

蒋欣东,康晓慧,李 杰,等. 四川省 16 个小麦品种田间抗条锈病评价[J]. 江苏农业科学,2020,48(15):144–147.  
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2020.15.025

# 四川省 16 个小麦品种田间抗条锈病评价

蒋欣东,康晓慧,李 杰,任梦星,金小靖,张 洪

(西南科技大学生命科学与工程学院,四川绵阳 621010)

**摘要:**选用 2008—2018 年四川省农作物品种审定的 16 个小麦品种,在绵阳通过田间自然诱发,评价小麦抗条锈性,意在选择较抗条锈病小麦品种,为四川小麦生产降低条锈病的发生提供理论依据,同时为小麦育种提供优良的种质资源。对小麦几个生育期进行综合分析,结果显示,川育 26、川麦 59、川麦 67、绵麦 51、川育 23、西科麦 9、绵麦 112 表现为中抗,绵麦 367 表现为中感,其他品种均表现为高抗。不同生育期小麦的抗条锈性表现不一致,部分小麦品种的反应型、普遍率、严重度、病情指数存在差异性,且各抗性组分间存在显著相关性。结果表明,川育 26、川麦 67、川育 23、绵麦 112、绵麦 367 抗条锈性减弱,且绵麦 367 出现感病,已不适合于该地区,其他品种依旧表现出较好抗条锈性,同时生产上及时防治条锈病才能减缓病情加重、减少产量损失。

**关键词:**小麦;条锈病;抗条锈性;生育期;相关性分析;聚类分析;四川省

**中图分类号:** S435.121.4<sup>+</sup>2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002–1302(2020)15–0144–04

小麦是我国三大粮食作物之一,小麦条锈病一直是小麦生产关注的重点,小麦条锈病是由小麦转化型条形柄锈菌(*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*)引起的,具有长期性、暴发性、流行性和变异性等特点,是一种活体寄生、可通过气流传播的小麦病害。小麦条锈病对于小麦生产能造成毁灭性的伤害,在小麦条锈病流行年份可导致小麦减产 40% 以上,甚至绝收,是严重威胁小麦生产的因素之一<sup>[1–3]</sup>。中国是小麦条锈病发生面积最大、危害损失最重的国家之一,其发生流行规律复杂多变,自成独立的流行体系<sup>[4]</sup>。在小麦条锈病防治上,栽培抗性品种是目前最经济、最有效的方式,是绿色生产最主要的措施之一<sup>[5]</sup>。但由于小麦条锈菌的变异,使得小麦品种在连续多年种植后出现了品种抗病性逐年衰退,甚至丧失抗病性<sup>[6]</sup>。近年来,条锈病菌新致病类型 G22 中的 CYR32、CYR33 和 CYR34 在四川省以及全国都频繁出现<sup>[7]</sup>。对于近年来我国主要的流行小种 CYR32、CYR33,小麦抗条锈病基因 *Yr5*、*Yr10*、*Yr18*、*Yr26* 等都对其产生较好的抗性<sup>[8]</sup>。2009 年首

次在四川省仪陇县的小麦品种川麦 42 上检测到 G22–9 致病类型,G22–9 对 *Yr10*、*Yr26* 具有联合毒性,导致大部分抗锈性材料抗条锈性丧失<sup>[9]</sup>。该 G22–9 致病类型在 2016 年命名为 CYR34,其出现频率高于 CYR32、CYR33,分布范围广、流行频率高<sup>[10]</sup>。四川省作为小麦条锈菌菌源区,条锈菌通过气流可传播到长江中下游部分麦区,因此小麦抗条锈病品种的选育对四川地区条锈病的控制起着关键性作用。本研究选择川麦 58 等在 2008—2018 年四川省农作物品种审定的 16 个小麦品种,对其进行田间抗条锈性评价分析,意在选择较抗条锈病小麦品种,为四川省小麦生产降低条锈病的发生提供理论依据,同时为小麦育种提供优良的种质资源。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料川麦 58、川麦 59、川麦 67、川农 29、川农 30、川育 23、川育 24、川育 26、绵麦 51、绵麦 112、绵麦 367、绵麦 1501、西科麦 7、西科麦 8、西科麦 9、西科麦 10 计 16 个小麦品种,种质材料来源于西南科技大学小麦研究所、绵阳市农业科学研究院、绵阳市龙门农贸批发市场。

### 1.2 试验设计

试验地在四川省江油市青莲镇邀月村(31°41′1.79″N,104°39′35.36″E),位于涪江中上游地带,该地前茬作物为水稻,肥力中等,为我国条锈

收稿日期:2019–11–22

基金项目:国家重点研发计划(编号:2018YFD0200500);国家现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS–3)。

作者简介:蒋欣东(1995—),男,四川广安人,硕士研究生,从事植物保护研究。E–mail:2233212503@qq.com。

通信作者:康晓慧,教授,主要从事植物保护研究。E–mail:xhuik@126.com。

菌冬季繁殖区域,周围地势开阔,有利于小麦条锈菌传播,能更好地反映品种间的抗性差异。

试验于 2018 年 11 月 8 日人工条播,各小麦品种播种 2 行,行长 1 m,行距 0.3 m,重复 3 次,共种植 3 列,并在每列两侧种植高感品种铭贤 169,作为自然诱发行。施 525 kg/hm<sup>2</sup> 复合肥为底肥,小麦生长季节不施任何药剂,保证小麦正常感病。

### 1.3 调查方法

调查时间从 2018 年 12 月 8 日开始,调查方法采用 5 点取样法,每点调查 20 张小麦叶片,每 7 d 调查 1 次,普遍率是小麦条锈病叶片数占所调查叶

片总数的比例;严重度是指小麦叶片上的条锈病孢子发生面积在叶片总面积上所占的比例,以分级表示,分为 8 个等级,分别为 1%、5%、10%、20%、40%、60%、80%、100%<sup>[11-12]</sup>。

普遍率 = (发病小麦叶片数/小麦叶片调查总数) × 100% ;

平均严重度 =  $\Sigma$  (调查叶片严重度/小麦叶片调查总数) × 100 ;

病情指数 = 平均严重度 × 普遍率 × 100% 。

反应型记载方法<sup>[13]</sup>见表 1。

表 1 小麦多条锈病反应型记载标准

反应型	划分标准	抗性评价
0	不产生夏孢子堆,叶片正常,完全无症状	免疫
0 <sup>+</sup>	不产生夏孢子堆,但产生枯死斑点和失绿反应	近免疫
1	有夏孢子堆,数量极少,常不破裂,周围有失绿现象	高抗
2	夏孢子堆小到中等,周围有枯死和失绿反应,绿色组织外有一失绿环或枯死环围绕,形成所谓“绿岛”型反应	中抗
3	夏孢子堆中等大小,周围组织无枯死反应,有轻微失绿现象	中感
4	夏孢子堆大得多,周围组织无枯死反应,早期失绿现象不明显	高感
X	夏孢子堆大小和反应变化不定,在同一叶片上往往同时出现各种类型的反应(抗病和感病);随着时间的推移,小孢子堆可产生大孢子堆,大孢子堆也可产生小孢子堆	混合型

注:各反应类型根据病害情况调整具体数值。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同小麦品种抗性评价结果

16 个小麦品种在田间进行条锈病抗性鉴定,结果见表 2、表 3。分析表明,不同小麦品种抗性组分数据上存在差异。总体来看,大部分品种病害在灌浆期达到最大,从抽穗期—灌浆期—灌浆后期呈现先上升后下降的趋势,绵麦 367 严重度和病情指数下降快,原因是到灌浆后期病害严重,并形成冬孢子终造成叶片枯萎,从而导致数据较低。川麦 58、川农 29、川农 30、川育 24、绵麦 1501、西科麦 7、西科麦 8、西科麦 10 等从各方面数据来看都较其他品种较低,表现出比较高的抗条锈性。绵麦 367 病情指数、反应型、普遍率都显著高于其他品种,表现了较高的感病性。川麦 59、川麦 67、川育 23、川育 26、绵麦 51、绵麦 112、西科麦 9 抗病性相对居中。绵麦 1501、西科麦 7 在抽穗期出现少量病害,在抽穗期后表现出自身抗性,条锈病发生相对减缓。西科麦 9、绵麦 112、绵麦 51 在前期表现出较强的抗病性,但到后期适合条锈病传播发展时,其抗锈性较差,条

锈病发生相对较重。川育 24、西科麦 7、西科麦 10、绵麦 1501 整个时期都表现出较强的抗锈性。从表 2、表 3 可以看出,除绵麦 367 之外,大部分品种抽穗期条锈病发生轻。

### 2.2 不同小麦品种条锈病抗性组分相关性分析

从表 4 可以看出,通过对抗性组分相关分析发现,4 个抗性组分指标均表现极显著正相关。普遍率与严重度相关系数为 0.687,两相关性较低,说明普遍率高,其严重度不一定高。反应型与普遍率、严重度、病情指数相关系数分别为 0.926、0.895、0.982,其表现为极显著正相关。结果表明,一般情况下反应型越高,其普遍率、严重度、病情指数也会相对升高。严重度、普遍率与病情指数相关系数为 0.874、0.939,表明严重度、普遍率都与病情指数存在很大关系。

### 2.3 不同小麦品种条锈病聚类分析

将普遍率、严重度、反应型、病情指数 4 个指标进行聚类分析,结果见图 1。通过上述结果综合分析,将 16 个小麦品种分为 3 类:(1)高抗型品种。主要包括川麦 58、川农 29、川农 30、川育 24、绵麦

表 2 不同小麦品种条锈病严重度、普遍率比较

小麦品种	严重度(%)					普遍率(%)				
	抽穗期	扬花期	灌浆期	灌浆后期	均值	抽穗期	扬花期	灌浆期	灌浆后期	均值
川麦 58	0.07	0.44	7.72	1.00	2.31de	3.00	9.67	24.00	6.00	10.67cd
川麦 59	0.03	0.14	16.24	4.60	5.25cd	1.33	3.00	32.67	13.00	12.50c
川麦 67	0.05	0.28	15.93	12.30	7.14bc	2.67	3.67	29.33	31.00	16.67b
川农 29	1.46	0.22	4.17	3.46	2.33de	11.33	3.00	16.33	11.00	10.42cd
川农 30	0.04	0.00	1.70	1.32	0.76e	2.33	0.00	16.00	7.00	6.33de
川育 23	0.02	1.89	26.27	21.80	12.49a	1.67	11.67	30.00	27.00	17.58b
川育 24	0.00	0.00	0.02	0.27	0.07e	0.00	0.00	1.00	10.00	2.75ef
川育 26	0.05	0.45	21.66	3.80	6.49bc	3.33	6.67	34.67	8.00	13.17bc
绵麦 51	0.00	1.14	5.51	19.10	6.44bc	0.00	7.00	16.33	39.00	15.58b
绵麦 112	0.07	0.74	10.37	26.40	9.39ab	1.00	6.33	21.67	37.00	16.50b
绵麦 367	4.71	10.80	25.38	1.35	10.56a	46.67	57.50	71.67	51.67	56.88a
绵麦 1501	1.21	0.00	0.03	0.56	0.45e	5.00	0.00	2.00	6.00	3.25e
西科麦 7	0.09	0.00	0.02	0.30	0.10e	1.33	0.00	0.33	4.00	1.42f
西科麦 8	0.00	0.04	0.73	4.51	1.32e	0.00	2.33	10.00	21.00	8.33d
西科麦 9	0.00	2.09	14.73	31.40	12.06a	0.33	12.33	21.00	39.00	18.17b
西科麦 10	0.00	0.00	0.01	1.54	0.39e	0.00	0.00	0.67	13.00	3.42e

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。表 2 同。

表 3 不同小麦品种条锈病反应型、病情指数比较

小麦品种	反应型					病情指数				
	抽穗期	扬花期	灌浆期	灌浆后期	均值	抽穗期	扬花期	灌浆期	灌浆后期	均值
川麦 58	0.7	0.7	2.0	1.0	1.1bcd	0.002 3	0.044 2	1.889 0	0.060 0	0.498 9e
川麦 59	0.7	0.7	3.0	1.7	1.5b	0.001 1	0.004 1	5.305 9	0.598 0	1.477 3de
川麦 67	0.7	0.7	3.0	2.7	1.8bc	0.004 3	0.011 8	5.265 3	3.813 0	2.273 6cd
川农 29	0.7	0.7	1.0	1.0	0.9cd	0.495 3	0.008 3	0.778 2	0.380 6	0.415 6e
川农 30	0.7	0.3	1.0	0.7	0.7d	0.002 6	0.000 0	0.376 6	0.092 4	0.117 9f
川育 23	0.7	1.0	3.7	3.0	2.1b	0.000 8	0.220 1	8.372 0	5.886 0	3.619 7b
川育 24	0.3	0.3	0.7	1.0	0.6d	0.000 0	0.000 0	0.000 7	0.027 0	0.006 9h
川育 26	0.7	1.0	3.0	1.0	1.4b	0.0047	0.031 7	7.696 8	0.304 0	2.009 3cd
绵麦 51	0.3	1.0	1.3	3.0	1.4b	0.000 0	0.082 5	0.969 2	7.449 0	2.125 2cd
绵麦 112	0.7	1.0	3.0	3.0	1.9bc	0.002 1	0.048 2	2.316 0	9.768 0	3.033 6bc
绵麦 367	2.7	3.3	4.0	3.3	3.3a	2.443 1	8.694 2	18.185 4	0.729 7	7.513 1a
绵麦 1501	0.7	0.3	0.7	0.7	0.6d	0.182 0	0.000 0	0.002 0	0.033 6	0.054 4g
西科麦 7	0.7	0.3	0.7	0.7	0.6d	0.003 5	0.000 0	0.000 2	0.012 0	0.003 9h
西科麦 8	0.7	0.7	0.7	1.3	0.9cd	0.000 0	0.000 8	0.075 8	0.947 1	0.255 9ef
西科麦 9	0.7	1.0	2.3	4.0	2.0b	0.000 0	0.342 9	3.136 7	12.246 0	3.931 4b
西科麦 10	0.3	0.7	0.7	0.7	0.6d	0.000 0	0.000 0	0.000 1	0.200 2	0.050 1g

1501、西科麦 7、西科麦 8、西科麦 10,此类品种病情指数在 0.0039~0.4989,普遍较低,反应型在 0.6~1.1 之间。川农 30、川育 24、绵麦 1501、西科麦 7、西科麦 8、西科麦 10 普遍率低于 10%,特别是川育 24、西科麦 7 这 2 个品种整个生育期各抗性组分表现普

遍偏低,接近于近免疫型品种,具有较高抗锈性的种质资源。(2)中抗型品种。主要包括川育 26、川麦 67、绵麦 51、川麦 59、川育 23、西科麦 9、绵麦 112,该类品种病叶率在反应型在 1.4~2.1 之间,病情指数在 1.477 3~3.931 4 之间。(3)中感型品

种。中感小麦品种为绵麦 367,其普遍率平均达到了 56.88%,整个生育时期绵麦 367 抗性评价反应型达到了 3 以上。

表 4 小麦品种条锈病抗性相关性分析

抗性组分	相关系数			
	严重度	普遍率	反应型	病情指数
严重度	1.000			
普遍率	0.687 *	1.000		
反应型	0.895 **	0.926 **	1.000	
病情指数	0.874 **	0.939 **	0.982 **	1.000

注: \*\* 表示在 0.01 级别(双尾)相关性显著。

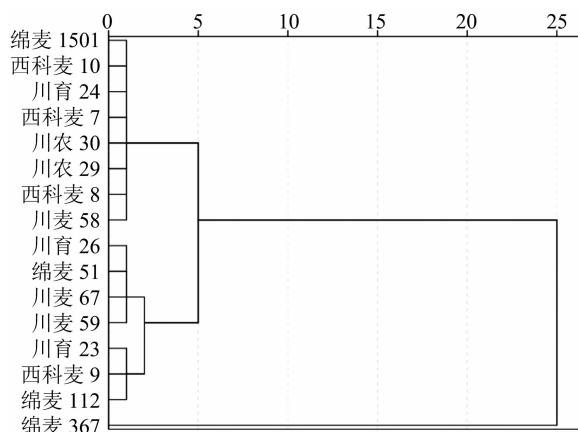


图1 不同小麦品种条锈病聚类分析

### 3 结论与讨论

绵阳江油地区位于四川盆地西北部,病原菌多样性高,且发生频繁,是小麦条锈易发区,因此小麦品种抗性鉴定结果具有一定的可信性。2018—2019 年田间小麦品种抗锈性评价综合分析结果显示,川麦 58、川农 29、川农 30、川育 24、绵麦 1501、西科麦 7、西科麦 8、西科麦 10 等 8 个品种为高抗品种;川育 26、川麦 59、川麦 67、绵麦 51、川育 23、西科麦 9、绵麦 112 等 7 个品种为中抗品种;绵麦 367 为中感品种。在苗期阶段均未发现条锈病,而在抽穗期普遍开始发生,且发病程度逐渐加深,可能是因为前期温度较低,不适宜条锈菌的发展与蔓延<sup>[14]</sup>。绵麦 367 在试验中表现出感病,因此,绵麦 367 在生产中控制小麦条锈病的作用降低,不适合该地区种植,应当逐渐被淘汰。本次抗性鉴定结果可能会与品种审定时的抗性结果不一致,川育 26、川麦 67、川育

23、绵麦 112 等出现抗条锈性减弱,原因可能是条锈病的发生容易受环境影响,特别是受温度影响较大<sup>[15]</sup>,也可能是品种连续多年种植后抗锈性会逐渐减失。对抗性组分间分析得出,反应型、普遍率、严重度、病情指数间存在很大关系,且不同组分间相关性表现极其显著,因此,在生产中不可忽略每个因素,条锈病一旦发现就应立即防治。不同品种对于条锈菌不同生理小种会表现出不一样的反应型,具体致病小种还须进一步探究。同时还须继续对其品种进行抗条锈性评价,以保证向生产推广优良的种质资源。

### 参考文献:

- [1] 马占鸿. 中国小麦条锈病研究与防控[J]. 植物保护学报,2018,45(1):1-6.
- [2] 陈万权,康振生,马占鸿,等. 中国小麦条锈病综合治理理论与实践[J]. 中国农业科学,2013,46(20):4254-4262.
- [3] 谢水仙,汪可宁,陈杨林,等. 我国小麦条锈菌传播与高空气流关系的初步研究[J]. 植物病理学报,1993(3):13-19.
- [4] 陈万权,徐世昌,吴立人. 中国小麦条锈病流行体系与持续治理研究回顾与展望[J]. 中国农业科学,2007,40(增刊1):177-183.
- [5] 陈联芳,胥付生. 小麦主要病害防治[J]. 河南科技(乡村版),2007(12):17.
- [6] 康振生,王晓杰,赵杰,等. 小麦条锈菌致病性及其变异研究进展[J]. 中国农业科学,2015,48(17):3439-3453.
- [7] 李杰,康晓慧,陈万权,等. 四川省 22 个小麦品种田间抗条锈病鉴定及聚类分析[J]. 广东农业科学,2018,45(10):82-86.
- [8] 杨亨,康晓慧,陈万权,等. 78 份冬小麦区试品种抗条锈病基因的分子检测[J]. 湖南师范大学自然科学学报,2019,42(3):34-41.
- [9] 刘博,刘太国,章振羽,等. 中国小麦条锈菌条中 34 号的发现及其致病特性[J]. 植物病理学报,2017,47(5):681-687.
- [10] 黄亮,刘太国,刘博,等. 我国 197 份小麦核心种质资源对小麦条锈菌新小种 CYR34 的抗性评价[J]. 植物保护,2019,45(1):148-154.
- [11] 洪锡午. 反应型,普遍率,严重率,病情指数[J]. 植物保护,1966(2):61.
- [12] 李振岐,曾士迈. 中国小麦锈病[M]. 北京:中国农业出版社,2002.
- [13] 张华,康晓慧,陈万权,等. 绵阳地区小麦近等基因系多品种混播的抗条锈病效果研究及异常寒潮的影响[J]. 湖南师范大学自然科学学报,2017,40(5):24-28.
- [14] 杨亨,康晓慧,陈万权,等. 10 个川麦系列小麦品种在绵阳田间抗条锈病鉴定[J]. 广东农业科学,2017,44(8):79-84.
- [15] 白雪,康晓慧,付菊梅. 110 个四川主栽小麦品种抗条锈性鉴定及聚类分析[J]. 广东农业科学,2015,42(6):8-13.