

# 国内外青稞材料白粉病田间抗性鉴定

旺 姆,杨春葆,原红军\*

(西藏自治区农牧科学院农业研究所/省部共建青稞和牦牛种质资源与遗传改良国家重点实验室,西藏 拉萨 850002)

**摘要:**本研究对国内外2 006份青稞种质材料进行了田间白粉病抗性鉴定,为青稞优异种质创制、抗病育种提供参考亲本。在田间诱导青稞发病,通过“0~9级法”对各青稞材料进行白粉病抗性等级评价;每一列供试材料间隔0.50 m作为诱发行,诱发行每隔0.50 m播种20粒“藏青13号”作为诱发材料。本研究对各青稞材料白粉病抗性进行了分类分析,抗性等级分为免疫(IM)、高抗(HR)、中抗(MR)、中感(MS)、高感(HS)和极感(VHS)6种,2 006份材料各抗病等级比例分别为25.47%,3.59%,6.28%,22.38%,41.77%和0.50%。本研究对大量青稞材料进行田间白粉病抗性鉴定,为深入研究青稞白粉病抗病机理和相关基因分子标记开发提供材料和数据支持。

**关键词:**青稞;白粉病;抗性鉴定;西藏

中图分类号:S512.9,S326

文献标志码:A

## Resistance Identification and Evaluation to Powdery Mildew of Highland Barley Germplasm from Domestic and Overseas

Wangmu, YANG Chunbao, YUAN Hongjun\*

(Institute of Agriculture, Tibet Academy of Agriculture and Animal Husbandry Sciences State Key Laboratory of Barley and Yak Germplasm Resources and Genetic Improvement/China, Tibet Lhasa 850002, China)

**Abstract:** In this study, the field powdery mildew resistance of 2,006 highland barley germplasm materials at home and abroad was identified, so as to provide reference parents for excellent germplasm creation and disease resistance breeding of highland barley. The disease was induced in the field, and the grade of powdery mildew resistance of barley materials was evaluated by "0~9 grade method". The interval of test materials in each row was 0.50 m, and 20 grains "Zangqing 13" as induced material were sown every 0.50 m in the induced row. The resistance of barley materials to powdery mildew was classified and analyzed. The resistance levels were divided into immune (IM), high resistance (HR), medium resistance (MR), medium sensitivity (MS), high sensitivity (HS) and extreme sensitivity (VHS). The proportions of disease resistance grades in 2,006 were 25.47%, 3.59%, 6.28%, 22.38%, 41.77% and 0.50%, respectively. In this study, a large number of barley materials were identified for field powdery mildew resistance, which provided material and data support for further research on the resistance mechanism of barley powdery mildew and development of related gene molecular markers.

**Key Words:** highland barley; powdery mildew; resistance identification; Tibet

青稞(*Hordeum vulgare* L. var. *Nudum* Hook.f.) 又称裸大麦、无壳大麦,属于禾本科大麦属。青稞是高原谷类作物,对于西藏及周围高海拔地区的粮食安全具有重要的意义。青稞的作用不只作为粮食

食用,也在陆续开展青稞酒等青稞特色产品研发。其低糖低脂且高 $\beta$ -葡聚糖的特性,使青稞食品具有一定的保健功能,对中国居民合理膳食、预防高血脂等疾病也具有重要作用<sup>[1-2]</sup>。

危害青稞的病虫害众多,白粉病作为青稞的主要病害之一,制约青稞产量和品质提高<sup>[3]</sup>。随着近年来西藏地区气候的变化,西藏白粉病发病的地区逐年增加,主要集中在拉萨、林芝、山南、昌都等地,其中以林芝、拉萨地区尤为严重。有研究表明,白粉病对于青稞的产量减产率为10%~30%不等,严重发病的地块甚至能够减产50%以上<sup>[4]</sup>。

收稿日期:2023-02-01

基金项目:青稞种质资源精准鉴定与创新利用(XZ202101ZD004N-01);转录水平下青稞白粉病抗性机理研究(2021-XZNYS-TCXM-00010)。

作者简介:旺姆(1989-),女,研究实习员,主要从事青稞分子育种研究,E-mail:wm1252354663@163.com; \*为通讯作者:原红军(1981-),男,硕士,研究员,主要从事稗分子育种研究,E-mail:yuanzhenbin@126.com。

目前对于青稞的白粉病防治工作主要是早期预防为主,通过土地深翻清除病株残体等物理措施和使用烯唑醇或醚菌酯等化学药剂进行化学防治,但是实际效果并不明显,且因相关优势小种变化而产生耐药性<sup>[5]</sup>,青稞抗白粉病机理和相应育种方面研究仍显得薄弱。大麦白粉病的抗病基因及抗性材料的选育研究已经广泛开展,虽然青稞属于大麦属,但由于种植条件和区域问题,区外大麦白粉病抗性品种研究并不能代表和解决西藏青稞白粉病抗性品种选育问题。目前,抗白粉病青稞材料较大规模田间筛选工作进行较少,各地筛选的抗白粉病青稞材料总数不足400份,且多为西藏本地材料<sup>[6-7]</sup>。

青稞白粉病的防治,最根本手段就是培育高抗白粉病的青稞品种。分子育种技术日益成熟,但相关分子标记的开发利用依然要依托大量具有抗病特异性的作物材料。因此无论是作物育种还是抗逆境生理变化研究,抗性特异性作物材料的筛选都是必不可少的。本研究利用西藏自治区农牧科学院和中国农业科学院作物科学研究所提供的2006份青稞材料,在田间进行白粉病抗性鉴定,并初步完成这些青稞材料的白粉病抗性分级。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料来源及种植方法

青稞材料:2006份青稞材料,由西藏自治区农牧科学院农业研究所青稞育种栽培研究室提供。

种植方法:田间抗病鉴定在西藏自治区林芝市巴宜区玉荣增村进行,该地在青稞生长期间气候湿润气温适中,为青稞白粉病高发区。供试材料于2022年3月6日播种,每个材料1行,每行长1m,行距0.25m,行播种量40粒,设置3次重复。

### 1.2 白粉病接种

诱发材料为白粉病高感材料“藏青13号”。每一列供试材料间隔0.50m作为诱发行,诱发行每隔0.50m播种20粒“藏青13号”。白粉病为气传病害,在适宜的条件下,可通过高感材料诱发试验材料自然感病。

### 1.3 病情调查

在青稞成株期,采用墨西哥“玉米小麦改良中心”的禾谷类作物叶部病害“0~9级法”(简称“0~9

级法”)<sup>[8]</sup>对每个供试材料按试验重复顺序进行白粉病病情调查,根据调查结果对青稞材料进行白粉病抗性分级(表1)。

表1 大麦白粉病成株期严重度0~9级标准

严重度级别	植株症状	抗性评价
0	全株无病	免疫(IM)
1	第1叶片有少数病斑(<2%)	高抗(HR)
2	第1叶片病斑面积占总面积的3%~10%	
3	第2叶片病斑面积<10%,第1叶片病斑面积<25%	中抗(MR)
4	第2叶片病斑面积占11%~25%,第1叶片病斑面积>25%	
5	第3叶片病斑面积<10%、第2叶片病斑面积占26%~50%,第1叶片病斑面积>50%	中感(MS)
6	第3叶片病斑面积占11%~25%,第2叶片病斑面积<50%,第1叶片病斑面积>50%	
7	第4叶片病斑面积<10%、第3叶片病斑面积占26%~50%,第2片及以下叶病斑面积>50%	高感(HS)
8	旗叶病斑面积≤25%,旗叶以下病斑面积>50%	
9	整株叶片病斑面积大于整片叶面积50%,穗部发病	极感材料(VHS)

## 2 结果分析

### 2.1 供试材分布

供试青稞材料2006份,其中国外材料277份,国内材料1729份。国外材料分布在亚洲、欧洲、北美洲、澳洲以及非洲部分国家。国内材料主要来自青藏高原,少部分来自云贵川、东北及东南沿海地区。种质材料来源表2所示。

表2 种质材料分布

国家	种质数量	国家	种质数量	国内省份	种质数量
阿富汗(Afghan)	1	捷克斯洛伐克(Czechoslovakia)	3	福建	1
埃及(Egypt)	2	罗马尼亚(Romania)	1	甘肃	4
埃塞俄比亚(Ethiopia)	2	美国(America)	10	贵州	1
奥地利(Austria)	1	摩洛哥(Morocco)	1	海南	1
澳大利亚(Australian)	8	墨西哥(Mexico)	83	黑龙江	4

续表

国家	种质数量	国家	种质数量	国内省份	种质数量
波兰 (Poland)	1	尼泊尔(Nepal)	2	湖北	3
不丹 (Bhutan)	1	欧洲(Europe)	2	江苏	10
丹麦 (Denmark)	55	日本(Japan)	32	青海	36
德国 (Germany)	4	瑞典(Sweden)	1	四川	29
厄瓜多尔 (Ecuador)	1	突尼斯(Tunisia)	1	西藏	1 591
法国 (France)	2	希腊(Greece)	1	云南	4
荷兰 (Holland)	1	叙利亚(Syria)	5		
加拿大 (Canada)	54	英国(England)	2		

## 2.2 抗病性鉴定结果

### 2.2.1 全部材料抗病性评价结果

对2 006份种质材料进行白粉病田间抗性鉴定后,得到结果如表3所示。其中免疫(IM)材料511份,占总数的25.47%;高抗材料(HR)72份,占总数的3.59%;中抗材料126份,占总数的6.28%;中感材料449份,占总数的22.38%;高感材料838份,占总数的41.77%,极感材料(VHS)10份,占总数的0.50%。在所有材料中,抗性材料占总数的29.06%,高感、极感材料占总数的42.27%。

表3 种质材料抗病性评价及占比

病级	总份数	病级品系数	病级比例/%	抗病评价	抗病评价品系数	抗病性评价比例/%
0	2 006	511	25.47	免疫 (IM)	511	25.47
1	2 006	64	3.19	高抗 (HR)	72	3.59
2	2 006	8	0.40			
3	2 006	48	2.39	中抗 (MR)	126	6.28
4	2 006	78	3.89			
5	2 006	148	7.38	中感 (MS)	449	22.38
6	2 006	301	15.00			
7	2 006	471	23.48	高感 (HS)	838	41.77
8	2 006	367	18.30			
9	2 006	10	0.50	极感 (VHS)	10	0.50

### 2.2.2 国外材料抗病性评价结果

国外材料合计277份,来自于26个国家。其中免疫(IM)材料102份,占总数的36.82%;高抗材料(HR)15份,占总数的5.42%;中抗材料11份,占总数的3.97%;中感材料54份,占总数的19.49%;高感材料94份,占总数的33.94%,极感材料(VHS)1份,占总数的0.36%。在所有材料中,抗性材料占总数的46.21%,高感、极感材料占总数的53.79%(表4)。

表4 国外种质材料抗病性评价及占比

病级	总份数	病级品系数	病级比例/%	抗病评价	抗病评价品系数	抗病性评价比例/%
0	277	102	36.82	免疫 (IM)	102	36.82
1	277	14	5.05	高抗 (HR)	15	5.42
2	277	1	0.36			
3	277	2	0.72	中抗 (MR)	11	3.97
4	277	9	3.25			
5	277	17	6.14	中感 (MS)	54	19.49
6	277	37	13.36			
7	277	57	20.58	高感 (HS)	94	33.94
8	277	37	13.36			
9	277	1	0.36	极感 (VHS)	1	0.36

### 2.2.3 国内材料抗病性评价结果

国内的材料共1 729份,来自11个省份,主要西藏1 591份,来自其他省份的材料138份。其中免疫(IM)材料409份,占总数的23.66%;高抗材料(HR)57份,占总数的3.30%;中抗材料115份,占总数的6.65%;中感材料395份,占总数的22.85%;高感材料744份,占总数的43.03%,极感材料(VHS)9份,占总数的0.52%。在所有材料中,抗性材料占总数的46.21%,高感、极感材料占总数的53.79%(表5)。

### 2.2.4 皮大麦材料抗病性评价结果

在所有材料中,皮大麦共63份。其中免疫(IM)材料39份,占总数的61.9%;高抗材料(HR)6份,占总数的9.52%;中抗材料1份,占总数的1.59%;中感材料7份,占总数的11.11%;高感材料10份,占总数的15.87%,极感材料(VHS)0份,占总数的0%。在所有材料中,抗性材料占总数的73.02%,高感材料占总数的15.87%(表6)。

表5 国内材料抗病性评价及占比

病级	总份数	病级品系数	病级比例/%	抗病评价	抗病评价品系数	抗病性评价比例/%
0	1 729	409	23.66	免疫(IM)	409	23.66
1	1 729	50	2.89	高抗(HR)	57	3.30
2	1 729	7	0.40			
3	1 729	46	2.66	中抗(MR)	115	6.65
4	1 729	69	3.99			
5	1 729	131	7.58	中感(MS)	395	22.85
6	1 729	264	15.27			
7	1 729	414	23.94	高感(HS)	744	43.03
8	1 729	330	19.09			
9	1 729	9	0.52	极感(VHS)	9	0.52

表6 皮大麦材料抗病性评价及占比

病级	总份数	病级品系数	病级比例/%	抗病评价	抗病评价品系数	抗病性评价比例/%
0	63	39	61.90	免疫(IM)	39	61.90
1	63	5	7.94	高抗(HR)	6	9.52
2	63	1	1.59			
3	63	0	0.00	中抗(MR)	1	1.59
4	63	1	1.59			
5	63	2	3.17	中感(MS)	7	11.11
6	63	5	7.94			
7	63	9	14.29	高感(HS)	10	15.87
8	63	1	1.59			
9	63	0	0.00	极感(VHS)	0	0.00

### 2.2.5 青稞材料抗病性评价结果

在所有材料中,青稞材料一共1 944份。其中免疫(IM)材料472份,占总数的24.28%;高抗材料(HR)66份,占总数的3.40%;中抗材料125份,占总数的6.43%;中感材料442份,占总数的22.74%;高感材料892份,占总数的42.64%,极感材料(VHS)10份,占总数的0.51%。在所有材料中,抗性材料占总数的34.10%,高感、极感材料占总数的65.90%(表7)。

表7 青稞材料抗病性评价及占比

病级	总份数	病级品系数	病级比例/%	抗病评价	抗病评价品系数	抗病性评价比例/%
0	1 944	472	24.28	免疫(IM)	472	24.28
1	1 944	59	3.03	高抗(HR)	66	3.40
2	1 944	7	0.36			
3	1 944	48	2.47	中抗(MR)	125	6.43
4	1 944	77	3.96			
5	1 944	146	7.51	中感(MS)	442	22.74
6	1 944	296	15.23			
7	1 944	463	23.82	高感(HS)	829	42.64%
8	1 944	366	18.83			
9	1 944	10	0.51	极感(VHS)	10	0.51%

## 3 讨论与结论

经过本次青稞材料白粉病抗性田间调查分析,对参试青稞材料白粉病抗性分布情况有了初步了解,白粉病免疫材料511份,占比25.47%,极感材料10份,占0.50%。在田间进行白粉病抗性鉴定试验,病害的传播接种存在一定的环境干扰。本研究通过设置诱发行,使用极感材料诱导发病,诱发材料正常发病且评价为白粉病免疫型的青稞材料并不集中在一起,说明本次试验已将环境影响误差降低到最小。

在2 006份材料中,青稞白粉病抗性材料583份,高感及极感材料848份。目前,在大麦抗逆性研究方面,对于白粉病的研究相对深入,国内外研究中发现多个白粉病抗性基因<sup>[9-13]</sup>。现阶段分子辅助育种技术日趋成熟,主要通常分子标记和田间抗病性调查结合对作物材料进行抗病性鉴定,青稞相应的分子标记还有待开发<sup>[14]</sup>。在大麦基因研究方面,已报到了分布在不同染色体上的22个专业化主效白粉病抗病基因位点<sup>[15]</sup>。

青稞是大麦属大麦种作物,但主要分布在青藏高原等高海拔地区,与平原地区的大麦对比,其抗白粉病机理及相关抗病主效基因是否相同仍未可知。专属于青稞变种的特异性白粉病抗性基因分子标记研究仍处于空白阶段。作物田间抗性鉴定是分子辅助育种的基础,工作量大且结果易受环境

影响。本次青稞田间白粉病抗性鉴定工作为青稞优异种质创制、抗病育种提供参考亲本,并为研究青稞白粉病抗病机理和相关基因分子标记开发提供材料支撑。接下来将对本次筛选出的白粉病抗性特异性青稞材料继续进行田间鉴定及实验室定量白粉病接菌试验,通过验证获得白粉病抗性核心种质资源,进一步开展青稞白粉病抗性研究。

#### 参考文献:

- [1] 刘小娇,王姗姗,白婷,等.青稞营养及其制品研究进展[J].粮食与食品工业,2019,26(1):43-47.
- [2] 侯殿志,沈群.我国29种青稞的营养及功能组分分析[J].中国食品学报,2020,20(2):289-298.
- [3] 次仁央拉.西藏大麦白粉病的症状及防治方法[J].西藏农业科技,2019,41(S1):140-142.
- [4] 王玉林.西藏青稞白粉病研究进展与展望[J].西藏农业科技,2018,40(S1):72-75.
- [5] 杨春葆,曾兴权,王玉林,等.浅谈青稞病虫害防治及其分子机理研究进展[J].西藏农业科技,2018,40(S1):45-48.
- [6] 原红军.西藏青稞种质资源材料白粉病抗性鉴定[J].大麦与谷类科学,2014(4):8-14.
- [7] 李杨.76份青稞材料对白粉病的抗性评价与分析[J].西藏农业科技,2018,40(4):15-18.
- [8] 盛宝钦,段霞谕.对记载小麦成株白粉病“0~9级法”的改进[J].北京农业科学,1991(1):38-39.
- [9] FISCHBECK G, JAHOOR A. The Transfer of Genes for Mildew Resistance from *Hordeum Spontaneum* [Powdery Mildew] [J]. Risoe National Lab, 1991(1):1-10.
- [10] MAROOF M A S, BIYASHEV R M, ZHANG Q. Molecular Marker Analyses of Powdery Mildew Resistance in Barley [J]. Theoretical and Applied Genetics, 1994, 88(6):733-740.
- [11] JØRGENSEN J H, JENSEN H P. Powdery Mildew Resistance in Barley Landrace Material. I. Screening for Resistance [J]. Euphytica, 1997, 97(2):227-233.
- [12] SILVAR C, DHIF H, IGARTUA E, et al. Identification of Quantitative Trait Loci for Resistance to Powdery Mildew in a Spanish Barley Landrace [J]. Molecular Breeding, 2010, 25(4):581-592.
- [13] SILVAR C, CASAS A M, KOPAHNKE D, et al. Screening the Spanish Barley Core Collection for Disease Resistance [J]. Plant Breeding, 2010, 129(1):45-52.
- [14] 王鑫,宋鹏博,王笑笑,等.305份国内外小麦种质条锈病与白粉病抗性鉴定与评价[J].麦类作物学报,2021,41(6):689-698.
- [15] BRANDLE U E, HAEMMERLI U A, MCDERMOTT J M, et al. Interpreting Population Genetic Data with the Help of Genetic Linkage Maps [J]. Der Landarzt, 1997, 41:157-171.