

玉米丝黑穗病的研究进展

王振华¹, 姜艳喜¹, 王立丰¹, 金 益¹, 李新海², 石宏良²

(1. 东北农业大学农学院, 哈尔滨 150030; 2. 中国农业科学院作物育种栽培研究所, 北京 100081)

[摘 要] 玉米丝黑穗病是玉米生产的重要病害。本文首次系统地综述了丝黑穗病的危害、病原、防治措施、抗源鉴定和抗性遗传研究进展, 探讨了该领域存在的主要问题。我国应加强对玉米丝黑穗病的抗源鉴定与抗性遗传研究, 为抗病育种及种质改良提供技术基础。

[关键词] 玉米; 丝黑穗病; 抗源; 抗性遗传

[中图分类号] S 435.131.42

[文献标识码] A

Research Advance on Head Smut Disease in Maize

WANG Zhen-hua¹, JIANG Yan-xi¹, WANG Li-feng¹, JIN Yi¹, LI Xin-hai², SHI Hong-liang²

(1. College of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin 150030; 2. Institute of Crop Breeding and Cultivation, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 10081, China)

Abstract: Head smut of maize, which is caused by the fungus (*Sphacelotheca reiliana* Clint), has been a serious disease in maize. This paper reviewed the disease effects on maize production, pathogen, protection measure, resistance germplasm identification and inheritance, and discussed the main issues in this area. It is suggested that the germplasm identification and inheritance of resistance to head smut should be enhanced in China, which could provide useful information for maize breeding and germplasm improvement.

Key words: Zea mays L.; Head smut; Resistance germplasm; Resistance inheritance

1 玉米丝黑穗病的发生与危害

玉米丝黑穗病是玉米生产中的重要病害, 在澳大利亚、墨西哥、法国、德国、巴西、俄罗斯等国家均有不同程度发生, 如巴西 1995~1996 年种植的品种感病率从 0.82% (先锋 3069) 到 46.16% (Colorado6255)。70 年代后期, 丝黑穗病成为我国春玉米产区的重要病害, 主要分布于东北、华北、华中和西北。据 15 个省区统计, 平均发病率为 6% 左右。由于选育和推广一些抗丝黑穗病的品种, 使该病得到初步控制。但 90 年代以来, 随着大量感病品种的种植, 丝黑穗病又回升蔓延且逐年加重。白金凯报道^[1]在吉林、黑龙江、辽宁、内蒙、河北、山西、陕西、四川和广西的春玉米区, 每年因丝黑穗病危害

减产达 30 万 t。晋齐鸣等统计^[2]1996~1998 年在松辽平原, 因种植感病品种如掖单 51、掖单 13、登海 1 号、白单 31 等, 造成玉米丝黑穗病爆发性流行, 发病率在 7.0%~35.0%, 严重者达到 62.0%, 损失惨重。丝黑穗病属绝产型病害, 感病率每增加 1%, 玉米约减产 100.6 kg/hm²。当前玉米丝黑穗病发生越来越频繁, 危害越来越重, 已再次成为我国春玉米区的重要病害之一。

2 玉米丝黑穗病的症状与鉴定方法

2.1 症状

感染丝黑穗病的幼苗在第四叶和第五叶片上沿中脉出现褪绿斑点, 呈圆形或长方形, 直径 1~2 mm, 数目在 3、4 个至数百个。有的感病幼苗表现矮缩丛生、黄条形、顶叶扭曲等特异症状。

成株期只在果穗和雄穗上表现典型症状。当雄穗的侵染只限于个别小穗时, 表现为枝状; 当整个雄穗被侵染时, 表现为叶状。雄穗可形成病穗, 病穗内

[收稿日期] 2002-06-28

[作者简介] 王振华(1965-), 男, 黑龙江海伦县人, 东北农业大学农学院副教授, 在职博士, 主要从事玉米遗传育种及相关研究。

充满孢子堆。有病瘿雄穗的植株会严重矮化,叶片上产生细条状孢子堆,受害植株不产生花粉。如果雌穗感染,则不吐花丝,除苞叶外整个果穗变成黑粉苞。在生育后期有些苞叶破裂散出黑粉孢子,黑粉黏结成块,不易飞散,内部夹杂丝状寄生维管束组织,这是丝黑穗病菌的典型特征。

2.2 鉴定方法

玉米丝黑穗病从种子萌发到七叶期都能侵染,各时期表现不同的特征,因此鉴定方法较多。主要包括幼苗的褪绿斑点鉴定^[3]、乳酚油棉兰染色玉米生长锥鉴定^[4]、质壁分离法鉴定^[5,6]等。每种方法都有一定的局限性,如在苗期利用侵染叶片上褪绿斑点的形成来鉴定抗病性的方法仅适用于自交系。目前通用的方法是接种后在乳熟期进行鉴定,即于上一季节从典型病株上采集病瘿,装布袋置通风处越冬;播种前一周将病瘿上的菌粉抖落,用 40 目铜筛筛出冬孢子,按 0.1% 比率与细土混合配成菌土;播种时先播下种子,覆盖菌土 100 g,上面再覆田土。在乳熟期进行病株率调查,分级标准为高抗(病株率 0~5%),抗病(5.1%~20.0%),感病(20.1%~50.0%)和高感(50.1%以上)。乳熟期鉴定结果准确可靠,但用地量大,鉴定材料纯度要高,群体不少于 50 株,同时需在多个环境鉴定。

3 玉米丝黑穗病的发病规律和防治

3.1 病原及流行病学

玉米丝黑穗病的病原菌为丝轴黑粉菌(*Sphacelotheca reiliana* Clint),冬孢子萌发形成担子和侧生单孢子,在单孢子中存在着+和-两种交配型,数目大约相等。当两种亲和交配型的单孢子融合形成双核的侵染菌丝后开始渗入寄主组织。丝轴黑粉菌主要是土壤传播,病瘿释放出的冬孢子在土壤中越冬,成为主要的初侵染源;也可通过牲畜消化后的带菌粪肥和带菌种子传播。冬孢子侵染玉米幼苗的适宜温度为 21~28℃,较低或中等土壤含水量。冬孢子萌发不需要生理休眠后熟过程,离体干燥的菌粉侵染力可持续保持 5 年以上^[7]。在土壤中生活力为 3~5 年,至第三年仍可致病^[8]。侵染水平与土壤中冬孢子的数量有关。该菌属系统侵染,从种子萌发到七叶期对玉米幼根和幼芽都能侵染,其中以胚芽侵染为主,分生区为有效侵染点,侵染高峰从临近出苗至三叶期。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。连作、耕作粗放、覆土过厚、土壤干燥有利于侵染发病。

3.2 生理小种分化

Halisky 报道^[9]丝黑穗菌存在两个生理专化型,一个侵染高粱,一个侵染玉米。高粱上有 4 个致病力不同的生理小种。白金凯等^[10]认为玉米丝黑穗菌仅侵染玉米不侵染高粱,无生理小种分化现象^[11]。但在试验中发现不同丝轴黑粉菌的杂交种能同时侵染玉米和高粱,所以应注意玉米生理小种的变化。华致甫等^[12]对我国 9 个省区的玉米丝黑穗病菌在不同类型的玉米材料上进行致病力和同功酶实验,初步认为我国至少存在 5 个不同的生理小种。其中 1 号小种为优势小种,主要分布在四川、吉林、陕西、云南、甘肃等,2 号、3 号、4 号和 5 号小种分别分布于贵州、黑龙江、新疆和广西。鉴于此情形,今后应加强研究我国丝黑穗生理小种的消长变化和分布,为种质改良和抗病遗传育种提供技术支持。

3.3 防治措施

玉米丝黑穗病的防治可通过加强田间管理,精耕细作,适期播种,促进种子发芽早、出苗快;及时摘除病瘤或拔除病株,收获后清洁田地,减少初侵染源,重病区应实行轮作等方法降低玉米丝黑穗病的发病率。也可采用拌种和种子包衣等药剂防治方法,任金平等^[13]研究认为采用种子包衣技术是防治种传、土传病害和苗期病害的最佳措施,防治效果为 85.1%~90.4%,增加保苗 10% 以上,对植株生长具有显著的促进作用。但这些方法均不能从根本上解决玉米丝黑穗病的发生和流行。最经济有效的防病途径应是选育和种植抗病品种,采取以种植抗病品种为主的综合防治措施。这样既可防治玉米丝黑穗病,又利于保护生态环境和发展优质绿色食品。

4 玉米丝黑穗病的抗源鉴定

由于选育和推广抗病品种是防治玉米丝黑穗病的关键措施,因此为了加强抗病品种的选育,我国玉米遗传育种者做了大量抗源筛选工作。陕西省植保所^[14]在 1976~1982 年对 750 份玉米自交系、杂交种及农家种的鉴定表明,抗病材料仅占 23.6%,表现稳定抗性的自交系主要包括 Mo17、武 107、辽 1311、获白、7091、B70、吉 63;高感系有 525、埃及 205、塘四平头、武 206、武 110 等。全国玉米丝黑穗防治研究协作组^[15]前期研究指出辽 1311、Mo17、

B7、B37、E28、5005、旅9为高抗材料,黄早四、铁78为高感材料。1984~1989年通过在公主岭、丹东、杨陵、毕节、昭通5个地点对2687份玉米资源鉴定表明,仅有43份表现高抗(占总数2.13%),包括香河白磁、金顶子、白鹤、黄马牙、白马牙子、红瓢玉米、大八趟、老八行、红沟子、马牙子、英粒子、杂红骨、火苞米、老来瘪、黄金塔、八趟子、白玉米、牛尾巴黄、红苞米、玉河刺玉米、二早子旱地黄、铁河白、火玉米、FUNDULEA420、Sc3444、Sze Dc 488、FIRST CL600、南23-35、晋穗36、82黄10、82黄8、82黄6、大W1024、铁13Ht、罗双莱、单892A、罗31长、W70、H109、H309、RCL64Ht、KH2。山东省农科院玉米所^[16]报道表现高抗丝黑穗病的地方品种资源主要有479小蛙头、975红棒子、1210唐山白、1179白马牙、94昆仑玉米等。陕西省粮食作物所^[17]通过对1152份农家种进行丝黑穗抗源鉴定,筛选出二黄早、白火玉米等高抗材料,占总数的6.1%。吉林省农科院植保所^[18]1998~1999年对全国673份玉米资源进行接种鉴定,筛选出稳定高抗材料36份,包括Mo17、吉992、吉1037、吉1044、吉1050、吉1056、新846、BS73、丹330、yi58、yi90、yi80、419、495、D137、晚综2、FR460、FR515、L01067、TVO.22-96、M046、H91686C3、黑观音、Sh21、长3154、辽2203、辽2202、辽2203、辽3413、辽3421、yi65、yi86、yi102、PACOMPI(Gbs)C1(LD)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。因此今后应进一步加强玉米丝黑穗病的抗源鉴定、种质改良与创新研究。

5 玉米丝黑穗病的抗性机制

目前关于玉米丝黑穗病的抗性机制报道较少。王金华等研究表明玉米自交系萌发第四天胚芽丁布含量与发病率有极显著的负相关($r = -0.9425$)。赵夔梅等^[19]发现玉米芽鞘细胞对丝黑穗病菌表现出固有的抗性。李兴红等^[6]认为冬孢子在感病幼苗胚芽鞘上的萌发率增高,幼苗中Vc、总糖的含量显著高于抗病材料,两者与冬孢子在感病材料幼苗胚芽鞘上的萌发率呈显著正相关($r = 0.8476$, 0.8612)。受侵染后,感病材料幼苗胚芽鞘内表皮在高渗蔗糖溶液中丧失质壁分离能力的细胞百分率明显高于抗病材料,因此这些指标可用于玉米早期

抗病鉴定。对于耐病、避病、抗侵入等抗性机制,则有待加强研究。

6 玉米丝黑穗病的抗性遗传

梅振邦等^[20]报道丝黑穗病的抗性属于细胞核遗传,正反交抗性差异不显著,抗性呈不完全显性。马秉元等^[21]报道玉米对丝黑穗病的抗性属数量性状,受显性核基因、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_1 发病率与双亲发病率的平均值呈极显著正相关($r = 0.7998$)。Stromberg等^[22]发现 F_1 的发病率处于抗感之间。И.А.Федько等^[23]认为玉米抗丝黑穗病的遗传复杂,同时受加性和非加性效应控制,易受母本类型和修饰因子影响,且与环境条件有关。Bernardo等^[24]用世代均方分析法研究抗性基因的效应,认为加性基因效应在抗性遗传中起决定性作用,显性和上位效应较小。分子标记技术的发展为玉米丝黑穗病的抗性遗传研究提供了新手段。Lu等^[25]用100个重组近交系RILs(来自Hi34X和TZi17组合)为作图群体,构建玉米遗传连锁图谱(含116个RFLP标记和4个SSR标记),结合在南非自然条件下的抗病性评价,对玉米丝黑穗病进行抗性QTL分析。采用单一标记法确定在染色体1、2、9、10上含有抗性基因位点。其中第1染色体顶端的RFLP标记asg30位点对丝黑穗病抗性影响最大,为主效QTL;另外两个连锁标记umc167和asg75位点也与丝黑穗病抗性有关。Lubberstedt等^[26]以D32 X D145(220个 F_2 单株)为作图群体,构建玉米标记连锁图谱(含87个RFLP和7个SSR标记位点),将220个 F_3 家系分别在法国和中国进行抗病性评价,采用复合区间作图法分别定位3个和8个抗性QTL,可解释13%和44%的表型变异。这些研究为抗玉米丝黑穗病的分子标记辅助育种提供了理论依据。

由于所用材料、环境条件以及研究方法不同,研究结果不尽一致。但多数报道认为玉米对丝黑穗病的抗性属数量性状遗传,易受环境影响;同时受加性和显性、上位性效应控制,其中基因加性效应占主导,非加性效应作用较小,抗性能稳定遗传。因此在抗病育种中,应重视抗源筛选,同时需对抗源的配合力进行测定。只有选择抗性一般配合力高的亲本,至少应一高一中,才能获得抗病性理想的杂交种。在自交系选育上,采用回交转育方式培育抗病自交

系的可能性较小,从轮回选择改良后的群体中分离自交系更易获得成功。Ali 等^[27]指出在高度侵染压力下从早期或晚期世代中均易选出高抗材料。

玉米丝黑穗病已成为我国春玉米区的重要病害。当前进一步明确生理小种的分布状况,针对各玉米主产区的优势生理小种,重点进行抗性资源鉴定,深入开展抗性遗传与分子生物学研究,发掘新的抗病基因,寻找与抗病基因紧密连锁的分子标记,研究抗病种质改良技术,为抗病育种与种质创新提供技术储备。

【参考文献】

- [1] 白金凯,宋佐衡,陈捷,等.玉米病害的病菌变异与抗病品种选育[J].玉米科学,1994,2(1):67-72.
- [2] 晋齐鸣,李建平,张秀文,等.松辽平原玉米主要病虫害综合治理体系的研究[J].玉米科学,2000,8(2):84-88.
- [3] Matyac C A, Kommedahl T. 由丝轴黑粉菌诱导的玉米苗腿绿斑及其在抗病鉴定中的应用[J].烟台师范学院学报(自然科学版),1985,3(1):70.
- [4] 刘锡若,薛国典.玉米品种对丝黑穗病的抗病性和幼苗诊断的研究[J].植物保护学报,1983,10(4):274-275.
- [5] 刘聪莉.鉴定玉米对丝黑穗病抗性的简易方法[J].莱阳农学院学报,1997,14(4):259-260.
- [6] 李兴红,康绍兰,曹志敏.玉米苗期对丝黑穗病抗性机制初探[J].河北农业大学学报,1995,18(4):39-44.
- [7] 贾菊生,张前.玉米丝黑穗病菌冬孢子萌发的条件的研究[J].植物保护学报,1990,17(2):109-112.
- [8] 吴新兰,庞志超,田立民,等.玉米丝黑穗病菌侵染条件与栽培防病措施的研究[J].植物保护学报,1981,8(1):41-46.
- [9] Halisky P. M. Physiological specialization and genetics of the smut fungi III[J]. Bot Rev, 1965, 31:114-150.
- [10] 白金凯,潘顺法,戚佩坤.高粱玉米丝黑穗菌交互接种试验[J].植物保护学报,1964,3(3):216.
- [11] 吴新兰,庞志超,田立民,等.高粱丝黑穗菌的生理分化[J].植物病理学报,1982,12(1):13-18.
- [12] 华致敦,白宝璋,赵晓军.玉米丝黑穗病生理分化的研究[J].吉林农业大学学报,1995,17(2):32-37.
- [13] 任金平,庞志超,吴新兰,等.多功能种衣剂防治玉米、高粱病害研究初报[J].吉林农业科学,1994(2):37-41.
- [14] 马秉元,李亚玲,龙书生,等.陕西省玉米品种抗病性研究进展与分析[J].玉米科学,1997,5(4):67-71.
- [15] 玉米种质资源抗丝黑穗病鉴定协作组.玉米种质资源抗丝黑穗病鉴定研究[J].作物品种资源,1992(1):27-28.
- [16] 王桂林,张树娥,崔良国,等.山东省的优异玉米种质资源[J].作物品种资源,1992(2):15-16.
- [17] 段永钊,李兴鑫,艾方珍,等.陕西省玉米丝黑穗病抗源筛选与鉴定[J].西北农业学报,1992,1(4):83-86.
- [18] 宋树云,孙秀华,郭文广,等.玉米种质资源抗丝黑穗病鉴定[J].吉林农业科学,2000,25(3):32-33.
- [19] 赵冀梅,王淑芸,刘聪莉.玉米丝黑穗病原菌侵染的一些细胞学研究[J].植物病理学报,1991,21(4):267.
- [20] 梅振邦,徐国英,王河成,等.玉米对丝黑穗病的抗性遗传规律[J].山西农业科学,1982(11):10-13.
- [21] 马秉元,李亚玲,段双科.玉米对丝黑穗病的抗性遗传初步研究[J].中国农业科学,1983(4):12-17.
- [22] Stromberg E L, Stienstra W C, Kommedahl C A, et al. Smut expression and resistance of corn to *Sphacelotheca reiliana* in Minnesota[J]. Plant Dis. 1984, 68:880-840.
- [23] А.Федько И, Морщацкий А А, Терещенко Б А, Обустойчивости кукурузы к головным заболеваниям[J]. сельскохозяйственная биология, 1986, 8:100-103.
- [24] Bernardo R, Bourrier M, Olivier J L. Generation means analysis of resistance to head smut in maize[J]. Agronomie, 1992, 12:303-306.
- [25] Lu X W, Brewbaker J L. Molecular mapping of QTLs conferring resistance to *Sphacelotheca reiliana* (Kühn) Clint[J]. Maize Genetics Cooperation Newsletter (MNL), 1999, 73:36.
- [26] Lubberstedt T, Tan G, Liu X, Melchinger A E, Xia X C. QTL mapping of resistance to *Sporisorium reiliana* in maize[J]. Theoretical and Applied Genetics, 1999,99(3-4):593-598.
- [27] Ali A, Baggett J R. Inheritance of resistance to head smut disease in corn[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1990, 115(4):668-672.