

小麦抗白粉病种质资源的筛选

王梦如, 张 鹏

长江大学农学院, 湿地生态与农业利用教育部工程研究中心, 湖北 荆州

收稿日期: 2022年6月29日; 录用日期: 2022年7月19日; 发布日期: 2022年7月27日

摘 要

小麦白粉病是小麦全生育期都会发生的叶部病害, 能使小麦的产量和品质大幅度下降。种植抗病品种一直被认为是防治小麦病害最为经济、安全和有效的途径。为掌握长江中下游麦区和黄淮麦区主栽品种、新近审定的品种以及一些高代品系对我国白粉病的抗性水平。本研究选用白粉菌生理小种52-27对长江中下游麦区和黄淮麦区主栽品种和后备小麦品种(系)进行苗期抗病性鉴定; 选用白粉菌生理小种E21、52-27和2-40对49个小麦品种(系)进行抗病性鉴定。结果表明, 74个苗期抗性参试品种(系)中, 抗52-27的有25个, 占35.21%。使用离体叶段法鉴定的49个品种(系)中, 抗E21的有13个, 占26.53%; 抗52-27的有17个, 占34.69%; 抗2-40的有12个, 占24.49%; 对3个小种均抗病的有2个, 占4.08%。

关键词

小麦, 白粉病, 抗性鉴定, 离体叶段法

Screening of Wheat Germplasm Resources for Powdery Mildew Resistance

Mengru Wang, Peng Zhang

Engineering Research Center of Ecology and Agricultural Use of Wetland, Ministry of Education, College of Agriculture, Yangtze University, Jingzhou Hubei

Received: Jun. 29th, 2022; accepted: Jul. 19th, 2022; published: Jul. 27th, 2022

Abstract

Wheat powdery mildew is a leaf disease that occurs during the whole growth period of wheat, which can significantly reduce the yield and quality of wheat. Planting disease-resistant varieties has always been regarded as the most economical, safe and effective way to control wheat diseases. In order to grasp the resistance level of main plant varieties, newly approved varieties and

some high-generation lines to powdery mildew in the middle and lower reaches of the Yangtze River and the Huanghuai wheat area. In this study, the physiological race 52-27 of powdery mildew was used to identify the disease resistance at the seedling stage of the main varieties and reserve wheat varieties (lines) in the middle and lower reaches of the Yangtze River and the Huanghuai wheat region; the physiological races E21, 52-27 and 2-40 were used for disease resistance identification of 49 wheat varieties (lines). The results showed that among the 74 test varieties (lines) with resistance at the seedling stage, 25 were resistant to 52-27, accounting for 35.21%. Among the 49 cultivars (lines) identified by the *in vitro* leaf segment method, 13 were resistant to E21, accounting for 26.53%; 17 were resistant to 52-27, accounting for 34.69%; 12 were resistant to 2-40, accounting for 24.49%; 2 of the 3 races were resistant to disease, accounting for 4.08%.

Keywords

Wheat, Powdery Mildew, Resistance Identification, Isolated Leaf Segment Method

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

由小麦白粉菌(*Blumeria graminis*)引起的白粉病是一种世界性病害,严重影响小麦的产量和质量[1]。2004~2009年白粉病在全国平均发生面积为685万 hm^2 [2]。目前全国已有20多个省或地区普遍发生白粉病,对北部冬麦区和黄淮冬麦区而言,白粉病是最重要的小麦病害;在长江中下游和西南麦区,白粉病已上升为主要病害,是仅次于赤霉病或条锈病的第二大病害。到1990~1991年,小麦白粉病全国大流行,发生范围不仅遍及黄淮、江淮流域及西南等主要产麦区,而且波及到了东北春麦区的辽、吉、黑等省,成为20多个省的小麦主要病害。1990年全国小麦白粉病总发病面积为1207万公顷,约占小麦总面积的40%,造成小麦减产约14.38亿公斤;1991年,白粉病造成小麦损失约7.7亿公斤[3]。

生产实践证明,选育和推广抗病品种是防治小麦白粉病最经济、安全、有效的方法[4]。然而,由于抗性单一的品种大面积推广,加速了对病原菌小种的定向选择,导致品种抗性很容易丧失[5]。需要育种工作者不断培育具有新抗病基因的品种,避免抗源单一化,更多地利用小麦近缘种属及远源材料中的抗病基因,尽快将它们导入生产品种,以拓宽小麦抗源,培育更加持久而又稳定的抗性品种迫在眉睫。

利用主效Pm控制小麦白粉病一直是国内外研究的热点之一。截至2022年为止,已经正式命名的小麦抗白粉病基因或等位基因68个[6][7],以及一些暂命名的抗白粉病基因。其中只有Pm3等位基因[8]、Pm38[9]和Pm21基因座成员[10]被克隆。利用成株抗性也已成为小麦抗病育种的重要策略,兼抗小麦条锈病、叶锈病和白粉病位点Yr18/Lr34/Pm38[9]和Yr29/Lr46/Pm39[11]是典型的成株抗性基因。具有成株抗性的代表性品种有:豫麦47,周8846,百农64和鲁麦21等,我国部分农家品种也具有慢白粉病的特点[12]。

但是,目前很多抗白粉病基因已经丧失抗病性。如含有Pm5、Pm7、Pm8、Pm17的品种表现高感白粉病,在单独使用已无利用价值。值得一提的是,有些地区已发现对Pm21具有毒性的菌株。因此,需要不断发掘新的抗病基因,了解其遗传背景和特点,实现小麦抗白粉病基因多样化。本研究从长江中下游麦区和黄淮麦区收集了71个品种(系),包括目前广泛种植的主栽品种、新近审定的品种,进行苗期和离体叶段抗性鉴定,目的是明确这些品种(系)的抗性状况,对于抗白粉病育种和品种合理布局,实现对

小麦白粉病的可持续控制都有重要意义。

2. 材料和方法

2.1. 供试材料

小麦白粉菌(*Blumeria graminis* f.sp. *tritici*)生理小种为 E21、52-27 和 2-40, 由湖北省农业科学院植保土肥所提供。

小麦品种(系)来源于长江中下游麦区和黄淮麦区, 包括主栽品种、新近审定的品种以及一些高代品系, 这些材料均由长江大学农学院小麦种质保藏室提供。其中用于苗期抗性鉴定的有 71 个品种(系); 感病品种铭贤 169 作为感病对照。

2.2. 小麦白粉菌的繁殖

采用抖粉法接种: 首先用手指蘸清水轻轻脱除叶片表面蜡质层, 然后取充分发病的叶片, 置于健康小麦上空轻轻敲打, 使白粉菌孢子均匀的抖落在下方所有小麦叶片上。其余步骤均与(1)中相同。

2.3. 活体接种法鉴定

苗期接种和鉴定于在长江大学农学院温室进行。将供试小麦穴播于 50 × 24 cm 育苗盘内, 每盘播种 25 个品种, 每穴播种 5 粒种子, 每盘播种感病对照品种铭贤 169。待麦苗长至一叶一心期, 接种小麦白粉菌, 待对照充分发病(接种后 15 天左右)时分别参照盛宝钦[13]提出的分级标准记载反应型。

2.4. 离体叶段法鉴定

使用离体叶段法[15]鉴定的小麦品种(系)共有 49 个, 供试白粉菌生理小种为 E21、52-27 和 2-40。将小麦播种在 5 × 5 cm 的育苗钵中, 每钵播种 5 粒, 在 18.5℃、16 h 光照 8 h 黑暗的人工气候箱中培养至一叶一心期, 后在待测品种第一叶中部剪出长约 3 cm 的叶段, 正面朝上依次置于含 50 ppm 苯并咪唑的 0.5% 水琼脂培养基上, 每皿放入 3 片叶段, 然后于超净工作台内使用抖粉法接种新鲜白粉菌孢子, 每个小种都接种一套待测材料。为避免接种时不同小种交叉污染, 在接种新的小种之前用 75% 酒精对超净工作台进行消毒。每个待测品种重复鉴定 3 次, 每次都使用不同植株苗的叶段, 接种 7~10 天后记载反应型。

3. 研究结果

3.1. 白粉病活体接种鉴定结果

在接种生理小种 52-27 并鉴定之后, 71 个品种(系)中表现免疫或近免疫(IT: 0~0)的有 5 个, 占 7.04%; 表现高度抗病(IT: 1)的有 15 个, 占 21.13%; 表现中度抗病(IT: 2)的有 5 个, 占 7.04%; 表现中度感病(IT: 3)的有 7 个, 占 9.86%; 表现高度感病(IT: 4)的有 39 个, 占 54.93%。说明参试品种(系)对白粉菌小种 52-27 的抗性较差(表 1)。

Table 1. Identification results of *in vivo* inoculation method

表 1. 活体接种法鉴定结果

编号	品种(系)	52-27	编号	品种(系)	52-27
1	扬 11-12-3	1	37	荆麦 102	1
2	冀麦 53	4	38	淮阴 0104	4
3	扬糯麦 1 号	1	39	周麦 24	4
4	郑丰 2956	4	40	淮麦 31	4

Continued

5	华麦 5 号	2	41	瑞星 1 号	1
6	丰产 3 号-2	4	42	郑麦 9023-9	3
7	扬 13-14-3	1	43	扬 12-13-8	4
8	鄂麦 23	1	44	淮阴 9701	4
9	镇麦 9 号	0;	45	临抗 53	3
10	涂麦 5 号	1	46	宝淮麦 20	3
11	轮选 136	4	47	郑麦 366	4
12	淮核 0320	4	48	襄 20	4
13	西农 1376	4	49	陕 01384	4
14	扬辐麦 4 号	4	50	淮核 0838	0;
15	淮阴 9908	3	51	新麦 18	4
16	郑麦 004	4	52	扬 11-12-7	4
17	西农 881	2	53	淮麦 8 号	1
18	农大 195	3	54	西农 529	4
19	鄂麦 25	1	55	淮麦 29	4
20	周优 102	3	56	扬 12-13-3	1
21	镇 03-1	2	57	扬 11-12-2	1
22	宁 0310	2	58	瑞丰 1 号	4
23	淮核 0360	4	59	丰产 3 号	4
24	扬 11-12-9	4	60	鄂 5906	1
25	郑麦 7698	4	61	周麦 23	4
26	襄麦 25	4	62	淮核 0615	4
27	苏麦 3 号	3	63	西农 638	4
28	扬 13-14-2	4	64	中国春	4
29	鄂 35624	4	65	豫麦 9901	4
30	扬麦 19	0;	66	豫麦 70	4
31	淮核 00130	0;	67	小偃 269	4
32	AK58	1	68	周麦 18	0;
33	CP99-13-6-3-4	4	69	鄂麦 27	1
34	鄂麦 57	2	70	稼和 6-4	4
35	扬 11-12-1	1	71	淮麦 16	4
36	扬麦 13	4			

3.2. 离体叶段法鉴定结果

在 49 个参试小麦品种(系)中, 对 E21 表现免疫或近免疫(IT: 0~0;)的没有; 表现高度抗病(IT: 1)的有 3 个, 占 6.12%; 表现中度抗病(IT: 2)的有 10 个, 占 20.41%; 表现中度感病(IT: 3)的有 9 个, 占 18.37%; 表现高度感病(IT: 4)的有 27 个, 占 55.10%。对 52-27 表现免疫或近免疫(IT: 0~0;)的没有; 表现高度抗病

(IT: 1)的有 10 个, 占 20.41%; 表现中度抗病(IT: 2)的有 7 个, 占 14.29%; 表现中度感病(IT: 3)的有 11 个, 占 22.45%; 表现高度感病(IT: 4)的有 21 个, 占 42.86%。对 2-40 表现免疫或近免疫(IT: 0~0)的没有; 表现高度抗病(IT: 1)的有 3 个, 占 6.12%; 表现中度抗病(IT: 2)的有 9 个, 占 18.37%; 表现中度感病(IT: 3)的有 22 个, 占 44.90%; 表现高度感病(IT: 4)的有 15 个, 占 30.61%。参试品种(系)中对这 3 个小种均表现抗病(IT: 0~2)的有 2 个, 占 4.08%。说明参试小麦品种(系)对白粉病抗性较差(表 2)。

Table 2. Results of *in vitro* segmental identification

表 2. 离体叶段法鉴定结果

编号	品种(系)	E21	52-27	2-40	编号	品种(系)	E21	52-27	2-40
1	扬 13-14-2	3	4	3	26	豫麦 9901	4	3	4
2	襄 20	2	4	3	27	中国春	4	4	4
3	62.4	2	3	3	28	周麦 23	2	4	4
4	郑麦 366	2	4	1	29	淮麦 29	3	3	4
5	CP99-13-6-3-4	2	4	3	30	小偃 269	4	4	2
6	周麦 24	4	3	2	31	周麦 18	3	4	3
7	瑞丰 1 号	4	4	4	32	87-3	3	4	3
8	宁 0310	4	3	3	33	淮麦 16	4	3	4
9	宝淮麦 20	4	1	2	34	淮核 0838	4	4	3
10	扬 11-12-2	4	1	4	35	W1128	2	3	2
11	83.6	4	3	4	36	丰产 3 号	4	4	4
12	陕 01384	1	1	2	37	淮麦 8 号	3	4	3
13	扬 11-12-9	4	3	2	38	淮核 00130	3	1	4
14	苏麦 3 号	4	3	3	39	西农 529	4	4	4
15	扬麦 19	4	4	2	40	鄂麦 27	2	4	3
16	62.5	3	2	1	41	扬 12-13-8	2	1	3
17	华培 5 号	4	4	1	42	扬 12-13-3	4	1	3
18	镇 03-1	4	2	3	43	临抗 53	4	2	3
19	77	4	2	4	44	瑞星 1 号	1	1	3
20	鄂麦 57	4	2	3	45	郑麦 9023-9	2	1	4
21	襄麦 25	4	4	3	46	淮阴 9701	2	1	3
22	周优 102	4	4	4	47	淮阴 0104	3	2	3
23	62.2	1	1	2	48	51	4	2	4
24	新麦 18	4	4	2	49	淮核 0360	4	3	3
25	淮核 0615	3	4	3					

3.3. 活体接种法和离体叶段法鉴定结果一致性的比较

从表 1、表 2 中分别使用 2 种方法鉴定相同品种(28 个)所得的鉴定结果可以看出, 反应型级数相同的有 19 个, 占 67.86%; 级数相差一级的有 9 个, 占 32.14%。可以看出活体接种法与离体叶段法鉴定结果基本一致(图 1)。

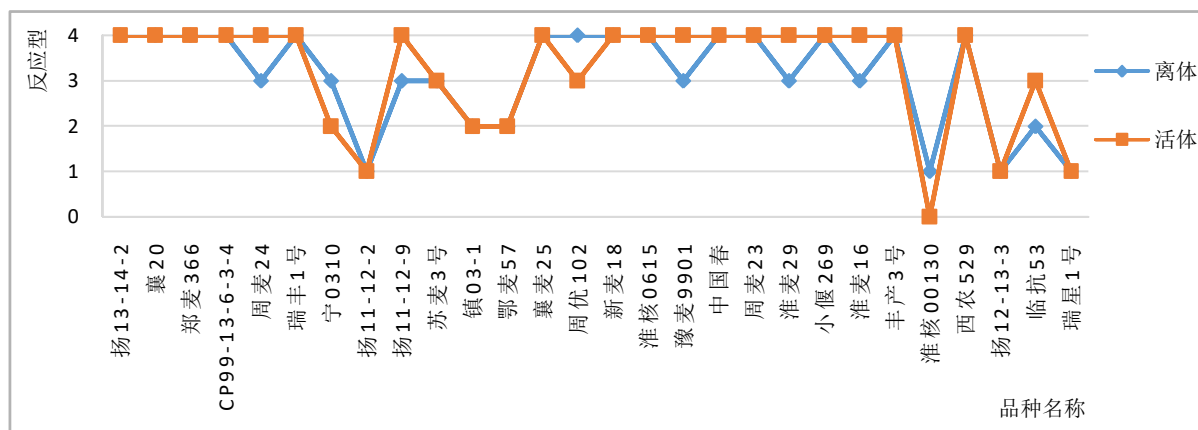


Figure 1. Comparison of wheat powdery mildew identification results between *in vivo* inoculation method and *in vitro* leaf segment method

图 1. 小麦白粉病活体接种法和离体叶段法鉴定结果的比较

4. 讨论

由于小麦白粉病能够跨区域流行, 因此在综合治理过程中需考虑其全局性。长江中下游麦区和黄淮海区是我国优质小麦主产区和最重要的小麦商品粮基地[14]。了解当前主栽品种及后备品种的抗病现状, 科学使用其中含有的抗病基因, 合理布局含有不同抗病基因的抗病品种, 是治理白粉病的关键[15]。

小麦白粉菌为专性寄生菌, 不能在人工培养基上生长, 因此病菌菌种需周年不断的在感病寄主上转繁培养, 这一特性给抗性鉴定和菌种保存工作带来了极大地不便, 相较而言, 用离体叶段法进行抗性鉴定具有简便快捷、节省材料、空间等优点, 且一株小麦可作多个生理小种的鉴定。本研究结合前人试验[16], 分别使用活体接种法和离体叶段法对小麦苗期白粉病抗病性进行了鉴定, 并比较了两者结果间的差异。结果表明, 两种方法的鉴定结果基本一致, 但也存在一定差异, 可能是环境条件不同和人为操作因素造成的。

5. 结论

长江中下游麦区和黄淮海区当前主栽品种及后备品种对白粉病整体抗性水平较低, 表现高抗的品种不足 30%。一旦气候合适, 长江中下游便会发生小麦白粉病大流行, 对我国小麦生产造成巨大打击。因此, 在今后的育种工作中, 亟待寻找优异抗源以及推广高抗品种以提高小麦对白粉病的整体抗性。

参考文献

- [1] Cowger, C., Miranda, L., Griffey, C., Hall, M., Murphy, J.P. and Maxwell J (2012) Wheat Powdery Mildew. In: Sharma, I., Ed., *Disease resistance in wheat*, CABI (Centre for Agriculture and Bioscience International), Oxfordshire, 84-119. <https://doi.org/10.1079/9781845938185.0084>
- [2] 何中虎, 兰彩霞, 陈新民, 邹裕春, 庄巧生, 夏先春. 小麦条锈病和白粉病成株抗性研究进展与展望[J]. 中国农业科学, 2011, 44(11): 2193-2215
- [3] 刘万才, 邵振润. 我国小麦白粉病大区流行的气候因素分析[J]. 植保技术与推广, 1998, 18(1): 3-5.
- [4] Marone, D., Russol, M.A., Laidò, G., De Vita, P., Papa, R., Blanco, A., *et al.* (2013) Genetic Basis of Qualitative and Quantitative Resistance to Powdery Mildew in Wheat: From Consensus Regions to Candidate Genes. *BMC Genomics*, **14**, Article No. 562. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-14-562>
- [5] Hsam, S.L.K. and Zeller, F.J. (2002) Breeding for Powdery Mildew Resistance in Common Wheat (*Triticum aestivum* L.). In: Belanger, R.R., Bushnell, W.R., Dik, A.J. and Carver, T.L.W., Eds., *The Powdery Mildews, a Comprehensive Treatise*, APS (American Phytopathological Society) Press, St. Paul, 219-238.

- [6] He, H., Liu, R., Pengtao, M., Du, H., Zhang, H., Wu, Q., *et al.* (2021) Characterization of *Pm68*, a New Powdery Mildew Resistance Gene on Chromosome 2BS of Greek Durum Wheat TRI 1796. *Theoretical and Applied Genetics*, **134**, 53-62. <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03681-2>
- [7] McIntosh, R.A., Dubcovsky, J., Rogers, W.J., *et al.* (2020) Catalogue of Gene Symbols for Wheat: 2020 Supplement. In: Raupp, W.J., Ed., *Annual Wheat Newsletter*, The Wheat Genetic and Genomic Resources Center at Kansas State University, Manhattan, 98-113.
- [8] Yahiaoui, N., Srichumpa, P., Dudler, R. and Keller, B. (2004) Genome Analysis at Different Ploidy Levels Allows Cloning of the Powdery Mildew Resistance Gene *Pm3b* from Hexaploid Wheat. *The Plant Journal*, **37**, 528-538. <https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.2003.01977.x>
- [9] Krattinger, S.G., Lagudah, E.S., Spielmeyer, W.S., Singh, R.P., Huerta-Espino, J., McFadden, H., *et al.* (2009) A Putative ABC Transporter Confers Durable Resistance to Multiple Fungal Pathogens in Wheat. *Science*, **323**, 1360-1363. <https://doi.org/10.1126/science.1166453>
- [10] Cao, A.Z., Xing, L.P., Wang, X.Y., Yang, X., Wang, W., Sun, Y., *et al.* (2011) Serine/Threonine Kinase Gene *Stpk-V*, a Key Member of Powdery Mildew Resistance Gene *Pm21*, Confers Powdery Mildew Resistance in Wheat. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **108**, 7727-7732. <https://doi.org/10.1073/pnas.1016981108>
- [11] Lillemo, M., Asalf, B., Singh, R.P., Huerta-Espino, J., Chen, X.M., He, Z.H. and Bjørnstad, Å. (2008) The Adult Plant Rust Resistance Loci *Lr34/Yr18* and *Lr46/Yr29* Are Important Determinants of Partial Resistance to Powdery Mildew in Bread Wheat Line Saar. *Theoretical and Applied Genetics*, **116**, 1155-1166. <https://doi.org/10.1007/s00122-008-0743-1>
- [12] 盛宝钦, 周益林. 关于小麦种质资源抗白粉病研究战略的商榷[J]. 植物保护, 1990(4): 33-34
- [13] 杨立军, 曾凡松, 龚双军, 史文琦, 张学江, 汪华, 等. 68 个主推小麦品种的白粉病抗性分析及基因推导[J]. 中国农业科学, 2013, 46(16): 3354-3368.
- [14] 庄巧生. 中国小麦品种改良及系谱分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 421-443
- [15] 吴立人, 牛永春. 我国小麦条锈病持续控制的策略[J]. 中国农业科学, 2000(5):46-53.
- [16] 唐伯让, 朱文珍, 孟繁华. 小麦离体叶段鉴定白粉病抗性方法的研究[J]. 植物保护学报, 1995(4): 309-314.