

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2016.03.005

橘小实蝇与番石榴实蝇卵及蛹的种间竞争

刘 慧^{1,2}, 侯柏华¹, 马 骏^{3*}

¹广东省昆虫研究所, 广东省野生动物保护与利用公共实验室, 广东省农业害虫综合治理重点实验室, 广东 广州 510260; ²华南农业大学农学院, 广东 广州 510640; ³广东出入境检验检疫局检验检疫技术中心, 广东 广州 510623

摘要:【背景】实蝇的竞争可能发生在生活史的各个阶段,但未见卵和蛹的种间竞争的相关报道。【方法】将橘小实蝇与番石榴实蝇的卵及蛹按照相应的比例或龄期分别进行混合培养,分析2种实蝇的卵或蛹混合后的发育历期和存活率是否受到彼此影响。【结果】橘小实蝇与番石榴实蝇的卵同龄等量混合,对彼此卵的历期和孵化率无影响。当橘小实蝇和番石榴实蝇的蛹为新鲜蛹时,分别与比它们蛹龄大1 d的对方蛹混合,蛹的羽化率分别为(87.67±3.61)%和(84.33±2.56)%,显著小于对照,说明在此混合蛹处理中,后化蛹者的发育可能受到先化蛹者的抑制。【结论与意义】总体上,在卵和蛹期,橘小实蝇与番石榴实蝇未产生竞争作用,但不排除蛹期竞争的可能性,这种竞争可能存在于特定的蛹期。

关键词: 橘小实蝇; 番石榴实蝇; 卵; 蛹; 种间竞争

Interspecific competition between *Bactrocera dorsalis* and *B. correcta* (Diptera: Tephritidae) eggs and pupae

Hui LIU^{1,2}, Bo-hua HOU¹, Jun MA^{3*}

¹ Guangdong Entomological Institute, Guangdong Public Laboratory of Wild Animal Conservation and Utilization, Guangdong Key Laboratory of Integrated Pest Management in Agriculture, Guangzhou, Guangdong 510260, China; ² College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China; ³ Guangdong Inspection and Quarantine Technology Center, Guangzhou, Guangdong 510623, China

Abstract: 【Background】Interspecific competition in the family Tephritidae (fruit flies) can happen at every developmental stage of the life cycle. However, interspecific competition during egg and pupa stages of two fruit flies has not been observed. 【Method】*Bactrocera dorsalis* and *B. correcta* were reared together under different proportions and time of introduction of the second species. The developmental duration and survival rate of the two species were then measured. 【Result】There were no effects on the duration of the egg stage and hatching rate of both species when eggs of *B. dorsalis* and *B. correcta* were initially mixed in equal numbers and at the same egg age. However, when pupae of different ages (one new and one of one day old) of the two fruit flies were mixed, emergence rates of the younger pupae were respectively (87.67±3.61)% for *B. dorsalis* and (84.33±2.56)% for *B. correcta*, which were significantly less than the respective controls. This outcome implied that the younger pupae could inhibit the growth by the older pupae. 【Conclusion and significance】The study shows that interspecific competitive effect between *B. dorsalis* and *B. correcta* is minimal with a possibility of competition at the pupal stage.

Key words: *Bactrocera dorsalis*; *Bactrocera correcta*; egg; pupa; interspecific competition

实蝇的种间竞争机制通常较为复杂,可能发生在其生活史的各个阶段,但因物种的不同而不同(Duyck, 2004)。迄今,相关方面的研究主要集中在实蝇的幼虫和成虫阶段,关于卵和蛹期的竞争关系尚未见报道。

橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel) 是我国最重要的实蝇类害虫,在多个地区危害严重(刘奎等, 2016; Wan & Yang, 2016); 番石榴实蝇 *B. cor-*

recta 目前在我国仅在极少数地区分布,但其进一步扩散危害的可能性很大(吕文刚等,2010; Liu *et al.*, 2013)。这 2 种实蝇均为多食性,寄主生态位高度重叠,若这 2 种实蝇同域发生,则会利用相同的寄主资源,将引发种间竞争(刘慧等,2014; 刘晓飞等,2014)。

在实蝇幼虫阶段的种间竞争中,先孵化的幼虫将取得竞争优势(Fitt,1989; Shen *et al.*, 2014)。当 2 种实蝇在同一寄主内的相邻位置产卵时,它们的卵是否存在竞争? 卵的发育速度和存活率是否会受到彼此影响? 此外,作者在橘小实蝇和番石榴实蝇的相关研究中发现,独立种群的老熟幼虫就地化蛹,而 2 种实蝇混合的老熟幼虫种群则喜欢向四周爬行,分散化蛹。这种现象发生的原因:一方面可能因为 2 种实蝇幼虫彼此产生的忌避行为,另一方面可能是它们的蛹存在种间竞争。如果 2 种实蝇的卵产在同一个方位的寄主内,老熟幼虫将在同一片砂土中化蛹,这 2 种实蝇蛹的历期和存活率是否会受到彼此的影响? 本文针对橘小实蝇与番石榴实蝇的卵及蛹的种间竞争关系展开了探索性研究。

1 材料与方法

1.1 试验材料与条件

橘小实蝇、番石榴实蝇分别采自广州花都区、云南元江县的番石榴 *Psidium guajava* L. 果园,均在室内用人工饲料饲养 5 代以上。幼虫人工饲料参考焦懿等(2011)的方法配制;成虫饲料配方为酵母:糖=1:3。实验室饲养条件:光暗周期(L:D)=14 h:10 h,温度(26±1)℃,相对湿度 65%左右。

试验在温度(26±1)℃、湿度约 80%(用加湿器保持湿度)的实验室中进行。

1.2 试验方法

1.2.1 橘小实蝇与番石榴实蝇卵的种间关系 在橘小实蝇和番石榴实蝇的雌虫产卵高峰期(20~40 日龄),用自制的圆柱状塑料采卵器($r=3.5\text{ cm}$, $h=15\text{ cm}$)分别采集不超过 1 h 的卵;用小毛笔轻轻将相应数量的卵刷到培养皿中的湿润黑色滤纸上。试验分为混合组和对照组,混合组 2 种实蝇的卵粒数为 50:50,每种实蝇 50 粒平铺在一起,且 2 种实蝇卵粒相距 0.5~1.0 cm;对照组为单种实蝇卵 100 粒,按照混合组形式 50:50 排列,溶液为清水。24 h 后每隔约 2 h 观察一次,记录孵化的卵粒数。重复 6 次。

1.2.2 橘小实蝇与番石榴实蝇蛹的种间关系 按表 1 中每个处理的安排在对应的日期内准备好大量 2 种实蝇 6 h 内蛹龄的蛹(新鲜蛹),将 2 种实蝇的蛹按照相应的蛹龄进行混合;仅在即时混合的处理中设置了 2 种实蝇不同蛹数的混合,其他处理 2 种蛹均是各 100 头;以单种实蝇 200 头蛹作为对照。所有蛹混合后均埋入装有湿润砂子(RH=60%~70%)的塑料杯子内,砂子厚度为 3~4 cm;将装蛹的杯子放在纱网袋内,待 8 d 后,每天分 3 次观察羽化情况[早(6:00)、中(14:00)、晚(22:00)];自成虫羽化后,3 次更换纱网袋,统计每个时间段羽化出虫的种类和数量。重复 3 次。

表 1 橘小实蝇与番石榴实蝇蛹混合的比例和时间

Table 1 Proportion and time of <i>B. dorsalis</i> mixed with <i>B. correcta</i>		
第 1 天 The first day	第 1 天(即时混合) The first day (mixing immediately)	第 N 天 The N days
100 头 <i>B.d.</i>	100 头 <i>B.c.</i>	
50 头 <i>B.d.</i>	100 头 <i>B.c.</i>	
100 头 <i>B.d.</i>	50 头 <i>B.c.</i>	
100 头 <i>B.d.</i>		100 头 <i>B.c.</i>
100 头 <i>B.c.</i>		100 头 <i>B.d.</i>

B.d. 为橘小实蝇, *B.c.* 为番石榴实蝇。第 *N* 天分别为第 2、4、6、8 d,即间隔 1、3、5、7 d。
B.d.: *B. dorsalis*, *B.c.*: *B. correcta*. The *N* day included the second day, the fourth day, the sixth day and the eighth day, namely its interval time respectively was one day, three days, five days and seven days.

1.3 数据统计分析

2 种实蝇卵或蛹的平均历期的计算公式: $D = (n_1d_1 + n_2d_2 + \dots + n_id_i) / (n_1 + n_2 + \dots + n_i)$,其中 *D* 为卵或蛹的平均历期, d_i 为卵/蛹的历期, n_i 为卵/蛹的数量。孵化率和羽化率在进行处理组间的均数比较前进行反余弦平方根转换。

采用统计分析软件 SPSS 18.0 进行数据分析,单因素方差(one-way ANOVA)分析进行均数比较,均数间的多重比较采用最小显著性差异法(LSD)检验。

2 结果与分析

2.1 橘小实蝇与番石榴实蝇卵的种间关系

将橘小实蝇和番石榴实蝇的新鲜卵粒按相同数量混合直至孵化,2 种实蝇未引起彼此卵的历期和孵化率的显著性变化(表 2),未发现 2 种实蝇在卵期存在种间竞争现象。

表 2 橘小实蝇和番石榴实蝇的卵混合后对彼此的发育历期和孵化率的影响				
Table 2 Egg stage duration and hatching rate of <i>B. dorsalis</i> and <i>B. correcta</i> in the mixed group				
组别 Group	卵历期 Egg duration (h)		孵化率 Hatching rate (%)	
	橘小实蝇 <i>B. dorsalis</i>	番石榴实蝇 <i>B. correcta</i>	橘小实蝇 <i>B. dorsalis</i>	番石榴实蝇 <i>B. correcta</i>
对照组 Control	34.93±0.56a	37.65±0.77a	84.33±2.92a	85.47±1.25a
混合组 Treatment	32.76±0.63a	38.74±0.41a	87.26±3.14a	86.32±4.01a

表中数据均为 Mean±SE,同列字母相同表示差异不显著 ($P>0.05$)。
Each value represents Mean±SE. Means within a column followed by the same letters are not significantly different from each other ($P>0.05$).

2.2 橘小实蝇与番石榴实蝇蛹的种间关系

表 3 显示橘小实蝇和番石榴实蝇的蛹混合直至羽化,无论是混合比例还是蛹龄的不同,彼此均不影响蛹的发育历期;只是橘小实蝇的新鲜蛹混入番石榴实蝇多日蛹龄的蛹中时,其蛹期与对照比较有所减少,但未产生显著性差异。同样,在 2 种实蝇蛹混合的绝大多数处理中,其羽化率未受到彼此的影响;但是,在间隔 1 d 的混合处理中,橘小实蝇

和番石榴实蝇的蛹均为新鲜蛹作为后混入者时,蛹的羽化率分别仅为 (87.67 ± 3.61)% 和 (84.33 ± 2.56)%,显著小于对照。此外,2 种实蝇主要集中在 6:00—14:00 内羽化,尤其橘小实蝇;在 14:00—2:00 之间番石榴实蝇羽化的虫数比橘小实蝇多;而 2 种实蝇均极少在 22:00 至第 2 天 6:00 这段时间内羽化。

表 3 橘小实蝇和番石榴实蝇的蛹混合后对彼此的发育历期和羽化率的影响				
Table 3 Pupal stage duration and emergence rate of two species in the mixed group				
组别 Group	蛹历期 Pupal stage duration (d)		羽化率 Emergence rate (%)	
	橘小实蝇 <i>B. dorsalis</i>	番石榴实蝇 <i>B. correcta</i>	橘小实蝇 <i>B. dorsalis</i>	番石榴实蝇 <i>B. correcta</i>
对照组 Control	9.65±0.08a	10.47±0.10a	97.67±1.67a	98.33±1.08a
即时 Immediately (100 <i>B.d.</i> : 100 <i>B.c.</i>)	9.77±0.06a	10.73±0.10a	95.67±2.15a	97.00±1.62a
即时 Immediately (50 <i>B.d.</i> : 100 <i>B.c.</i>)	9.72±0.10a	10.36±0.06a	98.00±1.46a	94.33±2.49a
即时 Immediately (100 <i>B.d.</i> : 50 <i>B.c.</i>)	9.54±0.05a	10.82±0.09a	95.67±1.83a	96.67±1.54a
间隔 1 d (先) One day apart (earlier)	9.74±0.07a	10.76±0.03a	97.33±0.74a	95.00±1.68a
间隔 3 d (先) Three days apart (earlier)	9.66±0.09a	10.92±0.10a	98.00±1.16a	98.00±1.27a
间隔 5 d (先) Five days apart (earlier)	9.51±0.07a	10.84±0.08a	95.00±1.62a	96.67±1.22a
间隔 7 d (先) Seven days apart (earlier)	9.46±0.06a	10.58±0.09a	96.67±1.75a	97.00±0.81a
间隔 1 d (后) One day apart (later)	9.38±0.10a	10.63±0.07a	87.67±3.61b	84.33±2.56b
间隔 3 d (后) Three days apart (later)	9.29±0.10a	10.34±0.06a	98.33±1.24a	95.67±2.04a
间隔 5 d (后) Five days apart (later)	9.45±0.11a	10.55±0.10a	96.00±1.46a	93.67±3.63a
间隔 7 d (后) Seven days apart (later)	9.26±0.11a	10.57±0.06a	97.33±2.13a	98.00±1.58a

表中数据均为 Mean±SE,同列字母相同表示差异不显著 ($P>0.05$)。表中的“先”是指 2 种实蝇不同日蛹混合的组合中先化蛹的实蝇,而“后”是指后化蛹的实蝇。
Each value represents Mean±SE. Means within a column followed by the same letters are not significantly different from each other ($P>0.05$). *B. dorsalis* and *B. correcta* pupated at different times in the mixed groups, earlier refers to pupation earlier, and later refers to pupation later.

3 讨论

本研究探讨了实蝇在卵期和蛹期存在竞争的可能性。将橘小实蝇和番石榴实蝇等量同日龄的卵混合,未发现存在竞争现象;若将不同日龄或数量不等的 2 种实蝇的卵混合,是否存在种间竞争还未知。孙儒泳(2001)指出,有时候结果未观察到种间竞争未必是没有发生种间竞争,可能是种间竞争与种内竞争强度相当而保持平衡状态。当橘小实蝇和番石榴实蝇的蛹为新鲜蛹时,分别与比它们蛹龄大 1 d 的对方蛹混合,最后该蛹的羽化率显著小

于对照,说明在此混合蛹处理中,1 d 蛹龄的蛹可能对新鲜蛹产生抑制作用。

卵期和蛹期属于昆虫的静态阶段,可能主要通过信息化学物质的传递影响彼此。昆虫信息化学物质是指昆虫分泌到体外,能在同种个体间或种间产生生理或行为反应的化学物质,也包括由其他生物(如植物)分泌到体外,使昆虫产生反应的物质(林强,2015)。那么,昆虫间是否存在信息素影响种间竞争关系,目前研究较多的是寄主标记信息素(marking pheromone)(Papaj & Messing,1996),已被

占领的寄主被标记,对后续昆虫产生忌避作用,其应归类于产卵忌避信息化合物。而有关橘小实蝇和番石榴实蝇卵期和蛹期间信息化学物质的影响还有待研究。

本文针对橘小实蝇和番石榴实蝇在静态阶段即卵期和蛹期的相互作用进行了探讨,总体上,在这 2 种阶段 2 种实蝇不产生竞争作用。但不排除蛹期竞争的可能,这种竞争可能存在于特定的蛹期;同时,若橘小实蝇和番石榴实蝇在蛹期存在竞争,则可能与种类无关,即相同处理下同种实蝇的蛹混合是否也存在抑制作用还有待进一步验证。此外,本研究在统计蛹的历期时,观察次数较少,应该在实蝇羽化高峰时间段高频率观察统计,还需进一步完善。

参考文献

焦懿,陈枝楠,陈志舜,2011. 菲律宾实蝇生物学特性研究. 昆虫学报, 54(3): 333-338.

林强,2015. 昆虫信息化学物质及其在综合治理中应用的前景. 中国森林病虫, 34(1): 38-42.

刘慧,侯柏华,张灿,何日荣,梁帆,郭明昉,武目涛,赵菊鹏,马骏,2014. 桔小实蝇和番石榴实蝇对 6 种寄主果实的产卵选择适应性. 生态学报, 34(9): 2274-2281.

刘奎,唐良德,邱海燕,付步礼,2016. 海南儋州地区橘小实蝇成虫数量动态. 生物安全学报, 25(1): 23-26.

刘晓飞,陈强,叶辉,2014. 桔小实蝇与番石榴实蝇幼虫的种间竞争研究. 环境昆虫学报, 36(1): 33-38.

吕文刚,邓裕亮,李志红,林伟,万方浩,王之岭,2010. 番石榴果实蝇在我国的潜在地理分布. 植物保护学报, 37(6): 529-534.

Duyck P F, David P and Quilici S, 2004. A review of relationships between interspecific competition and invasions in fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Ecological Entomology*, 29(5): 511-520.

Fitt G P, 1989. The role of interspecific interactions in the dynamics of tephritid populations//Robinson A S and Hooper G. *Fruit Flies, Their Biology, Natural Enemies and Control. World Crop Pests*. Amsterdam: Elsevier: 281-300.

Liu X F, Jin Y and Ye H, 2013. Recent spread and climatic ecological niche of the invasive guava fruit fly, *Bactrocera correcta*, in mainland China. *Journal of Pest Science*, 86(3): 449-458.

Papaj D R and Messing R H, 1996. Functional shifts in the use of parasitized hosts by a tephritid fly: the role of host quality. *Behavioral Ecology*, 7(3): 235-242.

Shen K, Hu J, Wu B, An K, Zhang J, Liu J and Zhang R, 2014. Competitive interactions between immature stages of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) and *Bactrocera tau* (Walker) (Diptera: Tephritidae) under laboratory conditions. *Neotropical Entomology*, 43(4): 335-343.

Wan F H and Yang N W, 2016. Invasion and management of agricultural alien insects in China. *Annual Review of Entomology*, 61(1): 77-98.

(责任编辑:郭莹)