

丰光,刘波.玉米自交系丹717及改良系的配合力分析[J].江苏农业科学,2018,46(8):61-64.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.08.014

玉米自交系丹717及改良系的配合力分析

丰光,刘波

(丹东农业科学院,辽宁凤城 118109)

摘要:以玉米自交系丹717及其衍生改良系F787、丹1705、W8017和铁0606为被测系,与不同杂种优势群骨干系丹598、PH4CV、昌7-2、丹299和S121共5个自交系进行NCⅡ杂交(不完全双列杂交),分析主要农艺性状和产量配合力效应。结果表明:自交系丹717、丹1705和丹299不同性状的一般配合力效应值较高;综合评价不同性状的特殊配合力来看,杂交种丹717×丹598为最优组合;一般配合力和特殊配合力的分析结果不能完全代表实际结果,而总配合力分析结果与实际结果更为接近,说明利用总配合力效应更能准确地衡量杂交种各性状的综合表现。

关键词:玉米;丹717;自交系;改良系;农艺性状;产量;综合评价;配合力

中图分类号:S513.03 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)08-0061-03

改良Reid群是我国玉米育种中重要的杂种优势群之一,与Lancaster群、塘四平头群、旅大红骨群及PN群都有很强的杂种优势,在玉米育种中改良Reid群自交系应用最为广泛^[1]。Reid群属外引种群,我国对Reid种群的改良和创新也经历了不同的历史阶段,20世纪80年代至21世纪初,辽宁各地科研单位对Reid种群的改良和利用做了大量工作,通过外引材料在二环法的基础上先后选育出沈5003、铁7922、C8605-2、丹9046及A801等一批高配合力的优异Reid自交系,利用这些骨干系组配了沈单7号、铁单10号、丹玉39号、丹玉26号、东单60等一批优良杂交种,为我国在该时期的玉米生产作出重要贡献^[2-3]。随着应用周期的增加,这些品种逐渐表现出对灰斑病、大斑病、粗缩病等病害抗性水平的下降,为增强自交系抗叶斑病能力和创新种质资源,丹东农业科学院在Reid种群基础上导入热带资源,选育出优良自交系丹717,并组配出强优势玉米杂交种丹科2151,作为我国东华北玉米产区主栽品种广泛种植^[4]。不同育种单位以丹717为骨干系又做了大量改良工作,先后选育出F787、丹1705和W8017等自交系,本试验通过测定丹717及其改良系主要农艺性状及产量的配合力,为自交系的利用和杂交种的选配提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验以丹717及其改良系F787、丹1705、W8017和铁0606这5个Reid群自交系为母本系,以丹598、PH4VC、昌7-2、丹299和S121等不同杂优势群骨干系为父本系(表1),采用NCⅡ不完全双列杂交法,于2014年冬在海南组配25个杂交组合。

表1 供试玉米自交系材料及来源

序号	名称	杂优类群及来源
1	丹717(♀)	改良Reid群(美3147B/3311D/5003×丹黄19)
2	F787(♀)	改良Reid群(丹717杂株自交选育而成)
3	丹1705(♀)	改良Reid群(丹717×C8605-2二环系)
4	W8017(♀)	改良Reid群(丹9046/A801/丹717三交种选系)
5	铁0606(♀)	改良Reid群(铁98042×丹717)
6	丹598(♂)	旅大红骨群[(OH43 ^{III} /丹340/丹黄02/丹黄11)×PN78599]
7	PH4CV(♂)	兰卡斯特群(先锋材料PH7V0×PHBE2二环系)
8	昌7-2(♂)	塘四平头群[昌单7号(V59×黄早四)二环系]
9	丹299(♂)	P群(PN78599选系)
10	S121(♂)	旅系黄改综合系(丹黄34×昌7-2二环系)

1.2 试验方法

试验于2015年在丹东农业科学院品种测试试验地进行,采用随机区组设计,3次重复,4行区,行长5m,行距0.6m,种植密度为52500株/hm²。除去观察道前3株,选择小区中间2行具有代表性的连续10株进行性状调查和测产取样。调查项目包括株高、穗位、穗长、穗粗、穗轴粗、秃尖长、穗行数、行粒数、百粒质量、产量。

1.3 统计分析

采用DPS数据分析软件进行植物遗传育种NCⅡ交叉试验配合力专业数据分析^[5]。首先对数据结果作方差分析,将方差分析中显著的性状组间方差分解为自交系的一般配合力(GCA)方差和杂交种的特殊配合力(SCA)方差,再计算出一般配合力和特殊配合力的相对效应值^[6]。

2 结果与分析

2.1 方差分析

对产量等10个性状调查数据进行方差分析,从表2可以看出,各性状重复间方差均不显著,而组合之间在产量、株高、穗位、穗长、穗粗、穗轴粗、秃尖长、穗行数、行粒数、百粒质量均达到极显著水平,说明不同处理间这些性状存在着真实的

收稿日期:2016-11-30

基金项目:国家重点研发计划(编号:2017YFD0101103-2);辽宁省中央引导地方科技发展专项(编号:2016007021)。

作者简介:丰光(1980—),男,辽宁本溪人,副研究员,研究方向为玉米遗传育种和高产栽培。E-mail:fengguang8118@126.com。

表 2 产量及不同性状配合力的方差分析(*F* 值)

变异来源	自由度	各性状的 <i>F</i> 值									
		产量	株高	穗位	穗长	穗粗	穗轴粗	秃尖长	穗行数	行粒数	百粒质量
区组	2	0.97	1.16	0.55	1.19	0.84	1.52	1.22	0.63	1.62	0.13
组合	24	43.91 **	70.48 **	34.33 **	41.39 **	29.94 **	58.93 **	23.43 **	25.56 **	11.79 **	28.85 **
P ₁	4	2.15 *	2.43 *	5.47 **	6.29 **	0.89	0.943	1.66 *	4.56 **	5.13 **	0.28
P ₂	4	16.19 **	40.22 **	104.56 **	61.63 **	25.95 **	186.81 **	63.47 **	48.07 **	64.14 **	47.73 **
P ₁ × P ₂	16	11.79 **	9.07 **	1.81 *	3.45 **	5.82 **	1.84 *	2.03 *	2.71 **	0.97	3.33 **

注: *、** 分别表示在 0.05、0.01 水平上差异显著。

遗传差异,可以进一步将组合间的配合力方差分解为 P₁、P₂ 组亲本的 GCA 和 P₁ × P₂ 的 SGA 方差。经 *F* 测验,除 P₁ 的穗粗、穗轴粗、百粒质量和 P₁ × P₂ 的行粒数差异不显著外,其他各个性状不同程度达到了差异显著和差异极显著。结果表明这些性状存在真实的遗传差异,有必要做进一步分析。

2.2 一般配合力效应分析

一般配合力(GCA)是指某一亲本与其他多个自交系杂交后遗传给子代性状的平均表现。在杂交亲本选配的研究中,一般配合力是一项非常重要的参考指标,它主要由基因的加性效应决定,能够稳定遗传。如果某个自交系一般配合力高,表示该系所含有的有利基因位点多,实际利用价值就高^[7-8]。

由表 3 可知,同一玉米自交系的不同性状和不同自交系同一性状的一般配合力相对效应值都存在差异。其中,自交系丹 717、丹 1705 和丹 299 产量效应值较高,说明利用这 3 个

自交系组配的杂交种容易获得较高的产量;丹 1705 株高和穗位这 2 个性状的效应值为负值,说明利用其能够组配出株高和穗位较低的杂交种,有利于提高植株抗倒性;在穗长、穗粗、穗行数和行粒数方面,丹 717 的效应值最大,说明丹 717 组配的杂交种能够增加穗长和穗粗,获得较多的行数和行粒数,对增加单穗产量潜力具有很好的促进作用;丹 717 和 W8017 这 2 个自交系在穗轴粗和秃尖长这 2 个性状上效应值也较高,这对两系组配的杂交种在出籽率和外观品质方面带来不利影响,今后在对其改良上应该加以注意,从其他改良系效应值上分析,F787 和丹 1705 改良效果较好;在百粒质量方面,丹 717 和 F787 的效应值较高,由它们组配的杂交种有利于促进百粒质量的增加。对上述 10 个自交系的 10 个不同性状一般配合力效应值进行综合比较,筛选出丹 717、丹 1705 和丹 299 这 3 个相对优良的自交系。当然,在育种实践中还要根据具体的育种要求合理选择适宜目标要求的自交系。

表 3 产量及不同性状的 GCA 效应分析

自交系	GCA 效应值									
	产量	株高	穗位	穗长	穗粗	穗轴粗	秃尖长	穗行数	行粒数	百粒质量
丹 717	12.37	6.61	11.56	12.20	6.65	8.59	34.74	7.10	12.88	5.79
F787	-7.72	-0.17	-5.54	0.39	-3.24	-15.48	-25.03	-6.21	-0.98	5.24
丹 1705	7.93	-7.12	-8.52	-7.56	-3.70	-4.96	-80.18	-3.85	-9.60	-0.72
W8017	-9.79	-0.90	-2.02	1.87	-0.71	8.42	71.73	3.65	-0.47	-7.41
铁 0606	-2.78	1.58	4.53	-6.90	1.01	3.42	-1.26	-0.69	-1.82	-2.89
丹 598	-5.20	-1.35	0.66	-0.48	1.13	0.04	-9.51	-2.38	0.37	-0.36
PH4CV	-4.08	-1.26	0.13	-0.75	0.32	0.21	11.62	0.11	-3.51	0.36
昌 7-2	1.85	0.77	0.66	1.87	-0.02	0.21	-2.91	0.07	2.91	0.54
丹 299	6.37	0.60	1.69	2.98	-0.83	0.75	7.99	-0.14	0.03	-0.18
SI21	1.05	1.24	-3.15	-3.62	-0.60	-1.21	-7.20	2.34	0.20	-0.36

2.3 特殊配合力效应分析

特殊配合力由基因的非加性效应决定,是基因间的显性、上位性互作效应以及基因与周围环境因素互作效应的综合结果,特殊配合力效应往往超出双亲平均表现的预期结果^[9]。表 4 列出丹 717 及其改良系与其他杂优类群骨干系组配杂交种的特殊配合力(SCA)效应值,从中可以看出,10 个性状的 SCA 效应差异较大。25 个杂交种产量性状 SCA 效应值较大的组合为丹 717 × 丹 598 和 W8017 × 昌 7-2;株高效应值正负区间变化为 3.38 ~ -2.65,效应值最大的组合为 W8017 × 丹 299,最小的组合为 F787 × PH4CV;穗位效应值正负区间变化为 3.83 ~ -2.13,效应值最大的组合为丹 717 × PH4CV,最小的组合为丹 1705 × 丹 299;穗长效应值较大的组合为丹 717 × 丹 598、F787 × 丹 299 和 W8017 × 丹 598;穗粗效应值较大的组合为丹 1705 × PH4CV 和铁 0606 × 昌 7-2;穗轴粗效

应值较大的组合为丹 717 × SI21 和丹 1705 × 丹 598,较小的组合为丹 1705 × PH4CV、丹 717 × 丹 598 和 W8017 × SI21;秃尖长效应值较小的组合为丹 717 × 丹 598 和 W8017 × SI21;穗行数效应值较大的组合为丹 717 × SI21 和 W8017 × PH4CV;行粒数效应值较大的组合为丹 717 × 丹 598 和 W8017 × 丹 299;百粒质量效应值较高的组合为 F787 × 昌 7-2 和铁 0606 × 昌 7-2。综合比较 25 个杂交组合的 10 个不同性状 SCA 效应值,认为 W8017 × 昌 7-2 和丹 717 × 丹 598 为相对优异的组合。

2.4 总配合力效应分析

对比各自交系一般配合力及其组配杂交种的特殊配合力效应值可以看出,GCA 高的自交系其组配的杂交种特殊配合力不一定高,GCA 较低的自交系其组配的杂交种特殊配合力也可能比较高。这说明杂种优势的表现是一般配合力和特殊

表 4 产量及不同组合各性状的 SCA 效应比较

杂交组合	SCA 效应值									
	产量	株高	穗位	穗长	穗粗	穗轴粗	秃尖长	穗行数	行粒数	百粒质量
丹 717 × 丹 598	11.30	-1.01	-1.79	3.10	1.52	-1.64	-22.85	-0.70	3.35	1.27
丹 717 × PH4CV	-3.63	0.96	3.83	-1.15	-1.82	-0.75	-7.66	-0.66	0.30	-0.90
丹 717 × 昌 7-2	-7.49	0.32	0.22	1.79	-0.78	-0.57	6.21	-2.80	1.32	-3.07
丹 717 × 丹 299	0.28	-0.77	-0.66	-2.98	-0.90	0.32	-13.61	0.65	-3.58	0.90
丹 717 × S121	-0.47	0.49	-1.59	-0.77	1.98	2.64	37.91	3.51	-1.39	1.81
F787 × 丹 598	0.68	1.05	-0.76	-2.84	1.17	-0.93	-1.06	-0.66	0.47	-2.17
F787 × PH4CV	-6.43	-2.65	-0.52	-1.22	-2.74	-0.04	9.18	0.44	0.81	0.18
F787 × 昌 7-2	-1.34	0.98	-0.71	-0.18	1.17	0.14	-11.62	1.24	1.82	2.53
F787 × 丹 299	4.14	1.18	2.80	3.00	-0.67	1.03	6.54	0.69	-0.54	0.18
F787 × S121	2.95	-0.56	-0.81	1.24	1.06	-0.21	-3.04	-1.71	-2.57	-0.72
丹 1705 × 丹 598	-0.33	0.62	1.63	0.06	-0.21	2.64	-3.04	1.91	0.81	0.36
丹 1705 × PH4CV	0.68	2.48	-1.54	2.03	2.21	-2.71	8.85	-0.78	0.30	-0.90
丹 1705 × 昌 7-2	-3.07	-1.80	1.19	-1.77	-1.93	1.03	6.21	-0.61	-2.06	-1.27
丹 1705 × 丹 299	-2.62	-2.46	-2.13	1.41	0.25	-0.75	-8.65	-0.53	0.64	0.90
丹 1705 × S121	5.35	1.15	0.85	-1.73	-0.32	-0.21	-3.37	0.02	0.30	0.90
W8017 × 丹 598	-5.02	-0.71	0.36	2.93	0.60	-1.46	14.13	0.02	-1.39	1.99
W8017 × PH4CV	7.96	-0.66	-2.08	-0.63	0.71	2.10	4.56	2.16	-2.74	1.63
W8017 × 昌 7-2	12.43	-0.56	0.17	0.06	-0.55	0.50	3.57	0.44	-0.88	-0.54
W8017 × 丹 299	-1.72	3.38	0.26	-1.94	0.48	0.50	3.57	-2.00	2.67	-1.09
W8017 × S121	-13.65	-1.45	1.29	-0.42	-1.24	-1.64	-25.83	-0.61	2.33	-1.99
铁 0606 × 丹 598	-6.63	0.04	0.56	-3.25	-3.08	1.39	12.81	-0.57	-3.24	-1.45
铁 0606 × PH4CV	1.43	-0.13	0.31	0.96	1.63	1.39	-14.93	-1.16	1.32	0.00
铁 0606 × 昌 7-2	-0.53	1.05	-0.86	0.10	2.09	-1.11	-4.36	1.74	-0.20	2.35
铁 0606 × 丹 299	-0.09	-1.33	-0.27	0.51	0.83	-1.11	12.15	1.20	0.81	-0.90
铁 0606 × S121	5.82	0.36	0.26	1.69	-1.47	-0.57	-5.68	-1.20	1.32	0.00

配合力效应共同作用的结果,不但取决于自交系的加性效应,还取决于组合的非加性效应作用^[10-11]。表 5 列出 25 个杂交种产量总配合力效应值,排在前 5 位的分别是丹 717 × 丹 299、丹 717 × 丹 598、丹 1705 × S121、丹 717 × S121 和丹 1705 × 丹

299,这一结果与实际测产结果相近,说明总配合力效应值高的杂交种的实际表现也相对优异,能够对品种的表现进行准确率相对较高的预测。

表 5 不同组合产量性状的总配合力效应值比较

杂交组合	产量总配合力效应值	杂交组合	产量总配合力效应值	杂交组合	产量总配合力效应值	杂交组合	产量总配合力效应值	杂交组合	产量总配合力效应值
丹 717 × 丹 598	18.47	F787 × 丹 598	-12.24	丹 1705 × 丹 598	2.40	W8017 × 丹 598	-20.01	铁 0606 × 丹 598	-14.61
丹 717 × PH4CV	4.66	F787 × PH4CV	-18.23	丹 1705 × PH4CV	4.53	W8017 × PH4CV	-5.91	铁 0606 × PH4CV	-5.43
丹 717 × 昌 7-2	6.73	F787 × 昌 7-2	-7.21	丹 1705 × 昌 7-2	6.71	W8017 × 昌 7-2	4.49	铁 0606 × 昌 7-2	-1.46
丹 717 × 丹 299	19.02	F787 × 丹 299	2.79	丹 1705 × 丹 299	11.68	W8017 × 丹 299	-5.14	铁 0606 × 丹 299	3.50
丹 717 × S121	12.95	F787 × S121	-3.72	丹 1705 × S121	14.33	W8017 × S121	-22.39	铁 0606 × S121	4.09

3 结论与讨论

玉米生产最主要的追求目标是籽粒经济产量^[12],所以在对不同性状杂种优势进行研究时重点要抓住产量配合力效应。通过本试验研究,在一般配合力方面丹 717、丹 1705 和丹 299 的效应值较高;在特殊配合力方面丹 717 × 丹 598 和 W8017 × 昌 7-2 的效应值较高;实际测产中,丹 717 × 丹 299、丹 717 × 丹 598、丹 717 × S121、丹 1705 × S121、丹 1705 × 丹 598 和丹 1705 × 丹 299 的产量较高。证明在一般配合力和特殊配合力的理论结果上存在一定误差,自交系 S121 和丹 598 产量一般配合力不高,特别是丹 598 表现为 -5.20,但 2 个自交系与一般配合力较高丹 717 和丹 1705 组配杂交种实

际产量确相对较高;杂交种 W8017 × 昌 7-2 的产量特殊配合力较高,但实际产量数据并不高,这说明仅仅利用一般配合力或特殊配合力来衡量杂交种的产量和其他性状表现是不完全准确的。本试验总配合力结果与杂交种实际测产结果更为接近,说明杂交种的实际表现是亲本一般配合力和特殊配合力综合作用的结果,即性状的加性、显性和上位性效应的协同作用^[13],只单独考虑某个单一效应是片面的、不够准确的,利用总配合力效应来衡量杂交种综合性状的实际表现效果更为理想。

参考文献:

[1]吴健聪,徐春霞,陈洪梅,等. 24 个优质蛋白玉米自交系与中国温

黄堂伟, 罗兴录, 单忠英, 等. 不同木薯品种生理特性及产量比较研究[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(8): 64–69.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.08.015

不同木薯品种生理特性及产量比较研究

黄堂伟¹, 罗兴录^{1,2}, 单忠英¹, 樊吴静¹, 朱艳梅¹, 潘文兴³, 黄小凤³

(1. 广西大学农学院, 广西南宁 530005; 2. 亚热带农业生物资源保护与利用国家重点实验室, 广西南宁 530005;
3. 崇左市农业科学研究所, 广西南宁 530215)

摘要:以辐选 01、桂垦 09–11、南植 199、新选 048、GR891、桂垦 09–26、华南 124、华南 205 等 8 个木薯品种为材料, 对不同生长时期各木薯品种的生长状况、叶片生理生化特性、产量性状进行比较研究, 从而筛选出产量高、性状好的木薯品种, 为今后高产优质木薯选育提供依据。结果表明, 木薯的株高、茎粗与鲜薯产量高低紧密相关, 块根长、块根粗、块根数与鲜薯产量没有明显相关关系, 叶片叶绿素、可溶性糖、还原糖含量高可以促进块根淀粉的积累, 叶片蔗糖、淀粉含量的高低与块根淀粉积累没有直接关系。在木薯的整个生长时期, 新选 048 和桂垦 09–26 的综合性状最优, 生长快, 长势旺盛, 产量高且品质好, 鲜薯产量分别为 93 887.95 kg/hm² 和 92 665.74 kg/hm², 因此适合大面积、规模化推广种植; 辐选 01、桂垦 09–11、华南 124 的综合性状居中, 但鲜薯产量较高, 属高产量品种; GR891、华南 205 的综合性状一般, 南植 199 的综合性状相对较差。

关键词:木薯; 品种; 生理生化; 产量; 淀粉含量

中图分类号: S533.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002–1302(2018)08–0064–06

木薯 (*Manihot esculenta* Crantz) 是一种热带、亚热带经济作物, 其块根淀粉含量高, 是生产淀粉和乙醇的重要工业原料, 木薯逐渐成为新型可再生清洁能源的代表^[1–2]。研究如何有效提高木薯块根的品质和产量, 选育出块根淀粉含量高、品质好的木薯新品种, 一直是木薯研究领域的重点^[3–4]。大量研究结果表明, 作物体内淀粉积累与其他有机化合物的合

成、转运紧密相关^[5–7]。通过研究不同品种木薯的生理生化特性与块根淀粉积累的关系, 筛选出性状较优、品质较好的木薯品种, 是提高木薯淀粉含量和选育木薯品种的有效方法, 有利于木薯优良品种的推广与栽培。罗兴录等研究了不同木薯品种在不同生长时期的叶片可溶性糖含量、可溶性蛋白含量、还原糖含量和蔗糖含量的变化趋势, 认为这几个生理生化指标与块根淀粉的积累紧密相关^[8]。陈冠喜等比较了 6 个不同木薯品种生长发育期间的农艺性状和产量性状, 旨在筛选出综合性状优良的木薯品种, 结果表明, 华南 8 号是综合性状较好的品种, 其次是华南 5 号, 华南 6 号和华南 7 号居中, 最差的是华南 205 和 华南 9 号^[9]。林洪鑫等对 19 个品种 (或品系) 的产量差异及其与农艺性状的关系进行比较研究, 以筛选出适合在江西省推广种植的高产木薯品种, 结果发现, 华南 8 号和 GR024–2 的鲜薯产量和淀粉含量均较高, 在江西省种植比较利于高产^[10]。陈会鲜等以高淀粉木薯品种辐选 01 和低淀粉木薯品种华南 124 为材料, 对这 2 个品种的茎叶可溶

收稿日期: 2016–10–21

基金项目: 国家现代农业产业体系广西薯类产业创新团队“薯类产业功能专家”科技项目 (编号: nyeytxgxcxtld–03–11–2); 广西科学研究与技术开发计划 (编号: 桂科重 14121005–2–1); 广西壮族自治区南宁市科学研究与技术开发计划 (编号: 201109044B、20132307)。

作者简介: 黄堂伟 (1989—), 男, 广西钦州人, 硕士, 研究方向为植物种质资源利用。E–mail: 377068156@qq.com。

通信作者: 罗兴录, 教授, 博士生导师, 主要从事木薯育种与栽培生理研究。E–mail: luoxinglu@sina.com。

带玉米四大优势群代表自交系的配合力和杂种优势群研究[J]. 中国农业科学, 2007, 40(6): 1288–1296.

[2] 王 亮, 丰 光, 景希强, 等. 优良玉米自交系丹 717 的选育与应用[J]. 种子, 2016, 35(3): 109–112.

[3] 王 亮, 丰 光, 景希强, 等. 优良玉米自交系丹 717 选育对育种的启示[J]. 辽宁农业科学, 2015(6): 52–55.

[4] 陈增齐, 丰 光, 刘 俊. 玉米品种丹科 2151 在辽宁不同地区的种植密度研究[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(4): 832–834.

[5] 孙成韬, 陈洪梅, 谭 静, 等. 25 个优良温带玉米自交系与 4 个热带玉米自交系农艺性状的配合力研究[J]. 玉米科学, 2007, 15(3): 36–41.

[6] 陈洪梅, 汪燕芬, 姚文华, 等. 导入热带种质的温带玉米自交系的利用潜力[J]. 作物学报, 2011, 37(10): 1785–1793.

[7] 陈欢庆, 刘艳霞, 魏蒙关, 等. 高油与普通玉米自交系子粒品质性

状的配合力分析[J]. 玉米科学, 2009, 17(4): 43–46, 50.

[8] 张雪梅, 姚文华, 谭 静, 等. 温带高油玉米自交系与热带玉米自交系配合力分析[J]. 玉米科学, 2010, 18(2): 5–10.

[9] 袁建华, 孟庆长, 陈艳萍, 等. 优良玉米自交系苏 951 的配合力分析及应用[J]. 玉米科学, 2009, 17(6): 9–11, 14.

[10] 秦家友, 石海春, 柯永培, 等. 玉米辐射诱变后代 M₄ 选系配合力效应分析[J]. 核农学报, 2012, 26(3): 427–432.

[11] 石海春, 李 莹, 柯永培, 等. 玉米远缘选系主要性状的遗传及配合力分析[J]. 玉米科学, 2011, 19(1): 14–20.

[12] 熊尧宇, 李芦江, 文水清, 等. 玉米自交系 08–641 不同选择方向回交改良后代主要性状的配合力[J]. 玉米科学, 2012, 20(1): 10–14.

[13] 叶雨盛, 曾桂萍, 李 哲, 等. 19 个玉米自交系主要数量性状配合力分析[J]. 玉米科学, 2007, 15(增刊 1): 86–89.