



季静, 鲍安, 杨益众, 张帅. Hap1 型棉蚜在 6 种菊科植物上的适合度研究 [J]. 环境昆虫学报, 2024, 46 (5): 1145 - 1150. JI Jing, BAO An, YANG Yi-Zhong, ZHANG Shuai. Studies on the suitability of the Hap1 type *Aphis gossypii* on six species of Asteraceae [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2024, 46 (5): 1145 - 1150.

# Hap1 型棉蚜在 6 种菊科植物上的适合度研究

季 静, 鲍 安, 杨益众, 张 帅\*

(扬州大学植物保护学院, 江苏扬州 225009)

**摘要:** 棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 是严重危害农作物的多食性害虫, 其种群已出现明显的分化。为明确 Hap1 型棉蚜对早春菊科 Asteraceae 植物的适合度, 本研究用生命表参数评价了 Hap1 型棉蚜在苦苣菜 *Ixeris polycephala*、泥胡菜 *Hemisteptia lyrata*、蒲公英 *Taraxacum mongolicum*、茼蒿 *Glebionis coronaria*、莴苣 *Lactuca sativa* 和续断菊 *Sonchus asper* 等 6 种早春菊科植物上的生长和发育情况。研究结果发现, Hap1 型棉蚜能在上述 6 种菊科植物上成功建立种群, 但生命表参数存在差异。其中 Hap1 型棉蚜在茼蒿、苦苣菜和泥胡菜上的产仔天数均大于 8 d, 平均单头单日产仔数量在 2.5 头以上, 寿命均大于 16 d。Hap1 型棉蚜在莴苣和续断菊上产仔天数为 6 d 左右, 平均单头单日产仔数量分别为 3.09 头和 1.72 头, 寿命为 14 d 左右。取食蒲公英的 Hap1 型棉蚜上产仔天数为 2 d, 平均单头单日产仔数量 1.46 头, 在第 8 天死亡率就超过 60%, 寿命为 6.74 d。研究结果表明, 在上述 6 种菊科植物中, 苦苣菜、泥胡菜和茼蒿是 Hap1 棉蚜的适宜寄主, 莴苣和续断菊是 Hap1 棉蚜的较适宜寄主, 而蒲公英则不是 Hap1 型棉蚜的适宜寄主。本研究为进一步阐明 Hap1 型棉蚜寄主转移规律提供了科学依据, 同时为制定棉蚜的绿色防控技术奠定了理论基础。

**关键词:** 菊科植物; 杂草; 棉蚜; 寄主; 生命表; 发育历期

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2024) 05-1145-06

## Studies on the suitability of the Hap1 type *Aphis gossypii* on six species of Asteraceae

JI Jing, BAO An, YANG Yi-Zhong, ZHANG Shuai\* (College of Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu Province, China)

**Abstract:** *Aphis gossypii* Glover is a polyphagous pest that causes significant damage to crops, and its populations have diverged significantly. In order to assess the suitability of Hap1 type *A. gossypii* for early spring Asteraceae, the growth and development of Hap1 type *A. gossypii* were observed on six early spring Asteraceae species. These species included *Ixeris polycephala*, *Hemisteptia lyrata*, *Taraxacum mongolicum*, *Glebionis coronaria*, *Lactuca sativa*, and *Sonchus asper*. The study's results showed that Hap1 type *A. gossypii* successfully established populations on the six above-mentioned species of Asteraceae, with differences observed in their life table parameters. Hap1 type *A. gossypii* was able to establish on *G. coronaria*, *I. polycephala*, and *H. lyrata*, but with variations in the life table parameters. When feeding on *L. sativa* and *S. asper*, Hap1 type *A. gossypii* had a litter size of approximately 6 days, with an average litter size of 3.09 and 1.72 per head per day, respectively, and a lifespan of around 14 days. Days were spent observing Hap1 type *A. gossypii* as they fed on *T. mongolicum* for 2 days, with an average of 1.46 pups per head per day. The mortality rate exceeded 60% on day 8, and the lifespan was

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (32272521)

作者简介: 季静, 女, 1999年生, 硕士研究生, 研究方向为棉蚜寄主适应性机制研究, E-mail: 245726327@qq.com

\*通讯作者 Author for correspondence: 张帅, 男, 博士, 研究员, 研究方向为棉蚜寄主适应性机制研究, E-mail: shuaizhang@yzu.edu.cn

收稿日期Received: 2023-08-19; 接受日期Accepted: 2024-01-31

6.74 days. The study results revealed that out of the six species of Asteraceae mentioned, *I. polycephala*, *H. lyrata*, and *G. coronaria* were found to be suitable hosts for Hapl *A. gossypii*. *L. sativa* and *S. asper* were also identified as hosts for Hapl *A. gossypii*, whereas *T. mongolicum* was shown to be unsuitable as a host for Hapl *A. gossypii*. This study serves as a scientific foundation for further understanding the host transfer patterns of Hapl type *A. gossypii*, and also establishes a theoretical basis for the development of environmentally friendly prevention and control technology for *A. gossypii*.

**Key words:** Compositae plants; weeds; *Aphis gossypii*; host; life table; development phase

棉蚜 *Aphis gossypii* 又名瓜蚜, 属半翅目 Hemiptera 蚜科 Aphididae (贾芳墨, 2008)。棉蚜生态幅度分布极广, 可以在热带、亚热带及温带等地区进行繁殖, 在全球范围内对棉花生产造成影响 (朱弘复和张广学, 1956; Carletto *et al.*, 2010)。除了危害棉花, 该虫拥有广泛的寄主范围, 其寄主植物可达 116 科 912 种之多, 包括多种重要的蔬菜种类 (Carletto *et al.*, 2010)。危害作物时, 棉蚜的成虫和若虫会聚集在寄主叶背、嫩茎和花蕾上吸取汁液, 导致植物生长发育不良, 严重时叶片皱缩、卷曲、发黄。此外, 蚜虫也是多种植物病毒的传播媒介, 增加了其对农业生产的威胁 (贾芳墨, 2008)。

棉蚜的生活史包括全周期型和不全周期型两种主要的类型 (晁文娣等, 2019)。John 等 (2009) 发现希腊北部地区菊科 Asteraceae、葫芦科 Cucurbitaceae 和锦葵科 Malvaceae 等寄主植物上的棉蚜在短日照下能产生有性世代, 表明棉蚜在这一区域内具有全周期型的生活史。在我国大部分地区, 棉蚜为全周期型生活史, 在冬季以产卵的方式在冬寄主上越冬, 翌年 3-4 月, 棉蚜的卵孵化, 随后以孤雌生殖的方式在冬寄主上繁殖 2~3 代, 4-6 月形成有翅成虫迁离冬寄主 (Xia, 1997)。棉蚜迁离冬季主时, 棉花 *Gossypium hirsutum*、辣椒 *Capsicum annum* 和瓜类等大部分夏寄主尚未播种或生物量较小, 此时早春杂草可能充当棉蚜的寄主, 涵养部分棉蚜种群 (鲍安等, 2023)。

已有研究表明, 棉蚜种群出现了明显的分化。根据寄主偏好性, 孟玲和李保平 (2001) 将新疆棉蚜分为瓜型和棉花型。刘向东等 (2002) 将南京地区棉蚜分为棉花型和黄瓜型。Zhang 等 (2016; 2018) 基于对棉蚜线粒体全基因组的测序结果, 建立了棉蚜种群划分的分子鉴定技术, 据此对我国华北地区棉蚜进行了单倍型分析, 发现我国华北棉蚜共有 57 个单倍型, 其中 Hapl 型最为普遍, 约占全部棉蚜的 54% (总数为 1 046 头棉蚜)。棉蚜单倍型间

不但表现出寄主偏好性的分化, 而且在基因组层面和抗药性等方面也出现了分化 (张帅等, 2023)。

已有资料表明, 棉蚜对锦葵科、葫芦科、茄科 Solanaceae、芸香科 Rutaceae 以及菊科等多种农林作物及观赏花卉造成严重危害 (朱弘复和张广学, 1956; 孟玲和李保平, 2001; Margaritopoulos *et al.*, 2006; 袁立兵等, 2008; Satar *et al.*, 2013; 王丽等, 2015)。然而, 尽管棉蚜种群分化严重, 已有关于棉蚜寄主转移规律的研究未充分考虑棉蚜的种群分化。不同类群 (单倍型或生物型) 棉蚜为害寄主的种类及寄主间转移规律尚不清楚, 特定作物上的棉蚜种群构成以及虫源地也不得而知, 这阻碍了特定作物上棉蚜的精准防治。扬州早春 2-3 月的气温为 5~15°C, 相对湿度在 50% 左右, 此时多数作物尚未播种或处于萌发初期。菊科植物耐低温能力强, 植株可以顺利越冬或在早春时期发芽 (黎言言等, 2022; 鲍安等, 2023)。这些菊科植物数量丰富, 分布广泛, 而且棉蚜是菊科花卉的重要害虫, 棉蚜能否取食菊科杂草或蔬菜, 从而成为农作物上棉蚜的虫源地尚待研究。本研究拟选取扬州地区早春大田中占比较大的苦苣菜 *Ixeris polycephala*、泥胡菜 *Hemisteptia lyrata*、蒲公英 *Taraxacum mongolicum*、茼蒿 *Glebionis coronaria*、莴苣 *Lactuca sativa* 以及续断菊 *Sonchus asper* 等菊科植物为研究对象, 通过生命表的形式, 探究 Hapl 型棉蚜在这些菊科植物上的生长及繁殖特性, 以期明确其对早春菊科植物的利用情况, 为今后棉蚜的发生预测、防控和防治奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

#### 1.1.1 供试昆虫

棉蚜种群 2020 年采自于扬州大学文汇路校区试验基地棉花上。将田间采集的棉蚜于人工气候箱

内进行单头饲养 (26°C±1°C, L:D=14 h:10 h, RH70%~80%), 单头繁殖后的种群使用 Zhang 等 (2016) 的方法进行单倍型鉴定。将鉴定为单倍型 Hap1 的种群作为试验棉蚜种群。

### 1.1.2 供试植物

菊科植物共选择 6 种: 苦苣菜、泥胡菜、蒲公英、茼蒿、莴苣和续断菊。在人工气候室中, 按照供试昆虫的培养条件栽培种植供试植株。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 棉蚜生命表的建立

试验在人工气候室中进行。在受试植物离体叶片的叶柄处用吸水脱脂棉包裹来保持水分, 将其正面粘在倒有固体琼脂 (1.8%) 的培养皿 (直径 9 cm) 上, 定期更换叶片以保持叶片新鲜。将 Hap1 型棉蚜成虫分别接在 6 种不同的菊科植物叶片上, 每种待测植物接 20 头。在 24 h 的时间里, 每种植物上棉蚜成虫产仔数量大于 35 头时, 将成虫除去, 留下 35 头仔蚜, 之后每日进行观察, 并记录棉蚜存活和发育情况。当棉蚜发育到 3 龄时, 将它们转移到相应的寄主叶上进行单头饲养, 每日观察死亡率和产仔数量, 并及时清除所产的若蚜, 留下初始蚜虫, 直到所有的初始蚜虫死亡为止。

### 1.2.2 数据分析

根据生命表软件处理数据所要求的格式, 对试验记录的原始数据录入 Excel 中进行统计, 并计算出棉蚜在不同寄主上的净增值率 ( $R_0$ )、平均世代周期 ( $T$ ) 和内禀增长率 ( $r_m$ ),  $R_0 = \sum l_x m_x$ ,  $T = (\sum x l_x m_x) / (\sum l_x m_x)$ ,  $r_m = \ln R_0 / T$ , 式中  $x$  为时间 (d),  $l_x$  为棉

蚜在  $x$  时间的存活率,  $m_x$  为棉蚜在  $x-1$  到  $x$  时间内的单头雌蚜产仔量。使用 IBM SPSS Statistics 26.0 软件进行统计分析, 使用 Kaplan-Meier 进行生存曲线分析, 其他数据不同处理间的差异显著性比较采用单因素方差分析, 涉及多重比较时使用 Tukey's 法。使用 GraphPad Prism 9.5 软件进行作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 Hap1 型棉蚜在 6 种菊科植物上的繁殖力

Hap1 型棉蚜在苦苣菜、泥胡菜和莴苣上的成虫生殖前期为 7.03~7.09 d, 三者之间无显著性差异, 与取食其他 3 种菊科植物的 Hap1 型棉蚜之间存在显著差异。在茼蒿和续断菊上的成虫生殖前期有一定的缩短, 分别为 6.17 d 和 6.23 d, 显著高于在蒲公英上取食时的成虫生殖前期 (4.71 d)。取食茼蒿的 Hap1 型棉蚜的产仔天数最长, 为 11.11 d, 与取食泥胡菜的 Hap1 型棉蚜的产仔天数 (9.46 d) 无显著差异, 但显著高于取食其他 4 种菊科植物的 Hap1 型棉蚜产仔数。取食蒲公英的 Hap1 型棉蚜产仔天数最短, 为 2.00 d, 显著低于其他 5 种寄主。取食苦苣菜、莴苣和续断菊的 Hap1 型棉蚜的产仔天数分别为 8.20 d、6.31 d 和 5.66 d。取食苦苣菜、泥胡菜、莴苣和茼蒿的 Hap1 型棉蚜单头产仔数为 2.71~3.29 头, 四者之间无显著性差异, 但显著高于取食蒲公英和续断菊上的平均单头单日产仔数量 (分别为 1.46 头和 1.72 头) (表 1)。

表 1 寄主植物对 Hap1 型棉蚜繁殖的影响  
Table 1 Effects of host plants on the propagation of Hap1 cotton aphid

寄主 Host plants	成虫生殖前期 (d) Pre-oviposition period	产仔天数 (d) Reproduction duration	平均单头单日产仔数量 (头/d) Number of calving individuals
苦苣菜 <i>Ixeris polycephala</i>	7.03 ± 0.03 a	8.20 ± 0.48 b	3.29 ± 0.19 a
泥胡菜 <i>Hemisteptia lyrata</i>	7.06 ± 0.04 a	9.46 ± 0.45 ab	2.71 ± 0.12 a
蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	4.71 ± 0.20 c	2.00 ± 0.15 d	1.46 ± 0.11 b
茼蒿 <i>Glebionis coronaria</i>	6.17 ± 0.08 b	11.11 ± 0.44 a	2.85 ± 0.10 a
莴苣 <i>Lactuca sativa</i>	7.09 ± 0.05 a	6.31 ± 0.60 c	3.09 ± 0.20 a
续断菊 <i>Sonchus asper</i>	6.23 ± 0.08 b	5.66 ± 0.33 c	1.72 ± 0.08 b

注: 表中数据为平均值±标准误。同列不同小写字母表示经 Tukey's 检验在  $P < 0.05$  水平差异显著。下同。成虫生殖前期: 从蚜虫出生到成蚜后第一次产仔的时间。Note: Data in the table were mean ± standard error. Different lowercase letters in the same column indicated significant differences at the  $P < 0.05$  level by Tukey's test. The same below. Pre-oviposition period of adult: The interval between molting and becoming aphid and the first calving.

## 2.2 Hap1 型棉蚜在 6 种菊科植物上的存活率

Hap1 型棉蚜在 6 种寄主植物上的存活率研究表明 (图 1), 在苦苣菜、泥胡菜、茼蒿、莴苣和续断菊等 5 种不同的菊科植物上其可以存活 19~27 d, 但在蒲公英上的 Hap1 型棉蚜存活时间仅为 10 d。Kaplan-Meier 生存曲线分析结果表明, 棉蚜取食蒲公英时的存活情况其与取食苦苣菜、泥胡菜、茼蒿、莴苣和续断菊的存活情况存在显著差异, 而取食苦

苣菜、泥胡菜、茼蒿、莴苣和续断菊间的存活率差异不显著。取食蒲公英的 Hap1 型棉蚜从第 6 天起就开始出现死亡的情况, 而取食泥胡菜的 Hap1 型棉蚜直至第 14 天才开始有死亡情况。取食莴苣、苦苣菜、泥胡菜和茼蒿的 Hap1 型棉蚜死亡率变化趋势呈现相似性, 续断菊也近似接近这 4 种菊科植物, 而取食蒲公英的 Hap1 型棉蚜死亡率变化较快, 在第 8 天死亡率就已超过 60%。

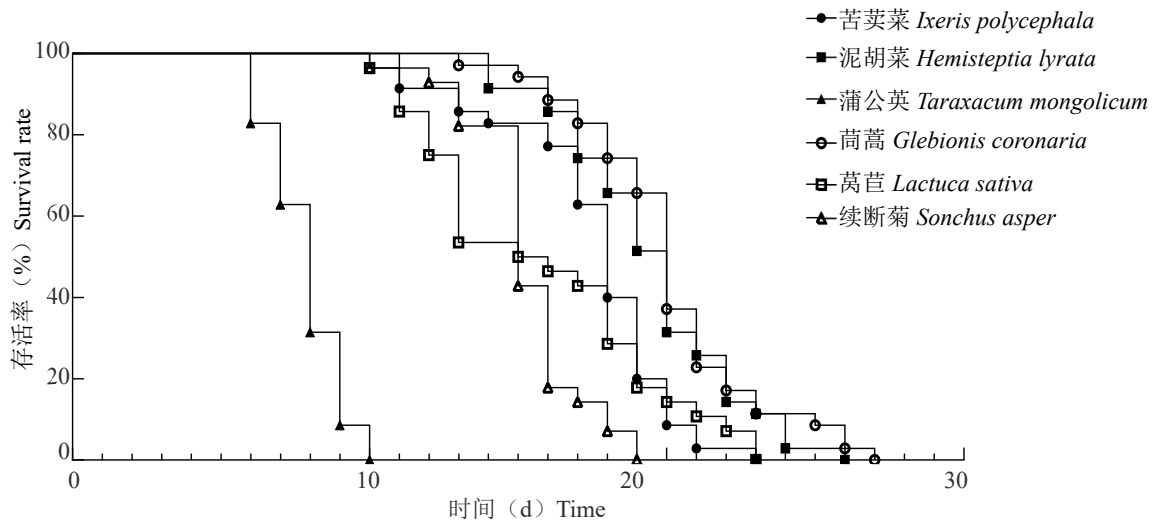


图 1 Hap1 型棉蚜在 6 种寄主植物上的存活率

Fig. 1 Line plots of survival rates of Hap1 cotton aphid on six host plants

注: Kaplan-Meier 生存曲线分析结果表明, 苦苣菜、泥胡菜、茼蒿、莴苣和续断菊与蒲公英间  $P < 0.01$ , 其他均为  $P > 0.01$ 。  
Note: The results of Kaplan-Meier survival curve analysis showed that between *I. polycephala*, *H. lyrata*, *G. coronaria*, *L. sativa* and *S. asper* and *T. mongolicum*  $P < 0.01$  and  $P > 0.01$  for all others.

## 2.3 Hap1 型棉蚜在 6 种菊科植物上的生命表参数

Hap1 型棉蚜在 6 种寄主植物上的生命表参数 (表 2) 结果显示, 在 6 种菊科寄主植物中, 其在茼蒿上的寿命 (19.11 d) 和净增值率 (31.57) 均为最高值。相比之下, 取食蒲公英的 Hap1 型棉蚜的寿命仅为 6.74 d, 净增值率 ( $R_0$ ) 为 1.74。取食苦苣菜、泥胡菜和茼蒿的 Hap1 型棉蚜的净增值率 ( $R_0$ )

均超 26。Hap1 型棉蚜在蒲公英上的世代平均周期与其他 5 种相较, 差异显著, 数值较小, 为 4.53。其中, 茼蒿 > 泥胡菜 > 苦苣菜 > 莴苣 > 续断菊 > 蒲公英。Hap1 型棉蚜在取食蒲公英上的内禀增长率与其他 5 种菊科植物差异显著, 为 0.12, 而取食苦苣菜、泥胡菜、茼蒿、莴苣和续断菊时为 0.29~0.35 之间, 差异不显著。

表 2 Hap1 型棉蚜在 6 种寄主植物上的生命表参数

Table 2 Life table parameters of Hap1 type cotton aphid on six host plants

寄主 Host Plants	净增值率( $R_0$ ) Net reproductive rate	世代平均周期( $T$ ) (d) Average generation time	内禀增长率( $r_m$ ) Intrinsic rate of increase	寿命(d) Life span
苦苣菜 <i>Ixeris polycephala</i>	28.77 ± 2.51 a	10.39 ± 0.23 bc	0.32 ± 0.01 a	16.49 ± 0.49 b
泥胡菜 <i>Hemisteptia lyrata</i>	26.14 ± 1.86 ab	10.93 ± 0.22 ab	0.30 ± 0.01 a	18.49 ± 0.50 a
蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	1.74 ± 0.31 d	4.53 ± 0.17 e	0.12 ± 0.02 b	6.74 ± 0.20 d
茼蒿 <i>Glebionis coronaria</i>	31.57 ± 1.50 a	11.79 ± 0.24 a	0.29 ± 0.00 a	19.11 ± 0.51 a
莴苣 <i>Lactuca sativa</i>	19.37 ± 2.22 b	9.64 ± 0.32 cd	0.31 ± 0.01 a	14.86 ± 0.65 bc
续断菊 <i>Sonchus asper</i>	10.23 ± 1.02 c	9.22 ± 0.18 d	0.25 ± 0.01 b	14.26 ± 0.35 c

### 3 结论与讨论

前期研究表明,在不同的棉花种植区域,棉蚜有性世代越冬的主要木本寄主植物为木槿 *Hibiscus syriacus*、石榴 *Punica granatum* 和花椒 *Zanthoxylum bungeanum* 等(张孝羲等, 2001)。鲍安等(2023)和吕昭智等(2004)认为,在棉花播种前,棉蚜的种群已经从冬寄主上向其他寄主扩散,吕昭智等(2004)确定早春农田杂草上存在棉蚜种群。早春时期棉蚜在杂草上繁殖可能是由于早春是杂草繁茂的季节,大部分作物还没有播种或处于未出苗的阶段,因此,杂草就成为棉蚜迁移的潜在寄主。吕昭智等(2004)总结归纳了取食杂草棉蚜的 3 种来源:①在越冬宿主上成功越冬的棉蚜;②在温室大棚越冬的棉蚜;③在杂草上以卵越冬的棉蚜。在早春至 5 月中下旬,棉田沟壑附近的杂草为棉蚜的主要发生源头,随后蔓延到整个棉田。

本研究中,棉蚜在茼蒿、续断菊、莴苣和泥胡菜上的生殖前期与其在棉花上的生殖前期相似,远高于其在蒲公英上的生殖前期(鲍安等, 2023)。通过对比分析已有的棉蚜生命表研究结果,发现棉蚜对各种寄主的适合度存在明显的变异(韦艳艳, 2022; 马银香等, 2023)。由于棉蚜属于典型的 r-对策昆虫,在受到逆境胁迫等不利于其存活的情况时,其存活时间、平均世代周期会明显的缩短,繁殖能力下降。在判断棉蚜对寄主的适合度时,可依据生命表参数进行。棉蚜的生命表参数在面临不利环境条件时会发生明显的改变。例如,在高温胁迫条件下,蚜虫平均世代周期从 36.85 d 减少至 6.86 d (Bernard *et al.*, 2018);在低湿度条件下,棉蚜的平均世代周期和产仔量均显著降低(许淳皓, 2023);在干旱胁迫条件下,棉蚜的产蚜量减少,成蚜的寿命缩短(王晨, 2023)。

大量研究表明杂草能够充当棉蚜的寄主。李昌学(1958)的试验结果表明,可作为棉蚜的寄主的植物有:夏枯草 *Prunella vulgaris* (根据进一步的调查研究,应该是夏至草 *Lagopsis supina*, 棉蚜不能以夏枯草为寄主(刘炳文, 1981))、苦苣菜(和本研究结果相同,但朱弘复等(1958)试验结果表明苦苣菜不能作为棉蚜寄主,推测由于所用棉蚜种群单倍型不同)、紫花地丁 *Viola philippica*、野芋 *Lasia spinosa* 和水茄 *Solanum torvum* 等。杨海峰等

(1990)对新疆哈密地区棉蚜越冬寄主的调查结果显示,棉蚜可以在室内条件下在菊花 *Chrysanthemum morifolium* 上越冬。日本地区的寄主植物主要是木槿、南蛇藤 *Celastrus orbiculatus*、日本鼠李 *Rhamnus japonica* 和茜草 *Rubia cordifolia* (Inaizumi, 1981)。本试验选取 6 种早春菊科杂草,采用生物测定的方法,评估 Hap1 型棉蚜在 6 种早春菊科杂草上的生长繁殖等能力,棉蚜在杂草上的生长繁殖能力可能低于棉花,但杂草作为早春的优势植物类群,是一个不容忽视的棉蚜来源地(景玉玺等, 2020)。

吕昭智等(2004)于 4 月初在新疆南部农田杂草宽叶独行菜 *Lepidium latifolium* 和蒲公英上发现大量的棉蚜。然而,本研究发现, Hap1 型棉蚜在蒲公英上的存活情况并不是很理想,这一结果可能是由于试验中使用的棉蚜单倍型与先前的研究有所不同,因为不同单倍型棉蚜对寄主的利用存在明显的差异。本研究通过生物测定的方法评估了 Hap1 型棉蚜对 6 种菊科植物的利用能力,发现苦苣菜、泥胡菜和茼蒿是 Hap1 棉蚜的适宜寄主,莴苣和续断菊是 Hap1 棉蚜的较适宜寄主。总之,早春杂草可能是棉田棉蚜虫源之一,在生产实践中,可以采取清除田边杂草等措施,压低棉田棉蚜虫源,减少迁入棉田棉蚜的虫口数量。本研究结果将为揭示棉蚜寄主转移规律提供依据,也将为棉蚜的绿色防控技术提供新的思路。

### 参考文献 (References)

- Bao A, Yang XY, Su HH, *et al.* Growth and development of Hap1 type cotton aphid on five spring weeds [J]. *Plant Protection*, 2023, 49 (1): 187-192. [鲍安, 杨心怡, 苏宏华, 等. Hap1 型棉蚜在 5 种春季杂草上的生长发育情况 [J]. *植物保护*, 2023, 49 (1): 187-192]
- Carletto J, Martin T, Vanlerberghe-Masutti F, *et al.* Insecticide resistance traits differ among and within host races in *Aphis gossypii* [J]. *Pest Management Science*, 2010, 66 (3): 301-307.
- Chao WD, Lv ZZ, Zhao L, *et al.* Research progress on life history types and overwintering hosts of *Aphis gossypii* [J]. *Arid Zone Research*, 2019, 36 (6): 1537-1549. [晁文娣, 吕昭智, 赵莉, 等. 棉蚜生活史类型及其越冬寄主研究进展 [J]. *干旱区研究*, 2019, 36 (6): 1537-1549]
- Inaizumi M. Life cycle of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera, Aphididae) with special reference to biotype differentiation on various host plants [J]. *Japanese Journal of Entomology*, 1981, 49 (1): 219-240.
- Jia FZ. Population Dynamics of *Aphis gossypii* on Prickly Ash and Effect of Prickly Ash Coumarin on Biochemical Characteristics of *Aphis gossypii* [D]. Chongqing: Southwest University Master Thesis, 2008. [贾芳翌. 棉蚜在花椒上的种群动态及花椒香豆素对棉蚜生化特性的影响 [D]. 重庆: 西南大学硕士论文, 2008]
- Jing YX, Ren XL, MA YJ, *et al.* Effects of different host plants on the growth, reproduction of cotton aphid. In: Chen WQ, eds. *Plant Health and Pest*

- Control [C]. Beijing: China's Agricultural Science and Technology Press, 2020: 1. [景玉玺, 任相亮, 马亚杰, 等. 不同寄主植物对棉蚜生长发育和繁殖的影响. 见: 陈万全主编. 植物健康与病虫害防控 [C]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2020: 1]
- John TM, Tzortzi M, Kostas DZ, *et al.* Predominance of parthenogenetic reproduction in *Aphis gossypii* populations on summer crops and weeds in Greece [J]. *Bulletin of Insectology*, 2009, 62 (1): 15-20.
- Li CX. Preliminary observation on winter hosts of cotton aphid [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 1958, 4: 182-183. [李昌学. 棉蚜越冬寄主初步观察 [J]. 昆虫知识, 1958, 4: 182-183]
- Li YY, Lin L, Wang GY, *et al.* Responses of seed germination of five Asteraceae species to temperature and light in southeastern Tibet [J]. *Plateau Agriculture*, 2022, 6 (2): 130-137. [黎言言, 林玲, 王国严, 等. 藏东南 5 种菊科植物种子萌发对温度和光照的响应 [J]. 高原农业, 2022, 6 (2): 130-137]
- Liu BW. On summer *Lagopsis supina* and *Prunella vulgaris* [J]. *Plant Protection*, 1981, 4: 17. [刘炳文. 关于夏至草与夏枯草 [J]. 植物保护, 1981, 4: 17]
- Liu XD, Zhang LJ, Zhang XX, *et al.* Studies on cotton aphid *Aphis gossypii* selectivity to host and its host-type [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (8): 1281-1285. [刘向东, 张立建, 张孝羲, 等. 棉蚜对寄主的选择及寄主专业化型研究 [J]. 生态学报, 2002, 22 (8): 1281-1285]
- Lv ZZ, Tian CY, Li L, *et al.* Influence of weeding the bunds of cotton fields on cotton aphid control [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2004, 4: 203-205. [吕昭智, 田长彦, 李莉, 等. 铲除田埂杂草带对棉蚜防治效果的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2004, 4: 203-205]
- Ma YX, Ma B, Ma Y, *et al.* Adaptability of *Aphis gossypii* Glover to different *Wolfberry varieties* [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2023, 1 (26): 1-9. [马银香, 马彪, 马燕, 等. 棉蚜对不同品种枸杞的适应性 [J]. 西北农业学报, 2023, 1 (26): 1-9]
- Margaritopoulos JT, Tzortzi M, Zarpas KD, *et al.* Morphological discrimination of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) populations feeding on compositae [J]. *Bulletin of Entomological Research*, 2006, 96 (2): 153-165.
- Meng L, Li BP. Researches on biotypes of cotton aphid in Xinjiang [J]. *Cotton Science*, 2001, 13 (1): 30-35. [孟玲, 李保平. 新疆棉蚜生物型的研究 [J]. 棉花学报, 2001, 13 (1): 30-35]
- Satar S, Kersting U, Yokomi R. Presence of two host races of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) collected in turkey [J]. *Annals of Applied Biology*, 2013, 162 (1): 41-49.
- Soh BSB, Kekeunou S, Nanga SN, *et al.* Effect of temperature on the biological parameters of the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* [J]. *Ecology and Evolution*, 2018, 9 (5): 3011.
- Wang C. Effects of drought stress on the physiological metabolism of cotton plant and population dynamics of *Aphis gossypii* Glover [D]. Yangzhou: Yangzhou University Master Thesis, 2023. [王晨. 干旱胁迫对棉花生理代谢及棉蚜种群发生的影响 [D]. 扬州: 扬州大学硕士论文, 2023]
- Wang L, Zhang S, Luo JY, *et al.* Host biotypes of cotton aphid *Aphis gossypii* Glover and preliminary analysis of the formation mechanism in anyang region of China [J]. *Cotton Science*, 2015, 27 (4): 372-378. [王丽, 张帅, 雒珺瑜, 等. 安阳棉蚜寄主专业化型及其形成机制初步分析 [J]. 棉花学报, 2015, 27 (4): 372-378]
- Wei ZY, Dai RH, Yang H, *et al.* Effects of feeding *Capsicum annuum* and *Solanum melongena* on development and reproduction of *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* [J]. *China Plant Protection*, 2022, 42 (5): 10-14. [韦治艳, 戴仁怀, 杨洪, 等. 棉蚜和桃蚜取食辣椒和茄子对其发育繁殖的影响 [J]. 中国植保导刊, 2022, 42 (5): 10-14]
- Xia J. Biological Control of Cotton Aphid (*Aphis gossypii* Glover) in Cotton (Inter) Cropping Systems in China: A Simulation Study [D]. The Kingdom of the Netherlands: Wageningen University Master Thesis, 1997.
- Xu CH. Study on the Response to Different Humidity and Drought Resistance Mechanism in *Aphis gossypii* [D]. Yangzhou: Yangzhou University Master Thesis, 2023. [许淳皓. 棉蚜对不同湿度的响应及抗旱机制研究 [D]. 扬州: 扬州大学硕士论文, 2023]
- Yang HF, Wang HZ, Lv Q, *et al.* Overwintering survey of cotton aphid [J]. *Xinjiang Agricultural Science*, 1990, 4: 166-167. [杨海峰, 王惠珍, 吕庆, 等. 哈密棉蚜越冬调查 [J]. 新疆农业科学, 1990, 4: 166-167]
- Yuan LB, Gao ZL, Dang ZH, *et al.* Fitness differentiation in *Aphis gossypii* populations to cotton and cucumber [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2008, 45 (6): 896-899. [袁立兵, 高占林, 党志红, 等. 不同棉蚜种群对棉花和黄瓜的适合度分化 [J]. 昆虫知识, 2008, 45 (6): 896-899]
- Zhang S, Li CX, Kang Y, *et al.* Differentiation of cytochrome P450 genes among cotton aphid biotype [J]. *Plant Protection*, 2023, 49 (1): 178-186. [张帅, 李超侠, 康颖, 等. 细胞色素 P450 基因在棉蚜生物型间的分化 [J]. 植物保护, 2023, 49 (1): 178-186]
- Zhang S, Luo JY, Wang CY, *et al.* Complete mitochondrial genome of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) [J]. *Mitochondrial DNA*, 2016, 27 (2): 854-855.
- Zhang S, Luo JY, Wang L, *et al.* The biotypes and host shifts of cotton-melon aphids *Aphis gossypii* in northern China [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2018, 17 (9): 2066-2073.
- Zhang XX, Zhao JY, Zhang GX, *et al.* Studies on population adaptation and differentiation of *Aphis gossypii* Glover among host plant transplantation [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21 (1): 106-111. [张孝羲, 赵静雅, 张广学, 等. 棉蚜种群寄主转换的适应和变异规律研究 [J]. 生态学报, 2001, 21 (1): 106-111]
- Zhu HF, Zhang GX. Brief report on inoculation test of host plants of cotton aphid [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 1958, 5: 202-204. [朱弘复, 张广学. 棉蚜寄主植物接种试验简报 [J]. 昆虫知识, 1958, 5: 202-204]
- Zhu HF, Zhang GX. Cotton aphid [J]. *Agricultural Science Bulletin*, 1956, 3: 159-162. [朱弘复, 张广学. 棉蚜 [J]. 农业科学通讯, 1956, 3: 159-162]