

桔小实蝇幼虫取食经历对成虫产卵选择性的影响^{*}

郑小萍, 刘群山, 谢琦, 张润杰

(中山大学昆虫学研究所//有害生物控制与资源利用国家重点实验室, 广东 广州 510275)

摘 要:报道桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel) 幼虫取食经历对其成虫寄主产卵选择性的影响。用香蕉分别饲养 1 代和 20 代的幼虫, 羽化后的成虫对 6 种水果有不同的产卵选择性, 饲养 20 代的成虫在罩有香蕉的产卵杯上卵粒数最多, 次之是芒果, 差异显著。饲养 1 代的成虫在罩有芒果的产卵杯上卵粒数最多, 其次是香蕉, 差异不显著。从野外莲雾和黄皮落果中羽化出的成虫对水果种类的嗜好程度也有所不同, 产于芒果的卵粒数多于产于香蕉的卵粒数且差异显著, 产于莲雾的卵粒数最少, 产于黄皮的卵粒数居第四位。幼虫的取食经历对成虫产卵时选择水果的部位和颜色也有影响, 但其影响要小于对水果种类的选择。不同部位的选择结果显示香蕉肉的卵粒数多于香蕉皮, 而芒果肉的卵粒数少于芒果皮。颜色选择试验结果显示, 黄色杯上的卵粒数比绿色、红色、黑色杯的卵粒数多。

关键词:桔小实蝇; 幼虫取食经历; 产卵选择性

中图分类号: Q968 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2007) 06-0084-05

桔小实蝇 (*Bactrocera* (*Bactrocera*) *dorsalis* (Hendel)), 又名柑桔小实蝇、东方果实蝇、桔寡鬃实蝇、黄苍蝇、果蛆、柑蛆、针蜂, 隶属双翅目 (Diptera), 实蝇科 (Trypetidae), 寡毛实蝇亚科 (Dacinae), 寡毛实蝇属 (*Dacus*)^[1]。该虫寄主范围广, 主要为害番石榴、芒果等 46 个科 250 多种水果、蔬菜和花卉, 是一种毁灭性害虫, 尤以杨桃、番石榴、柑桔、芒果为主要寄主^[2-3]。桔小实蝇对不同水果的为害程度有差异, 主要是因为雌虫产卵对水果不同品种及部位, 颜色和成熟度有选择性^[4-6]。过去有人研究过一代幼虫取食经历对寄主形状与气味的记忆性^[7], 但很少考虑桔小实蝇幼虫取食经历时间的长短及取食种类对其成虫寄主选择性的影响。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

采自莲雾的, 然后用香蕉饲养 20 代的 1 号试虫: 采集受害的莲雾带回室内纱笼放置, 待果中的桔小实蝇幼虫老熟后将其挑出, 放入含水量为 66% 的细沙土中让其化蛹, 羽化后放入长 28 cm×宽 28 cm×高 26 cm 的笼中用人工饲料 (酵母粉: 白砂糖 = 1:3) 饲养。将成熟香蕉放入养虫笼内供性成熟的成虫产卵, 卵孵化后用香蕉饲养幼虫, 用

人工饲料饲养成虫, 连续饲养 20 代后所得的性成熟成虫为试验用虫。

采自莲雾的, 然后用香蕉饲养 1 代的 2 号试虫: 采集受害的莲雾, 用上述方法得到成虫, 再用人工饲料饲养到性成熟。将成熟的香蕉放入养虫笼中供其产卵, 并用香蕉饲养孵化的幼虫, 用人工饲料饲养成虫, 得到第一代的性成熟成虫作为试验用虫。

采自莲雾的, 然后用莲雾饲养一代的 3 号试虫: 采集受害的莲雾, 用上述方法得到幼虫期取食莲雾, 成虫期取食人工饲料的第一代性成熟成虫。

采自黄皮的, 然后用黄皮饲养一代的 4 号试虫: 采集受害的黄皮, 用上述方法得到幼虫期取食莲雾, 成虫期取食人工饲料的第一代性成熟成虫。

1.2 产卵选择性观察

1.2.1 不同寄主饲养的桔小实蝇对水果种类的选择性

(1) 供试水果为成熟的番石榴 (*Psidium guajava* L.), 苹果 (*Malus pumila*), 芒果 (*Mangifera indica* L.), 李 (*Prunus persica* L.), 桃 (*Prunus persica* L.), 香蕉 (*Musa sapientum* L.) 6 种。称取 20 g 去皮的上述水果, 放入长 55 cm×宽 55 cm×高 55 cm 的养虫笼中, 用高 9 cm 上下口径为 7 cm 和 5 cm 的一次性茶杯将水果罩住, 杯的圆筒壁

* 收稿日期: 2007-03-20

基金项目: 国家 973 基金资助项目 (2002CB111405); 国家自然科学基金资助项目 (30471162, 30671394)

作者简介: 郑小萍 (1982 年生), 女, 硕士研究生; 通讯联系人: 张润杰, E-mail: jszr@mail.sysu.edu.cn

随机穿刺 50 个小孔方便桔小实蝇产卵。再分别接入 10 对 ($\text{♀}:\text{♂}=1:1$) 采自莲雾的, 然后用香蕉饲养 20 代的 1 号和采自莲雾的、然后用香蕉饲养 1 代的 2 号性成熟且未交配过的第 30 日龄雌雄虫, 3 d 后将产卵杯取出观察产卵量。试验重复 5 次。对照实验: 供试水果同样是上述 6 种。方法同上, 试虫为采自莲雾的, 然后用莲雾饲养一代的 3 号性成熟且未交配过的第 30 日龄雌雄虫和采自黄皮的, 然后用黄皮饲养一代的 4 号虫性成熟且未交配过的第 30 日龄雌雄虫。

(2) 供试水果为成熟的番石榴、苹果、芒果、莲雾 (*Syzygium samarangense* (Bl.) Merr. et Perry)、桃、香蕉 6 种。方法同 1, 实验试虫为采自莲雾的, 然后用莲雾饲养一代的 3 号性成熟且未交配过的第 30 日龄雌雄虫。

(3) 供试水果为成熟的番石榴、苹果、芒果、黄皮 (*Clausena lansium* (Lour.) Skeels)、桃、香蕉 6 种。方法同 1, 实验试虫为采自黄皮的, 然后用黄皮饲养一代的 4 号性成熟且未交配过的第 30 日龄雌雄虫。

1.2.2 不同寄主饲养的桔小实蝇对水果不同部位的产卵选择性 选成熟的香蕉, 分别取 20 8 香蕉皮和香蕉肉置于采卵杯中并放入长 37 mm×宽 35 mm×高 37 mm 的笼中, 每组含 2 个产卵杯, 对角线排列, 再分别接入 10 对采自莲雾的, 然后用香蕉饲养 20 代的 1 号、采自莲雾的, 然后用香蕉饲养 1 代的 2 号和采自莲雾的, 然后用莲雾饲养一代的 3 号 ($\text{♀}:\text{♂}=1:1$) 性成熟且未交配过的第 30 日龄雌雄虫。3 d 后将产卵杯取出观察产卵量。试验重复 5 次。同样, 用芒果皮和芒果肉做另一组试验。

1.2.3 不同寄主饲养的桔小实蝇对颜色的产卵选择性 每组设 2 个产卵杯, 放入长 37 mm×宽 35 mm×高 37 mm 的笼中。产卵杯分别涂上柠檬黄、草绿色、朱红色、黑色 4 种颜料, 两对角线排列, 杯内均含有成熟去皮的香蕉 20 8 再分别接入 10 对采自莲雾的, 然后用香蕉饲养 20 代的 1 号、采自莲雾的, 然后用香蕉饲养 1 代的 2 号和采自莲雾的, 然后用莲雾饲养一代的 3 号 ($\text{♀}:\text{♂}=1:1$) 性成熟的未交配过的雌雄虫, 3 d 后将纸杯取出观察产卵量。试验重复 5 次。

2 结果与讨论

2.1 桔小实蝇对水果种类的选择性产卵选择性

桔小实蝇幼虫取食经历对其产卵的寄主水果选择性实验结果如表 1 和表 2。采自莲雾的, 然后用

香蕉饲养 20 代的 1 号试虫对供试的 6 种水果 (含有幼虫期取食过的香蕉) 的产卵选择性表明, 产在香蕉内的平均产卵量最多, 为 115.60 粒/杯; 产在芒果内的卵粒为 59.60 粒, 位居第 2, 最低为桃子, 仅为 22.80 粒。其中香蕉与芒果、苹果、李、番石榴、桃内的卵粒数差异显著。

采自莲雾的, 然后用香蕉饲养 1 代的 2 号试虫对供试的 6 种水果 (含有幼虫期的香蕉) 的产卵选择性表明, 产在芒果的平均卵量最多, 为 99.00 粒/杯; 产在香蕉的卵数为 72.80 粒, 位居第 2, 最低的为番石榴, 仅为 22.80 粒。其中产在芒果与香蕉的卵粒数没有显著差异, 与苹果、李、番石榴、桃内的卵粒数差异显著。

采自莲雾的, 然后用莲雾饲养一代的 3 号试虫对供试的 6 种水果 (含有幼虫期的莲雾) 产卵选择性结果见表 2。产在芒果的平均卵量最多, 为 114.40 粒/杯; 产在香蕉的为 72.60 粒; 最少为莲雾, 仅为 7.0 粒。产在芒果的卵粒数与产在香蕉、苹果、莲雾、番石榴、桃内的卵粒数差异显著。

采自黄皮的, 然后用黄皮饲养一代的 4 号试虫对供试的 6 种水果 (含有幼虫期取食的黄皮) 的产卵选择性又有不同, 产在芒果的平均卵量最多, 为 133.80 粒/杯; 产在香蕉的为 96.40 粒; 产在番石榴的卵粒最少, 为 39.00 粒。产在芒果的卵粒数与产在香蕉、苹果、莲雾、番石榴、桃的卵粒数差异显著。

在未含有 3 号和 4 号幼虫期取食过的莲雾和黄皮, 而同 1 号试虫的 6 种水果的对照实验显示: 3 号和 4 号试虫产卵都是趋向于芒果。产在芒果的卵粒数分别为 100.20 和 102.00 均高于产在香蕉的 72.20 和 86.60 且差异显著。

对照组 3 号和 4 号试虫实验结果表明, 产在芒果的卵粒数多于产在香蕉的卵粒数, 且差异显著。这说明在遗传上芒果比香蕉更能引诱桔小实蝇产卵。1 号和 2 号试虫都是采自莲雾, 然后用香蕉分别饲养幼虫得到的试虫。1 号试虫为幼虫取食香蕉 20 代, 比 2 号试虫幼虫取食 1 代长, 因而成虫产卵选择性更趋向于选择香蕉, 香蕉的引诱力增幅较大, 故香蕉上的卵粒数反而多于芒果且差异显著。虽然幼虫期的经历增加了 2 号试虫对香蕉的偏好性, 可是由于只培养了一代, 因而比芒果的卵粒数少但两者差异不显著。幼虫期取食过香蕉的桔小实蝇对香蕉的产卵趋向性增加明显且取食时间越长对其寄主产卵选择性影响越大。而 3 号和 4 号试虫虽然分别是幼虫期取食莲雾与黄皮, 但是结果表明: 幼虫期取食了莲雾的桔小实蝇对莲雾的产卵偏好性

在 6 种水果中最低，幼虫期取食了黄皮的桔小实蝇对黄皮的产卵偏好性也只是居于第四位。

由此可以得出如下初步结论：幼虫期取食的水果种类对其后的寄主产卵选择性影响较大，且取食

时间长短的影响很大。昆虫的成虫产卵行为主要是由遗传因素所控制，但依环境条件及昆虫个体的经历而会有所改变。

表 1 桔小实蝇对幼虫期取食过的水果种类的产卵选择性¹⁾

Tab 1 Oviposition preference of <i>Bactrocera dorsalis</i> (Hendel) on the fruits to which larvae with feeding experience				
水果种类	香蕉饲养 20 代 1 号 试虫产卵结果	香蕉饲养 1 代的 2 号 试虫产卵结果	莲雾饲养 1 代的 3 号 试虫产卵结果	黄皮饲养 1 代的 4 号 试虫产卵结果
	产卵数 / 杯	产卵数 / 杯	产卵数 / 杯	产卵数 / 杯
香蕉	115.60±17.80 ^a	72.80±5.60 ^a	72.20±4.030 ^b	86.60±5.344 ^b
芒果	59.60±12.139 ^b	99.00±7.765 ^a	100.20±3.338 ^a	102.00±6.042 ^a
苹果	49.20±8.890 ^b	43.60±4.952 ^b	30.40±2.768 ^c	39.00±2.074 ^d
李子	37.40±4.718 ^b	44.80±7.046 ^b	13.20±1.068 ^d	23.20±6.028 ^d
番石榴	30.80±10.032 ^b	22.80±1.800 ^b	26.80±3.231 ^c	26.00±4.195 ^c
桃子	22.80±2.653 ^b	39.60±5.887 ^b	23.80±2.289 ^c	31.60±4.366 ^d

1) 表中数据为平均数±标准误；同一列数据后标有相同字母表示无显著性差异（P<0.05）

表 2 桔小实蝇对幼虫期取食过的水果种类的产卵选择性¹⁾

Tab 2 Oviposition preference of <i>Bactrocera dorsalis</i> (Hendel) on the fruits to which larvae with feeding experience		
水果种类	莲雾饲养一代的 3 号 试虫产卵结果	黄皮饲养一代的 4 号 试虫产卵结果
	产卵数 / 杯	产卵数 / 杯
芒果	114.4±16.747 ^a	133.80±25.488 ^a
香蕉	72.60±16.699 ^b	96.40±5.627 ^b
苹果	25.40±4.545 ^c	39.00±2.074 ^c
番石榴	23.20±2.853 ^d	56.20±7.123 ^c
桃子	20.60±5.016 ^d	41.60±3.881 ^c
莲雾	7.0±0.837 ^d	黄皮 46.80±5.324 ^c

1) 表中数据为平均数±标准误；同一行数据后标有不同字母表示显著性差异（P<0.05）

2.2 桔小实蝇对水果部位的产卵选择性

桔小实蝇对成熟水果的果皮和果肉的产卵选择性试验结果见表 3。1 号试虫、2 号试虫和 3 号试虫产卵都更趋向于香蕉肉，产在香蕉皮的卵量分别

为每杯 152.00 粒、144.00 粒和 86.00 粒，而产在果肉的则为 222.40 粒、201.00 粒和 187.40 粒，产在香蕉皮和果肉的卵粒数均差异显著，且 1 号虫间差异比 2 号和 3 号虫少。原因可能是香蕉果肉的气味可能更加吸引桔小实蝇成虫产卵。1 号试虫和 2 号试虫幼虫期都取食了香蕉肉，由于 1 号试虫比 2 号试虫取食的时间长，故 1 号试虫香蕉肉与香蕉皮的差值大于 2 号试虫和 3 号试虫。在芒果肉和芒果皮的试验中，1 号试虫、2 号试虫和 3 号虫产卵都更趋向于芒果皮，产在芒果皮的卵量分别为每杯 209.20 粒、223.00 粒和 297.40 粒，而产在果肉的为 189.80 粒、180.00 粒和 175.40 粒，1 号和 2 号试虫产在芒果皮和果肉的卵粒数差异显著而 3 号试虫产在皮肉的卵粒数没有显著差异。

上述结果说明，水果的不同部位对引诱桔小实蝇产卵结果不同，幼虫期取食经历及时间长短对选择不同水果部位产卵的影响不大。

表 3 桔小实蝇对水果不同部位的产卵选择性¹⁾

Tab 3 Oviposition preference of <i>Bactrocera dorsalis</i> (Hendel) on different parts of fruits			
水果部位	香蕉饲养 20 代的 1 号试虫产卵结果	香蕉饲养 1 代的 2 号试虫产卵结果	莲雾饲养一代的 3 号试虫产卵结果
	产卵数 / 杯	产卵数 / 杯	产卵数 / 杯
香蕉肉	222.40±9.775 ^a	201.00±10.782 ^a	187.40±23.398 ^a
香蕉皮	152.00±16.962 ^b	144.00±13.951 ^b	86.00±7.362 ^b
芒果皮	209.20±13.078 ^a	223.00±13.078 ^a	297.40±49.437 ^a
芒果肉	189.80±14.763 ^a	180.00±14.763 ^a	175.40±38.154 ^b

1) 表中数据为平均数±标准误；同一列数据后标有不同字母表示显著性差异（P<0.05）

2.3 桔小实蝇对水果部位的产卵选择性

桔小实蝇对颜色的产卵选择性如表 4。实验中 1 号试虫在柠檬黄色纸杯上的卵粒数 93.20 粒，与涂成草绿色、红色和黑色的产卵杯上卵粒数相比差异显著。2 号和 3 号试虫同样也是更趋向于黄色，分别产卵 92.00 粒和 86.00 粒，与其它 3 种颜色也有显著差异。因而黄色的杯内水果卵粒数较多，其他颜色的较少。

上述结果表明，桔小实蝇对颜色具有一定的产

卵选择性，1 号和 2 号试虫的实验中，黄色产卵杯上的卵粒数均多于 3 号，而 3 号试虫实验中，红色产卵杯的卵粒数均多于 1 号和 2 号试虫。原因是：1 号和 2 号试虫幼虫期取食的是香蕉，香蕉的颜色为黄色，而 3 号试虫幼虫期取食的是莲雾，莲雾的外表皮是红色的。幼虫期取食经历对其成虫产卵选择有一定的影响，取食黄色水果的影响大于取食红色水果。

表 4 桔小实蝇产卵对颜色的选择性¹⁾

Tab 4 Oviposition preference of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) on different colours

颜色	香蕉饲养 20 代的 1 号试虫产卵结果	香蕉饲养 1 代的 2 号试虫产卵结果	莲雾饲养一代的 3 号试虫产卵结果
	产卵数 / 杯	产卵数 / 杯	产卵数 / 杯
黄色	93.20±6.468 ^a	92.00±8.124 ^a	86.00±11.136 ^a
绿色	37.00±4.328 ^b	39.80±5.064 ^b	41.40±6.925 ^b
红色	26.80±4.017 ^b	32.00±5.992 ^b	34.00±7.609 ^b
黑色	24.80±5.152 ^b	22.80±5.687 ^b	24.80±7.453 ^b

1) 表中数据为平均数±标准误；同一列数据后标有不同字母表示显著性差异 (P< 0.05)

3 结 论

目前有两种关于寄主选择性的理论，一种是 Hopkins^[8] 最早提出“Hopkins 寄主选择原理”：对于内翅类昆虫，幼虫经历所获得的信息，经过蛹期变态仍可保留到成虫，并影响成虫的行为反应。另一种理论认为成虫之前的经历对成虫行为没有直接影响，但幼虫期经历仍有一定的影响。如对鳞翅目幼虫多个虫龄的观察表明，低龄幼虫所记忆的信息，经脱皮后仍可保留到高龄幼虫并影响其取食选择行为^[9]。

本实验结果表明用水果饲养 20 代幼虫后的桔小实蝇对其成虫的产卵选择性有明显的影响，且随取食时间延长而引诱力增大。幼虫期取食经历还不同程度地影响到成虫对颜色和水果部位的选择性。试验结果初步证实了幼虫取食不同的水果后，其羽化出的成虫的产卵选择性会发生一定的变化。

参考文献:

[1] 谢琦, 张润杰. 桔小实蝇生物学特点及其防治研究概述[J]. 生态科学, 2005 24(1): 52—56

[2] 梁光红, 陈家骅, 杨建全, 等. 桔小实蝇国内研究概况[J]. 华东昆虫学报, 2003 12(2): 90—98

[3] 黄素青, 韩日畴. 桔小实蝇的研究进展[J]. 昆虫知识, 2005 42(5): 479—484

[4] 袁盛勇, 肖春, 孔琼, 等. 桔小实蝇的产卵选择性[J]. 江西农业大学学报, 2005 27(1): 81—84

[5] 许益隼, 曾玲, 陆永跃, 林进添. 桔小实蝇对不同水果产卵的选择性[J]. 华南农业大学学报, 2005 24(1): 25—26

[6] LIU Y C, L H HUANG. The ovipositional preference of the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel [J]. Chinese J Entomol 1990 (10): 159—168

[7] PROKOPY R J, GREEN T A, VARGAS R J. *Dacus dorsalis* flies can learn and accept host fruit[J]. J Insect Behav 1990 (3): 663—675

[8] HOPKINS A D. Contribution to discussion [J]. J Econ Entomol 1917 10: 92—93

[9] JERMY T. The role of experience in the host selection of phytophagous insects [M]. // CHAPMAN R F, BERNAYS E A, SIOFFOLAN Z O J G eds. Perspectives in Chemo-reception and Behavior. New York: Springer-Verlag 1987 143—157.

(下转第 102 页)

[12] 杨金燕, 杨肖娥, 何振立. 土壤中铅的来源及生物有

效性[J]. 土壤通报, 2005 36 (5): 766—772

Heavy Metal Concentration in Foliage and Foliar Dusts in Huizhou, Guangdong Province

QU Yuan¹, GUAN Dong-sheng², CHEN Huan¹, LI Xiao-yan¹, HUAN Hu¹

(1. School of Environmental Science and Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;
2. Environmental Monitoring Station of Huizhou, Huizhou 516000, China)

Abstract: Based on the land use in Huizhou, Guangdong Province, concentrations of heavy metals (Cr, Cu, Zn, Cd, Pb) for two common roadside trees (*Ficus virens* var. *sublanceolata* (Miq.) Corner and *Bauhinia blakeana*) leaves and their foliar dust in nine sampling sites in different urban areas were determined by ICP-AES. The results showed that heavy metal concentration in leaves was significantly different in various urban areas, and their pollution index was in order of commercial and traffic area (CTA) > industrial area (IA) > residential area (RA) > control area (CA), and for foliar dust in order of IA > CTA > RA > CA. Leaves of *F. virens* var. *sublanceolata* (Miq.) Corner absorbed slightly higher heavy metal than that of *B. blakeana*. Heavy metal contents in foliar dust were elevated, especially Cd and Pb, which were over 120 folds and 12 folds of the soil background values of Guangdong province, respectively. Foliar dust accumulated heavy metal as high as 2 ~ 800 times that in leaves, indicating foliage absorbed less heavy metal via its stomata. The concentration of heavy metal in foliage and foliar dust varied with surrounding and traffic density. Presence of Cr and Cd in foliage and foliar dust was highly correlated. So, foliage and foliar dust can be effective indicators of air pollution in areas concerned and have potential capacity to reduce and remove atmosphere pollution and dust particles.

Key words: tree foliage; heavy metal; foliar dust; urban area; Huizhou of Guangdong Province

(上接第 87 页)

Influence of Larvae Feeding Experience on the Oviposition Preference of *Bactrocera dorsalis* (Hendel)

ZHENG Xiao-ping¹, LIU Qun-shan¹, XIE Qi², ZHANG Run-jie²

(State Key Laboratory of Biocontrol & Institute of Entomology, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Feeding experience of larvae could impact the oviposition preference of *Bactrocera dorsalis* (Hendel). Female adults emerging from the colony cultured with banana in continuous 20 generations strongly prefer to banana, the eggs laying on the banana is the most, the next is mango, showing a significant difference. Raising one generation with banana, the eggs laying mango is the most, the next is banana. There is no significant difference. Cultured with the wax apple and wampee for one generation, the female prefer mango to banana. However, the eggs on the wax apple is the least and the wampee in the fourth. The feeding experiences of larvae would also impact the choosing on colors and parts of the host fruit. The results show that the number of eggs in flesh of banana is more than the hull of banana. But the eggs in flesh of mango is much less than the hull. The number of eggs on the yellow cup is at maximum, indicating yellow color more attraction to the fly than green, red and black color.

Key words: *Bactrocera dorsalis*; larvae feeding experience; oviposition preference