

文章编号: 0529-6579 (1999) 02-0060-05

# 瓜实蝇和南瓜实蝇的种内竞争<sup>\*</sup>

周昌清, 梅流柱

(中山大学昆虫学研究所/生物防治国家重点实验室, 广东 广州 510275)

**摘 要:** 研究了种内竞争对瓜实蝇(*Bactrocera cucurbitae*)和南瓜实蝇(*B. tau*)的生长、发育及存活的影响. 对不同竞争强度下蛹的生物量、成虫生物量、幼虫存活率、蛹存活率、蛹的大小和成虫大小进行拟合分析, 其模拟方程各不相同, 但模拟方程的微分形式可用一通式来表示:  $dy/dx = k(x - x_0)x^i y^j$  ( $k, x_0, i, j$  为常数). 种内竞争对昆虫性比的影响不具规律性.

**关键词:** 瓜实蝇(*Bactrocera cucurbitae*); 南瓜实蝇(*B. tau*); 种内竞争

**中图分类号:** Q 968 **文献标识码:** A

瓜实蝇(*Bactrocera cucurbitae*)和南瓜实蝇(*B. tau*)是蔬菜瓜果的主要害虫, 危害寄主植物数十种, 是重要的植物检疫对象<sup>[1~5]</sup>. 作者对其生物学、生态学特征和自然种群动态已做详细报道<sup>[1, 2, 6~8]</sup>, 本文就其种内竞争问题做详细的研究, 并报道其研究结果. 关于种内竞争机制, 前人已作了很多工作<sup>[9~10]</sup>, 主要研究幼虫期密度对幼虫、蛹存活的影响以及对幼虫、蛹、成虫大小的影响, 前人的研究都是对这些特征作定性的描述. 本文研究瓜实蝇、南瓜实蝇种内竞争对其生长和存活率的影响, 在进行系统观察的基础上, 进行了大量的拟合分析.

## 1 材料和方法

### 1.1 实验材料

瓜实蝇成虫是在中山大学校园内采集的, 南瓜实蝇是从广州动植物检验局引种过来的, 两者都在实验室条件下用人工饲料繁殖 20 多世代, 建立实验种群. 人工饲料配方为  $m(\text{白糖}) : m(\text{酵母}) = 3 : 1$ . 实蝇幼虫用南瓜饲养, 从市场购买的南瓜除去表皮和种子, 肉质部分用来喂养幼虫.

### 1.2 实验方法

瓜实蝇和南瓜实蝇成虫饲养在  $25 \text{ cm} \times 25 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$  的纱笼内, 喂养人工饲料和水, 成虫产卵时, 在笼内放  $2 \text{ cm} \times 0.5 \text{ cm} \times 0.5 \text{ cm}$  南瓜块, 4 h 后取出, 用水轻轻冲洗, 收集新鲜的卵作为实验用. 实验温度为  $25^\circ\text{C}$ , 光照为  $L:D=12:12 \text{ h}$ . 卵期为  $1 \sim 2 \text{ d}$ . 新孵化的

<sup>\*</sup> 基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (38970155)

收稿日期: 1998-04-10 作者简介: 周昌清, 男, 1940 年生, 教授.

幼虫, 用毛笔轻轻的挑到 10 g 的南瓜块上. 实验设置 10 组不同密度, 即在 10 g 食物上分别养 1, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80 和 100 头幼虫. 依其上述饲养密度, 实验的重复数依次为 60, 12, 6, 4, 3, 3, 3, 3, 3, 3 次之. 幼虫饲养在直径为 8 cm, 高为 10 cm 的透明玻璃瓶内, 瓶底垫一层沙子, 一方面吸收多余的水分, 一方面作为幼虫化蛹的基质. 每天观察记录幼虫存活数、化蛹数、称量蛹质量. 蛹阶段放在锥形瓶内饲养, 成虫羽化开始后, 每天记录成虫羽化时间, 羽化数, 性比, 称量成虫个体质量. 蛹、成虫放在 60 ~ 70 °C 的烘箱内烘 48 h, 电子天秤称量生物量. 上述观察记录的原始资料整理出幼虫历期、蛹历期、幼虫存活率、蛹存活率、蛹生物量( $m_p$ )、成虫生物量( $m_a$ )、平均蛹质量( $\bar{m}_p$ )、平均成虫质量( $\bar{m}_a$ )和性比的数据, 进行理论分析.

### 1.3 模拟分析方法

本文所观察的生物学特性量化数字所呈的曲线有的能用直线或抛物线来描述, 有的只能用比较特殊的不常见的函数来描述. 但是从其微分形式来看, 所有图形都有相同的规律性, 曲线上某一点导数与该点到极值点的距离成正比, 与该点横坐标、纵坐标相关, 其微分形式可用方程描述

$$dy/dx = k(x - x_0)x^i y^j \quad (k, x_0, i, j \text{ 为常数, 其中 } i, j \text{ 为整数})$$

此方程的特点:  $i=0, j=0$ , 描述的是抛物线;  $x_0=0, i=-1, j=0$ , 描述的是直线;  $x=x_0, dy_0/dx_0=0, x=x_0$  为曲线上极值点;  $i=0$ , 图形围绕极值点呈对称;  $i \neq 0$ , 图形围绕极值点不对称点.

可见, 当常数  $k, x_0, i, j$  取不同值时, 此微分方程可以描述直线、抛物线和一些特殊的对称或不对称图形. 为了方便模拟分析, 将微分方程通过不定积分, 写成常分方程

$$y^{1-j}/(1-j) = kx^i/i - kx_0x^{i+1}/(i+1) + b$$

当  $j=1, y^{1-j}/(1-j) = \ln y$ ; 当  $i=-1, x^{i+1}/(i+1) = \ln x$ ; 当  $i=0, x^i/i = \ln x$ . 通过  $y^{1-j}/(1-j)$  对  $x^i/i, x^{i+1}/(i+1)$  二元线性回归, 可求出其常分方程.

## 2 结果和分析

### 2.1 蛹的生物量和成虫的生物量

蛹的生物量( $m_p$ )是指生活在 10 g 食物中的幼虫化蛹后, 蛹的总质量. 研究  $m_p$  是从能量的角度考察生物对资源的利用效率, 相同数量的资源生产出的  $m_p$  多, 说明生物对资源的利用率高, 反之则利用率低.

从图 1 可以看出, 在有限的条件下, 随着  $N_1$  的增加,  $m_p$  逐渐增加, 表明随着幼虫群体的增加对环境的利用能力增强, 当  $N_1$  增加到一定的程度,  $m_p$  达到最大值, 然后  $N_1$  再增加,  $m_p$  反而减小.  $m_p$  达到最大值时的幼虫密度称为幼虫饱和密度.  $N_1$  超过饱和密度, 生物对环境的利用率反而下降. 在本实验条件下, 瓜实蝇和南瓜实蝇幼虫的饱和密度分别为 55.4 和 22.6 头. 此时的  $m_p$  分别是 530.2 mg 和 148.3 mg. 由此可见, 瓜实蝇对食物的利用能力比南瓜实蝇强. 2 种实蝇  $m_a$  对幼虫期密度的反应分别与各自的  $m_p$  对  $N_1$  的反应相似(图 2).

### 2.2 蛹的大小与成虫的大小

在食物、空间有限的情况下, 所能容纳的  $N_1$  是有限的, 当  $N_1$  增加, 幼虫间相互干扰, 影响幼虫的生长发育, 当  $N_1$  过多, 超过环境容纳量, 食物不足, 幼虫得不到充分的

发育.

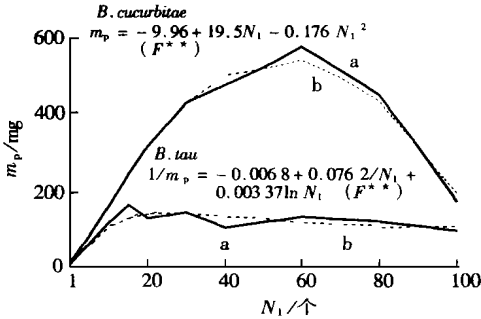


图 1 蛹的生物量与幼虫密度的关系  
Fig. 1 The relationship between pupal biomass and larval density  
a 观察值曲线; b 模拟值曲线

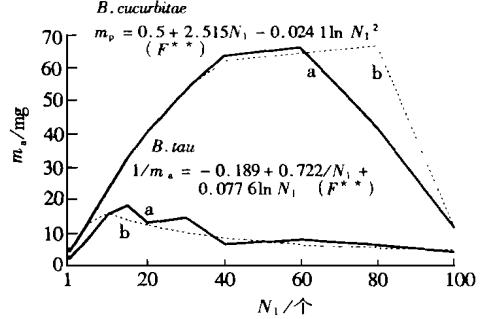


图 2 成虫的生物量与幼虫密度的关系  
Fig. 2 The relationship between adult biomass and larval density  
a 观察值曲线; b 模拟值曲线

从图 3 的结果可看出, 瓜实蝇和南瓜实蝇的平均蛹质重随着  $N_1$  增加而减小. 有一点值得注意, 南瓜实蝇的  $N_1$  为 1 时,  $N_1$  反而小于  $N_1$  为 5 时的蛹质量, 这是密度过低的原因. Sullivan<sup>[10]</sup> 在研究家蝇的种内竞争时, 把这种现象称为密度过低效应 (effect of undercrowding). 瓜实蝇和南瓜实蝇的  $\bar{m}_p$  分别为 19.4 mg 和 18.21 mg.

个体大的蛹羽化出的成虫个体大, 个体小的蛹羽化出的成虫个体小, 成虫的大小用成虫平均质量表示, 成虫的大小与蛹的大小成直线关系.

### 2.3 幼虫存活率和蛹存活率

在食物有限的条件下,  $N_1$  增加, 不但影响幼虫个体的大小, 而且影响幼虫的存活率. 从图 4 可以看出, 随着  $N_1$  的增加, 幼虫的存活率逐渐减小, 但是瓜实蝇幼虫密度为 1 时的存活率反而低于幼虫密度为 5 时的存活率, 这是密度过低造成的. 不同物种的过低密度效应的表现形式是不一样的. 瓜实蝇表现为幼虫存活率下降, 南瓜实蝇表现为  $N_1$  减少, 这是长期自然选择的结果. 不同大小的蛹的羽化率是不同的, 个体大的蛹羽化率高, 个体小的蛹羽化率低, 蛹的存活率与幼虫期密度的关系用直线方程来表示 (图 5).

### 2.4 幼虫历期与蛹历期

幼虫期密度也能影响幼虫的发育历期, 随着幼虫密度增加, 幼虫发育速度加快, 幼虫期缩短, 幼虫期密度过高, 幼虫期反而略有延长. 随着幼虫期密度增加, 蛹的历期略有缩短, 这是因为幼虫期密度增加, 蛹的大小变小, 完成变态的时间缩短, 不过其变化的幅度较小.

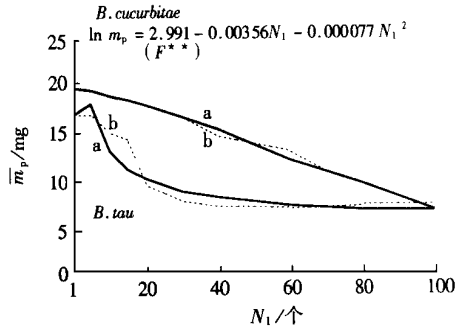


图 3 蛹的平均质量与幼虫密度的关系  
Fig. 3 The relationship between pupal average weight and larval density  
a 观察值曲线; b 模拟值曲线

2.5 性比

2 种实蝇羽化的成虫性别与其幼虫期密度没有明显的相关性，瓜实蝇雌性比在 23.06%~53.42% 之间，南瓜实蝇在 24.81%~69.51% 之间。

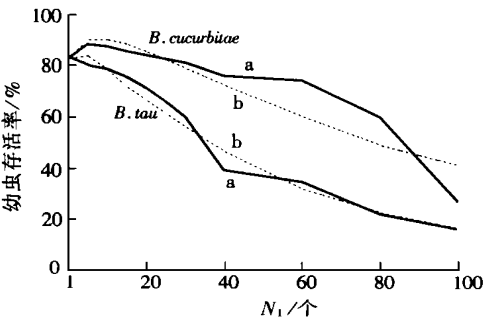


图 4 幼虫存活率与幼虫密度关系

Fig. 4 The relationship between larval survival rate and larval density  
a 观察值曲线; b 模拟值曲线

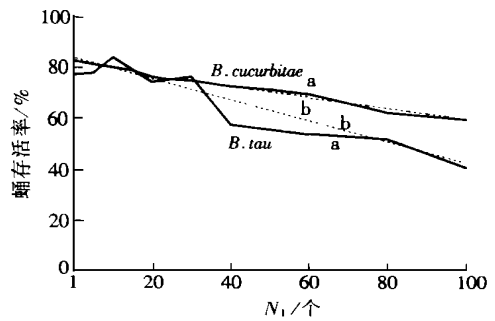


图 5 蛹的存活率与幼虫密度的关系

Fig. 5 The relationship between pupal survival rate and larval density  
a 观察值曲线; b 模拟值曲线

3 讨 论

种内斗争对瓜实蝇和南瓜实蝇的蛹生物量、成虫生物量、幼虫存活率、蛹存活率、蛹大小、成虫大小均有明显的影响，其作用可以用模拟方程来描述。对生活史各个阶段的生物特性的模拟方程各不相同，但模拟方程可用微分形式表示。

幼虫密度对幼虫发育历期有明显的影响，随着幼虫密度增加，食物不足时幼虫发育速率加快，提前化蛹。食物极端短缺时，发育速率反而减慢。性比与幼虫期密度关系不明显。密度过低产生密度过低效应。本文发现幼虫密度太低对瓜实蝇和南瓜实蝇的个体发育都不利，产生过低效应。瓜实蝇的密度过低效应表现为幼虫存活率下降，南瓜实蝇的密度过低效应表现为个体质量下降。自然种群的种间竞争比较复杂，不仅幼虫期存在种内竞争，成虫之间也存在交配、取食、产卵的竞争。要了解种内竞争对自然种群的调节作用，还必要研究成虫之间的种内竞争。

参考文献：

[ 1 ] 周昌清, 陈海东. 光温湿因子对三种果实蝇生殖力影响的比较研究 [ J ]. 中山大学学报 ( 自然科学版 ), 1995, 34 ( 1 ): 40~46.  
[ 2 ] 陈海东, 周昌清. 瓜实蝇 *Bactrocera cucurbitae* 桔小实蝇 *B. dorsalis* 和南瓜实蝇 *B. tau* 在广州地区的种群动态 [ J ]. 植物保护学报, 1995 ( 4 ): 348~354.  
[ 3 ] BATEMAN M A. The ecology of fruit flies [ J ]. Ann Rev Ent, 1972, 17: 493~518.  
[ 4 ] CHRISTENSON L D, FOOTE R H. Biology of fruit flies [ J ]. Ann Rev Ent, 1960 ( 5 ): 171~192.  
[ 5 ] FLETCHER B S. The Biology of dacine fruit flies [ J ]. Ann Rev Ent, 1987, 32: 115~144.  
[ 6 ] YANG P J, ZHOU C Q, LIANG G Q, et al. Temperature studies on a Chinese strain of *Bactricera cucurbitae* (Coquillett) (Dipt : Tephritidae) [ J ]. Pan-Pacific Entomol, 1994, 70 ( 4 ): 269~275.  
[ 7 ] ZHOU C Q, WU K K, CHEN H D, et al. Effect of temperature on the population growth of *Bactrocera tau* (Walker) (Dipt : Tephritidae) [ J ]. J Appl Ent, 1994, 117: 332~337.

- [ 8 ] MILLER R S, THOMAS J L. The effect of larval crowding and body size on the longevity of adult *Drosophila melanogaster* [J] . *Ecology*, 1958, 39: 118~125.
- [ 9 ] MILLER R S. Larval Competition of *Drosophila melanogaster* and *D. simulans* [J] . *Ecology*, 1964, 45 (1): 132~148.
- [ 10 ] SOKAL R R, SULLIVAN R L. Competition between mutant and wild type house fly strains at varying densities [J] . *Ecology*, 1963, 44 (2): 314~322.

## Studies of Intraspecific Competition of Fruit Flies *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) and *B. tau* (Walk) (Diptera: Tephritidae)

\*  
ZHOU Chang-qing , MEI Liu-zhu

**Abstract:** This paper deals with the influence of intraspecific competition in *Bactrocera cucurbitae* and *B. tau* on population growth, development and survival. Pupal biomass, adult biomass, larval survival rate, pupal survival rate, pupal size and adult size are simulated in relation to different intensities of competition. The simulation equations of different indexes are different, but the differential forms of simulation equations can be expressed by the following formula:  $dy/dx = k(x - x_0)x^i y^j$  ( $k, x_0, i, j$  are constants). No regular events are observed for two flies indicating the intraspecific competitions influence on sexual ratio.

**Keywords:** fruit fly; *Bactrocera cucurbitae*; *B. tau*; intraspecific competition

---

\* Institute of Entomology and State Key Laboratory for Biocontrol, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China