

棉花耐盐性的双列杂交分析*

沈法富** 于元杰 毕建杰 刘凤珍 尹承侓

(山东农业大学农学系, 山东泰安 271018)

提 要 根据 Hayman 的方法, 对 6 个耐盐性不同的棉花品种(系)及其 15 个半双列杂交组合的 F_1 、 F_2 代的平均盐害级别进行了双列杂交分析, 结果表明, 耐盐和盐敏感品种的一般配合力效应差异达极显著水平, 耐盐 \times 盐敏感组合的特殊配合力普遍低于盐敏感 \times 盐敏感、耐盐 \times 耐盐组合。因此, 棉花耐盐育种以配制耐盐 \times 盐敏感组合为最佳。棉花耐盐遗传参数估计说明, 棉花的耐盐性存在着加性和显性效应, 以加性效应为主, 耐盐性呈不完全显性, 受一对主效基因控制。 F_1 和 F_2 代的广义遗传力接近, F_2 代的狭义遗传力高于 F_1 代, 且狭义遗传力较高。因而, 在 F_2 代选择改良棉花的耐盐性是可能的。

关键词 陆地棉; 耐盐性; 双列杂交; 配合力

A Diallel Analysis of Salt Tolerance in Upland Cotton

SHEN Fa-Fu YU Yuan-Jie BI Jian-Jie LIU Feng-Zheng YIN Cheng-Yi

(Shandong Agricultural University, Taian 271018, China)

Abstract The 3 salt tolerance varieties and 3 salt sensitivity varieties were used as parents to generate F_1 、 F_2 form a half diallel cross. It was employed to investigate the inheritance of salt tolerance by using Hayman's diallel cross analysis. The results suggested that the general combining ability (GCA) was highly significant difference between salt tolerance and salt sensitive varieties. The specific combining ability (SCA) of $R\times S$ crosses were significantly lower than those of $S\times S$ crosses or $R\times R$ crosses. It was suggested that $R\times S$ cross were more suitable for salt tolerance breeding. Estimate of genetic parameters for salt tolerance showed that both additive and dominant effects appeared to be important for the expression of variation under salt stress, but the effect of gene with additive properties was more pronounced. The salt tolerance was determined by one incomplete dominant gene. Broad heritability of F_1 generation was as much as that of F_2 , but sense heritability of F_2 was higher than that of F_1 . Estimates of h_N for salt tolerance were higher; suggesting that rapid improvement in salinity tolerance is possible using high selection pressures in F_2 population.

Key words *Gossypium hirsutum*; Salt tolerance; Diallel analysis; Combining ability

土壤盐渍化是影响农业生产和生态环境的一个重要因素, 据统计, 全球盐土约占陆地面积的 1/3, 且随着工业的污染和淡水资源的缺乏以及不合理的灌溉方式导致次生盐碱地面积

* 山东省科委资助项目

** 联系人; ffshen@sdau.edu.cn

收稿日期: 1999-06-14, 接受日期: 2000-05-02

Received on: 1999-06-14, Accepted on: 2000-05-02

不断扩大^[1], 选育耐盐植物新品种是开发利用盐碱地最经济有效的途径之一。选育耐盐植物新品种首先需要对植物的耐盐性的遗传特点及规律进行研究, 然而, 植物耐盐遗传分析国内、外研究较少。Azhar 等^[2]通过耐盐性不同的高粱的双列杂交分析表明, 高粱的耐盐性存在着加性和显性效应, 狭义遗传力为0.64, F₂代进行选择有效。Akbar^[3]对水稻耐盐遗传分析发现, 水稻的耐盐性表现显著的加性效应, 并有较高遗传力。邵桂花等^[4]对大豆耐盐性遗传分析发现, 大豆的耐盐性是受一对显性基因控制的。

棉花是比较耐盐的作物, 但苗期对盐分比较敏感, 对于不同棉花品种的耐盐性和不同耐盐品种的生理生化代谢研究较多^[5~10], 而对棉花耐盐性遗传分析, 国内、外未见报道。本研究选用6个耐盐性不同的棉花品种(系)作为材料, 配制不完全双列杂交组合, 采用 Hayman 的 F₁、F₂代双列杂交分析方法^[11~12], 对棉花的耐盐性进行双列杂交分析, 以期为棉花耐盐育种亲本的选配提供参考。

1 材料和方法

本研究选用6个陆地棉(*Gossypium hirsutum* L)品种(系), 耐盐亲本为枝棉3号、山农011和商丘24, 盐敏感亲本为鲁棉6号, 中棉所17和鲁棉12号。枝棉3号和商丘24由中国农科院棉花研究所品种资源室提供。山农011是作者自己选育的品系, 其余品种由山东农业大学棉花育种研究室提供。所有供试品种均经过三代自交。

6个陆地棉品种(系), 两两杂交, 配制15个杂交组合(不包括反交), F₁代播种正常土壤中, 每组合扣线自交120铃, 按组合收获形成 F₂代, 第二年将亲本和 F₁、F₂代进行营养钵育苗, 4月15日播种, 5月15移栽至盐碱地。试验为单行区, 每行30株, 行距40 cm, 株距20 cm, 随机区组设计, 3次重复。

盐碱地设在山东省高唐县, 试验在田间自然条件下进行, 土壤全盐含量为0.38%, 待棉苗生长至4片真叶时, 用一定浓度的咸水处理, 咸水来源由抽提咸水井中的咸水加淡水配制而成。根据降雨和盐害情况调整淡水和咸水比例。咸水电导率值为16.5~24 dS/cm。待盐害症状品种间差异显著时, 采用5级分级法(表1)进行分级分株调查, 然后计算盐害率、平均盐害级别和相对盐害指数, 并对试验数据进行双列杂交分析。采用 Hayman 和 Jinks 的方法^[11]

对 F₁代数据分析, 利用 Hayman^[12]的方法 F₂代数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 配合力方差分析

首先对三个耐盐性指标进行方差分析, 结果表明供试亲本、F₁代组合及 F₂代间存在着极显著差异, 盐害率、平均盐害级别和盐害指数的基因型 F 值分别为24.2, 37.5和19.7。重复间差异不显著, 区组方差均小于误差方差。说明利用本方法鉴定棉花的耐盐性可靠, 盐碱分布相对均匀。耐盐品种枝棉3号盐害率为37%, 平均盐害级别为0.33, 而盐敏感品种鲁棉12盐

表1 棉花单株盐害分级标准

Table 1 Grading standard of plant symptoms caused by salt stress in cotton

级别 Grading	标准 Standard
0	生长发育正常, 真叶无盐害症状
1	生长发育基本正常, 一片真叶表现盐害或二片真叶叶尖干枯
2	节间缩短, 二片以上真叶于枯或脱落
3	节间极短, 三片以上真叶干枯或仅保留心叶呈绿色
4	植株死亡或临近死亡

害率为78%，平均盐害级别为3.71，品种间差异显著，这与以前利用水培和花粉鉴定结果一致^[6]。

表2 棉花耐盐性的配合力方差分析
Table 2 Analysis of variance of combining ability of salt tolerance in cotton

世代 Generation	变异来源 Source of variance	自由度 df	盐害率 Salt sensitivity	盐害指数 Salt index	平均级别 Mean grade
F ₁	GCA	5	2347.6**	1013.4**	3.27**
	SCA	15	62.7	34.5	0.12**
	误差	40	43.7	26.5	0.07
	GCA/SCA		37.44**	29.37**	27.25**
F ₂	GCA	5	2889.7**	1316.6**	4.48**
	SCA	15	74.6	41.3	0.16**
	误差	40	43.7	31.8	0.11
	GCA/SCA		38.73**	31.87**	28.00**

** P<0.01.

配合力方差分析结果(表2)表明,三个耐盐性指标 F₁、F₂的一般配合力(GCA)方差均达极显著水平,以平均盐害级别的 GCA 方差相对值最大。盐害率、盐害指数的特殊配合力(SCA)方差差异不显著,平均盐害级别的 SCA 方差差异达极显著,这说明,就平均盐害级别而言,各组合存在着特殊配合力效应,不过远远低于 GCA。三个性状 GCA/SCA 比值差异达极显著水平, F₂的 GCA/SCA 值均大于 F₁ 值。由前面的分析可知:棉花的耐

盐性同时存在着加性效应和显性效应,以加性效应为主,随着世代的增加,加性基因的作用愈显重要。

比较上述三个耐盐性指标,以平均盐害级别基因型间 F 值为最大, GCA 和 SCA 方差均达极显著水平,因此,以平均盐害级别来进行配合力效应分析。

2.2 配合力效应分析

配合力效应分析结果(表3)说明,3个耐盐亲本和3个盐敏感亲本间的 GCA 效应值差异达极显著水平。3个耐盐亲本中,山农011的 GCA 值最小,且与枝棉3号、商丘24差异达显著水平。3个盐敏感品种中,中棉所17的 GCA 值最小。在棉花耐盐杂交育种中,根据 GCA 效应值分析,耐盐品种以山农011耐盐配合力最好,盐敏感品种以中棉所17最理想。

表3 亲本平均盐害级别及 GCA 和 F₁、F₂组合 SCA 效应值
Table 3 Mean, GCA of parents and SCA of F₁, F₂ Crosses

亲本 Parents	平均级别 Mean grade	山农011 SN011	枝棉3号 ZM3	商丘24 SQ24	鲁棉6号 LM6	中棉所17 ZMS17	鲁棉12 LM12
山农011 SN011	0.40	-6.78	-2.79	-3.05	-6.22	-8.47	-3.58
枝棉3号 ZM3	0.33	-3.35	-4.36	1.02	-3.11	-5.20	-0.36
商丘24 SQ24	0.60	-2.77	-0.38	-2.60	-0.98	-4.67	0.17
鲁棉6 LM6	2.72	-7.35	-2.70	-1.92	10.46	-0.20	5.20
中棉所17 ZMS17	3.60	-9.38	-6.77	-4.87	-0.12	9.75	3.41
鲁棉12 LM12	3.71	-4.77	-0.41	0.33	5.90	4.78	13.52

对角线为亲本的 GCA 效应值。对角线左边为 F₁组合 SCA 值,对角线右边 F₂组合的 SCA 值。

Value of angle line is GCA of parents, the left angle line is SCA of F₁ crosses and the right is SCA of F₂ crosses.

尽管山农011和中棉所17平均盐害级别在耐盐和盐敏感品种中不是最低的。利用 F_2 材料, 计算的 GCA 值和 F_1 代表表现一致(结果未列出)。

F_1 代材料组合的特殊配合力(SCA)效应值, 以中棉所17×山农011最低, 鲁棉12×鲁棉6号最高。在耐盐×盐敏感组合中, 除鲁棉12×商丘24的 SCA 效应值高于0外, 其余组合的 SCA 值均小于0, 在盐敏感×盐敏感组合中, 除中棉17×鲁棉6号的 SCA 值小于0外, 其余组合的 SCA 值均大于0, 耐盐×耐盐组合的所有 SCA 值均小于0。 F_2 代材料组合的 SCA 值除商丘24×枝棉3号组合外, 其余跟 F_1 代组合的 SCA 效应值一致。根据15个组合的 SCA 效应值, 杂种优势以耐盐×盐敏感组合为最佳。

2.3 棉花耐盐性遗传参数的估计

从亲本间 W_r 和 V_r 关系(表4)可以看出, 6个亲本的 $W_r - V_r$ 差异不显著, 说明棉花的耐盐性不存在上位性效应, 符合加性—显性模型。 $W_r + V_r$ 差异达极显著水平, 说明棉花的耐盐性存在着显性效应。 V_r 和 W_r 的回归方程为 $W_r = 0.145 + 0.93 V_r$, 相关系数 $r = 0.93$, 与0差异显著, 与1差异不显著, $a = 0.145$, 说明耐盐性是不完全显性。棉花耐盐性的遗传参数估测结果(表5)表明, F_1 代加性方差组分 D、显性方差组分(H_1 和 H_2)以及 h^2 都显著,

表4 亲本间 $W_r + V_r$ 和 $W_r - V_r$ 的方差分析

Table 4 Analysis of variance of $W_r + V_r$ and $W_r - V_r$ between parents

变异来源 Source of variance	df	$W_r + V_r$	$W_r - V_r$
区组 Block	2	0.07	0.03
亲本间 Parents	5	1.15**	0.44
误差 Error	10	0.21	0.02

** $P < 0.01$

这说明加性方差和显性方差都真实存在。由于 D 远远大于 H, 说明棉花的耐盐性以加性效应为主, 配合力方差分析也说明这一点。 $(H_1/D)^{1/2}$ 为 0.37, 表明棉花耐盐性为不完全显性, 与前面分析结果一致, $K = 1.33$ 说明棉花耐盐性至少有一个显性基因起作用。与 F_1 代相比, F_2 代加性方差组分有所增加, 显性方差组分及 h^2 都有所下降。 F_1 代广义遗传力为 79.74, 狭义遗传力为 73.56, 说明棉花的耐盐性受遗传控制大于环境影响, 广义遗传力和狭义遗传力接近, 说明棉花耐盐遗传变异中, 以加性变异为主, 显性变异所占比重小, 耐盐性能稳定传递给后代。

表5 棉花耐盐遗传参数估计

Table 5 Estimate of genetic parameters for cotton salt tolerance measured by mean grade

参数 Parameter	F_1	F_2
D	0.65** ± 0.07	0.92** ± 0.01
H_1	0.09** ± 0.04	0.07** ± 0.02
H_2	0.08** ± 0.05	0.03** ± 0.01
F	0.07* ± 0.03	0.04** ± 0.01
h^2	0.11** ± 0.05	0.04** ± 0.02
$(H_1/D)^{1/2}$	0.37	0.28
K	1.33	1.77
h_B	79.74	83.86
h_N	73.56	82.51

** $P < 0.01$ * $P < 0.10$

因而, 在棉花耐盐育种过程中, 可以低世代高选择压力下进行选择。用 F_2 代材料分析的 h_N 和 h_B 与 F_1 代结果一致。 F_2 代 h_B 和 F_1 代接近, 而 F_2 代的 h_N 高于 F_1 代, 这符合数量遗传理论模式。

3 讨论

在进行棉花的耐盐性研究时, 研究者大多以棉花种子在盐碱地或者盐水浸泡发芽率的高低来表示棉花耐盐性与否^[5, 10], 这一指标虽然能够在一定程度上反映棉花耐盐性的高低, 但由于不同棉花种子发芽率存在着固有的差异, 导致在盐胁迫条件下种子的发芽率不能与其耐盐性表现一致。本研究采用育苗移栽技术, 选取苗龄发育状况相近的个体进行移栽, 通过淡、咸水不同比例混合, 进行浇灌, 使盐碱分布相对均一。从对供试亲本耐盐鉴定的结果表明试

验盐碱地的盐碱分布也较均匀。对本研究利用的三个耐盐性指标间相关分析表明,无论是利用亲本,还是 F_1 、 F_2 或者所有供试材料合并分析,三个耐盐性指标均达极显著正相关,因此,无论采取哪一个指标都能对亲本及其杂种的耐盐性作为较为可靠的评价。但是,盐害率是盐害株数占鉴定株数的百分率,不能反映材料的盐害程度,显然是不合理的。平均盐害级别则考虑这一点,它是各级盐害株数与以盐害级别为权的加权平均数,因而更为客观可靠,从方差分析结果看,平均盐害级别变异大,试验误差变异系数小。因而,以平均盐害级别进行统计和遗传分析,试验误差小,易于检测到基因型间真实差异。

本实验用 F_1 、 F_2 二个世代试验数据估算有关遗传参数和配合力效应,二个世代估算结果基本一致,这说明利用 F_2 代数据进行双列杂交分析是可行的。棉花的耐盐性遗传分析结果表明,棉花的耐盐性以加性和显性效应为主,无上位性效应, F_1 、 F_2 代估算的狭义遗传力都比较高,这跟高粱的耐盐遗传相似^[2],与大豆耐盐性则不同^[4]。因此,在棉花耐盐碱育种过程中,在确保盐碱相对均一的条件下,可以在低世代(如 F_2 代)对耐盐性进行鉴定、选择。从 F_1 、 F_2 代各组合的SCA效应值分析可以看出,耐盐×盐敏感组合的SCA值普遍低于盐敏感×盐敏感或耐盐×耐盐组合,所以,棉花耐盐碱育种以配制耐盐×盐敏感组合为宜。由于目前尚不清楚这些耐盐亲本的耐盐基因是否相同,这就需要对这些品种的耐盐性进行等位性分析,如控制耐盐基因不同,则应适当配制耐盐×耐盐类型的组合,以便将不同耐盐基因集中到一个耐盐品种中。耐盐基因在不同棉花品种的异同性,值得进一步研究。

参 考 文 献

- 1 中国科学院南京土壤所主编. 中国土壤, 北京: 科学出版社, 1978. 10~12
- 2 Azhar F M, T Mcneilly. *Plant Breeding*, 1988, 101: 114~121
- 3 Akbar M, *Paper Presented at the International Rice Genetics Symposium IRRI*. May, 1985, 27~31
- 4 邵桂花, 常汝镇, 陈一舞等. 作物学报, 1994, 20(6): 721~726
- 5 叶武威, 刘金定. 中国棉花, 1994, 21(3): 14~15
- 6 沈法富, 尹承岱, 于元杰等. 作物学报, 1997, 23(5): 620~625
- 7 沈法富, 尹承岱. 棉花学报, 1993, 5(1): 39~44
- 8 Lauchli L, L M Kent, J C Turner. *Proc Beltwide Cotton Res. Conf, National Cotton Council*. Memphis TIV, 1981. 40
- 9 Dalton R G, P M Eddie, M D Clucas. *Crop Science*, 1994, 34(4): 706~714
- 10 李付广, 李凤莲, 李秀兰. 河北农业大学学报, 1994, 17(3): 52~55
- 11 刘来福, 毛盛贤, 黄远樟编著. 作物数量遗传, 北京: 农业出版社, 1984
- 12 Hayman B I. *Genetics*, 1958, 43: 63~85