

亚洲玉米螟性体型二型性及幼虫发育历期与蛹重的关系*

肖 亮** 傅 淑 何海敏 薛芳森***

(江西农业大学昆虫研究所, 南昌 330045)

摘 要 【目的】 探明亚洲玉米螟不同地理种群性体型二型性及幼虫发育历期与蛹重的关系。【方法】 在 26℃, L:D=16:8 条件下, 详细记录了来自热带地区的海南省三亚种群, 来自亚热带地区的广东省广州和江西省永修种群, 及来自温带地区的河北廊坊种群的雌雄幼虫发育历期、蛹重、成虫重, 并计算幼虫发育速率。【结果】 不同地理种群的雌性个体均显著大于雄性个体。三亚种群雌雄个体的发育历期没有差异, 但雌性的生长速率显著大于雄性个体; 广州种群、永修种群及廊坊种群, 雌雄的生长速率没有差异, 但雌性幼虫的发育历期显著长于雄性幼虫。各地理种群蛹重随幼虫发育历期的延长呈下降趋势。【结论】 亚洲玉米螟存在明显的性体型二型性, 雌雄个体发育历期和生长速率存在地理差异。

关键词 亚洲玉米螟, 性体型二型性, 体重, 发育历期, 生长速率

Sexual size dimorphism in the Asian corn borer *Ostrinia furnacalis* and the relationship between larval period and pupal weight

XIAO Liang** FU Shu HE Hai-Min XUE Fang-Sen***

(Institute of Entomology, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract [Objectives] To explore sexual size dimorphism in the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée), and investigate the relationship between larval time and pupal weights in different geographic populations of this species. [Methods] The duration of the larval period, pupal weight, and adult weights of each sex were recorded in specimens obtained from four different geographic populations under a temperature of 26℃ and a photoperiod of L:D=16:8. Specimens were obtained from a tropical population from Sanya, Hainan Province, subtropical populations from Guangzhou, Guangdong Province and Yongxiu, Jiangxi Province, and a temperate population from Langfang, Hebei Province. [Results] Females are consistently bigger than males in all four geographic populations. There was no significant difference in the duration of the larval period between females and males in the Sanya population, but female growth rate was significantly higher than that of males. There was no significant difference in the growth rate of females and males in specimens from the Guangzhou, Yongxiu and Langfang populations, but females took more time to complete larval development than males. Furthermore, pupal weight was negatively correlated with the duration of larval development. [Conclusion] The Asian corn borer has significant sexual size dimorphism and geographic variation in both larval development and female and male growth rates.

Key words *Ostrinia furnacalis*, sexual size dimorphism, body weight, larval time, growth rate

* 资助项目: 江西省研究生创新专项资金项目 (YC2013-S122); 国家自然科学基金 (31260430)

**E-mail: liangx82790@163.com

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

收稿日期: 2013-12-27, 接受日期: 2014-04-09

体型是动物最明显的特征之一, 它会影响生物几乎所有的其他生物学特性, 比如, 竞争, 迁飞能力, 寿命, 后代的体型, 数量等 (Honěk, 1993; Roff, 2002)。雌雄动物很少具有相同的体型, 这种雌雄体型上的差异被称为性体型二型性 (Sexual size dimorphism)。在昆虫中, 雌性个体通常要大于雄性个体, 这是由遗传决定的 (Stillwell *et al.*, 2010)。除了遗传因素外, 温度、光照、食物、密度等都可能对昆虫的体型有不同程度的影响 (Davidowitz *et al.*, 2004)。

温度对昆虫体型的影响可能是最大的, 因为昆虫体内的各种生理生化过程都受温度的强烈影响。绝大多数变温动物随温度升高体型相应变小, 被称为温度-体型规则 (The temperature-size rule) (Atkinson, 1994)。如铜绿蝇 *Lucilia cuprina* 的幼虫饲养在 15~30℃, 其蛹的重量随温度升高而减小。然而, 也有少数种类, 如水生昆虫蜉蝣, 其体型随温度升高而相应增大 (Atkinson, 1995)。昆虫体型大小通常与季节性增长时期同步, 其体型大小也受到日长的影响。如马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata* 在短光照下比在长光照下的生长速度更快, 相同翅长的小型蚊子的体重在短光照下比在长光照下要大 (Doležal *et al.*, 2007)。食物的营养成分会影响昆虫体形的大小, 如由于混交林中的油松叶的粗脂肪、全糖含量减少, C、N 比值下降。取食混交林叶的油松毛虫, 体型小于取食纯松林的油松毛虫 (周章义, 1995)。在鳞翅目昆虫中, 同一种群同时孵化的个体, 其幼虫发育历期在个体间存在明显差异。如二化螟 *Chilo suppressalis* 同一块卵或同一天孵化的幼虫, 幼虫历期的个体差异可达 16~19 d (沈荣武和薛芳森, 1988)。亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée) 幼虫发育历期的个体差异与其蛹重有何相关性? 是否发育历期长的个体有更大的蛹重? 遗憾的是, 这方面的研究很少被关注, 目前仅作者实验室报道了棉铃虫

Helicoverpa armigera 在各种温度下蛹重随发育历期延长而增大 (陈超等, 2012)。事实上, 幼虫发育的个体差异可能也是昆虫应对外界动荡的环境条件长期适应的结果, 也是昆虫生活史上的一种进化。本文详细调查了亚洲玉米螟 4 个不同地理种群幼虫发育历期与蛹重的关系, 试图为进一步开展这方面的研究提供思路。

1 材料与方法

1.1 供试虫源和试验方法

用于实验的 4 个亚洲玉米螟地理种群于 2013 年 6 月分别采自海南三亚 (18.8°N, 109.2°E, 简称 SY), 广东广州 (23.13°N, 113.27°E, 简称 GZ), 江西永修 (29.04°N, 115.82°E, 简称 YX) 和河北廊坊 (39.5°N, 116.7°E, 简称 LF) 玉米地的雌性成虫。采集的成虫置于带有 10% 糖水棉花球的保鲜袋中供其产卵, 每天收集卵块。初孵幼虫接入装有人工饲料 (乔利等, 2008) 的养虫盒内, 于 26℃, 光周期 L:D = 16:8 人工气候箱中饲养。在此条件下繁殖的下一代成虫仍置于上述条件下饲养和繁殖。4 龄后的幼虫单头饲养在二十四孔板中, 直至化蛹和成虫羽化。分别记录每头幼虫的化蛹和羽化时间, 化蛹后第 2 天称量蛹的重量, 成虫于羽化的当天排除蛹便后称重 (称重的电子天平为 AR1140/C 型, 上海民桥精密科学仪器有限公司生产)。

1.2 数据处理

数据分析采用 SPSS17.0 统计软件, 同一种群雌雄间发育历期、蛹重、生长速率和成虫重的比较采用独立样本 *t*-测验, 结果用平均值±标准差 (Mean ± SD) 表示, 线性回归应用 Linear-regression。生长速率计算参照 (Gotthard *et al.*, 1994)。

生长速率 = $\ln(\text{蛹重}) / \text{幼虫期} \times 100\%$ 。

* 资助项目: 江西省研究生创新专项资金项目 (YC2013-S122); 国家自然科学基金 (31260430)

**E-mail: liangx82790@163.com

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

收稿日期: 2013-12-27, 接受日期: 2014-04-09

2 结果与分析

2.1 雌雄幼虫发育历期和体重的比较

从表 1 可以看出,除分布最南的 SY 种群的雌雄幼虫发育历期没有差异外,其它 3 个种群的雌性幼虫的发育历期显著长于雄性幼虫 (SY:

表 1 4 个地理种群亚洲玉米螟幼虫期和蛹重

Table 1 Larval time and pupal weight of four geographic populations of *Ostrinia furnacalis*

种群 Population	性别 Sex	幼虫期 Larval time (d)	范围 Range (d)	蛹重 Pupal weight (mg)	生长速率 Growth rate (%/d)	成虫重 Adult weight (mg)
SY	雌 Female	25.9±3.4a (167)	20-37	93.8±15.2a (167)	17.7±2.4a	53.7±9.1a (60)
	雄 Male	25.8±2.9a (170)	20-36	66.2±9.6b (170)	16.4±2.0b	31.9±4.2b (61)
GZ	雌 Female	26.4±4.2a (189)	21-40	103.7±15.9a (189)	17.9±2.7a	64.8±10.9a (54)
	雄 Male	24.6±3.5b (219)	19-38	70.2±8.8b (219)	17.6±2.3a	33.3±4.1b (68)
YX	雌 Female	29.6±6.5a (144)	21-48	93.5±18.9a (144)	16.0±3.5a	66.8±9.1a (55)
	雄 Male	26.4±4.7b (160)	21-46	68.9±9.4b (160)	16.4±2.6a	35.8±5.5b (52)
LF	雌 Female	26.3±3.7a (191)	20-39	89.0±18.1a (191)	17.3±2.6a	54.7±10.6a (50)
	雄 Male	25.2±3.8b (213)	19-40	67.7±9.8b (213)	17.0±2.5a	34.4±3.8b (57)

括号内数字表示样本数,同一种群不同性别间不同的字母代表差异显著。

The number of samples measured is in parentheses. Values in the different sex of the same population followed by different letters are significantly different.

$t=0.27$, $df=335$, $P>0.05$; GZ: $t=4.76$, $df=366.18$, $P<0.05$; LF: $t=2.83$, $df=402$, $P<0.05$; YX: $t=4.81$, $df=257.85$, $P<0.05$)。4 个地理种群的雌性蛹显著高于雄性 (SY: $t=19.93$, $df=279.36$, $P<0.05$; GZ: $t=25.81$, $df=282.83$, $P<0.05$; YX: $t=14.14$, $df=204.55$, $P<0.05$; LF: $t=14.47$, $df=284.88$, $P<0.05$), 雌性成虫重也显著高于雄虫 (SY: $t=16.90$, $df=83.03$, $P<0.05$; GZ: $t=20.13$, $df=65.02$, $P<0.05$; YX: $t=21.33$, $df=90.34$, $P<0.05$; LF: $t=12.83$, $df=60.05$, $P<0.05$), 显示了明显的性体型二型性。从表 1 还看出,这 4 个地理种群雌雄幼虫的发育历期的个体差异十分明显,前后化蛹的时间至少相差 16 d, 最长达到 27 d。值得提及的是,除了分布最南的 SY 种群的雌性生长速率显著大于雄性外 ($t=5.71$, $df=322.85$, $P<0.05$), 其它 3 个地理种群的生长速率雌雄间没有显著差异 (GZ: $t=1.46$, $df=406$, $P>0.05$; LF: $t=1.22$, $df=402$, $P>0.05$; YX: $t=-1.21$, $df=262.23$, $P>0.05$)。

2.2 幼虫发育历期与蛹重的关系

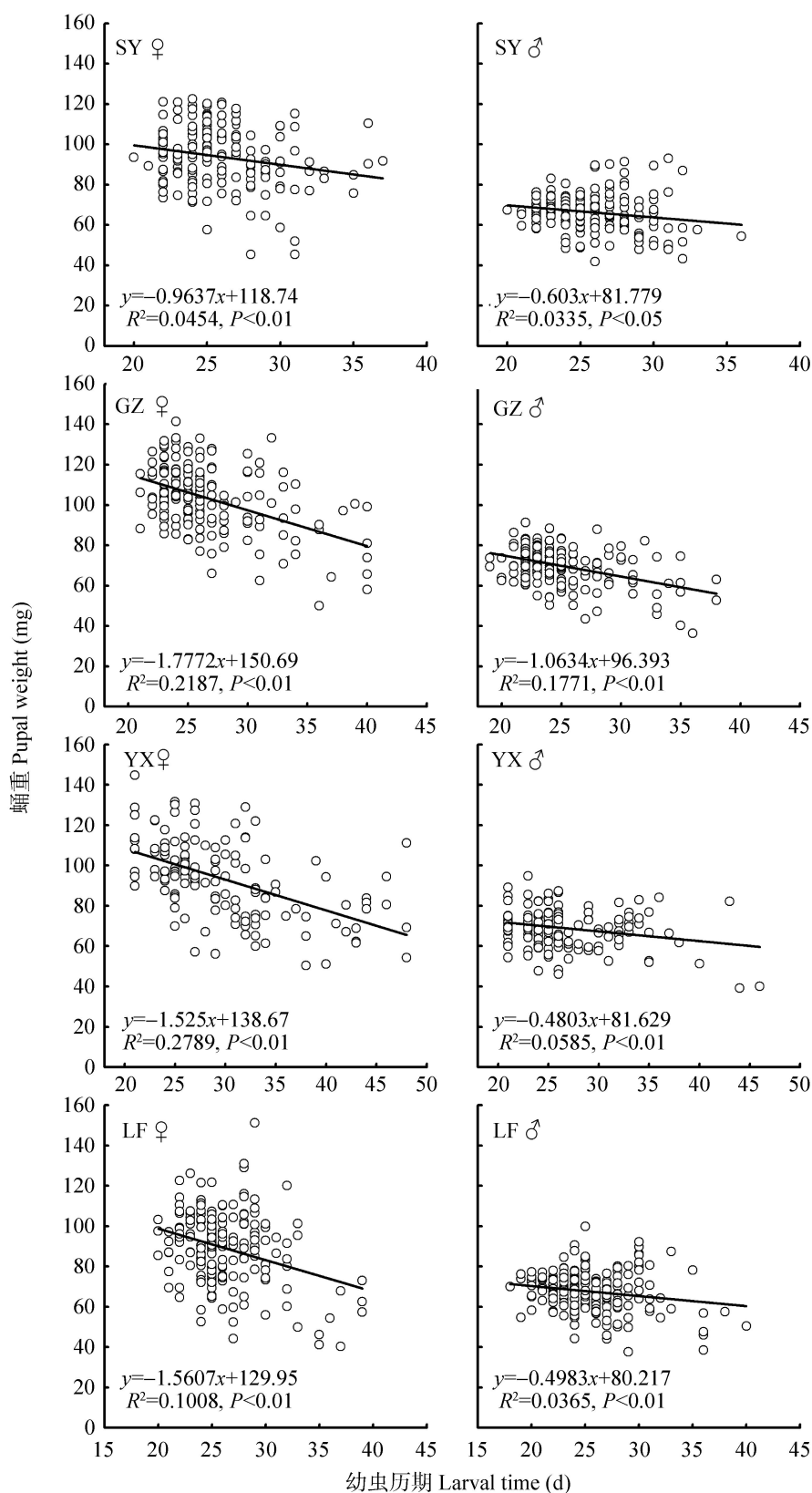
图 1 显示了亚洲玉米螟不同地理种群的幼虫发育历期在个体间的分布及与蛹重的关系。统计分析表明,个体间的发育历期在不同地理种群中均存在极显著差异 ($P<0.01$)。有趣的是,这 4 个地理种群雌雄的发育历期与蛹重呈现了一定程度的负相关,即随发育历期的延长,蛹重有所降低。

3 讨论

体型的性二型现象广泛存在于变温动物中,大多数变温动物的雌性个体大于雄性个体 (Fairbairn, 1997)。雌性个体更大被认为是由于体型大小与繁殖力存在相关性,因为雌性的大多数能量投资在后代生产上 (Reznick, 1985)。研究还表明,动物体型的性二型现象涉及到雌雄幼期发育历期和生长速率的差异 (Wiklund et al., 1991)。如枯叶蛾 *Cyclophragma leucosticta* 雌性个体的体重两倍大于雄性个体,但两者的生

长速率没有差异 (Mackey, 1978), 其差异主要表现在雌性个体幼虫的发育历期显著长于雄性个体。棉铃虫体型的性二型性也是雌性幼虫发

育历期长于雄性个体所致 (陈超等, 2012)。在二点瓢虫 *Adalia bipunctata* 中, 雌性个体的体重大于雄性个体, 但两者在发育时间上没有差异,



* 资助项目：江西省研究生创新专项资金项目（YC2013-S122）；国家自然科学基金（31260430）

**E-mail：liangx82790@163.com

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

收稿日期：2013-12-27，接受日期：2014-04-09

图 1 亚洲玉米螟 4 个地理种群 (SY: 三亚, GZ: 广州, YX: 永修, LF: 廊坊) 幼虫期与蛹重的关系
 Fig. 1 The relationship between larval time and pupal weight among four different geographic populations (SY, GZ, YX and LF populations) of *Ostrinia furnacalis*

其差异主要表现在雌性个体生长速率明显大于雄性个体, 其生长速率大是由于雌性幼虫取食量明显大于雄性幼虫 (Yasuda and Dixon, 2002)。在跳虫 *Orchesella cincta* 中, 雌性个体大于雄性个体, 但两者的生长速率和发育历期均不同, 雄性个体生长更慢且成熟更快 (Ernsting and Isaaks, 2002)。我们的结果进一步揭示了亚洲玉米螟体型的性二型性与幼期发育历期和生长速率之间的关系。虽然亚洲玉米螟不同地理种群的雌性个体均明显大于雄性个体, 但分布在热带地区的三亚 (SY) 种群, 雌雄幼虫的发育历期没有差异, 而雌性幼虫的生长速率显著大于雄性个体。有趣的是, 分布在广州 (GZ) 和永修 (YX) 的亚热带种群和廊坊的温带种群, 雌雄幼虫的生长速率没有差异, 而雌性幼虫的发育历期显著长于雄性幼虫。据现有掌握的资料, 我们首次报道了体型的性二型中的雌雄个体生长速率和发育历期的地理差异。

绝大多数变温动物随温度升高发育历期逐渐缩短而体型相应变小 (Atkinson, 1994)。陈超等 (2012) 报道了棉铃虫幼虫的发育历期随温度升高而缩短且蛹重相应下降, 符合温度-体型规则。他们还进一步报导了棉铃虫幼虫的发育历期与蛹重呈正相关, 即在同一温度下, 发育历期较长的幼虫有较大的蛹重。我们研究表明, 亚洲玉米螟个体间的发育历期存在显著差异, 差异程度在 16 d 以上。有趣的是, 亚洲玉米螟不同地理种群均显示了幼虫的发育历期与蛹重呈负相关, 即随着发育历期的延长, 蛹重呈现下降的趋势 (图 1)。为什么亚洲玉米螟显示了与棉铃虫完全相反的结果呢? 我们实验室的夏勤雯 (2013) 研究了 3 亚种群在 18~31°C 下幼虫发育历期与蛹重的关系, 揭示了亚洲玉米螟幼虫的发育历期随温度升高而缩短, 但蛹重随温度升高而增大, 因为随温度升高幼虫的生长速率增大。这种现象是反温度-体型规则, 在昆虫中仅有极少数报道。也正是因为这种反温度-体型规则的生

长发育特性, 导致了该种群在同一饲养条件下发育快的个体获得了较大的重量。亚洲玉米螟幼虫发育历期呈现的个体差异可能有其适应意义, 它的一个重要作用在于能将个体分散在不同时期繁殖, 降低了近亲交配的概率。

参考文献 (References)

- Atkinson D, 1994. Temperature and organism size—a biological law for ectotherms? *Evol. Ecol. Res.*, 25: 17–58.
- Atkinson D, 1995. Effects of temperature on the size of aquatic ectotherms: Exceptions to the general rule. *J. Therm. Biol.*, 20(1): 61–74.
- Davidowitz G, D'Amico LJ, Nijhout HF, 2004. The effects of environmental variation on a mechanism that controls insect body size. *Evol. Ecol. Res.*, 6: 49–62.
- Doležal P, Habušová O, Sehnal F, 2007. Effects of photoperiod and temperature on the rate of larval development, food conversion efficiency, and imaginal diapause in *Leptinotarsa decemlineata*. *J. Insect Physiol.*, 53(8): 849–857.
- Ernsting G, Isaaks JA, 2002. Gamete production and sexual size dimorphism in an insect (*Orchesella cincta*) with indeterminate growth. *Ecol. Entomol.*, 27(2): 145–151.
- Fairbairn DJ, 1997. Allometry for sexual size dimorphism: pattern and process in the coevolution of body size in males and females. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 28: 659–687.
- Gotthard K, Nylin S, Wiklund C, 1994. Adaptive variation in growth rate: life history costs and consequences in the speckled wood butterfly, *Pararge aegeria*. *Oecologia*, 99(3): 281–289.
- Honěk A, 1993. Intraspecific variation in body size and fecundity in insects a general relationship. *Oikos*, 66(3): 483–492.
- Mackey AP, 1978. Growth and bioenergetics of the moth *Cyclophragma leucosticta* Grünberg. *Oecologia* (Berlin), 32(3): 367–376.
- Reznick D, 1985. Cost of reproduction: an evaluation of the empirical evidence. *Oikos*, 44(2): 257–267.
- Roff DA, 2002. Life history evolution. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts. 1–256.
- Stillwell RC, Blanckenhorn WU, Teder T, Davidowitz G, Fox CW, 2010. Sex differences in phenotypic plasticity affect variation in sexual size dimorphism in insects: from physiology to evolution. *Annu. Rev. Entomol.*, 55: 227–245.
- Wiklund C, Nylin S, Forsberg J, 1991. Sex-related variation in

- growth rate as a result of selection for large size and protandry in a bivoltine butterfly *Pieris napi*. *Oikos*, 60(2): 241–250.
- Yasuda H, Dixon AFG, 2002. Sexual size dimorphism in the two spot ladybird beetle *Adalia bipunctata*: developmental mechanism and its consequences for mating. *Ecol. Entomol.*, 27(4): 493–498.
- 陈超, 周海燕, 夏勤雯, 陈元生, 薛芳森, 2012. 棉铃虫温度依赖的生长发育及雌性先熟现象. 应用昆虫学报, 49(4): 867–873. [Chen C, Zhou HY, Xia QW, Chen YS, Xue FS, 2012. Temperature-dependent development and protogyny in helioverpa armigera. *Chinese Bulletin of Entomology*, 49(4): 867–873.]
- 乔利, 郑坚武, 成卫宁, 李怡萍, 2008. 不同饲料配方对亚洲玉米螟生长发育和繁殖的影响. 西北农林科技大学学报, 5(36): 109–112. [Qiao L, Zheng JW, Cheng WN, Li YP, 2008. Impact of 4 different artificial fodders on life span of asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenee). *Journal of Northwest A&F University*, 5(36): 109–112.]
- 沈荣武, 薛芳森, 1988. 二化螟滞育的研究. 江西农业大学学报, 10(2): 25–31. [Shen QR, Xue FS, 1988. Diapause of *Chilo suppressalis*. *Journal of Jiangxi Agricultural University*, 10(2): 25–31]
- 夏勤雯, 2013. 亚洲玉米螟滞育遗传和生活史特性的研究. 硕士学位论文. 南昌: 江西农业大学. [Xia QW, 2013. Studies on inheritance of diapause and life-history traits of Asian corn borer *Ostrinia furnacalis* (Guenee). Master Thesis. Nanchang: Jiangxi Agricultural University]
- 周章义, 1995. 针阔混交林抑制松毛虫种群增长的营养效应. 应用生态学报, 6(1): 51–55. [Zhou ZY, 1995. Mathematical simulation on relationship of mean lethal rate of nuclear polyhedrosis virus to its host insect and temperature. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 6(1): 51–55]