



陈鸽,王敏,周德龙,刘宏伟,张志军,苏前富,卢实,焦仁海,夏远峰,徐国良,刘文国,路明.523份玉米自交系对禾谷镰孢穗腐病和灰斑病的抗性鉴定[J].中国农业大学学报,2025,30(01):27-37.

CHEN Ge, WANG Min, ZHOU Delong, LIU Hongwei, ZHANG Zhijun, SU Qianfu, LU Shi, JIAO Renhai, XIA Yuanfeng, XU Guoliang, LIU Wenguo, LU Ming. Resistance evaluation of 523 maize inbred lines to *Gibberella* ear rot and gray leaf spot[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2025, 30(01): 27-37.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2025.01.03

523份玉米自交系对禾谷镰孢穗腐病和灰斑病的抗性鉴定

陈 鸽¹ 王 敏² 周德龙¹ 刘宏伟¹ 张志军¹ 苏前富³ 卢 实¹
焦仁海¹ 夏远峰¹ 徐国良¹ 刘文国^{4*} 路 明^{1*}

- (1. 吉林省农业科学院(中国农业科技东北创新中心)玉米研究所/国家玉米工程技术研究中心(吉林)/农业农村部东北中部玉米生物学与遗传育种重点实验室, 长春 130033;
2. 吉林吉农高新技术发展股份有限公司, 吉林 公主岭 136100;
3. 吉林省农业科学院(中国农业科技东北创新中心)植物保护研究所, 长春 130033;
4. 主要粮食作物国家工程研究中心, 长春 130033)

摘 要 为筛选东北地区抗禾谷镰孢穗腐病和灰斑病的玉米自交系,2021—2023和2022—2023年分别对523份玉米自交系开展了禾谷镰孢穗腐病和灰斑病的田间人工接种抗性鉴定,试验采用随机区组设计,在吐丝10 d后和9—11叶期通过针刺接种法和心叶灌注法分别接种禾谷镰孢穗腐病和灰斑病的病菌,在蜡熟末期采用单株调查法对禾谷镰孢穗腐病病情级别进行调查,在乳熟后期对灰斑病病情发生级别进行调查。结果表明:在禾谷镰孢穗腐病的抗性鉴定中,‘PHRE 1’3年均稳定表现抗病,‘丹598’‘吉A1473’‘LN 1’等23份自交系在3年内均达到中抗以上,占总参试自交系的4.2%;在灰斑病的抗性鉴定中,‘丹299’在2年中均稳定表现出抗病,‘LH217’‘吉1037’和‘吉A1001’等67份自交系2年中均达到中抗以上,占总参试自交系的12.6%。综上,‘吉A1473’‘A-349’和‘M 67’这3个自交系对2种病害均能达到中抗以上,可用于培育抗禾谷镰孢穗腐病和抗灰斑病的春玉米新种质。

关键词 玉米; 自交系; 抗性鉴定; 禾谷镰孢穗腐病; 灰斑病

中图分类号 S513 **文章编号** 1007-4333(2025)01-0027-11 **文献标志码** A

Resistance evaluation of 523 maize inbred lines to *Gibberella* ear rot and gray leaf spot

CHEN Ge¹, WANG Min², ZHOU Delong¹, LIU Hongwei¹, ZHANG Zhijun¹, SU Qianfu³,
LU Shi¹, JIAO Renhai¹, XIA Yuanfeng¹, XU Guoliang¹, LIU Wenguo^{4*}, LU Ming^{1*}

- (1. Maize Research Institute/ National Maize Engineering Technology Research Center (Jilin)/ Key Laboratory of Maize Biology and Genetic Breeding in Northeast China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/ Jilin Academy of Agricultural Sciences (Northeast Agricultural Research Center of China), Changchun 130033, China;
2. Jilin Jinong Hi-tech Development Co. Ltd., Gongzhuling 136100, China;
3. Institute of Plant Protection, Jilin Academy of Agricultural Sciences (Northeast Agricultural Research Center of China), Changchun, 130033, China;
4. National Engineering Research Center of Major Food Crops, Changchun 130033, China)

Abstract In order to identify maize inbred lines resistant to *Gibberella* ear rot and gray leaf spot in the

收稿日期: 2024-08-06

基金项目: 国家重点研发计划课题(2021YFD1201002); 长白山人才工程-科技创新领军人才项目(000029)

作者简介: 陈鸽(ORCID:0009-0005-5566-2663), 研究实习员, 主要从事玉米遗传育种研究, E-mail: chengeym@163.com

通讯作者: 路明(ORCID:0009-0003-2891-6010), 研究员, 主要从事玉米遗传育种研究, E-mail: lum7893@163.com

刘文国(ORCID:0009-0003-8362-2621), 研究员, 主要从事玉米遗传育种研究, E-mail: liuwenguo168@163.com

northeast region, a precise evaluation of 523 maize inbred lines resistance to *Gibberella* ear rot and gray leaf spot was carried out by field inoculation from 2021 to 2023 and 2022 to 2023, respectively. The experiment adopted a randomized block design and inoculated *Gibberella* ear rot pathogen through the needle puncture inoculation method after 10 d of silking and gray leaf spot pathogen through the perfusion methods after 9-11 leaves stage. At the wax ripeness stage, the single plant survey method was adopted to investigate the severity level of *Gibberella* ear rot disease. At the late milk stage, the whole-line survey method was adopted to investigate the severity level of gray leaf spot disease. The results showed that: The inbred line 'PHRE1' was stably resistant to *Gibberella* ear rot from 2021 to 2023. Twenty-three inbred lines including 'Dan 598', 'JiA 1473' and 'LN 1' exhibited moderate resistance or above within three years, accounting for 4.2% of the total materials. The inbred line 'Dan 299' was resistant to gray leaf spot disease for two years. Sixty-seven inbred lines including 'LH 217', 'Ji 1037' and 'JiA1001' expressed moderate resistance or above in two years, accounting for 12.6% of the total test materials. By comparison analysis, a total of three inbred lines ('JiA1473', 'A-349' and 'M67') identified were resistant to the two diseases. This study provided valuable resources and a scientific basis for the cultivation and improvement of resistant maize varieties.

Keywords maize; inbred lines; resistance identification; *Gibberella* ear rot; gray leaf spot

玉米是我国主要的粮食作物,在农业生产中占据重要地位^[1]。根据国家统计局发布的数据,2023年我国玉米产量28 884万t,占全国粮食总产量的41.53%^[2],东北春玉米产区是我国最大的商品粮生产基地,占全国玉米总产量的44.98%。玉米的安全生产一直以来受到生物逆境和非生物逆境胁迫的影响,其中病害是影响玉米产量和品质的重要限制因素,造成的损失常年在6%~10%。对2008—2019年东北三省玉米主要病害进行分析发现,大斑病、丝黑穗病是玉米最主要的病害^[3]。近年来玉米病虫害发生一直呈加重趋势,一些次要病虫害逐渐上升为主要病虫害^[4]。受东北地区近年来频发台风等气候因素影响,造成玉米穗腐病大面积发生^[5]。禾谷镰孢(*Fusarium graminearum*)是东北地区穗腐病的优势致病菌之一^[6-9],该致病菌产生的镰孢菌素C毒素等有害产物可严重影响玉米品质安全^[10-11]。灰斑病也是我国玉米生产中常见的叶斑病之一,其造成的产量损失可达10%~60%^[12-14],其中由玉米尾孢引起的灰斑病在季风作用下向东向北玉米产区扩散,对我国春玉米主产区构成重大威胁^[15-16]。因此,东北作为我国最大的玉米产区,加快培育高产抗病抗逆玉米品种对支撑保障我国粮食安全具有重要意义。

选育抗病性强的玉米品种是应对这2种病害最经济、快速、有效的方法。从遗传育种领域来看,目前国内外已开展了穗腐病、灰斑病的相关研究,包括玉米种质抗病性鉴定^[17-34]、QTL定位^[35-37]、全基因

组关联分析^[38]、基因克隆^[39-40]等,其中抗性种质资源是开展抗病育种的基础。夏玉生等^[17]对346份玉米自交系进行抗拟轮枝镰孢(*Fusarium verticillioides*)与禾谷镰孢穗腐病的鉴定,'15-TL-1224'等45份自交系对2种镰孢穗腐病同时表现中抗以上水平;段灿星等^[21]对690份玉米种质进行拟轮枝镰孢与禾谷镰孢穗腐病的抗性鉴定,'H 446'等3份种质均对2种穗腐病表现出稳定抗性;董怀玉等^[33]对413份玉米自交系进行抗灰斑病鉴定,筛选出高抗自交系6份、抗病自交系28份;刘可杰等^[25]评价了300份玉米种质对2种灰斑病菌玉米尾孢(*Cercospora zeina*)和玉蜀黍尾孢(*Cercospora zea-maydis*)的抗性,76.99%的种质对玉米尾孢表现中抗以上,38.33%的种质对玉米玉蜀黍尾孢表现中抗以上。已有的研究表明,绝大多数鉴定评价的玉米种质是种质资源库中已有资源^[17-18,20-22,25,30],在当前的育种中应用较少;此外,这些资源研究较早、应用范围针对性不强^[24,26-28,33],适合当前东北玉米育种的资源不多。总体来看,目前对东北春玉米区育种应用的自交系开展抗禾谷镰孢穗腐病和灰斑病的规模化鉴定研究鲜见报道。本研究以吉林省农业科学院玉米研究所最新选育的自交系、自选骨干自交系、国内骨干自交系、美国公开信息的自交系等523份当前育种应用的玉米自交系分别开展抗禾谷镰孢穗腐病和灰斑病的鉴定评价,旨在筛选出抗病性强的优异自交系,以为选育抗禾谷镰孢穗腐病和抗灰斑病的春玉米新品种奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以吉林省农业科学院玉米研究所收集和选育的523份玉米自交系为试验材料,包括最新自选系195份、自选的骨干自交系98份、国内骨干自交系127份、糯玉米自交系30份、美国公开的自交系73份。

1.2 试验设计

在吉林省农业科学院公主岭试验基地(124°82' E, 43°50' N, 海拔232 m)开展禾谷镰孢穗

腐病和灰斑病的人工接种鉴定试验。试验基地地处吉林省中部,温带大陆性季风气候,温度、雨量、光照等季节性变化明显。2种病害均于7月接种,9月开展抗病性调查。2021年7—9月平均气温分别为26.0、22.2和17.6℃,降雨量分别为194.7、171.3和173.9 mm。2022年7—9月平均气温分别为24.4、21.6和17.8℃,降雨量分别为300.6、248.7和68.7 mm。2023年7—9月期间平均气温分别为24.6、22.9和19.1℃,降雨量分别为103.6、103.9和4.5 mm(图1)。

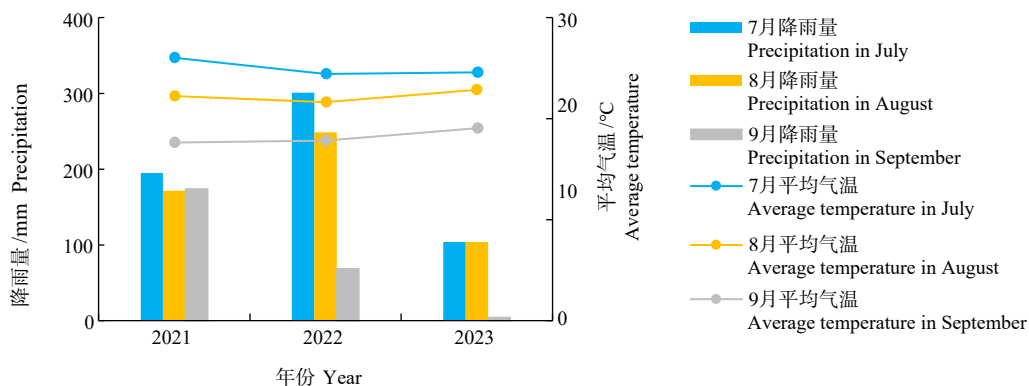


图1 2021—2023年7—9月公主岭的降雨量和平均气温

Fig. 1 Precipitation and average temperature in Gongzhuling from July to September of during 2021- 2023

2021—2023年开展了禾谷镰孢穗腐病抗性鉴定,2022—2023年开展了灰斑病抗性鉴定。采用随机区组试验设计,每个自交系种植2行,行长5 m,行距0.62 m,株距0.25 m。每100行设置1组对照材料,穗腐病对照材料为‘B 73’(高感,HS)^[41],灰斑病对照材料为‘掖478’(高感,HS)^[42]。生长期栽培管理与常规大田一致。

1.3 试验方法

1.3.1 病原菌准备和扩繁

接种用穗腐病致病菌为禾谷镰孢(*F. graminearum*),灰斑病为玉米尾孢(*Cercospora zeina*)和玉蜀黍尾孢(*Cercospora zea-maydis*)2种致病菌混合。菌株由吉林省农业科学院植物保护研究所分离、鉴定和保存,接种前将菌株在液体培养基上扩繁培养并制备孢子悬浮液。

1.3.2 禾谷镰孢穗腐病接种和鉴定方法

禾谷镰孢穗腐病抗性鉴定采用针刺接种

法^[41],在植株果穗吐丝10 d后,利用金属针和可定量的连续注射器,在每穗果穗中间部位注射接种2 mL浓度为 2×10^6 个/mL的孢子悬浮液,接种后正常肥水管理。进入蜡熟末期后,对收获的接种病原菌的果穗逐穗鉴定,按照果穗发病面积划分成对应的病情级别(表1)。根据单穗的病情级别,计算每份自交系的平均病情级别,再进行抗性评价和最高抗级评价^[21](表2),平均病情级别计算公式如下:

$$ERS_A = \frac{\sum_{i=1}^n ERS}{n}$$

式中:ERS,禾谷镰孢穗腐病病情级别(ear rot score, ERS);ERS_A,禾谷镰孢穗腐病平均病情级别(ear rot score on average, ERS_A);i=1,为第1个单株;n为最后第n个单株。计算保留1位小数。

表 1 玉米穗腐病鉴定病情级别划分

Table 1 Classification of disease level of maize resistance to ear rot

病情级别 Level	描述 Description
1	发病面积占果穗总面积 0%~1% 0%-1% of the diseased ear surface
3	发病面积占果穗总面积 2%~10% 2%-10% of the diseased ear surface
5	发病面积占果穗总面积 11%~25% 11%-25% of the diseased ear surface
7	发病面积占果穗总面积 26%~50% 26%-50% of the diseased ear surface
9	发病面积占果穗总面积 51%~100% 51%-100% of the diseased ear surface

表 2 玉米对穗腐病的抗性评价标准

Table 2 The criteria of evaluation of maize resistance to ear rot

发病级别 Ear rot level	抗性 Resistance
≤1.5	高抗 (HR) Highly resistant
1.6~3.5	抗 (R) Resistant
3.6~5.5	中抗 (MR) Moderately resistant
5.6~7.5	感 (S) Susceptible
7.6~9.0	高感 (HS) Highly susceptible

1.3.3 灰斑病接种和鉴定方法

灰斑病抗性鉴定采用心叶灌注法接种^[42],在植株9—11叶期后,利用注射器或胶头滴管平行插入到植株喇叭口处,在心叶中间部位注入5 mL浓度为 5×10^3 个/mL的孢子悬浮液。接种前进行田间浇灌,接种后正常肥水管理。玉米乳熟后期,对玉米穗位叶及上部3片叶片进行病级调查,根据叶片的感病面积进行病情分级和最高抗级评价(表3)。

表 3 玉米抗灰斑病鉴定病情级别划分

Table 3 Classification of disease level of maize resistance to gray leaf spot

病情级别 Level	描述 Description
1(HR)	穗位叶及上部3叶无病斑或有零星病斑,占叶面积0%~5% No disease spots or 0%-5% of the disease spots on the ear position leaves and the upper three leaves
3(R)	穗位叶及上部3叶有少量病斑,占叶面积6%~10% 6%-10% of the disease spots on the ear position leaves and the upper three leaves
5(MR)	穗位叶及上部3叶有较多病斑,占叶面积11%~30% 11%-30% of the disease spots on the ear position leaves and the upper three leaves
7(S)	穗位叶及上部3叶有大量病斑,占叶面积31%~70% 31%-70% of the disease spots on the ear position leaves and the upper three leaves
9(HS)	穗位叶及上部3叶基本为病斑覆盖,叶片枯死,病斑占叶面积>70%以上 The leaves die or disease spots area >70% on the ear position leaves and the upper three leaves

1.3.4 接种有效性判读

当穗腐病抗性鉴定的感病对照材料‘B 73’的平均病情级别≥5.6,灰斑病的感病对照材料‘掖478’的发病级别达到7级以上,判定鉴定结果有效^[41-42]。

1.4 数据统计分析

利用 Microsoft Excel 2016 和 SPSS 24.0 对抗性鉴定数据进行分析与处理。

2 结果与分析

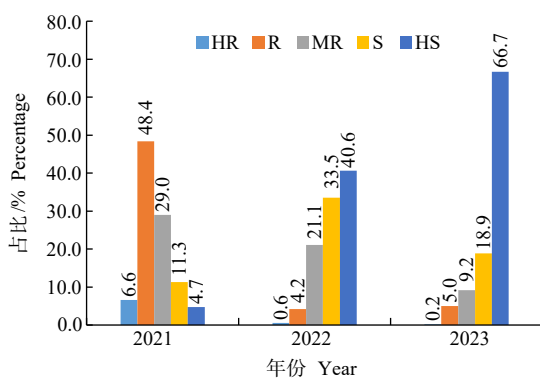
2.1 禾谷镰孢穗腐病抗性分析

2021—2023 年对玉米自交系进行禾谷镰孢穗腐病抗性分析,感病材料‘B 73’的平均病情级别分别为5.8、7.1和6.5,表现为感、高感和感,表明2021—2023 年对禾谷镰孢穗腐病的鉴定结果有效。

由图2可知,2021年514份自交系中,‘吉1037’、‘吉803’和‘吉D1392’等34份自交系表现为高抗(HR),占参试自交系的6.6%;‘FBHJ’、‘PHV78’和‘2FACC’等249份自交系表现为抗病(R),占参试自交系的48.4%;‘PHN82’、‘LH205’和‘PHR25’等149份自交系表现为中抗(MR),占参试自交系的29.0%;‘PHK42’、‘PHJ90’和‘LH172’等58份自交系表现为感病(S),占参试自交系的11.3%;‘PHK29’、‘PHK05’和‘PHR47’等24份自交系表现为高感(HS),占参试自交系的4.7%。

2022年507份自交系中,‘PHKM5’、‘吉18S304’和‘PHRE1’这3份自交系表现为高抗(HR),占参试自交系的0.6%;‘PHR25’、‘PHBW8’和‘吉854’等21份自交系表现为抗病(R),占参

试自交系的4.2%;‘FBHJ’、‘IBC2’和‘PHK29’等107份自交系表现为中抗(MR),占参试自交系的21.1%;‘PHK42’、‘PHK76’和‘PHN11’等170份自交系表现为感病(S),占参试自交系的33.5%;‘IBB15’、‘PHW52’和‘PHN82’等206份自交系表现为高感(HS),占参试自交系的40.6%。2023年,仅有‘CH552’表现为高抗(HR),占参试自交系的0.2%;‘PHJ90’、‘MQ305’和‘PHRE1’等26份自交系表现为抗病(R),占参试自交系的5.0%;‘IBB15’、‘IBC2’和‘PHN11’等48份自交系表现为中抗(MR),占参试自交系的9.2%;‘FBHJ’、‘PHK29’和‘PHK05’等99份自交系表现为感病(S),占参试自交系的18.9%;‘PHV78’、‘PHK76’和‘PHW52’等348份自交系表现为高感(HS),占参试自交系的66.7%(图2)。



HR,高抗;R,抗;MR,中抗;S,感病;HS,高感。下同。

HR,highly resistant;R,resistant;MR,moderately resistant;S,susceptible;HS,highly susceptible. The same below.

图2 2021—2023年玉米自交系对禾谷镰孢穗腐病抗性鉴定

Fig. 2 Resistance identification of maize inbred lines to *Gibberella* ear rot from 2021 to 2023

结合3年的抗性数据,‘PHRE1’在3年均表现出对禾谷镰孢穗腐病稳定的抗性,‘丹598’‘吉A1473’‘LN1’等其他22份自交系综合抗性达到中抗(表4)。2021与2022、2022与2023、2021与2023年的禾谷镰孢穗腐病综合抗性相关系数(r)分别为0.24、0.17和0.14,年度间综合抗性的结果差异显著($P<0.05$)。

2.2 灰斑病抗性分析

2022—2023年对玉米自交系进行灰斑病抗性分析,灰斑病感病材料‘掖478’的发病级别分别为7和9,表现为感(S)和高感(HS),表明2022—2023年对灰斑病的鉴定结果有效。

由图3可知,2022年513份自交系中,‘LH

217’、‘B414’和‘C416’等29份自交系对灰斑病表现为高抗(HR),占参试自交系的5.7%;‘IBC2’、‘PHK05’和‘PHK76’等133份自交系表现为抗病(R),占参试自交系的25.9%;‘IBB15’、‘PHK29’和‘PHR25’等169份自交系表现为中抗(MR),占参试自交系的32.9%;‘FBHJ’、‘PHV78’和‘PHV63’等127份自交系表现为感病(S),占参试自交系的24.8%;‘PHN11’、‘PHP02’和‘PHN82’等55份自交系表现为高感(HS),占参试自交系的10.7%。

2023年鉴定的513份自交系中,未发现高抗的自交系。‘LH159’、‘丹299’、‘E5045’、‘8505’和‘吉A71’这5份自交系表现为抗病(R),占参试自交

表 4 2021—2023 年抗禾谷镰孢穗腐病鉴定中表现稳定的 23 份自交系

Table 4 Twenty-three inbred lines with stable resistance to *Gibberella* ear rot during 2021 - 2023

自交系 Inbred line	抗性评级 Resistance evaluation			最高抗级 Highest scale	综合抗性 Comprehensive resistance
	2021 年	2022 年	2023 年		
PHRE 1	1.8	1.4	3.2	3.2	R
LH 186	1.8	3.6	2.0	3.6	MR
丹 598	1.0	3.6	2.2	3.6	MR
912	2.5	3.8	3.6	3.8	MR
CH 552	3.2	4.1	1.4	4.1	MR
吉 D060	3.8	2.0	4.5	4.5	MR
吉 V993	1.9	4.0	4.5	4.5	MR
PHRD 6	2.4	4.6	3.1	4.6	MR
PHN 66	1.9	3.6	4.6	4.6	MR
A-349	4.6	4.3	2.7	4.6	MR
D 119	2.3	3.4	4.6	4.6	MR
吉 VT833	2.1	4.6	4.7	4.7	MR
CN 1483	1.5	4.8	3.9	4.8	MR
M 67	2.1	4.8	4.9	4.9	MR
四-533	1.9	3.0	4.9	4.9	MR
99060	2.8	5.0	2.1	5.0	MR
吉 A1473	1.0	5.0	4.3	5.0	MR
IBC 2	3.6	5.3	5.3	5.3	MR
吉 B93-4	1.9	3.0	5.3	5.3	MR
PHN 18	3.8	4.1	5.4	5.4	MR
PHTD 5	3.4	5.4	4.7	5.4	MR
C 416	5.0	4.3	5.4	5.4	MR
LN 1	1.0	5.4	5.5	5.5	MR

系的 1%；‘LH 217’、‘PHHB 9’和‘PHMK O’等 92 份自交系表现为中抗(MR)，占参试自交系的 17.9%；‘PHV 78’、‘PHK 42’和‘PHK 76’等 308 份自交系表现为感病(S)，占参试自交系的 60%；‘FBHJ’、‘IBB 15’和‘IBC 2’等 108 份自交系表现为高感(HS)，占参试自交系的 21.1%(图 3)。

2022 和 2023 年‘丹 299’均表现对灰斑病抗病；‘LH 217’、‘吉 1037’和‘吉 A1001’等 66 份自交系 2 年均达到中抗以上(图 3 和表 5)。2 年的玉米自交系灰斑病综合抗性的 r 为 0.13, 抗性结果差异显著 ($P<0.05$)。

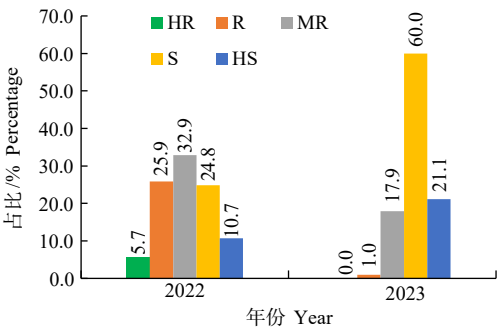


图 3 2022—2023 年玉米自交系对灰斑病抗性鉴定

Fig. 3 Resistance identification of maize inbred lines to gray leaf spot from 2022 to 2023

表 5 2022—2023 年抗灰斑病鉴定中表现稳定的 67 份自交系

Table 5 Sixty-seven inbred lines with stable resistance to gray spot during 2022-2023

病情级别 Rating	抗性等级 Resistance	自交系 Inbred line
3	R	丹 299(3,3)
5	MR	LH217(1,5)、吉 1037(1,5)、吉 A1001(1,5)、吉 V335604(1,5)、PHMK0(3,5)、LH 185(3,5)、A-091(3,5)、8902(3,5)、4112(3,5)、吉 9-033(3,5)、吉 002(3,5)、D 1798Z(3,5)、吉 A776(3,5)、吉 18S71(3,5)、457-1(3,5)、吉 A1473(3,5)、吉 A306(3,5)、吉 A412(3,5)、PHN5A(3,5)、吉 853(3,5)、B1M(3,5)、吉 V696T753(3,5)、9-004(3,5)、京 92(3,5)、吉 V9905399(3,5)、吉 V 023(3,5)、M 19(3,5)、吉 DH7263(3,5)、JYC8605(3,5)、JY 001(3,5)、吉 A144(3,5)、E 5045(5,3)、吉 A71(5,3)、PHEG 9(5,5)、446(5,5)、A-349(5,5)、J 9206(5,5)、D 387(5,5)、B 234(5,5)、吉 V079(5,5)、M 67(5,5)、4F1(5,5)、早 318(5,5)、A-34(5,5)、673(5,5)、599-20-1(5,5)、吉 D83(5,5)、吉 A611(5,5)、吉 18S312(5,5)、吉 18S316(5,5)、京 72464(5,5)、WK 798-2(5,5)、吉 VPH4H128(5,5)、吉 VB31PH6(5,5)、吉 Y12-32(5,5)、B 8-2-1(5,5)、吉 V18388F(5,5)、吉 VJ63488F(5,5)、吉 V88V2(5,5)、吉 A383(5,5)、吉 19*432(5,5)、吉 V6266(5,5)、吉 A388(5,5)、吉 A372(5,5)、吉 V2943(5,5)、吉 V2962(5,5)

注：括号中数字分别为 2022 和 2023 年的抗性评级。
Notes: The numbers in parentheses indicate significant resistance evaluation for each inbred line in 2022 and 2023, respectively.

2.3 自交系综合抗病性分析

对 523 份自交系进行抗禾谷镰孢穗腐病和灰斑病鉴定综合分析结果表明，2021—2023 年‘吉 A1473’、‘A-349’和‘M 67’这 3 份自交系同时在抗禾谷镰孢穗腐病和灰斑病鉴定中达到中抗以上，占参试自交系的 0.6%（表 6）。

表 6 2021—2023 年鉴定中对 2 种病害均表现稳定的 3 份自交系

Table 6 Three inbred lines with stable resistance for both diseases identified from 2021 to 2023

自交系 Inbred lines	2021 年	2022 年		2023 年	
	禾谷镰孢穗腐病抗性 <i>Gibberella</i> ear rot resistance	禾谷镰孢穗腐病抗性 <i>Gibberella</i> ear rot resistance	灰斑病抗性 Gray leaf spot resistance	禾谷镰孢穗腐病抗性 <i>Gibberella</i> ear rot resistance	灰斑病抗性 Gray leaf spot resistance
吉 A1473	HR	MR	R	MR	MR
A-349	MR	MR	MR	R	MR
M67	R	MR	MR	MR	MR

3 讨 论

3.1 玉米禾谷镰孢穗腐病抗性鉴定

玉米禾谷镰孢穗腐病抗性鉴定的接种方法有 2 种，针刺接种法和花丝通道注射法^[41]，区别在于针刺接种法直接扎入果穗中，发病速度快，程度更重，缺点在于对果穗造成的创伤有可能加重其他病菌的侵染^[21]；花丝通道注射法更接近于病原菌的自然侵染方式，自交系抗性水平差异明显，缺点是对接种时期要求较高，接种量和接种时间不易掌握，接

种过早或过晚都不利于病菌侵染和发病^[21]。已有研究表明，利用这 2 种方法接种，在确保被鉴定材料成功接种上孢子悬浮液的情况下，两者的鉴定结果一致性高，相关系数 $r \geq 0.90$ ^[21]。鉴于本研究中需鉴定的自交系数量多，熟期跨越大（早熟、中熟、晚熟等），且要应用于育种实践，需要筛选抗性较强种质，所以采用了针刺接种法，尽量避免接种时环境和生长时期不同可能对结果造成的影响。本研究采用的一些骨干自交系与已有研究鉴定的自交系表现出一定的一致性，应用针刺接种法，苏爱国

等^[22]对324份玉米自交系进行禾谷镰孢穗腐病抗性鉴定,鉴定出9份表现高抗的自交系,其中‘Mo 17’表现高抗,但在王丽娟等^[29]和徐婧等^[30]的鉴定中均表现为感病及以上。本研究中‘Mo 17’在2021和2022年表现为抗病、2023年则表现为感病,由此推断‘Mo 17’的抗病性与王丽娟等^[29]和徐婧等^[30]的结果基本一致;苏爱国等^[22]的两点鉴定研究中,自交系‘CN 1483’表现为高抗和抗,与王丽娟等^[29]鉴定的抗性表现(抗)一致,本研究中表现为2021年高抗、2022和2023年中抗,说明‘CN 1483’对穗腐病具有较稳定的抗性。由此可见,除接种方法外,不同鉴定年份的气候条件差异和同一年份不同鉴定地点的环境均会对鉴定结果产生较大影响。因此,经过多年多点的重复鉴定可更精准有效地明确玉米自交系的抗性水平。

3.2 玉米灰斑病抗性鉴定

玉米灰斑病的主要致病菌包括玉蜀黍尾孢(*Cercospora zeae-maydis*)和玉米尾孢(*Cercospora zeina*)。赵立萍等^[15]通过分子鉴定分析发现,玉蜀黍尾孢是北方玉米区唯一的致病种,并预测出玉米尾孢将随着季风从西南迅速向东向北扩散。2016年在黑龙江省双城市田间采集的玉米病叶上检测到玉米尾孢,说明玉米尾孢已突破秦岭阻隔扩展到北方玉米产区,将对华北北部及东北的玉米产区产生巨大威胁^[31]。刘可杰等^[25]在2013—2016年对300份自交系分别进行玉米尾孢菌和玉蜀黍尾孢菌的抗性鉴定,筛选出抗病自交系110份,其中‘昌7-2’和‘中106’均表现为抗病。而本研究发现,‘昌7-2’2022年表现为抗病,2023年表现为感病,‘中106’2022年表现为高抗,2023年表现为感病,这可能由于2023年的环境影响,灰斑病发病情况更重。2021年北方灰斑病大发生给春玉米生产带来严重挑战^[5],本研究采用了玉米尾孢和玉蜀黍尾孢混合的菌液进行人工接种鉴定,以期筛选出对2种致病菌均有较高抗性的自交系。在周雪琴等^[32]、董怀玉等^[33]、吕香玲等^[34]单一菌株侵染的抗性鉴定中,‘444’、‘81162’和‘A632 Ht’表现感病,与本研究结果一致。在接种方法上,以上所有均采用心叶灌注法^[42],因为该方法相比喷雾接种法更适合空气湿度变化大的平原地区。玉米灰斑病抗性是多基因控制的数量性状,通过 r 可以看出年度间综合抗性的结果差异较大,这也为灰斑病抗病育种增加很大

挑战。本研究中,2023年气温较往年升高,2种病害在当年的空气湿度下发生得更迅猛。目前,仍然缺乏高抗的玉米自交系,仅有‘丹299’1个稳定的抗性种质。因此,今后仍需进一步加强灰斑病抗性玉米种质筛选。

3.3 玉米抗病育种种质分析

抗病自交系的创制对于培育抗病高产稳产玉米品种具有重要意义^[19]。从本研究结果来看,目前禾谷镰孢穗腐病的抗性种质比较缺乏,抗性水平达中抗以上的仅有23份自交系,而灰斑病的有67份。在这些抗病自交系中,最新自选培育的自交系占有一定比例,抗灰斑病的自交系多于抗禾谷镰孢穗腐病,均抗2种病害的自交系非常少,仅有3个。今后,开展抗病广谱多基因聚合育种是选育绿色抗病玉米品种的基础^[5],‘吉A1473’综合抗性好,兼抗2种病害,聚合了多个抗性基因,并已衍生创制出‘吉A318’‘吉A709’‘吉A1209’‘吉A383’等自交系,对于拓宽东北玉米抗病种质具有重要的应用价值。

4 结 论

2021—2023年采用人工接种方法鉴定了523份玉米自交系对禾谷镰孢穗腐病和灰斑病的抗性水平。在抗禾谷镰孢穗腐病鉴定中,中抗(MR)以上的自交系占比4.4%,自交系‘PHRE 1’在3年的鉴定试验中均表现为抗(R)以上。在抗灰斑病鉴定中,中抗(MR)以上的自交系占12.8%,‘丹299’在2年的试验中均表现为抗(R)以上。同时筛选出‘吉A1473’、‘A-349’和‘M 67’对2种病害抗性均表现为中抗以上的自交系,可用于培育抗禾谷镰孢穗腐病和抗灰斑病的春玉米新种质。

参考文献 References

- [1] 陈印军,王琦琪,向雁. 我国玉米生产地位、优势与自给率分析[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(1): 7-16
Chen Y J, Wang Q Q, Xiang Y. Analysis on the status, superiority and self-sufficiency ratio of maize in China [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2019, 40(1): 7-16 (in Chinese)
- [2] 国家统计局. 中华人民共和国2023年国民经济和社会发展统计公报[R/OL]. (2024-02-29) [2024-09-16]. http://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202402/t20240228_1947915.html
National Bureau of Statistics. Statistical Bulletin on National Economic and Social Development of the People's Republic of China in 2023 [R/

- OL]. (2024-02-29) [2024-09-16]. http://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202402/t20240228_1947915.html
- [3] 张鑫, 杨普云, 任彬元, 宋显东, 林正平, 李鹏, 原晓华, 闫强, 韩成贵, 王颖. 2008—2019年东北三省玉米病虫害发生为害和防治情况分析[J]. 中国植保导刊, 2021, 41(10): 83-90, 50
- Zhang X, Yang P Y, Ren B Y, Song X D, Lin Z P, Li P, Yuan X H, Yan Q, Han C G, Wang Y. Analysis on occurrence, damage and control of maize diseases, insects and weeds in Northeast China from 2008 to 2019 [J]. *China Plant Protection*, 2021, 41(10): 83-90, 50 (in Chinese)
- [4] 王振营, 王晓鸣. 我国玉米病虫害发生现状、趋势与防控对策[J]. 植物保护, 2019, 45(1): 1-11
- Wang Z Y, Wang X M. Current status and management strategies for corn pests and diseases in China [J]. *Plant Protection*, 2019, 45(1): 1-11 (in Chinese)
- [5] 栾奕, 白岩, 卢实, 李磊鑫, 王德强, 高婷婷, 石洁, 杨洪明, 路明. “十三五”国家东北北春玉米区域试验品种抗病性评价[J]. 作物学报, 2023, 49(4): 1122-1131
- Luan Y, Bai Y, Lu S, Li L X, Wang D Q, Gao T T, Shi J, Yang H M, Lu M. Multi-disease resistance evaluation of spring maize varieties for the national regional test in Northeast and North China during 2016-2020 [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2023, 49(4): 1122-1131 (in Chinese)
- [6] 柴海燕, 贾娇, 白雪, 孟玲敏, 张伟, 金峨, 吴宏斌, 苏前富. 吉林省玉米穗腐病致病镰孢菌的鉴定与部分菌株对杀菌剂的敏感性[J]. 中国农业科学, 2023, 56(1): 64-78
- Chai H Y, Jia J, Bai X, Meng L M, Zhang W, Jin R, Wu H B, Su Q F. Identification of pathogenic *Fusarium* spp causing maize ear rot and susceptibility of some strains to fungicides in Jilin province [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2023, 56(1): 64-78 (in Chinese)
- [7] 董怀玉, 王大为, 王丽娟, 刘可杰, 姜钰, 徐秀德, 左驰. 北方春玉米区玉米穗腐病禾谷镰孢菌复合种 SCAR 类型测定[J]. 东北农业大学学报, 2015, 46(10): 23-28
- Dong H Y, Wang D W, Wang L J, Liu K J, Jiang Y, Xu X D, Zuo C. SCAR type detection of *Fusarium graminearum* clade species complex on spring maize producing areas of north China [J]. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2015, 46(10): 23-28 (in Chinese)
- [8] 孙华, 张海剑, 马红霞, 石洁, 郭宁, 陈丹, 李坡. 春玉米区穗腐病原菌组成、分布及禾谷镰孢复合种的鉴定[J]. 植物病理学报, 2018, 48(1): 8-15
- Sun H, Zhang H J, Ma H X, Shi J, Guo N, Chen D, Li P. Composition and distribution of pathogens causing ear rot in spring maize region and identification of *Fusarium graminearum* species complex [J]. *Acta Phytopathologica Sinica*, 2018, 48(1): 8-15 (in Chinese)
- [9] 王宝宝, 郭成, 孙素丽, 夏玉生, 朱振东, 段灿星. 玉米穗腐病致病禾谷镰孢复合种的遗传多样性、致病力与毒素化学型分析[J]. 中国农业科学, 2020, 53(23): 4777-4790
- Wang B B, Guo C, Sun S L, Xia Y S, Zhu Z D, Duan C X. The genetic diversity, pathogenicity, and toxigenic chemotypes of *Fusarium graminearum* species complex causing maize ear rot [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2020, 53(23): 4777-4790 (in Chinese)
- [10] Harrison L R, Colvin B M, Greene J T, Newman L E, Cole J R Jr. Pulmonary edema and hydrothorax in swine produced by fumonisin B1, a toxic metabolite of *Fusarium moniliforme* [J]. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 1990, 2(3): 217-221
- [11] Yoshizawa T, Yamashita A, Luo Y. Fumonisin occurrence in corn from high- and low-risk areas for human esophageal cancer in China [J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 1994, 60(5): 1626-1629
- [12] Katwal T B, Wangchuk D, Dorji L, Wangdi N, Choney R. Evaluation of gray leaf spot tolerant genotypes from CIMMYT in the highland maize production eco-systems of Bhutan [J]. *Journal of Life Sciences*, 2013, 7(5): 443-452
- [13] de Brito A H, Davide L M C, Von Pinho R G V, de Carvalho R P, dos Reis M C. Genetic control of resistance to gray leaf spot of maize in tropical germplasm [J]. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 2012, 12(2): 145-150
- [14] 刘可杰, 董怀玉, 王丽娟. 我国玉米灰斑病菌的种类及其分布调查[J]. 植物保护, 2021, 47(5): 266-270
- Liu K J, Dong H Y, Wang L J. Investigation on the species and distribution of pathogens causing gray leaf spot of maize in China [J]. *Plant Protection*, 2021, 47(5): 266-270 (in Chinese)
- [15] 赵立萍, 王晓鸣, 段灿星, 龙书生, 李晓, 李洪连, 何月秋, 晋齐鸣, 武小菲, 宋凤景. 中国玉米灰斑病发生现状与未来扩散趋势分析[J]. 中国农业科学, 2015, 48(18): 3612-3626
- Zhao L P, Wang X M, Duan C X, Long S S, Li X, Li H L, He Y Q, Jin Q M, Wu X F, Song F J. Occurrence status and future spreading areas of maize gray leaf spot in China [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2015, 48(18): 3612-3626 (in Chinese)
- [16] Duan C X, Zhao L P, Wang J, Liu Q K, Yang Z H, Wang X M. Dispersal routes of *Cercospora zeina* causing maize gray leaf spot in China [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2022, 21(10): 2943-2956
- [17] 夏玉生, 郭成, 温胜慧, 孙素丽, 朱振东, 段灿星. 玉米种质抗拟轮枝镰孢与禾谷镰孢穗腐病鉴定及抗性多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2022, 23(1): 61-71
- Xia Y S, Guo C, Wen S H, Sun S L, Zhu Z D, Duan C X. Identification of maize germplasm resistant to *Fusarium* ear rot and *Gibberella* ear rot and genetic diversity analysis of resistant lines [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2022, 23(1): 61-71 (in Chinese)
- [18] 张艳, 张叶, 王梓钰, 闻竟, 韩四平, 郭嘉, 邢跃先. 44份玉米自交系对镰孢穗腐病的抗性鉴定[J]. 植物遗传资源学报, 2019, 20(2): 276-283
- Zhang Y, Zhang Y, Wang Z Y, Wen J, Han S P, Guo J, Xing Y X. Evaluation of resistance to *Fusarium* ear rot in 44 maize inbred lines [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2019, 20(2): 276-283 (in Chinese)
- [19] 王俊强, 何长安, 石运强, 孙善文, 韩业辉, 于运凯, 许健, 周超, 孙培元, 丁昕颖, 赵秀梅. 40份骨干玉米自交系对镰孢穗腐病的抗性评价[J]. 玉米科学, 2020, 28(6): 176-181, 186
- Wang J Q, He C A, Shi Y Q, Sun S W, Han Y H, Yu Y K, Xu J, Zhou C, Sun P Y, Ding X Y, Zhao X M. Evaluation of resistance to *Fusarium* ear rot in 40 backbone maize inbred lines [J]. *Journal of Maize Sciences*, 2020, 28(6): 176-181, 186 (in Chinese)
- [20] 孙铭泽, 宋茂兴, 吕香玲, 李凤海, 杜万里, 李元, 闫伟, 张旷野, 朱康宁, 吕静波. 玉米自交系齐 319 对玉米灰斑病的抗性遗传分析[J]. 玉米科学, 2017, 25(6): 161-166
- Sun M Z, Song M X, Lv X L, Li F H, Du W L, Li Y, Yan W, Zhang K Y, Zhu K N, Lv J B. Genetic analysis of resistance to maize gray leaf spot in inbred line Qi319 [J]. *Journal of Maize Sciences*, 2017, 25(6): 161-166 (in Chinese)
- [21] 段灿星, 崔丽娜, 夏玉生, 董怀玉, 杨知还, 胡清玉, 孙素丽, 李晓, 朱振东, 王晓鸣. 玉米种质资源对拟轮枝镰孢与禾谷镰孢穗腐病的抗性精准鉴定与分析[J]. 作物学报, 2022, 48(9): 2155-2167
- Duan C X, Cui L N, Xia Y S, Dong H Y, Yang Z H, Hu Q Y, Sun S L, Li X, Zhu Z D, Wang X M. Precise characterization and analysis of maize germplasm resources for resistance to *Fusarium* ear rot and *Gibberella*

- ear rot [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2022, 48 (9): 2155-2167 (in Chinese)
- [22] 苏爱国,王帅帅,段赛茹,张如养,邢锦丰,杨扬,宋伟,赵久然. 玉米抗禾谷镰孢菌穗粒腐病种质资源鉴定[J]. 植物遗传资源学报, 2021, 22(4): 971-978
- Su A G, Wang S S, Duan S R, Zhang R Y, Xing J F, Yang Y, Song W, Zhao J R. Identification for ear rot resistance against *Fusarium graminearum* in maize germplasm [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2021, 22 (4): 971-978. (in Chinese)
- [23] 杨俊伟,王建军,赵变平,李彦良,贾鑫,王富荣. 玉米新品种抗禾谷镰孢菌穗腐病鉴定与评价[J]. 河北农业科学, 2020, 24 (4): 47-49
- Yang J W, Wang J J, Zhao B P, Li Y L, Jia X, Wang F R. Identification and evaluation of resistance of maize hybrids to *Fusarium graminearum* ear rot [J]. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*. 2020, 24 (4): 47-49 (in Chinese)
- [24] 肖明纲. 35份新选育玉米自交系对4种病害抗性的精准鉴定与评价[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(17): 15-21
- Xiao M G. Accurate identification and evaluation of resistance to four diseases for 35 newly selected maize inbred lines [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2022, 50 (17): 15-21 (in Chinese)
- [25] 刘可杰,董怀玉,姜钰,胡兰,徐婧,王丽娟,徐秀德. 300份玉米种质对两种灰斑病菌的抗性评价[J]. 玉米科学, 2018, 26(4): 162-165
- Liu K J, Dong H Y, Jiang Y, Hu L, Xu J, Wang L J, Xu X D. Evaluation of 300 maize germplasms for resistance to *Cercospora zeina* and *Cercospora zeae-maydis* [J]. *Journal of Maize Sciences*, 2018, 26 (4): 162-165 (in Chinese)
- [26] Reid L M, Spaner D, Mather D E, Bolton A T, Hamilton R I. Resistance of maize hybrids and inbreds following silk inoculation with three isolates of *Fusarium graminearum* [J]. *Plant Disease*, 1993, 77 (12): 1248 - 1251
- [27] Schaafsma A W, Nicol R W, Reid L M. Evaluating commercial maize hybrids for resistance to Gibberella ear rot [J]. *European Journal of Plant Pathology*, 1997, 103(8): 737-746
- [28] Balconi C, Berardo N, Elli S L, Lanzanova C, Torri A, Redaelli R. Evaluation of ear rot (*Fusarium verticillioides*) resistance and fumonisin accumulation in Italian maize inbred lines [J]. *Phytopathologia Mediterranea*, 2014, 53: 14 - 26
- [29] 王丽娟,徐秀德,刘志恒,董怀玉,姜钰,张明会. 玉米抗镰孢菌穗腐病接种方法及抗病资源筛选研究[J]. 植物遗传资源学报, 2007, 8(2): 145-148
- Wang L J, Xu X D, Liu Z H, Dong H Y, Jiang Y, Zhang M H. Inoculation technique and screening maize germplasm resistance to *Fusarium* ear rot [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2007, 8(2): 145-148 (in Chinese)
- [30] 徐婧,姜钰,秦培文,刘可杰,胡兰,孙会杰,徐秀德. 外引玉米种质对两种穗腐病原镰孢菌抗性鉴定[J]. 植物遗传资源学报, 2019, 20(1): 20-25
- Xu J, Jiang Y, Qin P W, Liu K J, Hu L, Sun H J, Xu X D. Test for ear rot resistance against *Fusarium verticillioides* and *Fusarium graminearum* in imported maize germplasm [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2019, 20(1): 20-25 (in Chinese)
- [31] 赵立萍. 玉米灰斑病原菌及玉米尾孢遗传变异研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2016
- Zhao L P. Study on the pathogen of maize gray leaf spot and the genetic variation of maize *Cercospora* [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2016 (in Chinese)
- [32] 周雪琴,袁艳丽,任洪,王伟,柏光晓. 26份玉米材料灰斑病抗性鉴定及分子标记检测[J]. 种子, 2022, 41(3): 12-17
- Zhou X Q, Yuan Y L, Ren H, Wang W, Bai G X. Identification and molecular detection of gray leaf spot resistance in 26 elite maize inbred lines [J]. *Seed*, 2022, 41(3): 12-17 (in Chinese)
- [33] 董怀玉,姜钰,王丽娟,徐秀德. 玉米种质资源抗灰斑病鉴定与评价[J]. 植物遗传资源学报, 2005, 6(4): 441-443
- Dong H Y, Jiang Y, Wang L J, Xu X D. Evaluation on maize germplasm resources for resistance to gray leaf spot [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2005, 6(4): 441-443 (in Chinese)
- [34] 吕香玲,李新海,陈阳,史振声,李凤海,傅俊范. 玉米种质抗灰斑病鉴定与评价[J]. 玉米科学, 2011, 19(6): 125-128
- Lv X L, Li X H, Chen Y, Shi Z S, Li F H, Fu J F. Evaluation and identification of resistance to gray leaf spot (GLS) in maize germplasm [J]. *Journal of Maize Sciences*, 2011, 19(6): 125-128 (in Chinese)
- [35] Martin M, Miedaner T, Dhillon B S, Ufermann U, Kessel B, Ouzunova M, Schipprack W, Melchinger A E. Colocalization of QTL for Gibberella ear rot resistance and low mycotoxin contamination in early European maize [J]. *Crop Science*, 2011, 51(5): 1935-1945
- [36] 王梓钰,李世界,闻竞,莫蓝月,沈彦岐,韩四平,张艳. 玉米禾谷镰孢穗腐病抗性的QTL定位[J]. 玉米科学, 2022, 30(4): 31-39, 47
- Wang Z Y, Li S J, Wen J, Mo L Y, Shen Y Q, Han S P, Zhang Y. QTL mapping of resistance to *Gibberella* ear rot in maize [J]. *Journal of Maize Sciences*, 2022, 30(4): 31-39, 47 (in Chinese)
- [37] 宋军锋,陈华,田志强,李志敏. 玉米灰斑病抗病QTL鉴定和效应分析[J]. 河南农业大学学报, 2019, 53(5): 677-682
- Song J F, Chen H, Tian Z Q, Li Z M. QTL identification and effect analysis of resistance to gray leaf spot in maize [J]. *Journal of Henan Agricultural University*, 2019, 53(5): 677-682 (in Chinese)
- [38] Yao L S, Li Y M, Ma C Y, Tong L X, Du F L, Xu M L. Combined genome-wide association study and transcriptome analysis reveal candidate genes for resistance to *Fusarium* ear rot in maize [J]. *Journal of Integrative Plant Biology*, 2020, 62(10): 1535-1551
- [39] Zhong T, Zhu M, Zhang Q Q, Zhang Y, Deng S N, Guo C Y, Xu L, Liu T T, Li Y C, Bi Y Q, Fan X M, Balint-Kurti P, Xu M L. The ZmWAKL-ZmWIK-ZmBLK1-ZmRBOH4 module provides quantitative resistance to gray leaf spot in maize [J]. *Nature Genetics*, 2024, 56(2): 315-326
- [40] 程子祥. 尾孢菌致病机制分析与玉米抗灰斑病基因ZmPMT1克隆及功能验证[D]. 北京:中国农业科学院, 2022
- Cheng Z X. Pathogenic mechanism analysis of *Cercospora* and cloning and functional verification of maize resistance gene ZmPMT1 [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2022 (in Chinese)
- [41] NY/T 1248.8—2016. 玉米抗病虫性鉴定技术规范第8部分: 镰孢穗腐病[S/OL]. [2024-09-16]. <https://hbba.sacinfo.org.cn/attachment/onlineRead/95e138b5f17c1a958a26ca7ee87c9f0c24ee8eba69abd4117574239fe713aa15>
- NY/T 1248.8—2016. Technical specification on evaluation of maize resistance to pests. Part 8: *Fusarium* and *Gibberella* ear rot[S/OL]. [2024-09-16]. <https://hbba.sacinfo.org.cn/attachment/onlineRead/95e138b5f17c1a958a26ca7ee87c9f0c24ee8eba69abd4117574239fe713aa15> (in Chinese)
- [42] NY/T 1248.11—2016. 玉米抗病虫性鉴定技术规范第11部分: 灰斑病[S/OL]. [2024-09-16]. <https://hbba.sacinfo.org.cn/attachment/onlineRead/7ea589c0c055657f8f56055aded3e533e21d2b7e7663bb5bcd4c0d7c97276027>

NY/T 1248.11—2016. Technical specification on evaluation of maize resistance to pests. Part 11: Gray leaf spot[S/OL]. (2016-10-26)[2024-09-16]. <https://hbba.sacinfo.org.cn/attachment/onlineRead/>

7ea589c0c055657f8f56055aded3e533e21d2b7e7663bb5bcd4c0d7c97276027
(in Chinese)

责任编辑: 吕晓梅



第一作者简介: 陈鸽, 硕士, 吉林省农业科学院玉米所研究实习员, 主要从事玉米遗传育种研究。参加国家重点研发计划(2021YFD1201002)等国家和省级项目 3 项, 发表论文 3 篇。



通讯作者简介: 刘文国, 博士, 博士生导师, 主要粮食作物国家工程研究中心二级研究员, 主要从事玉米遗传育种研究工作。长白山领军人才、吉林省劳动模范、省拔尖创新一层次人才、省突出贡献的中青年专业技术人才, 吉林省农业科学院研究团队首席专家。先后主持国家重点研发计划、国家科技支撑计划、国家玉米产业技术体系等科研项目 16 项; 获省部级奖励 8 项, 其中一等奖 4 项; 选育玉米新品种 46 个, 累计推广面积 1.5 亿亩以上; 获植物新品种保护权 38 项; 获批专利 7 项; 制定地方标准 4 项; 发表论文百余篇, 其中 SCI 收录 6 篇, 参编著作 1 部。



通讯作者简介: 路明, 博士, 现任吉林省农业科学院玉米所副所长, 研究员, 主要从事玉米遗传育种研究工作。国家玉米产业技术体系岗位科学家, 第五届国家农作物品种审定委员会玉米专业委员会委员, 农业农村部东北中部玉米生物学与遗传育种重点实验室主任, 第八届吉林省农作物品种审定委员会玉米专委会主任委员、国家玉米种业技术创新中心科学委员会委员、《玉米科学》编委等。先后主持国家自然科学基金、国家重点研发计划、国家科技支撑计划、省科技重大专项等科研项目 25 项; 参选审定玉米新品种 34 个; 获省级科技奖励 5 项; 获专利 14 项, 其中发明专利 4 项; 制定标准 7 项; 发表论文 79 篇, 其中 SCI 收录 10 篇, 参编著作 2 部。