

王震,李金秀,张彬,等.赤霉病对江苏省北部小麦主栽品种品质的影响[J].江苏农业科学,2018,46(13):105-108.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.13.025

# 赤霉病对江苏省北部小麦主栽品种品质的影响

王震,李金秀,张彬,李金榜

(南阳市农业科学院,河南南阳 473008)

**摘要:**通过喷雾及单小花滴注接种,田间弥雾保湿,对江苏省北部 14 个小麦主栽品种进行了赤霉病抗性鉴定,分析了赤霉病对小麦品质的影响,以为小麦抗赤霉病新品种选育和病害分析提供科学依据。结果表明,病情指数、平均反应级与千粒质量呈极显著负相关,在供试的 14 个小麦品种中,喷雾接种条件下筛选出 1 个中抗品种、7 个中感品种,分别占供试品种的 7.14%、50.00%,千粒质量分别下降了 3.27%、0.43%~14.68%;单小花接种条件下筛选出 2 个中感品种,占供试品种的 14.29%,千粒质量江麦 919 下降了 4.47%、江麦 816 下降了 11.93%。病情指数与容重呈显著负相关。平均反应级与最大拉伸阻力呈极显著负相关,与容重、拉伸面积呈显著负相关。不同接种条件下,容重、蛋白质(干基)含量、湿面筋含量、沉降值、稳定时间、延展性和拉伸面积 7 项指标不同程度下降。GGE 双标图分析表明,赤霉病对不同感病品种各个品质指标的影响程度不同。

**关键词:**小麦;赤霉病;江苏省北部;抗性鉴定;品质分析

**中图分类号:** S435.121.4<sup>+</sup>5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)13-0105-04

由禾谷镰刀菌(*Fusarium graminearum*)引起的小麦赤霉病(*Fusarium head blight*, FHB)是一种世界范围内广泛流行的小麦病害。长江中下游冬麦区是小麦赤霉病的常发和重发区<sup>[1]</sup>。小麦感染赤霉病后会减产 5%~10%,在大流行年份甚至高达 100%<sup>[2]</sup>,同时易产生脱氧雪腐镰刀菌烯醇(DON)等毒素沉积于籽粒中,严重威胁我国粮食安全。2000 年以来,由于全球性气候变暖以及耕作方式的改变,每年受赤霉病危害的麦区面积超过 330 万  $\text{hm}^2$ <sup>[3]</sup>,同时小麦赤霉病流行频率不断增加,呈逐渐向北扩展的趋势,病区已蔓延至黄河和淮河之间的广大麦区<sup>[4]</sup>。

禾谷镰刀菌主要以菌丝体的形式寄生于禾本科作物的残留组织上,在适合条件下释放出孢子进入麦穗的花药中引起初侵染,由于花药中含有高浓度的胆碱和三甲基乙内酯等化学物质,可以促进病原菌生长扩展至颖壳和穗轴中<sup>[5]</sup>,同时可通过穗轴再感染相邻的其他小花,数日后蔓延至整个小穗,致其枯萎。气候条件、品种抗性、越冬菌量等因素是影响小麦赤霉病发生和流行的主要因素<sup>[6-7]</sup>,其中花期降水量又是赤霉病流行的限制性因素,温暖潮湿的环境有助于赤霉病的扩展。

近年来,随着人民生活水平的不断提高,对优质安全小麦的需求越来越大。我国颁布的 GB 1351—2008《小麦》和 GB/T 17320—2013《小麦品种品质分类》2 部标准分别对小麦品质相关指标作了明确规定。但在赤霉病影响下,小麦品种指标的变化情况还未见报道。本研究通过喷雾及单小花滴注接

种,花期弥雾保湿,对江苏省北部 14 个小麦主栽品种进行了赤霉病抗性鉴定,分析了赤霉病对小麦品质的影响,以为小麦抗赤霉病新品种选育和病害分析提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

江苏省北部的 14 个小麦主栽品种小麦品种分别为保麦 6 号、徐麦 35 号、明麦 2 号、江麦 919、瑞华 520、连麦 8 号、淮麦 36、保麦 5 号、淮麦 33、农麦 1 号、徐麦 33、江麦 816、徐麦 9158、鲁原 502。种子由江苏省种子管理站提供,分别于 2015 年 10 月 15 日、2016 年 10 月 18 日种植于具有保湿功能的赤霉病抗性鉴定圃中,鉴定圃位于河南省南阳市卧龙区潦河镇农业科学院试验基地(112°57'E,32°93'N)内,该试验点属于季风大陆湿润半湿润气候,以未接种处理为对照,试验年度平均气温 16.7℃,降水量 938.5 mm,鉴定圃土壤为黄褐土,前茬作物为玉米,土壤肥力水平为全氮含量 1.20 g/kg、碱解氮含量 45.01 mg/kg、速效磷含量 23.34 mg/kg、速效钾含量 113.62 mg/kg、有机质含量 16.48 g/kg。每个材料种 2 行,行长 1.4 m,行距 0.3 m。

### 1.2 赤霉病鉴定方法

**1.2.1 接种方法** 利用含有 3 个禾谷镰刀菌(Fg16-2、Fg16-5、Fg11-26)和 1 个亚洲镰刀菌(F301)的混合分生孢子液( $5 \times 10^5$  个/mL)对供试品种进行人工接种鉴定。接种分别采用喷雾接种和单小花滴注接种。喷雾接种于开花期用孢子悬浮液对各种行一端 0.5 m 区段进行喷雾接种,接种后喷雾保湿 7 d;单小花滴注接种在小麦扬花初期将 20  $\mu\text{L}$  孢子悬浮液注入麦穗中部的 1 个小花内,并对接种穗进行标记,每份材料至少接种 20 穗,穗部接种后,喷雾保湿 7 d,单小花滴注鉴定的试验区未进行喷雾接种。

**1.2.2 鉴定评价方法** 以苏麦 3 号(高抗)、扬麦 158(中抗)、郑麦 0943(感病)为对照品种,当病情发展基本稳定时,

收稿日期:2017-11-28

基金项目:国家小麦产业技术体系南阳综合试验站专项(编号:nycytx-03-27)。

作者简介:王震(1987—),男,甘肃天水人,硕士,研究实习员,主要从事小麦育种与栽培研究。E-mail:nmslmm@126.com。

通信作者:李金榜,研究员,主要从事小麦育种与栽培研究。E-mail:nlyjb12@163.com。

逐品种记录病情。喷雾接种每行调查 50 个麦穗,病情指数、平均严重度和抗性评价按《小麦抗赤霉病评价技术规范》(NY/T 1443.4—2007)调查。

1.3 品质分析方法

种子收获后,经过清理,用法国肖邦公司 CD-1 仿工业试验磨粉机制粉,出粉率控制在 70%, -5℃ 储存备用。容重采用瑞典 Perten 公司 DA7200 型近红外分析仪 SIMCA 模型标准曲线测定;蛋白质(干基)含量采用半微量凯氏定氮法(GB/T 5009.5—2003《食品中蛋白质的测定》)测定;湿面筋含量按手洗法(GB/T 14608—1993《小麦粉湿面筋测定法》)测定;沉降值采用 AACC56-61 机械振荡法测定;吸水率、面团稳定时间利用德国 Brabender 公司生产的 810104 型电子粉质仪(Farinograph),按 AACC54-21 方法测定;最大拉伸阻力、延伸性、拉伸面积利用德国 Brabender 公司拉伸仪(Extensograph),按 AACC54-10 方法测定。

1.4 数据分析

因 2 年试验结果一致,采用 2 年数据的平均值进行分析。相关性分析用 SPSS 13.0 数据处理系统,GGE biplot 数据处理软件作双标图分析赤霉病对感病品种品质指标的影响。

2 结果与分析

2.1 江苏省北部小麦主栽品种赤霉病抗性分析

2 年鉴定结果显示,高抗对照苏麦 3 号在喷雾接种条件下病情指数为 0.03,单小花接种平均反应级 1.6,中抗对照扬麦 158 病情指数为 0.27,平均反应级 2.6,感病对照郑麦 0943 病情指数为 0.49,平均反应级 3.6,表明接种发病良好。未接种小麦成长状况良好,均未发病。从表 1 可以看出,在喷雾接种条件下,筛选出中抗品种 1 个,中感品种 7 个,感病品种 6 个,占参试品种的比例分别为 7.14%、50.00%、42.86%。在单小花滴注接种条件下,筛选出中感品种 2 个,感病品种 12 个,占参试品种的比例分别为 14.29%、85.71%。相关性分析结果表明,病情指数、平均反应级与千粒质量呈极显著负相关( $r = -0.722^{**}$ ,  $r = -0.695^{**}$ )。喷雾接种条件下,中抗品种保麦 5 号千粒质量下降了 3.27%,7 个中感品种千粒质量下降了 0.43%~14.68%,6 个感病品种千粒质量下降了 4.04%~40.16%。单小花滴注条件下,2 个中感品种千粒质量江麦 919 下降了 4.47%、江麦 816 下降了 11.93%,12 个感病品种千粒质量下降了 2.90%~35.13%。

表 1 江苏省北部主栽品种赤霉病抗性鉴定结果

编号	品种名称	未接种	喷雾接种			单小花滴注接种		
		千粒质量(g)	病情指数	抗性评价	千粒质量(g)	平均反应级	抗性评价	千粒质量(g)
1	保麦 6 号	38.39	0.45	MS	36.18	5.2	S	31.18
2	徐麦 35	41.61	0.72	S	24.90	4.3	S	29.66
3	明麦 2 号	40.62	0.72	S	38.98	4.1	S	35.24
4	江麦 919	42.31	0.44	MS	36.10	3.5	MS	40.42
5	瑞华 520	44.29	0.31	MS	44.10	3.8	S	41.62
6	连麦 8 号	42.73	0.48	MS	39.22	5.6	S	35.10
7	淮麦 36	41.98	0.39	MS	40.38	3.9	S	38.28
8	保麦 5 号	43.09	0.25	MR	41.68	5.2	S	33.14
9	淮麦 33	39.28	0.77	S	28.18	4.3	S	32.10
10	农麦 1 号	39.69	1.00	S	33.68	5.9	S	27.42
11	徐麦 33	44.88	0.28	MS	42.62	4.0	S	43.58
12	江麦 816	42.49	0.28	MS	40.08	3.0	MS	37.42
13	徐麦 9158	44.37	0.62	S	28.46	5.7	S	32.68
14	鲁原 502	43.72	0.96	S	30.98	5.4	S	28.36

注:MR 表示中抗;MS 表示中感;S 表示感病。

2.2 赤霉病对江苏省北部小麦主栽品种品质的影响

相关性分析表明,容重与病情指数呈显著负相关( $r = -0.643^{*}$ ),与千粒质量呈显著正相关( $r = 0.602^{*}$ )。在喷雾接种条件下,保麦 5 号容重下降了 6.12%,7 个中感品种容重下降了 1.74%~9.51%,6 个感病品种下降了 4.36%~9.48%。容重与稳定时间和拉伸面积呈显著正相关( $r = 0.591^{*}$ ,  $r = 0.537^{*}$ )。从表 2 可以看出,赤霉病对蛋白质(干基)含量、湿面筋含量、沉降值、稳定时间、延展性和拉伸面积 6 项指标都引起了不同程度的下降,中抗品种保麦 5 号分别下降了 3.85%、2.49%、11.29%、25.71%、10.37%、20.00%,7 个中感品种分别下降了 6.18%~11.35%、5.30%~13.36%、10.03%~26.74%、12.50%~60.58%、0.72%~21.53%、1.10%~9.59%,6 个感病品种分别下降了 0.62%~11.61%、1.21%~7.48%、1.94%~23.77%、1.43%~78.57%、3.70%~35.26%、3.16%~51.06%。

在单小花滴注接种条件下,平均反应级与容重和拉伸面积呈显著负相关( $r = -0.622^{*}$ ,  $r = -0.535^{*}$ ),与最大拉伸阻力呈极显著负相关( $r = -0.771^{**}$ )。从表 2 可以看出,中感品种江麦 919 的容重、拉伸面积、最大拉伸阻力分别下降了 6.89%、39.02%、17.22%,中感品种江麦 816 以上指标分别下降了 6.78%、5.49%、11.18%。12 个感病品种容重、拉伸面积分别下降了 0.38%~10.32%、1.89%~70.00%。感病品种中最大拉伸阻力变化规律不明显,其中 6 个品种最大拉伸阻力下降了 1.77%~45.18%。与喷雾接种条件下类似,赤霉病对蛋白质(干基)含量、湿面筋含量、沉降值、稳定时间、延展性 5 项指标造成了不同程度的下降,中感品种江麦 919 分别下降了 13.29%、13.17%、27.60%、77.78%、20.45%,江麦 816 分别下降了 7.68%、7.17%、27.29%、49.48%、11.51%,12 个感病品种分别下降了 2.27%~21.98%、0.33%~23.00%、0.63%~37.78%、15.63%~

表 2 赤霉病对江苏省北部大面积生产品种品质的影响

品种	处理	容重 (g/L)	蛋白质(干基)含量 (%)	湿面筋含量 (%)	沉降值 (mL)	吸水率 (mL/100 g)	稳定时间 (min)	最大拉伸阻力 (E. U)	延展性 (mm)	拉伸面积 (cm <sup>2</sup> )
保麦 6 号	未接种	795	14.40	31.1	43.0	55.9	8.5	468	151	99
	喷雾接种	777	13.51	29.2	31.5	61.2	4.3	614	133	96
	单花滴注	792	13.08	28.2	31.6	63.4	6.2	480	125	79
徐麦 35	未接种	820	12.89	29.4	30.0	66.4	2.9	687	121	53
	喷雾接种	753	12.44	27.2	23.7	59.1	2.1	646	103	39
	单花滴注	777	11.86	26.1	23.9	62.4	1.8	514	109	52
明麦 2 号	未接种	817	14.15	31.3	31.7	56.3	3.2	182	173	47
	喷雾接种	751	13.65	29.2	27.7	61.2	2.7	558	112	23
	单花滴注	766	11.04	24.1	23.1	63.7	2.7	544	90	29
江麦 919	未接种	827	15.05	33.4	38.4	68.1	6.3	633	132	41
	喷雾接种	763	13.60	30.7	34.5	61.5	5.2	618	111	40
	单花滴注	770	13.05	29.0	27.8	62.1	1.4	524	105	25
瑞华 520	未接种	806	15.50	34.0	33.7	57.2	6.1	335	144	73
	喷雾接种	792	13.74	29.8	29.8	61.4	3.7	540	113	66
	单花滴注	784	12.73	27.7	28.1	62.9	2.0	611	110	59
连麦 8 号	未接种	841	13.87	30.7	35.6	63.1	3.2	571	134	28
	喷雾接种	761	12.30	26.6	30.4	61.9	2.8	450	122	27
	单花滴注	769	12.53	26.6	24.7	60.3	1.3	313	107	15
淮麦 36	未接种	814	15.20	32.9	36.1	64.2	10.4	623	121	56
	喷雾接种	786	13.75	29.7	30.2	60.4	4.1	500	112	53
	单花滴注	788	12.60	27.2	29.8	62.6	3.8	612	106	54
保麦 5 号	未接种	800	14.53	32.1	31.9	67.9	3.5	589	135	35
	喷雾接种	751	13.97	31.3	28.3	61.4	2.6	521	121	28
	单花滴注	746	14.20	30.0	31.7	64.6	2.3	413	124	31
淮麦 33	未接种	803	14.91	33.0	36.1	57.5	7.0	232	179	67
	喷雾接种	756	14.78	32.6	35.4	59.7	6.9	695	130	62
	单花滴注	781	13.51	28.7	33.6	59.6	4.9	661	124	61
农麦 1 号	未接种	802	14.50	30.6	35.2	61.2	8.3	503	129	16
	喷雾接种	767	14.41	29.8	29.3	59.1	2.3	311	115	11
	单花滴注	766	12.86	27.0	21.9	58.0	2.4	392	101	12
徐麦 33	未接种	802	15.04	31.3	32.9	55.9	5.8	255	136	70
	喷雾接种	782	13.59	29.2	29.6	59.0	4.4	540	131	67
	单花滴注	792	12.64	26.9	27.0	59.9	3.3	565	119	56
江麦 816	未接种	855	15.10	32.1	42.5	62.0	9.7	644	139	91
	喷雾接种	797	13.70	30.4	36.8	60.0	6.7	637	138	90
	单花滴注	797	13.94	29.8	30.9	60.3	4.9	572	123	86
徐麦 9158	未接种	833	14.72	30.3	38.7	60.1	8.5	498	135	95
	喷雾接种	754	13.68	29.3	29.5	59.9	2.1	411	130	92
	单花滴注	747	13.91	30.2	26.1	57.4	2.0	398	118	46
鲁原 502	未接种	804	15.24	31.4	31.2	60.7	5.6	296	119	50
	喷雾接种	734	13.47	29.2	28.5	61.3	1.2	470	104	28
	单花滴注	728	12.62	27.8	27.8	61.2	0.6	516	82	15

89.29%、8.15%~47.98%。

2.3 不同接种处理条件下感病品种的品质变化关系

选取不同处理下的感病品种,选取受赤霉病影响下降较明显的容重、蛋白质(干基)含量、湿面筋含量等 7 个指标作双标图(图 1),从双标图中各指标与品种间的分布关系可以直观地发现不同感病品种品质指标的变化程度及其内在联系<sup>[8-9]</sup>。赤霉病对不同感病品种各个品质指标的影响程度不尽相同,喷雾接种条件下,农麦 1 号容重最大,淮麦 33 蛋白质(干基)含量、湿面筋含量、沉降值和稳定时间最大,徐麦 9158 的拉伸面积、延展性最大(图 1-A)。单小花滴注条件下,徐

麦 33 容重最大,保麦 5 号蛋白质(干基)含量、沉降值最高,徐麦 9158 湿面筋含量最高,保麦 6 号稳定时间、延展性和拉伸面积最长(图 1-B)。双标图中由某一指标和中心点的连线顺时针旋转,其他指标和中心点连线与这条线夹角的余弦即为它们的相关系数<sup>[8-9]</sup>,在喷雾接种条件下,蛋白质(干基)含量与湿面筋含量呈极显著正相关,湿面筋含量与沉降值呈极显著正相关(图 1-A);在单小花滴注接种条件下,容重与稳定时间、拉伸面积显著正相关,蛋白质(干基)含量与湿面筋含量呈极显著正相关,稳定时间与拉伸面积呈极显著正相关(图 1-B)。

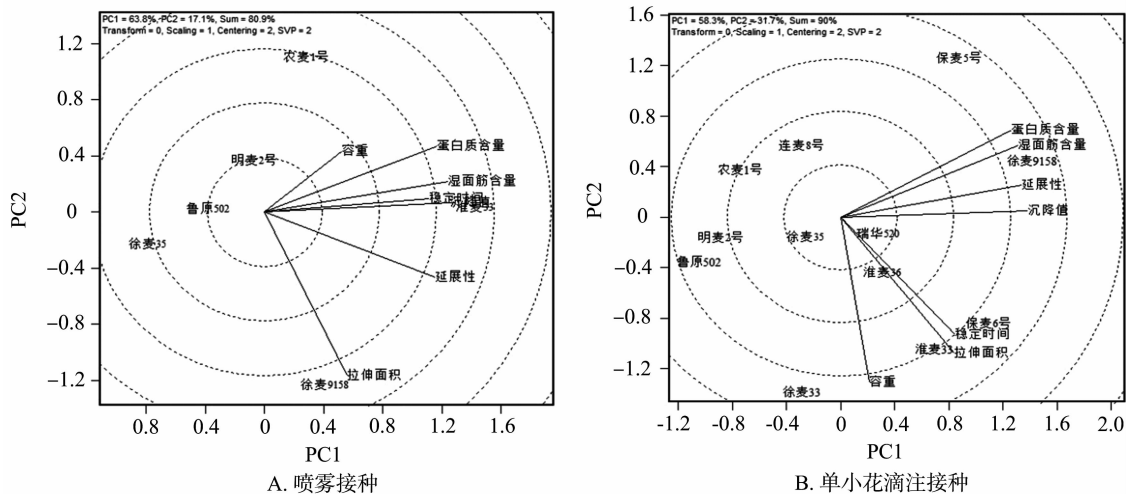


图1 不同接种处理感病品种品质相关系数

### 3 讨论

程顺和等选用综合丰产性好、赤霉病轻的亲本间配组,后代注重综合丰产性,兼顾以抗赤霉病为主的抗病和抗逆性选择,利用超亲优势获得了一批中抗赤霉病的大面积丰产小麦品种,如扬麦11、扬麦14、扬麦17等<sup>[10]</sup>。目前,在我国长江中下游麦区赤霉病抗性的小麦品种种植面积占80%以上,显著减轻了赤霉病的危害,因此在黄淮麦区南片培育和种植抗赤霉病小麦品种是防治赤霉病关键措施之一。喷雾接种主要筛选赤霉病原抗初侵染类型,单小花接种主要筛选赤霉病抗扩展类型。陈云等研究发现,我国小麦大面积生产品种中,仅扬麦、宁麦和鄂麦系列的少数品种对赤霉病有较好的抗性,其他品种对赤霉病均表现感病<sup>[11]</sup>。本次鉴定的14个江苏省北部主栽品种中筛选出1个中抗、7个中感抗侵染类型,2个中感抗扩展类型,以上材料可作为种质资源供黄淮麦区南片其他省份在抗赤霉病育种中使用。

试验结果表明病情指数、平均反应级与千粒质量存在极显著负相关,因此千粒质量的降低量可作为赤霉病抗性鉴定中的参考指标,增加鉴定结果的准确性。试验结果中出现部分感病品种千粒质量下降不明显的情况,原因可能是鉴定年份发病偏晚,对鉴定结果产生了影响。前人研究赤霉病对小麦品质的影响较少<sup>[12]</sup>,本试验结果显示,赤霉病会在一定程度上降低小麦的容重、吸水率、湿面筋含量等品种指标,且容重都与病情指数和平均严重度呈负相关。GGE双标图分析发现,不同品种中品质指标降低程度不同,这种现象从侧面证明了感病品种中抗赤霉病超亲现象的存在。利用超亲优势的关键在于如何寻找超亲亲本或组合以及如何对分离群体进行筛选<sup>[13]</sup>,通过本试验结果可以推测,借助赤霉病充分发病条件下各个品质指标的变化情况来辅助选择超亲亲本,可以提

高超亲遗传的概率。

### 参考文献:

- [1] 国家小麦产业技术体系. 中国小麦产业技术发展报告[M]. 北京:中国农业出版社,2015:3-7.
- [2] 程顺和,郭文善,王龙俊,等. 中国南方小麦[M]. 南京:江苏科学技术出版社,2012:281-282.
- [3] 刘小宁,刘海坤,黄玉芳,等. 施氮量、土壤和植株氮浓度与小麦赤霉病的关系[J]. 植物营养与肥料学报,2015,21(2):306-317.
- [4] 刘易科,佟汉文,朱展望,等. 小麦赤霉病抗性机理研究进展[J]. 中国农业科学,2016,49(8):1476-1488.
- [5] 朱展望,杨立军,佟汉文,等. 湖北省小麦品种(系)的赤霉病抗性分析[J]. 麦类作物学报,2014,34(1):137-142.
- [6] 徐云,高苹,缪燕,等. 江苏省小麦赤霉病气象条件适宜度判别指标[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):188-192.
- [7] 王西成,赵虹,曹廷杰,等. 2014年河南省小麦品种发展趋势及利用建议[J]. 河南农业科学,2014,43(9):11-17.
- [8] Yan W, Tinker N A. An integrated biplot analysis system for displaying, interpreting, and exploring genotype  $\times$  environment interaction[J]. Crop Science,2005,45(3):1004-1016.
- [9] Yan W K, Kang M S, Yan W K, et al. GGE biplot analysis: a graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists[M]. Boca Raton: CRC Press,2002.
- [10] 程顺和,张勇,别同德,等. 中国小麦赤霉病的危害及抗性遗传改良[J]. 江苏农业学报,2012,28(5):938-942.
- [11] 陈云,王建强,杨荣明,等. 小麦赤霉病发生危害形势及防控对策[J]. 植物保护,2017,43(5):11-17.
- [12] 刘福海,张怡,沈迎春,等. 戊唑醇防治小麦赤霉病技术[J]. 江苏农业科学,2017,45(4):84-87.
- [13] 赵虹,王西成,胡卫国,等. 黄淮南片麦区小麦品种利用现状及建议[J]. 种业导刊,2016(11):5-12.