

Bt 水稻田不同斑块设计对田间节肢动物群落稳定性的影响

蔡万伦¹, 石尚柏^{1*}, 杨长举¹, 彭于发², 郑亚莉¹

(1. 华中农业大学植物科技学院, 武汉 430070; 2. 中国农业科学院, 北京 100094)

摘要: 利用正交设计考察了 Bt 水稻种植面积大小以及与非转基因水稻相间距离两个因素对稻田节肢动物群落稳定性的影响。结果表明: 在转 Bt 稻斑块与非转 Bt 稻斑块共存格局下, 尽管两因素对两个品种上节肢动物群落物种丰富度影响不大, 但较大斑块面积对两个品种水稻而言均有利于其上节肢动物群落多样性的保持。同时还发现, 两个因素对两个品种斑块上的节肢动物群落影响不尽相同, 且起显著效应的时间分布也因品种而异。对转 Bt 稻斑块上节肢动物群落显著影响集中在水稻生育期前期(7 月份)和末期(9 月份), 以斑块面积因素相对而言对节肢动物群落稳定性影响更大, 具体表现在其面积越大, 多样性越高, 优势集中度越大。而对于非转 Bt 稻两个因素对其上节肢动物群落的影响几乎贯穿整个调查期, 其中又以斑块相间距离因素的影响更大, 距离越小, 多样性越高, 优势集中度越低。进一步品种间的比较发现, 转 Bt 稻对田间节肢动物群落影响显著, 在靶标害虫危害盛期其上节肢动物群落明显比非转 Bt 稻上的稳定, 而在非靶标害虫危害为主的时期, 转 Bt 稻田上节肢动物群落均不如非转 Bt 稻上的稳定, 尤其在水稻移栽后初期表现显著。

关键词: Bt 水稻; 斑块; 节肢动物群落; 稳定性; 多样性

文章编号: 1000-0933(2005)11-2968-08 **中图分类号:** Q 968 **文献标识码:** A

The arthropod community stabilities and diversities in the Bt rice paddy field with different patch designs

CAIW an-Lun¹, SHI Shang-Bai^{1*}, YANG Chang-Ju¹, PEN Yu-Fa², ZHENG Ya-Li¹ (1. Huazhong Agricultural University, Wuhan, 430070, China; 2. Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, 100094, China). Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(12): 2968~ 2975

Abstract In large patch, either Bt rice patch or Non-Bt rice patch, has positive influence on diversity of arthropod community, in spite of neither the two factors have no significant influence on richness of arthropod community. However, the effect of two factors on Bt rice patches is different from on non-Bt rice patches in orthogonality Bt rice patch design and with different distance between the transgenic Bt rice patch and the non-transgenic rice patch. Compared with the patch distance, the patch area is more important to the stability of the arthropod community on Bt rice patches during the early (July) and later (September) period of rice growing, which the larger patch is, the higher the diversity and concentration is. But compared with the patch area, the distance between patches is more important to the stability of the arthropod community on non-Bt rice patches during the whole period of rice growing, which the shorter the distance is, the higher the stability is (higher diversity and lower concentration). Moreover, the parameters of arthropod community on Bt rice patch and Non-Bt rice patch are compared by analysis of variance (ANOVA), it shows that the arthropod community on Bt rice patches is more significantly steady than one on non-Bt rice patches during the middle period of rice growing when the target insects is dominant, but it is

基金项目: 国家重点基础研究发展规划资助项目(001CB109004)

收稿日期: 2004-09-17; **修订日期:** 2005-06-02

作者简介: 蔡万伦(1976~), 男, 湖北松滋人, 博士生, 主要从事转基因作物安全评价研究 E-mail: dadirjinling@yahoo.com.cn

* 通讯作者 Author for correspondence E-mail: shangbais@163.com changjuyang@mail.hzau.edu.cn

致谢: 2000 级本科实习生黄绍哲、胡晓萍、袁昌乐参与本研究的田间调查工作, 特此致谢。

Foundation item: The National Key Basic Research Special Foundation Project (No. 001cb109004)

Received date: 2004-09-17; **Accepted date:** 2005-06-02

Biography: CAIW an-Lun, Ph.D. candidate, mainly engaged in GMOs biosafety. E-mail: dadirjinling@yahoo.com.cn

reverse during the remain period of rice growing when the non-target insects is dominant, specially during the early period

Key words: transgenic Bt rice ; patch; arthropod community; stability; diversity

自转基因作物的面世起,其安全性问题就倍受国内外专家学者注目^[1]。Losey 用转 Bt 玉米花粉饲喂斑蝶幼虫的试验^[2],尽管争议很大,但也反映了一个令人担心的事实,转基因作物作为一个全新的物种,当被人为引入到本就脆弱的环境中并以惊人速度推广种植时^[3],其潜在的,长期的对环境的影响(生态安全性)将不可忽视。在国内,比较早的相关研究也表明,转基因棉花就对田间捕食性天敌无明显影响但寄生天敌数量有降低趋势^[4,5];转 Bt 基因的水稻近年来的研究又与转基因棉花不同,其结果都显示,转 Bt 水稻对田间的节肢动物群落并无明显影响^[6,7],但也有报道非靶标害虫稻蓟马和白背飞虱在转 Bt 稻上危害程度较非转 Bt 稻重^[8,9]。

考虑到在未来无论是转 Bt 稻推广还是在其害虫抗性治理中采用庇护所策略,都会面临转 Bt 稻与非转基因水稻共存这一农田作物景观格局。考察研究构成格局的结构特征(斑块大小,斑块集散度)对农田节肢动物群落的影响,无疑具有重要的实际指导意义。为此选取了转 Bt 稻面积和与非转 Bt 稻相间距离两个因素,做如下研究。

1 材料与方法

1.1 供试水稻

转 Bt 基因水稻:转 *Cry IAb/Cry IAc* 基因的汕优 63(以下简称转 Bt 水稻),对二化螟 *Chilo suppressalis* (Walker) 表现为高抗,由华中农业大学生命科学院提供;对照品种为普通汕优 63(以下简称非转 Bt 水稻),从当地市面购得。

1.2 试验设计

试验采用正交设计,每个处理(小区)含大小两个种植田块(斑块),Bt 水稻按处理设计种植其中一块,另外一块则为对照水稻。把转 Bt 水稻田块大小(大斑块 $5 \times 10m^2$ 、小斑块 $5 \times 5m^2$),转 Bt 田块与非转 Bt 田块相间距离($0m$ 间距与 $1m$ 间距)作为 2 个因素和 2 个水平,利用正交表 $L_4(2^3)$ 设计成如下 4 个处理(表 1):

试验田为一东西走向的长方形田块,面积为 $667m^2$,北面为蔬菜地,东面、西面均为棉花地,南面临湖。在田中随机安排下 4 个处理小区,小区之间间隔至少大于 $4m$,试验田四周种植非转 Bt 汕优 63 作保护行,保护行与各个小区距离大于 $2m$ 。2003 年 5 月 14 日催芽,5 月 17 日播种,6 月 20 日插秧,每苑 1 苗,株行距均为 $20cm$ 。农事管理与当地水稻生产一致,整个水稻生育期不施用任何农药。

1.3 调查方法

调查为定兜调查,大斑块 16 个点,每行 4 个点与斑块宽边平行分布;小斑块 12 点,每行 4 点,与大斑块调查行平行。田间调查从移栽后 2 周进行,每隔 5d 调查 1 次,一直调查到水稻收割前一周止,共调查了 14 次。每个样点查 3 苑苗,逐苑检查上面的节肢动物,用拍盘法收集小型和微型节肢动物,遇到枯心和白穗则剥开查为何种螟虫及其数量,在螟虫危害基本定局时全小区剥查枯心和白穗,在稻纵卷叶螟盛发期时在各样点查卷叶数,每株总叶数。查虫时尽量做到当场分类鉴定,当场记载,不认识的动物以及收集的小型动物采回,用 75% 酒精浸泡保存,分类鉴定,尽可能鉴定至种,无法鉴定出种的鉴定至科。

1.4 分析方法

以种为单位,参照张孝羲计算物种丰富度(S),生物多样性指数(H'),优势集中度(C)3 个指标^[10]来衡量群落稳定性。对每个参数的数据分析流程为:由设计可知,虽然是一个正交试验,实际却可看成 2 个品种(Bt 稻与非 Bt 稻)分别做正交试验。因此,先对 4 个正交处理的 Bt 斑块和 4 个正交处理的非 Bt 斑块的 14 次调查分别作 14 次正交分析,当同一次的 Bt 与非 Bt 的正交分析结果的两个因素效应均不显著时,这次调查的 Bt 与非 Bt 的 4 个正交处理实际就成了单因素(品种)4 重复的试验,故可进一步通过方差分析与 Duncan 法检验品种间的差异。

以上各参数以及正交方差分析结果、品种间方差分析结果均通过 DPS 软件计算得到^[11]。

2 结果与分析

2.1 对稻田节肢动物群落丰富度的影响

共收集到节肢动物 102 种,隶属于 12 目 59 科。其中 Bt 稻上害虫 28 种隶属于 7 目 15 科,天敌 42 种隶属于 7 目 22 科,中性

表 1 正交表 $L_4(2^3)$

Table 1 Treatments of orthogonality design $L_4(2^3)$			
处理 Treatment	斑块大小 Area *	斑块间距 Distance **	空列 Error
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

* 斑块大小水平 1 指 Bt 稻斑块面积为 $5 \times 10m^2$; 2 为 $5 \times 5m^2$ Level 1 of Bt patch area is $5 \times 10m^2$; level 2 is $5 \times 5m^2$

** 斑块间距水平 1 指 Bt 斑块与非 Bt 斑块相距为 0; 2 为相距 $1m$ Level 1 of distance between Bt patch and non-Bt patch is 0; level 2 is $1m$

昆虫 18 种隶属于 6 目 8 科; 非 Bt 稻上害虫 29 种隶属于 7 目 17 科, 天敌 46 种隶属于 9 目 23 科, 中性昆虫 19 种隶属于 6 目 8 科。可见, 转 Bt 稻上的节肢动物种类与组成与非转 Bt 稻上的很接近, 并不存在明显差异。

图 1A 是 4 个 Bt 斑块正交处理的节肢动物群落丰富度动态, 可以看到 4 条曲线在大多数时间里走势相同, 丰富度变化都是从初期较低水平先上升然后在 15 数值上上下波动。但在 8 月 28 日其数据的正交分析, 斑块大小这一因素对 4 个斑块的丰富度影响显著 ($P = 0.042$), 其大斑块水平的群落丰富度要明显高于小班块水平。从图中可以看出大斑块无间距与大斑块有间距两个处理 (处理 1, 处理 2) 斑块的丰富度高于同为小班块的另外两个处理斑块的丰富度 (处理 3, 处理 4)。

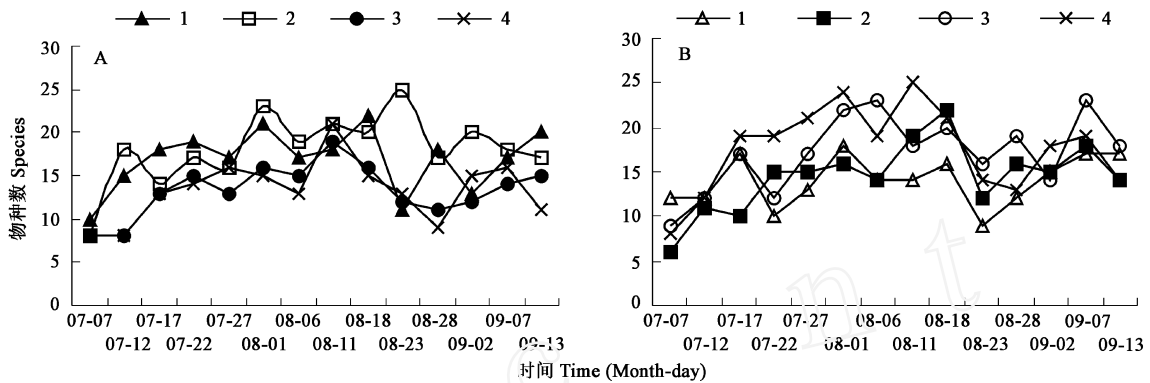


图 1 同一品种不同正交处理间节肢动物群落丰富度动态

Fig. 1 Richness dynamics of arthropod community on different treatments with orthogonality design

A, Bt 斑块的 4 个处理; B, 非 Bt 斑块的 4 个处理 A is 4 treatments of Bt rice patches and B is 4 treatments of non-Bt rice patches; 下同 the same below

图 1B 是 4 个非 Bt 斑块正交处理的节肢动物群落丰富度动态, 可以看到 4 条曲线走势也是大致相同, 调查初期上升, 在调查中前期升至一定水平后上下波动, 中后期有个下降后上升的动态。正交分析显示在 14 次调查数据中 4 个斑块的丰富度差异均不显著, 这表明正交设计的两个因素斑块大小和相间距离对非 Bt 斑块的节肢动物群落丰富度影响不大。除去 8 月 28 日的数据后, 进一步的品种间方差分析表明, 在 Bt 斑块与非 Bt 斑块间的节肢动物群落丰富度均不存在显著差异, 从图 2 也可以看到, Bt 斑块与非 Bt 斑块的曲线基本吻合, 这都说明 Bt 水稻对稻田节肢动物群落的丰富度不存在不利影响。

2.2 对稻田节肢动物群落多样性的影响

图 3A 是 4 个正交处理的 Bt 斑块的多样性动态曲线, 从图上可以看到 4 个 Bt 斑块的动态曲线基本吻合, 走势一致。值得注意的是, 在 7 月底均出现 1 个下降波谷, 说明这一时期节肢动物群落稳定性下降, 结合具体物种调查数据来看, 此时为非靶标害虫白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horvath) 危害盛期。4 个处理斑块多样性指数 14 次调查数据的正交分析显示: 7 月 12 日调查数据在所考察的 2 个因素上均有显著差异, 其中斑块大小因素的影响达到了极显著水平 ($p = 0.009$), 斑块间距因素的影响达到了显著水平 ($p = 0.031$)。效应与极差分析表明, 在大斑块水平下的多样性要高于小班块水平的多样性, 无间距的斑块的多样性要低于有间距状态的斑块的多样性, 斑块大小水平间的极差 (0.7837) 要大于间距的极差 (0.2266)。以上分析结果说明考察的两个因素对 Bt 斑块稻田节肢动物群落多样性整体动态影响较小, 仅在调查初期起到一定影响, 且斑块因素的影响要大于间距因素的影响。

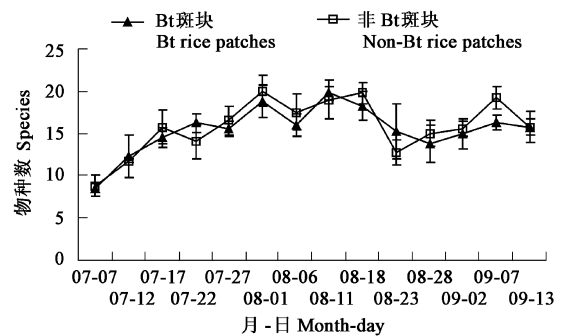


图 2 不同品种田块节肢动物群落丰富度动态

Fig. 2 Richness dynamics of arthropod community on Bt and Non-Bt rice patches

图 3B 是 4 个正交处理的非 Bt 斑块的多样性动态曲线, 同样可以看到图上 4 条曲线在大多数调查中走势也是大体一致的, 在 8 月 11 日左右均出现一个多样性明显下降的波谷, 结合实际物种调查数据来看, 此时为靶标害虫稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee 盛发期。4 个处理斑块多样性指数 14 次调查数据的正交分析显示: 斑块因素分别在 7 月 22 日, 7 月 27 日, 8 月 1 日与 9 月 7 日调查数据比较中达到差异显著水平 ($p = 0.023, 0.035, 0.036, 0.027$), 间距因素则在 7 月 22 日的数据比较中

达到差异极显著水平($p = 0.005$); 效应与极差分析表明(表 2), 以上 4 次调查数据均显示大斑块处理田间节肢动物群落多样性要显著高于小斑块处理, 间距的效应则表现为有间距的斑块处理的田间节肢动物群落多样性要极显著高于无间距斑块处理, 斑块大小的极差(0.1402)除 7 月 22 日那次调查的数据要小于间距有无的极差(0.6333)外, 其余 3 次调查均要高。以上分析结果说明斑块大小因素对非 Bt 斑块田间节肢动物群落多样性整体动态有一定影响, 而间距因素只在调查初期即相对于水稻而言就是分蘖初期, 对非 Bt 斑块田间节肢动物群落多样性整体动态有一定影响, 两个因素的极差比较来看, 斑块大小因素对非 Bt 斑块田间节肢动物群落多样性的影响要高于间距有无的因素。

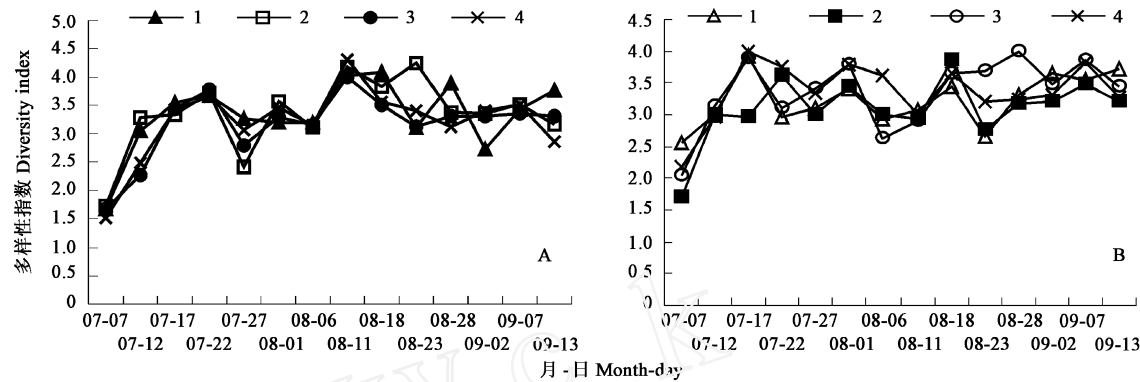


图 3 同一品种不同正交处理田间节肢动物群落多样性动态
Fig. 3 Diversity dynamics of arthropod community on different treatments with orthogonality design

表 2 非 Bt 斑块节肢动物群落多样性极差分析表(武昌, 2003)

Table 2 Range of diversity of arthropod community on Non-Bt rice patches (Wuchang 2003)				
调查时间 Sample time	因素 Factor	水平 Level*		极差 Range
		1	2	
7 月 22 日 22 July	斑块大小 Patch Area	3.2922	3.4324	0.1402
	斑块间距 Distance	3.0457	3.6789	0.6332
7 月 27 日 27 July	斑块大小 Patch Area	3.0403	3.3833	0.3436
	斑块间距 Distance	3.2507	3.1734	0.0773
8 月 1 日 1 Aug	斑块大小 Patch Area	6.8581	7.5636	0.3527
	斑块间距 Distance	3.6057	3.6052	0.0005
9 月 7 日 7 Sep.	斑块大小 Patch Area	3.4987	3.8414	0.3427
	斑块间距 Distance	3.6969	3.6432	0.0536

* 水平值均为因素的平均值, 下同 Data is mean of factor, the same below

进一步的不同品种间方差分析表明,Bt 与非 Bt 斑块在大多情况下其田间非 Bt 斑块田间节肢动物群落多样性无显著差异,但在 7 月 7 日和 8 月 11 日的两次调查数据比较上呈显著和极显著差异($p = 0.043, 0$), 7 月 7 日的数据分析结果是非 Bt 斑块要显著高于 Bt 斑块, 而 8 月 11 日的数据分析结果则是 Bt 斑块要极显著高于非 Bt 斑块。从图 4 也可看到, 非 Bt 斑块曲线在调查初期 7 月上旬要高于 Bt 斑块, 而在 8 月中旬要明显低于 Bt 斑块, 而到 8 月底以后非 Bt 的多样性又高于 Bt 斑块的多样性。

2.3 对稻田节肢动物群落优势集中度的影响

图 5A 是 4 个 Bt 正交处理斑块的节肢动物群落优势集中度动态, 可以看到 4 条动态曲线走势大体一致, 整体呈现先下降, 然后在 7 月底至 8 月初与 9 月上旬有两个较明显上升波峰。其中处理 1、2 的曲线在上述两个时期波动最大, 说明两个处理在这两个时间节肢动物群落存在有优势度很大的节肢动物导致整个群落优势集中度上升; 处理 3 和处理 4 在上述两个时期波动小, 特别是 8 月中旬几乎是条平直曲线, 说明这两个处理在调查中后期整个节肢动物群落一直处于平衡稳定状态。4 个处理斑块的 14 次调查数据的正交分析显示: 斑块大小因素 7 月 17 日

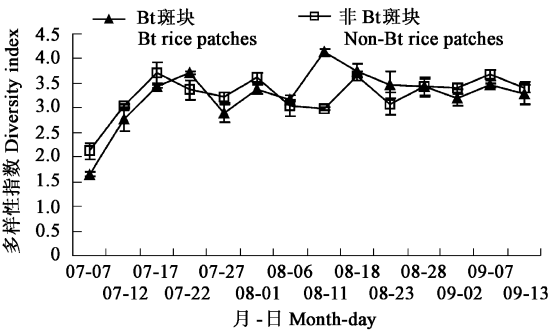


图 4 不同品种田块节肢动物群落多样性动态
Fig. 4 Diversity dynamics of arthropod community on Bt and Non-Bt rice patches

与 9 月 7 日在两次调查数据的分析中呈显著差异($p = 0.046$, 0.013), 斑块间距因素则仅在 9 月 7 日的调查中呈极显著差异($p = 0.005$); 从表 3 极差及效应分析可以看出, 斑块大小因素在两次调查中均为大斑块的优势集中度高于小斑块, 斑块间距因素在 9 月 7 日的调查中为无间距的斑块的优势集中度高于有间距的斑块。7 月 17 的调查数据分析显示, 斑块大小的水平极差(0.0138)要高于斑块大小的水平极差(0.0043), 而 9 月 7 日的调查数据比较则是斑块大小的水平极差(0.0063)要小于斑块大小的水平极差(0.0164)。以上分析说明, 在 Bt 稻与非 Bt 稻共存格局中, 对 Bt 斑块节肢动物群落优势集中度整体动态的影响中斑块大小因素比斑块间距因素影响更大。

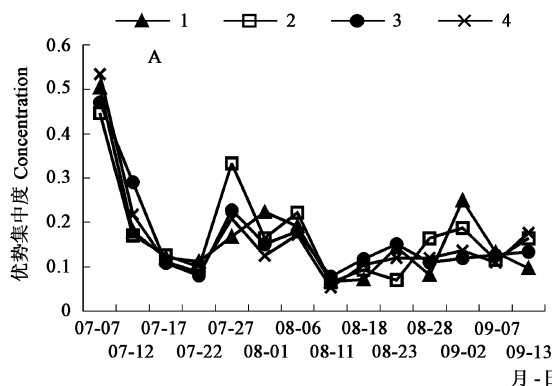


表 3 Bt 斑块节肢动物群落优势集中度极差分析表(武昌 2003)

Table 3 Range of dominance concentration of arthropod on Bt rice patches (Wuchang 2003)

调查时间 Sample time	因素 Factor	水平 Level		极差 Range
		1	2	
7 月 17 日 17 July	斑块大小 Patch Area	0.1236	0.1099	0.0138
	斑块间距 Distance	0.1146	0.1189	0.0043
9 月 7 日 7 Sep.	斑块大小 Patch Area	0.1246	0.1183	0.0063
	斑块间距 Distance	0.1296	0.1132	0.0164

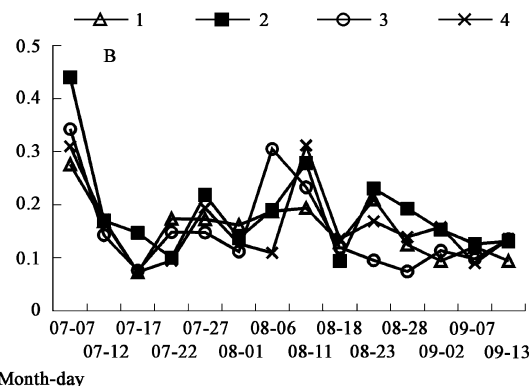


图 5 同一品种不同正交处理间节肢动物群落优势集中度动态

Fig 5 Concentration dynamics of arthropod community on different treatments with orthogonality design

图 5B 则是 4 个非 Bt 斑块处理的节肢动物群落优势集中度动态, 可以看到, 4 个处理的曲线走势也是一致的, 但与 Bt 斑块不同的是, 前期下降后, 只在 7 月底至 8 月上中旬出现一次较大的波动, 而后下降幅度不大, 这说明非 Bt 斑块的节肢动物群落 8 月上旬出现了与 Bt 斑块不同的优势种, 并且这种不稳定状态一直保持到 9 月上旬, 结合物种数据来看, 此阶段主要是靶标害虫稻纵卷叶螟危害为主。另外还可以从图 5B 中可以看出, 处理 3 斑块(大斑块; 无间距)的不稳定波峰出现比另外 3 个处理的波峰提前了近一个调查周期(5d), 这说明处理 3 的节肢动物群落易受到两个因素的影响, 导致群落不稳定。14 次调查的数据正交分析显示, 7 月 27 日, 8 月 11 日与 8 月 28 日 3 次调查数据在两个因素上均有差异(斑块大小: $p = 0.00005$, 0.055 , 0.0186 ; 斑块间距: $p = 0.00003$, 0.024 , 0.0147), 其中在 7 月 27 日和 8 月 28 日的调查数据分析中两个因素均呈极显著差异和显著差异。表 4 的极差与效应分析显示, 在 3 次调查数据中, 斑块间距因素的水平极差均大于斑块大小因素的水平极差, 斑块间距因素的效应是有间距的斑块数值均比无间距的斑块的高, 斑块大小的效应则在 7 月 27 日和 8 月 28 日的调查数据中均为小斑块的数值要高于大斑块的。以上分析说明, 两个因素相比较而言, 斑块间距因素是影响力更大, 在无间距的情况下, 其节肢动物群落的稳定性要比有间距状态的斑块高。

从图 6 可以看出, 随各种昆虫以及其他节肢动物定殖于返青分蘖的水稻, 初期两个品种的优势集中度均呈下降趋势, 在非靶标害虫如飞虱类害虫危害占主要地位时期的调查前半段即 8 月初以前以及 9 月以后, Bt 斑块的曲线大部分落在非 Bt 斑块曲线上方, 仅在靶标害虫危害占主要地位的时期即 8 月份要明显落于非 Bt 斑块的曲线下方, 这表明 Bt 斑块的节肢动物群落在非靶标害虫危害占主要地位的时期稳定性要比非 Bt 斑块的差, 而在靶标害虫危害占主要地位的时期比非 Bt 斑块的要高。除开正交分析有差异的调查点后, 对余下的调查点数据的方差分析也证明了上述观点, 在 7 月 7 日调查初期正值稻蓟马这类非靶标害虫危害严重, Bt 斑块上的节肢动物优势集中度要显著高于非 Bt 斑块上的($p = 0.0106$), 接近极显著水

表 4 非 Bt 斑块节肢动物群落优势集中度极差分析表(武昌, 2003)

Table 4 Range of dominance concentration of arthropod community on Non-Bt rice patches (Wuchang 2003)

调查时间 Sample time	因素 Factor	水平 Level		极差 Range
		1	2	
7 月 27 日 27 July	斑块大小 Patch area	0.1953	0.1707	0.0246
	斑块间距 Distance	0.1596	0.2064	0.0468
8 月 11 日 11 Aug	斑块大小 Patch area	0.2362	0.2724	0.0312
	斑块间距 Distance	0.2134	0.2952	0.0818
8 月 28 日 28 Aug	斑块大小 Patch area	0.1589	0.1066	0.0523
	斑块间距 Distance	0.0996	0.1658	0.0662

平。

3 讨论

国外近 10a 来, 农田作物景观格局结构特征对农田节肢动物群落的影响一直是研究热点。相关研究表明, 景观基本结构特征与景观内物种丰盛度和分布联系紧密^[12, 13], 大而集中的斑块上物种密度要大于小而分散的斑块^[12, 14]。如 Thomas 和 Hanski 发现互相接近的大生境斑块比相对小的独立的斑块银斑弄蝶 *Hesperia comma* L. 发生更高^[15]。类似的是, Smith and Gilpin 对一种美洲鼠兔 *Ochtona princeps* Richardson 研究发现^[16], 有鼠兔定殖的斑块平均面积大于无鼠兔定殖的空斑块的平均面积。Beckler 对玉米根叶甲 *D.iabrotica virgifera virgifera* LeConte, French 等对长角叶甲 *D.iabrotica barberi* Smith & Lawrence 的研究也发现, 玉米斑块面积与斑块间集散程度与两种甲虫的丰盛度成正相关^[17, 18]。国内学者也在农田生境格局的多样性与田间节肢动物群落多样性相互关系方面做了相应研究。刘雨芳等的研究表明^[19, 20], 处于多样化生境中的稻田其捕食性天敌的物种丰富度及每 100 丛水稻所获的天敌个体数量均明显高于处于单一生境中的稻田, 并进一步认为田间作物格局多样性的提高有利于田间天敌多样性提高, 降低或抑制害虫种群密度。

从结果来看, 在转 Bt 稻斑块与非转 Bt 稻斑块共存格局下, 尽管两因素对两个品种上节肢动物群落物种丰富度影响不大, 但较大斑块面积对两个品种水稻而言均有利于其上节肢动物群落多样性的保持。同时还发现, 两个因素对两个品种斑块上的节肢动物群落影响不尽相同, 且起显著效应的时间分布也因品种而异。对转 Bt 稻斑块上节肢动物群落显著影响集中在水稻生育期前期(7 月份)和末期(9 月份), 两个因素中以斑块面积因素相对而言对节肢动物群落稳定性影响更大, 具体表现在其面积越大, 多样性越高, 优势集中度越大。而对于非转 Bt 稻两个因素对其上节肢动物群落的影响几乎贯穿整个调查期, 其中又以斑块相间距离因素的影响更大, 距离越小, 多样性越高, 优势集中度越低。

以上结果正是两个品种共存格局与转 Bt 稻对靶标害虫高度抗性共同作用的体现。稻田节肢动物群落按吴进才等以营养功能关系可划分成基位昆虫, 中位昆虫, 顶位昆虫以及中性昆虫^[21], 其中, 基位昆虫即植食性昆虫是决定整个节肢动物群落构成及变动的关键因素。大量研究表明^[22, 23], 中稻移栽后初期(6 月中到 7 月底)及末期(9 月)其田间优势害虫分别为蓟马类和飞虱类昆虫, 中期(8 月初到 9 月初)则为稻纵卷叶螟。天敌中的优势物种则在全生育期内均为蜘蛛类捕食性天敌。由于 7 月与 9 月对于试验都是按中稻栽培的 Bt 与非 Bt 水稻而言, 均有利于非靶标害虫(蓟马类与飞虱类)危害, 因此在两种斑块上害虫群落均处于一种不稳定波动状态, 在同样害虫发生量情况下, 斑块面积越大, 其食料就越丰富, 种群增长就越迅速, 也诱导多种相应的天敌迁入稻田, 而 Bt 稻要比非 Bt 稻长势要旺盛, 故整个节肢动物群落呈现的特点就是高多样性, 高优势集中度; 在受危害的情况下, 斑块间有一定距离隔离不利于害虫转移危害, 故有利于其群落的稳定。而 8 月正值靶标害虫危害为主的时期, 而 Bt 稻的高度抗性, 无论斑块面积大小, 与临近斑块间距如何, 靶标害虫均难以生存, 故两个因素均不起显著影响, 这个时期各 Bt 稻斑块上的节肢动物群落均呈现的是低生物量水平上的高多样性, 低优势集中度的特点。反观非 Bt 稻, 在水稻前中后期均要受到各类害虫严重危害, 其他节肢动物生存环境遭到严重破坏因而迁出, 在两种水稻共存格局中, 斑块距离则成为节肢动物迁出限制因子, 故对其上的节肢动物群落影响更大。

转 Bt 稻稻田节肢动物群落研究在国内近 6a 来已经开展了不少: 唐健等报道, 相比非转 Bt 水稻, 转 Bt 水稻“克螟稻 2 号”对稻蓟马 *Thrips oryzae* Williams 更敏感, 受害程度极显著高于前者^[8]; 傅强等发现所研究的两个转基因水稻品种对褐飞虱 *Nilaparvata lugens* Stål 的生长发育以及寄主选择无明显影响, 但对白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horvath) 羽化成虫鲜重以及短速率存在明显不利影响, 其寄主选择也趋向转 Bt 稻^[9]; 刘志诚等报道转 Bt 稻田中非靶标害虫飞虱和叶蝉类的优势度及发生量在绝大多数时期和非转 Bt 水稻上的无显著差异, 但同时认为非靶标害虫优势度高于靶标害虫优势度, 从而导致整体群落参数、各功能团优势度与非 Bt 的无显著差异^[6, 7]。从进一步品种间的比较发现, 转 Bt 稻对田间节肢动物群落影响显著, 在靶标害虫危害盛期其上的节肢动物群落明显比非转 Bt 稻上的稳定, 而在非靶标害虫危害为主的时期, 转 Bt 稻田上节肢动物群落均不如非转 Bt 稻上的稳定, 尤其在水稻移栽后初期表现显著。结合唐健等以及傅强等的研究来看^[8, 9], 一些非靶标害虫在转 Bt 稻上有危害加重的潜在危险。值得注意的是, 考察的斑块面积因素和距离因素也均是在以上两个时期起显著影响作用。这提示人们, 在 Bt 水稻今后的实际推广应用中, 采取适当的栽培布局可以抵消 Bt 水稻对稻田节肢动物群落的消极影响, 达到保护稻田生态节肢动物群落稳定性的目的。

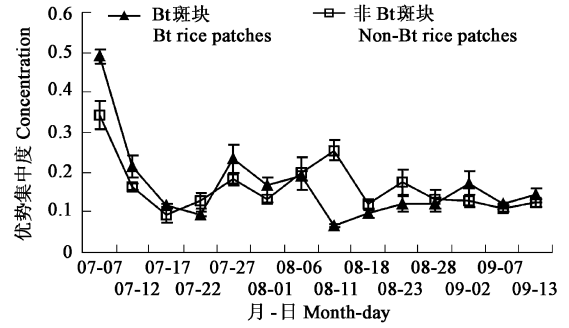


图 6 不同品种斑块节肢动物群落优势集中度动态(武昌 2003)

Fig. 6 Dominance concentration of arthropod community on

References

- [1] Fan L J, Zhou X P. *The risk of transgenic crop: Debate and Fact*. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2000. 3~ 17.
- [2] Losey J E, Rayor L S, Carter M E. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature*, 1999, **399**: 214.
- [3] Clive James. Global GM Crop Area Continues to Grow and Exceeds 50 Million Hectares for First Time in 2001. 2002. <http://www.isaaa.org/press%20release/Global%20Area-Jan2002.htm>.
- [4] Cui J J, Xia J Y. Studies on the components of diversity of the community in transgenic Bt cotton. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, **20**(5): 824~ 829.
- [5] Deng S D, Xu J, Zhang Q W, *et al*. Effect of transgenic Bt cotton on population dynamics of the non-target pests and natural enemies of pests. *Acta Entomologica Sinica*, 2003, **46** (1) : 1~ 5.
- [6] Liu Z C, Ye G Y, Hu C, *et al*. Effects of Bt transgenic rice on population dynamics of main non-target insect pests and dominant spider species in rice paddies. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2002, **29**: 138~ 144.
- [7] Liu Z C, Ye G Y, Hu C, *et al*. Impact of transgenic indica rice with a fused gene of Cry IAb/Cry IAc on the rice paddy arthropod community. *Acta Entomologica Sinica*, 2003, **46**(4): 454~ 465.
- [8] Tang J, Yang B J, Jiang Y N, *et al*. Preliminary study on Trips Oryzae virulence to Bt gene transformed rice Kemingdao 2. *Chinese J. Rice Science*, 2000, **14**(4): 241~ 242.
- [9] Fu Q, Wang F, Li D H, *et al*. Effect of insect-resistant transgenic lines MSA and MSB on non-target pest *Nilaparvata lugens* and *Sogatella fuscifera*. *Acta Entomologica Sinica*, 2003, **46**(6): 697~ 704.
- [10] Zhang X X. *Insect Ecology And Forecast* 3th ed. Beijing: China Agriculture Press, 2001. 151~ 155.
- [11] Tang Q Y, Feng M G. *DPS Data Processing System for Practical Statistics*. Beijing: China Agricultural Press, 1997. 108~ 125.
- [12] Wiens J A. Metapopulation dynamics and landscape ecology. In: I A Hanski and M E Gilpin eds, *Metapopulation biology: ecology, genetics, and evolution*. Academic, San Diego, CA, 1997. 43~ 62.
- [13] McGarigal K, Cushman S A, Neel M C, *et al*. Fragstats: spatial pattern analysis program for categorical maps. 2002. <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.htm>.
- [14] Harrison S, Taylor A D. Empirical evidence for metapopulation dynamics. In: I A Hanski and M E Gilpin eds, *Metapopulation biology: ecology, genetics, and evolution*. Academic, San Diego, CA, 1997. 27~ 42.
- [15] Thomas C D, and Hanski I A. Butterfly metapopulations. In: I A Hanski and M E Gilpin eds, *Metapopulation biology: ecology, genetics, and evolution*. Academic, San Diego, CA, 1997. 359~ 386.
- [16] Smith A T, Gilpin M. Spatially correlated dynamics in a pika metapopulation. In: I A Hanski and M E Gilpin eds, *Metapopulation biology: ecology, genetics, and evolution*. Academic, San Diego, CA, 1997. 407~ 428.
- [17] Beckler A A, French B W, Chandler L D. Characterization of western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) population dynamics in relation to landscape attributes. *Agric For. Entomol*, 2004, **6**: 129~ 139.
- [18] B Wade French, Amber A Beckler, Laurence D Chandler. Landscape features and spatial distribution of adult Northern Corn Rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) in the south Dakota areawide management site. *J. Econ. Entomol*, 2004, **97**(6): 1943~ 1957.
- [19] Liu Y F, Gu D X, Zhang G R. Effect and the acting mechanisms of the habitats and vegetational diversity on arthropod community in agroecosystem. *Journal of Xiangtan Normal University*, 2000, **21**(6): 74~ 78.
- [20] Liu Y F, Gu D X. Compare the community structure of arthropods in heterogenous habitats with that in monotonous ones in the two-crop paddy field area. *Ecologic Science*, 2004, **23**(3): 196~ 199.
- [21] Wu J C, Hu G W, Tang J. Studies on the regulation effect of natural insect on the community food web in paddy field. *Acta Ecologica Sinica*, 1994, **14**(4) : 381~ 386.
- [22] Jiang M X, Zhu Z R, Chen J A. Arthropod biodiversity in rice field during single cropping season in mountain areas of northwestern Zhejiang province. *Journal of Zhejiang University (Agric. & Life Sci.)*, 2000, **26**(3) : 283~ 286.
- [23] Hu Y, Tang Q Y, Tang J, *et al*. Succession Regularity of Arthropod Community in Single-Cropping Paddy Fields. *Chinese J. Rice Sci.*, 1998, **12**(4): 229~ 232.

参考文献:

- [1] 樊龙江, 周雪平. 转基因作物安全性争论与事实. 北京: 中国农业出版社, 2000. 3~ 17.
- [4] 崔金杰, 夏敬源. 转Bt基因棉田昆虫群落多样性及其影响因素的研究. 生态学报, 2000, **20**(5): 824~ 829.
- [5] 邓曙东, 徐静, 张青文, 等. 转Bt基因棉对非靶标害虫及天敌种群动态的影响. 昆虫学报, 2003, **46**(1): 1~ 5.

- [6] 刘志诚, 叶恭银, 胡萃, 等. 转 Bt 基因水稻对主要非靶标害虫和蜘蛛优势种田间种群动态的影响. 植物保护学报, 2002, 9(2): 138~ 144
- [7] 刘志诚, 叶恭银, 胡萃, 等. 转 *Cry IAb/Cry IAc* 基因籼稻对稻田节肢动物群落影响. 昆虫学报, 2003, 46(4): 454~ 465
- [8] 唐健, 杨保军, 蒋跃南, 等. 稻蓟马危害转 Bt 基因水稻克螟稻 2 号研究初报. 中国水稻科学, 2000, 14(4): 241~ 242
- [9] 傅强, 王峰, 李东虎, 等. 转基因抗虫水稻 M SA 和 M SB 对非靶标害虫褐飞虱和白背飞虱的影响. 昆虫学报, 2003, 46(6): 697~ 704
- [10] 张孝羲. 昆虫生态及预测预报. 第 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2001. 151~ 155
- [11] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其计算机处理平台. 北京: 中国农业出版社, 1997. 108~ 125
- [19] 刘雨芳, 张古忍, 古德祥. 农田生态系统中生境与植被多样性对节肢动物群落的影响及其作用机制探讨. 湘潭师范学院学报, 2000, 21(6): 74~ 78
- [20] 刘雨芳, 古德祥. 双季稻区两类生境稻田节肢动物群落结构比较. 生态科学, 2004, 23(3): 196~ 199
- [21] 吴进才, 胡国文, 唐健, 等. 稻田中性昆虫对群落食物网的调控作用. 生态学报, 1994, 14(4): 381~ 386
- [22] 蒋明星, 祝增荣, 程家安. 浙西北山区单季稻田节肢动物群落的多样性. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2000, 26(3): 283~ 286
- [23] 胡阳, 唐启义, 唐健, 等. 单季稻田节肢动物群落演替规律. 中国水稻科学, 1998, 12(4): 229~ 232

www.cnki.net