

间作五指毛桃土壤和根主要中微量元素含量及其相关性^①

李娟, 周立军

(中国热带农业科学院橡胶研究所/农业部儋州热带作物科学观测试验站, 海南儋州 5717371)

摘要: 为了解在成龄胶园间作的五指毛桃根际与非根际土壤及其根中主要中、微量元素含量情况, 测定了试验区根际与非根际各 30 个土壤样品和对应五指毛桃根的 Ca、Mg、Fe、Mn、Cu 和 Zn 含量, 分析了两者的关系, 并评价了根际与非根际土壤中、微量元素丰缺状况。结果表明, 非根际土壤 Ca、Mg、Fe、Mn 含量的平均值都高于根际土壤, 而 Cu、Zn 含量的平均值都低于根际土壤。土壤 Ca、Mg 含量 80% 以上处于缺水平, 而 Fe、Mn 含量处于丰或很丰水平, Cu、Zn 含量处于适中水平。五指毛桃根际与非根际土壤中、微量元素存在空间上的广泛变异。五指毛桃根中、微量元素的平均值从大到小的排序是 Ca>Mg>Mn>Fe>Zn>Cu。土壤中、微量元素与五指毛桃根中相对应的中、微量元素相关性不强, 且表现复杂。本研究结果揭示, 在成龄胶园间作五指毛桃应当适量施用 Ca 肥、Mg 肥和喷施一些 Cu 元素叶面肥, 并实行科学施肥, 减少养分淋失。

关键词: 五指毛桃; 成龄胶园; 中、微量元素; 根; 根际土壤; 非根际土壤

中图分类号: 文献标志码: A

Contents and Correlation of Main Medium and Micro Elements in Roots and Soils of Intercropped *Ficus hirta* Vahl. In Rubber Plantation

LI Juan, ZHOU Lijun

(Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences / Danzhou Investigation & Experiment Station of Tropical Crops, Ministry of Agriculture, Danzhou, Hainan 571737, China)

Abstract: The contents, correlations and abundance or deficiency levels of medium elements (Ca and Mg) and micro elements (Fe, Mn, Cu and Zn) were determined and estimated for 30 samples of the roots, rhizosphere and non-rhizosphere soils of *Ficus hirta* Vahl. intercropped in rubber plantation. The results showed that the average contents of Ca, Mg, Fe and Mn were lower in rhizosphere soils than non-rhizosphere soils, while the average contents of Cu and Zn were higher in rhizosphere soils than in non-rhizosphere soil. 80% of soil samples (rhizosphere and non-rhizosphere) were deficient in Ca and Mg, while Fe and Mn contents were plentiful or very plentiful, Cu and Zn contents were moderate in all soil samples (rhizosphere and non-rhizosphere). There were wide spatial variations of medium and micro elements in rhizosphere and non-rhizosphere soils of *Ficus hirta* Vahl. The average contents of medium and micro elements in the roots of *Ficus hirta* Vahl. were in order of Ca > Mg > Mn > Fe > Zn > Cu. Significant positive correlations were found only between the contents of Mg and Mn in the roots of *Ficus hirta* Vahl. and in non-rhizosphere soils. The results of this study indicated that the Ca and Mg fertilizers and Cu leaf fertilizer should be applied properly and reasonably for the intercropped *ficus hirta* Vahl. while nutrient loss should be cared.

Key words: *Ficus hirta* Vahl.; Rubber plantation; Medium and micro elements; Root; Rhizosphere soils; Non-rhizosphere soils

五指毛桃(*Ficus hirta* Vahl.), 又名南芪, 土黄芪, 等, 是桑科榕属多年生灌木或落叶小乔木, 高 2~8 m, 以根入药, 全年均可采收, 鲜用或晒干, 既可药用, 又可煲汤用^[1-4]。现代药理学研究认为, 五指毛桃根中具有药理作用的成分, 除了氨基酸、糖类、甾类、香豆精等有机成分外, 还有人体必需的中微量元素钙

(Ca)、镁(Mg)、铁(Fe)、锰(Mn)、铜(Cu)、锌(Zn)等^[5-7], 它们含量的高低是评价五指毛桃质量优劣的重要方面。五指毛桃根中的中微量元素进入人体后, 将会对人体的健康起到非常重要的作用^[8-10]。有研究表明, 补益中药中含有微量元素的多寡直接影响其药效^[11]。植物所有的中微量元素均来自土壤矿物质。土壤矿物

①基金项目: 中国热带农业科学院基本科研业务费专项资金(1630022017012)和现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-33)资助。

作者简介: 李娟(1978—), 女, 湖南衡阳人, 博士, 副研究员, 主要从事胶园间作研究。E-mail: njtrs2003@163.com

质是岩石经风化作用形成的，是土壤固相的主体物质，构成了土壤的“骨骼”，占土壤固相总质量的95%~98%，但土壤中的矿物质元素绝大多数具有惰性，不能被植物吸收，只有2%~3%的矿物质元素在风化成土作用过程中发生了活化，才成为被植物吸收利用的有效营养，也是土壤自然养分的重要组成部分。因此，土壤含有的中、微量营养元素的有效浓度是土壤肥力水平的重要指标之一^[12]。五指毛桃所需要的中、微量元素主要来自土壤，因此土壤中、微量元素的有效含量的高低直接影响五指毛桃根吸收量，最终影响五指毛桃产品品质。影响土壤中、微量元素的有效含量的因素有很多，比如成土母质、植物吸收、微生物活动、土壤的理化性质、种植方式、施肥、灌溉、喷洒农药等^[13-14]。

成龄胶园具有一定的荫蔽度，适合耐阴作物生长，而五指毛桃具有一定的耐阴性，适合在成龄胶园生长。因此，在成龄胶园中间作五指毛桃既可满足五指毛桃消费日益增加的需要，又可充分利用广阔的成龄胶园林下土地资源。成龄胶园高荫蔽度条件下间作五指毛桃，土壤的中、微量元素含量状况怎样，及其对间作的五指毛桃根部的中、微量元素吸收积累的影响又是怎样的并不清楚，这将对成龄胶园中间作的五指毛桃的质量评价和间作施肥产生影响。因此本文将探讨成龄胶园间作土壤有效中、微量元素有效态含量及其对五指毛桃根的中、微量元素含量的影响，为五指毛桃的质量评价和间作施肥提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地与材料

试验在中国热带农业科学院橡胶研究所三队成龄胶园进行，该胶园于2002年定植，品种为热研7-20-59，由中国热带农业科学院橡胶研究所提供，株行距为3 m × 7 m，2010年开割，试验当年为第4割龄。供试土壤耕层0~20 cm，土壤含有机质10.92 g/kg，全氮0.46 g/kg，全磷0.32 g/kg，全钾10.59 g/kg，有效磷31.20 mg/kg，速效钾32.77 mg/kg，硝态氮8.62 mg/kg，铵态氮3.25 mg/kg，pH 4.63。

五指毛桃于2013年7月，在离橡胶树2 m远的地方开始种植，种植密度为50 cm × 60 cm。供试肥料为尿素(含N 46.0%)260 kg/hm²；过磷酸钙(含P₂O₅ 18.0%)500 kg/hm²；硫酸钾(含K₂O 54.0%)278 kg/hm²。

1.2 样品采集

1.2.1 土壤采集，于2017年6月(收获前)分别采集根际、非根际土壤各30个。以“S”型采样法在采样

单元随机选取30个取样点，采集0~20 cm土层土样。根际土壤样品：采用抖土法；非根际土壤样品：除去根际土壤的其他土壤取样，并各自装入自封袋。将取回的土样摊放在洁净的报纸上，剔除石块、残根等杂物，自然风干，磨碎，过0.84 mm的尼龙筛，然后保存在自封袋中备用。

1.2.2 五指毛桃根采集，收集采集过根际土壤的植株根，装于塑料袋中，贴好标签，带回实验室。将取回的根冲洗、烘干、粉碎、过筛，然后分析其中、微量元素含量。

1.3 样品测定

采用原子吸收分光光度法^[15]测定土壤交换性Ca、交换性Mg、有效Fe、有效Mn、有效Cu、有效Zn含量和五指毛桃根Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn含量。其中采用乙酸铵+EDTA-Na浸提的是交换性Ca和交换性Mg；采用HCl浸提的是有效Fe、有效Mn、有效Cu、有效Zn；五指毛桃根Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn采用干灰化法，灰化后HCl溶解。

1.4 评价标准

依据海南省第二次土壤普查中、微量元素分级标准对供试胶园土壤中、微量元素含量进行评价^[16]。

1.5 统计分析

采用SPSS17.0进行描述性分析和相关分析。

2 结果与分析

2.1 根际与非根际土壤中、微量元素分布特征

由表1、2可知，非根际土壤交换性Ca、交换性Mg、有效Fe、有效Mn的平均值均高于根际土壤，而有效Cu、有效Zn的平均值都低于根际土壤。交换性Ca、交换性Mg在根际土壤的平均值均在很缺水平，而在非根际土壤则均在缺水平；有效Fe在根际与非根际土壤的平均值均在很丰富水平；有效Mn在根际土壤的平均值在丰富水平，而在非根际土的平均值则在很丰富水平；有效Cu、有效Zn在根际与非根际土壤的平均值均在适中水平。根际、非根际土壤有效中、微量元素的变异系数在22.06%~119.25%，均存在较大的变异，其中交换性Ca和交换性Mg的变异系数较大，其次是有效Fe和有效Mn，再次是有效Cu和有效Zn。

2.2 五指毛桃根中、微量元素分布特征

由表3可知，五指毛桃根中、微量元素的平均值从大到小的排序是Ca>Mg>Mn>Fe>Zn>Cu。五指毛桃根中各种中、微量元素的变异幅度均存在较大差异。

表 1 根际与非根际土壤中、微量元素描述性统计

元素	变幅(mg/kg)		平均值(mg/kg)		变异系数(%)		95%置信区间(mg/kg)	
	根际	非根际	根际	非根际	根际	非根际	根际	非根际
交换性 Ca	62.48 ~ 957.40	50.20 ~ 1488.92	228.16	375.93	84.17	81.66	156.45 ~ 299.87	261.30 ~ 490.57
交换性 Mg	13.73 ~ 125.76	14.23 ~ 482.40	38.02	78.83	72.18	119.25	27.77 ~ 48.27	43.73 ~ 113.94
有效 Fe	26.47 ~ 141.52	27.36 ~ 150.25	63.15	80.14	48.08	37.68	51.81 ~ 74.49	68.86 ~ 91.41
有效 Mn	12.22 ~ 45.41	17.80 ~ 61.23	22.55	33.60	40.44	32.62	19.15 ~ 25.96	29.50 ~ 37.69
有效 Cu	0.35 ~ 1.08	0.33 ~ 0.93	0.57	0.54	26.32	25.93	0.52 ~ 0.63	0.49 ~ 0.60
有效 Zn	0.33 ~ 2.01	0.40 ~ 1.01	0.74	0.68	41.89	22.06	0.62 ~ 0.85	0.62 ~ 0.74

表 2 根际与非根际土壤中、微量元素各级所占比例(%)

	很丰富		丰富		适中		缺		很缺	
	根际	非根际	根际	非根际	根际	非根际	根际	非根际	根际	非根际
交换性 Ca	—	3.33	3.33	10.00	6.67	10.00	10.00	23.33	80.00	53.33
交换性 Mg	—	3.33	—	3.33	6.67	13.33	10.00	30.00	83.33	50.00
有效 Fe	100.00	100.00	—	—	—	—	—	—	—	—
有效 Mn	16.67	60.00	60.00	40.00	23.33	—	—	—	—	—
有效 Cu	—	—	3.33	—	96.67	100.00	—	—	—	—
有效 Zn	—	—	6.67	3.33	76.67	86.67	16.67	10.00	—	—

表 3 五指毛桃根中、微量元素描述性统计

元素	变幅(mg/kg)	平均值(mg/kg)	变异系数(%)
Ca	3850.97 ~ 12949.43	7386	39.70
Mg	720.06 ~ 2489.92	1464.87	33.09
Fe	202.87 ~ 716.98	399.93	34.81
Mn	167.81 ~ 885.82	477.44	32.77
Cn	0.81 ~ 3.90	2.37	34.60
Zn	32.51 ~ 182.11	77.29	37.53

2.3 根际和非根际土壤中、微量元素与五指毛桃根中、微量元素相关性分析

根际、非根际土壤与五指毛桃根的中、微量元素相关性分析(表 4)表明,除非根际土壤中交换性 Mg、有效 Mn 与五指毛桃根中相对应的元素含量显著相关外,非根际土壤中其他元素含量均与五指毛桃根中相对应的元素含量无显著的正相关关系,有些甚至是负相关;而根际土壤中、微量元素与五指毛桃根中相对应元素含量相关性比非根际土壤的相关性弱。

表 4 根际和非根际土壤中、微量元素与五指毛桃根中、微量元素相关系数

元素	土壤	五指毛桃根					
		Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
交换性 Ca	根际	-0.042	—	—	—	—	—
	非根际	0.216	—	—	—	—	—
交换性 Mg	根际	—	-0.027	—	—	—	—
	非根际	—	0.469**	—	—	—	—
有效 Fe	根际	—	—	0.211	—	—	—
	非根际	—	—	0.322	—	—	—
有效 Mn	根际	—	—	—	-0.060	—	—
	非根际	—	—	—	0.415*	—	—
有效 Cu	根际	—	—	—	—	-0.039	—
	非根际	—	—	—	—	-0.071	—
有效 Zn	根际	—	—	—	—	—	0.085
	非根际	—	—	—	—	—	0.121

注: *表示相关性达 $P < 0.05$ 显著水平; **表示相关性达 $P < 0.01$ 显著水平(双变量相关性分析方法)。

3 讨论

本研究结果表明,五指毛桃非根际土壤交换性Ca、交换性Mg、有效Fe、有效Mn的平均值都高于根际土壤,而有效Cu、有效Zn的平均值都低于根际土壤。

五指毛桃非根际土壤交换性Ca、交换性Mg含量均高于根际土壤的原因是土壤中Cg、Mg缺乏,不足以满足五指毛桃的生长发育需要,五指毛桃根际吸收Ca、Mg后不能及时得到补充,并且,采样时为6月份,五指毛桃生长比较旺盛,对养分的需求量也比较大,从而导致根际土壤中交换性Ca、Mg低于非根际土壤。有研究表明,作物对中、微量元素的需求具有季节性和选择性^[17-19]。

五指毛桃非根际土壤有效Fe、有效Mn的平均值都高于根际土壤,这是由于成龄胶园间作土壤本身Fe、Mn的含量就比较高,能满足五指毛桃的生长发育的需要,因此五指毛桃根系对Fe、Mn的吸收利用起到了主要作用,从而导致非根际土壤的有效Fe、有效Mn含量高于根际土壤,这与前人的研究结果一致^[17]。

五指毛桃非根际有效Cu、有效Zn的平均值都低于根际土壤。这可能与土壤pH有关,五指毛桃非根际土壤的pH(4.62)高于根际土壤的pH(4.25)。有研究表明土壤有效Cu、有效Zn含量与土壤pH呈负相关^[20]。

根据土壤中有效中、微量元素丰缺标准评价五指毛桃间作土壤中有效中、微量元素丰缺状况:土壤交换性Ca、Mg含量80%以上处于缺或很缺水平;Fe、Mn含量处于丰富或很丰富的水平,而有效Cu和Zn含量基本上处于适中水平。这是由于海南高温多雨,土壤风化和淋溶作用强烈,土壤中Ca、Mg随原生矿物的分解而淋失,导致土壤Ca、Mg矿质元素的含量较低。另外,成龄胶园间作区pH低,普遍偏酸^[21-22]。酸性土壤也导致Ca、Mg淋失,而Fe、Mn、Cu、Zn 4种微量元素在酸性土壤中因可溶而有效性高。这些原因导致土壤中Ca、Mg缺乏,Fe、Mn富足,而Cu、Zn适中。间作区土壤中有效中、微量元素存在广泛的变异,一方面这可能与不同前茬作物的不同施肥、除草、杀虫等管理有关;另一方面海南高温多雨,不同地方雨水冲刷程度不同,造成土壤中、微量元素空间分布不均匀。

五指毛桃根中Ca、Mg、Cu含量低,Mn、Fe和Zn含量高。因为土壤中Ca、Mg缺乏,不能满足五

指毛桃生长发育的需要,所以导致根中Ca、Mg含量低。根中Cu含量低可能是由成龄胶园间作土壤偏酸引起的,有研究表明,土壤酸化会抑制植株对有效Cu的吸收^[23]。土壤中Fe、Mn含量高,能满足五指毛桃生长发育的需要,五指毛桃能充分地吸收Fe、Mn,导致根中Fe、Mn含量高。Zn含量高的可能原因是间作降低土壤pH,增加Zn的作物有效性,导致作物吸Zn量增加。

研究表明,根际土壤中、微量元素与五指毛桃根中相对应元素含量相关性比非根际土壤的相关性弱。这可能是根际土壤的中、微量养分含量是动态的,而非根际土壤相对稳定一些。土壤有效养分含量与根中养分含量相关性不强,可能是由于海南高温多雨导致土壤有效养分容易淋失,从而导致土壤中有效养分含量与作物的养分含量相关性不强,且复杂,应该进一步探讨根际与非根际土壤的全量养分含量与作物养分含量的相关性。姚智等^[16]研究认为海南土壤养分含量与果实矿质元素间的关系比较复杂,仅用简单的相关分析很难揭示复杂的关系问题,需要借助多元统计分析方法进一步探讨其相关性。

4 结论

本研究结果揭示,在成龄胶园间作五指毛桃应当适量施用Ca肥、Mg肥和喷施一些Cu元素叶面肥,并实行科学施肥,减少养分淋失。

参考文献:

- [1] 李南薇,黄燕珍.五指毛桃功能性成分抗氧化活性研究[J].食品工业,2013,34(6):127-130.
- [2] 南京中医药大学.中药大辞典[Z].上海:上海科学技术出版社,2014.
- [3] 林慧,梅全喜,曾聪彦.五指毛桃及其制剂在临床中的应用[J].中国药房,2013,24(15):1434-1435.
- [4] 田余祥,王冬梅,孙立梅,等.健卫颗粒对胃肠运动功能的影响[J].中国中西医结合外科杂志,2003,9(5):388-390.
- [5] 文靖,王晓平,黄文巧,等.五指毛桃矿质元素的测定分析[J].时珍国医国药,2010,21(6):1399-1400.
- [6] 招荣鉴,孙亦群,席萍.不同产地五指毛桃药材中微量元素的测定[J].现代医院,2009,9(3):77-78.
- [7] 刘春玲,徐鸿华,吴清和,等.五指毛桃对小鼠免疫功能影响的实验研究[J].中药材,2004,27(5):367-368.
- [8] 孟惠平,李冬莉,杨延哲.钙与人体健康[J].微量元素与健康研究,2010,27(5):65-67.
- [9] 张忠诚,徐祗云,张素洁.镁与人体健康[J].世界元素医学,2006(2):24-27.
- [10] 黄作明,黄珣.微量元素与人体健康[J].微量元素与健康研究,2010,27(6):58-62.

- [11] 罗炳铨. 中药微量元素的作用[J]. 中药材, 1990, 13(2): 41-44.
- [12] 刘建明, 亓昭英, 刘善科, 等. 中微量元素与植物营养和人体健康的关系[J]. 化肥工业, 2016, 43(3): 85-90, 103.
- [13] 董晓伟. 银杏复合经营土壤微量元素特征及有效性影响因素研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2013.
- [14] 赵翠翠, 南忠仁, 刘晓文, 等. 绿洲农田土壤主要微量元素的影响因素及分布特征研究——以张掖甘州区和临泽县为例[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(10): 127-132.
- [15] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [16] 姚智, 康专苗, 白亭玉, 等. 三亚芒果主产区土壤养分现状评价与叶片矿质养分相关性分析[J]. 西南农业学报, 2017, 30(4): 803-810.
- [17] 任伟, 周志宇, 詹媛媛, 等. 阿拉善荒漠灌木根际中、微量元素含量特征[J]. 生态学报, 2009, 29(7): 3759-3767.
- [18] 何宛晟, 韩忠明, 韩梅, 等. 不同年限人参根际土壤 Mg 元素动态研究[J]. 中国农业信息, 2014(13): 143.
- [19] 李成, 刘学周, 王丽思, 等. 不同参龄人参及其根际土壤中 Cu、Zn、Mn 含量研究[J]. 土壤通报, 2012, 43(3): 718-723.
- [20] 万红友, 周生路, 赵其国. 苏南典型区土壤有效态铜、锌含量影响因素及分布特征[J]. 河南农业科学, 2008(8): 68-75.
- [21] 李娟, 林位夫, 周立军. 成龄胶园间作不同薯类作物对土壤养分与土壤酶的影响[J]. 作物杂志, 2015(1): 127-132.
- [22] 李娟, 林位夫, 周立军. 成龄胶园间作不同禾本科作物对土壤养分与土壤酶的影响[J]. 热带农业科学, 2014, 34(10): 1-6, 11.
- [23] 邵建华, 黄彬, 秦征, 等. 农作物微量元素缺乏的诊断及防治[J]. 广东微量元素科学, 2001, 8(6): 1-14.