

## 转 *GsSAMS* 基因大豆主要农艺性状调查与分析

樊超, 柏锡, 赵超越, 林凡敏, 才华, 纪巍, 朱延明

(东北农业大学 生命科学院 植物生物工程研究室, 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:**以非转基因受体绥农 28 为对照,对前期获得的耐盐碱转 *GsSAMS* 基因大豆的 5 个转基因株系 SN28-SA-1、SN28-SA-2、SN28-SA-3、SN28-SA-4 和 SN28-SA-5 的 T<sub>3</sub> 植株进行了产量性状、品质性状和形态性状的调查与分析。结果表明:在产量性状上,5 个转基因大豆株系的单株荚数、单株粒数和百粒重与对照无显著差异;在株高、结荚习性、花色和叶型 4 个形态性状上,株系 SN28-SA-1、SN28-SA-2、SN28-SA-3、SN28-SA-4 与对照无显著性差异,但株系 SN28-SA-5 的株高与对照存在显著性差异( $P < 0.05$ ),说明同一品种的不同转化株系产生了形态性状变异;在品质性状上,5 个转基因株系的蛋白含量高于对照 1.42% ~ 2.12%,差异显著,而油份含量差异不显著。因此,转 *GsSAMS* 基因大豆的 5 个转化株系并未在产量性状和品质性状上产生不良变异,同时蛋白含量还有显著提高,具有良好的应用前景。

**关键词:**转基因大豆; *GsSAMS* 基因;耐盐碱;农艺性状

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2012)02-0252-03

## Investigation and Analysis of the Main Agronomic Traits of Different Transgenic Soybean Lines with *GsSAMS* Gene

FAN Chao, BAI Xi, ZHAO Chao-yue, LIN Fan-min, CAI Hua, JI Wei, ZHU Yan-ming

(Plant Bioengineering Laboratory, College of Life Sciences, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, Heilongjiang, China)

**Abstract:** S-adenosyl-L-met-nionine synthetase(SAMS) is a key enzyme in plant metabolize. The syntheses of S-adenosyl-L-methionine(SAM) were catalyzed by SAMS. Transgenic soybean with *GsSAMS* gene had a greater tolerance to saline and alkaline stress compared with non-transgenic plants. In order to scientific evaluate the variation of the main agronomic traits between transgenic soybean and the control, the yield traits, morphological traits and quality traits of transgenic soybean lines SN28-SA-1, SN28-SA-2, SN28-SA-3, SN28-SA-4 and SN28-SA-5 were investigated and analyzed. There were no obvious differences in yield traits between transgenic soybean and the control. In morphological traits, there were no obvious differences in yield traits between transgenic soybean lines SN28-SA-1, SN28-SA-2, SN28-SA-3, SN28-SA-4 and control, but the plant height of SN28-SA-5 was obvious less than control, which proved different transformation event could produce a variation of morphological traits. In quality traits, the protein contents of all the transgenic soybean lines were higher by 1.42% - 2.12% compared with control, while the content of oil was not obviously different between transgenic soybean lines and the control. In conclusion, there was no negative variation for morphological traits and quality traits in five transgenic soybean lines with *GsSAMS* gene, meanwhile the protein contents of all the transgenic soybean lines were higher than the control, so these transgenic soybean lines has good application prospects.

**Key words:** Transgenic soybean; *GsSAMS* gene; Tolerance to saline and alkaline stress; Agronomic traits

大豆是重要的粮食和油料作物,也是人类的主要食用蛋白和工业原料的来源。东北地区是我国大豆的主产区,其中黑龙江省 2010 年大豆种植面积约为  $5.5 \times 10^6 \text{ hm}^2$ <sup>[1]</sup>,在大豆生产中占有非常重要的地位。但盐碱胁迫等逆境条件严重影响大豆的产量和品质。据统计,黑龙江省有  $6.7 \times 10^5 \text{ hm}^2$  以上的盐碱化土地<sup>[2]</sup>,并且面积还在不断增加,所以

通过提高作物抗盐碱能力来充分利用现有的盐碱土地成为黑龙江省农业生产的当务之急。

由于常规育种技术存在物种杂交不亲和性和不良基因性状连锁,育种工作量大、周期长、耗资多、效率低、可利用基因资源少等弊端,长期以来一直制约着传统耐盐碱大豆育种的发展。近年来,利用基因工程方法改良作物耐盐性受到越来越广泛

收稿日期:2012-02-16

基金项目:转基因生物新品种培育重大专项(2011ZX08004-002);国家自然科学基金(31171578);黑龙江省高校科技创新团队建设计划(2011TD055)。

第一作者简介:樊超(1985-),男,在读硕士,研究方向为植物基因工程与分子生物学。E-mail:beyean@163.com。

通讯作者:朱延明(1955-),男,教授,博士生导师,从事植物基因工程与分子生物学研究。E-mail:ymzhu2001@yahoo.com.cn。

的关注和重视。转基因育种能从基因水平上提高植物的耐盐碱性,较传统育种更具有精确性和稳定性,提高了育种的可操作性和速度,为创造和培育新种质资源开辟了一条新路<sup>[3]</sup>。植物遗传转化的目的,不仅是将基因导入植物获得人们期望的目的性状,而且还要求转基因植株的应用价值得到保持或提高,因此必须对转基因植株的农艺性状进行调查,以对其应用价值做出科学评价。目前人们通过各种遗传转化方法获得了多种转基因大豆,但研究主要集中在导入目的基因后植株的目标性状上<sup>[4]</sup>,关于转基因大豆与非转基因大豆之间农艺性状变异和转基因大豆同一品种不同转化事件之间的变异等方面的报道还比较少<sup>[5]</sup>。

实验室在前期获得了转 GsSAMS 基因绥农 28 大豆的 5 个转基因株系 SN28-SA-1、SN28-SA-2、SN28-SA-3、SN28-SA-4 和 SN28-SA-5。5 个株系大豆的耐盐碱性有显著性提高,该研究在此基础上对转基因大豆新株系进行产量性状、形态性状和品质性状的调查与分析,对同一品种不同转化事件的转基因大豆农艺性状变异和转基因大豆的应用价值做出科学评价,为转基因大豆的环境安全性评价以及产业化研究提供重要依据,为大豆新品种的培育提供重要种质资源。

1 材料与方法

1.1 植物材料

耐盐碱转基因大豆株系 SN28-SA-1、SN28-SA-2、SN28-SA-3、SN28-SA-4 和 SN28-SA-5,对照 (CK) 品种为转基因株系的受体品种绥农 28。

1.2 试验设计

试验地点为黑龙江省哈尔滨市东北农业大学香

坊实验站。田间试验采取人工点播,4 行区,行距 0.5 m,行长 5 m,播种时施足基肥,田间栽培及管理方法符合《农业转基因生物安全评价管理办法》附件 I 的要求。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 产量性状 单株荚数:计算单株全部正常结实的荚数,每一株系考种 10 株,计算均值。单株粒数:计算单株全部正常结实的种子数,每一株系考种 10 株,计算均值。百粒重:从单株正常结实粒中随机选取 100 粒称重,重复 3 次,计算均值(g)。

1.3.2 形态性状 株高:测量成熟时的大豆植株从子叶节到主茎顶端生长点的长度(cm),每株系考种 10 株,计算均值(cm)。结荚习性:指植株开花结荚状况,分为无限型(I)、亚有限型(S)和有限型(D)3 类。花色:指花瓣的颜色,分为紫色(P)和白色(W)2 类。叶形:指盛花期植株中上部第 8~10 节的复叶中间小叶的形状,分为长叶(L)和圆叶(R)2 类。

1.3.3 品质性状 株系混合脱粒后,蛋白质和油分含量由农业部谷物及制品质量监督检测中心(哈尔滨)测得,3 次重复,用百分数表示。

1.4 数据分析

采用新复极差法进行多重比较,所有数据统计分析均在 Mat lab 软件下编程分析。

2 结果与分析

2.1 产量性状

由表 1 可以看出,株系 SN28-SA-1、SN28-SA-2、SN28-SA-3、SN28-SA-4、SN28-SA-5 与对照相比,单株荚、单株粒数、百粒重均差异不显著,说明转基因大豆与对照在产量性状上无显著差异。

表 1 转 GsSAMS 基因大豆产量性状调查结果  
Table 1 Yield traits of different transgenic soybean lines with GsSAMS gene

品种或株系 Cultivar or line	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seeds per plant	百粒重 100-seed weight/g
绥农 28CK	78.0a	223.4a	21.6a
SN28-SA-1	70.0a	203.0a	21.1a
SN28-SA-2	73.7a	211.9a	20.3a
SN28-SA-3	75.9a	213.3a	20.6a
SN28-SA-4	70.2a	213.8a	20.5a
SN28-SA-5	70.3a	202.9a	21.1a

同列数值后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著,下同。  
Values in a column followed by different lowercase letters are significantly different at 0.05 probability level,the same below.

2.2 形态性状

由表 2 可以看出,株系 SN28-SA-1、SN28-SA-2、SN28-SA-3、SN28-SA-4 与对照相比,在株高、花色、结荚习性、叶形等方面无明显差异;株系 SN-SA-5

与对照相比,在结荚习性、花色、叶形方面均不存在显著差异,但是株高显著低于对照( $P < 0.05$ ),说明不同转基因株系中存在形态性状差异。

表 2 转 *GsSAMS* 基因大豆形态性状调查结果Table 2 Morphological traits of different transgenic soybean lines with *GsSAMS* gene

品种或株系 Cultivar or line	株高 Plant height/cm	结荚习性 Pod bearing habit	花色 Flower color	叶形 Leaf shape
绥农 28CK	84.9a	S	P	L
SN28-SA-1	87.2a	S	P	L
SN28-SA-2	85.8a	S	P	L
SN28-SA-3	84.8a	S	P	L
SN28-SA-4	86.4a	S	P	L
SN28-SA-5	80.5b	S	P	L

### 2.3 品质性状

由表 3 可见,转基因大豆与对照相比,株系 SN28-SA-1、SN28-SA-2、SN28-SA-3、SN28-SA-4 和 SN28-SA-5 蛋白质含量均显著高于对照,分别高于对照提高了 1.69、1.43、1.42、2.12 和 1.71 个百分点。油分含量与对照相比无显著差异。

表 3 转 *GsSAMS* 基因大豆品质性状调查结果Table 3 Quality traits of different transgenic soybean lines with *GsSAMS* gene

品种或株系 Cultivar or line	蛋白质含量 Protein content/%	油分含量 Oil content/%
绥农 28 CK	41.52a	17.32a
SN28-SA-1	43.21b	17.28a
SN28-SA-2	42.95b	18.36a
SN28-SA-3	42.94b	16.98a
SN28-SA-4	43.64b	17.55a
SN28-SA-5	43.23b	17.15a

## 3 结论与讨论

转 *GsSAMS* 基因大豆在耐盐碱性提高的同时,虽然有 1 个转化株系的株高显著低于对照,但是并未在产量性状和品质性状上产生不良变异,同时蛋白质含量还有显著提高,具有良好的应用前景,可以应用于进一步实验和生产。

该文中进行调查分析的转基因大豆株系 SN-SA-5 与其它 4 个转基因株系的后代存在株高上的差异,引起这一差异可能有 3 方面原因:一是组织培养过程中引起的体细胞无性系的变异,转座子的活化、DNA 扩增、点突变、甲基化方式的改变等对组织培养生成转基因植株的变异性都有影响;二是外源基因的随机位点插入,携带相同外源基因序列的转基因植物,随外源基因在受体基因组中插入位置的不同而表型不同(即转基因的位置效应);三是外源基因拷贝数的不同。但是工程育种的目的是在实现目的性状的基础上,保证植株农艺性状的稳定或者提高,不对其产量或品质产生不良影响,此类转基因植株可以用于生产实践,作为育种资源<sup>[5]</sup>。

*SAMS* 基因(S-腺苷甲硫氨酸合成酶基因),催化甲硫氨酸与 ATP 合成 S-腺苷甲硫氨酸,这一催化路径是目前体内所知道的 SAM 生成的唯一途径。SAM 是一种高能量生物还原剂,它能够把甲基基团转给众多不同的受体底物,包括核酸、蛋白质、磷脂、生物氨基和其它一系列小分子,还参与转氨丙基、转硫的作用以及甜菜碱的合成<sup>[6-7]</sup>。植物细胞中多胺的合成受 SAM 的调控,即 SAM 通过脱羧反应参与多胺合成,为多胺的生物合成提供前体<sup>[8-9]</sup>,但是尚无明确证据证明 *SAMS* 可以调控蛋白含量增加,该研究中转 *GsSAMS* 基因大豆的蛋白质含量较对照显著增加,可能是因为 *SAMS* 基因的超表达,引起转基因株系的蛋白质合成过程的变异,造成蛋白质含量的显著提高。

### 参考文献

- [1] 辛蕊,刘洋,付斌,等. 遥感技术在黑龙江省大豆种植面积监测中的应用[J]. 黑龙江农业科学,2011(1):122-124. (Xin R, Liu Y, Fu B, et al. Application of remote sensing technology in monitoring soybean planting area in Heilongjiang province[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2011(1):122-124.)
- [2] 刘功,李锐,王连敏,等. 浅谈黑龙江盐碱地利用[J]. 黑龙江农业科学,2007(2):108-109. (Liu G, Li R, Wang L M, et al. The use of saline and alkaline land in Heilongjiang province[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2007(2):108-109.)
- [3] 余永亮,梁慧珍,王树峰,等. 中国转基因大豆的研究进展及其产业化[J]. 大豆科学,2010,29(1):143-150. (Yu Y L, Liang H Z, Wang S F, et al. Research progress and commercialization on transgenic soybean in China[J]. Soybean Science, 2010, 29(1):143-150.)
- [4] 朱路青,曹越平. 转 *BT* 基因大豆植株中 *BT* 毒蛋白的表达[J]. 上海交通大学学报,2005,3(23):234-238. (Zhu L Q, Cao Y P. Expression of insecticidal protein of *Bacillus thuringiensis* in *BT* transgene soybean[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2005, 3(23):234-238.)
- [5] 郭玉双,朱延明,李杰,等. 转双价抗真菌基因大豆主要农艺性状的调查与分析[J]. 东北农业大学学报,2008,39(1):10-12. (Guo Y S, Zhu Y M, Li J. Investigation and analysis of the main agronomic traits of transgenic soybean with two anti-fungal protein genes[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2008, 39(1):10-12.)

(下转第 258)

产。重庆春大豆每 100 kg 籽粒吸氮量为 5.69 ~ 6.46 kg, 这与郭庆元的研究结果<sup>[13]</sup>存在差异, 主要由于供试品种、试验点土壤肥力、肥水管理水平等差异造成。因此, 大豆的精准施肥应因特定地区、特定土壤及生态条件而异, 在同一地区也应根据土壤肥水条件、大豆品种需肥特性等因素进行适当调整。

在 3 个供试品种中, 特豆 5 号株高最矮, 较特豆 1 号和浙春 3 号分别低 18.52% 和 21.13%, 结荚高度低, 主茎节数多, 籽粒大, 是产量表现最好的氮高效品种。而浙春 3 号主要表现为生育期偏长、植株旺长、荚数多, 对氮肥较为敏感, 氮肥利用率不高。综合考虑, 适宜重庆地区的大豆品种与氮肥组合为 A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>, 即特豆 5 号, 施纯氮肥 90 kg·hm<sup>-2</sup>。诚然, 氮肥的施用还要考虑土壤、地势和其它肥料的配合, 才是合理的。

## 参考文献

- [1] 张晓春, 张继君, 陈红, 等. 重庆市大豆生产现状与发展对策[J]. 重庆文理学院学报, 2009, 28(4): 58-61. (Zhang X C, Zhang J J, Chen H, et al. The status and development countermeasures of soybean production in Chongqing[J]. Journal of Chongqing University of Arts and Sciences, 2009, 28(4): 58-61.)
- [2] 袁立海, 张晓, 舒权, 等. 大豆氮肥增产效应的研究[J]. 大豆科学, 1984, 3(3): 243-250. (Yuan L H, Zhang X, Shu Q, et al. Yield effect of nitrogen fertilizer on soybeans[J]. Soybean Science, 1984, 3(3): 243-250.)
- [3] Pantalone V J, Rebeck G J, Buort J W, et al. Phenotypic evaluation of root trait in soybean and applicability to plant breeding[J]. Crop Science, 1996, 36(2): 456-459.
- [4] Kumudini S, Hume D J, Chu G. Genetic improvement in short-season soybeans II. Nitrogen accumulation, remobilization and partitioning[J]. Crop Science, 2002, 42: 141-145.
- [5] 张喜林, 周宝库, 高中超, 等. 不同比例氮、磷、钾配合施用对白浆土区连作大豆生育性状及产量的影响[J]. 大豆科学, 2010, 29(4): 559-662. (Zhang X L, Zhou B K, Gao Z C, et al. Effect of different proportion of N, P and K on agronomic traits and yield of continuous planting soybean in white paste soil[J]. Soybean Science, 2010, 29(4): 559-662.)
- [6] 才艳, 郑殿峰, 冯乃杰, 等. 氮肥施用量对大豆生长动态及干物质积累的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2007, 19(2): 13-16. (Cai Y, Zheng D F, Feng N J, et al. Effect of nitrogen fertilizer on growth tendency, dry matter accumulation and distribution in soybean[J]. Journal of Heilongjiang August First Land Reclamation University, 2007, 19(2): 13-16.)
- [7] 马春梅, 唐远征, 龚振平, 等. 不同施氮量对大豆吸收化肥氮效率的影响[J]. 大豆科学, 2005, 24(1): 34-37. (Ma C M, Tang Y Z, Gong Z P, et al. The influence on different nitrogen levels to the nitrogen absorption rate in soybean[J]. Soybean Science, 2005, 24(1): 34-37.)
- [8] Hanway J J, Weber C R. N, P and K percentages in soybean (*Glycine max* L. Merrill) plant parts[J]. Agronomy Journal, 1970, 63: 286-290.
- [9] 董钻, 谢甫绵. 大豆氮磷钾吸收动态及模式的研究[J]. 作物学报, 1996, 22(1): 91-95. (Dong Z, Xie F T. Studies on dynamics and models of N, P, K absorption in soybeans[J]. Acta Agronomica Sinica, 1996, 22(1): 91-95.)
- [10] 牛森. 作物品质分析[M]. 北京: 农业出版社, 1992: 68-73. (Niu S. Crop quality analysis[M]. Beijing: Agriculture Press, 1992: 68-73.)
- [11] 吴书平, 马永学, 纪永民, 等. 氮磷钾优化施肥对夏大豆产量的影响[J]. 大豆科技, 2009(4): 37-41. (Wu S P, Ma Y X, Ji Y M, et al. Optimization of N, P and K to the effect of the yield of soybean sowing in summer[J]. Soybean Science & Technology, 2009(4): 37-41.)
- [12] 张含彬, 任万军, 杨文钰, 等. 氮肥处理下套作大豆根系建成与产量关系的研究[J]. 中国土壤与肥料, 2007(2): 46-49. (Zhang H B, Ren W J, Yang W Y, et al. Relationship between root characteristics and yield formation in relay-planting soybean under the nitrogen application[J]. Soil and Fertilizer Sciences in China, 2007(2): 46-49.)
- [13] 郭庆元, 李志玉, 涂学文, 等. 大豆高产优质施肥研究与应用[J]. 中国农学通报, 2003, 19(3): 89-104. (Guo Q Y, Li Z Y, Tu X W, et al. Studying and application of fertilization techniques for high-yield and good quality in soybean[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2003, 19(3): 89-104.)

## (上接第 254 页)

- [5] 杜春芳, 李润植, 刘惠民, 等. 转基因植物的表型变异、分子检测与遗传分析[J]. 生物技术通讯, 2010, 14(5): 422-427. (Du C F, Li R Z, Liu H M. Molecular and genetic analyses of transgenic plants and their phenotypic variation[J]. Letters in Biotechnology, 2010, 14(5): 422-427.)
- [6] 高志民, 彭镇华. 甜菜碱合成调控基因共表达载体的构建与抗盐初步研究[J]. 林业科学研究, 2005, 18(3): 231-235. (Gao Z M, Peng Z H. Construction of co-expressing vector for glybet synthesis and salt tolerance[J]. Forest Research, 2005, 18(3): 231-235.)
- [7] 沈义国, 张万科, 阎冬青, 等. 榆钱菠菜脯氨酸转运蛋白基因的克隆及转基因拟南芥的耐盐性[J]. 植物学报, 44(8): 956-962. (Shen Y G, Zhang W K, Yan D Q, et al. Overexpression of proline transporter gene isolated from *Halophyte* confers salt tolerance in *Arabidopsis* [J]. Acta Botanica Sinica, 2002, 44(8): 956-962.)
- [8] Kumar S, Dhingra A, Daniell H. Plastid-expressed betaine aldehyde dehydrogenase gene in carrot cultured cells, roots, and leaves confers enhanced salt tolerance[J]. Plant Physiology, 2004, 36(1): 2843-2854.
- [9] Bhuiyan N H, Liu W, Liu G, et al. Transcriptional regulation of genes involved in the pathways of biosynthesis and supply of methyl units in response to powdery mildew attack and abiotic stresses in wheat[J]. Plant Molecular Biology, 2007, 64(3): 305-318.