

土壤湿度对台湾缺蠓 *Forcipomyia taiwana* (Shiraki) 产卵与幼虫发育影响*

陈家慧^{1,2}, 刘阳², 谢恺琪³, 龚理³, 张韶华², 贾凤龙¹

1. 有害生物控制与资源利用国家重点实验室 / 中山大学生命科学学院, 广东 广州 510275
2. 深圳市疾病预防控制中心, 广东 深圳 518055
3. 深圳红树林保护基金会, 广东 深圳 518000

摘要: 研究了不同土壤含水率和土壤表面类型对台湾缺蠓 *Forcipomyia taiwana* (Shiraki) 成虫产卵及幼虫发育的影响。分析了野外草地土壤含水率与台湾缺蠓日刺叮总数之间的关系; 研究了在温度为(25±2) °C, 空气相对湿度为(70±10)%, 光周期为 12L:12D 下设置土壤含水率 0%~10%、10%~20%、20%~30%、30%~40%、40%~50%、50%~60% 和 60%~70% 共 7 种土壤环境, 土壤含水率对台湾缺蠓的产卵量、孵化率、幼虫成活率和化蛹率的影响; 探究了土壤表面类型为裸露土壤、石卵、碎松树皮与加肥料土壤条件下台湾缺蠓的产卵量的差异。结果表明, 土壤含水率、土壤表面类型对台湾缺蠓产卵影响极显著。野外 10% 左右的平均土壤含水率是台湾缺蠓孳生的最低含水率阈值, 台湾缺蠓在含水率为 30%~40% 的裸露土壤上产卵量最高; 在土壤表面类型为裸露土壤时产卵量最高。石卵、碎松树皮与加肥料土壤表面对雌蠓产卵具有负面的影响。土壤含水率对幼虫发育和化蛹影响均不显著。

关键词: 台湾缺蠓 *Forcipomyia taiwana* (Shiraki); 土壤含水率; 土壤表面类型; 产卵选择

中图分类号: R384.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2021) 04-0012-07

Effects of soil humidity on the oviposition and larval development of the *Forcipomyia taiwana* (Shiraki)

CHEN Jiahui^{1,2}, LIU Yang², XIE Kaiqi³, GONG Li³, ZHANG Shaohua², JIA Fenglong¹

1. Key Laboratory of Biocontrol and School of Life Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China
2. Shenzhen Center for Disease Control and Prevention, Shenzhen 518055, China
3. Shenzhen Mangrove Wetlands Conservation Foundation, Shenzhen 518000, China

Abstract: This study conducted experiments on the effects of different soil water content and soil surface types on egg-laying and larval development of *Forcipomyia taiwana* (Shiraki). The relationship between soil water content of field grassland and the total number of durian bites of *F. taiwana* was analyzed. The effects of soil water content on the oviposition, hatching rate, larval survival rate and pupation rate of *F.*

* 收稿日期: 2021-03-12

录用日期: 2021-03-15

网络首发日期: 2021-05-21

基金项目: 深圳红树林湿地保护基金会资助

作者简介: 陈家慧 (1996年生), 女; 研究方向: 昆虫生态学; E-mail: chenjh368@mail2.sysu.edu.cn

通信作者: 贾凤龙 (1966年生), 男; 研究方向: 昆虫分类、媒介昆虫防治; E-mail: lssjfl@mail.sysu.edu.cn

贾凤龙, 教授, 博士生导师, 发表研究论文 200 余篇, 主编专著 2 部, 参与专著 18 部。现任中国甲虫学会理事、广东省白蚁学会副理事长、广东省预防医学会媒介生物学及控制专业委员会委员、深圳市预防医学会病媒生物及控制学会副理事长。

taiwana were studied under seven soil environments, including 0%–10%, 10%–20%, 20%–30%, 30%–40%, 40%–50%, 50%–60% and 60%–70%. The experiments were carried out under (25 ± 2) °C, (70 ± 10) % relative humidity and 12L:12 days photoperiod. The differences of spawning quantity of *F. taiwana* on four types of soil surface, bare soil, gravel, broken pine bark and fertilized soil, were studied. The results showed that soil water content and types of soil surface had significant effects on the oviposition of *F. taiwana*. *F. taiwana* laid the highest number of eggs on bare soil with water of 30%–40%. The amount of spawning was highest on bare soil surface. Gravel, broken pine bark and fertilized soil were negative to egg-laying of females. Soil water content had no significant effect on larval development and pupation.

Key words: *Forcipomyia taiwana* (Shiraki); soil moisture content; soil surface types; oviposition preferences

蠓科 Ceratopogonidae 现生昆虫全世界已知 5 155 种, 中国 1 015 种^[1], 其中相当大的一部分为吸血性, 有的种类可以在人和动物间传播疾病, 不但严重地影响人类的生活, 而且严重影响当地旅游业^[2]。在南美和非洲巴拉库蠓 *Culicoides paraensis* (Goeldi) 能在人群间传播奥柔浦西热^[3-4], 库蠓属 *Culicoides* spp. 能传播奥氏曼森线虫 *Mansonella ozzardi* 病^[5-6], 细蠓属 *Leptoconops* spp. 和库蠓属 *Culicoides* spp. 能在动物间传播蓝舌病, 严重影响反刍动物的养殖^[7-8]。

台湾狭蠓 *Forcipomyia taiwana* (Shiraki) 是一种广布于我国华南、华中、华东、西南等地区的具有吸血行为的昆虫, 成虫主要在日间进行活动。人、畜被刺叮后可导致不同程度的皮肤瘙痒, 甚至引发较严重的过敏性皮疹^[9-10]。我国学者曾在云南、福建和广东三省的台湾狭蠓体内成功分离出乙型脑炎病毒, 表明台湾狭蠓有作为乙型脑炎病毒传播媒介的可能性^[11-12]。台湾狭蠓生活史可分为卵、幼虫、蛹和成虫 4 个阶段, 幼虫经过 4 个龄期蜕皮发育成为蛹, 从卵到成虫整个发育过程大约需要一个月^[1, 13]。台湾狭蠓幼虫形态在一龄幼虫蜕皮前后变化较大, 二龄至四龄幼虫在越过龄期前后形态差异不明显在体视显微镜下难以分辨^[14]。

昆虫产卵对产卵介质如土壤表面类型具有不同的偏好, 雌虫选择合适的产卵介质进行产卵有利于卵的孵化, 甚至能帮助幼虫获得食物等有利于其生长的因素。实验室饲养发现, 草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (Smith) 幼虫取食偏好植株的幼嫩位置, 而产卵偏好在玉米老叶和牛皮纸上^[15]。相较于棉花叶片、蚕豆苗叶片、小油菜叶片以及蜂窝状纸片, 异色瓢虫 *Harmonia axyridis*

(Pallas) 偏好在甘蓝叶片和条状折叠纸片上产卵^[16]。在土壤中加入鱼腥藻 *Anabaena* spp.、颤藻 *Oscillatoria* spp. 和小球藻 *Chlorella* spp. 可诱导台湾狭蠓产卵^[17]。然而, 对于台湾狭蠓对产卵介质的偏好性研究仍较缺乏。对台湾狭蠓的生物学和生态学的研究除了台湾学者外, 尚未见其他学者的研究。

同一种昆虫在不同的地区和环境可能表现出不同的生物学和生态学的习性。本文针对土壤因子对台湾狭蠓雌成虫产卵及幼虫发育的影响进行实验, 并结合监测深圳市福田红树林生态公园绿地土壤含水率的年动态变化以及台湾狭蠓的刺叮吸血活动的年消长规律, 探究土壤含水率对台湾狭蠓孳生的影响, 以及探究台湾狭蠓对产卵介质的表面类型的偏好性。

1 材料与方法

1.1 试虫采集与饲养

于深圳市福田红树林生态公园利用人诱法捕捉台湾狭蠓雌性成虫, 将其置于 20 cm×20 cm×20 cm 的 120 目饲养笼中转移到实验室内。实验室条件控制在温度为 (25 ± 2) °C, 空气相对湿度为 (70 ± 10) %, 光周期为 12L:12D。将滤纸插入含 $w=3\%$ 蔗糖+ $w=5\%$ 葡萄糖溶液的小瓶子中, 使成虫可停落在滤纸上吸食糖水。采集得到成虫 24 h 后, 实验员经饲养笼袖筒伸入裸露手臂供成虫吸食血液, 待笼中所有成虫不再吸血后停止喂血。

1.2 试虫产卵土壤的制备

实验中所使用的土壤取自深圳市福田红树林生态公园的草坡。在烘箱中以 105 °C 烘干所取得的土样 8 h 至恒质量, 并将土样研磨成小颗粒状备用。

1.3 实验方法

1.3.1 野外土壤含水率与台湾缺鬃刺叮密度的季节性关系 2019年4月至2020年1月,在深圳福田红树林生态公园中进行台湾缺鬃采集和吸血活动监测。每星期1次,在7:00~20:00间进行,实验者暴露手臂与小腿,用电动吸虫器收集停留在手臂与小腿上的台湾缺鬃,每2 h监测1次,每次诱集20 min,统计当天的刺叮总数。同时,在监测点树荫下选取5个具有代表性的平行土壤样方,利用便携式土壤湿度计测量该公园树荫下草地的土壤容积含水率 $W_{容}$,土壤中含水率通过以下的公式进行转换计算

$$W = \frac{W_{容}}{P},$$

式中 W 为土壤含水率, $W_{容}$ 为土壤容积含水率; P 为土壤容重,即单位体积原状土体的干土质量^[18]。

实验室土壤含水率 W 通过以下公式计算

$$W = \frac{\text{烘干前湿土质量} - \text{烘干后干土质量}}{\text{烘干后干土质量}} \times 100\%.$$

1.3.2 不同土壤含水率对台湾缺鬃产卵的影响 取7个内径7 cm、高4 cm的亚克力杯,编号为A~G,每杯加入20 g烘干土壤,压实,土层高约1 cm。根据土壤含水率 W 公式分别加入2、4、6、8、10、12和14 g纯净水,配置成土壤含水率分别为10%、20%、30%、40%、50%、60%和70%的土壤,制作成产卵杯。通过实验测定,每24 h土壤含水率下降约10%,因此将土壤含水率梯度设置为0%~10%、10%~20%、20%~30%、30%~40%、40%~50%、50%~60%、60%~70%。将产卵杯同时放入饲养笼中,产卵杯相互紧靠,并在杯与杯之间放置小LED灯泡,以刺激台湾缺鬃产卵。喂血当天,用吸虫器吸取(30±5)只饱血雌缺鬃进入20 cm×20 cm×20 cm的120目饲养笼中。每24 h向土壤表面滴加纯净水以恢复各杯的土壤含水率。72 h后记录每个产卵杯中的产卵数。每处理重复5次。

1.3.3 不同土壤含水率对台湾缺鬃卵孵化及幼虫发育的影响 本实验设置10%~20%、30%~40%和50%~60%3个土壤湿度梯度。取3个内径7 cm、高4 cm的亚克力杯,编号为A、B、C,每杯加入20 g烘干土壤,压实,土层高约1 cm。根据上文的方法配置土壤含水率为20%、40%和60%的土壤,制作成幼虫培养杯。分别放入100粒当天产出的卵于每个幼虫培养杯中的土壤表面上。在杯盖上扎4个透气孔并盖上,将幼虫培养杯放置在(25±2)℃,空气相对湿度为(70±10)%,光周期为

12L:12D人工气候箱中,每24 h向土壤表面滴加含小球藻液的纯净水以恢复各杯的土壤含水率并为幼虫提供食物,滴加时无需避开卵。记录并统计每个杯中的孵化率、一龄幼虫存活率、四龄幼虫存活率和化蛹率,每处理重复5次。孵化率、一龄幼虫存活率、四龄幼虫存活率和化蛹率通过以下公式进行转换计算

$$\text{孵化率} = \frac{A}{B} \times 100\%,$$

式中 A 为完全裂开的卵总数, B 为产卵总数;

$$\text{一龄幼虫存活率} = \frac{C}{D} \times 100\%,$$

式中 C 为持续至第一次蜕皮的一龄幼虫总数, D 为一龄幼虫总数;

$$\text{四龄幼虫存活率} = \frac{E}{F} \times 100\%,$$

式中 E 为进入化蛹期的幼虫总数, F 为第一次蜕皮后的幼虫总数;

$$\text{化蛹率} = \frac{G}{H} \times 100\%,$$

式中 G 为成功化蛹总数, H 为进入化蛹阶段的幼虫总数。

1.3.4 不同土壤表面类型对台湾缺鬃产卵的影响 取4个内径11 cm、高4 cm的亚克力杯,编号为A~D,每杯加入40 g烘干土壤,压实,土层高约1.5 cm。A杯中不加入其他材料,B杯中均匀铺上20 g小白石卵,C杯中铺上10 g碎松树皮覆盖土壤表面,D杯加入从生态公园获取的肥料10 g与土壤搅拌混合后压实。向4个产卵杯中加入定量纯净水使4个产卵杯的土壤含水率均为30%。将产卵杯同时放入饲养笼中,产卵杯相互紧靠,并在杯与杯之间放置小LED灯泡,以刺激台湾缺鬃产卵。喂血当天,用吸虫器吸取(30±5)只饱血雌缺鬃进入20 cm×20 cm×20 cm的120目饲养笼中。每24 h向土壤表面滴加纯净水以恢复各杯的土壤含水率。72 h后记录每个产卵杯中的产卵数。每处理重复4次。

1.3.5 数据处理 通过SPSS 19.0数据处理系统以2019年台湾缺鬃日刺叮总数为因变量,草地土壤含水率为自变量进行相关分析;产卵量以平均值表示,进行单因素方差分析和Tukey多重比较法检验不同因素等级间产卵量的差异显著性水平。以产卵量做垂直柱形图进行比较;孵化率、一龄幼虫存活率、四龄幼虫存活率及化蛹率以平均值表示,进行单因素方差分析和Tukey多重比较法检验不同土壤含水率等级间4个指标的差异显著性水平。

2 结果与分析

2.1 野外草地土壤含水率与台湾缺鬃刺叮密度的季节性关系

草地土壤含水率与台湾缺鬃日刺叮总数呈显著正相关, $P < 0.01$ (图1)。从图1中可见, 4月至10月上半月, 野外土壤含水率保持在15%以上, 最高可达35%, 台湾缺鬃雌缺鬃刺叮密度较高, 平均日刺叮总数大于30只。4月下半月至5月上半

月, 台湾缺鬃的雌缺鬃日刺叮总数在大于150只, 5月下半月至10月上半月维持在30~100只之间。10月下半月, 平均土壤含水率明显下降至10%以下。随之11月台湾缺鬃刺叮指数大幅减少至日刺叮总数小于20只, 并一直维持在较低水平直至12月下半月。次年1月上半月平均土壤含水率上升至15%, 台湾缺鬃日刺叮总数也随之上升至50只以上。

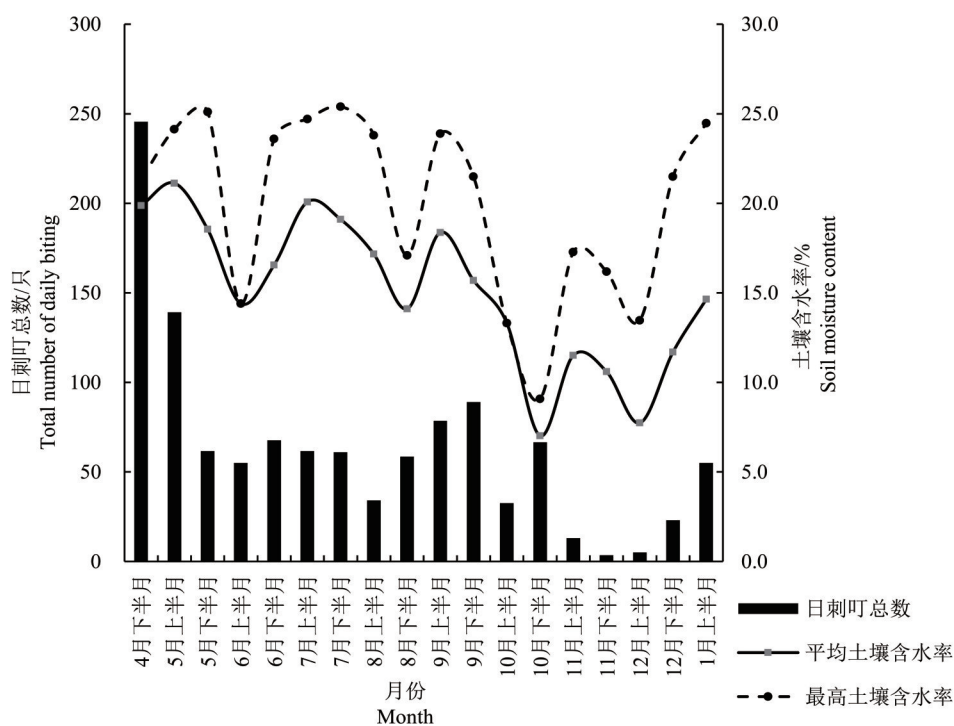


图1 2019年草地土壤含水率与台湾缺鬃日刺叮总数动态关系

Fig. 1 The dynamic relationship between grassland soil moisture content and the total number of daily stinging bites of *Forcipomyia taiwana*

2.2 不同土壤含水率对台湾缺鬃产卵的影响

图2是不同含水率的土壤与雌缺鬃产卵量关系图。在土壤含水率为0%~10%、10%~20%、20%~30%、30%~40%、40%~50%、50%~60%与60%~70%的含土培养皿上, 其平均所存在的卵数分别为0、13、28、94、37、13、6颗 (图2)。根据统计分析的结果, 当土壤含水率为30%~40%时, 雌缺鬃产卵量与其他含水率的土壤处理之间呈现差异极显著 (单因素方差分析和Tukey HSD检验, $P < 0.01$), 其余各组处理之间没有明显差异 (图2)。当土壤含水率为0%~10%时, 20只雌性台湾缺鬃平均产卵总量为0。土壤含水率在10%~40%范围内, 台湾缺鬃产卵量随着土壤含水率上升而增加, 土壤含水率在40%~70%范围内, 台湾缺鬃产卵量随着土壤含水率上升而下降。含水率为70%的土

壤表面已有液体浸出, 台湾缺鬃可产少量的卵在水面上。由此可见台湾缺鬃的产卵最适土壤含水率为30%~40%, 此条件下产卵量最大。当土壤表面被水浸泡时, 雌缺鬃极难在该土壤环境产卵。

2.3 土壤含水率对台湾缺鬃孵化以及幼虫生长的影响

在土壤含水率为10%~20%、30%~40%与50%~60%的含土培养皿上, 其平均孵化率分别为74.11%、72.26%、71.69%; 一龄幼虫平均存活率为24.53%、23.14%、34.66% (图3); 四龄幼虫存活率为57.48%、85.03%、73.94%; 平均化蛹率为64.51%、79.32%、80.13% (图3)。根据统计分析的结果, 3个梯度土壤含水率对台湾缺鬃的孵化、幼虫生长以及化蛹率无明显差异 (单因素方差分析和Tukey HSD检验, $P > 0.05$)。

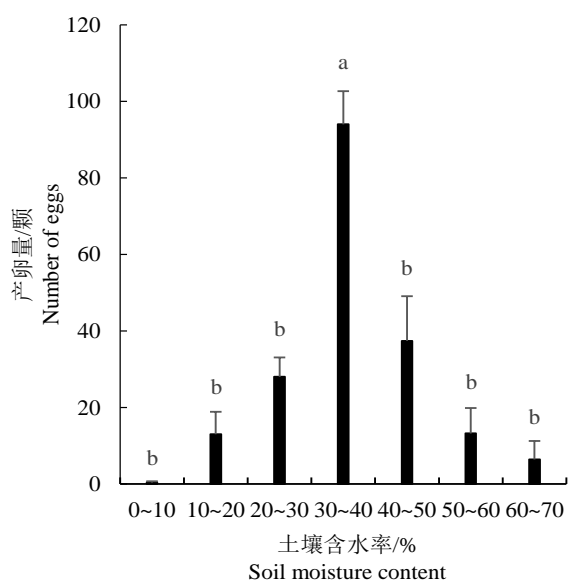


图2 不同土壤含水率对台湾狭蠓产卵的影响

相同的字母表示两处理之间的产卵量无显著差异性, $P>0.05$, 不同的字母表示两处理之间的产卵量有极显著差异性, $P<0.01$

Fig. 2 The effect of different soil water content on the spawning of the *Forcipomyia taiwana*

The same letter indicates that there is no significant difference in the number of eggs laid between the two treatments, $P>0.05$, and different letters indicate that there is a very significant difference in the number of eggs laid between the two treatments, $P<0.01$

2.4 不同土壤类型对台湾狭蠓产卵的影响

图4是土壤表面类型与雌蠓产卵量关系。从图4可知, 裸露土壤、石卵、碎松树皮与加肥料的土壤的含土培养皿上雌蠓的平均产卵量分别为112、27、2、1颗。根据统计分析的结果, 当土壤表面类型为裸露土壤与加石卵、加碎松树皮和加肥料的土壤的处理之间呈现差异极显著(单因素方差分析和Tukey HSD检验, $P<0.01$)。

3 讨论

台湾狭蠓产卵趋性和幼虫发育成长受多种环境因素影响。野外草地土壤含水率和雌性成蠓密度之间呈显著正相关(图1)。台湾狭蠓从卵到成虫整个发育过程大约需要1个月。由于土壤含水率主要影响雌性成蠓的产卵量和幼虫的成活率, 因此野外观测到的成蠓的刺叮指数消长与土壤含水率的消长存在滞后性。图1中9月至10月上半月土壤含水率较高, 对雌蠓产卵和幼虫的存活有利, 故10月下半月成蠓的密度保持较高, 10月下半月雌蠓的数量反映的是前一段时间的土壤含水率的影响。而10月下半月之后的土壤低含水率降低至

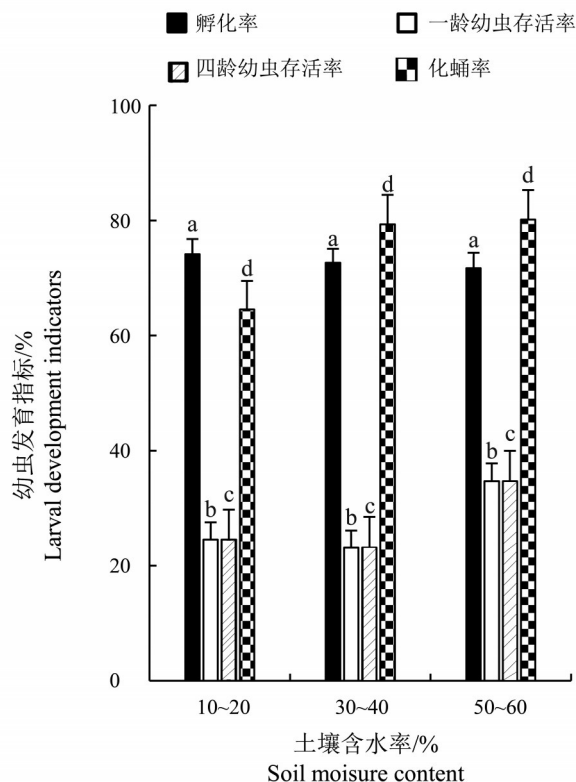


图3 不同土壤含水率对台湾狭蠓幼虫发育的影响

a, b, c, d 分别代表孵化率、一龄幼虫存活率、四龄幼虫存活率和化蛹率的显著性差异。相同的字母大小写一致表示该系列两处理之间的各指标无显著差异性, $P>0.05$, 相同的字母大小写不一致表示该系列两处理之间的各指标有显著差异性, $P<0.05$

Fig. 3 The effect of different soil moisture content on the larval developing of the *Forcipomyia taiwana*

a, b, c, d represent the significant differences in hatchability, survival rate of first instar larvae, survival rate of fourth instar larvae, and pupation rate, respectively. The same letter case indicates that there is no significant difference in the indicators between the two treatments in the series, $P>0.05$, and the same letter case inconsistency indicates that the indicators between the two treatments in the series are significantly different, $P<0.05$

10%以下, 对雌蠓产卵和幼虫的存活都起到了负面的影响, 导致11月和12月成蠓密度明显下降。这是因为低含水率的土壤不利于卵的孵化和幼虫的生长发育, 导致成虫密度降低。杨晓峰^[19]研究显示, 台湾狭蠓偏好含水率较高的土壤进行产卵, 以含水率在15%~20%间的土壤产卵量最高。该结论与本研究存在明显的差异。本研究显示, 土壤含水率30%~40%雌蠓产卵量最高, 土壤含水率低于10%时雌蠓不在此土壤上产卵。而土壤含水率10%~20%时, 雌蠓产卵量较低。结合野外草地土壤含水率对台湾狭蠓日刺叮总数的影响结果分析我们认为10%左右的平均土壤含水率是台湾狭蠓

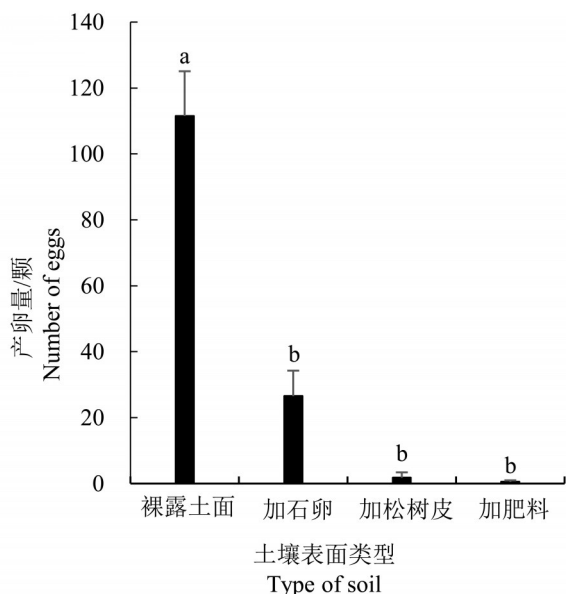


图4 不同土壤类型对台湾狭蚊产卵的影响

相同的字母表示两处理之间的产卵量无显著差异性, $P>0.05$, 不同的字母表示两处理之间的产卵量有极显著差异性, $P<0.01$

Fig. 4 The effect of different soil surface types on the spawning of the *Forcipomyia taiwana*

The same letter indicates that there is no significant difference in the number of eggs laid between the two treatments, $P>0.05$, and different letters indicate that there is a very significant difference in the number of eggs laid between the two treatments, $P<0.01$

孳生的最低含水率阈值。

正如飞蝗卵的发育需要从土壤中吸收水分一样^[20-21], 台湾狭蚊卵发育也必须保持一定的环境湿度。台湾狭蚊雌性没有特殊的产卵器, 卵产于地表或地表的覆盖物上。地表土壤或覆盖物必须有一定的湿度是台湾狭蚊卵孵化的必要条件。土壤(覆盖物)的湿度是吸引雌蚊产卵的诱因。土壤含水率不仅影响雌蚊的产卵, 而且也影响幼虫的生存率。实验室研究过程中可观察到部分幼虫由于土壤表面过于干燥会弹跳或爬行到较潮湿处。这说明幼虫的生长发育也必须在含水率一定的潮湿土壤表面。有研究表明: 过低或过高的土壤含水率, 如土壤含水率超过25%的土壤会影响幼虫的发育, 甚至导致幼虫的死亡^[19]。然而, 本实验发现, 当土壤含水率为10%~60%之间, 幼虫存活

率无明显差异, 只要在足够湿润且食物充足的环境下, 幼虫都能正常发育化蛹。幼虫生活土壤含水率低于10%时不利于台湾狭蚊幼虫的生存, 这也与野外观察结果基本一致。基于此, 如果能够保持土壤表面含水率低于10%, 可以大大降低台湾狭蚊的孳生密度。

杨晓峰^[19]的研究结果显示台湾狭蚊雌蚊产卵的土壤含水率最高阈值为20%, 土壤含水率高于20%的土壤表面太过湿润会使成虫站立时被粘连而致死从而导致雌性成虫无法产卵; 25%以上的土壤含水率即不利于台湾狭蚊幼虫生长, 亦会导致幼虫无法化蛹。本研究雌蚊可在含水率为60%以上或有浸出水的土壤上成功产卵。无论是土壤含水率对雌蚊产卵的影响还是对幼虫发育、存活率及化蛹率方面, 均与杨晓峰^[19]的研究结果有显著差别。造成这一差异可能与使用的土壤成分有关, 因此需要进一步研究土壤成分及化学性质是否对台湾狭蚊生存关系的相关性。

土壤表面类型对土栖性昆虫通常具有影响。本研究表明, 在土壤含水率相同情况下, 裸露的土壤最适合台湾狭蚊产卵, 其次是土壤表面铺设了石卵的土壤, 而铺设了碎松树皮和肥料的土壤不适合台湾狭蚊产卵。相较于裸露土壤, 石卵、碎松树皮表面很难较长时间内保持水分, 虽然土壤的总体含水率相同, 但石卵、碎松树皮表面含水是远小于裸露土壤, 故雌蚊很少将卵产于石卵或松树皮上, 即使是产卵于此, 由于湿度太低, 大部分卵无法孵化或幼虫因环境湿度太低而死亡。实验中发现有雌蚊将卵产于石卵和碎松树皮之间的土壤上, 说明石卵和碎松树皮表面湿度达不到雌蚊产卵的要求。掺加肥料会使土质更加疏松, 表面难以维持湿度, 导致土壤表层含水率降低, 在不进行适当补充水分的情况下, 土壤中的水分蒸发是要比裸露压实的土壤大得多, 同样不利于台湾狭蚊的生存。本研究结果是在实验条件下进行, 与野外情况或有所不同, 因为野外施肥的土壤由于虹吸现象, 深层土壤的水分可能会补充到地表。野外施肥是否会影响台湾狭蚊的密度, 需要进一步研究。

参考文献:

- [1] 虞以新. 中国蚊科昆虫[M]. 北京: 军事医学科学出版社, 2006.
[2] STRICKMAN D, WIRTZ R, LAWYER P, et al. Meteorological effects on the biting activity of *Leptoconops americanus* (Diptera: Ceratopogonidae) [J]. Journal of American Mosquito Control Association, 1995, 11(1):

rological effects on the biting activity of *Leptoconops americanus* (Diptera: Ceratopogonidae) [J]. Journal of American Mosquito Control Association, 1995, 11(1):

- 15–20.
- [3] SAKKAS H, BOZIDIS P, FRANKS A, et al. Oro-pouche fever: a review [J]. *Viruses*, 2018, 10 (4): 1–16.
- [4] 柳支英, 陆宝麟. 医学昆虫学[M]. 北京: 科学出版社, 1990: 191–209.
- [5] BARTOLONI A, CANCRINI G, BARTALESI F, et al. *Nansonella ozzardi* infection in Bolivia: prevalence and clinical associations in the Chaco region [J]. *American Journal of Tropical Medicine & Hygiene*, 1999, 61 (5): 830–833.
- [6] LIBERATO C, FARINA F, MAGLIANO A, et al. Biotic and abiotic factors influencing distribution and abundance of *Culicoides obsoletus* group (Diptera: Ceratopogonidae) in central Italy [J]. *Journal of Medical Entomology*, 2010, 47(3): 313–318.
- [7] BARCELÓ C, PURSE B V, ESTRADA R, et al. Environmental drivers of adult seasonality and abundance of biting midges *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae), bluetongue vector species in Spain [J]. *Journal of Medical Entomology*, 2021, 58(1): 350–364.
- [8] SHIH C L, LIAO Q M, WANG Y Y, et al. Abundance and host-seeking activity of the biting midge, *Forcipomyia taiwana* (Diptera: Ceratopogonidae) [J]. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 2019, 22(4): 1053–1059.
- [9] 宋福春, 贺骥. 吸血蠓的危害及防治[J]. *中华卫生杀虫药械*, 2015, 21(6): 623–626.
- SONG F C, HE J. Harm and control of blood-sucking midges [J]. *Chinese Journal of Hygienic Insecticides & Equipments*, 2015, 21(6): 623–626.
- [10] 刘金华, 郝丽, 刘世忠, 等. 广东省蠓科昆虫的种类与地理分布[J]. *中华卫生杀虫药械*, 2014, 20(3): 275–278.
- LIU J H, HAO L, LIU S Z, et al. Species and geographic distribution of Ceratopogonidae in Guangdong Province [J]. *Chinese Journal of Hygienic Insecticides & Equipments*, 2014, 20(3): 275–278.
- [11] 范娜, 程睿, 鲁晓晴, 等. 蠓虫及其传播的虫媒病毒[J]. *中国热带医学*, 2018, 18(2): 182–187.
- FAN N, CHENG R, LU X Q, et al. Ceratopogonidae and their transmitted arbovirus [J]. *China Tropical Medicine*, 2018, 18(2): 182–187.
- [12] 王飞鹏, 黄恩炯. 吸血蠓防治研究进展(双翅目: 蠓科)[J]. *中国人兽共患病学报*, 2015, 5: 467–471.
- WANG F P, HUANG E J. Advance of research on control of blood-sucking midges (Diptera, Ceratopogonidae) [J]. *Chinese Journal of Zoonoses*, 2015, 5: 467–471.
- [13] FOXI C, SATTA G, PUGGIONI G, et al. Biting midges (Ceratopogonidae: *Culicoides*) [J/OL]. Reference Module in Biomedical Sciences, 2020. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818731-9.00005-7>.
- [14] 裘明华, 荣云龙. 台湾狭蠓幼期的形态(双翅目: 蠓科)[J]. *昆虫学报*, 1980 (1): 66–75.
- QIU M H, RONG Y L. Morphological descriptions of the immature stages of *Forcipomyia (Lasiohelea) taiwana* (Shiraki) (Diptera, Ceratopogonidae) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1980 (1): 66–75.
- [15] 金涛, 林玉英, 马光昌, 等. 草地贪夜蛾的产卵节律及其对不同介质的产卵选择性[J]. *植物保护*, 2020, 46 (3): 99–103.
- JIN T, LIN Y Y, MA G C, et al. Oviposition rhythms of *Spodoptera frugiperda* and its oviposition preferences to different medium [J]. *Plant Protection*, 2020, 46 (3): 99–103.
- [16] 侯峥嵘, 郭喜红, 王璐, 等. 人工繁育异色瓢虫产卵介质的筛选试验[J]. *湖北农业科学*, 2015, 54 (12): 2904–2906.
- HOU Z R, GUO X H, WANG L, et al. Screening test of spawning medium artificial breeding *Harmonia axyridis* Pallas [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2015, 54 (12): 2904–2906.
- [17] 陈祺融. 台湾狭蠓非药剂防治技术之研究[D]. 台北: 台湾大学, 2010.
- CHEN C R. The study of non-chemical managements on biting midge, *Forcipomyia taiwana* [D]. Taipei: National Taiwan University, 2010.
- [18] 李旺霞, 陈彦云. 土壤水分及其测量方法的研究进展[J]. *江苏农业科学*, 2014, 42 (10): 335–339.
- LI W X, CHEN Y Y. Research progress of soil moisture and its measurement methods [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2014, 42 (10): 335–339.
- [19] 杨晓峰. 土壤因子对台湾狭蠓成虫产卵和幼虫发育的影响[D]. 台中: 国立中兴大学, 2007.
- YANG X F. Soil factors affecting egg laying of gravid female and the larval development of the biting midge, *Forcipomyia taiwana* [D]. Taizhong: National Chungshing University, 2007.
- [20] 郭鄂, 陈永林, 卢宝廉. 中国飞蝗生物学[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1991: 439–449.
- [21] 张艳, 李红梅, 刘路路, 等. 不同土壤类型及其含水量对亚洲小车蝗卵孵化的影响[J]. *环境昆虫学报*, 2020, 42 (3): 559–565.
- ZHANG Y, LI H M, LIU L L, et al. Effects of different soil types and soil moisture content on egg hatching of *Oedaleus decorus asiaticus* [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2020, 42 (3): 559–565.