

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2019.05.005

# 玄参、川明参枯落物水浸液对烤烟的化感效应<sup>①</sup>

赵新梅<sup>1,2,3</sup>, 陈延智<sup>1</sup>, 刘京<sup>1</sup>, 杨水平<sup>2</sup>,  
王军<sup>1</sup>, 张东艳<sup>2</sup>, 莫静静<sup>1</sup>, 何大敏<sup>2</sup>, 张雪<sup>4</sup>

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;  
3. 云南省农业科学院 农业资源环境研究所, 昆明 650000; 4. 重庆医药高等专科学校 药学院, 重庆 401331

**摘要:** 为探讨玄参、川明参茎叶枯落物对烟草种子萌发和幼苗生长的化感作用, 选择烟草 K126 为研究对象, 研究质量浓度为 0.01, 0.02, 0.05, 0.10 mg/L 的玄参、川明参茎叶枯落物水浸液处理下烟草种子的发芽率和发芽特性, 以及烟草幼苗叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素和抗氧化酶系统活性。结果表明, 玄参水浸液低质量浓度(0.01~0.05 mg/L)处理下, 种子萌发率、萌发指数显著升高, 叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素、丙二醛(MDA)与对照相比差异无统计学意义, 3 种抗氧化酶 SOD, CAT, POD 活性升高, 而高质量浓度(0.10 mg/L)下, MDA 累积, 叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素质量分数显著降低, 表现出对烟草“低促高抑”的化感效应; 川明参在所有水浸液质量浓度(0.01~0.10 mg/L)下, 种子萌发率、萌发指数、活力指数、叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素质量分数升高, 3 种抗氧化酶 SOD, CAT, POD 活性和 MDA 有一定降低, 表现出对烟草化感正效应。

**关键词:** 烟草; 玄参; 川明参; 连作障碍; 化感作用

**中图分类号:** S572

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9868(2019)05-0030-07

化感作用是指植物或微生物分泌的次生代谢物对植物产生的有利或不利的作用<sup>[1-2]</sup>, 该作用存在于植物生长的各个阶段, 包括种子萌发及幼苗生长成熟<sup>[3-5]</sup>。受体和供体为同种植物而产生抑制作用的现象即称为自毒作用<sup>[6]</sup>, 自毒作用是产生连作障碍的主要原因之一<sup>[7]</sup>, 表现为作物长势变差, 质量产量降低, 病虫害增加等<sup>[8-10]</sup>。由于受种植条件、耕地数量以及经济利益等制约, 连作障碍现象在烟草农业生产和中药材作物种植广泛存在<sup>[11]</sup>。轮(间套)作种植模式是当前缓解连作障碍的重要措施, 能够克服植物自毒作用<sup>[12]</sup>, 改善土壤理化性质<sup>[13]</sup>, 提高作物质量和产量<sup>[14]</sup>, 降低作物病虫害<sup>[15]</sup>。

玄参(*Scrophularia ningpoensis* Hemsley)和川明参(*Chuanminshen violaceum* Sheh et Sha)是西南地区种植的两种重要的中药材作物, 其适宜的生态条件与广泛种植的烟草(*Nicotiana tabacum* L.)相重合。但 3 种作物都表现不同程度的自毒作用, 忌连作<sup>[16]</sup>。采用特定的药烟轮(间套)作种植模式, 或许可以避免各自连作造成的产质量降低等连作障碍现象, 使药烟生产相得益彰。中草药玄参和川明参均为根部用药, 在采收期之前功能叶片逐渐减少直至枯萎, 叶片凋落田间腐烂<sup>[17-18]</sup>, 其茎叶枯落物、须根残留田间会对接下来种植的作物产生影响<sup>[19]</sup>。但这两种中药材作物与烟草间的化感效应尚未有研究。为探究玄参、川明参

① 收稿日期: 2017-06-14

基金项目: 贵州省烟草公司遵义市公司研究开发项目(201404); 重庆市基础科学与前沿技术研究项目(cstc2018jcyjAX0616); 中央高校基金项目(XDJK2018C094)。

作者简介: 赵新梅(1990-), 女, 硕士, 主要从事经济作物栽培研究。

通信作者: 刘京, 助理农艺师。

枯落物对烟草的化感作用,本研究采用不同质量浓度的玄参、川明参枯落物的水浸提液处理烟草种子和幼苗,旨在为西南烟区发展中药材生产和药烟轮(间套)作种植模式提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验的中草药作物供体分别为玄参、川明参,受体植物为烟草 K126。玄参茎叶枯落物来自贵州省道真县阳溪镇永红村玄参 GAP 种植基地,川明参采自西南大学试验农场的一年生的茎叶枯落物,均收获于 2014 年 12 月,烟草种子于 2014 年贵州遵义八里村种植基地收获。

水浸液的制备方法为:玄参、川明参茎叶枯落物自然风干,剪至小条后用粉碎机粉碎至 2 mm,称取 10 g 粉末加适量蒸馏水,室温浸提 48 h,抽滤后定容至 100 mL 备用,母液质量浓度(质量浓度为单位体积溶液中溶质的质量,本研究中为 10 g 枯落物粉末浸提定容至 100 mL 为 0.10 mg/L 质量浓度)为 0.10 mg/L(10%质量浓度),将母液依次稀释 10, 5, 2, 0 倍至 4 个处理质量浓度梯度 0.01, 0.02, 0.05, 0.10 mg/L,蒸馏水为对照,待用。

### 1.2 试验设计

2015 年 3 月试验于西南大学人工气候室中进行,温度 25 ℃,种子用 5%次氯酸钠溶液灭菌 30 min,用无菌水冲洗 3 次,每皿摆 100 粒烟草种子,蒸发皿铺有滤纸(均高压灭菌),用封口纸封住留孔通气,将蒸发皿随机分 9 组处理,每组 4 个重复,分别加入玄参、川明参 4 个质量浓度的水浸液,播后次日开始每天记录萌发的种子数,及时补充等量水浸液或去离子水,使培养皿保持湿润,种子以胚根露白 1 mm 为发芽标准,培养至种子连续 3 d 发芽率小于 1%即视为发芽结束,而后记录种子发芽率、胚根长和生长状态,发芽结束后,每皿蒸发皿随机选择 10 株具有代表性的幼苗,继续种植在基质土(采用蛭石、珍珠石与土壤混合基质)并每天定量浇灌营养液和水浸液,40 d 后考察其生长情况,即叶龄 40 d 测量指标。

### 1.3 测量项目及方法

#### 1.3.1 发芽指标测定

$$\text{发芽率} = \text{日发芽种子数} / \text{供试种子数} * 100$$

$$\text{发芽指数 } GI = \sum (Gt/Dt)$$

式中:  $Gt$  为在  $t$  天内的发芽数;  $Dt$  为相应的发芽天数。活力指数为幼苗高与发芽指数的乘积。

#### 1.3.2 生长指标测定

选取各处理烟草幼苗的由下向上数第 3 片叶为对象,叶绿素、类胡萝卜素质量分数采用常规法<sup>[20]</sup>,SOD 活性采用氮蓝四唑法,POD 活性采用愈创木酚法,CAT 活性采用紫外分光光度法,MDA 采用硫代巴比妥酸(TBA)法<sup>[21]</sup>。

### 1.4 数据处理

用 DPS 12.3 以及 Excel 2010 进行基本计算和统计分析,并采用 Duncan 进行多重比较,本研究设定为  $p < 0.05$  时结果有统计学意义。

## 2 结果与分析

### 2.1 烟草种子的萌发特性

玄参、川明参茎叶枯落物水浸液对烟草种子萌发指标有明显的的作用效果(表 1)。其中,玄参茎叶枯落物水浸液(以下简称水浸液)对烟草种子萌发有一定化感效应,表现为萌发初期(第 4 天)萌发率与对照差异无统计学意义,第 5,6 天萌发率显著低于对照,萌发后期(第 7—9 天)即最终萌发率,低质量浓度下(0.01~0.05 mg/L)种子萌发率与对照差异无统计学意义,高质量浓度下(0.10 mg/L)种子萌发率显著低于对照,比对照降低 22.3%;川明参对种子萌发有一定促进作用,表现为萌发初期(第 4 天)的发芽率高

于对照(极有统计学意义), 萌发中期除个别发芽率低于对照, 最终种子萌发率与对照差异无统计学意义。

表 1 不同质量浓度玄参、川明参茎叶枯落物下烟草种子的日萌发率

| 水浸液种类 | 处理   | 时 间          |              |               |              |               |              |
|-------|------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
|       |      | 第 4 天        | 第 5 天        | 第 6 天         | 第 7 天        | 第 8 天         | 第 9 天        |
| CK    | 0.00 | 1.84±0.83dC  | 47.19±6.12cd | 65.26±4.67ab  | 67.71±4.68a  | 70.16±3.25a   | 73.01±4.08ab |
| 玄参    | 0.01 | 0.30±0.52dC  | 40.66±3.27de | 58.10±1.37cd  | 62.62±3.32a  | 68.47±4.55ab  | 76.61±11.24a |
|       | 0.02 | 0.53±0.46dC  | 40.00±2.05de | 53.35±1.68de  | 61.12±3.97ab | 62.45±3.62abc | 64.45±5.54bc |
|       | 0.05 | 0.56±0.49dC  | 35.27±5.28e  | 56.97±1.84cde | 65.86±4.74a  | 68.28±6.49ab  | 72.42±8.18ab |
|       | 0.10 | 0.00±0.00dC  | 38.12±3.20e  | 50.81±8.27e   | 54.85±6.18b  | 56.24±3.62c   | 56.75±3.01c  |
|       | 川明参  | 0.01         | 13.64±1.13aA | 61.45±5.20a   | 66.45±2.19a  | 66.72±1.96a   | 66.72±1.96ab |
|       | 0.02 | 13.93±4.19aA | 49.53±3.12bc | 60.11±1.59bc  | 67.87±4.82a  | 67.87±4.82ab  | 69.75±4.85ab |
|       | 0.05 | 8.76±0.71bB  | 55.09±3.41ab | 58.04±2.13cd  | 61.08±3.49ab | 61.08±3.49bc  | 61.96±4.89bc |
|       | 0.10 | 5.44±0.32cB  | 47.04±3.08cd | 58.39±0.32cd  | 66.59±2.99a  | 66.84±3.28ab  | 69.5±1.73ab  |

注: 在同一列中, 不同小写字母表示与对照差异有统计学意义 ( $p < 0.05$ ), 不同大写字母表示与对照差异极有统计学意义 ( $p < 0.01$ ), 下同。

玄参、川明参茎叶枯落物水浸液对烟草种子发芽特性具有不同的作用效果(表 2)。其中, 玄参水浸液对烟草种子的发芽指数影响具有先升高后降低的趋势, 在 0.01 mg/L 时发芽指数极显著升高 29.4%, 0.02~0.05 mg/L 时与对照差异无统计学意义, 在 0.10 mg/L 时发芽指数比对照显著降低 20.2%, 胚根长、苗高、活力指数均与对照差异无统计学意义; 川明参在 0.01 mg/L 时发芽指数、活力指数显著升高 21.6%, 33.7%, 其余质量浓度烟草种子的发芽指数和活力指数也有一定升高, 但与对照相比差异无统计学意义, 对胚根长、苗高也有一定的促进作用。

表 2 不同质量浓度玄参、川明参茎叶枯落物下烟草种子的发芽特性

| 水浸液种类 | 处理   | 发芽指数         | 胚根长/mm       | 苗高/mm       | 活力指数            |
|-------|------|--------------|--------------|-------------|-----------------|
| CK    | 0.00 | 13.84±0.71c  | 11.33±0.58a  | 13.33±0.58a | 184.77±17.06cd  |
| 玄参    | 0.01 | 17.91±0.75a  | 12.33±0.58a  | 13.67±0.58a | 220.69±39.57abc |
|       | 0.02 | 14.55±0.52c  | 12.33±0.58a  | 15.00±1.73a | 218.80±33.56abc |
|       | 0.05 | 13.57±1.15c  | 12.33±0.58a  | 14.33±0.58a | 194.37±16.43bcd |
|       | 0.10 | 11.04±1.07d  | 11.67±0.58a  | 13.67±0.58a | 151.32±20.53d   |
|       | 川明参  | 0.01         | 16.83±0.41ab | 12.67±0.58a | 14.67±0.58a     |
|       | 0.02 | 13.98±0.58c  | 12.67±0.58a  | 14.67±0.58a | 205.07±11.34abc |
|       | 0.05 | 14.70±2.19bc | 12.67±0.58a  | 14.67±0.58a | 214.83±25.01abc |
|       | 0.10 | 15.12±1.96bc | 12.00±1.00a  | 14.00±1.00a | 236.31±25.76ab  |

## 2.2 烟草幼苗的叶绿素质量分数

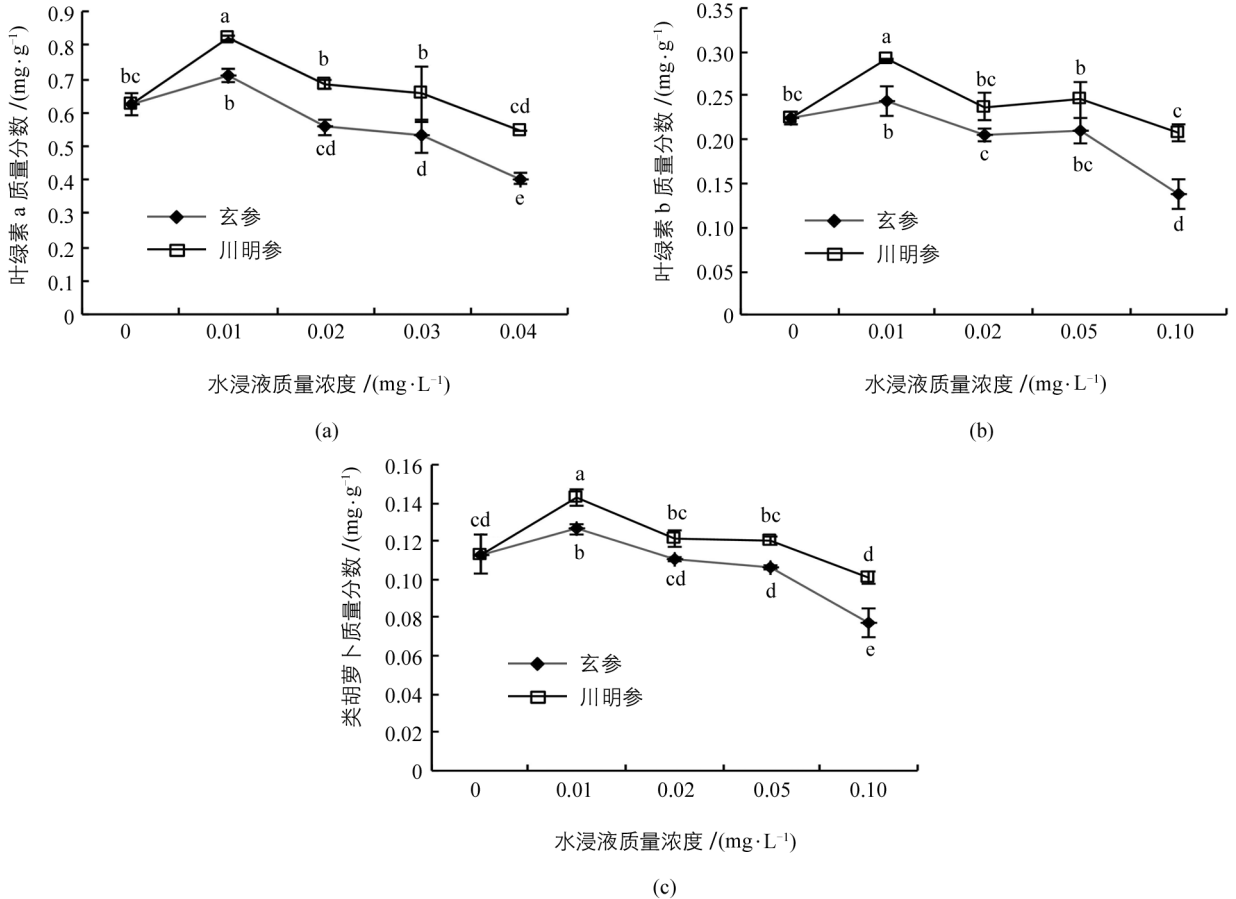
在玄参、川明参水浸液的处理下, 烟草幼苗叶绿素 a、叶绿素 b 及类胡萝卜素质量分数都具有先增加后减少的趋势(图 1), 川明参的 3 种色素质量分数均高于玄参, 但是与对照相比则有不同。玄参水浸液在 0.01~0.05 mg/L 时, 烟草幼苗的叶绿素 a、叶绿素 b 及类胡萝卜素与对照相比差异无统计学意义, 0.10 mg/L 时, 3 种色素质量分数显著低于对照, 分别比对照低 35.4%, 38.2%, 31.6%; 川明参水浸液在 0.01 mg/L 时, 烟草幼苗的叶绿素 a、叶绿素 b 及类胡萝卜素显著高于对照, 分别比对照高 31.4%, 30.2%, 26.3%, 0.02~0.10 mg/L 时, 3 种色素质量分数与对照相比差异无统计学意义。

## 2.3 烟草幼苗的抗氧化酶系统活性

如图 2 所示, 随两种水浸液质量浓度升高, 烟草幼苗 SOD, CAT, POD, MDA 活性都逐渐升高, 且玄参水浸液下抗氧化酶活性高于川明参, 但是与对照相比则有所差异。

玄参水浸液低质量浓度处理下(0.01~0.02 mg/L), SOD 活性均与对照差异无统计学意义, CAT 活性分别比对照降低 13.9%, 5.6%, POD 比对照降低 25.6%, 16.5%。至 0.05 mg/L 时, SOD 活性达到最

大, 比对照增加 17.7%。至 0.10 mg/L 时, CAT 活性达到最大, 比对照增加 44.3%, POD 活性达到最大时则与对照差异无统计学意义。MDA 活性在 0.01~0.05 mg/L 时, 与对照相比差异无统计学意义, 至 0.10 mg/L 时, MDA 含量达到最大, 比对照组增加 35.1%; 川明参水浸液低质量浓度处理下(0.01~0.02 mg/L), SOD, CAT, POD 活性比对照降低, SOD 活性分别比对照降低 35.1%, 19.7%, CAT 活性分别比对照降低 67.5%, 41.0%, POD 活性分别比对照降低 37.3%, 21.7%, 随着水浸液质量浓度升高活性增强, 在质量浓度为 0.10 mg/L 时, SOD, CAT, POD 活性均达到最大, 但是与对照差异无统计学意义。MDA 活性在 0.01~0.05 mg/L 时, 分别比对照降低 19.3%, 22.6%, 17.3%, 0.10 mg/L 时, MDA 含量达到最大, 比对照组增加 34.2%。



图中, 不同小写字母表示与对照差异有统计学意义 ( $p < 0.05$ ), 下同。

图 1 不同质量浓度玄参、川明参水浸液下烟草幼苗的叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素质量分数

### 3 讨论

王飞等<sup>[22]</sup>研究表明空心莲子草浸提液对烟草种子萌发具有促进作用, 且促进作用在 0.08~4.00 g/L 质量浓度范围内从大到小顺序为: 根浸提液、根状茎浸提液。喻会平等<sup>[23]</sup>发现生物菌剂仙丰 168 和木霉菌处理均对烟草种子萌发有一定的抑制作用。代志聪等<sup>[24]</sup>发现菊科入侵植物三裂蟛蜞菊叶的枯落物对自身有促进作用, 对菊科的两种竞争对手则有抑制作用。本研究中玄参对烟草种子萌发指标有一定的“低促高抑”效果, 这与大部分研究化感作用的结论一致<sup>[25-26]</sup>, 川明参水浸液则能促进烟草种子萌发。

李磊等<sup>[27]</sup>发现随着生境环境因子改变, 环境对牧草产生综合胁迫, 使牧草色素质量分数降低以及 PS II 机构遭到迫害。王建华等<sup>[28]</sup>发现随着遮荫程度的提升, 叶绿素 a、叶绿素 b 质量分数增加, 叶绿素 a/b 降低。本研究中, 川明参水浸液处理下的叶绿素质量分数始终高于玄参, 且比对照增多, 玄参水浸液处理下烟草叶绿素则有一定减少, 可能由于川明参含有的化感物质对烟草生长具有正效应, 而玄参中含有的化感

物质对烟草生长具有一定抑制作用. 叶绿素质量分数相关分析可得, 叶绿素 a、叶绿素 b 及类胡萝卜素相关系数  $r$  分别为 0.970, 0.980, 0.984, 表明三者的正相关性极有统计学意义.

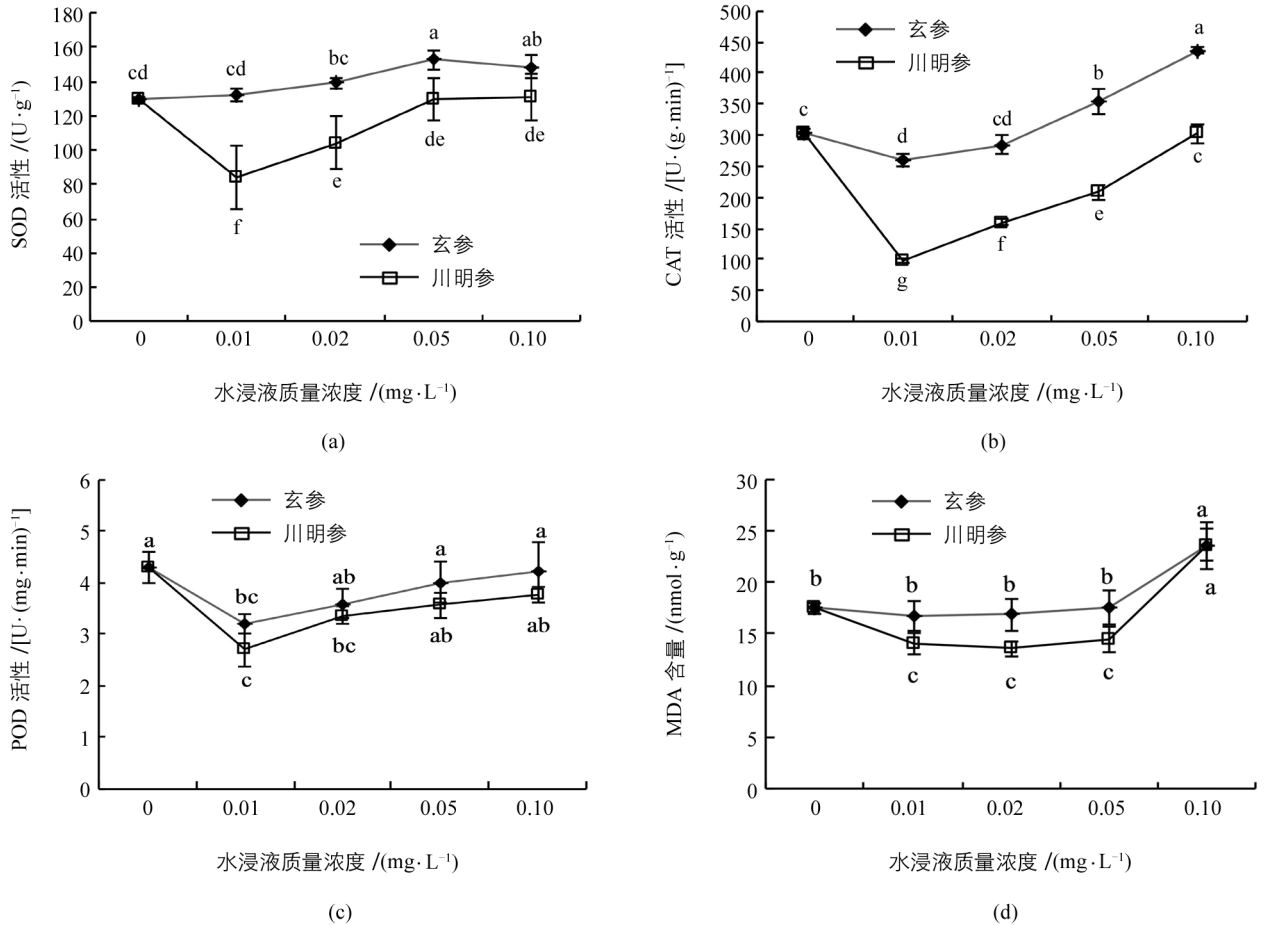


图 2 不同质量浓度玄参、川明参水浸液下烟草幼苗的抗氧化酶系统活力

本研究中 SOD, CAT, POD, MDA 都随水浸液质量浓度的升高而升高, 说明烟草对两种中草药水浸液具有一定适应性, 可能由于添加了水浸液改变烟株生长环境, 烟株通过升高 3 种酶活性以抵抗外界环境的变化, 在所有质量浓度下, 玄参水浸液下的抗氧化酶活性均高于川明参, 可能与“低促高抑”的化感双质量浓度效应有关, 根据相关分析可知, 烟草幼苗的 SOD, POD, CAT 活性之间的正相关性有统计学意义, 表明随水浸液质量浓度的升高, 3 种酶活性升高以清除累积的过量活性氧<sup>[29]</sup>, 在 0.01~0.05 mg/L 时, 玄参水浸液下 MDA 都保持平衡, 川明参水浸液下则分别比对照降低 19.3%, 22.6%, 17.3%, 至 0.10 mg/L 时, MDA 开始累积, 玄参和川明参水浸液处理下 MDA 含量均高于对照, 可能由于此质量浓度是烟草承受的最高中草药水浸液质量浓度, 这与李倩等<sup>[30]</sup>研究出黄连水浸液对其他作物有化感最高质量浓度一致, 当 MDA 含量过高, 抗氧化酶系统不能抵抗时, 它可与细胞膜上的蛋白质、酶等结合、交联使之失活, 从而破坏生物膜的结构与功能, 进而降低了叶绿素质量分数以影响植物光合作用, 最终造成植物生物量的减少.

叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素与 SOD, POD, CAT, MDA 的负相关性有统计学意义, 即当叶绿素减少, 抗氧化酶系统的酶活性会增加, 说明烟草叶绿素与抗氧化酶系统之间具有紧密联系, 可能由于化感物质的积累可以产生两方面效应, 一方面抑制了叶绿素的质量分数, 另一方面抗氧化酶系统活性增强, 以抵抗外界环境变化带来的活性氧增加.

综合来看, 川明参水浸液对烟草具有一定化感促进效应, 从烟草种子发芽和幼苗期生长看, 川明参与烟草轮作可能有益于烟草. 玄参水浸液对烟草具有一定“低促高抑”的化感效应, 按大田玄参每公顷产  $2.25 \times 10^4$  kg 生物产量估算, 即使茎叶完全还田, 土壤中玄参茎叶仅达 1%, 即在本研究中水浸液低质量浓度 0.01 mg/L 左右, 因此, 玄参与烟草大田轮(间/套)作也可能有益于烟草.

## 4 结 论

玄参水浸液对烟草种子萌发和幼苗生长存在“低促高抑”的化感效应,而川明参则存在化感促进效应。川明参、玄参可与烟草轮(间/套)作,可为消减烟草连作障碍提供解决途径。相关轮(间/套)作的田间效应,有待后续试验研究。

### 参考文献:

- [1] 杨 持. 生态学 [M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [2] RICE E L. Allelopathy [M]. New York: Academic Press, 1974: 166-179.
- [3] ISMAIL B S, HALIMSHAH S, JULIANA W A, YUSOFF N. Allelopathic Potential of the Leaf and Seed of *Pueraria Javanica* Benth on the Germination and Growth of Three Selected Weed Species [J]. *Sains Malaysiana*. 2016, 45(4): 517-521.
- [4] 孔垂华, 徐 涛, 胡 飞, 等. 环境胁迫下植物的化感作用及其诱导机制 [J]. *生态学报*, 2000, 20(5): 849-854.
- [5] 李金还, 刘美茹, 牛建行, 等. 不同处理方式对克氏针茅种子萌发及活力的影响研究 [J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2015, 37(7): 67-74.
- [6] UTKHEDE R S. Soil Sickness, Replant Problem or Replant Disease and Its Integrated Control [J]. *Allelopathy Journal*, 2006, 18(1): 23-38.
- [7] 王 强, 阮 晓, 李兆慧, 等. 植物自毒作用及针叶林自毒研究进展 [J]. *林业科学*, 2007, 43(6): 134-142.
- [8] EINHELLIG F A. Interactions Involving Allelopathy in Cropping Systems [J]. *Agronomy Journal*, 1996, 88(6): 886-893.
- [9] 张子龙, 王文全. 植物连作障碍的形成机制及其调控技术研究进展 [J]. *生物学杂志*, 2010, 27(5): 69-72.
- [10] 周鑫斌, 徐 宸, 苏婷婷, 等. 有机堆肥对黄壤烟田培肥效应研究 [J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2017, 39(3): 164-169.
- [11] 张继光, 申国明, 张久权, 等. 烟草连作障碍研究进展 [J]. *中国烟草科学*, 2011, 32(3): 95-99.
- [12] 张晓玲, 潘振刚, 周晓锋, 等. 自毒作用与连作障碍 [J]. *土壤通报*, 2007, 38(4): 781-784.
- [13] 李天来, 杨丽娟. 作物连作障碍的克服——难解的问题 [J]. *中国农业科学*, 2016, 49(5): 916-918.
- [14] LICHTFOUSE E, NAVARRETE M, DEBAEKE P, et al. *Agronomy for Sustainable Agriculture: A Review* [J]. *Agronomy For Sustainable Development*, 2009, 29(1): 1-6.
- [15] HATI K M, SWARUP A, DWIVEDI A K, et al. Changes in Soil Physical Properties and Organic Carbon Status at the Topsoil Horizon of a Vertisol of Central India After 28 Years of Continuous Cropping, Fertilization and Manuring [J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2007, 119(1/2): 127-134.
- [16] OLOFSDOTTER M, JENSEN L B, COURTOIS B. Improving Crop Competitive Ability Using Allelopathy-an Example from Rice [J]. *Plant Breeding*, 2002, 121(1): 1-9.
- [17] 孙跃春, 林淑芳, 黄璐琦, 等. 药用植物自毒作用及调控措施 [J]. *中国中药杂志*, 2011, 36(4): 387-390.
- [18] 张 雪, 陈大霞, 李隆云, 等. 西南中山地区玄参生长发育规律的研究 [J]. *中国中药杂志*, 2014, 39(20): 3915-3921.
- [19] 曾庆秋. 川明参连作障碍机理和防治的初步研究 [D]. 成都: 成都中医药大学, 2007.
- [20] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [21] 周 洁, 边丽华, 邹 琳, 等. 植物源烟水和干馏液对栝楼种子萌发和幼苗生长的影响 [J]. *中国中药杂志*, 2015, 40(20): 3958-3962.
- [22] 王 飞, 杜康兮, 张 俊, 等. 空心莲子草浸提液对烟草种子萌发的化感作用研究 [J]. *种子*, 2012, 31(4): 49-51, 61.
- [23] 喻会平, 龙友华, 安启菲, 等. 生物菌剂对烤烟种子萌发及幼苗生长的影响 [J]. *贵州农业科学*, 2016, 44(3): 47-52.
- [24] DAI Z C, WANG X Y, QI S S, et al. Effects of Leaf Litter on Inter-Specific Competitive Ability of the Invasive Plant *Wedelia Trilobata* [J]. *Ecological Research*, 2016, 31(3): 367-374.
- [25] 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.
- [26] DING H Y, CHENG Z H, LIU M L, et al. Garlic Exerts Allelopathic Effects on Pepper Physiology in a Hydroponic Co-

Culture System [J]. *Biology Open*, 2016, 5(5): 631-637.

- [27] 李 磊, 李向义, 林丽莎, 等. 两种生境条件下6种牧草叶绿素含量及荧光参数的比较 [J]. *植物生态学报*, 2011, 35(6): 672-680.
- [28] 王建华, 任士福, 史宝胜, 等. 遮荫对连翘光合特性和叶绿素荧光参数的影响 [J]. *生态学报*, 2011, 31(7): 1811-1817.
- [29] 陈 锋, 孟永杰, 帅海威, 等. 植物化感物质对种子萌发的影响及其生态学意义 [J]. *中国生态农业学报*, 2017, 25(1): 36-46.
- [30] 李 倩, 吴叶宽, 袁 玲, 等. 黄连须根浸提液对2种豆科植物的化感效应 [J]. *中国中药杂志*, 2013, 38(6): 806-811.

## Allelopathic Effects of Leaf-Stem Litter Aqueous Extracts of *Scrophularia ningpoensis* and *Chuanminshen violaceum* on Tobacco Growth

ZHAO Xin-mei<sup>1,2,3</sup>, CHEN Yan-zhi<sup>1</sup>, LIU Jing<sup>1</sup>,  
YANG Shui-ping<sup>2</sup>, WANG Jun<sup>1</sup>, ZHANG Dong-yan<sup>2</sup>,  
MO Jing-jing<sup>1</sup>, HE Da-min<sup>2</sup>, ZHANG Xue<sup>4</sup>

1. Zunyi Subsidiary of Guizhou Tobacco Company, Zunyi Guizhou 563000, China;

2. School of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China;

3. Institute of Agricultural Resources and Environment, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650000, China;

4. Department of Pharmacy, Chongqing Medical and Pharmaceutical College, Chongqing 401331, China

**Abstract:** Allelopathic effect is one of the most important reasons resulting in continuous cropping obstacle. There have been relatively few studies on allelopathy between tobacco and the Chinese herbal medicinal plants *Scrophularia ningpoensis* and *Chuanminshen violaceum*. In order to investigate the allelopathic effect existing in the process of intercropping tobacco and Chinese herbal medicinal plants, this study selected the flue-cured tobacco cultivar K126 as the research object. The aqueous extract of 1-year-old leaf-stem litter of *S. ningpoensis* and *C. violaceum* (LES and LEC) at a concentration of 0.01, 0.02, 0.05 or 0.10 mg/L was used to treat the tobacco plants. The results showed that compared with the untreated control, LES at lower concentrations (0.01-0.05 mg/L) significantly raised the germination percentage of K126 and enhanced its SOD, CAT and POD activities, while no significant differences were observed in the contents of chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoids and MDA. In contrast, LES at the highest concentration (0.10 mg/L) significantly decreased the contents of MDA, chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids of the tobacco plants. LEC of all concentrations exerted a positive allelopathic effect on these parameters.

**Key words:** tobacco; *Scrophularia ningpoensis*; *Chuanminshen violaceum*; continuous cropping obstacle; allelopathic effect