

温度对绿豆象种群增长的影响

刘昌燕, 李莉, 焦春海, 陈宏伟, 刘良军, 万正煌*

(湖北省农业科学院粮食作物研究所, 粮食作物种质创新与遗传改良湖北省重点实验室, 武汉 430064)

摘要 在实验室条件下以绿豆为食料饲养绿豆象, 在 20、25、30 和 35℃ 等 4 个温度条件下, 逐日观察记录绿豆象产卵量、卵孵化数和成虫羽化数等生物学参数。结果表明, 随着温度的升高, 绿豆象卵期、豆内期、未成熟期、雄虫历期及雌虫历期逐渐缩短, 温度从 20℃ 升至 35℃ 时, 卵历期从 18.33 d 缩短为 4.40 d, 豆内期从 36.43 d 缩短为 15.20 d, 未成熟期从 54.76 d 缩短至 19.60 d, 雄虫历期从 43.93 d 缩短至 8.07 d, 雌虫历期从 25.33 d 缩短至 8.07 d。在 20℃ 下, 绿豆象卵、豆内期及未成熟期存活率均最低, 且与其他 3 个温度差异显著。在 20℃ 下, 绿豆象产卵历期最长, 为 20.67 d, 但总产卵量及雌性比例均较其他 3 个温度低, 分别为 43.33 粒和 33.27%。绿豆象卵、豆内期、未成熟期及整个世代的发育起点温度分别为 14.69、11.11、12.03 和 13.73℃, 有效积温分别为 82.63、342.87、427.94 和 565.59 日·度。在 35℃ 时, 绿豆象内禀增长率和周限增长率均最大, 分别为 0.044 58 和 1.045 58。研究结果表明, 在 30~35℃ 条件下, 最有利于种群增长, 为绿豆象发育的最适宜温度。

关键词 绿豆象; 温度; 生长发育; 种群增长

中图分类号: S 433.5 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.0529-1542.2016.06.011

Effects of temperature on the population growth of *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera: Bruchidae)

Liu Changyan, Li Li, Jiao Chunhai, Chen Hongwei, Liu Liangjun, Wan Zhenghuang

(Institute of Food Crops, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Hubei Key Laboratory of Food Crop Germplasm and Genetic Improvement, Wuhan 430064, China)

Abstract The biological characteristics (number of egg hatch, adult eclosion, oviposition) of *Callosobruchus chinensis* on mung bean were systematically recorded day by day under the conditions of a series of temperatures (20, 25, 30 and 35℃) in the laboratory. The egg stage, larval and pupal duration, immature stage, male duration and female duration of *C. chinensis* decreased with increasing temperature. From 20℃ to 35℃, the egg stage shortened from 18.33 d to 4.40 d; the larval and pupal durations reduced from 36.43 d to 15.20 d; the immature stage shortened from 54.76 d to 19.60 d; the male duration was decreased from 43.93 d to 8.07 d; the female duration reduced from 25.33 d to 8.07 d. At 20℃, the survival percentages during egg, larval and pupal and immature stages were the lowest, significantly different from those at the other three temperatures. The oviposition period of *C. chinensis* was the longest (20.67 d) at 20℃, but total egg number and female proportion were lower than at the other three temperatures, which were 43.33 eggs and 33.27%, respectively. The developmental thresholds of egg, larval, pupal, immature periods and the whole generation were 14.69, 11.11, 12.03 and 13.73℃, respectively; the effective accumulative temperatures were 82.63, 342.87, 427.94 and 565.59 degree-days, respectively. At 35℃, the intrinsic rate of increase and finite rate of increase were the maximum (0.044 58 and 1.045 58). The most beneficial temperature to the population growth of *C. chinensis* ranged from 30℃ to 35℃, which was also the optimal temperature range for growth and development of *C. chinensis*.

Key words *Callosobruchus chinensis*; temperature; growth and development; population growth

绿豆象 [*Callosobruchus chinensis* (Linnaeus)]
属鞘翅目 (Coleoptera), 豆象科 (Bruchidae), 瘤背豆

象属 (*Callosobruchus*)^[1-4]。绿豆象是绿豆、豌豆、鹰嘴豆、豇豆和蚕豆等食用豆仓储期间为害最为严重

收稿日期: 2015-11-23

修订日期: 2016-01-07

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项资金 (CARS-09); 科技部国际合作重点项目 (2011DFB31620); 湖北省农科院青年科学基金 (2014NKYJJ35)

* 通信作者 E-mail: zhwan168@163.com

的一种害虫,绿豆象为害后,被害豆粒发芽率和品质大为降低,严重影响了食用豆产业安全生产^[5-6]。

温度是影响昆虫生长、发育和繁殖的重要环境因子之一^[7-11],准确掌握温度对绿豆象生长发育与繁殖的影响,将为其综合防控提供理论依据。国内外有很多关于温度对仓储豆象生长发育的研究。Chandrantha 等^[12]的研究表明,在 30℃ 时,四纹豆象 [*Callosobruchus maculatus* (Fabricius)] 产卵量最高,达到每雌总产卵量 118 粒。四纹豆象成虫寿命与温度关系密切,大约温度每升高 10℃,成虫寿命几乎缩短一半^[13-14]。曹新民等^[15]对四纹豆象的世代存活率及周限增长率的研究发现,其生长发育繁殖的最适温区为 30~34℃。邓永学等^[16-17]通过研究不同温度下重庆和西昌地区绿豆象种群生长发育的差异,认为它们是两个不同的地理种群。不同温度对巴西豆象 [*Zabrotes subfasciatus* (Boheman)] 影响的研究结果表明,巴西豆象未成熟期发育起点温度为 15℃,生长发育繁殖最适温区为 28~32℃^[18]。李南植等^[19]在室内条件下饲养菜豆象的结果表明,温度显著影响菜豆象成虫寿命、产卵量及产卵历期;温度越高,寿命越短,产卵历期长,产卵量多。绿豆象生活史分为卵、幼虫、蛹和成虫 4 种虫态,其中幼虫和蛹在豆粒内发育,不易被发现。本文在前人研究的基础上,系统地研究温度与绿豆象生长发育、存活和繁殖之间的关系,为该虫的预测预报和综合防控提供理论依据。明确绿豆象生长发育繁殖最适温区,旨在为绿豆象的综合防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

绿豆象为北京种群,源自中国农业科学院作物科学研究所作物资源抗病虫鉴定与检疫课题组,以含水量为(14%±2%),且经过-20℃冷冻杀虫处理的整粒绿豆作为饲料进行饲养,建立稳定实验种群。绿豆象饲养条件为人工气候培养箱,温度(30±1)℃,相对湿度(70±5)%,24 h 全黑暗培养。

1.2 试验方法

将 24 h 内羽化并已交配过的雌成虫接种到绿豆上,让其产卵。次日挑选附着单粒卵的绿豆,分装于 24 孔养虫板中,在 20、25、30 和 35℃ 等 4 个温度和相对湿度 70%±5% 的条件下进行培养。每个处

理饲养 150 头。

逐日观察卵孵化数及成虫羽化数。成虫繁殖力测定时,将雌雄配 30 对单独饲养,放于有充足豆粒作为食物的 93 mL 圆柱形小玻璃瓶(直径 4 cm,高 7.5 cm)中,然后用纱布把玻璃瓶口包好,每天记录产卵量并转移至含有新的豆粒的玻璃瓶内。由于绿豆象卵孵化为成虫后才从豆粒内钻出,因此将幼虫期和蛹期合并为豆内期。

1.3 数据处理

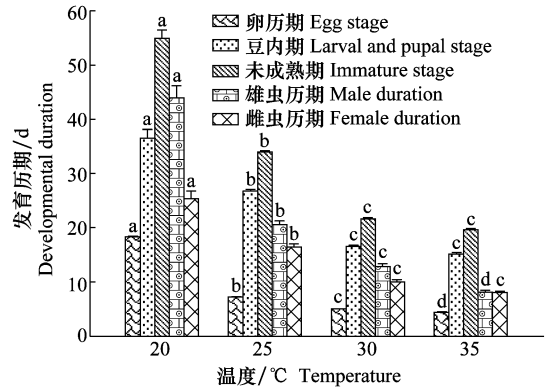
试验所得数据用 Excel 2007 软件进行计算和作图, SAS 9.0 进行方差显著性分析。在计算各温度下绿豆象的成活率、繁殖率和发育历期时,采用 LSD 法对试验数据进行多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 温度对绿豆象发育历期的影响

随着温度的升高,绿豆象卵期、豆内期、未成熟期、雄虫历期及雌虫历期均缩短(图 1),即随着温度的升高,发育速率相应加快。

在 20℃ 时,卵期、豆内期、未成熟期、雄虫历期及雌虫历期均最长,分别为 18.33、36.43、54.76、43.93 和 25.33 d;在 35℃ 时,卵期、豆内期、未成熟期、雄虫历期及雌虫历期均为最短,分别为 4.40、15.20、19.60、8.07 和 8.07 d,且在 35℃ 时,卵期和雄虫历期都显著低于其他 3 个温度,豆内期、未成熟期和雌虫历期显著低于 20 和 25℃ 2 个温度,但是与 30℃ 时差异不显著。



图中数据为平均值±标准误,柱上标有相同小写字母者表示处理间差异不显著(P<0.05)。下同
Data in the figure are mean ± SE. The same lowercase letters on histograms indicate non-significant difference among the treatments (P<0.05). The same below

图 1 不同温度下绿豆象各发育阶段的历期¹⁾

Fig. 1 Duration of each development stage of *Callosobruchus chinensis* at constant temperatures

2.2 温度对绿豆象存活率的影响

温度对绿豆象存活率的影响较大(图 2)。在 20~25℃,随着温度升高,绿豆象卵、幼虫和蛹的存活率逐渐增大,当温度超过 30℃后,它们的存活率又逐渐下降,表明高温对绿豆象卵、幼虫及蛹的存活有抑制作用。在 20℃时,绿豆象卵期、豆内期及未成熟期的存活率分别为 38.19%、65.40%和 25.00%,且与其他 3 个温度下的存活率差异显著。

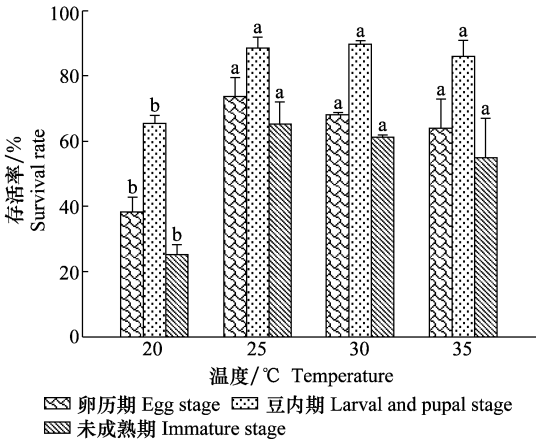


图 2 温度对绿豆象存活率的影响

Fig. 2 Effects of temperature on the survival rate of *Callosobruchus chinensis*

2.3 温度对绿豆象繁殖力的影响

在 20~35℃,随着温度的升高,绿豆象的产卵历期逐渐缩短。20℃时,绿豆象的产卵历期最长,为 20.67 d,且与其他 3 个温度下的产卵历期差异显著;在 35℃时,绿豆象的产卵历期最短,为 5.83 d,

表 2 绿豆象的发育起点温度和有效积温

Table 2 Developmental thresholds and effective accumulated temperature of *Callosobruchus chinensis*

发育阶段 Developmental stage	发育起点温度/℃ Developmental threshold	有效积温/日·度 Accumulated temperature	回归方程 Regression equation	<i>r</i>
卵期 Egg stage	14.69±0.08	82.63±1.13	$T=14.69+82.63V$	0.954 3
豆内期 Larval and pupal duration	11.11±0.35	342.87±7.33	$T=11.11+342.87V$	0.946 8
未成熟期 Immature stage	12.03±0.18	427.94±5.45	$T=12.03+427.94V$	0.962 9
世代 Whole generation	13.73±0.32	565.59±15.04	$T=13.73+565.59V$	0.989 2

2.5 温度对种群参数的影响

采用 Howe^[22]的计算公式 $r_m = \lg(NS)/(T+L/2)$ 和 $\lambda = e^{r_m}$ 快速计算内禀增长率和周限增长率。式中 r_m 为内禀增长率, λ 为周限增长率, N 为每雌平均产卵量, S 为世代存活率, T 为发育历期, L 为产卵期。绿豆象在不同温度下的内禀增长率和周限增长率如表 3 所示,在 35℃时,绿豆象的内禀增长率及周限增长率均为最大,分别为 0.044 58 和 1.045 58。在 20℃时,内禀增长率和周限增长率均最小,其值分别为 0.010 37 和 1.010 43。

显著低于 20℃和 25℃两个温度下的产卵历期,但是与 30℃下的产卵历期差异不显著。温度对绿豆象总产卵量影响显著,在 25℃和 30℃时,绿豆象平均每雌产卵量较多,分别为 69.90 粒和 64.97 粒,且与 20℃和 35℃下的每雌总产卵量差异显著。温度对雌性比例有影响,在 20℃时,绿豆象雌性所占比例最低,为 33.27%,但与其他各温度差异不显著(表 1)。

表 1 温度对绿豆象繁殖力的影响

Table 1 Effects of temperature on the fecundity of *Callosobruchus chinensis*

温度/℃ Temperature	产卵历期/d Oviposition period	总产卵量/粒 Total egg number	雌性比例/% Female proportion
20	(20.67±1.38)a	(43.33±3.91)b	(33.27±1.43)a
25	(12.63±0.48)b	(69.90±1.48)a	(43.96±7.18)a
30	(7.77±0.52)c	(64.97±1.46)a	(45.44±2.08)a
35	(5.83±0.18)c	(46.63±2.41)b	(44.17±3.52)a

2.4 温度对绿豆象发育起点温度及有效积温的影响

根据不同温度下各虫态的发育历期,采用直线回归法^[20-21]计算各虫态的发育起点温度和有效积温。由表 2 可知,卵的发育起点温度为 14.69℃,有效积温为 82.63 日·度,回归方程为 $T=14.69+82.63V(r=0.954 3)$ 。豆内期和未成熟期的发育起点温度分别为 11.11℃和 12.03℃,有效积温分别为 342.87 日·度和 427.94 日·度。整个世代的发育起点温度为 13.73℃,有效积温为 565.59 日·度。

表 3 温度对绿豆象内禀增长率及周限增长率的影响

Table 3 Effects of temperature on the intrinsic rate of increase and finite rate of increase of *Callosobruchus chinensis*

温度/℃ Temperature	内禀增长率 Intrinsic rate of increase	周限增长率 Finite rate of increase
20	0.010 37	1.010 43
25	0.028 27	1.028 67
30	0.043 40	1.044 35
35	0.044 58	1.045 58

2.6 温度对绿豆象成虫体重的影响

温度对初羽化成虫体重的影响如图 3 所示,温

度对初羽化成虫体重影响不显著,在 20℃ 时,初羽化成虫体重为 5.69 mg/头,高于其他各处理温度间,但是差异不显著。

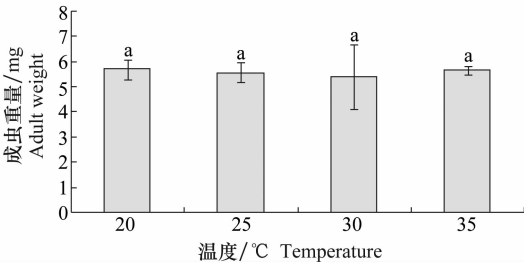


图 3 温度对初羽化成虫体重的影响

Fig. 3 Effects of temperature on the weight of early emerged adults

3 讨论

本研究结果表明,在 20~35℃ 范围内,随着温度的升高,绿豆象发育速率加快,发育历期缩短。而邓永学等^[16]的研究表明,在 25~32℃ 范围内,绿豆象发育速率随着温度的升高而加快,发育历期缩短,但当温度超过 32℃ 时,发育历期延长,造成这一差异的原因可能是不同地理种群绿豆象造成的。

本研究计算出的绿豆象卵、豆内幼虫和蛹的发育起点温度与邓永学等^[16]研究中的西昌绿豆象差异较小,但与重庆绿豆象则有一定差别,可能是本研究中的绿豆象与西昌绿豆象种群差异较小,而与重庆绿豆象种群差异较大;但是豆内期及豆内幼虫和蛹的有效积温差异均不大。从绿豆象卵、豆内期、未成熟期及整个世代的发育起点温度和有效积温的研究结果来看,我国大部分地区气温均可满足绿豆象生长发育和繁殖的要求,且各地食用豆类品种繁多,因此各部门在进行食用豆类引种时需要高度重视。

内禀增长率是指在给定的物理和生物的条件下,具有稳定的年龄组配的种群的最大瞬时增长率。内禀增长率综合了环境因素对昆虫发育、存活和繁殖三方面影响的信息,因此能更精确地表述种群数量变动的情况^[23-24]。在 20~35℃ 之间,绿豆象的内禀增长率和周限增长率随着温度的升高而增大;在 30~35℃ 时,内禀增长率和周限增长率均较大,发育历期较短,产卵量较多,如在此温度范围内饲养,可以在短时间内繁殖出大量的绿豆象。尽管 25℃ 时产卵量最大,但它的内禀增长率及周限增长率较低,因而不利于绿豆象的快速繁殖。

通过比较不同温度条件下绿豆象的生长发育和繁殖等生物学特性,研究结果表明,30~35℃ 是绿豆象生长发育的最适合温度。每年的 6—9 月在 1 年中的平均气温最高,绿豆象世代历期最短,成活率高,繁殖力大,正是绿豆象的盛发期,造成的损失也最大,应在此阶段加大绿豆象的监测和防治。

参考文献

[1] 刘昌燕,万正煌,仲建锋,等. 绿豆象的辐照致死效应研究[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(19): 4607-4610.

[2] 仲建锋,万正煌,李莉,等. 极限温度对绿豆象及绿豆种子的影响[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(13): 2719-2727.

[3] 仲建锋,万正煌,李莉,等. 低温和高温对仓储绿豆象的防治效果[J]. 中国农业科学, 2013, 46(1): 54-59.

[4] Duan Canxing, Li Dandan, Sun Suli, et al. Rapid development of microsatellite markers for *Callosobruchus chinensis* using illumina paired-end sequencing [J]. PLoS ONE, 2014, 9 (5): e95458.

[5] 刘昌燕,焦春海,仲建锋,等. 食用豆虫害研究进展[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(24): 5912-5916.

[6] 王进忠,田慧敏,张民照,等. 绿豆象生物学习性及室内药效测定[J]. 北京农学院学报, 2005, 20(4): 25-44.

[7] Katsuki M, Miyatake T. Effects of temperature on mating duration, sperm transfer and remating frequency in *Callosobruchus chinensis* [J]. Journal of Insect Physiology, 2009, 55(2): 113-116.

[8] Loganathan M, Jayas D S, Fields P G, et al. Low and high temperatures for the control of cowpea beetle, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) in chickpeas [J]. Journal of Stored Products Research, 2011, 47(3): 244-248.

[9] 李景柱,邹军锐,盖海涛. 寄主和温度对西花蓟马生长发育的影响[J]. 生态学杂志, 2011, 30(3): 558-563.

[10] 王海波,薛瑶,雷仲仁. 恒温 and 波动温度下西花蓟马的实验种群生命表[J]. 中国农业科学, 2014, 47(1): 61-68.

[11] 秦厚国,叶正襄,丁建,等. 温度对斜纹夜蛾发育、存活及繁殖的影响[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(3): 76-79.

[12] Chandrantha J, Muthukrishnan J, Mathavan S. Effect of temperature and host seed species on the fecundity of *Callosobruchus maculatus* (F.) [J]. Proceedings of the Indian Academy of Sciences (Animal Sciences), 1987, 96(3): 221-227.

[13] 阮启错,林萱. 四纹豆象生物学研究[J]. 粮食储藏, 1988, 17(2): 3-9.

[14] 许渭根,赵琳,王建伟,等. 四纹豆象发生规律和生活习性观察[J]. 浙江农业科学, 1999, 17(5): 222-224.

[15] 曹新民,邓永学,赵志模,等. 温度对四纹豆象生长发育与繁殖的影响[J]. 昆虫知识, 2009, 46(2): 233-237.

[16] 邓永学,李隆术. 温度对绿豆象地理种群生长发育的影响[J]. 西南农业大学学报, 1990, 12(4): 343-345.

虫不足以供给寄生蜂发育全阶段所需营养,当寄生低龄幼虫且完成其发育时,羽化的成蜂都为雄蜂,这与何建云等^[5]报道的斜纹夜蛾长距姬小蜂结果相似。螟蛉绒茧蜂的寿命在一定的温度范围内会随着温度的升高而降低,且补充外源营养可延长短梳角野螟绒茧蜂的寿命,这与很多寄生蜂的研究结果相似^[13-16]。螟蛉绒茧蜂生长发育周期短且与温度存在一定的相关性^[17-19],28℃条件下,卵~结茧历期最长仅6.42 d。

试验过程中发现,螟蛉绒茧蜂既可在短梳角野螟幼虫体内产卵致其死亡,也可吸取寄主体液致其死亡,这对有效防控短梳角野螟具有重大作用。本研究还发现,螟蛉绒茧蜂可以在一头寄主上多次产卵寄生,即过寄生。这与康晓霞等^[11]报道的棉大卷叶螟绒茧蜂结果相符,其影响因子有待进一步探究。李元喜等^[20]、张延峰等^[21]等报道,过寄生行为会造成寄生蜂卵的浪费和降低寄主的适应能力,不利于天敌本身的生长发育,因此有关螟蛉绒茧蜂的过寄生行为有待深入研究。

参考文献

- [1] 潘伟华. 红花天料木造林技术与效果分析[J]. 引进与咨询, 2005(11): 66-67.
- [2] 陈彧, 陈强, 杨众养, 等. 红花天料木育苗及栽培技术[J]. 热带林业, 2015, 43(4): 38-40.
- [3] 薛杨, 陈杰, 符小干. 红花天料木扦插育苗技术研究[J]. 热带林业, 2009, 37(2): 29.
- [4] 卢俊培. 土壤条件与母体生长[J]. 热带林业科技, 1979(2): 15-25.
- [5] 何建云, 陈子姝, 陈旭阳, 等. 斜纹夜蛾长距姬小蜂的生物学特性[J]. 中国生物防治学报, 2014, 30(4): 453-459.
- [6] Muniappan R, Bamba J, Cruz J, et al. Biology, rearing and field release on Guam of *Euplectrus maternus*, a parasitoid of

the fruit-piercing moth, *Eudocima fullonia* [J]. Chinese Journal of Biological Control, 2004, 49: 537-551.

- [7] Mahdavi V. Residual toxicity of some pesticides on the larval ectoparasitoid, *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae)[J]. Journal of Plant Protection Research, 2013, 53(1): 27-31.
- [8] Zhu C D, Huang D W. A study of the genus *Euplectrus* westwood (Hym: Eulophidae) in China[J]. Zoological Studies, 2003, 42(1): 140-164.
- [9] 王常平, 游兰韶, 肖芬, 等. 菜粉蝶盘绒茧蜂的生物学特性[J]. 湖南农业科学, 2005(3): 51-53.
- [10] 张晓岚, 孟玲, 李保平. 菜粉蝶蛹体型大小对蝶蛹金小蜂后代数量、性比及体型大小的影响[J]. 生态学杂志, 2009, 28(4): 677-680.
- [11] 康晓霞, 赵光明, 龚一飞, 等. 棉大卷叶螟绒茧蜂生物学特性观察[J]. 中国生物防治, 2006, 22(4): 275-278.
- [12] 于军香, 毛建萍, 谢立群, 等. 桑螟绒茧蜂的生物学特性[J]. 昆虫知识, 2005, 42(2): 199-201.
- [13] 尹承山, 陈学新, 郎法勇, 等. 美洲斑潜蝇寄生蜂——黄腹潜蝇茧蜂成虫的生物学特性[J]. 昆虫学报, 2003, 46(4): 505-511.
- [14] Stouthamer R. The use of sexual versus asexual wasps in biological control [J]. Entomophaga, 1993, 38(1): 3-6.
- [15] 王秀梅, 臧连生, 林宝庆, 等. 榆紫叶甲赤眼蜂基础生物学特性及其实验种群生命表[J]. 生态学报, 2013, 33(20): 6553-6559.
- [16] 张方平, 符悦冠, 韩冬银, 等. 斑翅食蚜小蜂的生物学特性[J]. 生态学报, 2010, 30(17): 4708-4716.
- [17] 焦懿, 陈志麟, 余道坚, 等. 刺桐姬小蜂生物学特性研究[J]. 昆虫学报, 2007, 50(1): 46-50.
- [18] 吕宝乾, 彭志强, 许春霭, 等. 椰心叶甲蛹寄生蜂——椰心叶甲嗜小蜂的生物学特性[J]. 昆虫学报, 2006, 49(4): 643-649.
- [19] 武辉, 王小艺, 王孟楼, 等. 白蜡吉丁肿腿蜂的生物学和生态学特性及繁殖技术研究[J]. 昆虫学报, 2008, 51(1): 46-54.
- [20] 李元喜, 刘银泉, 刘树生. 过寄生对菜蛾绒茧蜂生物学特性的影响[J]. 中国生物防治, 2001, 17(4): 151-154.
- [21] 张延峰, 宋琼婷, 张帆, 等. 两种赤眼蜂过寄生及其对过寄生适应能力的比较[J]. 中国生物防治, 2010, 26(4): 377-384.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 75 页)

- [17] Deng Yongxue, Wang Jinjun, Zhao Zhimo, et al. Comparative biology of two geographical populations of the southern cowpea weevil *Callosobruchus chinensis* (L.) (Coleoptera: Bruchidae) in southwest China [J]. Entomologia Sinica, 2003, 10(4): 257-264.
- [18] 邓永学, 朱文炳. 温度和湿度对巴西豆象生长发育的影响[J]. 植物保护学报, 1993, 20(1): 37-41.
- [19] 李南植, 宋保深, 吕杰, 等. 环境温湿度对菜豆象成虫寿命及产卵影响的研究[J]. 植物检疫, 1995, 9(4): 193-197.
- [20] 郭祥光, 黄心华, 朱金亮, 等. 南方粘虫之研究——Ⅳ 粘虫的发育起点、有效积温常数测定, 及其研究方法、计算方法的比较[J]. 昆虫学报, 1964, 13(5): 649-658.

- [21] 李典谟, 王莽莽. 快速估计发育起点及有效积温法的研究[J]. 昆虫知识, 1986, 23(4): 184-187.
- [22] Howe R W. The rapid determination of the intrinsic rate of increase of an insect population [J]. The Annals of Applied Biology, 1953, 40(1): 134-151.
- [23] 席贻龙, 黄祥飞, 汪本勤, 等. 环境因子对蓟花臂尾轮虫种群动态的影响[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版), 2000, 23(4): 334-338.
- [24] 胡好远. 种群内禀增长率精确值的简便求法[J]. 安徽农学通报, 2010, 16(3): 173-174.

(责任编辑: 田 喆)