网络出版时间:2026-05-11 DOI:10.13207/j.jnwafu.2026.11.014

内蒙古辣椒炭疽病病原菌种类鉴定及抗病种质筛选

康立茹[1],常海文[1],张鹏程[1],彭月[1],韩凤英[1],王治宇[1],
刘倩葶[1],刘欢[2],杨志刚[1]

(1 内蒙古自治区农牧业科学院 蔬菜花卉研究所,内蒙古 呼和浩特 010031;
2 内蒙古自治区林业和草原有害生物防治检疫总站,内蒙古 呼和浩特 010051)

[摘 要] 【目的】充分了解内蒙古各辣椒种植区域炭疽病发生严重程度、炭疽病病原菌类型及辣椒种质资源对炭疽病的抗性水平,为选育和推广抗炭疽病辣椒品种、解决炭疽病难防难控问题奠定基础。【方法】通过实地调查与文献综述方法,系统调查了内蒙古辣椒种植区域炭疽病发生情况;广泛采集各地区辣椒炭疽病发病果实样本,采用常规组织分离方法分离纯化病原菌,通过离体辣椒果实接种确定其致病性,并结合形态学与分子生物学技术对分离菌株进行鉴定;在此基础上,利用离体果实接种方法评价了42份辣椒种质资源的抗炭疽病水平。【结果】内蒙古各辣椒种植区域中通辽市、巴彦淖尔市等干制辣椒产区辣椒种植历史悠久,炭疽病发生严重,鄂尔多斯市、乌兰察布市等鲜食辣椒产区炭疽病危害较轻,各地炭疽病危害症状存在差异。病原菌鉴定结果显示,内蒙古地区辣椒炭疽菌共有3类,分别为平头刺盘孢(*Colletotrichum truncatum*)、斯高维尔炭疽菌(*Colletotrichum scovillei*)、黑色炭疽菌(*Colletotrichum nigrum*),其中黑色炭疽菌分离率最高,达到60.7%,致病力较强,是内蒙古地区辣椒炭疽病优势菌种。供试的42份辣椒种质资源中,高感炭疽病材料23份,占供试材料的54.7%,主要包括C506-1、C288、C289、C284-1-1-1和C520等;中感材料11份,占比26.2%,包括C511、C233-1-1和C508等资源材料;中抗材料6份,占供试材料的14.3%,代表资源材料为C31、C168和C169等;高抗材料仅2份,分别为C519和C530,占比为4.8%。【结论】内蒙古地区辣椒炭疽病病原菌共有3种,其中黑色炭疽菌为优势菌种且致病力强;筛选出的中抗和高抗炭疽病辣椒种质资源,可用于抗炭疽病辣椒新品种选育,并具备推广应用的潜力。

[关键词] 辣椒;炭疽病;病原鉴定;抗病种质筛选
[中图分类号] S432.44 [文献标志码] A [文章编号] 1671-9387(2026)11-0148-12

Identification and analysis of pepper anthracnose and screening of resistant germplasm in Inner Mongolia

KANG Liru[1],CHANG Haiwen[1],ZHANG Pengcheng[1],PENG Yue[1],HAN Fengying[1],
WANG Zhiyu[1],LIU Qianting[1],LIU Huan[2],YANG Zhigang[1]

(1 *Institute of Vegetables and Flowers,Inner Mongolia Academy of Agricultural & Animal Husbandry Sciences,Hohhot,Inner Mongolia* 010031,*China*;2 *Inner Mongolia Autonomous Region Forestry and Grassland Pest Prevention and Quarantine Station, Hohhot,Inner Mongolia* 010051,*China*)

Abstract:【Objective】This research aims to comprehensively investigate the severity,pathogenic agents, and host resistance of pepper anthracnose across major cultivation regions in Inner Mongolia,to provide a scien-

[收稿日期] 2025-10-11 [修回日期] 2025-12-24
[基金项目] 内蒙古自然科学基金项目(2024QN03031,2025QN03071,2025MS03080);内蒙古自治区人社厅2025年人才工作科研项目
[作者简介] 康立茹(1989—),女,内蒙古赤峰人,副研究员,博士,主要从事辣椒抗病育种研究。E-mail:kangliru891210@163.com
[通信作者] 杨志刚(1984—),男,内蒙古凉城人,研究员,博士,主要从事辣椒遗传育种及栽培研究。E-mail:yzg5995@163.com

tific basis for developing resistant cultivars and formulating effective management strategies against this economically significant disease.【Method】Based on field surveys and literature review, this study comprehensively investigated the occurrence of anthracnose in pepper planting areas in Inner Mongolia. Disease-infected pepper fruit samples were extensively collected from various regions. Pathogens were isolated and purified using conventional tissue isolation methods, and their pathogenicity was confirmed through inoculation of detached pepper fruits. The isolated strains were identified based on morphological characteristics combined with molecular biological techniques. Furthermore, the resistance levels of 42 pepper germplasm resources to anthracnose were evaluated using the detached fruit inoculation method.【Result】Dry chili pepper production areas such as Tongliao and Bayannur showed a high incidence of anthracnose due to their long cultivation history and favorable conditions for the pathogen, while fresh chili pepper production areas such as Ulanqab and Ordos showed lower incidence. The results of pathogen identification revealed three *Colletotrichum* species in Inner Mongolia: *C. truncatum*, *C. scovillei*, and *C. nigrum*. Among the three species, *C. nigrum*, with the highest isolation frequency of 60.7%, showed relatively strong pathogenicity and was identified as the dominant pathogen in Inner Mongolia. Among the 42 tested germplasms, 23 varieties were identified as highly susceptible, accounting for 54.7% of the total tested varieties, mainly including C506-1, C288, C289, C284-1-1-1, C520 and other varieties. The remaining 11 varieties, such as C511, C233-1-1 and C508 were moderately susceptible to *C. nigrum*, accounting for 26.2% of the tested varieties. Six varieties were moderately resistant to *C. nigrum*, represented by C31, C168, C169, etc, and only C519 and C530 were highly resistant to anthracnose, accounting for 4.8% of the tested varieties.【Conclusion】Three species of *Colletotrichum* have been identified as causal agents of pepper anthracnose in Inner Mongolia, with *C. nigrum* being the predominant and most virulent pathogen. A valuable collection of pepper germplasm with significant resistance to anthracnose has been successfully established. The selected pepper germplasm accessions exhibit intermediate and high levels of anthracnose resistance, which hold great promise for application in breeding programs aiming at developing new anthracnose-resistant pepper varieties, and show potential for widespread application and production.

Key words: pepper; anthracnose; pathogen identification; resistant germplasm screening

辣椒（*Capsicum annuum* L.）是重要的茄科作物之一，因富含抗坏血酸、玉米黄质、辣椒素、叶黄素和β-胡萝卜素等物质而有益于身体健康[1]。中国是世界辣椒种植面积最大、产量最高的国家，鲜食辣椒的产量和加工辣椒的规模均居世界第一[2]。辣椒是内蒙古重要的经济作物之一，在“南椒北移”的大趋势下，内蒙古辣椒产业蓬勃发展，已经成为种植面积最大的蔬菜作物，年种植规模稳定在7.3万 hm^2 以上[3]，2024年种植面积达到了8.7万 hm^2，年产值50亿元以上。辣椒炭疽病作为危害辣椒生产的三大病害之一，是制约辣椒产业发展的重要因素[4-5]。在国外，泰国、印度尼西亚等国家和地区均受辣椒炭疽病威胁[6-7]。在中国，辣椒炭疽病在湖南省、甘肃省、陕西省等多省市发生且危害严重，部分辣椒产地炭疽病发生面积达到播种面积的81.6%，整株果实95%以上染病，产量损失70%，严重的达到90%以上[8]。在内蒙古自治区，各辣椒产区均有炭疽病发生，通辽市开鲁县辣椒因炭疽病导致果实商品率降低10%以上，近3年造成经济损失约2亿元[9]。

辣椒炭疽病致病菌为炭疽菌（*Colletotrichum* species）。目前世界上已经报道的辣椒炭疽病菌有35种，其中国内报道的有14种，普遍发生的主要有4种：胶孢炭疽菌（*C. gloeosporioides*）、黑色炭疽菌（*C. nigrum*）、平头刺盘孢（*C. truncatum*）和尖孢炭疽菌（*C. acutatum*）[10]。辣椒炭疽菌种类多、传播途径多样、致病机制复杂，致使病害防控困难，而抗病品种的选育和推广是病害防控的根本手段。然而，目前商业化抗炭疽病品种非常缺乏，育种工作者先后对一些栽培品种和资源材料的炭疽病抗性水平进行了鉴定，以期筛选得到抗炭疽病材料，用于抗病品种选育。刘建华等[11]对1 015份辣椒种质资源进行接种鉴定，结果表明朝天椒的炭疽病抗性表现较甜椒更强；马荣群等[12]以红色炭疽菌（*G. piperatum*）为接种菌源，在果实绿熟期对73份辣椒资源进行炭疽病抗性筛选，结果表明有7份材料表现抗炭

疽病,未发现对炭疽病高抗和免疫的材料;吴庆丽和秦刚[13]采用针刺法调查了23份辣椒材料对盘长孢状刺盘孢的田间抗性表现,筛选出9份抗病材料,无免疫材料。尽管众多研究中筛选出一些抗炭疽病材料,但相关研究均围绕课题组特有资源材料展开,筛选出的抗性材料无法应用和借鉴到他人的研究中。本课题组选育的辣椒品种及相关研究在内蒙古辣椒产业发展中的作用举足轻重。课题组辣椒种质资源材料丰富,选育的北星系列红干椒、脱水椒、鲜食辣椒品种在生产中大面积示范推广,累计推广面积3.33万hm^2,单年最大推广面积1万hm^2,市场占有率达到15%以上,品质和产量深得椒农与收购商认可。2024年自主选育的辣椒新品种北星六号完成了成果转化,转化金额50万元,这是内蒙古自治区首个蔬菜品种成果转化。因此评价课题组自有辣椒种质资源骨干亲本材料抗炭疽病水平,对进一步选育和推广抗炭疽病辣椒新品种意义重大。

本研究充分调研内蒙古各辣椒产区炭疽病发生情况,收集发病样本,分离鉴定辣椒炭疽病病原菌类型,通过回接鉴定和致病力比较,明确内蒙古地区辣椒炭疽病优势菌种;同时采用室内抗性鉴定方法,评价辣椒种质资源抗炭疽病水平,以期为抗性辣椒材料应用、抗炭疽病分析标记开发、辣椒抗炭疽病机制研究、抗炭疽病新品种选育和推广及辣椒炭疽病防控等提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 辣椒炭疽病样本 2022—2025年,先后在内蒙古辣椒主产区采集辣椒炭疽病发病果实样本,用于辣椒炭疽菌病原菌分离鉴定及抗病种质筛选,共涉及通辽市、乌兰察布市、呼和浩特市、包头市、鄂尔多斯市、巴彦淖尔市6个盟市,样本采集地点及经纬度、采集年份、样本数量等详细信息见表1。

表1 内蒙古辣椒主产区辣椒炭疽病样本采集信息表

Table 1 Sample collection information for pepper anthracnose in the main pepper production areas of Inner Mongolia

序号 No.	地点 Sampling location			样本组织 Lesion	年份 Year	样本数量 Number of samples	经度 Longitude	纬度 Latitude
	盟市 City	旗县区 Banner/County/District	村镇 Town/Village					
1	通辽市 Tongliao	开鲁县 Kailu County	东风镇 Dongfeng Town	果实 Fruit	2024	5	121.58° E	43.67° N
2			黑龙坝镇 Heilongba Town	果实 Fruit	2024	2	121.12° E	42.33° N
3			东来镇 Donglai Town	果实 Fruit	2023	3	121.49° E	43.30° N
4			黑龙坝镇 Heilongba Town	果实 Fruit	2022	1	121.12° E	42.33° N
5	乌兰察布市 Ulanqab City	察右前旗 Chahar Right Front Banner	南营子村 Nanyingzi Village	果实 Fruit	2025	2	113.21° E	40.79° N
6		商都县 Shangdu County	西坊子村 Xifangzi Village	果实 Fruit	2025	2	113.58° E	41.56° N
7	呼和浩特市 Hohhot City	和林格尔县 Helingeer County	新店子镇 Xindianzi Town	果实 Fruit	2024	4	112.11° E	40.24° N
8			盛乐镇 Shengle Town	果实 Fruit	2024	2	111.79° E	40.48° N
9			小黑河镇 Xiaoheihe Town	果实 Fruit	2024	2	111.60° E	40.76° N
10		托克托县 Togtoh County	双河镇 Shuanghe Town	果实 Fruit	2024	2	111.27° E	40.22° N
11		玉泉区 Yuquan District	内蒙古农牧业科学院 Inner Mongolia Academy of Agricultural & Animal Husbandry Sciences	果实 Fruit	2024	4	111.68° E	40.77° N
12	包头市 Baotou City	九原区 Jiuyuan District	包头市农业科学研究所 Baotou Academy of Agricultural Sciences	果实 Fruit	2024	4	109.83° E	40.58° N
13			哈业胡同镇 Hayehutong Town	果实 Fruit	2024	1	109.45° E	40.58° N
14	鄂尔多斯市 Ordos City	达拉特旗 Dalad Banner	树林召镇 Shulinzhao Town	果实 Fruit	2024	3	110.04° E	40.43° N
15		鄂托克前旗 Otog Banner	城川镇 Chengchuan Town	果实 Fruit	2025	3	107.71° E	37.89° N
16	巴彦淖尔市 Bayan Nur City	杭锦后旗 Hangjin Rear Banner	二道桥镇 Erdaoqiao Town	果实 Fruit	2024	2	107.01° E	40.76° N
17		乌拉特前旗 Urad Front Banner	大余太镇 Dashetai Town	果实 Fruit	2025	2	109.13° E	41.09° N
18		五原县 Wuyuan County	新公中镇 Xingongzhong Town	果实 Fruit	2025	2	108.05° E	41.08° N
合计 Total						46		

1.1.2　辣椒种质资源　用于辣椒抗炭疽病种质资源筛选的优异骨干亲本和优良自交系材料，均为内蒙古自治区农牧业科学院蔬菜花卉研究所辣椒遗传育种研究室自主选育并保存，共有42个种质资源，属于鲜食线椒、干制辣椒、鲜食牛角椒、鲜食螺丝椒、鲜食青椒、朝天椒6种类型，种质资源编号、果形、选育年限、种质类型等信息详见表2。用于病原菌致病力测定的辣椒种质资源为内蒙古自治区农牧业科学院蔬菜花卉研究所辣椒遗传育种研究室自主选育的杂一代鲜食牛角椒品种北星四号，田间表现为中感炭疽病。

表2　辣椒炭疽病抗性鉴定种质资源信息

Table 2　Information on germplasm resources for anthracnose resistance identification in pepper

序号 No.	种质编号 Accession number	种质类型 Germplasm type	选育年份 Year of release	序号 No.	种质编号 Accession number	种质类型 Germplasm type	选育年份 Year of release
1	C20	鲜食线椒 Fresh linear chili pepper	2023	22	C505-1	干制辣椒 Drying chili pepper	2023
2	C31	鲜食线椒 Fresh linear chili pepper	2023	23	C506-1	干制辣椒 Drying chili pepper	2023
3	C32	鲜食线椒 Fresh linear chili pepper	2023	24	C507	干制辣椒 Drying chili pepper	2023
4	C33	鲜食线椒 Fresh linear chili pepper	2023	25	C508	干制辣椒 Drying chili pepper	2023
5	C35	鲜食线椒 Fresh linear chili pepper	2023	26	C509	干制辣椒 Drying chili pepper	2023
6	C38-411	干制辣椒 Drying chili pepper	2023	27	C511	干制辣椒 Drying chili pepper	2023
7	C120	干制辣椒 Drying chili pepper	2023	28	C513	干制辣椒 Drying chili pepper	2023
8	C144-1-1	鲜食牛角椒 Fresh oxhorn chili pepper	2023	29	C514	干制辣椒 Drying chili pepper	2023
9	C167	干制辣椒 Drying chili pepper	2023	30	C518	干制辣椒 Drying chili pepper	2023
10	C168	干制辣椒 Drying chili pepper	2023	31	C519	干制辣椒 Drying chili pepper	2023
11	C169	干制辣椒 Drying chili pepper	2023	32	C520	干制辣椒 Drying chili pepper	2023
12	C189	鲜食牛角椒 Fresh oxhorn chili pepper	2023	33	C522	朝天椒 Chao tian chili	2023
13	C233-1-1	鲜食牛角椒 Fresh oxhorn chili pepper	2023	34	C523	朝天椒 Chao tian chili	2023
14	C244-1	干制辣椒 Drying chili pepper	2023	35	C524	鲜食青椒 Fresh bell pepper	2023
15	C258-1-1	干制辣椒 Drying chili pepper	2023	36	C525	鲜食青椒 Fresh bell pepper	2023
16	C268	干制辣椒 Drying chili pepper	2023	37	C527	鲜食青椒 Fresh bell pepper	2023
17	C284-1-1-1	干制辣椒 Drying chili pepper	2023	38	C528	鲜食青椒 Fresh bell pepper	2023
18	C285-1-1-1	干制辣椒 Drying chili pepper	2023	39	C529	鲜食青椒 Fresh bell pepper	2023
19	C287-1-2-1	干制辣椒 Drying chili pepper	2023	40	C530	鲜食青椒 Fresh bell pepper	2023
20	C288	鲜食螺丝椒 Fresh corkscrew chili pepper	2023	41	C213216	干制辣椒 Drying chili pepper	2023
21	C289	鲜食牛角椒 Fresh corkscrew chili pepper	2023	42	美国色素辣椒1号 U. S. Color Chili Pepper No. 1	干制辣椒 Drying chili pepper	2023

1.1.3　试验所需培养基　（1）马铃薯葡萄糖琼脂培养基（potato dextrose agar，PDA）。称取PDA粉末46.0 g，加蒸馏水定容至1 000 mL，121 ℃高压蒸汽灭菌20 min，温度降至50 ℃以下时加入卡那霉素50 mg/L，倒入培养皿后冷却备用。（2）水琼脂培养基。称取琼脂8 g，加蒸馏水定容至1 000 mL，121 ℃高压蒸汽灭菌20 min，温度降至50 ℃以下时加入卡那霉素50 mg/L，倒入培养皿后冷却备用。

1.1.4 PCR所需引物 辣椒炭疽病分子鉴定目标基因共5个,分别为核糖体内转录间隔区(internal transcribed spacer regions,*ITS*)、编码肌动蛋白基因(actingene,*ACT*)、微管蛋白基因2(beta-tubulin,*TUB2*)、几丁质酶基因(chitinsynthase1,*CHS1*)、3-磷酸甘油醛脱氢酶基因(glyceraldehyde-3-phosphat-edehydrogenase,*GAPDH*),所用引物由上海生工生物工程股份有限公司合成。

1.2 **试验方法**

1.2.1 辣椒炭疽病样本整理 详细观察不同地区采集样本发病症状,根据发病症状进行分类,同一地区同一类型样本归为一类,标记每一类型样本中1~2个发病部位,用潮湿脱脂棉擦拭干净后备用。

1.2.2 病原菌的分离与纯化 采用常规组织分离法分离并纯化病原菌。

1.2.3 病原菌的致病力测定 将分离所得炭疽菌于PDA培养基中活化培养2~3 d后,转接至新鲜培养基培养3~5 d,使用3 mm琼脂打孔器在菌落边缘取菌饼,备用。采摘均匀一致的北星四号绿熟果,流动清水冲洗一次,体积分数75%酒精表面消毒10 s,无菌水冲洗2~3次,无菌滤纸上自然晾干,备用。使用直径为1 mm的无菌接种针刺穿果实果皮,每个果实均匀分布4个伤口。夹取炭疽菌菌饼,菌丝面朝下轻压使菌丝面充分接触伤口,并用透明胶带固定,每个病原菌接种3个果实。接种后的果实摆放在面包盒中,面包盒内平铺润湿无菌滤纸两张,果实表面喷施少量无菌水后用保鲜膜密封,置于27 ℃恒温培养皿中培养,2 d后去掉伤口处透明胶带,打开保鲜膜保持相对湿度为60%~70%,培养7 d后测量病斑直径,记录发病情况,计算病情指数,划分致病性。调查标准、病情指数计算和抗性划分标准参考文献[14]并进一步优化。发病率=发病的接种点数/12×100%。发病调查标准分5级:0级,无病斑;1级,果面有水浸状病斑,病斑直径≤2 mm;2级,果面有水浸状病斑,2 mm<病斑直径≤4 mm;3级,果面上水浸状病斑已严重变软,病斑直径>4 mm;4级,果面上的水浸状病斑已完全或几乎覆盖果实表面。病情指数=∑(各级病斑数×该病级代表数值)/(调查病斑总数×调查最高级值)×100。致病性划分标准:无致病力,病情指数为0;弱致病力(弱),0<病情指数≤15;中等致病力(中),15<病情指数≤50;强致病力(强),50<病情指数。

1.2.4 病原菌的鉴定 (1)病原菌的形态学鉴定。将分离所得炭疽菌于PDA培养基中活化培养2~3 d,使用3 mm打孔器打取菌落边缘,转接至新鲜PDA培养基中央,每个菌株接种3皿。将培养皿置于28 ℃恒温培养箱中暗培养,每日肉眼观察菌落颜色、气生菌丝茂密程度、菌落边缘整齐度、分生孢子盘颜色及分布等菌落特征;培养5 d后测量菌落直径,计算菌落生长速度;培养10 d后挑取菌块置于无菌水中,显微镜下观察分生孢子形态、大小等。综合以上形态特征,参考文献[15-17]的形态学分类描述,对供试病原菌菌株进行划分。

(2)病原菌的分子生物学鉴定。刮取PDA培养基中培养5~7 d炭疽菌菌丝,采用真菌DNA提取试剂盒提取病原菌的DNA。以各菌株DNA为模板扩增目标序列,目标基因信息详见表3。

表3 PCR扩增目标基因、引物名称及PCR反应程序信息

Table 3 Information on target genes, primer information of PCR amplification and PCR reaction process

目标基因 Target gene	引物名称 Primers	引物序列(5′→3′) Sequence(5′→3′)	退火温度/℃ Annealing temperature	目标序列长度/bp Target length	参考文献 References
ITS	ITS4	F:TCCTCCGCTTATTGATATGC	56	540	[18]
	ITS5	R:GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG			
ACT	ACT-512F	F:ATGTGCAAGGCCGGTTTCGC	59	250	[19]
	ACT-783R	R:TACGAGTCCTTCTGGCCCAT			
TUB2	Bt2a	F:GGTAACCAAATCGGTGCTGCTTTC	52	490	[17]
	Bt2b	R:ACCCTCAGTGTAGTGACCCTTGGC			
CHS1	CHS-79F	F:TGGGGCAAGGATGCTTGGAAGAAG	56	291	[19]
	CHS-354R	R:TGGAAGAACCATCTGTGAGAGTTG			
GADPH	GDF1	F:GCCGTCAACGACCCCTTCATTGA	59	248	[20]
	GDR1	R:GGGTGGAGTCGTACTTGAGCATGT			

PCR反应体系:2×Mix 10 μL,ddH_2O 7 μL,DNA模板1 μL,上、下游引物各1 μL。PCR反应程序:94 ℃预变性3 min;94 ℃变性30 s,55 ℃退火30 s,72 ℃延伸90 s,35个循环;72 ℃补平10 min。PCR

扩增产物经1.0%琼脂糖凝胶电泳检测后，用普通琼脂糖凝胶DNA回收试剂盒回收纯化后送上海生工生物工程股份有限公司测序。

为构建系统发育树，本研究选取多个保守的编码基因用于多基因串联分析，按照*ITS-ACT-TUB2-CHS1-GAPDH*的顺序进行首尾相连。首先，将各个基因序列分别整理为FASTA格式，并确保不同基因中物种名称一致。随后，使用PhyloSuite软件（v1.X）中的MAFFT工具对每个基因序列进行多序列比对，必要时启用codon模式以提高比对精度。比对完成后，采用Gblocks工具对结果进行剪裁，去除低保守性区域。所有经过处理的基因比对文件通过PhyloSuite中的‘Concatenate’模块进行串联，生成一个包含所有物种的多基因串联序列文件，并同时生成对应的分区文件（partition file），以供后续系统发育分析使用。整个流程在默认参数下运行，最终输出的串联数据被用于构建最大似然（ML）系统发育树。自举法检验参数（bootstrap）为1 000。形态学结合多基因序列确定分离菌株的分类地位。

1.2.5　辣椒抗炭疽病种质筛选　选取强致病力辣椒炭疽菌菌株TJ2023-2作为接种菌株，菌株活化及菌饼制备方法同1.2.2节。采摘1.1.2节中所述待测辣椒种质资源绿熟果，果实表面消毒、炭疽菌接种方法、接种后培养方法同1.2.3节。调查标准、病情指数计算方法同1.2.3节。抗病性划分标准：高抗（HR），病情指数≤15.0；中抗（MR），15.0<病情指数≤30.0；中感（MS），30.0<病情指数≤50.0；高感（HS），病情指数>50.0。

1.3　数据分析

利用Excel 2010统计病斑直径，计算平均病斑直径、病情指数，划分抗性级别，利用DPS v7.05软件进行数据统计分析。

2　结果与分析

2.1　内蒙古地区辣椒炭疽病危害情况

经调查，内蒙古各辣椒产区均有炭疽病发生，危害程度存在差异。其中通辽市、巴彦淖尔市、呼和浩特市的干制辣椒炭疽病危害较重，如2023年通辽市开鲁县辣椒种植区，有些地块辣椒炭疽病发生面积达到播种面积的70%，整株果实30%以上染病，产量损失30%，严重的达到50%以上；赤峰市、鄂尔多斯市、乌兰察布市的鲜食辣椒产区炭疽病发生较轻。辣椒果实发病初期，病斑黄白色、稍凹陷，后期形成轮纹、凹陷、坏死斑，着生黑色小颗粒（分生孢子盘）。但不同地区辣椒样本发病症状存在一定差异，如采自呼和浩特市玉泉区的发病果实样本病斑上着生的黑色分生孢子盘呈明显轮纹状排列，分生孢子盘较稀疏（图1-A）；采自通辽市开鲁县的发病果实样本病斑处分生孢子盘更黑、更小、更密集，轮生现象不明显（图1-B）；采自巴彦淖尔市乌拉特前旗的部分发病果实病斑处分生孢子盘颗粒较大、密生、有橙黄色分泌物，且发病果实红色素明显降低，果实表现为“白皮”果实（图1-C）。此外，采自包头市、呼和浩特市玉泉区、呼和浩特市和林县、通辽市辣椒炭疽病发病果实样本如图1-D、1-E、1-F、1-G，为发病典型症状，具有代表性。

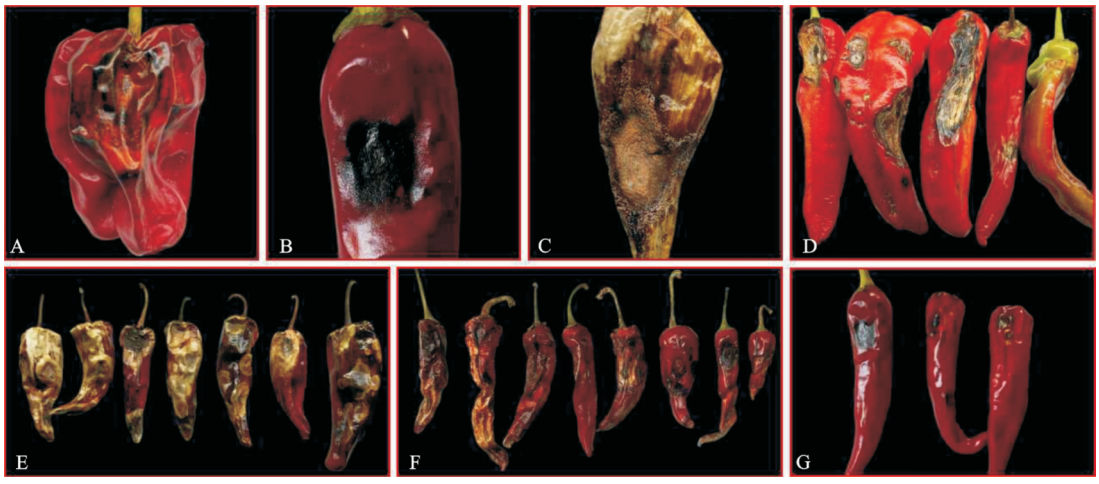
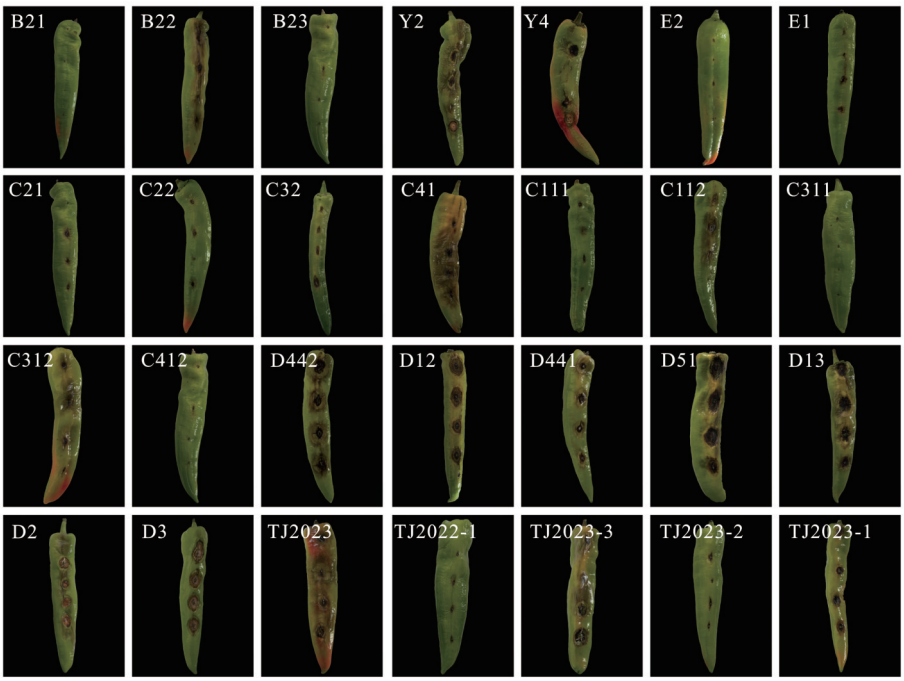


图1　不同发病症状辣椒炭疽病果实

Fig. 1　Symptoms of anthracnose on pepper fruits

2.2 辣椒炭疽病病原菌分离及致病性测定

采用常规组织分离法对46份辣椒炭疽病样本进行病原菌分离,共分离得到39份病原菌,经过回接观察,有28份病原菌可导致辣椒果实出现明显炭疽病症状,编号分别为B21、B22、B23、Y2、Y4、E2、E1、C21、C22、C32、C41、C111、C112、C311、C312、C412、D442、D12、D441、D51、D13、D2、D3、TJ2023、TJ2022-1、TJ2023-3、TJ2023-2、TJ2023-1。以田间炭疽病抗性水平表现中等的牛角椒品种北星四号离体绿熟果实作为接种对象,各菌株致病情况如图2所示,接种7 d后,接种部位均有典型炭疽病病症。不同菌株致病力水平评价结果见表4。



供试辣椒品种为北星四号。

Pepper variety used in this study was Beixing No. 4.

图2 接种28株炭疽病菌株后辣椒果实表型症状

Fig. 2 Phenotypic symptoms of pepper fruits inoculated with 28 tested *Colletotrichum* strains

表4 不同菌株致病力水平评价

Table 4 Virulence level assessment of each strain

菌株编号 Strain number	病情指数 Disease index	致病力水平 Virulence level	菌株编号 Strain number	病情指数 Disease index	致病力水平 Virulence level
B21	29.2±0.7	中等致病力 Moderately pathogenic	C312	41.7±1.0	中等致病力 Moderately pathogenic
B22	79.2±0.4	强致病力 Highly pathogenic	C412	50.0±0.4	中等致病力 Moderately pathogenic
B23	68.7±1.1	强致病力 Highly pathogenic	D442	100.0±0.0	强致病力 Highly pathogenic
Y2	95.8±0.5	强致病力 Highly pathogenic	D12	83.3±1.2	强致病力 Highly pathogenic
Y4	87.5±0.7	强致病力 Highly pathogenic	D441	83.3±1.7	强致病力 Highly pathogenic
E2	39.6±0.7	中等致病力 Moderately pathogenic	D51	75.0±0.5	强致病力 Highly pathogenic
E1	45.8±1.1	中等致病力 Moderately pathogenic	D13	75.0±1.2	强致病力 Highly pathogenic
C21	45.8±1.1	中等致病力 Moderately pathogenic	D2	75.0±1.3	强致病力 Highly pathogenic
C22	45.8±1.0	中等致病力 Moderately pathogenic	D3	75.0±1.1	强致病力 Highly pathogenic
C32	64.6±1.0	强致病力 Highly pathogenic	TJ2023	75.0±1.4	强致病力 Highly pathogenic
C41	50.0±1.3	中等致病力 Moderately pathogenic	TJ2022-1	25.0±0.6	中等致病力 Moderately pathogenic
C111	50.0±1.3	中等致病力 Moderately pathogenic	TJ2023-3	75.0±0.9	强致病力 Highly pathogenic
C112	50.0±0.2	中等致病力 Moderately pathogenic	TJ2023-2	25.0±0.4	中等致病力 Moderately pathogenic
C311	37.5±0.7	中等致病力 Moderately pathogenic	TJ2023-1	75.0±0.6	强致病力 Highly pathogenic

由表4可以看出,病情指数0~15.0的炭疽病病原菌菌株数量为0,即没有无致病力和弱致病力菌株。中等致病力菌株共有13株,占比为46.43%,其中C412、C111、C112病情指数最大为50.0,菌株

TJ2022-1和TJ2023-2病情指数最小为25.0。强致病力菌株为15株，占比为53.57%，其中菌株D442致病力最强，病情指数达到了100.0；菌株C32为强致病力菌株中致病性最小的，病情指数为64.6。

2.3　辣椒炭疽病病原菌鉴定

2.3.1　*病原菌形态学鉴定*　如图3所示，从菌落形态来看，病原菌共分为6类，其中B21、E2、C41、C311、C312、TJ2023-2共6个菌株菌落形态相似，菌落圆形、边缘光滑、气生菌丝较稀疏，初期菌落背面白色至浅粉色，后期菌落表面产生黑色分生孢子盘，似辐射状排列；B22、C32共2个菌株菌落形态相似，菌落圆形、边缘光滑、气生菌丝较密，初期菌落背面白色至浅粉色，后期菌落表面产生黑色分生孢子盘，呈明显的轮纹状排列；B23、E1、C21、C22、C112、C412、TJ2023、TJ2022-1、TJ2023-3、TJ2023-1共10个菌株菌落形态相似，菌落呈圆形、边缘光滑、气生菌丝较密，初期菌落背面白色至浅粉色，后期菌落表面产生黑色分生孢子盘，但颗粒较小、较密；Y2、Y4、D2、D3共4个菌株菌落形态相似，菌落圆形、边缘光滑、气生菌丝较紧密，初期菌落背面白色至浅粉色，后期转为浅黄色，黑色孢子盘形成较慢、较少；D441、D51、D13共3个菌株菌落形态相似，菌落圆形、边缘光滑、气生菌丝较密，初期菌落背面白色至浅黄色，后期培养基上着生少量黑色分生孢子盘，轮生；C111、D442、D12共3个菌株菌落形态相似，菌落圆形、边缘较光滑、气生菌丝茂盛、致密，初期菌落背面白色至浅黄色，黑色分生孢子盘形成较晚、较慢。从分生孢子形态来看，28份病原菌可分为3类，即分生孢子长椭圆形、分生孢子长棒状、分生孢子弯月形，其中分生孢子长椭圆形的菌株编号分别为B21、B22、Y2、Y4、C111、C112、C311、C312、D2、D3、TJ2022-1、TJ2023-1、TJ2023-2，共13株；分生孢子长棒状的菌株编号分别为B23、E2、E1、C21、C22、C32、C41、C412，共8株；分生孢子弯月形的菌株共7株，分别为D442、D12、D441、D51、D13、TJ2023、TJ2023-3。

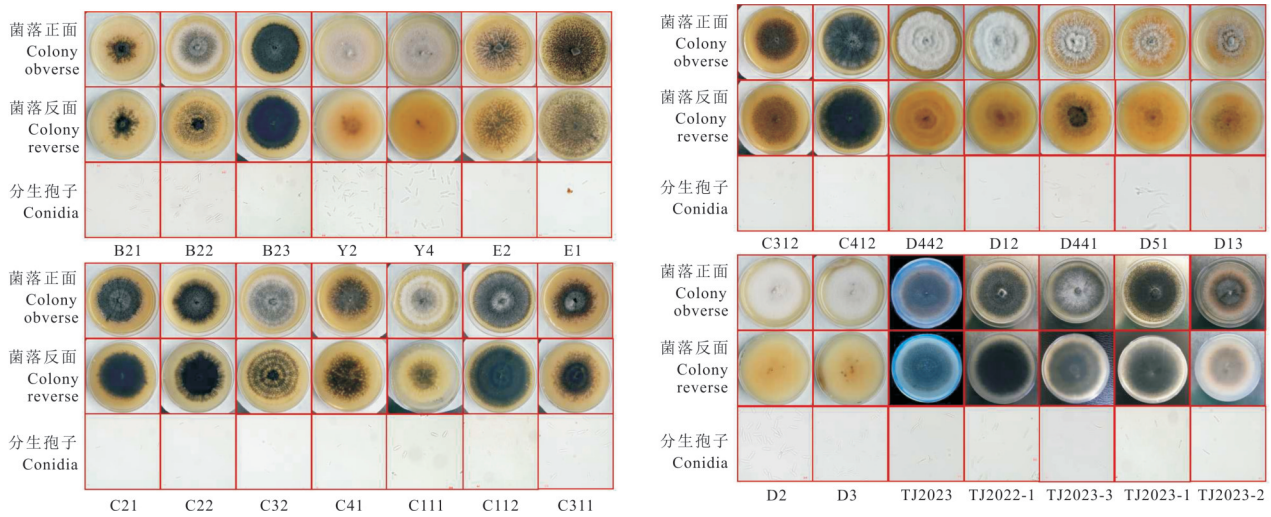


图3　辣椒炭疽病菌株形态学鉴定

Fig. 3　Morphological identification of *Colletotrichum* species in pepper

2.3.2　*病原菌分子生物学鉴定*　为进一步明确分离得到的28份病原菌所属炭疽菌种，需进行分子生物学鉴定。图4结果显示，分离得到的28株病原菌均为辣椒炭疽菌，共分为3类。第1类为平头刺盘孢（*C. truncatum*），包括7个菌株，分别为TJ2023、TJ2023-3、D442、D12、D441、D51、D13，可信度达到99%，该类菌株分生孢子镰刀形；第2类为斯高维尔炭疽菌（*C. scovillei*），包括菌株Y2、Y4、D2、D3，可信度达到100%，该类菌株菌丝细密，分生孢子盘产生较晚、较少，分生孢子长椭圆形；第3类为黑色炭疽菌（*C. nigrum*），共17个菌株，可信度达到99%，包括B21、B22、B23、E2、E1、C21、C22、C32、C41、C111、C112、C311、C312、C412、TJ2023-2、TJ2023-1、TJ2022-1。

综合分析28株辣椒炭疽菌的致病力、形态学和分子生物学鉴定、系统进化分析，结合内蒙古地区各辣椒产区炭疽病发生情况及为害，认为黑色炭疽菌（*C. nigrum*）分离率最高，达到了60.7%，显著高于平头刺盘孢（*C. truncatum*）和斯高维尔炭疽菌（*C. scovillei*）的分离比例，是内蒙古地区辣椒炭疽病优势菌种。

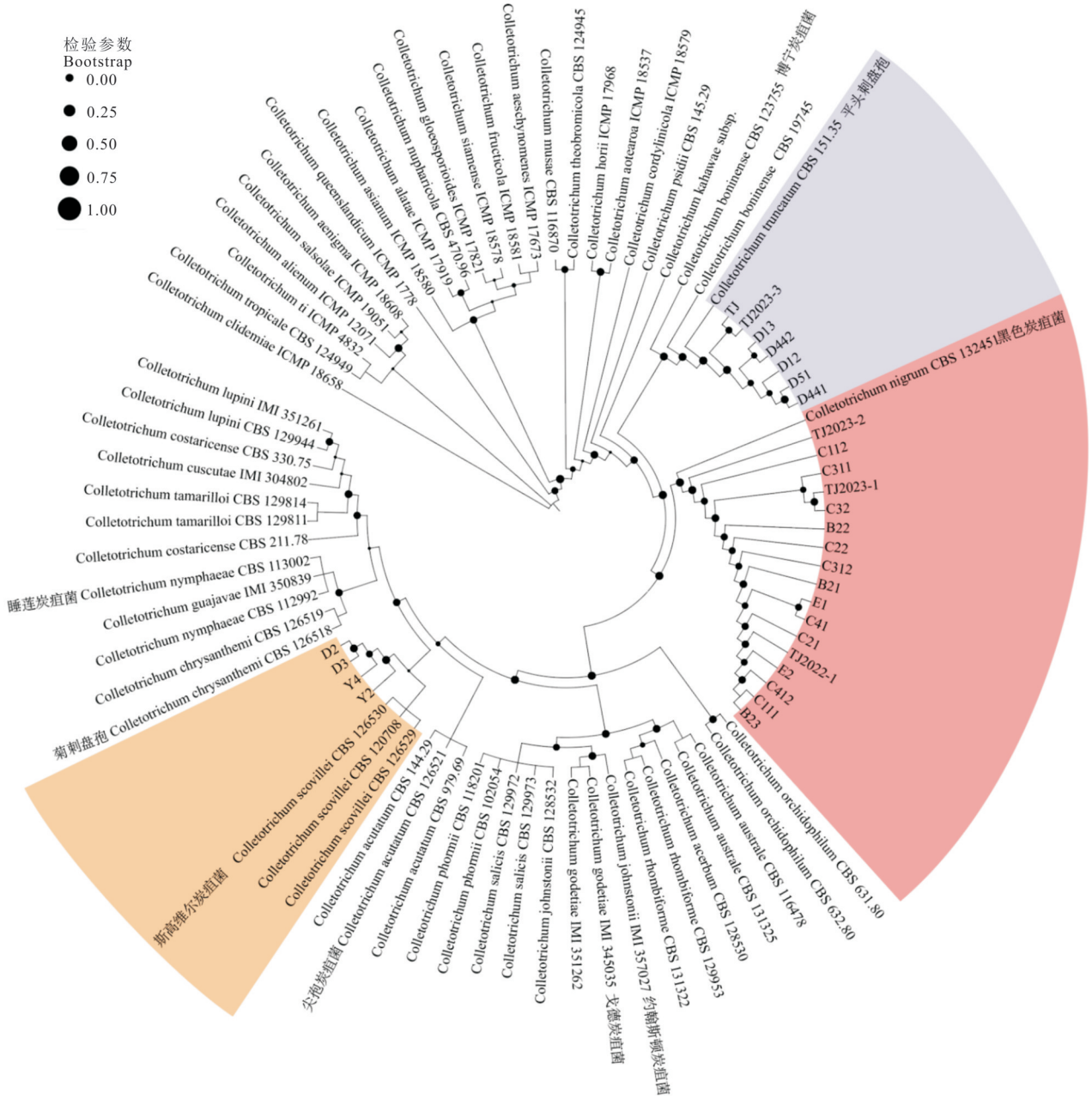


图 4 辣椒炭疽菌系统发育树

Fig. 4 Phylogenetic tree of *Colletotrichum* species in pepper

2.4 42 份辣椒种质资源的炭疽病抗性鉴定

辣椒种质资源的抗炭疽病鉴定结果(图 5 和表 5)显示,42 份资源材料中共有 2 份病情指数≤15.0,抗性水平鉴定为高抗炭疽病,分别为 C519 和 C530,占比为 4.8%;15.0<病情指数≤30.0 的种质资源鉴定为中抗炭疽病,中抗炭疽病种质资源有 6 份,占比为 14.3%,分别为 C31、C168、C169、C285-1-1-1、C528、美国色素辣椒 1;30.0<病情指数≤50.0 的种质资源共 11 份,为中感炭疽病资源材料,占全部种质资源的 26.2%,其中 C511、C233-1-1、C508 的病情指数最高,达到了 50.0,而 C32、C169、C285-1-1-1、C509 的病情指数较低,为 33.3;当病情指数>50.0 时,抗性水平划分为高感炭疽病,该类种质资源材料共 23 份,占比最高,达到 54.7%,其中 C506-1、C288、C289、C284-1-1-1、C520 资源材料病情指数最高,达到了 100.0。

3 讨论与结论

随着内蒙古辣椒种植面积不断扩大,轮作倒茬困难,连作障碍逐渐凸显,辣椒炭疽病发生面积和

危害程度不断增加，危害时期、危害症状也复杂多变，上述情况在不同种植区域存在差异，同一种植区域不同年份发病情况亦不尽相同。总体来看，种植年份越长、面积越大的产区发病越严重，如通辽市开鲁县辣椒炭疽病发生情况较乌兰察布市、鄂尔多斯市等地更严重，分析认为这恰好符合病原流行规律。

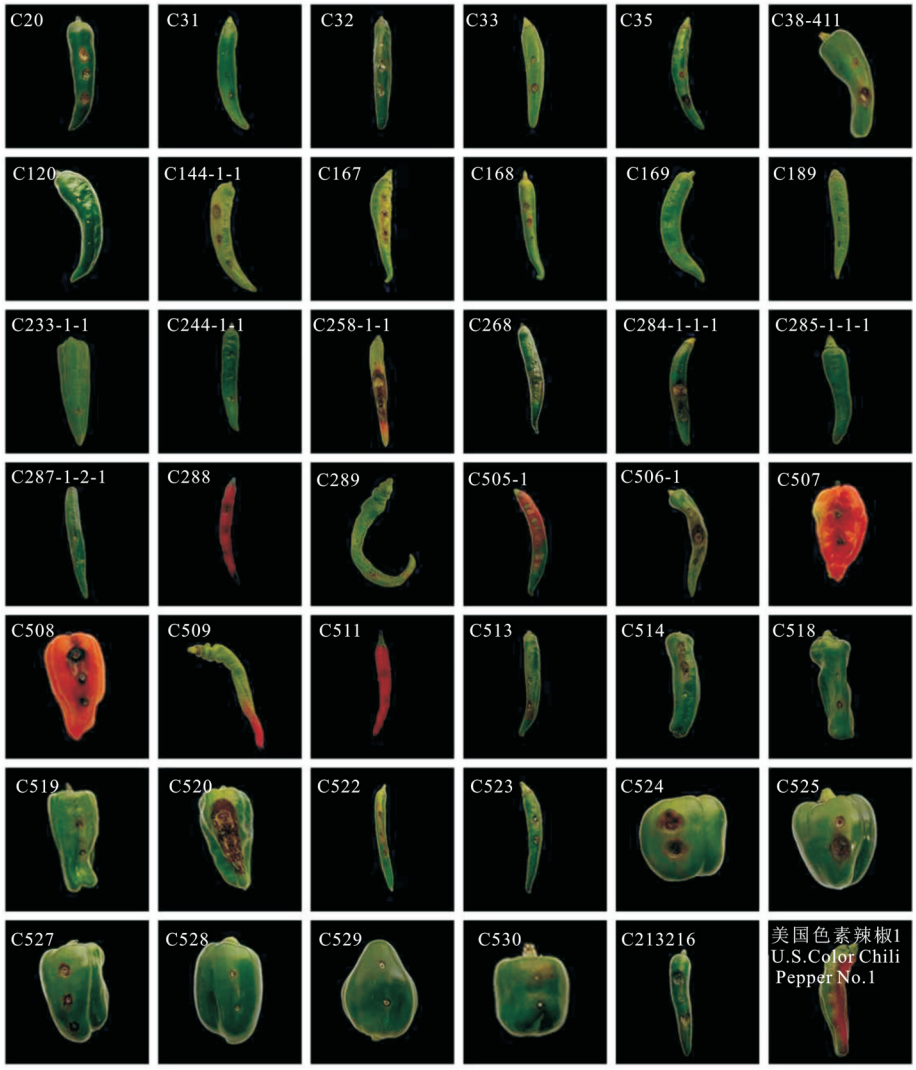


图 5　42 份辣椒种质接种黑色炭疽菌后病情严重度和表型症状

Fig. 5　Disease severity and phenotypic symptoms of 42 pepper accessions inoculated with *C. nigrum*

表 5　不同辣椒种质资源抗炭疽病病情指数、病斑直径、发病率和抗性水平统计

Table 5　Statistics of disease index, lesion diameter, disease incidence, and resistance level of different pepper germplasm against anthracnose

种质名称 Germplasm name	病情指数 Disease index	病斑直径/mm Lesion diameter	发病率/% Disease incidence	抗性水平 Resistance level	种质名称 Germplasm name	病情指数 Disease index	病斑直径/mm Lesion diameter	发病率/% Disease incidence	抗性水平 Resistance level
C20	75.0±0.9	3.0±0.1	100.0±0.0	高感 HS	C505-1	79.2±0.2	4.2±0.3	100.0±0.0	高感 HS
C31	25.0±0.5	1.5±0.2	33.3±0.8	中抗 MR	C506-1	100.0±0.0	10.9±0.6	100.0±0.0	高感 HS
C32	41.7±1.3	2.3±0.4	33.3±1.0	中感 MS	C507	62.5±0.6	4.0±0.1	100.0±0.0	高感 HS
C33	75.0±0.9	8.5±0.4	100.0±0.0	高感 HS	C508	50.0±0.4	3.7±0.2	66.7±0.4	中感 MS
C35	45.8±0.8	3.9±0.5	100.0±0.0	中感 MS	C509	33.3±1.0	2.2±0.1	33.3±0.8	中感 MS
C38-411	75.0±0.6	5.9±0.3	100.0±0.0	高感 HS	C511	50.0±1.0	2.7±0.3	33.3±0.8	中感 MS
C120	41.7±1.1	3.0±0.5	100.0±0.0	中感 MS	C513	75.0±0.7	12.8±0.2	100.0±0.0	高感 HS
C144-1-1	75.0±0.8	19.0±0.1	100.0±0.0	高感 HS	C514	75.0±0.5	10.0±0.7	100.0±0.0	高感 HS

表5(续) Table 5(continued)

种质名称 Germplasm name	病情指数 Disease index	病斑直径/mm Lesion diameter	发病率/% Disease incidence	抗性水平 Resistance level	种质名称 Germplasm name	病情指数 Disease index	病斑直径/mm Lesion diameter	发病率/% Disease incidence	抗性水平 Resistance level
C167	75.0±0.7	5.0±0.6	100.0±0.0	高感HS	C518	75.0±0.8	8.5±0.1	100.0±0.0	高感HS
C168	16.7±0.9	9.5±0.2	100.0±0.0	中抗MR	C519	12.5±0.7	2.2±0.2	33.3±0.9	高抗HR
C169	25.0±1.1	1.7±0.2	33.3±0.8	中抗MR	C520	75.0±0.9	11.1±0.3	100.0±0.0	高感HS
C189	45.8±0.9	4.8±0.3	100.0±0.0	中感MS	C522	75.0±0.8	10.1±0.3	100.0±0.0	高感HS
C233-1-1	50.0±1.6	2.4±0.2	66.7±0.5	中感MS	C523	41.7±1.0	3.5±0.5	66.7±0.8	中感MS
C244-1	54.2±0.6	3.7±0.2	66.7±1.0	高感HS	C524	75.0±1.2	11.6±0.5	100.0±0.0	高感HS
C258-1-1	91.7±1.0	23.7±0.4	100.0±0.0	高感HS	C525	75.0±0.9	11.7±0.1	100.0±0.0	高感HS
C268	41.7±1.0	2.7±0.2	66.7±1.1	中感MS	C527	75.0±1.3	8.0±0.7	100.0±0.0	高感HS
C284-1-1-1	100.0±0.0	16.0±0.6	100.0±0.0	高感HS	C528	25.0±0.6	3.5±0.3	66.7±1.1	中抗MR
C285-1-1-1	29.2±0.9	2.0±0.2	33.3±0.1	中抗MR	C529	75.0±0.9	5.9±0.6	66.7±0.6	高感HS
C287-1-2-1	41.7±1.6	4.6±0.2	66.7±0.4	中感MS	C530	12.4±0.2	1.4±0.1	33.3±0.8	高抗HR
C288	100.0±0.0	9.5±0.2	100.0±0.0	高感HS	C213216	75.0±0.6	15.4±0.1	100.0±0.0	高感HS
C289	100.0±0.0	6.0± 0.3	100.0 ± 0.0	高感HS	美国色素辣椒1 U. S. Color Chili Pepper No. 1	25.0±1.0	1.7±0.3	33.3 ± 1.1	中抗MR

辣椒炭疽菌能以菌丝或分生孢子盘的形式在土壤中越冬,成为初侵染源[21]。因此,土壤连作是病原菌积累数量激增和病害发生逐渐严重的主要因素。此外,同种辣椒不同生育期发病程度不同,不同辣椒同一生育期对炭疽菌抗性水平不同,不同炭疽菌引起辣椒炭疽病症状亦存在差异[8]。本研究调查结果与此相一致,如通辽市、巴彦淖尔市等干制辣椒产区炭疽病发生较乌兰察布市等鲜食辣椒产区严重,且发病症状差异明显;同一干制辣椒品种北京红在通辽市、呼和浩特市、巴彦淖尔市感染炭疽病后,症状并不相同;同样,该品种在通辽市开鲁县同一地块内,成熟度不一致,感染炭疽病的严重程度存在差异。由此可见,充分了解辣椒炭疽病发生区域、危害品种、蔓延趋势、发生规律等,采取选择抗病品种、土壤轮作倒茬及药剂处理、适时定植和收获等措施,有效防治辣椒炭疽病、减少经济损失具有重要指导意义。

明确各辣椒产区炭疽病病原类型,是实现病害有效防控的基础。本研究广泛收集内蒙古各辣椒种植区域炭疽病发病样本,通过形态学和分子鉴定方法,明确了各地区辣椒炭疽病病原菌所属类型。总体来看,内蒙古辣椒炭疽病主要有3种类型,即平头刺盘孢(*C. truncatum*)、斯高维尔炭疽菌(*C. scovillei*)和黑色炭疽菌(*C. nigrum*)。从各种植区域炭疽菌类型分析,通辽市辣椒炭疽菌类型包含了上述3种,是炭疽菌类型最多的辣椒种植区域,菌株编号分别为TJ2023-3、D2、D3、TJ2023-2、TJ2023-1、TJ2022-1、D442、D12、D441、D51、D13,此研究结果与孙平平等[22]报道的内蒙古开鲁辣椒白皮病病原鉴定为斯高维尔炭疽菌(*C. scovillei*)结果相一致,与此同时本研究进一步扩大了取样范围、增加了取样量,进一步丰富了通辽市辣椒产区炭疽菌类型;2023年,陈鹏宇[23]报道了内蒙古通辽市辣椒炭疽菌包括上述3种类型,本研究结果与其相同。乌兰察布市、包头市、鄂尔多斯市辣椒炭疽菌有1种,为黑色炭疽菌(*C. nigrum*),菌株编号为B21、B22、B23;巴彦淖尔市辣椒炭疽菌类型有2种,为黑色炭疽菌(*C. nigrum*)和平头刺盘孢(*C. truncatum*),菌株编号分别为TJ2023、C21、C32、C41、C111、C112;呼和浩特市辣椒炭疽菌类型有2种,为斯高维尔炭疽菌(*C. scovillei*)和黑色炭疽菌(*C. nigrum*),菌株编号分别为Y2、Y4、C22、C32、C41、C311、C312、C412,上述研究均为首次报道。

鉴定和筛选辣椒抗炭疽病种质资源,选育和推广抗炭疽病辣椒新品种是解决炭疽病危害最有效和最根本的途径。围绕辣椒抗炭疽病种质资源评价,研究者开展了大量研究。吕玲玲等[24]采用针刺法对从不同地区收集到的62份辣椒资源进行了炭疽病抗性鉴定,得到2份免疫材料,分别是兴蔬绿燕和675,高抗材料有3份,分别是满分106、福湘5号和683;易兰[25]采用人工苗期接种法,确定了22份辣椒材料中有3份高抗材料,分别为川农泡椒一号、汴椒和朝天黄。上述接种和评价方法对本研究有重要的借鉴和指导意义,但所评价种质资源均为特有骨干亲本材料。评价本课题组自有种质资源材料并加以利用,对选育抗炭疽病新品种尤为重要。

因此在王培先等[14]研究之后，本研究再次对42份辣椒骨干亲本材料进行抗炭疽病评价，结果显示，供试资源材料中无免疫材料，高抗炭疽病材料仅有2份，其中C519为干制辣椒中托县辣椒类型，C530为鲜食青椒；中抗炭疽病资源材料6份，其中C31为鲜食线椒，C168、C169、C285-1-1-1为干制辣椒，C528、美国色素辣椒1为鲜食青椒；中感炭疽病资源材料11份，包括线椒、干制辣椒、鲜食辣椒多种类型；高感炭疽病材料达到23份，占供试资源材料的54.8%，辣椒类型包括干制辣椒、鲜食辣椒等多种类型。本研究部分结果与2022年王培先等[14]的研究结果存在一定差异，如本研究中资源材料C167抗性水平为高感炭疽病，而王培先等[14]研究认为其为中抗炭疽病材料，这可能是由于接种菌株、接种方法差异造成评价结果的不尽相同。此外，各供试种质资源田间抗炭疽病水平调查与室内抗性鉴定结果基本一致，需要进一步进行详细统计分析。总体分析认为，本课题组资源材料丰富，抗炭疽病水平差异显著，为抗炭疽病材料利用、抗炭疽病分析标记开发、辣椒抗病机制等多项研究奠定了材料基础。

[参考文献]

[1] KIM J, SAN C G, PARK J S, et al. Carotenoid profiling from 27 types of paprika (*Capsicum annuum* L.) with different colors, shapes, and cultivation methods[J]. Food Chemistry, 2016, 201: 64-71.

[2] 邹学校，杨莎，朱凡，等. 中国高口感品质鲜食辣椒产业发展与未来趋势[J]. 园艺学报, 2024, 51(1): 27-38.
ZOU X X, YANG S, ZHU F, et al. Progress and trends in development of pepper industry: high quality, good taste of fresh pepper[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2024, 51(1): 27-38.

[3] 杨志刚，常海文，胡栓红，等. 内蒙古辣椒产业发展现状、存在问题及建议[J]. 中国蔬菜, 2023(12): 14-19.
YANG Z G, CHANG H W, HU S H, et al. Development status, existing problems and suggestions for pepper industry in Inner Mongolia[J]. China Vegetables, 2023(12): 14-19.

[4] SOUZA L C S, ASSIS L A G D, CATARINO A D M, et al. Screening of chilli pepper genotypes against anthracnose (*Colletotrichum brevisporum*)[J]. Emirates Journal of Food and Agriculture, 2020: 919.

[5] SHIN J H, HAN J H, PARK H H, et al. Optimization of polyethylene glycol-mediated transformation of the pepper anthracnose pathogen *Colletotrichum scovillei* to develop an applied genomics approach[J]. The Plant Pathology Journal, 2019, 35(6): 575-584.

[6] DE SILVA D D, GROENEWALD J Z, CROUS P W, et al. Identification, prevalence and pathogenicity of *Colletotrichum* species causing anthracnose of *Capsicum annuum* in Asia[J]. IMA Fungus, 2019, 10: 8.

[7] SAXENA A, RAGHUWANSHI R, GUPTA V K, et al. Chilli anthracnose: the epidemiology and management [J]. Frontiers in Microbiology, 2016, 7: 1527.

[8] 李宝聚. 蔬菜病害诊断手记[M]. 2版. 北京：中国农业出版社, 2021: 66-70.
LI B J. Diagnostic records of vegetable diseases[M]. 2nd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2021: 66-70.

[9] 杨志刚，叶英杰，常海文，等. 微生物菌肥及土壤修复剂对干制辣椒生长、品质及产量的影响[J]. 北方园艺, 2020(19): 1-7.
YANG Z G, YE Y J, CHANG H W, et al. Effects of microbial fertilizer and soil amendment on the growth, quality and yield of dry pepper[J]. Northern Horticulture, 2020(19): 1-7.

[10] MAHASUK P, STRUSS D, MONGKOLPORN O. QTLs for resistance to anthracnose identified in two *Capsicum* sources [J]. Molecular Breeding, 2016, 36(1): 10.

[11] 刘建华，杨玉珍，邹学校，等. 辣(甜)椒种质资源苗期对炭疽病的抗性鉴定[J]. 陕西农业科学, 1991(4): 11-13.
LIU J H, YANG Y Z, ZOU X X, et al. Evaluation of anthracnose resistance in pepper germplasm at the seedling stage[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 1991(4): 11-13.

[12] 马荣群，黄粤，宋正旭，等. 辣椒炭疽病抗性资源筛选[J]. 北方园艺, 2008(9): 186-187.
MA R Q, HUANG Y, SONG Z X, et al. Screening on the resistance resources of *Capsicum anthracnose*[J]. Northern Horticulture, 2008(9): 186-187.

[13] 吴庆丽，秦刚. 辣椒炭疽病抗性资源筛选[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(5): 1084-1085.
WU Q L, QIN G. Screening on the resistance resources of *Capsicum anthracnose*[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2013, 52(5): 1084-1085.

[14] 王培先，李正男，张磊，等. 辣椒种质抗炭疽病水平鉴定及炭疽病菌药剂敏感性分析[J]. 北方园艺, 2022(21): 1-8.
WANG P X, LI Z N, ZHANG L, et al. Resistance identification of pepper germplasm resources against pepper anthracnose and drug sensitivity sensitibity analysis in *Colletotrichum scovillei*[J]. Northern Horticulture, 2022(21): 1-8.

[15] SUTTON B C, RIZWI M A. Problematical coelomycetes with distoseptate conidia[J]. Nova Hedwigia, 1980, 32: 341-246.

[16] CANNON P F, DAMM U, JOHNSTON P R, et al. Colletotrichum-current status and future directions[J]. Studies in Mycology, 2012, 73: 181-213.

[17] WEIR B S, JOHNSTON P R, DAMM U. The *Colletotrichum gloeosporioides* species complex[J]. Studies in Mycology, 2012, 73: 115-180.

[18] YANG J, ZHAO Z, ZHANG G, et al. Identification and biological characterization of anthrax bacteria in Xianlajiao chili pepper in Shanxi Province[J]. Acat Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2017, 26: 1695-1705.

[19] CARBONE I, KOHN L M. A method for designing primer sets for speciation studies in filamentous ascomycetes[J]. Mycologia, 1999, 91(3): 553-556.

（下转第169页）