

三叶斑潜蝇的求偶交配及其影响因子研究

殷利鑫 王伟

(河北省农业广播电视学校围场分校,河北围场 068450)

摘要 在实验室内研究了三叶斑潜蝇求偶交配行为。结果表明,三叶斑潜蝇求偶基本分为接近、识别、接受、交配等步骤。其交配主要在白天发生,交配持续时间大部分在10~30 min。遮蔽场所是三叶斑潜蝇交配发生的必要条件,其在寄主和非寄主植物上均可交配,植物挥发物可以增加其交配频次,而食物、环境颜色和染色标记对三叶斑潜蝇的交配无影响。

关键词 三叶斑潜蝇;交配;影响因子

中图分类号 S433 文献标识码 A

文章编号 1007-5739(2021)02-0065-05

DOI:10.3969/j.issn.1007-5739.2021.02.028

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Study on Courtship and Mating of *Liriomyza trifolii* and Its Influencing Factors

YIN Lixin WANG Wei

(Weichang Branch, Hebei Agricultural Radio and Television School, Weichang Hebei 068450)

Abstract The courtship and mating behavior of *Liriomyza trifolii* and its influencing factors were studied in the laboratory. The results showed that the courtship of *Liriomyza trifolii* was basically divided into the steps of approaching, identifying, accepting and mating. Mating mainly occurred in the day, and most of the mating duration was 10–30 min. A sheltered place was a necessary condition for the mating of *Liriomyza trifolii*. It could mate on both host and non-host plants. Plant volatiles could increase the frequency of mating. However, food, environmental color and dyeing markers had no effect on the mating of *Liriomyza trifolii*.

Keywords *Liriomyza trifolii*; mating; influence factor

三叶斑潜蝇(*Liriomyza trifolii* Burgess)又名三叶草斑潜蝇,隶属于双翅目(Diptera)潜蝇科(Agromyzidae),是世界上蔬菜、瓜类和观赏植物最重要害虫之一,也是我国重要的园艺及蔬菜害虫,可为害豇豆、番茄、丝瓜、芹菜等多种作物。1988年以前,我国并没有该虫的分布。2005年10月,广东省出入境检验检疫局在中山市屯洲镇蔬菜基地产地检疫时首次发现三叶斑潜蝇入侵中国。该虫自2005年传入我国广东地区,随后又陆续在海南、浙江等地的蔬菜和花卉上发现危害^[1]。近几年,随着设施蔬菜种植面积的扩大,三叶斑潜蝇的种群数量也随之快速上升,危害日益严重。斑潜蝇的寄主范围广,成虫、幼虫均可对寄主植物造成危害,其幼虫潜食寄主植物叶片或叶柄,影响寄主植物的光合作用,导致落叶、落花,生长发育延迟,严重时枯死;成虫可刺破叶片,在叶片上取食、产卵,同时寄主植物受害的伤口还为病菌入侵提供了途径^[2]。周湾等^[3]于2007—2009年在浙江杭州对三叶斑潜蝇的发生情况进行了

调查。结果表明,在杭州地区三叶斑潜蝇的分布已经很广,可与其他斑潜蝇混合发生,9月为混发盛期,以三叶斑潜蝇的危害占多数,已经查到有13种寄主作物受三叶斑潜蝇的危害。

交配行为在生物界普遍存在,是生物体为了延续后代而发生的现象。昆虫的交配行为复杂多变。交配过程与取食过程非常相似,一般情况下包括兴奋、接近、求爱、跨骑、拥抱、交合、清洁等步骤,其中求爱和交合这2个步骤最复杂。求爱的方式多种多样,包括舞蹈、发音、触摸,甚至还会送“彩礼”。

生殖行为是个体生物学的重要研究内容,作为一种重要生理活动的昆虫繁殖,会受到食物质量丰度、寄主环境优劣以及温湿度等自然环境条件的显著影响,继而严重影响昆虫种群的定殖、扩散及发展。大量研究表明,自然环境条件的变化不仅会改变昆虫自身的交配器官功能、发育及其相关生理代谢途径,还会对昆虫的求偶及交配行为产生影响。如郝大翠等^[4]通过不同温度对果蝇羽化至交配时间的影响试验,发现低温会推迟果蝇的交配行为。

不同动物种类(包括昆虫、鱼类、鸟类和哺乳动物)都有聚集交配的现象。一般都是雄虫发生聚集行

作者简介 殷利鑫(1992—),女,河北围场人,助理农艺师,从事高素质农民教育培训和农业推广、病虫害防治工作。

收稿日期 2020-08-17

为,在雌虫经过时将其截获,因而雄虫在性选择过程中起着重要作用,这也说明雌虫的性选择能力可能较弱,这一聚集行为不是由于环境或是抚育子代的原因所致,而是为了能给雌虫提供配子以繁殖后代^[9]。在种群密度极高的情况下,三叶斑潜蝇雄虫会有争夺配偶的“打架”行为,当竞争者靠近时,求偶者将持续扇动翅膀直至对手离开。

大部分三叶斑潜蝇成虫羽化后不久即进行交配,且一般在羽化后24 h以内。羽化和交配之间的时期称为预交配间隔,这段时间的长短与温度成负相关且有雌雄差异。正常求偶时间是30~60 min,但也可能短至10 min,交配持续时间约为3 h。雌雄虫交配次数都在1次以上,且雌虫进行多次交配有利于产卵最大化。交配可发生于1 d内的任何时间段,但一般发生于早晨。交配时,雄虫在雌虫后上方(偶尔在雌虫前方),与雌虫身体约呈45°角,雄虫用前足抓住雌虫中胸,中足抓住雌虫腹部,后足趴在雌虫翅膀上。在人工饲养条件下,雌雄成虫分别可存活15~20 d和10~15 d。若温度过高,寿命缩短。如果有花蜜作为食物供给其取食,寿命则会延长。

三叶斑潜蝇的交配行为通常发生在寄主植物叶片上,雄性慢慢接近雌性,当距离接近时,雄性结合视觉(摆动)和听觉(鸣声)的信号进行求偶行为^[6-7],嗅觉性信号未见报道。这与上述中黑盲蝽、白背飞虱和果蝇的求偶行为大体相同。在一些豆类品种中,为了保证雌性卵子最大限度地受精,斑潜蝇雌虫不止交配1次,但其实雌雄进行单次交配可以足够实现三叶雌性卵子受精^[8]。在实验室条件下的小笼子里,经常可以观察到雌性交配多次^[9]。但是,在这样的小笼子里,对于雌性的自发拒绝行为,如通过飞或者爬行来逃跑的行为有明显的限制。因为这些重复交配的行为并不是雌性自己的选择,可能是雄性在小的或人工交配的场合被迫做出的结果^[10-11]。三叶斑潜蝇是一种“一妻多夫”的物种,在三叶斑潜蝇一生中大多数的雌性成虫都经过不止1次的交配,而且雌性的繁殖力(后代数量)与交配频率成正相关^[9]。

历年来各界学者对各种昆虫交配行为的研究数不胜数,在求偶方式、交配前动作、交配方式、交配时长、交配次数等因素对产卵量的影响等方面都有很多报道。虽然前人对三叶斑潜蝇的交配行为进行了研究,但对于斑潜蝇交配行为的报道却并不是很多,而且观察并不细致,仍存在很多不明之处。探明三叶斑潜蝇的交配规律及引发雄虫求偶和雌虫接受雄虫的因子,有助于针对影响因子开发出相应的引诱剂或阻碍。

这将对三叶斑潜蝇的物理防控具有重大意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试昆虫。三叶斑潜蝇于2015年采集于海南省三亚市的寄主植物豇豆上。将采集得到的2种三叶斑潜蝇连续饲养纯化于实验室内。饲养条件为温度(26±1)℃,光周期(L/D)=14:10,相对湿度50%~60%。纯化饲养寄主为温室培育的健康矮生菜豆(*Phaseolus vulgaris* L.)。选取健康、初羽化的斑潜蝇成虫准确分出雌雄后供试。

1.1.2 仪器设备。采用透明塑料交配盒(直径12 cm,高6.5 cm,盒上盖有透明有机玻璃板以便观察,四周扎有小孔以保证盒内透气)进行交配试验。求偶交配行为监测所用摄像机为实验室自制的小型昆虫行为连续监控系统(24 h连续监测)。人为观察交配事件的时间为每天6:00—20:00。

1.2 试验方法

1.2.1 三叶斑潜蝇的求偶交配。①三叶斑潜蝇的求偶交配过程。待三叶斑潜蝇羽化后,将处女成蝇10雌10雄放入交配盒中,交配盒中放有寄主菜豆叶片。采用小型昆虫行为监控系统对求偶交配过程进行全程监控,监控持续24 h,共设置8个重复。待监控结束后回放录像进行求偶交配过程的分析。②三叶斑潜蝇羽化后24 h的交配次数。待三叶斑潜蝇羽化后,将处女成蝇单雌单雄放入交配盒中,交配盒中放有寄主菜豆叶片,其叶柄插入水中以保湿。采用人为观察的方式观察记录交配次数。根据24 h连续监控结果,三叶斑潜蝇的交配时间集中在6:00—20:00,故人为观察设置在此时间段。共设置35次重复。③雄蝇求偶来向。非对称性是生物界的一个普遍现象。为弄清三叶斑潜蝇的求偶是否具有非对称性,对观察到成功交配的求偶事件进行了记录与分析。共划分8个雄虫求偶来向进行记录:雄虫求偶时在雌虫的左上方、左侧、左下方、正前方、正后方、右上方、右侧、右下方。

1.2.2 三叶斑潜蝇交配的影响因子。①有无寄主对三叶斑潜蝇交配的影响。在研究三叶斑潜蝇交配过程中发现有无寄主对其交配影响很大。因此,设置保湿寄主叶片、离体寄主叶片和空白3个处理进行试验。每个处理重复50次。观察时间为6:00—20:00。②食物对三叶斑潜蝇交配的影响。设置了蜂蜜水作为食物的验证试验,即用棉花蘸取蜂蜜水后置于交配盒中观察单对交配情况,以无蜂蜜水处理作对照。每个处理重复50次,观察时间6:00—20:00。③叶片颜色及挥发物对三叶斑潜蝇交配的影响。设置了将叶片放置于交

配盒下方的试验,共设3个处理,即下方不透气为叶片颜色处理,下方透气(布满小孔)为叶片挥发物处理,以空白作对照(CK)。每个处理重复50次,观察时间6:00—20:00。④遮蔽场所对三叶斑潜蝇交配的影响。共设5个处理,即在交配盒中放置滤纸片、牛皮片、锡箔纸以及绿色塑料假叶片进行试验,以空白作对照(CK)。每个处理重复50次,观察时间为6:00—20:00。⑤非寄主植物对三叶斑潜蝇交配的影响。共设3个处理,即比较三叶斑潜蝇在离体菜豆叶片、葡萄叶片和圆叶牵牛叶片上的交配差异。每个处理重复50次,观察时间为6:00—20:00。⑥菜豆植株不同部位对三叶斑潜蝇交配的影响。共设3个处理,即比较了三叶斑潜蝇在离体菜豆叶片、茎秆和豆角上的交配差异。每个处理重复50次。观察时间为6:00—20:00。⑦荧光染色标记对三叶斑潜蝇交配的影响。染色标记对研究昆虫个体的生殖行为具有重要意义。本研究尝试使用荧光粉标记技术对三叶斑潜蝇进行标记,标记后人为观察记录三叶斑潜蝇的交配情况,重复50次。标记试验在离体菜豆叶片上进行,观察时间为6:00—20:00。

1.3 数据处理

数据统计分析使用IBM SPSS 19.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)处理,所有种群比例的百分比数据在统计分析前均进行反正弦转换,使其服从正态分布。采用T检验和单因素方差分析(ANOVAs)里的Tukey's HSD test 进行处理间的比较(在0.05水平上进行分析)。

2 结果与分析

2.1 三叶斑潜蝇的求偶交配

2.1.1 求偶交配过程分析。对三叶斑潜蝇10雌10雄24h的监控录像总结可知,其典型的求偶交配可分为以下5个步骤:①雄蝇从各个方向向雌蝇接近(分快速接近、缓慢接近和追逐接近);②在雌蝇附近停住,双方进行交配识别(靠视觉和听觉,可能还伴有嗅觉),雄蝇振动身体进行求偶,雌蝇回应(回应机制不明确);③雄蝇爬上雌蝇进行交配尝试(如果步骤②识别错误,将结束交配尝试。此时雌蝇仍可能拒绝雄蝇,表现为爬动将雄蝇甩下);④接受雄蝇,两虫不动,开始交配;⑤雄蝇爬下,双方清理生殖器,交配结束。

2.1.2 雄蝇求偶来向。对三叶斑潜蝇10雌10雄24h的监控分析和单雌单雄人为观察14h的总结表明,雄蝇可从各个方向接近雌蝇进行求偶(2.1.1所述求偶过程步骤①),共观察到94次求偶行为,频次分别为左上方6.38%(6次)、左侧6.38%(6次)、左下方21.28%(20次)、正前方13.83%(13次)、正后方18.09%(17次)、

右上方5.32%(5次)、右侧6.38%(6次)和右下方22.34%(21次)。以从雌虫后方(左后、右后和正后方)接近最多。

2.1.3 单雌单雄24h的交配次数。在菜豆叶片(叶柄补充水分)上观察了35对斑潜蝇用以确定单对三叶斑潜蝇24h内的交配次数,其中不交配的有2对,交配1次的有27对,交配2次以上的有6对。成功配对率为94.29%。

2.1.4 交配起始时间和交配持续时间。统计了375次交配事件(750对三叶斑潜蝇)在羽化后24h内单对配对的交配起始时间和持续时间。24h交配监控和人为观察表明,三叶斑潜蝇的交配在白天(6:00—20:00)进行。8:00—14:00的交配概率最大,占55.47%(表1)。观察到交配最长持续72min,其中持续10~30min的

表1 单对三叶斑潜蝇24h在菜豆叶片上的交配起始时间

时间	频次	时间	频次
6:00—8:00	36	14:00—16:00	45
8:00—10:00	72	16:00—18:00	57
10:00—12:00	73	18:00—20:00	29
12:00—14:00	63		

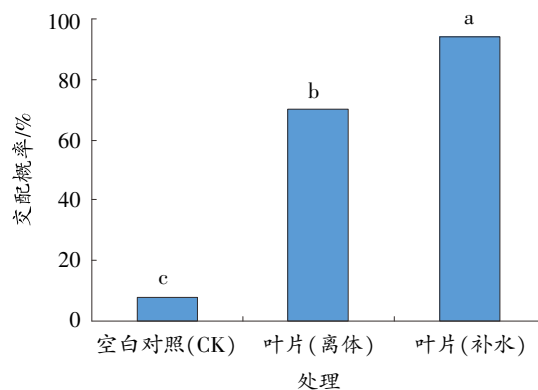
表2 单对三叶斑潜蝇24h在菜豆叶片上的交配持续时间

持续时间/min	频次	持续时间/min	频次
0~10	31	40~50	13
10~20	132	50~60	6
20~30	140	>60	4
30~0	49		

交配事件最多,占72.53%(表2)。

2.2 三叶斑潜蝇交配的影响因子

2.2.1 有无寄主对三叶斑潜蝇交配的影响。以10个为一组统计交配频次差异可知(每个处理观察50对),补水叶片、离体叶片和空白对照组羽化后24h内交配概率分别为94%、70%和8%,各处理之间呈现显著性差异(图1)。表明寄主叶片对三叶斑潜蝇的交配起关键作用,三叶斑潜蝇更喜欢在保鲜(近似活体植株)的



注:交配概率是指24h内每10对的交配率。下同。

图1 寄主叶片对三叶斑潜蝇交配的影响

寄主叶片上进行交配。

2.2.2 食物对三叶斑潜蝇交配的影响。以10个为1组统计交配频次差异,分析表明羽化后补充食物与否并不影响三叶斑潜蝇的交配。在不补充蜂蜜水的情况下,三叶斑潜蝇的交配概率为8%,在补充蜂蜜水的情况下,三叶斑潜蝇的交配概率为6%(图2)。两者之间的差异不显著。

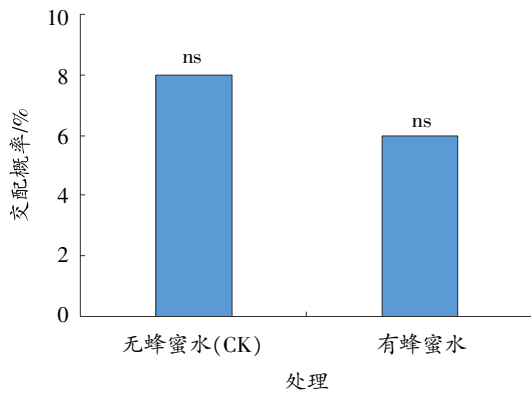


图2 三叶斑潜蝇在有无食物(蜂蜜水)情况下的交配概率

2.2.3 叶片颜色及挥发物对三叶斑潜蝇交配的影响。以10个为1组统计交配频次差异表明,叶片颜色(绿色)对三叶斑潜蝇的交配并无影响,但叶片的挥发物却能促进其交配。对照组交配概率为8%,叶片颜色影响下三叶斑潜蝇的交配概率为6%,叶片挥发物影响下三叶斑潜蝇的交配概率为32%(图3)。说明叶片挥发物中有某种或某些成分参与了三叶斑潜蝇的求偶交配过程。

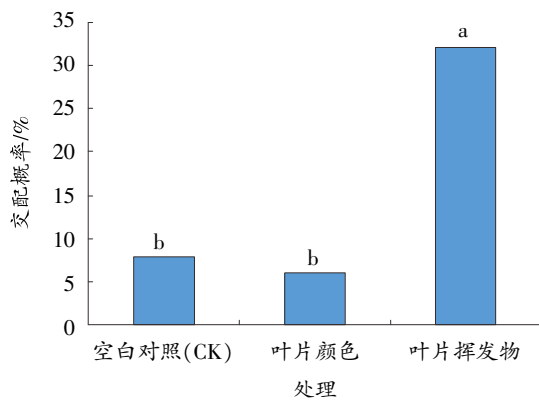


图3 叶片颜色和挥发物影响下三叶斑潜蝇的交配概率

2.2.4 遮蔽场所对三叶斑潜蝇交配的影响。以10个为1组统计交配频次差异,结果表明遮蔽(栖息)场所能显著增强三叶斑潜蝇的交配,但不同颜色或材质对其交配亦有影响。本研究测试的几种遮蔽,以棕色牛皮纸的交配概率最高,达74%;其他依次为绿色塑料叶片(64%)>滤纸(54%)>锡箔纸(34%)>对照(8%)(图4)。此试验亦表明挥发物不是三叶斑潜蝇交配的必然需求。

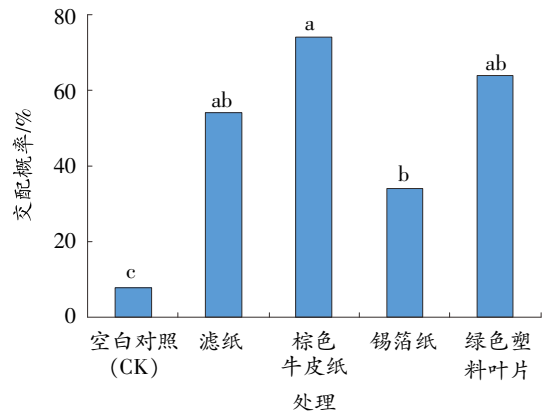


图4 不同遮蔽(栖息)场所下三叶斑潜蝇的交配概率

2.2.5 非寄主植物对三叶斑潜蝇交配的影响。以10个为1组统计交配频次差异,三叶斑潜蝇在离体菜豆叶片、葡萄叶片(非寄主)和圆叶牵牛叶片(非寄主)上的交配不呈现显著性差异。三叶斑潜蝇在菜豆叶片、葡萄叶片、圆叶牵牛叶片上的交配概率分别为68%、60%、50%(图5),三者之间的差异不显著。这表明无论在寄主还是非寄主上,三叶斑潜蝇均能完成交配行为,可在非寄主叶片上交配完成后再去寻找合适的寄主进行产卵。

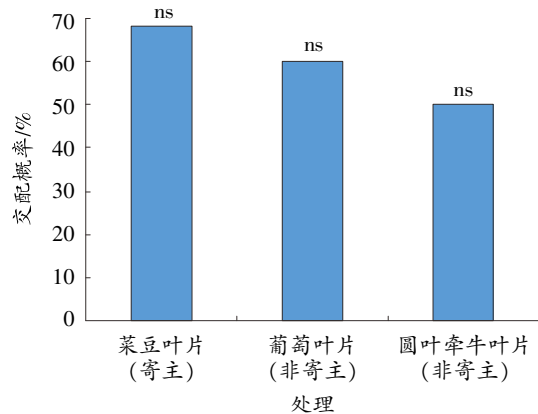


图5 三叶斑潜蝇在寄主和非寄主叶片上的交配概率

2.2.6 菜豆植株不同部位对三叶斑潜蝇交配的影响。以10个为1组统计交配频次差异,表明三叶斑潜蝇在菜豆叶片、茎秆和豆角上均能完成交配,且不存在显著性差异,交配概率分别为70%、42%和60%(图6)。

2.2.7 因子的交叉作用。以10个为1组统计交配频次差异,牛皮纸结合植物挥发物的交配概率最高,而滤纸+蜂蜜水和滤纸+植物挥发物的交配概率无差异(图7),说明因子交叉的差异主要来自栖息环境(牛皮纸),而与挥发物及食物无关。

2.2.8 荧光染色标记对三叶斑潜蝇交配的影响(离体菜豆叶片)。以10个为1组统计交配频次差异,不染色处理和雄性荧光染色处理的交配概率无显著性差异(图8),说明对雄性进行荧光染色不影响三叶斑潜蝇

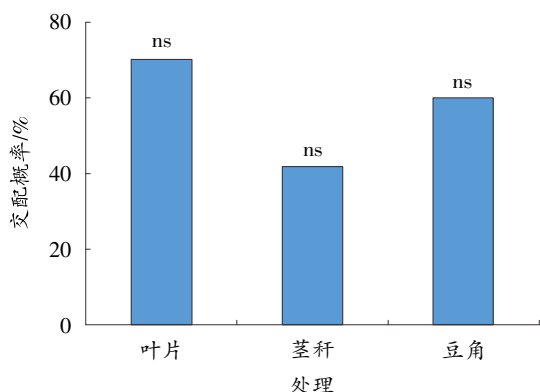


图6 三叶斑潜蝇在菜豆植株不同部位上的交配概率

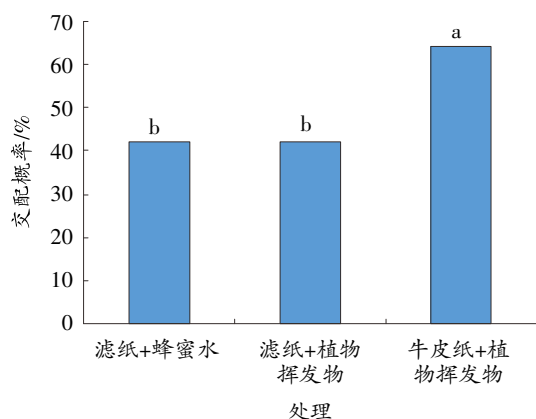


图7 因子交叉对三叶斑潜蝇交配的影响

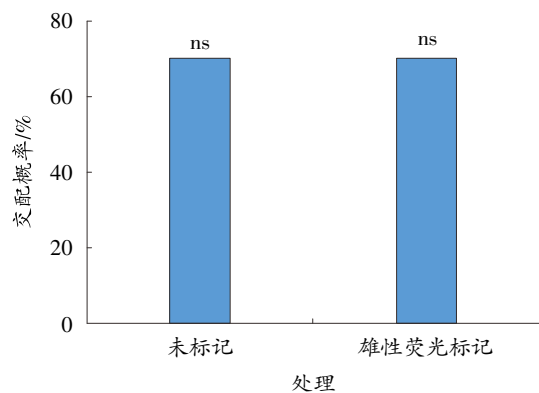


图8 荧光标记雄性对三叶斑潜蝇交配的影响

的交配行为,这为后期复杂的交配、干扰及杂交行为的研究打下了基础。

3 结论与讨论

研究表明,三叶斑潜蝇成虫羽化后不久即可进行交配,成虫交配时间主要出现在白天6:00—20:00,而8:00—14:00的交配概率最大,观察到交配最长持续72 min,其中持续10~30 min的交配时间最多,这正符合雌、雄虫羽化后开始交配的时间。对三叶斑潜蝇单雌单雄次数在菜豆叶片(叶柄补充水分)上观察24 h的交配行为中,成功配对率为94.29%,交配1次的概率为77.14%,而未交配概率仅为5.71%,这表明三叶斑潜蝇在环境适宜条件下是进行交配行为的。

在这种条件的交配行为研究中,寄主叶片对三叶斑潜蝇的交配起关键作用,且更喜欢在保鲜(近似活体植株)的寄主叶片上交配,但无论在寄主还是非寄主上,三叶斑潜蝇均能完成交配行为。叶片颜色(绿色)对三叶斑潜蝇的交配并无影响,但叶片挥发物却能促进交配。三叶斑潜蝇在菜豆叶片、茎秆和豆角等不同部位均能完成交配,且不存在显著性差异。羽化后补充食物与否并不影响三叶斑潜蝇的交配。但遮蔽(栖息)场所能显著增强三叶斑潜蝇的交配,遮蔽(栖息)场所的不同颜色或材质对其交配亦有影响,因子交叉的差异主要来自栖息环境,与挥发物及食物无关。对雄性进行荧光染色不影响三叶斑潜蝇的交配行为,这为后期复杂的交配、干扰及杂交行为的研究打下了基础。

三叶斑潜蝇的求偶行为十分精细,雌雄成虫之间要经过充分的识别后,才能相互接受并完成交配,这对于稳定种群是十分必要的。在雄蝇求偶行为中,通过对三叶斑潜蝇10雌10雄24 h的监控分析和单雌单雄人为观察14 h的总结可知,其典型的求偶交配可分为以下5个步骤:①雄蝇从各个方向向雌蝇接近(分快速接近、缓慢接近和追逐接近);②在雌蝇附近停住,双方进行交配识别(靠视觉和听觉,可能还伴有嗅觉),雄蝇振动身体进行求偶,雌蝇回应(回应机制不明确);③雄蝇爬上雌蝇进行交配尝试(如果步骤②识别错误,将结束交配尝试。此时雌蝇仍可能拒绝雄蝇,表现为爬动将雄蝇甩下);④接受雄蝇,两虫不动,开始交配;⑤雄蝇爬下,双方清理生殖器,交配结束。其中,雄蝇可从右上方、右侧、右下方、正后方、正前方、左上方、左侧、左下方等8个方向接近雌蝇进行求偶,其中从雌虫后方(左后、右后和正后方)接近最多。

植食性昆虫对寄主植物的发现和选择主要包括定向和定位2个行为过程。在对寄主植物及生境的定向反应中,昆虫的嗅觉和视觉发挥着重要的作用,在对寄主植物种类和取食、产卵的定向反应中,昆虫的触觉和嗅觉起着重要作用;通常认为,寄主植物的挥发性物质、颜色和形状等在植食性昆虫对寄主植物的定向过程中发挥着重要作用^[2]。植物化学成分对三叶斑潜蝇寄主选择性或偏好性具有重要影响^[3]。本试验表明叶片颜色(绿色)对三叶斑潜蝇的交配并无影响,但叶片挥发物却能促进其交配,说明叶片挥发物中有某种或某些成分参与了三叶斑潜蝇的求偶交配过程。

4 参考文献

[1] 雷仲仁,朱灿健,张长青.重大外来入侵害虫三叶斑潜蝇 (下转第74页)

好的防治效果^[12-13]。

4 参考文献

- [1] 陈巨莲.小麦蚜虫及其防治[M].北京:金盾出版社,2014.
- [2] 刘爱芝,韩松,郭小奇,等.3代新烟碱类杀虫剂对小麦蚜虫的防治效果比较[J].河南农业科学,2017,46(9):83-87.
- [3] 张艳荣.37%联苯·噻虫胺悬浮剂防治小麦蚜虫田间药效试验[J].现代农业科技,2017(10):112.
- [4] 尹志刚,李刚,谢许东,等.6个药剂组合对小麦白粉病、叶锈病及蚜虫的防效[J].浙江农业科学,2019,60(11):1963-1964.
- [5] 师辉,闵红,郝瑞.噻虫·高氯氟防治小麦蚜虫的田间药效试验[J].湖北植保,2019,77(6):24-25.
- [6] 赵艳丽,许玲,王宏梅,等.小麦不同生育期防治麦蚜效果及其关键时期[J].中国植保导刊,2015,35(9):24-26.
- [7] 耀发,党志红,潘文亮,等.新烟碱类杀虫剂噻虫胺拌种防治麦蚜的田间药效及安全性评价[J].农药,2013,52(9):689-691.

(上接第 69 页)

- 在中国的风险性分析[J].植物保护,2007,33(1):37-41.
- [2] 康乐.斑潜蝇的生态学与持续控制[M].北京:科学出版社,1996.
- [3] 周湾,许凤仙,潘志祥,等.三叶斑潜蝇发生特点研究[C]//第三届全国生物入侵大会论文摘要集:全球变化与生物入侵.北京:中国植物保护学会入侵分会,2010.
- [4] 郝大翠,姚明镜,刘焰.低温推迟果蝇交配行为的研究[J].生物学通报,2006,24(2):53-54.
- [5] 蒋志刚.动物行为原理与物种保护方法[M].北京:科学出版社,2004.
- [6] PARRELLA M P.Biology of *Liriomyza*[J].Annu Rev Entomol, 1987,32:201-224.
- [7] REIRZ S R, TRUMBLE J T.Interspecific and intraspecific differences in two *Liriomyza* leaf miner species in California[J].Entomol Exp Appl, 2002,102:102-113.

(上接第 71 页)

浸种质量。

4 参考文献

- [1] 王拱振.水稻恶苗病病原菌的研究[J].植物病理学报,1990,20(2):93-98.
- [2] 余能英.水稻恶苗病浸种药剂筛选试验[J].安徽农业科学,2005(7):1184.
- [3] 潘以楼,杨敬辉,朱桂梅.水稻恶苗病菌在浸种过程中的扩散[J].安徽农业科学,2000,28(5):616-617.
- [4] 褚家银,张远益.水稻恶苗病大发生的原因及防御措施[J].湖北农业科学,1994(2):31-32.

- [8] 谷静秀,耿硕,张亚倩,等.13%丁硫克百威·噻虫嗪微囊悬浮剂防治小麦蚜虫的田间药效试验[J].农药,2019,58(11):856-858.
- [9] 赵其苍.预防措施对小麦蚜虫控害与农药减量作用的研究[J].农技服务,2017,6(34):63-64.
- [10] 苗昌见,彭立存,胡媛媛,等.噻虫胺种子处理悬浮剂和吡虫啉种衣剂混配对小麦蚜虫的田间防治效果[J].华中昆虫研究,2017,1(13):131-136.
- [11] 茹李军,郑雪松,丑靖宇,等.45%烯肟菌胺·苯醚甲环唑·噻虫嗪悬浮种衣剂对小麦纹枯病和蚜虫的防治效果[J].麦类作物学报,2016,36(2):251-256.
- [12] 冯岗,陈利标,闫超,等.噻虫胺与氟氯氰菊酯对椰心叶甲的毒力及根施药效[J].热带作物学报,2018,39(10):2034.
- [13] 张静,陈利标,闫超,等.2%噻虫胺·氟氯氰菊酯颗粒剂对黄曲条跳甲的防治效果[J].热带作物学报,2019,40(8):1606.

- [8] OATMAN E R, MICHELbacher A E.The melon leaf miner, *Liriomyza pictella* (Thomson) (Diptera: Agromyzidae) [J].Ann Entomol Soc Am, 1958,51:557-566.
- [9] KASPI R, PARRELLA M P.Polyandry and Reproduction in the Serpentine Leaf Miner *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae)[J].J Insect Behav, 2008,21:324-334.
- [10] MANNING A.The control of sexual receptivity in female *Drosophila*[J].Anim Behav, 1967,15:239-250.
- [11] EWING L S, EWING A W.Courtship in *Drosophila melanogaster*: behavior of mixed-sex groups in large observation chambers[J].Behaviour, 1984,90:184-202.
- [12] 庞保平,鲍祖胜,周晓榕,等.寄主挥发物、叶色和表皮毛在美洲斑潜蝇寄主选择中的作用[J].生态学报,2004,24(3):549-550.
- [13] SCHOONHOVEN L M, VAN LOON J J A, DICKE M.Insect-plant Biology[M].Oxford:Oxford University Press, 2005:48.

- [5] 潘以楼,吴汉章,乔广行.浸种过程中水稻恶苗病的传播及影响发病的因素[J].江苏省植病学会通讯,1997(3):7.
- [6] 葛玉林,马来宝,黄付根.水稻药剂浸种防治恶苗病技术[J].江苏农业科学,1999(1):42-43.
- [7] ROSALES A M, MEW T W.Suppression of *Fusarium moniliforme* in rice by rice-associated antagonistic bacteria[J].Plant Disease, 1997,81(3):49-52.
- [8] 赵秀楠,李朝荣,宋天庆.国产咪唑类杀菌剂防治水稻恶苗病[J].农药,2000,39(11):43-44.
- [9] 彭久双,姚凤.咪鲜胺防治水稻恶苗病研究[J].吉林农业大学学报,1995,7(4):49-52.