

文章编号: 1005-0906(2007)05-0017-05

糯玉米自交系主要农艺性状配合力分析

黄云霄, 陈洪梅, 谭 静, 段智利, 汪燕芬, 吕宏斌, 番兴明

(云南省农业科学院粮食作物研究所, 昆明 650205)

摘要: 按 Griffing 双列杂交方法Ⅳ对 9 个糯玉米自交系进行组配, 将获得的 36 个杂交组合进行鉴定, 对自交系的单株产量、株高、穗位高、穗长、穗粗、穗行数、行粒数、千粒重进行配合力分析和遗传参数估算。结果表明: 组合间各性状的 GCA 和 SCA 均达极显著差异; 主要性状的加性方差大于非加性方差, 加性方差占基因型方差比例的大小顺序是株高 > 穗粗 > 千粒重 > 单株产量 > 穗位高 > 穗长 > 穗行数 > 行粒数; 综合各性状表现, 自交系 YWL1、YWL7 利用潜力最高。综合利用潜力较高的自交系大多是来自糯玉米起源中心的热带、亚热带玉米种质的自交系, 说明来自糯玉米起源中心的热带、亚热带糯玉米种质的利用潜力高, 而且地方糯玉米种质也具有相当的利用潜力, 对我国糯玉米育种及糯玉米种质改良、扩增具有重要的指导意义。

关键词: 糯玉米; 自交系; 配合力**中图分类号:** S513.024**文献标识码:** A

Combining Ability Analysis of Waxy Corn Inbred Lines for Main Agronomic Characters

HUANG Yun-xiao, CHEN Hong-mei, FAN Xing-ming, et al.

(Institute of Food Crops, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China)

Abstract: The combining ability and hereditary parameters of 9 waxy corn inbred lines (6 tropical or subtropical waxy corn inbred lines and 3 temperate waxy corn inbred lines) for main agronomic characters were analyzed. The 9 waxy corn inbred lines were crossed by Griffing IV design and the 36 crosses were evaluated in Kunming of Yunnan province. The results showed that the difference of general combining ability (GCA) and special combining ability (SCA) for yield per plant, plant height, ear height, ear length, ear diameter, number of rows per ear, number of kernels per row and thousand seed weight were highly significant. The variance of additive effect was higher than that of non-additive effect, the sequence of additive variance by genetic variance was plant height > ear diameter > thousand seed weight > yield per plant > ear height > ear length > number of rows per ear > number of kernels per row. The most potential inbred lines in Yunnan were YWL1 and YWL7. It could be concluded from the study that the promising inbred lines almost were either tropical or the subtropical germplasm from the provenance of waxy corn and the local cultural had potential for hybrid breeding. The study provided valuable information for enhancement and improvement of waxy corn germplasm.

Key words: Waxy corn; Inbred lines; Combining ability

糯玉米(Waxy corn)(*Zea mays* L. ceratina Kulesh)是玉米的一个亚种。糯玉米子粒的糯质性状由玉米第

9 条染色体上的 *wx* 隐性基因控制, 隐性纯合状态下, 子粒中的淀粉接近 100% 为支链淀粉, 表现性状为子粒不透明, 种皮无光泽, 外观呈蜡质状。糯玉米的用途主要分为鲜食糯玉米和工业用糯玉米两大类。鲜食糯玉米营养价值高, 具有不同于甜玉米的特殊风味和适口性好、皮薄等优点, 近年来在我国种植面积日益扩大; 工业用糯玉米主要是利用支链淀粉的特殊分子结构, 广泛用于食品加工业和各类工业生产。

收稿日期: 2006-11-02; **修回日期:** 2007-07-03**基金项目:** 云南省“十一五”重大科技攻关项目**作者简介:** 黄云霄(1976-), 男, 助理研究员, 从事鲜食玉米遗传育种研究。E-mail: skele@vip.sina.com

番兴明为本文通讯作者。Tel: 0871-5892503

E-mail: yaasqpm@sina.com

云南省农科院通过对本省糯玉米资源的收集研究和从国内外研究机构引进大批不同类型的种质,经过适应性改良,从中选育出一批优质、抗病、适应性广的糯玉米自交系。本研究对来源于糯玉米起源中心(云南、四川、广西、泰国)和温带的糯玉米自交系的主要农艺性状进行配合力分析,为糯玉米种质的扩增、改良及挖掘地方品种的利用潜力提供重要

的理论依据。

1 材料与方法

选用 9 个具有区域代表性的糯玉米自交系进行研究,其中包括来源于云南、四川、广西、泰国的热带、亚热带糯玉米自交系及引自韩国和我国自育的温带糯玉米自交系,其系谱来源及主要特性见表 1。

表 1 9 个糯玉米自交系的种质来源及特性
Table 1 Germplasm resources and characters of 9 waxy corn inbred lines

序 号	自交系	种质来源	子粒颜色	生态适应型
No.	Inbred	Germplasm resource	Grain Color	Ecology adaptation
1	YWL 1	云南省临沧地区地方品种混合种植 3 代,再经自交选择	白	亚热带
2	YWL 2	重庆市农科所 B8 自交系自交改良	白	亚热带
3	YWL 3	重庆市农科所 UWX6 自交系自交改良	白	亚热带
4	YWL 4	温带黑糯玉米自交系	黑	温 带
5	YWL 5	泰国 Suwan 农场糯玉米自交系自交改良	白	热 带
6	YWL 6	温带黑糯玉米自交系	黑	温 带
7	YWL 7	广西糯玉米三交种桂香糯自交改良	白	热 带
8	YWL 8	韩国糯玉米种质自交改良	白	温 带
9	YWL 9	泰国 Suwan 农场糯玉米自交系自交改良	白	热 带

9 个糯玉米自交系于 2004 年夏季按 Griffing 双列杂交方法Ⅳ配制杂交组合共 36 个,2005 年在云南省的昆明市(亚热带、高海拔地区)对杂交组合进行鉴定。鉴定试验采用随机区组排列,3 次重复,2 行区,每小区行长 5 m,行距 75 cm,每行 22 株,种植密度为 60 000 株 /hm²。

单株产量及株高、穗位高、穗长、穗粗、穗行数、行粒数和千粒重数据。对这些数据进行方差分析,当某一性状的差异检验为显著时,进一步对该性状进行配合力分析。根据 Griffing 方法Ⅳ的固定模型进行一般配合力(GCA)和特殊配合力(SCA)效应值及遗

传参数的计算。方差分析、配合力效应分析和遗传参数估算均采用 DPS 数据处理软件完成。

2 结果与分析

2.1 方差分析

方差分析结果表明,各性状在杂交组合之间均存在极显著差异,因而对各性状做配合力分析。进一步对组合方差进行分解,将其变异来源分解为来自亲本的 GCA 差异和 SCA 差异。结果表明,各性状的 GCA 和 SCA 均存在极显著差异。

表 2 参试组合的方差分析
Table 2 Variance analyses of diallel crosses among 9 waxy corn inbred lines

差来源	自由度	均 方 MS							
		产量(g/ 株)	株高(cm)	穗位高(cm)	穗长(cm)	穗粗(cm)	穗行数	行粒数	千粒重(g)
Sources	DF	Yield	Plant height	Ear height	Ear length	Ear diameter	Number of rows per ear	Number of kernels per row	Thousand-seed weight
重复	2	23.60	50.74	196.85	0.071	0.010	0.84	0.40	153.20
组合	35	2 780.70**	1 557.86**	585.65**	5.620**	0.270**	1.72**	23.13**	6 210.08**
GCA	8	3 218.95**	1 970.65**	578.99**	4.560**	0.303**	1.15**	12.39**	7 147.02**
SCA	27	247.80**	89.25**	81.50**	1.080**	0.018**	0.40**	6.32**	565.73**
误差	70	45.20	20.16	27.11	0.430	0.015	0.30	3.12	186.13

注:*,** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上的差异显著。下表同。
Notes: *and** indicate the significant at 5% and 1% level respectively. The same as the following tables.

2.2 一般配合力效应分析

自交系各性状的 GCA 效应值见表 3。单株产量 GCA 效应值排列顺序为 YWL1>YWL7>YWL9>YWL5>YWL2>YWL3>YWL6>YWL4>YWL8,GCA 效应值为正值的自交系有 YWL1、YWL7、YWL9 和 YWL5,说明利用 YWL1、YWL7、YWL9 和 YWL5 较易组配出高产组合。分析各自交系其余性状可知,YWL1 除了单株产量 GCA 效应值为极显著正值外,其穗粗和千粒重也为极显著正值,穗长、穗行数和行粒数也都为正值,而株高、穗位高为负值,说明 YWL1 是一个主要农艺性状 GCA 十分优良的自交系,其组配的杂交种产量、穗粗、千粒重都具有明显优势;YWL7 的单株产量 GCA 效应值仅次于 YWL1 且穗粗为显著正值,但株高为极显著正值,说明由

YWL7 组配的杂交种在产量和穗粗具有明显的优势,但其主要缺点是植株偏高;YWL9 单株产量和千粒重都为显著正值,但株高、穗位高都为极显著正值,说明 YWL9 是一个典型的热带自交系,其组配的杂交种产量和千粒重具有明显的优势,但主要缺点是植株、穗位偏高且生育期较长;单株产量 GCA 效应值为正值的还有 YWL5,它的其余主要农艺性状 GCA 效应值都不显著,说明 YWL5 是一个各方面较均衡的自交系,利用时主要看与其它自交系的特殊配合力;YWL6 和 YWL8 虽然单株产量 GCA 效应值为负值,但株高、穗位高的 GCA 效应值为显著和极显著正值且生育期较短,可用来降低杂交种的株高、穗位高,缩短生育期。

表 3 9 个糯玉米自交系的 GCA 效应
Table 3 Estimates of GCA effect of 9 waxy corn inbred lines

自交系 Inbred	一般配合力 GCA							
	产量(g/株)	株高(cm)	穗位高(cm)	穗长(cm)	穗粗(cm)	穗行数	行粒数	千粒重(g)
	Yield	Plant height	Ear height	Ear length	Ear diameter	Number of rows per ear	Number of kernels per row	Thousand-seed weight
1	30.74**	-7.89	-5.11	0.58	0.28**	0.23	0.14	46.43**
2	-5.44	-4.12	-8.09*	-0.85	0.09	-0.08	-0.9	6.94
3	-8.77	-5.45	1.10	0.89	0.11	0.45	0.74	7.21
4	-18.36**	-7.07	2.46	-1.32**	-0.18*	-0.07	-1.08	-32.06**
5	7.68	9.58	1.26	-0.34	0.01	-0.37	-1.67	12.11
6	-12.44**	-11.87*	-2.94	0.69	-0.29**	-0.53	2.07	-28.54**
7	28.39**	17.30**	6.20	-0.30	0.24*	0.67	-0.93	17.2
8	-33.63**	-22.75**	-13.27**	-0.29	-0.32**	-0.42	1.89	-54.63**
9	11.82*	32.30**	18.39**	0.93	0.07	0.14	-0.22	25.34*
LSD _{0.05}	10.14	11.73	7.85	0.99	0.18	0.83	2.67	20.57
LSD _{0.01}	13.46	15.57	10.42	1.32	0.25	1.10	3.54	27.31

2.3 特殊配合力效应分析

36 个杂交组合各性状的 SCA 效应值见表 4。单株产量 SCA 效应值变异范围在 -21.10 ~ 43.49 g, SCA 效应值为显著、极显著正值的顺序为 YWL6 × YWL9(43.49 g),YWL1 × YWL7(24.60 g),YWL4 × YWL5 (22.25 g),YWL7 × YWL8(20.14 g),YWL2 × YWL4(11.76 g),YWL3 × YWL4(11.57 g),YWL3 × YWL7(11.22 g),说明这 7 对自交系之间有较强的杂种优势,它们的产量分别位居第 3、1、12、10、23、25、7 位。其中 YWL1 × YWL7 不仅单株产量位居第 1 位,其余性状多数为正值且抗病性表现优良,目前已进入国家区试。SCA 效应值为极显著负值的有 YWL4 × YWL6 (-21.10g),YWL6 × YWL7(-18.15 g),YWL4 × YWL9(-1802

g),YWL1 × YWL2 (-16.30 g),YWL7 × YWL9(-15.74 g),YWL3 × YWL5(-14.66 g),说明这 6 对自交系之间杂种优势较弱,它们的产量表现普遍较差,分别位居第 35、21、28、13、8、26 位。

2.4 各性状遗传参数估算

各性状遗传参数估算见表 5。加性方差占基因型方差比例的大小是株高 > 穗粗 > 千粒重 > 单株产量 > 穗位高 > 穗长 > 穗行数 > 行粒数,除穗行数与行粒数外,各性状的加性方差均大于非加性方差。其中株高、穗粗、千粒重、单株产量、穗位高的加性方差分别占 88.61%、87.38%、78.87%、78.48%、66.23%,说明这些性状主要表现加性效应遗传,可在早代对这些性状进行选择;穗长的加性方差和非加性方差

几乎各占一半，说明同时受加性效应和非加性效应控制；穗行数与行粒数的加性方差小于非加性方差，说明它们主要受非加性效应控制。

表 4 参试组合产量的特殊配合力(SCA)效应值
Table 4 Estimates of SCA effect among 9 waxy corn inbred lines

组 合 Crosses	产 量 Yield	株 高 Plant height	穗位高 Ear height	穗 长 Ear length	穗 粗 Ear diameter	穗行数 Number of rows per ear	行粒数 Number of kernels per row	千粒重 Thousand-seed weight
1 × 2	-16.30**	-8.18	-10.75**	-0.72	-0.07	0.20	-1.82	-47.20**
1 × 3	-8.60	-11.85*	-10.61**	-2.46**	0.08	0.60	-3.89**	-19.30*
1 × 4	-4.08	-9.89	-2.64	0.28	0.10	0.52	-0.10	17.74
1 × 5	1.65	-3.55	-6.43	0.20	0.01	0.12	-0.48	15.40
1 × 6	7.43	5.24	5.63	1.27**	0.18*	-0.42	3.11*	18.06
1 × 7	24.60**	21.07**	15.62**	1.52**	-0.12	-0.68	4.05**	0.31
1 × 8	-12.65**	6.11	6.09	-0.11	-0.09	-0.47	-0.61	10.98
1 × 9	7.95	1.06	3.10	0.03	-0.08	0.11	-0.26	4.01
2 × 3	3.75	-1.62	-2.96	0.61	0.13	0.38	1.97	69.79**
2 × 4	11.76*	20.34**	16.01**	-0.96*	0.15	1.03**	-0.90	-0.93
2 × 5	6.06	3.68	-3.79	0.30	-0.13	-0.40	2.65*	-6.44
2 × 6	-5.72	-7.86	-2.26	-0.33	-0.16	-0.38	0.31	-0.19
2 × 7	-6.28	-4.37	3.94	0.23	-0.07	-0.70	-2.05	-11.20
2 × 8	4.34	-0.99	-2.26	0.29	0.03	0.58	0.09	-13.37
2 × 9	2.39	-1.01	2.08	0.60	0.11	-0.71	-0.26	9.53
3 × 4	11.57*	6.67	3.15	2.01**	-0.07	-0.23	1.06	-2.80
3 × 5	-14.66**	0.004	0.69	-0.20	0.08	0.34	-1.32	-27.21**
3 × 6	-4.85	6.56	8.55*	0.87	0.05	-0.17	-2.46*	-2.62
3 × 7	11.22*	-7.38	-4.92	-0.38	-0.12	-0.67	3.08*	-11.64
3 × 8	1.84	11.34*	11.55**	0.12	-0.02	0.18	1.09	-7.44
3 × 9	-0.27	-3.72	-5.44	-0.57	-0.11	-0.44	0.47	1.23
4 × 5	22.25**	2.30	3.99	0.90	0.06	-1.21**	1.87	24.56*
4 × 6	-21.10**	6.46	-1.61	-0.92*	-0.13	-0.12	-1.70	-34.78**
4 × 7	-7.40	-11.75*	-7.95*	-1.80**	-0.04	0.42	-3.26**	-1.16
4 × 8	5.02	-20.36**	-21.82**	0.69	-0.04	0.17	4.08**	-21.16*
4 × 9	-18.02**	6.25	10.86**	-0.20	-0.03	-0.59	-1.04	18.54
5 × 6	8.16	-0.57	3.06	-0.67	0.15	0.65	-0.02	4.08
5 × 7	-8.40	2.92	-6.08	0.85	0.14	1.05**	-0.48	-23.17*
5 × 8	-2.35	2.64	11.49**	-0.52	-0.02	-0.47	-2.70*	22.63*
5 × 9	-12.72**	-7.42	-2.93	-0.85	-0.28**	-0.09	0.47	-9.84
6 × 7	-18.15**	-6.29	0.78	-1.21**	-0.09	-0.39	-3.35**	33.19**
6 × 8	-9.26*	-3.91	-10.08**	-0.18	-0.15	-0.18	-0.17	-1.21
6 × 9	43.49**	0.38	-4.07	1.16*	0.16	1.00**	4.27**	-16.51
7 × 8	20.14**	3.26	3.61	0.34	0.18*	0.23	1.93	15.10
7 × 9	-15.74**	2.54	-5.01	0.45	0.12	0.74	0.07	-1.43
8 × 9	-7.08	1.92	1.42	-0.62	0.12	-0.04	-3.72**	-5.53
LSD _{0.05}	9.25	10.70	7.17	0.91	0.17	0.75	2.43	18.78
LSD _{0.01}	12.29	14.21	9.51	1.20	0.23	1.00	3.23	24.93

表 5 各性状遗传参数估计值

Table 5 The hereditary parameters of different agronomic characters

遗传参数	产 量	株 高	穗位高	穗 长	穗 粗	穗行数	行粒数	千粒重
	Yield	Plant height	Ear height	Ear length	Ear diameter	Number of rows per ear	Number of kernels per row	Thousand-seed weight
δ^2_d	848.90	537.54	142.14	0.99	0.09	0.21	1.73	1 880.37
δ^2_h	232.72	69.10	72.47	0.93	0.01	0.30	5.28	503.69
δ^2_g	1 081.62	606.64	214.61	1.93	0.103	0.52	7.02	2 384.05
δ^2_p	1 126.83	667.12	241.72	2.36	0.12	0.82	10.14	2 570.19
$V_g(\%)$	78.48	88.61	66.23	51.30	87.38	40.38	24.64	78.87
$V_{\infty}(\%)$	21.52	11.39	33.77	48.19	9.71	57.69	75.21	21.13

注: δ^2_d 为加性方差; δ^2_h 为非加性方差; δ^2_g 为基因型方差; δ^2_p 为表现型方差; V_g 为(加性方差/基因型方差) $\times 100$; V_{∞} 为(非加性方差/基因型方差) $\times 100$ 。

Notes: δ^2_d —additive variance; δ^2_h —non-additive variance; δ^2_g —genotypic variance; δ^2_p —phenotypic variance; V_g —(additive variance/genotypic variance) $\times 100$; V_{∞} —(non-additive variance/phenotypic variance) $\times 100$.

3 结论与讨论

通过对参试自交系各性状的配合力分析,综合利用潜力较高的自交系大多是来自糯玉米起源中心的热带、亚热带玉米种质的自交系,而温带糯玉米自交系在云南省生态条件下综合利用潜力较低。造成温带糯玉米种质利用潜力较低的主要原因可能是少数优良种质的利用频率过高,导致温带糯玉米种质的遗传基础狭窄。本试验中的 3 个温带糯玉米自交系缺点是一般配合力较低,子粒细小,千粒重低,但抗病性好,植株高、穗位高低,品质优良,生育期短,可用于改良热带亚热带糯玉米种质的植株高、穗位高偏高、生育期长的缺点。根据本试验特殊配合力效应值高的前 7 对杂交组合中有 5 对都是温热杂交,说明糯玉米温带种质和热带、亚热带种质间存在较强的杂种优势,温热杂交仍然是一个可直接利用的杂种优势模式。

本试验一般配合力效应值为正值的前 4 位自交系中,YWL1 直接来自于云南地方糯玉米品种,YWL7 也有很大一部分广西地方品种遗传背景,YWL9 和 YWL5 来自于泰国 Suwan 农场。说明来自糯玉米起源中心的热带、亚热带糯玉米种质的利用潜力高,地方糯玉米种质也具有相当的优良性状可加以利用。番兴明等通过研究云南省地方糯玉米品种和玉米多样性中心群体的主要农艺性状配合力分析表明,一些云南省地方糯玉米品种的单株产量一般配合力(GCA)效应值甚至超过了 Suwan1、Pob32 和 Pob28 等玉米多样性中心群体。但从遗传背景分析,

地方糯玉米品种仅是开放式授粉的综合种(OPV),其遗传背景不及群体丰富,通常都有植株高、穗位高、生育期长、适应性差和自交衰退严重等缺点,因而直接从地方品种中得到性状优良的一环系难度很大。目前我国一方面糯玉米种质资源多,而另一方面又缺乏优良糯玉米自交系的主要原因就在于此。解决问题的方法主要是要拓宽糯玉米的种质基础,具体可通过温热种质互导和组建地方糯玉米品种群体的方法解决。

参考文献:

[1] 曹广才,黄长玲.特用玉米品种、种植、利用[M].北京:中国农业科技出版社,2001.

[2] Thamrongsilpa Pothisoong. Waxy corn from Thailand to the world[M]. National Corn and Sorghum Center, Kasetsart University, 1993.

[3] 曾孟潜.玉米育种研究进展[M].北京:科学出版社,1992.

[4] 黄玉碧,荣廷昭.我国糯玉米种质资源的遗传多样性和起源进化[J].作物杂志,1998(增刊),77-80.

[5] 刘治先.美国玉米经济的发展战略[J].世界农业,2000(6):15-16.

[6] Griffing B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems[J]. Australian Journal of Biological Science, 1956, 9: 463-493.

[7] 中国农业科学院品种资源研究所、山东省农业科学院玉米研究所.全国玉米种质资源目录[M].北京:农业出版社,1996.

[8] 丁照华,孟昭东,等.我国糯玉米育种现状及发展对策[J].玉米科学,2006,14(3):46-48.

[9] 番兴明,陈洪梅,等.云南地方品种与玉米多样性中心群体主要农艺性状配合力分析[C].中国作物学会 2006 年学术年会论文集,2006.

(责任编辑:朴红梅)