

张居念, 连玲, 吴春珠, 等. 稻虱缨小蜂在不同寄主上的适合度 [J]. 福建农业学报, 2024, 39 (8): 977–983.

ZHANG J N, LIAN L, WU C Z, et al. Host Selection of *Anagrus nilaparvatae* [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2024, 39 (8): 977–983.

稻虱缨小蜂在不同寄主上的适合度

张居念, 连玲, 吴春珠, 董萌, 施龙清, 解振兴, 姜照伟, 占志雄*

(福建省农业科学院水稻研究所, 福建 福州 350018)

摘要:【目的】探明繁殖寄主对稻虱缨小蜂生物学特性的影响, 为室内大量扩繁稻虱缨小蜂提供理论依据。

【方法】分别以褐飞虱、白背飞虱、灰飞虱和小宽头飞虱为寄主繁殖对应的稻虱缨小蜂品系, 比较不同品系稻虱缨小蜂个体大小、体色、怀卵量、寄生力、羽化率、性比和成虫寿命等适合度指标, 以及不同品系对寄主的偏好差异。【结果】以褐飞虱、白背飞虱、灰飞虱和小宽头飞虱为寄主的稻虱缨小蜂品系成虫体长分别为 728.03、715.5、633.17、509.1 μm , 不同品系成虫体长之间存在差异, 以褐飞虱和白背飞虱为寄主的品系体长最长, 显著长于灰飞虱和小宽头飞虱的品系。不同寄主对稻虱缨小蜂的体色也有影响, 以褐飞虱、白背飞虱和灰飞虱为寄主的品系体色呈浅橙色, 少数个体呈黄绿色, 小宽头飞虱品系体色较深, 呈橙红色, 无黄绿色个体。不同品系怀卵量分别为: 褐飞虱 32.93 粒、白背飞虱 32.97 粒、灰飞虱 27.47 粒和小宽头飞虱 11.83 粒, 除褐飞虱品系与白背飞虱品系的怀卵量之间无显著差异外, 不同品系怀卵量之间存在显著差异。不同品系寄生力大小为褐飞虱=白背飞虱>灰飞虱>小宽头飞虱。不同品系的羽化率、性比和成虫寿命之间无显著差异。不同品系对寄主的选择为随机, 未表现出对某一寄主的偏好。不同品系内禀增长力 r_m 由大到小分别为褐飞虱 0.1531>白背飞虱 0.1482>灰飞虱 0.1307>小宽头飞虱 0.0427。

【结论】以褐飞虱和白背飞虱为寄主的稻虱缨小蜂品系具有怀卵量大、寄生力强、内禀增长力大的优势。褐飞虱和白背飞虱是稻虱缨小蜂扩繁的合适寄主。

关键词: 稻虱缨小蜂; 寄主; 适合度

中图分类号: S435

文献标志码: A

文章编号: 1008-0384 (2024) 08-0977-07

Host Selection of *Anagrus nilaparvatae*

ZHANG Junian, LIAN Ling, WU Chunzhu, DONG Meng, SHI Longqing,

XIE Zhenxing, JIANG Zhaowei, ZHAN Zhixiong*

(Rice Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350018, China)

Abstract:【Objective】Reproductive biology of *Anagrus nilaparvatae* strains (*Ans*) that lay eggs on different pests was studied to determine the best parasitoid/host matches for biocontrol.【Method】*Nilaparvata lugens* (*Nl*), *Sogatella furcifera* (*Sf*), *Laodelphax striatellus* (*Ls*), and *Ishiharodelphax matsuyamensis* (*Im*) were used in an indoor experiment as the hosts to study the reproductive behavior of *Ans*. Fitness of parasitoid/pest pairings as well as host preference by specific stains of *An* were determined based upon the size, body color, egg load, parasitism capacity, larva emergence, sex ratio, and lifespan of the wasps.【Result】The body lengths of different species of adult *Ans* varied significantly, as it was 728.03 μm for those hosted on *Nl* (*AnNl*), 715.5 μm on *Sf* (*AnSf*), 633.17 μm on *Ls* (*AnLs*), and 509.1 μm on *Im* (*AnIm*). The color of wasp body also varied depending upon the pests they chose to lay eggs on. For instance, *AnNl*, *AnSf*, and *AnLs* were mostly light orange, with a few yellowish green, in color, but all *AnIm* had dark reddish orange bodies. Significant differences in fecundity existed among the strains as well. The egg counts per female were similar between *AnNl* at 32.93 and *AnSf* at 32.97 but 27.47 for *AnLs* and 11.83 for *AnIm*. The parasitism of these wasps ranked *AnNl* or *AnSf*>*AnLs*>*AnIm*. On the other hand, no significant differences were detected on the rate of larvae emerged from eggs, male/female ratio, or lifespan of them. Nor was on host selection—they simply deposited eggs randomly based on availability. The intrinsic rate of increase (r_m) of *AnNl* was the highest at 0.1531

收稿日期: 2024-04-04 修回日期: 2024-05-22

作者简介: 张居念 (1971—), 男, 博士, 副研究员, 主要从事水稻害虫的生物防治研究, E-mail: zjn9258@163.com

* 通信作者: 占志雄 (1964—), 男, 研究员, 主要从事昆虫生态与害虫综合治理研究, E-mail: zzx64@sohu.com

基金项目: 福建省科技计划公益类专项 (2021R10230010、2023R1065); 福建省自然科学基金项目 (2022J01452)

followed by 0.1482 of *AnSf*, 0.1307 of *AnLs*, and 0.0427 of *AnIm*. 【Conclusion】 The strains of *An* that parasited on *Nl* and *Sf* had significantly greater egg load, parasitism capability, and r_m than those did on *Ls* or *Im*. Hence, they could be the better candidates to be artificially propagated for biocontrol on the pests.

Key words: *Anagrus nilaparvatae*; host; fitness

0 引言

【研究意义】水稻是我国乃至全球的重要主粮作物之一，它为我们提供了大量的食物能量和营养，尤其是在中国、印度和其他东南亚国家，无论是平原还是丘陵山区，都有水稻种植。水稻主要害虫稻飞虱属半翅目（Hemiptera）飞虱科（Delphacidae），在全球水稻产区常暴发成灾，严重影响全球粮食安全^[1]。化学农药的普遍持续、不合理施用，使得稻飞虱对多种杀虫剂，如对烟碱类、机磷类、氨基甲酸酯类等农药产生抗药性^[2,3]，部分褐飞虱种群对新烟碱类药剂噻虫嗪、吡虫啉和昆虫生长调节剂类药剂噻嗪酮处于高水平抗性（抗性倍数分别为>800倍、>2000倍、>1000倍）^[4]，致使这些农药丧失了使用价值。化学农药不仅产生抗药性、污染环境和再猖獗的“3R”问题，还使田间自然天敌种群受到严重损害，天敌的缺乏往往导致害虫失去有效控制而暴发成灾。随着人们对无公害无污染及有机农产品需求量的增加，开展利用天敌防治稻飞虱的工作，对确保生产安全与质量安全、保障人们饮食健康具有重要意义。【前人研究进展】稻虱缨小蜂（*Anagrus nilaparvatae* Pang et Wang）分布广泛，在海南、广东、浙江、福建、湖南等主要水稻产区均为稻飞虱的卵期优势寄生蜂^[5-6]，对稻飞虱的寄生率最高可达80%以上^[7,8-9]，对褐飞虱（*Nilaparvata lugens*）、白背飞虱（*Sogatella furcifera*）和灰飞虱（*Laodelphax striatellus*）均有明显的控制作用^[10,11-12]，是控制稻飞虱田间种群数量的关键生物因子，具有广阔的生防应用前景^[13,14]。稻虱缨小蜂寄主很多，可寄生褐飞虱、白背飞虱、灰飞虱、稗飞虱、拟褐飞虱、伪褐飞虱、黑边黄脊飞虱、黑面黄脊飞虱等，较多的过渡寄主有利于其在主要寄主缺乏时保存一定的种群数量^[15]。稻虱缨小蜂受环境及寄主等因素的影响。模拟干旱胁迫可降低对褐飞虱的寄生力和选择性^[16]。稻虱缨小蜂对不同卵龄的寄主喜好程度不一样，偏好寄生1~4d卵龄的褐飞虱卵，且更偏好寄生受精卵^[17]。稻虱缨小蜂寻找寄主受稻飞虱的化学信息素影响，褐飞虱取食后诱导的水稻挥发物对稻虱缨小蜂有明显的引诱作用^[18]。稻虱缨小蜂喜欢寄生稻株下部叶位组织内的灰飞虱、白背飞虱

卵^[19]。当只有白背飞虱和褐飞虱卵时，稻虱缨小蜂对褐飞虱有明显的偏好^[20]。稻虱缨小蜂的怀卵量和虫体大小与褐飞虱卵粒大小呈极显著正相关^[21]。水稻挥发物、稻飞虱利它素及飞虱卵的形态特征在稻虱缨小蜂识别褐飞虱和白背飞虱卵中的作用不明显^[22]，羽化率和雌性比例则不受寄主卵龄的影响^[23]。以褐飞虱为寄主的净生殖力 R_0 大于以白背飞虱为寄主的净生殖力，以褐飞虱为寄主的稻虱缨小蜂具有较强的室内繁蜂潜能，可用于室内繁蜂^[9]。【本研究切入点】稻虱缨小蜂田间种群的发展滞后于稻飞虱，在稻飞虱迁入稻田早期，稻虱缨小蜂群体数量较少，不足以控制稻飞虱的繁殖。若用人工饲养的稻虱缨小蜂进行田间释放，弥补自然种群的不足，则有望实现生物防治达到控害的目的。以往研究者虽然对稻虱缨小蜂的寄主选择性已有较多研究，但对于适合作为冷藏寄主的灰飞虱和小宽头飞虱（*Ishiharodelphax matsuyamensis*）却未见适合度方面的报道，因此，需要全面了解繁殖寄主和冷藏寄主对稻虱缨小蜂的影响。【拟解决的关键问题】通过比较稻虱缨小蜂在褐飞虱、白背飞虱、灰飞虱和小宽头飞虱4种寄主上的适合度，为稻虱缨小蜂的室内人工规模化饲养提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

稻虱缨小蜂于2018年采集自福建省农业科学院水稻研究所试验稻田，不同寄主稻虱缨小蜂品系分别用相应寄主连续继代繁殖。寄主褐飞虱记为Nl，白背飞虱记为Sf，灰飞虱记为Ls，小宽头飞虱记为Im。以褐飞虱为寄主繁殖的稻虱缨小蜂品系记为AnNl；以白背飞虱为寄主的记为AnSf；以灰飞虱为寄主的记为AnLs，以小宽头飞虱为寄主的记为AnIm。

水稻品种TN1采用水培法种植，营养液为青岛高科技工业园海博生物技术有限公司生产的霍格兰营养液，沟叶结缕草 [*Zoysia matrella* (L.) Merr.] 采用匍匐茎扦插繁殖，扦插前插条在显微镜下检查，确保不携带其他昆虫。TN1用于褐飞虱、白背飞虱和灰飞虱的饲养，沟叶结缕草用于小宽头飞虱的饲养。水稻苗和沟叶结缕草的生长条件：温度（26±3）℃、光周期16h光:8h暗、相对湿度（80±10）%，TN1生长20~40d，沟叶结缕草生长40d以上。

1.2 试验方法

1.2.1 不同寄主稻虱缨小蜂品系形体的测量

分别将不同寄主繁育的7 d龄幼虫稻虱缨小蜂(已转色)用镊子挑出,放在载玻片上并置于体视显微镜(OLYMPUS型号SZ61TR)下拍照,其余的寄生卵置于无菌滤纸保湿的培养皿中培养,羽化后,用体视显微镜(OLYMPUS型号SZ61TR,精度1 μm)测量雌成虫的体长和腹部长度。体长和腹部长度的测量方法:将虫体摆放成直线状态,头部垂直于身体,体长为触角基部到腹部末端(不包括产卵器)的长度,腹部长度为胸部与腹部的交界处到腹部末端(不包括产卵器)的长度,每次测量10头稻虱缨小蜂,重复3次。测量后,用解剖针将雌成虫腹部剖开,置于倒置显微镜(INVERTED MICROSCOPE型号BDS400)下计数具柄状椭圆形卵的数量。

1.2.2 稻虱缨小蜂在不同寄主上的适合度

将水稻苗和沟叶结缕草除去黄叶老叶,接入产卵盛期(腹部明显膨大)的对应飞虱(水稻苗接入褐飞虱、白背飞虱和灰飞虱,沟叶结缕草接入小宽头飞虱),每棵寄主植株接入2只飞虱,用直径20 mm、长20 cm亚克力圆管罩住,上端用100目尼龙网封口,产卵3 d后,移除飞虱成虫,接入当天羽化的稻虱缨小蜂1对(雌、雄各1只为1对),在温度26 ℃、相对湿度(80±10)%和光周期14 h光:10 h暗条件下让其自然寄生,直至稻虱缨小蜂死亡。7 d后,用0.1%甲醛溶液表面消毒后,在体视显微镜下,将被寄生的飞虱卵(被稻虱缨小蜂寄生过的飞虱卵呈橙黄色或黄绿色)用灭菌镊子全部挑出,置于无菌载玻片上,放在直径9 cm铺有灭菌滤纸的培养皿里,加适量灭菌蒸馏水保湿培养,培养条件:温度26 ℃、相对湿度(80±10)%,14 h光:10 h暗。羽化后每天记载羽化数量和性比,并将当天羽化的稻虱缨小蜂配对后转移到前一天产过对应飞虱卵的新寄主植物上,让其寄生,7 d后剥查寄生数量(呈橙黄色或黄绿色卵的数量),调查繁殖力(每只雌蜂寄生飞虱卵的数量)。其余稻虱缨小蜂转移至新培养皿,每天记载羽化数量,并将刚羽化的成虫用自制无损伤昆虫转移器(专利号:ZL2022230627962)转移至另一培养皿中,每天记载死亡数量,观察成虫寿命(从羽化到死亡的时间)。每个处理调查5棵苗,并重复3次。

1.2.3 稻虱缨小蜂的寄主偏好

TN1水稻苗和沟叶结缕草种植于规格为1 000 mL的一次性塑料杯中,土培,每杯种植3株,呈一字排列,间隔2 cm。生长25 d后,TN1上分别接入怀

卵寄主褐飞虱(NI)、白背飞虱(Sf)和灰飞虱(Ls),沟叶结缕草上接入怀卵寄主小宽头飞虱(Im);3 d后收集携带有飞虱卵的植株,用于后续试验。将不同品系的幼虫期稻虱缨小蜂挑出置于培养皿中保湿培养,稻虱缨小蜂羽化当天上午10:00记载羽化数量后打开培养皿盖子,将上述携带有飞虱卵的植株摆放于培养皿四周。每个品系稻虱缨小蜂1个培养皿,四周摆放4个寄主植株各1杯,以培养皿为中心,距离50 cm,平均分布。30 min后观察并记载各个寄主植株上的缨小蜂数量,4次重复,重复之间的寄主植株的位置随机摆放。

1.2.4 不同寄主品系的稻虱缨小蜂种群生命表

接蜂寄生和观察方法同1.2.2。接蜂当天为生命表X的起点,试验设20个重复,即每个品系接蜂20对,平均寄生数量作为产卵基数。接蜂7 d后将寄生卵挑出置培养皿保湿培养,每天记载羽化数、雌雄数量和死亡数,连续观察记载16 d。

生命表参数的计算公式(参照刘树生^[24]的方法):

$$\text{净生殖力: } R_0 = \sum l_x m_x;$$

$$\text{平均世代周期: } T = \frac{\sum x l_x m_x}{R_0};$$

$$\text{内禀增长率: } r_m = \ln R_0 / T;$$

$$\text{周限增长率: } \lambda = e^{r_m}.$$

1.2.5 数据处理与统计分析

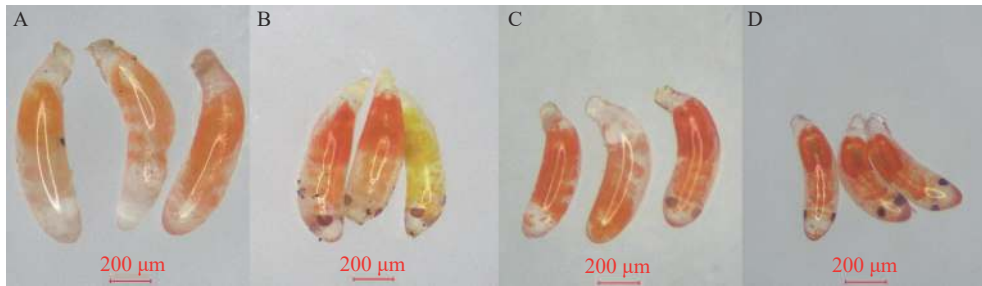
采用Excel 2019进行数据整理,SPSS 27.0软件进行统计分析,多重比较采用沃勒-邓肯进行。数值采用平均值±标准误(mean±SE)表示,P值小于0.05表示差异达显著水平,图表中的不同英文小写字母表示在0.05水平下差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同寄主对稻虱缨小蜂形态的影响

幼虫体色:寄生在褐飞虱、白背飞虱和灰飞虱上的稻虱缨小蜂幼虫和蛹体色呈浅橙色,少数黄绿色;灰飞虱上的也呈浅橙色,但较褐飞虱和白背飞虱的颜色更深;寄生在小宽头飞虱上的颜色最深,呈橙红色,无黄绿色个体(图1)。

形体大小:不同寄主稻虱缨小蜂品系的体长存在显著差异($F=238.0670$, $df=3$, $P=0.0001$)。寄生在褐飞虱和白背飞虱上的稻虱缨小蜂体长差异不显著,但均极显著长于寄生在灰飞虱和小宽头飞虱上的稻虱缨小蜂,小宽头飞虱上的体长最短(图2)。寄生在4种寄主上稻虱缨小蜂的体长分别为:褐飞虱



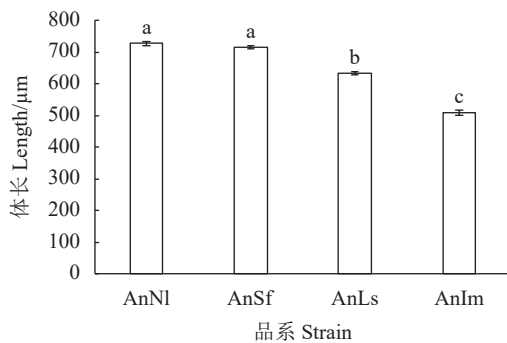
A: 褐飞虱品系; B: 白背飞虱品系; C: 灰飞虱品系; D: 小宽头飞虱品系。

A: *AnNI*; B: *AnSf*; C: *AnLs*; D: *AnIm*。

图 1 不同寄主稻虱缨小蜂品系的幼虫形态特征

Fig. 1 Morphology of *An* larvae

(728.03±10.85) μm, 白背飞虱 (715.5±10.89) μm, 灰飞虱 (633.17±7.92) μm, 小宽头飞虱 (509.1±14.59) μm。寄生在 4 种寄主上稻虱缨小蜂的腹部长度差异也存在显著差异 ($F=81.5090$, $df=3$, $P=0.0001$) (图 3), 腹部由长到短为褐飞虱 (145.70±2.91) μm、白背飞虱 (141.80±2.41) μm、灰飞虱 (141.00±2.33) μm、小宽头飞虱 (111.77±4.06) μm。



不同小写字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$)。下同。

Different lowercase letters indicate significant difference among treatments ($P<0.05$). Same for below.

图 2 不同寄主稻虱缨小蜂品系的成虫体长

Fig. 2 Length of adult *An* body

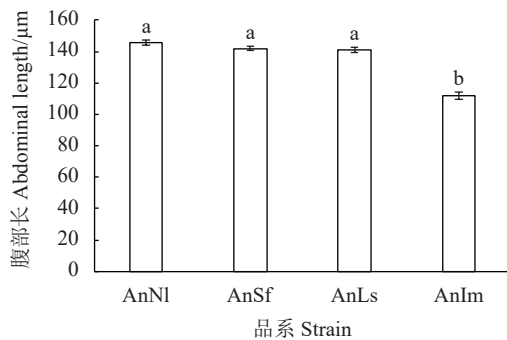


图 3 不同寄主稻虱缨小蜂品系的成虫腹部长度

Fig. 3 Length of adult *An* abdomen

2.2 不同寄主稻虱缨小蜂品系的怀卵量和寄生力

寄生在不同寄主上的稻虱缨小蜂怀卵量分别为: 褐飞虱 32.93 粒、白背飞虱 32.97 粒、灰飞虱 27.47

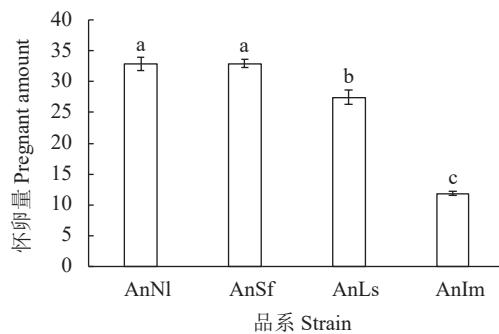


图 4 不同寄主稻虱缨小蜂品系的怀卵量

Fig. 4 Egg load of *Ans*

粒和小宽头飞虱 11.83 粒, 除褐飞虱和白背飞虱寄主的怀卵量无显著差异外, 不同品系怀卵量之间存在显著差异 ($F=128.5950$, $df=3$, $P=0.0001$) (图 4), 褐飞虱和白背飞虱为寄主的怀卵量是灰飞虱的 1.20 倍, 是小宽头飞虱的 2.78 倍。

经两因素方差分析, 稻虱缨小蜂的相同品系 (用同一寄主繁殖出来的稻虱缨小蜂) 在不同寄主上的寄生力差异不显著 ($F_{寄主}=1.243$, $df_{寄主}=3$, $df_{品系}=3$, $P_{寄主}=0.310$), 不同蜂品系对稻虱缨小蜂寄生力的影响有显著差异 ($F_{品系}=4053.275$, $df_{品系}=3$, $df_{寄主}=3$, $P_{品系}=0.000$)。不同蜂品系对稻虱缨小蜂寄生力的影响见图 5, 以褐飞虱和白背飞虱为寄主繁殖的品系之间的寄生力无显著差异, 但均显著高于灰飞虱和小宽头飞虱为寄主的品系, 灰飞虱为寄主的品系寄生力显著高于小宽头飞虱品系的寄生力。

2.3 不同寄主对羽化率、性比和成虫寿命的影响

4 种寄主对稻虱缨小蜂的羽化率、性比和成虫寿命的影响见表 1。由表 1 可知, 不同寄主对稻虱缨小蜂羽化率的影响差异不显著 ($F=0.1160$, $df=3$, $P=0.9493$), 稻虱缨小蜂在 4 种寄主上的羽化率均很高, 羽化率在 96% 以上。不同寄主稻虱缨小蜂的性比差异也不显著 ($F=1.1900$, $df=3$, $P=0.3499$), 雌性比例由高到低为小宽头飞虱 > 褐飞虱 > 灰飞虱 >

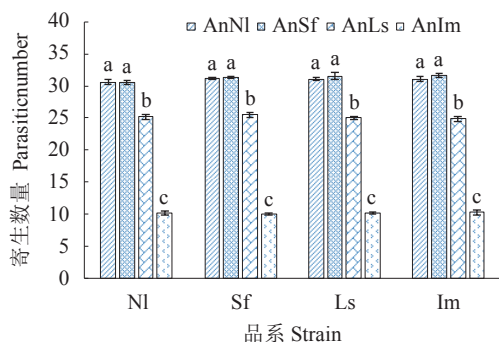


图 5 不同寄主稻虱缨小蜂品系的寄生力

Fig. 5 Parasitism capacity of *Ans*

白背飞虱。不同寄主对稻虱缨小蜂成虫寿命的影响不显著 ($F_{寿命}=0.1640$, $df_{寿命}=3$, $P_{寿命}=0.9176$), 成虫寿命在 26 °C 条件下均在 3 d 左右。

表 1 不同寄主稻虱缨小蜂品系的羽化率、雌成虫比例和成虫寿命

Table 1 Emergence rate, proportion of female adults, and lifespan of *Ans*

寄主 Host	羽化率 Eclosion rate/%	雌成虫比例 Female percentages/%	成虫寿命 Adult lifespan/d
褐飞虱 <i>N. lugens</i>	96.34 ± 0.49a	51.48 ± 0.17a	3.03 ± 0.02a
白背飞虱 <i>S. furcifera</i>	96.48 ± 0.40a	51.19 ± 0.16a	3.00 ± 0.03a
灰飞虱 <i>L. striatellus</i>	96.11 ± 0.46a	51.42 ± 0.21a	2.98 ± 0.10a
小宽头飞虱 <i>I. matsuyamensis</i>	96.34 ± 0.47a	51.83 ± 0.37a	3.00 ± 0.11a

2.4 不同寄主稻虱缨小蜂品系的寄主偏好性

稻虱缨小蜂的寄主选择试验结果显示, 褐飞虱、白背飞虱、灰飞虱和小宽头飞虱等 4 种稻虱缨小蜂品系对不同寄主的趋性差异不显著 (图 6) (经两因素方差分析, $F_{品系}=0.229$, $df_{品系}=3$, $df_{寄主}=3$, $P_{品系}=0.876$; $F_{寄主}=0.405$, $df_{寄主}=3$, $df_{品系}=3$, $P_{寄主}=0.750$), 表明不同寄主繁育的稻虱缨小蜂对寄主的选择是随机的, 并不表现出对某一寄主的偏好。

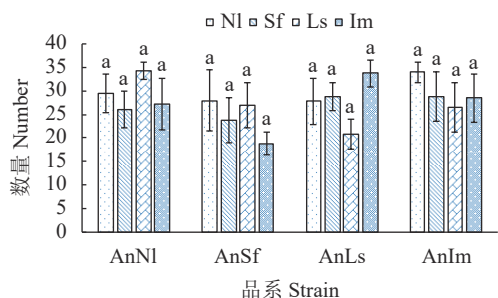


图 6 不同寄主卵繁育的稻虱缨小蜂对寄主卵的偏好性

Fig. 6 Oviposition preference of *Ans* emerged from different hosts

2.5 不同寄主对稻虱缨小蜂种群参数的影响

净增殖率 R_0 表示种群经过一个世代后的增殖倍数, 由表 2 可知, 以褐飞虱为寄主的稻虱缨小蜂净增殖率最高, 其次是白背飞虱, 然后是灰飞虱, 小宽头飞虱的最小。内禀增长率 r_m 和周限增长率 λ 也是褐飞虱 > 白背飞虱 > 灰飞虱 > 小宽头飞虱, 褐飞虱和白背飞虱品系是小宽头飞虱品系的 3 倍以上。

表 2 不同寄主稻虱缨小蜂品系的种群参数

Table 2 Population parameters of *Ans*

寄主 Host	净增殖率 R_0 Net reproductive rate	平均世代周期 T Mean generation time/d	内禀增长率 r_m Intrinsic rate of increase	周限增长率 λ Finite rate of increase
褐飞虱 <i>N. lugens</i>	5.3144	10.91	0.1531	1.1654
白背飞虱 <i>S. furcifera</i>	5.0064	10.87	0.1482	1.1598
灰飞虱 <i>L. striatellus</i>	4.1934	10.96	0.1307	1.1397
小宽头飞虱 <i>I. matsuyamensis</i>	1.5931	10.91	0.0427	1.0436

3 讨论与结论

寄主种类和大小对寄生蜂有较大影响。寄生蜂的发育与寄主的营养量有关^[25-26], 个体较大的寄主通常繁殖出来的寄生蜂个体也更大^[27,28]。以大卵繁育的稻螟赤眼蜂个体大于以小卵繁育的个体^[29,30]。松毛虫凸腿小蜂在蛹体质量较大的寄主蛹上繁育出的体长长于个体较小的寄主蛹^[31]。本研究也表明, 稻虱缨小蜂的个体发育受寄主的影响, 寄主个体越大则稻虱缨小蜂的个体也越大, 以褐飞虱和白背飞虱为寄主的稻虱缨小蜂个体显著长于灰飞虱和小宽头飞虱为寄主的个体。稻虱缨小蜂不仅个体大小受寄主影响, 其体色也明显受寄主影响。以褐飞虱、白背飞虱为寄主的稻虱缨小蜂个体体色较淡, 偶有少数幼虫期体色呈黄绿色, 但以小宽头飞虱为寄主却未发现黄绿色的稻虱缨小蜂个体, 这种现象是否跟寄主植物有关? 黄绿色个体的生物学有无特殊之处? 这些问题都有待进一步研究。

寄生蜂的寄主选择偏好受多种因素影响, 有多种表现形式。有的寄生蜂会偏好选择寄生与繁殖寄主相同的寄主^[32,33]。有的寄生蜂寄主选择性受繁殖寄主种类的影响较小, 王娟等^[34]报道, 2 种不同繁殖寄主来源的丽蚜小蜂均偏好寄生温室白粉虱。有的寄生蜂会优先寄生个体较大的寄主^[35]。比如日本平腹小蜂偏向于寄生体积较大的柞蚕卵, 在体积较小

的家蚕卵上则寄生较少^[36]。但在本研究中, 稻虱缨小蜂在寄主选择上没有表现出偏好性, 不同寄主品系稻虱缨小蜂对不同寄主均为随机选择寄生, 没有受到繁殖寄主种类和寄主个体大小的影响, 这可能是由于褐飞虱、白背飞虱、灰飞虱和小宽头飞虱均是稻虱缨小蜂的自然寄主。

研究表明, 以褐飞虱和白背飞虱为寄主的稻虱缨小蜂品系具有体长较长, 怀卵量大, 内禀增长力高的特点, 两者羽化率、性比和寿命差异不显著, 且对寄主无明显偏好, 是适合的繁殖寄主。灰飞虱和小宽头飞虱虽然内禀增长力较低, 但灰飞虱可以以小麦为寄主植物, 小麦具有较强的耐寒性; 小宽头飞虱的寄主植物沟叶结缕草同样具有较强的耐寒性, 而褐飞虱和白背飞虱是单食性昆虫, 只以水稻为寄主植物, 而水稻不耐冷, 不适合于冷藏。冷藏是天敌规模化生产和远距离运输以及延长货架期的关键性环节, 可以解决稻虱缨小蜂羽化高峰期与寄主飞虱的产卵期不相遇, 造成成蜂的浪费的问题; 可以通过冷藏调节缨小蜂的发育进度, 使得每一批寄主飞虱卵都可以与缨小蜂的羽化期相吻合, 提高繁蜂效率, 确保天敌种群数量的充足和稳定; 还可以延长货架期保障长距离运输, 并且可在稻飞虱迁入产卵期实现同步释放。因此, 应以褐飞虱或白背飞虱为寄主进行大规模扩繁, 以灰飞虱为寄主小麦为寄主植物或小宽头飞虱为寄主沟叶结缕草为寄主植物进行冷藏, 以实现稻虱缨小蜂的室内人工规模化饲养。

参考文献:

- [1] WU A Z, ZHAO Y, QU Z C, et al. Subcellular localization of the stripe disease-specific protein encoded by rice stripe virus (RSV) in its vector, the small brown planthopper, *Laodelphax striatellus* [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2001, 46(21): 1819-1822.
- [2] LIU Z W, HAN Z J. Fitness costs of laboratory-selected imidacloprid resistance in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål [J]. *Pest Management Science*, 2006, 62(3): 279-282.
- [3] WANG Y H, GAO C F, ZHU Y C, et al. Imidacloprid susceptibility survey and selection risk assessment in field populations of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae)[J]. *Journal of Economic Entomology*, 2008, 101(2): 515-522.
- [4] 全国农业技术推广服务中心. 2023 年全国农业有害生物抗性监测报告 [OL]. [2024-02-27]. 全国农技推广网 <https://www.natesc.org.cn/news>.
- [5] YU X P, BARRION A T, LU Z X. A taxonomic investigation on egg parasitoid, *Anagrus* of rice planthopper in Zhejiang Province [J]. *Chinese Rice Research Newsletter*, 2001(3): 8-9.
- [6] 毛润乾, 古德祥, 张古忍, 等. 稻田飞虱卵寄生蜂群落结构和动态的初步研究 [J]. *昆虫学报*, 2002, 45 (3): 408-412.
- MAO R Q, GU D X, ZHANG G R, et al. A preliminary investigation on structure and dynamics of egg parasitoid community on the brown planthopper in rice field [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2002, 45(3): 408-412. (in Chinese)
- [7] 祝增荣, 陈建明, 程家安, 等. 双季稻白背飞虱的被寄生率暨存活率分析 [J]. *中国生物防治*, 2004, 20 (1): 21-26.
- ZHU Z R, CHEN J M, CHENG J A, et al. Parasitism and survival analysis of *Sogatella furcifera* in double-cropping rice fields [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2004, 20(1): 21-26. (in Chinese)
- [8] 郑许松, 俞晓平, 吕仲贤, 等. 不同营养源对稻虱缨小蜂寿命及寄生能力的影响 [J]. *应用生态学报*, 2003, 14 (10): 1751-1755.
- ZHENG X S, YU X P, LU Z X, et al. Effects of different nutritional resources on the longevity and parasitic ability of egg parasitoid *Anagrus nilaparvatae* [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(10): 1751-1755. (in Chinese)
- [9] 林庆胜, 黄寿山, 胡美英, 等. 稻虱缨小蜂 (*Anagrus nilaparvatae*) 在两种稻飞虱上的生殖力及其应用潜能 [J]. *生态学报*, 2009, 29 (8): 4295-4302.
- LIN Q S, HUANG S S, HU M Y, et al. Fecundity of *Anagrus nilaparvatae* parasitizing two rice hopper and the evaluation of its application potential [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(8): 4295-4302. (in Chinese)
- [10] MIURA T, HIRASHIMA Y, WONGSIRI T. Egg and nymphal parasites of rice leafhoppers and planthoppers. a result of field studies in Thailand in 1977 [J]. *Esakia*, 1979, 13: 21-44.
- [11] MIURA T, HIRASHIMA Y, CHUJO M, et al. Egg and nymphal parasites of rice leafhoppers and planthoppers. a result of field studies in Taiwan in 1979 (part 1) [J]. *Esakia*, 1981, 16: 39-50.
- [12] 罗肖南, 卓文禧. 稻飞虱卵寄生蜂—缨小蜂生物学特性及保护利用的探讨 [J]. *福建农学院学报*, 1980, 9 (2): 44-60.
- LUO X N, ZHUO W X. Investigations on the bionomics and utilization of mymarid egg-parasites of rice planthoppers [J]. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition)*, 1980, 9(2): 44-60. (in Chinese)
- [13] 朱平阳, 郑许松, 姚晓明, 等. 提高稻飞虱卵期天敌控害能力的稻田生态工程技术 [J]. *中国植保导刊*, 2015, 35 (7): 27-32,56.
- ZHU P Y, ZHENG X S, YAO X M, et al. Ecological engineering technology for enhancement of biological control capacity of egg parasitoids against rice planthoppers in paddy fields [J]. *China Plant Protection*, 2015, 35(7): 27-32,56. (in Chinese)
- [14] 申昭灿, 陈龙, 邬家栋, 等. 稻田寄生蜂和鳞翅目昆虫的多样性及变化动态 [J]. *中国生物防治学报*, 2017, 33 (5): 590-596.
- SHEN Z C, CHEN L, WU J D, et al. Diversity and dynamic of parasitoid wasps and lepidopteran insects during growth stages of rice [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2017, 33(5): 590-596. (in Chinese)
- [15] 王野岸, 庞雄飞. 稻虱缨小蜂寄主范围的调查 [J]. *昆虫天敌*, 1986, 8 (4): 225-229.
- WANG Y A, PANG X F. Investigation of the host range of *Anagrus nilaparvatae* (Hymenoptera: Mymaridae) [J]. *Natural Enemies of*

- Insects*, 1986, 8(4): 225–229. (in Chinese)
- [16] 徐红星, 于莹, 郑许松, 等. 模拟干旱胁迫对稻虱缨小蜂的影响 [J]. 植物保护学报, 2017, 44 (1): 54–59.
XU H X, YU Y, ZHENG X S, et al. Effects of simulated drought stress on the ecological fitness of *Anagrus nilaparvatae* Pang et Wang [J]. *Journal of Plant Protection*, 2017, 44(1): 54–59. (in Chinese)
- [17] 刘大卫. 两种褐飞虱卵寄生蜂的寄生行为及种间竞争初探 [D]. 福州: 福建农林大学, 2023.
LIU D W. Preliminary exploration on the parasitic behavior and interspecific competition of two egg parasitoid wasps on brown rice planthopper *Nilaparvata lugens* (Stål) [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2023. (in Chinese)
- [18] 胡进耀, 苏智先, 陈光升, 等. 水稻, 褐飞虱, 稻虱缨小蜂的化学生态研究概述 [J]. 内江师范学院学报, 2004, 19 (6): 74–78.
HU J Y, SU Z X, CHEN G S, et al. Study in chemical ecology of tritrophic interactions among rice, *Nilaparvata lugens* and *Anagrus nilaparvatae* [J]. *Journal of Neijiang Teachers College*, 2004, 19(6): 74–78. (in Chinese)
- [19] 胡进生. 二种稻虱缨小蜂空间寄生习性的观察 [J]. 昆虫知识, 1992, 29 (2): 107–109.
HU J S. Observation on the spatial parasitism habits of two species of *Anagrus nilaparvatae* [J]. *Entomological Knowledge*, 1992, 29(2): 107–109. (in Chinese)
- [20] 程遐年, 徐国民. 两种稻虱缨小蜂种群生态的比较 [J]. 昆虫学报, 1991, 34 (4): 405–412.
CHENG X N, XU G M. Comparison of population ecology between two mymarid egg parasitoids of rice planthoppers [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1991, 34(4): 405–412. (in Chinese)
- [21] 娄永根, 程家安. 水稻品种对稻虱缨小蜂发育、存活及繁殖的影响 [J]. 昆虫学报, 1996, 39 (1): 28–36.
LOU Y G, CHENG J A. Influence of rice varieties on development, survival and fecundity of *Anagrus nilaparvatae* Pang et Wang [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1996, 39(1): 28–36. (in Chinese)
- [22] 娄永根, 程家安, 平霄飞, 等. 稻虱缨小蜂对褐飞虱和白背飞虱卵的识别机制 [J]. 昆虫学报, 2002, 45 (6): 770–776.
LOU Y G, CHENG J A, PING X F, et al. Discrimination by the egg parasitoid *Anagrus nilaparvatae* between two hosts, *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera* [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2002, 45(6): 770–776. (in Chinese)
- [23] 祝增荣, 程家安, 陈琇. 稻虱缨小蜂的寄主选择性和适宜性 [J]. 昆虫学报, 1993, 36 (4): 430–437.
ZHU Z R, CHENG J A, CHEN X. Host preference and suitability of *Anagrus nilaparvatae* [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1993, 36(4): 430–437. (in Chinese)
- [24] 刘树生. 昆虫生命表制作与分析中的几个问题 [J]. 昆虫知识, 1986, 23 (1): 41–43, 45.
LIU S S. Several problems in the production and analysis of insect life table [J]. *Entomological Knowledge*, 1986, 23(1): 41–43, 45. (in Chinese)
- [25] WYCKHUYS K A G, STONE L, DESNEUX N, et al. Parasitism of the soybean aphid, *Aphis glycines* by *Binodoxys communis*: The role of aphid defensive behaviour and parasitoid reproductive performance [J]. *Bulletin of Entomological Research*, 2008, 98(4): 361–370.
- [26] PEKAS A, TENA A, HARVEY J A, et al. Host size and spatiotemporal patterns mediate the coexistence of specialist parasitoids [J]. *Ecology*, 2016, 97(5): 1345–1356.
- [27] CLOUTIER C, DUPERRON J, TERTULIANO M, et al. Host instar, body size and fitness in the koinobiotic parasitoid *Aphidius nigripes* [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2000, 97(1): 29–40.
- [28] CHAU A, MACKAUER M. Preference of the aphid parasitoid *Monoctonus paulensis* (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) for different aphid species: Female choice and offspring survival [J]. *Biological Control*, 2001, 20(1): 30–38.
- [29] BAI B R, LUCK R F, FORSTER L, et al. The effect of host size on quality attributes of the egg parasitoid, *Trichogramma pretiosum* [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1992, 64(1): 37–48.
- [30] GREENBERG S M, NORDLUND D A, WU Z X. Influence of rearing host on adult size and ovipositional behavior of mass produced Female *Trichogramma minutum* Riley and *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) [J]. *Biological Control*, 1998, 11(1): 43–48.
- [31] LIU P C, ZHAO B, CAO D D, et al. Oviposition decisions in an endoparasitoid under self-superparasitism conditions [J]. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 2021, 24(1): 443–447.
- [32] SMITH M A, CORNELL H V. Hopkins host-selection in *Nasonia vitripennis* and its implications for sympatric speciation [J]. *Animal Behaviour*, 1979, 27: 365–370.
- [33] OHTA I, HONDA K I. Use of *Sitobion akebiae* (Hemiptera: Aphididae) as an alternative host aphid for a banker-plant system using an indigenous parasitoid, *Aphidius gifuensis* (Hymenoptera: Braconidae) [J]. *Applied Entomology and Zoology*, 2010, 45(2): 233–238.
- [34] 王娟, 王孟卿, 刘晨曦, 等. 丽蚜小蜂的粉虱寄主选择性及后代蜂发育适合度 [J]. 中国生物防治学报, 2019, 35 (2): 159–166.
WANG J, WANG M Q, LIU C X, et al. Host selection of *Encarsia formosa* gahan to whiteflies and developmental performances of the parasitoid offspring [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2019, 35(2): 159–166. (in Chinese)
- [35] KING B H, NAPOLEON M E. Using effects of parasitoid size on fitness to test a host quality model assumption with the parasitoid wasp *Spalangia endius* [J]. *Canadian Journal of Zoology*, 2006, 84(11): 1678–1682.
- [36] 魏晓燕. 日本平腹小蜂对三种寄主卵的寄生选择与适应性研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2023.
WEI X Y. Parasitism selection and adaptation of *Anastatus japonicus* on three host eggs [D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2023. (in Chinese)

(责任编辑: 林海清)