

# 玉米丝黑穗病的抗源鉴定及抗性遗传研究

左淑珍<sup>1,2</sup>, 靳学慧<sup>1</sup>, 李洪雨<sup>2</sup>, 汤金涛<sup>2</sup>, 刘运华<sup>3</sup>, 陈福娜<sup>2</sup>

(1. 黑龙江八一农垦大学, 黑龙江 大庆 163319; 2. 黑龙江省农垦总局红兴隆农业科学研究所, 黑龙江 友谊 155811; 3. 黑龙江省农垦总局红兴隆管理局农业局, 黑龙江 友谊 155811)

**摘要:**为了鉴定玉米自交系对丝黑穗病的抗性,研究抗病力遗传效应,采用人工接种鉴定法,研究评价了72份玉米自交系对丝黑穗病的抗性。其中高抗系18个,占25%,抗病系15个,占20.8%,中抗系12个,占16.7%。玉米对丝黑穗病的抗性遗传属细胞核遗传,无正反交差异。 $F_1$ 和 $F_2$ 的发病率介于双亲之间,无超亲优势, $F_1$ 与抗病亲本回交的后代基本表现为抗病,与感病亲本回交后代表现为感病。要选育中抗以上类型杂交种,其双亲之一必须为抗病系,其杂交方式有:高抗 $\times$ 高抗、高抗 $\times$ 抗病、高抗 $\times$ 中抗、抗病 $\times$ 抗病、抗病 $\times$ 中抗。

**关键词:**玉米;丝黑穗病;抗源;抗性遗传

**中图分类号:**S513.034

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2012)04-0008-05

玉米丝黑穗病在世界各国的玉米种植区均有不同程度的发生与危害,严重时病株率可达80%<sup>[1]</sup>。在我国,主要发生在春玉米产区,是东北玉米产区的主要病害之一。玉米丝黑穗病属绝产型的病害,感病株率每增加1个百分点,玉米约减产100 kg $\cdot$ hm<sup>-2</sup><sup>[1]</sup>。经过大量研究和实践证明,选育抗病品种是防治玉米丝黑穗病经济有效的途径。

在抗病育种工作中,抗源筛选和对抗病遗传规律的认识,是开展工作的基础,也是决定工作成效的关键因素。国内外育种家对于玉米丝黑穗病的抗性遗传做了大量研究,但由于环境、选用的材料及研究方法的不同,研究结果不完全一致。该文在对玉米丝黑穗病抗源鉴定的基础上,进行抗性遗传研究,验证原有的抗性遗传规律,为抗病育种中抗性资源的利用和抗病杂交种的选育提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

选用我国常用的部分自交系和自育的24份自交系共72份(见表1),对其进行抗病鉴定,在

收稿日期:2012-01-10

**第一作者简介:**左淑珍(1972-),女,山东省莱阳县人,在读农业推广硕士,高级农艺师,从事玉米育种与栽培研究。E-mail: zuoshuzhen@sohu.com。

**通讯作者:**靳学慧(1962),男,辽宁省绥中县人,在读博士,教授,硕士生导师,从事植物病原真菌学研究。

## Study on Improvement Effect of CIMMYT Germplasm on Maize Inbred of He344

SUN Yan-jie

(Suihua Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Suihua, Heilongjiang 152052)

**Abstract:** In order to solve the problem of narrow genetic base of maize germplasm, CIMMYT germplasm Pob45 was introduced to the inbred lines He344, which was female of Dongnong 251. The improvement effect of yield and other agronomic characters was studied. The results showed that in the hybrids crossed by the improved lines of He344, yield of 33.3% combinations were higher than the CK variety Dongnong251. The plant height, ear height and tassel ramification number of combinations with improved He344 were significantly improved. Partial agronomic traits had certain effect, such as yield and seed length. Therefore, The Pob45 could be used to improve yield and correlative traits of available germplasm.

**Key words:** maize; germplasm; improvement

此基础上,选用高抗系 917-1、4F1 和吉 846,抗病系吉 818 和杂 C546,中抗系 7922 和 KD-13,感病系长 3、海 014 和 L81002,高感系黄早四和昌 7-2 共 12 个自交系,于 2010 年依据不同类型组配 64 个杂交组合,同年冬季在海南对 64 份组合中的 4F1×长 3、4F1×黄早四、917-1×长 3、917-1×黄早四加代,获得 F<sub>2</sub>、BCR、BCS 世代。

## 1.2 方法

2009 年在红兴隆农业科学研究所试验地对 72 份玉米自交系进行接种鉴定;2011 年对 72 份自交系、64 份杂交组合和海南加代获得的 F<sub>2</sub>、BCR、BCS 世代进行接种鉴定。自交系和 F<sub>1</sub> 为双行区,BCR 和 BCS 回交世代为 4 行区,F<sub>2</sub> 为 8 行区,行长 6 m,行距 0.7 m,每行 25 穴,每穴留 2 株,设 2 次重复,抗病对照 Mo17,感病对照黄早四。

试验于 2008 年秋季接菌,从东北农业大学、牡丹江、密山、佳木斯、红兴隆 5 个地点的典型病株上采集病瘿,装袋置通风处越冬,播种前 7 d,分别将不同地点病瘿上的菌粉抖落,用 40 目铜筛筛出冬孢子,再将其混匀,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,上面再覆细田土。

抗性评价标准为高抗(HR):病株率 0~1%;抗(R):病株率 1.1%~5.0%;中抗(MR):病株率 5.1%~10.0%;感(S):病株率 10.1%~40.0%;高感(HS):病株率 40.1%~100.0%<sup>[2]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 玉米对丝黑穗病的抗源鉴定

72 份玉米自交系经 2 a 人工接种鉴定结果可以看出(见表 1),高抗自交系包括吉 846、齐 319

表 1 72 份玉米自交系的抗性表现

Table 1 The resistance performance of 72 inbred lines

序号 No.	自交系 Inbred lines	发病率/% Morbidity	抗性评价 Resistance evaluation	序号 No.	自交系 Inbred lines	发病率/% Disease incidence	抗性评价 Resistance evaluation
1	吉 846	0	HR	37	HX486	6.1	MR
2	齐 319	0	HR	38	A6-90	6.1	MR
3	4F1	0	HR	39	早四-3-2	6.6	MR
4	82 黄 6	0	HR	40	KD-13	6.7	MR
5	917-1	0	HR	41	A624-1	7.4	MR
6	郑 58	0	HR	42	446	7.6	MR
7	黄 C	0	HR	43	1134	8.3	MR
8	吉 877	0	HR	44	W632A * 94	9.1	MR
9	红玉米	0.7	HR	45	7922	9.9	MR
10	荒 11	0.7	HR	46	海 014	10.1	S
11	合 344	0.7	HR	47	HX556-1	10.3	S
12	龙系 53	0.7	HR	48	HX39	10.5	S
13	Mo17	0.8	HR	49	434	11.4	S
14	(Roh43×春英)-2	0.8	HR	50	HX210	12.4	S
15	H504	0.8	HR	51	自 330	21.2	S
16	吉 876	0.8	HR	52	1028	22.5	S
17	L508008	0.8	HR	53	W59-E	22.6	S
18	BCILgu	0.9	HR	54	478	25.1	S
19	吉 823	1.5	R	55	I 综 1	25.1	S
20	KL4	1.7	R	56	HX303	25.4	S
21	仄 4085	1.8	R	57	长 3	26.2	S
22	HX3	1.9	R	58	A691Ht	26.3	S
23	HX16	2.1	R	59	HX512	26.3	S
24	HX25	2.5	R	60	L81003	26.8	S
25	南 5	2.8	R	61	HX615	27.0	S
26	HX311	2.8	R	62	HX620	32.8	S
27	HX360	3.1	R	63	HX506	34.8	S
28	HX620	3.5	R	64	BJ22-1	35.9	S
29	BJ16	3.8	R	65	昌 7-2	45.8	HS
30	吉 818	3.9	R	66	吉 907	46.8	HS

续表 1

序号	自交系	发病率/%	抗性评价	序号	自交系	发病率/%	抗性评价
No.	Inbred lines	Morbidity	Resistance evaluation	No.	Inbred lines	Disease incidence	Resistance evaluation
31	冬 17	4.0	R	67	HX439(2)	48.9	HS
32	419-2	4.3	R	68	HX458	54.7	HS
33	杂 C546	4.4	R	69	黄早四	61.8	HS
34	HX461	5.4	MR	70	HX460-592	63.8	HS
35	合 318	5.5	MR	71	HX181	64.5	HS
36	HX556-2	5.6	MR	72	HX522	66.5	HS

等 18 个自交系,占 25%;抗病自交系包括吉 823、KL4 等 15 个自交系,占 20.8%;中抗自交系包括 HX461、合 318 等 12 个自交系,占 16.7%;感病自交系包括海 014、HX556-1 等 19 个自交系,占 26.4%;高感自交系包括昌 7-2、吉 907、黄早四等 8 个自交系,占 11.1%。鉴定结果表明,达到高抗或抗性标准的自交系占 45.8%,这其中自育系仅有 6 份达到抗性,感病和高感自交系占 37.5%,其中感病系中有 7 份自育系,高感系中有 5 份自育系,由此看来,我国的玉米自交系中蕴藏着宝贵的抗丝黑穗病的资源,但自育系里缺乏高抗材料,

因此在选育自交系和玉米品种时要充分利用抗性资源进行种质的创新改良,要进行人工接种,加强抗病性的筛选。

2.2 正反交组合抗病性比较

测定正反交差异是推断是否有细胞质作用的简便而有效的办法,因此利用这些自交系分不同类型配制了部分正反交组合,经人工接种鉴定结果(见表 2)表明,除个别组合外,大部分组合的正反交之间的发病率差距很小,抗病性表现一致,可见杂种发病率不受细胞质基因控制,证明了玉米对丝黑穗病抗性的遗传是细胞核遗传。

表 2 玉米杂交组合正反交对玉米丝黑穗病的抗性表现

Table 2 The resistance performance of reciprocal cross combinations on maize head smut

组合	吉 846×4F1	吉 846×吉 818	吉 846×7922	4F1×吉 818	4F1×自 330	4F1×长 3	4F1×海 014
Combination	Ji846×4F1	Ji846×Ji818	Ji846×7922	4F1×Ji818	4F1×Zi330	4F1×Chang3	4F1×Hai014
正交	0(HR)	2.8(R)	2.1(R)	1.9(R)	14.6(S)	13.2(S)	6.5(MR)
Cross							
反交	0(HR)	5.3(MR)	2.3(R)	2.1(R)	10.4(S)	16.7(S)	4(R)
Reciprocal cross							
组合	Mo17×7922	红玉米×海 014	红玉米×1028	917-1×长 3	917-1×L81003	吉 818×海 014	吉 818×昌 7-2
Combination	Mo17×7922	Hongyumi×Hai014	Hongyumi×1028	917-1×Chang3	917-1×L81003	Ji818×Hai014	Ji818×Chang7-2
正交	0(HR)	0(HR)	7.5(MR)	6.9(MR)	4.8(R)	5.3(MR)	17.0(S)
Cross							
反交	0(HR)	1.9(R)	9.6(MR)	10.8(S)	4.5(R)	7.0(MR)	13.6(S)
Reciprocal cross							

2.3 不同抗性自交系杂交组合表现

由表 3 可知,两个高抗自交系 4F1 与 917-1 相互杂交,F<sub>1</sub> 均无发病表现;这两个系与抗病自交系(吉 818、杂 C546)、中抗自交系(7922、KD-13)杂交,其杂交 F<sub>1</sub> 的发病率均小于 5%,由此看来,高抗自交系与高抗系、抗病系、中抗系相互杂交表现高抗或抗丝黑穗病。高抗系与感病系(海 014、长 3、L81003)的杂交 F<sub>1</sub> 表现为抗、中抗或感病;高抗系与高感系(黄早四、昌 7-2)的杂交 F<sub>1</sub> 表现为抗、中抗或感病,高抗系与感病系、高感系的杂交表现与感病系有关,与海 014 和黄早四杂交表现抗或中抗菌素,而与昌 7-2 杂交全表现感病。

抗病系与抗病系相互杂交,F<sub>1</sub> 均表现抗病;抗病系与中抗系杂交,F<sub>1</sub> 表现抗病或中抗,其中大部分为抗病;抗病系与感病系杂交,F<sub>1</sub> 表现中抗或感病;抗病系与高感系杂交,F<sub>1</sub> 表现中抗或感病,其中大部分表现感病。

中抗系与中抗系杂交 F<sub>1</sub> 的抗性表现为抗或中抗;中抗系与感病系杂交 F<sub>1</sub> 表现为中抗或感病,其中大部分为感病;中抗系与高感系杂交 F<sub>1</sub> 均表现感病。

感病系与感病系杂交 F<sub>1</sub> 均表现感病;感病系与高感系杂交 F<sub>1</sub> 表现感病或高感丝黑穗病。高感系之间的杂交均表现高感。

表 3 不同抗性自交系杂交组合的抗性表现

Table 3	The resistance performance of combination scrossed between different resistant inbred lines										
发病率/% Morbidity	4F1	917-1	吉 818 Ji818	杂 C546 ZaC546	7922	KD-13	海 014 Hai014	长 3 Chang3	L81003	黄早四 Huangzao4	昌 7-2 Chang7-2
4F1	0(HR)	0(HR)	1.9(R)	4.0(R)	3.8(R)	2.9(R)	6.5(MR)	13.2(S)	6.6(MR)	9.5(MR)	28.2(S)
917-1	0(HR)	0(HR)	4.2(R)	2.3(R)	2.0(R)	4.1(R)	4.3(R)	6.9(MR)	4.8(R)	3.8(R)	16.3(S)
吉 818 Ji818			3.9(R)	4.8(R)	4.6(R)	2.1(R)	5.3(MR)	14.4(S)	10.4(S)	6.7(MR)	17.0(S)
杂 C546 ZaC546			3.5(R)	4.4(R)	5.4(MR)	4.9(R)	8.6(MR)	15.9(S)	9.9(MR)	13.5(S)	23.1(S)
7922					10.0(MR)	7.8(MR)	10.2(S)	20.1(S)	14.2(S)	16.8(S)	25.2(S)
KD-13					4.8(R)	6.7(MR)	7.4(MR)	18.9(S)	11.9(S)	19.6(S)	21.3(S)
海 014 Hai014							10.1(S)	13.8(S)	12.4(S)	21.6(S)	31.5(S)
长 3 Chang3							18.2(S)	26.2(S)	19.4(S)	28.3(S)	41.7(HS)
L81003							15.6(S)	25.3(S)	26.8(S)	23.8(S)	40.1(HS)
黄早四 Huangzao4										51.8(HS)	67.1(HS)
昌 7-2 Chang7-2										52.3(HS)	45.8(HS)

2.4 抗感杂交组合各世代抗丝黑穗表现

由表 4 可知,4 个抗感杂交组合的 F<sub>1</sub> 和 F<sub>2</sub> 群体病株率差异较大。917-1×长 3 和 917-1×黄早四组合的 F<sub>1</sub> 和 F<sub>2</sub> 的病株率介于双亲之间,均无超亲优势,但明显偏向于抗病亲本 917-1;4F1×长 3 和 4F1×黄早四的 F<sub>1</sub> 和 F<sub>2</sub> 的病株也介于双亲之间,但接近于中亲值。在含有相同感病亲本的情况下,917-1 组合后代的各世代病株率与 4F1 组

合相比有下降的趋势。尽管黄早四的病株率比长 3 的高较多,但在含有相同抗病亲本的情况下,黄早四组合后代的各世代病株率与长 3 的组合相比有下降的趋势。回交世代 BC<sub>1</sub> 的病株率更接近于抗病亲本,而 BC<sub>2</sub> 的病株率,则有的接近中亲值,有的接近感病亲本,相对变化较大,即 F<sub>1</sub> 与抗病亲本回交的后代基本表现为抗病,与感病亲本回交后代表现为感病。

表 4 4 个杂交组合各世代的丝黑穗病株率比较

Table 4	Comparison on percentage of plants infected with head smut in 4 cross combinations %			
世代 Generation	4F1×长 3 4F1×Chang3	4F1×黄早四 4F1×Huangzao4	917-1×长 3 917-1×Chang3	917-1×黄早四 917-1×Huangzao4
P <sub>1</sub>	0	0	0	0
P <sub>2</sub>	26.2	51.8	26.2	51.8
F <sub>1</sub>	13.2	9.5	6.9	3.8
F <sub>2</sub>	15.4	13.6	7.8	4.6
BC <sub>1</sub>	10.2	5.1	2.6	0.7
BC <sub>2</sub>	17.4	26.9	15.1	16.8
MP	13.1	25.9	13.1	25.9

3 结论与讨论

玉米种质资源抗丝黑穗病鉴定是抗病育种的一项基础工作,是进一步研究丝黑穗抗性遗传的基础,是挖掘和利用抗病基因资源的首要工作。我国玉米育种家植保工作者如段永钊等<sup>[3]</sup>、吴新兰等<sup>[4]</sup>、王桂林等<sup>[5]</sup>、宋淑云等<sup>[6]</sup>、马秉元等<sup>[7]</sup>、马沛卿等<sup>[8]</sup>、王连生等<sup>[9]</sup>、王振华等<sup>[10]</sup>、谢志军等<sup>[11]</sup>、高洁等<sup>[12]</sup>、玉米种质资源抗丝黑穗病鉴定

协作组<sup>[13]</sup>等做了大量抗源筛选工作,累计鉴定玉米材料 7 000 多份,但总体来说,抗丝黑穗病的玉米种质资源不是很丰富,且未发现免疫材料,大多数常用玉米自交系感或高感丝黑穗病<sup>[12]</sup>。该试验对部分常用自交系的鉴定结果与前人的大部分一致,如高抗系中的吉 846、齐 319 和 4F1,高感系中的黄早四和昌 7-2,对于合 344、红玉米、82 黄 6、郑 58 和黄 C 的鉴定结果存在差异,同时还鉴定出一些新的抗源,如吉 877、荒 11、吉 876、龙系

53 和 BCILgu 等。由于气候条件、接种条件等因素的影响,个别品种年际间抗性表现不完全一致,此结果有待进一步鉴定。

该试验通过不同抗性自交系间的相互杂交,进行抗性评价分析得出,要想获得中抗以上类型杂交种,其双亲之一必须为抗病系,其杂交方式有:高抗 $\times$ 高抗、高抗 $\times$ 抗病、高抗 $\times$ 中抗、抗病 $\times$ 抗病、抗病 $\times$ 中抗。其它杂交方式中,虽然有的也有杂交种出现,但不具有必然性,如高抗 $\times$ 感病组合中,有可能出现中抗品种,这种可能性与感病材料的发病率相关,有黄早四参与的组合里也会出现抗或中抗品种,只是由遗传背景不同产生的结果,也不具有规律性。

通过对 4 个抗感杂交组合各世代的抗丝黑穗病的研究, $F_1$  介于双亲之间, $F_2$  略低于  $F_1$ , $BC_1$  介于抗病亲本  $P_1$  与中亲 MP 之间, $BC_2$  介于 MP 与较感病亲本  $P_2$  之间。这反映了基因累加效应的典型特征。在含有相同感病亲本的情况下,917-1 组合后代的各世代病株率与 4F1 组合相比有下降的趋势,也就是用 917-1 来改良自交系的抗病性会比用 4F1 的效果更好,更容易得到抗病材料,在育种工作中要加强优良抗病种质的应用,以推动抗病育种工作。

## 参考文献:

- [1] 高树仁,李新海,王振华,等. 玉米抗丝黑穗病的基因效应[J]. 作物学报,2006,32(10):1453-1457.
- [2] 王晓鸣,戴法超. 玉米病害田间手册——病虫害鉴别与抗性鉴定[M]. 北京:中国农业出版社,2002.
- [3] 段永钊,李兴鑫,艾芳珍,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.
- [4] 吴新兰. 玉米种质资源抗丝黑穗病性鉴定研究[J]. 作物品种资源,1992(1):27.
- [5] 王桂林,张树娥,崔良国,等. 山东省的优质玉米种质资源[J]. 作物品种资源,1992(2):15-16.
- [6] 宋淑云,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.
- [7] 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.
- [8] 马沛卿,王晓玲,王志,等. 山西省玉米新品种(系)抗病性鉴定与评价[J]. 山西农业科学,1997,25(1):70-73.
- [9] 王连生,孔令晓,赵聚莹,等. 玉米新种质资源对多种病害的抗病性鉴定[J]. 河北农业大学学报,2001,24(10):62-67.
- [10] 王振华,李新海,鄂文弟,等. 玉米抗丝黑穗病种质鉴定及遗传研究[J]. 东北农业大学学报,2004,35(3):261-267.
- [11] 谢志军,郭满库,刘永刚,等. 玉米种质资源抗丝黑穗病鉴定与评价[J]. 植物保护,2008,34(6):92-95.
- [12] 高洁,祁新,蔚荣海,等. 玉米种质资源对丝黑穗病抗性鉴定[J]. 吉林农业大学学报,2006,28(2):142-147,151.
- [13] 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.

## The Identification of Resistance Sources and Inheritance of Resistance to Head Smut in Maize

ZUO Shu-zhen<sup>1,2</sup>, JIN Xue-hui<sup>1</sup>, LI Hong-yu<sup>2</sup>, TANG Jin-tao<sup>2</sup>, LIU Yun-hua<sup>3</sup>, CHEN Fu-na<sup>2</sup>

(1. Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319; 2. Hongxinglong Institute of Agricultural Sciences of Heilongjiang Province Agricultural and Reclamation Bureau, Youyi, Heilongjiang 155811; 3. Hongxinglong Management Bureau Agricultural Bureau of Heilongjiang Province Agricultural and Reclamation Bureau, Youyi, Heilongjiang 155811)

**Abstract:** The resistance of 72 maize inbred lines to head smut of maize was assessed using the artificial inoculation method for identifying the resistance of maize inbred lines to head smut of maize and studying resistance's genetic effect. The results showed that 18 of those lines were highly resistant, 15 lines were resistant and 12 were middle resistant, the percentage was respectively 25%, 20.8% and 16.7%. The inheritance of maize resistance was controlled by nuclear, and there was no difference in reciprocal cross. The incidence of  $F_1$  and  $F_2$  was in the middle of their parents, with no super advantage compared the parents, descendants of  $F_1$  and the parent were resistant, and crossed with sensitive lines could generate resistant lines. So to breed hybrid with middle or high resistance, one of the parents must be the high resistant line, and the cross ways should be:  $HR \times HR$ ;  $HR \times R$ ;  $HR \times MR$ ;  $R \times R$ ;  $R \times MR$ .

**Key words:** maize; head smut; resistance resource; genetic resistance