

小麦白粒种质资源抗穗发芽性的配合力分析*

蒋国梁 陈兆夏

(南京农业大学小麦品种研究室, 江苏南京, 210095)

提 要 用我国抗穗发芽性显著不同的21个白粒小麦品种(系)及1个红皮品系为材料, 分别配成 5×6 、 4×7 和 7×5 三套NC II 交配设计, 以穗发芽率为指标对杂种 F_1 及亲本进行配合力分析。结果一般配合力方差达极显著水平, 特殊配合力方差亦显著或极显著, 基因加性效应起主要作用。抗性亲本对杂种抗穗发芽性表现的作用显著大于敏感亲本, 其平均穗发芽率与其一般配合力效应间相关较高, 平均相关系数为0.816。穗发芽抗性遗传力较高, 广义遗传力和狭义遗传力平均分别为83.30%和58.96%, 可以在杂种早代-中代对其进行选择。涪陵须须麦、万县白麦子、遂宁坨坨麦、万雅M120E6、丰产3号等具有较好的一般配合力, 可作为优良白粒抗源在育种中利用。

关键词 小麦育种; 白粒种质; 穗发芽抗性; 配合力; 遗传

穗发芽是我国长江流域冬麦区、东北春麦区及黄淮冬麦区南部小麦生产, 尤其是白皮小麦生产的重要问题之一^[1]。已穗发芽的小麦不仅显著减产, 而且其营养品质、加工品质和种用价值均受到严重破坏^[2, 11]。红皮品种因其休眠期较长, 遭穗发芽危害的机会相对较白皮品种少。为了避免或减轻穗发芽的影响, 长期以来我国长江流域地区生产上以种植红皮品种为主。然而, 随着生产的发展, 出于商品性和加工品质方面的考虑, 近十余年来对白皮品种的需求日益增大, 生产上白皮品种的种植面积不断扩大。但是, 由于在育种策略上对穗发芽未曾予以充分考虑, 以致现有的白皮推广品种大多不具备必要的抗穗发芽性。近年来, 这一遗传脆弱性在小麦生产中的潜在危险已受到重视, 选育抗穗发芽的优质白皮品种已成为有关地区小麦育种的一个重要目标^[1, 2]。为此, 充分发掘白粒抗穗发芽种质资源, 并进行有关遗传评价和育种利用研究, 是具有重要意义的。本研究的目的是: 对我国部分白粒抗穗发芽小麦种质资源进行抗穗发芽性配合力分析, 为进一步研究利用提供参考。

1 材料与方 法

在多年鉴定筛选^[3, 13]的基础上, 选用14个国内来源不同的抗穗发芽白粒品种(系)(地方品种涪陵须须麦、万县白麦子、梓潼女儿麦、遂宁坨坨麦, 改良种质丰产3号、鄂61506、皖90732、万雅M120E6、1091、长江8802、8853、9002、9003、9035)及红皮品系长江8809, 与7个穗发芽敏感的白皮品系(D7840、宁8675、宁8622、长江9043、轮综F6、84-1155、长江9048), 分别于1993、1994和1995年按 5×6 、 4×7 和 7×5 杂交配成三套NC II 交配设计组合, 第二年用杂种 F_1 及其亲本进行配合力分析。其中, 1993年所用抗性亲本为涪陵须须麦、万县白麦子、丰产3号、长江8802、9003、9035等, 测验系(母本材料)为D7840、宁8675、宁

* 国家自然科学基金、国家小麦育种攻关和农业部重点应用基础研究资助项目。
收稿日期: 1997-03-10, 收到修改稿日期: 1997-10-15

8622、长江 9043 和 84-1155; 1994 年抗性亲本为万县白麦子、梓潼女儿麦、遂宁坨坨麦、丰产 3 号、长江 8802、9002 及长江 8809, 测验系(母本材料)为 D7840、宁 8675、宁 8622 和长江 9043; 1995 年抗性亲本为长江 8802、8853、万雅 M120E6、鄂 61506、皖 90732、1091 及长江 8809, 测验系(父本材料)为 D7840、宁 8675、84-1155、轮综 F6 和长江 9048。杂交当年秋, 种植所有组合的杂种 F_1 和亲本材料。为了便于比较分析, 分别以穗发芽较不敏感的长江 8809、丰产 3 号、梓潼女儿麦和较敏感的宁 8622、D7840、84-1155 为抗、感对照。试验在南京农业大学卫岗试验站进行, 田间随机区组设计, 单行区, 3 重复, 行长 1 m, 行距 20 cm, 每行种 50 粒。翌年于麦收前约开花后 35~40 天取样进行穗发芽抗性鉴定。鉴定方法采用塑料周转箱保湿测定穗发芽率法^[13]。每小区随机剪取成熟度一致的 5 穗(分别取自 5 株)扎成一束, 消毒清洗后自来水浸泡 6~8 h, 取出将其竖立于底部盛有一层潮湿石英砂的塑料周转箱内, 再用塑料薄膜覆盖, 室温 23~25℃条件下保湿发芽, 3~3.5 d 后取出高温干燥终止发芽, 手工脱粒计数各穗总粒数和发芽粒数, 计算穗上发芽率。穗发芽率经反正弦转换后, 以小区平均为单位进行方差分析和配合力分析^[4]。

2 结果与分析

2.1 配合力方差分析

3 年试验方差分析结果均表明, 无论是亲本间还是杂种 F_1 间, 其穗发芽率均存在极显著差异(表 1)。1994、1995 两年亲本×杂种 F_1 的互作亦达极显著, 表明相对于双亲平均值, F_1 具有杂种优势。大多数组合 F_1 穗发芽率低于其中亲值, 整体上呈抗性优势。然而, 1996 年亲本×杂种 F_1 的互作效应不显著, F_1 平均穗发芽率与平均中亲值没有显著差异。这显然与各年试验中所用亲本及所配组合不同有关。1994 和 1995 年的被测系中, 长江 8802, 丰产 3 号、万县白麦子 3 个相同, 长江 9002、9003、9035 又均为长江 8802 的姊妹系, 测验系中仅 1995 年少一个 84-1155, 其余全部相同。在 1996 年, 7 个被测系中有 5 个与前两年不同, 5 个测验系中除 D7840、宁 8675、84-1155 三个外, 另换进两个穗发芽更敏感的轮综 F6 和长江 9048。另外, 1995 和 1996 两年方差分析和配合力方差分析, 包括与剔除红皮品系长江 8809 的分析结果, 在各项方差显著性上是完全一致的, 故表 1 仅列出包括长江 8809 的分析结果。

表 1 还显示, 3 年试验结果其母本间或父本间一般配合力方差均达极显著水平, 母本×父本的互作效应也显著。表明, 亲本一般配合力效应对杂种抗穗发芽性的表现具有极显著作用, 特殊配合力也有明显影响。在两组亲本中, 抗性亲本的一般配合力方差又显著大于敏感亲本的一般配合力方差。1994 年二者分别为 21.119 和 2.843, 1995 年分别为 68.870 和 18.084, 1996 年分别为 84.988 和 44.508。说明抗性亲本对杂种穗发芽抗性的作用比敏感亲本大。因此, 在抗穗发芽育种中, 首先要选择好亲本, 尤其是抗性亲本, 同时又要注意适当配组。

2.2 抗穗发芽性遗传参数的估计

在随机模型下, 一般配合力方差和特殊配合力方差在 3 年试验中达显著或极显著。因此可进一步估计抗穗发芽性的遗传方差、遗传力等遗传参数。结果一般配合力方差和特殊配合力方差的相对值, 1994、1995、1996 三年分别为 58.77%和 41.23%、69.77%和 30.23%、84.66%和 15.34%(表 2)。在剔除红皮品系长江 8809 后, 一般配合力方差和特殊配合力方差的相对值, 1995 和 1996 年分别为 54.09%和 45.91%、68.37%和 31.63%。这表明, 在小麦

抗穗发芽性的遗传变异中，一般配合力方差所占比例较特殊配合力方差大，即基因的加性效应比非加性效应重要，在穗发芽抗性的遗传中起着主要作用。而且，红皮品种对杂种后代的影响明显大于白皮品种，红皮品种可使一般配合力方差及狭义遗传力相对增大(表 2)。在亲本选择时，应首先考察其一般配合力，其次才考虑亲本间的互作效应。平均显性度显示其呈部分显性。广义遗传力较高，狭义遗传力中

等；3 年平均分别为 83.30% 和 58.96%，剔除红皮品系长江 8809 后则分别为 78.13% 和 46.52%。可见，在小麦抗穗发芽育种中，早代-中代进行选择是有效的。

表 1 小麦杂种 F₁ 及亲本品种(系)穗发芽率的方差分析与配合力分析结果
Table 1 Mean squares from analysis of variance and combining ability of sprouting percentage for three sets of NC II mating design of white wheat

变异来源 Source of variation	1994 年(5×6)		1995 年(4×7)		1996 年(7×5)	
	DF	MS	DF	MS	DF	MS
基因型 Genotype	40	143.402**	38	365.166**	46	426.689**
亲本 Parent	10	319.346**	10	747.564**	11	790.693**
亲本对杂种 F ₁ Parent vs. hybrid F ₁	1	237.299**	1	81.365**	1	21.159
杂种 F ₁ Hybrid F ₁	29	79.494**	27	234.048**	34	320.849**
母本一般配合力 Female g. c. a.	4	72.497**	3	336.661**	6	955.675**
父本一般配合力 Male g. c. a.	5	249.565**	6	634.443**	4	718.914**
特殊配合力(母本×父本) s. c. a. (Female×Male)	20	38.376**	18	83.481**	24	95.799*

*, ** 分别表示 5% 和 1% 显著水平。

* and ** Significant at 1% and 5% level, respectively.

表 2 小麦抗穗发芽性的遗传参数估值

Table 2 Estimates of genetic parameters for sprouting tolerance based on combining ability analysis in white wheat

Year	σ_a^2	σ_b^2	σ_c^2	$\sqrt{\sigma_b^2/\sigma_c^2}$	$V_{gca}(\%)$	$V_{sca}(\%)$	$h_a^2(\%)$	$h_b^2(\%)$
1994	23.962	16.811	9.045	0.702	58.77	41.23	81.84	48.10
1995	86.955	37.675	8.899	0.658	69.77	30.23	93.34	65.12
	(41.244)	(35.012)	(8.622)	(0.921)	(54.09)	(45.91)	(89.84)	(48.59)
1996	130.496	23.644	50.830	0.426	84.66	15.34	74.71	63.67
	(60.951)	(28.204)	(52.986)	(0.680)	(68.37)	(31.63)	(62.72)	(42.88)

括号中的数字系剔除红皮品系长江 8809 的遗传参数。

Figures in parentheses represent the genetic parameters estimated after excluding the red germplasm Changjiang 8809.

2.3 抗穗发芽种质的表现与一般配合力效应

穗发芽鉴定结果，小麦品种收获前穗发芽率年度间存在差异，穗发芽愈敏感，年度间变异也愈大(表 3)。比较而言，本研究所选用的抗穗发芽亲本中，红皮品系长江 8809、白皮种质万县白麦子、涪陵须须麦、梓潼女儿麦、遂宁坨坨麦、丰产 3 号、万雅 M120E6、皖 90732、鄂 61506 等的抗性较强且较稳定；长江 8802、8853、9035 多年鉴定中抗性较强^[13]，仅 1996 年穗发芽偏重；1091、长江 9002、9003 抗性相对较弱且不稳定。

抗与不抗两类亲本抗穗发芽性差异极为显著，1994、1995 和 1996 年其平均穗发芽率分别为 6.96% 和 36.19%、8.99% 和 61.79%、18.88% 和 73.92%。不仅如此，即使在同一类

表3 6个对照品种(系)的穗发芽率(%)
Table 3 Sprouting percentages on spikes of the 6 check cultivars or strains in wheat

类型 Type	品种(系) Cultivar	1994年	1995年	1996年
抗 Resistant	长江 8809(红) CJ 8809 (red)	1.42	1.04	4.70
	丰产 3 号 Fengchan 3	4.62	4.01	13.48
	梓潼女儿麦 ZTNEM	1.97	5.23	8.36
感 Susceptible	宁 8622 Ning 8622	29.47	56.93	72.82
	D7840	31.60	67.57	76.84
	84-1155	56.22	87.21	75.35

亲本中,不同品种(系)的抗性亦有明显差异,两组亲本穗发芽率的变异幅度三年分别为 2.99% ~ 18.26% 和 27.47% ~ 56.22%、1.06% ~ 37.16% 和 48.76% ~ 73.03%、4.70% ~ 46.37% 和 58.72% ~ 86.11%。从表 4 中可以看出,不同抗性亲本抗穗发芽性一般配合力效应差异也很大。1994 年试验中,相对而言,涪陵须须

麦、万县白麦子、丰产 3 号的一般配合力效应对增强杂种抗穗发芽性具有较大作用。在 1995 和 1996 两年的试验中,红皮品系长江 8809 的一般配合力效应极显著地增强了杂种的抗穗发芽性。剔除红皮品系长江 8809 后所作配合力分析表明,万县白麦子、遂宁坨坨麦、丰产 3 号、万雅 M120E6 等对降低杂种穗发芽率也具有较大作用,其一般配合力效应达极显著水平。皖 90732、鄂 61506 的一般配合力效应接近显著水平。总体上说,1091、长江 9002、9003、9035、8853、8802 等的作用相对较差。因此,就抗穗发芽育种来说,涪陵须须麦、万县白麦子、遂宁坨坨麦、万雅 M120E6、丰产 3 号等可作为较好的白粒抗穗发芽亲本利用。

表4 白粒抗穗发芽小麦种质的穗发芽率及一般配合力效应

Table 4 Means and g. c. a. effects of white wheat germplasm with sprouting resistance for the sprouting percentage

品种(系) Cultivar or line	1994年		品种(系) Cultivar or line	1995年		品种(系) Cultivar or line	1996年	
	穗发芽率 Sprouting percentage (%)	一般配合力 效应 g. c. a. effect(%)		穗发芽率 Sprouting percentage (%)	一般配合 力效应 g. c. a. effect(%)		穗发芽率 Sprouting percentage (%)	一般配合 力效应 g. c. a. effect(%)
长江 8802	5.88	0.02	长江 8802	10.25	39.47**	长江 8802	30.30	19.80**
CJ 8802			CJ 8802		(27.14**)	CJ8802		(11.24*)
丰产 3 号	4.62	-2.44	丰产 3 号	4.01	-5.43	皖 90732	12.69	-1.35
Fengchan 3			Fengchan 3		(-13.79**)	Wan 90732		(-8.40)
万县白麦子	5.33	-6.22	万县白麦子	7.01	-8.08*	鄂 61506	12.74	-0.74
WXBMZ			WXBMZ		(-16.21**)	E 61506		(-7.83)
涪陵须须麦	2.99	-39.13**	梓潼女儿麦	5.23	4.98	万雅 M120E6	6.23	-10.96*
FLXXM			ZTNEM		(-4.31)	WY/M120/E6		(-17.32**)
长江 9003	18.26	27.74**	遂宁坨坨麦	11.52	-6.00	长江 8853	33.28	16.68**
CJ 9003			SNTTM		(-14.32**)	CJ 8853		(8.34)
长江 9035	8.30	20.02**	长江 9002	37.16	33.27**	1091	46.37	22.74**
CJ 9035			CJ 9002		(21.49**)			(13.97**)
			长江 8809(红)	1.06	-58.22**	长江 8809(红)	4.70	-46.17**
			CJ 8809(red)			CJ 8809(red)		

括号中的数字系剔除红皮品系长江 8809 后的一般配合力效应。

Figures in parentheses represent the g. c. a. effect after excluding the red germplasm Changjiang 8809.

相关分析表明,抗穗发芽亲本的穗发芽率与其一般配合力效应值间存在较高的相关关系,其简单相关系数三年分别为 0.849、0.726 和 0.874。可见,亲本的抗穗发芽性表现可以

大致反映其杂种的穗发芽率高低。但亦有例外，如长江 9035、8802 多数年份抗性表现不错^[13]，但其杂种后代 F_1 穗发芽率却较高。说明配合力分析在正确评价抗穗发芽种质及其育种利用上是有指导意义的。

3 讨论

白皮抗穗发芽品种的选育，是有关地区小麦育种的重要内容。选用适当的亲本则是其成功的首要关键。国内外研究均表明，尽管大多数白粒小麦品种的抗穗发芽性均较弱，但也有些品种或种质资源具有较强的抗性^[5, 6, 11, 13]。要有效地利用这些抗源材料，使其在育种中发挥作用，对其进行配合力分析是必要的。然而，有关研究的报道甚少^[7]。本研究中以抗穗发芽性显著不同的 21 个白皮品种(系)及 1 个红皮品系为材料，分别按 5×6 、 4×7 和 7×5 配成三套 NC II 交配设计组合，对杂种 F_1 的穗发芽率进行配合力分析。结果均证明，小麦抗穗发芽性遗传中，基因加性效应和非加性效应均有显著作用，但以加性效应为主。这与肖文言和徐风(1993)^[7]有关种子发芽敏感性的配合力分析结果相似。亲本尤其是抗性亲本的一般配合力对杂种穗发芽抗性的表现具有很大影响。选择好的抗性亲本适当配组，是小麦抗穗发芽育种的关键之一。白皮抗穗发芽品种(系)涪陵须须麦、万县白麦子、遂宁坨坨麦、万雅 M120E6、丰产 3 号等，对杂种穗发芽抗性表现的作用虽不及红皮种质长江 8809，但作为优良的白粒抗穗发芽种质资源，对选育抗穗发芽的白皮品种是很有利用价值的。皖 90732、鄂 61506 在一定程度上降低杂种的穗发芽率，而且其农艺性状明显优于地方品种，在育种中也可以加以利用。穗发芽率广义遗传力估值较高、狭义遗传力估值中等，表明可以在杂种早代-中代进行选择。

小麦穗发芽抗性受多种因素影响，其遗传与表达机理复杂^[12]。种子休眠特性、种皮颜色、 α -淀粉酶活性及穗部结构、颖壳抑制物等，均对穗发芽有明显作用^[5, 8, 9, 12]。在适宜条件下，穗发芽率的高低可以综合反映不同品种抗穗发芽性的强弱。因此，在收获前用适当方法测定整穗发芽率并进行遗传研究似乎更具有实际意义。然而，直接以穗上发芽率为指标进行小麦抗穗发芽性配合力分析的研究，至今报道不多^[10]。涪陵须须麦等地方品种及近期育成新品系的抗穗发芽性虽已有报道^[3, 6, 13]，但其配合力研究尚属首次。本研究以整穗籽粒发芽率为指标，对 14 个白皮种质的抗穗发芽性进行配合力分析，试验结果年度间尽管因材料不尽相同而有所差异，但三年基本结论是一致的，对白粒抗源的利用和抗穗发芽育种具有重要参考价值。当然，就加深小麦穗发芽抗性遗传表达机理的认识而言，同时对有关性状进行研究也是有意义的。

参 考 文 献

- 1 金善宝主编，1996，中国小麦学，中国农业出版社，北京
- 2 吴兆苏，1990，小麦育种学，农业出版社，北京
- 3 蒋国梁、吴兆苏、陈兆夏，1992，上海农业学报，8(3)，9~14
- 4 郭平仲，1993，数量遗传分析，首都师范大学出版社，北京，
- 5 张海峰、卢荣禾，1993，作物学报，19(6)，523~530
- 6 肖世和、吴兆苏、沈又佳等，1995，中国农业科学，28(1)，56~60
- 7 肖文言、徐 风，1993，作物学报，19(6)，501~508

- 8 徐成彬、吴兆苏, 1988, 中国农业科学, 21(3), 14~21
- 9 沈正兴、吴兆苏、俞世蓉, 1991, 中国农业科学, 24(5), 44~50
- 10 刘生祥、宋晓华, 1997, 宁夏农学院学报, 18(1), 60~64
- 11 Dereea, N. F., 1989, Preharvest Field Sprouting in Cereals (N. F. Dereea, ed.), CRC Press, Inc., 111~128
- 12 Gale, M. D., 1989, Preharvest Field Sprouting in Cereals (N. F. Dereea, ed.), CRC Press, Inc., 85~110
- 13 Jiang, G. L., Z. X. Chen and Z. S. Wu, 1996, Proc. of Seventh International Symposium on Pre-harvest Sprouting in Cereals 1995 (K. Noda and D. J. Mares, eds), Center for Academic Societies Japan, Osaka, 213~217

Analysis of Combining Ability for Preharvest Sprouting Tolerance in White-grained Wheat Germplasm Resources

Jiang Guoliang Chen Zhaoxia

(Wheat Research Laboratory, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095)

Abstract Twenty-one sprouting-resistant white-seeded cultivars or advanced lines and one red strain of bread wheat with different genetic backgrounds were selected as parents. Three sets of NC II mating design crosses were made in 5×6 , 4×7 and 7×5 , respectively. Combining ability analysis of the sprouting percentage in ears was conducted for the F_1 s and their parents. The variances of both general combining ability (g. c. a.) and specific combining ability (s. c. a.) were significant, and the additive effects of the genes played a major role in the inheritance of the sprouting tolerance in white wheat. The resistant parents had a much larger impact on the performance of hybrid F_1 in sprouting resistance than the susceptible parents. The average of correlation coefficients between mean sprouting percentages and g. c. a. effects of the resistant parents was 0.816. The averaged estimates of broad-sense and narrow-sense heritability over three years were 83.30% and 58.96%, respectively, which indicated that selection for the resistance could be carried out in early-middle generations of the hybrids. It was also showed that FLXXM, WXBMZ, SNTTM, WY/M120/E6 and Fengchan 3 possessed better general combining ability and could be used as the desired white-seeded resistant parents in wheat breeding for preharvest sprouting tolerance.

Key words Wheat breeding; White-grained germplasm; Resistance to preharvest sprouting; Combining ability; Inheritance