

Research on the Migration Law of Arsenic between Tea Garden Soil and Tea—Taking Changning County, China, as an Example

Peiyi Zeng Man Tang* Shujuan He Muqing Yang

Yunnan Research Academy of Eco-Environmental Sciences, Kunming, Yunnan, 650500, China

Abstract

In order to explore the transport rule of arsenic between soil and tea in tea garden, the transport of total arsenic and available arsenic between soil and tea was studied. The results showed that in the acidic soil environment with $\text{pH} \leq 4.5$, the correlation coefficient between the arsenic content and the enrichment coefficient in tea garden soil was the highest, and the correlation was negative and significant. The correlation coefficients were as follows: $(\text{pH} \leq 4.5) > (4.5 < \text{pH} \leq 5.0) > (\text{pH} > 5.0)$, with the increase of pH value, the lower the correlation coefficient between arsenic content and enrichment coefficient in tea garden soil, the less significant the correlation; under the soil texture of clay soil the correlation coefficient between the total arsenic content and the enrichment coefficient in tea garden soil is the highest, and the correlation is negatively significant. The correlation coefficients are in the order of clay soil > sandy soil > loamy soil. The correlation coefficients of the three soil textures are all negatively significant. The study showed that the relationship between the arsenic content and the enrichment coefficient in the soil and the arsenic effective state content in the soil and the transfer coefficient under different levels of acidic soil and different soil texture environments in tea gardens is affected by the pH value. Decrease, the correlation coefficient is significant, and arsenic is more easily absorbed by tea; under the soil texture of sandy soil and loam, the correlation between the arsenic content and the enrichment coefficient in the soil and the arsenic effective state content in the soil and the transfer coefficient also shows significant negative, indicating that arsenic in tea garden soil has a stronger mobility than clay soil under these two soil textures.

Keywords

tea garden; soil; total arsenic; migration

砷在茶园土壤和茶叶之间迁移规律的研究——以中国昌宁县为例

曾沛艺 唐嫚* 和淑娟 杨牧青

云南省生态环境科学研究院, 中国·云南昆明 650500

摘要

为探究砷在茶园土壤和茶叶之间迁移规律,对土壤与茶叶之间的总砷、有效态砷迁移进行研究。结果表明:在 $\text{pH} \leq 4.5$ 的酸性土壤环境下,茶园土壤中砷含量与富集系数的相关系数最高,相关性呈现负显著,其相关系数大小依次是: $(\text{pH} \leq 4.5) > (4.5 < \text{pH} \leq 5.0) > (\text{pH} > 5.0)$,随着pH值的升高,茶园土壤中砷含量与富集系数的相关系数越低,相关性越不显著;在黏质土的土壤质地下,茶园土壤中总砷含量与富集系数的相关系数最高,相关性为负显著,其相关系数大小依次是:黏质土 > 砂质土 > 壤土,三种土壤质地其相关性均为负显著。研究表明:茶园不同程度酸性土壤、不同土壤质地环境下,土壤中砷含量与富集系数及土壤中砷有效态含量与转移系数的相关性研究受pH值影响,随着pH值的降低,其相关系数呈现显著状态,砷越容易被茶叶吸收;在砂质土和壤土的土壤质地下,土壤中砷含量与富集系数及土壤中砷有效态含量与转移系数的相关性也呈现负显著,表明茶园土壤中砷在该两种土壤质地下迁移性比黏质土强。

关键词

茶园;土壤;总砷;迁移

【作者简介】曾沛艺(1990-),男,中国江西人,硕士,工程师,从事土壤环境保护研究。

【通讯作者】唐嫚(1995-),女,中国安徽人,硕士,助理工程师,从事土壤环境保护研究。

1 引言

2018年云南省保山市昌宁县茶叶种植面积达31.34万亩,茶叶产量为273706百公斤,产量比上年增长11.7%,在茶叶产业不断蓬勃发展的同时,长期施用农业投入品和大气沉降带来茶园土壤重金属累积问题逐渐突显。昌宁县茶园局部地区出现砷超过GB15618—2018《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》中筛选值,台地茶园土壤环境潜在生态风险高于古树茶园^[1]。因此探究砷在茶园土壤—茶树系统中的迁移规律刻不容缓。但现行研究多数为研究砷在茶园土壤—茶树系统中的迁移规律,而影响其迁移因素的研究相对较少。闫茂鹏等^[2]研究发现,土壤pH升高,Eh降低,土壤中砷的可溶性增大;陈玉真等^[3]对武夷山5种类型茶园土壤重金属研究发现,砂砾、粉粒和粘粒对土壤重金属影响较大。土壤物理状况的不同,其含水量、容重、孔隙度等不同,对土壤中重金属含量影响也不同。而茶园土壤中的重金属含量高低也会对其重金属有效态及茶叶重金属含量产生影响。

在前人的研究中,多数仅分析土壤重金属与土壤理化性质之间的相关性,没有将茶叶中重金属含量与土壤重金属含量及土壤理化性质三者进行分析,基于不同的土壤质地研究、不同成熟度的茶叶研究更就少之又少。本研究立足与茶叶中重金属含量与土壤重金属含量及土壤理化性质三者关系,深层次地从土壤pH值及土壤质地的不同来分析砷在土壤和茶叶之间的迁移规律,发现其迁移机理,为下一步茶园土壤安全利用提供基础。

2 材料与方法

2.1 野外样品采集

本实验结合茶园土壤环境质量状况,确定了野外样品采集地点为昌宁县温泉镇松山村。本次调查范围覆盖整个松山村茶园,并选择一个样地进行加密调查。

样品采集:根据HJ/T 166—2004《土壤环境监测技术规范》,对茶园土壤进行采样。茶园表层0~20cm分析土壤样品,以等分点为采样分点,四分法将样品缩分为1kg。

茶叶样品采集:茶园茶叶(老叶)协同土壤样品一起采样。

2.2 数据处理

对现场记录信息以及实验室检测数据进行整理分析。首先,用Microsoft Excel 2007进行简单处理,初步查看数据之间的关联性,然后运用SPSS 19.0软件对数据进行相关性分析,并根据相关性分析结果将离群数据删除,其中删除离群样品个数为2个,再对处理后的样品数据(共计68个)采用spearman方法进行双变量非参数相关系数分析。

其中涉及的富集系数及转移系数分别按照以下方法进行计算:

$$\text{富集系数} = \text{茶叶中砷含量} / \text{土壤中砷含量} \quad (1)$$

$$\text{转移系数} = \text{茶叶中砷含量} / \text{土壤中砷有效态含量} \quad (2)$$

3 结果与分析

3.1 茶园不用程度酸性土壤环境下砷在土壤与茶叶之间迁移的影响

本实验对三种不同pH值影响下的茶园土壤中总砷含量与富集系数进行非参数相关系数分析,其分析结果如表1所示。

表1 不同pH值影响下土壤中砷含量与富集系数非参数相关系数分析结果

| pH值范围 | 土壤中砷含量与富集系数 | | |
|--------------|-------------|----------|---------|
| | 相关系数 | Sig.(双侧) | 样品数量(对) |
| pH≤4.5 | -0.867** | 0.002 | 9 |
| 4.5 < pH≤5.0 | -0.714** | 0.000 | 29 |
| pH > 5.0 | -0.296 | 0.113 | 30 |

由表1可知,在pH≤4.5的酸性土壤环境下,土壤中砷含量与富集系数的相关系数达到-0.867, Sig.(双侧)达0.002,相关性显著(p < 0.01),且为负相关,则土壤中砷含量越高,富集系数越低。

在4.5 < pH≤5.0的酸性土壤环境下,土壤中砷含量与富集系数的相关系数达到-0.714, Sig.(双侧)0.000,相关性显著(p < 0.01),且为负相关,同样可以得出土壤中砷含量越高,富集系数越低。

在pH > 5.0的酸性土壤环境下,土壤中砷含量与富集系数的相关系数仅为-0.296, Sig.(双侧)为达0.113,其相关性是不显著的。

综上,在pH≤4.5的酸性土壤环境下,茶园土壤中砷含量与富集系数的相关系数最高,相关性呈现负显著,其相关系数大小依次是:(pH≤4.5) > (4.5 < pH≤5.0) > (pH > 5.0),随着pH值的升高,茶园土壤中砷含量与富集系数的相关系数越低,相关性越不显著。

3.2 茶园不同土壤质地环境下砷在土壤与茶叶之间迁移的影响

本实验对砂质土、壤土和黏质土等三种不同土壤质地分别进行砷在土壤与茶叶之间迁移数据非参数相关系数分析,其分析结果如下(见表2)。

表2 不同土壤质地环境下土壤中砷含量与富集系数非参数相关系数分析结果

| 土壤质地 | 土壤中砷含量与富集系数 | | |
|------------------|-------------|----------|---------|
| | 相关系数 | Sig.(双侧) | 样品数量(对) |
| 黏质土 Clay soil | -0.978** | 0.000 | 12 |
| 壤土 Loams | -0.776** | 0.000 | 19 |
| 砂质土 Sand soil | -0.839** | 0.001 | 37 |

由表2可知,在黏质土的土壤质地下,茶园土壤中总砷含量与富集系数的相关系数为-0.978,其Sig.(双侧)为

0.000, 其相关性为负显著 ($p < 0.01$), 则土壤中砷含量越高, 富集系数越低。

在壤土的土壤质地下, 茶园土壤中总砷含量与富集系数的相关系数为 -0.776, 其 Sig. (双侧) 为 0.000, 其相关性为负显著 ($p < 0.01$), 同样可以得出土壤中砷含量越高, 富集系数越低。

在砂质土的土壤质地下, 茶园土壤中总砷含量与富集系数的相关系数为 -0.839, 其 Sig. (双侧) 为 0.001, 其相关性为负显著 ($p < 0.01$), 同样也可以得出土壤中砷含量越高, 富集系数越低。

综上, 在黏质土的土壤质地下, 茶园土壤中总砷含量与富集系数的相关系数最高, 相关性为负显著, 其相关系数大小依次是: 黏质土 > 砂质土 > 壤土, 三种土壤质地其相关性均为负显著。

3.3 茶园不用程度酸性土壤环境下土壤砷有效态与茶叶之间迁移的影响

本实验对三种不同 pH 值影响下的茶园土壤中砷有效态含量与转移系数进行非参数相关系数分析, 其分析结果如下 (见表 3)。

表 3 不同 pH 值影响下土壤中砷有效态含量与转移系数非参数相关系数分析结果

| pH 值范围 | 土壤中砷有效态含量与转移系数 | | |
|----------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| | 相关系数 | Sig. (双侧) | 样品数量 (对) Number of samples |
| pH ≤ 4.5 | -0.933** | 0.000 | 9 |
| 4.5 < pH ≤ 5.0 | -0.330 | 0.080 | 29 |
| pH > 5.0 | -0.461* | 0.010 | 30 |

由表 3 可知, 在 pH ≤ 4.5 的酸性土壤环境下, 土壤中砷有效态含量与转移系数的相关系数达到 -0.933, Sig. (双侧) 达 0.000, 相关性显著 ($p < 0.01$), 且为负相关, 则土壤中砷含量越高, 富集系数越低。

在 4.5 < pH ≤ 5.0 的酸性土壤环境下, 土壤中砷含量与转移系数的相关系数达到 -0.330, Sig. (双侧) 0.080, 相关性不显著。

在 pH > 5.0 的酸性土壤环境下, 土壤中砷含量与转移系数的相关系数仅为 -0.461, Sig. (双侧) 为 0.010, 其相关性显著 ($p < 0.05$)。

综上, 在 pH ≤ 4.5 的酸性土壤环境下, 茶园土壤中砷含量与富集系数的相关系数最高, 相关性呈现负显著, 其相关系数大小依次是: (pH ≤ 4.5) > (pH > 5.0) > (4.5 < pH ≤ 5.0)。pH 值越高, 土壤中砷有效态含量与转移系数越不相关, 在 4.5 < pH ≤ 5.0 的酸性土壤环境下, 相关性不显著。

3.4 茶园不同土壤质地环境下土壤砷有效态与茶叶之间迁移的影响

本实验对砂质土、壤土和黏质土等三种不同土壤质地分别进行土壤砷有效态与茶叶之间迁移数据非参数相关系

数分析, 其分析结果如下 (见表 4)。

表 4 不同土壤质地环境下土壤有效态含量与转移系数非参数相关系数分析结果

| 土壤质地 | 土壤中砷有效态含量与转移系数 | | |
|------|----------------|-----------|----------|
| | 相关系数 | Sig. (双侧) | 样品数量 (对) |
| 黏质土 | -0.503 | 0.095 | 12 |
| 壤土 | -0.833** | 0.000 | 19 |
| 砂质土 | -0.616** | 0.000 | 37 |

由表 4 可知, 在黏质土的土壤质地下, 茶园土壤中砷有效态含量与转移系数的相关系数为 -0.503, 其 Sig. (双侧) 为 0.095, 其相关性不显著。

在壤土的土壤质地下, 茶园土壤中砷有效态含量与转移系数的相关系数为 -0.833, 其 Sig. (双侧) 为 0.000, 其相关性为负显著, 同样可以得出土壤中砷含量越高, 富集系数越低。

在砂质土的土壤质地下, 茶园土壤中砷有效态含量与转移系数的相关系数为 -0.839, 其 Sig. (双侧) 为 0.001, 其相关性为负显著, 同样也可以得出土壤中砷含量越高, 富集系数越低。

综上, 在壤土的土壤质地下, 茶园土壤中砷有效态含量与转移系数的相关系数最高, 相关性为负显著, 其相关系数大小依次是: 壤土 > 砂质土 > 黏质土, 其中在黏质土的土壤质地下, 茶园土壤中砷有效态含量与转移系数相关性不显著, 其余两种相关性均为负显著。

4 结果与讨论

本实验研究了不同程度酸性土壤、不同土壤质地环境下, 土壤中砷含量与富集系数及土壤中砷有效态含量与转移系数的相关性, 并对其中超标样品进行统计分析。从本研究我们可以得到茶园土壤中砷含量与富集系数相关性大小依次是: (pH ≤ 4.5) > (4.5 < pH ≤ 5.0) > (pH > 5.0)、黏质土 > 砂质土 > 壤土; 茶园土壤中砷有效态含量与转移系数相关性大小依次是: (pH ≤ 4.5) > (pH > 5.0) > (4.5 < pH ≤ 5.0)、壤土 > 砂质土 > 黏质土。当土壤样品中总砷含量升高时, 富集系数下降; 而土壤样品中砷有效态含量升高时, 转移系数同样也下降。

本实验无论是对土壤中砷含量与富集系数相关性分析, 还是对土壤中砷有效态含量与转移系数相关性分析, 其均为负显著, 且相关系数均为 pH 值 ≤ 4.5 的土壤酸性环境下最高, 表明砷越不稳定, 其有效态越高, 越容易被茶叶吸收。同时, 本实验 pH 范围覆盖面较小, 没有 pH 大于 5.5 以上的样品, 也没有碱性土壤的样品, 且 pH 值范围较为集中, 存在一定的检测误差, 导致相关性较低, 在下一步研究中, 可以扩大 pH 值的研究范围, 选择同一样地开展研究, 减少现场茶园生境条件对其影响。

本研究发现,无论是对土壤中砷含量与富集系数相关性分析,还是对土壤中砷有效态含量与转移系数相关性分析,砂质土及壤土的土壤质地环境下,其相关性均为负显著。砂质土壤对土壤有机质保持性较差,砂土中的养分易随水进行迁移^[4],有研究在对砂壤土、沙土和有机土进行盆栽实验,土壤中镉、铅、锌、铜的迁移量以沙土为主^[5],砷在砂质土的土壤质地下更容易迁移,也更容易被茶树吸收,下一步实验中,可以针对砂质土壤,对其在不同的pH和土壤中总砷含量环境下进行研究其迁移规律,而针对壤土重金属迁移研究较少,也可以在下一步实验中分析其迁移影响因素。

5 结论

①在pH≤4.5的酸性土壤环境下,茶园土壤中砷含量与富集系数的相关系数最高,相关性呈现负显著,其相关系数大小依次是:(pH≤4.5) > (4.5 < pH≤5.0) > (pH > 5.0),随着pH值的下降,茶园土壤中砷含量与富集系数的相关系数越高,相关性越显著,砷在茶园土壤中越活跃,越容易被茶叶吸收。

②在黏质土的土壤质地下,茶园土壤中总砷含量与富集系数的相关系数最高,相关性为负显著,其相关系数大小依次是:黏质土 > 砂质土 > 壤土,三种土壤质地其相关性均为负显著,表明茶园土壤中砷在砂质土和壤土中迁移性更强。

参考文献

- [1] 曾沛艺,和淑娟,黄宇,等.云南某县台地茶园和古树茶园土壤重金属元素调查与评价[J].环境科学导刊,2019,38(1):94-98.
- [2] 闫茂鹏,熊俊芬,马琼芳,等.砷污染土壤植物修复的主要影响因素及改良研究进展[J].广西农业科学,2010,41(6):581-585.
- [3] 陈玉真,王峰,尤志明,等.不同类型茶园土壤物理性状特征研究[C]//第十六届中国科协年会——分12茶学青年科学家论坛论文集,2014.
- [4] 章明奎,方利平.砂质农业土壤养分积累和迁移特点的研究[J].水土保持学报,2006,20(2):46-49.
- [5] Gerda, Krog, Bjerre, et al. Uptake of six heavy metals by oat as influenced by soil type and additions of cadmium, lead, zinc and copper[J]. Plant & Soil, 1985(8).