

# 不同植物上灰飞虱适合度的研究

乔慧<sup>1,2</sup> 刘芳<sup>2</sup> 罗举<sup>1</sup> 赖凤香<sup>1</sup> 傅强<sup>1,\*</sup> 王华弟<sup>3</sup> 戴德江<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>中国水稻研究所,浙江杭州 310006; <sup>2</sup>扬州大学园艺与植保学院,江苏扬州 225009; <sup>3</sup>浙江省植物保护检疫局,浙江杭州 310020; \* 通讯联系人, E-mail: qiangfu1@yahoo.com.cn)

## Fitness of the Small Brown Planthopper (*Laodelphax striatellus*) on Different Plants

QIAO Hui<sup>1,2</sup>, LIU Fang<sup>2</sup>, LUO Ju<sup>1</sup>, LAI Feng xiang<sup>1</sup>, FU Qiang<sup>1,\*</sup>, WANG Hua di<sup>3</sup>, DAI De jiang<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China; <sup>2</sup>College of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; <sup>3</sup>Bureau of Plant Protection and Quarantine, Hangzhou 310020, China; \* Corresponding author, E-mail: qiangfu1@yahoo.com.cn)

Abstract: The development and reproduction of the small brown planthopper (SBPH) on 57 plants including *Oryza sativa*, *Zea mays*, *Sorghum vulgare* and *Echinochloa crusgalli* were studied by the caging method in laboratory. The results indicated that nymphal development duration, emergence rate, adult weight, adult longevity and fecundity of SBPH on different plants were significantly different. According to principal component analysis and population trend index analysis, five plants (*Echinochloa crusgalli* etc.) were the most suitable host plants, with the emergence rates of SBPH on these plants ranging from 59.4% to 86.9%, and the population trend indexes above 27.8. Nine plants (*Lolium perenne* etc.) were also suitable for the small brown planthopper, 27.0% - 64.5% individuals could emerge on those plants with the population trend indexes above 10. Five plants such as *Eleusine indica* were scarcely suitable for the survival of SBPH, with 13.0% - 35.6% emergence rate, and 1 - 10 population trend index. Thirteen plants (*Bromus inermis* etc.) were unfit for SBPH's survival, less than 10% individuals could emerge on them, with the population trend indexes below 1. Nymphs of SBPH on other twenty five plants such as *Zea mays* could not emerge. *Lolium malai foram*, *Beckmannia syzigachne*, *Polypogon fugax*, *Poa acroleuca*, *Avena fatua* and *Capsella bursapastoris* were the newly confirmed host plants.

Key words: small brown planthopper; host plant; population parameter; principal component analysis; fitness

摘要:通过室内笼罩饲养法观察了水稻、玉米、高粱、稗草等 57 种植物上灰飞虱 *Laodelphax striatellus*(Fallén) 的生长发育繁殖情况。不同供试植物上灰飞虱羽化率、若虫历期、初羽化成虫体质量、成虫寿命和产卵量等参数均存在不同程度的差异。结合主成分分析和种群趋势指数分析,发现 57 种供试植物中,适宜灰飞虱生存的寄主植物有稗草等 5 种,这些植物上灰飞虱羽化率介于 59.4%~86.9% 种群趋势指数在 27.8 以上;较适宜灰飞虱生存的寄主植物有黑麦草等 9 种,灰飞虱羽化率在 27.0%~64.5%,种群趋势指数多在 10 以上;较不适宜灰飞虱生存的寄主植物有牛筋草等 5 种,羽化率介于 13.0%~35.6%,种群趋势指数为 1~10;不适宜灰飞虱生存的植物有无芒雀麦等 13 种,羽化率在 10% 以下,种群趋势指数在 1 以下;玉米等 25 种植物上灰飞虱若虫不能羽化为成虫。其中,黑麦草、棒头草、蔺草、白顶早熟禾、野燕麦和芥菜等为新证实的寄主植物。

关键词:灰飞虱;寄主植物;种群参数;主成分分析;适合度

中图分类号:Q968.9;S186;S435.112+3

文献标识码:A

文章编号:1001-7216(2009)01-0071-08

灰飞虱 *Laodelphax striatellus*(Fallén) 是我国的一种重要水稻害虫,近年来其发生为害上升,尤其在江浙皖等地发生较多。灰飞虱除成虫、若虫直接刺吸为害导致水稻千粒重、稻米品质降低外,更主要的是它能传播水稻条纹叶枯病等多种病毒病<sup>[1-5]</sup>,严重影响产量,甚至导致绝收。2004 年浙江省灰飞虱发生面积达 24.08 万 hm<sup>2</sup>,是 1998 年的 3 倍,其传播的水稻黑条矮缩病和条纹叶枯病分别在浙南和浙北流行,发病面积分别达 5.33 万 hm<sup>2</sup>和 2.33 万 hm<sup>2</sup>;2004 - 2005 年江苏省水稻条纹叶枯病连年大发生,发生面积达 140 万 hm<sup>2</sup>,超过该省水稻播种面积的 70%。灰飞虱及其传播的病毒病潜在威胁逐年加重,成为当前水稻生产的一大难题<sup>[6-9]</sup>。

灰飞虱终年在本地发生、繁殖,同时,该虫没有

明显的越冬滞育习性,非水稻生长季节必须依赖水稻以外的本地寄主植物。灰飞虱的传毒受到这些非水稻寄主的影响。研究发现,看麦娘、游草、稗草等杂草是条纹叶枯病病毒的重要寄主<sup>[10]</sup>。近年来,农业粗放经营,导致田间、沟渠边杂草丛生,为灰飞虱提供了丰富而稳定的桥梁及越冬寄主植物。这可能是灰飞虱和条纹叶枯病大发生的一个重要原因<sup>[11-12]</sup>。因此,探明灰飞虱的寄主植物种类,对掌握灰飞虱及其所传播的条纹叶枯病等病毒病的发生

收稿日期:2008-01-09;修改稿收到日期:2008-09-24。

基金项目:浙江省重大农业科技攻关项目(2005C32022);浙江省自然科学基金青年人才培养项目(R304466)。

第一作者简介:乔慧(1982-),女,硕士研究生。

规律具有重要意义。然而,目前有关灰飞虱寄主的研究不多,主要见于 20 世纪 60 - 80 年代的报道<sup>[10,13-15]</sup>,且这些研究多基于田间调查结果,缺少对各类植物上灰飞虱生长、发育、繁殖等生物学参数的系统研究。为此,我们采用室内笼罩饲养法对不同植物上灰飞虱的这些生物学参数进行了研究,以期明确田间主要植物上灰飞虱的适合度,进而为阐明灰飞虱的发生为害规律,有效防治灰飞虱及其所传病毒病提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试灰飞虱采自中国水稻研究所富阳试验基地稻田,在室内于 TN1 上繁殖一代后供试。

以田间主要作物及杂草作为供试植物,共计 57 种,包括水稻、小麦、茭白、玉米、高粱、白菜、小白菜、油菜、蚕豆、豌豆等 10 种作物以及稗草、看麦娘、游草、千金子、狗牙根等 43 种田间常见杂草。其中,水稻有 TN1、丰优香占、协优 63、武育粳 3 号、武粳 15 和镇稻 99 等 6 个品种(表 1)。杂草采自中国水稻研究所富阳试验基地稻田及其附近田块,小麦、玉米、高粱种子购自富阳种子分公司, TN1 种子由中国水稻研究所提供,武育粳 3 号、武粳 15、丰优香占、协优 63 和镇稻 99 等水稻种子购自扬州市种子分公司。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 不同供试植物上若虫期灰飞虱的生长发育情况

因供试植物较多,且不同植物生长季节有所不同(尤其杂草在其生长季节采集较容易),实验分 3 次进行。第 1 次实验于 2006 年 11 月 - 12 月进行,环境温度 14 ~ 28 °C;第 2 次实验于 2006 年 12 月 - 2007 年 1 月进行,环境温度为 20 ~ 30 °C;第 3 次实验于 2007 年 3 月 - 4 月进行,环境温度为 24 ~ 30 °C。各批次实验均设有水稻品种 TN1,便于不同批次间的比较。

实验前 1 ~ 2 周,将各植物移栽于泥盆,然后将泥盆置于无虫环境中至植株完全存活。接虫前,根据植物的生长情况去除多余的植株,以使每盆中保留的植物生物量尽量接近。一般玉米、高粱等茎秆粗壮的植物保留 1 个主茎,水稻、稗草、小麦等保留 2 ~ 3 个分蘖,看麦娘、早熟禾等瘦弱的植株保留 4 ~ 5 个分蘖,同时去除老叶并洗净植株。之后,每盆依据植株生长情况接入初孵若虫 20 ~ 30 头(植株生物

量大的接虫相对多些,反之亦然),并套上透明塑料笼罩,笼罩顶端罩以笼纱,便于透气。每种植物接虫 8 ~ 12 盆。每隔 3 d 观察 1 次植株长势,若植株叶片开始发黄,进行换苗。同时观察若虫的存活情况,对于生长缓慢不能羽化的试虫,记载若虫的最长存活时间及最大龄期;对于试虫可以羽化的植株,自有成虫羽化起,每日记载羽化虫数、性别,同时用十万分之一电子天平(METTLER, AE240)逐头称取每头初羽化成虫的体质量,直至全部羽化,并据此计算若虫发育历期、羽化率、初羽化成虫体质量、雌虫比率。

#### 1.2.2 不同供试植物上灰飞虱成虫繁殖力与卵孵化率

对灰飞虱可以完成若虫期生长发育并有足够成虫羽化的植物,进一步观察成虫繁殖力及卵孵化率(第 3 批植物因若虫期观察结束后开花、枯死而未进行)。各供试植物上初羽化的成虫配对笼罩饲养于预先准备的同种无虫植株上,每笼接雌、雄虫各 1 头,环境温度为 20 ~ 30 °C。接虫后每日观察、记载成虫的存活情况。若雄虫在接虫后 3 d 内死亡,补入雄虫 1 头。开始有若虫孵化后,隔日拍出所孵若虫并记数,至连续 5 d 以上无若虫孵化后,在解剖镜下考查植株上未孵化卵量。计算总产卵量(孵化若虫与未孵化卵之和)和卵孵化率。

#### 1.2.3 数据分析

采用唐启义等的 DPS 软件<sup>[16]</sup>对同批次不同供试植物上各指标进行方差分析和新复极差法多重比较。并将若虫期各项指标(羽化率、若虫历期及初羽化成虫体质量)转换成与同批次 TN1 相应指标的比值后进行主成分分析,综合评价各供试植物对灰飞虱若虫期生长发育的影响。

各供试植物上灰飞虱的种群趋势指数( $I$ )模型参照高春先等<sup>[17]</sup>,并经简化,模型为:

$$I = S_E \cdot S_N \cdot P \cdot F;$$

式中, $S_E$ 为卵孵化率; $S_N$ 为若虫的羽化率; $P$ 为雌成虫比例; $F$ 为每雌平均产卵量。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同植物上灰飞虱若虫期的生长发育情况

对 3 次实验中共有的水稻品种 TN1 进行分析,发现不同批次实验灰飞虱在 TN1 上的若虫羽化率、发育历期、初羽化成虫体质量等指标有明显差异,这可能与不同批次试验环境条件(温度)不同有关。因此,对不同供试植物上试虫生长发育情况的分析均以同批次的 TN1 试虫为参照分别进行。

### 2.1.1 羽化情况

灰飞虱在不同供试植物上的羽化情况存在明显差异(表 1),以同批次水稻品种 TN1 为参照(羽化率分别为 31.5%、47.5%和 57.0%),全部供试植物可以分成 5 类:

第 1 类。羽化率显著高于同批次 TN1,介于 59.4%~86.9%,有稗草、小麦、早熟禾以及水稻品种武育粳 3 号、武粳 15 等 5 种供试植物,均属禾本科。

第 2 类。羽化率与同批次 TN1 间无显著差异,介于 27.0%~64.5%,该范围与第 1 类有一定的交叉,主要是不同批次试验的差异所致(通过与同批次 TN1 比较可以明确分开,下同)。这类植物包括黑麦草、蔺草、白顶早熟禾、野燕麦、芥菜及水稻品种丰优香占、协优 63 和镇稻 99 等 8 种(算上 TN1 有 9 种),除芥菜属十字花科外,其余均为禾本科植物。

第 3 类。羽化率明显低于同批次 TN1,但显著大于 0,介于 13.0%~35.6%,包括牛筋草、看麦娘、马唐、棒头草、燕麦等 5 种供试植物,均系禾本科植物。

第 4 类。仅有少量试虫羽化,羽化率明显低于同批次 TN1,且与 0 无显著差异,最高不超过 8.5%,包括高粱、无芒雀麦、狗牙根、千金子、大画眉草、普通早熟禾、硬质早熟禾、鹅观草、鼠尾粟、碎米莎草、异型莎草、野荸荠和拟漆姑等 13 种供试植物,其中前 9 种属禾本科植物,其余分别属莎草科(3 种)、石竹科(1 种)。

第 5 类。试虫不能羽化,羽化率为 0,包括玉米、茭白、结缕草、游草、金狗尾、草地早熟禾、白菜、小白菜、油菜等 25 种供试植物(表 1),其中禾本科植物 9 种,雨久花科植物 1 种,香蒲科植物 1 种,莎草科植物 2 种,伞形科植物 1 种,豆科植物 4 种,车前科植物 1 种,茜草科植物 1 种,玄参科植物 1 种,菊科植物 1 种,十字花科植物 3 种。

对各类植物的分类归属进行分析可以看出,灰飞虱若虫比较嗜好禾本科植物,前 3 类共计 19 种供试植物中,除去 6 个水稻品种外,还有 12 种植物属禾本科植物;第 4 类的 13 种植物中,大部分(9 种)属禾本科,但灰飞虱亦不能在 9 种供试禾本科植物(第 5 类)上完成若虫期生长发育,表明这些禾本科植物并非灰飞虱寄主。其他科的植物中,除十字花科的芥菜适于灰飞虱若虫外,仅莎草科、石竹科的部分植物(4 种)上有少量的灰飞虱羽化,多数植株上灰飞虱不能完成若虫期发育。

不同水稻品种间存在明显差异,粳型品种除镇稻 99 属于第 2 类外,武育粳 3 号、武粳 15 均属第 1 类,籼型品种(TN1、丰优香占、协优 63)均属第 2 类,似表明粳稻较籼稻更适于灰飞虱若虫的生长发育。

灰飞虱可以完成若虫期发育的 32 种植物上,除少数羽化成虫基数较少外,雌性比率间一般没有明显差异(表 1),表明不同供试植物对灰飞虱的性比影响不明显。

### 2.1.2 雌、雄若虫历期

不同供试植物上灰飞虱的若虫发育历期有显著差异(图 1),以 TN1 为参照,可分为 3 种情况。

第 1 类。雌、雄虫两性试虫若虫历期与 TN1 上的试虫均没有明显差异,包括协优 63、武粳 15、武育粳 3 号、镇稻 99、小麦、高粱、稗草、早熟禾、白顶早熟禾、黑麦草、看麦娘、燕麦、野燕麦、芥菜、碎米莎草等 15 种(算上 TN1 为 16 种),其中仅后 2 种为非禾本科植物。

第 2 类。两性试虫中只有一种性别的发育历期显著长于 TN1 上的试虫,包括丰优香占、牛筋草、狗牙根、千金子、野荸荠等 5 种,且均系雄性若虫发育历期显著长于 TN1 上的雄虫。

第 3 类。两种性别试虫的发育历期均显著长于 TN1 上的试虫,包括无芒雀麦、蔺草、马唐、棒头草、大画眉草、硬质早熟禾、鹅观草、鼠尾粟、异型莎草、普通早熟禾、拟漆姑等 11 种。

### 2.1.3 初羽化成虫的体质量

由图 2 可知,不同供试植物上的初羽化成虫体质量亦有明显差异。以 TN1 为参照,除小麦上雄虫体质量显著较高以外,其他植物上的试虫体质量均与 TN1 上的试虫无显著差异或显著低于后者。其中,普通早熟禾、拟漆姑上的雌雄两性试虫体质量均显著低于 TN1 试虫;高粱、无芒雀麦、狗牙根、野荸荠等 4 种植物上仅雄虫体质量显著低于 TN1 雄虫,武育粳 3 号、芥菜、大画眉草、鹅观草 4 种植物上仅雌虫体质量显著低于 TN1 雌虫,其余 20 种植物上雌雄两性试虫体质量均与 TN1 试虫无显著差异。这表明有灰飞虱羽化的多数供试植物上初羽化成虫体质量的差异不显著。

值得一提的是,羽化率较高的武育粳 3 号、芥菜上的灰飞虱雌虫体质量明显低于 TN1 雌虫。

### 2.1.4 相关指标的主成分分析

对羽化率、雌若虫历期、雄若虫历期、雌成虫体质量、雄成虫体质量等 5 项指标进行主成分分析,综

表 1 不同植物上灰飞虱的羽化率和雌性比率 (平均值 ± 标准差)

Table 1. Emergence rate and female ratio of the small brown planthopper reared on various plants (Mean ± SD).

序号 Code	供试植物 Plant tested	科别 Family	生育期 Growth stage	羽化率 Emergence rate	雌性比率 Female ratio
第 1 批供试植物 The first batch of plants tested					
1	水稻 <i>Oryza sativa</i> (TN1, CK)	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	31.5 ± 8.9 b	67.6 ± 24.1 a
2	水稻 <i>O. sativa</i> (丰优香占 Fengyouxiangzhan)	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	34.5 ± 15.9 b	41.3 ± 25.9 b
3	水稻 <i>O. sativa</i> (协优 63 Xieyou 63)	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	27.0 ± 14.3 b	35.9 ± 19.6 b
4	高粱 <i>Sorghum vulgare</i> (湘两优糯梁 1 Xingliangyounuoliang 1)	禾本科 Gramineae	苗期 Seedling stage	1.2 ± 3.8 d	66.7 ab
5	玉米 <i>Zea mays</i> (苏玉糯 2 号 Suyunuo 2)	禾本科 Gramineae	苗期 Seedling stage	0 d(4 d; 2 龄 2nd instar) <sup>1)</sup>	
6	稗草 <i>Echinochloa crusgalli</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	59.4 ± 25.9 a	56.7 ± 23.4 b
7	牛筋草 <i>Eleusine indica</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	13.0 ± 9.0 c	35.2 ± 19.1 b
8	无芒雀麦 <i>Bromus inermis</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	8.5 ± 8.4 cd	36.3 ± 25.3 b
9	狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	5.5 ± 6.4 cd	45.8 ± 8.3 b
10	千金子 <i>Leptochloa chinensis</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	1.8 ± 2.1 cd	100.0 ab
11	结缕草 <i>Zoysia japonica</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	0 d(19 d; 3 龄 3rd instar) <sup>1)</sup>	
12	游草 <i>Leersia hexandra</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	0 d(20 d; 2 龄 2nd instar) <sup>1)</sup>	
13	金狗尾 <i>Setaria glauca</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	0 d(15 d; 3 龄 3rd instar) <sup>1)</sup>	
14	茭白 <i>Zizania latifolia</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	0 d(8 d; 2 龄 2nd instar) <sup>1)</sup>	
15	碎米莎草 <i>Cyperus iria</i>	莎草科 Cyperaceae	分蘖期 Tillering stage	6.4 ± 8.7 cd	52.0 ± 40.5 b
16	野荸荠 <i>Eleocharis plantagineiformis</i>	莎草科 Cyperaceae	分蘖期 Tillering stage	3.6 ± 3.5 cd	33.3 ± 40.8 b
17	鸭舌草 <i>Mnochoria vaginalis</i>	雨久花科 Pontederiaceae	花期 Flowering stage	0 d(2 d; 1 龄 1st instar) <sup>1)</sup>	
18	蒲草 <i>Typha angustifolia</i>	香蒲科 Typhaceae	分蘖期 Tillering stage	0 d(6 d; 2 龄 2nd instar) <sup>1)</sup>	
第 2 批供试植物 The second batch of plants tested					
1	水稻 <i>O. sativa</i> (TN1, CK)	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	47.5 ± 14.1 c	37.3 ± 24.0 b
19	水稻 <i>O. sativa</i> (武粳 15 Wujing 15)	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	86.9 ± 13.4 a	48.6 ± 12.8 b
20	水稻 <i>O. sativa</i> (武育粳 3 号 Wuyujing 3)	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	69.6 ± 17.1 b	48.5 ± 12.0 b
21	水稻 <i>O. sativa</i> (镇稻 99 Zhendao 99)	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	46.0 ± 14.3 c	58.7 ± 11.4 b
22	小麦 <i>Triticum aestivum</i> (扬麦 11 Yangmai 11)	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	66.3 ± 13.0 b	56.2 ± 16.0 b
23	早熟禾 <i>Poa annua</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	70.6 ± 9.4 b	50.3 ± 18.2 b
24	黑麦草 <i>Lolium perenne</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	50.0 ± 15.1 c	50.4 ± 13.4 b
25	蔺草 <i>Bedmannia syzigachne</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	42.1 ± 16.6 cd	34.5 ± 16.5 b
26	看麦娘 <i>Alopecurus aequalis</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	35.6 ± 15.5 d	47.2 ± 37.1 b
27	马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	26.5 ± 11.7 e	49.0 ± 28.9 b
28	棒头草 <i>Polypogon fugax</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	24.0 ± 5.7 e	54.8 ± 16.5 b
29	大画眉草 <i>Eragrostis cilianensis</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	5.6 ± 5.6 f	41.7 ± 50.0 b
30	硬质早熟禾 <i>Poa sphondylodes</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	0.5 ± 1.4 f	100.0 a
31	白茅 <i>Imperata cylindrica</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	0 f(15 d; 2 龄 2nd instar) <sup>1)</sup>	
32	鹅观草 <i>Roegneria kamoji</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	1.5 ± 3.0 f	50.0 b
33	鼠尾粟 <i>Sporobolus indicus</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	6.5 ± 6.4 f	38.3 ± 27.4 b
34	狼尾草 <i>Pennisetum alopecuroides</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	0 f(8 d; 2 龄 2nd instar) <sup>1)</sup>	
35	双穗雀稗 <i>Paspalum distichum</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	0 f(23 d; 2 龄 2nd instar) <sup>1)</sup>	
36	异型莎草 <i>Cyperus difformis</i>	莎草科 Cyperaceae	分蘖期 Tillering stage	4.4 ± 7.3 f	25.0 ± 25.0 b
37	蔗草 <i>Scirpus triquetar</i>	莎草科 Cyperaceae	分蘖期 Tillering stage	0 f(20 d; 2 龄 2nd instar) <sup>1)</sup>	
38	野胡萝卜 <i>Daucus carota</i>	伞形科 Umbelliferae	花期 Flowering stage	0 f(2 d; 1 龄 1st instar) <sup>1)</sup>	
39	紫云英 <i>Astragalus sinicus</i>	豆科 Leguminosae	花期 Flowering stage	0 f(1 d; 1 龄 1st instar) <sup>1)</sup>	
40	蚕豆 <i>Vicia faba</i>	豆科 Leguminosae	苗期 Seedling stage	0 f(1 d; 1 龄 1st instar) <sup>1)</sup>	
41	豌豆 <i>Pisum sativum</i>	豆科 Leguminosae	苗期 Seedling stage	0 f(2 d; 1 龄 1st instar) <sup>1)</sup>	
42	大巢菜 <i>Vicia sativa</i>	豆科 Leguminosae	苗期 Seedling stage	0 f(1 d; 1 龄 1st instar) <sup>1)</sup>	
43	车前 <i>Plantago asiatica</i>	车前科 Plantaginaceae	花期 Flowering stage	0 f(2 d; 1 龄 1st instar) <sup>1)</sup>	
44	猪殃殃 <i>Galium aparine</i> var. <i>tenerum</i>	茜草科 Rubiaceae	苗期 Seedling stage	0 f(2 d; 1 龄 1st instar) <sup>1)</sup>	
45	婆婆纳 <i>Veronica didyma</i>	玄参科 Scrophulariaceae	花期 Flowering stage	0 f(1 d; 1 龄 1st instar) <sup>1)</sup>	
46	一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	菊科 Compositae	苗期 Seedling stage	0 f(1 d; 1 龄 1st instar) <sup>1)</sup>	
第 3 批供试植物 The third batch of plants tested					
1	水稻 <i>O. sativa</i> (TN1, CK)	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	57.0 ± 14.0 ab	53.7 ± 16.4 a
47	燕麦 <i>Avena sativa</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	25.0 ± 11.3 c	47.2 ± 24.7 a
48	白顶早熟禾 <i>Poa acroleuca</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	64.5 ± 22.1 a	53.9 ± 4.9 a
49	野燕麦 <i>Avena fatua</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	48.0 ± 17.5 b	52.2 ± 13.5 a
50	普通早熟禾 <i>Poa trivialis</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	7.0 ± 7.3 d	65.7 ± 47.2 a
51	草地早熟禾 <i>Poa pratensis</i>	禾本科 Gramineae	分蘖期 Tillering stage	0 d(14 d; 3 龄 3rd instar) <sup>1)</sup>	
52	拟漆姑 <i>Sprengularia marina</i>	石竹科 Caryophyllaceae	花期 Flowering stage	5.0 ± 9.5 d	66.7 ± 57.7 a
53	牛毛毡 <i>Eleocharis yokoscensis</i>	莎草科 Cyperaceae	分蘖期 Tillering stage	0 d(8 d; 2 龄 2nd instar) <sup>1)</sup>	
54	荠菜 <i>Capsella bursapastoris</i>	十字花科 Cruciferae	花期 Flowering stage	56.5 ± 17.4 ab	45.0 ± 15.6 a
55	白菜 <i>Brassica campestris</i>	十字花科 Cruciferae	苗期 Seedling stage	0 d(1 d; 1 龄 1st instar) <sup>1)</sup>	
56	小白菜 <i>Brassica rapa</i>	十字花科 Cruciferae	苗期 Seedling stage	0 d(1 d; 1 龄 1st instar) <sup>1)</sup>	
57	油菜 <i>Brassica campestris</i>	十字花科 Cruciferae	苗期 Seedling stage	0 d(1 d; 1 龄 1st instar) <sup>1)</sup>	

<sup>1)</sup> 括号中数据表示接虫后试虫的最长存活时间和若虫最大发育龄期。

同一批次植物数据后跟相同字母者示无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

<sup>1)</sup> Data in brackets are the longest survival days and the largest instar of nymphs infested.

Values followed by the same lowercase letters show no significant difference in a batch of plants tested ( $P > 0.05$ ).

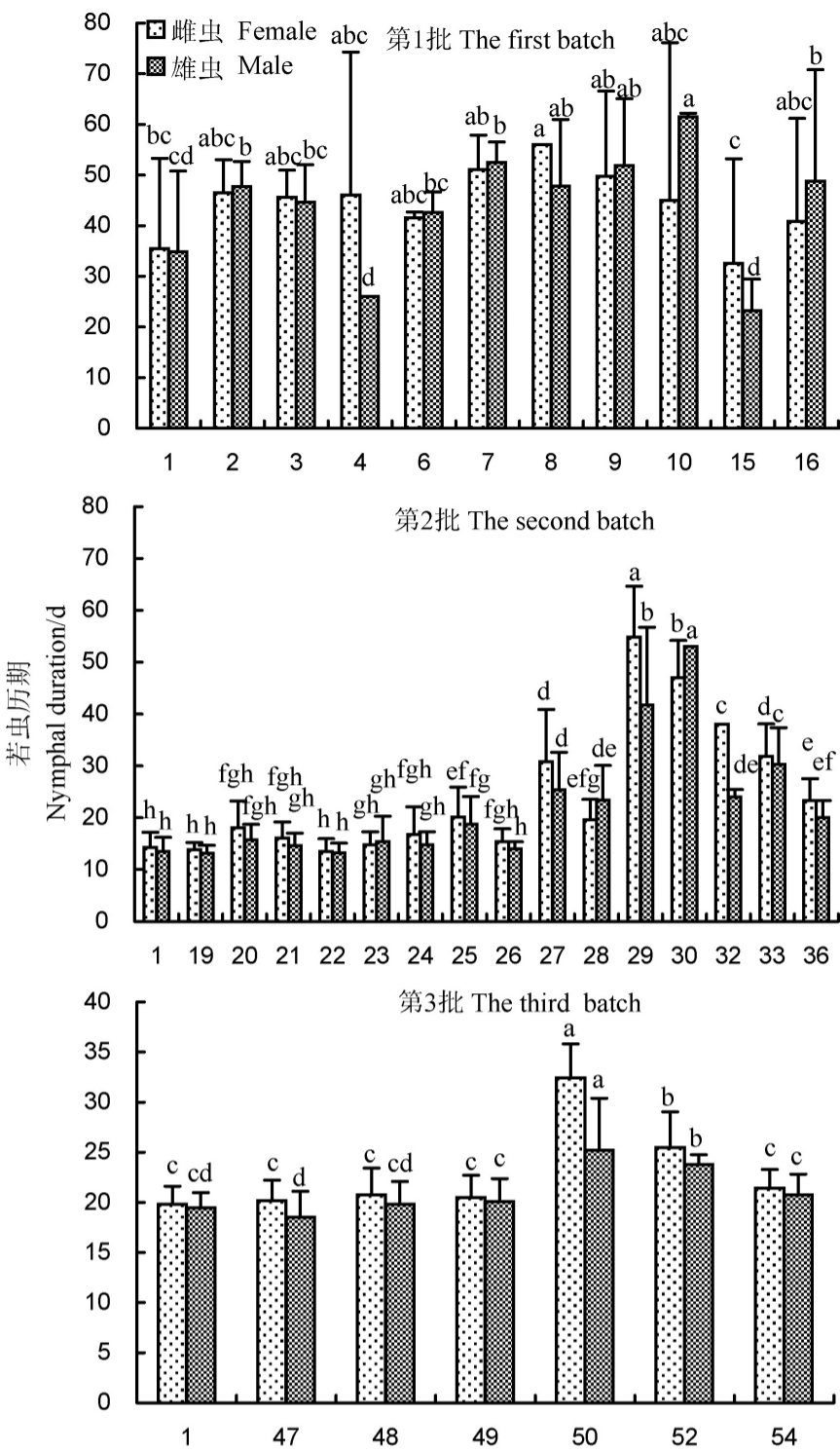


图 1 不同供试植物上的灰飞虱若虫历期(平均值 ± 标准差)  
Fig.1 Nymphal duration of the small brown planthopper on different plants tested (Mean ± SD).

同一性别试虫图柱上具相同字母者示经新复极差测验在 0.05 水平上无显著差异。图 2 同。横坐标数字代表与表 1 序号相同的供试植物。下同。

The common lowercase letters above the bars for insects of the same sex indicated no significant difference at 0.05 levels. The same as in Fig. 2.

The number under abscissa represents the tested plant code same as in Table 1. The same as in the figures below.

合分析不同供试植物对灰飞虱若虫期生长发育的适合度。分析所得的第 1、2 主分量分别反映了 87.2% 和 10.1% 的信息, 合计 97.3%。其中第 1 主分量中, 特征向量较大的指标是羽化率、初羽化成虫体质量, 第 2 主分量则主要反映了羽化率等方面信息, 说明羽化率对该主成分的贡献较大。

以第 1、2 主分量为坐标, 可以作出反映各供试植物分布的二维平面图(图 3)。图中各供试植物可明显分为 5 个区(区、区、区、区、区)。

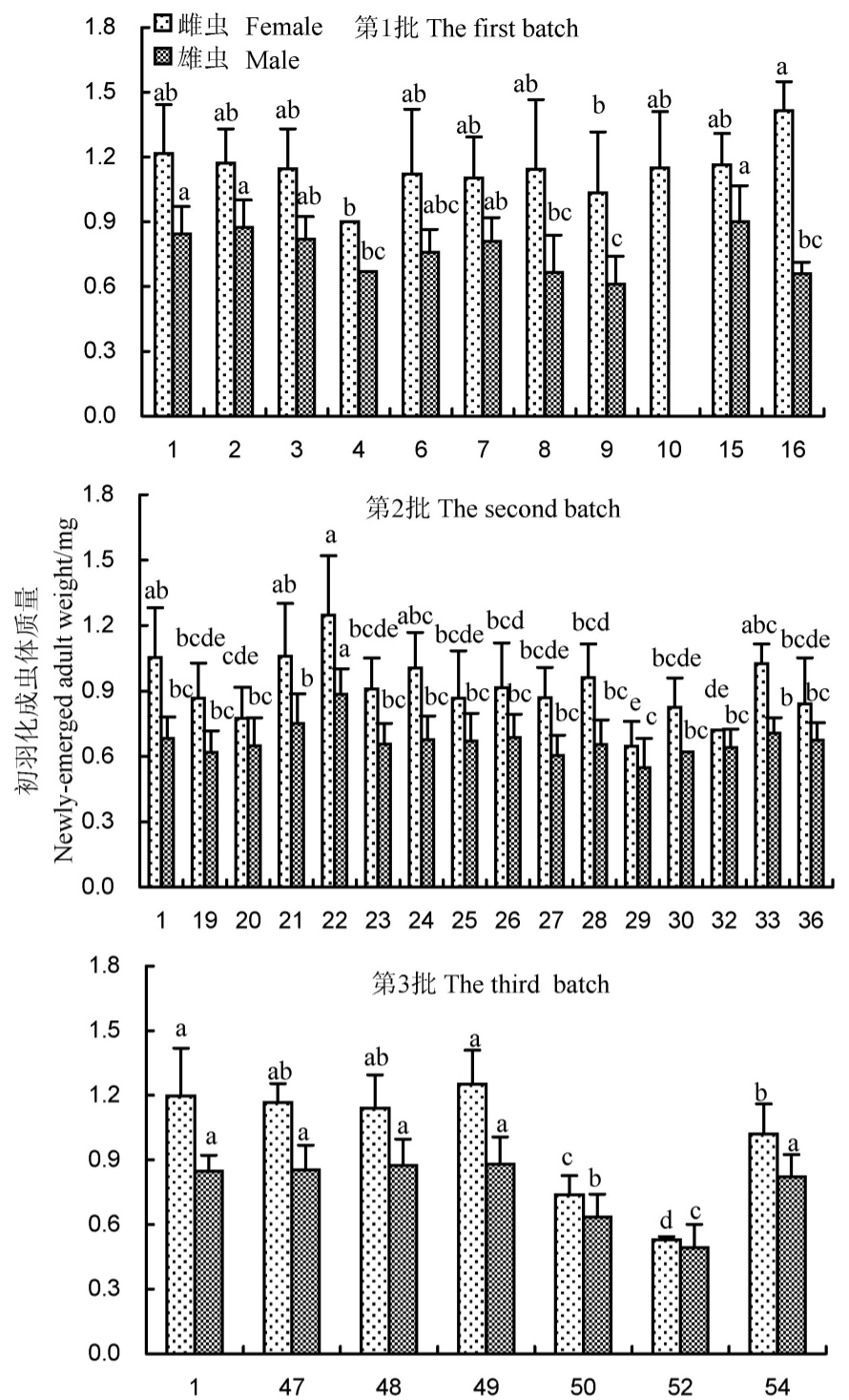


图 2 不同供试植物上的灰飞虱初羽化成虫体质量(平均值 ± 标准差)

Fig. 2 Newly molted adult weight of the small brown planthopper on different plants tested (Mean ± SD).

区包括稗草、小麦、早熟禾及水稻品种武育粳 3 号、武粳 15 等 5 种供试植物, 在这些植物上灰飞虱生长发育较好, 羽化率显著高于水稻 TN1, 若虫发育历期相对较短。区包括黑麦草、蔺草、白顶早熟禾、野燕麦、看麦娘、芥菜及水稻品种 TN1、丰优香占、协优 63 和镇稻 99 等 10 种植物。在这些植物上灰飞虱羽化率除看麦娘外均与 TN1 无显著差异。区包括牛筋草、马唐、棒头草、燕麦等 4 种供试植物, 在这些植物上灰飞虱羽化率显著低于 TN1, 在 20% 左右, 初羽化成虫体质量较低。区包括千金子、高粱、无芒雀麦、狗牙根、鼠尾粟、普通早熟禾、大画眉草、鹅观草、硬质早熟禾、碎米莎草、异型莎草、野荸荠、拟漆姑等 13 种植物, 这些植物上灰飞虱羽化率极低, 在 10% 以下; 区包括除上述植物以外的 25

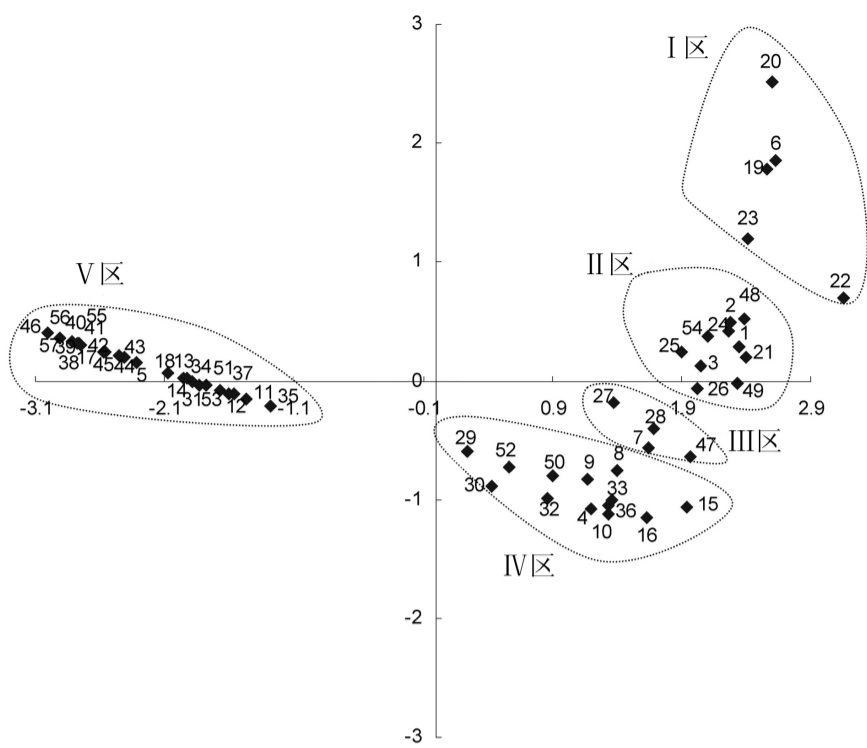


图 3 基于 5 种指标对不同寄主植物的主成分分析  
 Fig. 3 Principal component analysis of plants based on the five quotas of the small brown planthopper .

种植物 ,同时 ,该区又可分为两小类 ,第 1 小类包括玉米、鸭舌草、紫云英、蚕豆、豌豆、大巢菜、车前、猪殃殃、婆婆纳、一年蓬、白菜、小白菜、油菜、野胡萝卜等 14 种植物 ,在这些植物上灰飞虱最长仅能存活 4 d ,最短只能活 1 d ;第 2 小类包括结缕草、游草、金狗尾、茭白、蒲草、白茅、蔗草、狼尾草、双穗雀稗、草地早熟禾、牛毛毡等 11 种植物 ,这些植物上灰飞虱能

存活较长时间 ,以蒲草上最短 ,在 6 d 左右 ,而在双穗雀稗、游草等上达到了 20 d 以上 ,但均无若虫能羽化。

羽化率显著低于 TN1 的看麦娘之所以归入 II 区 ,可能是由于其上灰飞虱羽化率虽低于 TN1 ,但显著高于 III 区植物 ,且若虫历期较短。其余分区结果与羽化率分类结果一致。

### 2.2 成虫寿命、产卵量和卵孵化率

灰飞虱在不同批次对照植物水稻 TN1 上的成虫寿命、产卵量、孵化率等均无显著差异 ,故可以将不同批次合并进行分析 (表 2)。不同供试植物上成虫寿命有所不同 ,但多数植物间无显著差异。除高粱、牛筋草、无芒雀麦、狗牙根、鼠尾粟上存活时间较短以外 ,其他寄主上成虫寿命均较长 ,约 15 d 左右 ,雌成虫寿命一般较雄成虫长 ,最长可达 30 d。

灰飞虱成虫产卵量以稗草上最多 ,为 238.5 粒/雌 ;小麦次之 ,为 172.75 粒/雌 ;TN1 与武粳 15 上产卵量也较多 ,达 150 粒/雌 ;镇稻 99、丰优香占上产卵量也在 110 粒以上 ;而协优 63、武育粳 3 号两个水稻品种上产卵量较少。其他杂草上产卵量以早熟禾、碎米莎草上较多 ,在 100 粒/雌左右 ;牛筋草、蔺草、黑麦草、棒头草上次之 ;无芒雀麦、看麦娘上最少 ,仅有 25 粒/雌左右 ;高粱、鼠尾粟、狗牙根上灰飞虱不能产卵。

表 2 不同寄主植物上灰飞虱产卵量、孵化率和成虫寿命 (平均值 ± 标准差)

Table 2 . Fecundity , hatching rate , adult longevity of the small brown planthopper on different plants (Mean ± SD) .

供试植物 Plant tested	雌成虫寿命 Female longevity /d	雄成虫寿命 Male longevity /d	产卵量 Number of eggs per female	孵化率 Hatching rate /%
TN1	14.5 ± 8.0 ab	10.8 ± 4.2 abcde	152.6 ± 121.4 abc	99.2 ± 1.3 a
武粳 15 Wujing 15	18.7 ± 8.0 a	14.7 ± 7.3 abc	154.7 ± 80.8 abc	99.1 ± 1.0 a
武育粳 3 号 Wuyujing 3	13.4 ± 4.5 abc	10.1 ± 3.3 abcde	70.7 ± 58.3 bcd	94.1 ± 11.0 a
镇稻 99 Zhendao 99	14.3 ± 7.1 ab	16.5 ± 7.8 ab	125.5 ± 77.0 abcd	95.8 ± 8.2 a
丰优香占 Fengyouxiangzhan	15.5 ± 5.2 ab	12.3 ± 4.6 abcd	111.2 ± 79.6 abcd	92.3 ± 9.8 a
协优 63 Xieyou 63	13.4 ± 5.1 abcd	10.4 ± 3.5 abcde	71.6 ± 66.3 bcd	92.6 ± 20.9 a
小麦 <i>T. aestivum</i>	19.4 ± 7.8 a	14.0 ± 7.6 abc	172.8 ± 76.3 ab	99.1 ± 0.9 a
高粱 <i>S. vulgare</i>	3.0 e	3.0 e	0 d	-
稗草 <i>E. crusgalli</i>	15.6 ± 4.8 ab	14.9 ± 5.0 abc	238.5 ± 162.2 a	93.5 ± 10.7 a
早熟禾 <i>P. annua</i>	13.4 ± 4.6 abc	15.6 ± 6.3 abc	79.7 ± 54.7 bcd	99.4 ± 0.8 a
黑麦草 <i>L. maloiiforum</i>	12.8 ± 9.2 abcde	14.9 ± 6.4 abc	46.0 ± 20.0 bcd	90.6 ± 8.8 a
棒头草 <i>P. fugax</i>	14.9 ± 6.4 ab	9.6 ± 6.5 abcde	49.0 ± 37.5 bcd	92.3 ± 6.5 a
蔺草 <i>B. syzigachne</i>	18.6 ± 8.8 a	12.8 ± 4.9 abcd	44.8 ± 31.6 bcd	98.7 ± 2.1 a
看麦娘 <i>A. aequalis</i>	11.3 ± 5.3 abcde	10.5 ± 6.1 abcde	25.7 ± 40.8 cd	99.3 ± 1.6 a
无芒雀麦 <i>B. inermis</i>	6.6 ± 1.3 bcde	8.7 ± 6.2 abcde	27.2 ± 18.0 cd	88.0 ± 12.1 a
牛筋草 <i>E. indica</i>	5.7 ± 3.4 bcde	4.6 ± 2.0 de	68.0 bcd	97.0 a
大画眉草 <i>E. alianensis</i>	7.8 ± 3.5 bcde	8.6 ± 5.0 bcde	4.7 ± 2.5 d	100.0 a
鼠尾粟 <i>S. indicus</i>	5.7 ± 1.2 bcde	7.0 ± 2.0 cde	0 d	-
狗牙根 <i>C. dactylon</i>	8.0 ± 4.2 bcde	3.0 e	0 d	-
碎米莎草 <i>C. iria</i>	18.5 ± 20.5 a	17.7 ± 13.0 a	96.0 bcd	97.0 a
野苧荇 <i>E. plantagineiformis</i>	20.0 ± 12.2 a	12.0 ± 1.4 abcd	29.7 ± 11.0 cd	98.3 ± 2.9 a

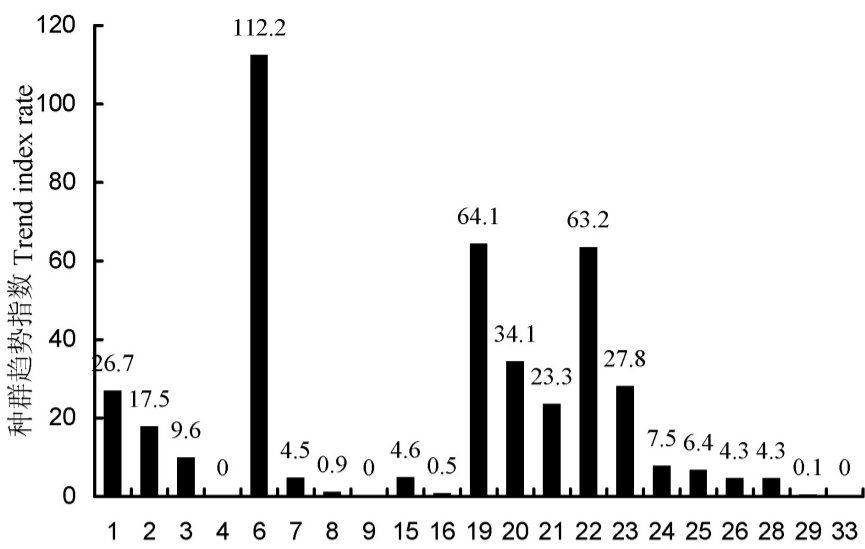


图 4 不同供试植物上灰飞虱种群趋势指数

Fig. 4 Trend index rate of the small brown planthopper on various hosts .

在灰飞虱可以产卵的供试植物上,不同植物上卵的孵化率均较高,一般在 90% 以上,不同植物间无显著差异。

### 2.3 不同植物上灰飞虱若虫的种群趋势指数

通过对成虫产卵量、卵孵化率、羽化率(若虫期存活率)及产雌率等指标的观察,可以计算出各供试植物上的灰飞虱的种群趋势指数(图 4)。从结果可以看出,稗草上灰飞虱的种群趋势指数最高(112.2);其他依次为武粳 15(64.1)、小麦(63.2)、武育粳 3 号(34.1)、早熟禾(27.8)、TN1(26.7)、镇稻 99(23.3)、丰优香占(17.5)、协优 63(9.6)、黑麦草(7.5)、蔺草(6.4)、碎米莎草(4.6)、牛筋草(4.5)、看麦娘(4.3)、棒头草(4.3)。这些植物上的灰飞虱种群趋势指数大于 1,适于灰飞虱的繁衍。野苧芥(0.5)、无芒雀麦(0.9)、狗牙根(0)、高粱(0)、大画眉草(0.1)、鼠尾粟(0)上种群趋势指数值均小于 1,不适于灰飞虱的繁衍,但灰飞虱能完成世代发育。因此,这些植物可能作为过渡寄主在灰飞虱的田间发生中起一定作用。

## 3 讨论

依据若虫发育和成虫繁殖等指标,可将不同供试植物分为 5 类。第 1 类为灰飞虱适宜寄主(灰飞虱羽化率显著高于同批次 TN1,  $I > 27.8$ ),包括稗草、小麦、早熟禾及水稻品种武育粳 3 号、武粳 15 等 5 种供试植物;第 2 类为灰飞虱较适宜寄主(灰飞虱羽化率与同批次 TN1 上无显著差异,  $I$  值多在 10 以上),包括黑麦草、蔺草、白顶早熟禾、野燕麦、芥菜及水稻品种 TN1、丰优香占、协优 63 和镇稻 99 等 9 种供试植物;第 3 类供试植物较不适宜灰飞虱生存

繁殖(灰飞虱羽化率显著低于 TN1,  $1 < I < 10$ ),包括牛筋草、看麦娘、马唐、棒头草、燕麦等 5 种供试植物;第 4 类为不适宜寄主(灰飞虱羽化率在 10% 以下,  $I < 1$ ):包括碎米莎草、千金子、高粱、无芒雀麦、狗牙根、鼠尾粟、普通早熟禾、大画眉草、鹅观草、硬质早熟禾、异型莎草、野苧芥、拟漆姑等 13 种植物,其中产卵量除碎米莎草上较高以外,其他植物上很低,如大画眉草上仅在 10 粒左右;第 5 类植物包括主成分分析中 区的 25 种植物(图 3),在这些植物上灰飞虱若虫不能羽化。这类植物在田间仅能作为灰飞虱暂时栖息场所或过渡寄主。实验中还发现,有的寄主(高粱、狗牙根、鼠尾粟)上灰飞虱虽能羽化为成虫,但羽化成虫不能产卵,这可能是由于若虫期营养不足,致使成虫发育不良、不能产卵。此外,羽化率较高的武育粳 3 号上灰飞虱卵量也较低,仅为 70 粒/雌左右,这可能与其初羽化成虫体质量较低有关。

蒲茂华<sup>[14]</sup>报道游草、双穗雀稗、白茅等植物为灰飞虱寄主,蔡邦华等<sup>[15]</sup>认为野胡萝卜、车前等非禾本科植物也为灰飞虱寄主;郑许松等<sup>[18]</sup>发现茭白亦为其重要寄主。但本研究表明,在上述植物上灰飞虱都不能羽化为成虫,且除游草、双穗雀稗、白茅以外,其他植物上灰飞虱若虫存活时间最长不超过 8 d。阮义理等<sup>[10]</sup>、王诗白等<sup>[19]</sup>、张宏等<sup>[20]</sup>报道玉米不适宜灰飞虱生存,本研究亦表明灰飞虱不能在玉米上完成整个世代,但施燕<sup>[6]</sup>室内试验表明,灰飞虱在带叶鞘的玉米(扬糯 1 号、郑单 958)秆上能完成生活史,并且玉米还是灰飞虱的一个适宜寄主<sup>[6]</sup>。这些不同的产生是否与实验方法、灰飞虱实验种群及寄主特性等因素差异有关,尚待进一步研究。本研究还发现一批以往文献中没有报道过(或没有经过系统研究)的灰飞虱适宜寄主,如禾本科植物的黑麦草、棒头草、蔺草、白顶早熟禾、野燕麦,十字花科的芥菜等。

适宜的农田生态环境,特别是循环不断的寄主植物链,是灰飞虱及其传播的病毒病发生发展的主要促进因素。目前农业生产多粗放经营,冬、春季在田作物品种多,面积大,致使田边沟渠旁早熟禾、看麦娘、棒头草、蔺草、野燕麦等冬季杂草丛生,而这些植物上灰飞虱种群趋势指数均大于 1(图 4)。这些植物不仅能为灰飞虱提供优越的越冬场所,还可以提供辗转取食为害与滋生繁殖的桥梁寄主,从而使得翌年虫源基数大,导致灰飞虱大量发生。野苧芥、无芒雀麦、狗牙根、高粱、大画眉草、鼠尾粟上灰飞虱

种群趋势指数小于 1,在田间这些植物亦能起到一定的过渡作用。例如狗牙根、结缕草等,当田间水稻收割、小麦等其他一些冬季适宜植物未出苗时,茂密的草层及仍然存活的茎部便成为灰飞虱重要的取食及越冬场所之一。因此,在水稻、小麦等种植过程中,要避免对灰飞虱的嗜好寄主进行间作或轮作,并及时清除沟边、田边杂草或在化学防治过程中注意兼治田边灰飞虱的嗜好寄主,否则灰飞虱种群将在这些寄主上得到不断地积累和发展,最终猖獗为害。

#### 参考文献:

- [1] 顾伯良,薛萍霞,施文贤,等.水稻灰飞虱转移穗部为害及其对产量损失的观察.中国植保导刊,2005,25(5):7-8.
- [2] 丁锦华,苏建亚.农业昆虫学(南方本).北京:中国农业大学出版社,2002:174-176.
- [3] 王华弟,朱金良,朱黎明,等.水稻穗期灰飞虱为害损失测定与防治指标研究.中国植保导刊,2007,27(4):17-20.
- [4] 林奇英,谢联辉,周仲驹,等.水稻条纹叶枯病的研究:病害的分布和损失.福建农业大学学报,1990,19(4):421-425.
- [5] 汪恩国,陈克松,林凌伟,等.水稻黑条矮缩病季节性流行规律及灰稻虱带毒率估测模型研究.科技通报,2000,16(增):7-11.
- [6] 施燕.灰飞虱种群消长规律及传毒特性研究[学位论文].扬州:扬州大学,2007.
- [7] 邵德良,李瑛,梅爱中,等.2004年稻田灰飞虱重发原因分析与控制对策.中国植保导刊,2005,25(3):33-35.
- [8] 陈丹,杨国友.江苏省主要抗水稻条纹叶枯病品种的推广及其应用价值.上海农业科技,2006(3):42-46.
- [9] 汪恩国,王华弟,关梅萍,等.杂交水稻黑条矮缩病的危害及防治指标初探.中国农学通报,2005,21(1):278-282.
- [10] 阮义理,金登迪,许如银.水稻条纹叶枯病毒的寄主植物.植物保护,1984,10(3):22-23.
- [11] 曹松涛,陈海新,徐金妹.灰飞虱暴发原因及防治技术.安徽农业科学,2007,35(20):6175-6177.
- [12] 孙广仲,陈志清,郁祖良,等.飞虱传播的病毒病发生流行特点及耕作与栽培措施调整对策.上海农业科技,2006(2):108-109.
- [13] 夏温澎.武昌灰稻虱的初步研究.昆虫学报,1962,1(2):105-117.
- [14] 浦茂华.苏南灰稻虱(*Delphacodes striatella* Fallén)的初步研究.昆虫学报,1963,12(2):117-135.
- [15] 蔡邦华,黄复生,冯维熊,等.华北稻区灰稻虱的研究.昆虫学报,1964,13(4):552-571.
- [16] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其DPS数据处理系统.北京:科学出版社,2002.
- [17] 高春先,顾秀慧,贝亚维.秀水620对褐稻虱抗生性的研究及其抗性评价.中国水稻科学,1990,4(4):175-180.
- [18] 郑许松,俞晓平,吕仲贤,等.茭白田中灰飞虱 *Laodelphax striatellus* 发生规律的初步研究//李典模.当代昆虫学研究——中国昆虫学会成立60周年纪念大会暨学术讨论会论文集.北京:中国农业科技出版社,2004:333-336.
- [19] 王诗白,陈昌龙,徐守明,等.灰飞虱与玉米粗缩病的关系.上海农业科学,1999(6):37-38.
- [20] 张宏.寄主植物对灰飞虱种群的影响及翅型分化机制研究[学位论文].扬州:扬州大学,2006:23-35.