

转基因 741 杨节肢动物群落主要害虫及天敌的动态变化

高素红¹, 高宝嘉^{2,*}, 刘军侠², 关慧元³, 姜文虎²

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

3. 河北省森林病虫害防治检疫站, 河北 石家庄 050000)

摘要:在时间序列过程中, 转基因 741 杨对目标害虫鳞翅目食叶害虫表现出持续的抗性, 其数量明显减少, 高抗和中抗 741 杨之间差异不大。研究表明, 转基因 741 杨对目标昆虫和非目的植食性害虫存在负效应, 而对天敌和中性节肢动物组成和发生无明显负作用。因而在制定害虫综合治理策略和途径上宜采取与对照 741 杨不同的措施, 抗性株系应以生态调控为主。

关键词:转基因 741 杨; 节肢动物群落; 生态风险评价; 害虫和天敌动态

文章编号:1000-0933(2006)10-3491-08 **中图分类号:**S763.3, S769 **文献标识码:**A

Impacts of transgenic insect-resistance hybrid poplar 741 on the population dynamics of pests and natural enemies

GAO Su-Hong¹, GAO Bao-Jia^{2,*}, LIU Jun-Xia², GUAN Hui-Yuan³, JIANG Wen-Hu² (1. Hebei Normal University of Science and Technology, Qinhuangdao 066600, China; 2. Agricultural University of Hebei, Baoding 071000, China; 3. Forestry pest control Center of Hebei Province, Shijiazhuang 050000, China). Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(10): 3491 ~ 3498.

Abstract: During the investigations in several years, the transgenic insect-resistance hybrid poplar 741 presented a continuance resistance on target pests, lepidopter, causing significant decrease in pest population. There was no obvious impact on the population of pest between high and medium insect-resistance hybrid poplar 741 stands. Transgenic insect-resistance hybrid poplar 741 had negative effect on target and non-target phytophagous pests, but had positive effect on natural enemies and neutral arthropod. These results demonstrated that different control strategy and measure should be taken in integrated pest management of transgenic insect-resistance hybrid poplar 741, compared to those of the parental hybrid poplar 741, and the high insect-resistance clones had better be used as plantations for the ecological regulation.

Key words: transgenic insect-resistance hybrid poplar 741; arthropod community; ecological safety assessment; population dynamics of pests and natural enemies

群落的结构具有时间属性, 转抗虫基因植物上节肢动物群落不同种群的生命周期也存在一定的序列性^[1]。转基因植物上节肢动物群落不同阶段优势种、优势集中性指数的变化, 会对目标害虫和次要害虫以及天敌的时间格局产生影响, 从而影响到物种的竞争和共存关系。因此, 分析各个时期转抗虫基因植物上群落表现出来的不同特征, 找出其不稳定因素, 揭示其生态风险影响规律, 以制定转基因植物有害生物的综合防治措施。

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, 获得不同系号的转基因

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:高素红(1976~), 男, 石家庄人, 硕士, 主要从事植物病虫害生态及治理与教学研究。

*通讯作者 Corresponding author. 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 Su-Hong, Master, mainly engaged in pest ecology and biological control.

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%)。本文研究转基因 741 杨节肢动物群落各功能类群组成和动态发生规律的影响,同时对转基因 741 杨上群落在时间过程中的变化特点进行分析,以期了解转基因 741 杨上群落及其变化的内在原因,为分析群落的稳定性机制提供参考,为转抗虫基因植物生态安全性评价提供依据。

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 杨高抗株系系号分别为:Pb11、Pb29、Pb3,中抗株系系号为:Pb1、Pb17,树龄:2~3 年生。

1.2 试验地概况

经申报中华人民共和国农业部农业生物基因工程安全评价认可的大田释放地——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,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

(1)调查方法 于 2002 年 4 月至 10 月,在 741 杨整个生长过程中,每 7d~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,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^[2~4]。

(2)分类鉴定 将调查采到的标本尽可能鉴定到种,至少鉴定到科。并按功能类群将节肢动物以害虫(包括刺吸性昆虫和食叶害虫及螨类)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。

1.4 分析方法

(1)个体总数统计公式

$$N = \sum_{i=1}^s N_i$$

式中, N_i 为第 i 种的数量; N 为全部种的数量之和。

(2)丰富度,即群落中的物种数(s)。

2 结果与分析

2.1 转基因 741 杨对节肢动物种类及数量的动态影响

从杨树整个生长过程看,不同株系节肢动物群落的物种数变化呈现出基本相同的趋势(图 1),均为 5、7、8、9 月份较多,前期和后期物种数较少。8 月下旬由于气温升高,林分内湿度增加,部分天敌和害虫因不适应高温、高湿环境而使种群发生、发展受到抑制,物种数有明显下降;6 月份出现明显低值,可能是由于蚜虫大量发生,对其它物种有抑制作用;由图 1 可以看出,高抗和中抗节肢动物群落物种数一直多于对照节肢动物群落,可见,转基因 741 杨节肢动物群落物种丰富度较对照 741 杨有增加趋势。

从杨树整个生长期来看,741 杨不同株系节肢动物群落的不同时期物种个体数也有较大差异(图 2)。图 2 表明高抗和中抗节肢动物群落的个体数动态变化幅度较小,节肢动物群落相对稳定;对照节肢动物群落个体数的波动幅度大,说明对照 741 杨群落稳定性较差,存在某种害虫大发生的可能。事实上,在 6 月底,对照 741 杨蚜虫大量发生,而此时天敌的跟随作用还未形成,造成蚜虫大发生;9 月中旬,由于其它昆虫种类减少,蚜虫再次猖獗,此时对照 741 杨中鳞翅目害虫杨白潜蛾(*Leucoptera susinella* Herrich-Schaffer)和杨银潜蛾(*Phyllocnistis salina* Zeller)以及鞘翅目害虫白杨叶甲(*Chrysomela populi* Linnaeus)的危害也较为严重,数量增多,因而形成另一峰值。图 2 可较为直观的反映:高抗和中抗 741 杨节肢动物群落稳定性好于对照 741 杨群落。

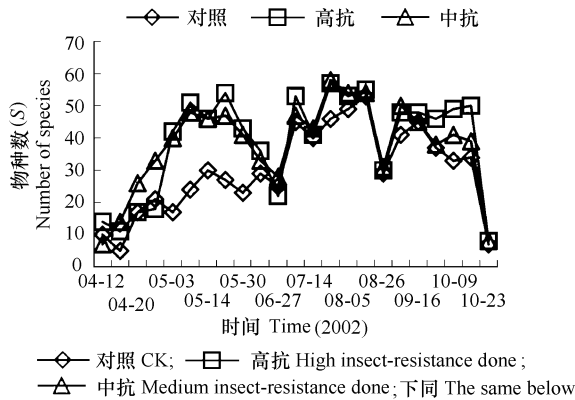


图1 741 杨不同株系节肢动物群落物种丰富度时间动态变化

Fig. 1 Species richness dynamics of transgenic insect-resistance hybrid poplar 741 and CK stands

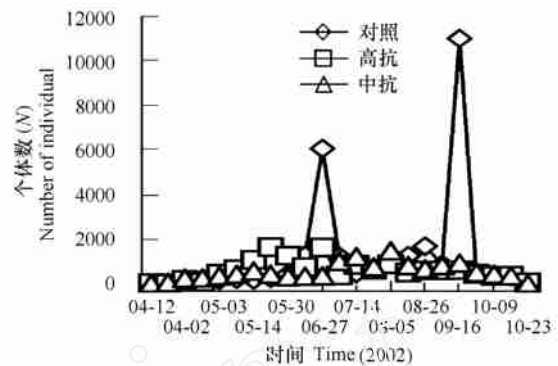


图2 741 杨不同株系节肢动物群落个体数时间动态变化

Fig. 2 Population dynamics of transgenic insect-resistance hybrid poplar 741 and CK stands

2.2 对目标昆虫动态的影响

2.2.1 鳞翅目昆虫的种群数量动态 不同株系节肢动物群落鳞翅目害虫数量动态见图3。由图3可知,高抗和中抗节肢动物群落鳞翅目害虫种群密度一直处于很低的水平,且随时间变化的趋势相同;对照741杨鳞翅目害虫4月下旬发生量与高抗和中抗群落鳞翅目害虫发生量有显著差异,此时主要是由于夜蛾科、尺蛾科幼虫危害较为严重。从图中看出3种类型林分均在8、9月份出现一个相对高值,此时期杨白潜蛾和杨银潜蛾的危害相对加重。而图中表明:在对杨白潜蛾和杨银潜蛾的抗性上,高抗和中抗741杨之间没有明显区别,二者与对照之间差异极显著。表明转基因741杨对目标害虫有较强的持续抑制作用。

2.2.2 鳞翅目昆虫的种类时间动态 741杨节肢动物群落中鳞翅目害虫种类较多,其时间动态见图4。从图4中可以看出,在鳞翅目害虫种类上,对照和抗性株系变化趋势基本一致,均为前期种类较少,中、后期种类逐步增加,在7、8、9月份达到高值,这一时期鳞翅目害虫种类丰富度较高,主要有:黄刺蛾 *Cnidocampa flavescens* (Walker)、杨白潜蛾、杨银潜蛾、杨二尾舟蛾 *Cerura menciiana* Moore 等。

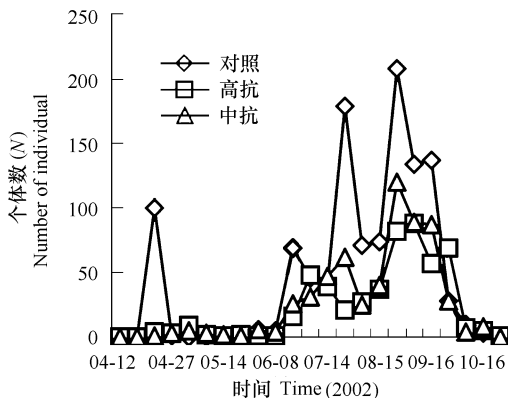


图3 741 杨不同株系鳞翅目害虫数量时间动态

Fig. 3 Population dynamics of target pests groups of transgenic insect-resistance hybrid poplar 741 and CK stands

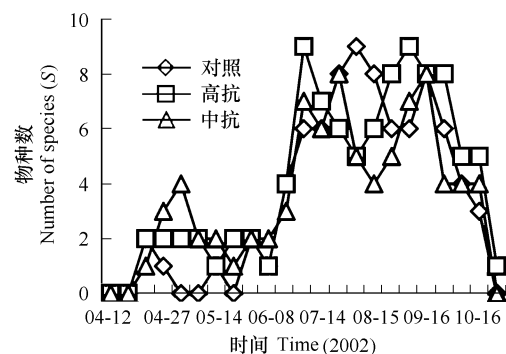


图4 741 杨不同株系鳞翅目害虫种类时间动态

Fig. 4 Species richness dynamics of target pests groups of transgenic insect-resistance hybrid poplar 741 and CK stands

2.3 对非目标植食性昆虫动态的影响

2.3.1 对其它类食叶害虫动态的影响

(1) 其它类食叶害虫数量动态 3种株系节肢动物群落其它类食叶害虫数量动态见图5。由图5可知,对照、高抗和中抗节肢动物群落中其它类食叶害虫的数量动态变化表现出相似趋势,前期数量较少,中期大幅增

加,后期其它类食叶害虫数量又趋于较低水平。抗性株系其它类食叶害虫在随时间变动的过程中,数量较对照有所增加,但差异不大。7、8 月份由于叶甲类食叶害虫数量巨增,故使得 3 种类型群落中其它食叶害虫的数量均维持在较高水平,三者之间无显著差异。此时期对照 741 杨其它类食叶害虫发生量较高抗和中抗 741 杨增大,主要是因为叶甲类、叶蜂类害虫的发生与抗性株系相比呈严重状态,对照 741 杨树叶片受害,残缺不全。图 4 表明转抗虫基因 741 杨对其它食叶害虫类群无明显不利影响。

(2) 其它类食叶害虫种类时间动态 其它类食叶害虫物种数随时间波动较为剧烈,但 3 种类型群落仍然表现出相似趋势性(图 6)。前、后期种类较少,中期数量较高。其中,高抗 741 杨其它类食叶害虫物种波动最为剧烈,可能是由于其抗性较强,食叶害虫不断迁进、迁出,造成其物种数上下波动;前期对照其它类食叶害虫物种数相对高抗和中抗群落较低,主要是由于某些植食性昆虫发生量较大,食物缺乏,致使其它种群增长受到抑制。

图 6 表明,在 7、8、9 月份,其它类食叶害虫物种最为丰富。此时期主要有叶蜂科 Tenthredinidae、黑绒鳃金龟 *Maladera orientalis* Motschulsky、白星花潜 *Potosia breviansis* Lewis、白杨叶甲、皱背叶甲 *Abiromorphus anceyi* Pic、蝗虫 Locustidae 等。

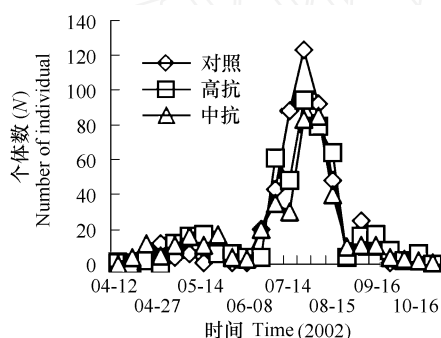


图 5 741 杨不同株系其它食叶害虫数量时间动态

Fig. 5 Population dynamics of non-target leaf-eating insect groups of transgenic insect-resistance hybrid poplar 741 and CK stands

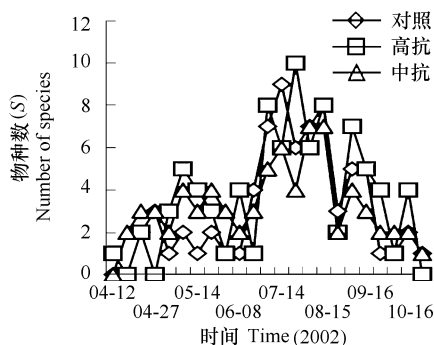


图 6 741 杨不同株系其它食叶害虫种类时间动态

Fig. 6 Species richness dynamics of non-target leaf-eating insect groups of transgenic insect-resistance hybrid poplar 741 and CK stands

2.3.2 对刺吸昆虫动态的影响

(1) 刺吸式昆虫数量动态 刺吸昆虫的个体数变化动态与整个节肢动物群落的数量动态变化相似(图 7)。中抗和高抗 741 杨群落刺吸昆虫数量随时间变化较为平稳,而对照 741 杨起伏波动剧烈,具体表现在 6 月底和 9 月中旬,对照 741 杨刺吸昆虫数量骤然上升,与其它时段形成明显对比,此两阶段蚜虫发生量剧增,导致刺吸昆虫数量出现高值。从图 7 看出,不同抗性株系刺吸昆虫亚群落在前期和后期的发生发展趋势与对照无明显差异。图 7 表明,转基因 741 杨在抑制刺吸昆虫方面也有显著效果。

(2) 刺吸昆虫种类时间动态 对照 741 杨刺吸昆虫亚群落物种丰富度变化平缓,基本处于持续上升态势,而高抗和中抗 741 杨在时间序列过程中,波动较为剧烈(图 8)。整体看,在 741 杨发芽、展叶期,刺吸昆虫危害较为严重,4、5 月份,刺吸昆虫种类为增加期,3 种类型均呈现上升趋势,此时主要种类为毛白蚜 *Chaitophorus populiabce*;6 月上旬到 7 月上旬由于食叶害虫种类和数量增加,刺吸昆虫受到抑制,种类有所下降;7 月中旬到 8 月中旬刺吸昆虫种类又明显回升,此时正值群落物种丰富期,主要刺吸昆虫有:毛白蚜、大青叶蝉 *Cicadella viridia* (Linnaeus)、粉虱科 Aleyrodidae、四斑苜蓿盲蝽 *Adelphocoris quadripunctatus* Fabricius 等。

2.4 转基因 741 杨对天敌和中性节肢动物动态影响

2.4.1 对捕食性天敌动态的影响

(1) 捕食性天敌数量动态 从总的趋势看,高抗和中抗 741 杨捕食性天敌的数量高于对照 741 杨同期水平(图 9)。前期抗性株系捕食性天敌显著高于对照,而此时害虫发生较少,进一步表明害虫不是捕食天敌的

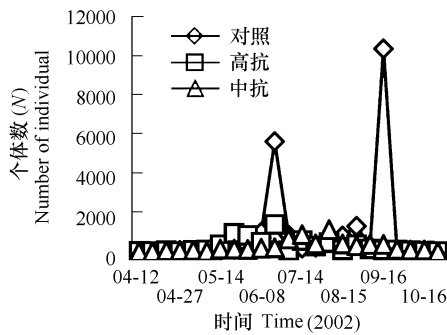


图7 741 杨不同株系刺吸害虫数量时间动态

Fig. 7 Population dynamics of sap-sucking insect groups of transgenic insect-resistance hybrid poplar 741 and CK stands

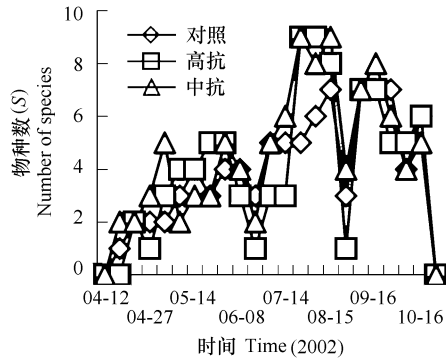


图8 741 杨不同株系刺吸害虫种类时间动态

Fig. 8 Species richness dynamics of sap-sucking insect groups of transgenic insect-resistance hybrid poplar 741 and CK stands

唯一食物来源。前期捕食性天敌主要以蚁类、蜘蛛类、食蚜蝇类和瓢甲类为主,尤其蚁类、蜘蛛类发生量较大;后期由于蚁类和蜘蛛类逐渐减少,使得捕食性天敌的数量较前期减少。从图 9 中可见,在害虫高发期,捕食性天敌的数量未呈现剧烈浮动,说明可能捕食性天敌与害虫之间关系并不十分密切。转基因 741 杨株系捕食性天敌的数量比对照 741 杨捕食性天敌大幅度增多,表明抗性株系有利于捕食性天敌的生存,高抗捕食性天敌数量增加高于中抗株系。

(2) 捕食性天敌种类时间动态 在时间过程中,高抗和中抗捕食性天敌亚群落物种丰富度明显高于对照 741 杨捕食性天敌种类(图 10)。前期物种处于增长期,三者均表现出种类不断增加的趋势,到 5 月中、下旬到达最高值。之后,由于某些捕食性天敌数量剧增,抑制了其它捕食性物种的增长,使得其物种丰富度有所下降,6 月下旬达到最低值,之后开始回生,8、9、10 月份处于数量和物种相对均衡期。捕食性天敌主要有:泥蜂科 Sphecidae、胡蜂科 Vespidae、蚁科 Formicidae、食蚜蝇科 Syrphidae、步甲科 Carabidae、瓢甲科 Coccinellidae、草蛉科 Chrysopidae、蜘蛛类等。图 9 表明:高抗和中等抗虫株系捕食性天敌不仅在数量上多于对照 741 杨,且二者物种丰富度也明显高于对照 741 杨群落,高抗优于中抗株系。

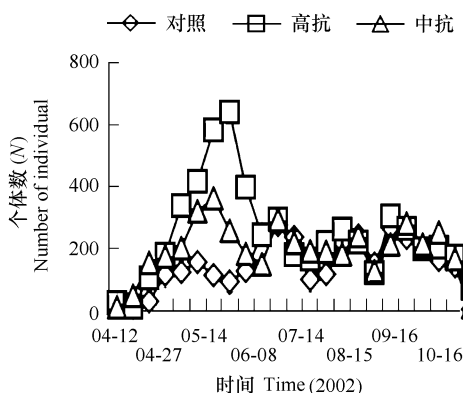


图9 741 杨不同株系捕食天敌数量时间动态

Fig. 9 Population dynamics of predator of transgenic insect-resistance hybrid poplar 741 and CK stands

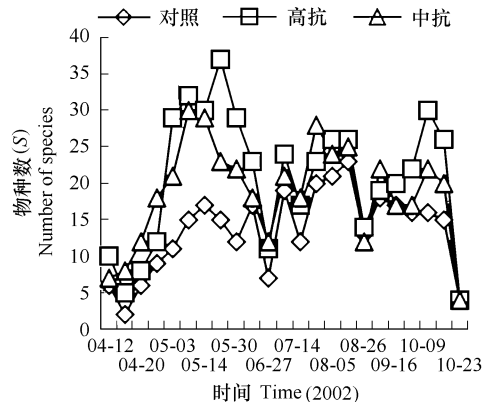


图10 741 杨不同株系捕食天敌种类时间动态

Fig. 10 Species richness dynamics of predator of transgenic insect-resistance hybrid poplar 741 and CK stands

2.4.2 对寄生性天敌动态的影响

(1) 寄生性天敌数量动态 从整体看,不同抗性株系和对照 741 杨寄生性天敌的数量动态变化大体趋势一致(图 11)。前期和中期 3 种类型寄生性天敌的数量均较少,后期由于捕食天敌的数量开始下降,寄生性天敌的个体数明显增加,以控制害虫。在时间序列过程中,高抗和中抗 741 杨寄生性天敌数量与对照相比略有

减少,但差异不大。说明,转抗虫基因 741 杨虽然对寄生性天敌的种类和数量有一定影响,但并不显著,同时也表明某些专化性较强的寄生昆虫的减少,并未影响整个寄生性天敌亚群落的作用。

(2) 寄生性天敌种类时间动态 寄生性天敌的种类随时间变化见图 12。从图 12 中可以看出,3 种类型群落中寄生性天敌种类变化剧烈,寄生性天敌寄生专一性较强。三者变化趋势上基本保持一致。前期害虫发生较少时,高抗和中抗株系寄生性种类波动较为剧烈,而对照 741 一直处于上升趋势,中后期抗性株系寄生性天敌的种类与对照同期相比较少。寄生性种类主要为姬蜂科 Ichneumonidae、小蜂科 Chalcididae、小茧蜂科 Braconidae、寄蝇科 Tachinidae 等。

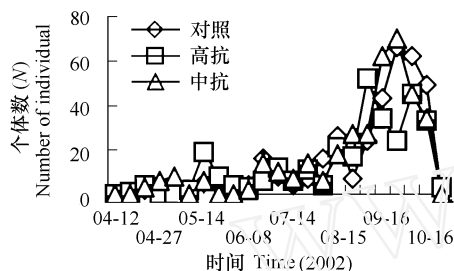


图 11 741 杨不同株系寄生天敌数量时间动态

Fig. 11 Population dynamics of parasitoids of transgenic insect-resistance 741 and CK stands

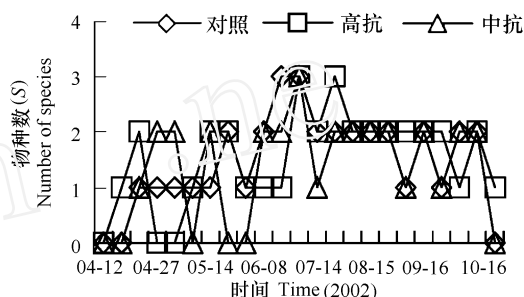


图 12 741 杨不同株系寄生性天敌种类时间动态

Fig. 12 Species richness dynamics of parasitoids of transgenic hybrid poplar insect-resistance hybrid poplar 741 and CK stands

2.4.3 对腐生和游逛节肢动物动态的影响

(1) 腐生和游逛节肢动物数量动态 腐生和游逛节肢动物数量动态变化如图 13。从图 13 可见,高抗和中抗 741 杨腐生和游逛种类的数量基本多于对照。前期,中抗和高抗群落中性昆虫的发生量相对较大,根据实际调查数据,发现此时害虫数量较少,而捕食天敌的数量较多,因此,中性昆虫可能为天敌提供了食物资源,起到了间接保护和增殖天敌的作用;中期,腐生和游逛类群数量略有下降,但仍有削弱和延缓害虫危害的作用;后期,害虫的数量开始减少,中性昆虫个体总数再次升高,可能为天敌提供了食物资源。因此,保护和调控中性昆虫,并维持其较大的种群数量,可以起到促进天敌控制害虫的桥梁作用。

(2) 腐生和游逛节肢动物类群物种丰富度时间动态 腐生和游逛节肢动物类群物种数随时间变化波动较大(图 14)。从整体上看,高抗和中抗株系与对照相比并未表现出明显的差异,彼此有高有低,说明:抗性株系对中性昆虫的物种丰富度无不利影响。腐生和游逛种类主要为:家蝇 *Musca domestica* L.、夏厕蝇 *Fannia canicularis* (Linnaeus)、丽蝇科 Calliphoridae、花蝇科 Anthomyiidae、水虻科 Stratiomyidae、大蚊科 Tipulidae (大蚊 *Tipula praepotens* Wied)、蚊科 Culicidae 等。

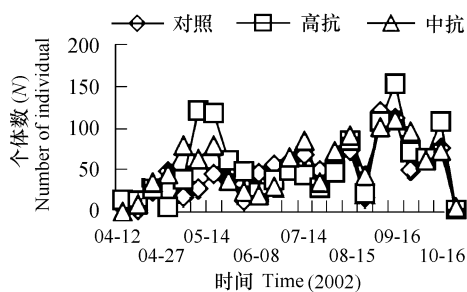


图 13 741 杨不同株系腐生和游逛种类数量时间动态

Fig. 13 Population dynamics of neutral Arthropod of transgenic hybrid poplar 741 and CK stands

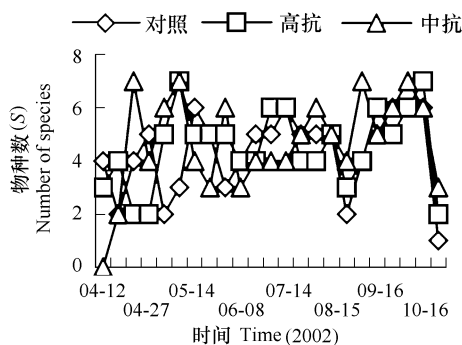


图 14 741 杨不同株系腐生和游逛种类物种动态

Fig. 14 Species richness dynamics of neutral Arthropod of transgenic insect-resistance hybrid poplar 741 and CK stands

3 结论

在时间序列过程中,转基因 741 杨对目标害虫鳞翅目食叶害虫表现出持续的抗性,其数量明显减少,其中高抗和中抗 741 杨两种株系之间没有显著差异。转基因 741 杨对非目标害虫有一定影响:在食叶害虫数量方面,抗性株系略有增加,但与对照差异不大;在刺吸害虫数量方面,转基因 741 杨对其明显有抑制作用。高抗 741 杨其它类食叶害虫和刺吸害虫物种波动剧烈,中抗较为平缓。转基因 741 杨株系捕食性天敌的种类数量比对照 741 杨捕食性天敌大幅度增多,但与害虫发生并不密切相关。高抗和中抗 741 杨寄生性天敌数量与对照相比略有减少,其种类变化较为剧烈。抗性株系 741 杨腐生和游逛种类的数量多于对照同期。

根据实际调查数据可以看出,在 741 杨生长早期,捕食天敌在种类和数量上占有绝对优势,而此时害虫尚未侵入或未建立种群,因此,天敌的发生发展不一定依赖于害虫的种类数量,而是和一些中性节肢动物有关。保护和调控中性节肢动物,并维持其较大的种群数量,以起到促进天敌控制害虫的桥梁作用。目的害虫、非目的害虫、天敌以及中性节肢动物随时间的动态变化与整体所表现出的规律基本一致。说明:转基因 741 杨对植食性类群的发生发展有较强的抑制作用,而对天敌和中性节肢动物的发生发展无不良影响。

References:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] Deng X, Tan J C. The Seasonal Dynamics of Species and Quantities of Insect Pests and Natural Enemies in Tea Plantations Under Ecological Control. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(7): 1167 ~ 1172.
- [6] Gao B J, Shen S G, Wang Z W, *et al.* Studies on the temporal structure and dynamics of the insect communities in gardens. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, 18(2): 193 ~ 197.
- [7] Cui J J, Xia J Y. Effects of transgenic Bt cotton R93-6 on the insect community. *Acta Entomologica Sinica*, 2000, 43(1): 43 ~ 51.
- [8] Birch A N E. Interactions between plant resistance genes, pest aphid populations and beneficial aphid predators. *Scottish Crop Res. , Inst. Annual Report*, Dundee, 1998, 7: 68 ~ 72.
- [9] Andow D A. Community response to transgenic plant release: using mathematical theory to predict effects of transgenic plants. *Molecular Ecology (United Kingdom)*, 1994, 3(1): 65 ~ 70.
- [10] Xia J Y, Wang C Y, Ma Y, *et al.* Arthropod community structures in different cotton cropping systems. *Acta Gossypii Sinica*, 1998, 10(1): 26 ~ 32.
- [11] Cui J J, Xia J Y. Effects of Transgenic Bt Cotton on the population dynamic of natural enemies. *Acta Gossypii Sinica*, 1999, 11(2): 84 ~ 91.
- [12] Yang Y Z, Yu Y S, Re L L, *et al.* Effect of Bt transgenic cotton on parasitism of cotton bollworm. *Entomological Knowledge*, 2001, 38(6): 435 ~ 437.
- [13] Cui J J, Xia J Y. Effects of Transgenic Cotton (with Early Maturity) on Population Dynamic of Main Pests and Their Natural Enemies. *Acta Gossypii Sinica*, 1998, 10(5): 255 ~ 262.
- [14] Cui J J, Xia J Y. Effects of Bt (*Bacillus thuringiensis*) transgenic cotton on dynamics of pest population and enemies. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2000, 27(2): 141 ~ 145.
- [15] Cui J J, Xia J Y. Effects of Transgenic Bt Cotton on Population Dynamic of Main Pests and Their Natural Enemies. *Acta Agriculturae Universitatis Henanensis*, 1997, 31(4): 351 ~ 356.
- [16] Wang C Y, Xia J Y. The difference of *Helicoverpa armigera* Hubner and its main natural enemy population dynamics between Bt cotton and normal cotton. *Chinese Cotton*, 1997, 24(6): 13 ~ 15.
- [17] Velders R M, Cui J J, Xia J Y, *et al.* Influence of Transgenic Cotton on the Cotton Aphid (*Aphis gossypii*) and Its Two Major enemies in North China. *Cotton Science*, 2002, 14(3): 175 ~ 179.
- [18] Deng S D, Xu J, Zang 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.
- [19] Qin Q J, Li G P, Yang X D, *et al.* Effects of transgenic Bt cotton on population dynamic of cotton bollworm and their natural enemies. *Journal of*

Agricultural University of Hebei, 2002, 25(4): 57 ~ 60.

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 邓欣, 谭济才. 生态控制茶园内害虫、天敌种类及数量的季节变化规律. 生态学报, 2002, 22(7): 1167 ~ 1172.
- [6] 高宝嘉, 申曙光, 王正文, 等. 园林昆虫群落时间结构及动态研究. 生态学报, 1998, 18(2): 193 ~ 197.
- [7] 崔金杰, 夏敬源. 麦套夏播转 BT 基因棉 R93-6 对昆虫群落的影响. 昆虫学报, 2000, 43(1): 43 ~ 51.
- [10] 夏敬源, 王春义, 马艳, 等. 不同类型棉田棉铃虫及其优势天敌种群动态研究初报. 中国棉花, 1995(6): 26 ~ 32.
- [11] 崔金杰, 夏敬源. 转 Bt 基因棉对天敌种群动态的影响. 棉花学报, 1999, 11(2): 84 ~ 91.
- [12] 杨益众, 余月书, 任璐, 等. 转基因棉花对棉铃虫天敌寄生率的影响. 昆虫知识, 2001, 33(6): 435 ~ 437.
- [13] 崔金杰, 夏敬源. 麦套夏播转 Bt 基因棉田主要害虫及天敌的发生规律. 棉花学报, 1998, 10(5): 255 ~ 262.
- [14] 崔金杰, 夏敬源. 一熟转 Bt 基因棉田主要害虫及天敌的发生规律. 植物保护学报, 2000, 27(2): 141 ~ 145.
- [15] 崔金杰, 夏敬源. 转 Bt 基因棉对棉田主要害虫及其天敌种群消长的影响. 河南农业大学学报, 1997, 31(4): 351 ~ 356.
- [16] 王春义, 夏敬源. Bt 抗虫棉与常规棉棉铃虫及其主要天敌种群动态差异. 中国棉花, 1997, 24(6): 13 ~ 15.
- [17] Velders R M, 崔金杰, 夏敬源, 等. 中国北方棉区转基因抗虫棉对棉苗蚜及其两种天敌的影响. 棉花学报, 2002, 14(3): 175 ~ 179.
- [18] 邓曙东, 徐静, 张青文, 等. 转 Bt 基因对非靶标害虫及害虫天敌种群动态的影响. 昆虫学报, 2003, 46(1): 1 ~ 5.
- [19] 秦秋菊, 李国平, 杨向东, 等. 转 Bt 基因对棉铃虫及其天敌发生的影响. 河北农业大学学报, 2002, 25(4): 57 ~ 60.