

论短期农作物生境中节肢动物群落的重建 II. 群落重建的分析和调控

张文庆, 古德祥, 张古忍

(生物防治国家重点实验室, 中山大学昆虫学研究所, 广州 510275)

摘要:在短期农作物生境中, 周期性的种植和收割使得其中的节肢动物群落亦周期性地呈现出群落重建、群落发展和群落瓦解 3 个阶段。影响群落重建的因子包括群落的种库、农事活动和环境因子等。根据作物生境中节肢动物群落的结构和动态划分群落的 3 个阶段。群落重建的分析方法包括群落重建速度和群落生态学的基本方法等。可以从群落的种库、群落本身和整个作物生态系统 3 个层次调控群落的重建。群落重建与种库、群落本身和作物生态系统的相互作用关系, 是保护利用自然天敌的理论基础之一。

关键词:短期农作物生境; 节肢动物群落; 群落重建

The reestablishment of the arthropod community in short-term crop fields II. Analysis and manipulation of the community reestablishment

ZHANG Wen-Qing, GU De-Xiang, ZHANG Gu-Ren (State Key Laboratory for Biocontrol & Institute of Entomology, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: In short-term crop fields, due to its periodic transplantation and harvest, the arthropod community appears periodically 3 different stages that are community reestablishment, community development and community collapse. Species pool of the arthropod community, culture measures and environmental factors influence the community reestablishment. The arthropod community in the field is divided into 3 stages based on its structure and dynamics. The community reestablishment is analyzed by using reestablishment speed and fundamental methods in community ecology. The community reestablishment may be manipulated at 3 levels, species pool, community itself and crop ecosystem. Interaction between community reestablishment, species pool of the community and crop ecosystem is one important aspect of theoretical basis of conserving and utilizing natural enemies.

Key words: short-term crop field; arthropod community; community reestablishment

文章编号: 1000-0933(2001)05-1020-05 中图分类号: Q145⁺2, Q958.1 文献标识码: A

短期农作物的主要特征是农作物的生长周期短, 因而需要不断的种植和收割。这种周期性的种植和收割使得其中的节肢动物群落处在不断的变化之中。当短期农作物种植后, 非作物生境中的部分节肢动物迁入作物生境形成作物生境的节肢动物群落; 当短期农作物收割后, 作物生境中的部分节肢动物又重新迁出, 进入非作物生境。这样, 随着短期农作物周期性的种植和收割, 作物生境内的节肢动物群落亦周期性地呈现出群落重新形成、群落发展和群落瓦解 3 个阶段。作者等在前文中将短期农作物生境内节肢动物群落的重新形成过程定义为群落的重建(Community reestablishment)^[1]。短期农作物移植后, 其中的节肢动物

基金项目: 国家自然科学基金重点基金(39830040)和国家自然科学基金(39770514)资助项目

收稿日期: 1999-01-18; **修订日期:** 2000-10-27

作者简介: 张文庆(1965~), 男, 湖南永州人, 博士, 副教授。主要从事生物防治和生态安全性研究。

群落的重建过程随之开始。

自然界的群落演替以群落类型的替代为主要特征。而短期农作物生境内节肢动物群落的发展则以群落的周期性彻底瓦解和周期性重建为主要特征。而且,这类群落的长期发展过程是间断性的。

自然天敌亚群落的重建是自然天敌保护和持续利用的生态学基础的一个重要组成部分^[2]。它对天敌的保护和天敌效能的提高有十分重要的意义。

本文阐述短期农作物生境中节肢动物群落重建的分析和调控。

1 影响群落重建的因子

1.1 种库

作物生境中节肢动物群落的种库(Species pool)被定义为非作物生境中为作物生境节肢动物群落提供移居者的节肢动物集合^[3]。在水稻生态系统中,未种植水稻期间所有的节肢动物以及水稻生长期稻田周围生境的节肢动物就是稻田节肢动物群落的种库。种库是一个动态的系统,其结构因栖息地季节性或长期的变化,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。种库储存了一个栖息地可以移居的种类,同时也影响物种移居的时间和数量。Brown 等^[4]认为:梨园中较小的种库是导致梨园和苹果园节肢动物群落结构不同的主要原因之一。

在短期作物生境中,由于节肢动物群落周期性的重建和瓦解,种库对群落的重建有很明显的作用。例如休耕期间稻飞虱卵寄生蜂亚群落在田埂和路边种库中的优势种,在水稻移植后最早进入稻田,并绝大多数成为稻田飞虱卵寄生蜂亚群落重建阶段(移植后 21d 内)的优势种^[5]。优良的种库能促进稻田捕食性天敌亚群落的重建^[6]。对天敌的种库进行适当的保护和调控,有利于作物生境天敌亚群落的重建和发展^[7]。例如在冬季和夏季休耕期,杂草中的各种飞虱卵是缨小蜂的最主要寄主,有助于保护蜂源^[8]。

1.2 农事活动

农事活动指作物种植、管理和收割过程中的所有耕作措施。在作物种植方面,包括品种的选择和布局、种植时间和种植方式(如直播或移栽)、间作和轮作等;在作物管理方面,包括害虫防治措施(如农药使用)、天敌保护措施、肥水管理和杂草管理等;在作物收割方面,包括收割时间和收割方式(如留长茬)等。这些措施或方式均不同程度地影响到农作物生境中节肢动物群落的重建^[2,6]。

在上述措施中,有些是对自然天敌不利的。例如,夏季早稻田耙田后,田内总蜘蛛量损失 91%~99.5%,而田埂蜘蛛量却增加较多^[9]。这表明稻田生境被破坏后,大部分蜘蛛死亡,小部分迁往田埂等非稻田生境,为晚稻田蜘蛛亚群落的重建储备蛛源。又如,杀虫剂对稻田天敌亚群落有显著的抑制作用,特别是在水稻生长早期施药的影响更大^[10],因为这时节肢动物(特别是自然天敌)正处在重建过程中^[11],因此建议在水稻移植后 30~40d 内不用化学农药^[11]。否则,当害虫发生时,天敌不能有效地发挥作用,易造成害虫的严重发生^[12]。

也有些措施对天敌的重建是有利的。Settle 等^[10]指出:在较大的范围错开水稻的移植时间,有利于自然天敌并能提高天敌对褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 的控制作用。

1.3 环境因子

节肢动物群落的重建,不仅受种库和农事活动的影响,而且与环境条件有密切关系。首先,地理位置、海拔高度、周围环境等均对群落的优势种有明显影响^[13]。除食虫沟瘤蛛 *Ummeliata insecticeps* 是各稻区普遍的优势种外,草间小黑蛛 *Erigonidium graminicolum* 和驼背额角蛛 *Gnathonarium gibberum* 多出现在 30m 左右的海拔地区,齿螯额角蛛 *G. dentatum* 则为千米以上海拔地区的优势种。其次,不同的气候条件下,群落的丰富度和个体密度均不同。在热带地区(如菲律宾),稻田节肢动物个体数达 388 头/m²,田埂上高达 805 头/m²,高于温带和亚热带地区^[14]。再次,不同地域下节肢动物进入稻田的时间和速度不同^[10]。在印度尼西亚 Java 西北部地区稻田中,捕食性天敌进入稻田比进入 Java 中部地区稻田晚,其个体密度在移植 65d 后才达到中部地区稻田移植 11d 后的水平^[10]。Gut 等^[15]发现与特定梨树园相联系的植物环境影响了广食性捕食者的种类、数量和到达的时间。

2 群落重建的分析

2.1 作物生境中节肢动物群落的3个阶段的划分

根据节肢动物群落的结构和动态划分群落的3个阶段。在群落重建阶段,节肢动物的种类和(或)数量增加很快;在群落发展阶段,节肢动物的种类和(或)数量在一定范围内波动;在群落瓦解阶段,节肢动物的种类和数量迅速下降。节肢动物群落的3个阶段与短期农作物的生育期也密切联系。一般来说,节肢动物群落的重建阶段在短期农作物的生长前期,群落的发展阶段在作物的生长中后期,群落的瓦解阶段在农作物收割前一小段时间。

以广东省四会市大沙镇(长期大面积以生物防治为主)1996年早稻田稻飞虱卵寄生蜂亚群落为例。早稻期间累积进田的飞虱卵寄生蜂为13种。早稻移植后至第21天,累积物种数的百分比直线上升,然后增加趋势减缓(图1)。飞虱卵寄生蜂的个体数在早稻前期上升缓慢,重建阶段的特点不明显(图2)。因此,根据累积进田物种数的百分比划分亚群落的重建阶段,即水稻移植后至第21天。飞虱卵寄生蜂亚群落重建后,种类数上下波动,个体数缓慢上升,在后期迅速增加后又迅速下降(图2)。根据这些特点,早稻期间亚群落的发展阶段划分为:移植后22~89d,瓦解阶段为:移植后90d至收割。

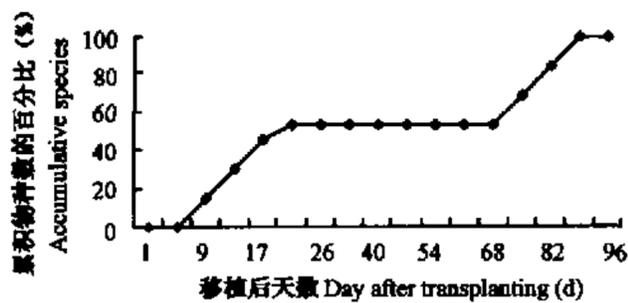


图1 早稻田飞虱卵寄生蜂亚群落的累积物种数的百分比(广东大沙, 1996)

Fig. 1 Percent accumulative species of the planthopper egg parasitoid sub-community in the first rice season in Dasha Town, Guangdong Province, 1996.

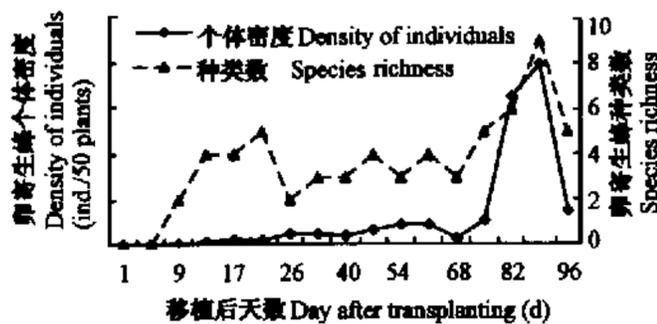


图2 早稻田飞虱卵寄生蜂亚群落的种类数和个体密度(广东大沙, 1996)

Fig. 2 Species richness and density of individuals of the planthopper egg parasitoid sub-community in the first rice season in Dasha Town, Guangdong Province, 1996.

这类群落的重建^[18]。

3 群落重建的调控及其主要措施

3.1 群落重建的调控

节肢动物群落的功能是多方面的,因此对其重建进行调控时应根据制定的目标有所侧重。一般来说,可以从3个层次调控群落的重建。首先通过调控整个生态系统,间接调控节肢动物群落;其次,通过调控群

2.2 群落重建的速度

短期农作物移植后,节肢动物群落即开始重建。群落重建的速度可以两种方式来表示,其一为群落单位时间内达到的某一数量指标,另一为达到某一数量指标所需的时间。常用的数量指标为群落的物种数(或百分比),群落内的物种到达离作物生境边界的距离以及群落的个体数(或密度)等。在不同的场合,可能侧重于不同的指标。一般来说,物种数和距离指标较常用,它们与群落的功能相一致。由于群落内节肢动物的密度受其食物的影响,所以群落的个体数(或密度)指标与群落的功能不一定一致。例如,当害虫和天敌在低水平平衡时,天敌的数量增长较慢,但这时天敌对害虫的控制作用是非常理想的。Settle等^[10]曾采用捕食者在稻株上的扩散速率来表示捕食者进入稻田的快慢,这与上述距离指标类似。

在1996年广东省四会市大沙镇和大沙镇附近以化学防治为主的鼎湖区早稻田中,节肢类捕食性天敌亚群落的个体密度达到最大值的时间分别为水稻移植后的第40天和第56天。大沙镇稻田中捕食性天敌亚群落的重建速度比鼎湖稻田的快16d。在1997年,大沙镇早稻田中捕食性天敌亚群落的重建速度比鼎湖稻田的快22d^[16]。

2.3 群落生态学中的基本方法

应用这些方法分析重建后群落的组成和多样性、重建后群落的功能^[17]、以及与种库群落的相关性^[6]等。此外,也可应用Meta-种群(Meta population)理论分析

落的种库来调控群落的重建;最后,通过调控群落本身,直接调控群落的重建。影响群落重建的因子中,有些是可调控的(如种库和农事活动),有些是不可调控的(如环境因子)。有时,一个措施既能调控种库,又能调控群落本身,并影响到整个作物生态系统。对天敌而言,调控的目的是促进其重建和发展;对害虫而言,是抑制其重建和发展。

3.2 群落重建的主要调控措施

3.2.1 作物多样性 作物多样性包括时间上的多样性,如作物的种植和收割时间等,以及空间上的多样性,如大范围的作物布局、品种布局、间作和轮作等^[19,20]。

3.2.2 杂草管理 杂草在自然天敌的保护利用中发挥着重要的作用^[21]。合理的杂草管理可调控害虫及天敌亚群落的重建。例如,稻田附近的田埂、沟渠、杂草地及附近果园和菜地,是稻田节肢类天敌的来源地^[5~7]。Kemp等^[22]发现大豆田附近的未耕地和大豆田间设置的“杂草走廊”比大豆田本身有较高的捕食者密度。Islam等^[14]指出:稻田田埂上的植被有利于天敌的保护利用。在水稻移植后铲除杂草,能促使天敌进田。

3.2.3 天敌保护措施 通过间作或保留杂草等方法给天敌提供食物和避难所,可以增加天敌的种类和数量。在农田生境中创造人工岛能增加捕食性天敌的密度,并影响其扩散模式^[19,23]。

3.2.4 害虫防治措施 包括杀虫剂的使用和农业防治措施等。例如,提早沤田能减轻三化螟越冬后的虫口基数。水稻移植后30~40d内不用化学农药,有利于天敌亚群落的重建^[11]。杀虫剂的不合理使用,不仅杀伤天敌,而且会造成害虫的再猖獗^[24]。

4 讨论

4.1 群落重建的作用和意义

在短期农作物生境,节肢动物群落的重建是一个普遍的现象,也是短期农作物生境中所特有的现象。这类群落的重建与种库、群落本身和作物生态系统的相互作用关系,本身就是一个重要的生态学问题。这个生态问题的解决,将阐明短期农作物生境中节肢动物群落的重建规律。

群落重建的作用还表现在害虫生物防治上。保护利用自然天敌,充分发挥自然天敌的作用是农作物害虫生物防治的主要途径^[25]。在农田和自然生态系统中,天敌的控制作用在50%以上^[26]。通过植被多样化、保护、增殖和调控天敌,增强自然天敌亚群落的持续控制能力,是实现病虫害持续控制的重要手段;也是解决植物保护与农田环境污染之间矛盾的有效措施之一。群落重建与种库、群落本身和作物生态系统的相互作用关系,是保护利用自然天敌的理论基础之一。

4.2 群落重建与生态系统恢复

生态系统恢复与重建的指导原则是:设计合理的恢复与重建措施、调控物种的定居过程和物种的功能实现。其中关键的过程是阐明生态系统退化的原因,明确生态系统恢复与重建的目标、恢复与重建的测定和具体实施办法^[27]。可以通过调控生态系统本身和调控其中的种群来达到重建生态系统的目的^[28]。本文讨论了影响群落重建的因子和群落重建的分析方法,提出可以通过调控种库、群落本身以及作物生态系统来实现对群落的重建过程和重建后群落的功能的调控。尽管这类群落的重建与生态系统恢复的基本框架有类似之处,但两者有本质区别。实际上,对群落重建(Community reestablishment)选取了与通常生态系统重建(Ecosystem restoration)不同的英文术语,首先,群落重建是一个短时间的概念,这类群落的长期发展过程以间断性为特征;而生态系统恢复与重建则通常需要较长时间而且是连续的。其次,它们的研究对象也不同。生态系统的恢复与重建是以退化了的生态系统为研究对象,这种生态系统的退化是长期演变的结果。群落重建以短期农作物生境中的节肢动物群落为研究对象,这类节肢动物群落由于短期农作物周期性的种植和收割而不断重建和瓦解。

4.3 天敌亚群落重建与害虫亚群落重建

对害虫亚群落,要抑制其重建和发展。对天敌亚群落,则要最大限度地促进其重建和发展,这对天敌的保护和充分利用非常重要。

参考文献

- [1] 张文庆, 古德祥, 张古忍. 论短期农作物生境中节肢动物群落的重建 I. 群落重建的概念和特性. 生态学报, 2000, 20(6): 286~291.
- [2] 张文庆, 张古忍, 古德祥. 保护利用天敌的几个群落问题探讨. 植物保护学报, 1996b, 23(4): 363~368.
- [3] Liss W J, Gut I J, Westigard P H, *et al.* Perspectives on arthropod community structure, organization, and development in agricultural crops. *Ann. Rev. Entomol.*, 1986, 31:455~478.
- [4] Brown M W and Puterka G J. Orchard management effects on the arthropod community on peach with comparison to apple. *J. Entomol. Sci.*, 1997, 32(2): 165~182.
- [5] 毛润乾. 稻田生态系统中稻飞虱卵寄生蜂种库与群落重建. 硕士论文. 广州: 中山大学, 1997.
- [6] 张古忍, 古德祥, 张文庆. 稻田捕食性节肢动物群落的种库与群落的重建. 中国生物防治, 1997, 13(2): 65~68.
- [7] 张文庆, 张古忍, 古德祥. 稻田生境调节和捕食性天敌对稻飞虱的控制作用. 生态学报, 1998, 18(3): 283~288.
- [8] 李伯传, 何俭兴. 三种稻虱卵寄生蜂小蜂消长规律及保护利用考查. 昆虫天敌, 1991, 13(4): 156~161.
- [9] 王洪全. 稻田蜘蛛的保护利用. 长沙: 湖南科技出版社, 1981.
- [10] Settle W H, Ariawan H, Astuti E T, *et al.* Managing tropical rice pests through conservation of generalist natural enemies and alternative prey. *Ecology*, 1996, 77(7): 1975~1988.
- [11] Way M J and Heong K L. The role of biodiversity in the dynamics and management of insect pests of tropical irrigated rice — a review. *Bull. Entomol. Res.*, 1994, 84: 567~587.
- [12] 张文庆, 张古忍, 古德祥, 等. 自然天敌的长期保护利用对稻飞虱的控制作用. 植物保护学报, 1996a, 23(2): 131~136.
- [13] 余昭杰, 王洪全. 稻田蜘蛛优势种与环境关系. 植物保护学报, 1993, 20(1): 7~12.
- [14] Islam Z and Heong K L. Effects of tillage on arthropod predators of rice insect pests in irrigated rice. In: Zhang R J, *et al.* eds. *Proceedings of the International Symposium on IPM in Rice-based Ecosystem*. Guangzhou, China: Editorial Department of Journal of Zhongshan University. 1999. 198~208.
- [15] Gut L J, Jochums C E, Westigard P H, *et al.* Variations in pear psylla (*Psylla foerster*) densities in southern Oregon orchards and its implications. *Acta Horticulture*, 1982, 124: 101~111.
- [16] 邱遵寿. 稻田捕食性节肢动物群落的种库与群落的发展. 博士论文. 广州: 中山大学, 1998.
- [17] 赵志模, 郭依泉. 群落生态学原理与方法. 重庆: 科技文献出版社重庆分社, 1990.
- [18] 李 博主编. 生态学. 北京: 高等教育出版社, 2000, 315~317.
- [19] Thomas M B, Wratten S D and Sotherton N W. Creation of 'island' habitats in farmland to manipulate populations of beneficial arthropods; predator densities and emigration. *J. Appl. Ecol.*, 1991, 28: 906~917.
- [20] Altieri M A. Ethnoscience and biodiversity: key elements in the design of sustainable pest management systems for small farmers in developing countries. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 1993, 46: 257~272.
- [21] Altieri M A. *Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems*. Food Products Press, New York, 1994.
- [22] Kemp J C and Barrett G W. Spatial patterning; impact of uncultivated corridors on arthropod populations within soybean agroecosystems. *Ecology*, 1989, 70(1): 114~128.
- [23] Thomas M B, Wratten S D and Sotherton N W. Creation of 'island' habitats in farmland to manipulate populations of beneficial arthropods; predator densities and species composition. *J. Appl. Ecol.*, 1992, 29: 524~531.
- [24] 庞雄飞, 梁广文. 害虫种群系统的控制. 广州: 广东科技出版社, 1995.
- [25] 俞晓平, 胡 萃, Heong K L. 非作物生境对农田害虫及其天敌的影响. 中国生物防治, 1996, 12(3): 130~133.
- [26] Pimentel D, Acquay H, Biltonen M, *et al.* Environmental and economic costs of pesticide use. *BioScience*, 1992, 42(10): 750~760.
- [27] Hobbs R J and Norton D A. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology*. 1996, 4(2): 93~110.
- [28] Malcolm L H Jr. *Fundamentals of Conservation Biology*. Blackwell Science. 1995.