

大蒜与 3 种药用作物对烟草炭疽病菌的抑菌效果^①

王 军¹, 何大敏², 陈廷智¹, 杨水平²,
陈 阳², 刘 京¹, 张东艳², 丁 伟²

1. 贵州省烟草公司遵义市公司, 贵州 遵义 563000; 2. 西南大学 资源环境学院, 重庆 400715

摘要: 烟草炭疽病是烟草苗期发生的一种主要病害, 采用菌丝生长速率法, 研究了大蒜、玄参、川明参、半夏等作物茎叶根系提取物、根系分泌物及其组合对烟草炭疽病菌的抑菌效果. 结果表明: 1) 大蒜、玄参、川明参、半夏的茎叶和根系提取物对烟草炭疽病菌都有不同程度的抑制作用, 抑制作用随提取物浓度增大而增强; 大蒜抑菌活性最强, 其茎叶和根系抑制率在 0.50 g/mL 时均达到 100%, 玄参次之, 茎叶抑制率在 0.25 g/mL 时最高达 58.40%, 根系在 0.5 g/mL 时最高(57.20%), 川明参和半夏抑制率不高; 大蒜鳞茎抑菌活性强于茎叶, 玄参茎叶抑菌活性强于根系; 川明参茎叶、根系提取物组合增益效应明显; 2) 大蒜、玄参、川明参、半夏根系分泌物对烟草炭疽病菌均表现出一定的抑制作用, 随根系分泌物浓度增大而增强, 抑菌强度由大到小为大蒜, 玄参, 川明参, 半夏; 3) 提取物和根系分泌物组合的抑菌性, 玄参、川明参介于提取物组合与根系分泌物之间, 半夏略有降低. 得出大蒜、玄参、川明参有防控烟草炭疽病的应用潜力.

关键词: 烟草炭疽病菌; 药用作物; 提取物; 根系分泌物; 抑菌性

中图分类号: S432

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2018)02-0001-07

烤烟(*Nicotiana tabacum*)和药用作物都是我国重要的经济作物, 烤烟和部分药用作物忌连作^[1, 2]. 但由于耕地有限性, 连作现象在我国仍十分普遍. 连作使土壤中的病原微生物大量繁殖, 增加土传病害的发生危害程度^[1, 3-4], 降低烤烟和药用作物的产量和品质.

烟草炭疽病(*Colletotrichum nicotianae*)是由半知菌亚门(Deuteromycotina)炭疽病属(*Colletotrichum*)病原菌侵染引起的一种苗期主要病害, 烟草整个生育期均可发病, 苗期最为严重, 我国各烟区都有发生, 一般发病率在 30%~40%, 严重时可达 80%以上, 严重影响烟草种植生产^[5]. 目前对烟草炭疽病的防治主要以化学防治为主^[6, 7], 但长期使用化学药品, 会使病原菌产生抗性, 导致防治效果降低, 同时对土壤、水体等环境造成污染, 影响烟叶质量.

利用拮抗微生物(拮抗菌)^[8-10]、植物源提取物^[11-13]、轮(间)作^[14]等措施控制作物病害, 因对环境友好受到广泛而持续的关注, 其中, 筛选抗菌活性植物, 提取抗菌活性成分制成植物源杀菌剂, 或利用其与宿主作物轮/间/套作而控制病害, 正成为研究热点^[15]. 大蒜(*Allium sativum*)提取物对烟草黑胫病菌(*Phytophthora nicotianae*)有明显的抑制作用^[16], 与烟草轮作对黑胫病菌也有较好的防治效果^[17]. 自然界中具有抑菌活性的植物资源较多, 其中, 药用作物更具有开发潜力^[13], 玄参(*Scrophularia ningpoensis*)、川明参(*Chuanmingshen violaceum*)、半夏(*Pinellia ternata*)是西南山区广泛种植的药用作物, 其茎叶根系中均具有抗菌活性成分^[18], 但生产中只收获药用块根而茎叶等大部分生物量因非药用而被浪费. 玄参、

① 收稿日期: 2017-05-24

基金项目: 国家自然科学基金项目(31370602); 贵州省烟草公司遵义市公司研究开发项目(201404); 中央高校基本科研业务费专项(SWU113094); 国家烟草专卖局重点项目(NY20150601070012).

作者简介: 王 军(1977-), 男, 湖北荆州人, 硕士, 农艺师, 主要从事烤烟育种与栽培的研究.

通信作者: 陈廷智, 农艺师.

川明参、半夏生境与烤烟相似,且对烤烟无不良影响^[19],可与烤烟配合种植,且 3 者每 666.7 m² 收益均大于普通农作物,将其与烤烟进行轮/间/套作,形成特定的烟药种植模式,或许不仅可以避免各自连作障碍,增加经济效益,其抑菌成分还可控制烟地土传病害.川明参轮作能显著降低烟草青枯病等致病微生物数量^[20],但 3 种药用作物和大蒜是否对烟草炭疽病菌具有抑制作用还未见报道.本试验模拟田间条件下,以水为溶剂,研究大蒜、玄参、川明参、半夏不同部位提取物和根系分泌物及其组合对烟草炭疽病菌的抑菌效果,以期为烟草炭疽病控制、烟药栽培模式以及药用作物综合利用提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 材 料

烟草炭疽病菌由西南大学资源环境学院微生物实验室提供,以马铃薯葡萄糖琼脂培养基(PDA)培养,备用.烤烟、玄参、半夏种子采自贵州道真县,川明参种子采自四川阆中市,大蒜购自本地农贸市场,播于本单位实验苗圃,备用.

1.2 方 法

1.2.1 提取物制备

在苗圃中取 4~6 月龄的健康植物大苗,将地上茎叶、地下根系分开,除大蒜、半夏鳞茎外,其余在 40 ℃ 恒温干燥箱中鼓风吹干至发脆,粉碎,过 1 mm 筛,备用.

各称取粉碎过的 8 个植物样品(大蒜茎叶、玄参茎叶、玄参根系、川明参茎叶、川明参根系、半夏茎叶、烤烟茎叶、烤烟根系)50 g,每个样品称取 3 份,放入棕色广口瓶中,加入 1 000 mL 蒸馏水,搅拌使完全浸没,常温条件下超声波提取 0.5 h,避光处静置 24 h,然后减压抽滤,滤渣用同样办法重复提取 3 次.合并滤液,用旋转蒸发仪在 40 ℃ 条件下减压浓缩至最小体积,定容至 50 mL 容量瓶中,即得到 1 g/mL 提取物的原液(即每毫升原液含有 1 g 样品对应的提取物),密封,放入 4 ℃ 冰箱中保存备用.

大蒜、半夏鳞茎,采用 50 g 干样等量的鲜样,研磨过滤后超声提取,其余步骤均相同.

1.2.2 根系分泌物

水培法收集根系分泌物.在苗圃中取 2 月龄健康均一的供试植物幼苗,用蒸馏水将根系洗净,0.1% 升汞灭菌 10 min 后,移栽到 250 mL 的航空杯中,用泡沫板固定,加 Hoagland 营养液至淹没幼苗根部,每杯 3 株,每种植物 4 个重复,每 3 d 更换营养液.3 周后,取出幼苗,用蒸馏水冲洗根部,移栽到另一航空杯中,加蒸馏水至淹没根部.杯口用塑料薄膜遮挡,防止外来菌污染,同时也减少蒸发量.每 2 d 收集 1 次含有根系分泌物的蒸馏水,共收集 3 次,收集结束后称量植物鲜根质量.合并收集的根系分泌物溶液,过滤,在 35 ℃ 下旋转蒸发减压浓缩至最小体积,根据鲜根质量,用蒸馏水定容成 1 g/mL 的原液(即每毫升原液含有 1 g 鲜根对应的根系分泌物).

1.2.3 浓度设置

将上述 1.2.1 中的茎叶、根系提取物原液分别稀释至 0.05 g/mL,0.1 g/mL,0.25 g/mL,0.5 g/mL,将 1.2.2 中的根系分泌物原液分别稀释至 0.1 g/mL,0.2 g/mL,0.4 g/mL,0.6 g/mL.植株茎叶、根系提取物组合用 0.25 g/mL 浓度按体积比 1:1 配制,植株两种提取物与根系分泌物组合用 0.25 g/mL 的提取物组合液和 0.4 g/mL 浓度的根系分泌物按体积 1:1 配制.

1.2.4 抑菌性测定

采用菌丝生长速率法测定抑菌性^[21].将 PDA 培养基倒入直径 9 cm 的培养皿中,冷却凝固后,在无菌操作下取 2 mL 提取物、根系分泌物稀释液滴加至培养基表面,涂匀,以加 2 mL 灭菌水作为对照(CK),每个处理 3 个重复.待稀释液浸入培养基表面后,用消毒的直径 0.5 cm 打孔器在供试病原菌菌落边缘打制菌饼,再用无菌接种针接种在培养基表面中央,每皿 1 个菌饼,密封,随机摆放于恒温培养箱中,25 ℃ 黑暗培养 6 d.期间每隔 24 h 利用十字交叉法测定菌落直径,记录并计算生长抑制率:

$$\text{生长抑制率} / \% = (\text{对照菌落直径} - \text{处理菌落直径}) / \text{对照菌落直径} \times 100$$

1.3 数据统计分析

试验数据用 Microsoft Excel 和 DPS 进行统计分析.

2 结果与分析

2.1 几种作物提取物对烟草炭疽病菌的抑菌效应

2.1.1 提取物抑菌时间效应

大蒜、玄参、川明参、半夏以及烟草不同部位提取物在 0.1 g/mL 浓度下对烟草炭疽病菌生长的时间效应见图 1。前 3 d, 除烟草根系外, 其余作物不同部位的提取物以及烟草茎叶提取物对烟草炭疽病菌生长均有不同程度的抑制作用, 且变化幅度较大, 尤其是川明参茎叶提取物, 至第 4 d 开始趋于稳定。不同作物、同种作物不同部位对烟草炭疽病菌的抑制作用强度不同。

2.1.2 提取物抑菌浓度效应

在试验浓度范围(0.05 g/mL~0.5 g/mL)内, 各作物提取物对炭疽病菌的抑制率随时间增大而上升, 并逐渐趋于稳定。作物间抑菌效果差异较大, 各作物对烟草炭疽病菌的抑制强弱依次为大蒜, 玄参, 川明参, 半夏(高浓度下半夏强于川明参), 部位间差异相对较小, 大蒜鳞茎除 0.1 g/mL 浓度下显著高于茎叶外, 其他浓度下差异无统计学意义; 玄参在 0.5 g/mL 浓度下根系高于茎叶, 但差异无统计学意义, 其他浓度下茎叶高于根系; 川明参茎叶大于根系; 半夏鳞茎高于茎叶, 在高浓度(0.5 g/mL)下达到显著水平(表 1)。

表 1 4 种作物不同部位提取物在不同浓度下对烟草炭疽病菌的抑制作用

浓度/(g·mL ⁻¹)		0.05		0.1		0.25		0.5	
作物	部位	菌落直径/ cm	抑制率/ %	菌落直径/ cm	抑制率/ %	菌落直径/ cm	抑制率/ %	菌落直径/ cm	抑制率/ %
		cm	%	cm	%	cm	%	cm	%
大蒜	茎叶	5.73	23.66a	4.42	41.07b	2.54	66.13a	0.00	100.00a
	鳞茎	5.43	27.56a	3.98	46.93a	1.98	73.60a	0.00	100.00a
玄参	茎叶	6.15	18.02b	4.84	35.47c	3.12	58.40b	3.45	54.00b
	根系	6.53	12.98b	5.53	26.27d	3.23	56.98b	3.21	57.20b
川明参	茎叶	6.69	10.80bc	5.81	22.53d	5.54	26.12c	5.68	24.27c
	根系	6.98	6.90c	6.29	16.00e	5.91	21.22c	6.21	17.20d
半夏	茎叶	7.26	3.16d	6.88	8.27f	6.49	13.50d	6.06	19.23d
	鳞茎	7.22	3.77d	6.78	9.60f	6.11	18.52cd	5.37	28.44c
CK		7.50	—	7.50	—	7.50	—	7.50	—

注: 在同一列中, 小写字母不同表示差异有统计学意义($p<0.05$)。

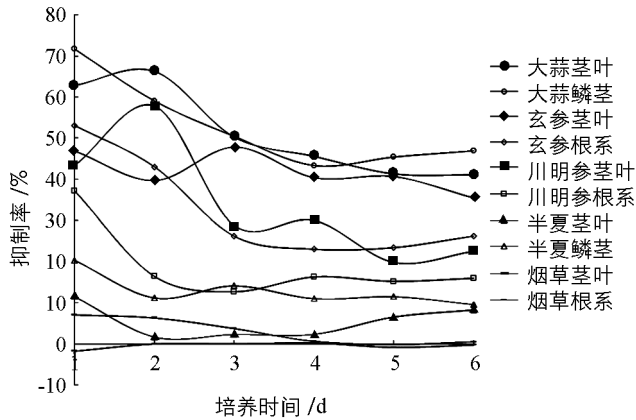


图 1 5 种作物不同部位提取物在 0.1 g/mL 浓度下对烟草炭疽病菌生长的时间效应

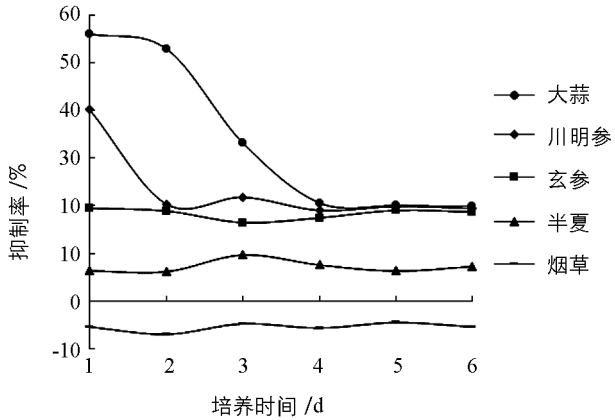


图 2 5 种作物根系分泌物在 0.2 g/mL 浓度下对烟草炭疽病菌生长的时间效应

2.2 几种作物根系分泌物对烟草炭疽病菌的抑菌效应

2.2.1 根系分泌物时间效应

大蒜、玄参、川明参根系分泌物对烟草炭疽病菌的抑制作用在第 1 d 有较大差异, 至第 4~6 d 几乎一致(图 2)。大蒜第 1 d(55.98%)开始有较高抑制率, 至第 4~6 d(19.89%)降至稳定, 降幅达 64.5%;

川明参和半夏对烟草炭疽病菌的抑菌作用表现稳定,第 3 d,川明参略有下降随后上升至稳定,半夏略有上升随后下降至稳定.

2.2.2 根系分泌物浓度效应

在试验浓度 0.1 g/mL~0.6 g/mL 范围内,随着浓度的增大,大蒜与 3 种药用作物对烟草炭疽病菌的抑制作用逐渐增强,后趋于稳定,作用效果由大到小依次为大蒜,玄参,川明参,半夏(表 2).大蒜在 0.4 g/mL 浓度下抑菌效果最好.

表 2 4 种作物根系分泌物在不同浓度下对烟草炭疽病菌的抑制作用

浓度/(g·mL ⁻¹)	0.1		0.2		0.4		0.6	
	菌落直径/ cm	抑菌率/ %	菌落直径/ cm	抑菌率/ %	菌落直径/ cm	抑菌率/ %	菌落直径/ cm	抑菌率/ %
大蒜	7.22	3.78ab	6.01	19.89a	4.12	45.11a	4.44	40.78a
玄参	7.17	4.44ab	6.04	19.43a	5.54	26.11b	5.55	25.98bc
川明参	6.88	8.32a	6.10	18.65a	5.23	30.32b	5.15	31.33c
半夏	7.50	0.00b	6.96	7.24b	6.46	13.87c	5.99	20.11b
CK	7.50	—	7.50	—	7.50	—	7.50	—

注:在同一列中,小写字母不同表示差异有统计学意义($p<0.05$).

2.3 提取物与根系分泌物组合对烟草炭疽病菌的抑菌效应

玄参、川明参、半夏茎叶和根系提取物浓度为 0.25 g/mL,根系分泌物浓度为 0.4 g/mL,二者以 1:1 比例组合之后对烟草炭疽病菌的抑制效果见表 3.提取物组合之后,玄参的抑菌效果变化不大;川明参(36.33%)抑菌效果明显强于其茎叶(26.12%)、根系(21.22%);半夏介于根系与茎叶之间.茎叶、根系提取物与根系分泌物 3 者组合之后,玄参、川明参、半夏的抑菌效果与提取物组合差异无统计学意义.其中,玄参、川明参均介于提取物组合和根系分泌物之间,玄参抑菌效果与提取物组合相近而远超根系分泌物,川明参高于提取物组合而与根系分泌物相近;半夏略有降低.

表 3 3 种作物提取物与根系分泌物组合对烟草炭疽病菌的抑制作用

处 理		菌落直径/cm	抑制率/%
A	玄参根系+茎叶	3.28	56.32a
B	川明参根系+茎叶	4.78	36.33b
C	半夏鳞茎+茎叶	6.33	15.66c
D	A+玄参根系分泌物	3.36	55.22a
E	B+川明参根系分泌物	5.23	30.25b
F	C+半夏根系分泌物	6.55	12.69c
CK	蒸馏水	7.50	—

注:在同一列中,小写字母不同表示差异有统计学意义($p<0.05$).

3 讨 论

大蒜、玄参、川明参和半夏的茎叶和根系提取物对烟草炭疽病菌都有不同程度的抑制作用,大蒜茎叶和鳞茎的抑菌活性既强又稳定,在 0.5 g/mL 浓度下抑制率达到 100%,玄参抑菌活性次之,玄参茎叶在 0.25 g/mL 浓度时抑菌活性最高达 58.40%,而川明参和半夏抑菌活性不高.有研究表明,大蒜可用作控制烟草黑胫病菌、烟草青枯病菌(*Ralstonia solanacearum*)的植物源杀菌剂^[16, 22].本试验表明,大蒜和玄参也具备开发控制烟草炭疽病菌植物源杀菌剂的潜力,而川明参、半夏开发潜力不大.植物源杀菌剂是指提取植物有效成分或利用某些抗菌活性部位,以及分离提纯的单体物质加工而成的防治植物病害的药剂,因其低毒、低残留、对环境友好被认为是化学品杀菌剂最好的替代品^[23].大蒜和 3 种药用作物提取物对烟草炭疽病的抑菌性随浓度增大而增强,浓度越大,增幅变小,到最高点后抑制率开始下降,玄参茎叶在 0.25 g/mL 浓度时达到最大抑菌性,0.5 g/mL 浓度时略有下降.张汉千等^[22]和赖荣泉

等^[16]发现大蒜提取物对烟草青枯病菌、烟草黑胫病菌的抑制作用随提取物浓度增大而增强。弓德强等^[24]在研究丁香(*Syzygium aromaticum*)、藿香(*Agastache rugosa*)等 20 种植物提取物对芒果炭疽病菌(*Colletotrichum gloeosporioides*)的抑制作用时发现,抑菌作用随浓度降低而下降,不同部位之间的抑菌性也存在差异性,大蒜鳞茎的抑菌活性强于茎叶,廖静静等^[25]在研究大蒜挥发物和浸提液对辣椒疫霉菌(*Phytophthora capsici*)的抑菌活性时发现,大蒜蒜瓣对辣椒疫霉菌有很强的抑菌活性,而叶、根浸提液在同等浓度下促进该菌生长。玄参茎叶抑菌活性强于根系,胡瑛瑛等^[18]在玄参的药理作用中也提到玄参叶对金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)的抗菌作用要强于根。提取物的抑菌活性与提取溶剂有关,同浓度下的烟草正己烷提取物对苹果腐烂病菌(*Valsa mali*)的抑菌活性要强于 95% 乙醇提取物^[26],大蒜乙醇提取物对烟草黑胫病菌和烟草青枯病菌的抑制作用要优于水提取物^[16, 22],这提示,选择其他溶剂可能会有更好的抑菌效果。

将抑菌植物与宿主植物轮/间/套作是利用抑菌植物活性成分的另一种方式,株体中的抑菌活性成分可以通过雨雾淋溶直接进入土壤,抑制病原菌生长^[27]。与利用植物抑菌活性成分制成植物源杀菌剂相比,轮/间/套作更简便、直接、有效,且省去了提取、加工等制药环节,成本更低。大蒜、玄参、川明参、半夏是用根药用作物,在收获时仅药用部位块根或鳞茎被带走,剩下非药用的地上部分(尤其玄参、川明参的茎叶生物量大)被扔掉造成资源浪费。研究表明,与烤烟不同科的作物与烤烟套作能避免烟草土传真菌性病害,有效控制烟草病害^[28]。烤烟是茄科作物,大蒜为百合科,玄参为玄参科,川明参为伞形科,半夏为天南星科,将大蒜、玄参、川明参、半夏地上部分翻耕入土,不仅可以充分利用抑菌植物资源,或许还能有效控制烟草炭疽病,具体效果还需开展田间试验作进一步验证。

植物根系分泌物是轮/间/套作模式中的另一抑菌物质来源,以此取代化学杀菌剂,是防治病害的有效手段^[29]。根系分泌物为土壤微生物增添有机碳源而影响微生物生长,通过促进或拮抗作用深刻塑造土壤微生物种群结构^[20, 30-31],土传病害的发生与土壤中微生物群落结构、区系和数量密切相关^[32-33],而轮/间/套作能调节和改善土壤微生物种群结构,增加微生物多样性,间接控制病原菌^[14, 20, 34]。不同作物的根系分泌物有其特异的生理活性^[35-37],小麦(*Triticum aestivum*)(云麦 42 和云麦 47)与蚕豆(*Vicia faba*)间作后,显著提高了蚕豆根基微生物对碳源的利用强度,使蚕豆枯萎病(*Tusarium wilt*)病情指数分别降低了 47.6% 和 33.3%^[38]。川明参与烤烟轮作之后改变了植烟土壤中微生物的群落结构,使有益菌增加,有害菌减少,川明参根系分泌物能明显抑制烟草青枯病^[20]。本试验中,大蒜、玄参、川明参、半夏的根系分泌物对烟草炭疽病菌均有一定的抑制作用,且随浓度增大而增强,大蒜、玄参对烟草炭疽病菌抑制率在 0.4 g/mL 浓度时到达最高点(45.11% 和 26.11%),川明参和半夏在 0.6 g/mL 浓度时达到最高点。植物在生长过程中通过根系向周围土壤分泌的各种有机物质的数量,通常情况下可达植物光合固碳的 20% 左右,部分植物如禾谷类能达到 40% 以上^[39]。综合考虑抑菌浓度和根系分泌物的数量,4 作物都有与烤烟进行轮/间/套作以控制烟草炭疽病的潜力。

提取物与根系分泌物的组合,是模拟田间自然轮/间/套作条件下,提取物和根系分泌物同时存在时的抑菌效果。玄参、川明参、半夏 3 种药用作物茎叶、根系提取物与根系分泌物的组合,对烟草炭疽病菌都有不同程度的抑制作用,其抑制率分别为 55.22%, 30.25%, 12.69%。除半夏略有降低外,玄参和川明参抑菌效果介于提取物组合与根系分泌物之间,无显著增益效果,这可能是因为提取物、分泌物中抑菌活性成分不同,各抑菌成分相互影响导致抑菌性发生了不同程度的改变^[40],也可能是组合之后各成分因溶液体积相对增加而浓度被稀释 1 倍而造成的,实际情况尚待进一步研究。

4 结 论

大蒜、玄参、川明参、半夏提取物和根系分泌物对烟草炭疽病菌都有一定的抑制率,抑菌强度由大到小为大蒜、玄参、川明参、半夏,其中,大蒜、玄参有开发烟草炭疽病植物源杀菌剂的潜力。从提取物、根系分泌物及其组合效果上来看,4 种作物(尤其是玄参和川明参)都有与烤烟轮/间/套作以控制烟草炭疽病的潜力,但实际田间效果还需进一步研究。

参考文献:

- [1] 张仕祥, 过伟民, 李辉信, 等. 烟草连作障碍研究进展 [J]. 土壤, 2015, 47(5): 823—829.
- [2] 张重义, 林文雄. 药用植物的化感自毒作用与连作障碍 [J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(1): 189—196.
- [3] 唐成林, 王 觉, 罗夫来, 等. 半夏茬后土壤微生物数量变化及其化感作用初探 [J]. 河南农业科学, 2016, 45(12): 135—137.
- [4] 吴林坤, 黄伟民, 王娟英, 等. 不同连作年限野生地黄根际土壤微生物群落多样性分析 [J]. 作物学报, 2015, 41(2): 308—317.
- [5] 朱贤朝, 王彦亭, 王智发. 中国烟草病害 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 3—9.
- [6] 张黎明. 烟草炭疽病的发生及其防治研究进展 [J]. 江西农业学报, 2011, 23(8): 90—92.
- [7] 任文清, 夏文明, 张再刚, 等. 四川烟草炭疽病的鉴定及防治技术研究 [J]. 安徽农业科学, 2015, 43(4): 128—130.
- [8] 王 静, 孔凡玉, 陈晓红, 等. 短小芽胞杆菌 AR03 对烟草炭疽病的抑制作用 [J]. 植物保护, 2015, 41(1): 104—107.
- [9] 万秀清, 郭兆奎, 颜培强, 等. 烟草炭疽病拮抗生防菌的筛选 [J]. 微生物学通报, 2008, 35(11): 1727—1731.
- [10] 邹芳芸, 陈晓明, 候 军, 等. 烟草主要病原菌拮抗菌的筛选 [J]. 食品工业科技, 2015, 36(9): 175—178, 183.
- [11] SONKER N, PANDEY A K, SINGH P. Efficiency of *Artemisia Nilagirica* (Clarke) Pamp. Essential Oil as a Mycotoxin-Antagonist Against Postharvest Mycobiota of Table Grapes [J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2015, 95(9): 1932—1939.
- [12] KIM J C, CHOI G J, LEE S W, et al. Screening Extracts of *Achyranthes Japonica* and *Rumex Crispus* for Activity Against Various Plant Pathogenic Fungi and Control of Powdery Mildew [J]. Pest Management Science, 2004, 60(8): 803—808.
- [13] 郑海武, 李正英. 植物源抗番茄晚疫病菌的研究进展 [J]. 食品工业科技, 2016, 37(23): 387—390, 395.
- [14] 吴凤芝, 周新刚. 不同作物间作对黄瓜病害及土壤微生物群落多样性的影响 [J]. 土壤学报, 2009, 46(5): 899—906.
- [15] 王书平, 李玉玺, 张韩杰. 抑菌植物资源的研究进展 [J]. 生物技术通报, 2011, 27(8): 26—29.
- [16] 赖荣泉, 姜林灿, 陈志敏, 等. 大蒜粗提物对烟草黑胫病菌的室内抑制作用 [J]. 烟草科技, 2009, 42(9): 62—64.
- [17] 钊有聪, 张立猛, 焦永鸽, 等. 大蒜与烤烟轮作对烟草黑胫病的防治效果及作用机理初探 [J]. 中国烟草学报, 2016, 22(5): 55—62.
- [18] 胡瑛瑛, 黄 真. 玄参的化学成分及药理作用研究进展 [J]. 浙江中医药大学学报, 2008, 32(2): 268—270.
- [19] 赵新梅, 王 军, 莫静静, 等. 三种作物茎叶枯落物水浸液对烟草幼苗生长的化感效应 [J]. 草业学报, 2016, 25(9): 37—45.
- [20] 张东艳, 赵 建, 杨水平, 等. 川明参轮作对烟地土壤微生物群落结构的影响 [J]. 中国中药杂志, 2016, 41(24): 4556—4563.
- [21] 袁善奎, 周利娟, 黄继光, 等. 华蟹甲草对几种植物病原真菌的离体抗菌活性研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2008, 20(4): 609—613, 635.
- [22] 张汉千, 赖荣泉, 陈志敏, 等. 大蒜粗提物对烟草青枯病菌的室内抑制作用测定 [J]. 烟草科技, 2009, 42(3): 62—64.
- [23] 袁高庆, 黎起秦, 王 静, 等. 植物源杀菌剂研究进展 I: 抑菌植物资源 [J]. 广西农业科学, 2010, 41(1): 30—34.
- [24] 弓德强, 何衍彪, 谷 会, 等. 20 种植物提取物对芒果炭疽病菌的抑制作用研究 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(10): 5149—5151.
- [25] 廖静静, 刘屹湘, 杨 敏, 等. 大蒜挥发物和浸提液对辣椒疫霉菌的抑菌活性分析 [J]. 云南农业大学学报(自然科学版), 2014, 29(3): 337—346.
- [26] 段苏珍, 杜咏梅, 侯小东, 等. 烟草提取物对十一种植物病原真菌的抑制作用 [J]. 天然产物研究与开发, 2015, 27(3): 470—474, 484.
- [27] 孔垂华. 植物化感作用研究中应注意的问题 [J]. 应用生态学报, 1998, 9(3): 332—336.
- [28] 向青松, 钟亚霖, 彭 军, 等. 农业生物多样性控制烟草病虫害 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(2): 208—211.
- [29] 姚 琴, 王美人, 杨家荣, 等. 韭菜等几种植物根系分泌物对棉花黄萎病菌的影响 [J]. 植物保护, 2013, 39(6): 37—42.
- [30] 吴林坤, 林向民, 林文雄. 根系分泌物介导下植物—土壤—微生物互作关系研究进展与展望 [J]. 植物生态学报, 2014, 38(3): 298—310.
- [31] PATERSON E, GEBBING T, ABEL C, et al. Rhizodeposition Shapes Rhizosphere Microbial Community Structure in Organic Soil [J]. New Phytologist, 2007, 173(3): 600—610.
- [32] ELSAS J D V, GARBEVA P, SALLES J. Effects of Agronomical Measures on the Microbial Diversity of Soils as Related to the Suppression of Soil-Borne Plant Pathogens [J]. Biodegradation, 2002, 13(1): 29—40.
- [33] PEREZ C, DILL-MACKY R, KINKEL L L. Management of Soil Microbial Communities to Enhance Populations of Fu-

sarium Graminearum-Antagonists in Soil [J]. Plant and Soil, 2007, 302(1): 53—69.

[34] 吴宏亮, 康建宏, 陈 阜, 等. 不同轮作模式对砂田土壤微生物区系及理化性状的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(6): 674—680.

[35] BAIS H P, WEIR T L, PERRY L G, et al. The Role of Root Exudates in Rhizosphere Interactions with Plants and Other Organisms [J]. Annual Review of Plant Biology, 2006, 57(1): 233—266.

[36] 田永强, 张作刚, 张 正, 等. 根系分泌物对西瓜枯萎病菌的影响 [J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2008, 28(4): 436—438.

[37] SMILEY R W. Relationship Between Take-All of Wheat and Rhizosphere pH in Soils Fertilized with Ammonium vs Nitrate-Nitrogen [J]. Phytopathology, 1973, 63(7): 882—890.

[38] 杨智仙, 汤 利, 郑 毅, 等. 不同品种小麦与蚕豆间作对蚕豆枯萎病发生、根系分泌物和根际微生物群落功能多样性的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(3): 570—579.

[39] LYNCH J M, WHIPPS J M. Substrate Flow in the Rhizosphere [J]. Plant and Soil, 1990, 129(1): 1—10.

[40] 曾令达, 彭惠莲, 宋冠华, 等. 5 种植物乙醇提取物及其复配物对荔枝霜疫霉菌的抑菌活性 [J]. 南方农业学报, 2016, 47(8): 1332—1337.

The Antifungal Effects of Garlic and Three Medicinal Crops on *Colletotrichum nicotianae*

WANG Jun¹, HE Da-min², CHEN Ting-zhi¹, YANG Shui-ping²,
CHEN Yang², LIU Jing¹, ZHANG Dong-yan², DING Wei²

1. Zunyi Subsidiary of Guizhou Tobacco Company, Zunyi Guizhou 563000, China;
2. School of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: Tobacco anthracnose (*Colletotrichum nicotianae*) is a major disease that occurs at the seedling stage of tobacco. In this study, the mycelial growth rate method was employed to investigate the antifungal effects of the extracts from the stem-leaf and root, the root exudates, and the combinations of garlic, *Scrophularia ningpoensis*, *Chuanmingshen violaceum* and *Pinellia ternate* on *Colletotrichum nicotianae*. Stem-leaf and root extracts of garlic, *S. ningpoensis*, *C. violaceum* and *P. ternata* all exhibited, in different extents, antifungal activities, and the inhibition increased with increasing concentration of the extract. Garlic showed the strongest antifungal activity, the inhibition rate of its steam-leaf and root extracts being as high as 100% at 0.50 g/mL, The next one was *S. ningpoensis*, the inhibition rate of its steam-leaf extracts at 0.25 g/mL and root extracts at 0.50 g/mL being up to 58.40% and 57.20%, respectively. The inhibitory effect of *C. violaceum* and *P. ternata* was relatively low. The antifungal activity of garlic bulb was stronger than that of its stem-leaf while the stem-leaf of *S. ningpoensis* showed stronger inhibitory effect than its root extracts. The combination of stem-leaf and root extracts of *C. violaceum* exhibited a significant gain effect in fungistasis. The root exudates of garlic, *S. ningpoensis*, *C. violaceum* and *P. ternata* showed fungistasis to *C. nicotianae*, and their fungistasis was enhanced with increasing concentration. Their antifungal effect appeared in the order of garlic > *C. violaceum* > *S. ningpoensis* > *P. ternata*. The antifungal activity of the combination of extracts and root exudates from *S. ningpoensis* and *C. violaceum* was located between their extracts and root exudates, and the antifungal activity of *P. ternate* decreased slightly. Conclusion: Garlic, *S. ningpoensis* and *C. violaceum* can be potentially applied to prevent and control tobacco anthracnose.

Key words: *Colletotrichum nicotianae*; medicinal crop; extract; root exudate; antifungal activity

