

茶树根际土壤铝形态演变规律及其影响因素^①

刘少坤, 周卫军*, 苗霄霖, 杨 威, 杨 君, 郭子川

(湖南农业大学资源环境学院, 长沙 410128)

摘 要: 茶树是典型的喜酸聚铝植物, 为了弄清茶树根际土壤铝的形态特征及其演变规律, 本文采集了湖南省不同茶厂、不同母质和不同种植年限的茶树根际土壤, 研究了茶树根际土壤铝的形态演变规律及其影响因素。结果表明, 不同茶厂由于地域、母质、种植年限等的差异, 茶树根际土壤铝形态含量有明显的差异, 含量变化为腐殖酸铝 > 铝的水合氧化物和氢氧化物 ≈ 交换态铝 > 无机吸附态铝; 除腐殖酸铝外, 其他 3 种形态铝含量均以第四纪红色黏土发育的茶树根际土壤的含量最高, 且不同形态铝含量有随着茶树种植年限延长而增高的趋势。土壤交换性酸与水解性酸对茶树根际土壤铝形态有显著的影响, 而与 pH 的关系不大; 土壤有机质含量影响茶树根际土壤铝形态特征, 与无机吸附态铝呈显著正相关关系, 与腐殖酸铝有极显著正相关关系。

关键词: 茶园; 根际土壤; 铝形态; 演变; 影响因子

中图分类号: S158.4; S153.4

铝是地壳和土壤中最丰富的金属元素, 占地壳重量的 7.1%。通常以难溶性硅酸盐或氧化铝的形式存在, 对植物没有毒害。但在 pH<5 的酸性土壤条件下, 尤其在人们长期施用酸性化肥和酸雨降沉频率较高的地区, 难溶性铝易转变为有毒的离子态铝 (主要是 Al^{3+}), 对植物产生毒害^[1]。且随着 Al^{3+} 在土壤中迁移, 造成大面积土壤酸化和全球性生态问题^[2]。土壤中的铝主要存在于层状铝硅酸盐矿物的晶格中, 如长石、云母、蒙脱石等, 其余的铝以各种化学形态存在, 如水溶性铝、交换态铝、有机配合态铝等^[3–5]。水溶性铝、交换态铝、有机配合态铝虽在数量上不大, 不到全铝量的 2%, 但它是各种铝形态中较为活跃的部分, 对植物生长和生态环境具有重要意义^[6–7]。茶树是富集铝能力较强的植物, 茶叶铝含量与土壤铝形态分布密切相关^[8–9], 而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态铝的含量。茶园土壤溶液中活性铝含量很高^[10], 土壤溶液中的活性铝包括可交换态铝、可提取态铝和游离态铝, 通过水解聚合反应控制着 Al^{3+} 的形态及颗粒态铝的溶解度, 当溶液 pH 小于 4.0~4.5 时, 土壤将由质子缓冲体系转向铝缓冲体系, 使土壤溶液中的 Al^{3+} 含量急剧升高, 带正电核的单核铝如 Al^{3+} 、 $Al(OH)^{2+}$ 和 $Al(OH)_2^+$ 对生物的毒

性最大^[11], 而茶树的生长通常很少受到铝毒的影响而致茶叶产量与品质受害^[12]。本文采用野外调查采样、室内分析测定方法研究了茶树根际土壤铝的形态特征, 比较分析了不同母质发育的茶树根际土壤铝形态差异, 探讨了长期种植茶树根际土壤铝形态演变过程及其影响因素, 以期为茶树抗铝毒机理、茶园土壤铝环境特征、茶叶品质的改良等方面提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

2011 年 4—5 月分别在湖南省石门县的东山峰茶厂、临澧县的九里茶厂、长沙县的湘丰茶厂、安化县的马路口茶厂、资兴市汤溪镇的狗脑贡茶厂等 5 个茶厂的茶园采集了茶树根际土壤。除石门县采样点海拔较高以外, 其他均在 280 m 以下。成土母质主要有板页岩风化物、第四纪红色黏土、花岗岩风化物。在同一个茶园, 考虑土壤母质与茶树种植年份进行采集, 具体情况见表 1。

1.2 采样方法

采用林业上使用的抖落法采样进行茶树根际土壤的采集。选择合适的茶树, 去除表层枯枝落叶层, 之后用小锄头和铲锹挖开茶树周边的土壤, 用小刀慢

基金项目: 国家自然科学基金项目(41071204)资助。

* 通讯作者(wjzh0108@163.com)

作者简介: 刘少坤(1974—), 男, 广东五华人, 博士研究生, 主要从事资源规划与信息化方面的研究。E-mail: kunshow@163.com

表 1 不同采样点概况
Table 1 Basic condition of sampling sites

地点	地理坐标	母质	海拔(m)	种植年份	样本数 (个)
东山峰茶厂	29°54'31" ~ 29°55'37"N 110°39'24" ~ 110°42'17"E	板页岩风化物	1 101 ~ 1 288	1968—2008	5
九里茶厂	29°42'10" ~ 29°42'19"N 111°35'35" ~ 111°35'46"E	第四纪红色黏土	106 ~ 133	1995—2008	5
湘丰茶厂	28°33'02" ~ 28°35'10"N 113°19'48" ~ 113°20'22"E	花岗岩、第四纪红色黏土	100 ~ 119	1974—2008	16
马路口茶厂	28°20'55" ~ 28°20'59"N 111°00'13" ~ 111°00'29"E	板页岩风化物	215 ~ 280	1968—2005	6
狗脑贡茶厂	26°11'50" ~ 26°12'41"N 113°39'41" ~ 113°40'58"E	板页岩风化物、花岗岩风化物	124 ~ 137	1994—1999	4

慢剥离土壤,沿主根系的生长方向剥除根系上附着的土壤,离根系 2~5 mm 的土壤抖落下来为根际土壤。每个样品采集 5 株茶树根际土壤混合,样品采集重约 300 g。土样带回实验室,零下 4℃ 冷藏保存,检出可见的有机物残体与根屑,新鲜土壤捏碎,过 10 目筛,四分法分出一半,过 60 目筛,保存备用。

1.3 分析测定方法

土壤有机质测定采用 $K_2Cr_2O_7$ 外加热容量法;土壤交换性酸测定采用 KCl 交换法;土壤水解性酸测定采用乙酸钠浸提法;土壤 pH 测定采用电位法(水土比 1:1),具体测定方法参照《土壤农业化学分析方法》^[13]进行。

土壤铝形态测定采用连续提取方法,综合参考文献[7]与[14]的方法,按下列步骤进行: 交换态铝(EL):称风干土样 1.000 g(新鲜土样 1.500 0 g)于 100 ml 塑料离心管中,加入 1 mol/L 的 KCl 浸提液 10 ml,振荡 30 min,在 2 000 r/min 下离心 15 min,倾出上清液,保存待测;用去离子水洗涤残渣,离心,弃出上清液。 无机吸附态铝(IL):取①中残渣,加 1 mol/L 的 NH_4Ac 浸提液 10 ml,振荡 8 h,离心,倾出上清液,保存待测;用去离子水洗涤残渣,离心,弃出上清液。 铝的水合氧化物和氢氧化物(OHL):取中残渣,加 1 mol/L HCl 浸提液 10 ml,振荡 1.5 h,离心,倾出上清液,保存待测;用去离子水洗涤残渣,离心,弃出上清液。 腐殖酸铝(HL):取中残渣,加 0.5 mol/L NaOH 浸提液 10 ml,振荡 3 h,离心,

倾出上清液,保存待测。

浸提液中的铝采用等离子体发射光谱仪(ICP-OES)测定。

1.4 数据处理与统计分析

所有野外调查数据与资料及室内分析测定数据均用 Excel 2003 软件进行记录与数据处理,数据统计采用 SPSS 11 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同茶厂茶园根际土壤铝形态特征

土壤中活性铝常以 4~5 种化学形态存在^[7,14],根据不同浸提液对铝的溶出,土壤铝的溶出及其形态主要有以下几种: 1 mol/L KCl 提取的主要是三价铝离子(Al^{3+})或称为交换态铝; 1 mol/L NH_4Ac 提取的主要是单聚体羟基铝,如 $Al(OH)^{2+}$ 、 $Al(OH)_2^+$ 及可溶性的富菲酸铝等,称为单聚体羟基态铝; 1 mol/L HCl 提取的主要是酸溶无机铝,如 $Al(OH)_3$; 0.5 mol/L NaOH 提取的主要是腐殖酸铝。

从表 2 可以看到,不同茶厂茶树根际土壤铝形态含量差异显著,变化顺序依次为腐殖酸铝(HL)>铝的水合氧化物和氢氧化物(OHL)≈交换态铝(EL)>无机吸附态铝(IL),这与黄衍初和曲长菱^[7]、谢忠雷等^[10]的研究结果基本一致,但从含量来看有明显的差异,特别是交换态铝的含量,茶树根际土壤的最大值是黄色红壤的 40 倍以上^[7],比茶园耕层土壤的高 5 倍左右^[10]。可见,茶树根际具有聚集交换态铝的特征。

表 2 不同茶厂茶树根际土壤铝形态含量 (mg/kg)
Table 2 Contents of different Al form in tea rhizospheric soil of different tea factories

茶厂	样本数 (个)	EL	IL	OHL	HL	合计
九里茶厂	5	2 913 a	310 a	2 775 a	6 727 b	12 725 a
东山峰茶厂	5	847 c	327 a	803 b	10 315 a	12 292 a
湘峰茶厂	16	1 895 b	182 b	1 908 a	4 528 d	8 513 b
狗脑贡茶厂	4	897 c	178 b	856 b	4 801 d	6 731 c
牛路口茶厂	6	907 c	223 b	887 b	5 924 c	7 942 c

注:表中同一列数据小写字母不同表示不同茶厂间差异达到 $P<0.05$ 显著水平,下同。

从不同形态铝含量在各茶厂的变化特征看(表 2), 交换态铝(EL)以九里茶厂的最高,达到 2 913 mg/kg, 最低的为东山峰茶厂,为 847 mg/kg;无机吸附态铝(IL)含量较低,以东山峰茶厂最高,为 327 mg/kg,狗脑贡茶厂最低,为 178 mg/kg;铝的水合氧化物和氢氧化物(OHL)以九里茶厂最高,为 2 775 mg/kg,东山峰茶厂最低,为 803 mg/kg;腐殖酸铝(HL)东山峰茶厂最高,为 10 315 mg/kg,湘峰茶厂最低,为 4 528 mg/kg。这可能与茶厂的地域、母质、种植年限等因素有关。

2.2 不同母质发育的茶园根际土壤铝形态特征

母质是土壤形成的物质基础,土壤性质或多或少都会继承母质的一些基本特性。从表 3 可以看到,不同母质发育的茶园根际土壤铝形态含量有显著的差异,除腐殖酸铝外,其他 3 种形态的铝均以第四纪红色黏土母质发育的茶园根际土壤的含量最高,与其他两种母质发育的茶园根际土壤相比,均达到显著差异

水平。从不同形态铝含量来看,交换态铝和铝的水合氧化物和氢氧化物均以板页岩风化物发育的茶园根际土壤的最低;无机吸附态铝与腐殖酸铝以花岗岩风化物发育的茶园根际土壤的最低。谢忠雷等^[10]研究发现不同母质(河海冲积物、泥质砂岩、第四纪红色黏土、千里冈砂岩、下蜀黄土)发育的茶园耕层土壤各形态铝含量有明显差异,交换态铝、铝的水合氧化物和氢氧化物和无机吸附态铝含量,第四纪红色黏土母质发育的土壤高于河海冲积物、泥质砂岩、千里冈砂岩母质发育的土壤;腐殖酸铝含量则以下蜀黄土母质发育的土壤最高,千里冈砂岩母质发育的土壤次之;郭荣发等^[15]研究表明成土母质对土壤交换性铝含量有明显的影响,粤北石灰岩发育红壤<雷州玄武岩发育砖红壤<粤中花岗岩发育赤红壤。成土母质对土壤中铝形态的影响主要是由于土壤性质的差异所致^[3, 5, 15]。

表 3 不同母质发育的茶园根际土壤铝形态含量 (mg/kg)
Table 3 Contents of different Al forms in tea rhizospheric soils derived from different parent materials

母质	样本数 (个)	EL	IL	OHL	HL	合计
第四纪红色黏土	8	2 699 a	286 a	2 718 a	6 298 b	12 001 a
板页岩风化物	12	842 c	258 a	814 c	7 532 a	9 446 b
花岗岩风化物	16	1 664 b	155 b	1 619 b	3 978 c	7 416 c

2.3 不同种植年限茶园根际土壤铝形态特征

表 4 列出了不同种植年限茶园根际土壤铝形态含量,从表中可以看到,不同种植年限的茶园根际土壤铝形态含量有显著差异,总体上,不同形态铝含量有随种植茶树年限延长而增高的趋势,但以种植年限为 10~20 年的为最低,30 年以上的为最高。交换态铝含量为茶树种植年限<10 年与 10~20 年的没有显著差异,但二者均显著低于种植年限为 20~30 年和 30 年以上的,且后两者之间没有显著差异;无机吸附态铝和腐殖酸铝以种植年限为 10~20 年为最低,且显著地低于其他 3 个种植年限的,而其他 3 个种植年限之间没有显著差异;铝的水合氧化物和氢氧化物以种植年限为 30 年以上的最高。郭荣发与杨杰文^[15]研究发现土壤中交换态铝的含量受茶树种植时间影响,粤北石灰岩发育红壤上的老茶园土壤交换态铝的

含量明显增加,最高的达 57.0 cmol/kg (1/3 Al³⁺),平均值为 47.4 cmol/kg (1/3 Al³⁺),是自然土的 9.48 倍;苏有健等^[16]对 3 个典型茶园耕层土壤研究表明随着茶树种植年限的增加,Al-HA(腐殖酸铝)含量呈明显下降趋势,而 Al³⁺(交换态铝)呈稳步上升趋势,单聚体羟基铝(Al(OH)²⁺、Al(OH)₂⁺)呈缓慢下降。可见,茶树的种植年限对土壤铝形态有明显的影响,主要表现为促进交换态铝的增加,但茶树根际土壤铝形态则均有随着茶树种植年限延长而增高的趋势。

2.4 影响茶园根际土壤铝形态的因素

土壤 pH 和有机质含量是影响土壤铝形态转化的主要因子^[5, 7, 10]。交换态铝是酸性土壤中常见的交换性阳离子,是土壤交换性酸度和土壤 pH 的决定性因素,也是土壤各形态铝转化的重要环节。交换态铝在

表 4 不同种植年限茶园根际土壤铝形态含量 (mg/kg)
Table 4 Contents of different Al forms in tea rhizospheric soils of different planting ages

种植年限(年)	样本数 (个)	EL	IL	OHL	HL	合计
<10	11	1 459 b	239 a	1 509 b	6 110 a	9 318 a
10~20	11	1 424 b	161 b	1 324 c	4 449 b	7 358 b
20~30	5	1 951 a	252 a	1 636 b	6 893 a	10 732 a
>30	9	1 854 a	276 a	1 981 a	6 865 a	10 976 a

一般土壤 pH 低于 5.0 时易溶出；当 pH 高于 5.0 时，土壤中铝易形成易于聚合的羟基铝 ($\text{Al}(\text{OH})^{2+}$, $\text{Al}(\text{OH})_2^+$)，聚合铝的形成使交换态铝释放减弱^[14, 17-18]。从本研究结果看，土壤 pH 与茶树根际土壤铝形态之间没有相关性 (表 5)，这可能是由于茶树根际土壤 pH 较低，水提 pH 均小于 5.0 (数据未列出)，平均为 4.1，最小的仅为 3.4，导致土壤铝形态与 pH 之间相互作用较弱，有研究显示当溶液 pH 小于 4.0 ~ 4.5 时，土壤将由质子缓冲体系转向铝缓冲体系，

使土壤溶液中的 Al^{3+} 含量急剧升高^[11]；而土壤水解性酸和交换性酸与茶树根际土壤铝形态含量有明显的关系，交换性酸与交换态铝有极显著正相关关系，与铝的水合氧化物和氢氧化物有显著正相关关系，水解性酸与无机吸附态铝和腐殖酸铝呈极显著正相关关系 (表 5)，是否可以假定在强酸性土壤中，土壤铝形态变化与土壤的酸度容量有关，而与土壤的酸度强度关系不大，具体的过程与机理有待进一步研究。

表 5 茶园根际土壤铝形态与土壤特性的相关分析
Table 5 Correlation between Al form and soil properties in tea rhizosphere

项目	EL	IL	OHL	HL	有机质	pH	水解性酸	交换性酸
EL	1							
IL	0.254 6	1						
OHL	0.969 6**	0.283 8	1					
HL	-0.243 6	0.806 7**	-0.228 7	1				
有机质	-0.161 4	0.336 9*	-0.162 2	0.470 9**	1			
pH	-0.228 5	-0.049 4	-0.180 7	0.075 5	0.080 0	1		
水解性酸	0.216 9	0.567 2**	0.143 2	0.530 4**	0.619 8*	-0.349 1	1	
交换性酸	0.485 1**	0.219 6	0.364 9*	-0.010 9	0.060 1	-0.626 0**	0.688 9**	1

注：表中“*”表示相关性达到 $P < 0.05$ 显著水平，“**”表示相关性达到 $P < 0.01$ 显著水平。

土壤有机质含量对茶树根际土壤各形态铝的浸提量有明显的影响。由表 5 可见，茶树根际土壤的交换态铝及铝的水合氧化物和氢氧化物与有机质含量呈负相关关系，即有随土壤有机质含量增加而下降的趋势，但未达到显著水平；无机吸附态铝与有机质含量呈正相关关系，且达到显著相关水平；腐殖酸铝与土壤有机质含量之间有极显著的正相关关系。有机质含量的增加，土壤胶体表面负电荷总量中有机酸提供的负电荷数量相应增加，有机酸的官能团一方面与土壤溶液中 Al^{3+} 配合，形成有机结合态铝，降低土壤溶液中铝的浓度；另一方面，解离出的 H^+ 降低了土壤 pH，增加了土壤酸性，使矿物质中的铝溶解进入土壤溶液，使更多的铝离子被淋溶，从而增加了交换态铝含量，但由于根际微域环境的特殊性，可能使有机结合态铝或腐殖酸铝含量增加较快，从而使交换态铝含量随土壤有机质含量增加而下降。吸附无机态铝随有机质含量的增加而增加，且两者达到极显著正相关关系，有机酸对铝进入土壤矿物层间有一定的影响，当溶液中含较多有机酸时，特别是土壤有机质含量增加，在根际环境条件下发生矿化分解作用，加上茶树根际分泌的有机酸，使根际土壤有机酸含量增加，有机酸与铝离子配合以胶膜形式存在于矿物质表面，而且边缘的吸附无机态铝与有机酸有复合作

用，从而对土壤的物理和化学性质产生影响，使茶树根际土壤无机吸附态铝含量增加。铝的水合氧化物和氢氧化物是在风化和成土过程中，从矿物晶格中释放出的游离铝离子经水解而形成的沉积物，因而与土壤有机质含量的关系不明显，且有一定的降低趋势。

3 结论

- (1) 不同母质发育的茶树根际土壤铝形态含量差异明显，除腐殖酸铝外，其他 3 种形态的铝均以第四纪红色黏土母质发育的茶园根际土壤的含量最高。
- (2) 茶树根际土壤铝形态含量的变化顺序为腐殖酸铝 > 铝的水合氧化物和氢氧化物 ≈ 交换态铝 > 无机吸附态铝，且具有聚集交换态铝的特征。
- (3) 茶树根际土壤铝形态含量有随茶树种植年限的延长而增加的趋势，从而导致种植年限越长的茶树根际土壤交换态铝的含量越高，土壤的酸体系以铝缓冲体系为主。
- (4) 土壤有机质含量和酸碱反应是影响茶树根际土壤铝形态含量变化的主要因子，但与土壤酸强度 (pH) 的关系不明显，而是受酸容量影响较大，即土壤交换性酸和水解性酸对茶树根际土壤铝形态有显著的影响，其原因和机理有待进一步的研究。

参考文献：

- [1] 李学垣, 黄巧云, 胡红青, 徐凤琳. 酸性土壤中活性铝的形态与铝毒[J]. 华中农业大学学报, 1995, 14(4): 356–362
- [2] 郭杏妹, 吴宏海, 罗媚, 何广平. 红壤酸化过程中铁铝氧化物矿物形态变化及其环境意义[J]. 岩石矿物学杂志, 2007, 26(6): 515–521
- [3] 谢忠雷, 孙文田, 陈卓, 尹波, 汪精华. 氟铝交互作用对茶园土壤铝吸附特征及形态分布的影响[J]. 吉林大学学报(理学版), 2008, 46(3): 565–570
- [4] 陈微微, 陈传奇, 刘鹏, 徐根娣, 何芳, 范铭, 池慧. 荞麦和金荞麦根际土壤铝形态变化及其生长的影响[J]. 水土保持学报, 2007, 27(1): 176–179, 192
- [5] 傅柳松, 吴杰民. 酸化土壤活性铝溶出及形态变化的初步研究[J]. 农村生态环境(学报), 1994, 10(3): 52–55
- [6] 仇荣亮, 吴菁, 吕越娜. 我国南方主要酸沉降区土壤中铝的释放与缓冲作用[J]. 环境化学, 1998, 17(2): 143–147
- [7] 黄衍初, 曲长菱. 土壤中铝的溶出及形态研究[J]. 环境科学, 1996, 17(1): 57–59
- [8] Dong DM, Xie ZL, Du YG. The bioavailability of Al in soils to tea plants[J]. Applied Geochemistry, 2001, 16: 1 413–1 418
- [9] Xie ZL, Dong DM, Bao GZ, Wang ST, Du YG, Qiu LM. Aluminum content of tea leaves and factors affecting the uptake of aluminum from soil into tea leaves[J]. Chinese Geographical Science, 2001, 11(1): 87–91
- [10] 谢忠雷, 王胜天, 董德明, 刘森, 邱立民. 茶园土壤中铝的化学形态及其影响因素[J]. 吉林大学自然科学学报, 1999(3): 93–98
- [11] Samac DA, Tesfaye M. Plant Improvement for tolerance to aluminum in acid soils: A review[J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 2003, 75: 189–207
- [12] 罗亮, 谢忠雷, 刘鹏, 徐根娣, 罗虹. 茶树对铝毒生理响应的研究[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(2): 305–308
- [13] 鲁如坤主编. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000
- [14] 庞淑薇, 康德梦, 王玉保, 林铁. 化学浸提法研究土壤中活性铝的溶出及形态分布[J]. 环境化学, 1986, 5(3): 68–76
- [15] 郭荣发, 杨杰文. 成土母质和种植制度对土壤 pH 和交换性铝的影响[J]. 生态学报, 2004, 24(5): 984–990
- [16] 苏有健, 廖万有, 王烨军, 张永利, 吴新荣, 胡善国, 孙力. 皖南茶园土壤活性铝形态分布与土壤 pH 和植茶年限的关系[J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(4): 721–728
- [17] 王效举, 陈鸿昭. 茶园-土壤系统的某些生物地球化学特征[J]. 土壤, 1993, 25(4): 196–200
- [18] McCormick LH, Amendola FA. Soil pH extractable aluminum and tree growth on acid mesoils[J]. Communication in Soil Science and plant Analysis, 1983, 14(3): 249–262

Evolvement of Aluminum Forms and Its Effect Factors in Tea Rhizospheric Soil

LIU Shao-kun, ZHOU Wei-jun*, MIAO Xiao-lin, YANG Wei, YANG Jun, GUO Zi-chuan

(College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: The evolvement of aluminum (Al) forms and its effect factors were studied in tea rhizospheric soil collected from different tea factories, parent materials and planting ages, in order to understand further the form character and evolvement rule of Al in tea rhizospheric soil, due to characterizing favor acid soil and accumulation Al in tea growth. The results showed the obvious difference of different Al forms, their change order was humic acid Al (HL) > Al of hydrous oxide and hydroxide (OHL) $\approx$ exchangeable Al (EL) > inorganic adsorption Al (IL), because of the difference of location, parent material, planting age and etc at tea factory. Beside HL, the content of other three forms Al was the greatest in the tea rhizospheric soil derived from the quaternary red clay, while an increase trend was observed with increase of planting ages. The significantly effect of soil exchangeable acidity and hydrolytic acidity on different Al forms was found, however the significant correlation was not observed between pH and Al forms. The content of soil organic matter affected Al forms, showed significantly positive correlation with IL and extremely significantly positive correlation with HL in tea rhizospheric soil.

Key words: Tea plantation, Rhizosphere, Al form, Evolvement law, Effect factors