

西藏青稞白粉病研究进展与展望

王玉林^{1,2}

(1. 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;2. 西藏自治区农牧科学院农业研究所,西藏 拉萨 850032)

摘要:青稞是西藏最大的优势特色作物,从青稞基础研究、青稞育种、青稞示范推广、青稞加工等方面开展深入科学研究是保障西藏青稞安全的基础。西藏青稞白粉病发生普遍,主要在每年雨季来临后,大约6月底出现,7月盛发期,主要危害植株下部叶片。本文简要叙述了西藏青稞白粉病发生情况,综述了青稞白粉病方面相关研究内容及进展,对西藏青稞白粉病的研究工作具有理论意义。

关键词:青稞;白粉病;西藏

中图分类号:S512.3 **文献标识码:**A

Research Status and Prospect of Tibetan Highland Barley Powdery Mildew

WANG Yu-lin^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Hulless Barley and Yak Germplasm Resources and Genetic Improvement, Tibet Lhasa 850002, China; 2. Agricultural Research Institute, TAAAS, Tibet Lhasa 850032, China)

Abstract:Barley is the largest dominant crop in Tibet. Carrying out in-depth scientific research on the basic research, breeding, demonstration and promotion of barley, and barley processing is a prerequisite to ensure the safety of barley, the largest dominant crop in Tibet. Tibetan barley white powder disease, mainly harming lower leaves of the plant, occurs commonly, especially after the arrival of the rainy season each year. Approximately, it appears at the end of June, and reaches peak period in July. Here we briefly describes the situation of Tibetan barley powdery disease and reviews the related research contents and progression which have the theory significance for Tibetan barley powdery disease research.

Key words:Highland barley; Powdery Disease; Tibet

青稞是西藏最大的优势特色作物,占西藏粮食作物面积的70%以上,青藏高原上到处种植青稞、油菜等,全国其他藏区甘肃、四川、云南等都有青稞的种植,青稞近年来也被发现是一种保健食品,拥有值得挖掘的保健特性。西藏高度重视特色产业科技创新,贯彻落实“青稞增产、牦牛增肥、农牧业增效、农牧民增收”。确保青稞安全一直是西藏的重要工作,从青稞基础研究、青稞育种、青稞示范推广、青稞加工等方面开展深入科学研究是保障青稞安全的前提。

在青稞基础理论研究领域,优异种质资源挖掘

利用、青稞基因组研究、青稞抗逆机理解析、青稞功能基因挖掘等方面急需深入开展。在青稞抗逆机理解析方面,以培育抗白粉病青稞品种为出发点,需要解析西藏青稞白粉病发生规律,白粉病病原菌类别,挖掘白粉病抗性基因,筛选抗白粉病亲本材料,创制抗白粉病新种质,才能为抗白粉病育种打下基础。

在 <http://www.cnki.net> 检索发现,研究西藏青稞白粉病的学术论文很少。以“白粉病”为主题词检索发现,研究论文上万篇,以“大麦白粉病”为主题词检索发现,研究论文上百篇,以“青稞白粉病”为主题词检索发现只有几十篇。这充分说明,西藏青稞白粉病的研究很少,任重道远。

青稞,英文名 Hulless barley, 又称裸大麦、无壳大麦,属于禾本科大麦属。大麦根据皮裸可分为皮大麦,裸大麦,裸大麦就是青稞,青稞可按照籽粒颜色分为白青稞,褐青稞、紫青稞、黑青稞等,又可按照

收稿日期:2018-09-23
基金项目:西藏财政专项(XZNKY-2018-C-021,2017CZZX002);
西藏重大科技专项(XZ201801NA01)
作者简介:王玉林(1986-),男,硕士,副研究员,主要从事青稞遗传育种研究,E-mail:wangyulin8609@126.com。

穗形稃数分为二棱青稞、四棱青稞、六棱青稞等,青稞在青藏高原具已有 3500 年的栽培历史。青稞主要分布在我国西藏,海拔 3500 m 以上的青藏高原高寒地区。青稞是西藏四宝之首糌粑的主要原料^[1]。

白粉病是一种世界性病害,也是危害农作物最多的一种病害,从粮食作物到果蔬,很多农业生产上的种植物种均有白粉病的危害^[2]。主要危害叶片,早在 1985 年,在西藏就发现由白粉病菌 [*Podspheera leucotriha* (Ell. et Ev) *salm*] 引起的苹果白粉病危害非常重,几乎所有的果园都有不同程度的发病,特别是林芝地区、米林县、朗县、加查县等地危害最重。同时白粉病也是西瓜上常见病害之一,由子囊菌亚门单丝壳属或白粉属病菌侵染发生,在常年种植西瓜的区域从苗期至收获期均有发生,发生严重时整个叶片被白色粉末覆盖,严重影响叶片的光合作用,从而导致产量和品质大幅度下降^[3]。

1 西藏青稞白粉病发生现状

在西藏的主要粮食作物青稞上,发生的白粉病历史悠久,主要为害青稞叶片,苗期、拔节期、抽穗期均可发病,刚开始产生白霉小点,而后扩大发展成圆形或椭圆形病斑,病斑早期单独分散,后面联合成一片,甚至覆盖全叶,表面被白色粉状霉层覆盖,严重影响光合作用,使正常新陈代谢受到干扰,造成植株早衰,从而严重影响青稞产量,一般来讲植株下部叶片比上部叶片多,叶片背面比正面多。

青稞白粉病由麦类白粉菌 (*Erysiphe graminis* D.

C. f. sp. *tritici* E. Marchal.) 引起。有性阶段属于子囊菌亚门,核菌纲,白粉菌目,白粉菌科,白粉菌属;无性阶段属于半知菌亚门,丛梗孢目,丛梗孢科,粉孢属。近年来,在河南、山东、贵州、四川、江苏、浙江、湖北等地发生较为普遍,为害日趋严重,主要为害小麦、大麦、黑麦、燕麦等^[4]。

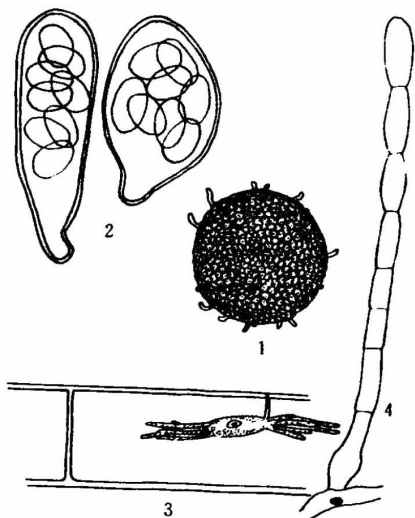
植物病害流行的主要条件有 2 个,一是大面积种植感病品种,二是适宜的环境条件。一般情况下,在青稞种植密度偏大、施氮肥过量、植株旺长、长势衰弱、田间湿度大、有倒伏的田块,发病较重。

目前,西藏青稞白粉病发生普遍,主要在每年雨季来临后,大约 6 月底出现,7 月盛发期,主要危害植株下部叶片。关于防治,从根源上讲,就得培育抗病品种。在分子生物学迅速发展的今天,各种抗性材料陆续被鉴定,各种抗病基因陆续被挖掘,针对西藏青稞白粉病的普遍性,利用西藏丰富的种质资源材料,白粉病抗病育种急需大力推进。

2 青稞白粉病研究进展

2.1 白粉病抗性材料筛选

大麦白粉病抗性材料筛选工作在全国一直开展,即使没有将抗白粉病列为育种目标的新品种,在示范推广前也要进行各种抗病性鉴定。这方面的研究较多,方法成熟,2000 年肖猛等^[5]对四川 180 份青稞材料进行田间白粉病抗性鉴定,发现 6 份具有抗性的材料,57 份中抗材料,裸大麦和多棱大麦中抗性材料较多,往往兼有早熟的特性。2002 年黄金堂等^[3]在全国选取 90 份涉及到 24 个省份的大麦材料进行白粉病抗性鉴定,发现高抗材料占 23.3%,感病材料占 47.8%,还发现裸大麦里抗性材料主要集中在六棱材料中。2013 年陈升位等^[6]对浙江、云南等地 294 份大麦资源在昆明进行白粉病抗性鉴定发现感病和高感材料占 85.71%。2014 年原红军等^[7]对 330 份青稞材料在西藏进行田间白粉病鉴定,发现发病材料和抗病材料基本各占一半,其中育成品种抗病材料偏多,占 51.52%;种质资源库材料感病材料偏多,占 52.27%;而国外材料中的感病材料较抗病材料要多,占到了 80%;在室内用营养钵种植所有供试材料,接种来自于田间病叶上的白粉病病菌,发现发病非常严重,绝大多数材料都受到感染,其中严重感染的材料占到 81.21%。2015 年在保山市对国家大麦区试品种进行白粉病抗性鉴定,参试品种 16 个中有 1 份为高抗,2 份中抗,其余均为感病类型,说明近年来国家大麦行业的新品种对白粉病的抗性并不突出^[8]。



1 闭囊壳;2 子囊及子囊孢子;3 吸器;4 分生孢子梗

1 closure shell; 2 sacs and sacral spores; 3 Suckers; 4 meristem

图 1 麦类白粉病原菌形态特征

Fig. 1 Morphological characteristics of pathogenic bacteria in wheat powdery mildew

所有筛选的材料都欠缺抗性机理研究,对材料的抗性没有从分子标记或更深的根源上分析,导致抗性材料利用还需进一步分析与选择。

2.2 白粉病分子机理、抗性基因研究进展

2003 年韩德俊等人对大麦白粉菌研究表明,侵染过程中,分生孢子萌发形成初生芽管和附着胞管,继而分化在植株表面形成附着胞,从而侵入植物细胞,在细胞内形成吸器,完成侵染。白粉菌是一种严格的活体寄生菌,具有寄生专化性^[9]。寄主植物中往往存在多种抗性基因(简称 *R* 基因),一般 *R* 基因呈紧密连锁并具有多个等位基因,大麦(青稞)对白粉病的抗性主要由专化 *R* 基因控制^[10],诱变德国大麦 Haisa 大麦隐性基因 *Mlo* 产生了光谱抗病性,随后很多科学家研究抗病品种中都发现了突变的 *Mlo* 基因^[11]。2006 年朱靖环等人认为大麦对白粉病的抗性分为三种类型:一是依赖小种特异性抗病基因产生的特异性抗性,二是依赖非小种特异性抗病基因 *Mlo* 基因产生的光谱抗性,三是依赖非小种特异性抗病基因产生的部分抗性。大麦对白粉菌的抗性主要由小种特异性抗病基因控制,已鉴定出 100 多个小种特异性抗病基因,如 *Mla*、*Mlat*、*MlGa*、*MlIn*、*Mlra*、*Mlg*、*MlBo*、*Mlh*、*MILa*、*MIHb*、*Mlt*、*Mlf* 等,每个基因位点可能含有多个等位基因,它们分布在特定的染色体上,大多与其他抗性基因成簇分布^[12-16]。

2013 年大麦白粉病病原菌完成测序,尽管白粉菌专性侵染某一类寄主,然而不同白粉菌在对其专性寄主的侵染过程却存在着共有的机制^[17]。2013 年沈前华等人通过对多个 *MLA* 的互作蛋白的筛选和蛋白互作研究,发现多个 *MLA* 蛋白与 *R2R3*-类型的 MYB 转录因子 MYB6 互作并增强后者的 DNA 结合能力,进而通过 MYB6 增强对白粉病的抗性^[18]。2014 年朱靖环等人又认为大麦白粉病抗性表现为种特异性和非种特异性抗性。种特异性抗性由单基因或主效基因控制,只对病原菌某一生理小种具有抗性,病原菌与寄主的关系符合“基因对基因”的关系;非种特异性抗性有多基因控制,能减缓多个小种在寄主表面的侵染和生长,表现数量性状抗性。遗传图谱的构建为基因定位研究提供了强有力支撑,图谱上包括的标记数越多、分布越均匀,则基因定位越精细^[19-20]。

目前,国内利用分子标记对大麦抗白粉病基因在染色体上作图定位和基因克隆分析研究不多,对白粉病的研究主要集中在产量影响巨大的瓜果蔬菜上,有很多的作物白粉病存在急需解答的基础理论工作。

2.3 西藏青稞白粉病研究现状

国内对大麦品种抗白粉病方面鉴定多,培育应用于生产的品种少,比如利用罗马尼亚早熟品种与本地农家品种作为亲本配置杂交组合,培育出抗白粉病品种莆大麦 4 号,随着莆大麦 4 号抗性减弱,又与木石港 3 号杂交选育出莆大麦 5 号,还有莆大麦 7 号、莆大麦 8 号等抗病品种^[21]。而西藏真正针对抗白粉病培育品种还未实施,在西藏经济落后,农牧民平均收入低的大背景下,主要开展高效、高产、优质育种,兼顾“粮草双高”的大局,目前大田主栽品种“藏青 2000”、“藏青 13”、“喜拉 22”等品种,都具有高产、“粮草双高”的特点,然而对白粉病的抗性较差。以“藏青 13”为例,田间观察白粉病情况发现极易感染,田间拔节期就下部叶片出现病斑,然而西藏气候温凉,通透性好,并不传染整株严重发病,后期旗叶没有感染,对产量影响不大。

针对西藏青稞白粉病普遍发生的现状,目前主要开展的研究处于起步阶段,育种工作者利用西藏丰富的种质资源,筛选出一系列抗性材料和敏感材料,每年 7 至 8 月在室内苗期进行白粉病人工接种测试,创制出一批抗性新材料,还没有应用于示范推广阶段,然而对抗/感病机理的研究已然默默开展,“十三五”西藏科技重大专项已在支撑青稞育种基础理论研究,其中白粉病感染过程中转录组、代谢组分析工作已在开展。

3 西藏青稞白粉病未来研究展望

西藏青稞白粉病抗病育种基础研究领域,主要还是考虑开展两方面的基础工作:一是白粉病病原菌小种类型的鉴定与针对性,这方面非常薄弱,植物病原菌有生理小种分化现象,同一地区不同年份导致白粉病的病原菌可能是不同的生理小种,不同地区相同或不同年份病原菌生理小种亦有不同,利用抗病基因培育抗病品种是以针对不同病原菌生理小种为前提的,掌握病原菌发展变化尤为重要^[22];二



图 2 西藏青稞种质资源材料室内苗期白粉病感染鉴定

Fig. 2 Identification of white powder disease infection in indoor seedlings of Tibetan barley germplasm resource materials

是抗病品种从什么样的亲本或材料开始着手,抗病品种要受到老百姓的喜爱,必须要有“粮草双高”的特点,还要符合种植区域的习俗,青稞在西藏有独特的文化属性,不仅在宗教领域有所用途,还在观念意识里对长在地里的穗型、芒长、籽粒颜色、磨成糌粑的颜色与口感等都有某种偏嗜性。

即使掌握西藏青稞白粉病的优势小种、筛选或创制的抗性材料都可用,也要考虑植物病害发展趋势,白粉菌基因组本身携带很多“寄生基因”的转座子,让病原菌有随时突变的能力,经过鉴定的优势小种很可能几年内就发生变化,要获得持久抗病性的青稞品种,必须要结合分子标记辅助选育,选择多基因联合抗病的品种,往往让新品种抗性能持久些。

参考文献:

- [1] 强小林, 顿珠次仁, 次珍, 等. 西藏青稞产业发展现状分析[J]. 西藏农业科技, 2011, 33(1).
- [2] 黄金堂. 大麦白粉病抗性的遗传分析[J]. 麦类作物学报, 2011(1): 35-40.
- [3] 黄金堂, 郭媛贞, 陈德禄, 等. 我国栽培大麦白粉病抗性特点分析[J]. 麦类作物学报, 2002, 22(1): 80-83.
- [4] 李扬. 青稞主要病虫害综合防治研究进展与发展方向[J]. 现代农业科技, 2016(1).
- [5] 肖猛, 唐子恺, 王永康, 等. 四川大麦种质资源抗白粉病鉴定[J]. 西南农业学报, 2000, 13(1): 83-86.
- [6] 陈升位, 王楠, 陈疏影, 等. 不同大麦品种的白粉病抗性鉴定和生态适应性评价[J]. 麦类作物学报, 2013, 33(3): 600-603.
- [7] 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.
- [8] 杨向红, 刘猛道, 字尚永, 等. 国家大麦区试品种白粉病抗性鉴定评价[J]. 大麦与谷类科学, 2015(4): 44-46.
- [9] 韩德俊, 李振岐, 曹莉, 等. 大麦抗白粉病基因 Mlo 的研究进展[J]. 西北植物学报, 2003, 23(3): 496-502.
- [10] Antonín Dreiseitl, Harold E. Bockelman. Sources of powdery mildew resistance in a wild barley collection[J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2003, 50: 345-350.

- [11] Piffanelli P, Ramsay L, Waugh R, et al. A barley cultivation-associated polymorphism conveys resistance to powdery mildew[J]. Nature, 2004, 430(7002): 887-891.
- [12] 朱靖环, 杨建明, 汪军妹, 等. 大麦抗白粉病研究进展[J]. 大麦与谷类科学, 2006(4): 41-45.
- [13] Jana Repková, Antonín Dreiseitl, Pavel Lízal, et al. Identification of Resistance Genes Against Powdery Mildew in Four Accessions of Hordeum Vulgare SSP. Spontaneum[J]. Euphytica, 2006, 151: 23-30.
- [14] J. Repková, A. Dreiseitl, P. Lízal. New CAPS marker for selection of a barley powdery mildew resistance gene in the Mla locus[J]. Cereal Research Communications, 2009(1): 93-99.
- [15] Anja Reinstödler, Judith Müller, Jerzy H Czembor, et al. Novel induced mlo mutant alleles in combination with site-directed mutagenesis reveal functionally important domains in the heptahelical barley Mlo protein[J]. BMC Plant Biology, 2010, 10: 31-44.
- [16] Xinwei Chen, Rients E Niks, Peter E Hedley, et al. Differential gene expression in nearly isogenic lines with QTL for partial resistance to Puccinia hordei in barley[J]. BMC Genomics, 2010, 11: 629-642.
- [17] Stéphane Hacquard, Barbara Kracher, Takaki Maekawa, et al. Mosaic genome structure of the barley powdery mildew pathogen and conservation of transcriptional programs in divergent hosts[M]. PNAS, 2013.
- [18] Cheng Chang, Deshui Yu, Jian Jiao, et al. Barley MLA Immune Receptors Directly Interfere with Antagonistically Acting Transcription Factors to Initiate Disease Resistance Signaling[J]. Plant Cell, 2013(3).
- [19] 朱靖环, 周益军, 杨建明. 大麦白粉病菌遗传学研究进展[J]. 植物保护学报, 2014, 41(1): 109-117.
- [20] 朱靖环, 华为, 尚毅, 等. 大麦抗白粉病基因分子标记应用研究进展[J]. 麦类作物学报, 2014, 34(6): 758-764.
- [21] 雷雪萍. 大麦品种白粉病抗性鉴定研究进展[J]. 现代农业科技, 2016(21).
- [22] Jeffery L D, Jonathan D G J. Plant pathogens and integrated defence responses to infection[J]. Nature, 2001, 411: 826-833.