

# 玉米抗病性育种策略与方法研究

宋 波

( 沈阳农业大学附属实验场 辽宁沈阳 110866 )

**摘 要:** 玉米是我国重要粮食作物之一, 玉米生产的安全关系到国家粮食安全和社会稳定。随着经济社会发展, 我国玉米生产也面临着严峻的生态环境和重大病虫害威胁, 抗病育种已成为玉米育种工作的重点。本文在系统分析我国玉米种质资源抗病性遗传基础和抗性评价研究现状的基础上, 提出了抗病虫育种应以抗病育种为主导方向, 以抗病虫基因的分子标记辅助选择为主要手段, 并提出了抗病育种策略。

**关键词:** 玉米、抗病性育种、策略方法

## 一、玉米抗病性

玉米是我国三大粮食作物之一, 在我国粮食安全中占有重要地位, 其生产安全与国家粮食安全、社会稳定密切相关。玉米病害种类较多, 由于玉米育种方法和技术的限制, 对其病害的认识还不够充分, 在玉米抗病育种中仍然存在一些问题。我国虽然是世界上玉米种植面积最大的国家, 但在品种选育过程中, 由于缺乏系统性和综合性的抗病虫种质资源收集与评价体系, 导致玉米在生产上对一些主要病害缺乏抗性。由于我国幅员辽阔, 各地气候条件差异较大, 育种材料来源广泛, 传统的玉米种质资源收集方法难以满足当前和今后生产上对抗病虫害种质资源的需要。随着现代生物技术的快速发展, 为育种家提供了丰富的抗病虫基因资源和遗传背景。但由于传统育种方法的限制, 许多抗病基因尚未被挖掘和利用。因此, 应加强对抗性基因发掘和利用技术研究。

玉米苗期主要病害是玉米螟、小斑病、茎腐病和弯孢霉叶斑病等, 而这些病害可以通过种植抗病品种来防治。但玉米生产上一般采用种植抗病品种来防治病虫害, 由于种植抗病品种需要进行育苗移栽并增加了管理成本, 导致生产成本增加, 因此玉米生产上很少采用抗病品种。近年来玉米螟、小斑病、茎腐病和弯孢霉叶斑病等病害有加重的趋势。由于缺乏有效的抗病虫品种选育技术体系, 目前生产上主要采用种植抗病品种来防治病虫害。虽然有些地区有一定的病害发生频率, 但由于缺乏有效的栽培措施和管理技术, 玉米生产上大面积发生病害的现象仍然时有发生。我国虽然已有较为系统、科学、规范的玉米抗病虫鉴定方法和指标体系, 但由于鉴定指标较少且单一、可操作性差等原因导致检测结果难以准确反映玉米植株的抗病性状况。随着玉米生产品种数量不断增加和种植密度不断加大, 病害发生频率也随之增加。目前我国对玉米植株抗性进行鉴定主要依赖人工接种方法和一些简单、便捷的田间抗病性鉴定方法。

由于玉米种质资源遗传多样性丰富且具有丰富的抗病基因资源和抗病资源基因库; 我国已选育出一批对不同玉米病害具有广谱抗性的抗病品种; 因此通过加强对玉米种质资源的评价和利用已成为玉米抗病虫育种工作的重点之一。

## 二、抗病育种的方向与目标

玉米是世界上重要的粮食作物之一, 玉米病害种类繁多, 且发生频繁。我国玉米病害种类主要有大斑病、小斑病、丝黑穗病、纹枯病、玉米螟、弯孢菌叶斑病和南方锈病等。我国玉米病虫害发生情况主要有以下几个特点: 一是由单一病害向复合侵染发展; 二是由低致病性向高致病性转变; 三是由普通病害向复杂病害发展, 如黑粉病、锈病和纹枯病等; 四是由常规品种向转基因抗病虫品种发展。

近年来, 随着我国玉米生产的发展, 玉米病害发生呈现出新的

特点, 主要表现为: 一是由单一病害向复合侵染发展, 如玉米大斑病、小斑病、锈病和纹枯病等复合侵染; 二是由低致病性向高致病性转变, 如玉米螟、弯孢菌叶斑病和南方锈病等复合侵染; 三是由普通病害向复杂病害发展, 如南方锈病、黑粉病和纹枯病等复合侵染。因此, 抗病虫育种必须从抗病育种为主导方向, 并结合抗病虫基因的分子标记辅助选择等技术来实现。

玉米病害是影响玉米产量的最重要因素之一。我国玉米生产长期依靠种植抗病品种, 但由于长期单一种植, 抗病品种在推广面积减少的同时还会出现许多新的病害。特别是近年来南方多地频繁发生的青枯病和大斑病对玉米生产构成严重威胁。青枯病是我国南方玉米产区最主要的病害之一, 常常导致减产 10%~20%, 甚至绝收。南方锈病也是我国南方玉米产区重要的病害之一, 严重影响产量和品质。其中锈病是由锈菌引起的一种重要的土传病害。我国南方地区常年发生锈病, 对玉米产量和品质构成严重威胁。

当前, 我国玉米生产面临的主要病害为青枯病、大斑病、丝黑穗病、黑粉病和纹枯病等, 这些病害严重影响了玉米生产和玉米品质。同时随着经济社会的发展和生态环境变化以及科学技术不断进步, 各种生物灾害也在增加, 如草地贪夜蛾、粘虫等生物灾害已经成为影响我国玉米生产安全的重要因素之一。这些因素使抗病育种在未来发展中占据着更加重要的位置。

目前, 我国农业科学家正围绕提高抗病虫能力、简化抗病虫遗传基础、克服抗病虫基因功能分化等方面进行研究。开展抗病基因功能分析和利用研究是利用抗病资源和创制抗病材料的基础; 开展抗病种质资源与优良亲本资源鉴定与聚合利用研究是培育新品种、提高种子质量和效益的重要途径; 开展抗病育种基础研究是培育高产、优质、高效玉米新品种的关键; 开展抗性分子标记辅助选择及新抗源创制是解决我国玉米生产上重大病害防治问题的重要途径。因此, 今后我国玉米抗病育种应以提高抗性能力为核心目标, 以抗病虫基因的分子标记辅助选择为主要手段。根据不同病害或品种类型来选择抗病虫品种或选育配套系; 根据不同区域来选择抗病虫品种或选育配套系; 根据不同时期来选择抗病品种或选育配套系; 根据不同生育时期来选择抗病性等。在抗病育种过程中, 要结合育种目标和环境条件综合考虑, 以获得高效、优质、抗病虫的玉米新品种。

## 三、抗病虫基因的分子标记辅助选择

抗病基因的分子标记辅助选择是利用分子标记进行玉米抗病虫育种的重要途径之一, 主要包括分子标记辅助选择抗虫基因型。玉米的抗病基因有天然和人工选育两种类型。天然抗病基因是指来自于自然界中存在的病原微生物, 如白粉病原菌、叶斑病原菌、瘤黑粉病原菌、褐斑病原菌、大斑病原菌和小斑病原菌等。人工选育的

抗病虫基因是指从育种亲本中选择获得的抗病基因,如高抗玉米茎腐病基因 CmRBC3、CmRBC4 和高抗玉米粗缩病基因 CmRBC6,抗玉米丝黑穗病基因 BtNZ1-1 和 BtNZ1-2,抗玉米矮花叶病基因 Xa23、Xa26 和 Xa27,抗玉米弯孢叶斑病基因 Xa21 等。

分子标记辅助选择是利用生物信息学分析方法,根据生物分子标记与目标性状之间的遗传关系,利用分子标记对目标性状进行辅助选择。分子标记辅助选择的原理是利用生物信息学分析手段,分析和挖掘与目标性状相关的遗传标记和功能标记,并将其转移到杂交组合中,用以筛选杂种优势群,选择优势组合进行育种。利用分子标记辅助选择技术开展玉米抗病虫育种,具有操作简便、费用低廉、效益高等特点。近几年来,国内外利用分子标记辅助选择方法开展了大量研究工作,取得了一批重要成果。主要表现在:(1)将分子标记技术应用于玉米抗病育种。研究表明:将 EST-SSR、AFLP 和 ISSR 等分子标记技术应用于玉米抗病育种是可行的;(2)通过检测抗病虫基因与靶标基因之间的遗传距离,利用连锁不平衡分析方法对其进行了研究;(3)将分子标记技术与常规育种技术相结合。例如,在玉米育种中利用分子标记辅助选择与常规育种相结合的方法,可以加快育种进程、缩短育种年限、降低育种成本;(4)利用分子标记辅助选择与常规育种相结合的方法,可以有效提高抗病种质资源的选育效率和抗病虫品种选育效率。

目前已成功地应用于玉米抗病育种的分子标记主要包括:(1)AFLP、ISSR 和 EST-SSR 等分子标记技术。(2)GAPDH、Bt 和 Xa26 等基因的分子标记。(3)已克隆了多个与抗病虫基因连锁的 SSR 或 SNP 标记。其中,抗病基因的分子标记主要用于抗纹枯病和抗玉米大斑病基因型的鉴定;抗丝黑穗病基因的分子标记主要用于抗玉米弯孢叶斑病和抗玉米大斑病基因型的鉴定。

#### 四、抗病育种的主要方法和途径

目前,我国玉米抗病虫育种应以抗病育种为主导方向,以抗病虫基因的分子标记辅助选择为主要手段,结合常规育种技术和杂交种技术,选育抗病虫的玉米新品种。其中,抗病育种是最主要的抗病育种途径。玉米的主要病害有青枯病、丝黑穗病、玉米螟、大斑病和茎腐病等,在生产中除栽培措施外,目前没有更好的防治方法。而抗病品种是有效防治这些病害的主要措施。玉米的抗病基因主要是由大斑病、小斑病、茎腐病、穗腐病、灰斑病和粗缩病等主要病害产生的一些抗病基因。通过抗病品种来防治病害,可以在一定程度上减轻病害对产量和品质的影响。常规育种技术:主要包括传统杂交、回交和自交等;分子标记辅助选择:通过基因型检测和表型鉴定相结合的方法来鉴定玉米抗性基因;杂交种技术:主要包括常规杂交技术和多亲本杂交技术;常规育种与分子标记辅助选择相结合;生物技术与传统育种相结合:例如生物技术包括转基因技术、基因组学等。

#### 五、抗病育种策略与主要技术方法

随着玉米抗病虫研究的深入,许多重要的抗性基因已被克隆和鉴定。目前,国内外的许多抗病品种已经通过多个生态区、不同条件的种植鉴定,并且表现出对多种重大病虫的抗性。因此,今后的育种工作应以抗病育种为主导方向,突出种质资源评价、分子标记辅助选择和基因聚合改良等育种方法,不断培育出具有较高抗病性的品种。

为充分利用抗病基因资源,在育种过程中,通过对抗病基因进行分子标记辅助选择来加快育种进程,以缩短育种年限。目前,已经初步筛选出一批具有重要应用价值的抗病虫基因。在此基础上,采用现代分子技术和生物技术(如转基因、基因编辑、蛋白质组学等)

手段将这些抗病虫基因导入到现有玉米品种中。转基因抗病虫品种具有对多种重大病虫的抗性优势,能够有效地提高玉米产量和品质;而基因编辑、蛋白质组学等生物技术手段则可以提高作物基因组信息和表达的精确性和可靠性。

基因编辑技术是指通过对基因进行操作,使其发生特定突变或功能丧失的方法。基因编辑技术在农作物抗病育种方面有着广阔的应用前景。目前,在玉米中开展了一些研究,但多限于对玉米小斑病、丝黑穗病、穗腐病、粗缩病等重要病害的抗性,而对于玉米穗腐病、丝黑穗病等抗病能力差的病害尚未开展相关研究。然而,通过基因编辑技术可以有效地解决上述问题,提高玉米对重大病害的抗性。此外,通过基因编辑技术还可以增强玉米对蚜虫等害虫的抗性。

与传统的生物技术方法相比,基因编辑技术具有以下特点:一是编辑效率高;二是操作简单、成本低;三是安全性高;四是适用范围广;五是可实现基因功能的精细调控;六是可利用基因工程手段定向改良作物性状。因此,应用基因编辑技术育种具有高效、精准、经济等优势,不仅可以加快育种进程,而且可以缩短育种年限。

蛋白质组学是从整体水平研究蛋白质的结构、功能、变化及其分子机制的科学。它是近几年迅速发展起来的一门学科,是 20 世纪 90 年代后期兴起的一门新兴学科,其研究对象包括动植物、微生物等整个生命过程中所合成和降解的所有蛋白质。近年来,蛋白质组学技术在玉米抗病研究中已取得了很大进展,尤其是蛋白质组学技术在鉴定和分析植物抗病基因及其相关蛋白方面发挥着越来越重要的作用。蛋白质组学是从整体水平研究蛋白质,包括基因表达、翻译后修饰、酶解及产物功能等的系统科学。与传统遗传学方法相比,蛋白质组学技术具有高效、灵敏、精确等优点,可从整体水平上分析蛋白质功能,可揭示植物在生理过程中的作用机制。随着研究手段的不断改进和完善,蛋白质组学技术在玉米抗病虫研究中将发挥越来越重要的作用。总之,通过蛋白质组学技术可全面揭示作物在逆境条件下蛋白质合成与降解、防御等方面的分子机制,从而为玉米抗病虫育种提供新的理论依据和技术支持。

#### 六、存在的问题及发展趋势

我国是世界上最大的玉米生产和消费国,玉米育种工作一直在围绕抗病育种开展,但是对抗病基因的挖掘、利用工作尚处于起步阶段。目前,我国对玉米抗病虫基因的挖掘工作还主要停留在抗病虫基因的聚合上,而对抗病性的机理研究较少,不能满足抗病育种实践中所需要的基础研究。因此,应加强对抗病基因的机理研究,从分子水平上揭示玉米抗病虫的机理,为玉米抗病虫育种提供理论基础。利用分子标记辅助选择技术,对不同玉米品种或品系进行抗病/病害基因定位和聚合,提高抗性育种效率。因此,利用分子标记辅助选择技术培育抗病品种将成为今后一段时期内育种工作的重点。

#### 参考文献:

- [1]曹治彦.高产多抗玉米种质资源创新与新品种选育.河北省.邢台市农业科学研究院,2021-12-07.
- [2]何俊峰,赵兴彦,郭宝贵等.东北地区玉米育种材料的选用及选系方法[J].农家参谋,2022(11):46-48.
- [3]赵东波,管培燕,王春雨等.双向轮回选择为核心的玉米育种体系构建[J].玉米科学,2022,30(04):16-21.
- [4]王鹏,姚平,李仕伟等.提高玉米育种效率的技术途径与策略[J].现代园艺,2022,45(16):54-56.
- [5]鱼亚兰,李玉亮,李瑞淑等.如何有效提高玉米育种效率的思考[J].黑龙江粮食,2022(08):39-41.