转 *Bt* 基因保铃棉对棉田杂草群落组成与多样性的影响

柏立新¹ 张龙娃¹ 陈小波² 冯汉金³

(1 江苏省农业科学院植物保护研究所, 南京 210014)

(2 江苏沿江地区农业科学研究所, 如皋 226541) (3 江苏大丰棉花原种场, 大丰 224100)

摘 要 应用群落生态学方法研究了转 *Bt* 基因抗虫保铃棉 (*Gossypium hirsutum*) ‘972’、‘109B’、‘690’与‘154’种植后对江苏沿海的大丰旱作棉区与沿江的如皋水旱轮作棉区棉田杂草的影响风险。同地同期测定结果显示:不同保铃棉品系棉田杂草物种丰富度(S)、个体数量(N)、群落多样性(H')、均匀度(J)与优势集中性(C)值在对照品种(‘泗棉3号’与‘苏棉16’)棉田上下波动,优势种及其多度基本接近。两地五期的综合分析结果显示各保铃棉品系杂草群落多样性、均匀度都略高于对照棉,而优势集中性都略低于对照棉。不同抗性保铃棉品系棉田杂草群落特征参数组分对群落多样性的直接间接作用与对照品种棉田的趋势基本一致。同一生态类型棉区的保铃棉高抗、中抗品系与对照品种棉田杂草的种相似性系数与群落相似性系数都较高。上述结果表明,转基因抗虫保铃棉品系棉田的杂草群落稳定性并不比对照品种的差,因保铃棉品系本身产生新的恶性杂草风险的可能性并不明显。

关键词 转 *Bt* 基因棉 杂草群落 多样性 相似性

COMPOSITION AND DIVERSITY OF THE WEED COMMUNITY IN TRANSGENIC *BT* COTTON (FOUR BOLLGARD STRAINS) FIELDS

BAI Li-Xin¹ ZHANG Long-Wa¹ CHEN Xiao-Bo² and FENG Han-Jin³

(1 Plant Protection Institute, Jiangsu Academy of Agriculture Sciences, Nanjing 210014, China)

(2 Institute of Agriculture Sciences of Jiangsu Changjiang River Bank District, Rugao, Jiangsu 226541, China)

(3 Farm of Cotton Seed Breeding of Dafeng, Dafeng, Jiangsu 224100, China)

Abstract In order to evaluate the ecological safety and planting risk of insect resistant transgenic cotton, the composition and diversity of the weed community in transgenic *Bt* cotton (four Bollgard strains: ‘109B’, ‘154’, ‘690’ and ‘972’) fields were studied by means of the quantitative analysis method in Dafeng of Jiangsu coastal district and Rugao of Jiangsu Changjiang River bank district. There were marked differences in water content of soil due to differences in crop rotation systems (i.e. rotation with rice following dry-cropping) between cotton fields. The experimental design was as follows: five treatments include four Bollgard strains and traditional variety and four replicates in each location. Each plot area is about 60 m². The traditional variety check was Simian-3 in Dafeng and Sumian-16 in Rugao respectively. All weed species and their number were investigated with the sampled method of five spots per plot and the spots area investigated per plot was 2.5 m² in Dafeng and 1.25 m² in Rugao respectively. The average of weed species and number per square meter for each treatment was calculated. The parameters and components analysis of weed community for each treatment and coefficients of weed species/community similarity between each of four Bollgard strains and traditional variety check were calculated and analyzed also. The results showed: 1) no significant difference in weed species was found between each of four transgenic Bollgard cotton strains and the traditional variety checked in the same location. The dominant species and their abundance were very similar among them. 2) the parameters of weed community structure included species richness(S), total number of individuals(N), community diversity (H'), evenness(J), and concentration(C) in each of the transgenic *Bt* cotton (four Bollgard strains) fluctuated similarly to the ones in the traditional variety in the same date and same location. The results of comprehensive analysis for two locations showed that the value of community diversity(H') and evenness(J) in transgenic *Bt* cotton was a little higher than the ones in traditional cotton check, but the value of concentration(C) in transgenic *Bt* cotton was a little lower than the ones in traditional variety check. 3) the path analysis of diversity index(H') with other parameters showed that it all was dominant concentration(C) and evenness(J) that mainly decided the change of diversity index(H') for weed community in five treatments. Diversity index

(H') would be reduced with increasing of dominant concentration(C) and decreasing of evenness(J) for all treatments. 4) the coefficient of weed species similarity (V_1) and the coefficient of weed community similarity (V_2) between each of four transgenic *Bt* Bollgard cotton strains and traditional variety check was determined by the Sorensen's formula and all very high. The value of V_1 is 0.718 0–0.844 5 in Dafeng and 0.489 4–0.603 7 in Rugao, and V_2 is 0.451 1–0.598 1 in Dafeng and 0.329 3–0.484 7 in Rugao respectively.

From the above results, it is clear that the stability of weed community of transgenic *Bt* cotton field (four Bollgard cotton strains) is not different significantly than traditional cotton check and its weed risk increased by planting transgenic *Bt* cotton is not obvious. There was a close correlation among the structure of weed community, crop rotation system and geographical factors. The main factor that affected the weed occurrence and distribution pattern of weed infestation and community in the cotton fields was the difference of soil water content, which resulted from the different cropping system.

Key words Transgenic *Bt* cotton, Weed community, Diversity, Similarity of community

随着转基因抗虫棉品种进入生产性应用,其生态安全性评估也愈来愈受到重视,包括对棉田有害生物群落的消长动态及生态平衡的影响。这主要指来源于转基因的载体、受体、代谢产物及人们对转基因棉采取的某些管理措施和控制行为,都可能会对相关生物与生态安全性产生直接或间接的影响(Jenkins, 1991)。应用群落生态学方法研究评估生物群落的组成结构及其多样性、稳定性,正成为生态安全性科学评估的重要手段(Jenkins, 1991; Way, 1995; 柏立新等, 2002; 崔金杰等, 2000a)。目前,侧重于转基因棉对棉田节肢动物群落种类与数量影响的研究报道较多(Jenkins, 1991; 崔金杰等, 2000a; 2000b; 柏立新, 2001; 2002; 郝树广等, 1998; 李建荣等, 1995; 邹建掬等, 1992),不同耕作生态类型棉田杂草群落组成与多样性方面以及杂草消长影响因子的研究也有详细报道(强胜等, 1998; 1999; 2002; 吴建荣等, 1998; 王诗白等, 1999),而转基因棉对棉田杂草群落影响的研究尚不多见。种植转基因棉是否会影响棉田植物生态与杂草群落的稳定性,是否改变棉田杂草群落组成与多样性,从而导致棉田原有草相发生变化或草害程度加重,这是对转基因棉进行生态安全性评估的重要内容,也是组建转基因棉科学应用技术体系亟待明确的问题。为此本文探讨了不同抗性程度的转基因保铃棉品系环境释放对江苏棉区棉田杂草群落组成与多样性的影响。

1 材料和方法

1.1 试验设计与材料来源

试验在江苏沿海棉区的大丰市棉花原种场(简称大丰点)与沿江棉区的南通农科所(简称如皋点)进行。两处都设棉花(*Gossypium hirsutum*)试验品种5个,其中4个为转基因抗虫保铃棉品系,分别为‘972’、‘109B’、‘690’与‘154’,由江苏省种子站提

供。另一个为当地常规品种作为对照(大丰点为‘苏棉16’,如皋点为‘泗棉3号’)。每处理重复4次,随机区组排列。每点合计20个小区,每小区面积60 m²左右。转基因抗虫保铃棉品系在试验田都是首次种植。两地试验均统一育苗移栽,并按生产上高产棉田栽培管理要求进行施肥、中耕等。

1.2 调查方法

在棉田杂草有一定数量时进行抽样调查,避免在棉田壅根与除草剂处理后立即进行。其中大丰点7月5日壅根并用氟乐灵进行土壤封闭,于8月1日、15日调查,如皋点7月3日壅根并用氟乐灵进行土壤封闭,于8月2日、17日与31日调查。两试验点均在各处理小区采用5点取样法选择有代表性样点进行抽样调查,其中大丰点每点0.5 m²,如皋点0.25 m²,记载样点内所有杂草的种类与数量并折算每平方米各杂草的数量。

1.3 分析方法

1.3.1 供试保铃棉品系抗虫性划分

依据柏立新等(2001)研究结果,保铃棉中‘109B’、‘154’为高抗棉铃虫品种,‘972’、‘690’为中抗棉铃虫品种。

1.3.2 不同供试品系棉田杂草群落特征分析

对各处理棉田杂草群落的种类结构与数量分别进行统计并测定各处理杂草群落特征参数包括群落多样性、物种丰富度、多度、均匀度和优势集中性,用通径分析方法研究不同抗虫保铃棉品系棉田杂草群落多样性的组成成分,明确直接与间接作用;测定各转基因抗虫保铃棉品系与对照品种的杂草群落相似性系数。在上述分析基础上,比较各供试品系棉田杂草的群落多样性、稳定性与相似性。

1.3.3 计算公式与数据处理

1)物种丰富度(S)即杂草群落中的物种数;2)多度(P_i)用Berger-Parker公式测定: $P_i = N_i/N$,即

P_i 是第 i 物种的个体数 (N_i) 占群落总个体数 (N) 的百分比; 3) 群落多样性 (H) 用 Shannon-Wiener 公式测定, $H = - \sum P_i \cdot \ln P_i$; 4) 均匀度 (J) 用 Pielou 公式测定, $J = (- \sum P_i \cdot \ln P_i) / \ln S$; 5) 优势集中性 (C) 用 Simpson 公式测定, $C = \sum P_i^2$ 。上述公式中 i 取值范围为 $1 \sim S$ 。6) 用 Sorensen 公式 $V = 2W / (a + b)$ 测定两个品系上杂草群落的种相似性系数与群落相似性系数, 其中 W 为群落 A 与 B 的共有种数 (个体数), a 为群落 A 含有的全部物种数 (个体数), b 为群落 B 含有的全部物种数 (个体数); 在 Legend Pentium-IV 微机上, 采用 Excel 与 Dpswin 数据处理系统进行试验数据的分析处理。

2 结果与分析

2.1 不同抗虫保铃棉品系棉田杂草的多度与群落特征值分析

2.1.1 物种丰富度、多度与杂草数量

大丰点试验棉田发生杂草有 8 科 9 属 11 种, 其中单子叶杂草有禾本科 2 属 2 种、莎草科 1 属 3 种, 双子叶杂草有藜科 1 属 3 种, 玄参科、马齿苋科、大戟科、苋科、菊科各 1 属 1 种 (表 1)。如皋点试验棉田发生杂草有 9 科 18 属 19 种, 其中单子叶杂草有禾本科 6 属 6 种, 莎草科 1 属 1 种, 双子叶杂草有藜科 2 属

3 种, 苋科 3 属 3 种, 大戟科 2 属 2 种, 玄参科、马齿苋科、菊科、旋花科各 1 属 1 种 (表 2)。从种植不同品种棉田角度看, 大丰点二期各处理品系的棉田杂草种类数为 4~8 种, 如皋点三期各处理品系的棉田杂草种类数为 4~11 种。尽管两地棉田草相有一定差异, 但同点同期不同保铃棉品系棉田杂草种类都与常规对照棉品种上的较为接近, 对照品种棉田杂草种类多于、等于或少于保铃棉各品系上的。从多度可看出, 大丰点各处理品系棉田杂草优势种都为马唐 (*Digitaria sanguinalis*, P_i 值为 0.203~0.702)、波斯婆婆纳 (*Veronica persica*, P_i 值为 0.105~0.426) 与马齿苋 (*Portulaca oleracea*, P_i 值为 0.064~0.263)。如皋点各处理品系棉田杂草优势种类都为马唐 (P_i 值为 0.161~0.807)、千金子 (*Leptochloa chinensis*, P_i 值为 0.1~0.396) 与水花生 (*Alternanthera philoxeroides*, P_i 值为 0.045~0.205) 等。不同抗性保铃棉品系棉田各杂草的 P_i 值也在对照品种同种杂草的 P_i 值上下波动。显然, 其 P_i 值与品系抗性之间并无直接关系。从单位面积杂草数量角度看, 二地不同保铃棉品系与对照品种相比表现出一致性, 即大丰点 4 个保铃棉品系棉田杂草总数都高于常规棉‘苏棉 16’棉田的, 而如皋点 4 个抗虫保铃棉品系棉田的杂草总数, 都低于常规棉‘泗棉 3 号’棉田的。

表 1 沿海大丰点不同抗性保铃棉品系棉田杂草群落特征值分析

Table 1 Analysis of parameters of weed community structure in different resistance cotton fields in Dafeng (coastal region)

特征参数 Parameter of trait	杂草种类 Weed species	8 月 1 日 1 August					8 月 15 日 15 August				
		高抗品系 (HR)		中抗品系 (MR)		‘苏棉 16’ (CK)	高抗品系 (HR)		中抗品系 (MR)		‘苏棉 16’ (CK)
		‘109B’	‘154’	‘972’	‘690’		‘109B’	‘154’	‘972’	‘690’	
多度 Abundance	1	0.397	0.614	0.351	0.495	0.203	0.702	0.684	0.548	0.667	0.421
	2	0	0	0	0.029	0	0.021	0	0	0	0
	3	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0
	4	0.359	0.159	0.426	0.295	0.531	0.106	0.105	0.161	0.179	0.211
	5	0.179	0.193	0.160	0.143	0.188	0.064	0.105	0.161	0.128	0.263
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.053
	7	0.013	0	0.011	0	0	0	0	0	0	0
	8	0.051	0.034	0.011	0.01	0.047	0.085	0.053	0.032	0.026	0
	9	0	0	0.011	0.01	0.031	0.021	0.053	0.032	0	0.053
	10	0	0	0.032	0	0	0	0	0.065	0	0
	11	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0
物种丰富度 Total species richness (S)		5	4	7	8	5	6	5	6	4	5
总数量 Total individual No. (N)		78	88	94	105	64	47	38	31	39	19
群落多样性 Community diversity (H')		1.248	1.025	1.279	1.265	1.225	1.036	1.044	1.316	0.936	1.354
均匀度 Evenness (J)		0.776	0.739	0.657	0.608	0.761	0.578	0.648	0.735	0.675	0.841
优势集中性 Concentration (C)		0.343	0.440	0.331	0.354	0.362	0.517	0.496	0.359	0.494	0.296

1. 马唐 *Digitaria sanguinalis* 2. 牛筋草 *Eleusine indica* 3. 碎米莎草 *Cyperus iria* 4. 波斯婆婆纳 *Veronica persica* 5. 马齿苋 *Portulaca oleracea*
6. 泽漆 *Euphorbia helioscopia* 7. 绿株藜 *Chenopodium acuminatum* 8. 苋菜 *Amaranthus tricolor* 9. 鳢肠 *Eclipta prostrata* 10. 藜 *Chenopodium album*
11. 土荆芥 *Chenopodium ambrosioides* HR: Means of high resistance strains MR: Means of medium resistance strains CK: Means of traditional cotton ('Sumian 16')

表 2 沿江如皋点不同抗性保铃棉品系棉田杂草群落特征值分析
Table 2 Analysis of parameters of weed community structure among different resistance cotton fields in Rugao (Changjiang River bank)

特征参数 Parameter of trait	杂草种类 Weed species	8月2日 2 August					8月17日 17 August					8月31日 31 August				
		高抗品系 (HR)		中抗品系 (MR)		‘泗棉 3号’ (CK)	高抗品系 (HR)		中抗品系 (MR)		‘泗棉 3号’ (CK)	高抗品系 (HR)		中抗品系 (MR)		‘泗棉 3号’ (CK)
		‘109B’	‘154’	‘972’	‘690’	(CK)	‘109B’	‘154’	‘972’	‘690’	(CK)	‘109B’	‘154’	‘972’	‘690’	(CK)
多度 Abundance	1	0.333	0.511	0.35	0.648	0.370	0.366	0.433	0.321	0.161	0.807	0.595	0.478	0.511	0.413	0.631
	2	0	0	0.263	0	0.137	0	0	0.038	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0.013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0.033	0	0	0	0	0	0	0	0.177	0	0	0	0	0.267	0
	5	0	0	0	0	0.014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0.048	0	0.017	0.038	0.032	0	0	0	0.128	0	0
	7	0.050	0	0.1	0.148	0.055	0.073	0.117	0.396	0.323	0.076	0.108	0.348	0.277	0.147	0.180
	8	0.100	0.089	0.013	0	0	0.098	0.017	0.019	0	0	0.054	0	0	0.027	0
	9	0	0	0	0	0	0.049	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0.025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	0	0	0.013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0.013	0	0	0	0	0.038	0	0	0	0	0	0	0
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.007	0	0	0	0	0.009
	14	0.033	0	0	0	0	0.024	0.017	0.019	0.048	0	0	0	0	0.053	0.018
	15	0	0.267	0	0.019	0.021	0	0.233	0.019	0.016	0.014	0	0.130	0	0.053	0
	16	0	0.022	0	0	0.021	0	0.017	0.019	0	0	0	0.043	0	0.013	0
	17	0.283	0	0.05	0	0.130	0.049	0	0.057	0	0.062	0.135	0	0	0	0.099
	18	0.067	0.067	0.15	0.148	0.205	0.171	0.150	0	0.210	0.034	0.054	0	0	0	0.045
	19	0.100	0.044	0.013	0.037	0	0.171	0	0.038	0.032	0	0.054	0	0.085	0.027	0.018
物种丰富度	Total species richness (<i>S</i>)	8	6	11	5	9	8	8	11	8	6	6	4	4	8	7
总数量	Total individual No. (<i>N</i>)	60	45	80	54	146	41	60	53	62	145	37	23	47	75	111
群落多样性	Community diversity (<i>H'</i>)	1.741	1.314	1.749	1.043	1.754	1.775	1.510	1.688	1.728	0.751	1.293	1.122	1.171	1.563	1.155
均匀度	Evenness (<i>J</i>)	0.837	0.734	0.730	0.648	0.798	0.854	0.726	0.704	0.831	0.419	0.722	0.809	0.845	0.752	0.594
优势集中性	Concentration (<i>C</i>)	0.221	0.347	0.228	0.466	0.221	0.212	0.279	0.270	0.210	0.662	0.392	0.369	0.361	0.271	0.443

1. 马唐 *Digitaria sanguinalis* 2. 旱稗 *Echinochloa crusgalli* 3. 牛筋草 *Eleusine indica* 4. 狗牙根 *Cynodon dactylon* 5. 狗尾草 *Setaria viridis* 6. 香附子 *Cyperus rotundus* 7. 千金子 *Leptochloa chinensis* 8. 牵牛花 *Pharbitis nil* 9. 苋菜 *Amaranthus tricolor* 10. 藜 *Chenopodium album* 11. 凹头苋 *Amaranthus lividus* 12. 地锦 *Euphorbia humifusa* 13. 小藜 *Chenopodium serotinum* 14. 通泉草 *Mazus japonicus* 15. 鳢肠 *Eclipta prostrata* 16. 碱蓬 *Suaeda glauca* 17. 马齿苋 *Portulaca oleracea* 18. 水花生 *Alternanthera philoxeroides* 19. 铁苋菜 *Acalypha australis*
HR, MR: 同表 1 See Table 1 CK: Means of traditional cotton (‘Simian 3’)

由此看出,不同保铃棉品系棉田杂草发生种类与数量在常规棉品种棉田杂草发生种类与数量的上下波动,无显著差异,亦未表现出可加剧杂草发生危害的风险程度。

2.1.2 群落多样性、均匀度与优势集中性

这 3 个指标是从不同角度衡量群落稳定性的重要尺度。群落的多样性参数值与均匀度越大,优势集中性越小,则群落的结构就越复杂,其反馈系统也就越强大,对于环境的变化或来自群落内部种群波动的缓冲作用越强,群落也就越为稳定。这样的杂草群落优势种就不太突出,杂草也就不容易严重发生。从表 1、表 2 可看出,两地 5 次调查结果分别测定到的 4 个不同抗性保铃棉品系的 *H'*、*J*、*C* 值都在同地同期对照品种的上下浮动,高抗保铃棉与中抗保铃棉品系之间 *H'*、*J*、*C* 值互有高低。

由两地五期同类抗性品系试验数据进行综合测定所得到的 *H'*、*J*、*C*(表 3)可看出,其 *H'*、*J* 值都为

抗性保铃棉略高于对照棉,而其 *C* 值都为抗性保铃棉略低于对照棉。由此可见,总体上 4 个抗性保铃棉品系棉田的杂草群落多样性与均匀度略高于对照品种的,而 4 个抗性保铃棉品系棉田杂草优势集中性略低于对照品种的,说明其稳定性并不比对照品种差。

2.2 不同抗虫保铃棉品系棉田杂草群落结构参数间关系的分析

对不同处理品系两地五期测定所得到的杂草物种数(*S*)、个体总数(*N*)、均匀度(*J*)、优势集中性(*C*)与群落多样性(*H'*)进行相关分析,结果表明,4 个转基因保铃棉品系与常规对照品种计 5 个处理品系 *H'* 与 *C* 之间的相关系数均为负值并达到显著或极显著水平(−0.906 8 ~ −0.995 3),这说明无论高抗还是中抗棉铃虫保铃棉品系或者是常规对照品种,都为棉田杂草优势集中性越高,则棉田杂草群落多样性越低。从各处理品系杂草群落多样性的主要

表 3 不同抗性品系处理棉田杂草群落稳定性特征参数值汇总分析
Table 3 Synthesized analysis of parameters of weed community stability among different resistance cottons

群落特征参数 Parameters of community traits	不同抗性品系 Cotton resistance level		
	保铃棉高抗品系(HR)	保铃棉中抗品系(MR)	对照品种(CK)
群落多样性 Diversity	1.394 6	1.518 3	1.364 5
均匀度 Evenness	0.714 1	0.673 2	0.630 9
优势集中性 Concentration	0.334 8	0.292 6	0.354 8

HR, MR: 同表 1 See Table 1 CK: ‘泗棉 3 号’和‘苏棉 16’ ‘Simian 3’ and ‘Sumian 16’

决定因素看,都为 H' 与 S 、 J 、 C 的相关系数值高于与 N 的相关系数值,说明各处理品系杂草群落多样性主要取决于杂草种类数、均匀度、优势集中性,杂草发生数量的高低对杂草群落多样性的影响不是太密切。对不同处理品系棉田杂草群落多样性(H')及其主要组成成分包括 S 、 N 、 J 与 C 进行的通径分析结果解析了各组分对群落多样性的直接作用与间接作用。如影响高抗品系‘109B’杂草群落多样性的主要因素为 C 与 J 。其中 J 与 H' 的相关值为 0.901 3,主要是由 J 的直接作用所致(0.653 5), J 通过 S 、 N 、 C 的间接作用分别为 0.312 2、-0.0024 与 -0.062 0,即该群落均匀度增高,多样性就增加,同时物种丰富度越高,则该群落均匀度越高,多样性就增加; C 与 H' 的相关值为 -0.961 8, C 的直接作用仅为 0.063 1,而 C 通过 J 的间接反作用大,为 -0.641 8。同样,影响对照品种杂草群落多样性的主要因素为 C 与 J , J 与 H' 的相关值为 0.841 6,主要是由 J 的直接作用所致(0.599 4), J 通过 S 、 N 、 C 的间接作用分别为 0.006 4、-0.069 5 与 0.305 3; C 与 H' 的相关值为 -0.959 0, C 的直接作用为 -0.321,而 C 通过 J 的间接作用为 -0.570 1。由此可见,不同抗性保铃棉品系棉田杂草群落的 S 、 N 、 J 与 C 对 H' 的直接作用与间接作用与对照品种棉田的趋势基本一致,尤其是 J 对 H' 的影响作用十分重要。

2.3 不同抗虫保铃棉品系与常规对照品种棉田间杂草群落相似性分析

杂草群落相似性表示不同杂草群落结构特征的相似性程度,以比较不同空间杂草群落结构的异同,在一定程度上反映了群落的演替变化和相互关系。常用相似性系数表示。用 Sorensen 方法测定不同抗性品系与对照品种上整个杂草群落的种相似性系数 V_1 值与群落相似性系数 V_2 值。 V_1 与 V_2 取值范围为 0~1,数值越大,则相似性越高。结果表明,沿海大丰点 4 个保铃棉品系与对照品种的整个杂草群落种相似性系数 V_1 值为 0.718 0~0.844 5,群落相似性系数 V_2 值为 0.451 1~0.598 1;沿江如皋点 4

个保铃棉品系与对照品种的整个杂草群落的种相似性系数 V_1 值为 0.489 4~0.603 7,群落相似性系数 V_2 值为 0.329 3~0.484 7(表 5)。

由此可看出,无论 V_1 值还是 V_2 值,两地保铃棉高抗、中抗品系与对照品种上的整个杂草群落的相似性都较高,且表现出以下特点:1)不同保铃棉品系与对照品种棉田的整个杂草群落的 V_1 值一般高于相应的 V_2 值;2)大丰点的不同保铃棉品系与对照品种棉田整个杂草群落的 V_1 值与 V_2 值均高于如皋点其相应的 V_1 值与 V_2 值。这说明种植不同保铃棉品系对棉田杂草发生种类影响并不大,产生新的恶性杂草风险的可能性并不明显,高、中抗性保铃棉棉田与对照品种棉田杂草群落的发生数量也较为接近,而二地间相应的 V_1 与 V_2 值表现出规律性显著差异,则说明棉区生态类型的不同对棉田杂草发生具有举足轻重的影响,远远大于不同抗性品种(系)对棉田杂草群落的影响,而不同抗性品系间对棉田杂草发生种类与数量的影响未达显著差异且具有较高的相似性。这从相似性角度进一步说明了不同保铃棉品系的棉田杂草发生程度基本等同于对照品种的棉田杂草发生程度。

3 讨 论

杂草种群的发生及群落的组成受到多方面因素的制约,农业自然条件、棉花耕作栽培方式以及杂草防除技术水平的差异,导致棉田杂草的发生优势度及群落的组成有较明显的差别。强胜等(1998;1999;2002)研究认为自然环境因素如水分条件、地理纬度、土壤类型等,决定着江苏各棉区杂草群落的组成和杂草的发生。耕作制度则是另一重要的影响因素。由于棉花耕作栽培方式的不同,导致杂草的发生有差异。因此,江苏省棉田杂草的发生和分布与轮作种植制度和地理区域性密切相关,其中轮作制度导致的田间水分的巨大差异是决定杂草群落结构特征的最深刻的原因。而地理区域性构成的土壤、气候等生态因子的差异的显著影响表现在对旱地棉田的杂草群落上。如江苏沿海地区棉田杂草草

表 4 不同抗性品系棉田杂草群落多样性指数与其它参数的通径分析
Table 4 Path analysis of diversity index (H') with other parameters in weed community

不同抗性品系 Cotton resistance level	指数 Index	与 H' 相关值 Related index with H'	直接作用 Direct effects	间接作用 Indirect effects				
				S	N	J	C	
高抗品系 (HR)	‘109B’	S	0.876 3	0.537 1	—	0.004 5	−0.045 2	0.379 9
		N	−0.091 3	−0.012 0	−0.203 1	—	0.132 3	−0.008 5
		J	0.901 3*	0.653 5	0.312 2	−0.002 4	—	−0.062 0
		C	−0.961 8**	0.063 1	−0.384 7	0.001 6	−0.641 8	—
	‘154’	S	0.935 0*	−0.118 4	—	−0.002 7	0.152 5	0.903 6
		N	−0.007 6	−0.036 6	−0.008 9	—	0.090 8	−0.052 9
		J	0.088 1	−0.587 5	0.030 7	0.005 7	—	0.639 2
		C	−0.906 8*	−1.281 7	0.083 5	−0.001 5	0.293 0	—
中抗品系 (MR)	‘972’	S	0.974 0**	0.241 1	—	−0.110 4	0.064 6	0.778 7
		N	0.227 3	−0.302 9	0.087 9	—	0.066 1	0.376 2
		J	−0.366 1	−0.118 1	−0.131 9	0.169 6	—	−0.285 7
		C	−0.956 7*	−0.826 6	−0.227 1	0.137 8	−0.040 8	—
	‘690’	S	0.868 5	0.820 6	—	−0.748 4	−0.264 6	1.060 9
		N	0.363 1	−0.963 4	0.637 4	—	0.176 5	0.512 6
		J	0.797 8	−0.664 9	0.326 6	0.255 7	—	0.880 5
		C	−0.995 3**	−1.173 2	−0.742 1	0.420 9	0.499 0	—
对照品种 (CK)	S	0.554 5	0.360 8	—	0.085 1	0.010 6	0.098 0	
	N	−0.098 8	0.115 0	0.266 9	—	−0.362 1	−0.118 6	
	J	0.841 6	0.599 4	0.006 4	−0.069 5	—	0.305 3	
	C	−0.959 0**	−0.321 0	−0.110 1	0.042 5	−0.570 1	—	

* $p_{0.05} = 0.878$ ** $p_{0.01} = 0.959$ HR, MR, S , N , J , C : 同表 1 See Table 1 CK: 同表 3 See Table 3

表 5 不同保铃棉品系棉田与对照品种棉田杂草群落间相似性动态分析
Table 5 Analysis of similarity for weed communities between each of bollguard cotton strains and traditional cotton

试验地点 Trial location	抽样时间 (月.日) Sampling time (Month.date)	高抗品系与对照品种 HR and CK				中抗品系与对照品种 MR and CK			
		'109B'与对照品种 '109B' and CK		'154'与对照品种 '154' and CK		'972'与对照品种 '972' and CK		'690'与对照品种 '690' and CK	
		V_1	V_2	V_1	V_2	V_1	V_2	V_1	V_2
沿海大丰 Dafeng	8.1	0.800 0	0.417 3	0.888 9	0.326 4	0.833 3	0.476 2	0.769 2	0.400 0
	8.15	0.727 3	0.484 8	0.800 0	0.596 5	0.727 3	0.720 0	0.666 7	0.586 2
	平均 Average	0.763 7	0.451 1	0.844 5	0.461 5	0.780 3	0.598 1	0.718 0	0.493 1
沿江如皋 Rugao	8.2	0.470 6	0.427 2	0.533 3	0.314 1	0.500 0	0.637 2	0.571 4	0.520 0
	8.17	0.571 4	0.268 8	0.571 4	0.390 2	0.470 6	0.323 2	0.571 4	0.260 9
	8.31	0.769 2	0.473 0	0.363 6	0.283 6	0.545 5	0.493 7	0.533 3	0.494 6
	平均 Average	0.603 7	0.389 7	0.489 4	0.329 3	0.505 4	0.484 7	0.558 7	0.425 2

HR, MR: 同表 1 CK: 在沿海大丰为‘苏棉 16’, 在沿江如皋为‘泗棉 3 号’ ‘Sumian 16’ in Dafeng of coastal region, ‘Simian 3’ in Rugao of Changjiang River bank V_1 , V_2 : 相似性系数 Variables of similarity

害分布规律主要是由于耕作制度的差异引起土壤水分含量不同,从而产生不同的杂草群落结构所致。吴建荣等(1998)研究江苏淮北棉区棉田杂草发生消长规律时认为雨量是制约棉田杂草消长的主要因子。地膜覆盖能显著减少棉田杂草发生量。王诗白等(1999)研究苏北沿海棉田杂草发生规律时也指出影响杂草发生的消长因素为降水、耕作制度及土壤状况。土壤的理化性状和肥力均对杂草发生的种类、数量有直接影响。本研究从江苏沿海与沿江棉区这两个不同的生态棉区类型与不同转基因棉品种的角度进行棉田杂草群落组成及其危害风险探讨,结果表明:1)不同保铃棉品种(系)与对对照常规棉品

种处理相比,二者杂草群落的稳定性、多样性基本接近,相似性较高,表现出对棉田植物群落的杂草种类特别是优势种影响不明显,对各杂草种群数量的增长影响亦不显著。2)棉区生态类型的不同对棉田杂草群落的组成与发生具有重要影响,并远远大于不同抗性品种(系)对棉田杂草群落的影响,因保铃棉品种本身产生新的恶性杂草风险的可能性并不明显。这既进一步论证了上述研究的观点,也探讨了转基因棉品种本身与杂草发生之间的关系。

本研究尝试从杂草物种丰富度(S)、多度(P_i)、群落多样性(H')、均匀度(J)、优势集中性(C)等杂草群落特征参数与群落相似性指数 V 比较保铃棉

与常规棉棉田杂草群落的差异性,有助于从群落理论的角度科学评估转基因棉田杂草的生态风险性,为转基因棉应用技术体系的组建提供科学依据。但需要指出的是,本试验调查仅在有限的地块、有限的时段进行,亦未测定不同处理间的杂草鲜重,况且转基因抗虫棉为首年种植,尚不能断定连续多年种植情况下是否会因累积效应对棉田杂草群落产生影响。因此,其调查分析结果只能是一个初步的探讨,保铃棉对棉田杂草群落的影响作用评估还有许多工作要做,这都有待于进一步加强研究。

对转基因抗虫棉进行生态安全性评价与控制防范,包括转基因抗虫棉对棉田杂草群落的影响作用评估是一项十分复杂的系统工程,它涉及许多相关因素包括化学、生理学、分子生物学、遗传学、植物保护、生态、环保、耕作学、营养学、毒理学等一系列的学科以及大量的分析和试验工作,其作用与机理亦错综复杂,需要积累大量的相应科学数据来为导入基因对生态环境安全性的影响做出正确评价。而目前这方面研究工作刚刚起步,有关转基因棉的生态安全性监测与控制的具体方法、实用指标、评价标准与科学规范还很薄弱,需进一步研究开发,刻不容缓。

参 考 文 献

- Bai, L. X. (柏立新), C. E. Shu (束春娥), Z. G. Guo (郭志刚) & J. L. He (何金龙). 2001. Evaluation on plant resistance of Bollguard cotton strains to cotton bollworm (*Helicoverpa armigera* Hubner). China Cotton (中国棉花), **28**(9): 7 ~ 9. (in Chinese)
- Bai, L. X. (柏立新), L. W. Zhang (张龙娃), X. B. Chen (陈小波), H. J. Feng (冯汉金), G. H. Gu (顾国华), Z. Q. Zou (邹宗晴) & C. E. Shu (束春娥). 2002. Preliminary studies on effects of transgenic cotton varieties on composition of insect community. Chinese Journal of Biological Control (中国生物防治), **18**(3): 115 ~ 119. (in Chinese with English abstract)
- Cui, J. J. (崔金杰) & J. Y. Xia (夏敬源). 2000a. Studies on the components of diversity of the community in transgenic *Bt* cotton. Acta Ecologica Sinica (生态学报), **20**: 824 ~ 829. (in Chinese with English abstract)
- Cui, J. J. (崔金杰) & J. Y. Xia (夏敬源). 2000b. Effects of transgenic *Bt* cotton R93-6 on insect community. Acta Entomologica Sinica (昆虫学报), **43**(1): 43 ~ 51. (in Chinese with English abstract)
- Hao, S. G. (郝树广), X. X. Zhang (张孝羲), X. N. Cheng (程遐年), Y. J. Luo (罗跃进) & X. Z. Tian (田学志). 1998. The dynamics of biodiversity and the composition of nutrition classes and dominant guilds of arthropoda community in paddy field. Acta Entomologica Sinica (昆虫学报), **41**: 343 ~ 353. (in Chinese with English abstract)
- Jenkins, J. N. 1991. Field performance of transgenic cotton containing the *Bt* gene. Proceeding of Belt Cotton Production and Research Conference.
- Li, J. R. (李建荣), W. C. Shi (石万成) & X. Liu (刘旭). 1995. Studies on the structure of insect community and diversity in apple orchard. In: Plant Protection Society of China (中国植物保护学会) ed. Progress in the research of plant protection. Beijing: Chinese Science and Technology Press. 163 ~ 168. (in Chinese)
- Qiang, S. (强胜), S. H. Wei (魏守辉) & J. L. Hu (胡金良). 2002. Study on weed infestation in main cotton regions of Jiangsu province. Journal of Nanjing Agricultural University (南京农业大学学报), **23**(2): 18 ~ 22. (in Chinese with English abstract)
- Qiang, S. (强胜) & J. L. Hu (胡金良). 1999. Quantitative analysis of weed communities in cotton fields in cotton-growing regions of Jiangsu province. Acta Ecologica Sinica (生态学报), **19**: 810 ~ 816. (in Chinese with English abstract)
- Qiang, S. (强胜), J. L. Hu (胡金良), J. R. Wu (吴建荣), M. T. Hao (郝明涛) & J. Zhang (张军). 1998. The occurrence and distribution pattern of weed communities and infestation in cotton fields in the regions along the Huanghai Sea of Jiangsu province. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences (江苏农业学报), **14**(2): 108 ~ 111. (in Chinese with English abstract)
- Wang, S. B. (王诗白) & B. Yan (严彪). 1998. Weed infestation rule and chemical control technique in North-Jiangsu coastal cotton fields. China Cotton (中国棉花), **25**(12): 25. (in Chinese)
- Way, M. J. 1995. The role of biodiversity in the dynamics and management of insect pests of tropical irrigated rice — a review. Bulletin of Entomology Research, **84**: 567 ~ 587.
- Wu, J. R. (吴建荣), W. L. Tang (唐维林), X. X. Shi (石学旭) & S. B. Shi (石少斌). 1998. Study on weed species distribution, growth and decline in HuaiBei cotton regions of Jiangsu province. Jiangsu Agricultural Sciences (江苏农业科学), **5**: 35 ~ 37. (in Chinese)
- Zou, J. J. (邹建掬), C. A. Zhou (周程爱), J. C. Peng (彭俊彩) & Z. Y. Ouyang (欧阳志云). 1992. Structures of the citrus insect community under IPM area and chemical control area in Hunan province. Special issues on insect ecology. Transactions of the Ecological Society of Chinese Youths. Vol. 2. Beijing: Chinese Science and Technology Press. 361 ~ 366. (in Chinese)

责任编辑: 马克平 责任编辑: 周玉荣