

## 甜高粱亲本系主要农艺性状配合力分析

李巍<sup>1,2</sup> 王艳秋<sup>2</sup> 邹剑秋<sup>2\*</sup> 张飞<sup>2</sup>

(1. 沈阳农业大学 研究生院, 沈阳 110866; 2. 辽宁省农业科学院 高粱研究所, 沈阳 110161)

**摘要** 选用新育成及育种中常用的5个甜高粱不育系、5个甜高粱恢复系,按不完全双列杂交法组配25个杂交组合,对株高、生育期、含糖锤度、叶绿素、产量等5个性状用DPS数据统计软件进行了分析。结果表明:不育系303A,综合性状表现突出,一般配合力高,是一个较理想的甜高粱不育系,其次为L0202A较好;恢复系LTR108、LTR114表现好,一般配合力高;综合产量和含糖锤度表现,303A/LTR114、L0202A/LTR108及L0202A/LTR114是比较理想的甜高粱杂交组合。本研究为甜高粱的高糖高产栽培和品种选育提供了可靠的理论依据。

**关键词** 甜高粱; 配合力; 农艺性状

中图分类号 S 566.5

文章编号 1007-4333(2012)06-0098-05

文献标志码 A

## Analysiss of the combining ability for major agronomic traits in the breeding lines of sweet sorghum (*Sorghum bicolor*)

LI Wei<sup>1,2</sup>, WANG Yan-qiu<sup>2</sup>, ZOU Jiang-qiu<sup>2\*</sup>, ZHANG Fei<sup>2</sup>

(1. Graduate School of Shenyang Agriculture University, Shenyang 110866, China;

2. Sorghum Research Institute, Liaoning Academy of Agriculture Sciences, Shenyang 110161, China)

**Abstract** Five A (male sterile) lines and five R (restorer) lines of sweet sorghum were selected to examine their combining ability for major agronomic traits. Twenty-five crossing combinations were made by incomplete diallelic cross method and plant height, growth period, Brix, chlorophyll and yield were analysed with statistical software DPS. The results showed that the sterile lines 303A was an ideal sweet sorghum sterile lines with outstanding comprehensive character and high general combining ability, followed by L0202A. The R lines LTR108 and LTR114 showed good performance and high general combining ability. The combinations of 303A/LTR114, L0202A/LTR108 and L0202A/LTR114 are ideal high yield and Brix contente. Our results provided evidence for selecting the right combinations for high sugars and high yield.

**Key words** sweet sorghum; combining ability; agronomic traits

配合力是指一个亲本(纯系、自交系或品种)材料在由它所产生的杂种一代或后代的产量或其他性状表现中所起作用相对大小的度量。一般配合力是指亲本与其他若干个亲本或品种杂交后,其杂种后代在某个性状上的平均表现,由基因的加性效应决定。亲本的一般配合力效应值高说明与该性状有关的基因数量多,加性基因效应大,遗传较稳定<sup>[1]</sup>。特

殊配合力是指一对特定亲本系所组配的杂交种的某一性状的表现。特殊配合力是由基因的非加性效应决定的,受基因显性、超显性和上位性效应所控制<sup>[2]</sup>。

配合力高低是选择杂种亲本的重要依据,也是组配强优势杂交组合的重要基础,它直接影响杂种的产量<sup>[3]</sup>,正确选择优良亲本是杂交种选育成败的关键<sup>[4]</sup>。因此,测定和评价亲本的配合力对杂种优

收稿日期: 2012-05-13

基金项目: 农业部现代农业产业技术体系项目(CARS-06); 国际合作项目(CFC/FIGG/41); 辽宁省科技基金博士启动项目(20061045); 948项目(2012-Z54)

第一作者: 李巍, 硕士研究生, E-mail: liweimysself@126.com

通讯作者: 邹剑秋, 研究员, 博士, 主要从事高粱遗传育种研究, E-mail: jianqiuzou@yahoo.com

势利用具有重要意义。只有配合力高的亲本才能配制出高产的杂种。配合力是亲本之间组配优势杂种的一种潜在能力,它不是由亲本自身的性状表现出来的,而是通过由亲本组配的杂种产量和其他性状的平均值估算出来的<sup>[5]</sup>。

随着化石能源的日渐匮乏和环境污染的日趋严重,生物质能源作为可再生的洁净能源因其具有替代化石燃料、减少温室气体排放和支持农业发展等优势,已越来越受到重视<sup>[6]</sup>。生物质能源具有可贮藏性及连续转化能源的特征,成为最有前景的替代能源。甜高粱是普通高粱的一个变种,为短日照 C4 植物,生长能力特别强,有“高能作物”之称,具有生物产量高、用途广、耐涝、耐旱,耐瘠薄和抗盐碱等特点。近年来,甜高粱已成为世界上一种新兴的糖料、饲料和能源作物<sup>[7]</sup>。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

试验选用的母本为甜高粱不育系 303A、301A、L0202A、L0201A 和 305A,父本为甜高粱恢复系 LTR114、LTR101、LTR111、LTR110 和 LTR108。

### 1.2 田间试验

将 5 个不育系和 5 个恢复系按不完全双列杂交(NC II)方法配制成 25 个杂交组合。试验 2011 年在辽宁省农业科学院(沈阳)试验地进行,随机区组排列,3 次重复,行长 3 m,行距 0.6 m,4 行区,每区 15 穴。田间管理如大田生产。取中间行测产,各区随机取 10 株样本,考察测量株高,生育期,小区产量,含糖锤度,叶绿素等主要农艺性状。

### 1.3 测定方法

生物产量:在成熟期,每区选中间两行用台秤称重。保留 1 位小数。

含糖锤度:在蜡熟期,用 PAL-1 型糖度计测定茎秆上数第 7 节节间中部含糖锤度,取三次平均值。

叶绿素:在灌浆期用 SPAD-502 叶绿素仪,对上数第 5 片叶进行测定。测定部位为叶片距茎秆 1/3 处。

株高:在成熟期每区随机取 10 株样本,用木尺进行测量,测量部位为茎基部到穗顶部的距离。

### 1.4 试验统计方法

一般配合力和特殊配合力的计算方法采用 EXCEL、DPS 数据处理系统进行数据分析<sup>[8]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 各性状配合力方差分析

本研究利用不完全双列杂交方法鉴定几个优质甜高粱亲本系的产量、含糖锤度等性状的一般配合力和特殊配合力效应,为准确地评价亲本性状和筛选强优势优良杂交组合提供依据。

由表 1 可以看出,产量、株高、含糖锤度、生育期、叶绿素各性状在杂交组合间均存在极显著和显著差异,父本(恢复系)、母本(不育系),父母本互作中也大多存在极显著和显著差异。在恢复系各性状中生育期和产量均达到极显著水平,株高达显著水平,含糖锤度和叶绿素差异不显著;不育系各性状中产量和含糖锤度达到极显著水平,生育期和叶绿素达显著水平,株高差异不显著;父母本互作中株高、生育期、叶绿素均达极显著水平,产量达显著水平,含糖锤度差异不显著。

表 1 高粱各性状方差分析结果(F 值)

Table 1 Variance analysis (F-value) of important agronomic traits in sweet sorghum

变异来源	自由度	株高	生育期	产量	含糖锤度	叶绿素
组合(F <sub>1</sub> )	24	7.67**	17.89**	6.53**	1.88*	4.99**
父本(P <sub>1</sub> )	4	2.65*	11.57**	13.70**	1.96	2.11
母本(P <sub>2</sub> )	4	2.24	3.66*	5.52**	5.47**	3.24*
父母本互作(P <sub>1</sub> ×P <sub>2</sub> )	16	5.17**	5.58**	1.99*	0.78	3.20**
误差	48					

注:  $F_{0.05(24,48)} = 1.75$ ,  $F_{0.01(24,48)} = 2.20$ ,  $F_{0.05(4,48)} = 2.57$ ,  $F_{0.01(4,48)} = 3.74$ ,  $F_{0.05(16,48)} = 1.86$ ,  $F_{0.01(16,48)} = 2.40$ 。

### 2.2 配合力分析

#### 2.2.1 不育系各性状一般配合力效应分析

由表 2 可以看出,5 个甜高粱不育系的 5 个被

测性状中,生育期和产量的一般配合力效应以 L0202A 最高,305A 最低;株高一般配合力效应以 303A 最高,305A 最低;含糖锤度以 301A 最高,

L0201A 最低;叶绿素以 305A 最高,301A 最低。其中,303A 各性状一般配合力效应值基本为正值,而 305A 和 301A 一般配合力效应基本为负值。303A 不育系一般配合力明显优于其他 4 个不育系。可见,如果想获得更高的株高、产量和含糖锤度,303A 是个理想的亲本,但以其为亲本,不易获得熟期早的组合;如果仅考虑含糖锤度,301A 与 303A 均较理想;如若想缩短生育期,则宜选择 305A、L0201A 和 301A。

表 2 高粱不育系各性状一般配合力效应(GCA)

Table 2 Analysis of general combining ability for major agronomic traits in the five sweet sorghum sterile lines

不育系	株高	生育期	产量	含糖锤度	叶绿素
303A	4.29	2.74	11.01	4.24	-2.52
L0202A	3.85	2.84	12.82	-3.65	-2.66
L0201A	-2.28	-1.38	-1.68	-4.97	2.01
305A	-3.63	-3.67	-11.19	-1.73	7.72
301A	-2.22	-0.34	-10.97	6.11	-4.54

注: $t_{0.05,48}=2.009$ , $t_{0.01,48}=2.678$ 。

### 2.2.2 恢复系各性状一般配合力效应分析

由表 3 可以看出,5 个恢复系 5 个性状中,生育期和产量一般配合力效应以 LTR108 最高,LTR101 最低;株高一般配合力效应以 LTR110 最

高,LTR101 最低;含糖锤度以 LTR114 最高,LTR110 最低;叶绿素以 LTR110 最高,LTR101 最低。5 个恢复系中 LTR114 明显优于 LTR101,LTR101 各性状一般配合力分析基本为负值。可见,如果考虑提高产量,LTR108 是最理想的选择;如果考虑提高含糖锤度,LTR114 和 LTR108 均较理想;如若想缩短生育期,则不宜选择 LTR101;如果综合考虑产量和含糖锤度,LTR108 和 LTR114 均为理想的亲本。

表 3 高粱恢复系各性状一般配合力效应(GCA)

Table 3 Analysis of general combining ability for major agronomic traits in the five sweet sorghum restorer lines

恢复系	株高	生育期	产量	含糖锤度	叶绿素
LTR114	1.75	-2.40	0.36	4.57	4.07
LTR101	-7.26	-4.92	-11.64	0.19	-3.31
LTR111	1.75	-4.26	-9.83	0.40	2.58
LTR110	2.47	-0.04	-10.29	-2.83	5.39
LTR108	1.30	0.83	3.14	2.37	0.59

注: $t_{0.05,48}=2.009$ , $t_{0.01,48}=2.678$ 。

### 2.2.3 各杂交组合特殊配合力效应分析

本试验各杂交组合 5 个性状的特殊配合力效应值见表 4。结果表明,在小区产量上,L0202A/LTR114、L0201A/LTR101、301A/LTR111 特殊配

表 4 高粱各杂交组合特殊配合力效应值(SCA)

Table 4 Specific combining ability of various crossing combinations of sweet sorghum lines

性状	恢复系	不育系				
		303A	L0202A	L0201A	305A	301A
小区产量	LTR114	8.70	13.68	-12.60	-12.14	2.36
	LTR101	4.21	1.56	15.27	-0.14	-0.36
	LTR111	-1.50	-5.57	-2.40	-1.95	11.42
	LTR110	1.04	7.39	-6.48	-7.57	7.34
	LTR108	-1.95	9.83	6.21	6.66	-20.75
株高	LTR114	5.79	4.71	-3.73	-10.78	4.02
	LTR101	1.58	-2.50	-1.63	11.13	-8.59
	LTR111	-0.22	-2.95	0.17	0.77	2.22
	LTR110	-2.14	2.34	-0.70	-0.70	1.19
	LTR108	-5.02	-1.60	5.88	-0.43	1.16

续表

性状	恢复系	不育系				
		303A	L0202A	L0201A	305A	301A
含糖锤度	LTR114	9.36	7.15	1.57	-1.12	2.65
	LTR101	6.82	4.37	0.48	4.37	-2.38
	LTR111	-0.46	-0.52	1.62	-3.81	3.16
	LTR110	0.03	4.91	-6.38	-0.57	2.01
	LTR108	-2.11	-1.61	2.72	1.13	-0.13
叶绿素	LTR114	1.28	6.33	-7.52	-2.64	2.56
	LTR101	2.41	-3.04	-4.42	1.85	3.20
	LTR111	-3.73	1.08	10.61	-4.45	-3.52
	LTR110	-2.02	-6.73	9.61	4.56	-5.42
	LTR108	2.06	2.36	-8.29	0.69	3.18
生育期	LTR114	3.37	5.29	-0.84	-5.94	-1.88
	LTR101	-0.77	-2.54	1.30	1.74	0.27
	LTR111	-1.80	-4.32	3.22	2.93	-0.30
	LTR110	-1.21	-1.51	-1.73	1.67	2.78
	LTR108	0.41	3.08	-1.95	-0.40	-1.14

合力高,表现为高产;在株高性状上,305A/LTR101特殊配合力最高,杂种后代的株高会较高;303A/LTR114、L0202A/LTR114在含糖锤度性状中特殊配合力较高,可以选育高糖的杂交种;从叶绿素性状看,L0201A/LTR111、L0201A/LTR110叶绿素含量较高,光合作用强,利于植物本身生长;生育期较长的组合是L0202A/LTR114和303A/LTR114。

### 3 讨论

配合力是一个遗传性状,在自交或杂交时能将其传给后代,具有良好配合力的亲本或品种能生产出更优异的杂交种。因此,配合力育种在作物遗传育种中变得越来越重要。根据配合力的研究测定结果,选择配合力高,尤其是一般配合力高的两个材料作亲本,容易得到强优势的杂种一代,若受其他性状的限制,至少应有一个亲本是高配合力的<sup>[9]</sup>。但是,并不是说两个配合力一般的亲本一定就选不出强优势组合,这就要看其特殊配合力。在评价高粱杂交种亲本时,亲本自身性状的好坏及一般配合力的高低较特殊配合力的高低更为重要。尽管大多数的研究揭示出高粱主要农艺性状的表现中,加性遗传成

分的数值大于非加性遗传部分,要想获得强优势的杂交组合一般配合力占优势,所配组合杂种优势的平均水平较高,但特殊配合力的作用也不可忽视,特殊配合力效应值可以用来指导杂种优势的利用,为杂交组合的选配提供理论参考依据<sup>[10]</sup>。这就是说,只有在测定一般配合力的基础上,测定特殊配合力才更有意义<sup>[11]</sup>。

甜高粱茎秆锤度的高低是衡量其利用价值的主要指标之一。在甜高粱生育后期,随着成熟程度的提高,茎秆锤度逐渐增加,至完熟期茎秆锤度达到峰值,高锤度的节间数也随着增多<sup>[12]</sup>。两个A3细胞质不育系301A与303A的含糖锤度配合力均较高,可能与其自身光合能力和糖分积累能力有关,有待于进一步研究验证<sup>[13]</sup>。

从本试验来看,同一亲本不同性状间一般配合力效应也不相同。如301A的株高,生育期,产量和叶绿素的一般配合力效应都很低,但含糖锤度的一般配合力效应值却很高,用301A组配的杂交种301A/LTR114含糖锤度特殊配合力效应值也较高,因此,在杂交种的选配中,亲本一般配合力的高低直接影响着杂交种的表现,高配合力亲本的应用

非常重要。同一性状不同亲本间一般配合力效应值明显不同,不同亲本一般配合力效应存在差异。从产量上来看,303A和L0202A的一般配合力效应值非常高,而305A和301A一般配合力效应值很低,因此,由L0202A组配的杂交种产量应比由305A组配的杂交种产量高。不育系303A、L0202A各性状一般配合力效应值明显高于其他不育系,并且与恢复系产生较高的特殊配合力效应,作为甜高粱的优质亲本,产量和含糖锤度一般配合力较高有较大的利用价值,相信用它所组配的杂交种能在生产中带来更多的产量和更丰富的能源。恢复系LTR114、LTR108在株高、产量、含糖锤度和叶绿素上的一般配合力效应值都明显高于其他恢复系,所以用它们组配的杂交种很有可能应用于生产。

从表中可以看出,各亲本在各性状上的一般配合力效应互有高低,很难通过某一亲本来改良杂交种的所有性状,因此,在育种工作中改良某种性状的同时,必须注意其他相关性状的变化,我们必须综合考虑亲本自身的性状优势和缺陷,了解同一亲本不同性状配合力的差异,才能更有目的地选用性状间一般配合力较高且能互补的双亲进行杂交,才能最大限度地发挥亲本的价值,从而选育出强优势甜高粱杂交组合,提高育种效率<sup>[14]</sup>。甜高粱品种选育不仅要求茎秆产量高,而且还要求茎秆含糖量要高。因用途不同,对茎秆含糖量及其组成成分的要求有一定的差异,但总体上还是要求选育茎秆产量及其糖分含量高的优良品种<sup>[15]</sup>。所以,一般配合力突出的不育系303A、L0202A与恢复系LTR114、LTR108杂交,定能筛选出配合力高强优势的甜高粱组合应用于生产。

## 参 考 文 献

- [1] Wang M L, Zhu C S, Barkley N A, et al. Genetic diversity and population structure analysis of accessions in the US historic sweet sorghum collection[J]. *Theor Appl Genet*, 2009, 120(1):13-23
- [2] 卢庆善,宋仁本,等.高粱不同分类组杂种优势和配合力的研究[J]. *辽宁农业科学*, 1997(2):25-27
- [3] Gauch H G, Zobel R W Jr. Accuracy and selection success in yield trial analysis[J]. *Theor Appl Genet*, 1989, 77:473-481
- [4] Kanaka S K. Genetic analysis of ten quantitative characters in grain sorghum[J]. *India Thesis Abstracts*, 1982, 8(1):72-73
- [5] 徐忠诚.高粱几个亲本的配合力分析[J]. *杂粮作物*, 2000, 20(4):17-19
- [6] 黎大爵,廖馥荪.甜高粱及其利用[M].北京:科学出版社,1992
- [7] 邹剑秋,王艳秋,张志鹏,等. A3型细胞质能源用甜高粱生物产量、茎秆含糖锤度和出汁率研究[J]. *中国农业大学学报*, 2011, 16(2):8-13
- [8] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其DPS数据处理系统[M].北京:科学出版社,2002
- [9] 张天真.作物育种学总论[M].北京:中国农业出版社,2003
- [10] 卢庆善,孙毅.杂交高粱遗传改良[M].北京:中国农业科学技术出版社,2005
- [11] 王艳秋,卢峰,邹剑秋,等.群体改良法新育成高粱雄性不育系的配合力分析[J]. *江苏农业科学*, 2009(1):81-83
- [12] 卢庆善.甜高粱[M].北京:中国农业科学技术出版社,2008
- [13] 张志鹏,黄瑞冬,邹剑秋,等. A3、A4细胞质对甜高粱产量及重要性状的影响[J]. *杂粮作物*, 2008(3):137-140
- [14] 倪先林,赵甘霖.杂交糯高粱主要农艺性状的配合力和遗传力研究[J]. *江苏农业科学*, 2011, 39(3):90-93
- [15] Reddy B V S, Ramesh S, Reddy P S, et al. Sweet sorghum: a potential alternate raw material for bio-ethanol and bio-energy[J]. *International Sorghum and Millets Newsletter*, 2005, 46:79-86

责任编辑:袁文业