

稻田蜘蛛群落对稻飞虱的控制功能作用研究

刘向东¹, 张孝羲¹, 郭慧芳^{1*}, 罗跃进²

(1. 南京农业大学植保系, 南京 210095; 2. 安徽安庆市农科所, 安庆 246003)

摘要: 试验选用蜘蛛和飞虱田间的最大饱和容量(K)及最大增长倍数两个指标, 探讨了稻田蜘蛛群落对飞虱的自然控制功能, 首次提出天敌功能指数(EF)这一群落参数及其计算式 $EF = (S + P)^{S/P}$ 。试验证实 EF 值的升降与水稻受飞虱危害的程度呈现显著的负相关, 在田间及网罩内飞虱种群未来最大饱和容量 K 及增长倍数均随初始 EF 的升高而显著下降。天敌功能指数能较好地反映出天敌对飞虱各时段的控制作用。

关键词: 蜘蛛群落; 稻飞虱; 控制功能

Control function of spider community to planthopper in the rice field

LIU Xiang-Dong¹, ZHANG Xiao-Xi¹, GUO Hui-Fang¹, LUO Yue-Jin² (1. Department of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing, 210095, China; 2. Anqing Agricultural Research Institute, Anqing, 246003, China)

Abstract: Based on the experimental data from Anqing City, Anhui Province in 1996 and Jiangpu County, Jiangsu Province in 1997, the natural control functions of spider community to rice planthopper were studied by using two indexes, the capacity of environment (K) and reproduction rate. The enemy function index (EF) its formula were put forward firstly. The results showed that there was significant negative correlation between the EF value and rice injured rate by planthopper. The K value and reproduction rate of rice planthopper population increased greatly as the beginning EF value decreased. EF index could show the control function of enemies to planthopper clearly in the different period.

Key words: spider community; rice planthopper; control function

文章编号: 1000-0933(2001)01-00100-06 中图分类号: Q968.1 文献标识码: A

农田生物群落中各类生物集团的功能作用是当前群落生态及生物防治研究的热点之一。正确地评价自然状况下天敌对害虫的控制功能作用可为害虫的综合治理及可持续农业提供策略和方法^[1~4]。在以往的众多研究中, 评价天敌对害虫的控制作用时, 多为在实验室条件下种群对种群的作用, 而群落水平上的评估还较少; 并且评价指标往往选用益害比指数、捕食量、捕食功能反应参数及生命表参数(种群趋势指数)等^[5]。这些参数虽能较好地评价天敌对猎物的潜在捕食作用, 但普遍存在不能准确地反映出田间自然状况下天敌对害虫的控制作用, 并且不能用参数的初始值来预测未来田间天敌对猎物的控制效果, 即缺乏先兆性。基于此以及天敌对害虫控制作用的有限性, 采用田间围网接虫及对飞虱具有选择性的药剂处理试验, 人为地控制出几个飞虱虫口密度, 从而研究不同条件下蜘蛛对飞虱的控制功能, 并在此基础上提出了具有先兆性的天敌功能指数(Enemy function index 简称 EF)。

收稿日期: 1998-08-04; 修订日期: 1998-11-20

安徽安庆农科所, 南京江浦县植保站给予了大力支持, 特表谢意。

* 现在江苏农业科学院植保所工作。

作者简介: 刘向东(1970~), 男, 湖南隆回人, 博士, 讲师。主要从事昆虫生态与害虫生物防治等研究。

1 材料与方法

1.1 田间围网接虫区蜘蛛对飞虱的控制作用

1996 和 1997 年分别在田间蜘蛛群落建立基本完善且褐飞虱迁入前将水稻(汕优 63 品种)按每网 4 m^2 大小用尼龙网纱围严,上端封口。褐飞虱迁入时夜间在灯下采集褐飞虱,室内配对接种于各网内,各网接虫量分别为每百穴水稻 5、10、20 和 30 对,各处理 3~4 次重复。

接虫后 10 d 开始调查,调查采用目测法平行跳跃式取样,每网查稻 15~20 穴,记录各穴捕食性天敌及害虫物种及个体数量。以后每 7d 调查 1 次,共查 6 次。

1.2 大田开放区蜘蛛对飞虱的控制作用

1997 年在南京江浦单季汕优 63 稻田设置 20 m^2 小区 4 个,小区按系统调查田进行调查,当小区内褐飞虱第一代若虫达高峰时,用对飞虱具有选择性的 50% 混灭威药剂(江苏海安农药厂出品)按 4 种用量(每小区 0.5 g、1.0 g、1.5 g 和 2.0 g,各加水 2 kg)均匀地喷雾,将小区内飞虱控制成不同的虫口密度,处理重复 2 次。施药后 3 d 检查药效,以后每 5d 调查 1 次,调查方法同 1.1,共查 7 次。

2 结果与分析

2.1 天敌功能指数 EF 的提出

益害比指数是一个较为简单且运用较多的天敌评价指数,但其掩盖了天敌和害虫的数量级别而表现出粗糙性与不合理性,因为相同益害比下,天敌和害虫的数量可相差十几倍甚至上百倍,而在害虫数量很高的环境中,天敌因其增长倍数要比害虫低许多而表现出对害虫的控制作用小。显示出天敌对害虫控制作用的有限性。根据天敌与害虫的相互作用关系原理,提出了天敌功能指数(Enemy functional index,简称 EF),针对于稻田蜘蛛群落与飞虱而言其计算式为:

$$EF = (S + P)^{S/P}$$

其中, S 为稻田蜘蛛总数量, P 为稻田飞虱总数量, S/P 为蜘蛛与飞虱的数量比值。

EF 指数可看作是一幂函数,当 $S/P > 1$ 时,即稻田蜘蛛数量大于飞虱数量时,天敌功能指数随 $S+P$ 数量的增加而急剧增大。当 $0 < S/P < 1$ 时,即稻田蜘蛛数量小于飞虱数量时,天敌功能指数随 $S+P$ 的增加而增加缓慢。田间天敌对害虫的控制作用基本符合这种幂函数变化规律。 EF 指数与益害比指数相比较, EF 指数不但容纳了益害比的信息,而且包含了天敌和害虫的起始数量级别的信息,同时 EF 指数把益害比作为幂,突出了益害比的重要性。

2.1.1 天敌功能指数 EF 与水稻受飞虱危害程度间的关系 利用田间围网接虫方法,人为地控制出不同梯度的起始蛛虱比及天敌功能指数值,在网内水稻均不用药的情况下,调查水稻最终受飞虱为害的程度(用水稻冒穿率来估计)。不同起始蛛虱比及天敌功能指数下网内水稻被害率如表 1 所示。

表 1 不同起始蛛虱比(S/P)及天敌功能指数(EF)下水稻被害率

Table 1 Rice injured rate under different S/P and EF value

起始蛛虱 No. spider	S/P 变率		EF	EF 变率 Variability of EF	水稻被害率 Injured rate	IR 变率 Variability of IR	相关系数 Coefficient of correlation	
	S/P	Variability of IR S/P					S/P 变率- IR Var. S/P - IR	EF 变率- IR Var. EF - IR
68	0.476	1.19	12.75	1.56	10	0.400		
54	0.400	1.20	8.16	1.42	25	0.833		
47	0.333	1.33	5.73	1.75	30	0.400		
23	0.250	1.32	3.27	1.10	75	0.750	-0.5046	-0.8284*
48	0.190	1.12	2.96	1.10	100	1.000		
49	0.170	1.21	2.69	1.23	100	1.000		
33	0.140	—	2.19	—	100	—		

* 表示相关显著 ($P < 0.05$) * Shows significant correlation at $P < 0.05$.

由表 1 可知,随蛛虱比的下降,天敌功能指数降低,水稻被害率升高,蛛虱比和天敌功能指数表现出相

同的规律。但如果从两种指数的变化率(表中上一个指数值与下一个指数值的比值)和水稻被害率的变化率的相关性来分析,则可明显得出天敌功能指数的变率与水稻被害率的变率间呈显著负相关($r = -0.8284$),而蛛虱比变率与水稻被害率变率间相关不显著($r = -0.5046$)。这说明天敌功能指数能在数值上反映天敌对害虫的控制作用大小,用蛛虱比仅能在变化趋势上定性地反映天敌对害虫的作用。

2.1.2 围网区天敌功能指数与飞虱(*P*)、蜘蛛(*S*)间的数量变动关系 对1996年安徽安庆田间围网接虫处理的6次调查结果进行统计,得到网区内(I~V网)蜘蛛和飞虱在接褐飞虱后15~40d的数量,以及各个调查时刻的天敌功能指数值如图1所示。由图1可知,在5个网内(I~V)的6次调查中,飞虱数量达到防治指标(20头/穴)的次数分别为0~4次。天敌功能指数的变化曲线与飞虱数量的变化曲线基本上能达到对应互补,即当天敌功能指数低时,网内飞虱的数量则高,反之网内飞虱数量低,反映出了蜘蛛对飞虱的控制功能关系。

以接虫后15d时的蜘蛛和飞虱为起始量,计算出起始EF值,起始EF值大的网如网I和网II,飞虱数量在连续6次调查中达到防治指标的次数少,分别为0和1次,并且最高飞虱量(I网为226头/20穴,II网为408头/20穴)都在防治指标附近或远远小于防治指标。而起始天敌功能指数小的网如IV网和V网,其飞虱分别有3次和4次超过防治指标,并且最大量(IV网为538头/20穴,V网为642头/20穴)超过防治指标许多。III网的起始EF值为2.48比IV($EF = 3.17$)和V网($EF = 2.53$)小,但是到接虫后20d时其EF值超过了IV和V网,并且35d时其EF值增大为12.03,远远大于IV($EF = 4.47$)和V网($EF = 6.11$),因此网内飞虱达到防治指标的次数仅为2次,且最大值也在防治指标附近。

从图1还可看出,飞虱数量低的网内如I、II、III网,天敌功能指数的变化曲线都出现一个突出的高峰,而飞虱数量较高的网内(数量远远超过防治指标),天敌功能指数变化曲线较为平坦,无显著的高峰出现。

2.2 蜘蛛对飞虱生长的影响

2.2.1 围网区蜘蛛对环境中飞虱的最大饱和容量K的影响 对围网区1996和1997年飞虱的生长曲线进行模拟,得知围网区不同起始天敌功能指数下,飞虱在轻发生年(1996年)均符合逻辑斯蒂增长,而大发生年(1997年)均符合逻辑斯蒂增长。环境中飞虱的K值如表2和表3所示。

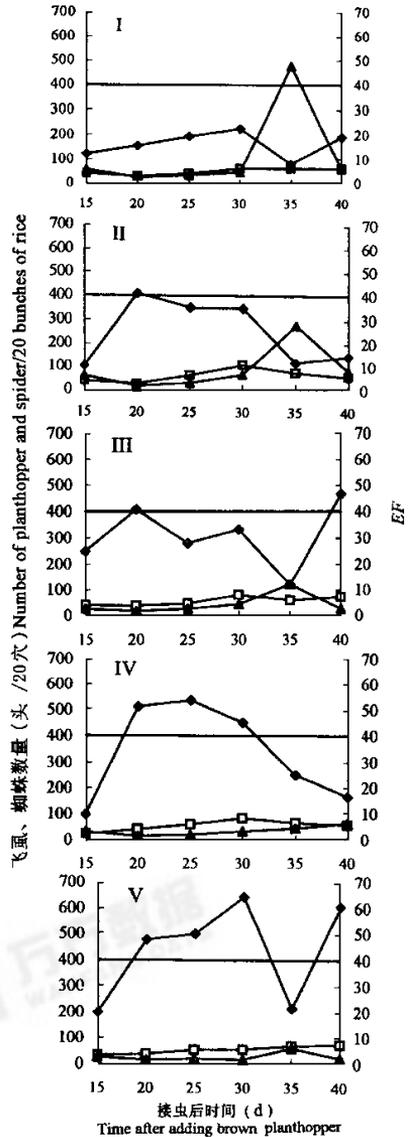


图1 不同网区在接虫后不同天数时蜘蛛、飞虱和EF的数量变化(安庆,1996)

Fig.1 The number of spider, planthopper and the value of EF in different days after adding brown planthopper

◆飞虱 planthopper, □蜘蛛 spider, ▲EF

1996年)均符合逻辑斯蒂增长,而大发生年(1997年)均符合逻辑斯蒂增长。环境中飞虱的K值如表2和表3所示。

飞虱的最大饱和容量 K ,反映了飞虱在没有受人工干扰时种群增长的最大数量。从表 2、3 可以看出 K 值的大小受到起始蛛量(S),起始虱量(P)和天敌功能指数(EF)的影响,而分别有正或负的增长变化趋势。对 K 的预测和估值在生产上有非常重要的实用价值。由 K 可预测出在不用农药的情况下依靠天敌的自然控制,能否将未来的飞虱数量控制在防治指标以下。现用 1996 和 1997 两年的以上 3 项随机变量(S 、 P 和 EF)对各年未来飞虱种群的饱和容量 K 作相关回归分析,结果表明,前二个变量(S 、 P)除 1997 年 $S \sim K$ 达相关显著水平($r = -0.9727$)外,其余相关分析均不显著($P > 0.05$),而只有天敌功有指数 EF ,在两年分析中与 K 值的相关均达极显著水平($P < 0.01$)。由此表明天敌功能指数较好地反映出了田间蜘蛛群落与飞虱间存在强的相互作用关系。同时由表 2、3 可知田间飞虱的最大饱和容量 K 随天敌功能指数的升高而下降,表现出了蜘蛛群落对飞虱的控制作用。从表 2、3 中还可看出,1997 年飞虱的 K 值均显著大于 1996 年,这主要是由于该年的气候“夏凉秋暖”,特别适合褐飞虱的繁殖增长,而造成该虫在长江流域大发生。

2.2.2 开放小区蜘蛛对飞虱最大饱和容量 K 的影响 开放小区不同 EF 值下飞虱的最大饱和容量 K 如表 4 所示,由表 4 可知,开放小区飞虱的最大饱和容量在不同天敌功能指数下表现出与围网区相同的规律性,即飞虱随天敌功能指数的增大而降低。

表 2 围网区不同 EF 值下飞虱最大饱和容量及模拟生长曲线的卡方检验(江浦,1997)

Table 2 Capacity of environment for planthopper and X^2 test for simulated live curve under different EF value in nylon net (Jiangpu, 1997)

起始蛛量 No. spider	起始虱量 No. planthopper	天敌功能指数 EF	最大饱和容量 K	卡方检验 X^2 test
69	110	112.3	1882.52	4.1570*
60	120	13.4	2180.86	3.6319*
55	220	4.1	2405.12	3.1452*
48	264	2.8	2467.63	1.5795*

* 表示拟合逻辑斯蒂曲线适合度($P < 0.05$),表中数量单位均为头/20 穴,下表同 * Is the degree of suitability at $P < 0.05$. The number of spider and planthopper is in 20 bunch of rice; the follow table is the same.

表 3 围网区不同 EF 值下飞虱最大饱和容量及模拟生长曲线的卡方检验(安庆,1996)

Table 3 Capacity of environment for planthopper and X^2 test for simulated live curve under different EF value in nylon net (Anqing, 1996)

起始蛛量 No. spider	起始虱量 No. planthopper	天敌功能指数 EF	最大饱和容量 K	卡方检验 X^2 test
28	667	1.3	670	—
24	98	3.2	514	—
40	140	4.4	436.26	3.5497*
44	122	6.3	330.74	0.0070*

—:不能用逻辑斯蒂曲线模拟 Can not be simulated by Logistic curve.

表 4 开放区不同 EF 值下飞虱最大饱和容量及模拟生长曲线的卡方检验(江浦,1997)

Table 4 Capacity of environment for planthopper and X^2 test for simulated live curve under different EF value in open area (Jiangpu, 1997)

起始蛛量 No. spider	起始虱量 No. planthopper	天敌功能指数 EF	最大饱和容量 K	卡方检验 X^2 test
41	33	210.1	334.65	4.6710*
39	55	25.1	1548.12	4.6587*
46	92	11.8	3182.02	3.9820*
53	223	3.8	3435.73	2.6249*

万方数据

2.3 不同天敌功能指数下飞虱的增长情况

2.3.1 开放小区飞虱的增长倍数 在田间自7月中旬起按小区进行系统调查,以8月10日左右褐飞虱迁入达基本稳定后,田间2代虫口高峰时的蜘蛛及飞虱数量作为起始量 S_0 及 P_0 ,并计算出起始 EF 指数,继续调查分别获得3代虫口高峰时的 S_1 及 P_1 和4代虫口高峰时的 S_2 及 P_2 ,并分别按 N/N_0 计算出飞虱及蜘蛛的增殖倍数,结果如表5。

表5 开放区不同起始天敌指数下飞虱的增殖倍数

Table 5 Reproduction rate of planthopper in different EF at open area

起始蛛量 No. spider	起始虱量 No. planthopper	EF	增殖倍数 Reproduction rate	
			P_1/P_0	P_2/P_0
41	33	210.1	10.1052	12.2260
39	55	25.1	7.9724	15.4736
46	92	11.8	14.5108	24.3311
53	223	3.8	27.0593	29.2712

由表5可知,田间开放小区内,因起始飞虱量和蜘蛛量不同,形成了天敌功能指数的差异。在不同的天敌功能指数下,飞虱第3代和第4代的增长倍数(P_1/P_0 和 P_2/P_0)差异较大,增长倍数表现出随天敌功能指数的降低而增大的规律。

由飞虱的增长倍数变化可知,随 EF 值的降低,天敌功能作用下降,天敌对飞虱种群的控制作用降低,飞虱容易发生突增现象。由表5知当 EF 值很高时如210.1,飞虱在第三和第四代均不会超过防治指标(20头/穴),而当 EF 值下降至25.1时飞虱到第四代超过了防治指标。当 EF 值下降到11.8时,飞虱第三代就超过了防治指。由此可知稻田蜘蛛群落能抑制稻田飞虱的过量繁殖,达到一定的天敌控虫效果。

2.3.2 围网小区飞虱的增长倍数 以1996年田间网罩区内系统调查的褐飞虱第1次若虫高峰时的飞虱(褐飞虱和白背飞虱)和蜘蛛数量为起始虱量和蛛量,以后继续进行调查。将所得田间资料中飞虱和蜘蛛的最大数量分别与起始量相比得最大增长倍数,结果见表6。

表6 围网区不同起始天敌功能指数下飞虱的最大增长倍数

Table 6 Reproduction rate of planthopper under different EF in nylon net area

起始蛛量 No. spider	起始虱量 No. planthopper	EF	飞虱最大增长倍数	飞虱最大量 Maximum	极点 EF 值* Climax EF
			Maximal reproductive rate		
28	667	1.3	—	—	—
24	98	3.2	5.24	514	2.84
40	140	4.3	3.14	440	3.40
44	122	6.3	1.85	226	5.11

— 是因为起始飞虱量太高,飞虱因密度效应而数量逐渐下降,故不列入; * 极点 EF 值表示飞虱达最大量时的 EF 值。

— Item is not considered for the beginning number of planthopper is too high. The climax EF is the value of EF when the number of planthopper is peak.

由表6可知,围网区飞虱的增殖倍数在不同天敌功能指数下表现出随天敌功能指数的增大而降低的规律,这种规律与开放区相一致。由飞虱的最大值可知,围网区飞虱增长的最大数量在不同天敌水平下有所不同,表现为天敌功能指数大的网内,飞虱数量少,而天敌功能指数小的网内飞虱的数量多。如在 EF 为6.3时,飞虱的最大值为226头/20穴,而当 EF 值降至4.3时,飞虱的最大值为440头/20穴,略高于防治指标400头/20穴;当 EF 值再降至为3.2时,网内飞虱最大值升至514头/20穴,已超过防治指标。表现出 EF 降低小而飞虱数量增加大的趋势。如 EF 降低31.75%时(从6.3降至4.3),飞虱数量升高94.69%(从226升高至440)。

飞虱发育到最大量时网内 EF 值(简称极点 EF 值)在不同网区都表现出比起始 EF 值小,这说明网内飞虱比蜘蛛增殖快。但是,极点 EF 值的大小排序与起始 EF 大小的排序完全一致,即起始 EF 大的网区

内,极点 EF 值仍较大,起始 EF 值小的网区,其极点 EF 仍较小。这说明天敌在发挥着控制飞虱过量繁殖的作用,使得网内飞虱不至于大量增殖而打破 EF 值的排序。

3 讨论

3.1 稻田蜘蛛群落对飞虱的控制功能评估 捕食者与猎物间的相互关系问题是生态学研究的核心问题之一^[1,3,5,6]。本研究摆脱实验器皿或笼罩人工接种的方法,利用田间围网接虫及大田小区选择性药剂处理,在大田控制出不同虫口密度,观测天敌作用下害虫的增长情况,以此来衡量在自然状况下捕食者与猎物在不同配比水平下的相互关系。通过不同天敌功能指数下飞虱和蜘蛛亚群落的生长曲线模拟,用较为充分的田间数据证实了稻田蜘蛛对飞虱具有较大的控制作用。它能有效地控制飞虱的过度繁殖,表现为飞虱的最大饱和容量和最大增殖倍数都有随天敌功能指数的升高而显著降低的规律。至于两者更为精确的数量关系,还有待于今后进一步试验。

利用环境中天敌对害虫最大饱和容量 K 值的影响来评价天敌对害虫的作用,在一定程度上排除了利用某次调查的结果来对害虫数量进行估计的主观性, K 值包含了飞虱生长过程中的诸多信息(因为 K 是利用种群生长过程中不同阶段的数量模拟而来的),其人为性相对要小,真实度要高,用于评估天敌与猎物间作用效果更好。

3.2 对 EF 指数利用的展望

稻田蜘蛛群落功能作用指数 EF 具有以往益害比天敌指数不可比拟的优点。从 EF 指数的计算公式 $EF = (S+P)^{S/P}$ 可知, EF 指数不但包含了天敌和害虫的数量级别的信息,而且容纳了益害比的信息,同时 EF 指数更强调于益害比;并且当 $0 < S/P < 1$ 时, EF 随 $S+P$ 数量的增加而增加极小,当 $S/P > 1$ 时, EF 随 $S+P$ 数量的增加而剧增,这在理论上符合天敌对害虫的功能作用规律。通过围网接虫控制出不同梯度的飞虱虫口密度,来衡量不同虫口密度下天敌对飞虱的控制作用大小。结果表明 EF 指数的变化显著地影响水稻被飞虱为害的损失率,而蛛虱比大小的变化却不能很好地反映水稻被害率的变化。另外,蜘蛛和飞虱数量的消长不能很好地反映天敌对害虫的捕食跟随现象,而 EF 指数与飞虱数量的消长却能较地达到对应互补,即当 EF 指数增大时,田间飞虱的数量降低,当 EF 指数降低时,田间飞虱数量则升高。由此可得出,天敌功能指数 $EF = (S+P)^{S/P}$ 基本上能在群落水平上反映天敌对害虫的控制功能作用,是一个较为理想的评价天敌作用的指数。在此基础上,今后还需要通过控制更多系列的不同初始 EF 值,来分析其与目标害虫未来最大的种群密度及水稻危害程度间的关系,以期获得生产上可实用的天敌控制功能的预测指标,使害虫综合防治真正摆脱单纯依赖化学防治的局面。

参考文献

- [1] 戈 峰,丁岩钦. 棉田生态系统中害虫、天敌群落结构与功能关系的研究. 生态学报,1996,16(5):535~540.
- [2] 戈 峰,李典谟. 可持续农业中的害虫管理问题. 昆虫知识,1997,34(1):39~44.
- [3] 罗礼富. 稻飞虱的田间消长及与天敌的相关性分析. 昆虫知识,1985,22(3):101~104.
- [4] William H Settle, Hartjahyo Ariawan, Endah Tri Astuti, et al. Managing tropical rice pests through conservation of generalist natural enemies and alternative prey. *Ecology*, 1996, 77(7):1975~1988.
- [5] 庞雄飞,梁广文,曾 玲. 昆虫天敌作用的评价. 生态学报,1984,4(1):46~55.
- [6] Susan E Riechert, Tim Lockley. Spider as biological control agents. *Ann. Rev. Entomol.*, 1984, 29:299~320.