

高粱种质资源对黑束病的抗性鉴定与评价

胡 兰, 刘可杰, 徐 婧, 姜 钰, 徐秀德

(辽宁省农业科学院植物保护研究所, 沈阳 110161)

摘要: 2016-2017 年, 在人工接种条件下对 110 份高粱种质资源进行了抗黑束病鉴定与评价研究, 拟探明高粱抗病性及不同寄主来源的高粱、玉米黑束病菌致病力差异。110 份高粱种质资源中, 对高粱来源的黑束病菌 (GHS-1) 表现免疫 (IM) 的 13 份 (占 11.8%), 高抗 (HR) 的 17 份 (占 15.5%), 抗病 (R) 和中抗 (MR) 的各 14 份 (占 25.4%); 感病 (S) 的 17 份 (占 15.5%), 高感 (HS) 的 35 份 (占 31.8%); 对玉米来源的黑束病菌 (YHS-1) 表现免疫 (IM) 的 21 份 (占 19.1%), 高抗 (HR) 的 11 份 (占 10.0%), 抗病 (R) 的 15 份 (占 13.6%), 中抗 (MR) 的 12 份 (占 10.9%); 感病 (S) 的 21 份 (占 19.1%), 高感 (HS) 的 30 份 (占 27.3%)。上述结果表明, 目前高粱育种中广泛应用的育种种质恢复系中抗黑束病材料较为丰富, 且不同寄主来源的高粱和玉米黑束病菌致病力存在差异。

关键词: 高粱; 黑束病; 直帚枝杆孢; 抗病性

Screening and Evaluation of Sorghum Germplasm for Resistance to Black Bundle Disease

HU Lan, LIU Ke-jie, XU Jing, JIANG Yu, XU Xiu-de

(Institute of Plant Protection, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161)

Abstract: In order to determine the resistance difference of sorghum germplasm and the pathogenicity difference of *Sarocladium strictum* from sorghum and maize, a total of 110 sorghum germplasm accessions were subjected for evaluation for the resistance to Black Bundle Disease under artificial inoculation conditions from 2016 to 2017. With this collection, 13 lines (11.8%) were scored as immune (IM), 17 lines (15.5%) were highly resistant (HR), 14 lines (12.7%) were resistant (R) and 14 lines (12.7%) were moderately resistant (MR), 17 lines (15.5%) were susceptible (S), 35 lines (31.8%) were highly susceptible (HS) to GHS-1. Twenty-one lines (19.1%) were immune (IM), 11 lines (10.0%) were highly resistance (HR), 15 lines (13.6%) were resistance (R), 12 lines (10.9%) were moderately resistance (MR), 21 lines (19.1%) were susceptibility (S) and 30 lines (27.3%) with highly susceptibility (HS) to YHS-1. These results showed that a proportion of restorer lines widely used in sorghum breeding were resistant to Black Bundle Disease, and the pathogenicity of Black Bundle Disease pathogens isolated from sorghum and maize was different.

Key word: *Sorghum bicolor* (L.) Moench; Black Bundle Disease; *Sarocladium strictum*; disease resistance

高粱 (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) 是世界上重要的食用、饲用及酿酒用粮食作物, 2016 年我国高粱种植面积已达 700 多万亩, 并有逐年上升的趋势。高粱产量和品质直接关系到粮食安全、饲料及酿酒行业的发展, 在高粱生产中, 病害是影响高粱产

量和品质的重要因素。由直帚枝杆孢 [*Sarocladium strictum* (W.Gams) Summerbell] 引起的黑束病以土壤和种子带菌为主要侵染途径。高粱发病初期叶片叶脉变褐, 沿主脉一侧或两侧呈现坏死斑, 后期叶片、叶鞘变为紫色或褐色, 剖病茎, 可见维管束褐色

收稿日期: 2018-10-17 修回日期: 2018-10-29 网络出版日期: 2018-12-01

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20181129.1518.002.html>

第一作者研究方向为旱粮作物病害, E-mail: 40164877@qq.com

基金项目: 辽宁省自然科学基金指导项目 (20180551144); 现代农业产业技术体系建设专项 (CARS-06)

Fundation project: Natural Science Foundation of Liaoning Province of China (20180551144), China Agriculture Research System (CARS-06)

或黑褐色,并被堵塞,又称导管束黑化病,严重的病株早枯,不抽穗或不结实。1982年,Natural等^[1]首次在美国高粱上发现黑束病。随后,Bandyopadhyay等^[2]在印度野生高粱的茎秆中亦分离到该菌,并对接种方法进行了研究,认为该病菌可以种子带菌传播。Teixeira等^[3-4]在玉米籽粒中接种黑束病原菌,认为该病菌可以通过种子传播,且种子接种率达36%。Sener等^[5]报道了该病原菌可以侵染人,引起腹膜炎。在我国,徐秀德等^[6]在辽宁省高粱上首次发现并报道了该病,随之在吉林、黑龙江及山东等多个省区均发现此病,且病情逐年加重。目前该病在世界高粱主要产区均有发生^[7-10],已成为高粱生产上为害较重的病害之一,发生严重时可减产50%以上。虽然各国学者开展了黑束病菌代谢产物的大量研究工作,但对病菌致病性测定相对较少,多年的生产实践证明,选育和应用抗、耐病品种是防治该病最安全、经济、有效的措施。本研究采用人工接种技术,对110份国内外高粱优良种质资源进行了黑束病的抗性鉴定与评价,同时对分离自高粱和玉米的两株病原菌进行了致病性差异研究,期望筛选出一批优异的高粱种质资源,为高粱黑束病的防治及抗病育种提供基础材料和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 种质资源 选取来自国内外高粱主产区种质资源110份,分别来自于美国、印度及中国的辽宁、山西、吉林、四川、甘肃、黑龙江,其中高粱保持系55份、恢复系55份,由辽宁省农业科学院植物保护研究所旱粮作物病虫害研究室选育及中国高粱育种者提供。上述高粱种质资源均经田间种植、性状观察,严格套袋自交扩繁,获得纯种子备用^[11]。

1.1.2 黑束病菌分离 供试菌株GHS-1分离自辽宁省农科院试验地(辽宁沈阳)高粱发病株,YHS-1分离自辽宁省农科院试验地玉米发病株,分离、纯化,4℃保存,待用。

1.2 试验方法

1.2.1 黑束病原菌鉴定 供试菌株GHS-1和YHS-1分别接种在PDA平板培养基上,25℃培养7d,观察菌落、孢子和菌丝形态进行鉴定^[12-14];接种在PD平板培养基上,25℃培养5d,收集菌丝体,采用CTAB法提取病原菌DNA,选择ITS1和ITS4引物扩增,进行ITS序列测定,扩增产物在北京鼎国生物技术有限公司测序,得到的序列在NCBI上比对并提交。

1.2.2 接种体繁殖与保存 接种前10~15d,病原物于PDA平板上培养3~5d,然后从菌落边缘取菌块在木质牙签上扩繁。接种体的制备方法:选用木质牙签,用棉质线绳将牙签扎成20根左右的小捆,放在沸水中煮15min,沥去变色废水加入清水,反复3~5次,以煮牙签水近无色时,沥去多余水分,置于鼓风干燥箱中烘干(60℃,12h)。将干牙签竖直放入装有PD培养液的玻璃广口瓶或罐头瓶中,牙签尖端向上,瓶口覆膜封口,121℃高压灭菌60min。灭菌后瓶中PD液体高度低于牙签顶端2cm,冷却后备用。将病菌接种于牙签顶部,25~28℃恒温培养7~10d,每3d摇瓶1次,使牙签布满菌液。待牙签表面长满菌丝或分生孢子,即可供接种使用。如未立即接种使用,可置4℃冰箱内保存,保存时间3d以内。

1.2.3 种质资源抗病鉴定 2016-2017年,进行抗病性鉴定与评价。用绿亨一号(恶霉灵)4000倍液喷淋土壤,进行消毒处理,种子用70%酒精进行消毒处理后播种,每品种播种10盆(花盆直径为0.4m,高为0.5m),每盆保苗2株。采用牙签接种法,接种方法按胡兰等^[15]的方法进行,每品种接种10株,未接种10株作对照,并以高度抗病(LR625)和高度感病(Tx623B)品种作对照,栽培管理与大田生产相同。于高粱黑束病的症状完全显现后,调查发病情况,按照高粱抗黑束病的评价标准描述(表1)划分抗性等级,确定供试高粱种质资源对黑束病的抗性水平。2016年进行初次鉴定,2017年进行重复鉴定,抗性鉴定结果以记载的最高病情级别为准。

表1 高粱抗黑束病鉴定病情级别划分及抗性评价标准
Table 1 The evaluation of resistance to Sorghum Black Bundle Disease

病情级别 Rating scale	评价标准描述 Evaluation criterion	抗性评价 Resistance evaluation
0	整株叶片无病症状	免疫 IM
1	穗下第2~4片叶叶脉零星褐变占叶面积5%以下	高抗 HR
3	穗下第2~4片叶叶脉褐变占叶面积5.1%~10%	抗 R
5	穗下第2~4片叶叶脉褐变占叶面积10.1%~25%,植株下部1~2片叶枯死	中抗 MR
7	穗下第2~4片叶叶脉褐变占叶面积25.1%~45%,植株下部3~4片叶枯死	感 S
9	穗下第2~4片叶叶脉零变占叶面积45%以上,植株下部5片以上叶片枯死	高感 HS

2 结果与分析

2.1 菌株鉴定结果

经形态学鉴定,两株病菌均鉴定为直帚枝杆孢[*Sarocladium strictum* (W.Gams) Summerbell], 利用 rDNA-ITS 通用引物 ITS1 和 ITS4,对从高粱黑束病样本中获得的 7 株菌株(GHS1~GHS7)和从玉米黑束病样本中获得的 5 株菌株(YHS1~YHS5)的 rDNA-ITS 序列进行扩增,并对扩增结果进行双向测序,参照 Martinez-Culebras 等^[16]方法校对后,测得 12 株菌株的 rDNA-ITS 序列均为 490 bp,用 DNASTar 软件对测序结果进行分析,由序列的系统发育树可知,这 12 株菌株的 rDNA-ITS 序列是相同的,从高粱黑束病菌(GHS1)和玉米黑束病菌(YHS1)中各取一代表菌株,将其 rDNA-ITS 序列提交到 GenBank 数据库,获得登记号 MH828252(GHS1)和 MH828253(YHS1)。采用 DNASTar 软件中的邻接法构建系统发育树(图 1),这 12 株菌株的 rDNA-ITS 序列与登录号为 HG937105.1、GQ167229.1 和 DQ297552.1 的直枝顶孢霉(*Acremonium strictum*)同源性高达 100%,表明这 12 株病菌均为 *Acremonium strictum*,为黑束病的致病菌。从同源性可以看出高粱黑束病菌和玉米黑束病菌无差异。多年来,国内外很多学者在黑束病菌的命名上存在着 *Cephalosporium acremonium* Corda 和 *Acremonium strictum* Gams 混用的问题,近 20 年来,利用分子技术对 *Acremonium* 属的特征开展了许多研究,解决了该属的多源性问题,*Acremonium strictum* 被给予了新的种名 *Sarocladium strictum* (W.Gams) Summerbell (直帚枝杆孢),而 *Cephalosporium acremonium* Corda 和 *Acremonium strictum* Gams 是其异名^[17-19]。所以本研究采用 *Sarocladium strictum* (W.Gams) Summerbell (直帚枝杆孢)作为黑束病菌的种名。

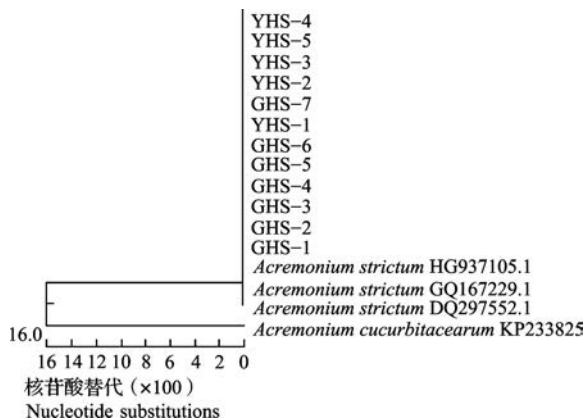


图 1 高粱黑束病菌及相关菌株 ITS 序列聚类分析
Fig.1 Phylogenetic tree of rDNA-ITS gene sequences between *Sarocladium strictum* and relational strains

2.2 种质资源抗病鉴定结果

未接种的植株中,没有自然发病株,且高度抗病(LR625)和高度感病(Tx623B)的对照品种均达到相应的抗性等级,因此试验结果可靠。连续 2 年的接种鉴定结果表明,不同高粱品系间对黑束病的抗性差异明显,且每份材料在各年度试验的鉴定结果表现稳定一致。

2.2.1 不同高粱保持系及恢复系对高粱黑束病菌(GHS-1)的抗性 2 年的鉴定结果(表 2)可见,在 110 份高粱种质资源中,筛选出 0 级免疫(IM)的高粱种质资源有 13 份,占供测高粱种质资源总数的 11.8%,且免疫材料均为高粱恢复系;1 级高抗(HR)的资源有 17 份,占总数的 15.5%;3 级抗病(R)资源有 14 份,占总数的 12.7%;5 级中抗(MR)的资源有 14 份,占总数的 12.7%;7 级感病(S)的资源有 17 份,占总数的 15.5%;9 级高度感病(HS)的资源有 35 份,占总数的 31.8%,且高感资源几乎均为高粱保持系,恢复系中只有 6 份。本研究筛选出中抗(MR)以上等级的高粱种质资源较多,占总数的 52.7%。

2.2.2 不同高粱保持系及恢复系对玉米黑束病菌(YHS-1)的抗性 对 55 份高粱保持系和 55 份高粱恢复系抗玉米黑束病菌(YHS-1)进行 2 年连续鉴定,从表 2 的结果可见,在 110 份高粱种质资源中,筛选出 0 级免疫(IM)的高粱种质资源有 21 份,占供测高粱种质资源总数的 19.1%,且免疫材料高粱恢复系有 20 份,所占比例较大;1 级高抗(HR)的资源有 11 份,占总数的 10.0%;3 级抗病(R)的资源有 15 份,占总数的 13.6%;5 级中抗(MR)的资源有 12 份,占总数的 10.9%;7 级感病(S)的资源有 21 份,占总数的 19.1%;9 级高度感病(HS)的资源有 30 份,占总数的 27.3%,且高感资源几乎均为高粱保持系,恢复系中只有 3 份。本研究筛选出中抗(MR)以上等级的高粱种质资源较多,占总数的 53.6%,这与供鉴定材料上注重选择高抗、高配合力、农艺性状优良的材料有关。

2.3 高粱黑束病菌(GHS-1)和玉米黑束病菌(YHS-1)对高粱的致病性比较

从表 2 试验结果可以看出,高粱黑束病菌(GHS-1)与玉米黑束病菌(YHS-1)均可侵染高粱,致病力略有差异,供试的 110 份种子材料中有 72 份材料无差异,38 份材料有一定差异。综合来看,对各供试高粱品种而言,高粱黑束病菌(GHS-1)的致病力高于玉米黑束病菌(YHS-1);在 38 份存在差异材料中,高粱黑束病菌(GHS-1)比玉米黑束病菌

(YHS-1) 对高粱的致病力高的材料有 28 份, 低的仅有 10 份; 12 份材料差异较大, 其中有 7 份出现抗感差异, 经 2 年鉴定结果相同, 可见这 12 份材料对高粱黑束病菌和玉米黑束病菌的抗性存在显著差异。

表 2 高粱保持系和恢复系抗黑束病鉴定与评价结果
Table 2 The evaluation of resistance to sorghum Black Bundle Disease of maintainer lines and restorer lines

保持系 Maintainer lines	来源 Origin	GHS-1		YHS-1		恢复系 Restorer lines	来源 Origin	GHS-1		YHS-1	
		病级 Rating scale	抗性 Resistance	病级 Rating scale	抗性 Resistance			病级 Rating scale	抗性 Resistance	病级 Rating scale	抗性 Resistance
ICS7B	印度	1	HR	0	IM	LR625	中国辽宁	0	IM	0	IM
XG-B	中国辽宁	3	R	1	HR	0-01	中国辽宁	0	IM	0	IM
B-34	中国辽宁	3	R	1	HR	1038R	中国辽宁	0	IM	0	IM
L15B	中国辽宁	3	R	3	R	9544 选	中国辽宁	0	IM	0	IM
晋长早 B	中国山西	3	R	5	MR	LR287-2	中国辽宁	0	IM	0	IM
006B	中国辽宁	5	MR	3	R	K12	中国辽宁	0	IM	0	IM
14-1030B	中国辽宁	5	MR	3	R	K98	中国辽宁	0	IM	0	IM
003B	中国辽宁	5	MR	3	R	K106	中国辽宁	0	IM	0	IM
871300B	美国	5	MR	3	R	K146	中国辽宁	0	IM	0	IM
L407B	中国辽宁	5	MR	3	R	1R	中国四川	0	IM	0	IM
Tx378B	美国	5	MR	5	MR	XGH2	中国辽宁	0	IM	0	IM
L6B	中国辽宁	5	MR	7	S	88B1016	美国	0	IM	0	IM
BTx398	美国	5	MR	7	S	R8112	中国辽宁	0	IM	0	IM
KSP7-7-4B	美国	5	MR	7	S	7037-1	中国辽宁	1	HR	0	IM
466B1	中国辽宁	5	MR	9	HS	91CC515	美国	1	HR	0	IM
L25B	中国辽宁	7	S	3	R	1018	中国辽宁	1	HR	0	IM
3148B	中国辽宁	7	S	5	MR	LR622	中国辽宁	1	HR	0	IM
吉 352B	中国吉林	7	S	7	S	027R	中国辽宁	1	HR	0	IM
027B	中国辽宁	7	S	7	S	034R	中国辽宁	1	HR	0	IM
054B	中国辽宁	7	S	7	S	K148	中国辽宁	1	HR	1	HR
028B	中国辽宁	7	S	7	S	K185	中国辽宁	1	HR	1	HR
L429B	中国辽宁	7	S	7	S	031R	中国辽宁	1	HR	1	HR
L401B	中国辽宁	7	S	7	S	吉 R107	中国吉林	1	HR	1	HR
Tx2750B	美国	7	S	7	S	91BE7414-1	美国	1	HR	1	HR
002B	中国辽宁	7	S	7	S	K36	中国辽宁	1	HR	1	HR
179B	中国辽宁	7	S	9	HS	K131	中国辽宁	1	HR	1	HR
吉 4190B	中国吉林	9	HS	7	S	115	中国辽宁	1	HR	1	HR
1033B	中国辽宁	9	HS	7	S	K6	中国辽宁	1	HR	3	R
024B	中国辽宁	9	HS	7	S	LR213	中国辽宁	1	HR	5	MR
029B	中国辽宁	9	HS	7	S	R19204	美国	3	R	0	IM
011B	中国辽宁	9	HS	9	HS	K147	中国辽宁	3	R	1	HR
004B	中国辽宁	9	HS	9	HS	矮四	中国辽宁	3	R	3	R
QL ₃₃ B	美国	9	HS	9	HS	71010	中国辽宁	3	R	3	R
Tx622B	美国	9	HS	9	HS	SC56-14E	美国	3	R	3	R

表 2(续)

保持系 Maintainer lines	来源 Origin	GHS-1		YHS-1		恢复系 Restorer lines	来源 Origin	GHS-1		YHS-1	
		病级 Rating scale	抗性 Resistance	病级 Rating scale	抗性 Resistance			病级 Rating scale	抗性 Resistance	病级 Rating scale	抗性 Resistance
45B	中国四川	9	HS	9	HS	1045R	中国辽宁	3	R	3	R
吉 2055B	中国吉林	9	HS	9	HS	A10	中国辽宁	3	R	3	R
Tx2790B	美国	9	HS	9	HS	吉 R105	中国吉林	3	R	3	R
001B	中国辽宁	9	HS	9	HS	TNS30	美国	3	R	5	MR
005B	中国辽宁	9	HS	9	HS	87BH8606-6	美国	3	R	5	MR
014B	中国辽宁	9	HS	9	HS	1006	中国辽宁	5	MR	5	MR
025B	中国辽宁	9	HS	9	HS	029R	中国辽宁	5	MR	5	MR
L405B	中国辽宁	9	HS	9	HS	SC170-6-17	美国	5	MR	5	MR
L422B	中国辽宁	9	HS	9	HS	Gansudel	中国甘肃	5	MR	5	MR
KSP8-9-12B	美国	9	HS	9	HS	NR10	中国辽宁	7	S	3	R
KSP8-9-16B	美国	9	HS	9	HS	R8182	中国辽宁	7	S	5	MR
L414B	中国辽宁	9	HS	9	HS	90CW8147	美国	7	S	5	MR
314B	中国黑龙江	9	HS	9	HS	2381	中国辽宁	7	S	7	S
8396B	中国辽宁	9	HS	9	HS	030R	中国辽宁	7	S	7	S
L416B	中国辽宁	9	HS	9	HS	PI(550607)	美国	7	S	7	S
1432B	中国辽宁	9	HS	9	HS	R19112	美国	9	HS	7	S
1438B	中国辽宁	9	HS	9	HS	TieLR	中国辽宁	9	HS	7	S
1445B	中国辽宁	9	HS	9	HS	LR218	中国辽宁	9	HS	7	S
Sh802B	中国辽宁	9	HS	9	HS	828DM499	美国	9	HS	9	HS
KSP512B	美国	9	HS	9	HS	S92350	美国	9	HS	9	HS
Tx623B	美国	9	HS	9	HS	SC109	美国	9	HS	9	HS

3 讨论

采用牙签茎秆人工接种技术,连续 2 年对我国目前高粱育种上广泛应用的 110 份国内外高粱种质资源抗高粱黑束病进行鉴定评价。抗病新品种的选育有赖于抗病种质资源的发掘。在我国还没有对高粱抗黑束病的种质资源进行筛选。

本研究在鉴定的高粱种质资源中,表现中抗(MR)以上等级的高粱种质资源较多,占总数的 52.7%;表现为感病(S)及高感(HS)的高粱种质资源占总数的 47.3%。研究发现,高粱保持系和恢复系田间发病存在显著差异,保持系中感病品种较多,其中感病(S)和高感(HS)品种占总数的 40%,Tx2790B、QL₃₃B、L405B、Tx623B 等 25 个品种对高粱黑束病菌(GHS-1)和玉米黑束病菌(YHS-1)的感病级别均为 9 级,在生产中,如果条件适宜极易引起黑束病的发生。鉴定的高粱恢复系 55 份材料相对发病较轻,中

抗(MR)及以上材料 43 份,占所鉴定的 110 份材料的 39.1%,感病(S)和高感(HS)品种 12 份。本次试验筛选出的抗病材料较多,可以在品种选育中加以应用。

同一高粱品种资源对不同寄主来源的黑束病菌表现不同抗病性,说明高粱和玉米黑束病菌致病力存在差异,具体原因还有待于探明。所选取的高粱种质资源中,国外高粱品种有 27 份,国内 83 份,从这 110 份材料中筛选出抗病(R)的高粱资源,其中引进的国外高粱品种有 13 份,国内品种 35 份。虽然国外的种质资源份数较少,但是抗感比例较高。但从发病程度上看,有中国血缘的恢复系材料抗病性更好,可以做为我国高粱选育抗病品种的主要来源。

由直帚枝杆孢(*Sarocladium strictum*)引起的黑束病以土壤和种子带菌为主要侵染途径,可侵染高粱、玉米、大豆等多种单子叶和双子叶植物。探明病原菌致病力可以降低黑束病大面积发生为害的潜在风险,为病害防治提供技术支撑。

参考文献

- [1] Natural M P, Frederiksen R A, Rosenow D T. Acremonium wilt of sorghum. *Plant Disease*, 1982, 66(1): 863-865
- [2] Bandyopadhyay R, Mughogho L K, Satyanarayana M V. Systemic infection of sorghum by acremonium strictum and its transmission through seed. *Plant Disease*, 1987, 71(7): 647-650
- [3] Teixeira H, Machado J D C. Transmissibility and effect of acremonium strictum in maize seeds. *Ciência E Agrotecnologia*, 2003, 27(5): 1045-1052
- [4] Teixeira H, Machado J D C, Oride D, Alves M C, Noda A. Water restriction technique: effect on acremonium strictum, seeds protusion and obtaining of maize seeds infected. *Fitopatologia Brasileira*, 2005, 30(2): 109-114
- [5] Sener A G, Yucesoy M, Senturkun S, Afsar I, Yurtsever S G, Turk M. A case of acremonium strictum peritonitis. *Medical Mycology*, 2008, 46(5): 495
- [6] 徐秀德, 赵廷昌, 刘志恒. 我国高粱上一种新病害——黑束病的初步研究. *植物保护学报*, 1995, 22(2): 123-128
Xu X D, Zhao T C, Liu Z H. Study on acremonium wilt in sorghum. *Acta Phytophylacica Sinica*, 1995, 22(2): 123-128
- [7] Stephen K N, Vibeke L, Ibrahim D K A, Francis K T. Grain mold fungi from sorghum in ghana. *global conference on sorghum. Millets Diseases*, 2003: 227-228
- [8] Lin S F, Hwangl Y L, Tsai Y C. Mobilization of glucooligosaccharide oxidase of acremonium strictum for oligosaccharic acids production. *Biotechnology Techniques*, 1996, 10(1): 63-68
- [9] Know H K, Woo S H, Park J M. Thiocyanate degradation by acremonium strictum and inhibition by secondary toxicants. *Biotechnology Letters*, 2002, 24(16): 1347-1351
- [10] Tagne1 A, Neergaard E, Hansen H J. The studies of host-pathogen interaction between maize and acremonium strictum from cameroon. *European Journal of Plant Pathology*, 2002, 108: 93-102
- [11] 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
- [12] Domsch K H, Gams W, Anderson T H. *Compendium of soil fungi*. Vol.I. london: Academic Press, 1980, 895
- [13] 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: 43-46
Xu X D, Liu Z H. A color atlas of sorghum diseases and pests. Beijing: China Agriculture Sciencetech Press, 2012: 43-46
- [14] Garcia J J, Velazquez M T, Jorda C. Acremonium species as the causal agent of muskmelon collapse in Spain. *Plant Disease*, 1994, 78: 416-419
- [15] 胡兰, 姜钰, 刘航, 冯连第, 刘可杰, 秦培文, 徐婧, 张明会, 毕英杰, 董怀玉, 徐秀德, 张国志. DB 21/ T2790 高粱抗黑束病鉴定技术规程. 沈阳: 辽宁质量技术监督局, 2017
Hu L, Jiang Y, Liu H, Feng L D, Liu K J, Qin P W, Xu J, Zhang M H, Bi Y J, Dong H Y, Xu X D, Zhang G Z. DB 21/ T2790 Rule for evaluation of sorghum resistance to acremonium wilt. Shenyang: Liaoning the Quality and Technology Supervision Bureau, 2017
- [16] Martinez-Culebras P V, Querol A, Suarez-Fernandez M B, Garcia-Lopez M D, Barrio E. Phylogenetic relationship among *Colletotrichum* pathogens of strawberry and design of PCR primers for their identification. *Phytopathology*, 2003, 151: 135-143
- [17] 王晓鸣. 六种重要玉米病害病原名称的厘定. *中国农业科学*, 2018, 51(18): 3497-3507
Wang X M. Collation of scientific names of six maize disease pathogens. *Scientia Agricultura Sinica*, 2018, 51(18): 3497-3507
- [18] Novicki T J, Lefe K, Bui L, Bui U, Geise R, Marr K, Cookson B T. Genetic diversity among clinical isolates of acremonium strictum determined during an investigation of a fatal mycosis. *Journal of Clinical Microbiology*, 2003, 41(6): 2623-2628
- [19] Summerbell R C, Gueidan C, Schroers H J, Dehoog G S, Starink M, Rosete Y A, Guarro J, Scott J A. Acremonium phylogenetic overview and revision of gliomastix, sarocladium, and trichothecium. *Studies in Mycology*, 2011, 68: 139-162