

转基因抗草甘膦棉栽培地生存竞争能力

姜伟丽, 马小艳, 任相亮, 胡红岩, 马亚杰, 王 丹, 马 艳*
中国农业科学院棉花研究所/棉花生物学国家重点实验室, 河南 安阳 455000

摘要:【目的】针对我国研发的具有自主知识产权的转 EPSPS 基因抗除草剂棉花, 研究其环境适应和生存竞争能力, 以评价其环境安全性, 为其生产应用提供依据。【方法】试验在河南安阳中国农业科学院棉花研究所试验农场中进行。以转基因 (EPSPS) 抗草甘膦棉为试验品种, 受体材料和中棉所 49 为对照品种, 在正常管理模式下, 对棉花的营养生长、生殖生长、产量因子及纤维品质等指标进行比较。【结果】转基因抗草甘膦棉花在苗期、现蕾期、花铃期和吐絮期的株高均低于受体材料, 但差异不显著; 花铃期, 转基因抗草甘膦棉花每株花蕾数比受体材料少 3.58 个, 差异达到显著水平; 但在吐絮期其单株铃数比受体材料多 1.1 个, 且其产量比受体材料高 91.4 kg · hm⁻²; 转基因抗草甘膦棉花的纤维品质也有一定程度的改善。同时, 转基因抗草甘膦棉花上述各项生长指标、产量及纤维品质等均与对照品种中棉所 49 相当。【结论】转基因抗草甘膦棉花在栽培地环境下可正常生长, 未对农业生产造成明显的负面影响和风险。

关键词: 转基因抗草甘膦棉; 栽培地; 生存竞争能力; 产量; 纤维品质

Agronomic characteristics of a Chinese-developed transgenic glyphosate-resistant cotton in cultivated land

JIANG Weili, MA Xiaoyan, REN Xiangliang, HU Hongyan, MA Yajie, WANG Dan, MA Yan*
State Key Laboratory of Cotton Biology/Cotton Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences,
Anyang, Henan 455000, China

Abstract: 【Aim】 In order to evaluate the environmental safety of transgenic EPSPS glyphosate-resistant cotton (GRC), developed by China, the adaptability and competitiveness were studied. 【Method】 The experiment was carried out at the experimental farm of the Cotton Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Anyang City, Henan Province, China. GRC cultivars were used as test materials along with its recipient material and cv. CRI49 as the control. Vegetative and reproductive growth, yield contributing traits and fiber quality were evaluated and compared under the normal recommended management model. 【Result】 Compared with the recipient material, GRC showed certain negative effects on the plant height across growth stages, although the differences were not statistically significant. The number of flower buds per plant of GRC was 3.58 fewer than that of the recipient cv. with significant differences at blooming and boll forming stage. The mean boll number was 1.1 more at boll opening stage and the yield was 91.4 kg · ha⁻¹ in GRC than the recipient material, and fiber quality also improved. The growth factors, yield and fiber quality of GRC were similar to those of cv. CRI49. 【Conclusion】 The field performance of the transgenic glyphosate-resistant cotton was not inferior to existing non-GM cultivars.

Key words: transgenic glyphosate-resistant cotton; cultivated land; survival competitiveness; yield; fiber quality

据国际农业生物技术应用服务组织 (2017) 发布的《2016 年全球生物技术/转基因作物商业化发展态势》显示, 全球转基因作物的种植面积从 1996 年的 170 万 hm² 增加到 1.851 亿 hm², 增加了 110 倍。其中, 耐除草剂作物的种植面积为 8650 万 hm², 占全球

转基因作物种植面积的 47%。草甘膦和草铵膦两大灭生广谱性除草剂被首选, 主要应用于转基因大豆、油菜、玉米、苜蓿和棉花等作物。目前, 抗草甘膦性状已在大豆、棉花和油菜作物中成功应用并在市场上占据了主导地位 (郭书巧等, 2012; 邱龙等, 2012)。

收稿日期 (Received): 2017-07-20 接受日期 (Accepted): 2017-10-13

基金项目: 国家科技重大专项“转基因生物新品种培育”子课题“动植物转基因材料价值评估” (2016ZX08010005-007)

作者简介: 姜伟丽, 女, 助理研究员, 硕士。研究方向: 棉田杂草化学防除及转基因棉花环境安全评价技术。E-mail: zhsjwl@126.com

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: aymayan@126.com

近年来,转基因作物新品种的大面积推广种植在带来直接经济与生态效益的同时,其生物安全问题在全世界范围内引起了广泛关注。因此,研发与安全评价同步是转基因作物育种的重要原则。转基因作物环境安全性评价主要包括基因漂移、与近缘野生种的可交配性、对非靶标生物的影响及生存竞争性等方面。其中,转基因作物的生存竞争能力是转基因作物环境安全性评价的重要内容之一(刘娜等,2006; James, 1996)。针对我国研发的耐除草剂转基因作物在生存竞争能力方面的评价有:在荒地的生存竞争能力且是否能演变成超级杂草的可能性(陈小文等,2012; 崔荣荣等,2012; 马小艳等,2013; 宋小玲等,2009; 孙红炜等,2014),以及在栽培地的生存竞争能力(马小艳等,2014; 张兴华等,2010)。但目前,有关转基因抗草甘膦棉花的环境适应和生存竞争能力鲜有报道。因此,本试验选用我国研发的具有自主知识产权的转 EPSPS 基因抗除草剂棉花 G GK-2 为研究对象,参照农业部 953 号公告-12-2007《转基因植物及其产品环境安全检测 抗虫棉花 第 2 部分:生存竞争能力》(中华人民共和国农业部,2007),对其栽培地生存竞争能力进行研究,以期为转基因抗草甘膦棉花的生产应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验品种为转 EPSPS 基因抗草甘膦棉(G GK-2),对照品种为受体材料(K312)及当地主栽品种中棉所 49(简称中 49),均由中国农业科学院棉花研究所育种研究室提供。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验在河南安阳中国农业科学院棉花研究所试验农场中进行。于 2016 年 4 月 23 日播种,每个小区面积为 25.6 m²(行宽 0.8 m,行长 8 m,4 行区)。每种材料设 4 次重复,随机区组排列,种植密度为 5.5 万株·hm⁻²,农事操作按常规管理进行。

1.2.2 调查内容及方法 棉花生长发育指标的调查:于棉花苗期(6 月 3 日)、现蕾期(6 月 29 日)、花铃期(7 月 27 日)和吐絮期(9 月 12 日)各调查一次,每个小区随机选取 10 株棉花,测量其株高、茎直径、果枝数、蕾铃数等生长指标。

棉花产量及品质调查:10 月初,每个小区均匀采收 25 铃并进行室内考种,考种项目包括铃重、衣分、籽指、棉籽数等产量参数;然后随机抽取每个小区采收的棉纤维约 100 g,由中华人民共和国农业部棉花品质监督检验测试中心对棉纤维样品的 5 项品质进行分析,包括纤维长度、整齐度指数、断裂比强度、断裂伸长率和马克隆值。

1.3 数据分析

运用 SPSS 13.0 软件对所有数据进行 Duncan's 差异显著性分析,检验转基因棉花与受体材料和当地主栽品种间生长参数及棉花产量和品质指标的差异。

2 结果与分析

2.1 营养生长竞争力

由表 1 可以看出,转基因抗草甘膦棉花在苗期、现蕾期、花铃期和吐絮期的株高均较低,与受体材料相比分别低 0.12、2.91、7.78 和 0.95 cm,与中 49 相比分别低 1.42、2.99、1.45 和 4.40 cm,但差异均未达到显著水平($P>0.05$)。转基因抗草甘膦棉花在苗期、花铃期和吐絮期的茎直径均低于受体材料,分别低 0.13、0.60 和 1.57 mm,在现蕾期的茎直径比受体材料高 0.78 mm,但这些差异均未达到显著水平($P>0.05$);转基因抗草甘膦棉花在苗期和现蕾期的茎直径比中 49 分别低 0.11 和 0.41 mm,到花铃期和吐絮期却比中 49 分别高 0.20 和 0.98 mm,但这些差异均不显著($P>0.05$)。因此,转基因抗草甘膦棉花与 2 个对照品种相比在营养生长方面无竞争优势。

2.2 生殖生长竞争力

由表 1 可以看出,在苗期、现蕾期、花铃期和吐絮期,3 个品种间的果枝数均无显著差异($P>0.05$)。花铃期,转基因抗草甘膦棉花的每株花蕾数比受体材料少 3.58 个,差异达到显著水平($P<0.05$),但与对照品种中 49 相当;现蕾期和吐絮期,3 个品种间的每株花蕾数无显著差异($P>0.05$)。花铃期,转基因抗草甘膦棉花与受体材料的每株铃数无显著差异($P>0.05$),但二者均显著低于中 49 ($P<0.05$);吐絮期,3 个品种的每株铃数差异不显著($P>0.05$)。总体来说,与受体材料和中 49 相比,转基因抗草甘膦棉花在生殖生长方面无竞争优势。

表 1 转基因抗草甘膦棉花品系的生物参数
Table 1 Biological parameters of the transgenic glyphosate-resistant cotton strain

生长期 Growth period	品种 Cultivar	株高 Cotton height/cm	茎直径 Stem diameter/mm	果枝数/台 Sympodial branch number	花蕾数/个 Flower bud number	铃数/个 Boll number
苗期(06-03) Seeding stage	GGK-2	8.91±1.00	2.38±0.11	4.78±0.22ab	/	/
	K312	9.03±0.80	2.51±0.18	4.40±0.34b	/	/
	中 49	10.33±0.88	2.49±0.18	5.05±0.37a	/	/
现蕾期(06-29) Squaring stage	GGK-2	39.30±1.70	7.95±1.02ab	4.70±0.22	6.53±0.54	/
	K312	42.21±2.14	7.17±0.42b	5.05±0.61	7.75±0.99	/
	中 49	42.29±1.89	8.36±0.46a	5.25±0.31	7.73±1.18	/
花铃期(07-27) Blooming and boll forming stage	GGK-2	80.65±5.56	14.27±0.28ab	11.28±1.04	7.10±3.04b	2.93±0.74b
	K312	88.43±10.21	14.87±0.14a	11.20±0.22	10.68±1.76a	3.10±0.93b
	中 49	82.10±5.84	14.07±0.70b	11.83±0.34	8.08±1.42ab	5.33±1.12a
吐絮期(09-12) Boll opening stage	GGK-2	86.98±10.98	16.83±1.43b	11.70±0.61	1.26±0.21	12.60±0.81
	K312	87.93±8.96	18.40±0.54a	12.03±0.50	1.27±0.33	11.58±1.05
	中 49	91.38±8.83	15.85±0.62b	12.25±0.66	3.50±2.34	12.53±1.95

数据为平均值±标准差;同一列中小写字母不同者表示同一时期不同品种间在 0.05 水平上差异显著。
Values are means±SD; different small letters in the same column represent significant differences among different cultivars in the same growth period at 0.05 level.

2.3 产量及品质竞争力

测产结果(表 2)表明,转基因抗草甘膦棉花的单铃重比中 49 低 0.80 g,差异达到显著水平($P<0.05$),但与受体材料无明显差异($P>0.05$);3 个品种的衣分、籽指和衣指无显著差异($P>0.05$)。转基因抗草甘膦棉花和受体材料的籽棉产量均低于中 49,但转基因抗草甘膦棉花产量比受体材料高 $91.4\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,差异均不显著($P>0.05$)。通过对棉纤维 5 项品质

指标的检测(表 3)可知,与受体材料相比,转基因抗草甘膦棉花的整齐度指数、断裂伸长率、马克隆值均有一定程度的提高,但差异不显著($P>0.05$)。总体来说,与受体材料相比,转基因抗草甘膦棉花能在一定程度上提高棉花产量,改善棉花纤维品质,具有一定的竞争优势,但这种优势未达到显著水平。

表 2 转基因抗草甘膦棉花品系的产量竞争力
Table 2 Yield competition of transgenic glyphosate-resistant cotton strain

品种 Cultivar	单铃重 Single boll mass/g	衣分 Lint percentage/%	籽指 Seed index/g	衣指 Lint index/g	产量 Yield/($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)
GGK-2	4.81±0.21b	34.49±0.48	11.09±0.14	5.90±0.01	2477.0±176.1
K312	5.27±0.15ab	33.35±1.68	12.19±0.51	6.08±0.22	2385.6±348.8
中 49	5.61±0.36a	33.80±1.74	11.95±0.41	6.14±0.32	2589.9±359.8

数据为平均值±标准差;同一列中小写字母不同者表示在 0.05 水平上差异显著。
Values are means±SD; different small letters in the same column represent significant differences at 0.05 level.

表 3 转基因抗草甘膦棉花品系的品质竞争力
Table 3 Fiber quality competition of transgenic glyphosate-resistant cotton strain

品种 Cultivar	纤维长度 Fiber length/mm	整齐度指数 Length uniformity/%	断裂比强度 Fiber strength/($\text{cN}\cdot\text{tex}^{-1}$)	马克隆值 Micronaire	断裂伸长率 Elongation/%
GGK-2	29.27±0.51	86.13±0.49	29.13±0.75	5.00±0.17a	6.73±0.06b
K312	29.77±0.29	85.20±0.44	29.90±0.70	4.87±0.21ab	6.70±0.00b
中 49	29.53±0.61	86.40±0.92	30.83±1.80	4.43±0.32b	6.80±0.00a

数据为平均值±标准差;同一列中小写字母不同者表示在 0.05 水平上差异显著。
Values are means±SD; different small letters in the same column represent significant differences at 0.05 level.

3 讨论

Bartsch *et al.* (1996, 2001) 研究表明, 当外源基因转入受体植物后, 植物机体为了维持转入基因的运转, 需要消耗一定的能量, 可能造成受体植物在能量分配上的改变, 从而导致植物在生长发育和繁殖能力方面的损耗, 不表现竞争优势; 同时, 外源基因的随机插入可能会引起植物生理生化及代谢途径的改变, 从而导致转基因植物逆境应答能力的变化(李维江等, 2001; 聂呈荣等, 2006)。Benbrook (1999) 和 Elmore *et al.* (2001) 研究表明, 抗草甘膦转基因大豆的田间产量比非转基因品系低 5%~10%, 认为外源基因的随机插入导致的非预期效应可能是转基因大豆减产的主要原因。康岭生等 (2010) 研究表明, 在正常播种条件下, 高油酸转基因大豆 HOA80 的生存竞争能力和繁育能力与受体大豆相一致。

本研究结果表明, 转基因抗草甘膦棉花在苗期、现蕾期、花铃期和吐絮期的株高均低于受体材料, 但差异未达到显著水平; 在花铃期每株花蕾数显著低于受体材料, 但在吐絮期单株铃数多于受体材料; 同时, 其产量比受体材料高 $91.4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 棉纤维品质也有一定程度的改善。因此, 外源基因的插入在某种程度上改变了棉花本身的生长性状, 但这种改变并未影响棉花后期的产量和纤维品质, 反而起到了一定的改善作用。此外, 转基因抗草甘膦棉花的各项生长指标、产量及纤维品质均与对照品种中棉所 49 相当。由此可知, 转基因抗草甘膦棉花在栽培地环境下可正常生长, 不会对农业生产造成明显的负面影响, 具有一定的栽培价值; 但有关其在栽培地的生存竞争优势还有待进一步研究和改进。

参考文献

陈小文, 李吉崇, 郭玉海, 董学会, 2012. 抗虫转基因玉米荒地生存竞争力评价. 杂草科学, 30(1): 31-34.
崔荣荣, 韦颖, 孟攀潘, 马云龙, 金媛, 李秋然, 强胜, 戴伟民, 宋小玲, 2012. 抗草铵膦转基因水稻明恢 86B 杂草化潜力评价. 中国水稻科学, 26(4): 467-475.
国际农业生物技术应用服务组织, 2017. 2016 年全球生物技术/转基因作物商业化发展态势. 中国生物工程杂志, 37(4): 1-8.
郭书巧, 倪万潮, 王庆南, 沈新莲, 束红梅, 张香桂, 徐鹏, 巩元勇, 2012. 转基因抗除草剂棉花的创制及产业化前景. 江苏农业科学, 28(5): 943-947.

康岭生, 杨向东, 王玉民, 谭喜昌, 宋新元, 于壮, 张欣芳, 张明, 2010. 高油酸转基因大豆 HOA80 生存竞争能力检测. 吉林农业科学, 35(6): 1-3.
李维江, 张冬梅, 唐薇, 董合忠, 2001. 转 Bt 基因抗虫棉和有色棉苗期耐盐性差异研究. 棉花学报, 13(4): 234-237.
刘娜, 李葱葱, 徐文静, 董英山, 2006. 转基因作物环境安全性研究进展. 分子植物育种, 4(1): 9-14.
马小艳, 马艳, 彭军, 姜伟丽, 马亚杰, 2013. 转基因抗草甘膦抗虫棉的荒地生存竞争能力. 生物安全学报, 22(2): 103-108.
马小艳, 彭军, 姜伟丽, 马亚杰, 马艳, 2014. 转双价基因 (*Chi+Glu*) 抗病棉花栽培地生存竞争能力研究. 中国棉花, 41(9): 22-24.
聂呈荣, 骆世明, 王建武, 2006. Bt 玉米光合作用和生长性状的变化. 生态学报, 26(6): 1957-1962.
邱龙, 马崇烈, 刘博林, 章旺根, 2012. 耐除草剂转基因作物研究现状及发展前景. 中国农业科学, 45(12): 2357-2363.
宋小玲, 强胜, 彭于发, 2009. 抗草甘膦转基因大豆 (*Glycine mac* (L.) Merri) 杂草性评价的试验实例. 中国农业科学, 42(1): 145-153.
孙红炜, 杨淑珂, 李凡, 徐晓辉, 高瑞, 路兴波, 2014. 抗虫耐除草剂棉花生存竞争能力研究. 山东农业科学, 46(2): 100-103.
张兴华, 乔艳艳, 李捷, 2010. 转双价 (*Chi+Glu*) 基因抗病棉栽培地生存竞争能力研究. 江西农业学报, 22(6): 1-3.
中华人民共和国农业部, 2007. 转基因检测标准: 第 953 号公告. 北京: 中华人民共和国农业部.
BARTSCH D, BRAND U, MORAK C, POHL-ORF M, SCHUPHAN I, ELLSTRAND N C, 2001. Biosafety of hybrids between transgenic virus-resistant sugar beet and swiss chard. *Ecological Applications*, 11(1): 142-147.
BARTSCH D, SCHMIDT B, POHL-ORF M, HAAG C, SCHUPHAN I, 1996. Competitiveness of transgenic sugar beet resistant to beet necrotic yellow vein virus and potential impact on wild beet populations. *Molecular Ecology*, 5(2): 199-205.
BENBROOK C M, 1999. *Evidence of the Magnitude and Consequences of the Roundup Ready Soybean Yield Drag from University-Based Varietal Trials in 1998*. Sandpoint, Idaho: Benbrook Consulting Services.
ELMORE R W, ROETH F W, NELSON L A, SHAPIRO C A, KLEIN R N, KNEZEVIC S Z, 2001. Glyphosate-resistant soybean cultivar yields compared with sister lines. *Agronomy Journal*, 93(2): 408-412.
JAMES K, 1996. Could transgenic super crops one day breed super weeds. *Science*, 274: 180-181.

(责任编辑: 杨郁霞)