

褐稻虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 和白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horvath) 对异性鸣声的趋性*

孔维泽 张志涛 (中国水稻研究所, 杭州)

The Taxis to Acoustic Signals of Opposite Sex in *Nilaparvata lugens* (stål) and *Sogatella furcifera* (Horvath)

Kong Weize, and Zhang Zhitao (*China National Rice Research Institute, Hangzhou*)

Abstract: To explore the applicability of calling behaviour in brown planthopper *Nilaparvata lugens*, and white backed planthopper, *Sogatella furcifera*, as measures for their occurrence forecast or physical control, some inducement experiments were conducted in laboratory in CNRRI. The results showed that:

1) The acoustic association transmitted through substrate (host plant) between matured individuals of both sexes in same species is the courting signal used for recognizing and connecting with opposite sex, stimulating sex excitement, and fulfilling mating process. The tested insects could responded to the signals in a distance of about 60-80 cm and was more sensitive within 45 cm.

2) Both sexually matured males and virgen females emitted acoustic signals initiatively. The males responed to the signals of female actively and moved towards the females for mating. On the other hand, the female responed to male signals but without moving.

3) The courting signal was species specifical. Both sexes of two species only responeded to heterosexual signal of the same species respectively.

4) There was no significant difference between the reactions to real courting signal and to playback of calling record.

Key words: Courting acoustic signal; *Nilaparvata lugens* (Stål); *Sogatella furcifera* (Horvath); Taxis

提 要: 为探求稻飞虱鸣声在预测预报和物理防治上应用的可能性, 室内引诱试验结果表明: 1) 褐稻虱和白背飞虱的鸣声是性成熟个体用以识别、联络同种异性, 刺激性兴奋, 完成交尾的求偶信号, 其沿固体介质(寄主植株)传播, 试虫可感觉距离在60-80cm以内, 45cm以内较为敏感。2) 性成熟的雄性及未交尾的雌性个体均常主动鸣叫, 在听到异性鸣声时, 雄虫表现为兴奋、骚动并积极循鸣声寻觅雌虫; 雌虫亦以鸣声相和但很少移动。3) 求偶鸣声具有种的专一性, 两种飞虱均只对同种异性鸣声敏感。4) 以相应的鸣声录音代替活虫, 其引诱效果无显著差异。

关键词: 求偶鸣声; 褐稻虱 (*Nilaparvata lugens*); 白背飞虱 (*Sogatella furcifera*); 趋向性

1989年1月29日收到。Received Jan. 29, 1989

本课题得到国家自然科学基金支助。

褐稻虱 *N. lugens* 和白背飞虱 *S. furcifera* 是亚洲栽培稻的主要害虫, 属同翅目 (Homoptera) 头喙亚目 (Auchenorrhyncha)。与同隶于该亚目的蝉科 (Cicadae) 昆虫相似, 具有鸣叫习性。飞虱不具备蝉科昆虫那样的发音器, 而是靠振动腹部使特化的摩擦发声器摩擦发出由固体介质 (寄主植株) 传递的声信号, 音量微弱, 不能直接为人类感官所感觉。

Ichikawa 等 (1975) 指出, 褐稻虱、白背飞虱、灰飞虱 *Laodelphax striatellus* 能振动腹部发出振动信号, 其与交尾行为有关, 有刺激异性兴奋和为雄虫寻找雌虫定向两种作用。虫种不同雌虫振动信号的重复频率不同。Claridge (1985) 认为, 雌虫以腹部振动刺激雄虫的性兴奋, 但无足够的证据说明对雄虫具有定向诱导作用, 兴奋的雄虫在积极地来回搜寻过程中发现雌虫具随机性。

张志涛等 (1987) 进一步明确, 褐稻虱和白背飞虱以特化的摩擦发声器发出的鸣声

是求偶信号。其具有种的专一性, 在信号波形、脉冲重复频率和频谱分布上均显示出明显的种的特征。试虫仅对同种异性的鸣声敏感。并认为, 飞虱科昆虫缺少性外激素, 在求偶过程中鸣声可能具有类似性外激素的生物学意义。

为探求褐稻虱鸣声在预测预报和物理防治上应用的可能性, 笔者设计了必要的室内试验。

材料与 方法

试验所用的褐稻虱 *N. lugens* (生物型 I) 和白背飞虱 *S. furcifera* 采集于杭州市郊稻田在室内扩大饲养。试验前挑选 5 龄若虫, 按性别初步分开, 分别羽化, 每日两次吸取初羽化成虫, 按性别和羽化日期分别笼罩饲养至 4—5 日龄, 供试验选用。

试验所用稻株均为感虫品种台中本地 1 号 (TN 1)。

稻飞虱鸣声监听和录音采用带有自制前

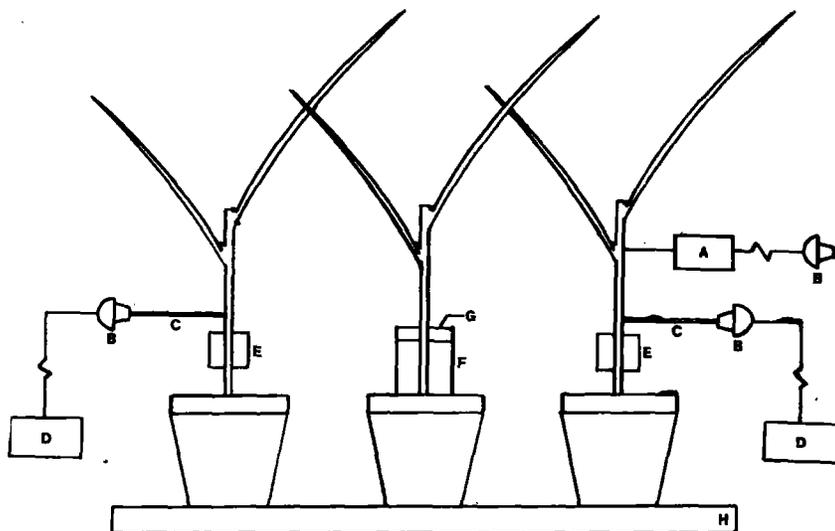


图 1 观察稻飞虱对其鸣声反应的装置

- A. 鸣声监听装置, B. 耳机, C. 金属丝 (或竹丝), D. 盒式录音机, E. 夹式微型养虫笼, F. 养虫笼,
- G. 海绵盖, H. 海绵防震垫

Fig. 1. The apparatus used for observing response of planthopper to their acoustic signals
 A. apparatus used for monitoring acoustic signals; B. ear; C. needle made of metals or bamboo, D. cassette player, E. insect cage, F. insect cage, G. sponge cage top with a middle hole, H. sponge mat

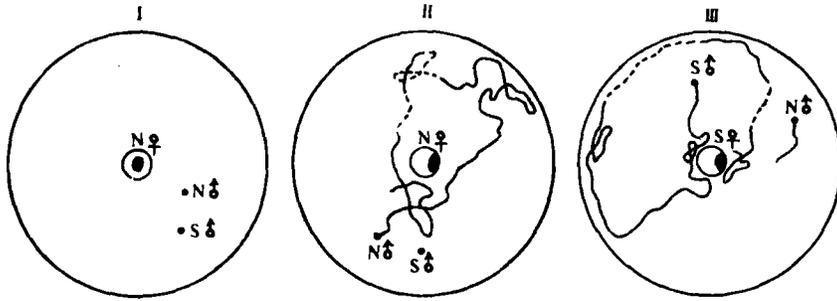


图2 褐稻虱 *N. lugens* 和白背飞虱 *S. furcifera* 雄虫对雌虫鸣声的反应

(每个大圆表示一圆形纸盘。小圆形表示其中间的圆孔，椭圆黑点表示稻茎横切面。稻茎与纸盘不接触如“Ⅰ”和与纸盘接触如“Ⅱ、Ⅲ”。雄虫伴随雌虫求偶鸣声的运动轨迹用实线表示；雌虫不鸣叫时的运动轨迹用虚线表示。)

Fig. 2. Response of a male to female courtship signals of planthoppers, *N. lugens* and *S. furcifera*

Each large circle indicates a paper disk. A small circle and a black ellipse indicate a small hole and cross section of rice stem, respectively. The stem was not in contact (I) and in contact (II, III) with paper disk. Male movement accompanied with female courtship signals was traced with solid lines, and that without female courtship signals with dotted lines

置放大器的晶体拾音器(中华-DF106)和盒式录音机(Sharp-888)。重放鸣声录音使用盒式单放机,通过联接耳机鼓膜的金属丝或竹丝将声信号传入稻株。

检验稻飞虱对其鸣声趋性的试验设置如图1所示。取秧龄50—60天的TN1稻株,去除枯黄叶后,保留基部两片叶,上部切除,移植于高7.5cm,直径9cm的小陶盆中。三盆稻株一字排列于海绵防震垫上,左、右侧两盆稻株上各固定一夹式微型养虫笼。中间一盆稻株罩以高8cm,直径5cm的透明塑料薄膜小笼,笼顶盖系人造海绵片制成,中央有孔,稻株由小孔伸出。彼此相邻的稻株叶片按试验要求分离或自然搭连(或用钉书针钉牢)。将被诱虫置于中间稻株的养虫笼内,作为引诱声源的鸣叫试虫置于右或左侧微型养虫笼内。若以鸣声录音代替鸣叫活虫则取下微型养虫笼,在右或左侧稻株上按图1所示将鸣声信号传入稻株。鸣声监听装置通常安装在右侧稻株上。若试虫不鸣叫,可播放鸣声录音刺激试虫,直到试虫鸣叫为止。

重放鸣声录音时,注意将音量调至适当大小。

结果与分析

(一) 鸣声信号在固体介质(寄主植株)上的传播

笔者重复了Ichikawa的试验,结果如图2。圆圈是平放在陶盆口上的纸盘,中间有一圆孔,孔内黑色椭圆表示稻株横截面,鸣叫的雌虫置于稻株上,雄虫置于纸盘上。纸盘与稻茎不接触,纸盘上的雄虫对雌虫鸣叫没有反应,当移动纸盘使之与稻茎接触时,雌虫一旦鸣叫,纸盘上的雄虫立即骚动起来,趋向纸盘与稻茎接触点。试验结果与Ichikawa报道的一致,说明鸣声是由固体介质传播的。但笔者注意到,按Ichikawa的方法,部分鸣声信号可能经土壤、陶盒传到纸盘的边沿,对试验有干扰。

如图1右侧稻株微型养虫笼中放入鸣叫的褐稻虱雌虫,中间稻株小笼内放入褐稻虱雄虫,两株稻叶分离,即使相距仅1~2mm,雄虫对雌虫鸣叫无反应。当稻叶互相搭连时,

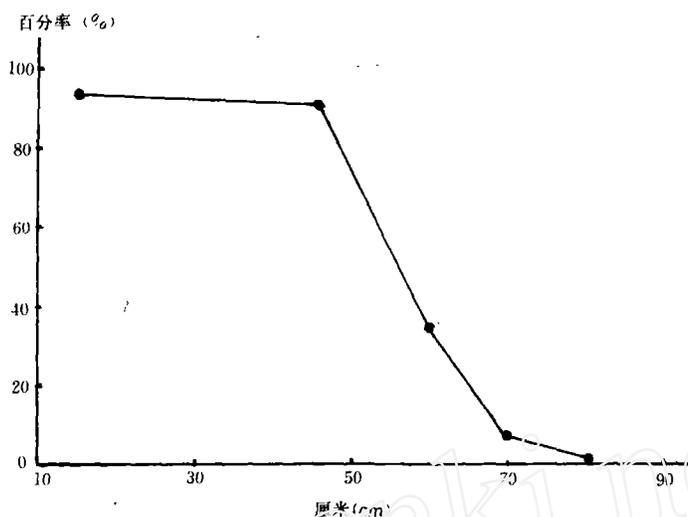


图3 不同距离下对其雌虫鸣声具有趋性反应的褐稻虱 *N. lugens* 雄虫的百分率
Fig. 3. Percentage of *N. lugens* male responded to female acoustic signals in different distance

雌虫一旦鸣叫, 静止的雄虫立即兴奋骚动起来, 并沿植株上下寻觅声源, 若将叶片分开, 雄虫会立即静止, 再次搭连, 兴奋骚动又重新开始。结果进一步明确了鸣声由固体介质(稻株)传播。

采用录音机通过动圈式扬声器对空气重放鸣声录音, 音量达到足够大时, 试虫亦表现出兴奋骚动。这是空气中的声波引起稻株振动的缘故, 但雄虫运动无明显的方向性。

(二) 鸣声沿植株传播的距离

如图1, 鸣叫褐稻虱雌虫置于右侧稻株微型养虫笼内, 雄虫置于中间稻株的小笼内, 两稻株叶片搭接。设雌虫鸣声沿稻株传达雄虫的最短距离为L, 观测L分别为15、45、60、70和80cm时, 雄虫对雌虫鸣声的反应。结果当L为15和45cm时, 敏感程度随L值增大的差异不大。绝大多数雄虫均表现为兴奋、骚动及积极寻觅雌虫, 此间将中间小笼顶盖移去, 雄虫均能循着雌虫鸣声在很短的时间内到达右侧关有鸣叫雌虫的小笼。L增至60cm以上时, 部分雄虫反应迟钝, 兴奋程度

也明显降低。将中间小笼顶盖移去, 雄虫似不急于搜寻雌虫, 时动时停, 但随与雌虫距离缩短, 积极性也逐渐提高, 往往在越过稻叶搭接交叉点爬上雌虫所在的稻株后, 便能迅速准确地找到关有雌虫的小笼。为进一步观测褐稻虱雄虫对雌虫求偶鸣声的最大反应距离, 将L增至80cm, 并将中间稻株小笼敞开, 两小时后, 40头试虫中仍有3头到达关有雌虫的小笼。距离继续增大时, 再没有观察到试虫有明显的反应。图3是L分别为15、45、60、70和80cm时, 20分钟内到达右侧关有鸣叫雌虫的小笼的雄虫百分比。根据试验结果, 褐稻虱对其鸣声可感觉距离(沿稻株)似在60—80cm以内, 个体间存在较大差异。

使用鸣声监听装置, 以互相连接的稻秆作传导介质, 在距试虫2.5米处, 飞虱鸣声仍隐约可辨。

(三) 试虫对求偶鸣声的趋性

图1, 在右侧稻株微型养虫笼中放入2头鸣叫的褐稻虱雌虫, 中间稻株养虫笼中放入5头褐稻虱雄虫, 重复8次。将L值定为

表1 按图1方式检验褐稻虱*N. lugens*和白背飞虱*S. furcifera*对求偶鸣声的趋性试验, 20分钟后试虫在三株盆栽稻株上的分布

Table 1. Distribution of test *N. lugens* and *S. furcifera* on three potted rice plants after an experimental period of twenty minutes*

鸣声源设置 Signal source	原中间稻株上试虫数 Test insects on middle plant	试虫在三株稻株上的分布 (%) Distribution of test insects on 3 potted rice plants (%)					
		右 (R)		中 (M)		左 (L)	
		N.	S.	N.	S.	N.	S.
A. (R): 鸣叫褐稻虱雌虫 <i>N. lugens</i> females (L): 空白 Control	褐稻虱雄虫 5 头 <i>N. males</i>	92.5		7.5		0	
B. (R): 褐稻虱雌虫鸣声录音 Playback of <i>N.</i> female signal (L): 空白 Control	褐稻虱雄虫 5 头 <i>N. males</i>	82.5		17.5		0	
C. (R): 鸣叫褐稻虱雄虫 <i>N. males</i> (L): 空白 Control	褐稻虱雌虫 5 头 <i>N. females</i>	0		100		0	
D. (R): 褐稻虱雄虫鸣声录音 Playback of <i>N.</i> male signal (L): 空白 Control	褐稻虱雌虫 5 头 <i>N. females</i>	0		100		0	
E. (R): 鸣叫褐稻虱雌虫 <i>N. females</i> (L): 鸣叫白背飞虱雌虫 <i>S. furcifera</i> females	褐稻虱雄虫 <i>N. males</i> 和白背飞虱 <i>S. males</i> 各 5 头	100	0	0	0	0	100
F. (R): 褐稻虱雌虫鸣声录音 Playback of <i>N.</i> female signal (L): 白背飞虱雌虫鸣声录音 Playback of <i>S.</i> females signal	褐稻虱雄虫 <i>N. males</i> 和白背飞虱 <i>S. males</i> 各 5 头	87.5	0	12.5	20	0	80

*试验设置如图1所示, 鸣声传播距离(沿植株)均为15-40cm。数据是8次重复的平均值

Experiments were set up as showed in Fig. 1; Distance from signal source was 15-40cm. Av. of 8 replications

15-40cm。当右侧雌虫鸣叫时, 中间雄虫立即兴奋, 骚动起来, 来回爬动寻觅雌虫, 此时将中间养虫笼顶盖移去, 雄虫即循着雌虫鸣声爬向右侧稻株。在两株稻叶片搭连处, 大多数雄虫一开始即能找到正确的方向, 少数开始误入歧途, 但它们均能很快发现错误中途折回。试验中, 一旦雌虫暂停鸣叫, 运动中

的雄虫会立即停止, 等待雌虫再次鸣叫。在到达关有雌虫的小笼后, 在小笼上爬来爬去, 似竭力想钻进去与雌虫交尾。整个试验中, 没有发现有雄虫爬到左侧对照株上。表1-A系试验进行20分钟后, 雄虫在三盆稻株上的分布情况。

用同样的方法检验褐稻虱雌虫对雄虫鸣

声的趋性, 结果, 雌虫在受到雄虫鸣声刺激后也表现兴奋, 立即以鸣声回答雄虫。绝大多数情况仅以鸣声呼唤雄虫, 本身很少移动, 有少数雌虫移动了位置, 但明显区别于雄虫搜寻雌虫的行为, 移动距离很少超过 5 cm (结果见表 1—C)。

试验中, 白背飞虱对鸣声的趋性表现与褐稻虱相似, 雌虫较褐稻虱稍活跃。

(四) 试虫对鸣声录音的趋性

按第三节所述方法, 用鸣声录音代替鸣叫雌虫检验雄虫对雌虫鸣声录音的趋性, 结果用鸣叫雌虫和鸣声录音在同等距离 (15~45cm 范围) 下的引诱效果相似, 经 T ($\alpha = 0.05$) 测验, 无显著差异。L 值在 45cm 以上时, 同等距离下重放鸣声录音的引诱效果优于鸣叫雌虫 (表 2)。主要原因可能是由于活虫的鸣声沿稻株传播的距离有限, 而鸣声录音可以随距离适当增加音量。用此方法, 可以从距声源较远处引诱雄虫, 值得注意的是: 应随试虫接近声源调整音量。试验中, 试虫往往会沿竹丝一直寻觅到达耳机的鼓膜。

(五) 求偶鸣声种的专一性

褐稻虱和白背飞虱的求偶鸣声各具有种的专一性, 仅对同种异性鸣声敏感。仍按图 1 设置, 在右侧稻株微型养虫笼中放入 2 头鸣叫的褐稻虱雌虫, 左侧笼中放入 2 头鸣叫白背飞虱雌虫, 中间笼中同时放入褐稻虱和白背飞虱雄虫各 5 头, 重复 8 次。试验中,

混合的褐稻虱和白背飞虱雄虫均能分别迅速准确地找到关有同种雌虫的小笼, 多次重复, 竟无一差错。表 1—E 系试验进行 20 分钟后, 褐稻虱和白背飞虱雄虫分别在三盆稻株上的分布情况。

用两种飞虱雌虫鸣声录音代替鸣叫雌虫, 对雄虫的引诱效果相似, 结果见表 1—B、D、F。

结论与讨论

从本研究的结果可以看出, 褐稻虱和白背飞虱的鸣声在其求偶过程中具有重要作用, 包括: 联络, 识别同种异性个体, 刺激性兴奋, 及为雄虫寻找雌虫定向。这与 Ichikawa (1975) 的结论一致, 即褐稻虱求偶鸣声具有刺激同种异性个体性兴奋, 雌虫鸣声能为雄虫寻觅雌虫定向两方面的作用。以往的研究表明: 飞虱科昆虫缺少性外激素。求偶鸣声似乎弥补了这方面的不足, 具有与性外激素类似的作用。Claridge (1985) 认为: 鸣声对同种异性个体的作用仅表现为刺激性兴奋, 雄虫受雌虫鸣声刺激产生性兴奋, 从而积极地来回爬动搜寻鸣叫雌虫, 其与雌虫相遇具有随机性。笔者认为, 从试验情况看, 雌虫鸣声确为雄虫寻觅雌虫提供了方向的信息, 雄虫是依据雌虫鸣声搜寻和发现雌虫的。但是, 也有部分雄虫如 Claridge (1985) 所述, 在到达雌虫附近反而来回爬动, 几经

表 2 褐稻虱 *N. lugens* 雄虫对鸣叫雌虫或雌虫鸣声录音的趋性*

Table 2. Taxis of *N. lugens* males to calling females or playback of female signal

与鸣声源的距离 Distance from signal source (cm)	趋向鸣叫雌虫 的百分率 (%) Percentage to calling female (%)	趋向雌虫鸣声录 音的百分率 (%) Percentage to playback of female signal (%)	T 值	$T_{0.05} = 2.145$
15	92.5	82.5	0.9149	不显著 NS
45	92.5	87.5	0.5458	不显著 NS
60	35.0	42.5	0.6547	不显著 NS
70	7.5	22.5	1.8033	不显著 NS

*试验设置如图 1 所示; 数据是 8 次重复的平均值。

Experiments were set up as showed in Fig.1, Av. of 8 replications

周折才最后发现雌虫。这可能与飞虱感觉鸣声信号的机制有关。迄今尚未发现飞虱有听器,可能是通过足的感觉接收振动信号,然而足又是运动器官,爬动不免影响其感觉振动信号。笔者已注意到雄虫静止时比运动中判断方向更准确。另外,六只足感觉到的信号相位差是其确定雌虫方向的依据,但从声学角度分析,在声源附近相位差常有扰动。

用重放的求偶鸣声录音代替鸣叫雌虫,其效果经T ($\alpha=0.05$) 测验无显著差异表明,重放鸣声录音有可能在稻飞虱的预测预报及其物理防治中得到应用。利用雌虫鸣声录音诱集雄虫,并根据诱集量与田间种群数量的相关关系可以作中、短期预报。目前普遍采用的灯光诱集方法对诱集种类无选择性,同时,短翅型是定居繁殖型,对水稻生产威胁更大,而灯光无法诱集短翅型飞虱。鸣声诱集有可能克服这两方面的不足而优于灯光诱集。播放扩大的求偶鸣声则可能干扰田间自然种群正常的求偶过程,降低雌虫交尾率,有可能作为稻飞虱综合防治的一种物理防治方法。

然而,应用也面临着困难和问题,如求偶鸣声的引诱作用对若虫无效,其自然鸣声音量微弱传播距离有限,而音量放大的本身又是一种失真,加之环境中噪声,诸如风、雨之类的因素都会产生不利的影 响。上述问题有待于进一步研究,逐步解决。

参 考 文 献

- (1) 张志涛、陈伦裕, 1987. 三种飞虱、叶蝉求偶鸣声的采集和分析, 科学通报 (20): 1583—1586
- (2) Claridge MF, 1983. Acoustic Signals and Species Problems in the Auchenorrhyncha. In Proceedings of the First International Workshop on Leafhoppers and Planthoppers of Economic Importance (ED. by W J Knight, N C Pant, T S Robertson & M R Wilson). London, 4—7 October 1982 London: Commonwealth Institute of Entomology
- (3) Claridge MF, 1985. Acoustic Signals in the Homoptera: Behavior, Taxonomy, and Evolution. *Ann. Rev. Entomology* 30: 297—347
- (4) Ichikawa T and Ishii S, 1974. Mating Signal of the Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae): Vibration of the Substrate. *Applied Entomology and Zoology* 9: 196—198
- (5) Ichikawa T, Sakuma M & Ishii S, 1975. Substrate Vibrations: Mating Signals of Three Species of Plant hoppers Which Attack the Rice Plant. *Applied Entomology and Zoology* 10: 162—171
- (6) Ichikawa T, 1977. Sexual Communications of Planthoppers. The Rice Brown Planthopper (Compiled by Rood and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region). August, 1977, Agriculture Building, 14 Wen C Chow Street, Taipei, Taiwan, China