

耐盐碱转基因大豆(SRTS)生存竞争能力评价

刘琦¹,夏善勇¹,刘昭军¹,谭巍巍¹,刘鑫磊²,吴滨¹,李希臣¹

(1. 黑龙江省农业科学院 生物技术研究所/作物与家畜分子育种重点实验室,黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省农业科学院 大豆研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为评价转 *BADH* 基因耐盐碱大豆(SRTS)在盐碱条件下的生存能力,在安达市盐碱地比较了耐盐碱转基因大豆(SRTS)、受体大豆黑农 35 和当地栽培品种抗线王的竞争性(出苗率、复叶数、株高)、自生苗、种子落粒性和繁育能力(生育时期和产量)。分期播种 4 次,适宜季节和非适宜季节各 2 次。结果表明:在适宜季节 SRTS 和抗线王竞争性相似,而受体品种竞争性弱于二者,在非适宜季节 3 个品种的竞争性差异不显著;SRTS 产生自生苗的可能性很小;SRTS 的落粒性不强;在适宜季节 SRTS 的繁育能力最强,抗线王居中,受体品种最弱,SRTS 更适于盐碱地生长;在非适宜季节 3 个大豆品种的繁育能力相似。综合分析上述指标,由此表明 SRTS 并没有因为转入外源基因而具有更强的适应能力和生存竞争能力,自身杂草化风险很小。

关键词:耐盐碱转基因大豆;生存竞争;繁殖能力

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2017.03.0371

Assessment of Competitive Ability for a Salinization Resistance Transgenic Soybeans Line

LIU Qi¹, XIA Shan-yong¹, LIU Zhao Jun¹, TAN Wei-wei¹, LIU Xin-lei², WU Bin¹, LI Xi-chen¹

(1. Biotechnology Research Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Crop and Livestock Molecular Breeding of Heilongjiang, Harbin 150086, China; 2. Soybean Research Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: In this study, in order to evaluate the survival ability of *BADH* salt-tolerant transgenic soybean (SRTS) in saline-alkali environment, some indicators such as the competition ability (number of seedling, number of compound leaf, plant height), volunteer possibility, seed shattering and reproduction ability (growth period and yield), were analyzed between SRTS, recipient variety and conventional soybean ‘Kangxianwang’ in saline-alkali land of Anda city. All kinds of soybeans were respectively planted 2 times in appropriate and not appropriate seasons. The results showed that in appropriate season, the competition ability of ‘SRTS’ was similar with ‘Kangxianwang’, but that of recipient variety was less than ‘SRTS’ and ‘Kangxianwang’. In unfavorable season, the competition ability was not significantly difference between three varieties. Besides the SRTS viability of seed shattering and volunteering ability was obviously weaker. In appropriate season, SRTS reproduction ability was the best, the next was ‘Kangxianwang’, the weakest was recipient variety, and in unfavorable season the reproduction ability were similar between the three varieties. Therefore this showed that SRTS was fit for planting on saline-alkali soil. Comprehensive analysis of the above indicators, the results indicated that ‘SRTS’ surviving competition and adaptive ability were not stronger than non-transgenic plants due to import exogenous gene, and it had the lowest potential weedi-ness.

Keywords: Salinization resistance transgenic soybean; Surviving competition ability; Reproduction ability

土地盐碱化与次生盐碱化是当今世界土地退化的主要问题之一。我国东北地区盐碱土面积 384 万 hm^2 , 约占全区总面积的 3.1%, 其中盐碱土耕地总面积 128 万 hm^2 ^[1]。黑龙江省盐碱土面积近 188 万 hm^2 , 其中耕地盐碱土达 56 万 hm^2 , 是世界上苏打盐碱地集中分布地区之一, 而且重度盐碱化土地面积仍以每年 1.4% 的速度扩展, 盐碱化程度不断加剧^[2]。土地的盐碱化严重威胁大豆的产量, 高盐对大豆的生长、结瘤、农艺性状、种子的质量和数量都有负面影响^[3], 培育耐盐碱大豆将为充分利用和改造盐碱地提供技术支持。传统育种方式虽已成功培育出耐盐碱大豆品种, 但因为常规育种的周期长、效率低、遗传不稳定等弊端, 均未取得理想效果。随着基因工程领域的不断发展, 转基因技术与产业空前发展, 克服了传统育种的劣势, 在大豆育种中前景巨大。甜菜碱醛脱氢酶基因(*BADH*)被认为是高等植物最有效的耐胁迫抗性基因之一^[4]。已有研究表明, 将 *BADH* 基因导入水稻^[5]、烟草^[6]、大豆^[7]、棉花^[8]、苜蓿^[9] 和玉米^[10] 等作物体内, 在一定程度上可以提高转基因植株抵御盐碱、干旱和

收稿日期:2016-12-15
基金项目:黑龙江省自然科学基金面上项目(C201130);国家转基因重大专项(2009ZX08011-025B);哈尔滨市科技局创新人才项目(2013RFQYJ050);黑龙江省农业科学院院级科研项目(2017BZ04)。
第一作者简介:刘琦(1980-),女,硕士,副研究员,主要从事作物生物技术和转基因作物安全评价研究。E-mail: liuqi0316@163.com。
通讯作者:李希臣(1968-),男,研究员,主要从事作物生物技术和转基因作物安全评价研究。E-mail: lixichen1968@163.com。

低温等逆境胁迫的能力,黑龙江省农业科学院生物所利用基因工程技术将甜菜碱醛脱氢酶基因(*BADH*,标记基因为*Bar*)转化栽培大豆黑农 35,培育出耐盐碱大豆品系(salinization resistance transgenic soybeans,简称 SRTS) T2005-7,是基因工程改良的新材料,目前已进入中试阶段,表现稳定,适于在黑龙江省西部(如大庆、安达等)盐碱地区推广应用,本研究对其进行生存竞争能力评价,提供环境安全评价数据和技术支撑,确保生态环境安全。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2009 和 2010 年在黑龙江省安达市卧里屯乡盐碱地进行,安达市卧里屯乡位于松嫩平原腹地,E125°21.78',N46°23.916',无山岭和河流,地势平坦,属苏打盐碱地,pH8.37~9.1,土壤含盐量0.06%~0.1%,平均海拔 150 m。属中温带大陆性季风气候。年降水量 445 mm,年均温 3.5℃,1 月均温-19.2℃,7 月均温 22.9℃。所用试验地周围均为草甸,没有豆科类植物。

1.2 材料

供试品种:耐盐碱转基因大豆(T2005-7)、受体品种黑农 35、当地主栽品种抗线王,由黑龙江省农业科学院提供。

1.3 方法

采用随机区组设计,3 次重复,小区面积 4 m×4 m,6 行区,常规耕作管理。播种密度分为正常密度(25 粒·m⁻²)、低密度(12 粒·m⁻²)和高密度(50 粒·m⁻²)。分期播种 4 次,适宜季节和非适宜季节各 2 次,时间分别为 2009 年 5 月 11 日,5 月 26 日,7 月 2 日,8 月 10 日;2010 年 5 月 13 日,5 月 27 日,7 月 4 日,8 月 9 日(参照中华人民共和国农业行业标准 NY/T719.1~719.3—2003)。

表 1 2009、2010 年不同大豆品种在不同种植密度下的出苗率

Table 1 Germination rate of different varieties of soybean under different planting density in 2009 and 2010 (%)									
品种 Variety	密度 Density	播期 Planting date/(year·month·day)							
		2009. 5. 11	2009. 5. 26	2009. 7. 2	2009. 8. 10	2010. 5. 13	2010. 5. 27	2010. 7. 4	2010. 8. 9
SRTS	低	94.87±0.40	94.67±0.42	92.47±0.25	87.20±0.30	94.60±0.26	93.93±0.15	93.27±0.42	91.20±0.79
	Low	bA	abAB	aA	abAB	abAB	abcAB	abA	aA
	中	94.83±0.60	95.03±0.51	92.57±0.55	87.57±0.71	94.60±0.66	93.90±0.75	93.57±0.65	91.47±0.68
	Middle	bA	aA	aA	aA	abAB	abcAB	aA	aA
	高	95.13±0.15	95.23±0.15	92.33±0.25	86.80±0.40	94.00±0.36	93.87±1.12	93.30±0.46	91.37±0.45
	High	abA	aA	aA	abAB	bcBC	abcAB	abA	aA
黑农 35	低	93.67±0.50	93.37±0.25	90.50±0.10	86.40±0.26	93.43±0.31	93.23±0.57	92.90±0.66	91.70±1.10
Heinong 35	Low	cB	cC	bB	bB	cC	bcAB	abA	aA

所有转基因材料都按国家转基因安全管理有关规定执行,单独封闭种植,单独收获,单独贮藏,由专人运输和保管。试验结束后,除保留的材料外,剩余的试验材料全部焚毁。确保材料不流失不扩散,以保证生态环境安全。

1.4 调查项目与方法

1.4.1 竞争性 播种后调查大豆出苗率,于大豆出苗后 30 d 每个处理随机抽取 5 株调查大豆复叶数、株高。

1.4.2 自生苗数量 大豆正常收获后,在下一年观察小区内 SRTS、黑农 35 和抗线王演化成自生苗数。

1.4.3 种子落粒性 随机选择不同品种、不同播期处理的 10 个植株,在大豆成熟后收获的当天上午统计自然条件下的落粒数量。

1.4.4 繁育能力 记录 SRTS、受体和当地栽培品种的始花期、盛花期、成熟期,在大豆成熟后测产,判定转基因大豆的繁育能力。

1.5 数据分析

利用 DPS 7.05 软件对调查数据进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 转基因大豆与受体、当地栽培品种竞争性比较

2.1.1 出苗率 由表 1 可见,2009、2010 年适宜季节和非适宜季节 4 次播种当地栽培品种抗线王和 SRTS 出苗率无显著差异;种植密度对品种の出苗率影响不明显。适宜季节抗线王和 SRTS 出苗率高于受体大豆黑农 35,2009 年非适宜季节第二次播种和 2010 年非适宜季节播种 3 个品种差异不显著。从出苗率分析来看,适宜季节抗线王和 SRTS 都比受体黑农 35 有较好耐盐碱性,而非适宜季节 3 个品种间差别不大,由于播期较晚导致出苗率有下降趋势。

续表 1

品种 Variety	密度 Density	播期 Planting date/(year·month·day)							
		2009. 5. 11	2009. 5. 26	2009. 7. 2	2009. 8. 10	2010. 5. 13	2010. 5. 27	2010. 7. 4	2010. 8. 9
抗线王 Kangxian- wang	中 Middle	93. 77 ±0. 35 cB	93. 77 ±0. 45 cBC	90. 53 ±0. 21 bB	86. 80 ±0. 30 abAB	93. 37 ±0. 45 cC	93. 00 ±0. 53 cB	92. 33 ±0. 93 bA	91. 23 ±0. 76 aA
	高 High	93. 87 ±0. 25 cB	94. 00 ±0. 44 bcBC	90. 83 ±0. 31 bB	86. 67 ±0. 15 bAB	92. 47 ±0. 31 dD	92. 90 ±0. 36 cB	92. 17 ±1. 56 bA	91. 27 ±0. 42 aA
	低 Low	94. 83 ±0. 40 bA	94. 53 ±0. 61 abAB	92. 20 ±0. 26 aA	86. 93 ±0. 67 abAB	95. 27 ±0. 40 aA	94. 67 ±0. 50 aA	93. 57 ±0. 78 aA	92. 30 ±0. 40 aA
	中 Middle	95. 07 ±0. 15 abA	95. 07 ±0. 35 aA	92. 30 ±0. 17 aA	87. 60 ±0. 46 aA	94. 90 ±0. 30 aAB	94. 20 ±0. 26 abAB	93. 77 ±0. 47 aA	91. 73 ±0. 49 aA
	高 High	95. 63 ±0. 25 aA	95. 27 ±0. 25 aA	92. 13 ±0. 15 aA	86. 53 ±0. 35 bAB	94. 77 ±0. 35 aAB	93. 90 ±0. 26 abcAB	92. 97 ±0. 40 abA	91. 67 ±0. 81 aA

同列数据后不同大小写字母分别表示在 0. 01 和 0. 05 水平差异显著,下同。

Values followed by different capital and lowercase letters are significant at 0. 01 and 0. 05 probability level,respectively, the same below.

2. 1. 2 复叶数

由表 2 复叶数调查结果可见, 2009、2010 年适宜季节第二次播种受体黑农 35 高密度种植显著低于其它各处理,其它时期播种 3 个

品种生长势接近,差异不大。植株早期生长势受盐碱胁迫影响较小,SRTS 没有因为 *BADH* 基因而显现出明显的竞争优势。

表 2 2009 和 2010 年不同大豆品种在不同种植密度下的复叶数

Table 2 The leaf number of different varieties of soybean under different planting density in 2009 and 2010									
品种 Variety	密度 Density	播期 Planting date/(year·month·day)							
		2009. 5. 11	2009. 5. 26	2009. 7. 2	2009. 8. 10	2010. 5. 13	2010. 5. 27	2010. 7. 4	2010. 8. 9
SRTS	低 Low	4. 72 ±0. 41 abA	4. 74 ±0. 41 abA	4. 28 ±0. 16 aA	3. 58 ±0. 38 aA	4. 84 ±0. 42 abA	4. 60 ±0. 55 abABC	4. 54 ±0. 42 aA	3. 80 ±0. 19 abcA
	中 Middle	4. 66 ±0. 38 abA	4. 88 ±0. 32 aA	4. 32 ±0. 19 aA	3. 78 ±0. 40 aA	4. 92 ±0. 38 abA	4. 80 ±0. 84 aA	4. 58 ±0. 43 aA	4. 00 ±0. 27 aA
	高 High	4. 76 ±0. 34 abA	4. 72 ±0. 34 abA	4. 30 ±0. 10 aA	3. 62 ±0. 29 aA	4. 86 ±0. 34 abA	4. 00 ±0. 14 bcABC	4. 52 ±0. 36 aA	3. 94 ±0. 24 abcA
	低 Low	4. 42 ±0. 42 bA	4. 40 ±0. 19 bcAB	4. 26 ±0. 24 aA	3. 64 ±0. 38 aA	4. 56 ±0. 47 bA	4. 20 ±0. 45 abcABC	4. 48 ±0. 42 aA	3. 96 ±0. 27 abA
	中 Middle	4. 52 ±0. 24 abA	4. 58 ±0. 23 abAB	4. 32 ±0. 18 aA	3. 74 ±0. 40 aA	4. 76 ±0. 40 abA	4. 40 ±0. 55 abcABC	4. 66 ±0. 40 aA	3. 66 ±0. 47 cA
	高 High	4. 40 ±0. 41 bA	4. 08 ±0. 24 cB	4. 12 ±0. 13 aA	3. 60 ±0. 23 aA	4. 56 ±0. 21 bA	3. 80 ±0. 45 cC	4. 76 ±0. 40 aA	3. 70 ±0. 53 bcA
	低 Low	5. 02 ±0. 54 aA	4. 74 ±0. 26 abA	4. 24 ±0. 11 aA	3. 82 ±0. 38 aA	5. 14 ±0. 44 aA	4. 60 ±0. 55 abABC	4. 64 ±0. 42 aA	3. 96 ±0. 34 abA
	中 Middle	4. 82 ±0. 42 abA	4. 74 ±0. 29 abA	4. 36 ±0. 27 aA	3. 96 ±0. 29 aA	4. 92 ±0. 30 abA	4. 80 ±0. 45 aAB	4. 70 ±0. 38 aA	3. 76 ±0. 74 abcA
	高 High	4. 64 ±0. 38 abA	4. 60 ±0. 25 abAB	4. 30 ±0. 16 aA	3. 76 ±0. 27 aA	4. 82 ±0. 19 abA	4. 00 ±0. 07 bcABC	4. 48 ±0. 43 aA	3. 66 ±0. 67 abcA

2. 1. 3 株高

由表 3 可见,在适宜时期受体大豆株高明显低于 SRTS 和抗线王,SRTS 和抗线王差别不大;在不适宜季节 SRTS、受体和抗线王株高没有极

显著差异,不适宜季节播种导致株高普遍变低。从株高分析来看,SRTS 和抗线王较受体黑农 35 有较好的耐盐碱性,高密度种植比低密度株高有所增加。

表3 2009 和 2010 年不同大豆品种在不同种植密度下的株高

Table 3 Plant height of different varieties of soybean under different planting density in 2009 and 2010 (cm)									
品种 Variety	密度 Density	播期 Planting date/(year·month·day)							
		2009. 5. 11	2009. 5. 26	2009. 7. 2	2009. 8. 10	2010. 5. 13	2010. 5. 27	2010. 7. 4	2010. 8. 9
SRTS	低 Low	36. 14 ±0. 59 cdBC	32. 48 ±0. 37 dC	25. 18 ±0. 59 cB	19. 74 ±0. 95 cA	29. 62 ±0. 40 dB	25. 12 ±0. 44 aA	22. 56 ±0. 26 cdC	19. 52 ±0. 87 bA
	中 Middle	36. 46 ±0. 54 bcdBC	33. 02 ±0. 32 cdBC	26. 58 ±0. 54 aA	20. 88 ±0. 44 abcA	31. 36 ±0. 45 cA	24. 98 ±0. 79 abA	23. 00 ±0. 42 cC	20. 52 ±0. 56 abA
	高 High	36. 88 ±0. 32 bAB	33. 28 ±0. 59 bcBC	26. 50 ±0. 38 aA	21. 18 ±0. 90 abA	32. 32 ±0. 92 abA	23. 94 ±0. 63 aA	26. 12 ±0. 50 aA	20. 58 ±1. 25 abA
黑农 35 Heinong 35	低 Low	34. 24 ±0. 18 fD	29. 36 ±0. 67 fE	25. 12 ±0. 61 cB	19. 62 ±1. 15 cA	26. 72 ±0. 43 fD	23. 08 ±0. 61 cdABC	22. 70 ±0. 19 cdC	19. 42 ±0. 69 bA
	中 Middle	34. 50 ±0. 67 efD	30. 12 ±0. 40 eDE	25. 54 ±0. 71 bcAB	20. 62 ±0. 93 abcA	27. 04 ±0. 47 fD	22. 74 ±0. 47 eC	22. 46 ±0. 32 dC	19. 90 ±0. 66 abA
	高 High	34. 98 ±0. 41 eD	30. 38 ±0. 38 eD	26. 12 ±0. 47 abAB	20. 70 ±1. 17 abcA	28. 38 ±0. 61 eC	22. 76 ±0. 84 eC	25. 04 ±0. 40 bB	20. 22 ±0. 82 abA
抗线王 Kangxian- wang	低 Low	35. 90 ±0. 47 dC	33. 44 ±0. 51 bcAB	25. 14 ±0. 42 cB	19. 80 ±1. 01 bcA	30. 06 ±0. 92 dB	24. 20 ±0. 46 abcAB	22. 92 ±0. 37 cdC	19. 56 ±0. 77 bA
	中 Middle	36. 80 ±0. 25 bcBC	33. 80 ±0. 51 abAB	25. 78 ±0. 68 abcAB	20. 90 ±1. 00 abcA	31. 52 ±1. 01 bcA	24. 56 ±0. 75 abcA	22. 84 ±0. 34 cdC	20. 76 ±0. 64 aA
	高 High	37. 74 ±0. 74 aA	34. 20 ±0. 49 aA	26. 44 ±0. 72 aA	21. 24 ±0. 88 aA	32. 48 ±1. 16 aA	24. 08 ±0. 83 bcAB	25. 88 ±0. 26 aA	20. 98 ±0. 44 aA

通过对出苗率、复叶数及株高的调查,说明在适宜季节 SRTS 和当地栽培品种抗线王竞争性相似,而受体品种竞争性弱于二者,这与 SRTS 和抗线王适合在盐碱地生长而受体大豆不适合在盐碱地生长是相符合的;在非适宜季节 3 个品种的竞争性相似。

2.2 种子落粒性

由于只有在适宜时期种植的大豆正常成熟,而非适宜时期种植的大豆均不能成熟,种子落粒性情况调查只能在适宜时期进行。在试验期间 3 个品种落粒的种子数量均不多,差异不显著,说明在自然条件下,3 个品种的落粒性都不强(表 4)。

2.3 种子繁育能力

由表 5 可见,在适宜季节和非适宜季节播种的 3 个品种的始花期、盛花期、成熟期时间相差 1~4 d,没有显著差异,说明 3 大豆品种的生育期基本一致,无优势表现。第 3 期和第 4 期播种的 3 个大豆品种均未成熟。

由表 6 可见,在适宜季节,除 2009 年高密度种

植以外 SRTS 的产量显著高于相同密度下的当地栽培品种的产量;抗线王的产量显著高于受体品种的产量。在非适宜季节,第 3 期大豆播种 3 个品种只有 50% 的植株结荚,15% 的荚鼓粒,3 个品种没有显著差异。第 4 期播种的大豆均未结荚。在适宜季节 SRTS 的繁育能力最强,抗线王居中,受体品种最弱,SRTS 更适于盐碱地生长;在非适宜季节 3 个大豆品种的繁育能力相似。

表4 不同大豆品种落粒性
Table 4 The seed shattering of different varieties of soybean under different planting density

品种 Variety	播期 Planting date/(year·month·day)			
	2009. 5. 11	2009. 5. 26	2009. 7. 2	2009. 8. 10
SRTS	2. 2 aA	2. 1 aA	2. 0 aA	2. 0 aA
黑农 35 Heinong 35	2. 8 aA	2. 6 aA	2. 6 aA	2. 3 aA
抗线王 Kangxianwang	2. 9 aA	2. 3 aA	2. 1 aA	2. 1 aA

表 5 2009 和 2010 年不同大豆品种的生育时期表现									
Table 5 The growth period of different varieties of soybean in 2009 and 2010									
品种 Variety	生育时期 Growth stage	播期 Planting date/(year·month·day)							
		2009. 5. 11	2009. 5. 26	2009. 7. 2	2009. 8. 10	2010. 5. 13	2010. 5. 27	2010. 7. 4	2010. 8. 9
SRTS	始花期	7. 13	7. 18	8. 4	9. 6	7. 1	7. 6	8. 2	9. 7
	Early flowering period								
	盛花期	7. 28	8. 1	8. 19	9. 18	7. 15	7. 20	8. 15	9. 17
	Blooming period								
	成熟期	9. 25	9. 28	—	—	9. 20	9. 25	—	—
	Mature period								
黑农 35 Heinong 35	始花期	7. 10	7. 14	8. 5	9. 7	7. 3	7. 7	8. 4	9. 4
	Early flowering period								
	盛花期	7. 24	7. 29	8. 21	9. 20	7. 17	7. 21	8. 17	9. 16
	Blooming period								
	成熟期	9. 23	9. 25	—	—	9. 18	9. 23	—	—
	Mature period								
抗线王 Kangxianwang	始花期	7. 10	7. 15	8. 5	9. 7	7. 4	7. 7	8. 5	9. 3
	Early flowering period								
	盛花期	7. 26	7. 30	8. 20	9. 20	7. 17	7. 22	8. 17	9. 16
	Blooming period								
	成熟期	9. 25	9. 27	—	—	9. 17	9. 23	—	—
	Mature period								

表 6 2009 和 2010 年不同大豆品种产量									
Table 6 The harvest of different varieties of soybean in 2009 and 2010									(g·m ⁻²)
品种 Variety	密度 Density	播期 Planting date/(year·month·day)							
		2009. 5. 11	2009. 5. 26	2010. 5. 13	2010. 5. 27				
SRTS	低 Low	121. 67 ± 4. 04 dD	119. 33 ± 2. 12 eE	116. 33 ± 6. 03 eC	115. 33 ± 4. 51 eD				
	中 Middle	188. 33 ± 5. 86 aA	186. 00 ± 6. 36 aA	186. 67 ± 8. 74 aA	186. 33 ± 8. 39 aA				
	高 High	136. 67 ± 9. 07 cC	135. 33 ± 7. 78 dD	157. 0 ± 4. 00 cB	155. 67 ± 7. 64 cBC				
黑农 35	低 Low	74. 67 ± 3. 06 gG	74. 67 ± 2. 83 gG	86. 67 ± 2. 52 gD	86. 00 ± 7. 00 hE				
Heinong 35	中 Middle	110. 33 ± 4. 51 eE	114. 67 ± 3. 54 eE	113. 33 ± 4. 04 eC	112. 67 ± 3. 51 eFD				
	高 High	90. 33 ± 2. 08 fF	94. 00 ± 2. 83 fF	103. 67 ± 7. 23 fC	100. 67 ± 7. 09 gD				
抗线王	低 Low	98. 33 ± 3. 51 fF	99. 00 ± 2. 83 fF	104. 33 ± 2. 52 fC	103. 00 ± 2. 65 fgD				
Kangxianwang	中 Middle	162. 33 ± 3. 51 bB	159. 33 ± 4. 95 bB	175. 00 ± 3. 61 bA	169. 33 ± 2. 52 bB				
	高 High	138. 67 ± 2. 52 cC	147. 00 ± 2. 12 cC	144. 33 ± 5. 51 dB	143. 67 ± 3. 79 dC				

2.4 转基因大豆与受体、当地栽培品种生成自生苗数量比较

由于 3 个品种的落粒数量不多,经过寒冬第二年在调查中未发现有大豆的自生苗。说明 SRTS 通过种子扩散演化为自生苗并繁衍后代的可能性很小,大豆经转基因其延续能力并没有改变。

3 结论与讨论

在相同环境条件下,植物生长势高,竞争性则强,更易在栖息地占据生存空间,并能够入侵和改变其它植物的栖息地^[11]。通过测定 SRTS 在同一生长环境中的出苗率、复叶数、株高等情况,并与受体品种和当地栽培品种比较,评价其是否具有更强的生存竞争能力。本试验结果表明在适宜季节 SRTS 和

当地栽培品种抗线王竞争性相似,而受体品种竞争性弱于二者,非适宜季节 3 个品种相似,这一结果符合耐盐碱转基因大豆和当地常规品种更适应盐碱地生态环境的实际。杂草能够自然地不需要经过人类的播种、收获等干预措施就可完成生活周期,考察转基因作物能否在生存环境中通过自然落粒自生繁衍也是判断转基因作物是否具有杂草化潜力的重要因子^[11-12]。本试验结果显示无论是转基因大豆还是当地常规品种和受体品种落粒性都不强,没有自生苗的产生,因而没有杂草化的风险。转基因植物通过基因工程手段使植物的许多性状发生改变,有可能提高转基因植物的繁殖能力,特别是在不适宜季节播种的作物,如果能在较短时间内开花结果完成其生活史,反映其具有生存竞争优势,在本试验中 3 个

大豆品种非适宜时期播种均不能正常成熟,不能完成其生活史,因而没有生存竞争优势。

从连续两年的试验数据来看 SRTS 在竞争性、自生苗数、落粒性、繁育能力等方面与非转基因植株差别也不大,不具备更强的生存竞争能力,更没有演变成杂草的趋势。这一结论与国内外相关的研究结果一致。2002 年,宋小玲等^[11]对抗农达大豆 40-3-2 进行杂草性评价,结果发现转基因大豆的生存竞争能力并没有比受体有所增加。2010 年, Ellstrand 等^[13]对抗草甘膦转基因大豆的生存竞争能力等方面进行了评价,结果表明其演变为田间杂草的可能性不大。2010 年康岭生等^[14]对高油酸转基因大豆生存能力进行检测,结果表明其没有杂草化的趋势。其它抗除草剂或抗逆境转基因作物水稻、玉米、棉花、马铃薯、亚麻等植株在生长势、种子活力及越冬能力等方面与非转基因植株差别不大,外源基因的引入不会增加转基因作物自身的杂草化潜力^[15-19]。但本试验只对 SRTS 在安达盐碱地区的杂草化部分因子进行了研究,该材料如果要推广应用,还应针对不同地区的生态环境、转基因性状进行多点、更全面的评价,为转基因作物新品种研究过程和产业化提供数据支撑。

参考文献

[1] 姚荣江,杨劲松,刘广明. 东北地区盐碱土特征及其农业生物治理[J]. 土壤,2006,38(3): 256-262. (Yao R J, Yang J S, Liu G M. Characteristics and agro-biological management of saline land in northeast China [J]. Soils,2006,38(3): 256-262.)

[2] 刘云峰,郝永鸿,肖辉江. 浅论黑龙江省的土地盐碱化[J]. 黑龙江国土资源,2007(6):64. (Liu Y F, Hao Y H, Xiao H J. Talk about alkalization of soil in Heilongjiang province [J]. Helongjiang Land and Resources,2007(6):64.)

[3] Phang T H, Shao G, Lam H M. Salt tolerance in soybean [J]. Journal of Integrative Plant Biology,2008,50(10): 1196-1212.

[4] Chen T H H, Murata N. Enhancement of tolerance to abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes[J]. Current Opinion in Plant Biology,2002,5(3): 250-257.

[5] Kishitani S, Takanami T, Suzuki M, et al. Compatibility of glycine-betaine in rice plants; Evaluation using transgenic riceplants with a gene for peroxisomal betaine aldehyde dehydrogenase from barley [J]. Plant Cell Environment,2000,23(1): 107-114.

[6] Li Q L, Gao X R, Yu X H, et al. Molecular cloning and characterization of betaine aldehyde dehydrogenase gene from Suaeda liaotungensis and its use in improved tolerance to salinity in transgenic tobacco [J]. Biotechnology Letters,2003,25(17): 1431-1436.

[7] 左艳婷. 耐盐基因胆碱单加氧酶基因和甜菜碱醛脱氢酶基因转化大豆的研究 [D]. 长春: 吉林农业大学,2006. (Zuo Y T. Research on transformation of choline monooxygenase gene and betaine aldehyde dehydrogenase gene into soybean. [D]. Changchun: Jilin Agricultural University,2006.)

[8] 罗晓丽,肖娟丽,王志安,等. 菠菜甜菜碱醛脱氢酶基因在棉花中的过量表达和抗冻耐逆性分析 [J]. 生物工程学报,2008,24(8): 1464-1469. (Luo X L, Xiao J L, Wang Z A, et al. Overexpression of spinacia oleracea betaine aldehyde dehydrogenase (So BADH) gene confers the salt and cold tolerant in Gossypium hirsutum L [J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2008,24(8): 1464-1469.)

[9] Liu Z H, Zhang H M, Li G L, et al. Enhancement of salt tolerance in alfalfa transformed with the gene encoding for betaine aldehyde dehydrogenase [J]. Euphytica,2011,178(3): 363-372.

[10] 王小丽,杜建中,郝曜山,等. 转 BADH 基因玉米植株的获得及其耐盐性分析 [J]. 作物学报,2014,40(11): 1973-1979. (Wang X L, Du J Z, Hao Y S, et al. Transformation of BADH gene into maize and salt tolerance of transgenic plant [J]. Acta Agronomica Sinica, 2014, 40(11): 1973-1979.)

[11] 宋小玲,强胜,彭于发. 抗草甘膦转基因大豆 (Glycine max (L.) Merri) 杂草性评价的试验实例 [J]. 中国农业科学,2009,42(1): 145-153. (Song X L, Qiang S, Peng Y F. An experimental case of safety assessment of weediness of transgenic glyphosate-resistant soybean (Glycine max (L.) Merri) [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2009,42(1): 145-153.)

[12] 张兴华,田绍仁,乔艳艳,等. 转双价抗病基因棉花在荒地生存的竞争能力研究 [J]. 江西棉花,2011(S1): 42-50. (Zhang X H, Tian S R, Qiao Y Y, et al. Research of the competitive ability to survive of cotton transferred bivalent disease resistance gene (Chi + Glu) in wasteland [J]. Jiangxi Cotton,2011(S1): 42-50.)

[13] Ellstrand N C, Heredia S M, Leak-Garcia J A, et al. Crops gone wild; Evolution of weeds and invasives from domesticated ancestors [J]. Evolutionary Applications, 2010, 3(5-6): 494-504.

[14] 康岭生,杨向东,王玉民,等. 高油酸转基因大豆 HOA₈₀ 生存竞争能力检测 [J]. 吉林农业科学 2010,35(6): 1-3,24. (Kang L S, Yang X D, Wang Y M, et al. Assessment of competitive ability for a high oleic acid GM soybean line ‘HOA₈₀’ [J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences,2010,35(6): 1-3,24.)

[15] 张秀娟,杨晨利. 转基因植物潜在的生物入侵问题 [J]. 河南科技大学学报,2004,24(1): 72-75. (Zhang X J, Yang C L. On potential invasion of living beings brought about by genetically modified crops [J]. Journal of Henan University of Science and Technology, 2004,24(1): 72-75.)

[16] 贾士荣. 转基因植物的环境及食品安全性 [J]. 生物工程进展, 1997,117(6): 36-42. (Jia S R. Environment and food biosafety assessment of transgenic plants [J]. Progress in Technology, 1997, 117(6): 36-42.)

[17] 王国英. 转基因植物的安全性评价 [J]. 农业生物技术学报, 2001,9(3): 205-207. (Wang G Y. The safety evaluation of transgenic plants [J]. Journal of Agricultural Biotechnology, 2001, 9(3): 205-207.)

[18] Crawley M J, Brown S L, Hails R S, et al. Biotechnology: Transgenic crops in natural habitats [J]. Nature, 2001, 409(6821): 682-683.

[19] 姜奇彦,李新海,胡正,等. 抗旱转基因小麦 (Triticum aestivum L.) 的杂草性评价 [J]. 中国农业科学,2015,48(11): 2096-2107. (Jiang Q Y, Li X H, Hu Z, et al. Safety assessment of weediness of transgenic drought-tolerant wheat (Triticum aestivum L.) [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2015,48(11): 2096-2107.)