

研究报告

小麦种间杂交品质性状的配合力研究*

贾高峰

李桂芳 金正勋 李卓夫

(南京农业大学大豆研究所)

(东北农业大学农学系)

摘要 本试验点用6个普通小麦品种和6个硬粒小麦品种,按不完全双列杂交配制36个杂交组合,同时配制12个反交组合,对其 F_1 世代进行配合力分析。不同品种间GCA方差和SCA方差均达显著水平。干、湿面筋含量、蛋白质含量和单位面筋沉降值以GCA效应为主。沉降值以SCA效应为主。容重、单株蛋白产量的GCA效应和SCA效应相等。GCA大、SCA方差也大的亲本有较大的利用价值。龙辐麦1号、龙麦12、D₁₅₂₀、D₇₂和CI₁₇₃₄₃是综合表现良好的亲本。配合力总效应和杂种优势呈极显著正相关。根据配合力总效应和GCA的大小,可以预测 F_1 的杂种优势。

关键词 普通小麦 硬粒小麦 种间杂交 配合力。

中图分类号 S512.1033

人们通过品种间杂交已育成大量的小麦品种,但也导致现有的推广品种遗传基础贫乏^[1,2],普遍存在蛋白质含量低(平均12.7%左右)^[2,3],沉降值、面筋含量等重要的加工品质参数也偏低的特点。硬粒小麦具有蛋白质含量高,面筋强度大,营养价值高,耐旱性强,对某些病害有高度抗性的优点^[1,6]。通过普硬杂交可以提高普通小麦的蛋白质含量,改良普通小麦的其它品质性状。前人的研究主要集中在品种间配合力的分析^[2,3,5]。本文旨在探讨普硬种间杂交亲本重要的品质性状的配合力,并对黑龙江省目前常见的几个品种及硬粒小麦品种作出评价,分析不同品种对提高杂种后代营养品质和加工品质的作用。

1 材料和方法

依据蛋白质含量和生育期的不同,选择六个普通小麦和六个硬粒小麦品种(表1)。

用普通小麦作母本,采用不完全双列杂交设计,配制36个正交组合。用硬小麦作母本,新克旱9和龙麦11作父本配制12个反交组合,试验在东北农业大学香坊农场试验地分两年进行,土质为淋溶黑钙土,1992年进行杂交,同年冬 F_1 温室加代。1993年将亲本、 F_1 和 F_2 材料按随机区组设计种植。三次重复,一行区,行长1米,行距0.3米,株距0.05米,双粒点播,出苗后,去伪去杂,间苗,保全苗壮苗。生长季节按生产田常规管理,收获后室内考种,进行品质分析。

考查和测定的性状包括:容重(克/升),湿面筋含量(%),干面筋含量(%),沉降值(毫升),单位面筋沉降值(S.G.S)(毫升/克),子粒蛋白质含量(%),单株蛋白产量(克)共7个性状,品

* 本文是作者硕士论文的一部分。

收稿日期 1995-07-03

质性状以 14%含水量作测算基础。

表 1 亲本名称、代号和子粒蛋白质含量 (%)

代号	亲本名称	子粒蛋白质含量	代号	亲本名称	子粒蛋白质含量
A ₁	龙辐麦 1 号	14.49	B ₁	D ₁₅₂	19.23
A ₂	龙麦 12	15.25	B ₂	D ₁₉₈	16.51
A ₃	克丰 2 号	15.84	B ₃	D ₄₁	16.42
A ₄	克早 10	13.54	B ₄	CI ₁₇₃₄₃	17.59
A ₅	新克早 9	13.66	B ₅	D ₂₇₉	14.31
A ₆	龙麦 11	14.36	B ₆	D ₇₂	17.61

注:硬粒小麦品种由黑龙江省农科院品种资源所提供。

子粒蛋白质含量采取微量凯氏定氮法测定,重复两次,换算系数 5.7,面筋含量使用 10 克面粉,采取手洗法。沉降值取 3.2 克面粉,使用泽伦尼法。

2 结果与分析

2.1 亲本的一般配合力(GCA)和特殊配合力(SCA)

30 个组合及相应亲本的品质性状的均方和 F 测验列表 2。

所有组合的 6 个性状经 F 测验均达显著水平,除沉降值外,父×母的互作效应也表现显著, $V_{\text{GCA}}/V_{\text{SCA}}$ 反映了 GCA 效应和 SCA 效应的相对大小,比值表明:湿面筋、干面筋、S.G.S 和蛋白质含量的 GCA 方差大于 SCA 方差,湿面筋和蛋白质含量达显著水平。这些性状以加性效应为主。容重和株蛋白产量的 GCA 方差和 SCA 的方差基本相等,而沉降值的 SCA 方差相对较大,以非加性效应为主。

表 2 两组亲本杂交配合力分析的均方

性状	杂种组合	母本	父本	母×父	误差	$V_{\text{G}}\%$	$V_{\text{S}}\%$	$V_{\text{GCA}}/V_{\text{SCA}}$
容重	2527.6**	3132.0**	2362.4**	1448.0**	149.3	49.9	50.1	1.00
湿面筋	28.27**	116.23**	36.32**	8.67**	0.70	74.6	25.4	2.93*
干面筋	5.74**	20.76**	6.61**	2.52**	0.29	63.4	36.6	1.73
沉降值	6.66**	7.95	9.87*	5.61	3.70	3.95	60.5	0.65
S.G.S	168.5*	663.5*	118.2**	82.1**	29.46	66.4	33.6	1.98
株蛋白产量	0.038**	0.071**	0.073**	0.0227	0.0025	47.7	52.3	0.91
蛋白质含量	4.60**	6.55**	14.76**	1.674**	0.117	68.8	31.2	2.20*

注: *—5%水平上显著; **—1%水平上显著。

亲本的性状水平, GCA 和特殊配合力方差(σ_{SCA}^2)见表 3。

蛋白质含量上,龙麦 12 的 GCA 效应最大(0.84),克早 10 最小(-0.72)。硬粒小麦中, D₁₅₂ 和 D₇₂ 表现最好, D₂₇₉ 表现最差。硬粒小麦中(除 D₂₇₉ 外)所有品种 GCA 效应均大于零。它们对提高 F₁ 的蛋白质含量有重要作用,是良好的亲本。株蛋白产量上,两类亲本中,龙辐麦 1 号, CI₁₇₃₄₃ 表现较好,克早 10 和 D₄₁ 较差。干、湿面筋含量的不同亲本表现出相似的 GCA 效应。对于沉降值龙辐麦 1 号和 D₄₁ 效应最大,克丰 2 号、克早 10 和 D₂₇₉ 有较大负向效应,对于 S.G.S 除新克早 9 有较大的正向效应外其他普通小麦都表现负向效应,硬粒小麦中 D₁₅₂、D₁₉₈ 和 D₄₁ 表现正向效应, CI₁₇₃₄₃、D₂₇₉、D₇₂ 表现负向效应。同一亲本在蛋白质含量、沉降值和 S.G.S 品质

性状中 GCA 效应有较大的变化,容重性状上龙辐麦 1 号、克丰 2 号、克旱 10 和 CI₁₇₃₄₃是表现良好的亲本,新克旱 9、D₄₁和 D₇₂表现较差。没有一个亲本在所有品质性状上 GCA 效应都高。因此,要根据不同的育种目标和亲本的具体特点,综合表现选配亲本,从综合效应看,龙辐麦-1 号、龙麦 12 表现较佳。硬粒小麦以 D₁₅₂、D₇₂和 CI₁₇₃₄₃的综合表现良好。克旱 10 和 D₁₉₈综合表现不良。

表 3 亲本品质性状水平和一般配合力(GCA)及特殊配合力方差 (σ^2_{ca})

代号	亲本名称	容重			湿面筋			干面筋			沉降值		
		亲本值	g.c.a	σ^2_{ca}	亲本值	g.c.a	σ^2_{ca}	亲本值	g.c.a	σ^2_{ca}	亲本值	g.c.a	σ^2_{ca}
A ₁	龙辐麦 1 号	776.3	15.85	597.3	40.3	1.67	1.25	12.5	0.81	0.74	53.6	-0.92	-0.15
A ₂	龙麦 12	827.3	-0.03	414.0	42.7	2.05	4.10	12.5	0.55	0.26	19.0	-0.21	2.14
A ₃	龙丰 2 号	795.6	9.58	88.9	39.0	0.19	1.46	11.8	0.44	0.99	18.2	-0.54	-0.19
A ₄	克旱 10	816.0	11.19	69.96	37.9	0.40	1.86	11.6	0.06	0.29	11.1	-0.62	-0.37
A ₅	新克旱 9	800.0	-36.58	561.9	28.7	-4.32	1.94	8.5	-1.86	0.69	23.7	0.45	1.11
B ₁	D ₁₅₂	688.7	3.37	949	34.1	-0.06	1.46	12.0	0.07	0.64	37.1	0.04	0.24
B ₂	D ₁₉₈	757.3	-6.03	6.91	25.0	-2.08	1.63	9.2	-0.81	0.007	35.7	-0.41	-0.10
B ₃	D ₄₁	703.0	-11.97	458.9	40.7	0.78	0.56	14.0	-0.23	-0.011	36.3	1.19	1.39
B ₄	CI ₁₇₃₄₃	722.6	22.5	290.8	29.9	1.44	0.96	10.6	0.31	0.88	33.7	-0.19	1.17
B ₅	D ₂₇₉	652.7	1.50	433.6	39.0	-1.32	3.61	15.0	-4.28	1.22	26.6	-1.20	0.63
B ₆	D ₇₂	747.7	-9.37	25.6	37.5	1.56	5.04	12.6	1.10	0.97	39.3	0.16	-0.16

代号	亲本名称	S.G.S			蛋白质含量			株蛋白产量		
		亲本值	g.c.a	σ^2_{ca}	亲本值	g.c.a	σ^2_{ca}	亲本值	g.c.a	σ^2_{ca}
A ₁	龙辐麦 1 号	33.6	-1.99	13.78	14.49	0.33	0.45	0.425	0.073	0.009
A ₂	龙麦 12	47.3	-3.14	17.72	15.25	0.84	0.41	0.629	0.037	0.004
A ₃	龙丰 2 号	48.4	-3.29	27.91	15.84	-0.28	0.20	0.466	0.027	0.007
A ₄	克旱 10	29.8	-2.39	-0.01	13.54	-0.72	0.66	0.608	-0.08	0.004
A ₅	新克旱 9	88.6	10.82	10.72	13.66	-0.16	0.16	0.309	-0.057	-0.001
B ₁	D ₁₅₂	96.8	1.14	31.53	19.23	1.13	0.83	0.694	0.044	0.011
B ₂	D ₁₉₈	120.9	1.57	-7.4	16.51	0.06	0.19	0.651	-0.02	0.004
B ₃	D ₄₁	81.4	4.14	7.2	19.42	0.74	0.33	0.506	-0.12	0.002
B ₄	CI ₁₇₃₄₃	99.7	-1.70	8.4	17.59	0.23	0.32	0.950	0.066	0.007
B ₅	D ₂₇₉	55.0	-1.49	36.1	14.3	-1.60	0.37	0.466	-0.022	0.004
B ₆	D ₇₂	97.1	-3.66	11.71	17.61	1.50	0.26	0.787	0.056	0.003

亲本的 GCA 效应与其对应的 σ^2_{ca} 结合,能更准确地反映亲本的优劣。根据亲本 GCA 和 σ^2_{ca} 的相对大小,可以把亲本分成四种类型:①GCA 大, σ^2_{ca} 也高的亲本类型,既可利用其 GCA,又能利用它和其它亲本组配的特定组合。如蛋白质含量性状上的龙麦 12 属于这种情况。②GCA 高, σ^2_{ca} 较小的亲本类型,可以利用 GCA。如蛋白质含量上的 D₁₅₂和 D₇₂就是这一类型。③GCA 较小, σ^2_{ca} 较大的亲本,可以利用这类亲本组配特定的组合。如容重上,龙麦 12×D₂₇₉的组合。④GCA 小, σ^2_{ca} 低的亲本类型,利用价值不大。根据 GCA 和 σ^2_{ca} 的相对大小对 7 个品质性状排列位次,用位次总和对亲本进行具体评价(表 4)。

龙辐麦 1 号和 D_{72} 属于第一类亲本, 利用价值最大, CI_{17343} 属于第二类亲本, 可以利用 GCA。龙麦 12、 D_{279} 和 D_{132} 属于第三类亲本, 可利用其 σ_{ma}^2 , 它们在特定的组合中表现良好。而克丰 2 号、克早 10、新克早 9、 D_{198} 等属于第四类亲本。

表 4 亲本的 GCA 和 σ_{ma}^2 的位次总和和名次

代号	亲本名称	g. c. a		σ_{ma}^2		代号	亲本名称	g. c. a		σ_{ma}^2	
		位次总和	名次	位次总和	名次			位次总和	名次	位次总和	名次
A ₁	龙辐麦 1 号	20	1	31	2	B ₂	D_{1198}	152	6	59	5
A ₂	龙麦 12	36	3	24	1	B ₃	D_{41}	40	4	50	4
A ₃	克丰 2	45	5	39	3	B ₁	CI_{17343}	29	2	39	3
A ₄	克早 10	52	6	50	4	B ₅	D_{279}	59	7	24	1
A ₅	新克早 9	53	6	41	3	B ₄	D_{72}	30	2	32	2
B ₁	D_{132}	36	3	31	2						

杂交组合的特殊配合力(SCA)效应见表 5。

表 5 杂交组合的特殊配合力

性状	组合	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	性状	组合	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆
容重	A ₁	47.70	0.84	-3.92	-25.00	-15.70	-3.86	沉降值	A ₁	1.09	1.05	0.01	-0.94	-0.26	-0.95
	A ₂	-7.36	7.70	-25.71	-8.83	37.50	-3.30		A ₂	-1.11	-1.26	2.74	1.85	-1.80	-0.116
	A ₃	-12.64	-9.24	5.36	18.89	-3.44	1.09		A ₃	-0.02	-0.43	-1.20	0.18	1.53	-0.06
	A ₄	9.41	-4.52	-10.26	16.28	-3.3	-7.52		A ₄	-1.13	0.89	0.16	0.84	-0.38	-0.37
	A ₅	-37.14	8.26	34.52	-1.28	-14.94	13.59		A ₅						
湿面筋	A ₁	-0.87	-0.83	-1.43	0.07	2.34	-0.28	S. G. S	A ₁	7.95	-0.28	1.06	-0.63	-1.75	-6.35
	A ₂	2.18	-1.69	-1.05	-0.78	-1.69	3.03		A ₂	-6.43	-0.73	6.14	5.98	-2.76	-2.20
	A ₃	-1.03	-0.04	0.87	0.65	-1.94	1.49		A ₃	-2.38	-0.55	-3.47	-5.37	11.48	0.29
	A ₄	-0.10	0.79	0.93	1.37	-0.41	-2.58		A ₄	-4.48	1.48	-0.51	0.93	-1.21	3.78
	A ₅	-0.18	1.77	-0.32	-1.31	1.70	-1.66		A ₅	5.34	0.07	-3.22	-0.91	-5.76	4.47
干面筋	A ₁	-1.23	-0.05	-0.27	-0.37	0.46	41.47	蛋白质含量	A ₁	-1.12	-0.14	0.67	0.44	-0.33	0.50
	A ₂	0.93	-0.42	-0.17	-0.44	-0.41	0.50		A ₂	1.11	-0.50	0.57	-0.90	-0.35	0.04
	A ₃	0.41	-0.05	-0.07	1.57	-1.63	-0.23		A ₃	0.07	0.01	-0.63	0.46	-0.42	0.53
	A ₄	0.35	0.40	0.11	0.24	0.11	-1.22		A ₄	-0.71	0.77	-0.14	-0.31	1.09	-0.72
	A ₅	-0.46	0.12	0.40	-1.00	1.47	-0.53		A ₅	0.66	-0.15	-0.49	0.32	0.01	-0.35

A_1B_1 、 A_5B_3 和 A_2B_5 三个组合在容重上表现最大的 SCA 效应。相同组合在干、湿面筋两性状上的 SCA 效应基本一致, 但程度不同, 组合 A_5B_6 、 A_3B_4 和 A_2B_3 在沉降值上是最好的组合, S. G. S 和沉降值表现不一致, A_3B_5 和 A_1B_1 SCA 效应最大。蛋白质含量上, 组合 A_4B_5 、 A_4B_2 和 A_2B_1 是三个最佳组合。

GCA 大的亲本, SCA 不一定大。如蛋白质含量上, D_{72} 的 GCA 为 1.50, 而组合克早 10 × D_{72} 的 SCA 仅为 -0.72。两个 GCA 都高的亲本, 后代的 SCA 也未必高。对于蛋白质含量, 龙麦 12 的 GCA 为 0.84, D_{72} 为 1.50, 它们组配的组合 SCA 仅为 0.04, 两个 GCA 均小的亲本一般不会产生 SCA 高的组合。

2.2 亲本性状水平与 SCA 的相关

表 6 表明,亲本的性状水平与 GCA 无一定的对应关系,随着性状的改变,相关系数变化较大($-0.1485 \sim 0.6394$)。湿面筋和沉降值的 R 值较大,亲本表现好的 GCA 一般也较大。但所有品质性状的 R 均未达显著水平。因此,亲本性状水平高,其后代的表现不一定好。

表 6 亲本值与 GCA 的相关

性状	R	性状	R	性状	R
容重	0.2131	湿面筋	0.6394	干面筋	-0.1485
沉降值	0.5981	S.G.S	0.3963	蛋白质含量	0.4656

2.3 配合力和杂种优势的关系

前人在不同的作物上研究了配合力和杂种优势的关系。本试验选取蛋白质含量分析 GCA 效应,SCA 效应及配合力总效应(T.c.a)分别与杂种优势的关系(见表 7)。

表 7 配合力效应与杂种优势分析

组合代号	g_i	g_j	s_{ij}	T.c.a	杂优(%)	组合代号	g_i	g_j	s_{ij}	T.c.a	杂优(%)
A ₁ B ₁	0.33	0.13	-1.12	0.66	-0.569	A ₂ B ₁	0.84	0.13	1.11	2.08	8.12
A ₁ B ₂	0.33	0.66	-0.14	0.25	8.45	A ₂ B ₂	0.84	0.06	-0.50	0.40	6.80
A ₁ B ₃	0.33	0.14	0.67	1.14	4.39	A ₂ B ₃	0.84	0.14	0.57	1.55	4.99
A ₁ B ₄	0.33	-0.23	0.44	0.54	6.61	A ₂ B ₄	0.84	-0.23	-0.90	-0.29	-0.91
A ₁ B ₅	0.33	-1.60	-0.33	-1.60	3.89	A ₂ B ₅	0.84	-1.60	-0.35	-1.11	4.53
A ₁ B ₆	0.33	1.50	0.50	2.33	17.69	A ₂ B ₆	0.84	1.50	0.04	2.38	15.28
A ₃ B ₁	-0.28	0.13	0.07	-0.08	-6.02	A ₃ B ₂	-0.72	0.13	-0.71	-1.30	-6.87
A ₃ B ₂	-0.28	0.06	0.01	-0.21	1.08	A ₃ B ₃	-0.72	0.06	0.77	0.11	10.95
A ₃ B ₃	-0.28	0.14	-0.63	-0.77	-10.44	A ₃ B ₄	-0.72	0.14	0.14	-0.72	-3.88
A ₃ B ₄	-0.28	-0.23	0.46	-0.05	-1.23	A ₃ B ₅	-0.72	-0.23	-0.31	-1.26	-1.70
A ₃ B ₅	-0.28	-1.60	-0.42	-2.30	-5.41	A ₃ B ₆	-0.72	-1.60	1.09	-1.23	10.09
A ₃ B ₆	-0.28	1.50	0.53	1.75	9.47	A ₄ B ₁	-0.72	1.50	-0.72	0.06	6.71
A ₄ B ₁	-0.16	0.13	0.66	0.63	4.54	A ₄ B ₂	-0.16	0.23	0.32	5.20	-0.07
A ₄ B ₂	-0.13	0.06	-0.15	-0.25	8.12	A ₄ B ₃	-0.16	-1.60	0.01	-1.75	5.77
A ₄ B ₃	-0.13	0.14	-0.49	-0.51	-2.96	A ₄ B ₄	-0.16	1.50	-0.35	0.99	5.50

T.c.a 与杂种优势的 $r=0.6038^{**}$,配合力总效应高的组合,杂种优势一般都大,但程度不同。SCA 与杂种优势的 $r=0.5522^{**}$ 亦呈极显著正相关,但 r 值小于前者,有些组合小有反常表现,如 A₅B₁ 的 $S_{ij}=0.66$,但杂种优势仅为 4.5%;A₅B₃ 的 $S_{ij}=0.57$,杂优为 4.49%,这主要是由于 g_i, g_j 较低造成的。

杂种优势和配合力总效应及组合的特殊配合力都呈极显著的正相关。前者的相关系数大于后者,可以根据配合力总效应去预测 F₁ 的一般表现,只有 GCA 高, T.c.a 也较大的亲本,其组合才能获得较强的杂种优势。

3 讨论

为提高育种水平,前人在亲本选配上提出许多切实可行的方法和一般原则。其中以配合力来衡量亲本优劣的研究较多^[2,3]。任何亲本并非所有的性状都表现优良。本试验中龙辐麦 1 号、

龙麦 12、D₁₅₂和 D₇₂是四个表现较好的品种,但在某些品质性状的表现也一般。因此要根据不同的育种目标,选配相应性状上表现优异的亲本。

本研究用 GCA 与 SCA 方差来评价亲本,对亲本进行分类是切实可行的,GCA 大, σ_{GCA}^2 高的亲本是最佳亲本,GCA 大, σ_{GCA}^2 低的亲本出现超亲类型的概率小,而 GCA 小, σ_{GCA}^2 高的亲本,可产生特殊配合力大的组合,但要考虑性状的实际水平。另一方面,杂种后代各性状是双亲共同作用的结果,一个本身表现好的亲本,杂种后代不一定优异。综合考察双亲的性状特点才是组配优良组合的关键。针对育种目标,选择性状优良,GCA 高, σ_{GCA}^2 和 SCA 两个参数中至少有一个较大的亲本,杂种后代性状的实际水平不会太低,而且可能产生较高的特殊配合力组合。

参 考 文 献

- 1 李振声. 小麦远缘杂交, 科学出版社, 1985
- 2 吴兆苏编著. 小麦育种学. 农业出版社, 1990
- 3 王成俊等. 冬春性小麦杂交世代主要性状配合力与杂种优势的研究. 四川大学学报, 1991, 28(2), 214~219
- 4 Levy, A. A. and M. Feldman, Increase in grain protein percentage in high-yielding common Wheat breeding Lines by genes from Wild Tetra ploid Wheat, Euphytica, 1987, 36, 353~359
- 5 Maloo S. R. Combining ability in Durum Wheat Under normal and late planting. Indian J. Agric. Res. 1992, 26(3), 165~168

Studies on Combining Ability of Quality Characteristics in Interspecific Hybrids

Jia Gaofeng

(Soybean Research institute, Nanjing Agricultural University)

Li Guifang Jin zhengxun Li Zhuofu

(Northeast Agricultural University)

Abstract Thirty six Combinations of cross were made in 6×6 incomplete diallel fashion and 12 combinations of reciprocal cross were produced. Combining ability on quality characteristics was studied. The main results were as follows: GCA variance and SCA variance Were both significant in different varieties. Wet and dry gluten content, S. G. S and protein content were controlled by GCA effect. SCA effect is higher in sedimentation value. GCA effect approximated to that of SCA in fest Wt. and profein yield per plant. Parents With high GCA and high SCA variance were good. In the test, varieties including Long Fu No. 1, Long Mai No. 12, D₁₅₂, CI₁₇₃₄₃ and D₇₂ were better than others. The significant positive correlation was showed between the total effect of combining ability and heterosis. When GCA effect was considered, heterosis may be evaluated by the total effect of combining ability.

Key words T. aestivum L., T. durum Desf., Interspecies hybridization, Combining ability