

240 份玉米自交系纹枯病抗性鉴定与评价

李芦江¹, 陈文生², 张敏², 兰海¹, 潘光堂¹, 杨克诚¹

(¹ 四川农业大学玉米研究所/农业部西南玉米生物学与遗传育种重点实验室, 雅安 625014; ² 四川农业大学农学院, 成都 611130)

摘要:在人工接种条件下,连续3年对240份玉米自交系纹枯病抗性进行鉴定和评价,分析了玉米纹枯病抗性与主要农艺性状的相关性。结果表明,玉米纹枯病抗性资源较为缺乏,240份自交系中无免疫或高抗的材料,有中抗自交系4份、感病自交系18份、高感自交系218份。旅大红骨、Reid、PA和塘四平头类群自交系中未发现玉米纹枯病抗源,PB类群和Lancaster类群自交系纹枯病抗性相对较好,今后应主要从这两类种质中寻找玉米纹枯病抗源。玉米纹枯病病情指数与株高、穗位高、穗位高/株高、穗下节间数和穗下平均节间长均呈极显著负相关,这些表型可以作为非接种条件下筛选抗玉米纹枯病种质的参考指标。

关键词:玉米;自交系;纹枯病;抗性

Identification and Evaluation of 240 Maize Inbred Lines for Resistant to Banded Leaf and Sheath Blight

LI Lu-jiang¹, CHEN Wen-sheng², ZHANG Min², LAN Hai¹, PAN Guang-tang¹, YANG Ke-cheng¹

(¹ Maize Research Institute, Sichuan Agricultural University / Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Maize in Southwest Region, Ministry of Agriculture, Ya'an 625014

² College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130)

Abstract: Two hundred and forty inbred lines were identified and evaluated for the resistance to banded leaf and sheath blight (BLSB) under artificial inoculation conditions from 2010 to 2012. Meanwhile, the correlation between the resistance to BLSB and major agronomic traits were also analyzed. The results showed that there were no immune or highly resistant lines, four inbred lines were moderately resistant to BLSB, and 236 lines were sensitive to BLSB, among which 218 lines were highly sensitive to BLSB. Meanwhile, there were no resistant lines in Reid, Lvdahonggu, PA, and Tangsipingtou genetic groups, however, Lancaster and PB genetic groups were identified to be important sources for maize BLSB resistance. Additionally, the results of correlation analysis showed that five traits, such as plant height, ear height, ear height / plant height, internodes number below the ear, and internodes length below the ear, were significantly negative correlated with the disease index. These traits could be used as the reference for screening germplasm with resistance to BLSB without artificial inoculation.

Key words: maize; inbred lines; banded leaf and sheath blight (BLSB); resistance

玉米纹枯病是一种主要由立枯丝核菌(*Rhizoctonia solani*)侵染引起的土传病害,在玉米全生育

期都有发生,拔节以前发病相对较少,拔节中期和后期,纹枯病发病和扩展速度加快,抽雄期至吐丝

收稿日期:2013-12-16 修回日期:2014-01-17 网络出版日期:2014-07-02

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20140619.0913.001.html>

基金项目:国家玉米产业技术体系(CARS-02-07);“十二五”农村领域国家科技计划课题(2011AA10A103-2);四川省教育厅资助科研项目(13ZA0250)

第一作者主要从事玉米遗传育种研究。E-mail: lilujiang@hotmail.com

通信作者:张敏,主要从事植物病理学与植物病虫害防治研究。E-mail: yalanmin@126.com

期病斑的扩展速度最快,此时若正值高温、高湿等适合纹枯病发展的气候,就会造成玉米纹枯病爆发的现象^[1-3]。我国西南地区,玉米生长季节高温多湿,阴雨寡照,非常适合纹枯病的发生和发展,玉米纹枯病常常流行成灾,是该区目前玉米生产上的首要病害^[45]。纹枯病发生严重时,菌丝能够侵入植株的茎秆,引起茎基腐败,破坏寄主的输导组织,影响水分和营养输送,导致植株发育不良,长势弱小,甚至引起玉米倒折。玉米纹枯病发生至果穗,会造成子粒腐烂变质,导致子粒品质降低并影响玉米产量,研究表明由玉米纹枯病造成的减产损失在 10% ~ 20%,严重的高达 35%^[6-7],目前生产上主要采取化学防治和人工防治等措施^[3,8-9],但成本较高,收效甚微,且由于农药的施用,增加了环境负担。

今后西南地区农业耕作制度将发生变革,以适应全程机械化生产。提高种植密度、改春播为夏播、改间套作为净作可能是今后西南地区玉米种植制度改革的发展方向,这些变革都对玉米抗病性提出了更高的要求。因此,从减少产量损失、环境友好、减少农药施用量、低碳高效和适应生产发展的角度出发,生产上迫切需要抗病玉米新品种,选育抗病新品种将是今后西南地区玉米育种的主攻方向之一^[5]。

为提高玉米纹枯病抗性育种水平,国内外研究者从不同方向和角度开展了一系列研究,也取得了一些进展。A. Nishat 等^[9]、B. P. Cecilia 等^[10]、杨爱国等^[11]、杨华等^[12]、黄天述等^[13]、杨俊品等^[14]和程伟东等^[15]对不同类型玉米种质资源的玉米纹枯病抗性进行了鉴定,发现了一些对纹枯病有较好抗性的材料,但能在育种上利用的较少。黄天述等^[13]、高立起等^[16]和张敏等^[17]的研究结果表明,玉米的株高、主穗位高等性状与纹枯病病情指数有极显著相关性,认为在选育抗病性品种时,株高和主穗位高可作为选择抗病玉米材料的重要形态指标。杨华等^[12]、M. Zhao 等^[18]和 H. Lin 等^[19]等定位了一些与玉米纹枯病抗性相关的 QTL,并开发了一些与纹枯病抗性相关联的分子标记,但其选择效率和准确性相对较低,不能满足开展分子标记辅助选择和抗性基因克隆等研究的要求。抗病新品种的选育、抗性 QTL 定位和抗性基因克隆等的深入研究有赖于抗病种质资源的发掘,但目前在玉米育种和生产上能利用的抗纹枯病玉米种质非常缺乏,这限制了玉米纹枯病抗性基因 QTL 定位和分子标记辅助选择等方

面研究的进一步深入,严重阻碍了玉米抗纹枯病育种水平的提高,发掘玉米纹枯病抗性种质资源显得十分必要。

本研究以国内玉米育种和生产上常用的 240 份玉米自交系为研究材料,通过接种鉴定其对纹枯病抗性进行评价并分析抗病性与主要农艺性状之间的相关性,为进一步开展玉米纹枯病抗性种质的筛选鉴定提供参考,同时为开展玉米抗纹枯病育种、抗性基因分离与克隆提供可利用的优良种质。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试材料为中国农业科学院作物科学研究所和四川农业大学玉米研究所提供的 240 份玉米自交系。所用菌种为四川农业大学农学院植物保护实验室保存的病原菌 *Rhizoctonia solani* AG1-1A 强致病力菌株 YA013^[20]。

1.2 田间试验设计

试验于 2010 - 2012 年在四川雅安进行。鉴定圃设置在纹枯病常发区,具备良好的自然发病环境,播种前以 20 kg/667 m² 的麦粒培养物均匀撒布田间,翻耕整地后播种。试验采用随机区组设计,2 次重复,1 行区,每行 7 穴,每穴留苗 2 株,行长 3 m,行距 0.7 m,种植密度约 66000 株/hm²,田间管理略高于大田生产。

1.3 接种体的准备与接种方法

选择颗粒饱满的小麦子粒用纯净水浸泡 15 ~ 20 min 后,装入无菌瓶内进行高压灭菌,冷却后备用;将低温保存菌株活化后,在马铃薯琼脂(PDA)培养基(马铃薯 200 g,葡萄糖 10 ~ 20 g,琼脂 17 ~ 20 g,水 1000 mL)上培养,待菌落长出后将其接种于麦粒上,25 ~ 28 °C 下恒温培养 5 ~ 7 d,待菌丝布满无菌瓶后,4 °C 保存。接种时期选择在玉米拔节中后期,用镊子取 2 粒带菌麦粒,将其接种在每一植株基部第 1 叶鞘内,接种后保持田间土壤湿润 7 d。

1.4 纹枯病抗性评价

病情分级标准按照王晓鸣等^[21]编著的《玉米病虫害田间手册》纹枯病鉴定标准进行(表 1)。根据病斑到达的最高叶鞘位,逐株调查记载病情级别,计算病情指数(DI, disease index)。病情指数(DI) = $[\sum(\text{病级} \times \text{该级别株数}) / (\text{最高病级} \times \text{调查总株数})] \times 100$ 。

表 1 玉米纹枯病病情指数及抗性评价标准

Table 1 The criterion of resistance to maize banded leaf and sheath blight

病级 Disease grade	抗性类型 Resistant type	病情指数 Disease index	症状描述 Symptom description
0	免疫 IM	0	全株无症状
1	高抗 HR	0.1 ~ 20	果穗下第 4 叶鞘及以下 叶鞘发病
3	抗 R	20.1 ~ 40	果穗下第 3 叶鞘及以下 叶鞘发病
5	中抗 MR	40.1 ~ 60	果穗下第 2 叶鞘及以下 叶鞘发病
7	感 S	60.1 ~ 80	果穗下第 1 叶鞘及以下 叶鞘发病
9	高感 HS	80.1 ~ 100	果穗及以上叶鞘发病

1.5 数据收集与统计分析

在蜡熟期按单株测量供试材料的株高、穗位高、病斑高度、穗下位节间数,计算穗位高/株高、穗下平均节间长以及病情指数,评价供试材料的抗性,并分析病情指数与主要农艺性状的相关性。以上数据处理由 EXCEL 和 DPS v 7.05 软件完成。

2 结果与分析

2.1 不同玉米自交系对玉米纹枯病的抗性

240 份自交系玉米纹枯病抗性鉴定结果列于表 2。以鉴定结果中病情指数最高(抗性等级最低)为标准,240 份自交系中无免疫(IM)、高抗(HR)和抗病(R)材料,有中抗(MR)自交系 4 份(Mo17、141、R18 和丹 599),感病(S)自交系 18 份,高感(HS)自

交系 218 份。以上结果表明,玉米纹枯病抗性资源较为缺乏。

2.2 抗性鉴定结果的稳定性分析

对 240 份自交系 3 年抗性鉴定结果进行分析可以看出,有 96 份自交系 3 年鉴定结果一致,其中 2 份为中抗(MR)、5 份为感病(S)、89 份为高感(HS);有 144 份自交系 3 年鉴定的结果不一致,其中鉴定结果相差 1 个抗性等级的有 109 个(S ~ HS 的 98 个、MR ~ S 的 9 个、R ~ MR 的 2 个),相差 2 个抗性等级的有 34 个(R ~ S 的 4 个、MR ~ HS 的 30 个),相差 3 个抗性等级的仅有 1 个(R ~ HS)。以上结果表明,玉米纹枯病抗性受环境的影响较大。

2.3 不同杂种优势类群玉米自交系纹枯病的抗性

根据前人研究结果对 240 份自交系的杂种优势类群进行分析^[22-24],除去 5 份杂种优势类群不详的自交系外,其余 235 份自交系可以归类到 6 个主要的杂种优势类群中(表 3)。分析不同杂种优势类群自交系纹枯病抗性可以看出,所鉴定的 25 个 REID 类群自交系,全部为高感(HS);所鉴定的 71 个 PA 类群自交系有 6 个为感病(S),65 个为高感(HS);所鉴定的 24 个旅大红骨类群自交系全部为高感(HS);所鉴定的 38 个 PB 类群自交系,有 3 个中抗(MR),7 个为感病(S),28 为高感(HS);所鉴定的 44 个塘四平头自交系有 2 个为感病(S),42 个为高感(HS);所鉴定的 33 个兰卡斯特杂优类群自交系有 1 个为中抗(MR),3 个为感病(S),29 个为高感(HS)。以上结果说明,不同杂种优势类群自交系对玉米纹枯病的抗性存在差异,Reid、旅大红骨、PA 和塘四平头类群自交系纹枯病抗性较差,PB 类群自交系纹枯病抗性较好。

表 2 240 份玉米自交系的纹枯病病情指数、抗性评价与杂种优势类群

Table 2 The disease index of resistance to BLSB and the histerosis group of the 240 maize inbred lines

编号 Code	自交系 Lines	病情指数 DI			抗性 Resistance	杂优类群 HG	编号 Code	自交系 Lines	病情指数 DI			抗性 Resistance	杂优类群 HG
		2010	2011	2012					2010	2011	2012		
1	32	86.7	91.7	100	HS	REID	12	B104	95.6	95	100	HS	REID
2	501	61	88.9	100	S ~ HS	REID	13	B73	81.6	100	90	HS	REID
3	515	86.3	72.2	95.6	S ~ HS	REID	14	B84	77.8	100	100	S ~ HS	REID
4	803	88.9	83	100	HS	REID	15	PH6WC	82	80.7	98.3	HS	REID
5	835	76.3	91.1	77.8	S ~ HS	REID	16	吉 477	71.1	83	93.9	S ~ HS	REID
6	3189	92.6	100	100	HS	REID	17	吉 63	86.7	79.6	94.4	S ~ HS	REID
7	8415	95.6	83.3	91.1	HS	REID	18	吉 81162	65.9	80.6	100	S ~ HS	REID
8	8902	83.7	87.3	100	HS	REID	19	吉 4112	80.7	65.1	88.9	S ~ HS	REID
9	2002F17	84.4	96.9	100	HS	REID	20	临系 11	85.6	94.2	100	HS	REID
10	2002F22	93.3	82.6	100	HS	REID	21	齐 205	90	83.8	100	HS	REID
11	7595-2	91.5	90.8	100	HS	REID	22	四 387	79.5	97.8	100	S ~ HS	REID

表 2(续)

编号	自交系	病情指数 DI			抗性	杂优类群	编号	自交系	病情指数 DI			抗性	杂优类群
Code	Lines	2010	2011	2012	Resistance	HG	Code	Lines	2010	2011	2012	Resistance	HG
23	新自 218	67.5	79.3	98.5	S ~ HS	REID	76	旅九宽	91.9	77.8	100	S ~ HS	旅大红骨
24	郑 29	75.6	99.1	85.2	S ~ HS	REID	77	绥系 707	69.7	98.9	100	S ~ HS	旅大红骨
25	中黄 68	91.5	100	100	HS	REID	78	郑 28	98.5	81	96.8	HS	旅大红骨
26	77	95.5	66.7	86.7	S ~ HS	兰卡斯特	79	中 106	94.1	100	61.1	S ~ HS	旅大红骨
27	374	53.8	98.8	100	MR ~ HS	兰卡斯特	80	ZZ4C1-3	98.5	88.9	100	HS	旅大红骨
28	416	78.5	74	92.1	S ~ HS	兰卡斯特	81	自 330	74.1	81.5	55.6	MR ~ HS	旅大红骨
29	485	65.7	96.3	100	S ~ HS	兰卡斯特	82	综 31	98.5	90.7	100	HS	旅大红骨
30	5213	81.5	65.5	88.9	MR ~ HS	兰卡斯特	83	488	92.6	81.5	100	HS	PA
31	200B	98.5	83.8	89.9	HS	兰卡斯特	84	653	53.7	83.3	97.5	MR ~ HS	PA
32	48-2	93.8	88.9	100	HS	兰卡斯特	85	832	73.3	85.2	100	S ~ HS	PA
33	C416	75.7	66.7	75.6	S ~ HS	兰卡斯特	86	4379	80	70.4	79	S	PA
34	CA091	82.9	100	100	HS	兰卡斯特	87	4866	97	100	100	HS	PA
35	D185	74.9	86.7	80.7	S ~ HS	兰卡斯特	88	7922	88.3	83.3	75.9	S ~ HS	PA
36	D387	73.3	72.2	95.6	S ~ HS	兰卡斯特	89	8001	92.6	96.8	48.2	MR ~ HS	PA
37	H3	52.6	86.4	77.8	MR ~ HS	兰卡斯特	90	81565	59.1	63	33.3	R ~ S	PA
38	HZ85	74.1	69.4	50.4	MR ~ S	兰卡斯特	91	7165-1	87.3	100	100	HS	PA
39	J001	83.1	96.8	84.4	HS	兰卡斯特	92	7164-1	98	93.7	97.2	HS	PA
40	J002	81.6	91.7	88.9	HS	兰卡斯特	93	7379-2	76.1	100	100	S ~ HS	PA
41	Mo17	59.2	52.4	52.1	MR	兰卡斯特	94	7573-1	81.1	79.8	93.9	S ~ HS	PA
42	丹 1324	72.6	58.1	33.3	R ~ S	兰卡斯特	95	5022(B)	94.1	88.9	100	HS	PA
43	吉 1037	79.7	74.9	53.3	MR ~ S	兰卡斯特	96	65232	47.8	81.5	69.7	MR ~ HS	PA
44	吉 412	75.4	82	83.7	S ~ HS	兰卡斯特	97	65232 宽	91.1	97.8	100	HS	PA
45	吉 419	77.1	90.1	100	S ~ HS	兰卡斯特	98	706 辐	94.4	88.9	100	HS	PA
46	吉 465	85.6	100	96.6	HS	兰卡斯特	99	888-9	96.3	95.6	100	HS	PA
47	吉 495	72.6	90.7	83.3	S ~ HS	兰卡斯特	100	B234	75.6	88.9	91.1	S ~ HS	PA
48	吉 992	68.8	91.5	79.6	S ~ HS	兰卡斯特	101	BHP44	89.6	98.2	100	HS	PA
49	龙抗 11	59.3	89.8	82.2	MR ~ HS	兰卡斯特	102	BJ005	63	77.3	77.8	S ~ HS	PA
50	莫群 17	83	96.3	100	HS	兰卡斯特	103	C28	82.5	73.9	95.1	S ~ HS	PA
51	四 533	76.5	86.1	73.3	S ~ HS	兰卡斯特	104	C649	76.3	87.8	58.7	MR ~ HS	PA
52	四 F1	80	84.9	93.3	S ~ HS	兰卡斯特	105	C8605-2	74.1	72.8	85.2	S ~ HS	PA
53	绥系 701	82.6	98.4	100	HS	兰卡斯特	106	CA156	67.4	87.9	91.9	S ~ HS	PA
54	豫 12	77.8	90.3	77.8	S ~ HS	兰卡斯特	107	CAL70	69.8	97.8	77.8	S ~ HS	PA
55	杂 C546	84.4	94.4	100	HS	兰卡斯特	108	CML206	76.9	100	77.8	S ~ HS	PA
56	早 49	92.3	91.7	91.1	HS	兰卡斯特	109	CML51	78.2	63.3	61.1	S	PA
57	早 8-3	86.1	100	100	HS	兰卡斯特	110	CN165	57.8	91.9	48.2	MR ~ HS	PA
58	中 17	90.7	96.3	100	HS	兰卡斯特	111	E28	77.8	100	100	S ~ HS	PA
59	8107	89.6	100	100	HS	旅大红骨	112	ES40	66.8	36.7	64.4	R ~ S	PA
60	53 选 3	81	73.3	100	S ~ HS	旅大红骨	113	K10	85.2	100	100	HS	PA
61	CA112	89.6	93.7	100	HS	旅大红骨	114	K22	87.4	71.3	96.8	S ~ HS	PA
62	CA335	81.7	100	100	HS	旅大红骨	115	M3005	66.5	93.7	95.1	S ~ HS	PA
63	CA339	89.8	80.3	77.8	S ~ HS	旅大红骨	116	N528-1	88.9	98.9	100	HS	PA
64	CA375	94.3	100	100	HS	旅大红骨	117	PII0	74.6	91	82.5	S ~ HS	PA
65	DH34	82.2	77.8	100	S ~ HS	旅大红骨	118	PI41	94.1	100	100	HS	PA
66	OH43	92.6	100	88	HS	旅大红骨	119	S7913	72.2	84.8	74.1	S ~ HS	PA
67	Tic9010	87.4	87.6	~	HS	旅大红骨	120	U8112	80.9	87	100	HS	PA
68	WF9	95.6	75.6	62.2	S ~ HS	旅大红骨	121	本 M130	98.5	78.9	95.1	S ~ HS	PA
69	川 1073-7	95.6	87.9	100	HS	旅大红骨	122	材 11-8	89.6	84.9	72.2	S ~ HS	PA
70	丹 340	72.2	94.4	100	S ~ HS	旅大红骨	123	冲 72	91.1	88.5	100	HS	PA
71	丹 360	82.7	86.4	100	HS	旅大红骨	124	丹 9046	70.4	78.7	96.8	S ~ HS	PA
72	丹 598	84.8	86.3	100	HS	旅大红骨	125	甸 11	93.3	100	100	HS	PA
73	东 46	89.6	94.1	100	HS	旅大红骨	126	东 156	88.9	100	100	HS	PA
74	冀 53	94.1	100	93.7	HS	旅大红骨	127	东 237	92.6	94.4	100	HS	PA
75	辽 138	87.4	84.1	100	HS	旅大红骨	128	东 91	90.7	77.3	100	S ~ HS	PA

表 2(续)

编号	自交系	病情指数 DI			抗性	杂优类群	编号	自交系	病情指数 DI			抗性	杂优类群
Code	Lines	2010	2011	2012	Resistance	HG	Code	Lines	2010	2011	2012	Resistance	HG
129	独 321	80.7	87.3	69.4	S ~ HS	PA	185	齐 318	46.7	81.7	58.7	MR ~ HS	PB
130	吉 046	69	63	67.9	S	PA	186	沈 135	59	82.5	61.1	MR ~ HS	PB
131	吉 818	94.1	48.2	100	MR ~ HS	PA	187	沈 136	60.6	92.2	52.4	MR ~ HS	PB
132	辽 2345	68.6	83.5	100	S ~ HS	PA	188	沈 137	56.3	82.2	75.8	MR ~ HS	PB
133	辽 3053	77.6	86.7	100	S ~ HS	PA	189	沈 3336	49.8	50.8	75	MR ~ S	PB
134	辽 5114	74.1	91.4	94.4	S ~ HS	PA	190	中自 01	57.6	83.3	62.1	MR ~ HS	PB
135	辽 540	48.2	89.8	85.2	MR ~ HS	PA	191	种苗 28	68.5	67.2	89.9	S ~ HS	PB
136	辽 6082	68.2	53.3	100	MR ~ HS	PA	192	196	60.5	86.1	89.7	S ~ HS	塘四平头
137	辽 9586	92.5	76.6	100	S ~ HS	PA	193	434	65.9	92.2	100	S ~ HS	塘四平头
138	辽白 371	87.4	100	100	HS	PA	194	444	89.3	92.6	100	HS	塘四平头
139	鲁 2548	94.7	94.4	66.7	S ~ HS	PA	195	502	91.3	84.2	100	HS	塘四平头
140	沈 118	49.4	96.3	98	MR ~ HS	PA	196	CN962	75.3	97.8	100	S ~ HS	塘四平头
141	沈 5003	67.4	67.8	84.4	S ~ HS	PA	197	D 黄 212	66.7	62.2	100	S ~ HS	塘四平头
142	四 144	94.1	79.2	100	S ~ HS	PA	198	H10	89.6	53.7	42.2	MR ~ HS	塘四平头
143	四-D105	97	100	100	HS	PA	199	H1124	91.7	72.2	100	HS	塘四平头
144	塔 5	97	100	100	HS	PA	200	H152	76.3	86.3	84.4	S ~ HS	塘四平头
145	新自 153-2	94.1	100	100	HS	PA	201	H201	79.3	91.1	100	S ~ HS	塘四平头
146	掖 478-1	60.4	90.3	94.4	S ~ HS	PA	202	H21	62.2	69.1	84.1	S ~ HS	塘四平头
147	掖 478-2	94.4	97.5	94.4	HS	PA	203	K12	83.2	92.1	92.6	HS	塘四平头
148	英 64	91.9	67.4	100	S ~ HS	PA	204	LX9801	77.2	45.7	88.9	MR ~ HS	塘四平头
149	长 3	92.6	86.7	100	HS	PA	205	PI143	76.3	83.9	81.8	S ~ HS	塘四平头
150	郑 30	62.4	66.7	55.6	MR ~ S	PA	206	PI42	80.8	64.3	70.4	S ~ HS	塘四平头
151	郑 35	84.4	82.5	97.5	HS	PA	207	昌 7-2	80	68.4	100	S ~ HS	塘四平头
152	郑 58	97	100	100	HS	PA	208	旱 21	81.5	51.7	69.2	MR ~ HS	塘四平头
153	中 451	95.6	89.4	88.9	S ~ HS	PA	209	黄 428-3	62.3	90.3	97.5	S ~ HS	塘四平头
154	141	56.5	27.2	55.7	R ~ MR	PB	210	黄野四	84.2	70.8	100	S ~ HS	塘四平头
155	8002	61.8	100	95.6	S ~ HS	PB	211	黄早四	81.5	85.6	100	HS	塘四平头
156	31778	59.8	85.2	88.9	MR ~ HS	PB	212	获唐黄	75.2	88.9	59.3	MR ~ HS	塘四平头
157	89-1	69.8	47.8	79.6	MR ~ S	PB	213	吉 846	73.1	55.6	33.3	R ~ S	塘四平头
158	698-3	52.6	64.7	61.1	MR ~ S	PB	214	吉 853	70	66.3	95.1	S ~ HS	塘四平头
159	M0113	85.2	77.8	97.5	S ~ HS	PB	215	冀 35	80.3	77.8	100	S ~ HS	塘四平头
160	P138	61.5	75.1	55.6	MR ~ S	PB	216	金黄 63	94.1	96.3	100	HS	塘四平头
161	R 15	57.6	56.2	63.9	MR ~ S	PB	217	金黄 73	89.3	75	100	S ~ HS	塘四平头
162	R18	44.2	54.4	42	MR	PB	218	金黄 76	91.9	87.3	95.6	HS	塘四平头
163	SH15	80.5	92.6	100	HS	PB	219	京 7	80.3	81.5	100	HS	塘四平头
164	TZ18	72.2	87	100	S ~ HS	PB	220	鲁原 133	54.1	87.3	100	MR ~ HS	塘四平头
165	Y7	89.1	85.6	91.7	HS	PB	221	品 1P6C0	77.8	93.8	74.6	S ~ HS	塘四平头
166	y75	80.7	70.4	74.4	S ~ HS	PB	222	四 273	94.1	98.6	100	HS	塘四平头
167	Y8G	81.9	97.8	100	HS	PB	223	四 287	78.9	100	96.8	S ~ HS	塘四平头
168	川 273	96.3	66.3	92.1	S ~ HS	PB	224	四-279	61.9	97.8	83.3	S ~ HS	塘四平头
169	川 321	88.9	84.4	100	HS	PB	225	四-419	71.9	77.6	79.5	S	塘四平头
170	丹 3130	70	92.8	81.5	S ~ HS	PB	226	四至四	49.6	86.3	100	MR ~ HS	塘四平头
171	丹 599	37.4	51.1	50.2	R ~ MR	PB	227	绥系 605	76.7	100	100	S ~ HS	塘四平头
172	丹 988	60.9	75	77.8	S	PB	228	塘四平头	71.2	96.3	100	S ~ HS	塘四平头
173	丹黄 25	77.3	96	100	S ~ HS	PB	229	特 70	58.7	96.6	100	MR ~ HS	塘四平头
174	多黄 29	38.2	73.6	92.6	R ~ HS	PB	230	天涯 4	66.7	100	100	S ~ HS	塘四平头
175	海 9-21	80.7	100	100	HS	PB	231	汶黄	71.9	89.2	87.3	S ~ HS	塘四平头
176	旱 23	67.2	97.8	72.2	S ~ HS	PB	232	武 314	84.4	83.9	100	HS	塘四平头
177	吉 A-034	67.3	90.8	63.5	S ~ HS	PB	233	郑 22	84.1	91.7	100	HS	塘四平头
178	金黄 55	67.3	65	100	S ~ HS	PB	234	中黄 204	87	97.8	77.8	HS	塘四平头
179	金黄 59	57.3	59.7	96.8	MR ~ HS	PB	235	自 495	71.9	100	100	S ~ HS	塘四平头
180	金黄 96B	50.4	92.1	95.1	MR ~ HS	PB	236	812	94.8	81.9	100	HS	UN
181	辽 68	65	96.8	63	S ~ HS	PB	237	5311	95.6	83.7	100	HS	UN
182	鲁原 92	98.5	100	95.1	HS	PB	238	Q1261	80.9	88.9	100	HS	UN
183	农大 178	68.2	57.1	61.6	MR ~ S	PB	239	南五	92.6	90.7	100	HS	UN
184	齐 319	52.9	69	91.9	MR ~ HS	PB	240	晴 795	91.1	96.5	100	HS	UN

UN 表示杂优类群信息不详或未知

UN represents the heterosis information unknown or unclear, HG; heterosis group

表 3 不同杂种优势类群自交系的纹枯病抗性

Table 3 The disease resistance of different heterosis groups

杂种优势类群	中抗	感病	高感	总数
Heterosis group	MR	S	HS	Total
REID	0	0	25	25
PA	0	6	65	71
旅大红骨 LRC	0	0	24	24
PB	3	7	28	38
塘四平头 SPT	0	2	42	44
兰卡斯特 LAN	1	3	29	33
未知 Unknown	0	0	5	5
总数 Total	4	18	218	240

表 4 玉米纹枯病病情指数与主要农艺性状的相关性

Table 4 The correlation between disease index and major agronomic traits

	株高 (X1)	穗位高 (X2)	穗位高/株高 (X3)	穗下节间数 (X4)	穗下平均节间长 (X5)
	Plant height	Ear height	EH/ PH	No. of internodes below ear	Internode length below ear
株高 (X1)	1				
穗位高 (X2)	0.79 **	1			
穗位高/株高 (X3)	0.58 **	0.84 **	1		
穗下节间数 (X4)	0.48 **	0.81 **	0.82 **	1	
穗下平均节间长 (X5)	0.81 **	0.79 **	0.38 **	0.60 **	1
病情指数 (Y)	-0.51 **	-0.66 **	-0.54 **	-0.49 **	-0.47 **

** 表示在 0.01 水平上显著

** indicates significant difference at 0.01 probability levels

3 讨论与结论

抗病新品种的选育有赖于抗病种质资源的发掘。国内外研究者对不同来源和类型玉米种质的纹枯病抗性进行了鉴定,至今未发现对纹枯病免疫的材料,表现为高抗的玉米材料也非常少。筛选出的抗病材料普遍存在生育期过长或过短、配合力较低等不足,难以在玉米抗纹枯病育种上利用^[11-17,25]。目前玉米育种和生产上玉米纹枯病抗病材料的缺乏,已经严重阻碍了玉米纹枯病抗性育种水平的提高。本研究结果表明,240 份自交系中,无抗性评价等级为免疫(IM)、高抗(HR)和抗病(R)材料,仅有 4 份中抗(MR)自交系,其中 141 和 R18 在杨华等^[12]和黄天述等^[13]的研究中也表现抗病(R)或中抗(MR),证明这 2 份自交系是较为稳定的玉米纹枯病抗源,同时也说明玉米纹枯病抗性资源仍然十分缺乏,应该进一步扩大鉴定的种质类型,加强鉴定的力度。本研究结果还发现,PB 类群的玉米自交系纹枯病抗性较好,其有一定比例的热带血缘,因此,今后应从 PB 类群和热带种质中寻找玉米纹枯病抗

2.4 病情指数与农艺性状的相关性分析

对 240 份玉米自交系的 5 种农艺性状各测量指标的均值与 3 个不同环境中病情指数的均值进行相关性分析(表 4),结果表明,玉米纹枯病的病情指数与株高(X1)、穗位高(X2)、穗位高/株高(X3)、穗下节间数(X4)和穗下平均节间长(X5)均呈极显著负相关($P < 0.01$),说明玉米自交系植株越高、主穗位越高、穗位高/株高值越大、穗下节间数越多、穗下平均节间距越大,玉米纹枯病的病情指数越低,其抗性越好,这些表型可以作为非接种条件下选择纹枯病抗性种质的参考指标。

源,这样效率更高。

玉米纹枯病抗性主要表现为数量性状,抗性遗传受主效基因控制,同时受微效多基因修饰^[12,18-19],环境条件的变化对这类抗性的表达有很大的影响,即使是人工接种鉴定,环境条件对接菌 AG1-IA 后寄主病害扩展过程的影响强度不同,也会导致鉴定评价时抗性级别发生变化。黄天述等^[13]认为,抗性级别变化的幅度基本局限在一定的范围。高感材料和感病材料在年度间和地区间的变化幅度较小,基本稳定在感病-高感的范围内,变化较大的是抗性类型(高抗、抗和中抗)材料,本研究得到类似的结果。本研究结果表明,有 144 份自交系 3 年鉴定的结果不一致,其中鉴定结果相差 1 个抗性等级的有 109 个,相差 2 个抗性等级的有 34 个,相差 3 个抗性等级的有 1 个。此外,在前人研究中评价为中抗(MR)的部分自交系如 R15 和获唐黄^[12-13],在本研究中表现为感病。因此,在抗病种质筛选时,通过一次鉴定,表现为感病的材料可不必对其再进行鉴定;而在一次鉴定中抗性较好的材料(高抗、抗和中抗),则应该对其进行重复鉴定,这样有利于减少鉴

定的工作量,同时提高鉴定的准确性,鉴定出抗性稳定的种质。

人工接种是鉴定玉米种质资源纹枯病抗性准确、有效的途径,但人工接种工作量很大,在很多情况下不可能对所有材料进行接种鉴定。比如在育种中,选育自交系和进行杂交种大规模鉴定时,接种鉴定显然不现实。如果能从玉米植株的表型来间接判断其玉米纹枯病抗性,将有利于提高玉米纹枯病抗性育种的效率。黄天述等^[13]、高立起等^[16]和张敏等^[17]的研究结果表明,玉米自交系植株越高、主穗位越高、穗位高/株高值越大,玉米纹枯病的病情指数越低,其抗性越好,这可能是因为玉米纹枯病是一种土传性的真菌病害,最初多由近地面的1~3节叶鞘发病^[1-3],之后逐渐向上蔓延,随着玉米株高和穗位增高,病原菌扩展到果穗所需时间较长所致,本研究也得到相类似的结果;此外,本研究还发现穗下节间数越多、穗下平均节间距越大,玉米纹枯病的病情指数越低,其抗性越好,这可能是因为纹枯病是一种短距离传染病害^[2],随着节间长度增大和节间数的增加,纹枯病病原菌向上蔓延时,感染到上一叶鞘的距离增加,阻断或延缓了发病。因此,株高、穗位高、穗位高/株高、穗下节间数和穗下平均节间长等表型可以作为非接种条件下筛选纹枯病抗性种质的参考指标。但是,植株和穗位增高、穗下节间数增多和穗下平均节间距增大,会导致植株纵向失衡而易倒伏,对玉米的抗倒伏与产量具有一定的影响^[26]。因此,在上述农艺性状表现作为玉米抗纹枯病的形态指标时,要同时注意抗倒伏性的选择。

参考文献

- [1] 赵茂俊,张志明,潘光堂,等. 玉米纹枯病研究进展[J]. 植物保护,2006,32(1):5-8
- [2] Divya V R, Narayan P R, Uma G D. Management of maize banded leaf and sheath blight with fungicides and biocontrol agents[J]. Ann Biol Res, 2013, 4(7):179-184
- [3] 姜林平,徐晓东,刘淑卿,等. 玉米纹枯病的发生规律与综合防治技术[J]. 玉米科学,2000,8(S):71-72
- [4] 黄明波,谭君,杨俊品,等. 玉米纹枯病研究进展[J]. 西南农业学报,2007,20(2):209-213
- [5] 潘光堂,杨克诚. 我国西南地区玉米育种面临的挑战及相应对策探讨[J]. 作物学报,2012,38(7):1141-1147
- [6] 徐培桢,何荣蓉,卿九龄,等. 玉米纹枯病为害损失及防治指标的研究[J]. 玉米科学,1995(S):62-64
- [7] 严吉明,郑健,叶华智,等. 玉米纹枯病危害与产量损失的关系[J]. 玉米科学,2008,16(5):123-125
- [8] 陈华保,张晋康,杨春平,等. 增效剂加倍杀对井冈霉素防治玉米纹枯病的增效作用[J]. 四川农业大学学报,2011,29(1):82-85
- [9] Nishat A. Threatening disease: banded leaf and sheath blight of maize: BLSB of maize [M]. Köln, Germany: Lap Lambert Academic Publishing, 2013:1-264
- [10] Cecilia B P, Avelino D R, Mitsuru H. Efficacy of hypovirulent binucleate *Rhizoctonia* sp. to control banded leaf and sheath blight in corn [J]. J Gene Plant Pathol, 2000, 66:95-102
- [11] 杨爱国,潘光堂,叶华智,等. 玉米自交系纹枯病抗性鉴定及抗病资源筛选[J]. 植物保护,2003,29(1):25-28
- [12] 杨华. 玉米纹枯病抗源筛选、抗性 QTL 定位及其应用研究[D]. 雅安:四川农业大学,2004
- [13] 黄天述,叶华智,王晓鸣,等. 玉米种质资源对纹枯病的抗性鉴定与评价[J]. 植物遗传资源学报,2005,6(3):291-295
- [14] 杨俊品,唐海涛,杨家秀,等. 抗玉米纹枯病材料的鉴定及抗性遗传研究[J]. 植物病理学报,2005,35(2):174-178
- [15] 程伟东,李石初,覃兰秋,等. 广西玉米种质资源对纹枯病的抗性鉴定[J]. 植物遗传资源学报,2010,11(4):566-571
- [16] 高立起,梁秋华,丁贵江. 玉米穗位高度与纹枯病发生关系研究初报[J]. 北京农业科学,2000,18(3):12-14
- [17] 张敏,潘光堂,叶华智,等. 玉米品种资源对纹枯病的抗性鉴定[C]//21世纪植物保护发展战略. 北京:中国农业科技出版社,2001:705-708
- [18] Zhao M, Zhang Z, Zhang S, et al. Quantitative trait loci mapping of resistance genes to banded leaf and sheath blight in maize[J]. Crop Sci, 2006, 46:1039-1045
- [19] Lin H, Leng P, Pan G, et al. Association analysis of candidate quantitative trait loci for resistance to banded leaf and sheath blight in maize[J]. IJBBB, 2013, 3(5):528-534
- [20] 严吉明,叶华智,郑达,等. 四川玉米纹枯病菌致病性研究[J]. 玉米科学,2005,13(3):114-116
- [21] 王晓鸣,戴法超. 玉米病虫害田间手册[M]. 北京:中国农业科技出版社,2001
- [22] 黎裕,王天宇. 我国玉米育种种质基础与骨干亲本的形成[J]. 玉米科学,2010,18(5):1-8
- [23] 宋燕春,裴二芹,石云素,等. 玉米重要自交系的肿囊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
- [24] 刘志斋,吴迅,刘海利,等. 基于40个核心SSR标记揭示的820份中国玉米重要自交系的遗传多样性与群体结构[J]. 中国农业科学,2012,45(11):2107-2138
- [25] 谭君,张彪,唐海涛,等. 玉米抗纹枯病自交系产量配合力测定[J]. 玉米科学,2011,19(3):59-62
- [26] 张芳魁,霍仕平,张健,等. 玉米茎秆性状与抗折断力的相关和途径分析[J]. 玉米科学,2006,14(6):46-49