

Effects of Mineral Nutrient Elements on the Main Active Components of Patchouli

Mingyang Chen, Lu Liu, Yougen Wu*, Xiaohong Wu, Junfeng Zhang, Jing Yu

College of Tropical Agriculture and Forestry, Hainan University, Haikou Hainan
Email: *wygeng2003@163.com

Received: Dec. 19th, 2017; accepted: Jan. 6th, 2018; published: Jan. 24th, 2018

Abstract

The content of patchouli oil were significantly higher with applying once low concentrations of Mn (1 μ M), twice high concentration of Mg (10 mM) and twice Co of medium to high concentrations (0.5 mM and 1 mM); once application of the same concentration can significantly promote the accumulation of patchouli alcohol. α -Guaiene and humulene contents reached the highest value, 10.39% and 1.01%, respectively, with three times application of high concentration of Mg (10 mM). Caryophyllene and farnesyl contents were obviously increased to 4.49% and 18.65%, respectively, by applying twice of medium concentration of Mn (10 μ M). Seychellene and α -bulnesene contents reached maximum levels (5.05% and 2.95%, 7.86% and 5.67%, respectively) by applying once of high (10 mM) and low (1 mM) concentrations of Mg. The highest content of β -patchoulene and β -elemene reached (2.60% and 2.86%, 0.71% and 0.60%, respectively) by three times application of medium concentration of Mn (10 μ M) and twice application of high concentration of Co (1 mM).

Keywords

Pogostemon cablin, Patchouli Alcohol, Mineral Nutrient Elements

矿质营养元素对广藿香主要活性成分含量的影响

陈明洋, 刘璐, 吴友根*, 吴晓红, 张军锋, 于靖

海南大学热带农林学院, 海南 海口
Email: *wygeng2003@163.com

收稿日期: 2017年12月19日; 录用日期: 2018年1月6日; 发布日期: 2018年1月24日

*通讯作者。

摘要

Mg、Mn和Co3种矿质营养元素均能促进广藿香中挥发油和百秋李醇的积累,且最佳作用浓度相同,分别为:低浓度Mn (1 μ M)、高浓度Mg (10 mM)和Co (1 mM),Mn以处理1次,Mg和Co以处理2次时分别获得最高含量的挥发油,百秋李醇则均在处理1次时达到最高相对含量; α -愈创木烯和葑草烯均在高浓度Mg (10 mM)处理3次后达到相对含量最高值分别为10.39%和1.01%,中浓度Mn (10 μ M)处理2次后石竹烯和法呢醇的相对含量达到最大值分别为4.49%和18.65%,刺蕊草烯和 α -布藜烯分别高和低浓度Mg (10 mM和1 mM)处理1次时获得最高相对含量,刺蕊草烯为5.05%和2.95%, α -布藜烯为7.86%和5.67%。 β -榄香烯和 β -广藿香烯的相对含量则分别在中浓度Mn (10 μ M)处理3次和高浓度Co处理2次时达到最大值, β -榄香烯为2.60%和2.83%, β -广藿香烯为0.71%和0.60%。

关键词

广藿香,百秋里醇,矿质营养元素

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

广藿香[Pogostemoncablin (Blanco) Benth.],唇形科刺蕊草属植物,别名刺蕊草、南香、藿香、枝香、牌香等。原产地是越南、马来西亚、菲律宾等东南亚国家,在梁代或之前引种到我国[1]。现在我国广藿香主要分布于海南和广东两省,在广东的广州、肇庆、湛江以及海南省万宁市均有栽培。广藿香是重要的药材兼香料的芳香化湿类中药植物,具有芳香化浊、开胃止呕、发表解暑等功效,用于湿浊中阻、脘痞呕吐、暑湿倦怠、胸闷不适、寒湿闭暑、腹痛吐泻、鼻渊头痛等病证[2]。百秋李醇作为广藿香挥发油的主要成分和广藿香的活性成分之一,是历版《中华人民共和国药典》规定的用于评价广藿香药材及广藿香油质量的指标成分,除了具有明显的抗病毒和抑菌功效之外,还是一种很好的定香剂,有独特宜人的气味且可使香味持久,因而广泛应用于药品、食品、化妆品和日用品等行业。

海南大多数被子植物倍半萜合酶的功能需要 Mg^{2+} 、 Mn^{2+} 或 Co^{2+} 的协助。Picaud 等[3] (2005)从黄花蒿 (*Artemisia annua*)中分离到一个倍半萜烯合酶(E)- β -法呢烯合酶[(E)-beta-farnesene synthase],大肠杆菌原核表达此酶的产物可催化 FDP 形成单一产物 β -法呢烯,反应依赖 Mg^{2+} 、 Mn^{2+} 或 Co^{2+} ,这是否就表明广藿香百秋李醇合成酶的催化也需要诱导因子(如 Mg^{2+} 、 Mn^{2+} 或 Co^{2+})来协助?迄今,尚不清楚外源施加金属微量元素是否会对百秋李醇的合成产生影响。因此,在土壤中施用或叶面喷施一定量的金属微量元素,是否能促进其酶的过量表达或活性,以提高百秋李醇的含量?为此,本研究拟探讨矿质营养元素对广藿香百秋李醇等含量的影响,以期对广藿香中挥发油及其主要成分的积累机制提供理论依据。

2. 材料与方法

2.1. 实验材料

本实验所用生长6个月广藿香和成熟广藿香材料,均来自海南大学园艺园林学院广藿香资源圃。

对6个月广藿香材料叶面喷施Mg、Mn和Co,所用镁、锰和钴肥分别为分析纯硫酸镁($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)、硫酸锰($\text{MnSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)和硫酸钴($\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$),每种元素设三个量级(Mg1、Mg2、Mg3; Mn1、Mn2、Mn3; Co1、Co2、Co3),浓度设置分别为1 mM、5 mM、10 mM; 1 μM 、10 μM 、100 μM ; 0.1 mM、0.5 mM、1 mM (按纯元素计),对照(CK)喷等量水,每15天喷施1次,重复3次。处理1天、3天、7天和15天后,对叶片进行取样,液氮冷激后分装于 -80°C 保存,作为基因表达水平分析的样品;在每次喷施15天后,采集广藿香植株地上部分,用于化学成分分析。每次采样时间均固定在下午5:00~6:00。

2.2. 实验试剂及仪器

试剂: $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{MnSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、 CoSO_4 。

仪器: 紫外分光光度计(Lambda 25, 美国)。

2.3. 试验方法

1) 挥发油提取

将广藿香地上部分材料阴干,用打粉机磨碎,用水蒸气蒸馏法提取挥发油[4]。称取粉末100 g,加7倍体积的水浸泡5 h,提取4 h后用无水硫酸钠干燥,于 0°C 密封避光保存,备用。挥发油含量(mL/kg)以干燥品计算。

2) GC-MS 分析条件

气相色谱条件为:色谱柱为HP-Intiowax Polyethylene Glycol 弹性石英毛细管柱(柱长30 m,内径0.32 mm,膜厚度0.25 μm),柱温 50°C ,以 $6^\circ\text{C}/\text{min}$ 升温至 230°C ,保持5 min,汽化室温度 250°C 。载气为高纯氮气(99.999%),柱前压7.62 psi,流量1.0 mL/min。进样量1.0 μL ,分流比20:1。质谱条件:离子源为EI源,温度 230°C ;四极杆温度 150°C ,电子能量70 eV,发射电流34.6 μA ,倍增器电压837 V,接口温度 250°C ,质量范围10~500 amu。化合物鉴定及数据处理:采用色谱峰面积归一化法计算化合物的相对含量[5],结合WILEY275质谱图库和NIST2005标准质谱图库,通过HPMSD化学工作站进行化合物鉴定。方差分析采用SAS软件,在0.05水平下分析不同样品间的差异显著性。

3. 结果与分析

3.1. 矿质营养元素对挥发油含量的影响

吸光值,所得标曲方广藿香和绝大多数的唇形科植物一样,含有大量的挥发性芳香油。图1显示了

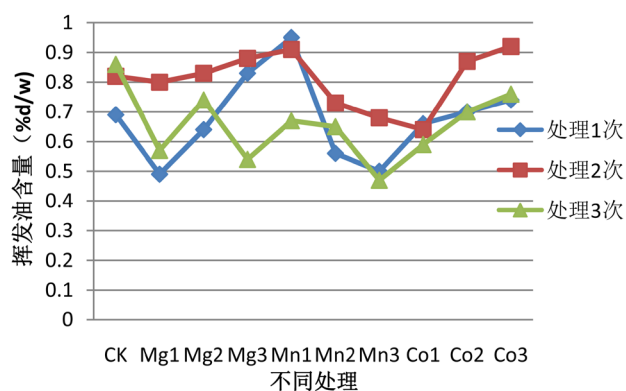


Figure 1. Effects of foliar application of Mg, Mn and Co sulphate on volatile oil contents in Patchouli (percentage of dry weight)

图 1. 叶面喷施 Mg、Mn 和 Co 对广藿香中挥发油含量的影响

叶面喷施 Mg、Mn 和 Co 对广藿香挥发油含量的影响。对照中挥发油的含量随着生长期的增加而逐渐上升, 含量分别为 0.69% (第 195 天)、0.82% (第 210 天) 和 0.86% (第 225 天)。试验中重复 3 次叶面喷施矿质营养元素肥料, 广藿香中挥发油含量的增加以喷施 1 次的效果最为明显。当叶面喷施 1 次 1 μM MnSO_4 (Mn1) 时, 广藿香中挥发油含量达到最高值 0.95%, 比对照增加了 37.7%。另外 3 个处理 Mg3、Co2 和 Co3 喷施 1 次也能不同程度的提高挥发油含量, 分别增加了 20.3%、1.4% 和 7.2%。矿质营养元素肥料喷施 2 次时, 检测 Mn1、Mg3 处理后, 对挥发油含量的增幅比喷施 1 次时均有所下降, 为 10.8% 和 7.3%; 而 Co2 和 Co3 处理使挥发油含量提高了 6.1% 和 12.2%, 增加幅度有所上升。由图 1 可以看出, 不同处理连续喷施 3 次时, 均对广藿香挥发油的积累产生不同程度的抑制作用。

3.2. 矿质营养元素对百秋李醇含量的影响

广藿香中百秋李醇的含量受到 Mg、Mn 和 Co 的影响, 不同处理间含量差异明显(图 2), 从 24.33% 到 47.80%。矿质营养元素处理次数对百秋李醇的影响具有较大差异, 3 种矿质营养元素只有在处理 1 次时, 对百秋李醇的积累具有明显的促进作用, 而处理 2 次和 3 次时百秋李醇含量均有所下降, 对百秋李醇的积累具有不同程度的抑制作用。不同浓度 Mg 处理 1 次时, 百秋李醇的含量明显上升, 浓度从低到高分别增加了 11.8%、8.2% 和 26.5%。试验中百秋李醇的含量在低浓度的 Mn1 处理 1 次达到最高值 47.80%, 比之对照含量上升了 30.4%。Mn2 处理 1 次后, 使得百秋李醇的含量提高了 8.5%。高浓度的 Co3 处理下, 能提高百秋李醇的含量, 增幅为 15.3%。

3.3. 矿质营养元素对挥发油其他成分含量的影响

广藿香油被认为是广藿香的主要药用成分, 近年来, 随着 GC-MS 技术的发展与普及, 使得挥发性成分的分析变得快捷简便, 国内外学者对广藿香挥发油成分的研究也越来越深入。本研究采用 GC-MS 技术就叶面喷施 Mg (表 1)、Mn (表 2) 和 Co (表 3) 3 种矿质营养元素对广藿香挥发油中 β -广藿香烯、 β -榄香烯、石竹烯、 α -愈创木烯、刺蕊草烯、葎草烯、 α -布藜烯和法呢醇等主要成分含量的影响进行了分析。

1) Mg 对广藿香中挥发油主要成分含量的影响

表 1 为供 Mg 浓度不同及处理次数不同对广藿香中挥发油主要成分的含量影响, 可以看出影响是较大的。不同浓度供 Mg 处理 2 次和 3 次时, 广藿香体内 β -榄香烯、石竹烯、 α -愈创木烯和刺蕊草烯的含量均明显加大, 至高浓度 Mg3 处理 3 次时, β -榄香烯、石竹烯和 α -愈创木烯含量达到最大值, 分别为 0.68%、3.15% 和 7.53%, 而刺蕊草烯的最高含量 5.01% 出现在 Mg3 处理 1 次时。 β -广藿香烯和葎草烯同样是在

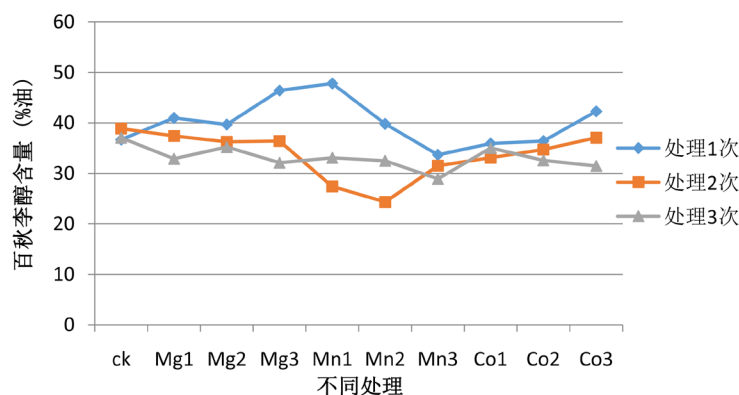


Figure 2. Effects of foliar application of Mg, Mn and Co sulphate on content of Patchouli alcohol (expressed as % of volatile oil)

图 2. 叶面喷施 Mg、Mn 和 Co 对广藿香中百秋李醇含量的影响

Table 1. Effect of foliar application of Mg sulphate on essential oil composition (%) of *P. cablin***表 1.** 叶面喷施 Mg 对广藿香挥发油主要成分含量的影响

Sr. no.	Compounds	处理 1 次				处理 2 次				处理 3 次			
		CK	Mg1	Mg2	Mg3	CK	Mg1	Mg2	Mg3	CK	Mg1	Mg2	Mg3
1	β -广藿香烯	2.57a	1.08d	2.14c	2.25b	2.22a	2.17b	2.24a	2.10c	2.43b	1.99d	2.17c	2.52a
2	β -榄香烯	0.36b	0.31d	0.38a	0.33c	0.50b	0.60a	0.60a	0.62a	0.62c	0.64b	0.62c	0.68a
3	石竹烯	1.56c	1.71b	2.50a	1.55c	1.30d	2.14c	2.46b	2.70a	1.64d	2.21c	2.48b	3.15a
4	α -愈创木烯	5.59c	4.31d	7.00a	6.34b	5.44d	6.65c	6.79b	6.87a	5.93c	7.45a	6.08b	7.53a
5	刺蕊草烯	4.48b	2.95c	4.48b	5.01a	3.77c	4.23b	4.47a	4.45a	4.03d	4.75b	4.19c	4.87a
6	葎草烯	0.64a	0.47d	0.52c	0.57b	0.69c	0.84ab	0.82b	0.86a	0.95b	0.86d	0.92c	1.01a
7	α -布藜烯	6.77c	5.67d	8.04a	7.86b	8.85c	9.54a	9.63a	9.32b	8.80c	10.73a	8.58d	10.39b
8	百秋李醇	36.67d	40.98b	39.67c	46.40a	38.87a	37.41b	36.24c	36.40c	37.05a	32.89c	35.21b	32.11d
9	法呢醇	8.10c	15.97a	12.76b	2.33d	6.87c	7.17b	8.58a	5.16d	3.60d	4.26c	5.03a	4.69b

Table 2. Effect of foliar application of Mn sulphate on essential oil composition (%) of *P. cablin***表 2.** 叶面喷施 Mn 对广藿香挥发油主要成分含量的影响

Sr. no.	Compounds	处理 1 次				处理 2 次				处理 3 次			
		CK	Mn1	Mn2	Mn3	CK	Mn1	Mn2	Mn3	CK	Mn1	Mn2	Mn3
1	β -广藿香烯	2.57a	1.59d	2.23b	1.83c	2.22b	2.54a	1.51d	2.16c	2.43b	1.83c	2.60a	1.61d
2	β -榄香烯	0.36b	0.35b	0.45a	0.28c	0.50c	0.56b	0.49c	0.69a	0.62b	0.61b	0.71a	0.56c
3	石竹烯	1.56b	1.45c	2.19a	1.45c	1.30c	2.13b	4.49a	2.09b	1.64d	2.63b	2.69a	2.07c
4	α -愈创木烯	5.59c	4.13d	5.83a	5.73b	5.44c	6.65b	5.08d	6.97a	5.93b	5.93b	7.43a	5.65c
5	刺蕊草烯	4.48a	3.36d	4.25b	4.11c	3.77c	4.58a	3.39d	4.42b	4.03b	4.02b	4.79a	3.83c
6	葎草烯	0.64a	0.50c	0.58b	0.48c	0.69c	0.82b	0.92a	0.81b	0.95b	0.92c	0.97a	0.83d
7	α -布藜烯	6.77a	6.38b	6.03d	6.28c	8.85c	9.18b	7.01d	9.66a	8.80b	8.72c	9.81a	8.14d
8	百秋李醇	36.67c	47.80a	39.79b	33.67d	38.87a	27.40c	24.33d	31.51b	37.05a	33.09b	32.48c	28.91d
9	法呢醇	8.10c	4.72d	13.49b	15.15a	6.87c	2.36d	18.65a	12.24b	3.60c	5.58a	5.25b	5.58a

Table 3. Effect of foliar application of Co sulphate on essential oil composition (%) of *P. cablin***表 3.** 叶面喷施 Co 对广藿香挥发油主要成分含量的影响

Sr. no.	Compounds	处理 1 次				处理 2 次				处理 3 次			
		CK	Co1	Co2	Co3	CK	Co1	Co2	Co3	CK	Co1	Co2	Co3
1	β -广藿香烯	2.57b	2.02c	2.73a	1.70d	2.22b	1.93d	2.06c	2.83a	2.43c	1.55d	2.80a	2.55b
2	β -榄香烯	0.36c	0.35c	0.38b	0.46a	0.50c	0.63a	0.61b	0.60b	0.62b	0.66a	0.65a	0.62b
3	石竹烯	1.56d	1.71c	2.12a	1.95b	1.30d	2.23b	2.49a	1.91c	1.64d	1.99c	2.62b	2.94a
4	α -愈创木烯	5.59c	6.52a	5.68c	6.37b	5.44c	6.64b	7.29a	7.31a	5.93d	6.35c	7.12a	6.98b
5	刺蕊草烯	4.48b	4.25c	4.17d	4.60a	3.77d	4.26c	4.72b	5.22a	4.03c	4.27b	4.77a	4.75a
6	葎草烯	0.64a	0.54b	0.63a	0.62a	0.69c	0.83a	0.79b	0.77b	0.95a	0.84c	0.90b	0.89b
7	α -布藜烯	6.77c	7.27b	6.75c	7.37a	8.85c	9.44b	9.93a	9.43b	8.80d	9.08b	9.35a	8.95c
8	百秋李醇	36.67b	35.92c	36.40b	42.28a	38.87a	33.11d	34.73c	37.06b	37.05a	35.03b	32.58c	31.47d
9	法呢醇	8.10c	14.64a	14.30b	7.59d	6.87b	8.33a	4.96c	3.88dc	3.60d	4.70c	5.61b	5.94a

高浓度供 Mg 处理 3 次时达到最高含量 2.52% 和 1.01%。 α -布藜烯的含量在低浓度 Mg1 处理 3 次时达到最大增幅 21.9%。法呢醇含量升高幅度是这个组别里最为显著的, 在 Mg1 处理 1 次时增长幅度为 97.2%。

2) Mn 对广藿香中挥发油主要成分含量的影响

以对照组喷施等量水为参照比较不同浓度 Mn 处理不同次数对广藿香挥发油主要成分含量的影响(表 2), 各成分之间动态变化情况具有一定规律性。与对照相比, β -广藿香烯经 Mn 处理后大多含量明显下降, 仅在 Mn1 处理 2 次和 Mn2 处理 3 次时含量高于对照, 增幅分别为 14.4% 和 7.0%。 β -榄香烯、 α -愈创木烯、刺蕊草烯和 α -布藜烯等成分在不同处理下, 含量有着相似的动态变化规律。Mn1 和 Mn3 处理 2 次时, 4 种成分的含量均有不同程度的提高, 然而处理 3 次时含量均有所下降。在 Mn2 喷施 2 次时, β -榄香烯、 α -愈创木烯、刺蕊草烯和 α -布藜烯等成分的含量均低于对照, 但在 Mn2 处理 3 次时 4 种成分含量急剧上升至最大值, 分别为 0.71%、7.43%、4.79% 和 9.81%, 增加幅度分别为 14.5%、25.3%、18.9% 和 11.5%。不同供 Mn 浓度处理 1 次时对葎草烯的积累具有抑制作用, 然而处理 2 次却能促进葎草烯的积累, 处理 3 次时仅 Mn2 能提高葎草烯的含量, 并达到最高值 0.97%。石竹烯和法呢醇均在 3 种浓度 Mn 处理 3 次时含量有所增加高于对照, Mn2 浓度处理 2 次时含量大幅增加至最大值 4.49% 和 18.65%, 增幅为 245.4% 和 171.5%。

3) Co 对广藿香中挥发油主要成分含量的影响

从表 3 可以看出, 叶面喷施 Co 对广藿香挥发油主要成分的影响较大, 但各组分变化的规律性不强。 β -广藿香烯、 α -愈创木烯和刺蕊草烯 3 种成分均在高浓度 Co3 处理 2 次时含量增加至最高值 2.83%、7.31% 和 5.22%, 增幅分别为 27.5%、34.4% 和 38.5%。Co 对葎草烯含量的影响较小, 仅在处理 2 次时含量有所增加, 且含量最高值为生长第 225 天的对照。 β -榄香烯、石竹烯、 α -布藜烯和法呢醇分别在 Co1 处理 3 次、Co3 处理 3 次、Co2 处理 2 次和 Co1 处理 1 次时含量达到最高值。

总体而言, α -愈创木烯和葎草烯均在高浓度 Mg (10 mM) 处理 3 次后达到含量最高值, 中浓度 Mn (10 μ M) 处理 2 次后石竹烯和法呢醇的含量达到最大值, 刺蕊草烯和 α -布藜烯分别高和低浓度 Mg (10 mM 和 1 mM) 处理 1 次时获得最高含量, β -榄香烯和 β -广藿香烯的含量则分别在中浓度 Mn (10 μ M) 处理 3 次和高浓度 Co 处理 2 次时达到最大值。

4. 讨论

百秋李醇是广藿香的活性成分和广藿香挥发油的主要成分之一, 其形成与积累受到各种环境因子的影响, 本实验选择了矿质营养元素这一具体的影响因子进行研究。在植物生长发育过程中, 施用适量的矿质营养元素肥料对药用植物药效成分的形成与积累有着十分重要的作用。与大量元素相比, 药用植物对中、微量元素的需求量较少, 特别是微量元素, 但其对植物的生长具有重要的生理作用。镁是叶绿素分子的核心元素, 参与叶绿素合成和光合作用, 并参与植物体内蛋白质及碳水化合物等物质的合成与转化, 在植物生理代谢中起着重要作用。锰是植物生长发育必需的微量元素之一, 是光合系统 II 中锰蛋白及超氧化物歧化酶的重要组成部分, 直接参与植物光合作用。钴被称作植物的有益元素, 在植物生长发育过程中有着举足轻重的作用, 能稳定叶绿体影响植物的光合作用。外源补充中、微量营养元素的作用浓度范围较窄, 若施用不当则容易造成中毒现象而影响药用植物的正常生长。叶面施肥因具有用肥量少、肥效快、养分吸收效率高、安全可靠等特点, 而逐步成为中、微量营养元素施肥的主要技术手段。在植物幼苗期和生长后期根系吸收能力较弱, 叶面喷施中、微量营养元素可以及时补充养分, 利于作物生长。

因而, 本研究选择 6 个月生长后期的广藿香作为供试材料, 通过叶面喷施不同浓度 Mg、Mn 和 Co, 来开展矿质营养元素对广藿香中百秋李醇形成与积累影响的研究, 通过测定广藿香挥发油及其中百秋李醇等主要成分的含量, 分析其随浓度和处理次数的变化规律。3 种矿质营养元素中, Mn 对广藿香挥发油

含量的影响较大, 低浓度 Mn1 (1 μ M)处理 1 次后达到含量最高值, Mg 和 Co 以高浓度 Mg3 (10 mM)和 Co3 (1 mM)处理效果最佳, 喷施 1 次和 2 次均能提高挥发油含量, 但喷施 2 次后广藿香挥发油含量较高。处理次数对百秋李醇的影响具有较大差异, 3 种矿质营养元素叶面肥均只有在处理 1 次时, 对百秋李醇的积累具有明显的促进作用; 3 种元素能够提高百秋李醇与挥发油含量的最佳作用浓度相同, 分别为: 低浓度 Mn (1 μ M)、高浓度 Mg (10 mM)和 Co (1 mM), 且同样以低浓度 Mn1 (1 μ M)处理 1 次获得最高含量。在不同处理下挥发油其他主要成分的含量分析表明, Mg 对 α -愈创木烯、葑草烯、刺蕊草烯和 α -布藜烯等的含量影响较大, 且以高浓度 Mg3 (10 mM)作用效果最佳, 前两个成分均在 Mg3 处理 3 次后达到含量最高值, 刺蕊草烯和 α -布藜烯的含量分别在 Mg3 处理 1 次以及 Mg1 处理 1 次下达到最高; Mn 则对 β -榄香烯、石竹烯和法呢醇等的积累具有较好的促进作用, Mn2 处理 2 次后石竹烯和法呢醇的含量达到最大值, β -榄香烯含量最高出现在 Mn2 处理 3 次后; Co 高浓度 Co3 (1 mM)处理 2 次下 β -广藿香烯含量为所有处理组合中最高的。

初步发现, Mg、Mn 和 Co 处理能提高广藿香中挥发油及其主要成分的含量。在其他植物中也发现了 Mg、Mn 和 Co 对产量影响的类似结果。如, 叶面喷施一定量的 Mg 能提高牛至和蔷薇中挥发油产量及其成分的含量[6] [7]。[8] Yadegari 报道叶面喷施 Mn 对百里香挥发油及其成分的含量具有较大的影响。研究发现, 适量浓度的 Mn 处理对甘草药材中甘草酸[9]、银杏叶中黄酮[10]以及芦荟中芦荟苷和芦荟大黄素[11]的积累均具有一定程度的促进作用。喷施一定量钴肥能提高紫花苜蓿鲜草产量和营养品质[12], 微量元素钴拌种施用能促进小麦生长发育, 提高产量, 并能显著地改进植物品质[13]。然而, 关于药用植物喷施钴肥的研究较少见报道。

参考文献 (References)

- [1] 吴友根, 郭巧生, 郑焕强. 广藿香本草及引种历史考证的研究[J]. 中国中药杂志, 2007, 32(20): 2114-2117.
- [2] 国家药典委员会. 中国药典: 一部[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010: 42.
- [3] Picaud, S., Olofsson, L., Brodelius, M., *et al.* (2005) Expression, Purification, and Characterization of Recombinant Amorpho-4, 11-Diene Synthase from *Artemisia annua* L. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, **436**, 215-226. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2005.02.012>
- [4] 吴友根, 吴连花, 何际婵. 广藿香挥发油提取条件优化及其方法比较[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(2): 388-390
- [5] Adams, R. (2001) Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Quadrupole Mass Spectroscopy. Allured Publishing Corp, USA.
- [6] Dordas, C. (2009) Foliar Application of Calcium and Magnesium Improves Growth, Yield, and Essential Oil Yield of Oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*). *Industrial Crops and Products*, **29**, 599-608. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.11.004>
- [7] Kumar, R., Sharma, S., Kaundal, M., *et al.* (2015) Response of Damask Rose (*Rosa damascena* Mill.) to Foliar Application of Magnesium (Mg), Copper (Cu) and Zinc (Zn) Sulphate under Western Himalayas. *Industrial Crops and Products*, **83**, 596-602. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.12.065>
- [8] Yadegari, M. (2014) Effect of Foliar Application of Micronutrients on Growth, Yield and Essential Oil Content of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Crop Research*, **47**, 56-65.
- [9] 马生军, 王文全. 不同浓度锰处理对甘草 SQS1 基因表达及其甘草酸含量影响的分析[J]. 药学学报, 2015, 50(1): 111-117.
- [10] 王燕, 李琳玲, 许锋, 等. 金属离子对盆栽银杏叶 PAL 酶活及黄酮含量的影响[J]. 南京林业大学学报, 2007, 31(2): 68-72.
- [11] 孙负明. 生命必需微量元素锰、铁和锌对芦荟体内芦荟苷、芦荟大黄素含量的影响[D]. 保定: 河北农业大学, 2003.
- [12] 马闯, 崔海燕, 刘世亮, 等. 喷施硫酸钴对紫花苜蓿鲜草产量及品质的影响[J]. 中国农学通报, 2007, 23(9): 58-62.
- [13] 刘晓莉. 微量元素钴对小麦产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2003, (2): 11-12.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2168-5665，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：br@hanspub.org