

# 飞机草乙醇提取物对褐稻虱种群的干扰作用

钟平生<sup>1,2</sup>, 梁广文<sup>1\*</sup>, 曾玲<sup>1</sup>

(1 华南农业大学昆虫生态研究室, 广州 510642, 2 广东省惠州学院生命科学系, 惠州 516007)

**摘要** 应用扩展的均匀设计与干扰作用控制指数, 评价了飞机草乙醇提取物使用浓度、次数对褐稻虱种群的干扰作用。结果表明, 飞机草乙醇提取物对褐稻虱成虫具有较强的产卵驱避作用, 干扰作用控制指数为0.549~0.600; 对褐稻虱各龄幼虫具有一定的毒杀效果, 同时建立了干扰作用与使用次数、使用浓度之间的回归模型  $Y=0.2527-0.0461X_1-0.0230X_2$ 。使用浓度与次数的不同组合, 大多可将褐稻虱种群趋势指数  $I$  降至1.00以下, 使用浓度对防治褐稻虱的干扰作用大于使用次数。

**关键词** 飞机草乙醇提取物, 褐稻虱, 干扰作用

**中图分类号** S 482.38

## Interference effects of alcohol extracts of *Eupatorium odoratum* on the population of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål

Zhong Pingsheng<sup>1,2</sup>, Liang Guangwen<sup>1</sup>, Zeng Ling<sup>1</sup>

(1 *Laboratory of Insect Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;*

2 *Department of Life Science, Huizhou University, Huizhou 516007, China*)

**Abstract** With extended uniform design and IIPC (the interference index of population control), the interference effects of alcohol extracts of *Eupatorium odoratum* at different concentrations and application frequencies on the population of brown planthopper (BPH) were studied in paddy fields. The results showed that the extracts of *Eupatorium odoratum* had a significant interference effect on BPH. The IIPC of ovipositional repellence was between 0.549~0.600. Most of the combinations of different concentrations and frequencies of these extracts had toxic effects on the nymphs to some extent. Meanwhile, the regression model of interference effects was built  $Y=0.2527-0.0461X_1-0.0230X_2$ . Most combinations could reduce  $I$  (index of population trend) value of BPH below 1.00. The effect of concentration on BPH was more significant than that of frequency.

**Key words** alcohol extract of *Eupatorium odoratum* L., brown planthopper (BPH), interference effect

褐稻虱 (*Nilaparvata lugens* Stål) 是我国水稻重要害虫之一。长期单一使用化学杀虫剂防治褐稻虱的同时, 杀伤害虫天敌, 增强害虫抗药性、导致褐稻虱进一步猖獗成灾<sup>[1-3]</sup>、污染稻谷与稻田环境。植物在长期进化过程中形成了复杂的化学防御体系, 其中起主导作用的是次生代谢物 (secondary metabolites)。这些化合物可以单一或协同对昆虫起作用, 影响昆虫的产卵、生长、发育、行为与繁殖, 构成植物的抗虫性。庞雄飞等在害虫生态控制的实践中, 强调植物次生物质的驱避作用, 并提出开发“植

物保护剂”的设想<sup>[4-5]</sup>, 为解决杀虫剂带来的生态问题提出了新的思路。2004年笔者报道了飞机草乙醇提取物对褐稻虱种群的室内效果<sup>[8]</sup>, 但使用浓度与次数等对褐稻虱种群的干扰作用鲜见报道。本文从使用浓度与次数等因素的组合变化, 探讨对褐稻虱自然种群的干扰效应及其田间的定量应用技术。

## 1 材料与方法

### 1.1 田间试验设计

本试验选用飞机草乙醇提取物的使用浓度、使

收稿日期 2007-08-06 修订日期 2008-03-10

基金项目 国家重点基础发展规划“973”项目(2006CB102006), 国家农业结构调整重大技术研究专项(2002-01-05A)

\* 通讯作者 E-mail: GWLiang@scau.edu.cn

用次数作为参试因子,分别记为  $X_1$ 、 $X_2$  因子。  $X_1$  因子设 0.5 g/100 mL、1.0 g/100 mL、2.0 g/100 mL、4.0 g/100 mL 4 个水平。  $X_2$  因子设 3 个水平。选用  $U_6(6^4)$  均匀设计表,应用“拟水平法”,将  $X_1$ 、 $X_2$  分别扩展为 6 水平,选择  $U_6(6^4)$  表中的 1、3 列来安排试验,试验设计及各处理水平设计见表 1。

表 1  $U_6(6^4)$  拟水平试验方案

试验号	$X_1$ (浓度)/g·(100 mL) <sup>-1</sup>	$X_2$ (次数)/次
1	0.5	2
2	1.0	3
3	1.0	1
4	2.0	3
5	2.0	1
6	4.0	2

### 1.2 调查方法

试验设在广东省农业现代化技术示范区(广东省江门市新会区沙堆镇)的有机水稻田内。在褐稻虱成虫产卵期,将飞机草乙醇提取物稀释配成表 1 浓度,每试验区组面积 300 m<sup>2</sup>。采用平行跳跃式取样,每处理取 5 个点,每点取 20 株,共调查 100 株,每 4 天调查一次稻株上褐稻虱若虫、成虫数量。以不采用任何措施防治害虫的稻田作对照区。在多次喷施的处理中,于首次施用飞机草乙醇提取物后每隔 3 天再喷洒一次,以最后一次施用后第 3 天调查褐稻虱各虫期存活率,组建褐稻虱种群虫期生命表。

### 1.3 评价指标

采用改进的 Morris-Watt 种群数学模型中的种

群趋势系数  $I$ , 干扰作用控制指数  $IIPC$  (interference index of population control) 评价其干扰作用。计算公式如下。

$$I_{CK} = S_E S_S S_L S_P F P_F P_{\frac{1}{2}};$$

$$P_h [\sum P_{id} (S_{A_d})^d];$$

$$I = IIPC_{Tr} \times I_{CK};$$

$$IIPC = \frac{S_{Tr}}{S_{CK}} = \frac{S_{1Tr} S_{2Tr} S_{3Tr}}{S_{1CK} S_{2CK} S_{3CK}}.$$

式中  $S_E$ 、 $S_S$ 、 $S_L$ 、 $S_P$  为卵、低龄若虫、高龄若虫、蛹期存活率。  $F$  为设定的标准卵量;  $P_{\frac{1}{2}}$  为雌性比率,  $P_h$  为成虫迁移后的居留率;  $P_f$  为达标准卵量概率;  $P_{id}$  为成虫逐日产卵概率;  $(S_{A_d})^d$  为成虫逐日存活率;  $S_{1Tr}$ 、 $S_{2Tr}$ 、 $S_{3Tr}$  为处理区卵、1~2 龄若虫、3~5 龄若虫期的存活率;  $S_{1CK}$ 、 $S_{2CK}$ 、 $S_{3CK}$  为对照区卵、1~2 龄若虫、3~5 龄若虫期的存活率。

### 1.4 回归分析方法

本试验仅考虑 2 个因子的主效应,所建立的主效应回归模型为  $Y = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2$ , 其中  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$  为回归系数。根据所建立的回归模型方程,以干扰作用控制指数  $IIPC$  最小的组合为最优组合。

## 2 结果与分析

### 2.1 对褐稻虱成虫产卵驱避的影响

统计使用浓度和其次数的不同组合,对褐稻虱成虫产卵驱避的干扰作用控制指数、褐稻虱各虫期的存活率及干扰作用控制指数,结果见表 2,并转换为干扰作用控制指数,见表 3。

表 2 飞机草乙醇提取物对褐稻虱自然种群的控制效果

虫期( $X_i$ )	各虫期存活率( $S_i$ )						
	试验 1	试验 2	试验 3	试验 4	试验 5	试验 6	CK
卵	0.7100	0.5000	0.5800	0.4600	0.5000	0.4200	0.7656
1~2 龄若虫	0.7344	0.5500	0.7469	0.5031	0.5156	0.5313	1.6000
3~5 龄若虫	0.7821	0.4836	0.5687	0.4836	0.5224	0.3881	1.2090
种群趋势指数	2.6187	0.8540	1.5820	0.7186	0.8648	0.5561	9.5100
干扰控制指数	0.2754	0.0898	0.1663	0.0756	0.0909	0.0585	1.0000

结果显示,飞机草乙醇提取物对褐稻虱成虫产卵的驱避作用,随着使用浓度的升高,效果愈好;在浓度相同时,随使用次数的增加而效果增强。其中以试验 6、试验 4 对褐稻虱成虫的产卵驱避作用最强,干扰作用控制指数  $IIPC$  分别为

0.549 与 0.600, 与对照相比,可有效降低稻田落卵量,落卵量分别为对照区的 54.9% 与 60%。其次为试验 2、试验 5,干扰作用控制指数  $IIPC$  均为 0.653,而试验 1 的驱避效果较弱(表 3)。

表3 飞机草乙醇提取物对褐稻虱自然种群的干扰作用控制指数

虫期( $X_1$ )	各虫期干扰作用控制指数(IIPC)					
	试验1	试验2	试验3	试验4	试验5	试验6
卵	0.927	0.653	0.758	0.600	0.653	0.549
1~2龄若虫	0.459	0.344	0.467	0.314	0.321	0.332
3~5龄若虫	0.647	0.400	0.470	0.400	0.432	0.321

## 2.2 对褐稻虱若虫的毒杀作用

从表2、表3可看出,飞机草乙醇提取物对褐稻虱若虫具有较好的毒杀作用,随着浓度、施用次数的增加而增强。其中以试验6、试验4、试验2处理,3~5龄若虫的存活率最低,分别达0.3881、0.4836、0.4836, IIPC分别为0.321、0.400、0.400,表明在飞机草乙醇提取物的作用下,褐稻虱3~5龄若虫的发生量仅为对照区的0.321、0.400、0.400倍。对1~2龄若虫的毒杀效果基本与3~5龄若虫相类似,表现为浓度大、施用次数多,作用效果强。

## 2.3 对褐稻虱种群的控制作用

飞机草乙醇提取物使用浓度与次数的不同组合,对褐稻虱种群具有不同程度的控制作用。表2结果显示,试验6、试验4、试验2的效果最佳,种群趋势指数 $I$ 分别为0.556、0.719、0.854,表明褐稻虱种群数量将呈下降趋势,达到了持续控制的要求。试验1、试验3处理中,飞机草乙醇提取物对褐稻虱种群的增长趋势指数 $I$ 分别为2.619、1.582,下代褐稻虱种群数量仍呈增长趋势,但 IIPC分别为0.2754、0.1663,表明在飞机草乙醇提取物的作用下,褐稻虱种群数量增长仅为对照区的0.2754倍、

0.1663倍。

## 2.4 施用浓度与施用次数组合的回归分析

为探讨飞机草乙醇提取物的控制效果与使用浓度、使用次数之间的定量关系,应用扩展的均匀设计方法研究其田间应用技术,对飞机草乙醇提取物的使用浓度( $X_1$ )、使用次数( $X_2$ )与干扰作用控制指数进行主效应分析。根据表2数据分析,可得出飞机草乙醇提取物的控制效果( $Y$ )与作用浓度( $X_1$ )、使用次数( $X_2$ )的回归模型: $Y = 0.2527 - 0.0461X_1 - 0.0230X_2$ 。

由回归模型的检验结果(表4)可知,该回归模型的相关系数 $r$ 为0.7491,对该模型的检验达到极显著水平,因而采用该模型可以很好地描述飞机草乙醇提取物对褐稻虱种群的干扰作用控制指数 IIPC 与使用浓度、使用次数之间的关系。从单因子的干扰效果来看,飞机草使用浓度( $X_1$ )、使用次数( $X_2$ )和 IIPC 之间的回归系数 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 分别为-0.0461、-0.0230,使用浓度( $X_1$ )对褐稻虱控制效果起决定性的作用。这表明应用飞机草乙醇提取物控制褐稻虱种群数量中,更要根据褐稻虱基数确定使用浓度( $X_1$ )。

表4 回归模型的检验结果

偏相关系数( $r$ )	检验值( $t$ )	显著水平( $P$ )	相关系数( $R$ )	检验值( $F$ )	显著水平( $P$ )	剩余标准差( $S$ )	调整后相关系数( $R_a$ )
$R(Y, X_1) = -0.7293$	1.8460	0.1386	0.7491	1.9183	0.2907	0.0700	0.7183
$R(Y, X_2) = -0.6537$	1.6549	0.1482	—	—	—	—	—

根据回归模型,可以模拟出使用浓度、使用次数不同组合对褐稻虱种群的干扰作用控制指数拟合值(图1)。从图1中可以直观地看出,对褐稻虱种群的干扰作用与使用次数、使用浓度关系密切,不同组合下的干扰效果差异较大。在同样的使用浓度下,飞机草乙醇提取物对褐稻虱种群的干扰作用控制指数 IIPC 随使用次数的增加而逐渐降低,在同样的使用次数下, IIPC 随使用浓度增大而降低。从总体效果来看,以飞机草乙醇提取物  $X_1 \times X_2$  为  $1.0 \times 2$  以上的组合,也即浓度在  $1.0 \text{ g}/100 \text{ mL}$  以上、使用次数为 2

次以上的组合,其干扰效果显著。单独考虑  $X_1$  时,如  $X_1$  为  $0.5 \text{ g}/100 \text{ mL}$  浓度水平上,使用次数  $X_2$  应在 3 次以上才能达到较好的干扰效果(图1)。

运用害虫种群控制指标  $I$  小于 1.00 来分析表中的数据。2002 年晚稻褐稻虱种群趋势指数  $I_0$  为 9.51,经计算控制措施的 IIPC 应小于 0.1785。从图1中可以得出,除  $0.5 \times 1$ 、 $1.0 \times 1$ 、 $0.5 \times 2$  的 3 个处理外,其余各组合对褐稻虱种群的干扰作用控制指数 IIPC 小于 0.1785,其中  $2.0 \times 3$ 、 $4.0 \times 1$ 、 $4.0 \times 2$ 、 $4.0 \times 3$  的 IIPC 均小于 0.100。由此可见,喷施飞机

草乙醇提取物,多数组合对褐稻虱干扰作用控制指数 *IIPC* 小于 0.178 5,表明飞机草乙醇提取物对褐稻虱种群控制作用较好,下代褐稻虱种群数量将呈下降趋势。

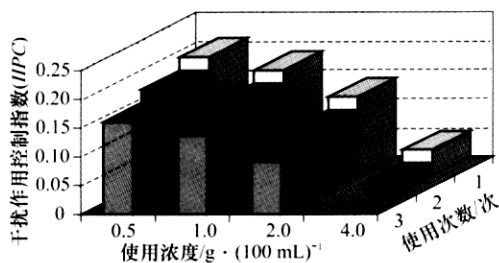


图1 飞机草乙醇提取物不同浓度与使用次数对褐稻虱种群的干扰作用控制指数模型的拟合值

### 3 结论与讨论

飞机草乙醇提取物对褐稻虱成虫具有较强的产卵驱避作用,扰乱了种群正常生活习性,使田间卵量减少,从而影响到田间若虫变动。结果表明,由于飞机草乙醇提取物对褐稻虱种群成虫的产卵驱避作用,稻田落卵量可降至对照区的50%左右。然而,飞机草乙醇提取物对褐稻虱种群的干扰效果是同使用浓度与次数的变化相联系的,使用浓度是决定干扰作用的主要因素。在使用次数相同时,随着使用浓度的升高,效果愈好;同样在浓度相同时,随使用次数的增加而效果增强。其次飞机草乙醇提取物对褐稻虱若虫的具有一定的毒杀作用,一般随着浓度、施用次数的增加而增强。在这两者的联合作用下,试验6、试验4、试验2处理中,种群趋势指数 *I* 分别为 0.556、0.719、0.854,褐稻虱种群数量将呈下降趋势,达到了持续控制的要求。

回归模型模拟出飞机草乙醇提取物施用浓度与施用次数在 2.0 g/100 mL 施用2次以上与 1.0 g/100 mL 施用3次以上的组合,能使褐稻虱种群趋势指数 *I* 降至 1.00 以下,下代褐稻虱种群数量将呈下降趋势。但飞机草乙醇提取物对褐稻虱的干扰作用也是有限的,且飞机草乙醇提取物对产在叶组织内的卵无直接毒杀作用,对若虫的毒杀作用不强,因而在应用中也要结合其他措施,以达到持续控制的要求。

飞机草乙醇提取物使用浓度与施用次数的不

同组合处理,褐稻虱幼虫的存活率可达50%左右,与化学杀虫剂要求高达90%以上的死亡率相比是较低的。飞机草乙醇提取物对产在叶组织内的卵无明显影响,因此若按杀虫剂防治效果的评价指标来评价飞机草乙醇提取物的作用,会认为效果不理想,可能将遭淘汰。本文利用 *IIPC* 值的评价方法,以驱避作用为目标,能客观地反映次生化合物对目标害虫的控制作用,为非嗜食植物的防御化合物的研究提供一个正确可靠的评价方法。

飞机草乙醇提取物具有驱避、拒食、抑制生长发育等作用特点,在小菜蛾、柑橘红蜘蛛、荔枝蒂蛀虫等多种蔬菜、果树害虫应用较多<sup>[6-7]</sup>,同时田间施用对天敌安全、不易产生抗药性,无污染,这与室内测定的结果相吻合<sup>[9]</sup>。利用植物的活性成分而将其开发为“绿色”植物保护剂,是对化学农药统治地位的挑战,也是害虫生物防治途径的新探索。为尽早开发出产品,应对其分离提纯、对昆虫生长、发育、行为与繁殖的作用等进行进一步研究。

### 参考文献

- [1] 张内河,欧高才,易光辉,等. 刺激稻飞虱再增猖獗的试验研究[J]. 植保技术与推广, 1996(1):5-7.
- [2] 刘贤进,孙以文,顾正远. 褐飞虱对甲胺磷和噻嗪酮代谢抗性的生化分析[J]. 植物保护学报, 1998,25(3):263-266.
- [3] 王守林,董代文,郑永忠,等. 稻飞虱严重发生原因分析及改进治理对策的实践[J]. 植保技术与推广, 2002, 22(8):27-35.
- [4] 庞雄飞. 植物保护剂与植物免害工程——异源植物次生化合物在害虫防治中的应用[J]. 世界科技研究与发展, 1999, 21(2):24-28.
- [5] 庞雄飞,张茂新,侯有明,等. 植物保护剂防治害虫效果的评价方法[J]. 应用生态学报, 2000, 11(2):108-110.
- [6] 洗继东,庞雄飞. 植物乙醇提取物对小菜蛾实验种群作用的研究[C]//走向21世纪的中国昆虫学. 北京:中国科学技术出版社, 2000:722-726.
- [7] 洗继东,庞雄飞,曾玲. 异源次生化合物对美洲斑潜蝇种群控制作用的田间试验[J]. 应用生态学报, 2003, 14(1):97-100.
- [8] 钟平生,梁广文,曾玲. 非嗜食植物次生化合物对褐稻虱实验种群的控制作用[J]. 仲恺农业技术学院学报, 2004, 17(2):13-18.
- [9] 钟平生,梁广文,曾玲. 不同生态措施对褐稻虱种群及其天敌的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2005, 32(4):428-430.