

# 河南省大面积种植小麦品种赤霉病抗性鉴定及品质分析

王震<sup>1</sup>,李金秀<sup>1</sup>,张彬<sup>1</sup>,李符<sup>2</sup>,李金榜<sup>1\*</sup>

(1. 南阳市农业科学院,河南 南阳 473008; 2. 邓州市农业技术推广中心,河南 邓州 474150)

**摘要:** 为了给小麦抗赤霉病新品种选育和病害控制提供科学依据,对 28 个河南省大面积种植小麦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。结果表明,赤霉病病情指数、平均反应级与千粒质量分别呈显著、极显著负相关,在供试的 28 个小麦品种中,喷雾接种条件下筛选出 1 个中抗品种、6 个中感品种,分别占供试品种的 3.57% 和 21.43%,千粒质量分别下降了 4.55% 和 4.56% ~ 44.76%;单小花滴注接种条件下筛选出 1 个中抗品种、4 个中感品种,分别占供试品种的 3.57% 和 14.29%,千粒质量分别下降了 8.50% 和 5.73% ~ 12.99%。病情指数、平均反应级与容重分别呈极显著、显著负相关,千粒质量与吸水率呈显著或极显著正相关。喷雾接种条件下湿面筋含量、沉降值、延展性、拉伸面积 4 项指标不同程度下降;单小花滴注条件下蛋白质含量、湿面筋含量、沉降值、稳定时间、延展性和拉伸面积 6 项指标不同程度下降。GGE 双标图分析表明,郑麦 9023 品质综合指标表现最优。河南省大面积种植小麦品种对赤霉病的整体抗性较差,同时赤霉病会降低感病小麦品质,需要加强抗赤霉病品种的筛选与创制工作。

**关键词:** 小麦; 赤霉病; 抗性鉴定; 品质分析; 河南省

**中图分类号:** S435.121      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2018)04-0064-07

## Identification of Resistance to Fusarium Head Blight and Quality Analysis of Major Wheat Cultivars in Henan Province

WANG Zhen<sup>1</sup>, LI Jinxiu<sup>1</sup>, ZHANG Bin<sup>1</sup>, LI Fu<sup>2</sup>, LI Jinbang<sup>1\*</sup>

(1. Nanyang Academy of Agricultural Sciences, Nanyang 473008, China;

2. Dengzhou Agriculture Technology and Popularization Center, Dengzhou 474150, China)

**Abstract:** In order to provide a basis for fusarium head blight (FHB) resistance breeding and disease control, the resistance and quality of 28 major wheat cultivars were tested in Henan province. The results showed that there was significant negative correlation between 1 000-grain weight and disease index/average response level. In 28 wheat cultivars tested, one cultivar (3.57% of those tested) was moderately resistant, six cultivars (21.43% of those tested) were moderately susceptible to FHB, and the 1 000-grain weight decreased by 4.55% and 4.56%—44.76% respectively under spray inoculation. Similarly, one cultivar (3.57% of those tested) was moderately resistant, four cultivars (14.29% of those tested) were moderately susceptible to FHB, and the 1 000-grain weight decreased by 8.50% and 5.73%—12.99% respectively under syring inoculation. There was a significant negative correlation between test weight and disease index/average response level, and a significant positive correlation between 1 000-grain weight and water absorption. Wet gluten content, sedimentation value, extensibility and extension area were decreased at different degree by spray inoculation. Protein content, wet gluten content, sedimentation value,

收稿日期:2017-08-14  
基金项目:国家小麦产业技术体系南阳综合试验站专项资金项目(nycytx-03-27)  
作者简介:王震(1987-),男,甘肃天水人,研究实习生,硕士,主要从事小麦抗赤霉病鉴定研究。  
E-mail:nmslrmr@126.com  
\* 通讯作者:李金榜(1968-),男,河南南阳人,研究员,本科,主要从事小麦育种与栽培研究。E-mail:nylj12@163.com

stability time, extensibility and extension were decreased at different degree by syring inoculation. The analysis showed that the optimal cultivar of quality synthetic index was Zhengmai 9023 by GGE biplot. It was noticed that the resistance of major wheat cultivars to FHB was deficient in Henan province, and FHB would decrease the quality of susceptible cultivars. Therefore, it was necessary to strengthen screening and breeding of wheat cultivars with resistance to FHB.

**Key words:** Wheat; Fusarium head blight; Resistance identification; Quality analysis; Henan province

小麦赤霉病(Fusarium head blight, FHB)是由禾谷镰刀菌引起的一种世界范围内广泛流行的小麦病害。小麦赤霉病的发生和流行,受越冬菌量、气候条件、品种抗性和栽培管理等因素的影响,其中田间湿度与降雨量是赤霉病流行的限制性因素<sup>[1]</sup>。自20世纪80年代以来,由于灌溉技术的发展、全球性气候变暖、耕作制度以及耕作方式的改变,小麦赤霉病流行频率不断增加,发病面积不断扩大,已经严重威胁到我国小麦的安全生产<sup>[2]</sup>。尤其2012年以来,赤霉病在黄淮麦区南片不断加重,对小麦生产造成了严重危害,也给粮食安全带来了隐患,小麦赤霉病已发展成为黄淮麦区南片小麦生产的常发性病害<sup>[3]</sup>。培育和利用抗病品种是防治赤霉病危害最为经济有效的措施<sup>[4]</sup>,目前黄淮麦区在育种中使用的赤霉病抗源较为匮乏,大多数品种和材料没有抗性。同时,在赤霉病抗性资源研究和育种实践中经常遇到抗病性和丰产性相矛盾的情况<sup>[5]</sup>,因此,大面积丰产与抗赤霉病相结合已成为该地区小麦抗赤霉病育种亟待解决的一个重大问题。

2008年颁布的国家标准GB 1351—2008《小麦》中,将容重作为衡量小麦等级的主要指标。2013年颁布的GB/T 17320—2013《小麦品种品质分类》标准中,对强筋、中强筋、中筋和弱筋小麦的蛋白质含量、湿面筋含量、沉降值等作了明确规定。研究表明,赤霉病的发生会造成小麦不同程度的减产,并会损害小麦磨粉、烘焙、面条制作的品质<sup>[6-7]</sup>,尤其赤霉病侵染后产生的脱氧雪腐镰刀菌烯醇(DON)毒素对人畜安全是一种极大威胁,给小麦生产及相关产业造成极大损失。本研究通过喷雾及单小花滴注接种,田间弥雾保湿,对28个河南省大面积种植小麦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,以期小麦抗赤霉病新品种选育和病害控制提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试材料和试验地概况

河南省28个大面积种植小麦品种由河南省种子管理站提供,分别于2015年10月15日和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科院试验基地(112°57'E、32°93'N)内,处亚热带温带过渡带,属于季风性大陆性湿润半湿润气候,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1.20 g/kg、碱解氮45.01 mg/kg、速效磷23.34 mg/kg、速效钾113.62 mg/kg、有机质16.48 g/kg。每个材料种2行,行长1.4 m,行距0.3 m,株距0.1 m,以未接种处理为对照。施肥、灌水和虫害防治等管理措施同高产田。

### 1.2 小麦赤霉病抗性鉴定方法

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(Fa301)的混合分生孢子液( $5 \times 10^5$ 个/mL)对供试小麦品种进行人工接种鉴定。接种分别采用喷雾接种方式和单小花滴注接种方式。喷雾接种于开花期用孢子悬浮液对各种植行进行喷雾接种,每种材料喷雾接种量为20 mL,接种后喷雾保湿1周;单小花滴注接种在小麦扬花初期将20  $\mu$ L孢子悬浮液注入麦穗中部的一个小花内,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1周。

1.2.2 鉴定评价方法 以苏麦3号(高抗)、郑麦9023(中抗)、郑麦0943(感病)为对照品种,当病情发展基本稳定时,逐品种记录病情。喷雾接种每行调查50个麦穗,严重度及病情指数按《小麦赤霉病测报技术规范》(GB/T 15796—2011)调查。

根据参试品种及对照品种的病情指数(DI),将抗性分为5个级别:

免疫(IM):DI=0;

高抗(HR): $0 < DI \leq 0.03$ (0.03为高抗对照品种苏麦3号的病情指数);

中抗(MR): $0.03 < DI \leq 0.27$ (0.27为中抗对照品种郑麦9023的病情指数);

中感(MS): $0.27 < DI \leq 0.47$ (0.47为感病对照品种郑麦0943的病情指数);

高感(HS):DI>0.47。

单小花接种调查接种穗的反应级并计算平均值,参照对照品种的平均反应级对其抗性进行评价。

反应级分级标准：

- 0:接种小穗无可见发病症状；
- 1:仅接种小穗发病；
- 2:仅接种小穗发病,但不扩展到穗轴；
- 3:接种小穗发病,并扩展至穗轴；
- 4:发病小穗占总小穗的 1/4 以下；
- 5:发病小穗占总小穗的 1/4 ~ 1/2；
- 6:发病小穗占总小穗的 1/2 以上。

抗性评价标准：

IM:平均反应级 = 0；

HR:0 < 平均反应级 ≤ 1.6 (1.6 为高抗对照品种苏麦 3 号的平均反应级)；

MR:1.6 < 平均反应级 ≤ 2.6 (2.6 为中抗对照品种郑麦 9023 的平均反应级)；

MS:2.6 < 平均反应级 ≤ 3.6 (3.6 为感病对照品种郑麦 0943 的平均反应级)；

HS:平均反应级 > 3.6。

1.3 小麦品质分析方法

清理后的小麦种子用法国肖邦公司 CD - 1 仿工业试验磨粉机制粉,出粉率控制在 70% , - 5 ℃ 储存储备用。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;蛋白质含量采用半微量凯氏定氮法 ( GB/T 5009. 5—2003 ) 测定;湿面筋含量按手洗法 ( GB/T 14608—1993 ) 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、延展性、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 a 结果一致,采用 2 a 数据的平均值进行分析。相关性分析采用 SPSS 13.0 数据处理系统,通过 GGE biplot 数据处理软件作双标图分析赤霉病中感、中抗品种相关品质指标间的关系。

2 结果与分析

2.1 河南省大面积种植小麦品种的赤霉病抗性分析

2 a 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,单小花接种条件下平均反应级为 1.6,中抗对照郑麦 9023 病情指数为 0.27,平均反应级为 2.6,感病对照郑麦 0943 病情指数为 0.47,平均反应级为 3.6,说明接种和发病良好。未接种小麦成长状况良好,均未发病。由表 1 可知,在喷雾接种条件下,中抗赤霉病品种 1 个,中感品种 6 个,高感品种 21 个,占参试品种的比例分别为 3.57%、21.43%、75.00%。在单小花滴注接种条件下,中抗赤霉病品种 1 个,中感品种 4 个,高感品种 23 个,占参试品种的比例分别为 3.57%、14.29%、82.14%。相关性分析表明,病情指数、平均反应级与千粒质量分别呈显著、极显著负相关 ( $R = -0.463^*$ ,  $R = -0.479^{**}$ ),因此,千粒质量的降低量可作为评价赤霉病抗性的参考指标。喷雾接种条件下,中抗赤霉病品种郑麦 9023 千粒质量下降了 4.55%,6 个中感品种千粒质量下降了 4.56% ~ 44.76%,21 个高感品种千粒质量下降了 2.24% ~ 66.15%。单小花滴注条件下,中抗品种郑麦 9023 千粒质量下降了 8.50%,4 个中感品种千粒质量下降了 5.73% ~ 12.99%,23 个高感品种千粒质量下降了 5.25% ~ 35.52%。

表 1 河南省大面积种植小麦品种的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	郑麦 7698	44.49	0.83	HS	15.06	4.6	HS	36.64
2	周麦 22	45.47	0.76	HS	32.64	5.0	HS	38.74
3	矮抗 58	43.98	0.87	HS	24.42	5.4	HS	28.36
4	周麦 27	42.69	0.66	HS	33.82	4.7	HS	33.82
5	百农 207	41.79	0.53	HS	25.26	3.4	MS	36.36
6	西农 979	43.10	0.38	MS	40.36	3.0	MS	39.00
7	中麦 895	47.19	0.51	HS	39.10	4.5	HS	37.38
8	郑麦 379	47.20	0.88	HS	40.84	5.1	HS	39.12
9	丰德存麦 1 号	44.84	0.49	HS	36.72	4.5	HS	33.38
10	郑麦 583	45.56	0.79	HS	28.86	5.1	HS	36.44
11	郑麦 366	37.49	0.77	HS	31.06	4.8	HS	35.52
12	豫农 416	48.62	0.63	HS	31.56	5.3	HS	31.62
13	豫麦 49 - 198	40.99	0.80	HS	23.18	5.4	HS	34.18
14	洛麦 23	40.79	0.96	HS	22.76	4.8	HS	31.14
15	众麦 1 号	41.58	0.79	HS	19.52	4.3	HS	30.84

续表 1 河南省大面积种植小麦品种的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
16	周麦 16	46.01	0.58	HS	33.16	4.5	HS	34.16
17	山农 20	43.16	0.46	MS	39.66	5.3	HS	32.38
18	衡观 35	39.59	0.93	HS	35.34	5.1	HS	35.82
19	郑麦 9023	43.98	0.27	MR	41.98	2.6	MR	40.24
20	周麦 18	45.24	0.77	HS	33.58	5.1	HS	35.92
21	中麦 175	42.13	0.54	HS	34.42	5.1	HS	34.88
22	兰考 198	43.56	0.73	HS	31.64	4.0	HS	37.82
23	先麦 10 号	43.86	0.87	HS	40.28	4.3	HS	37.04
24	平安 8 号	43.88	0.40	MS	40.16	4.7	HS	39.34
25	许农 7 号	40.59	0.64	HS	39.68	4.0	HS	33.60
26	扬麦 15	42.58	0.38	MS	23.52	4.3	HS	29.68
27	郑麦 101	41.49	0.46	MS	39.60	3.3	MS	38.12
28	郑麦 0943	47.44	0.47	MS	44.14	3.6	MS	44.72

2.2 喷雾接种条件下赤霉病对小麦品质的影响

分析表明,容重与病情指数呈极显著负相关( $R = -0.566^{**}$ ),与千粒质量呈极显著正相关( $R = 0.626^{**}$ )。由表 2 可知,在喷雾接种条件下,中抗品种郑麦 9023 容重变化不大,6 个中感品种容重下降了 0.25%~6.20%,21 个高感品种下降了 0.12%~10.63%。千粒质量与吸水率呈显著正相关( $R = 0.404^{*}$ ),喷雾接种条件下郑麦 9023 吸水率下降了 4.98%,6 个中感品种吸水率下降了 2.22%~9.84%,21 个高感品种吸水率下降了 0.17%~10.15%。蛋

白质含量、湿面筋含量、沉降值等几项指标与病情指数和千粒质量无显著相关性,赤霉病对湿面筋含量、沉降值、延展性、拉伸面积 4 项指标造成了不同程度的下降,中抗品种分别下降了 6.97%、20.94%、16.38% 和 63.12%,6 个中感品种分别下降了 0.74%~20.24%、1.59%~56.40%、2.50%~21.11% 和 5.26%~50.55%,21 个高感品种分别下降了 0.60%~17.20%、0.38%~61.22%、0.66%~26.15% 和 5.88%~91.11%。

表 2 赤霉病对河南省大面积种植小麦品种品质的影响

编号	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/ %	稳定时间/ min	最大拉伸 阻力/EU	延展性/ mm	拉伸面积/ cm <sup>2</sup>
1	未接种	818	14.79	34.1	40.0	61.1	7.4	574	148	108
	喷雾接种	731	15.78	31.4	38.9	59.4	6.0	271	129	38
	单花滴注	799	13.96	29.5	33.3	61.9	7.3	682	136	100
2	未接种	798	15.02	34.3	31.7	66.0	3.1	198	165	78
	喷雾接种	755	14.84	31.9	29.6	59.3	3.2	429	133	46
	单花滴注	787	14.09	30.1	30.0	61.7	3.0	456	131	77
3	未接种	811	14.48	31.0	33.7	60.8	3.7	212	135	53
	喷雾接种	745	14.25	30.7	27.8	57.6	3.0	498	115	40
	单花滴注	766	12.70	26.6	20.4	59.3	3.1	448	95	19
4	未接种	794	13.21	28.9	30.7	60.1	5.2	256	130	47
	喷雾接种	748	11.53	24.9	30.0	58.6	3.8	351	96	10
	单花滴注	767	11.86	25.2	21.8	60.1	2.1	461	102	45
5	未接种	810	14.52	34.1	37.3	58.1	5.0	311	186	120
	喷雾接种	767	15.72	33.5	36.1	58.0	7.5	654	141	81
	单花滴注	791	14.46	31.3	36.3	59.8	4.3	719	150	118
6	未接种	804	15.39	32.3	49.7	64.8	6.1	564	134	121
	喷雾接种	784	13.66	29.5	31.9	60.7	4.5	559	124	63
	单花滴注	772	12.12	26.5	29.0	65.5	2.8	546	106	34
7	未接种	814	14.93	33.8	32.7	61.7	4.2	195	165	47
	喷雾接种	772	15.13	33.3	31.7	60.5	3.2	388	133	45
	单花滴注	785	13.57	29.1	28.9	61.0	3.1	331	122	42
8	未接种	815	14.52	30.9	29.6	61.1	5.5	314	139	60
	喷雾接种	777	13.53	29.6	26.2	59.9	2.1	512	125	45
	单花滴注	776	11.76	26.3	20.3	65.2	4.6	482	110	25

续表 2 赤霉病对河南省大面积种植小麦品种品质的影响

编号	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/ %	稳定时间/ min	最大拉伸 阻力/EU	延展性/ mm	拉伸面积/ cm <sup>2</sup>
9	未接种	806	14.98	32.9	46.0	58.7	8.5	448	158	92
	喷雾接种	775	14.38	30.4	27.1	58.4	8.0	436	120	64
	单花滴注	788	14.18	29.4	29.7	58.1	3.9	554	117	91
10	未接种	779	15.52	33.8	73.5	59.5	7.6	450	123	90
	喷雾接种	735	14.46	30.4	28.5	57.2	4.0	300	112	10
	单花滴注	789	12.97	26.6	26.7	60.9	2.0	402	113	75
11	未接种	795	15.09	35.6	47.4	63.1	7.1	470	151	110
	喷雾接种	766	16.05	33.2	33.8	59.9	3.6	509	150	96
	单花滴注	781	13.22	28.3	29.4	60.5	3.7	600	131	107
12	未接种	780	14.32	30.1	63.8	58.3	7.9	400	132	40
	喷雾接种	753	13.86	27.3	27.1	55.5	2.0	398	131	33
	单花滴注	780	13.09	28.1	23.4	62.2	7.0	411	131	31
13	未接种	822	14.03	31.2	30.0	57.1	2.4	600	120	90
	喷雾接种	738	14.09	29.7	24.7	55.0	3.7	343	111	8
	单花滴注	777	13.51	28.5	24.9	58.5	2.3	629	115	15
14	未接种	808	14.13	31.5	25.4	57.7	2.0	170	144	34
	喷雾接种	761	12.74	27.0	22.4	56.4	2.1	340	99	32
	单花滴注	780	11.99	24.8	21.2	57.7	1.0	533	102	34
15	未接种	789	14.73	29.9	32.9	57.4	6.2	550	120	90
	喷雾接种	751	14.05	29.6	30.7	54.1	3.6	586	114	72
	单花滴注	781	11.99	23.9	22.6	55.2	0.8	569	106	86
16	未接种	774	14.00	31.8	31.3	62.1	2.1	71	123	14
	喷雾接种	753	14.69	30.8	25.5	57.5	3.6	493	120	11
	单花滴注	786	12.18	25.5	23.8	60.2	1.0	510	17	11
17	未接种	805	13.80	31.4	31.4	62.5	3.4	282	152	65
	喷雾接种	780	13.98	30.4	30.9	61.0	4.0	325	128	58
	单花滴注	782	12.37	25.9	25.7	60.4	0.9	289	114	38
18	未接种	794	13.99	30.3	32.5	62.0	3.0	180	135	93
	喷雾接种	781	13.62	28.8	29.2	59.7	3.1	599	130	39
	单花滴注	782	12.57	26.1	24.7	58.8	0.8	556	117	73
19	未接种	800	14.50	33.0	44.4	64.2	7.6	445	177	160
	喷雾接种	808	14.48	30.7	35.1	61.0	8.7	825	148	59
	单花滴注	808	12.75	27.5	27.4	62.6	3.5	512	126	55
20	未接种	795	14.68	33.4	31.4	60.2	3.2	192	140	75
	喷雾接种	762	14.98	33.2	30.0	59.2	2.8	468	137	44
	单花滴注	768	13.55	29.5	27.7	59.9	0.6	498	125	56
21	未接种	808	14.11	29.2	26.1	55.8	1.9	182	149	92
	喷雾接种	807	12.83	25.9	26.0	53.8	4.3	528	130	36
	单花滴注	806	13.17	26.3	25.2	55.9	1.6	512	132	89
22	未接种	798	14.10	34.3	31.0	55.8	4.5	550	130	68
	喷雾接种	784	13.71	28.4	28.6	54.4	4.9	552	128	50
	单花滴注	787	12.49	25.9	20.5	55.4	3.7	477	111	47
23	未接种	822	15.10	34.3	34.8	63.0	7.4	500	144	100
	喷雾接种	771	14.67	32.5	32.7	62.0	3.9	456	140	56
	单花滴注	796	14.40	31.5	34.3	65.4	7.3	648	141	76
24	未接种	801	12.86	26.9	22.1	58.7	2.7	183	132	60
	喷雾接种	789	12.81	26.7	21.6	53.4	1.6	423	120	36
	单花滴注	781	11.81	24.9	20.6	58.1	2.1	424	107	29
25	未接种	818	14.81	32.2	34.1	55.2	1.4	550	121	40
	喷雾接种	755	14.37	31.4	31.1	55.1	3.7	530	100	25
	单花滴注	780	13.12	27.0	25.1	57.4	0.1	448	112	30
26	未接种	796	10.24	24.7	24.7	54.1	1.1	600	110	80
	喷雾接种	775	12.43	19.7	23.1	52.9	1.0	597	105	52
	单花滴注	792	9.73	22.4	21.3	54.1	0.6	649	103	70
27	未接种	786	15.58	34.6	40.8	62.0	7.1	305	180	76
	喷雾接种	784	14.52	31.8	29.9	55.9	3.2	610	142	72
	单花滴注	810	13.58	28.6	30.5	60.8	5.6	502	131	67
28	未接种	823	14.14	28.6	57.8	63.1	7.5	510	120	91
	喷雾接种	772	12.95	28.2	25.2	60.7	4.0	431	117	45
	单花滴注	789	11.69	25.0	24.6	65.9	1.0	504	111	90

注:表 2 中编号对应表 1 中编号和品种名称。

2.3 单小花滴注接种条件下赤霉病对小麦品质的影响

在单小花滴注接种条件下,容重和平均反应级呈显著负相关( $R = -0.451^*$ )。由表 2 可知,中抗品种郑麦 9023 容重变化不大,4 个中感品种除郑麦 101 外其余下降了 2.34%~4.13%,23 个高感品种中豫农 416 容重无变化,除郑麦 583 和周麦 16 外其余下降了 0.25%~5.55%。与喷雾接种情况类似,千粒质量与吸水率呈极显著正相关( $R = 0.606^{**}$ ),郑麦 9023 吸水率下降了 2.49%,4 个中感品种中只有郑麦 101 吸水率下降了 1.93%,23 个高感品种中周麦 22 等 14 个品种吸水率下降了 0.50%~6.51%,周麦 27 等 3 个品种吸水率与未接种条件下一致。蛋白质含量、湿面筋含量、沉降值等几项指标与平均反应级和千粒质量无显著相关性,但赤霉病对蛋白质含量、湿面筋含量、沉降值、稳定时间、延展性和拉伸面积 6 项指标造成了不同程度的下降,中抗品种郑麦 9023 分别下降了 12.07%、16.67%、38.29%、53.95%、28.81% 和 65.62%,4 个中感品种分别下降了 0.41%~21.25%、8.21%~17.96%、2.68%~57.43%、14.00%~86.67%、7.50%~27.22% 和 1.10%~71.90%,23 个高感品种分别下降了 4.63%~19.01%、6.64%~24.49%、1.43%~63.67%、1.35%~92.86%、0.76%~86.18% 和 1.09%~83.33% (除洛麦 23 外)。

2.4 不同处理下小麦中抗及中感品种的品质变化关系

选取喷雾接种条件下 7 个中抗、中感品种,单小花滴注接种条件下 5 个中抗、中感品种,并选取受赤霉病影响较明显的千粒质量、容重、湿面筋含量等 7 项指标作双标图,从图 1 中各指标与品种间的分布关系可以直观发现它们的内在联系,品种与指标间的位置越近,该指标含量越高<sup>[8]</sup>。喷雾接种条件下,郑麦 0943 的千粒质量最高,郑麦 9023 的容重、湿面筋含量、沉降值、延展性最高,郑麦 101 的拉伸面积最大。单小花滴注条件下,郑麦 0943 的千粒质量最高,郑麦 9023 和郑麦 101 的容重最高,西农 979 和郑麦 0943 的吸水率最高,百农 207 的湿面筋含量、沉降值、延展性最高。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,7 个中抗、中感品种千粒质量与湿面筋含量呈极显著正相关( $R = 0.902^{**}$ ),容重与延展性呈显著正相关( $R = 0.838^*$ );在单小花滴注条件下,5 个中抗、中感品种千粒质量与湿面筋含量、沉降值呈显著负相关( $R = -0.879^*$ ,  $R = -0.906^*$ )。在图 1 中,以不同品质指标为顶点画多边形,多边形相邻两点间连线的垂直线是 2 个指标优化后的临界值(等值线),所有垂直线的交点是所有指标的最佳平衡点<sup>[8-9]</sup>,在不同接种条件下,郑麦 9023 离最佳平衡点较近,是中抗及中感品种中品质综合指标表现最优的品种。

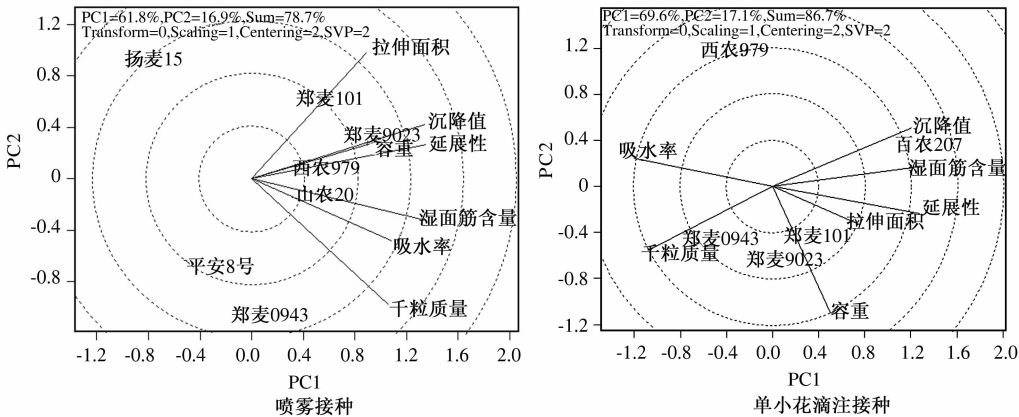


图 1 不同处理下小麦中抗及中感品种品质指标的关系

3 结论与讨论

我国大面积种植小麦品种中,仅扬麦、宁麦和鄂麦系列的少数品种对赤霉病有较好抗性,其他品种对赤霉病均表现感病<sup>[10]</sup>。目前,在我国长江中下游麦区和东北春麦区,具赤霉病抗性的小麦品种种植面积占到了 80% 以上,显著减轻了赤霉病的危害,

因此,培育和种植抗赤霉病小麦品种是防治赤霉病最为关键和有效的措施<sup>[3]</sup>。本试验检测了 28 个河南省大面积种植品种,在不同接种条件下仅发现 1 个中抗赤霉病品种,少数几个中感品种,说明抗赤霉病品种的创育已成为河南地区小麦生产中亟待解决的一个重大问题。准确可靠的表型鉴定方法是抗赤霉病育种取得成效的重要因素之一。在小麦抗赤

霉病育种工作中,田间接种鉴定是中心环节。无论大田还是温室,采取的多是单小花滴注接种、土表接种(撒病粒)及分生孢子液喷雾接种,这些技术自 20 世纪 50 年代以来一直沿用至今<sup>[3]</sup>。抗赤霉病原初侵染、抗赤霉病扩展、抗籽粒侵染、对赤霉病忍耐性和抗脱氧雪腐镰刀菌烯醇积累是小麦对赤霉病的 5 种生理抗性类型,喷雾接种主要筛选抗赤霉病原初侵染类型,单小花接种主要筛选抗赤霉病扩展类型。本试验筛选出 7 个中抗和中感抗侵染类型,5 个中抗和中感抗扩展类型,以上几个品种抗性主要源自苏麦 3 号、小偃 6 号和小偃 504 等。

在赤霉病抗性资源研究和育种实践中经常遇到抗病不丰产、丰产不抗病的问题<sup>[11-13]</sup>。本试验将病情指数、平均反应级与千粒质量的相关性进行分析,发现病情指数与千粒质量存在显著负相关,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。同时,试验中发现部分品种病情指数或平均反应级较高,但千粒质量下降不明显的情况,原因可能是随气候不同每年赤霉病发病时期不一致,有些年份发病偏晚,导致落黄对赤霉病鉴定产生了影响。关于赤霉病对小麦品质指标的影响前人研究较少,本试验发现,赤霉病会对小麦的容重、吸水率、湿面筋含量、沉降值、延展性和拉伸面积等指标产生影响,降低小麦品质。中抗、中感品种中品质指标变化程度不尽相同,推测可能为基因型导致的生理抗性方式不同而产生差异,具体遗传机制还需进一步研究,同时发现赤霉病对高感品种品质的影响总体上大于中抗及中感品种。

#### 参考文献:

[1] 朱展望,杨立军,佟汉文,等. 湖北省小麦品质(系)的赤霉病抗性分析[J]. 麦类作物学报,2014,34(1): 137-142.

[2] 程顺和,郭文善,王龙俊,等. 中国南方小麦[M]. 南京:江苏科技出版社,2012:281-282.

[3] 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.

[4] 陈然,李俊凯,李黎,等. 小麦赤霉病生物防治研究进展[J]. 河南农业科学,2014,43(12):1-5.

[5] 赵宗武,马华平,杨丽娟,等. 强筋小麦育种实践与探讨[J]. 河南农业科学,2012,41(11):35-38.

[6] 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]. 河南农业科学,2016,45(8):18-24,38.

[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 K, Nicholas A T. An integrated biplot analysis system for displaying, interpreting, and exploring genotype  $\times$  environment interaction [J]. Crop Science, 2005, 45: 1004-1016.

[9] Yan W K, Kang M S. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists[M]. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2003:45-95.

[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] 赵霞,王长彪,赵兴华,等. 小麦抗病相关基因聚合育种的研究进展[J]. 山西农业科学,2017,45(2): 308-313.

[12] 朱玫,裴自友,温辉芹,等. 国审小麦新品种农艺性状、品质与抗病性分析[J]. 山西农业科学,2017,45(4):491-497,504.

[13] 张建伟,张福彦,范家霖,等. 国审小麦新品种郑品麦 8 号的辐照选育[J]. 河南农业科学,2017,46(3): 59-62.