凤凰单枞茶树吸收土壤铬和锰的规律研究

李 张 伟

(韩山师范学院 化学与环境工程学院, 广东 潮州 521041)

摘 要: [目的] 探究凤凰单枞茶树对土壤中铬和锰的吸收规律,为综合防治茶园土壤 Cr 和 Mn 污染提供科学依据。[方法] 对粤东揭阳市揭东县宝山茶园凤凰单枞茶树和土壤进行采样,运用原子吸收分光光度计法测定茶叶、茶茎和茶根中 Cr 和 Mn 的含量,并采用乙酸提取法和原子吸收分光光度计法测定土壤样品中酸可提取态 Cr 和 Mn 的含量。[结果] 茶树各器官 Cr 含量由高到低分布情况依次为: 茶根>茶茎>茶叶;而 Mn 含量分布情况依次为:茶叶>茶茎>茶根。茶叶中 Cr 和 Mn 含量与土壤中酸可提取态 Cr 和 Mn 呈显著正相关性,茶茎中 Cr 含量与土壤中酸可提取态 Cr 也呈显著正相关性;茶叶、茶茎和茶根中的 Cr 含量均与土壤中有机质含量呈显著正相关性,茶根中的 Mn 含量与土壤 pH 值呈显著负相关性,茶叶中的 Mn 与土壤有机质呈显著正相关性。[结论] 通过调节土壤酸可溶解态 Cr 和 Mn,土壤 pH 值和有机质含量,从而控制茶树吸收 Cr 和 Mn 的量,可以达到防治茶叶重金属污染,提高茶叶质量的目的。

关键词: 宝山茶园; 凤凰单枞茶树; 铬; 锰; 酸可溶解态

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2018)02-0071-04 **中图分类号**: X132

文献参数: 李张伟. 凤凰单枞茶树吸收土壤铬和锰的规律研究[J]. 水土保持通报,2018,38(2):71-74. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2018.02.012. Li Zhangwei. Absorption law of soil Cr and Mn in Fenghuang Dancong tea tree[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018,38(2):71-74.

Absorption Law of Soil Cr and Mn in Fenghuang Dancong Tea Tree

LI Zhangwei

(*College of Chemistry and Environment Engineering, Hanshan Normal University, Chaozhou, Guangdong* 521041, *China*)

Abstract: [Objective] Investigating the absorption rule of Cr and Mn in soil by Fenghuang Dancong tea, to provide a scientific basis for the integrated control of Cr and Mn pollution in tea garden soil. [Methods] The samples of tea tree and soil were collected from Baoshan tea garden which located at Jiedong County, Jieyang City, Guangdong Province. The contents of Cr and Mn in tea leaves, tea stems and tea roots were determined by flame atomic absorption spectrophotometer(AAS), and the acid exchangeable fractions of Cr and Mn in soil were extracted according to acetic acid extraction method and measured by AAS. [Results] The Cr contents distributed in tea trees were: tea root>tea stem>tea leaves; while the Mn content were tea leaves >tea stem>tea root. Correlation analyses showed that the content of Cr and Mn in tea leaves was highly positive with acid exchangeable fraction of Cr and Mn in soil, the same correlation was also found for the content of Cr in tea stems. Furthermore, the Cr content of tea leaves, tea stems and tea roots had high positive correlations with soil organic matter in soil, the Mn content of tea leaves had similar correlation with soil organic matter. The content of Mn in tea roots was highly negative correlated with the soil pH values. [Conclusion] It is possible to restrict the uptake of Cr and Mn in tea tree by adjusting the content of acid exchangeable fractions of Cr and Mn, organic matter and pH value in soil. The heavy metal contamination in tea leaves could be inhibited and the quality of tea leaves could be improved.

Keywords: **Baoshan tea garden; Fenghuang Dancong tea tree; Cr; Mn; the acid exchangeable fraction**

茶叶是中国传统的饮品,在中国有着悠久的历史。中国是茶叶的主要生产国之一,茶叶生产总量居世界首位。但近年来,随着工业的发展,茶园环境受到很大的影响,主要表现在茶园土壤的重金属含量过高等方面。茶园土壤重金属含量过高会对茶树的生长造成不良的影响,并造成茶叶中重金属元素的富

收稿日期:2017-10-15 **修回日期**:2017-11-03

资助项目:广东省科技计划项目"潮州凤凰茶古茶树不同品种(香型)化学指纹图谱库的建立及信息共享平台建设"(2017A030303086)

第一作者:李张伟(1980—),男(汉族),广东省潮州市人,硕士,副教授,主要从事农业环境科学研究。E-mail:99094001@163.com。

集,对人体的健康造成一定危害[1]。Cr 和 Mn 是土壤中常见的重金属元素,也是人体必需的元素。但长期过量摄入过多的 Cr 和 Mn 会使人产生中毒现象,危害人体的健康。茶园土壤中过量的 Cr 和 Mn 元素会影响到茶叶的质量,并最终会影响到人体的健康[2]。因此,测定茶园土壤中 Cr 和 Mn 元素含量,探究茶树吸收和积累土壤中 Cr 和 Mn 元素的规律,对于优化茶园环境质量,提高茶叶生产水平具有重要的作用。但至目前为止,关于茶树吸收和富集土壤中 Cr 和 Mn 元素规律的报道较为少见,这对提高茶叶品质,优化茶园土壤环境质量是不利的。粤东揭阳市揭东县宝山茶园是粤东茶叶生产的重要基地,产品远销海内外。为了探究宝山茶园茶树吸收土壤重金属 Cr 和 Mn 元素的规律特征,本文采集了茶园凤凰单枞茶树和土壤样品,分析了茶树各器官(茶叶、茶茎和茶根)中重金属 Cr 和 Mn 含量与茶园土壤中酸可提取态 Cr 和 Mn 之间的相关性,为综合防治茶园土壤 Cr 和 Mn 污染提供了科学依据,也为优质无污染的茶叶生产提供重要的理论依据和实践指导。

1 材料与方法

1.1 样品的采集与制备

宝山茶园位于粤东揭阳市揭东县,茶叶种植面积 80 hm^2,茶园主要种植凤凰单枞茶树。本试验土壤样品采自宝山茶园,共设置 12 个采样点,每个采样点分别采集表层 0—20 cm 土样,共采集土壤样品 12 份。土壤样品带回实验室后经自然风干、研磨,过 100 目筛,供分析测试用。在采集土样的同时,采摘相应地点的整株茶树(茶树品种为凤凰单枞茶),茶树样品用去离子水冲洗干净,分为茶叶、茶茎及茶根 3 个部分,并于烘箱中 60 ℃烘干。

1.2 土壤中总 Cr,总 Mn 和酸可溶解态 Cr 和 Mn 的提取及测定方法

按照土壤环境质量标准[3](GB15618-1995)提供的测定各种重元素的前处理方法进行土样的前处理,土壤中 Cr 和 Mn 全量用盐酸—硝酸—高氯酸—氢氟酸进行联合消解,采用原子吸收分光光度法测定量(TAS-990AFG 型原子吸收分光光度计,北京普析分析仪器公司)。取 1.0 g 样品,加入 40 ml 0.1 mol/L 乙酸,放入恒温振荡器中 22±5 ℃连续振荡 8 h,然后放入离心机中 3 000 r/min 下离心 20 min 后,上清液即为酸可溶解态。土壤 pH 值测定采用离子选择电极法测定。土壤有机质测定采用重铬酸钾容量法测定[4]。

1.3 茶叶样品中 Cr 和 Mn 含量的测定

取 1.00 g 茶叶样品放入烧杯中,加入 10 ml 硝酸和 3 ml 高氯酸,盖上表面皿浸泡过夜,然后用小火加热使之完全溶解再改用大火加热至溶液变为浅黄色并冒白烟为止,揭开表面皿继续加热至近干,冷却后用 1%硝酸定容 50 ml,采用原子吸收分光光度计法测定。茶茎及茶根样品的消解和测定方法与茶叶样品相同。

1.4 数据处理与分析方法

试验数值采用 Microsoft Excel 2003 进行计算处理,数据采用 SPSS 17.0 软件进行分析,分析方法为 t 检验和 Duncan 检验,画图软件为 Excel 2003。

2 试验结果与分析

2.1 宝山茶园土壤样品理化性质

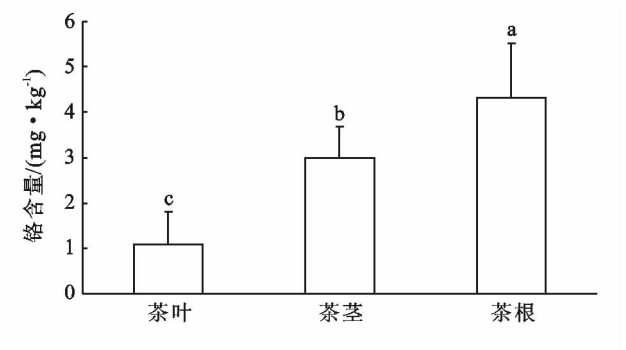
根据土壤类型的成土母质及土壤发育类型进行分析(表 1),宝山茶园的主要土壤类型有黄棕壤、黄褐土和红壤等。12 个土壤样品 pH 值范围在 4.72～5.23,平均值为 4.89,呈酸性;有机质含量在 2.87%～6.88%,平均值为 4.81%,属于肥力较高的土壤。宝山茶园位于中国华南地区,由于其所属的亚热带气候特征,土壤呈酸性。另外,茶园土壤的 pH 值偏低与茶树的生理生长有关。一方面是茶树的生长过程中需要人工施加大量含氮和含磷肥料,氮肥在土壤微生物作用下生成硝酸根和磷酸根等酸性物质,增加了土壤酸性;另一方面,茶树树根在生长过程中会分泌大量的酸性物质,例如酸性氨基酸和有机酸等,这也是造成茶园土壤呈酸性的原因。茶园土壤 Cr 背景值在 43.75～81.75 mg/kg,平均值为 57.09 mg/kg。Mn 平均含量在 130.60～532.60 mg/kg,平均值为 239.61 mg/kg。根据国家土壤Ⅱ级标准,Cr 的含量的限量值为 200 mg/kg,由表 1 数据可以看出,宝山茶园中土壤 Cr 的含量均低于国家标准,未受 Cr 的污染。

表 1 宝山茶园土壤样品的基本理化性质

样品号	土壤类型	pH 值	有机质/%	Cr 背景值/(mg·kg^{-1})	Mn 背景值/(mg·kg^{-1})
1	黄棕壤	4.80	3.79	52.35	285.94
2	黄棕壤	4.87	2.87	49.75	224.30
3	黄褐土	4.85	4.49	49.00	167.46
4	黄褐土	4.76	4.77	62.50	210.10
5	黄褐土	5.23	4.19	51.50	346.70
6	黄褐土	5.03	5.98	75.65	213.70
7	黄褐土	4.72	5.39	46.05	130.60
8	红壤	4.84	3.87	76.95	220.91
9	红壤	4.86	5.45	45.95	402.74
10	红壤	4.94	6.88	81.75	291.80
11	红壤	4.91	5.23	43.75	532.60
12	红壤	4.82	4.86	49.90	496.45

2.2　凤凰单枞茶树茶叶、茶茎和茶根 Cr 和 Mn 的含量

图 1—2 可以看出,茶树中各器官 Cr 含量大小分布为:茶根>茶茎>茶叶。其中茶根含 Cr 量在 1.89～5.70 mg/kg,平均为 4.32 mg/kg;茶茎含 Cr 量在 2.10～4.77 mg/kg,平均为 2.98 mg/kg;茶叶含 Cr 量在 0.08～2.65 mg/kg,平均为 1.08 mg/kg。茶树中各器官 Mn 含量大小分布为:茶叶>茶茎>茶根。茶根含 Mn 量在 405.93～835.80 mg/kg,平均为 630.25 mg/kg;茶茎含 Mn 量在 790.09～1 385.14 mg/kg,平均为 1 081.47 mg/kg;茶叶含 Mn 量在 1 164.02～1 357.59 mg/kg,平均为 1 259.89 mg/kg。分析认为,Cr 对茶树来说是不必要的元素,过量的 Cr 对茶树有一定的毒害作用,因此 Cr 主要富集在茶树的根部,而茎部和叶片的含量较少。Mn 是植物必需的微量元素,植物中的一些活性蛋白酶类,例如超氧化物歧化酶(SOD)就含有一定量 Mn,另外,叶绿素相关蛋白也含有 Mn。Mn 主要富集在茶树的叶片上,主要是因为叶绿素是光合作用的主要载体,而叶绿素主要集中在叶片上,因此茶叶富含大量的 Mn,而茶根和茶茎的 Mn 含量相对较少[5-6]。



注:不同小写字母表示差异显著 $p<0.05$。下同。

图 1　茶树各器官中 Cr 的含量

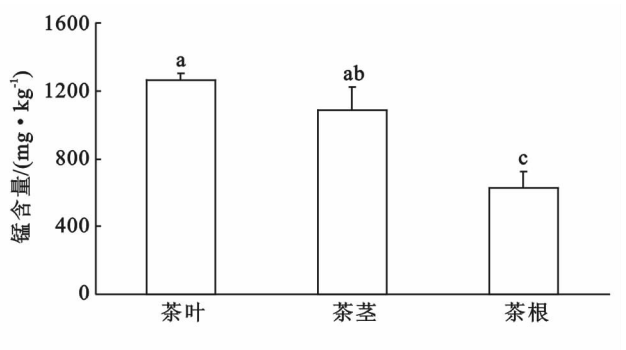


图 2　茶树各器官中 Mn 的含量

2.3　凤凰单枞茶树茶叶、茶茎和茶根 Cr 和 Mn 含量与土壤酸可溶解态 Cr 和 Mn 的相关性分析

酸可溶解态是指重金属中可以被弱酸溶解出来的化学形态,主要包括溶解于土壤水溶液中、被静电引力吸附在土壤胶体表面和与碳酸盐共沉淀的重金属形态,这部分重金属形态移动性和生物有效性最强,最容易被植物所吸收。通过对茶树各器官含 Cr 和 Mn 量与土壤中酸可溶解态 Cr 和 Mn 的相关性进行研究发现(表 2),茶叶和茶茎中的 Cr 与土壤酸可溶解态 Cr 呈显著正相关($r=0.74$,0.67),但茶根与土壤酸可溶解态 Cr 没有相关性;茶叶中的 Mn 与土壤酸可溶解态 Mn 呈显著正相关性($r=0.75$),但茶茎和茶根与土壤酸可溶解态 Cr 没有相关性。分析认为,茶园土壤中的酸可溶解态 Cr 和 Mn 通过离子交换的方式被茶株根部细胞吸收,并通过茶叶的呼吸作用和蒸腾作用,由茶茎运输到茶叶,并在茶茎和茶叶中积累起来。因此茶叶中的 Cr 和 Mn 与土壤中酸可溶解态 Cr 和 Mn 呈显著正相关[7]。

表 2　茶树各器官 Cr 和 Mn 含量与土壤中酸可溶解态 Cr 和 Mn 的相关性

项目	酸可溶解态 Cr	酸可溶解态 Mn
茶叶	0.74*	0.75*
茶茎	0.67*	0.04
茶根	0.04	−0.07

注:* 表示显著水平 $P<0.05$,下同。

2.4　凤凰单枞茶树茶叶、茶茎和茶根与土壤 pH 值和有机质含量的相关性分析

表 3—4 为凤凰单枞茶树茶叶、茶茎和茶根与土壤 pH 值和有机质含量的相关性研究的结果。茶叶、茶茎和茶根中的 Cr 含量与土壤中的有机质均呈显著正相关性($r=0.62$,0.63,0.74)。这是因为土壤中的有机质主要是腐殖质物质,包括富里酸、胡敏酸和胡敏素等。这些酸性的腐殖质物质含有大量的羟基、羧基和氨基等活性基团,这些基团通过溶解、络合和螯合作用,将土壤中其他难溶性的 Cr 转化为生物可利用性高的酸溶解态 Cr,从而容易被茶树所吸收利用,因此,茶叶、茶茎和茶根中的 Cr 与土壤中有机质呈显著正相关作用[8]。茶叶中的 Mn 与土壤有机质也呈显著性正相关作用($r=0.68$),而茶根中的 Mn 与土壤 pH 值呈显著性负相关作用($r=-0.67$)。这是因为在低 pH 值条件下,土壤中其他形态的 Mn 可以转化为酸可溶解性 Mn。例如碳酸盐形态 Mn、氢氧化物形态 Mn 和氧化物形态 Mn 等可以转化为生物利用性高的酸溶解态 Mn,从而被茶根所吸收;而在高 pH 值条件下则相反,酸可溶解态 Mn 转化为氢氧化物形态 Mn 和氧化物形态 Mn 等生物难利用性 Mn,因而降低了茶根对 Mn 的吸收利用[9]。

表 3 茶树各器官 Cr 含量与土壤 pH 值和有机质的相关性

相关性	茶叶	茶茎	茶根
pH 值	0.28	−0.01	−0.02
有机质	0.62*	0.63*	0.74*

表 4 茶树各器官 Mn 含量与土壤 pH 值和有机质的相关性

相关性	茶叶	茶茎	茶根
pH 值	0.23	−0.01	−0.67*
有机质	0.68*	0.10	0.03

3 结 论

凤凰单枞茶树各器官吸收累积 Cr 含量大小顺序依次为:茶根>茶茎>茶叶;吸收积累 Mn 含量大小顺序依次为:茶叶>茶茎>茶根。茶叶中 Cr 和 Mn 含量与土壤酸可溶解态 Cr 和 Mn 含量分别呈显著正相关性,茶茎中 Cr 含量也与土壤酸可溶解态 Cr 含量呈显著正相关性;茶叶、茶茎和茶根中 Cr 与土壤有机质呈显著正相关性,茶根中 Mn 含量与土壤 pH 值呈显著负相关,而茶叶中 Mn 含量与土壤有机质呈显著正相关。通过调节土壤酸可溶解态 Cr 和 Mn、土壤 pH 值和有机质含量,从而控制茶树吸收 Cr 和 Mn 的量,达到防治茶叶重金属污染,提高茶叶质量的目的。

[参 考 文 献]

[1] 张清海,龙章波,林绍霞.贵州云雾茶园土壤高含量重金属和砷在茶叶中的积累与浸出特征[J].食品科学,2013,34(8):212-215.

[2] 刘美雅,伊晓云,石元值,等.茶园土壤形状及茶树营养元素吸收、转运机制研究进展[J].茶叶科学,2015,35(2):110-120.

[3] 国家环境保护局科技标准司.GB15618-1995 土壤环境质量标准[S].北京:中国标准出版社,1995:235-237.

[4] 中国土壤学会农业化学专业委员会编.土壤农业化学常规分析方法[M].北京:科学出版社,1984.

[5] 荆俊杰,谢吉民.微量元素锰污染对人体的危害[J].广东微量元素科学,2008,15(2):6-9.

[6] 戴宇,杨重法,郑袁明.土壤—植物系统中铬的环境行为及其毒性评价[J].环境科学,2009,30(11):3432-3440.

[7] 谢忠雷,郭平,刘鹏,等.茶园土壤锰的形态分布及其影响因素[J].农业环境科学学报,2007,26(2):645-650.

[8] 李张伟,庄东红.粤东凤凰山茶区土壤铜、铬化学形态分布及茶叶有效性研究[J].农业环境科学学报,2011,30(7):1314-1320.

[9] 李张伟,张敏,徐桂崧.粤东凤凰山茶区土壤锰、锌赋存形态特征及对茶叶的有效性[J].生态与农村环境学报,2011,27(5):7-12.

(上接第 70 页)

[7] 赵芳,李雪云,赖国桢,等.飞播马尾松林不同林下植被类型枯落物及土壤水文效应[J].中国水土保持科学,2016,14(4):26-33.

[8] 齐瑞,杨永红,陈宁,等.白龙江上游 5 种典型灌木林枯落物蓄积量及持水特性[J].水土保持学报,2016,30(6):123-127.

[9] 张淑兰,张海军,张武,等.小兴安岭不同森林类型枯落物储量及其持水特性比较[J].水土保持通报,2015,35(4):85-90.

[10] 喻阳华,李光容,严令斌,等.赤水河上游主要树种枯落物调蓄水分效应[J].中国水土保持科学,2015,13(3):39-44.

[11] 杨荣,杨宏伟,刘丽英,等.不同林分山杏灌木林枯落物持水性能研究[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2017,45(2):96-102,110.

[12] 贾剑波,刘文娜,余新晓,等.半城子流域 3 种林地枯落物的持水能力[J].中国水土保持科学,2015,13(6):26-32.

[13] 吕刚,傅昕阳,李叶鑫,等.露天煤矿排土场复垦区不同植被类型枯落物持水特性研究[J].水土保持学报,2017,31(1):146-152.

[14] 肖石红,何东进,朱乃新,等.天宝岩不同类型长苞铁杉林枯落物持水特性[J].福建农林大学学报:自然版,2016,45(4):398-404.

[15] 张向峰,王玉杰,刘敏.北京市 3 个区域油松枯落物保水功能对比分析[J].水土保持通报,2014,34(2):311-314,319.

[16] 周洁.北京大兴杨树人工林生态系统水分利用效率研究[D].北京:北京林业大学,2013.

[17] 李永宁,张宾兰,秦淑英,等.郁闭度及其测定方法研究与应用[J].世界林业研究,2008(1):40-46.

[18] 赵磊,王兵,蔡体久,等.江西大岗山不同密度杉木林枯落物持水与土壤贮水能力研究[J].水土保持学报,2013,27(1):203-208,246.

[19] Kawaadias V A, Alifragis D, Tsiontsis, et al. Litterfall, litter accumulation and litter decomposition rates in four forest ecosystems in northern Greece[J]. Forest Ecology and Management, 2001, 144 (1/(3): 113-127.

[20] 徐娟,余新晓,席彩云.北京十三陵不同林分枯落物层和土壤层水文效应研究[J].水土保持学报,2009,23(3):189-193.