

转双抗虫基因 741 杨节肢动物群落 营养结构及生态位变化

高宝嘉¹, 高素红², 刘军侠¹, 姜文虎¹

(1. 河北农业大学, 河北 保定 071000; 2. 河北科技师范学院, 河北 秦皇岛 066600)

摘要: 转双抗虫基因 741 杨 (简称转基因 741 杨) 节肢动物群落中, 基位物种的植食性昆虫丰富度显著降低, 但中性节肢动物丰富度却明显增加。高抗和中抗的节肢动物群落中位物种和顶位物种较之对照有所增多。转基因 741 杨节肢动物群落的害虫功能团, 其优势状况, 与对照相比有所改变: 天敌优势度高于对照, 中性节肢动物丰富度增加, 并在天敌-害虫的营养链中起着重要的调控作用。鳞翅目害虫的空间生态位宽度最小, 其它各功能类群的生态位宽度较大; 捕食性和寄生性天敌与鳞翅目害虫的生态位重叠均较小, 而与腐生和游逛种类的生态位重叠较大; 各类害虫之间、捕食性天敌与寄生性天敌之间亦存在激烈竞争。转基因 741 杨对寄生性天敌和捕食性天敌在利用时间资源上有正作用。各种功能类群的时-空二维生态位宽度和生态位重叠均不如单维生态位宽度和生态位重叠值大, 但抗性株系天敌类群对环境的适应性优于对照。

关键词: 转基因 741 杨; 节肢动物群落; 生态风险评价; 营养结构; 生态位

文章编号: 1000-0933(2006)10-3499-09 中图分类号: S763.3, S769 文献标识码: A

Variation of nutritional structure and ecological niche of arthropod community in plantation of transgenic insect-resistance hybrid poplar 741

GAO Bao-Jia¹, GAO Su-Hong², LIU Jun-Xia¹, JIANG Wen-Hu¹ (1. Agricultural University of Hebei, Baoding 071000, China; 2. Hebei Normal University of Science and Technology, Qinhuangdao 066600, China). Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(10): 3499 ~ 3507.

Abstract: Species richness of phytophagous insects in plantation of transgenic insect-resistance hybrid poplar 741 was obviously lower than that of neutral arthropod. The individuals of intermediate and top species apparently increased. In arthropod community, the superiority of phytophagous dominant functional groups was higher than that of CK, and the superiority of predator and parasitoids ascended. In arthropod community of the transgenic insect-resistance hybrid poplar 741, the superiority of neutral arthropod increased, and it played an important regulating role in the natural enemy-pest trophic chain. The spatial niche breadth of target pests was least, and the niche breadths of other functional groups were relatively wide. Predators and parasitoids had a narrower niche overlap with the target pest, but had a wider niche overlap with the neutral species. There are severe competition among pests and between predators and parasitoids. The transgenic insect-resistance hybrid poplar 741 had a positive effect on the natural enemies in utilization of time resources. The values of ecological niche breadths of double dimension and niche overlaps in all kinds of functional groups were not as much as those of single dimension niche, yet natural enemies in transgenic insect resistance hybrid poplar 741 could be better adapted to environment than those in control.

Key words: transgenic insect-resistance hybrid poplar 741; arthropod community; ecological safety assessment; nutritional classes; ecological niche

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30070626)

收稿日期: 2005-01-20; 修订日期: 2006-05-20

作者简介: 高宝嘉 (1958 ~), 博士, 教授, 从事有害生物生态学及综合治理研究. E-mail: baojiagao @163.com

Foundation item: The project was supported by National Natural Science Foundation of China (No. 30070626)

Received date: 2005-01-20; Accepted date: 2006-05-20

Biography: GAO Bao-Jia, Ph. D., Professor, mainly engaged in pest biological ecology, integrated pest control. E-mail: baojiagao @163.com

转双抗虫基因 741 杨(简称转基因 741 杨)是河北农业大学林学院生物技术实验室和中国科学院合作,运用农杆菌介导法将 Bt 杀虫蛋白基因(BtCryIAc)和慈菇蛋白酶抑制基因(API)同时转入优良毛白杨无性系 741 杨[*Populus alba* L. $\times$ (*P. davidiana* Dode + *P. simonii* Carr.) $\times$ *P. tomentosa* Carr.], 获得不同系号的转基因无性系。室内饲虫试验已确定出高抗株系(室内试虫死亡率 > 75%)和中抗株系(室内试虫死亡率 40%~75%)。由于外源基因的转入,可能使生物群落营养结构发生改变,从而导致群落结构的变化,进而影响生态系统的能流和物质循环,破坏生物多样性。转抗虫基因植物向环境释放后可能存在的潜在危险,根本上也是基于营养循环和能量流动方面有可能对农田生态系统或自然生态系统造成种种危险考虑的^[1,2]。因此本文从不同营养层次上分析转基因 741 杨节肢动物群落的变化规律,探讨各功能类群在生态位上的分化,以期了解转基因 741 杨上节肢动物群落变化的内在原因,为分析群落的稳定性机制提供参考,为转抗虫基因杨树生态安全性评价提供依据^[3~7]。

1 材料与方法

1.1 试验材料

对照 741 杨和转基因 741 杨:由河北农业大学林业资源与工程学院生物技术实验室提供。转基因 741 杨高抗系号分别为:Pb11、Pb29、Pb3,中抗系号为:Pb1、Pb17,树龄:2~3年生。

1.2 试验地概况

经申报认可的转基因 741 杨大田释放地——秦皇岛海滨林场抗虫杨田间栽培试验林,面积 1.3hm²,栽培种植未转基因 741 杨(对照)和转基因 741 杨(高抗,中抗),整块实验地的地势、地貌、土质、气温、降雨、植被、栽培管理等自然条件和人为管理均一致。试验林地除进行营林基本管理措施外,不施用任何农药防治害虫。

1.3 调查统计方法

于 2002 年 4 月至 10 月,在 741 杨整个生长过程中,每 7~10d 调查 1 次(共计 23 次)。采用随机取样的方法,定时在对照杨和转基因杨不同株系林分内随机抽取 10 株树,全株调查,分别统计其上的节肢动物种类和数量。特殊处理:蚜虫类、螨类,计数东、南、西、北 4 个方位一枝条顶部倒数第 3 片叶上的数量;对于暂不能鉴别的节肢动物种类,装入酒精试管和毒瓶,带回鉴定^[5~7]。并按功能类群将节肢动物以害虫(包括刺吸性昆虫和食叶昆虫及螨类)和天敌(包括寄生性天敌和捕食性天敌及蜘蛛类)以及中性节肢动物(腐生和游逛种类)分别统计^[6,7]。

1.4 营养层和功能团的概念与划分

1.4.1 营养层的划分 参考吴进才等^[8]的方法把群落中的节肢动物分为基位物种:不捕食其它物种,而被其它物种所捕食,主要是指一些植食性害虫和多种中性昆虫(包括蚊虫、腐食性蝇类);中位物种:既能捕食其它物种,又被其它物种所捕食,主要是一些小型的肉食性天敌(如中小型蜘蛛、瓢虫、寄生蜂等);顶位物种:指捕食其它物种,而很少被其它物种所捕食,主要是一些食性凶狠、游走性强的大中型捕食者(如狼蛛、跳蛛、蟹蛛等)3个营养层。

1.4.2 功能团的划分 集团是 Root 1967 年提出的概念^[9],他认为集团是以相似方式利用相同等级生境的一个类群。因此可以把群落中的物种划分为多个取食行为相似、利用资源相似、生境选择相似,在分类鉴定上较为困难,区别的实际意义与生产关系不甚密切的数个物种的集合体^[10]。本论文对功能集团的划分主要基于系统分类上的科以及空间分布和食性相似等特征,将对照和转基因 741 杨节肢动物群落中所有生物分成不同功能团。

1.5 生态位计算方法

生态位宽度使用 Simpson^[11]提出的公式:

$$B_i = 1 / \sum_{i=1}^s P_i^2 \times S$$

式中, P_i 指在一个资源集合中第 i 单位中该物种所占的比例, S 指资源集合中的总单元数。 $0 \leq B_i \leq 1$ 。

种间生态重叠的指标应用 MORISTA' S^[12] 提出的公式:

$$C_1^* = 2 \times \sum_i^s P_{1i} \times P_{2i} / \left(\sum_i^s P_{1i}^2 + P_{2i}^2 \right)$$

式中, $P_{1i} = N_{1i}/N_1$, $P_{2i} = N_{2i}/N_2$; S 指该资源集合的总单位数。 $0 \leq C_1^* \leq 1$ 。

2 结果与分析

2.1 转基因 741 杨对节肢动物群落营养结构的影响

2.1.1 对节肢动物群落营养层及优势类群的影响 根据前述营养层和类群的划分,转基因 741 杨高抗和中抗节肢动物群落各营养层的丰富度和类群的组成与变化,结果见表 1。

表 1 741 杨不同株系节肢动物群落营养层丰富度和功能团数量比较

Table 1 The species richness of Nutrit-ionalclasses and individuals of functional groups of arthropod community of transgenic insect-resistance hybrid poplar 741

营养层	类群	对照	高抗	增加或减少 (%)	中抗	增加或减少 (%)
Nutrit-ionalclasses	Sorts	N	N	Increased or decreased	N	Increased or decreased
基位物种 Basal species	1 鳞翅目害虫	1194	520	- 56. 44	539	- 54. 85
	2 蚜虫类	21334	5735	- 73. 11	4830	- 77. 36
	3 叶蜂类	23	2	- 91. 30	3	- 86. 95
	4 有害鞘类	150	147	- 2. 000	224	+ 49. 33
	5 叶甲类	296	302	+ 2. 02	270	- 8. 78
	6 蝗虫类	169	147	- 13. 01	145	- 14. 20
	7 叶蝉类	407	387	- 4. 91	530	+ 30. 22
	8 象甲类	60	52	- 13. 33	62	+ 3. 33
	9 中性节肢动物类	1043	1272	+ 21. 96	1235	+ 18. 41
中位物种 Interme- diate species	丰盛度 Abundance	0. 8648	0. 6072	- 29. 79	0. 6350	- 26. 57
	10 蚁类	1997	2356	+ 17. 97	1723	- 13. 72
	11 食蚜蝇类	114	300	+ 163. 15	236	+ 107. 01
	12 隐翅甲类	0	16		7	
	13 瓢虫类	210	420	+ 100	296	+ 40. 95
	14 草蛉类	42	111	+ 164. 28	52	+ 23. 80
	15 食虫鞘类	105	113	+ 7. 61	124	+ 18. 09
	16 寄生蜂类	43	37	- 13. 95	42	- 2. 32
	17 寄蝇类	309	225	- 27. 18	302	- 2. 26
	18 皿蛛类	86	200	+ 132. 55	167	+ 94. 18
	19 暗蛛类	3	17	+ 466. 66	17	+ 466. 66
	20 猫蛛类	0	2		4	
	21 园蛛类	75	104	+ 38. 66	78	+ 4
	22 肖蛸蛛	0	67		2	
	23 逍遥蛛类	185	297	+ 60. 54	192	+ 3. 78
	24 其它	27	12	- 55. 55	23	- 14. 81
顶位物种 Top species	丰盛度 Abundance	0. 1120	0. 3025	+ 170. 09	0. 2636	+ 135. 36
	25 螳螂类	11	6	- 45. 45	3	- 72. 72
	26 蜻蜓类	69	165	+ 139. 13	116	+ 68. 11
	27 管巢蛛类	187	305	+ 63. 10	271	+ 44. 91
	28 狼蛛类	74	227	+ 206. 75	177	+ 139. 18
	29 跳蛛类	115	245	+ 113. 04	278	+ 141. 73
	30 蟹蛛类	201	322	+ 60. 19	400	+ 99. 00
	31 幽灵蛛类	5	5	0	7	+ 40
	32 隆头蛛类	0	2		5	
	丰盛度 Abundance	0. 0232	0. 0903	+ 289. 22	0. 1015	+ 377. 50

CK; High insect-resistance hybrid poplar 741 arthropod community; Medium insect-resistance hybrid poplar 741 arthropod community; 1: Insect of lepidoptera; 2: Aphids; 3: Sawflies; 4: Phytophagous bugs; 5: Beetles; 6: Locusts; 7: Leafhoppers; 8: Weevils; 9: Neutral arthropods; 10: Ants; 11: Syrphids; 12: Staphylinidae; 13: Ladybirds; 14: Lacewings; 15: redacious; 16: Wasps; 17: Flies; 18: Linyphiidae; 19: Amaurobiidae; 20: Oxyopidae; 21: Araneidae; 22: Tetragnathidae; 23: Philodromidae; 24: Others; 25: Mantis; 26: Dragonflies; 27: Clubionidae; 28: Lycosidae; 29: alticidae; 30: Thomisidae; 31: Pholcidae; 32: Eresidae

表 1 表明,3 种类型节肢动物群落在营养层丰富度和类群数量上存在较大差异。高抗和中抗节肢动物群落基位物种丰盛度(0.6072 和 0.6350)比对照节肢动物群落(0.8648)降低 29.79 %和 26.57 %,其中害虫丰富度分别降低 69.14 %和 72.06 %,但中性节肢动物丰富度却增加了 21.96 %和 18.41 %。从表 1 可以看出,高抗节肢动物群落中叶甲类食叶昆虫有所增加,而中抗节肢动物群落中刺吸式害虫(害蝽类、叶蝉类)和食叶昆虫象甲类较对照明显增加,表明:转双抗虫基因 741 杨对植食性昆虫尤其是鳞翅目害虫、蚜虫类、叶蜂的抑制作用明显。中位物种和顶位物种方面,除寄生性蜂类和寄蝇类以及其它类(蜜蜂、花蜂科等)、螳螂类外,高抗和中抗节肢动物群落较之对照各中位和顶位物种均有所增多。表明:转抗虫基因 741 杨在捕食性天敌数量方面有较大提高,而在寄生性昆虫方面有所下降。从表 1 可见,抗性株系基位物种丰盛度明显降低,而中位物种和顶位物种丰盛度显著升高。

高抗、中抗及对照 741 杨林中位和顶位物种各类群组成及优势类群基本相同。顶位物种优势类群为蟹蛛类、管巢蛛类、跳蛛类、狼蛛类及蜻蜓类,其中主要种类为三突花蛛 *Misumenops tricuspidatus* (Fabricius)、鞍形花蟹蛛 *Xysticus ephippiatus* Simon、短刺红螯蛛 *Chiracanthium brevispinus* Song、白斑猎蛛 *Evarcha albaria* (L. Koch)、乔氏蚁蛛 *Myrmarachne joblotii* (Scopoli)、纵条蝇狮 *Marpissa magister* (Karsch)、中华狼蛛 *Lycosa sinensis* Schenkel、星豹蛛 *Pardosa astrigera*、黄蜓(黄衣) *Pantala flavescens* Fabricius、红蜓(赤卒) *Crocothemis servilia* Drury、豆娘 *Agrion quadrigenum* Selys。中位物种优势类群为蚁类、食蚜蝇类、瓢甲类、草蛉类、食虫蝽类、皿蛛类、圆蛛类以及逍遥蛛类,其中主要种类为褐蚁 *Tetramorium guineense*、七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* Linnaeus、异色瓢虫 *Leis axyridis* (Pallas)、龟纹瓢虫 *Propylea japonica* (Thunberg)、中华草蛉 *Chrysopa sinica* Tjede、条斑次蚁蛉 *Deutoleon lineatus* (Fabricius)、草间小黑蛛 *Erigonidium rigonigrammicolum* (Sundevall)、橙色疣丹蛛 *Nematogmus sanguinolentus* (Walckenaer)、横纹金蛛 *Argiope bruennichii* (Scopoli)。

2. 1. 2 对节肢动物群落天敌和植食性昆虫优势度的影响

表 2 741 杨不同株系节肢动物群落的功能团优势度

Table 2 Dominant concentration of functional groups of arthropod community of transgenic insect-resistance hybrid poplar 741

功能团 Functional groups	类别 Sorts	对照		高抗		中抗	
		个体数	优势度	个体数	优势度	个体数	优势度
		Individuals	Dominance	Individuals	Dominance	Individuals	Dominance
植食性昆虫 Phytophagous insect	1 鳞翅目害虫	1194	0.0418	520	0.0369	539	0.0413
	2 蚜虫类	21334	0.7476	5735	0.4056	4830	0.3883
	3 叶蜂类	23	0.0008	2	0.0001	3	0.0002
	4 害蝽类	150	0.0053	147	0.0104	224	0.0180
	5 叶甲类	296	0.0104	302	0.0214	270	0.0217
	6 蝗虫类	169	0.0059	147	0.0104	145	0.0117
	7 叶蝉类	407	0.0143	387	0.0274	530	0.0426
	8 象甲类	60	0.0021	52	0.0037	62	0.0050
捕食性天敌 Predators	9 蚁类	1997	0.0678	2356	0.1666	1723	0.1385
	10 食蚜蝇类	114	0.0039	300	0.0212	236	0.0190
	11 隐翅甲类	0	0.0000	16	0.0011	7	0.0006
	12 瓢虫类	210	0.0071	420	0.0297	296	0.0238
	13 草蛉类	42	0.0014	111	0.0079	52	0.0042
	14 食虫蝽类	105	0.0036	113	0.0080	124	0.0100
	15 螳螂类	11	0.0004	6	0.0004	3	0.0002
	16 蜻蜓类	69	0.0023	165	0.0117	116	0.0093
	17 蜘蛛类	931	0.0316	1793	0.1268	1598	0.1285
寄生性天敌 Parasitoids	18 寄生蜂类	43	0.0015	37	0.0026	42	0.0034
	19 寄蝇类	309	0.0108	225	0.0159	302	0.0243

CK; High insect-resistance hybrid poplar 741 arthropod community; Medium insect-resistance hybrid poplar 741 Arthropod community; 1: Insect of lepidoptera ;2: Aphids; 3: Sawflies; 4: Phytophagous bugs; 5: Beetles; 6: Locusts; 7: Leafhoppers; 8: Weevils; 9: Ants; 10: Syphids; 11: Staphylinidae; 12: Ladybirds; 13: Lacewings; 14: Predacious; 15: Mantis; 16: Dragonflies; 17: Spiders; 18: Wasps; 19: Flies

节肢动物群落中各功能团优势类群组成,转基因 741 杨(高抗和中抗)与对照基本相同,但其优势度发生较大改变。由表 2 可以看出,高抗和中抗节肢动物群落鳞翅目害虫和蚜虫类、叶蜂类害虫优势度较对照有所下降,而其它食叶昆虫(叶甲类、象甲类、蝗虫类)和刺吸式昆虫(害蝽类、叶蝉类)的优势度却相对对照有所增加;在 3 种类型群落捕食性天敌的优势类群,均为蚁类、蜘蛛类、瓢虫类和食蚜蝇类,但高抗和中抗节肢动物群落中捕食性天敌优势类群优势度均较对照有明显增加;二者的寄生性天敌优势度,较之对照节肢动物群落也有上升,但在数量上反而略有下降。表明:转基因 741 杨的节肢动物群落中,植食性昆虫的优势类群与对照相比发生了改变,其优势度有升有降;捕食性天敌和寄生性天敌的优势度较之对照 741 杨群落均有所上升。

2.2 转基因 741 杨节肢动物群落害虫和天敌生态位

BT 杀虫蛋白基因(BtCryIAc)和慈菇蛋白酶抑制基因(AHPI)双抗虫基因在 741 杨中的转录成功使害虫和 741 杨之间建立起一种新的胁迫关系,通过研究 741 杨节肢动物群落中优势害虫和天敌类群的生态位变化,有助于科学评价天敌对害虫的跟随作用及控制效果。根据表 2 可知,在所调查的试验田中植食性害虫的优势功能团主要以蚜虫为主,其次是转基因 741 杨的目标害虫鳞翅目和其他食叶昆虫;而天敌的优势功能团主要以寄生蜂、寄生蝇和捕食性的蜘蛛目为主,双翅目中除寄生蝇外大部属于中性腐生昆虫。下面从各功能类群的角度,探讨生态位宽度和生态位重叠^[9-12]。

2.2.1 空间生态位 以对照 741 杨和高抗、中抗 741 杨作为 3 个资源,分析不同害虫和天敌的空间生态位(表 3)。

表 3 节肢动物群落中害虫及其天敌的空间生态位宽度(BI)及重叠(CI^{*})

Table 3 spatial niche breadth and niche overlap of pests and natural enemies of arthropod community						
类别 Sorts	鳞翅目害虫 LI	其它食叶昆虫 L	刺吸昆虫 S	捕食天敌 P	寄生天敌 PA	腐生昆虫 SA
鳞翅目害虫 LI	0.499581	0.667180	0.646262	0.306928	0.282566	0.284254
其它食叶昆虫 L		0.996968	0.879146	0.880030	0.869043	0.873049
刺吸昆虫 S			0.747832	0.707659	0.772934	0.725227
捕食天敌 P				0.790429	0.972147	0.994621
寄生天敌 PA					0.767445	0.990772
腐生昆虫 SA						0.778882

LI: Insect of lepidoptera ;L: Leaf-eating insects; S: Sap-redacious insects; P: Predacious insects; PA: Parasitic insects; SA: Saprophagous and Loiterer

从空间生态位上可以看出:鳞翅目害虫的生态位宽度最小,而其它类食叶昆虫的空间生态位最大,其它各功能类群的生态位宽度较宽,且相类似,说明 4 种类群均可以占据 3 种类型群落资源的一部分,对空间的选择范围较大。从空间生态位的重叠值上看,捕食天敌和寄生性天敌与鳞翅目害虫的生态位重叠均较小(0.306928,0.282566),而与其它类食叶昆虫和刺吸昆虫的生态位重叠均较大,说明捕食天敌和寄生性天敌同其它类食叶昆虫、刺吸昆虫在空间分布规律上有一定的同质性,利于其取食,同时从表 3 中可以看出,捕食性天敌和寄生性天敌与腐生和游逛类群的空间生态位重叠均很高(0.990772),表明:在鳞翅目害虫数量降低的情况下,转基因 741 杨林分中天敌的控制作用并未降低。由表 3 可见,不同害虫类群之间空间生态位重叠均较大,说明鳞翅目害虫、其它类食叶昆虫以及刺吸昆虫之间相互竞争空间资源。

2.2.2 时间生态位 以 2002 年 4~10 月的 23 次调查数据为时间系列资源进行分析群落中各类别的时间生态位(表 4、表 5、表 6)。

从表 4、表 5、表 6 可以看出,在时间维度上,3 种林分均以捕食性天敌的时间生态位为最宽(>0.7),说明,捕食性天敌发生期较长,占有较多的时间资源;其次,腐生和游逛昆虫类群在 3 种类型林分中的时间生态位宽度均较大(>0.6);而害虫和寄生性天敌在时间维上的生态位宽度较小(<0.5),表明,害虫和寄生性天敌在时间维上利用资源较少。其中,鳞翅目害虫的时间生态位宽度为高抗>对照>中抗,其它类食叶昆虫的时间生态位宽度为中抗>高抗>对照,刺吸昆虫的时间生态位宽度为中抗(0.426421)>高抗(0.378212)>对照(0.146561),说明,由于害虫在转基因 741 杨林分中数量减少,使得其食物充足,反而增强了其对时间资源的

利用。寄生性天敌的时间生态位宽度为高抗 > 中抗 > 对照,表明转基因 741 杨对寄生天敌和捕食天敌在利用时间资源上有正作用。

表 4 对照节肢动物群落中害虫及其天敌的时间生态位宽度(BI)及重叠(CI^{*})

Table 4 Time niche breadth and niche overlap of pests and natural enemies of arthropod community of CK

类别 Sorts	鳞翅目害虫 LI	其它食叶昆虫 L	刺吸昆虫 S	捕食天敌 P	寄生天敌 PA	腐生昆虫 SA
鳞翅目害虫 LI	0.379589	0.626878	0.460558	0.638850	0.426578	0.642175
其它食叶昆虫 L		0.292638	0.185029	0.488734	0.267890	0.541608
刺吸昆虫 S			0.146561	0.455404	0.380665	0.421107
捕食天敌 P				0.747751	0.672794	0.931912
寄生天敌 PA					0.369648	0.719385
腐生昆虫 SA						0.692456

LI: Insect of lepidoptera ;L: Leaf-eating insects; S: Sap-redacious insects; P: Predacious insects; PA: Parasitic insects; SA: Saprophagous and Loiterer

表 5 高抗节肢动物群落中害虫及其天敌的时间生态位宽度(BI)及重叠(CI^{*})

Table 5 Time niche breadth and niche overlap of pests and natural enemies of arthropod community of high insect-resistance hybrid poplar 741

类别 Sorts	鳞翅目害虫 LI	其它食叶昆虫 L	刺吸昆虫 S	捕食天敌 P	寄生天敌 PA	腐生昆虫 SA
鳞翅目害虫 LI	0.401383	0.529617	0.335991	0.495176	0.741032	0.626024
其它食叶昆虫 L		0.355655	0.368496	0.547870	0.391106	0.495297
刺吸昆虫 S			0.378212	0.555365	0.287095	0.444598
捕食天敌 P				0.715773	0.603613	0.865706
寄生天敌 PA					0.455541	0.809207
腐生昆虫 SA						0.656625

LI: Insect of lepidoptera ;L: Leaf-eating insects; S: Sap-redacious insects; P: Predacious insects; PA: Parasitic insects; SA: Saprophagous and Loiterer

表 6 中抗节肢动物群落中害虫及其天敌的时间生态位宽度(BI)及重叠(CI^{*})

Table 6 Time niche breadth and niche overlap of pests and natural enemies of arthropod community of medium insect-resistance hybrid poplar 741

类别 Sorts	鳞翅目害虫 LI	其它食叶昆虫 L	刺吸昆虫 S	捕食天敌 P	寄生天敌 PA	腐生昆虫 SA
鳞翅目害虫 LI	0.32423	0.480081	0.600606	0.482660	0.621366	0.579907
其它食叶昆虫 L		0.387428	0.846285	0.577462	0.308512	0.576207
刺吸昆虫 S			0.426421	0.614241	0.421642	0.696552
捕食天敌 P				0.824034	0.614216	0.935095
寄生天敌 PA					0.388244	0.740397
腐生昆虫 SA						0.751104

LI: Insect of lepidoptera ;L: Leaf-eating insects; S: Sap-redacious insects; P: Predacious insects; PA: Parasitic insects; SA: Saprophagous and Loiterer

从时间生态位重叠上看,在 3 种类型中腐生和游逛节肢动物类群与捕食性天敌和寄生性天敌的时间生态位重叠最大;捕食性天敌与不同类群害虫的时间生态位重叠较为平均,分别为,与鳞翅目害虫:对照 > 高抗 > 中抗,与其它类食叶昆虫:中抗 > 高抗 > 对照,与刺吸昆虫:中抗 > 高抗 > 对照,说明捕食性天敌与害虫种群在时间上具有同步性,跟随作用较为明显,有较好的控制作用;高抗和中抗群落寄生性天敌与鳞翅目害虫在时间生态位上的重叠大于对照,且与其它两害虫类群的时间生态位重叠较小,表明由于寄生性天敌的专化性较强,其与不同害虫在时间维度上的利用也存在差异。由表 4、表 5、表 6 可见,节肢动物群落中不同的害虫类别之间时间生态位重叠存在较大差异。对照 741 杨鳞翅目害虫与其它类食叶昆虫之间时间生态位重叠较中抗和高抗大,而中抗刺吸昆虫与鳞翅目害虫和其它类食叶昆虫的时间生态位重叠远大于对照和高抗,说明对照群落中鳞翅目害虫和其它类食叶害虫占有相似的时间资源,而中抗群落中刺吸昆虫和其它 2 类害虫对时间资源的需求有很大的趋同性,其季节变动趋势相似,种间存在激烈竞争。

2.2.3 时间-空间二维生态位 时间或空间生态位研究仅反映了物种对一维资源的利用和竞争可能性,而任一物种都是生存栖息在时间和空间统一的环境中,所以必须对时间-空间生态位做进一步的分析讨论。因为其中任一维出现分离,竞争就不可能实现,那么天敌的控制作用就无从谈起。Cody 和 May 提出,当物种所利

用的资源完全独立时,物种的多维生态位参数就成为各个资源生态参数估计值的乘积。国内有学者研究认为时间、空间是独立的,因此物种在时间维度上的分布与其生境维度上的分布基本是独立的^[13~17]。据此,不同株系 741 杨害虫及其天敌时间-空间生态位就可用单个的时间生态位和空间生态位的相应参数乘积去进行近似的估计,结果见表 7~表 9。

表 7 对照节肢动物群落中害虫及其天敌的时、空二维生态位宽度(BI)及重叠(CI^{*})

Table 7 Double dimension ecological niche breadths and niche overlaps of pests and natural enemies of arthropod community of CK						
类别 Sorts	鳞翅目害虫 LI	其它食叶昆虫 L	刺吸昆虫 S	捕食天敌 P	寄生天敌 PA	腐生昆虫 SA
鳞翅目害虫 LI	0. 189635	0. 418240	0. 297641	0. 196081	0. 120536	0. 182541
其它食叶昆虫 L		0. 291751	0. 162668	0. 430101	0. 232808	0. 472850
刺吸昆虫 S			0. 109603	0. 322271	0. 294229	0. 305398
捕食天敌 P				0. 591044	0. 654055	0. 926899
寄生天敌 PA					0. 283685	0. 712747
腐生昆虫 SA						0. 539342

LI: Insect of lepidoptera ;L: Leaf-eating insects; S:Sap-redacious insects; P:Predacious insects;PA: Parasitic insects; SA:Saprophagous and Loiterer

表 8 高抗节肢动物群落中害虫及其天敌的时、空二维生态位宽度(BI)及重叠(CI^{*})

Table 8 Double dimension ecological niche breadths and niche overlaps of pests and natural enemies of arthropod community of high insect-resistance hybrid poplar 741

类别 Sorts	鳞翅目害虫 LI	其它食叶昆虫 L	刺吸昆虫 S	捕食天敌 P	寄生天敌 PA	腐生昆虫 SA
鳞翅目害虫 LI	0. 200523	0. 353350	0. 217138	0. 151983	0. 209390	0. 17795
其它食叶昆虫 L		0. 354577	0. 323962	0. 482142	0. 339888	0. 432419
刺吸昆虫 S			0. 282839	0. 393009	0. 221905	0. 322434
捕食天敌 P				0. 565768	0. 586801	0. 861049
寄生天敌 PA					0. 349603	0. 801740
腐生昆虫 SA						0. 511433

LI: Insect of lepidoptera ;L: Leaf-eating insects; S:Sap-redacious insects; P:Predacious insects;PA: Parasitic insects; SA:Saprophagous and Loiterer

表 9 中抗节肢动物群落中害虫及其天敌的时、空二维生态位宽度(BI)及重叠(CI^{*})

Table 9 Double dimension ecological niche breadths and niche overlaps of pests and natural enemies of arthropod community of medium insect-resistance hybrid poplar 741

类别 Sorts	鳞翅目害虫 LI	其它食叶昆虫 L	刺吸昆虫 S	捕食天敌 P	寄生天敌 PA	腐生昆虫 SA
鳞翅目害虫 LI	0. 161979	0. 320300	0. 184343	0. 136383	0. 175577	0. 164841
其它食叶昆虫 L		0. 386253	0. 744008	0. 508184	0. 268110	0. 503057
刺吸昆虫 S			0. 318891	0. 434673	0. 325901	0. 505158
捕食天敌 P				0. 651340	0. 597108	0. 930065
寄生天敌 PA					0. 297956	0. 733565
腐生昆虫 SA						0. 585021

LI: Insect of lepidoptera ;L: Leaf-eating insects; S:Sap-redacious insects; P:Predacious insects;PA: Parasitic insects; SA:Saprophagous and Loiterer

由表 7~表 9 可知,在时、空二维资源上,3 种类型林分中,生态位宽度最大的均为捕食性天敌,其次为腐生和游逛类群,说明在时间维度变化中,捕食性天敌和腐生昆虫一直占有大的空间生态位;3 种类型群落中各类害虫的时、空生态位宽度均较小,鳞翅目害虫的时、空生态位宽度依次为高抗>对照>中抗,其它类食叶昆虫的时、空生态位宽度依次为中抗>高抗>对照,刺吸昆虫的时、空生态位宽度依次为中抗>高抗>对照,表明,在时间维度资源上抗性株系各个害虫类群比对照占据更大的空间生态位,主要原因是由于害虫在抗性株系林分中数量减少,使得其食物能源充足,亦间接增强了不同种类害虫对时间资源的利用。寄生性天敌的时、空二维生态位宽度表现为:高抗(0. 346903)>中抗(0. 297956)>对照(0. 283685)。抗性株系天敌类群对环境的适应性优于对照,且其在时间资源上占据的空间也要大于对照 741 杨。

在生态位重叠中,高抗和中抗群落中捕食天敌和寄生性天敌与各害虫类群的时空生态位重叠基本均大于

对照 741 杨群落,但都不如单维生态位重叠值大,这说明在时间、空间二维资源系列上,天敌对害虫的控制能力减弱;除中抗刺吸昆虫和其它类食叶害虫的时间、空间二维生态位重叠较大外,各类型群落中害虫类群之间的时、空二维生态位重叠值均较小;不同株系 741 杨两类天敌之间的时、空生态位重叠都较大;由表 7、表 8、表 9 可见,腐生和游逛类群与天敌的时、空生态位重叠最大,在时间和空间二维上再次证明,中性昆虫在节肢动物群落中占据极其重要的地位,它们在害虫和天敌的营养链中起着重要的调控作用。

3 结论与讨论

(1) 抗性株系节肢动物群落中基位物种丰富度较对照 741 杨群落降低,其中害虫丰富度显著降低,但中性节肢动物丰富度却有明显增加。高抗和中抗节肢动物群落中位物种和顶位物种比对照 741 杨群落中各中位和顶位物种增多,其中捕食性天敌有显著增加,寄生天敌数量略有下降。转基因 741 杨节肢动物群落植食性昆虫优势类群相对对照发生改变,其优势度有升有降;捕食性天敌和寄生性天敌优势类群的优势度较之对照 741 杨群落均有所上升。

(2) 在空间生态位上,鳞翅目害虫的生态位宽度最小,其它各功能类群的生态位宽度较宽;捕食天敌和寄生性天敌与鳞翅目害虫的生态位重叠均较小,而与腐生和游逛种类的生态位重叠较大;各类害虫之间、捕食天敌与寄生天敌之间存在激烈竞争。在时间生态位上,捕食性天敌和腐生游逛种类发生期较长,占有较多的时间资源,同时二者间存在捕食与被捕食关系;抗性株系害虫和寄生性天敌在时间维上利用资源多于对照,转基因 741 杨对寄生天敌和捕食天敌在利用时间资源上有正作用。在时间、空间二维生态位上,各种功能类群的二维生态位宽度和生态位重叠均不如单维生态位宽度和生态位重叠值大,在时间、空间二维资源系列上,天敌对害虫的控制能力减弱;但转基因 741 杨天敌类群对环境的适应性优于对照,且其在时间资源上占据的空间也要大于对照 741 杨。

转基因 741 杨节肢动物群落是一个以 741 杨为中心的多种害虫、天敌和中性节肢动物共存的复杂网络系统。在系统中,一种天敌可以取食多种昆虫;一种昆虫又受多种天敌的控制;并且天敌之间也存在相互的取食或竞争;中性节肢动物在群落食物网中起着重要的作用,它可为中位、顶位物种提供食物,通过自身种群数量的变化,对中位和顶位物种的数量和效能发挥影响,从而对害虫起到间接的调控作用^[4]。以上分析可以看出,转基因 741 杨节肢动物群落营养结构较之对照更为合理,植食性昆虫较少,中性节肢动物及中位物种和顶位物种增加,表现出良好的生态效应。根据生态位理论,一般来说,生态位宽度值可以反映生物活动范围和强度,而生态位重叠值则可以表明两物种对资源利用的相似程度及一定程度上的竞争,而对于不同营养层次的物种,生态位重叠值可以反映它们之间取食与被食的强度。对转基因 741 杨节肢动物生态位的研究揭示了不同类群在时间和空间资源上的竞争、共存机制以及天敌跟随作用的强弱,表明:抗虫基因在 741 杨中的表达对不同类群的取食行为产生了一定的影响,总体看该影响是正面的。

References:

- [1] Qian Y Q, Tian Y, Wei W. Ecological Risk Assessment of Transgenic Plants. *Acta Phytoecologica Sinica*, 1998, 22(4): 289 ~ 299.
- [2] He D H. Dynamics in composition, trophic structure and diversity of an insect community during the processes of succession and restoration. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(1): 117 ~ 125
- [3] Zhao Z M, Guo Y Q. Principle and Methods of Community Ecology. Chongqing: Publishing House of Scientific and Technical Documentation, Chongqing Branch, China, 1990.
- [4] Hao S G, Zhang X X, Chen X N, *et al.* The dynamics of biodiversity and the composition of nutrition classes and dominant guilds of arthropoda community in paddy field. *Acta Entomologica Sinica*, 1998, 41(4): 343 ~ 352.
- [5] 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.
- [6] Ma S A, Zhang L Y, Lu X X, *et al.* The primary study on community structure of Lepidoptera insect in pine stand. *Bulletin of Forest Diseases and Insects*, 1996(3): 32 ~ 34.
- [7] Mo J C, Wang W X, Liao F Y, *et al.* A sampling technique for the study of insect community diversity in pinus massoniana stand. *Journal of Central South Forestry University*, 1997, 17(3): 18 ~ 21.

- [8] Wu J C, Lu Z Q, Yang J S, *et al.* Habitat niche and predation effect of natural enemies of insect pests in paddy field. *Acta Entomologica Sinica*, 1993, 36 (3) :323 ~ 331.
- [9] Adans J. The definition and interpretation of guild structure in ecological communities. *Animal. Ecol.*, 1985 (54) :43 ~ 59.
- [10] Gao W, Xiang G Q, Shang J C. Bird guilds and their interaction in mountain secondary forest. In: *Mathematics ecological progress*. Chengdu: Chengdu Scientific and Technological University Press, 1994. 242 ~ 247.
- [11] Wan F H, Liu W X, Guo J Y. Comparison analyses of the functional groups of natural enemy in transgenic Bt-cotton field and non-transgenic cotton fields with IPM, and chemical cotton. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (6) :936 ~ 942.
- [12] Qin Y C, Cai N H, Huang K X. Studies on niches of *tetranychus viennensis*, *panonychus ulmi* and their predatory enemies. Spatial and temporal niches. *Acta Ecologica Sinica*, 1991, 11 (4) :331 ~ 337.
- [13] Yuan Z L. The niche and time-dynamic of insect community in citrus orchard of south gansu province. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 1999, 8 (2) :49 ~ 52.
- [14] Zhang H L. Study on the ecological niche of insect pests and natural enemies system in citrus garden. *Journal of Southwest Agricultural University*, 1991, 13 (6) :559 ~ 564.
- [15] Zheng W Y, Yin Q Y, Li S C. Analysis on the composition, structure and niche of insect community in wheat field in Southern Shanxi. *Agricultural Science and Technology of Shanxi*, 1992, (4) :21 ~ 23.
- [16] Liu W X, Wan F H, Guo J Y. Structure and seasonal dynamics of arthropoda in transgenic Bt cotton field. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (5) :729 ~ 735.
- [17] Guo Y R. The constructions and ecology of arthropod community of paddies in shenyang. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21 (11) :1854 ~ 1862.
- [18] Eric P Smith, Thomas M, Zart. Bias in estimating niche overlap. *Ecology*, 1982, 63 (55-56) :1248 ~ 1253.

参考文献:

- [1] 钱迎倩, 田彦, 魏伟. 转基因植物的生态风险评价. *植物生态学报*, 1998, 22 (4) :289 ~ 299.
- [2] 贺达汉. 草原沙化与恢复中昆虫群落组成、营养结构及多样性变化研究. *生态学报*, 2001, 21 (1) :936 ~ 942.
- [3] 赵志模, 郭依泉. 群落生态学原理与方法. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1990.
- [4] 郝树广, 张孝羲, 程遐年, 等. 稻田节肢动物群落营养层及优势功能基团的组成与多样性动态. *昆虫学报*, 1998, 41 (4) :343 ~ 352.
- [5] 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研究. *生态学报*, 2000, 20 (5) :824 ~ 829.
- [6] 马盛安, 张兰英, 鲁绪祥, 等. 马尾松林地鳞翅目昆虫群落结构及动态的初步研究. *森林病虫通讯*, 1996, (3) :32 ~ 34.
- [7] 莫建初, 王问学, 廖飞勇, 等. 马尾松昆虫群落多样性调查中抽样技术的研究. *中南林学院学报*, 1997, 17 (3) :18 ~ 21.
- [11] 万方浩, 刘万学, 郭建英. 不同类型棉田棉铃虫天敌功能团的组成及时空动态. *生态学报*, 2002, 22 (6) :936 ~ 942.
- [12] 秦玉川, 蔡宁华, 黄可训. 山楂叶螨、苹果全爪螨及其捕食性天敌生态位的研究. *生态学报*, 1991, 11 (4) :331 ~ 337.
- [13] 袁忠林. 陇南桔园昆虫群落生态位及时序动态研究. *西北农业学报*, 1999, 8 (2) :49 ~ 52.
- [14] 张红亮. 桔园害虫和天敌系统生态位研究. *西南农业大学学报*, 1991, 13 (6) :559 ~ 564.
- [15] 郑王义, 尹青云, 李生才. 晋南麦田昆虫群落组成、结构及生态位的分析. *山西农业科技*, 1992, (4) :21 ~ 23.
- [16] 刘万学, 万方浩, 郭建英. 转 Bt 基因棉田节肢动物群落营养层及优势功能团的组成与变化. *生态学报*, 2002, 22 (5) :729 ~ 735.
- [17] 郭玉人. 沈阳地区稻田节肢动物群落结构及群落生态研究. *生态学报*, 2001, 21 (11) :1854 ~ 1862.