

油茶等植物提取物及制剂抑线效果

王龙平¹, 宛晓春¹, 侯如燕¹, 徐劲峰³, 吴慧平^{2*}

(1. 安徽农业大学农业部、教育部茶叶生物化学与生物技术重点实验室, 合肥 230036;

2. 安徽农业大学植物保护学院, 合肥 230036; 3. 安徽省潜山县植保站, 安庆 246300)

摘要: 为了寻找植源性杀线虫活性材料, 利用 *Bursaphelenchus xylophilus* 和 *Meloidogyne incognita* 作为室内离体生测目标, 测定了油茶籽饼等植物材料的杀线活性, 以及茶皂素制剂和油茶籽饼对作物根结线虫的盆栽和大田防效。结果表明, 油茶籽饼、茶果皮和茶籽粗提物均具有较强的杀线活性, 当粗提物浓度为 10 mg·mL⁻¹, 作用 72 h, *B. xylophilus* 校正死亡率分别为 90%、100%和 100%; 作用 48 h, 油茶籽饼和茶籽粗提物对 *M. incognita* 达到中强杀线活性, 其毒力有明显浓度效应; 茶皂素制剂对番茄根结线虫病有良好盆栽防效, 用茶皂素 (有效含量) 1.5 和 0.75 g·kg⁻¹ 处理盆土 30 d 后, 番茄的根结和 *M. incognita* 2 龄幼虫 (Juvenile 2, J2) 均下降, 对番茄苗期生物量有明显的增加。在瓜蒌出苗前 1 周, 沟施油茶籽饼, 用量 2.5 t·hm⁻² 时为大田瓜蒌根结线虫病有较好的防效, 显著抑制土壤中 J2 的增殖, 对瓜蒌的挂果数和果径有一定的增加。该文首次报道油茶副产物对作物线虫病害的盆栽和田间防效, 为直接利用油茶籽饼或茶籽等防治作物的根结线虫病害提供了依据。

关键词: 油茶; 茶皂素; 南方根结线虫; 杀线活性; 防效

中图分类号: S482.39

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2013)04-0642-07

Control of *Camellia* plant extracts and its preparation against plant parasitic nematodes

WANG Long-ping¹, WAN Xiao-chun¹, HOU Ru-yan¹, XU Jin-feng³, WU Hui-ping²

(1. Key Laboratory of Tea Biochemistry & Biotechnology, Ministry of Agriculture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. School of Plant Protection, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

3. Plant Protection Station of Qianshan County, Anqing 246300)

Abstract: For the aim of screening nematicidal materials, *Bursaphelenchus xylophilus* and *Meloidogyne incognita* were used as target in vitro bioassay to determined nematicidal activity of oil-tea cake and other plant materials; further control effects of tea-saponin preparations and oil-tea cake were assessed against root-knot nematode disease in pot experiment and field experiment, respectively. The results showed that plant extracts of oil-tea cake, tea-pericarp, and tea-seed reached strong nematocidal activity, inducing 90, 100 and 100% mortality of *B. xylophilus* respectively at 10 mg/ml after exposure for 72 h. Plant extracts of oil-tea cake and tea-seed reached medium-strong activity against *M. incognita* after exposure for 48 h. The effects of plant extracts concentrations on toxicity against *B. xylophilus* were observed. The tea-saponin preparations obviously controlled tomato root-knot nematode disease in pot experiment, root gall, and *M. incognita* juvenile 2 (J2) population were reduced; tomato biomass were increased obviously at 30 d after pot-soil treated with 1.5 g and 0.75 g (effective content) tea saponin per 1 kg soil at tomato seedling transplant. Oil-tea cake showed certain effect against root-knot nematode disease in field experiment applied by furrow application one week before *Fructus Trichosanthis* emergence, and the proliferation of J2 in soil was inhibited significantly 150 d later, while the fruit number and diameter were increased 180 d later after application. This paper reported the pot and field control effects of oil-tea vice products against plant nematodes for the first time. The results provide a basis for directly using oil tea and tea vice-products to the control of crop root-nematode disease.

Key words: *Camellia oleifera*; tea saponin; *Meloidogyne incognita*; nematicidal activity; control effect

收稿日期: 2013-02-25

基金项目: 国家公益性行业 (农业) 科研专项 (200903040) 资助。

作者简介: 王龙平, 女, 硕士研究生。E-mail: wanglpi@163.com

* 通信作者: 吴慧平, 女, 副教授。E-mail: whp@ahau.edu.cn

根结线虫 (root knot nematode, RKN, *Meloidogyne* spp) 是引起作物根结线虫病病的病原, 目前已报道的根结线虫种类超过 90 多个种, 其中分布最广、危害最重的是南方根结线虫 (*M. incognita*), 全球仅由 *M. incognita* 导致的年经济损失估计就达到 78 亿美元^[1]。RKN 在我国发现有 40 多年, 导致的产量损失非常严重, 如在保护地, 果菜类一般减产 20%~30%, 重者可达 50% 以上, 严重时至绝收^[2]。安徽省普遍发生的 RKN 为 *M. incognita*, 严重危害桔梗、瓜蒌、白术、白芷等重要经济作物, 如在潜山县由 *M. incognita* 引起的瓜蒌根结线虫病田块发病率 100%, 一般损失量为 30% 左右^[3-4]。

目前, 线虫病害的防治措施主要有农业防治、生物防治、抗线虫病品种の利用和化学防治。农业防治措施在生产中受人力和经济条件的制约难以实施; 生物杀线剂因其稳定性、效价等问题, 制约了其在生产上的应用^[5]; 目前供选用的抗线虫作物品种较少且抗性易丧失; 化学杀线剂因高毒、高残和价格昂贵等原因, 绝大多数已经被禁用。进入 21 世纪, 由于植源杀线剂具有远期可提供杀线虫剂化合物骨架, 近期可直接运用于生产的优势, 因而植源杀线剂成为植物线虫病防治研究热点^[6-12]。

安徽省是产茶和油茶种植大省, 每年大量的茶籽被废弃, 油茶副产物也没有得到很好的开发利用。其中, 年产油茶籽饼约 2×10^4 t, 可提取 2 000 t 以上的茶皂素^[13-14]。茶皂素是山茶科植物的重要次生代谢物质, 具有多种生物活性。我国有茶籽粗提物和茶皂素杀线活性的零星报道, 但尚未有其对线虫病的大田防效报道^[15-16]。为了寻找植源杀线材料和防治方法, 开发利用丰富的油茶副产物资源, 本文利用 *Bursaphelenchus xylophilus* 和 *M. incognita* 作为生测目标, 测定了油茶籽饼等粗提物的室内离体杀线活性, 其中 *B. xylophilus* 为松树萎蔫病的病原, 广泛用作生测目标线虫^[17-18], 并利用商业茶皂素和油茶籽饼对 2 种作物的根结线虫病进行了盆栽和大田防效试验。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

1.1.1 供试线虫 松材线虫 (Pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*), 安徽农业大学植物病理实验室提供, 通过盘多毛菌 (*Pestalotia* sp.) 单雌纯化培养后, 用玉米粒培养基扩繁。南方根结线虫 2 龄幼虫 (Root knot nematode Juvenile 2, RKN J2, *Meloidogyne incognita*), 由具大量根结的白术根系

上的卵囊孵化所得, 采自亳州市谯城区谯东镇余集村。

1.1.2 供试植物材料 茶树 (*Camellia sinensis*) 的茶籽和茶果皮, 安徽农业大学大杨店农场采集; 油茶 (*Camellia oleifera*) 籽饼, 舒城油茶厂提供。

1.1.3 供试药剂 茶皂素粉 (75%, 茶皂素, 杭州中野公司); 呋喃丹颗粒剂 (3%, 克百威, 富美实公司)。

1.1.4 供试寄主 番茄 (z-103), 20 d 苗龄, 安徽农业大学植物保护学院植病教研室高级实验师伍万荣提供; 瓜蒌 (*Trichosanthes* spp.), 安徽省潜山县梅城镇东店村传文瓜蒌生产 1 号基地提供。

1.2 试验方法

1.2.1 油茶籽饼等粗提物制备及其梯度浓度配制 植物材料在室内阴干 2~3 月, 60℃ 烘箱中烘 2 h, 中药粉碎机 (型号: DFT-200, 温岭市大德中药机械有限公司) 粉碎, 获得粗粉, 整理后置干燥器中避光收藏, 备用。利用溶剂浸提法制备粗提物^[15], 分别称取 25 g 植物材料, 放入 500 mL 具塞瓶中, 加入 10 倍体积 95% 乙醇 (v/w), 25℃ 浸提 24 h, 再超声浸提 1 h 后, 抽滤。抽滤液在 65~70℃ 条件下减压浓缩蒸干, 即为植物粗提物。各粗提物分别称重, 计算提取率。用 0.2% 吐温助溶, 将粗提物配制成相应的梯度浓度 0.5、2.5、5.0、7.5 和 10.0 mg·mL⁻¹。

1.2.2 室内离体杀线虫活性测定 利用浸渍法测定粗提物的离体杀线活性^[19], 用尖细吸管将 30 条供试线虫挑入 0.5 mL 离心管, 3 000 r·min⁻¹ 离心 2 min, 小心移去上层清水, 加入 50 μL 各浓度提取物液, 加盖, 置 25℃ 的恒温箱。分别在一定处理时间后离心, 小心吸出上清液, 用无菌水清洗线虫 2 次, 然后将线虫吸入 3 cm 的培养皿内。加无菌水水复苏 12 h, 在双目解剖镜下 (JNOEC JSZ4) 检测线虫的死亡数, 线虫僵直不动, 判定为死亡^[20]。各处理设 4 个重复。以 0.2% 吐温溶液为对照, 当对照死亡率低于 5% 时, 不作校正计算^[21]。

杀线活性强度分级方法^[22]: 无活性, 死亡率 <10%, “-”; 极弱活性, 10% ≤ 死亡率 <30%, “+”; 弱活性, 30% ≤ 死亡率 <50%, “++”; 中强活性, 50% ≤ 死亡率 <80%, “+++”; 强活性, 死亡率 >80%, “++++”。

1.2.3 茶皂素制剂对番茄根结线虫病的盆栽防效调查 在安徽农业大学植物保护学院试验地进行盆栽试验, 将 75% 茶皂素粉末与植物油和辅料混合制成茶皂素制剂 (TS), 备用。收集严重感染 *M. incognita*

病土,充分混匀后,10目筛筛除杂物,测定病土 J2 的密度,即为初始虫口量 (Initial population, Pi)。分别用 2 个剂量 TS 拌土,即茶皂素(有效含量)为 $1.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (TS1)和 $0.75 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (TS2),盆土量为 2 kg,混匀后装盆。选取长势一致 3 叶 1 心番茄苗,移栽,每盆 1 棵。设 2 g 3%呋喃丹为药剂对照,不施任何药剂为空白对照,各处理 10 个重复。处理完全随机排列,设保护行。

分别在番茄移栽后 30 和 60 d,将盆里的番茄整株取出,尽量保持根系完整,记载根结量,并计算根结指数。取混匀的盆土样 200 g,用贝尔曼法分离收集 J2,在双目显微镜下记录 J2 数量,计算最终虫口量 (final population, Pf)。

苗期番茄生物量:移栽后 30 d,测量各处理的番茄株高、地上部鲜重和根长。

根结指数(%)= $\{\Sigma[(\text{各级病株数}\times\text{相对级数})]/(\text{调查总株数}\times 4)\}\times 100$

相对防效(%)= $[(\text{对照根结指数}-\text{处理根结指数})/\text{对照根结指数}]\times 100$

虫口抑制率(%)= $[(\text{pf/pi})_{\text{ck}}-(\text{pf/pi})_{\text{处理}}]/(\text{pf/pi})_{\text{ck}}\times 100$

根结分级标准:0 级=无侵染;1 级=1%~25%的根系有根瘿;2 级=26%~50%根瘿;3 级=51%~75%的根系有根瘿;4 级=76%~100%的根系有根瘿^[23]。

1.2.4 油茶籽饼对瓜蒌根结线虫病的大田防效调查
在安徽省潜山县梅城镇东店村传文瓜蒌生产基地(116E/30.57N),选地势平坦,已种植 3 年、瓜蒌根结线虫发病一般的田块。依据田间种植行,划分小区,各小区瓜蒌苗 12~15 株,小区面积 10 m^2 。将用量为 $2.5 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的油茶籽饼浸泡 7 d 后,沿种植行沟施(深度 15~25 cm)油枯水及残渣,用土覆盖;

设用量 $0.045 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的 3%呋喃丹为药剂对照,施用时与适量干细沙混匀沟施;空白对照,不作杀线处理。每个处理设 4 次重复,小区完全随机排列。

分别在土壤处理前和处理后 150 d (瓜蒌盛果期)测定 Pi 值和 Pf 值,首先按 Zig-zag 法进行土壤取样,用浅盘法分离土样,收集线虫后,在双目显微镜下测计各小区 *M.incognita* J2 密度。处理后 180 d,用卡尺随机测量各小区 30 个瓜蒌的果径、并记录挂果总数。

1.2.5 统计方法 用 DPS 软件作进行毒力回归分析、统计 LC_{50} 值、 LC_{90} 值、置信限、相关系数;用 Grphpad Prism®软件绘制剂量对数-机率值图,并用 Grphpad Prism® 软件进行处理组和对照组 *t* 检验,检验差异显著性。

2 结果与分析

2.1 油茶籽饼等粗提物的室内离体杀线虫活性

通过室内离体杀线虫活性测定方法,测定油茶籽饼、茶籽和茶果皮的梯度浓度粗提物对 *B. xylophilus* 杀线活性。结果表明,作用 24 h 后,茶果皮粗提物对 *B. xylophilus* 的校正死亡率为 98.9%,达到强杀线活性。作用 48 h 后,茶果皮和茶籽粗提物对 *B. xylophilus* 的校正死亡率分别为 100%和 89.6%,达到强杀线活性,油茶籽饼呈中强杀线活性;作用 72 h 后,茶果皮、茶籽和油茶籽饼粗提物对 *B. xylophilus* 的校正死亡率分别为 100%、100%和 90%,均达到强杀线活性(表 1)。在此基础上,检测了油茶籽饼和茶籽粗提物对 *M.incognita* 杀线活性。结果表明,粗提物浓度为 $10.0 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,作用 48 h 后,油茶籽饼和茶籽粗提物对 *M.incognita* 的校正死亡率分别为 55.4%和 76.5%,均达到中强杀线活性(表 2)。

表 1 油茶籽饼等植物粗提物对松材线虫室内离体活性

Table 1 In vitro nematocidal activities of oil-tea cake and other plant extracts against *Bursaphelenchus xylophilus*

| 提取物 Plant extract | 提取率/% Yield | 处理时间/h Exposure time | 死亡率/% Mortality | | | | | 活性强度 Intensity |
|---|----------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|-------------------|
| | | | 0.5 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ | 2.5 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ | 5.0 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ | 7.5 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ | 10.0 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ | |
| 油茶籽饼 Seed cake of <i>Camellia oleifera</i> | 11.1 | 24 | 4.4 | 7.8 | 8.9 | 13.3 | 13.3 | + |
| | | 48 | 0.0 | 6.5 | 66.5 | 75.0 | 65.0 | +++ |
| | | 72 | 7.2 | 80.0 | 83.3 | 85.6 | 90.0 | ++++ |
| 茶果皮 Peel of <i>Camellia Sinensis</i> | 10.0 | 24 | 2.7 | 42.9 | 97.1 | 96.4 | 98.9 | ++++ |
| | | 48 | 3.2 | 82.4 | 100.0 | 96.4 | 100.0 | ++++ |
| | | 72 | 3.4 | 89.5 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | ++++ |
| 茶籽 Seed of <i>Camellia Sinensis</i> | 5.2 | 24 | 3.0 | 7.7 | 9.3 | 18.6 | 23.6 | ++ |
| | | 48 | 4.0 | 89.0 | 89.7 | 91.0 | 89.6 | ++++ |
| | | 72 | 4.2 | 87.1 | 98.7 | 100.0 | 100.0 | ++++ |

注:表中值为 4 次重复的平均值。Note: Data in the table are means of four replicates.

表 2 油茶饼和茶籽粗提取物对南方根结线虫室内离体活性测定

Table 2 In vitro nematocidal activities of oil-tea cake and tea seed plant extracts against *Meloidogyne incognita*

| 提取物 Plant extracts | 处理时间/h Exposure time | 死亡率/% Mortality | | | | | 活性强度 Intensity |
|---|-------------------------|-----------------|------|------|------|-----------|----------------|
| | | 平均±SEM Average | | | | | |
| 油茶籽饼 Seed cake of <i>Camellia oleifera</i> | 48 | 60.0 | 54.0 | 51.2 | 56.5 | 55.4 ±1.9 | +++ |
| 茶籽 Seed of <i>Camellia Sinensis</i> | 48 | 79.4 | 78.1 | 80.6 | 68.0 | 76.5 ±2.9 | +++ |

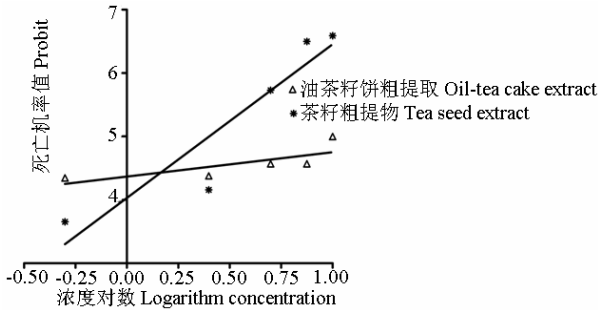


图 1 油茶籽饼和茶籽粗提取物处理松材线虫 48 h 的剂量对数-几率值

Figure 1 Lagrithm concentration-probit-line of oil-tea cake and tea seed plant extracts against *Bursaphelenchus xylophilus* after exposure for 48 h

毒力回归分析结果表明,作用时间 48 h,供试的 3 种粗提取物的毒力依次为茶果皮、茶籽和油茶饼, LC_{50} 值分别为 1.20、1.71 和 4.45 $mg \cdot mL^{-1}$,且茶籽和油茶饼粗提取物有明显浓度效应($r=0.999$, $r=0.946$, $P < 0.05$);作用时间 72 h,供试的 3 种粗提取物的毒力

依次为油茶籽饼、茶果皮和茶籽, LC_{50} 值分别为 0.04、1.08 和 1.26 $mg \cdot mL^{-1}$,且均有明显浓度效应($r=0.957$, $r=0.967$, $r=0.999$, $P < 0.05$),见图 1 和表 3。

2.2 茶皂素制剂对番茄根结线虫的盆栽防效

盆栽试验表明茶皂素制剂对番茄根结线虫病有良好的盆栽防效。番茄移栽后 30 d,茶皂素用量 1.5 和 0.75 $g \cdot kg^{-1}$ 时,根结防效分别达到 71.4 和 62.8%,为 3% 呋喃丹防效的 89.2% 和 78.5%,根际 *M. incognita* J2 抑制率分别为 70.9% 和 69.3%,达到了 3% 呋喃丹抑制率的 90% 以上,见表 4; TS 处理有增加苗期番茄生物量的效果,茶皂素用量 1.5 $g \cdot kg^{-1}$ 时番茄生物量最高,株高、地上鲜重和根长分别比对照平均增加 18.7%、36.7% 和 13.3%,见表 5。番茄移栽后 60 d,茶皂素用量 1.5 和 0.75 $g \cdot kg^{-1}$ 时,根结防效分别达到 64.1% 和 61.5%,约为 3% 呋喃丹防效的 80.0%;根际 *M. incognita* J2 抑制率分别为 79.3% 和 77.1%,高于 3% 呋喃丹抑制效果(表 4)。

表 3 油茶籽饼等植物粗提取物对松材线虫毒力回归

Table 3 Regression analysis of oil-tea cake and other plant extracts against *Bursaphelenchus xylophilus*

| 提取物 Plant extracts | 处理时间/h Exposure time | 毒力回归方程 Toxicity regressive equation | 相关系数 r Correlation coefficient | LC_{50} / $mg \cdot mL^{-1}$ |
|---|------------------------------------|---|--|-----------------------------------|
| 油茶籽饼 Seed cake of <i>Camellia oleifera</i> | 48 | $y = 1.72 + 4.42x$ | 0.946 | 4.45 |
| 茶果皮 Peel of <i>Camellia Sinensis</i> | 48 | $y = 4.60 + 4.81x$ | 0.859 | 1.20 |
| 茶籽 Seed of <i>Camellia Sinensis</i> | 48 | $y = 4.561.8 + 5.0x$ | 0.999 | 1.71 |
| | 72 | $y = 4.77 + 2.27x$ | 0.999 | 1.26 |
| 提取物 Plant extracts | 95%置信区间 95% confidence interval | LC_{90} / $mg \cdot mL^{-1}$ | 95%置信区间 95% confidence interval | P value |
| 油茶籽饼 Seed cake of <i>Camellia oleifera</i> | 1.54~7.36 | 17.26 | 8.36~26.16 | 0.014 7 |
| 茶果皮 Peel of <i>Ca mellia Sinensis</i> | - | - | - | 0.062 2 |
| 茶籽 Seed of <i>Ca mellia Sinensis</i> | 0.09~3.35 | 8.48 | 1.85~16.49 | 0.000 1 |
| | 0.11~2.40 | 4.61 | 0.30~8.61 | 0.000 1 |

2.3 油茶籽饼等处理对瓜蒌根结线虫病大田防效

大田试验表明油茶籽饼对瓜蒌根结线虫病有

较好的大田防效。土壤处理 150 d 后,油茶籽饼用量 2.5 $t \cdot hm^{-2}$ 时,对根际 *M. incognita* J2 有极显著的

抑制作用,抑制率达49.8%;处理180 d后,小区挂果数和果径均高于空白对照,增加率分别为7.2和0.25%;3%呋喃丹用量0.045 t·hm⁻²时,小区瓜蒌挂果数低于对照,果径增加率为2.89% (表6)。

表4 茶皂素制剂处理对番茄根结和2龄幼虫的抑制效果
Table 4 Suppression of tea-saponin preparation against tomato root-knot and Juvenile 2

| 处理 Treatment | 有效剂量/g·kg ⁻¹ Dose | 处理后 30 d 30 dafter control | | | |
|-----------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--|
| | | 根结指数 Gall index | 相对防效/% Relative control efficacy | Pf/Pi ±SEM Reproduction rate | Pf/Pi 抑制率 ±SEM/% Proliferation-inhibition rate |
| TS1 | 1.5 茶皂素 Tea-saponin | 1.00 | 71.4 | 0.51±0.01 | 70.9±0.5 |
| TS2 | 0.75 茶皂素 Tea-saponin | 1.30 | 62.8 | 0.54±0.01 | 69.3±0.8 |
| 3% 呋喃丹 Furadan | 1 | 0.70 | 80.0 | 0.43±0.01 | 76.1±0.8 |
| CK | - | 3.50 | 0.0 | 1.78±0.05 | - |
| 处理 Treatment | 有效剂量/g·kg ⁻¹ Dose | 处理后 60 d 60 d after control | | | |
| | | 根结指数 Gall index | 相对防效/% Relative control efficacy | Pf/Pi ±SEM Reproduction rate | Pf/Pi 抑制率 ±SEM/% Proliferation-inhibition rate |
| TS1 | 1.5 茶皂素 Tea-saponin | 1.4 | 64.1 | 0.44±0.01 | 79.3±1.1 |
| TS2 | 0.75 茶皂素 Tea-saponin | 1.5 | 61.5 | 0.49±0.00 | 77.1±1.6 |
| 3% 呋喃丹 Furadan | 1 | 0.8 | 79.4 | 0.47±0.01 | 78.6±1.3 |
| CK | - | 3.9 | 0.0 | 2.21±0.15 | - |

注:表中平均值为10次重复值。Note: Data in this table are means of ten replicates.

表5 茶皂素制剂施用后30 d对番茄生物量增加效果
Table 5 Effect on increasing the tomato biomass by applied tea-saponin preparation after 30 d

| 处理 Treatment | 有效剂量/g·kg ⁻¹ Dose | 株高/mm | 株高增加率/% | 地上鲜重/g |
|-----------------|---------------------------------|---|----------------------------------|------------------------------------|
| | | Average±SEM Plant height | Increase rate of plant height | Average±SEM Upper ground weight |
| TS1 | 1.5 茶皂素 Tea-saponin | 248.2 ± 0.69* | 18.7 | 13.40 ± 0.42** |
| TS2 | 0.75 茶皂素 Tea-saponin | 224.8 ± 0.79 | 7.5 | 11.62 ± 0.40 |
| 3%呋喃丹 Furadan | 1 | 233.2 ± 0.82 | 11.5 | 12.84 ± 0.82* |
| CK | - | 209.2 ± 0.96 | - | 9.80 ± 0.92 |
| 处理 Treatment | 有效剂量/g·kg ⁻¹ Dose | 地上鲜重增加率/% | 根长/cm | 根长增加率/% |
| | | Increase rate of upper ground weight | Average±SEM Root length | Increase rate of root length |
| TS1 | 1.5 茶皂素 Tea-saponin | 36.7 | 14.12 ± 0.66 | 13.3 |
| TS2 | 0.75 茶皂素 Tea-saponin | 18.5 | 13.82 ± 0.61 | 10.9 |
| 3%呋喃丹 Furadan | 1 | 31.0 | 13.94 ± 0.90 | 11.8 |
| CK | - | - | 12.46 ± 0.66 | - |

注:表中平均值为10次重复值,*在P<0.05水平显著,**在P<0.01水平显著。

Note: Data in this table are means of ten replicates, "*" and "**" refer to the different significance at the 0.05 and 0.01 levels, respectively.

同时在试验中观察到3%呋喃丹用量0.045 t·hm⁻²时,土壤处理150 d后,对根际*M. incognita* J2的增殖有显著促进作用,抑制率达到45.2% (表6)。

3 结论

本试验表明,茶果皮和油茶籽饼粗提物作用72 h具有强杀线活性。首次制备并运用有效成分34%

的茶皂素制剂防治线虫病害,发现其对番茄根结线虫病有良好的盆栽防效,制剂用量为4.4 g·kg⁻¹,处理后30 d,番茄的根结减少71.4%,对根际*M. incognita* 2龄幼虫抑制率70.9%,番茄株高、地上鲜重和根长分别增加18.7%、36.7%和13.3%;另外,本试验首次在大田试验中应用油茶籽饼防治根结线虫病害,处理150 d后,发现其对瓜蒌根际

M.incognita 的抑制率为 49.8%，处理 180 d 后，瓜蒌增果率为 7.2%、果径增加率为 0.25%。

本试验发现茶籽等山茶科植物材料具有强杀线活性，与之前报道茶籽粗粉对辣椒根结线虫病有良好防效结果一致^[15]。国外有关皂素杀线虫活性的研究报道较少，其中，Addabbo 报道了意大利广泛种植的紫花苜蓿皂素提取物具有强杀线活性，并直接用紫花苜蓿作土壤添加剂对番茄根结线虫 (*M.incognita*) 和胡萝卜孢囊线虫 (*Heterodera carotae*) 病取得了良好的大田防效，同时较深入讨论

苜蓿皂素的活性结构^[24]。

在安徽省，茶树、油茶都是广泛种植的重要经济作物，其副产物茶籽、油茶籽饼和茶皂素等非常丰富。建议在茶区直接利用茶籽和油茶籽饼防治瓜蒌等作物的根结线虫病害，茶区以外的病区，可以利用茶皂素制剂进行防治。同时，应继续优化防治技术，如防治时间、次数和施用方法，加强剂型研究，以提高茶皂素类杀线虫剂的防效，为了开拓茶皂素类杀线剂的商业化应用，还必须继续深入追踪山茶科皂素的活性结构，探索其活性机理。

表 6 油茶籽饼处理对瓜蒌根结线虫病的大田防效

Table 6 Field-effect of oil-tea cake application against *Trichosanthes kirilowii* root-knot nematode diseases

| 处理 Treatment | 用量/t·hm ⁻² Dose | Pf/Pi±SEM Reproduction rate | Pf/Pi 抑制率/% Proliferation-inhibition rate | 小区挂果数±SEM/个 Fruit number |
|---|-------------------------------|--------------------------------|--|-----------------------------|
| 油茶籽饼 Seed cake of <i>C. oleifera</i> | 2.5 | 68.7±9.7** | 49.8 | 230.8±13.1 |
| 3% 呋喃丹 Furadan | 0.045 | 199.0±19.9* | -45.2 | 201.8±9.8 |
| 空白 Blank | - | 137.0±13.1 | - | 215.2±5.5 |

| 处理 Treatment | 用量/t·hm ⁻² Dose | 增果率/% Increase rate of fruit number | 果径±SEM/mm Fruit diameter | 增加率/% Increase rate of fruit diameter |
|---|-------------------------------|---|-----------------------------|---|
| 油茶籽饼 Seed cake of <i>C. oleifera</i> | 2.5 | 7.2 | 79.8±0.7 | 0.25 |
| 3% 呋喃丹 Furadan | 0.045 | -6.2 | 81.9±0.4 | 2.89 |
| 空白 Blank | - | - | 79.6±1.8 | - |

注：表中平均值为 4 次重复值，*：在 $P<0.05$ 水平显著，**：在 $P<0.01$ 水平显著。

Note : Data in this table are means of four replicates, "*" and "**" refer to the different significance at the 0.05 and 0.01 levels, respectively.

参考文献:

- [1] Chen Z X, Chen S Y, Dickson D W. Nematology advance and perspectives [M]. CAB International, UK, 2004.
- [2] 张爱民, 杨延林, 刘廷良, 等. 根结线虫病害症状及防治措施[J]. 上海蔬菜, 2012(3): 75.
- [3] 吴慧平, 秦复牛. 桔梗根际线虫种类调查与分析[J]. 中国农学通报, 1999, 15(3): 31-33.
- [4] 吴慧平, 徐劲峰. 安徽省潜山县桔蒌根结线虫发生危害及大田药效试验[J]. 植物保护学报, 2006, 33(1): 59-62.
- [5] 陈品三. 主要杀线虫剂在我国的应用研究进展[J]. 农药市场信息, 2002(2): 8-9, 21.
- [6] El-Hamawi M, Youssef M, Zawam H. Management of *Meloidogyne incognita*, the root-knot nematode, on soybean as affected by marigold and sea ambrosia (damsisa) plants [J]. Journal of Pest Science, 2004, 77(2): 95-98.
- [7] Bar-Eyal M, Sharon E, Spiegel Y. Nematicidal activity of *Chrysanthemum coronarium* [J]. European Journal of Plant Pathology, 2006, 114 (4): 427-433.
- [8] Martin R S, Magnunacelaya J C. Control of plant-parasitic nematodes with extracts of *Quillaja saponaria* [J]. Nematology, 2005, 7(4): 577-585.
- [9] Taba S, Sawada J, Moromizato Z I. Nematicidal activity of Okinawa island plants on the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood [J]. Plant and Soil, 2008, 303(1/2): 207-216.
- [10] 张红瑞, 张华, 高致明, 等. 15 种中草药提取液对怀牛膝根结线虫的杀虫杀卵效果 [J]. 河南农业科学, 2012, 41(2): 101-104.
- [11] 刘晟, 张敏, 顾玲, 等. 22 种中草药提取物杀根结线虫活性[J]. 农药, 2009, 48(8): 598-602.
- [12] 郑良, Howard F. 58 种中(草)药对植物寄生线虫 *Meloidogyne javanica* 和 *Pratylenchus vulnus* 的药效研究[J]. 植物病理学报, 2001, 31(2): 175-183.
- [13] 金笑龙, 肖正东, 陈素传, 等. 安徽省大别山油茶选优研究[J]. 林业科技开发, 2011, 25(3): 22-26.
- [14] 陈素传, 肖正东, 汪小进, 等. 安徽大别山区油茶优株选择初报[J]. 安徽林业科技, 2011, 37(2): 8-12.
- [15] 吴慧平, 徐晓莉, 王军. 茶籽醇提物对松材线虫及根结线虫室内活性测定分析[J]. 植物检疫, 2001, 21(6): 335-337.
- [16] 吴慧平, 宛晓春, 侯如燕, 等. 茶皂素杀线虫活性测定分析[J]. 植物病理学报, 2007, 37 (5): 553-555.
- [17] Choi I H, Park J Y, Shin S C, et al. Nematicidal activity of

- medicinal plant essential oils against the pinewood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*) [J]. *Applied Entomology and Zoology*, 2007, 42: 397-401.
- [18] Choi I H, Park J Y, Shin S C, et al. Nematicidal activity of medicinal plant extracts and two cinnamates isolated from *Kizempferia galanga* L. (Proh Hom) against the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* [J]. *Nematology*, 2006, 8 (3): 359-365.
- [19] 翁群芳. 28种植物抽提物对松材线虫的毒杀作用[J]. 华中农业大学学报, 2005, 25 (4): 459-464.
- [20] 赵善欢. 植物化学保护 [M]. 北京: 农业出版社, 1998: 507.
- [21] Amaral D R, Da Rocha Oliviera F E, Oliviera D F, et al. Purification of two substances from bulbs of onion (*Allium cepa* L.) with nematicidal activity against *Meloidogyne exigua* Goeldi [J]. *Nematology*, 2003, 5(6): 859- 864.
- [22] Chandrvadana M V, Eugene S, Nidiry J. Nematicidal activity of some plant extracts [J]. *Indian J Nematol*, 1996, 26(2): 148-151.
- [23] Abbas S M, Rahman A, Fawzia H, et al. Isolation and structure determination of new nematicidal triglyceride from *Argemone mexicana* [J]. *Chemical Ecology*, 1987, 13(6): 1361-1370.
- [24] Addabbo T D, Carbonara T, Leonetti P, et al. Control of plant parasitic nematodes with active saponins and biomass from *Medicago sativa* [J]. *Phytochemistry Reviews*, 2010, 10(4): 503-519.