

拟水狼蛛对褐飞虱捕食功能 反应及两者空间分布型

马明勇¹, 彭兆普^{1*}, 曾晓玲²

(1. 湖南农业科学院植物保护研究所, 长沙 410125; 2. 湖南长沙宁乡县农业技术推广中心, 长沙 410600)

摘要 通过对湖南晚稻常规稻、杂交稻和超级杂交稻田的拟水狼蛛和褐飞虱进行调查,运用 Taylor 幂法和 Iwao 的回归分析法对拟水狼蛛、褐飞虱若虫及成虫的空间分布型拟合,两种方法研究结果表明:褐飞虱若虫、短翅型成虫和长翅型成虫在 3 个水稻品种上都为聚集分布,拟水狼蛛为随机分布。采用 Holling II 型拟合拟水狼蛛对褐飞虱若虫、短翅型成虫和长翅型成虫的捕食功能,结果表明拟水狼蛛对三者捕食功能大小顺序为若虫>长翅雄虫>长翅雌虫>短翅雄虫>短翅雌虫,日最大捕食量分别为 64.4、37.4、42.8、28.1 头和 35.1 头。

关键词 拟水狼蛛; 褐飞虱; 空间分布型; 功能反应

中图分类号: S 476 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2010.06.019

Functional response of *Pirata subpiraticus* to *Nilaparvata lugens* and its spatial distribution

Ma Mingyong¹, Peng Zhaopu¹, Zeng Xiaoling²

(1. Institute of Plant Protection, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125, China;
2. Extension Center of Ningxiang Agricultural Technology, Changsha 410600, China)

Abstract Through massive screening of conventional rice, hybrid race and super-hybrid rice in Hunan province, the spatial distribution of brown planthopper (BPH) *Nilaparvata lugens* (Stål) and *Pirata subpiraticus* were studied by Taylor power and Iwao's regression equation. The results showed that the spatial distribution of BPH nymphs belonged to aggregative distribution on the three rice plants, and the same results were observed in the macropterous and brachypterous adults of BPH. However, the spatial distribution of *P. subpiraticus* was stochastic distribution. Furthermore, the mathematical model of predation of *P. subpiraticus* on BPH was established with Holling II in this paper. The results showed that the predacious capacity of *P. subpiraticus* on BPH from high to low was as followed: nymph, macropterous male, macropterous female, brachypterous male and brachypterous female, and their maximum daily predacious capacities were 64.4, 37.4, 42.8, 28.1 and 35.1, respectively.

Key words *Pirata subpiraticus*; *Nilaparvata lugens*; spatial distribution; function-response

褐飞虱 [*Nilaparvata lugens* (Stål)] 广泛分布在亚洲,以水稻为寄主,随东南亚季风远距离迁飞为害,严重为害水稻生产,对晚稻危害尤为严重。由于杂交水稻和超级杂交水稻大面积推广种植,其营养成分及田间小气候更适宜褐飞虱繁殖^[1-2]。1991 年我国褐飞虱发生面积达 2 320 万 hm², 损失稻谷 166 万 t; 2005 年更是大暴发,仅长江中下游稻

区发生面积达 777.8 万 hm², 损失稻谷近 150 万 t^[3]。稻田蜘蛛种类较多、数量大,是褐飞虱的重要天敌,拟水狼蛛 (*Pirata subpiraticus*) 为稻田蜘蛛优势种,是褐飞虱重要捕食性天敌之一^[4-10]。国内主要研究蜘蛛混合种群或以科为单位的空间分布型^[6,11-12],以及褐飞虱在某一品种上空间分布^[6,13],本文旨在研究拟水狼蛛和褐飞虱在湖南晚

收稿日期: 2010-04-27 修订日期: 2010-05-23

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(200803003)

* 通信作者 E-mail: pengzhaopu@yahoo.com.cn

稻主栽常规稻、杂交稻、超级杂交稻上空间分布,以及室内模拟拟水狼蛛对褐飞虱不同虫态和翅型的捕食功能反应,为利用拟水狼蛛对褐飞虱进行生态控制提供参数。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试水稻:常规稻(‘湘晚粳 13 号’)、杂交稻(‘金优 207’)、超级杂交稻(‘丰源优 299’)购于湖南隆平种业有限公司,均为湖南晚稻主要栽培品种。供试水稻栽培于湖南长沙宁乡(E112.08°, N28.49°),各品种种植 600 m²,移栽前施 25% 强农牌配方肥(N:P:K=14:5:6) 600 kg/hm²、氯化钾 120 kg/hm² 为底肥,移栽 7 d 后追加尿素 60 kg/hm²,于 7 月 17 日移栽 3 水稻品种至试验田。调查田早稻未施农药,田埂种植黄豆,晚稻全生育期不使用农药,其他农事操作正常进行。

供试虫源:室内捕食功能反应褐飞虱饲养于湖南省农业科学院植物保护研究所,3 龄若虫及长翅、短翅成虫为实验室[饲养条件:(25±2)°C, RH90%±5%, L//D=12 h//12 h]饲养第 5 代,拟水狼蛛采自试验田,实验室内饲养第 2 代。

1.2 调查方法

调查田自 8 月 5 日开始每 7 d 调查 1 次(10 月 6 日止)采用 33 cm×45 cm 的白瓷盘平行跳跃盆拍法,每品种调查 10 点(每点 10 丛)。首先将盆拍到的蜘蛛赶入准备好的尼龙网袋中,然后分别记录褐飞虱若虫、成虫数;将尼龙网袋中蜘蛛带回实验室,记录鉴定的拟水狼蛛数目。

1.3 捕食功能反应试验方法

设置褐飞虱若虫、长翅雌虫、长翅雄虫、短翅雌虫和短翅雄虫 5 个处理,每个处理分别设置密度 5、10、20、40、80 头猎物,将各密度猎物分别放入塑料盒(18 cm×11 cm×7 cm)中,盒内放新鲜稻秆 2 根,基部以脱脂棉保湿。选择大小一致的拟水狼蛛,饥饿处理 48 h 后,每盒接拟水狼蛛 1 头,盒口以纱布封住,24 h 后检查猎物残存数。各试验在(25±2)°C, RH90%±5%, L//D=12 h//12 h 实验室内进行,重复 5 次。

1.4 数据处理

田间调查数据根据 Taylor 幂法^[5-6]和 Iwao 聚集格局回归分析法^[5-6]对褐飞虱若虫、成虫及拟水狼蛛的空间分布型进行分析。

Taylor 幂法为调查平均数(m)和方差(S^2)的回归方程模型: $\lg S^2 = \lg a + b \lg m$ 。其中 b 值为指标,当 b 趋向于 0 时为均匀分布, b 趋向于 1 时为随机分布, $b > 1$ 时为聚集分布。

Iwao 提出平均拥挤度(m^*)和平均数(m)的模型为: $m^* = \alpha + \beta m$ 。其中 α 反映了个体分布的基本情况; β 反映了个体群的分布情况。当 α 趋向于 0 时,分布的基本个体是单个个体; $\alpha > 0$ 时,个体间相互吸引,分布的基本成分是个体群; $\alpha < 0$ 时,个体间相互排斥; β 趋向于 1 时,种群为随机分布; $\beta < 1$ 时,种群为均匀分布; $\beta > 1$ 时,种群为聚集分布。

捕食功能反应采用 Holling II^[19]型进行拟合,其方程式为: $N_a = \frac{aTN_0}{1+abN_0}$,其中: N_a 为被捕食的猎物数; N_0 为猎物密度; T 为试验总用时; a 为瞬间攻击率; b 为处置时间。根据所拟合的捕食功能方程参数 a 和 b ,计算拟水狼蛛对褐飞虱若虫、长翅雌虫、长翅雄虫、短翅雌虫和短翅雄虫日最大捕食量。

以上数据通过 Origin 8.0 软件对各模型进行拟合。

2 结果与分析

2.1 褐飞虱和拟水狼蛛在不同品种水稻上空间分布

3 个水稻品种上褐飞虱和拟水狼蛛空间分布型如表 1 和表 2。Taylor 幂法和 Iwao 法拟合下褐飞虱若虫在 3 个水稻品种上都为聚集分布,且若虫个体间表现为相互吸引,分布的基本单元是个体群;褐飞虱成虫在 3 个水稻品种上同样为聚集分布,成虫在常规稻上 $\alpha = 0.0976$ 趋向于 0,说明褐飞虱成虫在常规稻上的基本单元为单个个体,而在杂交稻和超级杂交稻上 α 分别为 4.5380 和 1.9458,说明个体间相互吸引,分布的基本单元是个体群;拟水狼蛛在 3 个水稻品种上都为随机分布,在杂交稻上个体间表现为相互吸引($\alpha = 2.6725 > 0$),而在常规稻($\alpha = -0.4335 < 0$)和超级稻($\alpha = -0.2402 < 0$)上表现为相互排斥。

2.2 拟水狼蛛对褐飞虱捕食功能反应

拟水狼蛛对褐飞虱若虫、长翅雌虫、长翅雄虫、短翅雌虫和短翅雄虫捕食功能曲线和方程如图 1~3 所示。拟水狼蛛对褐飞虱若虫捕食功能方程为 $N_a = 1.097 1N_0 / (1 + 0.018 7N_0)$, ($R^2 = 0.993 1, F = 1 054.06, \chi^2 = 1.06, p = 0.000 1$); 对褐飞虱长翅雌虫捕食功能方程为 $N_a = 1.493 4N_0 / (1 + 0.059 6N_0)$, ($R^2 = 0.961 6, F = 325.99, \chi^2 = 1.61, p = 0.000 4$); 对褐飞虱长翅雄虫捕食功能方程为 $N_a = 1.665 0N_0 / (1 + 0.064 8N_0)$, ($R^2 = 0.944 8, F = 234.49, \chi^2 = 2.47, p = 0.000 6$); 对褐飞虱短翅雌虫捕食功能方程为 $N_a = 1.282 3N_0 / (1 + 0.058 6N_0)$, ($R^2 = 0.961 6, F = 335.04, \chi^2 = 1.18, p = 0.000 4$); 对褐飞虱短翅雄虫捕食功能方程为 $N_a = 1.565 1N_0 / (1 + 0.069 8N_0)$, ($R^2 = 0.945 7, F = 250.77, \chi^2 = 1.84, p = 0.000 5$)。根据捕食功能方程,拟水狼蛛对褐飞虱若虫、长翅雌虫、长翅雄虫、短翅雌虫和短翅雄虫日最大捕食量理论值分别为 64.4、37.4、42.8、28.1 头和 35.1 头。

对褐飞虱短翅雌虫捕食功能方程为 $N_a = 1.282 3N_0 / (1 + 0.058 6N_0)$, ($R^2 = 0.961 6, F = 335.04, \chi^2 = 1.18, p = 0.000 4$); 对褐飞虱短翅雄虫捕食功能方程为 $N_a = 1.565 1N_0 / (1 + 0.069 8N_0)$, ($R^2 = 0.945 7, F = 250.77, \chi^2 = 1.84, p = 0.000 5$)。根据捕食功能方程,拟水狼蛛对褐飞虱若虫、长翅雌虫、长翅雄虫、短翅雌虫和短翅雄虫日最大捕食量理论值分别为 64.4、37.4、42.8、28.1 头和 35.1 头。

表 1 褐飞虱和拟水狼蛛空间分布 Taylor 幂法拟合

品种	测定对象	回归方程($\lg S^2 =$)	R^2	F	p	分布类型
湘晚籼 13 号	褐飞虱若虫	$1.575 2 \lg m + 0.353 6$	0.957 5	205.94	<0.0001	聚集分布
	褐飞虱成虫	$1.730 4 \lg m - 0.136 0$	0.940 5	127.40	0.000 01	聚集分布
	拟水狼蛛	$0.688 2 \lg m - 0.154 8$	0.816 5	41.04	0.000 2	随机分布
金优 207	褐飞虱若虫	$1.836 3 \lg m + 0.207 9$	0.972 4	318.48	<0.0001	聚集分布
	褐飞虱成虫	$1.558 2 \lg m + 0.299 0$	0.828 7	44.55	0.000 2	聚集分布
	拟水狼蛛	$1.049 4 \lg m + 0.550 1$	0.758 2	29.22	0.000 6	随机分布
丰源优 299	褐飞虱若虫	$1.872 8 \lg m - 1.013 2$	0.898 1	80.28	0.000 02	聚集分布
	褐飞虱成虫	$1.948 1 \lg m - 0.404 0$	0.817 7	41.37	0.000 2	聚集分布
	拟水狼蛛	$0.962 8 \lg m - 0.090 8$	0.849 6	51.93	0.000 09	随机分布

表 2 褐飞虱和拟水狼蛛空间分布 Iwao 法拟合

品种	测定对象	回归方程($m^* =$)	R^2	F	p	分布类型
湘晚籼 13 号	褐飞虱若虫	$1.179 4m + 12.279 7$	0.976 2	369.57	<0.000 1	聚集分布
	褐飞虱成虫	$1.278 7m + 0.097 6$	0.991 9	1 115.40	<0.000 1	聚集分布
	拟水狼蛛	$0.976 3m - 0.433 5$	0.999 2	11 196.01	<0.000 1	随机分布
金优 207	褐飞虱若虫	$1.695 3m + 11.865 1$	0.899 1	81.50	0.000 02	聚集分布
	褐飞虱成虫	$1.373 9m + 4.538 0$	0.872 5	60.61	0.000 04	聚集分布
	拟水狼蛛	$1.040 0m + 2.672 5$	0.869 4	60.91	0.000 05	随机分布
丰源优 299	褐飞虱若虫	$1.298 7m + 55.863 5$	0.875 6	64.37	0.000 04	聚集分布
	褐飞虱成虫	$1.314 8m + 1.945 8$	0.949 8	171.41	<0.000 1	聚集分布
	拟水狼蛛	$0.999 6m - 0.240 2$	0.998 9	8 274.72	<0.000 1	随机分布

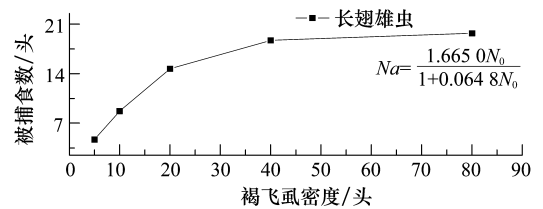
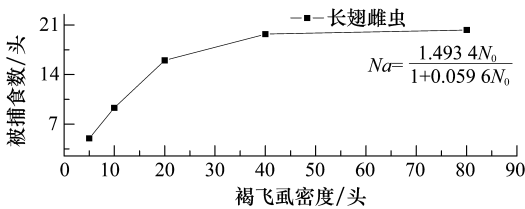


图 1 拟水狼蛛对褐飞虱长翅型捕食功能曲线及模型

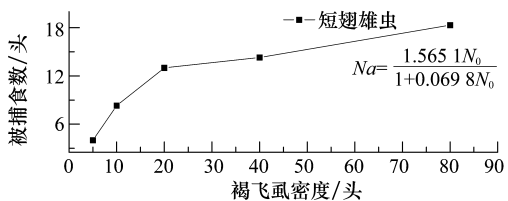
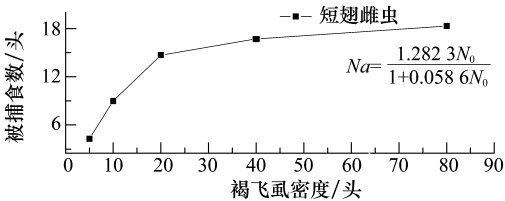


图 2 拟水狼蛛对褐飞虱短翅型捕食功能曲线及模型

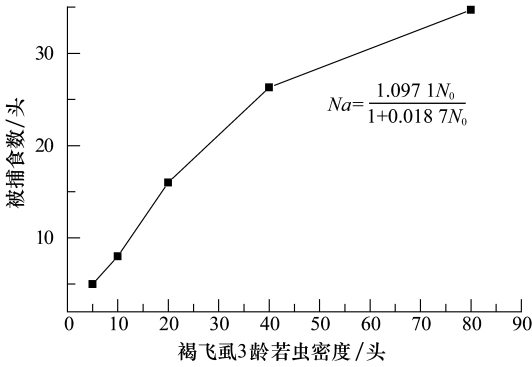


图3 拟水狼蛛对褐飞虱若虫捕食功能曲线及模型

3 小结与讨论

通过对湖南晚稻常规稻、杂交稻、超级杂交稻上褐飞虱若虫、成虫和拟水狼蛛调查,研究结果表明褐飞虱若虫、成虫在3个水稻品种上空间分布型皆为聚集分布,与张润杰等所得结果一致^[13],说明3个水稻品种不影响褐飞虱若虫、成虫的空间分布型。褐飞虱若虫在3个水稻品种上个体间相互吸引,究其原因可能与成虫产卵有关,成虫多选择营养物质丰富的叶鞘部位以卵条形式产卵^[14],卵孵化后若虫常聚集于产卵部位取食;褐飞虱成虫在杂交稻和超级杂交稻上个体间与若虫一样,表现为相互吸引,而在常规稻上个体间表现为相互排斥,这可能与寄主水稻的营养物质有关,杂交水稻、超级杂交稻与常规稻在生物学质量和生物营养学方面存在差异,前两者植株内营养丰富,淀粉含量高,可溶性糖多,茎粗叶茂,叶鞘组织疏松^[1-2];褐飞虱成虫个体为获得充足的营养物质,在常规稻上表现为单个个体。也有学者研究表明晚稻稻飞虱(褐飞虱和白背飞虱混合种群)分布型存在着聚集、随机和均匀分布3个类型,但以聚集分布为基本分布类型,随机分布和均匀分布是因为受到天敌大量捕食的影响,改变了聚集分布的型式^[6]。

拟水狼蛛在3个水稻品种上空间分布型都为随机分布,陈银方研究表明早稻水狼蛛属空间分布型属于均匀分布^[11],而王智研究蜘蛛混合群落表明蜘蛛群落受猎物(稻飞虱、叶蝉等)数量以及非稻田蜘蛛迁入影响,早稻为聚集分布和随机分布,晚稻前期和后期多为均匀分布,中期为聚集分布^[5],孙志鸿认

为晚稻蜘蛛混合群落空间分布型以均匀分布为主^[6]。拟水狼蛛个体间在杂交稻上表现为相互吸引,而在常规稻和超级稻上表现为相互排斥,这可能与猎物数量以及蜘蛛混合群落之间拟水狼蛛与其他蜘蛛种群竞争有关。

根据拟水狼蛛捕食功能方程参数,拟水狼蛛对褐飞虱若虫、长翅雌虫、长翅雄虫、短翅雌虫和短翅雄虫捕食能力大小顺序为若虫>长翅雄虫>长翅雌虫>短翅雄虫>短翅雌虫,拟水狼蛛对褐飞虱若虫日最大捕食量大于八斑鞘腹蛛和柔弱锯螯蛛^[15-17],拟水狼蛛对褐飞虱日最大捕食量也大于对白背飞虱日最大捕食量^[18],这可能与试验容器空间大小、异质性以及蜘蛛个体大小有关,也与拟水狼蛛凶残性有关,经对被猎杀的褐飞虱尸体检测,部分褐飞虱只是被捕杀,并未被消化取食。同时,也与研究模型有关,二次旋转组合设计方法建立拟水狼蛛和食虫沟瘤蛛联合对褐飞虱捕食作用模型,所得拟水狼蛛对褐飞虱若虫捕食量小于本试验捕食量^[7-8]。

参考文献

- [1] 李锴员,陈有良,汤和阳,等. 益阳市赫山区稻飞虱大发生原因分析及防治对策[J]. 湖南农业科学, 2006(3):92-93.
- [2] 黄志农,张玉烛,刘勇. 湖南水稻三大害虫致灾原因与防治策略[J]. 作物研究, 2006, 20(4):315-317.
- [3] 程家安,祝增荣. 2005年长江流域稻区褐飞虱暴发成灾原因分析[J]. 植物保护, 2006, 32(4):1-4.
- [4] 王洪全,颜亨梅,杨海明. 中国稻田蜘蛛群落结构研究初报[J]. 蛛形学报, 1999, 8(2):95-105.
- [5] 王智,颜亨梅,王洪全. 稻田蜘蛛混合种群空间分布的动态研究[J]. 植物保护, 2001, 27(6):9-11.
- [6] 孙志鸿. 稻田蜘蛛和稻飞虱田间分布型研究[J]. 昆虫天敌, 1988, 10(2):88-90.
- [7] 沈斌斌,邹一平,徐宇斌. 稻田主要天敌对害虫的捕食作用[J]. 华东昆虫学报, 2006, 15(1):45-49.
- [8] 沈斌斌,徐宇斌,邹一平. 拟水狼蛛和食虫沟瘤蛛雌蛛对稻褐飞虱的捕食作用研究[J]. 江西农业大学学报, 2006, 28(2):191-194.
- [9] 刘向东,张孝義,郭慧芳,等. 稻田蜘蛛群落对稻飞虱的控制功能作用研究[J]. 生态学报, 2001, 21(1):100-105.
- [10] 文斗斗,贺一原,吕志跃,等. 水稻白背飞虱-拟水狼蛛食物链中生物量流动的定量研究[J]. 昆虫学报, 2003, 46(2):178-183.