

辣椒品种抗疫病鉴定及防控辣椒疫病的中医农药筛选

蒋晶晶¹, 陶兴林², 李彩莲³, 陈灵芝², 漆永红¹, 杜 蕙¹

(1. 甘肃省农业科学院植物保护研究所 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院蔬菜研究所 兰州 730070;
3. 甘肃省榆中县农村经济指导站 甘肃榆中 730100)

摘要:为明确甘肃主栽辣椒品种对疫病的抗性水平及探寻防治辣椒疫病的绿色药剂,通过游动孢子灌根法对 10 个辣椒品种进行疫病抗性鉴定及药剂防治效果的测定,采用菌丝生长速率法在室内测定了 3 种中药材水浸提液对辣椒疫霉菌丝生长的抑制作用,利用含毒介质法测定了黄连提取液对辣椒疫霉菌孢子囊形成的抑制作用。结果表明,从甘肃主栽的 10 个辣椒品种中筛选出 2 个抗病品种、7 个中抗品种;不同浓度的 3 种中药材水浸提液对辣椒疫霉菌丝生长均具有较强的抑制作用,其中黄连的抑菌效果最好,浓度为 10% 时抑菌率达 82.5%,浓度为 60% 时达到完全抑制的效果;黄连提取液对辣椒疫霉菌的 EC_{50} 为 $1.248\ 0\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,浓度为 $1.0\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时对孢子囊形成的抑制率达 98.0%;盆栽苗防病测定结果表明,当黄连水浸提液浓度为 10% 时,病情指数最低,防治效果最好,达到了 75.57%。综上,本研究筛选出了 2 个抗疫病的辣椒品种,筛选出的中医农药黄连提取液可有效抑制辣椒疫霉菌丝生长和孢子囊的形成。本研究结果为辣椒品种的选择提供了理论依据,并为辣椒疫病绿色防治药剂的研发开辟了新途径。

关键词:辣椒;疫病;抗性;植物源杀菌剂;黄连;防效

中图分类号:S641.3

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2026)04-169-07

Identification of pepper resistance to *Phytophthora* blight and screening of traditional Chinese medicine fungicides for the prevention and control of pepper *Phytophthora* blight

JIANG Jingjing¹, TAO Xinglin², LI Cailian³, CHEN Lingzhi², QI Yonghong¹, DU Hui¹

(1. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, Gansu, China; 2. Institute of Vegetable, Gansu Academy of Agricultural Science, Lanzhou 730070, Gansu, China; 3. Rural Economy Guidance Station of Yuzhong County, Yuzhong 730100, Gansu, China)

Abstract: In order to clarify the resistance level of main pepper varieties to *Phytophthora* blight in Gansu province and explore the green fungicides for controlling pepper *Phytophthora* blight, the resistance identification and control effect of 10 pepper varieties were determined by zoospore root suspension on potted seedlings in greenhouse. The inhibitory effect of water extracts of three kinds Chinese herbal materials on the mycelial growth of *Phytophthora capsici* were determined by mycelial growth rate method in laboratory. The inhibitory effect of *C. chinensis* extract on the formation of sporangium of *P. capsici* was determined by toxic medium method. The results showed that 2 disease-resistant varieties and 7 medium disease-resistant varieties were screened from 10 main pepper varieties in Gansu. The water extracts of three kinds of Chinese herbal medicinal materials with different concentrations had strong inhibitory activity on the growth of *P. capsici*. Among which *C. chinensis* had the best inhibitory effect, the inhibition rate was 82.5% when the concentration was 10%, the effect of complete inhibition was achieved when the concentration was 60%. The EC_{50} of *C. chinensis* extract on *P. capsici* was $1.248\ 0\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, and the inhibition rate of sporangia formation was 98.0% when the concentration was $1.0\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. The control effect of potted seedlings showed that when the concentration of water extract of *C. chinensis* was 10%, the disease index was the lowest and the control effect was the best, reaching 75.57%. In summary, this study

收稿日期:2025-09-22;修回日期:2026-01-20

基金项目:甘肃省药品监督管理局药品科研项目(2023GSMPA032);甘肃省科技厅重点研发项目(23YFNA0029);甘肃省农业科学院科技支撑计划(2023GAAS18)

作者简介:蒋晶晶,女,助理研究员,主要从事作物病害病原学及其防治研究。E-mail:jingjingziyu@163.com

通信作者:陈灵芝,女,研究员,主要从事辣椒育种研究。E-mail:gshlzh38@sina.com

screened two pepper varieties with resistance to *phytophthora* blight, the screened Chinese medicine *C. chinensis* extract can effectively inhibit the growth of *P. capsici* and the formation of sporangium. The results of this study provide a theoretical basis for the selection of pepper varieties, and open up a new way for the development of green control agents for pepper blight.

Key words: Pepper; *Phytophthora* blight; Resistance; Botanical fungicide; *Coptis chinensis*; Control efficacy

辣椒疫霉菌(*Phytophthora capsici*)可以侵染茄科、豆科和葫芦科在内的多种作物,引起辣椒疫病^[1],侵染植株后常导致作物叶片枯萎凋零、茎秆出现黑褐色坏死、果实腐烂及田块大面积死秧断垄等现象,每年在全球造成的损失达100万美元^[2-3]。目前,化学农药是防治辣椒疫病最有效和最经济的手段,然而,卵菌对大多数广谱杀菌剂不敏感,且病原菌容易产生抗药性,伴随着用药导致的环境污染等问题引起了人们的更多关注^[4-5]。为了减少化学农药的使用,2015年农业部制定了《到2020年农药使用零增长行动方案》进一步强调了病害绿色防控的重要性^[6]。因此,研究和开发高效安全、生态友好的生物农药是未来农药发展的重要方向^[7]。

植物源农药是从植物中提取的对病虫害有抑制或杀灭作用的农药产品,具有对环境污染较轻、不易产生抗药性、对其他生物安全、促生并提高作物抗病性等特点^[8-9]。研究表明,中药材肉桂和黄芩等的乙醇提取液对灰葡萄孢和尖孢镰刀菌等具有较好的抑制作用^[10];黄连、黄芩及大黄水浸提液对供试的炭疽菌和镰刀菌等多种病原真菌均有显著的抑制作用,且黄连水浸提液的抑菌谱最广,抑菌效果最好^[11];含有小檗碱和皂苷类化合物的中药材提取液对苹果轮纹病^[12]、核桃腐烂病及樱桃流胶病等^[13]都有很好的防效,但关于中药材提取液防治辣椒疫病的研究报道较少。

鉴于此,笔者利用灌根法在温室条件下评价了10个甘肃主栽辣椒品种对辣椒疫病的抗性水平;采用菌丝生长速率法测定中药材水浸提液和黄连提取物对辣椒疫霉菌丝生长的抑制能力,采用含毒介质法测定了黄连提取物对孢子囊产生的抑制作用;并测定了不同浓度的黄连水浸提液对辣椒疫病的盆栽防治效果,以期为辣椒品种选择提供指导,并为防控辣椒疫病的植物源农药研发提供新思路。

1 材料与方法

1.1 材料

供试辣椒:选择的10个辣椒品种均由甘肃省农业科学院蔬菜研究所提供,详见表1。于2024年5月用50℃温水浸泡辣椒种子3~4h后用清水冲洗2遍,然后将种子放入保湿滤纸上,在26℃恒温黑暗培养箱中催芽。4~5d后将露白的种子播于穴盘中,在甘肃省农业科学院蔬菜研究所日光温室中培养待用。

供试菌株:辣椒疫霉(*P. capsici*)于2023年7月分离自甘肃兰州的辣椒疫病病株,由甘肃省农业科学院植物保护研究所经济作物病害研究室保存。

供试中药材:黄连(*Coptis chinensis*)、黄芩(*Scutellaria baicalensis*)、大黄(*Rheum palmatum*),均为市售。

供试培养基:马铃薯葡萄糖琼脂(potato dex-

表1 供试辣椒品种
Table 1 Tested pepper variety

序号 No.	品种名称 Variety name	来源 Source	序号 No.	品种名称 Variety name	来源 Source
1	9628	甘肃绿星农业科技有限责任公司 Gansu Lüxing Agricultural Technology Co., Ltd.	6	陇椒10号 Longjiao 10	甘肃省农业科学院蔬菜研究所 Institute of Vegetable, Gansu Academy of Agricultural Science
2	9638	甘肃绿星农业科技有限责任公司 Gansu Lüxing Agricultural Technology Co., Ltd.	7	陇椒11号 Longjiao 11	甘肃省农业科学院蔬菜研究所 Institute of Vegetable, Gansu Academy of Agricultural Science
3	阳光688 Yangguang 688	济南天瑞种子销售有限公司 Jinan Tianrui Seed Co., Ltd.	8	陇椒13号 Longjiao 13	甘肃省农业科学院蔬菜研究所 Institute of Vegetable, Gansu Academy of Agricultural Science
4	华美105 Huamei 105	酒泉市华美种子有限责任公司 Jiuquan Huamei Seed Co., Ltd.	9	37-94	瑞克斯旺(中国)种子有限公司 Rijk Zwaan (China) Seed Co., Ltd.
5	华美109 Huamei 109	酒泉市华美种子有限责任公司 Jiuquan Huamei Seed Co., Ltd.	10	37-124	瑞克斯旺(中国)种子有限公司 Rijk Zwaan (China) Seed Co., Ltd.

trose agar, PDA)培养基,胡萝卜琼脂(carrot agar, CA)培养基。

1.2 辣椒疫霉的活化及游动孢子悬浮液的制备

将保存于 PDA 斜面的病原菌接种于 CA 培养基上,26 °C 下恒温黑暗培养 7 d。参考 Chen 等^[14]的方法,以涂抹菌丝的方式促进孢子囊产生。用灭菌蒸馏水清洗菌丝及孢子囊,双层灭菌纱布过滤。在光学显微镜下利用血球计数器调整孢子囊悬浮液的浓度为 1×10^4 个孢子囊 $\cdot \text{mL}^{-1}$,将配好的孢子囊悬浮液置于 4 °C 冰箱中,静置 2~3 h,使其充分释放游动孢子,接种液要求现配现用。

1.3 辣椒疫霉接种方法

当供试辣椒苗龄在 5~6 片叶时进行游动孢子悬浮液灌根接种,接种前 1 d 苗盘浇适量水,保证土壤保持半干半湿状态。接种时在根部旁 2 cm 左右扎 1 个孔,将接种液注入孔中,接种期经常洒水以保持土壤湿度近饱和。接种量为 $5 \text{ mL} \cdot \text{株}^{-1}$,每个品种 3 次重复,每个重复 12 株幼苗,共 36 株,接种灭菌水做空白对照。将苗盘置于平均温度 28 °C 的温室内培养,10 d 后参考李屹等^[15]和毛爱军等^[16]报道的辣椒疫病严重度分级标准,调查发病率并计算病情指数。病情指数(DI) = $\Sigma(\text{病级数值} \times \text{该病级病株数}) \times 100 / (\text{病级最高值} \times \text{调查株数})$ 。根据品种群体抗病性划分标准^[17],将抗性划分为 4 个等级,病情指数 ≤ 10 为高抗(HR); $10 < \text{病情指数} \leq 30$ 为抗病(R); $30 < \text{病情指数} \leq 50$ 为中抗(MR);病情指数 > 50 为感病(S)。

1.4 中药材对辣椒疫霉菌的室内抑制作用

1.4.1 中药材水浸提液及含药培养基的制备 中药材水浸提液的制备参考蒋晶晶等^[11]的方法。取中药材黄连、大黄及黄芩各 100 g,先在 1000 mL 蒸馏水中浸泡 20 min,然后小火煮 30 min,用 2 层纱布过滤出滤液。滤渣中继续加水 500 mL,煎煮 30 min 后过滤出滤液,将两次滤液混合,并用蒸馏水定容至 1000 mL(即中药材水浸提液)。取浸提液 50、100、150、250 和 300 mL,用蒸馏水分别定容至 500 mL,即制成浓度分别为 10%、20%、30%、50%、60%的中药材水浸提液,密封置冰箱中冷藏备用。用不同浓度中药材水浸提液代替 PDA 培养基中等量的水制成含药 PDA 培养基。

1.4.2 黄连提取液及含药培养基的制备 将市售的黄连粉碎后过筛(20 目),称取 20 g 粉末加入 400 g 蒸馏水中,摇床室温振荡 24 h 后抽滤并收集滤液。75 °C 旋转蒸发,待接近干燥时用灭菌水定容至 50 mL,即得到浓度(ρ ,后同)为 $0.4 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的

连提取物母液。将 $0.4 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的黄连提取物母液,按照一定比例加入到灭菌后冷却至约 50 °C 的 PDA 培养基中,配成 0.4、0.8、1.6、3.2 和 $6.4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 5 个浓度梯度的含药 PDA 培养基。

1.4.3 抑菌效果的测定 将供试菌株在 PDA 培养基活化培养 4 d 后,用直径为 5 mm 的打孔器打取菌饼,接入不同浓度的含药平板中央,以接入空白 PDA 平板为对照,置于 26 °C 条件下黑暗培养。每处理 3 次重复,第 5 天采用十字交叉法测量菌落直径,计算各处理对菌丝生长的抑制率。以菌丝生长抑制率对应的值为纵坐标(y),药剂浓度的对应的值为横坐标(x),利用 SPSS 软件进行线性回归分析,建立回归方程 $y = ax + b$,计算致死中浓度(EC_{50}),根据 EC_{50} 分析黄连提取液对辣椒疫霉菌的毒力。

1.4.4 黄连提取液对辣椒疫霉孢子囊的影响 参考 Matheron 等^[18]的方法研究黄连提取液对疫霉孢子囊形成的影响,并稍加改进。在新活化的菌落边缘打取直径为 5 mm 的菌饼 10 块,置于一次性培养皿(90 mm)中,加入 15 mL 胡萝卜培养液,26 °C 黑暗培养 3 d 后用灭菌蒸馏水漂洗菌饼 3 次。每皿分别加入 15 mL 的 0.0625 、 0.125 、 0.25 、 0.5 、 $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的黄连提取液,以加入胡萝卜培养液为空白对照,26 °C 光照培养 4 d,每个处理 3 次重复。取培养后的菌饼,在 5% 酸性品红溶液中固定,在光学显微镜下统计每个菌饼边缘的孢子囊数量,计算不同浓度黄连提取液对孢子囊形成的抑制率。

1.5 黄连水浸提液对辣椒疫病的室内防效测定

将长势一致的陇椒 10 号辣椒苗移栽至装有灭菌土的塑料盆中,每盆 2 株,10 d 后采用游动孢子悬浮液灌根接种法接种。接种 1 h 后分别将配制好的不同浓度(5%、10%、30%、50%)的黄连水浸提液倒入辣椒苗茎基部,每盆 15 mL,每个处理 3 盆,共 3 次重复,以倒入清水作为空白对照。接种后置于甘肃省农业科学院植物保护研究所日光温室中,保证温室内温度在 25~30 °C,盆内土壤湿润。定期记录辣椒苗发病情况,统计并计算病情指数及防效。

1.6 数据处理

采用 Excel 软件对数据进行统计,采用 SPSS 17.0 软件的 Duncan 氏新复极差法进行差异显著性分析。

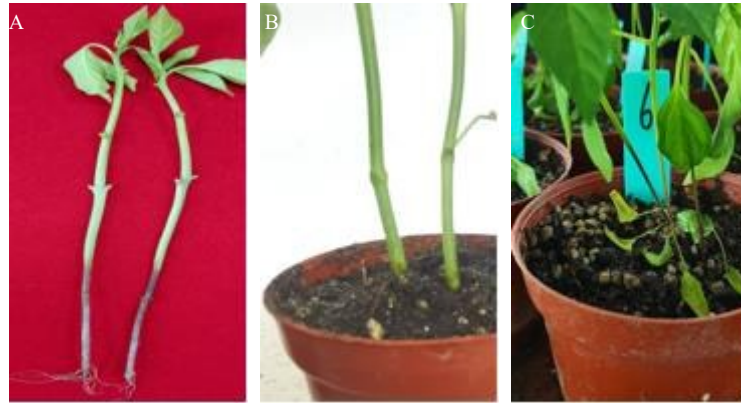
2 结果与分析

2.1 不同辣椒品种抗疫病鉴定

田间发病植株根茎部明显变黑缢缩,植株萎

焉落叶(图 1-A)。采用苗期灌根接种法对 10 个甘肃省主栽辣椒品种进行了抗疫病鉴定,7 d 后对照未发病(图 1-B),部分辣椒材料茎基部变黑,叶片明显萎焉,落叶明显(图 1-C)。根据辣椒品种

群体抗疫病划分标准,筛选出 2 份抗病品种(陇椒 10 号和陇椒 11 号),1 份感病品种(37-124),其余 7 份品种均为中抗品种,占辣椒品种群体的 70% (表 2)。



注:A. 田间病株;B. CK;C. 接种 7 d 后茎基部变黑。

Note: A. Field diseased plants; B. CK; C. The stem base became black after 7 days of inoculation.

图 1 辣椒疫病田间病株及接种症状

Fig. 1 Field disease plants and inoculation symptoms of *Phytophthora* blight

表 2 苗期灌根法鉴定结果及抗性评价

Table 2 Identification results and resistance evaluation of seedling root irrigation method

品种名称 Variety name	病株率 Diseased plant rate/%	病情指数 Disease index	抗性评价 Resistance evaluation	品种名称 Variety name	病株率 Diseased plant rate/%	病情指数 Disease index	抗性评价 Resistance evaluation
9628	84.0	30.40	中抗 MR	陇椒 10 号 Longjiao 10	77.8	24.44	抗 R
9638	100.0	42.86	中抗 MR	陇椒 11 号 Longjiao 11	81.3	27.50	抗 R
阳光 688 Yangguang 688	85.7	31.43	中抗 MR	陇椒 13 号 Longjiao 13	95.7	36.52	中抗 MR
华美 105 Huamei 105	96.0	39.20	中抗 MR	37-94	85.7	31.43	中抗 MR
华美 109 Huamei 109	100.0	42.35	中抗 MR	37-124	100.0	53.64	感病 S

2.2 供试中药材水浸提液对辣椒疫霉菌丝的抑菌效果

3 种供试中药材不同浓度的水浸提液制成的含毒平板对辣椒疫霉菌均有较好的抑制作用,且随着浓度增大,抑制作用不断增强(图 2)。当水浸提液浓度为 60%时,黄连的抑菌效果最好,对辣椒疫霉的抑制率达 97.7%;黄芩和大黄的抑菌效果次之,分别为 87.3%和 73.5%;当浸提液浓度仅为 10%时,黄连对辣椒疫霉的抑制率达 82.5%,显著高于黄芩及大黄(表 3)。因此后续选取抑菌效果最好的黄连水浸提液进行辣椒疫病的盆栽防控效果试验。

2.3 黄连水浸提液对辣椒疫霉病的室内防效测定

结合黄连室内药剂毒力测定的结果,在温室盆栽辣椒苗 6~7 叶期进行 5%、10%、30%和 50%黄连水浸提液对盆栽辣椒疫病的防效测定。接种后第 5 天,对照组开始出现典型的茎基部变黑、下部叶片

凋零等发病症状。第 10 天时对照充分发病,统计病情指数,计算盆栽防效。试验结果表明,当对照充分发病时(图 3-A),不同浓度的黄连水浸提液对辣椒疫病具有不同的防治效果。当浓度为 10%时病情指数最低,防治效果最好,达到了 75.57%;其次为浓度 5%时,防效达 58.45%;浓度 30%和 50%时防效较差,分别为 46.80%和 42.69%;详见图 3-B~E 和表 4。与室内黄连水浸提液浓度越大对病原菌菌丝的抑制作用越强的趋势不一致,在盆栽苗上表现出黄连水浸提液浓度为 10%时对辣椒疫病的防治效果最好。

2.4 黄连提取液对辣椒疫霉的毒力测定

在不同浓度下,随着黄连提取液浓度增大,对辣椒疫霉的抑制作用逐渐增强;在 $1.6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时对菌丝的抑制率在 50%以上(表 5),黄连提取液对辣椒疫霉菌的 EC_{50} 为 $1.248 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (表 6)。

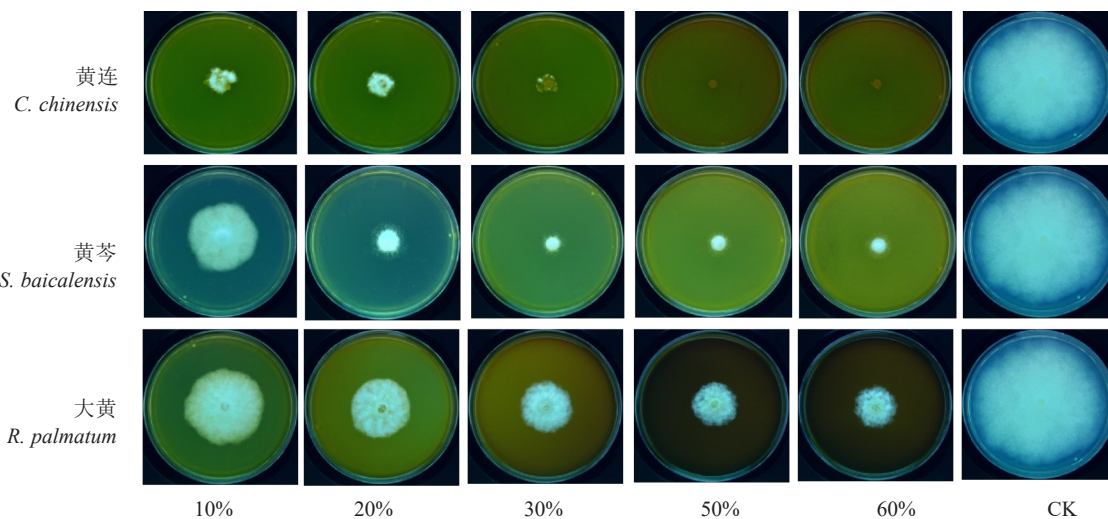


图2 3种中药材不同浓度的水浸提液对辣椒疫霉菌丝生长的抑制效果

Fig. 2 The inhibition effect of different concentrations of three kinds of Chinese herbal medicines water extract on the mycelial growth of *P. capsici*

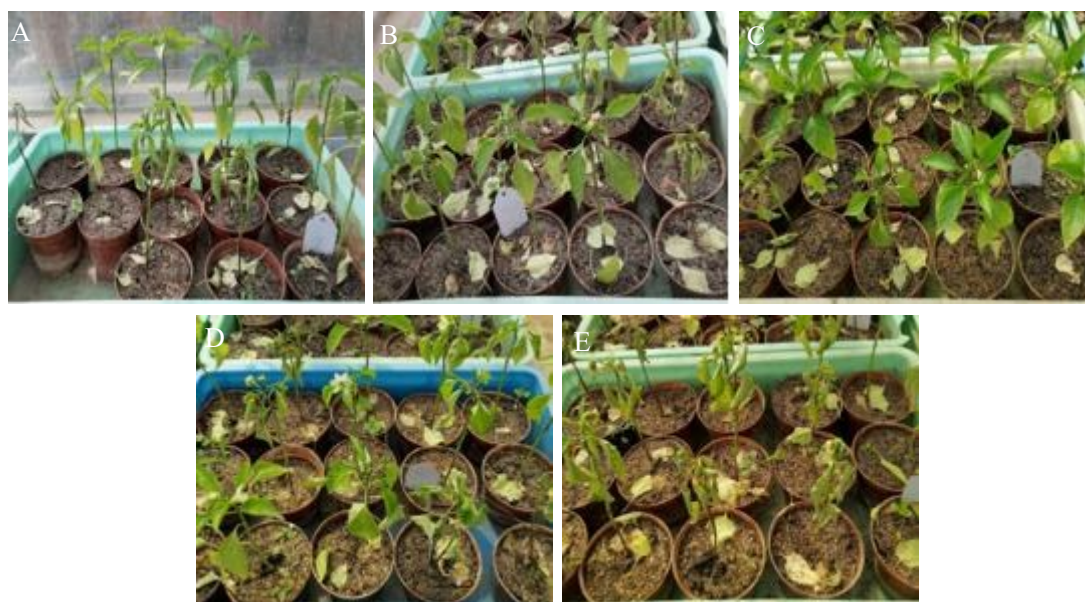
表3 3种中药材不同浓度的水浸提液对辣椒疫霉菌生长的抑制率

Table 3 Inhibition rate of different concentrations of water extracts of three kinds of Chinese herbal medicines against the growth of *P. capsici* %

中药材 Chinese herbal medicine	浓度 Concentration				
	10%	20%	30%	50%	60%
黄连 <i>C. chinensis</i>	82.5±1.8 a	84.0±1.5 a	91.2±0.8 a	96.3±0.8 a	97.7±1.1 a
黄芩 <i>S. baicalensis</i>	55.0±0.0 b	77.9±0.8 b	85.9±0.6 b	86.6±0.2 b	87.3±0.2 b
大黄 <i>R. palmatum</i>	45.6±1.0 c	59.7±0.2 c	66.6±0.2 c	72.3±0.4 c	73.5±0.2 c

注: 同列不同小写字母表示不同处理之间差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference among different treatments ($P < 0.05$). The same below.



注: A-E 分别表示黄连水浸提液浓度为 0(CK)、5%、10%、30%和 50%。

Note: A-E represents the concentration of *C. chinensis* water extract was 0(CK), 5%, 10%, 30% and 50%, respectively.

图3 不同浓度的黄连水浸提液对辣椒盆栽苗疫病防治效果(接种 10 d)

Fig. 3 The control effect of different concentrations of *C. chinensis* water extract on *Phytophthora* blight of pot seedling (inoculation 10 d)

表4 不同浓度黄连水浸提液对辣椒疫病的盆栽防效
Table 4 Control effects of different concentrations of water extracts of *C. chinensis* on *Phytophthora* blight in potted plants

浓度 Concentration/%	病情指数 Disease index	盆栽防效 Potted control effect/%
5	1.82±1.67 b	58.45±3.16 b
10	1.07±2.55 a	75.57±3.35 a
30	2.33±3.34 c	46.80±3.61 c
50	2.51±0.78 c	42.69±4.51 c
0(CK)	4.38±2.54 d	

表5 黄连提取液对辣椒疫霉菌生长的抑制率
Table 5 Inhibition rate of different concentrations of *C. chinensis* extract against the growth of *P. capsici*

$\rho/(mg \cdot L^{-1})$	0.4	0.8	1.6	3.2	6.4
抑制率 Inhibition rate/%	37.5±0.29	43.0±0.12	50.9±0.15	60.8±0.32	74.1±0.8

表6 黄连提取液对辣椒疫霉的毒力测定
Table 6 Toxicity determination of extract of *C. chinensis* on *P. capsici*

项目 Item	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient (R^2)	$EC_{50}/(mg \cdot L^{-1})$	95%置信区间 95% confidence interval	卡方值 Chi square
数值 Value	$y=0.792 2x+4.923 8$	0.962 5	1.248 0	0.719~2.165	1.51

2.5 黄连提取液对辣椒疫霉孢子囊形成的影响

黄连提取液对辣椒疫霉孢子囊形成具有较好的抑制作用,且随着提取液浓度的升高,抑制作用逐渐增强。当黄连提取液的浓度为 $1.0 mg \cdot L^{-1}$ 时,孢子囊已无法正常形成,抑制率可达 98.0%(表 7)。

表7 黄连提取液对辣椒疫霉孢子囊形成的抑制率
Table 7 Inhibition rate of *C. chinensis* extract against the sporangium formation of *P. capsici*

$\rho/(mg \cdot L^{-1})$	0.062 5	0.125	0.25	0.5	1.0
抑制率 Inhibition rate/%	36.7±1.20	57.6±1.12	64.8±1.30	75.3±0.88	98.0±0.33

3 讨论与结论

中草药作为天然的抑菌药物,其抗菌、低毒、无副作用、无残留等优点在现代预防和抗菌感染方面发挥了积极作用^[16]。研究表明,黄连、黄芩和大黄的水浸提液对辣椒疫霉、炭疽菌及镰刀菌等多种植物病原真菌菌丝生长均表现出较好的抑制效果,黄连对链格孢的抑菌效果最好,大黄次之,抑制率达

93.9%^[11,19];黄连水浸提液浓度达到 5%以上时,对梨树腐烂病菌达到 100%的抑制率^[20];杨金凤等^[21]研究发现,黄芩丙酮提取液对桃褐腐病菌的抑菌率在 80%以上,抑菌谱较广;金丽琼等^[22]研究发现,大黄水浸提液对凸脐蠕孢菌具有良好的抑制效果。本试验在含药平板上采用菌丝生长速率法测定了不同浓度的黄连、黄芩及大黄水浸提液对辣椒疫霉菌的抑菌效果,发现黄连水浸提液的效果最好,当浓度仅为 10%时,抑菌率可达 82.5%,黄连提取液对辣椒疫霉菌的 EC_{50} 为 $1.248 0 mg \cdot L^{-1}$,且浓度为 $1.0 mg \cdot L^{-1}$ 时能很好地抑制孢子囊产生,表明黄连水浸提液有较其他药材更好的抑菌效果,且能有效抑制病原菌的再侵染,这与前人关于黄连抑菌效果好且抑菌谱广的研究结果一致,进一步扩大了中药材黄连的抗菌谱,为黄连在植物病原真菌病害的防控开发和利用中提供了参考。

在盆栽防效测定试验中,常规研究多采用感病材料以扩大病情指数变化区间,从而直观反映药剂的抑病能力。笔者选择抗病品种陇椒 10 号作为试验材料,主要考虑辣椒疫病具有暴发性强、病程进展快等特点,感病材料在病原菌接种后药剂处理前可能已迅速进入不可逆的病害阶段,药剂很难在短时间内发挥有效的抑制作用,导致盆栽防效数据稳定性差,难以评估药剂在某一具体浓度下的实际效果^[23]。抗病品种本身对辣椒疫病具有一定的抵抗能力,通过其基础抗性可延缓病原扩展进程,为药剂发挥作用提供了更充裕的时间。在抗病背景下筛选出的有效药剂浓度,更能体现药剂对病原菌的直接抑制作用,而非依赖寄主抗性的协同效应。使用抗病品种还可以避免因病情发展过快而导致的病情指数在短时间内达到极高水平,使病情指数变化区间更为合理,便于更精确地分析药剂的防效。

黄连是常见的抗菌消炎中药,其特殊的药理性质主要与其根茎中小檗碱、黄连碱和药根碱等生物碱有关^[24]。研究表明,黄连中的小檗碱、黄连碱等生物碱会选择性地抑制植物及微生物的生长和繁殖^[25]。本研究中黄连水浸提液在培养皿中对辣椒疫霉菌丝生长表现出显著的抑制作用,且随着水浸提液浓度升高,抑菌作用随之增强;当黄连水浸提液浓度为 10%时,盆栽辣椒苗疫病的防治效果最好,达到了 75.57%;其次为浓度 5%,防效达 58.45%;浓度 30%和 50%时防效均低于 50.00%,表现出水浸提液高浓度时防效反而降低的现象,可能是由于黄连水浸提液浓度升高后,所含高浓度生物碱会对辣

椒幼苗产生毒害现象,进而导致病情指数增高,防效降低。本研究仅在室内盆栽苗上测定了不同浓度的黄连水浸提液对辣椒疫病的防治效果,筛选出的最优浓度应在田间辣椒苗上进行进一步验证。

综上所述,笔者采用游动孢子灌根法在温室条件下评价了10个甘肃主栽辣椒品种对疫病的抗性水平,筛选出陇椒10号和陇椒11号均为抗性品种;黄连水浸提液对辣椒疫霉菌丝生长具有较好的抑制作用,提取液浓度为 $1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,对孢子囊产生的抑制率达98%;水浸提液浓度为10%时,对盆栽苗疫病的防治效果最好,达75.57%。该研究结果为辣椒品种选择和防控辣椒疫病的植物源农药研发提供了参考。

参考文献

- [1] HAUSBECK M K, LAMOUR K H. *Phytophthora capsici* on vegetable crops: Research progress and management challenges[J]. *Plant Disease*, 2004, 88(12): 1292-1303.
- [2] WANG Z Y, LANGSTON D B, CSINOS A S, et al. Development of an improved isolation approach and simple sequence repeat markers to characterize *Phytophthora capsici* populations in irrigation ponds in southern Georgia[J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 2009, 75(17): 5467-5473.
- [3] LAMOUR K H, STAM R, JURE J, et al. The oomycete broad-host-range pathogen *Phytophthora capsici*[J]. *Molecular Plant Pathology*, 2011, 13(4): 329-337.
- [4] BI Y, HU J, CUI X, et al. Sexual reproduction increases the possibility that *Phytophthora capsici* will develop resistance to dimethomorph in China[J]. *Plant Pathology*, 2014, 63(6): 1365-1373.
- [5] 杨叔青,闫宁宁,胡栓红,等.辣椒抗疫病性鉴定及辣椒疫霉药剂敏感性分析[J]. *北方园艺*, 2022(1): 53-58.
- [6] 郭致杰,徐生军,荆卓琼,等.菌株 HMQ20YJ11 的筛选鉴定及对辣椒疫病的抑制评价[J]. *寒旱农业科学*, 2022, 1(10): 88-93.
- [7] 韩威山,张江一,方菲菲,等.辣椒疫霉致病、抗病和生物防治的分子机制研究进展[J]. *北方园艺*, 2025(10): 118-125.
- [8] 黄颖. 三种植物活性物质复配微囊剂对草莓灰霉的防控研究[D]. 天津:天津农学院, 2020.
- [9] 杨淑文,马兴,汪业菊. 柚皮总黄酮的提取及其抗氧化活性研究[J]. *辽宁师范大学学报(自然科学版)*, 2011, 34(2): 225-227.
- [10] 严希,田山君,裴芸,等.几种中药提取液对番茄病害病原真菌的抑制效果[J]. *江苏农业科学*, 2017, 45(20): 129-134.
- [11] 蒋晶晶,彭沛穰,苏锋锋,等.中草药水浸提液对5种植物病原真菌的影响[J]. *安徽农业科学*, 2020, 48(17): 172-174.
- [12] 刘立新,梁鸣早.植物次生代谢作用及其产物概述[J]. *中国土壤与肥料*, 2009(5): 82-86.
- [13] 刘祥东,徐明举.植物源生物农药(中草药)在果树疑难病害中的防治思路与效果[J]. *果农之友*, 2015(3): 31-32.
- [14] CHEN X R, KLEMSDAL S S, BRURBERG M B. Identification and analysis of *Phytophthora cactorum* genes up-regulated during cyst germination and strawberry infection[J]. *Current Genetics*, 2011, 57(5): 297-315.
- [15] 李屹,田晓丽.辣椒资源材料抗疫病鉴定及主要农艺性状评价[J]. *北方园艺*, 2012(14): 138-141.
- [16] 毛爱军,胡洽,耿三省.辣椒疫病菌接种鉴定技术研究[J]. *北京农业科学*, 1998, 16(2): 22-25.
- [17] 中华人民共和国农业部.辣椒抗病性鉴定技术规程第1部分:辣椒抗疫病鉴定技术规程:NY/T 2060.1—2011[S].北京:中国农业出版社, 2011.
- [18] MATHERON M E, PORCHAS M. Impact of azoxystrobin, dimethomorph, fluazinam, fosetyl-A1, and metalaxyl on growth, sporulation, and zoospore cyst germination of three *Phytophthora* spp.[J]. *Plant Disease*, 2000, 84(4): 454-458.
- [19] 王艳红,贾桂燕,葛文中,等.中药大黄对番茄早疫病菌抑菌作用的初步研究[J]. *化学工程师*, 2015, 29(5): 8-10.
- [20] 蒋晶晶,冀钦陇,周昭旭,等.中药材黄连水浸提液对梨树腐烂病的室内防效评价[J]. *寒旱农业科学*, 2023, 2(1): 78-81.
- [21] 杨金凤,李鹤,刘素花,等.三种中药提取物对桃褐腐菌(*Monilinia fructicola*)的抑菌作用[J]. *中国农学通报*, 2009, 25(12): 188-194.
- [22] 金丽琼,王宁.中草药提取物对大斑病凸脐蠕孢菌的抑菌特性[J]. *安徽农业科学*, 2015, 43(35): 194-196.
- [23] 郝楠,仝赞华,邱德文.侧孢短芽孢杆菌 A60 的筛选及其对辣椒疫霉的室内防效测定[J]. *生物技术通报*, 2017, 33(9): 160-165.
- [24] 张驰翔,王周,朱奇奇,等.黄连提取物对植物病原真菌抑制作用及机理初探[J]. *天然产物研究与开发*, 2015, 27(7): 1232-1236.
- [25] 何永美,刘鲁峰,谢春琼,等.镉对铅锌矿区小花南芥根际真菌氢离子分泌的影响[J]. *云南农业大学学报(自然科学)*, 2014, 29(3): 404-408.