

# 普通小麦八个品种对赤霉病抗 扩展性的双列杂交分析\*

陈焕玉 张乐庆 潘雪萍 陈伟栋 张林

(农学系)

## 提 要

本文用8个对赤霉病不同抗性的普通小麦双列杂交的试验结果,分析了病小穗数的配合力、遗传力、性状相关及扩展速度等。小麦对赤霉病的抗性主要是由基因加性效应所决定的,非加性效应虽有一定的影响,但不显著。抗赤霉病性的遗传力较低,受环境的影响较大。病小穗数与有效小穗数和小穗密度的表现型和基因型呈正相关,与株高、穗长、无效小穗数和穗粒数呈微弱负相关,对赤霉病抗性与上述性状在遗传上似无明显关系。高感品种福龙选的潜育期最长(9.2天),高抗品种望水白的最短(5.3天),其余的差异不大(6.2~6.9天)。高抗品种的赤霉病扩展速度较慢,高感品种的较快。

**关键词** 小麦赤霉病; 抗扩展性; 双列杂交

## 引 言

小麦赤霉病 [*Gibberella zeae* (Schw.) Petch] 是潮湿地区的常发病害,是我国长江中下游冬麦区、华南冬麦区和东北东部春麦区的主要病害,每年都造成不同程度的损失。为了防治此病,曾先后筛选出一些赤霉病抗性较强的地方品种,并通过系统选择和杂交育种,选育了一些赤霉病抗性较好的品种,但没有大的突破。其原因之一,是对小麦赤霉病抗性遗传方面的研究较少。近年来,不少遗传育种工作者对小麦抗赤霉病遗传方面进行了研究。较多的研究者认为小麦对赤霉病的抗性属于多基因控制的数量性状,显性或不完全显性,以基因的加性效应为主,非加性效应也有显著作用,其抗性易受环境的影响,遗传力在不同组合间差异较大,抗性与株高、穗长和小穗密度存在显著相关<sup>[3][4][5][6][8][10]</sup>。但不同研究者因取材的遗传背景不同,或诱发病害的手段不同,或鉴定分级的标准不同,而所得结果不甚一致或差异较大,甚至结果相反<sup>[9][11]</sup>。

本研究选用8个对赤霉病抗性不同的普通小麦品种或品系,它包括外地引进的抗源、

\* 选种88届的同学陈文丰、黄道强、黄其昌、陈学孟参加了数据调查和初步整理,谨此致谢。本研究属农牧渔业部“农02”重点研究项目。

1989年3月10日收稿。

自己选育的抗源和农艺性状较好的本地品种，应用双列杂交的分析方法，以研究它们对赤霉病抗扩展性的配合力、遗传力、性状相关及扩展速度等，为抗赤霉病育种的亲本选配和后代选择提供参考。

## 材料和方法

试验在本校教学实验农场进行。选作杂交的8个亲本中，对赤霉病高抗的材料有溧阳望水白（简称望水白、江苏地方品种）、苏麦3号（江苏杂交育成）和翻山小麦（福建地方品种）；中抗的材料有繁635、60085和60045（以上均为本校杂交选育的品系）；高感的材料有晋2148（福建杂交育成）和福龙选（本校系统育成）。

1985年冬至1986年春，按双列法 $P(P-1)/2$ （不包括反交），配制了28个 $F_1$ 组合。由于上述亲本材料在本地按正常播期同时播种，抽穗开花期差异较大，其中抽穗期最早的（福龙选）与最迟的（溧阳望水白）相差20天左右，为使花期相遇，采用了分期播种，分别在11月1日，21日，12月1日分三期播种。

1986年冬至1987年春，将28个组合的 $F_1$ 及其8个亲本进行试验，采用随机区组排列，三次重复，每个材料点播一行，行长1米，行距20厘米，株距8.7厘米。在抽穗后扬花初期，对位于穗基部第4或第5个小穗基部中的一个小花，用5 ml的医用注射器进行定位注滴接种赤霉病菌孢子悬浮液，菌种是从上一年试验地保护行品种福龙选中采集的病穗经分离培养所得，菌液的浓度为100倍显微镜视野下有25个左右孢子为度。接种后每日用喷雾器喷水2~3次，以保湿诱发。为了观察其潜育期和扩展速度，每个接种穗挂牌注明接种日期，接种小花发病后注明发病日期，并隔天观察记载扩展的病小穗数及因穗轴感染而造成穗枯的日期。最后，于腊熟期在每个参试材料的行中间选5株，每株随机取一穗统计发病小穗数，并调查其株高、穗长、有效小穗数、无效小穗数、穗粒数和计算小穗密度。

应用Griffing法的方法Ⅳ、模型Ⅰ<sup>[1]</sup>估算各亲本的一般配合力效应值、特殊配合力效应值和特殊配合力效应方差，用模型Ⅱ估算病小穗数的广义遗传力和狭义遗传力；用 $F_1$ 的方差和协方差，估算病小穗数与六个形态性状的表型相关、遗传相关和环境相关；比较分析各亲本及其 $F_1$ 组合的潜育期和扩展速度（病小穗平均日扩展的个数）。

## 结果与分析

28个组合 $F_1$ 的发病小穗数在三个重复中的调查数据平均值列于表1。

表1 (8×8)双列杂交F<sub>1</sub>病小穗数平均值

♂ \ ♀	苏麦3号	繁635	60045	60085	翻山	福龙选	望水白	阵列平均数
晋2148	7.80	6.32	7.40	6.80	7.73	7.27	5.93	7.04
苏麦3号		1.80	3.13	2.40	4.00	3.53	1.80	3.49
繁635			5.33	3.80	2.87	5.07	5.33	4.36
60045				4.93	4.73	5.73	3.47	4.96
60085					3.60	4.40	2.07	4.00
翻山						3.53	2.60	4.15
福龙选							4.33	4.84
望水白								3.65

从表1直观含有相同亲本的组合,其发病小穗数的平均值,以高感品种晋2148最大,其次为中抗品系60045和高感品种福龙选,再次为中抗品系繁635,高抗品种翻山和中抗品系60085,以高抗品种苏麦3号和望水白为最小。表明有高感亲本参与的组合发病相对较重,而抗病亲本参与的组合发病相对较轻。

#### (一) 随机区组设计及配合力的方差分析

以单株病小穗数为单位的随机区组方差分析结果(表2)表明,不同组合间的病小穗数存在极显著的差异。

表2 随机区组试验的方差分析

变异来源	自由度	平方和	方差	F值(模型I)
组合	27	1335.92	49.48	6.23**
重复	2	3.63	1.82	
组合×重复	54	469.03	8.69	
误差	336	2666.80	7.94	

注: \*\*表示差异极显著

以组合的病小穗数的平均值进行配合力方差分析的结果(表3)表明,一般配合力的差异极显著,而特殊配合力差异不显著,且前者比后者大得多,这说明小麦对赤霉病的抗性主要是由加性基因效应控制的,杂种后代的抗赤霉病表现,主要决定于亲本基因的加性效应。

表3 配合力的方差分析

变异来源	自由度	平方和	方差	F值
一般配合力	7	72.40	10.34	19.55**
特殊配合力	20	16.67	0.83	1.57
机误	336		0.53	

注: \*\*表示差异极显著

## (二) 一般配合力效应

8个亲本一般配合力效应值的估算结果及其差异显著性列于表4。

表4 8个亲本病小穗数一般配合力效应值及差异显著性比较

亲 本	效 应 值	差 异 及 显 著 性						
晋2148	2.89							
福龙选	0.47	2.42**						
60045	0.32	2.57**	0.15					
繁635	-0.23	3.12**	0.70	0.55				
翻 山	-0.48	3.37**	0.95*	0.80	0.25			
60085	-0.68	3.55**	1.13**	0.98*	0.43	0.18		
望水白	-1.07	3.96**	1.54**	1.39**	0.84*	0.59	0.41	
苏麦3号	-1.24	4.13**	1.71**	1.56**	1.01*	0.76	0.58	0.17

$$S.E.(\hat{g}_i - \hat{g}_j) = 0.42 \quad L.S.D._{0.05} = 0.82 \quad L.S.D._{0.01} = 1.08$$

\* 表示差异显著

\*\* 表示差异极显著

从表4中可看出,表现正向效应的亲本有晋2148、福龙选和60045,表现负向效应的有苏麦3号、望水白、60085、翻山和繁635。一般配合力反映了亲本加性基因效应,它能够稳定的传递给杂种后代。就本试验来说,表现正向效应的亲本,表明它所参与的杂交组合一般会使病小穗数增加,所以,就赤霉病抗性来说,它们的一般配合力是不好的,而负向效应的亲本则相反,一般会使杂交后代的病小穗数减少。负值越大,其赤霉病抗性的一般配合力越好。在表现负向效应的亲本中,苏麦3号、望水白和60085的效应值与正向效应的晋2148、福龙选和60045相比较,不仅差异显著或极显著,而且前三者之间差异并不显著,表明在此试验中,这三个亲本赤霉病抗性的一般配合力是比较好的。翻山小麦的效应值(-0.48)与高感亲本晋2148和福龙选相比较,表现差异显著或极显著,与苏麦3号、望水白和60085相比较,差异不显著,表明它亦是一个赤霉病抗性一般配合力较好的亲本,繁635和60045虽是中抗品系,但60045的一般配合力效应值为正值(0.32),繁635虽为负值(-0.23),但两者与高感亲本福龙选的差异并不显著,而与高抗亲本苏麦3号和望水白的差异显著或极显著,表明繁635和60045作为赤霉病抗性的一般配合力利用是不理想的。

## (三) 特殊配合力效应和方差

28个组合的病小穗数的特殊配合力效应值的估算结果列于表5。

表5中28个组合的特殊配合力效应值,表现正向效应和负向效应的组合各占一半,其中正值较大的组合有繁635×望水白(2.09),晋2148×苏麦3号(1.59)和苏麦3号×翻山小麦(1.16);负值较大的组合有繁635×苏麦3号(-1.28),繁635×翻山小麦(-0.98),晋2148×繁635(-0.88),翻山小麦×繁635(-0.87)和60085×望水白(-0.77)。负值较大的5个组合之间差异不显著,但与正值较大的3个组合相比较,差异显著或极显著。其余大多数组合的特殊配合力差异不显著。特殊配合力主要是由非加性基因效应所决定的。在正向效应和负向效应较明显的8个组合中,繁635参与的组合有4个,其中3个是

表5 28个组合病小穗数的特殊配合力效应值

亲 本	苏麦3号	繁 635	60045	60085	翻山	福龙选	望水白
晋 2148	1.69	-0.88	-0.52	0.004	0.76	-0.51	-0.45
苏麦3号		-1.28	-0.65	-0.26	1.16	-0.11	-0.45
繁 635			0.54	0.13	-0.98	0.42	2.07
60045				0.56	0.18	0.38	-0.60
60085					0.17	0.17	-0.77
翻 山						-0.87	-0.42
福 龙 选							0.52

$$S.E.(\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{ik}) = 0.94$$

$$S.E.(\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kj}) = 0.84$$

$$L.S.D._{0.05} = 1.84$$

$$L.S.D._{0.05} = 1.64$$

$$L.S.D._{0.01} = 2.43$$

$$L.S.D._{0.01} = 2.17$$

负值最大的组合, 1个是正值最大的组合, 繁635一般配合力虽不突出, 但在某些组合中特殊配合力效应又很明显, 表明它在某些组合中非加性基因效应起了主导作用。

为了了解各亲本在其所在组合对赤霉病抗性的变异度, 估算了8个亲本病小穗数特殊配合力效应的方差(见表6), 其中繁635的特殊配合力方差最大(0.92), 其次为苏麦3号(0.60)和望水白(0.56)。方差大表明在其参与的杂交组合中将可能出现病小穗数显著减少或增加的组合, 这在表5中可得到印证。特殊配合力方差最小的亲本是60085, 福龙选和60045, 方差小表明其病小穗数减少或增加的效应能较一致地传递给不同组合的后代。

表6 亲本病小穗数特殊配合力效应方差 ( $\hat{\sigma}_{s_i}^2$ )<sup>\*</sup>

亲本	晋 2148	苏麦3号	繁 635	60045	60085	翻山	福龙选	望水白
方差	0.33	0.60	0.92	-0.15	-0.27	0.21	-0.17	0.56

$$\hat{\sigma}_{s_i}^2 = \frac{1}{p-2} \sum_i^p \hat{S}_{ij}^2 - \frac{p-3}{p-2} \hat{\sigma}^2$$

#### (四) 遗传力的估测

用模型 I (随机模型) 估算7个性状的广义遗传力和狭义遗传力(见表7)。表7中病小穗数的广义遗传力为30.1%, 狭义遗传力为27.9%, 表明小麦对赤霉病抗性的两种遗传力值都较低, 受环境影响大, 并有一定的显性效应。

#### (五) 病小穗数与六个性状的相关

以F<sub>1</sub>小区平均值计算的方差和协方差估算了病小穗数与株高、穗长、有效小穗数、无效小穗数、小穗密度和穗粒数六个性状的表型相关系数、遗传相关系数和环境相关系数, 其结果列于表8。

表中遗传相关与表型相关方向基本一致, 遗传相关值均大于表型相关值。病小穗数与有效小穗数和小穗密度的表型和基因型呈正相关, 与株高、穗长、无效小穗数和穗粒数呈微弱负相关, 差异均不显著。表明赤霉病抗性与上述六个性状在遗传上似无明显的关系。

表7 七个性状的遗传力(%)

性 状	广义遗传力( $\hat{h}_B^2$ )	狭义遗传力( $\hat{h}_N^2$ )
株 高	71.7	59.9
穗 长	47.5	31.7
有效小穗数	29.6	18.9
无效小穗数	15.8	12.2
小穗密度	63.3	51.1
穗 粒 数	37.6	22.5
病 小 穗 数	30.1	27.9

表8 病小穗数与六个性状的相关系数

性 状	相关类型	株 高	穗 长	有效小穗	无效小穗	小穗密度	穗 粒 数
病小穗数	表型相关	-0.0656	0.0663	0.1076	-0.0194	0.1522	-0.0878
	遗传相关	-0.1856	-0.2930	0.1824	0.0909	0.3552	0.0535
	环境相关	0.0279	0.0529	0.0798	-0.0475	0.0215	-0.1534

#### (六) 潜育期及扩展速度

8个亲本和28个组合从接种至该小穗发病的天数,病小穗平均每天扩展的个数及从发病至穗轴破坏引起穗枯的平均天数,统计结果列于表9。

表9以亲本及其所在组合从接种至小穗发病的平均天数来看,望水白的潜育期最短(5.3天),福龙选的最长(9.2天),其它亲本差异不大,变异范围在6.2~6.9天之间。病小穗平均每日扩展的个数,亲本间差异较大,变异范围在0.42~0.73个之间。一般抗病亲本及其所在组合的病小穗平均日增数较小,表明赤霉病的扩展速度较慢,感病亲本的日增数较大,表明赤霉病的扩展速度较快。凡穗轴因感染赤霉病受破坏而引起穗枯的亲本(晋2148、福龙选),其参与的杂交组合大多也表现穗枯,似乎穗枯的遗传传递力较强。

表9 亲本及F<sub>1</sub>的潜育期及扩展速度

亲 本	晋 2148	苏麦 3 号	繁 635	60045	60085	翻 山	福龙选	望水白	平均
晋 2148	4.8 0.80 9.8								
苏麦 3 号	4.4 0.83 —	5.8 0.49 —							
繁 635	7.6 0.72 12	6.8 0.40 —	5.8 0.31 —						
60045	4.8 0.61 13.2	5.6 0.54 —	7.8 0.75 14	5.4 0.51 —					
60085	7.0 0.65 12	8.2 0.47 —	5.2 0.37 —	7.0 0.78 —	5.4 0.47 —				
翻 山	7.4 0.90 11	8.2 0.37 —	5.8 0.23 —	7.6 0.49 —	5.4 0.51 —	6.0 0.39 —			
福 龙 选	10 0.87 10	8.4 0.83 14.4	9.4 0.60 —	7.2 0.78 15.2	6.6 0.87 11.8	9.4 0.64 —	13.8 0.66 12.6		
望 水 白	4.0 0.62 10.6	3.8 0.26 —	5.4 0.61 —	4.4 0.52 —	5.4 0.29 —	5.0 0.34 —	8.8 0.50 —	5.2 0.22 —	
平 均	6.3 0.73 9.8	6.4 0.49 1.8	6.7 0.50 3.3	6.2 0.62 3.4	6.3 0.55 3.0	6.9 0.43 1.4	9.2 0.72 8.0	5.3 0.42 1.3	6.7 0.65 4.0

注：表中每一格的三个数值分别为：  
 上一从接种至该小穗发病的天数；  
 中一病小穗平均每天扩展的个数；  
 下一从发病至穗轴功能破坏引起穗枯的天数。  
 “—”表示无穗枯。

## 讨 论

(一) 本研究结果表明, 小麦对赤霉病的抗性主要是由基因加性效应所决定的, 非加性效应虽有一定的影响, 但不显著。因此, 在抗赤霉病杂交育种选配亲本时, 必须有一个赤霉病抗性突出的抗源。赤霉抗病性的遗传力较低, 受环境的影响较大, 因此, 早代选择效果可能较差。

(二) 病小穗数与有效小穗数和小穗密度的表型和基因型呈正相关, 与株高、穗长、无效小穗数和穗粒数呈微弱负相关, 但上述相关差异均不显著, 表明赤霉病抗性与上述六个性状在遗传上似无明显的关系, 由于本试验所用的品种不多, 品种间在形态性状上的差异也不大, 由此可估算的病小穗数与上述六个性状的相关系数不一定可靠。因此, 用较多不同生态型, 形态性状差异较大的材料来研究小麦对赤霉病抗性与形态学性状的相关性, 其结果可能是比较可靠的。

(三) 根据 8 个亲本及其所在组合从接种至小穗发病的平均天数, 高感品种福龙选的潜育期最长 (9.2 天), 高抗品种望水白的潜育期最短 (5.3 天), 其余品种差异不大

(6.2~6.9天)，似有高感品种的潜育期较长，高抗品种的潜育期较短的现象。赤霉病的扩展速度，以抗病品种较慢，感病品种较快。似乎因穗轴感染而引起穗枯的亲本，其遗传传递力较强。由于各亲本和组合的抽穗期不同（相差最大的为20天），因而接种日期亦不同，接种后虽采取喷水保湿，但接种至发病所处的温度条件差异较大，相对湿度亦有一定的差异，因此，上述结果仅作参考。

(四) 根据一般配合力效应值和特殊配合力效应方差的大小不同情况评判亲本的利用价值<sup>[1]</sup>，作者认为在抗赤霉病育种中对亲本赤霉病抗性的评定同样是适用的。本研究结果表明：1. 苏麦3号和望水白的一般配合力的负效应值最大，特殊配合力效应方差也较大，说明这两个品种是赤霉病抗性突出的优良亲本。对此在育种实践中已得到证实<sup>[7]</sup>；2. 60085的一般配合力负效应值较大，特殊配合力效应方差最小，也是一个较好的抗赤霉病亲本；3. 繁635和翻山小麦均表现负向效应的一般配合力，而且前者的特殊配合力效应方差最大，后者的亦不算小，说明这两个品种仍是可利用的抗赤霉病亲本；4. 晋2148的一般配合力的正效应值最大，但其特殊配合力效应方差也不算小，它还是一个综合性状较优良的品种，因此，在抗赤霉病育种中用作农艺亲本还是可取的；5. 60045和福龙选不但一般配合力表现正向效应，特殊配合力效应方差也最小，作为抗赤霉病育种的亲本价值是不大的。

#### 引用文献

- [1] 刘来福等. 作物数量遗传. 北京: 农业出版社, 1984: 211-250
- [2] 莫惠栋. 江苏农学院学报, 1975; 3(3): 51-57, 3(4): 53-57
- [3] 张乐庆等. 华南农学院学报, 1982; 3(4): 21-29
- [4] 陈楚和. 浙江农业大学学报, 1983; 9(2): 115-126
- [5] 余毓君等. 遗传学报, 1978; 5(4): 281-291
- [6] 刘景松. 黑龙江农业科学, 1985; (2): 39-42
- [7] 周朝飞等. 中国农业科学, 1987; 20(2): 19-25
- [8] 廖玉才等. 华中农学院学报, 1985; 4(3): 1-10
- [9] 戴松恩等. 农报, 1941; (6): 616-625
- [10] Nakagwa, M.O. (中川元兴) et al. Nature and inheritance of ear-scab resistance in wheat. Review of applied mycology, 1966, 46: 293
- [11] Schroeder, H.W. et al. Phytopathology, 1963, 53(7): 831-838



A DIALLEL CROSS ANALYSIS OF SPREADING RESISTANCE TO SCAB  
(*Gibberella zeae* (Schw) Petch) WITH 8 VARIETIES OF WHEAT

(*Triticum aestivum* L. )

Chen Huanyu    Zhang Leqing    Pan Xueping

Chen Weidong    Zhang Lin

(Agronomy Department)

ABSTRACT

Diallel cross with 8 varieties of wheat (*T. aestivum* L.) which had different resistance to scab (*Gibberella zeae* (Schw.) Petch) was tested. Combining ability of diseased spikelets, heritability, correlations of characters and spreading rate of disease were analysed. The results showed that varietal resistance to scab was determined by additive effect of genes was not very important. Heritability for scab resistant was rather low and affected by environmental factors. It was also demonstrated that in number of diseased spikelets to effective spikelets and to spikelet density there existed positive correlation between phenotype and genotype. There was weak negative correlation of phenotype and genotype between diseased spikelet number and plant height, panicle length, non-effective spikelet number and grain number. There was significant correlation between the characters mentioned above and varietal resistance to scab. The incubation periods of the highly susceptible variety—Fulon Shen and highly resistant variety—Wan Shube were the longest and the shortest, respectively. The incubation periods of the other varieties were between 6.2 to 6.9 days. The spreading rates of highly resistant varieties and highly susceptible varieties for scab were slower and faster respectively.

**Key Words:** Scab (*Gibberella zeae* (Schw.) Petch); Spreading resistant; Diallel crosses