

· 热带作物 ·

DOI: 10.15886/j.cnki.rdswwb.20220045



主持人: 徐 冉

# 不同施肥模式对越南油茶饼的总多酚含量和抗氧化活性的影响

吉南焕<sup>1</sup>, 侯耀辉<sup>1</sup>, 王开济<sup>1</sup>, 赖杭桂<sup>2</sup>, 庞真真<sup>1</sup>

(1. 海南大学 园艺学院, 海口 570228; 2. 海南大学 热带作物学院, 海口 570228)

**摘要:** 为探究不同施肥模式对越南油茶饼总多酚含量和抗氧化活性的影响, 完善海南地区越南油茶施肥措施, 促进越南油茶产业健康发展。设置常量复合肥(M1)、减量复合肥+蚯蚓土(M2)、减量复合肥+蚯蚓土+生物肥(M3)、减量复合肥+中微量元素缓释肥(M4)、减量复合肥+植物调节剂专用复合肥(M5)以及不施肥的对照组(CK)6组不同的施肥模式, 测定不同施肥模式下越南油茶饼提取物的总多酚的含量, 同时应用FRAP法、DPPH自由基清除法、羟基自由基( $\cdot$ OH)清除法以及ABTS自由基清除法测得其抗氧化活性。结果表明: M1、M3、M4处理的越南油茶饼总多酚含量以及抗氧化活性均较CK高, 其中, 处理M4的总多酚含量以及抗氧化活性最高。此外, 在施用复合肥的基础上增施中微量元素缓释肥能够进一步增强越南油茶饼的总多酚含量和抗氧化活性。因此, 在实际生产中可以通过施用复合肥搭配中微量元素缓释肥提高越南油茶饼的品质。

**关键词:** 越南油茶; 越南油茶饼; 施肥模式; 总多酚含量; 抗氧化活性

中图分类号: S794.4

文献标志码: A

文章编号: 1674-7054(2024)02-0165-06

吉南焕, 侯耀辉, 王开济, 等. 不同施肥模式对越南油茶饼的总多酚含量和抗氧化活性的影响[J]. 热带生物学报, 2024, 15(2): 165-170. doi: 10.15886/j.cnki.rdswwb.20220045

越南油茶(*Camellia vietnamensis*)主要在热带和亚热带区域广泛种植, 在我国海南地区种植面积较广<sup>[1-3]</sup>。越南油茶具有抗逆性强、耐热性强、寿命长等优点, 是很有发展前途的油茶树种之一。越南油茶经过压榨提油后得到越南油茶饼, 其开发利用潜力常常被忽视。越南油茶饼中的主要成分为纤维, 除此之外还富含蛋白质、多酚、多糖、不饱和脂肪酸以及茶皂素等功能性成分, 具有很高的营养价值以及消炎抑菌的功效<sup>[4-8]</sup>, 并且对心血管病等慢性疾病起到一定的预防作用<sup>[9]</sup>。此外越南油茶饼提取物具有较强的抗氧化活性, 它能够清除自由基, 具有一定的保健功效。目前对抗氧化物质的体外活性评价方法主要有自由基(DPPH自由基、ABTS自由基、羟基

自由基等)清除实验以及总抗氧化能力的测定等评价方法。王开济等<sup>[10]</sup>的研究结果表明, 不同的施肥模式对越南油茶植株以及成熟期果实的各项经济性指标均具有一定影响。肖广达等<sup>[11]</sup>研究发现, 蚯蚓粪配合化肥处理能够显著提高药用植物白芨总酚含量以及DPPH自由基清除能力、FRAP抗氧化活性和ABTS自由基清除能力。张习超<sup>[12]</sup>研究表明, 50%有机肥和50%化肥配施处理可以有效促进辣木的营养生长、提高有效成分含量和抗氧化活性。杨天怡等<sup>[13]</sup>的研究结果表明, 与不施肥相比, 施用有机肥和化肥能够显著提高番茄果实中的抗氧化活性。罗世琼<sup>[14]</sup>研究发现, 有机肥和无机肥配合施用能显著提高黄花蒿总多酚含量以及DPPH自由基清除

收稿日期: 2022-07-15

修回日期: 2023-04-15

基金项目: 海南省重点研发计划项目(ZDYF2021XDNY273)

第一作者: 吉南焕(1998-), 男, 海南大学园艺学院2020级硕士研究生。E-mail: 1393256448@qq.com

通信作者: 庞真真(1983-), 博士, 副教授。研究方向: 设施农业环境调控。E-mail: pangzz@qq.com

率。目前关于不同施肥模式对越南油茶饼品质的影响研究较少。因此,本研究以海南地区种植的越南油茶为研究对象,探讨了不同施肥模式下越南油茶饼中的总多酚含量以及抗氧化活性,旨在为海南地区越南油茶合理种植施肥提供理论参考。

## 1 材料与amp;方法

**1.1 试验地概况** 试验于海南省琼海市(东经 110.118056°—110.680556°,北纬 18.980556°—19.476389°)进行。试验地全年降水量充沛,年均雨量为 2 042.6 mm;年均气温为 24 ℃。土壤为红土壤,有机含量为 18.7 g·kg<sup>-1</sup>,pH4.35,速效氮含量 58.35 mg·kg<sup>-1</sup>,速效磷含量 179.85 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾含量 15.46 mg·kg<sup>-1</sup>。

**1.2 试验设计** 试验于 2018 年 5—11 月进行。选取长势相近且健康无病害的越南油茶树,以不同施肥处理作为试验变量设置 M1~M5 共 5 组处理,并以不做施肥处理的 CK 作为试验对照(表 1)。其中,试验所用到的复合肥(N:P:K=15:15:15)、生物肥(功能菌≥4 亿个·g<sup>-1</sup>,腐植酸含量>16%,有机质含量>40%)、缓释肥(SO<sub>3</sub> 48%、K<sub>2</sub>O 14%、CaO17%和 MgO 6%)、专用复合肥(NO<sub>3</sub> 8%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 17%、K<sub>2</sub>O 40%、B 0.5%、Cu 0.06%、Fe 0.13%、Mn 0.12%、Zn 0.12%和 Mo 0.30%)和蚯蚓土(pH7.42,有机质含量 295.6 g·kg<sup>-1</sup>,硝态氮含量 0.75 g·kg<sup>-1</sup>,速效磷含量 0.51 g·kg<sup>-1</sup>,速效钾含量 10.38 g·kg<sup>-1</sup>)均购买于海南省海口市市场。试验采用随机区组设计,共设置 3 个种植小区,每个种植小区种植 6 棵越南油茶树,M1~M5 施肥处理和对照组越南油茶树各 3 棵重复。试验采用沟施法进行不同施肥处理,并在不同施肥处理小区之间设置隔离株和隔离行。

表 1 越南油茶施肥设计方案

处理	施肥模式
M1	复合肥150 g·株 <sup>-1</sup>
M2	复合肥30 g·株 <sup>-1</sup> +蚯蚓土400 g·株 <sup>-1</sup>
M3	复合肥30 g·株 <sup>-1</sup> +蚯蚓土400 g·株 <sup>-1</sup> +生物肥1.6 g·株 <sup>-1</sup>
M4	复合肥30 g·株 <sup>-1</sup> +缓释肥1000 g·株 <sup>-1</sup>
M5	复合肥30 g·株 <sup>-1</sup> +专用复合肥34 g·株 <sup>-1</sup>
CK	不施肥

**1.3 测定指标与方法** 试验于越南油茶果实成熟期从每个种植小区随机采集 30 个越南油茶果,经榨油后得到的残留物即为越南油茶饼。自然风干的越南油茶饼经过粉碎处理后过筛,按照 1:15 的料液比加入 50% 甲醇提取,60 ℃ 超声水浴 30 min,过滤,重复 3 次并合并滤液,45 ℃ 真空浓缩,加入等体积提取液,4 000 r·min<sup>-1</sup> 离心 15 min,上清液即为越南油茶饼提取物。

**1.3.1 越南油茶饼提取物中总多酚含量测定** 越南油茶饼提取物中总多酚含量采用福林-酚法测定<sup>[15]</sup>,以没食子酸为标准品来测定油茶饼提取物中的总多酚含量。没食子酸标准曲线  $Y=0.0555X+0.0361$  ( $R^2=0.9946$ ),根据标准曲线的方程来计算总多酚含量。

**1.3.2 越南油茶饼提取物中抗氧化活性测定** 越南油茶饼提取物中的抗氧化活性通过测定自由基(DPPH 自由基、ABTS 自由基、羟基自由基等)清除率以及总抗氧化能力(FRAP 法)等方法来评价。

DPPH 自由基清除能力采用文献<sup>[15]</sup>的方法测定。将 3 mL 6.5 μmol·L<sup>-1</sup> DPPH 溶液和 1 mL 越南油茶提取物充分混合,室温避光反应 30 min 后使用紫外分光光度计测量 517 nm 处的吸光值,以 50% 甲醇溶液为空白对照。清除率用下式计算:

$$C = [(A_0 - A_1) / A_0] \times 100\%$$

式中,  $C$  表示清除率,  $A_0$  表示空白对照管的吸光值,  $A_1$  表示加入样品后的吸光值。

ABTS 自由基清除能力采用文献<sup>[16]</sup>的方法测定。将 7 mmol·L<sup>-1</sup> ABTS 母液和 2.45 mmol·L<sup>-1</sup> 过硫酸钾溶液充分混合,避光反应 12 h 制成 ABTS 工作液。将 ABTS 工作液稀释后取 3 mL 与 1 mL 越南油茶提取物充分混合,室温避光反应 30 min 后使用紫外分光光度计测量 734 nm 处的吸光值,以 50% 甲醇溶液为空白对照。

羟基(—OH)自由基清除能力采用采用文献<sup>[16]</sup>的方法测定。取不同体积越南油茶饼提取物,并加入蒸馏水至 5 mL,然后依次加入 0.02 mol·L<sup>-1</sup> FeSO<sub>4</sub> 溶液,100 μL 0.01 mol·L<sup>-1</sup> 水杨酸溶液以及 50 μL 0.02 mol·L<sup>-1</sup> 双氧水,37 ℃ 水浴 30 min 后使用紫外分光光度计测量 510 nm 处的吸光值。

FRAP 还原能力采用采用文献<sup>[17]</sup>的方法进行测定。取不同体积越南油茶饼提取物,并加入 2 mL 蒸馏水以及 3 mL FRAP 工作液,混匀,37 ℃

水浴 30 min 后使用紫外分光光度计测定 593 nm 处的吸光值。根据 FRAP 还原能力标准曲线( $Y=0.020\ 07X+0.000\ 2$ ,  $R^2=0.999\ 26$ )计算 FRAP 值。

**1.4 数据处理** 每组实验重复 3 次并取平均值。样品数据之间的差异使用 SPSS23 软件通过单因素方差分析(ANOVA)、LSD 检验对样品进行分析, 并使用 Excel 2010 进行数据统计和制图。

## 2 结果与分析

**2.1 不同施肥模式对越南油茶饼提取物总多酚含量的影响** 不同施肥模式下越南油茶饼提取物中总多酚的含量如图 1 所示。从图 1 可知, 处理 M1~M3 与对照无显著差异; M4、M5 与对照相比差异显著。其中, M1、M3 和 M4 相比于 CK 总多酚含量分别增加了 7.48%、4.40% 和 13.41%; 处理 M2 和 M5 相比于 CK 总多酚含量分别减少了 3.30% 和 12.53%。其中处理 M4 越南油茶饼提取物中的总多酚含量最高, 为  $9.30\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ , 显著高于其他处理以及 CK; 处理 M5 越南油茶饼提取物中的总多酚含量最低, 为  $7.17\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。研究结果显示, 不同的施肥模式下越南油茶饼总多酚含量具有一定的差异。与 CK 相比, 处理 M1、处理 M3 和处理 M4 能够显著促进越南油茶总多酚的合成, 从而有效地增加越南油茶饼总多酚的含量。

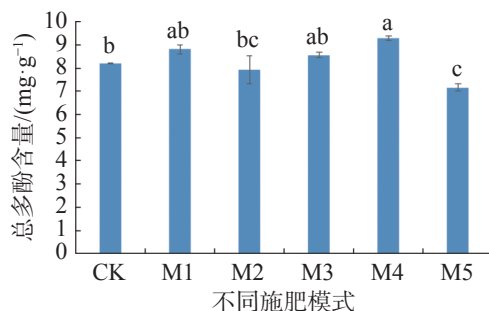


图 1 不同施肥模式越南油茶饼提取物中总多酚含量分析

M1: 常量复合肥; M2: 减量复合肥+蚯蚓土; M3: 减量复合肥+蚯蚓土+生物肥; M4: 减量复合肥+中微量元素缓释肥; M5: 减量复合肥+植物调节剂专用复合肥; CK: 对照组; 不同小写字母表示品种不同处理之间的差异显著 ( $P<0.05$ ), 误差线为 3 个重复间的标准误差 $\pm$ SE, 下同。

**2.2 不同施肥模式对越南油茶饼提取物抗氧化活性的影响**

**2.2.1 不同施肥模式越南油茶饼提取物的 FRAP 还原能力** 在酸性环境条件下, 抗氧化物可以将  $\text{Fe}^{3+}$ -TPZP 还原为蓝紫色的  $\text{Fe}^{2+}$ -TPTZ, 并

通过  $\text{FeSO}_4$  的浓度反应抗氧化物的还原能力。不同施肥模式下越南油茶饼提取物中的 FRAP 还原能力如图 2 所示。处理 M1~M3 与对照无显著差异; M4~M5 与对照相比差异显著。其中, FRAP 还原能力从大到小依序为 M4、M3、M1、M2、CK、M5, 处理 M1~M4 的  $\text{FeSO}_4$  浓度相比于 CK 分别增加了 1.46%、1.26%、1.48%、5.02%; 处理 M5 的  $\text{FeSO}_4$  浓度相比于 CK 减少了 1.89%。处理 M4 的  $\text{FeSO}_4$  浓度最高, 为  $13.59\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 显著高于其他处理以及 CK; 处理 M5 的  $\text{FeSO}_4$  浓度最低, 为  $12.69\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。说明施用复合肥、复合肥+蚯蚓土、复合肥+蚯蚓土+生物肥以及复合肥+缓释肥均能增强越南油茶饼的抗氧化能力, 其中施用复合肥+缓释肥抗氧化能力增强效果最为明显。在施用复合肥的基础上增施缓释肥以及蚯蚓土+生物肥能够增强越南油茶饼的抗氧化能力, 而增施蚯蚓土以及专用复合肥会降低越南油茶饼的抗氧化能力。

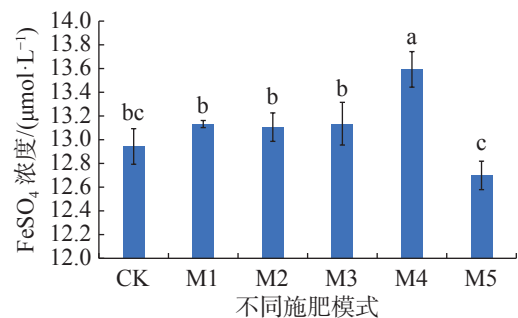


图 2 不同施肥模式越南油茶饼提取物的 FRAP 还原能力

**2.2.2 不同施肥模式越南油茶饼提取物的 ABTS 自由基的清除能力** 抗氧化物能够清除绿色的 ABTS 自由基, 可以通过测定 ABTS 自由基的吸光度计算 ABTS 自由基清除率反应抗氧化物的抗氧化能力。从图 3 可知, M1、M2、M3 和 M5 处理的 ABTS 自由基清除能力与对照相比差异不显著; M4 与对照相比差异显著。其中, ABTS 自由基清除能力从大到小依序为 M4、M1、M3、CK、M5、M2, 处理 M1、M3 和 M4 自由基清除率相比于 CK 分别增加了 8.28%、6.07% 和 9.09%, 处理 M2 和 M5 相比于 CK 分别减少了 10.10% 和 6.28%。处理 M4 的 ABTS 自由基清除率最高, 为 77.86%; 处理 M2 的清除率最低, 为 64.16%。说明施用复合肥、复合肥+蚯蚓土+生物肥以及复合肥+缓释肥均能增强越南油茶饼清除

ABTS 自由基的能力,其中施用复合肥+缓释肥自由基清除效果最为明显。在施用复合肥的基础上增施缓释肥能够增强越南油茶饼清除 ABTS 自由基的能力,而增施蚯蚓土+生物肥、蚯蚓土以及专用复合肥会降低越南油茶饼清除 ABTS 自由基的能力。

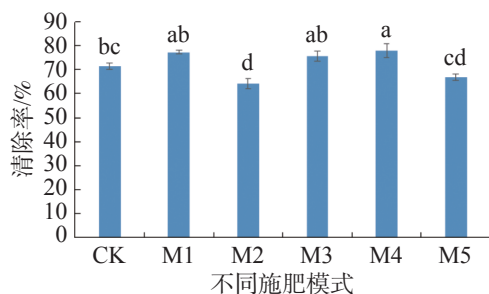


图 3 不同施肥模式越南油茶饼提取物对 ABTS 自由基的清除率

### 2.2.3 不同施肥模式越南油茶饼提取物的 DPPH 自由基的清除能力

抗氧化物能够清除 DPPH 自由基使其溶液由紫色变为浅黄色,吸光值降低。不同施肥模式下越南油茶饼提取物中的 DPPH 自由基清除能力如图 4 所示,处理 M1、M3、M5 与对照无显著差异;M2、M4 与对照相比差异显著。其中,自由基清除能力从大到小依序为 M4、M1、M2、M3、CK、M5,处理 M1~M4 自由基清除率相比于 CK 分别增加了 20.57%、10.29%、8.80% 和 21.39%,处理 M5 自由基清除率相比于 CK 减少了 7.12%。其中处理 M4 的自由基清除率最高,为 67.70%,显著高于其他处理以及 CK;处理 M5 的清除率最低,为 51.80%。说明施用复合肥、复合肥+蚯蚓土、复合肥+蚯蚓土+生物肥以及复合肥+缓释肥均能增强越南油茶饼清除 DPPH 自由基的能力,其中施用复合肥+缓释肥自由基清除效果最为明显。在施用复合肥的基础上增施缓释肥能够增强越南油茶饼清除 DPPH 自

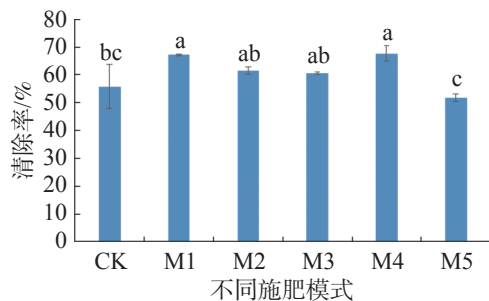


图 4 不同施肥模式越南油茶饼提取物对 DPPH 自由基的清除率

由基的能力,而增施蚯蚓土+生物肥、蚯蚓土以及专用复合肥会降低越南油茶饼清除 DPPH 自由基的能力。

### 2.2.4 不同施肥模式越南油茶饼提取物的羟基(—OH)清除能力

$H_2O_2$  与  $Fe^{2+}$  反应生成 —OH,羟基自由基与水杨酸反应生成在 510 nm 波长处有特殊吸收的 2,3-二羟基苯甲酸。从图 5 可知,处理 M2、M3、M5 与对照无显著差异;M1、M4 与对照相比差异显著。其中,自由基清除能力从大到小依序为 M4、M1、M2、M3、CK、M5,处理 M1~M4 自由基清除率相比于 CK 分别增加了 35.94%、20.70%、13.28% 和 58.59%,处理 M5 相比于 CK 减少了 21.09%。其中处理 M4 的自由基清除率最高,为 40.60%,显著高于其他处理以及 CK;处理 M5 的清除率最低,为 20.20%。说明施用复合肥、复合肥+蚯蚓土、复合肥+蚯蚓土+生物肥以及复合肥+缓释肥均能增强越南油茶饼清除 DPPH 自由基的能力,其中施用复合肥+缓释肥自由基清除效果最为明显。在施用复合肥的基础上增施缓释肥能够增强越南油茶饼清除 DPPH 自由基的能力,而增施蚯蚓土+生物肥、蚯蚓土以及专用复合肥会降低越南油茶饼清除 DPPH 自由基的能力。

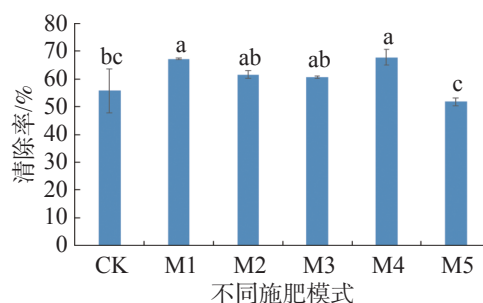


图 5 不同施肥模式越南油茶饼提取物对羟基(—OH)自由基的清除率

## 3 讨论

越南油茶饼提取物中的多酚类物质是影响越南油茶饼品质的重要成分之一。本研究的结果表明,越南油茶饼提取物中的总多酚含量与施肥的种类存在一定的相关性,处理 M1~M3 与对照无显著差异;M4、M5 与对照相比差异显著。与 CK 相比,M1、M3、M4 处理对越南油茶饼提取物总多酚含量具有一定的促进作用,其中,M4 处理总多酚

含量最高,说明与不施肥相比施用氮磷钾复合肥能有效增加越南油茶饼总多酚含量,这与渠心静等<sup>[18]</sup>的研究结果一致。在施用有机肥的基础上施加中微量元素缓释肥能进一步提高越南油茶饼总多酚含量,这与潘住财等<sup>[19]</sup>的研究结果相似。因此,在实际生产中可以在施用复合肥的基础上适量施用中微量元素缓释肥,从而显著提升越南油茶饼总多酚的含量,提高越南油茶饼的品质。

越南油茶饼提取物中的抗氧化活性与施肥模式存在一定的相关性。研究发现,适量施用氮、钾肥能够促进单株水平上的越南油茶植株生物量累积,进一步促进越南油茶植株内总黄酮、总多酚、总多糖的合成<sup>[20-21]</sup>;而另一项研究结果表明含有总黄酮、总多酚、总多糖以及粗蛋白的醇提取物具有一定的抗氧化能力<sup>[22-23]</sup>。在本研究中,M4处理的越南油茶饼提取物的FRAP还原能力、DPPH自由基清除能力、羟基(—OH)自由基清除能力以及ABTS自由基清除能力均显著高于对照组,抗氧化活性最强。其中M1、M3、M4施肥处理下的越南油茶饼提取物的FRAP还原能力、DPPH自由基清除能力、羟基(—OH)自由基清除能力以及ABTS自由基清除能力均较CK强,这与总多酚含量结果相似,说明施肥可以通过对越南油茶饼中总多酚的调控,从而显著提高抗氧化物质的活性;此外M2处理的FRAP还原能力、DPPH自由基清除能力以及羟基(—OH)自由基清除能力较CK强,这说明越南油茶饼的抗氧化活性受除总多酚外其他活性物质的影响。

本研究结果表明,减量复合肥+中微量元素缓释肥(M4)处理得到的越南油茶饼提取物总多酚含量显著高于其他5个处理,同时减量复合肥+中微量元素缓释肥(M4)处理的FRAP还原能力、DPPH自由基清除能力、ABTS自由基清除能力和羟基(—OH)自由基清除能力也均高于其他处理,显著高于对照组,具有很强的抗氧化活性。因此,在生产中使用复合肥搭配中微量元素缓释肥不仅能够减少复合肥的使用,还可以在一定程度提高越南油茶饼中总多酚含量和抗氧化活性能力,从而改善其品质和经济性状。

## 参考文献:

- [1] 王珮璇,陈静,郭钰柬,等. 越南油茶实生优株选择与产区初步评价[J]. 经济林研究, 2021, 39(4): 246-255.
- [2] 陈静,郭钰柬,王珮璇,等. 越南油茶40年生实生林优株筛选与遗传多样性分析[J]. 热带作物学报, 2019, 40(12): 2347-2355.
- [3] 郭钰柬,王珮璇,周开兵,等. 海南省不同产区对越南油茶栽培性状的影响分析[J]. 森林与环境学报, 2019, 39(4): 431-437.
- [4] 陈静,周开兵. 越南油茶实生油茶籽油主要脂肪酸组成变异分析[J]. 森林与环境学报, 2018, 38(3): 355-360.
- [5] 郭钰柬,王红,周开兵,等. 越南油茶脂肪酸积累及相关基因表达动态分析[J]. 森林与环境学报, 2020, 40(2): 203-210.
- [6] 郭钰柬,王珮璇,周开兵,等. 越南油茶果实各器官的生长和油脂含量变化动态分析[J]. 西南林业大学学报(自然科学版), 2020, 40(4): 175-179.
- [7] 刘楚岑,裴小芳,周文化,等. 油茶饼粕中主要成分及其综合利用研究进展[J]. 食品与机械, 2020, 36(7): 227-232.
- [8] 陈曦,夏鹏国,于靖,等. 越南油茶胚状体的培养及其酚类物质含量测定[J]. 热带农业工程, 2018, 42(6): 1-6.
- [9] 曹耀强,谢新华,陈卫军,等. 越南油茶饼中酚类化合物的抗氧化性研究[J]. 食品科技, 2012, 37(3): 201-204.
- [10] 王开济,侯耀辉,胡新文,等. 不同施肥模式对越南油茶生长特性的影响[J]. 南方农业学报, 2020, 51(6): 1409-1415.
- [11] 张习超,关统伟,郑国成,等. 不同施肥方案对辣木营养生长及抗氧化效果的影响[J]. 现代农业科技, 2018, 722(12): 136-139.
- [12] 肖广达. 不同施肥处理对白及药材产量和品质的影响[D]. 南宁: 广西大学, 2021.
- [13] 杨天怡,刘岳飞,李彩媛,等. 不同施肥处理对番茄功能性成分及抗氧化活性的影响[J]. 西南农业学报, 2016, 29(9): 2100-2105.
- [14] 罗世琼,袁玲,吴叶宽,等. 黄花蒿酚类物质及其抗氧化活性对施肥的响应[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(10): 1493-1499.
- [15] ZANTAR S, HAOUZI R, CHABBI M, et al. Effect of gamma irradiation on chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Thymus vulgaris* and *Mentha pulegium* essential oils[J]. *Radiation Physics and Chemistry*, 2015, 115: 6-11.
- [16] 叶洲辰,吴友根,于靖,等. 越南油茶饼提取物的抗氧化活性研究及酚类化合物含量的测定[J]. 分子植物育种, 2017, 15(9): 3682-3693.
- [17] MOGHADDAM M, MIRAN S N K, PIRBALOUTI A G, et al. Variation in essential oil composition and antioxidant activity of cumin (*Cuminum cyminum* L.) fruits during stages of maturity[J]. *Industrial Crops and Products*, 2015, 70: 163-169.
- [18] 渠心静,王慧,邓小丽,等. 磷铝耦合处理对越南油茶幼苗生长及磷铝含量的影响[J]. 南方农业学报, 2018, 49(3): 508-515.
- [19] 潘住财. 施用硼镁肥对红壤茶园茶叶产量、品质及土

- 壤肥力的影响[J]. *福建农业学报*, 2015, 30(9): 877 – 883.
- [20] KWON T H, KIM T W, KIM C G, et al. Antioxidant activity of various solvent fractions from edible brown alga, *Eisenia bicyclis* and its active compounds[J]. *Journal of Food Science*, 2013, 78(5): C679 – C684.
- [21] NOVELLO Z, SCAPINELLO J, MAGRO J. D, et al. Extraction, chemical characterization and antioxidant activity of andiroba seeds oil obtained from pressurized n-butane[J]. *Industrial Crops and Products*, 2015, 76: 697 – 701.
- [22] KATAKI M S, KAKOTI B B, BHUYAN B, et al. Garden rue inhibits the arachidonic acid pathway, scavenges free radicals, and elevates FRAP: role in inflammation[J]. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 2014, 12(3): 172 – 179.
- [23] JIN X. Bioactivities of water-soluble polysaccharides from fruit shell of *Camellia oleifera* Abel: Antitumor and antioxidant activities[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2012, 87: 2198 – 2201.

## Effects of different fertilizer combinations on total polyphenols contents and antioxidant activities of the cakes of *Camellia vietnamensis* T. C. Huang ex Hu

JI Nanhuan<sup>1</sup>, HOU Yaohui<sup>1</sup>, WANG Kaiji<sup>1</sup>, LAI Hangui<sup>2</sup>, PANG Zhenzhen<sup>1</sup>

(1. College of Horticulture, Hainan University, Haikou, Hainan 570228; 2. College of Tropical Crops, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China)

**Abstract:** An attempt was made to explore the effects of different fertilizer combinations on the total polyphenol content and antioxidant activity of the cakes of *Camellia vietnamensis* T. C. Huang ex Hu, improve the fertilizer application methods for *C. vietnamensis* in Hainan, and promote the healthy development of the *C. vietnamensis* industry. *C. vietnamensis* trees with similar growth and vigor were selected and treated with different fertilizer combinations (compound fertilizer (M1), compound fertilizer with earthworm soil (M2), compound fertilizer with vermicompost and biological fertilizer (M3), compound fertilizer with slow-release medium-trace element fertilizer (M4), compound fertilizer with the special plant regulator compound fertilizer (M5) with no fertilizer as the control (CK) in an experiment, and a randomized complete block design was arranged with 3 plots, 6 trees per plot. The contents of total polyphenols in the extracts of the cakes of *C. vietnamensis* were determined under different fertilizer treatments. The antioxidant activities of the extracts were determined by using FRAP test, DPPH radical scavenging, hydroxyl radical (—OH) scavenging and ABTS radical scavenging. The results showed that the total polyphenol content and antioxidant activity of the cakes were higher in the treatments M1, M3 and M4 than in the CK, and the total polyphenol content and antioxidant activity of the cakes in the treatment M4 were the highest. Moreover, the addition of slow-release medium-trace element fertilizer on the basis of compound fertilizer could further enhance the total polyphenol content and antioxidant activity of the cakes. Therefore, the quality of the cakes of *C. vietnamensis* can be improved by applying compound fertilizer with slow-release medium-trace element fertilizer in actual production.

**Keywords:** *Camellia vietnamensis* T. C. Huang ex Hu; cake; fertilizer combination; total polyphenol content; antioxidant activity

(责任编辑:潘学峰)