

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2024)02-0142-09

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2024.02.008

病虫害防治

## 几种中草药提取物对马铃薯晚疫病菌的抑菌活性

王玉灵, 胡冠芳\*, 牛树君, 赵峰, 余海涛

(甘肃省农业科学院植物保护研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 中草药因其独特的优势应用于农作物病虫害防控中备受关注, 为探究可用于防治马铃薯晚疫病的中草药制剂, 助力晚疫病绿色防控, 选用无水乙醇、石油醚及乙酸乙酯(体积比为4:3:3)三元溶剂, 通过冷浸渍法提取百里香等11种中草药不同部位获得相应制剂。分别采用平板菌丝生长速率法和叶片接种法测定11种中草药制剂对马铃薯晚疫病菌的离体和半活体抑菌活性。百里香和大黄具有较强的抑菌活性,  $EC_{50}$ 分别为130.19和364.90 mg/kg, 优于阳性对照药剂丁香酚(669.52 mg/kg); 防风、齿果酸模、广藿香、蛇床子、野胡萝卜和补骨脂抑菌活性较强,  $EC_{50}$ 分别为768.28、807.33、874.75、953.52、1 519.11和1 659.58 mg/kg, 低于丁香酚。可知, 百里香、大黄、防风、齿果酸模、广藿香、蛇床子、野胡萝卜和补骨脂对马铃薯晚疫病具有较强的防治效果和潜在应用价值。

**关键词:** 中草药; 提取物; 马铃薯晚疫病菌; 抑菌活性

## Antifungal Activity of Some Chinese Herbal Medicine Extracts Against *Phytophthora Infestans*

WANG Yuling, HU Guanfang\*, NIU Shujun, ZHAO Feng, YU Haitao

(Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China)

**Abstract:** The application of Chinese herbal medicine to the prevention and control of crop diseases and pests has attracted much attention due to their unique advantages. To explore the efficient Chinese herbal medicine preparations that can be used for controlling *Phytophthora infestans*, and help green prevention and control of *P. infestans*, the ternary solvent of anhydrous ethanol, petroleum ether and ethyl acetate (volume ratio 4:3:3) was chosen to extract different parts of 11 Chinese herbal medicines, for instance, *Thymus mongolicus*, by cold impregnation method to obtain the corresponding preparations. The inhibitive activity of 11 Chinese herbal medicine preparations against *P. infestans* *in vitro* and semi *in vivo* was determined by plate mycelium growth rate and leaf inoculation method, respectively. The preparations of *T. mongolicus* and *Rheum palmatum* had strong antibacterial activity, with  $EC_{50}$  of 130.19 and 364.90 mg/kg, respectively, which were much stronger than those of eugenol (669.52 mg/kg). The preparations of *Saposhnikovia divaricata*, *Rumex dentatus*, *Pogostemon cablin*, *Cnidium monnieri*, *Daucus carota* and *Cullen corylifolium* were also

收稿日期: 2024-03-27

基金项目: 国家现代农业产业技术体系(CARS-14-1-22)资助; 甘肃省青年科技基金计划项目(2020-0406-JCC-0193); 兰州市青年科技人才创新项目(2023-QN-166); 甘肃省陇原青年创新创业人才(团队)项目(2022LQTD40); 甘肃省农业科学院重点研发项目(2022GAAS15)。

作者简介: 王玉灵(1988-), 女, 助理研究员, 主要从事农田杂草及植物源农药研究。

\*通信作者(Corresponding author): 胡冠芳, 研究员, 主要从事农田杂草及植物源农药研究, E-mail: huguanfang@126.com。

strong for antibacterial activity, with  $EC_{50}$  of 768.28, 807.33, 874.75, 953.52, 1 519.11 and 1 659.58 mg/kg, respectively, which were slightly lower or lower than eugenol. It is evident that *T. mongolicus*, *R. palmatum*, *S. divaricata*, *R. dentatus*, *P. cablin*, *C. monnieri*, *D. carota* and *C. corylifolium* exhibit strong control effects and potential application value for *P. infestans*.

**Key Words:** Chinese herbal medicine; extracts; *Phytophthora infestans*; antifungal activity

马铃薯晚疫病是由致病疫霉 (*Phytophthora infestans*) 引发的一种典型爆发性流行性卵菌病害<sup>[1]</sup>, 其潜育期短, 在一个生长季内可连续多次再侵染, 毁灭性极强<sup>[2,3]</sup>, 是危害马铃薯范围最广、损失最严重病害, 已被列入中国一类农作物病虫害<sup>[4,5]</sup>。目前, 马铃薯晚疫病防治以化学农药为主, 但长期使用化学农药甚至滥用导致马铃薯晚疫病菌产生抗药性突变<sup>[6]</sup>, 菌群体产生严重抗药性, 降低晚疫病防治效果, 致使晚疫病危害依旧严重<sup>[7]</sup>, 加之化学农药污染生态环境、引发食品安全问题, 其防治面临新的挑战。中草药在人类防病治病历史上发挥重要作用, 中草药制剂成分复杂、作用方式多样, 病虫害不易产生抗药性, 活性成分与环境相容、易降解, 对环境、人畜、天敌安全<sup>[8]</sup>。因此, 从中草药中提取并筛选具有较强抑菌活性的中草药制剂用于防治马铃薯晚疫病是新形势下解决化学农药过量使用的有效途径之一, 对推动马铃薯产业健康可持续发展具有重要意义。近年来, 有学者对可用于防治马铃薯晚疫病的中草药抑菌作用进行了探讨。曹静等<sup>[9]</sup>在离体叶片上对 15 种中草药乙醇提取物进行抑制马铃薯晚疫病菌侵染的筛选, 结果表明漏芦、板蓝根、紫苏、苦参、诃子、五倍子、菊花、地肤子和细辛 9 种提取物具有明显保护作用, 防效达 10.8%~78.1%。曹静等<sup>[10]</sup>又发现地肤子、蒿本、漏芦、郁金、菊花、地丁、白鲜皮、车前和五倍子 9 种提取物对菌丝生长具有显著抑制作用, 其中车前、郁金、地丁、白鲜皮、漏芦、地肤子、菊花和五倍子对孢子囊萌发, 车前、地丁、蒿本、菊花和五倍子对孢子囊产生具有显著抑制作用。曹静和曹克强<sup>[11]</sup>研究还发现中草药 80% 乙醇提取物 Ts-86 对马铃薯晚疫病表现出良好的防治效果。王树桐等<sup>[12]</sup>研究发现 31 种中草

药提取物在 500 倍液浓度下完全抑制马铃薯晚疫病菌游动孢子囊萌发, 32 种在 200 倍液浓度下完全抑制菌丝生长。闵凡祥等<sup>[13]</sup>研究发现苦参、瑞香狼毒、乌头和甘草提取物对马铃薯晚疫病菌均表现出明显抑制作用。曹克强和 Ariena<sup>[14]</sup>研究结果表明, 木贼提取物和香茅油对马铃薯晚疫病菌菌丝生长具有一定抑制作用。张培花等<sup>[15]</sup>研究发现紫茎泽兰汁液的石油醚萃取物可显著抑制马铃薯晚疫病菌菌丝生长, 抑制率达到 44.42%。本研究选用百里香、大黄、防风、齿果酸模、广藿香、蛇床子、野胡萝卜、补骨脂、独活、牛蒡和蓖麻 11 种中草药, 探究其对马铃薯晚疫病的防治效果, 为进一步挖掘防治马铃薯晚疫病的中草药杀菌剂提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

#### 1.1.1 供试中草药

选用齿果酸模、大黄根部(采自渭源县会川镇半阴坡村), 牛蒡、独活、蛇床子、野胡萝卜、防风及补骨脂种子(购自河北保定十月金秋种子店), 蓖麻油(购自河南省华龙药业有限公司), 广藿香油和百里香油(购自江西亿森源植物香料有限公司), 共 11 种中草药。

#### 1.1.2 供试菌株

马铃薯晚疫病菌强致病力生理小种致病疫霉菌, 采自渭源县会川镇半阴坡村, 为甘肃省农业科学院植物保护研究所自存。

#### 1.1.3 供试马铃薯叶片

马铃薯叶片采自甘肃省农业科学院榆中高寒农业试验站, 品种为‘大西洋’, 选取未施药、生长健康、无明显病斑且大小均匀的叶片, 4℃环境保存备用。

## 1.2 试验试剂与仪器

### 1.2.1 主要试剂

番茄琼脂培养基(番茄汁 200 mL、琼脂粉 18 g、CaCO<sub>3</sub> 4.5 g、去离子水 800 mL, pH 6.0), 无水乙醇、石油醚、乙酸乙酯等均为化学纯, 蓖麻油聚氧乙烯醚类 EL-20、EL-40、EL-80 和脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠 AES 乳化剂(购自山东优索化工科技有限公司)。阳性对照药剂为 0.3% 丁子香酚可溶液剂(购自南通神雨绿色药业有限公司)。

### 1.2.2 主要仪器

台式(数显)低速离心机(H2050R, 湘仪离心机仪器有限公司)、实验室乳化机(SA II-2, 上海索维机电设备有限公司)、数控超声波清洗器(KQ-500DE, 昆山舒美超声仪器有限公司)、旋转蒸发仪(OSB-2100, 上海泉杰仪器有限公司)、低温冷却液循环泵(CCA-1112A, 东京理化器械株式会社)、循环水真空泵、生化培养箱、人工气候箱、立式压力蒸汽灭菌器、小型高速粉碎机、电热鼓风干燥箱、超净工作台、微波炉、电子天平。

### 1.3 供试中草药制剂的制备

齿果酸模和大黄根洗净、切片、阴干, 粉碎切片和种子, 称取 500 g 粉末, 不同极性组合的三元溶剂(无水乙醇、石油醚及乙酸乙酯, 按体积比 4:3:3 混合)采用冷浸渍法提取 3 次, 提取时间依次为 72、48、24 h, 过滤后收集合并 3 次滤液, 减压浓缩至干即为提取物, 称其重量, 计算产出率。

牛蒡、独活、蛇床子、野胡萝卜、防风 and 补骨脂种子提取物加 10% 无水乙醇助溶, 蓖麻油、广藿香油及百里香油不加无水乙醇, 乳化剂均选用蓖麻油聚氧乙烯醚类 EL-20、EL-40、EL-80 和脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠 AES, 按 10%、15%、20%、25% 和 30% 比例添加, 并在剪切机中高速剪切乳化, 通过观察互溶性、分层、沉淀、加水稀释后的乳化性能、乳状液静置 2 h 后是否均一透明及有无油状物析出等, 确定适宜乳化剂种类以及最佳添加比例, 由此确定 9 种中草药油乳剂的适宜乳化剂种类、用量及有效成分(油)含量(表 1)。齿果酸模和大黄根提取物用无水乙醇溶解配制成 15% 乙醇溶液。

## 1.4 中草药制剂对马铃薯晚疫病菌的离体抑菌活性测定

### 1.4.1 活性测定预试验

采用菌丝生长速率法。在已灭菌还未凝固的培养基中加入中草药制剂, 按有效成分稀释成 500 倍液, 即 2 000 mg/kg 浓度, 摇匀后倒入一次性培养皿, 待培养基凝固且完全冷却后接入直径 5 mm 菌饼中, 封口后倒置, 于生化培养箱 18 °C 环境培养。每处理重复 3 次, 设有效成分同等剂量的丁子香酚为阳性药剂对照及清水对照。约 8~15 d 待清水对照菌丝长满培养皿后测量各处理菌丝直径, 记录试验结果并拍照, 与清水对照比较计算每处理菌丝生长的抑制率。

表 1 9 种中草药油乳剂的乳化剂种类、用量及有效成分(油)含量

Table 1 Types, amounts of emulsifiers and active ingredient (oil) contents of nine Chinese herbal medicine oil emulsions

油乳剂名称 Oil emulsion name	乳化剂种类 Emulsifier type	乳化剂用量(%) Emulsifier amount	有效成分(油)含量(%) Active ingredient (oil) content
蓖麻油乳剂 <i>Ricinus communis</i> oil emulsion	EL-20	20	80
牛蒡油乳剂 <i>Arctium lappa</i> oil emulsion	EL-20	20	80
独活油乳剂 <i>Heracleum hemsleyanum</i> oil emulsion	EL-20	25	67.5
蛇床子油乳剂 <i>Cnidium monnieri</i> oil emulsion	EL-20	25	67.5
野胡萝卜油乳剂 <i>Daucus carota</i> oil emulsion	EL-20	25	67.5
防风油乳剂 <i>Saposhnikovia divaricata</i> oil emulsion	EL-20	20	72
广藿香油乳剂 <i>Pogostemon cablin</i> oil emulsion	EL-20	25	75
补骨脂油乳剂 <i>Cullen corylifolium</i> oil emulsion	EL-20	30	63
百里香油乳剂 <i>Thymus mongolicus</i> oil emulsion	AES	20	80

### 1.4.2 毒力测定试验

依据预试验结果将百里香油乳剂按有效成分含量配制成200、133.3、100、80和66.7 mg/kg 5个浓度梯度, 其余10种中草药制剂配制成2 000、1 000、666.7、500和333.3 mg/kg 5个梯度浓度, 在番茄琼脂培养基上测定毒力。方法同预试验并计算相对毒力。

### 1.5 中草药制剂对马铃薯晚疫病菌的半活体抑菌活性测定

挑选健康、无明显病斑且大小均匀[叶长(5 ± 0.5) cm]带柄马铃薯叶片, 保持叶片组织完整并用无菌水洗净、晾干, 放入铺好滤纸片的培养皿中, 在叶柄末端包上适量脱脂棉用于保湿, 倒入适量无菌水将脱脂棉及滤纸片完全浸透。在叶片相同部位接上提前打好的菌饼, 放入人工气候培养箱[温度20 ℃、湿度90%、光照(L):黑暗(D) = 14 h:10 h]培养24 h后施药。11种中草药制剂均配制成有效成分2 000 mg/kg 无菌水溶液, 用小喷壶均匀喷洒在叶片正反两面, 放入人工气候箱继续培养, 及时加水保湿。每个处理重复3次, 以丁子香酚为阳性对照药剂, 同时设清水对照。3~5 d待清水对照叶片发病后测量菌斑直径, 记录试验结果并拍照, 与清水对照比较计算每种制剂对马铃薯晚疫病的菌斑抑制率。

### 1.6 数据分析

按照公式(1)~(3)计算菌丝抑制率、相对毒力

和菌斑抑制率。

$$\text{菌丝抑制率} = \frac{\text{对照菌落直径} - \text{处理菌落直径}}{\text{对照菌落直径} - \text{菌饼直径}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{相对毒力} = \frac{\text{对照药剂的EC}_{50}}{\text{处理药剂的EC}_{50}} \quad (2)$$

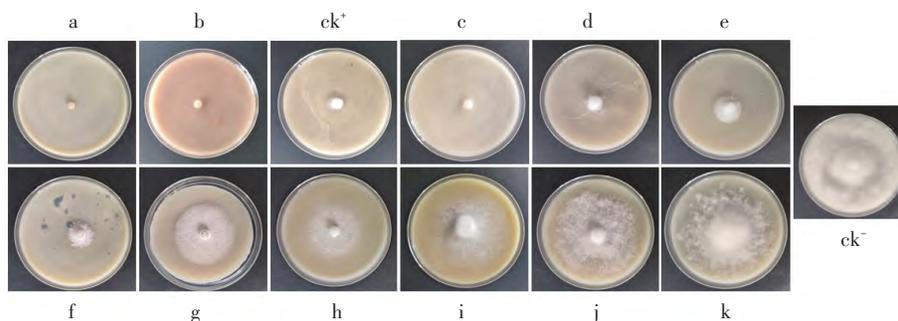
$$\text{菌斑抑制率} = \frac{\text{对照菌斑直径} - \text{处理菌斑直径}}{\text{对照菌斑直径}} \times 100\% \quad (3)$$

使用Excel 2017和SPSS 19.0软件对数据进行回归及方差分析, 得毒力回归方程( $y=a+bx$ ), 计算致死中浓度 $EC_{50}$ 值、相关系数及95%置信限。

## 2 结果与分析

### 2.1 中草药制剂对马铃薯晚疫病菌的离体抑菌作用

测定11种中草药制剂和阳性对照药剂丁子香酚在2 000 mg/kg浓度下对马铃薯晚疫病菌菌丝抑制率(图1、表2)。结果表明, 百里香油乳剂、大黄根和齿果酸模根乙醇溶液对马铃薯晚疫病菌菌丝生长具较强抑制作用, 菌丝抑制率分别为100%、96.88%和96.88%, 高于对照药剂丁子香酚(92.50%); 防风、广藿香和蛇床子油乳剂具有较强抑制作用, 菌丝抑制率分别为86.88%、65.63%和71.25%, 不及丁子香酚; 补骨脂和野胡萝卜油乳剂具有一定的抑制作用, 抑制率分别为55.63%和53.75%, 而独活、蓖麻和牛蒡油乳剂抑制作用较弱, 抑制率分别为28.75%、28.75%和28.13%。



注: a. 百里香, b. 大黄, ck<sup>+</sup>. 丁子香酚, c. 齿果酸模, d. 防风, e. 广藿香, f. 蛇床子, g. 补骨脂, h. 野胡萝卜, i. 独活, j. 蓖麻, k. 牛蒡, ck<sup>-</sup>. 清水对照。

Note: a. *T. mongolicus*, b. *R. palmatum*, ck<sup>+</sup>. Eugenol, c. *R. dentatus*, d. *S. divaricata*, e. *P. cablin*, f. *C. monnieri*, g. *C. corylifolium*, h. *D. carota*, i. *H. hemsleyanum*, j. *R. communis*, k. *A. lappa*, and ck<sup>-</sup>. Water control.

图1 11种中草药制剂及对照药剂对马铃薯晚疫病菌的离体抑菌效果

Figure 1 Antifungal effects of 11 Chinese herbal medicine preparations and control agent on *P. infestans* in vitro

表2 11种中草药制剂对马铃薯晚疫病菌的离体抑菌作用

Table 2 Antifungal effects of 11 Chinese herbal medicine preparations on *P. infestans* in vitro

制剂名称 Preparation name	供试浓度(mg/kg) Tested concentration	平均直径(cm) Inhibition zone diameter	抑菌率(%) Inhibition rate
80%蓖麻油乳剂 80% <i>R. communis</i> oil emulsion	2 000	6.20	28.75
72%防风油乳剂 72% <i>S. divaricata</i> oil emulsion	2 000	1.55	86.88
75%广藿香油乳剂 75% <i>P. cablin</i> oil emulsion	2 000	3.25	65.63
15%齿果酸模根乙醇溶液 15% <i>R. dentatus</i> root ethanol solution	2 000	0.75	96.88
67.5%蛇床子油乳剂 67.5% <i>C. monnieri</i> oil emulsion	2 000	2.80	71.25
67.5%野胡萝卜油乳剂 67.5% <i>D. carota</i> oil emulsion	2 000	4.20	53.75
67.5%独活油乳剂 67.5% <i>H. hemsleyanum</i> oil emulsion	2 000	6.20	28.75
63%补骨脂油乳剂 63% <i>C. corylifolium</i> oil emulsion	2 000	4.05	55.63
80%百里香油乳剂 80% <i>T. mongolicus</i> oil emulsion	2 000	0.50	100
15%大黄根乙醇溶液 15% <i>R. palmatum</i> root ethanol solution	2 000	0.75	96.88
80%牛蒡油乳剂 80% <i>A. lappa</i> oil emulsion	2 000	6.25	28.13
0.3%丁香酚可溶液剂(阳性对照) 0.3% Eugenol solution (Positive control)	2 000	1.10	92.50
无菌水(阴性对照) Sterile water (Negative control)		8.50	0

2.2 中草药制剂对马铃薯晚疫病菌的室内毒力

马铃薯晚疫病菌室内毒力测定结果表明(表3), 百里香油乳剂和大黄根乙醇溶液对马铃薯晚疫病菌具有较强抑菌活性, EC<sub>50</sub>分别为130.19和364.90 mg/kg, 明显强于丁香酚(EC<sub>50</sub>为669.52 mg/kg), 相对毒力分别为丁香酚的5.14和1.83倍; 防风油乳剂、齿果酸模根乙醇溶液、广藿香油乳剂和蛇床子油乳剂具有较强抑菌活性, EC<sub>50</sub>分别为

768.28、807.33、874.75和953.52 mg/kg, 不及丁香酚, 相对毒力分别为丁香酚的0.87、0.83、0.77和0.70倍; 野胡萝卜和补骨脂油乳剂具有一定抑菌活性, EC<sub>50</sub>分别为1 519.11和1 659.58 mg/kg, 明显不及丁香酚, 相对毒力分别为丁香酚的0.44和0.40倍; 独活、牛蒡油和蓖麻油乳剂基本无抑菌活性, EC<sub>50</sub>分别为3 676.25、7 337.66、14 458.44 mg/kg, 相对毒力仅为丁香酚的0.18、0.09、0.05倍。

表3 11种中草药制剂对马铃薯晚疫病菌的室内毒力

Table 3 In vitro toxicity of 11 Chinese herbal medicine preparations on *P. infestans*

制剂名称 Preparation name	供试浓度 (mg/kg) Tested concentration	平均菌落 直径(cm) Inhibition zone diameter	抑制率 (%) Inhibitory rate	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 Correlation coefficient	EC <sub>50</sub> (95%置信区间) (mg/kg) (95% confidence interval)	相对毒力 Relative toxicity
80%蓖麻油乳剂 80% <i>R. communis</i> oil emulsion	2 000	6.20	28.8	$y = 0.691 8x + 2.121 9$	0.970 8	14 458.44 (1 061.54-196 927.65)	0.05
	1 000	6.90	20.0				
	666.7	7.10	17.5				
	500	7.30	15.0				
72%防风油乳剂 72% <i>S. divaricata</i> oil emulsion	2 000	1.55	86.9	$y = 2.965 5x - 3.557 1$	0.965 8	768.28 (661.71-892.01)	0.87
	1 000	3.05	68.1				
	666.7	4.45	50.6				
	500	6.70	22.5				
	333.3	7.40	13.8				

续表

制剂名称 Preparation name	供试浓度 (mg/kg) Tested concentration	平均菌落 直径(cm) Inhibition zone diameter	抑制率 (%) Inhibitory rate	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 Correlation coefficient	EC <sub>50</sub> (95%置信区间) (mg/kg) (95% confidence interval)	相对毒力 Relative toxicity
75%广藿香油乳剂 75% <i>P. cablin</i> oil emulsion	2 000 1 000 666.7 500 333.3	3.25 4.10 4.45 5.45 6.70	65.6 55.0 50.6 38.1 22.5	$y = 1.4175x + 0.83$	0.905 3	874.75(652.02-1 173.57)	0.77
15%齿果酸模根 乙醇溶液 15% <i>R. dentatus</i> root ethanol solution	2 000 1 000 666.7 500 333.3	0.75 3.00 4.55 7.75 8.30	96.9 68.8 49.4 9.4 2.5	$y = 4.9986x - 9.531$	0.972 5	807.33(726.02-897.74)	0.83
67.5%蛇床子油乳剂 67.5% <i>C. monnieri</i> oil emulsion	2 000 1 000 666.7 500 333.3	2.80 3.40 5.65 6.30 7.65	71.3 63.8 35.6 27.5 10.6	$y = 2.365x - 2.0462$	0.923 6	953.52(786.79-1 155.58)	0.70
67.5%野胡萝卜油乳 剂 67.5% <i>D. carota</i> oil emulsion	2 000 1 000 666.7 500 333.3	4.20 5.10 6.65 7.00 8.05	53.8 42.5 23.1 18.8 5.6	$y = 2.1163x - 1.7332$	0.930 3	1 519.11(1 126.69-2 048.20)	0.44
67.5%独活油乳剂 67.5% <i>H. hemsleyanum</i> oil emulsion	2 000 1 000 666.7 500 333.3	6.2 6.85 7.40 7.85 8.25	28.8 20.6 13.8 8.1 3.1	$y = 1.6468x - 0.8715$	0.934 8	3 676.25(1 848.05-7 313.04)	0.18
63%补骨脂油乳剂 63% <i>C. corylifolium</i> oil emulsion	2 000 1 000 666.7 500 333.3	4.05 5.55 6.25 6.55 7.10	55.6 36.9 28.1 24.4 17.5	$y = 1.3699x + 0.589$	0.993 7	1 659.58(1 042.93-2 640.85)	0.40
80%百里香油乳剂 80% <i>T. mongolicus</i> oil emulsion	200 133.3 100 80 66.7	3.35 4.15 4.95 6.25 6.85	64.4 54.4 44.4 28.1 20.6	$y = 2.5241x - 0.3373$	0.949 2	130.19(109.22-155.18)	5.14
15%大黄根乙醇溶液 15% <i>R. palmatum</i> root ethanol solution	2 000 1 000 666.7 500 333.3	0.75 1.15 2.35 3.00 5.40	96.9 91.9 76.9 68.8 38.8	$y = 2.7327x - 2.0017$	0.9601	364.90(262.15-507.93)	1.83

续表

制剂名称 Preparation name	供试浓度 (mg/kg) Tested concentration	平均菌落 直径(cm) Inhibition zone diameter	抑制率 (%) Inhibitory rate	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 Correlation coefficient	EC <sub>50</sub> (95%置信区间) (mg/kg) (95% confidence interval)	相对毒力 Relative toxicity
80%牛蒡油乳剂	2 000	6.25	28.1	$y = 0.884 7x + 1.580 2$	0.911 0	7 337.66(1 443.89-37 289.06)	0.09
80% <i>A. lappa</i> oil emulsion	1 000 666.7 500 333.3	6.55 6.90 7.25 7.70	24.4 20.0 15.6 10.0				
0.3%丁子香酚可溶液剂(阳性对照)	2 000 1 000	1.10 3.05	92.5 68.1	$y = 2.979 1x - 3.4182$	0.998 5	669.52(575.49-778.92)	1
0.3% Eugenol solution (Positive control)	666.7 500 333.3	4.55 5.55 7.05	49.4 36.9 18.1				

2.3 中草药制剂对马铃薯晚疫病菌半活体抑制作用

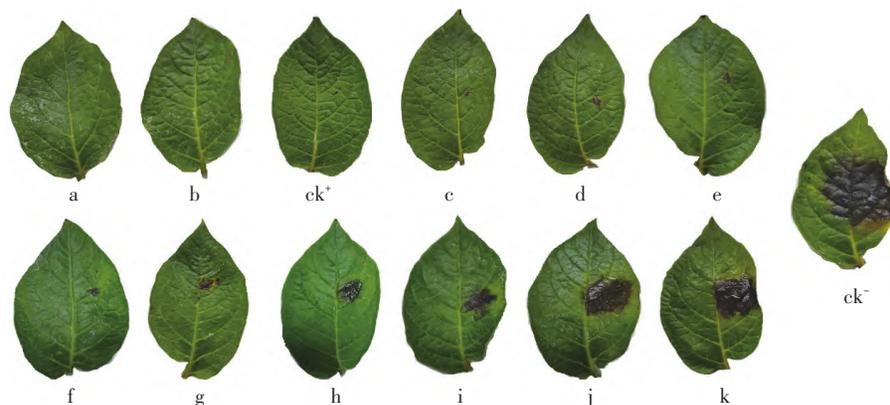
试验结果表明, 2 000 mg/kg 浓度下 11 种中草药制剂对马铃薯叶片上晚疫病菌斑抑制作用与在平板上菌丝抑制作用趋势一致(表 4、图 2)。百里香油乳剂和大黄根乙醇溶液抑制菌斑扩展作用最强, 菌斑抑制率均达 100%, 抑制作用优于丁子香酚(95.56%); 其次为防风油乳剂, 菌斑抑制率为 96.30%, 抑制作用与丁子香酚相当; 再次为齿果酸模根乙醇溶液、广藿香油乳剂和蛇床子油乳剂, 菌斑抑制率分别为 89.26%、88.52% 和 88.15%, 抑制作用不及丁子香酚; 野胡萝卜和补骨脂油乳剂对菌斑具有较强抑制作用, 抑制率分

别为 75.93% 和 72.59%, 抑制作用不及丁子香酚; 独活和牛蒡油乳剂对菌斑抑制作用较弱, 抑制率分别为 58.15% 和 40.74%, 抑制作用明显不及丁子香酚; 蓖麻油乳剂对菌斑抑制作用最弱, 抑制率仅为 36.67%。由此推断, 百里香油乳剂、大黄根乙醇溶液、防风油乳剂、齿果酸模根乙醇溶液、广藿香油乳剂、蛇床子油乳剂、野胡萝卜油乳剂和补骨脂油乳剂 8 种中草药制剂对马铃薯晚疫病具有较好防效, 防效由高到低依次为百里香油乳剂、大黄根乙醇溶液、防风油乳剂、齿果酸模根乙醇溶液、广藿香油乳剂、蛇床子油乳剂、野胡萝卜油乳剂和补骨脂油乳剂。

表 4 11 种中草药制剂对马铃薯晚疫病菌斑抑制率

Table 4 Inhibition rates of 11 Chinese herbal medicine preparations on lesions of *P. infestans*

制剂名称 Preparation name	供试浓度(mg/kg) Tested concentration	平均直径(cm) Inhibition zone diameter	抑制率(%) Inhibition rate
80%蓖麻油乳剂 80% <i>R. communis</i> oil emulsion	2 000	1.71	36.67
72%防风油乳剂 72% <i>S. divaricata</i> oil emulsion	2 000	0.10	96.30
75%广藿香油乳剂 75% <i>P. cablin</i> oil emulsion	2 000	0.31	88.52
15%齿果酸模根乙醇溶液 15% <i>R. dentatus</i> root ethanol solution	2 000	0.29	89.26
67.5%蛇床子油乳剂 67.5% <i>C. monnieri</i> oil emulsion	2 000	0.32	88.15
67.5%野胡萝卜油乳剂 67.5% <i>D. carota</i> oil emulsion	2 000	0.65	75.93
67.5%独活油乳剂 67.5% <i>H. hemsleyanum</i> oil emulsion	2 000	1.13	58.15
63%补骨脂油乳剂 63% <i>C. corylifolium</i> oil emulsion	2 000	0.74	72.59
80%百里香油乳剂 80% <i>T. mongolicus</i> oil emulsion	2 000	0	100
15%大黄根乙醇溶液 15% <i>R. palmatum</i> root ethanol solution	2 000	0	100
80%牛蒡油乳剂 80% <i>A. lappa</i> oil emulsion	2 000	1.60	40.74
0.3%丁子香酚可溶液剂(阳性对照) 0.3% Eugenol solution (Positive control)	2 000	0.12	95.56
无菌水(阴性对照) Sterile water (Negative control)		2.70	0



注: a. 百里香, b. 大黄, ck<sup>+</sup>. 丁香酚, c. 齿果酸模, d. 防风, e. 广藿香, f. 蛇床子, g. 补骨脂, h. 野胡萝卜, i. 独活, j. 蓖麻, k. 牛蒡, ck<sup>-</sup>. 清水对照。

Note: a. *T. mongolicus*, b. *R. palmatum*, ck<sup>+</sup>. Eugenol, c. *R. dentatus*, d. *S. divaricata*, e. *P. cablin*, f. *C. monnieri*, g. *C. corylifolium*, h. *D. carota*, i. *H. hemsleyanum*, j. *R. communis*, k. *A. lappa*, and ck<sup>-</sup>. Water control.

图2 11种中草药制剂及对照药剂对马铃薯晚疫病菌斑的抑制效果

Figure 2 Inhibition effects of 11 Chinese herbal medicine preparations and control agent on lesions of *P. infestans*

### 3 讨论

本试验研究了课题组前期筛选的11种中草药制剂对马铃薯晚疫病菌离体抑菌活性和半活体抑制作用,结果表明,百里香油乳剂、大黄根乙醇溶液、防风油乳剂、齿果酸模根乙醇溶液、广藿香油乳剂、蛇床子油乳剂、野胡萝卜油乳剂和补骨脂油乳剂8种中草药制剂对马铃薯晚疫病具有较好防效,防效由高到低依次为百里香油乳剂、大黄根乙醇溶液、防风油乳剂、齿果酸模根乙醇溶液、广藿香油乳剂、蛇床子油乳剂、野胡萝卜油乳剂和补骨脂油乳剂。研究结果可为下一步开展中草药制剂防治马铃薯晚疫病田间药效试验并探明其在田间应用的可能性提供理论支撑。但本研究还未明确中草药中对晚疫病菌具有抑制作用的活性成分及其作用机理,有待进一步研究。王树桐等<sup>[16]</sup>在研究作用机制时发现,植物提取物通常会对几种不同的途径同时产生作用。宋风平<sup>[17]</sup>研究发现知母提取物——芒果苷对马铃薯晚疫病菌作用机制为高浓度药剂使细胞膜的通透性发生改变,导致细胞内原生质渗漏,从而引起电导率增加,同时芒果苷对菌丝体内可溶性蛋白合成具有较强抑制作用,其对马铃薯晚疫病菌孢子呼吸代谢抑制作用主要表现在磷酸戊糖途径。

张子易<sup>[18]</sup>研究发现山苍子油对马铃薯晚疫病菌的抑菌作用机理可能为山苍子油中所含的天然柠檬醛、香茅醛等成分改变了病原菌细胞膜相对渗透率,导致细胞膜破裂而起到干扰或抑制病原菌生长的作用。此外,多数中草药提取物可同时作用于马铃薯晚疫病菌的菌丝、孢子、附着胞等,从而对病原菌产生多重抑制效果<sup>[6]</sup>。将中草药制剂用于农作物病虫害防治,不仅可以补充植物生长所需的营养成分和活性物质,调节作物健康生长,增加作物抗逆性、抗病性,还可为作物提供全程保健和病虫害有效防控,同时,中草药制剂可调节土壤环境,降低农残及重金属含量,增加农作物肥力及产量,真正达到病虫害绿色防控目的<sup>[19]</sup>。但目前大多数研究均采用中草药粗提物,未能形成有效剂型,与化学农药相比,其防效较低、持效期短、施药次数多、生产成本高<sup>[20]</sup>,可通过优化提取工艺、获得抑菌活性成分并进行有效剂型研制,也可直接将粗提物加工成合适的剂型提高防效。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 路粉, 吴杰, 赵建江, 等. 致病疫霉对烯酰吗啉和双炔酰菌胺的敏感性动态监测及马铃薯晚疫病田间防治药剂筛选[J]. 农药

- 学学报, 2023, 25(6): 1279-1287.
- [ 2 ] 霍超, 曹继芬, 韩伟君, 等. 基于CARAH预警系统对8种马铃薯晚疫病新型杀菌剂的防效评估研究[J/OL]. 西南农业学报: 1-10[2024-03-27]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1213.S.20240322.1037.002.html>.
- [ 3 ] 王甄, 肖春芳, 张等宏, 等. 霜脲·氰霜唑对马铃薯晚疫病的预防与治疗效果[J]. 中国植保导刊, 2023, 43(12): 76-78.
- [ 4 ] Anna L T, Lorenzo R, Valeria I, *et al.* Control of late blight in organic farming with low copper dosages or natural products as alternatives to copper [J]. *European Journal of Plant Pathology*, 2019, 155(3): 769-778.
- [ 5 ] 李磊, 陆杰, 包亚洲, 等. 四种化合物诱导马铃薯抗晚疫病的效果及其相关防御基因表达分析[J]. 植物保护学报, 2020, 47(6): 1277-1286.
- [ 6 ] 黄新异, 武东波, 蒙静, 等. 植物提取物防治马铃薯晚疫病研究进展[J]. 中国马铃薯, 2016, 30(6): 367-371.
- [ 7 ] Chowdappa P, Kumar N B J, Madhura S, *et al.* Severe outbreaks of late blight on potato and tomato in South India caused by recent changes in the *Phytophthora infestans* population [J]. *Plant Pathology*, 2015, 64: 191-199.
- [ 8 ] 邢晓艺, 李凤录, 陈旭, 等. 中草药源农药的研究进展[J]. 生物化工, 2019, 5(3): 125-127.
- [ 9 ] 曹静, 客绍英, 王树桐, 等. 15种中草药提取物对马铃薯晚疫病的抑制效果[J]. 江苏农业科学, 2006(4): 51-52.
- [10] 曹静, 赵志军, 马艳芝. 地肤子等9种中草药提取物对马铃薯晚疫病的影响[J]. 江苏农业科学, 2009(5): 149-150.
- [11] 曹静, 曹克强. 中草药提取物Ts-86对马铃薯晚疫病的抑制作用[J]. 江苏农业科学, 2009(3): 136-137.
- [12] 王树桐, 王晓燕, 刘均玲, 等. 对马铃薯晚疫病(*Phytophthora infestans*)有杀菌毒性的中草药的筛选(英文)[J]. 河北农业大学学报, 2001(2): 101-107.
- [13] 闵凡祥, 郭梅, 胡林双, 等. 四种植物提取物对马铃薯晚疫病的抑制作用[J]. 中国马铃薯, 2007, 21(6): 337-340.
- [14] 曹克强, Ariena H C van Bruggen. 几种植物提取物和天然产物对马铃薯晚疫病的抑制作用(英文)[J]. 河北农业大学学报, 2001(2): 90-96.
- [15] 张培花, 罗文富, 杨艳丽. 紫茎泽兰汁液及其萃取物对马铃薯晚疫病的抑制作用[J]. 西南农业学报, 2006(2): 246-250.
- [16] 王树桐, 宋风平, 胡同乐, 等. 知母提取物诱导马铃薯植株抗晚疫病作用机制初探[J]. 植物保护, 2009, 35(4): 34-38.
- [17] 宋风平. 知母提取物对马铃薯晚疫病防治作用机制及其抑菌活性成分研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2009.
- [18] 张子易. 马铃薯晚疫病防治药剂的筛选与复配研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2019.
- [19] 蒋继志, 史娟, 赵丽坤, 等. 几种植物提取物诱导马铃薯对致病疫霉的抗性[J]. 植物病理学报, 2001, 31(2): 144-151.
- [20] 张兴, 马志卿, 冯俊涛. 植物源农药研究进展[J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(5): 685-698.