

黄杨绢野螟滞育诱导及光温反应^{*}

肖海军¹ 辛洪芹² 朱杏芬¹ 薛芳森^{1**}

(1. 江西农业大学昆虫研究所 南昌 330045; 2. 南昌工程学院图书馆 南昌 330099)

摘要 为了探讨黄杨绢野螟 *Diaphania perspectalis* (Walker) 越冬滞育特性,在自然条件与室内恒温下对黄杨绢野螟滞育诱导的光周期反应与光敏感龄期进行了研究。结果表明:该虫的光周期反应属于长光照反应型,短光照是引起黄杨绢野螟幼虫滞育的主要因子。幼虫的光周期反应对温度敏感,在恒温 25 ℃ 和 28 ℃ 条件下,诱导滞育的临界光周期分别为 13 h 36 min 和 12 h 50 min。在日平均温度为 26.7 ℃ 条件下,诱导滞育的临界光周期为 13 h 40 min。在恒温 25 ℃ 条件下的滞育敏感虫龄试验表明 2~3 龄幼虫即孵化后 4~9 d 的幼虫对光周期反应最敏感。

关键词 黄杨绢野螟,滞育,光周期,温度,敏感虫龄

Photoperiod and temperature response of diapause induction in *Diaphania perspectalis* (Lepidoptera: Pyralidae)

XIAO Hai-Jun¹ XIN Hong-Qin² ZHU Xing-Fen¹ XUE Fang-Sen^{1**}

(1. Institute of Entomology, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China;

2. Nanchang Institute of Technology Library, Nanchang 330099, China)

Abstract In order to study the over-wintering diapause characteristics of *Diaphania perspectalis* (Walker), the photoperiodic response of diapause induction and the photosensitive larval stage were investigated under natural and constant temperature conditions. The results showed that the photoperiodic response is a long day response type and that short day-length is the most important factor for the induction of larval diapause. The photoperiodic response in this moth is temperature sensitive, under constant temperatures of 25 ℃ and 28 ℃, the critical day-length was 13 h 36 min and 12 h 50 min, respectively. Under a daily mean temperature of 26.7 ℃, the critical day-length was 13 h 40 min. Experiments at a constant temperature of 25 ℃ showed that larvae are sensitive to photoperiod mainly during the 2nd to 3rd larval instar, which is from four to nine days after hatching.

Key words *Diaphania perspectalis*, diapause, photoperiod, temperature, sensitive stage

黄杨绢野螟 *Diaphania perspectalis* (Walker) 隶属鳞翅目 Lepidoptera, 螟蛾科 Pyralidae, 野螟亚科 Pynaustinae, 绢野螟属 *Diaphania*, 幼虫是多种黄杨 (*Buxus* spp.) 的重要食叶害虫 (王平远, 1980; 章士美和赵泳祥, 1996)。该虫以幼虫群集吐丝缀叶结网, 取食叶片, 嫩梢、嫩叶, 受害叶梢枯黄, 严重时整株树叶被食殆尽, 甚至造成大量植株枯死 (杨怀光等, 1992)。国内对黄杨绢野螟的地理分布 (章士美和赵泳祥, 1996)、生物学特性 (唐旻昱, 1993; 陈汉林等, 2005)、空间分布 (陈学英等, 1993; 黄秋嫫等, 2009)、生活史 (徐海莲和梁作, 2001)、危害、

发生规律 (史洪中和胡孔峰, 2007) 和综合防治措施 (彭以坤和田志茹, 1994; 黄家德和黎天山, 2001; 周玮等, 2005) 等方面均有相关研究和报道。但对黄杨绢野螟越冬滞育的研究较少, 且不少文献之间存在差异。仅在该虫越冬的虫龄观察方面, 不同地理种群的观察结果从 1~2 龄幼虫到老熟幼虫均有报道, 如: 山东临沂种群以 1~2 龄幼虫在寄主梢部嫩叶吐丝缀叶结茧越冬 (杨怀光等, 1992); 上海种群则是以 2~3 龄幼虫越冬 (唐旻昱, 1993); 在河南信阳以 2~3 龄幼虫在寄主两张叶片构成的巢内越冬 (史洪中和胡孔峰, 2007); 四

* 资助项目: 国家自然科学基金项目 (30900946)、江西农业大学博士科研启动基金项目 (2678)。

** 通讯作者, E-mail: xue_fangsen@hotmail.com

收稿日期: 2010-02-28, 接受日期: 2010-08-09

川南充种群以 3 龄幼虫越冬(彭以坤和田志茹, 1994);浙江丽水种群各代以 3~4 龄幼虫缀叶结薄茧在枝条上越冬(余德松和冯福娟, 2006);江西吉安种群以 3~4 龄幼虫在寄主上结茧越冬(徐海莲和梁作, 2001);在广西桂林该虫每年发生 5 代, 以老熟幼虫在叶苞茧内越冬(黄家德和黎天山, 2001)。

滞育是昆虫在长期进化过程中形成的适应环境的一种适应特性,是由遗传决定的发育减缓的状态,也是昆虫生活周期与季节变化保持一致的一种基本手段,滞育的表达通常受环境因子(光周期、温度等)的调控(Tauber *et al.*, 1986; Danks, 1987; Saunders, 2002)。昆虫滞育光周期诱导反应试验是将一个昆虫种群,在其光敏感阶段或整个生长发育阶段饲养在不同光周期下,按照种群进入滞育的比率形成光周期反应曲线即光周期反应曲线,利用光周期反应曲线可以确定临界日长或临界暗长(critical day length or critical night length),即诱导昆虫种群 50% 个体进入滞育的光周期界限。当日长低于或高于临界光周期时,大多数个体会被诱导进入滞育(肖海军等, 2004)。明确昆虫滞育光周期反应的临界光周期和光周期反应的敏感时期对于害虫综合防治和益虫保护利用均具有重要意义。鉴于目前对黄杨绢野螟越冬生物学的研究仅局限于对有关生活史和越冬虫龄的观察报道,且光温条件对滞育诱导的作用仍不明确,本文在不同恒温条件和自然变温条件下测试了该虫滞育诱导的光周期反应和光敏感虫龄,现将研究结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 试验虫源和饲养方法

2008 年 3 月下旬在江西农业大学农学院实验大楼前的小叶黄杨植株上采集的大龄越冬幼虫,室内用养虫笼(30 cm × 30 cm × 45 cm)饲养,每天更换小叶黄杨新鲜枝条,待其化蛹。羽化后的成虫放入养虫笼内,配以小叶黄杨嫩枝和 10% 的蜂蜜水,让其自由交尾、产卵,每天更换黄杨新枝,并检查产卵情况。产卵后将每天收集的卵,放入培养皿中,观察记载卵块颜色的变化和幼虫的孵化情况。幼虫孵化后,即转入 15 cm × 10 cm 的圆形塑料养虫盒内饲养,每盒接虫数不少于 50 头,每天饲以嫩叶并观察记载幼虫生长发育情况。每处

理重复 2~3 次。恒温试验均在 LRH-250-GS 光照培养箱中进行,光期光照强度为 500~700 lx,温度变幅为 ± 0.5 °C,湿度维持在 70%~80%,所有暗期处理均采用双层黑布袋人工遮光。

1.2 试验方法

1.2.1 光周期诱导的滞育反应与临界光周期

在 25 °C 和 28 °C 恒温,日平均温度 26.7 °C(为周计温度仪每天 2:00、8:00、14:00、20:00 所记录的温度平均值)自然变温条件下,分别设 L:D = 10:14、L:D = 11:13、L:D = 12:12、L:D = 13:11、L:D = 14:10、L:D = 15:9 和 L:D = 16:8 的光周期处理,观察黄杨绢野螟幼虫滞育的发生情况,并测定临界光周期。

1.2.2 光周期诱导的滞育敏感虫龄

光周期滞育诱导结果表明,在温度 25 °C 条件下,短光照 L:D = 10:14 诱导的滞育率最高,长光照 L:D = 15:9 诱导的滞育率最低。因此在 25 °C 恒温下采用诱导滞育的短光照 L:D = 10:14(以“S”表示)和滞育抑制的长光照 L:D = 15:9(以“L”表示)进行组合测试(表 1)。即以长光照 L:D = 15:9 为背景,分别处理 3、5、6、7、8、9、11、13、15 d 后,再转短光照 L:D = 10:14 下处理(表 1:i~ix);以短光照 L:D = 10:14 为背景,分别处理 3、5、6、7、8、9、11、13、15 d 后,再转长光照 L:D = 15:9 下处理(表 1:i~ix),观察滞育发生的变化,从而判断对光周期反应最敏感的龄期。

1.2.3 滞育判断 黄杨绢野螟的滞育幼虫非常容易判断,幼虫生长至 3 龄时,滞育个体停止长大,体呈黄褐色,幼虫吐丝缀两叶成苞,在苞内结质地细致的薄茧成巢,并停止取食;非滞育个体则继续生长,体色为黄绿色,取食量大。

1.3 数据处理

滞育率平均值采用 Stata 软件计算。

2 结果与分析

2.1 光周期诱导的滞育反应与临界光周期

黄杨绢野螟滞育诱导的光周期反应曲线显示了该虫的光周期反应属于长光照反应型(图 1)。在恒温 25 °C、10~13 h 短光照诱导下,接近 100% 个体滞育。日平均温度为 26.7 °C 时,10 和 11 h 的短光照分别诱导 56.1% 和 71.9% 的个体滞育,12 和 13 h 的短光照则诱导 100% 的个体滞育;而当光照时数 ≥ 14 h 时,长光照诱导的滞育率由

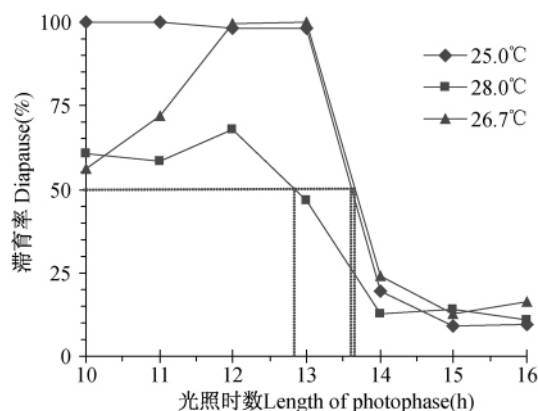


图1 黄杨绢野螟在恒温 25℃、28℃和日平均温度 26.7℃下滞育诱导的光周期反应曲线
(各点样本数为 110~225)

Fig. 1 Photoperiodic response curves of induction of diapause in *D. perspectalis* at constant temperature of 25.0℃, 28.0℃ and daily mean temperature of 26.7℃ ($n = 110 - 225$)

100% 迅速降至 10%~24% 之间。在恒温 28℃ 条件下, 10~12h 的短光照处理滞育率为 58.3%~67.7%, L:D = 13:11 诱导时 46.4% 的个体滞育, 光照时数 ≥ 14 h 时, 滞育率降至 10%~14% 之间。因此, 在恒温 25℃ 和 28℃ 条件下, 黄杨绢野螟诱导滞育的临界光周期分别为 13 h 36 min 和 12 h 50 min。在日平均温度为 26.7℃ 条件下, 诱导滞育的临界光周期为 13 h 40 min。

2.2 光周期诱导的滞育敏感虫龄

从表 1 可以看出, 黄杨绢野螟的滞育率与幼虫经历的长光照 (L:D = 15:9) 或短光照 (L:D = 10:14) 的处理天数有关。随着在长光照处理天数的增加, 滞育率逐渐降低。如幼虫孵化后前 3 天在 L:D = 15:9 处理后转至 L:D = 10:14 处理, 有 90.9% 的个体进入滞育, 幼虫孵化后前 5 天在 L:D = 15:9 处理时滞育率下降到 48.9%; 长光照 (L:D = 15:9) 处理天数大于 6 d 时滞育率下降至 10% 左右。相反, 随着在短光照 (L:D = 10:14) 处理天数的增加其滞育率也逐渐增加, 幼虫孵化后前 5 天在短光照 L:D = 10:14 处理时滞育率约为 10%, 处理 6 d 滞育增加至 30.6%, 处理大于 11 d 时滞育率增加至 70% 以上。对比试验的试验结果显示, 黄杨绢野螟 2~3 龄幼虫即孵化后 4~9 d 对光周期信息的反应最敏感。

3 讨论

目前, 昆虫滞育诱导的光周期反应共有长光照、短光照、短光照-长光照与中间型 4 种光周期反应类型 (Beck, 1980)。光周期反应最重要的特性是了解它们的临界光周期 (CNL 或 CDL), 是分析昆虫光周期反应类型的依据, 也可作为分析昆虫光周期钟性质的参考 (Saunders, 2002)。在不同温度条件下, 昆虫滞育诱导的光周期反应分为温度补偿型和温度敏感型两种。温度补偿的光周期反应是指在昆虫生长发育的生态温度范围内, 滞育的诱导强度取决于光周期, 而受温度的影响较小, 特别是对临界日长影响较小。如: 环带锦斑蛾 *Pseudopidorus fasciata* 和二化螟 *Chilo suppressalis* 在 22~28℃ 的温度范围内的光周期反应曲线相似, 临界日长均约为 13.5 h (Wei et al., 2001; Xiao et al., 2010)。温度敏感的光周期反应是指温度对光周期诱导的滞育有较大影响, 特别对临界日长影响较大。如中红侧沟茧蜂 *Microplitis mediator*、丝带凤蝶 *Sericanus montelus* 和黑纹粉蝶 *Pieris melete*, 高温则会明显抑制滞育的诱导 (Li et al., 2008; Wang et al., 2009; Xiao et al., 2009)。本文研究表明, 黄杨绢野螟光周期诱导滞育反应的曲线属长光照反应型, 短光照是引起黄杨绢野螟幼虫滞育的主要因子, 且光周期诱导的滞育反应对温度敏感。在恒温 25℃ 和 28℃ 条件下, 诱导滞育的临界光周期分别为 13 h 36 min 和 12 h 50 min。在日平均温度为 26.7℃ 条件下, 诱导滞育的临界光周期为 13 h 40 min。

黄杨绢野螟在国内主要分布于上海、广东、广西、贵州、青海、陕西、河北、湖北、湖南、四川、浙江、江苏、山东、西藏、安徽、江西、福建等地 (章士美和赵泳祥, 1996)。由北往南其年发生世代数逐渐增加, 均以幼虫越冬, 而越冬幼虫的虫龄在各地不同的原因可能是由于幼虫被短光照诱导进入滞育后, 脱皮次数增加所致, 即 3 龄滞育幼虫是其越冬的原始虫龄。因该虫由光周期诱导的滞育对温度反应敏感, 28℃ 左右近 30% 的个体仍继续发育, 即在较温暖年份的秋季只要成虫能成功羽化, 产卵后即使温度下降仍可发育至 3 龄并越冬, 因而有可能多繁殖一代。黄杨绢野螟的寄主植物黄杨类均是常绿灌木或小乔木, 枝叶繁茂, 四季常青, 可保证该虫有适宜的饲料条件, 这可能是由北向

表 1 黄杨绢野螟在 25 °C LD15:9 (或 LD10:14) 处理不同天数后转至 LD10:14 (或 LD15:9) 下滞育的发生
Table 1 The incidence of diapause in *D. perspectalis* at 25 °C larvae were reared at LD 15:9 for different number of cycles and then transferred to LD 10:14 or vice versa

处理 Treatment	长光照与短光照转换 Conversion between long day and short day treatment															滞育率% (虫数) Diapause % (N)
1	L	L	L	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	90.9±2.0 (102)
2	L	L	L	L	L	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	48.9±6.4 (94)
3	L	L	L	L	L	L	S	S	S	S	S	S	S	S	S	3.6±0.5 (171)
4	L	L	L	L	L	L	L	S	S	S	S	S	S	S	S	15.4±5.6 (89)
5	L	L	L	L	L	L	L	L	S	S	S	S	S	S	S	5.0±0.2 (202)
6	L	L	L	L	L	L	L	L	L	S	S	S	S	S	S	13.0±1.8 (184)
7	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	S	S	S	S	8.6±2.3 (144)
8	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	S	S	6.3±1.1 (184)
9	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	9.2±0.4 (196)
i	S	S	S	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	14.0±2.7 (80)
ii	S	S	S	S	S	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	6.0±1.7 (99)
iii	S	S	S	S	S	S	L	L	L	L	L	L	L	L	L	30.6±2.7 (143)
iv	S	S	S	S	S	S	S	L	L	L	L	L	L	L	L	54.1±5.0 (123)
v	S	S	S	S	S	S	S	S	L	L	L	L	L	L	L	53.9±2.8 (198)
vi	S	S	S	S	S	S	S	S	S	L	L	L	L	L	L	67.3±2.7 (88)
vii	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	L	L	L	L	70.7±4.0 (142)
viii	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	L	L	76.3±4.8 (137)
ix	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	100.0±0.0 (153)
	1 龄 1 st instar			2 龄 2 nd instar			3 龄 3 rd instar			4 龄 4 th instar			5 龄 5 th instar			

注:表中数据为平均值±标准误(观察虫数),L:长光照 L:D=15:9处理 S:短光照 L:D=10:14处理,每一格为1d,每行黑白交接处表示长光照与短光周期之间进行转换。

Dates in the table are means ± SE (number of larvae observed). L: long day (L:D=15:9) treatment S: short day (L:D=10:14) treatment. Every lattice indicates 1 day photoperiod cycle, black and white alternate indicateds the conversion between long day and short day treatment.

南年发生代数逐渐增加的主要原因。此外,黄杨绢野螟1~3代幼虫均有部分个体滞育,并与第4代幼虫一起越冬(陈汉林等,2005)。在本研究设置的光周期反应和温度处理中,均有不同比率进入滞育的个体,因此,黄杨绢野螟的滞育特性较复杂。

昆虫感应光周期的敏感阶段往往因种类不同而有很大差异,以幼虫滞育的昆虫敏感期可出现在整个幼虫期、也可出现在1至2个龄期(肖海军等,2004)。如在25 °C下环带锦斑蛾 *Pseudopidorus fasciata* 光敏感期出现在幼虫孵化后的前9天(Xue and Kallenborn, 1998)。以老熟幼虫滞育越冬的二化螟 *C. suppressalis* 对光周期最敏感的阶段出现在3龄幼虫期(Xiao et al., 2010)。以末龄幼

虫滞育越冬的蚜虫寄生蜂 *Aphidius ervi* 在幼虫二龄时对光周期最敏感(Christiansen-Weniger and Hardie, 1999)以预蛹滞育的中红侧沟茧蜂 *Microplitis mediator* 2龄幼虫的第5~8天为敏感期(李文香等,2008)。本文研究表明,以3龄幼虫滞育越冬的黄杨绢野螟在孵化后4~9d即2~3龄幼虫期为光照反应的最敏感期。

参考文献 (References)

- Beck SD, 1980. Insect Photoperiodism. Second Edition. Academic Press, New York. 387.
- 陈汉林,高樟贵,周健敏,陈惠明,2005.黄杨绢野螟的生物学研究.江西植保 28(1): 1—4.
- 陈学英,张忠,张云霞,1993.黄杨绢野螟空间分布型、生物学及防治的研究.林业科学 29(1): 77—80.

- Christiansen-Weniger P, Hardie J, 1999. Environmental and physiological factors for diapause induction and termination in the aphid parasitoid, *Aphidius ervi* (Hymenoptera: Aphidiidae). *J. Insect Physiol.* 45(4): 357—364.
- Danks HV, 1987. Insect Dormancy: An Ecological Perspective. Biological Survey of Canada, Ottawa. 439.
- 黄秋嫻, 卜志国, 侯晓杰, 苏筱雨, 王志刚, 2009. 黄杨绢野螟发生特点及幼虫空间分布型研究. 安徽农业科学, 37(16): 7531—7533.
- 黄家德, 黎天山, 2001. 黄杨绢野螟的生物学特性及防治方法. 广西植保, 14(3): 10—11.
- Li WX, Li JC, Coudron TA, Lu XY, Pan WL, Liu XX, Zhang QW, 2008. Role of photoperiod and temperature in diapause induction of endo parasitoid wasp *Microplitis mediator* (Hymenoptera: Braconidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 101(3): 613—618.
- 李文香, 李建成, 路子云, 刘小侠, 张青文, 2008. 中红侧沟茧蜂滞育临界光周期和敏感光照虫态的测定. 昆虫学报, 51(6): 635—639.
- 彭以坤, 田志茹, 1994. 城市黄杨绢野螟的生物学及综合治理研究. 西南农业大学学报, 16(5): 448—452.
- Saunders DS, 2002. Insect Clocks. Third edition. Pergmon Press, Oxford. 297.
- 史洪中, 胡孔峰, 2007. 黄杨绢野螟的发生规律及防治技术. 湖北农业科学, 46(1): 76—78.
- 唐旻昱, 1993. 黄杨绢野螟生物学特性、发育起点和有效积温测定及在防治上应用. 昆虫知识, 30(6): 350—353.
- Tauber MJ, Tauber CA, Masaki S, 1986. Seasonal Adaptations of Insect. Oxford University Press, New York and Oxford. 411.
- 王平远, 1980. 中国经济昆虫志, 第二十一册. 北京: 科学出版社. 155.
- Wang XP, Yang QS, Zhou XM, Xu S, Lei CL, 2009. Effects of photoperiod and temperature on diapause induction and termination in the swallowtail, *Sericanus montelus*. *Physiol. Entomol.* 34(2): 158—162.
- Wei XT, Xue FS, Li AQ, 2001. Photoperiodic clock of diapause induction in *Pseudopidorus fasciata* (Lepidoptera: Zygaenidae). *J. Insect Physiol.* 47(12): 1367—1375.
- Xiao HJ, Mo FC, Zhu XF, Xue FS, 2010. Diapause induction, maintenance and termination in the rice stem borer *Chilo suppressalis* (Walker). *J. Insect Physiol.* 56(11): 1558—1564.
- 肖海军, 魏晓棠, 黄丽莉, 薛芳森, 2004. 昆虫滞育诱导的光周期反应类型. 江西农业大学学报, 26(6): 867—873.
- Xiao HJ, Wu XF, Wang Y, Zhu XF, Xue FS, 2009. Diapause induction and clock mechanism in the cabbage butterfly *Pieris melete* Ménétriés. *J. Insect Physiol.* 55(5): 488—493.
- 余德松, 冯福娟, 2006. 黄杨绢野螟生物学特性及其防治. 浙江林业科技, 26(6): 47—50.
- 杨怀光, 李吉振, 郝为全, 孟庆庭, 1992. 黄杨绢野螟生物学特性及防治研究. 山东林业科技, 21(2): 56—58.
- 徐海莲, 梁作, 2001. 黄杨绢野螟的生活史及其防治简报. 江西植保, 24(1): 17—19.
- Xue FS, Kallenborn HG, 1998. Control of summer and winter diapause in *Pidorus euchromioides* (Lepidoptera: Zygaenidae) on Chinese *Symplocos chinensis*. *Bull. Entomol. Res.* 88(2): 207—211.
- 章士美, 赵泳祥, 1996. 中国农林昆虫地理分布. 北京: 中国农业出版社. 216.
- 周玮, 夏彩云, 孙兴全, 朱兵, 刘晓平, 刘志诚, 王焱, 2005. 黄杨绢野螟的生物学特性及其防治. 上海交通大学学报, 23(1): 52—57.