

引进美国 GEM 材料的抗玉米青枯病和 丝黑穗病种质资源筛选鉴定

孟 剑, 裴二芹, 宋艳春, 石云素, 李永祥

(中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要:近年来,青枯病、丝黑穗病上升为我国玉米生产中的主要病害,挖掘新的抗病资源,进行抗病育种是解决病害威胁的根本所在。本研究对引进的美国 GEM 材料进行了接种条件下的抗病性鉴定,并结合抗病材料的多年重复验证,筛选出一批新的抗病种质资源。这些材料的深入研究和广泛应用,对拓宽我国玉米青枯病、丝黑穗病抗性遗传基础,增加种质资源遗传多样性具有重要利用价值。

关键词:玉米;青枯病;丝黑穗病

Resistant Identification of Stalk Rot and Head Smut for Introduced U. S. GEM Germplasm in Maize

MENG Jian, PEI Er-qin, SONG Yan-chun, SHI Yun-su, LI Yong-xiang

(Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: During recent years, stalk rot and head smut have becoming two of the major diseases for the maize production in China. It was turned out that the disease-resistant breeding was the most effective approach to resolve the disease problem by the discovery and application of newly resistant germplasm. In this study, a set of resistant germplasm from introduced U. S. GEM materials for stalk rot and head smut were identified and selected under the condition of repeated inoculation, which was meaningful to the enhancement of disease-resistant maize germplasm of China.

Key words: maize; stalk rot; head smut

玉米青枯病又称玉米茎腐病或茎基腐病,可造成高达 20% ~ 50% 的产量损失,是一类主要由腐霉菌和镰刀菌引起的土传真菌病害,在我国各大玉米主产区均有发生^[1-2]。近年来,受玉米播种密度的持续提高、氮肥施用量的增加及秸秆还田措施的推广等因素影响,我国玉米青枯发病面积持续扩大,成为影响玉米生产的主要病害之一。丝黑穗病是由丝轴黑粉菌(*Sphacelotheca reiliana*)引起的毁灭性土传病害,主要危害我国北方春播区玉米生产^[3]。自 20 世纪 90 年代,由于感病品种的大面积推广,丝黑穗病对我国玉米生产的危害开始加重,成为当前玉米生产中的另外一种主要病害^[4]。表面上看,品种换代和耕作制度变更,是近年来我国玉米青枯病和丝

黑穗病危害持续加重的主要诱因。但本质上反映的是抗玉米青枯病、丝黑穗病种质匮乏,现有资源已无法满足抗病育种的需求,因此,引进新的种质类型,拓宽我国抗青枯病、丝黑穗病遗传基础,是解决当前两大玉米病害的关键所在。

为了引进全球范围内的遗传多样性,拓宽玉米种质基础,防止因遗传基础狭窄导致的毁灭性病虫害的发生,美国自 20 世纪 90 年代启动了 GEM 项目(Germplasm Enhancement of Maize, [http://www. public. iastate. edu/~ usda-gem/](http://www.public.iastate.edu/~usda-gem/)),该项目以美洲地区收集的多样性优异资源为基础材料,通过回交转育的方法,将热带种质导入温带自交系,以拓宽北美温带种质基础。中国农业科学院作物科学研究所作为 GEM 项目的国

收稿日期:2014-11-21 修回日期:2014-12-14 网络出版日期:2015-08-04

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20150804.1057.006.html>

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(201303007);国家国际科技合作项目(2011DFA30450);物种资源保护(农作物)项目(2014NWB030-04)

第一作者研究方向为玉米种质资源。E-mail: mengjian1121@163.com

通信作者:李永祥,研究方向为玉米种质资源。E-mail: liyongxiang@caas.cn

际合作伙伴之一,近年来连续引进多批 GEM 材料,在完成农艺性状评价基础上,本研究对其中的部分优异资源进行了人工接种条件下的玉米青枯病、丝黑穗病抗性评价,并结合抗病材料的多年重复鉴定,以期筛选一批全新的玉米青枯病、丝黑穗病抗病资源,以丰富我国玉米种质基础,更好地促进玉米产业发展。

1 材料与方法

1.1 试验材料

在常规农艺性状评价基础上,于 2009 年在人工接种条件下,对 50 份(包括 18 个育种群体、9 个顶交组合和 23 份优异自交系)引进的 GEM 材料进行了玉米青枯病抗性鉴定。选取高感青枯病材料黄早四(HZS)为感病对照,以高抗材料宋 1145(Song1145)为抗病对照。在 2012 年完成了 70 份(包括 45 个育种群体和 25 份优异自交系)GEM 材料的丝黑穗病抗性鉴定,丝黑穗病鉴定的感病对照为黄早四,抗病对照为 Mo17。在 2013 年还对随后引进的 74 份(包括 68 个育种群体和 6 份优异自交系)GEM 材料,在人工接种条件下,分别进行了玉米青枯病和丝黑穗抗性鉴定。

为了进一步确认初选材料的抗病性,在 2010 年和 2012 年,对 2009 年评价中筛选出的 15 份抗玉米青枯病材料进行了多年重复鉴定。另外,在 2013 年还对 2012 年评价中筛选出的 13 份抗丝黑穗病 GEM 材料进行了重复验证。

1.2 试验设计

引进 GEM 材料的玉米青枯病、丝黑穗病抗性鉴定,分别在中国农业科学院北京昌平试验基地和黑龙江省农业科学院玉米研究所试验基地进行。各鉴定小区,单行种植,2 次重复,行长 5 m,行距 0.6 m,种植密度为 4500 株/667m²。施肥、灌溉、防虫和除草同当地常规田间管理。

以高致病力囊胞腐霉菌(*Pythium inflatum*)作为玉米青枯病抗性鉴定的病原菌^[5]。用于本研究抗病性鉴定的菌株号为 P85-67,由中国农业科学院作物科学研究所王晓鸣课题组提供。以煮熟的玉米作为病原菌培养基质,28℃条件下无光培养 20 d,至菌丝长满培养基,在病原菌致病力最高时进行接种,以保证接种效果。在玉米 10 叶期,通过刨根埋土的方法进行病原物接种^[6]。对于丝黑穗病抗性鉴定,在播种时按 0.1% 比例将上年采集的丝黑穗孢子粉与细沙充分混合成菌土,菌土覆盖于种子上,采取早播、适度深埋的方法,以增强接种效果^[7]。

1.3 玉米青枯病、丝黑穗病抗病性调查与抗性评级

玉米青枯抗病性调查在散粉后 30 d 进行,调查过程中,首先调查小区总株数,随后对小区内全部植株劈秆,以确认感病株数,并计算感病率 = (感病植株数/小区总株数) × 100%,以衡量材料的抗病性。根据发病株率,将参试材料按抗性水平划分为 5 个等级^[6],青枯病评级标准如下:感病率 > 40% 为高感(HS),40% ≥ 感病率 > 30% 为感(S),30% ≥ 感病率 > 10% 为中抗(MR),10% ≥ 感病率 > 5% 为抗(R),感病率 ≤ 5% 为高抗(HR)。丝黑穗病调查在散粉后 30 d 进行,首先调查小区内总株数,然后调查感病植株数,并计算感病率,丝黑穗病同样分为 5 个等级^[7],标准具体如下:感病率 > 40% 为高感(HS),40% ≥ 感病率 > 10% 为感(S),10% ≥ 感病率 > 5% 为中抗(MR),5% ≥ 感病率 > 1% 为抗(R),感病率 ≤ 1% 为高抗(HR)。

2 结果与分析

2.1 引进 GEM 材料的玉米青枯病抗性评价

在 2009 年和 2013 年的接种鉴定中,感病对照黄早四的感病率分别为 67.4% 和 96.7%,而抗病对照宋 1145 仅为 2.1% 和 0(图 1)。感、抗对照的抗病性差异明显,表明人工接种的效果较好,能够显著区分感病材料和抗病材料。在 2009 年,鉴定的 50 份 GEM 材料感病率在 0 ~ 85.2%,平均为 34.3%。按照青枯病抗性评价标准,其中 8 份材料表现为高抗,4 份材料表现为抗病,11 份材料表现为中抗;2013 年鉴定的 74 份 GEM 材料感病率在 0 ~ 81.8%,平均为 21.7%。其中 11 份材料表现为高抗,10 份材料表现为抗病,30 份材料表现为中抗(图 1)。可以看出,引进的 GEM 材料在青枯病抗性方面具有广泛的变异,其中部分材

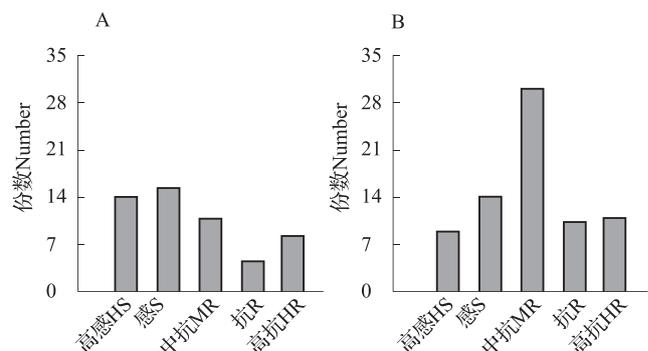


图 1 引进 GEM 材料在 2009 年(A)和 2013 年(B)的青枯病抗性评级分布

Fig. 1 Distributions of stalk rot resistant score for GEM materials in 2009 (A) and 2013 (B)

料表现为抗或高抗,这些材料对拓宽我国玉米抗青枯病种质基础具有重要利用价值。

2.2 抗玉米青枯病 GEM 材料的多年重复鉴定

结合农艺性状田间表现,对 2009 年鉴定出的 15 份优异抗青枯病材料,在 2010 年和 2012 年进行了多年的重复鉴定(表 1)。结果发现,大部分的抗

病材料,年际间的青枯病抗性表现稳定,表明入选材料的抗病性遗传力高,鉴定结果可靠。另外还发现,03GEM80021、07GEM02654、07GEM02948、07GEM02951 等引进材料,在 3 年的鉴定中,全部表现为抗或高抗,这些材料可作为重要的抗青枯病资源,用于我国玉米种质基础扩充。

表 1 抗玉米青枯病 GEM 材料的多年鉴定

Table 1 Identification of stalk rot resistant GEM materials across years

材料名称 Materials	材料类型 Material type	2009		2010		2012	
		感病率(%)	抗性评级	感病率(%)	抗性评级	感病率(%)	抗性评级
		Infected percentage	Resistant score	Infected percentage	Resistant score	Infected percentage	Resistant score
03GEM80013	育种群体	14.0	MR	0	HR	4.8	R
03GEM80021	育种群体	8.7	R	9.1	R	0	HR
04GEM80022	育种群体	11.6	MR	8.3	R	0	HR
04GEM80028	育种群体	18.9	MR	8.3	R	4.8	R
07GEM02654	育种群体	4.3	HR	0	HR	4.8	R
03GEM00067	自交系	12.5	MR	0	HR	17.4	MR
03GEM00244	自交系	4.8	HR	0	HR	17.4	MR
04GEM00257	自交系	0	HR	0	HR	33.3	S
04GEM00773	自交系	0	HR	0	HR	10.5	MR
04GEM00776	自交系	11.5	MR	0	HR	0	HR
07GEM02536	自交系	0	HR	8.3	R	22.2	MR
07GEM02554	自交系	5.0	R	0	HR	14.3	MR
07GEM02905	自交系	14.9	MR	0	HR	23.5	MR
07GEM02948	自交系	2.2	HR	0	HR	7.1	R
07GEM02951	自交系	0	HR	0	HR	9.5	R

2.3 引进 GEM 材料的玉米丝黑穗病抗性评价

在 2012 年和 2013 年,感病对照黄早四的感病率分别为 62.8% 和 72.2%,而抗病对照 Mo17 分别为 2.0% 和 2.9% (图 2),表明发病条件充分,能够显著区分感病、抗病材料。在 2012 年鉴定的 70 份 GEM 材料感病率在 0~63.3%,平均为 11.7%。按照丝黑穗病抗性评价标准,其中 6 份材料表现为高抗,25 份材料表现为抗病,10 份材料表现为中抗;在 2013 年鉴定的 74 份 GEM 材料感病率在 0~57.4%,平均为 13.4%,其中 4 份材料表现为高抗,15 份材料表现为抗病(图 2)。可以看出,引进的 GEM 材料在丝黑穗病抗性方面同样存在广泛的变异,其中的抗病材料对拓宽我国玉米丝黑穗病抗性遗传基础具有重要利用价值。

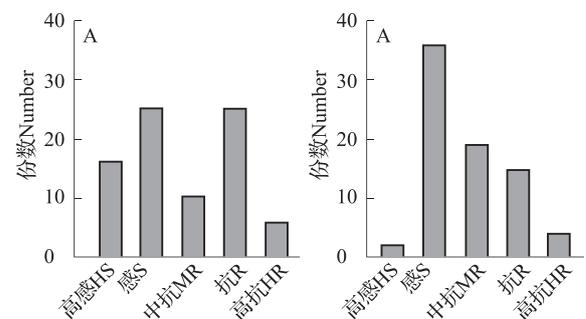


图 2 引进 GEM 材料在 2012 年 (A) 和 2013 年 (B) 的丝黑穗病抗性评级分布

Fig. 2 Distributions of head smut resistant score for GEM materials in 2012 (A) and 2013 (B)

2.4 抗玉米丝黑穗病 GEM 材料的多年重复鉴定

对 2012 年鉴定出的 13 份抗丝黑穗病 GEM 材料,在 2013 年进行了重复鉴定(表 2)。结果发现,

与青枯病抗性鉴定结果类似,抗丝黑穗病材料在年际间的抗性表现稳定。其中,08GEM80044、10GEM80110、10GEM80111、10GEM06839 等 4 份材

料,在 2 年的鉴定中,无感病植株发现,对玉米丝黑穗病表现出极高的抗性,这些材料的深入研究和利用,对我国丝黑穗病抗病育种具有重要意义。

表 2 抗玉米丝黑穗病 GEM 材料的多年鉴定

Table 2 Identification of head smut resistant GEM materials across years

材料名称 Materials	材料类型 Material type	2012		2013	
		感病率(%)	抗性评级	感病率(%)	抗性评级
		Infected percentage	Resistant score	Infected percentage	Resistant score
08GEM80043	育种群体	1.9	R	0	HR
08GEM80044	育种群体	0	HR	0	HR
09GEM80059	育种群体	4.1	R	7.7	MR
10GEM80110	育种群体	0	HR	0	HR
10GEM80111	育种群体	0	HR	0	HR
10GEM80113	育种群体	3.6	R	0	HR
08GEM05052	自交系	0	HR	8.3	MR
08GEM05053	自交系	0	HR	2.4	R
09GEM07815	自交系	0	HR	2.5	R
10GEM06839	自交系	0	HR	0	HR
10GEM06840	自交系	0	HR	6.3	MR
10GEM06842	自交系	0	HR	2.4	R
10GEM06846	自交系	2.1	R	0	HR

2.5 玉米青枯病、丝黑穗病兼抗 GEM 材料的鉴定筛选

在 2013 年,对引进的 74 份 GEM 材料,在接种条件下分别进行了玉米青枯病和丝黑穗病抗性鉴定(表 3)。结果发现,6 份材料对玉米青枯病和丝黑

穗病同时表现为抗或高抗。其中,12GEM09129 和 12GEM03022 对两种病害全部表现为高抗。这些材料筛选与发掘,对我国多抗玉米种质资源创新及抗病育种具有重要的利用价值。

表 3 兼抗玉米青枯病、丝黑穗病 GEM 材料的筛选鉴定

Table 3 Identification of both stalk rot and head smut resistant GEM materials

材料名称 Materials	材料类型 Material type	青枯病 Stalk rot		丝黑穗病 Head smut	
		感病率(%)	抗性评级	感病率(%)	抗性评级
		Infected percentage	Resistant score	Infected percentage	Resistant score
12GEM03404	育种群体	8.7	R	4.2	R
12GEM03993	育种群体	8.7	R	4.9	R
12GEM09129	育种群体	5.0	HR	0	HR
12GEM80022	育种群体	4.6	HR	2.4	R
12GEM03022	自交系	4.6	HR	0	HR
12GEM03023	自交系	0	HR	2.4	R

3 讨论

玉米在我国为外来作物,现有种质基础狭窄,资源类型单一^[8]。进入 21 世纪以来,在商业育种利益

刺激下,我国玉米品种同质化现象严重。在此条件下,将不可避免地带来种质基础日趋狭窄的严重后果,为大规模病虫害的流行和暴发提供了潜在的可能^[9]。以玉米大斑病为例,随着高感大斑病玉米品

种的长期大面积推广^[10],造成病原物大量积累,这成为自2011年以来我国东北春播区玉米大斑病持续流行的主要原因之一。在美国20世纪70年代,由于T型不育系的大面积使用,导致玉米小斑病大暴发,玉米生产损失惨重^[11]。

对我国黄淮海夏播玉米区而言,随着秸秆还田工作的逐步推广、种植密度的持续提高和氮肥的大量使用,土壤中青枯病原菌的积累也在持续增加,原有品种资源已经难以承受当前的病害压力,这也成为2013年和2014年青枯病连续2年大发生的遗传基础。我国玉米种质资源类型中,Lancaster、Reid及P群种质类型中含有较为丰富的茎腐病抗源^[12-13]。但近年来,随着该批资源的高强度使用,其青枯病抗性丧失迅速,迫切需要扩充新的抗病资源。作为土传病害,丝黑穗病原菌的冬孢子在土壤中可以存活3年以上^[14]。由于在玉米生产中大面积多年连茬,致使丝黑穗病在东北春播区的危害日趋加重^[15]。生产实践中,尽管使用种衣剂等处理措施可部分克服丝黑穗病的影响^[16],但随着种衣剂的大量使用,在协同进化作用下,一旦出现对种衣剂不敏感的丝黑穗病突变菌株,随之将会对玉米生产带来毁灭性影响。总之,广泛引进优异基因资源,扩充抗病种质基础,是应对今后潜在病害威胁的根本所在。

本研究对引进的美国GEM材料进行了玉米青枯病、丝黑穗病抗性的筛选鉴定,结果发现,该批GEM材料在2种病害抗性上都表现出了较高的多样性,其中部分抗病材料在多年鉴定中表现稳定。由于该批材料为新选育材料,还未应用于我国玉米育种,属全新的种质资源类型。因此,该批抗病材料

的筛选鉴定,对扩充我国玉米青枯病、丝黑穗病抗性遗传基础,增加种质资源遗传多样性具有重要意义。

参考文献

- [1] 谢富欣,黄秋平,赵花周,等.我国玉米茎基腐病研究进展[J].陕西农业科学,2005(3):93-94
- [2] 胡梅,陈根强,侯军,等.玉米青枯病研究进展[J].河南农业科学,2009(8):8-10
- [3] 李凤海,史振声.诱发2002年辽宁省玉米丝黑穗病大发生的主要因素[J].辽宁农业科学,2003(4):23-25
- [4] 晋齐鸣,李建平,张秀文.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):84-88
- [5] 王晓鸣,吴全安,刘晓娟,等.寄生玉米的6种腐霉及其抗病性研究[J].植物病理学报,1994(24):343-346
- [6] 王晓鸣,戴法超.玉米病虫害田间手册[M].北京:中国农业出版社,2001:103
- [7] 王秀元,张林,李新海,等.58份玉米自交系的抗丝黑穗病鉴定[J].玉米科学,2010(18):147-149
- [8] 李永祥,石云素,宋燕春,等.中国玉米品种改良及其种质基础分析[J].中国农业科技导报,2013,15(3):30-35
- [9] 张成华,刘铁山,高新学,等.我国玉米抗病育种进展及育种对策[J].玉米科学,2006,14(s):5-6
- [10] 刘杰,姜玉英,曾娟.2012年玉米大斑病重发原因和控制对策[J].植物保护,2013,39(6):86-90
- [11] Futrell M C. *Puccinia polysora* on maize associated with cropping practice and genetic homogeneity [J]. Phytopathology, 1975, 65: 1041-1042
- [12] 段灿星,朱振东,武小菲,等.玉米种质资源对六种重要病虫害的抗性鉴定与评价[J].植物遗传资源学报,2012,13(2):169-174
- [13] 宋燕春,裴二芹,石云素,等.玉米重要自交系的囊孢腐霉茎腐病抗性鉴定与评价[J].植物遗传资源学报,2012,13(5):798-802
- [14] 孙志超,刘文国,杨维国,等.吉林省玉米丝黑穗病研究进展及抗病品种选育[J].玉米科学,2007,15(2):130-132
- [15] 鲁宝良,刘日尊,赵文媛,等.玉米丝黑穗病发生趋于严重的原因及抗病育种对策[J].辽宁农业科学,2004(2):27-28
- [16] 郑俊强,高增贵,庄敬华,等.玉米土传病害生物防治的研究进展[J].玉米科学,2005,13(1):111-114

欢迎订阅 2016 年《中国野生植物资源》

《中国野生植物资源》是中华全国供销合作总社主管、南京野生植物综合利用研究院主办的学术性科技期刊。本刊入选 RCCSE 中国核心学术期刊、中国学术期刊综合评价数据库来源期刊、中国期刊全文数据库来源期刊、中文科技期刊数据库来源期刊和中国核心期刊(遴选)数据库来源期刊等。

本刊主要栏目设置有研究报告、综述、资源研究、应用开发、栽培技术、信息报道等。主要读者对象为农林、食品、医药、土特产、轻化工等部门科研、教学及生产人员。

双月刊,每册定价 10 元,全年 60 元,面向国内外公开发售,各地邮局均可订阅,邮发代号:28-245。

地址:南京蒋王庙街 4 号

邮编:210042

电话:(025)85472153

E-mail:yszw2009@vip.163.com