为 LD 12:12h,若虫的平均发育历期为(230.3 ± 47.4)d($n = 23$),LD 14:10h 的若虫发育最慢,平均发育历期为(236.5 ± 93.3)d($n = 15$)(图 1)。虽然 3 个光周期条件下若虫发育历期略有不同,但统计分析表明其若虫发育历期并无显著差异(Tukey's test, $P > 0.05$)。另外,3 个光周期条件下丽斗蟋成虫羽化都极不整齐,LD 16:8h、LD 14:10h、LD 12:12h 条件下,若虫从开始羽化到供试个体全部完成羽化所需时间分别为 216、301、156d(图 1)。这些结果表明,25℃、恒定光周期的条件下,无论是长日条件,短日条件或还是中间日照条件丽斗蟋若虫发育均较缓慢,且成虫羽化极不整齐。

将刚孵化的若虫置于 30℃、光周期为 LD 16:8h 及 LD 12:12h 的条件下饲养,调查 30℃ 温度条件下光周期对丽斗蟋若虫发育的影响(图 2)。LD 16:8h 条件下,若虫平均发育历期为(82.3 ± 26.9)d($n = 33$),LD 12:12h 条件下,若虫平均发育历期为(141 ± 19.1)d($n = 63$),长日条件下的若虫发育显著快于短日条件下的若虫发育(Mann-Whitney, U-test, $p < 0.001$)(图 2)。

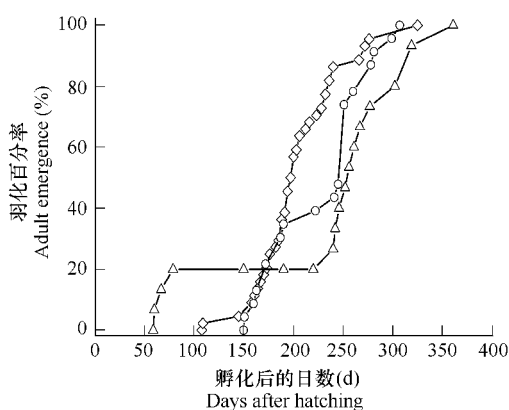


图 1 25℃ 不同光周期条件下对丽斗蟋成虫羽化的影响

Fig. 1 Adult emergence of *V. ornatus* at different photoperiod and 25℃

◇ LD 16:8h; △ LD 14:10h; ○ LD 12:12h, $n = 15 - 43$

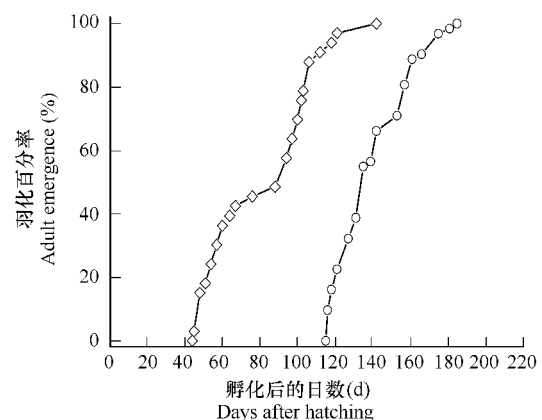


图 2 30℃ 不同光周期条件下对丽斗蟋成虫羽化的影响

Fig. 2 Adult emergence of *V. ornatus* at different photoperiod and 30℃

◇ LD 16:8h; ○ LD 12:12h, $n = 33 - 63$

2.2 变化光周期对若虫发育的影响

在自然界,日照时间随着季节的变化而变化,因此检测了变化光周期对丽斗蟋若虫发育的影响。孵化当日的若虫置于 25℃、LD 12:12h 条件下饲养 10、30、60 及 90d 后,转移至 25℃、LD 16:8h 的条件下继续饲养,均显著促进若虫发育(图 3)。孵化后 10d 转移的若虫第 57 天开始羽化,80d 内近 60% 的个体羽化为成虫,虽然其余部分个体发育缓慢,但若虫平均发育历期(135.9 ± 88.5)d ($n=46$) 显著短于相同温度下 LD 12:12h 和 LD 16:8h 的若虫发育历期(Mann-Whitney, U-test, $p < 0.01$)。孵化后 30、60、90d 转移的若虫平均发育历期分别为: (80.0 ± 5.9) d ($n=58$)、 (110.4 ± 10.4) d ($n=75$) 和 (142.9 ± 10.8) d ($n=34$), 经历变化光周期若虫发育显著快于 LD 12:12h 和 LD 16:8h 条件下的若虫发育(Mann-Whitney, U-test, $p < 0.001$), 30、60、90d 转移个体自成虫开始羽化至全部个体完成羽化经历时间分别为 27、58 和 61d, 亦显著短于 LD 12:12h 和 LD 16:8h 条件下的 156d 和 216d (Mann-Whitney, U-test, $p < 0.001$) (图 3)。从短日条件向长日条件转移,不但促进若虫的发育,使其快速羽化为成虫,也提高了成虫羽化的同步性。

同样,25℃、LD 12:12h 饲养 60d 后转移至 LD 14:10h 的处理,也能促进若虫发育。转移个体孵化后 103d 开始羽化,138d 内全部供试个体完成羽化,若虫平均发育历期为 (120.9 ± 7.7) d ($n=42$), 成虫开始羽化至全部个体羽化为成虫经历时间为 35d, 均显著短于 LD 12:12h 和 LD 14:10h (Mann-Whitney, U-test, $p < 0.001$) (图 4), 而与 25℃、LD 12:12h 饲养 60d 后转移至 LD 16:8h 的处理无显著差异 (Mann-Whitney, U-test, $p < 0.05$) (图 3、图 4)。然而,25℃、LD 14:10h 饲养 30d 后转移至 LD 16:8h, 若虫发育历期为 (220.1 ± 98.2) d ($n=32$), 与 LD 14:10h 和 LD 16:8h 均无显著差异 (Mann-Whitney, U-test, $p > 0.05$); 25℃、LD 14:10h 饲养 60d 后转移至 LD 16:8h, 若虫发育历期为 (182.7 ± 64.2) d ($n=24$), 虽然略短于 LD 14:10h 的 (236.5 ± 93.3) d (Mann-Whitney, U-test, $p < 0.05$), 但与 LD 16:8h 的 (206.2 ± 44.0) d 无显著差异 (Mann-Whitney, U-test, $p > 0.05$) (图 5)。上述结果表明,若虫发育的促进不但与光周期的变化有关,还与若虫是否经历冬季的短日条件 (LD 12:12h) 密切相关。

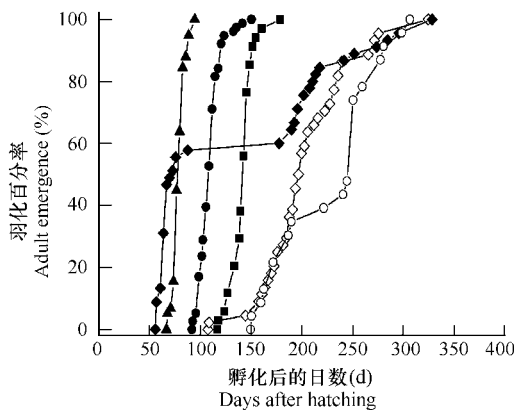


图3 孵化后 10d (◆, $n=46$)、30d (▲, $n=58$)、60d (●, $n=75$) 和 90d (■, $n=34$) 从 25℃、LD 12:12h 转移到 LD 16:8h 对丽斗蟋成虫羽化的影响

Fig. 3 Effect of a photoperiod shift from LD 12:12h to LD 16:8h at 25℃ at day 10 (◆, $n=46$), 30 (▲, $n=58$), 60 (●, $n=75$), 90 (■, $n=34$) on adult emergence of *V. ornatus*

恒定 LD 12:12h (○) 和 LD 16:8h (◇) 的数据来源于图 1
The data for constant LD 12:12h (○) and LD 16:8h (◇) are derived from Fig. 1

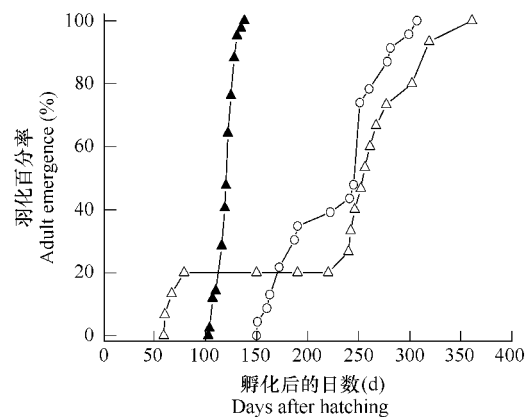


图4 孵化后 60d (▲, $n=42$) 从 25℃、LD 12:12h 转移到 LD 14:10h 对丽斗蟋成虫羽化的影响

Fig. 4 Effect of a photoperiod shift from LD 12:12h to LD 14:10h at 25℃ at day 60 ($n=42$) on adult emergence of *V. ornatus*

恒定 LD 12:12h (○) 和 LD 14:10h (△) 的数据来源于图 1
The data for constant LD 12:12h (○) and LD 14:10h (△) are derived from Fig. 1

反方向转移,即从长日条件转移至短日条件,则与上述结果恰恰相反。25℃、LD 16:8h 饲养 60d 后,转移至 LD 12:12h,虽然部分个体于孵化后 60d 羽化为成虫,但大部分个体于孵化后 200d 后才开始羽化,成虫羽化极不整齐,若虫平均发育历期为 (246.2 ± 63.7) d ($n=15$), 与 LD 12:12h 无差别 (Mann-Whitney, U-test, $p >$

0.05),显著长于 LD 16:8h 的若虫发育历期(Mann-Whitney, U-test, $p < 0.001$)(图 6)。LD 16:8h 饲养 60d 后转移至 LD 14:10h,孵化后近 200d 成虫才开始羽化,若虫的平均发育历期为(270.6 ± 50.0) d ($n = 18$),与 LD 14:10h 无差异(Mann-Whitney, U-test, $p > 0.05$),较 LD 16:8h 若虫发育缓慢(Mann-Whitney, U-test, $p < 0.001$)(图 7)。同样,LD 14:10h 饲养 60d 后转移至 LD 12:12h,若虫的平均发育历期为(273.5 ± 50.2) d ($n = 19$),与 LD 14:10h 及 LD 12:12h 均无显著差异(Mann-Whitney, U-test, $p > 0.05$)(图 8)。上述结果清晰地表明,趋短的光周期变化与恒定光周期一样,维持若虫的缓慢发育,并导致成虫羽化的不同步。

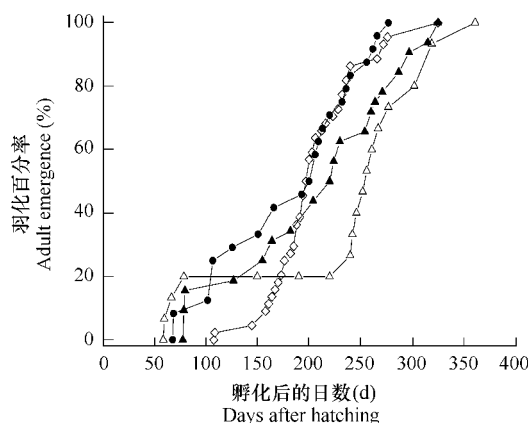


图 5 孵化后 30 d(▲, $n = 32$)、60 d(●, $n = 24$) 从 25℃、LD 14:10h 转移到 LD 16:8h 对丽斗蟋成虫羽化的影响

Fig. 5 Effect of a photoperiod shift from LD 14:10h to LD 16:8h at 25℃ at day 30 ($n = 32$)、60 ($n = 24$) on adult emergence of *V. ornatus*

恒定 LD 14:10h(△)和 LD 16:8h(◇)的数据来源于图 1 The data for constant LD 14:10h (△) and LD 16:8h (◇) are derived from Fig. 1

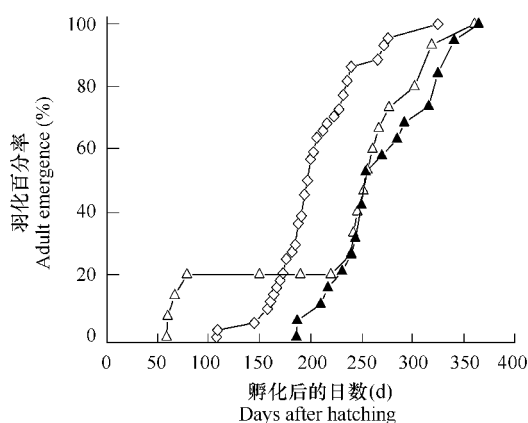


图 7 孵化后 60d(▲, $n = 18$) 从 25℃、LD 16:8h 转移到 LD 14:10h 对丽斗蟋成虫羽化的影响

Fig. 7 Effect of a photoperiod shift from LD 16:8h to LD 14:10h at 25℃ at day 60 (▲, $n = 18$) on adult emergence of *V. ornatus*

恒定 LD 14:10h(△)和 LD 16:8h(◇)的数据来源于图 1 The data for constant LD 14:10h (△) and LD 16:8h (◇) are derived from Fig. 1

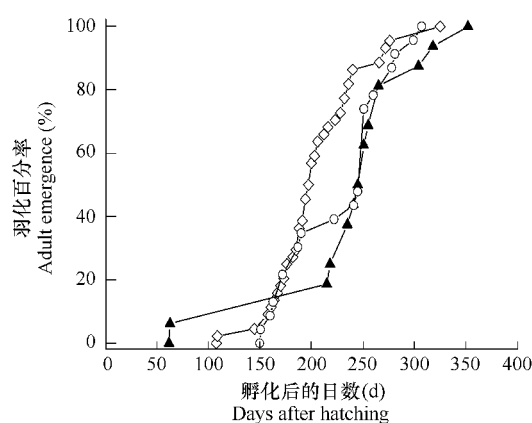


图 6 孵化后 60d(▲, $n = 15$) 从 25℃、LD 16:8h 转移到 LD 12:12h 对丽斗蟋成虫羽化的影响

Fig. 6 Effect of a photoperiod shift from LD 16:8h to LD 12:12h at 25℃ at day 60 ($n = 15$) on adult emergence of *V. ornatus*

恒定 LD 12:12h(○)和 LD 16:8h(◇)的数据来源于图 1 The data for constant LD 12:12h (○) and LD 16:8h (◇) are derived from Fig. 1

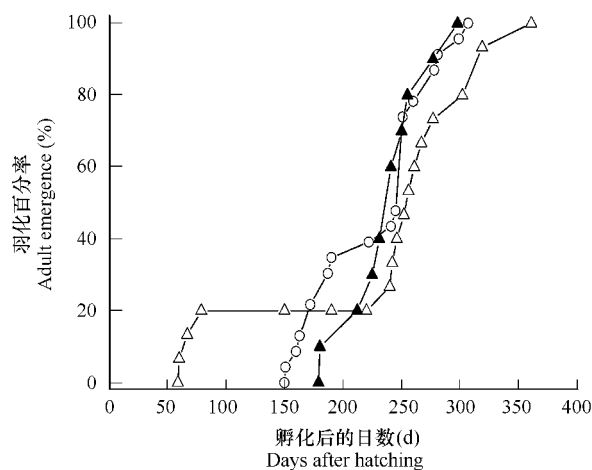


图 8 孵化后 60 d(▲, $n = 19$) 从 25℃、LD 14:10h 转移到 LD 12:12h 对丽斗蟋成虫羽化的影响

Fig. 8 Effect of a photoperiod shift from LD 14:10h to LD 12:12h at 25℃ at day 60 (▲, $n = 19$) on adult emergence of *V. ornatus*

恒定 LD 12:12h(○)和 LD 14:10h(△)的数据来源于图 1 The data for constant LD 12:12h (○) and LD 14:10h (△) are derived from Fig. 1

30℃、LD 12:12h 饲养 10、20、50 和 80d 天后转移至 30℃、LD 16:8h,若虫平均发育历期分别为(58.3 ± 14.4)d($n=44$)、(48.4 ± 21.0)d($n=57$)、(82.8 ± 3.2)d($n=67$)和(104.6 ± 6.8)d($n=47$),显著短于 LD 12:12h 条件下的若虫发育历期(Mann-Whitney, U-test, $p < 0.001$),其中 10、20d 转移的若虫发育甚至快于 LD 16:8h 条件下的若虫发育(Mann-Whitney, U-test, $p < 0.001$),可见变化光周期后对若虫发育起明显的促进作用,而且,成虫羽化也更趋整齐(图 9)。30℃、LD 16:8h 饲养 10、30、50d 后转移至 LD 12:12h,若虫发育受到不同程度的抑制(图 10)。孵化后 10d 转移,1 个体于孵化后 45d 羽化为成虫,其余个体若虫发育明显受到抑制,若虫平均发育历期为(130 ± 26.4)d,显著长于相同温度条件下 LD 16:8h 的若虫发育历期(Mann-Whitney, U-test, $p < 0.001$),而与相同温度条件下 LD 12:12h 的(141 ± 19.1)d 相近(图 10、图 2)。孵化后 30d 或 50d 转移,成虫分别于孵化后 41 和 46d 开始羽化,70d 前后 50% 左右的个体羽化为成虫,这部分个体的发育与 LD 16:8h 相近,但是,其他个体与相同温度条件下 LD 12:12h 的个体一样,发育受到明显的抑制(图 10)。可见 30℃ 的温度条件下,变化光周期对丽斗蟋若虫发育的影响与 25℃ 揭示的现象基本相同,从短日条件向长日条件转移,促进若虫的发育,提高成虫羽化的同步性,反方向的转移则抑制其若虫发育,延缓成虫羽化。

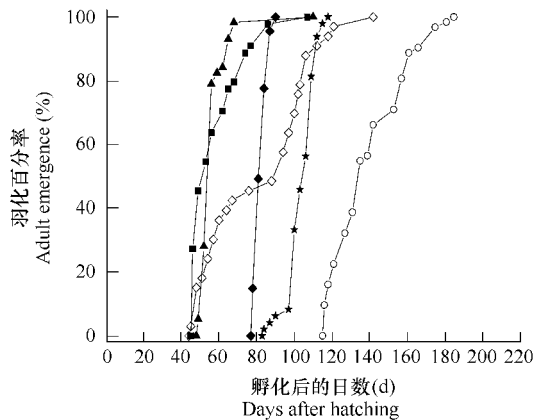


图 9 孵化后 10d (■, $n=44$)、20d (▲, $n=57$)、50d (◆, $n=67$) 和 80d (★, $n=47$) 从 30℃、LD 12:12h 转移到 LD 16:8h 对丽斗蟋成虫羽化的影响

Fig. 9 Effect of a photoperiod shift from LD 12:12h to LD 16:8h at 30℃ at day 10 (■, $n=44$), 20 (▲, $n=57$), 50 (◆, $n=67$) and 80 (★, $n=47$) on adult emergence of *V. ornatus*

恒定 LD 12:12h (○) 和 LD 16:8h (◇) 的数据来源于图 2

The data for constant LD 12:12h (○) and LD 16:8h (◇) are derived from Fig. 2

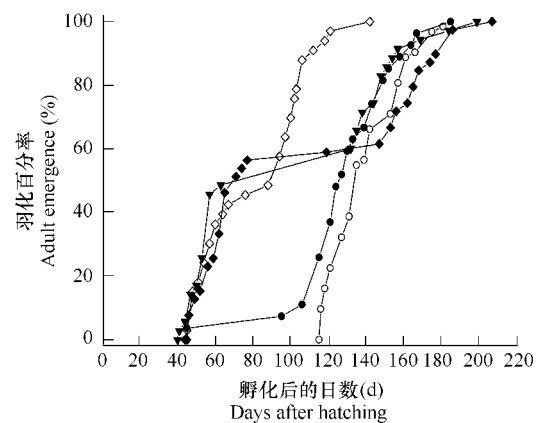


图 10 孵化后 10d (●, $n=27$)、30d (▼, $n=35$) 和 50d (◆, $n=40$) 从 30℃、LD 16:8h 转移到 LD 12:12h 对丽斗蟋成虫羽化的影响

Fig. 10 Effect of a photoperiod shift from LD 16:8h to LD 12:12h at 30℃ at day 10 (●, $n=27$), 30 (▼, $n=35$) and 50 (◆, $n=40$) on adult emergence of *V. ornatus*

恒定 LD 12:12h (○) 和 LD 16:8h (◇) 的数据来源于图 2

The data for constant LD 12:12h (○) and LD 16:8h (◇) are derived from Fig. 2

2.3 野外虫态调查

图 11 为 2006 年 4 月所采集丽斗蟋标本的头幅频度分布,在所采集的标本中既有成虫也有若虫。这一结果表明,丽斗蟋以若虫越冬,春天来临之后开始羽化为成虫。

3 讨论

栖息于温带、亚热带的昆虫一般具有明显的光周期反应,通过随季节变化的光周期调控其生活史。光周期反应模式因昆虫种类的不同而存在差异,可划分为 3 种类型,即长日型、短日型及中间日照型。丽斗蟋在 25℃ 温度条件下,无论是恒定长日条件,短日条件或还是中间日照条件,若虫发育均极其缓慢,成虫羽化也极不整齐,不同光周期条件下的若虫发育历期无显著差异(图 1),可见丽斗蟋的光周期反应不属于上述 3 种类型。无论是 25℃,还是 30℃ 的温度条件下,自短日条件(LD 12:12h)向长日条件(LD 16:8h)变化光周期,均能促进丽斗蟋的若虫发育,加快成虫羽化(图 3、图 9)。而反方向的光周期变化则维持其若虫的缓慢发育,抑制

成虫的羽化(图 6、图 10)。很显然,丽斗蟋的若虫发育主要以光周期的变化为季节信号,通过变化光周期调控其若虫发育。丽斗蟋 1 年发生 1 代,以若虫越冬,春季羽化为成虫(图 11)。自然界光周期随季节的变化而变化,秋季光周期逐渐缩短,抑制丽斗蟋若虫发育,春季光周期逐渐延长,促进其若虫发育,使成虫快速、整齐地羽化。这种通过变化光周期调控昆虫发育的现象也存在于其他种类,如一种蟋蟀 *P. nitidus* 不管是在恒定长日条件还是短日条件下若虫发育都较慢,而将其若虫从长日条件转移至短日条件,若虫进入滞育,反方向的转移若虫则会快速发育,羽化为成虫^[6]。日本歪尾蟋 *Symploce japonica*^[8] 长日条件或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若虫的发育。

另外,25℃、LD 12:12h 转移至 LD 14:10h 能促进丽斗蟋若虫发育,使成虫快速羽化(图 4),而 LD 14:10h 转移至 LD 16:8h 则对其若虫发育无明显的促进作用(图 5)。因此,可以认为丽斗蟋若虫发育的促进不但与光周期的变化有关,还与其若虫是否经历冬季的短日条件密切相关。

30℃ 的温度条件下,长日条件的成虫羽化虽然快于短日条件,但成虫羽化依然不整齐,从成虫开始羽化至全部个体羽化为成虫经历的时间仍较长(图 2),可见一部分个体的若虫发育受到了抑制,这可以从 LD 12:12h 向 LD 16:8h 转移的实验得到验证(图 9)。30℃ 饲养 30、50d 后自 LD 16:8h 向 LD 12:12h 转移,成虫羽化明显可划分为 2 个阶段(图 10),可能由于在 30℃ 的温度条件下,丽斗蟋若虫发育较快,个体间发育存在差异。发育快的个体,在转移时已接近羽化,特别是孵化后 50d 转移个体在转移前已有成虫羽化,因此这部分个体在转移至短日条件之后也不会对其若虫发育产生抑制作用,从而快速羽化。而发育较慢的若虫在转移时还处于中低龄阶段,改变光周期条件后,短日条件对其若虫发育产生了抑制作用,从而延迟成虫羽化。

References:

- [1] Tanaka S, Arai T, Tanaka K. Nymphal development, diapause and cold-hardiness in a nymph-overwintering cricket. *Entomological Science*, 1999, 2(2):173-182.
- [2] Wang X G, Chen J A, He J H. Study on diapause of the striped rice borer(*Chilo suppressalis* Walker). *Journal of Zhejiang Agricultural university*, 1993, 19(2):170-174.
- [3] Masaki S, Sugahara T. Photoperiodic control of larval development and wing form in *Modicogryllus* sp (Orthoptera: Gryllidae). *Ecological Research*, 1992, 7:25-30.
- [4] Zhu D H, Tanaka S. Summer diapause and nymphal growth in a subtropical cockroach: response to changing photoperiod. *Physiological Entomology*, 2004, 29:78-83.
- [5] Masaki S. Climatic adaption and photoperiodic response in the band-legged ground cricket. *Evolution*, 1973, 26:587-600.
- [6] Tanaka S. Effects of changing photoperiod on nymphal development in *Pteronemobius nitidus* Bolivar (Orthoptera, Gryllidae). *Kontyu*, 1978, 46:135-151.
- [7] Yin H S, Liu X W. The classified abstract of Gryllotalpidae and Gryllidae. Shanghai:Shanghai Science and Technology Press. 1995.
- [8] Tanaka S, Zhu D H. Presence of three diapause in a subtropical cockroach: control mechanism and adaptive significance. *Physiological Entomology*, 2003, 28:323-330.

参考文献:

- [2] 汪信庚,程家安,何俊华. 二化螟滞育的研究. *浙江农业大学学报*, 1993, 19(2):170-174.
- [7] 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.

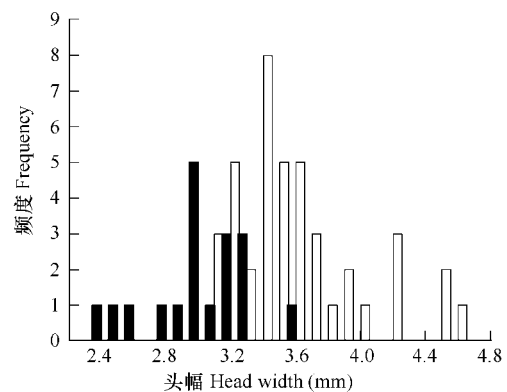


图 11 2006 年 4 月 29 日田间采丽斗蟋若虫(实心柱)和成虫(空心柱)头幅频度分布

Fig. 11 Distribution in head width frequency of nymphs (Closed bars) and adults (Open bars) of *V. ornatus* collected on 29 April 2006