

DOI: 10.19462/j.cnki.zgzy.20250506006

# 不同芝麻种质资源对茎点枯病和枯萎病的双抗鉴定

王素华<sup>1,2</sup> 张璐<sup>1,2</sup> 杨学乐<sup>1,2</sup> 胡丽琴<sup>1,2</sup> 何录秋<sup>1,2</sup> 陈戈<sup>3</sup> 黄妹军<sup>4</sup> 李基光<sup>1,2</sup>( <sup>1</sup>湖南省作物研究所,长沙 410125; <sup>2</sup>岳麓山实验室,湖南长沙 410128; <sup>3</sup>湖南省岳阳市农业农村局,岳阳 414000;<sup>4</sup>湖南省安化县农业农村局,安化 413599)

**摘要:**为了筛选对茎点枯病和枯萎病具有抗性的芝麻资源,通过浸根法和灌根法室内接种 2 种病菌进行 47 份芝麻种质资源的抗病性鉴定。通过浸根法和灌根法接种鉴定芝麻种质资源的茎点枯病抗性水平,芝麻种质资源的平均病株率分别为 18.83%、93.56%,平均病情指数分别为 5.33、38.47;通过浸根法和灌根法接种鉴定芝麻种质资源的枯萎病抗性水平,芝麻种质资源的平均病株率分别为 48.86%、72.41%,平均病情指数分别为 37.64、63.14;采用灌根法接种,芝麻植株发病更充分和稳定,能更反映出不同芝麻种质资源对茎点枯病和枯萎病的抗性水平。从 47 份芝麻种质资源中筛选出 22 份在 2 种接种方法中抗感表现较为一致的资源,其中 HN093 (大广白芝麻)对茎点枯病和枯萎病均表现抗病,HN094-1 (石桥白芝麻)对茎点枯病表现抗病,对枯萎病表现高抗。双抗资源 HN093 (大广白芝麻)和 HN094-1 (石桥白芝麻)可作为中间材料,直接用于芝麻抗病育种。

**关键词:**芝麻茎点枯病;芝麻枯萎病;接种鉴定;抗病性鉴定;广谱抗病品种

## Resistance Identification of Different Sesame Germplasm

### Resources to Stem Spot Blight and *Fusarium* Wilt

WANG Suhua<sup>1,2</sup>, ZHANG Lu<sup>1,2</sup>, YANG Xuele<sup>1,2</sup>, HU Liqin<sup>1,2</sup>,HE Luqiu<sup>1,2</sup>, CHEN Ge<sup>3</sup>, HUANG Meijun<sup>4</sup>, LI Jiguang<sup>1,2</sup>( <sup>1</sup>Crop Research Institute of Hunan Province, Changsha 410125; <sup>2</sup>Yuelushan Laboratory, Changsha 410128;<sup>3</sup>Yueyang Agricultural and Rural Affairs Center, Yueyang 414000, Hunan;<sup>4</sup>Anhua County Agricultural and Rural Bureau, Anhua 413599, Hunan )

抗性种质的鉴定是抗病育种的重要基础,从抗源筛选、后代选择到品种推广的全过程均离不开精准的抗病性鉴定。鉴定方法主要包括自然诱发

鉴定和人工接种鉴定,其中人工接种鉴定在实际工作中应用广泛,其接种方法直接影响抗性鉴定的准确性、效率和适用范围。赵清爽<sup>[1]</sup>采用田间试验的方式,研究了不同接种方法、接种时间、接种菌量对玉米穗腐病发病程度的影响,结果表明穗中部注射法发病最严重,花丝通道注射法更接近自然侵

**基金项目:**国家作物种质资源库-湖南分库(NCGRC-2025-56);湖南省农业种质资源保护与利用(湘财农指[2024]59号)

**通信作者:**李基光

旱农业科学,2025,4(2):148-153

[16] 宁龙龙,梁晓伟,李小东,张芳,雷晓兵. 基于 GGE 双标图的玉米区域试验品种丰产稳产性和试点代表性分析. 中国种业,2025(5):93-96,103

[17] 周富亮,周捷成,梁思维,姜先芽,蒋锋,刘鹏飞. 基于 GGE 双标图的甜玉米区域试验品种分析. 中国种业,2024(4):103-107,112

[18] 张志鸿,柯丽娜,袁滨,连燕萍,赖碧梅. 利用 AMMI 模型分析草菇区域品比试验研究. 中国食用菌,2018,37(4):22-25

[19] 刘帆,李国强,蔡秋华,张睿,王艳. 基于 AMMI 模型对大麦品种(系)稳定性、适应性及试点鉴别力的分析. 分子植物育种. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20241204.1815.020.html>

[20] 张征锋,肖本泽. 利用 AMMI 模型分析杂交水稻配合力. 植物遗传资源学报,2015,16(2):400-404

[21] 朱晓平,郑新疆,张静,管利军,袁青锋. 应用 AMMI 模型评价吐哈盆地陆地棉品种的稳定性 and 丰产性. 中国棉花,2014,41(4):

22-24

( 收稿日期:2025-04-28 )

染路径并稳定反映品种差异,因此更适用于抗性鉴定。不同接种方法对小麦籽粒脱氧雪腐镰刀菌烯醇(DON, Deoxynivalenol)含量有显著影响,戚莉梅等<sup>[2]</sup>以 *Fhb1* 近等基因系为材料,同时用3种方法进行赤霉菌接种,收获后发现穗基部双花滴注法 DON 含量在抗、感近等基因系间无显著差异,基部穗轴注射法 DON 含量差异在抗、感近等基因系间达到了显著水平,而在穗顶部双花滴注法下抗、感材料间 DON 含量差异最大化,达极显著差异水平。叶蕾<sup>[3]</sup>对大白菜根肿病发病情况进行研究,发现不同接种方法对接种浓度的要求不同,菌土法最佳浓度为  $1 \times 10^6$  CFU/mL,灌根法需  $1 \times 10^7$  CFU/mL 才能引起根毛侵染和皮层病变。张志博等<sup>[4]</sup>从不同培养基种类、碳源、氮源、pH 值、温度、光照以及致死温度等方面研究禾谷镰孢菌的生物学特性,结果表明供试禾谷镰孢菌在 10~30℃ 之间均可以生长,最适生长温度为 25℃,最适生长 pH 值为 8,最适生长条件为 12h/d 光暗交替培养,最好的碳源是葡萄糖。由此可见,优化接种方法需综合考虑病原菌生物学特性、寄主生育阶段、接种部位、菌液浓度、环境控制参数等,多方法联合验证,最终建立统一的操作规范,提高抗性评价的全面性和准确性。

茎点枯病和枯萎病是芝麻生产上常见的 2 种病害。芝麻茎点枯病是由病原真菌菜豆壳孢(*Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid) 侵染引起的土传病害,可导致芝麻减产 20%~50%,严重时绝收,且降低籽粒品质和土地可持续利用能力。芝麻枯萎病的侵染源是尖孢镰刀菌芝麻专化型(*Fusarium oxysporum* f. sp. *sesami*),在芝麻整个生育期均可被侵染<sup>[5]</sup>。生产实践表明,培育和利用抗病品种是病害综合防治中最安全经济且有效的关键技术。因此,系统鉴定抗性种质、合理利用抗病资源、培育抗病良种并在生产上合理利用,对于持续控制病害的发生和危害,确保芝麻安全生产具有重要的理论意义和实际应用价值。本研究早期收集到一批芝麻地方资源,经田间自然发病,初步鉴定出其中 10% 以上的种质具有芝麻茎点枯病或枯萎病中等以上抗性,在此基础上通过室内接种鉴定,旨在进一步确定并筛选出芝麻茎点枯病和枯萎病双抗种质资源并用于芝麻抗病育种。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 47 份芝麻种质资源(入库保存均以编号命名)由湖南省作物研究所提供,为 2019~2020 年从湖南省各地收集的芝麻地方种质资源。芝麻茎点枯病原菌菜豆壳孢菌株(1 份)和芝麻枯萎病原菌尖孢镰刀菌芝麻专化型菌株(1 份)均由河南省农业科学院芝麻研究中心提供。

**1.2 芝麻种质资源培育** 选取健康饱满种子,经清水冲洗后,在超净工作台上分别用 70% 酒精处理 30s、3% 次氯酸钠处理 15min,无菌水冲洗 3~5 次后,于 120r/min、25℃ 条件下振荡培养 24h 催芽。取无菌蛭石与无菌土混匀(比例 1:2),等份分装于盆钵中。将催芽露白的无菌芝麻种子播种在盆钵中,每钵 10 粒,于 26℃、12h/d 光暗交替培养育苗,相对湿度为 80%,水肥常规管理。

**1.3 菌种制备** 菜豆壳孢的制备 取菌落边缘少许菌丝块,转接至新的马铃薯葡萄糖琼脂平板,28℃ 条件下暗培养 3d。将活化后的菌株接种到马铃薯葡萄糖琼脂液体培养基中,于 160r/min、28℃ 条件下振荡培养 7d。取部分体积的菌丝悬浮液,加无菌水配制成 20 倍稀释液(含 1/10000 吐温),接种备用。

尖孢镰刀菌芝麻专化型的制备 取菌落边缘少许菌丝块,转接至新的马铃薯葡萄糖琼脂平板,28℃ 条件下暗培养 3d。将活化后的菌株接种到马铃薯葡萄糖琼脂液体培养基中,于 160r/min、28℃ 条件下振荡培养 5d。将摇培物打碎,用 2 层无菌纱布过滤,制备出尖孢镰刀菌芝麻专化型菌株分生孢子悬浮液。用无菌水稀释配制成  $1 \times 10^6$  CFU/mL 的分生孢子悬浮液(含 1/10000 吐温),接种备用。

**1.4 接种鉴定** 浸根法 芝麻幼苗 4~5 对真叶期,剔除弱苗及死苗后,采用稀释的菌丝悬浮液进行浸根接种,将待接种芝麻盆栽幼苗放置于盛有菌液的塑料方盒中,按每盆 30mL 菌液进行定量浸根,菌液从育苗盆底部通过幼苗根自行吸收和侵染。清水处理作对照,每个处理 20 株苗,3 次重复。26℃、15h/9h 光照/黑暗交替培养,湿度为 80%。5~7d 浇灌 1 次营养液,随时观察植株生长情况。

灌根法 芝麻幼苗 4~5 对真叶期,剔除弱苗及死苗后,采用稀释的菌丝悬浮液进行滴灌接种,将待接种芝麻盆栽幼苗放置于塑料方盒中,按每盆

30mL 菌液进行定量处理,菌液沿着育苗盆植株幼苗茎基部缓慢滴灌,菌液自土层渗透下沉,使土层中芝麻幼苗主根和须根吸收和侵染。清水处理作对照,每个处理 20 株苗,3 次重复。26℃、15h/9h 光照/黑暗交替培养,湿度为 80%。5~7d 浇灌 1 次营养液,随时观察植株生长情况。

**1.5 综合抗性评价** 根据芝麻苗期茎点枯病发生症状,参考高树广等<sup>[6]</sup>的方法,将芝麻苗期茎点枯病发生等级划分为 0~4 级。根据植株的根部症状和茎秆病斑发生长度进行分级,计算各处理病情指数(DI)和抗性指数(RI),根据《芝麻种质资源描述规范和数据标准》<sup>[7]</sup>中的抗性指数划分抗性等级。

根据芝麻苗期枯萎病发生症状,参考仇存璞等<sup>[8]</sup>的方法,将芝麻苗期枯萎病发生等级划分为 0~2 级。根据植株的根部症状和茎秆病斑发生长度进行分级,计算各处理病情指数(DI)和抗性指数(RI),根据《芝麻种质资源描述规范和数据标准》<sup>[7]</sup>中的抗性指数划分抗性等级。

评价 47 份芝麻种质资源对茎点枯病和枯萎病的综合抗性水平,并进行大致分类。I 类资源抗或高抗茎点枯病和枯萎病,II 类资源感或高感茎点枯病、抗或高抗枯萎病,III 类资源抗或高抗茎点枯病、感或高感枯萎病,IV 类资源感或高感茎点枯病和枯萎病。

**1.6 数据分析** 采用 Microsoft Office Excel 2010 软件统计数据,计算平均值、标准差等。

## 2 结果与分析

**2.1 芝麻种质资源对茎点枯病的抗性表现** 对 47 份湖南芝麻种质资源进行茎点枯病抗性鉴定(表 1、表 2)。结果表明:浸根法接种 28d 后病株率为 0~57.73%,平均病株率为 18.83%,变异系数为 75%;病情指数为 0~15.84,平均病情指数为 5.33,变异系数为 75%;选择抗病性中等的种质资源 HN091-1 作为 2 种方法的对照材料进行抗性指数的计算,可将 47 份芝麻种质资源划分为 3 种抗性类型,有 3 份资源为高抗,15 份资源为抗病,27 份资源为感病,HN046、HN087 无症状或可能没有接种成功。灌根法接种 28d 后病株率为 72.60%~100%,平均病株率为 93.56%,变异系数为 7%;病情指数为 21.10~72.79,平均病情指数为 38.47,变异系数为 31%;抗性类型分为 2 种,有 24 份资源为抗病,23

份为感病。2 种接种方法均表现抗病或高抗的资源有 12 份,同时表现感病的资源有 16 份,17 份芝麻种质在 2 种接种方法中抗、感类型互换。从 2 种方法抗病表现较为一致的材料中筛选,芝麻茎点枯病综合抗性较强的资源是 HN094-1、HN012,综合抗性较弱的资源是 HN011、HN014。

灌根法接种后平均病株率和病情指数更高、变异系数更小,说明在同等条件下采用灌根法接种,芝麻发病程度更加充分和稳定。虽然浸根法接种的病株率极差和标准差高于灌根法接种,但因为 2 份资源无症状表现,可能存在接种不成功的情况,而灌根法接种的病情指数极差和标准差都远高于浸根法接种,更能分辨出不同芝麻种质资源对茎点枯病的抗性水平。

**2.2 芝麻种质资源对枯萎病的抗性表现** 对 47 份湖南芝麻种质资源进行枯萎病抗性鉴定(表 3、表 4)。结果表明:浸根法接种 28d 后病株率为 14.12%~97.32%,平均病株率为 48.86%,变异系数为 37%;病情指数为 10.19~75.83,平均病情指数为 37.64,变异系数为 39%;选择抗病性中等的种质资源 HN062 作为 2 种方法的对照材料进行抗性指数的计算,可将 47 份芝麻种质资源划分为 4 种抗性类型,有 1 份资源为高抗,15 份抗病,30 份感病,还有 1 份为高感。灌根法接种 28d 后病株率为 17.31%~98.48%,平均病株率为 72.41%,变异系数为 27%;病情指数为 9.45~97.73,平均病情指数为 63.14,变异系数为 36%;抗性类型分为 4 种,3 份资源高抗,9 份抗病,27 份感病,8 份高感。2 种接种方法均表现抗病或高抗的资源有 8 份,同时表现感病或高感的资源有 27 份,12 份种质资源在 2 种接种方法中抗、感类型互换。从 2 种方法抗病表现较为一致的材料中筛选,芝麻枯萎病综合抗性较强的资源是 HN094-1、HN094,综合抗性较弱的资源是 HN008-1、HN021。

灌根法接种的平均病株率和病情指数更高、变异系数更小,表明此方法接种可使芝麻发病更加充分。灌根法接种与浸根法接种的病株率极差和标准差相当,但灌根法接种的病情指数极差和标准差高于浸根法,可见通过灌根法接种,芝麻种质资源的发病严重程度差异更大,更能反映出对枯萎病的抗性水平。

表 1 47份湖南芝麻种质资源对茎点枯病的抗性表现

材料名称	浸根法						灌根法					
	病株率 (%)	标准差	病情指数	标准差	抗性指数	抗性类型	病株率 (%)	标准差	病情指数	标准差	抗性指数	抗性类型
HN005	8.95	1.20	2.83	0.48	-0.31	抗	86.35	2.76	22.38	1.22	-0.70	抗
HN008	25.55	2.28	6.39	0.57	0.54	感	96.82	2.26	43.14	0.51	0.26	感
HN008-1	10.90	1.40	2.73	0.35	-0.35	抗	93.75	1.76	31.35	1.53	-0.24	抗
HN009	5.55	0.96	1.39	0.24	-1.04	抗	98.72	1.81	51.47	3.57	0.60	感
HN010	16.88	0.99	4.68	0.66	0.21	感	84.32	1.55	23.24	1.28	-0.65	抗
HN011	19.12	1.76	7.00	0.62	0.64	感	98.15	2.62	72.79	5.97	1.53	感
HN012	7.30	1.24	1.82	0.31	-0.76	抗	72.60	1.82	21.10	2.49	-0.78	抗
HN014	27.85	1.52	7.94	1.07	0.77	感	96.58	2.42	69.62	6.36	1.37	感
HN016	15.19	0.27	4.74	0.70	0.22	感	93.68	1.75	38.37	4.50	0.07	感
HN017	11.61	0.64	3.24	0.56	-0.17	抗	85.50	1.56	23.07	1.00	-0.66	抗
HN018	25.56	0.79	7.59	0.53	0.72	感	89.75	2.27	53.63	5.15	0.69	感
HN020	56.33	1.25	15.84	0.44	1.55	感	89.87	1.17	37.07	0.74	0.01	感
HN021	11.55	0.36	3.22	0.55	-0.18	抗	85.26	2.13	64.54	4.35	1.14	感
HN022	39.77	1.42	14.24	2.15	1.43	感	89.01	2.39	44.90	0.66	0.34	感
HN022-1	36.68	1.47	9.49	0.10	0.97	感	97.92	2.95	49.51	3.30	0.52	感
HN024-1	17.79	0.81	6.35	0.56	0.53	感	85.51	1.92	38.53	1.53	0.07	感
HN025	37.28	3.42	9.67	0.53	0.99	感	89.44	3.88	35.97	5.14	-0.04	抗
HN026	25.93	0.66	11.91	2.37	1.22	感	98.33	2.36	38.38	0.26	0.07	感
HN028	8.82	0.83	2.21	0.21	-0.57	抗	81.15	1.71	32.19	0.97	-0.20	抗
HN029	9.28	0.13	2.58	0.39	-0.41	抗	75.49	2.88	36.20	2.27	-0.03	抗
HN031	10.72	0.31	2.68	0.08	-0.37	抗	96.16	2.74	25.08	1.18	-0.55	抗
HN046	0	0	0	0	-	无症状	98.04	2.77	40.11	5.16	0.14	感
HN049	1.59	2.24	0.40	0.56	-2.30	高抗	100	0	49.62	0.54	0.53	感
HN051	10.83	0.72	4.82	1.72	0.24	感	99.05	1.35	25.32	1.00	-0.54	抗
HN061	20.00	0	5.00	0	0.28	感	98.41	2.24	42.76	1.62	0.25	感
HN062	8.24	0.41	2.41	0.52	-0.48	抗	100	0	33.13	3.97	-0.16	抗
HN063	21.02	0.92	5.59	0.32	0.40	感	87.67	3.29	31.84	2.40	-0.22	抗
HN065	53.77	2.93	14.04	0.81	1.41	感	97.15	2.03	41.91	2.00	0.21	感
HN066	26.04	2.15	6.83	0.80	0.61	感	98.33	2.36	40.36	1.79	0.15	感
HN067	31.06	1.66	7.76	0.42	0.75	感	100	0	36.36	3.13	-0.02	抗
HN070	20.35	0.50	5.09	0.12	0.30	感	98.41	2.24	38.20	2.07	0.06	感
HN082	18.37	0.27	4.59	0.07	0.19	感	98.55	2.05	31.05	1.25	-0.26	抗
HN083	5.48	0.85	1.37	0.21	-1.05	抗	98.77	1.75	53.67	3.10	0.69	感
HN084	39.17	1.18	9.79	0.29	1.00	感	100	0	34.18	1.26	-0.11	抗
HN085	57.73	1.93	14.81	0.88	1.47	感	98.67	1.89	30.83	0.59	-0.27	抗
HN086	21.06	0.30	5.26	0.08	0.33	感	100	0	29.38	1.14	-0.34	抗
HN087	0	0	0	0	-	无症状	97.78	3.14	26.97	1.43	-0.46	抗
HN088	22.08	1.08	8.14	0.27	0.80	感	100	0	34.55	2.53	-0.10	抗
HN089	10.72	0.31	2.99	0.51	-0.26	抗	97.69	1.64	44.02	0.69	0.30	感
HN090	3.68	0.24	0.92	0.06	-1.46	高抗	92.63	2.76	38.27	2.52	0.06	感
HN090-1	8.98	1.13	2.24	0.28	-0.55	抗	89.07	2.82	27.64	0.85	-0.42	抗
HN091	7.24	0.33	1.81	0.08	-0.77	抗	96.47	2.92	33.85	3.23	-0.13	抗
HN091-1	15.32	1.00	3.83	0.25	0	感	94.12	1.65	36.84	2.77	0	感
HN092	15.22	0.71	4.13	0.51	0.08	感	98.81	1.68	65.40	6.00	1.18	感
HN093	8.59	1.67	2.15	0.42	-0.60	抗	93.91	1.88	34.03	1.37	-0.12	抗
HN094	28.73	2.64	7.55	1.00	0.72	感	90.43	3.64	24.33	0.48	-0.59	抗
HN094-1	1.19	1.68	0.30	0.42	-2.59	高抗	89.16	2.84	30.98	2.45	-0.26	抗

表2 芝麻茎点枯病2种接种方法的主要参数比较

参数	浸根法		灌根法	
	病株率(%)	病情指数	病株率(%)	病情指数
最大值	57.73	15.84	100	72.79
最小值	0	0	72.60	21.10
极差	57.73	15.84	27.40	51.69
平均值	18.83	5.33	93.56	38.47
标准差	14.12	4.02	6.61	12.12
变异系数(%)	75	75	7	31

表3 47份湖南芝麻种质资源对枯萎病的抗性表现

材料名称	浸根法						灌根法					
	病株率(%)	标准差	病情指数	标准差	抗性指数	抗性类型	病株率(%)	标准差	病情指数	标准差	抗性指数	抗性类型
HN005	82.44	2.80	62.60	2.46	1.39	感	75.40	0.56	65.52	2.70	0.70	感
HN008	83.95	0.87	67.28	0.87	1.60	感	95.15	4.09	91.02	6.26	2.37	高感
HN008-1	73.81	1.68	61.51	1.40	1.34	感	98.25	2.48	97.55	2.16	3.74	高感
HN009	53.52	1.44	42.26	2.07	0.56	感	92.06	2.24	84.92	4.05	1.78	感
HN010	51.46	1.04	42.97	1.61	0.59	感	74.03	1.71	70.46	2.45	0.93	感
HN011	39.71	0.41	25.36	0.96	-0.20	抗	82.51	2.38	71.46	3.43	0.97	感
HN012	52.73	2.27	37.79	1.99	0.38	感	97.10	4.10	96.41	3.71	3.35	高感
HN014	41.20	1.21	26.19	1.60	-0.16	抗	95.12	3.74	94.36	4.64	2.87	高感
HN016	50.00	0	37.50	0	0.37	感	92.75	2.05	91.30	3.55	2.41	高感
HN017	51.26	2.72	39.13	2.51	0.43	感	84.72	2.34	83.13	2.71	1.65	感
HN018	62.73	1.56	50.48	2.07	0.90	感	67.80	1.97	61.80	4.49	0.54	感
HN020	97.32	1.92	48.66	0.96	0.82	感	60.08	1.46	53.81	0.96	0.21	感
HN021	57.15	2.36	44.17	2.68	0.64	感	98.48	2.14	97.73	3.21	3.82	高感
HN022	67.07	3.52	60.23	4.22	1.29	感	93.38	1.96	89.41	3.51	2.19	高感
HN022-1	92.21	2.15	75.83	2.40	2.02	高感	71.44	1.83	66.46	3.79	0.74	感
HN024-1	79.58	2.02	70.48	3.61	1.75	感	87.52	2.11	82.11	4.49	1.58	感
HN025	40.46	0.33	29.77	0.16	0.02	感	84.66	1.55	78.58	3.38	1.36	感
HN026	49.33	0.94	37.32	1.01	0.36	感	98.41	2.24	96.29	2.92	3.31	高感
HN028	40.44	1.82	32.83	2.10	0.16	感	85.38	3.49	78.86	5.42	1.37	感
HN029	44.81	0.29	40.78	0.93	0.50	感	90.53	3.64	85.01	4.46	1.79	感
HN031	64.89	1.26	57.33	1.89	1.17	感	80.56	4.78	65.83	3.12	0.71	感
HN046	38.09	0.44	25.00	0.45	-0.22	抗	77.15	1.70	65.86	0.68	0.71	感
HN049	36.22	0.31	30.56	0.79	0.06	感	63.41	1.94	54.55	2.01	0.24	感
HN051	31.44	0.58	26.96	0.78	-0.12	抗	86.02	2.08	77.70	4.63	1.30	感
HN061	33.65	1.38	20.92	0.43	-0.45	抗	43.89	2.83	32.78	2.08	-0.66	抗
HN062	43.26	1.35	29.45	0.85	0	感	59.35	2.10	48.55	2.05	0	感
HN063	59.30	4.00	45.09	2.48	0.68	感	17.31	2.34	9.45	0.48	-2.20	高抗
HN065	46.04	2.33	35.13	1.40	0.26	感	26.03	1.63	17.80	1.66	-1.47	高抗
HN066	38.83	2.18	28.48	1.96	-0.04	抗	72.08	2.36	56.26	2.08	0.31	感
HN067	32.83	0.71	27.64	0.66	-0.09	抗	55.00	2.27	45.67	2.27	-0.12	抗
HN070	29.30	2.21	21.54	2.25	-0.42	抗	56.76	0.87	37.47	0.34	-0.46	抗
HN082	59.17	2.20	36.41	1.35	0.32	感	70.19	2.66	58.71	2.18	0.41	感
HN083	64.65	1.43	50.79	1.12	0.91	感	65.04	2.07	51.17	2.26	0.10	感
HN084	51.92	1.47	38.32	1.26	0.40	感	94.05	2.06	75.14	1.51	1.16	感
HN085	34.22	4.09	29.05	3.95	-0.02	抗	78.62	3.12	65.04	2.00	0.68	感
HN086	30.37	0.58	22.85	0.76	-0.34	抗	68.74	1.48	53.73	1.36	0.21	感
HN087	40.30	0.43	30.61	0.86	0.06	感	83.26	3.64	67.30	3.88	0.78	感
HN088	48.48	2.14	41.22	3.02	0.52	感	53.63	0.48	34.22	1.29	-0.60	抗
HN089	40.39	0.55	28.84	0.86	-0.03	抗	50.51	0.71	35.34	1.03	-0.55	抗
HN090	55.25	3.72	46.58	3.56	0.74	感	79.79	3.61	71.38	2.33	0.97	感
HN090-1	33.69	1.34	29.77	1.98	0.02	感	71.55	3.55	61.94	3.61	0.54	感
HN091	38.80	1.87	36.56	3.72	0.32	感	60.01	2.86	47.36	0.85	-0.05	抗
HN091-1	37.18	1.81	26.92	1.57	-0.12	抗	55.57	0.25	43.38	0.62	-0.21	抗
HN092	36.84	1.68	27.60	1.17	-0.09	抗	66.54	2.87	56.17	3.06	0.30	感
HN093	19.43	0.41	15.22	0.71	-0.84	抗	64.65	1.43	45.10	1.44	-0.14	抗
HN094	14.12	0.23	10.19	0.50	-1.30	高抗	61.04	1.44	43.72	0.43	-0.20	抗
HN094-1	26.75	2.64	16.71	1.46	-0.73	抗	17.65	0.29	10.00	0.77	-2.14	高抗

表4 芝麻枯萎病2种接种方法的主要参数比较

参数	浸根法		灌根法	
	病株率(%)	病情指数	病株率(%)	病情指数
最大值	97.32	75.83	98.48	97.73
最小值	14.12	10.19	17.31	9.45
极差	83.20	65.64	81.17	88.28
平均值	48.86	37.64	72.41	63.14
标准差	18.06	14.66	19.86	22.57
变异系数(%)	37	39	27	36

**2.3 芝麻抗茎点枯病与枯萎病的种质资源筛选与评价** 根据47份芝麻种质资源对茎点枯病和枯萎病的抗病表现,筛选出22份在2种接种方法中抗感表现较为一致的资源(抗感表现稍有不同的以灌根法的结果为准),并对其综合抗性水平进行分类(表5)。I类资源有2份,II类资源有3份,III类资源有9份,IV类资源有8份。22份资源中,抗茎点枯病的资源占50.0%,抗或高抗枯萎病的资源占22.7%。I类资源可作为首选抗源用于芝麻育种(图1)。

### 3 讨论与结论

**3.1 芝麻枯萎病抗性鉴定方法** 芝麻茎点枯病和枯萎病发生周期长,发病程度受多种因素的影响,根据病害类型、寄主生长阶段、资源条件选择匹配的接种技术,并通过标准化操作与多方法验证可确保鉴定结果的可靠性。王文泉等<sup>[9]</sup>将带菌棉籽大量扩繁,田间播种时开沟接菌,盛花期分2次调查,以小区为单位计算芝麻枯萎病病情指数、扩展速度和平均严重度。仇存璞等<sup>[8]</sup>将催芽露白的无菌芝麻

种子播种在纸钵中,采用 $1 \times 10^6$ CFU/mL分生孢子悬浮液与无菌蛭石和无菌土壤按体积1:2:6比例混合接菌(最终接菌浓度为 $1.4 \times 10^5$ CFU/g土壤),于25℃、12h/d光暗交替培养,相对湿度为80%,幼苗在接菌后第7天开始出现枯萎病症状,调查菌株致病性的最佳时间为接菌后第25~28天。朱强宾等<sup>[10]</sup>将适量菌株滤液加入MS培养液,使镰刀菌酸浓度分别为1μg/mL、5μg/mL和10μg/mL,然后在MS培养液中加入琼脂粉5g/L,121℃高压灭菌后冷却待用;挑选露白的无菌芝麻种子分别接种在上述MS固体培养基上,25℃、14h/10h光照/黑暗下培养;2周后调查,发现芝麻幼苗随着菌液浓度的增加生长受抑制程度越明显。苗红梅等<sup>[11]</sup>进行营养生长时期(2对真叶至现蕾期)芝麻种质对尖孢镰刀菌芝麻专化型菌株的抗性水平鉴定,结果表明,1×10<sup>6</sup>~5×10<sup>6</sup>CFU/mL浓度下,植株蘸根接菌处理1~2周即可发病,第4周样本枯萎病病情指数趋于稳定。本研究中采用浸根法和灌根法鉴定芝麻枯萎病抗感类型,发现采用灌根法接种的发病程度差异更大,更能反映出芝麻种质资源对枯萎病的抗性水平。

**3.2 芝麻茎点枯病抗性鉴定方法** 李丽丽等<sup>[12]</sup>在蒴果发育期至成熟期间调查芝麻茎点枯病的发病情况,田间自然诱发鉴定设置在多年连作地块,或在播种沟内均匀撒入芝麻病秆粉促进病害发生,要求对照平均发病率达到40%以上;人工接种鉴定除了在播种沟中撒病秆粉,还在现蕾期和盛花期各喷布1次分生孢子和小菌核的悬浮液,要求对照平

表5 芝麻种质资源对茎点枯病和枯萎病的抗性表现

材料名称	抗性类型		分类	材料名称	抗性类型		分类
	茎点枯病	枯萎病			茎点枯病	枯萎病	
HN093	抗	抗	I	HN031	抗	感	III
HN094-1	抗	高抗	I	HN062	抗	感	III
HN061	感	抗	II	HN090-1	抗	感	III
HN070	感	抗	II	HN008	感	高感	IV
HN091-1	感	抗	II	HN016	感	高感	IV
HN005	抗	感	III	HN018	感	感	IV
HN008-1	抗	高感	III	HN020	感	感	IV
HN012	抗	高感	III	HN022	感	高感	IV
HN017	抗	感	III	HN022-1	感	感	IV
HN028	抗	感	III	HN024-1	感	感	IV
HN029	抗	感	III	HN026	感	高感	IV



a~c 分别为 HN093、HN094-1、HN091-1 (CK) 浸根法接种茎点枯病菌; d~f 分别为 HN093、HN094-1、HN091-1 (CK) 灌根法接种茎点枯病菌; g~i 分别为 HN093、HN094-1、HN062 (CK) 浸根法接种枯萎病菌; j~l 分别为 HN093、HN094-1、HN062 (CK) 为灌根法接种枯萎病菌

图 1 双抗资源 HN093、HN094-1 的抗性表现

均发病率达到 50% 以上。张秀荣等<sup>[13]</sup>发明了一种鉴定芝麻茎点枯病和枯萎病病原菌致病性的方法,在培养瓶中加入灭菌培养基,凝固后铺放一层无菌滤纸,添加少量无菌水浸润滤纸,然后沿滤纸边缘均匀摆放芝麻无菌种子,再在滤纸中央接种菌饼,密闭黑暗培养 5d,调查芝麻幼苗的发病情况。刘莉铭等<sup>[14]</sup>采用菌丝悬浮液灌根侵染芝麻幼苗,该接种方法能够保证每个单株充分发病,并且发病重复性较好。闫文庆<sup>[15]</sup>在 100mL 菌丝悬浮液中加入 100mL 蒸馏水,然后与 200g 无菌的草炭土(草炭土:蛭石=3:1)搅拌混匀得到带菌土壤,将 3 对真叶的芝麻植株从生长钵中移栽到制备好的菌土中,观察发病情况。本研究中浸根法接种芝麻茎点枯病有 2 份资源无症状表现,可能存在接种不成功的情况,灌根法则使芝麻植株发病更加充分和稳定,筛选出对茎点枯病的抗性稳定且较强的芝麻种质资源。

**3.3 芝麻茎点枯病和枯萎病抗性品种的选育** 针对我国芝麻品种产量低、抗病性差等突出问题,育种家们致力于高产、抗病芝麻新品种的创制与选育,促进了芝麻品种改良和产业进步。生产上已有大量抗

病性强的品种投入使用,如鄂芝 1 号在湖北省区域试验中平均发病率在 10% 左右,病情指数 5.8;湖北省生产示范中发病率仅 5% 左右,灾害年份不超过 15%<sup>[16]</sup>;中芝 12 茎点枯病和枯萎病病情指数分别为 6.56 和 1.62<sup>[17]</sup>;中芝 35 病情指数分别为 6.27、3.12,抗病性均较好<sup>[18]</sup>;周芝 12 号茎点枯病和枯萎病病情指数分别为 7.75、4.74,属高抗枯萎病和抗茎点枯病品种<sup>[19]</sup>。本研究从 47 份芝麻种质资源中筛选出 22 份在 2 种接种方法中抗感表现较为一致的资源,其中 HN093(大广白芝麻)对 2 种病害均表现抗病,HN094-1(石桥白芝麻)对茎点枯病表现抗病,对枯萎病表现高抗,这 2 份双抗资源可作为中间材料,用于芝麻抗病育种。

芝麻茎点枯病和枯萎病均为土传病害,主要从寄主根部侵染,防治难度大,尤其是枯萎病,只通过土壤传播,种子药剂处理往往只在芝麻生长初期有效,随着植株的生长,药剂不再发挥作用。研究表明,芝麻茎点枯病病原菌只存在于种皮上,而不存于子叶和胚轴上,通过温汤浸种的方法可以有效杀菌<sup>[20]</sup>。尽管如此,茎点枯病和枯萎病仍然是芝麻最严重的两大病害,目前研究最多的是通过拮抗菌

进行生物防治,研究人员对曲霉属<sup>[21-22]</sup>、木霉属真菌<sup>[23-24]</sup>,芽孢杆菌<sup>[25-26]</sup>等细菌,甚至病原菌的内源病毒的拮抗作用进行了大量体外测试,均有较好的效果,但在生产上仍存在应用瓶颈,抗病育种依然是芝麻病害防治的主要手段。研究人员通过抗病性鉴定筛选出抗病种质、开发抗病相关分子标记,利用抗病基因、抗病蛋白研究抗病机制,选育出了具有持久、广谱抗病性的芝麻新品种,提高了我国芝麻产区的整体抗性水平。

致谢: 特别感谢河南省农业科学院芝麻研究中心苗红梅研究员为本研究提供试验用菌株。

### 参考文献

- [1] 赵清爽. 玉米镰刀菌穗腐病接种方法及品种抗性鉴定研究. 郑州: 河南农业大学, 2018
- [2] 戚莉梅, 胡怡, 李磊, 孙政玺, 何心尧, 李韬. 浅议小麦赤霉病抗性类型与鉴定方法的对应性. 生物技术进展, 2021, 11 ( 5 ): 554-559
- [3] 叶蕾. 芸薹根肿菌( *Plasmodiophora brassicae* ) 不同接种方法对发病严重度的影响. 雅安: 四川农业大学, 2014
- [4] 张志博, 高增贵, 庄敬华, 隋鹤, 张小飞. 引发小麦赤霉病和玉米茎基腐病禾谷镰孢菌相关性研究 // 中国植物病理学会. 中国植物病理学会 2010 年学术年会论文集. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2010
- [5] 王素华, 张璐, 杨学乐, 何录秋. 芝麻对茎点枯病及枯萎病抗性的研究进展. 湖南农业科学, 2022 ( 4 ): 92-95
- [6] 高树广, 倪云霞, 李伟峰, 王瑞霞, 赵辉, 杨修身, 刘红彦, 杨光宇. 芝麻苗期抗茎点枯病鉴定技术研究. 中国农学通报, 2014, 30 ( 30 ): 44-49
- [7] 张秀荣, 冯祥运. 芝麻种质资源描述规范和数据标准. 北京: 中国农业出版社, 2006
- [8] 仇存璞, 张海洋, 常淑娴, 魏利斌, 苗红梅. 芝麻枯萎病病原菌致病力室内鉴定方法. 植物病理学报, 2014, 44 ( 1 ): 26-35
- [9] 王文泉, 柳家荣, 屠礼传. 芝麻对枯萎病抗性遗传的初步研究. 河南农业大学学报, 1993, 27 ( 1 ): 84-89
- [10] 朱强宾, 张海洋, 段迎辉, 常淑娴, 魏利斌, 李春, 苗红梅. 芝麻枯萎病菌毒素成分分析及其对芝麻幼苗的毒性. 植物保护, 2016, 42 ( 4 ): 27-33, 42
- [11] 苗红梅, 常淑娴, 张海洋, 黄进勇, 段迎辉, 曲文文. 芝麻营养生长期枯萎病抗性鉴定技术研究. 植物遗传资源学报, 2020, 21 ( 2 ): 330-337
- [12] 李丽丽, 王圣玉, 方小平, 黄早花, 汪山涛, 李民良, 崔苗青. 我国芝麻种质资源抗茎点枯病鉴定. 中国油料, 1991, 13 ( 1 ): 3-6, 23
- [13] 张秀荣, 王林海, 黎冬华, 张艳欣, 危文亮. 一种鉴定芝麻茎点枯病和枯萎病病原菌致病性的方法. 中国: 201010565405. 1, 2012-09-05
- [14] 刘莉铭, 刘红彦, 田保明. 茎点枯病菌诱导下芝麻内参基因的筛选. 作物学报, 2012, 38 ( 3 ): 471-478
- [15] 闫文庆. 基于转录组学解析芝麻抗茎点枯病的分子机制. 郑州: 郑州大学, 2021
- [16] 贺建文, 赵开斌. 高产抗病耐渍新品种鄂芝 1 号选育与应用. 安徽农业科学, 2000, 28 ( 1 ): 56-57
- [17] 赵应忠, 危文亮, 刘红艳. 高产抗病优质芝麻新品种中芝 12 的选育. 中国油料作物学报, 2004, 26 ( 1 ): 76-78
- [18] 中国农业科学院油料作物研究所. 油料所选育出高产抗病黑芝麻新品种. 休闲农业与美丽乡村, 2016 ( 9 ): 56
- [19] 王瑞霞, 高树广, 李伟峰, 杨光宇, 张春花, 张辉. 徐东阳, 顾晶晶. 高产优质多抗芝麻新品种周芝 12 号的选育及配套栽培技术. 作物研究, 2019, 33 ( 2 ): 162-164
- [20] Indra N. Studies on the detection, location and transmission of seedborne *Macrophomina phaseolina* ( Tassi. ) Goid causing charcoal rot disease in sesame ( *Sesamum indicum* L. ) varieties of Tamil Nadu. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 2020, 9 ( 6 ): 1812-1816
- [21] Hegazy M, El Shazly A, Mohamed A, Hassan M H A. Impact of certain endophytic fungi as biocontrol agents against sesame wilt disease. Archives of Agriculture Sciences Journal, 2019, 2 ( 2 ): 55-68
- [22] Khan I H, Javaid A. Antagonistic activity of *Aspergillus versicolor* against *Macrophomina phaseolina*. Brazilian Journal of Microbiology, 2022, 53: 1613-1621
- [23] Goshu H, Mulatu A, Tenkegna T A. Antifungal activity evaluation of *Trichoderma* species against *Fusarium* wilt and *Alternaria* leaf blight of sesame ( *Sesame indicum* L. ) under in vitro conditions. Asian Journal of Biological Sciences, 2020, 13 ( 2 ): 139-151
- [24] AI-Juboory H H, Aljarah N S. Control of *Macrophomina phaseolina* by different isolates of *Trichoderma* spp. . Indian Journal of Ecology, 2020, 47 ( 10 ): 191-196
- [25] Wang H J, Yao L, Chen J, Ding Z R, Ou X, Zhang C W, Zhao J J, Han Y Z. Antifungal peptide P852 effectively controls *Fusarium oxysporum*, a wilt-causing fungus, by affecting the glucose metabolism and amino acid metabolism as well as damaging mitochondrial function. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2023, 71: 19638-19651
- [26] Abd S W, AI-Juboory H H. Evaluation of the activity of *Bacillus subtilis* and actinomyces sp. against *Macrophomina phaseolina* ( Tassi. ) Goid causative agent of charcoal rot on sesame. Plant Archives, 2020, 20: 2343-2348

( 收稿日期: 2025-05-06 )