

浅谈青稞病虫害防治及其分子机理研究进展

杨春葆^{1,2}, 曾兴权^{1,2}, 王玉林^{1,2}, 徐其君^{1,2}, 原红军^{1,2},
扎桑^{1,2}, 顿珠加布^{1,2}, 尼玛扎西^{1,3*}

(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 850002; 3. 西藏自治区农牧科学院, 西藏 拉萨 850002)

摘要:青稞作为藏区群众的基本口粮,其高产稳产优质对于整个藏区的人民生活幸福和社会稳定具有重要意义。但是病虫害的发生一方面导致青稞产量下降,另一方面对青稞的品质也造成影响。本文对青稞常见病虫害进行介绍并简述防治措施,并对当前关于病虫害的相关分子机理研究进行了简单的阐述,为青稞病虫害的防治提出一些建议。

关键词:青稞;病虫害;防治;分子机理

中图分类号:S435.129 文献标识码:A

Discussion on Prevention of Diseases and Insect Pests and Molecular Mechanism Research of Hulless Barley

YANG Chun-bao^{1,2}, ZENG Xing-quan^{1,2}, WANG Yu-lin^{1,2}, XU Qi-jun^{1,2},
YUAN Hong-jun^{1,2}, Zhasang^{1,2}, Dunzhujabu^{1,2}, Nimazhaxi^{1,3*}

(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 850002, China; 3. Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences (TA-AAS), Tibet Lhasa 850002, China)

Abstract: Hulless barley is basic grain ration for the Tibetan people, its high and stable yield, excellent quality play an important role in people's happy life and social harmony and stability. But the prevalence of disease and insect pests presents a major threat. On the one hand, it cause the yield of hulless barley decreasing, on the other hand it lower the grain quality. In this study, we introduced the different types of disease and insect pests of hulless barley production and the comprehensive prevention and control measures. Beyond that, the current research on molecular mechanism of diseases and insect pests is briefly described. We hope that it can provide some help in disease and pest control.

Key words: Hulless barley; Diseases and insect pests; Prevention and control

青稞,禾本科大麦属,主要种植于我国西藏、青海、四川、云南等地,是当地藏族人民的主要口粮^[1],同时也是低脂低糖的饲料的理想来源^[2]。除此之外,其秸秆还可作为优质饲料喂养家畜^[3]。随着经济和社会的发展,对于青稞的研究也愈加深入,其营养品质也不断提升^[4],青稞也不单单只是初加工为糌粑和青稞酒,青稞啤酒、青稞挂面、青稞麦片已经青稞保健品相继出现^[5],整个青稞产业呈现蓬勃生机,对于整个藏区农业和社会的发展具有十分

重要的意义^[6]。

青稞病虫害的发生严重制约着青稞的高产稳产^[7],据统计,病虫害每年平均会造成 10 % ~ 20 % 的产量损失^[8-9],因此,对于病虫害的防治是青稞生产活动中十分重要的环节。本文对青稞主要病虫害及其相关防治措施进行介绍,并对当前抗病虫害分子机制进行探讨,为青稞的病虫害防治提供建议。

1 青稞病害

1.1 条纹病

条纹病又称为条斑病,由麦类核腔菌诱发的真菌性病害^[10],从幼苗期至成熟期都可以发病,主要危害为叶片和叶鞘,其在幼苗时期就可显现,主要表现为其在叶子上出现淡黄色的斑点或者叶脉平行的

收稿日期:2018-09-12

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:杨春葆(1988-),男,硕士,助理研究员,主要从事青稞遗传育种研究,E-mail:yangchunbaohnb@sina.cn,*为通讯作者。

小条纹,随着青稞的逐渐成熟,斑点和条纹逐渐增大,青稞分蘖期,条纹从叶片基部至叶片顶端分布整个叶片并与叶脉平行,病斑颜色加深变为深褐色,青稞拔节抽穗期,病原菌分生形成分生孢子,病斑边缘长出黑色霉层,内部形成草黄色。病程后期,病斑部位缺水破裂^[11]。条纹病植株相较于正常高度较矮,且抽穗受到严重影响,少量能抽穗也不能结实。

条纹病的传播途径主要是病菌以休眠菌丝潜伏在种子中,且需要在幼苗出土前完成侵染,因此对于青稞条纹病的防治一方面需要做好预防措施,建设无病害青稞留种田,培育无病害种子。在播种之前,挑选籽粒饱满、发芽率高的种子,并对种子进行处理,晒种 2 d,并用温汤浸种法浸泡种子,提高青稞发芽率,用 0.10 % 羟锈宁可湿性粉剂或 0.30 % 的粉锈宁拌种,对条纹病进行防治^[12]。另一方面,选择合适的播种时机和播种策略。条纹病的发病与土壤的温度和湿度有着很大关系,土温在 5 ~ 13 ℃ 时发病较严重,适时晚播可以降低发病率。同时,在播种时选择浅播,促进植株尽快出苗,对于已经感染的幼苗植株,及时拔除。对于发病较严重的区域,在青稞抽穗至灌浆期选取多菌灵、托布津等进行药物喷洒。

在对条纹病的抗病分子机理研究早在 1930 年已经开始,Isenbeek^[13]用菌丝体侵染法和分生孢子侵染法对感病和抗病的杂交并对其后代进行鉴定,推断其抗病基因可能是显性的。Skou 和 Haahr^[14]在研究中获得特殊抗病材料 Vada,在随后研究中,鉴定到了位于第二号染色体上的 Rdg1a 基因,对大麦抗病具有显著作用。利用 SSR 关联大麦条纹病的抗病基因研究中,司二静等^[15]通过关联分析,鉴定到了 5 个标记与大麦条纹病抗性性状关联,解释率在 6.20 % ~ 11.15 %,其中 TACMD 和 MGB317 达到极显著水平

1.2 黑穗病

青稞黑穗病又叫做火烟包,是青稞普遍存在的一种病害,一旦发生,对于产量可以造成高达 20 % 的减产^[16]。青稞黑穗病主要分为散黑穗病和坚黑穗病。坚黑穗病病原为大麦坚黑粉菌,属于担子菌亚门、黑粉菌属。其发病症状在种子上表现为种皮及内外颖结成紧实黑粉装,即厚垣孢子堆,外包一层坚硬的银灰色半透明薄膜,初呈现青灰色,后为银灰色,较为坚硬。因为病粒内部厚垣孢子相互粘结,很紧,不易破碎,故称为坚黑穗病。其植株发病于穗部,病株矮小,抽穗较晚,病穗不完全抽出。散黑穗病病原为裸黑粉菌,担子菌亚门、黑粉菌属。其孢子堆生在花器上,破坏全部小穗,发病初期病穗外形成

灰白色薄膜,病穗在未出苞叶前内部穗已经变成黑粉,当露出苞叶时,黑粉散出,病穗完全抽出后,黑粉被吹散,只剩穗轴。当一株发病后,其主茎和所有分蘖都会出现病症。已有研究证明,散黑穗病孢子寄生具有转化现象,大麦上的病菌可以侵染小麦,但是小麦上的病菌不能侵害大麦^[17]。在青稞的黑穗病中,散黑穗病占绝大多数。

青稞黑穗病是幼苗侵染型病害,只在幼苗期侵染一次,带病菌种子是青稞黑穗病的传播途径。因此在青稞黑穗病的防治方面,首先培育和选用抗病品种,挑选不带菌的种子,在播种前进行种子包衣处理或者药剂拌种十分重要。卫福拌种剂具有很好的防治效果。对于已经发病的植株应该及时清理,在清理可以利用塑料袋等防止黑粉扩散,对于病株集中深埋或者焚烧,以降低对土壤和种子的污染,降低第二年发病率。同时,可以采取轮作等措施,降低土壤中的菌数,防治黑穗病。

对于黑穗病的研究,诸多集中在玉米和甘蔗的研究中。在玉米的丝黑穗病研究中,梅振邦最早提出玉米丝黑穗病的抗性属于细胞核遗传,抗性呈不完全显性^[18]。随后不同的研究对玉米抗丝黑穗病基因的遗传方式进行不同的探讨,QTL 应用之后,Lubberstedt^[19]相继定位到不同的抗性 QTL,可解释 13 % ~ 44 % 的表型变异。ZmNL 等抗丝黑穗病基因也被克隆鉴定到,为整个玉米育种提供了理论基础。对于甘蔗抗黑穗病,不同学者间对抗黑穗病的遗传力估值差异较大,但普遍认为是中度或高度可遗传的^[20]。随后研究中,14-3-3 等基因^[21]被克隆鉴定出与甘蔗的抗黑穗病相关。表观遗传学的一些相关研究也有所展开^[22]甘蔗受黑穗病菌胁迫下 microRNA 差异表达及其靶基因功能分析

1.3 白粉病

白粉病是大麦重要病害之一,严重影响大麦的产量和品质,影响严重的年份产量损失可高达 40 %^[23]。大麦白粉病是由布氏白粉菌大麦专化型引起,属于子囊菌纲白粉菌目。白粉病可发病于植株地上各个器官,以叶片为主,植株茎秆发病也较多。在发病较为严重的植株上,其颖壳和芒也有病症出现^[24]。在发病初期,在叶片上表现为白色霉点,随后逐渐扩大形成近圆形白色霉斑,表面有一层白粉,即该菌的菌丝和分生孢子,轻微的晃动或者借助风吹,白粉就会飞散。随着植株的成熟,病斑有白色转为褐色,并且会在病斑上散生一些小黑粒,即病原菌的闭囊壳。

白粉病的发生由诸多因素造成,一方面暖冬和

早春多雨造成白粉病发生,同时施肥量的增加,尤其是氮肥的用量过大导致植株长势柔嫩^[25],一旦发病,极易造成流行。另外播种量过大群体偏大,造成植株基部通风透光不足,也导致了白粉病的发生和蔓延。因此对于大麦白粉病的防治,一方面选育抗病品种,康青9号等在抗白粉病方面都有较好的表现。同时合理施肥,适量施氮肥,增加磷肥、钾肥的施用,提高植株的抗病性。采取合理的栽培措施,合理密植,增加田间通风透光。对于已经发病的植株,选用粉锈宁,在发病之后病情剧增之前使用。

大麦对白粉病的抗性主要是由小种特异性抗病基因控制,已经鉴定出多种抗病基因,其中 *Mla* 基因座的研究最早,也是发现最多的基因座,其中有 28 个等位基因已经被验证^[23]。分子标记技术的逐步成熟,RFLP、AFLP、SSR、CAPS 等分子标记的逐步开发,为大麦抗白粉病基因的鉴定、定位、克隆提供了巨大帮助。Schonfeld 等通过构建 RFLP 分离群体,鉴定到了 3 个新的抗病基因:*mlt*、*Mlf*、*Mj*^[26]。对抗白粉病基因定位方面,利用图位克隆已经鉴定到了 *mlo*、*Mla1* 等不同的抗白粉病基因,并对其编码的蛋白等也有部分研究。

2 青稞虫害

2.1 蚜虫

蚜虫是一类植食型昆虫,蚜虫属于半翅目下胸喙亚目下的蚜总科,对于麦类蚜虫而言,主要是麦二叉蚜和麦长管蚜。蚜虫对大麦的危害主要两种形式,一种是直接取食大麦的茎秆、叶片、幼穗的汁液,造成植物损伤。苗期受害轻者叶色发黄、生长停滞,重者枯萎死亡,穗期发病,导致籽粒不饱满甚至不结实。另外一种是以蚜虫为载体传播小麦病毒病,其中以黄矮病最为严重^[27]。对蚜虫的防治主要是药物防治,吡虫啉等被广泛应用于蚜虫的防治,除此之外,利用蚜虫的一些天敌,例如寄生蜂、食蚜蝇等进行生物学防治,对蚜虫的繁衍也有着很好的效果。

蚜虫的抗性基因的研究在诸多植物中都有所展开。在拟南芥中,人们发现 *AtMYB44* 通过调控乙烯信号通路而参与植物抗虫的能力^[28]。*PERK2* 是拟南芥抗蚜虫的功能基因^[29]。除此之外,植物凝集素基因(PPA)也会增加拟南芥的抗虫能力^[30]。对棉花的抗蚜虫研究中,一方面可以通过转基因抗虫基因从而达到抗虫的目的,另一方面,通过 RNAi 技术,即通过转基因,使植物表达高效 dsRNA,蚜虫进食后,在体内发生 RNAi,从而达到抗虫目的^[31]。在小麦抗蚜虫研究中,SSR 分子标记定位到了诸多与

抗蚜虫相关的基因位置,其中 *Xgwm111* 标记与 *Dn1*、*Dn2*、*Dn5* 等小麦抗蚜虫基因紧密连锁。在小麦抗蚜虫的研究中,一些转基因材料和 RNAi 材料也相继出现。

2.2 粘虫

粘虫又名行军虫、剃枝虫、五色虫等,是鳞翅目夜蛾科害虫^[32]。其危害主要在于幼虫时期对青稞地取食。1~2 龄时,主要藏于青稞叶心和叶鞘中,此时取食量较小,多为椰肉残留表皮,造成半透明斑点。在幼虫长至 5~6 龄时,蚕食整个叶片,严重者会导致青稞穗折断,严重危害青稞产量。对于粘虫的防治,一方面采用药物防治 敌百虫粉剂、辛硫磷乳油、氧乐氰乳油等都有较好的效果,另一方面采取补捕捉成虫采集虫卵杀灭幼虫相结合的办法,在成虫产卵高峰期,田间卵块集中采集带出田外集中处理。

对粘虫的抗性分子机理研究主要侧重在转基因技术的应用。在玉米对粘虫的抗性研究中,常雪转^[33]等证明转 *cry1Ab* 基因玉米对各龄的粘虫幼虫都有很高的杀虫作用和田间控制作用。在水稻的转基因研究中,高建华^[34]等将两种 Bt 蛋白 *Cry1Ab*、*Cry9Aa* 融合,发现融合蛋白对四中害虫的生物活性远高于混合处理,为水稻提供了良好的抗虫性能,具有较大应用潜力。除了对转基因应用外,对于蚜虫的基因组研究也较多。对蚜虫的过氧化氢酶基因、*CYP6AE88*、*CYP332A1* 等基因也相继被定位和克隆到。对于蚜虫基因组信息的挖掘,可以从另一方面挖掘抗蚜虫的新途径。

3 结论与讨论

青稞的高产稳产对于整个藏区的生产活动具有十分重要的意义,但是病虫害的发生对产量都会造成损失,因此对于整个青稞生产过程中的病虫害防治就尤为重要。除了传统的药物防治外,更加环保、有效的防治措施也应该被广泛应用。一方面,加大投入,培育高效的抗病虫品种,加大对病虫害发生的分子机理研究,阐明病虫害发生机制,分子标记辅助育种,培育新型品种,另一方面,采取合理的栽培措施,探究合适播种时间和田间施肥方案,同时间作、套作、轮作等不同栽培策略的相互应用,减少病害的发生。除此之外,一些生物防治手段,例如一些害虫天敌的适当运用也可以降低病虫害的发生和农药的使用。当然,传统的药物防治也不能一味摒弃,研发高效、环保、低残留、易降解的农药,使其既清除病虫害又不对环境造成危害。病虫害的防治需要从各个

方面共同努力,共同做好防治措施,保障青稞地高产稳。

参考文献:

- [1] 强小林,迟德钊,冯继林,等. 青藏高原区域青稞生产与发展现状[J]. 西藏科技, 2008(3): 11-17.
- [2] 臧靖巍,阚建全,陈宗,等. 青稞的成分研究及其应用现状[J]. 中国食品添加剂, 2004(4): 43-46.
- [3] 吴昆仑,迟德钊. 青海青稞产业发展及技术需求[J]. 西藏农业科技, 2011(1): 4-9.
- [4] 吕远平,熊荣君,贾利蓉,等. 青稞特性及在食品中的应用[J]. 食品科学, 2005(7): 266-270.
- [5] 吴昆仑. 青稞功能元素与食品加工利用简述[J]. 作物杂志, 2008(2): 15-17.
- [6] 强小林,迟德钊,冯继林. 青藏高原区域青稞生产与发展现状[J]. 西藏科技, 2008(3): 11-17.
- [7] 李杨. 西藏自治区青稞病虫害绿色防控现状及对策[J]. 现代农业科技, 2018(12): 132-133.
- [8] 王才桑洁. 青稞常见病虫害的发病规律与防治方法[J]. 农业工程技术, 2018(2): 22.
- [9] 李吉有. 青海民和县青稞种植常见病虫害的防治措施[J]. 农业工程技术, 2017(29): 26.
- [10] 雄奴塔巴. 大麦条纹病发生特征及防治措施[J]. 西藏农业科技, 2005(4): 15-18.
- [11] 尚朝花,马钟辉,保积玲,等. 青稞条纹病的诊断及无公害综合防治技术[J]. 现代农业科技, 2007(18): 81.
- [12] 闫佳会,姚强,郭青云,等. 4 种种衣剂对青稞条纹病的防治效果[J]. 植物保护, 2016(2): 233-236.
- [13] Isenbeck K. Untersuchungen über Helminthosporium gramineum Rabh. im Rahmen der Immunitätszüchtung[J]. Journal of Phytopathology, 1930(11): 503-555.
- [14] Giese H, Holm-Jensen AG, Jensen HP, et al. Localization of the Laevigatum powdery mildew resistance gene to barley chromosome 2 by the use of RFLP marker[J]. Theoretical and Applied Genetics, 1993(85): 897-900.
- [15] 司二静,赖勇,孟亚雄,等. 大麦遗传多样性及 SSR 标记与大麦条纹病抗性关联分析[J]. 农业生物技术学报, 2015(2): 193-202.
- [16] 次珍. 西藏青稞黑穗病的发生与防治[J]. 西藏科技, 2016(7): 7, 13.
- [17] 王玉林,徐齐君,曾兴权. 西藏青稞黑穗病的发生和防治[J]. 西藏农业科技, 2013(2): 34-38.
- [18] 曹如槐,任建华,王晓玲. 玉米对丝黑穗病抗性遗传规律[J]. 植物病理学报, 1986(2): 31-36.
- [19] Lubberstedt T, Tan G, Liu X, et al. QTL mapping of resistance to *Sporisorium reilianum* in maize[J]. Theoretical and Applied Genetics, 1999(3): 593-598.
- [20] 许莉萍,陈如凯. 甘蔗抗感黑穗病池的构建和抗病基因分子标记[J]. 植物病理学报, 2002(1): 94-95.
- [21] 肖新换,阚万才,黄宁,等. 与甘蔗抗黑穗病性相关的 14-3-3 基因的克隆和表达分析[J]. 热带作物学报, 2016(1): 107-116.
- [22] 张玉叶. 甘蔗受黑穗病菌胁迫下 microRNA 差异表达及其靶基因功能分析[D]. 福建:福建农林大学, 2015.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] 杜娟,王建军,曾亚文,等. 高密度高氮肥对大麦白粉病抗病性及产量性状的影响[J]. 浙江农业学报, 2011(1): 117-121.
- [26] 刘联正,李华,睿钟,等. 小麦抗白粉病基因 SSR 标记定位[J]. 西北植物学报, 2012(7): 1322-1327.
- [27] 朱宏志. 麦病防治小麦白粉病和小麦蚜虫田间试验[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2000(2): 126-127.
- [28] 蔡洪生. 小麦 TaMYB3R1 抗逆功能与转 Hpa10-42 小麦对赤霉病和蚜虫抗性的初步研究[D]. 南京农业大学, 2011.
- [29] 陈曦,冯辉,张金凤,等. 拟南芥抗根结线虫和蚜虫的功能基因鉴定[J]. 江苏农业学报, 2015(6): 1250-1256.
- [30] 王珊珊. 抗蚜虫 PPA 基因的拟南芥转化及验证[D]. 河北科技大学, 2011.
- [31] 高朝宝. 利用 RNAi 技术抗棉蚜的研究[D]. 石河子大学, 2011.
- [32] 郭海鹏,冯小军,卫军锋. 陕西夏播玉米粘虫发生危害和防治技术[J]. 陕西农业科学, 2013(6): 242-243.
- [33] 常雪,常雪艳,何康来,等. 转 cry1Ab 基因玉米对粘虫的抗性评价[J]. 植物保护学报, 2007(6): 225-228.
- [34] 高建华. 两种 Bt 融合基因抗虫性能及其转基因水稻的研究[D]. 杭州:浙江大学, 2011.