

文章编号: 1005-0906(2008)05-0037-05

# 玉米抗病性遗传改良

荆绍凌<sup>1</sup>, 赵树仁<sup>2</sup>, 叶青江<sup>3</sup>, 孙志超<sup>1</sup>, 李淑华<sup>1</sup>

(1. 吉林省农科院玉米所, 长春 130124; 2. 公主岭市大榆树镇农业站, 吉林 公主岭 136100;

3. 白城市洮北区农业局, 吉林 白城 137000)

**摘要:** 阐述了玉米主要病害玉米大小斑病、丝黑穗病、黑粉病、茎腐病(青枯病)、弯孢叶斑病、灰斑病、锈病、矮花叶病、穗粒腐病的病原菌及其流行情况。提出抗性遗传特性和研究进展、抗源的收集筛选和品种抗病性选育改良方法。

**关键词:** 玉米抗病性; 遗传改良; 抗性育种; 品种选育

**中图分类号:** S513.034

**文献标识码:** A

## Genetic Improvement of Maize Resistance

JING Shao-ling<sup>1</sup>, ZHAO Shu-ren<sup>2</sup>, YE Qing-jiang<sup>3</sup>, SUN Zhi-chao<sup>1</sup>, LI Shu-hua<sup>1</sup>(1. *Maize Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130000;*2. *Agriculture Station of Dayushu Town, Gongzhuling City, Gongzhuling 136100;*3. *Agriculture Bureau of Taobei District, Baicheng City, Baicheng 137000, China*)

**Abstract:** In this paper the main diseases of corn were elaborated on: Corn northern leaf blight, Corn southern leaf blight, Corn head smut, Corn smut, Corn stem rot (Corn stalk rot), Curvularia leaf spot of Corn, Gray leaf spot of Corn, Corn rust disease. Dwarf mosaic disease of Corn, Corn ear rot and their pathogens and prevalence. It indicted the genetic characteristics of resistance and research progress, the collection and screening of resistant resources, the breeding and improvement methods of resistant varieties.

**Key words:** Corn resistance; Genetic Improvement of Maize resistance; Resistant breeding; Breeding and selection of varieties

全世界发生的玉米病害超过百种。我国主要病害有玉米丝黑穗病、黑粉病、茎腐病(青枯病)、大小斑病、弯孢叶斑病、灰斑病、锈病、矮花叶病和穗粒腐病等。每年由于玉米病害造成的产量损失约占总产量的10%。目前,大斑病、丝黑穗病、黑粉病、弯孢叶斑病和灰斑病成为我国春玉米主产区的主要病害,小斑病和矮花叶病成为我国夏玉米主产区的主要病害,玉米锈病和茎腐病发生范围较广,遍及我国玉米产区。其它次要病害如纹枯病、褐斑病等也有所发展。

## 1 玉米丝黑穗病、黑粉病和茎腐病

### 1.1 病原菌及其流行情况

丝黑穗病原菌为丝轴黑粉菌 *Sphacelotheca reiliana*(Kühn)Clint。传播方式为土壤和种子。冬孢子在土壤中萌发产生生长的双核侵染菌丝。冬孢子对玉米幼根和幼芽都能侵染,以胚芽侵染为主。分生区为有效侵染点,侵染高峰从临近出苗至3叶期。当种子发芽,病菌萌发,开始侵染幼苗。随着植株生长,最后于成熟期侵染穗部成为黑粉。种子也可传播冬孢子。

黑粉病的病原菌为玉米黑粉菌(*Vstilagomaydis*),属于异宗配合的真菌。局部侵染病害,被侵染的组织因病菌代谢物的刺激而形成瘤。最显著的特征是地上部分都可以产生菌瘿,且幼株的分生组织也可以感染病菌使地下部分产生菌瘿。一般同一植株上可多处生瘤,有的在同一位置有数个病瘤堆聚在一起。受害植株的茎秆多扭曲,变得矮小,果穗变小,甚至空秆。

茎腐病是由几种真菌或细菌危害玉米茎基部引起相似症状的病害总称。其中腐霉菌和细菌是在开

收稿日期: 2008-01-20

作者简介: 荆绍凌(1964-),男,副研究员,从事玉米遗传育种研究。

Tel: 0434-6156958 13069227887

E-mail: jingsling@126.com

花之前侵害玉米,大多数真菌在植株接近成熟时才侵害。这些寄生于茎基部的真菌也侵害根部,造成根腐。玉米茎腐病是典型的土传根病,在玉米灌浆期开始发病,乳熟期到蜡熟期为发病高峰期。玉米发病后,叶片出现青枯或黄枯,茎基变黄变褐,果穗下垂,最后茎秆破裂和严重倒折。在子粒生理成熟前发生影响灌浆,导致子粒不充实,直接影响产量。

这3种玉米病害是世界性的玉米病害,在世界许多国家都有不同程度的发生。丝黑穗病是我国春玉米产区的主要病害,主要分布在东北、华北、华中和西北。据15省区统计,平均发病率为6%左右(吴新兰等,1981)。每年我国玉米因丝黑穗病危害减产达30万t。玉米黑粉病主要发生在温暖干燥地区,且春播区较为严重。一般发病率为5%~10%,可造成30%~80%的产量损失。2000年我国玉米发病面积180万hm<sup>2</sup>。玉米茎腐病在我国玉米产区均有发生,主推品种大部分都感此病,发病率在5%~7%,一般减产10%~20%,严重的可高达50%以上,严重影响玉米品质。

## 1.2 抗性遗传

玉米对丝黑穗病的抗性属数量性状,受显性基因、隐性基因或受非等位基因互作控制,表现为多种遗传方式,主要为基因加性效应,F<sub>1</sub>发病率与双亲发病率的平均值呈极显著正相关。F<sub>1</sub>的发病率处于感抗之间(马秉元等)。

黑粉病的抗病性属于多基因控制的数量性状遗传。玉米品种间发病差异比较大,一般马齿型品种较硬粒型品种抗病,早熟品种较晚熟品种发病轻,甜玉米易感病,果穗苞叶紧密、苞叶长而厚的较抗病。

茎腐病的抗性属于微效多基因控制的数量遗传。抗性遗传效应除加性作用外,还有显性或部分显性存在,有时表现为上位性作用。玉米自交系对茎腐病的抗性反应与其杂交种反应之间呈显著正相关,具有数量性状遗传特点,加性效应是重要的组成部分。研究表明,同亲缘的姊妹系对茎腐病的抗性表现基本相同,利用含有1个高抗亲本的二环系,不一定能选出高抗的新品系来,而两个高抗亲本材料易育成高抗系。抗病性在正反交组合中差异不显著,属核基因控制的遗传性状,杂交一代的反应趋于抗病的亲本。

## 1.3 抗病育种

选育和推广抗病品种是防治玉米丝黑穗病、黑粉病和茎腐病的关键措施。我国玉米种质中有大量抗源,美国、热带-亚热带种质抗源丰富,为选育抗

病品种创造了有利的条件。山西农科院从美国杂交种混合群体中选出了sh10、sh15、sh21、T12和海9-21等优良自交系,sh21高抗大小斑病,中抗矮花叶病、黑粉病、丝黑穗病和茎腐病等,是重要抗源;海9-21高抗大小斑病、病毒病和青枯病,尤其对玉米矮花叶病有特殊抗性。

### 1.3.1 抗源收集筛选

丝黑穗病:目前我国有抗丝黑穗病材料1065份。其中高抗材料有Mo17、武107、辽1311、7091、吉63、B37、E28、5005、旅9、黄马牙、大八趟、英粒子、吉992、吉1037、吉1044、吉1050、吉1056、新846、BS73、丹330、495、D137、长3154、辽2203、辽2202、辽2203、辽3413、辽3421等。以上鉴定结果说明,我国拥有抗玉米丝黑穗病资源相对较少,至今尚未发现免疫材料,大多数常用玉米自交系感或高感丝黑穗病菌。在南方玉米产区,抗性资源更为缺乏。

黑粉病:坊杂2号、春杂2号、双跃4号、双跃80等品种为抗病;农家品种野鸡红、小青稞、金顶子等较抗病;C103、吉63、E28等自交系较为抗病(朱小阳等,1994)。龙抗37、龙抗297、龙抗80A、罗吉、RL3、龙抗1、龙抗40B和龙抗11等自交系抗病性较强,而且均兼抗茎腐病、大斑病、小斑病和丝黑穗病(苏俊等,1996)。玉米自交系Mo17、Va35、黄早四、A619H抗瘤黑粉病,而且兼抗大斑病、小斑病、丝黑穗病和玉米螟(张坪等,1996)。

茎腐病:未发病:龙抗18、龙抗23B、龙抗23D、龙抗31B、龙抗38、龙抗38A;高抗:龙抗37、Mo17、罗吉、龙抗297、龙抗13A;中抗:吉837、吉873、吉874、RL3、413、330;黄早四、E28、丹340、8112、掖107、5003等。

### 1.3.2 品种选育

①利用回交法将抗病基因转入抗病差的自交系,是改良有此缺点骨干系的快速有效方法;

②组成二环系,选用两个高抗系组配选系材料;

③引进国外抗源种质(温带、热带、亚热带及野生种质)进行选育;

④组成群体进行轮回选择。是目前国内外抗病性改良的最有效的方法;

⑤杂交种组配采用高抗系×高抗系;高抗系×中抗系的原则。

## 2 玉米叶斑病

叶斑病主要危害玉米叶片,减少植物的光合面积,光合产物供应不足使子粒饱满性差,秕粒增加。

叶斑病的分生孢子由气流传播,由于潜伏期短,在一个生长季节内能完成多次侵染循环。气候条件适宜时感病品种上菌量可累积到相当大的数量,造成严重流行。在我国,玉米大小斑病、弯孢叶斑病、灰斑病和锈病是危害较重的叶斑病。

## 2.1 病原菌及其流行情况

大斑病(northern corn leaf blight, NCLB),是由大斑突脐孢菌引起的。1974年,Bergquist等将大斑病分为两个专化型,即高粱专化型和玉米专化型,另外,还有对玉米和高粱都能致病的非专化型菌株。目前在玉米专化型里已发现有5个生理小种。玉米大斑病主要危害叶片,也可危害叶鞘或外层苞叶,但不危害果穗。

小斑病,又称玉米斑点病,玉米南方叶枯病。该菌的无性世代为玉蜀黍长蠕孢,有性世代为异旋孢腔菌。玉米小斑病产生的症状,因小斑病菌的生理小种和寄主玉米的细胞质不同而有差异。O小种仅危害玉米叶片;T型小种不仅危害叶片,同时还危害叶鞘、茎秆、穗柄、果穗苞叶、果穗和穗轴。

弯孢菌叶斑病,引起玉米弯孢菌叶斑病的主要病菌是新月弯孢菌[*Curvularia lunata*(Wakker) Boed]。玉米弯孢菌叶斑病发生在玉米成株期,主要危害叶片,有时也危害叶鞘和苞叶。感病品种上病斑布满全叶,形成大面积组织坏死,导致叶片枯死。病斑分抗病型、中间型和感病型3种。

灰斑病,又称玉米尾孢菌叶斑病,是由玉蜀黍尾孢菌(*Cecrospora zae-maydis* Tehon & Daniels)引起的一种病害。灰斑病主要发生在玉米的叶片、叶鞘和苞叶上。发病初期产生淡褐色病斑,后扩展为灰褐色的长条病斑,与叶脉平行。病斑中央灰色,边缘褐色,严重时病斑汇合成片,叶片枯死。

锈病,有3种类型,由多堆柄锈菌引起的南方型玉米锈病;由玉米柄锈菌引起的普通型玉米锈病;由玉米壳锈菌引起的热带玉米锈病。玉米锈病主要危害玉米叶片,偶尔也危害苞叶和叶鞘。

玉米大斑病、弯孢菌叶斑病、灰斑病主要分布于北方春玉米区。大斑病也发生在南方玉米区的冷凉山区。小斑病主要发生在气候温暖潮湿的夏玉米区以及辽宁省的中部和南部。玉米锈病发生范围较广,遍及我国玉米产区。

大斑病大发生年份,一般减产15%~20%,严重时减产可达50%,由于玉米弯孢菌叶斑病是突发性病害,发生蔓延迅速,严重时叶部病斑密集成片,重病地块病株率及病叶率高达100%。1996年,辽宁省

玉米灰斑病大流行的一年,全年发病面积有20万 $\text{hm}^2$ ,产量损失达2亿kg,发生面积之广、危害之大是历史罕见的。在我国玉米锈病发病中度的田块,可减产10%~20%,感病较重的可以达到50%以上。1991年吉林省锈病发生面积达13.4万 $\text{hm}^2$ ,减产10%~20%。1998年锈病在浙江淳安大面积爆发,发病面积6666.7 $\text{hm}^2$ ,损失粮食400万kg。

## 2.2 抗性遗传

大斑病,玉米对大斑病菌的抗性表现有质量抗性和数量抗性两种。质量抗性受显性单基因控制的垂直抗性,但也有少数自交系表现的抗性可能是隐性单基因控制的。在不同的自然环境条件下,各种抗性基因均表现出不同程度的抗病作用。数量抗性主要表现在减少病斑数量方面。在育种实践中,采用轮回选择法是集中此种抗病基因的有效方法。在大斑病抗病育种中,必须密切检测其生理小种的组成和动态变化以及新抗源的筛选。尽可能把抗病单基因集中到一个自交系中,形成多质系,这样可以防止新的毒力更强的生理小种出现,以免仅具单基因抗性的玉米丧失其抗病性。

小斑病,在选育和利用抗病品种时,要针对当地优势小种选育具有不同细胞质遗传背景的抗病品种,对从外地引进的品种要进行严格的抗病性鉴定。对O小种多基因抗性的遗传力高,在抗性的总遗传变异中又以加性效应为主。因此,应用系谱选择和轮回选择方法都是有效的。在自交过程中抗性的固定相当早,一般在 $S_2$ 或 $S_3$ 代即已固定,抗性鉴定和选择宜在此间进行(Burnett等,1985)。

弯孢菌叶斑病,研究发现其抗性为细胞核遗传,以加性效应和显性效应为主,在玉米不同品种之间、不同自交系之间抗病性存在显著差异(赵君,2001)。

灰斑病,其抗性为数量遗传,且主要受累加基因的控制,并可通过回交和轮回选择转移。玉米对灰斑病的抗性差异明显,但抗性基因转育较难。Latterell和Rossl(1983)认为,有大量的抗性种质资源存在,这些资源抗性反应从减少病害的发展到免疫,包括具斑点型反应的品系,暗示着存在高水平的抗性。玉米杂交一代的抗性介于双亲抗性之间,接近两者的平均值,其抗性多倾向于抗病较强的亲本。

玉米锈病,至今尚未发现抗所有玉米锈病生理小种的玉米自交系和品种。不同玉米品种、自交系在感病及抗病性上差异很大,这就为培育抗病品种提供了可能。普通型锈菌有14个生理小种。玉米对普通型锈病抗性可分为特殊抗病性和一般抗病性两

种。特殊抗病性为质的表现,在幼苗期及成株均可以发现此种抗病性,其特征表现在寄主感病后呈现极小的病斑。特殊抗病性多受一对基因控制,对病原菌的一个或少数生理小种有作用。

## 2.3 抗病育种

### 2.3.1 抗源收集筛选

大小斑病:自交系 8112 高抗;Mo17Ht、E28、丹 340、掖 107、5003 抗病;黄早四、自 330 中抗。

弯孢菌叶斑:高抗自交系:系丹 3130、599、沈 135、沈 138、P131B、P138、HZ85、HZ126、辐乌、双 M9;高感的自交系 478、黄早四、E28、黄野 4、掖 107、龙抗 298A、农选 34、金黄 96、K14、郑 22 等。东北、华北地区的材料对玉米弯孢菌叶斑病的抗性略低于其他地区。含有热带种质的 599、沈 135、沈 138 等自交系表现高抗。

灰斑病:美国自交系 T222、Nc290、Pa875 表现高抗;Nc250 表现抗病;H93 表现中抗。国内研究发现自交系有 107B、丹黄 02、Mo17Ht1、E28、黄早四、515 较抗病;丹 340、抗旱大粒黄和 478 较感病等(吴纪昌,1997)

锈病:台湾省选育出台农 351 和台农 1,抗性较好。自交系齐 319 对南方锈病表现免疫力。

### 2.3.2 品种选育

充分利用好抗源,采用相应改良方法选育抗病自交系,如选育二环系法、回交法及轮回选择法等。杂交种组配选用高抗系×高抗系、高抗系×中抗系的原则。

## 3 玉米矮花叶病

### 3.1 病原菌及其流行情况

该病是由玉米矮花叶病 (Maize Dwarf Mosaic Virus, MDMV) 感染引起的。在美国根据对约翰逊草 (*Sorghum halepense* L. Pers) 的侵染性划分为 A 株系和 B 株系, A 株系能侵染约翰逊草而 B 株系不能。根据各分离物对若干玉米品种的反应及蚜虫的传播效率不同,又将能侵染约翰逊草的分离物进一步分为 A, C, D, E, F, O 株系。在我国危害玉米生产的主要是 B 株系(史春霖等,1979),至今尚未发现 A 株系。

玉米矮花叶病(MDMV)是一种世界性病毒病害,近年来在我国危害越来越重,已经成为玉米产区的主要病害之一。

### 3.2 抗病育种

#### 3.2.1 抗源筛选鉴定

抗病自交系:330、吉 921、丹黄 19、ERCOB、京

C1-21、资 3、Q88-2、邢 22-2、227-2、自 C2-9 和 D 黄 212(周广和等,1996);高抗自交系:齐 318、齐 319、CN962、Pa405;抗病自交系或群体:黄早四、K 12、中自 01、K 22、农大 178、CA042、CA112、Rm-11、Rm-19-1、Rm-30;中抗自交系或群体:中自 03、CA156、CA339、Pob46、Pool19、Pob101、Rm-7、Rm-17、Rm-13(李新海,2001)。

研究发现,目前在我国主要的玉米种质资源中,塘四平头和获白系统抗或高抗 MDMV,如其衍生系有黄早四、黄野 4、白野 4、H21、获唐白 42、获唐黄 17 等。具有热带血缘的齐 318、齐 319 表现高抗。具有国外或旅大红骨血缘的材料(如 Mo17、掖 107、8112、5003、丹 340、E28、旅 9 等)基本感 MDMV。

#### 3.2.2 抗病育种

可以用各种改良方法选育抗 MDMV 的自交系,如选育二环系法、回交法及轮回选择法等。大部分学者认为玉米对 MDMV 的抗性呈部分显性至显性遗传(Scott 等,1981)。多数组合杂交一代的抗病性趋向抗性强的亲本,其病级低于两亲本病级的平均值,这可能是 MDMV 的抗性受加性基因或显性遗传所致(张成和等,1992)。因此在抗×抗、抗×耐、抗×感或耐×耐的组合中能选出抗病自交系。实践证明,用获白马牙系统与兰卡斯特或瑞德系统杂交选育二环系可以得到抗 MDMV 且配合力高的自交系。如获唐白×Mo17 选育出获唐黄-17;获唐白×8112 选育出获 12,均抗 MDMV。用旅大红骨与塘四平头系统杂交亦可选育出抗病系黄 340。

## 4 玉米穗粒腐病

### 4.1 病原菌及其流行情况

玉米穗粒腐病病原真菌种类很多,我国最常见的是镰孢菌(包括串珠镰孢菌和禾谷镰孢菌)和蠕孢菌,最主要的是镰孢菌为优势致病菌。玉米穗粒腐病是一种气传性病害,病原菌主要通过花丝和子粒的伤口进行侵染,有些病原菌还可以通过疏导组织由根或茎传到穗轴。硬粒型、穗苞叶厚、紧密的玉米不易感病,粉质、糯质、甜质和高赖氨酸型玉米易于感穗粒腐病。

玉米穗粒腐病在世界各地玉米种植区都有发生,在我国一般年份发生率为 10%~20%,严重年份发生率为 30%~40%,感病品种发生率可高达 50%,给玉米产量造成了严重损失。同时,引起玉米穗粒腐病的病原菌所产生的毒素严重影响着玉米品质,并对人畜造成严重危害。

## 4.2 抗病育种

### 4.2.1 抗原筛选

抗原鉴定工作是进行抗病遗传研究和抗病育种工作的基础,国外这项工作开展的比较早,用几种主

要的病原菌进行了抗性鉴定,获得了一系列较好的抗原,有力地推动了玉米穗粒腐病的抗病育种工作,而国内关于这方面的研究报道比较少,仅限于对串珠镰孢菌和禾谷镰孢菌的研究。

表 1 国内外筛选出的抗源

Table 1 The resistance resources were screened out at home and abroad

抗源 Resistance resources	病原菌 Pathogen	作者 Author
Te x 6, Y7, Mp420, LB31, L317, Cl2, N6, 75K001, B37, Ht2, OH513, Te x 6, H103, OH516, MI82, Mp715, CML269, CML322, T x 772	Aspergillus flavus	WHITE, 等(1995, 2003)
H95, B37, H111	Diplodia maydis	DORRANCE, 等(1998)
Co272, Co325, PrideK127, PA347, MS74, A509, ND100, Co433, Co432, G4106, Co387.	Fusarium graminearum	REID, 等(1993), HART, 等(1986)
黄 20402/02, 330	Fusarium graminearum	陈晓娟, 等(2002), 夏志红, 等(1995)

### 4.2.2 品种选育

①利用回交法将抗原基因转入抗病差的骨干自交系,提高抗病性;

②组成二环系,选用两个高抗系组配选系材料;

③组成群体进行轮回选择;

④杂交种组配采用高抗系 × 高抗系; 高抗系 × 中抗系的原则。

抗原和各种育种技术的应用是改良玉米抗病性的重要途径。加强抗原筛选的深入研究,尤其是对热带-亚热带和近缘野生种抗病性的研究和利用。Bretting 报道,从热带种质中选育抗玉米小斑病、锈病、灰病斑和粒腐病的抗病衍生系,抗性水平超过美国玉米带种质的抗性。中国科学院遗传研究所利用远缘杂交法将大刍草导入自交系 330,从中选育出 540 自交系。用 540 与 5003 组配而成遗单 6 号单交,茎秆坚硬,抗倒伏,产量高,品质好,抗大、小斑病和青枯病,保绿性能好。生物技术在抗病育种上的应用,将会加快玉米抗病性改良的进程。

#### 参考文献:

[1] 王振华,等.玉米丝黑穗病的研究进展[J].玉米科学,2002,10(4):

61-64.

[2] 刘章雄,王守才.玉米锈病研究进展[J].玉米科学,2003,11(4):76-79.

[3] 刘运华,等.玉米弯孢菌叶斑病的研究进展[J].作物杂志,2004,5:39-41.

[4] 李新海.玉米矮花叶病研究进展[J].玉米科学,2000,8(3):67-72.

[5] 李富华,等.玉米灰斑病的研究现状、问题与展望[J].玉米科学,2005,13(3):117-121.

[6] 宋伟彬,董华芳,等.玉米穗粒腐病研究进展[J].河南农业大学学报,2005,39(4):368-371.

[7] 吴建宇,等.玉米抗病遗传育种的研究进展[J].玉米科学,1999,7(2):6-11.

[8] 杨继良,王 斌.玉米大斑病抗性遗传的研究进展[J].遗传,2002,24(4):501-506.

[9] 鄂文弟,王振华,等.玉米瘤黑粉病的研究进展[J].玉米科学,2006,14(1):153-157.

[10] 龚士琛,闫淑琴,等.玉米抗茎腐病育种研究进展[J].黑龙江农业科学,2004,(4):28-30.

[11] 梁木通,付彦荣,等.玉米锈病的研究进展[J].植物保护,2002,28(2):39-41.

[12] 段翠芳.玉米属远缘杂交育种研究的新进展[J].世界农业,2002,280(8):39-41.

(责任编辑:朱玉芹)