

转基因抗除草剂水稻对稻田叶冠层节肢动物群落多样性的影响*

蒋显斌^{1,2,3} 肖国樱^{1**}

(1. 中国科学院亚热带农业生态研究所 亚热带农业生态过程重点实验室 长沙 410125;
2. 广西农业科学院水稻研究所 南宁 530007; 3. 中国科学院研究生院 北京 100049)

摘要 转基因抗除草剂水稻可能对稻田节肢动物产生影响。对转 *Bar* 基因抗除草剂籼稻“Bar68-1”和非转基因对照“D68”稻田叶冠层节肢动物群落的结构和特征进行调查、比较。结果显示,转基因水稻和非转基因对照水稻间的冠层节肢动物各亚群落中相对丰度高的物种(科)具有较大相似性,但在相对丰度低的科上有所差别;除2007年不喷药处理区天敌亚群落的 Simpson 指数(*D*)有差异外,转基因与非转基因对照稻田之间叶冠层节肢动物群落、亚群落的多样性指数(物种丰富度、Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数、Simpson 优势集中性指数)差异不显著;在水稻分蘖中期、分蘖末期、齐穗期和乳熟期等4个生育期,95.3%的稻田节肢动物群落主要参数时间动态的品种间差异不显著。研究结果表明转 *Bar* 基因抗除草剂水稻“Bar68-1”对稻田叶冠层节肢动物的群落组成和多样性无显著影响。

关键词 转基因抗除草剂水稻 节肢动物 群落结构 生物多样性 相对丰度 多样性指数
中图分类号: Q145; Q968.1; S186 文献标识码: A 文章编号: 1671-3990(2010)06-1277-07

Diversity of arthropod community in the canopy of genetically modified herbicide-tolerant rice (*Oryza sativa* L.)

JIANG Xian-Bin^{1,2,3}, XIAO Guo-Ying¹

(1. Key Laboratory of Agro-ecological Processes in Subtropical Region, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China; 2. Rice Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China; 3. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract Genetically modified herbicide-tolerant (GMHT) rice may have impacts on arthropods in paddy fields. To detect the potential effects of GMHT rice on arthropods, the structure and feature of canopy arthropod community in fields of GMHT rice “Bar68-1” were compared with those of non-GM control “D68”. The families with high relative abundance of sub-communities of arthropod in GMHT rice field and non-GM rice field are similar, while the families with low relative abundance are different. There is no significant difference between GMHT rice and non-GM rice in the diversity indices, which are species abundance, Shannon-Wiener diversity index, Pielou index, Simpson index, of arthropod communities ($P>0.05$), with the exception of Simpson index (*D*) in sub-community of natural enemy in no-pesticide treatment in 2007. Difference in dynamics of most indexes, accounting for 95.3% of all calculated indexes, of arthropod community between GMHT rice field and non-GM rice field are not significant in mid-tillering, late tillering, full heading stage and milk stage of rice. The results suggest that GMHT rice “Bar68-1” does not significantly affect the composition and diversity of arthropod community in canopy.

Key words Genetically modified herbicide-tolerant rice, Arthropod, Community structure, Biodiversity, Relative abundance, Diversity index (Received Jan. 18, 2010; accepted May 26, 2010)

转基因作物对生态环境的潜在影响一直广受人们关注^[1-3],而其是否会影响生物多样性是关注的焦点^[4]。

任何对非目标物种的不利影响或影响生物多样性的生态过程都属于生物多样性风险的范畴^[5]。在转基因作

* 转基因生物新品种培育科技重大专项(2008ZX08001-003)和中国科学院知识创新工程重大项目(KSCX1-YW-03)资助

** 通讯作者: 肖国樱(1965-),男,博士,研究员,研究方向为转基因水稻研究。E-mail: xiaoguoying@isa.ac.cn

蒋显斌(1979-),男,博士,助理研究员,研究方向为转基因水稻安全性评价。E-mail: jiangxianbin@yahoo.com

收稿日期: 2010-01-18 接受日期: 2010-05-26

物是否影响生物多样性这一问题上,目前已展开广泛辩论,但更有价值的论证应该通过定性和定量试验,比较转基因作物与传统非转基因作物对生物多样性造成的影响是否有差异^[4]。昆虫是生物多样性的重要组成部分,在陆地生态系统中起主导作用,保护好昆虫的生物多样性对人类具有重要意义^[6]。因此,研究转基因水稻对稻田节肢动物群落多样性的影响,是转基因水稻生态环境安全性评价的一个重要内容。

自 1996 年转基因作物的商业化种植以来,抗除草剂性状一直是转基因作物的主导性状;2008 年的数据显示,抗除草剂大豆、玉米、油菜、棉花和紫花苜蓿占当年转基因作物全球种植面积的 63%^[7-8]。对于水稻生产来说,杂草是一个极大的制约因素,施用除草剂是稻田杂草防除的有效方法。由于对使用时间和施用条件的要求过于严格,当前稻田选择性除草剂在增加技术难度的同时也影响了除草效果,而抗除草剂水稻因其可以施用灭生性除草剂,有效解决了上述问题而且具有提高杂交稻种纯度和产量、减少耕作对环境的不利影响(减少温室气体排放)等优点^[9]。由于抗除草剂水稻可以给水稻生产和生态环境带来如此多的益处,转基因抗除草剂水稻的培育和相关研究正在迅猛发展^[10-15]。转基因水稻对稻田节肢动物群落的影响目前已有不少报道,但这些转基因水稻的目标性状多为抗虫性状^[16-18],抗除草剂性状的转基因水稻对稻田节肢动物群落的影响仍鲜有报道。卢宝荣^[19]指出,现有的转 *EPSPS* 或 *Bar* 基因抗除草剂水稻自身对稻田生态系统生物多样性应无明显不利影响,但抗除草剂水稻的大规模种植和不同除草剂的长期施用可能会影响到稻田生态系统,甚至稻田以外的生物多样性。为进一步明确转基因抗除草剂水稻“Bar68-1”对稻田节肢动物群落是否有影响,笔者于 2007~2008 年调查了转基因抗除草剂水稻稻田叶冠层节肢动物群落的组成和多样性,并与非转基因稻田进行比较,分析了两者间的差异。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2007 年和 2008 年在湖南省长沙市芙蓉区马坡岭中国科学院亚热带农业生态研究所的实验田

进行。土壤属微酸性水稻土, pH5.64, 成土母质为第四纪红壤黏土, 肥力水平中等。该区位于东经 113.08°、北纬 28.20°, 属典型亚热带过渡型气候, 春温变化大, 夏初雨水多, 伏秋高温久, 冬季严寒少。年降雨量 1 300~1 400 mm, 年平均气温 17.0~17.5 。

1.2 供试材料

转基因抗除草剂水稻“Bar68-1”为香港中文大学、湖南杂交水稻研究中心和中国科学院亚热带农业生态研究所共同培育的早粳稻, 系用基因枪法将 *Bar* 基因转入粳稻品种“D68”而得, 抗草铵膦除草剂^[14]。对照品种为“D68”。

1.3 试验设计和作物管理

农业转基因生物安全审批书为农基安审字(2006)第 060 号。田间管理按照水稻田普通栽培管理方法进行^[20], 并设 2 个处理区: 喷施杀虫剂处理区和不喷施杀虫剂处理区(其中 2007 年的不喷施杀虫剂处理区为每水稻品系 3 个小区, 其余均为每品系 2 个小区)。各试验小区采用随机数字法排列, 田间试验安排见表 1。

1.4 取样和鉴定

在水稻分蘖中期、分蘖末期、齐穗期和乳熟期以扫网法在各小区用对角线 5 点取样^[21], 将得到的样品带回室内清理和初步分类后, 放入 75%乙醇溶液中保存, 供进一步鉴定^[22-24]。记录所有观察到的节肢动物的名称和数量。以科为单位, 按以下方法分析节肢动物群落的多样性。

1.5 数据分析方法

群落中各物种的相对丰盛度 p_i 以公式 $p_i = n_i / N$ 计算, 式中, n_i 为第 i 个物种的个体数, N 为不同处理区的“Bar68-1”或“D68”稻田中节肢动物总个体数; 多样性指数以小区为单位依照 Magurran^[25]的方法计算: 物种丰富度指数(S)为某一取样区域内的物种数量, 物种多样性用 Shannon-Wiener 指数(H')表示,

$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)$; 群落均匀度 Pielou 指数

$J' = \frac{H'}{\ln S}$; 本研究还计算了 Simpson 优势集中性指

数(D), $D = 1 - \sum \left(\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right)$ 。

表 1 田间试验安排与小区设置(2007~2008 年)

Tab. 1 Arrangement of field experiments and setting of plots (2007~2008)

年份 Year	播种期(月-日) Sowing date (month-day)	移栽期(月-日) Transplant date (month-day)	收割期(月-日) Harvest date (month-day)	田块面积 Paddy field area (m ²)	小区数 Plot num- bers	小区面积 Plot area (m ²)	插值规格 Hill space (cm)
2007	05-18	06-05	08-29	2 145	10	120	20×20
2008	05-25	06-20	09-05	2 145	8	120	20×20

样本分布符合 t 检验要求的平均数比较用统计软件 SPSS 15.0(SPSS Inc, Chicago, IL, USA)进行分析, 其余两品种间的比较用 Wilcoxon 秩和检验(即 Mann-Whitney U 非参数检验)进行分析。数值用平均数 ± 标准差(SD)表示。

2 结果与分析

2.1 转基因抗除草剂稻田叶冠层节肢动物群落的种类组成

试验结果表明(图 1), 转基因稻田与非转基因对照稻田的节肢动物亚群落中相对丰盛度高的物种

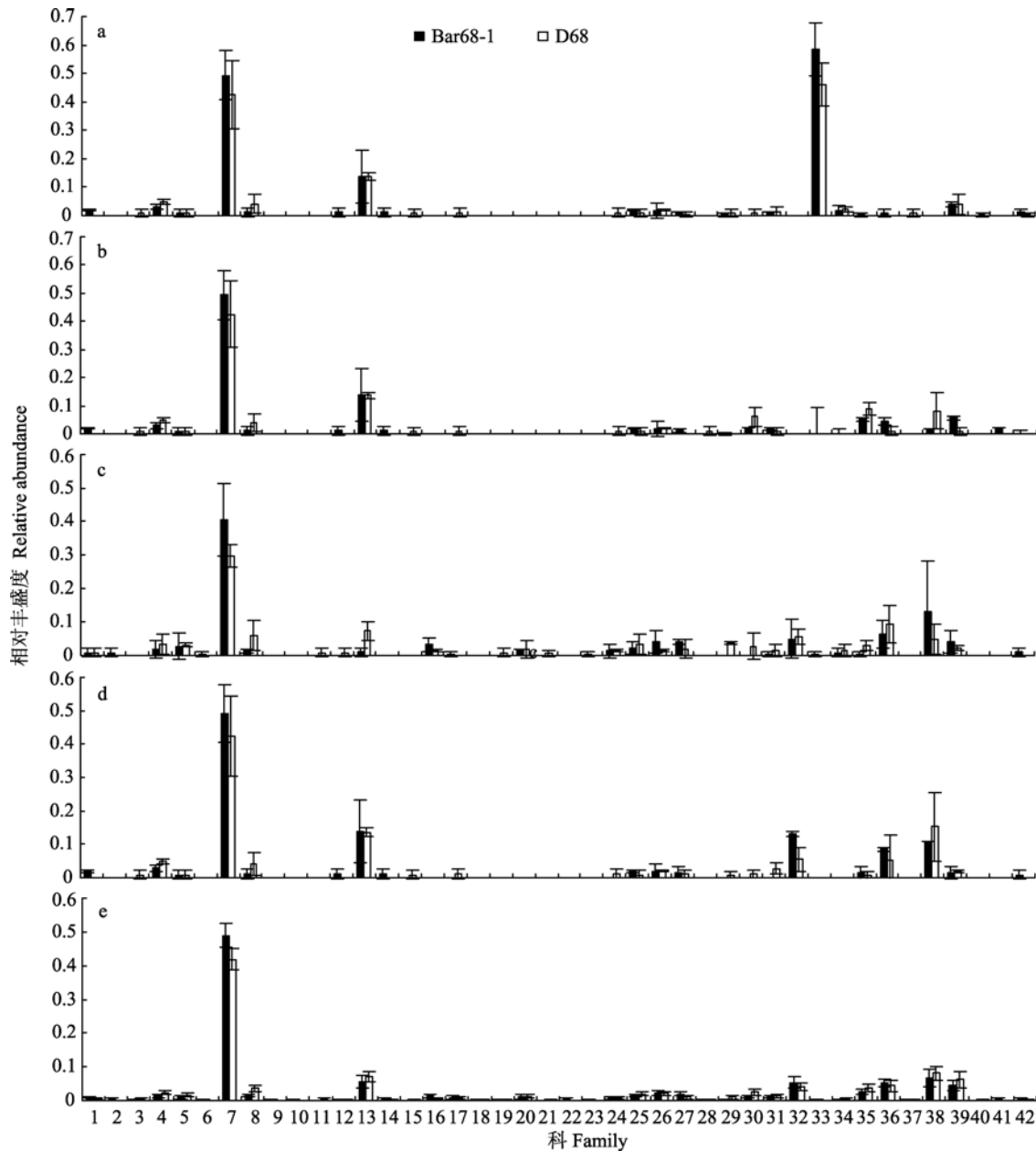


图 1 转基因抗除草剂水稻“Bar68-1”与非转基因对照“D68”的稻田节肢动物群落组成

Fig. 1 Composition of arthropod community in GMHT “Bar68-1” and non-GM “D68” rice paddy fields

a: 2007 年不喷施杀虫剂处理区; b: 2007 年喷施杀虫剂处理区; c: 2008 年不喷施杀虫剂处理区; d: 2008 年喷施杀虫剂处理区; e: 汇总。1: 蝗科; 2: 锥头蝗科; 3: 螽斯科; 4: 蟋科; 5: 缘蟋科; 6: 龟蟋科; 7: 飞虱科; 8: 叶蝉科; 9: 小叶蝉科; 10: 蚜总科; 11: 叶甲科; 12: 夜蛾科; 13: 螟蛾科; 14: 粉蝶科; 15: 眼蝶科; 16: 蝇科; 17: 摇蚊科; 18: 蜻蜓科; 19: 螳科; 20: 盲蝽科; 21: 猎蝽科; 22: 龟蝽科; 23: 草蛉科; 24: 隐翅甲科; 25: 瓢甲科; 26: 蚁科; 27: 食蚜蝇科; 28: 虻科; 29: 球腹蛛科; 30: 肖蛸科; 31: 圆蛛科; 32: 蜘蛛其他科; 33: 小蜂科; 34: 姬小蜂科; 35: 姬蜂总科; 36: 茧蜂科; 37: 蜜蜂科; 38: 膜翅目其他科; 39: 蚊科; 40: 蜂虻科; 41: 蝇科; 42: 双翅目其他科。a: Treatment without pesticide spraying in 2007; b: Treatment of pesticide spraying in 2007; c: Treatment without pesticide spraying in 2008; d: Treatment of pesticide spraying in 2008; e: Total. 1: Acrididae; 2: Pyrgomorphidae; 3: Tettigoniidae; 4: Pentatomidae; 5: Coreidae; 6: Plataspidae; 7: Delphacidae; 8: Iassidae; 9: Typhlocybae; 10: Aphidoidea; 11: Chrysomalidae; 12: Noctuidae; 13: Pyralidae; 14: Pieridae; 15: Satyridae; 16: Muscidae; 17: Chironomidae; 18: Aeschnidae; 19: Coenagriidae; 20: Miridae; 21: Reduviidae; 22: Gerridae; 23: Chrysopidae; 24: Staphylinidae; 25: Coccinellidae; 26: Formicidae; 27: Syrphidae; 28: Tabanidae; 29: Theridiidae; 30: Tetragnathidae; 31: Araneidae; 32: Other family of araneae; 33: Chalcididae; 34: Eulophidae; 35: Ichneumonidae; 36: Braconidae; 37: Apidae; 38: Other family of hymenoptera; 39: Culicidae; 40: Bombyliidae; 41: Brulidae; 42: Other family of diptera.

(科)具有较大的相似性,即害虫主要有蜡科(Pentatomidae)、缘蜡科(Coreidae)、飞虱科(Delphacidae)、叶蝉科(Iassidae)和螟蛾科(Pyralidae)等,捕食性天敌主要有盲蜡科(Miridae)、瓢甲科(Coccinellidae)、蚁科(Formicidae)、食蚜蝇科(Syrphidae)、肖蛸科(Tetragnathidae)、圆蛛科(Araneidae)、蜘蛛纲(Araneae)的其他科等,寄生性天敌的优势种群为姬蜂总科(Ichneumonoidae)和茧蜂科(Braconidae)等,中性昆虫有蚊科(Culicida)等。但是在一些优势度低的物种(科)上仍有所差别,如:转基因稻田中有锥头蝗科(Pyrgomorphidae)、龟蜡科(Plataspidae)、蚜总科(Aphidoidea)、龟蜡科(Gerridae)和草蛉科(Chrysopidae)等,而非转基因“D68”稻田中并未发现这些科;“D68”稻田中出现的叶甲科(Chrysomalidae)、眼蝶科(Satyridae)和猎蝽科(Reduviidae)等科的节肢动物(昆虫)在“Bar68-1”稻田中也未发现。除上述优势

度低的科外,其余各科的品种间差异均未达统计学显著水平。从整体来看,转基因稻田中节肢动物群落的组成物种与非转基因对照稻田相似。

2.2 转基因抗除草剂稻田叶冠层节肢动物群落的多样性指数

多样性指数概括性地表示了群落的丰富度和均匀度。田间调查结果表明(表 2),除 2007 年不喷药处理区天敌亚群落的 Simpson 指数(D)差异显著外($P=0.042$),其余转基因稻田和非转基因对照稻田中节肢动物群落的物种丰富度指数(S)、Shannon-Wiener 物种多样性指数(H')、Pielou 群落均匀度指数(J')、Simpson 优势集中性指数(D)均无显著差异($P>0.05$)。

稻田节肢动物群落主要参数时间动态的比较结果表明(图 2),转基因稻田和对照稻田间存在统计学差异的参数有:2007 年不喷药处理区在水稻齐穗期

表 2 转基因抗除草剂水稻“Bar68-1”与非转基因对照“D68”稻田节肢动物群落的多样性指数比较

Tab. 2 Biodiversity indices of arthropod communities in GMHT “Bar68-1” and non-GM “D68” rice paddy fields

喷施杀虫剂处理 Treatment of pesticide spraying	类群 Group	指数 Index	2007			2008		
			水稻品种(品系) Rice variety (line)		显著水平 P value	水稻品种(品系) Rice variety (line)		显著水平 P value
			Bar68-1	D68		Bar68-1	D68	
不喷施 Without pesticide spraying	群落 Community	S	16.7±2.1	16.0±2.6	0.749	18.0±2.8	20.0±1.4	0.493
		H'	1.71±0.24	1.93±0.26	0.342	2.10±0.07	2.52±0.17	0.139
		J'	0.61±0.09	0.70±0.08	0.248	0.73±0.07	0.84±0.04	0.197
		D	0.64±0.10	0.75±0.07	0.185	0.79±0.06	0.89±0.03	0.223
	稻作害虫 Insect pest	S	6.3±0.6	6.7±1.5	0.742	6.5±0.7	7.5±2.1	0.625
		H'	0.69±0.02	0.86±0.34	0.442	0.93±0.37	1.40±0.42	0.359
		J'	0.38±0.02	0.45±0.13	0.402	0.49±0.17	0.69±0.11	0.315
		D	0.30±0.01	0.38±0.16	0.429	0.43±0.18	0.65±0.14	0.304
	天敌 Natural enemy	S	8.3±2.3	6.0±1.0	0.184	9.0±2.8	10.5±0.7	0.588
		H'	1.98±0.24	1.59±0.07	0.055	1.88±0.16	2.14±0.05	0.249
		J'	0.94±0.02	0.90±0.06	0.264	0.87±0.05	0.91±0.05	0.513
		D	0.90±0.04	0.81±0.03	0.042	0.85±0.01	0.89±0.04	0.386
中性昆虫 Neutral insect	S	2.0±0.0	3.3±1.5	0.205	2.5±0.7	2.0±0.0	0.500	
	H'	0.48±0.03	0.84±0.37	0.229	0.61±0.50	0.63±0.09	0.965	
	J'	0.69±0.04	0.75±0.15	0.516	0.62±0.36	0.91±0.13	0.451	
	D	0.35±0.04	0.50±0.17	0.200	0.38±0.34	0.71±0.40	0.469	
喷施 Spraying	群落 Community	S	14.0±0.0	13.0±1.4	0.500	13.0±2.8	14.0±4.2	0.811
		H'	1.84±0.11	1.93±0.19	0.617	1.96±0.20	1.84±0.42	0.775
		J'	0.70±0.05	0.76±0.10	0.566	0.77±0.01	0.70±0.08	0.446
		D	0.73±0.06	0.78±0.09	0.577	0.79±0.04	0.74±0.08	0.520
	稻作害虫 Insect pest	S	6.0±1.4	6.0±1.4	1.000	5.0±1.4	4.5±3.5	0.877
		H'	0.98±0.32	1.16±0.05	0.561	0.84±0.22	0.67±0.65	0.782
		J'	0.54±0.10	0.66±0.12	0.399	0.52±0.04	0.45±0.19	0.668
		D	0.49±0.17	0.59±0.06	0.547	0.40±0.08	0.32±0.29	0.741
	天敌 Natural enemy	S	5.5±0.7	5.5±0.7	1.000	6.0±1.4	7.5±0.71	0.350
		H'	1.60±0.19	1.47±0.07	0.514	1.50±0.19	1.77±0.22	0.317
		J'	0.94±0.044	0.87±0.03	0.195	0.84±0.01	0.88±0.07	0.603
		D	0.88±0.06	0.80±0.01	0.320	0.78±0.03	0.84±0.08	0.502
中性昆虫 Neutral insect	S	2.6±0.7	1.5±0.7	0.293	2.0±0.0	2.0±0.0	—	
	H'	0.80±0.15	0.32±0.45	0.358	0.46±0.06	0.37±0.19	0.627	
	J'	0.91±0.13	0.46±0.65	0.503	0.66±0.09	0.53±0.27	0.627	
	D	0.80±0.28	0.33±0.47	0.372	0.34±0.08	0.26±0.19	0.666	

S : 物种丰富度指数 Number of species; H' : Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index; J' : Pielou 均匀度指数 Pielou evenness index; D : Simpson 优势集中性指数 Simpson index.

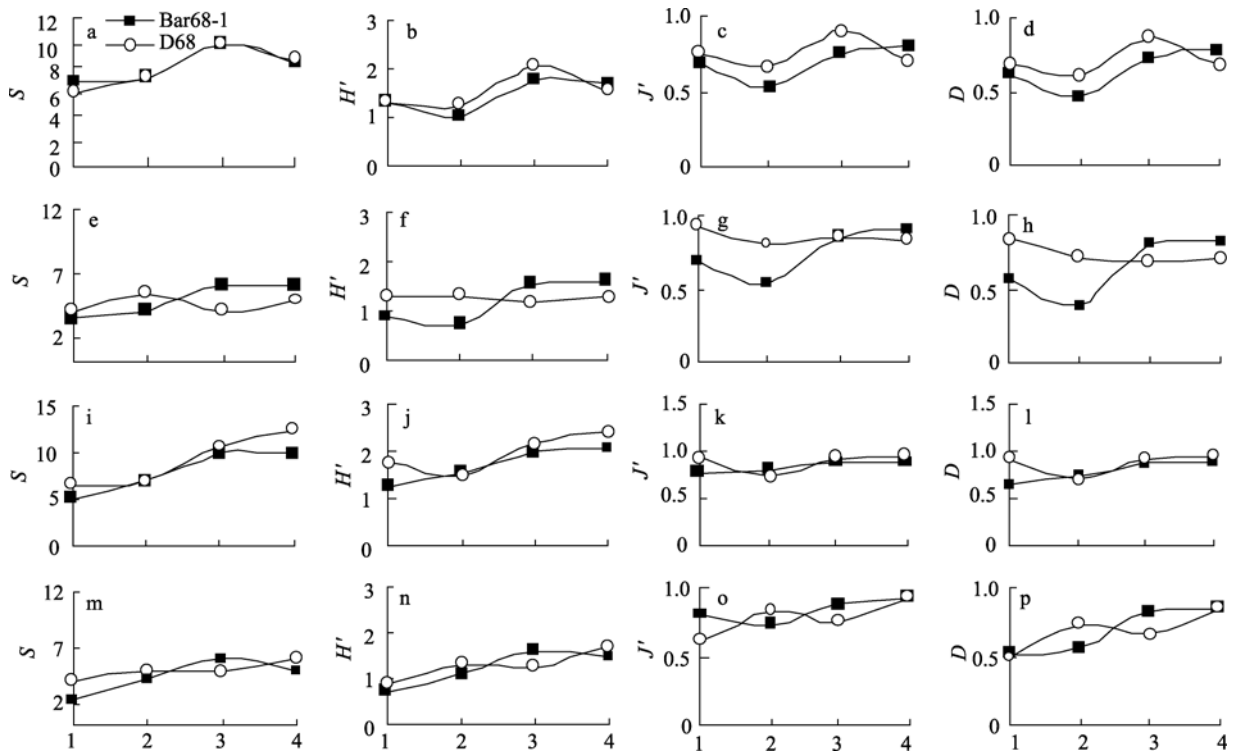


图2 转基因抗除草剂水稻“Bar68-1”与非转基因对照“D68”稻田节肢动物群落主要参数时间动态比较

Fig. 2 Temporal dynamics of main indices of arthropod community in GMHT “Bar68-1” and non-GM “D68” rice paddy fields

横坐标中 1~4 分别表示分蘖中期、分蘖末期、齐穗期和乳熟期等 4 个水稻生育期。S 为物种丰富度指数, H' 为 Shannon-Wiener 多样性指数, J' 为 Pielou 均匀度指数, D 为 Simpson 优势集中性指数。a、b、c、d 为 2007 年不喷施杀虫剂处理区, e、f、g、h 为 2007 年喷施杀虫剂处理区, i、j、k、l 为 2008 年不喷施杀虫剂处理区, m、n、o、p 为 2008 年喷施杀虫剂处理区。1~4 在 X-axis 代表水稻生育期, 1~4 分别表示分蘖中期、分蘖末期、齐穗期和乳熟期等 4 个水稻生育期。And Y-axis represent the indices in sequence as number of species (S), Shannon-Wiener index (H'), Pielou evenness index (J'), Simpson index (D). a, b, c, d: Treatment without pesticide spraying in 2007; e, f, g, h: Treatment of pesticide spraying in 2007; i, j, k, l: Treatment without pesticide spraying in 2008; m, n, o, p: Treatment of pesticide spraying in 2008.

的 Pielou 均匀度指数(“Bar68-1”和“D68”的 J' 值分别为 0.76 和 0.91, $P=0.008$)和 Simpson 指数(“Bar68-1”和“D68”的 D 值分别为 0.74 和 0.89, $P=0.021$)以及 2007 年喷药处理区在水稻分蘖末期的 Shannon-Wiener 指数(“Bar68-1”和“D68”的 H' 值分别为 0.75 和 1.35, $P=0.032$)。其余各生育期的各参数差异均未达到显著水平($P>0.05$), 即差异不显著的参数占全部计算参数的 95.3%。

3 讨论

由于节肢动物的栖息地选择和种群动态主要取决于温度、湿度和光线等小气候因素和食物获取等条件^[26], 如果转基因抗除草剂水稻的种植没有改变稻田生态系统的小气候、食物链关系和食物成分, 转基因稻田节肢动物群落的结构特征和种群动态不会产生很大变化。卢宝荣等^[27]推论, 现有转基因抗除草剂水稻本身不会对水稻生态系统的生物多样性带来明显不利影响。本试验的研究结果正好印证了这种推测, 即转基因抗除草剂水稻与非转基因对照水稻对稻田叶冠层节肢动物群落组成和主要参数的影响无明显差异。

转基因抗除草剂水稻田间叶冠层节肢动物群落的多样性指数与非转基因稻田相比, 绝大部分差异不显著, 表现出较高的一致性, 表明抗除草剂水稻“Bar68-1”对稻田叶冠层节肢动物群落多样性的影响与非转基因对照水稻相似。这一结论与吴奇等^[28-29]对大豆的研究结果一致: 抗草甘膦转基因大豆“AG5601”田节肢动物群落的主要参数(Shannon-Wiener 多样性指数、优势集中性指数、均匀度指数、物种丰富度)与对照大豆田相比无显著差异, 抗草甘膦转基因大豆对田间节肢动物群落无明显影响。对于转基因抗除草剂水稻, 加拿大食品检验局(CFIA)对“LLrice62”进行审查后亦得出“LLrice62”对生物多样性无明显影响的结论^[30]。

目前尚无有力科学依据证明转基因作物对生物多样性的潜在影响是否与非转基因作物存在本质不同^[31]。如抗除草剂大豆^[32-34]、油菜^[35-36]、甜菜^[37-38]、玉米^[39-40]等转基因作物对节肢动物群落影响的研究结果大都支持了这一观点。在美国乔治亚州(Georgia)南部进行大豆害虫种群调查的结果表明, 除了在个别取样时间发现转基因抗除草剂大豆对稻绿蝽 [*Nezara viridula* (L.)] 种群密度有影响外, 抗除草剂

大豆对昆虫各物种影响极小^[32]; Bitzer 等^[33]研究表明转基因抗除草剂大豆对跳虫(*Order collembola*)的丰度和多样性短期内未产生有害影响; 1997 年和 1998 年在美国爱荷华州(Iowa)进行的研究也表明, 转基因大豆品种对昆虫种群没有显著影响^[34]。在对抗除草剂油菜的调查中也得到相似的结果, 抗草铵膦油菜田的蜜蜂、黄蜂等授粉昆虫多样性和密度与非转基因对照油菜田相似^[35]; 转基因抗除草剂油菜田中弹尾目昆虫的全年总量较非转基因对照田大, 对其他无脊椎动物的影响极小^[36]。转基因抗草铵膦甜菜田间杂食性节肢动物的稳定性调查结果表明, 除了在某些采样时期的密度和物种组成在统计学上有差异外, 转基因处理与非转基因对照之间无显著差异^[37]; Strandberg 等^[38]对转基因抗草甘膦甜菜田的调查研究表明, 第 1 次施用草甘膦的时间(即田间无除草剂的时间长短)对节肢动物生物多样性保护有重要作用。转基因抗除草剂玉米田的研究也表明, 转基因玉米的种植与除草剂的施用没有对土表节肢动物产生任何有统计学意义的生态影响^[39]; 连续种植转基因抗除草剂玉米对植物和无脊椎动物类群亦不存在累积效应^[40]。

本研究以转基因抗除草剂水稻为研究作物, 获得的大田研究结果与上述转基因抗除草剂大豆、油菜、甜菜、玉米等作物的研究结果相类似。本研究的田间调查数据显示: 转基因抗除草剂稻田和非转基因对照稻田叶冠层节肢动物群落组成的优势种群一致; 除个别年份的个别指数外, 群落和各亚群落的物种丰富度、Shannon-Wiener 物种多样性指数、Pielou 群落均匀度指数、Simpson 优势集中性指数等生物多样性指数均无显著差异; 转基因稻田和对照稻田的群落主要参数时间动态基本一致。研究结果表明抗除草剂转 *Bar* 基因水稻“ Bar68-1 ”与非转基因水稻“ D68 ”对稻田叶冠层节肢动物的群落组成和多样性的影响无明显差异。

参考文献

- [1] Wolfenbarger L L, Phifer P R. Biotechnology and ecology—The ecological risks and benefits of genetically engineered plants[J]. *Science*, 2000, 290(5499): 2088–2093
- [2] Ammann K. Biodiversity and genetically modified crops[M]//Ferry N, Gatehouse A M R. Environmental impact of genetically modified crops. Wallingford, UK: CAB International, 2009: 240–264
- [3] Watkinson A R, Freckleton R P, Robinson R A, et al. Predictions of biodiversity response to genetically modified herbicide-tolerant crops[J]. *Science*, 2000, 289(5484): 1554–1557
- [4] Conner A J, Glare T R, Nap J P. The release of genetically modified crops into the environment—Part II. Overview of ecological risk assessment[J]. *Plant J*, 2003, 33(1): 19–46
- [5] Andow D A, Zwahlen C. Assessing environmental risks of transgenic plants[J]. *Ecol Lett*, 2006, 9(2): 196–214
- [6] Scudder G G E. The importance of insects[M]//Footitt R G, Adler P H. Insect biodiversity: Science and society. Chichester: Wiley-Blackwell, 2009: 7–32
- [7] James C. Global status of commercialized biotech/GM Crops: 2008. ISAAA Brief 39–2008[M]. Ithaca, NY: ISAAA, 2008: 151–152
- [8] Marshall A. 13.3 million farmers cultivate GM crops[J]. *Nat Biotechnol*, 2009, 27(3): 221
- [9] Kumar V, Bellinder R R, Gupta R K, et al. Role of herbicide-resistant rice in promoting resource conservation technologies in rice-wheat cropping systems of India[J]. *Crop Prot*, 2008, 27(3/5): 290–301
- [10] Huang D N, Li J Y, Zhang S Q, et al. New technology to examine and improve the purity of hybrid rice with herbicide resistant gene[J]. *Chin Sci Bull*, 1998, 43(9): 784–787
- [11] Toldi O, Toth S, Oreifig A S, et al. Production of phosphinothricin tolerant rice (*Oryza sativa* L.) through the application of phosphinothricin as growth regulator[J]. *Plant Cell Rep*, 2000, 19(12): 1226–1231
- [12] Cao M X, Huang J Q, Wei Z M, et al. Engineering higher yield and herbicide resistance in rice by Agrobacterium-mediated multiple gene transformation[J]. *Crop Sci*, 2004, 44(6): 2206–2213
- [13] Endo M, Osakabe K, Ono K, et al. Molecular breeding of a novel herbicide-tolerant rice by gene targeting[J]. *Plant J*, 2007, 52(1): 157–166
- [14] Xiao G Y, Yuan L P, Sun S S M. Strategy and utilization of a herbicide resistance gene in two-line hybrid rice[J]. *Mol Breed*, 2007, 20(3): 287–292
- [15] Ahn I P. Glufosinate ammonium-induced pathogen inhibition and defense responses culminate in disease protection in bar-transgenic rice[J]. *Plant Physiol*, 2008, 146: 213–227
- [16] 蔡万伦, 石尚柏, 杨长举, 等. 不同种植方式下转 *Bt* 基因水稻对稻田节肢动物群落的影响[J]. *昆虫学报*, 2005, 48(4): 537–543
- [17] 胡奇勇, 郑宇, 张晓俊, 等. 福建省转基因抗虫稻田节肢动物群落多样性研究[J]. *中国生态农业学报*, 2007, 15(4): 120–123
- [18] Li F F, Ye G Y, Wu Q, et al. Arthropod abundance and diversity in Bt and non-Bt rice fields[J]. *Environ Entomol*, 2007, 36(3): 646–654
- [19] 卢宝荣. 我国转基因水稻的环境生物安全评价及其关键问题分析[J]. *农业生物技术学报*, 2008, 16(4): 547–554
- [20] 肖国樱, 熊绪让, 肖喜才, 等. 转基因抗除草剂两系杂交早稻高产栽培技术研究[J]. *湖南农业科学*, 2006(1): 32–34
- [21] Elazegui F A, Soriano J, Bandong J, et al. Methodology used in the IRRI integrated pest survey[M]//IRRI. Crop loss assessment in rice. Manila, Philippines: International Rice Research Institute, 1990: 243–271
- [22] 何俊华, 庞雄飞. 水稻害虫天敌图说[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986: 291
- [23] 李鸿兴, 隋敬之, 周士秀, 等. 昆虫分类检索[M]. 北京:

- 农业出版社, 1987: 517
- [24] 傅强, 黄世文. 水稻病虫害诊断与防治原色图谱[M]. 北京: 金盾出版社, 2005: 233
- [25] Magurran A E. Measuring biological diversity[M]. Oxford: Blackwell Publishing, 2004: 256
- [26] Schier A. Field study on the occurrence of ground beetles and spiders in genetically modified, herbicide tolerant corn in conventional and conservation tillage systems[J]. J Plant Dis Prot, 2006,(Special Issue 20): 101-113
- [27] 卢宝荣, 傅强, 沈志成. 我国转基因水稻商品化应用的潜在环境生物安全问题[J]. 生物多样性, 2008, 16(5): 426-436
- [28] 吴奇, 彭焕, 彭可维, 等. 转基因抗除草剂大豆对豆田主要害虫发生动态的影响[J]. 植物保护, 2007, 33(5): 50-53
- [29] 吴奇, 彭德良, 彭于发. 抗草甘膦转基因大豆对非靶标节肢动物群落多样性的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(6): 2622-2628
- [30] CFIA. Determination of the safety of Bayer CropScience's Glufosinate ammonium tolerant rice (*Oryza sativa*) event LLRice62[M]//Division A H P. Nepean, Ontario, Canada: Canadian Food Inspection Agency (CFIA), 2006: 1-8
- [31] Dale P J, Clarke B, Fontes E M G. Potential for the environmental impact of transgenic crops[J]. Nat Biotechnol, 2002, 20(6): 567-574
- [32] McPherson R M, Johnson W C, Mullinix B G, et al. Influence of herbicide tolerant soybean production systems on insect pest populations and pest-induced crop damage[J]. J Econ Entomol, 2003, 96(3): 690-698
- [33] Bitzer R J, Buckelew L D, Pedigo L P. Effects of transgenic herbicide-resistant soybean varieties and systems on surface-active springtails (Entognatha: collembola)[J]. Environ Entomol, 2002, 31(3): 449-461
- [34] Buckelew L D, Pedigo L P, Mero H M, et al. Effects of weed management systems on canopy insects in herbicide-resistant soybeans[J]. J Econ Entomol, 2000, 93(5): 1437-1443
- [35] Pierre J, Marsault D, Genecque E, et al. Effects of herbicide-tolerant transgenic oilseed rape genotypes on honey bees and other pollinating insects under field conditions[J]. Entomol Exp Appl, 2003, 108(3): 159-168
- [36] Bohan D A, Boffey C W H, Brooks D R, et al. Effects on weed and invertebrate abundance and diversity of herbicide management in genetically modified herbicide-tolerant winter-sown oilseed rape[J]. Proc R Soc B-Biol Sci, 2005, 272(1562): 463-474
- [37] Volkmar C, Lubke-Al Hussein M, Kreuter T, et al. Does the cultivation of transgenic sugar beet affect the stability of arthropod coenoses (results of a four-year field study)?[J]. Z Pflanzenk Pflanzen, 2002, (Special Issue 17): 1031-1038
- [38] Strandberg B, Pedersen M B, Elmegaard N. Weed and arthropod populations in conventional and genetically modified herbicide tolerant fodder beet fields[J]. Agric Ecosyst Environ, 2005, 105(1/2): 243-253
- [39] Volkmar C, Hussein M L A, Wetzl T. Ecological field studies in transgenic maize at Friemar (Thuringia)[J]. Z Pflanzenk Pflanzen, 2004, (Special Issue 19): 1017-1024
- [40] Heard M S, Clark S J, Rothery P, et al. Effects of successive seasons of genetically modified herbicide-tolerant maize cropping on weeds and invertebrates[J]. Ann Appl Biol, 2006, 149(3): 249-254

《苜蓿生理生态研究》

贾志宽 等著 科学出版社出版

978-7-03-029065-6 ¥86.00 2010年9月

本书是依托国家科技项目, 在苜蓿生理生态多年研究工作的基础上, 对研究工作的系统性和阶段性总结, 内容主要反映了作者近 10 年苜蓿研究中独具特色的部分。内容包括: 苜蓿生长发育与气象条件的关系、苜蓿抗逆性研究、不同苜蓿品种光合特性研究、不同苜蓿品种根系形态及吸水规律研究、断根对紫花苜蓿生理生态效应的影响、不同生长年限苜蓿生产性能及对土壤的环境效应, 以及苜蓿草田轮作土壤环境效应研究等方面。

本书可为从事牧草研究及教学的科教人员提供参考。

购书联系: 科学出版社科学销售中心 周文宇 电话: 010-64031535

E-mail: zhouwenyu@mail.sciencep.com

网上订购: www.dangdang.com www.amazon.cn

联系科学出版社: 010-64012501 www.lifescience.com.cn

E-mail: lifescience@mail.sciencep.com

