

稻田生境调节和捕食性天敌对 稻飞虱的控制作用*

张文庆 张古忍 古德祥

(中山大学昆虫学研究所 生物防治国家重点实验室 广州 510275)

摘要 广东省四会市(县)大沙镇(区)1973年开展以发挥天敌作用为主的水稻害虫综合防治,20多年来稻飞虱一直没有大发生,且发生程度低于临近地区。本文试图从理论上解释这一现象。通过改善天敌的生境条件,捕食性天敌群落种库中天敌的种类和多样性增多,天敌群落重建和发展的能力增强,重建后群落的种类、数量和多样性均高于临近地区,最终使得天敌群落对稻飞虱的控制作用增强,98%以上的稻田稻飞虱的数量常在防治指标以下。

关键词: 水稻,捕食性天敌,生境调节,稻飞虱,控制作用。

BIOLOGICAL CONTROL OF RICE PLANTHOPPER BY HABITAT MANIPULATION AND ARTHROPOD PREDATORS IN DASHA TOWNSHIP

Zhang Wenqing Zhang Guren Gu Dexiang

(Institute of Entomology and State Key Laboratory for Biological Control, Zhongshan University,
Guangzhou, 510275, China)

Abstract Since 1973, an integrated management of rice pests has been carried out in Dasha Township; it was put first to fully play the role of native natural enemies. The rice planthopper has never outbreaked and its occurrence degree has always been lower than that at nearby regions. This paper tries to explain this phenomenon. Through positive habitat manipulation in Dasha Township, the species pool of the arthropod predator community has the largest types of species and the highest diversity; the community's capacity for rebuilding and development is enhanced. Thus, the rebuilt community has more species richness and higher predator density and diversity. As a result of the role of natural enemies, rice planthopper is always lower than the economic threshold level in 98% in rice fields.

Key words: biological control, habitat manipulation, rice planthopper, arthropod predator, rice

* 国家自然科学基金和广东省自然科学基金资助项目。

本文承浙江农业大学程家安教授等审阅并提出修改意见,特致谢忱。

收稿日期:1996-06-18,修改稿收到日期:1997-03-31。

近年来,生物防治和农业防治措施日益得到重视。阐明农田节肢动物与农田植被多样性和农田生态系统多样性的关系,有助于改善害虫的综合管理。Risch 等统计了150篇论文,增加农田生态系统的复杂性,使53%的食植者的数量降低,18%的将增加^[1]。Russell 的结论是:如果增加农田植被多样性,50%的害虫的死亡率上升,72.2%的益害比增加,只有11.1%的害虫的死亡率下降,5.6%的益害比减小^[2]。Andow 比较了纯豆类种植区、豆类-芥菜混合种植区和两个豆类-杂草混合种植区的墨西哥大豆瓢虫(*Epilachna varivestis*)数量,纯豆类种植区的甲虫密度最高,豆类-杂草混合种植区的甲虫密度最低^[3]。Andow 综述了209篇论文,如果增加农田植被的物种多样性,51.9%的食植者的数量将降低,只有15.3%的将增加;与此同时,52.7%的天敌的数量将增加,9.3%的将减小^[4]。总之,增加生境的复杂性,将很可能有利于天敌而不利于害虫。

自然天敌的保护和利用就是对天敌的生境进行有利于其生存和繁殖的调节。广东省四会市(县)大沙镇(区)曾是稻飞虱(包括白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horvath) 和褐飞虱 (*Nilaparvata lugens* (Stal))) 的严重发生区。1969年和1972年褐飞虱大发生,全区大部分稻田受害“穿顶”,水稻产量大幅度下降,农药用量急剧增加。1973年以来,中山大学昆虫学研究所与大沙区(镇)和四会县(市)科委合作,以大沙镇4000hm²稻田为试验基地,开展以发挥天敌作用为主的水稻害虫综合防治研究,三大效益十分显著^[5]。保护和利用自然天敌的具体措施包括:保护天敌的越冬场所,保留田埂杂草,以及采取保护性的综防措施等。这些措施已为农民普遍接受,一直沿用至今。据20年来的调查,大沙镇一直是肇庆市水稻害虫发生最轻的一个镇,稻飞虱在98%以上的稻田不造成危害,且从没有大发生,其它水稻害虫的数量亦有所下降。本文仅讨论这些生境调节措施对稻田捕食性天敌群落和稻飞虱的影响。

1 材料与方法

1.1 试验地点和取样方法

1.1.1 种库调查点 表1列出了3个种库试验点的主要特征。3个点之间的气候条件没有明显的差别。

表1 3个种库调查点的特征比较

Table 1 Summary of the experimental sites, Guangdong, China

	大沙镇陈涌管理区	四会市测报站	鼎湖区农业科学研究所
方位	23°19'N, 112°40'E	23°22'N, 112°40'E	23°10'N, 112°33'E
田埂	100%的田埂有杂草	70%~80%的有杂草	水泥结构,无杂草
田内覆盖度	已犁田,田内有杂草	已犁田,杂草很少	未犁田,禾桩约30cm高,杂草多
环境状况	一面有水沟,一面有排水渠,50m外有菜地	无水沟,100m外有果园(杂草少)	一面有水沟,100m外有花圃(杂草多)
生境调节史	长期大面积生物防治为主	化学防治为主	化学防治为主
取样点	田埂	田埂	田内
面积	约1000m ²	约660m ²	约660m ²

根据具体情况,每次调查6~12个样方,每个样方1m²。目测记录节肢类捕食性天敌的种类和数量。在已犁的田块内,计数1m²内食虫沟瘤蛛所特有的皿网数量。

1.1.2 稻田捕食性天敌群落和稻飞虱调查点 在上述3块种库调查田,水稻插植后,自4月10日开始,每10d左右调查1次,共调查9次。稻飞虱发生高峰期每5d调查1次。采用平行线跳跃式单丛取样法,调查100~160丛。先看稻株上部,然后中部,最后是下部及地面,实地辨别并记录节肢类捕食性天敌和稻飞虱的种类和数量。大沙和鼎湖稻田调查至水稻收割前,四会稻田调查至1994-04-30。调查田不施任何农药,其余同常规管理。

1.2 数据分析

物种丰富度(S)和 Shannon-Winner 多样性指数(H')采用以下公式计算:

$$S = \text{种类数}, H' = - \sum P_i \ln P_i, P_i = M_i / M$$

其中 M_i 为第 i 物种个体数; M 为群落总个体数; P_i 为群落中第 i 种的个体总数占总个体数的比例。

2 结果与分析

2.1 生境调节对稻田捕食性天敌群落种库的影响

在稻田生态系统中, 稻田节肢动物群落与水稻的生长、发育密切相关。水稻不仅为节肢动物提供了栖息地, 也直接或间接地提供了食物资源, 稻田节肢动物群落随着水稻的生长发育而发生变化。能为稻田节肢动物群落的重新形成和发展提供移居者的相关群落称为稻田节肢动物群落的种库, 包括未种植水稻期间所有的节肢动物群落以及水稻生长期间稻田周围的节肢动物群落。

3个种库的共同优势种为食虫沟瘤蛛(*Ummeliata insecticeps*) (表2, 表3)。食虫沟瘤蛛能在种库中保持其优势地位, 最根本的原因在于它的生活史特性, 它在温度5~6℃下仍能正常取食和产卵^[6]。因此, 食虫沟瘤蛛在广东冬季田间, 仍能继续生长发育和繁殖。而其它的捕食性天敌1年只能繁殖1~2代, 以幼体或亚成体越冬, 经越冬后种库中的种群数量只会减少, 不可能增加。

表2 3个试验点种库中主要种类的平均数和标准差*

Table 2 The means and standard errors of the major species in 3 species pools*

	大沙 Dasha		四会 Sihui		鼎湖 Dinghu	
	1994-01-20	1994-03-05	1994-01-21	1994-03-04	1994-01-20	1994-03-05
¹ 食虫沟瘤蛛	2.90 ± 1.52	5.83 ± 1.72	3.75 ± 2.38	5.22 ± 2.99	7.0 ± 5.12	10.83 ± 4.8
² 拟水狼蛛	0.5	2.0 ± 1.90	1.83 ± 2.44	1.22 ± 0.67	0.75	0.67
³ 拟环纹豹蛛	0	1.83 ± 1.47	1.75 ± 1.91	1.67 ± 1.58	0.42	0.17
⁴ 斜纹猫蛛	0.40	1.50 ± 1.52	0	0	0.17	0.08
⁵ 褶管巢蛛	0	0.17	0.08	0.10	8.08 ± 3.18	3.50 ± 1.73
⁶ 隐翅虫	2.90 ± 2.69	2.67 ± 1.75	6.42 ± 7.26	11.0 ± 7.87	3.75 ± 2.22	0.33
⁷ 种类数	3.2 ± 0.92	5.2 ± 2.30	3.75 ± 1.14	4.33 ± 0.71	4.58 ± 1.08	3.5 ± 0.80
⁸ 多样性指数	0.95 ± 0.23	1.42 ± 0.42	1.07 ± 0.26	1.05 ± 0.18	1.24 ± 0.19	0.89 ± 0.30

* 以样方为单位, 标准差未列者皆因数值太小。1 *Ummeliata insecticeps*, 2 *Pirata subpiraticus*, 3 *Pardosa pseudoannulata*, 4 *Oxyopes sertatus*, 5 *Clubiona corrugata*, 6 *Paederus fuscipes*, 7 species richness, 8 diversity index

越冬后(从1月20日至3月5日), 大沙种库每样方的平均种类数增加了62.5%, 多样性指数增加了49.5% (表2)。每次调查所查到的总的捕食者种类从1月20日的8种上升为3月5日的11种, 增加37.5%。这应归功于大沙的生境调节史和复杂多样的环境。大沙镇开展以充分发挥天敌效能为主的水稻害虫综合防治已超过20a, 大大减少了化学农药的用量, 有效地保护了环境和天敌资源, 天敌种类和数量明显增加。1月20日曾计数了田内土块下或土块间食虫沟瘤蛛的皿网数量, 竟多达32个/m², 说明田内的食虫沟瘤蛛数量是惊人的。同时, 水沟和排水渠等地蕴含的丰富的捕食性天敌, 能对田埂上的种库进行补充, 为种库的稳定发展提供了保证。

鼎湖和四会种库越冬后, 每样方的多样性指数有所下降(表2)。每次调查所查到的总的捕食者种类, 鼎湖从1月20日的9种下降为3月5日的7种, 下降22.2%, 四会维持7种不变。这与两地长期以化学防治为主有关。良好的田内覆盖度, 使得鼎湖调查点的食虫沟瘤蛛的种群数量较多。

田内覆盖度的作用主要是降低种库中天敌的死亡率和减少天敌的外迁; 害虫防治史的作用主要是增加种库中的天敌种类和数量。

作者还注意到, 冬季田间小白翅叶蝉(*Empoasca subrufa*)的种群数量是较多的, 它可能成为种库中捕

食性天敌的主要食物资源之一。

2.2 稻田捕食性天敌群落的重建和发展与种库的关系

稻田节肢动物群落的重新形成与裸地上群落的建立 (building) 既有相似之处, 又有明显的不同。相似之处是两者都是从无到有, 但裸地上群落的建立是一个长期发展演替的过程, 而稻田节肢动物群落的重新形成过程是短暂的, 是一种季节性的动态变化。为便于区别, 称稻田节肢动物群落的重新形成过程为群落的重建。

群落的重建和发展不仅受到环境条件的影响, 而且与种库的结构密切相关。种库是一个动态的系统, 其结构因栖息地季节性的或长期的变化, 以及一些自然因子和人类活动对栖息地的作用而不断变化。种库决定了一个栖息地可以移居的种类, 也影响移居的时间和移居者的数量^[7]。这里, 作者研究稻田捕食性天敌群落的重建和发展与种库的关系。

稻田节肢类捕食性天敌群落重建后的优势种类与种库的基本相同。占总个体数10%以上的种类即为优势种类。如在大沙稻田, 种库的优势种类有食虫沟瘤蛛、隐翅虫和拟水狼蛛等, 群落重建初期和中后期的优势种类有食虫沟瘤蛛、拟水狼蛛等。结果详见表3。

水稻移植后第5d(4月12日), 大沙稻田查到捕食性天敌5种, 与四会的相当, 比鼎湖的多66.7%; 大沙捕食者数量(百丛)为22头, 也是最多的(图1)。至移植后23d(4月30日), 大沙群落的物种丰富度增至10种, 是四会的2倍, 比鼎湖的多42.9%; 捕食者数量(百丛)增至113, 是四会的2.8倍, 比鼎湖的多27.0%。从图1可以看出, 大沙群落的种类和数量上升的速率最大, 这说明大沙的捕食性天敌群落建立早, 发展速度较快。

4月30日后, 大沙群落的物种丰富度和数量仍然比鼎湖的多, 且两者发展趋势基本一致, 但差距略有减少。至移植后73d, 两群落的捕食者种类和数量均达到最大值, 大沙的种类和数量(百丛)分别为15种和255头, 比鼎湖的分别多25.0%和18.6%。

从多样性指数来看, 大沙群落除6月29日外, 均高于鼎湖群落。四会群落重建初期的种类和数量最少, 但由于其种群数量较均匀, 多样性指数是最高的。鼎湖群落6月29日的情况也是这样。

表3 重建后捕食者群落与其种库的优势种天敌及其数量比例^{*}(%)

Table 3 The dominant species and their proportions in the predator communities and their species pools

试验地点	种 库 Species pools	群落重建初期		群落重建中后期
		Early stage of rebuilding communities	Mid-later stage of rebuilding communities	
大 沙	¹ 食虫沟瘤蛛(39.02)	¹ 食虫沟瘤蛛(64.86)		¹ 食虫沟瘤蛛(37.56)
	² 隐翅虫(27.44)	³ 拟水狼蛛(11.35)		³ 拟水狼蛛(33.07)
	³ 拟水狼蛛(10.37)	⁴ 肖蛸(11.89)		
鼎 湖	¹ 食虫沟瘤蛛(49.21)	¹ 食虫沟瘤蛛(71.03)		¹ 食虫沟瘤蛛(53.02)
	² 隐翅虫(11.24)			³ 拟水狼蛛(14.81)
	⁵ 管巢蛛(31.24)			
四 会	¹ 食虫沟瘤蛛(29.41)	¹ 食虫沟瘤蛛(42.22)		
	² 隐翅虫(44.34)	⁶ 拟环纹豹蛛(23.33)		
		⁴ 肖蛸(21.11)		

* 1. *Ummeliata insecticeps*, 2. *Paederus fuscipes*, 3. *Pirata subpiraticus*, 4. *Tetragnatha* spp, 5. *Clubiona corrugata*, 6. *Pardosa pseudoannulata*

从飞虱天敌比来看, 大沙群落明显低于鼎湖群落。大沙群落的飞虱天敌比最大值为3.03, 只是鼎湖群落的35.2%。

值得说明的是, 虽然种库中有丰富的隐翅虫, 但由于受其生活习性(喜潮湿旱地)和迁移方式的影响, 它不能象蜘蛛类天敌那样能借风扩散而迅速迁入多水的稻田中。因此, 重建后的群落中隐翅虫不是优势种。

综上所述, 种库丰盛的稻田, 捕食性天敌群落建立早, 发展速度较快。群落建立后的物种丰富度、多样

性指数和捕食者密度较高, 而飞虱天敌比较低, 这与种库基本呈正相关关系。

2.3 天敌群落对稻飞虱的控制作用

大沙稻田的飞虱数量明显低于鼎湖稻田(表4), 大沙的属中等偏轻发生, 鼎湖的属中等发生。以5月10日的飞虱数量为基数, 大沙的飞虱高峰期数量增长了17.4倍, 鼎湖的则增长了40.4倍。而且, 大沙稻飞虱的发生高峰期在6月19日左右, 明显迟于鼎湖的6月4日左右(水稻孕穗期), 减轻了其危害。所有这些, 都应归功于天敌群落的作用。

据报道, 褐飞虱若虫的死亡率在70%左右, 白背飞虱可高达80%, 其中大部分是由捕食性天敌造成的^[8]。巫国瑞、胡萃认为: 捕食性天敌是造成飞虱若虫死亡的主要因素^[9]。作者认为, 捕食性天敌的作用也是大沙稻田飞虱数量较少的主要原因。当稻田天敌群落开始重建时, 种库中大量的天敌迅速迁入稻田形成天敌群落。这种重建后的天敌群落对刚迁入的稻飞虱种群的早期捕食作用, 能够减弱稻飞虱的发生程度, 推迟其发生期。如1993-05-18, 大沙调查田仅食虫沟瘤蛛对稻飞虱的捕食率就高达19.88%。钟凌生有类似的研究结果^[10]。

3 小结与讨论

通过改善天敌的生境条件, 如长期大面积保护和利用自然天敌, 能够增加种库中天敌的种类和多样性, 进而增强天敌群落重建和发展的能力, 增加建立后的天敌群落的种类、数量和多样性, 最终提高天敌群落对害虫的控制作用。大沙镇的稻飞虱20多年来从没有大发生, 而且发生程度低于临近地区, 这应归功于广大农民长期对稻田天敌生境的良性调节。因此, 天敌生境的良性调节, 对保护自然天敌的种库, 充分发挥天敌对害虫的控制作用有重要意义。

表4 1994年稻飞虱的种群数量(百丛)动态

Table 4 Population dynamics of rice planthoppers (100 hills) in 1994

试验地 Site	日期 Date							
	4•12	4•20	4•30	5•10	5•23	6•4	6•19	6•29
大沙	0	1	5	42	235	493	773	67
鼎湖	0	1	3	32	724	1324	820	68

增加农田植被多样性, 并不能使所有的天敌数量增加, 所有的害虫数量减小^[4]。但是, 保护天敌的越冬场所、保留田埂杂草等增加农田植被多样性的措施有利于自然天敌, 如保护天敌的越冬场所可以为食虫沟瘤蛛的冬季繁殖提供良好的栖息地, 从而增加种库的数量。当群落重建时, 可以加快天敌群落重建速度, 增强天敌对害虫的控制作用。王洪全较全面地总结了保蛛治虫的措施, 如早稻收割时, 实施轮翻轮插等^[11]。俞晓平建议在连片稻田中适当保留一些草地, 有利于稻飞虱和叶蝉的卵寄生蜂。

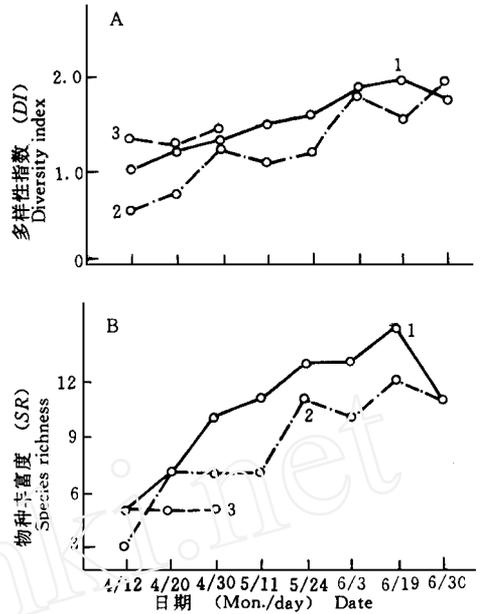


图1 群落重建后多样性指数和物种丰富度的季节动态
Fig 1 Seasonal change of diversity index and species richness after the rebuilding of the predator communities

A 多样性指数 diversity index; B 物种丰富度 species richness 1. 大沙Dasha, 2. 鼎湖Dinghu, 3. 四会 Sihui

俞晓平. 非稻田生境对稻飞虱和叶蝉卵期天敌的影响(博士论文), 浙江农业大学, 1995.

据初步调查,大沙稻田主要节肢类捕食性天敌包括捕食性昆虫和蜘蛛两大类,共59种,分属于16科^[12]。由于田间调查时,分别记录稻丛基部、茎部和叶部的捕食者种类和数量,故捕食者的种类无法分得太细,有的只能以科为统计单位。生态位分析的结果表明:食虫沟瘤蛛和拟水狼蛛是稻飞虱的主要捕食者^[13]。作者认为主要捕食者的作用是很重要的。

稻田节肢动物群落的种库,包括未种植水稻期间所有的节肢动物群落以及水稻生长期间稻田周围的节肢动物群落。本文只研究了种库的一部分。下一步将阐明种库、天敌群落的重建和发展、害虫群落间的相互关系。

参 考 文 献

- 1 Risch S J, Andow D A, Altieri M A. Agroecosystem diversity and pest control: data tentative conclusions and new research directions *Environ. Entomol.* 1983, **12**: 625~ 629
- 2 Russell E P. Enemies hypothesis: a review of the effect of vegetational diversity on predatory insects and parasitoids *Environ. Entomol.* 1989, **18**: 590~ 599
- 3 Andow D A. Population dynamics of an insect herbivore in simple and diverse habitats *Ecology*, 1990, **71** (3): 1006~ 1017
- 4 Andow D A. Vegetational diversity and arthropod population response *Ann. Rev. Entomol.* 1991, **36**: 561~ 586
- 5 蒲蛰龙, 古德祥, 周汉辉等. 大沙区水稻害虫综合防治研究 *中国农业科学*, 1984, (4): 73~ 80
- 6 张永强, 何波, 张业光等. 食虫沟瘤蛛生物学和生态学初步研究 *生物防治通报*, 1987, 3(4): 157~ 159
- 7 Liss W J, Gut L J, Westgard P H *et al*. Perspectives on arthropod community structure, organization, and development in agricultural crops *Ann. Rev. Entomol.* 1986, **31**: 455~ 478
- 8 IRR I B row n P. *lanthopper: Threat to Rice Production in Asia*. 1979, 335~ 355
- 9 巫国瑞, 胡萃. 稻飞虱. 北京: 农业出版社, 1987
- 10 钟凌生. 稻田天敌对稻虱、叶蝉的控制效果及其利用 *昆虫天敌*, 1983, 5(3): 158~ 165
- 11 王洪全. 稻田蜘蛛的保护利用. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1981. 141~ 174
- 12 张古忍, 张文庆, 古德祥. 稻田主要节肢类捕食者群落的结构和动态. *中山大学学报论丛*, 1995, (2): 33~ 40
- 13 张文庆, 张古忍, 古德祥. 稻飞虱及其节肢类捕食者的生态位关系研究. *中山大学学报论丛*, 1995, (2): 21~ 26