

转基因棉对土耳其斯坦叶螨生命参数的影响^{*}

李广云^{1**} 李海强² 郭艳兰¹ 杨 帅¹ 李晶晶¹ 夏 伟¹ 张建萍^{1,2***}

(1. 新疆石河子大学农学院 石河子 832000;

2. 农业部西北荒漠绿洲作物有害生物综合治理重点实验室 乌鲁木齐 830091)

摘 要 为了研究转基因棉花对北疆叶螨优势种土耳其斯坦叶螨 *Tetranychus turkestani* (Ugarov et Nikolskii) 种群生命参数的影响, 本实验以常规棉中棉 49 作为对照, 构建了叶螨在单价转基因棉新棉 33B (Bt)、双价转基因棉中棉 41 (Bt + CpTI) 上的室内种群生命表。结果表明, 单双价转基因棉对叶螨的生长发育历期及生殖参数并没有明显影响; 且取食常规棉的叶螨种群参数净生殖率、内禀增长率、平均世代周期、种群加倍时间、周限增长率、存活曲线也与单双价棉无显著差异, 这说明转基因棉对棉叶螨的生长发育、繁殖及种群增长并无显著影响。

关键词 转基因棉, 土耳其斯坦叶螨, 生命表

Effect of transgenic cotton on life table parameters of *Tetranychus turkestani*

LI Guang-Yun^{1**} LI Hai-Qiang² GUO Yan-Lan¹ YANG Shuai¹

LI Jing-Jing¹ XIA Wei¹ ZHANG Jian-Ping^{1,2***}

(1. College of Agriculture, Shihezi University, Shihezi 832000, China; 2. Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crop in Northwestern Oasis, Ministry of Agriculture P. R. China, Urumqi 830091, China)

Abstract An investigation was made into the effect of transgenic cotton on the life table parameters of *Tetranychus turkestani* (Ugarov et Nikolskii), which is the dominant mite species in northern Xinjiang. Experiments were conducted to construct life tables for *T. turkestani* on univalent transgenic cotton Xinmian 33B (Bt), the bivalent transgenic cotton Zhongmian 41 (Bt + CpTI) and conventional cotton Zhongmian 49. Univalent transgenic cotton or bivalent transgenic cotton had no obvious effects on mites developmental period or fecundity parameters. Furthermore, there was no significant difference in the net reproductive rate, intrinsic rate of increase, mean generation time, doubling time and finite rate of increase between *T. turkestani* fed on transgenic cotton and *T. turkestani* fed on conventional cotton, suggesting that transgenic cotton does not affect the development, fecundity and populations of cotton mites.

Key words transgenic cotton, *Tetranychus turkestani*, life table

导入外源 Bt 基因的转基因植物自商业化推广种植以来, 它的使用在世界范围内不断增加。90 年代以来转基因棉花大面积推广, 棉铃虫、红铃虫等靶害虫得到了有效的控制 (Shelton *et al.*, 2002; Cattaneo *et al.*, 2006; Yves, 2006; Wu *et al.*, 2008; Hutchison *et al.*, 2010; Tabashnik *et al.*, 2010) 减少了农药的使用量 (Rejesus *et al.*, 1997; Shelton *et al.*, 2002; Cattaneo *et al.*, 2006; 陆宴辉,

2012)。随着转基因棉的种植面积不断扩大, 它对非靶害虫的影响及转基因作物上非靶害虫的防控越来越受到人们的重视。西北棉区是中国的三大棉区之一, 近年来由于棉田三大害虫 (棉铃虫、棉蚜、棉叶螨) 的严重发生, 导致棉花大量减产。为了控制害虫, 减少害虫控制的成本, 转基因棉花也开始越来越受到种植者的青睐。正确评价转基因棉花对刺吸式口器害虫的影响, 对于棉田害虫

^{*} 资助项目: 公益性行业 (农业) 专项 (201103020); 国家棉花产业技术体系西北棉区病虫害综合防控 (CARS-18)。

^{**} E-mail: kathy0919@126.com

^{***} 通讯作者, E-mail: zhangjp9507@yahoo.com.cn

收稿日期: 2012-12-06, 接受日期: 2013-01-19

的有效控制具有一定的指导意义 (Jorg *et al.*, 2011)。已有一些学者如夏敬源等(1999)、方施龙等(2004)、王晶等(2008)对转基因植物田间棉叶螨种群的数量进行了调查,他们发现转基因棉田棉叶螨的发生量较常规棉高,其对棉花的危害也加重。Gabriela 和 Rostislav (2006)用叶碟法研究了叶螨对转基因植物及非转基因植物的寄主偏好性,结果显示叶螨对转基因植物的选择性仅为 34.0%,明显低于非转基因植物。大规模的田间调查虽然最接近真实状况,但是由于害虫田间种群数量庞大且波动性强,而且实验重复数少,使得转基因植物对非靶害虫的细微的影响很难被检测出来 (Tanja *et al.*, 2003)。

据有关报道新疆转基因棉的种植面积逐年增加(王海燕等,2011;李海强等,2012)。土耳其斯坦叶螨为新疆北疆棉花优势种,为新疆棉花重要害虫(袁辉霞等,2012),为了进一步明确转基因棉花对新疆棉花优势害螨的影响,本文以室内饲养的土耳其斯坦叶螨敏感种群为供试虫源,以新疆农科院植物保护研究所提供的转基因棉及常规棉为试验材料,在室内研究了转基因棉对土耳其斯坦叶螨生长发育、繁殖及种群参数的影响,以期合理地评价它对土耳其斯坦叶螨的生态风险,并为新疆转基因棉田棉叶螨的综合治理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用棉花品种:常规棉花品种为中棉所 49 号 (CCRI49);单价转 Bt 基因棉为新棉 33B;双价转 Bt + CpTI 基因棉为中棉所 41 号 (ZGK9708)。

土耳其斯坦叶螨 *Tetranychus turkestanii* (Ugarov *et* Nikolskii) 采自石河子大学农学院试验站,该种群在 RXZ-260B 型智能人工气候箱内(饲养条件:温度为 $28^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 $70\% \pm 5\%$,光周期为 L:D = 16:8)用刀豆 (*Semen canavaliae* Gladiatae) 饲养 20 代以上,在饲养过程中不接触任何药剂。

1.2 试验方法

在直径 9 cm 的培养皿中放厚度为 0.5 cm 的海绵,将清洁的棉花叶片叶背朝上放在海绵上,叶缘用湿润的脱脂棉条封住,培养皿中加适量清水。分别挑入刚蜕皮的雌成螨 5 头和雄成螨 2 头,在

$28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、RH 为 75% ~ 90%、光周期为 L:D = 16:8 的人工气候箱中产卵 24 h,将成螨剔除,每叶留 20 粒卵供饲养观察。每个处理 120 粒卵 6 个培养皿,待发育为幼螨时用浸水棉条把幼螨隔开单头饲养,每 24 h 观察一次,每 5 d 换一次棉叶,记载各螨态历期及死亡情况。进入成螨期时,雌雄配对饲养,开始产卵后,每天记录产卵量,并剔除新产卵,直至成螨死亡。根据生命表计算比较各品种上土耳其斯坦叶螨的生命参数。

1.3 生命表参数计算方法

生命表参数数据利用以下公式(赵志模和周新远,1984)计算,组建土耳其斯坦叶螨种群生命表。

$$\text{种群净增殖率 } R_0 = \sum l_x m_x,$$

$$\text{种群内禀增长力 } r_m = \ln R_0 / T,$$

$$\text{世代平均周期 } T = \sum (X l_x m_x) / \sum l_x m_x,$$

$$\text{种群加倍时间 } t = \ln 2 / r_m,$$

$$\text{周限增长率 } \lambda = \exp(r_m),$$

$$\text{种群趋势指数 } I = N(n+1)/Nn.$$

1.4 数据分析

利用 Microsoft Office Excel 2007 和 SPSS17.0 对数据进行处理并用 Duncan's 新复极差法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 土耳其斯坦叶螨在不同品种棉花上发育历期参数的比较

由室内不同棉花上叶螨种群各虫态的发育历期的统计结果(表 1)可以看出,常规棉上土耳其斯坦叶螨的幼螨期、前若螨期、后若螨期、成螨期、世代时间等各参数与单、双价转基因棉均没有显著性差异 ($P > 0.05$),仅在幼螨期上常规棉显著低于单、双价转基因棉 ($P < 0.05$)。这说明了单双价转基因棉对叶螨的生长发育并没有显著的促进或抑制作用。

2.2 土耳其斯坦叶螨在不同品种棉花上生殖参数的比较

不同品种棉花上叶螨的生殖参数如表 2。取食不同品种棉花的叶螨产卵前期、产卵期、产卵后期、日均产卵量、雌螨寿命、总产卵量等经显著性分析表明各参数差异均未达到显著性水平 ($P > 0.05$)。由此可见,单双价转基因棉对叶螨的生殖力没有影响。

表 1 土耳其斯坦叶螨在棉花不同品种上发育历期参数的比较

Table 1 Developmental period parameters of *Tetranychus turkestani* on different cotton varieties

参数 Parameters	棉花品种 Different cotton varieties		
	常规棉	单价棉	双价棉
	Conventional cotton	Univalent transgenic cotton	Bivalent transgenic cotton
卵期 (d) Egg (d)	4.00 ± 0.00a	4.00 ± 0.00a	4.00 ± 0.00a
幼螨期 (d) Larva (d)	1.98 ± 0.19b	2.53 ± 0.18a	3.00 ± 0.21a
前若螨期 (d) Protonymph (d)	2.50 ± 0.14a	2.43 ± 0.18a	2.20 ± 0.16a
后若螨期 (d) Deutonymph (d)	2.67 ± 0.18a	2.58 ± 0.20a	2.22 ± 0.14a
世代 (d) Generation time (d)	12.48 ± 0.40a	13.39 ± 0.25a	12.86 ± 0.27a
成螨期 (d) Adult (d)	13.87 ± 1.21a	13.26 ± 1.20a	12.81 ± 1.25a

注:表中数据为平均值 ± 标准误。数据后标有不同字母表示不同品种间差异显著 ($P < 0.05$)。下表同。
Data in the table are mean ± SE. The parameters of different cotton type followed by the different letters are significantly different at 0.05 level. The same below.

表 2 不同品种棉花上生殖参数的比较

Table 2 Fecundity parameters of *Tetranychus turkestani* on different cotton varieties

参数 Parameters	常规棉 Conventional cotton	单价棉 Univalent transgenic cotton	双价棉 Bivalent transgenic cotton
产卵前期 (d) Pre-oviposition	1.46 ± 0.15a	1.72 ± 0.16a	1.37 ± 0.14a
产卵后期 (d) Post-oviposition	1.43 ± 0.30a	1.69 ± 0.18a	1.22 ± 0.15a
产卵期 (d) Oviposition	11.75 ± 1.05a	10.56 ± 1.20a	11.78 ± 1.06a
日均产卵量 (粒) Eggs/Adult/d	4.22 ± 0.36a	4.89 ± 0.40a	5.11 ± 0.34a
雌螨寿命 (d) Adult longevity (d)	24.25 ± 1.17a	23.69 ± 1.23a	24.00 ± 1.15a
总产卵量 (粒) Total eggs	48.63 ± 6.28a	53.07 ± 7.45a	53.70 ± 5.75a

2.3 土耳其斯坦叶螨在不同品种棉花上的种群参数比较

表 3 为光照培养箱内饲养的单双价转基因棉和常规棉上土耳其斯坦叶螨的种群参数。不同品种棉花叶螨的净生殖率、平均时代周期、内禀增长率、种群加倍时间、周限增长率均不存在显著性差异 ($P > 0.05$)。这些参数说明了叶螨在常规棉及单双价棉上的生殖力相当,转基因棉并没有影响

叶螨的种群增长。

2.4 土耳其斯坦叶螨在不同品种棉花上存活率曲线的比较

存活率曲线描述的是一个种群通过一个世代的过程中的死亡速率。它反映的是种群死亡的年龄分布情况,是物种在响应环境下种的特征。同一种群在不同的环境条件下的存活曲线也不尽相同。叶螨在不同品种棉花上的存活率曲线见图 1。

由图 1 可以看出,不同品种棉花上叶螨的存活率 叶螨种群的存活产生明显负影响。曲线基本一致。表明了单双价转基因棉并没有对

表 3 不同品种棉花上土耳其斯坦叶螨种群参数比较
Table 3 Population parameters of *Tetranychus turkestan*i on different cotton varieties

参数 Parameters	棉花品种 Different cotton varieties		
	常规棉 Conventional cotton	单价棉 Univalent transgenic cotton	双价棉 Bivalent transgenic cotton
净生殖率 Net reproductive rate(R_0)	29.2607 ± 7.39a	31.3034 ± 3.71a	29.9476 ± 6.57a
平均世代周期 Mean generation time(T)	15.9514 ± 0.86a	16.8155 ± 0.44a	17.7217 ± 0.64a
内禀增长率 Intrinsic rate of increase(r_m)	0.2310 ± 0.18a	0.2037 ± 0.09a	0.1870 ± 0.11a
种群加倍时间 Doubling time(D_t)	3.3190 ± 0.26a	3.4266 ± 0.17a	3.7461 ± 0.23a
周限增长率 Finite rate of increase(λ)	1.2380 ± 0.22a	1.2260 ± 0.12a	1.2059 ± 0.13a

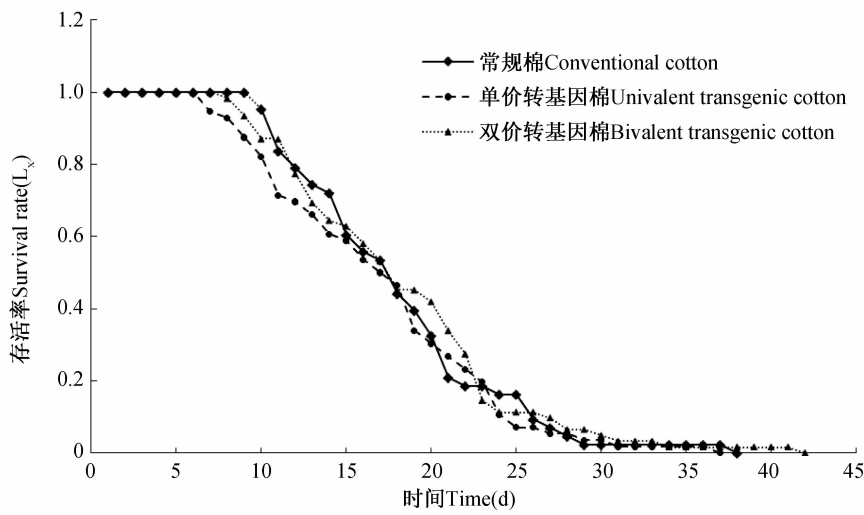


图 1 土耳其斯坦叶螨在不同品种棉花上存活率曲线
Fig.1 Survival curve of *Tetranychus turkestan*i on different cotton varieties

2.5 土耳其斯坦叶螨在不同品种棉花上产雌数曲线的比较

土耳其斯坦叶螨在不同品种棉花上的产雌数曲线见图 2。由图 2 可以看出,3 种棉花上的叶螨种群都在产卵期开始后的第 5 天左右达到第一个产卵高峰期,随后每日的产雌数基本为 2 ~ 5 粒/雌/日,在第 20 天至 25 天出现第 2 个卵量高峰期。虽然在单价转基因棉上日产雌量上波动较大,但

总数上,常规棉及单双价转基因棉上的叶螨产雌数未表现出明显的差异,可见转基因棉并未影响叶螨的产雌数。

3 讨论

随着转基因植物的种植面积不断加大,其对相关生态系统中非靶标生物的影响引起了人们的关注 (Reed *et al.* , 2001 ; Schuler *et al.* , 2003)。

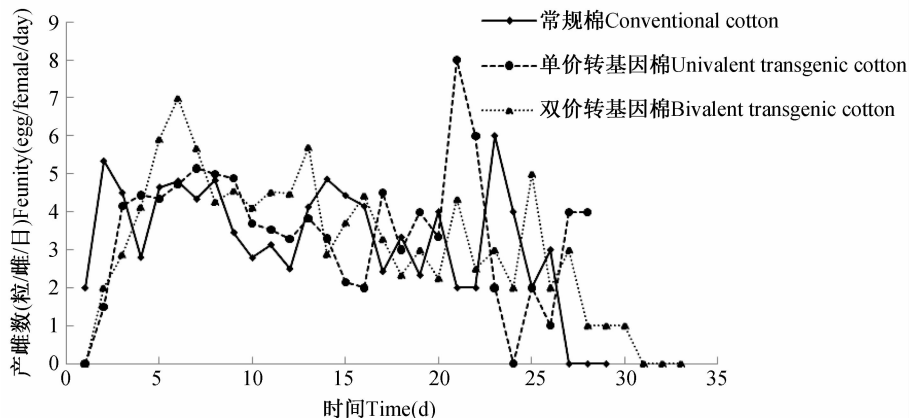


图2 土耳其斯坦叶螨在不同品种棉花上产雌数曲线

Fig. 2 Fecundity of *Tetranychus turkestani* on different cotton varieties

田间种群动态的调查虽能直接地反映转基因植物上非靶害虫的种群发展趋势,但是生命表参数的研究更能有效的探究转基因植物对非靶生物生长发育及种群动态的影响。以上研究结果表明,转基因棉对叶螨的生长发育及生殖参数没有显著的影响。这与邱晓红等(2006)及Li和Romeis(2010)等的研究结果具有一致性。说明了带有Bt基因的转基因植物并不会影响叶螨的生长发育及生殖参数。这可能是由于叶螨自身对Bt毒蛋白并不十分敏感。此外,Bt毒蛋白的表达能促进氮代谢,降低了棉花抗螨重要次生代谢物的的合成(马惠等,2012),可能该途径削弱了棉花对螨的不利影响。鉴于虽有大量研究表明Bt棉花对叶螨没有影响,但是都未探究这种结果归因于叶螨对毒蛋白不敏感,抑或是次生代谢物的减少抑制了毒蛋白的副作用,则有待于进一步的研究。

本研究还发现取食常规棉和单双价转基因棉的叶螨种群参数如净生殖率、内禀增长率等并没有显著的差异,这与黄民松等(2009)的研究结果一致。净生殖率表示一雌性个体经过1个世代后所产生的雌性后代,内禀增长率则包括了种群生长发育、繁殖以及存活等方面。它代表具有稳定年龄组配的动物种群在一定的生理和环境条件下的瞬时增长率(James and Kaihong, 1999)。因此,这两个参数都可表明了短期内转基因植物并不会对叶螨的种群增长表现出有利影响。此外,叶螨在3种棉花上的存活率曲线及产雌数曲线均无显著性差异,这证明了取食转基因棉的第一代叶螨并未受到Bt毒蛋白的影响。

本研究表明转基因棉并不影响叶螨的生长发育、繁殖及种群增长,但并不意味着田间转基因作物上叶螨种群不会上升为主要害虫,甚至超过常规棉田。这是因为主要害虫得到有效控制后农药的使用量相对减少导致昆虫群落结构发生变化,食物竞争对手减少,再加上天敌对叶螨的控制力弱(邱晓红等,2006;雍小菊和丁伟,2011)都会导致叶螨暴发成灾。本研究仅探讨了转基因棉对第1代叶螨的影响,要更准确并全面地评估转基因棉的生态风险,还需进一步对转基因植物上多代叶螨进行系统的室内及大田研究。

参考文献 (References)

- Cattaneo MG, Yafuso C, Schmidt C, Huang CY, Rahman M, Olson C, Christa EK, Barron JO, Start EM, Larry A, Pierre D, Yves C, 2006. Farm-scale evaluation of the impacts of transgenic cotton on biodiversity, pesticide use, and yield. *PNAS*, 103(20):7571–7576.
- Gabriela ZR, Rostislav Z, 2006. Host plant preference of aphids, thrips and spider mites on GNA-expressing and control potatoes. *Phytoparasitica*, 34(2):139–148.
- Hutchison WD, Burkness EC, Mitchell PD, Moon RD, Leslie TW, 2010. Areawide suppression of European corn borer with Bt maize reaps savings to non-Bt maize growers. *Science*, 330(6601):222–225.
- James HT, Kaihong W, 1999. Life table study of brown citrus aphid (Homoptera: Aphididae) at different temperatures. *Popu. Ecol.*, 28(3):412–419.
- Jorg R, Richard LH, Marco PC, Keri C, Dinda DS, Angharad MRG, Rod AH, Joseph EH, Morven AM, Alan

- R, Anthony M, Annabel W, 2011. Recommendations for the design of laboratory studies on non-target arthropods for risk assessment of genetically engineered plants. *Transgenic Res.*, 20(1):1–22.
- Reed GL, Andrew SJ, Jennifer R, Graham H, Jian JD, 2001. Transgenic Bt potato and conventional insecticides for Colorado potato beetle management: comparative efficacy and non-target impacts. *Entomol. Exp. Appl.*, 100(1):89–100.
- Rejesus RM, Green JK, Hamming MD, 1997. Economic analysis of insect management strategies for transgenic Bt cotton production in South Carolina. Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences, USA. 247–251.
- Schuler TH, Potting RPJ, Denholm I, Clark SJ, Clark AJ, Stewart CN, Tanja H, Guy MP, 2003. Tritrophic choice experiments with Bt plants, the diamondback moth (*Plutella xylostella*) and the parasitoid *Cotesia plutellae*. *Transgenic Res.*, 12(3):351–361.
- Shelton AM, Zhao JZ, Roush RT, 2002. Economic, ecological, food safety, and social consequences of the deployment of Bt transgenic plants. *Annu. Rev. Entomol.*, 47:845–881.
- Tabashnik, BE, Sisterson MS, Ellsworth PC, Dennehy TJ, Antilla L, Liesner L, Whitlow M, Staten RT, Fabrick JA, Unnithan GC, Yelich AJ, Ellers-Kirk C, Harpold VS, Li X, Carrière Y, 2010. Suppressing resistance to Bt cotton with sterile insect releases. *Nature Biotechnol.*, 28(12):1304–1307.
- Tanja HS, Roel PJP, Ian D, Suzanne JC, Alison JCC, Neal S, Guy MP, 2003. Tritrophic choice experiments with Bt plants, the diamondback moth (*Plutella xylostella*) and the parasitoid *Cotesia plutellae*. *Transgenic Res.*, 12(3):351–361.
- Wu KM, Lu YH, Feng HQ, Jiang YY, Zhao JZ, 2008. Suppression of cotton bollworm in multiple crops in China in areas with Bt toxin-containing cotton. *Science*, 321(5896):1676–1678.
- Li YH, Romeis J, 2010. Bt maize expressing Cry3Bb1 does not harm the spider mite, *Tetranychus urticae*, or its ladybird beetle predator, *Stethorus punctillum*. *Biol. Control*, 53(3):337–344.
- Yves C, Christa EK, Mark S, Larry A, Mike W, Timothy JD, Bruce ET, 2006. Long-term regional suppression of pink bollworm by *Bacillus thuringiensis* cotton. *PNAS*, 100(4):1519–1523.
- 方诗龙, 夏风, 王向阳, 2004. 转 Bt 基因棉田棉叶螨发生规律及药剂防治试验. 安徽农业科学, 32(4):680–681.
- 黄民松, 邱晓红, 万鹏, 荣秀兰, 吴金萍, 2009. 转 Bt 基因棉对朱砂叶螨适合度的影响. 棉花学报, 21(3):255.
- 李海强, 李号宾, 王冬梅, 丁瑞丰, 汪飞, 阿克旦·吾外士, 徐遥, 刘建, 2012. 转基因抗棉铃虫抗草甘膦棉花对棉铃虫的抗虫性及对二种地老虎幼虫生长发育的影响. 应用昆虫学报, 49(4):882–888.
- 陆宴辉, 2012. Bt 棉花害虫综合治理研究前沿. 应用昆虫学报, 49(4):809–819.
- 马惠, 赵鸣, 夏晓明, 王红艳, 董合忠, 2012. Bt 棉对棉叶螨发生的影响及与次生代谢物质的关系. 棉花学报, 24(6):481–487.
- 邱晓红, 黄民松, 荣秀兰, 2006. 转 Bt 基因棉田朱砂叶螨及其天敌生态位研究. 湖北农业科学, 45(3):331–334.
- 王海燕, 苏建辉, 王子华, 詹杰鹏, 向本春, 黄先忠, 郑银英, 2011. 北疆抗虫棉 Bt 毒蛋白在棉蚜食物链中动态研究. 石河子大学学报自然版, 29(4):420–424.
- 王晶, 吕昭智, 孟建文, 何卫疆, 贾艳红, 2008. 转 Bt 基因棉花对新疆棉田主要害虫和天敌种群的影响. 新疆农业科学, 45(3):433–437.
- 夏敬源, 崔金杰, 马丽华, 1999. 转 Bt 基因抗虫棉在害虫综合治理中的作用研究. 棉花学报, 11(2):57–64.
- 雍小菊, 丁伟, 2011. 植物的抗螨机理. 应用昆虫学报, 48(5):1495–1504.
- 袁辉霞, 李庆, 杨帅, 赵伊英, 郭艳兰, 张建萍, 2012. 不同棉花品种对土耳其斯坦叶螨的种群动态和种群参数的影响. 应用昆虫学报, 49(4):923–931.
- 赵志模, 周新远, 1984. 生态学引论. 北京:科学技术文献出版社. 16–85.