应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2016, 53(1): 121−127. DOI: 10.7679/j.issn.2095−1353.2016.016

相对湿度对咖啡豆象生长发育、繁殖及种群增长的影响*

杨 帅** 张 涛 高玉林 梅向东 宁 君***

（中国农业科学院植物保护研究所，植物病虫害生物学国家重点实验室，北京 100193）

摘 要 【**目的**】 研究在实验室条件下，咖啡豆象 *Araecerus fasciculatus* 生命活动对不同相对湿度环境的适生性，并通过组建实验种群生命表，明确相对湿度对其种群增长的影响。【**方法**】 实验设定 30%、45%、60%、75%、90% 5 个相对湿度梯度，观察比较咖啡豆象卵、幼虫、蛹历期及其存活率、成虫寿命、单雌产卵量。【**结果**】 在 30%~90%范围内，随相对湿度的增加咖啡豆象幼虫发育历期缩短，卵至蛹期存活率、成虫寿命及繁殖力提高。相对湿度为 90%时，卵、幼虫、蛹存活率最高且发育历期最短，成虫寿命最长，单雌产卵量最高。各湿度生命表参数内禀增长率（r_m）在 0.197~0.319 之间，相对湿度 75%时最高；净增殖率（R_0）在 9.653~73.493 之间，相对湿度 90%时最高。此外，内禀增长率（r_m）、净增殖率（R_0）与相对湿度关系符合 Logistic 模型，分别为 y=0.32/1+exp(1.71-0.07x)（R^2=0.90442，P=0.00201）和 y=78.13/1+exp(5.03−0.09x)（R^2=0.98931，P=0.00213）。【**结论**】 研究表明相对湿度是影响咖啡豆象生长发育、繁殖力、种群增长的重要因素，有助于进一步了解气象环境条件对咖啡豆象的影响，同时为其种群增长数学模型的拟合提供参考。

关键词 咖啡豆象，相对湿度，生长发育，繁殖力，生命表

Effects of relative humidity on the development, reproduction and population growth of *Araecerus fascilatus* (Coleoptera: Anthribidae)

YANG Shuai** ZHANG Tao GAO Yu-Lin MEI Xiang-Dong NING Jun***

(State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract [**Objectives**] To investigate the effects of relative humidity on the development, fecundity, and growth, of a laboratory population of *Araecerus fascilatus*. [**Methods**] The development and subsequent fecundity of larvae and pupae of *A. fascilatus* reared at 30%, 45%, 60%, 75%, 90% r.h. were monitored and compared. [**Results]** Higher relative humidity was associated with a shorter larval stage, increased survival and higher adult female fecundity. The shortest developmental duration, and highest survival, adult longevity and fecundity, were observed in larvae and pupae that were kept at 90%RH. The intrinsic rate of increase (r_m) ranged from 0.209 to 0.330 and was highest at 75%r.h., The net reproductive rate (R_0) ranged from 9.653~73.493 and was highest at 90% RH. The relationships between r_m, Ro and relative humidity were good fits to the logistic models y=0.32/1+exp(1.71−0.07x) (R^2=0.90442, P=0.00201) and y=78.13/1+exp(5.03−0.09x) (R^2=0.98931, P=0.00213), respectively. **[Conclusion]** The results suggest that relative humidity is a factor influencing the reproduction and phenology of *Araecerus fascilatus*, and that incorporating this in population models may improve their accuracy and predictive power.

Key words *Araecerus fascilatus*, relative humidity, development, fecundity, life table

---

* 资助项目 Supported projects：国家自然科学基金委创新群体项目 31321004；973 项目 2012CB114104

**第一作者 First author，E-mail：shuai.yang1988@163.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：jning@ippcaas.cn

收稿日期 Received：2015-05-23，接受日期 Accepted：2015-11-01

咖啡豆象 *Araecerus fasciculatus* De Geer 属鞘翅目（Cleopptera），长角象科（Anthribidae），源产于印度，随着贸易往来传播较广，现已成为世界性仓储害虫，尤其在热带与亚热带地区为害严重（Sayed，1940；Mphuru，1974）。在多次全国储粮害虫调查后，该虫已被列为我国 5 种具有潜在危险的储粮害虫之一（严晓平等，2006）。咖啡豆象食性较广，其中为害严重的寄主包括玉米、咖啡豆、薯类、大蒜、中药材等（Cotterell，1952；李灿和李子忠，2010）。还发现其对柑橘、麻疯树、木瓜、印楝树等多种植物果实也有一定的危害（Childers，1982；Wu *et al.*，2011；Caasi and Lit，2012；Ardakani and Nasserzadeh，2014）。此外，咖啡豆象已被我国许多酿酒厂认定为危害酒曲的重要害虫之一，其主要危害是影响大曲产量、降低曲块理化指标等（王富花等，2009）。

相对湿度是影响昆虫发育与种群动态的重要因素，对研究害虫生理代谢、绿色防治具有重要的意义（常晓娜等，2008）。Cotterell（1952）发现可可在晾晒过程中，含水量在 12%~20%时，有利于咖啡豆象的蛀蚀与产卵，而含水量降低至 8%及其以下时，咖啡豆象则不能完成生活史。Fernie 和 Langley（1966）的研究证实了咖啡豆象往往侵染贮藏时间较长的咖啡，含水量低于 13.5%的阿拉伯咖啡与低于 12%的罗布斯塔咖啡不会受到咖啡豆象的侵蚀。Plumbley 和 Rees（1983）通过实验观测推断，咖啡豆象当年危害严重与 1 月份降水量大有关。根据前人的研究结果可以推测，咖啡豆象的生活史、危害特性与环境相对湿度因素有重要联系。咖啡豆象作为一种具有重要经济意义的害虫，其生长发育、繁殖与相对湿度的关系研究尚需要进一步的补充和丰富，本文旨在通过对咖啡豆象生长发育的观察记录与数学关系分析，讨论其种群动态与湿度因素的关系，为准确预测其发生、实现科学防治、降低经济损失提供一定的理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试虫源与饲养

咖啡豆象成虫于 2013 年 6 月山东德州古贝春酒厂采集获得，置于养虫室内，保持温度（27±1）℃，相对湿度 70%~90%，光周期为 12L∶12D 条件饲养。供试饲料为 100 目玉米粉，连续饲养咖啡豆象 5 代以上，其生长发育、繁殖状况均良好，可作为实验试虫。

1.2 实验方法

1.2.1 羽化前发育研究　实验在人工气候箱 RXZ-500A 中黑暗条件下进行，温度（27±0.5）℃，分别设定 30%、45%、60%、75%、90% 5 个相对湿度梯度（误差为±5%），对咖啡豆象各发育阶段历期、存活率展开研究。

（1）卵孵化期：以文献报道配方制备棉铃虫人工饲料（卓乐姒等，1981），待晾干后，切成 1.5 cm×1.5 cm×1 cm 小块作为咖啡豆象成虫产卵基质。取 50 对羽化约 10 d 的成虫，黑暗适应 4 h 后，分装于盛有 5 个人工饲料块的饲养盒内暗环境产卵 2 h。然后将卵移至底部垫有黑色保鲜膜的培养皿中，分别放入不同湿度条件下培养。每 12 h 观察卵的孵化情况并记录孵化数量。每处理 20 枚卵，重复 4 次。

（2）幼虫期：将同一批新孵化得到的幼虫（6 h 内）转入盛有 0.5 cm 厚 100 目玉米粉的培养皿中进行培养，每 24 h 观察记录幼虫发育状态、存活数。分别放入不同湿度条件下培养，每处理 20 头幼虫，重复 4 次。

（3）蛹期：将同一批幼虫化蛹新得到的蛹（6 h 内）从蛹室中取出，单独分装于培养皿中，在全部完成羽化或死亡之前，每 12 h 记录蛹的羽化状态、存活数。分别放入不同湿度条件下培养，每处理 20 枚蛹，重复 4 次。

1.2.2 成虫寿命与繁殖力研究　在每个用纱布封口的培养皿中放入一对新羽化（12 h 内）的成虫，置于 5 个不同湿度梯度环境下培养。逐日观察记录其存活数目直至成虫全部死亡；另外，在雌成虫死亡之前，为尽量减少人为因素对其产卵带来的影响，每隔 3 d 更换一次饲料并统计产卵量。每处理 20 对，重复 4 次。

1.3 数据处理

1.3.1 实验种群生命表组建　生命表参数计算参

照 Birch（1953）汪小东等（2014）的方法，公式中 x 年龄（d）从完成羽化之日算起，l_x 是同一批卵发育至 x 时的存活率，m_x 是相应的尚存活雌虫在单位时间内平均产卵量；R_0 为净增殖率；r_m 为内禀增长率；T 为平均世代历期；λ 为周期增长率。计算公式如下：

$$R_0 = \sum m_x l_x；r_m = \ln R_0/T；$$

$$T = \sum x m_x l_x / \sum m_x l_x；\lambda = e^{rm}。$$

采用 Logistic 模型 y=a/1+Exp(b−cx)拟合内禀增长率、净增殖率与相对湿度的关系，其中 a、b、c 为回归系数。

1.3.2　数据分析　不同处理所得数据用 SPSS 19.0 软件进行单因素方差分析，均值间差异显著性采用 Duncan's 新复极差法检验（$P < 0.05$）。

2　结果与分析

2.1　湿度对发育历期及存活率的影响

咖啡豆象各发育阶段历期数据见表 1。总体而言，卵孵化、蛹羽化历期在各湿度处理下总体差异不显著；而各处理幼虫发育历期则有显著性差异，随着相对湿度的增加幼虫期逐渐缩短，相对湿度 90%时幼虫期最短，为 32.16 d，仅仅是相对湿度 30%时发育历期的 1/2 左右。

由存活率结果可知，卵孵化率在相对湿度 45%~90%范围内差异不显著，而在相对湿度 30%条件下显著低于其他处理，仅有 68.38%能够完成孵化；幼虫受相对湿度影响明显，低湿度处理下（30%、45%）幼虫化蛹率差异显著，仅 36.25%以下的幼虫能完成，高湿度处理下（75%、90%）则差异不显著，78.75%以上的幼虫能够完成化蛹；各处理蛹羽化率差异不显著，均在 72.50%以上。由此得知，相对湿度对咖啡豆象羽化前的生长历期和存活率有明显影响，其中对幼虫期有较大影响。

2.2　湿度对成虫寿命及其繁殖力影响

从表 2 可以看出，雄、雌成虫在相对湿度 30%条件下寿命最短，平均分别为 27.68 d、26.61 d；较高湿度下（75%、90%），平均寿命则明显高于前者，最高分别可达 81.29 d、79.68 d。以上数据说明相对湿度对咖啡豆象寿命长短影响较大，不同处理下成虫寿命差异显著，总体随着湿度增加而增加。

相对湿度对单雌产卵量也有较大影响，相对湿度 90%时单雌产卵量最大，平均为 80.99 粒；相对湿度 30%时最低，平均为 11.18 粒。各处理单雌产卵量差异显著，且随着相对湿度的增加而增加。

结合成虫产卵每 3 d 获取的动态数据（图 1，图 2）可知，产卵活动一般从羽化 6 d 后开始，一直持续至接近雌虫生命终结。湿度较低时存活率下降迅速，而湿度较高下降相对缓慢，相对湿度 30%和 90%存活率降至约 50%所需时间，分

表 1　不同相对湿度下咖啡豆象卵、幼虫、蛹历期及存活率

Table 1　Development period and survival rate of *Aracerus fasciculatus* eggs, larvae and pupae at different relative humidities

相对湿度（%）Relative humidity	发育历期（d）Developmental period (d)			存活率（%）Survival rate (%)		
	卵 Eggs	幼虫 Larvae	蛹 Pupae	卵 Eggs	幼虫 Larvae	蛹 Pupae
30	7.17±0.88a	57.49±9.24a	7.09±0.76ab	68.38±6.84b	13.75±8.54d	73.75±6.29a
45	6.81±0.69a	48.02±4.64b	7.88±1.10a	71.20±8.41ab	36.25±6.29c	72.50±8.66a
60	6.16±0.99a	42.24±5.32bc	7.11±0.69ab	84.45±7.71a	53.75±4.78b	76.25±8.54a
75	6.67±0.75a	34.98±2.35cd	6.93±0.39ab	82.18±6.71ab	78.75±2.50a	81.25±7.50a
90	6.29±1.11a	32.16±2.36d	6.61±0.66b	84.88±8.78a	82.50±2.88a	82.50±8.19a

表内数据为平均值±SD，同行数据后标有不同字母表示差异显著（P<0.05）。下表同。

Data in the table are mean±SD; those in the same row followed by different letters indicate significantly different at 0.05 level(P<0.05). The same as below.

表 2 不同相对湿度下咖啡豆象的寿命、单雌产卵量
Table 2 Adult longevity, average eggs laid per female *Aracerus fasciculatus* at different relative humidities

相对湿度 (%)	成虫寿命（d） Adult longevity (d)		单雌产卵量 Number of eggs laid per female
	雄虫 Male	雌虫 Female	
30	27.68±5.71e	26.61±4.45e	11.18±3.00e
45	35.10±3.94d	38.00±4.66d	19.58±3.84d
60	48.71±5.01c	50.14±3.84c	49.66±6.41c
75	73.33±3.85b	70.51±5.20b	71.09±4.60b
90	81.29±4.68a	79.68±3.44a	80.99±3.10a

别为羽化后 27 d 和 84 d。雌虫的产卵高峰出现在羽化后的 9~15 d，峰值分别为 1.98、3.01、5.23、6.26、5.75 个；在相对湿度 30%、45%、60%、75%、90%条件下产卵盛期（占总量百分比）分别为：6~27（85.68%）、6~27（84.88%）、6~39（83.20%）、6~51（82.49%）、6~66（84.58%）。由此可见，随着相对湿度的增加，有利于成虫寿命的延长、单雌产卵量的增加、雌虫产卵高峰峰值的升高、产卵盛期的延长，最终有利于种群的增长。

根据实验所得的数据资料，分别计算得到的生命表参数列于表 3。比较可知，在 5 个相对湿度梯度下，内禀增长率（r_m）均大于零，种群呈增长趋势。其中 30%~60%范围内，内禀增长率（r_m）、周期增长率（λ）随相对湿度的增加而显著增加，60%~90%相对湿度时，两参数变化趋于平缓且无显著差异，说明相对湿度 60%以上时，种群增长能力增强，种群加倍所需时间缩短；相对湿度对净增殖率（R_0）、平均世代历期（T）影响比较明显，每经一个世代种群可增殖（R_0）9.653~73.493 倍，平均世代历期为 11.15~35.12 d，这说明种群增长迅速、世代重叠现象严重，是该虫分布广、危害重的重要原因。4 个参数均体现了随着相对湿度增加而增加的总体规律，但内禀增长率（r_m）与净增殖率（R_0）与相对湿度之间符合 logistic 模型（图 2），分别为：y=0.32/1+exp(1.71–0.07x)（R^2=0.90442，P=0.00201）和 y=78.13/1+exp(5.03–0.09x)（R^2=0.98931，P=0.00213）。

3 讨论

Sayed（1935）和黄静芬（1983）对咖啡豆象生物学特性做过较为详细的报道，但对咖啡豆象种群增长与湿度之间的关系未做系统性研究。本文基于前人报道，通过研究咖啡豆象以玉米粉为食源条件下，不同湿度下各虫态历期、存活率、成虫寿命、繁殖力等方面获得的实验结果，为掌握该虫种群增长特性和制定防控策略提供了理论依据。与文献比较，本实验所得咖啡豆象总体生长发育规律与其基本一致。本文还发现，相对湿度 30%、45%条件下，咖啡豆象幼虫死亡率超过 60%，发育历期也显著延长，是造成咖啡豆象在干燥条件下不能大量增殖的主要原因。此外，本文根据成虫寿命、繁殖力等数据构建了咖啡豆象实验种群生命表，并获得生命表参数内禀增长率（r_m）与相对湿度的数量关系。在理论上一定程度上可以解释实验种群采集地仓库内种群危害动态成因，在每年的 3—6 月份，气温开始回升，但仓库内相对湿度仍较低，咖啡豆象以卵、幼虫虫态存在，成虫只有零星危害出现；6—9 月份相对湿度保持在 60%~90%，内禀增长率显著增加，咖啡豆象种群迅速爆发，危害最为严重；10 月至次年 2 月，随着温度的降低，咖啡豆象成虫数量降低、活动减少，并大量寄生于仓储物内，主要以幼虫虫态过冬。

一般来说，仓储害虫在较高相对湿度条件下生长发育迅速，而在较低时则生长发育速度缓慢甚至导致死亡。这种现象在大谷蠹 *Prostephanus truncatu*（Horn）、锯谷盗 *Oryzaephilus surinamensi*（L.）、洋虫 *Palembus dermestoides* 实验室种群研究中均有体现（Shires，1979；王明洁等，2001；王建新，2007）。仓储害虫的生长需在适宜温度范围内进行，低于最低湿度时，容易造成昆虫体内失水导致酶活受到抑制，进而导致代谢失调而死亡；湿度高于最适湿度时，昆虫代谢受到影响，高于临界高湿时，酶活性降低，代谢减缓至死亡，另一方面高湿也会造成虫体的霉烂。仓储害虫最适湿度、适宜湿度范围均有所差异，可能是由于

代谢酶活性对湿度要求差异所造成的，有待进一步研究。

咖啡豆象寄主种类多，分布广泛。不同的仓储寄主有不同的湿度条件要求，而咖啡豆象完成生命周期的适应性迥异，表现出对不同仓储物的危害程度。因此，可根据本文方法结合对仓储湿度条件检测数据，计算和预测未来某时段的虫态发生量，对不同的贮存阶段制定不同的咖啡豆象防治策略。一方面，科学计划合理分布仓储物的存储时间，尽可能减少湿润多雨季节的仓储量；另一方面，相对湿度较低的时节应加强带有虫源仓储物的排查与清理，对条件允许的仓储物可适

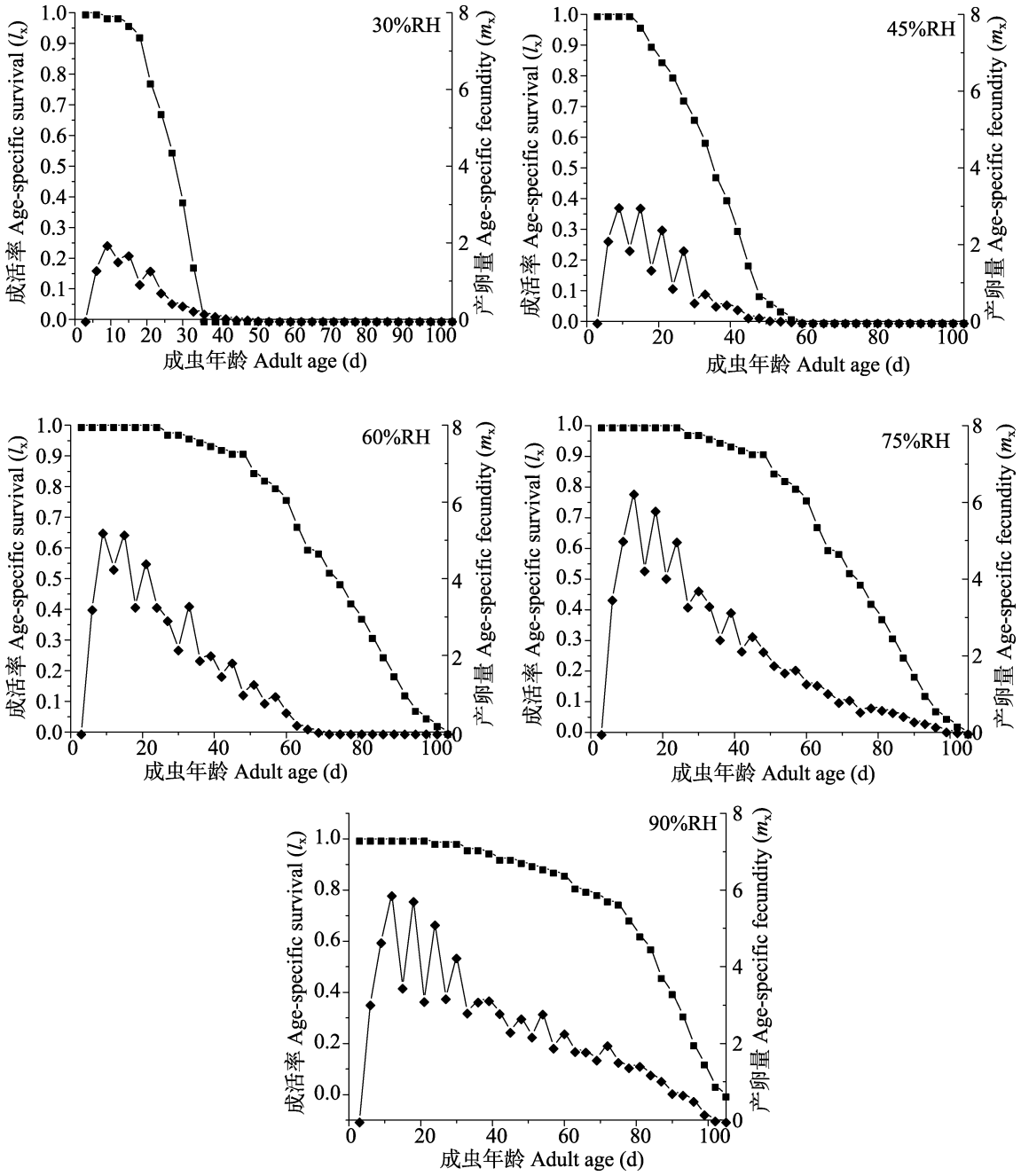

图 1　咖啡豆象在相对湿度 30%、45%、60%、75%、90%下年龄特征存活率（l_x，方块）和年龄特征单雌平均产卵量（m_x，菱形）动态曲线图

Fig. 1　Relationship between the adult age and age-specific survival (l_x, filled squares) and age-specific fencundity (m_x, filled diamonds) for *Aracerus fasciculatus* under each relative humidity

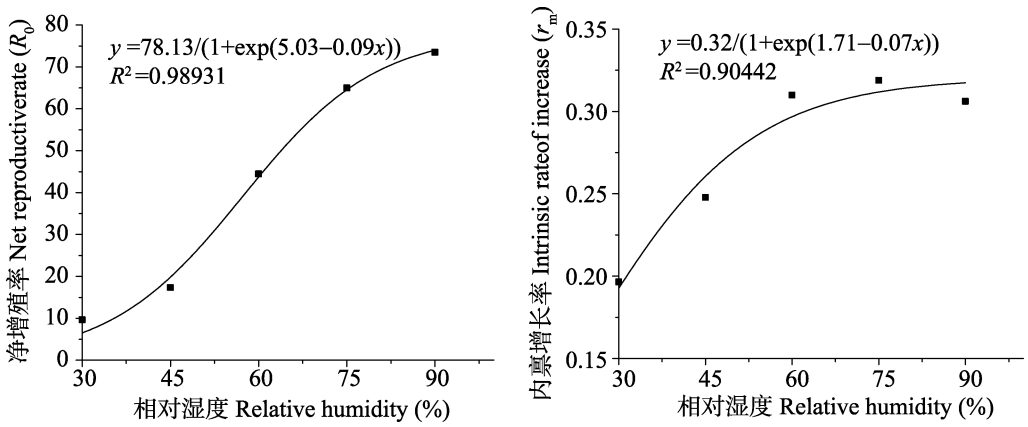

图 2　内禀增长率与净增长率与相对湿度关系的 Logistic 拟合曲线

Fig. 2　Relationship between relative humidity and intrinsic rate of increase and net reproduction rate for *Aracerus fasciculatus* described by logistic models

表 3　不同相对湿度下咖啡豆象生命表参数

Table 3　Life table parameters of *Aracerus fasciculatus* at different relative humidities

相对湿度（%） Relative humidity	内禀增长率（r_m） Intrinsic rate of increase	净增殖率（R_0） Net reproductive rate	平均世代历期（T） Generation average period (d)	周期增长率（λ） Finite rate of increase
30	0.197±0.019c	9.653±2.529d	11.15±2.46d	1.22±0.023c
45	0.248±0.020b	17.334±2.265d	13.74±1.26d	1.28±0.026b
60	0.319±0.007a	44.450±6.803c	19.56±1.69c	1.36±0.010a
75	0.306±0.011a	64.998±4.306b	28.94±0.25b	1.38±0.015a
90	0.322±0.011a	73.493±3.078a	35.12±2.96a	1.36±0.015a

度利用熏蒸等化学防治手段杀灭卵和幼虫，从而降低下批次产品的虫口基数；相对湿度较高的时，则注意通风排潮，加强仓储物晾晒管理，并及时清理发潮变质仓储物以控制虫源。本文在研究中排除了天敌、气温变化等环境条件影响，所得结果与自然种群动态存在一定差异，但可以此为基础，对影响咖啡豆象种群动态的多影响因子做进一步研究，确定和划分在储藏过程中咖啡豆象环境因子关键点阈值及其防治措施，从而逐步形成经济有效、环境友好的综合防治策略。

参考文献 (References)

Ardakani AS, Nasserzadeh H, 2014. First record and biology of coffee bean weevil, *Araecerus fasciculatus* De Geer, on pesticide plant, *Melia azedarach* L. from Iran. *International Journal of Biosciences*, 5(12): 486–491.

Birch LC, 1953. Experimental background to the study of the distribution and abundance of insects: I. The influence of temperature, moisture and food on the innate capacity for increase of three grain beetles. *Ecology*, 34(4) 698–711.

Caasi-Lit MT, Lit-Jr IL, 2012. First report of the coffee bean weevil *Araecerus fasciculatus* (De Geer)(Coleoptera: Anthribidae) as pest of papaya in the Philippines. *The Philippine Agricultural Scientist*, 94(4): 415–420.

Chang XN, Gao HJ, Chen FJ, Zhai BP, 2008. Effects of environmental moisture and precipitation on insects: a review. *Chinese Journal of Ecology*, 27(4): 619–625. [常晓娜, 高慧璟, 陈法军, 翟保平, 2008. 环境湿度和降雨对昆虫的影响. 生态学杂志, 27(4): 619–625.]

Childers CC, 1982. Coffee bean weevil, a pest of citrus in Florida, USA: Injury to citrus, occurrence in citrus, host plants and seasonal activity. *Journal of Economic Entomology*, 75(2): 340–347.

Cotterell GS, 1952. The insects associated with export produce in Southern Nigeria. *Bulletin of Entomological Research*, 43(1): 145–152.

Fernie LM, Langley CJ, 1966. Arabica coffee storage. Part2. Review of the problem in Tanganvika. *Kenya Coffee*, 31(367): 297, 299.

Huang JF, 1983. A preliminary observation on *Araecerus fasciculatus* De Geer damaging the Garlic. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 6(3): 46–52. [黄静芬, 1983. 咖啡豆象

为害大蒜头的初步观察. 南京农业大学学报, 6(3): 46–52.]

Li C, Li ZZ, 2010. Damage and life history of *Araecerus fasciculatus* in Guizhou. *Guizhou Agricultural Sciences*, 38(3): 93–95. [李灿, 李子忠, 2010. 检疫性害虫咖啡豆象在贵州的危害特点及其生活史. 贵州农业科学, 38(3): 93–95.]

Mphuru AN, 1974. *Araecerus fasciculatus* de Geer (Coleoptera: Anthribidae). A review. *Tropical Stored Products Information*, (26): 7–15.

Plumbley RA, Rees DP, 1983. An infestation by *Araecerus fasciculatus* (Degeer)(Coleoptera: Anthribidae) and *Decadarchis minuscula* (Walsingham)(Lepidoptera: Tineidae) on stored fresh yam tubers in south-east Nigeria. *Journal of Stored Products Research*, 19(2): 93–95.

Sayed MT, 1935. On the biology of *Araecerus fasciculatus* De Geer (Anthribidae), with special reference to the effects of variations in the nature and water content of the food. *Annals of Applied Biology*, 22(3) 557–577.

Sayed MT , 1940. The morphology, anatomy and biology of *Araecerus fasciculatus* De Geer (Coleoptera: Anthribidae). *Bull. Soc. Fouad I. Ent.* , 24: 82–126.

Shires SW, 1979. Influence of temperature and humidity on survival, development period and adult sex ratio in *Prostephanus truncatus* (Horn)(Coleoptera, Bostrichidae). *Journal of Stored Products Research*, 15(1): 5–10.

Wang FH, Shen FZ, Zhang ZJ, 2009. The occurrence, the harm and the prevention of Daqu pests. *Liquor Making Science and Technology*, 181(7): 56–58. [王富花, 沈发治, 张占军, 2009. 大曲害虫的发生、危害及治理. 酿酒科技, 181(7): 56–58.]

Wang JX, 2007. Influence of food and humidity on the development and reproductivity of palembus dermestoides and chitin extraction of adult. Master dissertation. Chongqing: Southwest University. [王建新, 2007. 饲料、湿度对洋虫发育和繁殖的影响及成虫甲壳素的提取. 硕士学位论文. 重庆: 西南大学.]

Wang MJ, Gui HL, Sun M, 2001. The influence of temperature and relative humidity on the development of saw-toothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis* (L.). *Journal-Nanjing Agricultural University*, 24(2): 57–60. [王明洁, 国海林, 孙明, 2001. 温湿度对锯谷盗实验种群生长和发育的影响. 南京农业大学学报, 24(2): 57–60.]

Wang XD, Yuan XP, Huang YQ, Zhang JH, Zhao YY, 2014. Evalution of the potential for *Neoseiulus californicus* to act as a biological control for *Tetranychus turkestani* and *Tetranychus truncate* based on life table analysis. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(3): 795–801. [汪小东, 袁秀萍, 黄艳勤, 张建华, 赵伊英, 2014. 应用实验种群生命表评价加州新小绥螨对土耳其斯坦叶螨和截形叶螨的控制能力. 应用昆虫学报, 51(3): 795–801.]

Wu YK, Chen BT, Ou GT, 2011. Damage of coffee bean weevil (*Araecerus fasciculatus* De Geer) on its new host *Jatropha curcas* L. *Plant Diseases and Pests*, 2(2): 22–24.

Yan XP, Song YC, Shen ZP, Li WW, Pu W, Zhou H, 2006. An updated list of stored grain insects in China in 2005. *Grain Storage*, 35(2): 3–9. [严晓平, 宋永成, 沈兆鹏, 黎万武, 蒲玮, 周浩, 2006. 中国储粮昆虫 2005 年最新名录. 粮食储藏, 35(2): 3–9.]

Zhuo LS, Huang YL, Yang JR, 1981. Studies The artificial diets of he cotton bollworm *Heliothis armigera* (Hubner). *Acta Entomologica Sinica*, 24(1): 108–110. [卓乐姒, 黄兰, 杨家荣, 1981. 棉铃虫人工饲料的研究. 昆虫学报, 24(1): 108–110.]