应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2014, 51(5): 1268−1273. DOI: 10.7679/j.issn.2095−1353.2014.150

光周期对小地老虎生长发育及繁殖的影响*

褚艳娜** 王 琼 李静雯 张青文 刘小侠***

（中国农业大学农学与生物技术学院，北京 100193）

摘 要 【目的】探明光周期对小地老虎 *Agrotis ypsilon* (Rottemberg) 生长发育及繁殖的影响。【方法】在实验条件下观察了 5 个光周期（0L∶24D，8L∶16D，12L∶12D，16L∶8D 和 24L∶0D）下小地老虎的生长发育和繁殖情况。【结果】随着光照时间增加，小地老虎生长速度加快，发育历期缩短，孵化率、存活率、羽化率、产卵量先增大后降低。其卵、幼虫、蛹和成虫的最适光周期分别为 12L∶12D 或 16L∶8D、16L∶8D、0L∶24D 以及 12L∶12D。综合来说，光周期 16L∶8D 最适合小地老虎的生长发育。【结论】研究结果初步揭示了不同光周期对小地老虎生长发育及繁殖状况存在显著的影响，并且不同虫态对光周期变化也呈现不同的变化规律。

关键词 小地老虎，光周期，生长发育，繁殖

Effects of photoperiod on the development and reproduction of *Agrotis ypsilon*

CHU Yan-Na** WANG Qiong LI Jing-Wen ZHANG Qing-Wen LIU Xiao-Xia***

(College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultrue University, Beijing 100193, China)

Abstract [Objectives] To understand the effects of photoperiod on the development and reproduction of the black cutworm, *Agrotis ypsilon* (Rottemberg). **[Methods]** The development and reproduction of the black cutworm kept under 5 different photoperiods (0L∶24D, 8L∶16D, 12L∶12D, 16L∶8D, 24L∶0D) were observed under laboratory conditions. **[Results]** The growth of the black cutworm accelerated, and the developmental duration shortened, with increasing photoperiod, whereas hatchability, survival rate, eclosion rate and average fecundity first increased then decreased. The optimum photoperiods for eggs, larvae, pupae and adults were 12L∶12D or 16L∶8D, 16L∶8D, 0L∶24D and 12L∶12D, respectively. Generally, 16L∶8D was the optimum photoperiod for the development of the black cutworm. **[Conclusion]** Photoperiod had significant effects on the development and reproduction of the black cutworm, and different developmental stages had different responses to various photoperiods.

Key words *Agrotis ypsilon*, photoperiod, growth and development, reproduction

小地老虎 *Agrotis ypsilon*（Rottemberg）属于鳞翅目夜蛾科，别名土蚕、地蚕、黑土蚕、黑地蚕、地剪、切根虫等，异名 *Noctua ypsilon*，是地老虎中分布最广、危害最重、普遍发生的种

* 资助项目：行业公益性科研专项（201003025）

**E-mail: chuyanna1@163.com

***通讯作者，E-mail: liuxiaoxia611@cau.edu.cn

收稿日期：2013-10-23，接受日期：2014-06-20

类。其寄主范围十分广泛,不仅为害玉米、高粱、谷子、糜子、麦类、棉花、烟草、马铃薯、甘薯、芝麻、豆类、向日葵、苜蓿、麻类等农作物和各种蔬菜,而且为害果树、林木、花卉等苗木和各种野生杂草(魏鸿钧等,1989)。小地老虎以第1代幼虫的危害最大,1~2龄幼虫取食作物心叶或嫩叶,3龄以上幼虫咬断作物幼茎、叶柄,严重时造成缺苗断垄,甚至毁种重播(仵均祥,2002)。此外,幼虫还可钻蛀为害茄子、辣椒的果实以及大白菜、甘蓝的叶球(赵永根等,2007),引起产品腐烂,从而影响商品的质量。近年来该虫在我国的发生危害日趋严重,对农作物产量造成严重威胁(姜海洲等,2001;周群英,2004;崔苗青,2005;张俊斌,2005;邹宗成等,2007;张东霞和吴旭洲,2008)。

光周期对于昆虫主要起一种信息作用(Beck,1980)。昆虫的生活史、滞育特性、世代交替、成虫的迁飞等均与光周期有关(徐金汉等,2002)。目前,国内有许多学者研究了光周期对鳞翅目夜蛾科其它昆虫生长发育的影响,如:棉铃虫 *Helicoverpa armigera*(Hübner)、甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua*(Hübner)、粘虫 *Mythimna separata*(Walker)、黑纹粉蝶 *Pieris melete* Ménétriès、桃小食心虫 *Carposina nipponensis* Walsingham、枯叶蛱蝶 *Kallima inachus* Doubleday、亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis*(Guenée)、毛健夜蛾 *Brithys crini*(Fabricius)等(黄可训等,1976;王承纶等,1980;薛芳森等,1996;蒋明星和张孝羲,1998;徐金汉等,2002;易传辉等,2008;刘金平等,2011;涂小云等,2013),但尚未见小地老虎的相关报道。

本研究通过室内行为学实验,探索5种不同光周期对小地老虎幼虫、成虫、蛹及卵的多项生长发育指标的影响。通过这一研究,以期明确光周期对该虫的影响程度,为分析该虫的季节性发生规律和利用光治理害虫提供理论依据,并且为小地老虎的饲养提供参考条件。

1　材料与方法

1.1　供试昆虫的饲养

小地老虎由中国农业科学院植物保护研究所提供,在作者所在实验室中多代饲养。饲养方法为:幼虫3龄前在养虫瓶内小量群养。3龄后单头饲养,并在养虫瓶内装约5 cm的生土。用新鲜白菜叶饲养,每日更换叶片。养虫瓶用纱布封口。幼虫化蛹后,将纱布换成保鲜膜,保持土壤湿度。每日检查羽化情况,将羽化的成虫置于养虫笼内,喂食10%的蜂蜜水,在养虫笼上方用棉纱布为雌蛾提供产卵场所。每日收取卵布,置于孵化缸中,孵化出幼虫,待用。

试验昆虫的饲养条件:人工气候箱中温度(24±1)℃,相对湿度70%±10%,光周期为14L∶10D。

1.2　实验方法

在温度(24±1)℃,相对湿度70%±10%的条件下,分别设置0L∶24D,8L∶16D,12L∶12D,16L∶8D,24L∶0D 5个光周期,对小地老虎各虫态在不同光周期下的生长发育情况进行观察、记录。卵、幼虫、蛹和成虫期每个处理各观察30头(或对)试虫,每处理重复3次。

将同一天产的卵,接入铺有湿棉纱布的培养皿(直径9 cm)中,分别置于相应光周期的人工气候箱中,让其自然孵化。每天相同时间(早晚各1次)观察记录卵的孵化情况,幼虫的生长发育情况,化蛹情况以及羽化情况,分别逐个记

录蛹及产卵情况。观察直至成虫死亡为止。

1.3 数据统计

实验数据采用 SPSS16.0 统计软件进行单因素方差分析（One-way ANOVA）和 Duncan's 多重比较。

2 结果与分析

2.1 光周期对小地老虎卵生长发育的影响

光周期对小地老虎卵孵化率和历期均存在显著影响（F=4.770，df=4，10，P=0.021；F=15.560，df =4, 10，P<0.001）。随着光照时间增加，卵孵化率先增加后降低，卵历期逐渐变短。在 12L∶12D 光周期下，孵化率最高，为 96.50%，在 24L∶0D 的条件下，孵化率最低，为 84.33%。卵历期在 0L∶24D 的光周期下最长，为 3.54 d，在 24L∶0D 的条件下最短，为 2.79 d。综合考虑，小地老虎卵在 12L∶12D 和 16L∶8D 的光周期条件下生长发育最好（表 1）。

2.2 光周期对小地老虎幼虫生长发育的影响

光周期变化对小地老虎 1 龄幼虫和 2 龄幼虫的发育历期没有显著影响（1 龄：F=3.030，df =4, 10；P=0.071；2 龄：F=2.744，df =4, 10；P=0.089），而对该虫 3~6 龄幼虫的发育历期存在显著影响（3 龄：F=27.736，df =4, 10； P<0.001；4 龄：F=31.328，df =4, 10；P<0.001； 5 龄：F = 33.542，df =4, 10；P<0.001；6 龄：F=28.117，df =4, 10；P<0.001），且随着光照时间的增加，发育历期逐渐变短（表 2）。

同一龄幼虫在不同光周期条件下，存活率存在显著差异。随着光照时间的增加，各龄幼虫的存活率逐渐增大，当光周期达到 16L∶8D 的时候，各龄幼虫的存活率显著高于其他处理；当光照时间超过 16 h 后，各龄幼虫存活率迅速降低。另外，同一光周期下，不同虫龄间幼虫存活率也不相同，随着虫龄的增长，其存活率逐渐提高（表 3）。

表 **1** 光周期对小地老虎卵的孵化率和历期的影响

Table 1 Effects of photoperiod on the hatchability and developmental duration of *Agrotis ypsilon* egg

	光周期 Photoperiod（L∶D）				
	0∶24	8∶16	12∶12	16∶8	24∶0
孵化率（%） Hatchability	89.02±1.01ab	95.17±0.03b	96.50±0.02b	92.62±0.02b	84.33±0.03a
卵历期（d） Developmental duration	3.54±0.10a	3.25±0.07b	2.91±0.09c	2.99±0.10c	2.79±0.10c

同一行数据后标有相同字母表示经 Duncan's 多重比较后在 0.05 水平上差异不显著（P<0.05）。表 4，表 5 同。

Data followed by the same letters in the same row are not significantly different (Duncan's multiple range test, P<0.05). The same with Table 4, Table 5.

表 **2** 光周期对小地老虎幼虫发育历期的影响

Table 2 Effects of photoperiod on the developmental duration of *Agrotis ypsilon* larvae

光周期 (L∶D) Photoperiod	历期 Developmental duration (d)						
	1 龄幼虫 1st instar	2 龄幼虫 2nd instar	3 龄幼虫 3rd instar	4 龄幼虫 4th instar	5 龄幼虫 5th instar	6 龄幼虫 6th instar	幼虫期 Larvae
0∶24	2.13±0.12ab	3.26±0.11a	4.01±0.13a	5.60±0.07a	6.22±0.04a	9.62±0.36a	30.84±0.36a
8∶16	2.26±0.04ab	2.99±0.43ab	4.29±0.11a	4.74±0.30b	5.90±0.23a	9.44±0.69a	29.62±0.64a
12∶12	2.32±0.06a	2.63±0.12ab	4.13±0.23a	4.90±0.07b	5.77±0.15a	7.43±0.17b	27.13±0.09b
16∶8	2.09±0.04b	2.52±0.09b	2.89±0.17b	3.54±0.16c	4.63±0.13b	5.55±0.12c	21.23±0.59c
24∶0	2.04±0.04b	2.41±0.04b	2.64±0.13b	3.40±0.13c	4.21±0.14b	5.72±0.15c	20.43±0.47c

同一列数据后标有相同字母表示经 Duncan's 多重比较后在 0.05 水平上差异不显著 (P<0.05)。表 3 同。

Data followed by the same letters in the same column are not significantly different (Duncan's multiple range test, P<0.05). The same with Table 3.

2.3　光周期对小地老虎蛹发育状况的影响

光周期对小地老虎蛹重无显著性影响 (F=1.406，df =4, 10，P=0.301)，对蛹历期和羽化率影响显著(F=44.911，df =4, 10，P<0.001；F=73.287，df =4, 10，P<0.001)。随着光照时间的增加，蛹历期和羽化率先增加后降低。在 12L∶12D 的光周期条件下，蛹历期最长，为 19.78 d，羽化率最高，为 90.67%；在 24L∶0D 的光周期条件下，蛹历期最短，为 14.15 d，羽化率最低，为 57.52% (表 4)。

2.4　光周期对小地老虎成虫生长发育及繁殖的影响

光周期对小地老虎成虫寿命和产卵量存在显著影响 (F=35.599，df=4, 10，P<0.001；F=7.648，df=4, 25，P<0.001)。随着光照时间增加，成虫寿命和产卵量先增加后降低。在 12L∶12D 的光周期条件下，成虫寿命最长，为 15.23 d，平均单雌产卵量最大，为 1 202.70 粒，在 24L∶0D 的光周期条件下，成虫寿命最短，为 9.86 d，平均单雌产卵量最小，为 357.00 粒 (表 5)。

总之，光周期对小地老虎的生长发育状况存在显著影响。观察其整个世代的生长发育及繁殖状况，小地老虎在 24L∶0D 的光周期条件下，发育最快，死亡率却最高；而在 12L∶12D 和 16L∶8D 两种光周期下，发育较缓慢，存活率较高。显然，光照时间过长或过短，都不利于小地老虎的生长与繁殖。而各个虫态对于不同光周期的反应略有差异。其中，卵的最适光周期为 12L∶12D 和 16L∶8D，幼虫的最适光周期为 16L∶8D，蛹的最适光周期为 0L∶24D，成虫的最适光周期为 12L∶12D。

表 **3**　光周期对小地老虎幼虫存活率的影响

Table 3　Effects of photoperiod on the survival rate of *Agrotis ypsilon* larvae

光周期(L∶D) Photoperiod	存活率 Survival rate (%)						
	1 龄幼虫 1st instar	2 龄幼虫 2nd instar	3 龄幼虫 3rd instar	4 龄幼虫 4th instar	5 龄幼虫 5th instar	6 龄幼虫 6th instar	幼虫期 Larvae

0∶24	81.44±0.68a	83.78±0.49a	85.78±0.45a	91.44±0.11a	92.22±0.11a	93.56±0.11a	46.18±0.35a
8∶16	83.78±0.29ab	83.89±0.11a	88.33±0.38b	91.00±0.51a	93.56±0.48a	95.89±0.29b	50.68±0.18b
12∶12	87.67±0.51bc	89.34±0.33b	92.00±0.33c	95.11±0.22b	97.78±0.22b	99.56±0.44c	66.71±0.80c
16∶8	90.33±0.19c	92.78±0.22c	94.22±0.11d	96.89±0.29b	98.11±0.11b	99.11±0.89c	74.39±0.43d
24∶0	70.89±3.64d	78.55±0.91d	85.00±1.35a	86.00±1.35c	88.89±1.39c	92.89±1.06a	33.52±1.06e

表 **4** 光周期对小地老虎蛹重、蛹历期和羽化率的影响

Table 4 Effects of photoperiod on the pupal weight, pupal developmental duration and eclosion rate of *Agrotis ypsilon*

	光周期 Photoperiod (L∶D)				
	0∶24	8∶16	12∶12	16∶8	24∶0
蛹重 (g) Pupal weight	0.45±0.04a	0.41±0.03a	0. 48±0.01a	0.47±0.00a	0.47±0.00a
蛹历期 (d) Pupal developmental duration	16.43±0.44a	18.54±0.30b	19.78±0.36c	16.98±0.23a	14.15±0.22d
羽化率(%) Eclosion rate	85.96±2.89ab	86.55±0.40ab	90.67±0.38a	82.03±0.71b	57.52±1.67c

表 **5** 光周期对小地老虎成虫寿命和产卵量的影响

Table 5 Effects of photoperiod on the adult longevity and fecundity of *Agrotis ypsilon*

	光周期 Photoperiod (L∶D)				
	0∶24	8∶16	12∶12	16∶8	24∶0
成虫寿命(d) Adult longevity	12.79±0.23a	15.23±0.34b	15.22±0.20b	13.39±0.43a	9.86±0.54c
平均单雌产卵量(粒) Eggs laid per female	721.33±108.80ab	1 202.67±191.69bc	1 428.33±184.25c	1 409.00±217.99c	357.33±117.13a
总产卵量(粒) Total eggs	396-1 098	583-1 821	935-1 924	563-2 072	69-734

3 讨论

光周期作为一个主要环境因子,通过影响昆虫的生长发育及繁殖等生物学特征,引起昆虫种群数量的变化。本研究结果表明,光周期对小地老虎生长发育及其繁殖状况存在显著的影响,并且不同虫态对光周期变化也呈现不同的变化规律。在测定范围内,各虫态的发育历期、存活率随着光照时数的增加呈现总体缩短的趋势,只是缩短的程度各有不同。在温度(24±1)℃,相对湿度 70%±10%的条件下,以光暗比为 16L∶8D 的光周期,小地老虎幼虫的发育较好,其存活率达到 74.39%,明显优于其他各处理,说明 16L∶8D 的光周期有利于小地老虎幼虫存活。此外,在同一光周期下,不同虫龄间小地老虎幼虫存活率也不同,随着虫龄的增长,其存活率也在提高,说明幼虫在发育过程中,对环境的适应能力也在逐渐增强。以光周期为 0L∶24D 小地老

虎蛹的发育较好,蛹历期、羽化率分别为 19.78 d 和 90.67%。以光暗比为 12L∶12D 的光周期,小地老虎成虫的发育状况最好,优于其他处理,其成虫寿命和平均单雌产卵量分别为 15.22 d 和 1 428.23 粒,说明 12L∶12D 的光周期适于小地老虎成虫的生长发育及其繁殖过程。

光周期对小地老虎 1 龄幼虫和 2 龄幼虫的发育历期没有显著影响,而对其 3~6 龄幼虫的发育历期影响显著,推测其原因是小地老虎 1~2 龄幼虫与其它龄期幼虫的习性差异。小地老虎 3 龄前幼虫在寄主心叶或附近土缝内全天活动,而 3 龄后幼虫白天在土中,夜间及阴雨天外出为害,呈昼伏夜出的活动规律(中国农业科学院植物保护研究所,1995)。所以,小地老虎 1~2 龄幼虫对光周期的适应能力大于其它龄期的幼虫。

同时,长光照时数对小地老虎生长发育的影响程度要远大于短光照时数,这可能也是因为小地老虎地下生活的习性,使其较适应短光照、低光强的环境条件。

光周期对昆虫生长发育及其繁殖的影响,通常和温度、湿度、光强等其它环境因素共同发挥作用。由于时间和场地限制,我们无法进行多方面的综合性评定,其结果可能与田间实际情况存在一定的偏差,但是该研究结果基本上反映了光周期对小地老虎生长发育影响的趋势。所以,在小地老虎的室内饲养过程中可以参考运用,也可以为该虫的预测预报和综合治理提供相应的理论依据。

参考文献 **(References)**

Beck SD, 1980. Insect Photoperiodism. NewYork: Academic Press. 17.

崔苗青, 2005．芝麻田小地老虎发生危害特性及防治技术．作物杂志, (1): 33−34. [CUI MQ, 2005. Occurrence and damage characteristics and prevention technology for *Agrotis ypsilon* in sesame field. *Crops*, (1): 33-34.]

黄可训, 王宜智, 叶正襄, 张乃鑫, 张领耘, 舒宗泉, 1976．光周期和温度对桃小食心虫滞育的影响．昆虫学报, 19(2): 149–156．[HUANG KX, WANG YZ, YE ZX, ZHANG NX, ZHANG LY, SHU ZQ, 1976. Effects of photoperiod and temperature on the diapause of *Carposina niponensis. Acta Entomologica Sinica*, 19(2): 149–156.]

蒋明星, 张孝羲, 1998．光周期对棉铃虫幼虫发育历期和蛹重的影响．昆虫知识, 35(2): 71−73．[JIANG MX, ZHANG XX, 1998. Effects of photoperiod on the development and pupal weight of *Helicoverpa armigera. Chinese Bulletin of Entomology*, 35(2): 71−73.]

姜海洲, 梅爱中, 郜德良, 钱爱林, 2001．蔬菜田小地老虎的发生特点及防治．上海蔬菜, (1):22. [JIANG HZ, MEI AZ, YI DL, QIANG AL, 2001. Occurring features and prevention of *Agrotis ypsilon* inVegetable Field. *Shanghai Vegetable*, (1):22.]

刘金平, 游明鸿, 白史且, 2011．食料与培养条件对川西北高原粘虫幼虫生长发育的影响．西南农业学报, 24(3): 949–953．[LIU JP, YOU MH, BAI SQ, 2011. Influences of foodstuffs and cultural conditions on growth and development of oriental armyworm, *Mythimna separate* (Walker). *Southwest China Journal of Agricultural Science*, 24(3): 949–953.]

王承纶, 张荣, 桂承明, 王蕴生, 1980．亚洲玉米螟生物学特性的研究: 光周期反应对玉米螟发育的关系．吉林农业科学, 24(3): 53–58．[WANG CG, ZHANG R, GUI CM, WANG YS, 1980. Studies on the bionomics of *Ostriuia furnacalis*: the relationship between the photoperiod responses and the development of *Ostriuia furnacalis*. *Journal of Jilin Agricultural Sciences*, 24(3): 53–58.]

涂小云, 曾令谦, 董晓会, 李圣纳, 杨永盼, 徐飞, 2013. 光周期对毛健夜蛾产卵和交配的影响. 应用昆虫学报, 50(5): 1238–1243. [TU XY, ZENG LQ, DONG XH, LI SN,YANG YP, X F, 2013. Effects of photoperiod on the mating and oviposition of *Brithy scrini. Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(5) :1238 - 1243.]

魏鸿钧, 张昭良, 王荫长, 1989．中国地下害虫．上海:上海科学技术出版社. 276. [WEI HJ, ZHANG ZL, WANG YC, 1989. The subterranean insects in China. Shanghai: Shanghai science and Technology Press, 276.]

仵均祥, 2002. 农业昆虫学. 北京:中国农业出版社. 58. [WU JX, 2002. Agricultural Entomology. Beijing: China Agriculture Press. 58.]

徐金汉, 王兆守, 关雄, 2002．光周期对甜菜夜蛾生长发育状况的影响. 福建农林大学学报(自然科学版), 31(2): 177−180. [XU JH, WANG ZS, G X, 2002. Effect of photoperiod on the growth

and development of bee armyworm, *Spodoptera exigua* Hübner. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University* (Natural Science Edition) , 31(2): 177−180.]

薛芳森, 朱杏芬, 魏洪义, 赵凤霞, 1996．光周期和温度对黑纹粉蝶滞育诱导的影响．江西植保, 19(1): 5−11. [XUE FS, ZHU XF, WEI HY, ZHAO FX, 1996. The effects of photoperiod and temperature on diapause induction in the cabbage worm, *Pieris Melete* Menetries. *Jiangxi Plant Protection*, 19(1): 5−11.]

易传辉, 陈晓鸣, 史军义, 周成理, 2008．光周期和温度对枯叶蛱蝶幼虫生长发育的影响．昆虫知识, 45(4): 597−599．[YI CH, CHEN XM, SHI JY, ZHOU CL, 2008. The influence of the photoperiod and temperature on larval development of *Kallima Inachus*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 45(4): 597−599.]

张东霞, 吴旭洲, 2008．2008 年山西省小地老虎暴发原因分析及防治技术探讨．山西农业科学, 36(11): 106−108. [ZHANG DX, WU XZ, 2008. Reason analysis of black cutworm outbreak in Shanxi province and its control technology. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 36(11): 106−108.]

张俊斌, 2005．小地老虎的防治措施．山西农业, (3): 38−39. [ZHANG JB, 2005. Black cutworm control measures. *Shanxi Agriculture*, (3): 38−39.]

赵永根, 卞觉时, 蔡良华, 2007．保护地小白菜小地老虎发生特点与防治技术．中国蔬菜, (9): 52. [ZHAO YG, BIAN JS, CAI LH, 2007. Occurring features and control technology of *Agrotis ypsilon* in cover pakchoi field. *China Vegetables*, (9): 52.]

中国农业科学院植物保护研究所, 1995．中国农作物病虫害．北京：中国农业出版社．919. [Institute of Plant Protection, Academy of Agricultural Sciences of China, 1995. Chinese Crop Disease and Pest . Beijing: China Agriculture Press. 919.]

周群英, 2004．防治桉树圃地小地老虎的方法．林业实用技术, (1): 28. [ZHOU QY, 2004. The prevention method to *Agrotis ypsilon* in eucalyptus nursery. *Practical Forestry Technology*, (1): 28.]

邹宗成, 向开栋, 黄鹤, 严宜昌, 张丽萍, 朱敏英, 2007．玄参规范化生产标准操作规程．中国现代中药, 9(6): 30. [ZOU ZC, XIANG KD, HUANG H, YAN YC, ZHANG LP, ZHU MY, 2007. Standardized Production Standard Operating Procedures of *Scrophularia ningpoensis* Hemsl.. *Modern Chinese Medicine*, 9(6): 30.]