

凡泽云, 范许哲, 任丽梅, 等. 种间竞争对烟粉虱和桃蚜生长发育及繁殖力的影响[J]. 华南农业大学学报, 2018, 39(1): 70-75.

# 种间竞争对烟粉虱和桃蚜生长发育及繁殖力的影响

凡泽云<sup>1,2</sup>, 范许哲<sup>2</sup>, 任丽梅<sup>1,2</sup>, 王磊<sup>2</sup>, ALI Shaukat<sup>1,2</sup>, 邱宝利<sup>1,2</sup>

(1 广东省生物农药创制与应用重点实验室/广东省害虫生物防治工程技术研究中心, 广东 广州 510642;

2 生物防治教育部工程研究中心/华南农业大学农学院, 广东 广州 510642)

**摘要:**【目的】研究烟粉虱 *Bemisia tabaci* 与桃蚜 *Myzus persicae* 的种间竞争。【方法】在 (26±1) °C 的条件下, 设置了 1:1、1:5 和 1:10 的种间竞争比例, 调查烟粉虱和桃蚜的发育历期、存活率、成虫寿命及产卵/仔量情况。【结果】种间竞争延长了烟粉虱 1~2 龄若虫发育所需的时间, 但对整个若虫期的发育速度影响不大。烟粉虱:桃蚜为 1:1、1:5 时对烟粉虱若虫的存活率影响较小, 但缩短了烟粉虱雌成虫的寿命、降低了其产卵量; 而烟粉虱:桃蚜为 1:10 明显降低了烟粉虱若虫期的存活率, 延长了烟粉虱雌成虫的寿命, 提高了其后代繁殖量。种间竞争明显延长了桃蚜若虫期的发育时间, 降低了若虫期的存活率。相对而言, 桃蚜:烟粉虱为 1:1、1:5 时, 桃蚜成虫的寿命有所缩短, 但对其单雌产仔量影响较小; 桃蚜:烟粉虱为 1:10 显著延长了桃蚜雌成虫寿命的同时, 降低了其单雌产仔量。【结论】生态位重叠的昆虫的种间竞争对昆虫种群数量影响很大, 有时甚至会发生种间的竞争取代。

**关键词:** 烟粉虱; 桃蚜; 种间竞争; 生长发育; 繁殖力

中图分类号: S476

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2018)01-0070-06

## Effects of interspecific competition on growth and fecundity of *Bemisia tabaci* and *Myzus persicae*

FAN Zeyun<sup>1,2</sup>, FAN Xuzhe<sup>2</sup>, REN Limei<sup>1,2</sup>, WANG Lei<sup>2</sup>, ALI Shaukat<sup>1,2</sup>, QIU Baoli<sup>1,2</sup>

(1 Key Laboratory of Bio-pesticide Innovation and Application in Guangdong Province/Engineering Technology Research Center of Agricultural Pest Biocontrol in Guangdong Province, Guangzhou 510642, China;

2 Engineering Research Center of Biological Control, Ministry of Education/College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** 【Objective】To investigate the interspecific competition between *Bemisia tabaci* and *Myzus persicae*. 【Method】Three different interspecific competition ratios (1 : 1, 1 : 5 and 1 : 10) were established under the condition of (26±1) °C. The development time, survival rates, adult longevity and fecundity of *B. tabaci* and *M. persicae* were investigated. 【Result】For *B. tabaci*, interspecific competition prolonged the development time of 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> instar nymphs, but had little effect on the developing rate of the whole nymphal stage. The 1 : 1 and 1 : 5 ratios of *B. tabaci* to *M. persicae* had little effect on the survival rate of *B. tabaci* nymphs, shortened the longevity of adult female, and caused a reduction in fecundity of adult females. The 1 : 10 ratio of *B. tabaci* to *M. persicae* clearly reduced the survival rate of *B. tabaci* nymphs, extended the longevity of adult females, and increased the reproductive capacity of their offsprings. For *M. persicae*,

收稿日期: 2017-08-21 优先出版时间: 2017-12-29

优先出版网址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20171229.1142.034.html>

作者简介: 凡泽云 (1993—), 女, 硕士研究生, E-mail: [fanzzy@stu.scau.edu.cn](mailto:fanzzy@stu.scau.edu.cn); 通信作者: 邱宝利 (1973—), 男, 教授, 博士, E-mail: [baileyqiu@scau.edu.cn](mailto:baileyqiu@scau.edu.cn)

基金项目: 国家重点研发计划 (2017YFD0200400); 广东省科技创新领军人才专项基金 (2016TX03N273); 广州市科技计划项目 (201509010023)

interspecific competition clearly prolonged the developmental time of nymphs and reduced the survival rate of nymphs. The 1 : 1 and 1 : 5 ratios of *M. persicae* to *B. tabaci* shortened the longevity of *M. persicae* adult, while had little effect on female fecundity. The 1 : 10 ratio of *M. persicae* to *B. tabaci* significantly prolonged the longevity of *M. persicae* females, while reduced female fecundity. 【Conclusion】 Interspecific competition between insects with overlapping niche has a great impact on the population dynamic of insects, and sometimes even causes competitive replacement.

**Key words:** *Bemisia tabaci*; *Myzus persicae*; interspecific competition; growth and development; reproductive ability

烟粉虱 *Bemisia tabaci* 与桃蚜 *Myzus persicae* 均为半翅目刺吸式口器害虫<sup>[1-2]</sup>, 烟粉虱主要危害茄科、葫芦科、豆科、十字花科和大戟科园林植物, 如一品红 *Euphorbia pulcherrima*、扶桑 *Hibiscus rosasinensis* 等<sup>[3-4]</sup>, 还可在不同寄主间转移为害<sup>[2]</sup>。桃蚜主要寄主为茄科、十字花科、豆科和蔷薇科蔬菜。2 种害虫有多种共同的嗜好性寄主植物, 生态位重叠现象突出。在食物资源有限的情况下, 2 种昆虫间存在种间竞争, 且种间竞争会随着种群数量的增长而加剧, 粉虱与蚜虫的个体生长发育和繁殖必然会受到一定的影响<sup>[5]</sup>, 进而影响到 2 种害虫的发生数量与为害程度。研究表明, 种间竞争和种群密度关系密切<sup>[6]</sup>, 竞争能力强者对空间拥挤与食物缺乏的耐受能力大于竞争能力弱者, 数量优势是竞争者在竞争过程中的最大优势, 在数量上压倒对方是最直接有效的竞争手段<sup>[7]</sup>。本研究设置了烟粉虱和桃蚜不同的竞争比例, 重点对烟粉虱和桃蚜的生长发育和繁殖生物学进行了研究, 旨在了解生态位存在重叠的烟粉虱与桃蚜的种间竞争关系, 为两者之间的种群扩散研究提供科学的数据材料, 为研究生态位重叠的昆虫间的竞争互作机制及其防控提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

棉花 *Gossypium* spp., 品种为鲁棉研 32 号, 购于山东省潍坊市种子管理站。

烟粉虱 B 生物型 2015 年采自华南农业大学教学实习农场, 采回后种群保存于扶桑寄主上继代繁殖。试验用烟粉虱为在室内棉花上培养 10 代以上的种群。

桃蚜种群采自生物防治教育部工程研究中心(华南农业大学)天敌饲养室内的扶桑上, 采回室内在棉花上繁育 10 代以上后供试验使用。

### 1.2 方 法

试验在人工气候室内进行, 温度 (26±1) °C, 相 <http://xuebao.scau.edu.cn>

对湿度为 60%~80%, 光周期为 14 h 光:10 h 暗, 光照度为 3 000 lx。

1.2.1 种间竞争对烟粉虱的影响 选取健康、长势一致的棉花苗, 利用接虫笼 (直径 5 cm、高 2 cm) 将 B 型烟粉虱成虫 (4 日龄) 接种到棉花第 4 和第 5 片真叶 (叶片面积约为 50 cm<sup>2</sup>) 上, 每片叶子接 15 对, 产卵 24 h 后, 移除烟粉虱成虫。在体视显微镜下观察烟粉虱的卵, 保留卵约 30 粒, 将多余的卵扫除。在烟粉虱发育至 1 龄若虫并固定后, 用记号笔标记 20 头 1 龄若虫, 扫除多余的若虫; 然后用软毛笔将桃蚜 1 龄若蚜接种到上述带有烟粉虱 1 龄若虫的叶片上, 每片叶分别接 20、100、200 头若蚜, 在叶柄处涂上凡士林, 防止蚜虫逃逸。每隔 24 h 观察 1 次烟粉虱的若虫发育情况, 并记录其发育历期和每个龄期的存活率等数据; 以每片叶上 20 头烟粉虱 1 龄若虫单独生长为对照 (CK)。烟粉虱蛹羽化后, 将烟粉虱 F1 代单头收集于小指形管中 (长 3 cm、直径 0.5 cm), 体视显微镜下鉴定雌、雄。每个处理组随机选择 10 对烟粉虱成虫, 然后转移到干净的棉花叶片上, 24 h 后移除雄虫, 同时分别接入 10、50、100 头 1 龄若蚜, 使得烟粉虱与蚜虫的种间竞争比例为 1:1、1:5、1:10, 并设置无蚜虫组作为对照。每天更换叶片, 逐日观察并记录烟粉虱的产卵量和寿命等数据, 试验重复 4 次。

1.2.2 种间竞争对桃蚜的影响 选取健康、长势一致的棉花苗。挑取雌桃蚜成蚜 (4 日龄) 接种于干净的棉花叶片上, 待其产蚜后, 每个叶片保留 1 头 1 龄若蚜, 同时按蚜虫和烟粉虱种间竞争比例 1:1、1:5、1:10, 分别接入 1、5、10 头烟粉虱雌成虫 (4 日龄), 以每片叶上 1 头 1 龄若蚜单独生长为对照 (CK), 每个处理组设置 20 个培养皿, 每 24 h 观察记录若蚜的生长发育情况及其存活率。待若蚜发育至成蚜后, 及时转移到干净新鲜的棉花叶片上, 每 24 h 观察记录 1 次所产的若蚜数量及成蚜的存活状况,

每天更换1张叶片,每个处理组设置15个培养皿,试验期间保证种间竞争比例不变,试验重复4次。

### 1.3 数据处理

试验数据采用Excel(2010)软件进行初期计算,采用SAS 9.0软件(PROC ANOVA程序)对各组数值进行新复极差法多重分析,得到相应的差异显著性水平,图、表用Excel(2010)软件进行绘制。

## 2 结果与分析

### 2.1 种间竞争对烟粉虱生长发育和存活的影响

烟粉虱和桃蚜共存下,烟粉虱:桃蚜在1:1、1:5和1:10种间竞争比例下各个龄期的发育历期见表1。由表1可以看出,种间竞争对烟粉虱1龄若虫的发育影响最大,明显延长了1龄若虫发育所

需的时间,但随着龄期的增加,竞争对烟粉虱若虫发育的影响逐渐减小,在3龄、4龄与伪蛹期,甚至出现了种间竞争可以加速烟粉虱若虫发育的情况。对照组烟粉虱从1龄若虫到成虫的发育时间为13.18 d,烟粉虱与桃蚜的竞争比例为1:1、1:5和1:10时,所需时间分别为14.13、13.86和13.85 d,整体来看,桃蚜竞争对烟粉虱若虫至成虫期的发育影响并不显著。

由表2可以看出,存在桃蚜竞争时,烟粉虱各个龄期的存活率与对照组并无明显差异。但从若虫至成虫的发育时间来看,烟粉虱:桃蚜为1:10时烟粉虱的存活率为72.0%,明显低于1:1等比例竞争及对照组的存活率,与1:5试验组的存活率(86.67%)也存在显著性差异。

表1 不同种间竞争比例下烟粉虱各个龄期的发育时间<sup>1)</sup>

Tab. 1 Development time of different instars of *Bemisia tabaci* under different interspecific competition with *Myzus persicae* d

烟粉虱:桃蚜	1龄	2龄	3龄	4龄	伪蛹	1龄至成虫
20:0(CK)	2.86±0.11c	3.07±0.17b	3.26±0.18c	2.38±0.13a	1.95±0.08a	13.18±0.28a
1:1	3.60±0.14ab	3.50±0.12a	3.00±0.12c	2.24±0.09a	1.68±0.11a	14.13±0.41a
1:5	3.29±0.13b	3.57±0.14a	3.48±0.14b	2.29±0.08a	1.64±0.10a	13.86±0.42a
1:10	3.83±0.09a	3.30±0.12ab	3.96±0.12a	2.38±0.11a	1.68±0.10a	13.85±0.37a

1)同列数据后中凡是具有一个相同小写字母者,表示不同种间竞争比例处理间差异不显著( $P>0.05$ , Duncan's法)

表2 不同种间竞争比例下烟粉虱各个龄期的存活率<sup>1)</sup>

Tab. 2 Survival rates of different instars of *Bemisia tabaci* under different interspecific competition with *Myzus persicae* %

烟粉虱:桃蚜	1龄	2龄	3龄	4龄	伪蛹	1龄至成虫
20:0(CK)	93.33±0.03a	92.67±0.03a	84.00±0.02a	100.00a	100.00a	81.67±0.04ab
1:1	90.00±0.04a	90.67±0.02a	91.67±0.03a	98.00±0.02a	97.67±0.02a	79.67±0.04ab
1:5	88.33±0.01a	94.33±0.03a	92.00±0.04a	100.00a	100.00a	86.67±0.02a
1:10	86.33±0.03a	80.00±0.07a	91.17±0.04a	100.00a	100.00a	72.00±0.04b

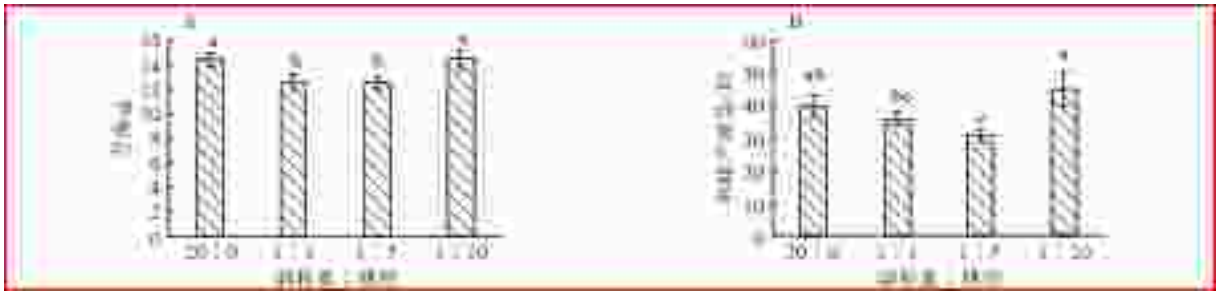
1)同列数据后中凡是具有一个相同小写字母者,表示不同种间竞争比例处理间差异不显著( $P>0.05$ , Duncan's法)

### 2.2 种间竞争比例对烟粉虱成虫的寿命和产卵量的影响

雌成虫的平均寿命和单雌产卵量可以反映种间竞争对烟粉虱繁殖力的影响。在(26±1)℃的试验条件下,存在与桃蚜的种间竞争时烟粉虱的成虫寿命见图1A,产卵量见图1B。在无竞争的对照组烟粉虱雌成虫的平均寿命为14.43 d,与1:10(烟粉虱:桃蚜)试验组中烟粉虱的平均寿命(14.50 d)差异不显著;然而,在1:1(烟粉虱:桃蚜)及1:5(烟粉虱:桃蚜)试验组,烟粉虱雌成虫的平均寿命分别为12.60和12.54 d,两者与对照组(14.43 d)

及1:10试验组(14.50 d)差异显著。试验表明,较小的种间竞争比例对烟粉虱成虫的寿命有一定的负面影响,较大的种间竞争比例反而会延长烟粉虱成虫的寿命。

研究发现,烟粉虱成虫一般在羽化后的24 h内开始产卵,对照组烟粉虱平均单雌产卵量为39.80粒,在烟粉虱:桃蚜为1:1、1:5和1:10的试验组中,烟粉虱的平均单雌产卵量分别为35.80、30.43和44.83粒。1:5试验组中烟粉虱的平均单雌产卵量显著低于对照组,也明显低于1:10的试验组。试验结果表明,较小的种间竞争比例对烟粉虱雌成虫



图中柱子上方凡是具有一个相同小写字母者, 表示不同竞争比例间差异不显著 ( $P>0.05$ , Duncan's 法)

图 1 烟粉虱成虫在不同种间竞争比例下的平均寿命及单雌产卵量

Fig. 1 The average longevity and fecundity of *Bemisia tabaci* female adults under different interspecific competition with *Myzus persicae*

的繁殖力有一定的负面影响, 较大的种间竞争比例反而会刺激烟粉虱雌成虫繁殖力增加。

### 2.3 种间竞争对桃蚜生长发育和存活的影响

桃蚜和烟粉虱共存下, 桃蚜在与烟粉虱不同比例种间竞争时各个龄期的发育时间见表 3。从表 3 可以看出, 对照组 1 龄、2 龄与 3 龄若蚜的发育时间分别为 1.53、1.26 和 1.34 d, 从若蚜至成蚜的世代平

均发育历期为 5.69 d; 而桃蚜:烟粉虱为 1:1, 1:5, 1:10 试验组若蚜发育至成蚜所需时间分别为 6.02、6.39 和 6.50 d; 桃蚜:烟粉虱为 1:5、1:10 试验组与对照组差异达到显著水平。试验表明, 种间竞争对 1~3 龄若蚜的发育影响差异显著, 种间竞争增加了桃蚜整个世代的发育时间, 且竞争比例越大, 桃蚜的发育历期越长。

表 3 不同种间竞争处理下桃蚜各个龄期的发育历期<sup>1)</sup>

Tab. 3 Development time of different instars of *Myzus persicae* under different interspecific competition with *Bemisia tabaci*

桃蚜: 烟粉虱	1龄	2龄	3龄	4龄	1龄至成蚜
20:0(CK)	1.53±0.06c	1.26±0.05b	1.34±0.06b	1.57±0.06a	5.69±0.15b
1:1	1.63±0.08ab	1.50±0.07a	1.31±0.08b	1.55±0.07a	6.02±0.18ab
1:5	1.80±0.05ab	1.61±0.08a	1.48±0.06ab	1.52±0.05a	6.39±0.15a
1:10	1.96±0.09a	1.58±0.08a	1.58±0.10a	1.58±0.08a	6.50±0.15a

1)表中同列数据后凡是具有一个相同小写字母者, 表示不同种间竞争比例处理间差异不显著 ( $P>0.05$ , Duncan's 法)

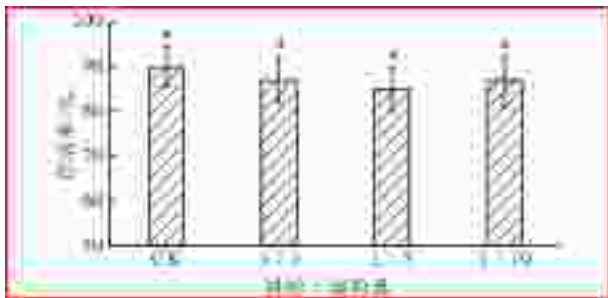
桃蚜和烟粉虱共存下, 桃蚜在不同种间竞争比例的存活率见图 2。从图 2 可以看出, 对照组桃蚜若蚜至成蚜的存活率为 90%, 高于与烟粉虱存在种间竞争时的存活率, 1:5 (桃蚜:烟粉虱) 试验组时若

蚜的存活率最低 (85%), 但试验中对照组与种间竞争组若蚜的存活率差异均不显著。

### 2.4 种间竞争对桃蚜成虫的寿命和产仔量的影响

桃蚜与烟粉虱种间竞争的产仔量和成虫寿命见表 4。试验结果 (表 4) 表明, 对照组雌成蚜的平均寿命为 14.07 d, 而与烟粉虱竞争比例为 1:1、1:5、1:10 时, 雌成蚜的平均寿命分别为 11.41、13.82 和 16.55 d。除了 1:1 (桃蚜:烟粉虱) 试验组的桃蚜雌成虫寿命明显缩短之外, 对照组与 1:5 (桃蚜:烟粉虱), 1:10 (桃蚜:烟粉虱) 试验组中桃蚜成虫的寿命无显著差异, 但可以看出, 竞争比例的增加在一定程度上延长了蚜虫成虫的寿命。

在繁殖力方面, 对照组蚜虫平均单头产仔量为 27.35 头, 1:1 (桃蚜:烟粉虱) 试验组产仔最多 (27.56 头), 与 1:10 (桃蚜:烟粉虱) 试验组 (16.44 头) 存在显著差异, 试验表明, 低比例的竞争对桃蚜产仔量无明显影响, 但高比例竞争使得桃蚜产仔量降低。



图中柱子上方凡是具有一个相同小写字母者, 表示不同竞争比例处理间差异不显著 ( $P>0.05$ , Duncan's 法)

图 2 不同种间竞争比例下桃蚜的存活率

Fig. 2 The average survival rate of *Myzus persicae* under different interspecific competition with *Bemisia tabaci*

表4 不同种间竞争比例下桃蚜成虫的寿命和产仔量<sup>1)</sup>Tab. 4 The longevity and fecundity of *Myzus persicae* adults under different interspecific competition with *Bemisia tabaci*

桃蚜:烟粉虱	寿命/d	寿命范围/d	单雌产仔量/头	产仔量范围/头
20:0(CK)	14.07±0.98ab	7~28	27.35±2.46a	9~69
1:1	11.41±0.75b	6~18	27.56±1.81a	9~49
1:5	13.82±0.68ab	9~23	22.96±2.42ab	12~55
1:10	16.55±1.27a	8~22	16.44±2.18b	8~77

1)同列数据后凡是具有一个相同小写字母者,表示不同种间竞争比例的处理间差异不显著( $P>0.05$ , Duncan' 法)

### 3 讨论与结论

自然界中,生态位重叠的植食性昆虫种间竞争普遍存在,其竞争关系一直是研究的热点。植食性昆虫的种间竞争往往对双方产生不利的影[8-9],但有时也存在有利影响[10-11]。王健立等[12]研究发现,在以紫甘蓝 *Brassica oleracea* 为寄主植物的竞争体系中,烟蓟马 *Thrips tabaci* 种群有着更强的繁殖力,通过对西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* 的生殖抑制作用,在短时间内取代了西花蓟马种群。张金龙等[13]研究发现,在室内条件下,南亚实蝇 *Bactrocera tau* 的竞争能力强于瓜实蝇 *Bactrocera cucurbitae*,但 Shen 等[14]认为瓜实蝇和南亚实蝇幼虫在不同密度下竞争对其存活率等参数影响不大。在 Frizzi 等[15]的研究中,高温下的花园蚂蚁 *Lasius neglectus* 竞争能力比地中海蚂蚁 *Tapinoma nigerrimum* 弱,而在低温情况下花园蚂蚁竞争能力比地中海蚂蚁要强。Liu 等[16]通过研究发现橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis* 和番石榴实蝇 *Bactrocera correcta* 2种果实蝇与地中海实蝇 *Ceratitis capitata* 没有交配干扰现象,但是前2种果实蝇对地中海实蝇种群的增长有显著的抑制作用。种间竞争有时也会产生有利的影响,Matsumura 等[17]的研究表明,褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 和白背飞虱 *Sogatella furcifera* 的种间竞争可促进白背飞虱若虫发育,提高若虫存活率、羽化率、成虫产卵量,显著提高了白背飞虱的增殖倍数。

目前,关于昆虫种间竞争的机制研究尚不多见,有研究表明当多种植食性昆虫同时存在于一种植物上时,一些植食性昆虫可以通过取食寄主植物,改变寄主植物的营养物质和防御物质的比例,或改变寄主植物养分的储存和转移方向来改变寄主植物的营养,诱导其产生次生化合物,从而改变植食性昆虫与其寄主植物的关系[18]。Baumgärtner 等[19]研究发现,夜蛾 *Heliothis* 幼虫为害棉花后会促进其营养生长,从而有利于烟粉虱的生长发育;但 Inbar 等[20]的研究结果与之矛盾,他们认为棉铃虫 *Helicoverpa zea* 为害棉花后对烟粉虱的存活和生长

发育有不利影响。此外,米宏彬等[21]研究表明 B 型烟粉虱为害甘蓝后对菜粉蝶 *piearis rapae* 幼虫发育产生了不良影响;而烟粉虱为害烟草后能够显著降低桃蚜的存活率、繁殖力和种群增长率[22-23]。

本研究发现,在以棉花为寄主的竞争体系中,低比例竞争缩短了烟粉虱雌成虫的寿命、降低了其产卵量,而高比例种间竞争却可以显著延长烟粉虱雌成虫的寿命,进而提高其后代繁殖量。对于桃蚜来讲,低比例竞争缩短了桃蚜成虫的寿命。但对其繁殖力影响不大,而高比例竞争在显著延长桃蚜雌成虫寿命的同时,降低了其单雌产仔量。我们在试验中只以 1:10 的比例作为高比例竞争,但不清楚 1:20 等更高比例的竞争是否仍存在这种现象。如果是,那么低比例缩短成虫寿命而高比例竞争延长成虫寿命的生态学机制是什么,目前尚不得而知,值得后续研究。总之,影响烟粉虱和桃蚜的生长发育的动态趋势因素很多,两者在自然竞争时种群变化的生态学及生理学机制仍需进行更加深入、广泛的研究。

#### 参考文献:

- [1] 张灿,王兴民,邱宝利,等.烟粉虱热点问题研究进展[J].应用昆虫学报,2015,52(1):32-46.
- [2] 李明桃.桃蚜的生物学特性与防治措施[J].农业灾害研究,2013,3(2):1-4.
- [3] 邱宝利,任顺祥,孙同兴,等.广州地区烟粉虱寄主植物调查初报[J].华南农业大学学报,2001,22(4):43-47.
- [4] 杜以梅,孙伟,刘晓娜,等.B型烟粉虱对不同茄子品种的选择及适生性分析[J].应用昆虫学报,2015,52(1):80-88.
- [5] 胡玲玲,刘勇,徐洪富,等.桃蚜、萝卜蚜的种内密度和种间竞争效应[J].华东昆虫学报,2004(1):77-80.
- [6] KAPLAN I, DENNO R F. Interspecific interactions in phytophagous insects revisited: A quantitative assessment of competition theory[J]. Ecol Lett, 2007, 10(10): 977-994.
- [7] 岳臻,鄧军锐,胡窈.西花蓟马与二斑叶螨的种间竞争关系[J].贵州农业科学,2012,40(2):65-69.
- [8] DENNO R F, MCCLURE M S, OTT J R. Interspecific interactions in phytophagous insects: Competition reex-

- aminated and resurrected[J]. *Annu Rev Entomol*, 1995, 40(1): 297-331.
- [9] LAWTON J H, STRONG D R. Community patterns and competition in folivorous insects[J]. *Am Nat*, 1981, 118(3): 317-338.
- [10] AWMACK C S, LEATHER S R. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects[J]. *Annu Rev Entomol*, 2002, 47(1): 817-844.
- [11] BRUNO J F, STACHOWICZ J J, BERTNESS M D. Inclusion of facilitation into ecological theory[J]. *Trends Ecol Evol*, 2003, 18(3): 119-125.
- [12] 王健立, 李洪刚, 冯志国, 等. 西花蓟马与烟蓟马在紫甘蓝上的种间竞争[J]. *中国农业科学*, 2011, 42(24): 5006-5012.
- [13] 张金龙, 闫振华, 方薛交, 等. 瓜实蝇与南亚实蝇产卵选择性及种间竞争研究[J]. *云南农业大学学报(自然科学版)*, 2017, 32(3): 1-6.
- [14] SHEN K, HU J, WU B, et al. Competitive interactions between immature stages of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) and *Bactrocera tau* (Walker) (Diptera: Tephritidae) under laboratory conditions[J]. *Neotrop Entomol*, 2014, 43(4): 335-343.
- [15] FRIZZI F, BARTALESI V, SANTINI G. Combined effects of temperature and interspecific competition on the mortality of the invasive garden ant, *Lasius neglectus*: A laboratory study[J]. *J Therm Biol*, 2017, 65: 76-81.
- [16] LIU H, ZHANG C, HOU B H, et al. Interspecific competition between *Ceratitidis capitata* and two *Bactrocera* spp. (Diptera: Tephritidae) evaluated via adult behavioral interference under laboratory conditions[J]. *J Econ Entomol*, 2017, 110(3): 1145-1155.
- [17] MATSUMURA M, SUZUKI Y. Direct and feeding-induced interactions between two rice planthoppers, *Sogatella furcifera* and *Nilaparvata lugens*: Effects on dispersal capability and performance[J]. *Ecol Entomol*, 2003, 28(2): 174-182.
- [18] 王丽萍, 吕进, 曹婷婷, 等. 褐飞虱与灰飞虱间接种内和种间效应的比较研究[J]. *应用昆虫学报*, 2012, 49(1): 177-183.
- [19] BAUMGÄRTNER J, DELUCCHI V, VON ARX R, et al. Whitefly (*Bemisia tabaci* gen., stern.: Aleyrodidae) infestation patterns as influenced by cotton, weather and *Heliothis*: Hypotheses testing by using simulation models[J]. *Agr Ecosyst Environ*, 1986, 17(1/2): 49-59.
- [20] INBAR M, DOOSTDAR H, LEIBEE G L, et al. The role of plant rapidly induced responses in asymmetric interspecific interactions among insect herbivores[J]. *J Chem Ecol*, 1999, 25(8): 1961-1979.
- [21] 米宏彬, 单红伟, 张世泽, 等. B型烟粉虱为害甘蓝后对菜粉蝶幼期发育的影响[J]. *中国蔬菜*, 2012(12): 57-62.
- [22] 王承香, 薛明, 毕明娟, 等. B型烟粉虱取食诱导烟草对烟蚜防御反应的时间效应[J]. *昆虫学报*, 2010, 53(3): 314-322.
- [23] XUE M, WANG C X, BI M J, et al. Induced defense by *Bemisia tabaci* biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) in tobacco against *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae)[J]. *Environ Entomol*, 2010, 39(3): 883-891.

【责任编辑 霍欢】