Hap1 型棉蚜在 5 种春季杂草上的生长发育情况

鲍 安， 杨心怡， 苏宏华， 周福才， 景田兴， 杨益众， 张 帅*

（扬州大学植物保护学院，扬州 225009）

摘要 棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 是重要的棉花 *Gossypium hirsutum* 和葫芦科蔬菜害虫，严重影响寄主植物的生长发育、产量和品质。棉蚜在冬季寄主上产卵越冬，早春孵化后进行寄主转移扩散。阿拉伯婆婆纳 *Veronica persica*、猪殃殃 *Galium spurium*、飞蓬 *Erigeron canadensis* 等是早春时期的优势杂草，可能是棉蚜向棉花转移过程中的中间寄主。本试验选用 Hap1 型棉蚜，记录其取食棉花以及阿拉伯婆婆纳、猪殃殃、飞蓬、荠菜 *Capsella bursa-pastoris*、飞廉 *Carduus nutans* 等 5 种早春优势杂草时的生长发育、产仔量等数据，并通过计算、对比各组的生命表参数，从而得出 Hap1 型棉蚜在此 5 种春季杂草上的适合度。试验表明，Hap1 型棉蚜在不同寄主上的若虫发育历期及各龄若虫的发育时间存在明显差异。相较于取食棉花叶片的 Hap1 型棉蚜，取食杂草的棉蚜总生殖前期缩短 0.2～0.9 d，每雌生殖力最多减少 50%。Hap1 型棉蚜取食 5 种杂草及棉花的生命表参数显示，Hap1 型棉蚜最适寄主为棉花，寿命比取食杂草高 0.4～0.9 倍。Hap1 型棉蚜在杂草上能建立种群，内禀增长率高于 0.29。Hap1 型棉蚜在取食荠菜时体型最大，其平均体长可达 1 100 μm 以上，取食其余 4 种杂草的棉蚜平均体长与取食棉花叶片的棉蚜没有显著差异。体宽方面除了取食飞蓬叶片的棉蚜较小以外，其余均无明显差别。本研究证实春季杂草可以作为 Hap1 型棉蚜的寄主，可能是棉花苗蚜的重要虫源地。研究结果对于揭示棉蚜寄主间转移规律，制定棉花苗蚜防治策略具有重要的意义。

关键词 早春棉田； 杂草； 寄主； 生命表； 发育历期

中图分类号： S 433.3 **文献标识码：** A **DOI：** 10.16688/j.zwbh.2022490

Growth and development of Hap1 type *Aphis gossypii* on five spring weeds

BAO An， YANG Xinyi， SU Honghua， ZHOU Fucai， JING Tianxing， YANG Yizhong， ZHANG Shuai*

（*College of Plant Protection*, *Yangzhou University*, *Yangzhou* 225009, *China*）

Abstract *Aphis gossypii* Glover is an important pest of cotton and gourd vegetable, which seriously affects the growth and development, yield and quality of cotton and gourd vegetable. *Aphis gossypii* lays eggs on the winter host for overwintering and transfers to the other hosts after hatching in early spring. The dominant weeds in early spring, such as *Veronica persica*, *Galium spurium* and *Erigeron canadensis*, may serve as intermediate hosts during the transfer of cotton aphid to cotton. In this experiment, Hap1 type *A. gossypii* was allowed to feed on cotton and other five early-spring dominant weeds, including *V. persica*, *G. spurium*, *E. canadensis*, *C. bursa-pastoris* and *C. nutans* and the parameters of growth and development and reproduction of *A. gossypii* were recorded. The life table parameters of each group were calculated and compared. Thus, suitability of Hap1 type *A. gossypii* on these five spring weeds were obtained. The results showed that the developmental duration of nymphs of Hap1 type *A. gossypii* on different hosts was obviously different, and the developmental time of each instar was also quite different. Compared with Hap1 type *A. gossypii* feeding on cotton leaves, the total pre-oviposition period was shortened by 0.2－0.9 d and the reproduction was reduced by 50% at most. The results of life table parameters of Hap1 type *A. gossypii* feeding on five kinds of weeds and cotton showed that the best host for Hap1 type *A. gossypii* was cotton, and its life span was about 0.4－0.9 times longer than that of feeding on weeds. Hap1 type *A. gossypii* could establish population on weeds with intrinsic growth rate higher than 0.29. Hap1 type *A. gossypii* had the largest body size when feeding on *C. bursa-pastoris*, and the average body length of Hap1 type

收稿日期： 2022－08－13 **修订日期：** 2022－09－19
基金项目： 国家自然科学基金(31972355)
* 通信作者 E-mail：shuaizhang@yzu.edu.cn

A. gossypii was over 1 100 μm. The average body length of Hap1 type *A. gossypii* on the other four weeds show insignificant difference with that on cotton leaves. There was no significant difference in body width, except for the aphid which fed on the leaf of *E. canadensis*. In this study, we confirmed that weeds can be used as hosts of *A. gossypii* in spring, which may be an important insect source for cotton seedling aphid. The above results are of great significance for revealing the law of transfer between *A. gossypii* hosts and formulating the control strategy of *A. gossypii*.

Key words early spring cotton field; weed; host; life table; developmental duration

棉蚜 *Aphis gossypii* 属于半翅目 Hemiptera 蚜科 Aphididae，是一种广泛分布的多食性害虫[1]。棉蚜的寄主植物可达 116 科 912 种之多，主要包括锦葵科、葫芦科、茄科、芸香科和菊科的农林作物及观赏花卉[2]。研究证明棉蚜的越冬寄主为木槿 *Hibiscus syriacus*、花椒 *Zanthoxylum bungeanum* 和石榴 *Punica granatum* 等木本植物，而夏寄主几乎覆盖了所有种类的蔬菜。生产上，由于对瓜类为害较为严重，又叫做瓜蚜。通过寄主转接试验，采自棉花 *Gossypium hirsutum* 和黄瓜 *Cucumis sativus* 上的棉蚜不能在对方寄主上建立种群[3-4]。随着研究的深入，分子鉴定技术逐步应用于棉蚜的研究，在棉蚜线粒体基因组序列的基础上，Zhang 等[5-6]分析了华北棉蚜的单倍型，将华北地区棉蚜分为 57 个单倍型，其中 Hap1 型棉蚜为棉花上的主要类型，占华北棉蚜总数的 54%（共计采集到 1 046 个棉蚜）。生物测定结果表明 Hap1 型棉蚜属于典型的棉花型棉蚜[7]。

棉蚜的生活史可分为全周期型和不全周期型。研究表明，大多数采自棉花上的棉蚜经诱导都可产生性蚜，而 Hap1 型棉蚜为棉花上的主要类型，推测 Hap1 型棉蚜在我国主要营全周期型生活史[8]。即其在秋季转移到冬寄主上产卵越冬，早春时孵化成干雌，经数代孤雌生殖之后，迁移到夏寄主上繁殖为害。经过观察，越冬寄主上棉蚜在 3 月底和 4 月初就已孵化并大量繁殖。而其主要为害作物——棉花，最早在 4 月底播种。在棉花出苗之前，已有大量棉蚜迁离越冬寄主，所以推测在棉蚜迁移到棉田之前存在中间寄主供其繁殖。之前研究也发现，棉蚜除了在木本植物上越冬，也可在刺儿菜 *Cirsium arvense*、夏至草 *Lagopsis supina* 等杂草上产卵越冬、繁殖，到棉花出苗时迁移到棉田为害棉苗[9-10]。

早春一般指一年中的 2 月到 3 月。在这期间，温度和湿度普遍较低。以扬州地区为例，温度一般在 5～15℃，而湿度仅有 50%。在此环境下大部分作物尚未播种或是刚出苗，但适宜荠菜 *Capsella bursa-pastoris*、飞廉 *Carduus nutans* 等杂草生长。因此大部分地块边缘和部分地块中央呈现出杂草丛生的状态，在早春棉田中更是如此。此外，棉田杂草还作为中间寄主传播病虫害，加重了棉田病虫害的发生，给棉田病虫害防治带来诸多困难。比如，早春小地老虎 *Agrotis ipsilon* 会先在野豌豆 *Vicia sepium* 上产卵孵化，生长至 2～3 龄期时再转移到小麦和棉花上为害[10]。棉田杂草种类多，不仅各季节群落差异巨大，其在不同地区也有不同的群落组成。以我国 3 大棉区为例，长江流域棉区雨水充沛，气候温润，根据王荣龙等[11]的调查结果，赣北棉区棉田共有 35 种杂草分属 14 科。黄河流域棉区因地区气温低于长江流域，降水量也较少，故杂草多为喜凉耐旱型。根据房锋等[12]的调查结果，山东主要棉区的棉田杂草有 24 科 81 种。而西北内陆棉区降水量稀少，昼夜温差大，因此棉田杂草多为耐盐、耐旱型。南疆棉田的杂草有 16 科，42 种，其常见杂草有马唐 *Digitaria sanguinalis*、芦苇 *Phragmites australis*、田旋花 *Convolvulus arvensis*、马齿苋 *Portulaca oleracea*、苘麻 *Abutilon theophrasti*、刺儿菜、龙葵 *Solanum nigrum* 等。其中常见阔叶杂草占比达棉田杂草的 80% 左右。北疆地区棉田主要杂草有 17 科，44 种，龙葵、灰绿藜 *Oxybasis glauca* 和田旋花为优势杂草[13]。在田间害虫防治过程中，消灭虫源是重要的技术手段。推测春季杂草可以作为棉蚜种群扩张的寄主，成为棉田棉蚜的重要虫源地，而对于春季杂草在棉蚜种群繁殖过程的作用以及棉蚜可以取食的杂草种类还未见报道。本文选择扬州早春田间棉蚜发生较重的荠菜和阿拉伯婆婆纳 *Veronica persica*，及其他 3 种优势杂草，通过生命表的方式研究了棉花型棉蚜中具有代表性的 Hap1 型棉蚜对它们的利用情况，试图揭示早春杂草在棉蚜为害棉花过程中的中间寄主地位，为日后棉田棉蚜发生的预测、预报以及防治提供依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

1.1.1　供试昆虫

供试棉蚜 2020 年采自扬州市扬州大学文汇路校区试验田的棉花植株，将其带回实验室，单头饲养建立种群。按照 Zhang 等的[5]方法使用单倍型特异序列进行生物型鉴定。确定其为 Hap1 型棉蚜后，在人工智能光照培养箱[(26±1)℃，L//D=14 h//10 h，RH=70%～80%，下同]内的健康棉花植株上饲养数代，用于后续试验。

1.1.2　供试植物

试验所用棉花品种为‘SGK321’，由中国农业科学院植物保护研究所提供；杂草选用阿拉伯婆婆纳，荠菜，猪殃殃 *Galium spurium*，飞廉，飞蓬 *Erigeron canadensis*。所有植株均种植于人工气候室内，种植条件与供试昆虫培养条件一致。

1.2　试验方法

1.2.1　棉蚜生命表的建立

试验在人工智能光照培养箱内进行。将植物叶片的叶柄处用吸水脱脂棉保湿，正面贴于含有 1.8%（质量分数）固体琼脂的培养皿（直径 9 cm）中，适时换叶以保持叶片新鲜。将棉花上的无翅 Hap1 型棉蚜成虫接到目标寄主植物叶片上，寄主植物包括 5 种早春杂草，以棉花叶片作为对照，每种寄主上接 20 头棉蚜成虫。当 24 h 内棉蚜产仔超过 35 头时，移去成蚜，保留 35 头仔蚜，以后每天调查并记录存活虫量。待其长到 3 龄左右时将其单独移至对应的寄主叶片上，每天观察产仔量，并及时扫除所产仔蚜，直至起始蚜虫全部死亡。选 Hap1 型棉蚜在目标寄主植物上的子一代成虫 20 头，使用 Motic SMZ-171 图像测量系统测量成蚜的体长、体宽。

1.2.2　数据分析

试验记录的原始数据按照生命表软件处理数据所要求格式进行统计，计算棉蚜各阶段发育历期、雌成虫寿命、总发育历期和产卵历期等。根据 CHI 等[14]的计算方法，基于年龄阶段、两性生命表理论，采用计算机程序 TWOSEX-MSChart 对所有个体的原始生命表数据进行分析。利用 bootstrap 技术估计种群参数的方差和标准误差，采用 TWOSEX-MSChart 程序中 Paired bootstrap test 对数据进行差异显著性检验，并采用 Graphpad Prism 8.0 以及 Origin 软件进行作图。

2　结果与分析

2.1　Hap1 型棉蚜取食 5 种杂草及棉花的若虫发育历期

棉蚜若虫共有 4 个龄期，本研究共测定了其在 5 种杂草及棉花叶片上的若虫发育历期。结果（表 1）显示，供试棉蚜在不同寄主上的若虫发育历期存在明显差异。取食荠菜叶片的棉蚜成虫前期最短，为 4.16 d。取食阿拉伯婆婆纳、飞廉和飞蓬叶片的棉蚜成虫前期相差不到0.1 d。取食猪殃殃叶片的棉蚜成虫前期大于 5 d，显著长于取食棉花、阿拉伯婆婆纳、飞廉、荠菜和飞蓬叶片的棉蚜成虫前期。比较各龄若虫的发育历期发现，取食猪殃殃叶片成虫前期较长主要是由于 1 龄若虫发育历期显著长于取食其他寄主。取食各种寄主的棉蚜 4 龄若虫的发育历期无显著差异（表 1）。

表 1　6 种寄主植物对 Hap1 型棉蚜生长发育的影响[1)]

Table 1　Effects of six host plants on the growth and development of Hap1 type *Aphis gossypii*

寄主 Host plant	发育历期/d Developmental period				
	成虫前期 Pre-adult duration	1 龄若虫 1st instar nymph	2 龄若虫 2nd instar nymph	3 龄若虫 3th instar nymph	4 龄若虫 4th instar nymph
棉花 *Gossypium hirsutum*	(4.80±0.13)b	(1.06±0.05)c	(1.43±0.09)a	(1.37±0.10)a	(0.93±0.08)a
阿拉伯婆婆纳 *Veronica persica*	(4.45±0.26)c	(1.17±0.02)b	(1.23±0.04)b	(1.04±0.02)b	(1.01±0.08)a
荠菜 *Capsella bursa-pastoris*	(4.16±0.22)d	(0.96±0.07)c	(1.07±0.08)c	(1.14±0.11)b	(0.98±0.09)a
猪殃殃 *Galium spurium*	(5.24±0.82)a	(1.87±0.12)a	(1.44±0.08)a	(0.98±0.03)b	(0.95±0.09)a
飞廉 *Carduus nutans*	(4.43±0.42)c	(0.98±0.06)c	(1.21±0.09)b	(1.24±0.13)a	(0.99±0.06)a
飞蓬 *Erigeron canadensis*	(4.53±0.12)c	(1.22±0.03)b	(1.13±0.10)c	(1.12±0.06)b	(1.03±0.04)a

1) 成虫前期为 1～4 龄若虫历期之和。表中数据为平均值±标准误。同列不同小写字母表示经 Tukey 检验在 0.05 水平差异显著。下同。Pre-adult duration: The duration from 1st-instar to 4th-instar nymph. Data in the table are mean±standard error. Different lowercase letters in the same column indicate significant differences at 0.05 level by Tukey test. The same applies below.

2.2 Hap1 型棉蚜取食 5 种杂草及棉花的繁殖力

相较于取食棉花叶片的 Hap1 型棉蚜，取食杂草的棉蚜成虫生殖前期缩短，产仔数减少。在 5 种杂草叶片上饲养的蚜虫的总生殖前期显著短于在棉花叶片上饲养的蚜虫。取食 5 种杂草的 Hap1 型棉蚜间总生殖前期无显著差异，其中取食猪殃殃叶片的 Hap1 型棉蚜总生殖前期最短，为 5.31 d。取食阿拉伯婆婆纳和飞蓬的 Hap1 型棉蚜成虫生殖前期显著短于取食其他寄主的成虫生殖前期。取食荠菜、猪殃殃和飞廉叶片的 Hap1 型棉蚜的成虫生殖前期无明显差异，但显著短于取食棉花叶片的成虫生殖前期（表 2）。Hap1 型棉蚜在棉花叶片上平均每雌产仔数为 64.30 头，显著高于其他 5 种寄主；产仔最少的是飞蓬上饲养的 Hap1 型棉蚜，平均每雌产仔数为 29.22 头，产仔数显著低于其他 5 种寄主。

2.3 Hap1 型棉蚜取食 5 种杂草及棉花的存活率

Hap1 型棉蚜在 5 种杂草上普遍可以存活 25 d 左右，但明显低于在棉花上的存活时间，在棉花叶片上最长可以存活 44 d。取食杂草叶片的 Hap1 型棉蚜在第 10 天左右开始出现死亡，取食 5 种杂草的棉蚜死亡率变化趋势相似。而取食棉花叶片的 Hap1 型棉蚜在第 30 天时才开始出现死亡。

表 2 寄主植物对 Hap1 型棉蚜繁殖的影响[1)]

Table 2 Effects of host plants on the reproduction of Hap1 type *Aphis gossypii*

寄主 Host plant	成虫生殖前期/d Pre-oviposition period of adult	总生殖前期/d Total pre-oviposition period	繁殖历期/d Reproduction duration	每雌生殖力/头 Reproduction
棉花 *Gossypium hirsutum*	(0.44±0.05)a	(6.17±0.82)a	(16.78±0.15)a	(64.30±1.85)a
阿拉伯婆婆纳 *Veronica persica*	(0.25±0.01)c	(5.98±0.15)b	(10.23±2.60)b	(33.92±3.78)b
荠菜 *Capsella bursa-pastoris*	(0.36±0.07)b	(5.42±0.22)b	(15.12±3.05)a	(48.84±3.05)b
猪殃殃 *Galium spurium*	(0.33±0.08)b	(5.31±1.15)b	(12.08±1.32)b	(31.61±4.10)c
飞廉 *Carduus nutans*	(0.38±0.02)b	(5.33±1.24)b	(15.22±2.43)a	(33.43±5.28)b
飞蓬 *Erigeron canadensis*	(0.23±0.04)c	(5.50±2.28)b	(10.49±1.41)b	(29.22±2.25)c

1) 成虫生殖前期：从若蚜蜕变为成蚜开始到第一次产仔的间隔期；总生殖前期：成虫前期＋成虫生殖前期。
Pre-oviposition period of adult: The interval between molting and becoming aphid and the first calving; Total pre-oviposition period=Pre-adult period+pre-oviposition period of adult.

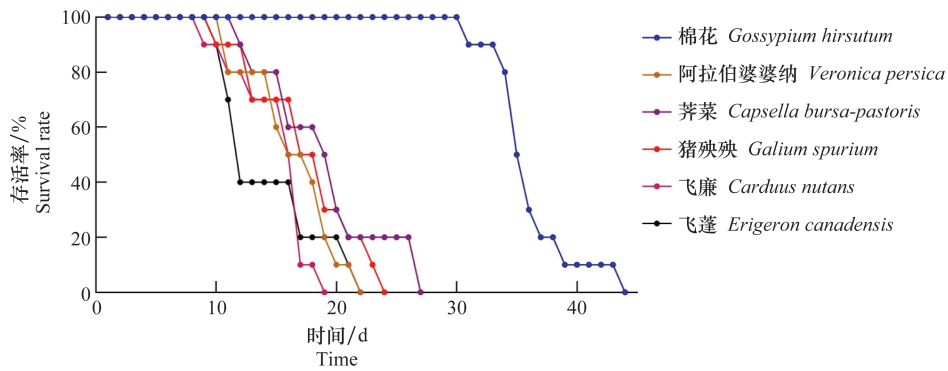


图 1 Hap1 型棉蚜在 6 种寄主植物上的存活率

Fig. 1 Survival rates of Hap1 type *Aphis gossypii* on six host plants

2.4 Hap1 型棉蚜在 5 种杂草及棉花上的生命表参数

Hap1 型棉蚜取食 5 种杂草及棉花的生命表参数结果显示（表 3），Hap1 棉蚜最适寄主为棉花，取食棉花时寿命（41.50 d）和净增殖率（64.30）都最高，显著高于取食其他寄主；但其在杂草上也能建立种群。取食荠菜和飞廉的净增殖率均超过 40，显著高于取食其他 3 种杂草的 Hap1 型棉蚜；取食飞蓬叶片的 Hap1 型棉蚜净增殖率最低，为 29.43。在世代平均周期方面，按寄主依次为：荠菜（11.93 d）＞猪殃殃（11.59 d）＞棉花（11.38 d）＞飞蓬（11.17 d）＞飞廉（10.22 d）＞阿拉伯婆婆纳（8.88 d）。此外，棉蚜在 6 种寄主植物上生活的内禀增长率也各不相同，其中取食棉花和阿拉伯婆婆纳的内禀增长率分别为 0.37 和 0.39，显著高于取食其他寄主。

表 3　Hap1 型棉蚜在 6 种寄主植物上的生命表参数[1)]

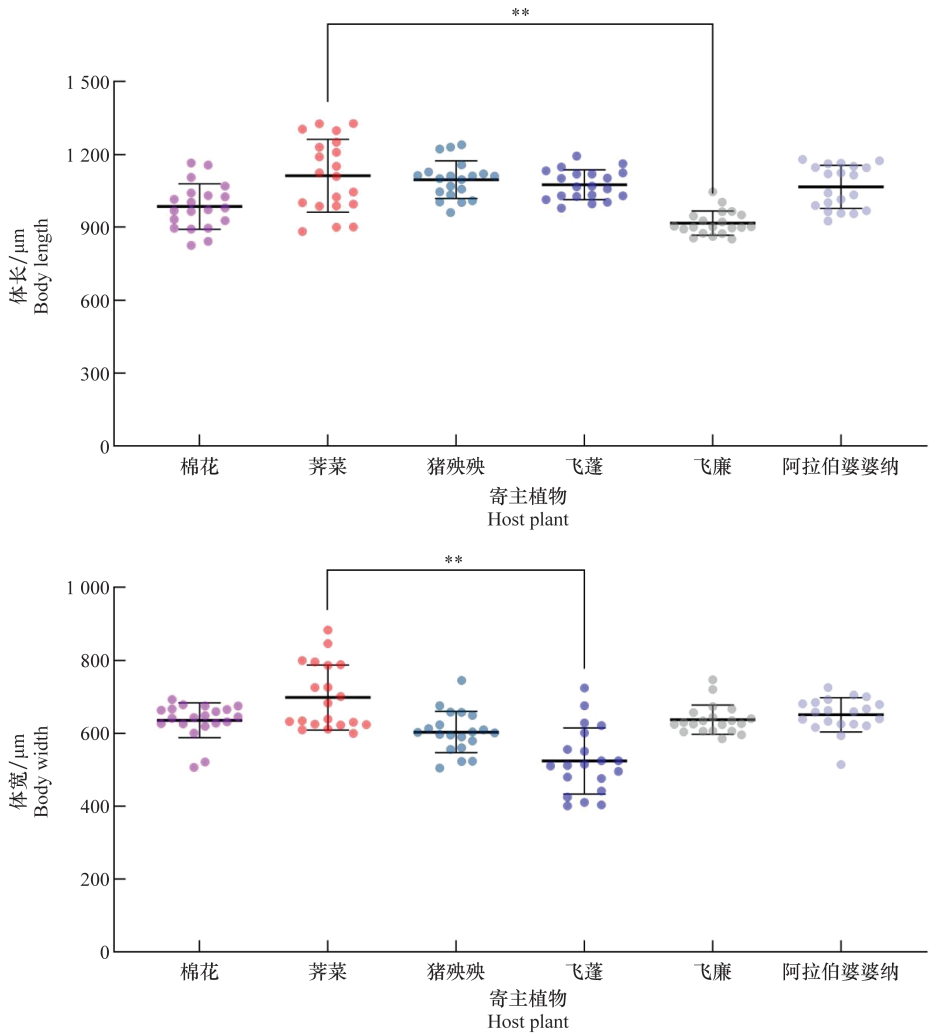
Table 3　Life table parameters of Hap1 type *Aphis gossypii* on six host plants

寄主 Host plant	净增殖率(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 Lifespan
阿拉伯婆婆纳 *Veronica persica*	(33.50±3.84)c	(8.88±0.22)b	(0.39±0.10)a	(21.40±1.09)c
棉花 *Gossypium hirsutum*	(64.30±1.85)a	(11.38±0.39)a	(0.37±0.01)a	(41.50±1.12)a
荠菜 *Capsella bursa-pastoris*	(47.51±6.63)b	(11.93±0.36)a	(0.32±0.09)b	(26.50±1.56)b
猪殃殃 *Galium spurium*	(30.23±5.10)c	(11.59±0.59)a	(0.29±0.01)b	(24.51±1.40)b
飞廉 *Carduus nutans*	(42.34±2.13)b	(10.22±0.46)b	(0.34±0.03)b	(22.67±1.26)c
飞蓬 *Erigeron canadensis*	(29.43±4.34)c	(11.17±0.33)a	(0.30±0.07)b	(28.83±1.16)b

1) 表中数据为平均值±标准误。同列不同小写字母表示经 Tukey 检验在 0.05 水平差异显著。
Data in the table are mean ±standard error. Different lowercase letters in the same column indicate significant differences at 0.05 level by Tukey test.

2.5　Hap1 型棉蚜在 5 种杂草及棉花上的形态参数

取食荠菜的 Hap1 型棉蚜体型最大，其体长平均达 1 100 μm 以上，取食飞蓬、阿拉伯婆婆纳、猪殃殃的棉蚜体长在 1 000～1 100 μm 之间。取食棉花叶片的 Hap1 型棉蚜平均体长为 985 μm。取食飞廉叶片的棉蚜平均体长为 916 μm，明显小于取食其他 5 种寄主植物的棉蚜。在体宽方面，取食飞蓬叶片的 Hap1 型棉蚜平均体宽最小，为 500 μm 左右，远低于取食其他 5 种寄主植物的棉蚜（图 2）。



**表示经Tukey检验在0.01水平差异极显著。未标注的表示经Tukey检验在0.05水平差异不显著
** indicates highly significant difference at 0.01 level by Tukey test. Unlabeled indicates no significant difference at 0.05 level by Tukey test

图 2　Hap1 型棉蚜取食 6 种不同植物后子一代的体长和体宽

Fig. 2　Body length and body width of the offspring generation of Hap1 type *Aphis gossypii* after feeding on six different plants

3 讨论

棉蚜是棉花上的主要害虫之一，具有体型小、世代短、繁殖快和适应性强的特点。在冬季比较寒冷的区域，棉蚜产生性蚜，以卵越冬。在其他季节，棉蚜以孤雌生殖方式进行繁衍，在条件适宜的情况下，棉蚜可迅速扩大种群规模，对农业生产造成严重为害。在棉花苗期和蕾铃期，棉蚜为害较严重，生产上称为苗蚜和伏蚜[15]。一般情况下，苗蚜的发生频率和为害程度要高于伏蚜[16]。在以往研究中，棉花苗蚜的虫源被认为是来自于木槿、石榴和花椒等越冬寄主。笔者通过多年的观察发现，越冬寄主上棉蚜的种群数量在棉花种植之前已达到很高的水平，而且有翅蚜的产生也要早于棉花播种时间，推测在棉蚜从越冬寄主迁飞到棉田之前，种群已经扩散。早春时节，主要农作物小麦和油菜不是棉蚜的适宜寄主，而早春杂草生长茂盛，可能会作为棉蚜的迁移对象。从而导致早春杂草上繁殖的棉蚜和越冬寄主上的棉蚜共同构成苗蚜的虫源。

杂草是生态系统中种类较为丰富的一类生物，杂草作为棉蚜寄主已有较多的报道。李昌学[17]在山西进行了棉蚜接种试验，表明夏至草(后续研究表明文献中的夏枯草 *Prunella vulgaris* 应为夏至草，夏枯草不能作为棉蚜的寄主[18])、鼠曲草 *Pseudognaphalium affine*、紫花地丁 *Viola philippica*、刺芋 *Lasia spinosa*、芥菜等可作为棉蚜的寄主。朱弘复等[19]根据接种试验，确定车前 *Plantago asiatica* 是棉蚜的寄主。近期，景玉玺等[20]通过生物测定试验表明棉蚜在龙葵、裂叶牵牛 *Ipomoea nil*、刺儿菜和棉花等 4 种寄主植物上均可完成世代发育，棉蚜在龙葵上的适合度、嗜食性最好，其次是裂叶牵牛，在刺儿菜上适应性最差。本研究选择 5 种早春优势杂草，通过生物测定试验表明，Hap1 型棉蚜可以在阿拉伯婆婆纳、荠菜、猪殃殃、飞廉和飞蓬上建立种群。尽管 Hap1 型棉蚜在 5 种杂草上的生长和繁殖能力低于取食棉花的种群，但杂草是春季优势植物，分布广，种类丰富，是不可忽视的苗蚜虫源地。

Hap1 型棉蚜在早春杂草上能够建立种群，完成生活史，可能与早春季节杂草的繁盛和棉蚜最适寄主的缺失相关。取食经历影响昆虫对寄主的适合度[21]，由于本试验所用虫源为使用棉花饲养多代的种群，棉蚜可能对棉花产生寄主偏好性，从而导致 Hap1 型棉蚜对 5 种杂草上的适合度低于对棉花的适合度。后续通过多代饲养，结合生物测定可进一步明确早春杂草在棉蚜种群周年繁殖中的作用。

4 结论

通过生物测定的方法，本研究证实 Hap1 型棉蚜可以利用 5 种杂草完成世代发育。结合田间观察，推测田间早春杂草可能是棉花苗蚜的虫源之一，生产实践中可通过铲除田间杂草切断棉蚜传播途径，降低棉田苗蚜的虫口基数。研究结果对于填补棉蚜周年生活史中的寄主转移规律和指导棉田苗蚜的防治具有重要意义。

参考文献

[1] FUCHSBERG J R, YONG T H, LOSEY J E, et al. Evaluation of corn leaf aphid (*Rhopalosiphum maidis*, Homoptera: Aphididae) honeydew as a food source for the egg parasitoid *Trichogramma ostriniae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) [J]. Biological Control, 2007, 40(2): 230-236.

[2] 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.

[3] 王丽，张帅，雒珺瑜，等. 安阳棉蚜寄主专化型及其形成机制初步分析[J]. 棉花学报，2015，27(4)：372-378.

[4] 刘向东，翟保平，张孝羲. 南京地区棉蚜寄主专化型及其成因研究[J]. 中国农业科学，2003(1)：54-58.

[5] ZHANG Shuai, LUO Junyu, WANG Li, 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.

[6] ZHANG Shuai, LUO Junyu, WANG Chunyi, et al. Complete mitochondrial genome of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae)[J]. Mitochondrial DNA, 2016, 27(2): 854-855.

[7] LUO Junyu, ZHANG Shuai, WANG Li, et al. The distribution and host shifts of cotton-melon aphids in Northern China [J/OL]. PLoS ONE, 2016, 11(3): e0152103. DOI: 10.1371/journal.pone.0152103.

[8] 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.

[9] 丁锦华. 有性棉蚜交配和产卵习性的观察[J]. 昆虫知识，1995，31(4)：217-219.

(下转 261 页)

[40] 苏丹丹，刘玉萍，张雨，等. 苦豆子实时荧光定量 PCR 内参基因筛选与验证[J]. 植物生理学报，2022，58(7)：1295－1306.
[41] 贝盏临，张欣. 牧草苦豆子花期植株挥发性物质分析[J]. 饲料研究，2019，42(9)：104－107.
[42] 顾淑琴，王进明. 靖远县野生甘草资源调查及人工抚育研究综述[J]. 中国水土保持，2020(6)：41－44.
[43] 黄彩变，曾凡江，张波. 不同水氮条件下骆驼刺幼苗生长及氮效率变化特征[J]. 生态学报，2021，41(9)：3612－3624.
[44] CHOATE B A，LUNDGREN J G. Why eat extrafloral nectar? Understanding food selection by *Coleomegilla maculata* (Coleoptera：Coccinellidae) [J]. BioControl，2013，58(3)：359－367.
[45] RAMSDEN M W，MENÉNDEZ R，LEATHER S R，et al. Optimizing field margins for biocontrol services：the relative role of aphid abundance，annual floral resources，and overwinter habitat in enhancing aphid natural enemies [J]. Agriculture Ecosystems & Environment，2015，199：94－104.
[46] 顾辉杰. 取食棉花花粉和花蜜对异色瓢虫、多异瓢虫种群适合度的影响[D]. 扬州：扬州大学，2020.
[47] 王建红，仇兰芬，车少臣，等. 蜜粉源植物对天敌昆虫的作用及其在生物防治中的应用[J]. 应用昆虫学报，2015，52(2)：289－299.
[48] MATHEWS C R，BROWN M W，WÄCKERS F L. Comparison of peach cultivars for provision of extrafloral nectar resources to *Harmonia axyridis* (Coleoptera：Coccinellidae) [J]. Environmental Entomology，2016，45(3)：649－657.
[49] 徐彬，修春丽，张伟，等. 龙爪槐花对异色瓢虫成虫寿命的影响[J]. 中国生物防治学报，2017，33(4)：442－445.
[50] LEE J C，HEIMPEL G E，LEIBEE G L. Comparing floral nectar and aphid honeydew diets on the longevity and nutrient levels of a parasitoid wasp [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata，2010，111(3)：189－199.
[51] PASCAL D L，RAKI A，SABRINE A，et al. Aphid honeydew：an arrestant and a contact kairomone for *Episyrphus balteatus* (Diptera：Syrphidae) larvae and adults [J]. European Journal of Entomology，2014，111(2)：237－242.
[52] 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(2)：171－174.
[53] IDE T，SUZUKI N，KAYAYAMA N. The use of honeydew in foraging for aphids by larvae of the ladybird beetle，*Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera：Coccinellidae)[J]. Ecological Entomology，2010，32(5)：455－460.
[54] PASCAL D L，AHMED S，STÉPHANIE H，et al. Microorganisms from aphid honeydew attract and enhance the efficacy of natural enemies [J/OL]. Nature Communications，2011，2：348. DOI：10.1038/ncomms1347.
[55] DICKE M，BALDWIN I. The evolutionary context for herbivore-induced plant volatiles：beyond the 'cry for help' [J]. Trends in Plant Science，2010，15(3)：167－175.
[56] RANNA H S B，LEANDRO S S，ANTÔNIO E G S，et al. Indirect plant defenses：volatile organic compounds and extrafloral nectar [J]. Arthropod-Plant Interactions，2021，15(4)：467－489.
[57] HU Lingfei，ZHANG Kaidi，WU Zhenwei，et al. Plant volatiles as regulators of plant defense and herbivore immunity：molecular mechanisms and unanswered questions [J]. Current Opinion in Insect Science，2021，44：82－88.
[58] INDRAKANT K S，ARCHANA S. Plant-pest interactions：from molecular mechanisms to chemical ecology [M]. Berlin：Springer Nature，2021.
[59] 李艳艳，周晓榕，庞保平，等. 多异瓢虫对瓜蚜为害后植物挥发物的行为反应及挥发物成分分析[J]. 昆虫学报，2013，56(2)：153－160.

(责任编辑：杨明丽)

(上接 192 页)

[10] 张树珍. 棉田杂草的发生与防治措施[J]. 现代农业科技，2017(7)：136－139.
[11] 王荣龙，刘定忠，陶碧庆，等. 赣北棉区棉田杂草调查初报[J]. 江西棉花，2000，22(1)：23－25.
[12] 房锋，李美，高兴祥，等. 山东棉田杂草组成及其群落特征[J]. 山东农业科学，2017，49(2)：120－126.
[13] 朱玉永，赵冰梅，王林. 新疆棉田杂草发生与防除现状及对策[J]. 中国棉花，2021，48(2)：1－7.
[14] CHI H，LIU H. Two new methods for study of insect population ecology [J]. Academia Sinica，1985，24(2)：225－240.
[15] 张帅，崔金杰，吕丽敏，等. 棉花 3 种抗逆相关基因对苗蚜为害的应答反应[J]. 棉花学报，2012，24(3)：215－221.
[16] LI Zhaoqun，ZHANG Shuai，LUO Junyu，et al. Ecological adaption analysis of the cotton aphid (*Aphis gossypii*) in different phenotypes by transcriptome comparison [J/OL]. PLoS ONE，2013，8(12)：e83180. DOI：10.1371/journal.pone.0083180.
[17] 李昌学. 棉蚜越冬寄主初步观察[J]. 昆虫知识，1958(4)：182－183.
[18] 刘炳文. 关于夏至草与夏枯草[J]. 植物保护，1981(4)：17.
[19] 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.
[20] 景玉玺. 取食龙葵对棉蚜生长发育及体内共生菌的影响[D]. 郑州：郑州大学，2021.
[21] 郑彩玲，刘向东，翟保平. 棉花型和黄瓜型棉蚜(*Aphis gossypii* Glover)的寄主适应性及转移通道[J]. 生态学报，2007(5)：1879－1886.

(责任编辑：杨明丽)