

# 83 对国内外高粱不育系/保持系抗靶斑病和炭疽病鉴定与评价

徐 婧<sup>1</sup>, 胡 兰<sup>1</sup>, 姜 钰<sup>1</sup>, 程洪森<sup>2</sup>, 徐秀德<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>辽宁省农业科学院植物保护研究所, 沈阳 110161; <sup>2</sup>辽宁省农业科学院经济作物研究所, 辽阳 111000)

**摘要:** 采用人工接种技术, 2019—2020 年连续 2 年, 对从美国、印度、澳大利亚等国家引进和我国学者自行创制的高粱雄性不育系 (A) 及相应的保持系 (B) 共 166 份材料进行高粱靶斑病 (*Bipolaris sorghicola*) 和高粱炭疽病 (*Colletotrichum sublineolum*) 抗性鉴定, 结果表明, 供试材料中对高粱靶斑病表现高抗 (HR) 的资源 26 份, 占总数的 15.66%; 抗病 (R) 34 份, 占总数 20.48%; 中抗 (MR) 的 42 份, 占总数的 25.30%; 感病 (S) 46 份, 占总数的 27.71%; 高感 (HS) 18 份, 占总数的 10.84%。供试材料中对高粱炭疽病 (*C. sublineolum*) 表现高抗 (HR) 的资源 8 份, 占总数的 4.82%; 抗病 (R) 84 份, 占鉴定资源总数的 50.60%; 中抗 (MR) 56 份, 占总数 33.73%; 感病 (S) 14 份, 占总数的 8.43%; 高感 (HS) 4 份, 占总数的 2.41%。鉴定出兼抗两种高粱叶斑病的试材 19 份。

**关键词:** 高粱; 靶斑病; 炭疽病; 抗性鉴定

## Evaluation of 83 Sorghum Male-sterile and Maintainer Lines Resistance to Sorghum Anthracnose and Target Leaf Spot

XU Jing<sup>1</sup>, HU Lan<sup>1</sup>, JIANG Yu<sup>1</sup>, CHENG Hong-sen<sup>2</sup>, XU Xiu-de<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Institute of Plant Protection, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161; <sup>2</sup>Institute of Economics Crops, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Liaoyang 111000)

**Abstract:** Using artificial inoculation technique, a total of 166 sorghum male-sterile and maintainer lines which introduced from the countries of India, USA, Australia and China, were evaluated for resistance against the diseases of sorghum target leaf spot (TLS) and sorghum anthracnose (SA) at two calendar years (2019 and 2020). The result showed 26 accessions highly resistant (HR) to target leaf spot accounting for 15.66%. Thirty-four accessions rated as resistance (R) to TLS accounted for 20.48%, and 42 accessions rated as moderately resistance (MR) to TLS accounted for 25.30%. Forty-six and 18 accessions, which were rated as susceptible (S) and highly susceptible (HS) to TLS, accounted for 27.71% and 10.84% respectively. There were eight accessions rated as highly resistant (HR) to sorghum anthracnose accounting for 4.82%. Eighty-four and 56 accessions rated as resistance (R) and moderately resistance (MR), accounted for 50.60% and 33.73%, respectively. There were 14 accessions rated as susceptible (S) and 4 accessions rated as highly susceptible (HS) to SA, accounting for 8.43% and 2.41%, respectively. Nineteen accessions were found being simultaneously resistant to both TLS and SA.

**Key words:** Sorghum; *Bipolaris sorghicola*; *Colletotrichum sublineolum*; evaluation of resistance

高粱 [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] 是世界上重要的粮食作物之一, 对世界干旱和半干旱地区的粮食及饲料安全起着举足轻重的作用。在中国高粱种植历史悠久、地域广泛, 是非常重要的粮食、饲料作物以及酿酒和酿醋的重要原料。高粱叶部病害是影响高粱产量的重要因素<sup>[1-2]</sup>, 目前我国高粱上发生最严重的两种

收稿日期: 2022-11-02

修回日期: 2022-12-07

网络出版日期:

URL:

第一作者研究方向为旱粮作物病害, E-mail: mljasmine2004@163.com

通信作者: 姜钰, 研究方向为旱粮作物病害, E-mail: jiangyumiss@163.com

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金 (CARS-06)

Foundation project: Agriculture Research System of China (CARS-06)

叶部病害是高粱靶斑病及高粱炭疽病。高粱靶斑病 (Target Leaf spot, TLS) 由高粱生平脐蠕孢 (*Bipolaris sorghicola* Alcorn.) 引起, 在世界高粱种植区广泛分布<sup>[3]</sup>, 温暖潮湿气候更易发病, 感病品种发病可减产高达 50% 以上<sup>[4]</sup>, 在中国该病于 2000 年首次被报道<sup>[5]</sup>, 目前我国高粱产区普遍发生, 已经成为生产上最主要的叶部病害之一。病菌侵入叶片, 破坏细胞膜结构, 抑制叶绿素的合成, 植株光合能力降低, 导致高粱严重减产<sup>[6-7]</sup>。此外, 病菌代谢产生的毒素对人、畜健康危害严重, 可造成动物细胞增生或死亡<sup>[8-9]</sup>, 对饲料产业造成威胁。由亚线孢炭疽菌 (*Colletotrichum sublineolum*) 侵染引起的高粱炭疽病 (*Sorghum Anthracnose*, SA) 是世界上最为重要的高粱病害, 可为害高粱叶片、茎秆、穗柄、穗和籽粒等, 导致植株早衰、倒伏, 造成高粱减产高达 69%~100%<sup>[3,10-12]</sup>。高粱叶部病害一旦发生蔓延速度极快, 在几天内即可使植株叶片全部枯死, 导致严重产量损失, 采用农业、化学防治措施防病效果欠佳, 推广利用抗病品种效果好且科学环保。因此加强高粱抗病基因资源筛选有助于加快抗病品种选育进程, 尤其是高粱优良雄性不育系的抗病鉴定和筛选更为重要<sup>[13]</sup>。本文在深入研究高粱抗病鉴定技术的基础上, 采用人工接菌种技术, 对国内外引进和收集的高粱雄性不育系和相应保持系进行抗两种重要的高粱叶部病害鉴定与评价, 旨在明确高粱雄性不育系对高粱靶斑病和炭疽病的抗性差异, 筛选抗病种质, 为高粱种质创新、抗病育种和病害有效控制提供理论依据和基础材料。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

#### 1.1.1 高粱种质资源

高粱雄性不育系及相应的保持系 166 份, 其中来源于印度 14 份、美国的 94 份、澳大利亚 4 份、中国 54 份。以及感炭疽病对照品种 2 份 (见表 2)。其中来源于中国的资源包括吉林省农科院 6 份 (序号 111~116), 山西省农业科学院 2 份 (序号 119~120), 辽宁省农业科学院高粱研究所 4 份 (序号 157~158, 167~168) 及辽宁省农业科学院旱粮作物病害课题组创新和选育 20 份 (序号 121~140, 161~162, 165~166), 其余为本项目组在高粱抗病虫鉴定项目中收集保存的资源。

#### 1.1.2 菌株

供试高粱生平脐蠕孢 (*B. sorghicola*) 菌株 GLB01 和亚线孢炭疽菌 (*C.sublineolum*) 菌株 SYTJ17, 均为高粱叶片上分离获得<sup>[14]</sup>, 并经形态学和分子生物学鉴定以及田间致病力测定的较强致病力菌株, 于辽宁省农业科学院植物保护研究所保存。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 试验设计

试验地位于辽宁省农业科学院辽阳经济作物研究所试验田。2019—2020 年, 采用田间人工接种方法进行高粱抗病性鉴定, 试材于 4 月下旬播种, 2 行区, 行长 5m, 行距 0.6m, 每穴留苗 1 株, 每区保苗 40 株左右。高粱抗靶斑病和炭疽病鉴定分别在同一区域且有水源和喷灌条件的不同地块进行。此外, 以 L407B 和 Tx622B 作为靶斑病的抗、感对照, 以 L402B 和 NR10 作为高粱炭疽病抗、感对照。试验设年度间 2 次重复。

1.2.2 接种物制备

1.2.2.1 高粱靶斑病菌扩繁

将供试菌株转接到 PDA 培养基上，25℃培养 3~5 d；然后将病菌菌落捣碎涂布于高粱叶琼脂培养基上（配方：1L 培养基中加入 20 g 琼脂粉、10 g 高粱叶粉），23~25℃培养，当培养基上长满菌落并产生大量孢子时，用无菌水将孢子洗下，双层纱布过滤，并将病菌孢子悬液浓度调节为  $1 \times 10^5$  个/mL，加入 0.1% 的吐温 20，备用。

1.2.2.2 高粱炭疽病菌扩繁

将供试菌株接于酪蛋白-乳糖水解液培养基（ATCC）平板上，24℃光暗交替培养 20 d 左右，直至菌落产生橘黄色分生孢子团，用无菌水将孢子洗下，双层纱布过滤，并调节孢子量为  $1 \times 10^5$  个/mL 的菌悬液，供接种用。

1.2.3 接种方法

高粱靶斑病及炭疽病抗性鉴定接种期均为植株喇叭口期，一般中熟、晚熟品种 10 片~11 片叶期，早熟品种 9 叶期接种。选择傍晚或小雨天进行接种为宜。采用喷雾接种方法，将孢子悬液均匀喷洒于植株喇叭口周围叶片表面，喷液量以孢子悬液均匀喷洒，叶片上无液滴流淌为宜。接种后 48 h 内人工辅助清水喷雾、保湿，以增加病菌侵染率。

1.2.4 评价标准

接种后 40~50 d 左右，高粱籽粒进入乳熟期进行病害调查。目测每份鉴定材料发病状况，重点调查接种部位的上、下各 2 片叶。根据病害症状描述，逐叶进行调查，记载病情（标准见表 1），计算平均发病级别，依据发病程度（病情级别）确定其抗性水平。当高感对照材料达到其相应感病程度，视为该批次抗病鉴定结果有效。设年度间重复，依据两年结果对鉴定材料进行抗病性评价。两种病害的抗性鉴定方法和评价标准参照高粱主要病害抗性鉴定技术规范<sup>[15-16]</sup>。

表 1 高粱种质资源抗靶斑病和炭疽病鉴定与评价标准

Table.1 The evaluation standard of sorghum germplasm resources for resistance to *B. sorghicola* and *C.sublineolum*

病情级别 Rating scale	高粱靶斑病症状描述 Symptoms description of TLS	高粱炭疽病症状描述 Symptoms description of SA	抗性评价 Resistance evaluation
1	叶片有零星病斑，病斑占叶面积 5% 以下。	叶片上有少量褪绿的小斑点，占叶面积 5% 以下，病斑上无分生孢子盘	高抗 Highly resistant (HR)
3	叶片有少量病斑，病斑占叶面积的 5.1%~25%。	叶片上有少量病斑，占叶面积的 5.1%~20%，病斑上有零星分生孢子盘	抗 Resistant (R)
5	叶片有大量病斑，病斑占叶面积 25.1%~50%。	叶片上病斑较多，占叶面积 20.1%~40%，病斑上有分生孢子盘	中抗 Moderately resistant (MR)
7	叶片病斑较多，少数病斑连片，病斑占叶面积 50.1%~75%。	叶片上病斑相连，占叶面积 40.1%~70%，病斑上有分生孢子盘	感 Susceptible (S)
9	叶片布满病斑、病斑连片，多数叶片枯死，占叶面积 75% 以上。	叶片被病斑覆盖，占叶面积 70.1% 以上，病斑上有分生孢子盘，整株叶片近于枯死	高感 Highly susceptible (HS)

2 结果与分析

2.1 高粱雄性不育系和保持系抗靶斑病和炭疽病鉴定结果

2019—2020 连续 2 年的抗性鉴定结果见表 2，对照品种均对靶斑病及炭疽病表现出其相应的抗性级别，证明本鉴定结果准确。供试材料中，对高粱靶斑病表现高抗(HR)的资源 26 份，占 15.66%；抗病(R)资源 34

份，占 20.48%；中抗(MR)资源 42 份，占 25.30%；感病(S)资源 46 份，占 27.71%；高感(HS)资源 18 份，占总数的 10.84%。对高粱炭疽病表现高抗(HR)的资源 8 份，占 4.82%；抗病(R)资源 84 份，占 50.60%；中抗(MR)资源 56 份，占 33.73%；感病(S)资源 14 份，占 8.43%；高感(HS)资源 4 份，占 2.41%。鉴定结果表明，雄性不育系(A)与其相应的保持系(B)对高粱靶斑病的抗感特性不存在差异，但极少数品系对高粱炭疽病的抗感特性存在差异，如 Tx2790A 对炭疽病抗性为 1 级、高抗（HR），而 Tx2790B 为 3 级、抗病（R）；91NF18A 对炭疽病抗性为 3 级、抗病（R），而 91NF18B 为 1 级、高抗（HR）；KSP335A 对炭疽病抗性为 5 级、中抗病（MR），而 KSP335B 对炭疽病抗性为 3 级、抗病（HR）。

表 2 高粱雄性不育系和保持系抗高粱靶斑病和高粱炭疽病鉴定与评价结果

Table.2 The evaluation of resistance to *B. sorghicola* and *C.sublineolum* of sorghum male-sterile and maintainer lines

序号 No.	品种 Variety	来源 Origin	靶斑 TLS	评价 Rating	炭疽 SA	评价 Rating	序号 No.	品种 Variety	来源 Origin	靶斑 TLS	评价 Rating	炭疽 SA	评价 Rating
1	QL33A	澳大利亚	7	S	3	R	25	KSP8-8-23A	美国	9	HS	5	MR
2	QL33B	澳大利亚	7	S	3	R	26	KSP8-8-23B	美国	9	HS	5	MR
3	QL41A	澳大利亚	5	MR	3	R	27	KSP8-9-4A	美国	7	S	3	R
4	QL41B	澳大利亚	5	MR	3	R	28	KSP8-9-4B	美国	7	S	3	R
5	KSP7-7-4A	美国	3	R	3	R	29	KSP8-9-8A	美国	7	S	3	R
6	KSP7-7-4B	美国	3	R	3	R	30	KSP8-9-8B	美国	7	S	3	R
7	KSP7-7-8A	美国	5	MR	3	R	31	KSP8-9-10A	美国	7	S	3	R
8	KSP7-7-8B	美国	5	MR	3	R	32	KSP8-9-10B	美国	7	S	3	R
9	KS83A	美国	3	R	1	HR	33	KSP8-9-12A	美国	7	S	5	MR
10	KS83B	美国	3	R	1	HR	34	KSP8-9-12B	美国	7	S	5	MR
11	KSP7-7-10A	美国	1	R	5	MR	35	KSP8-9-14A	美国	3	R	7	S
12	KSP7-7-10B	美国	1	R	5	MR	36	KSP8-9-14B	美国	3	R	7	S
13	KSP7-7-22A	美国	7	S	3	R	37	KSP8-9-16A	美国	5	MR	5	MR
14	KSP7-7-22B	美国	7	S	3	R	38	KSP8-9-16B	美国	5	MR	5	MR
15	KSP7-7-16A	美国	5	MR	5	MR	39	KSP8-10-23A	美国	3	R	5	MR
16	KSP7-7-16B	美国	5	MR	5	MR	40	KSP8-10-23B	美国	3	R	5	MR
17	KSP8-8-3A	美国	9	HS	3	R	41	KSP335A	美国	7	S	5	MR
18	KSP8-8-3B	美国	9	HS	3	R	42	KSP335B	美国	7	S	3	R
19	KSP8-8-9A	美国	9	HS	7	S	43	KSP501A	美国	9	HS	5	MR
20	KSP8-8-9B	美国	9	HS	7	S	44	KSP501B	美国	9	HS	5	MR
21	KSP8-8-17A	美国	1	HR	3	R	45	KSP502A	美国	9	HS	5	MR
22	KSP8-8-17B	美国	1	HR	3	R	46	KSP502B	美国	9	HS	5	MR
23	KSP8-8-19A	美国	1	HR	5	MR	47	KSP503A	美国	7	S	3	R
24	KSP8-8-19B	美国	1	HR	5	MR	48	KSP503B	美国	7	S	3	R

表 2 (续)

Table.2 (continued)

序号 No.	品种 Variety	来源 Origin	靶斑 TLS	评价 Rating	炭疽 SA	评价 Rating	序号 No.	品种 Variety	来源 Origin	靶斑 TLS	评价 Rating	炭疽 SA	评价 Rating
49	KSP504A	美国	5	MR	3	R	74	TX624B	美国	7	S	3	R
50	KSP504B	美国	5	MR	3	R	75	TX2249A	美国	3	R	3	R
51	KSP511A	美国	7	S	5	MR	76	TX2249B	美国	3	R	3	R
52	KSP511B	美国	7	S	5	MR	77	TX2750A	美国	3	R	3	R
53	KSP512A	美国	7	S	3	R	78	TX2750B	美国	3	R	3	R
54	KSP512B	美国	7	S	3	R	79	TX2751A	美国	3	R	3	R
55	LI2039-3A	美国	1	HR	5	MR	80	TX2751B	美国	3	R	3	R
56	LI2039-3B	美国	1	HR	5	MR	81	TX2758A	美国	5	MR	5	MR
57	LI2060-1A	美国	9	HS	7	S	82	TX2758B	美国	5	MR	5	MR

58	LI2059-1B	美国	9	HS	7	S	83	TX2759A	美国	7	S	5	MR
59	LI2244-3A	美国	7	S	5	MR	84	TX2759B	美国	7	S	3	R
60	LI2243-3B	美国	7	S	5	MR	85	TX2790A	美国	7	S	1	HR
61	TAM428A	美国	7	S	5	MR	86	TX2790B	美国	7	S	3	R
62	TAM428B	美国	7	S	5	MR	87	TX2801A	美国	7	S	5	MR
63	Tx3197A	美国	5	MR	5	MR	88	TX2801B	美国	7	S	5	MR
64	Tx3197B	美国	5	MR	5	MR	89	90NF12A	美国	1	HR	3	R
65	Tx378A	美国	5	MR	3	R	90	90NF12B	美国	1	HR	3	R
66	Tx378B	美国	5	MR	3	R	91	91NF14A	美国	1	HR	3	R
67	Tx398A	美国	9	HS	5	MR	92	91NF14B	美国	1	HR	3	R
68	Tx398B	美国	9	HS	5	MR	93	91NF15A	美国	1	HR	3	R
69	Tx622A	美国	9	HS	3	R	94	91NF15B	美国	1	HR	3	R
70	*Tx622B	美国	9	HS	3	R	95	91NF18A	美国	1	HR	3	R
71	Tx623A	美国	9	HS	3	R	96	91NF18B	美国	1	HR	1	HR
72	Tx623B	美国	9	HS	3	R	97	91NF20A	美国	7	S	3	R
73	TX624A	美国	7	S	3	R	98	91NF20B	美国	7	S	3	R

表 2 (续)

Table.2 (continued )

序号 No.	品种 Variety	来源 Origin	靶斑 TLS	评价 Rating	炭疽 SA	评价 Rating	序号 No.	品种 Variety	来源 Origin	靶斑 TLS	评价 Rating	炭疽 SA	评价 Rating
99	ICS3A	印度	3	R	3	R	123	L402A	中国	7	S	1	HR
100	ICS3B	印度	3	R	3	R	124	*L402B	中国	7	S	1	HR
101	ICS4A	印度	5	MR	3	R	125	L403A	中国	5	MR	7	S
102	ICS4B	印度	5	MR	3	R	126	L403B	中国	5	MR	7	S
103	ICS6B	印度	3	R	5	MR	127	L404A	中国	7	S	3	R
104	ICS6B	印度	3	R	5	MR	128	L404B	中国	7	S	3	R
105	ICS7A	印度	5	MR	7	S	129	L405A	中国	5	MR	3	R
106	ICS7B	印度	5	MR	7	S	130	L405B	中国	5	MR	3	R
107	ICS10A	印度	5	MR	9	S	131	L407A	中国	1	HR	3	MR
108	ICS10B	印度	5	MR	9	S	132	*L407B	中国	1	HR	3	MR
109	ICS16A	印度	7	S	1	HR	133	L408A	中国	1	HR	3	R
110	ICS16B	印度	7	S	1	HR	134	L408B	中国	1	HR	3	R
111	SH802A	印度	7	S	3	R	135	L409A	中国	3	R	3	R
112	SH802B	印度	7	S	3	R	136	L409B	中国	3	R	3	R
113	JCZ1A	中国	5	MR	7	S	137	L422A	中国	1	HR	3	R
114	JCZ1B	中国	5	MR	7	S	138	L422B	中国	1	HR	3	R
115	JI352A	中国	3	R	5	MR	139	LN1A	中国	1	HR	3	R
116	JI352B	中国	3	R	5	MR	140	LN1B	中国	1	HR	3	R
117	JI2055A	中国	5	MR	7	S	141	LN25A	中国	3	R	3	R
118	JI2055B	中国	5	MR	7	S	142	LN25B	中国	3	R	3	R
119	JI4190A	中国	5	MR	5	MR	143	N122A	中国	5	MR	3	R
120	JI4190B	中国	5	MR	5	MR	144	N122B	中国	5	MR	3	R
121	L401A	中国	3	R	5	MR	145	V4A	中国	5	MR	5	S
122	L401B	中国	3	R	5	MR	146	V4B	中国	5	MR	5	S

表 2 (续)

Table.2 (continued )

序号 No.	品种 Variety	来源 Origin	靶斑 TLS	评价 Rating	炭疽 SA	评价 Rating	序号 No.	品种 Variety	来源 Origin	靶斑 TLS	评价 Rating	炭疽 SA	评价 Rating
147	001A	中国	7	S	9	HS	158	10B	中国	5	MR	5	MR
148	001B	中国	7	S	9	HS	159	428A	中国	5	MR	5	MR
149	6A	中国	1	HR	3	R	160	428B	中国	5	MR	5	MR
150	6B	中国	1	HR	3	R	161	807A	中国	5	MR	3	R

151	8A	中国	7	S	3	R	162	807B	中国	5	MR	3	R
152	8B	中国	7	S	3	R	163	14-1033A	中国	3	R	5	MR
153	8-63A	中国	3	R	5	MR	164	14-1033B	中国	3	R	5	MR
154	8-63B	中国	3	R	5	MR	165	1432A	中国	3	R	3	R
155	8-64A	中国	3	R	5	MR	166	1432B	中国	3	R	3	R
156	8-64B	中国	3	R	5	MR	167	*NR10	中国	5	MR	9	HS
157	10A	中国	5	MR	5	MR							

\*注：L407B：抗靶斑病对照；Tx622B：感靶斑病对照；L402B：抗炭疽病对照；NR10：感炭疽病对照

\*Note: L407B: Resistant check for target leaf spot screening; Tx622B: Resistant check for target leaf spot screening; L402B:Resistant check for anthracnose screening; NR10: Susceptible checks for anthracnose screening

## 2.2 高粱雄性不育系和保持系抗靶斑病和炭疽病数量及比例

高粱雄性不育系（A）和保持系（B）对靶斑病和炭疽病的抗性试材数量及比例如图 1 所示。供试的 166 份雄性不育系和保持系对两种病害抗感程度存在明显差异，对高粱靶斑病高度抗病的有 26 份，包括美国 16 份和中国 10 份，而对高粱炭疽病表现高抗的仅有 8 份，包括印度 2 份、美国 4 份和中国 2 份；对高粱靶斑病表现高抗的资源数量多于对高粱炭疽病表现高抗的资源数量；对高粱靶斑病表现抗病(R)的资源有 34 份，包括印度 4 份、美国 14 份和中国 16 份，而对高粱炭疽病表现抗病(R)的有 84 份，包括印度 6 份、美国 48 份、澳大利亚 4 份和中国 26 份，明显多于对高粱靶斑病表现抗病的资源数量；对高粱靶斑病表现中等抗病(MR)的资源 42 份，而对高粱炭疽病表现中抗(MR)的资源有 56 份；对高粱靶斑病表现感病(S)和高感(HS)的资源分别有 46 份和 18 份，而对高粱炭疽病表现感病(S)和高感(HS)的资源分别有 14 份和 4 份。在供试的 166 份高粱不育系和保持系中（表 3），对高粱靶斑病表现抗病（1、3、5 级）的资源有 102 份，其中印度 10 份，占 9.8%，美国 44 份，占 43.14%，澳大利亚 2 份，占 1.96%，中国 46 份，占 45.1%；对高粱炭疽病表现抗病（1、3、5 级）的不育系和保持系有 148 份，其中印度 10 份，占 6.76%，美国 88 份，占 59.46%，澳大利亚 4 份，占 2.7%，中国 46 份，占 31.08%。可见美国的抗高粱靶斑病和炭疽病资源所占比例较大，其次是中国的资源，由此可知，美国抗病资源更为丰富，加强国外种质资源的引进和改良，有助于提高我国高粱资源抗性水平，加快高粱抗病资源创新和品种选育进程。

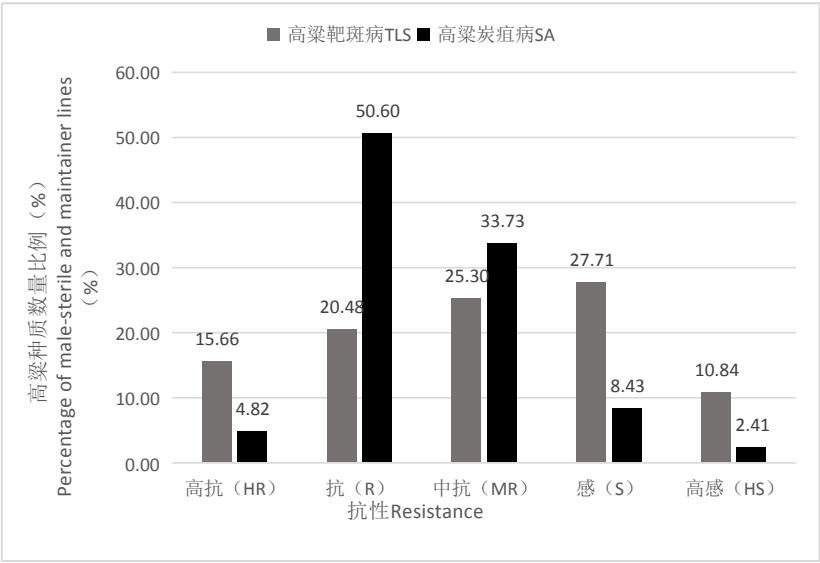


图 1 高粱雄性不育系及保持种质资源抗两种病害数量及比例

Fig.1 The number and percentage of male-sterile and maintainer lines resistance to *B. sorghicola* and *C. sublineolum*

表 3 国内外高粱雄性不育系及保持系抗两种病害级别分布

Table3 The number of male-sterile and maintainer lines both in China and abroad resistance to *B. sorghicola* and *C.sublineolum*

品种来源 Origin	高粱靶斑病 Resistance to BS					高粱炭疽病 Resistance to CS				
	1 级	3 级	5 级	7 级	9 级	1 级	3 级	5 级	7 级	9 级
印度	0	4	6	4	0	2	6	2	2	2
美国	16	14	14	32	18	4	48	36	6	0
澳大利亚	0	0	2	2	0	0	4	0	0	0
中国	10	16	20	8	0	2	26	18	6	2

2.3 兼抗两种高粱病害的雄性不育系和保持系

从 166 份高粱雄性不育系和保持系中，鉴定出兼抗高粱靶斑病和炭疽病（高抗和抗病）的材料 38 份（表 3），分别为印度 2 份，美国 20 份和中国 16 份。这些珍贵的抗性材料，即丰富了我国高粱抗病基因资源，也为选育抗病品种提供试材。

表 4 兼抗高粱靶斑病和高粱炭疽病的高粱雄性不育系及保持系

Table 4 The sorghum male-sterile and maintainer lines for resistance to *B. sorghicola* and *C.sublineolum*

序号 No.	品种 Variety	靶斑 BS	炭疽 CS	序号 No.	品种 Variety	靶斑 BS	炭疽 CS	序号 No.	品种 Variety	靶斑 BS	炭疽 CS
1	ICS3A	3	3	14	TX2751B	3	3	27	L409A	3	3
2	ICS3B	3	3	15	90NF12A	1	3	28	L409B	3	3
3	KS83A	3	1	16	90NF12B	1	3	29	L422A	1	3
4	KS83B	3	1	17	91NF14A	1	3	30	L422B	1	3
5	KSP7-7-4A	3	3	18	91NF14B	1	3	31	LN1A	1	3
6	KSP7-7-4B	3	3	19	91NF15A	1	3	32	LN1B	1	3
7	KSP8-8-17A	1	3	20	91NF15B	1	3	33	LN25A	3	3
8	KSP8-8-17B	1	3	21	91NF18A	1	3	34	LN25B	3	3
9	TX2249A	3	3	22	91NF18B	1	1	35	6A	1	3
10	TX2249B	3	3	23	L407A	1	3	36	6B	1	3
11	TX2750A	3	3	24	L407B	1	3	37	1432A	1	3
12	TX2750B	3	3	25	L408A	1	3	38	1432B	1	3

### 3 结论与讨论

采用人工接种技术, 2019—2020 年对 166 份国内外高粱不育系和保持系抗高粱靶斑病和高粱炭疽病特性进行了鉴定与评价。鉴定出对高粱靶斑病表现高抗 (HR) 的资源 26 份, 占鉴定资源总数的 15.66%; 抗病 (R) 的 34 份, 占总数的 20.48%。对高粱炭疽病表现高抗 (HR) 的资源 8 份, 占总数的 4.82%; 抗病 (R) 的 84 份, 占总数的 50.60%。从鉴定结果看, 高抗靶斑病的不育系和保持系较多, 这与高粱研究者重视高粱抗靶斑病选育, 有目的创制新型抗病不育系<sup>[17]</sup>有关。结果显示兼抗两种病害 (高抗和抗病) 的材料共 38 份, 将有助于有针对性的进行抗病资源创新和改良, 提高高粱种质资源抗性水平。

多年的高粱抗病鉴定实践证明, 科学的接种方法和鉴定评价体系是筛选抗病种质的重要基础, 以往高粱抗病鉴定多依据田间自然发病进行寄主抗感性评价<sup>[18-20]</sup>, 而采用人工接种技术进行抗病资源筛选研究甚少<sup>[21]</sup>, 因此难以获得准确的鉴定结果, 从而增加了抗性基因资源利用的不确定性及抗性育种的难度。本文系统研究了高粱抗两种叶部病害的鉴定技术, 进一步完善病菌接种物培养及接种方法, 使高粱抗两种叶部病害鉴定技术更规范化, 更实用, 克服了利用自然发病进行资源抗性评价易受环境影响的弊端, 解决了抗性资源针对性不强的问题。

研究发现, 166 份高粱雄性不育系(A)和保持系(B)对高粱靶斑病的抗感特性无明显差异, 即不育系(A)与其相应的保持系(B)对高粱靶斑病抗性等级相同。但抗炭疽病鉴定中, 有少数材料不育系(A)和保持系(B)抗性存在差异, 如 Tx2790A 对炭疽病抗性为 1 级, 而 Tx2790B 对炭疽病抗性为 3 级; 91NF18A 对炭疽病抗性为 3 级, 而 91NF18B 对炭疽病抗性为 1 级; KSP335A 对炭疽病抗性为 5 级, 而 KSP335B 对炭疽病抗性为 3 级, 其余不育系和保持系之间对炭疽病抗感特性无差异。由结果可知, 高粱不育系(A)和保持系(B)的抗病性由核基因决定, 与细胞质无关。这与高粱不育系和保持系对丝黑穗病抗感性不存在差异的结论相同<sup>[22]</sup>, 本试验中少数不育系和保持系之间的病级差异可能与种子的成熟度及其他环境因素有关。

高粱叶部病害是高粱生产上的重要病害, 高温多湿有利于病害发生, 化学药剂防治效率低且难以实行, 还可能造成农药污染, 有害人畜健康。应用抗病品种是控制高粱叶部病害发生及危害的最有效途径, 鉴定筛选抗病资源是成功选育抗病品种的关键性基础工作。诸多学者认为, 高粱不育系选育是高粱杂交种选育和应用的关键环节, 杂交优势的强弱取决于不育系与恢复系之间的遗传差异<sup>[23]</sup>。因此, 获得优良不育系将加速理想杂交种的选育进程。本研究在人工接种条件下, 测定了 166 份国内外高粱不育系和保持系对高粱靶斑病和高粱炭疽病的抗性, 筛选出单抗和兼抗两种病害的抗性资源, 既丰富了我国高粱叶部病害的抗性资源, 也为高粱抗病育种和病害防控深入研究提供大量试材和技术支撑。

#### 参考文献

- [1] 白金铠. 杂粮作物病害. 北京: 中国农业出版社, 1997: 219-222.  
BAI J K. Rian fed crop diseases. Beijing: China Agricultural Press, 1997: 219-222.
- [2] 徐秀德, 刘志恒. 高粱病虫害原色图鉴. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2012: 112-118.  
Xu X D, Liu Z H. A color atlas of sorghum disease and pests. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2012: 112-118.
- [3] Frederiksen, R. A. (Ed.). Compendium of Sorghum Diseases. St. Paul, MN: American Phytopathological Society Press, 1986: 27.



- [4] Kawahigashi, H., Kasuga, S., Ando, T., Kanamori, H., Wu, J., Yomemaru, J., Sazuka, T., Matsumoto, T. Positional cloning of *ds1*, the target leaf spot resistance gene against *Bipolaris sorghicola* in sorghum. *Theor Appl Genet.* 2011, 123: 131 – 142.
- [5] 徐秀德, 刘志恒, 董怀玉, 赵琦, 姜钰, 白金钊. 高粱新病害——靶斑病的初步研究. *沈阳农业大学学报*, 2000, 31 (3): 249-253.  
Xu X D, Liu Z H, Dong H Y, Zhao Q, Jiang Y, Bai J K. Studies on Target Leaf Spot of sorghum. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2000, 31 (3): 249-253.
- [6] 张园园, 徐秀德, 王振东, 张立军, 王丽娟, 徐婧, 刘可杰. 高粱靶斑病菌侵染对高粱光系统 II 的影响. *作物杂志*, 2012 (2): 42-46.  
Zhang Y Y, Xu X D, Wang Z D, Zhang L J, Wang L J, Xu J, Liu K J. Effects of Infection of *Bipolaris Sorghicola* on PSII of Sorghum. *Crop*, 2012(2): 42-46.
- [7] 张园园, 徐秀德, 王振东, 张立军, 姜钰, 胡兰, 董怀玉. 高粱靶斑病菌粗毒素对高粱胚根生长及胚根细胞膜透性的影响. *中国农学通报*, 2012, 28 (12): 192-197.  
Zhang Y Y, Xu X D, Wang Z D, Zhang L J, Jiang Y, Hu L, Dong H Y. The Effect of Crude Toxins of *Bipolaris sorghicola* on Growth and Membrane Permeability of Sorghum Radicle. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2012, 28 (12): 192-197.
- [8] Morrison, R., Lodge, T., Evidente, A., Kiss, R., Townley, H. Ophiobolin A, a sesterpenoid fungal phytotoxin, displays different mechanisms of cell death in mammalian cells depending upon the cancer cell origin. *International journal of oncology*, 2017, 50: 773–786.
- [9] 孙亚利. 毒素在高粱靶斑病菌致病过程中的作用及其合成相关基因的表达. 河南师范大学, 2017.  
Sun Y L. The effect of toxin on the pathogenic process of *Bipolaris sorghicola* and the expression of the biosynthesis related genes. *Henan Normal University*, 2017.
- [10] Cota LV, Souza AGC, Costa RV, Silva DD, Lanza FE, Aguiar FM, Figueiredo JEF. Quantification of yield losses caused by leaf anthracnose on sorghum in Brazil. *Journal of Phytopathology*, 2017, 1~7.
- [11] 徐婧, 姜钰, 胡兰, 刘可杰, 徐秀德. 高粱抗炭疽病资源筛选及病情与产量损失的关系. *中国农业科学*, 2019, (22): 4079-4087.  
Xu J, Jiang Y, Hu L, Liu K J, Xu X D. Evaluation of sorghum accessions resistance against *Colletotrichum sublineolum* and relationship between severity and yield loss on sorghum. *Scientia Agricultura Sinica*, 2019, (22): 4079-4087.
- [12] 于广宇, 曹尚, 张美琦, 台莲梅, 郭永霞, 左豫虎. 黑龙江省高粱靶斑病菌病原菌的鉴定及其生物学特性. *植物保护学报*, 2022: 1-15[2022-05-20]. DOI:10.13802/j.cnki.zwbhxb.2021.2021069.  
Yu G Y, Cao S, Zhang M Q, Tai L M, Guo Y X, Zuo Y H. Identification and biological characteristics of the pathogen causing sorghum target leaf spot disease in Heilongjiang Province. *Journal of Plant Protection*, 2022: 1-15[2022-05-20]. DOI:10.13802/j.cnki.zwbhxb.2021.2021069.
- [13] 陈冰嫻, 李继洪, 王阳, 李淑杰, 胡喜连, 李伟, 马英慧, 高鸣, 高士杰. 高粱(*Sorghum bicolor*(L.)Moench)种质资源研究进展. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2013, 41(1): 67-72+77.  
Chen B R, Li J H, Wang Y, Li S J, Hu X L, Li W, Ma Y H, Gao M, Gao S J. Advances in germplasm resources of sorghum(*Sorghum bicolor*(L.)Moench). *Journal of Northwest A & F University(Nat. Sci. Ed.)*, 2013, 41(1): 67-72+77.
- [14] 徐婧, 胡兰, 刘可杰, 张明会, 姜钰, 徐秀德. 我国高粱炭疽病症状类型及其病原菌鉴定. *沈阳农业大学学报*, 2019, 50(5): 529-535.  
Xu J, Hu L, Liu K J, Zhang M H, Jiang Y, Xu X D. Symptoms and Identification of the Causal Agent of Sorghum Anthracnose in China. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2019, 50(5): 529-535.
- [15] 徐婧, 刘可杰, 胡兰, 姜钰, 王岩, 张明会, 尤广兰, 徐秀德, 王艳红, 黄欣阳. 高粱抗炭疽病鉴定技术规程 DB 21/T 2807-2017. 辽宁省质量技术监督局. 2017.  
Xu J, Liu K J, Hu L, Jiang Y, Wang Y, Zhang M H, You G L, Xu X D, Wang Y H, Huang X Y. Rule for evaluation of sorghum resistance to anthracnose. *Liaoning Quality and Technical Supervision Bureau*, 2017.
- [16] 胡兰, 徐秀德, 姜钰, 刘可杰, 徐婧, 张明会, 董怀玉, 王丽娟, 郭瑛玮. 高粱靶斑病抗性鉴定技术规程 DB21/T2219.1-2014. 辽宁省质量技术监督局. 2014.  
Hu L, Xu X D, Jiang Y, Liu K J, Xu J, Zhang M H, Dong H Y, Wang L J, Guo Y W. Rule for evaluation of sorghum for resistance to target leaf spot. *Liaoning Quality and Technical Supervision Bureau*, 2014.
- [17] 徐秀德, 董怀玉, 姜钰, 王立娟, 陆平. 高粱抗病虫害资源创新与利用研究. *植物遗传资源学报*, 2004, (4): 360-363.  
Xu X D, Dong H Y, Jiang Y, Wang L J, Lu P. On the development and utilization of sorghum germplasm with disease and insect resistance. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2004, (4): 360-363.
- [18] 邓小锋, 彭秋, 刘天友, 李青凤. 贵州地方高粱资源炭疽病害田间抗性评估. *西南农业学报*. 2017, 30(5): 1074-1077.  
Deng X F, Peng Q, Liu T Y, Li Q F. Resistance to anthracnose of local sorghum varieties in Guizhou. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2017, 30(5): 1074-1077.
- [19] 陈满静, 曹绍书, 谭金玉, 阮仁超, 李青凤, 高杰, 彭秋, 郑常祥, 邓小锋. 贵州地方高粱抗炭疽病资源的田间鉴定. *福建农业学报*, 2021, 36(9): 1063-1068.  
Chen M J, Cao S S, Tan J Y, R R C, Li Q F, Gai J, Peng Q, Zheng C X, Deng X F. Field determination on anthracnose-resistance of sorghum cultivars in Guizhou. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2021, 36(9): 1063–1068.
- [20] 焦少杰. 黑龙江省高粱种质抗丝黑穗病、靶斑病、高粱蚜和亚洲高粱螟鉴定. *植物遗传资源学报*, 2006, (3): 356-358.  
Jiao S J. Identification of Resistance to Head Smut, Target Leaf Spot, Sorghum Aphid and Corn Borer of sorghum germplasm in Heilongjiang Province.

Journal of Plant Genetic Resources, 2006, (3): 356-358.

[21] 董怀玉, 徐秀德, 刘旸, 刘延军, 姜钰, 刘晓舟. 高粱种质资源抗高粱靶斑病鉴定与评价. 杂粮作物, 2001, (5): 42-43.

Dong H Y, Xu X D, Liu Y, Liu Y J, Jiang Y, Liu X Z. Identification and Evaluation of Resistance to Target Leaf Spot in Sorghum Germplasms. Rain Fed Crops, 2001, (5): 42-43.

[22] 姜钰, 徐婧, 徐秀德, 胡兰. 高粱三系抗丝黑穗病鉴定与评价. 植物遗传资源学报. 2015, 16 (2): 417-421.

Jiang Y, Xu J, Xu X D, Hu L. Identification and evaluation of sorghum male-sterile, maintainer and restorer Lines resistance to Head Smut. Journal of Plant Genetic Resources, 2015, 16 (2): 417-421.

[23] 王富德, 张世苹. 新引进高粱雄性不育系的配合力分析. 作物学报, 1983, 9 (1): 1-6.

Wang F D, Zhang S P. Analysis of the combining ability of the newly introduced A-lines of sorghum. Acta Agronomica Sinica, 1983, 9 (1): 1-6.