

张志霞,刘杰才,云兴福,等.烟草浸提液对番茄晚疫病诱导抗性的研究[J].江苏农业科学,2023,51(1):117-123.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.01.017

# 烟草浸提液对番茄晚疫病诱导抗性的研究

张志霞<sup>1</sup>,刘杰才<sup>1</sup>,云兴福<sup>1</sup>,李蕾<sup>2</sup>

(1.内蒙古农业大学园艺与植物保护学院,内蒙古呼和浩特 010019; 2.满洲里俄语职业学院,内蒙古满洲里 012400)

**摘要:**以烟草根、茎、叶为材料,乙醇和丙酮为浸提剂,采用叶面喷雾法在番茄幼苗 2 叶 1 心时进行 2 次诱导处理,通过自然病原发病试验和人工接种病原发病试验,研究了烟草根、茎、叶的乙醇、丙酮浸提液对番茄晚疫病的诱导抗性效果。结果表明,经过乙根、乙茎、乙叶、丙根、丙茎和丙叶浸提液诱导处理后番茄植株的病株率、病叶率及病情指数均低于各自的对照和总对照,差异达到显著或极显著水平,在自然病原发病试验中,与各自的对照相比,各诱导处理的诱导抗性效果分别为 41.61%、30.56%、45.85%、40.46%、37.18% 和 50.25%,与总对照相比,各诱导处理的诱导抗性效果分别为 45.77%、35.15%、49.43%、44.42%、41.49% 和 53.67%;在人工接种病原发病试验中,与各自的对照相比,各诱导处理的诱导抗性效果分别为 47.96%、32.26%、55.34%、44.52%、42.58% 和 60.28%,与总对照相比,各诱导处理的诱导抗性效果分别为 52.43%、38.31%、59.26%、48.37%、46.26% 和 63.04%。综合上述结果,番茄植株经过烟草根、茎、叶的乙醇、丙酮浸提液诱导处理后,比对照植株推迟发病 4~10 d,诱导抗性效果由强到弱趋势为丙叶处理 > 乙叶处理 > 乙根处理 > 丙根处理 > 丙茎处理 > 乙茎处理。

**关键词:**番茄晚疫病;烟草浸提液;诱导抗性;自然病原;人工接种病原;发病试验

**中图分类号:**S436.412.1<sup>+</sup>2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)01-0117-06

番茄晚疫病由致病疫霉菌 [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary] 侵染所致<sup>[1]</sup>,主要危害叶片、茎和果实,苗期、成株期均可发生<sup>[2]</sup>,对番茄生产造成严重的威胁,通常年份减产 20%~30%,严重时减产 50%~80%,甚至绝收<sup>[3-4]</sup>。目前对该病的防治措施有选用抗病品种、实行轮作换茬、合理密植、化学防治和生物防治等,但主要采用化学防治,由于菜农逐渐加大用药剂量或重复用药,不仅使病原菌对一些常用杀菌剂表现出抗药性,还严重污染农业生态环境,食品中的农药残留直接危害人们的身体健康<sup>[5-8]</sup>。因此,为了减少化学农药的使用,提高食品安全质量,寻求一种安全、绿色的防控番茄晚疫病的方法成为当务之急。

在生物防治中,植物诱导抗病性是一种较为绿色环保的抗病技术,已受到众多学者的青睐,在植物病害的防控中具有十分广阔的应用前景<sup>[9]</sup>。所

谓植物诱导抗病性,即利用生物的或物理的、化学的因子对植株进行诱导处理,改变植物对病害的反应,产生局部的或系统的抗性<sup>[10]</sup>。王树桐等利用知母提取液诱导处理马铃薯幼苗,结果表明,植株对晚疫病产生抗性<sup>[11]</sup>。陈桂华等在水稻幼苗 3 叶 1 心时,将中药前胡提取物均匀喷施在叶片上进行诱导处理,结果表明中药前胡提取物可诱导水稻对稻瘟病产生抗性<sup>[12]</sup>。柴庆凯等发现,利用淀粉芽孢杆菌 LJ02 溶液对黄瓜幼苗进行诱导处理,可诱导黄瓜对灰霉病产生抗性<sup>[13]</sup>。甄丹妹等研究发现,玫瑰黄链霉菌活性代谢产物可诱导黄瓜对白粉病产生抗性<sup>[14]</sup>。

为了探索新型绿色的防控番茄晚疫病的方法,本试验利用烟草根、茎、叶的乙醇、丙酮浸提液在番茄幼苗 2 叶 1 心时进行 2 次诱导处理,调查番茄晚疫病病情,研究番茄晚疫病的诱导抗性效果,以期今后生产中绿色、高效防控番茄晚疫病奠定理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

烟草品种为吉林红,购自内蒙古赤峰市丛杖子村;番茄品种为粉红 918,购自内蒙古农业科学院种

收稿日期:2022-02-22

基金项目:内蒙古自治区科技成果转化引导项目(编号:CGZH2018140)。

作者简介:张志霞(1998—),女,内蒙古乌兰察布人,硕士研究生,研究方向为高寒地区蔬菜栽培与生理。E-mail:2541869317@qq.com。

通信作者:刘杰才,博士,副教授,主要从事高寒地区蔬菜栽培及生理方面的研究。E-mail:jiēcailiu@163.com。

子经销部;番茄晚疫病病原菌 [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary] 由中国农业科学院植物保护研究所提供。

## 1.2 试验设计

本试验于 2021 年 2—12 月在内蒙古农业大学教学科研基地进行。

试验包括自然病原发病试验和人工接种病原发病试验 2 个部分。设 6 个处理分别为乙醇根浸提液诱导处理(简称乙根)、乙醇茎浸提液诱导处理(简称乙茎)、乙醇叶浸提液诱导处理(简称乙叶)、丙酮根浸提液诱导处理(简称丙根)、丙酮茎浸提液诱导处理(简称丙茎)、丙酮叶浸提液诱导处理(简称丙叶)。设 3 个对照分别为 40% 乙醇浸提剂(简称乙 CK)、60% 丙酮浸提剂(简称丙 CK)和蒸馏水(简称总 CK),每个处理 3 次重复。

## 1.3 试验方法

### 1.3.1 自然病原发病试验

1.3.1.1 诱导抗病植株的准备 将番茄种子倒在大烧杯中,加入 0.2% 的高锰酸钾溶液进行消毒,30 min 后用清水冲洗掉种子上的药物残留,再加入清水浸泡 24 h,将恒温培养箱的温度设置为 28 ℃,放入浸泡后的种子进行催芽,3 d 后将露白的种子播于穴盘内,重复 3 次,小区内随机排列,之后进行常规管理。

1.3.1.2 烟草浸提液的制备 随机选取自然风干的烟草根、茎、叶,切成 1 cm 的小段,以 40% 乙醇和 60% 丙酮为浸提剂,烟草材料和浸提剂的比例为 1:12,分别放入锥形瓶后,在 25 ℃、240 r/min 的摇床上进行振荡浸提,24 h 后取出,先用定性滤纸初次过滤除去残渣,再用 0.22 μm 细菌过滤器进行除菌,即得浸提液母液。

1.3.1.3 诱导处理的时间及方法 在番茄幼苗 2 叶 1 心时进行第 1 次诱导处理,第 2 次诱导处理(强化诱导)于 3 d 后进行。下午 6 点,将制备好的烟草根、茎、叶的乙醇、丙酮浸提液装于喉头喷雾器中,分别喷施在各个处理的叶片正背面(以布匀药液为度),以 40% 乙醇浸提剂和 60% 丙酮浸提剂作为对照(CK),蒸馏水作为总对照(总 CK),诱导处理后进行常规管理。

1.3.1.4 病情调查 待番茄幼苗长至 7 张真叶,选择健康的幼苗定植在大棚,每个小区面积为 1.1 m × 5.3 m,每个小区栽种 2 行,每行 13 株,之后进行常规管理。试验于植株发病后,每个处理随机选取 10

株为样本,依据病情分级标准<sup>[15]</sup>调查其病株数和病叶数,每隔 5 d 调查 1 次,共调查 8 次,并计算其病情指数和诱导抗性效果<sup>[16]</sup>。

0 级:无症状;1 级:≤5% 的叶面积被侵染,形成小的坏死斑;2 级:6% ~ 15% 的叶面积被侵染,形成限制性坏死斑;3 级:16% ~ 30% 的叶面积被侵染,茎部不形成坏死斑;4 级:31% ~ 60% 的叶面积被侵染或茎部形成小的坏死斑;5 级:61% ~ 90% 的叶面积被侵染或茎部形成扩展斑;6 级:91% ~ 100% 的叶面积被侵染或茎部损坏或植株死亡。

病株率 = (病株数/总株数) × 100% (全株有 1 张叶片达到 1 级病情就为病株);

病叶率 = (病叶数/总叶数) × 100% (叶片达到 1 级病情就为病叶);

病情指数 =  $\sum$  (各级病叶数 × 各级代表值) / (调查总叶数 × 最高级别代表) × 100;

诱导抗性效果 = (对照病情指数 - 处理病情指数) / 对照病情指数 × 100%。

1.3.2 人工接种病原发病试验 番茄种子经过消毒、浸种、催芽后,播于钵钵内,重复 3 次,小区内随机排列。

本试验烟草浸提液的制备和诱导处理的时间及方法同自然病原发病试验。取扩繁的番茄晚疫病病菌配成孢子悬液,调制浓度为  $1.15 \times 10^5$  个孢子囊/mL。第 2 次诱导处理后 5 d,采用喷雾接种法将番茄晚疫病病菌孢子悬液喷施在全部叶片上进行人工接种,以均匀分布为度,喷施后在幼苗周围搭小拱棚,保温保湿,有利于发病。本试验于人工接种后 4 d 开始发病,每个处理随机选取 10 株作为样本,调查其发病情况,每隔 4 d 调查 1 次,共调查 8 次,调查方法同“1.3.1.4”节。

## 1.4 数据分析

采用 Excel 2019 和 SPSS 17.0 进行数据处理和统计分析,数据结果用 3 次重复的平均数表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 自然病原发病试验

2.1.1 诱导处理后的病株率 在自然病原发病条件下,随着时间的推移,病株率逐渐增加(表 1)。在 7 月 8 日至 7 月 18 日这段时间内,乙叶诱导处理比乙 CK 晚发病 5 d,丙根和丙叶诱导处理分别比丙 CK 晚发病 5 d 和 10 d;在 8 月 12 日最后一次调查中,乙根、乙茎和乙叶诱导处理的病株率分别比乙

CK 降低 20.00%、13.34% 和 26.66%，丙根、丙茎和丙叶诱导处理的病株率分别比丙 CK 降低 20.00%、20.00% 和 26.66%，除乙茎外与 CK 差异显著；乙根、乙茎、乙叶、丙根、丙茎和丙叶诱导处理的病株

率分别比总 CK 降低 25.00%、18.75%、31.24%、25.00%、25.00% 和 31.24%，差异显著或极显著；乙醇诱导处理组内乙叶诱导处理的病株率最低，丙酮诱导处理组内丙叶诱导处理的病株率最低。

表 1 自然病原发病试验的病株率

处理	不同调查日期(月-日)病株率(%)							
	07-08	07-13	07-18	07-23	07-28	08-02	08-07	08-12
乙根	3.33ABb	6.67ABab	10.00Aab	13.33ABbc	16.67CDbc	23.33ABbc	33.33ABbc	40.00Bc
乙茎	3.33ABb	6.67ABab	13.33Aab	16.67ABabc	23.33ABCab	30.00ABab	36.67ABab	43.33ABbc
乙叶	0.00Bb	3.33ABb	10.00Aab	13.33ABbc	16.67CDbc	23.33ABbc	30.00ABbc	36.67Bc
乙 CK	10.00Aa	13.33Aa	16.67Aa	20.00ABab	26.67ABa	33.33Aab	43.33Aa	50.00ABab
丙根	0.00Bb	6.67ABab	10.00Aab	16.67ABabc	20.00BCDbc	26.67ABabc	33.33ABbc	40.00Bc
丙茎	3.33ABb	6.67ABab	10.00Aab	16.67ABabc	20.00BCDbc	26.67ABabc	36.67ABab	40.00Bc
丙叶	0.00Bb	0.00Bb	6.67Ab	10.00Bc	13.33Dc	16.67Bc	26.67Bc	36.67Bc
丙 CK	10.00Aa	13.33Aa	16.67Aa	20.00ABab	26.67ABa	36.67Aa	43.33Aa	50.00ABab
总 CK	10.00Aa	13.33Aa	16.67Aa	23.33Aa	30.00Aa	36.67Aa	43.33Aa	53.33Aa

注:同列不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),不同大写字母表示差异极显著( $P < 0.01$ ),下表同。

2.1.2 诱导处理后的病叶率 随着时间的推移,病叶率逐渐增加(表 2)。在 8 月 12 日调查中,乙根、乙茎和乙叶诱导处理的病叶率分别比乙 CK 降低 22.51%、15.43% 和 26.64%,丙根、丙茎和丙叶诱导处理的病叶率分别比丙 CK 降低 20.81%、18.87% 和 27.66%,差异显著或极显著;乙根、乙

茎、乙叶、丙根、丙茎和丙叶诱导处理的病叶率分别比总 CK 降低 23.80%、16.83%、27.86%、22.39%、20.48% 和 29.10%,差异显著或极显著;乙醇诱导处理组内乙叶诱导处理的病叶率最低,丙酮诱导处理组内丙叶诱导处理的病叶率最低。

表 2 自然病原发病试验的病叶率

处理	不同调查日期(月-日)病叶率(%)							
	07-08	07-13	07-18	07-23	07-28	08-02	08-07	08-12
乙根	0.20Bc	0.55Bb	1.23Bb	1.77Bb	2.31Bbc	3.75Bb	6.03Bb	9.19Cb
乙茎	0.21Bc	0.74Bb	1.43Bb	2.28Bb	2.92Bb	4.54Bb	6.85ABb	10.03ABCb
乙叶	0.00Bc	0.55Bb	1.01Bb	1.67Bb	2.14Bbc	3.94Bb	5.93Bb	8.70Cb
乙 CK	0.81Ab	1.71Aa	3.05Aa	4.20Aa	5.19Aa	7.18Aa	8.14Aa	11.86ABa
丙根	0.00Bc	0.54Bb	1.26Bb	1.80Bb	2.19Bbc	3.69Bb	6.32Bb	9.36BCb
丙茎	0.19Bc	0.57Bb	1.21Bb	1.92Bb	2.44Bbc	3.82Bb	6.66ABb	9.59ABCb
丙叶	0.00Bc	0.00Bc	0.92Bb	1.33Bb	1.75Bc	3.02Bb	5.65Bb	8.55Cb
丙 CK	0.86Aab	1.71Aa	2.99Aa	4.20Aa	5.00Aa	7.06Aa	8.10Aa	11.82ABa
总 CK	1.26Aa	2.21Aa	3.09Aa	4.48Aa	5.47Aa	7.53Aa	8.28Aa	12.06Aa

2.1.3 诱导处理后的病情指数 随着时间的推移,病情指数呈逐渐增加的趋势(表 3)。在 8 月 12 日调查中,乙根、乙茎和乙叶诱导处理的病情指数极显著低于乙 CK,诱导抗性效果分别达到 41.61%、30.56% 和 45.85%,丙根、丙茎和丙叶诱导处理的病情指数极显著低于丙 CK,诱导抗性效果分别达到 40.46%、37.18% 和 50.25%;乙根、乙茎、乙叶、丙根、丙茎和丙叶诱导处理的病情指数均极显著低于

总 CK,诱导抗性效果分别达到 45.77%、35.15%、49.43%、44.42%、41.49% 和 53.67%(图 1);乙醇诱导处理组内乙叶诱导处理的病情指数最低且诱导抗性效果最强,丙酮诱导处理组内丙叶诱导处理的病情指数最低且诱导抗性效果最强。

## 2.2 人工接种病原发病试验

2.2.1 诱导处理后的病株率 在人工接种病原发病条件下,随着时间的推移,病株率逐渐增加(表 4)。

表 3 自然病原发病试验的病情指数

处理	不同调查日期(月-日)病情指数							
	07-08	07-13	07-18	07-23	07-28	08-02	08-07	08-12
乙根	0.03Bb	0.10Bb	0.21Bb	0.29Bc	0.38Bb	0.60Bb	1.24Bc	2.80BCDcd
乙茎	0.03Bb	0.12Bb	0.24Bb	0.36Bc	0.47Bb	0.76Bb	1.66Bb	3.34Bb
乙叶	0.00Bb	0.09Bb	0.17Bb	0.27Bc	0.37Bb	0.63Bb	1.24Bc	2.61CDcd
乙 CK	0.14Aa	0.30Aa	0.53Aa	0.77Aab	0.92Aab	1.22Aa	2.45Aa	4.82Aa
丙根	0.00Bb	0.09Bb	0.21Bb	0.29Bc	0.36Bb	0.63Bb	1.34Bbc	2.87BCDc
丙茎	0.04Bb	0.09Bb	0.22Bb	0.32Bc	0.39Bb	0.64Bb	1.51Bbc	3.02BCbc
丙叶	0.00Bb	0.00Bc	0.15Bb	0.21Bc	0.28Bb	0.50Bb	1.18Bc	2.39Dd
丙 CK	0.14Aa	0.30Aa	0.52Aa	0.70Ab	0.84Ab	1.16Aa	2.49Aa	4.81Aa
总 CK	0.19Aa	0.37Aa	0.64Aa	0.94Aa	1.09Aa	1.39Aa	2.74Aa	5.16Aa

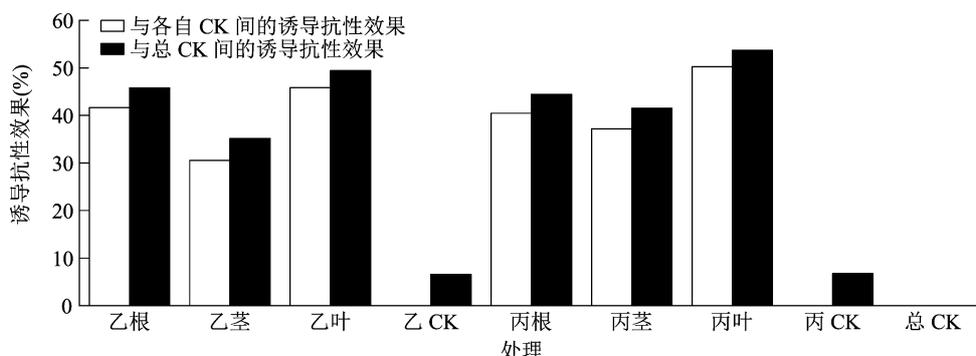


图1 自然病原发病试验的诱导抗性效果终端

在 7 月 5—13 日这段时间内,乙根和乙叶诱导处理分别比乙 CK 晚发病 4 d 和 8 d,丙根和丙叶诱导处理分别比丙 CK 晚发病 4 d 和 8 d;在 8 月 2 日调查中,乙根、乙茎和乙叶诱导处理的病株率分别比乙 CK 降低 23.54%、17.65% 和 29.42%,丙根、丙茎和丙叶诱导处理的病株率分别比丙 CK 降低 18.75%、

18.75% 和 31.24%, 差异显著或极显著;乙根、乙茎、乙叶、丙根、丙茎和丙叶诱导处理的病株率分别比总 CK 降低 23.54%、17.65%、29.42%、23.54%、23.54% 和 35.29%, 差异显著或极显著;乙醇诱导处理组内乙叶诱导处理的病株率最低,丙酮诱导处理组内丙叶诱导处理的病株率最低。

表 4 人工接种病原发病试验的病株率

处理	不同调查日期(月-日)病株率(%)							
	07-05	07-09	07-13	07-17	07-21	07-25	07-29	08-02
乙根	0.00Bb	6.67ABab	10.00Aab	16.67ABbc	23.33ABabc	30.00ABCbed	36.67BCcd	43.33ABCc
乙茎	3.33Bb	6.67ABab	10.00Aab	20.00ABabc	26.67ABab	36.67ABCabc	43.33ABCbc	46.67ABCbc
乙叶	0.00Bb	0.00Bb	6.67Aab	13.33ABbc	20.00ABbc	26.67BCcd	33.33Ccd	40.00BCc
乙 CK	10.00Aa	13.33Aa	16.67Aa	23.33ABab	33.33Aa	43.33ABab	53.33Aa	56.67Aa
丙根	0.00Bb	6.67ABab	10.00Aab	16.67ABbc	23.33ABabc	33.33ABCbc	36.67BCcd	43.33ABCc
丙茎	3.33Bb	6.67ABab	10.00Aab	16.67ABbc	23.33ABabc	33.33ABCbc	40.00ABCcd	43.33ABCc
丙叶	0.00Bb	0.00Bb	3.33Ab	10.00Bc	13.33Bc	20.00Cd	30.00Cd	36.67Cc
丙 CK	10.00Aa	10.00Aa	16.67Aa	23.33ABab	33.33Aa	43.33ABab	50.00ABab	53.33ABab
总 CK	10.00Aa	13.33Aa	16.67Aa	26.67Aa	33.33Aa	46.67Aa	53.33Aa	56.67Aa

2.2.2 诱导处理后的病叶率 随着时间的推移,病叶率呈逐渐增加的趋势(表 5)。在 8 月 2 日调查中,乙根、乙茎和乙叶诱导处理的病叶率分别比乙

CK 降低 23.81%、17.42% 和 26.25%,丙根、丙茎和丙叶诱导处理的病叶率分别比丙 CK 降低 23.23%、20.93% 和 31.96%, 差异极显著;乙根、乙茎、乙叶、

丙根、丙茎和丙叶诱导处理的病叶率分别比总 CK 降低 28.93%、22.88%、31.28%、27.43%、25.32% 和 35.61%，差异极显著；乙醇诱导处理组内乙叶诱

导处理的病叶率最低，丙酮诱导处理组内丙叶诱导处理的病叶率最低。

表 5 人工接种病原发病试验的病叶率

处理	不同调查日期(月-日)病叶率(%)							
	07-05	07-09	07-13	07-17	07-21	07-25	07-29	08-02
乙根	0.00Cc	1.25ABed	2.27BCb	3.28Bb	5.04BCb	8.22BCb	10.62Bb	12.77BCed
乙茎	1.42ABCbc	1.88ABbcd	2.69BCb	3.60Bb	5.53Bb	8.80ABCb	11.51Bb	13.84Bc
乙叶	0.00Cc	0.00Bd	1.96BCb	2.79BCb	4.23BCbc	7.81Cb	10.47Bb	12.36BCde
乙 CK	2.90ABab	3.16Aabc	4.67ABa	5.83Aa	7.59Aa	11.29ABa	14.76Aa	16.76Ab
丙根	0.00Cc	1.26ABed	2.31BCb	3.31Bb	5.13BCb	8.48ABCb	10.52Bb	13.02BCed
丙茎	0.74BCc	1.27ABed	2.39BCb	3.45Bb	5.36Bb	8.66ABCb	11.09Bb	13.41Bed
丙叶	0.00Cc	0.00Bd	1.11Cc	1.43Cc	3.46Cc	7.34Cb	9.92Bb	11.54Ce
丙 CK	2.88ABab	3.22Aab	4.83ABa	5.76Aa	7.33Aa	11.06ABa	14.84Aa	16.96Aab
总 CK	3.67Aa	3.90Aa	5.74Aa	6.10Aa	7.82Aa	11.46Aa	14.83Aa	17.96Aa

2.2.3 诱导处理后的病情指数 随着时间的推移，病情指数逐渐增加(表 6)。在 8 月 2 日调查中，乙根、乙茎和乙叶诱导处理的病情指数极显著低于乙 CK，诱导抗性效果分别达到 47.96%、32.26% 和 55.34%，丙根、丙茎和丙叶诱导处理的病情指数极显著低于丙 CK，诱导抗性效果分别达到 44.52%、42.58% 和 60.28%；乙根、乙茎、乙叶、丙根、丙茎和

丙叶诱导处理的病情指数均极显著低于总 CK，诱导抗性效果分别达到 52.43%、38.31%、59.26%、48.37%、46.26% 和 63.04% (图 2)；乙醇诱导处理组内乙叶诱导处理的病情指数最低且诱导抗性效果最强，丙酮诱导处理组内丙叶诱导处理的病情指数最低且诱导抗性效果最强。

表 6 人工接种病原发病试验的病情指数

处理	不同调查日期(月-日)病情指数							
	07-05	07-09	07-13	07-17	07-21	07-25	07-29	08-02
乙根	0.00Cc	0.36ABbc	0.65BCb	0.91Bb	1.27Cb	2.20Bb	3.29Bb	4.06CDed
乙茎	0.22ABCbc	0.62ABab	0.82BCb	1.12Bb	1.57BCb	2.39Bb	3.67Bb	5.26Bb
乙叶	0.00Cc	0.00Bc	0.58Cb	0.83Bb	1.07Cb	2.12Bb	2.56Bb	3.47CDde
乙 CK	0.40ABab	0.99Aa	1.55ABa	1.90Aa	2.52ABa	4.56Aa	5.93Aa	7.80Aa
丙根	0.00Cc	0.37ABbc	0.68BCb	0.97Bb	1.20Cb	2.27Bb	2.92Bb	4.39BCc
丙茎	0.11BCc	0.38ABbc	0.68BCb	1.01Bb	1.32Cb	2.34Bb	3.41Bb	4.58BCbc
丙叶	0.00Cc	0.00Bc	0.37Cb	0.68Bb	0.85Cb	1.98Bb	2.45Bb	3.15De
丙 CK	0.40AaBb	0.97Aa	1.57ABa	1.91Aa	2.44ABa	4.00Aa	6.10Aa	7.95Aa
总 CK	0.51Aa	1.19Aa	1.87Aa	2.18Aa	2.85Aa	4.48Aa	6.26Aa	8.52Aa

### 3 讨论与结论

研究表明，植物对各种病害具有防卫潜能，通过适当的诱导处理可以激发植物自身的抗病性，使感病的植物表现抗病，从而抵抗多种病害，这是一种绿色、无污染且有利于农业可持续发展的防控病害的方法<sup>[17-18]</sup>。刘嘉方等将番茄晚疫病病菌弱毒菌株菌悬液作为诱导物，于番茄幼苗 2 叶 1 心时，均匀地喷施在叶片正背面进行 2 次诱导处理，3 d 后人工

接种晚疫病病菌，结果表明诱导处理后的植株病情发展较慢，可诱导番茄对晚疫病产生抗性<sup>[19]</sup>。高晓敏在黄瓜幼苗 2 张子叶完全展开时，利用西芹浸提液对黄瓜幼苗进行 2 次诱导处理，2 d 后接种枯萎病菌，研究表明西芹浸提液对黄瓜枯萎病具有诱导抗性效果<sup>[20]</sup>。田菲菲于黄瓜幼苗 2 叶 1 心时，用喉头喷雾器将菜粉蝶提取物均匀喷洒在叶片正背面进行诱导处理，3 d 后接种炭疽病菌，结果表明诱导处理后植株的病情指数低于对照植株，且对炭疽

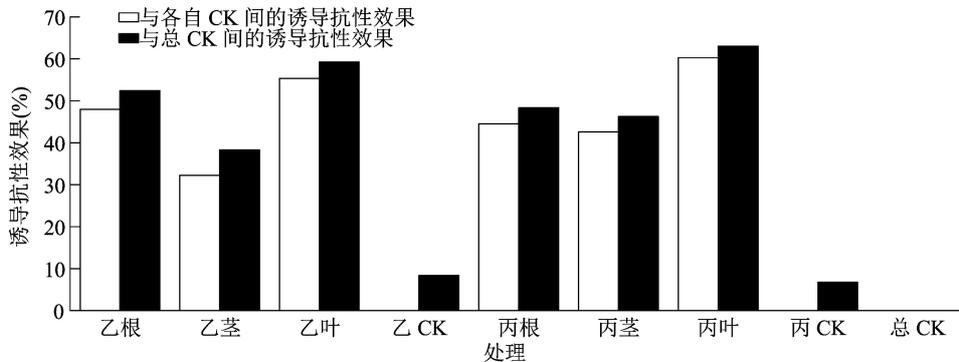


图2 人工接种病原发病试验的诱导抗性效果终值

病产生抗性<sup>[21]</sup>。陈桂华等在水稻幼苗2叶1心时,将中药前胡提取物均匀喷施在叶片正背面进行诱导处理,2 d后接种稻瘟病菌,结果表明诱导处理后植株的病情指数显著低于对照植株,且对稻瘟病产生抗性<sup>[11]</sup>。

本试验结果表明,在自然病原发病试验中,经过乙根、乙茎、乙叶、丙根、丙茎和丙叶浸提液诱导处理后番茄植株的病株率、病叶率及病情指数均显著或极显著低于各自的对照和总对照,与各自的对照相比,各诱导处理的诱导抗性效果分别为41.61%、30.56%、45.85%、40.46%、37.18%和50.25%,与总对照相比,各诱导处理的诱导抗性效果分别为45.77%、35.15%、49.43%、44.42%、41.49%和53.67%;在人工接种病原发病试验中,经过乙根、乙茎、乙叶、丙根、丙茎和丙叶浸提液诱导处理后番茄植株的病株率、病叶率及病情指数均显著或极显著低于各自的对照和总对照,与各自的对照相比,各诱导处理的诱导抗性效果分别为47.96%、32.26%、55.34%、44.52%、42.58%和60.28%,与总对照相比,各诱导处理的诱导抗性效果分别为52.43%、38.31%、59.26%、48.37%、46.26%和63.04%,这与前人的研究具有相似性。

本试验在自然病原发病试验中,经过乙叶和丙根诱导处理后的番茄植株比对照植株晚发病5 d,经过丙叶诱导处理后的番茄植株比对照植物晚发病10 d;在人工接种病原发病试验中,经过乙根和丙根诱导处理后的番茄植株比对照植株晚发病4 d,经过乙叶和丙叶诱导处理后的番茄植株比对照植株晚发病8 d。番茄植株整体发病进程推后,病情降低,可使产量和经济效益的损失相对降低。

综合自然病原发病试验和人工接种病原发病试验结果表明,经过烟草根、茎、叶的乙醇、丙酮浸提液诱导处理后,番茄植株产生对晚疫病的抗性,

比对照植株推迟发病4~10 d,且病情发展缓慢,诱导抗性效果由强到弱趋势为丙叶处理>乙叶处理>乙根处理>丙根处理>丙茎处理>乙茎处理。

#### 参考文献:

- [1] Sanchez-Perez A, Halterman D, Jordan S, et al. RB and Ph resistance genes in potato and tomato minimize risk for oospore production in the presence of mating pairs of *Phytophthora infestans* [J]. *European Journal of Plant Pathology*, 2017, 149(4): 853-864.
- [2] 赵里根, 张莹, 张体敏, 等. 我国番茄晚疫病危害及流行病学特点[J]. *现代园艺*, 2020, 43(19): 106-108.
- [3] 李倩, 孙利萍, 赵根平, 等. 番茄晚疫病田间防治试验[J]. *陕西农业科学*, 2021, 67(11): 33-34.
- [4] 周婷. 露地番茄晚疫病的发生与防治[J]. *现代农村科技*, 2019(7): 24.
- [5] 张亚晶. 番茄常见病害的防治措施[J]. *中国果菜*, 2019, 39(10): 94-97.
- [6] 李明远. 番茄晚疫病的预防与救治[J]. *蔬菜*, 2020(4): 69-72, 86, 85.
- [7] 吴振江, 时娟娟, 伍琦, 等. 七种药剂防治番茄晚疫病的田间效率比较[J]. *棉花科学*, 2021, 43(5): 64-68.
- [8] 卢丽娜, 任翔, 何鹏搏, 等. 蛹虫草胞外多糖诱导番茄抗白粉病和晚疫病的效果[J]. *中国植保导刊*, 2021, 41(11): 5-9, 14.
- [9] 刘喜存, 刘红彦, 李洪连. 植物诱导抗病性及其研究现状[J]. *河南农业科学*, 2006, 35(4): 12-16.
- [10] 杜俊卿, 云兴福. 植物诱导抗病性的研究进展[J]. *内蒙古农业科学*, 2006(6): 21-24.
- [11] 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.
- [12] 陈桂华, 肖艳松, 柏连阳. 中药前胡提取物对水稻幼苗抗稻瘟病的诱导作用[J]. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2007, 33(5): 602-604.
- [13] 柴庆凯, 张斌, 常若葵, 等. 解淀粉芽孢杆菌 LJ02 对黄瓜抗灰霉病菌的生防效果及其诱导抗性机理的初步研究[J]. *植物病理学报*, 2019, 49(6): 828-835.
- [14] 甄丹妹, 郭景红, 韩兴, 等. 玫瑰黄链霉菌活性代谢产物诱导黄瓜白粉病抗性[J]. *江苏农业科学*, 2019, 47(11): 148-150.
- [15] 温晓涵, 张喜春. 番茄抗晚疫病研究[J]. *中国农学通报*, 2008,

冯蓓蓓, 邓业成, 卢丹丹, 等. 广西地不容和地枫皮内生真菌对罗汉果土传病原真菌的抑制活性[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(1): 123-128.  
doi: 10. 15889/j. issn. 1002-1302. 2023. 01. 018

# 广西地不容和地枫皮内生真菌对罗汉果土传病原真菌的抑制活性

冯蓓蓓, 邓业成, 卢丹丹, 汤夏安, 邓志勇, 骆海玉

(广西师范大学生命科学学院, 广西桂林 541006)

**摘要:**为了探索更加科学环保的防治罗汉果土传病害的方法, 采用平板对峙法测定了 3 株广西地不容内生真菌和 4 株地枫皮内生真菌对 3 种罗汉果病原真菌的抗菌活性, 并采用菌丝生长速率法测定 7 株内生真菌的发酵产物不同萃取组分的抑菌活性。结果表明, 7 株内生真菌都具有一定的抗菌活性。6 种植物内生真菌 [除 DFP-G-5 (*Chaetomium globosum*) 外] 的发酵液乙酸乙酯萃取物对 3 种病原真菌的抑制活性较好, 有效中浓度 ( $EC_{50}$ ) 为 0.120 8 ~ 2.911 7 g/L; 这 6 种植物内生真菌的菌丝体甲醇提取物对 3 种病原真菌的抑制活性一般,  $EC_{50}$  为 0.270 8 ~ 9.141 3 g/L; 4 种植物内生真菌 DBR-5 (*Nigrospora* sp.)、DFP-G-5、DFP-G-7 (*Fusarium nematophilum*)、DFP-P-7.1 的发酵液萃取物对 3 种病原真菌的抑制活性一般,  $EC_{50}$  为 1.488 1 ~ 9.431 3 g/L。另外广西地不容内生真菌 DBR-5 对病原菌的毒力最高, 其发酵液乙酸乙酯萃取物对罗汉果白绢病菌 (*Athelia rolfsii*) BJB 以及菌丝体甲醇提取物对腐皮镰刀菌 (*Fusarium solani*) GFB-G15 都具有很强的抑制作用,  $EC_{50}$  值分别为 0.120 8 g/L 和 0.270 8 g/L。上述结果表明, 6 种植物内生真菌在防治罗汉果土传病害上具有潜在应用价值。

**关键词:**广西地不容; 地枫皮; 罗汉果; 内生真菌; 发酵产物; 抑菌活性; 土传病害

**中图分类号:** S435.67; S182; S482.2<sup>+</sup>92 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2023)01-0123-06

罗汉果 (*Siraitia grosvenorii*) 是葫芦科罗汉果属植物的果实, 很早就被发现是药食两用的植物<sup>[1-2]</sup>。罗汉果植株的主要土传病害有根腐病<sup>[3-4]</sup>、白绢病<sup>[5]</sup>、青枯病<sup>[6]</sup>、根结线虫病<sup>[7]</sup>、芽枯病<sup>[8]</sup>等。研究发现, 齐整小核菌 (*Sclerotium rolfsii* Sacc.) 是罗汉果白绢病的致病菌, 通过侵害罗汉果的茎基部和根部, 使罗汉果茎叶萎蔫, 最后枯萎而死<sup>[9]</sup>。罗汉果

根腐病的致病菌是镰刀菌根腐类病菌<sup>[10]</sup>, 通过侵染罗汉果根部, 使根腐烂, 造成植株枯萎死亡。目前, 化学防治是最广泛应用的防治方式, 但人们越来越注重随之而来的环境、食品等问题, 所以研究出更加科学安全的防治方法迫在眉睫。随着技术的发展和人们对杀菌剂要求的日益提高, 农业病害的防治提倡采用更加安全、低污染的生物防治, 所以植物内生真菌及其产生的抗菌物质成为植物病害防治相关研究的热门方向<sup>[11]</sup>。植物内生菌是不危害植物宿主, 存在于健康宿主细胞间或细胞内的一大类未完全开发的微生物<sup>[11-13]</sup>。

广西地不容 (*Stephania kwangsiensis*) 是中国特色千金藤属植物<sup>[14]</sup>, 有着广泛的药用价值, 比如清热解毒、消肿去瘀等<sup>[15]</sup>。目前对广西地不容的杀虫

收稿日期: 2022-03-13

基金项目: 广西重点研发计划 (编号: 桂科 AB1850025); 桂林市重点研发计划 (编号: 20190211-19)。

作者简介: 冯蓓蓓 (1994—), 女, 湖北宜昌人, 硕士研究生, 主要从事天然产物研究。E-mail: 2606692796@qq.com。

通信作者: 邓业成, 博士, 教授, 主要从事天然产物与植物保护研究。E-mail: dyecheng@163.com。

24(10): 351-359.

[16] 向妙莲, 付永琦, 何永明, 等. 茉莉酸甲酯浸种对水稻幼苗白叶枯病抗性 & 抗氧化酶活性的影响 [J]. 中国水稻科学, 2014, 28(4): 419-426.

[17] 孙正祥, 王瑞霞, 周 焱, 等. 植物诱导抗病性研究进展 [J]. 中国植保导刊, 2010, 30(10): 15-17.

[18] 王燕荣, 王 永, 李 杰, 等. 番茄早疫病病组织浸提液对番茄早疫病诱导抗性的研究 [J]. 内蒙古农业大学学报 (自然科学

版), 2021, 42(1): 16-22.

[19] 刘嘉方, 王 永, 云兴福. PIAS 对番茄晚疫病的诱导抗性 & 叶片内酶活性的研究 [J]. 内蒙古农业大学学报 (自然科学版), 2021, 42(4): 12-19.

[20] 高晓敏. 西芹浸提液化感物质分离鉴定 & 其对黄瓜枯萎病诱导抗性的研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2015.

[21] 田菲菲. 菜粉蝶提取物诱导黄瓜对炭疽病的抗性 & 其机理研究 [D]. 保定: 河北农业大学, 2007.