

杨 佳, 郑子成, 李廷轩. 不同植茶品种土壤团聚体及其全铝和交换态铝的分布特征[J]. 农业环境科学学报, 2019, 38(3): 583–589.

YANG Jia, ZHENG Zi-cheng, LI Ting-xuan. Distribution of total and exchangeable aluminum in soil aggregates with different tea cultivars[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2019, 38(3): 583–589.

不同植茶品种土壤团聚体及其全铝和交换态铝的分布特征

杨 佳, 郑子成*, 李廷轩

(四川农业大学资源学院, 成都 611130)

摘 要:为弄清不同植茶品种土壤团聚体的组成, 阐明团聚体中全铝和交换态铝的分布特征, 揭示土壤团聚体中全铝和交换态铝对不同植茶品种的响应规律, 在野外调查的基础上, 结合室内分析, 开展种植福鼎大白、川茶3号、川农黄芽早、川沐217的土壤团聚体全铝和交换态铝分布特征研究。结果表明, 不同植茶品种的土壤团聚体含量随粒径的减小总体呈先降低后增加的变化趋势, 其中以>5 mm粒径为主, 其含量处于60.52%~76.49%之间, 0.5~0.25 mm粒径含量最少, 种植福鼎大白的土壤>5 mm粒径团聚体的含量高于其他品种; 土壤全铝和交换态铝含量在小粒径团聚体中最高, 种植川茶3号的土壤团聚体全铝和交换态铝含量最高; >5 mm粒径团聚体对土壤全铝和交换态铝的贡献率最高, 介于53.10%~68.10%之间。>5 mm粒径团聚体对铝含量的贡献率表现为福鼎大白>川茶3号>川沐217>川农黄芽早。与其他植茶品种相比, 种植福鼎大白的土壤>0.25 mm粒径团聚体含量最高, 结构性较好; 种植川茶3号的土壤各粒径全铝和交换态铝含量高于其他品种。土壤中铝含量过高会加剧土壤酸化, 影响土壤生产力和质量。

关键词:植茶品种; 土壤团聚体; 全铝; 交换态铝; 分布特征

中图分类号: S152.4 文献标志码: A 文章编号: 1672-2043(2019)03-0583-07 doi:10.11654/jaes.2018-0569

Distribution of total and exchangeable aluminum in soil aggregates with different tea cultivars

YANG Jia, ZHENG Zi-cheng*, LI Ting-xuan

(College of Resources, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract: In this study, we aimed to investigate the composition of soil aggregates and the distribution of total and exchangeable aluminum in soil aggregates with different tea cultivars. The content of total and exchangeable aluminum in soil aggregates with different tea cultivars (Fudingdabaicha, Chuancha No.3, Chuannonghuangyazao, and Chuanmu No.217) was measured. The results showed that the content of soil aggregates initially decreased, and then increased with the decrease in particle size of soil aggregates. The content of >5 mm aggregates was relatively high, accounting for 60.52%~76.49% of the total soil. However, the content of 0.5~0.25 mm aggregates was relatively low. The highest content of soil aggregates was observed in soil cultivated with Fudingdabaicha. Higher content of total and exchangeable aluminum was observed in smaller aggregates. The content of total and exchangeable aluminum in soil aggregates cultivated with Chuancha No.3 was the highest among tea cultivars. The contribution rate of total and exchangeable aluminum for >5 mm aggregates, which was 53.10%~68.10%, was found to be the highest. The contribution rate of >5 mm aggregates for soil with Fudingdabaicha was higher than that for soil with Chuancha No.3, followed by Chuanmu No.217 and Chuannonghuangyazao. Among the four tea cultivars, the soil cultivated with Fudingdabaicha showed the highest content of >0.25 mm aggregates with better soil structure. The content of total and exchangeable aluminum in soil aggregates cultivated with Chuancha No.3 was higher than that with other tea cultivars. Higher aluminum content in soil aggregates results in soil acidification, and also soil productivity and quality.

Keywords: tea cultivar; soil aggregate; total aluminum; exchangeable aluminum; distribution

收稿日期: 2018-04-30 录用日期: 2018-08-01

作者简介: 杨 佳(1995—), 女, 山西运城人, 硕士研究生, 主要从事土壤生态环境研究。E-mail: 2605833506@qq.com

*通信作者: 郑子成 E-mail: zichengzheng@aliyun.com

基金项目: 国家自然科学基金项目(40901138)

Project supported: The National Natural Science Foundation of China(40901138)

茶树为聚铝植物^[1],铝主要分布于茶树叶部^[2],在成熟叶中铝的浓度一般高达20 000~30 000 mg·kg⁻¹。植株铝含量主要取决于土壤活性铝含量的高低^[3],土壤固相铝的吸附特性对土壤铝的形态分布能产生一定的影响,进而影响茶园土壤活性铝的含量^[4]。土壤中活性铝一般包括交换态铝和游离态铝^[5],交换态铝虽然含量较低,但其较为活跃,是土壤交换性酸和土壤pH的决定性因素,对植物的生长具有重要意义^[6]。

土壤团聚体是土壤结构最基本的单元,对土壤的许多理化性质以及生物学性质有着重要影响^[7]。前期对不同植茶年限的研究表明,土壤全氮主要集中在大粒径团聚体中,而全钾、全磷和碱解氮含量在各粒径团聚体中分布较均匀^[8-9]。土壤全铝和交换态铝含量随粒径的减小而升高^[10]。不同粒径团聚体会影响土壤中铝含量,进而影响铝的生物有效性^[11]。不同植茶品种土壤理化性质之间也存在差异,相关研究表明,同一成土母质两种植茶品种土壤的pH差异显著^[12]。茶园土壤交换态铝与土壤pH显著相关,不同植茶品种土壤的铝含量也可能存在差异。因此,研究不同植茶品种土壤团聚体中全铝和交换态铝的分布特征,对茶园土壤质量的管理与培肥具有一定指导意义。

近年来,随着茶树良种的选育和推广,研究区域形成了以川沐217、川茶3号、福鼎大白和川农黄芽早等茶树品种为主的规模化茶园。在产生经济效益和社会效益的同时,其生态效益备受关注。从土壤团聚体角度,研究不同植茶品种土壤团聚体中全铝和交换态铝的分布特征,揭示土壤团聚体中全铝和交换态铝形态对不同植茶品种响应特征,以期为制定科学合理的茶园管理措施提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于隶属于四川省雅安市名山区的中峰万亩生态茶园,属亚热带季风性湿润气候,雨量充沛,

终年温暖湿润,适宜茶叶生长。年均气温15.4℃,最高气温35.2℃;年均降雨量1500 mm左右,无霜期298 d,年均相对湿度82%。研究区属典型的低山丘陵区,以川茶3号、福鼎大白、川沐217和川农黄芽早等新品种种植为主。

在每年10月中旬,沿树冠边沿垂直下方开沟,分别施入K₂SO₄型复合肥(N:P₂O₅:K₂O=20:8:8)675 kg·hm⁻²、猪圈肥(15 000 kg·hm⁻²)和饼肥(3000 kg·hm⁻²),然后覆土。次年2月中旬、5月下旬和8月上旬施用复合肥1000 kg·hm⁻²和尿素500 kg·hm⁻²,位置和基肥相同。茶树行距为(150±15)cm,株距为(30±15)cm,行长7~10 m,单株种植,每小区2~4行。

1.2 土样采集与处理

在野外调查的基础上,选择成土母质、经营措施、植茶年限一致的不同茶树品种(川茶3号、福鼎大白、川沐217和川农黄芽早)作为研究对象。在每一品种茶园随机布设5个典型样方,在每个样方采集地表凋落物,混合均匀后装入纸袋标记后带回实验室。在每一样方内按“S”形设置5个采样点,每一茶园5次重复,在不破坏土壤结构的条件下,按0~20、20~40 cm土层采集土样。

除去动植物残体、小石块等,将采集的原状土样沿自然结构轻轻用手掰成直径约1 cm的小土块,在通风阴凉处自然风干。一部分土样用于理化性质的测定,另一部分采用干筛法分离出>5、5~2、2~1、1~0.5、0.5~0.25 mm和<0.25 mm共6个粒径团聚体^[13]。同时将每一茶园收集的凋落物混合装入纸袋,在实验室以75℃烘48 h,称重,磨碎备化学分析用。供试土壤基本理化性质见表1。

1.3 测定项目及方法

全铝采用微波消解-等离子体发射光谱法测定^[14]。

交换态铝采用1 mol·L⁻¹ MgCl₂ (pH 7.0)溶液浸提,采用等离子体发射光谱仪(ICP-OES)测定^[15]。

表1 供试土壤基本性质

Table 1 Basic properties of the soils tested

项目 Item	0~20 cm				20~40 cm			
	川茶3号 Chuancha No.3	福鼎大白 Fudingdabaicha	川沐217 Chuanmu No.217	川农黄芽早 Chuannong huangyazao	川茶3号 Chuancha No.3	福鼎大白 Fudingdabaicha	川沐217 Chuanmu No.217	川农黄芽早 Chuannong huangyazao
全铝 T-Al/g·kg ⁻¹	71.31	66.27	61.17	55.74	74.59	69.40	63.88	60.03
交换态铝 Ex-Al/mg·kg ⁻¹	254.05	243.89	225.08	206.78	158.25	139.95	88.65	79.98
pH	4.22	4.13	4.25	4.36	4.15	3.98	4.17	4.25
有机质 Organic matter/g·kg ⁻¹	14.51	14.41	13.44	12.50	12.15	11.55	9.31	8.44

1.4 数据处理

团聚体对土壤铝的贡献率(%)=某粒径团聚体铝含量×该粒径团聚体含量(%) / 全土铝含量^[16]。

数据采用 DPS 11.0 和 Excel 2011 软件进行处理与分析,图绘制采用 Origin 10.0。

2 结果与分析

2.1 土壤团聚体组成

表2是不同植茶品种土壤团聚体的分布情况,由表2可知,不同植茶品种土壤团聚体含量总体随粒径的增大呈先升高后降低的变化趋势,其中以>5 mm 粒径团聚体为主,其含量介于 60.52%~76.49% 之间,且显著高于其他粒径;5~2 mm 粒径团聚体含量次之,且显著高于<2 mm 粒径团聚体含量;0.5~0.25 mm 粒径含量最少。种植川沐 217 和川农黄芽早<0.25 mm 粒径团聚体含量显著高于 0.5~0.25 mm 粒径。

就不同植茶品种而言,>5 mm 粒径团聚体含量变化表现为福鼎大白>川茶 3 号>川沐 217>川农黄芽早,且差异均显著,而其余粒径变化趋势相反。在 0~20 cm 土层,各植茶品种 0.5~0.25 mm 粒径团聚体含量差异不显著。各植茶土壤>5 mm 粒径团聚体含量的变化趋势总体表现为 20~40 cm 土层高于 0~20 cm 土层,而其他粒径则呈相反的变化趋势。

2.2 土壤团聚体全铝的分布特征

表3是不同植茶品种土壤团聚体全铝含量分布,由表3可知,各植茶品种土壤<0.25 mm 粒径团聚体全铝含量显著高于其他粒径,表明全铝趋于向较小粒径团聚体富集。种植川茶 3 号和福鼎大白土壤 0.5~0.25 mm 粒径团聚体全铝含量显著高于 1~0.5 mm 粒径,而在 20~40 cm 土层,种植川农黄芽早 5~2 mm 粒径团聚体全铝含量却显著高于>5 mm 粒径团聚体。

不同植茶品种土壤各粒径团聚体全铝含量变化

表 2 不同植茶品种土壤团聚体组成

Table 2 Composition of soil aggregates with different tea plantation cultivars

土层 Soil layer/cm	植茶品种 Tea plantation cultivars	土壤团聚体含量 Content of soil aggregates/%					
		>5 mm	5~2 mm	2~1 mm	1~0.5 mm	0.5~0.25 mm	<0.25 mm
0~20	川茶 3 号 Chuancha No.3	66.18aB	18.02bB	2.18cAB	3.86cBC	1.79cA	3.31cAB
	福鼎大白 Fudingdabaicha	74.94aA	15.46bC	1.58cB	3.55cC	1.33cA	1.71cB
	川沐 217 Chuanmu No.217	63.46aC	20.71bA	4.12cdAB	6.15cAB	2.14dA	5.12cA
	川农黄芽早 Chuannonghuangyazao	60.52aD	22.76bA	4.39cdA	6.67cA	2.52dA	5.70cA
20~40	川茶 3 号 Chuancha No.3	68.77aB	17.24bC	1.72eB	3.50cB	1.56eBC	2.45dB
	福鼎大白 Fudingdabaicha	76.49aA	13.07bD	1.42dB	2.75cC	1.14dC	1.57dC
	川沐 217 Chuanmu No.217	65.99aC	19.14bB	3.19eA	5.57cA	2.00fAB	4.99dA
	川农黄芽早 Chuannonghuangyazao	63.48aD	20.96bA	3.57eA	5.97cA	2.31fA	5.20dA

注:不同小写字母表示同一植茶品种不同粒径的土壤团聚体含量在 $P<0.05$ 水平上差异显著;不同大写字母表示同一粒径不同植茶品种的土壤团聚体含量在 $P<0.05$ 水平上差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters and uppercase letters indicate significant difference among different soil aggregates and among different tea plantation cultivars at $P<0.05$ level according to the LSD test, respectively. The same below.

表 3 植茶品种对土壤团聚体全铝含量的影响

Table 3 Effect of tea plantation cultivars on change of total aluminum contents in soil aggregates

土层 Soil layer/cm	植茶品种 Tea plantation cultivars	全铝含量 Total aluminum/g·kg ⁻¹					
		>5 mm	5~2 mm	2~1 mm	1~0.5 mm	0.5~0.25 mm	<0.25 mm
0~20	川茶 3 号 Chuancha No.3	63.12eA	65.49deA	67.92dA	71.14cA	75.67bA	84.89aA
	福鼎大白 Fudingdabaicha	59.83dB	59.85dB	62.50cdB	64.74cB	67.77bB	81.81aB
	川沐 217 Chuanmu No.217	53.22dC	55.96dC	59.20cC	62.52bB	65.14bB	73.17aC
	川农黄芽早 Chuannonghuangyazao	51.79cC	53.22cC	53.49cD	56.64bC	59.21bC	62.06aD
20~40	川茶 3 号 Chuancha No.3	67.55eA	69.59deA	71.69dA	74.35cA	78.16bA	86.21aA
	福鼎大白 Fudingdabaicha	62.66dB	63.89dB	66.59cB	67.52cB	72.85bB	82.39aB
	川沐 217 Chuanmu No.217	58.47dC	59.07dC	61.60cC	65.87bB	66.65bB	74.17aC
	川农黄芽早 Chuannonghuangyazao	53.24dD	55.59cD	56.88cD	62.82bC	64.78bC	67.51aD

均表现为川茶3号>福鼎大白>川沐217>川农黄芽早。除了0~20 cm土层川沐217和川农黄芽早>2 mm粒径团聚体,以及各土层川沐217和福鼎大白1~0.25 mm粒径团聚体全铝含量差异不显著外,其余各粒径团聚体全铝含量在品种间均差异显著。各土层土壤团聚体全铝含量变化趋势相似,且20~40 cm土层全铝含量均高于0~20 cm土层。

2.3 土壤团聚体交换态铝分布特征

表4是不同植茶品种土壤团聚体交换态铝含量分布,由表4分析可知,各植茶品种土壤交换态铝含量随粒径的减小逐渐增加,<0.5 mm粒径团聚体交换态铝含量均显著高于>5 mm粒径团聚体,表明小粒径团聚体对交换态铝有较强的固持能力。在0~20 cm土层,种植川农黄芽早2~1 mm粒径团聚体交换态铝含量显著高于>5 mm粒径。除了20~40 cm土层川沐217和川农黄芽早以外,其余各植茶品种在各土层中1~0.5 mm粒径团聚体交换态铝含量均显著低于<0.25 mm粒径团聚体。

就不同植茶品种而言,在0~20 cm土层种植川茶3号土壤各粒径团聚体交换态铝含量均显著高于川农黄芽早。种植川茶3号土壤<0.5 mm粒径团聚体交换态铝含量显著高于川沐217,说明较小粒径团聚体交换态铝含量受品种影响较大。20~40 cm土层交换态铝含量的变化趋势与0~20 cm土层相似,且远低于0~20 cm土层。

2.4 各粒径团聚体对土壤全铝和交换态铝含量的贡献率

表5是各粒径团聚体对土壤全铝和交换态铝含量的贡献率。由表5可知,不同粒径团聚体对土壤全铝、交换态铝含量的贡献率均表现为(>5 mm)>(5~2 mm)>(1~0.5 mm)>(<0.25 mm)>(2~1 mm)>(0.5~0.25

mm)团聚体。其中,>5 mm粒径团聚体贡献率最高,介于53.10%~68.10%之间,其次是5~2 mm团聚体,占12.44%~20.36%,且显著高于其他粒径。种植川沐217和川农黄芽早<0.25 mm粒径团聚体对全铝和交换态铝的贡献率均显著高于0.5~0.25 mm粒径,变化趋势与团聚体分布的变化趋势类似。

对不同植茶品种土壤来说,>5 mm粒径团聚体对全铝和交换态铝含量的贡献率表现为福鼎大白显著高于其他品种,而其他粒径则呈相反的变化趋势。各植茶品种土壤0.5~0.25 mm粒径团聚体对全铝和交换态铝含量的贡献率在品种间差异均不显著。川茶3号>5 mm粒径团聚体对全铝的贡献率显著高于川沐217,而对交换态铝的贡献率却显著低于川沐217。

3 讨论

各植茶品种土壤均以>5 mm粒径团聚体为主,表明该区域土壤团聚性较强,结构良好,这与杨建国等^[17]、文倩等^[12]的研究结果一致。种植川沐217和川农黄芽早<0.25 mm粒径团聚体含量显著高于0.5~0.25 mm粒径,说明川沐217和川农黄芽早对土壤小粒径团聚体分布影响更大。全铝和交换态铝主要赋存在较小粒径中,表明小粒径团聚体对全铝和交换态铝的束缚能力较强。这可能是由于随着粒径的减小,团聚体比表面积越大,进而能提供更多的吸附位点,有利于铝的富集^[18]。同时,有机质也会影响土壤中铝含量的变化,当土壤中有机质含量增加,有机酸提供的负电荷数量增加,有机酸的官能团与土壤中的铝离子配合形成了有机结合态铝,解离出来的氢离子增加了土壤酸性,使更多的铝离子被淋溶,增加了交换态铝的含量^[19]。前期研究表明,由于有机无机胶体的紧密结合,小团聚体固持有机碳的能力更强,不易为微

表4 植茶品种对土壤团聚体交换态铝含量的影响

Table 4 Effect of tea plantation cultivars on change of exchangeable aluminum contents in soil aggregates

土层 Soil layer/cm	植茶品种 Tea plantation cultivars	交换态铝含量 Exchangeable aluminum/mg·kg ⁻¹					
		>5 mm	5~2 mm	2~1 mm	1~0.5 mm	0.5~0.25 mm	<0.25 mm
0~20	川茶3号 Chuancha No.3	210.5dA	231.75cdA	238.69cdA	254.53bcA	279abA	297.37aA
	福鼎大白 Fudingdabaicha	209.69cA	218bcA	226.83bcA	244.69bA	274.08aA	282.25aAB
	川沐217 Chuanmu No.217	186.06cAB	211.71bcA	221.19bAB	231.71bA	234.06bB	262aB
	川农黄芽早 Chuannonghuangyazao	165.31cB	180.29bcB	196.54bB	199.54bB	240.67aB	263.29aB
20~40	川茶3号 Chuancha No.3	121.00dA	134.50cA	143.88cA	170.00bA	188.50aA	197.38aA
	福鼎大白 Fudingdabaicha	106.28dB	118.79cB	125.88cB	147.81bB	156.88bB	185.31aB
	川沐217 Chuanmu No.217	80.38cC	83.50bcC	88.00abcC	91.06abcC	92.19abC	98.38aC
	川农黄芽早 Chuannonghuangyazao	73.44cC	74.79bcC	78.00abcC	82.39abcC	84.38abC	88.69aC

表5 各粒径团聚体对土壤全铝和交换态铝含量的贡献率

Table 5 The contribution rates of soil aggregates to total aluminum and exchangeable aluminum

项目 Item	植茶品种 Tea plantation cultivars	土壤团聚体对土壤铝含量的贡献率/% The contribution rates of soil aggregates to aluminum fractions					
		>5 mm	5~2 mm	2~1 mm	1~0.5 mm	0.5~0.25 mm	<0.25 mm
全铝 T-Al	川茶3号 Chuancha No.3	59.74aB	16.39bB	1.83dBC	3.68cB	1.81dA	3.36cdB
	福鼎大白 Fudingdabaicha	68.10aA	13.12bC	1.49dC	3.21cB	1.31dA	1.93cdB
	川沐217 Chuanmu No.217	57.14aC	17.89bB	3.35dAB	5.92cA	2.14dA	5.76cA
	川农黄芽早 Chuannonghuangyazao	56.39aC	20.36bA	3.76dA	6.46cA	2.57dA	5.95cA
交换态铝 Ex-Al	川茶3号 Chuancha No.3	53.10aC	15.36bB	1.77cA	3.84cA	1.95cA	3.52cBC
	福鼎大白 Fudingdabaicha	60.32aA	12.44bC	1.44cA	3.40cA	1.42cA	2.01cC
	川沐217 Chuanmu No.217	56.53aB	18.74bA	3.58cdA	5.96cA	2.12dA	5.51cAB
	川农黄芽早 Chuannonghuangyazao	53.36aC	19.78bA	3.83cdA	6.119cA	2.66dA	6.40cA

生物分解释放^[20]。这也是造成铝易在小团聚体中富集的原因。尽管全铝和交换态铝在小粒径团聚体中含量较高,但由于大粒径团聚体在土壤中所占比例较大,因此各粒径团聚体对土壤全铝和交换态铝的贡献率随粒径的减小而降低,这也与前期对该区域的研究结果类似^[8]。经计算分析可知,土壤全铝与各粒径团聚体全铝之间存在极显著正相关关系,且>5、5~2、2~1 mm 粒径团聚体的 *P* 值分别为 0.001 9、0.006 1、0.002 1,均小于>1 mm 粒径团聚体,说明土壤全铝含量的增加主要取决于>1 mm 粒径全铝含量的增加。土壤交换态铝与团聚体交换态铝也呈极显著正相关关系,且>5、2~1、1~0.5 mm 粒径团聚体的 *P* 值分别为 0.004 1、0.008 6、0.002 6,均小于其余粒径团聚体,说明土壤交换态铝的含量与这 3 种团聚体中交换态铝的含量高度相关。

一般情况下将>0.25 mm 粒径团聚体称为土壤团粒结构,其数量与土壤肥力呈正相关关系。福鼎大白土壤>0.25 mm 粒径团聚体含量最高,说明福鼎大白的土壤结构较好,这可能是由于福鼎大白茶树根系分泌物黏结和菌丝网络对土壤的缠结,导致土壤中大粒径团聚体较多^[20]。各粒径团聚体全铝含量变化表现为川茶3号>福鼎大白>川沐217>川农黄芽早。土壤全铝含量与茶叶品质密切相关^[21],土壤铝含量的增加,能在不同程度上提高茶叶茶多酚的质量分数^[22],有研究表明,川农黄芽早茶叶所含茶多酚质量分数为 15.83%^[23],而川茶3号的为 19.27%^[24],远远高于川农黄芽早,这也与本研究川茶3号土壤全铝含量显著高于川农黄芽早的结果一致。交换态铝在土壤 pH 值低于 5.0 时易溶出,难溶性铝逐渐向其转变;而当 pH 值越小,土壤将由质子缓冲体系转向铝缓冲体系,土壤

交换态铝含量大幅升高^[25],川茶3号土壤 pH 值较低,从而导致川茶3号土壤各粒径交换态铝含量显著高于川农黄芽早,研究表明,添加外源铝可明显提高土壤中交换态铝含量^[22],通过分析不同茶树品种凋落物铝含量(图 1)可知,川茶3号凋落物中铝含量显著高于川农黄芽早,凋落物的归还影响了土壤中交换态铝含量。茶树可利用根系分泌的有机酸及多酚类物质将土壤中的铝络合,铝大部分进入老叶聚集起来,当老叶脱落后,又重新归还到土壤中^[26]。在一定条件下,铝的生物有效性主要受各形态铝的相互转化的影响^[27]。通过分析团聚体对铝含量的贡献率可知,福鼎大白土壤>5 mm 粒径团聚体对全铝和交换态铝含量的贡献最大,川农黄芽早的最小,其他粒径则相反。这是由于福鼎大白土壤大团聚体较多,团聚性很好。

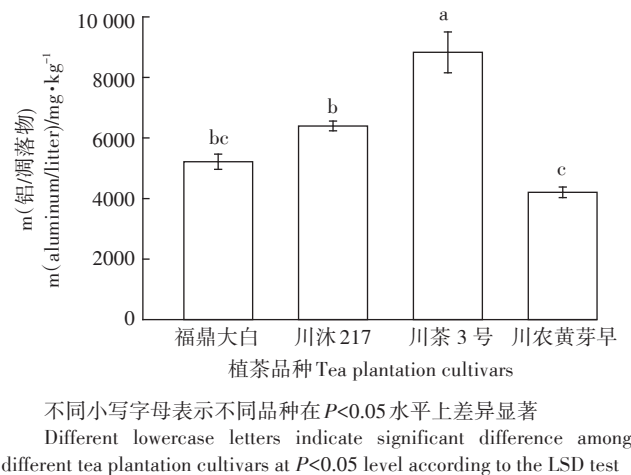


图1 不同茶树品种凋落物铝含量

Figure 1 The contents of aluminum in tea leaves litter under different tea plantation cultivars

4 结论

(1)不同植茶品种土壤团聚体含量以>5 mm 粒径为主,>5 mm 粒径团聚体含量变化表现为福鼎大白>川茶3号>川沐217>川农黄芽早,其他粒径团聚体含量变化则相反,说明植茶品种对土壤团聚体分布的影响较大。

(2)小粒径团聚体中全铝和交换态铝含量最高,说明小粒径团聚体对铝的吸附固持能力较强。各粒径团聚体全铝和交换态铝含量变化表现为川茶3号>福鼎大白>川沐217>川农黄芽早,土壤中铝含量过高会导致土壤酸化,进而释放出易被植物吸收的交换性铝离子,增加茶叶中铝含量。因此在茶园管理上,应多注意川茶3号,以避免茶叶中铝含量过高对人体造成危害。交换态铝表聚现象明显,多集中在0~20 cm 土层。

(3)研究区土壤>5 mm 粒径团聚体对全铝和交换态铝含量的贡献率最高,且团聚体全铝和交换态铝与土壤全铝和交换态铝均表现为正相关关系,土壤全铝和交换态铝的增加主要取决于>5 mm 粒径团聚体。

参考文献:

- [1] 卢莉. 氟铝在茶树中的应用研究进展[J]. 武夷学院学报, 2013, 32(2):37-42.
LU Li. Research progress on application of fluoride and aluminum in tea tree[J]. *Journal of Wuyi University*, 2013, 32(2):37-42.
- [2] Gao H, Zhao Q, Zhang X, et al. Localization of fluoride and aluminum in subcellular fractions of tea leaves and roots[J]. *J Agric Food Chem*, 2014, 62(10):2313-2319.
- [3] Dong D, Xie Z, Du Y. The bioavailability of Al in soils to tea plants[J]. *Applied Geochemistry*, 2001, 16(11):1413-1418.
- [4] 刘少坤, 周卫军, 苗霄霖, 等. 茶树根际土壤铝形态演变规律及其影响因素[J]. 土壤, 2014, 46(5):881-885.
LIU Shao-kun, ZHOU Wei-jun, MIAO Xiao-lin, et al. Evolution of aluminum forms and its effect factors in tea rhizospheric soil[J]. *Soils*, 2014, 46(5):881-885.
- [5] 吴甫成, 彭世良, 王晓燕, 等. 酸沉降影响下近20年来衡山土壤酸化研究[J]. 土壤学报, 2005, 42(2):219-224.
WU Fu-cheng, PENG Shi-liang, WANG Xiao-yan, et al. Soil acidification caused by acid precipitation in MT. Hengshan over last 20 years[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2005, 42(2):219-224.
- [6] 陈建国, 田大伦, 闫文德, 等. 土壤团聚体固碳研究进展[J]. 中南林业科技大学学报, 2011, 31(5):75-80.
CHEN Jian-guo, TIAN Da-lun, YAN Wen-de, et al. Progress on study of carbon sequestration in soil aggregates[J]. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 2011, 31(5):75-80.
- [7] 郑子成, 何淑勤, 王永东, 等. 不同土地利用方式下土壤团聚体中养分的分布特征[J]. 水土保持学报, 2010, 24(3):170-174.
ZHENG Zi-cheng, HE Shu-qin, WANG Yong-dong, et al. Distribution feature of soil nutrients in aggregate under different land use[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2010, 24(3):170-174.
- [8] 石箭华, 孟广涛, 李品荣, 等. 滇中不同植物群落土壤团聚体组成及养分特征[J]. 水土保持学报, 2011, 25(4):183-187.
SHI Jian-hua, MENG Guang-tao, LI Pin-rong, et al. Characteristics and distribution of nutrients in soil aggregates under different plant communities in central Yunnan[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2011, 25(4):183-187.
- [9] 殷佳丽, 郑子成, 李廷轩. 不同植茶年限土壤团聚体全铝和交换态铝的分布特征[J]. 农业环境科学学报, 2015, 34(9):1754-1760.
YIN Jia-li, ZHENG Zi-cheng, LI Ting-xuan. Distribution of total and exchangeable aluminum in soil aggregates under different tea-planting years[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2015, 34(9):1754-1760.
- [10] 夏建国, 何芳芳, 罗婉. 蒙山茶园土壤组分对铝的吸附解吸动力学特征的影响[J]. 农业环境科学学报, 2014, 33(2):358-366.
XIA Jian-guo, HE Fang-fang, LUO Wan. Effect of kinetics characteristics of aluminum adsorption-desorption by component of tea garden-soil in Mengshan[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2014, 33(2):358-366.
- [11] 周碧青, 陈成榕, 张黎明, 等. 茶树品种对亚热带茶园土壤可溶性有机氮组成的影响[J]. 农业环境科学学报, 2015, 34(6):1158-1165.
ZHOU Bi-qing, CHEN Cheng-rong, ZHANG Li-ming, et al. Effects of tea genotypes on soil soluble organic nitrogen compositions in subtropical tea plantations[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2015, 34(6):1158-1165.
- [12] 文倩, 赵小蓉, 妥德宝, 等. 半干旱地区不同土壤团聚体中微生物量氮的分布特征[J]. 中国农业科学, 2005, 38(2):91-95.
WEN Qian, ZHAO Xiao-rong, TUO De-bao, et al. Distribution characteristics of microbial biomass carbon in different soil aggregates in semi-arid area[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2005, 38(2):91-95.
- [13] 刘灵芝, 邓全道, 许光, 等. 微波消解样品-电感耦合等离子体原子发射光谱法测定锰矿中铝、镁、磷[J]. 理化检验:化学分册, 2011, 47(11):1283-1285.
LIU Ling-zhi, DENG Quan-dao, XU Guang, et al. ICP-AES determination of aluminum, magnesium and phosphorus in manganese ores with microwave assisted sample digestion[J]. *Physical Testing and Chemical Analysis (Part B: Chemical Analysis)*, 2012, 47(11):1283-1285.
- [14] Dong D, Xie Z, Du Y. The bioavailability of Al in soils to tea plants[J]. *Applied Geochemistry*, 2007, 16(11):1413-1418.
- [15] 杨华, 龙健, 李兆君, 等. 土地利用方式对红枫湖入湖流域土壤团聚体磷含量及其形态的影响[J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(11):2214-2220.
YANG Hua, LONG Jian, LI Zhao-jun, et al. Effects of land use types on phosphorus forms and their contents in soil aggregates in watershed of Hongfeng Lake[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2013, 32(11):2214-2220.

- [16] 杨建国, 安韶山, 郑粉莉. 宁南山区植被自然恢复中土壤团聚体特征及其与土壤性质关系[J]. 水土保持学报, 2006, 20(1): 72-75.
YANG Jian-guo, AN Shao-shan, ZHENG Fen-li. Characteristics of soil water-stable aggregates and relationship with soil properties during vegetation rehabilitation in Ningxia loess hilly region[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20(1): 72-75.
- [17] An S S, Mentler A, Mayer H, et al. Soil aggregation, aggregate stability, organic carbon and nitrogen in different soil aggregate fractions under forest and shrub vegetation on the Loess Plateau, China[J]. *Catena*, 2010, 81(3): 226-233.
- [18] 夏建国, 何芳芳, 罗 婉, 等. 蒙山茶园土壤组分去除有机质和游离氧化铁后对铝吸附解吸特征的影响[J]. 水土保持学报, 2013, 27(5): 125-132.
XIA Jian-guo, HE Fang-fang, LUO Wan, et al. Effect of removal of soil organic matter and free iron oxide of soil component on characteristics of aluminum adsorption-desorption from tea garden in Mengshan[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2013, 27(5): 125-132.
- [19] 何淑勤, 郑子成, 杨玉梅. 茶园土壤团聚体分布特征及其对有机碳含量影响的研究[J]. 水土保持学报, 2009, 23(5): 187-190.
HE Shu-qin, ZHENG Zi-cheng, YANG Yu-mei. Distribution characteristics of soil aggregates and organic carbon in tea plantation[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2009, 23(5): 187-190.
- [20] 王清奎, 汪思龙. 土壤团聚体形成与稳定机制及影响因素[J]. 土壤通报, 2005, 36(3): 415-421.
WANG Qing-kui, WANG Si-long. Formation and stability mechanism of soil aggregates and its influencing factors[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2005, 36(3): 415-521.
- [21] 郑伟伟, 刘 鹏, 徐根娣, 等. 铝对茶叶叶片主要化学成分的影响[J]. 生态环境学报, 2006, 15(4): 822-826.
ZHENG Wei-wei, LIU Peng, XU Gen-di, et al. Effect of aluminum on main chemical constituents of tea leaves[J]. *Ecology and Environment*, 2006, 15(4): 822-826.
- [22] 马小雪, 肖 斌, 闫列娟, 等. 不同酸度下外源铝对茶叶铝含量及品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2012(11): 187-191.
MA Xiao-xue, XIAO Bin, YAN Lie-juan, et al. Effect of aluminum from fertilization on qualities and aluminum contents of tea under different pH levels in South Shaanxi Province[J]. *Journal of Northwest A&F University(Nat Sci Ed)*, 2012(11): 187-191.
- [23] 娄 娜. 川西茶区4个主栽茶树品种生理生化特性的研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2011.
LOU Na. Study on the physiological chemical characteristics of four main cultivated tea in Sichuan[D]. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2011.
- [24] 黄福涛, 唐 茜, 余洪泉, 等. 特早生茶树新品种川茶3号选育报告[J]. 四川农业科技, 2015(4): 10-14.
HUANG Fu-tao, TANG Qian, YU Hong-quan, et al. Breeding report of new tea variety Chuancha No.3[J]. *Sichuan Agricultural Science and Technology*, 2015(4): 10-14.
- [25] Samac D A, Tesfaye M. Plant improvement for tolerance to aluminum in acid soils: A review[J]. *Plant Cell Tissue & Organ Culture*, 2003, 75(3): 189-207.
- [26] 罗 敏, 宗良纲, 陆丽君, 等. 江苏省典型茶园土壤酸化及其对策分析[J]. 江苏农业科学, 2016(2): 139-142.
LUO Min, ZONG Liang-gang, LU Li-jun, et al. Soil acidification of typical tea plantation in Jiangsu Province and its countermeasures[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2016(2): 139-142.
- [27] 阮建云, 王国庆, 石元值, 等. 茶园土壤铝动态及茶树铝吸收特性[J]. 茶叶科学, 2003, 23(增刊1): 16-20.
RUAN Jian-yun, WANG Guo-qing, SHI Yuan-zhi, et al. Aluminum in tea soils, rhizosphere soil and the characteristics of Al uptake by tea plant[J]. *Journal of Tea Science*, 2003, 23(Suppl 1): 16-20.