

黄淮南片冬小麦品种(系)综合抗病性评价

齐双丽¹, 李伟², 魏雅红³, 张文才³, 胡彦奇³, 廖平安^{1*}

(1. 漯河市农业科学院, 河南漯河 462300; 2. 漯河市气象局, 河南漯河 462300; 3. 舞阳县农业技术推广总站, 河南漯河 462400)

摘要 为了解黄淮南片近几年小麦品种对5种主要病害抗性水平, 利用2017—2021年国家小麦良种联合攻关黄淮南片生产试验数据, 对其成株期病害鉴定结果进行统计分析, 并对中抗以上品种(系)亲本组合进行系谱分析。结果表明, 黄淮南片麦区38个品种(系)对条锈病和叶锈病抗性水平较好, 中抗及中抗水平以上材料占比分别为21.1%、10.5%; 无高抗白粉病和赤霉病品种(系); 缺少抗纹枯病品种(系); 兼抗和多抗品种(系)较少, 占比分别为5.3%、2.6%。对中抗及以上水平品种(系)系谱分析发现白粉病抗源较为单一, 赤霉病和锈病抗源较为广泛。

关键词 小麦; 黄淮南片; 主要病害; 系谱分析

中图分类号 S512.1⁺1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)20-0034-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.20.010



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Evaluation of Comprehensive Disease Resistance of Winter Wheat Varieties (Lines) in South Huang-Huai

QI Shuang-li¹, LI Wei², WEI Ya-hong³ et al (1. Luohe Academy of Agricultural Sciences, Luohe, Henan 462300; 2. Luohe Meteorological Bureau, Luohe, Henan 462300; 3. Wuyang County Agricultural Technology Extension Station, Luohe, Henan 462400)

Abstract In order to understand the resistance level of wheat varieties to five main diseases in the south Huang-Huai region in recent years, the data of production test from 2017—2021 of south Huang-Huai were used, the results of disease identification at adult-plant stage were statistically analyzed, and the pedigree analysis of the parent combinations of varieties (lines) with medium resistance or above was carried out. The results showed that 38 wheat varieties (lines) in the south of Huang-Huai region had good resistance to stripe rust and leaf rust, and the proportion of materials with medium resistance and above medium resistance were 21.1% and 10.5%, respectively. There was no high resistance to powdery mildew and fusarium head blight, lack of resistance to sheath blight varieties (lines). There were fewer varieties (lines) with concurrent resistance and multiple resistance, accounting for 5.3% and 2.6%, respectively. Pedigree analysis of varieties with moderate resistance and above showed that resistance sources of powdery mildew were single, but were extensive to fusarium graminearum and rust.

Key words Wheat; South Huang-Huai; Main diseases; Pedigree analysis

中国是世界第一大粮食生产国、消费国和进口国, 粮食安全始终是国家安全、社会稳定和经济发展的重要基础^[1-2]。我国是全球气候变化的敏感区和影响显著区, 随着全球气候条件变化, 极端天气频发, 农作物病虫害呈多发、重发和频发态势, 且危害程度加重, 给农业造成严重的威胁^[3], 我国作物病虫害每年发生面积约 852 万 hm^2 , 并以每年 0.05% 的速度显著增长^[4]。

小麦条锈病、小麦赤霉病被列为一类粮食作物病害^[5]。小麦条锈病、叶锈病和白粉病均是气传性世界病害, 受气候影响较大, 容易造成大面积爆发, 严重威胁小麦的产量和品质。1950、1964、1990 和 2002 年条锈病在我国麦区 4 次大流行, 造成小麦产量损失 10 亿~60 亿 $\text{kg}^{[6-7]}$ 。我国每年小麦种植面积约 0.23 亿 hm^2 , 感染叶锈病的面积占 65% 左右^[8]。叶锈病曾在中国北方麦区发生 4 次(1969、1973、1975、1979 年) 中度以上大流行, 近年来在多个麦区局部爆发流行, 产量损失 10% 以上^[9]。小麦赤霉病是由镰孢属 *Fusarium* 真菌引起的一种世界性小麦病害。我国每年大约 700 万 hm^2 小麦感染赤霉病, 直接产量损失约 100 万 $\text{t}^{[10]}$ 。近年来, 小麦赤霉病在中国发病面积持续增长^[11], 导致 10% 以上的减产, 其侵染过程产生的 DON 毒素给人类食品安全造成严重隐患。小麦

白粉病遍及我国各大麦区, 2005—2008 年我国每年遭受白粉病危害的麦田面积约 690 万 hm^2 ^[12], 减产 5% 以上, 小麦纹枯病是土传性真菌病害, 已成为黄淮麦区和长江中下游麦区主要病害之一, 可导致 10% 以上的减产^[13]。

黄淮南片是我国小麦的主产区和高产区, 常年播种面积在 800 万 hm^2 左右, 约占全国小麦种植面积的 1/3^[14], 黄淮南片横跨河南、安徽、江苏、陕西 4 省, 种质资源丰富, 是研究小麦抗病的典型样本, 但目前对该麦区的抗病性评价较少。冯家春等^[14]对黄淮南片 2004—2008 年国审品种的抗病性进行分析发现, 白粉病、赤霉病和纹枯病抗性较差, 叶锈、条锈和秆锈的抗性较好。张斌等^[15]研究指出, 黄淮南片麦区 65 份主栽小麦品种对赤霉病抗性普遍较差。曹延杰等^[16]分析表明, 2011—2020 年河南省审定品种整体抗性水平较低, 赤霉病抗性较低, 兼抗多抗品种少, 抗病品种抗源单一。刘易科等^[17]在对湖北省 52 个主要小麦品种抗病基因分析中指出, 利用分子标记聚合育种引入抗赤霉主效基因 *Fhb1* 和 *Fhb4*, 可提高湖北小麦品种抗赤霉病水平, 小麦抗条锈基因遗传基础狭窄, 缺乏白粉病主效抗性基因, 要加强抗纹枯病小麦种质资源鉴定力度。刘太国等^[18]对 1999—2014 年中国冬小麦区试试验品种抗病性分析指出, 抗叶锈病小麦品种(系)缺乏, 抗条锈病和白粉病品种主要出现在甘肃、四川等地, 抗原缺乏的病害未鉴定出抗性强的品种。培育和利用抗病品种是防治小麦病害最有效、最经济、最环保的有效途径。鉴于此, 笔者以 2017—2021 年国家良种联合攻关黄淮南片水地组冬麦区 38 个生产试验参试小麦品种(系)为材料, 分

基金项目 国家现代农业产业技术体系项目(CARS-03)。

作者简介 齐双丽(1990—), 女, 河南淮阳人, 研究实习员, 硕士, 从事小麦遗传育种及小麦栽培研究。* 通信作者, 研究员, 从事小麦遗传育种研究。

收稿日期 2022-03-30

析其主要病害抗病水平,对中抗水平品种进行谱系分析,分析黄淮南片品种(系)抗病背景,以期为黄淮海区抗病育种和小麦病害防治提供参考。

1 材料与与方法

1.1 试验材料 供试材料为 2017—2021 年国家良种联合攻关黄淮南片水地组生产试验的 38 个小麦品种(系),其中 2017—2018 年参试材料 8 份,2018—2019 年参试材料 7 份,2019—2020 年材料 11 份,2020—2021 年参试材料 12 份(表 1)。

表 1 2017—2021 年参试小麦品种(系)

Table 1 Tested wheat varieties (lines) during 2017—2021

年份 Year	序号 Code	品种(系)名称 Variety name	亲本组合 Parent combination	来源 Source
2017—	1	安科 1401	百农 64/新 9526	安徽
2018	2	漯麦 163	漯麦 6010/佛罗里达	河南
	3	濮麦 168	豫麦 24 号/周麦 16	河南
	4	涡麦 505	莱州 137/周麦 16//郑育麦 9987	安徽
	5	徐麦 178	淮麦 18/矮抗 58	江苏
	6	淮麦 302	百农 9711/95079//9701	河南
	7	郑麦 0943	郑 97199/济麦 19	河南
	8	洛麦 33	太谷核轮回选择	河南
2018—	1	郑麦 6694	04H551-2-1/郑麦 7698// 郑麦 0856	河南
2019	2	濮麦 117	周麦 27/中育 9307	河南
	3	皖宿 0891	淮麦 30/皖麦 50//烟农 19	安徽
	4	安农 1589	济麦 22//M0959/168	安徽
	5	濮麦 087	浚 K8-4/濮麦 9 号	河南
	6	涡麦 606	莱州 137/新麦 13//淮麦 25	安徽
	7	淮麦 510	淮麦 33/淮麦 18	安徽
2019—	1	天麦 160	周麦 16/中育 9302	河南
2020	2	濮麦 8062	周 99343/濮 02072	河南
	3	安科 1701	6B2169/07ELT203//07ELT203	安徽
	4	涡麦 303	莱州 137/周麦 16 号// 郑育麦 9987	安徽
	5	中麦 6052	济麦 22/泰农 18	北京
	6	新麦 52	周麦 27/新麦 26	河南
	7	昌麦 20	周麦 22/Y7324	河南
	8	中麦 7152	新麦 26/石优 17	北京
	9	皖宿 1510	新麦 21//皖麦 50/新麦 11	安徽
	10	宛 1204	徐麦 856/偃展 4110	河南
	11	WK1602	淮麦 0566/泛麦 065050	安徽
2020—	1	徐麦 15158	矮抗 58/08C04	江苏
2021	2	漯麦 39	郑麦 7698/周麦 16	河南
	3	漯麦 40	徐麦 7049/淮麦 18	河南
	4	华麦 15112	徐麦 7048/淮核 0615	江苏
	5	天麦 196	周麦 22/郑麦 7698	河南
	6	皖垦麦 1720	郑麦 7698/新麦 26	安徽
	7	郑麦 1835	郑麦 0943/04H439-6-7// 郑麦 7698	河南
	8	中麦 6023	济麦 22/周麦 20	北京
	9	安科 1801	08ELT279/邯 6172	安徽
	10	安科 1803	中麦 875/09ELT158	安徽
	11	中科 166	矮败/六倍体小偃麦 8803//济麦 22	北京
	12	漯麦 49	漯麦 6010/郑麦 9023	河南

1.2 数据来源 参试的 38 个小麦品种(系)抗病性鉴定数据来源于中国种业大数据平台(<http://202.127.42.145/bigdataNew/>)以及 2017—2021 年每年度国家良种联合攻关黄淮南片生产试验总结报告。

1.3 数据分析 采用 Microsoft Excel 2010 进行数据整理及作图。

2 结果与分析

2.1 气候条件对小麦病害发生情况的影响 2017—2018 年

小麦从播种到收获遇到多种恶劣天气,播前长期阴雨延迟播种、出苗后持续干旱、春季倒春寒、灌浆期阴雨寡照及雨后高温逼熟,造成生育期缩短,影响产量和品质。2018—2019 年基本没有经历特殊灾害性天气,病害整体较轻,对小麦生长发育有利。2019—2020 年秋季降水偏多,冬季较暖,小麦整体发育偏快,生育进程提前,但倒春寒频发,锈病整体较重。2020—2021 年,越冬期大部分试点遭遇强冷寒潮天气,返青期发生晚霜冻害,拔节至孕穗期雨水充足,田间纹枯病整体较重,灌浆期部分试点遭遇大风降雨出现倒伏,小麦生长发育期间气象条件对小麦产生的影响整体利大于弊。

2.2 参试小麦品种(系)对 5 种主要病害的抗病性分析 参

照国家农作物品种审定委员会 2017 年公布的主要农作物品种审定标准(国家级)对黄淮冬麦区南片抗病性的要求,对 2017—2021 年的 38 份参试材料抗病性鉴定结果进行统计分析。由表 2 和 3 可知,38 份参试材料仅有 1 份材料(漯麦 39)对叶锈病达到免疫水平,2 份材料(濮麦 168 和洛麦 33)

表 2 2017—2021 年参试品种(系)对 5 种主要病害的抗性水平比较

Table 2 Resistance levels of test wheat cultivars (lines) to 5 main diseases in 2017—2021

品种名称 Variety name	纹枯病 Banded scerotial blight	白粉病 Powdery mildew	赤霉病 Fusarium head blight	条锈病 Stripe rust	叶锈病 Brown leaf rust
安科 1401	中感	感	中感	高感	高感
漯麦 163	中感	中感	高感	感	中感
濮麦 168	中感	中感	高感	抗	中感
涡麦 505	中感	中抗	高感	高感	中感
徐麦 178	感	高感	高感	高感	高感
淮麦 302	高感	高感	中感	慢	中感
郑麦 0943	感	中感	中感	中抗	中感
洛麦 33	感	高感	高感	抗	中感
天麦 160	中感	中感	高感	高感	中感
濮麦 8062	中感	中感	高感	中抗	高感
安科 1701	中感	中感	高感	高感	高感
涡麦 303	中感	中感	高感	感	中抗
中麦 6052	中感	高感	高感	高感	高感
新麦 52	中感	高感	高感	高感	慢
昌麦 20	中感	中感	高感	慢	高感
中麦 7152	中感	高感	高感	高感	中感
皖宿 1510	中感	高感	中抗	高感	高感
宛 1204	中感	中抗	中抗	中抗	慢
WK1602	中感	中感	中抗	高感	高感
郑麦 6694	中感	中抗	高感	中抗	慢
濮麦 117	中感	中感	高感	高感	高感
皖宿 0891	中感	中抗	中感	感	高感
安农 1589	中感	中感	中感	中抗	中抗
濮麦 087	中感	中感	中感	感	中抗
涡麦 606	中感	中抗	中感	高感	中感
淮麦 510	中感	中感	中感	高感	高感
徐麦 15158	中感	中感	高感	高感	高感
漯麦 39	中感	中感	高感	中感	免疫
漯麦 40	中感	高感	高感	高感	慢
华麦 15112	中感	中感	高感	高感	慢
天麦 196	中感	中感	高感	中感	慢
皖垦麦 1720	高感	中感	中感	高感	中感
郑麦 1835	中感	中感	高感	中抗	中感
中麦 6023	中感	高感	高感	高感	慢
安科 1801	中感	高感	高感	高感	高感
安科 1803	中感	中感	高感	中感	高感
中科 166	中感	中感	中抗	高感	高感
漯麦 49	中感	中感	中抗	中感	中感

对条锈病达到高抗水平(免疫和抗均归到高抗水平,慢归为中感水平),其余材料对 5 种病害均未达到高抗水平。宛 1204 对白粉病、赤霉病和条锈病 3 种病害达到中抗水平,郑麦 6694 对白粉病和条锈病鉴定达到中抗水平,安农 1589 对条锈病和叶锈病鉴定达到中抗水平。

濮麦 302 和皖垦麦 1720 共 2 个品种对纹枯病表现为高感,其他均表现为中感或感纹枯病。38 个参试品种(系)中,对白粉病表现为高感、中感和中抗的品种占比分别为 26.3%、60.5%、13.2%,其中涡麦 505、郑麦 6694、皖宿 0891、涡麦 606、宛 1204 共 5 份材料对白粉病表现为中抗水平;皖宿 1510、宛

1204、WK1602、中科 166、濮麦 49 共 5 个品种对赤霉病表现为中抗水平,占比 13.1%;对条锈病达到高抗、中抗、中感、高感水平的品种占比分别为 5.3%、15.8%、28.9%、50.0%,其中濮麦 168 和洛麦 33 对条锈病达到高抗水平,郑麦 0943、郑麦 6694、安农 1589、濮麦 8062、宛 1204、郑麦 1835 共 6 个品种对条锈病达到中抗水平;对叶锈病达到高抗、中抗、中感、高感水平的品种占比分别为 2.6%、7.9%、50.0%、39.5%,其中濮麦 39 对叶锈病达到高抗水平,安农 1589、濮麦 087、涡麦 303 共 3 个品种对叶锈病达到中抗水平。

表 3 2017—2021 年参试品种(系)对 5 种主要病害的抗病性比较

Table 3 Comparison of varieties (lines) resistance to five main diseases in 2017—2021

病害名称 Disease name	抗性 Resistance	品种(系)个数 Variety(line) number				合计 Total	占比 Proportion // %
		2017—2018 年 (8 个)	2018—2019 (7 个)	2019—2020 年 (11 个)	2020—2021 年 (12 个)		
纹枯病 Banded sclerotial blight	高感 HS	1	0	0	1	2	5.3
	中感 MS	7	7	11	11	36	94.7
	中抗 MR	0	0	0	0	0	0
	高抗 HR	0	0	0	0	0	0
白粉病 Powdery mildew	高感 HS	3	0	4	3	10	26.3
	中感 MS	4	4	6	9	23	60.5
	中抗 MR	1	3	1	0	5	13.1
	高抗 HR	0	0	0	0	0	0
赤霉病 Head blight	高感 HS	5	2	8	9	24	63.2
	中感 MS	3	5	0	1	9	23.7
	中抗 MR	0	0	3	2	5	13.1
	高抗 HR	0	0	0	0	0	0
条锈病 Stripe rust	高感 HS	2	3	7	7	19	50.0
	中感 MS	3	2	2	4	11	28.9
	中抗 MR	1	2	2	1	6	15.8
	高抗 HR	2	0	0	0	2	5.3
叶锈病 Wheat leaf rust	高感 HS	2	3	6	4	15	39.5
	中感 MS	6	2	4	7	19	50.0
	中抗 MR	0	2	1	0	3	7.9
	高抗 HR	0	0	0	1	1	2.6

2.3 高频使用亲本统计 由参试材料亲本组合可知,除洛麦 33 是利用太谷核轮回选择获得的品系外,其余 37 份材料均由杂交获得,以莱州 137/周麦 16//郑育麦 9987 为亲本育成涡麦 505 和涡麦 303。从 37 份材料筛选出 4 个高频直接利用的亲本(表 4),其中以周麦 16 为亲本,育成濮麦 168、涡麦 505、天麦 160、涡麦 303、濮麦 39 共 5 个品种(系),占比 13.51%;以郑麦 7698 为亲本,育成郑麦 6694、濮麦 39、天麦 196、皖垦麦 1720、郑麦 1835 共 5 个品种(系),占比 13.51%;以莱州 137 和淮麦 18 为亲本均育成 3 个品种(系),占比 8.11%。综上所述可以看出,小麦育种仍然以传统育种手段为主,且

表 4 高频利用亲本及育成品种(系)

Table 4 High frequency direct parents and approved varieties (lines)

骨干亲本 Backbone parents	利用频次 Utilization frequency	育成品种(系) Breeding varieties (lines)
周麦 16 Zhoumai 16	5	濮麦 168、涡麦 505、天麦 160、涡麦 303、濮麦 39
郑麦 7698 Zhengmai 7698	5	郑麦 6694、濮麦 39、天麦 196、皖垦麦 1720、郑麦 1835
莱州 137 Laizhou 137	3	涡麦 505、涡麦 606、涡麦 303
淮麦 18 Huaimai 18	3	徐麦 178、淮麦 510、濮麦 40

品种遗传基础较为狭窄。

2.4 抗病材料系谱分析 为分析抗病基因背景,对参试小麦品种(系)抗病性达到中抗及以上水平的材料的亲本进行系谱分析,对白粉病表现为中抗水平的 5 份材料(涡麦 505、郑麦 6694、皖宿 0891、涡麦 606、宛 1204)系谱分析发现,白粉病抗病基因主要来自周麦 9 号或周 8425B,抗病基因较为单一。对赤霉病表现为中抗水平的 5 份材料(皖宿 1510、宛 1204、WK1602、中科 166、濮麦 49)系谱分析发现,赤霉病抗病基因主要来自小偃系列、内乡系类及西农系列等;对中抗条锈及叶锈水平以上的 12 个品种(系)(濮麦 168、洛麦 33、郑麦 0943、郑麦 6694、安农 1589、濮麦 8062、宛 1204、郑麦 1835、濮麦 39、安农 1589、濮麦 087、涡麦 303)的系谱进行分析,结果显示抗锈病基因主要来自周麦 9 号、周 8425B、鲁麦系类、洛夫林系类、西农系列等,抗源较为广泛。

3 讨论

小麦纹枯病、白粉病、条锈病、叶锈病和赤霉病是威胁小麦生产和推广的 5 种主要病害,具有广泛流行性、严重性危害、爆发性等特点,对小麦产量和品质造成严重影响^[19],品种的抗病性表现与近年来抗病育种发展以及品种审定对病

害的要求有密切联系。因生态区或审定级别不同,对小麦新品种的抗病性有不同的要求,长江上游麦区和河南省审小麦品种条锈病高感一票否决,长江中下游麦区赤霉病高感一票否决以及 2016 年以来河南省启动小麦抗赤霉育种,这也使得小麦抗条锈病和抗赤霉育种重视程度高于其他几类抗病育种。另外,育种家已经成功将小麦近源和远缘植物的抗白粉病和锈病基因导入小麦遗传背景,所以目前推广的多数品种能较好抵抗白粉病和叶锈病^[20-21]。小麦纹枯病由复杂的数量性状控制,常规育种技术改良纹枯病抗性较困难,目前仍未成功挖掘利用抗纹枯病近源物种的优良基因库,生产上应用的品种大多是感病品种^[22-23]。

培育和利用抗病品种是防治小麦病害最有效且经济环保的方法^[24]。对 2017—2021 年参试的小麦品种(系)抗病性统计分析发现,对纹枯病抗性水平较差,没有中抗及以上品种(系),对白粉病、赤霉病抗性水平一般,没有高抗品种(系),曹延杰等^[25]对 2011—2020 年河南省审定小麦品种抗病性评价分析中认为,2016 年以后赤霉病抗源广泛,主要来自西农、宁麦、扬麦系列等,该研究对中抗赤霉品种系谱分析表明,赤霉病抗性基因来源小偃系列、内乡系类及西农系列等。濮麦 168、洛麦 33、漂麦 39 等品种(系)对条锈病或叶锈病抗性较好,经系谱分析高抗锈病基因主要直接或间接来自周麦 16 的亲本周麦 9 号或周 8425B 以及鲁麦系类、洛夫林系类、西农系列等,抗源较广泛,但锈病致病小种多样,生产上仍存在新的致病小种入侵的威胁。该研究显示,兼抗多抗品种(系)少,郑麦 6694、安农 1589、宛 1204 兼抗 2 种或 3 种病害,占比 7.89%;徐麦 178、中麦 6052、安科 1801 高感 4 种病害,占比 7.89%,新麦 52、中麦 7152、皖宿 1510、徐麦 15158、漂麦 40、中麦 6023 高感 3 种病害,占比 15.79%。2021 年河南省主要农作物品种审定标准(小麦)中提高了对抗病性的要求,除特殊用途品种以外,条锈病鉴定未达到高感,且其他 4 种病害至少有一种鉴定未达到高感。因此,在今后的小麦品种选育中,应拓宽抗病基因渠道,聚合多种抗病基因,选育出高抗或多抗品种,提高品种的综合抗病能力^[25]。

黄淮麦区跨度大,有独特的生态条件和多样的品种类型,种质资源丰富。但目前新品种选育仍以品种间杂交为主,种质资源相对集中,同质化较为严重,遗传基础日趋狭窄,造成品种抵御灾害能力降低。前人分析了 2009—2017 和 2017—2018 年度黄淮南片参试品种(品系)系谱^[26-27],结果显示骨干亲本均是周麦系类和百农系列。在该研究中,38 份参试材料有 37 份均采用传统杂交育种手段。系谱分析表明,周麦 16 和郑麦 7698 为高频利用亲本,分别育成 5 个品种(系),这些高频利用亲本对提高小麦产量、保障粮食安全做出重要贡献,但其加工品质一般,抗病基因较为单一,不断加大生产和推广上存在的潜在风险。

4 结论

对近几年国家良种联合攻关黄淮南片生产试验参试的 38 份品种(系)抗病性统计分析发现,兼抗和多抗品种(系)较少,对条锈病和叶锈病抗性较好,没有高抗赤霉病和白粉

病品种(系),纹枯病抗性鉴定均为感病,整地抗病水平仍较低。在今后的育种中,应拓宽种质资源渠道,发掘利用优质种质资源,利用具有优良基因的麦类近缘植物,通过物种间远缘杂交和分子标记育种等手段创制新的种质资源、聚合多种优质抗病基因,提高综合抗病能力,解决同质化问题,实现种质资源遗传多样化。

参考文献

- [1] 曹宝明,唐丽霞,胡水川,等.全球粮食危机与中国粮食安全[J].国际经济评论,2021(2):9-21.
- [2] 陈印军.我国粮食安全形势分析[J].中国农业综合开发,2020(11):11-14.
- [3] 俞书傲.气候变化对农作物生产的影响:以浙江为例的实证研究[D].杭州:浙江大学,2019.
- [4] 赵淼,赵闯,孙振中,等.近 20 年来我国农作物病虫害时空变化特征[J].北京大学学报(自然科学版),2015,51(5):965-975.
- [5] 农业农村部.中华人民共和国农业农村部公告 第 333 号[J].中华人民共和国农业农村部公报,2020(10):116.
- [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] 赵中华,王强,朱晓明.2015 年全国小麦病虫害发生新特点与防治新思路[J].中国植保导刊,2016,36(8):33-36,45.
- [8] HUERTA-ESPINO J, SINGH R P, GERMÁN S, et al. Global status of wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina* [J]. Euphytica, 2011, 179(1): 143-160.
- [9] 彭红,吕国强,王江蓉.河南省 2015 年小麦主要病害发生特点及原因分析[J].中国植保导刊,2016,36(4):29-33.
- [10] LU W Z, CHEN S H, WANG Y Z. The reaserch of Fusarium head blight (in Chinese) [M]. Beijing: Science Press, 2001.
- [11] 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.
- [12] 李晓华,郭慧娟,畅志坚,等.小麦白粉病成株抗性研究现状[J].山西农业科学,2017,45(4):653-658,673.
- [13] 张会云,陈荣振,冯国华,等.中国小麦纹枯病的研究现状与展望[J].麦类作物学报,2007,27(6):1150-1153.
- [14] 冯家春,邓贺明,陈辉.黄淮南片近年国审小麦品种抗病性分析[J].安徽农业科学,2009,37(22):10446-10448.
- [15] 张彬,李金秀,王震,等.黄淮南片麦区主栽小麦品种对赤霉病抗性分析[J].植物保护,2018,44(2):190-194,198.
- [16] 曹廷杰,赵虹,王西成,等.河南省半冬性小麦品种主要农艺性状的演变规律[J].麦类作物学报,2010,30(3):439-442.
- [17] 刘易科,朱展霞,佟汉文,等.湖北省主要小麦品种抗病基因分析[J].分子植物育种,2018,16(4):1040-1049.
- [18] 刘太国,邱军,周益林,等.中国冬小麦区域试验品种抗病性评价[J].中国农业科学,2015,48(15):2967-2975.
- [19] 刘金栋,杨恩年,肖永贵,等.兼抗型成株抗性小麦品系的培育、鉴定与分子检测[J].作物学报,2015,41(10):1472-1480.
- [20] 刘红彦,何文兰,杨共强,等.小麦抗白粉病基因的分子标记及标记辅助育种研究进展[J].河南农业大学学报,2001,35(1):26-31.
- [21] 王祖华,牛吉山,郭天财,等.小麦主栽品种中的 IRS 分布和兰考 90(6)系列白粉病新抗源[J].西北植物学报,2004,24(7):1216-1220.
- [22] 刘颖,张巧凤,付必胜,等.小麦纹枯病抗源的遗传多样性及抗性基因位点 SSR 标记分析[J].作物学报,2015,41(11):1671-1681.
- [23] 刘朝晖,张旭,陆维忠.小麦纹枯病的研究进展和对策[J].江苏农业学报,2000,16(3):185-190.
- [24] 曹廷杰,陈永兴,李丹,等.河南小麦新育成品种(系)白粉病抗性鉴定与分子标记检测[J].作物学报,2015,41(8):1172-1182.
- [25] 曹廷杰,杨剑,胡卫国,等.2011—2020 年河南省审定小麦品种抗病性评价[J].中国植保导刊,2021,41(6):62-65,83.
- [26] 宋晓霞,吉万全.黄淮南片小麦区域试验品种(系)的生产潜力及主要系谱分析[J].麦类作物学报,2018,38(12):1427-1436.
- [27] 李爱国,宋晓霞,吴春西,等.黄淮南片小麦新品种表型特点及育种现状浅析[J].作物研究,2020,34(4):368-373,383.