

黄淮麦区小麦主要病害的遗传育种进展

刘雪敏

燧皇种业实验室

DOI:10.32629/as.v9i2.3691

[摘要] 黄淮麦区作为我国核心小麦产区,气候具有暖温带大陆性季风特征。近年来,受气候变化及耕作制度调整影响,赤霉病、茎基腐病、纹枯病和白粉病等主要病害频发,严重威胁粮食安全。2024年病害呈偏重发生趋势,赤霉病在南部麦区流行风险高,茎基腐病与纹枯病在鲁豫冀等地危害加重。本文综述了该区域气候特征与病害发生的关系,重点梳理了抗病种质创新及QTL定位、基因克隆等遗传育种进展,并对未来优化种植结构与多抗品种选育提出了展望。

[关键词] 黄淮麦区; 小麦病害; 气候特征; 抗病育种

中图分类号: S512.1 **文献标识码:** A

Genetic breeding progress of Major Wheat Diseases in the Huanghuai Wheat-growing Area

Xuemin Liu

Suihuang Seeds Industry Laboratory

[Abstract] The Huanghuai wheat-growing area, a pivotal wheat production region in China, is characterized by a warm temperate continental monsoon climate. Recently, diseases such as scab, stem base rot, sheath blight, and powdery mildew have increasingly threatened food security due to climate change and farming system adjustments. In 2024, the occurrence of these diseases showed a severe trend, with high risks of scab epidemics in the south and aggravated stem base rot and sheath blight in Shandong, Henan, and Hebei. This paper reviews the correlation between climate characteristics and disease occurrence, summarizes progress in germplasm innovation, QTL mapping, and gene cloning, and discusses future strategies for optimizing planting structures and breeding multi-resistant varieties.

[Key words] Huanghuai wheat-growing area; wheat diseases; climatic characteristics; disease-resistant breeding

引言

黄淮麦区位于温带季风气候带,四季分明,光照充足,是我国小麦主产区,对保障国家粮食安全意义重大^[1]。适宜的冬春气候条件使该区小麦产量高、品质好。但是近些年来,由于气候变暖、种植结构的调整以及秸秆还田等耕作方式的改变,赤霉病、茎基腐病等病害的发生频率明显提高,危害程度明显增大。探究气候、病害和育种之间的联系,对于通过遗传改良来实现病害绿色防控有重要的意义。

1 黄淮麦区的气候特征

黄淮麦区属于暖温带大陆性季风气候,其特征主要体现在三个方面:第一,光热资源丰富,仅次于青藏、西北地区,可以满足一年两熟的要求;第二,降水分布不均,年降水量500~900毫米,主要集中在夏季(占全年45%~65%),冬季和春季小麦生长经常出现150~200毫米的水分亏缺;第三,气象灾害频繁,春季干旱多风、夏季高温等都会对小麦生长造成胁迫,也会影响病害的发生

规律^[2-3]。

2 黄淮麦区小麦的主要病害

黄淮麦区小麦的主要病害有赤霉病、茎基腐病、纹枯病、白粉病等,这些病害对小麦产量和质量有很大影响。赤霉病主要危害小麦穗部,造成麦穗枯死、籽粒干瘪,严重时会造成绝收^[4]。病菌还会产生呕吐毒素等真菌毒素,污染麦粒,影响小麦的食用和饲用价值。近些年来,赤霉病常发区已经由长江中下游、江淮麦区扩展到了黄淮南部麦区^[5]。茎基腐病是由镰孢菌引起的土传病害,主要危害小麦的茎基部和根部,造成植株枯萎死亡,严重影响小麦的产量^[6]。

近几年来,由于秸秆还田和免耕少耕模式的推广,黄淮麦区茎基腐病的发生越来越严重。纹枯病主要危害小麦的茎基部、叶鞘,造成植株枯萎死亡,影响小麦的生长和产量^[7]。纹枯病在黄淮麦区总体偏重发生,安徽、河南大部、河北南部、山东西南部等地偏重发生。白粉病主要危害小麦的叶片、茎秆,造成小麦叶

片上出现白色粉状物,影响小麦的光合作用和呼吸作用,减缓小麦的生长速度,降低小麦的产量。白粉病在黄淮海区总体上为中等发生,江苏中北部、山东南部、河南东部和北部等地偏重发生。

3 小麦抗病种质创新

3.1 小麦赤霉病种质创新

远缘杂交与基因导入是通过远缘杂交,将抗赤霉病基因导入小麦品种中^[8]。例如,Fhb7基因来源于长穗偃麦草,已被成功导入黄淮海区的小麦品种中,显著提高了抗赤霉病能力。分子标记辅助选择是利用分子标记技术,将多个抗赤霉病基因(如Fhb1、Fhb4、Fhb5)聚合到优良小麦品种中^[9]。例如,通过分子标记辅助选择技术,将Fhb1基因导入周麦27、百农4199等品种中,显著提高了抗赤霉病能力。遗传研究QTL定位,国内外学者已定位了大量与赤霉病抗性相关的QTL,但大多数尚未得到验证^[10]。目前,Fhb1和Fhb7是两个被克隆的抗赤霉病基因。

3.2 小麦纹枯病

种质创新远缘杂交与基因导入:目前还没有利用远缘杂交导入抗纹枯病基因,生产上应用的品种大多是感病品种^[11]。种质筛选:对大规模的种质进行筛选,发现一些品种对纹枯病有抗性,但是还没有形成系统的抗性种质。遗传研究QTL定位:纹枯病抗性受复杂的数量性状控制,常规育种技术改良纹枯病抗性较难。基因功能解析:目前对于纹枯病抗性基因的功能解析还处于初步阶段,还没有发现明确的关键基因。

3.3 小麦白粉病

种质创新远缘杂交与基因导入,利用远缘杂交成功地将抗白粉病基因导入到小麦品种里,目前推广的品种大部分可以较好地抵抗白粉病。遗传研究QTL定位,已经定位出多个与白粉病抗性有关的QTL,但是具体基因的功能还需要进一步的研究^[12]。基因克隆——关键基因的鉴定:用分子标记辅助选择技术已经克隆出一些抗白粉病的基因,如TaAPA2等^[13]。新技术应用CRISPR/Cas9基因编辑:用CRISPR/Cas9技术对小麦进行基因编辑,以提高其抗白粉病能力。

3.4 小麦条锈病

种质创新远缘杂交与基因导入,利用远缘杂交将抗条锈病基因导入小麦品种中。遗传研究QTL定位,已经定位出多个与条锈病抗性有关的QTL,如Lr53、Yr35等^[14]。基因功能解析:发现Sr22b等基因在抗条锈病中起到关键作用^[15]。已经克隆出抗条锈病的关键基因,如Sr21、Sr60、Sr22b等;应用分子标记辅助选择技术,将抗条锈病基因导入优良小麦品种中^[16]。

3.5 小麦茎基腐病

种质创新远缘杂交与基因导入,目前对茎基腐病抗性种质的筛选和利用仍处于初始阶段。遗传研究QTL定位,已定位多个与茎基腐病抗性相关的QTL,但具体基因功能尚待进一步研究^[17]。基因克隆——关键基因鉴定:尚未克隆到明确的抗茎基腐病基因,相关研究仍在进行中。新技术应用——分子标记辅助选择:利用分子标记技术筛选抗茎基腐病种质,但进展相对缓慢^[18]。

4 抗病品种

本研究综述了当前已知的小麦抗病品种,详细信息见表1。

表1 小麦品种及抗性

小麦品种	抗性
豫麦50	高抗白粉病、中抗条锈病、叶锈病、纹枯病
豫麦28	中抗条锈病、较耐白粉病
豫麦34	抗叶锈病、条锈病
豫麦35	高抗条锈病、土传花叶病、中抗白粉、纹枯病、叶锈病
豫麦47	中抗条锈病、叶锈病、纹枯病
郑州9023	高抗赤霉病、条锈病;中抗纹枯病、叶锈病、叶枯病
豫麦62	中抗白粉、条锈、纹枯和叶枯病
漯育麦	高抗白粉和条锈病、中抗赤霉和纹枯病
新麦9号	高抗条锈,中抗纹枯、赤霉和白粉病
豫麦49	高抗白粉、锈病
孟12	中抗纹枯、叶枯,综合抗病性好
中8131-1	高抗条锈
蒙优一号	抗秆锈
烟农15	抗秆锈、条锈、叶锈、白粉病和根腐病
山东187	高抗条锈病、中抗白粉病
安农8455	抗条锈、叶锈、纹枯病;中抗白粉病
郑州2000	高抗条锈、叶枯病;中抗白粉病
郑州9405	高抗条锈、叶锈、白粉
宛798	抗叶锈、秆锈及叶枯病;中抗条锈、纹枯病
鲁935031	中抗条、叶锈病流行生理小种;高抗白粉病流行小种
烟辐188	高抗白粉病和锈病
陕253	中抗根腐性叶枯病
陕麦150	高抗条锈病、中抗白粉病
远丰898	高抗条锈和叶枯病、中抗赤霉及白粉病
冀审5099	对条锈免疫,高抗叶锈和白粉病
冀8901	高抗条锈、对叶锈免疫、中抗白粉病
衡89W52	高抗白粉病
河北农大341	抗条、叶锈病,耐白粉病
徐州87633	中抗条锈、纹枯病
皖麦38号	中抗白粉、叶锈、赤霉病
西农511	抗赤霉、条锈、叶锈、纹枯、叶枯、高抗赤霉病
镇麦12号	抗赤霉、黄花叶病毒病、抗穗发芽
郑麦9023	抗赤霉、条锈、纹枯等6种病害
宁麦13	中抗赤霉病
扬麦33	高抗赤霉、白粉、黄花叶病
扬麦13	中抗赤霉、白粉病
航麦802	中抗赤霉病
川麦93	中抗条锈和叶锈病
豫农202	中抗白粉病、条锈病、叶枯病
豫农211	中抗白粉病
豫农416	中抗白粉病、中抗条锈病、中抗叶枯病
豫农706	抗白粉病和条锈病
豫农709	抗白粉、条锈和叶锈

小麦品种	抗性
豫农803	中抗白粉病
豫农806	中抗条锈病和白粉病
豫农901	中抗条锈病、中抗赤霉病
豫农902	中感-中抗赤霉病
豫农903	中抗茎基腐病、高抗黄花叶病、中抗条锈病
豫农904	中抗赤霉病、中抗条锈病
豫农906	抗赤霉病、中抗条锈病
豫农909	高抗纹枯病锈病
豫农910	中抗赤霉病、中抗条锈病
豫农912	中抗-中感赤霉病、免疫条锈病、免疫叶锈病
豫农917	抗赤霉病
豫农918	抗赤霉病
豫农919	抗赤霉病
豫农926	中抗-中感赤霉病
豫农931	中抗赤霉病、高抗条锈病
豫农941	兼抗赤霉病条锈病
豫农942	兼抗赤霉病条锈病
豫农952	高抗条锈病、高抗赤霉病
豫农958	高抗赤霉病、高抗条锈病、高抗叶锈病
鑫华麦818	中抗白粉病
豫州109	中抗纹枯病
BFB10	高抗条锈病、叶锈病和白粉病
中麦578	兼抗条锈病等6种病害
中麦175	抗条锈和叶锈病
山农K1501	抗赤霉病、抗茎基腐病
普冰T5号	广谱免疫叶锈病、高抗白粉病
西农8852	抗小麦条锈病、叶锈病、白粉病及赤霉病
西农528	抗小麦条锈病、叶锈病和白粉病
西农569	抗小麦条锈病、叶锈病和赤霉病
西农9811	抗小麦条锈病、叶锈病和赤霉病
Hm162	抗小麦条锈病、叶锈病和赤霉病
秦紫1号	抗小麦条锈病、叶锈病和赤霉病
西农8208	抗小麦条锈病、白粉病和赤霉病
西农1353	抗小麦条锈病、白粉病和赤霉病
西农256	抗小麦条锈病、白粉病和赤霉病
普冰802	抗小麦白粉病、叶锈病和赤霉病

5 结论与展望

小麦抗病育种已成为融合植物病理、遗传学与分子生物学的交叉学科。面对病原菌生理小种变异快、气候不确定性增加的挑战,未来工作应聚焦于:

技术升级: 利用基因编辑精确修饰感病基因,以及利用全基因组选择提高育种效率。

多抗聚合: 针对黄淮海区多种病害混发的现状,重点培育兼抗赤霉、茎基腐及锈病的广谱抗性品种。

综合防控: 将抗病品种推广与优化种植结构(如深翻、轮作)相结合,构建可持续的病害防控体系。

[参考文献]

- [1]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(08):18-24.
- [2]赵虹,李铁庄,王西成,等.从2002~2003年度黄淮南片麦区的气候特点谈小麦品种的利用及发展趋势[J].河南农业科学,2003,(08):9-12.
- [3]周宝元,葛均筑,孙雪芳,等.黄淮海麦玉两熟区周年光温资源优化配置研究进展[J].作物学报,2021,47(10):1843-1853.
- [4]黄杰,王君,葛昌斌,等.黄淮南片小麦品种(系)的赤霉病抗性评价及抗源浅析[J].江苏农业科学,2020,48(17):113-116.
- [5]郑庆伟.2015年全国小麦重大病虫害发生趋势预报[J].山东农药信息,2015(1期):41-42.
- [6]李怡文,李桂香,黄中乔,等.假禾谷镰孢引起的小麦茎基腐病发生危害与防控研究进展[J].农药学报,2022,24(05):949-961.
- [7]朱光玺.小麦纹枯病危害情况的调查[J].河南农林科技,1982,(12):13.
- [8]刘方方,张琪琪,万映秀,等.分子标记辅助选育抗赤霉病小麦新品系[J].植物遗传资源学报,2023,24(06):1805-1815.
- [9]张善磊,于成功,刘晓飞,等.小麦抗赤霉病种质筛选与Fhb1基因分布研究[J].江西农业学报,2021,33(04):9-16.
- [10]余桂红,任丽娟,马鸿翔,等.分子标记在小麦抗赤霉病辅助育种中的应用[J].江苏农业学报,2006,(03):189-191.
- [11]李正玲,韩留鹏,赵明忠,等.回交转育结合分子标记辅助选育抗赤霉病小麦新种质[J].河南农业科学,2024,53(12):23-30.
- [12]霍纳新,周荣华,张丽芳,等.小麦白粉病抗性QTL分析[J].作物学报,2005(6):692-696.
- [13]韩俊,张连松,李根桥,等.从野生二粒小麦导入普通小麦的抗白粉病基因M1WE18分子标记定位[J].作物学报,2009,35(10):1791-1797.
- [14]黄林玉,张潇月,李蒙,等.小麦农家种成株期条锈病抗性QTL定位及其育种效应解析[J].作物学报,2024,50(9):2167-2178.
- [15]李巧云,郝晓鹏,姜玉梅,等.小麦茎基腐病抗性位点研究进展[J].河南农业大学学报,2024,58(04):539-551.
- [16]王立华,刘金权.黄淮海区小麦主要土传病害发生规律及防治对策[J].农业科技通讯,2013,(12):161-163.
- [17]张建华,张秀荣,谢慧.济宁市任城区稻茬小麦主要病害调查及防治试验[J].农村科学实验,2025,(12):175-177.
- [18]苑立苹.小麦主要病虫害识别与综合防控策略研究[J].种子科技,2025,43(04):170-172.

作者简介:

刘雪敏(1994--),女,汉族,河南商丘人,硕士,实习研究员研究方向:作物生态学。