

闫文静,张玉栋,吴娜,等. 棉长管蚜和棉蚜对其蜜露的选择性反应[J]. 江苏农业科学,2020,48(16):130-134.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.16.024

棉长管蚜和棉蚜对其蜜露的选择性反应

闫文静,张玉栋,吴娜,王俊刚

(石河子大学农学院,新疆石河子 832003)

摘要:测定棉长管蚜和棉蚜分泌蜜露日节律及其对蚜虫蜜露的选择性,旨在阐述蜜露这一信息物质在种间竞争中发挥的作用。蜜露对棉长管蚜和棉蚜寄主选择性的影响研究结果表明,棉长管蚜和棉蚜的蜜露数量、蜜露量及蜜露斑直径均随着蚜虫龄期的增加而增加,且白天分泌的蜜露量大于夜间,说明蚜虫白天的代谢活动大于夜间。无翅棉长管蚜对棉长管蚜蜜露和棉蚜蜜露的选择具有趋避性,且具有显著性差异;有翅棉长管蚜对棉蚜蜜露具有选择趋避性,选择率为 31%;无翅棉蚜对棉蚜蜜露和棉长管蚜蜜露选择具有趋避性,选择率分别为 27%、22%;有翅棉蚜对棉蚜蜜露选择具有趋避性,选择率为 35%,但棉长管蚜蜜露对有翅棉蚜选择的影响不明显。棉长管蚜和棉蚜对蜜露选择的差异,说明棉蚜有更强的领域占领能力。

关键词:棉长管蚜;棉蚜;蜜露;日节律;选择;趋避性

中图分类号: S435.622+.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)16-0130-05

棉花是新疆的重要农作物,棉长管蚜(*Acyrtosiphon gossypii*)和棉蚜(*Aphis gossypii*)是棉花上的两大蚜虫,给棉花带来了巨大的经济损失^[1]。棉长管蚜和棉蚜发生期重合,存在竞争关

系。在一般年份,棉长管蚜出现的时间早于棉蚜,北疆棉长管蚜在 4 月底至 5 月初出现,棉蚜在 5 月下旬出现,之后棉长管蚜和棉蚜在棉花上一直共存,直到棉花吐絮^[2-4]。在 6—7 月棉长管蚜和棉蚜发生量的高峰期错落有致,在 6 月中下旬棉长管蚜数量达到顶峰,而 7 月上旬棉蚜数量达到顶峰。棉田中调查发现,在棉花生长早期棉蚜数量不如棉长管蚜数量多,但在棉花生长中后期,棉蚜的数量远远大于棉长管蚜,呈现出明显的竞争优势^[5-7]。昆虫竞争通过干扰或致死的策略来达到控制另一方

收稿日期:2019-09-19

基金项目:国家自然科学基金(编号:31660519)。

作者简介:闫文静(1991—),女,河南周口人,硕士研究生,从事农业害虫和昆虫防治研究。E-mail:2276701287@qq.com。

通信作者:王俊刚,博士,教授,从事农业昆虫和害虫防治研究。

E-mail:jungangwang98@sina.com。

[15] Chuong S D X, Franceschi V R, Edwards G E. The cytoskeleton maintains organelle partitioning required for single-cell C4 photosynthesis in Chenopodiaceae species[J]. The Plant Cell, 2006,18(9):2207-2223.

[16] 肖艳梅,付道林,李安生. 激光扫描共聚焦显微镜(LSCM)及其生物学应用[J]. 激光生物学报,1999,8(4):305-311.

[17] 李林光,王颖,王玉霞,等. 苹果四倍体品种天星的花粉形态及胚囊发育特征研究[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(4):662-666.

[18] 任宏,刘永胜,孙敬三. 用共聚焦扫描显微镜技术观察水稻胚囊发育[J]. 植物学报,1998,40(9):786.

[19] 常慧萍,马忠友,唐欣昀. 麦胚凝集素的纯化及其与小麦根际促生细菌的亲合作用[J]. 中国粮油学报,2009,24(11):26-29.

[20] Gao L, Kelliher T, Nguyen L, et al. *Ustilago maydis* reprograms cell proliferation in maize anthers[J]. The Plant Journal, 2013,75(6):903-914.

[21] Wei X N, Shan T L, Hong Y T, et al. TaPIMP2, a pathogen-

induced MYB protein in wheat, contributes to host resistance to common root rot caused by *Bipolaris sorokiniana* [J]. Scientific Reports, 2017,7(1):1-15.

[22] Deshmukh S, Hueckelhoven R, Schaefer P A, et al. The root endophytic fungus *Piriformospora indica* requires host cell death for proliferation during mutualistic symbiosis with barley [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2006,103(49):18450-18457.

[23] Paddock S W, Eliceiri K W. Laser scanning confocal microscopy: history, applications, and related optical sectioning techniques[J]. Methods of Molecular Biology, 2014,1075:9-47.

[24] 蔚慧欣,高利,沈慧敏,等. 小麦矮腥黑粉菌在小麦体内侵染过程的显微观察[J]. 中国科学(生命科学),2016,46(5):637-645.

[25] 尚忠林. 共聚焦显微技术简介[J]. 生物学通报,2001,36(12):33-35.

[26] 赵启韬,苗俊英. 激光共聚焦显微镜在生物医学研究中的应用[J]. 北京生物医学工程,2003,22(1):52-54.

的目的,信息物质是昆虫干扰对方的常用手段。昆虫在取食过的寄主植物上留下一些信息,这些信息可能会影响后来取食的昆虫。任何一个生物都是信息的发送者和传递者,生物体通过一些信息相互作用引诱或趋避生物,在种群中能够避免和减少竞争对手^[8-9]。欧洲绕实蝇雌虫将卵产在果实表面,并留下已经产过卵的信息,后来的雌蝇根据信息识别,减少后代竞争的概率^[10]。昆虫对标记信息识别能力的差异,反映竞争能力的差异。四纹绿豆象对罗得西亚豆象寄生过的豆荚产卵没有选择差异,而罗得西亚豆象对四纹绿豆象寄生过的豆荚产卵选择有明显的趋避性^[11]。四纹绿豆象对信息标记过豆荚仍具有选择性,占领能力更强,使其占据竞争优势。信息物质对昆虫选择食物中发挥了重要作用。蚜虫排泄的蜜露覆盖植物叶片,蚜虫的蜜露是重要的信息物质,蜜露的分泌量直接影响后来昆虫的选择,因此本试验测试棉长管蚜和棉蚜的蜜露分泌情况。本试验选取有翅和无翅棉长管蚜和棉蚜对蜜露的选择,明确棉长管和棉蚜对有蜜露的寄主植物的选择机制,揭示蜜露信息物质在长管蚜和棉蚜竞争所发挥的作用。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试虫源 2018 年 7 月在石河子大学农学院试验站采集棉长管蚜和棉蚜。将采集的棉长管蚜和棉蚜放于人工制作的棉花培养基上进行多代培养。培养条件为光照培养箱,培养条件为温度为 $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$,湿度 $(70 \pm 5)\%$,光—暗周期为 16 h—8 h。

1.1.2 人工培养基 田间采集新鲜、无病虫害的棉花叶片并带回室内,用清水将叶片上的尘土洗净、晾干备用。用打孔器选取棉花叶片上靠近叶柄的位置,打出直径为 6 cm 大小的圆饼。熬制琼脂培养基,并加入棉花叶片所需的营养元素,各元素含量为 0.2 g/L KNO_3 、 $0.2\text{ g/L KH}_2\text{PO}_4$ 、 0.1 g/L FePO_4 、 $0.8\text{ g/L Ca(NO}_3)_2$ 、 0.2 g/L MgSO_4 。将熬好的琼脂倒入直径为 6 cm 培养皿中,琼脂晾凉,将打好的叶片正面贴于制好的琼脂培养基上,将蚜虫接到培养皿上,倒置放在培养箱中。培养皿每 2 d 更换 1 次。此方法参照陆宴辉等的人工自做培养基的方法^[12]。

1.2 试验方法

1.2.1 蜜露斑分泌日节律的测定 将直径为

5.5 cm 的滤纸浸泡到 1% 茛三酮溶液中,在烘箱 110°C 中烘 0.5 h。取出滤纸晾凉,放在培养皿的盖上,将蚜虫接到制作好的棉花培养皿中,倒置。蜜露斑呈紫红色,每 12 h 观察 1 次,记录蜜露斑的数量和测量蜜露斑的直径。每个皿放 10 头蚜虫,重复 5 次。

1.2.2 蜜露量的测定 将不同龄期的蚜虫分开放入棉花培养皿中,每皿 10 头蚜虫。将保鲜膜称质量 C_1 ,放在棉花皿盖上,12 h 后再次称质量 C_2 ,每天的 08:00、20:00 称其质量,棉蚜 12 h 分泌的蜜露量: $C = C_2 - C_1$ 。重复 5 次。

1.2.3 蜜露选择的测定 采用叶碟法进行测试。将新鲜且无病虫害的叶片用打孔器制成直径为 5 cm 的叶碟,放置于铺有滤纸的培养皿(直径 $\Phi = 20\text{ cm}$)中,每皿 2 个叶碟,且其间距为 8 cm。采集新鲜的蜜露,并均匀涂抹于叶碟上。选择无翅和有翅的棉长管蚜、棉蚜成蚜,饥饿 12 h,每皿投放 20 头,重复 9 次,记录 30 min 内棉长管蚜和棉蚜对涂抹不同蜜露叶碟的选择数量并计算选择率。试验处理分为:棉蚜蜜露、棉长管蚜蜜露、对照(清水)。此方法参照刘勇等的试验方法^[13]并略有改进。

1.3 数据分析

数据采用 SPSS 18.0 处理数据,棉长管蚜和棉蚜对蜜露的选择采用配对 t 检验进行差异性比较,并用 Excel 绘图。

2 结果与分析

2.1 棉长管蚜和棉蚜分泌蜜露的日节律

由表 1 可知,随着棉长管蚜龄期的逐渐增加,所排出的蜜露数量、蜜露量也增加。其中,棉长管蚜平均白天的排蜜露数大于夜间,且白天的排蜜量大于夜间,说明棉长管蚜白天生理代谢比较活跃。棉长管蚜在 1 龄时,蜜露斑的直径是 1.50 mm,棉长管蚜成虫的蜜露直径是 3.54 mm,比 1 龄增加了 2.04 mm,可见随着棉长管蚜龄期的增长,蜜露斑的直径也在增加。

由表 2 可知,随着棉蚜龄期的增加,棉蚜分泌蜜露的平均数量增加,最多是成蚜,棉蚜不同龄期白天总排蜜数量大于夜间。随着龄期的增加,蜜露的直径也在增加,1 龄棉蚜的蜜露直径为 1.00 mm,成蚜的蜜露直径为 2.24 mm,比 1 龄增加了 1.24 mm。1、2、3、4 龄棉蚜及成蚜白天的排蜜量分别为 (6.2 ± 1.2) 、 (9.4 ± 2.4) 、 (12.5 ± 1.0) 、 (22.0 ± 2.8) 、

表 1 棉长管蚜分泌蜜露的日节律

龄期	蜜露平均数量(滴/头)		蜜露斑直径 (mm)	蜜露量(μg/头)	
	夜间	白天		白天	夜间
1 龄	0.84 ± 0.19	0.92 ± 0.15	1.50 ± 0.14	3.4 ± 0.7	1.4 ± 0.1
2 龄	1.04 ± 0.18	1.22 ± 0.29	1.80 ± 0.10	10.5 ± 1.3	4.6 ± 1.3
3 龄	1.20 ± 0.09	1.36 ± 0.31	2.26 ± 0.31	12.4 ± 0.7	12.7 ± 1.4
4 龄	1.50 ± 0.30	2.30 ± 0.30	2.80 ± 0.36	14.8 ± 1.3	13.3 ± 1.9
成蚜	1.80 ± 0.26	1.60 ± 0.26	3.54 ± 0.27	24.9 ± 4.6	22.5 ± 4.1
合计	6.38 ± 1.02	7.40 ± 1.31	11.9 ± 1.18	66.0 ± 8.6	54.4 ± 8.8

表 2 棉蚜分泌蜜露的日节律

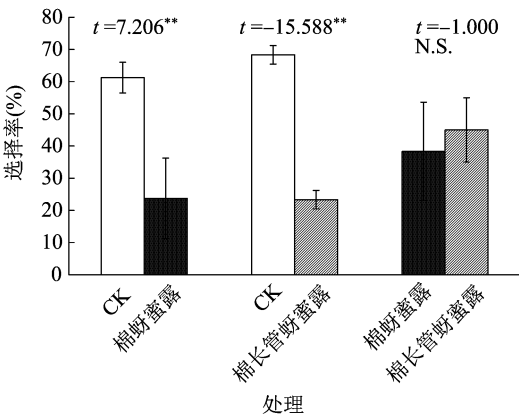
龄期	蜜露的平均数量(滴/头)		蜜露斑直径 (mm)	蜜露量(μg/头)	
	夜间	白天		白天	夜间
1 龄	2.52 ± 0.23	2.34 ± 0.34	1.00 ± 0.26	6.2 ± 1.2	5.2 ± 1.9
2 龄	2.52 ± 0.19	2.80 ± 0.19	1.18 ± 0.17	9.4 ± 2.4	5.8 ± 1.7
3 龄	3.50 ± 0.32	3.92 ± 0.12	1.52 ± 0.17	12.5 ± 1.0	6.6 ± 1.4
4 龄	4.30 ± 0.21	4.00 ± 0.14	1.80 ± 0.18	22.0 ± 2.8	15.6 ± 1.6
成蚜	8.66 ± 0.68	4.90 ± 0.23	2.24 ± 0.24	33.4 ± 2.5	18.8 ± 2.8
合计	21.50 ± 3.63	17.96 ± 1.02	7.74 ± 1.02	83.5 ± 9.9	52.0 ± 9.4

(33.4 ± 2.5) μg/头,夜间的排蜜量分别为(5.2 ± 1.9)、(5.8 ± 1.7)、(6.6 ± 1.4)、(15.6 ± 1.6)、(18.8 ± 2.8) μg/头,可见白天排蜜量大于夜间。

2.2 不同蜜露对蚜虫选择的影响

2.2.1 不同蜜露对无翅棉长管蚜选择的影响 由图 1 可知,在棉蚜蜜露和对照选择中,无翅棉长管蚜对棉蚜蜜露选择率为 24%,对对照选择率为 61%,选择差异达到极显著水平($P < 0.01$),可见棉长管蚜对棉蚜蜜露有趋避性。在棉长管蚜蜜露和对照选择中,无翅棉长管蚜对棉长管蚜蜜露选择为 23%,对对照棉花选择率为 68%,选择达到极显著水平,可见无翅棉长管蚜更倾向选择对照棉花。无翅棉长管蚜对棉长管蚜蜜露和棉蚜蜜露选择没有显著差异性($P > 0.05$)。

2.2.2 不同蜜露对有翅棉长管蚜的选择影响 由图 2 可以看出,有翅棉长管蚜对棉蚜蜜露具有趋避性,对棉蚜蜜露的选择率为 31%,对对照的选择率为 55%,选择具有显著性差异($P < 0.05$),说明有翅棉长管蚜对棉蚜蜜露有明显的趋避性。有翅棉长管蚜对棉长管蚜蜜露和对照选择没有差异性,有翅棉长管蚜对棉长管蚜蜜露的选择率为 40%,对对照的选择率为 28%,有翅棉长管蚜对棉长管蚜蜜露选择大于对照 12 百分点。有翅棉长管蚜对对棉长管蚜蜜露和棉蚜蜜露的选择没有差异性,对棉长管蚜蜜露的选择率为 31%,对棉蚜蜜露的选择率为 30%。



**、* 分别表示在 0.01、0.05 水平上差异显著, N.S.表示差异不显著, 下图同

图1 不同蜜露对无翅棉长管蚜选择的影响

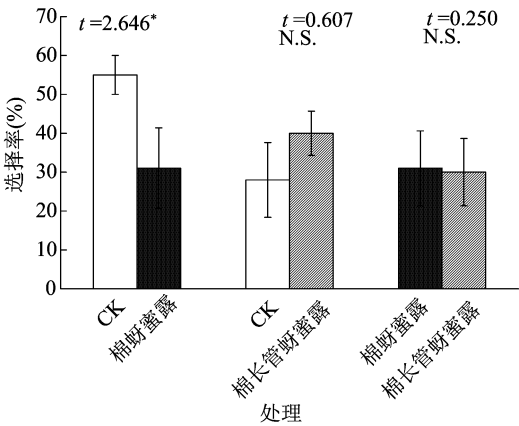


图2 不同蜜露对有翅棉长管蚜的选择影响

2.2.3 不同蜜露对无翅棉蚜选择的影响 由图 3 可以看出,在棉蚜蜜露和对照之间,无翅棉蚜对棉蚜蜜露棉花选择率为 27%,对对照的选择率为 56%,无翅棉蚜对对照选择具有显著的差异性($P < 0.05$),且选择率高出棉蚜蜜露 29 个百分点。无翅棉蚜对棉长管蚜蜜露的选择为 21 百分点,对对照的选择为 45%,说明无翅棉蚜对棉长管蚜蜜露具有趋避性。无翅棉长管蚜对棉蚜蜜露和棉长管蚜蜜露选择没有差异性($P > 0.05$),无翅棉蚜对棉蚜蜜露选择率为 28%,对棉长管蚜蜜露选择为 20%。

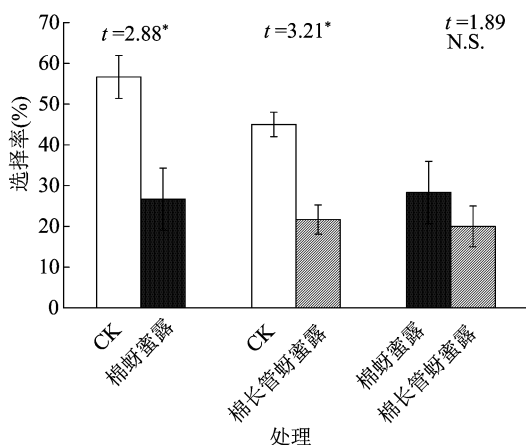


图3 不同蜜露对无翅棉蚜选择的影响

2.2.4 不同蜜露对有翅棉蚜选择的影响 由图 4 可知,有翅棉蚜对棉蚜蜜露的选择率为 35%,远远低于对照组(健康)棉花的选择,对健康棉花的选择率为 61%,说明有翅棉蚜更偏好选择健康棉花。有翅棉蚜对棉长管蚜蜜露和健康棉花的选择没有显著性的差异($P > 0.05$),选择率分别是 40%、35%。有翅棉蚜对棉蚜蜜露和棉长管蚜蜜露选择没有差异,但对棉长管蚜蜜露选择略大于棉蚜蜜露,对棉长管蚜蜜露选择率为 25%,对棉蚜蜜露选择率为 21%。

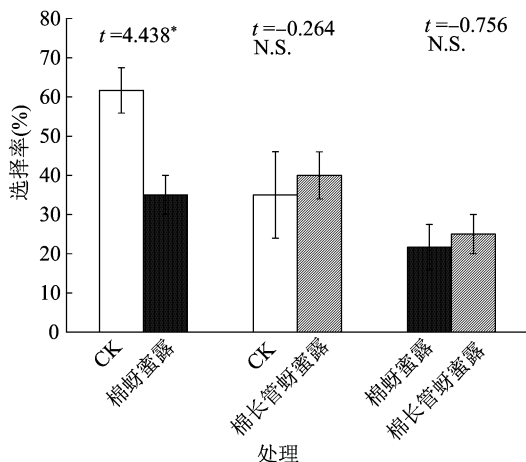


图4 不同蜜露对有翅棉蚜选择的影响

3 结论与讨论

昆虫产生的许多信息化合物都是脂质分子,脂质分子的信息素可分为挥发性信号物质和非挥发性信号物质。昆虫的嗅觉能感受挥发性信号,而味觉和触觉能检测非挥发性信号物质。信息素包括各种化学物质,比如碳氢化合物、脂肪乙酸酯、醇、酸、环氧化合物和酮、异戊二烯类和三酰基甘油等^[14-17]。蜜露的主要成分是糖和氨基酸,棉蚜蜜露主要含有 17 种氨基酸,并检出 10 种挥发性物质^[18-19]。因此,常用溴甲酚蓝(绿)和茚三酮与氨基酸发生反应来检测蜜露的数量。本试验采用茚三酮法检测蜜露数量,茚三酮与氨基酸反应呈紫红色,用以观察蜜露数量更明显。从本试验可以看出,虽然棉蚜分泌的蜜露数量多于棉长管蚜,但棉蚜蜜露斑的直径小于棉长管蚜,造成这样结果的原因可能是棉长管蚜的体积大于棉蚜,其消化道也比棉蚜粗。

棉长管蚜和棉蚜不同龄期排的蜜露量是不一样的,随着龄期的增加,蚜虫排的蜜露量也增加。张克斌等研究发现,随着蚜棉蚜龄期的增加,其排蜜的频率越高,强度越大^[20],与本试验结果一致。棉长管蚜和棉蚜排蜜量与日节律有关,白天排的蜜露量大于夜间排的蜜露量。孟玲等研究结果表明,白天棉蚜排的蜜露量大于夜间排的蜜露量^[21],与本试验结果一致。

昆虫之间化学信号的识别,有效避免同类者的竞争。例如,寄主蜂侵入寄主后,寄主在几小时内迅速将其正常烯烃的结构改变为含有更多烷烃的结构,这种信号作为标记物,使同类寄生蜂就不再寄生^[22-23]。棉蚜蜜露所散发的信息是后来昆虫判断食物的关键。蚜虫的蜜露是天敌和觅食昆虫的重要信息来源,许多天敌如寄生蜂、瓢虫、食蚜蝇等根据蜜露搜寻寄主。麦长管蚜的蜜露提高了七星瓢虫的捕虫能力^[24]。茶蚜的蜜露提高了七星瓢虫和异色瓢虫的搜寻茶蚜的能力^[25]。甘蓝蚜的蜜露为菜蚜茧蜂提供取食信息^[26]。在蚜虫蜜露存在的情况下,马铃薯蚜虫、黑蚜搜索食物时间延长且路径长度增加,说明蚜虫的蜜露对后取食的昆虫有一定的影响。

从本试验可以看出,棉长管蚜蜜露和棉蚜蜜露对无翅棉长管蚜有选择趋避性的影响,无翅棉长管蚜偏好选择健康的棉花选择,但当 2 种蜜露放在一

起,无翅棉长管蚜对 2 种蜜露选择没有差异性,这可能是在田间棉蚜为选择健康棉花迅速扩散的原因。有翅棉长管蚜对棉蚜蜜露选择具有趋避性,但对棉长管蚜蜜露的选择没有明显的差异性,说明棉长管蚜蜜露信号不会影响有翅棉长管蚜自身的选择。无翅棉蚜对棉长管蚜蜜露和棉蚜蜜露选择具有趋避性,有翅棉蚜对棉长管蚜蜜露和棉蚜蜜露的选择性都降低,且选择率没有差异性。有翅棉蚜对棉长管蚜蜜露选择没有趋避性,说明棉长管蚜蜜露信息物质对有翅棉蚜没有太大的影响,有翅棉蚜可以不受太大影响侵入棉长管蚜占领的领地。从整体来看,棉蚜受到蜜露的影响小于棉长管蚜,其侵占的领地更广,在行为方面更占据竞争优势。本试验是一个行为现象的测试,关于棉长管蚜和棉蚜蜜露中的信息物质影响蚜虫的选择有待进一步测定。

参考文献:

- [1] 钟 亮,王巧利,崔家丽,等. 饥饿胁迫下有翅与无翅棉蚜物质能量差异性研究[J]. 江苏农业科学,2018,46(7):100-103.
- [2] 李进步,吕昭智,王登元,等. 新疆棉区主要害虫的演替及其机理分析[J]. 生态学杂志,2005,24(3):261-264.
- [3] 吕昭智,田长彦,宋郁东. 新疆棉区棉蚜和棉长管蚜关系的研究[J]. 中国棉花,2002,29(3):11-12.
- [4] 李号宾,吴孔明,徐 遥,等. 南疆地区棉田蚜虫种群数量动态研究[J]. 新疆农业科学,2008,45(4):670-675.
- [5] 陈 婧,罗树凯,刘 蓉,等. 2006—2013 年新疆阿拉尔抗虫棉田主要害虫的种群监测[J]. 中国棉花,2014,41(7):21-22.
- [6] 冯丽凯,高桂珍,吕昭智,等. 不同温度条件对棉蚜、棉长管蚜种间竞争关系的影响[J]. 应用昆虫学报,2015,52(3):557-565.
- [7] 姚永生. 新疆南部棉区棉蚜与棉长管蚜种间关系的格局变化及影响因素分析[D]. 北京:中国农业大学,2017:15-32.
- [8] Janssen A, Bruin J, Jacobs G, et al. Predators use volatiles to avoid prey patches with conspecifics[J]. Journal of Animal Ecology, 1997, 66(2):223-232.
- [9] Janssen A, Pallini A, Venzon M, et al. Behavior and indirect interaction in food webs of plant-inhabiting arthropods[J]. Experimental and Applied Acarology, 1998, 22(9):497-521.
- [10] Prokopy R J. Evidence for a marking pheromone deterring repeated oviposition in apple maggot flies[J]. Environmental Entomology, 1972, 1(3):326-332.
- [11] Giga D P, Smith R H. Oviposition markers in *Callosobruchus maculatus* F. and *Callosobruchus rhodesianus* sp. (Coleoptera: Bruchidae): asymmetry of interspecific responses[J]. Ecosystems and Environment, 1985, 12(3):229-233.
- [12] 陆宴辉,李晓慧,薛文杰,等. 4 种生化物质对棉蚜实验种群增长的影响[J]. 扬州大学学报,2005,26(3):83-87.
- [13] 刘 勇,陈巨莲,王洪刚. 几种天敌对麦蚜蜜露的行为反应[J]. 应用与环境生物学报,2003,9(2):171-174.
- [14] Seybold S J, Tittiger C. Biochemistry and molecular biology of de Novo isoprenoid pheromone production in the scolytidae[J]. Annual Review of Entomology, 2003, 48(1):425-453.
- [15] Curtis S, Sztepanacz J L, White B E, et al. Epicuticular compounds of *Drosophila subquinaria* and *D. recens*: identification, quantification, and their role in female mate choice[J]. Journal of Chemical Ecology, 2013, 39(5):579-590.
- [16] Yew J Y, Dreisewerd K, de Oliveira C C, et al. Correction: male-specific transfer and fine scale spatial differences of newly identified cuticular hydrocarbons and triacylglycerides in a *Drosophila* species pair[J]. PLoS One, 2011, 6(9):1932-6203.
- [17] Kuhbandner S, Sperling S, Mori K, et al. Deciphering the signature of cuticular lipids with contact sex pheromone function in a parasitic wasp[J]. Journal of Experimental Biology, 2012, 215(14):2471-2478.
- [18] 杨益众,陆宴辉,薛文杰,等. 转基因棉花中糖类和游离氨基酸含量的变化对棉蚜泌蜜量及蜜露主要成分的影响[J]. 昆虫学报,2005,48(4):491-497.
- [19] 冯宏祖,王 兰,姚永生,等. 棉蚜和茉莉酸甲酯诱导棉花挥发物组分分析[J]. 应用昆虫学报,2013,50(3):742-748.
- [20] 张克斌,董家伦,翟延路. 以¹⁴C 标记棉花研究棉蚜取食、排泄、吸收与棉花材料抗蚜性关系[J]. 原子能农业应用,1985,23(3):37-40.
- [21] 孟 玲,刘芳政,于江南. 棉蚜的排蜜规律及蜜露中氨基酸成分的研究[J]. 八一农学院学报,1991,21(3):37-41.
- [22] Bagnères A G, Lorenzi M C, Dusticier G, et al. Chemical usurpation of a nest by paper wasp parasites[J]. Science, 1996, 272(5263):889-892.
- [23] Lorenzi M C, Bagnères A G. Concealing identity and mimicking hosts: a dual chemical strategy for a single social parasite? (*Polistes atrimandibularis*, Hymenoptera: Vespidae)[J]. Parasitology, 2002, 125(6):507-512.
- [24] Carter M C, Dixon A. Honenydew: an arrestant stimulus for coccinellids[J]. Ecology Entomology, 1984, 9(1):383-387.
- [25] 韩宝瑜. 茶蚜蜜露分泌节律及对多种天敌的引诱效应[J]. 生态学报,2007,27(09):3637-3643.
- [26] Shaltiel L, Ayal Y. The use of kairomones for foraging decisions by an aphid parasitoid in small host aggregations[J]. Ecological Entomology, 1998, 23(3):319-329.